



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Код дисциплины **Б1.В.06**

Наименование дисциплины (модуля): **Технологии материалов электронной техники**

Рекомендуется для направления подготовки специальности 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Степень (квалификация) выпускника – бакалавр.

Форма обучения: очная.

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 38
от «18» апреля 2023 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 7
от «31» января 2023 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н.
/ А.А. Гаврилюк

Иркутск 2023 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП.	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	5
5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	7
5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	8
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.	11
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	13
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	13
:	
а) основная литература;	13
б) дополнительная литература;	13
в) программное обеспечение;	14
г) базы данных, поисково-справочные и информационные систем	14
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	
10. Оценочные средства. (ОС).	14
	15

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью курса является ознакомление студентов с основами и особенностью технологии изготовления изделий электронной техники, уровнем и перспективами развития важнейших направлений современной микроэлектронной технологии

Задачи курса:

показать, что при изготовлении полупроводниковых приборов и интегральных микросхем различных типов применяют набор универсальных технологических операций, выполняемых в определённой последовательности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП: Дисциплина “Технология материалов электронной техники” является дисциплиной профессионального цикла и относится к вариативной части.

Курс базируется на курсах “Физика полупроводников”, “Физическая химия материалов”, “Методы исследования материалов и структур электроники”.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций: **Профессиональные компетенции (ПК):** ПК-8: способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники,

В результате освоения дисциплины “Технология материалов электронной техники” обучающийся должен:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ПК-8 способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	Знать как выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники. Уметь выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники. Владеть работами по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.

:

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:	-	-
Лекции	22	22
Практические занятия (ПЗ)	22	22
КСР	4	4
Лабораторные работы (ЛР)		
Самостоятельная работа	24	24
В том числе:	-	-
Курсовой проект (работа)		
Расчетно-графические работы		
Реферат (при наличии)	24	24
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>		
<i>коллоквиумы</i>		
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зачет	Зачет
Общая трудоемкость	часы	72
	зачетные единицы	2

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля). Все разделы и темы нумеруются.

- **Введение.**
- **Р 1. Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии**
- Системная модель технологического процесса: объект, воздействие, процесс. Классификация процессов микро- и нанотехнологии по физико-химической сущности: механический, термический, химический, корпускулярно-полевой; виду процесса: нанесение, удаление, модифицирование; характеру протекания процессов: тотальный, локальный, селективный, избирательный, анизотропный; способу активации: тепло, излучение, поле. Виды термического и корпускулярно-лучевого воздействий: резистивный, лучистый и индукционный нагрев, электронные и лазерные пучки, плазма и ионные пучки. Каталитические свойства поверхности и атомно-силовое воздействие.
- **Р.2. Производственная чистота, гигиена и безопасность.** Возникновение и развитие микро- и нанотехнологии. История появления материаловедческо-технологического базиса и основных организационных принципов.
- Чистые помещения: классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений, способы обеспечения и поддержания чистоты. Вакуум: глубина вакуума, средства откачки и методы контроля. Технологические среды: чистота материалов, воды, газовых сред и жидкостей. Аппаратура и элементы газовых и жидкостных систем. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин. Безопасность работы в чистых помещениях: токсичные, взрывоопасные и пожароопасные среды. Утилизация отходов.
- **Р.3.Оборудование и методы осаждения вещества.**
- Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков: вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение, молекулярно-лучевая эпитаксия.
- Оборудование и методы ионно-плазменного осаждения: катодное, магнетронное, реактивное распыления; ионно- и плазмохимическое осаждение. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, оксида и нитрида кремния; пиролитическое осаждение

металлов; газофазная эпитаксия кремния, бинарных и многокомпонентных соединений; газофазные методы молекулярной химической сборки. Оборудование и методы осаждения из жидкой фазы: жидкофазная эпитаксия, электрохимическое осаждение слоев, нанесение моно- и мультислоев органических веществ методом Ленмюра-Блоджетт. Золь-гель технология.

