

05.2;06.3;07

©1993

## ТЕНЗОРНЫЕ СВОЙСТВА САМОДЕФОКУСИРОВКИ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ В $SdS$ ОБЛАСТИ КРАЯ ПОГЛОЩЕНИЯ

*В.Н.Семюшко, Ю.П.Пященко*

Экспериментально исследована самодефокусировка обыкновенно и необыкновенно поляризованных пучков в кристаллах сульфида кадмия в области края собственно-го поглощения. Впервые показано, что эффекты анизотропии нелинейной рефракции, обусловленные возбуждением неравновесных свободных носителей, описываются полным набором компонент тензора кубической нелинейной восприимчивости  $\chi^{(3)}$ .

Явление самовоздействия световых волн в полупроводниках в последнее время интенсивно исследуется. Высокие значения нелинейной восприимчивости и малые времена релаксации нелинейности ряда полупроводников определяют перспективность их использования в качестве рабочей среды в бистабильных оптических ячейках. В основном детально исследованы механизмы нелинейности полупроводниковых материалов, определяющих их скалярный отклик [1]. Наличие векторного отклика при использовании пикосекундных световых импульсов в кубических полупроводниках продемонстрировано в работах [2-5].

В [2,4] показано, что если длительность пикосекундных импульсов  $\tau$  гораздо меньше импульсной внутризонной ре-

лаксации  $\tau_p$ , то нелинейная кубическая поляризация будет иметь симметрию кубической нелинейной восприимчивости и нелинейно-оптические эффекты, обусловленные возбуждением горячих носителей, описываются двумя независимыми компонентами тензора кубической нелинейной восприимчивости. Когда  $\tau \gg \tau_p$ , симметрия  $\chi^{(3)}$  совпадает с симметрией линейной восприимчивости  $\chi^{(1)}$ .

В настоящей работе впервые экспериментально показано, что эффекты анизотропии нелинейной рефракции при самодефокусировке световых пучков в области края собственного поглощения сульфида кадмия описываются полным набором компонент тензора  $\chi^{(3)}$ , когда  $\tau \gg \tau_p$ .

Обычно самодефокусировка лазерных световых пучков обусловлена возбуждением неравновесных свободных носителей за счет линейного или двухфотонного поглощения [1,2]. Ранее в [6] наблюдалась анизотропия нелинейной рефракции обыкновенно и необыкновенно поляризованных пучков в сульфиде кадмия, определены диагональные компоненты тензора  $\chi^{(3)}$  и показано, что симметрия  $\chi^{(3)}$  совпадает с симметрией линейной восприимчивости  $\chi^{(1)}$ .

Кристаллы сульфида кадмия относятся к гексагональной сингонии группе  $6mm$ . В отличие от узкозонных кубических полупроводников, здесь три валентные зоны  $V_a$ ,  $V_b$ ,  $V_c$  невырождены из-за кристаллического и спин-орбитального взаимодействия. Согласно [7], тензор нелинейной восприимчивости  $\chi^{(3)}$  имеет три независимые компоненты — две диагональные  $\chi_{xxxx}^{(3)}$ ,  $\chi_{zzzz}^{(3)}$  и одну недиагональную  $\chi_{xxzz}^{(3)}$ , при этом оптическая ось  $C \parallel Z$ .

Исследование анизотропии нелинейных восприимчивостей в кристалле производилось с помощью двулучевой методики, самовоздействия [8] с использованием второй гармоники одномодового лазера на иттрий-алюминиевом гранате ( $\lambda = 0.532$  мкм). Самофокусировка световых пучков исследовалась в высокоомном образце с удельной электропроводностью  $\rho = 10^{-11}$  Ом·см. Оптическая ось  $C$  располагалась в плоскости образца с линейными коэффициентами поглощения для обыкновенно ( $o$ ) и необыкновенно ( $e$ ) поляризованных пучков  $1.4$  см $^{-1}$  и  $0.9$  см $^{-1}$  соответственно. Толщина кристалла и конфокальный параметр падавшего на кристалл пучка составляли  $0.5$  и  $5$  см соответственно. Абсолютные значения нелинейных восприимчивостей рассчитывались с помощью метода, описанного в [9,10].

Для экспериментального разделения вклада в анизотропию нелинейной рефракции, различной концентрации неравновесных свободных электронов и анизотропии ма-

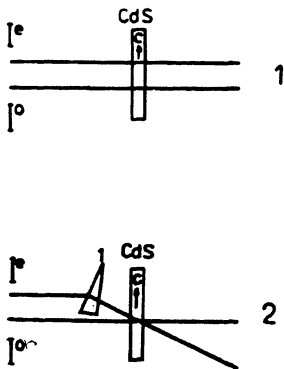


Рис. 1. Схемы исследования самодефокусировки лазерных пучков в CdS.

