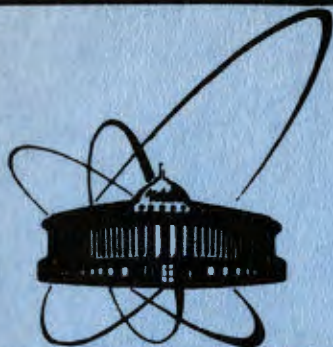


2798/84



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

6-84-140

В.А.Морозов, В.И.Стегайлов, Г.Лизурей,
Н.И.Журавлев, А.Мисиак, Ф.Пражак, И.Адам¹,
И.Градец¹, А.К.Чураков²

**АНОМАЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЦЕНТРОВ
ТЯЖЕСТИ ВРЕМЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
 γ - γ -СОВПАДЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ**

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

¹ ИЯФ ЧСАН, Прага.

² МИФИ, Москва

1984

ВВЕДЕНИЕ

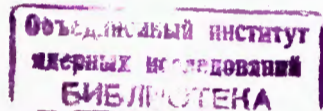
Интерес к применению полупроводниковых детекторов на основе Ge(Li) или HPGe для целей временной спектрометрии коррелированных во времени гамма-излучений в наносекундной или субнаносекундной области определяется сравнительно высокой эффективностью регистрации излучения и высокой энергетической разрешающей способностью этих детекторов. Развитие техники совпадений с использованием временных формирователей с компенсацией неопределенности момента срабатывания формирователя из-за "плавания" амплитуд и фронтов импульсов, снимаемых с полупроводниковых детекторов, а также развитие методов отбора импульсов с определенным распределением фронтов импульсов позволили в ряде случаев успешно решить задачу измерения наносекундных времен жизни уровней при помощи планарных и коаксиальных Ge(Li)- и HPGe-детекторов^{/1-4/}.

Однако возможность применения полупроводниковых детекторов при временных измерениях в субнаносекундной области существенно ограничена вследствие неоднозначности прямого сравнения временных распределений от источника задержанных совпадений и источника мгновенных совпадений, обусловленной различием в скорости нарастания и длительности фронтов импульсов, соответствующих определенной энергии, в зависимости от точки взаимодействия гамма-излучения с материалом детектора, а также от краткости процесса взаимодействия. Помимо этого, наличие у детектора поверхностных слоев с малой величиной напряженности электрического поля может привести к существенному запаздыванию выходного сигнала при регистрации гамма-излучения в поверхностном слое.

Проведенные нами исследования гамма-гамма-совпадений с использованием коаксиальных Ge(Li)-детекторов большого объема привели к обнаружению аномальных отклонений центров тяжести временного распределения для источника мгновенных совпадений в районе пиков обратного рассеяния и краев комптоновских распределений, а также в районе фотопиков.

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Изучение гамма-гамма-совпадений производилось в режиме трехмерных совпадений $E_{\gamma}-T-E_{\gamma}$ на установке с двумя полупроводниковыми спектрометрами с Ge(Li)-детекторами, характеристики которых приведены в таблице. Детекторы были изготовлены в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ^{/5/}.



Таблица

Характеристики полупроводниковых Ge(Li)-детекторов

| № пп | Чувствительный объем $v / \text{см}^3 /$ | Напряжение $V / \text{В} /$ | Разрешение * $\Delta E / \text{кэВ} /$ | Тип детектора |
|------|--|-----------------------------|--|-----------------------|
| 1 | 43 | 1990 | 2,9 | Полукоаксиальный |
| 2 | 41 | 2100 | 2,6 | Истинный коаксиальный |

* Разрешение на линии $E_{\gamma} = 1332 \text{ кэВ } ^{60}\text{Co}$.

