

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета БГУ

_____ В.М. Анищик

_____ 26.06.2009 _____

Регистрационный № УД- 2027 /баз.

**ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ПРИБОРОВ**

**Учебная программа для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
(1-31 04 01-01 научно-исследовательская деятельность)**

СОСТАВИТЕЛЬ:

В. Ю. Явид — доцент кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, ст. научн. сотр.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.Г. Литвинко — доцент кафедры технической физики Белорусского национального технического университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

Ю.М. Покотило - доцент кафедры атомной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 5 от 27 мая 2009);

Ученым Советом физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 26 июня 2009);

Ответственный за редакцию: В.Ю. Явид

Ответственный за выпуск: В.Ю. Явид

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса "Физика и технология полупроводниковых приборов" разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям).

Целью курса является формирование у студентов целостных представлений о принципе работы полупроводниковых приборов и технологий их производства, развитие полученных знаний и навыков для последующей исследовательской работы с моно- и поликристаллическими полупроводниками, новыми материалами на основе низкоразмерных элементов и структур.

Полупроводниковые приборы, это электронные приборы, действие которых основано на электронных процессах в полупроводниках. В электронике полупроводниковые приборы используются в устройствах для обработки электрических сигналов, а также для преобразования одних видов энергии в другие. Глубокое понимание принципа действия и свойств конкретного полупроводникового прибора, технологии его изготовления является необходимым условием успешной профессиональной деятельности специалиста, имеющего квалификацию «Физик. Исследователь» и работающего в области физики полупроводников, микро- и нанoeлектронике.

В курсе рассматриваются физические процессы, протекающие в основных базовых элементах полупроводниковых приборов, механизмы прохождения тока в барьерных структурах, конструкция и принцип действия различных полупроводниковых приборов, а также основные технологические этапы их производства.

Студенты, должны знать принцип действия и свойства основных базовых элементов на основе которых функционируют полупроводниковые приборы и интегральные схемы, получить представление о технологии их изготовления и рациональном использовании конкретных приборов в той или иной схеме.

Материал курса основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в общих курсах по электричеству, оптике, атомной физике, квантовой механике, спецкурсах по зонной теории полупроводников и статистической физике полупроводников. Он является базовым для последующих спецкурсов по физике и технике полупроводников и генерационно-рекомбинационных процессов в полупроводниках.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов – 144; аудиторное количество часов — 68, из них: лекции — 48, семинарские занятия — 6, контролируемая самостоятельная работа студентов — 14. Форма отчётности — зачет и экзамен.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Семинарские занятия	Контролируемая самостоятельная работа	Всего
1	2	3	4	5	6
1.	Биполярные диоды	14	4	6	24
2.	Биполярные транзисторы	8	2	2	12
3.	Униполярные приборы	6		2	8
4.	Полевые транзисторы	6		2	8
5.	Светодиоды и полупроводниковые лазеры	8			8
6.	Фотодетекторы	4		2	6
7.	Солнечные батареи	2			2
	Итого	48	6	14	68

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Биполярные диоды

Определение понятия полупроводниковый прибор. Классификация полупроводниковых приборов. Основные технологические приёмы при изготовлении биполярных диодов. Диффузионный потенциал и ширина обедненного слоя. Барьерная емкость. Формула Шокли. Диффузионная длина. Процессы генерации – рекомбинации носителей заряда в р-п-переходе. Диффузионная емкость. Лавинный, туннельный и тепловой пробой р-п-перехода. Переходные процессы и шумы. Выпрямительные диоды, стабилитроны. Туннельные диоды. Диод Ганна. Гетеропереходы; модель Андерсона; сверхрешетки; технология создания гетеропереходов.

2. Биполярные транзисторы.

Что такое транзистор? Вольт-амперные характеристики транзистора. Дрейфовый транзистор. Коэффициенты усиления по току. Рекомбинационные процессы в базе транзистора. Выходные характеристики. СВЧ-транзисторы; частота отсечки. Методы формирования транзисторных структур. Планарная технология. Масштабирование транзисторов.

3. Униполярные приборы

Контакт металл-полупроводник. Обедненный слой. Эффект Шоттки. Теория переноса заряда через контакт металл-полупроводник. Диод Шоттки. Омический контакт.

4. Полевые транзисторы

Основные характеристики полевых транзисторов с р-п-переходом в качестве затвора. Однородно легированный канал. Нормально закрытый полевой транзистор. Конструкции приборов. Ограничители тока. Полевые транзисторы с V-канавками. Многоканальные полевые транзисторы.

5. Светодиоды и полупроводниковые лазеры

Излучательные переходы и спектры излучения. Светодиоды видимого диапазона. Конструкция и характеристики светодиодов видимого диапазона. Полупроводниковые лазеры на р-п-переходе. Инжекционные гетеролазеры. Лазерная перестройка.

