

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗУУ, 1ч

A-656

2679/2-78

19/11-78

P13 - 11312

В.Андрейчев, Н.З.Марупов, К.М.Муминов,

Т.М.Муминов, Р.Р.Усманов, Ф.Хамраев

МНОГОМЕРНЫЙ НАНОСЕКУНДНЫЙ АНАЛИЗ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Ge(Li) -ДЕТЕКТОРА

1978

Андрейчев В. и др.

P13 - 11312

Многомерный наносекундный анализ с использованием Ge(Li) -детектора

Описывается метод определения времен жизни возбужденных состояний по сдвигу центров тяжести временных распределений совпадающих излучений с использованием многомерного временного анализа в наносекундном диапазоне применительно к случаю исследований при радиоактивном распаде короткоживущих изотопов. Установка работает в режиме связи с ЭВМ с использованием Ge(Li)- и сцинтилляционных детекторов. Полученная информация о тройных (γ - γ - t) -совпадениях, записанная на магнитную ленту, позволяет проводить амплитудно-временной анализ для практически неограниченного числа "окон" в энергетическом и временном спектрах совпадающих излучений.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Andrejtscheff W. et al.

P13 - 11312

Multidimensional Nanosecond Analysis Performed Using Ge(Li) -Detector

Determination of the nanosecond lifetimes of excited states in nuclei by the centroid shift method using the multidimensional analysis in experiments on the radioactive decay has been described. The time spectrometer used Ge(Li) and scintillation detectors on-line with HP2116C computer. The information on three-dimensional coincidence spectrum (γ - γ - t) is tape-recorded and then analysed using the computer.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитию и совершенствованию методов измерений времен жизни возбужденных состояний атомных ядер уделяется большое внимание. Это обусловлено тем, что по результатам таких исследований можно определить абсолютные вероятности электромагнитных переходов, весьма чувствительные к различным тонким деталям ядерной структуры.

До недавнего времени для временных измерений в наносекундном диапазоне применялись, главным образом, сцинтилляционные детекторы, позволяющие измерять времена жизни вплоть до нескольких десятков пикосекунд. Однако энергетическое разрешение сцинтилляторов намного хуже, чем у полупроводниковых детекторов, например Ge(Li). Современные методы временной привязки к сигналам детекторов и разработанные на основе этих методов формирователи импульсов позволяют использовать полупроводниковые детекторы для измерений времен жизни в наносекундном диапазоне. Благодаря этому, несмотря на то, что временные свойства и эффективность регистрации излучений у полупроводниковых детекторов существенно хуже, чем у сцинтилляционных, эти детекторы находят в последние годы все более широкое применение во временных исследованиях.

Обычно с помощью полупроводниковых детекторов определяют времена жизни в области $\tau \geq 5$ нс. Точное определение более низких времен $\tau \leq 1$ нс/ связано с применением метода сдвига центров тяжести временных распределений, который требует измерения мгновенных реперов. Однако из-за ряда практических причин

Принцип ее работы аналогичен описанному в работах /3-4/. Каждый акт совпадения записывается в ЭВМ на магнитную ленту в виде события, содержащего сведения об амплитудах совпадающих импульсов A1 и A2 и временном интервале T между ними /A1, A2 и T - номера каналов в соответствующих амплитудных и временном спектрах/. Амплитудно-временной анализ /сортировка/ результатов измерений может производиться между любыми интервалами в спектрах A1, A2 и T. Программное обеспечение режимов работы и обработки экспериментальных спектров описано в работах /3,5/.

Сортировка зарегистрированных событий по "окнам", выбранных в спектрах A1, A2 и T, позволяет получить два типа распределений:

а/ При выборе окон в сцинтилляционном ($\Delta y_{\text{сц}}$) и временном (ΔT) распределениях получим спектры задержанных совпадений γ -лучей, регистрируемых Ge(Li)-детектором. При соответствующем выборе окон можно получить спектры задержанных γ -лучей, связанных или с распадом, или с заселением изомерных состояний. Предварительную информацию о временах жизни можно получить, анализируя скорость спада интенсивностей фотопиков в задержанных спектрах в зависимости от времени задержки. При этом следует учитывать, что из-за энергетической зависимости временного разрешения вклад случайных совпадений по мере уменьшения энергий излучений увеличивается.

б/ При выборе окон в двух энергетических спектрах A1 и A2 получим временные распределения совпадений в выбранных энергетических интервалах. В этом случае времена жизни можно определить по экспоненциальному спаду /если $T_{1/2} \geq 2\tau_0$ / временных кривых или из сравнения позиций их центров тяжести с позициями мгновенных временных распределений. Обычно анализируются временные распределения совпадений фиксированного окна ($\Delta y_{\text{сц}}$) с фотопиками и участками γ -фона /комптоновского распределения γ -лучей/ в спектре Ge(Li)-детектора. При этом из временных распределений, соответствующих совпадениям с фотопиками, необходимо вычесть вклад от совпадений, лежащих под фото-

пиками участков γ -фона. Этот вклад определяется путем интерполяции временных распределений, соответствующих двум ближайшим /справа и слева/ к фотопику окнам γ -фона. После этих операций вычисляются центры тяжести всех временных распределений, и строится график зависимости их позиций от энергии излучений. По величине смещения центров тяжести временных распределений задержанных совпадений от линии, проведенной через центры тяжести мгновенных временных распределений, можно определить времена жизни $\tau = T_{1/2} / \ln 2$ "изомерных" состояний.

