

АНИЗОТРОПИЯ БЫСТРОЙ И МЕДЛЕННОЙ КОМПОНЕНТ АЛЬФА-СЦИНТИЛЛЯЦИЙ В МОНОКРИСТАЛЛАХ СТИЛЬБЕНА

А.С. Аверюшкин, Г.С. Беликова, С.С. Вербицкий, А.Г. Витухновский,
Н.Д. Жевандров, С.А. Пастухов, Б.Л. Питель

УДК 535.373.2

Изучена кинетика сцинтилляций, вызванных альфа-частицами в монокристаллах стильбена при различной ориентации альфа-треков относительно кристаллографических осей. На ЭВМ методом Монте-Карло проведен расчет экситонных процессов, результаты которого сопоставлены с экспериментальными данными.

В последнее время исследователей привлекает изучение все более тонких экситонных эффектов в молекулярных кристаллах. Например, более детально изучена триплет-триплетная аннигиляция [1,2], исследована анизотропия диффузии синглетных [3,4] и триплетных экситонов [5,6].

С другой стороны, возрастает интерес к анизотропии экситонных процессов в связи с использованием молекулярных кристаллов в качестве сцинтилляционных детекторов нейтронов [7,8]. Проблемы выделения спектра нейтронов в присутствии гамма-фона, улучшения разрешения нейтронной спектрометрии и особенно, создания эффективного поляриметра нейтронов делают исследования анизотропии экситонных процессов весьма актуальными.

Изучение этой анизотропии с помощью возбуждения монокристалла α -частицами, начатое в [6], продолжено в данной работе. Исследовано угловое распределение интенсивностей быстрой компоненты сцинтилляций (флуоресценция) и медленной компоненты (триплет-триплетная аннигиляционная замедленная флуоресценция) для монокристаллов стильбена сферической формы, а также кинетика затухания медленной компоненты в альфа-треках, направленных по разным кристаллографическим осям, и проведен расчет модели экситонных процессов методом Монте-Карло, позволяющий провести качественное сравнение с экспериментом.

В качестве объекта исследования выбран стильбен. Из монокристаллов высокого качества приготавливались образцы сферической формы диаметром $10 \div 12$ мм. Образцы ориентировались по коноскопической картине в скрещенных поляроидах. По найденным оптическим осям находились крис-

таллографические оси. Сферическая форма кристаллов способствует устранению пространственной геометрической асимметрии.

Измерение кинетики альфа-сцинтилляций проводилось на установке с использованием однофотонной методики (старт-стоповая схема). Импульсы от ФЭУ поступали на модульную аппаратуру КАМАК, соединенную с ЭВМ "Электроника-60 М", которая по линии связи соединена с ЭВМ высокого уровня. Источником альфа-частиц служил ^{239}Pu . Кинетическая кривая альфа-сцинтилляций в изучаемом диапазоне времен состоит из двух компонент: "быстрой" (время затухания ~ 6 нс) и "медленной", спадающей по гиперболическому закону. По кинетическим кривым, измеренным при разных направлениях облучения, вычислялись площади под "быстрой" и "медленной" компонентами $\Sigma_{\text{фл}} = \int I_{\text{фл}} dt$ и $\Sigma_{\text{з.фл}} = \int I_{\text{з.фл}} dt$. Различие для разных углов возбуждения для обеих компонент составляет до 20% и коррелирует с направлениями кристаллографических осей.

Причинами анизотропии кинетики медленной компоненты могут быть: 1) анизотропия возбуждения - разное число возбуждаемых молекул в различно ориентированных треках; 2) трансляционная анизотропия коэффициентов диффузии триплетных экситонов, обусловленная разным расстоянием между соседними молекулами по разным осям кристалла; 3) ориентационная анизотропия триплет-триплетного переноса из-за различной взаимной ориентации соседних молекул вдоль различных осей. Ориентационный фактор может также влиять и на конечный акт процесса триплет-триплетной аннигиляции.

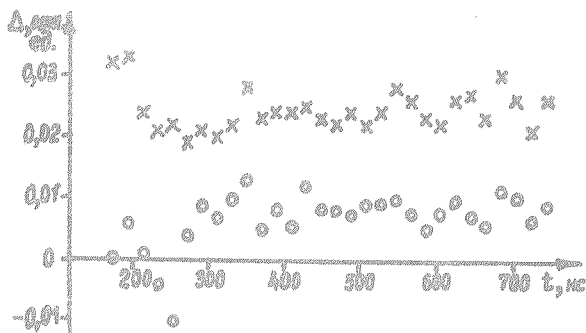
С целью выяснения причин различия кинетических кривых для различных направлений облучения были проведены модельные расчеты экситонных процессов в альфа-треках методом Монте-Карло. В машинном эксперименте задавалась трехмерная решетка с числом узлов 10^6 и с числом триплетных экситонов $N = 10^4$, при этом число экситонов в единице объема по порядку величины соответствует реальному треку. Каждый экситон может диффундировать, совершая за время T прыжок на одну постоянную решетки. Начальное распределение и направление прыжков для каждого экситона задавались с помощью генератора случайных чисел.