тричных элементов переходов для различных поляризадий  $E \perp C$ ,  $E \parallel C$  света и из-за наличия в CdS 3-х валентных зон самофокусировка исследовалась в двух геометриях эксперимента рис: 1. В первом случае два параллельных  $o$  и  $e$  поляризованных пучка распространялись различными путями в кристалле CdS, наблюдаемая анизотропия самодефокусировки определялась как различными концентрациями неравновесных электронов, так и анизотропией матричных элементов переходов [11].

Во второй геометрии эксперимента  $o$ ,  $e$  поляризованные пучки распространялись в кристалле по одному пути, в этом случае концентрации электронов одинаковы и наблюдаемая анизотропия при самодефокусировке обусловлена анизотропией матричных элементов переходов из  $V_a V_b V_c$  зон.

Поперечные сечения пучков их микрофотограммы на выходе из кристалла CdS на расстоянии четверти конфокального параметра при интенсивности  $e, o$  волн  $2 \text{ МВт/см}^2$  показаны на рис. 2,  $a$  и  $b$  для первой и второй геометрий эксперимента соответственно. Из них видно, что во втором случае наблюдаемая анизотропия нелинейной рефракции меньше, чем в первом. Измерения коэффициентов нелинейности в первом случае дает  $\Delta n^o / \Delta n^e = 2.1$ , а во втором  $\Delta n^o / \Delta n^e = 1.5$ , т.е. наблюдаемые нелинейные явления нельзя описать двумя независимыми коэффициентами нелинейности. Для феноменологического объяснения наблюдаемого эффекта необходимо привлечение аппарата нелинейных восприимчивостей. В первом случае

$$\Delta n^o / \Delta n^e = \chi_{xxxx}^{(3)} / \chi_{zzzz}^{(3)}, \quad (1)$$

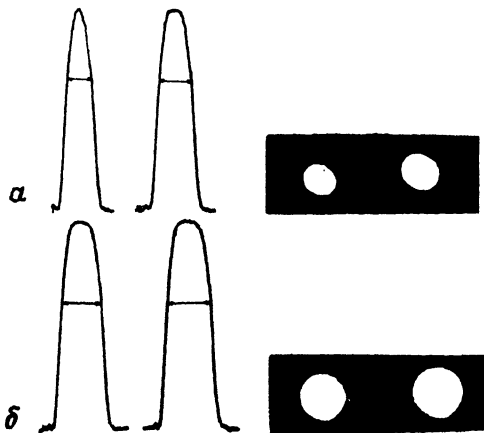


Рис. 2. Сечения обыкновенно и необыкновенно поляризованных пучков их микрофотограммы при самодефокусировке в CdS на расстоянии четверти конфокального параметра входного пучка.

а во втором

$$\Delta n^o / \Delta n^e = \chi_{xxxx}^{(3)} + 3\chi_{xxzz}^{(3)} / \chi_{zzzz}^{(3)} + 3\chi_{xxzz}^{(3)}, \quad (2)$$

т.е. феноменологически уменьшение анизотропии нелинейной рефракции объясняется наличием отличной от нуля недиагональной компоненты  $\chi_{xxzz}^{(3)}$  тензора нелинейной восприимчивости.

Определен полный набор компонент тензора нелинейной восприимчивости  $\chi_{xxxx}^{(3)} = 5.3 \cdot 10^{-8}$  ед. СГСЭ,  $\chi_{zzzz}^{(3)} = -2.6 \cdot 10^{-8}$  ед. СГСЭ,  $\chi_{xxzz}^{(3)} = -1.1 \cdot 10^{-8}$  ед. СГСЭ.

Результаты исследования показывают, что самодефокусировка световых импульсов в CdS наносекундной длительности при  $\tau \gg \tau_p$  в области края поглощения описывается полным набором компонент тензора нелинейной восприимчивости  $\chi^{(3)}$ .

### Список литературы

- [1] Ashkin A., Tell B., Dzigzig M. // IEEE J. Quant. Electron. 1967. V. QE3. P. 400.
- [2] Ахманов С.А., Желудев Н.И., Задоян Р.С. // ЖЭТФ. 1986. Т. 91. С. 984.
- [3] Wherret B., Smirl A., Bogges T. // IEEE J. Quant. Electron. 1984. V. QE19. P. 680.
- [4] Oudar J., Abram J., Minot C. // Appl. Phys. Lett. 1984. V. 44. P. 689.
- [5] Васильева М.А., Вищакас Ю., Дерингас А. и др. // Квантовая электроника. 1984. Т. 12. С. 2499.
- [6] Борц А.А., Лукомский В.П., Семюшко В.Н. // Квантовая электроника. 1986. Т. 13. С. 2499.
- [7] Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1975. 700 с.

- [8] Семюшко В.Н. // Б.И. 1985. № 1. С. 145.
- [9] Weaire D., Wherret B., Miller A. // Opt. Lett. 1978. V. 4. P. 331.
- [10] Альтшулер Г.Б., Инночкин М.В. // Опт. и спект. 1987. Т. 65. С. 1163.
- [11] Борщ А.А., Бурин О.М., Васьюко Ф.Т. // Письма в ЖЭТФ. 1990. Т. 52. С. 703.

Поступило в Редакцию  
18 апреля 1993 г.

---