

УДК 548.0 : 534

АНИЗОТРОПИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОНОКРИСТАЛЛОВ PbCl_2 И PbBr_2

К. С. Александров, С. И. Бурков, Б. П. Сорокин, Л. А. Шабанова

Измерены скорости акустических волн и рассчитаны упругие постоянные изоморфных кристаллов PbCl_2 и PbBr_2 (точечная группа mmm). Рассчитаны на ЭВМ ориентационные зависимости фазовых скоростей, углов отклонения векторов поляризации от волновой нормали, отклонения потока энергии от волновой нормали. Найдены акустические оси и направления чистых мод. Анализируется влияние изоморфного замещения на акустические свойства этих кристаллов.

Монокристаллы PbCl_2 и PbBr_2 , принадлежащие точечной группе симметрии mmm с параметрами решетки $a=7.67$, $b=9.15$, $c=4.50 \text{ \AA}$ и $a=8.216$, $b=9.504$, $c=4.724 \text{ \AA}$ соответственно, известны как перспективные акустооптические материалы [1, 2]. Для кристалла PbCl_2 известны все упругие, акустооптические и фотоупругие постоянные [2, 3], для PbBr_2 измерены акустооптические и фотоупругие параметры [4]. В данной работе

Упругие постоянные монокристаллов PbCl_2 и PbBr_2
(10^{10} Н/м^2)

	PbCl_2			PbBr_2
	наши данные	[2]	[3]	
c_{11}	4.074 ± 0.008	4.046	4.00	3.254 ± 0.006
c_{22}	4.852 ± 0.009	4.82	4.82	3.532 ± 0.004
c_{33}	4.29 ± 0.008	4.3	4.24	3.563 ± 0.007
c_{44}	0.949 ± 0.001	0.914	0.88	1.03 ± 0.002
c_{55}	2.076 ± 0.004	2.00	2.03	1.864 ± 0.003
c_{66}	0.593 ± 0.001	0.573	0.54	0.321 ± 0.001
c_{12}	2.17 ± 0.04	—	1.88	1.36 ± 0.03
c_{13}	2.32 ± 0.03	—	2.13	2.12 ± 0.04
c_{23}	2.35 ± 0.05	—	2.57	1.92 ± 0.04
$\rho_{\text{режтг.}}$ 10^3 кг/м^3	5.85			6.62

уточнены значения модулей упругости кристалла PbCl_2 , это связано с различием приводимых в литературе данных [2, 3]. Кроме этого, нами измерены модули упругости монокристалла PbBr_2 , изоморфного PbCl_2 с целью выяснения влияния изоморфного замещения на акустические свойства кристаллов этой структуры.

Упругие свойства исследовались на импульсной ультразвуковой установке (частота 10 МГц). Ошибка измерения скорости составляла не более 0.1 %. По результатам измерений фазовых скоростей объемных акустических волн (ОАВ) рассчитаны компоненты тензора модулей упругости (см. таблицу). Как видно из таблицы, различия между модулями упругости c_{ij} для кристалла PbCl_2 , измеренными нами, и данными работы [3] выходят

за пределы погрешности эксперимента, но в сравнении с данными [2], где измерены некоторые модули упругости PbCl_2 , существует хорошее совпадение результатов. Систематическое отклонение данных работы [3] от наших результатов может быть связано с различием в методиках измерений (в [3] скорости упругих волн измерялись методом МБР).

На основе полученных данных по упругим постоянным кристаллов PbCl_2 и PbBr_2 был выполнен на ЭВМ расчет акустических характеристик

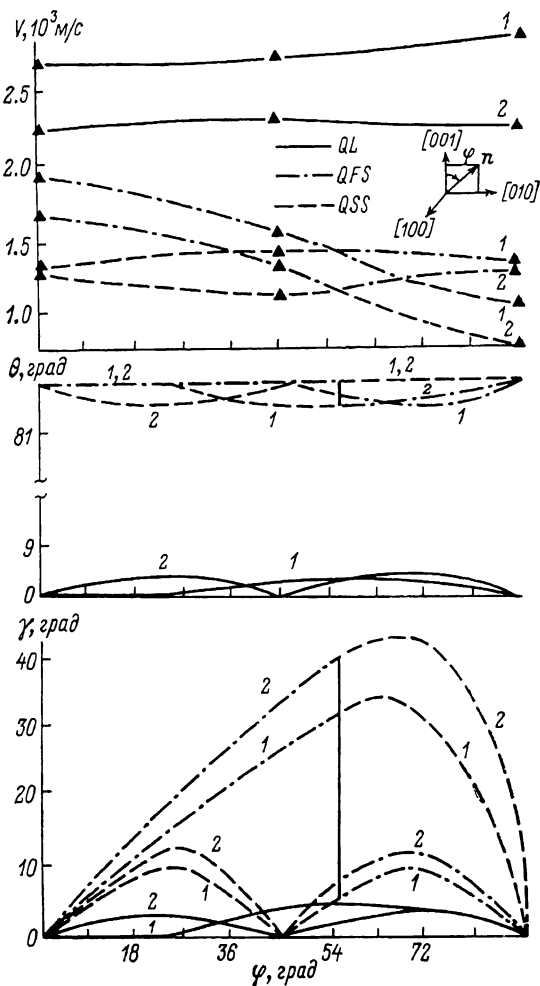


Рис. 1. Анизотропия характеристик ОАВ кристаллов.

1 — PbCl_2 , 2 — PbBr_2 в плоскости (100). QL — квазипродольная, QFS — быстрая квазисдвиговая, QSS — медленная квазисдвиговая волны. Треугольниками отмечены значения скоростей упругих волн, полученные в экспериментах.

