

РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В МОП/КНИ СТРУКТУРАХ

Ф. П. Коршунов¹, Ю. В. Богатырев¹, С. Б. Ластовский¹, В. И. Карась¹,
В. С. Малышев², С. А. Сорока², С. В. Шведов²

¹Научно-практический центр НАН Беларуси
по материаловедению, bogat@iftp.bas-net.by.

²ОАО «Интеграл»

Применение технологии «кремний на изоляторе» (КНИ) перспективно для производства МОП БИС и СБИС с повышенной радиационной стойкостью, особенно к импульсной радиации [1, 2]. Наличие диэлектрической изоляции и уменьшение размеров активных областей МОП-транзисторов способствует снижению фототоков в ИС и позволяет избавиться от тиристорного эффекта при высоких интенсивностях ионизирующих излучений.

В качестве КНИ-структурой обычно применяется монокристаллическая кремниевая пленка на слое диоксида кремния. Основными преимуществами КНИ-структур являются: электроизоляция, повышенная плотность упаковки, уменьшение паразитных емкостей. Однако в настоящее время существует проблема обеспечения радиационной стойкости КНИ-структур при стационарном облучении. При этом наибольшее значение для оценки стойкости КНИ-структур имеет наличие второй границы раздела полупроводник-окисел, которая, к тому же, может иметь плавающий потенциал. Наличие второй границы раздела и возможность появления радиационно-индукционного заряда в изолирующем окисле подложки может привести к образованию проводящего канала на обратной стороне [1, 2].

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния ионизирующего излучения на характеристики тестовых элементов КМОП/КНИ БИС (транзисторы и конденсаторы) в активном и пассивном электрическом режиме.

Облучение тестовых образцов гамма-квантами Со⁶⁰ проводилось на установке «Исследователь» при температуре 300–310 К. Мощность дозы гамма-излучения составляла 30 рад/с, доза $D = 10^5\text{--}2 \cdot 10^6$ рад. Дозиметрия гамма-излучения проводилась образцовыми твердотельными стеклянными детекторами ДТС-0,01/1,0 с погрешностью $\pm 7\%$.

Объектами исследований были тестовые элементы КМОП/КНИ БИС – МОП-конденсаторы на базовом (скрытом) окисле и тестовые транзисторные МОП/КНИ-структуры с каналами *n*- и *p*-типа, которые изготавливались на КНИ-подложках по проектной норме 1,0 мкм. КНИ-структуры имели толщину пленки кремния 0,24 мкм и скрытого окисла – 0,25 мкм. Тестовые МОП-транзисторы (МОПТ) имели различные соотношения длины *L* и ширины канала *W*, а также разную конфигурацию запилки канала: 2*T*-образную и *H*-образную.

До и после облучения с помощью автоматизированного измерителя параметров полупроводниковых приборов ИППП-1/6 измерялись: сток-затворные $I_c(U_3)$ вольт-амперные характеристики (ВАХ) и выходные ВАХ $I_c(U_c)$ тестовых МОПТ. *CV*-характеристики тестовых МОП-конденсаторов измерялись с помощью автоматизированного на базе IBM ПК цифрового LCR измерителя E7-12 на частоте 1 МГц.

На рис. 1 показаны изменения CV-характеристик тестовых МОП-конденсаторов при облучении в активном электрическом режиме (при напряжении на затворе $U_3 = 5$ В). В результате воздействия гамма-излучения происходит значительный сдвиг CV-характеристик тестовых МОП-конденсаторов в сторону отрицательных напряжений затвора, что обусловлено накоплением положительного фиксированного заряда в объеме окисла. При больших дозах облучения наблюдается также уменьшение наклона CV-характеристик и искажение их первоначальной формы, что объясняется увеличением плотности быстрых поверхностных состояний на границе раздела Si-SiO₂ [1, 3].

Результаты испытаний тестовых *n*-МОПТ при воздействии гамма-излучения Co⁶⁰ в активном электрическом режиме ($U_3 = 5$ В) представлены на рис. 2. Сток-затворные ВАХ *n*-МОПТ с 2T-запиткой изменились при облучении более значительно (рис. 2a), чем ВАХ *n*-МОПТ с H-запиткой (рис. 2б). В первом случае происходит заметное возрастание токов утечки с ростом дозы облучения. Во втором случае токи утечки изменились очень незначительно вплоть до $D = 10^6$ рад.

В результате облучения у *n*-МОПТ различных типов происходит также уменьшение порогового напряжения и увеличение максимального тока стока (рис. 2). При облучении *p*-МОПТ различных типов пороговое напряжение увеличивается, макси-