■ **Р.4. Оборудование и методы удаления вещества.**

Шлифование и полирование пластин. Электрохимическая, ультразвуковая и электроэрозионная обработки. Механическое, лазерное и электронно-лучевое скрайбирование. Вакуум-термическое травление. Процессы химического травления: механизмы травления; оборудование, методы и среды для жидкостного и газового травления; локальное и анизотропное ориентационно-чувствительное травление; маскирующие, «жертвенные» и «стоп»-слои. Электрохимическое травление, получение пористого кремния. Ионно-плазменное травление: оборудование, методы и механизмы травления; ионно-лучевое, плазмохимическое, реактивное ионно-плазменное, ионно-химическое травление.

■ **Р.5. Оборудование и методы модифицирования вещества.**

Оборудование и методы окисления в газовой и жидких средах: высокотемпературное термическое сухое и влажное окисление, электрохимическое окисление, теоретические модели окисления. Окисление и нитрирование в плазме. Диффузия примесей: распределение примесей при диффузии, стадии загонки и разгонки примесей, оборудование и методы диффузии из газообразных, жидких и твердых источников. Ионная имплантация: распределение примесей, оборудование и методы ионной имплантации. Высокоэнергетические сильноточные процессы ионной имплантации: окисление, нитрирование, протонирование, радиационно-стимулированная диффузия, химический синтез. Имплантография: жидкометаллические источники ионов, ионно-полевая эмиссия. Низкоэнергетическая ионная имплантация методом погружения в плазму. Активация процессов при ионном легировании и химическом синтезе: термический и корпускулярно-лучевой отжиг.

■ **Р.6. Литографические процессы.**

Классификация базовых методов литографии: фото-, рентгено-, электроно- и ионолитография. Литографический цикл: резисты и способы их нанесения, позитивные, негативные, жидкие и сухие резисты; методы повышения адгезии, плазмостойкости; планаризация, предэкспозиционная обработка, проявление и сушка. Фотошаблоны. Аппаратура и способы совмещения и экспонирования. Пространственное разрешение. Эволюция процессов экспонирования: высокоэффективные источники дальнего ультрафиолета, оптическая литография с фазовым сдвигом, стереолитография, электроно-, ионо-, рентгенолитография. Литография с использованием синхротронного излучения. Объемная субмикронная литография.

■ **Р.7. Литографические процессы.**

Сборка микроэлектронных устройств: монтаж кристаллов, термокомпрессия, ультразвуковая микросварка, пайка выводов; оборудование для микросборки; беспроводный монтаж. Герметизация микроэлектронных устройств: корпусная и бескорпусная герметизации. Сварка: контактная, под давлением, лазерная, электронно-лучевая. Герметизация: пайка, обволакивание, заливка, прессование.

■ **Р.8. Интенсификация и интеграция процессов микро- и нанотехнологии.**

Физико-технологические и экономические ограничения миниатюризации и интеграции. Нетермические методы активации физико-химических процессов: локальность, избирательность, скорость протекания процессов. Активация процессов полем и излучением: электрически стимулированная эпитаксия; фото- и СВЧ-стимулированные процессы осаждения, окисления и травления. Туннельно-полевое модифицирование поверхности: квантово-механические принципы локального переноса

заряда, энергии, массы; технология атомно-молекулярного массопереноса и модифицирования с наноразрешением. Базовые принципы интеграции процессов: аппаратурная и топохимическая интеграция. Самоформирование: интеграция физико-химических процессов на основе топохимической селективности поверхности, структурно-топологические операции на основе анизотропии, маски дифференциального действия, принцип матрицы. Интегрированные технологические кластерные комплексы: минифабрики, нанотехнологические комплексы на основе туннельно-полевого массопереноса и модифицирования. Системный подход к управлению качеством продукции: ЕСТД и её применение, структура и функции АСУТП, оптимизация контрольно-измерительных операций.

■ **Заключение.**

Построение технологических процессов на основе оптимального сочетания принципов управления, самоформирования, самоорганизации: адаптивный синтез микроэлектронных структур, самосогласованные цепи технологических операций. Атомно-молекулярная инженерия

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)								
		3	4	5						
1.	Материалы и элементы электронной техники									
2.	Микроэлектроника	6	7							
...										

