

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии

: 28.03.01

: 3, : 6

		6
1	()	4
2		144
3	, .	81
4	, .	36
5	, .	18
6	, .	18
7	, .	18
8	, .	2
9	, .	7
10	, .	63
11	(, ,)	
12		

(): 28.03.01

177 06.03.2015 ., : 31.03.2015 .

: 1,

(): 28.03.01

, 5 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

,

:

. . . ., . -

:

. . . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ПК.1 способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
20.	-
Компетенция ФГОС: ПК.2 готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
1.	,
8.	-
Компетенция ФГОС: ПК.8 готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
1.	,
2.	, ; - ; ;
3.	
4.	

2.

2.1

-	
.1. 20	-
1. Знать физико-математические и физико-химические модели процессов адсорбции, зарождения новой фазы, нанесения, удаления и модифицирования вещества на микро- и наноуровне	; ; ;
.2. 1	,
2. Знать основные технологические процессы и оборудование, применяющиеся в производстве изделий микро- и нанoeлектроники, микро- и наносистемной техники.	; ; ;
.2. 8	-
3. Знать фундаментальные основы процессов адсорбции, зарождения новой фазы, нанесения, удаления и модифицирования вещества на микро- и наноуровне	; ; ;
.8. 1	,
4. Знать методы расчета технологических режимов на основе физико-химических и физико-математических моделей технологических процессов	; ; ;

.8. 2			
5.Знать технологические процессы изготовления микросистем, требования к производственным помещениям, производственную гигиену, техническую документацию			
.8. 3			
6.Иметь представление о процессах очистки кремния, германия, арсенида галлия			
.8. 4			
7.Знать возможность применения методов контроля чистоты полупроводниковых материалов в условиях производственного процесса			

3.

3.1

: 6				
1.		0	2	2, 5, 6, 7
2.		0	2	2, 3
3.		0	2	2, 3, 4
4.		0	2	1, 2, 3
5.		0	2	1, 2, 3, 4

6.	:	0	2	1, 2, 3, 4
:				
7.	:	0	2	1, 2, 3, 4
:				
8.	:	0	2	1, 2, 3, 4
:				
9.	:	0	2	2, 3
:				
10.	:	0	2	2, 3
:				
11.	:	0	4	3
12.	:	0	2	3
13.	:	0	2	3
14.	:	0	2	3

15.		0	2	3
16.		0	2	3
17.		0	2	3

3.2

: 6				
:				
1.		0	4	2, 3, 5, 6, 7 HF:HNO3
:				
2.		0	4	1, 2, 3, 4, 5
:				
3.		0	4	2, 3, 5 -2, -4,
:				
4.		0	6	2, 3, 5

: 6				
:				
1.	:	4	4	1, 2, 3, 4, 5
2.	:	2	2	1, 2, 3, 4, 5
:				
3.	:	2	2	2, 5
:				
4.	:	4	4	3
5.	:	2	2	3
6.	:	2	2	3, 4, 5
7.	:	2	2	3, 4, 6, 7

4.

: 6				
1		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	30	3
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072</p>				

.1	20.	-	-
.2	1.		
	8.		
.8	1.		
	2.		
	3.		
	4.		

1

7.

1. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов по специальностям 200100 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и 202100 "Нанотехнология в электрике" / Т. И. Данилина и др. ; Томский гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. - Томск, 2005. - 314, 1] с.
 2. Барыбин А. А. Электроника и микроэлектроника физико-технологические основы : учебное пособие для вузов по направлениям 550700 и 654100 "Электроника и микроэлектроника" / А. А. Барыбин. - М., 2006. - 423 с. : ил.
 3. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. В 2 т.. Т. 1 / [под общ. ред. Ю. Н. Коркишко]. - М., 2010. - 392 с. : ил., граф.
 4. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. В 2 т.. Т. 2 / [под общ. ред. Ю. Н. Коркишко]. - М., 2010. - 252 с. : ил., схемы, табл.
 5. Илюшин В. А. Физикохимия наноструктурированных материалов : учебное пособие / В. А. Илюшин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 105, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180741
1. Курносов А. И. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : учебное пособие для вузов по спец. "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы". - М., 1986. - 367, [1] с. : ил.
 2. Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок : учебное пособие для вузов / Л. А. Коледов. - СПб. [и др.], 2008. - 399, [1] с.

