

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета БГУ

_____ В.М. Анищик

26.06.2009 г.

Регистрационный № УД-2021/баз.

**ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ КОНДЕНСИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ**

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

СОСТАВИТЕЛЬ:

Н.М. Лапчук — доцент кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

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

Н.А. Дроздов — доцент кафедры энергофизики 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 г.);

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

Ответственный за редакцию: Н.М. Лапчук

Ответственный за выпуск: Н.М. Лапчук

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа «Введение в физику конденсированного состояния» разработана для специальности 1-31 04 01-Физика (по направлениям).

Представленные в данной программе вопросы направлены на формирование базы углубленной подготовки студентов по специализации. Главная цель курса – это на начальном этапе изучения дисциплин специализации дать необходимые количественные и качественные оценки процессов электропереноса в материалах, используемых электронной промышленностью.

В курсе рассматриваются законы геометрической кристаллографии, геометрические структуры кристаллов, основные понятия кристаллохимии. Анализируется связь физических свойств кристаллов с их симметрией. Изучаются основы строения материалов и физики явлений, происходящих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах, их электрические и магнитные свойства, а также сведения о технологии производства важнейших материалов и их применении.

Студенты должны знать основы физики твердого тела, явления переноса заряда в материалах с различным удельным сопротивлением, уметь проводить сравнительный анализ влияния отдельных технологических операций и качества исходного материала на процессы электропереноса в твердых телах.

Подготовленный комплекс вопросов, задач и рефератов по темам лекций позволит развить навыки самостоятельной работы и творческого поиска методов их оптимального решения.

Материал курса основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в общих дисциплинах по электричеству, атомной физике, квантовой механике и др., и является базовым для усвоения последующих спецкурсов по физике полупроводниковых материалов и приборов на их основе.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов – 165; аудиторное количество часов — 60, из них: лекции — 44, контролируемая самостоятельная работа студентов — 16. Форма отчетности — зачет и экзамен.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Контролируемая самостоятельная работа	Всего
1	2	3	4	5
1.	Предмет кристаллографии. Важнейшие свойства кристаллов. Кристаллографические категории и сингонии. Решетки Бравэ. Рентгеноструктурный анализ кристаллов	8	2	10
2.	Общие сведения о конденсированных средах. Виды химической связи в материалах.. Изоморфизм и полиморфизм. Строение реального кристалла.	8	2	10
3.	Физические процессы в металлах.. Классическая теория Друде-Лоренца. Правило Маттиссена. Сопротивление проводников на высоких частотах.	10	2	12

1	2	3	4	5
4.	Физические процессы в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Примеси в ковалентных полупроводниках. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках. Явление фотопроводимости	10	2	12
5.	Диэлектрики. Физические процессы в диэлектриках. Основные свойства диэлектриков. Механизмы поляризации: мгновенные и замедленные. Жидкие кристаллы.	4	4	8
6.	Физические процессы в магнитных материалах. Общие сведения о магнетизме. Поведение твердых тел в магнитном поле. Намагничивание	4	4	8

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Кристаллография. Предмет кристаллографии. Важнейшие свойства кристаллов. Кристаллическая и пространственная решетки. Элементы симметрии кристаллов. Атомные координаты, направления и плоскости в идеальном кристалле. Символы плоскостей (сеток). Переход от параметров Вейсса к индексам Миллера. Кристаллографические категории и сингонии. Решетки Бравэ. Простейшие кристаллографические структуры металлов. Простейшие кристаллографические структуры полупроводников и полупроводниковых соединений. Рентгеноструктурный анализ кристаллов.

2. Общие сведения о конденсированных средах. Основные виды химической связи в материалах. Монокристаллы, поликристаллы и аморфные вещества. Изоморфизм и полиморфизм. Строение реального кристалла. Идеальный и реальный кристалл. Точечные дефекты в атомной структуре кристалла. Дислокации. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от реальной структуры. Фуллерены и фуллереноподобные структуры. Углеродные нанотрубки. Кристаллические гидрофуллерены. Применение фуллеренов в электронике, технике, медицине. Расщепление энергетических уровней атомов в энергетические зоны при образовании твердого тела. Ширина зоны разрешенных энергий и число уровней в ней. Зонные структуры проводника, полупроводника и диэлектрика. Локализованные и делокализованные электроны. Различие между электронами проводимости и свободными электронами. Статистики носителей заряда в конденсированных средах

3. Физические процессы в металлах. Общие сведения о проводниках. Типичные свойства металлов. Физический смысл уровня Ферми. Электронный газ в состоянии вырождения. Физическая природа электропроводности металлов. Классическая теория Друде-Лоренца. Экспериментальные законы и электронная теория. Температурная зависимость удельного сопротивления металлических проводников. Влияние примесей на удельное сопротивление металлов. Правило Маттиссена. Сопротивление проводников на высоких частотах. Сопротивление тонких металлических пленок. Размерные эффекты. Проводниковые материалы. Классификация проводниковых материалов. Материалы высокой проводимости. Физическая природа сверхпроводимости. Магнитные свойства сверхпроводников.

4. Физические процессы в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Примеси в ковалентных полупроводниках. Основные и неосновные

носители заряда. Соотношение между концентрациями электронов и дырок в невырожденном полупроводнике при термодинамическом равновесии. Температурная зависимость концентрации носителей заряда. Механизмы рассеяния и подвижность носителей заряда в полупроводниках. Температурная зависимость электропроводности полупроводников. Контактные явления в металлах и полупроводниках. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Неравновесные носители заряда. Рекомбинационные ловушки заряда, ловушки захвата. Время жизни, диффузионная длина неравновесных носителей заряда и факторы, от которых они зависят. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках. Явление фотопроводимости. Прямые и не прямые оптические переходы. Основные виды люминесценции полупроводников.