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Семи н	КСР	СРС	Всего
1.	Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии	Системная модель технологического процесса: объект, воздействие, процесс . Виды термического и корпускулярно-лучевого воздействий: резистивный, лучистый и индукционный нагрев, электронные и лазерные пучки, плазма и ионные пучки. Каталитические свойства поверхности и атомно-силовое воздействие	2	2		0,5	3	7,5
2.	Производственная чистота,	Классификация производственных помещений по	2	2		0,5	3	7,5

	гигиена и безопасность	чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений, способы обеспечения и поддержания чистоты Технологические среды Безопасность работы в чистых помещениях: токсичные, взрывоопасные и пожароопасные среды						
3.	Оборудование и методы осаждения вещества	Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков: вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение, молекулярно-лучевая эпитаксия. Оборудование и методы ионно-плазменного осаждения: катодное, магнетронное, реактивное распыления; ионно- и плазмохимическое осаждение. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: Оборудование и методы осаждения из жидкой фазы: жидкофазная эпитаксия	4	4		0,5	3	11,5
4	Оборудование и методы удаления вещества.	Шлифование и полирование пластин Травление	2	2		0,5	3	7,5
5	Оборудование и методы модифицирования	Методы окисления в газовой и жидких сред Диффузия примесей:	2	2		0,5	3	7,5
6	Литографические процессы	Базовые методы литографии	2	2		0,5	3	7,5
7	Сборка и	Сборка	4	4		0,5	3	11,5

	герметизация	микроэлектронных устройств: . Герметизация микроэлектронных устройств:						
8	Интенсификация и интеграция процессов микро- и нанотехнологии	. Физико-технологические и экономические ограничения миниатюризации и интеграции Базовые принципы интеграции процессов: аппаратурная и топохимическая интеграция	4	4	0,5	3	11,5	
		всего	22	22	4	24	72	

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии	Системная модель технологического процесса: объект, воздействие, процесс	1	Письменный текущий контроль	ПК-8
2	Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии	Каталитические свойства поверхности и атомно-силовое воздействие	1	Письменный текущий контроль	ПК-8
3	Производственная чистота, гигиена и безопасность	Классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений,	1	Письменный текущий контроль	ПК-8
4	Производственная чистота, гигиена и безопасность	способы обеспечения и поддержания чистоты	1	Письменный текущий контроль	ПК-8
5	Оборудование и	Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из	1	Письменный текущий	ПК-8

	методы модифицирования	молекулярных пучков:		контроль	
6.	Оборудование и методы модифицирования	: Вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение, Оборудование и методы осаждения из газовой фазы, жидкофазная эпитаксия	1	Письменный текущий контроль	ПК-8
7.	Оборудование и методы модифицирования	Шлифование и полирование пластин	2	Письменный текущий контроль	ПК-8
...8	Оборудование и методы модифицирования	Травление	1	Письменный текущий контроль	ПК-8
9	Оборудование и методы модифицирования	Методы окисления в газовой сред	2	Письменный текущий контроль	ПК-8
10	Оборудование и методы модифицирования вещества.	Диффузия примесей:	1	Письменный текущий контроль	ПК-8
11	Оборудование и методы модифицирования	Методы окисления в жидких сред	2	Письменный текущий контроль	ПК-8
12	Литографические процессы	Базовые методы литографии	1	Письменный текущий контроль	ПК-8 -
13	Литографические процессы	Базовые методы литографии	1	Письменный текущий контроль	ПК-8 -
14	Литографические процессы	Базовые методы литографии	1	Письменный текущий контроль	ПК-8 -
15	Сборка и герметизация	Сборка микроэлектронных устройств	2	Письменный текущий контроль	ПК-8 -
16	Сборка и герметизация	Герметизация микроэлектронных устройств	1	Письменный текущий контроль	ПК-8 -
17	Интенсифи-	. Физико-технологические и	1	Письменный	ПК-8

	кация и интеграция процессов микро- и нанотехнологии	экономические ограничения миниатюризации и интеграции		текущий контроль	-
18	Интенсификация и интеграция процессов микро- и нанотехнологии	Базовые принципы интеграции процессов: аппаратурная и топохимическая интеграция	1		

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	T1.	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием конспекта лекций, литературы, Интернет - ресурсов	Источники 1,2 из основной и 1.2 из дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	2
3	T2.				2
5	T3.				2
7	T4.				2
9	T5.				2
11	T6				2
13	T7				5
— _18 —	T8				----- -7-

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой студент активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируются компетенции ПК-8 .

