

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 11.07.2023 11:02:46  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Возобновляемая солнечная  
энергетика (renewable solar  
energy)»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

---

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕХНОЛОГИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МОДУЛЕЙ (TECHNOLOGY  
OF SOLAR CELLS AND MODULES)»

для подготовки магистров

по направлению

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

по программе

«Возобновляемая солнечная энергетика (renewable solar energy)»

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Терукова Е.Е.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Фот  
16.05.2022, протокол № 3\22

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭЛ, 15.06.2022, протокол № 3\22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	Фот
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	2
Семестр	3
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	2

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ТЕХНОЛОГИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МОДУЛЕЙ (TECHNOLOGY OF SOLAR CELLS AND MODULES)»**

Изучение дисциплины предусматривает усвоение следующих вопросов: основные материалы тонкопленочных и гетероструктурных фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии; основы технологии формирования тонкопленочных солнечных элементов на основе тонких пленок аморфного и микрокристаллического кремния; основы технологии формирования гетероструктурных солнечных элементов на основе монокристаллического кремния; основные этапы процесса формирования микроморфных кремниевых солнечных модулей на примере технологии фирмы Орликон Солар: процесс выбора и подготовки подложки; формирование прозрачного контактного слоя на основе оксида цинка; формирование структуры солнечного модуля: лазерное скрайбирование; формирование фотоактивных слоев на основе аморфного и микрокристаллического гидрогенизированного кремния; процессы финишной сборки модуля: нанесение контактных шин, формирование изоляционного края, герметизация, нанесение коммутационной коробки; контроль качества технологических операций солнечных модулей на разных этапах их производства; основные направления повышения эффективности тонкопленочных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии; основные этапы процесса формирования гетероструктурных кремниевых солнечных модулей на примере производства ООО «Хевел»: производство кремниевых пластин, входной контроль кремниевых пластин; текстурирование; плазмохимическое осаждение фотоактивных кремниевых слоев; магнетронное нанесение токопроводящего слоя; формирование контактной сетки; этапы сборки гетероструктурных солнечных модулей различного типа.

### **SUBJECT SUMMARY**

## «TECHNOLOGY OF SOLAR CELLS AND MODULES»

The study of the discipline involves the assimilation of the following questions: basic materials for thin-film and heterostructural solar photovoltaic converters, fundamentals of technology for the formation of thin-film solar cells based on thin films of amorphous and microcrystalline silicon; fundamentals of technology for the formation of heterostructural solar cells based on single-crystal silicon; the main stages of the process of formation of micromorphic silicon solar modules using the technology of Orlikon Solar as an example: the process of selecting and preparing a substrate; formation of a transparent contact layer based on zinc oxide; formation of the structure of a solar module: laser scribing; formation of photoactive layers based on amorphous and microcrystalline hydrogenated silicon; final assembly processes of the module: applying contact bars, forming an insulating edge, sealing, applying a junction box; quality control of technological operations of solar modules at different stages of their the main directions for improving the efficiency of thin-film silicon photovoltaic solar energy converters, the main stages of the process of forming heterostructure silicon solar modules on the example of the production of Hevel LLC: production of silicon wafers, input control of silicon wafers; texturing, plasma chemical deposition of photoactive silicon layers; magnetron deposition of a conductive layer; formation of a contact grid; assembly stages of heterostructure solar modules of various types.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цели изучения дисциплины: изучение основ технологии кремниевых фотоэлектрических тонкопленочных и гетероструктурных преобразователей солнечной энергии, основных параметров технологических процессов производства солнечных модулей и направлений повышения эффективности фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии, формирование базовых умений и навыков применения технологий, используемых при производстве тонкопленочных солнечных модулей на основе кремния.

2. Задачи изучения дисциплины: формирование знаний, умений и практических навыков для применения технологий, используемых при производстве тонкопленочных и гетероструктурных солнечных модулей, и особенных рецептур и материалов, используемых при производстве тонкопленочных солнечных модулей на основе кремния.

3. Знания:

-основ технологии кремниевых фотоэлектрических тонкопленочных преобразователей солнечной энергии, основных параметров технологических процессов производства солнечных модулей и направлений повышения эффективности фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии;

-особенных рецептур и материалов, используемых при производстве тонкопленочных солнечных модулей на основе кремния.

4. Умения и практические навыки для применения технологий, используемых при производстве тонкопленочных солнечных модулей на основе кремния.

