

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ BRIEF REPORTS

УДК 004.942: 621.3.049.772.1/.774.2

Повышение пробивного напряжения n -МОП-транзисторов для радиационно стойких КНС КМОП БИС

А.В. Соловьев^{1,2}, Т.Ю. Крупкина¹, А.А. Романов²

¹Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

²ОАО «Ангстрем» (г. Москва)

Increasing Breakdown Voltage of N-MOS Transistors for Radiation-Resistant CMOS LSI

A.V. Solovnev^{1,2}, T.U. Krupkina¹, A.A. Romanov²

¹National Research University of Electronic Technology, Moscow

²JSC «Angstrom», Moscow

Для повышения рабочего диапазона функционирования КМОП БИС, выполненных по радиационно стойкой технологии КНС, требуется повышение пробивных напряжений n -канальных МОП-транзисторов. Представлены результаты модернизации конструкции и технологического маршрута формирования n -МОП-транзисторов с улучшенным пробивным напряжением, полученные средствами приборно-технологического моделирования TCAD Synopsys.

Ключевые слова: кремний на изоляторе; кремний на сапфире; LDD-области; пробивное напряжение; приборно-технологическое моделирование; TCAD Synopsys.

To increase the functioning operating range of CMOS LSI, designed according to the radiation-resistant technology SOS, an increase of the breakdown voltages of the N-channel MOS transistors is required. The results of the construction modernization and that one of the technological route of formation of N-MOS transistors with an improved breakdown voltage, obtained by means of the device-technological modeling TCAD Synopsys, have been presented.

Keywords: silicon-on-insulator (SOI); silicon on sapphire (SOS); LDD (Lightly Doped Drain); the breakdown voltage; device-technological modeling; TCAD Synopsys.

Наиболее распространенной конструкцией МОП-транзистора в полупроводниковой промышленности является структура LDD. Ее особенность – наличие мелких слаболегированных областей, удлиняющих области истока и стока в сторону канала. Концентрацию легирующей примеси в этих областях (фосфор и бор) и режим ее разгонки выбирают таким образом, чтобы получить плавный p – n -переход. Обычно концентрация примеси составляет $4 \cdot 10^{18}$ – $8 \cdot 10^{18}$ см⁻³, в то время как в n^+ -областях – $5 \cdot 10^{19}$ – $1 \cdot 10^{20}$ см⁻³. Полученное таким способом снижение значения напряженности электрического поля в канале на границе со стоком уменьшает энергию горячих электронов, вызывающих долговременную деградацию параметров транзистора. Слаболегированные LDD-области также повышают напряжение прокола, инжекционного и лавинного пробоя транзистора, уменьшают DIBL-эффект и эффект модуляции длины канала [1].

В настоящей работе средствами приборно-технологического моделирования TCAD Synopsys исследованы n -канальные МОП-транзисторы с LDD-областями на КНС-пленке 0,3 мкм с длиной по поликремнию 0,8 мкм. Одна из основных проблем данной технологии – низкое пробивное напряжение транзисторов с фиксированной и плавающей подложками.

В МОП-транзисторах в ходе проведения испытаний при повышенном рабочем напряжении происходит отказ схемы, связанный с n -канальными транзисторами, ввиду недостаточных запасов по пробивному напряжению. Для данного типа транзисторных структур необходима модернизация LDD-областей для подавления горячих носителей и повышения пробивного напряжения. В результате модернизации технологического маршрута изготовления n -канального МОП-транзистора необходимо получить пробивное напряжение по уровню тока 1 мкА от 10 В и более, при этом ток транзистора в открытом состоянии должен быть больше или равен исходному значению 16 мА для ширины транзистора 100 мкм.

Ранее считалось, что низкое напряжение пробоя p - n -перехода связано с недостаточной эффективностью LDD-областей, которые не охватывают сток-источковые области, что приводит к пробоя p - n -перехода между высоколегированными n^+ -областями и пленкой [2]. Однако результаты выборочного контроля показали, что дополнительное легирование по маске поликремниевого затвора с высокой энергией не дает требуемого пробивного напряжения 10 В и более. Снижение концентрации примеси в LDD-области около поверхности приводит к падению тока открытого состояния транзистора.

В предлагаемом варианте модернизации LDD-областей область пробоя p - n -перехода смещена от приповерхностной области, где происходит снижение концентрации бора в результате термической разгонки примеси и ухода ее в глубину кремниевой пленки [3].

Модернизация технологического маршрута проводится на этапе создания LDD-областей и состоит в увеличении угла легирования и энергии имплантации примеси с четырехкратным поворотом пластины на 90° для исключения влияния ориентации пленки КНС. Такой вариант приведет к уменьшению эффективной длины и увеличению токов открытого транзистора. Увеличение подачи примеси под маску поликремния снижает полевое влияние затвора, что приводит к повышению пробивного напряжения транзистора.

