

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

М.А. Костина

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания для проведения практических занятий и самостоятельной
работы

Томск
2022

УДК 621.38
ББК 32.85
К72

Рецензент:
Лариошина И. А., доцент каф. управления инновациями ТУСУР,
канд. техн. наук

Костина, Мария Алексеевна

К72 Современные проблемы электроники: метод. указания для проведения практических занятий и самостоятельной работы / М.А.Костина. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 15 с.

Методические указания для проведения практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Современные проблемы электроники» разработаны для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 27.03.05 «Инноватика».

Одобрено на заседании кафедры УИ ФИТ, протокол № 7 от 31.01.2022

УДК 621.38
ББК 32.85

© Костина М.А., 2022
© Томск.гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022

Оглавление

Введение.....	4
1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	4
Задания для практических занятий	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	9
Общие требования.....	9
Виды самостоятельной работы студентов	9
Проработка лекционного материала	9
Содержание разделов и тем лекционного курса	9
Подготовка к практическим занятиям	10
Тестовые вопросы	11
Экзаменационные вопросы	13
Вопросы для самостоятельного изучения.....	14
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	15

Введение

Целью практических занятий и самостоятельной работы студентов в рамках изучения дисциплины «Современные проблемы электроники» является изучение передовых достижений, основных направлений, тенденций, перспектив и проблем развития современной электроники и нанoeлектроники с целью выработки навыков оценки новизны исследований и разработок, освоения новых методологических подходов к решению профессиональных задач в области электроники и нанoeлектроники. Формирование навыков по оформлению результатов исследований в виде статей, докладов, презентаций с использованием средств автоматизации.

Задачи практических занятий и самостоятельной работы являются получение знаний по основным направлениям развития электроники и нанoeлектроники, умений применять данные знания для создания инновационных проектов и программ разработки новых электронных устройств нового поколения, и подготовка презентаций, статей, докладов по этим устройствам.

Этапы выполнения практических занятий, описанные в настоящих методических указаниях, носят концептуальный характер и могут быть изменены преподавателем дисциплины при их размещении в соответствующем электронном курсе дисциплины в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) ТУСУРа (цель практических занятий при этом неизменна).

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задания для практических занятий

Тема занятий 1 – Введение.

Цель занятий: освоить важнейшие этапы и достижения в развитии электроники, дабы опираться на исторический опыт в изучении современных достижений и обеспечить непрерывную связь в развитии электроники от прошлого к будущему. Теоретический материал для этого занятия приведен в лекции Введение и в разделе 1 учебного пособия «Нанoeлектроника» [2] из основной литературы.

Задания для студентов:

Задание 1 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] изучить этапы развития и характеристики основных направлений электроники и вклад отечественных ученых в развитие электроники в 20 веке и – А.Ф.Иоффе, О.В.Лосев, Ю.П.Маслаковец, В.Е.Лашкарев. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 2 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] изучить вклад отечественных ученых в развитие электроники в 20 веке и – Л.С.Стильбанс, Б.И.Болтакс, К.Ф.Шалимова, А.И.Ансельм, В.Л. Бонч-Бруевич и др. по предложению преподавателя. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 3 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] изучить вклад отечественных ученых в развитие электроники в 20 веке и на современном этапе – Ю.К.Пожела, В.В.Владимиров, Ж.И. Алферов, А.К. Гейм, К.С.Новоселов и др. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 4 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] изучить нобелевские лекции Алферова Ж.И., Гейма А.К. и Новоселова К.С. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 5 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] изучить технологические и физические пределы в полупроводниковых приборах. принципиальные качественные изменения, связанные со значительными уменьшениями размеров элементов интегральных схем (ИС). Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 6 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] изучить внедрение в микроэлектронику новых эпитаксиальных и ионно-лучевых (плазменных) технологий. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Тема занятий 2 – Современные проблемы получения и производства материалов полупроводниковой электроники. Технологии получения поликристаллического кремния. Новейшие материалы молибденит и графен.

Цель занятий: Изучить, освоить принципы и особенности различных технологий производства кристаллов полупроводников для промышленной электроники.

