

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2020 15:29:40  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73677e0c0a0000000000000000

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова



« 2 » декабря 2020 г.

М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Подготовка данных для изготовления фотошаблонов»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) – «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-3** «Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040** «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков»

**Обобщенная трудовая функция: Е** - «Разработка топологии, физического представления СФ-блока»

**Трудовая функция: Е/01.7** - «Размещение и соединение элементов электрической схемы СФ-блока»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
<b>ПК-3.ПДИФШ</b> Способен подготовить данные для изготовления фотошаблонов с учетом заданных требований	Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований.	<b>Знания</b> маршрута подготовки данных для изготовления фотошаблонов. <b>Умения</b> анализировать проблемы и предлагать подходы к их решению в процессе подготовки данных при изготовлении фотошаблонов для новых технологических норм. <b>Опыт</b> проведения исследований особенностей новых технологий при подготовке данных для изготовления фотошаблонов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Подготовка данных для изготовления фотошаблонов» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине: знание маршрутов проектирования и изготовления интегральных схем, технологических норм проектирования ИС; навыков проектирования ИС средствами САПР.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	4	3	108	-	-	32	76	3а

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
1. Теоретические основы формирования фотошаблона	-	16	-	36	Опрос на практическом занятии №4
					Опрос на практическом занятии №8
					Рубежный контроль
2. Программное обеспечение генерации фотошаблона	-	16	-	36	Опрос на практическом занятии №12
					Опрос на практическом занятии №16
1, 2	-	-	-	4	Сдача практико-ориентированного задания

#### 4.1. Лекционные занятия

*Не предусмотрены*

## 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Общие сведения о технологических процессах фотолитографии. Позитивная и негативная фотолитография.
	2	2	Технологический маршрут процесса фотолитографии. Типы фотолитографии (контактная, проекционная).
	3	2	Теоретические основы и модели формирования рисунка топологии на поверхности фоторезиста.
	4	2	Формула Рэлея, числовая апертура, дифракция, модуляционная передаточная функция.
	5	2	Физические методы повышения разрешающей способности: уменьшение длины волны, увеличение числовой апертуры.
	6	2	Фазосдвигающие маски (PSM).
	7-8	4	Математические и прикладные методы коррекции эффектов оптической близости (OPC). Model-Based и Rule-Based OPC.
2	9-12	8	Маршрут коррекции эффектов оптической близости на основе программных средств Synopsys Proteus. Импорт исходных данных, генерация контура фотолитографии, OPC, анализ результатов.
	13-16	8	Маршрут проектирования фотошаблонов, включая OPC с использованием программных средств Synopsys Proteus и CATS. Финальная верификация (MRC).

## 4.3. Лабораторные работы

*Не предусмотрены*

## 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	36	Подготовка к практическим занятиям: поиск информации о схемотехнической реализации базовых библиотечных элементов.
2	36	Подготовка к практическим занятиям: изучение работы алгоритмов размещения и трассировки, которые реализованы в САПР топологии СБИС.
1,2	4	Выполнение практико-ориентированного задания

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

**Методические указания студентам** по изучению дисциплины «Подготовка данных для изготовления фотошаблонов»: [https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id\\_science=23014](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=23014)

#### **Модуль 1** «Теоретические основы формирования фотошаблона»

Перечень литературы, информационных источников для самостоятельной работы по тематике модуля 1, требования к выполнению самостоятельной работы и методика её оценивания, а так же отражение результатов выполнения самостоятельной работы в НБС содержатся в УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