5. Базовые навыки формирования тонкопленочных и гетероструктурных солнечных модулей, включающих знание высокотехнологичных процессов и процессов финишной сборки солнечных модулей.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Возобновляемые источники энергии (Renewable Energy Sources)»
2. «Диагностика материалов и структур солнечной энергетики (Diagnostics of Solar Energy Materials and Structures)»
3. «Материалы солнечной энергетики (Solar Energy Materials)»
4. «Метрология солнечных элементов и модулей (Metrology of Solar Cells and Modules)»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-5	Способен проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства
<i>ПК-5.1</i>	<i>Знает требования технологической и нормативной документации новых технологических процессов выпуска изделий микроэлектроники</i>
<i>ПК-5.2</i>	<i>Умеет проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники</i>
ПК-6	Способен разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники
<i>ПК-6.1</i>	<i>Знает методы отработки и внедрения новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники</i>
<i>ПК-6.2</i>	<i>Умеет разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники</i>
СПК-24	Способен осуществлять разработку и оптимизацию технологии производства солнечных фотоэлектрических преобразователей
<i>СПК-24.1</i>	<i>Знает схемы и устройство приборов и устройств солнечных фотоэлектрических преобразователей</i>
<i>СПК-24.2</i>	<i>Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ приборов и устройств солнечных фотоэлектрических преобразователей</i>



## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				
2	Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве тонкопленочных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии	2	2	4		8
3	Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве гетероструктурных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии	4	2	2		8
4	Технология производства монокристаллических кремниевых слитков и пластин	5	2	2		10
5	Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере технологии фирмы Орликон Солар)	5	2	0		8
6	Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере производства ООО «Хевел»)	5	2	5		14
7	Климатические испытания солнечных модулей	5	2	0		16
8	Обзор тенденций солнечной энергетики	6	5	4		11
9	Заключение	1			1	
	Итого, ач	34	17	17	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4				

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Обзор технологий производства солнечных модулей разных типов. Сравнительный анализ методов изготовления солнечных модулей разных типов.
2	Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве тонкопленочных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии	Материалы и конструкции тонкопленочных солнечных модулей разных типов. Технологические этапы формирования тонкопленочных микроморфных кремниевых солнечных модулей.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве гетероструктурных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии	Материалы и конструкции гетероструктурных солнечных модулей разных типов. Технологические этапы формирования гетероструктурных микроморфных кремниевых солнечных модулей
4	Технология производства монокристаллических кремниевых слитков и пластин	Описание процесса роста монокристаллического кремния методом Чохральского. Технологические этапы производства монокристаллических кремниевых пластин. Методики контроля качества кремниевых пластин.
5	Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере технологии фирмы Орликон Солар)	Особенности формирования аморфного каскада микроморфного солнечного модуля. Особенности технологии формирования микрокристаллического каскада микроморфного солнечного модуля. Технологические режимы формирования двухкаскадного микроморфного солнечного модуля в реакторе KAI 11200 Plasma Box. Методы исследования кремниевых тонких пленок
6	Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере производства ООО «Хевел»)	Особенности формирования гетероструктурных модулей типа стекло-стекло, стекло-бэксит. Особенности методов контактирования и сборки в стрингов гетероструктурных солнечных модулей.
7	Климатические испытания солнечных модулей	Описание методик стандартов по климатическим испытаниям солнечных модулей IEC 61215-1 и IEC 61730. Критерии прохождения испытаний, используемое оборудование.
8	Обзор тенденций солнечной энергетики	Анализ ежегодного отчета ITPRV по тенденциям в области фотовольтаики
9	Заключение	Тенденции развития солнечной энергетики. Основные направления в солнечной энергетике, имеющие перспективы коммерческого развития.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Обработка спектров пропускания различных материалов, применяемых в сборке модулей	3
2. Обработка данных с производства по качеству ФЭП (выгрузка с MES)	4
3. Анализ изображения ФЛ кремниевых пластин	3
4. Анализ изображения ЭЛ солнечных модулей	3
5. Расчет эффективности солнечной электростанции	4
Итого	17

### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Материалы, процессы и технологии, применяемые при производстве тонкопленочных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии.	2
2. Тенденции к снижению стоимости солнечных модулей	3
3. Солнечные элементы типа PERC, TopCon	3
4. Обработка ИК-спектров тонких пленок аморфного и микрокристаллического кремния	3
5. Обработка результатов измерения ВАХ солнечных модулей с помощью имитатора солнечного излучения	3
6. Солнечные элементы на основе перовскитов. Перспективы и сложности	3
Итого	17

### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

### 4.5 Реферат

Исходные данные и требования: Объем рефератов должен составлять не менее 15 страниц (шрифт — New Times Roman, кегль 14, интервал — 1,5), максимум 30 страниц.

Реферат должен состоять из следующих разделов: Аннотация, Введение, Основная часть, логически разбитая на подразделы, Заключение, Список литературы.

