

И. В. ПАЛАМАРЧУК, К. Н. БАРАНСКИЙ

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ВОЛН В НИОБАТЕ ЛИТИЯ НА ЧАСТОТЕ 9,4 Гц ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Исследование гиперзвука на частотах 3—10 Гц при комнатной температуре возможно лишь в небольшом числе кристаллов, обладающих особенно малым поглощением: ниобат лития, рубин, алмаз [1,2,3]. Для дальнейших применений гиперзвука представляет интерес экспериментальная оценка таких характеристик, как мощность, амплитудные значения смещения, деформации и напряжения гиперзвука в кристаллах. В настоящей работе исследованы эти характеристики продольных гиперзвуковых волн в ниобате лития на частоте 9,4 Гц при комнатной температуре.

Для возбуждения гиперзвука в ниобате лития использовался поверхностный способ возбуждения пьезокристалла в резонаторе [4]. Резонатор имел добротность  $\approx 1000$ . Настройка резонатора осуществлялась перемещением кристалла в емкостном зазоре с помощью микровинтовой подачи. Исследуемый образец представлял собой цилиндрический стержень, вырезанный вдоль оси симметрии третьего порядка, диаметром 3 мм и длиной 6 мм. От магнетронного генератора на вход резонатора подавались СВЧ-импульсы длительностью  $\tau = 0,4$  мксек, мощность которых достигала  $p_{\max} = 228$  вт. Измерения мощности производились радар-тестером. Для индикации эхо-импульса использовался приемник, имеющий чувствительность  $10^{-11}$  вт ( $-110$  дБ относительно 1 вт). Полученный при максимальной мощности продольный эхо-импульс превысил уровень шума приемника на 20 дБ и был ниже  $p_{\max}$  на 114 дБ. Предполагая, что коэффициент затухания гиперзвука при комнатной температуре  $\alpha \sim f^2$ , где  $f$  — частота гиперзвука, и, учитывая, что при 1 Гц в ниобате лития  $\alpha = 0,3$  дБ/см [5], можно оценить поглощение на частоте 9,4 Гц, как величину порядка 27 дБ/см, что согласуется и с оценкой, полученной в работе [2]. Затухание гиперзвука в образце при прохождении пути 1,2 см составило 32 дБ, а потери мощности на двойное преобразование — 82 дБ. Минимальная акустическая мощность, которую можно обнаружить приемником, составляет величину  $1,1 \cdot 10^{-7}$  вт, что соответствует амплитуде  $U_{\min} \approx 1,4 \cdot 10^{-14}$  см.

Из полученных оценок следует, что при максимальной СВЧ-мощности акустическая мощность, излучаемая возбудящей поверхностью в кристалл, имела величину  $1,8 \cdot 10^{-2}$  вт. В этих условиях амплитудные значения смещения в гиперзвуковой волне  $U \approx 3,9 \cdot 10^{-11}$  см, т. е. порядка 0,1% межатомного расстояния; колебательной скорости  $V \approx 2,3$  см/сек; деформации  $\epsilon \approx 3,1 \cdot 10^{-6}$ ; скорости деформации  $\dot{\epsilon} \approx 1,8 \cdot 10^5$  сек $^{-1}$ ; ускорения  $J \approx 1,4 \cdot 10^{11}$  см/сек $^2$ , что составляет  $1,4 \cdot 10^8$  g; напряжения  $\sigma \approx 7,9 \cdot 10^5$  дин/см $^2$  и градиента напряжения  $d\sigma/dx \approx 6,5 \cdot 10^{11}$  дин/см $^3$ . Следует заметить, что амплитудные значения  $\epsilon$  и  $J$  низкочастотного ультразвука той же мощности и, например, частоты 1 Мгц должны быть в  $10^4$  раз меньше, а смещение во столько же раз больше полученных значений для гиперзвука.

Естественно сравнить также гиперзвук с продольными тепловыми волнами того же интервала частот  $\Delta\nu = 1/\tau = 2,5$  Мгц, в телесном угле  $\Omega \approx 3 \cdot 10^{-7}$  рад., равном углу дифракции гиперзвука на излучающем торце стержня. Дебаевская температура ниобата лития  $\Theta_D \approx 500^\circ$  К. При  $T = 300^\circ$  К объемная плотность энергии тепловых волн  $E \approx 5,4 \cdot 10^{-8}$  эрг/см $^3$  [6], и плотность потока энергии в телесном угле  $\Omega$  при этом  $J \approx 4 \cdot 10^{-2}$  эрг/см $^2$ ·сек. Откуда амплитуду смещения в тепловой волне можно оценить, как величину порядка  $2,6 \cdot 10^{-15}$  см, т. е. всего в 10 раз меньше, чем  $U_{\min}$ , обнаруживаемая в этих опытах.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Смоляков Б. П., Мейльман Л. М., Ключев В. П., Шпилько И. А., Копвиллем У. Х. «Физика твердого тела», 9, 3002, 1967.
2. Григорьев М. А., Зюрюкин Ю. А., Наянов В. И., Полотнягин В. А., Шевчик В. Н. «Изв. АН СССР», сер. физич., 25, № 5, 1971.
3. Балабанов В. Н., Булгаков А. А., Чернец А. Н. «Изв. АН СССР», сер. физич., 35, № 5, 1971.
4. Баранский К. Н. «Кристаллография», 2, вып. 2, 299, 1957; ДАН СССР, 114, 517, 1957.
5. Спенсер Е., Ленцо П., Болмен А. «Тр. Ин-та инженеров по электротехнике и радиоэлектронике», т. 55, 1967, стр. 5.
6. Tables des faucons thermodynamique de Debye. Paul A. Giguere et Moris Boisvert. Univ. Naval Quebec., 1962.

Поступила в редакцию  
16.5 1972 г.

Кафедра  
общей физики для физиков