

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕССЫ РОСТА И РАСТВОРЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ В КАПЛЕ РАСТВОРА

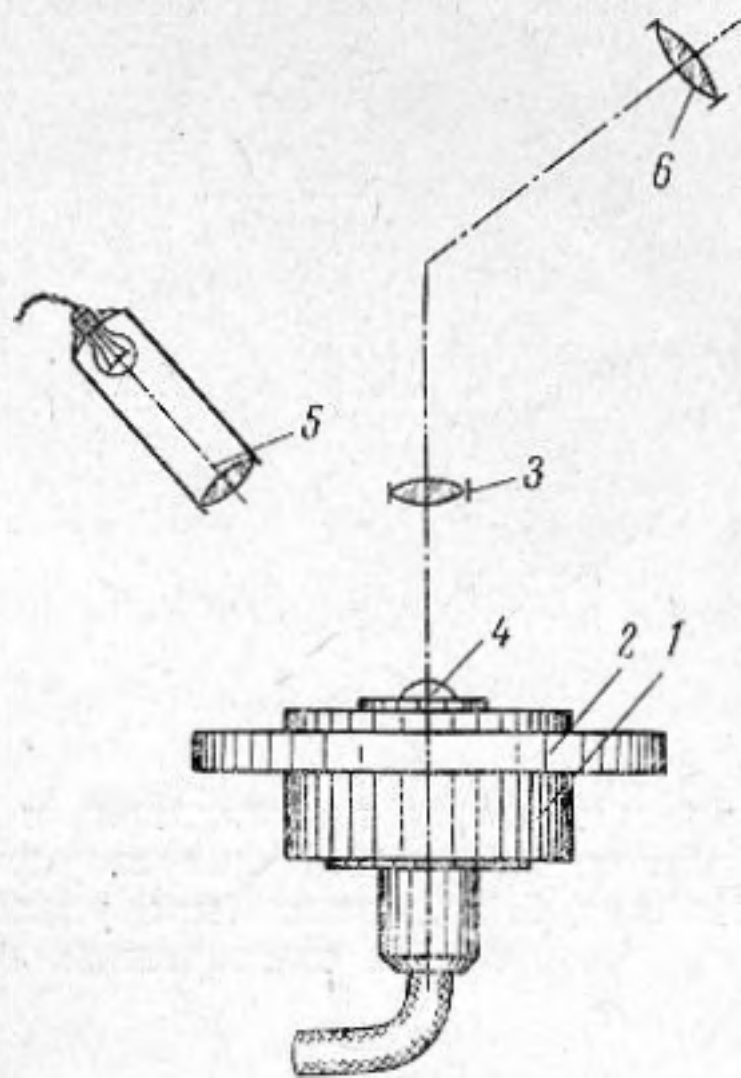
*В. К. Беляев, И. И. Решетняк*

При исследовании влияния ультразвука на процессы кристаллизации применялись различные методы введения ультразвука в кристаллизатор и различные способы наблюдения. В работах [1, 2] описан метод введения ультразвука через дно кристаллизатора. Этот метод получил широкое распространение ввиду его простоты и эффективности использования ультразвукового поля. Способы наблюдения процессов кристаллизации описаны в работах [3—6].