3. Черняев В. Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров : учебник для вузов по специальности "Конструирование и производство радиоаппаратуры" / В. Н. Черняев. - Москва, 1987. - 463, [1] с. : ил.

4. Барыбин А. А. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур : [учебное пособие для вузов по специальностям "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" и др.] / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, Н. П. Томилина ; Сиб. федер. ун-т, [Ин-т инженер. физики и радиоэлектроники]. - Красноярск, 2011. - 243 с. : ил., граф., схемы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Процессы микро- и нанотехнологии : методическое руководство к лабораторным работам для 3 курса РЭФ (направление 210100) заочной и дневной форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Илюшин]. - Новосибирск, 2011. - 55 с. : ил., табл.

2. Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 107 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072

8.2

1 MathCAD

9.

1	830-03	
2		,
3	-576	,
4	-71 -3	-
5		

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ___ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль:
Микросистемная техника

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии** приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1/НИ способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	з20. Знать физико-математические и физико-химические модели процессов нанотехнологии	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. Активация процессов при ионном легировании и химическом синтезе: термический и корпускулярно-лучевой отжиг. 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 окисления в газовой и жидких средах: высокотемпературное термическое сухое и влажное окисление, Электрохимическое окисление, теоретические модели окисления. Окисление и нитрирование в плазме. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы:		Зачет, вопросы 5-12, 15-22

		<p>получение поликристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, оксида и нитрида кремния; пиролитическое осаждение металлов; газофазная эпитаксия кремния, бинарных и многокомпонентных соединений. Оборудование и методы осаждения из жидкой фазы: жидкофазная эпитаксия, электрохимическое осаждение слоев Термическое окисление кремния</p>		
<p>ПК.2/НИ готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p>	<p>з1. Знать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p>	<p>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. Активация процессов при ионном легировании и химическом синтезе: термический и корпускулярно-лучевой отжиг. Ионно-плазменное травление: оборудование, методы и механизмы травления; ионно-лучевое, плазмохимическое, реактивное ионно-плазменное, ионно-химическое травление. Классификация базовых методов литографии: фото-, рентгено-, электроно- и ионолитография. Литографический цикл: резисты и способы их нанесения, позитивные и негативные резисты; методы повышения адгезии, плазмостойкости; планаризация, предэкспозиционная обработка, проявление и сушка. Фотошаблоны. Аппаратура и способы совмещения и экспонирования. Пространственное</p>		<p>Зачет, вопросы 1-32</p>

	<p>разрешение. Эволюция процессов экспонирования: высокоэффективные источники дальнего ультрафиолета, оптическая литография с фазовым сдвигом, стереолитография, электроно-, ионо-, рентгенолитография.</p> <p>Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков: вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение, молекулярно-лучевая эпитаксия.</p> <p>Оборудование и методы ионно-плазменного осаждения: катодное, магнетронное, реактивное распыления; ионно- и плазмохимическое осаждение.</p> <p>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.</p> <p>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. Оборудование и методы осаждения из жидкой фазы: жидкофазная эпитаксия, электрохимическое осаждение слоев Омические и выпрямляющие контакты. Однослойная и многослойная система металлизации на основе алюминия. Особенности металлизации с медными межсоединениями. Диэлектрические разделительные слои. Системная модель технологического процесса: объект, воздействие, процесс. Классификация процессов микро- и нанотехнологии Шлифование и полирование пластин. Механическое, лазерное и электронно-лучевое скрайбирование.</p>		
--	--	--	--

