

И. Г. МИХАЙЛОВ

**ДИФФРАКЦИЯ СВЕТА ОТ ПОПЕРЕЧНЫХ УПРУГИХ ВОЛН ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В КУБИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ**

*(Представлено академиком Д. С. Рождественским 17 XII 1939)*

Диффракция света от продольных ультраакустических волн, распространяющихся в прозрачной среде, вызывается, как известно, периодическими изменениями показателя преломления, возникающими вследствие периодических сжатий и разрежений в звуковой волне.

В твердых телах наряду с продольными волнами существуют одновременно и поперечные, которые также могут образовать диффракционную решетку, так как появляющиеся при этом периодические напряжения сдвига должны вызывать и периодические изменения показателя преломления.

Подобная решетка была обнаружена в стекле Гидеманном и Хешем<sup>(1)</sup>. Диффракция света от решетки, созданной поперечными упругими волнами, наблюдалась также Гидеманном и Хешем<sup>(2)</sup> и Шеффером и Бергманном<sup>(3)</sup>.

Гидеманн и Хеш установили, что если производить наблюдение диффракции света от ультраакустических волн в стеклянном теле, пользуясь поляризованным светом, то в скрещенных николях, когда плоскость поляризации перпендикулярна или параллельна фронту продольных волн, появляются новые диффракционные спектры от поперечных волн. Эти спектры исчезают, когда николи параллельны, а также когда плоскость поляризации составляет угол  $45^\circ$  с направлением распространения. Эти авторы в качестве источника света применяли щель, расположенную параллельно фронту продольных волн, и, таким образом, диффракция в этом случае наблюдается от волн, распространяющихся перпендикулярно щели. Теоретическое рассмотрение этих явлений было осуществлено Наджендра Натом<sup>(4)</sup>.

Шеффер и Бергманн пользовались точечным источником света. Получающиеся при этом для кристаллов диффракционные фигуры имеют довольно сложный вид. Фюсс и Людлофф<sup>(5)</sup> и Г. Мюллер<sup>(6, 7)</sup> показали, что вид этих фигур и их интенсивность зависят от упруго оптических свойств кристалла. В кристаллах, как известно, возможно существование двух поперечных волн с различными скоростями и направления колебаний у которых взаимно перпендикулярны. В опытах Шеффера и Бергманна с кристаллами наблюдалась диффракция только от одной поперечной волны. В их опытах вторая волна имеет направление колебаний, совпадающее с направлением распространения света, и согласно Г. Мюллеру не должна вызвать диффракции. В условиях наблюдения диффрак-

ционных явлений, примененных Гидеманном, опыты с кристаллами не производились. В стекле же, как известно, скорость поперечных волн в различных направлениях одинакова, и поэтому диффракция всегда будет наблюдаться от волн, имеющих одну определенную скорость.

Представляется весьма интересным связать диффракционные явления от искусственно созданных поперечных волн с опытами Е. Ф. Гросса<sup>(8)</sup> по изучению структуры рэлеевской линии рассеяния в кристаллическом кварце. В этих опытах было обнаружено появление ряда добавочных компонент рэлеевской линии, не предусмотренных теориями Бриллюэна<sup>(9)</sup> и Манделштама<sup>(10)</sup>. Е. Ф. Гроссом было сделано предположение<sup>(11)</sup>, что эти компоненты вызываются рассеянием света от двух поперечных упругих тепловых волн Дебая. Так как рассеяние света от тепловых волн и диффракция света от ультразвуковых волн имеют одну природу, то, следовательно, изучение диффракции света от поперечных волн в кристаллах, помимо собственного большого интереса, представляет интерес и с точки зрения вопросов, связанных с рэлеевским рассеянием. Так, например, в соответствии с существованием компонент линии Рэля от двух поперечных тепловых волн следует ожидать существования и диффракции света от двух поперечных волн одновременно.

