ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и наноэлектроника»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.В.ДВ.02.01 «Оптоэлектроника и квантовая оптика»

Направление подготовки

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) подготовки

Микро- и наноэлектроника

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань 2023 г

1. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

ПК-1.1 - проводит моделирование и исследования функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

ПК-2.1 - анализирует научные данные, результаты экспериментов и наблюдений;

ПК-2.2 - систематизирует и обобщает результаты исследований приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, представляет материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Контроль знаний обучающихся проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

При оценивании (определении) результатов освоения дисциплины применяется традиционная система (зачтено, незачтено).

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	№ раздела	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Этап формирования контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного средства
1	1	Физические основы оптоэлектроники	ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.2	Лекционные, практические, лабораторные и самостоятельные занятия обучающихся в течение учебного семестра	Аналитический отчет, отчеты по лабораторным работам, презентации доклада, экзамен
2	2	Светодиоды и полупроводниковые лазеры	ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.2	Лекционные, практические, лабораторные и самостоятельные занятия обучающихся в течение учебного семестра	Аналитический отчет, отчеты по лабораторным работам, презентации доклада, экзамен
3	3	Фотоприемники	ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.2	Лекционные, практические, лабораторные и самостоятельные	Аналитический отчет, отчеты по лабораторным работам, презентации

				занятия обучающихся в течение учебного семестра	доклада, экзамен
4	4	Оптроны	ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.2	Лекционные, практические и самостоятельные занятия обучающихся в течение учебного семестра	Аналитический отчет, презентации доклада, экзамен
5	5	Основы квантовой оптики	ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.2	Лекционные, практические и самостоятельные занятия обучающихся в течение учебного семестра	Аналитический отчет, презентации доклада, экзамен
6	6	Нанооптика	ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.2	Лекционные, практические и самостоятельные занятия обучающихся в течение учебного семестра	Аналитический отчет, презентации доклада, экзамен
7	7	Перспективы и основные направления развития оптоэлектроники и квантовой оптики	ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.2	Лекционные, практические и самостоятельные занятия обучающихся в течение учебного семестра	Аналитический отчет, презентации доклада, экзамен

2 Формы текущего контроля

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины, организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков обучающихся: на занятиях, по результатам выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проверки качества конспектов лекций и иных материалов.

Текущий контроль по дисциплине «Оптоэлектроника и квантовая оптика» проводится в виде тестовых опросов по отдельным темам дисциплины, проверки заданий, выполняемых самостоятельно и на лабораторных и практических занятиях, а также экспресс-опросов и заданий по лекционным материалам и лабораторным работам. Учебные пособия, рекомендуемые для самостоятельной работы и подготовки к лабораторным занятиям обучающихся по дисциплине «Оптоэлектроника и квантовая оптика», содержат необходимый теоретический материал. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем.

3 Формы промежуточного контроля

Формой промежуточного контроля по дисциплине является экзамен. Форма проведения экзамена – устный ответ, по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины.

Целью проведения промежуточной аттестации является проверка компетенций, приобретенных студентом при освоении дисциплины.

4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкал оценивания

Оценка степени формирования указанных выше (п. 1) контролируемых компетенций у обучающихся на различных этапах их формирования проводится преподавателем во время лекций, консультаций, практических и лабораторных занятий по шкале оценок «зачтено» – «не зачтено». Текущий контроль по дисциплине проводится в виде тестовых опросов по отдельным темам дисциплины, проверки заданий, выполняемых самостоятельно, и на лабораторных и практических занятиях, а также экспресс- опросов и заданий по лекционным материалам и лабораторным работам. Формирование у обучающихся во время обучения в семестре указанных выше компетенций на этапах лабораторных занятий и самостоятельной работы оценивается по критериям шкалы оценок - «зачтено» – «не зачтено». Освоение материала дисциплины и достаточно высокая степень формирования контролируемых компетенций обучающегося (своевременные выполнение и защита отчетов по лабораторным работам служат) основанием для допуска обучающегося к этапу промежуточной аттестации - экзамену.

