

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра электронных систем

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 11.03.04

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

УДК 621.38 (073)

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *О.В. Денисова, А.А. Белицкий*. СПб, 2019. 18 с.

Методические указания предназначены для студентов бакалавриата направления 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленность программы «Промышленная электроника».

Научный редактор проф. *Г.И. Худяков*

Рецензент доц. *С.Д. Дубровенский* (Санкт-Петербургский государственный технологический институт)

Введение

В соответствии с учебным планом практические занятия по дисциплине «Основы технологии электронной компонентной базы» относятся к базовой части Блока 1 «Дисциплины и модули» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «11.03.04 Электроника и микроэлектроника (уровень бакалавриата)» и проводится в 7 семестре.

Цели практических занятий:

- помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить студентов приемам решения практических задач, способствовать овладению навыками и умениями выполнения расчетов, графических и других видов заданий;
- научить их работать с книгой, служебной документацией и схемами, пользоваться справочной и научной литературой;
- упрочить образовавшиеся на лекции связи и ассоциации путем повторяющегося выполнения действий, характерных для изучения дисциплины (однообразные стереотипные повторения не приводят к осмыслению знаний);
- формировать умение учиться самостоятельно, то есть овладеть методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля;
- обеспечивать развитие творческой активности личности студента, его научного мышления и речи; способствовать росту обучающихся как творческих работников;
- проверить знания студентов – средство достаточно оперативной обратной связи.

Требования к практическому занятию:

1. Научности, доступности, единства формы и содержания, органической связи с другими видами учебных занятий и практикой.
2. Обеспечение методической связи между вопросами, рассмотренными на лекции и тематикой практических занятий.
3. Формирование основы для очередной лекции.

4. Не ограничиваться выработкой только практических навыков и умений решения задач: обучающиеся всегда должны видеть связь курса с практикой.
5. Больше показывать обучающимся практическую значимость ведущих научных идей и принципиальных научных концепций и положений, что можно осуществлять путем демонстрации презентаций и видеоматериалов.
6. Стимулировать творческий подход и творческий поиск: чем ближе лекционные сведения к материалу, рассматриваемому на практическом занятии, тем легче преподавателю вовлечь студентов в творческий поиск.
7. Четкая согласованность подачи материала на лекции и на практическом занятии как в определении понятий, так и в изложении последовательности отдельных фактов, сокращений, обозначений.
8. научить студентов коллективной работе, формировать групповое мышление.
9. Занятие должно проходить в атмосфере доброжелательности и доверия, чтобы студенты могли спросить обо всём, что им неясно, и поделиться своими соображениями.

Подготовка преподавателя к проведению практического занятия начинается с изучения исходной документации (учебной программы, тематического плана и т. д.) и заканчивается оформлением плана проведения занятия. У преподавателя должно сложиться представление о целях и задачах практического занятия и о том объеме работ, который должен выполнить каждый обучающийся.

Основным методическим документом преподавателя при подготовке и проведении практического занятия являются методические указания.

Данная деятельность предполагает следующие этапы работ:

- выделение понятий, положений, закономерностей, которые необходимо проиллюстрировать на конкретных задачах и упражнениях;
- выбор вопросов, контролирующих знания на понимание обучающимися теоретического материала;
- выбор материала для примеров и упражнений;
- выбор задач и логических заданий;

- планирование времени как для решения простейших, распространённых примеров, так и для более сложных, заслуживающих дальнейшей проработки;
- поддержание ощущения увеличения сложности выполняемых заданий, что ведёт к осознанию собственного успеха в учении и положительно мотивирует познавательную деятельность;
- учет уровня подготовки каждого студента, чтобы студенты были заняты напряжённой творческой работой, и каждый получил возможность проявить свои способности.

План проведения практического занятия разрабатывается преподавателем для каждой группы с учётом её подготовленности. При этом преподаватель определяет в какой форме проводить и сколько времени необходимо затратить на проверку домашних заданий, сколько времени затратить на опрос обучающихся по теме занятия, какие примеры и задачи будут решаться у доски и в какой последовательности, на что обратить внимание в той или иной задаче, какие задачи задать для самостоятельного решения дома.

