

06.2;06.3;12

©1994

ИЗОЛЯЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОТОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ АРСЕНИДГАЛЛИЕВЫХ ИС, СОЗДАННЫХ НА МОС-ГИДРИДНЫХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ

*В.В.Козловский, И.А.Козловская,
Ю.А.Лившиц, В.М.Маратов*

В настоящее время протонная бомбардировка (ПБ) вызывает пристальный интерес разработчиков широкого круга полупроводниковых приборов на основе соединений A^3B^5 [1]. Изоляция элементов GaAs ИС посредством ПБ позволяет изготавливать ИС планарными, без вытравливания мезоструктур [2]. При этом появляется возможность повышения разрешения при фотолитографии за счет устранения неоднородности толщины фоторезиста вблизи склонов мезоструктуры, что особенно важно при создании быстродействующих СВЧ ИС. Ранее предполагалось [3], что дозы ПБ, при которых осуществляется максимальная электрическая изоляция, зависят только от концентрации носителей заряда в исходном GaAs. Универсальность ПБ для любых арсенидгаллиевых приборов, изготовленных на различных активных слоях, объяснялась независимостью скорости введения радиационных дефектов РД, определяющих изоляционные свойства облученных областей, от условий облучения, от состава и способа выращивания активных слоев. Однако последние работы показали, что предположение о постоянстве скорости введения РД при радиационной и, в частности, протонной обработке, недостаточно правомерно, так как процесс радиационного дефектообразования в GaAs зависит от указанных выше параметров [4,5].

Целью настоящей работы являлось исследование влияния ПБ на изоляцию основного элемента СВЧ ИС-полевого транзистора с барьером Шоттки (ПТШ), изготовленного на арсенидгаллиевой эпитаксиальной структуре (ЭС), полученной МОС гидридной эпитаксией на полуизолирующей подложке (рис. 1). Эпитаксиальный слой толщиной 0.2 мкм имел исходную концентрацию носителей заряда от $1 \cdot 10^{17}$ до $1 \cdot 10^{18}$ см⁻³ и удельное поверхностное сопротивление R_0 от 1200 до 100 Ом. При ПБ защитная маска из фоторезиста толщиной несколько микрометров наносилась на

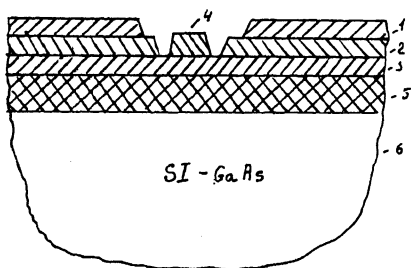


Рис. 1. 1 — омические контакты истока и стока, 2 — контактный слой, 3 — транзисторный слой, 4 — барьерный контакт затвора, 5 — буферный слой, 6 — полуизолирующая подложка.

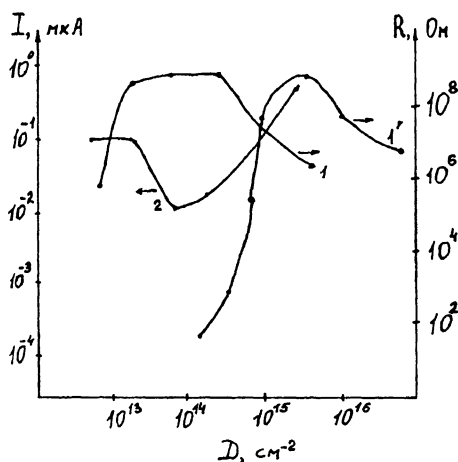


Рис. 2. Зависимость сопротивления изоляции $R_{из}$ между соседними элементами ИС (I, I') и обратного тока диода "затвор-исток" $I_{зи}$ (2) от дозы протонного облучения.

Концентрация носителей заряда в поверхностном слое, $см^{-3}$: 1, 2 — 10^{17} , I' — 10^{18} .

область канала ПТШ и прилегающие к ней участки омических контактов истока и стока. ПБ выполнялась на ускорителе нейтронного генератора НГ-200У. Энергия протонов составляла 50 кэВ, плотность потока частиц от $6 \cdot 10^{10}$ до $3 \cdot 10^{12} см^{-2} \cdot с^{-1}$. Выбранное значение энергии протонов обеспечивало равномерную генерацию радиационных дефектов по всей глубине эпитаксиальных слоев.

