

ЭЛЕКТРОНИКА ИНФО

ФОТОНИКА
ЛАЗЕРЫ
ОПТИКА



ANALOG DEVICES **Hittite**
Honeywell **SICK**

ТУП «Альфачип Лимитед»

Поставка электронных компонентов,
средств автоматизации, компонентов
для светодиодного освещения

220012, г. Минск, ул. Сурганова, 5а, 1-й этаж
Тел./факс: +375 17 368 76 01, +375 17 368 76 16
факс: +375 17 368 76 15
www.alfa-chip.com
www.alfacomponent.com
УНП 192525135

E-mail: sm@riftek.com
Тел.: +375 17 281 36 57

РИФТЭК СМТ
АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

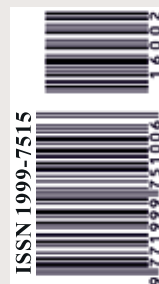
ЧУП «РИФТЭК-СМТ»
Республика Беларусь,
220090, г. Минск,
Логойский тракт, 22
УНП 192241841

e-mail: info@radioapтека.by
тел./факс: (017) 268-43-34

РАДИОАПТЕКА
ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

УНН 191128375

www.radioapтека.by



Amphenol – один из крупнейших мировых производителей соединительной продукции. **Amphenol** выпускает соединители и соединительные системы для следующих областей: телекоммуникация, аэрокосмическая и военная электроника, автомобильный и железнодорожный транспорт и др. В линейку продукции **Amphenol** входят цилиндрические разъемы, D-Sub разъемы, керамические, оптоволоконные, радиочастотные соединители, прямоугольные соединители, соединители с фильтрами, защищенные RJ разъемы для жестких условий эксплуатации, системы передачи данных для жестких условий применения. Основные сферы применения: авионика, радары, средства связи, боеприпасы, ракеты, двигатели, наземные транспортные средства и танки, авиастроение. **Amphenol** – это инновационные технологии, которые создают решения для самых требовательных клиентов и их приложений.

Amphenol

Axon' Cable – мировой лидер по производству разъемов и кабельных узлов. Компания специализируется на разработке и производстве **проводов, кабелей, терминированных жгутов, разъемов и комплексных систем** для передовых технологий в области авиационной, космической и оборонной промышленности. Прочные, надежные, оптимизированные и защищенные от ЭМИ, компактные и легкие – вот качества кабелей, кабельных сборок и разъемов, предлагаемых **Axon' Cable** для военного применения. Защита от электромагнитных помех (EMI) также является ключевым вопросом для электронной военной техники. Не только кабели, но и соединения должны быть защищены от электромагнитных помех, так как системы связи и навигации играют важную роль при непосредственном использовании.



Концерн **TE Connectivity** является ведущим технологическим лидером быстрорастущего рынка электронных компонентов: от автомобильной и аэрокосмической отрасли, широкополосной связи, бытовой энергетики до тяжелой промышленности. Основной продукцией **TE Connectivity** являются **пассивные электронные компоненты, включая разъемы и системы подключения, реле, переключатели, сенсорные экраны, датчики и фильтры**. Для аэрокосмической, оборонной промышленности компания **TE** поставляет широкий спектр изделий, отличающихся высоким качеством и эффективностью, малыми габаритами и весом.



Компания **NICOMATIC** основана в 1976 году. Сегодня компания является лидером на рынке металлических мембран для пленочных клавиатур, обладает уникальной технологией смешанных соединителей для военной, авиа- и космической промышленности, обладает широким спектром решений для межплатных соединений.



Новый тип разъемов для соединения платы с гибким кабелем (card to flex) разработан на основе объединения технологий гибкого кабеля и разъемов серии CMM. Технология MICROFLEX™ экономически эффективнее многих других систем соединения, надежна и может быть использована в военной технике. Соединители для печатных плат включают в себя **штыревые соединители с шагом 2-2,54 мм** в один, два и три ряда, колодки для штыревых соединителей и DIP-корпусов, шунты и тестовые контакты.

Группа компаний **Schlemmer** – это всемирно известный производитель и разработчик систем защиты кабелей и кабельных жгутов, применяемых в автомобильной и в других областях промышленности. Ассортимент продукции охватывает широкий спектр групп товаров, начиная от гофрированной трубы различных исполнений, гладких и защитных трубок, разветвителей, адаптеров, заглушек до индивидуальных решений по кабель-каналам. Кроме вышеперечисленного, компания **Schlemmer** выпускает хорошо известные **разъемы, кабельные вводы** в пластиковом и металлическом исполнении.



Компания **Raychem** с момента основания в 1957 году является лидером в технологии радиационной химии и материаловедении, что отражается в имени компании – название образовано от RAY CHEMistry – «радиационная химия». С 1999 года и по настоящее время входит в состав концерна **TE Connectivity**.

Технологии, применяемые в радиационной химии в сочетании со знаниями материалов, которыми обладали создатели компании, позволили разработать новую продукцию: провода для специального применения и термоусаживаемые компоненты. Позднее компания **Raychem** использовала эти базовые технологии для разработки другой продукции, в том числе инновационных устройств защиты цепей, которые автоматически восстанавливаются после устранения сбоев в цепи.

В СНГ компания **Raychem** известна как **поставщик материалов для изоляции кабелей и жгутов**, используемых в экстремальных условиях эксплуатации: в авиационной и космической технике, судостроении, транспорте, энергетике, медицинской технике. Продукция компании имеет соответствующие сертификаты для применения в каждой из этих областей (сертификаты: UL, MIL, SAE, Defense, DNV, Lloyd's Register и др.).

Компания **Deutsch** имеет почти семидесятилетний опыт работы и зарекомендовала себя как высокотехнологичный **производитель соединителей для жестких условий эксплуатации**. В линейку поставки соединителей для специального применения входят цилиндрические и прямоугольные соединители в герметичном исполнении и с расширенным температурным диапазоном. Компания **Deutsch** в 2012 году вошла в корпорацию **TE Connectivity**. Объединение двух лидеров в производстве электрических соединителей, клемм, клеммных блоков и электромонтажного инструмента позволило значительно увеличить перечень предлагаемой продукции и ее качество.



Essentra Components – торговая марка компании **Moss Plastics Parts** (Великобритания).

Ассортимент включает более 25 тысяч наименований:
- кабельная оснастка, различные промышленные комплектующие, фурнитура, фиксаторы и крепежные детали;
- оснастка для проводов: кабельные стяжки, скобы, зажимы, хомуты для проводов, обмотки для жгутов, короба;
- оснастка для прокладки волоконно-оптических систем: трубки для оптического волокна с ограничением радиуса изгиба, защитные приспособления, плоские распределительные коробки, защитные трубки, пылезащитные колпачки, заглушки и др.

**ESSENTRA**

Molex Incorporated – мировой лидер в **производстве электронных, электромеханических и волоконно-оптических компонентов**. Несомненные преимущества **Molex** – качество, конкурентоспособная цена, огромная номенклатура (более 100 тысяч наименований), возможность изготовления заказных изделий. Компания предлагает решения для эксплуатации в тяжелых условиях систем управления, связи, компьютерных систем, систем наблюдения и контроля, управления пусковыми установками ракет, наземных транспортных средств, беспилотных средств, систем управления воздушными судами и навигации. Все изделия компактны, высокого качества и соответствуют стандартам MIL. Кроме того, компания дополнила портфолио технологиями от **FCT Electronics Group** и предлагает ориентированные на конкретного клиента решения в авиакосмической и оборонной промышленности.



FEK

ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ

*Поставщик
решений*



Amphenol

220015, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Пушкина, 29 Б
Тел./факс: +375 (17) 210-21-89 (многоканальный),
+375 (29) 370-90-92, +375 (29) 274-17-13
E-mail: info@fek.by
www.fek.by



ВСЁ НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

ООО «Торговый дом ЭЛТИКОН»

- Промышленные компьютеры, серверы, центры обработки и хранения данных;
- Встраиваемые и бортовые вычислительные системы, в т.ч. для жестких условий эксплуатации;
- ПЛК и микроконтроллеры, распределенные системы управления и сбора данных;
- Средства операторского интерфейса: мониторы, панели оператора, консоли управления, клавиатуры, трекболы, указательные устройства, информационные табло и мониторы для уличных применений;
- Устройства локального и удаленного ввода-вывода сигналов, АЦП, ЦАП, решения для управления движением, нормализаторы сигналов;
- Сетевое и коммуникационное оборудование для различных сетей, шлюзы данных, коммутаторы Ethernet, медиа-конвертеры, сетевые контроллеры, модемы, удлинители сетей, преобразователи интерфейсов, протоколов и т.п.;
- Датчики для различных применений;
- Источники вторичного электропитания для промышленных, медицинских, бортовых и специальных применений, инверторы электропитания, программируемые источники питания;
- Решения на основе полупроводниковых источников света для уличного освещения и архитектурной подсветки;
- Специализированные датчики, контроллеры и устройства для «умного дома»;
- Корпуса, конструктивы, субблоки в стандарте евромеханика, шкафы, стойки, компьютерные корпуса;
- Крепежные элементы, клеммы, монтажный инструмент, провода и кабели, кабельные вводы, соединители;
- Программное обеспечение всех уровней АСУТП, SCADA-системы, OPC-серверы и средства их разработки



- ✓ Более 50 вендоров в программе поставок
- ✓ Широкий диапазон продукции "из одних рук"
- ✓ Сервисный центр и послегарантийное обслуживание продукции
- ✓ Компетентный анализ технических решений с гарантией совместимости и работоспособности
- ✓ Наличие сертификатов и ГТД
- ✓ 20 лет опыта работы на рынке АСУТП
- ✓ Развитая система логистики, нестандартные схемы поставок, склады в Минске, Москве, Европе, Азии
- ✓ Производство промышленных компьютеров, шкафов автоматики, сборки телекоммуникационных шкафов

220125 Минск, ул. Острошицкая 2А • Тел. (017) 286-4649 • Факс (017) 289-6169 • E-mail: info@elticon.ru • Web: www.elticon.ru

УНП 191092652



SMD MARKET

электронные компоненты

Тел.: +375 (25) 998 24 88
Тел.: +375 (33) 356 41 33
Web: smdmarket.by

Контрактная разработка электроники

- системы управления
- системы безопасности
- встраиваемые системы
- источники питания
- wearable
- IoT
- подготовка технических заданий
- выбор оптимальной элементной базы
- разработка печатных плат и электронных схем
- разработка программного обеспечения
- конструирование и макетирование
- производство опытных образцов
- снабжение комплектующими
- сопровождение серийного производства
- консультации по проектированию



УНП 391496254

**ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ
ФАКУЛЬТЕТА РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА.
ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В СПИСОК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ ВАК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ЭЛЕКТРОНИКА
научно-технический журнал
ИНФО

**International magazine
of amateur and professional electronics**

№2 (128) февраль 2016

Зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь

Регистрационный №71
от 19 августа 2014 года

Главный редактор:
Любарская Марина Александровна
m.lybarskaia@afk-m.com

Редактор технический:
Бокач Павел Викторович
p.bokach@afk-m.com

Редакционная коллегия:

Председатель:
Чернявский Александр Федорович
академик НАН Беларуси, д.т.н.

Секретарь:
Садов Василий Сергеевич, к.т.н.
sadov@bsu.by

Члены редакционной коллегии:
Беляев Борис Илларионович, д.ф.-м.н.
Борздов Владимир Михайлович, д.ф.-м.н.
Голеньков Владимир Васильевич, д.т.н.
Гончаров Виктор Константинович, д.ф.-м.н.
Есман Александр Константинович, д.ф.-м.н.
Ильин Виктор Николаевич, д.т.н.
Кугейко Михаил Михайлович, д.ф.-м.н.
Кучинский Петр Васильевич, д.ф.-м.н.
Мулярчик Степан Григорьевич, д.т.н.
Петровский Александр Александрович, д.т.н.
Попечиц Владимир Иванович, д.ф.-м.н.
Рудницкий Антон Сергеевич, д.ф.-м.н.

Отдел рекламы и распространения:
Антоневич Светлана Геннадьевна
тел./факс: +375 (17) 388-44-71
s.antonovich@electronica.by

Учредитель:
ЗАО «Финансово-аналитическое агентство
«Эф энд Ка»
220015, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Пономаренко,
д. 35А, пом. 302, каб. 47,
тел./факс: +375 (17) 388-44-71

© Перепечатка материалов, опубликованных
в журнале «Электроника инфо», допускается
с разрешения редакции

За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет

Подписный индекс в Республике Беларусь:
00822 (индивидуальная),
008222 (ведомственная)

Цена свободная

Подготовка, печать:
1180 экз.

Отпечатано в Редакционно-издательском центре
Академии управления при Президенте Республики
Беларусь, лицензия №02330/446 от 18.12.2013
Адрес: ул. Московская, 17, 220007, г. Минск
Подписано в печать 23.02.2016 г.
Заказ № 5п

НОВОСТИ.....2

ОБЗОР РЫНКА

РЫНОК ФОТОНИКИ И ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗА 10 ЛЕТ УДВОИЛСЯ, А ПРОДАЖИ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ ВЫРОСЛИ В 20 РАЗ.....	6
БЕЛОРУССКИЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРОВ И ФОТОНИКИ.....	8
PARTY HARD!: ГОНОЧНЫЕ РОБОТЫ-МАШИНЫ, ИГРЫ С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ И «УМНЫЙ ДОМ» Диана Васильева.....	10
ЛАЗЕРНАЯ МАРКИРОВКА ПРОДУКЦИИ – ВЕЧНАЯ ЗАЩИТА ВАШЕГО ТОВАРА!.....	12
О ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРАХ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ.....	14
В ЕКАТЕРИНБУРГЕ ВРАЧИ НАЧАЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЛАЗЕРНУЮ ПУШКУ ПРОТИВ ОПАСНЫХ БАКТЕРИЙ Татьяна Владимировна.....	16
ЛАЗЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА БОЛЕЗНЕЙ МОЖЕТ СПАСТИ МИЛЛИОНЫ ЖИЗНЕЙ.....	18
ПРИЗНАННЫЙ ЛИДЕР ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ.....	19
ПУТЬ ОТ ЛАЗЕРА К «РАДАРНОМУ ЗРЕНИЮ» Павел Бокач.....	20
КРЭТ РАЗВИВАЕТ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРМИИ.....	22
ВЫЧИСЛЕНИЯ СО СКОРОСТЬЮ СВЕТА Павел Бокач.....	24
НПУП «НТЦ «ЛЭМТ» БЕЛОМО»: ПРИЦЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА.....	27
ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – ЭВОЛЮЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА Андреас Гет.....	28
ПОДНИМАЯ СЕНСОРНЫЙ ДАТЧИК НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ Кэрл Кроуфорд, Чарли Ригерт.....	30

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ.....32-57

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛАЗЕРНО-ОСАЖДАЕМЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА А.Н. Чумаков, А.В. Гулай, А.А. Шевченко, Т.Ф. Райченко, А.Г. Кароза, А.С. Мацукович, Н.А. Босак, В.А. Гулай.....	32
ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА МАГНИТОРЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ПОРОШКОВ ФЕРРИТОВ С.В. Адашкевич, А.Г. Бакаев, А.И. Гордиенко, М.И. Маркевич, В.Ф. Стельмах, А.М. Чапланов, Е.Н. Щербакова.....	38
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ ПО ПОЛЯРИЗАЦИОННО-НЕФЕЛОМЕТРИЧЕСКИМ ИЗМЕРЕНИЯМ М.М. Кугейко, Д.А. Смунов.....	41
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ВИБРАТОРНЫХ И РАМОЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ А.П. Юбко.....	49
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ТИПОВ НЕЗЖИДИСТАНТНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК СО СЛУЧАЙНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ О.А. Юрцев, И.Ф. Шалапин.....	53

ВЫСТАВКИ

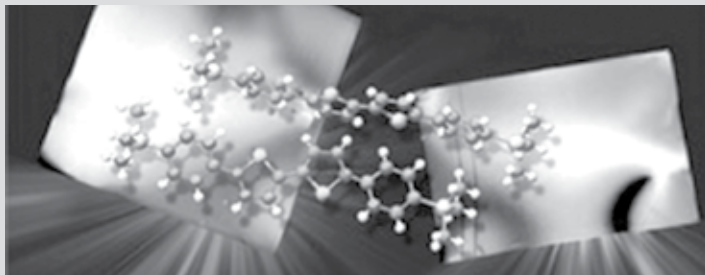
В МИНСКЕ СОСТОЯЛИСЬ ВЫСТАВКИ «АВТОМАТИЗАЦИЯ. ЭЛЕКТРОНИКА-2016» И «ЭЛЕКТРОТЕХ. СВЕТ».....	58
ВЫСТАВКИ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ ПОСЕТИТЬ В МАРТЕ.....	63

ПРАЙС-ЛИСТ.....64

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

Автоматикацентр.....	64	Обложки, цветные вставки
Алнар.....	64	Microchip..... III вст.
Альфачип Лимитед.....	64	SMDmarket..... II вст.
Альфалидер компонент.....	64	Альфачип Лимитед..... I обл., III обл.
БелПлата.....	40	БелОМО..... IV вст.
БелСканти.....	64	БЭК-эксперт..... II обл.
ГорнТрейд.....	48	ОмегаКомпонент..... IV обл.
Диапроектор.....	19	Радиоаптека..... I обл.
Минский часовой завод.....	9	Рифтек-СМТ..... I обл.
Приборостроительная компания.....	64	Техника и коммуникации..... VI вст.
СветЛед решения.....	64	ФЭК..... I вст.
ФЭК.....	64	Экспофорум..... V вст.
Чип электроникс.....	64	Элтикон..... II вст.
Элконтракт.....	18	

ОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КРИСТАЛЛЫ СУЛЯТ НАСТОЯЩУЮ РЕВОЛЮЦИЮ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ОПТОЭЛЕКТРОНИКЕ



Команда исследователей физического факультета МГУ совместно с российскими и зарубежными коллегами научилась выращивать органические полупроводниковые кристаллы с рекордно высокой светоизлучательной способностью, которые сулят настоящую революцию в органической оптоэлектронике. Больше того, они совершили двойной прорыв, применив для выращивания кристаллов намного более простые и дешевые технологии, которые до того считались бесперспективными.

Органическая оптоэлектроника – стремительно развивающаяся область исследований, которая обещает сделать доступными легкие, гибкие и прозрачные электронные устройства нового поколения, такие, как органические светодиоды и органические лазеры с накачкой электрическим током – заветной мечтой любого лазерщика. Это очень перспективная область: благодаря хотя бы уже своей доступности органические полупроводники в принципе могут даже потеснить кремний с его электронного трона.

До сих пор считалось, что органические полупроводниковые кристаллы, выращенные путем кристаллизации из паровой фазы, намного предпочтительнее тех, что выращены из растворов, поскольку из пара можно получать более чистые, более свободные от примесей структуры. Группа физиков из МГУ под руководством профессора Дмитрия Паращука этого мнения не разделяет и полагается на растворное выращивание по ряду причин, в первую очередь потому, что это предполагает использование более простых и дешевых технологий.

В качестве основного полимера для исследований ими были выбраны так называемые тиофен-фениленовые олигомеры. Нужные молекулы были синтезированы для них химиками – коллегами из МГУ и Института синтетических полимерных материалов РАН. Из этих молекул на физфаке МГУ были из раствора выращены кристаллы, здесь же измерены их люминесцентные и электрические свойства.

Главный результат этого исследования – «растворные» кристаллы – светили сильнее, чем их аналоги, полученные другими исследователями из пара. Их квантовый выход (то есть количество испущенных фотонов по отношению к поглощенным) достигал 60 %, тогда как те же кристаллы, но «на пару», давали не больше 38 %.

Различие в светимости физики объясняют тем, что при растворном выращивании в кристаллах подавляются некие внутренние, безызлучательные каналы, забирающие на себя часть поглощенной энергии, однако это не единственное объяснение.

Светимость оказалась не единственным плюсом «растворных» методик. Группа Паращука обнаружила, что можно выращивать кристаллы на поверхности раствора вместо твердой подложки – за счет сил поверхностного натяжения. И эти кристаллы по качеству не уступают кристаллам «из пара».

«Поместив раствор с молекулами в какой-то сосуд и начав охлаждать его, мы позволяем молекулам осаждаться на поверхности, на границе «жидкость-воздух». Поскольку эта поверхность почти идеальна, то кристаллы на ней растут очень хорошие, по качеству и электронным характеристикам не уступающие выращенным из пара. Больше того, поверхность кристалла получается очень гладкой, с ангстремными шероховатостями, что позволяет создавать на их основе полевые транзисторы, где это качество незаменимо» – говорит профессор Паращук.

Применимость новых кристаллов в светотранзисторах, а значит и в органической оптоэлектронике – это пока только предположение, справедливость которого еще нужно доказывать. То же самое можно сказать и о возможном получении на этой основе лазеров с электрической накачкой, то есть лазеров, управляемых электрическим током. «Получить такие лазеры, которые можно «зажигать», просто подключив пленку к источнику, люди мечтают давно, но пока еще они не получены. С помощью органических кристаллов мы эту цель сможем приблизить. Возможно, именно на таких кристаллах будет сделан первый лазер с электрической накачкой.

sdelanounas.ru

Приглашаем на семинар в Минске!

22 марта 2016 г.

компания ТУП «ОмегаКомпонент»
(представительство компании ЭЛТЕХ
в Республике Беларусь) проводит семинар

НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ MICROCHIP ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК

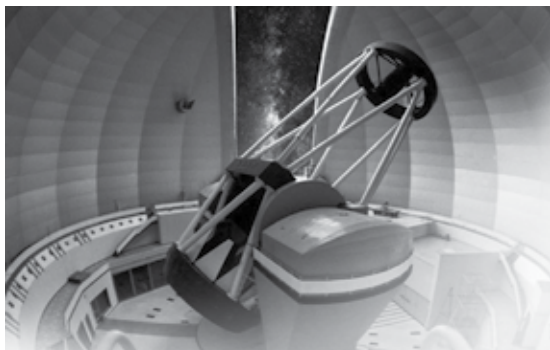
Мы приглашаем технических специалистов и инженеров вашей компании принять участие в семинаре. Докладчики – инженеры компании Microchip Technology Inc. и технические специалисты компании ЭЛТЕХ.

На семинаре будут рассмотрены новые 8-разрядные микроконтроллеры, 16- и 32-разрядные микроконтроллеры, аналоговые и интерфейсные микросхемы, компоненты Microchip для построения коммуникационных интерфейсов. Также на вопросы участников ответят специалисты компании Microchip.

Участие в семинаре бесплатное по предварительной записи. Вы можете заполнить заявку на участие в семинаре на нашем сайте. Подробная программа, информация о месте и времени проведения семинара находятся на сайте.

eltechspb.by

«ШВАБЕ» ИЗГОТОВИЛ ЗЕРКАЛА ДЛЯ НОВОГО ЗВЕЗДНОГО СПЕКТРОГРАФА ТЕЛЕСКОПА БТА



Предприятие Холдинга «Швабе» изготовило внеосевые асферические зеркала для нового звездного спектрографа 6-метрового Большого Азимутального Телескопа (БТА), расположенного в Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук в Карачаево-Черкессии.

Два внеосевых зеркала для звездного спектрографа изготовили специалисты предприятия Холдинга «Швабе» – АО «НПО «Оптика». Оба зеркала идентичны и имеют габаритные размеры – 340×500 мм, фокусное расстояние – 2174,7 мм, внеосевой параметр – 170 мм, качество волнового фронта – дифракционное.

Зеркала лягут в основу коллимирующей оптической системы спектрографа, который сможет осуществлять множество различных измерений, в том числе вычислять расстояние между различными объектами Вселенной.

Большая часть современных знаний о космосе была получена при помощи спектрального анализа. Он позволяет осуществлять одновременные определения температур различных астрофизических объектов, их магнитных полей, масс, химического состава, скоростей движения и других важных параметров.

Новый прибор будет обладать выдающимися техническими характеристиками. При наблюдении в ультрафиолетовом диапазоне (промежуток между видимым и рентгеновским излучениями) он позволит достичь спектрального разрешения в 6,5 раз больше, чем у нынешнего основного звездного спектрографа телескопа БТА. Ученые смогут видеть две спектральные линии, разделенные промежутком всего 0,002 нм. Спектрограф также поможет фиксировать лучевую скорость холодных звезд с точностью вплоть до 1 м/с и «диагностировать» наличие у нее планетной системы. Осуществление подобных измерений позволит выявлять звездные системы, физические условия в которых наиболее близки к Солнечной системе.

Запуск в работу звездного оптоволоконного спектрографа шестиметрового телескопа БТА состоится в середине 2017 года.

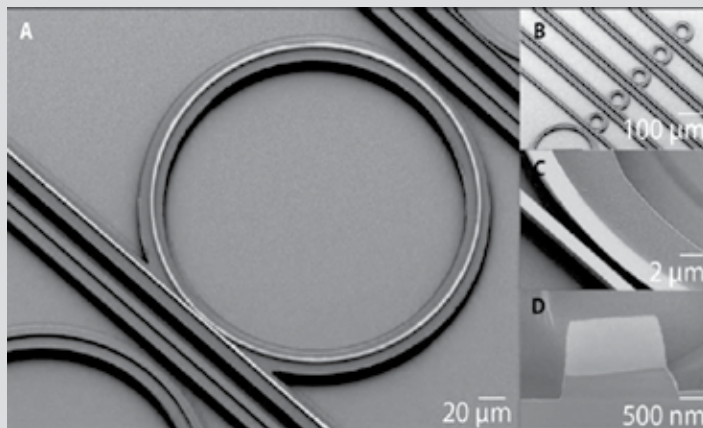
shvabe.com

УЧЕНЫЕ ИЗ МГУ СОЗДАЛИ ЧИП, СПОСОБНЫЙ ЗАМЕНИТЬ ЛАЗЕРНУЮ УСТАНОВКУ

Группа российских и швейцарских физиков создала чип, генерирующий фемтосекундные импульсы света с особым частотным спектром под названием «оптическая гребенка», то есть делающий то, чего прежде удавалось добиться лишь с помощью больших и сложных лазерных установок, – сообщила пресс-служба МГУ.

«Для получения таких гребенок использовались лазеры с синхронизацией мод. При этой методике лазер излучает свет не одной частоты, как это принято думать о лазерах, а сразу несколько «мод» – световых лучей с кратными частотами. Если эти моды синхронизировать, то есть сделать так, чтобы их фазы были жестко связаны между собой, то в результате интерференции этих мод непрерывный луч лазера превратится в последовательность импульсов со спектром «гребенки», – пояснили в пресс-службе вуза.

Для создания таких гребенок физики МГУ и Российского квантового центра предложили использовать «солитоны», то есть компактно упакованные волны, своеобразные электромагнитные цунами, которые ведут себя, как частицы.



«Разница, конечно, огромная. Если в лазерах с синхронизацией мод для генерации импульсов используются сложные оптические устройства, среды и специальные зеркала, то мы получаем такие же стабильные импульсы в простом пассивном резонаторе, внедренном в микрочип и имеющем размеры не более 100-200 микрон», – пояснил один из российских соавторов статьи профессор физического факультета МГУ Михаил Городецкий.

По словам ученого, изменилось и качество гребенок – теперь длительность импульсов удалось сократить со 100-200 до 30 фемтосекунд, что не только снижает размеры, сложность и стоимость генераторов гребенок, но и добавок открывает новые горизонты для их использования в режимах, «недостижимых другими методами».

Фемтосекундные оптические гребенки – изобретение, появившееся в конце 1990-х годов, которое оказалось востребованным в самых разных областях – в системах телекоммуникации, в лазерной спектроскопии, в астрофизике. В 2005 году их авторы, Теодор Хэнш из Германии и Джон Холл из США, получили за них Нобелевскую премию.

msu.ru

«ШВАБЕ» ПРЕДСТАВИЛ НА RAE-2015 СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ



На российской выставке вооружений Russia Arms Expo 2015, которая прошла в Нижнем Тагиле, холдинг «Швабе» представил авиационные системы оптического наблюдения на базе гиросtabilизированной платформы типа «шар», созданные АО «ПО «УОМЗ». Устройства оснащены высокочувствительными оптическими датчиками максимального разрешения и предназначены для круглосуточного поиска, обнаружения и распознавания наземных и надводных объектов при проведении широкого спектра плановых работ и экстренных операций в любое время суток.

Благодаря унифицированной конструкции, эти приборы могут устанавливаться практически на любых платформах: на борту вертолетов, легких самолетов, аэростатов и дирижаблей, на беспилотных летательных аппаратах и других наземных и морских носителях.



Самое маленькое из представленных устройств весит не более 5 кг, при этом содержит два информационных канала и комплектуется набором из лазерного дальномера, телевизионного и тепловизионного каналов.

Системы оптического наблюдения АО «ПО «УОМЗ» успешно используются при проведении спасательных операций, для предотвращения технологических аварий и оперативного устранения последствий стихийных бедствий. В частности, они могут применяться для дистанционного обнаружения очагов лесных и подземных пожаров, с целью технического мониторинга нефтегазовых трубопроводов и диагностики повреждений высоковольтных линий электропередач. Кроме того, такие системы востребованы для контроля дорожной обстановки и обеспечения безопасности на массовых мероприятиях, для своевременного обнаружения и пресечения противоправных действий.

rae2015.ru

ТОМСКИЕ УЧЕНЫЕ РАЗРАБОТАЛИ ЛАЗЕР ДЛЯ СВЕРХТОЧНОЙ РЕЗКИ СТЕКЛА

Ученые Томского государственного университета (ТГУ) создали лазер, который способен резать стекло и керамику с точностью до нескольких микрон (1 микрон – 0,001 мм). В модифицированном лазерном пучке используется специальный набор длины волн. Об этом сообщил декан факультета инновационных технологий ТГУ Анатолий Солдатов.

Он пояснил, что лазеры, которые сейчас используются на производстве, не позволяют достичь такой точности – материал необходимо дополнительно полировать и обрабатывать.

Для обычного производства, например, оконных стекол, эта погрешность не играет особой роли. Но когда материал нужно использовать для современных технологий, например резки экранов смартфонов, работы переходят на уровень микро и нано. Новая технология позволяет резать с нужной точностью. Основой технологий является новый тип многоволнового лазера, аналогов которого нет.

Ученые предложили модифицировать сам лазерный пучок, которым разрезается стекло или керамика. Они используют специальный набор длины волн, когда одновременно сочетаются лучи в диапазоне от видимого спектра до инфракрасной области.

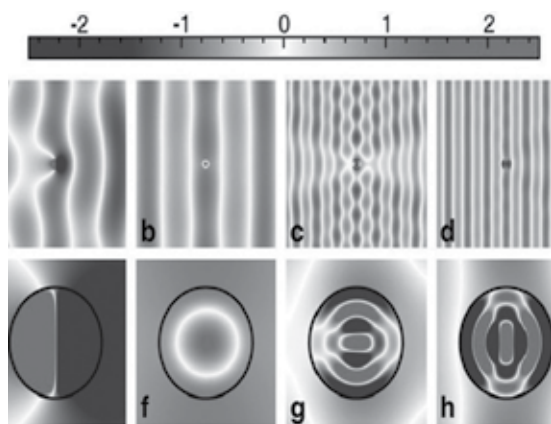
Полученное таким способом стекло можно без дополнительной обработки использовать при создании инновационных изделий для медицины, оптических приборов, гаджетов, а также в других областях науки и техники. Более того, сама технология с применением лазера может использоваться при проведении онкологических операций.

tsu.ru



УЧЕНЫЕ СДЕЛАЛИ ОБЪЕКТ НЕВИДИМЫМ В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Группа российских ученых под руководством Михаила Рыбина, старшего научного сотрудника лаборатории «Метаматериалы» университета ИТМО, выяснила, что при высоком коэффициенте преломления материала можно выделить два механизма рассеяния света: резонансный, связанный с локализацией света внутри объекта, и нерезонансный, имеющий плавную зависимость от частоты волны. Взаимодействие таких механизмов называется резонансом Фано. Ученые обнаружили, что волны, рассеянные через резонансный и нерезонансный механизмы, на определенных частотах имеют противоположные фазы и взаимно уничтожаются, делая объект невидимым.



В качестве материала с такими свойствами ученые использовали обычную воду, у которой коэффициент преломления регулируется путем изменения температуры. Работа физиков позволила осуществить первое экспериментальное наблюдение феномена невидимости однородного объекта – цилиндра с водой – путем компенсации рассеяния. При этом разработанный метод позволял по желанию включать и выключать режим невидимости на одной и той же частоте в 1,9 ГГц, всего лишь меняя температуру воды в цилиндре с 90 градусов до 50.

Обнаружение невидимости у однородного объекта, а не объекта, покрытого дополнительными оболочками, важно и с прикладной точки зрения. Поскольку изготовить однородный цилиндр заметно проще, открытие может послужить толчком в разработке наноантенн, где невидимые элементы конструкции могли бы сыграть большую роль в устранении помех. Например, из невидимых цилиндров можно создать несущие элементы миниатюрного антенного комплекса, который будет связывать два оптических чипа.

metalab.ifmo.ru

УНИКАЛЬНАЯ ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА КОНТРОЛЯ ОПТИКИ ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

Уникальная лазерная установка разработана и изготовлена на ОАО «Лыткаринский завод оптического стекла» в партнерстве с ОАО «Швабе-Исследования». Она предназначена для испытаний образцов оптического стекла и покрытий для активных элементов, применяемых в лазерных установках термоядерного синтеза.



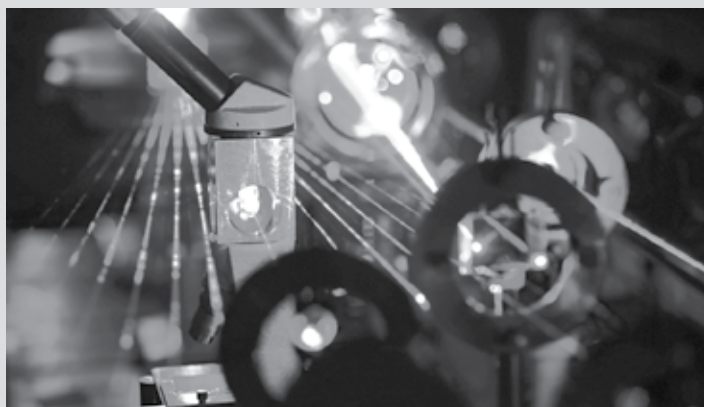
Главным достоинством разработки является наличие достаточной плотности мощности для проведения испытаний в условиях, приближенных к реальным.

Установка размещена в трех разделенных зонах: система энергопитания, лазер и оптико-механическая часть, пульт управления.

Лучевая прочность оптических материалов и покрытий является важным параметром оптических элементов, применяемых в высокомоощных лазерах, определяющим надежность и ресурс всей лазерной системы. Именно лучевая прочность является фактором, обеспечивающим достижение высоких выходных энергетических характеристик лазерных систем.

В ходе производства крупногабаритных оптических элементов для сверхмощных лазеров установка позволяет проводить технологический контроль величины лучевой прочности активных сред и покрытий с теми же самыми временными параметрами, в которых применяются данные элементы.

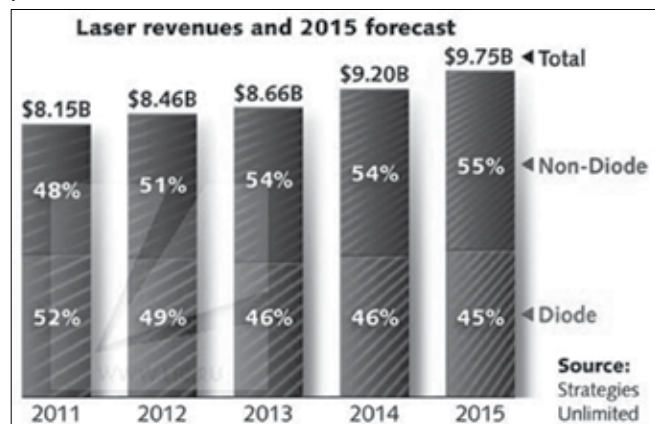
shvabe.com



РЫНОК ФОТОНИКИ И ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗА 10 ЛЕТ УДВОИЛСЯ, А ПРОДАЖИ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ ВЫРОСЛИ В 20 РАЗ

В последние 5-10 лет стала прослеживаться прямая связь в развитии рынка фотоники (с ростом до 5-10 % в год) с общей экономической ситуацией в мире, в 2015 году он должен составить порядка 500 млрд долларов. Некоторые прорывные направления, такие как аддитивные технологии, волоконные, диодные и дисковые лазеры – росли более высокими темпами – до 30-60 % в год.

Мировой рынок фотоники увеличивался с 1970 года ежегодно на ~10-20 %, в последние 10-15 лет – на 5-10 % и имел объем ~300-420 млрд долл. в год в 2012-2013 г. В 2015 году составлял ~480-500 млрд долл. В последние 5-10 лет стала прослеживаться прямая связь в развитии рынка фотоники с общей экономической ситуацией в мире. Некоторые прорывные направления, такие как аддитивные технологии, волоконные, диодные и дисковые лазеры – росли более высокими темпами – до 30-60 % в год.



Европа формирует около 20 % этого рынка, 24 % рынка оптической связи, а в секторе освещения доля европейского производства достигает 40 %.

Правительство России провозгласило фотонику стратегической отраслью. По данным Минпромторга доля России составляет 300 млн долл. (из ~400 млрд долларов мирового рынка).

Признавая важнейшую роль фотоники для современной цивилизации, 68-я сессия Генеральной ассамблеи ООН в декабре 2013 года объявила 2015-й год международным годом света и технологий, основанных на использовании света, т.е., в современных технических терминах, годом фотоники.

Фотоника – локомотив инновационного развития экономики Евросоюза (закключение Еврокомиссии), от фотоники непосредственно зависят 20-30 % всей европейской экономики и 10 % всех работающих (около 30 млн. рабочих мест).

- Европейский сектор мировой фотоники – 52 млрд. евро в 2009 г. и 60 млрд. евро в 2013 г., ежегодный рост – в среднем 8-10 %. В 2011 году в этой сфере было занято 290-300 тыс. чел. на 5 тысячах предприятий.

- Поддержка НИОКР по фотонике из бюджета Еврокомиссии – 120 млн евро в год (в рамках завершающейся

7-й Рамочной программы), проекты финансируются только на паритетных условиях с бизнесом. На 2013-2020 г. было запланировано вложить в развитие европейской фотоники 7 млрд евро, в т.ч. 1,4 млрд – из бюджета Еврокомиссии.

- С 2003 года идеологическое руководство европейской фотоникой гражданского применения осуществляет технологическая платформа «Photonics 21» (около 2 тыс. участников). Наиболее активно участвуют в ней Германия, Франция и Великобритания. Разработана стратегия Horizon 2020, объединяющая все хайтековские программы: НИОКР и инновационные.

Наиболее динамично развивается фотоника в Китае: Более 5 тыс. предприятий в 2011 г. выпустили лазерной, оптической и оптоэлектронной продукции более чем на 400 млрд. юаней. К 2015 г. планируется достичь объема производства фотоники в 63 млрд долл.

Профильные кафедры в 200 университетах, 9 институтов АН КНР и 10 отраслевых НИИ полностью работают по этой тематике, создано 18 национальных лабораторий, создан огромный специализированный технопарк («Оптическая долина им. Озера Дунху» в Провинции Хубэй).

Из 1646 тысяч аспирантов, имеющих сегодня в КНР, 330 тысяч специализируются в фотонике; по этой тематике избраны более 300 академиков Национальной академии наук и Национальной академии инженерных наук.

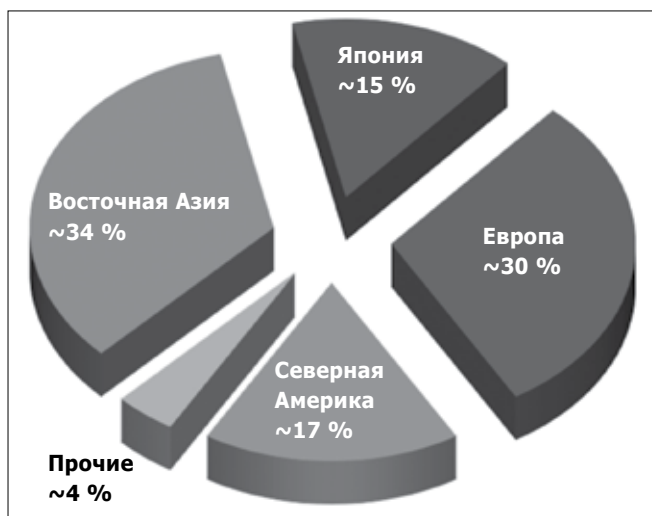
Объем финансирования НИОКР по фотонике из госбюджета за последние 10 лет растет в среднем на 20 % в год.

Создание и освоение технологий в области фотоники имеет мощную государственную поддержку (налоговые каникулы, льготные кредиты и др.).

Согласно последним опубликованным данным Ассоциации VDW и консалтинговой компании Optech Consulting (Швейцария), лазерное технологическое оборудование (ЛТО) занимает сегодня 12 % мирового рынка обрабатывающего технологического оборудования (в стоимостном выражении), причем эта доля достаточно быстро увеличивается.