Выполнение заданий практических занятий должно способствовать формированию компетенций по изучаемой дисциплине, особенно при формировании профессиональных компетенций. Наиболее значимой среди них является компетенция ПК-8 «Способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники». Основными показателями освоения данной компетенции являются умения:

- производить расшифровку маркировки интегральных микросхем (ИМС), выбор элементной базы при разработке устройств микроэлектроники;
- осуществлять разработку технических требований для изготовления аппаратуры; осуществлять измерение параметров ИМС и производить расчеты их элементов;
- осуществлять работы по внедрению новых ресурсосберегающих технологий и экологически чистых материалов в производство;
- оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой технологии; проводить контроль соблюдения требований экологической безопасности и гигиены производства;

- осуществлять работы по внедрению новых ресурсосберегающих технологий и экологически чистых материалов в производство;
- осуществлять выбор технологии изготовления элементов интегральных схем; составлять эскизы топологии элементов и ИМС.

1. Структура и содержание практических занятий

Таблица 1

Раздел	Тематика практических занятий	Трудо-емкость в ак. часах
Введение	Введение в дисциплину. Цели и задачи изучения дисциплины и проведения практических занятий	2
Раздел 1	Законы термодинамики. Первое начало термодинамики. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа. Второе начало термодинамики. Расчет абсолютной энтропии.	6
Раздел 2	Термодинамика поверхностных реакций. Поверхностная энергия Гиббса.	6
Раздел 4	Осаждение слоев SiO ₂ с использованием вакуумных методов и газотранспортных реакций. Диффузия как метод направленного введения примесей в полупроводник. Термодинамический и кинетический подход к диффузионным процессам. Законы диффузии. Коэффициент диффузии и его температурная зависимость. Диффузия примесей в монокристаллических полупроводниках. Диффузионный метод получения кремниевых приборных структур на основе p-n переходов. Ионная имплантация. Эпитаксиальные методы получения тонких пленок.	18
Раздел 5	Физические основы функционального контроля элементов электронной компонентной базы.	2
Итого:		34

2. Методические указания к практическим занятиям

Практическое занятие № 1. Введение в дисциплину

Студенты знакомятся с целями и задачами изучения дисциплины и содержанием практических занятий. Преподаватель поясняет в какой форме будут проводиться практические занятия и какие требования, предъявляются к студентами.

Целью большинства практических занятий является приобретение студентами навыков выполнения расчетов, лежащих в основе технологических процессов производства электронных средств: термодинамических и кинетических параметров химических реакций, а также распределения примесей в результате диффузионного и ионного легирования (прямая и обратная задачи).

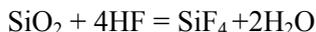
Преподаватель акцентирует внимание обучающихся на:

- прикладном характере дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы» – это дисциплина технологического цикла;
- роли Российских ученых в разработке технологических основ производства электронной компонентной базы.

Практическое занятие № 2. Расчет теплового эффекта химических реакций

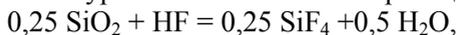
Задание: рассчитать тепловой эффект химической реакции.

В качестве примера рассмотрим реакцию травления оксида кремния раствором на основе плавиковой кислоты при температуре $T = 298 \text{ K}$.



Предложенная для расчета реакция входит в состав технологического процесса производства полупроводниковых интегральных схем на основе кремния. Термодинамический расчет этой реакции является важной частью работы технолога при разработке технологического процесса производства.

Согласно закону Гесса, тепловой эффект химической реакции, протекающей при постоянных давлении и температуре (изобарно-изотермический процесс), может быть рассчитан, исходя из стандартных значений энтальпии ΔH для продуктов реакции и исходных реагентов. Такой расчет принято проводить на 1 моль исходного реагента, имеющего наибольший стехиометрический коэффициент. В нашем случае это – плавиковая кислота HF. Поэтому используемое для расчета уравнение химической реакции принимает вид



тогда $\Delta H_p = (0,25\Delta H_{\text{SiF}_4} + 0,5\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}) - (0,25\Delta H_{\text{SiO}_2} + \Delta H_{\text{HF}})$.

