

06;12

Применение собственного оксида арсенида галлия для создания изоляции активных элементов интегральных схем на GaAs

© Н.Г. Лежава, А.П. Бибилашвили, А.Б. Герасимов

Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили, Грузия
E-mail: amiranbib@yahoo.com

Поступило в Редакцию 19 апреля 2004 г.

Использование собственного оксида арсенида галлия, полученного плазменным анодированием с применением ультрафиолетового (УФ) облучения в процессе его формирования, для создания изоляции активных элементов интегральных схем на GaAs является оригинальным методом, ранее не применявшимся. Метод позволяет значительно понизить токи утечки и эффект управления по подложке, повысить термостабильность и напряженность поля пробоя, сохраняя при этом планарность поверхности структур.

При изготовлении сверхбольших интегральных схем (СБИС) на GaAs решающее значение имеет высокое качество электрической межкомпонентной изоляции (МКИ) между активными элементами интегральных малых схем (ИМС). При этом часто возникает паразитный эффект — эффект управления по подложке (ЭУП), который заключается в неконтролируемом изменении вольт-амперной характеристики (ВАХ) полевого транзистора с барьером Шоттки (ПТБШ) при отрицательном смещении на электрически изолированном электроде, расположенном на полуизолирующей подложке. Для ПТБШ, работающих в режиме обеднения, с увеличением управляющего напряжения V_1 на электрически изолированном электроде ток стока уменьшается. Основными характеристиками ЭУП принято считать относительное изменение тока стока $\Delta I/I_0$ ПТБШ и тока утечки в цепи между ПТБШ и управляющим электродом I' . Приложенное V_1 вызывает возникновение гистерезиса ВАХ, дрейфа тока стока, низкочастотных шумов, которые являются важными характеристиками ПТБШ на GaAs [1].

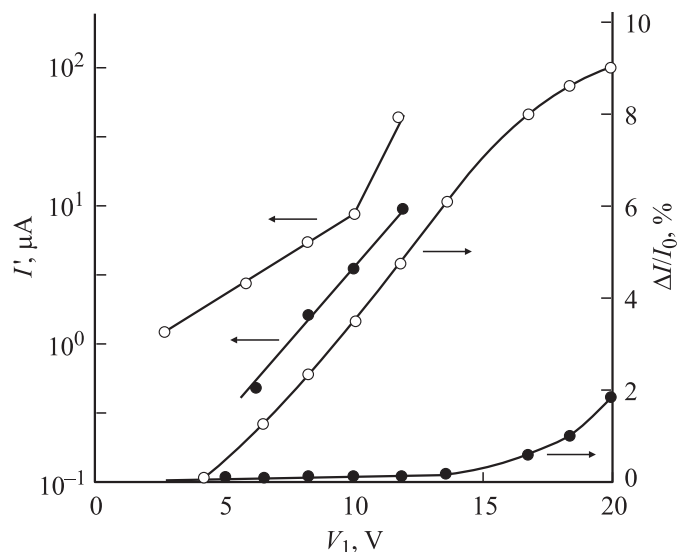
Механизм ЭУП связан с образованием на границе раздела канал-подложка области пространственного заряда (ОПЗ), в которой отрицательный заряд концентрируется в подложке, а положительный — в n -слое. При приложении отрицательного смещения к управляющему электроду происходит инжекция электронов, которые начинают собираться на истоке ПТБШ, добавляя отрицательный заряд к уже существующему под каналом. ОПЗ будет интенсивно увеличиваться с полем пропорционально плотности инжектированных электронов, что вызывает возрастание ЭУП и уменьшение величины тока насыщения [2,3].

Используя традиционные для арсенидгаллиевых ИМС методы МКИ — мезатравление и ионную имплантацию, на ЭУП можно воздействовать лишь ограниченно. Эти ограничения связаны с наличием заметной проводимости у мезатравленных поверхностей GaAs и с недостаточностью глубины проникновения имплантированных ионов в подложку. В обоих случаях величина ЭУП составляет $\approx 20\%$ при -20 V смещения на электроде [3].

В данном сообщении представлены результаты измерения ЭУП при использовании для МКИ собственного оксида GaAs (CO GaAs), полученного плазменным анодированием с применением УФ-облучения в процессе его формирования [4].

В качестве подложек использовались эпитаксиальные структуры GaAs n -типа проводимости, легированные теллуром с $N_D = 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, с ориентацией поверхности [100]. CO GaAs представлял собой смесь Ga_2O_3 и As_2O_3 (в соотношении ~ 64 и $\sim 36\%$ соответственно). Толщина оксида составляла $\sim 1.0 \mu\text{m}$. Процесс плазменного анодирования проводился в гальваностатическом режиме при температуре подложки 450 K. Энергия фотонов УФ-облучения составляла 5 eV и не повреждала поверхность GaAs. Управляющий электрод отстоял от истока ПТБШ на $2.0 \mu\text{m}$. Модуль максимального значения управляющего напряжения V_1 составлял 20 V. ЭУП измерялись в темноте и при освещении структуры белым светом.

На рисунке представлены типичные зависимости относительного изменения тока стока насыщения и тока утечки в цепи ПТБШ и управляющим электродом от величины управляющего напряжения. Как видно из рисунка, при максимальном значении V_1 значение ЭУПа достигает $\sim 2\%$ и тока утечки на 2 порядка ниже, чем токов утечки структуры, МКИ которых осуществлялась имплантацией фтором [3].



Зависимость относительного изменения тока стока насыщения и тока утечки в цепи в ПТБШ и управляющим электродом в темноте (●) и при освещении белым светом (○).

Освещение структуры белым светом ведет к усилению ЭУПа и токов утечки, но их значения были гораздо ниже, чем при других методах МКИ [1]. Следует отметить, что МКИ $CO GaAs$ характеризуется термостабильностью, высоким значением поля пробоя и возможностью осуществления планарной технологии, что обеспечивает повышение интеграции ИМС.

Преимущества применения $CO GaAs$ в качестве МКИ объясняются тем, что помимо высокого удельного сопротивления, обеспечивающего повышение изолирующего эффекта, фиксированный отрицательный заряд $CO GaAs$ создает область обеднения электронами вдоль всей границы раздела оксид–арсенид галлия. Это приводит к увеличению сопротивления электронного тока вдоль всей указанной граничной области, вызывающему резкое понижение значения ЭУПа.

Применение $CO GaAs$, полученного плазменным анодированием, в качестве межкомпонентной изоляции резко уменьшает эффект управ-

ления по подложке и токи утечки, обеспечивает термостабильность и хорошую воспроизводимость, устраняет проникновение Ga в диэлектрические пленки, вызывающее пробой. Поэтому он является перспективным направлением в развитии технологии ИМС на GaAs.

Список литературы

- [1] *Хведелидзе Л.В., Хучуа Н.П.* // Зарубежная электронная техника. 1987. № 9. С. 69–94.
- [2] *Spiram S., Das M.B.* // Sol. St. Electr. 1985. V. 28. N 1. P. 979–985.
- [3] *Chang E.Y., Fuh C.S., Meng C.C., Wang K.B., Chen S.H.* // IEEE Trans Electr. Dev. 2000. V. 37. N 6. P. 1134–1139.
- [4] *Барасьев С.В., Бибилашвили А.П., Герасимов А.Б.* // Способ получения окисла на арсениде галлия. А.с. № 1172412. НО1 L24, приор. 4.08.82., зарег. 8.04.85. СССР.