

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И
НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»
для студентов направления подготовки
11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
Направленность (профиль)
«Интеллектуальные программируемые системы и устройства»

Ставрополь
2026

Содержание

1. Предисловие
2. Планы практических занятий
3. Список литературы

Предисловие

При изучении электронной техники весьма важное значение необходимо уделять проблемам, сдерживающим развитие электронной техники, основными из которых являются физические и технологические ограничения. Целью методических рекомендаций является необходимость обеспечения учащегося некоторой начальной базы применения приемов аналитического исследования в области физических и технологических основ электронной техники, что является необходимым этапом изучения приборов физической электроники. В методических рекомендациях рассмотрены задачи по основным разделам физики электронных приборов такие как: физическая сущность работы приборов микро- и нанoeлектроники, технологические особенности создания структур микро- и нанoeлектроники, особенности современных приборов и структур микро- и нанoeлектроники.

Планы практических занятий

Тема 1. Соотношение неопределенностей и волновая функция

Цель занятия: изучение способов описания движения микрочастиц с учетом принципов корпускулярно-волнового дуализма.

Краткая теория

Отличие микрочастицы от макроскопической частицы, подчиняющейся законам классической механики, заключается, в частности, в том, что для описания движения микрочастицы понятие траектории оказывается, вообще говоря, неприменимым.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга, указывающее на невозможность одновременного измерения координаты и импульса микрочастицы

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2} \quad (1.1)$$

Из него следует, что чем точнее мы определяем координату частицы, т. е. чем меньше Δx , тем более неопределенной становится проекция импульса частицы Δp_x на эту координатную ось и наоборот.

Соотношением неопределенностей для энергии и времени:

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar \quad (1.2)$$

Здесь ΔE — неопределенность энергии системы, т. е. разность двух измерений энергии системы, проведенных в два различных момента времени, отличающихся на Δt .

Первый постулат квантовой механики гласит: состояние частицы в квантовой механике описывается волновой функцией $\Psi(x, y, z, t)$, являющейся функцией пространственных координат и времени.

Вероятностный смысл волновой функции в квантовой механике: квадрат модуля волновой функции $\Psi(x, y, z, t)$ определяет плотность вероятности w

того, что в момент времени $t \geq 0$ частица может быть обнаружена в точке пространства с координатами x , y и z .

$$w = \frac{dP}{dV} = |\Psi|^2 \quad (1.3)$$

Вероятность P , того, что частица будет обнаружена в любой области пространства конечного объема V :

$$P = \int_V |\Psi|^2 dV$$

Условие нормировки волновой функции:

$$\int_{V \rightarrow \infty} |\Psi|^2 dV = 1$$

Задачи

1.1. Используя соотношение неопределенностей Гейзенберга, получите оценочное соотношение, определяющее границы применимости классической механики для описания движения частицы в некоторой области пространства с характерным линейным размером L .

1.2. Используя соотношение неопределенностей энергии и времени, найдите естественную ширину $\Delta\lambda$ спектральной линии излучения атома. Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии $\tau = 10^{-8}$ с, длина волны излучения $\lambda = 500$ нм.

1.3. Оценить наименьшие погрешности, с которыми можно определить скорость электрона и протона, локализованных в области размером 1 мкм.

1.4. Электрон с кинетической энергией $K = 10$ эВ локализован в области размером $l = 1$ мкм. Оценить относительную неопределенность скорости электрона.

1.5. В момент времени $t = 0$ волновая функция, описывающая квантовое состояние частицы, движущейся вдоль оси x имеет вид

$$\psi(x,0) = A \exp\left(-\frac{x^2}{a^2} + ibx\right),$$

где A , a и b – известные действительные константы.

Определите зависимости от координаты x : действительной части волновой функции, квадрата модуля волновой функции.

1.6 В некоторый момент координатная часть волновой функции имеет вид $\psi(x) = A \exp(ikx - x^2 / 4\sigma^2)$, где A , k и σ - постоянные. Изобразить примерный вид зависимости действительной части $\psi(x)$, $|\psi(x)|^2$ по модулю.

Тема 2. Одномерная прямоугольная потенциальная яма

Цель занятия: изучение движения микрочастиц в прямоугольной бесконечной потенциальной яме и яме конечной глубины

Краткая теория

Одномерное уравнение Шредингера для поиска вида волновой функции

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m_0}{\hbar^2} [E - U(x)]\psi = 0, \quad (2.1)$$

Полная энергии частицы, находящейся в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками,

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2m_0 a^2} n^2, n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.2)$$

Волновые функции частицы в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками имеют вид

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi n x}{a}, 0 < x < a, n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.3)$$

Выражение, определяющее энергетический спектр частицы в яме конечной глубины

$$k_2 a = \pi n - 2 \arcsin \frac{\hbar k_2}{\sqrt{2m_0 U_0}} \quad (2.4)$$

здесь $k_1 = \sqrt{\frac{2m_0}{\hbar^2}(U_0 - E)}$, $k_2 = \sqrt{\frac{2m_0}{\hbar^2}E}$, a - ширина ямы, U_0 - высота ямы, E

- энергия частицы.

Волновая функция частицы в яме конечной глубины

$$\psi_2(x) = c \sin(k_2 x + \alpha) \quad (2.5)$$

где $\alpha = \arctan\left(\frac{k_2}{k_1}\right)$

Коэффициенты отражения и прохождения

$$R = \frac{|\vec{j}_{omp}|}{|\vec{j}_{nad}|}, \quad D = \frac{|\vec{j}_{np}|}{|\vec{j}_{nad}|}$$

где $\vec{j}_{nad}$, $\vec{j}_{omp}$, $\vec{j}_{np}$ - потоки падающих, отраженных и прошедших электронов, определяемые из соотношения

$$\vec{j} = \frac{i\hbar}{2m_0} [\psi \text{grad} \psi^* - \psi^* \text{grad} \psi] \quad (2.6)$$

Задачи

2.1 Частица массы m находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти энергию частицы в стационарном состоянии, если ширина ямы l и число узлов волновой функции равно N .

2.2 Частица находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти массу частицы, если ширина ямы l и разность энергий 3-го и 2-го энергетических уровней равна ΔE .

2.3 Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками. Найти вероятность пребывания частицы в области $l/3 < x < 2l/3$.

2.4 Частица массы m находится в одномерной потенциальной яме рис.5. Найти энергию основного состояния, если на краях ямы ψ -функция вдвое меньше, чем в середине.

2.5 Частица массы m падает на прямоугольную потенциальную яму шириной l и глубиной U_0 . Энергия частицы вне ямы равна E . Найти коэффициент прозрачности ямы для данной частицы.

2.6 Исходя из условия предыдущей задачи и зная выражение для коэффициента прозрачности в данном случае, найти длину ямы, при которой коэффициент отражения R максимален.

Тема 3. Туннелирование через прямоугольный потенциальный барьер

Цель занятия: изучение эффекта прохождения микрочастиц через прямоугольный потенциальный барьер.

Краткая теория

Коэффициент прохождения частиц через прямоугольный потенциальный барьер

$$D = \frac{16k_1^2 k_2^2}{(k_1^2 + k_2^2)} e^{-2k_2 a} \quad (3.1)$$

здесь $k_1 = \sqrt{\frac{2m_0}{\hbar^2} E}$, $k_2 = \sqrt{\frac{2m_0}{\hbar^2} (U_0 - E)}$, a - ширина барьера, U_0 - высота ямы, E - энергия частицы.

Коэффициент прохождения частиц через барьер произвольной формы

$$D = \exp \left[-\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m_0 (U(x) - E)} dx \right] \quad (3.2)$$

Задачи

3.1 Определить коэффициент прохождения электронов с энергией $E > U_0$ через прямоугольный потенциальный шириной l .

3.2 Электроны с энергией $E > U_0$ падают на прямоугольный потенциальный барьер шириной l . Определить коэффициент рассеяния электронных волн.

3.3 Коэффициент прохождения протонов через потенциальный барьер равен 0,8. Определить показатель преломления волн де Бройля на границе барьера.

3.4 Коэффициент прохождения электронов через низкий потенциальный барьер равен коэффициенту отражения. Определить во сколько раз кинетическая энергия электронов больше высоты потенциального барьера.

Тема 4. Квантовые статистики

Цель занятия: изучение распределения фермионов и бозонов в системах многих частиц по квантовым состояниям.

Краткая теория

Среднее число бозонов $\langle n \rangle$, находящихся в квантовом состоянии с энергией E при температуре системы T (распределение Бозэ-Эйнштейна)

$$\langle n \rangle = \frac{1}{\exp\left(\frac{E-\mu}{kT}\right)-1} \quad (4.1)$$

μ - некоторая функция параметров состояния системы, в частности температуры.

Соотношение определяющее среднее число ферми-частиц, находящихся в квантовом состоянии с энергией E при температуре T (распределением Ферми – Дирака)

$$\langle n \rangle = \frac{1}{\exp\left(\frac{E-\mu}{kT}\right)+1} \quad (4.2)$$

Задачи

4.1 Воспользовавшись распределением Бозе-Эйнштейна, получите формулу Планка для равновесного теплового излучения.

4.2 Найдите при температуре 300 К наиболее вероятную и среднюю энергию фотонов.

4.3 Найдите среднюю скорость свободных электронов в квантовой системе при 0 К. Принять $\mu=5,5$ эВ.

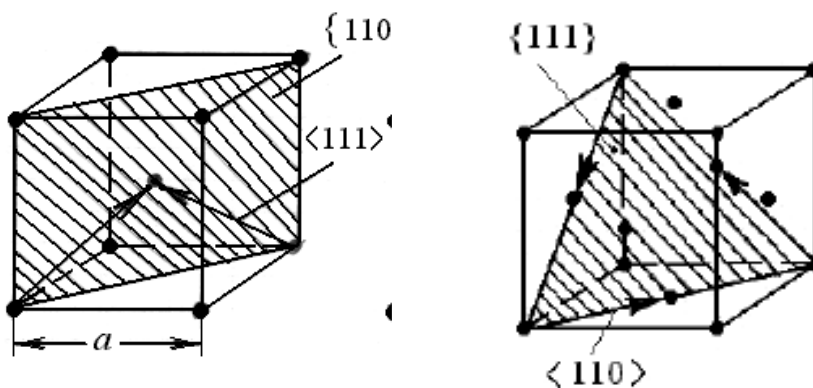
4.4 Найдите коэффициент сжимаемости электронного газа в меди при температуре 0 К.

Тема 5. Структура полупроводников

Цель занятия: изучение основных принципов расчета и проектирования тонкопленочных резисторов сложной формы.

Краткая теория

Структуры кубической гранецентрированной и объемноцентрированной решеток



Вектор трансляции в обратной решетке

$$\vec{K} = h\vec{b}_1 + k\vec{b}_2 + l\vec{b}_3$$

Здесь h, k, l – индексы Миллера.

Задачи

- 5.1 Длина ребра куба в кристалле алмаза составляет 0,365 нм. Найдите расстояние между двумя ближайшими соседними атомами.
- 5.2 Определите число атомов в элементарной кубической, кубической гранецентрированной, кубической объемноцентрированной решетке..
- 5.3 Постоянная кристаллической решетки кремния 0,357 нм, определите величину концентрации валентных электронов
- 5.4 Определите число атомов, приходящихся на 1 см² в плоскостях (100), (110), (111).
- 5.5 Пусть точкам пересечения некоторой плоскости в кристалле соответствуют числа 2,1,4. Каковы при этом значения индексов Миллера.

