

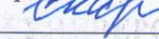
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

 Е.И. Скафа
« 17 » апреля 2019 г.



Рабочая программа учебной дисциплины

«ТОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ И КАЧЕСТВО ПОЛУПРОВОДНИКОВ»

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Магистерская программа: Физика конденсированного состояния

Программа подготовки: Магистратура

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Донецк 2019

УТВЕРЖДАЮ:

Врио декана физико-технического
факультета

С.А.Фоменко

«10» апреля 2019 г.

мп



Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 913.

Программа учебной дисциплины «ТОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ И КАЧЕСТВО ПОЛУПРОВОДНИКОВ» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 300, зарегистрированного в Министерстве юстиции ДНР от 22 апреля 2016 г. № 1195, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 07 августа 2015 г. № 380 (с изменениями и дополнениями от 30 октября 2015 г. № 750), учебного плана по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: Физика конденсированного состояния), утвержденного Ученым Советом Университета от 02.04.2019 г., протокол № 3 и основной образовательной программы, утвержденной приказом ректора (№ 102/05 от 31.05. 2019 г.).

Разработчик:

Профессор, канд. физ-мат наук,
профессор кафедры теоретической
физики и нанотехнологий

Иваницын Н.П.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол № 17 от « 04 » апреля 2019 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий  Варюхин В.Н

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 4 от « 08 » апреля 2019 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

Котенко В.Н.

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Курс «ТОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ И КАЧЕСТВО ПОЛУПРОВОДНИКОВ» является дисциплиной по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния).

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой теоретической физики и нанотехнологий. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Физика твердого тела», «Новые магнитные, оптические и полупроводниковые материалы», «Радиофизическая электроника», «Кристаллофизика, теория и методы структурного анализа», «Электронная микроскопия и рентгенография материалов», «Структурообразование и явления переноса в кристаллах и тонких пленках».

Полученные знания используются студентами во время выполнения научно-исследовательской работы при написании магистерской диссертации.

2. Структура дисциплины

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	03.04.02 Физика	
Магистерская программа	Физика конденсированного состояния	
Программа подготовки	магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	1	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	
Год подготовки	2	
Семестр	3	
Количество часов	144	
- лекционных	6	
- практических, семинарских	42	
- лабораторных		
- самостоятельной работы	96	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	4	
в т.ч. аудиторных	4	

3. Описание дисциплины

Цели и задачи

Цели и задачи дисциплины: знакомство студентов с несовершенствами строения реальных кристаллов полупроводников и причинами образования дефектов структуры в полупроводниковых материалах; формирование у студентов представления о взаимосвязи реальной структуры и свойствами полупроводникового материала; приобретение практических навыков использования реальных полупроводниковых материалов в микро- и оптоэлектронике.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины «ТОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ И КАЧЕСТВО ПОЛУПРОВОДНИКОВ» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 03.04.02 Физика и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния):

а) общекультурных (ОК):

способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3).

б) общепрофессиональных (ОПК):

готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственных языках Донецкой Народной Республики и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);
способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ (ОПК-3);
способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности (ОПК-4);
способностью использовать свободное владение профессионально профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки (ОПК-5);
способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе (ОПК-6);
способностью демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики (ОПК-7).

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская деятельность:

способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1);

научно-инновационная деятельность:

способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);
способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3);

организационно-управленческая деятельность:

способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции (ПК-4);
способностью использовать навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (ПК-5);

педагогическая деятельность:

способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата

в области физики (ПК-6);
 способностью руководить научно-исследовательской деятельностью в области физики обучающихся по программам бакалавриата (ПК-7).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен
знать:

- основы физики и термодинамики реальных полупроводниковых материалов;
- особенности различных дефектов структуры, причин их образования в кристаллической решетке полупроводника и влияния дефектов на свойства полупроводниковых материалов и приборов;

уметь:

- использовать методы физики твердого тела, термодинамики и физической химии для анализа дефектных полупроводников;

владеть:

- основами анализа свойств реальных полупроводниковых материалов и их применения.

4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
	<i>Содержательный модуль</i>
<i>Тема 1. Введение.</i>	Введение. Несовершенства строения реальных кристаллов полупроводников, дефекты атомной структуры и физические свойства полупроводниковых материалов.
<i>Тема 2. Классификация дефектов</i>	Классификация дефектов, типы дефектов.
<i>Тема 3. Причины образования дефектов</i>	Причины образования дефектов в полупроводниках: отклонение состава материала от стехиометрического при выращивании ("биографические" или "ростовые" дефекты), термическая обработка ("термодефекты"), пластическая деформация ("дефекты пластической деформации"), радиационное воздействие ("радиационные дефекты").
<i>Тема 4. Характеристики дефектов</i>	Точечные дефекты. Собственные дефекты решетки, энергия образования и миграции дефектов, равновесие дефектов, заряженные и нейтральные дефекты, электронейтральность и компенсация заряда, структуры разрыхления (дефекты Шоттки), смещения (Френкеля), междоузельные атомы, антиструктурные дефекты, дивакансии, примеси (замещения, внедрения), взаимодействие дефектов, комплексные центры, пересыщение кристалла дефектами, идеальные и неидеальные дефекты, эффект

