

УДК 613.648.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВА 29НК
Назарчук К. А.¹, Горанов И. В.¹, Люцко К. С.¹, Ластовский С. Б.²

¹Белорусский национальный технический университет

²ГО «Научно-практический центр НАН Беларуси
 по материаловедению»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Испытаны защитные экраны на основе сплава НК29 и алюмооксидной керамики от воздействия на изделия микроэлектроники потоков электронов с энергией 1,6–2,4 МэВ. Показано, что экраны на основе ковара толщинами 0,75, 1,0 и 1,5 мм ослабляют поглощенную дозу в 11, 24 и 133 раза, соответственно.

Ключевые слова: защитный экран, поглощенная доза, электрон, сплав НК29.

DETERMINING THE EFFICIENCY OF PROTECTIVE SCREENS BASED ON 29NK ALLOY

Nasarchuk K. A.¹, Goranov I. V.¹, Lyutsko K. S.¹, Lastovskii S. B.²

¹Belarusian National Technical University

²SO«SPC NAS of Belarus for Materials Science»

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. Protective screens based on NK29 alloy and aluminum oxide ceramics were tested against the impact of electron flows with an energy of 1.6–2.4 MeV on microelectronic products. It was shown that screens based on kovar with thicknesses of 0.75, 1.0 and 1.5 mm weaken the absorbed dose by 11, 24 and 133 times, respectively.

Key words: protective screen, absorbed dose, electron, alloy NK29.

Цель работы. Целью данной работы являлось определение эффективности защитных экранов на основе сплава ковара 29НК.

Методика исследования. Облучение исследуемых образцов проводилось на линейном ускорителе электронов ЭЛУ-4 с номинальной энергией равной 4 МэВ. Флюенс был равен $(0,5 : 4) \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$, а плотность потока электронов, контроль которой проводился при помощи цилиндра Фарадея, составляла $3,3 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

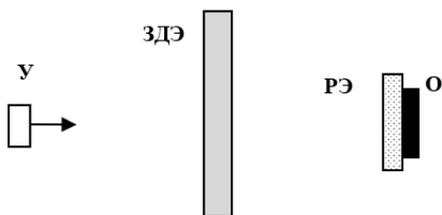
В связи с потенциальным дальнейшим применением данных экранов в космической промышленности исследования следует проводить с оглядкой на спектр электронов РПЗ. Из-за того, что коэффициент ослабления существенно зависит от энергетических спектров излучений потребовалось понизить энергию электронов и приблизить ее к спектрам РПЗ [1]. Для этого между окном вывода ускорителя и образцом помещалась дюралюминиевая пластина толщиной 5 мм. Схема эксперимента приведена на рисунке 1.

Пучок заряженных частиц (электронов) с энергией 4 МэВ выходит из окна вывода ускорителя, после чего попадает на дюралюминиевую пластину, которая выполняет роль замедляющего экрана. Данный экран замедляет поток частиц, понижая их энергию до требуемых 1,6–2,4 МэВ. Далее частицы продолжают свой путь до исследуемого экрана за которым находится тестовой образец. Дюралюминиевый экран устанавливался на расстоянии 0,5 м, а исследуемый экран с образцом на расстоянии 1 м. По следующему за облучением изменению вольтамперных характеристик (ВАХ) образца, а именно изменению падения напряжения (ΔU) при $I_c = 10^{-7} \text{ А}$ определялась поглощенная образцом доза излучения. Для каждой дозы облучения использовалась отдельная микросхема. Для оценки эффективности экранирования использовались два тестовых образца. Один из них был закрыт тестируемым экраном, второй облучался без защиты. По первому образцу находилась поглощенная доза, прошедшая защитный экран, а по второму дозы падающего на защитный экран излучения.

Согласно методике исследования требовалось знать параметры тестовых микросхем до и после облучения. Для этого использовался измеритель параметров полупроводниковых приборов ИППП-1/6. Коэффициент экранирования K_s для каждого экрана определяли из соотношения:

$$K_s = D_n / D_{n0}, \quad (1)$$

где D_n – доза параметрического отказа тестовой структуры за защитным экраном; D_{n0} – доза параметрического отказа тестовой структуры без экрана.



