

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Л.Толстик

(подпись)

30.06.2017

(дата утверждения)



Регистрационный № УД-4678 /уч.

Технология электроники

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 01 Математика (по направлениям)

Направление

1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность)

2017 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 01-2013 (30.05.2013) и учебного плана (регистрационный G31-209/уч. (30.05.2015)).

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.Г. Гладков, д.ф-м н., заведующий кафедрой математической кибернетики механико-математического факультета Белорусского государственного университета;

В.С. Малышев, старший преподаватель кафедры математической кибернетики механико-математического факультета Белорусского государственного университета.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

кафедрой математической кибернетики Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 05.05.2017);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 27.06.2017).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Данная дисциплина является дисциплиной компонента учреждения высшего образовательного цикла специальной дисциплины.

Начало XXI века характеризуется бурным развитием информационных технологий, базирующихся на устройствах, обязательно включающих в себя интегральные схемы (ИС), предназначенные, как для системного применения, например, анализаторы речи, микропроцессоры, контроллеры, запоминающие устройства и могущие удовлетворить требованиям по обработке большого объема данных, так и для всевозможного прикладного применения. В настоящее время трудно найти промышленные товары, не содержащие подобных устройств, а объем продаж изделий электронной промышленности превышает объем продаж изделий автомобильной, химической и сталелитейной промышленности, причем значительную долю составляют сверхбольшие интегральные схемы (СБИС) и ультра большие - (УБИС), содержащие соответственно более 10^6 и 10^7 элементов в кристалле. Это стало возможным благодаря прогрессу в технологии изготовления ИС, базирующейся на уникальных методах формирования микрорисунка, нанесения проводящих и непроводящих покрытий, создания легированных неоднородностей в полупроводнике, разработанных за последние 30 лет и основанных на последних достижениях фундаментальных и прикладных наук. И сейчас область технологии изготовления ИС находится в состоянии интенсивного развития. Разумеется, она требует подготовленных специалистов, представляющих уже достигнутый уровень развития и способных совершенствовать технологию. Кроме того, заметим, что и процесс проектирования ИС невозможен без представления разработчиком типовой структуры микросхемы, знания параметров элементной базы и состава самой элементной базы конкретной микросхемы. Необходимо представлять, как параметры элементной базы связаны со способом изготовления типовой структуры, чем определяются те или иные ограничения при проектировании, как проводить анализ полученных результатов, и, наконец, какие специфические факторы влияют на стоимость произведенной продукции.

Целью данной дисциплины является формирование представления у слушателей основных способов формирования интегральных микросхем с помощью уникальных технологических операций, разработанных за последнее время, а также методов контроля состояния технологического процесса с помощью статистических методов контроля качества.

Основной задачей дисциплины является установление связи режимов проведения операций маршрута изготовления интегральных схем с основными параметрами элементной базы таких схем, а также овладение методами управления качеством технологического процесса с помощью контрольной карты Шухарта и простых методов статистического контроля.

Данная дисциплина дает представление обо всех основных этапах (процессах) формирования ИС на полупроводниковых пластинах, а также дает физико-химические основы и формальные математические модели, описывающие процессы изготовления ИС. Получаемые соотношения между параметрами вольт-амперных характеристик элементной базы, её геометрическими характеристиками и режимами изготовления дают возможность описания технологического процесса, правил проектирования топологического рисунка

ка. Наконец, дается представление о формировании маршрута изготовления типовых интегральных схем, включающих в себя различную элементную базу, из набора определенных технологических операций. При этом оцениваются параметры типовой структуры, её топологический чертеж, возможная себестоимость изготовления. Так же дается представление о статистических методах контроля, необходимых в современных системах качества.

При изучении данной дисциплины предполагается, что студенты знакомы с физикой полупроводников и полупроводниковых приборов, изучая дисциплину «Физические основы электроники».

В результате изучения дисциплины «Технология электроники» студент должен **знать**:

- тенденции развития технологии микроэлектроники;
- хорошо представлять структуру элементов (биполярных и МОП транзисторов) в разрезе и в виде рисунков топологических слоёв сверху.
- представлять, что представляет собой маршрут изготовления ИС.
- представлять, каким способом формируются наносимые покрытия, как формируется микрорисунок слоёв, каким образом формируются рп-переходы,

уметь:

- рассчитывать с помощью калькулятора профиль распределения примеси и толщину растущего окисла в зависимости от температуры и времени процесса.
- устанавливать связь между способом изготовления и основными параметрами транзистора,

владеть:

- методом управления качеством технологического процесса с помощью контрольной карты Шухарта и простых методов статистического контроля.

