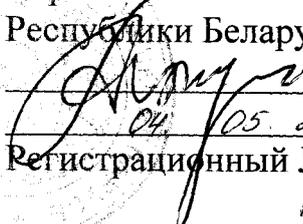


Министерство образования Республики Беларусь
Учебно-методическое объединение вузов Республики Беларусь
по естественнонаучному образованию

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

 А.И. Жук

04.05.2011

Регистрационный № ТД-___/тип.

№ А-Б. 363/тип.

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальности
1-31 04 03 Физическая электроника

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения вузов Республики
Беларусь по естественнонаучному
образованию

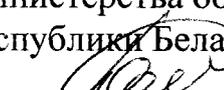
 В.И. Самохвал

17.06.2010



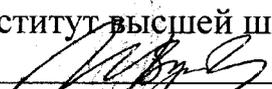
СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и
среднего специального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

 Ю.И. Миксюк

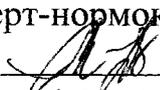
04.05.2011

Проректор по учебной и
воспитательной работе
Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

 В.И. Шупляк

07.04.2011

Эксперт-нормоконтролер

 С.М. Артемьева

07.04.2011

 А.А. Тэфасина

СОСТАВИТЕЛИ:

П.И. Гайдук, профессор кафедры физической электроники и нанотехнологий Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра радиофизики и электроники учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»;

В.В. Нелаев, профессор кафедры микро- и наноэлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор физико-математических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой физической электроники и нанотехнологий Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 09 апреля 2010 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол № 4 от 12 мая 2010 г.);

Секцией по радиофизике и физической электронике научно-методического Совета по физике учебно-методического объединения вузов Республики Беларусь по естественнонаучному образованию
(протокол № 3 от 31 мая 2010 г.).

Ответственный за выпуск: П.И. Гайдук

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа «Физика полупроводников» разработана для студентов специальности 1-31 04 03 "Физическая электроника" в соответствии с требованиями образовательного стандарта по специальности 1-31 04 03 "Физическая электроника".

Целью изучения дисциплины является формирование систематизированных теоретических знаний и практических навыков, необходимых для специалистов в области полупроводниковой микро- и нано-электроники.

Основная задача дисциплины – научить студентов анализировать физические явления и процессы, протекающие в полупроводниковых материалах, лежащих в основе работы приборов электроники, радиоэлектронных устройств. Для освоения дисциплины необходимо:

- используя модельные представления, изучить основы зонной теории, получить знания о статистике носителей заряда в полупроводниках;
- изучить кинетические явления в полупроводниках, основные закономерности генерации, рекомбинации и переноса носителей заряда, а также сопутствующие эффекты, происходящие в полупроводниковых материалах;
- на основе выполнения лабораторного практикума, а также решения компьютерных задач моделирования физических процессов получить теоретические знания и практические навыки исследования физических процессов, происходящих в полупроводниках при различных воздействиях.

Основными методами и технологиями обучения, отвечающими целям и задачам изучения дисциплины «Физика полупроводников», являются:

- элементы проблемного изложения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на лабораторных работах;
- частично-поисковый метод и реализация творческого подхода при самостоятельной работе студентов;
- преподавание с использованием мультимедийной техники и прикладных компьютерных программ, ориентированных на моделирование физических процессов в полупроводниках.

Для контроля качества обучения используются следующие средства диагностики: оценка решения типовых задач (компьютерные апплеты), опрос во время занятий (аудиторные тесты) по отдельным разделам дисциплины, итоговый тест по дисциплине, устный экзамен.

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление и обобщение пройденного учебного материала, реализуется в виде изучения методической и научной литературы в библиотеке, доступа к сетевым

источникам информации во внеаудиторное время, выполнения конкретных нетиповых заданий, содержащих элементы научного поиска.

Дисциплина «Физика полупроводников» входит в цикл общепрофессиональных и специальных дисциплин. Для ее успешного усвоения необходимы знания по дисциплинам: «Электричество», «Оптика», «Атомная и ядерная физика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математическое моделирование» в объеме часов, предусмотренных типовыми учебными планами.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- зонную структуру полупроводников;
- статистику носителей заряда в полупроводниках;
- основные физические процессы, протекающие в полупроводниках;

уметь:

- экспериментально определять и теоретически рассчитывать электрофизические параметры полупроводников.

Программа рассчитана на объем 130 учебных часов, из которых 62 являются аудиторными. Распределение аудиторных часов по видам занятий следующее: лекций – 34 часа, лабораторных работ – 28 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование темы	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Всего
1.	Введение	1			1
2.	Модельные представления о структуре полупроводников	2		4	6
3	Модельные представления об электропроводности полупроводников	2			2
4	Основы зонной теории полупроводников	6		4	10
5	Статистика носителей заряда в полупроводниках	6		4	10
6	Кинетические явления в полупроводниках	6		8	14
7	Генерация и рекомбинация носителей заряда	6		4	10
8	Фотоэлектрические явления в полупроводниках	5		4	9
	Итого:	34		28	62

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение

Основные этапы развития физики полупроводников. Классификация веществ по удельной проводимости. Основные представления о свойствах полупроводников.

