

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

**«МАТЕРИАЛЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (SOLAR ENERGY  
MATERIALS)»**

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:

профессор, д.ф.-м.н., старший научный сотрудник Каманина Н.В.

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭЛ, 16.06.2022, 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	1
Семестр	1
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	92
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	1

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МАТЕРИАЛЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (SOLAR ENERGY MATERIALS)»**

Рассматриваются фундаментальные и прикладные вопросы материаловедения. Излагаются базовые теоретические представления, описывающие вопросы кластерообразования, самосборки и самоорганизации. Для описания строения электронной структуры используются современные физические модели с положительной и отрицательной корреляционной энергией, а также модели переменной валентности. Значительное внимание уделяется рассмотрению элементов теории фракталов и теории перколяции, обеспечивающих решение материаловедческих задач. В содержании дисциплины включены специальные разделы, посвященные свойствам наночастиц, нанокристаллических материалов и структур аморфных микро-и наносистем, пористых материалов, сведения фуллеренах, нанотрубках, дендримерах и микро-и наносистемах на их основе, а также в программу включены свойства полимеров и гибридных органо-неорганических нанокомпозитов.

## **SUBJECT SUMMARY**

### **«SOLAR ENERGY MATERIALS»**

The course includes the fundamental and applicational issues material studying. The course describes the basic theory of cluster creation, selfappearance and selfassembly. The electronic structure is described with use of the modern physical models with positive and negative correlation energy and the models of varied valency. The attention is also paid to the fractal and percolation theory elements, which provide the solutions for material studying problems. The course includes the special sections, concerning the properties of nanoparticles, nanocrystal materials and structures, amorphous micro-and nanosystems, porous materials. The course

also includes the information on fullerenes, nanotubes, dendrimers and micro-and nanosystems based on these structures, the properties of polymers, organic and non-organic nanocomposites properties are also included in the course.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

#### 1. Цели дисциплины:

- 1). Изучение физической и химической сущности процессов и явлений, протекающих в материалах солнечной энергетики.
- 2). Освоение основных методов экспериментальной оценки физических свойств материалов солнечной энергетики на различных уровнях масштабирования и применение на практике знаний, полученных в процессе изучения дисциплины.

#### 2. Задачи дисциплины:

- формирование основных умений и практических навыков для правильного использования материаловедческих закономерностей для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании микро-и наносистем для нанoeлектроники, фотоники, микро-и наносистемной техники, наносенсорики;
- научиться использовать математический аппарат теории перколяции и физики фракталов.

3. Знания и понимание физики и химии процессов и явлений, протекающих в материалах солнечной энергетики.

4. Умения выбирать и применять на практике методы экспериментальной оценки физических свойств материалов солнечной энергетики на различных уровнях масштабирования.

5. Практические навыки для правильного использования материаловедческих закономерностей при проектировании и создании микро-и наносистем для нанoeлектроники, фотоники, микро-и наносистемной техники, наносенсорики. Навыки использования математического аппарата теории перколяции и физики

фракталов.

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

Дисциплина изучается на основе знаний, полученных при освоении программы бакалавриата или специалитета.

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Метрология солнечных элементов и модулей (Metrology of Solar Cells and Modules)»
2. «Оптика и оптические измерения в солнечной энергетике (Optics and Optical Measurements in Solar Energy)»
3. «Производственная практика (научно-исследовательская работа) (Internship (Research Project))»
4. «Лазерные технологии в производстве солнечных модулей (Laser Technologies in Manufacturing of Solar Modules)»
5. «Многокаскадные солнечные элементы на основе соединений АІІІВV (Multijunction Solar Cells Based on АІІІВV Compounds)»
6. «Производственная практика (преддипломная практика) (Internship (Pre-degree Internship))»

### 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-1	Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способен обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач
<i>ПК-1.1</i>	<i>Знает принципы построения и функционирования изделий микро-и наноэлектроники</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Умеет рассчитывать предельно-допустимые и предельные режимы работы изделий микро-и наноэлектроники</i>
<i>ПК-1.3</i>	<i>Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро и наноэлектроники</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	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение Структура курса, основные понятия и определения	1	1		
2	Системный подход к материаловедению	2	2		4
3	Фундаментальные основы кластерообразования и материаловедения кластерных систем	2	1		4
4	Полупроводниковые искусственные наносистемы с пониженной размерностью	4	2		6
5	Фрактальные модели и элементы теории перколяции в материаловедении	4	1		6
6	Свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических материалов	4	2	1	18
7	Материаловедение фуллеренов и фуллереноподобных материалов.	4	2		18
8	Нанотрубки и тубулярные наносистемы.	4	2		18
9	Материаловедение пористых микро-и наносистем.	8	4		18
10	Заключение	1			
	Итого, ач	34	17	1	92
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение Структура курса, основные понятия и определения	Структура курса, основные понятия и определения