Тема 6. Зонная структура полупроводников

Цель занятия: изучение зонной энергетической модели полупроводниковых материалов

Краткая теория

Энергетический спектр электронов в кристалле имеет зонный характер. Уравнение Шредингера решают при циклических граничных условиях.

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - u) \Psi = 0 \quad (6.1)$$

Решение этого уравнения по Блоку можно записать в виде

$$\psi(x) = u_1(x) e^{ikx} \quad (6.2)$$

где $u_1(x)$ - периодическая функция, период которой совпадает с периодом потенциала $u(x)$, т.е. равен d ($d=a+b$, где a - ширина потенциальной ямы; b - ширина потенциального барьера согласно модели Кронига-Пенни).

Потолки разрешенных зон наблюдаются при условии:

$$k = \frac{n\pi}{a}, \quad (6.3)$$

где $n=1,2,3\dots$

Собственные значения энергии электрона должны быть периодическими функциями волнового вектора k

$$E(k_x) = E(k_x \pm n2\pi/a_x). \quad (6.4)$$

Задачи

6.1 Определите число дискретных уровней в кубическом кристалле с размером грани 1 см, полагая межатомное расстояние 0,02 нм.

6.2 Определить число энергетических уровней в каждой зоне для вещества объемом 1 см³ с параметров решетки 0,25 нм.

6.3 Постройте качественно зонные энергетические диаграммы железа, германия и фтора.

6.4 Найти выражение для оценки радиуса сферы Ферми в обратном пространстве для решетки, содержащей N атомов с Z валентных электронов.

Тема 7. Собственная концентрация носителей заряда в полупроводниках

Цель занятия: изучение методов расчета носителей заряда в собственных полупроводниках

Краткая теория

Положение уровня Ферми в собственном полупроводнике

$$E_F = \frac{E_C - E_V}{2} + kT \ln\left(\frac{m_p}{m_n}\right)^{3/4} \quad (7.1)$$

Собственная концентрация носителей заряда в полупроводнике

$$n_i = p_i = 2 \frac{(2\pi \sqrt{m_n m_p} kT)^{3/2}}{h^3} e^{-\frac{E_g}{2kT}} \quad (7.2)$$

Эффективная плотность состояний в зоне проводимости

$$N_c = 2 \left(\frac{2\pi \cdot m_n^* kT}{h^2} \right)^{3/2} \quad (7.3)$$

Эффективная плотность состояний в валентной зоне

$$N_v = 2 \left(\frac{2\pi \cdot m_p^* kT}{h^2} \right)^{3/2} \quad (7.4)$$

Задачи

7.1 Образец кремния находится при температуре 300 К. Найдите удельное электрическое сопротивление, если известно, что $n_i = 6,7 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$, $\mu_n = 1200 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$, $\mu_p = 250 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

7.2 Вычислите вероятность нахождения электронов на уровнях $E_f + 0,1 \text{ эВ}$ и $E_f - 0,1 \text{ эВ}$ при температурах 0, 150, 300, 1000 К.

7.3 Вычислите эффективную плотность уровней N_c , N_v для кремния при комнатной температуре, считая эффективные массы носителей через массу электрона $m_n = 1,1m$, $m_p = 0,56m$.

7.4 Выведите формулу для эффективной плотности энергетических уровней в пределах зоны шириной $1,2kT$.

7.5 Получите выражение, связывающее положение собственного уровня Ферми с положением центра запрещенной зоны.

Тема 8. Концентрации носителей в донорных и акцепторных полупроводниках

Цель занятия: изучение основных принципов работы пленочных резисторов в цепях высокой частоты.

Краткая теория

Концентрации электронов в электронном полупроводнике и дырок в дырочном полупроводнике

$$n = \sqrt{N_D \frac{(2\pi m_n kT)^{3/2}}{h^3}} e^{-\frac{E_C - E_D}{2kT}},$$
$$p = \sqrt{N_A \frac{(2\pi m_p kT)^{3/2}}{h^3}} e^{-\frac{E_A}{2kT}}.$$

Положение уровня Ферми в электронном полупроводнике

$$E_F = \frac{E_c + E_d}{3} - \frac{k_B T}{2} \ln \frac{2N_c}{N_d}$$

Задачи

8.1 Имеется полупроводник р-типа. Каким будет положение уровня Ферми относительно энергии акцепторного уровня при 0 К и при некоторой температуре T_{max} ?

8.2 Образец кремния находится в состоянии термодинамического равновесия и содержит донорные примеси с концентрацией $N_d = 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Найдите температуру при которой $p = 0,1n$.

8.3 Вычислите концентрацию атомов акцепторной примеси, которая потребуется для достижения максимального удельного сопротивления кремния при $\frac{\mu_n}{\mu_p} = 2,18$, $n_i = 1,4 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$.

8.4 Имеется образец кремния, легированный атомами фосфора, причем $E_c - E_d = 0,044 \text{ эВ}$. Какова относительная доля легированной примеси при 50 и 300 К.

Тема 9. Контакт металл-полупроводник

Цель занятия: изучение физических свойств и параметров контакта металл – полупроводник.

Краткая теория

Контактная разность потенциалов, возникающая на контакте металла с полупроводником, равна

$$e\varphi_k = \Phi_m - \Phi_n \quad (9.1)$$

Глубина проникновения контактного поля в полупроводник

$$\varepsilon_0 = \sqrt{2\varepsilon_r\varepsilon_0\varphi_k/en_0} = \sqrt{2\varepsilon_r\varepsilon_0(\Phi_m - \Phi_n)/e^2n_0} \quad (9.2)$$

Емкость контакта на единицу площади, называемая барьерной емкостью, равна:

$$C = \varepsilon_r\varepsilon_0/\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_r\varepsilon_0en_0/2\varphi_k} \quad (9.3)$$

Ток j_1 , создаваемый электронами из полупроводника

$$j_1 = \frac{1}{4}en_0v_T \exp\left(-\frac{e(u_k+u)}{kT}\right) \quad (9.4)$$

Ток j_2 , создаваемый электронами из металла

$$j_2 = \frac{1}{4}en_0v_T \exp\left(-\frac{eu_k}{kT}\right) \quad (9.5)$$

Задачи

9.1. Найти, чему равна высота потенциального барьера φ_k в диоде Шоттки электронный германий n-Ge – золото Au. Нарисовать зонную диаграмму контакта при термодинамическом равновесии. Удельное сопротивление полупроводника $\rho = 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

9.2. Рассчитать, чему равна ширина области обеднения при внешних напряжениях $V = +0,4 \text{ В}$, $V = -2 \text{ В}$ и в равновесных условиях в диоде n-Si – Pt. Нарисовать зонную диаграмму контакта при термодинамическом равновесии.

9.3. Для барьера Шоттки электронный арсенид галлия – золото GaAs – Au рассчитать, чему равно максимальное электрическое поле E в области пространственного заряда при внешних напряжениях $V = +0,3$ В, $V = 0$ В и $V = 100$ В. $N_D = 1016$ см⁻³.

9.4. Чему равны электрическое поле E и потенциал φ в барьере Шоттки n-Si – Au при напряжении $V = -5$ В на расстоянии $z = 1,2$ мкм от границы раздела кремний – золото. $\rho = 10$ Ом·см.

9.5. Найти, чему равны плотности тока j в барьере Шоттки n-GaAs – Pt при внешнем напряжении $V = +0,5$ В и $V = -5$ В. Чем обусловлены эти токи? $\rho = 50$ Ом·см.

Тема 10. Электронно-дырочный переход

Цель занятия: изучение физических свойств и параметров электронно-дырочного перехода.

Краткая теория

Контактная разность потенциалов на электронно-дырочном переходе

$$e\varphi_k = E_g - kT \ln \frac{N_o}{N_a} - kT \ln \frac{N_c}{N_d} \quad (10.1)$$

$$e\varphi_k = kT \ln \frac{n_n p_p}{n_i^2}$$

Концентрации основных и неосновных носителей заряда:

$$p_n = p_p e^{-e\varphi_k / kT}; n_p = n_n e^{-e\varphi_k / kT}. \quad (10.2)$$

Слой пространственного заряда p-n - перехода:

$$W_0 = \sqrt{\frac{2\varepsilon_r \varepsilon_0}{e} \varphi_k \frac{n_n + p_p}{n_n p_p}} \quad (10.3)$$

Барьерная емкость, может быть определена по формуле

$$C = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0}{\xi_0} = \sqrt{\frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 e}{2\varphi_k} \frac{n_n p_p}{n_n + p_p}} \quad (10.4)$$

ВАХ тонкого p-n перехода описывается уравнением вида

$$J = e \left(\frac{D_n n_p}{L_n} + \frac{D_p n_n}{L_p} \right) \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right) = J_s \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right) \quad (10.5)$$

где плотность тока насыщения

$$J_s = J_{sn} + J_{sp} = \frac{e D_p n_n}{L_p} + \frac{e D_n n_p}{L_n} = e n_i^2 \left(\frac{D_p}{L_p n_n} + \frac{D_n}{L_n n_p} \right) = e \left(\frac{n_p L_n}{\tau_n} + \frac{n_n L_p}{\tau_p} \right)$$

Задачи

10.1. Рассчитать высоту потенциального барьера ϕ_k в р-п переходе n-Ge – р-Ge с объемным сопротивлением $\rho = 2 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Как изменится высота потенциального барьера на границе при изменении напряжения от $V = +0,15 \text{ В}$ до $V = 5 \text{ В}$. Нарисовать зонные диаграммы.

10.2. Найти максимальное электрическое поле E и ширину областей пространственного заряда W_n и W_p в электронном и дырочном германии для р-п перехода в равновесных условиях. $\rho_n = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, $\rho_p = 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

10.3. Как изменится величина и направление электрического поля в р-п переходе n-Si – р-Si с $\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ при изменении внешнего напряжения с прямого $V = +0,4 \text{ В}$ на обратное $V = -2 \text{ В}$ на расстоянии $z = +0,2 \text{ мкм}$ от границы раздела электронного и дырочного полупроводников.

10.4. Рассчитать изменение потенциального барьера $\phi(z)$ вглубь полупроводников в р-п+ переходе n+-Si – р-Si при напряжении $V = -1 \text{ В}$ с шагом $\Delta z = 0,1 \text{ мкм}$. $\rho_n = 0,001 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, $\rho_p = 4,5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Нарисовать зонную диаграмму.

10.5 Рассчитать величину тока I в кремниевом р-п переходе при внешнем напряжении $V = +0,5 \text{ В}$ и $V = -0,5 \text{ В}$. Уровни легирования: $N_A = 10^{16} \text{ см}^{-3}$, $N_D = 10^{14} \text{ см}^{-3}$, площадь $S = 1 \text{ мм}^2$.

10.6. Рассчитать и построить зонную диаграмму гетероперехода n-Ge – р-GaAs. $N_{D,A} = 10^{16} \text{ см}^{-3}$.

Тема 11. Неравновесные носители заряда

Цель занятия: изучение основных принципов расчета и проектирования гребенчатых конденсаторов.