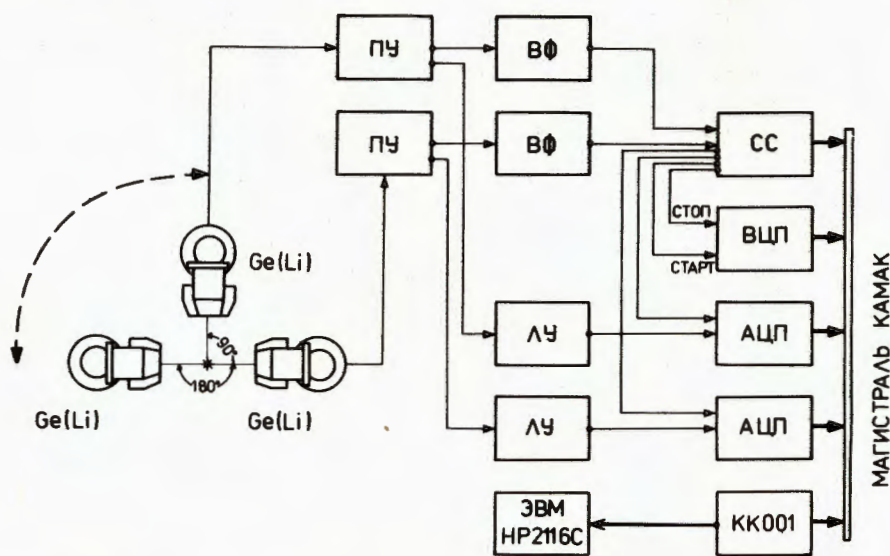


Рис.1. Блок-схема установки трехмерных совпадений. ВФ - временной формирователь, ЛУ - линейный усилитель, СС - схема совпадений, АЦП - амплитудно-цифровой преобразователь, ВЦП - время-цифровой преобразователь, КК 001 - контроллер.

Блок-схема установки приведена на рис.1. В установке были использованы стандартные электронные блоки, разработанные в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ^{6,7}. Сигналы с детектора усиливаются предусилителем /ПУ/, имеющим помимо энергетического канала, быстрый временной канал, берущий сигнал после зарядочувствительного каскада и обеспечивающий фронт нарастания им-

пульса - 2,5 нс. Временной формирователь /ВФ/ основан на ARC-принципе. Трехмерный время-амплитудный анализ заключался в наборе информации на первом этапе и в ее сортировке на втором. Акт совпадений регистрировался как "событие", состоящее из трех шестнадцатизначных слов, одно из которых соответствовало временному интервалу между сигналами с детекторов, а два других соответствовали энергии зарегистрированных гамма-квантов. Эта информация передавалась через интерфейс на ЭВМ HP-2116С и записывалась на магнитную ленту.

Измерения проводились в геометрии 180° и 90° . Расстояние от источника до детекторов не превышало 4 см. Каждый детектор помещался в свинцовую защиту, имеющую в передней части конический коллиматор.

Сортировка временных распределений проводилась методом "двойной индексации"⁸ программой "SORTIM". Время сортировки одной ленты с записью $3,0 \cdot 10^6$ событий на ЭВМ ЕС-1040 составляет 6 мин. Центр тяжести временных распределений определялся как средневзвешенное значение

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^N y_i},$$

где y_i - число отсчетов в канале во временном спектре, полученном в результате сортировки. Дисперсия полученного значения определялась по формуле переноса ошибок⁹ как:

$$(\Delta c)^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial c}{\partial y_i} \right)^2 dy_i^2,$$

где dy_i - дисперсия y_i .

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучено распределение центров тяжести кривых мгновенных γ - γ совпадений источника ^{60}Co в диапазоне энергий гамма-лучей от 50 до 1350 кэВ. Полученные результаты представлены на рис.2. На рис.2А показаны величины сдвига центра тяжести кривых мгновенных совпадений на временной оси в зависимости от энергии гамма-излучения, регистрируемого в истинном коаксиальном детекторе при фиксированном энергетическом интервале от 50 до 1350 кэВ, выделяемом в полукоаксиальном детекторе. На том же рисунке показаны спектры гамма-совпадений, зарегистрированные в истинном коаксиальном детекторе. Каждая точка представляет собой сумму 20 каналов /в спектре из 4000 каналов было выделено, начиная с первого канала, 200 равномерно расположенных "окон"/. На этом рисунке представлены спектры, измеренные как под углом 180° , так и 90° . Рисунок 2В аналогичен рисунку 2А, за одним исключе-