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
2	Системный подход к материаловедению	Классификация материалов по техническому назначению и функциональным свойствам: конструкционные, функционально-активные, адаптивные материалы, проводники, полупроводники, сверхпроводники, диэлектрики. Системный подход к материаловедению микросистем. Структурная иерархия материалов. Атомы, молекулы, ассоциаты, кластеры, клатраты, супрамолекулярные образования, агрегаты, наночастицы, организованные слои, наноккомпозиты, композиционные наноструктуры, наноструктурированные материалы, твердое тело. Размерные эффекты в нанобъектах и принципиально новые кооперативные явления в наносистемах. Иллюстрация на примерах эффектов баллистического транспорта, кулоновской блокады резонансного туннелирования, спинзависимого туннелирования, гигантского комбинационного рассеяния. Физико-химические принципы конструирования материалов. Принципы сборки и самоорганизации.
3	Фундаментальные основы кластерообразования и материаловедения кластерных систем	Малые ансамбли молекул, межмолекулярные взаимодействия. Размерные и функциональные свойства кластеров. Геометрические принципы кластерообразования. Модельные представления об устойчивых формах и массах кластеров. Особенности кластеров и кластерных наносистем в зависимости от технологического генезиса (молекулярные, газофазные, твердотельные и коллоидные кластеры).. Полупроводниковые кластеры с оболочечной структурой. Матрично-изолированные кластерные наносистемы. Кластерные кристаллы. Клатраты. Электропроводящие и оптические свойства. Нанолазеры и светодиоды с регулируемой длиной волны.
4	Полупроводниковые искусственные наносистемы с пониженной размерностью	Гетероструктурная концепция материалов оптоэлектроники. Свойства многокомпонентных твердых растворов. Полупроводниковые искусственные носители с пониженной размерностью. Структуры с квантовыми ямами, многократными квантовыми ямами, композиционные, легированные и комбинированные сверхрешетки, квантовые провода, квантовые точки. Наносистемы на базе квантоворазмерных элементов. Наноприборы оптоэлектроники. Нанoeлектроника на гетероструктурных нанопроводах.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Фрактальные модели и элементы теории перколяции в материаловедении	<p>Основные представления теории фракталов. Геометрические, алгебраические и стохастические фракталы. Физические фракталы. Природа и физико-химические особенности образования фрактальных кластеров. Фрактальные нанообъекты, получаемые в различных нанотехнологических процессах. Особенности фрактальных нанообъектов, получаемых в золь-гель технологиях, в плазмохимических, реактивно ионно-плазменных и других процессах. Образование перколяционных фрактальных кластеров в нанокompозитах.</p> <p>Основные элементы теории перколяции. Инварианты теории перколяции. Уровень протекания. Универсальные критические индексы. Фрактальная размерность перколяционного кластера вблизи порога протекания. Перколяционные сети и эволюция фрактальных кластеров.</p>
6	Свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических материалов	<p>Принципиальное отличие нанокристаллических систем от поликристаллов. Свойства изолированных кристаллических наночастиц и нанокристаллических материалов. Изменение температуры плавления, каталитической активности, периода кристаллической решетки, фононного спектра и тепло-емкости, магнитных и оптических свойств от размеров, структурные и фазовые превращения. Развитие нанореакторного материаловедения для получения наносистем с заданной размерностью. Нанореакторы: нанотрубки, мезопористые матрицы, слоистые двойные гидроксиды и глины, цеолиты, опалы, разновидности темплатного порогенного синтеза. Примеры формирования нанореактора на основе высокоорганизованного мезопористого оксида кремния (МСМ-41).</p> <p>Модели структуры наносистем на основе кристаллических наночастиц (газоподобная модель и модель неравновесных границ раздела). Аномалии механических, тепловых, электрических и магнитных свойств нанокристаллических систем. Перспективы применения в микро-и наносистемной технике.</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
7	Материаловедение фуллеренов и фуллереноподобных материалов.	История открытия фуллеренов как новой молекулярной формы организации атомов углерода. Строение фуллеренов. Правило изолированных пентагонов. Теоретический вывод устойчивости форм фуллеренов. Основные физические и химические свойства фуллеренов. Полимерные структуры на основе фуллеренов. Наносистемы на основе интеркалированных фуллеритов. Эффект сверхпроводимости. Экзо-и эндоэдральные производные фуллеренов. Наносистемы сверхплотной записи информации на эндоэдральных производных. Наносистемы на экзопроизводных фуллеренах для эмиссионной наноэлектроники. Луковичные наноструктуры на основе фуллеренов. Диаграмма Шлегеля. Металлокарбоэдрены (M8C12). Материаловедение фуллеренов и фуллереноподобных материалов. Фуллерены и фуллереноподобные материалы как компоненты композиционных наносистем для мягкой нанолитографии, наночернил, темплатного синтеза пористых материалов фотохимии и нанофотоники.
8	Нанотрубки и тубулярные наносистемы.	Классические представления об аморфных материалах. Долговременные релаксационные процессы. Фотопамять. Переходы «металл-диэлектрик». Явление переноса в условиях прыжковой проводимости. Физические модели, объясняющие особенности электронных и оптических свойств неупорядоченных микро- и наносистем. Щель подвижности. Модели с положительной и отрицательной корреляционной энергией. Модели на основе атомных термов и модификации длин химических связей. Конфигурационная диаграмма. Модели переменной валентности. Модель двух-электронных центров. Модели трехцентровых связей. Материаловедческие концепции многоуровневой модификации свойств аморфных микро-и наносистем (ближнее окружение, среднее окружение, топология, перестройка системы дефектов). Структурные фазовые переходы. Свойства неупорядоченных микро-и наносистем. Технические устройства со сверхплотной оптической записью информации на основе материалов со структурным фазовым переходом в нанобластях.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
9	Материаловедение пористых микро-и наносистем.	<p>Полимеры. Полимерные цепи. Разветвленные полимеры. Блоксополимеры. Дендроны и дендримеры. Частично кристаллическое, стеклообразное, высокоэластичное и вязкотекучее состояние полимеров. Изменения структуры растворов амфифильных молекул при увеличении их концентрации. Мицеллы. Липосомы. Перколяционная модель строения полимера. Персистентная длина. Переход клубок – глобула. Теория репаций.</p> <p>Полимеры для функционализации поверхностей. Примеры сборки наночастиц в организованные слои на функционализированных поверхностях. Циклы «адсорбция – нейтрализация» для формирования высокоорганизованных (упорядоченных) монослоев.</p> <p>Понятие архитектуры наносистемы. Полимерно-связанные, поверхностно-связанные, электростатически связанные архитектуры. Самоорганизация под действием ван-дер-ваальсовых сил. Материаловедческие особенности применения полимерных материалов для формирования микро-и наносистем методами нанопринтинга. Методы наностампа, штампа с выдавленным рельефом, нанопечати.</p>
10	Заключение	Тенденции развития материалов солнечной энергетики.