Краткая теория

Уравнение непрерывности для электронов

$$\frac{\partial n}{\partial t} = G - \frac{\partial I_n}{\partial x} - \frac{n - n_0}{\tau_n} \quad (11.1)$$

Для дырок существует аналогичное уравнение с заменой индексов n на p .

Полный ток электронов и дырок складывается из диффузионного и дрейфового токов:

$$\begin{aligned} J_n &= J_{n\partial p} + J_{n\partial u\phi} = en\mu_n\varepsilon + eD_n \frac{dn}{dx} \\ J_p &= J_{p\partial p} + J_{p\partial u\phi} = en\mu_p\varepsilon + eD_p \frac{dn}{dx} \end{aligned} \quad (11.2)$$

Задачи

11.1. В образце p -Si, находящемся при $T = 300$ К, распределение примеси вдоль оси x : $N_a(x) = Ne^{-\frac{x}{x_0}}$, где $x_0 = 0,5$ мкм. Считая $p(x) = N_A(x)$, вычислить напряженность внутреннего электрического поля E_i и плотности диффузионного и дрейфового токов дырок в зависимости от N . Считать $D_p = 10 \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ и $\mu_p = 400 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

11.2. Образец n -Si с удельным сопротивлением $0,6 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ содержит $N_t = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ центров генерации–рекомбинации, расположенных на уровне Ферми для материала с собственной проводимостью. Сечения захвата носителей заряда $\sigma_t = 10\text{--}15 \text{ см}^2$, тепловая скорость $v_t = 10^7 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$.

1) Вычислить скорость генерации, если область обеднена подвижными носителями заряда;

2) Вычислить скорость генерации в области, где только концентрация неосновных носителей заряда снижена по сравнению с равновесным значением.

11.3 Процесс инжекции носителей заряда приводит к разделению квазиуровней Ферми, относящихся к электронам и дыркам. Покажите, что при нарушении термодинамического равновесия произведение концентрации носителей остается тем же, что и в равновесном состоянии, если вместо ширины запрещенной зоны использовать параметр $E_g - (E_{fn} - E_{fp})$.

11.4 Определите положение квазиуровней Ферми, в полупроводнике, легированном акцепторной примесью с концентрацией 10^{16}см^{-3} , при комнатной температуре, если известно, что $G = 10^{18}\text{см}^3/\text{с}$, $\tau_n = 10\text{ нс}$, $n_i = 10^{10}\text{см}^{-3}$.

Тема 12. Оптическая генерация неравновесных носителей заряда

Цель занятия: изучение описания физических основ оптической генерации носителей заряда.

Краткая теория

Вероятность рекомбинации

$$R_0 = \gamma_r n_0 p_0 \quad (12.1)$$

где, γ_r - коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом рекомбинации.

Для равновесного состояния полупроводника справедливо равенство

$$G_0 = R_0$$

В случае малого уровня биполярной генерации избыточная концентрация электронов и дырок после прекращения возбуждения уменьшается по экспоненциальному закону и за время τ .

В случае малого уровня возбуждения скорость рекомбинации зависит от Δn по квадратичному закону.

Задачи

12.1 Свет падает на образец кремния, легированный донорами с концентрацией $N_D = 10^{16} \text{ см}^{-3}$. При этом генерируется $10^{21} \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$ электронно-дырочных пар. Генерация происходит равномерно по образцу. Имеется 10^{15} см^{-3} центров генерации-рекомбинации с энергией $E_t = E_i$, поперечные сечения захвата электронов и дырок равны 10^{-14} см^2 . Рассчитать:

- 1) установившиеся концентрации электронов и дырок после включения света,
- 2) время релаксации системы после выключения света τ_p и время жизни τ_0 .

12.2 Образец арсенида галлия GaAs подвергается внешнему воздействию, в результате которого генерируется $10^{20} \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$ электронно-дырочных пар. Уровень легирования $N_D = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, время жизни $\tau_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ с}$, $T = 300 \text{ К}$.

Вычислить:

- 1) коэффициент рекомбинации;
- 2) избыточную концентрацию неосновных носителей заряда.

12.3 Вычислить относительное изменение проводимости $\Delta\sigma/\sigma_0$ при стационарном освещении с интенсивностью $I = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ в германии. Коэффициент поглощения $\gamma = 100 \text{ см}^{-1}$, толщина образца много меньше γ^{-1} . Рекомбинация происходит на простых дефектах, время жизни $\tau_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$, равновесная концентрация электронов $n_0 = 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Тема 13. Термоэлектронная эмиссия

Цель занятия: изучение физических принципов осуществления термоэлектронной эмиссии.

Краткая теория

Плотность термоэлектронного тока

$$J = AT^2 \exp\left(\frac{-\Phi_M}{kT}\right) \quad (13.1)$$

где $A = \frac{4\pi e m_0 k^2}{(2\pi\hbar)^3}$

Аналогичную формулу можно привести и для электрона в полупроводнике. Однако в этом случае Φ_M и Φ_P есть разница между покоящимся электроном в вакууме вблизи твердого тела и уровнем Ферми.

Рост электронного тока эмиссии под действием внешнего электрического поля вследствие снижения работы выхода электрона из твердого тела (понижения потенциального барьера) $\phi E = \phi_a - \Delta\phi_{ш}$ называется *эффектом Шоттки*. Снижение работы выхода можно оценить из соотношения:

$$e\Delta\phi_{ш} [\text{эВ}] = e^{3/2} E^{1/2} \quad (13.2)$$

Задачи

13.1 Найти плотность тока термоэмиссии вольфрамового катода при температуре его плавления 3400.

13.2 Какое напряжение нужно приложить к плоскому диоду с катодом из вольфрама для того, чтобы ток, текущий через диод, достиг насыщения? Температура катода равна $T = 3200^\circ\text{C}$, расстояние между катодом и анодом составляет $d = 5$ мм.

13.3 Какое электрическое поле надо создать около катода для того, чтобы снизить работу выхода электронов из вольфрама за счёт эффекта Шоттки на 1%?

13.4 Вычислить среднюю энергию термоэлектронов, эмитированных из танталового катода при плотности тока эмиссии $j_T = 0,2$ А/см².

13.5 Найти плотность тока термоэмиссии для танталового катода при температуре его плавления 3000 К.

Тема 14. Автоэлектронная эмиссия

Цель занятия: изучение физических принципов осуществления автоэлектронной эмиссии.

Краткая теория

Коэффициент прохождения барьера зависит от энергии электрона W_x в потенциальной яме глубины U_0

$$D(W_x) = \exp \left[-\frac{8\pi\sqrt{2m_e}}{3\hbar e} \cdot \left(\frac{U_0 - W_x}{E^{2/3}} \right)^{3/2} \cdot \theta(\zeta) \right]$$

Плотность тока автоэлектронной эмиссии можно описать формулой Фаулера-Нордгейма:

$$j_{AE} \left[\frac{\text{А}}{\text{см}^2} \right] = B_0 \cdot \frac{E^2}{e\varphi_a} \cdot \exp \left(-\frac{(e\varphi_a)^{3/2} \theta(\Delta\varphi_{\text{ш}} / \varphi_a)}{E / E_0} \right)$$

Задачи

14.1 Найти коэффициент прозрачности барьера на границе металл - вакуум для молибдена, если постоянная Ричардсона $A = 55 \text{ А}/(\text{см}^2\text{К}^2)$, а температурный коэффициент работы выхода $\alpha = 7,8 \cdot 10^{-5} \text{ эВ}/\text{К}$.

14.2 Считая прозрачность барьера для электронов на границе металл - вакуум (вольфрам) равной $D = 0,4$, найти температурный коэффициент работы выхода и постоянную Ричардсона. Работа выхода, измеренная при $T = 320^\circ\text{С}$ по фотоэмиссии, $\phi_0 = 4,52 \text{ эВ}$; для термоэмиссии при эмиссионной температуре $4,50 \text{ эВ}$.

14.3 Пользуясь формулой Нордгейма для плотности тока полевой эмиссии, найти соотношение плотностей тока полевой эмиссии при следующих значениях напряженности электрического поля на катоде: $E_1 = 2 \cdot 10^7$ В/см и $E_2 = 4 \cdot 10^7$ В/см. Катод вольфрамовый.

14.4 Оценить среднюю плотность тока автоэлектронной эмиссии холодного «щётчного» катода из вольфрамовых иголок, если напряжённость электрического поля у острия равна $E = 6 \cdot 10^7$ В/см, эффективная площадь острия $S_0 = 1,0 \cdot 10^{-4}$ мм², а число иголок, приходящихся на 1 см² поверхности холодного «щётчного» катода равна $N = 200$.

Тема 15. Фотоэлектронная эмиссия

Цель занятия: изучение физических принципов осуществления фотоэлектронной эмиссии.

Краткая теория

Плотность фототока, определяемая зависимостью Фаулера

$$j_{\neq} \sim \begin{cases} A_0 T^2 \exp\left(\frac{h\nu - h\nu_0}{kT}\right), & \nu \leq \nu_0 = e\phi_a / h; \\ \frac{A_0 T^2}{2} \left(\frac{(h\nu - h\nu_0)^2}{k^2 T^2} + \frac{\pi^2}{3} \right), & \nu > \nu_0. \end{cases}$$

Задачи

15.1 С какой максимальной скоростью электроны покидают оксидно-бариевый катод (работа выхода $e\phi_a = 1,5$ эВ) при облучении его зеленым светом ($\lambda = 5000$ Å) и ультрафиолетовым излучением с длиной волны $\lambda = 2000$ Å? Температуру фотокатода считать равной нулю.

15.2 На какую величину изменится граничная частота появления фотоэлектронов с кислородно-цезиевого фотокатода, работа выхода электронов из которого равна $\phi_a = 0,72$ эВ, если к катоду приложить ускоряющее электроны электрическое поле напряжённостью $E = 1,0$ кВ/см?

15.3 Ультрафиолетовое излучение с длиной волны $\lambda = 2500$ Å падает на поверхность чистого вольфрама. Найти максимальную скорость фотоэлектронов. Как изменится их скорость, если на поверхности вольфрама образуется пленка цезия?

15.4 Фотокатод облучался светом с длиной волны $\lambda = 2400$ Å. Вольфрамовый катод был покрыт цезием, работа выхода электронов из которого равна $\phi_a = 1,36$ эВ. Анод изготовлен из циркония (работа выхода электронов $\phi_a = 4,15$ эВ) и был нагрет до температуры, не допускающей конденсации паров цезия. Какую разность потенциалов U необходимо было приложить между катодом и анодом для того, чтобы ток фотоэлектронов стал нулевым?

Тема 16. Транзисторы на основе МДП структур

Цель занятия: изучение параметров и характеристик МДП-транзисторов

Краткая теория

Удельная проводимость n канала

$$\sigma = \mu_n q N_d$$

Напряжение отсечки

$$U_{отс} = q N_d a^2 / 2 \epsilon \epsilon_0,$$

Крутизна транзистора в области насыщения

$$S = \mu_n C_s U_{сн} / I^2,$$

Ток стока определяется по формуле

$$I_c = \frac{Z}{L} \mu_p C_0 \left[(U_g - U_{\text{пер}}) U_c - \frac{1}{2} U_c^2 \right]$$

Пороговое напряжение МДП- транзистора

$$U_{\text{пор}} = \Phi_{\text{МП}} - \frac{Q_{\text{н}}}{\epsilon_{\text{окс}}} + U_S - \frac{Q_B}{C_0}$$

Задачи:

16.1 Удельная проводимость канала n-типа полевого транзистора $\sigma = 20,9$ Ом/м и ширина канала $\omega = 6$ мкм при напряжении "затвор – исток", равным нулю.