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы по темам дисциплины

1. Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии 8 ч.

2. . Производственная чистота, гигиена и безопасность. 8ч.

3 Производственная чистота, гигиена и безопасность 8ч.

4 Оборудование и методы осаждения вещества 8.ч

5 Оборудование и методы удаления вещества 8.ч.

6 Оборудование и методы модифицирования 8ч.

7. Литографические процессы 8.ч

8. Сборка и герметизация 7ч.

9. Интенсификация и интеграция процессов микро- и нанотехнологии 7.ч.

Контроль самостоятельной работы проводится на практических занятиях и на КСР по окончании Т.9.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) планом не предусмотрено

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература_

1. Технологии материалов для микро- и нанoeлектроники : учеб. пособие / Л. А. Скоробогатова [и др.] ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - 83 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 83. (13 экз).

2. Технологии материалов для микро- и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. Доступ

Сверено с №5 ЧГУ

б).дополнительная литература:

1. Пул, Ч. П. Нанотехнологии [Текст] : учеб. пособие для студ., обуч. по напр. подготовки "Нанотехнологии" / Ч. П. Пул, Ф. Оуэнс. - М. : Техносфера, 2004. - 327 с. : рис., граф. ; 24 см. - (Мир материалов и технологий). - Библиогр. в конце глав. - Пер. изд. : Introduction to Nanotechnology / Charles P. Poole, Frank J. Owens. - 2003. - ISBN 5-94836-021-0 (3 экз.)

2. Нашельский, Александр Яковлевич. Технология полупроводниковых материалов : учеб. пособие / А. Я. Нашельский. - М. : Metallurgia, 1972. - 432 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 427-429. (2 экз.)

3. Таиров, Юрий Михайлович.

Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов [Текст] : учеб. для вузов / Ю.М. Таиров. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2002. - 423 с. : ил ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 418. -Предм. указ.: с. 419-421. - ISBN 5-8114-0438-7(11 экз).

в) программное обеспечение _

www.nanonewsnet.ru – Сайт о нанотехнологиях в России.

www.nanodigest.ru – Интернет журнал о нанотехнологиях

www.nano-info.ru - Сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий

www.nanometer.ru – Сайт нанотехнологического сообщества ученых, студентов и любознательных читателей

www.nano-portal.ru - Портал посвящен теме развития нанотехнологий и их внедрения в производство

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Чтение лекций сопровождается демонстрацией информации (мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного материалов).

10. Образовательные технологии:

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций).

11. Оценочные средства (ОС):

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Не предусмотрено.

а. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль реализуется в виде письменного текущего контроля на Пз1-Пз9- Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенций ПК-8, ПК-9.

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

Усвоение студентом изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Максимальное количество предусмотрено 30 баллов. Возможны «премиальные» баллы (от 0 до 10), которые могут быть добавлены студенту за активные формы работы, высокое

качество выполненных практических работ, представление оригинального доклада (10 баллов) и т.д.

Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля на Пз1-Пз9 и КСР.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 5 баллов.	Хорошо 4 балла	Удовлетв. 3 балла.	Неудовл. ➤ 0 балла
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания. Допущено не более 1 –ой неточности	Полностью выполнены все задания, допущены две малозначительные неточности.	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две серьезные ошибки.	Задание не выполнены или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х серьезных ошибок.

Примерные вопросы для письменного текущего контроля приведены ниже:

Пз.1

- 1.Какова системная модель технологического процесса
- 2.Охарактеризуйте.виды термического и корпускулярно-лучевого воздействий: Каталитические свойства поверхности и атомно-силовое воздействие

Пз.2,Пз3.