Задание 1 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить историю и основы метода Чохральского, 1916 г и метода Бриджмена - Стокбаргера. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 2 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить историю и основы метода Кирополуса и метода направленной кристаллизации. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 3 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» и материалы предыдущих занятий 1 и 2 провести детальный сравнительный анализ методов Чохральского, Бриджмена –Стокбаргера, метода Кирополуса и метода направленной кристаллизации. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 4 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить производство поликристаллического кремния в Российской Федерации и производство поликристаллического кремния по технологии восстановления в плазме СВЧ разряда. Описать и представить полный цикл промышленного производства кремния. 6 Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 5 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить методы очистки кристаллов от примесей, метод зонной плавки, метод Вернейля. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 6 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» провести детальный анализ и сравнение методов очистки полупроводников Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 7 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить методы роста из раствора и метод кристаллизации из газовой фазы. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 8 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» провести детальный анализ и сравнение методов выращивания из раствора и метода кристаллизации из газовой фазы. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Тема занятий 3 – Современные проблемы интегральной микроэлектроники. Проблемы на пути перехода к нанoeлектронике. Электроника наноразмерных структур.

Цель занятий: изучить физические и технологические проблемы дальнейшего уменьшения в область наноразмеров электронных элементов, составляющих интегральные схемы.

Задание 1 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] «Нанoeлектроника» из основной литературы изучить закон Мура, сделать анализ статьи Мура 1965 г.: 19 апреля 1965 г. вышла статья Гордона Мура «Объединение большого количества компонентов в интегральных схемах» (Gordon E. Moore. Cramming more Components onto Integrated Circuits. // Electronics .– 1965 .– Vol. 38.– Num. 8.) Статья Мура легко находится в интернет. Например URL: <https://newsroom.intel.com/wpcontent/uploads/sites/11/2018/05/moores-law-electronics.pdf> В дополнение источники: 1) Закон Мура: каким путем пойдет дальнейшее развитие полупроводников: [Электронный ресурс] : URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2009/zakonmura-kakim-putem-poidet-dalneishee-razvitie-poluprovodnikov> ; 2) Выполнение закона Мура на протяжении 50 лет стало сюрпризом для его автора // Наука и техника. Lenta-Ru. 25.03.2015 [Электронный ресурс]. – URL: <http://lenta.ru/news/2015/03/25/50moore/> 3) Прошло 50 лет, а закон Мура продолжает удваивать ставку // Новости высоких технологий. 21.04.2015 [Электронный ресурс]. – URL: <http://hi-news.ru/hardware/proshlo50-let-a-zakon-mura-prodolzhaet-udvaivat-stavku.html> Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 2 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] «Нанoeлектроника» из основной литературы изучить наноразмерные объекты в традиционной полупроводниковой электронике, критерии микро- и нано в электронике. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 3 – используя ресурсы интернет и материалы предыдущих заданий 1 и 2 представить с обоснованием временной прогноз выполнения закона Мура в будущем и какими новыми технологическими средствами и методами эта задача может выполняться. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 4 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] «Нанoeлектроника» из основной литературы изучить внедрение в микроэлектронику новых эпитаксиальных и ионно-лучевых (плазменных) технологий. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 5 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] «Нанoeлектроника» из основной литературы изучить технологические проблемы на пути перехода от микро– к нанoeлектронике. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 6 – используя ресурсы интернет и раздел 1 пособия [2] «Нанoeлектроника» из основной литературы изучить физические проблемы и новые подходы к созданию электроники наноразмерных элементов и наноструктур.

Тема занятий 4 – современные проблемы функциональной электроники. Функциональная электроника – электроника четвертого поколения. Динамические неоднородности и токовые неустойчивости – основа функциональной электроники. Спиральная неустойчивость тока в полупроводниках и приборы на ее основе.

Цель занятий: изучить основные принципы функциональной электроники и ее отличия от интегральной и традиционной дискретной электроники. Выяснить и понять преимущества функциональной электроники, как безсхемной электроники, решающей задачи генерации и усиления электрических сигналов без использования традиционных электронных схем.