	Яна - Теллера, U+(U-) – центры.
--	---------------------------------

Тематический план

Содержательный модуль												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Введение.	35	1	10		24							
Тема 2. Классификация дефектов	37	2	11		24							
Тема3. Причины образования дефектов	36	2	10		24							
Тема 4. Характеристики дефектов	36	1	11		24							
Итого по содержательному модулю	144	6	42		96							
Всего часов по дисциплине	144	6	42		96							

5.Методические рекомендации для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.

Практические не предусмотрены учебным планом.

ТЕМЫ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Введение.	1
2	Классификация дефектов	2

3	Причины образования дефектов	2
4	Характеристики дефектов	1
	ВСЕГО	6

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Структура дислокаций в полупроводниковых кристаллах	10
2	Подвижность дислокаций в полупроводниках	11
3	Дислокационные механизмы двойникования	10
4	Движение дислокаций в полупроводниках	11
	ВСЕГО	42

6. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Зонная структура германия, кремния и арсенида галлия.	11
2	Определение положения химического потенциала в полупроводниках	11
3	Диффузионно-дрейфовое приближение. Соотношение Эйнштейна	11
4	Время жизни неравновесных носителей. Уравнение непрерывности.	11
5	Амбиполярная диффузия и амбиполярный дрейф. Длина дрейфа	11
6	Механизмы поглощения света в полупроводниках. Поглощение на свободных носителях. Межзонное поглощение света. Экситонные эффекты в поглощении света. Поглощение света в непрямозонных полупроводниках.	11
7	Формула Ричарсона-Дэшмана.	10
8	Контакт Шоттки. Вольт-амперная характеристика контакта Шоттки.	10
9	Омический контакт.	10
	ВСЕГО	96

7. Индивидуальные задания содержатся в методических указаниях.

Темы для выполнения индивидуальной работы

1. Уровни структурной организации твердых фаз
2. Идеальные кристаллы: структурные элементы и виды топологии.
3. Реальные кристаллы: классификация дефектов
4. Типы точечных дефектов: вакансии и междоузлия.
5. Краевые и винтовые дислокации.
6. Структуры кристаллографического сдвига.
7. Равновесие дефектов Шоттки.
8. Равновесие дефектов Френкеля.
9. Механизмы движения краевых дислокаций (скольжение и переползание).

10. Механизмы движения винтовых дислокаций.

8. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Несовершенства строения реальных кристаллов полупроводников.
2. Дефекты атомной структуры.
3. Физические свойства полупроводниковых материалов.
4. Классификация дефектов.
5. Типы дефектов.
6. Биографические" или "ростовые" дефекты
7. "Термодефекты"
8. Дефекты пластической деформации
9. Радиационные дефекты.

9. Образец модульного контроля (ОБРАЗЕЦ ВАРИАНТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Магистерская программа:

физика конденсированного состояния

Программа подготовки:

магистратура

Семестр

3

Учебная дисциплина

**ТОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ И КАЧЕСТВО
ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

**МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
ВАРИАНТ №1**

1. Классификация дефектов.
2. Биографические" или "ростовые" дефекты

Утверждено на заседании кафедрой теоретической физики и нанотехнологий,

протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой

Преподаватель

Критерии оценивания модульного контроля

Номер задания	Количество баллов
Задание 1	15
Задание 2	15
Всего	30

10. Образец экзаменационного билета (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ, ОБРАЗЕЦ БИЛЕТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)

Теоретические вопросы к экзамену

1. Структура идеальных и реальных (дефектных) кристаллов.
2. Разновидности дефектов в твердых телах
3. Классификация твердых тел. Уровни структурной организации твердых фаз
4. Идеальные кристаллы.
5. Реальные кристаллы: классификация дефектов
6. Точечные дефекты
7. Линейные дефекты
8. Поверхностные дефекты
9. Объемные дефекты
10. Образование и развитие структурных дефектов в кристаллах
11. Влияние дефектов на свойства материалов
12. Температура плавления реальных кристаллов
13. Центры окраски в твердых фазах
14. Влияние дефектов на транспортные свойства твердых тел
15. Механизмы и основные закономерности диффузии
16. Хаотическая диффузия
17. Коэффициент хаотической диффузии
18. Зависимость коэффициента хаотической диффузии кислородных вакансий от температуры и давления кислорода

Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Магистерская программа:

физика конденсированного состояния

Программа подготовки:

магистратура

Семестр

3

Учебная дисциплина

**ТОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ И КАЧЕСТВО
ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

БИЛЕТ №1

1. Идеальные кристаллы.
2. Реальные кристаллы: классификация дефектов
3. Точечные дефекты.

