



вектора поляризации представлены рис. 2 и рис. 3.

В начале подаётся импульс электрического поля (ЭП) постоянной напряженности  $E=1,5$  МВ/м. Далее, после выдержки в 2 минуты прикладывалось механическое напряжение (МН)  $\sigma_1 = 26,36$  МПа (рис. 2 и рис. 3), через 2 минуты ещё  $26,36$  МПа до значения  $\sigma_3 = 52,72$  МПа (рис. 2). За начало отсчёта было выбрано время достижения максимума при включении ЭП. Значению  $I_0$  соответствуют максимальные значения тока при включении ЭП для каждого отдельного образца.

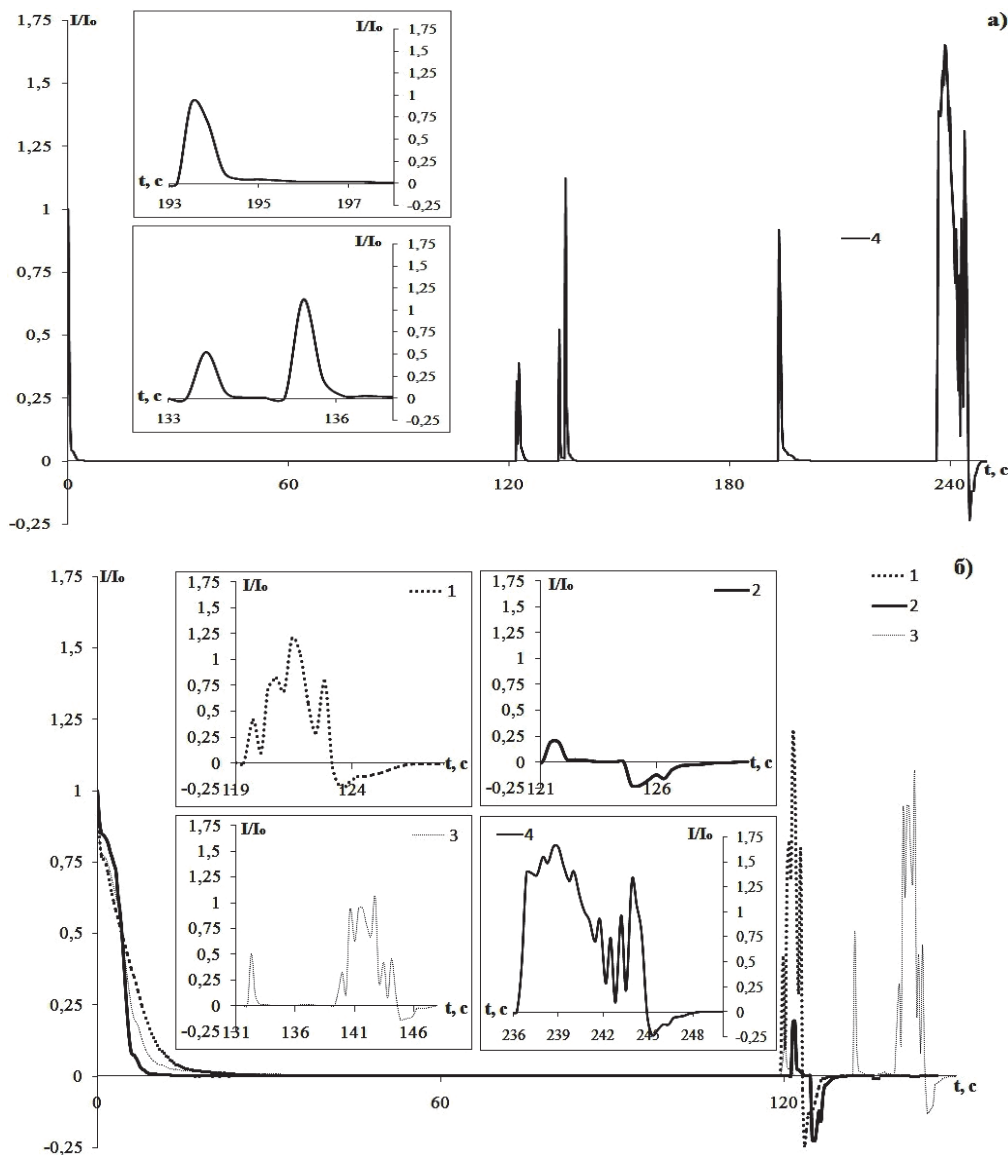


Рис. 1. а) Импульсы, возникающие при действии постоянной силы на образец ( $\sigma_1 = 26,36$  МПа), б) Импульсы, возникающие при механическом разрушении образца.

