

АНИЗОТРОПИЯ ДВУХФОТОННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ СУЛЬФИДА ЦИНКА

М. Д. Галанин, З. А. Чижикова

Анизотропия двухфотонного поглощения в кристаллах, т.е. зависимость поглощения от ориентации электрических векторов световых пучков относительно кристаллографических осей, зависит от симметрии тех состояний, между которыми происходит двухфотонный переход. Угловые зависимости двухфотонного поглощения очень характерны и могут служить, как показано в¹, для определения типа межзонных или экситонных переходов.

В нашей работе² была измерена угловая зависимость двухфотонного поглощения в кристалле сульфида цинка. Применение метода двух независимых источников позволило исследовать угловые зависимости как при параллельных ($\vec{E}_1 \parallel \vec{E}_2$), так и при перпендикулярных ($\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$) электрических векторах в поглощаемых пучках. Полученные угловые зависимости качественно хорошо совпадали с ожидаемыми из теории¹ при межзональном переходе $\Gamma_{15} \rightarrow \Gamma_1$ для кубической симметрии. Однако количественного совпадения экспериментальных и расчетных зависимостей не было получено.

В² мы предполагали, ссылаясь на³, что исследованный кристалл имеет гексагональную структуру, но при сравнении с теорией считали, что наблюдаемая симметрия должна соответствовать кубической группе. В дальнейшем выяснилось⁴, что кристаллы исследованного типа, выращенные из расплава под давлением, имеют в основном кубическую структуру и состоят из ку-

бических микродвойников (примесь гексагональной упаковки $\sim 10\%$).

В связи с этим предполагавшаяся в² ориентация кристалла была неправильной. В действительности угловая зависимость должна вычисляться для направления, перпендикулярного плоскости (110) с учетом того, что реальный кристалл состоит из участков, повернутых друг относительно друга на 180° вокруг одной из осей третьего порядка [111].

Угловая зависимость для перехода $\Gamma_{15} - \Gamma_1$ в кубической группе T_d , указанная в¹ для кубической системы координат, была преобразована в систему координат, в которой ось z направлена по выделенной оси [111], а ось x перпендикулярна плоскости (110). При этом для учета указанной выше микродвойниковой структуры взята полусумма угловых зависимостей для двух ориентаций, повернутых на 180° относительно оси [111]. В результате мы получили следующие формулы для угловых зависимостей двухфотонного поглощения:

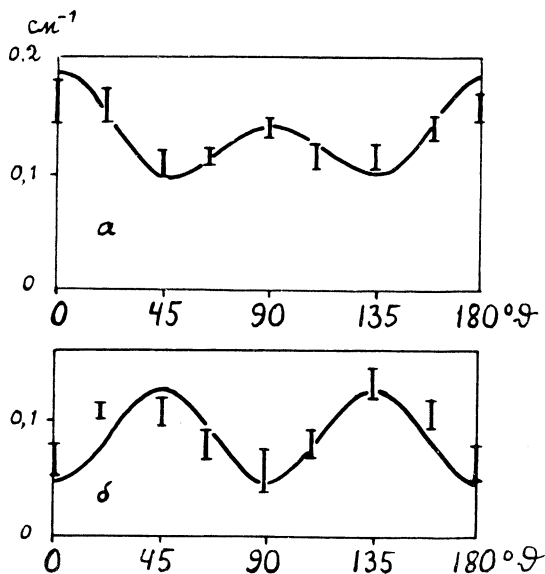
$$\begin{aligned} f_{\parallel}(m, n) &= 1 + \frac{1}{3} n^4 - 2 m^2 n^2 & (\vec{E}_1 \parallel \vec{E}_2) \\ f_{\perp}(m, n) &= 1 - \frac{2}{3}(m^4 + n^4) + m^2 n^2 & (\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2) \end{aligned} \quad (1)$$

Эти формулы несколько отличаются от применявшихся нами в². Здесь $m = \sin \varphi$; $n = \cos \varphi$; где φ - угол вектора \vec{E}_1 с осью [111]. Предполагается, что оба электрических вектора \vec{E}_1 и \vec{E}_2 лежат в плоскости (110), т.е. оба световых пучка направлены перпендикулярно этой плоскости.

В настоящей работе измерения угловой зависимости были произведены заново по методике, описанной в⁵. В установку были внесены некоторые усовершенствования, в частности, улучшена коллимация пучка второго источника и применен фотоумножитель, обеспечивший лучшее отношение сигнал/шум.

Кристалл освещался рубиновым лазером с мощностью около 10 Мвт/см^2 . Поглощение наблюдалось в свете

второго источника (импульсная лампа) при $\lambda = 400$ нм, направленном навстречу лучу лазера. Поляризация света второго источника могла устанавливаться параллельно или перпендикулярно поляризации света лазера. На рис. 1 приведены зависимости поглощения от угла



Р и с. 1. Угловые зависимости двухфотонного поглощения в сульфиде цинка. а) $\vec{E}_1 \parallel \vec{E}_2$; б) $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$

поворота кристалла \mathcal{U} при направлении световых лучков, перпендикулярном оптической оси (т.е. выделенной оси $[111]$). Сплошные линии вычислены по формулам (1), причем масштаб этих кривых одинаков для случаев $\vec{E}_1 \parallel \vec{E}_2$ и $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$. Как видно из рисунка, имеется полное совпадение экспериментальных данных с расчетом в пределах ошибок опыта.

Теория¹ относится к разрешенным двухфотонным переходам при $k = 0$ и, по-видимому, строго применима, если суммарная энергия фотонов не намного превышает ширину запрещенной зоны. Исследованная область

спектра соответствует энергии суммы двух фотонов 4,9 эв, т.е. довольно сильно превышает ширину запрещенной зоны (3,7 эв). Тем не менее полученные результаты, по-видимому, подтверждают, что в этой области спектра происходит двухфотонный переход между зонами Γ_{15} и Γ_1 , что согласуется с данными по фундаментальному поглощению сульфида цинка⁶.

Авторы благодарны А. И. Бобрышевой и А. С. Москаленко за обсуждение теории угловых зависимостей двухфотонного поглощения, а также А. И. Рыскину за обсуждение вопросов, связанных с кристаллической структурой сульфида цинка. Благодарим также Л. А. Кулевского за указанные ошибки в вычислениях.

Поступила в редакцию 18 мая 1970 г.
После переработки 15 июля 1970 г.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. M. Inoue, Y. Toyozawa. J. Phys. Soc. Japan, 20, 363 (1965).
2. М. Д. Галанин, З. А. Чижикова. Письма в ЖЭТФ, 8, 571 (1968).
3. Л. А. Сысоев, Н. И. Крайнюков. ФТТ, 4, 807 (1962). В. Г. Зубов, Л. А. Сысоев, М. М. Фирсова. Кристаллография, 12, 84 (1967).
4. Г. В. Ананьева, К. К. Дубенский, А. И. Рыскин, Г. И. Хилько. ФТТ, 10, 1800 (1968).
5. М. Д. Галанин, З. А. Чижикова. Изв. АН СССР, сер. физич., 32, 1310 (1968).
6. G. Harbeke, Phys. stat. sol., 27, 9, 1968.