

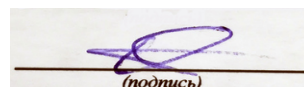
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ПК-1</b> 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.	<b>ИД-ПК-1.1</b> Умеет строить физические и математические модели процессов, приборов, блоков в области электроники и нанoeлектроники.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные положения теории экситонов, приближение экситонов большого радиуса в полупроводниковых кристаллах;</li><li>- основы теории поляритона в полуклассической модели;</li><li>- проблемы граничных условий;</li><li>- основные экспериментальные результаты в рассматриваемой области.</li></ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- самостоятельно изучать литературу по теме, включая оригинальные публикации в научных журналах.</li></ul>
	<b>ИД-ПК-1.2</b> Обладает навыками компьютерного моделирования.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- представления об экситонных поляритонах в сверхрешетках.</li></ul> <b>Владеть навыками:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- поиска информации в открытых сетевых источниках;</li><li>- разработки и программной реализации расчетов экситонных спектров.</li></ul>

#### 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  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			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. Фо-  
новая диэлектрическая проницаемость. Приведенная и трансляционная эффективная мас-  
са. Экситонные серии. Открытие экситонов в спектрах поглощения закиси меди. Недоста-  
точность модели механического экситона.

##### 2. Поляритон Хуана Куня. Экситонный поляритон.

Колебательные возбуждения в кристаллах. Оптическая и акустическая ветви. Взаимодей-  
ствие колебаний оптической ветви с переменным электромагнитным полем. Механиче-  
ский осциллятор под действием внешнего электромагнитного поля. Механический осцил-  
лятор с учетом создаваемого им электромагнитного поля. Поляритон Хуана Куня. Фоно-  
ны. 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](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](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).

2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://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.