

Белорусский государственный университет



УТВЕРЖДАЮ

Декан Физического факультета БГУ

В.М. Анищик

26.06.09г.

Регистрационный № УД- 2030 /баз.

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОНДЕНСИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебная программа для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
(1-31 04 01-01 научно-исследовательская деятельность)
(1-31 04 01-02 производственная деятельность)

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.Б.Оджаев – заведующий кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С.П. Сернов — доцент кафедры микро и нанотехники Учреждения образования «Белорусский национальный технический университет», кандидат физико–математических наук, доцент;

А.К. Федотов — заведующий кафедрой энергофизики Учреждения образования «Белорусский государственный университет», доктор физико–математических наук, профессор

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.Б. Оджаев

Ответственный за выпуск: В.Б. Оджаев

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса "Современные методы исследования конденсированных материалов" разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям 1-31 04 01-01 научно-исследовательская деятельность и 1-31 04 01-02 производственная деятельность).

Целью данного курса является дать студенту понимание принципов работы, практических возможностей и ограничений основных методов исследования конденсированных материалов на различных стадиях получения, обработки, переработки и эксплуатации, знакомство с их аппаратурным оснащением и условиями проведения эксперимента, умение интерпретировать и грамотно оценивать экспериментальные данные, в том числе публикуемые в научной литературе.

Студент должен понимать суть физического явления, положенного в основу того или иного метода, принципы функционирования аппаратуры, научиться оптимальному выбору методов для решения поставленных задач и делать заключения на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных, что актуально при выполнении дипломных проектов, развития полученных знаний и навыков для последующей исследовательской и практической работы с различными объектами.

В курсе представлены методы изучения электрических характеристик; оптические методы измерения параметров; резонансные, электронно-зондовые, ионно-зондовые и другие методы исследования конденсированных материалов.

Материал курса основан на знаниях и представлениях, заложенных в общих курсах по электричеству, оптике, атомной физике, квантовой механике, спецкурсах по физике полупроводников и полупроводниковых приборов.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов – 78; аудиторное количество часов — 26, из них: лекции — 20, контролируемая самостоятельная работа студентов — 6. Форма отчетности — экзамен.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Контролируемая самостоятельная работа	Всего
1	2	3	4	5
1.	Методы изучения электрических характеристик	2		2
2.	Оптические методы измерения параметров	2		2
3.	Резонансные методы исследования	2	2	4
4.	Электронно-зондовые методы исследования	4	2	6
5.	Ионно-зондовые методы исследования. Методы исследования поверхности.	8	2	10
6.	Современный физический эксперимент	2		2
	Итого	20	6	26

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Методы изучения электрических характеристик.

Основные понятия физического эксперимента. Измерение удельного сопротивления: двухзондовый и четырехзондовый методы измерения, метод сопротивления растекания, бесконтактные методы измерения. Измерения э.д.с. Холла и магнитосопротивления. Эффект Холла. Определение концентрации и подвижности носителей заряда. Магниторезистивный эффект. Определение концентрации и подвижности носителей заряда. Квантовый эффект Холла. Вольт-амперная характеристика $p-n$ – перехода. Определение времени жизни неосновных носителей заряда. Вольт-фарадные методы измерения. Метод высокочастотных вольтфарадных характеристик (ВВФХ).

2. Оптические методы измерения параметров.

Оптические константы: коэффициенты отражения, пропускания, поглощения. Спектральные приборы и устройства для исследования оптических свойств: спектрографы, спектрометры, спектрофотометры, приемники излучения. Методы определения параметров путем измерения фотопроводимости. Стационарная фотопроводимость и методика ее измерения. Метод СВЧ-фотопроводимости. Люминесцентные методы исследования: катодоллюминесценция, фотоллюминесценция, электролюминесценция

3. Резонансные методы исследования.

Спектроскопия ЯМР (ядерного магнитного резонанса). Спектроскопия ЭПР (электронного парамагнитного резонанса). Мессбауэровская спектроскопия

4. Электронно-зондовые методы исследования.

Растровая электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Сканирующая оптическая микроскопия ближней зоны. Электронная оже-спектроскопия. Рентгеноспектральный микроанализ. Спектроскопия дальней тонкой структуры рентгеновского поглощения (EXAFS-спектроскопия). Метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).

5. Ионно-зондовые методы исследования. Методы исследования поверхности.

Метод резерфордовского обратного рассеяния. Каналирование и местоположение атомов в кристаллической решетке. Профили распределения концентрации легирующей примеси и дефектов. Применение метода РОР. Метод ядерных (n, α) реакций. Нейтронное глубинное профилирование. Метод PIXE (Particle Induced X-ray Emission). Активационный анализ. Метод вторичной ионной масс-спектрометрии. Метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). Диагностика поверхности методом дифракции электронов. Комбинированное рассеяние света (Рамана эффект). Сравнительный анализ рассмотренных методов.

