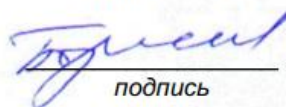


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
физики полупроводников и микроэлектроники

  
подпись

(Бормонтов Е.Н.)  
расшифровка подписи

31.08.2024

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
по учебной дисциплине

Б1.О.23 Физика МДП-систем

Код и наименование направления подготовки/специальности: **11.03.04**

Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) подготовки/специализация: \_\_\_\_\_

Интегральная электроника и наноэлектроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: \_\_\_\_\_

физики полупроводников и микроэлектроники

Составители рабочей программы дисциплины, в том числе фонда оценочных средств по учебной дисциплине: Бормонтов Евгений Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор

Учебный год  
освоения дисциплины: 2027-2028

Семестр(ы): 8

Освоение данной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.2	Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<p><b>Знать:</b> - существующие теории различных физических явлений и процессов, происходящих в МДП-структурах</p> <p><b>Уметь:</b> - применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера в физике МДП-структур</p>
		ОПК-1.3	Использует положения, законы и методы естественных наук для решения инженерных задач в сфере профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> - основные представления о физических идеях и принципах современной физики МДП-структур</p> <p><b>Уметь:</b> - использовать полученные теоретические знания и умения для решения конкретных инженерных и прикладных задач физики МДП-структур</p>

### Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

1. тестовые задания (выбор правильного(-ых) ответа(-ов) из предложенного перечня; задания на соответствие):

ЗАДАНИЕ 1.1. Что такое эффективный поверхностный заряд?

- а) заряд, расположенный на границе раздела диэлектрик-полупроводник;**
- б) заряд, формируемый в объеме окисла;
- в) заряд, формируемый в объеме полупроводника;

ЗАДАНИЕ 1.2. В каких единицах измеряется поверхностный заряд:

- а)  $\text{см}^{-3}$ ;
- б)  $\text{см}$ ;
- в)  $\text{см}^{-2}$**

ЗАДАНИЕ 1.3. Каким методом можно определить поверхностный потенциал в МДП-структуре?

- а) методом вольт-амперных характеристик;
- б) методом низкочастотных вольт-фарадных характеристик;
- в) методом высокочастотных вольт-фарадных характеристик.**

ЗАДАНИЕ 1.4. Что такое напряжение плоских зон?

- а) напряжением плоских зон называется напряжение на затворе реальной МДП-структуры, соответствующее значению поверхностного потенциала в полупроводнике, равному нулю;**
- б) напряжением плоских зон называется напряжение на затворе реальной МДП-структуры, соответствующее значению поверхностного потенциала в полупроводнике, равному бесконечности.
- в) напряжением плоских зон называется напряжение на затворе реальной МДП-структуры, соответствующее значению поверхностного потенциала в полупроводнике, равному единице.

ЗАДАНИЕ 1.5. Чему равно в идеальных структурах напряжение плоских зон ?

- а) в идеальных структурах напряжение плоских зон равно бесконечности;**
- б) в идеальных структурах напряжение плоских зон равно нулю;**
- в) в идеальных структурах напряжение плоских зон равно ширине запрещенной зоны полупроводника;

ЗАДАНИЕ 1.6. Что влияет на определение профиля легирования? а) временем окисления;

- а) перезарядка поверхностных состояний;**
- б) свободные носители;**
- в) нарушение локальной электронейтральности на границе обедненного слоя.**

ЗАДАНИЕ 1.7. Сравните ширину ОПЗ при глубоком обеднении с шириной ОПЗ при наличии инверсионного слоя

- а) ширина ОПЗ при глубоком обеднении  $W_0$  будет равна ширине инверсионного слоя)
- б) ширина ОПЗ при глубоком обеднении  $W_0$  будет много меньше, чем при наличии инверсионного слоя;
- в) ширина ОПЗ при глубоком обеднении  $W_0$  не зависит от наличия инверсионного слоя;
- г) ширина ОПЗ при глубоком обеднении  $W_0$  будет много больше, чем при наличии инверсионного слоя.**

ЗАДАНИЕ 1.8. От чего зависит скорость поверхностной рекомбинации?

- а) от плотности поверхностных состояний, с энергетическими уровнями, близкими к середине запрещенной зоны;**
- б) от концентрации примеси полупроводника.