- 11.Назовите потенциальные источники загрязнений ИС?
- 2.Какие параметры контролируются в чистых помещениях.?
- 3.Почему статическое электричество является одним из главных параметров, контролируемых при производстве ИС.
- Пз.4,Пз5,Пз6.
- Опишите получение поликристаллического аморфного кремния.
- Опишите получение оксида и нитрида кремния.
- Опишите процесс получения тонких слоёв металлов методом газофазной Что называется эпитаксией?
- Какой процесс называется газофазной эпитаксией?
- Какие реагенты используются для получения Si из парогазовой смеси? Запишите реакцию восстановления Si из тетрахлорида кремния и из силана.
- Опишите хлоридный процесс получения кремния.
- Как очищается подложка перед эпитаксией?
- Каковы преимущества метода эпитаксиального наращивания?
- Опишите эпитаксии. Для чего они используются в ИС

Пз.7,Пз-8

- 1. Как выполняется лазерное скрайбирование?
- 2. Каковы разновидности травления?
- 3. Какие травители применяют для селективного травления поверхности полупроводниковых пластин.
- 4. По каким признакам разделяют процессы ионно-плазменного и ионно - лучевого травления?
- Каков механизм фотостимулированного травления?
- Какие смеси используют при селективном травлении кремния, арсенида галлия.

- Пз.9,Пз10,Пз11.
- 1.Какие методы легирования полупроводников вы знаете?
- 2.Какие механизмы диффузии вы знаете?
- 3.Какие вещества используют в качестве источников примеси при легировании фосфором?
- 4.При какой температуре проводят вторую стадию диффузии и какую роль эта стадия играет?
- 5.Какие способы диффузии вы знаете?
- 6. В чем различие методов ионной имплантации и термодиффузии.
- 7. Зачем проводится импульсный отжиг?
- Пз.12,Пз13,Пз14.
- 1. Каковы особенности различных методов литографии?
- 2. Какие операции и в какой последовательности выполняются при фотолитографии?
- 3. Какой процесс называется литографией, на чём он основан?
- 4. Что такое фотошаблон
- Пз15,Пз16,Пз17Пз18.
- 1.Перечислите основные процессы сборки ИС. Охарактеризуйте каждый из них.
- 2.Что такое термокомпрессия?
- 3.Каков принцип ультразвуковой сварки? Микроконтактной сварки?
- 4.Какими свойствами должен обладать инструмент для присоединения контактов?
- 5.Что такое герметизация?
- 6.Что представляет собой корпусная и бескорпусная герметизация?
- 7.Как герметизируют корпуса пайкой? корпуса пайкой?

а. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенций ПК-8, ПК-8 и проводится в форме зачета. Форма проведения зачета – устный по билетам. Зачет проводится во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием. Экзаменационный билет состоит из одного теоретического и одного практического вопроса. Вопросы для самостоятельной подготовки студентов к зачету приведены в приложении 1.

Студент допускается к зачету в том случае, если в течение семестра за текущую работу набрано 40 баллов и более. В противном случае выставляется 0 сессионных баллов. Во время зачета студент может набрать до 30 баллов. Если на ответ студента оценивается менее чем 10-ю баллами, то экзамен считается не сданным, студенту выставляется 0 баллов, а в ведомость выставляется оценка «не зачтено».

Если на зачете студент набирает 10 и более баллов, то они прибавляются к сумме баллов за текущую работу и переводятся в академическую оценку, которая фиксируется в ведомости и зачетной книжке студентов.

Преподаватель выставляет зачет без процедуры его сдачи, если сумма баллов, набранная студентом за текущую работу составит не менее 60 баллов.

Итоговый семестровый рейтинг	Академическая оценка
Не менее 60-баллов	«зачтено »
Менее 60 баллов	«не зачтено »

Критерии	ЗАЧТЕНО			НЕЗАЧТЕНО
	Знание	Всесторонние глубокие знания (10 -11 баллов)	Знание материала в пределах программы	Отмечены пробелы в усвоении программного

		(7 -9 баллов)	материала (4 -6 баллов)	балла)
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются (8 -10 баллов)	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы (6 -8 баллов)	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные (4 -6 баллов)	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы (0-3 балла)
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию(3-5 баллов)	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию (2-3 балла)	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию (1-2 балла)	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию (0-2 балла)
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения (3-4 балла)	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки (2- 3 балла)	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала (1-2 балл)	Косноязычная речь искажает смысл ответа (0-1 балл)

Приложение 1

Примерный перечень вопросов и заданий к зачету

Вариант 1

1.Какова роль процессов адсорбции, растворения и диффузии в газопоглощении материалов.

