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

Паспорт экзамена

по дисциплине «Специальные главы наноэлектроники», 2 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из 1 вопроса и задачи.

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

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

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1
к экзамену по дисциплине «Специальные главы наноэлектроники»

---

1. Вопрос: Распределение квантовых состояний в 2 D –системах

2. Задача. Оцените количество разрешенных состояний в симметричной прямоугольной потенциальной яме шириной 10.2 нм и глубиной 1 эВ для частицы с m = 9.1 10 $^{-28}$г.

Утверждаю: зав. кафедрой ____ _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

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

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. 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 *от 35 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, не допускает существенных ошибок при решении задачи. 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 *от* 27 *до 34 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, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от* 20 *до* 26 *баллов.*

Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным** (ниже порогового уровня), если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее* 20 *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.

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

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Специальные главы наноэлектроники»

1. Распределения плотности состояний в 3D – системах.
2. Распределение квантовых состояний в 2 D –системах.
3. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации и толщины пленки для 2D-системах. Невырожденный случай.
4. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации и толщины пленки для 2D-системах. Вырожденный случай.
5. Баллистический транспорт носителей заряда. Коммутатор пучка баллистических электронов.
6. Квантовый интерференционный транзистор на электронном согласующем волноводе.
7. Кольцевой интерференционный транзистор. Разноплечный интерферометр Форда.
8. Распределение квантовых состояний в 1 D –системах.
9. Распределение квантовых состояний в 0 D –системах и сверхрешетках.
10. Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр бесконечной прямоугольной потенциальной ямы. Решение уравнения Шредингера приближенными методами. При $W \to \infty$.

11. Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр бесконечной прямоугольной потенциальной ямы. Решение уравнения Шредингера приближенными методами. Используя теорию возмущений.
12. Особенности энергетических уровней при действии электрического поля в прямоугольной КЯ конечной глубины. Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр параболической потенциальной ямы.
13. Квантование энергетического спектра носителей заряда в приповерхностном слое полупроводника. Приближения квантового предела и «треугольной КЯ».
14. Квантование энергетического спектра носителей заряда в приповерхностном слое полупроводника. Приближение «экспоненциальной КЯ».
15. Интерференционная передислокация электронной плотности в туннельно-связанных квантовых ямах. Инвертор на эффекте передислокации волновых функций. Особенности процесса передислокации.
16. Прохождение частиц через многобарьерные квантовые структуры. Прохождение под потенциальными барьерами.
17. Прохождение частиц через многобарьерные квантовые структуры. Прохождение над потенциальными барьерами.
18. Резонансное туннелирование электронов (включая ДБКС).
19. Особенности ВАХ «реальных» ДБКС.
20. ВАХ сверхрешеток.
21. Наноэлектронные диоды.
22. Локализованные состояния. Влияние дополнительного пространственного ограничения на энергетический спектр связанных состояний в одномерной δ - образной потенциальной яме.
23. Особенности энергетического спектра мелких примесных состояний в системах пониженной размерности.

5. Задачи к экзамену **по дисциплине «**Специальные главы наноэлектроники**»**

1. Оцените энергию связи локализованного состояния в одномерной δ-образной потенциальной яме, если $U(x) = -\alpha\delta(x)$, $m = 0.1m_0$, $\alpha = 1$ эВ·м.
2. Получите выражение, определяющее минимальное расстояние от ограничивающей потенциальной стенки, на котором может находиться одномерная δ-образная потенциальная яма, чтобы в ней появилось связанное состояние.
3. Оцените минимальное расстояние L от ограничивающей стенки, на котором должна находиться одномерная δ-образная потенциальная яма с $U(x) = -\alpha\delta(x-L)$, чтобы в ней появилось связанное состояние, если $m = 0.1m_0$, $\alpha = 1$ эВ·м.
4. Используя вариационный принцип, оцените энергию основного состояния частицы, находящейся в потенциальном поле

$$U(x) = \begin{cases} \infty & \text{при } x < 0, \\ cx & \text{при } x > 0. \end{cases}$$

5. В качестве волновой функции используйте функцию $x\exp(-ax)$.
6. Приведите уравнение $-\frac{\hbar^2}{2m}\Psi''(x) + qFx\Psi(x) = E\Psi$ к виду уравнения Эйри.
7. Какова предельная толщина пленки *n*-GaAs, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений при комнатной температуре? Считать, что потенциальный рельеф пленки представляется потенциальной ямой с бесконечно высокими стенками?
8. Оцените минимальное значение силовой постоянной удерживающего потенциала для (100) пленки *n*-кремния, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений при комнатной температуре (20 С)? Считать, что потенциальный рельеф пленки представляется потенциальной ямой с параболическим удерживающим потенциалом вида $U = 0.5 \cdot K \cdot z^2$ Дж.
9. Оцените минимальное значение напряженности электрического поля F в приповерхностной области полупроводниковой пленки, при которой возможно наблюдение квантовых размерных эффектов в инверсионном слое у поверхности пленки при комнатной температуре, если эффективная масса носителей $m^* = 0.2\ m_0$. Считать, что потенциальный рельеф пленки в приповерхностной области представляется потенциальной ямой с несимметричным треугольным удерживающим потенциалом вида qFz и электроны присутствуют только в первой квантовой подзоне.
10. В рамках модели «жестких стенок» оцените предельную толщину полупроводниковой пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений, если подвижность электронов в пленке равна 10^4 см^2/(В с).
11. Покажите, что плотность состояний $g_{2D}(E) = g_{3D}(E)\left[\sqrt{\frac{E}{E_1}}\right] / \sqrt{\frac{E}{E_1}}$.
12. Оцените число разрешенных состояний для электронов в единице объема 2D- пленки шириной 5 нм., заключенных между первой и второй квантовыми подзонами. Принять, что ограничивающий потенциал можно аппроксимировать БПЯ.
13. Оцените число разрешенных состояний для электронов в единице объема 2D- пленки шириной 5 нм., заключенных между первой и второй квантовыми подзонами. Принять, что ограничивающий потенциал можно аппроксимировать параболой

$U = 10^{-6} x^2$ Дж, а эффективная масса $m = 9.1 \cdot 10^{-31}$ кг.

14. Оцените отношение концентрации электронов во второй квантовой подзоне 2D-пленки к концентрации электронов в первой подзоне для полупроводниковой пленки шириной $W = 5$ нм., если $m = 0.5 m_0$, $T = 100$ К. В расчетах полагать, что электронный газ находиться в невырожденном состоянии.
15. Оцените число разрешенных состояний для электронов в единице объема квантового проводника, заключенных между первой и второй квантовыми подзонами (1D-случай), если КП толщиной 10 нм имеет квадратное сечение, а ограничивающий потенциал можно аппроксимировать БПЯ.
16. Определите, чему равно при нулевой температуре сопротивление одномодового канала идеального квантового проводника, функционирующего в баллистическом режиме?
17. Определите, чему равно при нулевой температуре сопротивление системы из двух параллельно включенных одинаковых идеальных квантовых проводников, функционирующих в одномодовом баллистическом режиме?
18. Определите, чему равно при нулевой температуре сопротивление системы из двух последовательно включенных одинаковых идеальных квантовых проводников, функционирующих в одномодовом баллистическом режиме? Сопротивлением соединительной контактной площадки между квантовыми проводниками пренебречь.