

Влияние спектра ионизирующего излучения на результаты испытаний дозовой стойкости ОЗУ 1657РУ1У

Проведены расчеты эффективности ионизационного действия тормозного излучения (ТИ) ускорителей ЛУ-10-20 и У-31-33 на подзатворный диэлектрик МОП транзисторов оперативного запоминающего устройства 1657РУ1У производства ОАО НПЦ «ЭЛВИС». Показано, что при воздействии спектра ТИ ускорителя У-31-33 на микросхему 1657РУ1У из-за наличия золота возникает эффект дозового усиления, который необходимо учитывать при определении ее дозовой стойкости.

**Е. Т. Батова, Ю. Г. Кудрявцев,
А. Н. Панченко, А. Ю. Копкин,
А. В. Тетеревков**

Введение

Линейные ускорители электронов типа ЛУ-10-20 [1] и У-31-33 [2] широко используются для испытаний дозовой стойкости интегральных микросхем (ИМС). В процессе испытаний и для последующего определения уровня дозовой стойкости ИМС проводят дозиметрическое сопровождение испытаний и учет эффективности ионизационного действия излучения на объект.

Моделирование мишенных узлов и объекта испытаний

Для сравнения воздействия ТИ ускорителей ЛУ-10-20 и У-31-33 на оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) 1657РУ1У методом Монте-Карло по программе «ТРИАДА» [3] рассчитывались спектры ТИ установок, поглощенные и экспозиционные дозы. Для расчетов спектров ТИ ускорителей использовались спектры их электронного излучения (рис. 1) и данные о конструкции мишенных узлов.

Расчетная модель мишени ускорителя У-31-33 состояла из вольфрамового конвертора толщиной 0,46 мм и алюминиевого фильтра толщиной 10 мм. Модель мишенного устройства ускорителя ЛУ-10-20 представляла собой чередование танталовых конверторов общей толщиной 2 мм с водяным охлаждением общей толщиной 1 см, помещенных в алюминиевый корпус с общей толщиной алюминия 4,5 мм. Рассчитанные по программе «ТРИАДА» спектры ТИ ускорителей изображены на рис. 2.

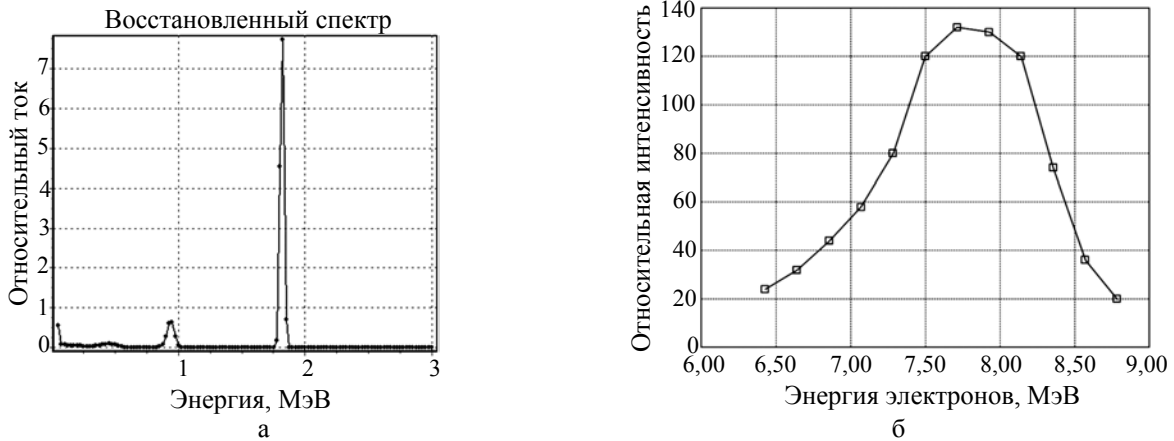


Рис. 1. Спектры электронов ускорителей У-31-33 (а) и ЛУ-10-20 (б)

