

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ՔԶ-6-310

高工研図書室

ФМ-6II(I)-83

Փ.Ա.ԱԳԱՐՈՅԱՆ, Ա.Դ.ԱՄԵՐՃՅԱՆ, Դ.Ա.ՎԱՐՏԱՊԵՏՅԱՆ,
Ս.Ի.ԳԱԼՄՅԱՆ, Ա.Տ.ԳՂՅՆՅԵՆԿՈ, Կ.Դ.ԿՈՏՈՎ, Ի.Վ.ՐՄԵՐՑՈՎ,
Լ.Ա.ՍՈԳՅԱՆ, Վ.Տ.ՏԱՄՈՅԼԵՆԿՈ, Մ.Կ.ՍԻՐՈԿՈՎ

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТОР $\text{NaJ}(\text{Tl})$ ДЛЯ
КОСМОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

УДК 523.1:539.1.074

Ф.А. АГАРОНЯН, А.Г. АХПЕРДЖАНЯН, Г.А. ВАРТАПЕТИН,
П.И. ГАЛУМЯН, А.С. ГЛЕНЕНКО,* Ю.Д. КОТОВ,* И.В. РУБЦОВ,*
Л.А. ПОГОСЯН, В.Т. САМОИЛЕНКО,* М.Ю. ШИРОКОВ*

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТОР $\text{NaJ}(\text{Tl})$ ДЛЯ
КОСМОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Описана конструкция спектрометрического детектора, предназначенного для экспериментов по исследованию космического гамма-излучения на искусственных спутниках Земли. Радиатор детектора размерами $9 \times 27 \times 30 \text{ см}^3$ сконструирован из шести отполированных кристаллов ($9 \times 9 \times 15 \text{ см}^3$) $\text{NaJ}(\text{Tl})$. Энергетическое разрешение для ^{137}Cs (0,662 МэВ) получено 16%.

Ереванский физический институт

Ереван 1983

*МФИ

F.A.AHARONIAN, A.G.AKHPERJANIAN, H.A.VARTAPETIAN,
P.I.GALUMIAN, A.S.GLYANENKO *, YU.D.KOTOV*,
I.V.ROBTSOV*, L.A.POGOSIAN, V.T.SAMOILENKO*,
M.YU.SHIROKOV*

SPECTROMETRIC $NaJ(Tl)$ DETECTOR
FOR COSMOPHYSICAL INVESTIGATIONS

The construction of a spectrometric $NaJ(Tl)$ detector is described, designed for experiments on the investigation of cosmic γ -radiation on spacecrafts. The $9 \times 27 \times 30$ cm³ radiator of the detector is composed of six polished $NaJ(Tl)$ crystals ($9 \times 9 \times 15$ cm³). The energy resolution for ^{137}Cs (0.662 MeV) is obtained 16%.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1983

* Moscow Physical Engineering Institute

ВФИ-611(1)-83

Ф.А. АГАРОНЯН, А.Г. АХПЕРДЖАНЯН, Г.А. БАРТАПЕЛЯН,
П.И. ГАЛУМЯН, А.С. ГЛЯНЕНКО, Ю.Д. КОТОВ, И.В. РУБЦОВ,
Л.А. ПОГОСЯН, В.Т. САМОЙЛЕНКО, М.Ю. ШИРОКОВ

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТОР $NaJ(Te)$ ДЛЯ
КОСМОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ереван 1983

© Ереванский физический институт. 1983г.

Введение

За последние десять лет благодаря исследованиям на специализированных спутниках SAS-2 и COS-B были получены первые результаты наблюдательной гамма-астрономии [1,2]. Открыто около 30 дискретных источников гамма-излучения с потоком $\approx 10^{-6}$ фотон/см²с с энергией $E_{\gamma} \geq 100$ МэВ; измерены потоки внегалактического изотропного (фонового) гамма-излучения; исследовано крупномасштабное распределение диффузного галактического гамма-излучения. Полученные результаты, однако, недостаточны для понимания происхождения космического гамма-излучения. В частности, неясен вклад, вносимый в диффузное галактическое излучение дискретными источниками, поэтому невозможно по имеющимся гамма-астрономическим данным судить о плотности и пространственном распределении космических лучей в Галактике. Неясной остается природа самих дискретных источников. За исключением двух пульсаров в Крабовидной туманности и в Парусах пока нет надежного отождествления остальных гамма-источников с известными астрономическими объектами. Более того, неясен сам механизм генерации гамма-излучения этих источников. Остается открытым

также вопрос о спектре изотропного внегалактического (фоновом) гамма-излучения, что не позволяет сделать выбор между разными моделями происхождения этого излучения.

