

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Богородский. Импульсный ультразвуковой метод исследования физических свойств льдов. Тр. семинара по физике и применению ультразвука. ЛЭТИ, 1958, стр. 76–86.
2. В. В. Богородский, А. В. Гусев, Г. П. Хохлов. Физика пресноводного льда. Л., Гидрометеиздат, 1971, стр. 227.
3. В. В. Богородский. Упругие характеристики льда. Акуст. ж., 1958, 4, 1, 19–23.
4. M. P. Langbein, E. R. Pounder. Ice and Snow, ed. W. D. Kingery, M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1963, p. 69–78.
5. Э. Паундер. Физика льда. М., «Мир», 1967, стр. 189.
6. J. Oliver, A. P. Crary, R. Cottell. Elastic waves in arctic pack ice. Trans. Amer. Geophys. Union, 1954, 35, 2, 282–292.
7. K. Hunkins. Seismic studies of sea ice. J. Geophys. Res., 1960, 65, 10, 3459–3472.
8. Е. М. Линьков. Изучение упругих свойств ледяного покрова в Арктике. Вестник ЛГУ, 1958, № 4, серия физика и химия, вып. 1, 17–22.
9. К. Цвицер, К. Костен. Звукопоглощающие материалы, М., Изд-во иностр. лит., 1952, стр. 160.
10. P. L. Chambré. Speed of Sound of Plane Wave in Gross Mixture. J. Acoust. Soc. America, 1954, 26, 3, 329–336.

Арктический и антарктический
научно-исследовательский институт

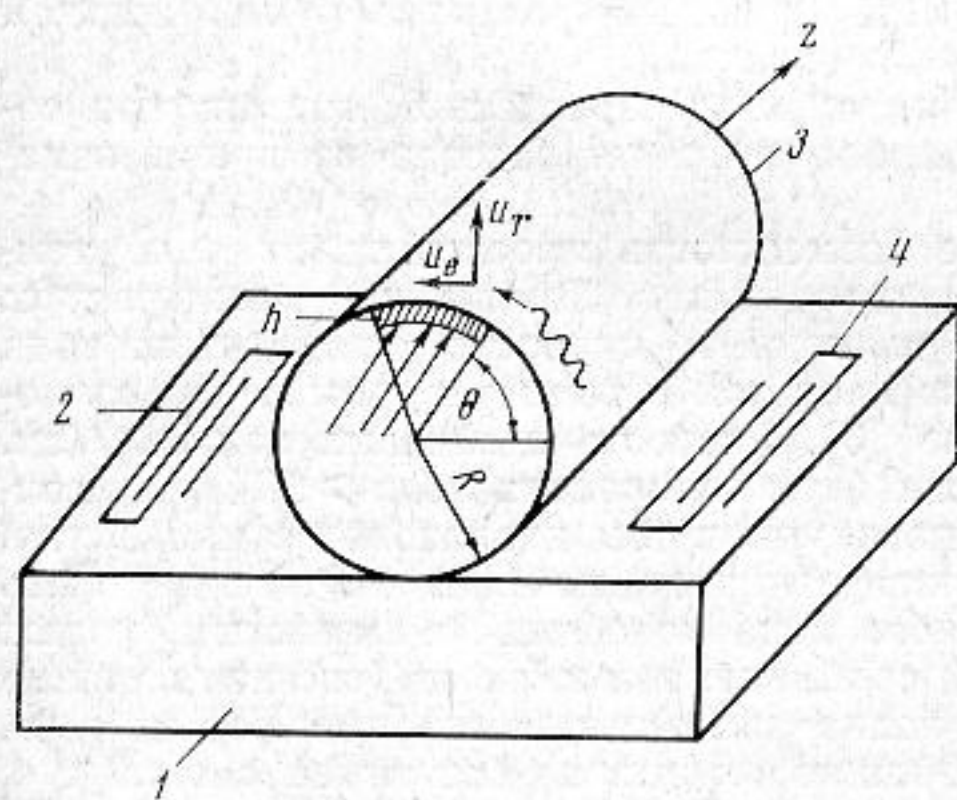
Поступила
1 октября 1973 г.
После исправления
20 мая 1974 г.

