

из пучности в узлы давления стоячей звуковой волны, где нормальная составляющая максимальной скорости микротока направлена к поверхности реакции.

Экспериментальная часть настоящей работы выполнена в Акустическом институте АН СССР.

### ЛИТЕРАТУРА

1. М. Е. Архангельский. Ускоряющее действие звука на процесс проявления фотографической эмульсии. Акуст. ж., 1960, 6, 2, 180—186.
2. М. Е. Архангельский, Ю. Г. Статников. Механизм ускорения гетерогенных процессов в стоячем звуковом поле. Акуст. ж., 1968, 14, 4, 514—518.
3. А. В. Бондаренко. К вопросу о механизме действия ультразвука на процесс электрокристаллизации металла. Тр. Новочеркас. политех. ин-та им. С. Орджоникидзе, 1962, 133, 59—77.
4. R. Penn, E. Yeager, F. Novorka. Effect of ultrasonic waves on concentration gradients. J. Acoust. Soc. America, 1953, 31, 10, 1372—1376.

Государственная центральная  
художественная научно-реставрационная  
мастерская им. И. Э. Грабаря  
Москва

Поступило в редакцию  
9 октября 1967 г.

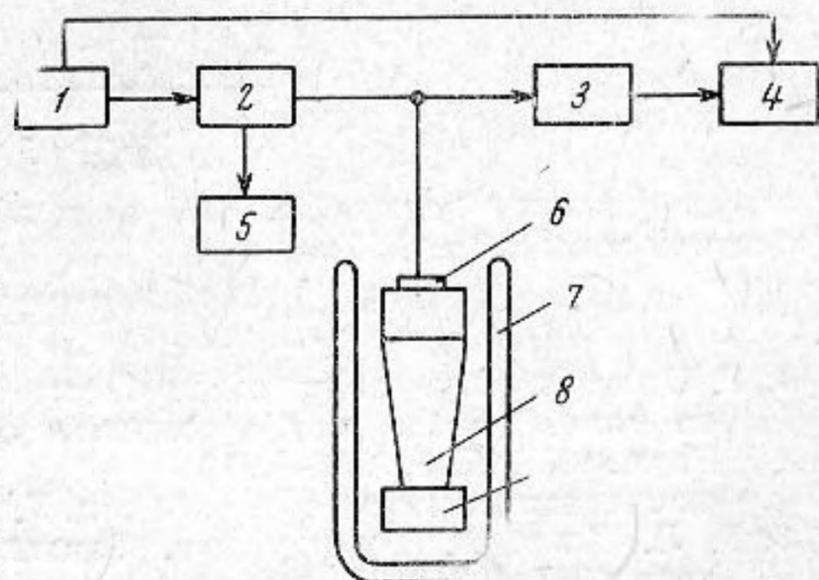
УДК 534—16

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Б. А. Бобылев, А. Ф. Кравченко

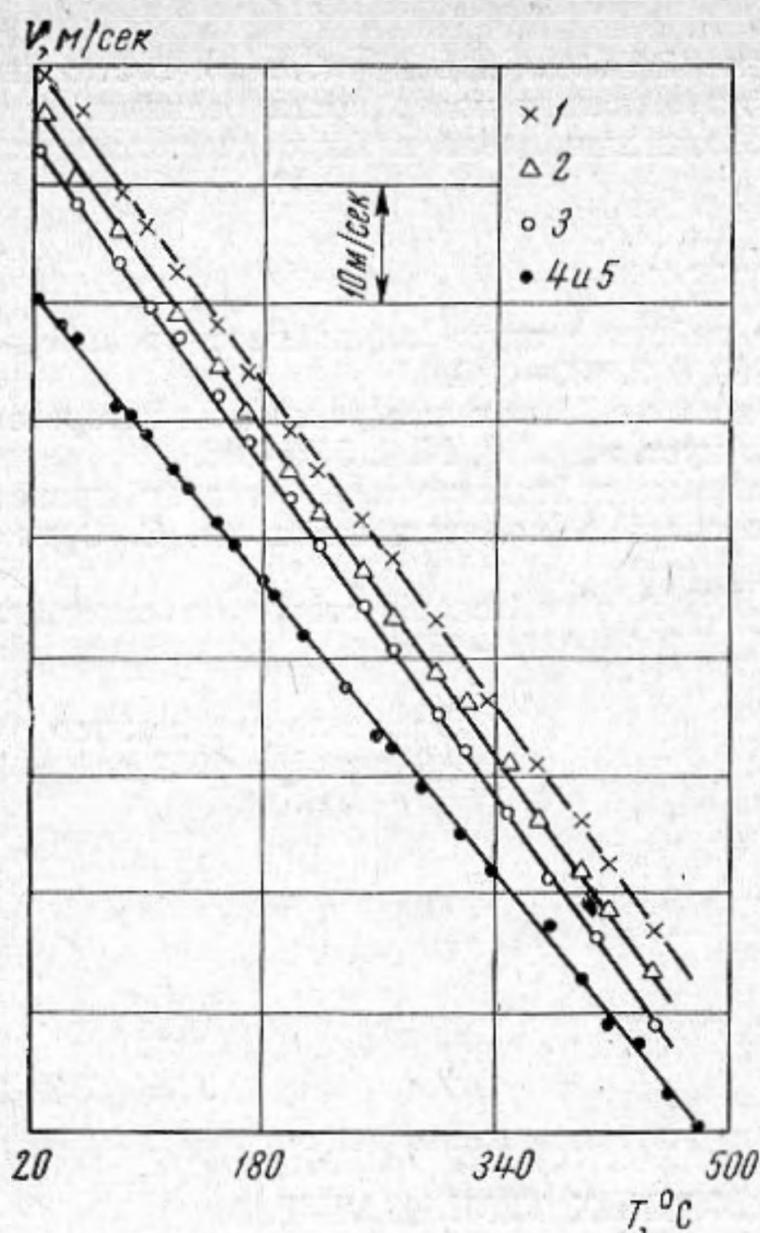
В тех случаях, когда концентрация свободных носителей заряда оказывает заметное влияние на упругие постоянные полупроводников, по температурным зависимостям скорости ультразвука можно оценить эффективную массу плотности состояний носителей. Для ее определения мы провели измерение скорости ультразвуковых волн в арсениде галлия *n*- и *p*-типа в интервале температур 300—750° К. Выбранная температурная область позволяла проверить влияние заселенности дополнительных минимумов <100> зоны проводимости GaAs на упругие постоянные, поскольку оценочные расчеты этого эффекта, проведенные по методу [1], показывают, что используемой нами методикой измерения скорости возможно обнаружить рассматриваемый эффект.