На рис. 2 представлены зависимости сопротивления изоляции между соседними ПТШ на пластине $R_{из}$ и обратного тока диода "затвор-исток" $I_{зи}$ (при $U = 3 В$) от дозы про-

тонов. Как видно из рис. 2, для ПТШ на ЭС с концентрацией $1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ оптимальной дозой D_{opt} при ПБ является доза $1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$, которая увеличивает сопротивление изоляции, достигающее в максимуме значения $1 \cdot 10^9 \text{ Ом}$, почти на семь порядков по сравнению с исходным. Для ПТШ с концентрацией носителей у поверхности $n^+ \sim 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ D_{opt} составляет $(1 - 3) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$. Уменьшение $I_{\text{зи}}$ при ПБ, по-видимому, связано с выключением части обратного тока, протекающего вне области канала ПТШ, по мере увеличения поверхностного сопротивления слоя вблизи контактных площадок.

Из кривых, приведенных на рис. 2, можно оценить скорость удаления носителей заряда в слоях n -GaAs, выраженных МОС гидридной технологией, при ПБ ($\eta = \frac{\partial n}{\partial D} \simeq \simeq \frac{\Delta n}{\Delta D} = 10^3 \text{ см}^{-1}$). Это значение η на порядок отличается от ранее считавшихся универсальными значений (10^4 см^{-1}), полученных в экспериментах по изучению влияния малых доз ПБ на изменение проводимости монокристаллического n -GaAs [3]. Причина различий объясняется следующим образом.

Получение в [3] значения η измерялись на начальном (линейном) участке зависимости $n(D)$ и не могут сохраняться вплоть до D_{opt} , поскольку концентрация точечных дефектов типа пар Френкеля в подрешетках Ga и As, ответственных за компенсацию проводимости n -GaAs, не является линейной функцией D . При больших дозах облучения имеет место взаимодействие точечных дефектов с образованием более сложных комплексов; при этом концентрация точечных дефектов уменьшается. Это, по-видимому, является и причиной уменьшения $R_{\text{из}}$ (кривые 1, 1' на рис. 2) при $D > D_{\text{opt}}$. Кроме того, как показали эксперименты по изучению спектра РД методом нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней для газофазных эпитаксиальных слоев с $n > 10^{17} \text{ см}^{-3}$ необходимо учитывать взаимодействие собственных точечных дефектов с атомами примеси [5].

Таким образом, нелинейная зависимость концентрации вводимых РД от дозы облучения при $D \simeq D_{\text{opt}}$ и зависимость скорости введения РД от примесного состава ЭС приводит к необходимости отказаться от считавшихся ранее универсальными значений скорости удаления носителей заряда при ПБ и определять необходимые режимы ПБ непосредственно для конкретных структур. Для создания изоляции в ПТШ на основе МОС гидридных слоев толщиной $d \sim 0.2 \text{ мкм}$ с $n \sim 10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$ можно рекомендовать значения $\eta \sim 10^3 \text{ см}^{-1}$. Заметим, что указанные значения η справедливы при $d < R_p$, где R_p — проецированный пробег

протонов в GaAs. Это замечание обусловлено сильной неравномерностью темпа генерации РД по глубине материала при $d \sim R_p$ [6] и, как следствие, возможным несовпадением результатов, касающихся η , полученных при $d \geq R_p$.

Список литературы

- [1] Алферов Ж.И., Журавлев А.Б., Портной Е.Л., Стельмаз Н.М. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 18. С. 1093-1098.
- [2] Foyt A.G., Lindley W.T., Wolfe C.M., Donnelly J.P. // Solid State Electronics. 1969. V. 12. P. 209-214.
- [3] Matsumura H., Stephens K.G. J. Appl. Phys. 1977. V. 48. N 7. P. 2779-2783.
- [4] Kozlovskii V.V., Pilkevich J.J., Zakharenkov L.F. // Phys. Stat. Sol. (a). 1989. V. 111. N 2. P. K215-K218.
- [5] Козловский В.В., Кольченко Т.И., Ломако В.М. // ФТП. 1991. Т. 25. В. 3. С. 545-550.
- [6] Kozlovskii V.V., Lomasov V.N., Vlasenko L.S. // Radiation Effects (London-Bristol). 1988. V. 106. P. 37-46.

Научно-исследовательский
институт "Гириконд"
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
2 января 1993 г.