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

Паспорт экзамена

по дисциплине «Физические основы электроники», 3 семестр

1. Методика оценки

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

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-17;
- второй вопрос из диапазона вопросов 18-34;
- третий вопрос – задача.

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 № _____
к экзамену по дисциплине «Физические основы электроники»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.
3. Задача.

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 (модулю) 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 (тест) 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 (модулю) и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 34 до* 27 *баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) 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 (модулю) и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от* 26 *до* 20 *баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) 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 (модулю) 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 «Физические основы электроники»

1. Закон действующих масс. Генерация и рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках. Рекомбинационные параметры (L, τ).
2. Функция распределения Ферми-Дирака ($f_D(E)$). Физический смысл энергии Ферми (E_F). Положение уровня Ферми на зонной энергетической диаграмме $E(x)$ в примесных полупроводниках.
3. Диффузия, 1-й закон Фика. Коэффициент диффузии (D) носителей заряда, температурная зависимость $D(T)$. Связь коэффициента диффузии и подвижности (соотношение Эйнштейна).
4. Механизмы образования носителей заряда в примесных и собственных полупроводниках, температурная зависимость концентрации носителей заряда.
5. Механизмы движения носителей заряда, диффузия и дрейф. Диффузионная ($J_{диф}$) и дрейфовая ($J_{др}$) плотности тока.

6. Рассеяние носителей заряда. Подвижность носителей заряда (μ), зависимость подвижности от физических параметров (T, N, φ).
7. Удельная электропроводимость полупроводников (σ), температурная зависимость удельной электропроводимости для собственного ($\sigma_i(T)$), и примесного ($\sigma_n(T)$) полупроводников.
8. Термоэлектрические эффекты Зеебека, Пельтье.
9. Контакт металл–полупроводник (омический), зонная энергетическая диаграмма контакта $E(x)$ в состоянии термодинамического равновесия. Распределение объёмной плотности заряда.
10. Контакт металл–полупроводник (неомический), зонная энергетическая диаграмма контакта E(x) в состоянии термодинамического равновесия. Распределение объёмной плотности заряда.
11. *P–n*-переход в состоянии термодинамического равновесия, зонная энергетическая диаграмма $E(x)$, основные параметры.
12. Распределение концентрации основных ($n_n(x)$, $p_p(x)$) и неосновных ($n_p(x)$, $p_n(x)$) носителей заряда, объёмной плотности заряда ($\rho_q(x)$), напряженности электрического поля (φ(x)), электростатического потенциала ($\psi(x)$) в идеальном несимметричном *p–n*-переходе в состоянии термодинамического равновесия, (концентрации примесей *Na*, *Nd* заданы).
13. *P–n*-переход при прямом смещении, зонная энергетическая диаграмма $E(x)$, основные параметры.
14. *P–n*-переход при обратном смещении, зонная энергетическая диаграмма $E(x)$, основные параметры.
15. Пробой *p–n*-перехода. Виды пробоя. Зависимость пробивного напряжения от параметров перехода.
16. Контактная разность потенциалов (U_0) в p–n переходе. Механизм образования.
17. Область пространственного заряда (ОПЗ) в идеальном *p–n*-переходе. Структура, границы (x_p, x_n), причина образования ОПЗ.
18. Интегральная барьерная ёмкость *p–n*-переходов ($C_б$), зависимость от внешних параметров. Причина образования ёмкости.
19. Уравнение Пуассона. Максимальная напряженность электрического поля в *p–n*-переходе (φ_{max}), в состоянии термодинамического равновесия.
20. Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеального *p–n*-перехода. Допущения при выводе уравнения Шокли. Влияние физических параметров на ВАХ.
21. Причины отличия ВАХ идеального и реального *p–n*-переходов.
22. Ток насыщения (I_0) идеального p–n перехода, физический смысл. Зависимость от параметров.
23. Туннельный диод, особенности ВАХ, связь с зонной диаграммой $E(x)$. Эффект туннелирования.
24. Светоизлучающие диоды. Структура, принцип работы. Условия эффективной работы. Связь цвета излучения с параметрами полупроводника. Белый светодиод.
25. Солнечный элемент. Структура, принцип работы, ВАХ солнечного элемента.
26. Структура и принцип работы полупроводникового лазера. Инверсная населенность. Условия эффективной работы.
27. Структура, схемы включения и принцип работы биполярного транзистора. Условия эффективной работы.
28. Усиление сигнала биполярным транзистором в схеме с общей базой.
29. Усиление сигнала биполярным транзистором в схеме с общим эмиттером. Коэффициент усиления.
30. Физические процессы в базе биполярного транзистора (БТ). Распределение концентрации неосновных носителей заряда в БТ активном режиме (схема с общей базой), а если длинная база?