2. Модельные представления о структуре полупроводников

Типы химических связей. Прямая и обратная кристаллическая решетка. Кристаллические структуры материалов электроники. Фононы. Дефекты кристаллического строения. Выращивание монокристаллов кремния.

3. Модельные представления об электропроводности полупроводников

Электропроводность собственного полупроводника в рамках модели ковалентной связи. Электропроводность примесных полупроводников. Элементарная теория электропроводности полупроводников.

4. Основы зонной теории полупроводников

Качественная модель зонной структуры твердых тел. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация. Одноэлектронное приближение. Энергетический спектр электронов в кристалле. Одномерная модель Кроннига-Пенни. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса носителей заряда. Циклотронный резонанс. Зонная структура некоторых полупроводников. Влияние деформаций на зонную структуру полупроводников. Классификация материалов с позиций зонной теории. Элементарная теория примесных состояний.

5. Статистика носителей заряда в полупроводниках

Плотность квантовых состояний. Функции распределения частиц. Свойства функции Ферми-Дирака. Степень заполнения примесных уровней. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрация носителей заряда в невырожденном и сильно вырожденном полупроводниках. Закон действующих масс. Собственный полупроводник. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника. Зависимость положения уровня Ферми от температуры в компенсированных полупроводниках.

6. Кинетические явления в полупроводниках

Дрейфовая и диффузионная электропроводность. Подвижность носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Термоэлектрические явления. Механизмы рассеяния носителей заряда. Рассеяние на фононах и ионизованной примеси. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Электропроводность в сильном

электрическом поле. Электростатическая, термоэлектронная и ударная ионизация. Эффект Ганна.

7. Генерация и рекомбинация носителей заряда

Взаимодействие света с полупроводниками. Закон Бугера-Ламберта. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Равновесные и неравновесные носители заряда. Квазиуровни Ферми. Биполярная и монополярная оптическая генерация носителей. Время жизни неравновесных носителей заряда. Диффузионная длина. Механизмы рекомбинации. Межзонная излучательная и ударная рекомбинации. Рекомбинация через ловушки (модель Холла-Шокли-Рида).

8. Фотоэлектрические явления в полупроводниках

Внутренний фотоэффект. Фотопроводимость. Спектральная зависимость фотопроводимости. Фотовольтаические эффекты. Внешний фотоэффект.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. *Шалимова, К.В.* Физика полупроводников / К.В.Шалимова. М.: Энергоатомиздат, 1985. 392 с.
2. *Фистуль, В.И.* Введение в физику полупроводников / В.И.Фистуль. М.: Высшая школа, 1984. 352 с.
3. *Бонч-Бруевич, В.Л.* Физика полупроводников / В.Л.Бонч-Бруевич, С.Г.Калашников. М.: Наука, 1977. 672 с.
4. *Смит, Р.* Полупроводники / Р.М.Смит. М.: Мир, 1982. 560 с.
5. *Росадо, Л.* Физическая электроники и микроэлектроника / Л.Росадо. М.: Высшая школа, 1991. 351 с.
6. *Солимар, Л.* Лекции по электрическим свойствам материалов / Л.Солимар, Д.Уолш. М.: Мир, 1991. 504 с.

Дополнительная литература

1. *Ридли, Б.* Квантовые процессы в полупроводниках / Б. Ридли, М.: Мир, 1986. 304 с.
2. *Займан, Дж.* Принципы теории твердого тела / Дж.Займан. М.: Мир, 1974. 379 с.
3. *Анималу, А.* Квантовая теория кристаллических твердых тел / А.М. Анималу: М., Мир, 1981. 576 с.
4. *Епифанов, Г.И.* Физика твердого тела / Г.И.Епифанов. М.: Высшая школа, 1977. 276 с.

5. *Гаркуша, Ж.М.* Основы физики полупроводников / Ж.М.Гаркуша. М.: Высшая школа, 1981. 295 с.
6. *Зи, С.* Физика полупроводниковых приборов / С.Зи. М.: Мир, 1984. 456 с.
7. *Тилл, У.* Интегральные схемы. Материалы, приборы, изготовление / У.Тилл, Дж.Лаксон. М.: Мир, 1985. 501 с.

Примерный перечень лабораторных работ

1. Изучение кристаллической структуры основных полупроводников.
2. Исследование положения уровня Ферми в зависимости от концентрации легирующей примеси и температуры.
3. Изучение статистики носителей заряда в полупроводнике для различных уровней легирования и типа полупроводника.
4. Изучение зонной структуры полупроводников Si, Ge, GaAs, AlAs и сплавов на их основе (SiGe, AlGaAs) в зависимости от композиционного состава.
5. Определение подвижности и концентрации носителей заряда методом эффекта Холла.
6. Спектральная зависимость фотопроводимости полупроводников.
7. Изучение эффекта Ганна.