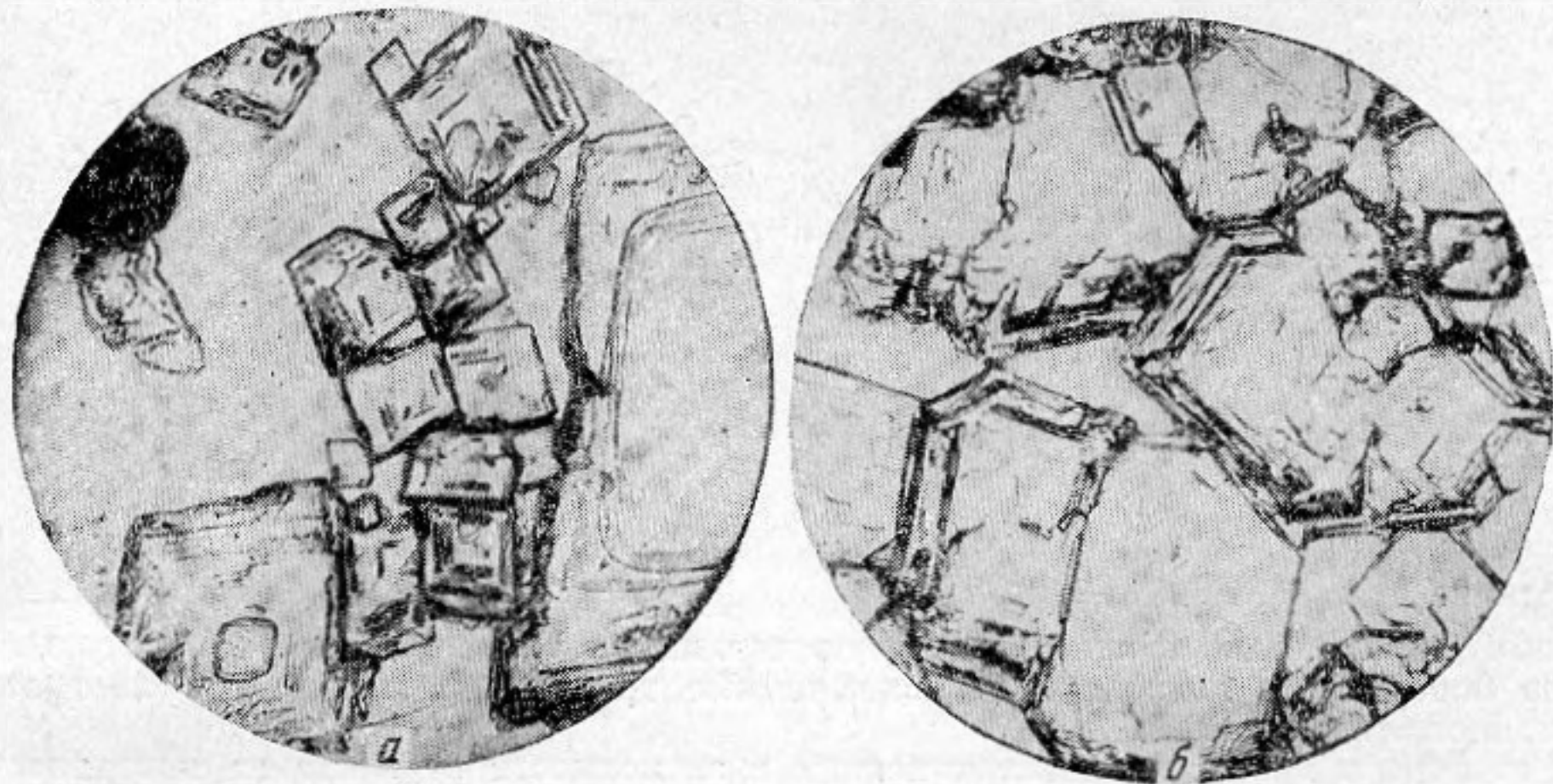
Характерной особенностью используемых методов является то, что ультразвуком воздействуют на затравки, выращенные в обычных условиях до размеров удобных для наблюдения. Трудности, связанные с внесением затравок в раствор, затруднительность наблюдения и неудобство введения ультразвука в кристаллизатор ограничивают возможности этих методов. Кроме того, испытываемый образец оказывается отделенным от излучателя несколькими средами и находится от него на значительном расстоянии.

Мы наблюдали процессы роста и растворения монокристаллов в капле раствора при самопроизвольном зарождении их. Капля раствора при этом наносилась непосредственно на поверхность излучателя или на промежуточное стеклышко толщиной 0,1—1 мм, контактная поверхность которого смазывалась касторовым маслом. Таким образом, процессы, наблюдаемые нами, протекали в ближней ультразвуковой зоне [7, 8].

Схема установки показана на фиг. 1. Излучатель 1 укрепляется на столике 2 оптического микроскопа и может перемещаться в горизонтальной плоскости, перпендикулярной оси объектива 3, обеспечивая возможность выбора объекта. Поверхность излучателя с каплей раствора 4 освещается осветителем 5. Наблюдение проводится через окуляр 6.



