

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Марчук М.В.¹, Дубровских С.М.²

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²) Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина, г. Снежинск, Россия
E-mail: vakulina-masha@mail.ru

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF IMPULSE LOW-ENERGY PROTON RADIATION ON THE EFFICIENCY OF THE MICROCONTROLLER

Marchuk M.V.¹, Dubrovskikh S.M.²

¹) Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

²) Russian Federal Nuclear Center - All-Russian Research Institute of Technical Physics named after academician E.I. Zababakhina, Snezhinsk, Russia

The purpose of this work is to research influence of impulse low-energy proton radiation on the efficiency of the most complex semiconductor product – microcontroller and to determine dominant failure mechanism.

До недавнего времени считалось, что одиночные сбои (ОС) в космическом пространстве вызывают только тяжелые ионы и высокоэнергетические протоны. Однако с развитием технологий около 10 лет назад была обнаружена чувствительность микросхем с топологией менее 100 нм к частицам с энергией около 1 МэВ [1]. Причем экспериментально определенное сечение сбоев под действием низкоэнергетических протонов превышает значение для частиц высоких энергий на 3-4 порядка. Таким образом, низкоэнергетические протоны могут представлять значительную угрозу для спутников на низких орбитах.

В данной работе пучки протонов генерировались на лазерном ускорителе, который никогда ранее не применялся для исследований стойкости микроэлектронных устройств к заряженным частицам. Источником протонов служила алюминиевая мишень (Al), толщиной 5 мкм при фокусировке на ней мощного импульса излучения Ti:Sa-лазера с энергией до 2 Дж и ультракороткой длительностью ≈ 25 фс. В эксперименте импульсному воздействию протонов подвергался микроконтроллер (МК) отечественного производства с проектной нормой 180 нм, изготовленный по технологии «объёмный кремний». При воздействии протонного импульса имеет место потеря информации в ячейках памяти оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) МК. При этом оставался

открытым вопросом о причинах сбоя ячеек памяти: эффект обусловлен объемной ионизацией или связан с одиночными радиационными эффектами.

В работе были определены конструктивные особенности исследуемого образца и химический состав материала кристалла МК, посредством анализа методом масс-спектро스코пии и применения оптического и электронного микроскопов, поскольку вариация материалов и толщин слоев влияет на оценку линейных потерь энергии (ЛПЭ) в чувствительном объеме (ЧО) кристалла. Для расчетов ЛПЭ в SRIM была принята послойная структура образца, представленная на рисунке 1.

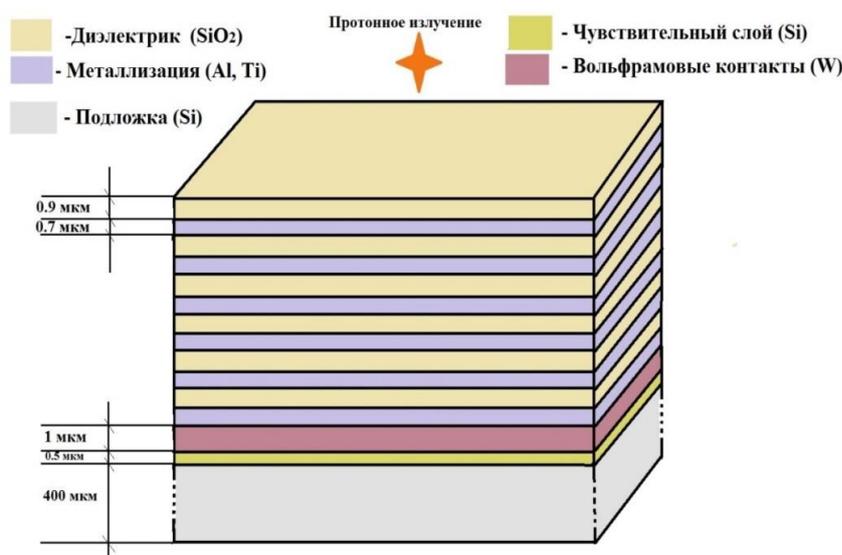


Рис. 1. Послойная структура исследуемого образца

Используя распределение ЛПЭ протона по послойной структуре для каждой энергии из заданного диапазона, было определено значение ЛПЭ и поглощенная доза в ЧО кристалла. В результате получено, что мощность дозы линейно растет с увеличением энергии лазерного излучения (ЛИ)

Верификация результатов эксперимента по протонному воздействию на ячейки памяти МК с ранее исследованной для данного типа МК реакцией на воздействие импульса тормозного излучения (ТИ) показала, что наблюдаемые сбои в ОЗУ МК не связаны с объемной ионизацией, а обусловлены одиночными радиационными эффектами.

В работе было показано, что помимо ОРЭ от первичного протонного излучения, возможно возникновение данного типа эффекта вследствие локального энерговыделения от первично выбитых протоном атомов кристалла МК.

Полученные результаты имеют практическое значение для дальнейших исследований изделий электронной техники на стойкость к протонному

воздействию и наглядно демонстрируют важность учета гетероструктур в расчетах.

1. K.P. Rodbell, D.F. Heidel, H.H.K. Tang et al., Low-energy proton-induced single-event-upsets in 65 nm node, silicon-on-insulator, latches and memory cells, IEEE Trans. Nucl.Sci. 54, 2474 (2007).