

- [1] Шмигг Д. В. Автореф. канд. дис. Л., ФТИ АН СССР, 1974.
 [2] Тучкевич В. М. Вестник АН СССР, 1985, № 5, с. 59—61.
 [3] Мамырин Б. А. Вестник АН СССР, 1985, № 5, с. 62—66.
 [4] Шмигг Д. В. ЖТФ, 1981, т. 51, № 5, с. 1024—1026.
 [5] Шмигг Д. В., Дубенский Б. М. А. с. 1241303. — Оpubл. в Б. И., 1986, № 24.
 [6] Мамырин Б. А. Автореф. докт. дис. Л., ФТИ АН СССР, 1966.
 [7] Шмигг Д. В., Дубенский Б. М. ЖТФ, 1984, т. 54, № 5, с. 912—916.
 [8] Бьюковский Ю. А., Неволин В. Н. Лазерная масс-спектрометрия. М.: Энергоиздат, 1985.

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

Поступило в Редакцию
8 июня 1987 г.

УДК 534.231.1

Журнал технической физики, т. 58, в. 5, 1988

ЗАТУХАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В КРИСТАЛЛАХ СИЛИКАТА ВИСМУТА

М. М. Азмеджанова, Ф. Р. Азмеджанов, В. В. Леманов, А. А. Петров

Кристаллы силиката висмута $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (точечная группа 23) представляют большой научный и практический интерес благодаря своим оптическим и акустическим свойствам.

Действительные компоненты тензора упругих постоянных для этих кристаллов измерялись в ряде работ (см., например, [1]). Что касается мнимых компонент, описывающих затухание акустических волн, то они практически не исследовались. В настоящей работе поставлена задача детального изучения комплексного тензора упругих постоянных $c_{iklm} = c'_{iklm} + ic''_{iklm}$ кристаллов $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ при комнатной температуре. Измерения проводились в частотном диапазоне 0.3—1.6 ГГц с помощью брэгговской дифракции света на звуке.

Кристаллы $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ выращивались методом Чохральского на установке Донец-1. В качестве исходных материалов использовались Bi_2O_3 и SiO_2 квалификации ОСЧ. Полученные кристаллы имели желтую окраску и не содержали видимых дефектов [2].

Исследованные образцы имели средние размеры $10 \times 5 \times 5$ мм. Акустические волны распространялись вдоль направлений [100], [110] и [111]. Точность ориентации образцов составляла около 1° . Продольные и поперечные акустические волны возбуждались пьезообразователями из кварца соответственно X- или Y-среза толщиной 70—100 мкм. В качестве источника света использовался гелий-неоновый лазер ЛГ-38. Коэффициент затухания акустических волн определялся по изменению интенсивности дифрагированного света $I(x)$ в разных точках образца вдоль направления распространения акустической волны

$$\alpha = \frac{10 \lg (I(x_1)/I(x_2))}{\Delta t},$$

где Δt — время распространения волны от точки x_1 к точке x_2 . Точность определения коэффициента затухания составляла около 5 %.

Результаты измерений на частоте 1 ГГц представлены на рис. 1 и в таблице. Скорости акустических волн определялись на частотах от 0.3 до 1.6 ГГц по углу брэгговской дифракции с точностью 0.5 % и методом оптического гетеродинамирования на частоте 10 МГц с точностью 0.1 % [3]. Полученные значения скоростей совпадают в пределах 0.5 %.

χ	γ	$v, 10^3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	$\alpha, \text{ дБ} \cdot \text{мкс}^{-1}$
[100]	[100]	3.77	3.2
	[100]	1.77	1.0
[110]	[110]	3.38	3.8
	[110]	2.33	0.85
	[001]	1.74	1.2
[111]	[111]	3.21	4.1
	[111]	2.11	1.0

Расчет величин $c'_{\alpha\phi\phi}$ и $c''_{\alpha\phi\phi}$ для волны с волновым вектором q и вектором поляризации γ проводился на основе измеренных значений v и α по формулам

$$c'_{\alpha\phi\phi} = \rho v^2, \quad c''_{\alpha\phi\phi} = 2c'_{\alpha\phi\phi} \frac{\alpha}{\Omega},$$

где ρ — плотность, Ω — круговая частота акустической волны.

Независимые компоненты тензора c_{ijklm} определялись из данных по скорости и затуханию непьезоактивных продольных и поперечных волн вдоль [100] и быстрых поперечных волн вдоль [110] с помощью соотношений