Мировой объем продаж лазеров практически удвоился и в 2014 году составлял 9,2 млрд долл., а в 2015 году составил 9,75 млрд долл. По данным ведущих экономических обозревателей рынка фотоники, за прошедшие 10 лет рынок лазерных систем и промышленных лазеров более чем удвоился, а продажи волоконных лазеров выросли в 20 раз.

Распределение мирового рынка промышленных лазеров и лазерных систем по регионам мира следующее: Азия – ~49 %, в т.ч.: Восточная Азия – ~34 % и Япония – ~15 %. Европа – ~30 % и Северная Америка – ~17 %.



Страны БРИКС (Бразилия, Россия, Индия и Китай), от которых ожидали лидерства на рынке промышленных лазеров в 2014-м году, этих ожиданий не оправдали, а темпы развития Китая и Индии снизились до 5-7 % в год. Согласно оценкам МВФ, в 2016 году в США, Индии и Великобритании глобальный рост инвестиций в производство сомнителен.

Рынок фотоники в России может развиваться и расти ориентировочно до 5 % в год, но из-за кризиса может и упасть до 5 %. Необходимо также учитывать существенную узость российского высокотехнологичного рынка, который на сегодня составляет чуть более 1 % мирового рынка. Но несмотря на небольшие размеры высокотехнологичного рынка в России, именно здесь наиболее востребованы новейшие лазерные технологии, а тем более сегодня – с учетом обострения международной обстановки и потери ряда зарубежных поставщиков оборудования и комплектующих.

Продажи промышленных лазеров в 2015 году достигли объема в 2,759 млрд долл. – это примерно 25-30 % от общего объема продажи лазерных систем.

Наиболее мощные лазеры, имеющие значение для лазерных технологий обработки материалов, созданы на базе твердотельных сред, газовых с использованием электрического разряда в газе, а также энергии химических реакций. Все более широкое применение находят волоконные, диодные и дисковые лазеры (до 30-100 кВт), а также эксимерные и лазеры на парах меди и др.

Объем проданных волоконных лазеров за 10 лет увеличился в ~20 раз с 55 до 960 млн долл. В 2014 году 17-процентное увеличение продаж волоконных лазеров шло за счет CO₂-лазеров. CO₂-лазеры имели 43-процентную долю от общей выручки против волоконных лазеров, занимающих долю в 36 %. В 2015 году это соотношение было уже одинаковым – CO₂ лазеров – 40 % и «волоконников» – 39,7 %.

63 % доходов рынка промышленных лазеров занимает макрообработка, с тенденцией на увеличение мощности лазерных источников излучения.

В марте 2015 года, на выставке «ФОТОНИКА» в Москве, представителем LASERLINE (Германия) было сделано сенсационное заявление о создании диодных лазеров высокой мощности – до 25-40 кВт, с фокальным пятном до 0,6–2 мм, тогда как в Эссене в 2013 году заявленный уровень мощности составлял 20 кВт при фокальном

пятне до 3 мм, что позволяло тогда применять диодные лазеры в основном для термоупрочнения (полосой до 1 метра) и наплавки. Теперь же они могут применяться и для сварки, и даже для резки.

Сегодня мировыми лидерами по производству мощных лазеров являются компании: IPG (США), TRUMPF и LASERLINE (Германия). Ныне разработаны и производятся технологические лазеры мощностью до 30-100 кВт: волоконные – компанией IPG/НТО «ИРЭ-Полус» (США-Россия), дисковые – немецкой фирмой TRUMPF и диодные – фирмой LASERLINE (Германия).

Высококачественное оборудование для основной сферы применения ЛТО – лазерной резки производят и поставляют многие известные фирмы: Amada, Bystronic, ESAB, IMG (крупногабаритное), FinnPower, Mazak, Messer, Pema (крупногабаритное), Prima Power, Salvagnini и многие другие. На рынок СНГ в последние годы активно выходят китайские и турецкие (например – Ermaksan) фирмы. Из российских производителей ЛТК для ЛР выделяются: ВНИТЭП (г. Москва), Юнимаш /МорСвязьАвтоматика (СПб), Промлазер (г. Шатура).

В 2004-2011 годах сегмент коммуникаций лидировал и занимал более трети рынка, а на обработку материалов приходилась почти четверть. В последние годы они практически сравнялись, а за 10 лет – удвоились.

На рынке лазерной макрообработки лидирует резка металлов (главным образом – листовых), на нее приходится более 75 %. А наиболее массовым применением по количеству проданных установок является лазерная маркировка и гравировка.

Ненасытный коммерческий интерес к 3D печати в мире привел к широкому признанию аддитивных технологий, увеличению производства и продаж в 2014 г. на 34 %, а в 2015 году рост достиг 62 %. Это сегодня самый высокий рост в области фотоники и лазерных технологий.

Сектор медицины за 10 лет удвоился и представляет сегодня объем в ~800 млн долл.

Сектор научных исследований и военных применений вырос за 10 лет в 4 раза и представляет сегодня объем в ~600 млн. долл. Военное применение лазеров набирает обороты. Уже не только США, Германия и Израиль, а и Китай, Турция, другие страны, создают и начинают применять в войсках лазерные системы.

Сектор контрольно-измерительных приборов и сенсоров вырос за десятилетие в 10 раз и представляет сегодня объем ~650 млн долл.

Сектор развлечений, дисплеев и шоу за 10 лет увеличился в 20 раз: с 2004 по 2010 год вырос на порядок, а с 2011 по 2015 год – удвоился и составил объем около 200 млн долл. Объем сектора записи и печати изображений с 2004 по 2010 год удвоился, а с 2011 по 2015 г. держится примерно на одном уровне – 65-67 млн долл.

Таким образом, в 2016 году можно ожидать рост мирового рынка фотоники и лазерных технологий в пределах 5 %. В Европе и России, с учетом и в зависимости от политической ситуации и санкционных ограничений, возможно, следует ожидать отсутствие роста и даже некоторый спад, но влияние этой региональной части рынка эксперты, по-видимому, считают неопределяющим.

photonics.su

Фотоника, 2015, № 3 / А.Г.Игнатов

БЕЛОРУССКИЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРОВ И ФОТОНИКИ

Для создания мощных лазерных систем

Создан лазер с ламповой накачкой и со световодным жгутом, обеспечивающим более высокую эффективность генерации света (патент Республики Беларусь на изобретение № 19568, МПК (2006.01): H 01S 3/067; авторы изобретения: С. Батище, Г. Татур, А. Ермолаев, М. Позняк; заявители и патентообладатели: государственное научное учреждение «Институт физики имени Б.И.Степанова НАН Беларуси», Открытое акционерное общество «Завод «Оптик»).

Изобретение может быть использовано при создании мощных лазерных систем, применяемых, например, для «лазерной очистки» поверхностей художественных произведений и различных промышленных объектов от загрязнений.

В одном из предложенных авторами вариантов «Волоконно-оптический лазер с ламповой накачкой» содержит: 1) блок питания и управления, 2) лампы накачки с отражателями, 3) глухое и выходное зеркала, 4) активный элемент, выполненный в виде жгута, состоящего из световодных волокон, каждое из которых имеет сердцевину из оптически прозрачного материала, легированного редкоземельным элементом, и нелегированную оптически прозрачную оболочку.

Его отличие от лазера-прототипа заключается в том, что жгут активного элемента выполнен из световодных волокон, переплетенных друг с другом таким образом, чтобы каждое из волокон по меньшей мере один раз выходило на поверхность указанного жгута. Расположен такой жгут в трубке из материала, пропускающего излучение ламповой накачки и селективно поглощающего излучение, приводящее к деградации материала световодных волокон. При этом сердцевина и оболочка каждого световодного волокна выполнены, соответственно, из стекол марки «ГЛС-6» и «С52-1».

Как показали результаты испытаний, за счет лучшего «освещения» световодных волокон световодного жгута обеспечивается повышение энергии и эффективности генерации волоконно-оптического лазера в несколько раз.

Голографический лазер

Предложен голографический РОС-лазер на красителе с распределенной обратной связью (патент Республики Беларусь на изобретение № 19308, МПК (2006.01): H 01S 3/00; авторы изобретения: Эфендиев Терлан Шаидоглы, В. Катаркевич, А. Рубинов; заявитель и патентообладатель: государственное научное учреждение «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси»).

Изобретение может быть использовано при разработке малогабаритных лазеров с узкой линией излучения, предназначенных для применения в медицине, биологии, экологии и микроэлектронике.

Задача изобретения – повышение спектральной чистоты излучения лазера за счет понижения фона суперлюминесценции в излучении РОС-лазера.

Проведенные авторами измерения показали, что для лазера-прототипа интенсивность суперлюминесценции в области максимума «перестроечной кривой энергии генерации» достигает 3,5 %. В случае же заявленного устройства в аналогичной области генерации фон суперлюминесценции не превышает величину около 0,8 %. На краях контура перестройки интенсивность излучения суперлюминесценции составляла величины около 10 % (для прототипа) и 3,7 % (для заявляемого устройства).

Таким образом, предложенное техническое решение позволяет в 2,7-4,4 раза уменьшить энергию излучения суперлюминесценции по сравнению с прототипом и тем самым существенно повысить спектральную чистоту генерируемого РОС-лазером излучения.

Для нужд отечественной медицины

(Патент Республики Беларусь на изобретение № 19176, МПК (2006.01): B 21C 1/00, C 25F 3/16, A 61B 17/00; авторы изобретения: Ю.Алексеев, А.Исаевич, В.Шелег, А.Королев, В.Нисс, А.Паршуто; заявитель и патентообладатель: Республиканское инновационное унитарное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»). Изобретение может быть использовано для производства медицинского инструментария, применяемого в разделе эндovasкулярной хирургии и сердечнососудистой хирургии.

В основе изобретения стоит задача улучшения «служебных характеристик» волновода, применяемого для внутрисосудистой тромбэктомии, путем снижения остаточных напряжений в его заготовке, применяя для этого такой метод воздействия на «передельную заготовку», как электролитно-плазменная обработка (ЭПО). ЭПО ведется между проходами волочения. Положительный эффект достигается за счет удаления с поверхности заготовки слоя с повышенной плотностью дислокаций и с инородными включениями продуктов износа инструмента.

Результаты испытаний усталостной прочности образцов заготовок после волочения и после волочения с промежуточной ЭПО продолжительностью 5 минут показывают, что предел их выносливости после волочения с ЭПО на 12,5 % выше, чем после обычного волочения: предел выносливости заготовок после волочения составил величину около 480 МПа, а после волочения с ЭПО – 540 МПа.

Для готовой заготовки волновода, поставляемой заказчику, проводили окончательную ее сушку, и после приемки ОТК и упаковки отправляли потребителю. Сечение заготовки имеет нормированные «круглости по длине» и заданный «кавалитет шероховатости». Готовая продукция в полной мере отвечает требованиям стандарта по макро- и микрогеометрии, электротехническим и механическим свойствам.

Заявителем разработана и реализована технологическая линия получения промышленных партий нитромоновых заготовок-полуфабрикатов общим числом 100 позиций (диаметром от 2 до 4 мм). Линия подтвердила результативность и рентабельность ресурсосберегающей

и малоэнергоемкой технологии производства таких изделий из сплава высокого электросопротивления.

Промышленное освоение заявленного объекта планировалось в условиях работы линии в Беларуси.

Оптический клей... для лазера

Оптический клеящий состав разработан белорусскими учеными (патент Республики Беларусь на изобретение № 19502, МПК (2006.01): С 09J 163/10; авторы изобретения: Т. Безязычная, М. Богданович, А. Григорьев, В. Кабанов, О. Костик, Е. Лебедев, В. Машко, А. Рябцев, Г. Рябцев, Л. Тепляшин, М. Щемелев; заявитель и патентообладатель: государственное научное учреждение «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси»).

Изобретение относится к оптическому лазерному приборостроению и может быть использовано, в частности, для крепления оптических и активных лазерных элементов при изготовлении лазерных квантронов с диодной накачкой.

Предложенный оптический клеящий состав был реализован и испытан авторами (при создании моноимпульсного лазера с поперечной диодной накачкой лазерными линейками) следующим образом. Активный элемент Nd:YAG лазера цилиндрической формы длиной 50 мм и диаметром 5 мм вклеивался в лазерный квантрон с тремя лазерными диодными линейками поочередно – новым авторским оптическим клеящим составом и оптическим клеем-прототипом.

Испытания показали, что использование для вклейки предложенного оптического клеящего состава увеличивало энергию моноимпульса излучения лазера на 43 % по сравнению с применением для аналогичной вклейки клея-прототипа (оба клея образовывали слой одинаковой толщины). Это подтвердило достижение конечной цели изобретения – увеличение эффективности генерации лазерного излучения.

Многолучевая лазерная обработка

Способ многолучевой лазерной обработки детали придумали В. Мышковец, А. Максименко, Г. Баевич и П. Усов (патент Республики Беларусь на изобретение № 19135, МПК (2006.01): В 23K 26/00; заявитель и патентообладатель: Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины). Изобретение может быть использовано в машиностроении при наплавке, упрочнении, легировании, текстурировании рабочих поверхностей деталей, а также при резке.

Техническая задача, решаемая заявленным изобретением, заключается в расширении функциональных возможностей, повышении эксплуатационных характеристик и качества обработки, а также в снижении энергозатрат при обработке крупногабаритных деталей.

Технический результат, достигаемый заявляемым изобретением: подбор оптимальных траекторий и возможности обработки как локальных контуров детали, так и всей ее поверхности без ее переустановки и перемещения; получение более однородной структурной поверхности детали без последующей обработки; сокращение количества холостых перемещений при обработке крупногабаритных деталей и времени обработки.

izobretatel.by

НОВОСТИ

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЯЮТ АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ

Комплексная система очистки и защиты памятников архитектуры разработана специалистами АО «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова» (Санкт-Петербург). Она включает в себя обработку загрязненной поверхности лазерным излучением и последующее нанесение инновационного гидрофобного покрытия, которое сохраняет свои свойства в температурном диапазоне от – 60 °С до + 250 °С. Методика не наносит вред обрабатываемой поверхности, тем самым исключается возможная коррозия материала и последующее разрушение объекта. С помощью новой технологии можно очищать изделия из металла, пластика, камня, дерева и даже плотные ткани. Процедуру очистки объектов можно многократно повторять без какого-либо вреда для обрабатываемой поверхности. Это позволит сохранить историческое наследие на долгие годы.

Прибор для лазерной очистки имеет компактные размеры, бесшумен в работе, не требует каких-либо расходных материалов и очищает загрязненную поверхность со скоростью 10 м² в час.

shvabe.com

Качество и компетентность
в мире печатных плат

ОАО «Минский часовой завод»

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

220095, г. Минск,
пр. Независимости, 95,
т./ф. +375 (17) 280-49-55
моб. +375 (29) 750-45-50
bogdashich@mail.ru

Типы плат

- ДПП, МПП (до 24 слоев) любого класса точности
- Гибкие печатные платы
- Платы для ВЧ/СВЧ
- Платы на алюминиевой подложке
- Платы для смарт-карт

Возможности

- Проектирование плат
- Технологическая поддержка
- Покрытия: HASL, иммерсионное золото, иммерсионное олово, ПОС, Ni-B
- Формирование контура любой формы
- Материалы: FR-4, Rogers, Duroid, алюминий, лавсан

Срок изготовления от 2 дней до двух недель

Качество

- Сертификат соответствия ВУ/112 05.01.0030030

УНП 100230391

PARTY HARD!: ГОНОЧНЫЕ РОБОТЫ-МАШИНЫ, ИГРЫ С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ И «УМНЫЙ ДОМ»

6 февраля 2016 года в бизнес-инкубаторе Парка высоких технологий (ул. Академика Купревича, 1) прошла конференция Party Hard! – профессиональное мероприятие для инженеров-электроников, системотехников, проектировщиков, а также любителей, конструирующих собственные электронные устройства и приборы. Автор предлагаемого материала осветила наиболее интересные проекты.

■ ДИАНА ВАСИЛЬЕВА

О промышленной революции напомнил гостям конференции Игорь Мамоненко, Генеральный директор группы компаний «БелХард». «В будущем планируется подключить к интернету около 70 миллиардов устройств во всем мире (автомобили, стиральные машины, дроны и т.д.), которые будут общаться с некими «материнскими» центрами. Мегомозгом всего этого будет, конечно, облако», – говорит Игорь Мамоненко.



Второй тренд XXI века – это «умные дома». В промышленности появилась возможность делать «умные» вещи локальными.

Еще одна тенденция, характерная для нашей эпохи, – появление глобальных сервисов. Телевизор, подключенный к интернету, анализирует рекламу и сообщает, предположим, корпорации Samsung, а тот в свою очередь рекламодателю о том, кто и когда смотрел его рекламу. Такая информация помогает делать лучше и сервис, и всю сферу обслуживания в целом, считает И. Мамоненко.

Следующий спикер – Сергей Шевкунов, заместитель начальника управления процессинговыми и дистанционными системами ОАО «Белгазпромбанк», рассказал о таком явлении, как краудэкономика и о сервисах экспертизы и финансирования бизнес-проектов – WikiBank и Ulej.

Элементами краудэкономики сегодня являются краудфандинг, краудинвестинг и краудсорсинг. ОАО «Белгазпромбанк» создал в Беларуси сервис по финансированию значимых и интересных бизнес-проектов. Для предпринимателей WikiBank – это возможность протестировать свою идею, найти клиентов и кредитную поддержку для своего бизнеса, разместив проект на сайте, а для вкладчиков – это перспективный способ размещения гарантированного онлайн-депозита, при котором он получает не только процентный доход, но и дополнительные бонусы от предпринимателей.

В технической секции слушатели и сами спикеры были сосредоточены на «секретах» создания роботов,

делились навыками в этой области и показывали свои достижения. Виктор Хаменок (CEO Rozum Robotics), разработчик робототехники, рассказал о том, как они, не зная основ робототехники, создавали робота, рисующего на мольберте. «Эта история началась 10 месяцев назад. Мы решили создать компанию в области робототехники, слабо представляя, что это такое. У нас не было опыта в разработки робототехнических устройств, но мы точно знали, что хотим сделать робота-художника», – рассказывает Виктор. – Для того, чтобы задача не была тривиальной (простейшие устройства для рисования на плоскости называются «плоттеры»), мы решили включить в требования к будущему роботу человекоподобность. Такая постановка значительно усложняла задачу, но при этом позволяла получить опыт в разных областях робототехники».

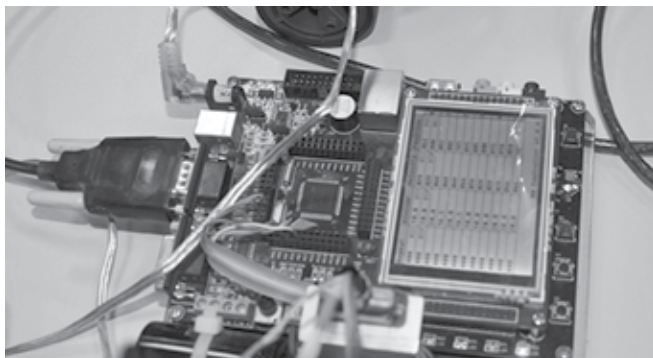
Первый свой результат Виктор продемонстрировал в видео на экране. Разработчики не могли достичь плавности движений, необходимой точности в выполнении роботом элементарных действий. В итоге они сели за книги и принялись изучать теорию.



Студенты первого курса ФПМИ и ММФ БГУ Ирина и Иван на выставке Party Hard! представили свои разработки. «Это рука-манипулятор, – объясняет Ирина. – Она создана для того, чтобы дети, начиная с 6-7 лет, могли на практике изучать основы программирования. Ведь для хорошего усвоения материала, особенно детям, нужно наглядно показывать, как все это работает. Этот робот выполняет различные команды (поднятие, вращение, захват и т.д.), когда школьник задает их в консоли обучающей программы». Для этого проекта ребята создали макроязык, максимально простой для понимания. В окне программы можно просматривать анализатор движения, скорость сервоприводов и т.д. Чтобы рука плавно двигалась, они разработали алгоритмы

Организаторами Party Hard! 2016 выступили: Парк высоких технологий совместно с редакцией IT-портала «Компьютерные вести» и разработчиком устройств экологического контроля R-NOX. Для участия в конференции зарегистрировались гости из России, Украины и других стран ближнего зарубежья. Число поданных заявок – около 800. Среди компаний-участников такие как Intel, Apalon, Promwad, МТС, ЕРАМ, Сбербанк России (sberbank.ru), Институт матэматыкі і кібернетыкі, УО Республіканскі цэнтр інновацыйнага і тэхнічнага творчэства, Ноотехніка, ОАО «Белгазпромбанк» и др.

разгона и торможения. Все детали вытачивали сами на станке, дорогого оборудования не покупали.



Любовь к роботам, по словам Ирины, появилась у нее благодаря хорошему преподавателю в школе. А у Ивана это хобби с 7 класса (в школе самостоятельно изучал си#, си++, java). В гимназии, из которой они выпустились год назад, ребята ведут сейчас факультатив по основам робототехники. Они объясняют школьникам, как работают алгоритмы движения, протоколы передачи данных, запуск механизмов и т.д. Один из их учеников показал гостям конференции своего робота, который уже побывал на многих международных конкурсах и выставках. Этот робот пылесосит, сканирует помещение на наличие опасных газов, огня, скоро его научат звонить в службу спасения в экстренных случаях. Сейчас школьник работает над тем, чтобы робот воспринимал человеческую речь и мог собирать игрушки, разбросанные по дому.

Также на выставке был представлен некоммерческий проект MajorDoMo – «умный дом». Это бесплатная, открытая программная платформа для комплексного управления домашней автоматикой, а также для информирования жильцов дома о различных ситуациях, таких, как разрядка батареи телефона, место нахождения членов семьи и т.д. «В основу проекта заложено несколько фундаментальных принципов, – рассказывает создатель проекта Сергей Джейгало. – Принцип первый – концептуальность. Умный дом – это не только железо. Второй – приземленность. Взаимодействие элементов системы строится на HTTP-протоколе. Третий – гибкость в интеграции. Глубина интеграции системы определяется потребностями пользователя и степенью доверия к системе. Четвертый принцип – легкость на подъем. Система может быть установлена практически на любой персональный компьютер (Windows и Linux) и совершенно не требовательна к ресурсам».

С помощью MajorDoMo Сергею удалось реализовать следующие возможности: утром система рассказывает о погоде (температура воздуха, влажность) и включает музыку, сообщает, что открыты гаражные либо въездные ворота, при выходе отопления из нужного диапазона поступает голосовое уведомление на Skype. Система управляет отдельными элементами внешнего освещения, ведет контроль доступности устройств, подключенных к домашней сети – по ним можно выявить неполадки, либо определить присутствие кого-то из домашних и т.д.

Без консольных или компьютерных игр уже сложно представить конференцию для разработчиков, и на Party Hard! не обошлось без них. «Arbot – робот, работающий с дополненной реальностью», – рассказывают его создатели.

Arbot состоит из 2 основных частей: внутреннего корпуса, в котором располагаются моторы и плата управления,

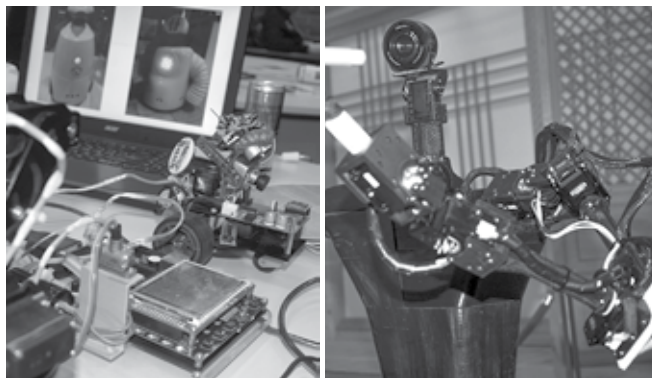
и двух внешних полусфер, выполняющих роль колес. Роль «мозга» принадлежит непосредственно мобильному устройству. «Мы постарались оптимизировать программное обеспечение так, чтобы оно экономно использовало ресурсы и не приводило к быстрой разрядке или «зависанию» гаджета. Дополненная реальность – это открытая технология, которую мы применили в своей разработке», – говорит представитель команды Илья Герасимович.

Еще одна игрушка, но солиднее предыдущей – робот для гонок (обычно им интересуются крупные ИТ-компании) – представлена брестской организацией Roborace. «Этими роботами никто не управляет, делают их сами участники соревнований, используя радиоуправляемые модели», – рассказывает Дмитрий Склипус.

Брестские разработчики проводили эксперимент с роботом и обычной машинкой на пульте управления, и первый, как ни странно, выиграл (управляющий машинкой был непрофессионал).

Экспозицию микропроцессорных модулей среди множества роботов можно было не заметить – каждый модуль размером с ладонь. Но представитель компании Axiom очень увлекательно рассказывал о портативных устройствах: «Эти готовые модули можно использовать для разработки любых устройств, например, «умного» холодильника, который будет контролировать сроки годности продуктов, делать заказы в магазинах и т.д. К нему можно добавить интерфейс в виде небольшого дисплея, подключить кучу датчиков и т.д. К примеру, такие модули у нас заказывает фирма, занимающаяся написанием ПО для низкоорбитальных спутников».

Еще один проект, представленный этой компанией, – мобильный тепловизор. Устройство предназначено для наблюдения излучения объектов в ИК диапазоне. Оно может использоваться совместно с ios/android устройствами, интерактивными очками GoogleGlass. Тепловизор помогает обнаруживать элементы устройств, которые перегреваются и выходят из строя.



Также гости конференции подробно узнали о проекте по созданию протеза руки «MyoTriton». Эта экспозиция, к слову, пользовалась большой популярностью.

Вот такая разноплановая получилась конференция Rarty Hard! в этом году. Напомним, что организаторами конференции выступили Бизнес-инкубатор Парка высоких технологий, старейший белорусский ИТ-портал «Компьютерные вести» и разработчик приборов экологического мониторинга компания R-NOX. Надеемся, что через год сможем показать еще больше разработок в области робототехники и порадовать новыми, не менее интересными, выступлениями.

ЛАЗЕРНАЯ МАРКИРОВКА ПРОДУКЦИИ – ВЕЧНАЯ ЗАЩИТА ВАШЕГО ТОВАРА!

Один из самых распространенных и популярных способов маркировки продукции по всему миру – это маркировка с помощью лазерной технологии.

Когда говорят об обработке лазером поверхности материала, подразумевается три вида воздействия.

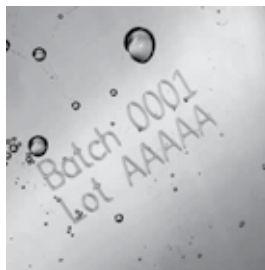
1. Создание поверхностного контраста или изменение цвета материала характеризуется высокими скоростями сканирования луча по поверхности. Цвет изменяется только на поверхности материала, которая поглощает свет. Это создает видимый контраст с необработанной поверхностью материала. Данный тип известен как фотохимический эффект. Таким способом, например, зачастую маркируются этикетки товаров. При этом используется специальная термобумага, меняющая окраску под действием луча.



2. Гравировка материала или удаление верхнего слоя – не самый быстрый процесс маркировки, поскольку материал выпаривается. Маркировка становится хорошо видимой при контрасте цвета материала с немаркированной поверхностью материала, например, белый цвет бумаги этикетки будет хорошо контрастировать с предпечатанным на этикетке темным полем. Технология получила широкое применение во всех областях производства.



3. Оплавление поверхности или прожиг материала – более медленный процесс, при котором материал достигает температуры плавления и через химический распад, эффекты окисления или изменение в поверхностной мор-



фологии обеспечивают видимую маркировку. Редко применяется при маркировке металлических поверхностей из-за низкого контраста. Например, белая маркировка на темных пластмассовых поверхностях появляется из-за вспенивания пластмассы, обрабатываемой лазерным лучом.

Новые возможности современных лазерных систем для маркировки

Технология лазерной маркировки не стоит на месте, постоянно появляются новые решения, более экономичные и универсальные. Компания ООО «ДАТА-БАЙ» является официальным дистрибьютором лазерных систем Macsa (Испания), Linx (Великобритания) и Telesis (США). Эти производители зарекомендовали себя на мировом рынке как поставщики наиболее качественного и универсального оборудования.



CO₂-лазеры – это лазерные установки на углекислом газе. Активной средой углекислотных лазеров является газообразная смесь CO₂, азота (N₂), гелия (He).

Данный тип маркировочных лазеров обладает мощностью 10-200 Вт, подходит для обработки таких материалов, как бумага, картон, ПЭТ, стекло, изоляционные покрытия, дерево, а так же металл с покрытием.

Следующий вид лазерных установок – на основе Nd:YAG с диодной накачкой позволяет получать контрастную маркировку на большинстве пластиков и металлов. В основном применяются лазеры мощностью 10-20 Вт, очень редко (из-за большой стоимости) до 100 Вт. В последнее время по ценовым соображениям этот вид лазеров вытесняется оптоволоконными.

Оптоволоконные лазеры, появившиеся в последнее время на рынке лазерных технологий, дают новые тех-



нологические возможности для маркировки материалов. Их особенность – более высокое качество лазерного пучка. ОВ-лазеры имеют высокие рабочие частоты и обеспечивают за счет этого более высокую производительность, также у них лучшее разрешение изображения из-за стабильности лазерного луча.

Благодаря оптоволоконным лазерам появляется возможность использования цветной маркировки для ряда материалов, таких как железо, титан и их сплавы, цирконий и др. ОВ-лазеры дают возможность точно и стабильно в пространстве и времени дозировать энергию лазерного пучка и формировать четкие структуры на поверхности металлов.

Преимущества использования лазерной маркировки

Основным преимуществом использования лазерной маркировки является отсутствие расходных материалов. Это предполагает отсутствие затрат на закупку, доставку и замену расходных материалов.

Отсутствие временных затрат на замену расходных материалов означает бесперебойность работы производственных линий. Так же исключаются перебои с поставками материалов за их не нужностью.

Кроме этого, лазерные установки требуют более редкого технического обслуживания по сравнению с каплеустройной печатью – раз в год, при этом обслуживание занимает до двух часов.

Автоматизация маркировочного процесса

Лазерная маркировочная система способна связываться с базами данных предприятия через автоматизированную систему, появляется возможность постановки задач, отправки сообщений и полного контроля даже удаленно. Такая возможность позволяет сократить затраты на дополнительный персонал, а так же сократить ошибки маркировки за счет человеческого фактора.

Чистота и безопасность

Расходные материалы зачастую могут содержать вредные соединения. Лазерная маркировка – это вид наиболее экологичной и безопасной для окружающей среды обработки материалов.

Так же гарантируется чистота в производственных цехах – лазер не оставляет за собой пыли или грязи.

Данный пункт является важным для соблюдения всем европейским стандартам качества.

Вечная маркировка как защита от подделок

Лазерная маркировка является несмываемой и вечной. Это служит защитой товара от подделок, гарантией качества, и тем самым защищает репутацию производителя.

Применение лазерных маркираторов



data-by.com

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СВЯЗЬ-2016 ПОЛУЧИЛА ОФИЦИАЛЬНУЮ ПОДДЕРЖКУ ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА СВЯЗИ

Международная выставка информационных и коммуникационных технологий «СВЯЗЬ-2016» получила официальную поддержку Федерального агентства связи (РОССВЯЗЬ). Руководитель РОССВЯЗИ – Духовницкий Олег Геннадьевич – вошел в состав оргкомитета выставки.

В настоящий момент выставка СВЯЗЬ имеет официальную поддержку таких государственных органов, как Министерство связи и массовых коммуникаций РФ, Министерство промышленности и торговли РФ, Правительство Москвы и патронат Торгово-промышленной палаты РФ.

Имея столь мощный протекторат с одной стороны, доверие бизнеса и возможность консолидировать его в

рамках своего мероприятия с другой, выставка СВЯЗЬ стала своеобразным мостом для прямого диалога между государством и бизнесом. Это уже оказало самое позитивное влияние на развитие отрасли и экономики в целом. По словам организаторов, в этом году выставка СВЯЗЬ наглядно продемонстрирует не только последние инновационные разработки, но и покажет новый спектр развития всей телекоммуникационной индустрии на ближайшие несколько лет.

Выставка СВЯЗЬ-2016 традиционно пройдет в ЦВК «Экспоцентр» 10–13 мая.

sviaz-expo.ru

О ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРАХ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

Материал подготовлен с использованием книги Richard Scheps
«Introduction to Laser Diode-Pumped Solid-State Lasers»

Машиностроение, медицина, сельское хозяйство, и, безусловно, мир высоких технологий активно применяют лазерное излучение. Востребованность лазера определяется его свойствами. Часто лазер используется для различного рода металлообработки – сварки, очистки поверхности, резки. Без него не обходятся специальные технологии (деактивация и лазерная закалка), комплексы предлагаются на базе твердотельных лазеров. Они компактны, с небольшим весом, что способствует выполнению работ локально, без перемещения крупногабаритных объектов.

Твердотельный лазер – лазер, в котором в качестве активной среды используется вещество, находящееся в твердом состоянии. К твердотельным относятся также лазеры, в которых в качестве активной среды используются различные стекла и кристаллы.

Твердотельный лазер с диодной накачкой (Diode-pumped solid-state laser, DPSS лазер) – это разновидность твердотельного лазера, в которой в качестве источника оптической накачки используются лазерные диоды.

Волоконный лазер – лазер, активная среда и, возможно, резонатор которого являются элементами оптического волокна.

Nd:YAG-лазер – твердотельный лазер, в рабочем теле которого используется алюмоиттриевый кристалл, легированный неодимом. Один из самых распространенных типов твердотельных лазеров.

Виды накачки лазеров

Лазер, как известно, представляет собой элемент усиления излучения, помещенный в оптический резонатор. Для получения лазерного излучения лазерный активный элемент должен быть накачан энергией источника в рабочую среду лазера. Накачка лазера может быть получена, например, путем электроразряда через плазму активного элемента, или оптическим излучением от внешнего источника. Так как многие твердотельные (но не полупроводниковые!) лазерные активные элементы являются диэлектриками, то подходящим средством накачки для таких элементов является оптическая, которая осуществляется путем освещения внешним источником. В качестве источника накачки могут быть использованы лазерные диоды. Такая накачка называется диодной.

Традиционно в качестве оптической накачки использовались CW и QCW лампы (ламповая накачка) или другие CW и QCW лазеры. Лазерная накачка имеет ряд преимуществ:

- направленность излучения;
- потенциально большее совпадение по спектру между излучением накачки и полосой поглощения лазерного активного элемента;
- способность приводить в соответствие инверсную заселенность, создаваемую излучением накачки в элементе усиления, к фундаментальной лазерной моде.

Однако эффективность электрооптической конверсии лазеров с ламповой накачкой и газовых лазеров достаточно низкая. Время их эксплуатации также сильно

ограничено. Лампы служат порядка 10^7 вспышек, а плазменные трубки необходимо менять после нескольких тысяч часов работы. Несмотря на недорогую замену ламп, стоимость замены плазмы может достигать до 30 % от первоначальной стоимости лазера.

Преимущества диодной накачки твердотельных лазеров

Твердотельные лазеры с лазерной диодной накачкой (Diode-pumped solid-state laser, DPSS лазеры) обладают оптической эффективностью $\approx 60\%$ и электрооптической эффективностью $\approx 30\%$.

Время работы лазерных диодов твердотельного лазера достаточно высоко и находится в пределах от 10^8 до 10^{10} импульсов, в зависимости от условий эксплуатации.

Лазерные диоды в CW-режиме обладают средним временем наработки до отказа до 120 000 часов. Время работы диода может быть значительно продлено путем:

а) эксплуатации диода в режиме 80-90 % от его номинальной мощности;

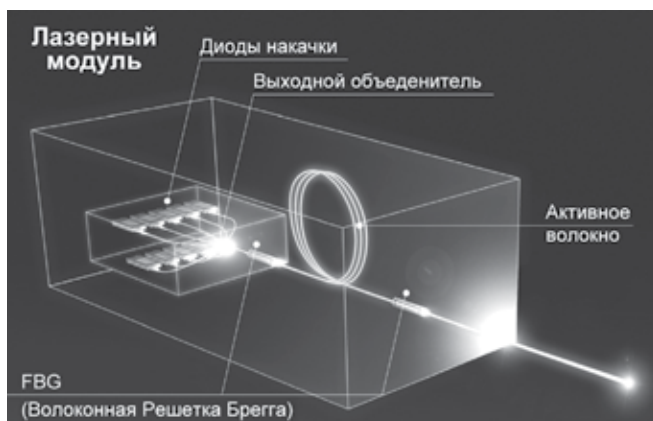
б) охлаждением диода, чтобы температура его p-n-перехода была на 5-10 °C ниже комнатной температуры.

Требования по охлаждению лазерных диодов ниже по сравнению с лампами, так как эффективность диодов намного выше. Но так как разогрев в случае с диодами происходит в гораздо более компактных объемах и в самом диоде, и в лазерном активном элементе, то необходимо тщательно подходить к отводу тепла.

Вес и размеры лазерных диодов позволяют уменьшить не только сам блок накачки, но и резонатор. Требуемое напряжения для лазерных диодов около 2В, что также минимизирует блоки источников питания твердотельных лазеров.



Имеется возможность увеличения мощности накачки и масштабируемость твердотельного лазера. Сегодня предлагаются мульткиловаттные QCW диодные сборки



(до 100 кВт), сборки с высокой плотностью мощности излучения для решения задач построения лазеров с высокой энергией импульса и лазеров высокой и средней мощности.

Конструктивные особенности твердотельных лазеров

Обычно твердотельный лазер выполнен в едином корпусе, который содержит лазерный резонатор, лазерные диоды накачки, термоэлектрическую систему охлаждения, электронику питания и электронику интерфейса.

Корпус твердотельных лазеров с воздушным охлаждением имеет встроенный ребристый теплообменник для отвода избыточного тепла. На стороне апертуры могут быть предусмотрены резьбовые отверстия для крепления внешней оптики, например, для коллимирующих или фокусирующих объективов, расширителей луча и т.д.

Очень часто в лазерных диодах накачки и резонаторе температурное регулирование осуществляется с помощью высокоэффективных твердотельных устройств, на основе элементов Пельтье.

Постоянный ток от источника низкого напряжения и управляющие сигналы обеспечиваются с помощью внешних или внутренних источников питания и контроллеров.

Для реализации модуляции добротности в лазерах часто используется методика акустооптической или электрооптической модуляции.

Применение и обслуживание твердотельных лазеров

Как уже сообщалось, диодная накачка позволяет минимизировать размеры блока накачки и резонаторов в лазере. Например, лазеры SOL итальянской фирмы Bright Solutions, используя торцевую лазерную диодную накачку, позволяют получить 40 Вт средней мощности излучения на 1064 нм в корпусе 23 x 10 x 10 см и весом всего ~5 кг.

Минимальный размер и вес лазера делает его идеальным для таких функций, как лазерная маркировка, лидары, очистка поверхностей, обработка материалов.

Однако область применения DPSS лазеров гораздо шире. Твердотельные лазеры с диодной накачкой применяются в научных исследованиях, PIV, спектроскопии, а также других сферах, где требуется большая энергия при малой длительности импульса и высокие характеристики по качеству луча.

intechlaser.ru

НОВОСТИ

«ДЕФЕКТНЫЕ» АЛМАЗЫ ДЛЯ ФОТОННЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Ученые Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск) первыми в мире вырастили специальные искусственные алмазы для фотонных компьютеров, сообщил директор института Николай Похиленко.

«В этом году мы научились выращивать кристаллы с германиевыми дефектными центрами. Это очень важный материал. Мы первыми его вырастили, следом за нами пошли американцы, немцы. Это материал для создания компьютеров нового поколения, так называемых фотонных компьютеров», — сказал он.

В центр таких алмазов ученые поместили вместо атома углерода атом германия. Название «дефектные», по словам ученого, носят любые алмазы, содержащие что-либо, кроме углерода.

Свою разработку ученые передали коллегам в Институт физики полупроводников СО РАН и Институт автоматики и электрометрии СО РАН для создания сложных устройств.



Особенностью фотонных компьютеров является то, что они будут работать не на базе электроники, а на базе фотонов, что должно обеспечить значительно большее быстродействие по сравнению с обычными устройствами — примерно в 10 млн раз. Такой компьютер, по словам ученого, делает возможным создание искусственного интеллекта. Другой особенностью фотонного компьютера, благодаря применению новых «дефектных» алмазов является способность работать в диапазоне температур от 0 до +900 градусов.

«Если вы сравниваете скорости передвижения улитки и сверхзвуковой ракеты — это примерно то же самое, что сравнивать скорости работы обычного устройства с тем, что будет создано на базе этого материала», — добавил Похиленко.

