

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Л. Толстик

(подпись) (И.О.Фамилия)

27.09.2012г.

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 8295 /баз.

ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА

(название дисциплины)

Учебная программа для специальности:

1- 31 04 01 – Физика

(код специальности) (наименование специальности)

(1-31 04 01-01 научно-исследовательская деятельность)

(1-31 04 01-02 производственная деятельность)

(1-31 04 01-03 научно-педагогическая деятельность)

(1-31 04 01-04 управленческая деятельность)

2012 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.А. Гончаренко - профессор кафедры естественных наук Государственного учреждения образования «Командно-инженерный институт» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.Л. Толстик - проректор по учебной работе Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

А.В. Ильюшонок - заведующий кафедрой естественных наук Государственного учреждения образования «Командно-инженерный институт» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета (протокол № 12 от 20 апреля 2012);

Учебно-методической комиссией физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 15.05 2012 г.).

Рассмотрена научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 28.05 2012 г.).

Ответственный за редакцию: **И.А. Гончаренко**

Ответственный за выпуск: **И.А. Гончаренко**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Изобретение лазера и прогресс в когерентной оптике открыли возможности использования оптического диапазона электромагнитных волн в системах передачи и обработки информации. Это влекло за собой резкое увеличение емкости линий передачи данных, быстродействия и улучшения многих других параметров устройств обработки информации. В качестве передающей среды в системах оптической связи используются оптические волокна, состоящие из стеклянной сердцевины, окруженной стеклянной оболочкой с несколько меньшим значением показателя преломления. Направляющие свойства волокон основаны на явлении полного внутреннего отражения света.

В настоящее время оптические волокна активно используются в качестве передающей среды в системах связи. Обладая малыми потерями и низкой дисперсией, они способны передавать широкополосные сигналы на большие расстояния. Более 90% объема информации передается по оптическому кабелю. Оптическими являются также сверхдальние линии связи между государствами и городами и многие местные линии, включая кабельное телевидение и Интернет. Благодаря своим уникальным свойствам диэлектрические волноводы и волокна служат также основой для различных устройств, применяющихся в системах оптической обработки, хранения и передачи информации, в оптических датчиках физических величин систем измерения и контроля состояния объектов. Устройства с применением оптических волокон активно используются в медицине, технологических процессах, научных исследованиях и т.д. Бесконечно возрастающие потребности информационной индустрии требуют постоянного совершенствования систем обработки и передачи данных, среди которых ведущее место занимают волоконно-оптические системы. Все это привело к пониманию того, что современные специалисты в области лазерной физики и спектроскопии должны в полной мере владеть основами волоконной оптики и иметь возможность использования ее результатов для решения разнообразных научных и производственных задач.

Цель курса – дать студентам теоретические основы волоконной оптики, ознакомить их с эффектами локализации световых полей, распространением импульсов в оптических волокнах, особенностями нелинейно-оптических эффектов в направляющих структурах, а также дать представление о современных проблемах волоконной оптики и ее применениях в научных исследованиях и технологии.

Предлагаемая программа в полной мере решает поставленные задачи. Спецкурс «Волоконная оптика» рассчитан на студентов, которые специализируются по кафедре лазерной физики и спектроскопии. Теоретическая база курса основывается на материалах общего курса оптики. В процессе освоения спецкурса углубляются и развиваются представления, основы которых получены при изучении спецкурсов «Лазерная физика», «Нелинейная оптика». Полученные сведения важны для более глубокого и качественного усвоения ряда дисциплин специализации (когерентная оптика и голография, оптическая обработка информации).

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов для исследователей и инженеров - 56; аудиторное количество часов - 36, из них: лекции - 14, контролируемая самостоятельная работа (КСР) студентов – 4, лабораторные работы – 18 часов. Форма отчетности – зачет. Для менеджеров и педагогов общее количество часов - 72; аудиторное количество часов - 38, из них: лекции - 14, контролируемая самостоятельная работа (КСР) студентов – 4, лабораторные работы – 20 часов. Форма отчетности – экзамен.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№п/п	Название темы	Количество часов				Самост. работ
		Аудиторные				
		Лекции	Практич., семинар.	Лаб. занят.	КСР	
1	Введение. Предмет волноводной оптики.	1				-
2	Однородные плоские волны.	1				1
3	Тонкопленочные оптические волноводы.	1				1 (2)
4	Планарные волноводы конечной ширины.	1				1 (2)
5	Ступенчатые оптические волокна.	2		4		2 (6)
6	Градиентные волокна.	1				1 (2)
7	Анизотропные оптические волокна.	1				1 (2)
8	Распространение оптических импульсов в волокнах.	1		4 (8)		3 (4)
9	Волоконно-оптические брэгговские решетки	1				1 (2)
10	Принципы локализации и направления излучения в оптических волокнах				2	
11	Системы ввода/вывода оптического излучения в волоконные световоды			4		3 (4)
12	Оптические разветвители и мультиплексеры				2	
13	Нелинейные эффекты в оптических волокнах.	2				1 (4)
14	Волоконные системы передачи и обработки оптических сигналов			6 (4)		4 (4)
15	Современные проблемы волоконной оптики.	2				1 (2)