Наиболее интересным представляется поведение образцов после активного приложения МН. Так, образец 2 после приложения МН разрушился после распада пика в течении 5 секунд. Образец 1 выдержал 2 минуты после первого нагружения и после второго нагружения разрушился сразу. Отметим, что разные виды МН влияют на образцы по-разному. В моменты активного нагружения образцов можно увидеть не только плавное увеличение тока, но и распад после прохождения пика тока, при этом значения тока при распаде могли превышать значения пика тока при активной МН. Это показано на врезках рис. 2 и рис. 3 вблизи 120 с и 240 с. Также, на рис. 2 мы видим пиковые импульсы тока при отсутствии активного нагружения МН. Неразрушающие импульсы тока при постоянном МН, как видно из рисунка, имеют вид отличный от остальных и

не распадаются, как это делают пики активного нагружения. Заметим похожесть распадов импульсов токов активного нагружения. Также можно заметить, что токи абсорбции, возникающие при разрушении образцов имеют примерно одинаковое значение в относительных единицах (относительно максимального значения тока при включении ЭП).

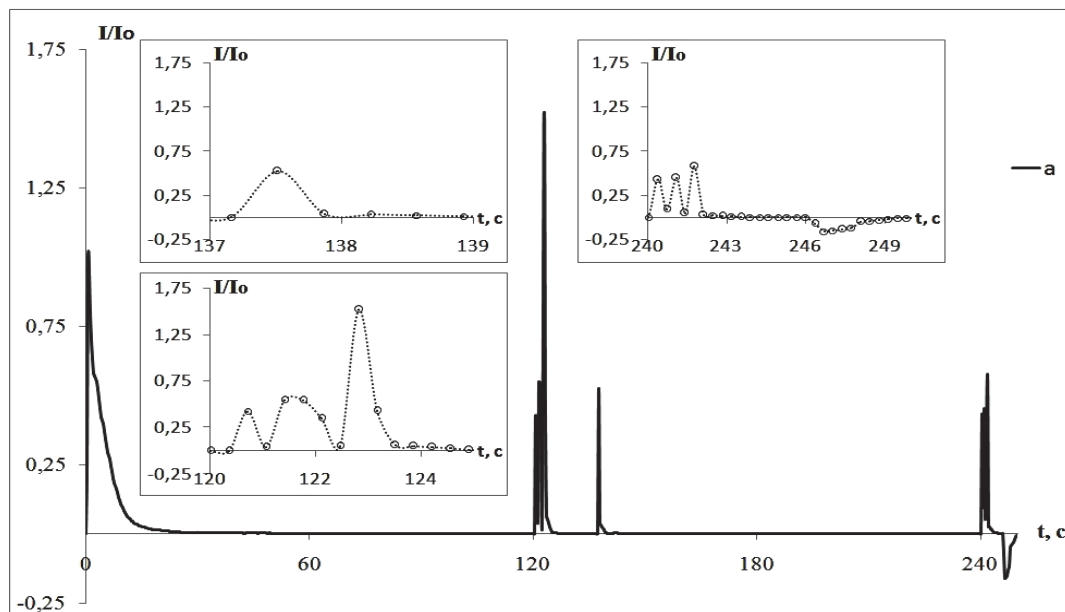


Рис. 2. Импульс при  $t=137$ с возник при постоянной механической силе, а в моменты 120 с и 240 с импульсы возникли при активном действии силы.

