

Учитывая, что $|A_R(\xi_0)| \equiv 1$, для коэффициента усиления G отраженной волны в децибелах по отношению к амплитуде падающей волны, получаем выражение

$$G \approx -17,36 \frac{K^2 \gamma \frac{\omega_c}{\omega} \frac{\epsilon_{11}}{\epsilon}}{\gamma^2 + \frac{\omega_c^2}{\omega^2} \left(1 + \frac{\omega^2}{\omega_D \omega_C} \sin^2 \theta\right)^2 \left(1 + \frac{\epsilon_{11}}{\epsilon}\right)^2 + K^4 \operatorname{tg}^2 \theta} \operatorname{tg} \theta. \quad (5)$$

Из выражения (5) можно видеть, что при $\gamma < 0$ (сверхзвуковой дрейф) $G > 0$ и усиление отраженной волны максимально при

$$\theta \sim \theta^* = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1 + \epsilon/\epsilon_{11}}{K^2}, \quad \omega \rightarrow \sqrt{\omega_D \omega_C}.$$

В случае дозвукового дрейфа $\gamma > 0$, $G < 0$ и отраженная волна ослабляется.

Из рассмотрения полученных соотношений вытекает, что перспективными с точки зрения экспериментального обнаружения явления усиления отраженной волны могут быть пьезокристаллы с сильной электромеханической связью и полупроводники с высокой подвижностью носителей.

Заметим в заключение, что в отличие от случая усиления, описанного в [1], величина G остается конечной во всем интервале углов падения θ и для реализации усиления достаточно выполнения единственного условия: $\gamma < 0$. Можно отметить также, что обращение знаменателя выражений (3) в нуль определяет дисперсионное уравнение для сдвиговой поверхностной волны, основные свойства которой были описаны ранее в работах [5, 6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. М. Лямшев. Прохождение звука через пьезополупроводниковую пластинку в жидкости. Акуст. ж., 1968, 14, 3, 474–476.
2. Л. М. Лямшев. Отражение звука тонкими пластинами и оболочками в жидкости. М., Изд-во АН СССР, 1955.
3. И. А. Викторов. Рэлеевские волны в полупроводниковых пьезоэлектрических кристаллах арсенида галлия. Докл. АН СССР, 1969, 187, 2, 294–297.
4. В. Н. Любимов. Особенности отражения упругих волн в гексагональных и тетрагональных пьезоэлектриках. Кристаллография, 1971, 16, 3, 563–567.
5. J. L. Bleustein. A new surface wave in piezoelectric materials. Appl. Phys. Letts., 1968, 13, 2, 412–413.
6. Ю. В. Гуляев. Поверхностные электрорезонансные волны в твердых телах. Письма ЖЭТФ, 1969, 9, 1, 63–65.

Акустический институт
Академии наук СССР

Поступила
20 июля 1973 г.