В результате изучения дисциплины «Технология электроники» студент должен обладать следующими компетенциями:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным выработать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникаций.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

ПК-2. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации. Применять современные методы проектирования информационных систем, использовать веб-сервисы, оформлять техническую документацию.

ПК-3. Применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности и в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

ПК-5. Заниматься аналитической и научно-исследовательской деятельностью в области математики и информационных технологий.

ПК-7. Проводить исследования в области эффективности решения производственных задач.

ПК-9. Осуществлять выбор оптимального варианта проведения научно-исследовательских работ.

ПК-13. Составлять документацию (графики работ, инструкции, планы, заявки, деловые письма и т.п.), а также отчетную документацию по установленным формам.

ПК-14. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-18. Готовить доклады, материалы к презентациям.

ПК-24. Работать с научной, технической и патентной литературой.

ПК-29. Реализовывать инновационные проекты в профессиональной деятельности.

Учебная программа предназначена для студентов 2 курса (3 и 4 семестры) очной формы обучения.

В соответствии с учебным планом специальности на изучение дисциплины отводится 142 часа, из них 70 аудиторных часов, в том числе:

2 курс 3 семестр всего: 54 часа, аудиторных часов – 36, 18 часов – лекции, 16 часов - практические занятия, 2 часа – УСР, текущая аттестация - зачёт,

2 курс 4 семестр всего 88 часов, аудиторных часов – 34, 18 часов – лекции, 14 часов - практические занятия, 2 часа – УСР, текущая аттестация - экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение

Этапы развития электронной промышленности. Закон Мура. Основные определения. Требования, предъявляемые к интегральной схеме. Получение кремния. Подготовка исходных пластин. Представление о маршруте изготовления ИС.

Тема 2. Основные технологические операции, используемые для изготовления ИС

Химическая очистка пластин (Физико-химическая модель строения поверхностного слоя кремниевых пластин. Адсорбционные слои и твёрдые частицы на поверхности кремниевых пластин. Основная задача химической очистки. Основные этапы химической очистки. Удаление органических загрязнений. Удаление неорганических загрязнений. Промывка в деионизованной воде).

Термическое окисление кремния (Модель окисления кремния Дила-Гроува. Сравнение экспериментальных и теоретических данных. Характеристики окисла. Заряд в окисле. Перераспределение легирующей примеси на границе раздела фаз. Локальное окисление кремния. Дефекты окисления).

Диффузия (Способы диффузии. Механизмы диффузии. Одномерное уравнение диффузии Фика. Распределение примеси в процессе диффузии. Решение уравнения Фика для неограниченного тела. Решение уравнения Фика для полуограниченного тела для случая постоянного источника. Диффузия из слоя конечной толщины в полуограниченное тело с отражающей границей. Особенности диффузии при высокой концентрации примеси. Влияние электрического поля. Особенности диффузии основных легирующих примесей. Особенности диффузии в поликремнии. Контроль параметров диффузионных структур. Дефектность процесса диффузии).

Ионная имплантация (Оборудование для ионного легирования. Физические основы метода. распределение внедрённых ионов. Каналирование. Образование радиационных нарушений. Отжиг радиационных дефектов. Активация примесных атомов. Диффузия имплантированных примесей).

Фотолитография (Этапы получения микрорисунка. Виды резистов и их характеристики. Особенности позитивного резиста. Технология литографии. Проколы в фоторезисте. Особенности проекционной печати. Практические зависимости фотолитографии. Правила наложения слоёв. Дефектность литографии. Перспективы развития литографии).

Травление (Мокрое и сухое (ионно-плазменное) травление. Характеристики травления. Способы создания плазмы. Виды реакций в плазме. Методы сухого травления. Выбор состава рабочего газа. Загрузочный эффект. Кинетика сухого травления. Дефектность процесса ионного травления).

Нанесение покрытий (Нанесение поликристаллического кремния. Нанесение нитрида кремния. Особенности механизма образования металлических плёнок. Методы осаждения Al и его сплавов. Методы планаризации рельефа. Отказы металлизации. Дефектность металлизации. Перспективы совершенствования металлизации).

