

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физика полупроводников

: 28.03.01

: 3, : 6

		6
1	()	5
2		180
3	, .	100
4	, .	54
5	, .	18
6	, .	18
7	, .	18
8	, .	2
9	, .	8
10	, .	80
11	(, ,)	.
12		

(): 28.03.01

177 06.03.2015 ., : 31.03.2015 .

: 1,

(): 28.03.01

, 5 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

,

:

. . . ., . -

:

. . . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; в части следующих результатов обучения:	
11.	,
5.	
6.	
Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; в части следующих результатов обучения:	
3.	, ,
8.	-
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий; в части следующих результатов обучения:	
23.	

2.

2.1

	(
--	---	--

.1. 11	
1.о месте и роли физических процессов в твердом теле на развитие науки и техники.	;
2.о новейших методах экспериментального исследования материалов и МДП структур	;
.1. 5	
3.о перспективных направлениях развития микро- и нанoeлектроники	;
4.понятийный аппарат дисциплины	;
5.предмет курса: современные физические модели электронных и ионных процессов в твердых телах.	;
.1. 6	
6.физическую сущность основных электронных процессов, являющихся основой для работы приборов микро- и нанoeлектроники.	;
.2. 3	
7.физико-технические и экономические ограничения миниатюризации и интеграции	;
.1. 6	
8.Физические принципы работы нанoeлектронных (мезоскопических) приборов и компонентов твердотельной электроники и интегральных микросхем.	;
.2. 8	

9.проводить анализ основных характеристик и параметров полупроводниковых материала-лов.				
.2. 3				
10.моделировать основные физические явления в полупроводниках и диэлектриках				
.1. 11				
11.Оценивать характеристики приборов микро- и нанoeлектроники на основе справочных данных о материалах.				
.2. 8				
12.выбирать методики измерения параметров полупроводников.				
.2. 3				
13.представлять результаты решения отдельных задач, описание расчетно-графического задания в удобной для восприятия форме				
.1. 6				
14.Измерения параметров полупроводников и сравнения с расчетными данными.				
.2. 8				
15.работы на оборудовании, используемом в микроэлектронном производстве.				
.1. 23				
16.иметь представление о зонной структуре энергетического спектра в твердых телах				

3.

3.1

: 6				
:				
1. "	0	2	1, 2, 3	
:				
2.	0	2	16, 2, 5, 6	
3.	0	2	10, 12, 2, 7, 9	

4.	0	2	2, 5, 8, 9	
15.	0	4	4, 6	
:				
5.	0	2	2, 5, 6, 9	
6.	0	2	2, 6	
:				
7.	6	4	10, 11, 2, 5, 6, 9	
:				
8.	0	6	2, 7, 8	
9.	0	4	11, 12, 13, 2, 9	
:				
10.	0	8	11, 2, 3, 6	

11.	0	4	2, 5, 6, 9	
12.	0	4	10, 11, 2, 3, 5, 7	
:				
13.	0	6	1, 10, 11, 13, 2	
:				
14.	0	2	6, 8	

3.2

	,	.		
: 6				
:				

1.	-	4	4	10, 11, 12, 13, 14, 15	
:					
3.		4	4	10, 11, 12, 13, 14, 15	
:					
4.		4	4	12, 13, 14, 15	
:					
4.		0	6	11, 12, 13	

3.3

		,	.		
: 6					
:					
1.	.	0	2	13, 14, 9	
2.	/	0	2	3, 4, 5, 6, 7	
:					
3.	,	0	2	10, 11, 12, 6, 9	
4.	-	0	4	10, 7, 9	
:					
5.	,	0	2	11, 13, 6, 9	
:					
6.	,	0	2	12, 13, 5, 8	
:					
7.	-	0	4	10, 11, 5, 6, 9	

: 6			
:			
2.	0	4	5, 6, 9

4.

: 6			
1	4, 5	10	0
: ; - . - : - / ; - . - , 2005. - 43 . . : , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161			
2	7, 8	20	0
: ; - . - : - / ; - . - , 2005. - 43 . . : , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161			
3	1, 2, 3	0	0
: ; - . - : - / ; - . - , 2005. - 43 . . : , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161			
4	2, 3	32	0
: ; - . - : - / ; - . - , 2005. - 43 . . : , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161			
5	11, 12, 13	14	0
: ; - . - : - / ; - . - , 2005. - 43 . . : , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161			
6	14, 15, 6, 9	0	8
: ; - . - : - / ; - . - , 2005. - 43 . . : , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161			
7	5, 6, 9	4	0
: ; - . - : - / ; - . - , 2005. - 43 . . : , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161			

5.

