

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

«Утверждаю»

Проректор по научной работе

_____ С.В. Белим

«_____» _____ 2017 г.

Программа вступительного испытания
в аспирантуру по направлению
03.06.01 Физика и астрономия

Дисциплина по профилю подготовки:

Физика полупроводников

Омск
2017

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры Прикладной и медицинской физики

И.о. зав. кафедрой _____

/М.Г. Потуданская/

Программа составлена доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры прикладной и медицинской физики Козловым А.Г.

Перечень вопросов вступительного испытания в аспирантуру по специальности Физика полупроводников

1. Химическая связь и атомная структура полупроводников.

Электронная конфигурация внешних оболочек атомов и типы сил связи в твердых телах. Ван-дер-ваальсова, ионная и ковалентная связь. Структуры важнейших полупроводников.

Симметрия кристаллов. Трансляционная симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Решетка Браве. Обозначение узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.

Примеси и структурные дефекты в кристаллических и аморфных полупроводниках. Химическая природа и электронные свойства примесей. Точечные, линейные и двумерные дефекты.

2. Методы определения параметров полупроводников.

Основные методы определения параметров полупроводников: ширины запрещенной зоны, подвижности и концентрации свободных носителей, времени жизни неосновных носителей, концентрации и глубины залегания уровней примесей и дефектов.

3. Основы зонной теории полупроводников.

Основные приближения зонной теории. Волновая функция электрона в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Энергетические зоны.

Управления движения электронов и дырок во внешних полях. Метод эффективной массы. Искривление энергетических зон в электрическом поле.

Уровни энергии, создаваемые примесными центрами в полупроводниках. Доноры и акцепторы. Мелкие и глубокие уровни. Водородоподобные примесные центры.

4. Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Функция распределения электронов. Концентрация электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. Невырожденный и вырожденный электронный (дырочный) газ. Концентрации электронов и дырок на локальных уровнях. Факторы вырождения примесных состояний.

5. Кинетические состояния в полупроводниках.

Кинетические коэффициенты – проводимость, постоянная Холла и термо-ЭДС. Дрейфовая скорость, дрейфовая и Холла. Дрейфовый и диффузионный ток. Соотношение Эйнштейна.

Механизмы рассеяния носителей заряда в неидеальной решетке. Взаимодействие носителей заряда с акустическими и оптическими фононами. Рассеяние носителей заряда на заряженных и нейтральных примесях.

6. Рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках.

Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Квазиравновесие, квазиуровни Ферми. Уравнение кинетики рекомбинации. Времена жизни. Фотопроводимость.

7. Контактные явления в полупроводниках.

Схема энергетических зон в контакте металл-полупроводник. Обогащенные, обедненные и инверсионные слои пространственного заряда вблизи контакта. Вольт-амперная характеристика барьера Шоттки.

Энергетическая диаграмма p-n перехода. Инжекция неосновных носителей заряда в p-n переходе.

8. Свойства поверхности полупроводников.

Поверхностные состояния и поверхностные зоны. Искривление зон, распределение заряда и потенциала вблизи поверхности. Поверхностная рекомбинация. Эффект поля.

9. Оптические явления в полупроводниках.

Комплексная диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, коэффициент отражения, коэффициент поглощения. Связь между ними и соотношения Крамерса-Кронига.

Межзонные переходы. Край собственного поглощения в случае прямых и непрямых, разрешенных и запрещенных переходов. Экситонное поглощение и излучение. Спонтанное и вынужденное излучение. Поглощение света на свободных носителях заряда.

10. Некристаллические полупроводники.

Аморфные и стеклообразные полупроводники. Структура атомной матрицы некристаллических полупроводников. Идеальное стекло. Гидрированные аморфные полупроводники.

Особенности электронного энергетического спектра неупорядоченных полупроводников. Плотность состояний. Локализация электронных состояний. Щель подвижности.

11. Принципы действия полупроводниковых приборов.

Вольтамперная характеристика p-n перехода. Приборы с использованием p-n переходов. Туннельный диод. Диод Ганна. Биполярный транзистор. Тиристор.

Энергетическая диаграмма структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Полевые транзисторы на МДП-структурах. Приборы с зарядовой связью.

Регламент проведения вступительного испытания.

Консультация по содержанию, регламенту, форме проведения вступительного экзамена, а также критериям оценивания экзаменационных ответов проводится, как правило, за один-два дня до назначенной даты проведения экзамена.

Экзамен проводится в устной форме. Каждый допущенный к экзамену получает билет, содержащий 3 вопроса из «Перечня вопросов ...». Вопросы билета выбираются случайным образом так, чтобы в одном билете были вопросы, относящиеся к разным разделам физики полупроводников. Свои ответы участвующие в экзамене письменно фиксируют на выданных листах, затем происходит собеседование. В процессе собеседования экзаменаторы могут задавать дополнительные вопросы по темам, входящим в билет. Время на подготовку – 60 минут. Абитуриент, по согласованию с комиссией, может отвечать раньше, чем через 60 минут после начала подготовки ответа. В представленном листе ответа должны быть сформулированы основные законы, относящиеся к заданному вопросу, математические формулы, выражающие эти законы, необходимые рисунки и графики. В ходе подготовки к ответу категорически запрещается пользоваться любой литературой, в том числе справочной. Не допускается использование мобильных средств связи.

При выявлении фактов использования экзаменуемыми каких-либо технических средств и устройств, способствующих получению информации по содержанию экзаменационного билета, данный факт фиксируется в протоколе, и экзаменуемый удаляется с экзамена.

Критерии оценки вступительного испытания по физике полупроводников.

Оценка выставляется по 100 бальной шкале. За каждый из первых двух вопросов максимальная оценка составляет 35 баллов, за третий вопрос максимальная оценка составляет 30 баллов, так как третий вопрос является более узким. Общая оценка определяется суммированием оценок за три вопроса.

Удовлетворительной считается оценка от 30 баллов и выше.

1. Для получения оценки 30-60 баллов экзаменуемый должен изложить ответ один или два из трех вопросов билета и знать основные понятия по оставшимся вопросам (вопросу).
2. Для получения оценки 60-80 баллов экзаменуемый должен изложить ответы на три вопроса билета. При этом могут отсутствовать строгие математические выводы основных законов, примеры, иллюстрирующие описываемые явления и т.д.
3. Для получения оценки 80-100 баллов абитуриент должен полно, последовательно изложить ответы на все вопросы билета.
4. Критерием для выставления итоговой оценки менее 30 баллов является полное отсутствие ответов на два вопроса или незнание основных законов по всем вопросам билета.

Оценка дифференцируется в указанных пределах в зависимости от полноты ответа, наличия ответов на дополнительные вопросы по темам, обозначенным в билете, умения оперировать расчетными формами и т.д.

При выставлении оценки абитуриенту даются пояснения по суммарному баллу.

Основная литература

1. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. Изд. 3-е, стер. – СПб.: Лань, 2008. – 618 с.
2. Шалимова К.В. Физика полупроводников. Изд. 4-е, стер. – СПб.: Лань, 2010. – 384 с.
3. Зегля Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. – И.: Физматлит, 2009. – 336 с.

Дополнительная литература

1. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г., Физика полупроводников. М.: Наука, 1979. – 679 с.
2. Киреев П.С. Физика полупроводников. М.: Высшая школа, 1975. – 586 с.
3. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984. – Т.1. – 456 с., Т.2. – 456 с.
4. Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир, 1982. – Т.1. 358 с., Т.2. – 663 с.
5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978. – 792 с.