Эпитаксия (Эпитаксия из газовой фазы. Анализ механизма роста пленки на микроуровне. Особенности распределения легирующей примеси в растущей плёнке. Особенности искажения микрорисунка скрытых слоев в эпитаксиальной пленке. Дефекты эпитаксии. Виды эпитаксии).

Тема 3. Элементарные статистические методы управления качеством

Модель выхода годных микросхем, вследствие точечной дефектности. Неблагоприятные факторы. Изменчивость и воспроизводимость технологического процесса. Этапы управления качеством продукции. Порядок ведения контрольной карты. Статистика как функция результатов наблюдений. Расчёт границ регулирования для контрольной карты. Особенности ведения контрольной карты Шухарта. Анализ состояния технологического процесса. Элементарные статистические методы управления качеством.

Тема 4. Основные способы формирования ИС

Маршрут изготовления интегральных схем на основе биполярных транзисторов. Маршрут изготовления интегральных схем на основе КМОП элементной базы среднего уровня быстродействия. Маршрут изготовления интегральных схем типа динамического оперативного запоминающего устройства (ДОЗУ) на основе МОП элементной базы. Маршрут изготовления быстродействующих интегральных схем (процессоров) на основе КМОП элементной базы.

(Назначение, последовательность операций, основные режимы операций, параметры формируемых покрытий и микрорисунка, эволюция типовой структуры, параметры конечной структуры. Решение задач).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля занятий
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	ВВЕДЕНИЕ							
1.1.	<i>Этапы развития электронной промышленности. Основные определения. Закон Мура.</i>	2						Устный опрос
1.2.	Требования, предъявляемые к интегральной схеме. Получение кремния. Подготовка исходных пластин. Представление о маршруте изготовления ИС.	2						
2.	ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИС							Устный опрос
2.1.	<i>Химическая очистка пластин</i>	2						Устный опрос
2.2.	<i>Термическое окисление кремния</i>	4						Устный опрос
2.3.	<i>Диффузия</i>	6						Устный опрос
2.4.	<i>Эпитаксия</i>	2						Устный опрос
4.1.	<i>Маршрут изготовления интегральных схем на основе биполярных транзисторов.</i>		8					Решение задач у доски
4.2.	<i>Маршрут изготовления интегральных схем на основе КМОП элементной базы среднего уровня быстродействия.</i>		8					Решение задач у доски
	Проведение контрольной работы						2	Контрольная работа
	Итого за 3 семестр	18	16				2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.5.	<i>Ионная имплантация</i>	4						Устный опрос
2.6.	<i>Фото литография</i>	6						Устный опрос
2.7.	<i>Травление.</i>	2						Устный опрос
2.8.	<i>Нанесение покрытий.</i>	4				.		Устный опрос
3.	ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ							
3.1.	<i>Факторы, влияющие на выход годных интегральных схем. Модель выхода годных микросхем.</i>	2				.		Устный опрос
3.2.	<i>Статистический контроль качества</i>	2						Устный опрос
4.3.	<i>Маршрут изготовления интегральных схем типа ДОЗУ на основе МОП элементной базы).</i>		6					Решение задач у доски
4.4.	<i>Маршрут изготовления быстродействующих интегральных схем (процессоров) на основе КМОП элементной базы.</i>		8					Решение задач у доски
	Проведение контрольной работы						2	Контрольная работа
	Итого за 4 семестр	18	14				2	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Малышев В.С. Курс лекций «Технология электроники (Электронный вариант).
2. Зи С. Технология СБИС. Москва, «Мир», 1986.
3. И.Г. Пичугин. Ю.М., Таиров. Технология полупроводниковых приборов. Москва, «Высшая школа».
4. Дж. Мердок Контрольные карты. Москва «Финансы и статистика». 1986.

Дополнительная

5. Исикава Японские методы управления качеством. Москва «Экономика», 1988.
6. А.Ф. Буренков, Ф.Ф. Комаров, Н.А. Кумахов Таблицы параметров пространственного распределения ионно- имплантированных примесей. Минск, БГУ им В.И Ленина, 1986.
7. 1. R.Doering, Y. Nishi. Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology, 2008 CRS Press Taylor and Francic Group, Roca Ration London New York.