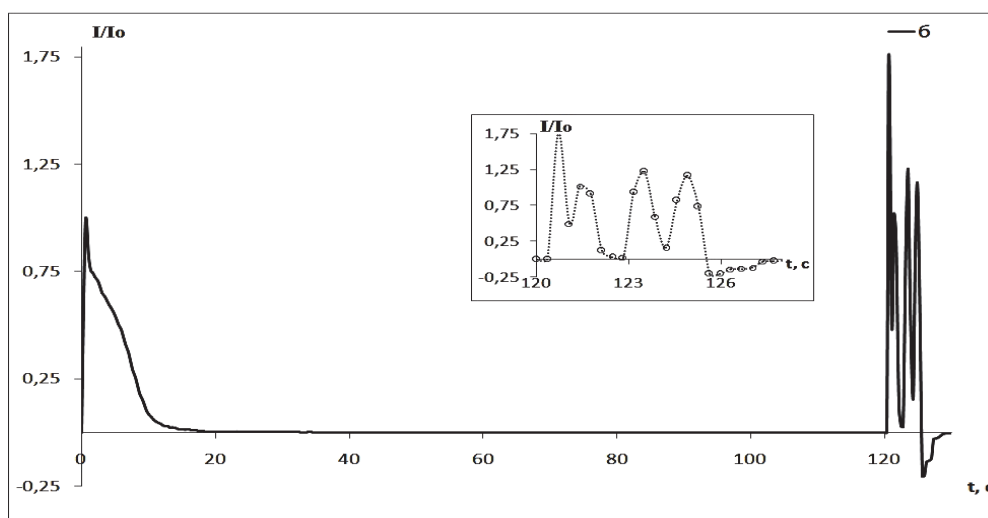


Рис. 3. Импульсы, возникающие при электрическом и механическом активном нагружении образца.

Результаты исследования особенностей формирования импульсов тока при активной и постоянной механических нагрузках сегнетокерамической пластины при приложении электрического поля вдоль и против вектора поляризации представлены на рис. 4. За начало отсчёта взято время подачи импульса электрического поля (ЭП) постоянной напряженности  $E=1,5$  МВ/м. Через 120 секунд прикладывалось механическое напряжение (МН)  $\sigma_1 = 26,36$  МПа и оставалось постоянным 120 с. Значению  $I_0$  соответствуют максимальные значения тока при включении ЭП для каждого отдельного образца.

Образцы 1 и 2 находились в деполяризующем поле. Образцы 3, 4, 5 и 6 находились в поляризующем поле. Формы импульсов токов при активном приложении МН (рис. 4) для всех образцов разные, однако можно проследить одну и ту же закономерность: при достижении импульсом тока значения превышающего 25% от величины тока

при приложении ЭП, пик начинает распадаться. Такую же картину можно видеть и при постоянной МН, но только в случае предразрушающих и разрушающих импульсов тока.

Можно отметить, что в деполяризующем поле от момента приложения МН до разрушения образца(1, 2(1), 2(2)) наблюдались серии импульсов, которые следовали один за другим, причем каждый из них был подобен импульсам появляющимся при постоянной механической нагрузке. В тоже время в поляризующем поле наблюдался один многовершинный импульс вплоть до разрушения образца 3(1), 4, 5, 6(1), 6(2).

