

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗЫ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОГО ЭХА

Н.Н.Евстихиев, Р.И.Кухтин, Ю.Н.Веневцев

Экспериментально исследована зависимость фазы двухимпульсного динамического электроакустического эха от амплитуды, длительности возбуждающих импульсов и интервала между ними.

В связи с тем, что электроакустическое (поляризационное) эхо (ЭАЭ) представляет большой интерес как новый метод исследования твердых тел и как перспективная основа для решения ряда прикладных задач, исследование этого явления выдвинулось в число актуальных задач физики твердого тела. Сущность, механизмы формирования, современное состояние экспериментальных исследований ЭАЭ, возможности практического использования и библиография достаточно полно представлены в работе [1]. В настоящее время опубликовано большое количество экспериментальных данных по амплитудным, частотным и временным свойствам ЭАЭ. Однако фазовые характеристики изучены сравнительно слабо. В работах [2 – 4] исследована фаза сигналов

эха в зависимости только от фаз возбуждающих импульсов. В то же время знание характера влияния других параметров импульсов имеет большое значение для определения доминирующего вклада того или иного механизма эха и для практического использования этого явления.

Целью настоящей работы является изучение зависимости фазы двухимпульсного динамического ЭАЭ, возникающего в момент времени 2τ , от амплитуд $E_{1,2}$, длительностей Δt_1 и Δt_2 возбуждающих импульсов и интервала между ними τ , а также конкретизация механизма формирования ЭАЭ на основе полученных данных.

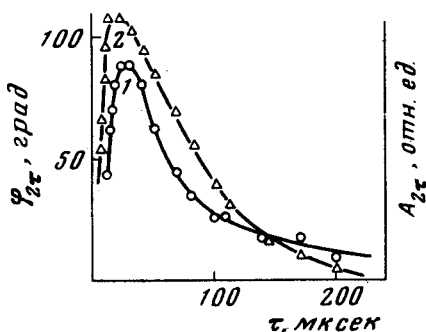


Рис. 1. Зависимость фазы (кривая 1) и амплитуды (кривая 2) эха 2τ от интервала между импульсами τ . $\Delta t_{1,2} = 7$ мксек, $E_{1,2} = 100$ В/мм. Значение фазы в максимуме кривой принято за 90°

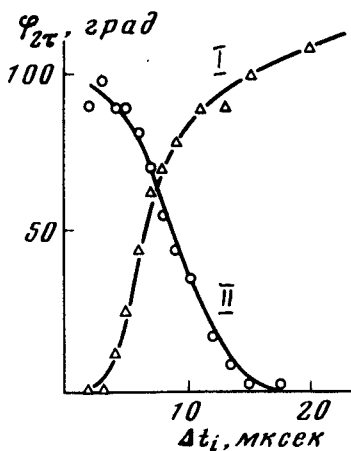


Рис. 2. Зависимость фазы эха 2τ от : (I) — длительности первого импульса Δt_1 при $\Delta t_2 = 7$ мксек; (II) — длительности второго импульса Δt_2 при $\Delta t_1 = 7$ мксек. $\tau = 100$ мксек, $E_{1,2} = 100$ В/мм. За нуль принято значение фазы при $\Delta t_1 = 2$ мксек $\Delta t_2 = 7$ мксек

Измерения производились на импульсном когерентном спектрометре ЯКР ИСП-1 [5]. Фазы сигналов эха и возбуждающих импульсов определялись по максимуму амплитуды сигнала, снимаемого с синхродетектора, при изменении фазы опорного сигнала. Разность фаз между первым и вторым импульсами во всех экспериментах была равна нулю. Образец был приготовлен из кристаллического порошка пьезоэлектрика CsVbO_3 объемом 1 см^3 . Результаты получены при комнатной температуре на частоте заполнения радиоимпульсов 9 и 16 МГц.

Приведем основные экспериментальные результаты. 1) Диапазон изменения фазы эха 2τ во всех случаях составляет приблизительно 90° . 2) В зависимости фазы эха 2τ от τ проявляется характерный максимум. Типичная кривая зависимости $\phi_{2\tau} = f(\tau)$ представлена на рис. 1

(кривая 1). На этом же рисунке изображена кривая зависимости амплитуды эха от τ (кривая 2). Обращает на себя внимание соответствие этих двух зависимостей. Положение максимума в исследованном диапазоне (при $E_1 = E_2$ и $\Delta t_1 = \Delta t_2$) не зависит от амплитуд и длительностей импульсов. 3) Увеличение длительности второго импульса Δt_2 (при $\Delta t_1 = \text{const}$) приводит к спаду фазы эха (кривая 2 на рис. 2).