Справочные данные, необходимые для выполнения расчета, приведены в табл.2. При выполнении расчетов для других химических реакций (по указанию преподавателя) необходимо представить исходные данные для расчета в таблице по форме табл.2, необходимые значения изменения термодинамических функций берутся из справочника термодинамических величин.

Таблица 2

Вещество	ΔH , кДж/моль	S , Дж/(моль · К)
SiO ₂	-860	43
HF	-268	173
SiF ₄	-1548	282
H ₂ O	-241	189

Подставляя численные значения, получим

$$\Delta H_p = (0,25 \cdot (-1548) + 0,5 \cdot (-241)) - (0,25 \cdot (-860) + (-268)) = -24,5 \text{ кДж/моль}.$$

В результате выполнения расчета делаем следующий вывод: полученное изменение энтальпии реакции – отрицательная величина, что свидетельствует о том, что реакция идет с выделением тепла, то есть является экзотермической реакцией.

По указанию преподавателя студентам выдаются задания для выполнения расчетов и для других химических реакций, являющихся основой технологических процессов производства электронной компонентной базы.

Практическое занятие № 3

Определение возможности протекания прямой реакции при заданной температуре

Задание: используя исходные данные, приведенные в практическом занятии № 2, определить возможность протекания химической реакции при заданной температуре T .

Чтобы оценить вероятность протекания данной химической реакции при температуре T , необходимо рассчитать изменение изобарно-изотермического потенциала Гиббса

$$\Delta G_p = \Delta H_p - T\Delta S_p,$$

где T – температура (в нашем случае $T = 293$ К);

ΔS_p – изменение энтропии в результате данной реакции.

Пользуясь данными табл.2, определим изменение энтропии реакции ΔS_p .

$$\Delta S_p = (0,25 \cdot 282 + 0,5 \cdot 189) - (0,25 \cdot 43 + 173) = -18,75 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

$$\text{Тогда } \Delta G_p = -24,5 - 293 \cdot (-18,75 \cdot 10^{-3}) = -30 \text{ кДж}/\text{моль}.$$

Полученное значение $\Delta G_p < 0$ свидетельствует о возможности протекания данной реакции при комнатной температуре.

Варианты индивидуальных заданий в зависимости от шифра студента представлены в табл.3, необходимые для расчета значения термодинамических функций представлены в табл.4.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	Технологический процесс	Химическая реакция	Температура T , К
1 и 6	Получение пленок нитрида кремния	$3SiH_4 + 4NH_3 = Si_3N_4 + 10H_2$	1173
2 и 7	Окисление кремния	$Si + O_2 = SiO_2$	298
3 и 8	Восстановительная плавка сырья при получении кремния	$SiO_2 + 2C = Si + 2CO$	1973
4 и 9	Хлоридная эпитаксия кремния	$SiCl_4 + 2H_2 = Si + 4HCl$	1473
5 и 0	Гидридная эпитаксия кремния	$SiH_4 = Si + 2H_2$	1323

Таблица 4

Вещество	ΔH , кДж/моль	S , Дж/(моль · К)
CO	-110	197
HCl	-92	186
HF	-268	173
H_2O	-241	189
NH^3	-46	192
$SiCl_4$	-671	240
SiF_4	-1548	282
SiH_4	-1231	204
Si_3N_4	-700	101
SiO_2	-860	43
C	0	6
H_2	0	130
O_2	0	205
Si	0	18

После выполнения расчетов преподаватель обсуждает со студентами полученные результаты и помогает сформулировать выводы.

Практическое занятие № 4

Подготовка докладов и презентаций

Задание: ознакомление с основными требованиями при разработке презентаций и выступлении с докладами.

Часть практических занятий по дисциплине проводятся в форме студенческих докладов.

Студенческий доклад – это первый опыт публичного выступления, к которому необходимо тщательно готовиться.

Основные требования при подготовке устного доклада:

Доклад или сообщение содержат краткое изложение основных научных положений автора, их практическое значение, выводы и предложения. Время доклада 20...25 мин, аргументация должна быть краткой и четкой. Необходимо выделять основную идею доклада, не нужно детализировать отдельные его положения.