«Современные микропроцессоры на основе арсенида галлия или кремниевые дают возможность генерировать, усиливать частоты порядка первых десятков мегагерц, а дальше не работают. А эти могут идти в терагерцовые диапазоны, в петагерцовые. Это совсем другие скорости», — сказал он.

igm.nsc.ru

В ЕКАТЕРИНБУРГЕ ВРАЧИ НАЧАЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЛАЗЕРНУЮ ПУШКУ ПРОТИВ ОПАСНЫХ БАКТЕРИЙ

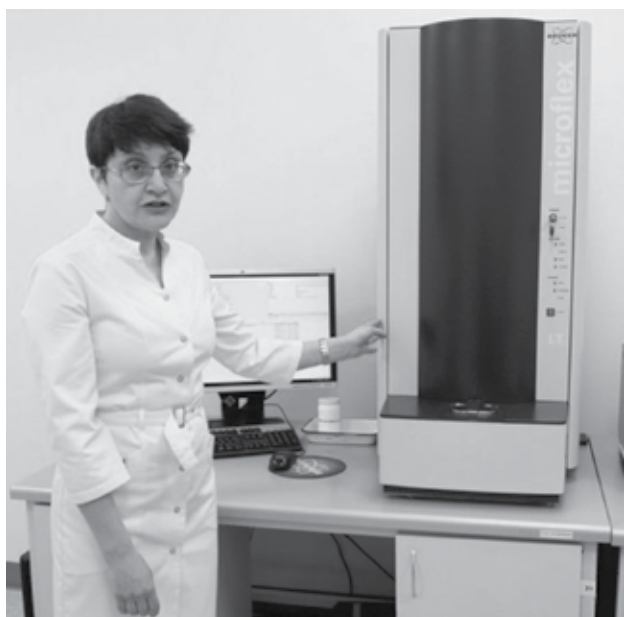
В лаборатории микробиологии Клинико-диагностического центра начал работать прибор, который с помощью лазера может обнаружить более 4 000 видов возбудителей инфекционных заболеваний. О том, зачем он нужен и как действует, рассказали сотрудники центра. Кстати, именно здесь летом 2007 года выявили причину вспышки смертельно-опасной пневмонии в Верхней Пышме – легионеллез – и сумели предотвратить эпидемию.

■ **ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВА**
ФОТО: **АРТЕМ УСТЮЖАНИН**

Новая методика называется «времяпролетная масс-спектрометрия». В масс-спектрометре под действием лазера бактерии и грибы, полученные из крови, гноя, спинномозговой жидкости больного, измельчаются до молекул, и дальше прибор анализирует, с какой скоростью летят эти частички: чем они тяжелее, тем медленнее летят. Все это происходит в абсолютно герметичном приборе.

Масс-спектрометр измеряет скорость пролета каждой частицы микроорганизма и выводит на экран результаты «старта» и «финиша». Вся процедура длится считанные секунды. Для молекул, полученных от разных микроорганизмов, характеристики уже известны, и прибору остается сравнить результаты с базой данных.

«Теперь мы можем с точностью определить больше 4 тысяч видов микроорганизмов против тех трехсот, которые выявляли до этого», – рассказала нам заведующая лабораторией микробиологии, кандидат биологических наук Софья Розанова. – «Раньше нам приходилось пересевать колонии микробов с одной питательной среды на другую, выращивать их каждый раз в термостате, потом еще сутки уходили на определение их вида и чувствительности к антибиотикам».



Заведующая лабораторией Софья Розанова показывает новый прибор – масс-спектрометр

Такое исследование занимало от трех суток до недели, теперь это время сократилось в несколько раз. При поступлении к нам материала от пациента мы делаем посев на питательные среды. На следующий день можем взять на исследование все интересующие нас колонии микроорганизмов и почти сразу дать ответ врачам, лечащим пациента.



Врачи, работающие в этой лаборатории, шутят, что у них «профессиональный иммунитет», а вот нам находиться рядом с их микроскопическими «подопечными» было весьма волнительно

«Большинство проб поступает к нам из реанимационных отделений стационаров, кроме того из хирургических, инфекционных, акушерско-гинекологических отделений, родильных домов. Конечно, наши больные не знают о том, что здесь происходит – у них в больнице просто берут кровь или другой материал и привозят к нам в центр. Несмотря на кажущуюся удаленность от больницы, мы поддерживаем постоянный контакт с лечащими врачами. Вот только что закончилось очередное исследование, и наш доктор сразу звонит в ожоговый центр 40-й больницы, чтобы помочь в выборе антибиотика для одного из их тяжелых пациентов», – говорит Софья Розанова.

Новый масс-спектрометр очень прост в использовании и очень экономичен: для него не требуется дорогостоящих расходных материалов. Себестоимость одного исследования даже в наше непростое время не превышает 20 рублей. Основной расходный материал – это обычные зубочистки. Ими врач наносит на диагностическую пластину колонии микроорганизмов.



На металлической многоразовой пластине, которая изготовлена с использованием нанотехнологий, всего 96 точек. Это может быть до 96 проб от одного или разных пациентов

Такая почти нулевая «затратность» беспрецедентна для микробиологии, потому что здесь всегда на расходные материалы приходилось тратить очень много. Поэтому кризисы новому прибору не страшны. Стоимость самого масс-спектрометра более внушительна – 11,5 миллиона рублей. Покупался он еще до валютных колебаний и стал подарком от города при переезде



Труд врачей-лаборантов не виден, и далеко не каждый больной, победивший сепсис или тяжелую пневмонию, знает, кто ему помог в критический момент

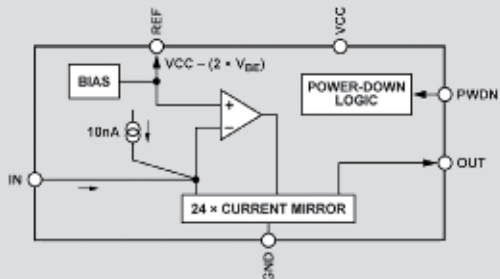
Клинико-диагностического центра в его новое здание в Зеленой роще.

Как говорят врачи, эта лазерная пушка, скромно стоящая на столе в небольшом кабинете микробиологической лаборатории и стоящая как несколько «Мерседесов», уже помогла не одному десятку пациентов.

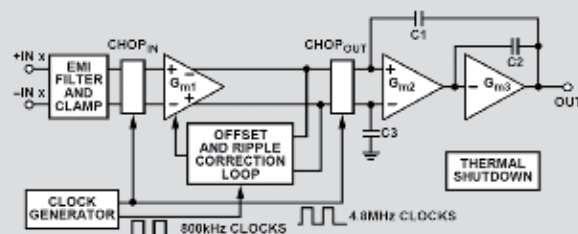
e1.ru

УСИЛИТЕЛЬ С НИЗКИМ ТОКОМ ШУМА, ВНОСЯЩИЙ МИНИМАЛЬНЫЙ ШУМ И ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ УСИЛЕНИЕ ТОКА ДАТЧИКОВ В 24 РАЗА

ADPD2210 обладает линейностью 60 дБ, минимум, что позволяет извлекать очень слабые изменяющиеся во времени сигналы на фоне высоких постоянных или низкочастотных напряжений смещения. Компонент оптимизирован для применения в системах с импульсными сигналами, например, в наручных пульсомерах или одеваемых на палец пульсоксиметрах (измеритель насыщения крови кислородом), где очень важны низкая потребляемая мощность и ослабление влияния окружающего освещения. ADPD2210 выпускается в 6-выводном корпусе LFCSP, рабочий температурный диапазон составляет от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.



Усилитель с нулевым дрейфом, широким температурным диапазоном и большим диапазоном рабочих напряжений, идеально подходит для усиления очень слабых входных сигналов и точного воспроизведения сильных сигналов в широком спектре задач.



ADA4522-4 – это четырехканальный усилитель с нулевым дрейфом, обладающий низкими шумами и потребляемой мощностью, который оптимизирован для поддержания низкой полной погрешности в диапазоне температур и напряжений, а также с течением времени. Его диапазон входных напряжений включает в себя напряжение земли, а диапазон выходных напряжений включает в себя напряжение земли и напряжение питания (rail-to-rail). Благодаря широкому рабочему диапазонам рабочих напряжений и температур, а также высокому коэффициенту усиления при разомкнутой цепи обратной связи и очень низким статическим и динамическим погрешностям, компонент хорошо подходит для усиления очень слабых входных сигналов и точного воспроизведения сильных сигналов в широком спектре задач. ADA4522-1 выпускается в 14-выводных корпусах SOIC и TSSOP, и работает в промышленном температурном диапазоне от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

alfa-chip.com

ЛАЗЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА БОЛЕЗНЕЙ МОЖЕТ СПАСТИ МИЛЛИОНЫ ЖИЗНЕЙ

Австралийские ученые в ближайшем будущем начнут испытания лазерного комплекса для неинвазивного (бескровного) анализа целого ряда заболеваний. Прибор будет похож на алкотестер, анализирующий молекулярное содержание выдыхаемого человеком газа. При помощи новой методики можно будет диагностировать целый ряд заболеваний, например, астма, диабет, инфекционные поражения и разные виды рака, причем на ранних стадиях, когда лечение возможно с высокой эффективностью.

Лазер использует свет для измерения диапазона молекул, выдыхаемых из легких и испарениях пищевода. В работе задействованы сразу два научных центра – Университет Мельбурна и Институт фотоники в Аделаиде. Эти молекулы появляются как побочные продукты метаболических процессов и их уровень меняется в зависимости от заболевания.

Аналогичные исследования немного раньше проводили ученые из Израиля и создали прибор, диагностирующий рак по выдыхаемому воздуху. Но их прибор не был достаточно чувствительным и позволял диагностировать болезнь лишь на 3 и 4 стадии. Прибор



нашел свое применение в медицине, но медики неоднократно отмечали, что он был бы полезнее, если бы помогал диагностировать заболевание на более ранних стадиях.

Австралийские ученые учли опыт своих израильских коллег и пошли дальше. Создаваемый ими лазерный анализатор позволит получать результат для целого ряда заболеваний, причем почти мгновенно, поскольку обладает высокой чувствительностью и возможностью вести поиск нескольких соединений одновременно. Это делает разработку перспективным направлением в здравоохранении.

timesofindia.indiatimes.com

Контрактное производство электроники



Группа компаний Rainbow состоит из нескольких компаний, расположенных в Российской Федерации, Украине и Республике Беларусь, имеющих огромный опыт разработки и производства электроники.

Компания «Элконтракт» входит в Rainbow Group of Companies, расположена в Беларуси, выполняет все основные технологические операции по контрактному производству электроники:

- ручной монтаж DIP-компонентов;
- поверхностный монтаж на системах для автоматической установки smd-компонентов;
- нанесение паяльной пасты с использованием специальных трафаретных установок;
- пайка плат с использованием полно-конвекционных конвейерных печей с электронным поддержанием температурных профилей пайки;
- оптический контроль готовых изделий после монтажа;
- отмывка печатных плат после монтажа при помощи УЗ-ванн с последующей сушкой или использование безотмывочных паяльных материалов;
- наладка и регулировка готовых изделий согласно программам и методикам заказчика;
- изготовление кабельной продукции;
- сборка изделий в корпуса;
- упаковка готовых изделий в соответствии с требованиями КД заказчиков в картонную гофротару.

Комплексная подготовка производства электроники производится нами на всех этапах, от технологического контроля КД, разработки техпроцессов изготовления изделий и до изготовления трафаретов и специальной оснастки. При необходимости мы готовы поставить комплектующие изделия для электронных плат, включая печатные платы, то есть полностью укомплектовать и изготовить изделие.

Опыт и современное оборудование позволяют нам давать безусловную гарантию на свои работы.

rainbow.by, elcontract.com

211440, Республика Беларусь, Витебская область,
г. Новополоцк, проезд Заводской, д.24, оф.8,

тел.: 8-0214-55-05-42, тел./факс: 8-0214-55-17-91,
elcontract@gmail.com, smd@rainbow.by

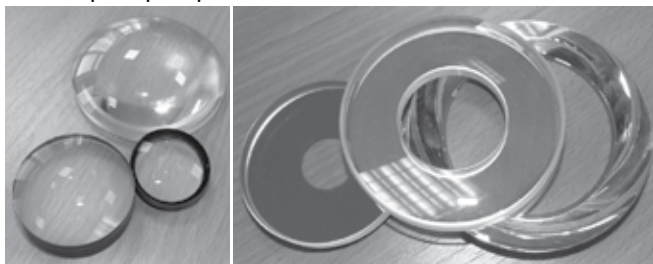
УНП 391481965

ПРИЗНАННЫЙ ЛИДЕР ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Оптическое производство представляет собой специфическую отрасль белорусской промышленности. Эта особенность обусловлена свойствами обрабатываемых материалов, а также применением специального оборудования, используемого инструмента. Немаловажную роль в оптическом производстве имеет и кадровый потенциал. Например, для того, чтобы разработать модель и собрать оптический прицел, требуется совместная работа конструкторов и специалистов-оптиков, сборщиков, механиков. О том, как налажено сегодня оптическое производство на ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор», пойдет речь в данной статье.



Открытое акционерное общество «Рогачевский завод «Диапроектор» в настоящее время входит в состав Белорусского оптико-механического объединения (БелОМО), являющегося признанным лидером оптического приборостроения.



С самого создания завода, а это 70-е годы XX века, основную роль в выпуске и разновидностях продукции отдавали оптическому производству. Одним из ключевых цехов при строительстве завода был оптический. То, что завод «Диапроектор» стал первым, кто в СССР освоил производство крупногабаритных линз Френеля, подчеркивает оперативность в оснащении завода современным оборудованием для производства оптических деталей. И сегодня на ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор» повышение технологического уровня производства и улучшение качества продукции достигается за счет постоянного совершенствования проектируемой продукции с учетом требований потребителя и государственного заказчика, внедрения при проектировании и изготовлении продук-

ции передовых достижений науки, техники, технологии, обеспечения персональной ответственности каждого работника за качество выполненной работы.

К примеру, оптический цех ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор» имеет возможность изготавливать детали с хорошими техническими характеристиками. Это призм любой формы с точностью углов до 2", сферическая оптика (диаметр от 4 до 250 мм и радиусами от 3 мм с точностью изготовления формы поверхности $N = 0,5$; $\Delta N = 0,1$), изготовление шкал и сеток методом фотолитографии на оптическом стекле (точность изготовления ширины штриха 2 мкм).

Имеющиеся в цехе вспомогательные участки позволяют выполнять следующие работы:

- моллирование – изготовление из листового стекла зеркал различной формы и радиусов, смотровых и защитных стекол, декоративных элементов осветительных приборов с максимальным размером до 250 мм;
- нанесение просветляющих, зеркальных и светоделительных покрытий в рабочих спектральных диапазонах от 300 нм до 1000 нм;
- закалка для получения термостойкости и ударопрочности стекол размером до 100 мм.

ОАО изготавливает оптические приборы, которые по качеству сопоставимы с продукцией мировых лидеров рынка оптики. За многолетнюю историю завод «Диапроектор» прошел становление от выпуска товаров народного потребления до сложнейших приборов специального назначения. ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор» стремится соответствовать требованиям рынка, потребителей и европейскому уровню качества.

diaproektor.by



**ОАО Рогачевский завод
«ДИАПРОЕКТОР»**

Признанный лидер оптического приборостроения

Завод специализируется на производстве:

- комбинированных ночных и дневных прицелов для бронетанковой техники;
- проекторов с лазерным излучателем;
- ночных и дневных прицелов для стрелкового оружия и охотничьих ружей;
- насадок на дневные прицелы;
- приборов ночного видения;
- приборов наблюдения для пограничников;
- биноклей.

Кроме основной продукции, завод производит товары народного потребления, продукцию автомобильной тематики, датчики и сигнализаторы для нефтегазовой промышленности.

+375 2339-4-10-08
info@diaproektor.by
www.diaproektor.by



ПУТЬ ОТ ЛАЗЕРА К «РАДАРНОМУ ЗРЕНИЮ»

Вот уже несколько лет фотоника уверенно занимает ведущие позиции в технологическом развитии. Стоит предположить, что наступает эра фотоники. Предлагаем краткий информационный блок о возможностях молодой науки, а также наиболее перспективные направления ее движения.

■ **ПАВЕЛ БОКАЧ**, технический обозреватель

По мнению экспертов, именно успехи в области фотоники, на стыке оптики и электроники, определяют, какая из стран станет новым технологическим лидером, и, возможно, сформирует правила мирового рынка. Произойдет это в ближайшие годы. Все предпосылки для этого есть – фавориты наметились, лабораторные эксперименты превращаются в разработки, а они, в свою очередь, – в технологии, применяемые в реальном производстве.

Немного истории

Сама по себе фотоника началась с изучения генерации и возможностей управления элементарными частицами, квантами электромагнитного излучения, которые существуют в вакууме и движутся со световыми скоростями. Вскоре такое же название получила и область технологий, связанная с использованием фотонов – это контроль и преобразование оптических сигналов, от передачи информации посредством оптических волокон до создания новых устройств, модулирующих световые сигналы. Наблюдается тенденция слияния понятий «оптика» и «электроника» и их замена общим направлением – «фотоника».

В отличие от электронов, фотоны не имеют массы и заряда, поэтому на них не влияют электромагнитные поля. Поэтому системы, построенные на них, обладают гораздо большей дальностью передачи, шириной пропускания сигнала и помехозащищенностью.

Первым устройством, использующим фотоны, был изобретенный в 1960 году лазер. Исследования, приведшие к созданию лазера, в 1964 году были удостоены Нобелевской премии по физике. Она была вручена советским ученым Александру Прохорову и Николаю Басову. Но термин «фотоника» появился лишь к 1980-м годам,

когда начали широко применяться волоконно-оптические линии передачи данных. Первой победой фотоники стала революция в телекоммуникациях, сделавшая возможным появление сети Интернет. А в 2000 году Нобелевский комитет высоко отметил разработки Жореса Алферова в области оптоэлектроники.

Сегодня на смену фотонике в телекоммуникациях приходит радиофотоника. Она возникла на стыке радиоэлектроники, волновой оптики, сверхвысокочастотной оптоэлектроники и других родственных областей науки и промышленности. Занимается радиофотоника передачей информации посредством электромагнитных волн в СВЧ-диапазоне и фотонных приборов. Это позволяет создавать устройства с параметрами, недостижимыми в традиционной электронике.

Достижения и перспективы

Не секрет, что разработки в области микроэлектроники на постсоветском пространстве значительно отставали от достижений западных конкурентов. Однако это сыграло свою роль в развитии радиофотоники, прежде всего в оборонных технологиях. Некоторые ученые считают, что вполне возможно полностью отказаться от использования электронов, заменив их фотонами. Поскольку фотоны, как указано выше, не имеют массы и движутся быстрее, размеры фотонных устройств можно значительно уменьшить. В частности, сервера – в десятки раз, при этом скорость передачи данных в десятки раз возрастет.

Для примера возьмем радиолокационную станцию (РЛС). Сейчас наземная РЛС занимает здание в несколько этажей и может быть только стационарным объектом. А используя принципы фотоники, аналогичную по возможностям станцию можно разместить в кузове грузового автомобиля, что дает возможность перебазировать готовую станцию в нужное место. При этом отпадает необходимость кабельного соединения станций между собой – уникальная устойчивость сети к электромагнитным импульсам позволяет связать воедино несколько объектов на любых расстояниях. При этом на надежность передачи данных не повлияет ни разряд молнии, ни бури на Солнце, ни импульс от ядерного взрыва.

В итоге скорость и эффективность работы, уровень разрешения широкополосных радаров настолько возрастут, что можно говорить о «радарном зрении». Применять такие разработки можно не только в военных целях, но и в сугубо гражданских. Например, оснащенные бортовым компьютером автомобили могут получать точную картинку от сети локационных станций, следящих за дорожной обстановкой. Заметить препятствие и отреагировать на него станет намного



проще. Та же система поможет координировать движение городского общественного транспорта, а также управлять движением на железной дороге и в воздушном пространстве, создавая сеть любого масштаба и конфигурации.

Невероятно, но фотоника вполне может найти свое применение и в сфере ЖКХ. Фотоны смогли бы заменить горячую воду в системах теплоснабжения, поскольку энергия, передаваемая через фотонно-кристаллическое волокно, может быть преобразована в тепло с КПД, близким к 100 %.

Уже сегодня

В России фотоникой занимается около 900 предприятий и организаций, сосредоточенных в крупных промышленных и научных центрах. Постепенно создается элементная база решений для радиолокаций, радиоастрономии, связи, здравоохранения, информатики и других сфер. Каждый день открываются новые направления в применении фотоники, создается широкий спектр устройств. Конечно, в первую очередь это технологии оборонного назначения, но на примере многих военных разработок мы видим, как они со временем находят свое место и в мирной жизни.

Радиофотоника сейчас самое перспективное научное направление, которое в ближайшем будущем определит вектор развития всех технологий двойного назначения во всем мире. К 2020 году запланировано



Многоцелевой российский истребитель пятого поколения концерна «Сухой» ПАК ФА, более известный как Т-50

создание эффективных приемо-передающих устройств, РЛС и других радиочастотных систем, которые полностью заменят существующие. Например, использование систем радиооптических фазированных антенных решеток (РОФАР) позволит развернуть сеть уникальных синхронизированных космических и наземных радиотелескопов.

Радарами на основе РОФАР оснащают новый многоцелевой российский истребитель пятого поколения концерна «Сухой» ПАК ФА, более известный как Т-50, а также ряд других летательных аппаратов, как пилотируемых, так и беспилотных. Пройдут перевооружение и радиолокационные станции кораблей и подводных лодок. Использование системы РОФАР дает возможность уменьшить массогабаритные характеристики оборудования в 5–7 раз, при этом функции целого набора современных антенн будет выполнять всего один перспективный локатор. При этом разрешающая способность средств связи и радаров увеличится в десятки раз. К примеру, у современного локатора частота излучения – 10 ГГц при ширине спектра 1–2 ГГц, а у РОФАР эта частота может составлять от 1 Гц до 100 ГГц одновременно. С такими возможностями можно делать нечто наподобие «рентгеновского снимка» самолета (или любого другого объекта) на расстоянии до 500 км. Изображение получается объемным и детализированным. Технология позволяет заглянуть даже через метровые стены из металла и увидеть, что они скрывают, сколько сотрудников находится в помещении и даже различить их лица.

У фотоники настолько обширный круг возможностей, что вкратце невозможно коснуться их всех в небольшом обзоре, а некоторые пока и вообразить трудно. Но одно ясно уже сейчас: в ближайшем будущем эта наука позволит заменить привычные каналы передачи данных, обработки информации, принесет новые подходы к решению традиционных задач. Фотоника откроет доселе невиданные перспективы и изменит наш мир до неузнаваемости, подобно тому, как изменило его появление информационных технологий.



В этом году на дороги России выйдет беспилотный КАМАЗ на базе КАМАЗ-5350. Сначала испытания грузовика без водителя пройдут на трассе М11 Москва – Санкт-Петербург. Тестирование – часть проекта «Высокоскоростные автотранспортные коридоры для беспилотных транспортных средств». Во время испытаний будет организован автопоезд из нескольких «Камазов», при этом водитель будет управлять лишь первым из них, да и то лишь в сложных условиях. Остальные грузовики должны двигаться автоматически под управлением экспериментальной системы локализации. Тестирование продлится до 2018 года и его результатом станет выработка методик применения беспилотных грузовиков на стандартизированных маршрутах.

kamaz.org

electronica.by

КРЭТ РАЗВИВАЕТ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРМИИ

Бортовая лазерная станция разработки концерна защищает самолеты от ПЗРК

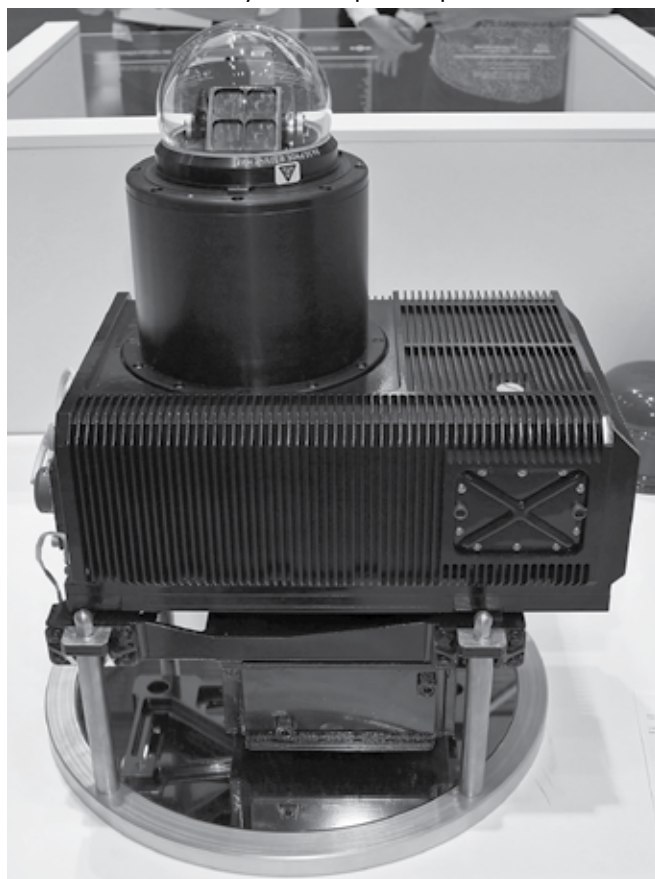
Лазерные технологии давно нашли свое применение в военном деле. Сегодня только лазерные системы оптико-электронного подавления обеспечивают эффективное противодействие современным зенитным ракетным комплексам. Ведущим отечественным предприятием по созданию подобных систем является самарский НИИ «Экран», входящий в КРЭТ.

Без преувеличения можно сказать, что лазеры, появившиеся в середине прошлого века, сыграли такую же роль в жизни человечества, как ранее электричество и радио. Это открытие обеспечило новые возможности в промышленности, медицине, различных научных направлениях – от генной инженерии до нанотехнологий.

Лазерные технологии давно были призваны и на военную службу. И здесь речь идет не об экзотическом лазерном оружии из фантастических фильмов, а скорее о довольно приземленных дальномерах и целеуказателях, аппаратуре аэрокосмической навигации, а также комплексах защиты самолетов и вертолетов от управляемых ракет. В настоящее время только лазерные системы оптико-электронного подавления обеспечивают надежное и эффективное противодействие современным переносным зенитным ракетным комплексам (ПЗРК).

Ловушки для «умных» ракет

Первые образцы ПЗРК с управляемыми ракетами были разработаны в 1960-х годах, а впервые применены в боевых действиях в 1969 году в ходе арабо-израильской войны.



Можно сказать, что их появление изменило принцип ведения военных действий. Еще в середине 1960-х годов штурмовики и боевые вертолеты могли смело действовать над полем боя. Ствольная артиллерия противовоздушной обороны не могла дать необходимый отпор, а зенитные ракеты на малых высотах просто не работали.

И вот в конце 1960-х годов в США и СССР были созданы переносные комплексы, стрелявшие ракетами, имевшими инфракрасные головки самонаведения. Ракеты реагировали на тепло, выделяемое авиационными двигателями, и били точно в цель. Кстати, согласно статистике за последние 25 лет около 90 % потерь летательных аппаратов в ходе боевых конфликтов связано с применением управляемых ракет с инфракрасными (ИК) головками самонаведения.

Авиаторы стали искать защиту от тепловых головок самонаведения. Было предложено ставить на все летательные аппараты тепловые ловушки, или, другими словами, ложные тепловые цели. При отстреле они создавали вокруг самолета или вертолета тепловую завесу, таким образом сбивая «умную» ракету с толку.

Вначале подобная защита оказалась настолько эффективной, что все боевые летательные аппараты во всем мире оснастили такими отстреливающимися тепловыми ловушками. Сегодня они служат лишь эффектным зрелищем: фейерверком из таких ловушек можно полюбоваться на любом авиашоу.

Современные ракеты уже не реагируют на яркое «шоу» ловушек. Ракеты стали «умнее», их система наведения мгновенно анализирует новые цели и направляет ракету вдогонку удаляющемуся тепловому пятну, то есть самолету, и не обращает внимания на яркие, кружащиеся на месте цели-ловушки. В связи с этим, военные задумались о том, как защитить боевые самолеты и вертолеты.

Лазер против ПЗРК

Специалисты разных стран пришли к выводу, что наиболее эффективным средством, способным защитить авиацию от ПЗРК новых поколений, являются высоконаправленные лазерные системы защиты, получающие команды от более сложных систем предупреждения о ракетном нападении.

Такие лазерные системы должны отслеживать угрозу и направлять энергию кодированного лазерного многополосного излучения непосредственно на головку самонаведения. Тем самым будет обеспечен срыв наведения и промах ракеты.

У нас в стране за разработку бортовых лазерных систем защиты от ПЗРК взялись ведущие предприятия ОПК, а главным руководителем разработки нового комплекса стал Научно-исследовательский институт «Экран», входящий в КРЭТ.

Довольно за короткий срок были разработаны и изготовлены экспериментальные образцы, проведены их заводские испытания, которые подтвердили высокую эффективность лазерной системы. В отличие от зарубежных монохромных аналогов в отечественной системе защиты используется многоспектральный источник лазерного излучения, перекрывающий рабочий диапазон головок самонаведения ракет всех известных типов.

Уже в 2009 году комплекс, получивший имя «Президент-С», был собран в окончательном варианте



и испытан по полной программе. Во время испытаний по различным авиационным целям, прикрытым комплексами «Президент-С», производились стрельбы из ПЗРК «Игла». Все ракеты после включения комплекса уходили в сторону от цели и самоликвидировались.

Вот как образно описал работу нового комплекса профессор Александр Кобзарь, гендиректор предприятия «Зенит», который также участвовал в разработке: «В системе управления ракеты возникает фантомный образ цели, который ее электронный «мозг» воспринимает в качестве основной цели. Появляется некая запредельная виртуальная реальность, которая настойчиво манит к себе. Ракета устремляется в пустое пространство, где в расчетное время самоликвидируется».

На сегодняшний день «Президент-С» не только прошел весь комплекс государственных испытаний, он принят на вооружение и запущен в серийное производство. Согласно правилам ни один новый вертолет, предназначенный для эксплуатации в горячих точках, не может быть отправлен в войска без установленного комплекса активной защиты от ПЗРК.

На защите «Президент»

По словам генерального директора НИИ «Экран» Владимира Бутузова, «Президент-С» может работать без вмешательства пилота или оператора: «Система просто информирует пилота о ракурсе атаки, принятых мерах противодействия, а также об оставшихся средствах защиты – комплекс работает автоматически».

В состав «Президента-С» включена станция активных радиолокационных помех (САП), которая подавляет РЛС об-



наружения и наведения противника, а также управляемые ракеты с радиолокационными головками самонаведения.

В системе широко используются методы цифровой обработки радиолокационных сигналов и формирования ответных помех. Таким образом, станция способна обеспечить защиту летательного аппарата в сложной радиолокационной обстановке при наличии угроз от нескольких одновременно работающих радиолокационных систем управления.

Аппаратура комплекса «Президент-С», которая конструктивно представляет собой отдельные блоки, может размещаться как внутри фюзеляжа самолета или вертолета, так и на внешних узлах крепления.

Лазерная система имеет массу 64 кг, рабочий сектор 360° по азимуту и 90° по углу места, и состоит из твердотельного лазера, оптико-механического блока с одной передающей головкой и блока управления и питания.

Система способна подавлять не менее двух одновременно атакующих ракет и действует во всех ИК-диапазонах. Она работает по схеме обратной связи «самолет – ракета». При этом определяется тип ракеты, также возможно слежение за ней, наведение лазерного луча и определение момента срыва наведения для обеспечения отражения следующей атаки в случае многократных угроз.

На сегодняшний день НИИ «Экран», входящий в КРЭТ, является головным предприятием в области создания многофункциональных интегрированных бортовых комплексов обороны, предназначенных для защиты летательных аппаратов от управляемых ракет.

Справка о компании

АО «Концерн Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ) – крупнейший российский холдинг в радиоэлектронной отрасли. Образован в 2009 году. Входит в состав Госкорпорации Ростех. Основные направления деятельности: разработка и производство систем и комплексов бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) для гражданской и военной авиации, радиолокационных станций (РЛС) воздушного базирования, средств государственного опознавания (ГО), комплексов радиоэлектронной борьбы (РЭБ), измерительной аппаратуры различного назначения (ИА), электрических разъемов, соединителей и кабельных сборок. Кроме того, предприятия Концерна выпускают современную бытовую и медицинскую технику, оборудование и системы управления для ТЭК, транспорта и машиностроения. В Концерн входят более 100 научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и серийных заводов, расположенных на территории 29 субъектов РФ. Количество сотрудников – около 54 тыс. человек.

kret.com

ВЫЧИСЛЕНИЯ СО СКОРОСТЬЮ СВЕТА

Любая технология проходит пик своего применения и устаревает, ее сменяет что-то новое. Так было с изобретенными столетие назад радиолампами. Они совершили революцию в электротехнике, но просуществовали недолго. Появились полупроводники и практически сразу в науке проскользнули идеи о том, как их можно будет «обновить». Но понадобилось полвека, чтобы мысль о замене электронов светом превратилась из фантастики в реальность. Мечта о создании оптического компьютера трансформировалась в появление оптоэлектроники.

■ **ПАВЕЛ БОКАЧ**, технический обозреватель

Трудности перевода

Главное преимущество оптических вычислений в том, что информация в виде светового потока может передаваться на большие расстояния практически без потерь сигнала. Ведь при этом отсутствует сопротивление проводника. Кроме того, есть возможность проводить параллельную обработку за счет использования волн различной длины. Эта особенность широко используется в оптоволоконных магистралях, проводящих гигантские массивы информации. Такие линии не боятся электромагнитных наводок, да и сами не излучают вокруг себя электромагнитных полей. Это их свойство радует не только физиков и инженеров, но также экологов и врачей, поскольку резко уменьшается техногенное влияние на организм. Воздействие современной техники изучено не в полной мере, но есть основания полагать, что, постоянно подвергая себя электромагнитному излучению, мы не становимся здоровее.

У новой технологии есть и свои недостатки. Казалось бы, ничто не мешает начать массовый выпуск оптических компьютеров – есть лазеры, волноводы, оптика и различные преобразователи. Создать оптический аналог существующих микросхем вполне возможно. Однако для производства оптических компьютеров придется отказаться от классической «архитектуры», поскольку повторение уже существующих построений будет шагом назад в технологическом развитии. А движение вперед потребует неоправданно больших капиталовложений в разработку направления, которое через десяток лет может стать неактуальным.

Сложности связаны не столько с принципами обработки информации, сколько с ее представлением. В привычных электронных компьютерах данные кодируются последовательностью нулей и единиц, которые можно передать и посредством световых импульсов, хотя это и малоэффективно. Намного привлекательнее выглядит передача двухмерных изображений, ведь это позволит нам на порядок повысить параллельность вычислений, а значит добиться заметного прорыва в технологии. Ну а в дальнейшем вполне логичным может быть переход от плоских картинок к голограммам. Это кажется фантастичным, но в 1996 году в компании IBM уже испытали первый рабочий прототип голографической памяти. Тем не менее создание оптических компьютеров стало возможным лишь сейчас.

Создавая новую архитектуру компьютеров, мы на первых порах получим узкоспециализированную технику. И лишь с появлением спроса на нее можно говорить о ее массовом внедрении и замене существующих вычисли-

тельных технологий. Так что главными противниками оптических вычислений были... маркетологи. Ведь не смотря на то, что оптические вычисления дают безграничные возможности для обработки огромных массивов данных, они же требуют перевести эти данные из привычного программистам вида в тот, который пригоден для оптических вычислений. Как вводить информацию и как получать результаты? Работа на совершенно новых принципах организации данных требует переучивания специалистов, а также создания новых периферийных устройств. А все это сводит на нет преимущества оптических вычислений.

Развитие и достижения

Дороговизна и сложность создаваемых систем никогда не останавливали военных, особенно если речь шла о колоссальных возможностях. Отслеживание, распознавание и сопровождение целей, навигация, связь, спутниковый контроль территории, математическое моделирование – все это было нужно армии и требовало большой вычислительной мощи. По заказу военных в 1990 году исследовательский центр Bell Labs сконструировал первый рабочий прототип оптического компьютера. Он занимал целый квадратный метр площади и основой процессора стали двухмерные матрицы, состоящие из электрооптических элементов. В компьютере присутствовало четыре оптических каскада, но управлялся он обычным персональным компьютером и не продемонстрировал никаких чудесных возможностей. И лишь в 1994 году, с появлением 32-разрядных RISC-процессоров с векторно-матричной логикой, стало возможным продемонстрировать, на что способны оптические вычисления, даже в сцепке с безумно тормозящим весь процесс электронным компьютером.

Оптический компьютер мог проводить аналитический поиск в текстовых документах со скоростью 80 тысяч страниц в секунду. Чуть позже появились системы с модульной архитектурой – следующее поколение оптических компьютеров. На ней теперь базируются высокоскоростные системы, предназначенных для военных, авиации, космоса и банковских структур. На самом деле оптическим у него было только ядро процессора, всю остальную часть компьютера реализовали на существующих электронных системах.

С тех пор главная задача в оптоэлектронике – постепенная замена металлических проводников световодами. Время от времени лидеры электронной индустрии радуют нас сообщениями о своих очередных достижениях. Так, компания Intel сначала продемонстрировала технологию

соединения двух компьютеров на расстоянии 100 м со скоростью 10 Гбит/с, а уже через несколько месяцев рассказала о системе со скоростью передачи данных в 50 Гбит/с, но оговорила, что идет работа над скоростью в 200 Гбит/с. Все это предназначено для соединения отдельных узлов будущего оптического компьютера – чем быстрее, тем лучше, ведь оптический процессор способен и на большее. Хотя главным посылом во всех этих новостях была даже не скорость, а стоимость: в Intel надеются, что в ближайшее время оптические соединения станут не дороже обычных. И тогда маркетологам возразить будет нечего.

Недостатки традиционных чипов

В 1965 году в журнале Electronics Magazine малоизвестный тогда Гордон Мур опубликовал статью с обзором микроэлектронной индустрии. Автор отметил, что новые микросхемы появляются спустя примерно год после предшествующих, а количество транзисторов на них примерно удваивается. Этот постулат окрестили «законом Мура» и он стал весьма популярен в СМИ. Тем более, что почти полвека производителям микрочипов удавалось следовать этому правилу. Для этого постоянно внедрялись более «тонкие» техпроцессы, то есть размер одного транзистора постоянно уменьшался. Так, например, сейчас компания Intel

использует 14-нанометровую технологию в процессорах Broadwell и уже ощутила трудности с компоновкой транзисторов. А поскольку в планах компании переход на нормы 10, 7 и даже 5 нанометров, приходится искать новые материалы, позволяющие это сделать. Рано или поздно производители переберут всю таблицу элементов и достигнут пределов миниатюризации.



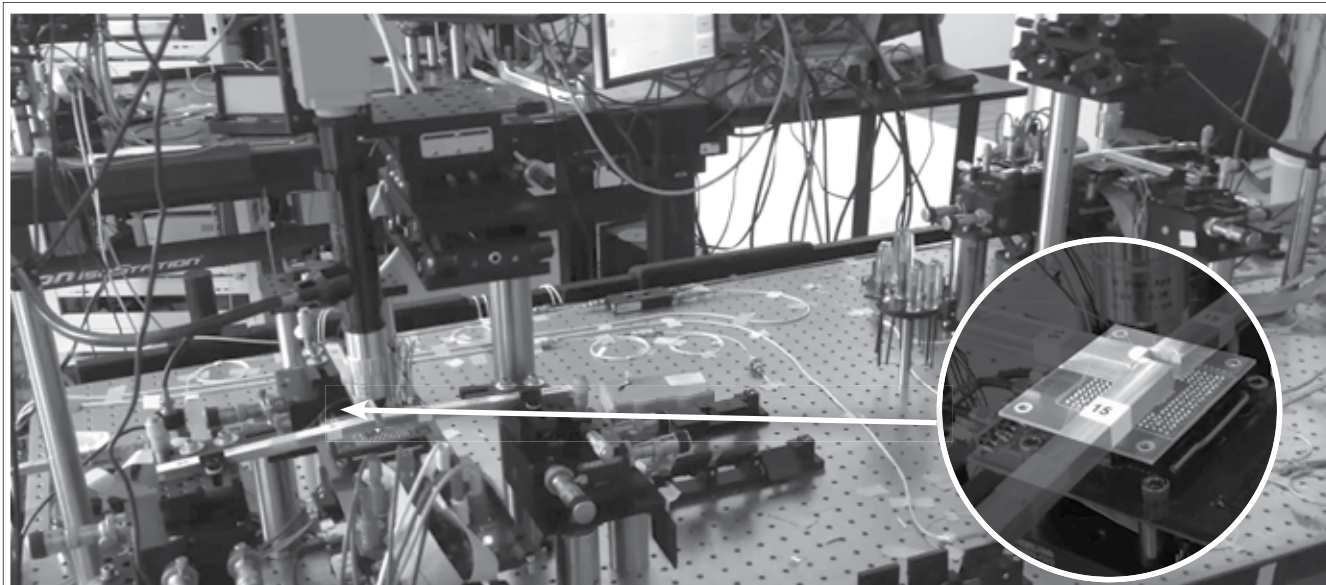
Между тем электрические соединения в микропроцессорах тоже вносят свои ограничения. Двукратное увеличение количества элементов уже не дает двукратного роста производительности. Хотя закон Мура по-прежнему актуален, уже видны физические ограничения при использовании электронных технологий. Самое простое решение проблемы – переход на новые принципы построения процессоров. Именно поэтому разработки в области фотоники так заинтересовали крупных игроков рынка.