Уровень теоретической подготовки студента определяется составом и степенью формирования приобретенных компетенций, усвоенных теоретических знаний и методов, а также умением осознанно, эффективно применять их при решении задач целенаправленного применения различных групп материалов в электронной технике.

Применяется четырехбальная шкала оценок: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", что соответствует шкале "компетенции студента полностью соответствуют требованиям ФГОС ВО", "компетенции студента соответствуют требованиям ФГОС ВО", "компетенции студента в основном соответствуют требованиям ФГОС ВО", "компетенции студента не соответствуют требованиям ФГОС ВО".

Целью проведения промежуточной аттестации (экзамена) является проверка общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретенных студентом при изучении дисциплины «Оптоэлектроника и квантовая оптика».

Экзамен организуется и осуществляется, как правило, в форме собеседования. Средством, определяющим содержание собеседования студента с экзаменатором, является утвержденный экзаменационный билет, содержание которого определяется ОПОП и настоящей рабочей программой. Экзаменационный билет включает в себя, как правило, два вопроса, которые относятся к указанным выше теоретическим разделам дисциплины.

Оценке на заключительной стадии экзамена подвергаются устные ответы экзаменующегося на вопросы экзаменационного билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.

Применяются следующие критерии оценивания компетенций (результатов):

-уровень усвоения материала, предусмотренного программой;

-умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи;

- полнота, аргументированность, убежденность ответов на вопросы;

- качество ответа (общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция);

- использование дополнительной литературы при подготовке к этапу промежуточной аттестации.

Применяется четырехбальная шкала оценок: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", что соответствует шкале "компетенции студента

полностью соответствуют требованиям ФГОС ВО", "компетенции студента соответствуют требованиям ФГОС ВО", "компетенции студента в основном соответствуют требованиям ФГОС ВО", "компетенции студента не соответствуют требованиям ФГОС ВО".

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкал оценивания

К оценке уровня знаний и практических умений и навыков рекомендуется предъявлять следующие общие требования.

«Отлично»:

глубокие и твердые знания программного материала программы дисциплины, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых явлений (процессов);

полные, четкие, логически последовательные, правильные ответы на поставленные вопросы; умение выделять главное и делать выводы.

«Хорошо»:

достаточно полные и твёрдые знания программного материала дисциплины, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых явлений (процессов);

последовательные, правильные, конкретные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, свободное устранение замечаний о недостаточно полном освещении отдельных положений при постановке дополнительных вопросов.

«Удовлетворительно»:

знание основного программного материала дисциплины, понимание сущности и взаимосвязи основных рассматриваемых явлений (процессов):

понимание сущности обсуждаемых вопросов, правильные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы, несущественные ошибки в ответах на дополнительные вопросы.

«Неудовлетворительно»:

отсутствие знаний значительной части программного материала дисциплины; неправильный ответ хотя бы на один из вопросов, существенные и грубые ошибки в ответах на дополнительные вопросы, недопонимание сущности излагаемых вопросов, неумение применять теоретические знания при решении практических задач, отсутствие навыков в обосновании выдвигаемых предложений и принимаемых решений.

При трех вопросах в билете общая оценка выставляется следующим образом: «отлично», если все оценки «отлично» или одна из них «хорошо»; «хорошо», если не более одной оценки «удовлетворительно»; «удовлетворительно», если две и более оценок «удовлетворительно»; «неудовлетворительно», если одна оценка «неудовлетворительно», а остальные не выше чем «удовлетворительно» или две оценки «неудовлетворительно».

