

Акустические и акустооптические свойства монокристаллов тетрабората свинца

© К.С. Александров*,**, А.В. Замков*, А.И. Зайцев*, П.П. Турчин**, А.М. Сысоев*, А.А. Парфёнов**

* Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук, 660036 Красноярск, Россия

** Красноярский государственный университет, 660062 Красноярск, Россия

E-mail: az@iph.krasn.ru

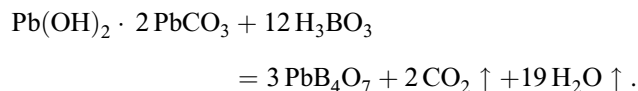
(Поступила в Редакцию 29 января 2004 г.)

Измерены скорости объемных акустических волн и коэффициенты акустооптического качества M_2 . На их основе рассчитаны фотоупругие коэффициенты монокристалла тетрабората свинца.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 02-02-16428), программы Отделения физических наук РАН (проект № 2.2.6.1), Минпромнауки (грант НШ 939.2003.2).

Монокристаллы тетрабората свинца PbB_4O_7 (ТБС) известны достаточно давно [1] и представляют значительный интерес для возможных акустических и оптических приложений. Этот кристалл имеет точечную симметрию $mm2$, что позволяет также предполагать его перспективное применение в качестве пьезоэлектрического или пьезоэлектрического материала. В настоящее время изучены структура ТБС, его нелинейные оптические и электрооптические свойства [1–3], а также ряд других макро- и микроскопических характеристик. Зависимость значений скорости звука в данном кристалле, восстановленная по величинам микротвердости, от величины отношения температуры плавления к среднему для окислов атомному весу отклоняется от известной („линейной“) зависимости скорости упругих волн [4]. Кроме того, данное соединение имеет достаточно редко встречающуюся среди соединений свинца прозрачность в ультрафиолетовой области спектра (до 250 nm) [2]. Указанные свойства монокристаллов PbB_4O_7 и перспективы их практического применения требуют более полного исследования акустических и акустооптических свойств этого материала.

Исходная шихта для выращивания кристаллов была приготовлена из основного карбоната свинца (квалификация хч) и борной кислоты (осч)



Выращивание монокристалла ТБС по методу Чохральского проводилось в направлении оси b со скоростью 2 mm в сутки, линейные размеры составили 20 mm в длину и 20 mm в диаметре. Из полученного материала были изготовлены ориентированные образцы, кристаллографическая установка которых проводилась согласно [2] (пространственная группа $Pnm2_1$). Кристалл ТБС является прозрачным до 250 nm. Параметры элементарной ячейки равны $a = 4.4547(7)$,

$b = 10.839(2)$, $c = 4.2437(8) \text{ \AA}$, $\rho = 5.852 \text{ g/cm}^3$ [2]. Образцы отличались высокой степенью однородности материала.

На полученных образцах импульсным ультразвуковым методом были измерены значения скоростей объемных акустических волн (ОАВ) на частоте 30 MHz в кристаллографических направлениях [100], [010] и [001].

Акустооптические измерения с точностью не менее 10% выполнены с помощью расширенного метода Диксона–Коуэна (брэгговская дифракция света на ультразвуке) на установке, описанной в [5], при частоте ультразвука 105 MHz на продольных акустических волнах с использованием излучения гелий-неонового лазера ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$). В качестве эталона использовался плавленый кварц.

Полученные значения скоростей распространения ОАВ в тетраборате свинца представлены в табл. 1. Данные о коэффициентах акустооптического качества M_2 , а также рассчитанные на их основе с учетом скоростей ОАВ фотоупругие постоянные $P_{\lambda\mu}$ приведены в табл. 2.

Полученные данные для скоростей ОАВ (максимальное значение $V_L [001] \sim 8 \text{ km/s}$) подтвердили их

Таблица 1. Скорости распространения ОАВ в PbB_4O_7

№ п/п	N	U	Мода	$V, \text{ m/s}$
1	[100]	[100]	L	7637.6 ± 0.5
2		[010]	S	4684.5 ± 0.5
3		[001]	S	4442.6 ± 0.5
4	[010]	[010]	L	7070.0 ± 0.5
5		[100]	S	4684.3 ± 0.5
6	[001]	[001]	S	4807.5 ± 0.5
7		[001]	L	7897.9 ± 0.5
8		[100]	S	4421.9 ± 0.5
9		[010]	S	4776.9 ± 0.5

Примечание. N — направление распространения ОАВ, U — направление колебаний в ОАВ.

Таблица 2. Акустооптические и фотоупругие характеристики PbB_4O_7

Направление распространения продольной акустической волны	Скорость V , m/s	Направление поляризации света	n	$M_2, 10^{-18} \text{ s}^3/\text{g}$	$P_{\lambda\mu}$
[100]	7637.6	[100]	1.9325	0.03	0.0387
[010]	7070.0	[100]	1.9325	0.29	0.1073
[001]	7897.9	[100]	1.9325	0.24	0.1152
[100]	7637.6	[010]	1.9183	0.15	0.0885
[010]	7070.0	[010]	1.9183	0.07	0.0177
[100]	7637.6	[001]	1.9269	0.23	0.1082
[010]	7070.0	[001]	1.9269	0.66	0.1632
[001]	7897.9	[001]	1.9269	0.04	0.0474

Примечание. n — показатель преломления для данного направления поляризации света.

ожидаемые высокие величины. Обнаружено, что данный материал имеет очень малые значения акустооптической эффективности (максимальное значение $M_2 = 0.66 \cdot 10^{-18} \text{ s}^3/\text{g}$) и фотоупругих констант, что делает кристалл ТБС малоприменимым для практического применения в акустооптических устройствах.

Столь необычные значения акустических и акустооптических характеристик кристалла ТБС можно объяснить уникальной для боратов высокой плотностью и характером упаковки данного структурного типа [6].

Список литературы

- [1] A. Perloff, S. Block. Acta Cryst. **20**, 274 (1966).
- [2] Y.S. Oseledchik, A.L. Prosvirnin, A.I. Pisarevskiy, V.V. Starshenko, V.V. Osadchuk, S.P. Belokryz, N.V. Svitanko, A.S. Korol, S.A. Krikunov, A.F. Selevich. Opt. Mater. **4**, 669 (1995).
- [3] F. Pan, G. Shen, R. Wang, X. Wang, D. Shen. Cryst. Growth **241**, 108 (2002).
- [4] А.А. Блистанов, В.С. Бондаренко, Н.В. Переломова, Ф.Н. Стрижевская, В.В. Чкалова, М.П. Шаскольская. Акустические кристаллы. Наука, М. (1982). 632 с.
- [5] А.В. Замков. Автореф. канд. дис. Красноярск (1986).
- [6] Н.И. Леонюк, Л.И. Леонюк. Кристаллохимия безводных боратов. Изд-во МГУ, М. (1983). 215 с.