

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 19:47:26

Уникальный идентификатор:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Солнечная энергетика

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Магистр-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

38

часов на контроль

72

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	38	38	38	38
Часы на контроль	72	72	72	72
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Гостева Екатерина Александровна; дтн, профессор, Полисан Андрей Андреевич

Рабочая программа

Солнечная энергетика

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, 22.04.01-ММТМ-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Протокол от 14.06.2022 г., №13-21/22

Руководитель подразделения Оганов Артём Ромаевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Формирование компетенций в соответствии с учебным планом НИТУ МИСиС по направлению 22.04.01.«Материаловедение и технологии материалов» . Изучение студентами современных достижений в области солнечной энергетики, изучение перспективных материалов для солнечной энергетики с целью их оптимального выбора для создания элементов фотоэлектрических систем.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.1.2	Кристаллы в квантовой электронике	
2.1.3	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.4	Оптические элементы лазерных систем. Часть 1	
2.1.5	Применение лазерных систем	
2.1.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.7	Спектроскопические методы анализа поверхности	
2.1.8	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.9	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.10	Новые углеродные материалы	
2.1.11	Оптические явления в кристаллах. Часть 1	
2.1.12	Технология получения кристаллов	
2.1.13	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Методы исследования материалов	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-3: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов, устройств и технологических процессов для создания функциональных материалов, структур и устройств микро- и нанoeлектроники, квантовой фотоники с заданными свойствами и характеристиками	
Знать:	
ПК-3-31	Современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на свойства материалов солнечной энергетики , взаимодействия этих материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками
ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям	
Знать:	
ПК-2-33	Знать конструкции и основы технологий изготовления фотоэлектрических модулей.
ПК-2-31	Знать основы технологий получения полупроводниковых материалов для солнечной энергетики.
ПК-2-32	Знать конструкции и основы технологий изготовления солнечных элементов.
ПК-3: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов, устройств и технологических процессов для создания функциональных материалов, структур и устройств микро- и нанoeлектроники, квантовой фотоники с заданными свойствами и характеристиками	
Уметь:	
ПК-3-У3	Уметь проводить анализ эквивалентной схемы реального солнечного элемента и выявлять факторы, ответственные за снижение эффективности
ПК-3-У1	Уметь проводить расчеты выходных характеристик солнечных элементов для различных условий эксплуатации (интенсивность излучения, температура)
ПК-3-У2	Выбирать конструкционные и инструментальные материалы, в том числе с использованием информационных технологий для производства солнечных элементов и конструкций на их основе

ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Уметь:
ОПК-5-У1 Выбирать конструкционные и инструментальные материалы, в том числе с использованием информационных технологий для производства солнечных элементов и конструкций на их основе
ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
Уметь:
ПК-2-У1 Уметь проводить измерения ВАХ солнечных элементов с использованием имитатора солнечного излучения и в натуральных условиях.
Владеть:
ПК-2-В1 Владеть навыками определения качества солнечных элементов по результатам измерения световой и темновой ВАХ.
ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Владеть:
ОПК-5-В1 Выбором технологического оборудования термической и химико-термической обработки в процесс производства солнечных элементов и комплектующих солнечных систем

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Солнечная энергетика. Основные понятия							
1.1	Основные понятия, история развития солнечной энергетике /Ср/	3	2	ПК-2-31 ПК-3-У1 ПК-3-У3 ОПК-5-У1	Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3 Л2.8Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
1.2	Спектр солнечного излучения. Солнечное излучение и Атмосферная масса. Прямое и глобальное солнечное излучение. /Пр/	3	2	ПК-3-У1 ПК-3-У3 ОПК-5-У1	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э6	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	

1.3	Спектр солнечного излучения. Солнечное излучение и Атмосферная масса. Прямое и глобальное солнечное излучение. /Ср/	3	2	ПК-3-У1 ПК-3-У3 ОПК-5-У1	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.5Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
1.4	Взаимодействие электромагнитного излучения с полупроводниками /Пр/	3	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.5Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	Р1
	Раздел 2. Физические принципы солнечных элементов							
2.1	Фотоэлектрические явления в полупроводниках. /Ср/	3	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.5 Л2.6Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)		
2.2	Принцип действия солнечных элементов /Пр/	3	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.5Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	