6. Критерии оценивания промежуточной аттестации

Таблица 1 - Критерии оценивания промежуточной аттестации

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	**студент должен**: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; уметь сделать выводы по излагаемому материалу; безупречно ответить не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины; продемонстрировать умение правильно выполнять практические задания, предусмотренные программой;

«хорошо»	**студент должен:** продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу; ответить на все вопросы билета; продемонстрировать умение правильно выполнять практические задания, предусмотренные программой, при этом возможно допустить непринципиальные ошибки.
«удовлетворительно»	**студент должен:** продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; уметь устранить допущенные погрешности в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий под руководством преподавателя, либо (при неправильном выполнении практического задания) по указанию преподавателя выполнить другие практические задания того же раздела дисциплины.
«неудовлетворительно»	**ставится в случае:** незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

7 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы *(для всех видов проводимых занятий или самостоятельных работ необходимо предусмотреть материалы для проверки знаний, умений и владений навыками)*

Типовые задания в рамках самостоятельной работы студентов для укрепления теоретических знаний, развития умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

- Принцип работы спектрофотометра.
- Характеристики оптического излучения.
- Когерентность оптического излучения.
- Взаимодействие света с веществом (отражение, поглощение).
- Принцип работы солнечного элемента.
- Виды солнечных элементов.
- Конструкции солнечных батарей.

• Типовая ВАХ солнечного элемента.
• Электролюминесценция p-n-перехода.
• Что такое катодолюминесценция, фотолюминесценция.
• Что такое излучательные и безызлучательные переходы?
• Типы переходов (межзонные, с участием примесных центров и экситонов).
• Прямозонные и непрямозонные полупроводники.
• Излучатели на основе гетероструктур.
• Параметры оптического излучения.
• Потери оптического излучения при выходе во внешнюю среду.

Пример **задания** и **контрольных вопросов** к лабораторной работе, выполняемой для приобретения и развития знаний и практических умений, предусмотренных компетенциями.

Лабораторная работа **«Исследование спектров люминесценции полупроводниковых структур»**

Описание методики выполнения

На рис. 1 представлены два изолированных полупроводника с различной шириной запрещенной зоны E_g, диэлектрической проницаемостью ε, работой выхода φ и электронным сродством χ. Электронное сродство представляет собой энергию, необходимую для удаления электрона со дна зоны проводимости за пределы действия любых диполей и сил изображения. Если вблизи поверхности есть изгиб зон, то электронное сродство определяется работой по удалению электрона непосредственно из-под поверхности, а не из глубины полупроводника.

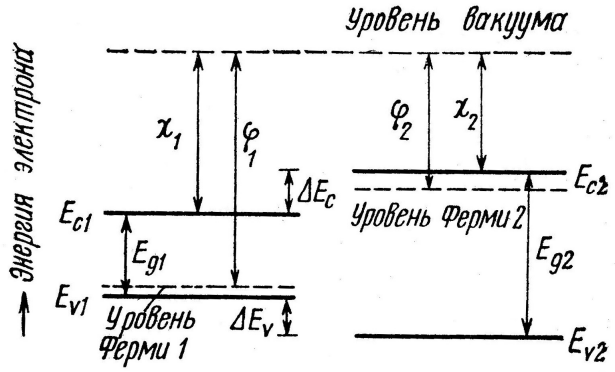
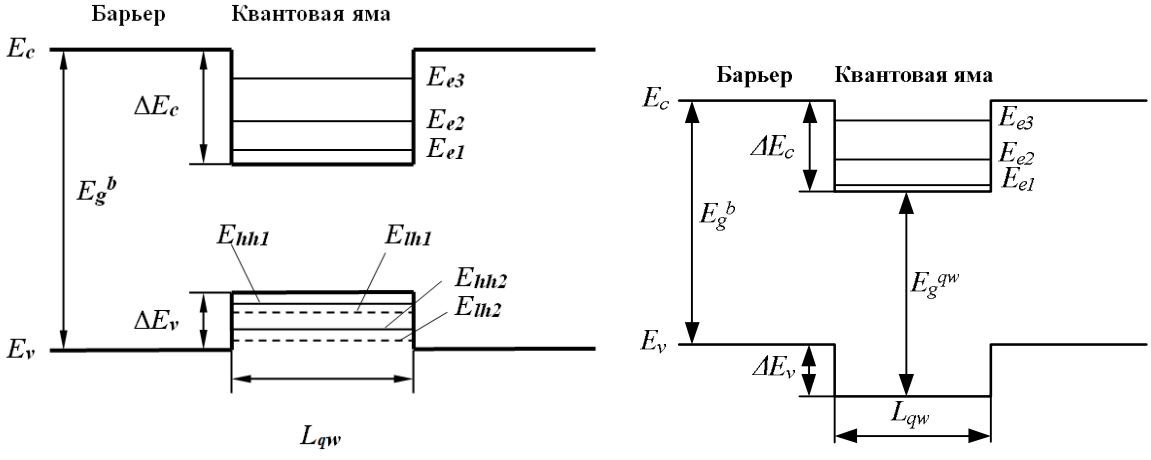


