

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

(подпись)

29.06.2016

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-2390/уч.

НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий

Минск 2016

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 07-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08. 2013 № 88; учебных планов №G31-143/уч. и №G31и-179/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

М. Г. Лукашевич — профессор кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 12 от мая 2016);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 31 мая 2016 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Нанoeлектроника" разработана для специальности 1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий.

Цель учебной дисциплины — ознакомление студентов с основами физики электронных состояний и процессов в ограниченных электронных системах при проявлении классических и квантовых размерных эффектов. Основные *задачи учебной дисциплины* — дать представление об особенностях электрических, магнитных, гальваномагнитных и оптических свойств низкоразмерных систем и определяющих их причинах, сферах использования наноматериалов.

Физика электронных состояний и процессов в системах с размерным ограничением является интенсивно развивающимся направлением современного естествознания. Она предъявляет повышенные требования к фундаментальной подготовке специалистов. Курс призван, с одной стороны, основываясь на классических представлениях об электрических, магнитных, гальваномагнитных и оптических свойствах твердых тел максимально широко отразить особенности размерной зависимости электронных состояний и процессов, и с другой — выявить общие закономерности, лежащие в основе процессов протекающих в системах с пониженной размерностью.

Изучаются процессы переноса носителей заряда, магнитные и гальваномагнитные свойства при разных механизмах проводимости, а также оптические свойства наноструктурированных материалов на основе диэлектриков, полупроводников и металлов, анализируются особенности применения низкоразмерных систем в электронике, магнитоэлектронике и спинтронике и других областях техники.

Учебная дисциплина относится к циклу специальных дисциплин и взаимодействует со следующими дисциплинами: «Фундаментальные основы нанотехнологий», «Методы диагностики наноструктур и наноматериалов».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– основные представления физики электронных состояний и процессов в ограниченных системах;

– особенности электронных процессов переноса в наноструктурированных средах с магнитным упорядочением

– основные области применения наноструктур;

уметь:

– прогнозировать электрические, магнитные, гальваномагнитные и оптические свойства наноматериалов, исходя из данных об их составе и структуре;

владеть:

– основными физическими законами, дающими описание изменения электронных состояний и процессов переноса при изменении размерности системы.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Академические компетенции:

1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
2. Владеть системным и сравнительным анализом.
3. Владеть исследовательскими навыками.
4. Уметь работать самостоятельно.
5. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
6. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
7. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

1. Быть способным к социальному взаимодействию.
2. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
3. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
4. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики электронных состояний и процессов в ограниченных системах, методов исследования физических объектов, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы.

2. Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку эксплуатационных параметров приборов и структур с размерным ограничением.

3. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

4. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической и научно-педагогической работы.

6. Использовать новейшие открытия в физике, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов.

7. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

Форма получения высшего образования — очная, дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 70, из них количество аудиторных часов — 44.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и лабораторных работ.

На проведение лекционных занятий отводится 26 часов, на лабораторные занятия — 18 часов.

Занятия проводятся на 4-м курсе в 7-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — зачет (7 семестр).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Электрические, магнитные, гальваномагнитные и оптические свойства твердых тел.

- 1.1. Зонная структура энергетического спектра носителей заряда важнейших материалов электронной техники.
- 1.2. Электронные состояния и процессы в твердых телах. Основные механизмы переноса носителей заряда в твердых телах.
- 1.3. Переход диэлектрик-металл. Процессы слабой локализации на металлической стороне перехода.
- 1.4. Электрические и оптические эффекты в твердом теле во внешнем магнитном поле.

2. Электронные состояния и процессы в ограниченных системах

- 2.1. Классические характеристические длины носителей заряда и проявление на них размерных эффектов.
- 2.2. Энергетический спектр и плотность разрешенных состояний в размерно квантованных системах.
- 2.3. Квантовые размерные эффекты и их проявление в явлениях переноса электронов.

3. Спиновые эффекты в характеристиках ограниченных электронных систем.

- 3.1. Магнетизм и суперпарамагнетизм. Гальваномагнитные явления.
- 3.2. Особенности гальваномагнитных явлений в магнитоупорядоченных средах, спинзависимое рассеяние и туннелирование.
- 3.3. Гигантский и туннельный магниторезистивный эффекты, спиновый эффект Холла. Физические основы спинтроники.