Решения этих вопросов определяют требования, предъявляемые к новому поколению гамма-телескопов для регистрации космического гамма-излучения с энергией $E_\gamma \geq 10$ МэВ:

- угловое разрешение $< 1^\circ$,
- возможность выделения дискретных источников с потоками $\sim 10^{-7}$ фотон/см²с,
- энергетическое разрешение $\sim 20-30\%$.

В настоящее время для этой области энергии этим требованиям наиболее удовлетворяют два типа гамма-телескопов: трековые детекторы больших размеров в сочетании с спектрометрическим блоком и двойной комптоновский детектор. Геометрические размеры таких гамма-телескопов должны быть ~ 1 м². С точки зрения создания таких телескопов представляет интерес применение неорганических кристаллов $\text{NaJ}(\text{Tl})$, $\text{CsJ}(\text{Tl})$, $\text{CsJ}(\text{Na})$ больших размеров в качестве детектирующего элемента спектрометрического блока. Спектрометры на основе этих кристаллов могут быть также использованы в качестве автономных детекторов для исследования нестационарных космических явлений в диапазоне энергий 1-10 МэВ, в частности, для регистрации слабых гамма-вспышек с энерговыделением $\sim 10^{-7}$ эрг/см² и поиска космического линейчатого гамма-излучения. Отметим, что в четырех (из пяти) детекторах, изготовление которых планируется *NASA* на конец 80-х годов для эксперимента на специализированном спутнике *G.R.O.* (обсерватория гамма-лучей), предполагается использование неорганических кристаллов $\text{NaJ}(\text{Tl})$ и $\text{CsJ}(\text{Tl})$ больших размеров. [3]

Решение задачи создания спектрометрического детектора площадью 1000 см^2 , предназначенного для экспериментов по исследованию космического гамма-излучения на искусственных спутниках Земли, посвящена данная работа.

2. Конструкция детектора

К аппаратуре для космических исследований предъявляется ряд специфических требований (вибро-ударопрочность, прочность к линейным перегрузкам, широкий диапазон рабочих температур и т.д.) которые, в частности, определили выбор нижеописанной конструкции.

Радиатор детектора (рис.1) размерами $9 \times 27 \times 30 \text{ см}^3$ сконструирован из 6 отполированных кристаллов ($9 \times 9 \times 15 \text{ см}^3$) $\text{NaJ}(\text{Tl})$. Во избежание возможных механических повреждений при вибрационных и ударных нагрузках оптический контакт между кристаллами осуществлен с помощью прозрачного синтетического каучука СКН (ГОСТ-13835-68) толщиной $\sim 0,3 \text{ см}$. Для герметизации, а также для светоизоляции и механической защиты радиатор помещается в контейнер размерами $10 \times 28 \times 31,5 \text{ см}^3$, из нержавеющей стали. Толщина стенки контейнера на пути частиц составляет $\sim 0,8 \text{ г/см}^2$. Фиксация радиатора внутри контейнера по осям ВВ и СС достигается плотной набивкой пространства между радиатором и стенками контейнера ($\sim 0,3 \text{ см}$) порошком из "комкующего" фторопласта, который одновременно служит в качестве диффузного отражателя. Фиксацию радиатора по оси АА осуществляют дюралюминиевые фланцы, которые присоединяются к контейнеру шпильками. На каждом фланце проделаны 3 просмотровых окна-иллюминатора диаметром ($\sim 8,1 \text{ см}$), в которые с помощью герметика ВГО-1 вставлены стекла марки

КВ толщиной 0,6 см.

