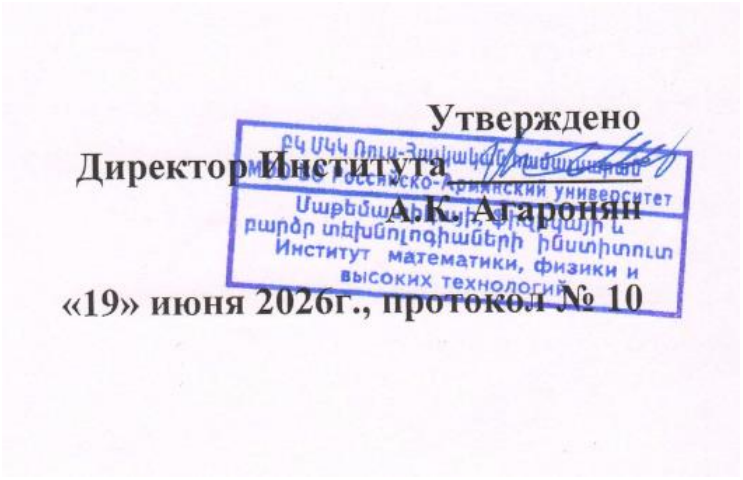
Межгосударственная образовательная организация высшего образования «Российско-Армянский университет»



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.04.01 Фотоэлектрические п/п преобразователи солнечной энергии

Автор (ы) ***к.т.н., ст. науч. сотр. Геворкян Владимир Арамович***
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Наименование образовательной программы: Квантовая и оптическая электроника

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.



(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Краткое ознакомление с взаимодействием оптического излучения с полупроводником, включающий собственное поглощение света в полупроводниках и прямые разрешенные и непрямые межзонные переходы.

Изучается фотовольтаический эффект в р-п переходах, фотоприемники и преобразователи солнечной энергии. Рассматриваются характеристики и особенности солнечного излучения.

Теоретически рассматривается расчет идеальной эффективности (к.п.д.) солнечного элемента. Рассматриваются солнечные элементы на гомо р-п переходах и приводится расчет спектрального отклика солнечного элемента. Описывается реальная вольт-амперная характеристика солнечного элемента и факторы влияющие на эффективность солнечного элемента. Дается определение основных параметров солнечных элементов на основе измерений темновых и световых вольтамперных характеристик. Рассматриваются некоторые конструкции однопереходных солнечных элементов и разные типы тонкопленочных солнечных элементов. Изучаются солнечные элементы на основе гетеропереходов и каскадные концентраторные солнечные элементы. Рассматривается Физический принцип действия термофотовольтаических преобразователей, его особенности и конструкции.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

4 академических кредита / 144 часов. Форма итогового контроля – экзамен.

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Полупроводниковая наноэлектроника, Излучательная рекомбинация в п/п, Физика гетеропереходов.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ПК-3	Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3	Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Задачей предмета является подготовка высококвалифицированных кадров в области актуальных проблем современной электроники и наноэлектроники, касающихся фотовольтаических явлений в различных гомо- и гетеростуктурах и новых направлений фотоэлектрических преобразователей.

Цель преподавания дисциплины: Изучение основных физических и технологических процессов, имеющих отношение к современным проблемам электроники, в частности, к фотовольтаическим явлениям, происходящими в полупроводниковых приборных структурах на основе различных гомо- и гетеропереходов и современным технологическим методом их создания. Формирование у студентов прикладных навыков применения новых полупроводниковых материалов и структур при решении актуальных задач электронной техники.

Учебная задача: ознакомить студентов с основами теории фотовольтаических явлений в полупроводниковых гомо- и гетеро- p-n переходах, научить студентов применять эти знания для практических расчетов характеристик фоточувствительных структур, ознакомить студентов с современными технологическими методами создания и исследования различных фотовольтаических структур.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	**Всего, в акад. часах**	**Распределение по семестрам**
		1 сем
Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**144**	**144**
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**32**	**32**
1.1.1. Лекции	**16**	**16**
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**16**	**16**
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**76**	**76**
1.2.1. Подготовка к лабораторным работам	**36**	**36**
1.2.2. Подготовка к экзамену	**36**	**36**
Итоговый контроль (Экзамен)	**Экзамен 36**	**Экзамен 36**

