Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Паспорт
расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Технология компонентов микро- и наносистемной техники», 5 семестр

1. Методика оценки

Выполнение расчетно-графического задания (работы) (далее – РГЗ(Р)) является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Цель РГЗ(Р): студенты должны научиться определять круг основных и вспомогательных задач по разработке технологического процесса изготовления электронных средств, отработать навыки по их решению, а также научиться учитывать виды и объем необходимых производственных работ. Студенты, в соответствии с индивидуальным заданием, должны дать характеристику используемых материалов и оборудования; произвести оценку режимов осаждения и травления пленок, рассчитать режимы получения p-n переходов; описать характер сборочных операций.

При выполнении РГЗ(Р) студенты должны выбрать технологическую схему изготовления сенсора или микроэлектромеханической системы в соответствии с индивидуальным заданием, должны провести анализ входных и выходных параметров объекта разработки; выбрать и обосновать технологические режимы получения подложек и конструктивных слоев объекта разработки; рассчитать технологические режимы осаждения и травления пленок и подложек, получения p-n переходов; охарактеризовать сборочные операции объекта исследования.

Обязательными элементами РГЗ(Р) являются решение задач, расчеты технологических режимов.

Номер темы РГЗ(Р) определяется генератором случайных чисел.

РГЗ(Р) выполняется индивидуально.

Количество тем достаточно для обеспечения каждого обучающегося индивидуальным заданием РГЗ(Р).

Замена темы РГЗ(Р) осуществляется по согласованию с преподавателем из числа резервных (не занятых) заданий.

Перед выполнением задания студент должен ознакомиться с основным оборудованием, используемом в технологических процессах конструирования и производства электронных средств, и его правилами настройки и эксплуатации.

Преподаватель осуществляет руководство по выполнению задания, оказывает консультационную помощь и принимает отчет по РГЗ(Р).

По результатам выполнения РГЗ(Р) выполняется отчет, который состоит из следующих частей:

1. Титульный лист.
2. Теоретическая часть, представляющая собой четкий и развернутый ответ на вопросы: характеристика объекта технологической разработки; описание основных входных и выходных параметров объекта технологической разработки; характеристика материалов, используемых в объекте технологической разработки.
3. Практическая часть, включающая следующие части: блок-схема основных технологических этапов изготовления объекта технологической разработки; эскизы эволюции структур объекта технологической разработки; расчет технологических режимов осаждения и травления пленок и подложек, получения

p-n переходов; характеристика оборудования, используемого в технологическом процессе; характеристика сборочных операций объекта исследования.
4. Выводы.
5. Список использованной литературы, интернет-источников и программных средств.

Требования к оформлению

Объем РГЗ(З) до 15 страниц машинописного текста формата А4. Шрифт Times New Roman, 12. Формулы набираются в редакторе Math Type. Размещение сканированных формул не допускается. Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. Работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических, синтаксических и стилевых ошибок.

Отчет в установленные сроки сдается на кафедру для проверки. Преподаватель оценивает качество работы, отмечает положительные стороны и недостатки работы и определяет, допускается ли она к защите. При необходимости преподаватель возвращает РГЗ(Р) студенту для доработки и устанавливает сроки повторного предоставления для проверки. До защиты работы студентом должны быть сделаны необходимые исправления и дополнения по всем замечаниям преподавателя.

При положительном результате оценивания РГЗ(Р) студент ее распечатывает, передает на кафедру и защищает до сессии в назначенное преподавателем время.

Защита РГЗ(Р) состоит в индивидуальном устном собеседовании студента с преподавателем. В процессе защиты выявляется уровень знаний студента, степень его самостоятельности при выполнении работы. По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Общие правила выставления оценок текущей аттестации определяются балльно-рейтинговой системой, установленной локальным актом НГТУ.

РГЗ(Р) считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно и без ошибок; все разделы РГЗ(Р) выполнены правильно и в полном объеме; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки и не возвращалась для доработки; даны полные и развернутые выводы и рекомендации; на защите студентом даны уверенные и аргументированные ответы, что свидетельствует об уровне сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на продвинутом уровне. Оценка составляет от 18 до 20 баллов.

РГЗ(Р) считается выполненной **на базовом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно и без существенных ошибок; все разделы РГЗ(Р) выполнены правильно, но есть замечания к полноте предоставления информации; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки и однократно возвращалась студенту для незначительной доработки; в заключении даны выводы и рекомендации; на защите студентом допущены непринципиальные ошибки, что свидетельствует об уровне сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на базовом уровне. Оценка составляет от 14 до 17 баллов.

РГЗ(Р) считается выполненной **на пороговом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно, но с ошибками, часть из которых носит принципиальный характер; есть замечания к полноте предоставления информации; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю, но неоднократно возвращалась студенту для доработки; в заключении даны краткие выводы; защита РГЗ(Р) вызывает у студента серьезные затруднения, что свидетельствует об уровне

сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на пороговом уровне. Оценка составляет от 10 до 13 баллов.

РГЗ(Р) считается **не выполненной**, если расчеты произведены с серьезными ошибками; есть замечания к полноте предоставления информации и оформлению; РГЗ(Р) была сдана преподавателю, но неоднократно возвращалась студенту для доработки, что не привело к улучшению ее качества; РГЗ(Р) не допущена до защиты, что свидетельствует об не сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов. Оценка составляет менее 10 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

РГЗ(Р) как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем его заданиям составляет от 10 до 20 баллов включительно.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

1. Разработка технологической схемы изготовления сопла с квадратным отверстием Материалы защитных пленок SiO_2 и Si_3N_4. Описать процесс фотолитографии. Рассчитать режимы получения защитных пленок. Описать процесс фотолитографии. Рассчитать режимы анизотропного травления.

