Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физические основы электроники», 3 семестр

1. Методика оценки

Выполнение контрольной работы является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Контрольная работа направлена на закрепление и проверку уровня владения учебным материалом по теоретическим темам и темам практических занятий, а также формирование навыков самостоятельного анализа процессов и явлений. Контрольная работа проводится по теме «Контакт металл–полупроводник».

Номер индивидуального задания определяется по порядковому номеру фамилии студента в списке группы. Изменение варианта задания возможно только по согласованию с преподавателем.

Количество заданий достаточно для обеспечения, каждого обучающегося заданием контрольной работы.

Структура контрольной работы:

1. Титульный лист (см. приложение)
2. Введение (актуальность, цель, задачи).
3. Основная часть (задание контрольной работы).
4. Заключение (выводы и рекомендации).
5. Список литературы и источников.

Во введении формулируются кратко обосновывается актуальность, цель и задачи, дается краткая характеристика степени изученности вопроса.

Основная часть – это ответ на задание контрольной работы. Он должен быть самостоятельным, развернутым и аргументированным. При необходимости основная часть может быть разбита на более мелкие вопросы. Она должна содержать обязательные ссылки на изученную литературу, нормативные акты и интернет-источники, оформленные постранично в соответствии с библиографическими требованиями.

Заключение: изложение общего вывода по изученной проблеме и предлагаемых рекомендаций.

Список литературы оформляется в соответствии с библиографическими требованиями в алфавитном порядке и включает от 3 до 5 источников (книг, статей разных авторов, интернет-источников, документов), которые были изучены при выполнении контрольной работы.

Рекомендуется излагать мысли по существу, кратко и логично.

Требования к оформлению:

Объем контрольной работы до 10 страниц машинописного текста формата А4. Шрифт Times New Roman, 12. Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. Контрольная работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических, синтаксических и стилевых ошибок.

Контрольная работа предоставляется для проверки в электронном виде в срок, установленный преподавателем. При положительном результате оценивания контрольной работы студент её распечатывает, передает на кафедру и защищает до сессии в назначенное преподавателем время. По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

Контрольная работа проводится по теме «Контакт металл–полупроводник» включает 24 варианта заданий. Выполняется письменно.

2. Уровни сформированности компетенций и критерии оценки

Контрольная работа выполнена **на продвинутом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям. Все части контрольной работы согласованы, текст логично выстроен и является авторским. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует об уровне сформированности у студента компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на продвинутом уровне. Оценка составляет *от* 9 *до* 10 *баллов*.

Контрольная работа выполнена **на базовом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям, но работа содержит единичные не принципиальные ошибки, исправленные после замечаний преподавателя. Все части контрольной работы согласованы, текст логично выстроен и является авторским. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует об уровне сформированности у студента компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на базовом уровне. Оценка составляет *от 7 до* 8 *баллов*.

Контрольная работа выполнена **на пороговом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям, но работа содержит ошибки, неоднократно исправляемые после замечаний преподавателя. Части контрольной работы в целом согласованы. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует об уровне сформированности у студента компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на пороговом уровне. Оценка составляет *от* 4 *до* 6 *баллов*.

Контрольная работа считается **не выполненной,** если структура, содержание и оформление работы не соответствует требованиям, работа содержит существенные ошибки, не исправленные после замечаний преподавателя. Части контрольной работы не согласованы. Отсутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа не представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы позволяет сделать вывод о несформированности у студента компетенций и соотнесенных с ними индикаторов. Оценка составляет менее 4 *баллов*.

3. Шкала оценки

Контрольная работа как форма текущего контроля по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем ее заданиям составляет от 4 до 10 баллов включительно.

В общей оценке по дисциплине баллы за выполнение контрольной работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы и таблицей соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS, установленными в НГТУ.