Пространство между фланцами и радиатором ($\sim 0,4$ см) заполнено слоем каучука СКПН, который, во-первых, осуществляет оптический контакт между стеклами и радиатором, во-вторых, выполняет роль демфера, необходимого для устранения возникающих (из-за различия в коэффициентах линейного расширения стекла и кристаллов) при изменении температуры дополнительных нагрузок как на стекло, так и на кристаллы. Герметизация фланцев с контейнером осуществлена герметиком ВГО-1.

Радиатор через иллюминаторы просматривается 6 фотоэлектронными умножителями ФЭУ-110 с индивидуально подобранными делителями. Оптический контакт обеспечивается с помощью диффузионного масла ВМ-1. Прижим ФЭУ осуществляется с помощью индивидуальных держателей с резиновыми кольцами.

Масса детектора 40 кг.

Результаты проведенных динамических испытаний технологического образца на вибростенде ВЭДС-400А и ударном стекле СУ-1 по программе, приведенной в табл.1 и 2, показали высокую прочность такого детектора к вибрационным и ударным нагрузкам.

3. Результаты калибровочных измерений

Калибровочные измерения технологического образца детектора проводились с помощью спектрометрических гамма-источников, которые без коллимации помещались непосредственно на детектор. Измерялось энергетическое разрешение детектора в зависимости от местоположения гамма-источников. Измерения проводились с использованием стандартной электроники. Сигналы с ФЭУ, коэффициенты усиления которых были предварительно подобраны, суммиро-

вались на общем нагрузочном сопротивлении 1 кОм. Вывод суммарного сигнала осуществлялся через эмиттерный повторитель, с выходным сопротивлением 50 Ом. Проверена линейность детектора в диапазоне энергий гамма-квантов 0,66 - 2,5 МэВ (рис.2). На рис.3 (а,б) приведены типичные спектры гамма-излучения от источников ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{60}Co . Энергетическое разрешение для ^{137}Cs ($E_\gamma = 0.662$ МэВ) получено 16%. Отметим, что приблизительно такое разрешение (20%) для ^{137}Cs получено в работе [4] для детектора на основе кристаллов NaI(Tl) размерами $5 \times 11 \times 30$ см³.

Измерения показали, что энергетическое разрешение детектора практически не зависит от местонахождения источника гамма-излучения. Следует также отметить, что эти измерения проводились как до вибрационных испытаний детектора, так и после них. Существенных изменений в результатах измерений не замечалось.

Выводы

1. Используемая технология сборки позволяет создать в едином кожухе детекторы размерами ~ 1000 см², удовлетворяющие жестким эксплуатационным требованиям.

2. Дальнейшие пути улучшения энергетического разрешения и однородности светосбора заключаются в усовершенствовании технологии сборки детектора: улучшения оптических контактов кристалл-СКТН-кристаллы, кристалл-СКТН-стекло.

Описанные в работе результаты являются предварительными и обнадеживающими.

Авторы выражают благодарность В.Г.Кириллов-Угрюмову за

постоянный интерес и поддержку при выполнении данной работы, а также Р.О.Авакину, Г.Н.Васильеву, К.П.Зеленко, А.Ф.Июдину, Р.Л.Кавалову, Ю.М.Карпову, Н.М.Копылевич, Ю.Л.Маргарину, Ю.П.Павлову, Г.М.Элбакяну за содействие и помощь в ходе выполнения данной работы.

Таблица 1.

Частота (Гц)	Амплитуда, мм	Время воздействия, с.
2-5	1,0	600
	0,3-0,4	800
5-10	1,0	600
	0,4-0,5	800
10-20	1,0	600
	0,5	800

Таблица 2.

