

ISSN 1811-1807

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ



С. ТҰРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ
ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІ

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКАЛЫҚ СЕРИЯ



3-4' 2012

ПМУ ХАБАРШЫСЫ
ВЕСТНИК ПГУ

В. О. Волошин*, В. В. Вировец, А. Д. Гутенко, С. И. Игонин ***

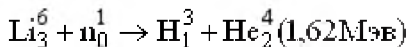
ФОТОДЕТЕКТОРНЫЕ УСТРОЙСТВА В НЕЙТРОННЫХ ПРИБОРАХ КОНТРОЛЯ

Рассмотрены особенности конструкции фотодетекторных устройств, применяемых в датчиках нейтронных приборов одностороннего действия.

В большинстве выпускаемых промышленностью радиоизотопных нейтронных приборах контроля применяются газоразрядные детекторы медленных нейтронов, имеющие низкую эффективность (несколько процентов) и большое время формирования импульса (~ 100 мкс), затрудняющие их использование при решении практических задач.

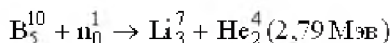
Появившиеся сцинтилляционные фотодетекторы LiI(Tl) , $\text{LiI}(\text{Eu})$, ЛДНМ позволили регистрировать медленные нейтроны с достаточно высокой эффективностью (50% - 80 %). К тому же длительность светового импульса (время высвечивания сцинтиллятора) составляет $\sim 0,3$ мкс в фотодетекторах на основе лития и 3 мкс в фотодетекторах на основе светосостава $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnS(Ag)}$.

В фотодетекторах на основе лития регистрация нейтронов осуществляется в результате поглощения нейтрона ядром лития с последующим испусканием альфа-частицы, кинетическая энергия которой в активированном кристалле LiI преобразуется в световой импульс интенсивностью пропорциональной энергии альфа-частицы, и который затем регистрируется с помощью фотоэлектронного умножителя (ФЭУ):



В фотодетекторах на основе бора – 10 поглощенный нейтрон ядром бора превращает последний в литий – 7 с испусканием при этом альфа –

частицы, взаимодействующей (тормозящейся) со сцинтиллятором ZnS(Ag) и производящей световую вспышку, пропорциональную энергии 2,79 МэВ:



Известно, что в литиевых и борсодержащих веществах сечения поглощения нейтронов са подчинено закону $1/v$, т.е. обратно пропорционально корню квадратному энергии поглощаемого нейтрона. Поэтому в кристаллических фотодетекторах с литием эффективность регистрации медленных нейтронов с энергетическим спектром от 0,025 эВ до нескольких электрон-вольт, а именно такой энергетический интервал спектра нейтронов, обратно рассеянных различными средами, будет также уменьшаться обратно пропорционально корню квадратному энергии нейтронов. Последнее вызывает неоднозначность при анализе полученных расчетных данных и порождает трудности при разработке методов и приборов контроля с использованием источников нейтронов.

Сцинтилляционные фотодетекторы ЛДНМ (люминесцентные детекторы нейтронов медленных) на основе светосостава $\text{T}_2(\text{ZnS}(\text{Ag}) + \text{B}_2^{10}\text{O}_3)$ обладают высокой и практически постоянной эффективностью (около 75%) при регистрации нейтронов в диапазоне энергий от 0,025 эВ до $3 + 5$ эВ вследствие замедления нейтронов в органике фотодетектора. Фотодетекторы ЛДНМ одинаково эффективны в нейтронных приборах контроля как двухстороннего действия (на просвет), так и одностороннего действия (на основе обратного рассеяния), а также при их комбинированном использовании.

Так как наибольший практический интерес представляют нейтронные приборы контроля одностороннего действия, рассмотрим более подробно особенности конструкции фотодетекторных устройств, применяемых в нейтронных датчиках этих приборов. В нейтронных датчиках источник быстрых нейтронов (**Pu- α -Be**) должен монтироваться вплотную с фотодетектором ЛДНМ, основания которых располагаются в одной плоскости и контактируют с контролируемой средой.

Выполненные теоретические расчеты позволили определить оптимальный вариант конструкции такого фотодетекторного устройства. В цилиндре из особенно прозрачного оргстекла диаметром 25 мм и высотой 25 мм прорезается 12 узких симметрично расположенных радиальных пазов, в которые впрессовывается светосостав Т2. Ширина паза от стенки к центру кругового цилиндра составляет 7,5 мм, длина равна высоте цилиндра. Между стенкой и тонкой дюралевой оболочкой впрессовывается светосостав Т2, служащий одновременно сцинтиллятором при поглощении нейтронов и отражателем световых фотонов, собираемых фотокатодом ФЭУ. Конструкция в металлической (дюралюминиевой) оправе с открытым верхним окном помещается в цилиндрическую втулку из оргстекла, толщина стенки которой 8-10 мм. Втулка выполняет роль отражателя нейтронов, попадающих в фотодетектор от контролируемой среды, и служит фиксатором

уплотнителем для фотодетектора и ФЭУ, обеспечивая их надежную стыковку. Вся конструкция вместе с эмиттерным повторителем и резисторным делителем напряжения для ФЭУ помещается в цилиндр из нержавеющей стали с дюралюминиевыми крышками на его торцах (внутренний диаметр цилиндра – 45 ± 50 мм). Пространство между внутренней поверхностью цилиндра и внешней стеклянной поверхностью ФЭУ заливается 15% раствором буры в парафине. Образованный слой выполняет роль радиационной защиты и увеличивает вибростойкость конструкции.

В качестве фотоэлектронного умножителя используется ФЭУ – 35, диаметр фотокатода которого равен диаметру фотодетектора ЛДНМ, а сурьмяно – цезиевый фотокатод имеет максимум чувствительности $\lambda_{\max} = 4400$ Е, совпадающий с максимумом люминесцентного спектра излучения ZnS(Ag). Кроме сравнительно низкого напряжения питания ФЭУ, около 1000 В, счетная характеристика его (с фотодетектором ЛДНМ) имеет небольшой наклон и сохраняет стабильность в течение длительного времени и при больших температурных перепадах (от –40о С до +40о С) эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гордеев, И. В., Кардашев, Д. А., Малышев, А. В. Ядерно – физические константы. Справочник. – М. : Госатомиздат, 1963. – 505 с.
- 2 Лебедева, Н. С., Морозов, В. И. Об аномальном рассеянии нейтронов. – М. : Атомная энергия. Вып.4. Т.28. 1970. – С.310 – 316.
- 3 Сцинтилляторы и сцинтилляционные материалы. Сборник статей. – Харьков : Изд-во ХГУ. 1963. – 285 с.

*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова;

**АО «Алюминий Казахстана», г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 26.12.12.

*V. O. Voloshin**, *V. V. Virovets***, *A. D. Gutenko**, *S. I. Igonin**

Нейтронды бақылау құралдарындағы фотодетекторлық құрылғылар

*С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті;

**АҚ «Алюминий Казахстан», Павлодар қ.

Материал 26.12.12 редакцияға түсті.

V. O. Voloshin, * *V. V. Virovets*, ** *A. D. Gutenko*, * *S. I. Igonin* *

Photosensor equipment in neutron devices of control

*S. Toraigyrov Pavlodar State University, ;

**JSC «Aluminium of Kazakhstan», Pavlodar.

Material received on 26.12.12.



Біржақты әрекет ететін нейтронды аспаптардың датчиктерінде қолданылатын фотодетекторлық құрылғылардың құрылысының ерекшеліктері қарастырылды.

The peculiarities of photosensor equipment structure used in sensors of neutron devices of unilateral act were considered.