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Терминология, понятия Фотоупругость	2
2. Акустооптика	3
3. Термооптика	3
4. Фоторефракция	3
5. Воздействие лазерного излучения на материалы	3
6. Новые нелинейные наноструктурированные среды	3
Итого	17

#### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

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

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Целью подготовки доклада является получение углубленных знаний по теме, связанной с изучением свойств материалов солнечной энергетики и их практическим применением.

Тема выбирается студентом с учетом тематики будущей ВКР и согласуется с преподавателем.

Доклад должен отражать текущее состояние научно-технической проблемы, обязательно использование не менее 5 источников (не менее половины - научные статьи в высокорейтинговых журналах не старше 5 лет, предпочтительно обзорные). Продолжительность доклада не менее 15 и не более 30 минут, обязательная подготовка презентации (не менее 10 слайдов).

Примерные темы докладов:

- 1) Electro-optical effects in materials when electric fields are applied;
- 2) Acoustic waves and light deflectors;
- 3) Fiberoptic devices and their application in telecommunications;
- 4) Laws of Malus, Snell, Bragg
- 5) Veselago effect and its application in modern metamaterials
- 6) The use of nano- and bio-structured materials in systems for limiting optical radiation
- 7) The use of nano- and bio-structured materials in systems for absorbing gases and

