

УДК 534.29

НАБЛЮДЕНИЕ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА МЕТОДОМ ГАММА-РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Л. А. КОЧАРЯН, Э. М. АРУТЮНЯН, С. О. АРУТЮНЯН,
А. Л. КОЧАРЯН

Институт прикладных проблем физики НАН Армении

(Поступила в редакцию 31 октября 1996г.)

Исследовано воздействие лазерного излучения на резонансное поглощение гамма-излучения ядрами Fe^{57} в сульфиде кадмия. Показано, что под воздействием лазерного излучения форма мессбауэровского спектра образца меняется. Наблюдаемое изменение спектра объясняется присутствием в образце акустических колебаний, возникших вследствие оптико-акустического эффекта.

В работах [1-4] были продемонстрированы новые возможности гамма-резонансной спектроскопии и ее применения в акустике для исследования нелинейных акустических эффектов, измерения параметров акустических колебаний, акустических характеристик материалов и вибросистем. Однако приложения гамма-резонансной спектроскопии в различных областях науки и техники до конца себя не исчерпали и, благодаря высокой чувствительности, ее комбинация с другими перспективными методами (в частности, с лазерными) существенно продвинет решение целого круга важных научных и прикладных задач: исследование сильно рассеивающих и сильно поглощающих веществ, тонких пленок, создание чувствительных лазерно-акустических преобразователей и т.д.

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию воздействия лазерного излучения на гамма-резонансные спектры Fe^{57} в монокристалле сульфида кадмия.

Экспериментальные исследования гамма-резонансных спектров изучаемых образцов проводились на спектрометре электродинамического типа. Источником резонансного гамма-излучения служил Co^{57} ($E_\gamma = 14,4$ кэВ) в матрице хрома активностью $3 \cdot 10^9$ Бк. В качестве образцов использовались монокристаллы низкоомного ($\rho \sim 10$ ом-см) CdS (0,3% Fe^{57}), вырезанные в виде диска диаметром 20 мм и толщиной 0,2 мм. Пронесенный образец гамма-кванты регистрировались сцинтилляционным детектором, а импульсы от детектора анализировались многоканальным анализатором импульсов, работающим в режиме временного анализа. Источником оптического излучения служил твердотельный лазер с длиной волны излучения $\lambda = 1,06$ мкм, работающий в одномодовом режиме. Использовался импульс лазерного излучения прямоугольной формы

с длительностью 2 мс и частотой повторения 100 Гц. Диаметр лазерного пятна на образце – 1 мм, а температура образца в процессе эксперимента контролировалась термопарой, обеспечивающей точность измерения $\pm 0,25^\circ\text{C}$, и поддерживалась постоянной при комнатной температуре 18°C с помощью термостатирования.

На рис.1 приведены характерные гамма-резонансные спектры поглощения образца CdS ($0,3\% \text{Fe}^{57}$) при разных мощностях лазерного излучения $P_{\text{л}}$. Как видно из рисунка, под воздействием лазерного излучения наблюдается уменьшение интенсивности линии гамма-резонанса и ее уширение: а) $I = (20,2 \pm 0,15)\%$, $\Gamma = (0,51 \pm 0,02) \text{ мм/с}$ ($P_{\text{л}} = 0$) б) $I = (18,6 \pm 0,15)\%$, $\Gamma = (0,55 \pm 0,02) \text{ мм/с}$ ($P_{\text{л}} = 6,3 \text{ мВт}$) г) $I = (17,8 \pm 0,15)\%$, $\Gamma = (0,60 \pm 0,02) \text{ мм/с}$ ($P_{\text{л}} = 12 \text{ мВт}$).

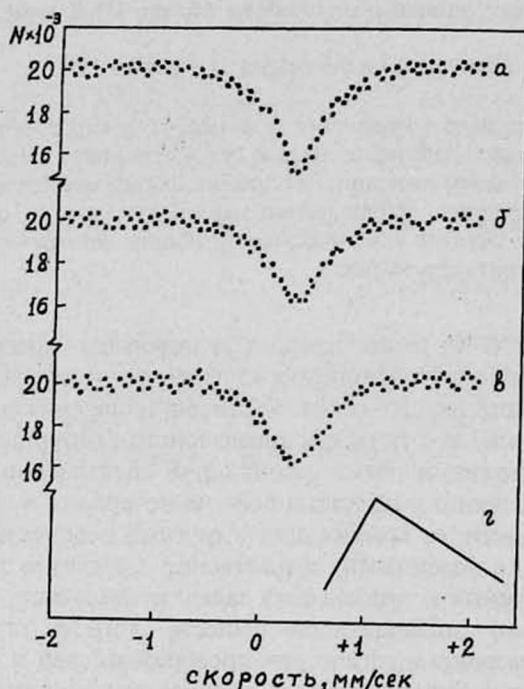


Рис.1. Гамма-резонансные спектры CdS (Fe^{57}) при разных мощностях лазерного излучения: а) $P_{\text{л}} = 0$, б) $P_{\text{л}} = 6,3 \text{ мВт}$, в) $P_{\text{л}} = 12 \text{ мВт}$.