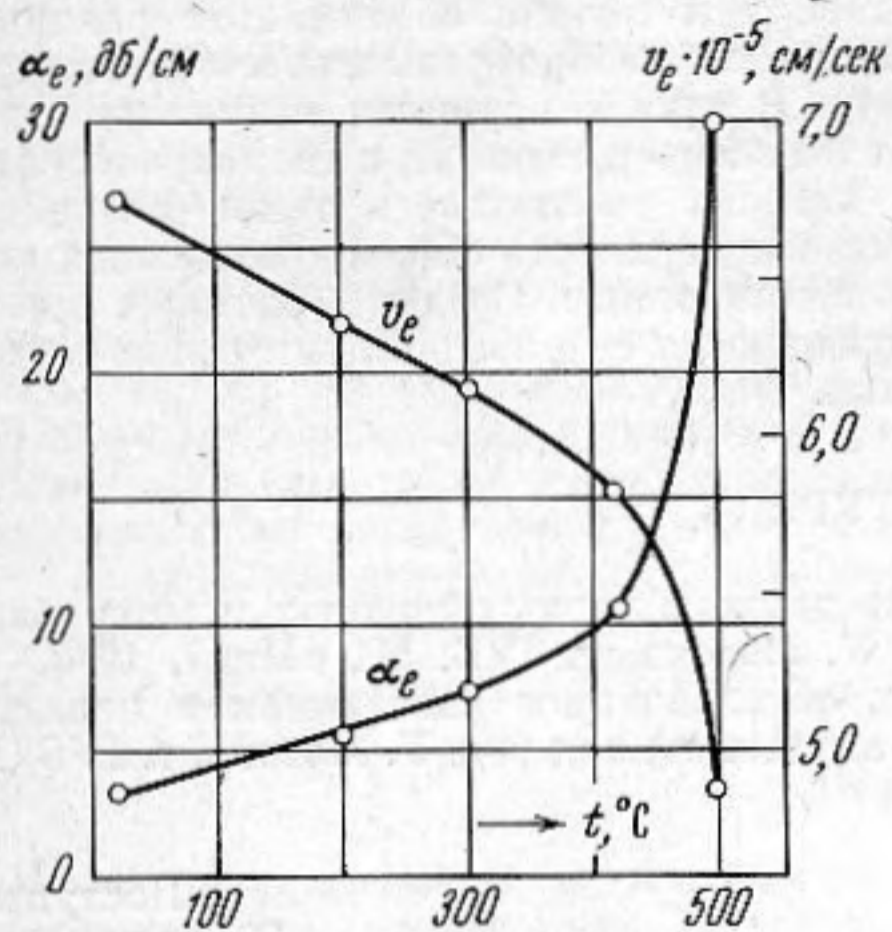
УДК 536.286

ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПОСЛЕ НАГРЕВА

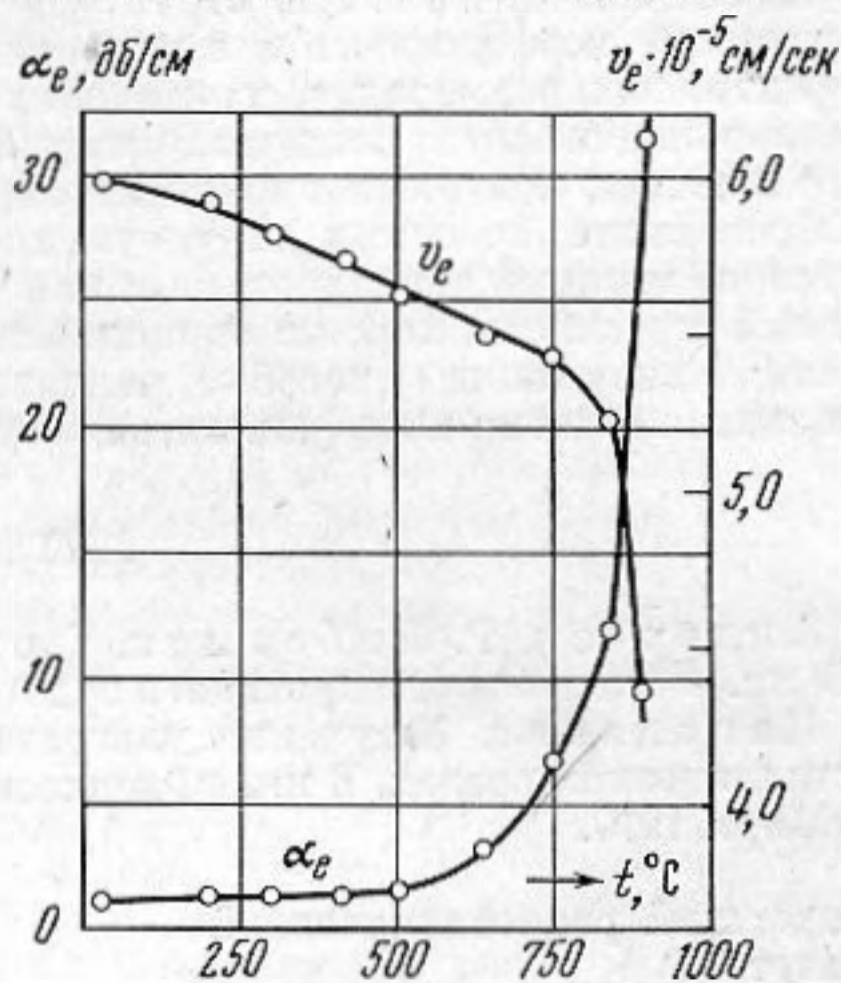
В. М. Меркулова

В связи с проблемами геоакустики возникает задача исследования акустических характеристик горных пород при различного рода термодинамических воздействиях, в частности, при нагреве. Известно, что при нагревании весьма существенно изменяются упругостные свойства пород [1]. Представляет интерес также изучить влияние температурных воздействий на затухание ультразвуковых волн. Ниже приводятся результаты измерения коэффициента затухания и скорости продольных ультразвуковых волн в двух весьма распространенных породах — кварците и габбро, подвергнутых предварительному нагреву до различных температур в пределах от 200 до 900° С.