		<p>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.</p> <p>Электрохимическое травление, получение пористого кремния. Химико-механическое полирование структур.</p>		
ПК.2/НИ	<p>38. Знать фундаментальные основы процессов синтеза материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p>	<p>Адсорбция на твердой поверхности. Описание поверхностей с адсорбатами. Кинетическая модель адсорбции. Изотермы адсорбции.</p> <p>Экспериментальные методы изучения адсорбции.</p> <p>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.</p> <p>Высокоэнергетические сильноточные процессы ионной имплантации: окисление, нитрирование, протонирование, радиационно-стимулированная диффузия, химический синтез.</p> <p>Активация процессов при ионном легировании и химическом синтезе: термический и корпускулярно-лучевой отжиг.</p> <p>Ионно-плазменное травление: оборудование, методы и механизмы травления; ионно-лучевое, плазмохимическое, реактивное ионно-плазменное, ионно-химическое травление.</p> <p>Классификация базовых методов литографии: фото-, рентгено-, электроно- и ионолитография.</p> <p>Литографический цикл: резисты и способы их нанесения, позитивные и негативные резисты; методы повышения адгезии, плазмостойкости; планаризация,</p>	РГЗ, разделы 1-3	Зачет, вопросы 3-45

	<p>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. 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 окисления в газовой и жидких средах: высокотемпературное термическое сухое и влажное окисление, Электрохимическое окисление, теоретические модели окисления. Окисление и нитрирование в плазме. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического и аморфного гидrogenизированного кремния, оксида и нитрида кремния; пиролитическое осаждение металлов; газофазная эпитаксия кремния, бинарных и многокомпонентных соединений. Оборудование и методы осаждения из жидкой фазы: жидкофазная эпитаксия, электрохимическое осаждение слоев Омические и выпрямляющие контакты. Однослойная и многослойная система металлизации на основе алюминия. Особенности металлизации с медными межсоединениями. Диэлектрические разделительные слои. Основные стадии и механизмы формирования</p>		
--	---	--	--

		<p>слоев новой фазы. Зародышевый механизм роста Фольмера-Вебера. Механизм Франка-Ван-дер-Мерве. Послойный беззародышевый механизм. Механизм Странского-Крастанова. Спиральный механизм роста. Рост на фасетированных поверхностях. Основы термодинамики растворов. Твердые и жидкие растворы. Идеальные, атермальные и регулярные растворы. Основы физико-химии поверхности: Поверхностная энергия. Термодинамика плоских и искривленных поверхностей. Явления смачивания. Поверхность твердого тела. Описание кристаллических поверхностей. Релаксация и реконструкция. Структурные дефекты реальных поверхностей. Модель террас, ступеней, изломов. Формирование новой фазы. Явления смачивания. Уравнение Юнга. Гомогенное и гетерогенное зарождение. Критический размер зародыша. Шлифование и полирование пластин. Механическое, лазерное и электронно-лучевое скрайбирование. 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. Химико- механическое полирование структур.</p>		
<p>ПК.8/ПТ готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники</p>	<p>з1. Знать методы расчета технологических режимов изготовления элементной базы микроэлектроники, компонентов нано-и микросистемной техники</p>	<p>Термодинамика и кинетика эпитаксиального роста пленок, нанонитей, вискеров, квантовых точек. Термодинамика роста твердых растворов полупроводниковых соединений методами молекулярно-лучевой и мос- гидридной эпитаксий</p>	<p>РГЗ, разделы 1-3</p>	<p>Зачет, вопросы 44-45</p>

