

РЕЗОНАНСНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ УПРУГИХ ВОЛН
В МОНОКРИСТАЛЛАХ ФЕРРИТА-ГРАНАТА ИТТРИЯ
В ОТСУСТВИИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В.В.Леманов, А.В.Павленко, О.В.Макин

При исследовании закономерностей распространения упругих волн с частотами 300 – 1800 MHz в монокристаллах феррита-граната иттрия нами обнаружено явление резонансного поглощения этих волн в отсутствии внешнего магнитного поля.

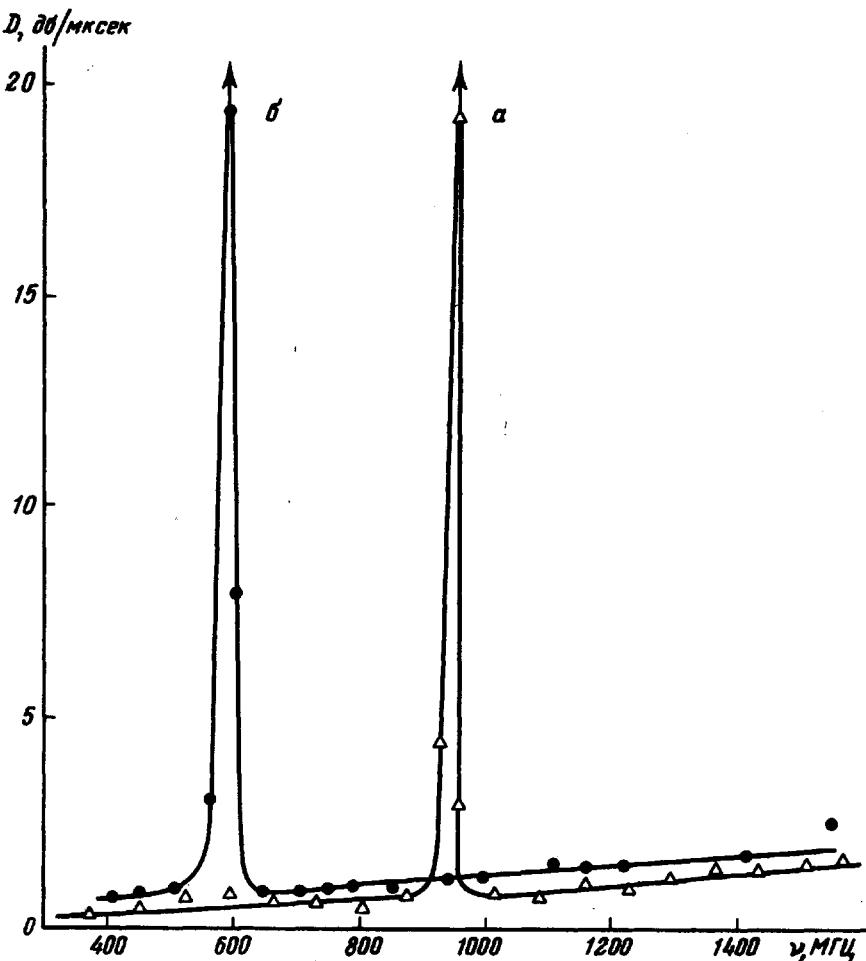


Рис. 1. Частотная зависимость затухания поперечных упругих волн при распространении вдоль [110], $H_0 = 0$: а – 20°C, б – 100°C

Упругие волны возбуждались с помощью пьезоэффекта с использованием в качестве преобразователей пластин ниобата лития толщиной от 50 до 100 μm . Исследованные образцы представляли собой цилиндры со

средними размерами: длина 8 мм, диаметр 3 мм. Образцы были вырезаны вдоль направлений [110] и [111]. Использовалась импульсная методика. Измерялась зависимость затухания упругих волн от частоты в отсутствии внешнего магнитного поля. Результаты измерений представлены на рис. 1, а.

Как видно из рисунка, при определенной частоте наблюдается пик поглощения, затухание при этом становится столь большим, что упругие импульсы исчезают почти полностью (вдали от пика поглощения регистрируется, как правило, несколько десятков импульсов).

