

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Основы технологии электронной компонентной базы**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сарач О.Б.
	Идентификатор	R2562e7bf-SarachOB-f26c228a

О.Б. Сарач

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

А.Д.
Баринов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зезин Д.А.
	Идентификатор	Re7522a00-ZezinDA-ba8dbd73

Д.А. Зезин

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектировании интегральных схем

ИД-2 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем

2. ПК-2 Способен осуществлять расчет и проектирование полупроводниковых приборов и устройств, проводить моделирование и анализ с использованием средств автоматизации проектирования

ИД-2 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1. Фотошаблоны и последовательность изготовления структур ИС (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2. Термическое окисление кремния (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3. Диффузионное легирование полупроводников (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы №4. Изучение особенностей легирования методом ионной имплантации (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест. Термины в области технологии электронной компонентной базы (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчетное задание. Расчет параметров технологических операций при производстве ИС (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	8	10	12	14	16
Основные понятия технологии							
Основные понятия технологии	+						

Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы						
Конструкции и технологические последовательности изготовления электронной компонентной базы		+				
Основные процессы технологии электронной компонентной базы						
Создание рисунка слоев интегральных схем			+	+		
Методы нанесения слоев			+	+		
Легирование полупроводников			+	+	+	+
Монтажно-сборочные и контрольные операции						
Монтажно-сборочные и контрольные операции						+
Вес КМ:	10	15	15	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем	Знать: современные тенденции развития микроэлектроники Уметь: рассчитывать основные параметры технологических операций, используемых при производстве интегральных схем	Защита лабораторной работы №4. Изучение особенностей легирования методом ионной имплантации (Лабораторная работа) Расчетное задание. Расчет параметров технологических операций при производстве ИС (Расчетно-графическая работа)
ПК-2	ИД-2 _{ПК-2} Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур	Знать: термины в области технологии электронной компонентной базы основные технологические операции, используемые при производстве электронной компонентной базы Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе	Тест. Термины в области технологии электронной компонентной базы (Тестирование) Защита лабораторной работы №1. Фотошаблоны и последовательность изготовления структур ИС (Лабораторная работа) Защита лабораторной работы №2. Термическое окисление кремния (Лабораторная работа) Защита лабораторной работы №3. Диффузионное легирование полупроводников (Лабораторная работа)

		технологических операций	
--	--	--------------------------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест. Термины в области технологии электронной компонентной базы

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в письменной форме.

Время выполнения 20 минут.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: термины в области технологии электронной компонентной базы	1.Какая функция точнее всего описывает профиль распределения примеси, полученный в результате легирования методом ионной имплантации? 2.Какая функция точнее всего описывает профиль распределения примеси, полученный в результате легирования методом диффузионного легирования из постоянного источника? 3.Какая функция точнее всего описывает профиль распределения примеси, полученный в результате легирования методом диффузионного легирования из ограниченного источника? 4.На каком рисунке показано изменение во времени профиля распределения примеси, получаемого в результате ионной имплантации без эффекта каналирования? 5.На каком рисунке показано изменение во времени профиля распределения примеси, получаемого в результате ионной имплантации с эффектом каналирования?
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Защита лабораторной работы №1. Фотошаблоны и последовательность изготовления структур ИС

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в устной форме во время лабораторных занятий

Краткое содержание задания:

Изучить конструкцию транзисторов ИС и технологическую последовательность их изготовления

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные технологические операции, используемые при производстве электронной компонентной базы	1.Как осуществляется выбор вида легирующей примеси? 2.Какие методы легирования используются при изготовлении полупроводниковых приборов и ИС? 3.Как формируется рисунок слоев при изготовлении ИС? 4.Какие методы нанесения слоев используются при изготовлении полупроводниковых приборов и ИС? 5.Как осуществляется локальное травление?
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Защита лабораторной работы №2. Термическое окисление кремния

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в устной форме во время лабораторных занятий

Краткое содержание задания:

Ознакомиться с технологией получения пленок оксида кремния методом термического окисления

