

СЕЛЕКТИВНОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ МЕССБАУЭРОВСКОГО СПЕКТРА ОТРАЖЕНИЯ

К.Ф.Цицкишвили

Осуществлено раздельное детектирование резонансно отраженных энергия-неизмененных и энергии-измененных γ -квантов, что дает возможность наблюдать изменение сверхтонкого взаимодействия в отражателе за время нахождения ядра в возбужденном состоянии и определить вероятность безотдачного переизлучения.

Отношение интенсивностей спектральных линий мессбауэровского спектра поглощения тонкого поликристаллического образца с изотропным фактором Лемба – Мессбауэра определяется вероятностями переходов между соответствующими уровнями. При обычном детектировании отношения интенсивностей спектральных линий мессбауэровского спектра поглощения и спектра отражения тонких образцов одинаковы, несмотря на то, что различные пики большинства спектров отражения содержат различные доли энергия-неизмененных (ЭН) и энергия-измененных (ЭИ) γ -квантов. Это происходит из-за того, что интенсивности линий спектра отражения определяются первым этапом процесса отражения – безотдачным поглощением так как обычные методы детектирования не дают возможности различать ЭН и ЭИ γ -кванты, образование которых происходит на втором этапе отражения – при переизлучении. Естественно, спектры, детектируемые обычным методом, не содержат информацию о явлениях, происходящих при переизлучении и вызывающих изменение энергии резонансно поглощенных γ -квантов. Эти явления: переизлучение γ -квантов без отдачи или с отдачей; возвращение ядра на тот же невозбужденный уровень, откуда произошло возбуждение, или на другой уровень; изменение сверхтонкого поля за время нахождения ядра в возбужденном состоянии.

Измерение изменения энергии γ -квантов, которое происходит в результате перехода ядра на другой невозбужденный уровень или из-за изменения сверхтонкого поля, производится методом двойного γ -резонанса селективного возбуждения ¹, но в связи с экспериментальными трудностями этот метод не нашел широкого применения, хотя он был впервые осуществлен давно ². То обстоятельство, что для конкретного случая доля ЭН и ЭИ γ -квантов в каждом пике отраженного спектра определяется вероятностью безотдачного переизлучения f' и скоростью изменения сверхтонкого поля (если оно происходит), дает возможность из спектров ЭН и ЭИ γ -квантов вычислить f' и скорость изменения сверхтонкого поля. Так как при регистрации спектров ЭН и ЭИ γ -квантов нужно фиксировать только факт изменения или неизменения энергии переизлученного γ -кванта без определения величины ее изменения, то эксперимент значительно упрощается. Многие задачи метода двойного γ -резонанса селективного возбуждения можно решать гораздо более простым методом — методом селективного детектирования резонансно отраженных γ -квантов.

Селективное детектирование резонансно отраженных ЭН и ЭИ γ -квантов осуществлено нами в эксперименте отражения, схема которого приведена на рис. 1. Доплеровское движение придается отражателю в таком направлении, что знаки доплеровского смещения при поглощении и переизлучении противоположны. Так как угол падения α_1 равен углу отражения α_2 , то доплеровское смещение поглощения компенсируется доплеровским смещением при переизлучении $\pm E_\gamma \frac{v}{c} \cos \alpha_1 \mp E_\gamma \frac{v}{c} \cos \alpha_2 = 0$ и отражение γ -кванты доплеровского смещения не получают. Безотдачно поглощенный и безотдачно переизлученный γ -кванты имеют такую же энергию, как и γ -кванты, излученные источником безотдачно. В такой геометрии эксперимента детектирование ЭН γ -квантов производится резонансным детектором (рис. 1, а) а ЭИ γ -квантов — путем фильтрации отраженных γ -квантов резонансным "черным" поглотителем (рис. 1, б). В нашем эксперименте резонансный "черный" поглотитель был изготовлен из двойного ферроцианида на основе ⁵⁷Fe, изомерный сдвиг которого равен изомерному сдвигу источника ⁵⁷Co(Cr). Такой фильтр полностью поглощает ЭН γ -кванты и почти не поглощает γ -кванты других энергий.

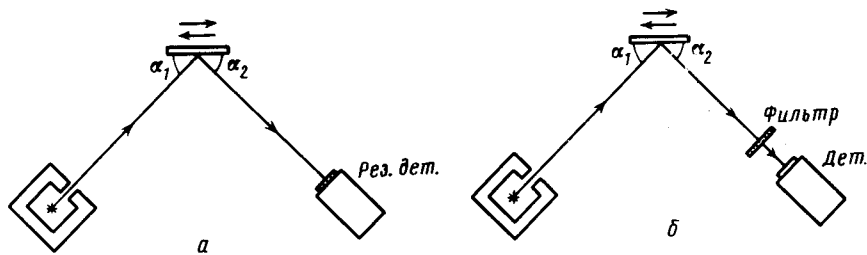


Рис. 1. Схема мессбауэровского эксперимента отражения для регистрации: а — энергия- неизменных γ -квантов, б — энергия-измененных γ -квантов

γ -резонансный спектр селективного детектирования имеет характерное отношение интенсивностей спектральных линий, которое зависит от упруго-неупругих процессов, происходящих в отражателе во время переизлучения и содержит информацию о них. Отношение интенсивностей обычного магнитнорасщепленного спектра ядра ⁵⁷Fe в тонком поликристаллическом веществе: 3 : 2 : 1 : 1 : 2 : 3. При селективном детектировании в случае не зависящего от времени сверхтонкого поля без учета малоинтенсивных отражений Рэлея и Комптона ³ в спектре ЭН γ -квантов отношение интенсивностей дается выражением

$$9 : 4 : 1 : 1 : 4 : 9, \quad (1)$$

а в спектре ЭИ γ -квантов

$$(9 - 9f') : (6 - 4f') : (3 - f') : (3 - f') : (6 - 4f') : (9 - 9f'), \quad (2)$$

С помощью этой формулы из измеренного спектра ЭИ γ -квантов от α - Fe_2O_3 (рис. 2) определена вероятность безотрадного переизлучения гематита $f' = 0,75 \pm 0,05$.

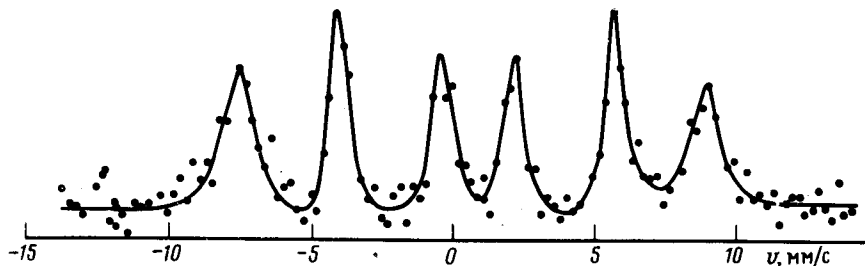


Рис. 2. Мессбауэровский спектр отражения энергия-измененных γ -квантов от α - Fe_2O_3 при комнатной температуре

Отклонение от приведенных отношений интенсивностей указывает на зависимость сверхтонкого поля от времени (в пределах времен, соизмеримых с τ_0), и эти отклонения нужно учитывать для каждой конкретной задачи. Например, в спектре ЭИ γ -квантов гематита с приближением к температуре Морина, при которой начинается флуктуация электронного спина¹, начнется возрастание интенсивности шестого расщепленного пика, а в спектре ЭН γ -квантов, наоборот — уменьшение его интенсивности и в точке Морина, где время флуктуации минимально $\tau = 1,1 \cdot 10^{-7}$ с, станет почти незаметным. По величине изменения интенсивности можно оценить время флуктуации.

Автор выражает благодарность А.М.Афанасьеву, Л.Л.Буишвили и Г.С.Смирнову за полезные обсуждения и стимулирование выполнения работы, а также А.В.Балуеву за предоставление двойного ферроцианида для резонансного "черного" поглотителя.

Литература

1. *Balko B., Hoy Gilbert R.* Advances in Mossbauer Spectroscopy, Appl. Phys., Chem. and Biol., Amsterdam e. a., 1983, 159.
2. *Артемьев А.Н., Смирнов Г.В., Степанов Е.П.* ЖЭТФ, 1968, 54, 1028.
3. *Bara J.J.* Phys. Stat. Sol., 1980, 58, 349.

Институт физики
Академии наук Грузинской ССР

Поступила в редакцию
17 мая 1986 г.