УДК 534.231.1:548

О ВОЛНАХ РЭЛЕЕВСКОГО ТИПА НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛА СУЛЬФИДА КАДМИЯ

*В. И. Васькова, И. А. Викторов, И. М. Сильвестрова,
А. А. Талашев*

В работе [1] теоретически показано, что на цилиндрических поверхностях кристаллов, обладающих плоскостью поперечной изотропии (например, в кристаллах структуры вюрцита — CdS, CdSe, ZnO, ZnS и др.), существуют точные решения уравнений упругости, имеющие вид бегущих по θ (где θ — угловая цилиндрическая координата) волн рэлеевского типа. Цель настоящей работы — экспериментальное под-



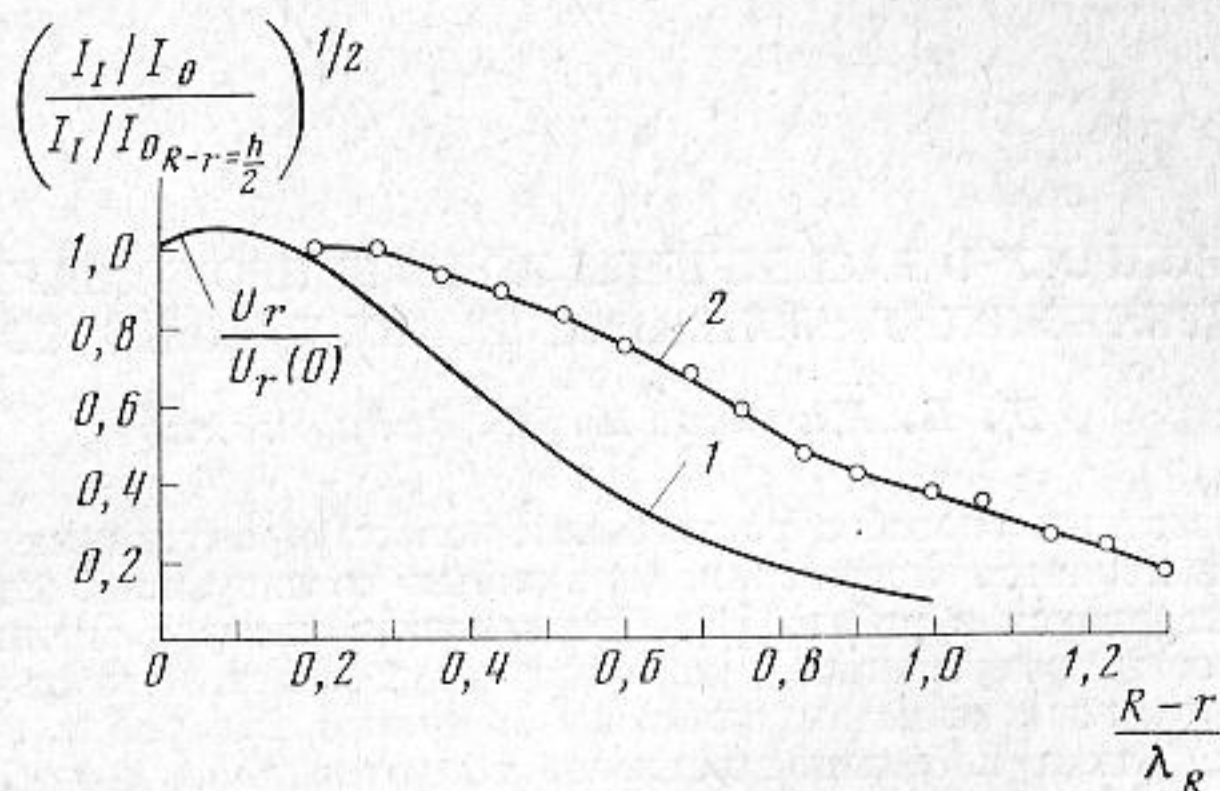
Фиг. 1. Схема акустической части экспериментальной установки

тверждение возможности существования таких волн на выпуклой цилиндрической поверхности кристалла CdS.

На фиг. 1 изображена акустическая часть экспериментальной установки. На плоской поверхности кристалла 1 CdS с помощью системы гребенчатых электродов 2 возбуждался импульс рэлеевских волн прямоугольной формы с длительностью 3 мксек и частотой заполнения 2,7 Мгц. К кристаллу 1 с помощью тонкого слоя салаля приклеивался цилиндр 3 из сульфида кадмия диаметром 8,5 и длиной 7 мм. Ось z цилиндра была параллельна гексагональной оси кристалла. Оба кристалла были изготовлены в ВНИИМонокристаллов методом, описанным в работе [2]. Плоские и цилиндрические поверхности кристаллических образцов были оптически полированными, а торцы цилиндра были параллельны с точностью не хуже 30'.