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	**Всего (ак. часов)**	**Лекции (ак. часов)**	**Лабор. (ак. часов)**
1	**2=3+4+5**	**3**	**5**
Введение	**1**	**1**	**-**
Раздел 1. Взаимодействие излучения с полупроводником	**2**	**2**	**-**
Тема 1.1. Собственное поглощение света в полупроводниках.	**1**	**1**	**-**
Тема 1.2. Прямые разрешенные и непрямые межзонные переходы.	**1**	**1**	**-**

Раздел 2. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках	**3**	**3**	**-**
Тема 2.1. Фотовольтаический эффект в р-п переходах.	**1**	**1**	**-**
Тема 2.2. Фотоприемники и преобразователи солнечной энергии.	**2**	**2**	**-**
Раздел 3. Максимальная эффективность солнечных преобразователей.	**5**	**2**	**3**
Тема 3.1. Характеристики и особенности солнечного излучения.	**2**	**1**	**1**
Тема 3.2. Определение идеальной эффективности (к.п.д.) солнечного элемента.	**3**	**1**	**2**
Раздел 4. Теория фотовольтаических элементов на p-n гомопереходах	**3**	**1**	**2**
Тема 4.1. Солнечные элементы на гомо р-п переходах.	**1**	**1**	**-**
Тема 4.2. Расчет спектрального отклика солнечного элемента.	**2**	**0**	**2**
Раздел 5. Характеристики солнечных элементов	**12**	**2**	**10**
Тема 5.1. Реальная вольт-амперная характеристика солнечного	**3**	**1**	**2**
Тема 5.2. Факторы влияющие на эффективность солнечного	**2**	**1**	**1**
Тема 5.3. Определение основных параметров солнечных элементов на основе измерений темновых и световых вольтамперных характеристик	**2**	**-**	**2**
Тема 5.4. Определение влияния температуры на основные параметры солнечного элемента	**2**	**-**	**2**
Тема 5.5. Определение зависимости параметров солнечного элемента от угла освещения	**3**	**-**	**3**
Раздел 6. Типы однапереходных солнечных элементов	**4**	**4**	**-**
Тема 6.1. Некоторые конструкции солнечных элементов.	**2**	**2**	**-**
Тема 6.2. Тонкопленочные солнечные элементы.	**2**	**2**	**-**
Раздел 7. Солнечние элементи на основе гетеропереходов	**4**	**3**	**1**
Тема 7.1. Солнечные элементы на основе гетеропереходов.	**1**	**1**	**-**
Тема 7.2. Каскадные солнечные элементы (КСЭ).	**1**	**1**	**-**
Тема 7.3. Концентраторные солнечные элементы и его особенности. Типы концентраторов солнечной энергии.	**2**	**1**	**1**
Раздел 8. Термофотовольтаические преобразователи солнечного и теплового излучений.	**2**	**2**	**-**

Тема 8.1. Физический принцип действия термофотовольтаических преобразователей, его особенности и конструкции.	**2**	**2**	**-**
ИТОГО	**32**	**16**	**16**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Введение

Раздел 1. Взаимодействие излучения с полупроводником

Тема 1.1. Собственное поглощение света в полупроводниках.

Тема 1.2. Прямые разрешенные и непрямые межзонные переходы.

Раздел 2. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках

Тема 2.1. Фотовольтаический эффект в p-n переходах.

Тема 2.2. Фотоприемники и преобразователи солнечной энергии.

Раздел 3. Максимальная эффективность солнечных преобразователей.

Тема 3.1. Характеристики и особенности солнечного излучения.

Тема 3.2. Определение идеальной эффективности (к.п.д.) солнечного элемента.

Раздел 4. Теория фотовольтаических элементов на p-n гомопереходах

Тема 4.1. Солнечные элементы на гомо p-n переходах.

Тема 4.2. Расчет спектрального отклика солнечного элемента.

Раздел 5. Характеристики солнечных элементов

Тема 5.1. Реальная вольт-амперная характеристика солнечного элемента.

Тема 5.2. Факторы влияющие на эффективность солнечного элемента.

