откуда следует, что

$$(2hf)_s^{\text{кр}} = \begin{cases} nv_l, \\ \dfrac{(2n-1)\,v_l}{2}; \end{cases} \qquad (2hf)_a^{\text{кр}} = \begin{cases} \dfrac{(2n-1)\,v_l}{2}, \\ nv_l, \end{cases} \quad n = 1,\ 2,\ 3\ldots \tag{11}$$

Критические частоты для [100] и [110] оказываются совпадающими. Как и в изотропном случае, они соответствуют целому числу половин длин продольных или поперечных волн на толщине пластины.

На ЭВМ были проведены численные расчеты скоростей нормальных волн в пластине кристалла NaCl ($c_{11} = 4{,}96\cdot 10^{11}$, $c_{12} = 1{,}24\cdot 10^{11}$, $c_{44} = 1{,}29\cdot 10^{11}$ *дин/см*^{2}, $\rho = 2{,}17$ *г/см*^{3}). Поиск корней производился в диапазоне скоростей $(1 \div 7)\cdot 10^5$ *см/сек* с шагом $0{,}01\cdot 10^5$ *см/сек*. Для каждого значения v по формулам (3), (4) вычислялись $\beta_{1,2}$ и далее отбирались те решения, которые удовлетворяют уравнениям (1), (2). Результаты расчетов первых пяти симметричных и антисимметричных волн для направлений распространения [100], [110] представлены в виде дисперсионных кривых на фигуре.

Полученные данные могут быть использованы в ряде прикладных задач, например, при конструировании дисперсионных кристаллических линий задержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Г. Меркулов, Д. А. Турсунов. Дисперсионные уравнения для нормальных волн в пластине кубического кристалла. Тр. VI Всесоюзной акустической конференции, 1968.
2. R. Stonely. The propagation of surface elastic waves in a cubic crystal. Proc. Roy. Soc., 1955, A232, 447—458.

Донецкий н.-и.
институт черной металлургии

Поступило в редакцию
13 февраля 1968 г.

УДК 534.22

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В РАЗРЕЖЕННЫХ ГАЗАХ ДО 20 000 *Мгц/атм*

Е. Д. Попов, В. Ф. Яковлев

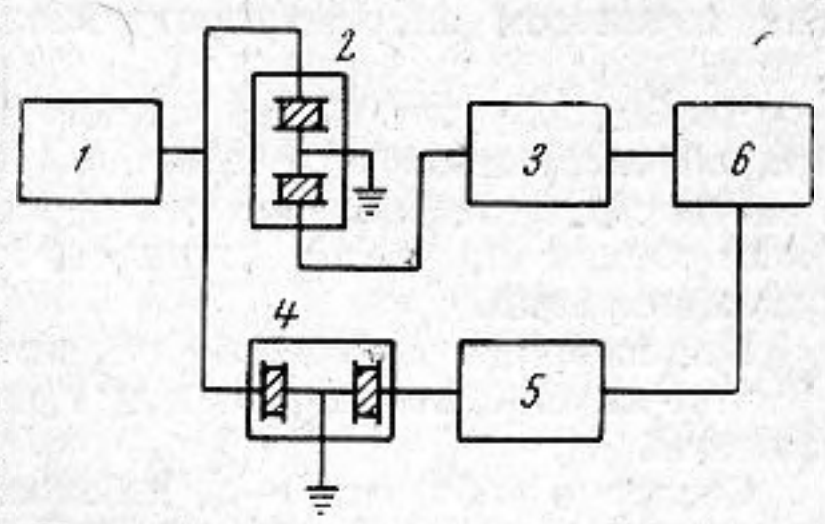
В работах [1, 2] по исследованию распространения ультразвука в разреженных газах точность измерения скорости ультразвука не превышала 10%. Это связано с большими трудностями измерений в газах при низких давлениях, когда длина свободного пробега молекул становится соизмеримой с длиной ультразвуковой волны. Ниже приводится описание ультразвукового интерферометра и предварительные результаты измерения скорости ультразвука в аргоне от 60 до 17 000 *Мгц/атм*, с точностью не менее 2%. Измерение длины ультразвуковой волны производилось путем регистрации фазы методом фигур Лиссажу, или с помощью фазового детектора.