Задание 1 – используя ресурсы интернет и раздел 3 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить вопрос: неустойчивости тока в полупроводниках и их применение в полупроводниковых приборах. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 2 – используя ресурсы интернет и раздел 3 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить вопрос: рекомбинационная неустойчивость. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 3 – используя ресурсы интернет и раздел 3 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить вопрос: доменная неустойчивость (диод Ганна), домены сильного электрического поля, зарядовые пакеты, акустические волны и т.п. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 4 – используя ресурсы интернет и раздел 3 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить вопрос: спиральная неустойчивость в германии, кремнии, антимониде индия (осциллистор). Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 5 – используя ресурсы интернет и раздел 3 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить вопрос: динамические неоднородности в магнитоэлектронике. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 6 – используя ресурсы интернет и раздел 3 пособия [3] из основной литературы «Современные проблемы науки и производства в области электронной техники» изучить вопрос: динамические неоднородности оптической природы в оптоэлектронике. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Тема занятий 5 – Приборы современной электроники. Транзисторы для СВЧ. Транзисторы на основе GaN-SiC. Графеновая электроника – электроника будущего. Транзисторы на основе графена.

Цель занятия: изучить новые физические принципы построения современных полупроводниковых приборов, а также приборов электроники на основе графена.

Задание 1 – используя ресурсы интернет и пособия из основной и дополнительной литературы изучите вопросы: физический предел кремниевых микропроцессоров; предел быстродействия на тактовой частоте около 4 ГГц. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 2 – используя ресурсы интернет и пособия из основной и дополнительной литературы изучите вопросы: технологии изготовления графена в лабораторных условиях и в промышленном масштабе. раскройте роль Гейма и Новоселова в практическом использовании графена. Используйте также материалы из Темы 1, Задание 4 – нобелевские лекции Гейма А.К. и Новоселова К.С. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 3 – используя ресурсы интернет и пособия из основной и дополнительной литературы изучите вопросы: графеновые чипы с плотностью более 10 миллиардов полевых транзисторов на квадратный сантиметр, технологии производства; датчики размером несколько нанометров. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 4 – используя ресурсы интернет и пособия из основной и дополнительной литературы изучите вопросы: аккумуляторные батареи сверхбольшой емкости; технологии их производства Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 5 – используя ресурсы интернет и пособия из основной и дополнительной литературы изучите вопросы: создание квантовых компьютеров, систем считывания сигналов на клеточном уровне. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

Задание 6 – используя ресурсы интернет и пособия из основной и дополнительной литературы изучите вопросы: нанороботов для лечения организма, фильтры для воды, задерживающие любые примеси. Форма представления результата: отчет, доклад и презентация.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Общие требования

Самостоятельная работа студентов должна быть обеспечена необходимыми учебными и методическими материалами:

- основной и дополнительной литературой,
- демонстрационными материалами, представленными во время лекционных занятий,
- методическими указаниями по проведению практических работ,
- перечнем вопросов, выносимых на экзамен.

Виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении данной дисциплины предполагает следующие виды работ, их трудоемкость в часах и формы контроля, представленные в Таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование работы	Форма контроля
1.	Проработка лекционного материала	Конспект самоподготовки, опрос, тест
2.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	Опрос на занятиях, выступление (доклад) на занятии, мультимедийная презентация
3.	Подготовка и сдача экзамена	Экзамен
Всего часов самостоятельной работы		72

Проработка лекционного материала

Лекционный материал наряду с рекомендуемой литературой является основой для освоения дисциплины. Составной частью самостоятельной работы по лекционному курсу является непосредственная работа на лекциях – ведение конспектов. Самостоятельная проработка материала прочитанных лекций предполагает изучение конспектов лекций, а также материалов лекций по источникам, приведенным в списке основной и дополнительной учебной литературы.

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них.

Содержание разделов и тем лекционного курса

1. Введение
2. Современные проблемы получения и производства материалов полупроводниковой электроники. Технологии получения поликристаллического кремния. Новейшие материалы молибденит и графен.
3. Современные проблемы интегральной микроэлектроники. Проблемы на пути перехода к нанoeлектронике. Электроника наноразмерных структур.
4. Современные проблемы функциональной электроники. Функциональная электроника – электроника четвертого поколения. Динамические неоднородности и токовые

неустойчивости – основа функциональной электроники. Спиральная неустойчивость тока в полупроводниках и приборы на ее основе.

5. Приборы современной электроники. Транзисторы для СВЧ. Транзисторы на основе GaN-SiC. Графеновая электроника – электроника будущего. Транзисторы на основе графена.

Подготовка к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям необходимо пользоваться методическими указаниями по проведению практических занятий по данной дисциплине.

