

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и наноэлектроника»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.В.04 «Технология изделий микро- и наноэлектроники»

Направление подготовки

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань 2025 г.

Задачи

1. Чем определяется поверхностная концентрация примеси после проведения диффузии из бесконечного источника при заданной температуре:

- 1) фоновая концентрация примеси в подложке;
- 2) доза легирования;
- 3) предельная растворимость;
- 4) время диффузии?

2. От какого параметра зависит коэффициент диффузии:

- 1) температура;
- 2) концентрация легирующей примеси;
- 3) давление в реакционной системе;
- 4) все указанные выше параметры?

3. Рассчитать профиль распределения концентрации примеси в n-p-n-структуре, полученной последовательной диффузией бора и фосфора в кремний с электропроводностью n-типа и удельным сопротивлением 0,1 Ом·см, проводимой в режимах: 1200 °C, 1 ч, 1100 °C, 2 ч.

4. Рассчитать профиль распределения концентрации примеси в n-p-n-структуре, полученной последовательной диффузией бора и фосфора в кремний с электропроводностью p-типа и удельным сопротивлением 0,7 Ом·см, проводимой в режимах: 1250 °C, 1,5 ч, 1050 °C, 3 ч.

5. Определить глубину залегания p-n-перехода в случае двухстадийной диффузии фосфора в кремний с электропроводностью p-типа с удельным сопротивлением 10 Ом·см, проводимой в режиме: 1050 °C, 10 мин, 1150 °C, 2 ч.

6. Рассчитать распределение примеси при двухстадийной диффузии бора в кремний, проводимой в режиме: 1050 °C, 10 мин, 1150 °C, 2 ч.

7. Определить глубину залегания р-п-перехода в случае двухстадийной диффузии бора в кремний с электропроводностью п-типа с удельным сопротивлением $1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, проводимой в режиме: 1000°C , 13 мин, 1120°C , 3 ч.

8. Построить распределение примеси и рассчитать глубину залегания р-п-перехода в случае диффузии бора из источника с ограниченным содержанием примеси в кремний п-типа с удельным сопротивлением $1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, если диффузия проводилась в режимах: 1000°C , 1 ч, $N = 1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$.

9. Рассчитать поверхностное сопротивление диффузионного слоя для данных, приведенных в задаче 8. Сравнить аналитическую глубину залегания р-п-перехода со значением, полученным из графика профиля распределения.

10. Построить распределение примеси и рассчитать глубину залегания р-п-перехода в случае диффузии фосфора из источника с ограниченным содержанием примеси в кремний р-типа с удельным сопротивлением $4 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, если диффузия проводилась в режимах: 1070°C , 1 ч, $N = 2,7 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$.

11. Рассчитать поверхностное сопротивление диффузионного слоя для данных, приведенных в задаче 10. Сравнить аналитическую глубину залегания р-п-перехода со значением, полученным из графика профиля распределения.

12. В кремниевую пластину вводится фосфор из газового источника при 975°C в течение 30 мин. Определить глубину перехода:

а) для подложки р-типа с удельным сопротивлением $0,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}$;

б) для подложки р-типа с удельным сопротивлением $20 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

Принять коэффициент диффузии фосфора $10^{-13} \text{ см}^2/\text{с}$.

13. От каких технологических параметров **в основном** зависит глубина залегания р-п-перехода в диффузионных структурах

1) температура;

2) фоновая концентрация примеси в подложке;

3) энергия иона;

4) коэффициент диффузии, время диффузии?

14. Рассчитать профиль распределения примеси в транзисторной п-р-п-структуре, полученной методом двойной ионной имплантации, для следующих режимов технологического процесса: подложка Si п-типа $\rho = 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$; имплантация бора с дозой $N = 2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ и энергией $E = 30 \text{ кэВ}$; имплантация фосфора дозой $N = 2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ и энергией $E = 50 \text{ кэВ}$.

15. Определить глубину залегания р-п-переходов, толщину базы, поверхностное сопротивление эмиттера и базы в транзисторной п-р-п-структуре, полученной методом двойной ионной имплантации (использовать данные задачи 14).

16. Определить температуру разгонки мышьяка, предварительно внедренного с помощью ионной имплантации в кремний р-типа с удельным сопротивлением 1 Ом·см, если распределение концентрации обладает следующими параметрами: $x_j = 0,5$ мкм, $C_o = 1,5 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$, $t = 1$ ч.

17. Определить температуру разгонки мышьяка, предварительно внедренного с помощью ионной имплантации в кремний р-типа с удельным сопротивлением 3 Ом·см, если распределение концентрации обладает следующими параметрами: $x_j = 0,7$ мкм, $C_o = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, $t = 2$ ч.

18. Построить распределение примеси алюминия, внедренной в кремний n-типа с помощью ионной имплантации, для следующих режимов технологического процесса: $N = 1 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$, $E = 20 \text{ кэВ}$, $\rho = 10 \text{ Ом·см}$.

19. Используя данные приведенные в задаче 18, провести разгонку ионно-имплантированного слоя при температуре 1000°C в течение 1 ч. Определить глубину залегания р-п-перехода.

20. Определить поверхностное сопротивление кремния после разгонки примеси из ионно-имплантированного слоя, используя исходные данные, приведенные в задачах 18, 19.

21. При какой температуре производят отжиг кремниевых структур после проведения операции ионной имплантации фосфора:

- 1) 100°C ;
- 2) 1000°C ;
- 3) 600°C ;
- 4) 1100°C ?

22. Определить время окисления кремния при использовании трехступенчатого способа термического окисления (сухой, влажный, сухой кислород) при температуре 1200°C , если необходимо вырастить пленку толщиной 1 мкм.

23. В каких случаях применяют окисление в сухом кислороде:

- 1) для создания маскирующего покрытия;
- 2) для выращивания подзатворного диэлектрика;
- 3) для защиты поверхности кристалла от внешних факторов;
- 4) для сокращения времени проведения процесса окисления?

24. Кремниевая пластина легируется дозой ионов фосфора, равной $3 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$, имеющих энергию 50 кэВ ($R_p=63 \text{ нм}$, $\Delta R_p=27 \text{ нм}$), с целью формирования контактов транзистора.

а) Если пластина затем окисляется, следует ли учитывать эффекты, связанные с зависимостью скорости окисления от концентрации легирующей примеси?

б) Перед окислением проводится диффузия фосфора в течение 60 мин при 1000°C . Будет ли в этом случае играть роль зависимость скорости окисления от концентрации легирующей примеси?

в) Рассмотреть вновь пункты а и б, если легирование фосфором осуществляется при энергии ионов 150 кэВ ($R_p=180 \text{ нм}$, $\Delta R_p=64 \text{ нм}$).

25. После того как в пластину кремния n-типа вблизи ее поверхности введен бор с высокой концентрацией, часть пластины покрывается слоем поликристаллического кремния с высокой концентрацией кристаллических дефектов. Затем пластина окисляется и оказывается, что в участках, которые не были перед окислением покрыты поликремнием, глубина перехода намного больше. Объяснить этот результат.

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Литвинов Владимир Георгиевич,
Заведующий кафедрой МНЭЛ

08.07.26 13:00
(MSK)

Простая подпись