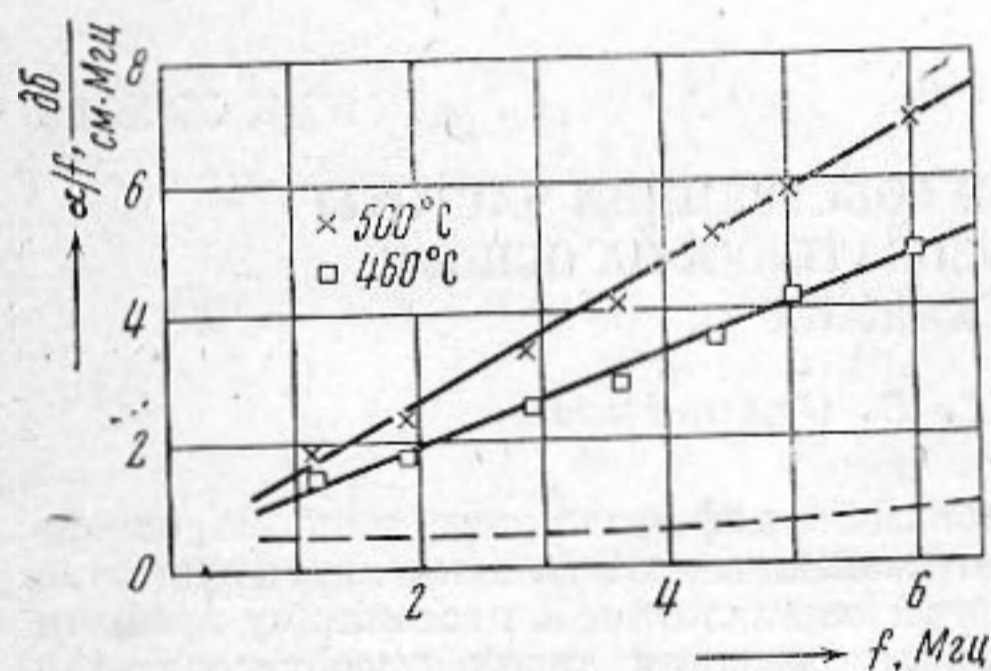
Исследуемые породы имели однородную, мелкозернистую структуру обычного минералогического состава. Нагрев образцов осуществлялся в воздушной среде (муфельная печь) с последующим достаточно медленным охлаждением. Коэффициент затухания α_l измерялся в диапазоне частот 1–6 мГц методом импульсного прозвучивания в водяной ванне; при малых значениях α_l применялся эхо-метод. В зависимости от степени однородности структуры (по сечению образца), а также абсолютных величин α_l точность измерения коэффициента затухания составляла 5–15%. Для измерения скорости распространения v_l использовался импульсно-фазовый метод, абсолютная величина скорости могла определяться с точностью 0,1–0,3%.



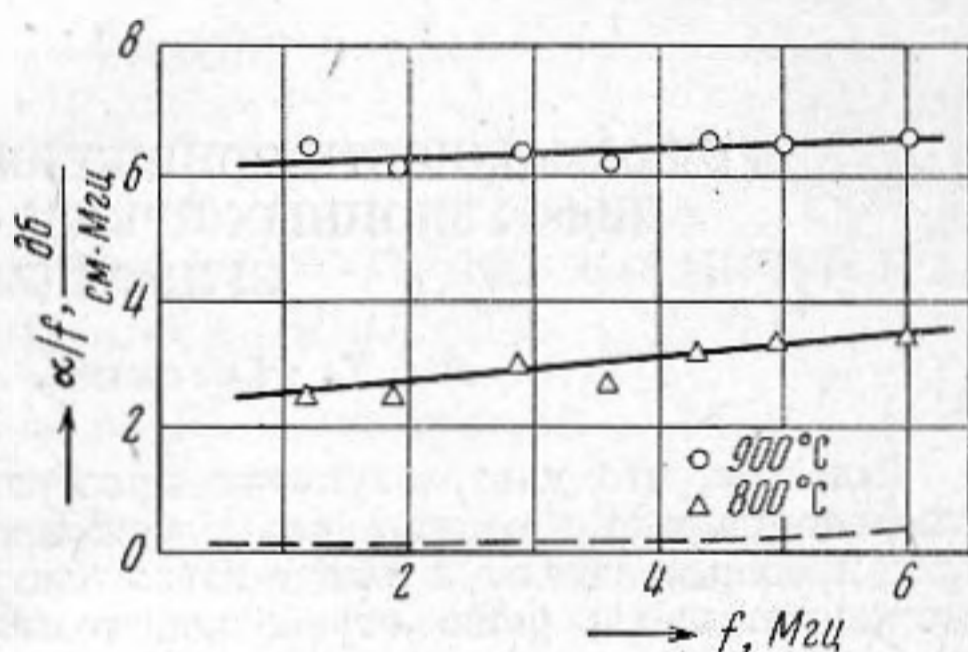
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Мы исследовали частотные зависимости α_l , а также изменение α_l и v_l в зависимости от температуры предварительного нагрева. Температурные кривые получались при опытах на одном и том же образце, который последовательно подвергался нагреву до все более высоких температур. Это позволяло исключить влияние возможного естественного различия в структурах разных образцов на результаты измерений.

