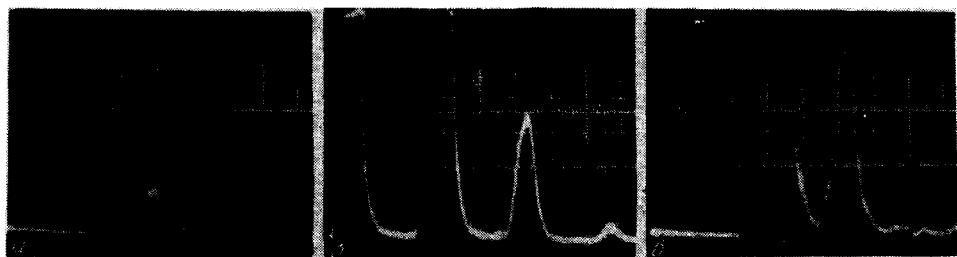


## РОЛЬ ДИСЛОКАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА В ЯВЛЕНИИ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ЭХА

*В.М.Березов, В.С.Романов*

Показано, что долгоживущее эхо в пьезоэлектрическом порошке сохраняется при полном перемешивании образца. Для объяснения привлекается механизм дислокационной нелинейности упругих свойств частиц.

Недавно предложено новое объяснение anomalно длинных времен релаксации поляризационного (электроакустического) эха в пьезоэлектрических порошках [1, 2]. Нелинейное поведение системы осцилляторов, принципиально необходимое для формирования эха [3], авторы приписывают эффекту ориентации пьезоэлектрической оси частицы порошка относительно направления возбуждающего электрического поля. Согласно этой модели, которую будем называть ориентационной, информация о частоте, фазе и форме последовательности возбуждающих импульсов несет только состояние пространственной ориентации частиц порошка, а внутренняя структура частиц остается неизменной. Для проверки этой теории нами был проделан следующий опыт. Экспериментальные условия: аппаратура типа описанной ранее [4], образец – порошок  $\text{KBrO}_3$ , просеянный через сито  $135 \pm 15 \text{ мкм}$ , вес образца  $13,5 \text{ г}$ ,  $t = 22^\circ\text{C}$ , длительность импульсов  $\Delta t_{1,2,3} = 5 \text{ мксек}$ , амплитуда импульсов  $E_{1,2,3} = 5 \text{ кВ/см}$ .



Запись в порошковом образце  $\text{KBrO}_3$  сигнала поляризационного эха, не обусловленного ориентацией частиц порошка в электрическом поле. Средний размер частицы  $d_{\text{ср}} = 135 \text{ мкм}$ , частота радиоимпульсов электрического поля  $f = 12,5 \text{ МГц}$ , скорость развертки  $10 \text{ мксек/см}$ . Коэффициент усиления приемника  $K$ : а, в –  $K = 500$ ; б –  $K = 50$

До возбуждения образца парными импульсами подавался одиночный "считывающий" импульс с частотой повторения  $F = 50 \text{ Гц}$ . При многократном перемешивании частиц порошка во всех случаях наблюдался одинаковый монотонный спад (рис., а). Затем образец возбуждался в течение 1 мин парными импульсами с интервалом  $\tau = 25 \text{ мксек}$  и с частотой повторения пар  $F = 500 \text{ Гц}$ . При этом наблюдался интенсивный сигнал двухимпульсного эха (рис., б). После такого цикла за-

писи образец извлекался из датчика, трехкратно просеивался через сито 200 мкм и помещался в другой датчик, полностью идентичный первому. При подаче только считывающих одиночных импульсов с частотой повторения  $F = 50$  гц наблюдался записанный ранее эхо-сигнал (см. рис. в). Сигнал после первого просеивания уменьшился относительно исходного (до просеивания) в семь раз, а после второго и третьего просеивания — не изменялся.

Полученный результат показывает недостаточность ориентационной модели по следующим причинам:

- 1) полное нарушение исходной ориентации частиц не приводит к полному разрушению информации о сигнале;
- 2) каждое последующее перемешивание (просеивание) образца не разрушает дополнительно информацию.

