

УДК 534.29

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МЕССБАУЭРОВСКИЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛА CdS (Fe^{57})

А.Г. МКРТЧЯН, Р.П. ВАРДАПЕТЯН, Э.М. АРУТЮНЯН, А.В. ХАЧАТРЯН

Институт прикладных проблем физики НАН Армении, Ереван

(Поступила в редакцию 23 марта 2009 г.)

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 3×10^9 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. Прошедшие 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 был 1 мм, а температура образца в процессе эксперимента контролировалась термопарой, обеспечивающей точность измерения $\pm 0,25^\circ\text{C}$, и поддерживалась постоянной при температуре 18°C с помощью термостатирования.

На рис.1 приведены характерные гамма-резонансные спектры поглощения образца CdS (0.3% Fe^{57}) при разных мощностях лазерного излучения P_L . Как видно из рисунка, под воздействием лазерного излучения наблюдается уменьшение интенсивности линии гамма-резонанса и ее уширение: а) $I = (20.2 \pm 0.15)\%$, $\Gamma = (0.51 \pm 0.02)$ мм/с ($P_L = 0$), б) $I = (18.6 \pm 0.15)\%$, $\Gamma = (0.55 \pm 0.02)$ мм/с ($P_L = 6.3$ мВт), в) $I = (17.8 \pm 0.15)\%$, $\Gamma = (0.60 \pm 0.02)$ мм/с ($P_L = 12$ мВт).

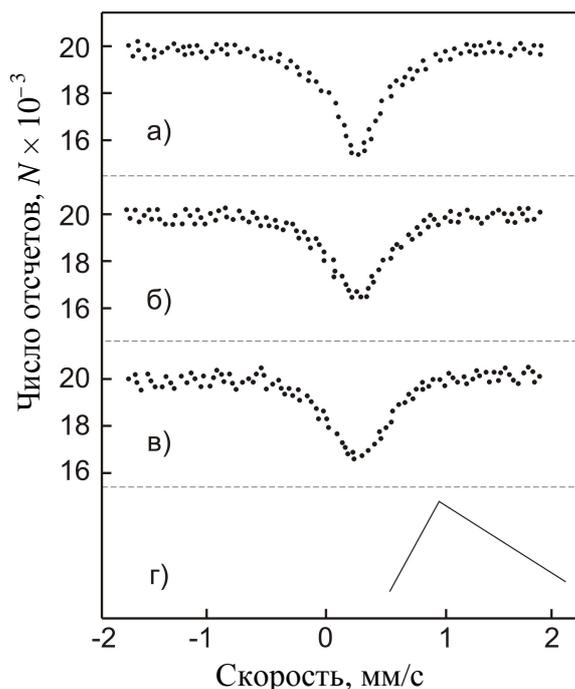


Рис.1. Гамма-резонансные спектры CdS (Fe^{57}) при разных мощностях лазерного излучения: а) $P_L = 0$, б) $P_L = 6.3$ мВт, в) $P_L = 12$ мВт.

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, вызывающей 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.

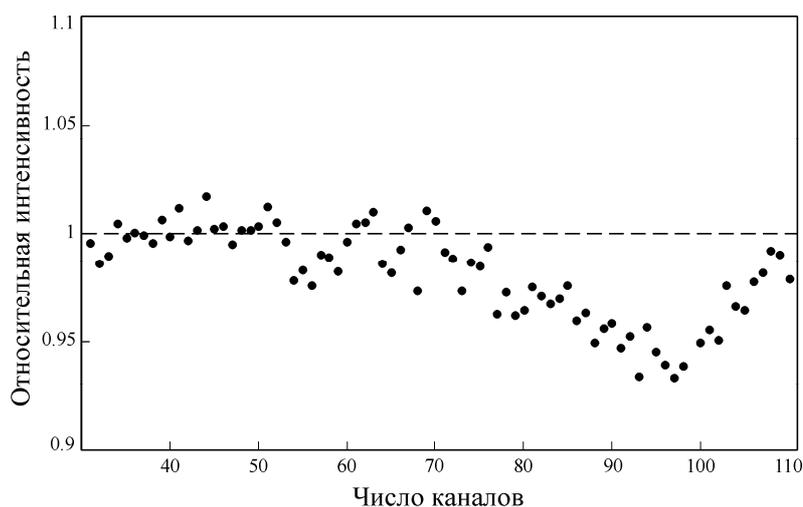


Рис.2. Зависимость относительной интенсивности мессбауэровского спектра поглощения при воздействии лазерного излучения ($I_L / I_{\text{л.п.}}$) от числа каналов.

Методом обратной задачи [8] можно на основе экспериментального мессбауэровского спектра поглощения $F(\omega)$ определить параметры акустического сигнала. Анализ полученных экспериментальных спектров дает 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 $P_L = 6.3$ мВт и $A = (0.22 \pm 0.01)$ мкм при $P_L = 12$ мВт, а форма сигнала близка к треугольной (см. рис.1г).

На рис.2 приведена зависимость относительной интенсивности мессбауэровского спектра поглощения при воздействии лазерного излучения от числа каналов. Как видно, наблюдается изменение интенсивности линии гамма-резонанса порядка 5%.

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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р.Г.Габриелян, Л.А.Кочарян, А.Р.Мкртчян. Акуст. журнал, **23**, 701 (1977).
2. А.К.Аракелян и др. Акуст. 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. Акуст. журнал, **27**, 641 (1981).
7. Р.Г.Габриелян, А.Р.Мкртчян, Г.Н.Наджарян. Акуст. журнал, **26**, 200 (1980).
8. G.N.Nadjaryan, R.G.Gabrielyan, A.R.Mkrtchyan. Phys. stat. sol. (b), **109**, 131 (1982).

ԼԱՋԵՐՄԱՅԻՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԱՉԴԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ CdS (Fe⁵⁷) ՄԻԱԲՅՈՒՐԵՂԻ ԿԼԱՆՄԱՆ ՄՅՈՍԲԱՈՒԷՐՅԱՆ ՍՊԵԿՏՐԻ ՎՐԱ

Ա.Հ. ՄԿՐՏՅԱՆ, Ռ.Պ. ՎԱՐԴԱՊԵՏՅԱՆ, Է.Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ա.Վ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

Հետազոտված է լազերային ճառագայթման ազդեցությունը կադմիումի սուլֆիդում Fe⁵⁷ միջուկների կլանման ռեզոնանսային սպեկտրի վրա: Ցույց է տրված, որ լազերային ճառագայթման ազդեցության դեպքում մյուսբաուերյան սպեկտրի ձևը փոխվում է: Սպեկտրում դիտված փոփոխությունը բացատրվում է նմուշում ակուստիկ տատանումների առկայությամբ, որոնք առաջանում են օպտիկաակուստիկ երևույթի պատճառով:

INFLUENCE OF LASER RADIATION ON THE ABSORPTION MÖSSBAUER SPECTRUM IN CdS (Fe⁵⁷) SINGLE CRYSTALS

A.H. MKRTCHYAN, R.P. VARDAPETYAN, E.M. HARUTYUNYAN, A.V. KHACHATRYAN

Influence of laser radiation on the resonant absorption of gamma-radiation of Fe⁵⁷ nuclei in cadmium sulphide is observed. It is shown that the laser radiation influence leads to the change of form of the Mössbauer spectrum. The observed change of the spectrum is explained by the presence of acoustic vibrations occurred due to photoacoustic effect.