На фиг. 1, 2 представлены температурные кривые для величин α_l (частота 5 мГц) и v_l (1,67 мГц) соответственно в габбро и кварците. Для обеих пород наблюдается снижение скоростей и рост коэффициентов затухания с увеличением температуры нагрева. В случае габбро достаточно резкие изменения указанных величин имеют место уже при $t \geq 400^\circ\text{C}$, для кварцита — выше 700°C . Интересными являются частотные зависимости α_l , которые приведены на фиг. 3 (габбро) и фиг. 4 (кварцит). Для габбро эти зависимости близко соответствуют квадратичному закону; для кварцита в использованном частотном диапазоне α_l меняется гораздо слабее — почти как 1-я степень частоты; штриховые линии на фиг. 3, 4 отвечают значениям α_l до нагрева, последние сравнительно малы.

На высоких частотах механизм затухания определяется рассеянием ультразвуковых волн на микрощелевых полостях, возникающих внутри поликристаллического остова породы при нагреве. Образование микрощелей, вероятно, связано с анизотропией теплового линейного расширения зерен минералов, слагающих породу (при симметрии ниже кубической). Так как упругостные свойства полостей, заполненных воздухом, очень сильно отличаются от упругости самого остова, их вклад в затухание является определяющим.

Квадратичная зависимость коэффициента затухания $\alpha_l \sim f^2$, как известно, соответствует фазовому (стохастическому) рассеянию и имеет место, когда $2\pi l > \lambda > l$, здесь l — средние размеры рассеивающих областей, λ — длина звуковой волны [2]. При $\lambda < l$ будет осуществляться постепенный переход от фазового рассеяния к геометрическому (диффузному), где α_l уже не зависит от частоты. Если функция распределения величин l достаточно широка, то указанная переходная область должна быть весьма большой (с перекрытием по частоте до десятка и более раз).

В нашем случае под l следует понимать расстояния между микроцелевыми полостями, которые, разделяя отдельные блоки с «плотноупакованными» зёрнами, создают своеобразную ячеистую структуру образца. Неодинаковый характер частотных зависимостей коэффициентов затухания в габбро и кварце объясняется разницей в эффективных размерах рассеивающих ячеек. Для габбро размеры ячеек малы и рассеяние подчиняется квадратичному закону. В случае кварцита величины l и λ одного порядка, здесь имеет место переход от фазового рассеяния к геометрическому.

Образование ячеистых структур после нагрева наблюдалось также визуально с помощью техники декорирования; при этом на поверхность образца наносился контрастный краситель, хорошо проникающий в микропоры. Средние размеры ячеек, оцененные визуальным способом, неплохо согласуются с приведенными выше частотными зависимостями коэффициентов затухания.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Андерсон, Р. Либерман. Скорость звука в горных породах и минералах. В кн. «Физическая акустика», под ред. У. Мэсона, т. IVБ. М., «Мир», 1970.
2. Э. Папдакис. Затухание ультразвука, обусловленное рассеянием в поликристаллических средах. В кн. «Физическая акустика», под ред. У. Мэсона, т. IVБ, М., «Мир», 1970.