В ходе подготовки необходимо:

1. Выполнить домашнее задание, полученное на предыдущем занятии. Если предыдущее занятие было пропущено, выяснить домашнее задание у старосты группы.
2. Познакомиться с темой следующего практического занятия.
3. Прочитать рекомендованные разделы учебного пособия или повторить материалы соответствующей лекции.

Темы практических занятий соответствующие разделам курса из рабочей программы:

к разделу 1. Этапы развития электроники. Характеристика основных направлений электроники. Вклад российских ученых в развитие электроники в 20 веке и (А.Ф.Иоффе, О.В.Лосев, Ю.П.Маслаковец, В.Е.Лашкарев, Л.С.Стильбанс, Б.И.Болтакс, К.Ф.Шалимова, А.И.Ансельм, В.Л. Бонч-Бруевич и др.) и на современном этапе (Ю.К.Пожела, В.В.Владимиров, Ж.И. Алферов, А.К. Гейм, К.С.Новоселов и др.). Технологические и физические пределы в полупроводниковых приборах.

к разделу 2. История метода Чохральского, 1916 г. Метод Бриджмена - Стокбаргера. Метод Кирополуса. Метод направленной кристаллизации. Очистка кристаллов от примесей, зонная плавка. Метод Вернейля. Рост из раствора. Кристаллизация из газовой фазы.

к разделу 3. Анализ статьи Мура (Moore E. Cramming More Components onto Integrated Circuits // Electronics.–1965.– р. 114–117.) и полученной в ней закономерности, названной позже "закон Мура". Наноразмерные объекты в традиционной полупроводниковой электронике, критерии микро- и нано в электронике. Внедрение в микроэлектронику новых эпитаксиальных и ионно-лучевых (плазменных) технологий. Технологические проблемы на пути перехода от микро– к наноэлектронике. Физические проблемы и новые подходы к созданию электроники наноразмерных элементов и наноструктур.

к разделу 4. Неустойчивости тока в полупроводниках и их применение в полупроводниковых приборах. Рекомбинационная неустойчивость. Доменная неустойчивость (диод Ганна). Домены сильного электрического поля, зарядовые пакеты, акустические волны и т.п. Спиральная неустойчивость в германии, кремнии, антимониде индия (осциллятор). Динамические неоднородности в магнитоэлектронике. Динамические неоднородности оптической природы в оптоэлектронике.

к разделу 5. Физический предел кремниевых микропроцессоров. Предел быстродействия на тактовой частоте около 4 ГГц. Технологии изготовления графена в лабораторных условиях и в промышленном масштабе. Графеновые чипы с плотностью более 10 миллиардов полевых транзисторов на квадратный сантиметр, датчики размером

несколько нанометров. Аккумуляторные батареи сверхбольшой емкости. Создание квантовых компьютеров, систем считывания сигналов на клеточном уровне, нанороботов для лечения организма, фильтры для воды, задерживающие любые примеси.

Тестовые вопросы

1. Двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом

- 1) германий;
- 2) Молибденит;
- 3) Кремний;
- 4) Графен.

2. Метод выращивания монокристалла путём вытягивания его вверх от свободной поверхности большого объёма расплава, приводя затравочный кристалл в контакт со свободной поверхностью расплава.

- 1) Метод зонной плавки; 2
-) Метод Вернейля;
- 3) Метод направленной кристаллизации;
- 4) Метод Чохральского.

3. Способ выращивания монокристаллов с температурой плавления в пределах 1173-2773 К, использующийся для создания искусственных драгоценных камней, преимущественно синтетических рубинов и сапфиров

- 1) Метод Бриджмена-Стокбаргера;
- 2) Метод Вернейля;
- 3) Метод Киропулоса;
- 4) Метод зонной плавки.

4. Эмпирическое наблюдение, согласно которому количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца

- 1) Уравнение Шредингера;
- 2) Модель Кронига – Пенни;
- 3) Закон Мура;
- 4) Эффект Холла.

5. Основные устройства физической диэлектрической электроники

- 1) Запоминающие устройства;
- 2) Устройства сверки;
- 3) Фурье-процессоры и усилители;
- 4) Генераторы.

6. Какое направление не относится к функциональной электронике.

- 1) Функциональная акустоэлектроника;
- 2) Функциональная интегральная электроника;
- 3) Функциональная магнитоэлектроника;
- 4) Функциональная криоэлектроника.