Вводилась поправка на анизотропию возбуждения с помощью нормировки начальных значений $I_{\text{з.фл}}$ по начальным значениям $I_{\text{фл}}$, так как соотношение интенсивностей флуоресценции (быстрой компоненты) отражает соотношение чисел возбужденных синглетных экситонов в различно ориентированных треках, а, следовательно, и пропорциональных им (1 : 3) чисел первично возбужденных триплетных экситонов.

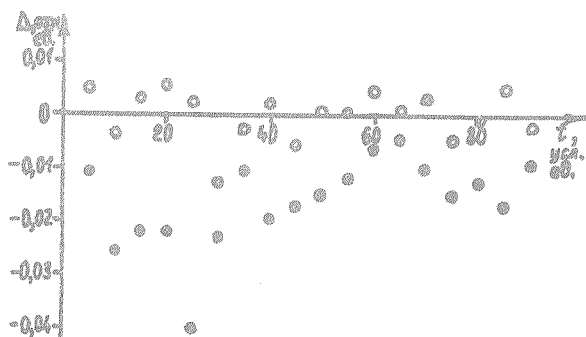
Вероятность прыжка w определяется расстоянием до соседнего узла:

$w \propto e^{-r/r_0}$, где r_0 - постоянная величина, принятая для стильбена равной $1,3 \text{ \AA}$ [9], а r принимает по разным осям значения, равные расстояниям между соседними молекулами, известным из рентгеноструктурных данных [10].

Экспоненциальный характер зависимости определяется обменно-резонансным механизмом переноса триплетных экситонов, т.е. перекрытием волновых функций, имеющих на периферии экспоненциальную зависимость от расстояния. Подсчитывалось число актов аннигиляции (попаданий двух экситонов на один узел) на каждом временном шаге T . Эта временная зависимость



Р и с. 1. Отклонения экспериментальных кривых затухания медленной компоненты при возбуждении по осям b (X) и c (o) от кривой, полученной при возбуждении по оси a



Р и с. 2. Отклонения рассчитанных по методу Монте-Карло кривых затухания при возбуждении по оси c от кривых при возбуждении по оси a : ● - расчет без учета ориентационной анизотропии; ○ - один из вариантов расчета с учетом ориентационной анизотропии

являлась модельной кривой затухания медленной компоненты сцинтилляций. В модели также были введены ориентационные факторы диффузии и аннигиляции.

Учет только анизотропии возбуждения и трансляционной анизотропии переноса не дает качественного согласия с экспериментом. Учет же и ориентационной анизотропии приводит к улучшению качественного согласия расчетов с экспериментом.

Для иллюстрации на рис. 1 (эксперимент) и рис. 2 (расчет) приведены различия кривых затухания медленной компоненты при возбуждении по осям a и c . Без учета ориентационной анизотропии это различие имеет разный знак в эксперименте и в расчете, с учетом же ее это различие существенно уменьшается.

Исследование анизотропии интенсивности и кинетики сцинтилляций при возбуждении молекулярных кристаллов высокоэнергетическими частицами по различным направлениям является первым и необходимым шагом на пути к созданию сцинтилляционных поляриметров, позволяющих определять поляризацию первичных возбуждающих частиц (нейтронов).

Их возможный принцип действия заключается в том, что асимметрия пространства вторичных частиц (протонов отдачи) зависит от поляризации первичных нейтронов. При наличии достаточной анизотропии детектора можно будет получать однозначную информацию об асимметрии разлета протонов, позволяющую определить поляризацию первичных нейтронов.

Поступила в редакцию 19 октября 1983 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Altwegg, I. Zschokke -Granacher, Phys. Rev., **B 20**, 4326 (1979).
2. J. Rosental, L. Yarmus, N.F. Berk, Phys. Rev., **B 24**, 1103 (1981).
3. B.J. Mulder, Philips Res. Repts., Suppl., **4**, 3 (1968).
4. А.Г. Витухиовский, Н.Д. Жевандров, Опт. и спектроск., **48**, 912 (1980).
5. G. Borsch, Z. Physik., **212**, 497 (1968).
6. С.С. Вербицкий и др., Письма в ЖЭТФ, **33**, 144 (1981).
7. S.S. Verbitsky, Nucl. Instr. Meth., **151**, 117 (1978).
8. F.D. Brooks, D.T.L. Jones, Nucl. Instr. Meth., **121**, 69 (1974).
9. В.И. Ермолаев и др., Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения, "Наука", Л., 1977 г.
10. A. Hoekstra, P. Meertens, A. Vos, Acta Cryst., **B 31**, 2813 (1975).