

УПРУГИЕ И ФОТОУПРУГИЕ СВОЙСТВА КАЛЬЦИЙ-ГАЛЛИЙ-ГЕРМАНИЕВОГО ГРАНАТА

В.Ф. Китаева, В.Ю. Федорович, А.М. Антюхов, Е.В. Жариков, В.И. Кутуков, А.Е. Носенко

Исследованы упругие и фотоупругие свойства кальций-галлий-германиевого граната на ультразвуковых и гиперзвуковых частотах.

Широкое использование кристаллов гранатов в квантовой электронике и целом ряде областей техники стимулирует изучение их свойств, в частности, упругих и фотоупругих. Для прогнозирования свойств вновь синтезируемых гранатов большой интерес представляет изучение их зависимости от одного из основных параметров кристаллов — параметра решетки.

Определенный интерес в этой связи представляет кристалл кальций-галлий-германиевого граната (CaGaGeG). Упругие свойства этого граната были изучены методом мандельштам-бриллюэновского рассеяния света (МБР) в /1/. Там же было установлено, что полученные значения констант CaGaGeG не ложатся на кривую зависимости упругих констант от параметра решетки, построенную в /1/ по литературным данным для ряда синтетических гранатов. В /2/ такая зависимость была построена для значительно большего числа синтетических гранатов, но и на нее не укладываются значения упругих констант CaGaGeG из /1/.

Чтобы разобраться в создавшейся ситуации, в настоящей работе были повторены измерения упругих констант CaGaGeG. Они были проведены двумя методами: мандельштам-бриллюэновского рассеяния света и импульсным ультразвуковым. Кроме того, в данной работе была предпринята попытка определить фотоупругие константы кристалла CaGaGeG, поскольку в /1/ оценено только отношение фотоупругих констант этого кристалла.

Исследования методом МБР проводились на установке, подробно описанной в /3/. Особое внимание уделялось качеству огранки исследуемого образца кристалла относительно кристаллографических осей. Исследуемый образец кристалла CaGaGeG имел форму параллелепипеда, две грани которого были перпендикулярны осям второго и одна — оси четвертого порядка. Регистрировались поляризационные спектры МБ рассеяния света на фонах, распространяющихся вдоль кристаллографических направлений [100] и $[11\sqrt{2}]$.

Из смещения компонент МБ определялись упругие (c_{ij}), а из их интенсивности — фотоупругие (p_{ij}) константы кристалла. Сравнение интенсивности компонент МБ CaGaGeG и плавленного кварца позволило получить абсолютные значения $|p_{44}|$ и $|p_{11} - p_{12}|$. Для спектров МБ рассеяния света на фонах, распространяющихся вдоль кристаллографического направления [100] (при падении на кристалл света, поляризованного перпендикулярно плоскости рассеяния) в кристалле CaGaGeG, характерна столь малая интенсивность продольных компонент, что их не удалось выделить из фона. Поэтому для величины $|p_{12}|/|p_{44}|$, которая определяется интенсивностью продольных компонент, оказалось возможным оценить только верхнюю границу (табл. 1).

Расчеты констант проводились с помощью соотношений, приведенных в /4–6/. Точность измерений составила ~ 1% для c_{11} и c_{44} и ~ 6% для c_{12} . Фотоупругие константы и их отношения измерены с точностью ~ 10%. Исследования ультразвуковым методом проводились на установке, описанной в /7/. Точности ориентации исследуемого образца CaGaGeG здесь также уделялось особое внимание.

Значения упругих и фотоупругих констант CaGaGeG, полученные в настоящей работе, приведены в табл. 1. В ней представлены также результаты работы /1/.

Из табл. 1 видно, что упругие константы, полученные в данной работе методом МБР, хорошо согласуются с константами, определенными ультразвуковым методом, и отличаются от констант из /1/. Еще большее отличие наблюдается в параметрах упругой ($(c_{11} - c_{12})/2c_{44}$) и фотоупругой ($(p_{11} - p_{12})/2p_{44}$) анизотропии (табл. 1).

Таблица 1

Упругие константы			Упругая анизотропия	Параметр Коши	Фотоупругость			Метод
c_{11}	c_{12}	c_{44}			$\frac{c_{11} - c_{12}}{2c_{44}}$	$\frac{c_{12}}{c_{44}}$	$ p_{44} $	
2,59	0,92	0,81	1,03	1,14	0,079	0,77	<0,5	МБР
2,60	0,92	0,82	1,02	1,12	—	—	—	Ультразвук
2,47	1,24	0,77	0,80	1,61	—	0,24	0,1	МБР [1]

Результаты, полученные в настоящей работе, в отличие от /1/, говорят о том, что как по упругим, так и по фотоупругим свойствам CaGaGeG близок к изотропному телу. Что касается малой упругой анизотропии, то она является одним из основных свойств гранатов /8/. С фотоупругой анизотропией дело обстоит несколько иначе. Из исследованных ранее гранатов лишь у лантан-неодим-лютециевого граната значение параметра фотоупругой анизотропии, как и у CaGaGeG, близко к единице (см. /9/).

Параметр Коши (табл. 1) CaGaGeG не сильно отличается от единицы, что говорит о том, что характер межатомных сил в нем, как у большинства гранатов /8/, мало отличается от центрального.

Следует обратить внимание еще на один факт. Как и в других кристаллах граната, в CaGaGeG отсутствует дисперсия скорости звука. Ее значение на гиперзвуковых частотах равно значению на ультразвуковых частотах.

Оказалось, что не только значения упругих констант (c_{ij}) кристалла CaGaGeG не укладываются на кривую монотонной зависимости c_{ij} от параметра решетки a синтетических гранатов, но и значение параметра фотоупругой анизотропии этого кристалла не ложится на кривую эмпирической монотонной зависимости этого параметра от параметра решетки, приведенную в /8/, для синтетических гранатов. В решетку всех упомянутых синтетических гранатов входят только трехвалентные катионы, в решетку же CaGaGeG входят разновалентные катионы. По-видимому, и сравнивать этот кристалл надо "с себе подобными", например, с природными гранатами, решетку которых также образуют разновалентные катионы. Как показано в работе /8/, значения c_{ij} CaGaGeG значительно лучше ложатся на кривую зависимости $c_{ij}(a)$ для природных гранатов. Что касается расхождения результатов /1/ и настоящей работы, то оно может быть связано как с разной точностью ориентации исследованных в этих работах образцов, так и с разным их качеством (которое определяется прежде всего напряжениями, возникающими в процессе роста кристаллов и сильно зависящими от условий выращивания). Роль напряжений, по-видимому, наиболее существенна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смоленский Г. А. и др. ФТТ, 23, в. 6, 1726 (1981).
2. Китаева В. Ф. и др. Препринт ФИАН № 146, М., 1984.
3. Китаева В. Ф. и др. ФТТ, 22, в. 5, 1379 (1980).
4. Чистый И. Л. и др. ФТТ, 17, 1434 (1975).
5. Чистый И. Л. Труды ФИАН, 102, 129 (1977).
6. Жариков Е. В. и др. Препринт ФИАН № 200, М., 1983.
7. Антюхов А. М. и др. ФТТ, 27, в. 4, 1224 (1985).
8. Китаева V. F., Zharikov E. V., Chisty J. L. Phys. Stat. Sol. (a), 92, 475 (1985).
9. Жариков Е. В. и др. ФТТ, 25, в. 4, 986 (1983).

Поступила в редакцию 3 июня 1986 г.