3.4 : ;
 ; - . - : - / ; ;
 ; - . - , 2005. - 43 . . : , .. - :
http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161

(. 5.1).

	-
	e-mail

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031699

1. Киреев П. С. Физика полупроводников : Учебное пособие для вузов / П. С. Киреев. - М., 1975. - 584 с.

2. Шалимова К. В. Физика полупроводников : учебное пособие для вузов / К. В. Шалимова. - М., 1971. - 310, [1] с. : ил., табл.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы, табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161

8.2

1 Microsoft Windows

2 Microsoft Office

9.

1		

1	NanoEducator-4	

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ___ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика полупроводников

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль:
Микросистемная техника

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Физика полупроводников приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	з5. знать основные физические законы и явления	"Физика твердого тела и полупроводников" как научная дисциплина. Этапы исторического развития. Структура курса. Его связь с другими дисциплинами учебного плана Анализ времени релаксации в полупроводнике в зависимости от температуры. Расчет температурной зависимости подвижности и проводимости при различных механизмах рассеяния. Диффузия и дрейф. Уравнение непрерывности. Диффузионная длина. Диффузия и дрейф при монополярной и биполярной проводимости. Влияние электрического поля на диффузионные процессы. Инжекция Люминесценция. Типы люминесценции. Зависимость люминесценции от параметров п/п и внешних воздействий. Фотоэлектрические явления в п/п. Фотопроводимость. Релаксация фотопроводимости. Влияние поверхности. Фотоэлектромагнитный эффект. Фотоэффекты в p-n-переходах, в барьерах Шоттки, гетеропереходах, сверхрешетках. Механизмы рекомбинации. Излучательная рекомбинация. Рекомбинация с участием уровней в запрещенной зоне, модель Шокли-Рида. Оже рекомбинация. Зависимость времени жизни от уровня легирования и температуры. Поглощение света в полупроводниках. Собственное, примесное, решеточное, экситонное поглощение. Влияние легирования, температуры и внешних воздействий на поглощение. Примесные зоны	Практические занятия. Раздел кинетические явления.	Экзамен, вопросы 2-19

		<p>Расчет коэффициентов поглощения в п/п. Расчет параметров п/п по оптическим характеристикам. Расчет положения уровня Ферми в собственном и примесном полупроводниках Расчет температурной зависимости концентрации носителей заряда. Собственная и примесная проводимость Расчет токов, коэффициента выпрямления, высоты барьера от параметров п/п и внешних воздействий.</p>		
ОПК.1	<p>зб. знать зависимость физических свойств от степени неупорядоченности</p>	<p>Уровни Тамма. Поверхностные состояния. Эффект поля. Область пространственного заряда Поверхностная рекомбинация. Влияние поверхности на электрофизические параметры приборов. Поверхностный потенциал.. Пиннинг уровня Ферми. Анализ времени релаксации в полупроводнике в зависимости от температуры. Расчет температурной зависимости подвижности и проводимости при различных механизмах рассеяния. Анализ зависимости времени жизни от температуры, концентрации и параметров п/п. Водородноподобная модель Диффузия и дрейф. Уравнение непрерывности. Диффузионная длина. Диффузия и дрейф при монополярной и биполярной проводимости. Влияние электрического поля на диффузионные процессы. Инжекция Изучение эффекта Холла Исследование диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках Механизмы рекомбинации. Излучательная рекомбинация. Рекомбинация с участием уровней в запрещенной зоне, модель Шокли-Рида. Оже рекомбинация. Зависимость времени жизни от уровня легирования и температуры. Определение диффузионной длины, области пространственного заряда. Определение температурной зависимости электропроводимости и вычисление ширины запрещенной зоны полупроводников Поглощение света в полупроводниках. Собственное, примесное,</p>	<p>Практические занятия. Курсовая работа. Разделы: Кинетические явления. Диффузия и дрейф.</p>	<p>Экзамен, вопросы 17-21, 22-31</p>