ЗАДАНИЕ 1.9. Назовите эффекты, влияющие на полную скорость генерации электронно-дырочных пар непосредственно под металлическим электродом:

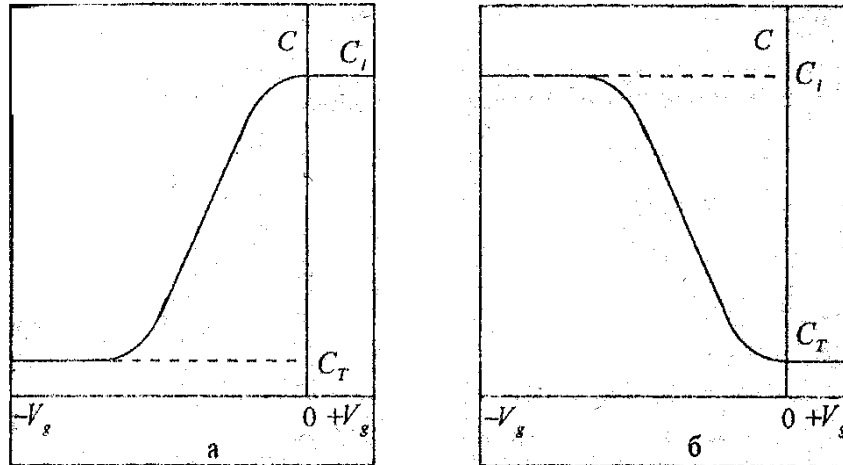
- а) первый эффект связан с некоторым увеличением области обеднения;**
- б) второй эффект связан с поверхностной генерацией электронно-дырочных пар в слое обеднения, выходящем на поверхность за пределами металлического электрода;**

ЗАДАНИЕ 1.10. Что такое нестабильность МДП-структур:

- а) кратковременные (самопроизвольные) изменения поверхностного потенциала и зарядового состояния ОПЗ, границы раздела и диэлектрического слоя;
- б) длинновременные (самопроизвольные) изменения поверхностного потенциала и зарядового состояния ОПЗ, границы раздела и диэлектрического слоя.**

2. задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания):

ЗАДАНИЕ 2.1. Выберите равновесную высокочастотную вольт-фарадную характеристику МДП-структуры с полупроводником n-типа :



Ответ: а

ЗАДАНИЕ 2.2. Чему равно в идеальных МДП-структурах напряжение плоских зон?

Ответ: 0

ЗАДАНИЕ 2.3. Чему равна концентрация неосновных носителей у края обедненной области?

Ответ: 0

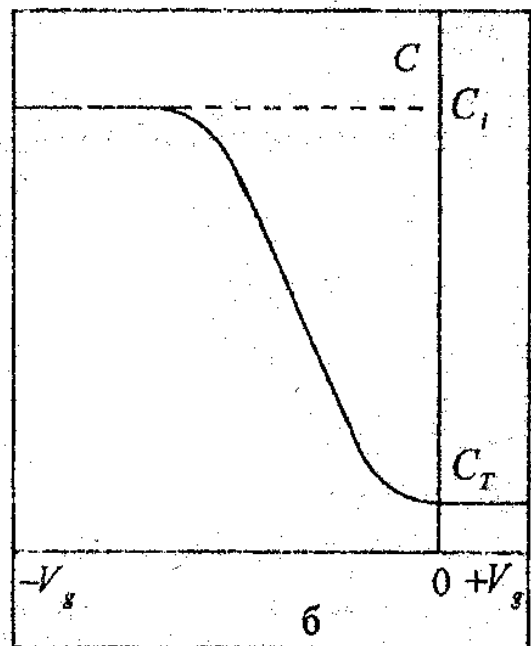
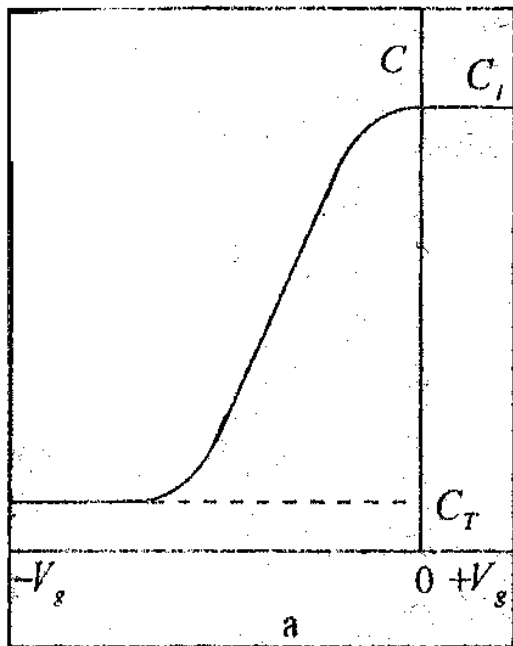
ЗАДАНИЕ 2.4. Как изменяется концентрация неосновных носителей по мере удаления от края обедненной области?