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе технологических операций	1.Поясните, как по мере роста окисной пленки меняется скорость окисления 2.Сравните различные методы получения слоев оксида кремния 3.Назовите основные механизмы нестабильности МДП-структур 4.Назовите требования к маске при локальном диффузионном легировании 5.Назовите требования к маске при локальном ионном легировании
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Защита лабораторной работы №3. Диффузионное легирование полупроводников

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в устной форме во время лабораторных занятий

Краткое содержание задания:

Ознакомиться с процессом диффузии в полупроводниках

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе технологических операций	1.Объясните, каком случае для легирования кремния выбираются мышьяк или сурьма? 2.Объясните, каком случае для легирования кремния выбирается алюминий? 3.Поясните, каковы особенности диффузии примеси
--	--

	при больших концентрациях диффузанта? 4.Объясните, как выбирается давление паров диффузанта при диффузии в потоке газа – носителя? 5.Поясните, каковы преимущества метода параллельного источника?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-5. Защита лабораторной работы №4. Изучение особенностей легирования методом ионной имплантации

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в устной форме во время лабораторных занятий

Краткое содержание задания:

Ознакомиться с основами ионного легирования, расчетом дозы, глубины залегания переходов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные тенденции развития микроэлектроники	1.Каковы преимущества легирования методом ионной имплантации? 2.Сравните возможности локального легирования методом диффузии и ионной имплантации 3.Как контролируется количество примеси, введенной в процессе диффузии и в процессе ионной имплантации? 4.Каковы основные сдерживающие факторы уменьшения размера элемента ИС? 5.Каковы преимущества лазерного отжига?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-6. Расчетное задание. Расчет параметров технологических операций при производстве ИС

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задание выполняется студентами дома самостоятельно

Краткое содержание задания:

Рассчитать и построить профили распределения примеси

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать основные параметры технологических операций, используемых при производстве интегральных схем	1. Рассчитать и построить профиль распределения примеси, полученный в результате диффузии из неограниченного источника примеси (подложка Si, диффузانت фосфор, $T=1200$ C, время диффузии 2 часа) 2. Рассчитать и построить профиль распределения примеси, полученный в результате диффузии из точечного источника примеси (подложка Si, диффузانت фосфор, доза $Q=10\ 15\ 1/\text{см}^2$, $T=1200$ C, время диффузии 2 часа) 3. Рассчитать и построить профиль распределения примеси, полученный в результате ионной имплантации (подложка Si, легирование бором, энергия 90 кэВ, доза 70 мкКл/см²) 4. Рассчитать и построить профиль распределения примеси, полученный в результате ионной имплантации с последующим отжигом (подложка Si, легирование бором, энергия 90 кэВ, доза 70 мкКл/см², время отжига 30 минут, $T=1100$ C) 5. Рассчитать и построить профиль распределения примеси, полученный в результате многостадийной диффузии примеси (подложка Si, диффузانت бор, $T=1200$ C, время загонки 30 минут, время разгонки 3
--	--

	часа)
--	-------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Технологические операции, применяемые при изготовлении изделий электронной техники.
2. Ионное легирование. Аппаратура.
3. Как создать структуру, показанную на рис. 1?

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-1 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем

Вопросы, задания

1. Как создать структуру, показанную на рис. 2

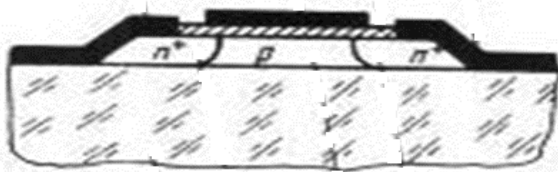
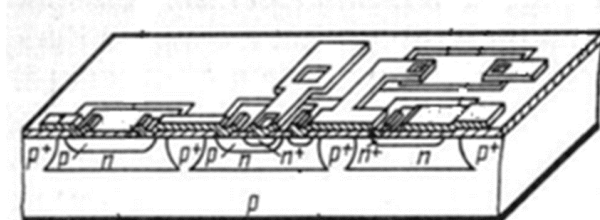


Figure 1 рис. 2

2. Методы монтажа кристаллов, способы присоединения выводов
3. Методы изоляции элементов монолитных ИС
4. Как создать структуру, показанную на рис. 3



5. Методы группового монтажа выводов
6. Материалы для изготовления корпусов

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Каким методом можно получить пленку оксида кремния поверх алюминиевой металлизации?

