

7. T. O. Woodruff, H. Ehrenreich. Absorbtion of sound in insulators. Phys. Rev., 1961, 123, 1553—1559.  
 8. Н. И. Сирота, Л. И. Бергер. Теплопроводность арсенидов индия и галлия, селенида и телурида индия. Инж.-физ. ж., 1958, 1, 11, 116—120.

Институт физики полупроводников  
 СО АН СССР  
 Новосибирск

Поступило в редакцию  
 5 мая 1965 г.

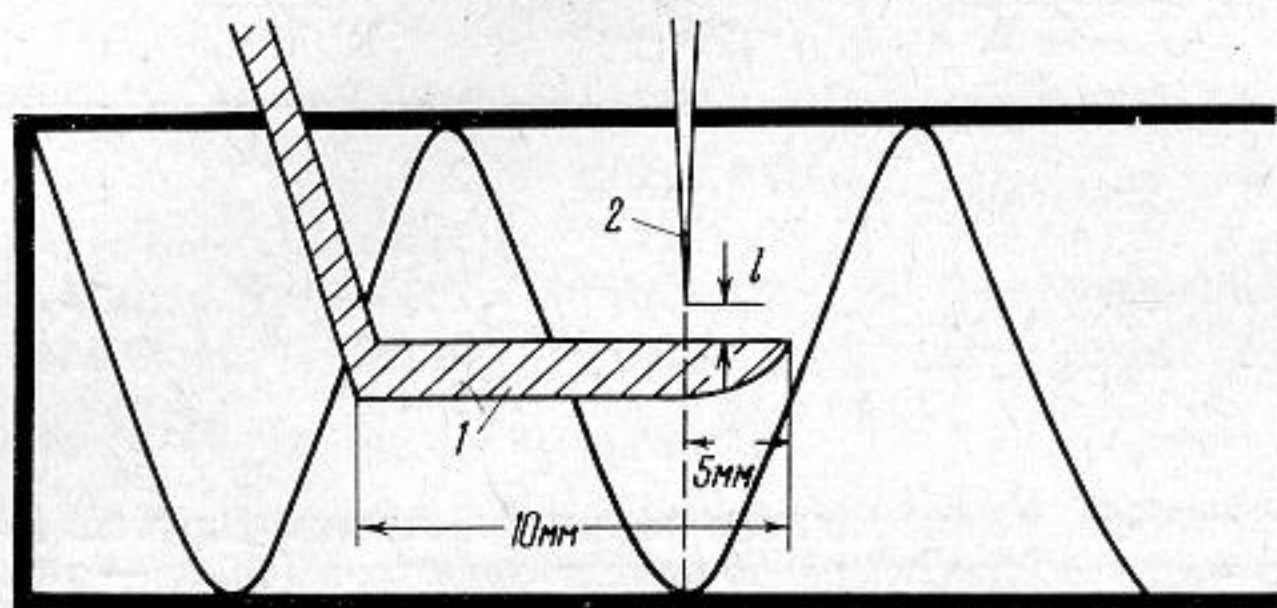
УДК 534.29:532.526

## ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ НАЛИЧИИ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ

Ю. Я. Борисов, Ю. Г. Статников

Известно, что в звуковом поле ряд гетерогенных процессов значительно ускоряется, причем некоторые исследователи, например, Ниборг [1], предполагают, что вся эта группа явлений может быть объяснена изменением толщины пограничного гидродинамического слоя, от которого, в свою очередь, зависят диффузионные и температурные пограничные слои, влияющие на скорость процесса.