Не рекомендуется доклад (сообщение) читать перед аудиторией, текст доклада используют лишь для справок, чтения цитат.

Эмоциональность, убежденность докладчика, его умение полемизировать обеспечивает контакт с аудиторией, внимание слушателей.

Главным в научном докладе является содержание и научная аргументация.

Выразительность и доходчивость речи при изложении доклада в большей мере зависит от темпа, громкости и интонации. Спокойная, неторопливая манера изложения всегда импонирует слушателям. Докладчику необходимо следить за правильностью литературного произношения, употреблять слова в соответствии с их смыслом.

Только в процессе подготовки и оформления доклада Вы настоящему начинаете понимать постановку задачи, состояние проблемы, научное и практическое значение полученных Вами результатов. Текст доклада в принципе есть не что иное, как проект научной статьи.

Постановка проблемы (задачи) и ее актуальность (научное и практическое значение) должны прозвучать во вводной части доклада, быть четкими и ясными.

Доклад составляется по плану:

- современное состояние проблемы (в той части, которая касается Вашей конкретной темы) и место Вашей конкретной темы в общей проблеме;

- цель работы и задачи, которые надо решить для достижения поставленной цели;

- исходные материалы, привлеченные для выполнения работы (экспериментальные установки, лабораторные установки, программно-алгоритмическое обеспечение, технические средства);

- методики исследований, использованные в работе (известные ранее, усовершенствованные автором или оригинальные);

- полученные результаты и их анализ;

- заключение и выводы.

Во второй части практического занятия преподаватель, используя мультимедийный проектор, демонстрирует примеры выполнения презентаций к докладам, акцентируя внимание на наиболее распространенных ошибках в оформлении.

Практическое занятие № 5

Применение законов термодинамики при проектировании технологических процессов производства электронной компонентной базы

Задание: доклад студента на тему «Применение второго начала термодинамики при технологических расчетах. Анализ результатов расчета энтропии химической реакции на примере процесса окисления кремния».

Подготовка к докладу должна начинаться с обзора литературных источников, причем рекомендуем эту работу проводить следующим образом:

1. изучить теоретические основы по теме доклада – это работа с учебной литературой (учебниками и учебными пособиями)
2. исследовать современное состояние проблемы (работа с материалами научных журналов, патентами и изобретениями)
3. подготовить презентацию к докладу (демонстрация слайдов)
4. подготовить текст доклада, в соответствии с правилами и требованиями, изложенными ниже.
5. выполнить поиск видеоматериалов (видеофрагментов, учебных фильмов, презентаций ведущих фирм-производителей и т.д.).

Практическое занятие № 6, № 7

Расчет диффузионных структур

Задание: построить профиль распределения примеси и определить глубину залегания диффузионного $p-n$ -перехода, образованного за счет двухстадийной диффузии.

Выполнение задания рассчитано на 4 ак. часа.

Занятие предусматривает проведение сложных расчетов, а также использование графического метода для определения глубины залегания примеси в $p-n$ -переходе при формировании структуры диода или транзистора, а также профиля распределения примеси по глубине кристалла.

Рассмотрим порядок выполнения данного задания на конкретном примере.

1. В пластину из p -кремния методом двухстадийной диффузии вводится легирующая примесь – фосфор. Исходное содержание примеси в пластине $C_B = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Диффузия примеси в полупроводник проводится в 2 стадии, которые называются загонка примеси и разгонка примеси.

Режим диффузии (температура и длительность проведения каждой стадии) представлен в табл.5.

