

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
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СТУДЕНТАМИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

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.

Оглавление

Введение	3
Общие требования	3
Виды самостоятельной работы студентов	4
Проработка лекционного материала.....	4
Подготовка к практическим занятиям.....	4
Тестовые вопросы.....	5
Экзаменационные вопросы	7
Вопросы для самостоятельного изучения.....	8
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	8
1. Основная литература.....	8
2. Дополнительная литература	8

Введение

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемым элементом изучения дисциплины «Современные проблемы электроники».

Самостоятельная работа студентов предполагает изучение теоретического материала по актуальным вопросам дисциплины. Рекомендуется самостоятельное изучение доступной учебной и научной литературы, нормативно-технических документов, законодательства РФ.

Самостоятельно изученные теоретические материалы обсуждаются на практических занятиях и входят в экзаменационные/контрольные вопросы.

В процессе самостоятельной работы студенты:

- осваивают материал, предложенный им на лекциях с привлечением указанной преподавателем литературы,
- готовятся к лабораторным работам в соответствии с описанием лабораторных работ и методическими указаниями к лабораторным работам,
- готовятся к практическим занятиям в соответствии с индивидуальными и/или групповыми заданиями,
- выполняют курсовое проектирование с использованием соответствующих методических указаний,
- ведут подготовку к промежуточной аттестации и экзамену по данному курсу.

Целями самостоятельной работы студентов являются:

- формирование навыков самостоятельной образовательной деятельности;
- выявления и устранения студентами пробелов в знаниях, необходимых для изучения данного курса;
- осознания роли и места изучаемой дисциплины в образовательной программе, по которой обучаются студенты.

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 лабораторных работ,
- методическими указаниями по курсовому проектированию,
- методическими указаниями по проведению практических работ,
- перечнем вопросов, выносимых на экзамен.

Виды самостоятельной работы студентов

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

Таблица 1

Виды самостоятельной работы	Формы контроля
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	Опрос на занятиях
Проработка лекционного материала	Конспект самоподготовки
Подготовка и сдача экзамена	Экзамен

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 Киропулуса. 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 нанoeлектронике. 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 Киропулуса; 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) 64 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 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

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 AlGaIn/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.

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.