

в холодильнике и в комнатных условиях, близких к рабочим условиям, в которых обычно сотрудники носят или хранят индивидуальные дозиметры.

Таким образом, с помощью применяемой в ОИЯИ методики измеряемая величина индивидуальной дозы быстрых нейтронов, завьшается на 10—80% из-за чувствительности ядерной эмульсии типа К к тепловым нейтронам. Однако если ввести коэффициент коррекции, равный 1,5, то можно считать, что индивидуальный дозиметр в условиях работы сотрудников на ИБР и циклотроне регистрирует суммарную дозу нейтронов с энергией от тепловых до 15 Мэв. Для сотрудников, работающих на синхротроне и синхрофазотроне, введение такого коэффициента правомерно лишь в тех случаях, когда вклад в дозу сверхбыстрых нуклонов не превышает 5%.

Авторы приносят благодарность Л. Б. Смирновой и Г. П. Короблевой за просмотр пленок под микроскопом, С. Пшоне и В. Е. Алейникову за помощь при облучении пленок.

Поступило в Редакцию 1/II 1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. С. Золин, В. Н. Лебедев, М. И. Салацкая. «Атомная энергия», 13, вып. 5, 467 (1962).
2. М. И. Салацкая, В. Н. Лебедев, Л. С. Золин. В сб. «Радиационная физика». Т. II. Рига, 1964, стр. 107.
3. D. Nachtigall. Neutron Monitoring. Vienna, IAEA, 1967, p. 333.
4. В. А. Князев и др. «Атомная энергия», 27, 210 (1969).
5. М. Ф. Родичева. «Ж. научн. и прикл. фотографии и кинематографии», 5, № 3, 221 (1960).
6. Основные нормы безопасности при защите от излучения. Серия изданий по безопасности № 9. Вена, МАГАТЭ, 1968.
7. J. Dennis et al. Neutron Monitoring. Vienna, IAEA, 1967, p. 537.
8. P. Nagarajan, D. Krishnan. Health Phys., 17, 323 (1969).
9. В. Е. Алейников и др. Публикация ОИЯИ Б1-2759 (1966).
10. В. Е. Алейников и др. Proceedings of International Congress on Protection Against Accelerator and Space Radiation. Vol. I. Geneva, CERN, 1971, p. 282.

Способ оценки счетной эффективности кремниевых ППД для γ -квантов с энергией 0,661 и 1,25 Мэв

М. Л. ГОЛЬДИН, К. Р. ПАТЕР-РАЗУМОВСКИЙ, Ф. В. ВИРНИК

УДК 539.1.074

Одна из важных задач в области радиоизотопного приборостроения — расчет активности гамма-излучателей по известной счетной эффективности ξ детектора. Представляет интерес получение формулы для расчета величины ξ кремниевых полупроводниковых детекторов (ППД), которые находят все более широкое применение в технике.

Кремниевый $p-i-n$ -детектор можно рассматривать как слой полупроводника толщиной W (глубина компенсированной области), не зависящей от напряжения смещения $U_{см}$. Эффективность регистрации параллельного потока γ -квантов такой моделью можно определить по формуле

$$\xi = 1 - \exp(-\mu W), \quad (1)$$

где μ — линейный коэффициент ослабления. Взаимодействие излучения с «мертвым» слоем не учитывается, так как в большинстве случаев толщина последнего значительно меньше W .

В кремнии для энергии γ -квантов 0,661 и 1,25 Мэв (значения, широко используемые в радиоизотопном приборостроении) преобладает комптоновское взаимодействие [1]. Следует учитывать лишь однократное взаимодействие [2], так как длина свободного пробега γ -квантов указанных энергий больше величины W детекторов, пригодных для промышленного применения. Спектр комптоновских электронов будет воспроизводиться детектором в виде спектра амплитуд импульсов. Поэтому число зарегистрированных γ -квантов, а следовательно, и счетная эффективность детектора, будет зависеть от порога регистрации $E_{п}$, обычно определяемого уровнем шума системы детектор — предусилитель. Однако регистрация γ -квантов с энергией

$E_{к} < E_{п}$ связана с некоторыми трудностями, так как величина их энергии соизмерима с шумом. Поэтому формулу (1) для рассматриваемого случая следует переписать так:

$$\xi = 1 - \exp[-(\mu - \mu_{п}) W], \quad (2)$$

где $\mu_{п}$ — линейный коэффициент ослабления, учитывающий потери энергии γ -квантами $E_{к} < E_{п}$. Энергия

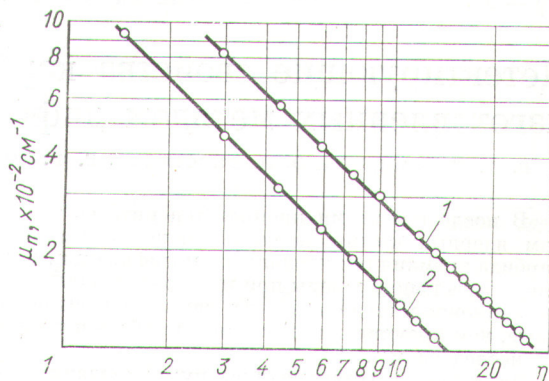


Рис. 1. Зависимость величины $\mu_{п}$ от отношения энергии первичного γ -кванта к порогу регистрации: 1 — Cs¹³⁷, $E_{\gamma} = 0,661$ Мэв; 2 — Co⁶⁰, $E_{\gamma} = 1,25$ Мэв; ○ — расчетные значения $\mu_{п}$.