ПК.8/ПТ	32. Знать физическую, химико-физическую и технологическую сущность процессов, протекающих при изготовлении микросистем; производственную гигиену: чистоту материалов и помещений; ЕСТД и её применение	Ионная имплантация: распределение примесей. Теория Линдхарда, Шарфа, Шиотта. Оборудование.	РГЗ, разделы 1-3	Зачет, вопросы 19-22
ПК.8/ПТ	33. иметь представление об основных промышленных процессах очистки полупроводниковых материалов	Системная модель технологического процесса: объект, воздействие, процесс. Классификация процессов микро- и нанотехнологии	РГЗ, разделы 1-3	Зачет, вопросы 1-2
ПК.8/ПТ	34. знать возможности применения методов очистки и контроля чистоты полупроводниковых материалов	Системная модель технологического процесса: объект, воздействие, процесс. Классификация процессов микро- и нанотехнологии	РГЗ, разделы 1-3	Зачет, вопросы 1-2

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИ, ПК.2/НИ, ПК.8/ПТ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.1/НИ, ПК.2/НИ, ПК.8/ПТ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Паспорт зачета

по дисциплине «Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии», 6
семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-16, второй вопрос из диапазона вопросов 17-32, третий - из диапазона вопросов 33-45 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет №

по дисциплине «Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии»

1. Теоретический вопрос
2. Теоретический вопрос.
3. Теоретический вопрос.

Утверждаю: зав. кафедрой ППиМЭ _____ д.ф.м.н. Гайслер В.А.
_____ 2017 г.

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет менее 10 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если теоретическое

содержание курса освоено частично, студент дает определение основных понятий, знает технологическое оборудование, допускает непринципиальные ошибки, оценка составляет 10-13 *баллов*.

- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью, студент знает технологическое оборудование и базовые технологические процессы, способен обосновать выбор и режимы проведения технологических процессов (возможны, не существенные ошибки), оценка составляет 14-16 *баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью, студент знает технологическое оборудование и базовые технологические процессы, способен обосновать выбор и режимы проведения технологических процессов, знает способы их оптимизации, качество выполнения заданий оценено числом баллов, близким к максимальному, оценка составляет 17-20 *баллов*.

3. Шкала оценки

Оцениваются следующие виды текущей деятельности обучающихся в семестре:

- лабораторные работы, максимальное количество баллов — 20
- практические занятия, максимальное количество баллов — 30
- РГЗ, максимальное количество баллов — 30
- зачет, максимальное количество баллов — 20

К зачету допускается студент, набравший за текущую деятельность минимум 40 баллов из 80 возможных.

Зачет считается сданным, если сумма баллов составляет не менее 10 (из 20 возможных).

Максимальное суммарное количество баллов по дисциплине — 100.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Итоговая оценка выставляется по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии»

1. Технология, технологический процесс.
2. Классификация процессов микро- и нанотехнологии. Стандартизация базовых операций.
3. Производственная гигиена. Классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений, способы обеспечения и поддержания чистоты. Чистота материалов.
4. Физико-химические методы очистки поверхности: Шлифование и полирование пластин. Технология химической обработки подложек.
5. Вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение.
6. Молекулярно-лучевая эпитаксия..
7. Оборудование и методы ионно-плазменного осаждения: катодное, магнетронное, реактивное ионно-плазменное распыление.
8. Плазмохимическое осаждение.