Результат, приведенный на рис.1, можно объяснить следующим образом. Уширение мессбауэровской линии при воздействии на образец лазерным излучением может быть вызвано двумя причинами: температурным уширением линии гамма-резонанса вследствие зависимости фактора Лэмба-Мессбауэра от температуры [5] или же присутствием в образце акустических колебаний [2]. Так как температура образца в течение всего эксперимента контролируется термопарой, расположенной вблизи лазерного пятна, и остается постоянной с помощью термостатирования, то приходится констатировать, что причиной, вызываю-

шей уширение гамма-резонансной линии, являются акустические колебания, возникшие в образце вследствие оптико-акустического эффекта [6].

Известно, что под воздействием периодических акустических колебаний, когда частота Ω намного меньше ширины линии гамма-резонанса Γ , форма мессбауэровского спектра поглощения $F(\omega)$ сильно зависит от амплитуды A и частоты колебания Ω [2]:

$$F(\omega) = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{dt}{\left(\frac{\omega - \omega_0}{\Gamma/2} - \frac{v(t)}{\lambda\Gamma/2} \right)^2 + 1},$$

где $v(t) = A\Omega \sin \Omega t$ и T — скорость и период акустического колебания соответственно.

Если же акустические колебания имеют непериодический характер, то зависимость $F(\omega)$ от параметров акустического сигнала имеет вид [7]

$$F(\omega) = \sum_{i=1}^n \frac{\tau_i / T}{\left(\frac{\omega - \omega_0}{\Gamma/2} - \frac{v_i}{\lambda\Gamma/2} \right)^2 + 1},$$

где τ_i — длительность акустического сигнала, v_i — максимальная скорость движения.

Методом обратной задачи [8] можно на основе экспериментального мессбауэровского спектра поглощения $F(\omega)$ определить параметры акустического сигнала. Анализ полученных экспериментальных спектров даст следующие значения параметров акустических сигналов, возникающих в образце сульфида кадмия под воздействием лазерного излучения: амплитуда акустических сигналов $A = (0,08 \pm 0,01)$ мкм при мощности излучения $P_a = 6,3$ мВт и $A = (0,22 \pm 0,01)$ мкм при $P_a = 12$ мВт, а форма сигнала близка к треугольной (см. рис.1г).

Таким образом, результаты исследования воздействия лазерного излучения на мессбауэровские спектры поглощения показывают, что мессбауэровскую спектроскопию можно применить для наблюдения и исследования оптико-акустических эффектов в твердых телах. Высокая чувствительность мессбауэровской спектроскопии к параметрам акустических возбуждений и бесконтактный способ измерения их параметров делают его идеальным инструментом для исследования особенностей оптико-акустических эффектов в твердых телах и расширяют возможности как мессбауэровской, так и лазерной спектроскопии.

Работа выполнена в рамках научной темы 96-707 за счет государственных централизованных источников финансирования РА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р.Г.Габриелян, Л.А.Кочарян, А.Р.Мкртчян. Акустический журнал, 23, 701 (1977).
2. А.Р.Аракелян и др. Акустический журнал, 24, 809 (1978).
3. А.Р.Мкртчян и др. Приборы и техника эксперимента, 6, 180 (1981).

4. Л.А.Кочарян, Р.Р.Айдинян. Изв. АН Арм. ССР, Физика, 21, 309 (1986).
5. В.С.Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. М., Наука, 1969.
6. Л.М.Лямшев, К.А.Наугольных. Акустический журнал, 27, 641 (1981).
7. Р.Г.Габриелян, А.Р.Мкртчян, Г.Н.Наджарян. Акустический журнал, 26, 200 (1980).
8. G.N.Nadjaryan, R.G.Gabrielyan, A.R.Mkrtychyan. Phys. stat. sol. (b), 109, 131 (1982).

**ՕՊՏԻԿԱ-ԱԿՈՒՍՏԻԿԱԿԱՆ ԷՖԵԿՏԻ ԴԻՏՈՒՄԸ ԳԱՍՍԱ-
ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՅԻՆ ՄՊԵԿՏՐԱՄԿՈՊԻԱՅԻ ՄԵԹՈԴՈՎ**

Լ. Ա. ԶՈՉԱՐՅԱՆ, Է. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ս. Հ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ,
Ա. Լ. ԶՈՉԱՐՅԱՆ

Փորձնականորեն ցույց է տրված, որ մյուսառուիչյան սպեկտրասկոպիան կարող է կիրառվել պինդ մարմիններում օպտիկա-ակուստիկական էֆեկտի դիտարկման և ուսումնասիրման համար:

**OBSERVATION OF PHOTOACOUSTIC EFFECT
BY THE GAMMA-RESONANCE METHOD**

L. A. KOCHARIAN, E. M. HAROUTYUNIAN, S. H. HAROUTYUNIAN, A. L. KOCHARIAN

It is experimentally proved that the Mossbauer spectroscopy may be used for observation and study of a photoacoustic effect in solids.