Организация управляемой самостоятельной работы студентов

Под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа реализуется в следующих формах:

1. Внеаудиторная самостоятельная работа;
2. Аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;

Виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов разнообразны: решение задач, подготовка и написание рефератов, докладов и других письменных работ на заданные темы.

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий и во время чтения лекций.

При чтении лекционного материала непосредственно в аудитории необходимо контролировать усвоение материала основной массой студентов путем проведения устных опросов по конкретным темам.

Примерный перечень заданий УСР

При проведении устных опросов можно использовать следующий перечень заданий для самостоятельного углубленного изучения:

1. Каковы преимущества кремния перед другими полупроводниками с точки зрения производства интегральных схем.
2. Какое значение имеет чистота при изготовлении интегральных схем.
3. Какие положения лежат в основе модели Дила и Гроува.
4. Каким образом используется интегральное разложение Фурье при нахождении решения второго закона (уравнения) Фика.
5. Описать механизмы потерь энергии иона при ионной имплантации.
6. Каковы основные приёмы процесса формирования микрорисунка по фоторезисту.
7. Роль плазмы при сухом травлении технологических слоёв.
8. Основные приёмы планаризации поверхности и их необходимость при создании многоуровневой металлизации.
9. Роль статистического контроля качества при организации технологического процесса.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности студентов

С целью текущего контроля результатов учебной деятельности студентов предусмотрены устные опросы на лекционных занятиях, решение задач у доски на практических занятиях, проведение контрольной работы в рамках управляемой самостоятельной работы, зачет, экзамен.

Рекомендуемый перечень основных вопросов к зачёту по дисциплине «Технология электроники»

Введение

1. Что такое ИС.
2. Что такое планарная технология.
3. Каковы важные преимущества Si перед Ge или GaAs, с точки зрения производства и использования ИС.
4. Как получают чистый «электронный» кремний.
5. Что такое маршрут изготовления ИС.
6. Что необходимо хорошо представлять, чтобы формировать маршрут изготовления ИС.

Химическая очистка

7. Каковы основные источники загрязнений.
8. Как подразделяются адсорбционные слои.
9. В чем основная задача хим. очистки.
10. Каковы основные этапы хим. Очистки.
11. Что такое деионизованная вода.
12. В чем удаляют органические загрязнения. Каковы самые сильные окислители.
13. В чем проводят десорбционную очистку. Каковы самые сильные окислители.
14. Что является операционным критерием хорошей очистки.

Термическое окисления кремния

15. Что устанавливает модель Дила и Гроува.
16. Когда справедлив параболический закон роста окисла.
17. Каким механизмом определяется экспоненциальная зависимость от температуры параболической константы окисления.
18. Каким механизмом определяется экспоненциальная зависимость от температуры линейной константы окисления.
19. Почему скорость окисления во влажном кислороде больше, чем в сухом, несмотря на больший коэффициент диффузии O_2 , чем H_2O в SiO_2 .
20. Какую роль при окислении играют вакансии в кремнии.
21. Какие основные характеристики окисла контролируются в процессе изготовления.
22. Какова классификация зарядов в окисле.
23. Какой заряд опасен при эксплуатации ИС.
24. Каким образом уменьшают подвижный заряд в окисле.
25. Каким образом уменьшают заряд поверхностных состояний в окисле.
26. Что такое равновесный коэффициент сегрегации.
27. Что происходит с концентрацией бора в кремнии на границе раздела кремний – окисел при окислении кремния.
28. Как образуется дефект упаковки кремния при локальном окислении.
29. Как зависит длина дефекта упаковки от температуры окисления (при заданном времени окисления).

Диффузия

30. Как зависит длина дефекта упаковки от времени окисления (при заданной температуре окисления).
31. Каковы основные способы диффузии.
32. Каковы основные механизмы перемещения атомов в решетке твердого тела.
33. Какой механизм диффузии называют вакансионным.
34. Как связана скорость перемещения атома с концентрацией вакансий.
35. Какова зависимость коэффициента диффузии от температуры.
36. Какими примесями легируют кремний для создания областей проводимости p- и n- типа.
37. Что означает коэффициент диффузии в первом законе Фика.
38. Каков алгоритм решения уравнения диффузии для неограниченного изотропного тела.
39. К какой величине стремится концентрация примеси при диффузии из разных источников при значении $Dt = \infty$.
40. В каком месте образца находится максимум распределения примеси при известных процессах диффузии.
41. Диффузия из какого источника приводит к гауссовому распределению примеси.
42. Какими особенностями характеризуется процесс диффузии в поликремнии.
43. Какие основные параметры пластин контролируются после проведения диффузии.

