

ОСОБЕННОСТИ ЭКСИТОННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В СУЛЬФИДЕ КАДМИЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*В.С.Днепроvский, Е.А.Жуков, Е.Д.Мартыненко,
В.С.Фокин*

Исследовано экситонное поглощение сульфида кадмия в диапазоне температур $6 \div 65$ К. Обнаружено уменьшение интегрального экситонного поглощения для пикосекундных импульсов белого света.

В ряде работ [1 — 3] наблюдались некоторые особенности в спектрах экситонного поглощения полупроводников при низких температурах — уменьшение интегрального экситонного поглощения с понижением температуры, зависимость коэффициента поглощения от толщины образца, от концентрации примесей и дефектов. Эти явления указывают на важную роль диссипационных процессов (рассеяние экситонов на фононах, поверхности кристалла, примесях и дефектах) в механизме экситонного поглощения света и, по-видимому, на необходимость поляритонного подхода при описании поглощения в экситонной области спектра¹⁾ [1 — 4]. Можно предположить, что существует еще одно проявление эффекта поляритонной прозрачности (нестационарное поглощение света) — импульсы белого света малой интенсивности, но достаточно короткие, могут распространяться с меньшими потерями при резонансном возбуждении экситонов в полупроводнике. В самом деле, если длительность импульса меньше характерного времени ре-

¹⁾В работе [3] этот эффект назван поляритонной индуцированной прозрачностью.

лаксации экситонов, то поляритонный пакет такой длительности, возбужденный в кристалле, будет распространяться, по-видимому, с меньшим поглощением, чем в случае более длинных импульсов или непрерывного излучения.

В данной работе экситонное поглощение в пластинчатых монокристаллах CdS толщиной $1 - 50 \text{ мкм}$ изучалось при облучении образцов как непрерывным белым светом лампы накаливания, так и ультракороткими импульсами (УКИ) белого света с длительностью, не превышающей 5 псек . Для получения УКИ белого света использовался эффект уширения спектра в D_2O мощных УКИ излучения с длиной волны $1,06 \text{ мкм}$ (цуг из $10 \div 20$ импульсов длительностью 5 псек , общая энергия цуга $0,1 \text{ дж}$) [5]. Энергия цуга УКИ белого света составляла около $0,01 \text{ дж}$ и была распределена в очень широком спектральном диапазоне. Согласно работе [5] длительность импульса белого света меньше длительности возбуждающего импульса — 5 псек в нашем случае. Контрольные измерения с помощью фотоэлектронного регистратора ФЭР-2 с временным разрешением 30 псек показали, что длительность УКИ белого света не превышает временного разрешения прибора.

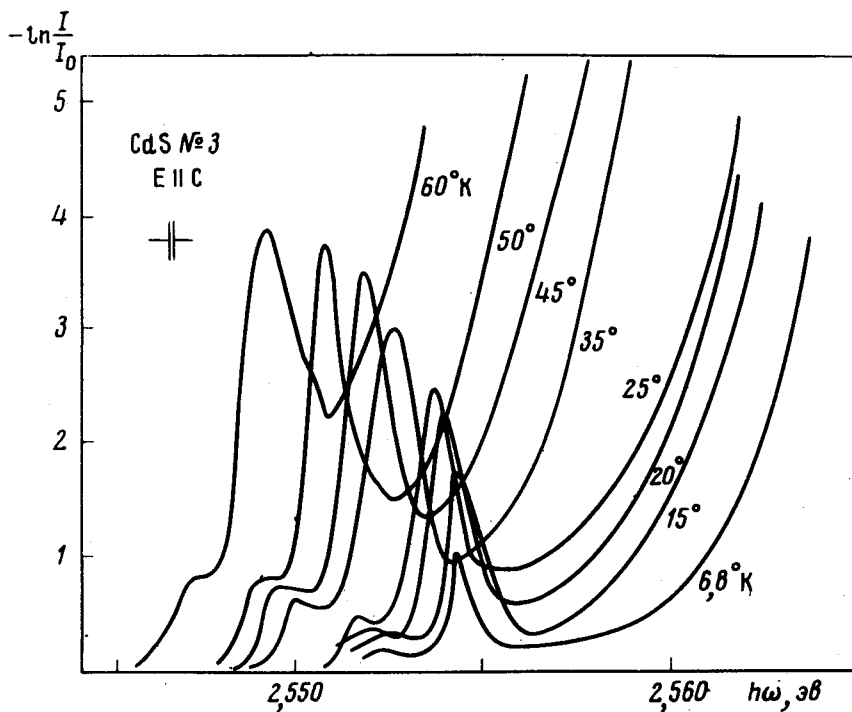


Рис. 1. Спектры поглощения кристалла CdS №3 для непрерывного белого света:

Линейно поляризованный белый свет направляется на образец, помещенный в вакууме на хладопроводе гелиевого криостата. Прошедшее через кристалл излучение направлялось на входную щель спектрального прибора спектрометра ДФС-24 с обратной линейной дисперсией $4,5 \text{ Å/мм}$ использовался для изучения поглощения непрерывного белого

света; автоколлимационная камера-УФ-90 с дифракционной решеткой 1200 штрихов/мм применялась при исследовании поглощения как импульсного, так и непрерывного белого света, обратная линейная дисперсия такого спектрального прибора составляет около $6 \text{ \AA}/\text{мм}$.

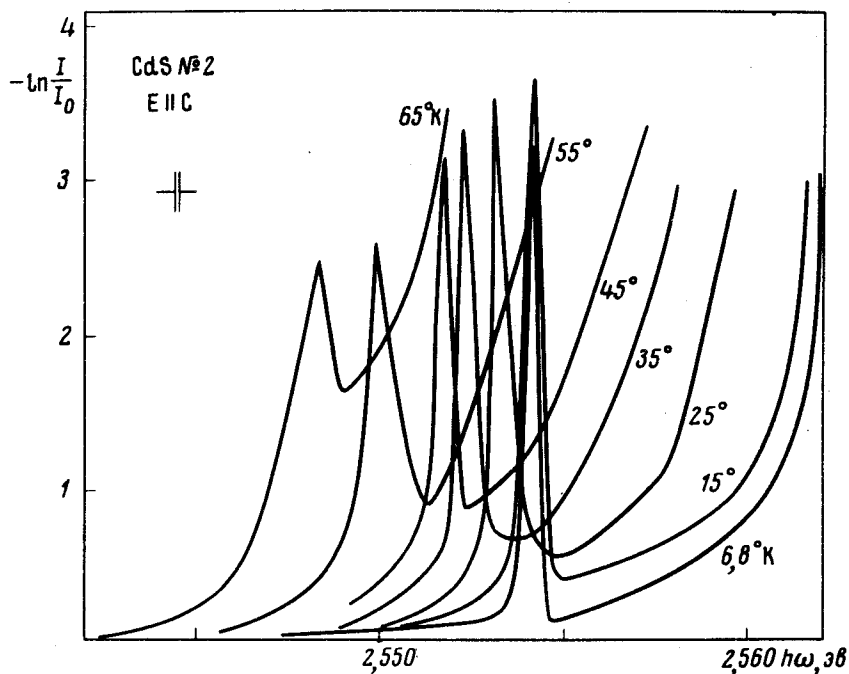


Рис.2. Спектры поглощения кристалла CdS №2 для непрерывного белого света.

На рис. 1 и 2 представлены результаты исследования экситонного поглощения в двух образцах сульфида кадмия разной чистоты при $T = 6,8 + 65\text{K}$ для непрерывного белого света. (Исследования спектров пропускания в области линий экситонно-примесных комплексов показали, что в обоих кристаллах сравнительно мало акцепторных примесей, а кристалл №3 значительно чище по отношению к донорным примесям, чем кристалл №2). Из спектров поглощения видно, что интегральное экситонное поглощение уменьшается с понижением температуры в обоих кристаллах, но в чистом образце этот эффект выражен значительно ярче.

Экситонное поглощение для УКИ белого света изучалось в более тонком образце №1. При возбуждении непрерывным белым светом эффект поляритонной прозрачности в этом образце был весьма незначителен, по-видимому, из-за меньшей толщины кристалла [3]. На рис. 3 представлены спектры поглощения кристалла для непрерывного белого света и УКИ белого света. При сравнении этих спектров видно значительное уменьшение экситонного поглощения в том случае, когда спектр снимался с помощью УКИ белого света.