- Найти напряжение отсечки $U_{\text{отс}}$ считая, что подвижность электронов $\mu_n = 0,13$ м²/(В·с), а относительная диэлектрическая проницаемость кремния $\epsilon = 12$.

- При напряжении затвора, равном нулю, сопротивление "сток – исток" равно 50 Ом. При каком напряжении затвора сопротивление "сток – исток" станет равным 200 Ом?

16.2 В МДП-транзисторе с каналом n-типа ширина затвора 0,8 мм, длина канала $l = 5$ мкм, толщина (оксидного) слоя диэлектрической изоляции $d = 150$ нм, подвижность электронов в канале $\mu_n = 0,02$ м²/(В·с), относительная диэлектрическая проницаемость оксидной пленки $\epsilon = 3,7$, напряжение "сток – исток" в пологой части характеристики (при насыщении) $U_{\text{си}} = 8$ В. Определить крутизну прибора в области насыщения.

16.3 Полевой МОП-транзистор с каналом p-типа работает в режиме обогащения и имеет следующие параметры: ширина и длина затвора $Z = W = 50$ мкм; длина канала $L = 5$ мкм; толщина слоя окисла $x = 0,1$ мкм; пороговое напряжение $U_{\text{пор}} = -1$ В; $\epsilon = 4$; $\mu_n = 190$ см²·В⁻¹·с⁻¹. Вычислите ток $I_{\text{си}}$, сопротивление канала $r_c = 1 / g_c$ и крутизну S , если прибор работает в линейном режиме.

16.4 Вычислите пороговое напряжение МОП-транзистора с каналом р-типа и ориентацией поверхности кристалла (111). Транзистор имеет алюминиевый затвор, толщина оксидного слоя 120 нм, концентрация легирующей примеси в подложке $3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Первоначальная концентрация 10^{15} см^{-3} .

Тема 17. Элементная база интегральных схем

Цель занятия: изучение методов расчета и структурных особенностей компонентов интегральных схем

Краткая теория

Минимальная эффективная ширина резистора, определяемая технологическими ограничениями

$$b_{\text{эфф}0} = b_{\text{min}} + 2(\Delta b_{\text{c}} + \Delta b_{\text{c}})$$

Минимальная ширина резистора, определяемая рассеиваемой мощностью

$$b_{\text{эфф}m} = 2\Delta b_{\text{c}} / \left(\frac{\Delta R}{R} - \frac{2\Delta b_{\text{c}}}{l} - \frac{\Delta R_{\text{c}}}{R_{\text{c}}} \right)$$

Минимальная ширина резистора, определяемая точностью

$$b_{\text{эфф}p} = \sqrt{R_{\text{c}}p / Rp_0}$$

Сопротивление пинч-резистора

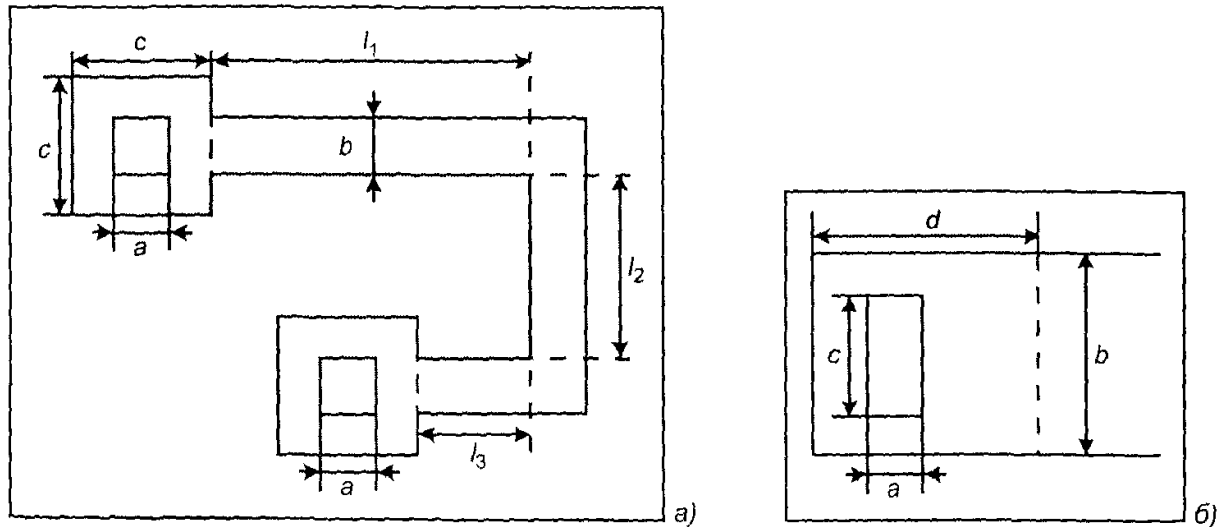
$$R_{\text{cp}} = \frac{R_{\text{c}}l}{b}$$

Удельная емкость определяется по формуле

$$C_{0/l} = \epsilon_{\text{rl}}\epsilon_0 / d_{\text{rl}}$$

Задачи:

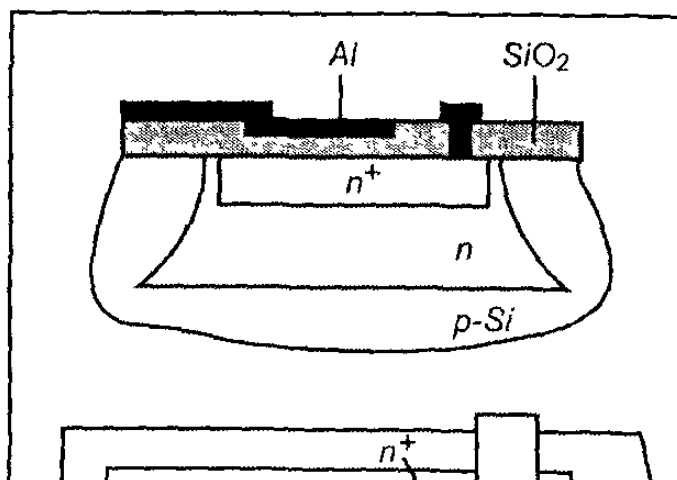
17.1 Рассчитать геометрические размеры диффузионных резисторов с сопротивлением 1,5 кОм, с контактными площадками, показанными на рисунке.



17.2 Рассчитать длину пинч-резистора с сопротивлением 200 кОм при напряжении на клеммах равном нулю.

17.3 Рассчитать геометрические размеры квадратного конденсатора емкостью 55 пФ при напряжении на переходе 0 В и напряжении пробоя более 30 В.

17.4 Рассчитать удельную емкость, пороговое напряжение и напряжение пробоя конденсатора, показанного на рисунке.



Тема 18. Легирование в структурах микроэлектроники

Тема 18. Легирование в структурах микроэлектроники

Цель занятия: изучение методов расчета параметров легирования в структурах микроэлектроники

Краткая теория

Толщина окисла кремния при сухом окислении

$$d_{ок}^2 = 21,2t \cdot e^{-\frac{1,33(эВ)}{kT}}$$

Толщина окисла при окислении во влажном кислороде

$$d_{ок}^2 = 7,26t \cdot e^{-\frac{0,8(эВ)}{kT}}$$

При загонке профиль концентрации примеси определяется выражением

$$N(x) = N_0 \cdot \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$$

При разгонке профиль концентрации примеси определяется выражением

$$N = N_0(t) e^{-\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)^2} = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} e^{-\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)^2}$$

Для определения дозы при ионной имплантации можно воспользоваться формулой

$$Q_{\text{фосфора}} = N_{\text{ср}} \cdot \frac{d_j}{k_{\text{фосфора}}} (\text{см}^{-2})$$

Задачи:

18.1 Определить режимы окисления, загонки и разгонки примесей (бор и фосфор) при изготовлении биполярного транзистора $n^+ - p - n$ на кремнии, для которого заданы следующие параметры: глубина залегания эмиттерного перехода, глубина залегания коллекторного перехода, поверхностная концентрация при эмиттерной и коллекторной диффузии, концентрация примеси в исходном кремнии, толщина окисла при маскировании.

18.2 Определить режимы имплантации: энергии ионов, дозы имплантации и длительности процессов для ионов бора и фосфора при формировании биполярного транзистора со структурой $n^+ - p - n$ на кремнии, для которого заданы следующие параметры: глубина залегания эмиттера и коллектора, средняя концентрация в эмиттере и в базе, концентрация примеси в исходном материале.

Список литературы

1. Дробот, П.Н. Нанoeлектроника : учебное пособие / П.Н. Дробот ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : ТУСУР, 2016. - 286 с. : ил.,табл., схем. - Библиогр.: с.261-275.; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480771>;
2. Нанотехнологии в электронике-3.1 / под ред. Ю.А. Чаплыгина. - Москва : Техносфера, 2016. - 480 с. : ил., табл., схем. - (Мир электроники). - ISBN 978-5-94836-423-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444856>
3. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : [учеб. пособие] : в 2 т. / [под ред. Ю. Н. Коркишко], Т.2, Технологические аспекты / [М. В. Акуленок, В. М. Андреев, Д. Г. Громов и др.]. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 252 с. : ил. – (Нанотехнологии). – Библиогр.: с. 243-248. – ISBN 978-5-9963-0336-6;
4. Парфенова, Е. Л. Физические основы микро- и наноэлектроники : учебное пособие / Е.Л. Парфенова, Л.А. Терентьева, М.Г. Хусаинов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2012. – 234, [1] с. : ил. ; 21. – (Высшее образование). – Гриф: Рек. УМО. – Библиогр.: с. 231 (13 назв.). – ISBN 978-5-222-19617-5.
5. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике : [монография] / отв. ред. А. Л. Асеев ; Российская акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т физики полупроводников. – Новосибирск : Изд.-во СО РАН, 2004. – 368 с. – ISBN 5-7692-0680-2;
6. Нанотехнологии в электронике : [монография] / под ред. Ю. А. Чаплыгина. – М. : Техносфера, 2005. – 448 с. : ил. – Библиогр.: с. 440-443. – ISBN 5-94836-059-8;

7. Рембеза, С. И. (Северо-Кавказский федеральный университет).
Физические основы и свойства низкоразмерных структур : учеб. пособие :
Направление подготовки 210100.68 – Электроника и наноэлектроника.
Магистратура / С. И. Рембеза, Д. П. Валюхов ; Сев.-Кав. федер. ун-т. –
Ставрополь : СКФУ, 2014. – 106 с. : ил. – Библиогр.: с. 103.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И
НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»
для студентов направления подготовки
11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
Направленность (профиль)
«Интеллектуальные программируемые системы и устройства»

Ставрополь
2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные мотивы самостоятельной работы студентов
2. Способы самостоятельной работы при чтении учебной и научной литературы
3. Формы ведения записей
4. Форма проведения и подготовки к лекциям
5. Пояснительная записка
6. План график выполнения СРС по дисциплине
7. Методические указания для подготовки к практическим занятиям
8. Методические указания к выполнению письменного обзора
9. Список тем индивидуальных заданий для письменного обзора
10. Вопросы для самопроверки
11. Рекомендуемая литература
12. Приложение 1

1. Основные мотивы самостоятельной работы студентов

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор – подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности. Среди внутренних факторов, способствующих активизации самостоятельной работы выделяют следующие:

1. *Полезность* выполняемой работ заключается в том, что результаты самостоятельной работы могут быть использованы на семинарских и практических занятиях, лабораторном практикуме, при подготовке публикации. Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин, которые затем войдут в его выпускную квалификационную работу.
2. *Творческая деятельность*. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на той или иной кафедре.
3. *Участие* в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсам научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.
4. *Участие* в научно – практических конференциях.
5. *Подготовка публикаций* для сборников тезисов и докладов научно-практических конференций, журналов, учебных пособий и т.д.
6. *Участие в грантовых конкурсах*.

