Радиационная стойкость 4H-SiC JBS-структур при облучении электронами и протонами

Стрельчук А.М.¹, Козловский В.В.², Лебедев А.А.¹

¹ Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26-28

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

DOI 10.34077/Semicond2019-462

Результаты исследований радиационной стойкости SiC и приборов на его основе достаточно противоречивы, вплоть до того, что утверждение о предполагаемой высокой радиационной стойкости SiC подвергалось сомнению. Исследование радиационной стойкости нескольких типов коммерческих выпрямительных диодов Шоттки на основе карбида кремния (4H-SiC) при электронном и протонном облучении показало, что наиболее чувствительным к облучению и определяющим радиационную стойкость параметром является последовательное сопротивление диодов, растущее на 10 порядков при больших дозах и достигающее 10^9 Ом [1]. Пороговые дозы при облучении зависят от энергии и массы частиц и уровня легирования базового слоя. Наиболее полно были исследованы два типа классических диодов Шоттки, в то время как для диодов Шоттки третьего типа, где использовалась особая, так называемая JBS, структура, позволяющая улучшить вольт-амперную характеристику диода при обратном смещении и отличающаяся, к тому же, наименьшим уровнем легирования базы, был проведен только начальный этап исследований. В данной работе представлено исследование радиационной стойкости при облучении электронами и протонами JBS-структур с уровнем легирования базового слоя $\sim 3 \cdot 10^{15}$ см⁻³ и площадью $S \sim 6.7 \cdot 10^{-2}$ см². Установлено, что пороговая доза при облучении электронами с энергией 0.9 МэВ составляет $D_{th} \sim 5 \cdot 10^{15}$ см⁻², а при облучении протонами с энергией 15 МэВ составляет $D_{th} \sim (3-4) \cdot 10^{13}$ см⁻²; при дозах, больших пороговой, последовательное сопротивление диодов резко растет в соответствии со степенной зависимостью с показателем степени 10-15, достигает значений $\sim 10^7$ Ом и не имеет тенденции к насыщению (Рис.1).

Рис.1. Зависимости последовательного дифференциального сопротивления R_d JBS-структур от дозы облучения электронами с энергией 0.9 МэВ (кривая 1) и протонами с энергией 15 МэВ (кривая 2). Последовательное дифференциальное сопротивление в исходных и облученных диодах определялось из вольт-амперных (I-V) характеристик при прямом смещении и максимальных измеряемых токах (10-20 мА) или напряжениях (10 В).

Рост последовательного сопротивления диода при увеличении дозы облучения может быть обусловлен ростом сопротивления базового слоя, а также перекомпенсацией и формированием дополнительного pn перехода.

Работа выполнена при поддержке РНФ (грант № 16-12-10106 “Радиационная стойкость карбида кремния и приборы на его основе для экстремальной электроники”).

[1] А. М. Стрельчук, В. В. Козловский, А. А. Лебедев, ФТП, 52, 1651 (2018).