Таганрогский радиотехнический институт

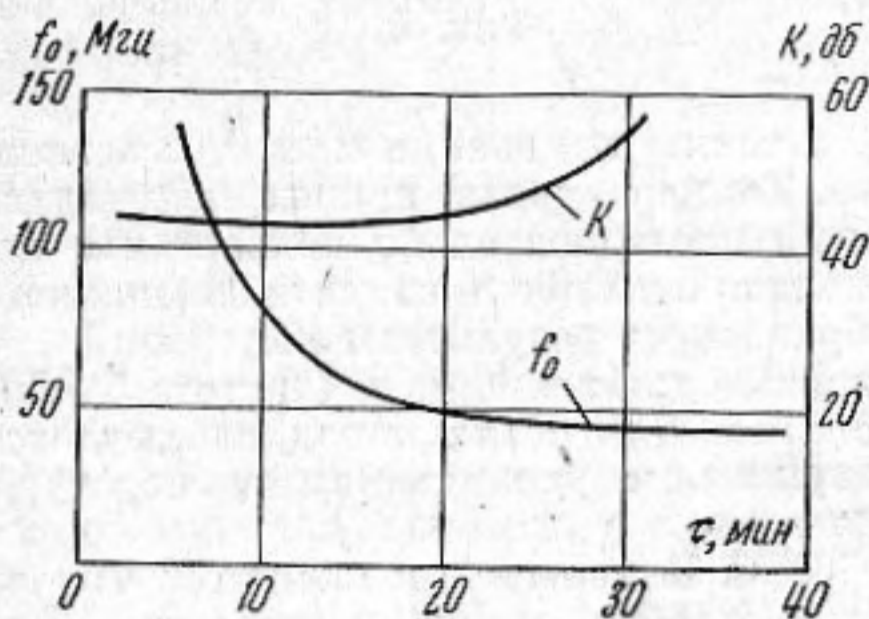
Поступила
30 мая 1972 г.

УДК 534.231.3

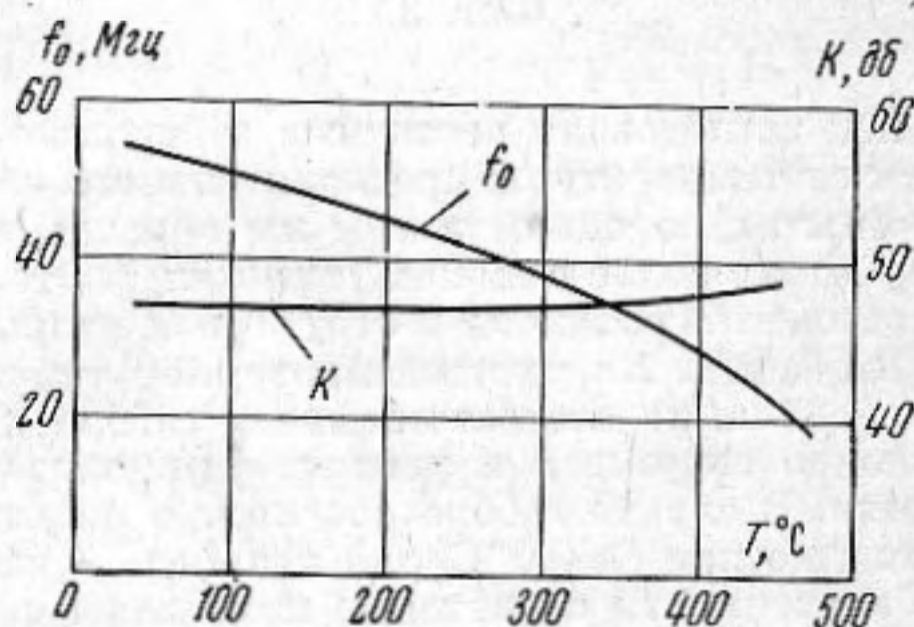
О ВОЗМОЖНОСТИ ПОНИЖЕНИЯ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ДИФфуЗИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА КАДМИЯ

Ю. Е. Невский, Л. В. Селиванов

Известно, что ультразвуковые преобразователи диффузионного типа на основе сульфида кадмия в отношении полосы пропускания имеют большие преимущества перед преобразователями в виде пьезоэлектрических пластин. К настоящему времени уже достаточно хорошо отработана технология создания таких преобразователей



Фиг. 1



Фиг. 2

с собственными частотами 50–150 МГц. Однако с понижением собственной частоты преобразователей воспроизводимость характеристик ухудшается, а потери в преобразователе увеличиваются. Для иллюстрации сказанного на фиг. 1 представлена зависимость собственной частоты f_0 и потерь при двойном преобразовании K от времени диффузионного отжига преобразователей τ . Преобразователи были изготовлены по методу, описанному в работе [1]. Серебро на рабочую поверхность наносилось методом испарения в вакууме. Отжиг образцов проводился в атмосфере воздуха, при температуре 400° С.