2. Какова физическая сущность методов соединения материалов в жидкой и твердой фазах при формировании герметичных и вакуумно-плотных слоёв.

Вариант 2.

1.Что является движущей силой процесса кристаллизации при физическом и химическом методах осаждения вещества.

2.Опишите процесс удаления поверхностных загрязнений нейтральными моющими жидкостями и роль поверхностно-активных веществ и ультразвука в очистке поверхности.

Вариант 3.

1.Сформулируйте диффузионные законы Фика и граничные условия для задач диффузии.

2. В чём выражается маскирующая функция двуокиси кремния в планарной кремниевой технологии и как вводится маскирующая толщина слоя двуокиси кремния?

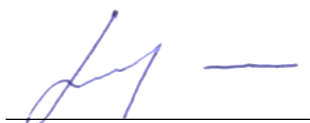
Вариант 4.

1. Опишите принципы выращивания монокристаллических слоёв методами жидкофазной и газофазной эпитаксии.

2. Какая из областей процесса травления обеспечивает режим полирующего травления и режим селективного анизотропного травления

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника.»

Разработчик:



доцент А.Л. Петров.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«31» января 2023 г.

Протокол № 7

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет
Кафедра Общей и экспериментальной физики

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине Б1.В.06 Технологии материалов электронной техники
направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
направленность (профиль) Электроника и наноэлектроника

Иркутск, 2023

Одобен
УМК физического факультета
Протокол № 38 от «18» апреля 2023 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев



Разработан в соответствии с приказом от 19 сентября 2017 г. № 927 об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 электроника и нанoeлектроника

Разработчик:

 _____ доцент Петров А.Л.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.06 Технологии материалов электронной техники

Направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленности (профили) подготовки Электроника и нанoeлектроника

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

1. Компетенции (индикаторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины (курс 4 семестр 8):

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p>ПК-1 Способен анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>	<p>ПК-1.1 Использует в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и нанoeлектроники</p>	<p>Знать: современные проблемы достижений физики, электроники и нанoeлектроники. Уметь: Использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и нанoeлектроники. Владеть: Навыками использования в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и нанoeлектроники.</p>
	<p>ПК-1.2 Самостоятельно проводит экспериментальные научные исследования в области электроники и нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>Знать: правила проведения экспериментальных научных исследований в области электроники и нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта Уметь: Самостоятельно проводить экспериментальные научные исследования в области электроники и нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта Владеть: Навыками проведения экспериментальных научных исследований в области электроники и</p>

		<p>нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта.</p>
	<p>ПК-1.3 Использует современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p>	<p>Знать: современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p> <p>Уметь: Использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p> <p>Владеть: способностью использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p>
<p>ПК-5 Аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.</p>	<p>ПК-5.1 Знать эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур</p>	<p>Знать: эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур.</p> <p>Уметь: Использовать эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур.</p> <p>Владеть: Навыками использования эффективных методик экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур</p>
	<p>ПК-5.2 Уметь выбирать приборы и устройства для контроля характеристик материалов электроники и нанoeлектроники</p>	<p>Знать: правила выбора приборов и устройств для контроля характеристик материалов электроники и нанoeлектроники.</p> <p>Уметь: выбирать приборы и устройства для контроля характеристик материалов электроники и нанoeлектроники</p> <p>Владеть: Навыками подбора приборов и устройств</p>

		для контроля характеристик материалов электроники и наноэлектроники
	ПК-5.3 Владеть методиками экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	<p>Знать:</p> <p>методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур.</p> <p>Уметь:</p> <p>Использовать современные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения</p> <p>Владеть:</p> <p>методиками экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.</p>

2. Текущий контроль

Программа оценивания контролируемых компетенций ПК–1, ПК-5

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Основные сведения о полупроводниках.	ОПК - 3	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос. Контрольная работа.	
Контактные явления в полупроводниках.	ОПК - 3	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос. Контрольная работа.	
Полупроводниковые диоды.	ОПК - 3	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос. Контрольная работа.	
Биполярные транзисторы.	ПК–1, ПК-5	Оценка за выполненное	Оценки «отлично», «хорошо»,	Письменный опрос.	

