

• *Принцип аналитического структурирования.* Данный принцип предполагает разбиение материала на вопросы и темы, которые будут в полном объеме изложены в течение одной лекции (занятия) — не более двух вопросов на лекцию. Разбиение вопроса на два занятия недопустимо. При этом каждый вопрос должен быть максимально самостоятелен (очень мало зависеть от предыдущих).

• *Философско-диалектический принцип.* В соответствии с ним изложение каждого вопроса должно рассматриваться в виде тройственной конструкции: ПРИЧИНА → ЯВЛЕНИЕ (условия, параметры, свойства) ⇒ РЕЗУЛЬТАТ. При этом обязательно разъяснение (пояснение) действия данной конструкции на очевидных и простых практических примерах.

• *Принцип схематичной фрагментарности.* Каждая разъясняемая сущность (причина, явление, физические параметры, результаты) должна поясняться несложным рисунком, не содержащим много элементов, набором связанных с рисунком и поясняющих его физических параметров (величин), а также одной-тремя, желательно не более простых формул, объединяющих приведенные физические параметры.

• *Принцип синтетического структурирования.* Этот принцип – фактически антитеза фрагментарности. Он требует после окончания рассмотрения большой темы представить все изученные вопросы-фрагменты этой темы как взаимодополняющие единую цельность, как связанные друг с другом общим законом (закономерностями).

Все данные принципы, казалось бы, очень хорошо вписываются в традиции использования электронных презентаций лекций. Однако в большинстве случаев они нежелательны, так как фрагментарное обучение и базируется на том, чтобы выделять и акцентировать внимание обучающихся на том или ином параметре, явлении, причине, подчёркивать их роль и значимость и т. п. При использовании мела и доски это сделать проще и продуктивнее, чем при электронной презентации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в настоящей работе изложены основные принципы фрагментарного обучения физике. Имеющийся у автора опыт преподавания дисциплин общефизического цикла показывает его эффективность по сравнению с традиционным преподаванием физики.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА ПОЛУПРОВОДНИКАМИ

**Е. К. Дорожок, Н. М. Лапчук, А. А. Руженко,
Т. С. Харитонович, М. Ю. Лапчук**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь
e-mail: Lapchukn@gmail.com*

Представлена разработка лабораторного измерительного комплекса для изучения процессов поглощения света полупроводниковыми материалами, используя принцип работы основных фотоприемников – фоторезисторов и фотодиодов. Рассмотренные в данной работе результаты исследований позволяют решить проблему миниатюризации лабораторного оборудования, используемого в лабораторном практикуме для

студентов начальных курсов обучения на специализирующей кафедре физики полупроводников и наноэлектроники или в общем практикуме по физике и оптике кристаллических сред.

Ключевые слова: лабораторный измерительный комплекс; фотоприемники; монохроматор на основе светодиодов.

LABORATORY MEASURING COMPLEX FOR STUDYING LIGHT ABSORPTION BY SEMICONDUCTORS

**E. K. Dorozhok, N. M. Lapchuk, A. A. Ruzhenko,
T. S. Kharitonovich, M. Yu. Lapchuk**

*Belarusian State University, Nezavisimosti av. 4, 220030 Minsk, Belarus
Corresponding author: N. M. Lapchuk (Lapchukn@gmail.com)*

The development of a laboratory measuring complex for studying the processes of light absorption by semiconductor materials is presented, using the operating principle of the main photodetectors – photoresistors and photodiodes. The research results considered in this paper allow us to solve the problem of miniaturization of laboratory equipment used in laboratory practical training for students of the initial courses of study at the specialized department of physics of semiconductors and nanoelectronics or in general practical training on physics and optics of crystalline media.

Key words: laboratory measuring complex; photodetectors; monochromator based on LEDs.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы поглощения света полупроводниковыми материалами включаются в учебные программы специальных дисциплин, и исследуются студентами в процессе научной работы при выполнении курсовых и дипломных работ на кафедре.