Изучение изменений параметров пограничного слоя при воздействии упругих колебаний среды связано (вследствие его малой толщины) со значительными труд-



Фиг. 1

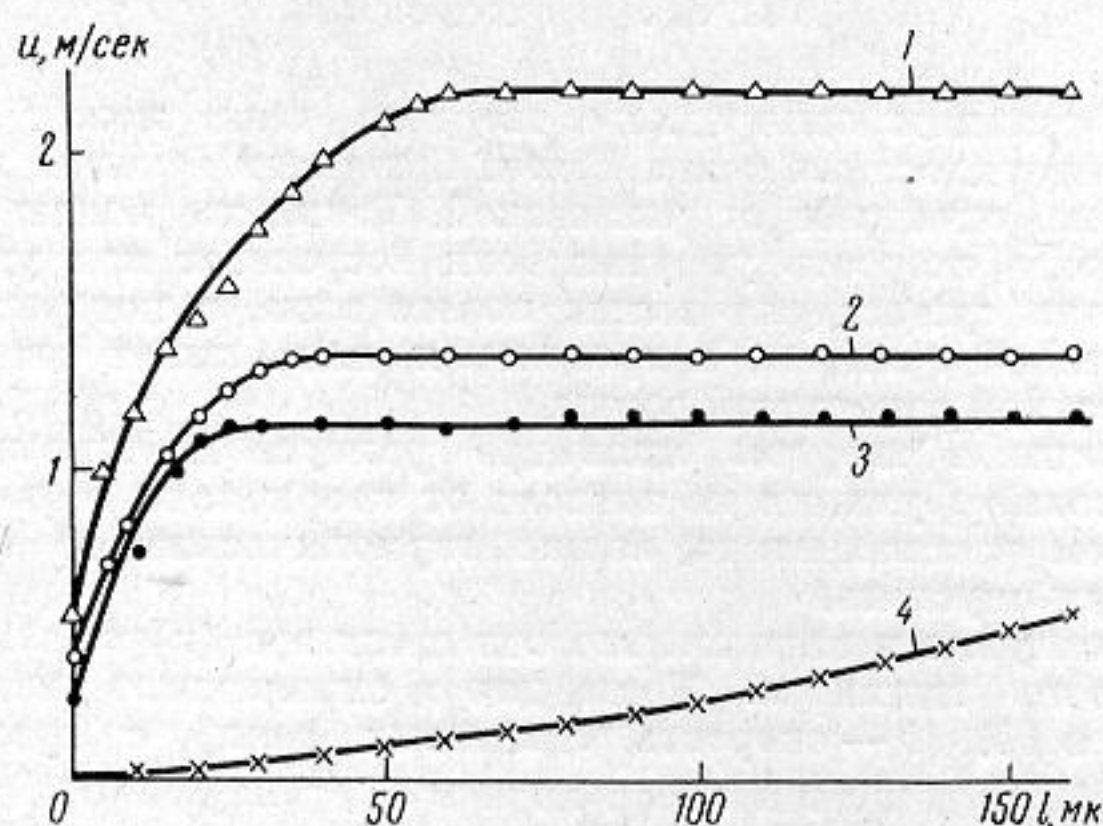
ностями. Поэтому при такого рода опытах пользуются вязкими жидкостями и работу проводят на низких частотах. Так, Вестервельт [2] определял толщину пограничного слоя на частотах 80—160 *гц* методом визуализации потоков в глицерине.

В связи с исследованиями влияния звуковых колебаний на процессы тепло-массообмена, протекающие в газовых средах, возникла необходимость измерить толщину гидродинамического пограничного слоя в реальных условиях в диапазоне средних звуковых частот.

Нами были проведены измерения толщины пограничного слоя в воздухе; опыты проводились в измерительной трубе (фиг. 1) с поперечным сечением  $40 \times 40$  мм<sup>2</sup>, в которой при помощи сирены УЗГ-7Г создавалась плоская стоячая волна на частотах выше 1 *кГц*. Пластина 1 размером  $10 \times 40$  мм<sup>2</sup> устанавливалась вдоль направления распространения звуковых волн. Распределение скорости потока в пограничном слое у пластины определялось при помощи термоанемометра с постоянной температурой фирмы Диза (Дания). Датчик термоанемометра 2 с проволокой толщиной 5 мк располагался над пластиной в пучности скорости, т. е. там, где микропотоки, возникающие в результате взаимодействия звукового поля с жесткой поверхностью, имеют максимальное значение. Начальное положение датчика устанавливалось при помощи горизонтального микроскопа, вертикальное перемещение датчика осуществлялось автоматическим устройством через 1 мк. Обработка результатов измерений проводилась в соответствии с рекомендациями, приведенными в работе [3], где учитывалось влияние пластины, расположенной вблизи датчика, на показания термоанемометра.