		задание	«удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка <i>«неудовлетворительно».</i>	
Тиристоры.	ПК-1, ПК-5	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка <i>«неудовлетворительно».</i>	Письменный опрос.
МДП – транзисторы.	ПК-1, ПК-5	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка <i>«неудовлетворительно».</i>	Устный опрос.
Полевые транзисторы с управляющим переходом.	ПК-1, ПК-5	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка <i>«неудовлетворительно».</i>	Письменный опрос.
Полупроводниковые излучатели и фотоприемники.	ПК-1, ПК-5	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка <i>«неудовлетворительно».</i>	Письменный опрос.
Полупроводниковые резисторы и преобразователи.	ПК-1, ПК-5	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка <i>«неудовлетворительно».</i>	Письменный опрос.
Сведения по надежности полупроводниковых приборов.	ПК-1, ПК-5	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка <i>«неудовлетворительно».</i>	Письменный опрос.

3.3 Оценочные материалы (средства), обеспечивающие диагностику сформированности компетенций (или индикаторов компетенций), заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)

В этом разделе могут быть представлены зачётно-экзаменационные материалы, содержащие комплекты вопросов (заданий) для зачёта и экзаменационных билетов для экзамена, а также критерии формирования оценок. Решением кафедры в состав экзаменационных билетов для экзамена или заданий к зачёту вместо вопросов, задач/заданий, могут включаться тесты и иные КИМ, применение которых позволит оценить уровни сформированности компетенций у студентов.

Обратите внимание! Данный раздел содержит только тот материал, который используется автором при проведении промежуточной аттестации (зачет или экзамен) по дисциплине (модулю) и указан в его рабочей программе.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Иркутский государственный
университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина

Направление подготовки

1. По каким признакам разделяют процессы ионно-плазменного и ионно-лучевого травления?
2. Какие реагенты используются для получения Si из парогазовой смеси? Запишите реакцию восстановления Si из тетрахлорида кремния и из силана.
3. Что представляет собой корпусная и бескорпусная геметизация?

Педагогический работник _____ А.Л. Петров
(подпись)

Заведующий кафедрой _____ А.А. Гаврилук
(подпись)

«31» января 2023 г.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Иркутский государственный
университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет

Вопросы для собеседования

1. Назовите потенциальные источники загрязнений ИС?
2. Какие параметры контролируются в чистых помещениях.?
3. Почему статическое электричество является одним из главных параметров, контролируемых при производстве ИС.
4. Опишите получение поликристаллического аморфного кремния.
5. Опишите получение оксида и нитрида кремния.
6. Какой процесс называется газофазной эпитаксией?
7. Какие реагенты используются для получения Si из парогазовой смеси? Запишите реакцию восстановления Si из тетрахлорида кремния и из силана.
8. Опишите хлоридный процесс получения кремния.
9. Как очищается подложка перед эпитаксией?
10. Каковы преимущества метода эпитаксиального наращивания?
11. Опишите эпитаксии. Для чего они используются в ИС
12. Как выполняется лазерное скрайбирование?
13. Каковы разновидности травления?
14. Какие травители применяют для селективного травления поверхности полупроводниковых пластин.
15. По каким признакам разделяют процессы ионно-плазменного и ионно-лучевого травления?
16. Каков механизм фотостимулированного травления?
17. Какие смеси используют при селективном травлении кремния, арсенида галлия.
18. Какие методы легирования полупроводников вы знаете?
19. Какие механизмы диффузии вы знаете?
20. Какие вещества используют в качестве источников примеси при легировании фосфором?
21. При какой температуре проводят вторую стадию диффузии и какую роль эта стадия играет?
22. Какие способы диффузии вы знаете?
23. В чем различие методов ионной имплантации и термодиффузии.
24. Зачем проводится импульсный отжиг?
25. Каковы особенности различных методов литографии?
26. Какие операции и в какой последовательности выполняются при фотолитографии?
27. Какой процесс называется литографией, на чём он основан?
28. Что такое фотошаблон
29. Перечислите основные процессы сборки ИС. Охарактеризуйте каждый из них.
30. Что такое термокомпрессия?
31. Каков принцип ультразвуковой сварки? Микроконтактной сварки?
32. Какими свойствами должен обладать инструмент для присоединения контактов?