2. Разработка технологической схемы изготовления сопла с круглым отверстием Материал защитной пленки Si_3N_4. Рассчитать режимы получения защитной пленки. Рассчитать режим получения стоп-слоя. Описать процесс фотолитографии. Рассчитать режим анизотропного травления.

3. Разработка технологической схемы изготовления микрошарнира. Описать процесс фотолитографии. Описать процесс травления жертвенных слоев. Рассчитать процессы осаждения поликремния и фосфорсиликатного стекла (ФСС).

4. Разработка технологической схемы изготовления сенсора давления с диффузионными резисторами p-типа проводимости. Рассчитать режим диффузии для получения сопротивления резистора 1 кОм. Рассчитать топологию резистора. Рассчитать режим анизотропного травления. Нарисовать электрическую схему сенсора.

5. Разработка технологической схемы изготовления сенсора давления с поликремниевыми резисторами p-типа проводимости. Рассчитать режим легирования для получения сопротивления резистора 1 кОм. Рассчитать топологию резистора. Рассчитать режим анизотропного травления. Нарисовать электрическую схему сенсора.

6. Разработка технологической схемы изготовления высокотемпературного сенсора давления на основе КНИ технологии. Описать режим сращивания кремниевых пластин. Рассчитать режим получения стоп-слоя. Описать процесс получения тензорезисторов. Описать процесс металлизации. Описать процесс двухсторонней литографии. Рассчитать режим анизотропного травления.

7. Разработка технологической схемы изготовления сенсора потока газа. Рассчитать режим осаждения пленки Si_3N_4. Выбрать материалы для изготовления нагревательных резисторов и терморезисторов, описать технологию их получения. Описать процесс двухсторонней литографии. Рассчитать режим анизотропного травления. Нарисовать электрическую схему сенсора.

8. Разработка технологической схемы изготовления емкостного акселерометра. Выбрать материалы защитных пленок и рассчитать режимы их осаждения. Описать процесс двухсторонней литографии. Рассчитать режимы анизотропного травления. Описать

технологию сборки сенсора.

9. Разработка технологической схемы изготовления сенсора угловой скорости. Рассчитать режим нанесения пленки SiO_2. Описать режимы фотолитографии и нанесения пленки металла. Подробно описать технологию ГРИТ (GRIT – постепенное взаимное уменьшение напряженности). Подробно описать технологию анодного соединения.

10. Разработка технологической схемы изготовления камертонного сенсора угловой скорости. Рассчитать режим нанесения пленки SiO_2. Описать технологию сращивания кремниевых пластин. Рассчитать режим легирования для получения сопротивления резистора 1 кОм. Рассчитать режимы анизотропного травления.

11. Разработка технологической схемы изготовления сенсора угловой скорости компании Роберт Бош. Рассчитать режим нанесения пленки SiO_2. Рассчитать режим осаждения пленки поликремния. Рассчитать режимы анизотропного травления. Подробно описать технологию ГРИТ. Подробно описать технологию анодного соединения и сборки сенсора.

12. Разработка технологической схемы изготовления газового сенсора на CO. Рассчитать режим нанесения пленки SiO_2. Описать технологии получения толстого окисла, поликремниевого нагревателя, пленки SnO_2 и металлизации. Рассчитать режимы анизотропного травления. Описать технологию сборки сенсора.

13. Разработка технологической схемы изготовления ячейки инжекторного струйного принтера. Описать режимы осаждения и травления пленок металлов и защитных покрытий. Описать принцип действия ячейки.

14. Разработка технологической схемы изготовления микроклапана с ИМ-актюатором. Рассчитать режим нанесения пленки SiO_2. Рассчитать режимы анизотропного травления. Описать режим осаждения-травления пленки TiNi и металлизации. Описать технологию сборки микроклапана.

15. Разработка технологической схемы изготовления микронасоса с электростатической актюацией. Рассчитать режимы осаждения пленки Si_3N_4 Рассчитать режим получения стоп-слоя. Рассчитать анизотропного травления. Описать процесс сборки микронасоса.

16. Разработка технологической схемы изготовления цифрового микрозеркала. Описать технологию осаждения-травления пленок, жертвенных слоев, спейсеров и отражающих покрытий.

17. Разработка технологической схемы изготовления микроконденсатора переменной емкости. Bulk Micromachined Variable Capacitors. Описать технологию осаждения-травления пленок, РИТ, ГРИТ. Сборка микроконденсатора.

18. Разработка технологической схемы изготовления микрокатушки. Описать технологию осаждения-травления пленок.

19. Разработка технологической схемы изготовления звукового микрорезонатора. Film Bulk Acoustic Resonators. Рассчитать режимы получения SiO_2 и ФСС. Описать режимы получения пленок проводника и пьезоэлектрика. Травление жертвенного слоя.

20. Разработка технологической схемы изготовления микромеханического выключателя. Описать и рассчитать технологические режимы осаждения слоев.

21. Разработка технологической схемы изготовления цифрового затвора на основе дифракционной решетки. Описать и рассчитать технологические режимы осаждения слоев.