

УДК 539.124.6

АННИГИЛЯЦИЯ ПОЗИТРОНОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ ГЕРМАНАТА СВИНЦА С ПРИМЕСЬЮ ИОНОВ Gd^{3+}

А. Г. МАЛОЯН

Институт физических исследований НАН Армении

(Поступила в редакцию 25 апреля 1995 г.)

Методом позитронной аннигиляции обнаружено увеличение полуширины кривой и появление боковых пиков в спектрах угловой корреляции аннигиляционных квантов в образцах германата свинца с примесью ионов Gd^{3+}

Германат свинца $\alpha-Pb_5Ge_3O_{11}$ является интересным объектом для исследований из-за целого ряда практически важных свойств. Нами были выполнены измерения [1] на беспримесных образцах методом аннигиляции позитронов.

При исследовании спектров ЭПР Gd^{3+} в германате свинца [2,3] было показано, что ионы примеси замещают ионы Pb^{2+} , находящиеся в положении Pb(4). Было установлено, что кроме сигналов основного тригонального центра с замещением $Gd^{3+} \rightarrow Pb^{2+}$, с нелокальной компенсацией заряда, наблюдаются малоинтенсивные сигналы еще трех центров. Эти центры возникают при образовании вакансий положительного заряда в структуре германата свинца из-за замещения двухвалентного иона трехвалентной примесью, поскольку наличие иновалентной примеси не должно нарушать электронейтральность кристалла в целом.

Было интересно исследовать влияние примеси на аннигиляционные характеристики. Образцы германата свинца в виде плоских дисков содержали примесь ионов Gd^{3+} 0.1 атомных процента. Были измерены спектры угловой корреляции аннигиляционных фотонов (УРАФ) с приборным разрешением

0.55 миллирадиан при комнатной температуре. Спектр УРАФ представлен на рис.1. Полуширина этой кривой оказалась равной (5.91 ± 0.06) миллирадиан, что несколько превышает значение для беспримесного образца (там было (5.70 ± 0.06) мрад) [1]. Согласно [1], спектр УРАФ от германата свинца состоит из двух компонент с полуширинами $\Gamma_1=5.4$ и $\Gamma_2=14.2$ мрад со сравнимыми интенсивностями. Наличие примеси несколько искажает картину, что и проявляется в увеличении полуширины спектра УРАФ. Примечательной особенностью измеренного спектра является появление двух симметричных боковых пиков при значениях углов ± 12.7 мрад. Их интенсивности составляют по $(0.8 \pm 0.1)\%$ от общей интенсивности кривой, а полуширины - по 1.5 ± 0.2 мрад. От того же образца на спектрометре "Polis" был измерен спектр времен жизни позитронов при комнатной температуре. Разложение временного спектра по программе "Positronfit" на три компоненты дало следующие результаты: $\tau_1=(230 \pm 8)$ пикосекунд; $\tau_2=(394 \pm 8)$ пс и $\tau_3=(4300 \pm 120)$ пс. Их относительные интенсивности соответственно равны $I_1=(48 \pm 2)\%$; $I_2=(51 \pm 2)\%$ и $I_3=1\%$.

$N:10^3$

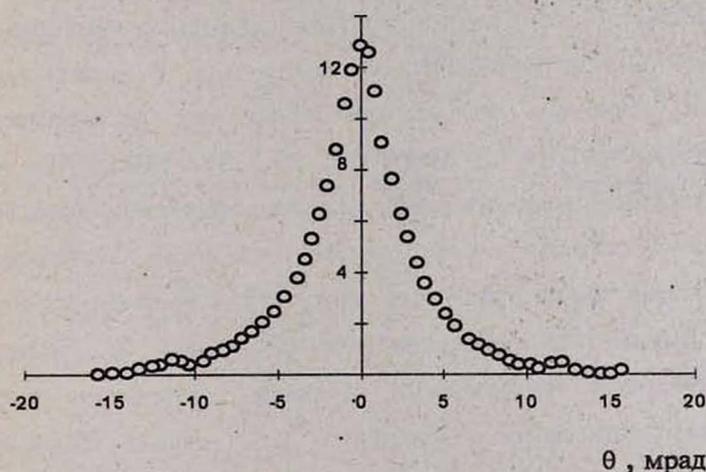


Рис.1. Экспериментальный спектр УРАФ в германате свинца с примесью ионов Gd^{3+} : по оси ординат — число совпадений N в единицу времени, по оси абсцисс — вертикальные углы θ .