2.3	Конструкции солнечных элементов. /Ср/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)		
2.4	Конструкции солнечных элементов. Простейший СЭ. СЭ с просветлением. СЭ с текстурированной поверхностью. “Прозрачный” СЭ. “Двухсторонний “ СЭ. /Пр/	3	4	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
2.5	Конструкции солнечных элементов. /Ср/	3	2	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)		
2.6	Конструкции солнечных элементов. Солнечные элементы с расположением р-п-перехода и контактных дорожек на тыльной поверхности, солнечные элементы типа “НИТ” /Пр/	3	2	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	

2.7	Типы солнечных элементов и динамика повышения эффективности солнечных элементов /Ср/	3	2	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.4Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)		
2.8	Типы солнечных элементов и динамика повышения эффективности солнечных элементов /Пр/	3	2	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.4Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	Р2
Раздел 3. Кремниевые солнечные элементы								
3.1	Кремний для солнечных элементов (монокристаллический кремний, мультикремний, квазикристаллический кремний) /Ср/	3	2	ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.4 Л2.7Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)		
3.2	Si для солнечных элементов (монокристаллический кремний, мультикремний, квазикристаллический кремний) /Пр/	3	2	ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.4 Л2.7Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)		

3.3	Технология производства кремниевых солнечных элементов /Ср/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.6Л2.8 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)		
3.4	Технология производства кремниевых солнечных элементов /Пр/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.6Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)		РЗ
Раздел 4. Солнечные элементы на основе арсенида галлия								
4.1	Солнечные элементы на основе арсенида галлия GaAs /Ср/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
4.2	Солнечные элементы на основе арсенида галлия GaAs /Пр/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	

4.3	Солнечные элементы на основе гетероструктур AlGaAs-GaAs /Ср/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
4.4	Солнечные элементы на основе гетероструктур AlGaAs-GaAs /Пр/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	Р4
Раздел 5. Тонкопленочные солнечные элементы.								
5.1	Тонкопленочные солнечные элементы (a-Si, CdTe/CdS, CIGS) СН /Ср/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.7Л1.1 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
5.2	Тонкопленочные солнечные элементы (a-Si, CdTe/CdS, CIGS) /Пр/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.3Л2.3 Л2.8 Л2.7Л1.1 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	

5.3	Перовскитные солнечные элементы СН /Ср/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2Л2.3 Л2.8 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
5.4	Перовскитные солнечные элементы /Пр/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.1Л2.3 Л2.8 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	Р3
Раздел 6. Модули солнечных элементов								
6.1	Конструкции модулей. Оптические и коммутационные потери . Концентраторные модули /Ср/	3	8	ПК-2-33 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э6	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
6.2	Конструкции модулей. Оптические и коммутационные потери . Концентраторные модули /Пр/	3	6	ПК-2-33 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э6	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	
Раздел 7. Современное состояние и рынок солнечной энергетики								