2. Способы самостоятельной работы при чтении учебной и научной литературы

При остром недостатке времени у студентов встает вопрос об оптимизации обучения, то есть такой организации учебного процесса, которая обеспечила бы условия для продуктивного самообучения и самовоспитания. Важнейшую роль здесь играет овладение способами самостоятельной работы. Речь идет о том, чтобы прежде всего научиться рациональному использованию времени при работе с книгой.

В этом особенно нуждаются первокурсники, которые еще недостаточно владеют навыками умственной деятельности, обеспечивающей успешное обучение.

Начинать самостоятельные занятия следует с первых же дней учебы в вузе. Первые дни семестра важны, чтобы включиться в работу, установить определенный равномерный ритм на весь семестр. Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься самостоятельно по 4-5 часов ежедневно, кроме выходных дней.

Под ритмом работы понимают ежедневные занятия в одни и те же часы, при чередовании их с перерывами для отдыха. Вначале для организации ритмичной работы требуется сознательное напряжение воли, затем принуждение снимается, возникает привычка и работа становится потребностью.

Ритмичная работа позволяет студенту заниматься много, не уставая, не снижая производительности и не перегружая себя. Для этого необходимо:

- Сменять один вид работы другим, что позволяет сохранять высокую работоспособность, поскольку при однообразных видах занятий человек утомляется больше, чем при работе разного характера.

- Заниматься несколькими предметами в один и тот же день не всегда целесообразно, поскольку при каждом переходе нужно вновь концентрировать внимание и затрачивать время.
- Умение сосредотачиваться – необходимое условие для умственного труда, иначе работа оказывается малопродуктивной и даже бесполезной.
- Начинать занятия немедленно, как только сел за стол. Следует начинать с уверенностью, что вскоре придет сосредоточенное состояние, но если внимание наступает не сразу или нарушается на время, нужно выяснить и устранить причины этого.
- Нужно научиться не прерывать внимания, пока читаемое не получит логического завершения, пока не будет пройден какой либо этап. Нередко внимание отвлекается посторонними мыслями, которые во время занятий следует решительно отгонять. Перерыв в занятиях следует приурочить к концу изучения параграфа, раздела или главы книги, та как в этом случае не будет потери времени при возобновлении работы. Умение сосредоточиться, углубиться в работу приобретается в результате практики, создающей определенные навыки.
- Повысить производительность умственного труда может порядок на рабочем месте и обстановка, благоприятствующая работе.

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в **изучении литературы**. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Поэтому надо научиться делать эту работу рационально, то есть необходимо учиться читать.

Как работать с учебной и научной книгой

Методы эффективной работы с книгой в целях развития интеллекта можно условно разделить на две группы:

1. Правильная организация процесса чтения
2. Повышение скорости чтения и восприятия.

В комплексе оба метода могут в 2-3 раза сократить время прочтения различных материалов.

При чтении текста мозг формирует «свою трактовку содержания» прочитанного. Происходит перекодирование сообщения на языке собственных мыслей читателя. Мозг выделяет «ядерное», сущностное значение из текста. Эффективность такой перекодировки зависит от осмысления и внимательности чтения.

Как показали эксперименты, знание и умелое применение некоторых упражнений дают возможность извлекать «ядерное» значение в тексте быстро и надежно. Эти упражнения основаны на использовании дифференциального алгоритма чтения. Центральное место в этом алгоритме занимает «блок доминанта». Это слово в переводе с латинского языка означает «господствующий, основной, главный». Что же такое доминанта применительно к тексту?

Доминанта – главная смысловая часть текста. Она выражается своими словами, на языке собственных мыслей, является результатом переработки текста, его осмысления в соответствии с индивидуальными особенностями читателя, выявления основного замысла автора.

Дифференциальный алгоритм чтения в соответствии с блоками позволяет реализовать логико-семантический анализ текста: вначале выделить ключевые слова, затем построить смысловые ряды и, наконец, выделив цепь знаний, сформулировать доминанту. Именно так и только так можно увидеть главное, действительно, проникнуть в суть вещей, явлений, излагаемых автором.

Возможны три основных способа чтения.

- Первый способ – артикуляция или проговаривание вслух (или почти вслух) того, что читаешь. Скорость такого чтения невелика.
- Второй способ – чтение про себя, при котором речевой процесс проявлен в форме внутренней речи, то есть без открытой артикуляции. Текст, при этом усваивается более эффективно. Способ в принципе допускает быстрое чтение.
- Третий, наиболее совершенный способ чтения – тоже молча, но в условиях максимального сжатия внутренней речи, при котором она проявляется в виде коротких залпов ключевых слов и смысловых рядов, адекватно отражающих смысл текста.

Итак, артикуляция замедляет процесс чтения и от нее необходимо избавиться. Однако не приведет ли сокращение артикуляции при повышении скорости чтения к снижению качества восприятия и осмысления полученной информации?

Как показали исследования психологов, иногда при чтении слова могут быть заменены наглядными представлениями, пространственными схемами. Целые группы слов – одним словом.

Быстро читающие люди обладают способностью, не проговаривая читаемый текст, сразу улавливать и фиксировать замысел автора, а затем усваивать его на уровне внутренней речи. В этом случае, несмотря на высокую скорость чтения, происходит глубокое понимание и усвоение прочитанного, так как основная идея понятна с самого начала. Задачу научиться такому чтению можно решать в два этапа. Первый предполагает сокращение артикуляции, если она ярко выражена, второй – овладение приемами чтения, при которых текст воспринимается крупными информационными блоками.

Как известно, людей по способу восприятия и переработки информации делят на три типа: зрительный, слуховой и кинестетический.

Люди зрительного типа при чтении используют код наглядных образов, тогда как люди слухового типа применяют менее производительный код речедвижений. Наблюдения за людьми, читающими быстро, показывают, что они, как правило, относятся к зрительному типу.

Направленным обучением можно практически любого здорового человека научить в процессе чтения использовать код наглядных зрительных образов при соответствующем сокращении артикуляции.

Приводим следующие рекомендации по работе с книгой.

- В тексте всегда есть элементы, нахождение и использование которых позволяет извлечь требуемую информацию наиболее быстро. Например, при чтении учебника в первую очередь отыскивается наиболее важная информация данной главы, параграфа, а она часто следует после слов: в итоге, в результате, выводы и т.д.
- Попробуйте в процессе чтения мысленно заглянуть вперед, представить себе, о чем будет идти речь, к какому выводу придет автор, как далее будет строиться изложение и т.д. например, если описывается одна сторона явления, то, очевидно, далее будет описана и другая и т.д. Это позволяет предварительно подготовиться к последующей информации.
- Хорошим упражнением по развитию навыков «предвидения» является остановка чтения в момент, когда, по вашему мнению, заканчивается какая-то часть текста. Попытайтесь предугадать содержание следующей части.
- До начала чтения текста важно собрать о нем как можно больше информации, чтобы точнее представить, что можно получить из данного текста и как лучше работать с ним. Это помогут сделать название, автор, издательство, аннотация, оглавление, предисловие и заключение. Предварительное ознакомление с книгой перед настоящим чтением позволяет сберечь время и труд.

Как правило, предисловие пишется крупным специалистом в данной области, и поэтому излагаемая проблема показывается как бы целиком, в общем плане, без подробностей. А это позволяет лучше сориентироваться, начинать чтение, зная основную цель автора.

- Перед углубленным чтением любого текста (статьи, книги, конспекта, лекции перед экзаменом) сначала бегло просмотрите его целиком. При этом постарайтесь выявить основные стержневые идеи, наиболее крупные части и логику их изложения. Лишь после такого просмотра переходите к более детальному чтению.
- Перед чтением статьи или параграфа учебника попробуйте проделать следующее: прочитайте внимательно первый абзац, потом бегло просмотрите первые или последние фразы следующих абзацев (в них обычно содержится основная информация), обратите внимание на курсивы, разрядки, подзаголовочный текст и, наконец, внимательно прочтите один-два последних абзаца; постарайтесь выявить основное направление текста и его построение.
- Прочитав в тексте интересную идею, полезно остановить свое внимание на ней, прислушаться к тем мыслям, которые она у вас вызвала, подумать о тех последствиях, которые из нее вытекают, попытаться развивать ее дальше.
- Существенно замедляют чтение регрессии – частые возвратные движения глаз, многократное повторное прочитывание материала. Возвратиться к уже прочитанному, но недостаточно хорошо понятому участку лучше всего, когда прочитан законченный смысловой фрагмент текста и сделана хотя бы попытка его осмысления, а не в процессе чтения предложения.
- Любой текст не однороден по своей информационной насыщенности. В некоторых предложениях, абзацах сконцентрировано очень много информации, например, формулируются основные положения, ведущие идеи и т.д., а другие

служат лишь иллюстрацией, фоном. Таким образом, текст имеет «смысловой рельеф». Чем точнее читатель умеет определить степень важности каждого отрезка текста и приспособить к «смысловому барьеру» способ своего чтения (то есть замедлить и углубить в более важных местах и ускорять в менее важных), тем продуктивнее чтение. Постарайтесь гибко варьировать способ работы с текстом в соответствии с его «смысловым барьером».

- Чтобы чтение было эффективным, попробуйте по прочитанному всегда отвечать на 6 вопросов: *«Кто делает? Что делает? Когда? Почему? Где? Как?»*

Большое значение при чтении учебной и научной литературы имеет умение запоминать прочитанный материал, а для этого необходимо тренировать память. Существуют приемы, позволяющие тренировать память, которыми необходимо овладеть, что позволит повысить эффективность работы с учебной и научной литературой.

Тренировка памяти. В учебной деятельности важно не только, и не столько быстро читать, но и усваивать материал, сохранять в памяти. Память прекрасно тренируема и управляема. Однако прежде чем ее развивать, подумайте, какая именно память вам нужна: на идеи, на логику изложения материала, на схемы и формулы. Это разные виды памяти и развивать их надо по-разному.

Наблюдая за собой, выясните, как вам легче запомнить информацию – если вы ее видите, слышите или записываете. В дальнейшем постарайтесь так организовать работу, чтобы максимально использовать ведущий тип своей памяти.

Если у вас хорошая **зрительная память**, то хорошо запоминаются рисунки, расположение информации на странице, цвет и т.д. помогите себе, выделяя цветными карандашами отдельные места конспекта, обводя рамками, делая значки, пометки на полях, представляя зрительно отдельные аспекты текста.

При хорошей **слуховой памяти** лучше запоминается звучащая речь. Используйте эту особенность, выделяя интонацией, тембром голоса отдельные места текста, слушая его в записи на магнитофоне, рассуждая в слух и т.д.