В данной статье мы дадим краткое описание некоторых наблюдений диффракционных явлений в кристаллах, произведенных нами по предложению проф. Е. Ф. Гросса. Более полные результаты экспериментов будут описаны в другом месте. В этих наблюдениях в качестве источника света мы пользовались щелью, расположенной параллельно фронту продольных волн и освещавшейся линейно поляризованным светом. Параллельный пучок света после коллиматора, пройдя изучаемый кристалл, фокусировался в плоскости фотографической пластинки. Перед фотографической пластинкой помещался николев-анализатор. Для получения возможно большей дисперсии употреблялся длиннофокусный объектив ( $F=600$  мм) и теленасадка. Диффракционные спектры или фотографировались в монохроматическом свете, или наблюдались визуально. Измеряя расстояние между диффракционными спектрами и зная постоянную прибора, можно было вычислить скорость упругих волн\*. Все наблюдения производились в диапазоне частот от 4 160 кГц до 4 660 кГц. Прежде всего было установлено, что в кристаллах кубической системы (KCl и NaCl) при возбуждении перпендикулярно плоскостям (0, 0, 1) и (0, 1, 1) диффракционные явления в поляризованном свете не отличаются от явлений, наблюдавшихся Гидеманном в стекле. Эти результаты подтверждают указание Г. Мюллера<sup>(7)</sup> об идентичности явлений диффракции от поперечных волн в стекле и в кубических кристаллах. Однако ввиду возможности существования в кристаллах при некоторой ориентации двух поперечных волн с различными скоростями диффракционные явления в кристаллах должны несколько отличаться от явлений в стекле.

В следующей таблице (стр. 770) даны полученные нами результаты измерений скорости поперечных волн в кристаллах KCl и NaCl при различных условиях возбуждения и наблюдения\*\*.

Из результатов, представленных в этой таблице, следует:

а) Сопоставляя значение модуля сдвига для KCl и NaCl, вычисленные из наших измерений, с данными Фогта<sup>(12)</sup>, измеренными статическими методами, можно сделать заключение, что диффракционные спектры,

\* Постоянная прибора вычислялась из измерения расстояния между диффракционными спектрами от продольных волн в дистиллированной воде, скорость которых хорошо известна.

\*\* Ось  $x$  кристалла совпадает с направлением [1, 0, 0], оси  $y$  и  $z$  соответственно с [0, 1, 0] и [001].

№	Вещество	Возбуждение перпендикулярно плоскости	Наблюдение перпендикулярно плоскости	$v_L$ — скорость продольных волн в м/сек	$v_T$ — скорость поперечных волн в м/сек	$\mu = v_T^2 \rho$ модуль сдвига в кг/мм <sup>2</sup>	$\mu$ — модуль сдвига по Фогту
1	KCl* . . . . .	(1,0,0)	(0,1,0)	4 590	1 810	657	655
2	NaCl . . . . .	(1,0,0)	(0,1,0)	4 820	2 455	1 320	1 294
3	NaCl . . . . .	(1,1,0)	(1,1,0)	—	2 445	1 310	1 294
4	NaCl . . . . .	(1,1,0)	(0,0,1)	4 560	2 900	1 840	—
5	NaCl . . . . .	(1,1,0)	(1,1,1)	—	2 920 2 435	—	—

\* Кристалл KCl выращен искусственно.

наблюдающиеся в скрещенных николях, действительно вызываются поперечными волнами.

б) При различных условиях возбуждения можно наблюдать диффракцию света как от первой, так и от второй поперечной волны, имеющих соответственно скорости 2 445 м/сек и 2 900 м/сек. Направления колебаний у этих двух волн взаимно перпендикулярны. Таким образом, например, в случае 3 (табл.) диффракцию света вызывает только волна, распространяющаяся со скоростью 2 445 м/сек, так как у второй волны при этом направление колебаний совпадает с направлением распространения света и поэтому диффракция от нее не наблюдается. Наоборот, в случае 4, когда кристалл повернут на 90° по отношению к случаю 3, при том же направлении возбуждения диффракция наблюдается только от второй волны со скоростью 2 900 м/сек.