Фиг. 1

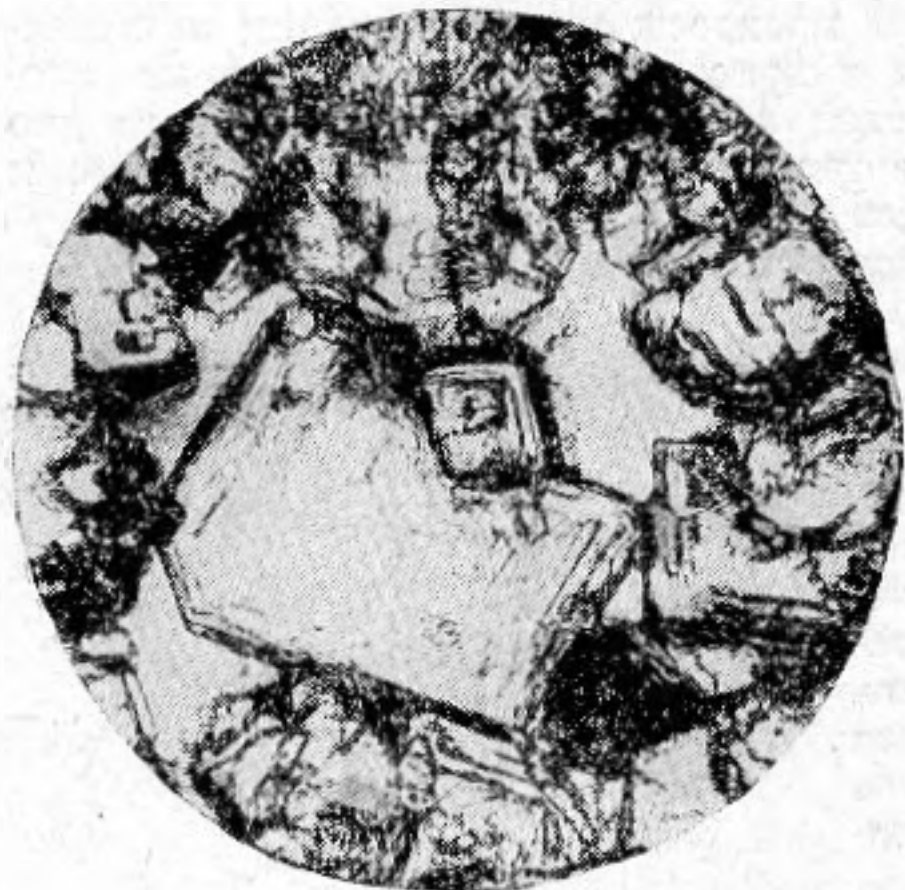


Фиг. 2

в микроскопа в отраженном свете. В качестве излучателя применялись пластинки керамики титаната бария и кристаллы кварца (срез Кюри).

При наблюдении процессов роста и растворения кристаллов в переохлажденном (пересыщенном) растворе по указанной методике, нами были обнаружены некоторые особенности действия ультразвукового поля в ближней его зоне. Так, например, наблюдая процессы кристаллизации  $KClO_3$  в пересыщенном растворе при  $T = 295^\circ K$

и при интенсивности ультразвука несколько выше порога кавитации (частота  $2 \cdot 10^6$  гц) мы установили, что в разных местах на поверхности излучателя кристаллизация протекала по-разному. Вблизи центра круглого излучателя росли относительно крупные кристаллы, которые в процессе кристаллизации образовывали колонии с выраженной тенденцией к упорядоченному расположению. В ряде случаев наблюдалось срастание таких кристаллов (фиг. 2, а, б, увеличение 66), главным образом по плоскостям  $\{110\}$ . Такие структуры образуются вследствие перемещения и поворотов кристаллов под действием ультразвука.



