

## ПРОЯВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ЭКСИТОННЫХ СПЕКТРАХ ОТРАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ $\beta$ -AgI

*Т.М.Машлятина, Д.С.Недзвецкий,  
А.В.Селькин*

Обнаружена оптическая активность кристаллов AgI со структурой вюрцита, характерная для кристаллических классов  $C_{3v}$ ,  $C_{4v}$ ,  $C_{6v}$ . Результаты проведенного теоретического расчета спектров отражения в области экситонного резонанса  $B n = 1$  сопоставляются с экспериментальными данными.

Среди кристаллов, обладающих естественной оптической активностью (ЕОА), особое место занимают кристаллы, принадлежащие классам  $C_{3v}$ ,  $C_{4v}$ ,  $C_{6v}$  [1, 2]. ЕОА в таких кристаллах приводит к эллиптической поляризации необыкновенных волн такой, что эллипс поляризации лежит в плоскости, содержащей оптическую ось  $C$  кристалла и волновой вектор  $\mathbf{k}$  нормальной волны [2].

Недавно сообщалось о первом экспериментальном наблюдении ЕОА кристаллов CdS вюрцитного типа [3]. В настоящей работе впервые проведены исследования ЕОА кристаллов AgI (4H-политип, структура вюрцита,  $C_{6v}^4$ ) в экситонной области спектра. При этом, в отличие от работы [3], ЕОА зарегистрирована в обычном спектре отражения в поляризации света  $E \parallel C$ .

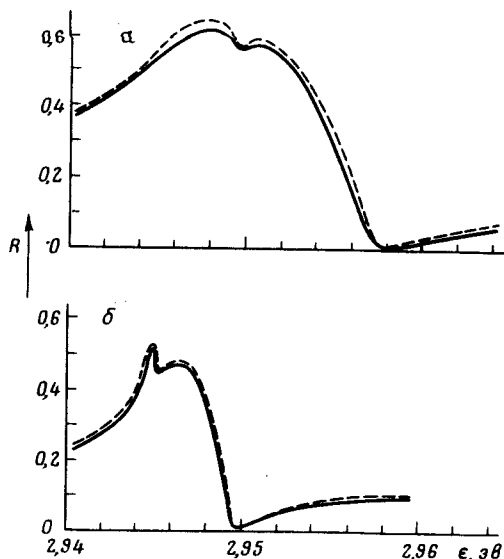
Монокристаллы AgI были выращены разбавлением насыщенных водных растворов KI - AgI и имели естественные грани, расположенные параллельно и перпендикулярно гексагональной оси  $C$ . Спектры отражения изучались при температуре  $T = 4,2\text{K}$  как от торцевых, так и от боковых граней.

На рисунке сплошными кривыми представлены экспериментальные спектры отражения, полученные при нормальном падении света на боковую грань кристалла ( $\mathbf{K} \perp \mathbf{C}$ ), в одинаковых относительно оси  $C$  поляризациях падающего и отраженного света  $E \perp C$  (а) и  $E \parallel C$  (б). Исследуемый участок спектра соответствует области экситонного резонанса  $B n = 1$ .

Форма спектра отражения на рисунке 1,а очень близка к той, что наблюдается в случае кристаллов CdS [3, 4] в аналогичной геометрии опыта в области резонанса  $B n = 1$ . Поэтому естественно связать особенность в области основного максимума отражения с "возгоранием" оптически неактивного состояния  $\Gamma_2$  за счет линейных по  $\mathbf{K}$  членов в энергетическом спектре экситона. При отражении света от торцевой грани ( $\mathbf{K} \parallel \mathbf{C}$ ) эта особенность не наблюдается, как и в случае CdS.

Экспериментальный спектр отражения, представленный на рисунке 1,б ( $E \parallel C$ ,  $\mathbf{K} \perp \mathbf{C}$ ) существенно отличается от соответствующего спектра кристаллов CdS. Во-первых, полуширина полосы отражения в поляризации  $E \parallel C$  значительно превосходит ее полуширину в поляризации  $E \perp C$ . Во-вторых, в области основного максимума отражения

наблюдается провал, который расположен на частоте основного минимума отражения в поляризации  $E \perp C$ . Такая корреляция в спектральном расположении особенностей в спектрах (а) и (б) позволяет заключить, что провал в спектре (б) обусловлен участием продольных экситонов  $\Gamma_{5L}$ . Наиболее вероятная причина проявления продольных экситонов в спектре  $E \parallel C$  это смешивание продольных состояний  $\Gamma_{5L}$  с поперечными  $\Gamma_1$  за счет линейных по  $K$  членов в энергетическом спектре экситона  $B$ .