$$\rho v_L^2 = c'_{11}, \quad \alpha = (c''_{11}/2c'_{11}) \Omega,$$

$$\rho v_S^2 = c'_{44}, \quad \alpha = (c''_{44}/2c'_{44}) \Omega,$$

$$\rho v_S^2 = (c'_{11} - c'_{12})/2,$$

$$\alpha = ((c''_{11} - c''_{12})/2 (c'_{11} - c'_{21})) \Omega.$$

Полученные таким образом действительные и мнимые компоненты тензора упругих

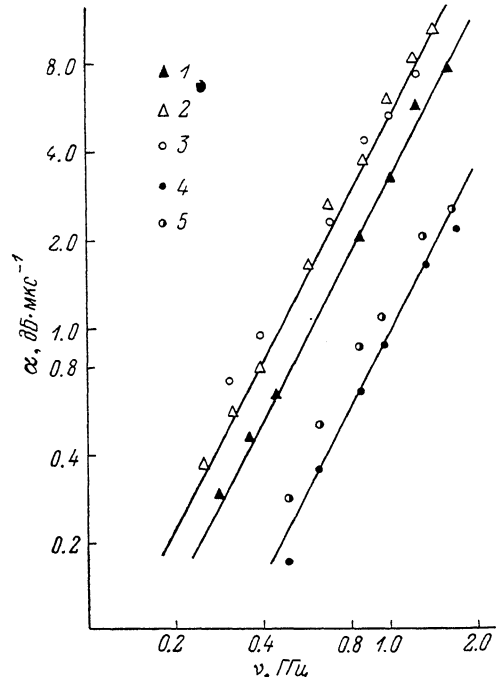


Рис. 1. Частотная зависимость затухания.

1, 2, 3 — продольные волны вдоль [100], [110], [111] соответственно; 4, 5 — быстрые и медленные поперечные волны соответственно вдоль [110]. Сплошные прямые проведены в предположении, что затухание зависит от частоты по квадратичному закону.

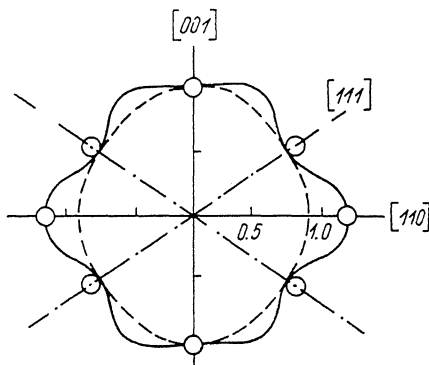


Рис. 2. Сечение поверхности акустического затухания плоскостью $(1\bar{1}0)$ для пьезоактивной медленной поперечной волны.

Сплошная и штриховая кривые — расчет с учетом и без учета вклада диэлектрических потерь соответственно. Затухание выражено в дБ·мкс⁻¹, частота 1 ГГц.

постоянных в единицах 10^{11} и 10^7 Н·м⁻² соответственно (мнимые компоненты определены для частоты 1 ГГц):

$$\begin{array}{cccccc} c_{11}'' & c_{12}'' & c_{44}'' & c_{11}'' & c_{12}'' & c_{44}'' \\ 1.31 & 0.31 & 0.245 & 1.54 & 1.23 & 0.09 \end{array}$$

Для продольных L волн вдоль [111] и медленных поперечных S волн вдоль [110] с поляризацией по [001], которые являются пьезоактивными, необходимо учитывать вклад диэлектрических потерь [4]. Тогда для этих волн получаем

$$c''_{\alpha\phi\phi}(L) = \frac{1}{3} (c''_{11} + 2c''_{12} + 4c''_{44}) + \frac{4}{3} \frac{e_{14}^2}{\epsilon_0 \epsilon} \operatorname{tg} \delta,$$

$$c''_{\alpha\phi\phi}(S) = c''_{44} + \frac{e_{14}^2}{\epsilon_0 \epsilon} \operatorname{tg} \delta,$$

где e_{14} — пьезоэлектрический коэффициент, ϵ — диэлектрическая проницаемость, $\operatorname{tg} \delta$ — тангенс угла диэлектрических потерь.

Из сравнения данных по скорости и затуханию пьезоактивных волн и значений c'_{ijklm} и c''_{ijklm} , приведенных выше, при $\epsilon=40$ получаем $e_{14}=1.2$ Кл·м⁻², $\operatorname{tg} \delta \approx 10^{-4}$, а коэффициент

электроμηχανической связи оказывается равным $K=0.24$ для продольных волн вдоль [111] и $K=0.41$ для поперечных волн вдоль [110].

Вклад диэлектрических потерь в затухание оказывается наиболее значительным для пьезоактивных поперечных волн вдоль [110] и составляет около 30 %, в то время как для продольных волн вдоль [111] этот вклад не превышает 5 %. В качестве примера на рис. 2 приведено сечение поверхности затухания плоскостью (110) для пьезоактивной медленной поперечной волны. Из этого рисунка видно, что экспериментальные результаты можно объяснить только с учетом вклада диэлектрических потерь.

Литература

- [1] *Rehwald W. J. Appl. Phys.*, 1973, v. 44, N 7, p. 3017—3021.
- [2] *Петров А. А., Доливо-Добровольская Г. И., Жданова В. В., Афанасьев Ю. Б.* Изв. АН СССР, Сер. неорг. материалы, 1984, т. 20, № 2, с. 266—270.
- [3] *Струков Б. А., Спиридонов Т. П., Минаева К. А.* ПТЭ, 1980, № 6, с. 154—156
- [4] *Шапошников И. Г.* ЖЭТФ, 1941, т. 11, № 2—3, с. 332—339.

Самаркандский государственный
университет им. А. Навои

Поступило в Редакцию
6 июля 1987 г.