Тема 5.3. Определение основных параметров солнечных элементов на основе измерений темновых и световых вольтамперных характеристик

Тема 5.4. Определение влияния температуры на основные параметры солнечного элемента

Тема 5.5. Определение зависимости параметров солнечного элемента от угла освещения

Раздел 6. Типы однапереходных солнечных элементов

Тема 6.1. Некоторые конструкции солнечных элементов.

Тема 6.2. Тонкопленочные солнечные элементы.

Раздел 7. Солнечние элементи на основе гетеропереходов

Тема 7.1. Солнечные элементы на основе гетеропереходов.

Тема 7.2. Каскадные солнечные элементы (КСЭ).

Тема 7.3. Концентраторные солнечные элементы.

Раздел 8.Термофотовольтаические преобразователи солнечного и теплового излучений.

Тема 8.1. Физический принцип действия термофотовольтаических преобразователей, его особенности и конструкции.

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

- Определение идеальной эффективности (к.п.д.) солнечного элемента.
- Расчет спектрального отклика солнечного элемента.
- Реальная вольт-амперная характеристика солнечного и факторы влияющие на эффективность солнечного элементов.
- Определение основных параметров солнечных элементов на основе измерений темновых и световых вольтамперных характеристик,
- Определение влияния температуры на основные параметры солнечного элемента,
- Определение зависимости параметров солнечного элемента от угла освещения.

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Методическое руководство к практическим работам.

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	**Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)**		**Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)**	**Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля**
Вид учебной работы/контроля	**М1[1]**	**М2**	**М1**	**М2**	**М1**	**М2**		
Контрольная работа *(при наличии)*			0.5	0.5				
Устный опрос *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*	0.5	0.5						
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Решение задач	0.5	0.5						
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	

[1] Учебный Модуль

Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. Теоретический блок *(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)*

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Т 1,2. – М.: Мир, 1984.
2. А.М. Васильев, А.П. Ландсман. Полупроводниковые фотопреобразователи. – М: «Советское радио» 1971.
3. Под ред. Проф. В.И. Стафеева, Полупроводниковые фотоприемники. – М: «Радио и связь» 1984.
4. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М.: Высшая школа, 1976.
5. Ж.И. Алфёров, В.М. Андреев, В.Д. Румянцев. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики. ФТП, том 38, вып. 8, с. 937-947, 2004.
6. Masafumi Yamaguchi, Tatsuya Takamoto, Kenji Araki, Mitsuru Imaizumi. Japan programs on novel concepts in PV. ФТП, том 38, вып. 8, с. 994-999, 2004.
7. В.П. Хвостиков, О.А Хвостикова, П.Ю. Газарян, М.З. Шварц, В.Д. Румянцев, В.М. Андреев. Термофотоэлектрические преобразователи теплового и концентрированного солнечного излучения. ФТП, том 38, вып. 8, с. 988-993, 2004.
8. Геворкян В.А. Лабораторные работы по дисциплине: «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники», Методическое руководство.

3.1.2. Краткие конспекты лекций;

Введение

Предмет дисциплины и ее задачи. Основные этапы развития физики полупроводниковых дискретных приборов на основе диодных структур. Роль материалов и структур при создании современных полупроводниковых фоточувствительных приборов. Современные технологические методы создания классических и наноразмерных фотовольтаических приборов. ([2] гл.1; [3] гл.1)

Раздел 1. Взаимодействие излучения с полупроводником

Тема 1.1. Собственное поглощение света в полупроводниках.

Спектр поглощение. Формула Бугера-Ламберта. Связь между энергией фотона и длиной волны излучения. Собственное поглощение света в полупроводниках. ([3] гл. 1,2)

Тема 1.2. Прямые разрешенные и непрямые межзонные переходы.

Прямые разрешенные и непрямые межзонные переходы. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фотонов и его связь с длиной свободного пробега фотона. ([4] гл. 11)

Раздел 2. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках

Тема 2.1. Фотовольтаический эффект в p-n переходах.

Фотовольтаический эффект в p-n переходах. Две схемы включения фотоэлемента с p-n переходом. ([2] гл. 2, [3] гл. 2)

Тема 2.2. Фотоприемники и преобразователи солнечной энергии.

Фотоприемники и преобразователи солнечной энергии.

Раздел 3. Максимальная эффективность солнечных преобразователей.

Тема 3.1. Характеристики и особенности солнечного излучения.