#### **Модуль 2** «Программное обеспечение генерации фотошаблона»

Перечень литературы, информационных источников для самостоятельной работы по тематике модуля 2, требования к выполнению самостоятельной работы и методика её оценивания, а так же отражение результатов выполнения самостоятельной работы в НБС содержатся в УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Введение в дизайн фотошаблонов для изготовления микро- и наносистем. Synopsys CATS : Учеб. пособие / [Авт. коллектив]; Под ред. В.А. Беспалова. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 154 с. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-0355-7
2. Введение в дизайн фотошаблонов для изготовления микро- и наносистем. Synopsys CATS, Mentor Graphics, Cadence MaskCompose : [Учеб. изд.] / С.М. Аваков, А.Н. Кононов, А.Л. Глебов [и др.]; Под ред. В.А. Беспалова. - М. : Лаборатория знаний, 2016. - 348 с. - ISBN 978-5-906828-50-7
3. Введение в дизайн фотошаблонов для изготовления микро- и наносистем. Mentor Graphics : Учеб. изд. / [Авт. коллектив], В.А. Беспалов, А.Н. Кононов [и др.]; Под ред. В.А. Беспалова. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 207 с. - ISBN 978-5-9963-0356-4
4. Введение в дизайн фотошаблонов для изготовления микро- и наносистем. Cadence MaskCompose : Учеб. изд. / [Авт. коллектив], В.А. Беспалов, А.Н. Кононов [и др.]; Под ред. В.А. Беспалова. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 199 с. - ISBN 978-5-9963-0354-0
5. Казённов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г. Казеннов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 296 с.

## Нормативная литература

*Не требуется*

## Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЭЛЕКТРОНИКА : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -.
2. IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTERGRATED CIRCUITS & SYSTEMS . - USA : IEEE, 1982 - . -  
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=43>
3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ : Теорет. и прикладной науч.-техн. журн. / Издательство "Новые технологии". - М. : Новые технологии, 1995 -.
4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ / Ин-т системного программирования РАН. - М.: Наука, 1975

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань : электронно-библиотечная система. - Санкт-Петербург, 2011 - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
2. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 05.11.2020); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
3. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика". – Москва, 2005-2010. - URL: <http://window.edu.ru/catalog/> (дата обращения: 20.10.2020) eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 30.10.2020). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
5. IEEE/IET Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 28.10.2020). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используются смешанное обучение, сочетающее традиционные формы аудиторных занятий и взаимодействие в электронной образовательной среде.

Контроль освоения материала осуществляется посредством онлайн тестирований по заданиям с индивидуальными вариантами.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: электронная почта, система видеоконференций Zoom.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы, доступные в системе ОРИОКС: URL: [https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id\\_science=23014](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=23014)

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Microsoft (Azure), Microsoft Office, браузер Google Chrome
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-3.ЛДИФШ** «Способен подготовить данные для изготовления фотошаблонов с учетом заданных требований».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещён в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Студенты, изучающие дисциплину, обязаны принять участие в опросах во время практических занятий.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к практическим занятиям, использование основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов.

С целью качественной организации самостоятельной работы студентов проводятся разъяснения материала. Вводное разъяснение проводится семинаристом дисциплины в начале первого практического занятия и включает: информацию о структуре и графике контрольных мероприятий, содержании и порядке проведения контрольных мероприятий, правилах оценивания согласно НБС МИЭТ, учебной литературе и дополнительных

информационных источниках, основных требованиях по оценке качества освоения дисциплины, самостоятельной работе студентов, организации и назначении консультаций.

Для студентов проводятся консультации. Студентам рекомендуется активно пользоваться консультациями преподавателя: это единственная возможность обучаться индивидуально и выяснить все возникшие вопросы.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачета.

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 70 баллов), и сдача зачета (максимум 30 баллов).


По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступны в системе ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

### РАЗРАБОТЧИК:

Доцент кафедры ПКИМС, к.т.н. Иванова /Г.А. Иванова /



Рабочая программа дисциплины «Подготовка данных для изготовления фотошаблонов» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» направленности (профилю) «Проектирование и технология устройств интегральной нанoeлектроники» разработана на кафедре ПКИМС и утверждена на заседании кафедры 27 ноября 2020 года, протокол № 8

Заведующий кафедрой ПКИМС  /С.В. Гаврилов/

### **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

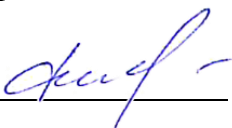
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой ИЭМС

/Заведующий кафедрой ИЭМС  /Ю.А. Чаплыгин /

Рабочая программа согласована с центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  /И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки  / Т.П. Филиппова/