Рис. 1. Энергетическая диаграмма двух полупроводников



а б

Рис. 2. Энергетическая диаграмма КРС с КЯ и зонной диаграммой I типа (а) и II типа (б)

На рис. 2 схематично показаны энергии размерного квантования электронов E_e в КЯ в зоне проводимости и для тяжелых и легких дырок E_{hh} и E_{lh} в КЯ в валентной зоне. Индекс qw относится к КЯ, а b – к более широкозонному барьерному слою. Для оценки энергий излучательных переходов в КЯ необходимо знать глубину КЯ для носителей заряда (НЗ), которая определяется величиной разрыва зоны проводимости и валентной зоны. Для определения величин разрывов валентной ΔE_V и зоны проводимости ΔE_C воспользуемся правилом электронного сродства. Согласно правилу электронного сродства разрыв зоны проводимости при контакте двух различных ненапряженных полупроводников равен разности значений сродства к электрону:

$$\Delta E_c(x,y) = \chi_c{}^{qw}(x) - \chi_c{}^{b}(y), \quad (1)$$

где в качестве примера y и x – характеристики состава тройных твердых растворов полупроводниковых соединений, используемых для получения барьерных слоев и КЯ.

Для тройных соединений $A_xB_{1-x}C$ (общий анион) или AC_yD_{1-y} (общий катион) зависимость ширины запрещенной зоны является квадратичной функцией от содержания компонентов твердого раствора. Для рассматриваемых соединений получим:

$$E_g{}^{qw}(x) = E_{gAC}\cdot x + E_{gBC}(1-x) - B\cdot x(1-x),$$
$$E_g{}^{b}(y) = E_{gAC}\cdot y + E_{gAD}(1-y) - B\cdot y(1-y), \quad (2)$$

где E_{gAC}, E_{gBC}, E_{gAC}, E_{gAD} – ширины запрещенных зон полупроводниковых соединений AC и BC, AC и AD (например, ZnS и CdS, ZnS и ZnSe и т.д.) соответственно (см. таблицу), B – параметр изгиба, характеризующий нелинейную зависимость ширины запрещенной зоны в кристалле от состава x или y и зависящий от свойств атомов, образующих твердый раствор.

Параметр B может быть рассчитан из соотношения

$$B = \frac{Z_e}{8\pi\varepsilon_0}\left[\left(\frac{1}{r_A}-\frac{1}{r_B}\right)^2 (r_A + r_B)\exp\left(-sa_0\frac{\sqrt{3}}{8}\right)\right], \quad (3)$$

где Z_e – заряд замещаемого иона, a_0 – постоянная кристаллической решетки соответствующего тройного соединения, s – постоянная экранирования, r_A, r_B – ковалентные атомные радиусы. Формула (3) дает приближенное значение параметра B. Более точные значения параметра изгиба получают экспериментальным путем. Например, для расчета ширины запрещенной зоны параметр изгиба B составляет 0,60 эВ и 0,61 эВ при T=300 К для $Zn_xCd_{1-x}S$ и ZnS_ySe_{1-y} соответственно.