В работе [3] отмечается, что внедрение примеси сопровождается укорочением расстояний Рb-О, что, по-видимому, находит свое отражение в наблюдаемом возрастании полуширины кривой УРАФ по сравнению с кривой от беспримесного образца. Возникновение во временном спектре долгоживущей компоненты τ_3 , выделяемой на пределе погрешности измерений, на наш взгляд, может быть приписано захвату позитронов вакантными узлами, образовавшимися при внедрении примеси. Эти вакансии положительного заряда могут служить эффективными ловушками для позитронов.

Определенные трудности возникают при интерпретации результатов, касающихся появления боковых пиков при измерениях на примесных образцах. По нашим оценкам, положение этих пиков соответствует аннигиляции на электронах с энергией примерно 40 эВ. Известные в литературе случаи наблюдения боковых пиков в спектрах УРАФ от монокристаллов относились к измерениям при азотных температурах. В частности, в работе [4] на монокристаллах NaF были обнаружены боковые пики при проекциях вектора обратной решетки (200) на направление, выделенное прибором. Отметим, что сателлиты, обнаруженные в этой работе, сопровождалась появлением узкой компоненты при азотной температуре в беспримесных образцах и определенной кристаллографической ориентации. В нашем случае боковые пики появились только при измерениях на примесном образце при комнатной температуре. Наши измерения при температуре жидкого азота показали, что боковые пики, хотя и не исчезают, но выражены менее заметно. Поэтому естественно появление боковых пиков приписать присутствию примесных ионов Gd^{3+} , атом которого, отдав валентные электроны $5d^1$ и $6s^2$, замещает Pb^{2+} . Из оставшихся на внешних оболочках электронов только электроны, находящиеся на оболочке $5s^2$ имеют близкую к измеренной энергию. Согласно таблице энергий связи электронов, приведенной в [5] для различных элементов, именно $5s^2$ электроны обладают энергией связи 37 эВ. Нам представляется, что эти

электроны могут обусловить появление боковых пиков в наших измерениях. Тем не менее, появление боковых пиков в спектрах УРАФ от монокристаллов германата свинца с примесью ионов Gd^{3+} при комнатных температурах не совсем понятно. Окончательно прояснить этот вопрос могли бы детальные исследования поведения спектров УРАФ при различных температурах, ориентациях монокристалла и концентрациях примесных ионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Г.Малоян, А.Л.Тер-Минасян. Изв. АН Арм.ССР, Физика, 23, 160 (1988).
2. В.А.Важенин, Ю.Л.Шерстков. ФТТ, 17, 2485 (1975).
3. В.А.Важенин, Л.И.Левин, К.М.Стариченко. ФТТ, 23, 2255 (1981).
4. Т. Hyodo, Y. Takausa. J. Phys. Soc. Japan, 42, 1065 (1977).
5. К.Зигбан. Альфа, Бета и Гамма-спектроскопия. М. Атомиздат, т.1, 1969.

POSITRON ANNIHILATION IN LEAD GERMANATE SINGLE CRYSTALS WITH IMPURITY OF Gd^{3+} IONS

A.G. MALOYAN

Using positron annihilation method an increase of half-width and arising of satellite in spectra of angular correlation of annihilation photons in lead germanate single crystals with Gd^{3+} ion impurity are found.

ՊՈԶԻՏՐՈՆՆԵՐԻ ԱՆԻՀԻԼԱՅՈՒՄԸ Gd^{3+} ԻՈՆՆԵՐԻ
ԽԱՌՆՈՒՐԴՈՎ ԿԱՊԱՐԻ ԳԵՐՄԱՆԱՏԻ ՄԻԱԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ

Ա. Հ. ՄԱԼՈՅԱՆ

Պոզիտրոնների անիհիլացումի մեթոդով Gd^{3+} իոնների խառնուրդով կապարի գերմանատի միաբյուրեղներում ֆոտոնների անկյունային կոռելյացիոն սպեկտրներում հայտնաբերվել է կիսալայնության ավելացում եւ կողային զազարների առաջացում: