

АКУСТООПТИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В МОНОКРИСТАЛЛАХ ПАРАТЕЛЛУРИТА НА ПРОДОЛЬНОЙ ВОЛНЕ С ПЕРЕБРОСОМ ПОЛЯРИЗАЦИИ

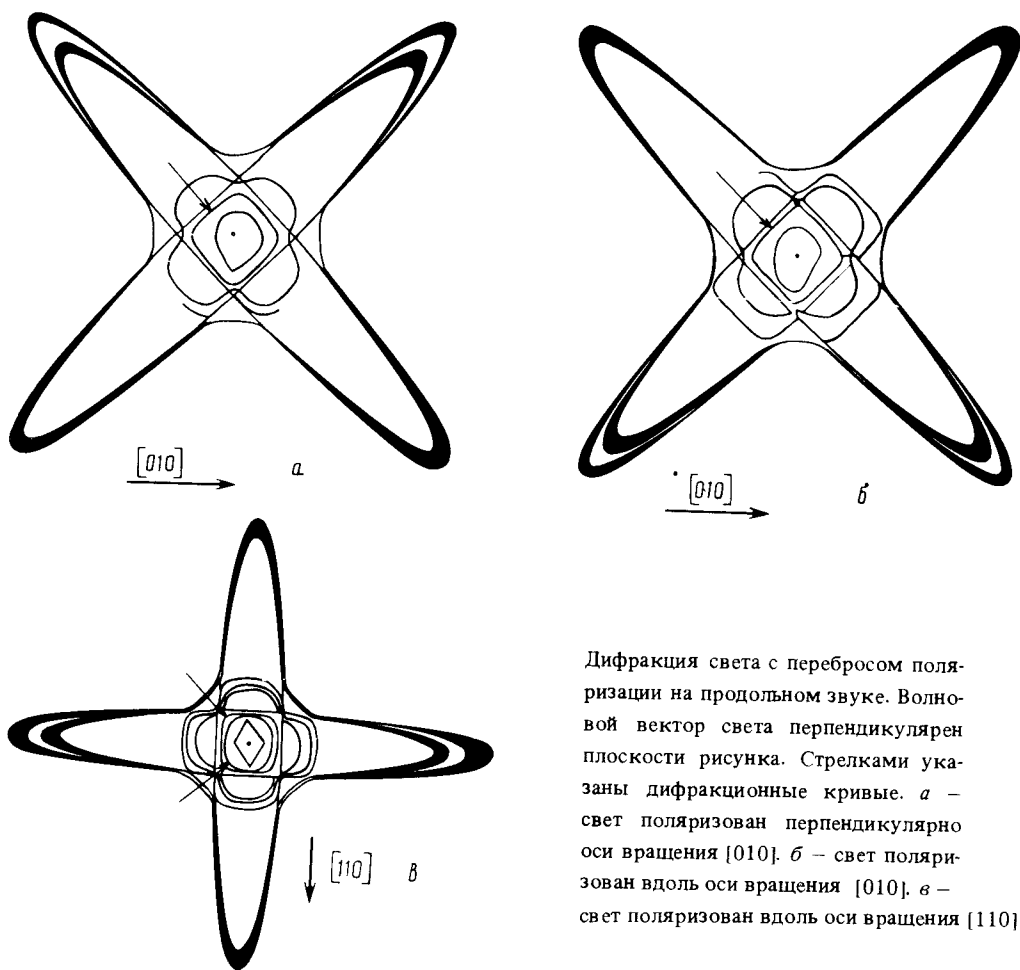
С.В.Акимов, В.М.Горбенко, В.В.Савченко

В монокристаллах парателлуриата обнаружено акустооптическое взаимодействие на продольных акустических волнах с изменением поляризации световой волны обусловленное пространственной дисперсией.

С помощью методики Шеффера–Бергмана (ШБ) изучалось акустооптическое (АО) взаимодействие в монокристаллах парателлуриата (TeO_2), обладающих высокими акустооптическими характеристиками и нашедших широкое применение в устройствах управления лазерным лучом. Высокое качество выращенных авторами кристаллов позволило получить с помощью метода ШБ-картины дифракции с высоким разрешением при частотах звука около 13 МГц. Исследовался образец размерами $10 \times 10 \times 10$ мм с ориентированными плоскостями (100) (010) (001) и образец такого же размера с ориентированными плоскостями (110) (110) (001).

В образце с ориентированными плоскостями (100) (010) (001) при падении света вдоль оси четвертого порядка наблюдалась обычная ШБ-картина АО взаимодействия для парателлуриата. При вращении кристалла вокруг оси [010] появлялись дифракционные линии, которые, исходя из теории Поккельса и расчетов Нельсона и Лэкса¹, не могут проявляться в кристаллах парателлуриата при выбранной геометрии взаимодействия. На рисунках *a* и *б* по-

