

ФУРЬЕ - ИК СПЕКТРЫ ОТРАЖЕНИЯ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА γ-ОБЛУЧЕННОГО СУЛЬФИДА ГАЛЛИЯ

Н.Н. ГАДЖИЕВА, Р.С. МАДАТОВ, Ф.Г. АСАДОВ

Институт радиационных проблем НАН Азербайджана,

AZ 1143, Баку, ул. Вагабзаде 9, Азербайджан

nushaba6@mail.ru

В настоящей работе исследованы особенности Фурье-ИК спектров отражения γ -облученных кристаллов GaS в области поглощенных доз $\Phi_\gamma=30-200$ крад при комнатной температуре. Получены и изучены дисперсионные зависимости реальной $\epsilon_1(\nu) = n^2 - k^2$ и мнимой $\epsilon_2(\nu) = 2nk$ частей диэлектрической проницаемости, функции $\text{Im } \epsilon^{-1}(\nu) = \epsilon_2 / (\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2)$, а также коэффициентов поглощения $n(\nu)$ и преломления $k(\nu)$ для исходных γ -облученных образцов GaS. Рассматривалось влияние γ -квантов на оптические параметры этих кристаллов. Установлено, что при сравнительно малых дозах $30 \leq \Phi_\gamma \leq 100$ крад кристаллы сульфида галлия являются радиационно-стойкими, а при дозах $\Phi_\gamma \geq 100$ крад - не радиационно-стойкими.

Ключевые слова: сульфид галлия, Фурье-ИК спектры отражения, оптические параметры, гамма-облучение

PACS: 78.30.Fs, 78.67.Pt, 63.22.+m

ВВЕДЕНИЕ

Слоистые монокристаллы сульфида галлия (GaS) являются перспективными материалами для детекторов излучений различного типа. На их основе изготавливаются радиационные детекторы гамма-квантов, работающих при комнатной температуре [1-4]. Как показано в работах [5-7], наличие в этих слоистых кристаллах большого количества дефектов упаковки, а также образование сложных радиационных дефектов под действием γ -радиации в слоях и межслоях приводит к нарушению периодичности структуры и взаимодействия меж- и внутрислоевых областей, что сопровождается радиационной модификацией их структуры [5,6]. Эти исследования важны и представляют особый интерес с практической точки зрения для прогнозирования стойкости материалов в условиях воздействия ионизирующих излучений.

В настоящей работе изучены особенности Фурье-ИК спектров отражения γ -облученных кристаллов GaS и на их основе рассматривалось влияние γ -квантов на оптические параметры этих кристаллов.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Монокристаллы GaS были выращены методом Бриджмена. Фурье- ИК спектры отражения и поглощения образцов регистрировались на спектрометре FTIR Varian 3600 в области частот $\nu = 400-100$ см^{-1} при комнатной температуре.

Спектры отражения получены при угле падения $\varphi = 15^\circ$. По спектрам отражения $R(\nu)$ определены оптические постоянные исходных и γ - облученных образцов GaS. Данные получены использованием и анализом простых интегральных дисперсионных соотношений Крамерса-Кронинга.

Образцы облучались γ -квантами от источника ^{60}Co при комнатной температуре с мощностью дозы d $\Phi_\gamma/dt = 15,66$ рад/с. При этом, поглощенная доза составляла $\Phi_\gamma = 30-200$ крад.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

ИК-спектры отражения в области решеточных колебаний исходного(1) и облученного дозами $\Phi_\gamma=100(2)$ и 200 крад (3) монокристаллов GaS представлены на рис.1. Как видно из рисунка, в спектрах отражения исходного GaS наблюдаются поперечные $\nu_{\text{TO}} = 315,3$ см^{-1} и продольные $\nu_{\text{LO}} = 365,6$ см^{-1} колебания, которые сходятся к классическому дисперсионному анализу. Значения частот продольных и поперечных колебаний совпадают с значениями, полученными из Фурье-ИК спектров поглощения этих образцов (рис.1, вставка). Гамма-облучение образцов GaS с дозами 100 и 200 крад несколько изменяет (искажает) спектры решеточного отражения. С увеличением дозы γ -облучения значение коэффициента отражения уменьшается, при этом углубляется и область остаточных лучей. Наблюдаемую особенность в полосе остаточных лучей GaS, появляющуюся в облученных образцах

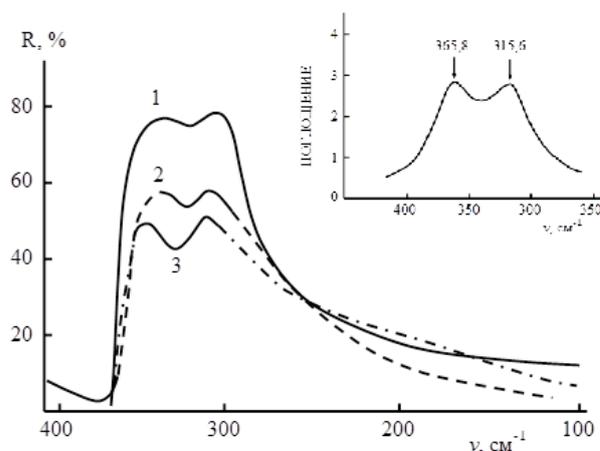


Рис.1. ИК-спектры отражения исходного (1) и γ -облученного дозой 100(2) и 200(3) крад образцов GaS, полученные при комнатной температуре. На вставке приведен спектр поглощения исходного GaS

предположительно можно объяснить с модификацией поверхностного состояния под действием гамма-излучения и образованием квазифононов, которые лежат в области остаточных лучей [8]. Такими поверхностными колебаниями могут быть поверхностные поляритоны (ПП), т.е. квазичастицы, возникающие при сильном экситон-фотонном взаимодействии.

