

тем больше, чем больше величина тока, и наблюдается для токов, разрушающих сверхпроводящее состояние.

Нетрудно объяснить наблюдаемое явление, если предположить, что деформация осуществляется движением дислокаций. Тогда колебательный характер ее движения должен вызывать более быстрое размножение дислокаций и, следовательно, ускорение деформации. Это широко известно для циклического действия нагрузки [8], температуры [9] и обсуждается в литературе под названием механической и термической усталости. По аналогии с этими явлениями ускоренную деформацию ВТСП при циклическом действии тока можно назвать «токовой усталостью».

Заметим, что движение двойниковых границ в ВТСП как результат действия нагрузки наблюдали в [10].

#### Список литературы

- [1] Griessen R. // Phys. Rev. B. 1987. V. 36. N 10. P. 5284—5290.
- [2] Ревенко Ю. Ф. // Тез. докл. I Всес. совещ. по высокотемпературной сверхпроводимости. Харьков, 1988. Т. 2. С. 136.
- [3] Будько С. Л., Гапотченко А. Г., Ицкевич Е. С. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 11. С. 3505—3507.
- [4] Песчанская Н. Н., Смирнов Б. И., Шпейзман В. В., Якушев П. Н. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 11. С. 3503—3505.
- [5] Песчанская Н. Н., Пугачев Г. С., Якушев П. Н. // Механика полимеров. 1977. № 2. С. 357—358.
- [6] Yamashita T., Kawakami A., Noge S., Yu W., Takada M., Komatsu T., Matsumita K. // Jap. J. Appl. Phys. 1988. V. 27. N 6. P. L1107—L1109.
- [7] Stucki F., Brüesch P., Baumann Th. // Physica C. 1988. V. 156. N 3. P. 461—466.
- [8] Орлова Т. С., Смирнов Б. И., Степанов В. А., Шпейзман В. В. // ФТТ. 1982. Т. 24. № 4. С. 1102—1109.
- [9] Баладин Ю. Ф. Термическая усталость в судовом машиностроении. Л.: Судостроение, 1967. 272 с.
- [10] Бобров В. С., Власко-Власов В. К., Емельченко Г. А., Инденбом М. В., Лебедев М. А., Осипьян Ю. А., Татарченко В. А., Фарбер Б. Я. // ФТТ. 1989. Т. 31. № 6.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Ленинград

Поступило в Редакцию  
14 марта 1989 г.

УДК 01.04.07

Физика твердого тела, том 31, в. 8, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 8, 1989

## МАНДЕЛЬШТАМ-БРИЛЛЮЭНОВСКОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛАХ

В. М. Маевский, А. Б. Ройцин

Мандельштам-бриллюэновское рассеяние света (МБР) лежит в основе одного из удобных и точных методов исследования упругих и упруго-оптических свойств вещества [1-3]. Трудности измерения МБР, связанные с малостью коэффициентов рассеяния и непрозрачностью образцов, преодолеваются с помощью современных методов регистрации малых световых потоков и благодаря применению высококонтрастных спектральных приборов [4, 5]. Существуют работы, посвященные изучению упругих  $C_{ij}$  и упругооптических  $P_{ij}$  констант с помощью МБР и в ЩГК [3, 6-8], но их число и количество исследованных кристаллов невелико. В отличие от других методов (например, поляризационно-оптических или ультразвуковых) здесь «используются» колебания решетки. Это дает возможность без применения сложной гиперзвуковой техники изучить упругие и упругооптические свойства в области гиперзвуковых частот  $\nu$ . В [7]

приводятся данные, которые интерпретируются как проявление зависимости  $C_{ij}$  от частоты звука, используемой при измерениях. И хотя эта точка зрения подвергается сомнению [9], представляет интерес ее проверить. В данной работе исследован МБР в NaCl, KCl, KBr и RbCl с целью получения констант  $C_{ij}$  и  $P_{ij}$  в гиперзвуковой области, сопоставления их с данными других авторов и оценки их дисперсии.