Экспериментальные (сплошные кривые) и теоретические (штриховые кривые) спектры отражения при нормальном падении света в геометрии опыта  $K \perp C$ ,  $E \perp C$  (а) и  $E \parallel C$  (б)

Симметрия кристаллов типа вюрцита допускает существование двух независимых констант  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , которые определяют вклады  $\beta_1 K$  и  $\beta_2 K$  линейных по  $K$  членов в энергетический спектр экситонов  $B n = 1$  и смешивают между собой состояния  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_{5L}$ , а также  $\Gamma_2$  и  $\Gamma_{5T}$ , соответственно [5]. Следовательно, дополнительная особенность в спектре  $E \parallel C$  может появиться только за счет  $\beta_1$ , в то время как в спектре  $E \perp C$  особенность возникает только за счет константы  $\beta_2$  [4].

Для расчета спектров отражения в экситонной области спектра необходимо, как известно [1], иметь дополнительные граничные условия (ДГУ), которых в рассматриваемой ситуации должно быть четыре, в соответствии с 4-кратным вырождением экситонного уровня  $B n = 1$ . В качестве ДГУ можно использовать условия обращения в нуль на границе кристалла волновых функций четырех экситонных состояний  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$ ,  $\Gamma_{5T}$  и  $\Gamma_{5L}$ , что соответствует экситонному потенциалу в виде бесконечно высокой стенки на самой границе. Такие условия являются обобщением ДГУ, использованных ранее при анализе спектров отражения кристаллов  $CdS$  [4] и хорошо согласующихся с экспериментальными данными. Чтобы учесть отличие модельного потенциала от реального мы также, как это делалось в работе [4], ввели "мертвый" безэкситонный слой толщины  $l$  с фоновой диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_0$  и задавали ДГУ на внутренней поверхности этого слоя.

На рисунке штриховыми кривыми представлены результаты теоретического расчета спектров отражения для геометрии опыта, соответствующей экспериментальной:  $E \perp C$  (а) и  $E \parallel C$  (б).

В расчете использовались следующие параметры экситонного резонанса  $B n = 1$ . Резонансная частота  $\omega_0 = 2945,2$  мэв, продольно-поперечные расщепления  $\omega_{LT}^{\perp} = 4,2$  мэв и  $\omega_{LT}^{\parallel} = 11,6$  мэв для состояний  $\Gamma_5$  ( $E \perp C$ ) и  $\Gamma_1$  ( $E \parallel C$ ), соответственно;  $|\beta_1| \omega_0 / c = |\beta_2| \omega_0 / c = 0,15$  мэв; трансляционная масса экситона  $M = 0,8 m_0$  ( $m_0$  — масса свободного электрона,  $K \perp C$ ); фоновые диэлектрические константы  $\epsilon_0^{\perp} = 5,0$  (для  $E \perp C$ ) и  $\epsilon_0^{\parallel} = 6,5$  (для  $E \parallel C$ ), параметры затухания  $\gamma_{\perp} = 0,3$  мэв (для  $E \perp C$ ) и  $\gamma_{\parallel} = 1,0$  мэв (для  $E \parallel C$ ),  $l = 50 \text{ \AA}$ .

В настоящей работе мы также предпринимали попытку зарегистрировать отраженный сигнал в геометрии со скрещенными поляризатором и анализатором при наклонном падении света, как это делалось в работе [3]. При этом надежной регистрации сигнала не удалось достигнуть. Проведенный нами расчет спектров отражения для такой геометрии опыта показывает, что в случае приведенных выше параметров максимальное значение коэффициента отражения на порядок меньше, чем в случае параметров CdS. С другой стороны расчет показывает что при параметрах кристалла CdS в геометрии, соответствующей рисунку 1 б, дополнительная структура отсутствует, что соответствует экспериментальным данным по CdS [3].

Таким образом, ЕОА вюрцитных кристаллов представляет собой, по-видимому, общее явление, которое может проявляться в разных экспериментальных условиях в зависимости от соотношения параметров экситонного перехода.

В заключение авторы выражают благодарность Е.Л.Ивченко за полезные обсуждения деталей теоретического анализа.

Физико-технический институт  
им. А.Ф. Иоффе  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
10 апреля 1978 г.

### Литература

- [1] В.М.Агранович, В.Л.Гинзбург. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. М., изд. Наука, 1965.
- [2] Ф.И.Федоров. Оптика и спектроскопия, 6, 377, 1959.
- [3] Е.Л.Ивченко, С.А.Пермогоров, А.В.Селькин. Письма в ЖЭТФ, 27, 27, 1978.
- [4] J.J.Hopfield, D.G.Tomas. Phys. Rev., 122, 35, 1961; G.D.Mahan, J.J.Hopfield. Phys. Rev., 135, A428, 1964.
- [5] Г.Е.Ликус, Г.Л.Бир. ФТП, 7, 119, 1973.