4. Оптические свойства электронных систем с ограниченной размерностью

- 4.1. Поглощение и отражение электромагнитного излучения в низкоразмерных системах.
- 4.2. Поверхностный плазмонный резонанс. Экстинкция света.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	<i>Электрические, магнитные, гальваномагнитные и оптические свойства твердых тел.</i>	8							
1.1	Вводное занятие. Место дисциплины в образовательной программе специальности «Физика наноматериалов и нанотехнологий». Формирование зонной структуры энергетического спектра электронов кристаллических твердых тел. Зонная структура важнейших материалов электронной техники.	2					[1], [3], [5] [6], [9], [14]	Письменный опрос для определения исходного уровня зна- ний	
1.2	Электронные состояния и процессы в твердых телах. Основные механизмы переноса носителей заряда в твердых телах.	2					[5] [11], [13]		
1.3	Переход диэлектрик-металл. Процессы слабой локализации на металлической стороне перехода.	2					[1] [6], [14]		
1.4	Электрические и оптические эффекты в твердом теле во внешнем магнитном поле. Изменение энергетического спектра и плотности разрешенных электронных состояний в магнитном поле. Классические и квантовые магнитные поля. Ультраквантовый предел.	2					[11] [13]		
2	Электронные состояния и процессы в ограниченных системах	6							
2.1	Классические характеристические длины носителей заряда и проявление на них размерных эффектов в электрических, магнитных и оптических свойствах.	2					[3], [5] [6]		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Киреев П.С. Физика полупроводников. М., 1975.
2. Абрикосов А. А. Основы теории металлов. М., 1987.
3. Аскеров Б.М. Электронные явления переноса в полупроводниках. М., 1985.
4. Блатт Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах. М.: Мир, 1971.-470 с.
5. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990. -688 с.
6. Зеегер К. Физика полупроводников. М.: Мир, 1977.
7. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978. -791 с.
8. Ридли Б. Квантовые процессы в полупроводниках. М.: Мир, 1986.
9. Слэтер Дж. Диэлектрики, полупроводники, металлы. М., 1969.
10. Смит Р. Полупроводники. М., 1982.
11. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука. 1979. -416 с.
12. Имри И. Введение в мезоскопическую физику. – М.: Физматлит, 2002. – 304 с.
13. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах. М.: Физматлит, 2003. – 174 с.
- Цидильковский И.М. Электроны и дырки в полупроводниках М. 1972.
15. Шик, А.Я. Физика низкоразмерных систем / А.Я. Шик, Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А..— СПб.: Наука, 2001.— 160 с.
16. Андриевский, Р. А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля.— М.: Издательский центр «Академия», 2005.— 192 с.
- 17.Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника / А.Н. Игнатов.— СПб.: Издательство «Лань», 2011.— 544 с.
- 18.Gaponenko, S.V. Introduction to nanophotonics / S.V. Gaponenko. – Cambridge : Cambridge Univ. Press, 2010. – 484 p.
19. Campbel, I. A. Transport properties of ferromagnets / I. A. Campbel, A. Fert //Ferromagnetic materials: Vol. 3. / Ed. E. P. Wohlfarth. - Amsterdam, 1982. – P. 741 – 804.
20. Kreibig, U. Optical properties of metal clusters / U. Kreibig, M. Vollmer. – Berlin: Springer, 1995. – 532 p.
21. Лукашевич, М. Г. Введение в магнитоэлектронику: курс лекций / М. Г. Лукашевич. - Минск: Изд-во БГУ, 2004. – 69 с.
22. Вонсовский, С. В. Магнетизм / С. В. Вонсовский. – М.: Наука, 1971. – 1031 с.

Дополнительная

1. Туннельные явления в твердых телах / Под. ред. Э. Бурштейна и С. Лундквиста. М.: Мир, 1973. -421 с.
2. Квантовый эффект Холла /Под ред. Р. Прейенджа, С. Гирвина. – М.: Мир, 1989. – 404 с.
3. Молекулярно – лучевая эпитаксия и гетероструктуры / Под ред. Л. Ченга, К. Плога. – М.: Мир, 1989. – 582 с.
4. Гантмахер В. Ф. Рассеяние носителей тока в металлах и полупроводниках. – М.: Наука, 1984. – 351 с.
5. Херман, М. Полупроводниковые сверхрешетки / М. Херман.— М.: Мир, 1989.— 240 с.
6. Мартинес-Дуарт, Дж. М. Наноэлектроника / Дж.М. Мартинес-Дуарт, Р.Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда.— М.: Техносфера, 2007.— 368 с.
7. Оптические свойства наноструктур / Л.Е. Воробьев, Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А.— СПб.: Наука, 2001.— 188 с.
8. Демиховский, В. Я. Физика квантовых низкоразмерных структур / В.Я. Демиховский, Г. А. Вугальтер.— М.: Логос, 2000.— 248 с.
9. Забродский, А. Г. Электронные свойства неупорядоченных систем / Забродский А.Г., С.А. Немов, Ю.И. Равич.— С.-Петербург: Наука, 2000.— 72 с.
10. Грюнберг, П. А. От спиновых волн к гигантскому магнетосопротивлению и далее / П.А. Грюнберг // УФН.— 2008.— Т. 178, № 12.— С. 1349—1358.
11. Ферт, А. Происхождение, развитие и перспективы спинтроники / А. Ферт // УФН.— 2008.— Т. 178, № 12.— С. 1336—1348.
12. фон Клитцинг, К. Квантованный эффект Холла / К. фон Клитцинг // УФН.— 1986.— Т. 150, № 1.— С. 107—126.
13. Нагаев, Э. Л. Малые металлические частицы / Э.Л. Нагаев // УФН.— 1992.— Т. 162, № 9.— С. 49—124.
14. Штёрмер, Х. Дробный квантовый эффект Холла / Х. Штёрмер // УФН.— 2000.— Т. 170, № 3.— С. 304—319.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Устные опросы;
2. Реферативные работы.

Примерная тематика реферативных работ

1. Классический и квантовый размерный эффект.
2. Парамагнетизм и суперпарамагнетизм.
3. Магниторезистивный эффект при зонном механизме переноса электронов.
4. Магниторезистивный эффект в режиме слабой локализации.
5. Магниторезистивный эффект в режиме прыжковой проводимости.
6. Магнитооптические свойства в квантовом пределе.
7. Целочисленный и дробный квантовый эффект Холла.
8. Спин-вентильная система.
9. Поверхностный плазмонный резонанс.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Итоговая аттестация по дисциплине осуществляется на зачете. Для текущего контроля и самоконтроля знаний по данной дисциплине рекомендуется использовать написание реферативных работ и устные опросы по разделам дисциплины. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные и учебные издания. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Фундаментальные основы нанотехнологий	Кафедра физики полупроводников и наноэлектроники	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать утверждение в представленном варианте протокол №12 от 25.05.2016
Методы диагностики наноструктур и наноматериалов	Кафедра физики полупроводников и наноэлектроники	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать утверждение в представленном варианте протокол №12 от 25.05.2016