Расчет частот и интенсивности линий МБР проводился по методикам, изложенным в [1, 6], и по результатам в основном с ними согласуется. Из полученных выражений следует, что, используя различные ориентации падающего и рассеянного света, а также направления их поляризации, можно получить данные для определения величин и знаков всех констант  $C_{ij}$  и  $P_{ij}$ . Так, если для определения абсолютных значений  $P_{ij}$  использовать величину  $P_{12}$  для одного из кристаллов, взятую в качестве эталона (э), то

$$P_{12} = P_{12}^2 (I_{\perp}^L W_{3\rho} / I_{\parallel}^L W_{\rho_3})^{1/2} (\nu_L / \nu_L^3) (n_3/n)^5 (n+1)^2 / (n_3+1)^2, \quad P_{44} = \\ = P_{12} (\nu_T / \nu_L) (2I_{\perp}^T / I_{\perp}^L)^{1/2}, \quad P_{11} - P_{12} = 2P_{12} (I_{\parallel}^L W_{\perp} / I_{\perp}^L W_{\parallel})^{1/2}, \quad (1)$$

где  $W$  — мощность падающего света;  $\rho$  — плотность кристалла;  $n$  — его показатель преломления;  $I$  — интенсивность рассеянного света;  $L$  и  $T$  соответствуют продольному и поперечному фононам; индексы « $\parallel$ » и « $\perp$ » — поляризации падающего света, направленной параллельно и перпендикулярно плоскости рассеяния. Множитель  $(n+1)^2 / (n_3+1)^2$  введен для учета различия условий на границах кристаллов [10]. Первые две формулы из (1) относятся к случаям, когда свет падает и рассеивается вдоль направлений типа [100] и [110], третья — лишь к случаю [110]. Поскольку знаки констант  $P_{ij}$  известны, мы ограничились 90-градусной геометрией рассеяния.

Исследовались прямоугольные синтетические монокристаллы, выращенные из особо чистых материалов, с линейными размерами  $\approx 1$  см. Для

Упругие и упругооптические параметры ( $C_{ij}$  — в ед.  $10^{11}$  дн/см<sup>2</sup>,  $\rho$  — в г/см<sup>3</sup>)

	NaCl	KCl	KBr	RbCl
$n$	1.542 [14]	1.488 [14]	1.556 [14]	1.492 [13]
$\rho$	2.167 [14]	1.988 [14]	2.750 [14]	2.797 [13]
$C_{11}$	5.01 ± 0.05 [*] 4.69 [13] 4.87 [15]	4.10 ± 0.05 [*] 4.06 ± 0.01 [6]	3.50 ± 0.05 [*] 3.34 [7]	3.70 ± 0.05 [*] 3.74 ± 0.01 [6]
$C_{12}$	4.97 ± 0.02 [8] 1.41 ± 0.09 [*] 1.285 [13] 1.24 [15]	4.10 ± 0.02 [8] 0.72 ± 0.09 [*] 0.69 ± 0.04 [6]	0.57 ± 0.09 [*] 0.35 [7] 0.58 [15]	0.50 ± 0.09 [*] 0.72 ± 0.04 [6]
$C_{44}$	1.31 ± 0.03 [8] 1.22 ± 0.02 [*] 1.26 [15]	0.725 ± 0.010 [8] 0.63 ± 0.02 [* <sup>6</sup> ]	0.52 ± 0.02 [*] 0.47 [7]	0.48 ± 0.02 [*] 0.535 ± 0.02 [6]
$P_{11}$	1.27 ± 0.02 [8] 0.118 ± 0.012 [*] 0.115 ± 0.009 [3] 0.110 [16] 0.137 [13]	0.616 ± 0.03 [8] 0.238 ± 0.012 [*] 0.233 ± 0.013 [3] 0.170 [16] 0.2371 [18]	0.505 [15] 0.214 ± 0.012 [*] 0.228 [17] 0.2422 [18]	0.388 ± 0.012 [*]
$P_{12}$	0.161 ± 0.008 [3] 0.153 [16] 0.178 [13]	0.163 ± 0.008 [*] 0.169 ± 0.008 [3] 0.124 [16] 0.1819 [18]	0.164 ± 0.008 [*] 0.174 [17] 0.1913 [18]	0.154 ± 0.008 [*]
$P_{44}$	-0.010 ± 0.003 [*] -0.011 ± 0.001 [3] -0.0108 [13] -0.012 [17]	-0.030 ± 0.003 [*] -0.026 ± 0.002 [3] -0.0275 [18]	-0.021 ± 0.003 [*] -0.022 [17] -0.0237 [18]	-0.038 ± 0.003 [*] -0.044 [17]
$P_{11} - P_{12}$	-0.046 ± 0.004 [*] -0.040 [17] -0.043 [16]	0.072 ± 0.004 [*] 0.051 [17] 0.0552 [18]	0.048 ± 0.004 [*] 0.046 [17] 0.0508 [18]	0.117 ± 0.004 [*] 0.12 [17]

Примечание. [\*] — наст. раб. Неполные сведения об ошибках эксперимента связаны с отсутствием последних в соответствующих источниках.

