

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОТКЛИК КЕРАМИКИ PMN-PT НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

© 2016 г. К.С. ПЕТРОСЯН, А.А. БОГОМОЛОВ, А.В. СОЛНЫШКИН,
О.Н. СЕРГЕЕВА, Д.А. КИСЕЛЕВ*

Тверской государственный университет,

*Национальный исследовательский технический университет «МИСиС», г. Москва
e-mail: p.qristine@mail.ru

Введение

Как известно в присутствии градиента температуры возможно возникновение диэлектрической поляризации [1-2]. Этот эффект получил название термополяризационного (ТПЭ). Термополяризационный эффект может вносить вклад в пирозлектрический отклик, регистрируемый динамическим методом, т.к. в процессе теплового воздействия в образце создается значительный градиент температуры.

Удобным объектом исследования ТПЭ является магнониобат свинца $PbMg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$ (PMN), который при комнатной температуре находится выше точки Кюри, т.е. не обладает спонтанной поляризацией [3]. Добавление титаната свинца в PMN повышает точку Кюри материала [4].

В настоящей работе представлены результаты исследований воздействия ИК-излучения, модулированного импульсами прямоугольной формы с крутым фронтом нарастания, на образцы керамики PMN с 20% добавкой титаната свинца $PbTiO_3$ (PMN-20 PT). В качестве источника использован лазер с длиной волны излучения, равной 0.98 мкм, и мощностью – 220 мВт. Модуляция излучения осуществлялась в диапазоне частот от 10^{-1} – 10^4 Гц. Для усиления сигнала использовался операционный усилитель с инвертирующим входом и сопротивлением обратной связи, равным 25 МОм. Керамические образцы имели форму дисков, толщиной 0.72 мм, диаметром 6 мм, диаметр золотых электродов составлял 5 мм. Исследования проводились при комнатной температуре.

Результаты исследования

На рис. 1 представлены формы пирозлектрических откликов на модулированное тепловое излучение для сторон образца керамики PMN-20PT с различным выходом спонтанной поляризации на облучаемую поверхность.

Как видно из представленных осциллограмм, при освещении стороны образца с выходом вектора поляризации «-» \vec{P} явно проявляется наличие неоднородности в распределении величины поляризации, причём в приповерхностной области наблюдается повышенное значение пироотклика, что может свидетельствовать о большем значении поляризации в этом слое по сравнению с остальным объемом образца. Амплитуда откликов спадает на частотах 10^{-1} – 10^2 Гц как в световой, так и в темновой промежуток, однако на частотах, превышающих 10^2 Гц, спад сигнала наблюдается только в световой промежуток, в темновой промежуток мы имеем независимость сигнала от времени за исключением начального пикового отклика. В случае воздействия теплового потока на поверхность образца с выходом вектора поляризации «+» \vec{P} на частоте 100 Гц имеет место независимость отклика от времени, а уже на частоте 1000 Гц форма отклика меняется, и вновь появляется зависимость отклика от времени. Причём как

в случае темного, так и для светового промежутков имеет место нарастание сигнала во времени. Необходимо отметить, что величины сигналов, наблюдаемых при освещении стороны образца с выходом вектора поляризации «-» \vec{P} по величине превосходят аналогичные полученные при освещении стороны образца с выходом вектора поляризации «+» \vec{P} .