Основные параметры полупроводниковых соединений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры полупроводниковых соединений

Соединение	E_g, эВ	χ_c, эВ
ZnSe	2,82	4,09
CdSe	1,77	4,95
ZnTe	2,39	3,53
CdTe	1,59	4,28
ZnS	3,84	3,90
CdS	2,56	4,79
GaAs	1,42	4,07
InAs	0,35	4,9
GaP	2,26	3,8
GaN	3,2	4,1
InP	1,34	4,38

Остальные параметры, кроме ширины запрещенной зоны, для трехкомпонентных твердых растворов, например $Zn_xCd_{1-x}S$, ZnS_ySe_{1-y}, с разным содержанием цинка x и серы y

рассчитываются методом линейной интерполяции. Например, электронное сродство для соответствующего твердого раствора может быть найдено из следующих соотношений:

$$\chi^{qw}(x) = \chi_{ZnS} \cdot x + \chi_{CdS} \cdot (1-x);$$
$$\chi^{b}(y) = \chi_{ZnS} \cdot y + \chi_{ZnSe} \cdot (1-y), \quad (4)$$

где χ^{qw} – электронное сродство для материала квантовой ямы $Zn_xCd_{1-x}S$, χ^{b} – электронное сродство для материала буферного или барьерного слоя ZnS_ySe_{1-y}.

Энергия излучательного перехода в барьерном слое будет определяться как:

$$E_b^{cl} = E_g^{b} - E_b^{ex}, \quad (5)$$

где E_b^{ex} энергия связи экситона в барьерном слое.

Энергия основного излучательного перехода в КЯ первого типа:

$$E_{qw}^{cl} = E_g^{qw} + E_{e1} + E_{hh1} - E_{qw}^{ex}. \quad (6)$$

Энергия основного излучательного перехода в КЯ второго типа:

$$E_{qw}^{cl} = E_g^{qw} + E_{e1} - E_{qw}^{ex}, \quad (7)$$

где – E_{qw}^{ex} энергия связи экситона в слоя, образующем КЯ.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите теоретическую часть работы.

2. Выберете спектры люминесценции из приложения согласно варианту или получите спектры у преподавателя.

3. Определите какому излучательному переходу (в барьерном слое или КЯ) соответствуют пики на спектрах, а также энергии этих переходов ($E^{cl} = 1240/\lambda$ [эВ]).

4. Проведите следующие расчеты:

4.1. для КЯ **первого** типа:

а) ширины запрещенной зоны барьерного слоя по формуле (5) (при расчете взять следующие параметры $B = 0{,}6$ эВ; $E_b^{ex} = 20$ мэВ);

б) состава твердого раствора барьерного слоя по формуле (2);

в) ширины запрещенной зоны КЯ по формуле (6) (при расчете взять следующие параметры: $B = 0{,}6$ эВ; $E_{qw}^{ex} = 30$ мэВ; $E_{e1} = 50$ мэВ; $E_{hh1} = 5$ мэВ);

г) состава твердого раствора слоя КЯ по формуле (2);

д) электронного сродства для барьерного слоя и слоя КЯ по формуле (4);

е) величины разрыва зоны проводимости по правилу электронного сродства;

ж) величины разрыва валентной зоны, опираясь на строение зонной диаграммы структуры с КЯ первого типа (рис. 3, а).

4.2. Для КЯ **второго** типа:

а) ширины запрещенной зоны барьерного слоя по формуле (5) (при расчете взять следующие параметры: $E_b^{ex} = 20$ мэВ);

б) состава твердого раствора барьерного слоя по формуле (2) (при расчете взять следующие параметры: $B = 0{,}6$ эВ);

в) разрыва зоны проводимости из формулы (7) и спектров катодолюминесценции (при расчете взять следующие параметры: $E_{qw}^{ex} = 30$ мэВ; $E_{e1} = 50$ мэВ);

г) электронного сродства для барьерного слоя по формуле (4) и слоя КЯ по правилу электронного сродства;

д) состава твердого раствора слоя КЯ по формуле (4);

е) ширины запрещенной зоны слоя КЯ по формуле (2) (при расчете взять следующие параметры: $B = 0{,}6$ эВ);

ж) разрыва валентной зоны, опираясь на строение зонной диаграммы структуры с КЯ второго типа.

5. Нарисуйте в масштабе полученную зонную диаграмму с уровнями размерного квантования электронов и дырок.