6. Современный физический эксперимент.

Организация современного физического эксперимента. Система сбора и обработки информации при автоматизации научного эксперимента.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые формы контроля знаний

1. Тестовые задания
2. Реферативные работы

Рекомендуемые темы тестовых заданий

1. Рекомендации по избежанию негативного влияния геометрических эффектов для плоскопараллельных полупроводниковых пластин при измерении удельного сопротивления четырехзондовым методом.
2. Методика измерения фотолюминесценции.
3. Спин-спиновая и спин-решеточная релаксация в методе ЭПР.
4. Спектрометры с дисперсией по длинам волн и с дисперсией по энергиям для рентгеноспектрального микроанализа.
5. Определение профиля распределения примеси в полупроводнике с помощью активационного анализа.
6. Многоканальные АЦП.

Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Емкостной метод измерения удельного сопротивления.
2. Квантовый эффект Холла.
3. Электролюминесценция.
4. Ферромагнитный резонанс.
5. Спектры ЭПР и ЭПР релаксация.
6. Импедансная спектроскопия.
7. Электронная просвечивающая микроскопия.
8. Микроскопия и нанотехнологии.
9. Сравнительные характеристики различных методов исследования поверхности конденсированных материалов.
10. Эффект каналирования в методе Резерфордского обратного рассеяния.
11. Микроконтроллеры в автоматизации научного эксперимента.
12. ИК-спектроскопия.
13. Комбинационное рассеяние света.
14. Масс-спектрометры с отклонением под действием магнитного поля, время-пролетные масс-спектрометры, масс-спектры.
15. Принципы просвечивающей (трансмиссионной) и растровой (сканирующей) электронной микроскопии, зависимость разрешающей способности метода от длины волны электрона.

*Рекомендуемая литература***Основная**

1. *Оджаев, В.Б.* Современные методы исследования конденсированных материалов / В.Б. Оджаев, Д.В. Свиридов, И.А. Карпович, В.В. Понарядов – Мн.: БГУ, 2003. – 82 с.
2. *Павлов, Л.П.* Методы измерения параметров полупроводниковых материалов / Л.П. Павлов – М.: Высшая школа, 1987. – 239 с.
3. *Лукашевич, М.Г.* Изучение гальваномагнитных явлений / М.Г. Лукашевич, А.А. Мазаник, Д.А. Скрипка – Мн.: БГУ, 2004. – 39 с.
4. *Пека, Г.П.* Люминесцентные методы контроля параметров полупроводниковых материалов и приборов / Г.П. Пека, В.Ф. Коваленко, В.Н. Куценко – Киев: Техника, 1986. – 152 с.
5. *Пентин, Ю.А.* Физические методы исследования в химии / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков – М.: Мир, 2006. – 684 с.

Дополнительная

1. *Рембеза, С. И.* Парамагнитный резонанс в полупроводниках / С. И. Рембеза – М.: Металлургия, 1988. - 176 с.

1. *Тушинский, Л.И.* Методы исследования материалов / Л.И. Тушинский, А.В. Плохов, А.О. Токарев, В.И. Синдеев – М.: Мир, 2004. – 465 с.

2. *Бегунов, А.А.* Физико-химические измерения состава и свойств веществ / А.А. Бегунов, Л.А. Конопелько – М.: Издательство стандартов, 1984. – 144с.

3. *Фелдман, Л.* Основы анализа поверхности и тонких пленок / Л. Фелдман, Д. Майер – М.: Мир, 1989. – 342 с.

4. *Оджаев, В.Б.* Ионная имплантация полимеров / В.Б. Оджаев, И.П. Козлов, В.Н. Попок, Д.В. Свиридов – Мн.: БГУ, 1998. – 197 с.

5. *Толстой, Н.А.* Методы УВИ и ИК спектроскопии нанослоев / Н.А. Толстой – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1998. – 223 с.

6. *Журавлев, Л.Г.* Физические методы исследования металлов и сплавов / Л.Г. Журавлев, В.И. Филатов. - Челябинск: ЮУрГУ, 2004. – 157 с.

7. *Холмецкий, А.А.* Мёсбауэрские концентратомеры / А.А. Холмецкий, О.В. Мисевич – Мн.: Университетское, 1992.- 96 с.

8. *Горелик, С.С.* Рентгенографический и электронно-оптический анализ / С.С. Горелик, Ю.А. Скаков, Л.Н. Расторгуев – М.: МИСИС, 1994, - 327 с.