30. Физические процессы в базе биполярного транзистора (БТ). Распределение концентрации неосновных носителей заряда в БТ активном режиме (схема с общей базой), а если длинная база?
31. Эффект Холла, схема. Экспериментальное определение параметров полупроводников.
32. Основные характеристики биполярного транзистора в схеме с общей базой. Входные и выходные ВАХ биполярного транзистора.
33. Условия эффективной работы биполярного транзистора.
34. Дифференциальные параметры биполярного транзистора в схеме с общей базой.

5. Задачи к экзамену по дисциплине «Физические основы электроники»

1. Определить концентрацию неосновных носителей заряда в германии *n*-типа при T=300 К, если концентрация примеси N_d=10^{15}см$^{-3}$.
2. В каком *p–n*-переходе будет больше напряжение лавинного пробоя, если первый имеет в смежных областях концентрации 10^{16} см$^{-3}$, а второй переход $5\cdot10^{16}$ см$^{-3}$?
3. Как соотносятся границы области пространственного заряда $|x_p|$ и $|x_n|$, если концентрация акцепторов в 4 раза больше концентрации доноров (N_a =4N_d).
4. . Указать откуда и куда двигаются носители заряда, определяющие обратный ток идеального полупроводникового диода, если р-область имеет концентрацию 10^{15} см$^{-3}$, а n- область - 10^{17} см$^{-3}$, T=300 К.
5. Как изменится ВАХ обратно смещенного идеального диода, если увеличить концентрацию примеси в смежных областях?
6. Как изменится ВАХ прямо смещенного идеального диода, если увеличить концентрацию примеси в смежных областях?
7. В каком полупроводнике (Si или Ge) собственная концентрация носителей заряда выше, если ширина запрещенной зоны Ge равна E_g=0,66 эВ, а Si - E_g=1,12 эВ?
8. Какую часть электрического тока переносят дырки в собственном GaSb, если подвижность электронов равна 3000 см^2 В$^{-1}$ с$^{-1}$, а дырок – 1000 см^2 В$^{-1}$ с$^{-1}$?
9. При каких условиях удельное сопротивление полупроводника будет возрастать при нагревании?
10. Доказать соотношение для коэффициента инжекции несимметричного p-n перехода, в случае, когда *Na>>Nd*. $\gamma_p = \dfrac{J_p}{J_p + J_n} = \dfrac{1}{1+\dfrac{\sigma_p L_n}{\sigma_n L_p}}$.
11. Как изменится удельное электрическое сопротивление полупроводника с концентрацией доноров *Nd*, если в него добавить равное количество акцепторной примеси *Na*? T=300 К.
12. Какой примесный полупроводник имеет большее удельное электрическое сопротивление при комнатной температуре и равных концентрациях примеси *n*-типа или *p*-типа? Объяснить.
13. Как изменится потенциальный барьер в идеальном *p–n*-переходе при увеличении концентрации примеси в смежных областях?
14. Оценить максимальную удельную электропроводность, которую может иметь германий при комнатной температуре. Какие факторы ограничивают ее значение?
15. Как изменится сопротивление полупроводника с концентрацией доноров *Nd*=$8\cdot10^{16}$ см$^{-3}$, если в него дополнительно добавить акцепторную примесь в количестве *Na*=$2\cdot10^{16}$ см$^{-3}$? Объяснить.

16. Нарисовать обратную ветвь ВАХ реального *p–n*-перехода в случае лавинного пробоя при двух различных температурах.
17. Нарисовать обратную ветвь ВАХ реального *p–n*-перехода в случае туннельного пробоя при двух различных температурах.
18. Изобразить температурные зависимости удельной электропроводности для собственных полупроводников Ge и Si в аррениусовских координатах $\ln(\sigma)=f(1/T)$.
19. Нарисовать схему включения с общей базой биполярного (*n-p-n*) транзистора в активном режиме. Указать полярность напряжений.
20. Сформулировать основные допущения при выводе уравнения Шокли (ВАХ идеального *p–n*-перехода).
21. Сформулировать условия для эффективной работы биполярного транзистора.
22. Нарисовать зонную диаграмму E(x) идеального несимметричного *p–n*-перехода при обратном смещении ($Nd=10\cdot Na$). Указать, какими носителями определяется ток?
23. Нарисовать схему включения с общим эмиттером биполярного (*n-p-n*) транзистора в активном режиме. Указать полярность напряжений.
24. Нарисовать ВАХ туннельного диода.
25. Определить дрейфовую скорость дырок в поле с напряженностью $\varphi=10^3$ В/см, если подвижность равна 450 $см^2/(В\cdot сек)$.
26. Вычислить коэффициент диффузии дырок в германии *n*-типа, если диффузионная длина дырок равна 0.3 мм, а время жизни неосновных носителей заряда $\tau_p= 10^{-4}$ с.
27. Какие полупроводниковые приборы работают на основных носителях заряда?
28. Сформулировать условия для эффективной работы инжекционного лазера.
29. Сформулировать условия для эффективной работы светодиода.