6. Проанализируйте полученные результаты.

Контрольные вопросы

1. Электролюминесценция p-n-перехода.
2. Катодолюминесценция, фотолюминесценция.
3. Что такое излучательные и безызлучательные переходы?
4. Типы переходов (межзонные, с участием примесных центров и экситонов).
5. Прямозонные и непрямозонные полупроводники.
6. Излучатели на основе гетероструктур.
7. Параметры оптического излучения.
8. Потери оптического излучения при выходе во внешнюю среду.
9. Влияние температуры на спектры люминесценции.

Примеры **тем рефератов,** выполняемых для приобретения и развития знаний и практических умений, предусмотренных компетенциями.

1. История развития оптоэлектроники
2. Оптические устройства записи информации
3. Лазерно-оптическое считывание информации
4. Компакт-диски. Запись информации. Воспроизведение компакт-диска
5. Оптоэлектронные сенсорные панели и экраны
6. Цифровые ВОСС
7. Аналоговые ВОСС
8. Оптическое волокно на основе фотонных кристаллов
9. Создание самоформирующихся компьютеров и оптоволоконных нейроинтерфейсов на основе смартлинков
10. Тенденции мирового развития сетей доступа
11. Лазеры на квантово-размерных эффектах
12. Дисплеи на квантовых точках
13. Органические светодиоды. Современное состояние разработок устройств и систем на основе органических светодиодов
14. Источники света на основе эффекта автоэмиссии углеродных волокон
15. Лазерный микропроектор со спиральной разверткой для мобильных устройств
16. Разработки квантовых компьютеров
17. Разработки в квантовой криптографии
18. Поверхностные плазмоны
19. Оптические свойства наноотверстий в металлических пленках
20. Солнечные элементы с гетеропереходами
21. Перспективы солнечной энергетики
22. Дисплеи на основе жидких кристаллов

Список **типовых контрольных вопросов** для оценки уровня сформированности знаний, умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

1. Основные свойства и параметры оптического излучения.
2. Когерентность оптического излучения.
3. Поглощение света.
4. Фотопроводимость, фото-э.д.с.
5. Усиление и генерация оптического излучения.
6. Люминесценция.
7. Излучательные переходы.
8. Светодиоды: структура и принцип работы, параметры и характеристики.
9. Физика полупроводниковых лазеров.

10. Инжекционные лазеры.
11. Лазеры с гетерогенной структурой.
12. Параметры и характеристики фотоприемников.
13. Тепловые и фотонные фотоприемники.
14. Внутренний фотоэффект в полупроводниках.
15. Полупроводниковые фотоприемники.
16. Фоторезисторы.
17. Фотодиоды.
18. P-i-n фотодиоды и лавинные фотодиоды.
19. Фототранзисторы.
20. Устройство и принцип действия оптронов.
21. Параметры оптопар.
22. Резисторные оптопары.
23. Диодные оптопары.
24. Транзисторные оптопары.
25. Тиристорные оптопары.
26. Принципы работы солнечных элементов.
27. Солнечные элементы на p-n-переходах.
28. Солнечные элементы с гетеропереходами.
29. Квантовые свойства света.
30. Тепловое излучение и его основные характеристики.
31. Законы теплового излучения.
32. Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна.
33. Эффект Комптона.
34. Теоретические основы нанооптики.
35. Наноразмерная оптическая микроскопия.
36. Квантовые излучатели.
37. Фотонные кристаллы и резонаторы.
38. Поверхностные плазмоны.

Типовые тестовые задания для укрепления и проверки теоретических знаний, развития умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

1.1. Какая длина волны соответствует верхней границе оптического диапазона:
а) 0,1 мкм;
б) 0,5 мкм;
в) 1 мм;
г) 10 мм?

1.2. Какая длина волны соответствует нижней границе оптического диапазона:
а) 1 нм;
б) 10 нм;
в) 100 нм;
г) 1 мкм?

1.3. Какая длина волны соответствует инфракрасному излучению:
а) 0,3 мкм;
б) 0,6 мкм;
в) 0,5 мкм;
г) 1 мкм?