Примечание: в скобках указано количество часов для направлений 1–31 04 01–03 и 1–31 04 01–04

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

- 1. Введение. Предмет волноводной оптики.**
История возникновения и развития линий и систем передачи оптических сигналов. Понятие направляющих свойств среды. Уравнения Максвелла. Волновое и параболическое уравнения.
- 2. Однородные плоские волны.**
Распространение и отражение плоских волн. Граничные условия. Отражение и преломление на границе диэлектриков. Полное отражение. Сдвиг Гуса-Хэнхена.
- 3. Тонкопленочные оптические волноводы.**
Волноводные свойства плоского диэлектрического слоя. Моды симметричного диэлектрического слоя. Волновые решения для направляемых мод. Поглощение и рассеяние направляемых мод.
- 4. Планарные волноводы конечной ширины.**
Полосковые волноводы. Гребневые волноводы. Профильные волноводы. Многослойные волноводы.
- 5. Ступенчатые оптические волокна.**
Лучевой и волновой анализ мод волокна. Направляемые моды в случае неограниченной оболочки. Многомодовые и одномодовые волокна. Условия отсечки. Слабонаправляющие волокна. Многослойные оптические волокна. Нерегулярные волокна. Уравнения связанных волн. Связанные волокна. Направленные ответвители.
- 6. Градиентные волокна.**
Лучевой анализ. Волновой расчет мод для волокон с параболическим профилем показателя преломления. Одномодовый режим.
- 7. Анизотропные оптические волокна.**
Поляризационные свойства оптических волокон. Оптические волокна с анизотропией диэлектрической проницаемости. Волокна, сохраняющие поляризацию и поляризующие волокна. Анизотропия формы поперечного сечения. Оптические волокна с эллиптическим и прямоугольным сечениями. Поляризационная модовая дисперсия.
- 8. Распространение оптических импульсов в волокнах.**
Механизмы потерь в волоконных волноводах. Дисперсионные свойства оптических волокон. Дисперсия групповой скорости. Волноводная и материальная дисперсия. Дисперсия показателя преломления. Нормальная и аномальная дисперсии. Дисперсионное уширение импульса. Методы компенсации дисперсии.
- 9. Волоконно-оптические брэгговские решетки.**
Регулярные, чирпированные и аподизированные волоконно-оптические решетки. Длиннопериодные решетки. Применение волоконно-оптических решеток.
- 10. Принципы локализации и направления излучения в оптических волокнах.**
Полное внутреннее отражение. Самофокусировка световых лучей. Фотонные запрещенные зоны
- 11. Системы ввода/вывода оптического излучения в волоконные световоды.**
Принципы ввода/вывода оптического излучения в волоконные волноводы. Гауссовы пучки света. Числовая апертура. Линзовые системы ввода/вывода.
- 12. Оптические разветвители и мультиплексеры.**
- 13. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.**
Преимущества волоконных волноводов по сравнению с объемными нелинейными средами. Вынужденные четырехфотонные процессы. ВКР и ВРМБ в оптических волокнах. Фазовая самомодуляция. Сжатие импульсов в оптических волокнах. Солитонные импульсы в оптических волокнах.
- 14. Волоконные системы передачи и обработки оптических сигналов**

15. Современные проблемы волоконной оптики.