Солнечное излучение. Характеристики и особенности солнечного излучения. ([1] гл. 14)

Тема 3.2. Определение идеальной эффективности (к.п.д.) солнечного элемента.

Определение идеальной эффективности (к.п.д.) солнечного элемента. Определение тока короткого замыкания из солнечного элемента из спектра солнечного излучения. Зависимость (к.п.д.) солнечного элемента от ширины запрещенной зоны полупроводника. ([1] гл. 14)

Раздел 4. Теория фотовольтаических элементов на p-n гомопереходах

Тема 4.1. Солнечные элементы на гомо p-n переходах.

Солнечные элементы на гомо p-n переходах. ([1] гл. 14)

Тема 4.2. Расчет спектрального отклика солнечного элемента.

Расчет спектрального отклика солнечного элемента. Зависимость спектрального отклика от параметров p-n перехода. ([1] гл. 14)

Модуль 2. Характеристики и типы однопереходных Солнечных элементов

Раздел 5. Характеристики солнечных элементов

Тема 5.1. Реальная вольт-амперная характеристика солнечного элемента.

Реальная вольт-амперная характеристика солнечного элемента. Определение параметров реального p-n перехода из его вольт-амперной характеристики. ([1] гл. 14, [2] гл. 4)

Тема 5.2. Факторы влияющие на эффективность солнечного элемента.

Влияние контактного сопротивления на (к.п.д.) солнечного элемента. Фактор заполнения. Определение (к.п.д.) солнечного элемента через фактор заполнения. Влияние генерационно-рекомбинационной составляющей тока p-n перехода на (к.п.д.) солнечного элемента. Температурные характеристики солнечных элементов. ([1] гл. 14, [2] гл. 4)

Тема 5.3. Определение основных параметров солнечных элементов на основе измерений темновых и световых вольтамперных характеристик

Тема 5.4. Определение влияния температуры на основные параметры солнечного элемента

Тема 5.5. Определение зависимости параметров солнечного элемента от угла освещения

Раздел 6. Типы однопереходных солнечных элементов

Тема 6.1. Некоторые конструкции солнечных элементов.

Солнечный элемент с барьером вблизи тыловой поверхности. Многопереходные солнечные элементы на V-каналах. Солнечный элемент со спаренными переходами (с точечными

тыловыми контактами). Зависимость тока короткого замыкания в таких элементах от толщины базовой области. ([1] гл. 14)

Тема 6.2. Тонкопленочные солнечные элементы.

Тонкопленочные солнечные элементы CdS/Cu_2S. Зонная диаграмма. Солнечные элементы на основе $CuInSe_2/CdS$, Зонная диаграмма. Солнечные элементы на основе альфа-кремния. ([1] гл. 14, [2] гл. 6)

Модуль 3. Солнечние элементи на основе гетеропереходов

Раздел 7. Солнечние элементи на основе гетеропереходов

Тема 7.1. Солнечные элементы на основе гетеропереходов.

Солнечные элементы на основе гетеропереходов. Преимущества солнечных элементов с гетероперходами. Расчет фототока в p-n гетеропеходах. Солнечные элементы на основе p-GaAlAs/p-GaAs/n-GaAs. Солнечные элементы на основе прозрачный токопроводящий слой – полупроводник. ([1] гл. 14)

Тема 7.2. Каскадные солнечные элементы (КСЭ).

Каскадные солнечные элементы (КСЭ). Зонная диаграмма КСЭ. Преимущества КСЭ. Технологические методы их создания. ([1] гл. 14, [5])

Тема 7.3. Концентраторные солнечные элементы.

Концентраторные солнечные элементы и его особенности. Типы концентраторов солнечной энергии и их конструктивные и эксплуатационные особенности. ([1] гл. 14, [6])

Раздел 8.Термофотовольтаические преобразователи солнечного и теплового излучений.

Тема 8.1. Физический принцип действия термофотовольтаических преобразователей, его особенности и конструкции.

