



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 96-90
ОЭФ

С.А. Белянченко¹, Г.И. Бритвич², Б.М. Глуховский¹, В.С. Дацко²,
М. Кобаяши³, В.И. Рыкалин², В.А. Смолицкий¹

ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ

¹ Научно-исследовательский институт электронных приборов, Москва

² Институт физики высоких энергий (ИФВЭ), Протвино. Email: datsko@mx.ihep.su

³ Японская национальная лаборатория, КЕК

Протвино 1996

Аннотация

Белянченко С.А., Бритвич Г.И., Глуховский Б.М. и др. Изучение радиационной стойкости фотоумножителей.: Препринт ИФВЭ 96–90. – Протвино, 1996. – 4 с., 2 рис., библиогр.: 5.

Изучена радиационная стойкость ФЭУ-115 с окнами из стекла С096-1, диодных систем сплавного типа и входных окон ФЭУ из MgF_2 , радиационно-стойкого стекла С096-1, стекол С095-2, С050. Показано, что не наблюдается изменений пропускания фотокатодных окон из стекла С096-1 вплоть до 35 мрад, сигналов ФЭУ-115 — до 15 мрад и усиления диодных систем сплавного типа — до 100 мрад.

Abstract

Belianchenko S.A., Britvich G.I. Gluhowski B.M. et al. Study of Radiation Hardness Photo-multiplayers.: IHEP Preprint 96–90. – Protvino, 1996. – p. 4, figs. 2, refs.: 5.

The radiation hardness of PMP FEU-115 with the photocathode windows from glass S096-1, dynode systems of alloyed type and PMP windows of MgF_2 , radiation hardness glass S096-1, glasses S096-1, S050 is studied. It is shown that there are no registered changes in photocathode S096-1 windows transparency up to 35 Mrad, PMP FEU-115 output signals — up to 15 Mrad and alloyed type dynode system amplification — up to 100 Mrad.

Введение

Изучение радиационной стойкости вакуумных фотоприемников (фотоумножителей, фототриодов и т.д.) становится необходимым в связи с их использованием в детекторах частиц, работающих в тяжелых радиационных условиях, характерных для современных коллайдерных установок. В то же время имеющиеся в опубликованных работах [1,2,3] данные не дают представления о реальной стойкости ФЭУ.

Отдельный интерес представляет изучение радиационной стойкости материалов входных окон фотокатодов фотоумножителей, так как неорганические прозрачные материалы используются в качестве элементов детекторов частиц — радиаторов черенковского излучения, сцинтилляторов, окон для вывода света из жидкостных и газообразных детектирующих сред и т.д.

Данная работа посвящена изучению радиационной стойкости ФЭУ-115 на основе монокристаллического MgF_2 , радиационно-стойкого стекла С096-1, стекл С096, С050.

1. Измерение радиационной стойкости входных окон фотоумножителей

Для исследования радиационной стойкости материалов фотокатодных окон использовались два образца окон ФЭУ-142 из монокристаллического MgF_2 , семь образцов окон из стекла С096-1, и по два образца окон ФЭУ-85 (стекло С095-2) и ФЭУ 84-3 (стекло С050). Образцы помещались в поле γ -излучения с энергией 661 кэВ и мощностью поглощенной дозы 5,2 рад/час. До облучения и после получения очередной дозы с помощью спектрофотометра СФ-26 измерялись спектры пропускания образцов.

Фотокатодные окна из стекл С095-2 и С050 значительно теряют прозрачность уже при дозах менее 1 мрад. Так, окна ФЭУ-85 (стекло С095-2) уменьшают прозрачность для излучения $NaJ:Tl$, $\lambda_{max} = 413$ нм в пять раз при полученной дозе ~ 700 крад.

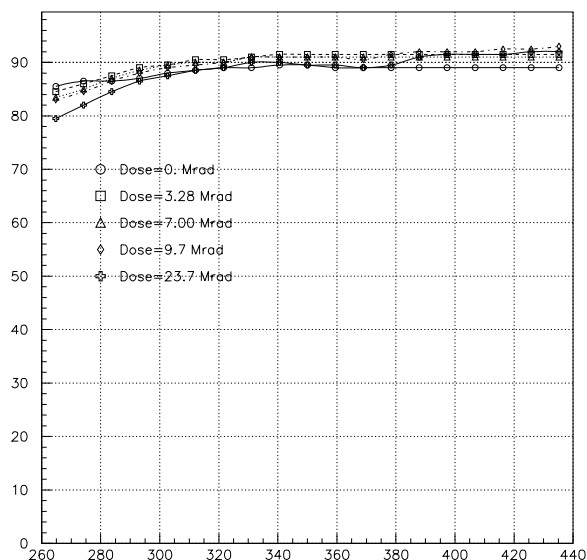


Рис. 1. Спектры пропускания MgF_2 при разных дозах облучения.

