ПРИЛОЖЕНИЕ

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, 2026 г.

ПК-3.1 - проводит контроль электрических параметров активной части схемы и трассировки коммутационных плат изделий "система в корпусе";

ПК-3.2 - проводит проверку электрических параметров интегральных электронных схем, изделий "система в корпусе" на соответствие требованиям технического задания.

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 ^{0}C, 1 ч,1100 ^{o} 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 ^{0}C, 1,5 ч,1050 ^{o} 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 ^{0}C, 10 мин,1150^o C, 2 ч.

6. Рассчитать распределение примеси при двухстадийной диффузии бора в кремний, проводимой в режиме: 1050 ^{0}C, 10 мин,1150 ^{o} C, 2 ч.

7. Определить глубину залегания p-n-перехода в случае двухстадийной диффузии бора в кремний с электропроводностью n-типа с удельным сопротивлением 1 Ом·см, проводимой в режиме: 1000 ^{0} С, 13 мин,1120^o С, 3 ч.

8. Построить распределение примеси и рассчитать глубину залегания p-n-перехода в случае диффузии бора из источника с ограниченным содержанием примеси в кремний n-типа с удельным сопротивлением 1 Ом·см, если диффузия проводилась в режимах: 1000 ^{0} С, 1 ч, N= $1 \cdot 10^{14}$см$^{-2}$.

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

10. Построить распределение примеси и рассчитать глубину залегания p-n-перехода в случае диффузии фосфора из источника с ограниченным содержанием примеси в кремний p-типа с удельным сопротивлением 4 Ом·см, если диффузия проводилась в режимах: 1070 ^{0} С, 1 ч, N= $2{,}7 \cdot 10^{15}$см$^{-2}$.

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

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

а) для подложки p-типа с удельным сопротивлением 0,3 Ом·см;

б) для подложки p-типа с удельным сопротивлением 20 Ом·см.

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

13. От каких технологических параметров **в основном** зависит глубина залегания p-n-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 n-p-n-структуре, полученной методом двойной ионной имплантации, для следующих режимов технологического процесса: подложка Si n-типа ρ=1 Ом·см; имплантация бора с дозой N= $2 \cdot 10^{11}$см$^{-2}$ и энергией E= 30 кэВ; имплантация фосфора дозой N= $2 \cdot 10^{12}$см$^{-2}$ и энергией E= 50 кэВ.

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

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

17. Определить температуру разгонки мышьяка, предварительно внедренного с помощью ионной имплантации в кремний p-типа с удельным сопротивлением 3 Ом·см, если распределение концентрации обладает следующими параметрами: x_J = 0,7 мкм, C_o =2,5·10 ^{19} 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= 1·10^{12}см$^{-2}$, E = 20 кэВ, ρ=10 Ом·см.

19. Используя данные приведенные в задаче 18, провести разгонку ионно-имплантированного слоя при температуре 1000 ^{0} C в течение 1 ч. Определить глубину залегания p-n-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 ^{o} C;
2) 10000 ^{o} C;
3) 600 ^{o} C;
4) 1100 ^{o} C?

22. Определить время окисления кремния при использовании трехступенчатого способа термического окисления (сухой, влажный, сухой кислород) при температуре 1200 ^{0}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 3×10^{16} см$^{-2}$, имеющих энергию 50 кэВ (R_p=63 нм, ΔR_P=27 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 °С. 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 нм, ΔR_P =64 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 **03.11.26** 18:24 (MSK) Простая подпись