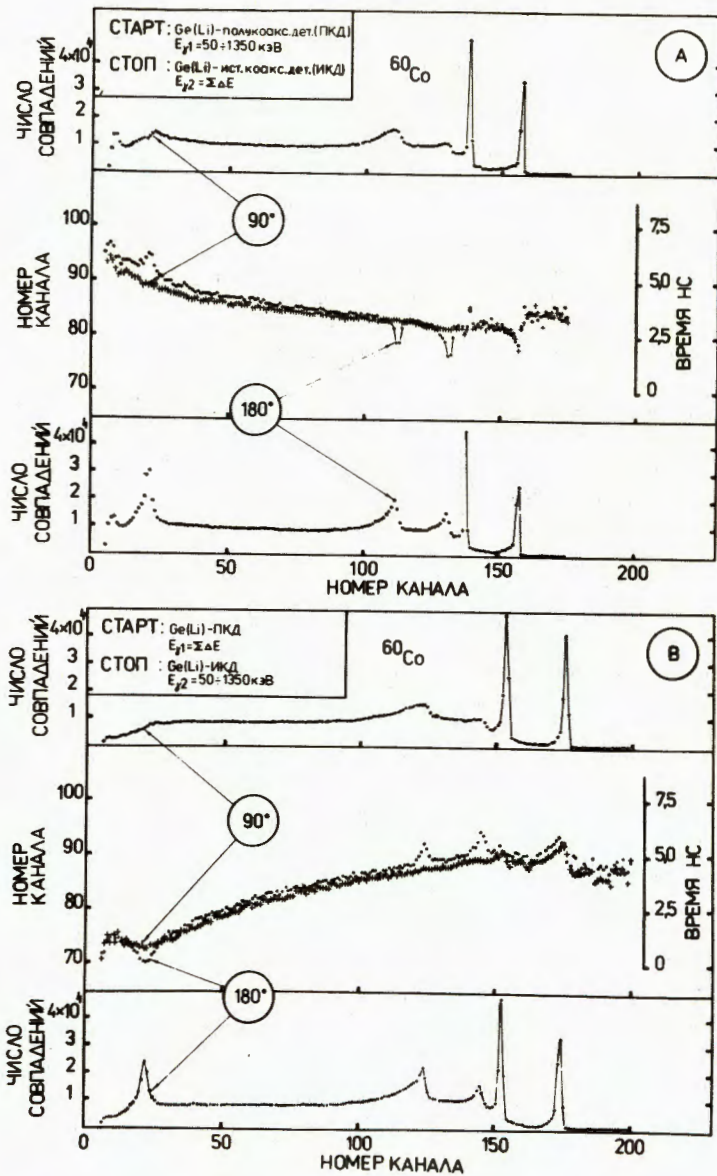


Рис.2. Спектры смещения центров тяжести кривой мгновенных совпадений в зависимости от энергии гамма-лучей /А/ и спектры γ - γ совпадений /В/.

нием: спектры, представленные на нем, соответствуют полукоаксиальному Ge(Li)-детектору.

Обращает на себя внимание факт значительного /в пределах наносекунды/ отклонения центров тяжести распределений в районе пика обратного рассеяния и краев комптоновских распределений /геометрия 180°/ и отклонения от плавного хода кривой центров тяжести также и в районе фотопиков /геометрия 180° и 90°/. Напомним, что плавный ход кривой распределения центров тяжести мгновенных совпадений в широком энергетическом интервале характерен для сцинтилляционных спектрометров совпадений. Поэтому наблюдаемые нами отклонения условно назовем "аномальными". Отсутствие таких отклонений в районе пика обратного рассеяния и краев комптоновских распределений в геометрии 90° можно объяснить как результат значительного уменьшения числа совпадений в этих энергетических районах вследствие регистрации пространственно-некоррелированных совпадений. В этом случае число совпадений $N_{\text{совп.}} \sim \omega^2$, где $\omega \ll 1$ - телесный угол /считаем, что для двух детекторов он одинаков/. А в случае геометрии 180° - $N_{\text{совп.}} \sim \omega$, что приводит к существенному увеличению числа совпадений и усилению эффекта аномального отклонения для пространственно-коррелированного процесса - процесса обратного комптоновского рассеяния. Как видно из рис.2, при расположении детекторов под углом 90° величина аномальных отклонений в районе фотопиков практически не изменяется.

Наглядным проявлением влияния процесса обратного комптоновского рассеяния на временное разрешение спектрометра совпадений является различие в значениях разрешающего времени спектрометра при расположении детекторов под углом 90° и 180° /рис.3/.

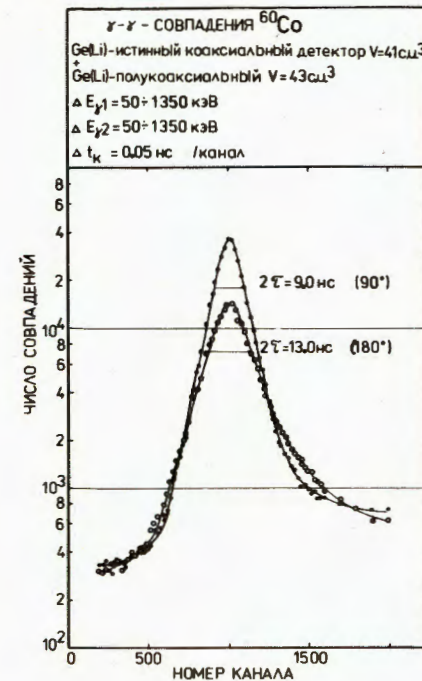


Рис.3. Временное разрешение спектрометра совпадений с коаксиальными Ge(Li) ППД в зависимости от геометрических условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование распределения центров тяжести временных спектров гамма-гамма-совпадений показывает, что аномальные отклонения центров тяжести в районе пика обратного рассеяния и краев комптоновских распределений могут быть связаны как с выделением в спектре совпадений определенной группы фронтов импульсов, так и с регистрацией однократного процесса взаимодействия гамма-излучения в поверхностном слое детектора, который вследствие возможной перекompенсации имеет малую величину напряженности электрического поля.