4. Контрольная работа по курсу «Физические основы электроники»

Тема. «Контакт металл – полупроводник (контакт Шоттки)»

Задание

1. Рассчитать (в эВ) и указать на рисунке все энергетические параметры (работу выхода, положение уровня Ферми, потенциальные барьеры, границы зон), расположение подвижных и неподвижных зарядов.
2. Нарисовать зонные диаграммы *E(x)* для металла и полупроводника до их соприкосновения.
3. Нарисовать зонную диаграмму *E(x)* контакта металл- полупроводник в состоянии термодинамического равновесия.
4. Определить тип контакта (выпрямляющий или невыпрямляющий) и объяснить, как образуется контакт.
5. Нарисовать распределение объёмной плотности заряда $\rho_q(x)$ и указать, какие заряды расположены по разные стороны от металлургической границы.

Допущения и рекомендации:

- Температура T=300 K, примеси полностью ионизированы.
- Для определения положения уровня Ферми относительно разрешенных зон использовать формулы:

  для полупроводника *n*-типа $N_d = N_C(T)\cdot\exp\left(-\frac{E_C - E_{Fn}}{kT}\right)$, для

  полупроводника *p*-типа $N_a = N_V(T)\cdot\exp\left(-\frac{E_{Fp} - E_V}{kT}\right)$

Таблица 1 Базовые физические параметры полупроводников (T=300 K)

Полупроводник	Si	Ge	GaAs	GaP	3C-SiC	6H-SiC	4H-SiC	InP
Ширина запрещенной зоны E_g, эВ	1.12	0.661	1.424	2.26	2.36	3.0	3.23	1.344
Сродство к электрону χ, эВ	4.05	4.0	4.07	3.8	4.0	4.4	4.5	4.38
Эффективная плотность состояний зоны проводимости, Nc, см$^{-3}$	$3.2\cdot10^{19}$	$1.0\cdot10^{19}$	$4.7\cdot10^{17}$	$1.8\cdot10^{19}$	$1.5\cdot10^{19}$	$8.9\cdot10^{19}$	$1.7\cdot10^{19}$	$5.7\cdot10^{17}$
Эффективная плотность состояний валентной зоны, N_V, см$^{-3}$	$1.8\cdot10^{19}$	$5.0\cdot10^{18}$	$9.0\cdot10^{18}$	$1.9\cdot10^{19}$	$1.2\cdot10^{19}$	$2.5\cdot10^{19}$	$2.5\cdot10^{19}$	$1.1\cdot10^{19}$

Таблица 2 Работа выхода электронов из металла (T =300 K)

Металл	Al	Ag	Cu	Ni	Cr	W	Au
Работа выхода, $P_м$, эВ	4.25	4.3	4.4	4.5	4.58	4.6	4.8

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Контакт Шоттки	Al –(*p*-Si)	Al – (*n*-InAs)	Cu – (*n*-GaAs)	Pt– (*p*-Si)	Cr – (*n*-3C-SiC)	W – (*p*-InSb)	Ni – (*n*-4H-SiC)
N_a, N_d, см$^{-3}$	$5\cdot10^{15}$	$5\cdot10^{16}$	$5\cdot10^{17}$	$5\cdot10^{18}$	$5\cdot10^{15}$	$5\cdot10^{16}$	$5\cdot10^{17}$
Вариант	9	10	11	12	13	14	15

Контакт Шоттки	Pt – (*n*-6H-SiC)	Cr –(*p*-3C-SiC)	W–(*n*-GaAs)	Au–(*p*-Ge)	Cr – (*n*-GaAs)	Cu –(*p*-6H-SiC)	Ag – (*p*-4H-SiC)
N_a, N_d, см$^{-3}$	$2\cdot10^{15}$	$2\cdot10^{16}$	$2\cdot10^{17}$	$2\cdot10^{18}$	$2\cdot10^{15}$	$2\cdot10^{16}$	$2\cdot10^{17}$
Вариант	17	18	19	20	21	22	23
Контакт Шоттки	Cu – (*n*-Si)	Ni – (*p*-Ge)	Al – (*n*-InP)	W – (*p*-GaP)	Au – (*n*-3C-SiC)	Pt – (*p*-6H-SiC)	Ag – (*n*-Ge)
N_a, N_d, см$^{-3}$	$1\cdot10^{15}$	$1\cdot10^{16}$	$1\cdot10^{17}$	$1\cdot10^{18}$	$1\cdot10^{15}$	$1\cdot10^{16}$	$1\cdot10^{17}$