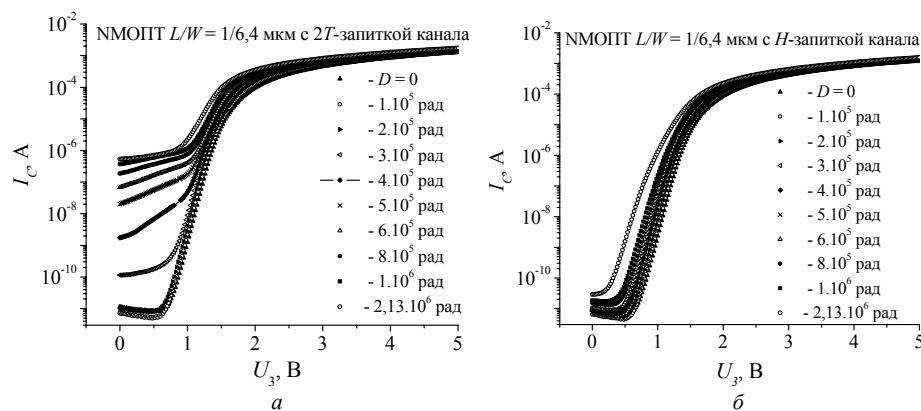


Рис. 1. CV-характеристики тестовых МОП-конденсаторов при воздействии гамма-излучения Co⁶⁰ в активном электрическом режиме

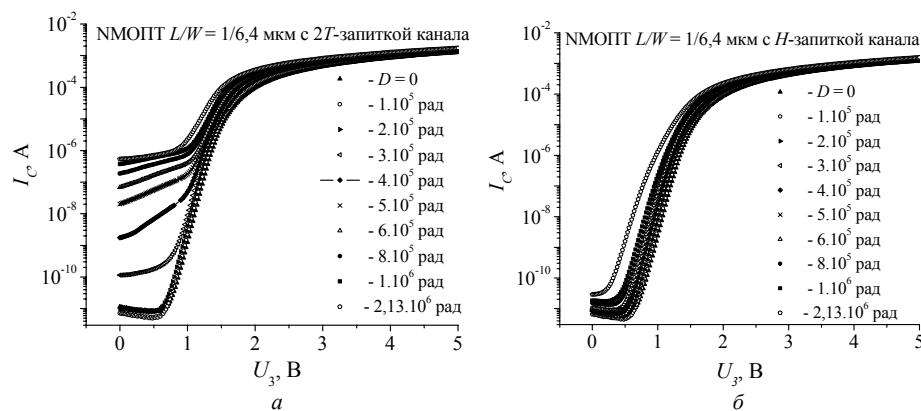


Рис. 2. ВАХ тестовых *n*-МОПТ с 2T-запиткой (а) и H-запиткой (б) при воздействии гамма-излучения Co⁶⁰ в активном электрическом режиме

мальный ток стока уменьшается, токи утечки возрастают незначительно.

Было установлено, что возрастание токов утечки *n*-МОПТ с ростом дозы радиации происходит более заметно при облучении в активном электрическом режиме: на

дозовой зависимости $I_{yt}(D)$ наблюдается резкий подъем тока (рис. 3). В случае облучения в пассивном электрическом режиме ($U_3 = 0$ В) токи утечки n -МОПТ увеличиваются в меньшей степени.

Испытания тестовых p -МОПТ показали, что они остаются работоспособными (основные параметры не выходят за пределы ТУ) при облучении до $D = (1-2) \cdot 10^6$ рад как в активном (-5 В на затворе), так и в пассивном (0 В на затворе) электрическом режиме.

Таким образом, установлено, что в результате воздействия гаммаизлучения происходит значительное изменение CV -характеристик тестовых МОП-конденсаторов на скрытом окисле, а также ВАХ n -МОПТ с 2Т-запиткой канала. Более высокую радиационную стойкость (до $D = 2 \cdot 10^6$ рад) показали n -МОПТ с H -запиткой и p -МОПТ различных типов.

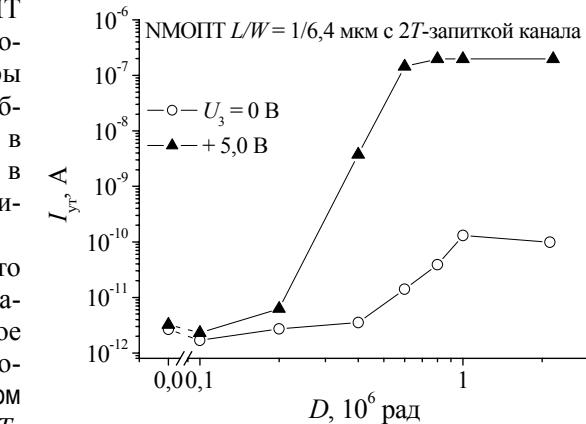


Рис. 3. Дозовые зависимости тока утечки I_{yt} тестовых n -МОПТ ($L/W=1/6,4$ мкм, 2Т-запитка канала) при различном электрическом режиме облучения

ЛИТЕРАТУРА

- Чумаков, А. И. Действие космической радиации на интегральные схемы / А. И. Чумаков. М.: Радио и связь, 2004. 320 с.
- Костюков, В. Е. Материаловедческие проблемы создания специальной полупроводниковой элементной базы и возможные пути их решения / В. Е. Костюков, А. Ю. Седаков, Л. А. Синегубко, В. Д. Скупов // Журнал организаторов производства. 2002. № 10. С. 5.
- Коршунов, Ф. П. Воздействие радиации на интегральные микросхемы / Ф. П. Коршунов, Ю. В. Богатырев, В. А. Вавилов. Минск: Наука и техника. 1986. 254 с.