Мы измеряли скорость продольных волн, распространяющихся в направлении <110>, на частоте 40 Мгц методом импульсного интерферометра [2], блок-схема которого приведена на фиг. 1, где 1 — синхронизирующий генератор видеоимпульсов, 2 — генератор радиоимпульсов, 3 — супергетеродинный приемник, 4 — осциллограф, 5 — частотомер, 6 — кварцевый преобразователь, 7 — криостат, 8 — буферный стержень из плавленого кварца, 9 — образец. Измерения выполнены в вакууме при  $10^{-4}$  мм рт. ст. в диапазоне температур 300—750° К. Для исследования были выбраны образцы арсенида галлия, характеристики которых при 300° К приведены в таблице.



Фиг. 1

| № п/п | Тип проводимости | Концентрация свободных носителей заряда, $M^{-3}$ | Скорость при 300° К, $M \cdot сек^{-1}$ |
|-------|------------------|---|---|
| 1     | <i>n</i>         | $1,2 \cdot 10^{25}$                               | 5260                                    |
| 2     | <i>n</i>         | $7 \cdot 10^{21}$                                 |   |
| 3     | <i>p</i>         | $\sim 10^{19}$                                    | 5230                                    |
| 4     | <i>p</i>         | $4 \cdot 10^{25}$                                 |   |
| 5     | <i>p</i>         | $3,8 \cdot 10^{25}$                               |   |



Фиг. 2

На фиг. 2 приведены температурные зависимости скорости ультразвука; обозначения 1—5 отвечают номерам образцов. Зависимости достаточно хорошо следуют линейному закону, причем для образцов вырожденного  $p$ -GaAs зависимость имеет меньший наклон. Интересно отметить, что уровень поглощения при высоких температурах был приблизительно таким же, как и при комнатной температуре.

Как показывают результаты эксперимента, наклон температурной зависимости не изменялся с ростом концентрации электронов в  $n$ -GaAs и, следовательно, мы не смогли обнаружить влияние заселенности дополнительных минимумов энергии зоны проводимости на упругие постоянные материалов. По-видимому, это обусловлено увеличением эффективной массы плотности состояний центрального минимума энергии при больших концентрациях свободных электронов.

Меньший наклон температурной зависимости скорости в сильно легированном  $p$ -GaAs, очевидно, обусловлен вкладом свободных дырок в сдвиговую упругую постоянную [3]. Величина, на которую отличается наклон, опреде-

ляется коэффициентом  $\frac{1}{KT} \cdot \frac{F_{1/2}^1}{F_{1/2}}$ ,  $F_{1/2}^1$

и  $F_{1/2}$  — интегралы Ферми, если считать, что полная концентрация, константы деформационного потенциала и эффективные массы дырок в вырождении  $p$ -GaAs не зависят существенно от температуры.

Учитывая, что разность скоростей при  $300^\circ\text{K}$  равна  $30 \text{ м/сек}$  (см. таблицу), находим

$$2 \frac{F_{1/2}^1 \left( \frac{\zeta}{kT_{300}} \right) \cdot F_{1/2} \left( \frac{\zeta}{kT_{600}} \right)}{F_{1/2}^1 \left( \frac{\zeta}{kT_{600}} \right) \cdot F_{1/2} \left( \frac{\zeta}{kT_{300}} \right)} \approx 1,5;$$

откуда уровень Ферми  $\zeta \approx 0,077 \text{ эв}$  и эффективная масса плотности состояний валентной зоны  $m^* \approx 0,55 m_0$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. P. Csavinsky. Effect of the thermal population of the (000) and (100) conduction bands on the elastic constants of heavily doped  $n$ -type germanium. J. Appl. Phys., 1966, 37, 5, 1967—1973.
2. Физическая акустика, т. I, ч. А, ред. У. Мезон. М., ИЛ, 1966, стр. 380.
3. Г. Л. Бир, А. Турсунов. Влияние дырок на упругие постоянные. Физ. тела, 1962, 4, 9, 2625—2625.

Институт физики полупроводников  
СО АН СССР  
Новосибирск

Поступило в редакцию  
25 июля 1967 г.

УДК 534.874

### К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ АКУСТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА НАПРАВЛЕННЫЕ СВОЙСТВА ПРИЕМНЫХ МНОГОЛУЧЕВЫХ АНТЕНН

И. В. Вовк, В. А. Гайдай, В. И. Мацукый

Известно, что акустическое взаимодействие электроакустических преобразователей может оказать значительное влияние на направленные свойства приемных антенн — решеток [1, 2]. Рассмотрим, к каким эффектам может привести взаимодействие преобразователей в многолучевых приемных рефлекторных антеннах.