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

# Паспорт экзамена

по дисциплине «Физические основы микро и наноэлектроники», 5 семестр

## 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет состоит из 2 вопросов и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-15;
- второй вопрос из диапазона вопросов16-30;

Таким образом, проверяется уровень сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, закрепленных за дисциплиной.

На экзамене преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

**Форма** экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет радиотехники и электроники

**Билет № 1**
к экзамену по дисциплине «Физические основы микро - и наноэлектроники»

1. Термодинамика поверхности. Уравнение Лапласа.
2. Особенности структур, получаемых методом ионного легирования (примесный профиль, радиационные дефекты, эффект каналирования).

Составил: *Дорогой С.В.* Дата: 06 января 2022 г.

Утверждаю: зав. кафедрой КТРС, доцент _____Синельников А.В.

## 2. Уровни освоения компетенций и критерии оценки

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от* 31 *до* 40 *баллов*.

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов.

Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной,

содержат несущественные пробелы и сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от* 21 *до* 30 *баллов.*

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, допускает непринципиальные ошибки. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, содержат пробелы и сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от* 10 *до* 20 *баллов.*

Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений допускает принципиальные ошибки. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, не сформированы. Оценка составляет *менее* 10 *баллов.*

**3. Шкала оценки**

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

**4. Вопросы к** экзамену **по дисциплине «**Физические основы микро и наноэлектроники**»**

1. Основные группы технологических процессов при производстве электронных средств (ЭС).
2. Способы заданий концентраций веществ в технологии ЭС. Пример формулы перевода из одной концентрационной шкалы в другую.
3. Фазовые (*P*-*T*) диаграммы однокомпонентных систем для нормальных и аномальных веществ. Фазовые переходы.
4. Фазовые (*T*-*x*) диаграммы двух компонентных систем с неограниченной растворимостью в твердой фазе.
5. Фазовые (*T*-*x*) диаграммы двух компонентных систем с ограниченной растворимостью в твердой фазе.
6. Правило фаз Гиббса. Фаза, компонент, степень свободы.
7. Термодинамические потенциалы, преобразование Лежандра.
8. Фазовые (*T*-*x*) диаграммы двух компонентных систем с образованием эвтектики.
9. Метод термического анализа и его применение в технологии ЭС. Кривые охлаждения.
10. Уравнение Клаузиуса.
11. Термодинамика поверхности. Уравнение Лапласа.
12. Капиллярные явления. Экспериментальное определение коэффициента поверхностного натяжения.
13. Характеристика механизма гомогенного зародышеобразования и роста полупроводников и диэлектриков из газовой фазы.
14. Эпитаксия: определение, классификация и применение в технологии ЭС.
15. Выращивание пленок полупроводников из газовой фазы (на примере кремния). Схема процесса и основные реакции.
16. Параметры процесса эпитаксии, влияющие на однородность пленок по толщине. Диффузионная и кинетическая области (экспериментальное определение, оценка параметров химической реакции). Прямая и обратная реакции.
17. Гомогенная модель зарождения и роста новой фазы. Критический зародыш новой фазы.

**18.** Гетерогенная модель зарождения и роста новой фазы.
**19.** Метастабильное состояние однокомпонентной системы. Пересыщение и переохлаждение. Методы создания метастабильного состояния.
**20.** Уравнение Кельвина-Томсона.
**21.** Точечные дефекты в однокомпонентных кристаллах.
**22.** Диффузия. Первый и второй закон Фика. Начальные и граничные условия для диффузии из постоянного и ограниченного источника.
**23.** Ионное легирование. Физические основы и схема процесса.
**24.** Особенности структур, получаемых методом ионного легирования (примесный профиль, радиационные дефекты, эффект каналирования).
**25.** Термическое окисление кремния в сухом и влажном кислороде. Кинетика процесса (диффузионная и кинетическая область, зависимость скорости роста от времени).
**26.** Нейтронное трансмутационное легирование полупроводников (Si, Ge). Основные ядерные реакции.
**27.** Фотолитография: маршрут и типовые технологические процессы (краткая характеристика). Негативный и позитивный процессы. Проекционное и контактное экспонирование. Разрешающая способность (минимальный размер элементов). Методы достижения предельного разрешения.
**28.** Технология получения полупроводникового кремния. Получение технического кремния. Получение и методы очистки кремний содержащих жидкостей ($SiCl_4$, $SiHCl_3$).
**29.** Методы очистки кремния. Зонная плавка (тигельная и бестигельная).
**30.** Выращивание монокристаллического кремния (метод Чохральского).