Рефераты должны быть оформлены согласно ГОСТ 7.32-2017 ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ, при этом особое внимание должно быть уделено оформлению списка цитируемой научной литературы, который должен содержать минимум 7 источников, максимум 30.

Реферат сдается преподавателю в электронном виде через личную почту или личный кабинет ЛЭТИ.

Темы:

№ п/п	Название темы	Перевод темы
1	Типы солнечных модулей	Solar module types
2	Материалы для производства солнечных модулей и их особенности	Materials for solar modules and their characteristics
3	Тенденции развития модулей типа TopCon	Development trends of TopCon solar modules
4	Тенденции развития гетероструктурных солнечных модулей	Development trends of heterojunction solar modules
5	Утилизация солнечных модулей	Utilization of solar modules
6	Анализ работы солнечной электростанции	Analysis of solar power plants generation

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных поло-

жений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

По каждой теме содержания рабочей программы могут быть предусмотрены индивидуальные домашние задания (расчетно-графические работы, рефераты, конспекты изученного материала, доклады и т.п.).

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	8
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	12
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	10
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Афанасьев, Валентин Петрович. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния / В.П. Афанасьев, Е.И. Теруков, А.А. Шерченков, 2010. - 167 с.	10
2	Роза, Альдо Виейра да. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы : [учеб. пособие] / А. да Роза ; пер. с англ. под ред. С. П. Малышенко, О. С. Попеля, 2010. -702, [1] с.	6
3	Гудовских, Александр Сергеевич. Границы раздела в солнечных элементах на основе гетероструктур : [монография] / А. С. Гудовских, 2012. -157, [1] с.	10
4	Технология тонких пленок : справ. : [в 2 т.] / под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга ; пер. с англ. под ред. М.И. Елинсона, Г.Г. Смолко. Т. 1, 1977. -662 с.	19
Дополнительная литература		
1	Шур, Михаил. Физика полупроводниковых приборов: В 2 кн. Кн. 1 : Ю.Д.Биленко, В.Л.Видро, 1992. -479 с.	13
2	Шур, Михаил. Физика полупроводниковых приборов: В 2 кн. Кн. 2 / Ю.Д.Биленко, В.Л.Видро, 1992. -295 с.	14

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Solar calculator <a href="https://www.meyerburger.com/en/solar-module/solar-calculator">https://www.meyerburger.com/en/solar-module/solar-calculator</a>
2	Solar Research <a href="https://www.nrel.gov/solar/index.html">https://www.nrel.gov/solar/index.html</a>
3	ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСТВО <a href="https://www.solarhome.ru/basics/pv">https://www.solarhome.ru/basics/pv</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=13980>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Технология солнечных элементов и модулей (Technology of Solar Cells and Modules)» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач



## Особенности допуска

К экзамену допускаются студенты, сделавшие и защитившие 5 лабораторных работ, защитившие 1 реферат и сдавшие 1 контрольную работу (итоговую). Экзамен проводится в устной форме по билетам, содержащим два теоретических вопроса.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Comparative analysis of solar module technologies of various types
2	Chemical deposition of zinc oxide in thin film solar module technology
3	Laser scribing in thin-film solar module technology
4	Materials and design of thin film solar modules
5	Influence of chemical deposition parameters on the properties of zinc oxide layers
6	Plasma-chemical deposition of silicon in the technology of thin-film solar modules
7	Technological processes used in the production of thin film solar modules
8	Materials for the production of thin-film solar modules
9	The main stages of the final assembly of thin-film solar modules and their purpose
10	Formation of a contact grid on solar cells
11	Key features of the materials for HJT module assembly
12	The main characteristics and types of defects of single-crystal silicon wafers for the production of heterostructure solar cells.
13	Solar energy development trends according to the ITRPV report
14	Production of heterostructure solar cells
15	Stages of silicon wafer production
16	Types of cell contact in modules: busbar, smartwire: principles, advantages, drawbacks
17	Testing solar modules according to standards
18	Description of the growth process of single-crystal silicon according to the Czochralski method.
19	Methods of quality control of silicon wafers.
20	Methods for studying silicon thin films
21	Technological modes of formation of a double-junction micromorphic solar module in the KAI 11200 Plasma Box reactor
22	Features of the formation of heterostructure modules such as glass-glass, glass-backsheet.
23	Description of standards methodologies for environmental testing of solar modules IEC 612151 and IEC 61730. Test criteria, equipment used.
24	The main trends in solar energy with prospects for commercial development.