Неотъемлемой частью учебного процесса на специализирующих кафедрах являются лабораторные работы, позволяющие студентам подтвердить свои теоретические знания на практике. Лабораторные работы как метод обучения во многом носят исследовательский характер и могут быть отнесены к числу методов, активизирующих и мотивирующих учебно-познавательную деятельность учащихся. В процессе выполнения лабораторных работ студенты являются активными участниками учебного процесса и сами добывают новые знания или закрепляют уже полученные. Учебно-исследовательские лабораторные практикумы для специальных дисциплин позволяют студентам приобрести навыки научно-исследовательской работы, обработки и оформления результатов эксперимента, представления результатов работы в форме научного доклада и отчета.

На данный момент существует потребность учебного процесса в разработке и создании для студентов младших курсов лабораторной работы «Поглощение света полупроводниками», которая позволит изучить явление возникновения проводимости в полупроводниковых материалах на базе простого оборудования с использованием нового метода регистрации наблюдаемых эффектов [1, 2].

Цель исследования – разработка лабораторного измерительного комплекса для изучения процессов поглощения света полупроводниковыми материалами, используя принцип работы основных фотоприемников – фоторезисторов и светодиодов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотренные в данной работе результаты исследований позволяют решить проблему миниатюризации лабораторного оборудования, используемого в лабораторном практикуме для студентов начальных курсов обучения на специализирующей кафедре физики полупроводников и наноэлектроники или в общем практикуме по физике и оптике кристаллических сред. С этой целью был разработан источник монохроматического излучения на основе светодиодов, входящего в состав миниатюрного лабораторного измерительного комплекса для изучения поглощения света полупроводниками.



Рис. 1. Общий вид лабораторного комплекса для изучения механизмов поглощения света полупроводниками

Для исследования фотопроводимости полупроводников в работе был реализован монохроматор видимого света на основе 6 светодиодов, среди них три трехцветных светодиода BL-L 515RGBC-CA с общим катодом с возможностью использования только одного

цвета для конкретного светодиода. Для этих светодиодов реализована возможность включения следующих цветов:

- красного (с длиной волны 630 нм);
- голубой (с длиной волны 430 нм);
- светло-зеленого (с длиной волны 525 нм).

Также используются одноцветные светодиоды:

- синий GNL-5013UBC (с длиной волны 470 нм);
- зеленый EL-7383-V7C3-ASTA-MS (с длиной волны 579 нм);
- желтый BL-L522UYC (с длиной волны 590 нм).

Выбор именно этих светодиодов обоснован тем, что сила излучаемого ими цвета равна 2000 мкКд для всех светодиодов, кроме светодиода с длиной волны 525 нм, такой светодиод обладает силой света в 5000 мкКд. Подбор светодиодов с близкой по значению силой света позволяет получить максимальную точность измерения. Для того, чтобы в ходе работы была возможность управления подаваемым на светодиоды напряжением, они подключены к ШИМ пинам Arduino [3]. Каждый светодиод

подключен к RC-фильтру, для всех светодиодов подключены электролитические конденсаторы емкостью 470 мкФ, резисторы используются следующих номиналов: 100 Ом для синего, голубого и зеленого цвета, 91 Ом для яркого зеленого цвета, 130 Ом для желтого и красного цвета. На рисунке 1 представлен общий вид лабораторного комплекса для изучения механизмов поглощения света полупроводниками.

Особенность лабораторного комплекса заключается в том, что существует перспектива совершенствования монохроматического источника излучения. В дальнейшем усовершенствовать источник монохроматического излучения можно путем использования принципа дифракции Грейзера – метода, используемого для разделения спектральных линий в узкополосной спектроскопии. Он основан на принципе дифракции решетки, но в отличие от обычной решетки, Грейзерова решетка имеет очень маленький период, что позволяет дифрагировать световые волны в узкие углы. Грейзерова решетка состоит из большого числа параллельных плоских зеркал, которые расположены на маленьком расстоянии. Это создает эффект дифракции, при котором световые волны дифрагируются под углом, зависящем от длины волны. В результате, каждая длина волны изображается в виде отдельной точки на плоскости детектора. Для реализации этого проекта на базе Arduino, помимо уже упомянутых компонентов, таких как светодиоды, фотодиод и фоторезистор, необходимо использовать также дополнительный компонент – двигатель (шаговый или сервопривод) для движения решетки

