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

Паспорт зачета

по дисциплине «Компьютерные технологии
в наноэлектронике и микросистемной технике», 2 семестр

1. Методика оценки

На зачёте 2 семестра дисциплины «Компьютерные технологии в наноэлектронике и микросистемной технике» студентам необходимо провести приборно-технологическое моделирование полевого транзистора с управляющим *p-n*-переходом (ПТУП) в среде *TCAD Sentaurus*.

В ходе выполнения задания требуется:

– разработать технологический маршрут изготовления ПТУП, выполненного по планарно-эпитаксиальной технологии (двумерное изображение структуры транзистора с размерами и обозначениями прилагается);

– написать и отладить код входного командного файла для программы технологического моделирования *SProcess*;

– написать и отладить код входного командного файла для программы электрофизического моделирования *SDevice*;

– предусмотреть при создании проекта возможность проведения множественных вычислительных экспериментов с варьированием дозы и энергии имплантации, времени и температуры отжига;

– подобрать соответствующие дозы и энергии имплантации, времена и температуры отжига для получения заданных глубин залегания *p-n*-переходов и поверхностных концентраций в зависимости от номера варианта (билета);

– рассчитать вольтамперные характеристики разработанного ПТУП и определить соответствующее напряжение отсечки.

На проверку преподавателю необходимо предоставить:

– последовательность двумерных изображений в программе *SVisual*, отображающих процесс формирования структуры транзистора;

– изображение конечной структуры ПТУП с контактами и расчётной сеткой;

– одномерные профили распределения активной примеси в областях канала и исток-стоков транзистора в программе *Inspect*;

– рассчитанные величины поверхностной концентрации, глубины залегания *p-n*-перехода и поверхностного сопротивления для областей затвора и исток-стоков;

– рассчитанную передаточную ВАХ с соответствующим напряжением отсечки.

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

На зачете преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы.

Примечание:

Индивидуальные варианты задания на моделирование полупроводникового транзистора содержат численные данные, определяющие аппроксимационные профили легирования исследуемой структуры. Размеры области моделирования, а также недостающие параметры следует определить по исходным данным самостоятельно, исходя из разумных соображений. При формировании структуры ПТУП необходимо предусмотреть достаточ-

ное расстояние между сильно легированными диффузионными областями затвора и исток-стоков для предотвращения их смыкания. При настройке расчётной сетки изначально не следует делать её слишком мелкой в целях ускорения процесса расчёта и отладки маршрута. Проект следует разбить на несколько частей с помощью команды `#split` для его последовательного исполнения и своевременного исправления ошибок. При моделировании ВАХ желательно просчитывать не менее 15 точек, чтобы соответствующие графики имели сглаженный вид. Ширина проектируемых структур (параметр `areafactor`) должна быть примерно в 3 – 5 раз больше, чем длина активной области (затвора).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1
к зачёту по дисциплине «Компьютерные технологии
в наноэлектронике и микросистемной технике»

№ варианта	Исток-сток		Канал			Затвор		Подложка
	N_{D0}, *см*$^{-3}$	Y_{SD}, *мкм*	N_D, *см*$^{-3}$	d, *мкм*	L, *мкм*	N_{A0}, *см*$^{-3}$	Y_G, *мкм*	N_A, *см*$^{-3}$
1	2e19	0,3	1e16	1,4	5,0	8e18	0,5	9e14

Утверждаю: зав. кафедрой _____ к.т.н., Остертак Д.И.
(подпись)

_____
(дата)

---

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

Ответ на билет зачёта засчитывается на **продвинутом** уровне, если выполнено технологическое и электрофизическое моделирование структуры ПТУП, все требования к выполнению задания соблюдены, присутствуют двумерные изображения процесса формирования структуры транзистора, присутствуют одномерные профили распределения примеси в областях затвора и исток-стоков, произведён расчёт поверхностного сопротивления, проведено моделирование ВАХ исследуемого транзистора и рассчитано напряжение отсечки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет **18–20** баллов.

Ответ на билет зачёта засчитывается на **базовом** уровне, если проведено технологическое моделирование ПТУП, большинство требований к выполнению соблюдены, присутствуют профили распределения примеси в областях затвора и исток-стоков, произведён расчёт поверхностного сопротивления, моделирование ВАХ транзистора выполнено не полностью и не рассчитано напряжение отсечки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет **14–17** баллов.

Ответ на билет зачёта засчитывается на **пороговом** уровне, если, как минимум, проведено технологическое моделирование структуры ПТУП (с возможным наличием несущественных ошибок), большинство требований к выполнению задания соблюдены, отсутствуют профили распределения примеси в областях затвора и исток-стоков, не произведён расчёт поверхностного сопротивления, не проведено моделирование ВАХ транзистора и не рассчитано напряжение отсечки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет **10–13** баллов.

Ответ на билет зачёта считается **неудовлетворительным**, если задание выполнено неправильно, большинство требований не соблюдены, отсутствуют двумерные изображения процесса формирования структуры транзистора, отсутствуют одномерные профили распределения примеси в областях затвора и исток-стоков, не произведён расчёт поверхностного сопротивления, не проведено моделирование ВАХ исследуемого транзистора и не рассчитано напряжение отсечки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет **менее 10** баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за зачёт учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведёнными в рабочей программе.

4. Примерные варианты заданий к зачёту по дисциплине «Компьютерные технологии в наноэлектронике и микросистемной технике»

Варианты ПТУП

№ варианта	Исток-сток		Канал			Затвор		Подложка
	N_{D0}, $см^{-3}$	Y_{SD}, мкм	N_D, $см^{-3}$	d, мкм	L, мкм	N_{A0}, $см^{-3}$	Y_G, мкм	N_A, $см^{-3}$
1	2e19	0,3	1e16	1,4	5,0	8e18	0,5	9e14
2	5e19	0,2	2e16	1,2	3,0	7e18	0,4	8e14
3	4e19	0,2	3e16	1,2	1,0	9e18	0,5	7e14
4	1e19	0,3	2e16	1,6	2,0	1e19	0,6	6e14
5	3e19	0,5	3e16	1,4	4,0	6e18	0,6	1e15
6	6e18	0,4	1e16	1,6	2,0	3e18	0,6	7e14
7	5e18	0,5	5e16	2,0	1,0	1e18	0,7	6e14
8	9e18	0,4	4e16	1,8	5,0	4e18	0,7	9e14
9	7e18	0,6	4e16	1,8	3,0	5e18	0,7	8e14
10	8e18	0,6	5e16	2,0	4,0	2e18	0,8	1e15

N_{D0} – максимальная концентрация доноров в исток-стоках; Y_{SD} – глубина залегания исток-стоковых p-n-переходов; N_D – концентрация доноров в канале; d – толщина эпитаксиальной пленки; L – длина затвора; N_{A0} – максимальная концентрация акцепторов в затворе; Y_G – глубина залегания p-n-перехода затвора; N_A – концентрация акцепторов в подложке.

Структура ПТУП

