

О ДИСПЕРСИИ ФОТОУПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ МОНОКРИСТАЛЛА КРС-6

В. А. Гангардт, В. К. Сапожников и В. И. Семенов

Изучение зависимости дисперсии фотоупругих постоянных (ДФП) перспективных акустооптических материалов важно как в прикладном, так и в научном плане. Именно численные значения фотоупругих постоянных (ФП) и закон их дисперсии могут быть использованы для расчета акустооптических устройств на разных длинах волны спектральной области прозрачности фотоупругих материалов. Представляется интересным также определить величину вклада в эффект фотоупругости, обусловленного смещением зон монокристалла при его механическом нагружении.

Кристалл КРС-6 представляет собой твердый раствор галогенидов таллия TlBr — TlCl . Минимум диаграммы состояний этой системы размыт, поэтому различные авторы в работах [1-3] приводят различные составы, отвечающие точке минимума.

ДФП кристалла КРС-6, соответствующих дифракции света на продольной ультразвуковой волне, изучалась в работе [4] в спектральной области $0.6328 \div 0.45$ мкм. Исследованный кристалл отличался от КРС-6 отечественного производства не только составом (29.8 мольных % TlBr), но и методом выращивания (метод Бриджмена). Поэтому представляло интерес проследить поведение акустооптических свойств отечественного кристалла КРС-6 вблизи края собственного поглощения не только для случая дифракции света на сдвиговой ультразвуковой волне, но и для случая взаимодействия света с продольной ультразвуковой волной, чтобы сравнить полученные результаты с результатами работы [4].

Измерения ДФП в спектральной области $0.6328 \div 0.43$ мкм были проведены на кристаллах, выращенных методом Стокбаргера с составом TlCl — TlBr (30% TlBr по весу).

Показатели преломления монокристалла КРС-6

λ , мкм	n	n^*	λ , мкм	n	n^*
0.633	2.284	2.284	0.47	2.410	2.406
0.55	2.327	2.330	0.46	2.424	2.420
0.52	2.351	2.353	0.45	2.442	2.435
0.50	2.372	2.372	0.44	2.464	2.451
0.48	2.395	2.394	0.43	2.487	2.468

Дисперсия показателя преломления (ДПП) монокристалла КРС-6 была измерена стандартным гониометрическим способом на призме, вырезанной из той же булки, из которой вырезался образец, предназначенный для измерения ДФП. Полученные значения показателей преломления n сведены в таблицу. Для сравнения в таблице приведены расчетные значения n^* , вычисленные с помощью описания ДПП единичным эквивалентным осциллятором Зельмейера [5]. Было найдено, что расчетные кривые ДПП достаточно хорошо соответствуют измеренным лишь вдали от края собственного поглощения монокристалла (при длинах волн света, больших $\lambda=0.46$ мкм) и если выбрать параметры эквивалентного осциллятора $E=20.14$ эВ, $E_0=5.48$ эВ, которые являются близкими к соответствующим значениям для TlCl и TlBr , приведенным в [5].

Измерения ДФП были выполнены путем зондирования бегущей ультразвуковой волны в кристалле линейно поляризованным монохроматическим световым пучком с малой (~ 2 угл. мин) расходимостью. Методика измерений аналогична работе [6]. В данном случае источником излучения служила дуговая ксеноновая лампа. Значения ФП на разных длинах волн определялись путем сравнения относительной интенсивности света, рассеянного при данной λ и $\lambda=0.6328$ мкм. Интенсивности измерялись с помощью ФЭУ-79 и стандартной схемой синхронного детектирования. Величина интенсивности света, дифрагированного в первый дифракционный порядок, составляла менее 0.03 от интенсивности зондирующего пучка.

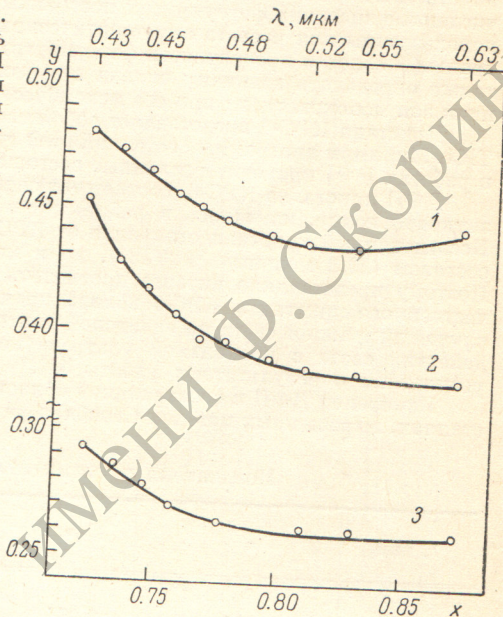
Измерения ДФП выполнялись при комнатной температуре в режиме дифракции Брэгга. Определяющий характер дифракции параметр Q [7] составлял величину $Q=12$ при измерениях p_{11} и p_{12} и величину $Q=20$ для p_{44} . Рабочие частоты ультразвука были 72.5 и 43 МГц соответственно.