7.1	Современное состояние и рынок солнечной энергетики. /Ср/	3	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ОПК-5-У1	Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4	В процессе самостоятельных занятий следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	Р7
7.2	Современное состояние и рынок солнечной энергетики. /Пр/	3	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ОПК-5-У1	Л3.2 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4	При подготовке к практическим занятиям следует использовать Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) (раздел МУ)	КМ1	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
-----------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Экзамен	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3	<p>Современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на свойства материалов солнечной энергетики , взаимодействия этих материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Солнечная энергетика. История развития. Современное состояние и перспективы. 2. Принципы построения фотоэлектрической системы. 3. Взаимодействие электромагнитного излучения с полупроводником (отражение, поглощение, пропускание). Оптическая генерация свободных носителей заряда в полупроводнике. 4. Солнечный элемент. Принцип работы. 5. Оптимальный полупроводник для солнечных элементов и спектральная чувствительность. 6. Эквивалентная схема солнечного элемента. ВАХ солнечного элемента. Измерения ВАХ. 7. Конструкции солнечных элементов. 8. Зависимость ВАХ солнечного элемента от интенсивности излучения и температуры. 9. Особенности солнечных элементов и солнечных батарей, используемых в наземных условиях и в Космосе. <p>Владение базовыми знаниями теоретических и прикладных наук в области солнечной энергетики и способность развивать их самостоятельно с использованием в профессиональной деятельности при анализе и моделировании, теоретическом и экспериментальном исследовании материалов и процессов;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Солнечные элементы на основе Si. 2. Солнечные элементы на основе GaAs. 3. Гетероструктуры с квантовыми ямами и сверхрешетками на основе GaAs в конструкциях солнечных элементов. 4. Тонкопленочные солнечные элементы. Солнечные элементы на основе аморфного кремния a-Si 5. Принцип построения тонкопленочных солнечных элементов на основе двойных и тройных полупроводниковых соединений. 6. Принципы и особенности перовскитных солнечных элементов 7. Коммутация солнечных элементов и конструкции модулей. 8. Оптические и коммутационные потери в модулях. 9. Потери в модулях из-за несоответствия характеристик солнечных элементов. Байпасные диоды 10. Концентраторные солнечные элементы и модули. <p>Уметь проводить расчеты выходных характеристик солнечных элементов для различных условий эксплуатации (интенсивность излучения, температура)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зависимость фотоэлектрических характеристик Si.солнечных элементов от температуры (I_{sc}, U_{oc}, P_m) 2. Зависимость фотоэлектрических характеристик GaAs.солнечных элементов от температуры (I_{sc}, U_{oc}, P_m). 3. Зависимость фотоэлектрических характеристик солнечных элементов от интенсивности излучения (I_{sc}, U_{oc}).
-----	---------	---	--

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Практическое занятие 1	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У1	Современные представления наук о материалах для солнечной энергетики
Р2	Домашняя работа (подготовка доклада-презентации)	ПК-2-В1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3	Классификация современных солнечных элементов. Достижения и перспективы
Р3	Практическое занятие 2	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33	Расчеты выходных характеристик солнечных элементов для различных условий эксплуатации (даются варианты значений интенсивности излучения и температуры)

P4	Практическое занятие 3	ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У3	Измерения ВАХ солнечных элементов с использованием имитатора солнечного излучения
P5	Домашняя работа 2	ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-У1	Расчет параметров солнечного элемента по результатам измерений
P6	Практическое занятие 4	ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-3-У1	Измерения ВАХ солнечных элементов в натуральных условиях; Определение воздушной массы в натуральных условиях
P7	Практическое занятие 5	ПК-3-У3;ПК-3-У2;ПК-3-У1;ПК-2-В1;ПК-2-У1	Оценки качества солнечных элементов по результатам измерений световых и темновых ВАХ

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационные задания изложены в экзаменационных билетах. Каждый билет содержит 2 теоретических вопроса, причем первый и второй вопрос относятся к разным темам, и задачу. Билеты хранятся на кафедре.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания при ответе на 2 теоретических вопроса, правильно решил задачу.

- «хорошо» – а) студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы при ответе на 2 теоретических вопроса, но не решил задачу.

б) допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, правильно решил задачу.

в) правильно и полно ответил на 1 теоретический вопрос, правильно решил задачу.

- «удовлетворительно» – а) студент ответил на 1 теоретический вопрос, не решил задачу.

б) студент не ответил на теоретические вопросы, но правильно решил задачу.