9. Химическое осаждение из газовой фазы. Получение поликристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, пиролитическое осаждение металлов.
10. Химическое осаждение из газовой фазы. Получение оксида и нитрида кремния.
11. Газофазная эпитаксия кремния. Оборудование.
12. Газофазная эпитаксия бинарных и многокомпонентных соединений. МОС-гидридная эпитаксия.
13. Жидкостное травление кремния. Кинетика процесса травления. Селективное и полирующее травление.
14. Процессы сухого травления. Классификация. Оборудование.
15. Высокотемпературное термическое сухое и влажное окисление. Кинетика процесса окисления. Параметры качества диэлектрических пленок. Электрохимическое окисление.
16. Диффузия примесей: распределение примесей при диффузии, стадии загонки и разгонки примесей.
17. Оборудование и методы диффузии из газообразных, жидких и твердых источников. Особенности диффузии В, Р, As и Sb в Si и SiO₂.
18. Контроль параметров диффузионных структур. Типы диффузантов.
19. Ионная имплантация: распределение примесей, оборудование и методы ионной имплантации.
20. Физические принципы процесса ионного легирования (теория ЛШШ). Пробег и дисперсия пробега имплантированных ионов. Доза имплантированных ионов. Эффект каналирования.
21. Образование радиационных дефектов при ионной имплантации. Аморфизация. Активация процессов при ионном легировании: термический и корпускулярно-лучевой отжиг.
22. Высокэнергетические сильноточные процессы ионной имплантации: окисление, нитрирование, протонирование, радиационно- стимулированная диффузия.
23. Основные характеристики и оборудование базовых методов литографии: фото-, рентгено-, электроно- и ионолитографии.
24. Литографический цикл: резисты и способы их нанесения. Фотошаблоны.
25. Фотолитография: Аппаратура и способы совмещения и экспонирования. Пространственное разрешение.
26. Эволюция процессов экспонирования. Оптическая литография высокого разрешения.
27. Нанолитография.
28. Металлизация.
29. Сборка и герметизация микроэлектронных устройств.
30. Способы изоляции компонентов.
31. Технология производства ИС на биполярных транзисторах с комбинированной изоляцией.
32. КМОП-технология производства ИС.
33. Поверхностное натяжение. Уравнение Юнга-Лапласа.
34. Термодинамика плоских и искривленных поверхностей. Уравнение Кельвина.
35. Капиллярные явления.
36. Поверхность твердого тела. Атомная структура чистых поверхностей. Релаксация и реконструкция.
37. Модель террас-ступеней-изломов.
38. Адсорбция на твердой поверхности. Кинетика адсорбции.

39. Изотермы адсорбции.
40. Формирование новой фазы. Гомогенное и гетерогенное зарождение.
41. Механизм роста Фольмера-Вебера. Механизм Франка-Ван-дер-Мерве.
42. Послойный беззародышевый механизм. Механизм Странского-Крастанова.
43. Спиральный механизм роста. Рост на фасетированных поверхностях.
44. Основы термодинамики растворов.
45. Эпитаксиальные методы получения твердых растворов полупроводниковых материалов.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии», 6
семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны выполнить термодинамический анализ роста структур $A^{III}B^V$ методом молекулярно-лучевой эпитаксии.

Обязательные структурные части РГЗ:

1. Титульный лист
2. Основные свойства выбранного твердого раствора или бинарного соединения $A^{III}B^V$.
Примеры приборных структур с использованием выбранного соединения.
3. Расчет температурной зависимости скорости роста и состава (только для твердых растворов) эпитаксиальных пленок.
4. Исследование влияния отношения давлений потоков элементов V и III групп на температурную зависимость скорости роста и состава (только для твердых растворов).
5. Сравнение с экспериментальными данными.
6. Список литературы.

Оцениваемые позиции: наличие отчета, результаты собеседования по расчетам заданий.

2. Критерии оценки

- Работа считается **невыполненной**, если допущены серьезные ошибки в третьей части, оценка составляет менее 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально, из расчетной части правильно выполнен только третий пункт задания, оценка составляет 15-19 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если правильно выполнены расчетные части РГЗ (пункты 3 и 4), некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат несущественные ошибки, оценка составляет 20-24 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если термодинамический анализ процесса роста выполнен в полном объеме, качество выполнения всех заданий оценено числом баллов, близким к максимальному, оценка составляет 25-30 баллов.

3. Шкала оценки

РГЗ считается выполненным, если студент набрал не менее 15 баллов (из 30 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Максимальное суммарное количество баллов по дисциплине — 100.

Итоговая оценка выставляется по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

1. Термодинамический анализ роста структур AlGaAs методом молекулярно-лучевой эпитаксии.

Другие задания отличаются от приведенного выбором иного полупроводникового соединения группы A^{III}B^V (бинарного или тройного).