Таблица 5

Стадии процесса диффузии	Температура T , °C	Длительность, t , мин
Первая стадия (загонка примеси)	1050	10
Вторая стадия (разгонка примеси)	1150	120

2. С помощью табл.6 определить значения коэффициента диффузии (D_1 и D_2) фосфора в кремний при температурах, соответствующих первой и второй стадиям процесса диффузии:

$$\text{для } T_1 = 1050 \text{ °C} \quad D_1 = 2,5 \cdot 10^{-14} \text{ см}^2/\text{с};$$

$$\text{для } T_2 = 1150 \text{ °C} \quad D_2 = 4 \cdot 10^{-13} \text{ см}^2/\text{с}.$$

Таблица 6

Температура T , °C	Коэффициент диффузии D , см ² /с	Предел растворимости примеси (фосфор) в кремнии C_0 , см ⁻³
1050	$2,5 \cdot 10^{-14}$	$1,2 \cdot 10^{21}$
1100	$1,0 \cdot 10^{-13}$	$1,3 \cdot 10^{21}$
1150	$4,0 \cdot 10^{-13}$	$1,3 \cdot 10^{21}$
1200	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$1,25 \cdot 10^{21}$
1250	$4,0 \cdot 10^{-12}$	$1,15 \cdot 10^{21}$

3. Найдем количество примеси N , загоняемое на первой стадии процесса через 1 см^2 поверхности кремниевой пластины:

$$N = 2C_{01} \sqrt{\frac{D_1 t_1}{\pi}} = 2 \cdot 1,2 \cdot 10^{21} \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 60 \cdot 2,5 \cdot 10^{-14}}{3,14}} = 5,2 \cdot 10^{15} \text{ (см}^{-2}\text{)},$$

где C_{01} – предел растворимости рассматриваемой примеси в кремнии при температуре T_1 .

4. Далее необходимо получить аналитическое выражение для распределения примеси по глубине пластины после первой стадии диффузии $C_1(x, t)$, используя известные значения параметров:

$$C_1(x, t) \approx C_{01} \cdot \exp\left[-\left(\frac{x}{2\sqrt{D_1 t_1}} + 0,3\right)^2\right];$$

$$C_1(x, t) = 1,2 \cdot 10^{21} \cdot \exp\left[-\left(\frac{x}{2\sqrt{2,5 \cdot 10^{-14} \cdot 600}} + 0,3\right)^2\right]$$

$$C_1(x, t) = 1,2 \cdot 10^{21} \cdot \exp\left[-\left(\frac{x}{3,87} + 0,3\right)^2\right].$$

5. Получить аналитическое выражение для распределения примеси по глубине пластины после второй стадии диффузии $C_2(x, t)$, используя известные значения параметров:

$$C_2(x, t) = \frac{N}{\sqrt{\pi D_2 t_2}} \exp\left(-\frac{x^2}{4D_2 t_2}\right);$$

$$C_2(x, t) = \frac{5,2 \cdot 10^{15}}{\sqrt{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-13} \cdot 7200}} \exp\left(-\frac{x^2}{4 \cdot 4 \cdot 10^{-13} \cdot 7200}\right);$$

$$C_2(x, t) = 5,5 \cdot 10^{19} \exp\left(-\frac{x^2}{1,15 \cdot 10^{-8}}\right).$$

6. Используя полученные выражения для $C_1(x, t)$ и $C_2(x, t)$, построить кривые, характеризующие распределение примеси по глубине пластины для двух стадий процесса диффузии.

7. Определить глубину залегания x_j полученного p - n перехода по формуле:

$$x_j = 2\sqrt{D_2 t_2} \cdot \sqrt{\ln \frac{C_{02}}{C_B}},$$

где C_{02} – концентрация примеси у поверхности пластины после второй стадии диффузии.

Определить глубину залегания p – n -перехода графическим путем, используя графики зависимостей, полученные при выполнении п. 6.

8. Обсудить полученные результаты с преподавателем. Сформулировать выводы по проделанному расчету.

Практическое занятие № 8

Коллоквиум по темам лекций (по заданию преподавателя).

Теоретический коллоквиум – это форма контроля знаний студентов. Подготовка к коллоквиуму является формой самостоятельной работы студентов. Результат сдачи коллоквиума влияет на текущую аттестацию.

Практические занятия №№ 9-15

Студенческие доклады по темам:

1. Производство монокристаллического кремния. Доклад с презентацией и просмотр видеоматериала.

2. Осаждение слоев SiO_2 с использованием вакуумных методов и газотранспортных реакций. Доклад с презентацией и просмотр видеоматериала.