5. *Диэлектрики.* Физические процессы в диэлектриках. Основные свойства диэлектриков. Механизмы поляризации: мгновенные и замедленные. Поляризуемость диэлектрика и ее зависимость от частоты. Токи смещения и электропроводность диэлектриков. Удельное объемное и удельное поверхностное сопротивления диэлектриков. Потери в диэлектриках. Пассивные и активные диэлектрики, их классификация. Макроскопический механизм спонтанной поляризации титаната бария. Применение сегнетоэлектриков, важнейшие свойства этих материалов, на которых основано их применение. Пьезоэффект и основные свойства материалов, в которых можно наблюдать это явление. Жидкие кристаллы. Различие между жидким состоянием вещества и жидким кристаллом.

6. *Физические процессы в магнитных материалах.* Общие сведения о магнетизме. Поведение твердых тел в магнитном поле. Намагничивание. Зависимость магнитной индукции от напряженности магнитного поля. Классификация веществ по магнитным свойствам. Диамагнетики, ферромагнетики, парамагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Магнетизм в тонких пленках. Природа ферромагнитного состояния. Магнитная анизотропия; кривая намагничивания; магнитный гистерезис; магнитная проницаемость; магнитострикция.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые формы контроля знаний

1. Тестовые задания
2. Реферативные работы

Рекомендуемые темы тестовых заданий

1. Простейшие кристаллографические структуры полупроводников и полупроводниковых соединений.
2. Фуллерены и фуллереноподобные структуры. Углеродные нанотрубки..
3. Физическая природа сверхпроводимости..
4. Фотоэлектрические эффекты.
5. Природа ферромагнитного состояния.

Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Влияние изотопного состава на кристаллическую структуру вещества.
2. Структуры с дробным количеством атомов в элементарной ячейке.
3. Молекулярные кристаллы. Слоистые структуры.
4. Зависимость физико-химических свойств твердых веществ от типа химической связи в кристаллах.
5. Твердость и температура плавления.
6. Влияние водородной связи на физико-химические свойства вещества.

7. Активные диэлектрики. Классификация активных диэлектриков. Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, пироэлектрики, электреты.
8. Современные постоянные магниты для применения в радиоэлектронике. Металлические магниты. Керамические магниты.
9. Термоэлектрические явления и эффект Холла.
10. Классификация полупроводниковых материалов, применение их в электронике.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Шалимова, К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова.— М.: Энергия, 1976.— 392 с.
2. Бонч-Бруевич, В.Л. Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников — М.: Наука, 1990.— 688 с.
3. Фистуль, В.И. Введение в физику полупроводников / В.И. Фистуль.— М.: Высшая школа, 1975.— 352 с.
4. Вавилов, В.С. Действие излучений на полупроводники / В.С. Вавилов, Н.П. Кекелидзе, Л.С. Смирнов.— М.: Наука, 1988.— 192 с.
5. Орешкин, П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков / П.Т. Орешкин.— М.: Высшая школа, 1977.— 448 с.
6. Ландсберг, Г.С. Оптика / Г.С. Ландсберг.— М.: Наука, 1976.— 926 с.
7. Пихтин, А.Н. Оптическая и квантовая электроника / А.Н. Пихтин.— М.: Мир, 2001.— 573 с.
8. Зеегер, К. Физика полупроводников / К. Зеегер.— М.: Мир, 1977.— 615 с.
9. Киреев, П.С. Физика полупроводников / П.С. Киреев.— М.: Высш. шк., 1975.— 584 с.
10. Аут, И. Фотоэлектрические явления / И. Аут, Д. Генцов, К. Герман.— М.: Мир, 1980.— 208 с.
11. Мосс, Т. Полупроводниковая оптоэлектроника / Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Элис.— М.: Мир, 1976.— 431 с.
12. Сердюк, В.В. Фотоэлектрические процессы в полупроводниках / В.В. Сердюк, Г.Г. Чемересюк, М. Терек.— Киев; Одесса: Вища школа, 1982.— 151 с.

Дополнительная

1. Рывкин, С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках / С.М. Рывкин. — М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1963.— 496 с.
2. Ю, П. Основы физики полупроводников / П. Ю, М. Кардона.— М.: Физматлит, 2002.— 560 с.
3. Кремер, Г. Квазиэлектрическое поле и разрывы зон. Обучение электронов новым фокусам / Г. Кремер // УФН.— 2002.— Т. 172, № 9.— С. 1087—1101.
4. Килби, Дж.С. Возможно становится реальным: изобретение интегральных схем / Дж.С. Килби // УФН.— 2002.— Т. 172, № 9.— С. 1102—1109.
5. Алферов, Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур / Ж.И. Алферов // ФТП. —1998. —Т. 32, № 1. —С. 3—18.
6. Захарченя, Б.П. Открытие экситонов / Б.П. Захарченя // УФН.— 1994.— Т. 164, № 4.— С. 346—348.
7. Вавилов, В.С. Алмаз в твердотельной электронике / В.С. Вавилов // УФН.— 1997.— Т. 167, № 1.— С. 17—22.
8. Смирнов, Л.С. Атомные процессы в полупроводниковых кристаллах / Л.С. Смирнов // ФТП. —2001. —Т. 35, № 9. —С. 1029—1031.