Они уже здесь!

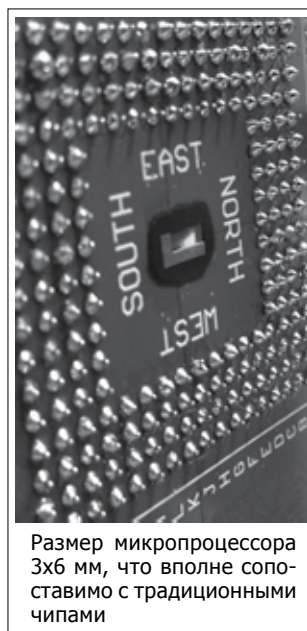
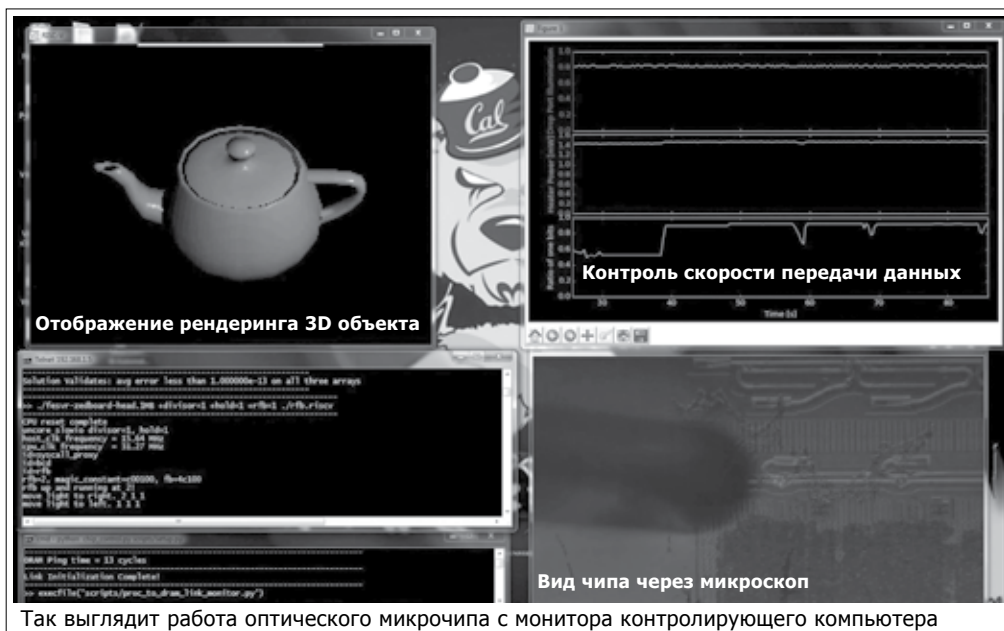
Ситуация на рынке оптоэлектроники выглядит (в упрощенном виде) примерно так. До сегодняшнего дня не было создано технологического решения, совмещающего на одной подложке оптические компоненты и электронные, с тем уровнем миниатюризации, который принят в современной вычислительной и коммуникационной технике. Делали или весьма сложный чип, но не содержащий оптики, или эффективный оптический, электронное сопровождение которого напоминало костыли. Именно поэтому на рынке отсутствуют конкурентоспособные оптические компьютеры или периферия.

Но ситуация начала кардинально меняться. Уже в конце декабря 2015 года группа исследователей из Массачусетского технологического института при помощи своих коллег из Беркли (Колорадо) представили оптоэлектронный микропроцессор, который не только использует свет для вычислений, но и при его помощи передает информацию другим компонентам системы. А главное – при его изготовлении были применены те же процессы, что и при производстве обычных чипов.

Микропроцессор содержит 850 оптических компонентов и 70 миллионов транзисторов на одной подложке. Это намного меньше, чем в серийных процессорах, где речь идет о миллиардах транзисторов, но этого вполне достаточно для демонстрации преимуществ оптических систем. Размер микропроцессора 3x6 мм, что вполне сопоставимо с традиционными чипами. Произведен он был компанией GlobalFoundries по технологии «кремний на изоляторе»,



Стендовые испытания оптоэлектронного микропроцессора. Сам чип (увеличенный), представлен в нижнем правом углу



что означает использование слоев диэлектрика между слоями кремния. Оптические компоненты нанесли сверху на тонкий слой диэлектрика кремниевой пластины. Функционально это двухъядерный RISC-процессор (архитектура RISC-V) плюс поле памяти плюс поле оптических и фотоэлектрических преобразователей, через которые процессор и память общаются с внешним миром.

Функциональность микропроцессора проверили, запустив тестовые программы, которые отправляли данные в память и получали их обратно. В ходе испытаний скорость передачи данных достигала 300 Гбит/с на квадратный миллиметр, а это в десятки раз выше по сравнению с обычными микропроцессорами.

Чтобы показать, как управляться с таким чипом, конструкторы построили демонстрационный стенд. На нем, помимо двух новых чипов (один играет роль процессора, другой – оперативной памяти), разместились FPGA-контроллер и персоналка, лазер, который и «питает» чипы светом, вспомогательные световоды. Оператор формулирует задачу (например, выполнить рендеринг трехмерного объекта), она преобразуется в набор инструкций для оптронного процессора и данных для оптронной оперативной памяти, загружаются в них – и они начинают работать, общаясь между собой оптически.

Тестовая установка выглядит громоздко, но на наших глазах родился первый настоящий оптоэлектронный микропроцессор и можно ожидать, что уже через пару-тройку лет он появится в продаже, а лет через десять начнет свое победное шествие по планете.

Охлаждение играет роль!

Главный аргумент противников новой технологии звучит очень убедительно: повышение температуры оптического чипа на один градус тут же приводит к серьезным сбоям в работе. В экспериментальной установке проблему решили, встроив сложный корректор, который успешно защищает процессор от перегрева. Но такое решение неприемлемо для коммерческой эксплуатации. Однако почти одновременно с демонстрацией нового микропро-

цессора в журнале ACS Photonics появляется публикация о том, что исследователи из МФТИ, которые работают над разработкой аналогичных систем в России, уже нашли решение этой задачи. А в Новосибирском институте геологии и минералогии предложили использовать в качестве основы для оптических чипов... алмазы и даже показали, как их легко выращивать. На такой «подложке» процессор может работать в диапазоне температур почти в тысячу градусов! Так что все преграды перед высокопроизводительными оптоэлектронными компьютерами убраны, осталось ждать их появления на рынке. И теперь главным аргументом скептиков стало то, что, по их мнению, потребители пока не ощутили нехватку вычислительной мощности своих компьютеров, и потому массового спроса на альтернативные продукты еще не появилось.

Основные векторы развития

Обобщая вышеизложенное, подчеркнем, что перед разработчиками оптических компьютеров лежат четыре возможных вектора развития, при этом у каждого есть свои плюсы и минусы. Первый – это создание полностью оптического компьютера и перевод всей кабельной инфраструктуры на оптоволоконную. Второй предлагает повторить путь традиционной электроники – от первого транзистора до современных процессоров, только исходным элементом должен стать не полупроводниковый, а оптический транзистор. Сторонники третьего направления предлагают объединить все доступные технологии и создать гибридную систему на основе оптических, электронных и квантовых технологий. Наконец, четвертый вариант – вывести оптические процессоры в разряд узкоспециализированных вычислителей. В дальнейшем такой подход найдет применение в сфере «облачных» вычислений.

Пока разработчики движутся по всем четырем направлениям. Несомненно то, что кремниевая электроника уступает место более актуальным технологиям, да и она сама изменится до неузнаваемости. Какой из сценариев окажется самым жизнеспособным, покажет время.

electronica.by

Повсюду – аналоговая техника



Управление питанием

- ▶ DC/DC-преобразование
- ▶ супервизоры системы
- ▶ зарядка батарей
- ▶ измерение мощности

Интерфейсы

- ▶ CAN, LIN, USB, I²C, SPI, IrDA®
- ▶ Ethernet

Системы безопасности

- ▶ ИС для обнаружения дыма (стандартные и заказные)
- ▶ драйверы пьезодинамиков

Управление тепловым режимом

- ▶ датчики температуры
- ▶ контроллеры вентиляторов

Преобразование сигнала

- ▶ операционные усилители
- ▶ компараторы
- ▶ АЦП и ЦАП
- ▶ цифровые потенциометры
- ▶ инструментальные усилители

Светодиодное освещение

- ▶ автономный режим работы
- ▶ DC/DC-преобразование



microchip
DIRECT
www.microchipdirect.com

 **MICROCHIP**

www.microchip.com/analog

Унитарное предприятие «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО»



ЛАЗЕРЫ В ЭКОЛОГИИ,
МЕДИЦИНЕ, ТЕХНОЛОГИИ



- ОПТИЧЕСКИЕ И КОЛЛИМАТОРНЫЕ ПРИЦЕЛЫ
- ПРИЦЕЛЫ И ПРИБОРЫ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ
- ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ПРИБОРЫ И ПРИЦЕЛЫ
- ЛАЗЕРНЫЕ ЦЕЛЕУКАЗАТЕЛИ
- ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И КОМПЛЕКСЫ
- ЛАЗЕРНЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ И ЛАЗЕРНЫЕ ДАЛЬНОМЕРНЫЕ МОДУЛИ
- ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ БПЛА И ПВО
- ТАНКОВЫЕ И ГРАНАТОМЕТНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ
- ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА
- СТЕНДОВОЕ И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

8888м

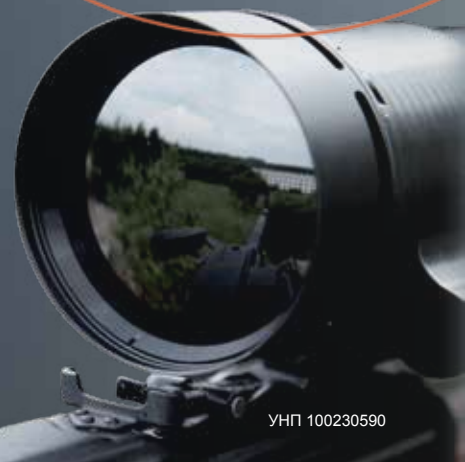


🏠 : 220114, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Макаенка, 23, корп.1

☎/🖨 : (+375-17) 369-92-00

✉ : sale@lemt.by, optic@lemt.by

🌐 : <http://www.lemt.by>



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «НТЦ «ЛЭМТ» БЕЛОМО»: ПРИЦЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА



Развитие оптических и оптико-электронных технологий сегодня является одним из обязательных условий прогресса отрасли высокоточного приборостроения. Представить решение задач широчайшего спектра без их использования практически невозможно: от любительской фотографии до аэрофотосъемки, от медицинского обслуживания до обнаружения целей на дальних дистанциях.

Научно-производственное унитарное предприятие «Научно-технический центр «ЛЭМТ» БелОМО» за свою почти двадцатипятилетнюю историю освоило широкую гамму направлений применения оптических, оптико-электронных и лазерных технологий (аббревиатура «ЛЭМТ» означает «Лазеры в Экологии, Медицине, Технологии»). Первоначальной специализацией предприятия в составе холдинга «БелОМО» был выпуск лазерной медицинской техники. До сих пор данное направление остается одним из приоритетных для предприятия; лазерные медицинские приборы, такие как УПЛ-ФДТ, Диолаз-940-6, отлично зарекомендовали себя как на республиканском, так и на зарубежных рынках, включая использование аппаратов в Российской Федерации и даже в Южной Корее. Однако основной курс центр держит на развитие оптико-электронного оснащения для стрелкового вооружения и военной техники.

Будучи научно-техническим центром, предприятие преимущественно осуществляет разработку новых образцов и технологий, а также выпуск готовых изделий небольшими сериями. Основной упор сделан на проектирование сложных многофункциональных приборов и систем с высокой удельной себестоимостью; примерами подобных разработок могут служить робототехническая оптико-электронная система «QUAD-B», станция оптического наблюдения «СОН», гиростабилизированные оптико-электронные системы для беспилотных летательных аппаратов, комбинированные приборы наблюдения и интеллектуальные прицелы для гранатометов. Помимо

этого унитарное предприятие «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО» освоило разработку и выпуск оптических и коллиматорных прицелов (12x50MS, ПК-01БП/ВС, SCL-100-65, RS Sunny), прицелов и приборов ночного видения (очки ночные авиационные NV/G-A, монокуляр NV/M-19), тепловизионных прицелов и приборов (монокуляры TV/M-19, серия прицелов TV/S), лазерных дальномеров и дальномерных модулей для измерения различных дистанций и с разной длиной волны. Причина появления столь обширной номенклатуры выпускаемых изделий – все большая необходимость использования в силовых структурах и в различных родах войск потенциального заказчика электроники, способной повысить эффективность использования имеющегося вооружения, расширить сферу его применения и круг решаемых задач.

Предприятие также оказывает услуги по организации сервисных центров, разработке уникального оборудования для контрольных и измерительных операций при производстве оптических приборов, проектированию новых образцов продукции с учетом пожеланий и требований заказчика. Сегодня срок морального старения готовых изделий чрезвычайно мал, что вызывает необходимость ориентироваться в продвижении не только на продажу готового продукта, но и на распространение технологий, их производства, как на важное направление не только рыночного, но и военно-технического сотрудничества между государствами.

lemt.by

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – ЭВОЛЮЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

С появлением современных настольных операционных систем, таких как Microsoft Windows и Apple MAC OS, возникла и необходимость в чем-то большем, чем просто клавиатура и мышь, которые были по умолчанию в настольных компьютерах, портативные ноутбуки опирались на что-то более интегрированное. Изначально вариантами были трекбол (перевернутая механическая мышь) и изометрический джойстик. Однако к началу 1990-х годов эти несколько неуклюжие варианты были заменены на тачпады. С тех пор тачпады эволюционировали, чтобы предложить новые возможности: мультитачпады и емкостные датчики, но они все еще требуют значительной площади, в то время как характеризуются двумя размерами.

■ **АНДРЕАС ГЕТ**, менеджер по маркетингу APAC, HMID, Advanced Input Devices (современные устройства ввода), Microchip Technology Inc.

С помощью инновационной технологии, называемой Е-поле, которая использует ближнее поле RF-технологии, Microchip разработал GestIC; технология управления 3D-жестами, которая преодолевает ограничения в существующих решениях для тачпада. Интегрированный в один чип, MGC3130 создает электрическое поле, которое можно обнаружить в 1D (присутствие), 2D (тачпад) и 3D (жест), чтобы обеспечить бесконтактное отслеживание местоположения, распознавание жестов и обнаружение доступа к ряду приложений (рисунок 1).

Обзор технологии

Технология электрического зондирования в ближнем поле, основанная на GestIC, использует несущую частоту около 100 кГц, что соответствует длине волны около 3 м. Однако при ее реализации расстояние между электродами намного меньше, чем длина волны, которая позволяет компонентам магнитного поля и излучаемой энергии оставаться практически на нуле. Это является

результатом чистого квазистатического Е-поля, которое не создает помех в радиоспектре, используемом другими устройствами, такими как мобильные телефоны. Кроме того, в отличие от других технологий, иногда для создания 3D пользовательского интерфейса – оптического, ультразвукового или инфракрасного – используются Е-поля, не зависящие от света, звука, цвета кожи, влажности или других внешних параметров.

Любое движение в пределах Е-поля обнаруживается и переводится на X и Y координаты, движущиеся объекты могут, таким образом, описывать траектории, которые могут быть распознаны. Устройство может контролировать до пяти приемных электродов при съеме данных о позиционировании, которые потом обрабатываются в чипе Signal Processing Unit (SPU, блок обработки сигналов), и при использовании бесплатной Gesture Library Software (библиотека жестов) от Microchip (рисунок 2) позволяет MGC3130 обнаруживать и декодировать широкий спектр жестов.

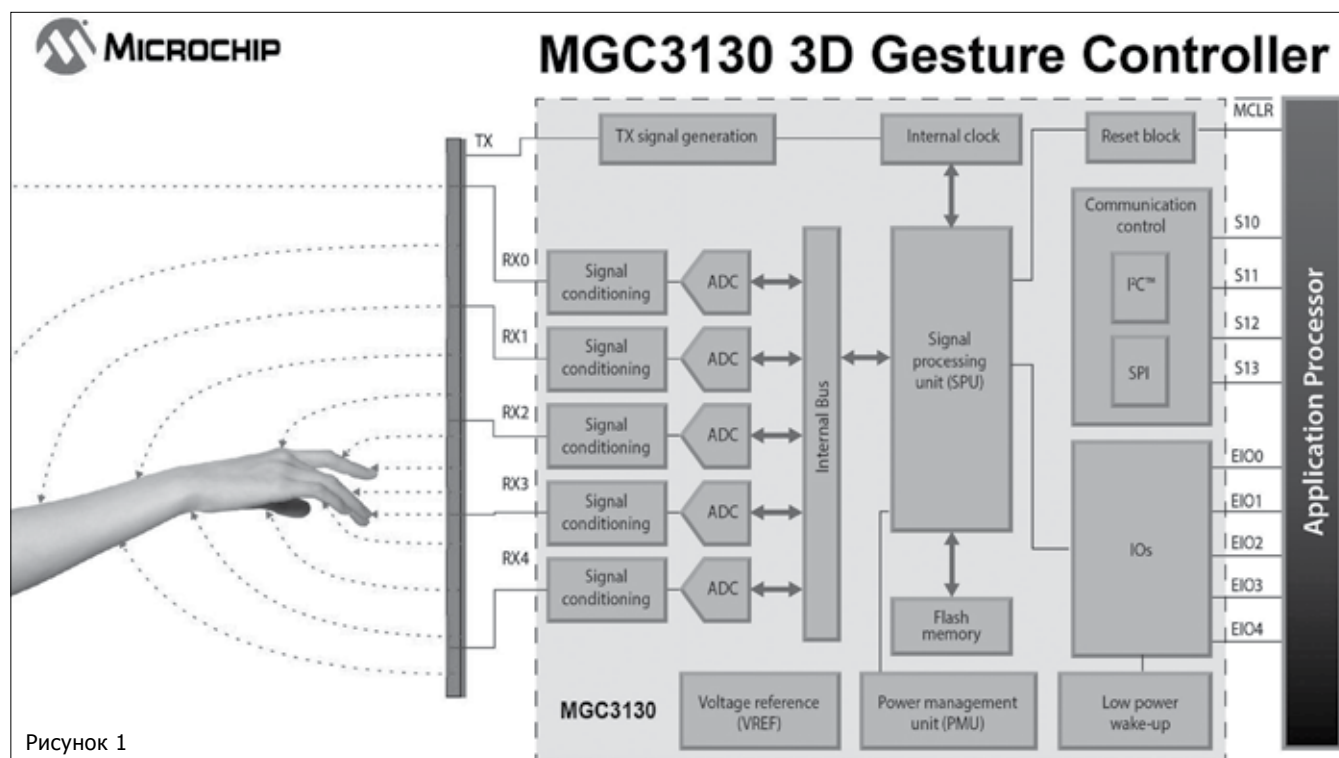


Рисунок 1

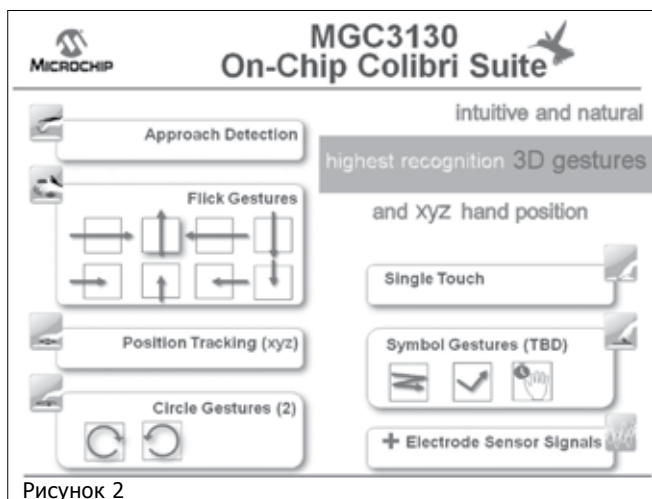


Рисунок 2

При частоте обновления результатов позиционирования до 200 раз в секунду пять электродов формирует огромное количество точек съема данных. Интеграция SPU на чипе и библиотеки на чипе означает, что в режиме реального времени система распознавания жестов действительно может быть реализована на одном чипе. В режиме малой мощности допускается, чтобы все решения были всегда включены, даже при реализации в устройствах с батарейным питанием; даже при самом низком режиме мощности доступ к обнаружению остается включенным, обеспечивая максимальную экономию энергии без ущерба для оперативности и функциональности.

Поскольку данные о позиции находятся в трех измерениях (X, Y и Z) и обрабатываются на чипе, чтобы доставить ответ в режиме реального времени пользователи могут получить более эффективный интерфейс, более понятный и более чувствительный, чем существующие варианты. Для разработчиков взаимодействие с MGC3130 также просто, если использовать 4-контактный интерфейс, поддерживающий SPI, I2C и другие.

Существующее «свободное пространство» системы обнаружения преимущественно ориентируется на оптические датчики. Однако они сталкиваются с рядом проблем, таких, как угловое связанное обнаружение и охват. Кроме того, средняя мощность оптических систем может быть более 500 мВт даже для рудиментарной 3D функциональности, в то время как частота обновления 50 кадров в секунду представлена в режиме реального времени. Решение E-поля, с другой стороны, требует менее одной десятой мощности, что и обеспечивает более высокую частоту/скорость обновления.

Пространственная клавиатура

С выделенным «Overkey 3D» решением GestIC может также использоваться как альтернатива традиционным клавиатурам и в ноутбуках, и даже в настольных компьютерах, создавая 3D-пространство в рамках существующей конструкции клавиатуры. Это может, например, позволить движениям быть выявленными как предопределенные жесты, отображенные на конкретных частях клавиатуры, создавая единую клавиатуру и устройство ввода, которое использует жестикуляцию для управления функциями.

Такой подход уже поддерживается операционной системой Windows 8; можно не задействовать руки или

оставить клавиатуру для обеспечения сенсорного ввода команд, позволяя отслеживать положение в то время, как пальцы скользят по клавишам. Радикально, как бы это ни звучало, это может поддерживать контроль в свободном пространстве; жесты, которые уже доступны в Colibri Suite. Эта технология также поддерживает комбинацию двух GestIC «ведущий/ведомый» конфигураций (рисунок 3), что позволяет осуществлять двухзонный контроль. GestIC API обеспечивает полную поддержку разработчикам программного обеспечения 3rd Party, основанного на Windows.

Так как оно поддерживает маломощный доступ к обнаружению, разработчики могут реализовать эффективное управление подсветкой на основе датчиков освещенности, которые мгновенно с помощью кнопки включаются/выключаются, тем самым убирая необходимость нажимать на кнопки, чтобы «разбудить» устройство. Такой подход также поддерживает экономию электроэнергии, так как освещение может выключаться при отдалении (руки, пальца и т.д.), вместо того, чтобы тратить энергию на сигнал индикатора освещения, основанного на таймере.

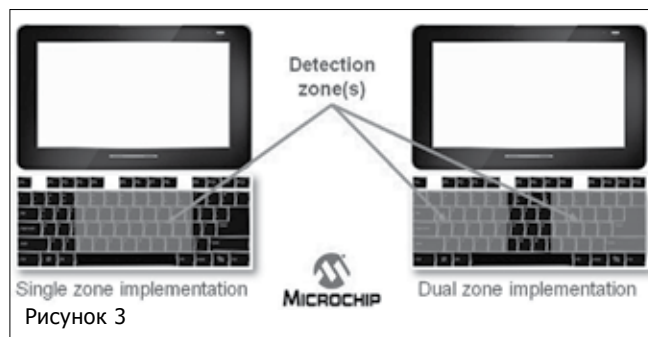


Рисунок 3

Производители ПК «Все о одном» в настоящее время стремятся к инновациям в интерфейсе человек-машина (HMI), в ответ на то, что уже есть планшеты с поддержкой жестов и операционная система Windows 8. 3D распознавание жестов может поддерживать пользовательский интерфейс «Метро стиль» в том же пространстве, что и клавиатура, вместо того, чтобы использовать сенсорный экран.

Это позволит пользователям, не имеющим дисплея с сенсорным экраном, воспользоваться функциями Панели Метро, представленными в Windows 8, такими, как жестикуляция для управления приложениями и контентом; в системах без сенсорного экрана UX инновации остаются недоступными для пользователя, клавиатуры с поддержкой GestIC откроют их для всех пользователей, даже для тех, кто использует Windows 8 на устаревшем оборудовании. Предоставляя ярлыки жестикуляции для пользователей, которые чаще всего пользуются такой командой, пользователи Windows 8 могут получить значительные преимущества в производительности.

Производители, стремящиеся к инновациям на уровне пользовательского интерфейса, теперь могут воспользоваться передовым и эффективным 3D-распознаванием жестов в одночиповом исполнении, с выделенными аппаратными и программными ресурсами для обеспечения быстрой разработки передовых пользовательских интерфейсов. Пришло время распрощаться с компьютерными мышками!

microchip.com

ПОДНИМАЯ СЕНСОРНЫЙ ДАТЧИК НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ



С появлением сенсорных экранов технология пользовательского интерфейса постоянно претерпевает изменения в целях удовлетворения непрерывно растущих ожиданий потребителей. Проекционно-емкостный сенсорный датчик «обнаружение без контакта» теперь имеет мультитач и функция распознавания жестов в большинстве смартфонов и планшетов создает ажиотаж среди пользователей других устройств.

■ **КЭРОЛ КРОУФОРД**, директор;
ЧАРЛИ РИГЕРТ, менеджер по продукции контроллеров сенсорных экранов, Microchip Technology Inc.

Смартфоны имеют значительную вычислительную мощность, которую не все приложения могут поддерживать вследствие аппаратных и программных ограничений. Такие устройства, как панели, простые клавиатуры или термостаты, геймпады, пульты дистанционного управления и даже переносные устройства имеют различия во времени отклика, разрешении и, конечно, стоимости. Гибкость призвана оптимизировать конструкцию, что особенно важно, если технология успешно будет соответствовать требованиям рынка.

Потребляемая мощность, в частности, представляет собой серьезную проблему для работы проекционно-емкостного датчика (PCAP) во многих приложениях. Относительно высокое энергопотребление большин-

ства PCAP-решений ограничивает их применение в приложениях с низким энергопотреблением. Помимо смартфонов для встроенных устройств теперь могут предложить батареи, которые работают на протяжении месяцев или даже лет, а не часов. Характеристики энергопотребления и управления в настоящее время являются неотъемлемой частью оценки любой PCAP-технологии, но благодаря сочетанию XLP (экстремально низкая мощность) и открытого исходного кода, Microchip может успешно решить проблему с низкой мощностью (низким уровнем питания) PCAP.

Например, небольшой датчик на 2 В будет потреблять только 15 мкА в режиме ожидания, а при касании для активации эта величина возрастает до 150 мкА. Для

предыдущего примера это будет эквивалентно 2 годам работы батареи.

Пульты дистанционного управления, геймпады и другие устройства помогут извлечь выгоду из достижений PCAP-технологии и управления питанием. Как и со всеми приложениями, есть некоторые компромиссы в производительности, но мощность, размер и другие характеристики могут изменяться в соответствии с требованиями малой мощности конструкции.

Гибкость является следующей задачей для расширения PCAP на новых рынках; в быстро развивающейся сфере от разработчиков требуется постоянное стремление к следованию за тенденциями, которые включают прикосновения и обнаружение жестов в устройствах, причем не только мобильных. В результате в более быстрых стадиях проектирования требуются прогрессивные и гибкие сенсорные контроллеры PCAP и варианты конструкций датчика. Традиционные PCAP-решения имеют длительный цикл разработки с жестким выполнением, состоящим из сенсорного контроллера ASIC-вида и фиксированной конструкции датчика. Многие поставщики сенсорных технологий предлагают сенсорные контроллеры, которые соответствуют конкретным сенсорным датчикам; они работают на их специальном приложении, но разработчик имеет ограничение по гибкости конструкции. Эти фиксированные решения не допускают модификации кода, если, например, необходимы небольшие изменения на этапе разработки. Это значит, что любые новшества, внесенные в конструкцию датчика, могут образовать совершенно иную конструкцию, требующую огромной работы с поставщиком оборудования. Такие закрытые конструкции также не допускают интеграции кода для других функций в том же контроллере как, например, в управлении светодиодами при расширении функциональности. Будучи ограниченным в конкретном решении, можно ввести значительные штрафы для производителей, которым необходимо быстро реагировать на требования рынка.

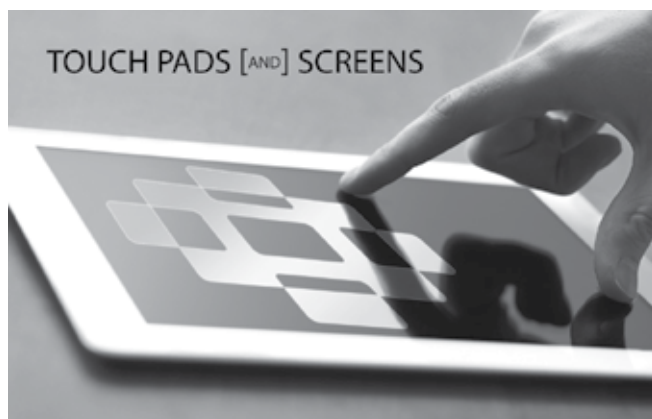
Разработчики не должны быть «зажаты» в аппаратном и программном обеспечении их PCAP-решений; одним из подходов для выполнения задачи поддержания гибкости и продвижения конструктивных изменений является расширение возможностей конструкторов с помощью допуска их к исходному коду и инструментам, чтобы самостоятельно производить настройку в формате PCAP-технологий и тем самым создавать оптимизированные решения. Эта гибкость конструкции позволяет клиентам самостоятельно управлять интерфейсом, что позволяет им быстро и целенаправленно вносить изменения в графический интерфейс независимо от внешних поставщиков.

Microchip имеет уникальный подход к изучению и удовлетворению потребностей заказчика, когда дело доходит до выбора правильного PCAP-решения, предлагая как гибкие сенсорные контроллеры, так и открытые исходные параметры кода, которые могут быть использованы через стандартный набор 8-, 16- и 32-битных PIC-микроконтроллеров. Это дает возможность разработчикам оптимизировать их конструкцию с учетом необходимых функций, производительности и стоимости, обеспечивая тем самым переход ко многим

опциям, чтобы помочь сохранить будущую конструкцию с открытым контуром и системными затратами.

Датчик – это третья задача в обеспечении иных рынков PCAP-технологией. Сенсорные датчики на рынке мобильных телефонов зачастую имеют запатентованный дизайн с ограниченным доступом к поддержке системы. Этот ограниченный доступ предопределяет набор проблем, а также функциональную неопределенность для тех, кто пытается создать свои собственные решения. К счастью, в последнее время развитие различных видов недорогих проекционно-емкостных сенсорных датчиков, которые теперь легко доступны и технологичны, позволяют дизайнерам начать работать на этих новых сегментах рынка с поддерживаемыми PCAP-технологиями конструкциями.

Некоторые примеры этих типов датчиков включают сенсорные панели и гибкие датчики. Типичные сенсорные панели – это недорогие датчики (PCB), основанные на печатной плате, которые могут быть использованы под пластиковой накладкой, похожей по виду и наощупь на сенсорные панели на ноутбуках. Эта стандартная конструкция датчика обеспечивает необходимую гладкую поверхность, которая применяется для многих приложений, таких как игровые консоли, выключатели, автомобильные консоли и пульты дистанционного управления.



Другие опции датчика включают гибкие сенсорные (PCB) и печатные датчики, созданные с помощью электропроводящих чернил. Эти гибкие датчики предлагают опции для конструкций с криволинейными поверхностями или клавиатур с подсветкой, что может потребовать наличие предохранителя для светодиодного освещения. Печатные и прозрачные проводящие чернила теперь могут предложить недорогой и технологичный сенсорный датчик для носимой электроники; это быстро развивающийся и высоко инновационный сегмент рынка.

Использование контактного датчика не только в смартфонах и планшетах заставляет производителей и разработчиков внедрять инновации, создавать новые решения в ускоренном темпе. Принятие PCAP-технологии, которая поддерживает это активное развитие, может оказаться существенным, если технология используется в соответствии с возможностями и успешной революцией современных электронных устройств на существующих рынках.

microchip.com

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛАЗЕРНО-ОСАЖДАЕМЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА

УДК 621.373.826:533.9

¹А.Н. Чумаков, ²А.В. Гулай, ³А.А. Шевченко, ¹Т.Ф. Райченко,
¹А.Г. Кароза, ¹А.С. Мацукович, ¹Н.А. Босак, ²В.А. Гулай
¹ИФ им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск
²БНТУ, Минск; ³ИПМ НАН Беларуси, Минск

Аннотация

Получены тонкие пленки оксида цинка на кремниевой подложке методом многоимпульсной (с частотой ~ 5-50 кГц) лазерной абляции керамических мишеней стехиометрического состава. Распыляемые мишени сформированы методом импульсного прессования порошка при давлении ~ 4 ГПа с последующим отжигом при температуре 1100°C. Полученные тонкие пленки имеют регулярную микроструктуру с остроконечными столбчатыми частицами, прорастающими на всю толщину пленки. Установлено, что введение в оксид цинка легирующей добавки оксида редкоземельного элемента, в частности, оксида иттрия в количестве 4 % по массе приводит к существенному увеличению пропускания тонкой пленки в области оптического спектра от 1,2 до 3,0 мкм. Анализ спектров комбинационного рассеяния света свидетельствует о существенном изменении структуры тонких пленок при легировании материала распыляемой мишени оксидом иттрия. Исследование спектров фотолюминесценции позволяет сделать вывод, что введение малых добавок оксида редкоземельного элемента приводит к перераспределению центров испускания в тонких пленках оксида цинка.

Введение

Изучению процессов получения тонких пленок оксида цинка и их оптических свойств (в том числе при введении легирующих добавок) в технологии микроэлектроники традиционно уделяется значительное внимание [1]. В последнее время интерес к исследованию данных пленок возрастает в связи с необходимостью получения оптически прозрачных проводящих слоев для высокоэффективных солнечных элементов, полупроводниковых лазеров и светодиодов, полноцветных и монохромных дисплеев. В связи с этим проводится изучение таких оптических характеристик тонких пленок оксида цинка, как спектры поглощения света, рассеяния излучения, возбуждения фотолюминесценции.

В качестве активирующих примесей в материале тонких пленок ZnO используются элементы III группы периодической системы: бор, алюминий, галлий, индий; IV группы: кремний, германий, титан, цирконий, гафний [2-4]. Все более широкое применение находят легирующие добавки редкоземельных элементов (например, эрбия, тербия, тулия [5, 6]) и их соединений (в частности, оксидов [4]). Получение тонких пленок производится чаще всего путем магнетронного [2-4] или лазерного [7, 8] распыления мишеней из порошка оксида цинка.

Легирующие добавки вводятся как в процессе получения мишеней, так и во время осаждения тонкой пленки с использованием дополнительного источника распыления легирующего материала.

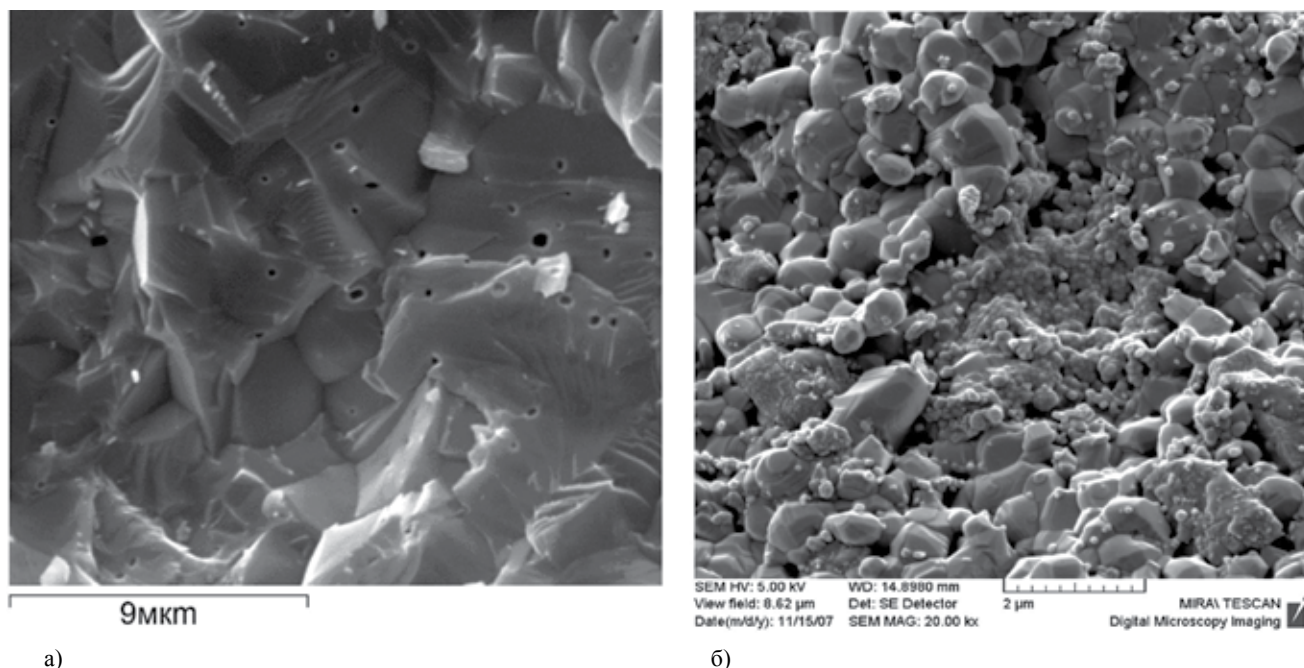
В настоящей работе представлены результаты исследования процесса получения тонких пленок на кремниевых подложках при лазерном распылении керамической мишени на основе оксида цинка. В данном случае используются преимущества режима эффективного эрозионного плазмообразования при многоимпульсном высокочастотном воздействии лазерного излучения на поверхность материала распыляемой мишени [9].

Методика получения и исследования тонких пленок

Для осаждения тонких пленок оксида цинка на кремниевые подложки в вакууме использована экспериментальная лазерная установка, обеспечивающая работу в различных режимах генерации лазерного излучения: моноимпульсном и многоимпульсном с регулируемой частотой повторения лазерных импульсов от 5 до 50 кГц. Установка содержит следующие основные компоненты: источник лазерного излучения, оптическую систему транспортировки лазерного излучения к распыляемой мишени, вакуумную камеру и измерительно-диагностический модуль. В качестве источника излучения в установке использован лазер на неодимовом стекле ($\lambda = 1,06$ мкм).

Для получения многоимпульсного режима генерации лазера с высокой частотой повторения импульсов внутри резонатора вблизи глухого зеркала установлен пассивный оптический затвор из радиационно облученного кристаллического фторида лития LiF с F_2^- -центрами окраски. Частота повторения лазерных импульсов изменяется за счет варьирования уровня накачки лазера и оптической плотности затвора; длительность лазерных импульсов на полувысоте составляет ~ 85 нс. Эффективное осаждение тонких пленок достигается при плотности мощности лазерного излучения $q = 34$ МВт/см² и частоте повторения импульсов $f \sim 20-30$ кГц. Вакуумная система установки обеспечивает проведение экспериментов при пониженном давлении до 2,7 Па.

Для получения тонких пленок использовались распыляемые керамические мишени, полученные из порошка оксида цинка высокой чистоты (с содержанием основного вещества 99,96 % по массе). В качестве легирующей добавки с концентрацией 4 % по массе применялся порошок оксида редкоземельного элемента (РЗЭ), в частно-



а)
Рисунок 1 – Микроструктура (излом) распыляемых керамических мишеней: а – из исходного молотого порошка ZnO; б – из порошка состава ZnO + Y₂O₃

сти, оксида иттрия. Распыляемые керамические мишени получены методом импульсного (взрывного) формования по плоской схеме нагружения при давлении ~ 4 ГПа с последующим отжигом в воздушной среде при температуре 1100°C в течение 1-2 ч. Микроструктура материала распыляемых мишеней изучалась с использованием растровой электронной микроскопии.

Морфология осаждаемых тонких пленок оксида цинка на кремниевой подложке исследовалась с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Certus. Пропускание оптического излучения тонкими пленками в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазонах спектра измерялось на спектрофотометре Carry 500 Scan.

Спектры комбинационного рассеяния света (КРС) регистрировались на спектрометре NanoFlex (входная щель монохроматора 100 мкм; объектив с увеличением 100×) в спектральном интервале 50-900 см⁻¹. Время накопления сигнала при записи одного спектра составляло 60 секунд. В качестве источника излучения при исследовании комбинационного рассеяния света использовался аргоновый лазер с длиной волны излучения 488 нм и мощностью на образце 2 мВт. В спектральном интервале 200-2550 см⁻¹ спектры КРС регистрировались на спектрометре SpectroPro 500i. Спектры рассеяния были получены при возбуждении излучения с длиной волны 532 нм, мощность на образце не превышала 25 мВт. Геометрия сбора рассеянного излучения – «обратное рассеяние».

