

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 14:16:17

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73ed70e30e3a02b88c7

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

И.Г. Игнатова

« 1 »

12

20 20

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Подготовка данных для изготовления фотошаблонов»

Направление подготовки - 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) – «Лингвистические средства САПР сверхбольших
интегральных схем и систем на кристалле»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-4 «Способен разрабатывать математическое и алгоритмическое обеспечение САПР» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.045** «Инженер-проектировщик фотошаблонов для производства наносистем (включая наносенсорику и интегральные схемы)»

Обобщенная трудовая функция: В – «Разработка маршрута проектирования фотошаблонов в технологии субмикронного и нанометрового диапазонов»

Трудовая функция: В/03.7 - «Проведение тестирования и верификации разработанного маршрута проектирования фотошаблонов»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-4.ФШ Способен подготовить данные для изготовления фотошаблонов с использованием математического и алгоритмического обеспечения САПР.	Подготовка данных для изготовления фотошаблонов с использованием математического и алгоритмического обеспечения САПР.	Знания требований, предъявляемых к данным при изготовлении фотошаблонов. Умения создавать задание для генерации данных при изготовлении фотошаблонов с использованием алгоритмического обеспечения САПР. Опыт подготовки данных для изготовления фотошаблонов с использованием САПР.

Компетенция ПК-5 «Способен организовывать проведение научно-исследовательских работ при разработке и внедрении САПР **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.045** «Инженер-проектировщик фотошаблонов для производства наносистем (включая наносенсорику и интегральные схемы)»

Обобщенная трудовая функция: В – «Разработка маршрута проектирования фотошаблонов в технологии субмикронного и нанометрового диапазонов»

Трудовая функция: В/01.7 - «Проведение анализа этапов проектирования и разработка требований и спецификаций к ядру системы проектирования фотошаблонов»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК.5ФШ Способен организовывать исследования в области проектирования фотошаблонов.	Организация исследований в области проектирования фотошаблонов.	Знания основных технологических проблем масштабирования при изготовлении фотошаблонов. Умения анализировать проблемы и предлагать подходы к решению в процессе данных при изготовлении фотошаблонов для новых технологических норм. Опыт 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.

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Проектирование и технология электронной компонентной базы», «Проектирование систем-на-кристалле», «Методы диагностики наноразмерных элементов и структур».

Данная дисциплина используется при прохождении научно-исследовательской практики и подготовке выпускной работы

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	16	-	16	76	За

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1. Теоретические основы формирования фотошаблона	8	8	-	36	Прохождение опроса на практическом занятии №2
					Прохождение опроса на практическом занятии №4
					Прохождение рубежного контроля
2. Программное обеспечение генерации фотошаблона	8	8	-	36	Прохождение опроса на практическом занятии №6
					Прохождение опроса на практическом занятии №8
1, 2	-	-	-	4	Сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

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

	7-8	4	Маршрут проектирования фотошаблонов, включая OPC с использованием программных средств Synopsys Proteus и CATS. Финальная верификация (MRC).
--	-----	---	---

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Технологический маршрут процесса фотолитографии. Типы фотолитографии (контактная, проекционная).
	2	2	Модели формирования рисунка топологии на поверхности фоторезиста. Формула Рэлея, числовая апертура, дифракция, модуляционная передаточная функция.
	3	2	Фазосдвигающие маски (PSM).
	4	2	Model-Based и Rule-Based OPC.
2	5-6	4	Импорт исходных данных, генерация контура фотолитографии, OPC, анализ результатов.
	7-8	4	Маршрут проектирования фотошаблонов. Финальная верификация (MRC).

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	22	Подготовка к практическим занятиям: изучение работы алгоритмов размещения и трассировки, которые реализованы в САПР топологии СБИС
	10	Подготовка к рубежному контролю
2	20	Изучение маршрута коррекции эффектов оптической близости и подготовки информации для подготовки фотошаблонов.
	10	Подготовка к практическим занятиям
1, 2	4	Выполнение практико-ориентированного задания
	10	Подготовка к зачёту

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

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. Казённых 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 [Текст] : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -. - В 13-х номерах переводной версии журнала ФИЗИКА И ТЕХНИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ = SEMICONDUCTORS
2. IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTERGRATED CIRCUITS & SYSTEMS
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/ (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 используется смешанное обучение, применяется модель смешанного обучения «расширенная виртуальная модель», которая предполагает обязательное присутствие студентов на очных учебных занятиях (лекциях и лабораторных работах) с последующим самостоятельным выполнением индивидуального задания (индивидуальные задания к лабораторным работам и задание на опыт деятельности).

Обучение может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем могут использоваться сервисы обратной связи, такие как электронная почта, система видеоконференций Zoom.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в формах материалов в системе ОРИОКС: URL: 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
Учебная аудитория	Учебная доска	Не требуется
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Microsoft (Azure) Браузер Google Chrome

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-4. ФШ** «Способен подготовить данные для изготовления фотошаблонов с использованием математического и алгоритмического обеспечения САПР»
2. ФОС по компетенции подкомпетенции **ПК-5. ФШ** «Способен организовывать исследования в области проектирования фотошаблонов»

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены 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 посетить лекции и практические занятия, а также 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 лектором дисциплины в начале первой лекции 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. Кроме этого на консультациях можно защитить лабораторную работу, если не успели на занятии.

В конце семестра студентами выполняется практико-ориентированное задание, по результатам которого происходит публичное представление результатов заданий СРС на опыт деятельности.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачёта с публичным представлением результатов заданий СРС на опыт деятельности и заданий проектного типа.

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 доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИК:

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

Рабочая программа дисциплины «Подготовка данных для изготовления фотошаблонов» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленности (профилю) «Лингвистические средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле», 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 центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

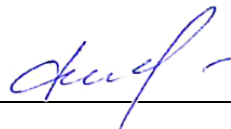
Начальник АНОК



/И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



/ Т.П. Филиппова/