На рис.1 представлено распределение электрического поля при напряжении на стоке 9,5 В, которое является пробивным для транзисторов со стандартным вариантом легирования LDD-областей. На рис.2 представлены подпороговые ВАХ транзисторов, выполненных по стандартной технологии и новому варианту легирования в LDD-область. Пробивное напряжение измеряется по уровню тока 1 мкА.

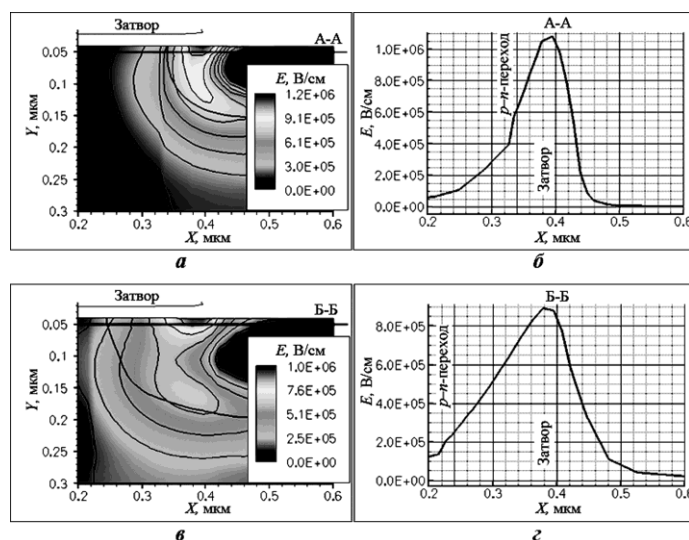


Рис.1. Распределение электрического поля при напряжении 9,5 В для стандартного (а) и модернизированного (в) варианта легирования в LDD-область и распределение электрического поля в кремнии вдоль затвора для двух вариантов соответственно (б, г)

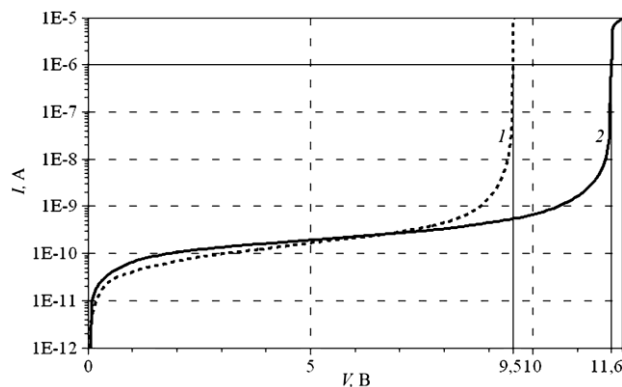


Рис.2. Подпороговые ВАХ транзисторов, выполненных по стандартной технологии (кривая 1) и новому варианту легирования (кривая 2) в LDD-область

Результаты моделирования показывают, что пробивное напряжение с новым вариантом легирования составляет $\sim 11,6$ В. Это примерно на 2 В больше, чем в стандартном маршруте. Электрическое поле меньше и распределено в сторону от края затвора. Максимум электрического поля находится далеко от области металлургического $p-n$ -перехода.

Увеличение протяженности LDD-области приводит к уменьшению токов открытого состояния за счет роста последовательного сопротивления между контактом и областью канала. Предлагается уменьшить размер пристенков, чтобы уменьшить длину слабелегированных областей и снизить последовательное сопротивление между контактом и областью канала.

В результате проведенных исследований предложена модернизация технологического маршрута n -МОП-транзисторов со структурой КНС, изготовленных в составе радиационно стойких КМОП БИС с целью повышения пробивного напряжения. Увеличение угла легирования и энергии имплантации примеси приводит к увеличению пробивного напряжения в среднем на 2 В, при этом ток открытого транзистора после модернизации больше тока в стандартном варианте маршрута.

Литература

1. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. – 2-е изд., испр. – М.: Техносфера, 2011. – 800 с.
2. Соловьев А.В. Модернизация технологического маршрута производства КМОП КНС БИС с целью повышения пробивного напряжения транзисторов // Потенциал современной науки. – 2015. – №9. – С. 20–21.
3. Афонин Н.Н., Александров О.В. Влияние окислительных сред на диффузионно-сегрегационное перераспределение бора в системе термический диоксид кремния – кремний // ЖТФ. – 2003. – Т. 73. – № 5. – С. 57–63.

Поступило
1 июня 2016 г.

Соловьев Андрей Владимирович – аспирант кафедры интегральной электроники и микросистем (ИЭМС) МИЭТ, инженер ОАО «Ангстрем» (г. Москва). *Область научных интересов:* моделирование технологических процессов. **E-mail:** sablok@mail.ru

Крупкина Татьяна Юрьевна – доктор технических наук, профессор кафедры ИЭМС МИЭТ. *Область научных интересов:* моделирование технологических процессов и интегральных приборов, методы проектирования интегральной элементной базы и микросистем.

Романов Александр Аркадьевич – начальник отделения инновационных технологий ОАО «Ангстрем» (г. Москва). *Область научных интересов:* разработка и внедрение в производство технологии изготовления изделий электронной техники.