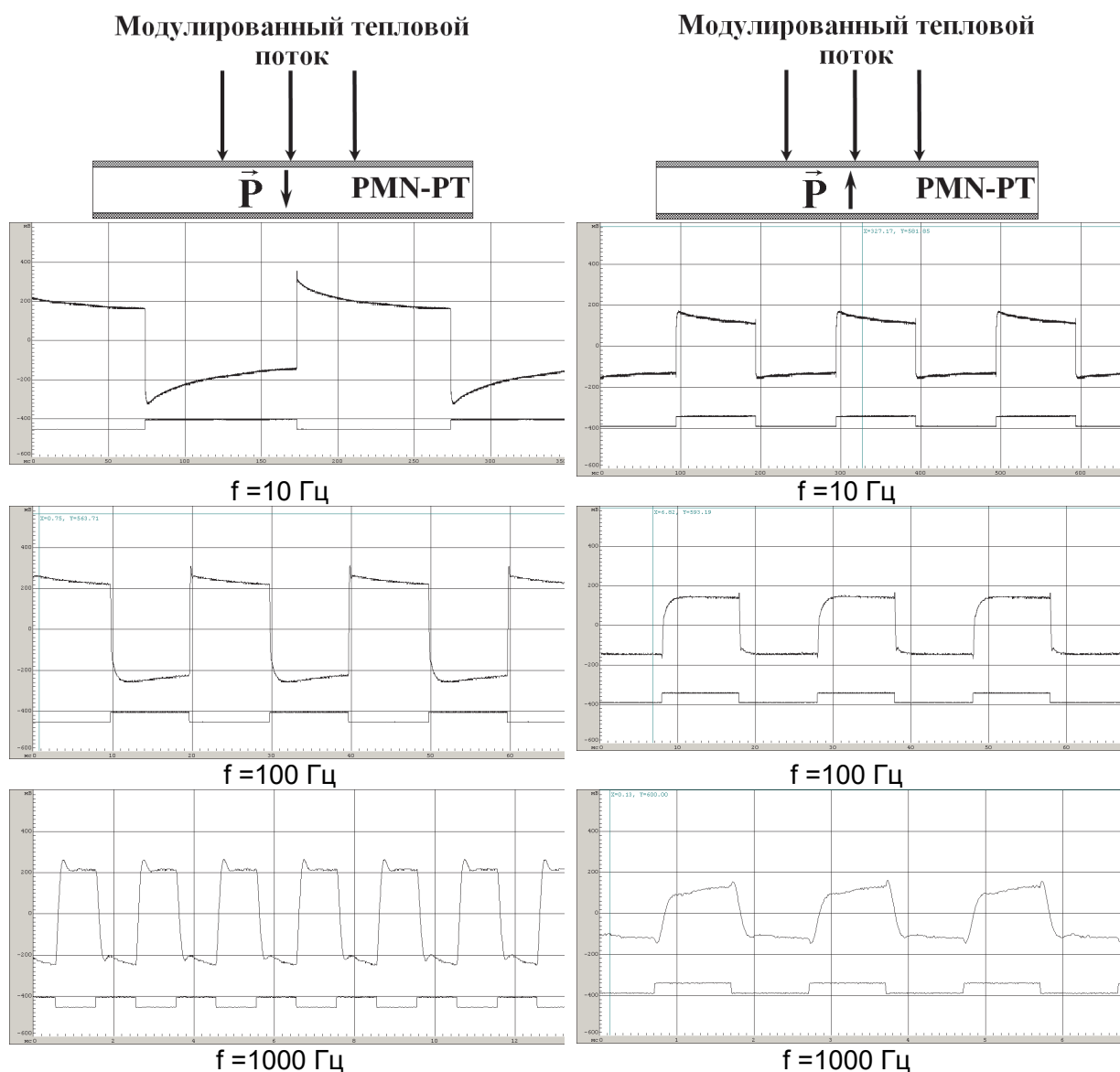


Рис. 1. Осциллограммы электрических откликов образцов керамики PMN - 20 PT на тепловое излучение, модулированное с различной частотой: при облучении стороны с выходом «-» \vec{P} поляризации и стороны с выходом «+» \vec{P} поляризации. На вставках к рисунку показана ориентация образца по отношению к модулированному тепловому потоку.

Частотные зависимости величин откликов представлены на рис. 2. Как следует из представленных зависимостей, имеет место симметричный ход величин откликов, как для светового, так и для темного промежутков. На низких частотах наблюдается линейный спад, достаточно хорошо выраженный на частотах до 10 Гц для стороны образца с выходом поляризации «+» \vec{P} . Затем наблюдается неизменность амплитуды пьезоэлектрического отклика в области частот 10-1000 Гц. При дальнейшем повышении частоты наблюдается небольшой максимум, приходящийся на частоту порядка 5 кГц.