Результаты измерений представлены на фиг. 2 и 3. На фиг. 2 показаны распределения скорости постоянной потока, возникающего над пластиной при наличии стоячей звуковой волны с давлением в пучности  $1,2 \cdot 10^4$  бар. По оси абсцисс отложено расстояние от поверхности пластины по нормали, по оси ординат — значения скорости, измеренные термоанемометром, откалиброванным в постоянном потоке. Кривые отвечают различным частотам: 1 — 1,2 *кГц*, 2 — 2,2 *кГц*, 3 — 4 *кГц*.

На фиг. 3 распределение скорости дано для частоты 4 кгц в функции звукового давления в пучности как параметра. Кривые 1, 2, 3 и 4 отвечают значениям звукового давления  $7,6 \cdot 10^3$ ,  $1,2 \cdot 10^4$ ,  $1,6 \cdot 10^4$  и  $2,4 \cdot 10^4$  бар. Следует, однако, учесть, что теплоотдача нагретой проволоки зависит не только от постоянного потока, но и от его



Фиг. 2

пульсационной составляющей, поэтому величина  $U$  представляет собой скорость микропотока, измеренную с некоторой ошибкой из-за влияния колебательной скорости.

Как видно из приведенных графиков, даже при расположении датчика непосредственно у измеряемой пластины ( $l \approx 0,5$  мм) термоанемометр дает некоторое (не нулевое) значение скорости. Это объясняется конечной толщиной проволоки датчика и недостаточной параллельностью ее по отношению к поверхности пластины. На фиг. 2 для сравнения проведено распределение скорости постоянного потока над пластиной при отсутствии звуковых волн, полученное при продувке пластины в аэродинамической трубе (кривая 4). При этом средняя скорость постоянного потока воздуха вдали от пластины ( $l = 10$  мм) была равна 2 м/сек.

Измерения скоростей вблизи пластины на различных частотах показали, что толщина пограничного слоя в пределах точности измерений практически не зависит от звукового давления в диапазоне  $(7,6 \div 24) \cdot 10^3$  бар. При уровнях звука меньше  $4 \cdot 10^3$  бар (146 дб), когда скорость потоков, вызванных звуком, существенно снижается [4], измерение скоростей оказывается невозможным ввиду недостаточной чувствительности термоанемометра.

Толщина пограничного слоя  $\delta$ , как это следует из фиг. 2, зависит от частоты звука и составляет для частот 1,2; 2,2 и 4,0 кгц соответственно 55, 36 и 25 мм, что приблизительно укладывается в зависимость  $\delta \approx 1/\sqrt{f}$ . Сравнение толщины пограничного слоя для стационарного потока ( $U = 2$  м/сек,  $\delta = 10$  мм) и слоя, вызванного звуковым полем (при амплитуде колебательной скорости  $\approx 2$  м/сек, т. е. при  $p_3 = 7,6 \cdot 10^3$  бар), показывает, что воздействие звука позволяет уменьшить эту толщину приблизительно на два порядка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. W. L. Nyborg. Sonically-induced microstreaming near a plane boundary. J. Acoust. Soc. America, 1960, 32, 10, 1242—1250.
2. P. L. Westerwelt. Acoustical streaming in the vicinity of cylinder. J. Acoust. Soc. America, 1954, 26, 6, 1006—1014.
3. J. A. B. Wills. Measurement of thermoanemometr. J. Fluid Mech., 1962, 12, 3, 388—396.
4. Ю. Я. Борисов, Ю. Г. Статников. К вопросу о потоках, возникающих в стоячей звуковой волне. Акуст. ж., 1966, 11, 1, 35—41.

Акустический институт АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
23 мая 1965 г.