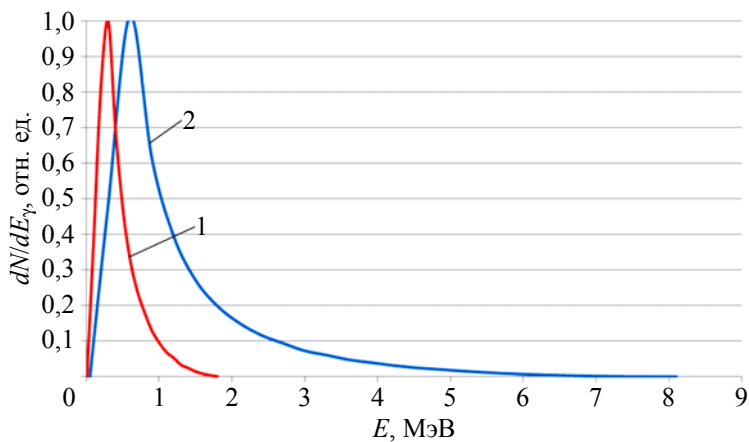


Рис. 2. Спектры тормозного излучения ускорителей У-31-33 (1) и ЛУ-10-20 (2)

Объект испытаний – микросхема ОЗУ 1657РУ1У – представляет собой статическую асинхронную 8-разрядную память емкостью 4 Мбит (15 кбайт) [4]. Степень интеграции – V. Технология КМОП с минимальными размерами 0,25 мкм. Материал подзатворного диэлектрика – SiO₂. Микросхемы смонтированы производителем в металлокерамические корпуса типа LCC44 корпорации KYOCERA.

На основе предоставленной производителем топологии была составлена расчетная модель ОЗУ 1657РУ1У, которая включала материалы слоев, их геометрические размеры и состав крышки ИМС с учетом золотого напыления.

Определение и сравнение эффективности ионизационного действия спектров ТИ

Дозовая стойкость КМОП микросхем, как правило, определяется свойствами подзатворного диэлектрика МОП транзисторов и поглощенной в нем дозой. Поэтому эффективность ионизационного действия излучений на ОЗУ 1657РУ1У при испытаниях его дозовой стойкости определя-

лась как отношение дозы, поглощенной в подзатворном диэлектрике МОП транзисторов, к соответствующей экспозиционной дозе перед объектом.

Методом Монте-Карло по программе «ТРИАДА» были проведены расчеты поглощенных доз в подзатворном диэлектрике модели ИМС ОЗУ 1657РУ1У и воздухе перед ней при воздействии спектров ЛУ-10-20 и У-31-33. Экспозиционная доза была пересчитана из поглощенной дозы в воздухе с учетом коэффициента 0,87 по [5].

Расчеты доз, поглощенных в подзатворном диэлектрике, проводились с учетом основных элементов топологии ОЗУ и подробного состава коваровой крышки со слоями золота толщиной $1,52 \cdot 10^{-6}$ м, напыленного на ее внутреннюю поверхность.

Результаты расчетов эффективности ионизационного действия ТИ

Наличие золота непосредственно перед подзатворным диэлектриком и значительной доли квантов с энергией 0,02–1 МэВ в спектре ТИ ускорителей являются теми условиями, при которых возможно увеличение поглощенной дозы в подзатворном диэлектрике и, следовательно, эффективности дозового воздействия излучения вследствие проявления эффекта дозового усиления (ДУ) [6, 7]. Для оценки влияния эффекта ДУ расчеты доз, поглощенных в подзатворном диэлектрике ОЗУ, были проведены также и для модели ИМС без слоя золота на внутренней поверхности крышки. Результаты расчетов эффективности поглощенной в подзатворном диэлектрике дозы, нормированной на 1 Р экспозиционной дозы, приведены в таблице.