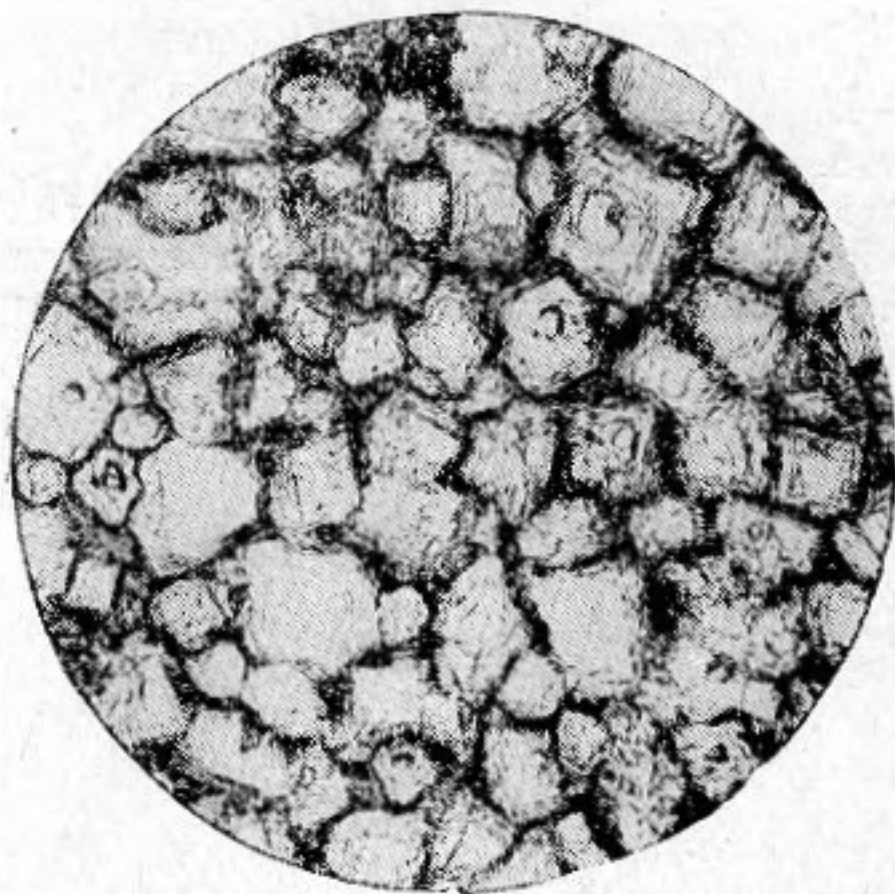
Фиг. 3

В областях, более удаленных от центра излучателя, наблюдалось активное взаимодействие кристаллов между собой, что приводило к образованию весьма неоднородных кристаллических колоний. Такие кристаллические образования представляли собой сросшиеся кристаллы различных размеров и произвольных ориентаций. На фиг. 3 (увеличение 75) представлен пример активного взаимодействия кристаллов, в частности, вращающегося одного кристалла в грань  $\{110\}$  другого кристалла.