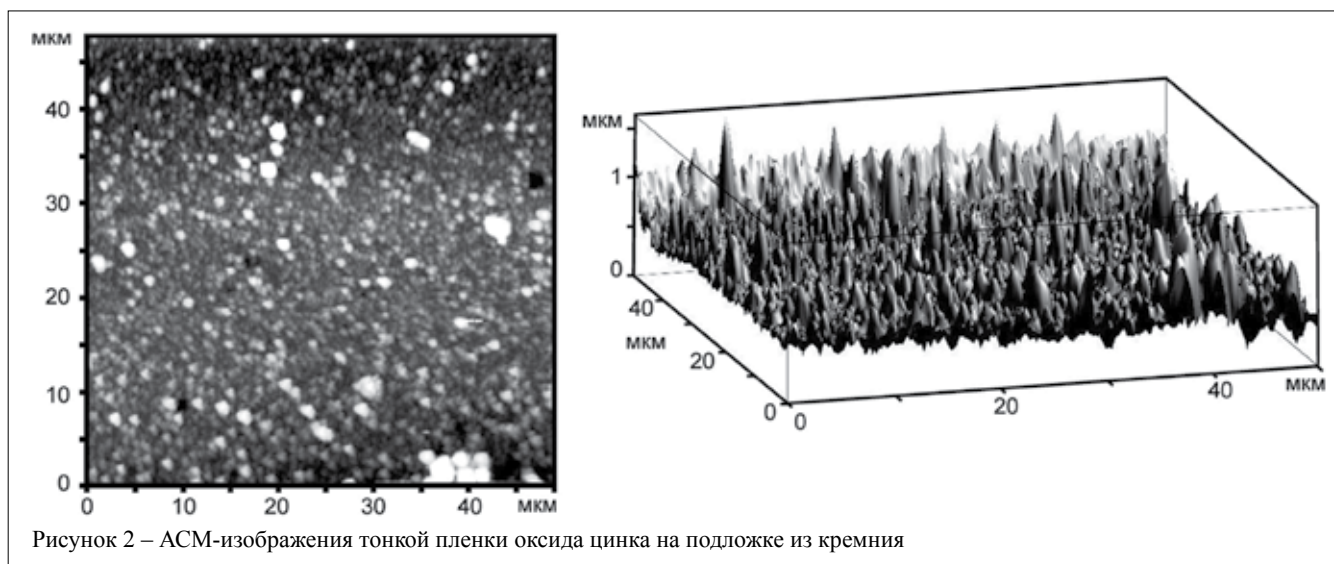
Инфракрасные спектры регистрировались с помощью ИК-Фурье-спектрометра NEXUS (Thermo Nicolet) в диапазоне 400-4000 см⁻¹ с разрешением 2 см⁻¹ после

128 сканов. Спектры фотолюминесценции получены с помощью автоматизированного спектрофлуориметра CM 2203 (фирма SOLAR) при длинах волн возбуждения 270 и 290 нм.

Результаты и их обсуждение

Микроструктура распыляемых мишеней из исходного молотого порошка оксида цинка и порошка состава ZnO + Y₂O₃ (концентрация 4 % по массе), полученных взрывным прессованием с последующим отжигом при температуре 1100°С, показана на рисунке 1. Керамические мишени из исходного порошка оксида цинка отжигались в течение двух часов, образцы из порошка ZnO с легирующими добавками оксида иттрия – один час. Представляет интерес сравнение структурных свойств полученных керамических материалов, так как от структуры распыляемых мишеней в значительной степени зависят параметры формируемых тонких пленок. В случае применения молотого исходного порошка для получения мишени и использования более продолжительного отжига готового изделия (2 ч) отдельные зерна имеют вид многогранников с относительно большими поперечными размерами (порядка 4-8 мкм). Зерна упакованы в объеме материала достаточно плотно и сплавлены между собой; наличие пор между зернами не наблюдается. При введении в порошок ZnO легирующих добавок оксида РЗЭ и снижении продолжительности отжига готовых мишеней (до 1 ч) зерна имеют округлую форму, их поперечные размеры не превышают 0,5-1,5 мкм.

Микроструктура полученных тонких пленок оксида цинка на кремниевой подложке изучалась по изо-

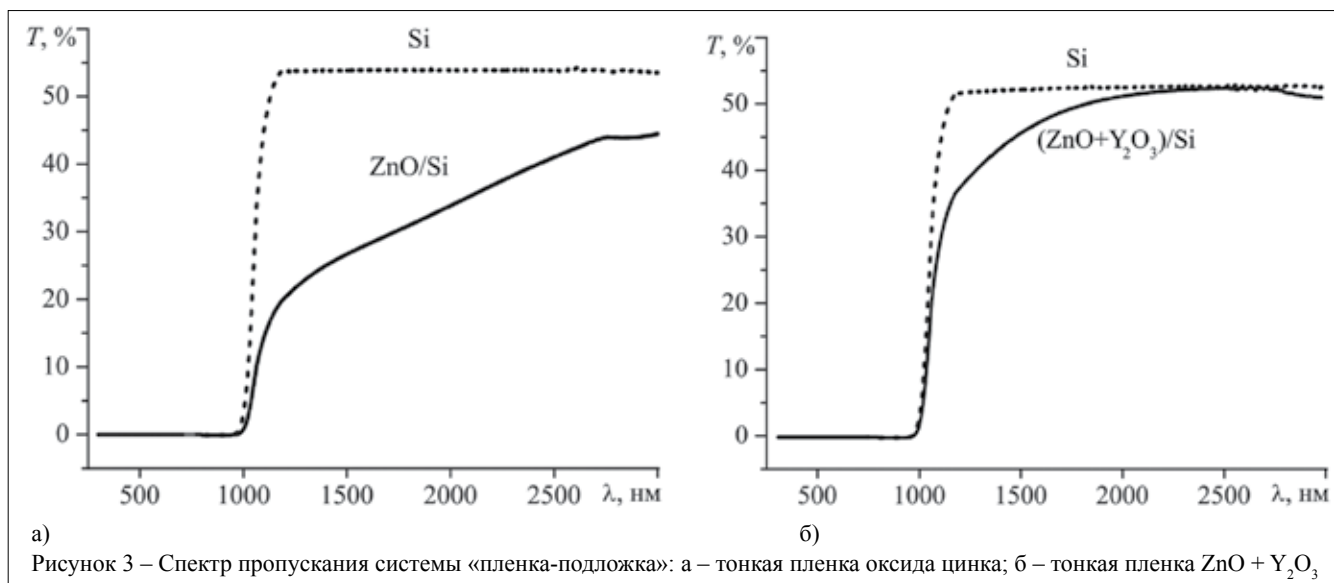


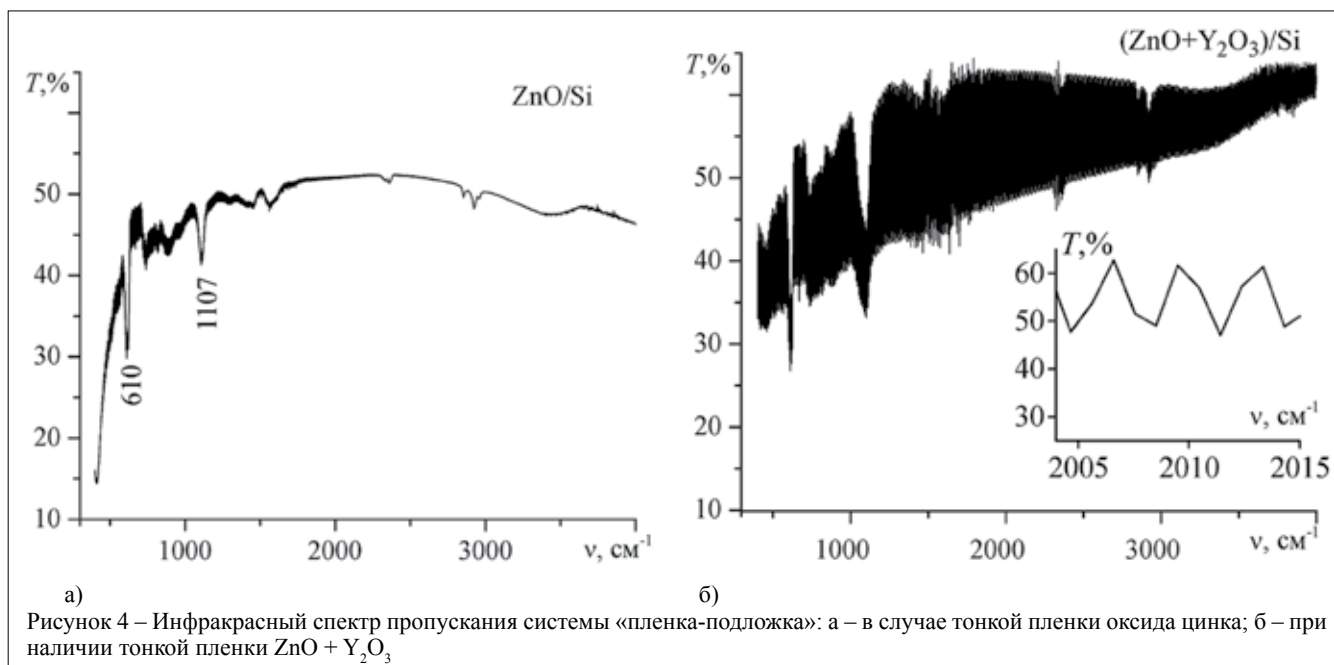
бражениям, полученным с использованием атомной силовой микроскопии, с размером исследуемого поля 50×50 мкм (рисунок 2). Анализ АСМ-изображений, снятых в режиме топографии, показывает, что тонкие пленки имеют столбчатую структуру, причем каждый элемент имеет конусообразную форму с диаметром основания и высотой порядка одного микрометра.

Кремниевая пластина поглощает оптическое излучение с длиной волны ниже ~ 1000 нм; с увеличением длины волны от 1000 до 1200 нм пропускание кремния резко возрастает и при длине волны свыше 1200 нм оно составляет ~ 55 %. Нанесение на кремниевую подложку тонкой пленки оксида цинка приводит к уменьшению пропускания, наиболее выраженному на длине волны, близкой к 1200 нм (рис. 3а), что свидетельствует о максимуме поглощения оксида цинка в этой области. С увеличением длины волны до 2700–2800 нм пропускание пленки почти линейно растет, обеспечивая рост пропускания системы «пленка-подложка» от ~ 20 % до ~ 45 %. Дальнейшее уве-

личение длины волны оптического излучения практически не оказывает влияния на пропускание системы ZnO/Si (поглощение тонкой пленки при длине волны свыше 2700–2800 нм составляет ~ 10 %).

Для тонкой пленки оксида цинка с легирующей добавкой оксида иттрия характерно существенно более низкое поглощение оптического излучения в диапазоне длин волн 1100–2300 нм, что обеспечивает рост пропускания системы «пленка-подложка» от 30 до 55 % с увеличением длины волны в указанном диапазоне (рис. 3б). Максимум поглощения излучения тонкой пленкой в данном случае наблюдается при длине волны 1200 нм и составляет ~ 20 %. Небольшое уменьшение пропускания (примерно на 2 %) происходит при длине волны более 2700 нм. Сравнение полученных спектров пропускания показывает, что введение в оксид цинка легирующей добавки оксида иттрия, в количестве 4 % по массе приводит к существенному увеличению пропускания тонкой пленки в области оптического спектра от 1,2 до 3,0 мкм.





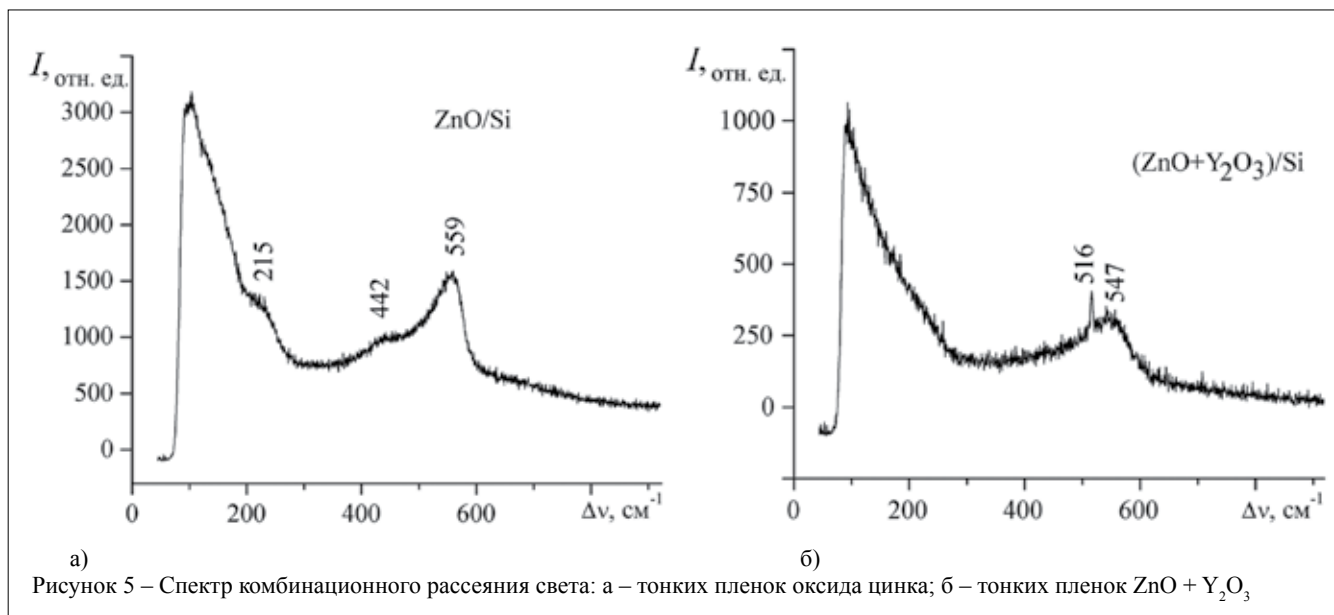
В инфракрасном спектре пропускания тонкопленочной системы ZnO/Si четко проявляются две линии поглощения: 610 и 1107 см^{-1} (рисунок 4а). Как показал анализ, спектры пропускания легированных тонких пленок (тонкопленочная система $(\text{ZnO} + \text{Y}_2\text{O}_3)/\text{Si}$) осложнены периодической структурой, обусловленной интерференцией (рисунок 4б). На врезке к данному рисунку показан характер флуктуаций величины пропускания за счет явления интерференции ИК-излучения при прохождении через тонкую пленку оксида цинка.

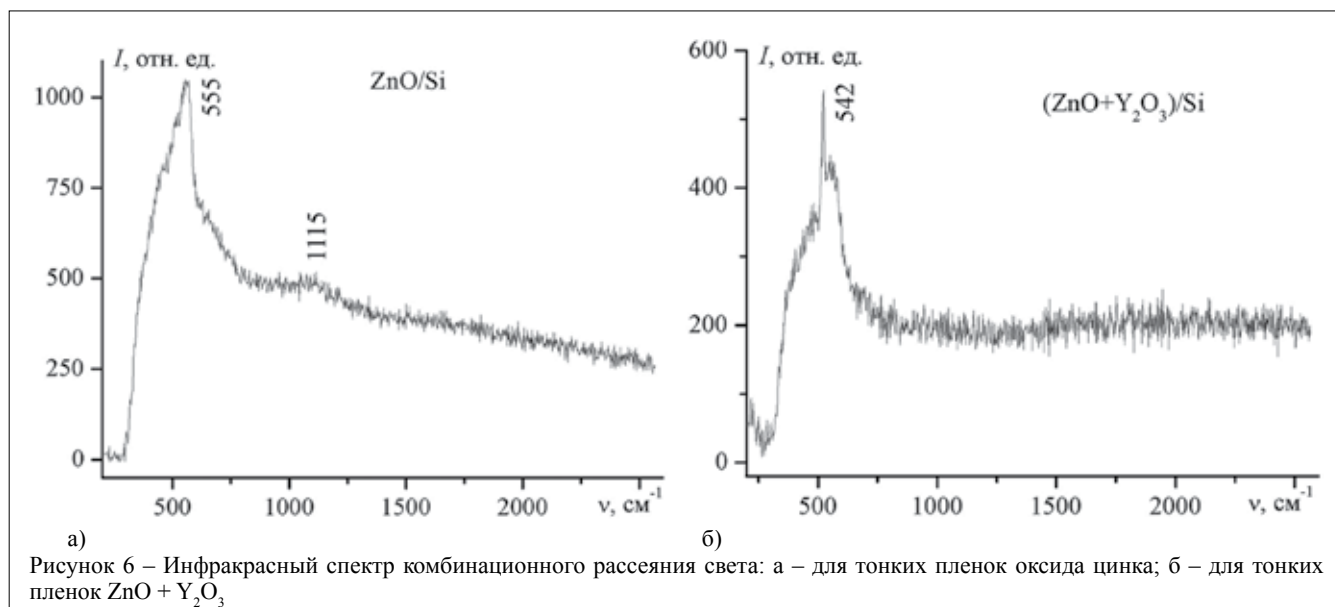
Из соотношения интерференционных максимумов интенсивности можно оценить толщину нанесенной тонкой пленки оксида цинка d :

$$2dn = m\lambda. \quad (1)$$

С учетом первого порядка интерференции $m = 1$, длины волны $\lambda = 5 \text{ мкм}$ и показателя преломления оксида цинка $n = 2,02$, получаем приближенное значение толщины нанесенной тонкой пленки оксида цинка $d = 1,2 \text{ мкм}$. Это значение толщины тонкой пленки ZnO подтверждает результаты, полученные методом атомной силовой микроскопии.

Спектр комбинационного рассеяния света для тонкой пленки ZnO , а также изменения в спектре КРС в случае ее легирования оксидом иттрия можно проанализировать по рисунку 5. В спектре комбинационного рассеяния тонкой пленки оксида цинка обнаруживаются слабо выраженные полосы в области 215 и 442 см^{-1} и более интенсивные полосы с пиком интенсивности на 106 и 559 см^{-1} . Следует отметить, что указанные полосы в спектрах



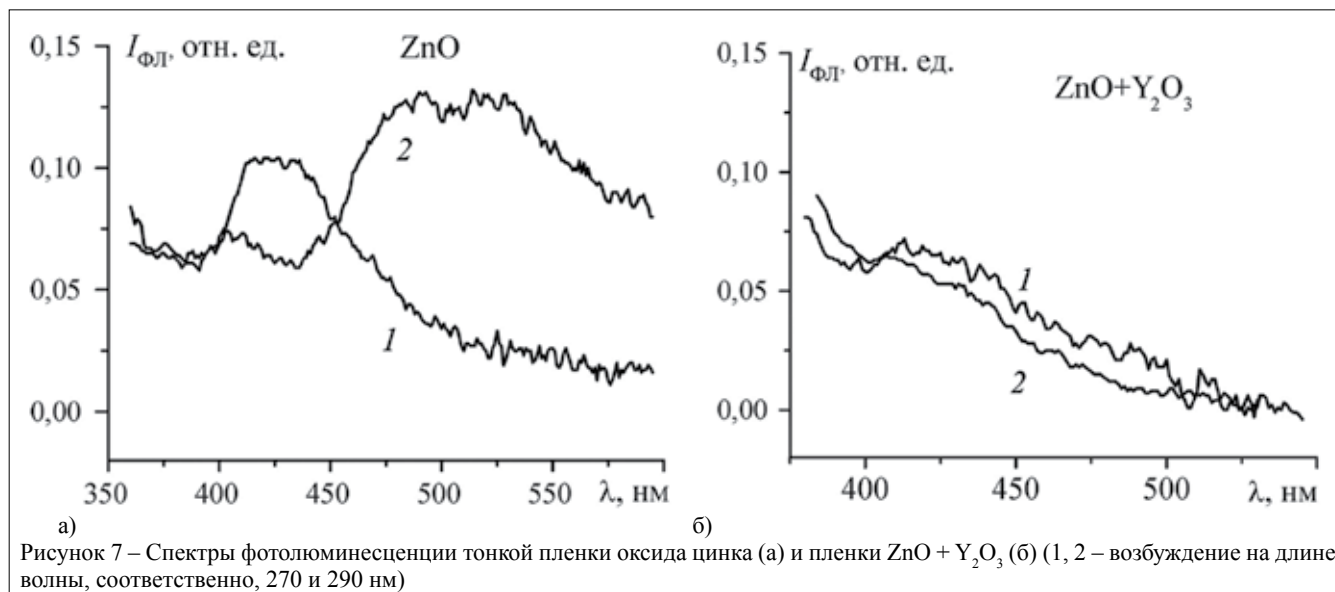


КРС наблюдаются также для нанокристаллов ZnO [10]. Можно предположить, что это свидетельствует, скорее всего, о некотором подобии наноструктуры тонких пленок, полученных лазерным распылением керамических мишеней, и структуры нанокристаллов оксида цинка. В спектре комбинационного рассеяния тонкой пленки оксида цинка, легированной оксидом иттрия, наблюдаются широкие полосы в области 93 и 547 см^{-1} , а также интенсивная линия 516 см^{-1} , что свидетельствует о влиянии малых легирующих добавок оксида РЗЭ на микроструктуру тонких пленок ZnO .

В инфракрасных спектрах комбинационного рассеяния света для тонких пленок оксида цинка наблюдается интенсивная полоса в области 555 см^{-1} , а в области 1115 см^{-1} – слабо выраженная полоса (рисунок 6). При этом в спектре КРС для тонкой пленки ZnO в случае введения легирующей добавки оксида РЗЭ обнаруживается

только одна широкая линия с пиком на частоте 542 см^{-1} . Изменения инфракрасного спектра КРС для тонких пленок оксида цинка при использовании легирующих добавок подтверждают предположения о влиянии оксида РЗЭ на микроструктуру тонких пленок ZnO .

Для тонких пленок оксида цинка спектры фотолюминесценции (рисунок 7а) характеризуются широкой полосой, максимум которой сдвигается из области $\sim 430 \text{ нм}$ в область $\sim 510 \text{ нм}$ при изменении длины волны возбуждения с 270 до 290 нм. Такой характер изменения спектра фотолюминесценции позволяет предположить, что данный спектр представляет собой суперпозицию полос, принадлежащих различным центрам свечения, которые вносят определенный вклад в суммарный спектр и занимают различное спектральное положение [11]. Тонкие пленки, полученные при лазерном испарении оксида цинка с легирующими добавками оксида иттрия, характеризуются су-



существенно отличающимися спектрами фотолуминесценции (рисунок 76), в которых обнаруживается лишь полоса свечения с максимумом вблизи 415 нм с очень низкой интенсивностью. В данном случае вполне уместно предположение, что введение легирующих добавок оксида иттрия в состав тонких пленок оксида цинка, получаемых лазерным распылением керамических мишеней, может приводить к перераспределению или исчезновению некоторых центров испускания оптического излучения.

Заключение

Исследования тонких пленок оксида цинка вызывают значительный научный интерес в связи с использованием их для создания высокоэффективных солнечных элементов, полупроводниковых лазеров и светодиодов, полноцветных и монохромных дисплеев. В связи с этим изучались следующие оптические характеристики тонких пленок оксида цинка: спектры пропускания оптического излучения, комбинационного рассеяния света и фотолуминесценции. Тонкие пленки оксида цинка на кремниевой подложке получали методом многоимпульсной (с частотой ~ 5-50 кГц) лазерной абляции распыляемых керамических мишеней стехиометрического состава. Распыляемые мишени формовались методом импульсного прессования порошка при давлении ~ 4 ГПа с последующим отжигом при температуре 1100°С. Установлено, что полученные тонкие пленки имеют регулярную микроструктуру, формируемую остроконечными столбчатыми частицами, прорастающими на всю толщину пленки. Введение в оксид цинка легирующей добавки оксида редкоземельного элемента, в частности, иттрия в количестве 4 % по массе приводит к существенному увеличению пропускания тонкой пленки в области оптического спектра от 1,2 до 3,0 мкм. Анализ спектров комбинационного рассеяния света свидетельствует о существенном изменении структуры тонких пленок при легировании материала распыляемой мишени оксидом иттрия. Исследование спектров фотолуминесценции позволяет сделать вывод, что введение малых добавок оксида редкоземельного элемента приводит к перераспределению центров испускания в тонких пленках ZnO.

Литература:

1. Кузьмина, И. П. Окись цинка. Получение и оптические свойства / И. П. Кузьмина, В. А. Никитенко. – М.: Наука, 1984. – 167 с.
2. Никитин, С. Е. Фотоэлектрические явления в гетеропереходах ZnO:Al–p-Si / С. Е. Никитин, Ю. А. Николаев, И. К. Полушина, В. Ю. Рудь, Ю. В. Рудь, Е. И. Теруков // ФТП. – 2003. – Т. 37. – Вып. 11. – С. 1329-1333.
3. Никитин, С. Е. Осцилляции наведенного фотопелеохроизма в гетеропереходах ZnO/GaAs / С. Е. Никитин, Ю. А. Николаев, В. Ю. Рудь, Ю. В. Рудь, Е. И. Теруков, N. Ferneliuss, J. Goldstein // ФТП. – 2004. – Т. 38. – Вып. 4. – С. 407-410.
4. Minami, T. Highly transparent and conductive rare earth-doped ZnO thin films prepared by magnetron sputtering / T. Minami, T. Yamamoto, T. Miyata // Thin Solid Films. – 2000. – 366. – P. 63-68.
5. Zhang, X. T. Room-temperature blue luminescence from ZnO:Er thin films / X. T. Zhang, Y. C. Liu, J. G. Ma, Y. M. Lu, D. Z. Shen, W. Xu, G. Z. Zhong, X. W. Fan // Thin Solid Films. – 2002. – 413. – P. 257-261.
6. Lima S. A. M. Low voltage electroluminescence of terbium- and thulium-doped zinc oxide films / S. A. M. Lima, M. R. Davolos, C. Legnani, W. G. Quirino, M. Cremona // J. of Alloys and Compounds. – 2006. – 418. – P. 35-38.
7. Жерихин, А. Н. Лазерное напыление пленок ZnO на кремниевые и сапфировые подложки / А. Н. Жерихин, А. И. Худобенко, Р. Т. Вильямс, Д. Вилкинсон, К. Б. Усер, Г. Хионг, В. В. Воронов // Квантовая электроника. – 2003. – Т. 33. – № 11. – С. 975-980.
8. Тарасенко, Н. В. Лазерный синтез и модификация композитных наночастиц в жидкостях / Н. В. Тарасенко, А. В. Буцень // Квантовая электроника. – 2010. – Т. 40. – № 11. – С. 986-1003.
9. Минько, Л. Я. Об эффективном режиме эрозионного приповерхностного плазмообразования в воздухе при импульсно-периодическом лазерном воздействии / Л. Я. Минько, А. Н. Чумаков, Н. А. Босак // Квантовая электроника. – 1990. – Т. 17. – № 11. – С. 1480-1484.
10. Marquina, J. Raman scattering on ZnO nanocrystals / J. Marquina, Ch. Power, J. Gonzales // Rev. Mex. Fis. – 2007. – S. 53 (7). – P. 170-173.
11. Чумаков, А. Н. Структура и оптические свойства пленок, осажденных в вакууме при многоимпульсном лазерном воздействии на керамику из оксида цинка / А. Н. Чумаков, П. П. Першукевич, А. А. Шевченко, А. Г. Кароза, А. С. Мацукович, Н. А. Босак // «Взаимодействие излучений с твердым телом», материалы XI Международной конференции, Минск, 23-25 сентября 2015. – С. 376-378.

Abstract

Thin zinc oxide films on silicon substrate have been obtained by the method of multipulse (with frequency ~ 5-50 kHz) laser ablation of sprayed ceramic targets of the stoichiometric composition. The sprayed targets have been formed by the method of pulse powder pressing at pressure ~ 4 GPa with the subsequent annealing at temperature 1100°С. The obtained thin films have regular microstructure with sharp-pointed columnar particles penetrating through the whole film thickness. It has been established that introduction of a dopant of rare earth oxide to zinc oxide, in particular, yttrium oxide, in the amount of 4 % by mass will lead to essential increase of transmission of a thin film in optical spectrum field from 1.2 to 3.0 μm. The analysis of Raman scattering spectra indicates the essential change in the structure of thin films during doping of the sprayed target material with yttrium oxide. The study of photoluminescence spectra makes it possible to conclude that introduction of small oxide additives of a rare earth element results in redistribution of emission centres in thin films of zinc oxide.

Поступила в редакцию 13.01.2016 г.

ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА МАГНИТОРЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ПОРОШКОВ ФЕРРИТОВ

УДК 539.2

С.В. Адашкевич², А.Г. Бакаев¹, А.И. Гордиенко¹, М.И. Маркевич¹,
В.Ф. Стельмах², А.М. Чапланов¹, Е.Н. Щербакова¹¹ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск,
²Белорусский государственный университет, г. Минск

Аннотация

Приведены результаты магниторезонансных измерений порошков гексаферрита стронция $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ и магний-цинкового феррита $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$. Установлено, что спектры порошков $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ и $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$ представляют собой неоднородно уширенные линии с эффективным значением g-фактора $2,5 \pm 0,1$ и $2,4 \pm 0,1$ и шириной 177,5 мТл и 90,3 мТл соответственно, что свидетельствует о значительном резонансном поглощении энергии СВЧ поля данными материалами.

Введение

Гексагональные ферриты ($\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$) применяются в промышленности для изготовления постоянных магнитов, в беспроводной передаче данных, в технологиях стелс, устройствах памяти и т.д. Они являются перспективными материалами для создания элементов микроволновых устройств, работающих на частотах от 1 до 100 ГГц [1-3]. Кроме того, частицы гексаферритов могут найти применение в носителях информации высокой плотности, магнитных композитах. Магний-цинковые ферриты применяются в электронной технике в качестве сердечников контурных катушек индуктивностей, фильтров, сердечников импульсных и широкополосных трансформаторов [4-6].

Основная часть

Целью данной работы является исследование морфологии и магниторезонансных свойств порошков $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ и $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$. Исследования морфологии образцов проводились с помощью сканирующего электронного микроскопа SEM 515. Этот комплекс, в состав которого входят

$\text{Si}(\text{Li})$ детектор со сверхультратонким окном, охлаждаемый жидким азотом, компьютер и пакет программного обеспечения Genesis SEM Quant ZAF software. Измерения проводились при различных значениях ускоряющего напряжения: от минимального порога чувствительности системы микроанализа (6,4 кВ) до максимального значения ускоряющего напряжения, равного 30 кВ.

Исследования магнитного резонанса проводились на специализированном малогабаритном анализаторе ЭПР «Минск 22» при комнатной температуре. Рабочая длина волны – 3 см. Максимальное значение индукции магнитного поля – 450 мТл. Частота модуляции магнитного поля 30 кГц. Для калибровки интенсивности сигналов объектов исследования использовался образец из монокристалла рубина ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$). Выбор оптимальных параметров регистрации рабочих спектров магнитного резонанса осуществлялся в области значений g-факторов от 1,5–4,0. В процессе измерений дополнительный контроль стабильности работы спектрометра осуществлялся путем измерения калибровочного материала двухвалентного марганца ($\text{MgO}:\text{Mn}^{2+}$).

На рисунке 1а, 1б представлена морфология и элементный состав гексаферрита стронция.

Из рисунка 1 следует, что частицы имеют шарообразную форму, размер частиц различен и составляет от 1,0 до 2,0 мкм. Из рисунка также следует, что частицы могут собираться в небольшие кластеры. Элементный состав соответствует гексаферриту стронция, пики от посторонних примесей отсутствуют. На рисунке 2 приведены данные по элементному составу и морфологии порошка $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$.

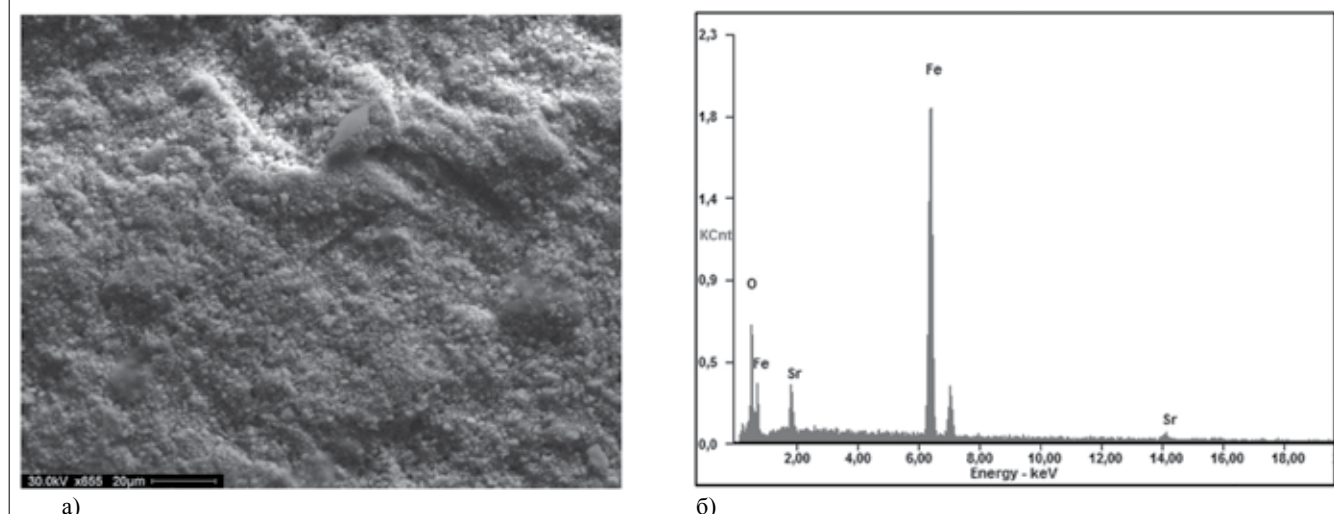
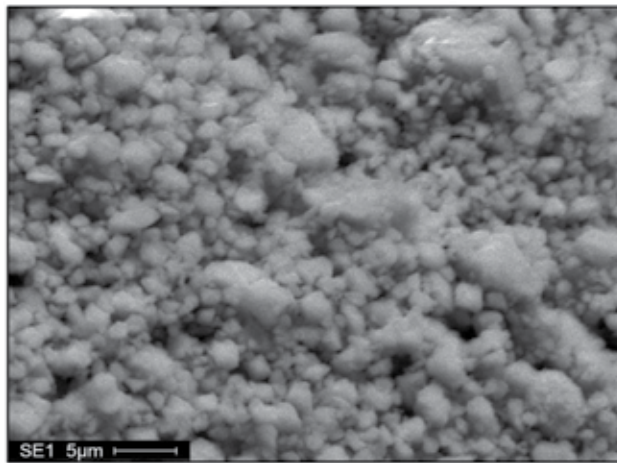
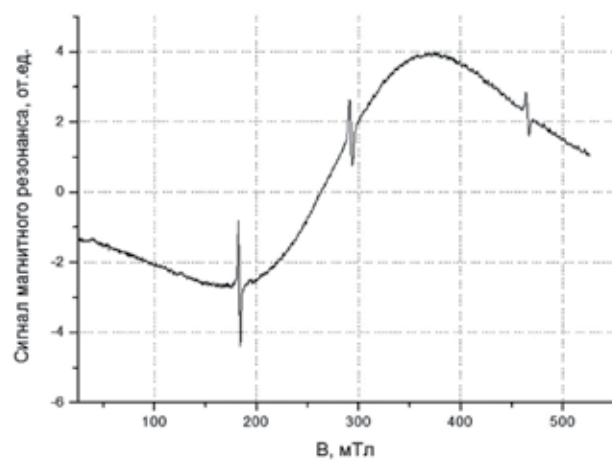
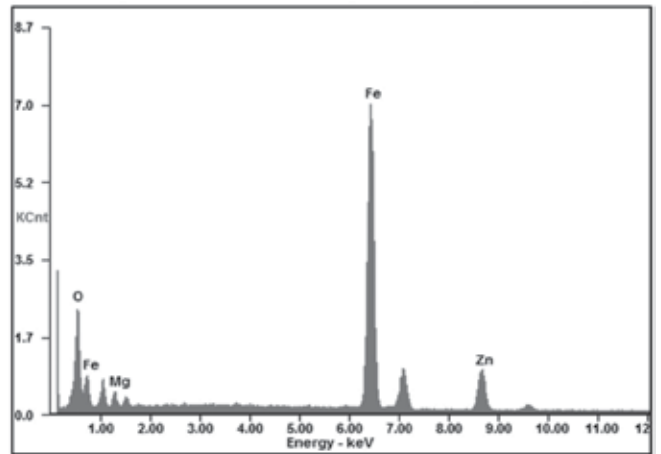
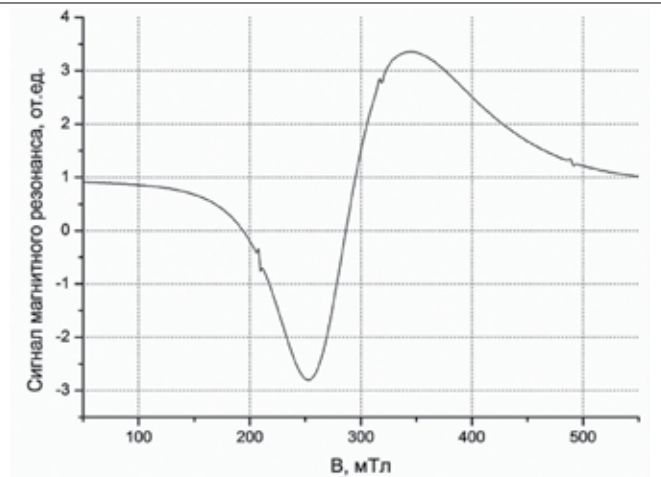


Рисунок 1 – Морфология и элементный состав частиц порошка $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$: а) морфология, б) элементный состав

Рисунок 2 – Морфология порошка $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$ 

а)



о)

Рисунок 3 – Спектры магнитного резонанса порошков $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ и $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$

Из приведенного снимка следует, что средний размер частиц составляет 1-3 мкм. На снимке видно, что некоторые частицы объединены и образуют кластеры, размеры которых достигают 7-10 мкм в диаметре.

На рисунке 3 представлены спектры магнитного резонанса порошков $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ и $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$.

На спектре магнитного резонанса (рисунок 3а) фиксируется неоднородно уширенная линия резонанса от порошка $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ с эффективным значением g-фактора $2,5 \pm 0,1$, ширина линии составляет 177,5 мТл.

Из соотношения интенсивностей сигналов заполненного резонатора и калибровочного образца следует, что нерезонансное поглощение электрической компоненты электромагнитного поля СВЧ в гексаферрите стронция незначительно. На рисунке 3б прослеживается широкая неоднородно уширенная линия резонанса от порошка $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$ с эффективным значением g-фактора $2,4 \pm 0,1$, шириной 90,3 мТл при значительном поглощении электрической компоненты электромагнитного поля СВЧ. Из приведенных данных следует, что лучшим магниторезонансным поглощением обладают порошки гексаферрита стронция $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$.

Выводы

Проведена магниторезонансная диагностика порошков ферритов $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ и $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$.

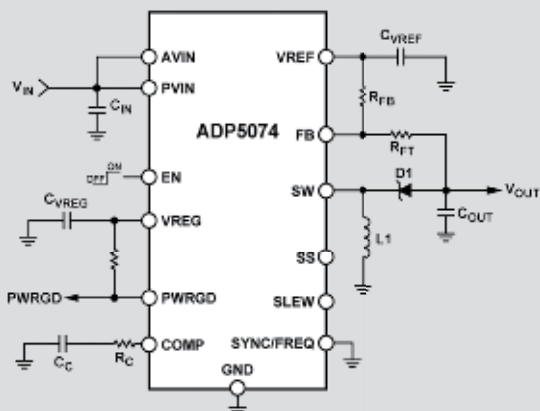
Методом ЭМР установлено, что спектры порошков представляют собой неоднородно уширенные линии с эффективным значением g-фактора $2,5 \pm 0,1$ и шириной 177,5 мТл для гексаферрита стронция и эффективным значением g-фактором $2,4 \pm 0,1$, шириной линии 90,3 мТл для $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$, что свидетельствует о значительном резонансном поглощении энергии СВЧ поля данными материалами. Нерезонансное поглощение СВЧ поля порошка магний-цинкового феррита ($\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$) больше, чем у гексаферрита стронция ($\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$).

Литература:

1. Крупичка, С. Физика ферритов / С. Крупичка // М., Мир. – 1976. – Т. 1. – 352 с.
2. Розанов, К.Н. Фундаментальное ограничение для ширины рабочего диапазона радиопоглощающих покрытий / К.Н. Розанов // Электродинамика и распространение радиоволн / Радиотехника и электроника. – 1999. – Т. 44. – № 5. – С. 526-530.