Отклонения центров тяжести временных распределений в районе фотопиков от общего хода центров тяжести комптоновского распределения можно, по-видимому, объяснить различием во фронтах нарастания зарядовых импульсов с выхода детектора при однократных и многократных процессах взаимодействия гамма-лучей в Ge(Li)-детекторе. Очевидно, что величина аномального отклонения в этом случае будет зависеть от объема детектора, его конфигурации и от энергии регистрируемых гамма-лучей. Заметная асимметрия формы линии аномальных отклонений в районе фотопиков, возможно, связана с неполным сбором заряда в низкоэнергетической части фотопика. Наблюдающееся различие в формах линий аномальных отклонений для истинно коаксиального и полукоаксиального детекторов обусловлено индивидуальными свойствами этих детекторов.

Поэтому определение времен жизни уровней в субнаносекундной и наносекундной областях по сдвигу центра тяжести кривой задержанных совпадений при использовании коаксиальных Ge(Li)-детекторов большого объема требует тщательного изучения временных свойств полупроводниковых детекторов и учета всех побочных эффектов при интерпретации полученных результатов.

Авторы выражают искреннюю признательность проф. В.П.Джелепову и проф. К.Я.Грому за постоянную поддержку в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chase R.L. Rev.Sci.Instr., 1968, 39, p.1318.
2. Акимов Ю.К. и др. ОИЯИ, P13-5708, Дубна, 1971.
3. Moszynski M., Bengtson B. Nucl.Instr.Meth., 1970, 80, p.233.
4. Bengtson B., Moszynski M. Nucl.Instr.Meth., 1972, 100, p.293.

5. Вылов Ц., Осипенко Б.П., Чумин В.Г. ЭЧАЯ, 1978, т.9, вып.6, с.1331.
6. Akimov Yu.K. et al. Nucl.Inst.Meth., 1972, 104, p.581.
7. Борейко В.Ф. и др. ОИЯИ, 13-6396, Дубна, 1972.
8. Волков Н.Г., Цупко-Ситников В.М., Чураков А.К. ОИЯИ, 10-12400, Дубна, 1979.
9. Худсон Д. Статистика для физиков. "Мир", М., 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 марта 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

| | | |
|---------------|---|-------------|
| | Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/ | 7 р. 40 к. |
| | Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/ | 8 р. 00 к. |
| Д11-80-13 | Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979 | 3 р. 50 к. |
| Д4-80-271 | Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979. | 3 р. 00 к. |
| Д4-80-385 | Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980. | 5 р. 00 к. |
| Д2-81-543 | Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981 | 2 р. 50 к. |
| Д10,11-81-622 | Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980 | 2 р. 50 к. |
| Д1,2-81-728 | Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981. | 3 р. 60 к. |
| Д17-81-758 | Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981. | 5 р. 40 к. |
| Д1,2-82-27 | Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981. | 3 р. 20 к. |
| Р18-82-117 | Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981. | 3 р. 80 к. |
| Д2-82-568 | Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982. | 1 р. 75 к. |
| Д9-82-664 | Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982. | 3 р. 30 к. |
| Д3,4-82-704 | Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982. | 5 р. 00 к. |
| Д2,4-83-179 | Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982. | 4 р. 80 к. |
| | Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/ | 11 р. 40 к. |
| Д11-83-511 | Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982. | 2 р. 50 к. |
| Д7-83-644 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983. | 6 р. 55 к. |
| Д2,13-83-689 | Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983. | 2 р. 00 к. |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

6-84-140

Морозов В.А. и др.
Аномальные отклонения центров тяжести временных распределений γ - γ -совпадений при использовании полупроводниковых детекторов

Изучены отклонения центров тяжести временных распределений от источника мгновенных совпадений ^{60}Co при использовании в спектрометре совпадений полупроводниковых $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов коаксиального типа. Обнаружены аномальные отклонения центров тяжести от плавного хода кривой в районе фотопиков, краев комптоновского распределения и пика обратного рассеяния.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

6-84-140

Morozov V.A. et al.
Anomalous Deviations of Centers of Mass of γ - γ -Coincidence Time Distributions with Semiconductor Detectors

The deviations of the first momentum of time distributions from the source of ^{60}Co prompt coincidences measured with the coaxial $\text{Ge}(\text{Li})$ detectors are investigated. The anomalous deviations of the first momenta from smooth behaviour of the curve in the photoeffect region, of the edges of the Compton distribution and backscattering region are observed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984