impurities

8) Use of nano- and bio-structured materials in solar energy

9) Use of nano- and bio-structured materials in biomedicine

#### **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 положений, 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.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	25
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	15
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	17
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>92</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	Каманина, Наталия Владимировна. Новые оптические материалы -фуллерены. Свойства и области применения [Текст] : Учеб. пособие / Н.В.Каманина, 2002. -59 с.	39
2	Каманина, Наталия Владимировна. Жидкие кристаллы -перспективные материалы оптоэлектроники. Свойства и области применения [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности 200100 -Микроэлектроника и твердотельная электроника и 202000 -Квантовая и оптическая электроника 654100 -Электроника и микроэлектроника / Н.В. Каманина, 2004. -83 с.	59
3	DiMarzio Charles A. Optics for engineers [Текст] / С. А. DiMarzio, 2012. - XXIII, 535 с.	6
4	Филатов, Юрий Владимирович. Wave optics [Текст] : учеб.-метод. пособие к лаб. работам по дисциплине "Физические основы получения информации" / Ю. В. Филатов, А. В. Горелая, 2016. -62, [1] с.	20
5	Venedictov V.Yu. Fundamentals of nonlinear optics [Текст] : tutorial / V. Yu. Venedictov, 2017. -42 с.	15
Дополнительная литература		
1	Ярив, Амнон. Квантовая электроника [Текст] / А. Ярив ; пер. с англ. под ред Я.И. Ханина, 1980. -488 с.	24
2	Ахманов, Сергей Александрович. Физическая оптика [Текст] : учеб. для вузов по направлению и специальности "Физика" / С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин, 2004. -654 с.	10
3	Photonics [Текст] : scientific foundations, technology and applications / ed. by D. L. Andrews. -(A wiley-science wise co-publication). Vol. II : Nanophotonic Structures and Materials, 2015. -xii, 412 с.	3
4	Photonics [Текст] : scientific foundations, technology and applications / ed. by D. L. Andrews. -(A wiley-science wise co-publication). Vol. I : Fundamentals of Photonics and Physics, 2015. -xiv, 456 с.	3
5	Василевский, Александр Михайлович. Optics and optical measurements in solar energy [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. М. Василевский, Г. А. Коноплев, О. С. Степанова, 2020. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Оптические материалы <a href="http://laser-portal.ru/content_357">http://laser-portal.ru/content_357</a>

## 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=13127>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Материалы солнечной энергетики (Solar Energy Materials)» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
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

Допуск к экзамену осуществляется при выполнении всех мероприятий текущего контроля успеваемости. Экзамен проводится по экзаменационным билетам, содержащим два вопроса по дисциплине.

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

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Accepted today division of optical materials based on the refractivity and on a spectrum: UV, visible, IR-range. Materials used in the solar energy area. Examples of the materials with the different charge carrier mobility
2	Fullerenes, mechanical and spectral properties, energetic levels scheme. Singlet and triplet channels activated by the light with the different pulse regime (frequency). Solubility of C60 and C70 fullerenes in different organic solvents.
3	Si-based materials, conductivity and charge carrier mobility. The method to decrease the Fresnel losses from the Si-based substrate. Possible construction of the solar cell element.
4	Raman-Nath diffraction conditions. Diffraction efficiency, spatial frequency, types of the schemes to reveal the change of the refractive index in the conjugated structured materials. Relation between the induced refractive index and the light intensity
5	Optical limiting effect in the fullerene-doped materials and the mechanisms responsible for it. Examples of the materials for the different spectral range. Which range of the wavelength can be considered as the eyes-saved?
6	ITO coatings in the solar energy and modulators techniques. Refractive index, comparison of the parameters with the ZnO conducting layers. Innovative method to improve the transparency, microhardness and laser strength of the ITO.
7	Liquid crystal materials with the relation between the ordinary and extra-ordinary refractive index ( $n_o \neq n_e$ and $n_e \neq n_o$ ). Examples of the materials with the illustration.
8	Electro-optical effects. High frequency Kerr effect in the nanostructured materials. Nonlinear refraction and cubic nonlinearity. Examples of the classical and innovative structured materials.
9	Construction of the liquid crystal (LC)-based optoelectronic modulators. Two modes to operate in the transmittance and reflectance regime. Advantage and disadvantage both of them.
10	Spectral, mechanical and wetting phenomena properties of the optical materials: KBr (Fourier spectroscopy crystals), MgF2 (the out-put window of the UV lamps for the disinfection of the hospital rooms), LiF (passive laser shutter).
11	The internal electric field of the media (materials). Comparison of the internal field strength of the medium with the electric component of the electromagnetic laser wave, which reveals the nonlinear features of the media.
12	Glass substrate as the optical elements. Optical density of the mass of glass and the optical density responsible for the reflectance from the glass surfaces.

13	Optical properties of the fullerenes and carbon nanotubes. Absorption cross section and electron affinity energy of the fullerenes; refractive index of the carbon nanotubes. Effect to decrease the Fresnel losses, its influence on the light absorption.
14	The distribution of the applied voltage between the layers of the sandwich structure: an liquid crystal (LC) mesophase -high resistance orientation layer, using the resistivity, thickness and applied voltage value. Types of the orienting (alignment) layers.
15	General mechanisms responsible for the attenuation of the light in the conjugated organics structural structures (materials). Please indicate 2-3 mechanisms with their possible illustration.
16	Construction of the solar energy element and the role of the different layers in it. Dependence of the potential relief spreading on the charge carrier mobility. Samples of the solar energy materials with their efficiency.
17	Basic parameters of the photosensitive and electro-optical layers used in the solar cells and optoelectronic modulators. Choice of the compromise between the resolution and the speed of these modulators.
18	Transition and relaxation times in the energetic level scheme of the fullerene-containing materials. Conditions of the exposure to light radiation for the manifestation of the linear and nonlinear effects.
19	Types of the orientation of the liquid crystal (LC) dipoles without and with electric field. Basic features of the nematic LC mesophase. What do you know about LC display technology?
20	Si, Sc, etc. solar energy materials. Conjugated polymers used in the solar energy area. Photoconductivity, charge carrier mobility, efficiency of the organic and inorganic materials in the solar cells elements.
21	Principle of the operation of the optically-and electrically-addressed spatial light modulators. The types of the photosensitive layers for the different spectral range.
22	Innovative materials: fullerenes, carbon nanotubes, quantum dots. Application in the solar energy, optoelectronics and biomedicine.
23	Photosensitive layers in the solar cells. The time of spreading of the potential relief under the external field, its dependence on the mobility of charge carriers. Comparison between charge carrier mobility in the Si materials and in the conjugated polymers.
24	Types of the electro-optical effects. High frequency Kerr effect. Dependence between refractive index change and intensity of the light.
25	S-, B-, T-deformation in the LC media. The basic LC display technology based on the twist effect; the speed of the display elements based on the nematic and smectic. The reason to use namely the nematic LC.
26	Si and Sc materials in the solar energy technology. Role of the Sc layer in the charge carrier moving in the solar cell and as the layer, which can decrease the reflectance losses from the Si-based substrate.
27	Acoustic modulators in the optoelectronics applications. Raman-Nath diffraction conditions realization in this type modulator application.
28	Innovative nanomaterials, photoconductive, photorefractive, spectral and mechanical characteristics. Role of the carbon nanotubes in the decreasing Fresnel losses for the optical materials.
29	ITO and ZnO conducting layers in the solar energy applications. Thickness, conductivity, spectral range of the operation, refractive parameters. Innovative way to decrease the Fresnel losses.

30	Construction and the principle of the operation of the spatial light modulator. Basic parameters and their estimation. Compromise between resolution and speed.
31	Types of the electro-optical effects. High frequency Kerr effect. Dependence between the refractive index change and the intensity of the light.
32	Glass substrate as the optical element. The correlation between the optical density of the glass mass for monochromatic light and the absorption coefficient and the thickness.
33	Types of the electro-optical effects. Features of the high frequency Kerr effect. Dependence between the refractive index change and the intensity of the light.
34	Polymer-dispersed liquid crystal (PDLC) modulators. Mechanism to operate and advantages for the optoelectronic applications. Types of the PDLC. Phase retardation.

### Форма билета

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

---

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина Solar Energy Materials ФЭЛ

1. NiO and ZnO conducting layers in the solar energy applications. Thickness, conductivity, spectral range of the operation, refractive parameters. Innovative way to decrease the Fresnel losses.

2. Polymer-dispersed liquid crystal (PDLC) modulators. Mechanism to operate and advantages for the optoelectronic applications. Types of the PDLC. Phase retardation.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

С. А. Тарасов

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
7	Фундаментальные основы кластерообразования и материаловедения кластерных систем	Доклад / Презентация
8	Полупроводниковые искусственные наносистемы с пониженной размерностью	Доклад / Презентация
11	Материаловедение фуллеренов и фуллереноподобных материалов.	Доклад / Презентация
12	Фрактальные модели и элементы теории перколяции в материаловедении	Доклад / Презентация

### 6.4 Методика текущего контроля

#### 1) на лекционных занятиях

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

#### 2) на практических занятиях

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

Обучающиеся подготавливают 4 доклада, которые оцениваются по 4-балльной шкале по результатам проверки преподавателем:

”отлично” - тема раскрыта полностью, оформление соответствует всем требованиям;

”хорошо” - тема раскрыта в значительной степени, есть замечания к оформлению;

”удовлетворительно” - тема раскрыта частично, есть серьезные замечания к оформлению;

”неудовлетворительно” - тема не раскрыта.

Для допуска к экзамену необходимо получить оценку не ниже удовлетворительно по всем докладам.



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

**Методика текущего контроля самостоятельной работы студентов.**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным в п.п. 1-3, а также посредством проверки курсовой работы.

## 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 или компьютер.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК, ноутбук или компьютер.	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>