Блок-схема установки приведена на фиг. 1. С кварцованного генератора *1* высокочастотный сигнал поступает на генерирующий кварц интерферометра *2*. Ультразвуковые колебания среды принимаются приемным кварцем, усиливаются усилителем *3* и подаются на пластины *Y* осциллографа, или на вход фазового детектора *6*. С того же генератора опорный сигнал подается на ультразвуковой фазовращатель *4*, усилитель *5* и затем на пластины *X*, или на вход опорного сигнала детектора *6*. Изменение акустического пути между кварцами в интерферометре *2* вызывает сдвиг фазы между сигналом, проходящим через исследуемую среду, и опорным сигналом, что обнаруживается на осциллографе по изменению формы эллипса, или по показаниям фазового детектора. Плавный акустический фазовращатель *4* представляет собой жидкостный интерферометр с переменной длиной акустического пути. Он позволяет смещать начало отсчета фазы в любую точку отрезка акустического пути интерферометра *2*, путем сдвига фазы по линии опорного сигнала. В процессе измерения фаза опорного сигнала не изменяется.

К конструкции механической части интерферометра предъявлялись следующие требования: возможность стабилизации параллельности кварцев в процессе измерения и сохранение ее на большом акустическом пути; возможность настройки на параллельность в любой период работы при закрытой камере. Это достигается тем,

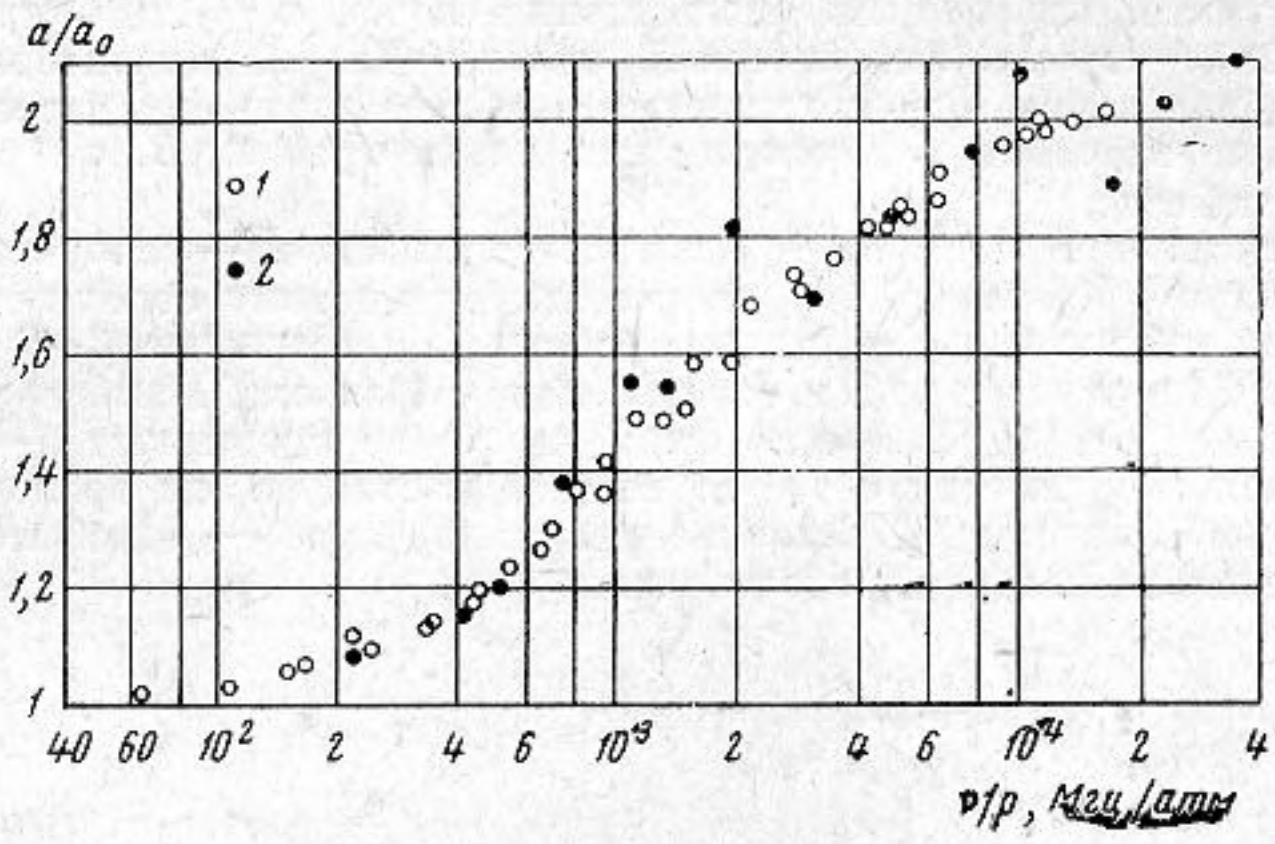
что верхний кварцедержатель крепится на кардановом подвесе. Собственный вес верхнего кварцедержателя ориентирует плоскость верхнего кварца всегда в одном положении при любом наклоне всего интерферометра. Нижний кварц закреплен неподвижно. Путем изменения положения интерферометра на фундаментной плите можно добиться параллельности верхнего и нижнего кварцев, что обнаруживается по максимуму акустического сигнала. Этот же карданов подвес позволяет сохранять параллельность неизменной при перемещении верхнего кварца.