Полученные результаты свидетельствуют о зависимости экситонного поглощения света в CdS от температуры в области $7 \div 65\text{K}$. Это связано, по-видимому, с уменьшением роли фононного канала релаксации экситонов при понижении температуры. В чистых кристаллах наблюдается уменьшение интегрального экситонного поглощения в 10 раз при изменении температуры от 65 до 7 К. В образцах с примесями и дефектами это явление выражено значительно слабее, вероятно, из-за того что в таких кристаллах относительно большую роль в диссипационных процессах играет рассеяние экситонов на примесях и дефектах. Точно также рассеяние на поверхности кристалла становится более существенным, чем рассеяние на фононах, для экситонов в более тонких образцах, что проявляется в меньшей зависимости интегрального экситонного поглощения от температуры. Тем не менее, в таких тонких кристаллах удалось наблюдать уменьшение экситонного поглощения при использовании пикосекундных импульсов белого света. Это указывает, вероятно, на то, что при применении УКИ белого света удается отключить не только фононный механизм релаксации, но и другие диссипационные процессы. При 32К интегральное экситонное поглощение для УКИ белого света в 2 раза меньше, чем для непрерывного белого света. При этом поглощение для других участков спектра не изменяется.

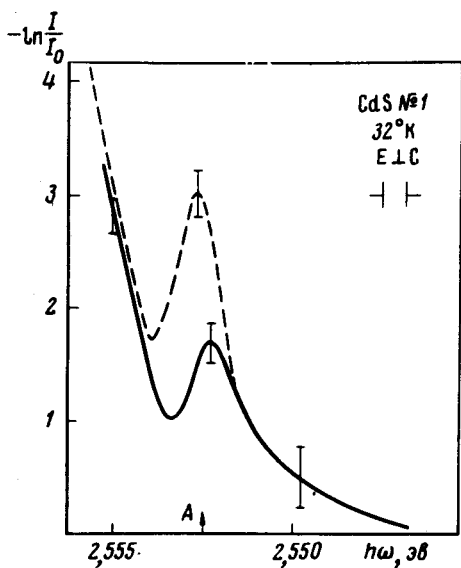


Рис.3. Спектры поглощения кристалла CdS №1 для непрерывного /---/ и УКИ /—/ белого света

Заметим, что малая интенсивность импульсов белого света — для получения спектра пропускания в области нормальных почернений фотопленки приходилось делать несколько десятков экспозиций — позволяет исключить эффекты насыщения [6] и самоиндуцированной прозрачности [7], как причины наблюдаемого уменьшения экситонного поглощения.

Дальнейшие исследования эффекта поляритонной прозрачности в полупроводниках при использовании УКИ белого света могут способствовать выяснению роли различных процессов в экситонной безызлучательной рекомбинации и определению характерных времен этих процессов.

Авторы благодарны Л. В. Келдышу, Д. Н. Клышко, Р. В. Хохлову за плодотворные обсуждения.

Московский
государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступила в редакцию
17 января 1978 г.
После переработки
1 февраля 1978 г.

Литература

- [1] Ф. Н. Крейнгольд, В. Л. Макаров. ФТТ, **17**, 472, 1975.
 - [2] J. Voight. Phys. Stat. Sol. (b). **64**, 546, 1974.
 - [3] A. Bosacchi, B. Bosacchi, S. Franchi. Proc. 13th. Int. Conf. Phys. Semicond. Rome, 1976, p. 841.
 - [4] A. S. Davydov, A. A. Sericov. Phys. Stat. Sol. (b), **56**, 351, 1973.
 - [5] D. K. Sharma, R. W. Yip, D. F. Williams, S. E. Sugamuri, L. L. T. Bradley. Chem. Phys. Lett., **41**, 460, 1976.
 - [6] А. Ф. Дите, В. Б. Тимофеев, В. М. Файн, Е. Г. Яшин. ЖЭТФ, **58**, 460, 1970.
 - [7] Ф. Брюкнер, В. С. Днепровский, В. С. Фокин, Д. Г. Кошуг, М. В. Краевский, Ш. М. Ок, Е. К. Силина, Е. А. Жуков. Proc. 13th. Int. Conf. Phys. Semicond. Rome, 1976, p. 845.
-