НОВОСТИ

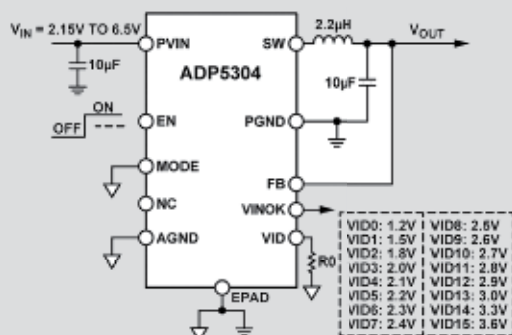
ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ ИНВЕРТИРУЮЩИЙ СТАБИЛИЗАТОР ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ДИАПАЗОНОМ ВХОДНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ 2,85 В ДО 15 В



Интегрированный в ADP5074 ключ цепи питания позволяет генерировать регулируемое отрицательное выходное напряжение от -39 В ниже входного напряжения. Компонент работает с выбираемой при помощи внешнего вывода частотой коммутации 1,2 МГц или 2,4 МГц. Он также может быть синхронизирован от внешнего генератора с частотой в диапазоне от 1,0 МГц до 2,6 МГц для упрощения фильтрации шума в чувствительных к шуму схемах. ADP5074 выпускается в 16-выводном корпусе LFCSP (3 мм х 3 мм) и работает в промышленном температурном диапазоне от -40°C до +125°C.

alfa-chip.com

ПОНИЖАЮЩИЙ СТАБИЛИЗАТОР С ВЫСОКИМ КПД И КРАЙНЕ НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ, ПОТРЕБЛЯЮЩИЙ ТОК ВСЕГО 260 нА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ОТСУТСТВИЕ НАГРУЗКИ



ADP5304 имеет диапазон входных напряжений от 2,15 В до 6,50 В, что позволяет использовать его для работы с щелочными, никель-металлгидридными и литиевыми элементами, а также высокоимпедансными источниками питания. Выходное напряжение регулируется в диапазоне от 0,8 В до 5,0 В при помощи внешнего резистора VID, подключаемого к земле. Для построения полнофункционального решения на базе ADP5304 требуется всего четыре миниатюрных внешних компонента. ADP5304 выпускается в 10-выводном корпусе LFCSP, и работает в промышленном температурном диапазоне от -40°C до +125°C.

alfa-chip.com

3. Булатов, Т.А. Структура и магнитные свойства порошка гексаферрита стронция после измельчения в воде и толуоле с последующим отжигом / Т.А. Булатов, С.В. Кетов, В.П. Менушенков, Ю.Д. Ягодкин // Наноматериалы и нанотехнологии. – 2013. – № 2. – С. 65-68.

4. Смит, Я., Вейн, Х. // Ферриты / М.: ИЛ. – 1962. – 504 с.

5. Самойленко, З.А. Анализ фазовых переходов в разномасштабной атомной структуре при отжиге магний-цинковых ферритов / З.А. Самойленко, Н.Н. Ивахненко // Журнал технической физики. – 2009. – Т. 79. – вып. 10. – С. 151-156.

6. Самойленко, З.А. Эволюция ближнего, мезоскопического и дальнего порядка в структуре магний-цинковых ферритов / З.А. Самойленко, Н.Н. Ивахненко, В.П. Пашенко, О.В. Копаев, Б.К. Остафийчук, И.М. Гасюк // Журнал технической физики. – 2002. – Т. 72. – вып. 3. – С. 83-86.

Abstract

The results of magnetic resonance measurements of strontium hexaferrite powders $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ and magnesium – zinc ferrite $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$. It was found that the spectra of powders and $\text{MgZnFe}_2\text{O}_4$, $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ are inhomogeneously broadened line with the effective value of g-factor of $2,5 \pm 0,1$ and $2,4 \pm 0,1$ and width of 177.5 mT and 90.3 mT, respectively. This represents a significant resonance absorption of microwave energy field these materials.

Поступила в редакцию 22.01.2016 г.

БелПлата

тел. +375 17 287 85 66
факс +375 17 287 85 65
тел. моб. +375 29 684 43 09
220068, г. Минск, ул. Некрасова, 114,
оф. 238, 2 этаж, e-mail: info@belplata.by

Разработка и поставка печатных плат:
любой класс точности, широкий спектр покрытий, изготовление образцов от 5 дней.

Поставка фотошаблонов

Поставка трафаретов:
из нержавеющей стали и латуни.

Материалы для печатных плат:
защитные маски, маркировочные краски, фоторезисты, паяльные пасты.

Поставка изделий из феррита:
любые виды сердечников CI, EE, EEM, EP, EER, ETD, EC, EF, ED, EFD, EI, EPO, EPX, EPC и т.д.

Поставка электронных компонентов:
STMicroelectronics, NXP Semiconductors, Vishay, Holtek Semiconductor.

www.belplata.by

УНП 190533632

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ ПО ПОЛЯРИЗАЦИОННО-НЕФЕЛОМЕТРИЧЕСКИМ ИЗМЕРЕНИЯМ

УДК 551.508

М.М. Кугейко, Д.А. Смунев, БГУ, г. Минск

Аннотация

Предложены устойчивые к погрешностям измеряемых оптических характеристик методы определения микрофизических параметров нативных и сферизированных эритроцитов. Оценка точности проводилась на основе метода, использующего установление регрессионных соотношений между определяемыми микрофизическими и измеряемыми оптическими характеристиками. Показано, что погрешности методов с использованием регрессионных соотношений при определении микрофизических параметров составляют ~ 2%.

Введение

Эритроциты являются форменными элементами крови и составляют ее основную дисперсную фазу. По внутреннему строению эритроциты – безъядерные клетки, которые состоят из воды (~65%), гемоглобина (~32%) и мембраны (3%) [1]. Основной функцией эритроцитов является перенос кислорода от легких по всему организму и углекислого газа обратно в легкие [2]. Оптические свойства крови схожи со свойствами суспензии эритроцитов, поэтому исследования зачастую проводятся на омытых эритроцитах, которые были предварительно суспензированы в буферном растворе с объемной концентрацией, равной концентрации реальной крови.

Существует достаточно много подходов к моделированию нативного эритроцита. Под нативным эритроцитом подразумевается эритроцит в своей естественной форме, которая сохраняется и вне плазмы крови, например, с использованием антикоагулянта с последующим разбавлением физиологическим раствором [3]. Чаще исследователи используют модели шара [4–6], сплюснутого сфероиды [5,7,8]. Также используются модели шарового диска [9], поверхность вращения кривой Кассини [5,10], модель двояковогнутого дискоида [3]. Модель двояковогнутого дискоида наилучшим образом описывает геометрию эритроцита, что подтверждается экспериментально [3].

В настоящее время на практике широко используются оптические методы определения микрофизических параметров (МФП) сферизованных эритроцитов. Известны различные методы сферизации эритроцитов. Под сферизацией понимается воздействие химических веществ на нативный эритроцит таким образом, что его форма становится близкой к сфере, что позволяет рассматривать эритроцит как сферу с сохранени-

ем первоначального объема эритроцита [3,11] либо с сохранением площади поверхности [11] эритроцита. Далее в работе мы будем понимать под сферизацией преобразование формы нативного эритроцита в сферу с сохранением первоначального объема. Однако необходимо учитывать, что в этом случае под действием реагентов изменяются микрофизические параметры популяции, например, отношение рассеивающей площади частицы к ее объему [12–14].

Устойчивыми и достаточно точными методами обработки статистической измерительной информации относительно определяемых параметров являются методы с использованием множественных регрессий [15–20]. Для получения регрессионных соотношений между определяемыми микрофизическими параметрами (МФП) эритроцитов и измеряемыми оптическими характеристиками использовались модели эритроцита в виде шара [18,21–23], сплюснутого сфероиды [8], а также двояковогнутого дискоида [20], который, как отмечено выше, наилучшим образом аппроксимирует нативный эритроцит. Предварительная сферизация обосновывает применение модели сферы с сохранением объема к ансамблю эритроцитов и делает возможным применение регрессионных методов с использованием модели сферы для определения микрофизических параметров.

Как показано в [24], регрессионные соотношения весьма чувствительны к выбору модели, поэтому для выработки методов определения МФП необходимо применять наиболее реалистичную модель, а именно: двояковогнутый дискоид для нативных эритроцитов и модель шара для сферизованных. Однако необходимо понимать, что для сферизованного эритроцита набор определяемых МФП меньше, чем для нативного, например, невозможно одновременное определение среднего объема и средней площади поверхности эритроцита в популяции для сферизованных эритроцитов. Важно также, чтобы методы были устойчивы к погрешностям измеряемых величин. Ниже рассматриваются вопросы влияния погрешностей измерения поляризационных и нефелометрических оптических характеристик, их количества на точностные характеристики определяемых МФП популяций эритроцитов.

Моделирование популяций эритроцитов

Для получения регрессий исследователи используют формы эритроцита в виде шара [22,23], сплюснутого сфероиды [8], а также двояковогнутого дискоида.

В [3] предложена 4-х параметрическая модель эритроцита человека:

$$\rho^4 + 2Sp^2z^2 + z^4 + P\rho^2 + Qz^2 + R = 0, \quad (1)$$

где ρ – радиус в цилиндрической системе координат ($\rho^2 = x^2 + y^2$). Параметры P , Q , R и S связаны с геометрическими параметрами эритроцита следующим образом:

$$P = -\frac{D^2}{4} - \frac{b^2h^2}{4D^2} + \frac{b^2c^4}{4D^2(h^2 - b^2)},$$

$$Q = \frac{D^4 + 4D^2P - b^4}{4b^2},$$

$$R = -\frac{D^2}{16}(D^2 + 4P), \quad S = -\frac{c^2 + 2P}{h^2} \quad (2)$$

По своему составу кровь очень близка к полидисперсному гидрозолу. Степень полидисперсности, а именно распределение эритроцитов по размеру $f(D)$, моделируется обобщенным гамма-распределением, которое достаточно хорошо аппроксимирует данные многочисленных экспериментальных исследований эритроцитометрических кривых образцов крови [3, 25, 26]:

$$f(D) = \frac{N}{\Gamma(k+1)} k^{k+1} \frac{D^k}{D_0^{k+1}} \exp(-kD/D_0), \quad (3)$$

где N – счетная концентрация эритроцитов, D_0 – модальный диаметр, k – параметр полуширины распределения, связанный с ΔD (расстоянием между ветвями $f(D_0)$ на уровне $0,5 f(D_0)$) соотношением $k \approx 5,63(\Delta D/D_0)^{-1,99}$.

Вариации микроструктурных параметров популяций эритроцитов осуществлялись в диапазонах их возможных изменений, выбранных из литературных данных [3,5,27–29] и приведены в таблице 1. Параметры функции распределения по размерам D_0 и k задаются из диапазонов в таблице 2. Действительная (n) и мнимая (χ) часть относительного показателя преломления соответствует длине волны $\lambda=0,65$ мкм ($\lambda=0,473$ мкм в физрастворе, который применяется для разбавления).

Таблица 1 – Диапазон значений МФП

Микрофизическая характеристика	диапазон значений
N (Концентрация)	$3,5 \div 6,5 \cdot 10^{12} \text{ л}^{-1}$
n	$1,03 \div 1,06$
χ	$10^{-4} \div 10^{-5}$

Таблица 2 – Диапазон параметров функции распределения

Параметры функции распределения по размерам	диапазон значений
k	$2 \div 18$
D_0	$6,2 \div 8,2 \text{ мкм}$

Таким образом, для каждой из сформированных популяций можно рассчитать усредненные парамет-

ры, такие как средний объем эритроцита и т.д. Определяемые МФП представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Определяемые МФП

Параметр	Физический смысл
$\langle V \rangle$	Средний объем по выборке
$D_0(r_0^{**})$	Модальный диаметр (модальный радиус**)
$\Delta D(\Delta r^{**})$	Полуширина функции распределения
n	Показатель преломления
N	Концентрация
$\langle S \rangle^*$	Средняя площадь поверхности по выборке

* Определяется только при применении модели двояковогнутого дискоида

** Определяется только при применении модели шара

Для того чтобы применить модель шара для моделирования светорассеяния, популяцию эритроцитов необходимо заменить на популяцию шаров, пытаясь сохранить при этом максимальное количество наиболее важных микрофизических характеристик, то есть найти такую функцию распределения сфер по размерам, которая обеспечит равенство микрофизических характеристик исходной популяции двояковогнутых дискоидов и аппроксимирующей популяции шаров. Таким образом при формировании выборки с применением модели шара за основу бралась первичная выборка двояковогнутых дискоидов, далее производился переход к форме шара с сохранением объема частицы V_i , когда каждую конкретную частицу с параметрами V_i и $S_{\perp i}$ (площадь поперечного сечения) заменяют набором сфер с аналогичными средними по набору параметрами [5,16]. Таким образом при переходе от двояковогнутого дискоида к сфере сохраняется распределение по объему. Подробно формирование популяции эритроцитов и расчет их оптических свойств при применении модели двояковогнутого дискоида описаны в [20,24].

Уравнение множественной регрессии

Устойчивым и точным методом обработки статистической информации относительно определяемых параметров являются множественные регрессии. В основе регрессионного подхода к решению обратных задач лежит предположение, что искомые МФП $\mathbf{X} = (x_i)$ могут быть найдены с помощью некоторого аналитического преобразования ОХ $\mathbf{Y} = (y_{ij})$, где y_{ij} – измеряемые оптические характеристики. Процедура расчета множественных регрессий между МФП эритроцитов и их ОХ детально описана в [8,15,16,21]. Ниже приводятся результаты расчета с использованием метода линейных регрессий:

$$\ln(x_i) = a_0 + \sum_{j=1}^n a_j \ln(y_{ij}), \quad (4)$$

где численные значения коэффициентов a_j определяются на основе используемой выборки методом наименьших квадратов:

$$\min \left(\sum_{i=1}^N \left[\ln(x_i) - a_0 - \sum_{j=1}^n a_j \ln(y_{ij}) \right]^2 \right). \quad (5)$$

Кроме того, минимальное количество слагаемых n в (4) определяется точностью аппроксимации, а максимальное – как дополнительными привносимыми ошибками, так и степенью взаимной корреляции результатов. Для выбора набора оптимальных углов измерения $(\Theta_1 \dots \Theta_n)$ оптических параметров используется алгоритм минимизации погрешности уравнения (4):

$$\min \delta x_i(\Theta_1 \dots \Theta_n) = \min \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[\frac{1}{x_{ik}} - \exp(a_{i0}(\Theta_1 \dots \Theta_n) - \sum_{j=1}^n a_{ij}(\Theta_1 \dots \Theta_n) \ln(y_{jkl})) \right], \quad (6)$$

где N – размер выборки, l – индекс текущего набора углов Θ , δx_i – относительная погрешность измерения i -того микрофизического параметра, $y_{jkl} = y_j(\Theta_{kl})$ – измеряемая под углом Θ_{kl} оптическая характеристика, $a_{ij}(\Theta_1 \dots \Theta_n)$ – коэффициенты, определяемые в (5) для l -того набора углов.

Поляризационно–нефелометрические методы определения МФП сферизованных эритроцитов

Возможность воздействовать на эритроциты с помощью различных веществ для изменения их первоначальной формы позволяет определять параметры эритроцитов путем их сферизации [26, 29–31] либо с сохранением первоначального объема эритроцита [29, 32], либо с сохранением площади поверхности [29] эритроцита. Как отмечалось выше, далее мы будем понимать под сферизацией преобразование эритроцита в сферу с сохранением объема, так как сферизация с сохранением площади поверхности изменяет процентное содержание гемоглобина в эритроците и, как следствие, показатель преломления эритроцита.

Следует отметить, что сферизация является рутинной процедурой подготовки образцов для анализа эритроцитов в широко используемых на практике гематологических анализаторах и цитометрах [16, 18, 19, 21, 26, 29, 31, 33]. Также необходимо учитывать и то, что под действием реагентов изменяются микрофизические параметры популяции, например, отношение рассеивающей площади частицы к ее объему [12–14]. Следует также принять во внимание, что для сферизованных эритроцитов набор определяемых МФП меньше, чем для нативных. Сферизация накладывает определенные ограничения и на экспрессность методов. Как показано в [29], процесс преобразования формы занимает от 60 до 180 секунд. Также в среднем 7% частиц не изменяют формы или изменяют ее частично [29], поэтому ожидается, что реальные погрешности будут выше рассчитанных с применением модели сферы.

В тоже время сферизация позволяет использовать для расчетов оптических свойств популяции эритроцитов теорию Ми [34]. Это, в свою очередь, упрощает решение обратной задачи по интерпретации измери-

тельной информации относительно МФП эритроцитов по сравнению с методами, основанными на предположениях о несферичности эритроцитов. Однако, поскольку форма эритроцита в виде двояковогнутого диска наилучшим образом описывает геометрию эритроцита, то очевидно, что требуется оценка эффективности влияния разных моделей эритроцитов на определение их МФП.

Рассмотрим сейчас методы определения МФП сферизованных эритроцитов с использованием неполяризованного падающего излучения. Как показано в [6, 22, 23], наилучшая точность при определении с помощью регрессионных соотношений r_0 , Δr получена при использовании 3 измерений степени поляризации $P(\Theta)$ соответственно на углах 8, 11, 139 и 148, 162, 176 градусов. При получении коэффициентов регрессионных уравнений на рассчитанные значения ОХ накладывались погрешности (2,5 % для всех углов), производилось сравнение рассчитанных и задаваемых значений для каждого из элементов выборки. Соотношение, связывающее определяемые и измеряемые параметры, имеет вид:

$$\ln(x_i) = a_0 + a_1 \ln(P(\Theta_1)) + a_2 \ln(P(\Theta_2)) + a_3 \ln(P(\Theta_3)). \quad (7)$$

Коэффициенты и погрешности для r_0 (погрешность: средняя по выборке ~1,4%), для Δr (погрешность: средняя по выборке ~2%) приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициенты для уравнения (7) и погрешности для них

параметр	a_0	a_1	a_2	a_3	δ , %
r_0	0,457911346	1,40609804	-1,1429669	-0,04978827	1,4978
Δr	0,009892525	0,45432803	0,38519109	-0,52656024	2,0568

При определении (n, V_{cp}) наименьшая погрешность достигается при 6 измерениях (3 – рассеяние $\beta(\Theta)$, 3 – степень поляризации $P(\Theta)$): для n – при использовании $P(\Theta)$, соответствующем 23°, 94°, 150°, и $\beta(\Theta)$, соответствующем 5°, 26°, 30° (погрешность: средняя по выборке 0,8 %), для V_{cp} – при 4°, 12°, 15° для $\beta(\Theta)$ и 148°, 162°, 176° для $P(\Theta)$ (средняя по выборке погрешность 2,3%).

Соотношение, связывающее определяемые и измеряемые параметры, имеет вид:

$$\ln(x_i) = a_0 + a_1 \ln(\beta(\Theta_1)) + a_2 \ln(\beta(\Theta_2)) + a_3 \ln(\beta(\Theta_3)) + a_4 \ln(P(\Theta_4)) + a_5 \ln(P(\Theta_5)) + a_6 \ln(P(\Theta_6)). \quad (8)$$

Коэффициенты приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициенты для уравнения (8) и погрешности для них

параметр	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	δ , %
n	-1,878	0,2948	-0,035	-0,260	-2,11	-0,157	-0,9459	0,7915
V_{cp}	1,0769	0,3505	0,0080	-0,362	1,706	-0,502	-0,0017	2,3031

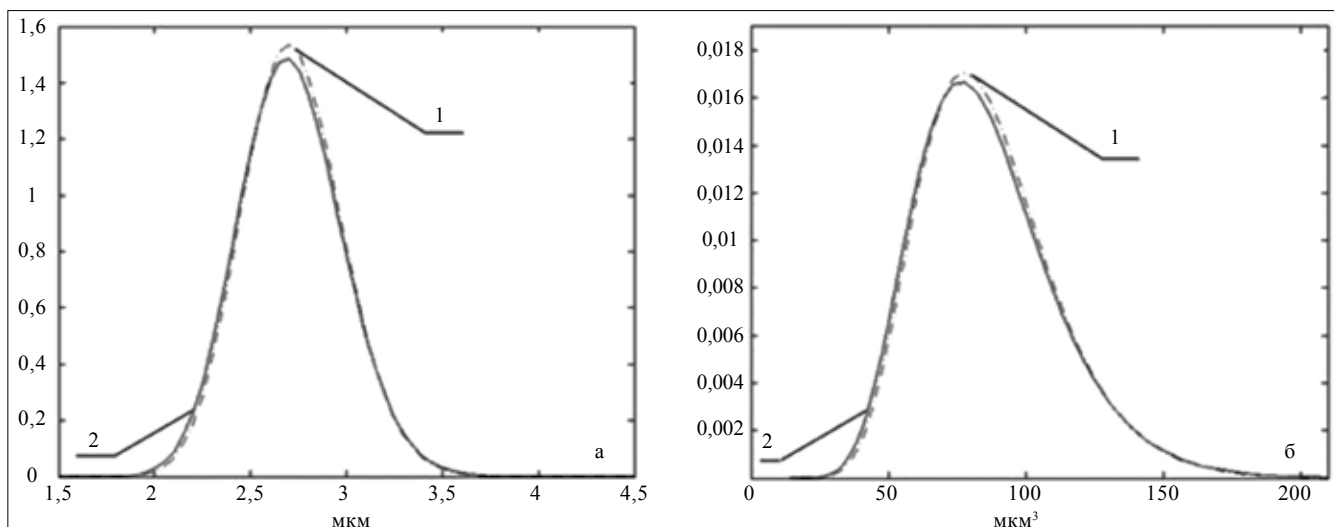


Рисунок 1 – Результаты восстановленные функции плотности: а – по размеру; б – по объему; 1 – восстановленный 2 – заданный профиль

Для счетной концентрации N поляризационные измерения использовать нецелесообразно. Это следует из того, что коэффициент линейной поляризации равен отношению интенсивностей параллельно и перпендикулярно поляризованных световых потоков, где величина каждого зависит от концентрации.

Результаты восстановления функции распределения частиц по размерам с использованием оптимального для каждого набора углов измерения поляризации и рассеяния приведены на рисунке 1. Следует отметить, что наличие рассматриваемых МФП позволяет восстановить функцию плотности распределения и по размерам $f(r)$, и по объему $f(V)$. Из 1 видно, что функции плотности распределения восстановлены достаточно точно.

Согласно теории Ми [34], для модели шаров использование поляризованного излучения не информативно, так как поляризованный свет при однократном рассеянии не деполяризуется на сферах. Оптимальным вариантом в плане простоты проведения измерений, с одной стороны, и минимальной погрешности восстановления МФП, с другой, является использование 4 слагаемых $\beta(\Theta)$ в регрессии (такой вид регрессионного соотношения применялся и для восстановления концентрации N для неполяризованного падающего излучения)

$$\ln(x_i) = a_0 + a_1 \ln(\beta(\Theta_1)) + a_2 \ln(\beta(\Theta_2)) + a_3 \ln(\beta(\Theta_4)) + a_4 \ln(\beta(\Theta_4)). \quad (9)$$

Приведенные ниже результаты получены при использовании алгоритма минимизации погрешности (6) для нахождения оптимального количества слагаемых в (4)). Углы, используемые в (9), коэффициенты и погрешности представлены в таблице 6 и таблице 7. Так как при восстановлении концентрации для неполяризованного излучения также используется (9), в таблице 6

и таблице 7 обозначим концентрацию для случая поляризованного излучения N_{polar} , для неполяризованного $N_{natural}$.

Таблица 6 – Углы, используемые в (9)

параметр	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4
$\langle V \rangle$	10	17	25	30
r_0	10	22	31	42
Δr	7	26	31	38
n	12	19	27	50
N_{polar}	6	26	92	147
$N_{natural}$	6	24	103	166

Таблица 7 – Коэффициенты для уравнения (9) и погрешности для них

параметр	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	$\delta, \%$
$\langle V \rangle$	5,4722	-0,3111	0,2613	-0,1047	-0,0150	1,1269
r_0	2,3820	-0,1879	0,4084	-0,4161	0,0942	1,6727
Δr	-1,9365	-0,4487	1,9875	0,1023	0,2569	3,1062
n	1,2973	0,3039	0,3003	-0,0383	-1,8896	1,4138
N_{polar}	24,7335	0,5616	0,3495	-0,3153	0,4030	1,2396
$N_{natural}$	24,3735	1,0868	-0,5675	0,4769	-0,0014	1,9417

Как видно из таблицы 7, погрешности определения практических всех наиболее важных для диагностики МФП эритроцитов составляют $\sim 2 \%$.

Поляризационно–нефелометрические методы определения МФП нативных эритроцитов

Под нативным эритроцитом подразумевается эритроцит в своей естественной форме, которая сохраняется и вне плазмы крови, например, с использованием антикоагулянта с последующим разбавлением физиологическим раствором. Нативный эритроцит в наибольшей степени совпадает с формой двояковогнутого диска [3].

Рассмотрим методы определения МФП использующие регрессионные соотношения между определяемыми микрофизическими и измеряемыми оптическими характеристиками. Как было показано в [24], регрессионные соотношения в значительной мере чувствительны к заложенным математическим моделям эритроцита. Так, даже если мы будем производить трансформацию формы таким образом, чтобы сохранить основные микрофизические параметры популяции, погрешности определения МФП, привносимые несоответствием формы, будут значительными: от 8 % для сплюснутого дискоида до 20 % для шара, в то время как для двояковогнутого дискоида ~1 % (без наложения погрешностей на оптические характеристики). Ниже рассматривается эффективность использования модели эритроцитов в виде двояковогнутых дискоидов в регрессионных соотношениях для определения МФП эритроцитов в условиях наличия шумов и фоновых помех. Значительным преимуществом по сравнению со сферизацией является также экспрессность, так как перед анализом не требуется дополнительное время для сферизации частиц. Исключаются при этом и специальные реагенты для сферизации, что, в свою очередь, ведет к уменьшению стоимости проведения анализа.

Серьезной проблемой в реализации метода является расчет оптических характеристик ансамбля двояковогнутых дискоидов. Так как не существует аналитического решения для светорассеяния двояковогнутым дискоидом, применяются численные методы. Если частица имеет вогнутости, как в нашем случае, решение с применением большинства частично аналитических методов сильно усложняется и может не сойтись [3]. В [35] показано, что универсальным методом моделирования светорассеяния для частиц произвольной формы является МДЦ, особенностью которого является возможность учитывать особенности формы [36]. В отличие от ансамбля сфер светорассеяние дискоидами будет зависеть от положения в пространстве каждой рассеивающей частицы, что требует значительных расчетных мощностей. Однако это чисто технический вопрос, который предполагает использование постоянно развивающихся и совершенствующихся суперкомпьютерных технологий.

Методы определения МФП нативных эритроцитов с использованием неполяризованного падающего излучения

При получении коэффициентов регрессионных уравнений на рассчитанные значения ОХ накладывались погрешности (2,5 % для всех углов), производилось сравнение рассчитанных и задаваемых значений для каждого из элементов выборки. Соотношение, связывающее определяемые и измеряемые параметры с наименьшей погрешностью, имеет вид:

$$\ln S = a_0 + a_1 \ln \beta(\Theta_1) + a_2 \ln \beta(\Theta_2) + a_3 \ln P(\Theta_4) + a_4 \ln P(\Theta_4). \quad (10)$$

Углы Θ_i и коэффициенты a_i представлены в таблице 8 и таблице 9 соответственно. Необходимо снова отметить, что для N использовались только коэффициенты направленного рассеяния $\beta(\Theta)$.

На рисунке 2 приведены гистограммы погрешности определения МФП с использованием (10), где по оси ОУ отложена частота повторяемости ошибок (число реализаций, для которых получены данные погрешности δx_i), x_i и x_i^* – соответственно заданные и рассчитанные с использованием (10) МФП.

Таблица 8 – Углы, используемые в (10)

параметр	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4
$\langle V \rangle$	6	20	82	120
$\langle S \rangle$	7	13	79	115
D_0	13	20	65	79
ΔD	13	20	65	74
n	10	15	66	88
N	7	17	107	147

Таблица 9 – Коэффициенты для уравнения (10) и погрешности для них

параметр	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	$\delta, \%$
$\langle V \rangle$	3,4104	0,1995	-0,1901	-0,0252	-0,7153	1,9289
$\langle S \rangle$	4,0677	0,1688	-0,1541	0,1781	-1,1997	1,2389
D_0	2,4283	-0,3385	0,3148	0,9258	-1,0309	1,8708
ΔD	-1,0572	1,7451	-1,7491	2,0700	-2,6672	7,0012
n	2,4364	0,0679	-0,0551	-1,2267	0,0198	1,9107
N	10,1709	0,6576	0,8710	-0,8862	-0,3426	2,4984

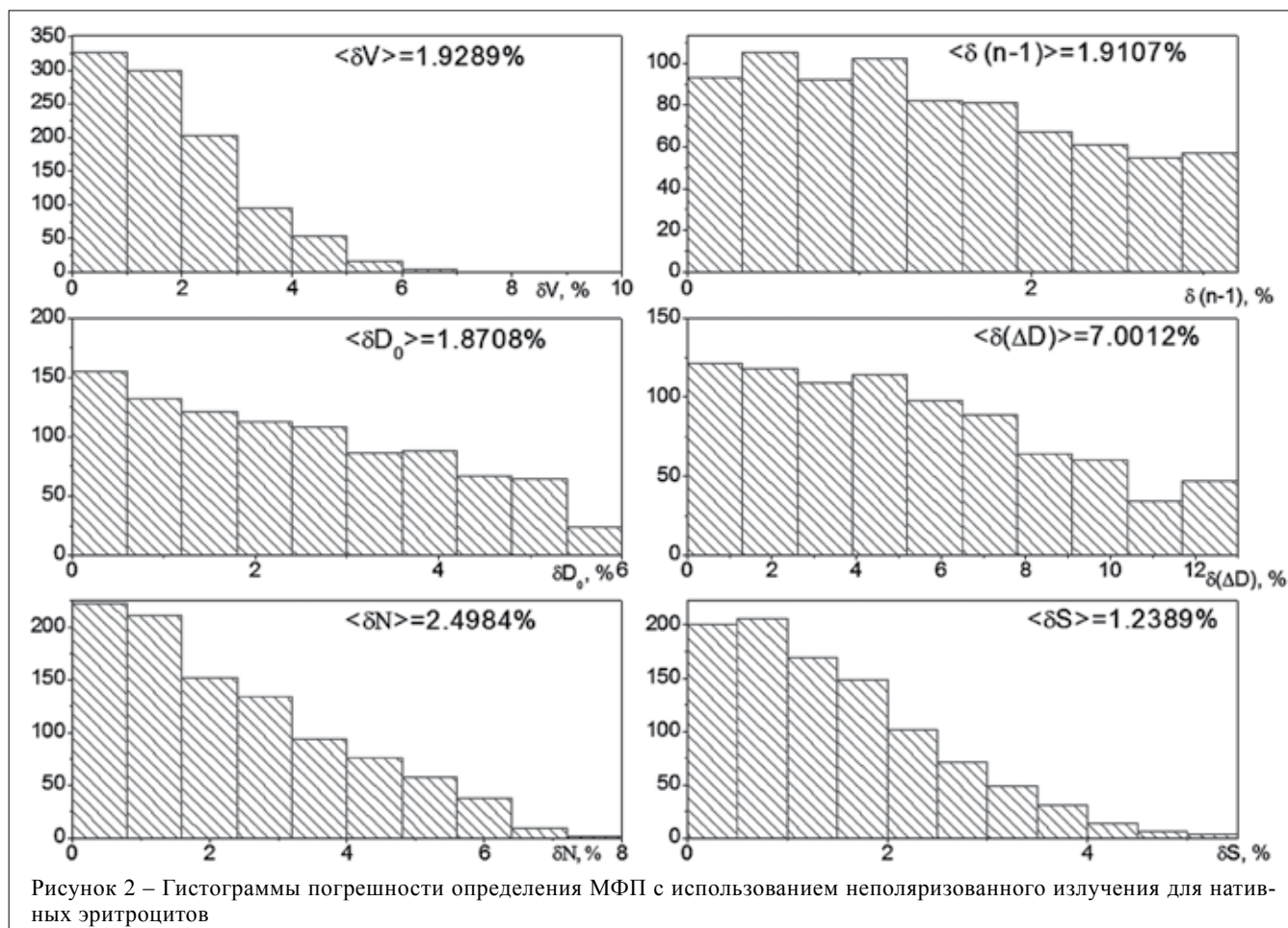
Как видно из таблицы 9 и рисунка 2, погрешности определения практически всех наиболее важных для диагностики МФП эритроцитов составляют ~ 2 %. Следует также понимать, что для сферизованного эритроцита набор определяемых МФП меньше, чем для нативного, например, невозможно одновременное определение среднего объема и средней площади поверхности эритроцита в популяции.

Методы определения МФП нативных эритроцитов с использованием поляризованного падающего излучения

Оптимальным вариантом в плане простоты проведения измерений, с одной стороны, и минимальной погрешности восстановления МФП, с другой, и в этом случае является использование 4 слагаемых $\beta(\Theta)$ в регрессионных соотношениях.

При получении коэффициентов регрессионных уравнений на рассчитанные значения ОХ и в этом случае накладывались погрешности (2,5 % для всех углов). Соотношение, связывающее определяемые и измеряемые параметры, имеет вид:

$$\ln(x_i) = a_0 + a_1 \ln(\beta(\Theta_1)) + a_2 \ln(\beta(\Theta_2)) + a_3 \ln(\beta(\Theta_4)) + a_4 \ln(\beta(\Theta_4)), \quad (11)$$



где углы Θ_i и коэффициенты a_i представлены в таблице 10 и таблице 11.

Таблица 10 – Углы, используемые в (11)

параметр	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4
$\langle V \rangle$	12	17	29	50
$\langle S \rangle$	12	17	44	50
D_0	12	17	39	44
ΔD	12	17	30	44
n	10	15	29	36
N	10	16	91	144

Таблица 11 – Коэффициенты для уравнения (11) и погрешности для них

параметр	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	$\delta, \%$
$\langle V \rangle$	5,0177	-0,3536	-0,6389	1,1774	-0,2669	2,9714
$\langle S \rangle$	6,5217	-0,3045	-0,5108	0,712	0,0082	1,8156
D_0	3,4716	-0,1505	-0,6132	0,5359	0,1552	3,1956
ΔD	-0,6094	-0,6386	3,2796	-3,3675	0,8191	8,1171
n	11,0261	-0,1333	-0,3334	0,6203	0,1430	2,3114
N	22,1994	0,6729	0,5626	-0,6326	0,3872	2,8789

На рисунке 3 приведены гистограммы погрешности определения МФП с использованием (11), где

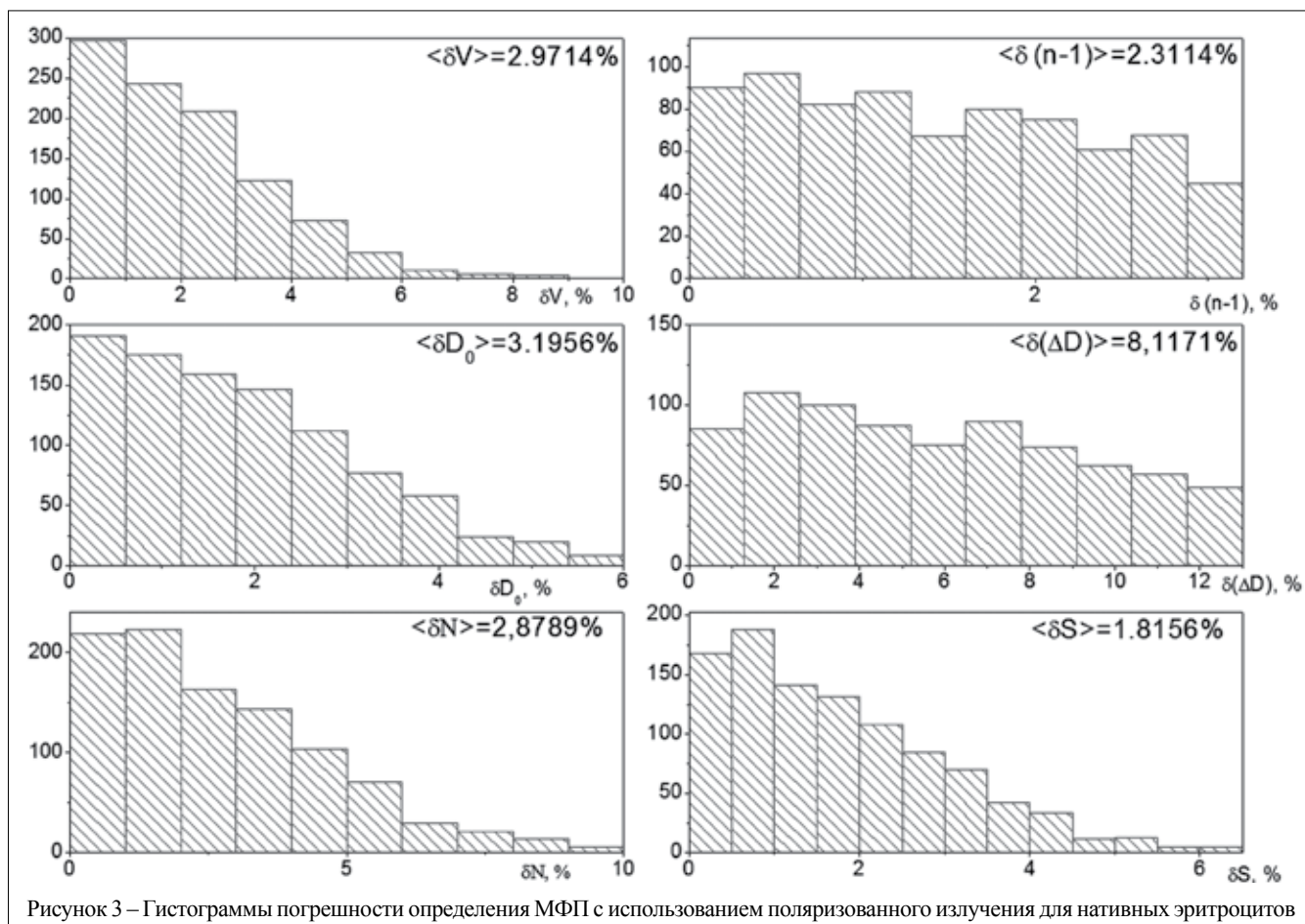
по оси ОУ отложена частота повторяемости ошибок (число реализаций, для которых получены данные погрешности δx_i , x_i и x_i^* – соответственно заданные и рассчитанные с использованием (11) МФП).

Отметим, что параметры функции распределения D_0 и ΔD для нативных эритроцитов определяются с меньшей точностью, чем для сферизованных. Это объясняется тем, что в случае нативных эритроцитов рассеяние определяется четырьмя параметрами формы в уравнении (1), а в случае сферизованных эритроцитов только радиусом. Также следует отметить, что погрешности определения практически всех МФП эритроцитов несколько выше (единицы–доли процентов), по сравнению с использованием неполяризованного излучения.

Примерно такие же погрешности можно получать, как показано выше, и при сферизации эритроцитов. Однако, поскольку в среднем 7 % частиц не изменяют формы или изменяют ее частично [29], поэтому очевидно, что реальные погрешности будут выше рассчитанных с применением модели сферы.

Заключение

Предложены устойчивые к погрешностям измеряемых оптических характеристик методы определения МФП нативных и сферизованных эритроцитов по по-



ляризационно-нефелометрическим измерениям для неполяризованного падающего излучения и по нефелометрическим измерениям для поляризованного падающего излучения. Методы определения МФП основаны на регрессионных соотношениях, связывающих определяемые МФП и измеряемые оптические характеристики.

Литература:

1. Mazon, P. Deformation of erythrocytes under shear: a small-angle light scattering study / P. Mazon, S. Müller, H. Azouzi // *Biorheology*. – 1997. – Т. 34. – № 2. – P. 99–110.
2. Lewis, S.M. *Practical Haematology*/ Lewis S.M. // London: Churchill Livingstone, 2001. – 595 p.
3. Юркин, М.А. Моделирование светорассеяния клетками крови с помощью метода дискретных диполей: Дисс. канд. физ.-мат. наук – Новосибирск: Институт химической кинетики и горения, 2008. – 231 с.
4. Tycko, D.H. Flow-cytometric light scattering measurement of red blood cell volume and hemoglobin concentration / Tycko D.H., Metz, M. H., Epstein, E. A. // *Appl. Opt.* – 1985. – Vol. 24, № 9. – P. 1355–1365.
5. Лопатин, В.Н. Методы светорассеяния в анализе дисперсных биологических сред / Лопатин В.Н, Приезжев А.В, Афанасенко А. Ю. – 2004. – 384 с.
6. Кугейко, М. М. Анализ информативности поляризации рассеянного излучения в диагностике микрофизических параметров эритроцитов: Серия 1 / Кугейко М. М, Смунов Д. // *Вестник БГУ*. – 2012. – Т. 2. – № Физика. Математика. Информатика. – С. 19–23.
7. Nilsson, A.M.K. T-matrix computations of light scattering by red blood cells / Nilsson, A.M.K., Alsholm P., Karlsson A., Andersson-Engels S. // *Applied Optics*. – 1998. – Т. 37. – № 13. – P. 2735–2748.
8. Кугейко, М.М. Метод определения асферичности и микрофизических параметров эритроцитов по коэффициенту направленного рассеяния / Кугейко М.М, Смунов Д.А // *Оптика и спектроскопия*. – 2014. – Т. 117. – № 4. – С. 170–176.
9. Eremina, E. Analysis of light scattering by erythrocyte based on discrete sources method / Eremina E., Eremin Y., Wriedt T. // *Optics Communications*. – 2005. – Т. 244. – № 1–6. – P. 15–23.
10. Mazon, P. Dielectric or absorbing particles: EM surface fields and scattering / P. Mazon, S. Müller // *Journal of Optics-Nouvelle Revue D Optique*. – 1998. – Т. 29. – № 2. – P. 68–77.
11. Optics of erythrocytes / P.A. Tarasov // *Optics of Biological Particles*/ ed. A.G. Hoekstra, V.P. Maltsev, G. Videen. – Dordrecht: Springer, 2007. – P. 243–259.
12. Grenfell TC. Representation of a nonspherical ice particle by a collection of independent spheres for scattering and absorption of radiation / Grenfell TC, Warren SG // *Journal of Geophysical research*. – 1999. – Т. 10. – № D24. – P. 31697–31709.
13. Determining snow specific surface area from near-infrared reflectance measurements: numerical study of the influence of grain shape / Picard G. // *Cold Regions Sci Technol*. – 2009. – Т. 56. – P. 10–17.