7. За что получили Нобелевскую премию Андрей Гейм и Константин Новосёлов

- 1) За изобретение эффективных синих светодиодов, приведших к появлению ярких и энергосберегающих источников белого света;
- 2) За создание уникального углеродного материала — графена;

- 3) За изобретение полупроводниковой схемы для регистрации изображений — ПЗС-сенсора;
- 4) За открытие сверхпроводимости.

8. high-k технология - технология производства МОП полупроводниковых приборов с подзатворным диэлектриком, выполненным из материала с диэлектрической проницаемостью большей, чем у....

- 1) Диоксида титана;
- 2) Диоксида кремния;
- 3) Оксида германия;
- 4) Оксида олова.

9. Какое устройство не относится к функциональной электронике?

- 1) Устройства на основе прибора с зарядовой связью;
- 2) Устройства на основе поверхностных ядерных волн;
- 3) Устройства на основе цилиндрического магнитного эффекта;
- 4) Устройства на основе эффекта Ганна.

10. На сколько процентов увеличивает свой объем кремний при переходе из расплавленного состояния в кристаллическое

- 1) 5 %;
- 2) 10 %;
- 3) 20 %;
- 4) 50%.

11. Какой кремний состоит из большого количества зерен, расположенных хаотически относительно друг друга

- 1) Поликристаллический;
- 2) Монокристаллический;
- 3) Мультикристаллический;
- 4) Гиперкристаллический.

12. Что не имеет внутри себя динамическая неоднородность

- 1) элементов домена;
- 2) заряженных частиц;
- 3) волн зарядовой плотности;
- 4) Статических неоднородностей.

13. При какой тактовой частоте в пьезокерамических матрицах считывание информации происходит без её разрушения

- 1) 1,5 МГц;
- 2) 1 МГц;
- 3) 2 МГц;
- 4) 2.5 МГц.

14. Какие нагрузки могут выдержать пьезокерамические матрицы

- 1) 10 g;
- 2) 20 g;
- 3) 15 g;
- 4) 5g.

15. Положительные свойства графена и его применение основаны на отсутствие у него

- 1) Запрещенной зоны;

- 2) Валентной зоны;
- 3) Зоны проводимости;
- 4) Зоны светимости.

16. Кто получил Нобелевскую премию по физике за изобретение транзистора

- 1) Гордон Мур;
- 2) Роберт Нойс;
- 3) Уильям Шокли;
- 4) Александр Белл.

17. Рост плотности компонентов на одном кристалле определяют по всемирно известному закону

- 1) Мура;
- 2) Нойса;
- 3) Шокли;
- 4) Саа.

18. Современная технология изготовления кристаллов интегральных схем остановилась на размере

- 1) 10 нм;
- 2) 14 нм;
- 3) 32 нм;
- 4) 5 нм.

19. Благодаря чему рабочая температура кремниевых диодов выше, чем у германиевых

- 1) Отсутствие ковалентных полярных связей;
- 2) Отсутствием запрещенной зоны;
- 3) Более широкой запрещенной зоне;
- 4) Непрямозонным переходам.

20. Какой материал может прийти на смену кремнию в микро и наноэлектронике

- 1) Цинкит;
- 2) Молибденит;
- 3) Галенит;
- 4) Вюрцит.

Экзаменационные вопросы

1. Почему кремний стал основным материалом современной микроэлектроники.
2. Опишите технологию получения монокристаллического кремния.
3. Опишите состояние и перспективы развития производства поликристаллического кремния в Российской Федерации.
4. Опишите производство поликристаллического кремния по технологии восстановления в плазме СВЧ разряда.
5. Опишите метод выращивания монокристаллов кремния методом Чохральского.
6. Опишите метод очистки монокристаллов кремния методом бестигельной зонной плавки.
7. Расскажите о состоянии и перспективах производства кремния в России.
8. Расскажите о молибдените, его свойствах и перспективных полупроводниковых приборах на его основе
9. Что такое графен, опишите структуру материала и его уникальные свойства.
10. Опишите известные Вам способы получения графена.