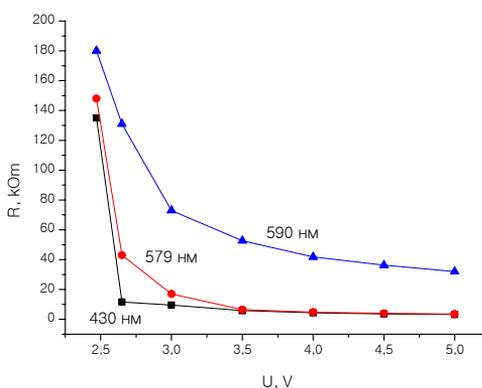


Рис. 2. Зависимость сопротивления фоторезистора от напряжения на светодиоде с длиной волны: 590 нм, 579 нм и 430 нм

Грейзера и переключения между длинами волн. В программном коде необходимо описать алгоритмы движения двигателя, управления светодиодами и фотодиодом, а также обработку и анализ данных, полученных с фотодиода.

Одним из важных аспектов в проекте монохроматора на основе принципа дифракции Грейзера является калибровка устройства. Для этого необходимо провести измерения интенсивности света при разных длинах волн и построить калибровочную кривую. Эта кривая позволит определить соответствие между сигналом от фотодиода и длиной волны.

На рисунке 2 приведены графики зависимости сопротивления фоторезистора от напряжения на светодиоде с длиной волны 430 нм, 579 нм и 590 нм, полученные на лабораторном измерительном комплексе для изучения поглощения света полупроводниками.

Экспериментальные результаты могут быть получены студентами, как в ручном режиме измерений, так и в автоматическом режиме. При этом изучаются зависимости сопротивления фоторезистора и фотодиода от напряжения на светодиоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в данной работе результаты исследований позволяют решить проблему миниатюризации лабораторного оборудования, используемого в лабораторном практикуме для студентов начальных курсов обучения на специализирующей кафедре физики полупроводников и наноэлектроники или в общем практикуме по физике и оптике кристаллических сред.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Астайкин, А.И. Основы оптоэлектроники / А.И. Астайкин, М.К. Смирнов. – М. : Высшая школа, 2007. – 277 с.
2. Самохвалов М.К. /Элементы и устройства оптоэлектроники - ИПК «Венец» УлГТУ, 2005. – 220 с.
3. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino / У. Соммер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

Ю. В. Сидоренко¹, В. И. Яшкин²

¹⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь
e-mail: Sidorenko@bsu.by*

²⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь
e-mail: yashkin@bsu.by*

В докладе рассматриваются вопросы содержания материала раздела «Распознавание образов» лекционного курса и лабораторного практикума дисциплины «Инженерная графика» для специальности «Физика наноматериалов и нанотехнологий».

Ключевые слова: инженерная графика; Фурье-дескриптор; формирование признаков; инвариантность к преобразованиям изображения.

THE ELEMENTS OF IDENTIFICATION THEORY IN THE DISCIPLINE «ENGINEERING DRAWING»

Y. V. Sidorenko, V. I. Yashkin

*Belarusian State University, Nizavisimosti av. 4, 220030 Minsk, Belarus
Corresponding author: V. I. Yashkin (yashkin@bsu.by)*

The report deals with the content of lecture course material and laboratory practical work in the course «Engineering Drawing» for the specialty «Physics of nanomaterials and nanotechnologies».

Key words: engineering drawing; Fourier descriptor; formation of features; invariance to image transformations.

ВВЕДЕНИЕ

В работе рассматриваются вопросы содержания материала раздела «Распознавание образов» лекционного курса и лабораторного практикума «Инженерная графика».