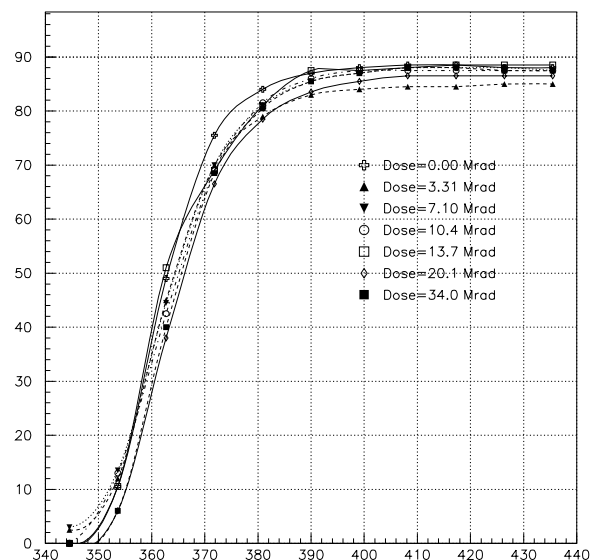


Рис. 2. Спектры пропускания стекла C096-1 при разных дозах облучения.

На рис.1 и 2 приведены типичные спектры пропускания (нормированные на пропускание воздуха) образцов окон из MgF_2 и стекла C096-1 соответственно. Разброс кривых объясняется систематическими ошибками измерений.

2. Измерение радиационной стойкости диодных систем сплавного типа

Априори диодные системы должны обладать уникальной радиационной стойкостью. Действительно при сроке службы ФЭУ в 10^4 часов и допустимом типичном для сплавных диодов среднем токе в несколько микроампер эквивалентная доза, соответствующая ионизационным потерям электронов в приповерхностных слоях последнего диода и анода, составляет, как легко показать, несколько тысяч гига-радиан.

Для проверки этих априорных соображений авторами были проведены измерения радиационной стойкости диодных систем ФЭУ-84 и ФЭУ-110 при облучении γ -квантами от ^{60}Co . Измерялись фототок в цепи фотокатода и амплитуда импульсов на выходе ФЭУ при возбуждении фотокатода соответственно постоянным и импульсным светом от светодиода ($\lambda_{max} \sim 560$ нм).

Измерение фототока в цепи фотокатода позволяло исключить при облучении, влияние изменения прозрачности входных окон и чувствительности фотокатода, на результаты измерений усиления диодных систем.

Радиационная стойкость диодной системы ФЭУ-84 была проверена до 10 мрад, а диодная система ФЭУ-110 — до 100 мрад. С точностью до 5% изменений усиления диодных систем ФЭУ-110 обнаружено не было.

Этот факт явился отправным моментом в разработке вторично-эмиссионного калориметра пролетного типа с радиационной стойкостью в десятки гиградиан [5].

3. Измерение радиационной стойкости ФЭУ-115 со входными окнами из стекла С096-1

Процедура измерений состояла в определении фототока в цепи фотокатодов и амплитуд выходных сигналов двух образцов ФЭУ до и после облучения. Одновременно с этими образцами измерялись параметры контрольного ФЭУ, что позволяло следить за стабильностью аппаратуры. Возбуждение фотокатодов при измерении величин выходных сигналов осуществлялось в трех областях оптического спектра с помощью кристаллов аллюмината иттрия $YAlO_3 : Ce$, $\lambda_{max} = 350$ нм, фторида кальция $CaF_2 : Eu$, $\lambda_{max} = 430$ нм и германата висмута $B_4Ge_3O_{12}$, $\lambda_{max} = 480$ нм возбуждаемых в свою очередь α -частицами от радиоактивного источника ^{238}Pu . Процедура определения величин амплитуд выходных сигналов ФЭУ заключалась в измерении амплитудных спектров сигналов и определении средних значений амплитуд соответствующих спектров.

Фототок в цепи фотокатода измерялся при возбуждении фотокатода излучением от светодиода с $\lambda_{max} - 560$ нм. Результаты измерений отношений величин выходных сигналов ФЭУ и фототоков в цепи фотокатодов до и после облучения сведены в таблицу.

Таблица

Доза	0,7 мрад				5,5 мрад				15,5 мрад			
	λ_{max} нм	350	430	480	560	350	430	480	560	350	430	480
Образец 1	1,04	1,05	0,985	1,05	1,04	1,05	1,09	1,08	0,97	0,98	1,03	1
Образец 2	1,05	1,02	1	1,05	1,07	1,04	1	1,01	0,86	0,93	0,92	0,97

Приведенные данные показывают, что при облучении дозами до 15 мрад с точностью в несколько процентов значимых изменений выходных сигналов и фототока ФЭУ не наблюдается.

С учетом приведенных ранее данных по радиационной стойкости окон ФЭУ из стекла С096-1 следует, что по крайней мере до дозы облучения величиной в 15 мрад изменений фотоэмиссии и коэффициента усиления диодной системы ФЭУ-115 не наблюдалось.

Список литературы

- [1] Ветохин С.С., Гулаков И.Р., Перцев А.Н. и др. Одноэлектронные фотоприемники. — М.: Атомиздат, 1979.
- [2] Действие излучений на неорганические стекла.— М.: Атомиздат, 1968.
- [3] Ruchti R. et al. // IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1985, v. NS-32, №1, pp. 590 - 594.
- [4] Оптическое стекло. Каталог СССР и ГДР. — Москва, 1977.
- [5] Bitsadze G.S., Chernetsov M.I., Manuilov I.V. et al. // NIM, 1933, v.A334, p.399.

Рукопись поступила 19 ноября 1996 г.

С.А. Белянченко и др.
Изучение радиационной стойкости фотоумножителей.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы \LaTeX .
Редактор Н.В.Ежела. Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 19.11.96. Формат $60 \times 84/8$. Офсетная печать.
Печ.л. 0,5. Уч.-изд.л. 0,39. Тираж 240. Заказ 837. Индекс 3649.
ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

