

УДК 539.144:539

В. С. ЗАСИМОВ, Р. Н. КУЗЬМИН, А. И. ФИРОВ

О МЕТОДИКЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА РАССЕЯНИЕ И ДИФРАКЦИЮ РЕЗОНАНСНЫХ ГАММА-КВАНТОВ

В работе описана установка для проведения экспериментов по рассеянию и дифракции резонансного гамма-излучения. Максимальное отношение сигнала к фону достигнуто с помощью жесткой коллимации падающего и рассеянного пучков гамма-квантов. Показано, что в опытах по рассеянию выгоднее использовать сцинтилляционный детектор. Получены дифракционные спектры от образцов, не содержащих и содержащих резонансные ядра.

Исследование рассеяния или дифракции резонансных гамма-квантов представляет большой интерес в связи с возможностью установления фаз структурных амплитуд [1, 2], а также определения магнитных и элект-

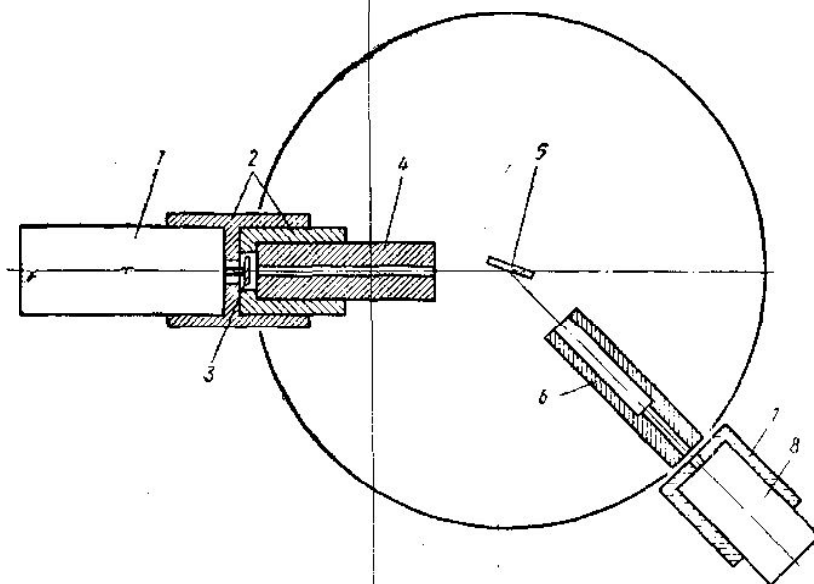


Рис. 1. Система коллимации: 1 — вибратор, 2 — защита из свинца, 3 — источник гамма-квантов, 4 — коллиматор первичного пучка, 5 — рассеиватель, 6 — коллиматор отраженного пучка, 7 — свинцовый кожух, 8 — детектор

трических структур кристаллов [3—8, 10]. Однако эти эксперименты довольно сложны и длительны во времени из-за отсутствия высокоактивных источников и необходимости получения как можно большего отношения сигнала к шуму.

Ниже описывается мёссбауэровский дифрактометр и эксперименты по дифракции резонансных гамма-квантов.

Гамма-кванты, испущенные колеблющимся источником, через систему коллимации попадают на исследуемый образец, рассеиваются на нем и регистрируются детектором излучения. Импульсы с детектора поступают на вход многоканального анализатора SA-40, усиливаются и дискриминируются по энергии в режиме амплитудного анализа, затем они подаются на вход блока временной селекции, и анализатор переключается в режим временного анализа.

Система движения включает генератор пилообразных колебаний, датчик движения, созданный на основе сейсмоприемника СПМ-16, генератор переключения каналов и схему коррекции, которая аналогична описанной в работе [9]. Новым является то, что между операционными усилителями в схеме коррекции применена обратная связь по переменному току, которая устраняет влияние медленных дрейфов операционных усилителей на результаты измерений.

Система коллимации первичного пучка гамма-квантов изготовлена из свинца для защиты от фонового рассеяния гамма-квантов более высоких энергий, чем энергия мёссбауэровского перехода. Коллиматор первичного пучка представляет собой канал прямоугольного сечения размером $10 \times 1,5$ мм² в свинцовой трубе, отлитой в дюралюминиевом кожухе. Источник изолирован от окружающего пространства свинцовой защитой. Приемный коллиматор в виде трубы с каналом круглого сечения и приемная щель также изготовлены из свинца. Система коллимации и защиты показана на рис. 1.

Вибратор с источником гамма-квантов, защита, система коллимации и детектор смонтированы на гониометре ГУР-4 таким образом, что радиус фокусировки можно изменять от 70 до 160 мм. Угловая расходимость первичного пучка не превышала $0,5^\circ$ при максимальном радиусе гониометра. Юстировка прибора производится с помощью излучения рентгеновской трубки. Образец крепится в держателе гониометра и может быть охлажден до 80° К. Установка была прокалибрована с помощью источника Co^{57} в Pd и поглотителя $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, обогащенного до 88% изотопом Fe^{57} . Диапазон получаемых скоростей ± 2 см/сек с нелинейностью скорости около 1%.

Для определения возможностей детектирования резонансных гамма-квантов в опытах по дифракции использовались пропорциональный счетчик СРМ-1 (наполнение ксенон + изопентан) и сцинтилляционный детектор (фотоумножитель типа 6097F с кристаллом NaJ(Tl) толщиной 0,2 мм). Были получены амплитудные спектры излучения источника Co^{57} в матрице Pd, снятые по схеме пропускания и при отражении от плоскости (1011) монокристалла кварца. Амплитудные спектры приведены на рис. 2. Энергетическое разрешение пропорционального и сцинтилляционного счетчика для энергии 14,4 кэв равно 13 и 36%. Из приведенных спектров также видно, что отношение полезного сигнала к фону в опыте на отражение существенно выше для сцинтилляционного детектора, что объясняется большей эффективностью последнего. Несмотря на то, что его разрешение почти в три раза, хуже, чем у пропорционального счетчика. Из сравнения амплитудных спектров, полученных при отражении от монокристалла кварца с помощью пропорционального и сцинтилляционного детекторов, видно, что в опытах по рассеянию и дифракции резонансных гамма-квантов целесообразнее использовать сцинтилляционный детектор. Все последующие эксперименты проводились с ним.

На установке был исследован спектр излучения источника $\text{Sn}^{119\text{m}}\text{O}_2$ при отражении от плоскости (1011) монокристалла кварца. Дифрактограмма, приведенная на рис. 3 (кривая *a*), состоит из двух максимумов:

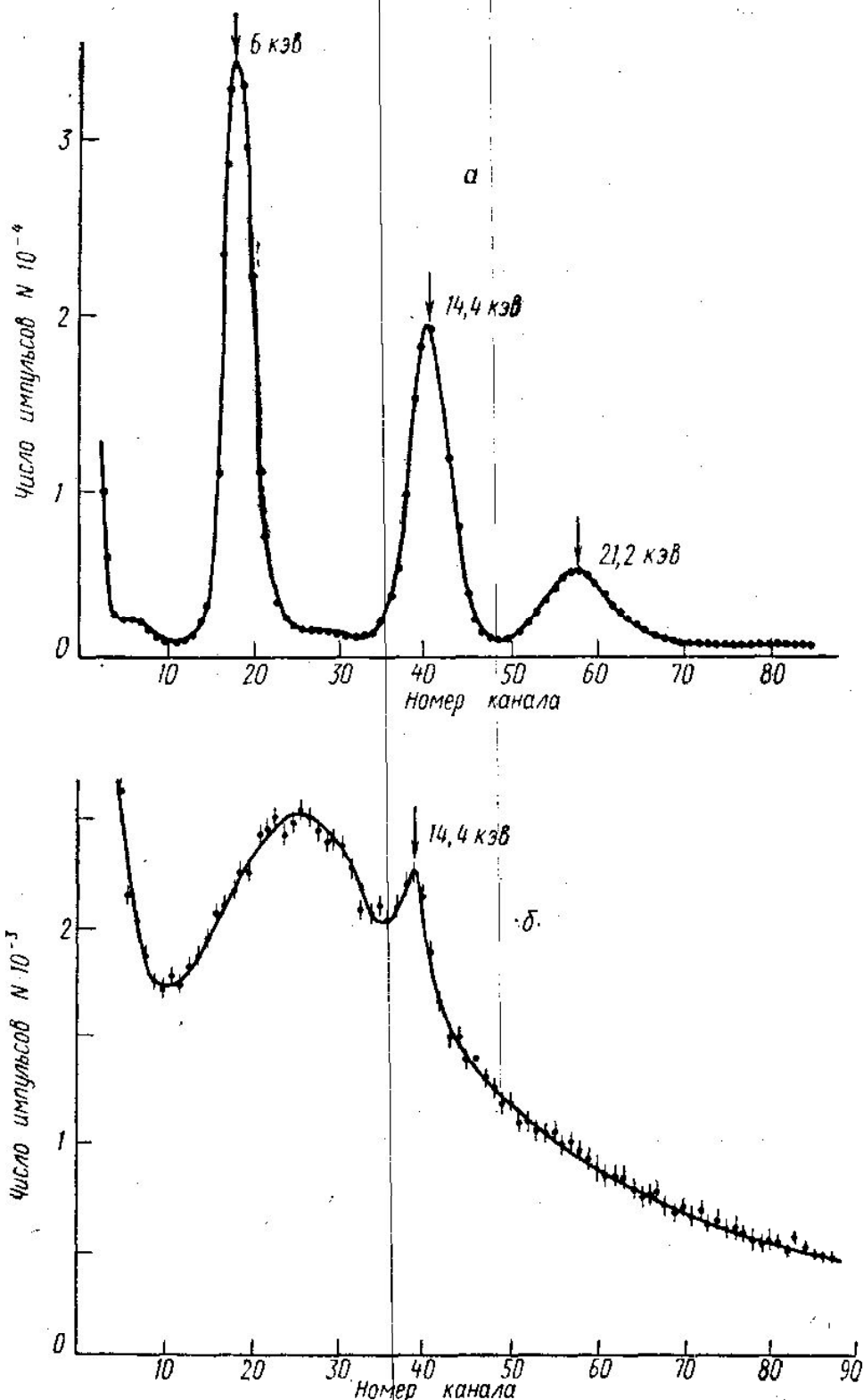
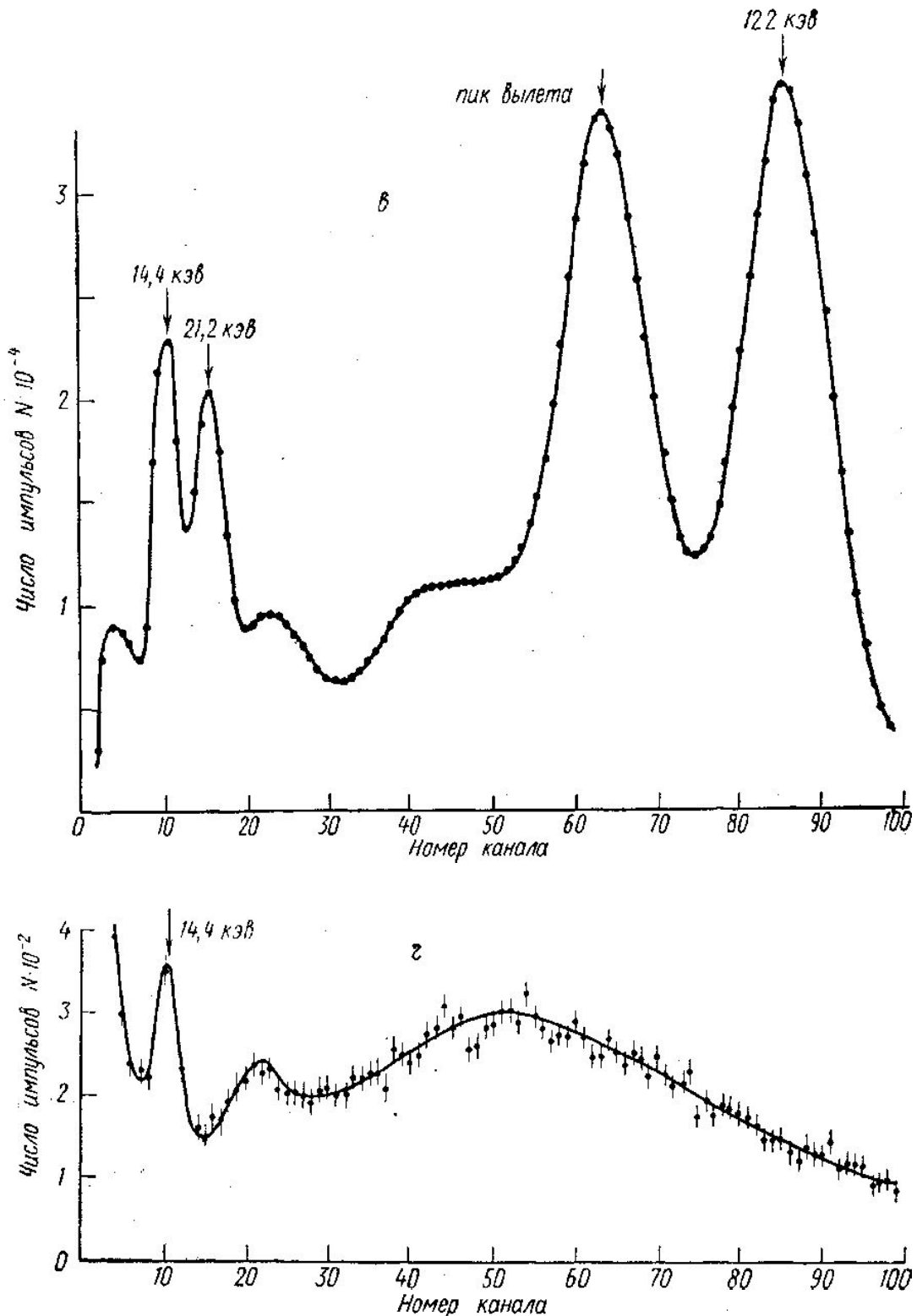


Рис. 2. Амплитудные спектры излучения источника Co^{57} в матрице Pd, полу-
 б — при отражении от плоскости (1011) монокристалла кварца; в — на сцин-
 кости (1011) моно

левый соответствует энергии 25,1 кэв рентгеновского излучения с K-оболочки атома олова, правый — энергии 23,8 кэв мёссбауэровского перехода ядра. На основе экспериментальных данных по углам отражения

от плоскости (10 $\bar{1}1$) монокристалла кварца были вычислены длины волн рентгеновского и мёссбауэровского излучений: $\lambda_x = (0,496 \pm 0,005) \text{ \AA}$ и $\lambda_\gamma = (0,522 \pm 0,005) \text{ \AA}$.



ченные: *a* — на пропорциональном счетчике СРМ-1 в схеме пропускания, тилляционном детекторе в схеме пропускания, *б* — при отражении от плоскосталла кварца

Рис. 3 (кривая *б*) демонстрирует эффективность использования фильтра из Pd толщиной 100 мк, который «отсекает» рентгеновское излучение с энергией 25,1 кэв.

В качестве рассеивателя, содержащего резонансные ядра Sn^{119} , нами использовался природный монокристалл касситерита (SnO_2) отражающей поверхностью около 1 см^2 . Предварительные рентгеновские исследования показали, что отражающая поверхность кристалла параллельна кристаллографическим плоскостям $\{110\}$. На рис. 4 изображен

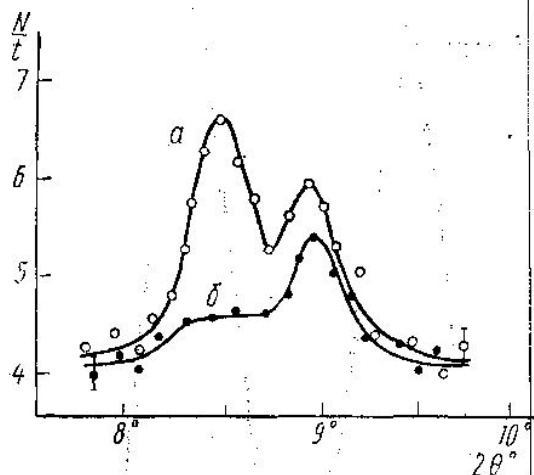


Рис. 3. Угловое распределение излучения источника $\text{Sn}^{119}\text{O}_2$ при отражении от плоскости $(10\bar{1}1)$ монокристалла кварца

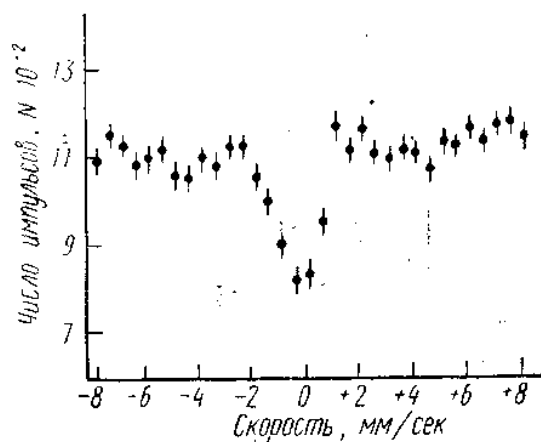


Рис. 4. Скоростной спектр рассеяния на монокристалле касситерита. N — число отсчетов детектора без фона

скоростной спектр монокристалла касситерита при отражении от плоскости (110) , брегговский угол равен $4^\circ 28'$. Каждая точка спектра получена суммированием по трем каналам анализатора. На приведенном рисунке наблюдается асимметрия спектра, обусловленная интерференцией излучения, рассеянного на электронах и резонансных ядрах. Аналогичные явления наблюдались при исследовании дифракции резонансных гамма-квантов на монокристаллах Fe , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, Sn [10—12].

Выполненные эксперименты показывают, что данная установка удовлетворяет требованиям, соблюдение которых необходимо для проведения исследований по рассеянию и дифракции резонансных гамма-квантов. Угловое разрешение прибора при максимальном радиусе гониометра составляло $20'$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Black P. J. Nature, 206, 1223, 1965.
2. Кузьмин Р. Н., Колпаков А. В., Жданов Г. С. «Кристаллография», 11, 511, 1966.
3. Беляков В. А., Айвазян Ю. М. Письма в ЖЭТФ, 7, 477, 1968.
4. Андреева М. А., Кузьмин Р. Н. «Кристаллография», 14, 492, 1969.
5. Андреева М. А., Кузьмин Р. Н. ДАН СССР, 185, 1282, 1969.
6. Андреева М. А., Кузьмин Р. Н. «Кристаллография», 14, 708, 1969.
7. Айвазян Ю. М., Беляков В. А. Письма в ЖЭТФ, 9, 637, 1969.
8. Айвазян Ю. М., Беляков В. А. ЖЭТФ, 56, 346, 1969.
9. Засимов В. С., Котельников В. А., Кузьмин Р. Н., Фиров А. И. Сб. «Аппаратура и методы рентгеновского анализа», вып. 5, 1969.
10. Смирнов Г. В., Склярковский В. В., Восканян Р. А., Артемьев А. И. Письма в ЖЭТФ, 9, 423, 1969.
11. Black P. J., Evans D. E., O'Sonno D. A. Proc. Roy. Soc. A 270, 168, 1962.
12. Войтовецкий В. К., Корсунский И. Л., Новиков А. И., Пажин Ю. Ф. ЖЭТФ, 54, 1361, 1968.

Поступила в редакцию
10.7 1970 г.

Кафедра
физики твердого тела