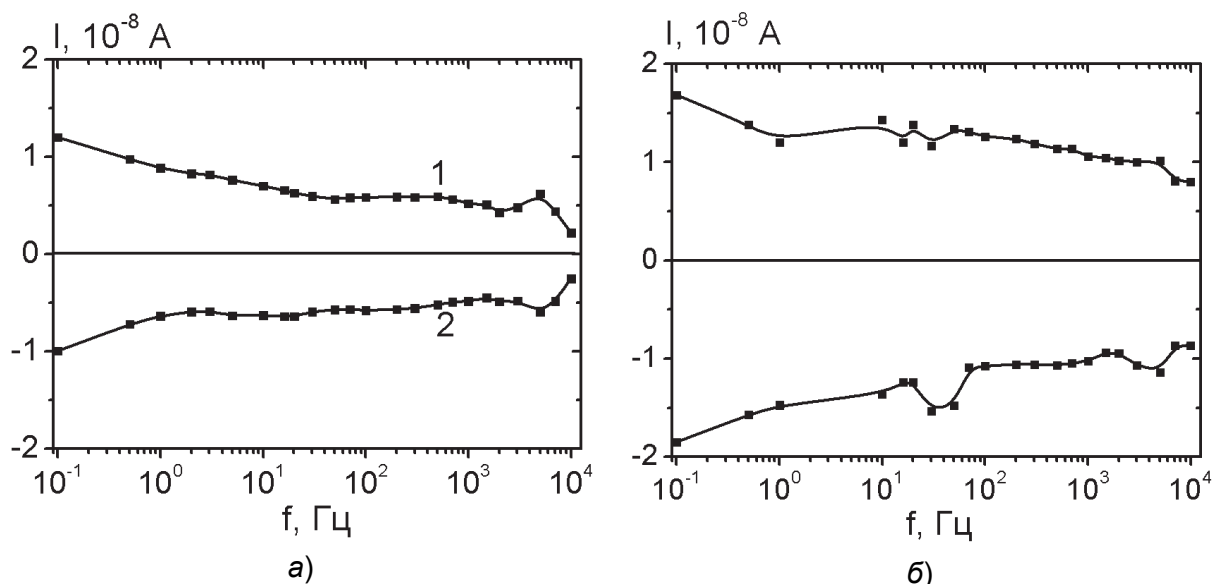


Рис. 2. Частотные зависимости пьезоэлектрического тока образца керамики PMN-20PT, обусловленного воздействием теплового потока на стороны с выходом вектора поляризации «+» \vec{P} (а) и «-» \vec{P} (б).

Спад величины сигнала в области низких частот обусловлен переходом от импульсного режима работы к периодическому. Как известно этот переход приводит к уменьшению сигнала в два раза. Эта закономерность практически выполняется применительно к данным объектам. Наличие плато (неизменность величины отклика от времени – рис. 1) свидетельствует о практически однородном распределении поляризации. Превышение величины отклика со стороны образца с выходом поляризации «-» \vec{P} над аналогичной величиной для стороны образца с выходом поляризации «+» \vec{P} можно объяснить вкладом термополяризационного эффекта. Ранее было показано, что направление этой поляризации для обеих поверхностей одинаковое – от поверхности в объем. Для случая освещения поверхности с выходом вектора поляризации «-» \vec{P} направления этих поляризаций совпадают. При воздействии теплового потока на противоположную сторону эти поляризации вычитаются, чем мы и можем объяснить уменьшение отклика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Marvan M.* The electric polarization induced by temperature gradient and associated thermoelectric effects // Czech. J. Phys. 1968. V. B 19. P. 1240-1245.
2. *Смоленский Г.А., Таганцев А.К., Холкин А.Л., Трепаков В.А., Давыдов А.В.* Исследование термополяризационного эффекта в сегнетоэлектриках // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1983. Т. 47, №3. С. 598-602.
3. *Bao P., Yan F., Lu X., Zhu J., Shen H., Wang Y., and Luo H.* Coexistence of M_A and M_C phases in $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})_{0.68}Ti_{0.32}O_3$ single crystals // Appl. Phys. Lett. 2006. V. 88, 092905.
4. *Dietze M., Katzke H., Es-Souni M., Neumann N., and Hao-Su Luo.* Single domain vs. polydomain [111] $0.72Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0.28PbTiO_3$ single crystal. Polarization switching, dielectric and pyroelectric properties // Appl. Phys. Lett. 100, 242905 (2012).