Измерения ДФП p_{11} и p_{12} проводились с поляризацией зондирующего пучка, ориентированной по направлению звукового пучка и поперек соответственно. Для этого был отобран высококачественный (в смысле отсутствия двойного лучепреломления) кристалл; в нем была найдена область, свободная от механических напряжений, через которую и пропускался зондирующий пучок. Некоторая эллиптичность поляризации светового пучка, все же вносимая кристаллом, учитывалась в ошибках измерений. Значения $p_{11}=0.29$, $p_{12}=0.26$, $p_{44}=0.17$ при $\lambda=0.6328$ мкм взяты из работы [8].

Результаты измерений ДФП представлены на рисунке в удобных для анализа модифицированных координатах [9] $y = p [1 - (-1/n^2)]^{-2}$, $x = [1 - (\lambda_0^2/\lambda^2)]$; здесь использованы величины n из таблицы, приведенные значения ФП и параметры E и E_0 , выбранные выше. Величина λ_0 , соответствующая частоте выбранного эквивалентного осциллятора, составляла 0.227 мкм. Кривые 1, 2 и 3 на рисунке описывают дисперсию p_{11} , p_{12} и p_{44} соответственно.

При рассмотрении обращает на себя внимание характерный изгиб зависимостей $y(x)$ вблизи $\lambda = 0.47 \div 0.48$ мкм. Если описывать ДФП кристалла КРС-6 в рамках модели единичного эквивалентного осциллятора Зельмейера, то, согласно [9], эти зависимости должны быть линейными от $\lambda = 0.63$ мкм вплоть до края собственного поглощения монокристалла, который, по данным [10], находится вблизи $\lambda = 0.416$ мкм. Из таблицы видно, что такая модель неудовлетворительно описывает ДФП вблизи края собственного поглощения КРС-6. Поэтому указанная модель для описания ДФП была использована только для области $0.63 \text{ мкм} \geq \lambda \geq 0.48 \text{ мкм}$. Для этого спектрального интервала подобно тому, как это было сделано в [9, 11], были оценены величины деформационного потенциала $D_{11} = 4.3 \pm 0.9$ эВ, $D_{12} = 4.4$ эВ, $D_{44} = 2.8$ эВ. Коэффициенты K_{ij} [5] для всех трех постоянных малы: $|K_{ij}| \ll 1$. Малость этих коэффициентов позволяет сделать вывод о том, что основной вклад в величину ФП КРС-6 в данном спектральном интервале вносит зависящее от деформации смещение частоты эквивалентного осциллятора.

Зависимости ДФП монокристалла КРС-6 в модифицированных координатах.



Ход кривых дисперсии p_{11} и p_{12} хорошо совпадает с результатами работы [4], что говорит о незначительном влиянии данного различия в составах и метода выращивания на поведение акустооптических свойств КРС-6 вблизи края собственного поглощения. Ход кривой дисперсии p_{44} аналогичен ходу кривой дисперсии p_{11} . Вопрос о правильном описании ДФП монокристалла твердого раствора (каким является КРС-6) вблизи края собственного поглощения затруднителен и требует дополнительных исследований.

Литература

- [1] М. А. Ольская, О. Н. Постникова, П. И. Федоров, Т. И. Дарвойд, Л. А. Радужкевич. Научн. тр. Гиредмета, 29, 3. «Металлургия», М., 1970.
- [2] R. Koops. *Optic*, 3, № 4, 1948.
- [3] A. Smakula, I. Kalnajs, V. Sils. *J. Opt. Soc. Am.*, 43, 8, 1953.
- [4] L. Rivoallan, F. Favre. *Opt. Comm.*, 11, 296, 1974.
- [5] S. H. Wemple, M. DiDomenico, Jr. *Phys. Rev. Lett.*, 23, 1156, 1969.
- [6] С. Х. Есаян, В. В. Леманов, И. С. Рез, О. В. Шакин. ФТТ, 15, 907, 1973.
- [7] W. R. Klein, В. D. Cook. *IEEE, Su-14*, 123, 1967.
- [8] К. И. Авдиенко, В. К. Сапожников, В. И. Семенов, Д. В. Шелопут. *Автометрия*, 6, 79, 1977.
- [9] S. H. Wemple, M. DiDomenico, Jr. *Phys. Rev.*, B, 1, 193, 1970.
- [10] М. А. Ольская, Н. В. Овсянникова. Научн. тр. Гиредмета, 29, 129. «Металлургия», М., 1970.
- [11] Г. А. Смоленский, Л. С. Камзина, Н. Н. Крейник. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 39, 805, 1975.

Поступило в Редакцию 5 января 1978 г.