11. За что получили Нобелевскую премию Андрей Гейм и Константин Новосёлов.
12. Опишите свойства монослойного и двухслойного графена.
13. Опишите методы получения пластин графена больших размеров, пригодных для массового производства графеновых интегральных схем.
14. Кто такой Гордон Мур и какой закон носит его имя и о чем говорит этот закон? Каким способом был получен закон Мура ?
15. Что такое БИС и СБИС, технологические основания их появления ?
16. Каковы принципиальные качественные изменения, связанные со значительными уменьшениями размеров элементов ИС, нанотехнологии.
17. Назовите и опишите основные проблемы перехода от микро - к нанoeлектронике.
18. Способы преодоления проблемы нано–№1.
19. Способы преодоления проблемы нано–№2.
20. Способы преодоления проблемы нано–№3.
21. Каковы минимально возможные размеры диодов и транзисторов?
22. Что такое high-k технология и для чего она нужна.
23. Назовите новые подходы к созданию электроники наноразмерных элементов и наноструктур.
24. Расскажите об организации передачи сигнала с использованием спиновых волн.
25. Что такое многократное использование электронов в наноструктурах.
26. Что такое углеродные нанотрубки и кремниевые нанопровода.
27. Трехмерная технология производства микросхем.
28. Причины актуальности функциональной электроники.
29. Что лежит в основе функциональной электроники.
30. Единая модель прибора функциональной электроники.
31. Винтовая неустойчивость тока в полупроводниках: история открытия, механизм, свойства.
32. Основные причины интереса к винтовой неустойчивости, какие новые приборы создаются на её основе.
33. Опишите устройство и основные характеристики осцилляторного сенсора магнитной индукции.
34. Опишите устройство и основные характеристики осцилляторного сенсора температуры
35. Опишите устройство и основные характеристики осцилляторного порогового сенсора температуры
36. Опишите устройство и основные характеристики осцилляторного генератора.
37. Опишите первые транзисторы на графене.
38. Опишите графеновую транзисторную технологию GNR-FET
39. Опишите устройство полевого графенового транзистора
40. Расскажите о высокоскоростных графеновых транзисторах, их устройстве и конструкции.
41. Расскажите о высокоскоростных графеновых транзисторах и их технических характеристиках.
42. Расскажите о перспективах развития нанoeлектроники в России.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Кремний «солнечного качества»: производство в России. Фотоэлектрических преобразователи.
2. Органическая электроника - современные тенденции и перспективы.
3. Энергонезависимая резистивная память (Resistive RAM, RRAM)- терабайты объема и высокое быстродействие.

4. Новая технология микроскопии для контроля производства трехмерных полупроводниковых чипов TSOM (Through-Focus Scanning Optical Microscopy).
5. Приборы на эффекте Ганна. Диэлектрическая электроника. Хемотроника. Молекулярная электроника и биоэлектроника.
6. Трехмерная графеновая электроника.
7. Германан - новый материал полупроводниковой электроники: получение и перспективные приборы.
8. Современные технологические материалы для сборки и герметизации интегральных микросхем, светодиодов, силовых полупроводниковых приборов и модулей.
9. Новое поколение широкозонных полупроводниковых материалов (нитрид галлия, GaN) и приборов (гетероэпитаксиальные структуры (ГЭС) типа AlGaN/GaN).
10. Современные электроизоляционные компаунды.
11. Обратный инжиниринг микросхем и изделий электроники и коммерческая тайна.
12. Снижение потребляемой мощности интегральных микросхем при сохранении высокого быстродействия - одна из важнейших проблем микроэлектроники.
13. Тенденции развития, новые направления и прогноз развития микроэлектроники.
14. Электронная стратегия России.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дробот, П. Н. Промышленные технологии и инновации: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Дробот П. Н. — Томск: ТУСУР, 2015. — 146 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5485> (дата обращения: 20.01.2022).
2. Нанoeлектроника: Учебное пособие / Дробот П. Н. - 2016. 286 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6436>.
3. Современные проблемы науки и производства в области электронной техники: Учебное пособие / Дробот П. Н. - 2011. 70 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/708> (дата обращения: 20.01.2022).
4. Иванов, А. А. Физико-химические основы технологии электронных средств: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Иванов А. А., Ряполова Ю. В., Солдаткин В. С. — Томск: ТУСУР, 2017. — 307 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6922> (дата обращения: 20.01.2022).
5. Анищенко, Е. В. Технология кремниевой нанoeлектроники: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Анищенко Е. В., Данилина Т. И., Кагадей В. А. — Томск: ТУСУР, 2011. — 263 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/552> (дата обращения: 20.01.2022).