		<p>решеточное, экситонное поглощение. Влияние легирования, температуры и внешних воздействий на поглощение. Расчет коэффициентов поглощения в п/п. Расчет параметров п/п по оптическим характеристикам. Расчет положения уровня Ферми в собственном и примесном полупроводниках. Расчет температурной зависимости концентрации носителей заряда. Собственная и примесная проводимость. Расчет токов, коэффициента выпрямления, высоты барьера от параметров п/п и внешних воздействий. Рекомбинация Шокли Рида. Функция Ферми. Расчет уровня Ферми и концентрации носителей заряда.</p>		
ОПК.1	<p>з11. знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>"Физика твердого тела и полупроводников" как научная дисциплина. Этапы исторического развития. Структура курса. Его связь с другими дисциплинами учебного плана. Уровни Тамма. Поверхностные состояния. Эффект поля. Область пространственного заряда. Поверхностная рекомбинация. Влияние поверхности на электрофизические параметры приборов. Поверхностный потенциал. Пиннинг уровня Ферми. Анализ времени релаксации в полупроводнике в зависимости от температуры. Расчет температурной зависимости подвижности и проводимости при различных механизмах рассеяния. Анализ зависимости времени жизни от температуры, концентрации и параметров п/п. Диффузия и дрейф. Уравнение непрерывности. Диффузионная длина. Диффузия и дрейф при монополярной и биполярной проводимости. Влияние электрического поля на диффузионные процессы. Инжекция. Исследование диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках. Кинетические явления в полупроводниках. Неравновесная функция распределения. Кинетическое уравнение Больцмана.</p>	<p>Контрольная работа. Курсовая работа, разделы...</p>	<p>Экзамен, вопросы 21-31</p>

		<p>Приближение времени релаксации. Вычисление проводимости, коэффициента Холла, термоЭДС. Основные механизмы рассеяния носителей заряда. Рассеяние на фонах и на ионизованных и нейтральных примесях. Классификация дефектов. Точечные дефекты. Собственные дефекты и примеси. Протяженные дефекты: дислокации, поверхности. Влияние точечных дефектов на электронный и колебательный спектр кристалла. Локальные состояния. Мелкие и глубокие уровни в запрещенной зоне. Приближение эффективной массы. Доноры и акцепторы в полупроводниках. Контактные явления в полупроводниках. Полупроводник во внешнем поле. Контакты: металл-металл; металл-полупроводник. Выпрямление на контакте М-П/п. Диодная и диффузионная теории выпрямления. Р-N -переход. Выпрямление</p> <p>Люминесценция. Типы люминесценции. Зависимость люминесценции от параметров п/п и внешних воздействий.</p> <p>Фотоэлектрические явления в п/п. Фотопроводимость.</p> <p>Релаксация фотопроводимости. Влияние поверхности.</p> <p>Фотоэлектромагнитный эффект. Фотоэффекты в р-п-переходах, в барьерах Шоттки, гетеропереходах, сверхрешетках. Механизмы рекомбинации. Излучательная рекомбинация. Рекомбинация с участием уровней в запрещенной зоне, модель Шокли-Рида. Оже рекомбинация. Зависимость времени жизни от уровня легирования и температуры. Определение диффузионной длины, области пространственного заряда.</p> <p>Определение температурной зависимости электропроводимости и вычисление ширины запрещенной зоны полупроводников. Поглощение света в полупроводниках. Собственное, примесное, решеточное, экситонное поглощение. Влияние легирования, температуры и</p>		
--	--	---	--	--