6. Фотодетекторы

Фоторезисторы. Фотодиоды. Фототранзисторы.

7. Солнечные батареи

Солнечные элементы на р-п-переходах. Идеальная эффективность преобразования.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые формы контроля знаний

1. Тестовые задания
2. Реферативные работы

Рекомендуемые темы тестовых заданий

1. Биполярные диоды.

2. Биполярные транзисторы.
3. Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом.
4. Обобщенный тест по физике и технологии р-п-переходов применительно к полупроводниковым приборам.

Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Туннельные диоды.
2. Варикапы.
3. Тиристоры.
4. Диоды Ганна.
5. Варисторы.
6. Полупроводниковые приборы с зарядовой связью.
7. Лавинно-пролетные диоды.
8. МОП-транзисторы.
9. Полупроводниковые гальваномагнитные приборы.
10. Полупроводниковые детекторы проникающей радиации.
11. Оптопары и оптоэлектронные микросхемы.
12. Терморезисторы.
13. Биполярные транзисторы с изолированным затвором.
14. Полупроводниковые термоэлектрические устройства.
15. Энергонезависимые элементы памяти.
16. Статическое электричество и полупроводниковая электроника.
17. Борьба с остаточными нарушениями в имплантированном кремнии в процессе производства полупроводниковых приборов.
18. Будущее технологии КМОП.
19. Двойные гетероструктуры.
20. Нанoeлектроника уровня 100 – 50 нм.
21. Миниатюризация позавчера, вчера, сегодня и завтра.
22. Тензоэлектрические полупроводниковые приборы.
23. Радиационная технология в микроэлектронике.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Викулин, И.М. Физика полупроводниковых приборов / И.М. Викулин, В.И. Стафеев – М.: Советское радио, 1980. – 296 с.
2. Зи, С.М. Физика полупроводниковых приборов (в двух частях) / С.М. Зи. – М.: Мир, 1984. Ч1 – 455 с. Ч2 – 455 с.
3. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. – М.: Высшая школа, 1981, 1987, С.Петербург, 2001. – 480 с.
4. Шур, М.С. Физика полупроводниковых приборов / М.С. Шур. – М.: Мир, 1992. – 460 с.
5. Курносов, А.И. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. / А.И. Курносов, В.В. Юдин. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.

6. Технология СБИС (под редакцией С.Зи) в двух книгах. – М.:Мир,1986. Ч1 – 406 с. Ч2 – 456 с.
7. Пичугин, И.Г. Технология полупроводниковых приборов / И.Г. Пичугин Ю.М.Таиров. – М.: Высшая школа, 1985. – 288 с.
8. Курс лекций по твердотельной электронике Московского энергетического института (ТУ) – <http://WWW.pilab.ru/csi/AUK/Microelectr/page.html>
9. Броудай, И. Физические основы микротехнологии / И. Броудай, Дж. Мерей – М.: Мир, 1985. – 494 с.
10. Милнс, А. Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник / А. Милнс, Д. Фойхт – М.: Мир, 1975. – 432 с.

Дополнительная

1. Бонч-Бруевич, В.Л. Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников — М.: Наука, 1990.— 688 с.
2. Орешкин, П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков / П.Т. Орешкин.— М.: Высшая школа, 1977.— 448 с.
3. Березин, А.С. Технология и конструирование интегральных микросхем / А.С. Березин, О.Р. Мочалкина – М.: Радио и связь, 1983. – 232 с.
4. Блихер, А. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов / А. Блихер – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 248 с.
5. Федоров, Л.П. Производство полупроводниковых приборов / Л.П. Федоров, В.М. Багров, Ю.Н. Тихонов – М: Энергия, 1979. – 432 с.
6. Янченко, А.М. Современные силовые полупроводниковые приборы / А.М. Янченко, М.И. Тарасик. – Минск: БГУ, 2005 – 44 с.
7. Готра, З.Ю. Технология микроэлектронных устройств / З.Ю. Готра – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.
8. Ефимов, И.Е. Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность. / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь, Ю.И. Горбунов – М.: Высшая школа, 1986. – 486 с.
9. Алферов, Ж.И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии / Ж.И. Алферов // УФН.— 2002.— Т. 172, № 9.— С. 1068—1086.
10. Килби, Дж.С. Возможное становится реальным: изобретение интегральных схем / Дж.С. Килби // УФН.— 2002.— Т. 172, № 9.— С. 1102—1109.
11. Алферов, Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур / Ж.И. Алферов // ФТП. —1998. —Т. 32, № 1. —С. 3—18.