Имплантация

44. Каковы преимущества имплантации при легировании полупроводника.
45. Каким образом определяется доза облучения.
46. Чем определяется энергия иона.
47. Какие различают виды энергетических потерь иона при взаимодействии его с твердым телом.
48. Какое название получила теория пробега ионов в аморфной и кристаллической мишени.
49. Что обозначает значки " R_p ", " ΔR_p ".
50. Какова причина появления рассеяния ионов.
51. Каковы свойства «Гауссовой» функции распределения, описывающей профиль внедренных ионов.
52. Каким образом отличается реальный профиль распределения легких и тяжелых ионов от «Гауссовой».
53. Как называется распределение, описывающее реальный профиль примеси, с помощью каких центральных моментов его можно описать.
54. Каковы преимущества и недостатки расчета профиля внедренной примеси с помощью метода Монте-Карло.
55. При какой энергии падающего иона возникают дефекты структуры.
56. Привести пример простых дефектов.
57. Какое число атомов решетки кремния необходимо сместить из положения равновесия, чтобы монокремний стал аморфным. Каким образом обнаружить «аморфность» кремния.

58. К каким эффектам в p-n переходе приводит наличие неотожженных дефектов в кремнии.
59. Каковы особенности активации примеси при малых, средних и больших дозах имплантации. О каких дозах имплантации идет речь, если в качестве критерия выбрать дозу аморфизации?

Фотолитография

60. Сколько основных этапов в получении рисунка.
61. Что такое МПО, шаблон.
62. Какие бывают типы фоторезистов.
63. Какие основные компоненты входят в позитивный фоторезист.
64. Во что превращается нафтохинондиазид после взаимодействия с квантом света и молекулой воды.
65. К какой области спектра чувствительны фоторезисты.
66. Что представляет собой проявитель позитивного резиста.
67. Каковы основные группы операций литографии.
68. Зачем делается метка на пластине и фотошаблоне.
69. Зачем проводится задубливание фоторезиста.
70. В чем снимают фоторезист.
71. Что представляет собой дефект в фоторезисте.
72. Почему дефектность проекционной печати меньше чем контактной
73. Что такое системы с дифракционным ограничением.
74. Чем определяется разрешающая способность и глубина резкости объектива.
75. Что такое разрешающая способность объектива.
76. Как практически определить рабочую разрешающую способность мультипликатора.
77. Как определить необходимый зазор в топологии между слоями микрорисунка.
78. Каковы виды травления.

Травление

79. Как отличается по своим характеристикам мокрое от сухого травления
80. Что такое селективность и анизотропность травления.
81. Что необходимо предпринимать, чтобы снизить необходимую селективность травления.
82. Зачем необходимо плазма при травлении.
83. Какие элементы образуют летучие соединения кремния и алюминия при комнатной температуре.
84. Что такое рекомбинация в плазме.
85. Почему добавка кислорода в плазме из CF_4 при травлении кремния меняет скорость травления.
86. Почему скорость травления кремния падает до нуля при увеличении концентрации водорода в плазме из CF_4 .
87. Каким образом повысить анизотропию процесса ПХ травления.
88. Что такое загрузочный эффект.
89. Какова специфическая дефектность, возникающая при ПХ травлении.

90. Почему необходимо использовать индивидуальные средства защиты при прове-

Осаждение покрытий

дении профилактического обслуживания установок ПХ травления.

91. Каков общий механизм осаждения диэлектрических пленок.

92. Какой тип энергии для этого используется.

93. Для чего используется поликристаллический кремний (ПКК) в микросхемах.

94. Что переставляет собой уже выращенная пленка ПКК.

95. Как им образом изменяется размер зерен пленки при увеличении температуры осаждения, какова примерно его величина.

96. Как изменяется сопротивление пленки ПКК при увеличении зерна.

97. Почему нельзя сильно увеличивать температуру осаждения.

98. Для чего используется стехиометрический нитрид кремния при изготовлении ИС.

99. Для чего контролирую коэффициент преломления пленки Si_3N_4 ; на что указывает его превышение от номинала (сравнить с таким же для SiO_2).