Ответы:

пиролиз силана окисление в сухом кислороде окисление в парах воды плазмохимическое осаждение

Верный ответ: плазмохимическое осаждение

2.Каким методом лучше всего получать пленку оксида кремния для МДП-структур?

Ответы:

пиролиз силана окисление в сухом кислороде окисление в парах воды плазмохимическое осаждение

Верный ответ: окисление в сухом кислороде

3.Каким методом можно получить эпитаксиальную пленку кремния на сапфире?

Ответы:

пиролиз силана окисление в сухом кислороде окисление в парах воды восстановление хлорсилана в водороде

Верный ответ: пиролиз силана

4.По сферическому шлифу измеряют

Ответы:

концентрацию легирующей примеси глубину р-п-перехода дозу введенной примеси

Верный ответ: глубину р-п-перехода

5.Дозу примеси, введенной методом ионной имплантации, измеряют с помощью

Ответы:

магнитного сепаратора интегратора заряда ловушки Фарадея

Верный ответ: интегратора заряда

6.При помощи оптического микроскопа нельзя определить

Ответы:

правильность совмещения слоев толщину слоя концентрацию легирующей примеси

Верный ответ: концентрацию легирующей примеси

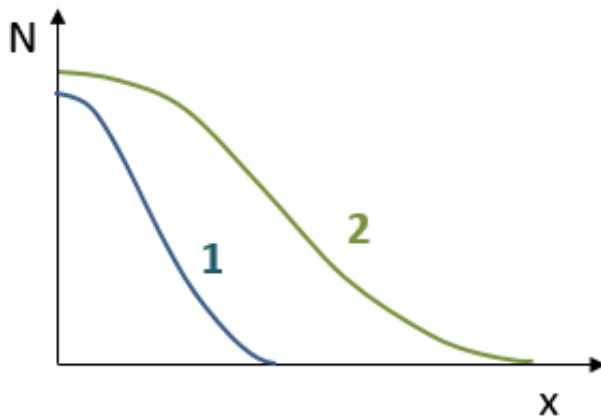
2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур

Вопросы, задания

- 1.Выращивание кристаллов из расплавов
- 2.Толстопленочная технология
- 3.Условия роста эпитаксиальных пленок
- 4.Получение пленок оксида и нитрида кремния плазмохимическим осаждением
- 5.Методы "сухого" травления. Селективность и анизотропия травления
- 6.Фотолитография. Волновые эффекты при экспонировании
- 7.Ионное легирование. Механизмы потерь энергии ионов
- 8.Основные механизмы и закономерности диффузии примесей в твердом теле
- 9.Зарождение и рост кристалла. Условия роста монокристалла
- 10.Выращивание кристаллов по методу Чохральского

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Профиль распределения примеси, полученный в результате диффузии из неограниченного источника, изменится с кривой 1 на кривую 2 в случае

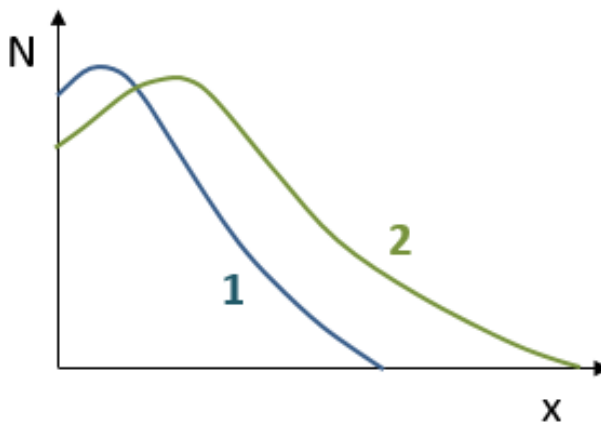


Ответы:

увеличения времени обработки уменьшения времени обработки увеличения температуры обработки уменьшения температуры обработки

Верный ответ: увеличения температуры обработки

2. Профиль распределения примеси, полученный в результате легирования методом ионной имплантации, изменится с кривой 1 на кривую 2 в случае

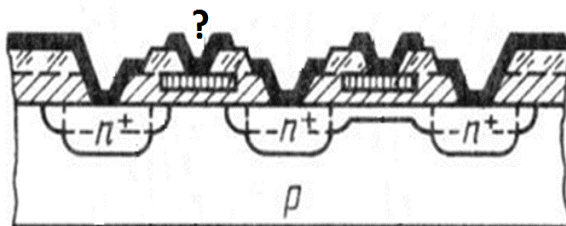


Ответы:

увеличения энергии ионов уменьшения энергии ионов увеличения температуры обработки уменьшения времени обработки

Верный ответ: увеличения энергии ионов

3. Знаком вопроса отмечен контакт

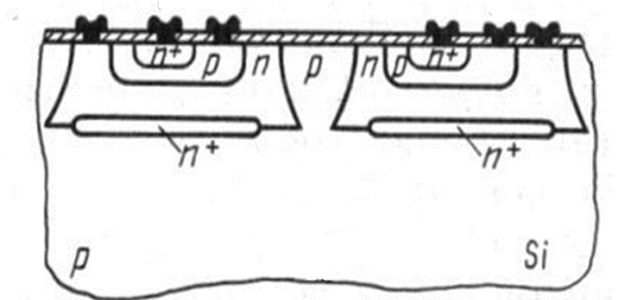


Ответы:

к затвору к стоку к истоку к коллектору

Верный ответ: к затвору

4. На рисунке показаны



Ответы:

п-канальные ПТУП р-канальные ПТУП биполярные п-р-п транзисторы биполярные р-п-р транзисторы

Верный ответ: биполярные п-р-п транзисторы

5. Основным фактором, ограничивающим возможности минимизации размера рисунка, полученного методом фотолитографии является

Ответы:

длина волны экспонирующего излучения возможность фокусировки луча размер фотошаблона рассеяние излучения в резисте

Верный ответ: длина волны экспонирующего излучения

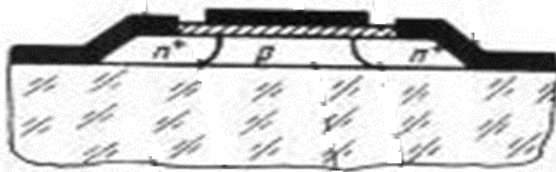
6. Основным фактором, ограничивающим возможности минимизации размера рисунка, полученного методом электронной литографии является

Ответы:

длина волны экспонирующего излучения рассеяние электронов в резисте размеры шаблона геометрические эффекты

Верный ответ: рассеяние электронов в резисте

7. На рисунке показан

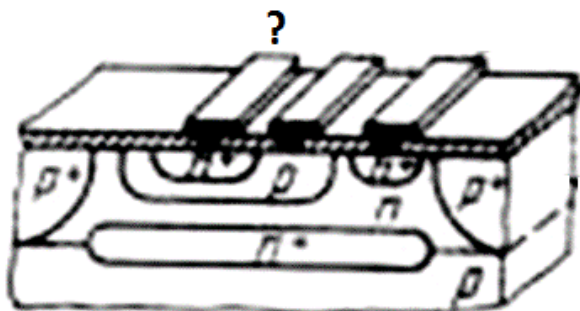


Ответы:

п-канальный МДП-транзистор с индуцированным каналом р-канальный МДП-транзистор с индуцированным каналом п-канальный МДП-транзистор со встроенным каналом р-канальный МДП-транзистор со встроенным каналом

Верный ответ: п-канальный МДП-транзистор с индуцированным каналом

8. Знаком вопроса отмечен контакт



Ответы:

к коллектору к эмиттеру к базе к стоку

Верный ответ: к эмиттеру

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.