		внешних воздействий на поглощение. Расчет положения уровня Ферми в собственном и примесном полупроводниках Расчет температурной зависимости концентрации носителей заряда. Собственная и примесная проводимость Расчет эффективной массы, плотности состояний, температурной зависимости проводимости Рекомбинация Шокли Рида		
ОПК.2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	з3. знать основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока	Уровни Тамма. Поверхностные состояния. Эффект поля. Область пространственного заряда Поверхностная рекомбинация. Влияние поверхности на электрофизические параметры приборов. Поверхностный потенциал.. Пиннинг уровня Ферми. Анализ времени релаксации в полупроводнике в зависимости от температуры. Расчет температурной зависимости подвижности и проводимости при различных механизмах рассеяния. Анализ зависимости времени жизни от температуры, концентрации и параметров п/п. Диффузия и дрейф. Уравнение непрерывности. Диффузионная длина. Диффузия и дрейф при монополярной и биполярной проводимости. Влияние электрического поля на диффузионные процессы. Инжекция Изучение эффекта Холла Исследование диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках Кинетические явления в полупроводниках. Неравновесная функция распределения. Кинетическое уравнение Больцмана. Приближение времени релаксации. Вычисление проводимости, коэффициента Холла, термоЭДС. Основные механизмы рассеяния носителей заряда Рассеяние на фонах и на ионизованных и нейтральных примесях. Классификация дефектов. Точечные дефекты. Собственные дефекты и примеси. Протяженные дефекты: дислокации, поверхности. Влияние точечных дефектов на электронный и колебательный	Контрольная работа. Разделы Рекомбинация, оптические явления в полупроводниках.	Экзамен, вопросы 22-28. 34-38

		<p>спектр кристалла. Локальные состояния. Мелкие и глубокие уровни в запрещенной зоне. Приближение эффективной массы. Доноры и акцепторы в полупроводниках.</p> <p>Контактные явления в полупроводниках.</p> <p>Полупроводник во внешнем поле. Контакты: металл-металл; металл-полупроводник. Выпрямление на контакте М-П/п. Диодная и диффузионная теории выпрямления. P-N -переход. Выпрямление</p> <p>Люминесценция. Типы люминесценции. Зависимость люминесценции от параметров п/п и внешних воздействий.</p> <p>Фотоэлектрические явления в п/п. Фотопроводимость. Релаксация фотопроводимости. Влияние поверхности.</p> <p>Фотоэлектромагнитный эффект. Фотоэффекты в р-п-переходах, в барьерах Шоттки, гетеропереходах, сверхрешетках. Определение диффузионной длины, области пространственного заряда. Определение температурной зависимости электропроводимости и вычисление ширины запрещенной зоны полупроводников</p> <p>Расчет коэффициентов поглощения в п/п. Расчет параметров п/п по оптическим характеристикам. Расчет токов, коэффициента выпрямления, высоты барьера от параметров п/п и внешних воздействий. Расчет эффективной массы, плотности состояний, температурной зависимости проводимости</p> <p>Рекомбинация Шокли-Рида. Расчет времени жизни. Температурная зависимость примесной проводимости</p> <p>Функция Ферми. Расчет уровня Ферми и концентрации носителей заряда</p>		
ОПК.2	<p>з8. Знать физико-математические модели процессов в объеме и на поверхности полупроводниковых материалов</p>	<p>Анализ времени релаксации в полупроводнике в зависимости от температуры. Расчет температурной зависимости подвижности и проводимости при различных механизмах рассеяния.</p> <p>Анализ зависимости времени жизни от температуры, концентрации и параметров п/п. Диффузия и дрейф.</p>	<p>Контрольная работа, курсовая работа</p>	<p>Экзамен, вопросы 8-14, 11-20</p>

		<p>Уравнение непрерывности. Диффузионная длина. Диффузия и дрейф при монополярной и биполярной проводимости. Влияние электрического поля на диффузионные процессы. Инжекция Изучение эффекта Холла Исследование диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках Контактные явления в полупроводниках. Полупроводник во внешнем поле. Контакты: металл-металл; металл-полупроводник. Выпрямление на контакте М-П/п. Диодная и диффузионная теории выпрямления. P-N -переход. Выпрямление Механизмы рекомбинации. Излучательная рекомбинация. Рекомбинация с участием уровней в запрещенной зоне, модель Шокли-Рида. Оже рекомбинация. Зависимость времени жизни от уровня легирования и температуры. Определение диффузионной длины, области пространственного заряда. Определение температурной зависимости электропроводности и вычисление ширины запрещенной зоны полупроводников Поглощение света в полупроводниках. Собственное, примесное, решеточное, экситонное поглощение. Влияние легирования, температуры и внешних воздействий на поглощение. Расчет температурной зависимости концентрации носителей заряда. Собственная и примесная проводимость Расчет токов, коэффициента выпрямления, высоты барьера от параметров п/п и внешних воздействий. Расчет эффективной массы, плотности состояний, температурной зависимости проводимости Рекомбинация Шокли-Рида. Расчет времени жизни. Температурная зависимость примесной проводимости Функция Ферми. Расчет уровня Ферми и концентрации носителей заряда</p>		
--	--	--	--	--

ПК.1/НИ способность проводить физико- математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	з23. иметь представление о зонной структуре энергетического спектра в твердых телах	Расчет положения уровня Ферми в собственном и примесном полупроводниках	Контрольные работы, разделы Кинетические явления в полупроводниках	Вопросы 10-12
--	--	---	--	---------------

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.1/НИ.