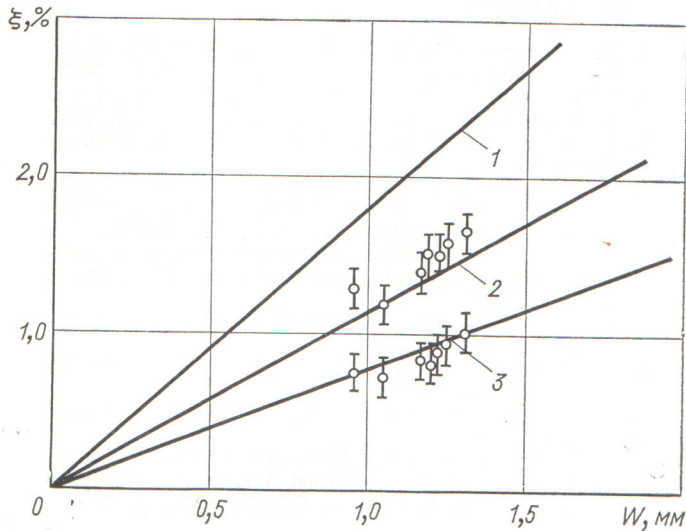


Рис. 2. Зависимость счетной эффективности кремниевых *p-i-n*-детекторов от порога регистрации и толщины чувствительного слоя Cs^{137} :

1 — $E_{II} \rightarrow 0$; 2 — $E_{II} = 200$ кэв; 3 — $E_{II} = 300$ кэв; — — теоретические линии; ○ — экспериментальные точки.

рассеянного кванта определяется выражением

$$E' = \frac{E_{\gamma}}{1 + \frac{E_{\gamma}}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta_{II})} = E_{\gamma} - E_{II}, \quad (3)$$

откуда

$$\cos \theta_{II} = 1 - \frac{1}{\alpha (\eta - 1)}, \quad (4)$$

где

$$\alpha = \frac{E_{\gamma}}{m_0 c^2}; \quad \eta = \frac{E_{\gamma}}{E_{II}};$$

E_{γ} — энергия γ -квантов, падающих на детектор.

Детектирующие свойства карбидкремниевых детекторов, изготовленных методом диффузии бериллия

В. А. ТИХОМИРОВА, О. П. ФЕДОСЕЕВА, Г. Ф. ХОЛУЯНОВ

УДК 539.1.074

В последнее время проявляется интерес к детекторам ядерных частиц на основе монокристаллического карбида кремния гексагональной модификации, которые могут быть использованы при температуре $600^{\circ}C$ [1—3]. Радиационная стойкость этих детекторов существенно выше, чем кремниевых. Настоящая работа и посвящена их исследованию.

Детекторы изготавливались путем создания *p-n*-переходов методом диффузии при температуре $1900-2000^{\circ}C$ из газовой фазы алюминия [1] или бора [2] в монокристаллический карбид кремния *n*-типа удельного сопротивления $1-2$ ом·см. Полученная ширина чувствительной области в детекторах составляла $1-3$ мкм. Трудности получения более широких чув-

ствительных областей, соответствующих пробегу регистрируемых частиц в SiC, связаны с малыми коэффициентами диффузии этих примесей в SiC. Полученные таким способом детекторы имели энергетическое разрешение порядка $15-20\%$ и низкую эффективность регистрации частиц.

В настоящей работе SiC-детекторы изготавливались диффузией бериллия, коэффициент диффузии которого в SiC на два—три порядка выше, чем у бора и алюминия [4]. Ширина чувствительной области *p-n*-переходов составляла $10-20$ мкм, что достигалось в результате диффузии бериллия в *n*-SiC при температуре $1600-1700^{\circ}C$ в течение $20-30$ мин.

По известным формулам [3] можно вычислить величину μ_{II} и построить зависимость $\mu_{II} = f(\eta)$ (рис. 1). Используя метод «натянутой нити» [4], получили эмпирические формулы для Cs^{137} и Co^{60} соответственно:

$$\mu_{II} = 0,24\eta^{-0,95}; \quad \xi = 1 - \exp [(-0,186 - 0,24\eta^{-0,95}) W], \quad (5)$$

$$\mu_{II} = 0,14\eta^{-0,98}; \quad \xi = 1 - \exp [(-0,133 - 0,14\eta^{-0,98}) W]. \quad (6)$$

Для экспериментальной проверки формул (5) и (6) были использованы образцовые источники. Система регистрации γ -квантов состояла из детекторов типа ДКД-0 и ДДР 12/2 [5], транзисторного зарядочувствительного предусилителя [6], основного усилителя УИС-2 и дискриминатора АДД-1. Импульсы регистрировались с интегрального выхода дискриминатора прибором ПП-15. Система была откалибрована по краю спектра комптоновских электронов. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

Если $W \leq 5$ мм, то с точностью 5% можно применять линейное приближение формул (5) и (6) соответственно для Cs^{137} и Co^{60} :

$$\xi = (0,186 - 0,24\eta^{-0,95}) W; \quad (7)$$

$$\xi = (0,133 - 0,14\eta^{-0,98}) W. \quad (8)$$

Поступило в Редакцию 24/III 1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Дирли, Д. Нортроп. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений. М., «Мир», 1966.
2. О. И. Лейпунский. Гамма-излучения атомного взрыва. М., Атомиздат, 1959.
3. Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия. Ч. 1. Перев. с англ. под ред. К. Зигбана. М., Атомиздат, 1968.
4. Р. С. Гутер, Б. В. Овчинский. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. М., «Наука», 1969.
5. Кремниевые поверхностно-барьерные и диффузионно-дрейфовые полупроводниковые детекторы ядерных излучений. М., В/О «Изотоп», 1968.
6. М. Л. Гольдин и др. «Изв. вузов. Приборостроение», № 7, 16 (1971).