У – окно вывода электронов ускорителя;
 ЗДЭ – замедляющий дюралюминиевый экран;
 РЭ – радиационный экран; О – тестовый образец

Рисунок 1 – Схема испытаний радиационных экранов

В данном исследовании к параметрическому отказу приравнялось отклонение порогового напряжения на 0,1 В.

Тестовые образцы. В качестве тестовых образцов выступали КМОП ИМС серии IN74ACXXXN, прототипом которых является микросхема MC74ACXXXN (фирма «ON Semiconductor», США). Микросхемы данной серии предназначены для использования в высокопроизводительных системах обработки информации широкого применения. Данные схемы позволяют создавать вычислительные устройства и устройства цифровой автоматики с качественно новыми характеристиками и высокими технико-экономическими показателями благодаря их высокому быстродействию и низкой потребляемой мощностью. Микросхемы данной серии изготавливаются по технологии с окисной изоляцией, двухуровневой металлизацией, поликремниевым затвором шириной 1,4 мкм. Конструктивно микросхемы оформлены в пластмассовые корпуса типа DIP с количеством выводов от 14 до 24 и стандартным расположением выводов «питание», «земля» [2].

Технические характеристики образцов. Стандартные КМОП входные и выходные уровни сигналов. Диапазон напряжений питания 2–6 В. Задержка на вентиль 3,5 нс. Тактовая частота до 150 МГц. Большой выходной ток нагрузки низкого и высокого уровней 24 мА. Гарантированные характеристики в диапазоне температур от -45°C до $+85^{\circ}\text{C}$ и напряжений питания от $5\text{ В} \pm 10\%$ до $3,3 \pm 0,3\text{ В}$. Высокая устойчивость к статическому электричеству и защелкиванию. Допустимое значение потенциала статического электричества 1500 В. Возможность работы на нагрузку 50 Ом [2].

Результаты испытаний. В ходе данного испытания оценивалась эффективность защиты крышек корпусов на основе ковара. Ковар – это никель–железо–кобальтовый сплав, известный своим низким коэффициентом теплового расширения. Обычно он состоит из 29 % никеля, 17 % кобальта и 54 % железа с примесями кремния, углерода, марганца.

Результаты исследования пластин экранов показаны на рисунке 2. Все пластины имели толщину 0,25 мм, поэтому для увеличения толщины складывались несколько пластин.

Как можно увидеть на рисунке 2 зависимость изменения напряжения от флюенса электронного облучения имеет обычный вид, а именно происходит монотонный рост ΔU во всем диапазоне флюенсов. Ожидаемо, с ростом толщины экрана из ковара зависимость постепенно ослабевает. Последующий анализ результатов исследования показывает, что требуемый уровень защиты достигается при толщинах экрана выше 1,5 мм.

Наконец мы можем оценить коэффициент экранирования K_3 для каждого из экранов из соотношения (1). Так мы получаем, что экраны толщиной 0,75; 1,0 и 1,5 мм обладают эффективностью защиты от электронов $K_3 = 11$; 24 и 133, соответственно.

Таким образом, проведены испытания радиационно-защитных экранов на основе сплава НК29 для изделий микроэлектроники от потоков электронов с энергией 1,6–2,4 МэВ. Показано, при толщинах экранов 0,75, 1,0 и 1,5 мм коэффициент эффективности экранирования составляет $K_3 = 11$; 24 и 133, соответственно.

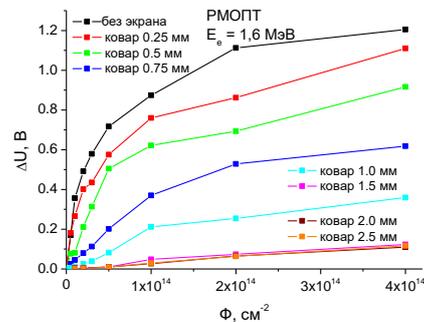


Рисунок 2 – Изменения напряжения ΔU для p -МОПТ при облучении электронами микросхем за радиационными экранами на основе сплава 29НК

Литература

1. Зинченко, В. Ф. Влияние материального состава защиты на прогнозируемые дозовые нагрузки в критических элементах космических аппаратов / В. Ф. Зинченко, В. М. Ужegov // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. – 2013, № 1. – С. 18–23.
2. Логические ИС КР1533, КР1554 / И. И. Петровский [и др]. – Бино, 1998. – Т. 1. – 756 с.