В случае **памяти на движение** помогает повторная сокращенная запись запоминаемого материала, например выводов, основных положений текста, рисование таблиц, графиков, схем, а при выполнении лабораторных работ лучше все потрогать и проделать самому.

Наряду с использованием ведущего типа памяти, специально позаботьтесь и о развитии отстающих, так как при многих видах профессиональной деятельности они также могут потребоваться.

Использование приемов логического, осмысленного запоминания в несколько раз повышает продуктивность деятельности. Например, при запоминании лекции, глав учебников особенно действенным является основные аспекты содержания, но и запомнить логику – целесообразную связь отдельных частей материала.

Постарайтесь с первого курса развивать память на то, что непосредственно касается вашей будущей профессии. Это и основной круг идей данной отрасли знаний, и методы, и наиболее интересные факты, и фамилии ведущих специалистов области и т.д. при этом лучше не ждать, что запомнится само, а специально стараться запомнить нужное.

Вообще установка на запоминание, особенно длительное, положительно сказывается на прочности и точности сохранения материала в памяти. Прикажите себе запомнить надолго, а не так как нерадивый студент, спешно «набивающий» себе голову информацией непосредственно перед экзаменом с единственной целью – удержать выученное на один – два дня.

Любая информация запоминается лучше, если в ней намечены какие-то спорные моменты – ориентиры. И как по камушкам переходят реку, так и по этим ориентирам потом легче воспроизвести содержание. При запоминании текста выделяйте «смысловые опорные пункты», которые легко

запоминаются, но с которыми тесно связаны целые фрагменты материала. Это может быть крылатая фраза, яркая цитата, пример, идея и т.д.

Материал запоминается произвольно, то есть легко и без затраты специальных усилий, если он является целью какой-либо поисковой деятельности. Например, если вы задались вопросом и нашли ответ на то, что долго искали, или нашли подтверждение гипотезы, которую вы сами выдвинули, то это запоминается само собой. Отсюда вывод – организуйте свою деятельность так, чтобы предмет запоминался, являлся целью этой деятельности. Например, ищите, выделяйте в тексте наиболее важные его положения – и они запомнятся, делите текст на части, анализируйте связи между ними – и запомнится логика текста.

При повторении курса лекций, запоминая материал по отдельным темам или даже вопросам, не забывайте повторить связь между ними. Именно тогда в голове укладывается система знаний, которая гораздо эффективнее, чем разрозненные обрывки.

В процессе развития памяти старайтесь не использовать стихийно сложившиеся мнения, механическое зазубривание, а применяйте научно обоснованные методы сознательной и рациональной организации развития памяти и поиск новых приемов.

Предпосылкой хорошей памяти являются осознание человеком своей деятельности и разграничение информации на ту, которая решающим образом помогает скорейшему достижению своих целей, и на менее существенную информацию. Начинайте любое дело с четкой и ясной формулировки его цели; определите, какая информация может оказать решающее воздействие на ее достижение, и сконцентрируйтесь на ней.

Прочному запоминанию способствует многомодельность восприятия, то есть запоминаемый текст читается, проговаривается и прослушивается. Везде, где это возможно, постарайтесь использовать три приема (слух, зрение и чувства) обработки запоминаемой информации сразу несколько органов чувств.

Не очень осмысленную вами информацию, которую, тем не менее, надо запомнить, можно удержать с помощью ассоциативных приемов мнемотехники, суть которых в том, что новое связывается с известным не прямо, а через цепочку дополнительных промежуточных ассоциаций (помните цвета спектра – «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан»). Везде, где трудно запомнить прямо, найдите дополнительный связующий мостик. Такими «связующими» мостиками являются буквальные «узелки» на память, завязываемые многими на носовом платке. В течение дня человек неизбежно пользуется носовым платком, а там – узелок, «напоминающий», что нужно не забыть сделать определенное дело.

Память будет работать прекрасно, если наряду с имеющимися приемами вы будете придумывать все новые, адекватные различным видам информации. Если такая работа привычна для вас, то с каждым годом память будет становиться все более мощной и продуктивной.

3. Формы ведения записей

Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько **форм записей**, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи

изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование, реферирование.

1. План - наиболее краткая формой записи.. Это перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. План обычно раскрывает структуру произведения, логику автора, способствует лучшей ориентации в содержании.

Так, составленным планом можно воспользоваться, чтобы вспомнить прочитанное или быстро отыскать в книге нужное место. Представление об основных пунктах плана дает оглавление книги, поэтому во многих случаях наименования глав и разделов можно использовать в качестве пунктов. Составление плана приучает логически мыслить, вырабатывать умение сжато и последовательно излагать суть вопроса в письменной и устной форме.

Существует два способа составления плана: работа над ним по ходу чтения и составление плана после ознакомления с произведением. При этом план получается более последовательным и стройным.

Трудность составления плана состоит в том, что надо выяснить для себя, прежде всего, построение изучаемого текста, ход мыслей автора и лишь затем изложить содержание работы кратко и ясно. При всей своей краткости план дает представление о содержании прочитанного. Следует учесть, что форма плана не исключает цитирования отдельных мет и обобщений. Различают простой и развернутый план. В отличие от простого плана развернутый план не только содержит перечисление вопросов, но и раскрывает основные идеи произведения, может включать выдержки из него,

схемы, таблицы. Планом, особенно развернутым, необходимо пользоваться при написании выступления или статьи.

В целом развернутый план дает гораздо большее представление о произведении, его основных идеях, задачах, которые в нем решаются. Он может включать положения, замечания, собственные мысли студента.

Важно знать, что составление планов помогает вырабатывать способность к отвлеченному, абстрактному мышлению, но наибольшую пользу составление плана даст подготовленным лицам, которые бывают достаточно лишь взглянуть на перечень основных вопросов, чтобы воспроизвести содержание прочитанного.

2. Тезисы – более сложная и совершенная форма записи, чем составление плана.

Это сжатое изложение основных мыслей прочитанного произведения или готовящегося выступления. Особенностью тезисов является их утвердительный характер.

В них сосредотачивается самое главное, только выводы и обобщения, в них меньше доказательств, иллюстрации и пояснений. Тезисы не должны повторять дословно текст, но в ряде мест могут быть близки к нему, воспроизводя некоторые характерные выражения автора, важные для понимания хода его мыслей. Составление тезисов помогает глубже понять основные идеи произведения, выделить главное в нем; приучают сжато, точно и четко сформулировать свои мысли, повышает культуру речи и письма. При составлении тезисов учитывают следующее. Прежде всего, если произведение небольшое, необходимо внимательно изучать его в целом, если большое – изучать по главам и разделам. Затем, когда будут ясны основные идеи, кратко и последовательно излагать их в виде пунктов.

Различают простые и сложные, развернутые тезисы. Если записывают только утверждение чего – либо, такой тезис называют простым, а сложным тезисом будет выражение главной мысли, содержащее, кроме утверждения, еще и краткое ее доказательство.

Часто тезисы формулируются самим автором как выводы и обобщения в заключении книги или разделах книги. Нередко тезисы выделяются в тексте другим шрифтом.

Рекомендуется делать тезисные записи своими словами, причем можно записывать один абзац за другим, учитывая смысловую связь между ними. Но в большинстве случаев следует составлять сводный тезис, сложный по форме. При этом объединяется несколько утверждений, тесно связанных между собой.

Тезисы по содержанию очень близки к **конспекту**, но конспект носит более описательный характер, и его положения не столь категоричны, как в тезисах. Кроме того, конспект представляет собой более полную форму записи.

Следует отметить, что различие между формами записей условно, но в любой форме запись – важнейшая часть самостоятельной работы с книгой.

3. Выписки. Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата, выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Выписывать текст можно и по ходу чтения и после его завершения. В последнем случае надо замечать места, которые потом будут выписаны. Необходимо каждую выписку снабжать ссылкой на источник с указанием соответствующей страницы. Это нужно, чтобы в последствии можно было быстро найти в книге соответствующее место. Целесообразно выписывать из

текста только такие места, в которых содержится самое главное, суть вопроса. Выписки должны быть ориентированы на изучение произведения в целом, а не отдельных мест, поскольку положения, вырванные из общего контакта, понимаются нередко совсем не так, как этого хотел автор. Иначе говоря, отдельно взятые, лишенные пояснений выдержки могут быть не поняты или поняты неправильно.

Выписки бывают дословные (цитаты) и «свободные», когда мысли автора излагаются своими словами. Следует учесть, что большие отрывки, которые трудно цитировать, целесообразнее в краткой форме переложить своими словами, но «яркие» и важные места лучше выписывать дословно. Каждую цитату следует заключать в кавычки. Если ее берут из середины предложения, то после вводных кавычек ставят три точки. Ставят их и в конце цитаты, если из предложения опущены последние слова.

Следует знать, что какого-либо единого метода выписок, годного для всех случаев, не существует, поскольку у каждого человека свои особенности мышления и восприятия, свой подход к теме. Все это влияет на содержание и характер выписок.

Выписки рекомендуется хранить в картотеке, конвертах или папках, на которых следует обозначить общую тему.

4. Аннотация – еще одна форма записи, являющаяся кратким обобщением содержания книги. Ею удобно пользоваться, если имеется намерение вернуться к изучаемому произведению. Аннотация может быть необходима и для того, чтобы не забыть о нем.

Для составления аннотации надо сначала полностью прочитать и глубоко продумать произведение. При всей своей краткости аннотация может содержать отдельные фрагменты авторского текста, а не только оценку книги или статьи.

5. Резюме очень близко к аннотации. Это запись, являющаяся краткой оценкой прочитанного материала. Различие между ними состоит в том, что

аннотация сжато характеризует произведение в целом, а резюме концентрирует внимание на его выводах, главных итогах.

6. Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «*conspectus*», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – непереносимое правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь

идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В **текстуальном конспекте** сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря,

конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из другими источниками.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению **тематического конспекта** предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

Следующим методом самостоятельной работы с книгой является **реферирование** на определенную тему. Слово реферат употребляется в двух различных значениях:

1. Краткое изложение содержания книги, научной работы;

2. Доклад за заданную тему на основе критического образа литературных источников.

7. Реферат – это один из самых сложных видов самостоятельной работы с книгой, а для этого следует овладеть более простыми приемами работы – разработкой плана, составлением тезисов и конспектов. Подготовка реферата и выступление с его изложением углубляет знания, расширяет кругозор, приучает логически, творчески мыслить, развивать культуру речи.

При просмотре литературы намечается ориентировочный план реферата, в который включается обычно 3-4 основных вопроса или раздела. Каждом из разделов формулируются подвопросы, помогающие последовательно раскрыть содержание проблемы.

В процессе изучения материала формулировки подвопросов и разделов обычно уточняются. При реферировании следует делать выписки, записывать мысли, возникающие при чтении; следует также точно записывать и определения тех понятий, которые будут использованы в реферате. Из прочитанной литературы нужно заимствовать не буквальный текст, а важнейшие мысли, идеи, теоретические положения; можно цитировать небольшие отрывки, приводить диаграммы, схемы, чертежи, но главное – высказывать собственные соображения по вопросам реферата. Приведенные выше советы следует рассматривать как примерные, предполагающие и другие подходы, поскольку у каждого человека вырабатываются свои приемы и навыки составления рефератов. Большую помощь в работе над рефератом оказывают предисловия к монографиям и сборникам. В них можно найти сведения о цели издания, а также о существующих пробелах в исследовании.