Эхо, показанное на рис., в, в других экспериментах не наблюдалось, очевидно, из-за мешающих "звонов". Мы взяли образец с очень большим количеством почти одинаковых частиц, что позволило свести к минимуму маскирующие сигналы "звона" [2].

Для объяснения эхо-сигналов, не связанных с ориентацией частиц, здесь предлагается механизм дислокационной нелинейности упругих свойств. Присущие этому механизму процессы длительного возврата (состоящие в закреплении дислокаций точечными дефектами, возникшими при деформации) позволяют объяснить внутренние закрепленные состояния частицы, наблюдаемые в приведенном выше опыте. Детальная теория эхо-явления в пьезоэлектриках, учитывающая этот вид нелинейности [3], будет дана в подробной статье.

Было исследовано влияние предварительной холодной обработки на релаксационные характеристики поляризационного эха  $T_2$  и  $T_1$  (образец — KDP,  $t = 22^\circ \text{C}$ ). Заметим, что как показано ранее [4, 5] время  $T_2$  в значительной степени определяется затуханием звука в образце, а  $T_1$  — время жизни поляризации пьезоэлектрика, индуцированной возбуждающими импульсами. Из одной партии KDP были просеяны через одинаковые сита ( $135 \pm 15$  мкм) три равные навески (вес 1,3 г), отличающиеся степенью холодной обработки частиц порошка. Типичные результаты замеров сведены в таблицу. Изучение с помощью оптического микроскопа показало, что частицы в образцах 1, 2, 3 (см. таблицу) отличаются по прозрачности: наиболее прозрачны в образце 1 (просеяны без размол), а наименее прозрачны — в образце 3 (наиболее интенсивный размол). Это подтверждает возрастание плотности дислокаций от первого образца к третьему, так как наличие дислокаций сильно сказывается на рассеянии света в прозрачных кристаллах (типа KDP) [6]. (Мы не располагали иными средствами прямой оценки плотности дислокаций в кристаллах размером около 100 мкм).

Образцы	$T_2$ , мксек	$T_1$ , сек
1	185	0,3
2	130	$2 \cdot 10^3$
3	175	10

Зафиксированное (таблица) различие параметров  $T_2$  для образцов, отличающихся плотностью дислокаций, может быть объяснено в рамках дислокационного механизма. В образце 1 с малой плотностью дислокаций затухание звука минимальное ( $T_2$  — максимальное). Малое различие в затухании звука в образце 3 по сравнению с первым объясняется "жесткой" сеткой дислокаций, внедренной в кристалл при интенсивной холодной обработке; при этом звук слабо взаимодействует с дислокациями [7]. Уменьшение  $T_2$  в образце 2 соответствует сильному взаимодействию звука с дислокациями, а одновременное очень значительное возрастание  $T_1$  может означать, что именно это взаимодействие создает долгоживущее закрепление картины эха. При этом, параметр релаксации поляризационного эха  $T_2$  отражает дислокационные потери, а  $T_1$  характеризует процесс возврата остаточной деформации (поляризации) пьезоэлектрика, связанной с откреплением и размножением дислокаций.

Казанский  
физико-технический институт  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
14 июля 1976 г.  
После переработки  
3 января 1977 г.

### Литература

- [1] А.А.Чабан. Письма в ЖЭТФ, 23, 389, 1976.
- [2] R.L.Melcher, N.S.Shiren. Phys. Rev. Lett., 36, 15, 888, 1976.
- [3] R.W.Gould. Amer. J. Phys., 37, 585, 1969.
- [4] В.М.Березов, Я.Я.Асадуллин, В.Д.Корепанов, В.С.Романов. ЖЭТФ, 69, 1674, 1975.
- [5] В.М.Березов, Я.Я.Асадуллин, В.Д.Корепанов, В.С.Романов. ФТТ, 18, 180, 1976.
- [6] Ж.Фридель. Дислокации. М., изд. Мир, 1967, стр. 515.
- [7] Р.Труэлл, Ч.Эльбаум, Б.Чик. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. М., изд. Мир, 1972, стр. 145.