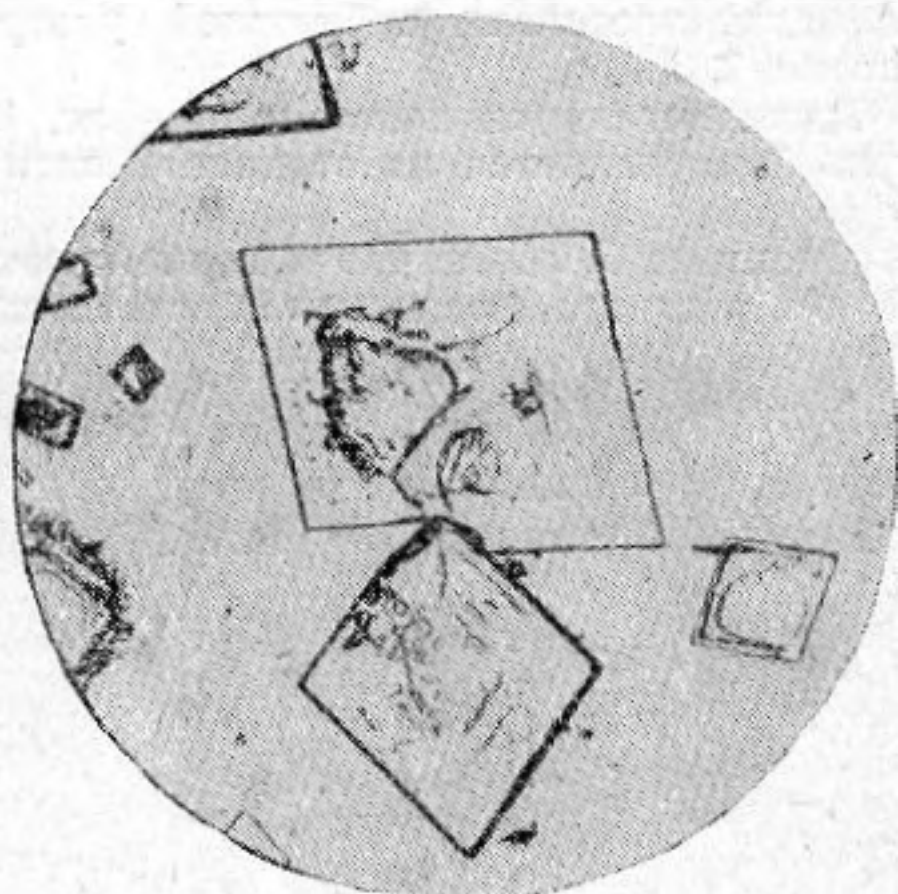
В наиболее удаленных от центра излучателя областях образовывались более однородные мелкокристаллические структуры, с сильно искаженными границами кристаллов (фиг. 4, увеличение 75). Упорядоченность в этом случае выражена очень слабо. Искажение форм кристаллов происходит не только вследствие действия

сил трения между кристаллами и раствором [9], но и вследствие взаимодействия кристаллов, растущих в ультразвуковом поле, между собой.

На фиг. 5, показаны (при увеличении 75) кристаллы, выросшие в контрольном образце, который не подвергался облучению ультразвуком, но в остальном при



Фиг. 4



Фиг. 5

тех же условиях. Кристаллы в этом случае росли значительно медленнее, в подавляющем большинстве имели правильную огранку и были равномерно распределены по поверхности подложки, за исключением границы раствора, где плотность кристаллов была высокой.

Различие в процессах кристаллизации в зависимости от места на поверхности излучателя может быть объяснено неоднородностью ультразвукового поля у поверхности излучателя, что, в свою очередь, объясняется интерференцией ультразвуковых волн в ближней зоне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Капустин. Экспериментальное исследование влияния ультразвука на кинетику кристаллизации. Изв. АН СССР, сер. физ., 1950, 14, 3, 357—365.
2. А. П. Капустин. Рост и растворение монокристаллов в ультразвуковом поле. Сб. ст. «Кристаллизация и фазовые переходы», Минск, Изд-во АН БССР, 1962, 347—358.

3. И. Г. Полоцкий, Г. Н. Левин. Воздействие ультразвука на формирование структуры первичной кристаллизации. Сб. ст. «Кристаллизация и фазовые переходы», Минск, Изд-во АН БССР, 1962, 372—378.
4. Р. Я. Берлага. Влияние ультразвукового поля на кристаллизацию переохлажденных жидкостей. Ж. эксп. и теор. физ., 1939, 9, 11, 1397—1398.
5. Р. Я. Берлага. Влияние ультразвукового поля на кристаллизацию переохлажденных жидкостей, Ж. эксп. и теор. физ., 1946, 16, 7, 647—656.
6. А. М. Гинберг, В. А. Друченко. Об активации поверхности катода в ультразвуковом поле. Акуст. ж., 1965, 11, 2, 245—246.
7. F. Trendelenburg. Einführung in die Akustik. 2 Aufl. Berlin, — Gottingen — Heidelberg. Springer Verlag, 1950.
8. H. Backhaus. Das Schallfeld der kreisförmigen Kolbenmembrane. Ann. Phys., 1930, 5, 5, 1—35.
9. G. Schmid, V. Jetter. Einfluss von Ultrascall auf das magnetische Verhalten von Nickel III Messungen mit dem Ferrographen an Nickeldrähten. Zs. Elektrochem., 1942, 48, 513.