Рэлеевская волна, распространяясь через границу кристаллов 1, 3, частично трансформировалась в волну рэлеевского типа на цилиндре (с компонентами смещений U_r , U_θ), которая неоднократно обегала цилиндр, а на границе каждый раз частично трансформировалась в рэлеевскую волну на плоской поверхности. Импульсы рэлеевских волн, прошедшие «на прямую» и после пробегов по цилиндру регистрировались приемной системой электродов 4. Кроме того, волна на цилиндре регистрировалась еще методом дифракции света. Поляризованный в вертикальной плоскости

параллельный пучок света от гелий-неонового лазера с помощью специальной диафрагмы освещал заключенный между двумя радиусами участок торца цилиндра шириной 2 мм и высотой $h=0,26$ мм (заштрихованная область на фиг. 1). Освещаемый участок мог перемещаться по радиусу к центру цилиндра. Дифракционная картина в зоне Фраунгофера наблюдалась в плоскости фотокатода ФЭУ-28, сигнал с которого подавался на осциллограф. При указанной геометрии компонента смещения U_r в поверхностной волне должна была «создавать» дифракцию с поворотом плоскости поляризации светового пучка. И действительно, такая дифракция наблюдалась в виде двух симметричных максимумов с угловым расстоянием $\Delta\varphi = \lambda_{св}/\Lambda \sim \beta'$, где $\lambda_{св}$ — длина световой волны, Λ — длина поверхностной волны (длина пространственной периодичности на поверхности цилиндра).



Фиг. 2. Теоретическая (1) и экспериментальная (2) зависимости амплитуды нормированного радиального смещения в поверхностной волне от глубины

Для доказательства того, что волна на цилиндре является поверхностной, с помощью дифракции света снималось распределение амплитуды радиального смещения в волне от относительного расстояния $(R-r)/\lambda_R$ до поверхности (λ_R — длина рэлеевской волны). На фиг. 2 изображены указанные зависимости: теоретическая — 1 и экспериментальная — 2. Теоретическая кривая рассчитывалась по формулам из работ [1–3], для экспериментальной кривой нормированная амплитуда радиального

смещения $\hat{U}_r/\hat{U}_r(0)$ (где $\hat{U}_r(0)$ — амплитуда на поверхности) вычислялась [4] как квадратный корень из отношения интенсивности света в первом дифракционном максимуме к интенсивности в нулевом, деленный на такую же величину вблизи поверхности (на глубине, равной половине ширины световой щели $h/2=0,13$ мм). Как видно из графиков, в пределах точности наших измерений $\sim 30\%$ (это вызвано, в основном, небольшими размерами освещенной области в длинах λ_R и ее искривленностью) ход экспериментальной и теоретической зависимостей примерно одинаков и демонстрирует поверхностную локализацию исследуемой волны.

Определялись также фазовые и групповые скорости поверхностных волн на плоской и цилиндрической поверхностях CdS. Групповые скорости измерялись импульсным методом, фазовая скорость на цилиндрической поверхности определялась методом дифракции света на звуке (по отклонению дифракционного луча). Для групповых и фазовых скоростей получены следующие значения: плоская поверхность $c_R=c_{фаз}=c_{гр}=1,71 \cdot 10^5$ см/сек $\pm 0,07 \cdot 10^5$ см/сек (этот результат хорошо согласуется с данными других авторов [5, 6]), цилиндрическая поверхность с $R=6,7 \lambda_R$ ($k_R R=42$) $c_{фаз}=1,8 \cdot 10^5$ см/сек $\pm 0,2 \cdot 10^5$; $c_{гр}=1,72 \cdot 10^5$ см/сек $\pm 0,05 \cdot 10^5$ см/сек. Это качественно согласуется с теорией [3], согласно которой для волн рэлеевского типа на выпуклых цилиндрических поверхностях $c_{фаз}/c_R=1+\delta$, где $\delta > 0$, $\delta \sim 1/k_R R$, а $c_{гр}/c_R=1$ с точностью до членов $(1/k_R R)^2$.