При разработке плана реферата важно учитывать, чтобы каждый его пункт раскрывал одну из сторон избранной темы, а все пункты в совокупности охватывали тему целиком. Различают несколько композиционных решений реферата: во-первых, хронологическое, когда тема раскрывается в исторической последовательности; во-вторых, описательное,

при котором тема расчленяется на составные части, в целом раскрывающие определенное явление; в-третьих, аналитическое, когда тема исследуется в ее причинно-следственных связях и взаимозависимых проблемах. Важно следить за тем, чтобы каждый пункт плана был соотнесен с главной темой и не содержал повторения в других пунктах. Важными разделами реферата является вступление и заключение. Во вступлении надо обосновать актуальность темы, обозначить круг составляющих ее проблем, четко и кратко определить задачу своей работы. В заключении делаются краткие выводы, подводятся итоги. В конце реферата должен быть приложен список литературы.

В отличие от тематического конспекта реферат требует большей творческой активности, самостоятельности в обобщении изученной литературы, умения логически стройно изложить материал, оценить различные точки зрения на исследуемую проблему и высказать о ней собственное мнение. В реферате важно связать теоретические положения с практикой.

Итак, реферат – это самостоятельное произведение автора, которое должно свидетельствовать о знании литературы по данной теме, ее основной проблематике, отражать точку зрения автора реферата на эту проблематику, его умение осмысливать явления жизни на основе теоретических знаний.

При оценке реферата обычно руководствуются следующими критериями:

1. Удалось ли его автору раскрыть сущность данной проблемы;
2. Сумел ли автор показать связь рассматриваемой проблемы с жизнью;
3. Проявил ли автор самостоятельность и творческий подход в изложении реферата;
4. Можно ли считать реферат логически стройным и т.д.

4. Форма проведения и подготовки к лекциям

Основы знаний закладываются на лекциях, им принадлежит ведущая роль в учебном процессе. На лекциях дается самое важное, основное в изучаемой дисциплине. Основные задачи, стоящие перед лектором: помочь студентам понять основы и усвоить материал на самой лекции, дать указания на то, что требует наибольшего внимания, учить правильному мышлению и создавать ясное представление о методологии изучаемой науки.

Лекции являются эффективным видом занятий для формирования у студентов способности быстро воспринимать новые факты, идеи, обобщать их, а также самостоятельно мыслить.

Лектор излагает теоретический и практический материал, относящийся к основному курсу. Из большого числа монографий, учебников, сборников лектор выбирает самое главное, помогает усвоить логику рассуждений. Интонацией голоса и манерой изложения лектором подчеркивает наиболее существенное, выделяет главное и второстепенное.

Лектор может приводить наблюдения и факты из своего личного опыта, что придает материалу убедительность, повышает интерес к предмету лекции, способствует его усвоению.

Важно помнить, что лекция – это творческий процесс, в котором участвуют одновременно и лектор, и студенты, поэтому она требует атмосферы сотрудничества и уважительного отношения к труду лектора.

Студенту следует научиться понимать и основную идею лекции, а также, следуя за лектором, участвовать в усвоении новых мыслей. Но для этого надо быть подготовленным к восприятию очередной темы. Время, отведенное на лекцию, можно считать использованным полноценно, если студенты понимают роль лектора, задачи лекции, если работают вместе с лектором, а не бездумно ведут конспект.

Подготовленным можно считать такого студента, который, присутствуя на лекции, усвоил ее содержание, а перед лекцией припомнил

материал раздела, излагаемого на ней или просмотрел свой конспект, или учебник.

Перед лекцией необходимо прочитывать конспект предыдущей лекции, а после окончания крупного раздела курса рекомендуется проработать его по конспектам и учебникам.

Для наиболее важных дисциплин, вызывающих наибольшие затруднения, рекомендуется перед каждой лекцией просматривать содержание предстоящей лекции по учебнику с тем, чтобы лучше воспринять материал лекции. В этом случае предмет усваивается настолько, что перед экзаменом остается сделать немного для закрепления знаний.

Важно помнить, что ни одна дисциплина не может быть изучена в необходимом объеме только по конспектам. Для хорошего усвоения курса нужна систематическая работа с учебной и научной литературой, а конспект может лишь облегчить понимание и усвоение материала.

Основная задача при слушании лекции – учиться мыслить, понимать идеи, излагаемые лектором. Большую помощь при этом может оказать конспект. Передача мыслей лектора своими словами помогает сосредоточить внимание, не дает перейти на механическое конспектирование. Механическая запись лекции приносит мало пользы.

Ведение конспекта создает благоприятные условия для запоминания услышанного, т.к. в этом процессе принимают участие слух, зрение и рука. Конспектирование способствует запоминанию только в том случае, если студент понимает излагаемый материал. При механическом ведении конспекта, когда просто записываются слова лектора, присутствие на лекции превращается в бесполезную трату времени.

Некоторые студенты полагают, что при наличии учебных пособий, учебников нет необходимости вести конспект. Такие студенты нередко совершают ошибку, так как не используют конспект как средство, позволяющее активизировать свою работу на лекции или полнее и глубже усвоить ее содержание.

Определенная часть студентов считает, что конспекты лекции могут заменить учебники, поэтому они стремятся к дословной записи лекции и нередко не задумываются над ее содержанием. В результате при разборе учебного материала по механической записи требуется больше труда и времени, чем при понимании и кратком конспектировании лекции.

Конспект ведется в тетради или на отдельных листах. Записи в тетради легче оформить, их удобно брать с собой на лекцию или практические занятия. Рекомендуется в тетради оставлять поля для дополнительных записей, замечаний и пунктов плана. Но конспектирование в тетради имеет и недостаток: в нем мало места для пополнения новыми материалами, выводами и обобщениями. В этом отношении более удобен конспект на отдельных листах (карточках). Из него нетрудно извлечь отдельную необходимую запись, конспект можно быстро пополнить листами, в которых содержатся новые выводы, обобщения, фактические данные. При подготовке выступлений, докладов легко подобрать листки из различных конспектов и свести их вместе. В результате такой работы конспект может стать тематическим.

Но вести конспект на отдельных листках или карточках более трудоемко, чем в тетради. Карточки легко рассыпать и перепутать, приходится обзаводиться ящичками для хранения карточек, возникает необходимость на каждом листке писать его порядковый номер.

Но затрата труда и времени окупается преимуществами конспектирования на карточках перед конспектом в тетради.

Рекомендуется делать такие карточки, которые помещаются в обычный почтовый конверт. Карточки удобно тасовать, менять при необходимости их последовательность, раскладывать на столе для обзора. Например, учителю истории карточки служили бы долго. Перед уроком можно взять соответствующий конверт и найти в нем материал по узловым вопросам темы, записанный еще в вузе.

При конспектировании допускается сокращение слов, но необходимо соблюдать меру. Каждый студент обычно вырабатывает свои правила сокращения. Но если они не введены в систему, то лучше их не применять, т.к. случайные сокращения ведут к тому, что спустя некоторое время конспект становится непонятным.

Следует знать, что не существует какого-либо единого, годного для всех метода конспектирования. Каждый ведет записи так, как ему представляется наиболее целесообразным и удобным. Собственный метод складывается по мере накопления опыта, но во всех случаях надо стремиться к тому, чтобы конспективные записи были краткими и наилучшим образом содействовали глубокому усвоению изучаемого материала. Известный отечественный педагог В.А. Сухомлинский, рекомендовал учиться думать над конспектом уже на лекции и работать над записями ежедневно хотя бы в течение 2 часов. Он советовал также делить конспект на две графы: в первой кратко записывать изложенные лекции, а во второй – то, над чем надо подумать; сюда же следовало заносить узловые, главные вопросы, над которыми надо подумать постоянно, связывая с этим повседневное чтение. Он подчеркивал, что узловые вопросы предмета будут программой, на основе которой припоминается весь материал.

5.Пояснительная записка:

В изучении дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники » достаточно большой объем материала отводится на самостоятельную работу студента.

Изучение дисциплины начинается с ознакомления рабочей программой дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники». Это необходимо для того, чтобы осмыслить содержание учебной дисциплины, круг вопросов, которые предстоит изучить.

Для проведения самостоятельной работы рекомендуется следующий порядок действий: а) овладение теоретическим материалом; б) самостоятельная работа с рекомендованной литературой.

При самостоятельном изучении дисциплины студенту необходимо самостоятельно работать с учебной и научной литературой. В рамках самостоятельной работы студент должен изучить ряд теоретических вопросов, используя учебники и учебные пособия, приведенные в библиографическом списке данных методических указаний. В общем самостоятельная работа по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» включает подготовку к практическим и лабораторным занятиям, написание письменных обзоров и реферата с их защитой.

При подготовке к теоретическому вопросу следует внимательно прочитать соответствующий параграф в рекомендованном литературном источнике и сделать краткий письменный конспект, аналогично конспекту лекций.

6. План-график выполнения СРС по дисциплине.

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Виды самостоятельной работы	Срок сдачи (неделя)
1	2	3	4
1.	Физическая сущность работы приборов и структур микро-и нанoeлектроники	индивидуальное собеседование по разделу, проверка письменного обзора, подготовка к практическим занятиям	8
2.	Технологические особенности создания структур микро-и нанoeлектроники	индивидуальное собеседование по разделу, проверка письменного обзора, подготовка к практическим занятиям	10
3.	Особенности современных приборов и	индивидуальное собеседование по разделу, проверка письменного	17

	структур микро- и наноэлектроники	обзора, подготовка к практическим занятиям	
--	--	--	--

7.Методические указания для подготовки к практическим занятиям

Семинарские занятия проводятся в форме дискуссии, на которых проходит обсуждение путей решения конкретных заданий по получению, контролю и диагностике тонких пленок. Обсуждения направлены на освоение научных основ, эффективных методов и приемов решения конкретных практических задач, на развитие способностей к творческому использованию получаемых знаний и навыков. Основная цель проведения семинара заключается в закреплении знаний полученных в ходе прослушивания лекционного материала. Семинар проводится в форме устного опроса студентов по вопросам семинарских занятий, а также в виде решения практических задач или моделирования практической ситуации. В ходе подготовки к семинару студенту следует просмотреть материалы лекции, а затем начать изучение учебной литературы. Следует знать, что освещение того или иного вопроса в литературе часто является личным мнением автора, построенного на анализе различных источников, поэтому следует не ограничиваться одним учебником или монографией, а рассмотреть как можно больше материала по интересующей теме. Обязательным условием подготовки к семинару является изучение нормативной базы.

В ходе самостоятельной работы студенту для необходимы отслеживать научные статьи в специализированных изданиях, а также изучать статистические материалы, соответствующей каждой теме. Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Проработать конспект лекций;

2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу;
3. Ответить на вопросы плана практического занятия;
4. Выполнить домашнее задание;
5. Проработать тестовые задания и задачи;
6. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

При подготовке к практическим занятиям следует руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя, использовать основную литературу из представленного им списка. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «дополнительная» в представленном списке. При подготовке доклада на семинарское занятие желательно заранее обсудить с преподавателем перечень используемой литературы, за день до семинарского занятия предупредить о необходимых для предоставления материала технических средствах, напечатанный текст доклада предоставить преподавателю.