4) Увеличение длительности первого импульса Δt_1 (при $\Delta t_2 = \text{const}$) приводит к возрастанию фазы эха (кривая 1 на рис. 2). 5) При одновременном увеличении длительности обоих импульсов (при $\Delta t_1 = \Delta t_2$) фаза эха стремится к насыщению, уровень которого зависит от $E_{1,2}$ и τ . 6) При увеличении амплитуды возбуждающих импульсов (для $E_1 = E_2$ и $\Delta t_1 = \Delta t_2$) фаза эха возрастает, стремясь к насыщению при больших $E_{1,2}$ (рис. 3). Характер возрастания зависит от амплитуды и длительностей импульсов. Наблюдаются отклонения от плавного возрастания в области малых значений $E_{1,2}$ и больших τ . Изложенные результаты можно объяснить с помощью модели, основанной на амплитудном сдвиге частоты колебаний частиц. Основываясь на расчетах, приведенных в работах [2, 6, 7], в приближении коротких возбуждающих импульсов для фазы эха 2τ можно получить:

$$\phi_{2\tau} = \gamma [A_2^2 - A_1^2(1 - e^{-2\Gamma\tau})](1 - e^{-2\Gamma\tau}), \quad (1)$$

где γ — постоянная, зависящая от коэффициента затухания (Γ), электро-механической связи, нелинейного сдвига частоты и др.; $A_1 = f(E_1, \Delta t_1)$ и $A_2 = f(E_2, \Delta t_2)$ — амплитуды колебаний частиц, возбужденных первым и вторым импульсами, соответственно. Это выражение получено для однородного распределения частиц по собственным частотам и ориентациям.

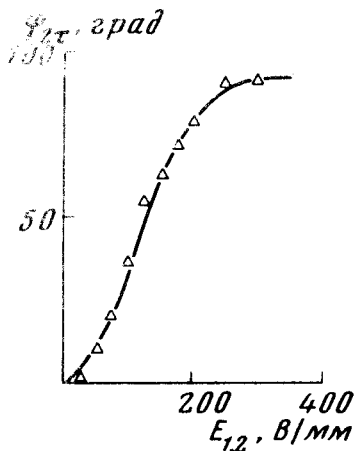


Рис.3. Зависимость фазы эха 2τ от амплитуд возбуждающих импульсов при $E_1 = E_2$, $\Delta t_{1,2} = 7$ мксек, $\tau = 50$ мксек. За нуль выбрано значение фазы при $E_{1,2} = 25$ В/мм

При $A_1 = A_2$ формула (1) качественно описывает результат, представленный на рис. 1. Как видно из формулы (1), положение максимума на кривой $\phi_{2\tau} = f(\tau)$ определяется постоянной затухания (Γ) и соотношением амплитуд A_1 и A_2 . Авторы работы [7] исследовали зависимость амплитуды эха 2τ от τ при синхронном детектировании для образца ZnO при температуре 1,25К на частоте 9 ГГц. Выводы, которые

можно сделать относительно зависимости фазы эха от τ из результата, совпадают с нашими данными.

Выражение (1) качественно описывает также противоположный ход фазы эха от Δt_1 и Δt_2 и зависимость от $E_{1,2}$, если допустить, что $A_1 \sim E_1 \Delta t_1$ и $A_2 \sim E_2 \Delta t_2$. Наиболее существенные отклонения экспериментальных результатов от поведения, предсказываемого формулой (1), возникают при больших Δt_1 , Δt_2 и $E_{1,2}$. Эти отклонения можно объяснить переходом к установившемуся режиму колебаний частиц во время действия импульсов, т. е. нарушением пропорциональности между A_i и $E_i \Delta t_i$ ($i = 1, 2$). Область насыщения фазы эха при одновременном увеличении длительностей обоих импульсов, очевидно, также соответствует этому режиму.

Таким образом, впервые экспериментально исследована зависимость фазы динамического ЭАЭ от амплитуд, длительностей возбуждающих импульсов и интервала между ними и получено качественное согласие экспериментальных результатов с теорией, основанной на амплитудном сдвиге частоты колебаний частиц [2, 6, 7].

Благодарим В.Л.Преображенского за обсуждение результатов.

Московский

институт радиотехники, электроники
и автоматики

Научно-исследовательский
физико-технический институт
им. Л.Я.Карпова

Поступила в редакцию
4 июля 1979 г.

Литература

- [1] Г.А.Смоленский. Вестник АН СССР, 2, 59, 1979.
- [2] В.М.Березов, В.И.Башков, В.Д.Корепанов, В.С.Романов. ЖЭТФ, 73, 257, 1977.
- [3] Г.А.Смоленский, С.Н. Попов Н.Н.Крайник, Е.А.Тараканов, И.А.Кузьмин. ФТТ, 19, 2968, 1977.
- [4] А.М.Петросян, Р.И.Кухтин, Ю.Н.Веневцев. ЖЭТФ, 76, 2137, 1979.
- [5] Б.Н.Павлов. Изв. АН СССР, сер. физ., 39, 2620, 1975.
- [6] Г.А.Смоленский, С.Н.Попов, Н.Н.Крайник, Б.Д.Лайхтман, Е.А.Тараканов. ЖЭТФ, 72, 1427, 1977.
- [7] K.Fossheim, K.Kajimura, T.G.Kazyaka, R.L.Melcher, N.S.Shiren. Phys. Rev., B17, 964, 1978.