Утверждено на заседании кафедрой теоретической физики и нанотехнологий, протокол

№ ____ от “__” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____

Экзаменатор _____

Критерии оценивания экзамена

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20

Всего	50 баллов
--------------	------------------

11. Образец тестового задания (при наличии)

12. Критерии оценивания

По курсу «ТОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ И КАЧЕСТВО ПОЛУПРОВОДНИКОВ» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамен. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

Распределение баллов, которые могут получить студенты в процессе изучения дисциплины

Организационно учебная работа студента	СРС	
	Индивидуальная работа	Модульный контроль
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

13. Материально-техническое обеспечение учебного процесса.

Учебные занятия проводятся в учебной аудитории №306 (оборудована комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, комплектом рабочего места преподавателя, меловой доской) и учебной лаборатории №313 «Электронной микроскопии» (оборудована комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя).

14. Рекомендованная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1	Игнатенко, П. И. Физика прочности и пластичности кристаллов : учеб. пособие / П. И. Игнатенко, Н. П. Иваницын ; Донец. нац. ун-т. - Донецк : ДонНУ, 2005. - 277	97	

	с.		
2	Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии : [учеб. пособие] / [Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др.] ; Харьковский нац. ун-т им. В. Н. Каразина. - Харьков : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. - 209 с.	1	
3	Буравлев, Ю. М. Основы инженерии поверхности металлических деталей и конструкций : [учебное пособие] / Ю. М. Буравлев, Н. П. Иваницын, А. Г. Милославский ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет. - Донецк : ГОУ ВПО "ДонНУ", 2017. - 251 с.	6	+
4	Милославский А.Г. Конспект лекций по курсу «Основы процессов микро- и нанотехнологий». – Донецк: ДонНУ, 2018. -246 с.	2	
5	Терехов, С. В. Физика нанообъектов : [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин ; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк : ДонНУ, 2013. – 418 с.	4	
6	Пашинская, Е. Г. Физика деформированных сред: учебное пособие для студентов специальности 03.03.02 "Физика" / Е. Г. Пашинская, В. Н. Варюхин ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2017. - 173 с.	9	
7	Терехов, С. В. Вариационные принципы классической механики / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин, А. Г. Петренко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ГОУ ВПО "ДонНУ", 2018. - 52 с.	6	
8	Нанотехнологии и специальные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140140 - Техн. физика / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Воложанина, А. П. Петкова ; под ред. Ю. П. Солнцева. - Санкт-Петербург : Химиздат, 2009. - 334, [1] с.	1	
9	Нанотехнологии : азбука для всех / Н. С. Абрамчук, С. М. Авдошенко, А. Н. Баранов и др. ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - 2-е изд. - Москва : Физматлит, 2009. - 365 с.	4	
10	Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учеб. пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) - Химия / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин. - Москва : Физматлит, 2010.	1	
11	Рамбиди Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 454 с.	2	

12	Головин Ю. И. Введение в нанотехнику. - М.: Машиностроение, 2007. – 493 с.	2	
13	Методические указания к лабораторным работам по спецкурсу «Теория и методы структурного анализа (для студентов специальности 6.040203)» / А.Н. Троцан, С. В.Чертопалов, Г.В. Тимофеева. – Донецк: ДонНУ, 2013. – 94 с.	3	
14	Фостер, Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер ; пер. с англ. А. В. Хачоян. - М. : Техносфера, 2008. - 349 с.	4	
<i>Дополнительная література</i>			
15	Ковшов А. Н. Основы нанотехнологии в технике : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных пр-в"; "Автоматизированные технологии и пр-ва" / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов. - Москва : Академия, 2009. - 239 с.	2	
16	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Изд. 2-е. - Москва : Физматлит, 2009. - 414 с.	6	
17	Игнатенко, П. И. Кинетика образования и роста критических зародышей в наноструктурных пленках боридов, нитридов и силицидов / П. И. Игнатенко, Н. П. Иваницын // Физика твердого тела. - Санкт-Петербург, 2012. - Т. 54, № 12. - С. 2378-2382.	1	
18	Тихий, А. А. Учет сложной структуры поверхности при интерпретации результатов эллипсометрических измерений тонких прозрачных пленок на примере оксида Индия (III) / А. А. Тихий, Ю. М. Николаенко, М. Ю. Бадекин, В. Н. Саяпин, Н. П. Иваницын, И. В. Жихарев // Вестник Донецкого национального университета [Текст] : научный журнал. Серия А. Естественные науки / Донецкий нац. ун-т ; редкол. серии: С. В. Беспалова (гл. ред.) и др. - Донецк. - 2017, № 3. - С. 112-117.	1	

15. Информационные ресурсы (с указанием названия и полного электронного адреса)

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

<http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки ДонНУ.

<http://library.donnu-support.ru/catalog/scripts/wek2.exe/mb> - Электронный каталог ДонНУ:

16. Программное обеспечение (при наличии)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 201____ год.
 Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____