Таким образом, экспериментальные данные подтверждают возможность существования поверхностных волн рэлеевского типа на цилиндрических поверхностях кристалла сульфида кадмия.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Викторов. Поверхностные волны на цилиндрических поверхностях кристаллов. Акуст. ж., 1974, 20, 2, 199—206.
2. Л. А. Сысоев, Б. Л. Тиман, А. С. Гершун, Э. К. Райскин, Л. В. Конвисар, В. К. Комарь. О выращивании кристаллов CdS для целей усиления ультразвука. Кристаллография, 1966, 11, 6, 933—935.
3. И. А. Викторов. Физические основы применения ультразвуковых волн Рэля и Лэмба в технике. М., «Наука», 1966.

4. E. P. Ippen. Diffraction of light by surface acoustic waves. Proc. IEEE, 1967, 55, 2, 248—249.
5. K. A. Ingebrigtsen, A. Tønning. Numerical data for acoustic surface waves in α -quartz and cadmium sulfide. Appl. Phys. Lett., 1966, 9, 1, 16—18.
6. F. W. Voltmer, E. P. Ippen, R. M. White, T. C. Lim, G. W. Farnell. Measured and calculated surface-wave velocities. Proc. IEEE, 1968, 56, 9, 1634—1635.

Акустический институт
Академии наук СССР

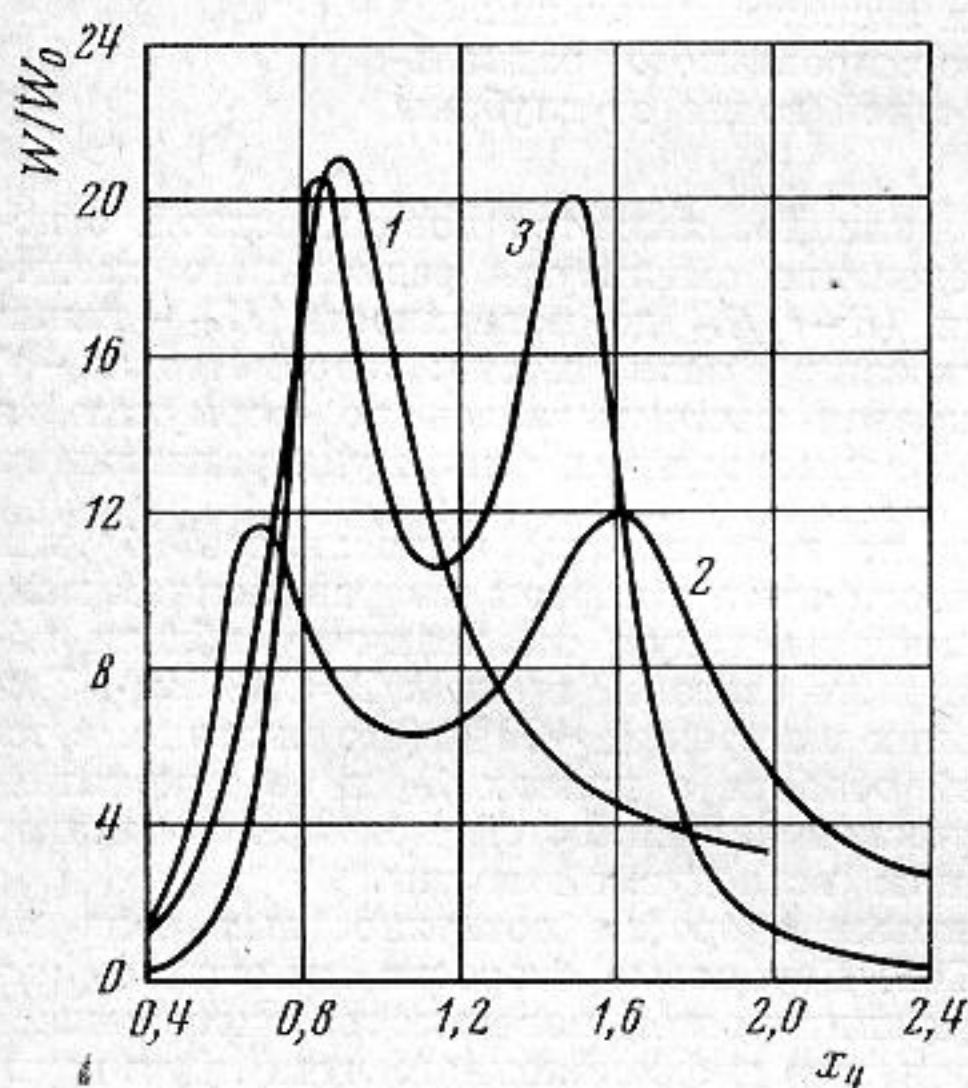
Поступила
14 октября 1974 г.