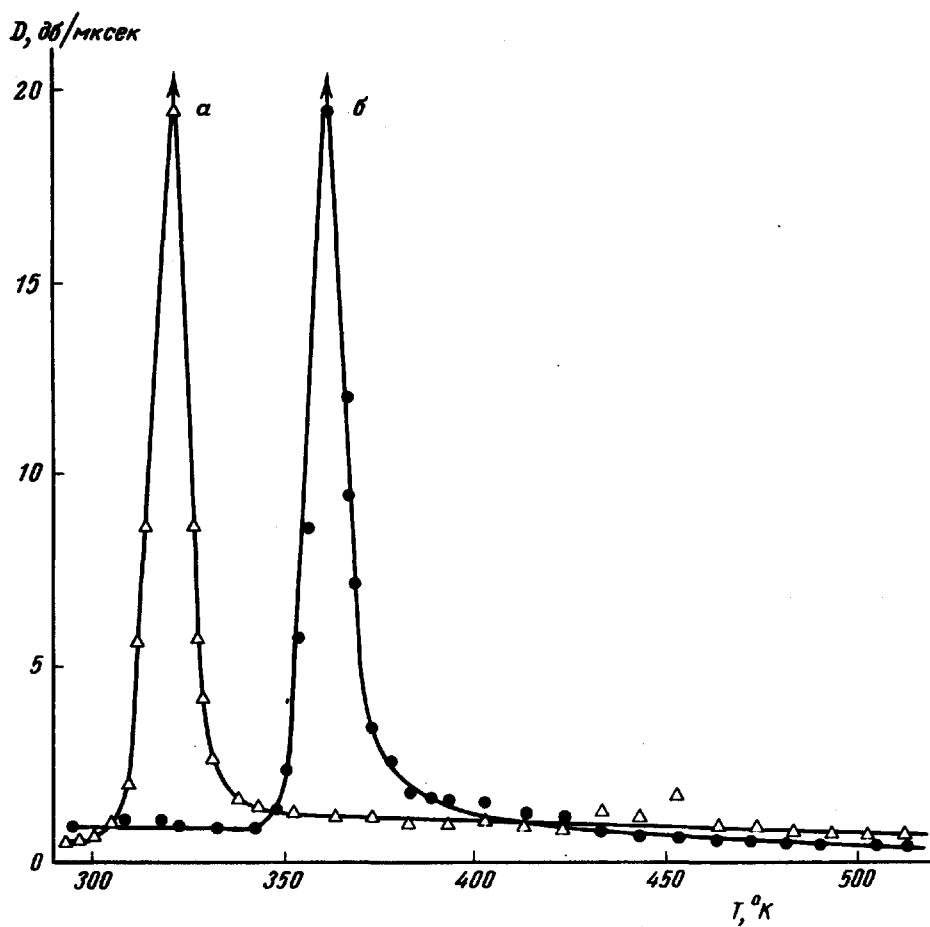


Рис. 2. Температурная зависимость затухания поперечных упругих волн распространения вдоль [110], $H_0 = 0$ а — $\nu = 840 \text{ Мгц}$, б — $\nu = 650 \text{ Мгц}$

Было обнаружено, что положение пика не зависит от поляризации упругих волн и что при распространении вдоль направления [111] пик оказывается смещенным примерно на 100 Мгц в сторону более низких частот по сравнению с направлением [110].

Внешнее магнитное поле приводит к подавлению пика, и в полях около 200 э пик практически полностью исчезает.

Основным вопросом являлось выяснение природы пика поглощения.

Одним из возможных механизмов поглощения упругих волн может быть механизм, связанный с резонансом доменных границ [1]. Однако, резонанс доменных границ наблюдается, как правило, при более низких частотах, и мы полагаем, что обнаруженное нами явление не связано с этим механизмом.

Резонансное поглощение упругих волн в феррите-гранате иттрия наблюдалось ранее во внешних магнитных полях H_0 при таких их значениях, при которых частоты и волновые векторы упругих и спиновых волн оказываются одинаковыми [2]. Это явление, получившее название магнитоупругого резонанса, происходит при частоте звука ν , равной [2]:

$$\nu = \gamma [H_k (H_k + 4\pi M \sin^2 \Theta)]^{1/2},$$

где γ — гиromагнитная постоянная, M — намагниченность насыщения, Θ — угол между направлением распространения упругих волн и намагниченностью, а поле H_k дается выражением:

$$H_k = H_0 + H_p + H_A + D k^2.$$

Здесь H_p — размагничивающее поле, H_A — поле анизотропии, D — обменная постоянная и k — волновое число. Последним слагаемым при наших частотах можно пренебречь.