экспериментов с направлениями света вдоль осей типа [100] использовались естественные плоскости скола, для направлений типа [110] производилась шлифовка и полировка образцов (точность  $\leq 1^\circ$ ). В качестве источника возбуждающего света применен лазер типа ЛГ-38 с  $\lambda = 6328 \text{ \AA}$  и мощностью  $\approx 50 \text{ мВт}$ . Для поворота плоскости поляризации возбуждающего света использовали пластинку  $\lambda/2$ . Анализ поляризации рассеянного света осуществлялся с помощью призмы Глана. Точность ориентации кристалла по отношению к направлению возбуждающего и рассеянного света  $\leq 0.5^\circ$ , угол раствора конуса рассеянного света  $\leq 2^\circ$ . В спектрометре применен трехпроходный интерферометр Фабри—Перо, сканируемый давлением. Регистрация рассеянного света осуществлялась по методу счета фотонов. Применение специальной призмы, аналогичной описанной в [11], для оптического усиления светосбора и нелинейного делителя напряжений [12], питающего фотоэлектронный умножитель ФЭУ-136, позволило увеличить сигнал примерно на порядок и работать без охлаждения ФЭУ.

Результаты и значения  $n$  и  $\rho$ , использованные при расчетах, приведены в таблице. Для определения констант  $P_{ij}$  в качестве эталонного взято значение  $P_{12}$  для NaCl [3]. Все остальные значения  $P_{ij}$  для NaCl и других кристаллов получены из [1]. Для сравнения приведены некоторые литературные данные [8, 14], полученные с использованием звуковых колебаний различной частоты. В частности, отметим, что наши данные по  $C_{ij}$  для КВг не согласуются с результатами по МБР из [7] и в противоположность им близки к данным [15], полученным с помощью ультразвука. В целом же из анализа имеющихся данных следует, что разброс значений  $C_{ij}$  и  $P_{ij}$ , полученных разными авторами и разными методами, не позволяет усмотреть частотную дисперсию этих параметров ни для одного из исследованных нами кристаллов.

#### Список литературы

- [1] Фабелинский И. Л. Молекулярное рассеяние света. М.: Наука, 1965. 511 с.
- [2] Vacher R., Boyer K. L. // Phys. Rev. B. 1972. V. 6. N 2. P. 639—673.
- [3] Benckert L., Bäckström G. // Phys. Rev. B. 1973. V. 8. N 12. P. 5888—5893.
- [4] Sandercock J. R. // R. C. A. Rev. 1976. V. 36. N 1. P. 89—107.
- [5] Фабелинский И. Л., Чистый И. Л. // УФН. 1976. Т. 119. № 3. С. 487—524.
- [6] Benedek G. B., Fritsch K. // Phys. Rev. 1966. V. 149. N 2. P. 647—662.
- [7] Kaplan H., Shaham J., Low W. // Phys. Lett. 1970. V. 31A. N 4. P. 201—202.
- [8] Benckert L., Bäckström G. // Phys. Scripta. 1975. V. 11. N 1. P. 43—46.
- [9] Флери П. Физическая акустика / Под ред. У. Мэсона и Р. Терстона. М.: Мир, 1973. Т. VI. Гл. 1. С. 55.
- [10] Чистый И. Л. // Тр. ФИАН. 1977. Т. 102. С. 129—201.
- [11] Васильев В. П., Голубовский О. М., Глуховской Б. М., Куфаль К. Э., Плись Я. Ф. // А. с. № 327864. Б. И. 1975. № 7.
- [12] Вегехин С. С., Гулаков И. Р., Перлев А. И., Резников И. В. Одноэлектронные фотоприемники. М.: Атомиздат, 1979. 189 с.
- [13] Landolt H. N., Börnstein R. Zahlenwerte und Funktionen aus Physik—Chemie—Astronomie—Geophysik—Technik. Berlin: Springer Verlag, 1962. Bd 11. H. 8. 65 s.
- [14] Блистанов А. А., Бондаренко В. С., Переломова Н. В., Стрижевская Ф. Н., Чкалова В. В., Шаскольская М. П. Акустические кристаллы. Справочник. М.: Наука, 1982. 632 с.
- [15] Galt J. K. // Phys. Rev. 1948. V. 73. N 12. P. 1460—1462.
- [16] Burstein E., Smith P. L. // Phys. Rev. 1948. V. 74. N 2. P. 229—230.
- [17] Smit J. // J. Appl. Phys. 1978. V. 49. N 5. P. 2935—2939.
- [18] Смушков И. В., Каплан М. С., Сумин В. И. // ФТТ. 1970. Т. 12. № 7. С. 1937—1940.

Институт полупроводников АН УССР  
Киев

Поступило в Редакцию  
15 марта 1989 г.