При этом следует учитывать, что временные распределения совпадений с γ -фоном могут оказаться задержанными из-за вклада в γ -фон комптоновских распределений γ -лучей, разряжающих высоковозбужденные изомерные состояния, и аннигиляционного излучения.

3. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА

Для опробования методики были проведены измерения с источниками ^{147}Eu и ^{153}Gd . Измерения проводились для обоих источников одновременно. В установке использовался коаксиальный Ge(Li)-детектор с двумя открытыми концами объемом 41 см^3 / $U = 1,7 \text{ кВ}$ / и сцинтилляционный детектор с кристаллом стильбен / $\varnothing 40 \times 40 \text{ мм}$ / и фотоумножителем типа XP1021. Временное разрешение установки на источнике ^{60}Co при дискриминации в канале "старт" / $E_{\gamma} > 20 \text{ кэВ}$ / и в канале "стоп" / $E_{\gamma} > 80 \text{ кэВ}$ / без дополнительного отбора составляло $2\tau_0 = 6,5 \text{ нс}$.

Наиболее интенсивными γ -переходами являются переходы, возникающие при распаде ^{153}Gd - 97,4 и 103,2 кэВ, а при распаде ^{147}Eu - 121,2; 197,3 кэВ, а также ряд переходов с $E_{\gamma} \geq 511 \text{ кэВ}$.

При амплитудно-временном анализе результатов измерений в сцинтилляционном спектре окно $\Delta y_{\text{сц}}$ было установлено в области КХ-лучей.

Спектры задержанных γ -лучей $^{153}\text{Gd} + ^{147}\text{Eu}$ приведены на рис. 2А /ширина временного окна равна 5,5 нс/. Видно, что задержанными являются переходы 103,2; 121,2 и 197,3 кэВ. Некоторая доля фотопика практически мгновенного перехода 97,4 кэВ /6/ не исчезает из-за случайных совпадений.

На рис. 2В для примера приведены временные распределения совпадений КХ - γ 97,4 кэВ и КХ - γ 103,2 кэВ. По склону кривой КХ - γ 103,2 кэВ период полураспада состояния 103,2 кэВ ^{153}Eu определен как $T_{1/2} = 3,8 \pm 0,1$ нс.

На рис. 2Б приведены позиции центров тяжести временных распределений. Центр тяжести временного распределения $\Delta y_{\text{сц}} - \gamma$ 97,4 кэВ лежит ниже кривой, проходящей через центры тяжести временных распределений $\Delta y_{\text{сц}} - \Delta y$ -фона, что указывает на задержанность γ -фона в районе 97,4 кэВ. Эта задержка, очевидно, обусловлена, прежде всего, вкладом в γ -фон комптоновского распределения γ -лучей перехода 197,3 кэВ / $T_{1/2} = 1,3$ нс /6/ / и 121,2 кэВ / $T_{1/2} = 0,78$ нс /6/ / в ^{147}Sm . Ее величина с учетом времени жизни уровня 97,4 кэВ / $T_{1/2} = 0,2$ нс /6/ / составляет $0,70 \pm 0,05$ нс. Учитывая это и пренебрегая задержкой γ -фона под фотопиком 197,3 кэВ /т.к. в жесткой части спектра γ -лучей нет переходов, разряжающих состояния с заметным временем жизни/, проведем через эти точки "нулевую" временную линию. По величине смещения центров тяжести временных распределений $\Delta y_{\text{сц}} - \gamma$ 103,2 кэВ, $\Delta y_{\text{сц}} - \gamma$ 121,2 кэВ и $\Delta y_{\text{сц}} - \gamma$ 197,3 кэВ от этой линии можно определить времена жизни соответствующих состояний ^{153}Eu и ^{147}Sm .

Полученные этим методом значения периодов полураспада находятся в хорошем согласии с известными результатами. Эти данные приведены в табл. 1. В случае наличия в рассматриваемом участке спектра нескольких мгновенных переходов надежность и точность определения времен жизни по этой методике существенно повышаются. Описанная методика успешно использовалась в исследованиях наносекундных изомеров при распаде короткоживущих изотопов.