Из написанной выше формулы видно, что резонансное поглощение упругих волн может, в принципе, происходить и при отсутствии внешнего магнитного поля в эквивалентных полях магнитокристаллографической анизотропии, причем резонансная частота будет определяться выражением

$$\nu = \gamma [H_A (H_A + 4\pi M \sin^2 \Theta)]^{1/2}.$$

Мы предполагаем, что представленный на рис. 1,а пик поглощения и соответствует именно такому резонансу.

Подтверждаем этого предположения может служить следующий эксперимент.

Были измерены зависимости частоты магнитоупругого резонанса во внешнем поле H_0 при различных углах Θ от величины поля. Образец помещался при этом в сферу из поликристаллического феррита-граната иттрия для обеспечения однородности внутреннего магнитного поля. Оказалось, что экстраполяция таких зависимостей, полученных при значениях угла Θ между 45 и 90°, к нулевому значению внешнего маг-

нитного поля дает частоту, совпадающую с экспериментальной частотой резонанса в отсутствии внешнего магнитного поля. Это подтверждает наше предположение о природе резонанса. Что касается углов Θ , то такие значения Θ представляются вполне разумными, если допустить, что намагниченность большей части доменов в отсутствии внешнего поля близка к направлениям легкого намагничения $<111>$.

Для дальнейшей проверки были проведены исследования температурной зависимости затухания упругих волн (рис. 1, 6, 2).

Как видно из рисунков, при повышении температуры резонанс смещается в сторону более низких частот, что показывает, что наблюдаемый пик поглощения не связан с релаксационными процессами с определенной энергией активации.

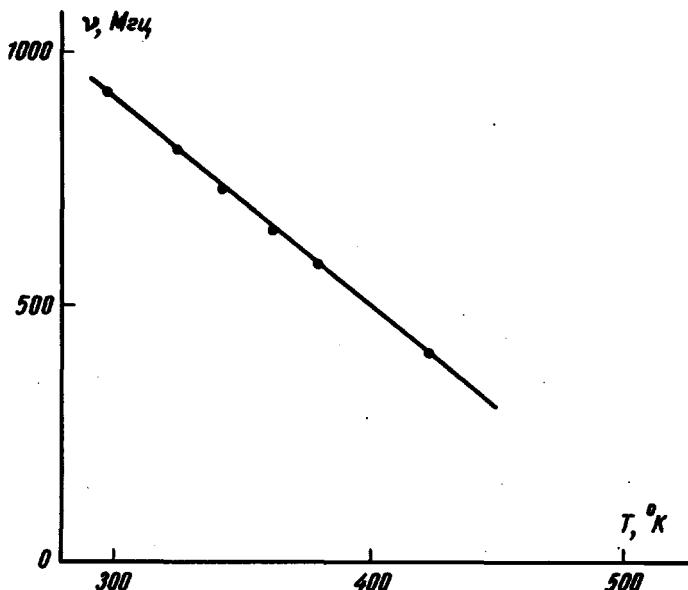


Рис. 3. Температурная зависимость резонансной частоты (продольные и поперечные волны)

На рис. 3 приведена зависимость резонансной частоты от температуры. Анализ показывает, что характер этой зависимости хорошо совпадает с температурной зависимостью, по данным [3], выражения

$$[H_A(H_A + 4\pi M \sin^2 \Theta)]^{\frac{1}{2}},$$

причем наилучшее совпадение получается снова при углах Θ от 45° до 90°.

Таким образом, все приведенные экспериментальные данные свидетельствуют в пользу того, что наблюдаемый пик поглощения соответ-

ствует естественному магнитоупругому резонансу. Это явление, тем не менее, требует дальнейшего изучения.

Институт полупроводников
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
26 июня 1968 г.

Литература

- [1] Я.Смит, Х.Вейн. Ферриты. Изд. ИИЛ, М., 1962.
- [2] А.И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны. Изд. Наука, М., 1967.
- [3] Handbook of Microwave Ferrite Materials Edit. by W. H. Aulock, New York-London, 1965.