Получены дисперсионные зависимости реальной $\varepsilon_1(\nu) = n^2 - k^2$ и мнимой $\varepsilon_2(\nu) = 2nk$ частей диэлектрической проницаемости, функции $\text{Im } \varepsilon^{-1}(\nu) = \varepsilon_2 / (\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)$, а также коэффициентов поглощения $n(\nu)$ и преломления $k(\nu)$ для исходных (1) и γ -облученных дозами 100 (2) и 200 крад (3) образцов GaS. Из кривых $\varepsilon_2(\nu)$ и $\text{Im } \varepsilon^{-1}(\nu)$ определены частоты и константы затухания продольных и поперечных оптических фононов образцов сульфида галлия. Определены также значения статистической диэлектрической проницаемости ε_0 исходных и гамма-облученных образцов GaS, которые равны 10, 4; 9,7 и 9,2 соответственно.

Дисперсионная зависимость реальной части диэлектрической проницаемости $\varepsilon_1(\nu)$ исходного сульфида галлия характеризуется наличием области частот с выраженным минимумом около 300 см^{-1} , в которой значение $\varepsilon_1(\nu) < -1$. Облучение GaS с дозой

$100 \leq \Phi_\gamma \leq 200$ крад приводит незначительному смещению области ПП в сторону коротких волн на $\sim 6-10 \text{ см}^{-1}$ и ее уширению.

Исследовано влияние дозы γ -облучения на положение частот и значение константы затухания продольных и поперечных оптических фононов GaS. Выявлено, что частоты оптических фононов сульфида галлия не испытывают смещения. В тоже время константы затухания оптических фононов (γ), вычисленные как полуширины кривых ($\nu_{1,2}$) увеличиваются с увеличением поглощенной дозы облучения. Уширение полос, по-видимому, связано структурным изменением в межслоистых (наиболее дефектных) областях, что подтверждаются ИК-спектрами поглощения гамма-облученных GaS (рис.1, вставка). Так как, полуширины полос межслойных колебаний в зависимости от дозы облучения увеличиваются \sim в 1,2-1,5 раза. Увеличение аморфной фазы на счет рекристаллизационных процессов приводит к наблюдаемому уширению полуширин оптических фононов. На основе анализа дисперсионных зависимостей можно прийти к выводу, что при сравнительно малых дозах $30 \leq \Phi_\gamma \leq 100$ крад кристаллы сульфида галлия сохраняют радиационную стойкость, а при дозах $\Phi_\gamma \geq 100$ крад являются не радиационно-стойкими.

-
- [1] К.Р. Аллахвердиев, Р.Х. Нани, Э.Ю.Салаев, М.М. Тагиев. Колебательный спектр и оптические свойства монокристаллов GaS и GaSe // Известия АН Азерб. ССР. серия физ.-тех. и математ. наук. 1976. №4. с.19-25
- [2] К.Р. Аллахвердиев, Э.Ю. Салаев. Динамические и статические нелинейные эффекты в слоистых кристаллах типа селенида галлия, Баку: Элм, 1993, 230с.
- [3] N.M. Gasanly, A. Aydinli, H. Ozkan, C.Kocabas. Temperature Dependence of the First-order Raman Scattering in GaS Layered Crystals // Solid State Commun. 2000. v.116. p.147-151
- [4] Г.Л. Бельский, В.Б.Стопачинский Электронные и колебательные спектры слоистых полупроводников группы A^3B^5 // УФН. 1983. т.140. в. 2. с.233-236
- [5] N.I. Huseynov, N.N. Gadzhieva, F.G. Asadov. Influence γ -irradiation and annealing on FT-IR – spectra of absorption of layered crystals GaS // Journal of Radiation Research. 2015. v.2. p.11-15
- [6] R.S. Madatov, T.B. Tagiyev, A.I. Najafov, I.F. Gabulov, Sh. P. Shekili. // Semicond. Phys. Quantum Electronics Optoelectronics. 2000. v.9. №2. с.8-11
- [7] А.З. Абасова, Р.С. Мадатов, В.И. Стафеев. Радиационно-стимулированные процессы в халькогенидных структурах. Баку, Элм, 2010, 352с.
- [8] Н.Н. Гаджиева, М.М. Алиев, Х.И. Абдуллаева и др. ИК-спектры отражения термообработанного оксида бериллия // ЖПС, 1991. т.54. №1. с.163