

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенов Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Электроника, наноэлектроника и микросистемная техника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**

Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2023 года (индивидуальный учебный план, гр. 933-М2-инд1)

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	36	36	часов
Общая трудоемкость	72	72	часов
(включая промежуточную аттестацию)	2	2	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	2

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучение современных литографических процессов, применяемые для изготовления интегральных схем, ознакомление с базовыми технологическими операциями, материалами, методиками изготовления интегральных схем.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основных методов литографии применимые при производстве интегральных схем.

2. Ознакомление с материальными и техническими средствами для реализации литографических процессов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.04.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		

ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знает терминологию в области электроники и нанoeлектроники	Знает основные методы литографических процессов, применяемые для формирования интегральных элементов микроэлектроники.
	ПК-2.2. Умеет выполнять трудовые действия с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности	Умеет создавать технологические маршруты и выполнять технологические операции при изготовлении изделий электроники
	ПК-2.3. Владеет навыками чтения научных текстов по профилю профессиональной деятельности (выделять смысловые конструкции для понимания всего текста, объяснять принципы работы описываемых современных достижений науки и передовых технологий)	Владеет навыками использования литературы, которая позволит проводить анализ современных достижений в литографии, выявлять тенденции применяемых материалов для литографии

#### **4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	36	36
Подготовка к зачету с оценкой	12	12
Подготовка к семинару / семинару-конференции	10	10
Подготовка к тестированию	10	10
Выполнение индивидуального задания	4	4
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	72	72
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	2	2

#### **5. Структура и содержание дисциплины**

##### **5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности**

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>					
1 Контактная литография	3	3	8	14	ПК-2
2 Литография прямой прорисовки	4	4	8	16	ПК-2
3 Электронно-лучевая литография	3	3	6	12	ПК-2
4 Проекционная литография	5	5	8	18	ПК-2
5 Материалы для литографии	3	3	6	12	ПК-2
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	18	18	36	72	

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
1 Контактная литография	- Основы технологии контактной литографии; - Технологические ограничения контактной литографии; - Оборудование для контактной литографии; - Практическое применение контактной литографии.	3	ПК-2
	Итого	3	
2 Литография прямой прорисовки	- Основы технологии DWL; - Технологические ограничения технологии DWL; - Оборудование для технологии DWL; - Практическое применение технологии DWL.	4	ПК-2
	Итого	4	
3 Электронно-лучевая литография	- Основы технологии ЭЛЛ; - Технологические ограничения ЭЛЛ; - Оборудование для ЭЛЛ; - Практическое применение ЭЛЛ.	3	ПК-2
	Итого	3	

4 Проекционная литография	- Основы технологии проекционной литографии; - Технологические достижения проекционной литографии; - Оборудование для проекционной литографии; - Практическое применение проекционной литографии.	5	ПК-2
	Итого	5	
5 Материалы для литографии	- Полимерные материалы для ЭЛЛ; - Полимерные материалы для фотолитографии; - Полимерные материалы для термолитографии; - Технологические параметры материалов для литографии.	3	ПК-2
	Итого	3	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
1 Контактная литография	- Расчет разрешающей способности различных способов экспонирования для формирования субмикронных размеров маски в слое резиста на подложке; - Ионно-лучевая литография (ИЛЛ)	3	ПК-2
	Итого	3	
2 Литография прямой прорисовки	- Оптический тракт в системы DWL; - Расчет эффекта близости для пиксельного режима сканирования в технологии DWL; - 3Д технология для DWL.	4	ПК-2
	Итого	4	

3 Электронно-лучевая литография	- Электронно-лучевая литография (ЭЛЛ); - Расчет разрешающей способности электронно-лучевой литографии при различных параметрах установки; - Расчет зависимости дозы экспонирования от тока накала; - Расчет эффекта близости для формирования периодических структур; - Расчет режимов экспонирования для многослойных масок.	3	ПК-2
	Итого	3	
4 Проекционная литография	- Проекционная фотолитография; - Расчет разрешающей способности проекционной литографии; - Технологические ограничения при проекционной литографии; - Расчет эффекта близости.	5	ПК-2
	Итого	5	
5 Материалы для литографии	- Формирование глубоких тренчей в технологии кремниевой нанoeлектроники; - Полимерные материалы; - Классификация материалов по толщине маски; - Исследование зависимости плоскостности поверхности от режимов нанесения полимерного материала; - Формирование подзатворных диэлектриков в технологии наноразмерных МОП интегральных схем	3	ПК-2
	Итого	3	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

#### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>2 семестр</b>				

1 Контактная литография	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к семинару / семинару-конференции	2	ПК-2	Семинар / семинар-конференция
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	8		
2 Литография прямой прорисовки	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2	Индивидуальное задание
	Подготовка к семинару / семинару-конференции	2	ПК-2	Семинар / семинар-конференция
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	8		
3 Электронно-лучевая литография	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к семинару / семинару-конференции	2	ПК-2	Семинар / семинар-конференция
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	6		
4 Проекционная литография	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2	Индивидуальное задание
	Подготовка к семинару / семинару-конференции	2	ПК-2	Семинар / семинар-конференция
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	8		
5 Материалы для литографии	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к семинару / семинару-конференции	2	ПК-2	Семинар / семинар-конференция
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	6		
Итого за семестр		36		
Итого		36		

#### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины,

## и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	Зачёт с оценкой, Индивидуальное задание, Семинар / семинар-конференция, Тестирование

### 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

#### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
<b>2 семестр</b>				
Зачёт с оценкой	10	10	10	30
Индивидуальное задание	10	10	10	30
Тестирование	5	5	5	15
Семинар / семинар-конференция	10	5	10	25
Итого максимум за период	35	30	35	100
Нарастающим итогом	35	65	100	100

#### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

#### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	А (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	В (очень хорошо)
	75 – 84	С (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)



3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	E (посредственно)
	60 – 64	
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Никифоров, И. К. Радиоэлектронная и силовая электронная аппаратура. Микро- и наноэлектроника. Материалы, технологии : учебное пособие / И. К. Никифоров ; под редакцией Н. Н. Николаева. — Чебоксары : ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2020. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/209531>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Технология кремниевой наноэлектроники [Текст] : учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей, Е. В. Анищенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 2-е изд. - Томск : ТУСУР, 2015. - 319 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Данилина, Т. И. Технология кремниевой наноэлектроники: Практико-ориентированное учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе [Электронный ресурс] / Т. И. Данилина. — Томск: ТУСУР, 2017. — 61 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6845>.

2. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7867>.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие

тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

## **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебно-научная лаборатория цифровой электроники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 228/2 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 7 шт.

Оциллограф цифровой MSO5104.Rigol 7 шт.

Монитор 27" 1 шт.

Монитор MSI 27" Pro MP271 14 шт.

Системный блок 1 1 шт.

Системный блок AMD Ryztn 7 14 шт.

Доска магнитно-маркерная

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.

## **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;

- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;

- компьютеры;

- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;

- OpenOffice;

- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;

- 7-Zip;

- Google Chrome.

## **8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для

людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Контактная литография	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Семинар / семинар-конференция	Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций
2 Литография прямой прорисовки	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Семинар / семинар-конференция	Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций
3 Электронно-лучевая литография	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Семинар / семинар-конференция	Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций
4 Проекционная литография	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Семинар / семинар-конференция	Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций

5 Материалы для литографии	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Семинар / семинар-конференция	Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.