В случае 3, как и следовало ожидать, скорость поперечных волн совпадает в пределах точности измерений со скоростью для случая 2. Эти наблюдения являются наглядным подтверждением справедливости основного положения теории диффракции света от ультразвуковых волн в твердых телах, заключающегося в том, что диффракция не вызывается теми волнами, направление колебаний которых совпадает с направлением распространения света. Укажем здесь также, что интенсивность диффракционных спектров от поперечных волн в случае 3 больше, чем в случае 4, при той же интенсивности возбуждения.

с) Наконец, можно ориентировать кристалл таким образом, чтобы направления колебаний обеих поперечных волн составляли углы 45° с направлением распространения света (случай 5 таблицы). В этом случае оказалось возможным наблюдать диффракцию света одновременно от двух поперечных волн. Как видно из таблицы, скорости обеих поперечных волн, как и следовало ожидать, совпадают в пределах точности измерений со скоростями в случаях 3 и 4. Интенсивность диффракционных спектров при этом очень мала.

Наблюдения диффракционных явлений производились нами при относительно малых интенсивностях ультразвука. В параллельных николях наблюдался лишь слабый 2-й порядок диффракции от продольных волн. При значительно больших интенсивностях можно было наблюдать в кристаллах KCl и NaCl вторичную диффракцию света от продольных волн, ранее диффрагированных на поперечных волнах. Такая многократная диффракция была уже ранее наблюдаема в стекле Бергманном (13).

Таким образом существование диффракции света от поперечных волн в кристаллах, а также возможность наблюдения диффракции одновременно от двух поперечных волн мы рассматриваем как подтверждение указанного выше предположения Е. Ф. Гросса о природе добавочных компонент рэлеевской линии рассеяния в кристаллах.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить благодарность профессору Е. Ф. Гроссу за ряд ценных указаний и за помощь в моей работе.

Физический институт  
Ленинградского государственного университета

Поступило  
14 I 1940

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> E. Hiedemann u. K. Hoesch, Naturwiss., **23**, 577 (1935); ZS. f. Phys., **96**, 268 (1935). <sup>2</sup> E. Hiedemann u. K. Hoesch, Naturwiss., **4**, 60 (1936); E. Hiedemann, ZS. f. Phys., **108**, 592 (1938). <sup>3</sup> C. Schaefer u. L. Bergmann, Naturwiss., **22**, 685 (1934); Sitzungsber. d. Preuss. Akad. Wiss., Math.-Phys. Kl., **14**, 222 (1935); L. Bergmann, Phys. ZS., **37**, 867 (1936). <sup>4</sup> N. S. Nagendra, Nath. Proc. Cambr. Phil. Soc., **34**, № 2, 213 (1938). <sup>5</sup> E. Fues u. H. Ludloff, Sitzungsber. d. Preuss. Akad. Wiss., Math.-Phys. Kl., **14**, 222 (1935). <sup>6</sup> H. Mueller, Phys. Rev., **52**, 223 (1937). <sup>7</sup> H. Mueller, ZS. f. Kristall., **99**, 122 (1938). <sup>8</sup> E. Gross, ZS. f. Phys., **63**, 685 (1930). <sup>9</sup> L. Brillouin, Annales de Phys., **17**, 88 (1922). <sup>10</sup> Л. Мандельштам, Журн. Русск. физ.-хим. общ., **5**, 172 (1924). <sup>11</sup> Е. Гросс, ДАН, XVIII, № 2, 93 (1938). <sup>12</sup> W. Voigt, Wied. Ann., **35**, 642 (1888). <sup>13</sup> L. Bergmann u. E. Fues, ZS. f. Phys., **1**, 109 (1938).