Кировоградский филиал  
Харьковского политехнического  
института им. В. И. Ленина

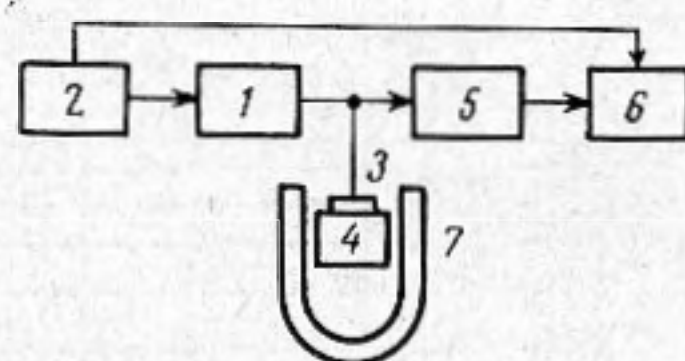
Поступило в редакцию  
14 мая 1965

УДК 534.286

## ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В СОЕДИНЕНИЯХ GaAs и GaSb

В. А. Бобылев, А. Ф. Кравченко

Нами было исследовано затухание ультразвуковых волн в полупроводниковых соединениях группы  $A^{III}B^V$  — GaAs и GaSb  $n$ -типа в диапазоне частот  $20 \div 200$  мГц и температурном интервале  $95 \div 300^\circ$  К. Измерения проводились импульсным методом [1, 2] по схеме, приведенной на фиг. 1. Генератор 1 подает радиоимпульсы длительностью  $1 \div 3$  мксек, частота повторения которых задается блоком синхронизации 2, на кварцевый преобразователь 3, формирующий ультразвуковые импульсы в образце 4. Серия последовательно отраженных от плоскопараллельных граней образца ультразвуковых импульсов воспринимается тем же преобразователем 3, и после усилителя 5 поступает на осциллоскоп 6. Держатель с образцом помещался в криостат 7. В качестве преобразователей использовались кварцевые пластинки X-среза для возбуждения продольных волн и Y-среза для возбуждения сдвиговых волн. Максимальная относительная ошибка измерений затухания не превышала 15%. Типичная осциллограмма затухания ультразвуковых импульсов в GaAs при  $300^\circ$  К на частоте  $f = 90$  мГц приведена на фиг. 2.



Фиг. 1

Образцы арсенида галлия и антимонида галлия были ориентированы в направлении  $\langle 111 \rangle$ ,  $\langle 110 \rangle$  и  $\langle 112 \rangle$ . Материал был  $n$ -типа с удельным сопротивлением при комнатной температуре,  $\rho_1 = 0,014$  омсм и  $\rho_2 = 0,025$  омсм для GaAs и GaSb соответственно. Плотность дислокаций для GaSb составляла  $\sim 10^2$  см $^{-2}$  и для GaAs —  $\sim 10^3$  см $^{-2}$ . Параллельность граней образцов была не хуже  $10^{-4}$ .

Результаты измерения частотной зависимости поглощения \* продольных и сдвиговых волн в GaAs и продольных в GaSb при комнатной температуре приведены на фиг. 3; эту зависимость можно представить в виде  $\alpha \sim f^n$ , где показатель  $n$  принимает значения, лежащие между 1,5 и 2. Кривые на фиг. 3 относятся к следующим случаям:

1 — GaAs	$\langle 111 \rangle$	продольные волны
2 — GaAs	$\langle 110 \rangle$	»
3 — GaSb	$\langle 111 \rangle$	»
4 — GaSb	$\langle 110 \rangle$	»
5 — GaAs	$\langle 110 \rangle$	поперечные волны
6 — GaAs	$\langle 111 \rangle$	»

\* Коэффициент поглощения вычислялся по формуле  $\alpha = \frac{10 \lg \frac{A_1}{A_2}}{t}$  децилог / мксек,

где  $A_1$  и  $A_2$  — амплитуды импульсов, разделенных промежутком времени  $t$  (мксек).