Экзамен проводится в устной форме. Билет содержит два вопроса из перечня, приведенного в паспорте экзамена.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются контрольная работа, курсовая работа. Требования к выполнению контрольной работы, курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы, курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.1/НИ за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным

материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Физика полупроводников», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-20, второй вопрос из диапазона вопросов 21-40 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Физика полупроводников»

1. Вопрос Классификация веществ по характеру и величине электропроводности, теплопроводности и оптического поглощения.. Металлы, полупроводники, изоляторы
2. Вопрос Время релаксации, длина свободного пробега и подвижность при наличии нескольких механизмов рассеяния

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) _____ (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *20-29 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *30-35 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент

при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 36-40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Физика полупроводников»

- 1 Классификация веществ по характеру и величине электропроводности, теплопроводности и оптического поглощения.. Металлы, полупроводники, изоляторы
2. Собственная и примесная проводимость. Основные и неосновные носители заряда. Время релаксации не зависящее от энергии.
- 3.Феноменологическая теория явлений переноса. Эффект Холла для одного и двух типов носителей. Холловский угол.
- 4 Феноменологическая теория явлений переноса. Магнитосопротивление. Циклотронный резонанс.
- 5.Феноменологическая теория явлений переноса. ТермоЭДС. Эффект Зеебека и Пельтье.
6. Феноменологическая теория явлений переноса. Теплопроводность металлов, диэлектриков, полупроводников. Закон Видемана-Франца.
- 7.Плотность состояний в зоне. Вычисление плотности состояний.
8. Многодолинные полупроводники. Эффективная масса плотности состояний.
9. Водородоподобная модель примесного центра.
10. Концентрация носителей заряда при невырожденной статистике.
- 11.Определение энергии Ферми и концентрации носителей в собственном п/п.
12. Определение энергии Ферми и концентрации носителей в примесном п/п
13. Кинетическое уравнение. Неравновесная функция распределения. Интеграл столкновений. Приближение времени релаксации.
- 14.Схема вычисления электропроводности из кинетического уравнения. 15.Время релаксации проводимости для невырожденного полупроводника.
- 16.Схема вычисления коэффициента Холла методом кин. ур-я Больцмана.
- 17.Схема вычисления термоЭДС методом кин. ур-я Больцмана.
- 18.Механизмы рассеяния. Время релаксации при рассеянии на ионах примеси.
- 19.Время релаксации при рассеянии на акустических фононах.
- 20.Время релаксации, длина свободного пробега и подвижность при наличии нескольких механизмов рассеяния.
- 21.Равновесные и неравновесные носители заряда. Квазиуровни Ферми.
- 22.Рекомбинация при низком уровне инжекции. Время жизни неравновесных носителей заряда.
23. Рекомбинация при высоком уровне инжекции. Мгновенное время жизни неравновесных носителей заряда.
24. Виды рекомбинации. Время жизни при излучательной рекомбинации.
25. Виды рекомбинации. Время жизни при Оже рекомбинации.

- 26.Рекомбинация через ловушки. Теория Шокли-Рида.
- 27.Теория Шокли-Рида. Зависимость времени жизни от уровня Ферми.
28. Теория Шокли-Рида. Зависимость времени жизни от концентрации носителей и температуры.
- 29.Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда. Уравнение непрерывности.
- 30.Диффузионный и дрейфовые токи. Соотношение Эйнштейна в невырожденных полупроводниках.
- 31 Диффузия и дрейф при монополярной проводимости. Длина экранирования Дебая. Максвелловское время релаксации.
32. Диффузия и дрейф в электрических полях.
- 33.Фотопроводимость полупроводников. Релаксация фотопроводимости при линейной и квадратичной рекомбинации.
- 34.Оптическое поглощение в полупроводниках. Основные механизмы поглощения.
- 35.Собственное поглощение в прямозонных полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны.
- 36.Влияние внешних воздействий на край собственного поглощения.
- 37.Поглощение света свободными носителями.
- 38.Фотопроводимость. Кинетика фотопроводимости.
- 39.Контакт металла и полупроводника. Изгиб зон. Обогащение, обеднение, инверсия. Поверхностная проводимость.
- 40.Поверхностные состояния. Уровни Тамма. Поверхностная рекомбинация.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физика полупроводников», 6 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме Статистика электронов и дырок в п/п. и включает задания. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается невыполненной, если оценка составляет менее 10 баллов.