Понятие фотонной запрещенной зоны. Фотоннокристаллические и микроструктурированные волокна. Брэгговские волокна. Оптические волокна, усиливающие оптическое излучение. Отражение от границы положительного и отрицательного диэлектриков.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые формы контроля знаний

1. Реферативные работы

Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Тонкопленочные оптические волноводы.
2. Плоский анизотропный волновод.
3. Планарные волноводы конечной ширины.
4. Двухслойные оптические волокна. Волновой анализ мод волокна.
5. Многослойные оптические волокна.
6. Градиентные волокна. Волокна с параболическим профилем показателя преломления.
7. Связанные волноводы и направленные ответвители. Оптические волокна с несколькими сердцевинами.
8. Оптические волокна с анизотропией диэлектрической проницаемости. Волокна, сохраняющие поляризацию и поляризующие волокна.
9. Оптические волокна с анизотропией формы поперечного сечения. Оптические волокна с эллиптическим и прямоугольным сечениями.
10. Поляризационные свойства оптических волокон. Поляризационная модовая дисперсия.
11. Дисперсионные свойства оптических волокон. Методы компенсации дисперсии.
12. Нерегулярные волокна. Уравнения связанных волн. Связь мод в изогнутых волокнах.
13. Волоконно-оптические брэгговские решетки. Чирпированные и аподизированные волоконно-оптические решетки.
14. Нелинейные эффекты в оптических волокнах. Вынужденные четырехфотонные процессы. ВКР и ВРМБ в оптических волокнах.
15. Нелинейные эффекты в оптических волокнах. Фазовая самомодуляция. Сжатие импульсов в оптических волокнах.
16. Распространение солитонных импульсов в оптических волокнах.
17. Фотоннокристаллические и микроструктурированные волокна. Брэгговские волокна.
18. Оптические волокна, усиливающие оптическое излучение. Волоконно-оптические усилители.

Рекомендуемые темы лабораторных занятий

1. Оптоэлектронные системы генерации и регистрации оптических сигналов.
2. Системы ввода/вывода оптического излучения в волоконные световоды.
3. Одномодовые и многомодовые оптические волокна.
4. Потери излучения в оптическом волокне.
5. Волоконные системы передачи и обработки оптических сигналов.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Н.Х.-Г. Унгер. Планарные и волоконные оптические волноводы. М.: Мир. 1980.
2. А. Снайдер, Дж. Лав. Теория оптических волноводов. М.: Радио и связь. 1987.
3. А.М Гончаренко, В.А. Карпенко, И.А. Гончаренко. Основы теории оптических волноводов. Минск: Белорусская наука. 2009.
4. И.А. Гончаренко. Методы расчета сложных волоконных световодов. Минск: Новое знание. 2012.
5. М. Адамс. Введение в теорию оптических волноводов. М.: Мир. 1984.
6. А. Hasegawa. Optical solitons in fibers. Berlin: Springer. 1989.
7. Г. Агравал. Нелинейная волоконная оптика. М.: Мир. 1996.
8. С.Р. Giles. Lightwave applications of fiber Bragg gratings. *J. Lightwave Technology*. V.15, No.8. P.1391-1404. 1997.
9. А. Cucinotta, F. Poli, S. Selleri. Photonic Crystal Fibers: Properties and Applications. Springer. 2007.
10. E. Desurvire. Erbium-doped fiber amplifiers. Principal and applications. New York, Brisbane, Toronto, Singapore: Wiley&Son, Inc. 1994.

Дополнительная

1. В.Ф. Взятыхшев. *Диэлектрические волноводы*. М.: Сов. Радио. 1970.
2. Д. Маркузе. Оптические волноводы. М.: Мир. 1974.
3. Р.Х. Столен. Нелинейные эффекты в волоконных световодах. *ТИИЭР*. Т.68, № 10. С.75-80. 1980.
4. А.С. Беланов, В.В. Григорьянц, В.Т. Потапов, А.Д. Шатров Передача оптических сигналов по световодам. "Радиотехника". / Итоги науки и техники ВИНТИ/, М. Т.30. С.1-256. 1984.
5. Д.Дж. Стерлинг. Техническое руководство по волоконной оптике. М.: «Лори». 1998.
6. Е.М. Дианов, П.В. Мамышев, А.М. Прохоров. Нелинейная волоконная оптика. *Квантовая электроника*. Т.15, №1. С.5-29. 1988.
7. *Optical Solitons – Theory and Experiment* / Edited by J.R. Taylor. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sidney: Cambridge University Press. 1992.
8. А. Vjarklev. Optical fiber amplifiers: design and system applications. Boston, London: Artech House, Inc. 1993.
9. А.М. Желтиков. Дырчатые волноводы. Успехи физических наук. Т.170, № 11. С.1204-1215. 2000.
10. J.C. Knight, T.A. Birks, R.F. Cregan et al. Photonic crystals as optical fibres – physics and applications. *Optical Materials*. V.11. P. 143-151. 1999.