3. Методы формирования топологии интегральной схемы. Фотолитография Доклад с презентацией и просмотр видеоматериала.

4. Диффузия как метод направленного введения примесей в полупроводник. Доклад с презентацией и просмотр видеоматериала.

5. Диффузионный метод получения кремниевых приборных структур на основе p - n переходов. Доклад с презентацией и просмотр видеоматериала.

6. Вакуумные методы получения тонких пленок. Доклад с презентацией и просмотр видеоматериала.

7. Ионная имплантация. Доклад с презентацией и просмотр видеоматериала.

8. Эпитаксиальные методы получения тонких пленок. Доклад с презентацией и просмотр видеоматериала.

Практическое занятие № 16

Коллоквиум по темам лекций (по указанию преподавателя).

Практическое занятие № 17

Контрольное тестирование.

3. Перечень информационных технологий, используемых при выполнении заданий практических занятий

Информационные технологии при проведении практических занятий применяются на следующих этапах:

- выполнение расчетов, построение графических зависимостей;
- подготовка графического материала, слайдов для презентаций ;
- использование информационно-справочного обеспечения: онлайн-словарей, справочников (Википедия, Грамота.ру и др.);
- использование специализированных справочных систем (справочников, профессиональных сетей и др.);
- работа обучающихся в электронной информационно-образовательной среде Горного университета (ЭИОС).

Подготовка материалов для докладов и презентаций выполняется с использованием Microsoft Office Word, Microsoft PowerPoint, Lab VIUE, Micro-Cap 9, OrCAD, Micro-Cap 10.

Заключение

Практические занятия является важнейшей частью подготовки бакалавров по направлению «11.03.04 Электроника и наноэлектроника», позволяют сформировать требуемый для выпускника уровень компетенций, получить необходимые знания, умения и практические навыки.

Библиографический список Основная литература

1. Материаловедение и технологии электроники: Учебное пособие / В.И. Капустин, А.С. Сигов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 427 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-008966-9, режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=416461>.
2. Сушков, В.П. Конструирование компонентов и элементов микро-и нанoeлектроники. Компьютерное моделирование оптоэлектронных приборов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.П. Сушков, Г.Д. Кузнецов, О.И. Рабинович. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2012. — 128 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47472>.
3. Подвигалкин, В.Я. Толстые плёнки радиоэлектроники. Физико-технические основы, гетероструктурные среды, приложения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Подвигалкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 212 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91290>.

Дополнительная литература

1. Сильвашко, С.А. Программные средства компьютерного моделирования элементов и устройств электроники: учебное пособие / С.А. Сильвашко, С.С. Фролов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники. - Оренбург: ОГУ, 2014. - 170 с. : ил., схем. - Библиогр.: с. 162-163. ; То же [Электронный ресурс].
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270293>.
2. Петров, М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.Н. Петров, Г.В. Гудков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 464 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/661>.

3. Юзова, В. А. Материалы и компоненты электронных средств [Электронный ресурс] : лаб. практикум / В. А. Юзова, О. В. Семенова, П. А. Харлашин. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 140 с. - ISBN 978-5-7638-2496-4. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=442958>.

Ресурсы сети «Интернет»

1. Библиотека ГОСТов www.gostrf.com.
2. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>
3. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России. <http://www.gpntb.ru/>
4. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>
5. БД JSTOR полнотекстовая база англоязычных научных журналов www.jstor.org
6. Научная электронная библиотека www.eLibrary.ru (доступ к полным текстам ряда научных журналов с 2007 по 2009 г.)

Содержание

Введение.....	3
1. Структура и содержание практических занятий.....	6
2. Методические указания к практическим занятиям.....	7
3. Перечень информационных технологий, используемых при выполнении заданий практических занятий.....	16
Заключение.....	16
Библиографический список.....	17

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 11.03.04*

Сост.: *О.В. Денисова, А.А. Белицкий*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
электронных систем

Ответственный за выпуск *О.В. Денисова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 10.06.2019. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,0. Усл.кр.-отт. 1,0. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 40 экз. Заказ 537. С 193.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2