Работа выполнена на пороговом уровне, если составляет 10-14 баллов.

Работа выполнена на базовом уровне, если оценка составляет 15-17 баллов.

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если оценка составляет 18-20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

- 1 Плотность состояний в зоне. Вычисление плотности состояний.
- 2 Многодолинные полупроводники. Эффективная масса плотности состояний.
- 3 Водородоподобная модель примесного центра.
- 4 Концентрация носителей заряда при невырожденной статистике.
- 5 Определение энергии Ферми и концентрации носителей в собственном п/п.
- 6 Определение энергии Ферми и концентрации носителей в примесном п/п

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Физика полупроводников», 6 семестр

1. Методика оценки.

Задание: Расчет температурной зависимости проводимости Ge при следующих условиях: в собственном Ge в диапазоне температур 100-500К

1.1 Структура:

- К.Р Введение. Постановка задачи T
- Теоретическое введение: Описание моделей кинетических явлений в п/п.
- Результаты вычисления заданных параметров

1.2 Этапы выполнения и защиты:\

- Выдача заданий и проведение консультаций.
- Проверка работ в электронном виде.
- Сдача законченной курсовой работы.
- Защита

1.3 Оцениваемые позиции:

- Правила оформления
- Понимание методики выбора модели и расчетных формул
- Получение результатов и проверка
- Сравнение с литературными данными.

2. Критерии оценки.

- работа считается **не выполненной**, если оценка составляет менее 20 баллов.
- работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если оценка составляет 20-29 баллов.
- работа считается выполненной **на базовом** уровне, если оценка составляет 30-35 баллов.
- работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если оценка составляет 36-40 баллов.

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

Расчет температурной зависимости проводимости Ge при следующих условиях:

4.1 В собственном Ge в диапазоне температур 100-500К

4.2 Концентрация доноров $N_d = 1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 100-300К.

4.3 Концентрация доноров $N_d = 1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 300-500К

4.4 Концентрация доноров $N_d = 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 300-500К

4.5 Концентрация доноров $N_d = 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 100-300К

4.6 Концентрация доноров $N_d = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 100-300К

5. Расчет температурной зависимости коэффициента термоЭДС в Ge при

следующих условиях:

5.1 Концентрация акцепторов $N_d = 1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 100-300К.

5.2 Концентрация акцепторов $N_d = 1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 300-500К

5.3 Концентрация акцепторов $N_d = 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 300-500К

5.4 Концентрация акцепторов $N_d = 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 100-300К

5.5 Концентрация акцепторов $N_d = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 100-300К

5.6 Концентрация акцепторов $N_d = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Диапазон температур 300-500К

Перечень вопросов к защите курсовой работы

1. Плотность состояний в зоне. Вычисление плотности состояний.
2. Многодолинные полупроводники. Эффективная масса плотности состояний.
5. Водородоподобная модель примесного центра.
6. Концентрация носителей заряда при невырожденной статистике.
7. Определение энергии Ферми и концентрации носителей в собственном п/п.
8. Определение энергии Ферми и концентрации носителей в примесном п/п
9. Кинетическое уравнение. Неравновесная функция распределения. Интеграл столкновений. Приближение времени релаксации.
10. Схема вычисления электропроводности из кинетического уравнения.
11. Время релаксации проводимости для невырожденного полупроводника.
12. .Схема вычисления коэффициента Холла методом кин. ур-я Больцмана.
13. Схема вычисления термоЭДС методом кин. ур-я Больцмана.
14. Механизмы рассеяния. Время релаксации при рассеянии на ионах примеси.
15. Время релаксации при рассеянии на акустических фононах.
16. Время релаксации, длина свободного пробега и подвижность при наличии нескольких механизмов рассеяния.