казаны ШБ-картины и указано направление оси, вдоль которой поворачивали кристалл. Направление волнового вектора света было перпендикулярно плоскостям рисунков, а поляризация падающего света на рис. *а* была направлена перпендикулярно оси вращения, а на рис. *б* параллельно оси вращения. Угол поворота составлял 13° . На рисунках видны дифракционные линии обусловленные АО взаимодействием на продольной волне с перебросом поляризации. Продольные волны производят деформации, которые имеют компоненты u_{11}, u_{22}, u_{33} . Поляризация падающего света имеет компоненты E_1, E_3 для первого случая и E_2 для второго. Для того, чтобы произошло при такой геометрии АО взаимодействие на продольных волнах, необходимо наличие ненулевых компонент тензора фотоупругости; $P_{3111}, P_{3211}, P_{2311}, P_{1311}, P_{2111}, P_{1211}, P_{3122}, P_{3222}, P_{2322}, P_{1322}, P_{2122}, P_{3133}, P_{3233}, P_{2333}, P_{1333}, P_{2133}, P_{1233}, P_{1222}$. В классической поккельсовской теории упругооптики эти компоненты равны нулю. Равны нулю они и в расчетах Нельсона и Лэкса ¹, показавших вклад в АО взаимодействие от вращений элементарных объемов и непрямого АО эффекта – пьезоэлектрооптического, заключающегося в последовательном действии пьезоэлектрического и электрооптического эффектов. Это связано с тем, что продольные волны не вращают элементарные объемы и в кристаллах класса 422, куда относится парателлуриг, продольные волны не создают пьезоэффекта.



Дифракция света с перебросом поляризации на продольном звуке. Волновой вектор света перпендикулярен плоскости рисунка. Стрелками указаны дифракционные кривые. *а* – свет поляризован перпендикулярно оси вращения $[010]$. *б* – свет поляризован вдоль оси вращения $[010]$. *в* – свет поляризован вдоль оси вращения $[110]$

Объяснить наличие дифракционных картин можно на основе развитой авторами теории Нельсона–Лэкса с учетом пространственной дисперсии ^{2,3}. Пространственная дисперсия ответственна за появление ненулевых компонент тензорных функций с перечисленными индексами. Учет пространственной дисперсии и колебаний центра масс элементарных объемов при-

водит к появлению новых добавок к упругооптическому тензору. Эти добавки связаны с прямыми и непрямыми АО эффектами. Непрямые эффекты, заключающиеся в последовательном действии пьезоэлектрического эффекта и эффекта электрогирации, а также пьезоэлектрического эффекта и электрооптического эффекта в неоднородном поле, не могут иметь здесь место ввиду того, что для их проявления необходимо наличие пьезоэффекта.

Из анализа расчетов ³ видно, что ненулевые компоненты тензорных функций для данной геометрии обеспечиваются за счет двух мнимых добавок к тензору фотоупругости. Одна из этих добавок описывает вклад в АО взаимодействие непрямого флексоэлектрооптического эффекта, заключающегося в последовательном действии флексоэлектрического эффекта и электрооптического эффекта. Эта тензорная функция, входящая в виде добавки к тензору фотоупругости в выражении, описывающем нелинейную поляризацию при АО взаимодействии ³, имеет вид

$$id_{ijr} a_p a_s g_{sklm} k_m^A / (a_p k_{pq} a_q).$$

В нашей геометрии, в частности, есть компонента тензора флексоэлектричества g_{1111} и компонента электрооптического тензора d_{321} . Акустический волновой вектор имеет компоненту k_1^A , а значит и единичный вектор $\mathbf{a} = \mathbf{k}^A / |\mathbf{k}^A|$ имеет компоненту a_1 . В итоге имеем компоненту тензорной функции $i\hat{P}_{3211}$. Аналогично проявляются и другие компоненты.

Вторая добавка обусловлена прямым АО эффектом, связанным с тем, что учитывается неоднородность взаимодействующих волн в среде со слабой нелокальностью. Параметром неоднородности служат их волновые вектора. В частном случае это означает, что одна из взаимодействующих волн вращает свой вектор поляризации, а вторая "чувствует" эту гирацию. Обе добавки имеют место только для нецентросимметричных кристаллов.

При распространении света вдоль оси четвертого порядка мы не видим этого взаимодействия, т.к. дифрагированные с перебросом поляризации оптические волны попадают в почти те же точки, что и волны дифрагированные без переброса поляризации. И расщепление дифракционных линий не различимо.

На рис. в представлена ШБ-картина для второго кристалла с ориентированными плоскостями (110) (110) (001). Поляризация падающего света вертикальная в плоскости рисунка. Кристалл вращали вокруг оси [110] также вертикальной в плоскости рисунка. Угол поворота составлял $11,7^\circ$. При этом реализуются оба случая, показанные на рис. а и б. Это приводит к появлению двойных кривых дифракции за счет новых составляющих волнового вектора света.

Дифракционные картины исчезают при дальнейшем вращении кристалла во всех трех случаях. Это объясняется тем, что для дифракции с перебросом поляризации величина акустического волнового вектора на используемой частоте становится недостаточной.

Литература

1. Nelson D.F., Lax M. Phys. Rev. B, 1971, 3, 2778.
2. Савченко В.В. и др. Тез. докл. I Всесоюзной конференции по оптической обработке информации. Ленинград, 1988, 30 мая – 1 июня, ч. 1, стр. 138.
3. Савченко В.В. Деп. ВИНТИ № 6576-В87, Днепропетровск, 1987.