ОАВ, включающий в себя анизотропию фазовых и групповых скоростей и углов отклонения θ векторов поляризации от волновой нормали n . Рассмотрены все необходимые для анализа акустических характеристик сечения. Ниже будут рассмотрены лишь некоторые примеры сечений, в которых найдены интересные с точки зрения кристаллоакустики и практических применений направления акустических осей, «чистых» мод и продольных нормалей. На рис. 1, 2 представлены угловые зависимости фазовых скоростей v , углов θ и углов γ отклонения потока энергии от волновой нормали ОАВ в плоскостях (100) и (010). В плоскости (100) у обоих кристаллов существует акустическая ось конического типа. Характерно, что положение этой оси одинаково для обоих кристаллов (угол с осью [001] 55°). Отметим, что существует качественное согласие с расчетом ани-

зотропии фазовых скоростей для PbCl_2 , сделанным в работе [3] для базовых плоскостей этого кристалла. Направления чистых мод в данной плоскости, кроме осей второго порядка $[001]$ и $[010]$, имеются также под углом 45° для медленной сдвиговой волны в обоих кристаллах и для продольной волны в PbCl_2 . Отметим, что в PbCl_2 продольная волна является чистой модой в интервале от $[001]$ до 20° с осью $[001]$. В плоскости (010) , кроме направлений $[100]$ и $[001]$, направления чистых мод для продольной волны

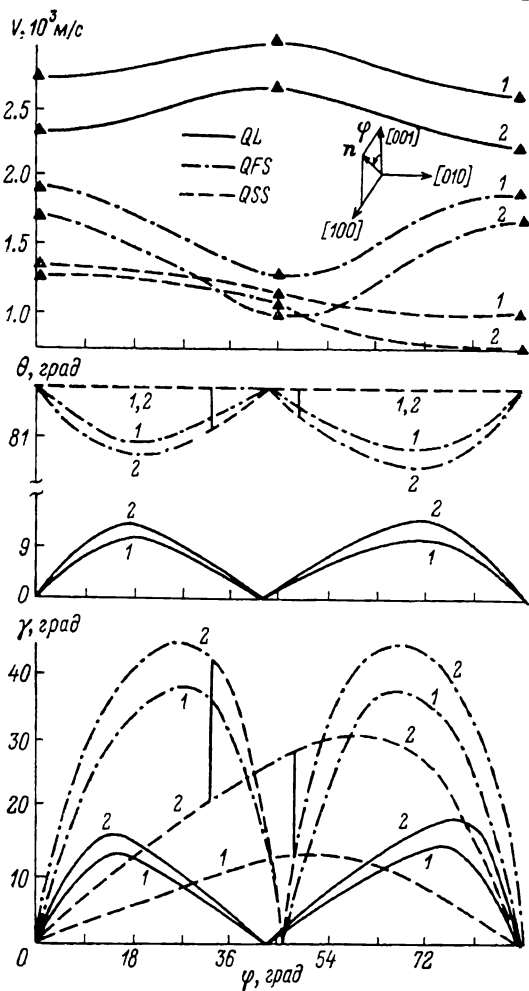


Рис. 2. Анизотропия характеристик ОАВ кристаллов.
1 — PbCl_2 , 2 — PbBr_2 в плоскости (010) .

в обоих кристаллах находятся под углом 44° с осью $[001]$, для быстрой сдвиговой в PbCl_2 и медленной сдвиговой в PbBr_2 — под углом 46° с осью $[001]$ (рис. 2). Отличительной особенностью в данной плоскости является наличие двух акустических осей конического типа у PbBr_2 под углами $\sim 31^\circ$ и $\sim 48^\circ$ с осью $[001]$, которых нет у PbCl_2 . Такая особенность возникает из-за существенно различных для PbCl_2 и PbBr_2 упругих постоянных c_{11} , c_{33} , c_{66} . Вдоль акустических осей в данных кристаллах существует внутренняя коническая рефракция. При прохождении вектора волновой нормали через направление акустической оси происходит «обмен» векторов поляризации сдвиговых волн, что вызывает и аналогичный обмен векторов потока энергии сдвиговых волн [5].

Итак, изоморфное замещение иона Cl на Br в кристаллах структуры котунита вызывает уменьшение упругих постоянных. В свою очередь это приводит к уменьшению фазовых скоростей ОАВ в PbBr_2 , сохраняя ка-

чественно характер анизотропии акустических характеристик обоих кристаллов. В то же время существует и ряд различий в поведении указанных характеристик: область продольных нормалей в PbCl_2 , которой нет в PbVg_2 ; появление двух акустических осей в плоскости (010) в PbVg_2 и, наконец, наличие в PbCl_2 еще одной акустической оси конического типа, лежащей в плоскости, которая составляет с плоскостью (010) угол 24.4° . Отметим, что все акустические оси в данных кристаллах не являются направлениями чистых мод.

Л и т е р а т у р а

- [1] *Замков А. В., Кокос И. Т., Анистратов А. Т.* Кристаллография, 1979, т. 24, № 3, с. 617—618.
- [2] *Александров К. С., Андрианов Г. О., Дьяконов А. М., Замков А. В., Леманов В. В.* Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, № 12, с. 737—740.
- [3] *Попков Ю. А., Безносиков Б. В., Харченко Л. Т.* Кристаллография, 1975, т. 20, № 3, с. 662—665.
- [4] *A. V. Zamkov, I. T. Kokov, A. T. Anistratov.* Phys. St. Sol. (a), 1983, vol. 79, № 2, p. K177—K180.
- [5] *Альшиц В. И., Лоте Е.* Кристаллография, 1979, т. 24, № 3, с. 672—693.

Институт физики им. Л. В. Киренского
СО АН СССР
Красноярский государственный университет
Красноярск

Поступило в Редакцию
17 июня 1987 г.
В окончательной редакции
28 августа 1987 г.