Максимальная перегрузка	Кол-во ударов по осям изделия	Длительность импульса мс	Общее кол-во ударов	Число ударов в мин.
9g	750 2500 1750	5-10	5000	120

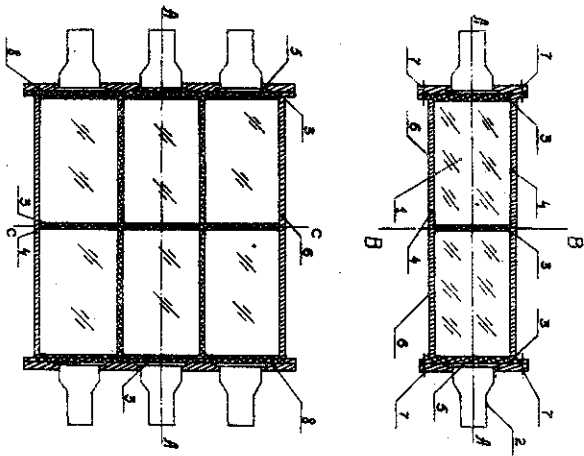


Рис. 1

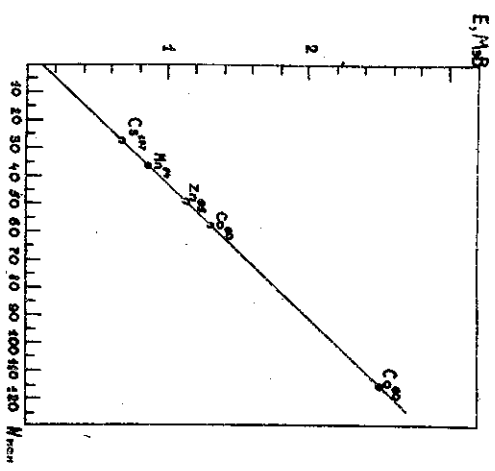


Рис. 2

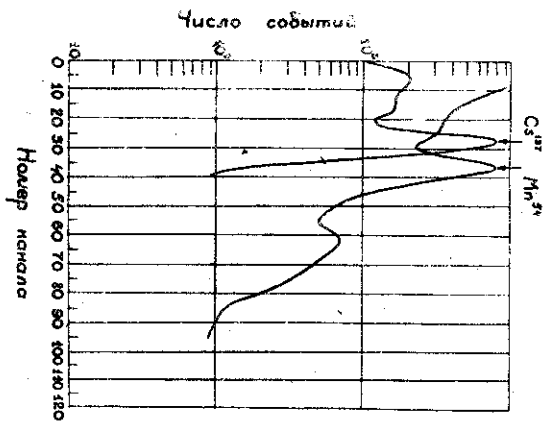


Рис. 3а

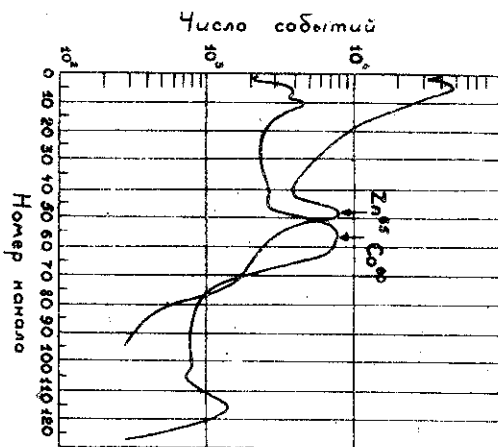


Рис. 3б

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fichtel C.E., Hartman R.C., Kniffen D.A. et al. High-Energy Gamma-Ray Results from the Second Small Astronomy Satellite.- *Astrophys. J.*, 1975, vol.198, p.163.
2. Scarsi L., Bennett, K., Bignami G.F. et al. The COS -B Experiment and Mission. In: Proc.of 12th ESLAB Symposium 1977, p.3.
3. Durouchoux Ph. The NASA Gamma-Ray Observatory (G.R.O.).- in: Proc. of Symposium of the XXIII Plenary Meeting of COSPAR.-Bangalore, 1979, p.243.
4. Минаев М.Д., Середняков С.И., Карнов Ю.М., Павлов Ю.П. Результаты проверки прямоугольных счетчиков с кристаллами $NaJ(Tl)$. ПТЭ, 1980, № 4, с.58.

Рукопись поступила 30 сентября 1982 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 29

Т- 1979I

Тираж 299

Препринт ВФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 10/II-83

I.C уч.-изд.л.ц. 15 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркаряна 2

индекс 3624

16