14. Kokhanovsky, A.A. Scattering optics of snow / Kokhanovsky A.A., Zege E.P. // *Appl Opt.* – 2004. – Т. 7. – № 43. – Р. 589-602.
15. Кугейко, М. М. Лазерная спектрофелометрия аэродисперсных сред / Кугейко М. М., Лысенко С.А. – Минск: БГУ, 2012. – 207 с.
16. Лысенко, С.А. Методы оптической диагностики биологических объектов / Лысенко С.А. – Минск: БГУ, 2014. – 230 с.
17. Колемаев, В. Теория вероятностей и математическая статистика / Колемаев В., Калинина В. – ИНФРА-М, 1997. – 301 с.
18. Кугейко, М.М. Определение показателя преломления сферизованных эритроцитов крови человека в спектральном интервале 0.3-1.2 мкм / Кугейко М. М., Лысенко С. А. // *Журнал прикладной спектроскопии.* – 2007. – Т. 74, № 3. – С. 386-390.
19. Способ определения показателя преломления эритроцитов в крови человека. Пат. 19144 РБ, МПК А 61В 5/145 (2006/01). G 01 N 21/41 (2006.01) Кугейко М. М., Смунов Д. А.; заявитель Белорус. гос. ун-т. – № а20120301; заявл. 01.03.2012; зарегистрирован в Гос. реестре изобретений 03.02.2015.
20. Кугейко, М. М. Метод определения площади поверхности эритроцитов по поляризационно-нефелометрическим измерениям / Кугейко М. М., Смунов, Д. А. // *Журнал прикладной спектроскопии.* – 2015. – Т. 82. – № 6. – С. 869-875.
21. Кугейко, М. М. Определение гематокрита крови человека по спектральному значению коэффициента ослабления и малоуглового рассеяния / Кугейко М. М., Лысенко С. А. // *Оптика и спектроскопия.* – 2008. – Т. 104. – № 4. – С. 654-659.
22. Кугейко, М. М. Информативность поляризационных и нефелометрических измерений в диагностике микрофизических параметров крови / М. М. Кугейко, Д. А. Смунов // *Лазерная физика и оптические технологии: сб. науч. трудов VIII Междунар. науч. конф., Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси.* – Минск, 2012. – С. 213.
23. Kugeiko, M. Analysis of the informativeness of polarization and nephelometric measurements in diagnostics of the microphysical parameters of erythrocytes / Kugeiko M., Smunov D. // *Optics and spectroscopy* – 2012. – Т. 4 V. 113. – Р. 446-450.
24. Кугейко, М. М. Информативность поляризационных и нефелометрических измерений в определении микрофизических параметров для различных моделей эритроцитов. / Кугейко М. М., Смунов, Д. А. // *Квантовая электроника // Материалы X Международной научно-технической конференции.* Минск: БГУ, 2015. – С. 257-261.
25. Кассирский, И.А. Клиническая гематология / Кассирский И.А., Алексеев Г.А. – Москва, 1970. – 206 с.
26. Хайруллина, А.Я. Диагностика оптических и биофизических параметров крови и других биотканей методами светорассеяния: Дисс. доктора физ.-мат. наук. – Минск: АН Беларуси, 1998 – 270 с.
27. Гиттер, А. Справочник по клиническим функциональным исследованиям / Гиттер А., Хейльмейер Л. – 1966. – 612 с.
28. Федорова, З.Д. Изменения некоторых реологических свойств эритроцитов при ряде заболеваний системы крови / Федорова З.Д., Абдулкадыров К. М. // *Гематология и трансфузиология.* – 1989. – № 2. – С. 12-17.
29. Тарасов, П.А. Определение характеристических параметров эритроцитов методами динамической проточной цитометрии: Дис. канд. физ.-мат. наук – Новосибирск: Институт химической кинетики и горения, 2005. – 99 с.
30. Хайруллина, А.Я. Способ определения полидисперсности и концентрации эритроцитов в цельной крови и тромбоцитов в тромбоцитарной массе / Хайруллина А.Я., Шумилина С.Ф. // *Журнал прикладной спектроскопии.* – 1973. – Т. 19. – № 3. – С. 538-542.
31. Хайруллина, А.Я. Определение функции распределения эритроцитов по размерам методом спектральной прозрачности / Хайруллина А.Я., Шумилина С.Ф. // *Журнал прикладной спектроскопии.* – 1973. – Т. 19. – № 3. – С. 340-347.
32. Мальцев, В.П. Сканирующая проточная цитометрия: Дис. доктора физ.-мат. наук. – Новосибирск: Институт химической кинетики и горения, 2000. – 225 с.
33. Хайруллина, А.Я. Определение размеров «мягких» частиц по диффузному отражению и пропусканию толстых слоев в разреженной и плотноупакованной средах / Хайруллина А.Я. // *Журнал прикладной спектроскопии* – 1987. – Т. 46, № 6. – С. 1000-1004.
34. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами / Борен К., Хафмен Д. – 1986. – 660 с.
35. Yurkin, M.A. The discrete-dipole-approximation code ADDA: capabilities and known limitations / M.A. Yurkin, A.G. Hoekstra // *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer.* – 2011. – Т. 112. – The discrete-dipole-approximation code ADDA. – № 13. – P. 2234-2247.
36. Smunov, D.A. Rectangular dipoles in the discrete dipole approximation / D.A. Smunov, P.C. Chaumet, M.A. Yurkin // *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer.* – 2015. – Т. 156. – № 4. – P. 67-79.

Abstract

The methods of determining the microphysical parameters of native and spherized red blood cells that are resistant to errors of the measured optical characteristics are proposed. The estimation of accuracy is based on the method that uses the determination of regression correlations between the retrieved microphysical and measured optical properties. It is shown that the errors of regression correlations by the determining the microphysical parameters are ~2%.

Поступила в редакцию 29.01.2016 г.



поставка электронных компонентов

контрактное производство

тел.: +375 17 290 0082

факс: +375 17 290 0084

e-mail: info@horntrade.net

УНП 190491237

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ВИБРАТОРНЫХ И РАМОЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

УДК 621.396.677

А.П. Юбко, БГУИР, г. Минск

Аннотация

В статье излагаются результаты исследования поля в ближней зоне плоской антенной решетки при различных геометрических параметрах решетки и различных законах возбуждения излучателей. В качестве излучателей используются вибраторные и рамочные излучатели. При численном анализе решеток используется метод моментов

Введение

Анализу поля в ближней зоне посвящен ряд работ [1-11]. Рассмотрено распределение поля вдоль оси круглой апертуры [1-3], распределение поля вдоль фокальной оси и в картинной плоскости зеркальной антенны с круглой апертурой, взаимодействие зеркальных и рамочных антенн, расположенных в ближней зоне друг друга [4-10], распределение поля вдоль нормали и в поперечной плоскости линейных антенных решеток вибраторных и рамочных антенн [11]. В отличие от работы [11] в настоящей статье рассматривается распределение поля в ближней зоне плоских вибраторных и рамочных антенн. Кроме того, рассматривается зависимость распределения поля в ближней зоне при различных амплитудно-фазовых распределениях (АФР) возбуждения излучателей. Необходимость рассмотрения поля антенной решетки в ближней зоне связана не только с решением задач, указанных в опубликованных работах, но еще и с проектированием антенн для навигации летательных аппаратов, расположенных в ближней зоне антенны, и при проектировании антенных укрытий.

Математическая модель антенной решетки

Математическая модель антенной решетки включает ряд соотношений, описывающих геометрию антенны, распределение тока в элементах антенны, входное сопротивление излучателей с учетом взаимодействия в составе решетки, электрическое поле решетки в заданной точке пространства, диаграмму направленности, коэффициент направленного действия (КНД), распределение амплитуды и фазы поля вдоль координат X , Y , Z и т.д.

Геометрия антенны поясняется рисунком 1, на котором показана антенная решетка вибраторных антенн. Число излучателей вдоль оси X равно $N_x = 5$, вдоль оси Y – $N_y = 3$. Каждый излучатель состоит из линейного рефлектора (1), активного вибратора (2), и линейного директора (3). Точкой на вибраторе показано место его возбуждения. На рисунке 1а показаны расстояния: D_x – между соседними излучателями по оси X , D_y – между соседними излучателями по оси Y . Длина рефлектора, вибратора, директора и расстояния между ними выби-

раются из условия согласования излучателя с линией передачи при заданном диаметре проводников элементов излучателя. На рисунке 1б показан излучатель в виде рамочной антенны с двумя замкнутыми, параллельно соединенными волновыми рамками. Размеры всех элементов рамочной антенны также выбираются из условия согласования с линией передачи.

Распределение тока в проводниках антенны (излучателях) рассчитывается методом моментов. Используется интегральное уравнение для тока Поклингтона и импульсные функции в качестве базисных и весовых при численном решении этого уравнения [12]. По найденному току в проводниках антенны методом векторного потенциала определяются декартовы составляющие вектора электрического поля E_x , E_y , E_z и по ним – составляющие вектора электрического поля в сферической системе координат E_θ и E_ϕ . Коэффициент направленного действия определяется путем интегрирования квадрата нормированной диаграммы направленности – $F(\theta, \phi)$. Решетка в сферической системе координат показана на рисунке 2. На рисунке $P(R, \theta, \phi)$ – точка наблюдения, в которой определяется поле.

При моделировании решеток используется комбинированное, спадающее к краям решетки амплитудное распределение возбуждения излучателей, описываемое косинусом в произвольной степени (P) на «подставке» (Δ). Фазовое распределение возбуждения делается линейным, обеспечивающим сканирование на угол θ_m .

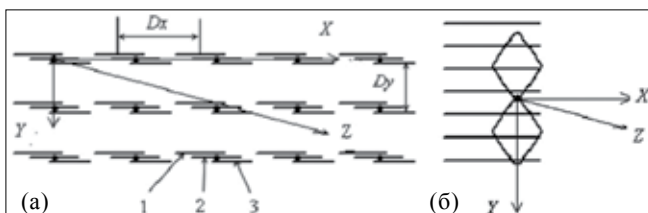


Рисунок 1 – Антенная решетка вибраторных антенн (а) и рамочная антенна (б)

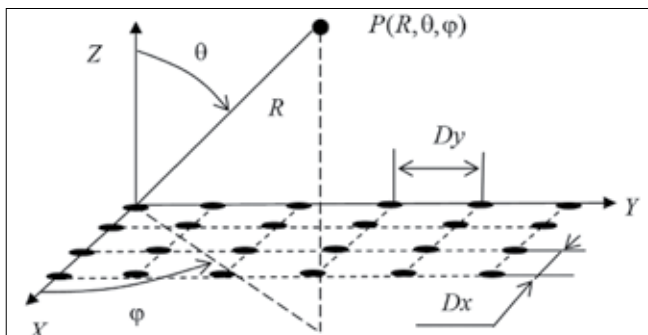


Рисунок 2 – Антенная решетка в системе прямоугольных и сферических координат

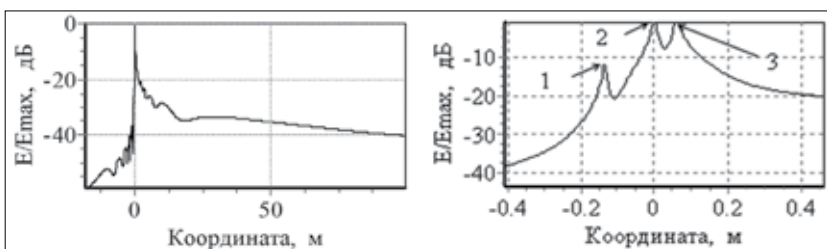


Рисунок 3 – Зависимость распределения поля вдоль нормали к плоскости решетки

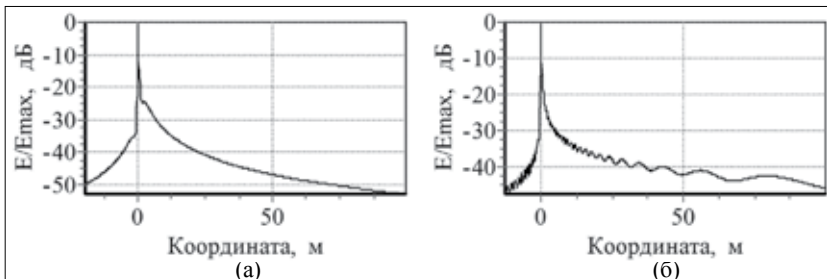
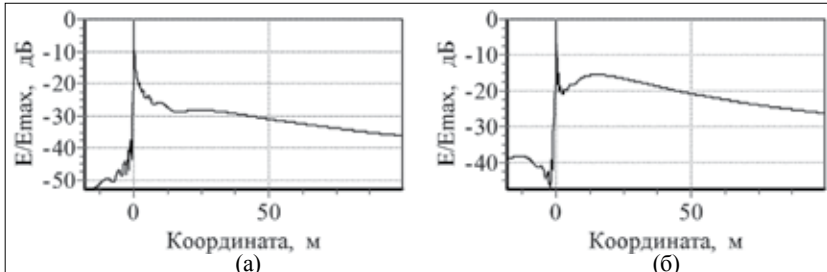
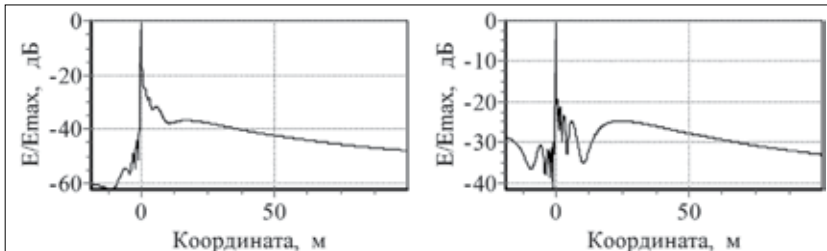
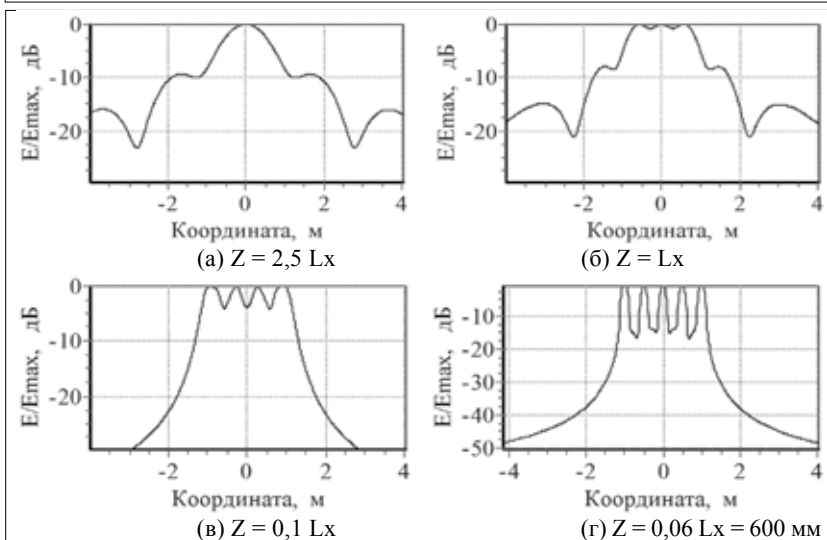
Рисунок 4 – распределение поля вдоль Z при $N_x = 5$ (а) и $N_x = 31$ (б)Рисунок 5 – Распределение поля вдоль Z при $\Delta = 1$, $\Delta = 0,5$ (а) и при $\Delta = 2$, $\Delta = 0,1$ Рисунок 6 – Распределение поля вдоль Z для решетки с числом излучателей $N_x = 7$, $N_y = 1$ (а), и для решетки с $N_x = 7$, $N_y = 7$ 

Рисунок 7 – распределение поля вдоль координаты X

Результаты численного моделирования

Численное моделирование антенны решеток сделано при различных геометрических параметрах и различном амплитудно-фазовом распределении возбуждения излучателей. Рассматривается распределение нормированной амплитуды электрического поля ($E/E_{\max}$) в зависимости от продольной координаты Z при значениях X , Y , соответствующих центру решетки, в зависимости от поперечной координаты X при различных значениях координаты Z при различном АФР и числе излучателей по осям X и Y . Все эти распределения поля далее иллюстрируются рисунками.

Распределение поля вдоль оси Z. На рисунке 3 показано распределение поля вдоль оси Z для решетки с параметрами $N_x = 9$, $N_y = 1$, $D_x = D_y = 500$ мм на частоте $f = 500$ МГц. Амплитудное распределение равномерное ($\Delta = 1$). На рисунке 3 слева и справа показана одна и та же зависимость, но в разном масштабе по оси Z .

Из рисунка 3 следует, что в распределении поля вдоль оси Z , кроме монотонного убывания поля при удалении от решетки, наблюдаются колебания. Эти колебания, как и в апертурной антенне [3, 4], связаны с уменьшением числа зон Френеля при удалении точки наблюдения от решетки. На правом рисунке видны три пика, соответствующие положению рефлектора (1), вибратора (2) и директора (3). Активный вибратор расположен при $Z = 0$.

Проведенный анализ показывает, что глубина минимумов в зависимости амплитуды поля от Z зависит от числа излучателей вдоль осей X , Y и от амплитудного распределения возбуждения излучателей. Для иллюстрации этого на рисунке 4 показано распределение поля вдоль Z для решеток при двух значениях числа излучателей вдоль оси X . Все остальные параметры те же.

Зависимость распределения поля вдоль Z от амплитудного распределения иллюстрирует рисунок 5 при двух амплитудных распределениях для решетки с параметрами $N_x = 9$, $N_y = 1$, $D_x = D_y = 500$ мм на частоте $f = 500$ МГц. Эти рисунки надо сравнить с рисунком 3. Из сравнения этих рисунков следует, что колебания амплитуды поля вдоль Z тем больше, чем более равномерно амплитудное распределение.

Различие распределения поля вдоль Z в линейной и плоской решетках иллюстрирует рисунок 6, где показано распределение поля для решетки с числом излучателей $N_x = 7$, $N_y = 1$ (а) и для решетки с $N_x = 7$, $N_y = 7$ (б). В обоих случаях амплитудное распределение равномерное. Как видно, в плоской решетке минимумы поля в распределении поля вдоль Z более глубокие, чем в линейной решетке. Это связано с тем, что в плоской (двумерной) решетке каждая зона Френеля дает больший вклад в общее поле решетки.

Закачивая анализ распределения поля вдоль оси Z , отметим, что распределение фазы поля вдоль оси Z линейное, что соответствует бегущей вдоль Z волне поля.

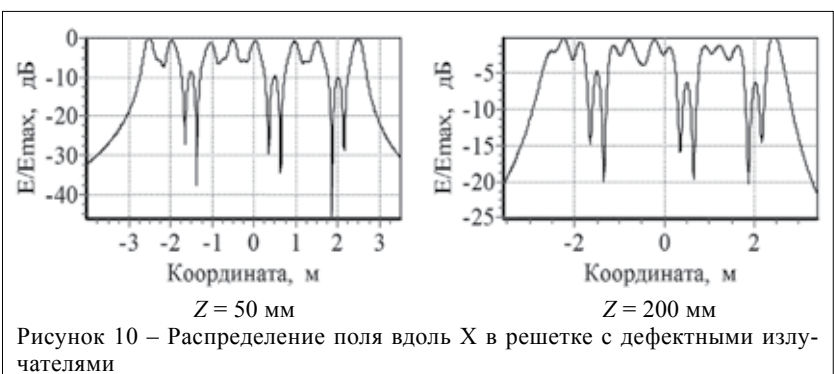
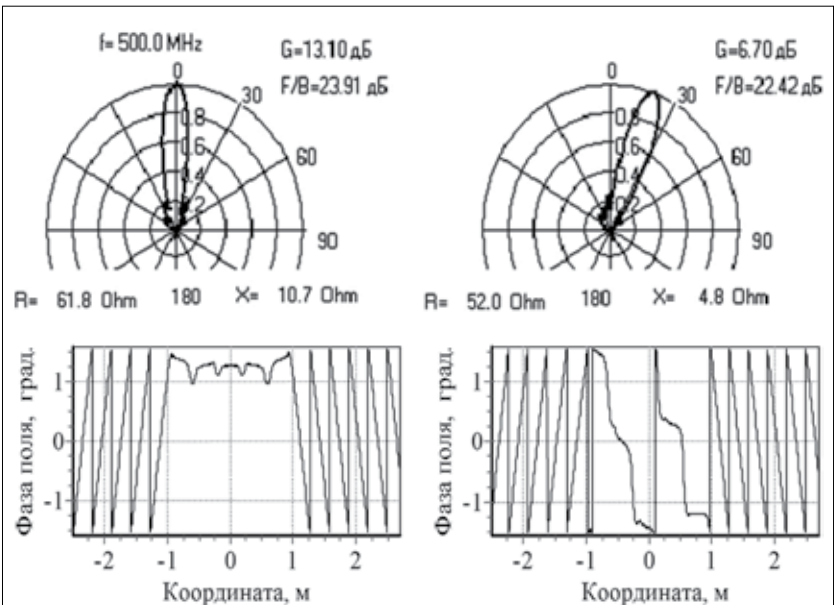
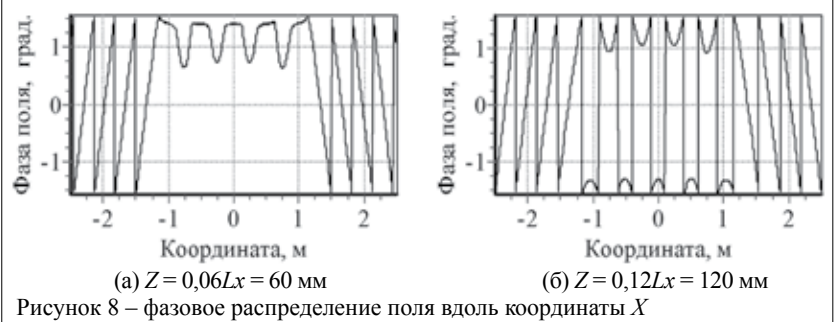
Распределение поля в картинной плоскости

В картинной плоскости ($Z = \text{const}$) распределение поля вдоль координат X и Y имеет одинаковые свойства. Поэтому далее рассматривается распределение нормированного к максимуму поля вдоль X .

Рисунок 7 на примере решетки с параметрами $N_x = 5$, $N_y = 1$, $D_x = D_y = 500$ мм на частоте $f = 500$ МГц иллюстрирует характер этого распределения при различном расстоянии картинной плоскости от плоскости решетки (различном Z). Длина решетки вдоль оси X равна $L_x = 2$ м. Амплитудное и фазовое распределения в решетке равномерные. Расстояние между плоскостью расположения вибратора и картинной плоскостью выражено через длину решетки L_x (длина вдоль оси X). На рисунке 7г расстояние $Z = 0,06L_x = 60$ мм соответствует координате директора. Из рисунка 7 следует, что в рассмотренной зоне по координате Z начинается формирование главного лепестка. На расстоянии, соответствующем положению директора четко видно, что решетка состоит из 5 излучателей. Это также видно и при $Z = 0,12L_x = 120$ мм. За границами решетки по координате X амплитуда поля быстро падает.

На рисунке 8 показано фазовое распределение поля вдоль X при $Z = 0,06L_x = 60$ мм и $Z = 0,12L_x = 120$ мм. Границы решетки по оси X равны: $X_{\min} = -1$ м и $X_{\max} = +1$ м.

Рисунок 8а соответствует картинной плоскости, в которой расположен директор. Координаты $X = \pm 1$ м – это центры директоров крайних излучателей. Из рисунка



видно, что в пределах директора центрального излучателя фаза постоянна, а в других директорах такое распределение фазы искажено за счет взаимодействия. Между директорами фаза меняется. За пределами антенной решетки слева и справа фазовое распределение линейное, что соответствует волнам, распространяющимся от решетки влево и вправо вдоль оси X . Эта картина сохраняется и вблизи решетки – рисунок 8б.

При сканировании вдоль решетки устанавливается линейное фазовое распределение. Для случая угла сканирования $\theta m = 0^\circ$ и $\theta m = 20^\circ$ на рисунке 9 показана диаграмма направленности (ДН) решетки и фазовое распределение вдоль X при $Z = 0,06L_x = 60$ мм. Параметры решетки $N_x = 5$, $N_y = 1$, $D_x = 400$ мм, частота $f = 500$ МГц, $L_x = 1,6$ м. На рисунке приведены также значения электрических параметров: G – КНД, F/B – отношение КНД в направлении главного максимума ДН и КНД в обратном направлении, R , X – активная и реактивная части входного сопротивления центрального излучателя.

Распределение поля в картинной плоскости можно использовать для определения места положения дефектных излучателей. На рисунке 10 показано распределение поля вдоль координаты X для линейной решетки с параметрами $N_x = 11$, $N_y = 1$, $D_x = D_y = 500$ мм на частоте 500 МГц. В решетке отключены излучатели с номерами 3, 7 и 10. Расчет сделан при двух значениях Z , указанных на рисунке. Из рисунка следует, что при $Z = 50$ мм ($0,1\lambda$) по распределению поля можно определить дефектные излучатели. При $Z = 200$ мм ($0,4\lambda$) это сделать затруднительно.

В решетке рамочных излучателей закономерности аналогичны. Особенность имеет распределение поля вдоль X при малых Z . На рисунке 11 показано распределение амплитуды поля решетки рамочных излучателей с параметрами $N_x = 5$, $N_y = 1$, $D_x = 400$ мм вдоль оси X при разных Z . Координата $Z = 0$ соответствует плоскости расположения рамок. Рефлектор расположен при $Z = -147$ мм. Частота 500 МГц. Длина решетки $Z = 1,2$ м. Как видно, при $Z = 100$ мм $= 0,2\lambda$ распределение поля ничем не отличается от такого распределения в вибраторной решетке. При $Z = 10$ мм $= 0,02\lambda$ в распределении поля проявляется тонкая структура, отражающая различие в структуре проводников вибраторной и рамочной антенн.

Заключение

Исследовано распределение поля в ближней зоне вибраторной и рамочной антенных решеток. Показано, что при удалении от решетки по нормали к плоскости в распределении поля наблюдается уменьшение амплитуды поля с колебаниями от максимума до минимума. Это связано с интерференцией полей различных зон Френеля, расположенных на плоскости решетки. Исследована зависимость этого распределения от амплитудного распределения возбуждения излучателей решетки и от ее геометрических параметров. В распределении поля в картинной плоскости имеются признаки, зависящие от числа излучателей в решетке, амплитудно-фазового

распределения возбуждения излучателей, наличия дефектных излучателей, и конструкции излучателей.

Литература:

1. Microwave Antenna Theory and Design. Editorial staff S.Silver. V.12. – 1949. McGraw-Hill, Book Company, Ins. Printed in then USA.
2. Microvawe Scanning Anennas. Edited by R.C.Hansen. Vol.1 Apertures. Academic Press. – 1964. New York.
3. Laybros, S., Combes, P. F., Mametsa, H. J. The «Very-Near-Field» Region of Equiphase Radiating Apertures // IEEE Antennas & Propagation Magazine. – 2005. – Vol. 47. – № 4. – p. 50-66.
4. Юрцев, О.А. Ближнее поле и фокусировка зеркальной антенны / О.А. Юрцев, Н.М. Наумович, Д.В. Лхачевский // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. Самара. – Том 10. – № 2. – 2007. – с. 39-44.
5. Chekan, S. Interaction of the wire antennas which have been had in the near-field region, with the account underlaying surface. 7th International Conference on Antenna Theory and Techniques. 6-9 October, 2009 – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnik, 2009 – p. 87-89.
6. Yurtsev, O, Chekan, S. Isolation ratio between the mirror antennas which have been had in the near-field region. 7th International Conference on Antenna Theory and Techniques. 6-9 October, 2009 – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnik, 2009 – p. 119-121.
7. Юрцев, О. А. Развязка между каналами в многолучевой зеркальной антенне в режиме приема сферической волны / О. А. Юрцев, Н. М. Наумович, С. А. Чекан, М. М. Дгали // Радиоэлектроника. Известия высших учебных заведений, 2010, том 53, №4, с. 44-50.
8. Yurtsev, O.A., Bobkov, Y.Y. Numerical Modeling of Reflector Antennas / Chapter 9 in Book «NUMERICAL SIMULATIONS APPLICATIONS, EXAMPLES AND THEORY». INTECH, 2010, p. 213-236.
9. Yurtsev, O.A., Ptashinsky G.V. Numerical Simulations of Radiation and Scattering Characteristics of Dipole and LOOP Antennas. / Chapter 8 in Book «Numerical Simulation. From Theory to Industry». INTECH, 2012, p. 158-190.
10. Юрцев, О.А., Наумович, Н.М., Баты, С.П. Зеркальные антенны. Численное моделирование и анализ. / Lap Lambert Academic Publishing. Deutschland, 2012. Самара. 150 с.
11. Yurtsev, O.A., Naumovich, N.M. Fild Research in Near Zone of Antennas, carried out at Belarusuan of Informatics and Radioelectronics / IX International Conference on Antennas Theory and Techniques. Proceedings. Odessa, Ukraine, September, 2013, p. 576-571.
12. Computer Techniques for Electromagnetics. Edition by Mittra, R. Pergamon Press. New York. 1973.

Abstract

The near field investigation results of planar antenna array with different geometric parameters and radiator excitation distribution are stated in the paper.

Dipole and loop radiators are used in modeling. The method of moments is used during numerical analysis.

Поступила в редакцию 14.12.2015 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ТИПОВ НЕЭКВИДИСТАНТНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК СО СЛУЧАЙНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

УДК 621.396.677

О.А. Юрцев, И.Ф. Шаляпин, БГУИР, г. Минск

Аннотация

Описываются результаты численного исследования двух типов неэквилидистантных антенных решеток. Первая решетка получается из эквидистантной путем удаления части излучателей по случайному закону (тип 1), вторая получается из эквидистантной решетки путем случайного смещения всех излучателей в плоскости решетки по случайному закону (тип 2).

Введение

Неэквилидистантные антенные решетки со случайным расположением излучателей рассмотрены в ряде статей [1-10]. Среди методов построения таких решеток, в частности, рассмотрена решетка, получаемая из эквидистантной решетки с выполненным условием единственности главного лепестка диаграммы направленности (ДН) путем удаления части излучателей, расположенных в апертуре решетки по случайному закону (тип 1). Рассмотрены случаи, когда плотность расположения излучателей уменьшается от центра решетки к ее краям по различным законам. В настоящей статье рассматривается решетка, получаемая из эквидистантной решетки путем смещения всех излучателей в плоскости апертуры решетки по случайному закону (тип 2). Такая решетка описана в статье [10]. В настоящей статье эта решетка сравнивается с решеткой типа 1. В решетке типа 1 используется равномерный закон распределения удаленных излучателей по апертуре, в решетке типа 2 также используется равномерный закон распределения смещения излучателей по апертуре. Материалы настоящей статьи являются дополнением к содержащимся в работе [10]

Краткое описание неэквилидистантных антенных решеток типа 1 и типа 2

Численное моделирование решеток выполнено с помощью программы, в которой используется метод перемножения ДН [11]. Для расчета диаграммы направленности одного излучателя используется модель излучателя с задаваемой шириной главного лепестка ДН ($2\theta_{0,5}^1$). Излучатели расположены в плоскости ХУ, угол между направлением на точку наблюдения в дальней зоне и нормалью к плоскости решетки (угол наблюдения) обозначается символом Q . Строки решетки ориентированы вдоль оси Х, столбцы – вдоль оси У. Число строк – N_y , число столбцов – N_x . Расстояния между соседними излучателями по осям Х, У обозначены символами D_x , D_y . На рисунке 1 показан пример решеток типа 1 (а) и типа 2 (б). В обеих решет-

ках $N_x = 21$, $N_y = 15$. Места положения имеющихся излучателей обозначены точками, отсутствующих излучателей – кружками.

Моделирование выполнено при различном амплитудно-фазовом распределении возбуждения излучателей. Используется комбинированное амплитудное распределение, описываемое косинусом в степени P_x – по оси Х и P_y – по оси У на «подставке» A_x – вдоль оси Х и Q_{mx} – вдоль оси У [11]. Фазовое распределение задается линейным для обеспечения сканирования в плоскостях ХЗ и УЗ. Угол сканирования обозначается далее символами: Q_{mx} – в плоскости ХЗ, Q_{my} – в плоскости УЗ.

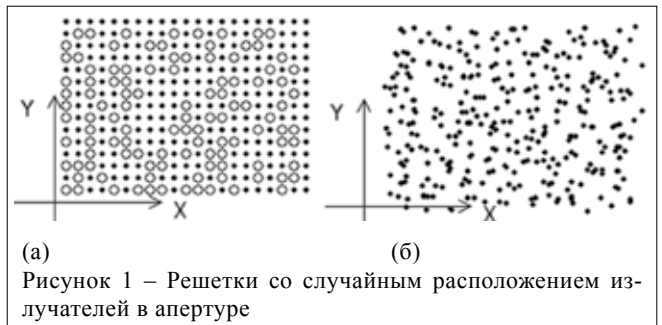


Рисунок 1 – Решетки со случайным расположением излучателей в апертуре

В отличие от известных работ по случайным антенным решеткам, например, [1-9], в которых статистические характеристики находятся с применением аппарата теории вероятности, в настоящей статье используется численный метод: задается M_r реализаций распределения излучателей в решетке и находится M_r реализаций диаграмм направленности. Затем определяется средняя ДН путем усреднения M_r и по ней – средний КНД.

Результаты численного моделирования

Для определения параметров решеток типа 1 и типа 2 задавались различные комбинации геометрических параметров N_x , N_y , D_x , D_y , P_x , P_y , Δ_x , Δ_y и длина волны λ . Моделирование проведено при $Q_{mx} = 0 \dots 40^\circ$, $Q_{my} = 0 \dots 40^\circ$.

Результаты моделирования показывают, что в решетке типа 1 до ее разрежения должно быть выполнено условие единственности главного лепестка ДН в плоскостях ХЗ УЗ в заданных секторах сканирования [11]:

$$D_x \leq \frac{\lambda(N_x - 1)}{N_x(1 + \sin Q_{mx}^{max})}; \quad D_y \leq \frac{\lambda(N_y - 1)}{N_y(1 + \sin Q_{my}^{max})}; \quad (1)$$

где Q_{mx}^{max} , Q_{my}^{max} – максимальные углы сканирования в плоскостях ХЗ и УЗ.

Рассмотрим, как выполнение или невыполнение условия (1) влияет на результат разрежения решеток типа 1 и типа 2. Иллюстрация закономерностей проводится путем сравнения случайных реализаций ДН в плоскости XZ.

Тип 1. Эквидистантная решетка делается неэквидистантной путем удаления части излучателей по случайному закону. Проведенный анализ показывает, что при невыполнении условия (1) после разрежения побочные главные лепестки остаются такими же, как и до разрежения, несмотря на то, после разрежения решетка становится неэквидистантной. Рисунки 2, 3 иллюстрируют сказанное: рисунок 2а – ДН эквидистантной решетки с параметрами $N_x = 21$, $N_y = 15$, $D_x = D_y = 20$ мм, $\lambda = 30$ мм – условие (1) выполняется; рисунок 2б – ДН той же решетки, в которой удалено 50 % излучателей; рисунок 3а – ДН эквидистантной решетки с параметрами $N_x = 21$, $N_y = 15$, $D_x = D_y = 40$ мм, $\lambda = 30$ мм – условие (1) не выполняется; рисунок 3б – ДН этой же решетки с 50 % удаленных излучателей. Амплитудно-фазовое распределение во всех случаях равномерное.

Тип 2. Эквидистантная решетка делается неэквидистантной путем смещения всех излучателей плоскости решетки по координатам X и Y. В такой решетке при невыполнении условия (1) после смещения излучателей побочные главные лепестки подавляются. Сказанное иллюстрируется рисунком 4, на котором показаны две случайные реализации ДН решетки с параметрами $N_x = 21$, $N_y = 15$, $D_x = D_y = 40$ мм, $\lambda = 30$ мм – условие (1) не выполняется. Излучатели сме-

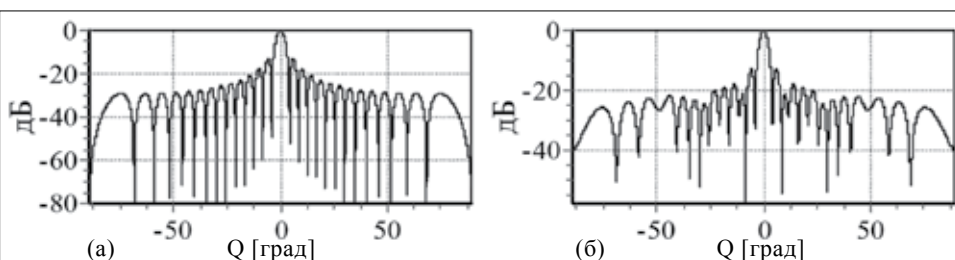


Рисунок 2 – Случайные реализации ДН решетки типа 1 с выполненным условием единственности

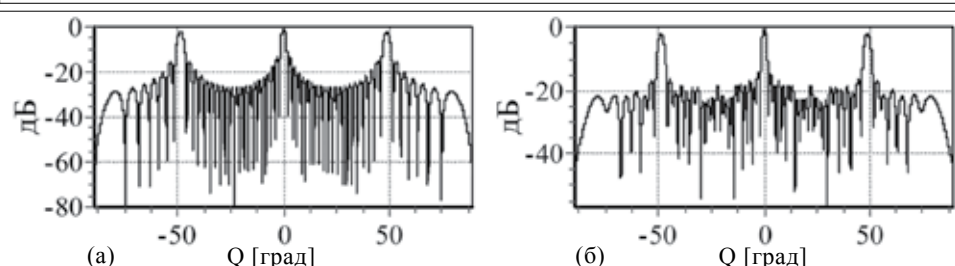


Рисунок 3 – Случайные реализации ДН решетки типа 1 с невыполненным условием единственности

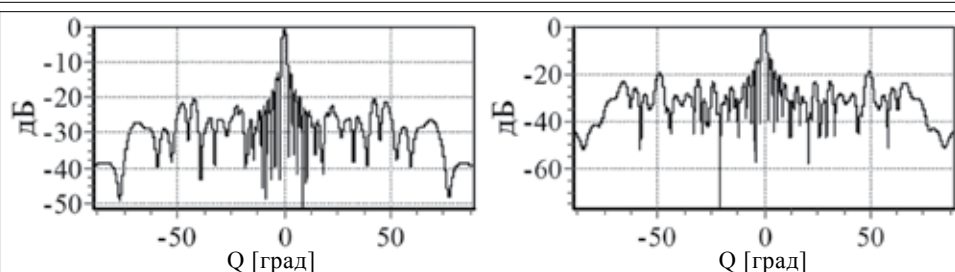


Рисунок 4 – Случайные реализации ДН решетки типа 2

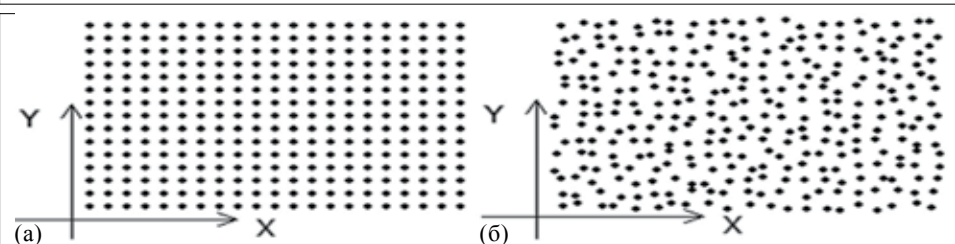


Рисунок 5 – Схема размещения излучателей в решетке при $\Delta D_x = \Delta D_y = 0$ (а) и при $\Delta D_x = \Delta D_y = 10$ мм (б)

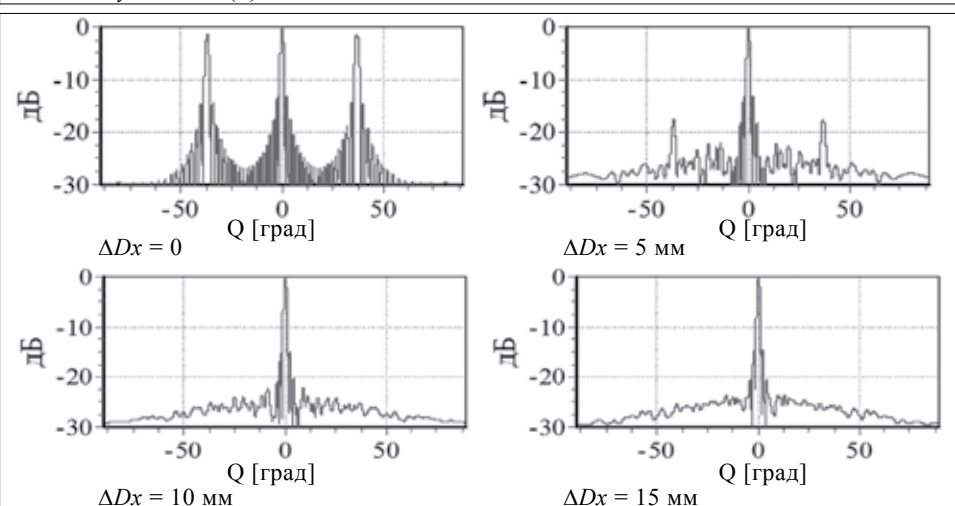
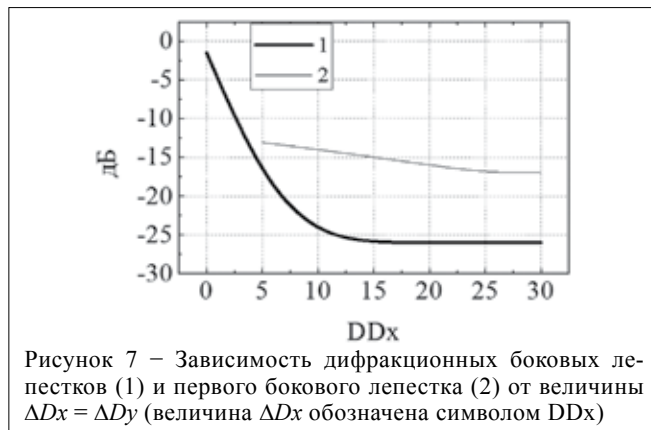


Рисунок 6 – Динамика изменения средней ДН при увеличении ΔD_x

щены по осям X и Y по случайному закону. Средне-квадратичное смещение равно $\Delta Dx = 15$ мм – по оси X и $\Delta Dy = 10$ мм – по оси Y . ДН этой решетки без случайного смещения излучателей показана на рисунке 3а. Рисунок 4 надо сравнить с рисунком 3б.