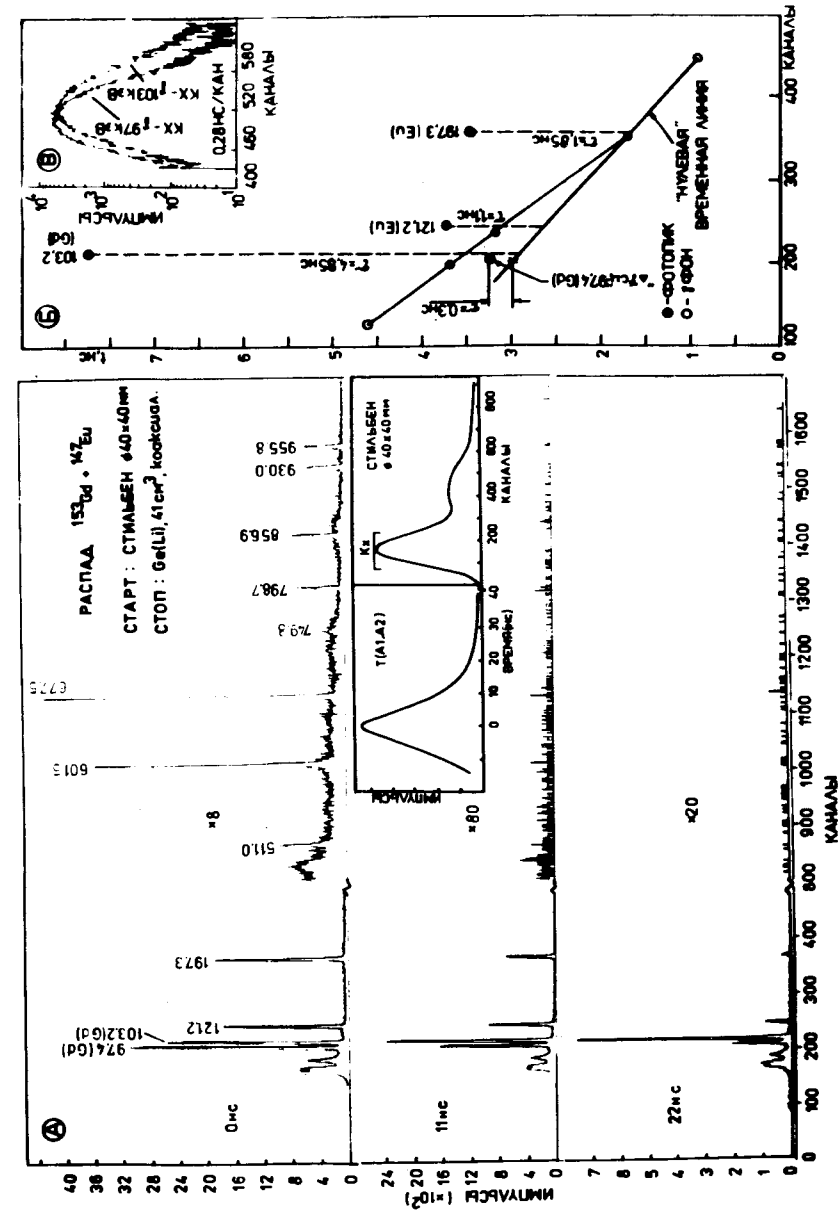


Рис. 2. Результаты амплитудно-временного анализа.

Таблица 1
 Периоды полураспада возбужденных состояний $^{103,2}\text{кэВ}$ в ^{153}Eu , 121,2 и $^{197,3}\text{кэВ}$ в ^{147}Sm

Ядро	$E_{ур}$ кэВ	$T_{1/2}$, нс		
		Настоящая работа	Литературные данные /6/	
^{153}Eu	103,2	$3,8 \pm 0,1$ (по склону) $3,4 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,3$	1950
			$4,0 \pm 0,2$	1954
			$4,0 \pm 0,2$	1956
			$3,8 \pm 0,2$	1961
			$3,3 \pm 0,2$	1961
			$4,3 \pm 0,5$	1961
			$3,90 \pm 0,05$	1965
			$4,1 \pm 0,8$	1970
^{147}Sm	121,2	$0,76 \pm 0,15$	$0,77 \pm 0,04$	1967
			$0,80 \pm 0,04$	1968
			$0,78 \pm 0,03$	1970
			$>0,5$	1971
	197,3	$1,25 \pm 0,10$	$1,31 \pm 0,05$	1962
			$1,26 \pm 0,04$	1967
			$1,20 \pm 0,10$	1967
			$1,35 \pm 0,05$	1968
			$1,10 \pm 0,05$	1970

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная методика позволяет проводить многомерный временной анализ при изучении распада короткоживущих изотопов в наносекундном диапазоне. Дальнейшее усовершенствование методики связано с применением детекторов и электронной техники, обладающих лучшими временными свойствами.

Авторы глубоко благодарны К.Я.Громову, Г.И.Лизурею, Ж.Т.Желеву, В.М.Цупко-Ситникову, М.Гонусеку и В.И.Стегайлову за поддержку и содействие в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрейчев В. ЭЧАЯ, 1976, т. 7, вып. 4, с. 1039.
2. Schilling K.D., Kaubler L., Stary F., Andrejtscheff W. Nucl.Phys., 1976, A265, p.58.
3. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, 13-10204, Дубна, 1976.
4. Гилев В.И. и др. ОИЯИ, 13-9993, Дубна, 1976.
5. Гонусек М., Фромм В.Д. ОИЯИ, 10-10007, Дубна, 1976.
6. Берлович Э.Е., Василенко С.С., Новиков Ю.Н. Времена жизни возбужденных состояний атомных ядер. "Наука", Л., 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел 10 февраля 1978 года.