100. Что происходит с пластиной кремния, на которую осаждают пленку Si_3N_4 стехиометрического состава.

101. Какова конформность пленки SiO_2 , осаждаемой при атмосферном давлении при температуре $\sim 500^\circ\text{C}$ и при использовании в качестве реагентов моносилана с кислородом. Какова причина получения особенного рельефа. Можно ли улучшить конформность повышением температуры в данном процессе.

102. С какой целью используются легированные фосфором пленки SiO_2 .

103. Каков наихудший угол покрытия, на который можно легко осадить металл без утоньшений.

104. Какое стекло имеет значительно более низкую температуру оплавки, чем ФСС при меньшем содержании фосфора в пленке.

105. Какова основная причина появления пылевидных включений в осаждаемую пленку SiO_2 .

Металлизация

106. Какие качественные требования предъявляются к металлизации.

107. Чем достигается хорошая адгезия Al к SiO_2 .

108. Каков механизм образования омического контакта Me – полупроводник.

109. При каких условиях проходит процесс термического испарения Al, каковы требования к длине свободного пробега атомов в реакторе напыления.

110. Какие существуют виды напыления.

111. Каковы недостатки метода напыления с использованием резистивного нагрева.

112. Каковы недостатки метода напыления с использованием электронно-лучевого испарения.

113. Каковы достоинства метода магнетронного распыления.

114. С какой целью проводят операцию «вжигание алюминия».

115. Каков механизм «прокола» p-n перехода при мелких его глубинах.

116. Какими способами можно предотвратить прокол p-n перехода.

117. Что представляет собой электромиграция, к какому виду дефекта она приводит.

- 118. Для чего необходима планаризация поверхности при формировании металлической разводки.
- 119. Какие разработаны способы планаризации поверхности.
- 120. Одинакова ли толщина межуровневой изоляции между узкими и широкими шинами первого уровня металла в методе планаризации жидким стеклом.
- 121. Какой метод планаризации используется при изготовлении микропроцессора «Pentium».

Эпитаксия

- 122. Что означает термин «эпитаксия»..
- 123. С какой целью делают эпитаксию.
- 124. Какие материалы используют для эпитаксии.
- 125. Как зависит скорость роста эпитаксиальной пленки от температуры процесса.
- 126. В каком режиме осаждения пленок проводят промышленные процессы и почему.
- 127. Что представляет собой потенциальную яму на поверхности кремния
- 128. Что представляет собой состояние пресыщения .
- 129. Сколько ростовых ступеней необходимо для образования монокристалла на всей поверхности подложки.
- 130. Каким практическим путем добиваются роста монокристалла.
- 131. Какова природа автолегирования.
- 132. Каковы стадии процесса эпитаксии.
- 133. Каковы известные промышленные методы эпитаксии.

Элементарные статистические методы управления качеством.

- 134. С какой целью изолируется от внешней среды производство чипов.
- 135. Какое количество неблагоприятных факторов классифицировано. К какому эффекту приводит их присутствие в технологическом процессе.
- 136. Какого типа факторы влияют на воспроизводимость процесса. Привести примеры.
- 137. Что подразумевается под статистическим управлением качества продукции.
- 138. Какие признаки могут служить мерой качества продукции.
- 139. Какому закону распределения подчиняются количественные и качественные признаки.
- 140. Какие оценки существуют для определения воспроизводимости продукции по количественному и качественному признаку.
- 141. Каковы этапы управления качеством продукции.
- 142. Что представляет собой контрольная карта Шухарта.
- 143. О чем свидетельствует выход точки на контрольной карте за границы регулирования.
- 144. Каким образом из карты типа $\bar{X}/R$ определить СКО генеральной совокупности.
- 145. На какие особенности поведения точек на контрольной карте указывают большую вероятность расстройки процесса.
- 146. Как называются рассчитываемые параметры в относительных единицах, по которым можно судить о состоянии технологического процесса.

147. Что представляет собой техническая политика в области качества, называемая политикой шесть сигма.
148. Как называются и для чего используются семь простых методов управления качеством.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основании трёх документов:

1. Правила проведения аттестации (Постановление №53 от 29.05.2012);
2. Положение о рейтинговой системе БГУ (ред. 2015г.);
3. Критерии оценки студентов (10 баллов).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

[illegible]

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на ____/____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры МК
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

(степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)