1.4. Какая длина волны соответствует ультрафиолетовой области спектра:
а) 0,3 мкм;
б) 0,7 мкм;

в) 0,9 мкм;
г) 12 мкм?

2.1. Какой материал относится к непрямозонным:
а) ZnSe;
б) GaP;
в) GaN;
г) CdS?

2.2. Какие пары материалов позволяют создавать гетерооптоэлектронные приборы:
а) Ge–Ge;
б) Si–Si;
в) GaAs–GaAlAs;
г) GaAs–GaAs?

2.3. Какой механизм генерации излучения реализуется в полупроводниках:
а) эффект термоэлектронной эмиссии;
б) эффект генерации электронно-дырочных пар;
в) эффект рекомбинации;
г) эффект фотолюминесценции?

2.4. Какие материалы пригодны для изготовления излучающих приборов:
а) Ge;
б) Si;
в) Cu;
г) GaP?

2.5. Какие материалы пригодны для изготовления фотоприемников:
а) Al;
б) Au;
в) Ge;
г) Si?

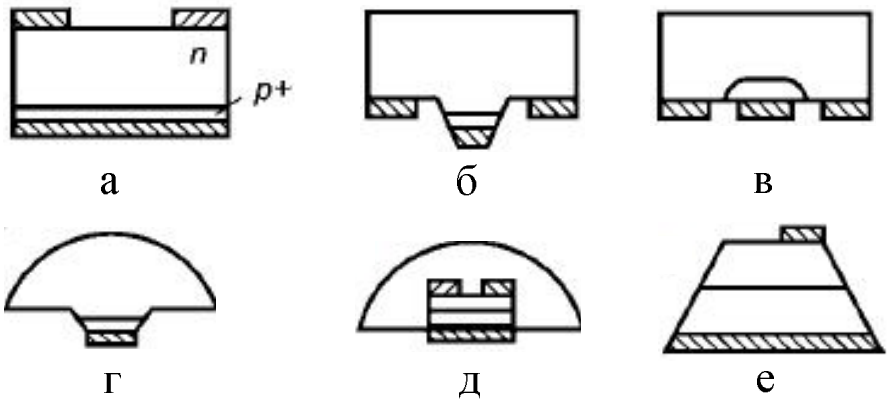
2.6. Какая ширина запрещенной зоны E_G у материалов, применяемых для изготовления оптоэлектронных приборов видимой области спектра:
а) 0,1 эВ;
б) 1,5 эВ;
в) 3,5 эВ;
г) 6 эВ?

3.1.Какое напряжение пробоя $U_{проб}$ типично для светодиодов:
а) 2 В;
б) 15 В;
в) 20 В;
г) 40 В?

3.2. От чего зависит частота излучения светодиода:
а) от напряжения;
б) от прямого тока;
в) от ширины запрещенной зоны;
г) от обратного напряжения?

3.3. Какая конструкция СИД из приведенных на схеме отличается простотой, но при этом низким коэффициентом вывода оптического излучения:
а) а;
б) б;
в) в;
г) г;
д) д;

е) е?



3.4. Какие конструкции СИД из приведенных на схеме (см. вопрос 3.3) отличаются высоким коэффициентом вывода оптического излучения:

а) а;
б) б;
в) в;
г) г;
д) д;
е) е?

3.4. Какая конструкция СИД из приведенных на схеме (см. вопрос 3.3) улучшает диаграмму направленности торцевого излучения:

а) а;
б) б;
в) в;
г) г;
д) д;
е) е?

Фонд оценочных средств входит в состав рабочей программы дисциплины «Оптоэлектроника и квантовая оптика», направление подготовки – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», ОПОП «Микро- и наноэлектроника».

Составила
доцент кафедры
микро- и наноэлектроники Рыбина Н.В.

Зав. кафедрой
микро- и наноэлектроники,
д.ф.-м.н., доцент Литвинов В.Г.

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Литвинов Владимир Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ **02.11.26** 16:08 (MSK) Простая подпись