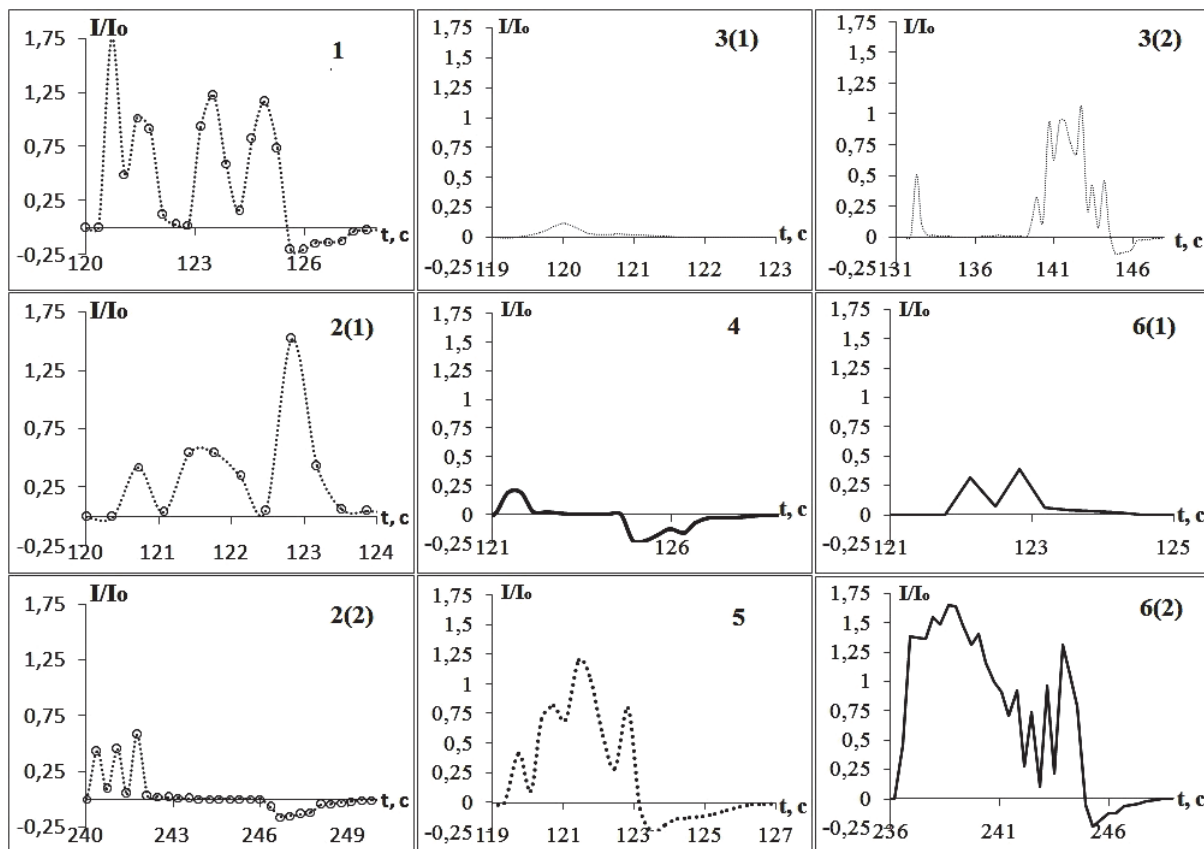


Рис. 4. Импульсы, возникающие в деполяризующем ЭП при активной МН образца (1, 2(1), 2(2)), и в поляризующем поле 3(1), 4, 5, 6(1), 6(2)).

### Заключение

При постоянной нагрузке возникают одновершинные импульсы. При активном нагружении появляются многовершинные импульсы длительность которых достигает десяти секунд в течение которых образец разрушается. Следовательно, можно предположить что природа импульсов при постоянной нагрузке связана с доменными перестройками, а при активном нагружении с пьезоэффектом. При активном нагружении в деполяризующем поле появляются серии импульсов, каждый из которых подобен импульсу при постоянной МН.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подгорный Ю.В., Воротилов К.А., Сигов А.С. // Токи утечки в тонких сегнетоэлектрических пленках ФТТ. – 2012. – Т. 54, В. 5. – С. 859-862.
2. Temperature dependence of breakdown field of ceramic BaTiO<sub>3</sub> / Ueda I., Takeuchi M., Ikegami S., Sato H. // J. Phys. Soc. Jap. – 1962. – Vol. 17, №10. – P. 1679-1680.
3. Коренева В.В. Исследование разрушения сегнетокерамики при одновременном действии электрического поля и механических напряжений: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.04 / Коренева Вера Викторовна. - Волгоград., 2014. - 16 с.
4. Merz W.J. Domain Properties in BaTiO<sub>3</sub> [текст] // Phys. Rev., 1952. - №88 - С. 421-425.