33. Что такое герметизация?
34. Что представляет собой корпусная и бескорпусная герметизация?
35. Как герметизируют корпуса пайкой?

Педагогический работник _____ А.Л. Петров

(подпись)

Заведующий кафедрой _____ А.А. Гаврилюк

(подпись)

«31» января 2023 г.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

«Иркутский государственный
университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Тест №1 (пример)

Тестовое комплексное задание для контроля знаний

Инструкция:

Прежде чем приступить к выполнению тестового задания, внимательно прочитайте вопросы. Если Вы затрудняетесь ответить на вопрос, переходите к следующему, но не забудьте вернуться к пропущенному заданию.

Время выполнения теста – 45 мин.

Каждый правильный ответ на вопрос блока А оценивается в 1 балл;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Б и В – 1,5 балла;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Г и Д – 2 балла.

БЛОК А.

Выберите один правильный ответ и обведите его кружком:

Вопрос 1: Какой тип материала чаще всего используется в современных интегральных микросхемах?

- a) Металлы*
- b) Полупроводники*
- c) Диэлектрики***

Вопрос 2: Какой процесс используется для создания плёнок полупроводников на подложке?

- a) Диффузия*
- b) Литография***
- c) Ионная имплантация*

Вопрос 3: Какие из перечисленных материалов являются диэлектриками?

- a) Силикон*
- b) Медь***
- c) Кремнийоксид*

Вопрос 4: Для чего используется процесс "Литография" в электронной технике?

- a) Для создания контактов между элементами*
- b) Для создания изоляционных слоев*
- c) Для создания паттернов на чипе***

Вопрос 5: Какой из перечисленных материалов является полупроводником?

- a) Алюминий
- b) Кремний**
- c) Стекло

Вопрос 6: Как называется процесс применения тепла и давления для соединения двух материалов?

- a) Диффузия
- b) Спекание**
- c) Электроосаждение

Вопрос 7: Какие из перечисленных материалов обычно используются для создания проводников на интегральных схемах?

- a) Золото и серебро**
- b) Стекло и керамика
- c) Полиэтилен и полипропилен

Вопрос 8: Какой элемент прибора обычно состоит из полупроводникового материала?

- a) Конденсатор
- b) Транзистор**
- c) Резистор

Вопрос 9: Какой процесс используется для создания металлических контактов на полупроводниковых чипах?

- a) Диффузия**
- b) Ионная имплантация
- c) Литография

Вопрос 10: Какие свойства делают кремний популярным материалом для изготовления микроэлектронных устройств?

- a) Отличная теплопроводность
- b) Полная немагнитность
- c) Полупроводниковые свойства**

Вопрос 11: Какая характеристика полупроводника зависит от примесей?

- a) Твердость
- b) Электропроводность**
- c) Теплопроводность

Вопрос 12: Какой процесс используется для создания изоляционных слоев на полупроводниковых чипах?

- a) Диффузия
- b) Литография
- c) Окисление**

Вопрос 13: Какие из перечисленных материалов обычно используются для создания масок при литографическом процессе?

- a) Стекло
- b) Кремний
- c) Фоторезист**

Вопрос 14: Какой процесс позволяет изменять электри

Вопрос 14: Какой процесс позволяет изменять электрические свойства полупроводника с помощью имплантации примесей?

- a) Электролиз
- b) Вакуумное осаждение
- c) **Ионная имплантация**

Вопрос 15: Какие из перечисленных материалов обычно используются для создания металлических проводников на интегральных схемах?

- a) **Медь и алюминий**
- b) Стекло и керамика
- c) Пластик и резина

Вопрос 16: Какой процесс позволяет изменять электрические свойства полупроводника с помощью имплантации примесей?

- a) Электролиз
- b) Вакуумное осаждение
- c) **Ионная имплантация**

Педагогический работник _____

(подпись)

А.Л. Петров

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

А.А. Гаврилюк

«31» января 2023 г.