Термофотоэлектрический метод преобразования тепловой энергии в электрическую. Физический принцип действия термофотовольтаических преобразователей, его особенности и конструкции. ([2] гл. 6, [7])

4. Фонды оценочных средств *(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).*

4.1. Планы практических занятий

№	Тема	Цель и содержание
1	**Измерение спектра собственного поглощения полупроводника**	Ознакомление с методикой измерения коэффициента поглощения света. Определение ширины запрещённой зоны Eg на основе спектра собственного поглощения. Построение графика зависимости коэффициента поглощения от длины волны излучения.
2	**Исследование спектрального отклика солнечного элемента**	Определение внешнего квантового выхода (QE) солнечного элемента в зависимости от длины волны. Анализ влияния параметров p-n перехода на форму спектрального отклика. Расчёт плотности тока короткого замыкания.
3	**Измерение вольт-амперных характеристик солнечного элемента**	Съём I-V характеристик в тёмном и освещённом режиме. Определение параметров: тока короткого замыкания, напряжения холостого хода, сопротивлений, идеальности

		перехода, фактора заполнения и КПД.
4	**Исследование температурной зависимости параметров солнечного элемента**	Изучение влияния температуры на характеристики солнечного элемента. Съём и анализ температурной зависимости Voc, Isc, FF и η. Построение соответствующих графиков.
5	**Определение зависимости параметров солнечного элемента от угла освещения**	Измерение изменения тока короткого замыкания и мощности солнечного элемента при изменении угла падения света. Построение угловых характеристик и анализ эффективности при различных ориентациях.
6	**Сравнение различных типов солнечных элементов**	Практический анализ тонкоплёночных (CdTe, α-Si) и кристаллических (Si) солнечных элементов. Съём I-V и спектральных характеристик, расчёт КПД и сравнение их эксплуатационных параметров.

4.2. Материалы по практической части курса

4.2.1. Учебно-методические пособия;

Геворкян В.А. Лабораторные работы по дисциплине: «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники», Методическое руководство.

4.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

1. Объясните физический смысл формулы Бугера-Ламберта и её применение к полупроводникам.
2. Рассчитайте длину волны, соответствующую ширине запрещённой зоны кремния.
3. Сравните особенности прямых и непрямых межзонных переходов. Приведите примеры материалов с теми и другими типами переходов.
4. Объясните механизм возникновения фототока в p-n переходе.
5. Нарисуйте и прокомментируйте схемы включения фотоэлементов с p-n переходами.
6. Исследуйте спектр солнечного излучения и объясните его влияние на параметры солнечных элементов.
7. Постройте зависимость идеального КПД солнечного элемента от ширины запрещённой зоны материала.
8. Объясните особенности работы солнечного элемента на гомо-p-n переходе.
9. Опишите методику расчёта спектрального отклика солнечного элемента.
10. По заданной ВАХ определите параметры реального p-n перехода: Rs, Rsh, n, FF.
11. Объясните, как контактное сопротивление и фактор заполнения влияют на КПД солнечного элемента.
12. Рассчитайте изменение параметров солнечного элемента при изменении температуры.

13. Исследуйте влияние угла падения солнечного излучения на эффективность фотоэлемента.
14. Сравните конструкции солнечных элементов с тыловыми и фронтальными контактами.
15. Охарактеризуйте устройство и принципы работы тонкоплёночных солнечных элементов на основе CdS/Cu_2S и α-Si.
16. Объясните преимущества гетеропереходов по сравнению с гомопереходами в солнечных элементах.
17. Нарисуйте зонную диаграмму каскадного солнечного элемента и объясните механизм повышения КПД.
18. Классифицируйте типы концентраторных солнечных элементов и опишите особенности их эксплуатации.
19. Опишите принцип работы термофотовольтаического преобразователя и его отличия от классического фотовольтаического элемента.

4.4. Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

Контрольная работа. Вариант 1

1. Собственное поглощение света в полупроводниках. Прямые разрешенные переходы.
2. Коэффициент поглощения и средняя длина свободного пробега фотона.

4.5. Перечень экзаменационных вопросов

1. Собственное поглощение света в полупроводниках. Прямые разрешенные переходы. Коэффициент поглощения. Средняя длина свободного пробега фотона.
2. Фотовольтаический эффект в р-п переходах. Две схемы включения фотоэлемента с р-п переходом.
3. Характеристики и особенности солнечного излучения.
4. Определение идеальной эффективности (к.п.д.) солнечного элемента. Определение тока короткого замыкания из солнечного элемента из спектра солнечного излучения. Зависимость (к.п.д.) солнечного элемента от ширины запрещенной зоны полупроводника.
5. Солнечные элементы на гомо р-п переходах. Расчет спектрального отклика солнечного элемента. Зависимость спектрального отклика от параметров р-п перехода.
6. Реальная вольт-амперная характеристика солнечного элемента. Влияние контактного сопротивления на (к.п.д.) солнечного элемента. Фактор заполнения. Определение

(к.п.д.) солнечного элемента через фактор заполнения. Влияние генерационно-рекомбинационной составляющей тока р-п перехода на (к.п.д.) солнечного элемента.