- «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Герасименко Н. Н., Пархоменко Ю. Н.	Кремний - материал нанoeлектроники: учеб. пособие для студ. вузов спец. 210600 - 'Нанотехнология' и спец. 210100 - 'Электроника и микроэлектроника'	Библиотека МИСиС	М.: Техносфера, 2007
Л1.2	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1976
Л1.3	Пархоменко Ю. Н., Полисан А. А.	Физика и технология приборов фотоники. Солнечная энергетика и нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Бушуев В. В.	Мировая энергетика: Состояние, проблемы, перспективы.: монография	Электронная библиотека	Москва: Энергия, 2007
Л2.2	Кузык Б. Н.	Вызов XXI века: энергоэкологический кризис и альтернативная энергетика	Электронная библиотека	Москва: Институт экономических стратегий, 2007
Л2.3	Рывкин С. М., Жданов Г. С.	Фотоэлектрические явления в полупроводниках: монография	Электронная библиотека	Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Полисан А. А., Астахов В. П.	Материалы и элементы электронной техники. Расчет режимов термического окисления и диффузии при формировании легированных слоев: практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л2.5	Маргын В. Н., Спицына Л. Г.	Физика твердого тела: Разд.: Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках: Лаб. практикум для студ. спец. 2001, 2002, 0710 и направл. 5507, 5516, 5531	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
Л2.6	МИСиС, Горелик С. С.	Вып.89: Поверхностные явления в полупроводниках: Сб.статей	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1976
Л2.7	Андреев Л. А., Новиков А. В., Новикова Е. А., Бокштейн Б. С.	Физика и химия твердого тела. Металлы и полупроводники: практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Слэтер Д.	Диэлектрики, полупроводники, металлы	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1969
Л3.2	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для студ. вузов по напр. 'Материаловедение и технология новых материалов', 'Материаловедение, технологии материалов и покрытий'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2003
Л3.3	Полисан А. А.	Материалы и элементы электронной техники. Тонкопленочные многослойные структуры и солнечные элементы на основе гидrogenизированного аморфного и нанокристаллического кремния: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007
Л3.4	Полисан А. А., Астахов В. П.	Основы радиационных технологий. Расчет режимов ионной имплантации и профиля распределения имплантированных атомов примеси на примере изготовления кремниевых солнечных элементов n ⁺ -p-p ⁺ (p ⁺ -n-n ⁺)-типа: метод. указания	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Солнечная энергетика. Курс Canvas	https://lms.misis.ru/courses/3811
Э2	Springer Nature e-books - электронные научные книги	https://link.springer.com/search?query=&facet-content-type=%22Book%22
Э3	Springer materials - крупнейший в мире ресурс физических и химических данных в области материаловедения	http://materials.springer.com/

Э4	Nano - ресурс содержит информацию о наноматериалах и наноустройствах	https://nano.nature.com/
Э5	Рождественская лекция: Век перовскитов: Солнечная энергетика	https://www.youtube.com/watch?v=-hB19SU1Kig
Э6	Карты солнечных и ветровых ресурсов на территории России	http://gisre.ru/maps#sources

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams
П.4	Microsoft Office

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru/)
И.2	American Institute of Physics (AIP) (http://scitation.aip.org/)
И.3	American Physical Society (APS) (http://journals.aps.org/about)
И.4	Cambridge University (CUP) journals (https://www.cambridge.org/core)
И.5	ScienceDirect (www.sciencedirect.com)
И.6	Scopus (www.scopus.com)
И.7	UK Institute of Physics (IOP) journals (http://iopscience.iop.org/journals)
И.8	Nature Publishing Group (http://www.nature.com/siteindex/index.html)
И.9	Optical Society of America (http://www.osa.org/en-us/publications/)
И.10	Springer materials (http://materials.springer.com/)
И.11	Nano (https://nano.nature.com/)
И.12	Springer Nature e-books (https://link.springer.com/search?query=&facet-content-type=%22Book%22)
И.13	Web of Science (http://www.webofscience.com)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При конспектировании в конспект следует заносить всё, что рекомендует преподаватель. Изучение и отработка прослушанных материалов без промедления значительно экономит время и способствует лучшему усвоению материала. Студентам рекомендуется с самого начала освоения данного курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории. Заранее перед практическими занятиями необходимо ознакомиться с соответствующей темой в Canvas. При освоении данного курса студент должен пользоваться библиотекой вуза, а также электронными базами учебной литературы.