Краткие теоретические сведения и задания на практические занятия представлены в методических указаниях к выполнению практических занятий по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники».

9. Методические указания к выполнению задания письменного обзора

Целью выполнения письменного обзора является закрепление теоретических знаний по темам дисциплины.

Письменный обзор рекомендуется выполнять, состоящим из пяти указанных ниже разделов по теоретическим и практическим основам дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» указанных в *Плане-графике выполнения СРС по дисциплине*.

Все эти вопросы освещаются в письменном обзоре на основе обзора литературы по проблемам «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники ». Рекомендованные разделы письменного обзора:

1. Введение.
2. Постановка цели обзора.
3. Постановка задач решаемых в обзоре.
4. Решение поставленных задач.

5. Индивидуальное задание: раширенное изложение одного из контрольных вопросов согласно приведенному перечню тем (название тем выделено жирным шрифтом п.9. перечень вопросов которые необходимо раскрыть при выполнении индивидуального задания указаны обычным шрифтом)

Заключение: обоснование данных.

Работа должна быть написана аккуратно, разборчиво, без сокращений слов. Проводится защита письменного обзора с оценкой его преподавателем. При оценке учитываются знание предмета, умение пользоваться дополнительной литературой по курсу дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники » и специальной литературой, знание и полнота использованного в обзоре материала, а также качество оформления.

Письменный обзор должна быть набран на компьютере и распечатан на принтере. Стилль оформления основного текста должен содержать следующие установки.

Шрифт – кегль 16, гарнитура «Таймс».

Межстрочный интервал – 1,5.

Выравнивание - по ширине.

Формат страницы – А4.

Поля: верхнее – 25 мм; нижнее – 25 мм; левое – 25 мм; правое – 25 мм.

В виде исключения письменный обзор может быть выполнен в рукописном варианте. В этом случае, работа должна быть написана

аккуратно, разборчиво, без сокращений слов, с полями (4-5 см) для замечаний рецензента.

Текст обзора необходимо дополнить иллюстрациями, таблицами, схемами, графиками. Обязательно должен быть приведен список использованной литературы по правилам библиографического описания и содержать следующие элементы: фамилия и инициалы автора, наименование, место издания работы, издательство, год издания, количество страниц. Группировка литературы может быть алфавитная, систематическая, хронологическая, по видам источников.

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением 1. Обязательна нумерация страниц. Первой считается титульный лист, на котором номер страницы не ставится. Личная подпись и дата выполнения – обязательны.

Письменный обзор представляется преподавателю строго в срок, согласно календарному графику учебного процесса.

Система оценки письменного обзора пятибалльная. При получении неудовлетворительной оценки работы студент должен внести исправления по замечаниям преподавателя и сдать работу на повторную проверку.

9.Список тем индивидуальных заданий для письменного обзора

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Роль поверхности в создании устройств микро- и нанoeлектроники	1, 2	1-4		
2	Микро- и наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках и их свойства	1, 2	1-4		
3	Технологические возможности перспективных	1, 2	1-4		

	видов эпитаксии				
4	Создание интегральных устройств методами литографии. Литография высокого разрешения.	1, 2	1-4		
5	Квантовые основы нанотехнологий. Квантовая инженерия. Низкоразмерные кремниевые среды.	1, 2	1-4		
6	Технология тонких плёнок и многослойных структур. Многослойные наноструктуры.	1, 2	1-4		
7	Физическая природа сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.	1, 2	1-4		
8	Микроволны и их природа. Элементная база микроволновых систем. Системы связи.	1, 2	1-4		
9	Температурная и радиационная стойкость изделий электронной техники. Перспективы кремния как материала экстремальной электроники. Материалы и структуры экстремальной электроники	1, 2	1-4		

10. Вопросы для самопроверки

1. Что такое полупроводник?
2. Чем определяется электропроводность полупроводников?
3. Что такое процесс термогенерации электронно-дырочных пар?
4. Чем и с какой целью легируются полупроводники?
5. Как формируются разрешенные и запрещенные уровни в полупроводнике?
6. Изложите основные положения зонной теории полупроводников.
7. Что такое уровень Ферми в полупроводниковых структурах?

8. Как определяется коэффициент диффузии?
9. Как охарактеризовать процесс диффузии носителей заряда в полупроводниках?
10. Как охарактеризовать процесс дрейфа носителей заряда в полупроводниках?
11. Что такое встроенное электрическое поле в полупроводниках?
12. Чем характеризуется подвижность носителей в полупроводниках?
13. Какими параметрами характеризуется р-п-переход?
14. Что такое прямое и обратное включение р-п-перехода?
15. Опишите полный ток через р-п-переход
16. Нарисуйте схему и ВАХ униполярного транзистора со встроенным каналом.
17. Что такое пороговое напряжение отсечки?
18. В чем заключается "эффект поля"?
19. Какие малосигнальные параметры МОП-транзистора вы знаете?
20. Что такое КМОП-транзисторы?
21. Нарисуйте схему арсенид-галлиевого ПТШ-транзистора. Объясните принцип его работы.
22. Нарисуйте схему транзистора на гетероструктурах. Как он работает?
23. Какие конструкции транзисторов с вертикальным токопереносом вы знаете?
24. Что такое биполярный транзистор?
25. Нарисуйте схему биполярного эпитаксиально-планарного транзистора. Как он работает?
26. Какие режимы работы биполярного транзистора вы знаете?
27. . Что такое многоэмиттерный транзистор?
28. Что такое много коллекторный транзистор?
29. . Нарисуйте схему транзистора с инжектором (I^2L).

30. Какую роль выполняет диод Шоттки в транзисторе? Как он выполнен конструктивно?

31. Нарисуйте схему транзистора с проникаемой базой.
32. Что такое элементы и компоненты интегральных схем?
33. Какие методы изоляции транзисторных структур вы знаете?
34. Расскажите о методе изоляции типа КНС.
35. Каковы функции диодов в интегральных схемах.
36. Какие схемы диодного включения транзистора вы знаете?
37. Дайте определение интегрального резистора.
38. Как связано сопротивление резистора с коэффициентом формы?
39. Что такое диффузионный резистор?
40. Что такое пинч-резистор?
41. Как устроен интегральный резистор МОП-структуры?
42. Дайте определение интегральному конденсатору.
43. Как рассчитать емкость интегрального конденсатора?
44. Дайте определение добротности интегрального конденсатора.
45. Что такое элементы и компоненты интегральных схем?
46. Какие методы изоляции транзисторных структур вы знаете?
47. Расскажите о методе изоляции типа КНС.
48. Каковы функции диодов в интегральных схемах.
49. Какие схемы диодного включения транзистора вы знаете?
50. Дайте определение интегрального резистора.
51. Как связано сопротивление резистора с коэффициентом формы?
52. Что такое диффузионный резистор?
53. Что такое пинч-резистор?
54. Как устроен интегральный резистор МОП-структуры?
55. Дайте определение интегральному конденсатору.
56. Как рассчитать емкость интегрального конденсатора?
57. Дайте определение добротности интегрального конденсатора.
58. Что такое элементы и компоненты интегральных схем?

59. Какие методы изоляции транзисторных структур вы знаете?
60. Расскажите о методе изоляции типа КНС.
61. Каковы функции диодов в интегральных схемах.
62. Какие схемы диодного включения транзистора вы знаете?
63. Дайте определение интегрального резистора.
64. Как связано сопротивление резистора с коэффициентом формы?
65. Что такое диффузионный резистор?
66. Что такое пинч-резистор?
67. Как устроен интегральный резистор МОП-структуры?
68. Дайте определение интегральному конденсатору.
69. Как рассчитать емкость интегрального конденсатора?
70. Дайте определение добротности интегрального конденсатора.

13. Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Нанотехнологии в электронике-3.1 Электронный ресурс : сборник научных трудов / В.М. Роцин / М.Г. Путря / А.В. Румянцев / А.И. Попов / А.Н. Сауров / М.С. Савельев / В.М. Подгаецкий / В.К. Неволин / Р.А. Морозов / В.И. Плис / Д.И. Плохов / В.А. Светличный / А.Ф. Попков / А.В. Солнышкин / В.И. Шевяков / М.Ю. Чиненков / А.С. Юров / В.Б. Яковлев / Е.Н. Яковлева / Ю.А. Чаплыгин / Е.Ю. Чаплыгин / А.Л. Стемпковский / М.В. Силибин / С.А. Терещенко / В.П. Тимошенко / С.П. Тимошенко / С.В. Селищев / Н.С. Мазуркин / В.Д. Вернер / Н.И. Боргардт / Р.Л. Волков / С.А. Гаврилов / А.Ю. Герасименко / В.А. Галперин / И.И. Бобринский / В.А. Беспалов / Е.А. Артамонова / И.И. Амиров / А.Г. Балашов / В.В. Бардушкин / А.Н. Белов / А.А. Голишников / А.А. Горбацевич / А.С. Красюков / Г.Я. Красников / Т.Ю. Крупкина / А.Е. Кузнецов / Е.А. Лебедев / И.В. Лавров / В.Ф. Лукичев / А.С. Ключников / Н.А. Дюжев / Д.Г. Громов / Е.П. Кицюк / В.И. Егоркин / А.К. Звездин / В.Е. Земляков ; ред. Ю.А. Чаплыгин. - Москва :

Техносфера, 2016. - 480 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
- ISBN 978-5-94836-423-0;

2. Дробот, П.Н. Нанoeлектроника
Электронный ресурс : учебное пособие / П.Н. Дробот. - Томск : Томский
государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016.
- 286 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Дополнительная литература:

1. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : [учеб.
пособие] : в 2 т. / [под ред. Ю. Н. Коркишко], Т.2, Технологические аспекты /
[М. В. Акуленок, В. М. Андреев, Д. Г. Громов и др.]. - М. : БИНОМ.
Лаборатория знаний, 2011. - 252 с. : ил. - (Нанотехнологии). - Библиогр.: с.
243-248. - ISBN 978-5-9963-0336-6;

2. Парфенова, Е. Л. Физические основы микро- и нанoeлектроники :
учебное пособие / Е.Л. Парфенова, Л.А. Терентьева, М.Г. Хусаинов. - Ростов-
на-Дону : Феникс, 2012. - 234, [1] с. : ил. ; 21. - (Высшее образование). -
Гриф: Рек. УМО. - Библиогр.: с. 231 (13 назв.). - ISBN 978-5-222-19617-5;

3. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике : [монография] /
отв. ред. А. Л. Асеев ; Российская акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т
физики полупроводников. - Новосибирск : Изд.-во СО РАН, 2004. - 368 с. :
ил. - ISBN 5-7692-0680-2;

4. Нанотехнологии в электронике : [монография] / под ред. Ю. А.
Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2005. - 448 с. : ил. - Библиогр.: с. 440-443. -
ISBN 5-94836-059-8.

Пример оформления титульного листа письменный обзор индивидуального задания

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики, электротехники и электроники

индивидуальное задание по курсу

«Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»

Выполнил _____
(Фамилия И.О.)

студент _____ курса _____ специальность _____
(срок обучения)

группа _____ № зачетной книжки _____

Подпись: _____

Преподаватель: _____
(Фамилия.И.О.)

Должность: _____
уч. степень, уч. звание

Оценка: _____ Дата: _____

Подпись: _____

Ставрополь
20__