7. Определение параметров реального р-п перехода из его вольт-амперной характеристики.
8. Некоторые конструкции солнечных элементов.

- солнечный элемент с барьером вблизи тыловой поверхности.
- многопереходные солнечные элементы на V-каналах.
- солнечный элемент со спаренными переходами (с точечными тыловыми контактами). Зависимость тока короткого замыкания в таких элементах от толщины базовой области.

9. Солнечные элементы на основе гетеропереходов. Преимущества солнечных элементов с гетероперходами. Расчет фототока в р-п гетеропеходах. Солнечные элементы на основе p-GaAlAs/p-GaAs/n-GaAs. Солнечные элементы на основе прозрачный токопроводящий слой – полупроводник.
10. Каскадные солнечные элементы (КСЭ). Зонная диаграмма КСЭ.
11. Тонкопленочные солнечные элементы.

- CdS/Cu_2S , Зонная диаграмма
- Солнечные элементы на основе $CuInSe_2/CdS$, Зонная диаграмма
- Солнечные элементы на основе альфа-кремния

12. Концентраторные солнечные элементы и его особенности. Типы концентраторов солнечной энергии.
13. Термофотовольтаические (ТФВ) преобразователи солнечной и теплой энергии. Отличительные особенности ТФВ преобразователей по сравнению с солнечными преобразователями.
14. Солнечные элементы на основе полимер-фуллерен объемных гетеропереходов. Принцип действия и особенности полимерных солнечных элементов.
15. Солнечные элементы на основе красителей. Конструкция, энергетическая диаграмма, принцип действия и особенности солнечных элементов на основе красителей.

4.6. Образцы экзаменационных билетов

МОО ВО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙКафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Электроника и наноэлектроника
Дисциплина: Фотоэлектрические п/п преобразователи солнечной энергии
(магистратура I-ый курс, I-ый семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Собственное поглощение света в полупроводниках. Прямые разрешенные переходы. Коэффициент поглощения. Средняя длина свободного пробега фотона.
2. Определение параметров реального р-п перехода из его вольт-амперной характеристики.

Зав. кафедройОФКН _____Д.Б. Айрапетян
20__г.

МОО ВО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Электроника и наноэлектроника
Дисциплина: Фотоэлектрические п/п преобразователи солнечной энергии
(магистратура I-ый курс, I-ый семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Фотовольтаический эффект в p-n переходах. Две схемы включения фотоэлемента с p-n переходом.
2. Некоторые конструкции солнечных элементов.
- солнечный элемент с барьером вблизи тыловой поверхности.
- многопереходные солнечные элементы на V-каналах.
- солнечный элемент со спаренными переходами (с точечными тыловыми контактами). Зависимость тока короткого замыкания в таких элементах от толщины базовой области.

Зав. кафедройОФКН _____Д.Б. Айрапетян
20__г.

МОО ВО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Электроника и наноэлектроника
Дисциплина: Фотоэлектрические п/п преобразователи солнечной энергии
(магистратура I-ый курс, I-ый семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Солнечные элементы на основе гетеропереходов. Преимущества солнечных элементов с гетероперходами. Расчет фототока в p-n гетеропеходах. Солнечные элементы на основе p-GaAlAs/p-GaAs/n-GaAs. Солнечные элементы на основе прозрачный токопроводящий слой – полупроводник.
2. Характеристики и особенности солнечного излучения.

Зав. кафедройОФКН _____Д.Б. Айрапетян
20__г.

---

5. Методический блок

5.1. Методика преподавания

Преподавание данного курса основывается на:
- Проведение лекционных занятий согласно тематическому плану.
- Контроль усвоенного материала
- Организацию самостоятельной работы студентов.
- Организацию практической работы студентов в лаборатории.