

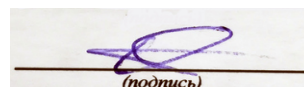
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись)

И.С.Огнев

« 23 » мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Поляритоны в полупроводниках и низкоразмерных структурах»

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль)
«Интегральная электроника и нанoeлектроника»

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 5

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года,

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

- Ознакомление с теорией и экспериментальными работами в области резонансного взаимодействия света с экситонами в полупроводниковых кристаллах и низкоразмерных структурах.
- Расширение знаний в области физики полупроводников.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина изучается в шестом семестре и является факультативной.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

| Формируемая компетенция (код и формулировка) | Индикатор достижения компетенции (код и формулировка) | Перечень планируемых результатов обучения |
|--|---|---|
| Общепрофессиональные компетенции | | |
| ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования. | ИД-ПК-1.1 Умеет строить физические и математические модели процессов, приборов, блоков в области электроники и нанoeлектроники. | Знать: <ul style="list-style-type: none">- основные положения теории экситонов, приближение экситонов большого радиуса в полупроводниковых кристаллах;- основы теории поляритона в полуклассической модели;- проблемы граничных условий;- основные экспериментальные результаты в рассматриваемой области. Уметь: <ul style="list-style-type: none">- самостоятельно изучать литературу по теме, включая оригинальные публикации в научных журналах. |
| | ИД-ПК-1.2 Обладает навыками компьютерного моделирования. | Знать: <ul style="list-style-type: none">- представления об экситонных поляритонах в сверхрешетках. Владеть навыками: <ul style="list-style-type: none">- поиска информации в открытых сетевых источниках;- разработки и программной реализации расчетов экситонных спектров. |

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

| № п/п | Темы (разделы) дисциплины, их содержание | Семестр | Виды учебных занятий, включая самостоятельную ра- боту студентов, и их трудоемкость (в академических часах) | | | | | | Формы текущего кон- троля успеваемости |
|----------|--|---------|---|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|---|
| | | | Контактная работа | | | | | | Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
| | | | лекции | практические | лабораторные | консультации | аттестационные испытания | самостоятельная работа | |
| 1 | Экситоны в кристаллах. | | 2 | | | | | 6 | Устный опрос. |
| 2 | Поляритон Хуана Куня. Экситонный поляритон. | | 2 | | | | | 6 | Устный опрос. |
| 3 | Пространственная дис- персия. | | 3 | | | | | 10 | Устный опрос. |
| 4 | Экспериментальные наблюдения поляритон- ных эффектов. | | 2 | | | | | 6 | Устный опрос. |
| 5 | Интегральные поляритон- ные эффекты. | | 3 | | | | | 10 | Устный опрос. |
| 6 | Размерное квантование механического экситона в кристаллическом слое. | | 3 | | | 1 | | 8,7 | Устный опрос. |
| 7 | Поляритоны в сверхре- шетках. | | 2 | | | 1 | | 6 | Устный опрос. |
| | Аттестация | | | | | | 0,3 | | |
| | Всего | | 17 | | | 2 | 0,3 | 52,7 | Зачет |

Содержание разделов дисциплины:

1. Экситоны в кристаллах.

Электронные возбуждения в кристаллах. Экситоны малого радиуса (экситоны Френкеля). Экситоны большого радиуса (экситоны Ванье-Мотта). Экситоны в полупроводниках. Фононовая диэлектрическая проницаемость. Приведенная и трансляционная эффективная масса. Экситонные серии. Открытие экситонов в спектрах поглощения закиси меди. Недостаточность модели механического экситона.

2. Поляритон Хуана Куня. Экситонный поляритон.

Колебательные возбуждения в кристаллах. Оптическая и акустическая ветви. Взаимодействие колебаний оптической ветви с переменным электромагнитным полем. Механический осциллятор под действием внешнего электромагнитного поля. Механический осциллятор с учетом создаваемого им электромагнитного поля. Поляритон Хуана Куня. Фононы. Колебательный поляритон в полуклассической модели.

Резонансное взаимодействие света с экситоном. Экситонный поляритон.

3. Пространственная дисперсия.

Дисперсия зоны механического экситона. Добавочные волны Пекара. Проблема дополнительных граничных условий. Отражение и преломление на границе кристалла в экситонной области спектра с учетом пространственной дисперсии. Мертвый слой на поверхности кристалла. Отражение и пропускание кристаллического слоя при наличии добавочных поляритонных волн. Уравнение для волны экситонной поляризации (модель Хапфилда-Томаса).

4. Экспериментальные наблюдения поляритонных эффектов.

Спектры отражения и фазы отраженного света. Интерференционные спектры отражения тонких монокристаллических слоев. Прямое наблюдение дисперсии поляритонных зон в спектрах бриллюэновского рассеяния. Разделение обычной и добавочной волн во времени в пикосекундных импульсах. Пространственное разделение обычной и добавочной волн в клиновидном кристалле.

5. Интегральные поляритонные эффекты.

Проблема нарушения дисперсионных соотношений Крамерса-Кронига в области экситонных резонансов. Температурная зависимость интегрального поглощения вблизи изолированной экситонной линии. Количественное описание отклонений классических амплитудно-фазовых дисперсионных соотношений от опыта, а также объяснение температурной зависимости интегрального поглощения.

6. Размерное квантование механического экситона в кристаллическом слое.

Размерно-квантованные состояния механических экситонов в прямоугольной потенциальной яме и их взаимодействие со светом. Эквивалентность результата для резонансного взаимодействия размерно-квантованных состояний со светом и дисперсии пекаровских поляритонных волн.

7. Поляритоны в сверхрешетках.

Поляритоны в полупроводниковых сверхрешетках. Метод эффективной дисперсии. Метод матриц переноса.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Академическая лекция – изложение материала, в форме монолога преподавателя с ответами на вопросы студентов по мере их возникновения. Излагаемый материал выстраивается последовательно в соответствии с программой курса.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Давыдов А. С. Теория твердого тела: учеб. пособие для вузов. / А. С. Давыдов; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Наука, 1976. - 639 с.

https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=483350

2. Воробьев Л.Е., Оптические свойства наноструктур: Учебное пособие для вузов. / Л.Е.Воробьев и др - СПб.: Наука, 2001. - 188с.

б) дополнительная литература

1. Силин А.П. Полупроводниковые сверхрешетки. – УФН, 1985, т. 147, вып. 3, с. 485-521.

2. Московский С.Б. Интерференционное отражение и пропускание света тонкими кристаллическими пластинками в экситонной области спектра при учете пространственной дисперсии и безэкситонных слоев на поверхностях // Ярославль, изд-во ЯГПУ, 2004, 40 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ

(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru).

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

Автор(ы) :

Профессор кафедры микроэлектроники
и общей физики, д.ф.-м.н.

(подпись) С.Б. Московский

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Поляритоны в полупроводниках и низкоразмерных структурах»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, ха-
рактеризующих этапы формирования компетенций**

Задания для самостоятельной работы

Дисциплина является **факультативной**, поэтому ее посещение и прохождение текущего и итогового контроля не являются обязательными для студентов.

В процессе прохождения дисциплины преподаватель дает задания для самостоятельной работы, которые включают изучение отдельных разделов (параграфов) из учебных и научных изданий, представленных в списке основной и дополнительной литературы, а также журнальных статей, оттиски которых могут быть предоставлены преподавателем.

Зачет выставляется по результатам индивидуальных консультаций в конце семестра.