

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Факультет Инновационных технологий
Кафедра управления инновациями

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

по дисциплине «Современные проблемы электроники»

Составлены кафедрой управления инновациями для студентов, обучающихся
по направлению подготовки «Инноватика»

Форма обучения очная

Составитель
доцент кафедры управления инновациями

П.Н. Дробот
«16» октября 2018 г.

Томск 2018

Оглавление

Введение	3
Материально-техническое обеспечение практических занятий	3
Прием результатов выполнения практических заданий	4
Задания для практических занятий	4
Вопросы для самоконтроля	9
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	10
1. Основная литература	10
2. Дополнительная литература	10

Введение

Дисциплина «Современные проблемы электроники» играет важную роль в формировании профессиональных знаний в области Инноватики. Изучение дисциплины имеет целью 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, а также формирование умений и навыков в виде способности использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования. Полученные знания и навыки могут быть использованы в управлении инновациями в электронной технике.

Практические задания, предусмотренные настоящими указаниями, выполняются студентами во время аудиторных занятий индивидуально под контролем со стороны преподавателя. Все консультации осуществляются преподавателем.

Перед началом занятий студенты должны изучить инструкцию по охране труда. Преподаватель должен убедиться в знании инструкции, задавая студенту вопросы по ее содержанию, после чего сделать соответствующую запись в журнале охраны труда.

Во время проведения практических занятий в аудитории студентам запрещается передавать друг другу файлы и другие материалы, являющиеся результатом выполнения заданий.

Студент имеет право просить консультации у преподавателя, если он в текущий момент не распределяет задания, не принимает выполненные работы и не консультирует другого студента.

Преподаватель, давая консультацию студенту, указывает раздел технической документации или методической литературы, в которой имеется ответ на вопрос студента. Если необходимые сведения в документации и литературе отсутствуют, то преподаватель должен дать устные пояснения или продемонстрировать практические действия, приводящие к требуемому результату, с последующим повторением студентом.

Консультации, выдача практических заданий и прием результатов выполнения осуществляется только во время аудиторных занятий. Задания выполняются последовательно. Правильное выполнение некоторых заданий возможно только, если студент корректно выполнил предыдущие задания. Поэтому приступать к следующему заданию студент может, только сдав преподавателю результат выполнения предыдущего.

Материально-техническое обеспечение практических занятий

Лаборатория управления проектами

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 414 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер WS2 (6 шт.);
- Компьютер WS3 (2 шт.);
- Компьютер Celeron (3 шт.);
- Компьютер Intel Core 2 DUO;
- Проектор Nec;
- Экран проекторный Projecta;
- Стенд передвижной с доской магнитной;
- Акустическая система + (2колонки) KEF-Q35;

- Кондиционер настенного типа Panasonic CS/CU-A12C;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

Microsoft Windows 7 Pro

OpenOffice

Размещение и освещенность рабочих мест в учебной аудитории (лаборатории) должно удовлетворять действующим требованиям санитарных правил и норм (СанПиН).

Прием результатов выполнения практических заданий

Результаты выполнения практических заданий демонстрируются преподавателю. Во время приема выполненной работы преподаватель вправе:

- Требовать у студента демонстрации выполненного задания в виде файлов, таблиц, мнемосхем, рисунков, графиков или диаграмм, в том числе, по возможности и необходимости, в бумажном письменном или распечатанном виде.
- Самостоятельно производить манипуляции с программным обеспечением, не изменяя его конфигурацию.
- Требовать у студента пояснений, относящихся к способам реализации задания.

Задание считается выполненным и принимается преподавателем только в том случае, если получены все результаты, предусмотренные заданием. Если какие то результаты, предусмотренные заданием, не получены или неверны, то задание подлежит доработке.

Студент должен работать внимательно и аккуратно. Подлежат обязательному исправлению замеченные преподавателем недочеты:

- грамматические ошибки;
- небрежное оформление рисунков, графиков, структур, схем;
- неточности в описаниях, структурах, схемах.

Результаты выполнения заданий сохраняются студентом в электронном виде (файлы), а также, если возможно и удобно, в бумажном формате, до получения зачета/экзамена по данной дисциплине.

До начала экзаменационной сессии студент должен сдать результаты выполнения всех практических заданий, предусмотренным настоящими указаниями. В противном случае студенты к сдаче экзамена (зачета) не допускаются.

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 «Наноэлектроника» [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.

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 и з 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/wp-content/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/zakon-](http://www.nanonewsnet.ru/articles/2009/zakon-mura-kakim-putem-poidet-dalneishee-razvitie-poluprovodnikov)

[mura-kakim-putem-poidet-dalneishee-razvitie-poluprovodnikov](http://www.nanonewsnet.ru/articles/2009/zakon-mura-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/proshlo-50-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 (осциллятор).

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 занятий: 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.

Вопросы для самоконтроля

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 наноэлектронике.
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. Трёхмерная 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

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Основная литература

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: 16.04.2018
2. Нанoeлектроника: Учебное пособие / Дробот П. Н. - 2016. 286 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6436>, дата обращения: 16.04.2018.
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: 16.04.2018.

2. Дополнительная литература

1. 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: 16.04.2018.
2. 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: 16.04.2018.