Для сохранения химической чистоты исследуемого объекта все детали интерферометра были выполнены из нержавеющей стали и фторопласта. Контакты и токоподводящие проводники были выполнены из серебра. Измерение давления производилось без контакта исследуемого газа с ртутью манометра; система измерения давления не отличается принципиально от описанной в работе [3], значительно повышена лишь чувствительность конденсаторного датчика давления, а также пределы и точность компрессионного манометра. При проведении эксперимента колебания температуры на поверхности корпуса измерительной камеры в течение пяти часов не превышали 0,1°, что равносильно ошибке при измерении скорости на 0,02%. Отсчет перемещения кварца производился с точностью до 1 *мк*. Точность фиксации начала и конца отсчета расстояния при измерении фазы составляла ± 3 *мк*. Начало отсчета фазы проходящего сигнала выбиралось на расстоянии порядка 100 *мк* от излучающего кварца, момент изменения фазы на 2π принимался за конец отсчета.



Фиг. 1

На фиг. 2 приведен график зависимости a / a_0 от ν / p, где a_0 — лапласовская скорость ультразвука, a — экспериментальное значение скорости ультразвука. Нами



Фиг. 2

были проведены измерения скорости ультразвука в аргоне на собственной частоте кварца 0,511 *Мгц*, при температуре 30°. На фиг. 2, *1* — результаты данных измерений, *2* — результаты аналогичных измерений, представленных в работе [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Greenspan. Propagation of sound in fire monatomic gases. J. Acoust. Soc. America, 28, 4, 644—648.
2. E. Mayer, J. Sessler. Schallausbreitung in gasen bei hohen Frequenzen und sehr neidrigen Drucken. Z. Phys., 1957, 149, 1, 15—79.
3. В. А. Башлачев, Е. Д. Попов. Особенности интерферометрических измерений в парах и газах при высоких значениях ν / p. Ультразвук. техн., 1966, 5, 52—55.

Московский областной
педагогический институт
им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию
15 апреля 1968 г.