Проведенный анализ показывает, что степень подавления побочных главных лепестков слабо зависит от параметров амплитудного распределения, но сильно зависит от величин ΔDx и ΔDy . Далее это иллюстрируется рисунками 5-7 на примере решетки с параметрами $N_x = 21$, $N_y = 15$, $D_x = D_y = 50$ мм, $\lambda = 30$ мм. В решетке без случайного смещения излучателей ($\Delta Dx = \Delta Dy = 0$) условие единственности главного лепестка не выполняется. Схема расположения излучателей в этом случае показана на рисунке 5а. На рисунке 5б показана одна из реализаций размещения излучателей в той же решетке при $\Delta Dx = \Delta Dy = 20$ мм. На рисунке 6 показаны средние ДН при различных ΔDx (во всех случаях $\Delta Dx = \Delta Dy$). Средние ДН находились путем усреднения 100 случайных реализаций ДН, соответствующих случайным реализациям размещения излучателей при одном и том же ΔDx . На рисунке 7 толстой линией показана зависимость от величины ΔDx уровня побочных главных лепестков, являющихся остатками побочных главных лепестков решетки при $\Delta Dx = \Delta Dy = 0$ (дифракционных боковых лепестков). На том же рисунке тонкой линией показана зависимость первого бокового лепестка от величины ΔDx . Из рисунка 6 следует, что при указанном $\Delta Dx = \Delta Dy = 10$ мм (б), которое составляет 20 % от $D_x = D_y$, побочные главные лепестки снижены до уровня боковых лепестков.



Проведенное исследование позволяет сделать ряд выводов.

1. Параметры ДН меняются в той плоскости, в которой излучатели смещаются с исходных положений в эквидистантной решетке.

2. С увеличением среднеквадратичного смещения излучателей уменьшаются не только побочные главные лепестки множителя системы решетки, но и боковые лепестки.

3. В эквидистантной решетке с выполненным условием единственности главного лепестка ДН уро-

вень боковых лепестков, как известно, зависит от амплитудного распределения возбуждения излучателей. Закономерности в этой зависимости известны и описаны во многих публикациях. В частности, равномерному амплитудному распределению соответствует уровень $Fbm \approx -13$ дБ. Из рисунка 7 следует, что в решетке со случайным смещением излучателей этот уровень в средней ДН уменьшился до -17 дБ. Изменение этого уровня от реализации к реализации иллюстрирует рисунок 8.

4. В решетке типа 2 в отличие от решетки типа 1 в исходной эквидистантной решетке условие единственности главного лепестка ДН можно не выполнять. При этом побочные главные лепестки подавляются в результате смещения излучателей в плоскости апертуры решетки по случайному закону.

Как же влияет на описанные закономерности амплитудно-фазовое распределение возбуждения излучателей? Исследовано влияние амплитудного распределения, описываемого косинусом в степени P_x на «подставке» величиной A_x . Далее рассматривается частный случай, когда в плоскости XZ устанавливается описанное амплитудное распределение. В плоскости YZ амплитудно-фазовое распределение – равномерное. На рисунке 9 показаны зависимости уровня первого бокового лепестка от величины A_x при $P_x = 1$ и различных ΔDx (при этом $\Delta Dx = \Delta Dy$) для решетки с прежними параметрами. Кривая 1 – соответствует случаю, когда побочные главные лепестки подавлены до уровня боковых лепестков. Аналогичные зависимости от A_x и при других параметрах решетки. Как видно, зависимость уровня первых боковых лепестков от амплитудного распределения качественно аналогична этой зависимости для эквидистантной решетки [11]. При этом подавление побочных главных лепестков в неэквидистантной решетке до уровня боковых лепестков происходит при одном и том же значении ΔDx независимо от амплитудного распределения.

Для сканирования в антенной решетке используется линейное фазовое распределение возбуждения излучателей. Проведенный анализ показал, что в решетке типа 1 максимальные боковые лепестки (Fbm) при сканировании практически не меняются, что иллюстрирует рисунком 10 для решетки с параметрами $N_x = 31$, $N_y = 21$, $D_x = D_y = 15$ мм, $\lambda = 30$ мм при числе удаленных излучателей $N_d = 240$ (37 % от общего числа). Угол сканирования $Q_{mx} = 0$ и 40° .

В решетке типа 2 картина другая. За счет случайного смещения излучателей в плоскости решетки, в которой не выполнено условие единственности, в различных реализациях уровень ДН при угле наблюдения, отличном от нуля, является случайной величиной. Вследствие этого в средней ДН происходит усреднение поля под всеми углами наблюдения, кроме нулевого. Если главный лепесток нулевого порядка (рабочий главный лепесток) не отклонен ($Q_{mx} = 0$), то в результате смещения излучате-

лей в плоскости решетки ДН изменяется так, как показано на рисунке 6. Если этот главный лепесток отклонен от нормали к плоскости решетки при сканировании ($Q_{mx} \neq 0$), то в результате усреднения реализаций он уменьшается до уровня боковых лепестков. Для иллюстрации этого на рисунке 11 показана средняя ДН решетки с параметрами $N_x = 10$, $N_y = 7$, $D_x = D_y = 50$ мм, $\Delta D_x = \Delta D_y = 15$ мм, $\lambda = 30$ мм. Размеры апертуры этой решетки такие же, как и предыдущей типа 1. Сравнимые решетки показаны на рисунке 12.

На рисунке 11а с графиком средней ДН обозначены номера главных лепестков (-1, 0, +1), лепесток с номером 0 является рабочим, и остается только он один, если выполнено условие единственности (1). На рисунке 11б показана средняя ДН при наличии случайных перемещений излучателей в плоскости решетки при $D_x = \Delta D_y = 15$ мм (решетка показана на рисунке 12б). Как видно, главные лепестки с номерами -1 и +1 подавлены, так как они отклонены от нормали к плоскости решетки. На рисунке 11в показана ДН той же решетки при $\Delta D_x = \Delta D_y = 0$ и угле сканирования $Q_{mx} = 40^\circ$. По углу наблюдения Q переместились все лепестки. Максимум лепестка с номером 0 разместился при угле $Q = 40^\circ$. Лепесток с номером -1 переместился вправо и ушел в область мнимых углов, слева от лепестка с номером 0 расположены лепестки с номерами -1 и -2. После введения смещения излучателей в плоскости по координатам X и Y со среднеквадратичным значением смещения

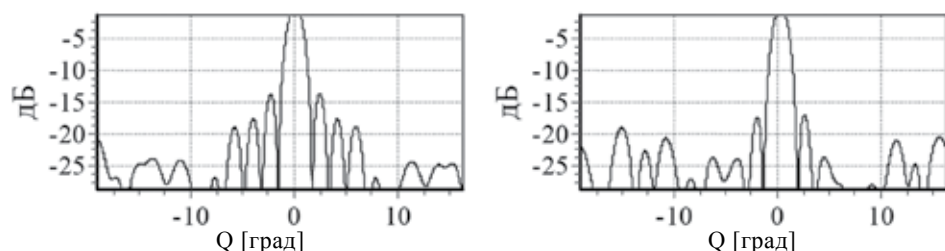


Рисунок 8 – 10-я и 41-я случайные реализации ДН при усреднении 100 реализаций решетки с параметрами $N_x = 21$, $N_y = 15$, $\Delta D_x = \Delta D_y = 50$ мм на длине волны $\lambda = 30$ мм при $\Delta D_x = \Delta D_y = 20$ мм

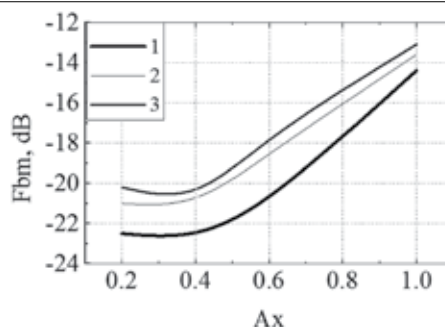


Рисунок 9 – Зависимости уровня первого бокового лепестка от величины A_x при $P_x = 1$ и различных ΔD_x : 1 – $\Delta D_x = 10$ мм, 2 – $\Delta D_x = 5$ мм, 3 – $\Delta D_x = 15$ мм

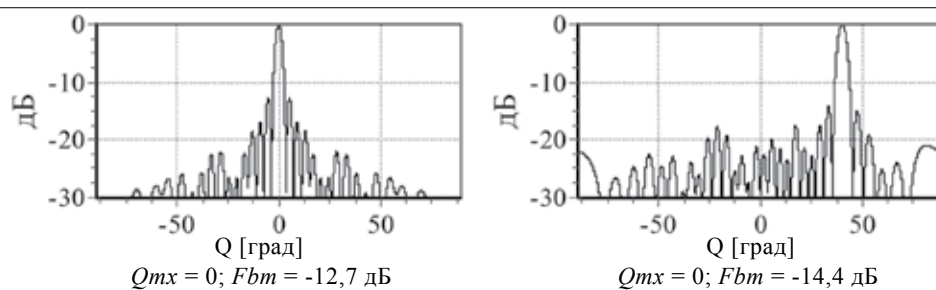


Рисунок 10 – Случайные реализации ДН решетки типа 1

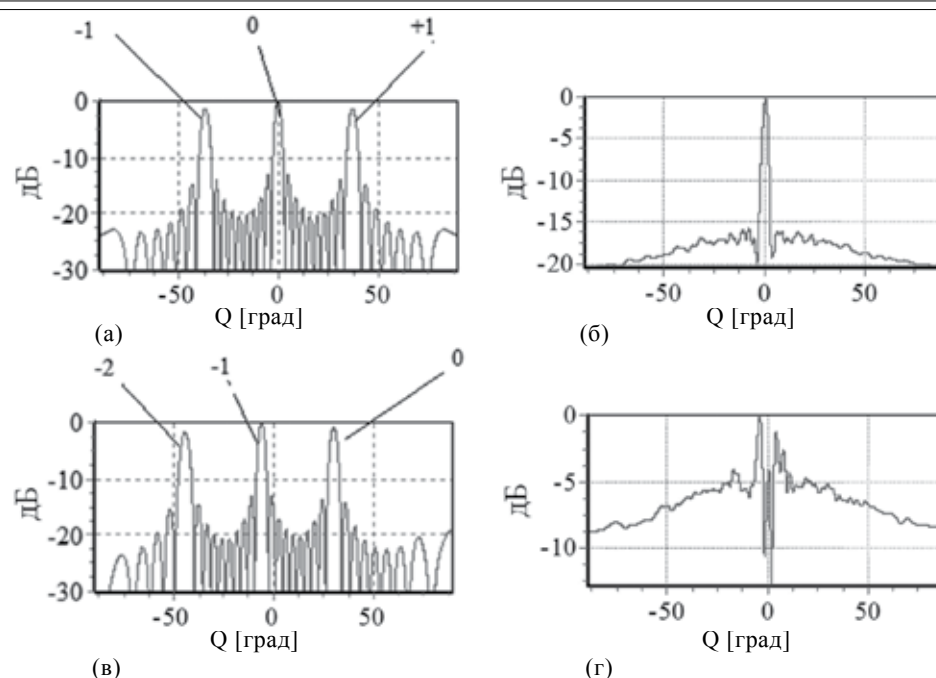
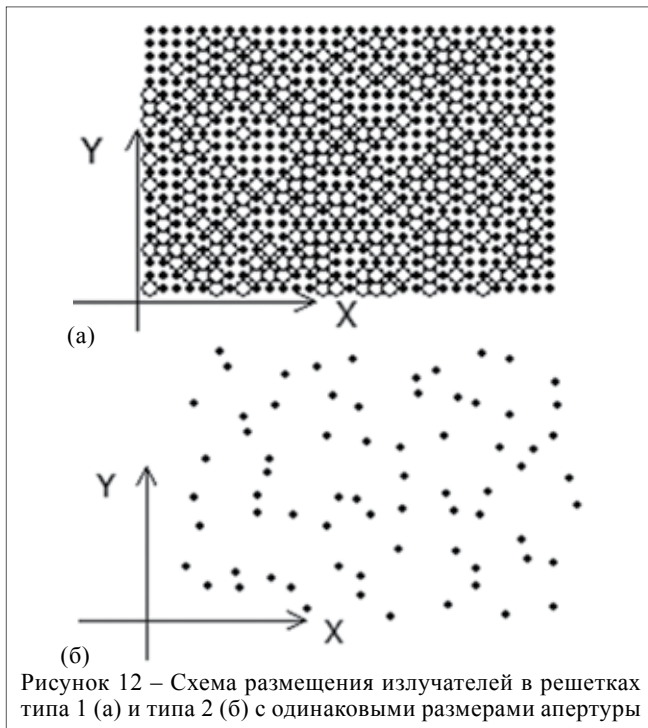


Рисунок 11 – Изменение средней ДН в решетках типа 1 – (а) и (б) и типа 2 – (в) и (г)



$\Delta Dx = \Delta Dy = 15$ мм (см. рисунок 12б) и усреднения 400 случайных реализаций получилась картина, показанная на рисунке 11г. Как видно, лепестки с номерами -2 и 0 пропали, произошло некоторое накопление уровня поля случайных реализаций в районе лепестка с номером -1 и ближайших к нему боковых лепестков. Таким образом, в неэквилидистантной решетке типа 1 сканирование возможно в том же секторе углов, что и в исходной эквидистантной решетке. В неэквилидистантной решетке типа 2 сканирование возможно только в узком угловом секторе.

Заключение

В результате проведенного анализа закономерностей в двух типах разреженных антенных решеток получены новые результаты:

- в решетке типа 1 до ее разрежения по случайному закону необходимо выполнить условие единственности главного лепестка, так как удаление части излучателей по случайному закону не приводит к подавлению побочных главных лепестков множителя системы; сканирование возможно в широком угловом секторе;

- в решетке типа 2 условие единственности выполнять не надо; сканирование возможно в узком угловом секторе; с увеличением среднеквадратичного смещения излучателей уменьшаются не только побочные главные лепестки множителя системы решетки, но и боковые лепестки.

Литература:

1. Lo, Y.T. Sidelobe level in nonuniformly spaced antenna arrays/ IEEE Trans. – 1963. – v. AP-11, – № 4. P. 511-512.

2. Lo, Y.T. A mathematical theory of antenna arrays with randomly spaced elements / IEEE Trans. – 1964. – v. AP-12, – № 3. P. 257-269.

3. Scolnik, M.J, Sherman, J.W., Ogg, F.C. Statistically designed density-tapered arrays/ IEEE Trans. – 1964. – vol. AP-12, – № 4. P. 408-417.

4. Lo, Y.T and Simcoe, R.J. An experiment on antenna arrays with randomly spaced elements/ IEEE Trans. – 1967. v. AP-15, – № 2. P. 231-235.

5. Закон, М.Б., Меркулов, В.В. Неэквилидистантные антенные решетки со случайно расположенными элементами. / Радиотехника и электроника. – 1965. – № 1. С. 7-13.

6. Меркулов, В.В. КНД решеток со случайно расположенными элементами. / Радиотехника и электроника. – 1966. – № 5. С. 128-130.

7. Содин, Л.Г. Статистический анализ неэквилидистантных линейных антенн-решеток. / Радиотехника и электроника. – 1966. – № 11. С. 1953-1959.

8. Шифрин, Я.С., Назаренко, В.А. Поле случайных антенных решеток в зоне Френеля / Радиотехника и электроника. – 1991. – № 1. С. 52-62.

9. Шифрин, Я.С. Вопросы статистической теории антенн. / М.: Сов. Радио. – 1979. – 381 10. Галлеев Э.Г. / Антенны. Под ред. Бубнова Г.Г. Радио и связь. 1988. Вып. 35. – С. 3-14.

10. Фельд, Я.Н., Бененсон, Л.С. Основы теории антенн / М.: Дрофа, – 2007. – 491 с.

Abstract

The results of numeric research of two types of irregular antenna arrays are described. The first array is formed from an equidistant array by means of random removal of a part of radiators (type 1), the second one is made from an equidistant array via random shift of all radiators in array plane (type 2).

Поступила в редакцию 5.12.2015 г.

ЭЛЕКТРОНИКА инфо
научно-практический журнал

ПОДПИШИСЬ!

Подписной индекс
в Республике Беларусь:
00822 (индивидуальная),
008222 (ведомственная)

В МИНСКЕ СОСТОЯЛИСЬ ВЫСТАВКИ «АВТОМАТИЗАЦИЯ. ЭЛЕКТРОНИКА-2016» И «ЭЛЕКТРОТЕХ. СВЕТ»

«Автоматизация. Электроника» и «Электротех. Свет» – крупнейшие в Беларуси специализированные выставки отечественных и мировых производителей, поставщиков средств автоматизации и электронных компонентов, технологического оборудования и материалов для электронной и электротехнической промышленности, ежегодно собирающие более 7 000 специалистов в сфере электротехнической промышленности и энергетики.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ



АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОНИКА



ЭЛЕКТРОТЕХ СВЕТ

Свои достижения на выставках представили «Симатек Групп», «Европейская электротехническая компания», «Группа компаний ФЭК», «Вектор технологий», «Европрибор», «Энтас», «Вольна», «Эй Би Эн», ПЧУП «Светоприбор» ООО «Белтиз» и другие компании.

Среди зарубежных представителей – GTV (Польша), JUMO GmbH & Co. KG (Германия), Kanex Krohne Anlagen Export GmbH (Германия), IFM Electronic (Россия), «Элтех» (Россия), «5С Групп» (Россия), «НордсонРус» (Россия), «Фокус» (Россия), «Теккноу», «Электонд» и др.

В деловую программу выставки были включены презентации, бизнес-встречи, конференции, семинары, показательные выступления, а также различного рода обучающие программы. В мероприятии приняли

участие 70 компаний из Беларуси, России, Польши, Германии и др.

Выставку посетил Заместитель Премьер-министра Республики Беларусь Владимир Семашко и пообщался с экспонентами лично.

Вступительное слово было предоставлено первому заместителю Министра промышленности Республики Беларусь Геннадию Сви́дерскому.



«Особо приятно, что во времена кризисных явлений в промышленности именно за счет автоматизации и электроники можно получить дополнительные преимущества по конкурентоспособности. Представленные на выставке экспозиции – подтверждение того, что в любой ситуации только через внедрение современных технологий можно добиться устойчивой конкурентоспособности продукции, а значит, положительного финансового результата».



Об основных векторах развития энергетической сферы, а также о назревшей мировой промышленной революции говорил первый заместитель председателя Комитета по науке и технологиям Республики Беларусь Андрей Косовский: «В мире продекларирован переход к четвертой промышленной революции. Основу данного перехода составляют такие направления, как автоматизация, робототехника, электроника. Выставки «Автоматизация. Электроника-2016» и «Электротех. Свет» находятся в русле мирового развития. А наши производители, ученые, конкурируют наравне с зарубежными дистрибьюторами. Часть отечественных разработок создана в рамках государственных научно-технических программ (к примеру, госпрограмма «Электроника-2015»). За новыми технологиями – будущее, мы это твердо знаем».

Заместитель председателя Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, директор Департамента по энергоэффективности Михаил Малащенко подчеркнул, что основная роль в стратегическом развитии страны отводится именно автоматизации. «Без управления энергетическими процессами достичь конечного результата невозможно» – заявил Михаил Петрович.

Завершил церемонию открытия благодарственными словами председатель конфедерации предпринимательства Республики Беларусь Владимир Карягин. Он поделился впечатлениями от прошедшего недавно Всемирного экономического форума в Давосе, а также рассказал о важности развития новых технологий.

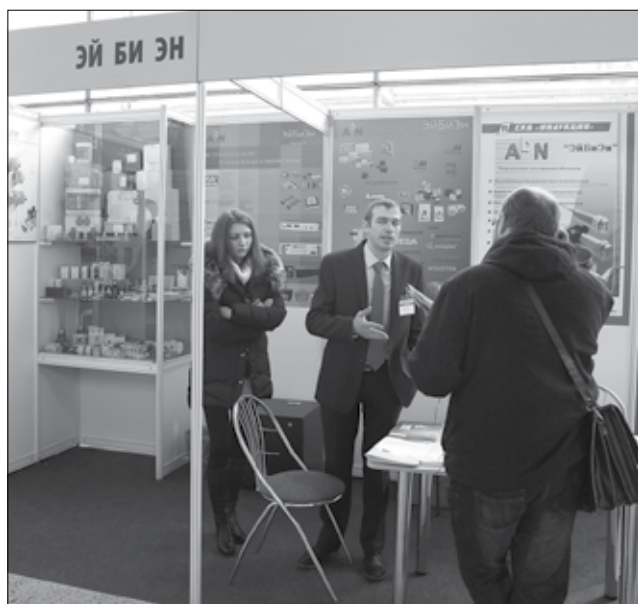
«Очень трудно расставаться со старым, но при этом необходимо постигать новое. Разные формы предпринимательства в Беларуси расцветают, развиваются, испытывают трудности. В этом плане в Беларуси проходит очень острый общественный диалог. Какие тренды в мире? На прошлой неделе наш представитель приехал с даосского форума, где обсуждался вопрос роботизации жизнедея-

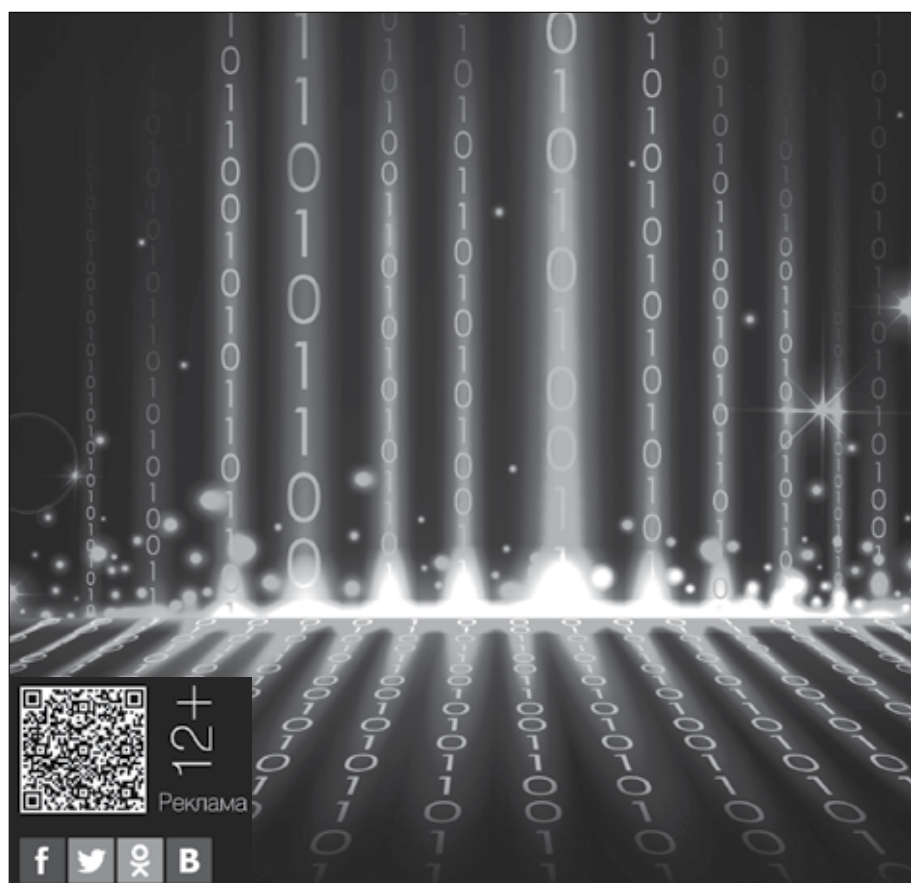
тельности человечества. Индийская компания, например, уже сегодня массово выпускает роботов-барменов, которые поступили в продажу по цене от 150 до 170 тыс. долларов за единицу. Также на форуме демонстрировалась одежда, вырабатывающая электроэнергию: вы идете, а куртка заряжает iPhone. Весь мир борется за новые технологии. Белорусские специалисты также предлагают новые разработки. В стране организованы молодежные клубы, куда ходят ребята, интересующиеся робототехникой, экономией энергоресурсов. Как никогда от разработчиков необходимы новые решения и открытия».

energobelarus.by









СВЯЗЬ

10–13.05

2016

Международная выставка
информационных
коммуникационных
технологий

 **ЭКСПОЦЕНТР**

Организатор: ЗАО «Экспоцентр»

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.sviaz-expo.ru

12+

Реклама



Фотоника

МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ



2016

14–17 марта

11-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
ЛАЗЕРНОЙ, ОПТИЧЕСКОЙ
И ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ
Под патронатом
Торгово-промышленной палаты РФ

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.photonics-expo.ru

12+

Реклама

Организаторы:



Белорусский www.promforum.by **промышленный форум**

Международный выставочный проект

Проводится под патронажем
Правительства Республики Беларусь

3–6 мая 2016

Футбольный манеж, пр. Победителей, 20/2,
Минск, Беларусь



МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ

ПРОМЭКСПО – СОВРЕМЕННЫЙ ЗАВОД

оборудование, инструменты и материалы для оснащения промышленных предприятий. Промышленная продукция

ПРОМЭНЕРГО

энергетическое и электротехническое оборудование для промышленности

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ

энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии, оборудование и материалы, технологии охраны окружающей среды

НАУКА И ИННОВАЦИИ

научные разработки и передовые технологии для промышленности.
Инновационная продукция

Международный симпозиум «Технологии. Оборудование. Качество»

Международный конкурс энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий и оборудования

Конкурс сварщиков Беларуси с международным участием



ЭКСПОФОРУМ
www.expoforum.by

тел./факс: (+375 17) 314 34 35, 314 34 30
e-mail: pva@expoforum.by, sharko@expoforum.by
Унитарное предприятие Экспофорум, УНН 100702781



XXIII International ICT Forum

tibo

XXIII Международная выставка по телекоммуникациям,
безопасности, информационным и банковским технологиям

19-22.04.2016

ФУТБОЛЬНЫЙ МАНЕЖ

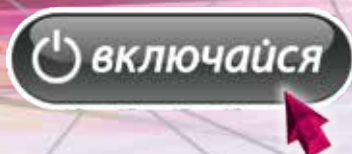
г. Минск, пр. Победителей, 20/2

- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, СВЯЗЬ
- ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- БАНКОВСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
- СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
- СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ
- ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
- АВТОМАТИЗАЦИЯ ТОРГОВЛИ
- ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА
- ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- ТЕХНОЛОГИИ "УМНОГО ДОМА"
- ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- РОБОТОТЕХНИКА



ЗАО "Техника и коммуникации",
Тел.: (375-17) 306 06 06, (375-29) 650 91 02
E-mail: tibo@tc.by, www.tibo.by

УНП 100663012



ВЫСТАВКИ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ ПОСЕТИТЬ В МАРТЕ

Automaticon 2016

Выставка систем автоматизации, робототехники и контрольно-измерительного оборудования
Варшава, Польша
01.03.2016-04.03.2016

Электро 2016.

Специализированная выставка
Электротехника и энергетика
Ростов-на-Дону, Россия
02.03.2016-04.03.2016

IAIE Jinan 2016

Международная выставка
промышленной автоматизации
и средств контроля
Цзинань, Китай
02.03.2016-04.03.2016

MSV 2016

Международная выставка
машиностроения
Брно, Чехия
03.03.2016-07.03.2016

Satellite 2016

Международная выставка
и конференция по вопросам
спутниковой индустрии
Вашингтон, США
07.03.2016-10.03.2016

SIAF Guangzhou (SPS) 2016

Международная выставка
промышленной автоматизации
Гуанчжоу, Китай
08.03.2016-10.03.2016

Smart Systems Integration 2016

Международная выставка и конференция по вопросам микротехнологий и системной интеграции
Мюнхен, Германия
09.03.2016-10.03.2016

Энергоресурсосбережение 2016

Межрегиональная выставка
Весенняя строительная ярмарка
Челябинск, Россия
10.03.2016-12.03.2016

Light + Building 2016

Международная выставка осветительных технологий и интеллектуальных зданий
Франкфурт-на-Майне, Германия
13.03.2016-18.03.2016

CeBIT 2016

Международная выставка ИТ, телекоммуникаций, цифровых решений и услуг
Ганновер, Германия
14.03.2016-18.03.2016

Фотоника. Мир лазеров и оптики 2016

Международная специализированная выставка оптической, лазерной и оптоэлектронной техники
Москва, Россия
14.03.2016-17.03.2016

Cabex 2016

Международная выставка
кабельно-проводниковой продукции
Москва, Россия
15.03.2016-17.03.2016

ЭкспоЭлектроника 2016

Международная выставка
электронных компонентов,
модулей и комплектующих
Москва, Россия
15.03.2016-17.03.2016

ЭлектронТехЭкспо 2016

Международная выставка
технологического оборудования
и материалов для производства
изделий электронной и электротехнической промышленности
Москва, Россия
15.03.2016-17.03.2016

Electronica China 2016

Международная выставка
электронного оборудования,
систем и приложений
Шанхай, Китай
15.03.2016-17.03.2016

Laser World of Photonics China 2016

Китайская международная выставка
фотоники и лазерных технологий
Шанхай, Китай
15.03.2016-17.03.2016

Productronica China 2016

Международная выставка
комплектующих и технологий производства электроники
Шанхай, Китай
15.03.2016-17.03.2016

SEMICON China 2016

Международная выставка
полупроводниковой промышленности
Шанхай, Китай
15.03.2016-17.03.2016

ПТЯ 2016

Петербургская техническая
ярмарка
Санкт-Петербург, Россия
15.03.2016-17.03.2016

Amper 2016

Международная выставка
электротехники, электроники,
автоматизации и коммуникационных технологий
Брно, Чехия
15.03.2016-18.03.2016

Energy Storage Europe 2016

Европейская выставка
и конференция по технологиям
хранения энергии
Дюссельдорф, Германия
15.03.2016-17.03.2016

Moldenergy 2016

Международная выставка
энергосберегающих технологий,
систем отопления, газоснабжения,
кондиционирования воздуха
Кишинев, Молдова
16.03.2016-19.03.2016

All about automation essen 2016

Выставка средств
автоматизации
Эссен, Германия
16.03.2016-17.03.2016

Neues BauEn 2016

Выставка строительных
и энергосберегающих технологий
Фридрихсхафен, Германия
16.03.2016-20.03.2016

New Energy Husum 2016

Международная выставка
возобновляемой энергетики
и устойчивого развития
Husum, Germany
17.03.2016-20.03.2016

WIN Eurasia

Automation & Electrotech 2016

Международная выставка
электронных технологий
и энергетики; автоматизация
промышленных процессов
Стамбул, Турция
17.03.2016-20.03.2016

Guzhen Lighting Fair/GILF Spring 2016

Международная выставка осветительной техники
Чжуншань, Китай
18.03.2016-21.03.2016

UzAutomationExpo 2016

Международная специализированная выставка
Ташкент, Узбекистан
23.03.2016-25.03.2016

НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ КОМПАНИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН			
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ						
Датчики и средства автоматики производства фирмы TURCK (Германия) и Banner Engineering (США)	Договор	ООО «ФЭК»	Тел. +375 17 210-21-89, +375 29 370-90-92. E-mail: info@fek.by www.fek.by			
Индукционные лампы фирмы LVD 40, 80, 120, 150, 200, 300 W	Договор					
Комплексная поставка электронных компонентов	Договор	ТУП «Альфачип Лимитед»	Тел./ф.: +375 17 366-76-16. E-mail: analog@alfa-chip.com www.alfa-chip.com			
Датчики, сенсоры и средства автоматизации						
Светодиодные индикаторы, TFT, OLED и ЖК-дисплеи и компоненты для светодиодного освещения						
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	Тел./ф.: +375 17 391-02-22, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by			
AC/DC источники тока, LED-драйвера, источники напряжения для светодиодного освещения и мощных светодиодов						
Мощные светодиоды (EMITTER, STAR), сборки и модули мощных светодиодов, линзы ARLIGHT	Договор	ООО «СветЛед решения»	Тел./ф.: +375 17 214-73-27, +375 17 214-73-55. E-mail: info@belaist.by www.belaist.by			
Управление светом: RGB-контроллеры, усилители, диммеры и декодеры						
Источники тока AC/DC для мощных светодиодов (350/700/100-1400 mA) мощностью от 1 W до 100 W ARLIGHT						
Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT						
Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48V/ от 5 до 300 W) в метал-лическом кожухе, пластиковом, герметичном корпусе ARLIGHT, HAITAIK						
Светодиодные ленты, линейки открытые и герметичные, ленты бокового свечения, светодиоды выводные ARLIGHT						
Светодиодные лампы E27, E14, GU 5.3, GU 10 и др.						
Светодиодные светильники, прожектора, алюминиевый профиль для светодиодных изделий						
Индуктивные, емкостные, оптоэлектронные, магнитные, ультразвуковые, механические датчики фирмы Balluff (Германия)						
Блоки питания, датчики давления, разъемы, промышленная идентификация RFID, комплектующие фирмы Balluff (Германия)						
Магнитострикционные, индуктивные, магнитные измерители пути, лазерные дальнометры, индуктивные сенсоры с аналоговым выходом, инклинометры фирмы Balluff (Германия)	Договор	ООО «Автоматикацентр»	Тел./ф.: +375 17 218-17-98, тел.: +375 17 218-17-13. E-mail: sos@electric.by www.electric.by			
Инкрементальные, абсолютные, круговые магнитные энкодеры фирмы Lika Electronic (Италия)						
Абсолютные и инкрементальные магнитные измерители пути, УЦИ (устройство цифровой индикации), тросиковые блоки, муфты, угловые актуаторы фирмы Lika Electronic (Италия)						
Преобразователи частоты, устройства плавного пуска, сервопривода, ПЛК, интеллектуальные реле, сенсорные панели, линейные и шаговые приводы фирмы Schneider Electric (Франция)						
Автоматические выключатели, УЗО, дифавтоматы, УЗИП, выключатели нагрузки фирмы Schneider Electric (Франция)						
Контакты, промежуточные реле, тепловые реле перегрузки, реле защиты, автоматические выключатели защиты двигателя фирмы Schneider Electric (Франция)						
Кнопки, переключатели, сигнальные лампы, посты управления, джойстики, выключатели безопасности, источники питания, световые колонны фирмы Schneider Electric (Франция)						
Универсальные шкафы, автоматические выключатели, устройства управления и сигнализации, УЗО и дифавтоматы, промежуточные реле, выключатели нагрузки, контакторы, предохранители, реле фирмы DEKraft						
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ И ПАВ ИЗДЕЛИЯ						
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)				Договор	УП «Алнар»	Тел./ф.: +375 17 227-69-97, тел.: +375 17 227-28-10, тел.: +375 17 227-28-11, тел.: +375 29 644-44-09. E-mail: alnar@tut.by www.alnar.net
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж						
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж						
Термокомпенсированные кварцевые генераторы						
Резонаторы и фильтры на ПАВ						
Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены						
СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ						
Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ. Микросхемы производства Xilinx, Samsung, Maxim, Atmel, Altera, Infineon и пр. Термоусаживаемая трубка, диоды, резисторы, конденсаторы, паяльная паста, кварцевые резонаторы и генераторы, разъемы, коммутация и др.	Договор	ЧТУП «Чип электроникс»	Тел./ф.: +375 17 269-92-36. E-mail: chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by			
Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	Тел./ф.: +375 17 391-02-22, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by			
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АК ИП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agilent	1-й поставщик	ООО «Приборо-строительная компания»	Тел./ф.: +375 17 284-11-18, тел.: +375 17 284-11-16. E-mail: 4805@tut.by			
Поставка электронных компонентов и отладочных средств (микро-схемы, реле, герконы, батарейки, кварцевые резонаторы) по проектным ценам: Texas Instruments, Intersil, Cypress, MXIC, Huawei, EM-Marin, COTO, Gruner, COMUS, Micro Crvstal, RENATA, PKCELL, XENO, SAURIS и др.	От дистри-бьютора	ЧНПУП «БелСКАНТИ»	Тел./ф.: +375 17 256-08-67, тел.: +375 17 398-21-62. E-mail: nab@scanti.ru www.scanti.ru			

Приглашаем принять участие в **КОНФЕРЕНЦИИ**
«Энергосбережение. Светодиодное освещение нового поколения»,
проводимой компанией Альфачип Лимитед
совместно с европейской компанией LEDlife.

Дата проведения: **17 марта 2016 г.**
Регистрация: УП «Альфачип Лимитед», г. Минск, ул. Сурганова, 5а, 1 этаж
тел.: **+375 17 366-76-01**
Регистрация производится до: 10 марта 2016 г.

LEDlife – это

АДМИНИСТРАТИВНЫЕ И КОММЕРЧЕСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ

- за 2015 год освещено > 30000 м²
- снижение расхода электроэнергии в 2–2,5 раза при уменьшении количества светильников на 30%

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

- освещено > 70 000 м²
- снижение годового потребления > 600.000 кВт\ч

СКЛАДСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ

- освещено > 50 000 м²
- выбранное решение – источники света контролируются датчиками;
- экономия электроэнергии более чем в 4 раза
- лампы загораются на полную мощность при приближении человека или транспортного средства



А л ь ф а ч и п

ЛИМИТЕД

220012, г. Минск, ул. Сурганова, 5а, 1-й этаж
Тел./факс: +375 17 366 76 01, +375 17 366 76 16
www.alfa-chip.com
www.alfacomponent.com

- Электронные компоненты
- Средства автоматизации
- Датчики, сенсоры
- Светодиодные индикаторы, TFT, OLED и ЖКИ дисплеи
- Компоненты для светодиодного освещения



**Прямые поставки
от мировых производителей**

**Разработка и техническая
поддержка новых проектов**

Новые возможности ваших идей



ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ СО СКЛАДА

- РАСЧЕТ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ВАЛЮТЕ
- ЗАКАЗЫ ОТ 1 ШТ.
- БЫСТРАЯ ДОСТАВКА
- ОФИС В МИНСКЕ



**22.03
2016**

семинар по продукции



MICROCHIP

Подробности на сайте www.eltechspb.by

официальный



**ANALOG
DEVICES**



MICROCHIP



**MW
MEAN WELL**



**SIERRA
WIRELESS™**

**ОМЕГА КОМПОНЕНТ — официальный партнер компании ЭЛТЕХ
на территории Беларуси**