УДК 534.232

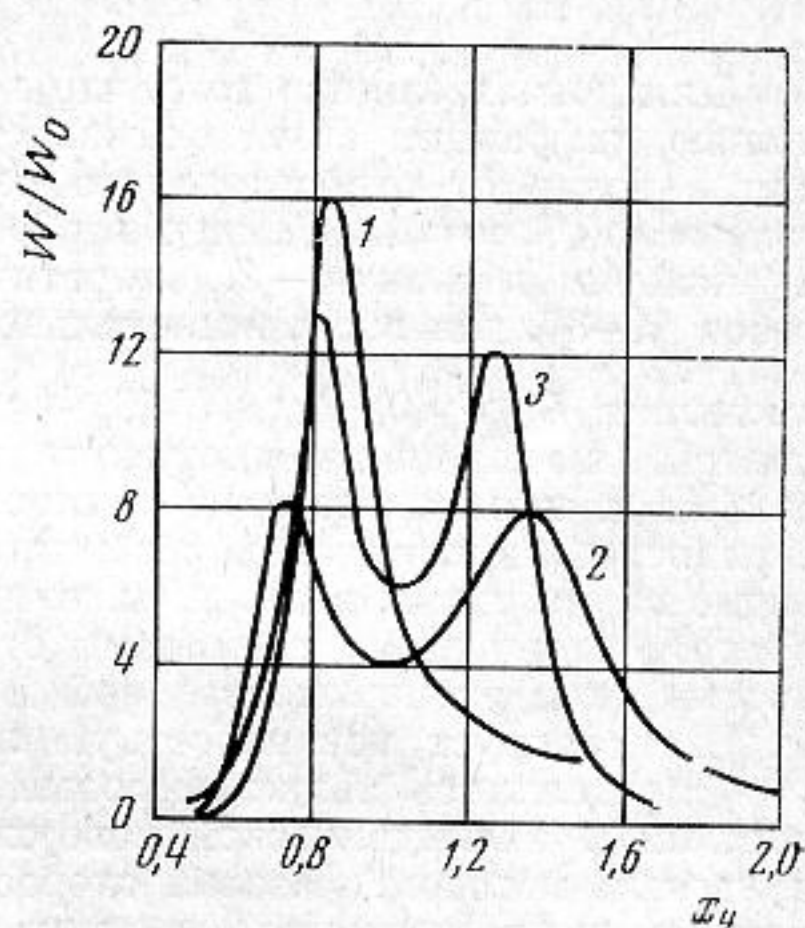
К ВОПРОСУ О РАСШИРЕНИИ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Д. В. Дианов, И. М. Задириенко

Одним из известных способов расширения полосы пропускания цилиндрических преобразователей является применение наружных согласующих слоев. Случай одного слоя рассматривался в работе [1]. Представляет интерес оценить возможности расширения полосы пропускания с помощью двух слоев. Практически интересен случай, когда наружный слой выполнен из тяжелого материала, например стали, а промежуточный имеет небольшое волновое сопротивление. Подобная комбинация



Фиг. 1



Фиг. 2

Фиг. 1. Частотные характеристики нормированной мощности излучения для пьезокерамического цилиндрического преобразователя с относительной толщиной стенки 0,14 (кривая 1) и для того же преобразователя с двумя переходными слоями оптимальной толщины (кривая 2 — промежуточный слой из эпоксидного клея, кривая 3 — промежуточный слой из воды)

Фиг. 2. То же, что на рис. 1, для случая относительной толщины стенки преобразователя 0,3

переходных слоев для преобразователей с плоской излучающей поверхностью позволяет расширить полосу пропускания при относительно небольших толщинах слоев [2].

Обозначим через r_4 и r_3 внутренний и наружный радиусы пьезокерамического цилиндра, через r_2 и r_1 — наружные радиусы соответственно промежуточного и внешнего цилиндрических слоев.

Обобщая результаты работы [1] на случай двух переходных слоев, можно получить выражение для мощности излучения на единицу длины цилиндра W (из-за