Ответ: экспоненциально

3. Расчетные, ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы (ответ содержит решение поставленной задачи):

ЗАДАНИЕ 3.1. Изобразите равновесную высокочастотную вольт-фарадную характеристику МДП-структуры с полупроводником n-типа и с полупроводником p-типа

Ответ: ВФХ для полупроводника n-типа (а) и p-типа (б)



ЗАДАНИЕ 2 3.2. Напишите формулу для определения емкости МДП-структуры.

$$d_i = \frac{\varepsilon_i}{C_i}$$

Ответ:  $d_i = \frac{\varepsilon_i}{C_i}$ , где  $C_i$  – емкость диэлектрика,  $\varepsilon_i$  – диэлектрическая проницаемость диэлектрика

ЗАДАНИЕ 3.3. Какие методы используются для определения профиля легирования полупроводника?

Ответ: метод послойного стравливания, масс-спектрометрии, метод радиоактивных изотопов и оже-спектроскопии, метод сопротивления растекания и вольт-фарадный метод

ЗАДАНИЕ 3.4. В каком случае возникает неравновесное обеднение полупроводника?

Ответ: возникает в полупроводнике в условиях приложения к металлическому электроду импульса достаточно большой амплитуды с полярностью, соответствующей выведению из приповерхностной области полупроводника основных носителей заряда или пилообразного напряжения той же полярности с большой скоростью его изменения

ЗАДАНИЕ 3.5. Назовите эффекты, влияющие на полную скорость генерации электронно-дырочных пар непосредственно под металлическим электродом

Ответ: первый эффект связан с некоторым увеличением области обеднения; второй эффект связан с поверхностной генерацией электронно-дырочных пар в слое обеднения, выходящем на поверхность за пределами металлического электрода

ЗАДАНИЕ 3.6. В чем заключаются недостатки метода переключения из обогащения в сильную инверсию для определения генерационно-рекомбинационных характеристик?

Ответ: недостатки и ограничения метода связаны с пренебрежением влиянием перезарядки, поверхностных состояний

ЗАДАНИЕ 3.7. В чем заключаются недостатки метода переключения из области слабой инверсии в сильную инверсию?

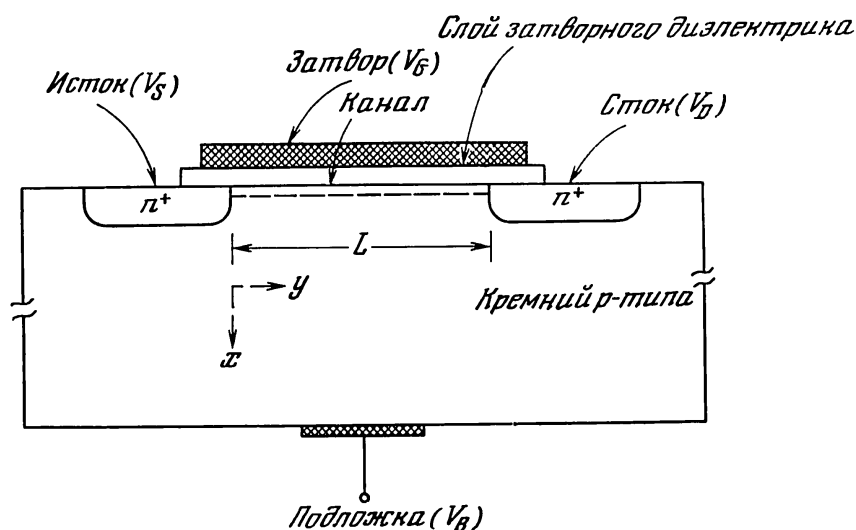
Ответ: данный метод исключает из рассмотрения все другие механизмы релаксации инверсионного слоя (поверхностная генерация, генерация в краевых областях, диффузионный поток носителей из квазинейтрального объема) и потому, не может служить для выявления доминирующего механизма генерации

ЗАДАНИЕ 3.8. Перечислите основные методы исследования процессов неустойчивости МДП-структур.

(Ответ: метод С-V характеристик; метод динамических вольт-амперных характеристик; метод ТСП-температурностимулированной проводимости)

ЗАДАНИЕ 3.9. Изобразите основные элементы структуры n-канального МОП-транзистора

Ответ: МОП-транзистор представляет собой четырехэлектродный прибор с контактами к истоку, стоку, затвору и кремниевой подложке



ЗАДАНИЕ 3.10. Чем характеризуется усиление МОП-транзистора в режиме малого сигнала?

Ответ: усиление МОП-транзистора в режиме малого сигнала удобнее всего охарактеризовать его крутизной, так как его выходной ток (ток стока) обычно меняется под управлением входного (затворного) напряжения

#### Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

#### 2) задания с коротким ответом:

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

#### 3) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы:

- 5 баллов – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);

- 2 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).