Эффективность ионизационного действия ТИ ускорителей ЛУ-10-20 и У-31-33 на подзатворный диэлектрик ОЗУ 1657РУ1У

Наличие золотого напыления	Эффективность ионизационного действия ТИ источников излучения	
	У-31-33	ЛУ-10-20
Толщина золота $1,52 \cdot 10^{-6}$ м	1,49	0,83
Золото отсутствует	0,97	0,85

Данные таблицы показывают, что эффективность ионизационного действия тормозного излучения ускорителя У-31-33 в 1,8 раза выше эффективности ТИ ускорителя ЛУ-10-20. Такие значительные различия обусловлены наличием золотого напыления и влиянием эффекта ДУ, который обусловлен характеристическим излучением золота из-за высокого значения коэффициентов поглощения γ -квантов для его *M*, *N*, *K*-оболочек.

Наиболее существенно влияние золота и эффекта ДУ проявляется для спектра ТИ ускорителя У-31-33, в котором доля квантов с энергией 0,08 МэВ, соответствующей энергии ионизации *K*-оболочки золота, в 5 раз больше, чем в спектре ЛУ-10-20. Эффективности, рассчитанные для модели ИМС без слоя золота, отличаются друг от друга не более чем на 14 %.

Заключение

Наличие высокой доли квантов с энергией 0,08 МэВ в расчетном спектре ТИ У-31-33 по сравнению со спектром ЛУ-10-20, а также наличие золота в корпусе ИМС, обуславливают эф-

факт дозового усиления. Таким образом, дозовая стойкость ОЗУ 1657PY1Y, определяемая при испытаниях с использованием ТИ ускорителя У-31-33 без учета эффективности ионизационного действия спектра будет определена в 1,8 раза ниже стойкости, определяемой при воздействии спектра ТИ ускорителя ЛУ-10-20.

При определении дозовой стойкости ИМС необходимо учитывать элементный состав перед активным слоем и эффективность ионизационного действия определенного спектра ТИ моделирующей установки на объект испытаний.

Список литературы

1. Завьялов Н. В., Тельнов А. В., Хохлов Ю. А. Промышленный линейный ускоритель электронов ЛУ-10-20 // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерно-физические исследования. Материалы XV Всесоюзного семинара по линейным ускорителям заряженных частиц. 1997. Вып. 2, 3 (29,30). С. 39–41.
2. Щедрин И. С. Линейные ускорители электронов сантиметрового диапазона длин волн. Сборник научных трудов. – М.: МИФИ, 1991.
3. Шмаров А. Е. Программа VISUAL TRIADA – инструмент численного моделирования совместно-го переноса гамма-квантов, электронов и позитронов в веществе методом Монте-Карло // VI Межотраслевая конференция по радиационной стойкости. Сборник докладов. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003, С. 129–135.
4. [http:// multicore.ru/index.php?id=1208](http://multicore.ru/index.php?id=1208).
5. Машкович В. П., Кудрявцев А. В. Защита от ионизирующих излучений: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1995. 4-е изд., переработ. и доп.
6. Long D. M., Millard D. G. Dose enhancement effect in semiconductor devices // IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1982. Vol. 29, N 6. P. 1980–1984.
7. Fleetwood D. M., Winokur P. S., Lorence L. J. The response of MOS devices to dose enhanced low-energy radiation // IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1986. Vol. 33, N 6. P. 1245–1251.

Ionizing radiation spectrum effect on test results for RAM 1657PY1Y dose resistance

E. T. Batova, Yu. G. Kudryavtsev, A. N. Panchenko, A. Yu. Kopkin, A. V. Teterevko

This work presents calculations of efficiency of bremsstrahlung radiation (BR) ionization effect of LU-10-20 and U Y-31-33 accelerators on a dielectric below MOS transistors' gate of a random-access memory (RAM) 1657PY1Y produced by the open joint-stock company SPC «ELVIS». It is shown that under 1657PY1Y chip exposure to bremsstrahlung radiation spectrum of U-31-33 accelerator due to argon availability there originates a dose enhancement effect (DE) which is to be taken into account at evaluation of its dose resistance.