4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Контактная фотолитография применяется для?
  - а) экспонирования фоторезистов через фотошаблон;
  - б) экспонирование фоторезистов в пошаговом режиме, задействую выбранную область на фотошаблоне;
  - в) экспонирование фоторезиста с помощью электронного-луча;
  - г) экспонирования фоторезиста через фотошаблон.
2. Литография прямой прорисовки не применяется для?
  - а) экспонирования фотошаблонов;
  - б) экспонирования фоторезистов;
  - в) экспонирования без резистивной маски;
  - г) экспонирования негативных фоторезистов.
3. Чем обусловлен размерный эффект близости в ЭЛЛ?
  - а) уширением области экспонирования пучка за счет рассеяния электронов;
  - б) уменьшением диаметра электронного луча в резисте;
  - в) увеличением электронного тока катода;
  - г) увеличением длины пробега электронов.
4. 3Д литография это?
  - а) технология получения объемной конструкции за счет последовательного формирования слоёв полимерного материала;
  - б) технология получения объемной конструкции в полимерном материале за счет частичного разрушения материала;
  - в) технология получения объемной конструкции за счет равномерного последовательного воздействия излучением на полимерный материал;
  - г) технология получения объемной конструкции за счет формирования слоёв полимерного материала в заданных координатах.
5. Проекционная литография обусловлена:
  - а) экспонированием фоторезиста без использования фотошаблона;
  - б) экспонированием фоторезиста и электронного резиста прямой прорисовкой;
  - в) экспонирование фоторезистов и электронных резистов в пошаговом режиме, задействую выбранную область на фотошаблоне;
  - г) экспонирования фоторезиста через фотошаблон.
6. Какой тип излучения применяется для контактной фотолитографии?
  - а) когерентное монохроматическое электромагнитное излучение;
  - б) не когерентное электромагнитное излучение;
  - в) ионное излучение;
  - г) не когерентное излучение фотонов.
7. Проекционная литография обусловлена:
  - а) низкой скоростью экспонирования и высокой разрешающей способностью;
  - б) высокой скоростью экспонирования и высокой разрешающей способностью;
  - в) высокой скоростью экспонирования и низкой разрешающей способностью;
  - г) высокой скоростью экспонирования за счет технологии прямой прорисовки.
8. Электронно-лучевая литография применяется для технологических процессов ...:
  - а) которые требуют высокую разрешающую способность и не высокую

- производительность;
- б) которые требуют высокую разрешающую способность и высокую производительность;
  - в) которые требуют не высокую разрешающую способность без использования фотошаблонов;
  - г) которые требуют не высокую разрешающую способность для изготовления фотошаблонов.
9. Литография прямой прорисовки основана на:
- а) технологии экспонирования через фотошаблон с уменьшением размера;
  - б) технологией попиксельного экспонирования без использования фотошаблона;
  - в) технологией экспонирования не когерентным электромагнитным излучением;
  - г) технологией экспонирования электромагнитным излучением без использования фотошаблона с уменьшением размера.
10. Чем обусловлена разрешающая способность литографии прямой прорисовки?
- а) длиной волны электромагнитного излучения;
  - б) минимальным топологическим размером эталонного фотошаблона;
  - в) толщиной фоторезиста;
  - г) скоростью сканирования оптическим лучём.

### **9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой**

1. Литография прямой прорисовки.
2. Электронно-лучевая литография.
3. Проекционная литография.
4. Контактная фотолитография.
5. Фоторезист.
6. lift-of процесс.
7. Материалы для resist-proces.

### **9.1.3. Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций**

1. Технологические ограничения различных видов литографии.
2. Пути повышения разрешающей способности различных видов литографии.
3. Подбор материалов для различных видов литографии.
4. Тенденции развития литографии.
5. Альтернативные виды литографии.

### **9.1.4. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий**

1. Способы повышения разрешающей способности в технологии DWL.
2. Способы повышения скорости экспонирования для электронно-лучевой литографии.
3. Способы повышения разрешающей способности проекционной литографии.
4. Способы повышения разрешающей способности контактной фотолитографии.
5. Способы повышения скорости экспонирования в технологии DWL.

## **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями

здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ  
протокол № 7 от « 4 » 6 2024 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.Г. Лоцилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780- 9ba6-8adedc18f4ec
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.Г. Лоцилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780- 9ba6-8adedc18f4ec
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73

### ЭКСПЕРТЫ:

Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	Ю.В. Шульгина	Согласовано, ea49db22-c3de-481e- 88a5-479145e4aa44
Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	И.В. Кулинич	Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9- 8776-2e1f79c72b0a

### РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	И.В. Кулинич	Разработано, d2a0f42b-ed8d-43b9- 8776-2e1f79c72b0a
Преподаватель, каф. КУДР	И.О. Макскуль	Разработано, 04785434-ba9b-46f3- bb8c-741454260cc1