

06; 11; 12

© 1992

ПРЕЦИПИТАЦИЯ КИСЛОРОДА, ВНУТРЕННЕЕ ГЕТТЕРИРОВАНИЕ И НАДЕЖНОСТЬ КРЕМНИЕВЫХ МОП ДОЗУ

С.И. К у с а к и н, С.В. Л е б е д е в,
Ю.М. Л и т в и н о в, Н.Ф. М о и с е е н к о,
В.Ф. П а в л о в

Надежность работы МОП ДОЗУ во многом определяется совершенством кристаллического строения приповерхностных слоев кремниевой пластины, где формируются активные элементы приборной структуры. Причем на современном развитии микроэлектроники требования к структурному совершенству этого приповерхностного слоя таковы, что такие дефекты, как дислокация и/или окислительные дефекты упаковки должны отсутствовать, а концентрация точечных дефектов и, в частности, металлических примесей в этой области, не должна превышать 10^{10} ат/см². Одним из способов удаления точечных дефектов из активных областей приборных структур является внутреннее геттерирование. Сам процесс внутреннего геттерирования точечных дефектов преципитатами типа SiO_x , образующимися в объеме пластины кремния, известен уже более десяти лет [1-3]. Задача состоит в том, чтобы оптимальным образом встроить его в конкретный технологический процесс изготовления МОП ДОЗУ. Цель работы состояла в определении интервала концентрации межзельного кислорода в исходных пластинах кремния, при которой, в процессе изготовления МОП ДОЗУ, внутренний геттер формируется естественным образом.

В эксперименте использовали пластины кремния, выращенного по методу Чохральского, легированные бором до удельного сопротивления $\rho = 12$ Ом·см, диаметром 100 мм, ориентация (100) с содержанием кислорода в интервале $(5.9-9.7) \cdot 10^{17}$ см⁻³ и углерода не более $2.0 \cdot 10^{16}$ см⁻³. Для оценки эффективности внутреннего геттерирования применяли следующий подход: изучали изменение характеристик приборных структур (время хранения заряда в ячейках памяти накопителей, располагающихся в дефектных и бездефектных областях пластины, а также время наработки на отказ, выражающееся в числе отказавших бит в единицу времени) и изменение дефектной структуры пластин кремния в зависимости от концентрации межзельного кислорода. Для анализа дефектов кристаллического строения применяли методы секционной и проекционной рентгеновской топографии и просвечивающую электронную микроскопию.

Результаты эксперимента суммированы на рисунке. В его части 1 показаны области концентраций межзельного кислорода, для



Диаграммы связи между изменением плотности преципитатов SiO_x и времени наработки на отказ с концентрацией межзерельного кислорода в пластинах кремния в МОП-ДОЗУ.

которых видимые на рентгеновских топограммах преципитаты носят когерентный ($[O_i] \leq 8,6 \cdot 10^{17} cm^{-3}$) и некогерентный ($[O_i] \approx (8,6 - 9,7) \cdot 10^{17} cm^{-3}$) характер. Ниже (часть 2) показана экспериментальная зависимость объемной плотности видимых на рентгенограммах преципитатов от концентрации межзерельного кислорода. На части 3 показаны области концентрации межзерельного кислорода, для которых не проявляется эффект геттерирования ($[O_i] \leq 7 \cdot 10^{17} cm^{-3}$) и проявляется эффект геттерирования ($[O_i] \approx (7,0 - 9,7) \cdot 10^{17} cm^{-3}$), что установлено по наличию обедненной преципитатами SiO_x приповерхностной области на секционных рентгенограммах. На части 4 показаны характерные статистические кривые времени наработки на отказ (относительные единицы) для приборных структур, полученных на пластинах кремния с концентрацией кислорода соответственно $(5,9 - 7,0) \cdot 10^{17} cm^{-3}$ ($7,0 - 8,6$) $\cdot 10^{17} cm^{-3}$ и $(8,6 - 9,7) \cdot 10^{17} cm^{-3}$.

На зависимости плотности преципитатов в объеме пластины кремния от концентрации межзерельного кислорода (рисунок, часть 2) можно выделить три характерных участка, отличающихся плотностью преципитатов, характером их связи с матрицей кремния, наличием или отсутствием эффекта внутреннего геттерирования. На первом участке плотность преципитатов варьирует в широких пределах, обедненная преципитатами приповерхностная область не формируется,

преципитаты когерентны с матрицей кремния, эффект геттерирования отсутствует. Соответственно, время до первого отказа мало, скорость нарастания отказов высока (кривая „а“ на рисунке, часть 4). На втором участке плотность преципитатов практически не зависит от концентрации межузельного кислорода, формируется хорошо выраженная, обедненная преципитатами приповерхностная область, преципитаты когерентны с матрицей, эффект геттерирования максимален. Соответственно, время хранения до первого отказа велико (кривая „б“ на рисунке, часть 4). На третьем участке плотность преципитатов возрастает с концентрацией межузельного кислорода. По данным рентгеновской топографии и просвечивающей электронной микроскопии когерентность преципитатов с матрицей нарушается. Крупные преципитаты генерируют дислокационные петли, которые проникают в активные области приборных структур. При этом скорость нарастания отказов снова увеличивается (кривая „в“ на рисунке, часть 4) и снижается время хранения до первого отказа.

Как следует из вышеприведенных данных, для обеспечения требуемых надежных характеристик ИС необходимо сформировать в объеме пластин кремния определенную дефектную структуру, характеризующуюся типом дефектов, их плотностью, размером, профилем распределения по глубине в приповерхностной области пластин. Показано, что для МОП ДОЗУ максимальный эффект геттерирования, соответственно наилучшие характеристики надежности, достигаются при следующих параметрах процесса преципитации кислорода: концентрация межузельного кислорода в исходных пластинах кремния $[O_i] = (7.0-8.6) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, размер обедненной преципитатами SiO_x приповерхностной области $\bar{x}_{O_2} = 5-10 \text{ мкм}$, плотность преципитатов SiO_x в области естественного внутреннего геттера $N_{пр} = (3-8) \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$, размер преципитатов $r'_{пр} = 1-5 \text{ мкм}$, характер связи с матрицей – когерентный, форма преципитатов – октаэдры.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Карелин Н.М., Кусакин С.И., Литвинов Ю.М., Рау Э.И., Спивак Г.В. // Микроэлектроника. 1980. Т. 9. В. 1. С. 48-53.
- [2] Концевой Ю.А., Литвинов Ю.М., Фаттахов Э.А. Пластичность и прочность полупроводниковых материалов и структур. М.: Радио и связь, 1982. С. 242.
- [3] Данилин Е.С., Литвинов Ю.М., Моисеенко Н.Ф., Хашимов Ф.Р. Образование дефектов в процессе изготовления кремниевых МОП-БИС. Материалы для элементной базы вычислительной техники: Материалы семинара. М.: Изд. МДНТП, 1987. С. 147-152.