## **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «СанктПетербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Технология солнечных элементов и модулей ФЭЛ (Technology of Solar Cells and Modules)**

1. Formation of a contact grid on solar cells
2. Methods for studying silicon thin films

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

С. А. Тарасов

**Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

#### **Вопросы к контрольной работе**

1. Which type of amorphous or microcrystalline silicon has a higher absorption coefficient in the IR range?
2. What is the advantage of the silicon PCD process over the chemical process from the point of view of solar photovoltaics?
3. What gas is used at the Hevel LLC plant for doping silicon?
4. During the deposition of an amorphous cascade, the temperature of the heater is...
5. An increase in the flow of hydrogen during PCD process leads to ...?
6. What gas is used for cleaning KAI chambers?
7. Silicon carbide layer is part of ...?

8. Silicon oxide layer is a part of ...?
9. What laser wavelength is used to remove the zinc oxide layer during the scribing process?
10. What is the contact scheme in thin-film solar modules produced at the Hevel LLC plant?
11. What process is used to deposit zinc oxide at Hevel LLC?
12. How does the surface roughness of zinc oxide change with varying deposition parameters in the TCO1200?
13. What is the role of zinc oxide layers in the company's micromorphic solar module?
14. What does doping ZnO with boron lead to?
15. What lasers are used in the LSS 1200?
16. What is the sequence of the final assembly of the module (back end)?
17. What is the feature of frontal glass used in micromorphic solar modules?
18. What is the technological problem when cleaning with water during the process of deposition of photoactive layers?
19. How many different types of cleaning equipment are there at Hevel LLC and what are their functions?
20. Which material has the lowest band gap: zinc oxide, amorphous silicon, microcrystalline silicon?

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
6	<p>Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве тонкопленочных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии</p> <p>Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве гетероструктурных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии</p>	Отчет по лаб. работе
10	<p>Технология производства монокристаллических кремниевых слитков и пластин</p> <p>Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере производства ООО «Хевел»)</p>	Отчет по лаб. работе
13	<p>Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве тонкопленочных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии</p> <p>Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве гетероструктурных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии</p> <p>Технология производства монокристаллических кремниевых слитков и пластин</p> <p>Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере технологии фирмы Орликон Солар)</p> <p>Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере производства ООО «Хевел»)</p> <p>Климатические испытания солнечных модулей</p> <p>Обзор тенденций солнечной энергетики</p>	Реферат
14	Обзор тенденций солнечной энергетики	Отчет по лаб. работе
15	Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве гетероструктурных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии	
16	<p>Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве тонкопленочных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии</p> <p>Технология производства монокристаллических кремниевых слитков и пластин</p> <p>Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере производства ООО «Хевел»)</p> <p>Обзор тенденций солнечной энергетики</p>	Коллоквиум

17	<p>Обзор основных материалов, процессов и технологий, применяемых при производстве гетероструктурных кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии</p> <p>Технология производства монокристаллических кремниевых слитков и пластин</p> <p>Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере технологии фирмы Орликон Солар)</p> <p>Технологические особенности процесса финишной сборки модуля (на примере производства ООО «Хевел»)</p> <p>Климатические испытания солнечных модулей</p>	Контрольная работа
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

## 6.4 Методика текущего контроля

### На лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

### Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине студент обязан выполнить 5 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. Предусматривается проведение коллоквиума на 15-16 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения

экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

### **На практических занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), подготовку реферата и написание контрольной работы на оценку не ниже удовлетворительно, по результатам которых студент получает допуск на экзамен.

### **Критерии оценивания контрольной работы**

Студент получает оценку **«отлично»**, если все вопросы раскрыты полно, изложение материала логично, выводы аргументированы.

Оценка **«хорошо»** ставится, если в работе есть 2-3 незначительные ошибки, изложенный материал не противоречит выводам.

Работа оценивается **«удовлетворительно»**, если половина материала раскрыта не полностью, присутствуют логические и фактические ошибки.

Оценку **«неудовлетворительно»** студент получит, если студент обнаруживает незнание больше половины материала.

### **Критерии оценивания реферата:**

**«отлично»** - тема реферата раскрыта полностью, на высоком научно-техническом уровне; студент свободно владеет материалом; список используемых источников включает актуальные публикации.

**«хорошо»** - тема реферата раскрыта не полностью, на хорошем научно-техническом уровне; студент хорошо владеет материалом; список используемых источников включает публикации за последнее пятилетие.

**«удовлетворительно»** - в реферате присутствуют существенные ошибки; студент владеет материалом частично; список используемых источников не содержит актуальные публикации.

**«неудовлетворительно»** - содержание реферата не совпадает с поставленной темой, студент не может представить доклад без зачитывания текста, список источников отсутствует.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **Самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК, ноутбук.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, УФ-Вид-ИК спектрометр, ПК в расчете не менее одного на бригаду.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) MATLAB 2021 и старше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК, ноутбук.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше



## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>