

ДИНАМИЧЕСКИЙ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОТКЛИК КЕРАМИКИ МАГНОНИОБАТА СВИНЦА

© 2016 г. В.В. ХРОМОВ, А.А. БОГОМОЛОВ, А.В. СОЛНЫШКИН,
И.Л. КИСЛОВА, Д.А. КИСЕЛЕВ*

Тверской государственный университет,
*Национальный исследовательский технический университет «МИСиС», г. Москва
e-mail: inkis@mail.ru

Введение

Магнониобат свинца $PbMg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$ (PMN) можно рассматривать как модельный кристалл для исследования релаксоров. В настоящее время накоплен достаточно обширный экспериментальный материал, относящийся к исследованию этого и подобных ему соединений [1 – 3]. Несомненный интерес представляет исследование электрического отклика керамики PMN на воздействие тепловых потоков прямоугольной формы, поскольку именно такое исследование может дать информацию о происходящих в образце процессах.

Данная работа посвящена решению следующих задач: наблюдение форм отклика, получение частотной зависимости электрических откликов при воздействии излучения лазера ИК диапазона. Нами исследован электрический отклик от образца керамики PMN, возникающий при воздействии модулированного теплового потока, который создавался лазерным излучением ИК диапазона. Мощность лазерного излучения составляла 220 мВт. Длина волны излучения составляла $\lambda = 0,98$ мкм. Интервал используемых частот варьировался в пределах от 0,1 Гц до 10 000 Гц. Для усиления сигнала использовался операционный усилитель с сопротивлением 25 МОм в цепи обратной связи. Измерения выполнены при комнатной температуре. Керамические образцы имели форму дисков, толщиной 0,68 мм, диаметром 6 мм, диаметр золотых электродов составлял 5 мм. Исследования проводились при комнатной температуре.

Результаты исследования

На рис. 1 представлены формы пироэлектрических откликов на модулированное тепловое излучение для одной из сторон образца керамики PMN. Как видно из представленных осциллограмм, отклик на частоте 15 Гц носит пиковый характер. Начало теплового воздействия сопровождается импульсом (сигнал в противофазе). Окончание воздействия теплового импульса также сопровождается появлением пика, но противоположного направления (сигнал также в противофазе с опорным). Амплитуда сигнала составляет порядка 180 мВ. Обращает на себя внимание факт несовпадения амплитуд отклика (вверх 200 мВ, вниз -170 мВ). Увеличение частоты до 150 Гц приводит к появлению так называемой «полки» (выход сигнала на стационарное значение). Величина отклика, сопровождающего темновой промежуток, не меняется, а амплитуда начального значительно уменьшается и достигает величины порядка 130 мВ.

С ростом частоты сигнал, отвечающий темновому промежутку, остается прежним на частоте 300 Гц. В диапазоне частот до 3000 Гц амплитуда полезного сигнала колеблется в пределах от 180 до 200 мВ.

Сводные результаты частотной зависимости амплитуды электрического отклика, полученного при облучении одной из стороны образца керамики PMN и пересчитанного в силу тока, представлены на рис. 2.

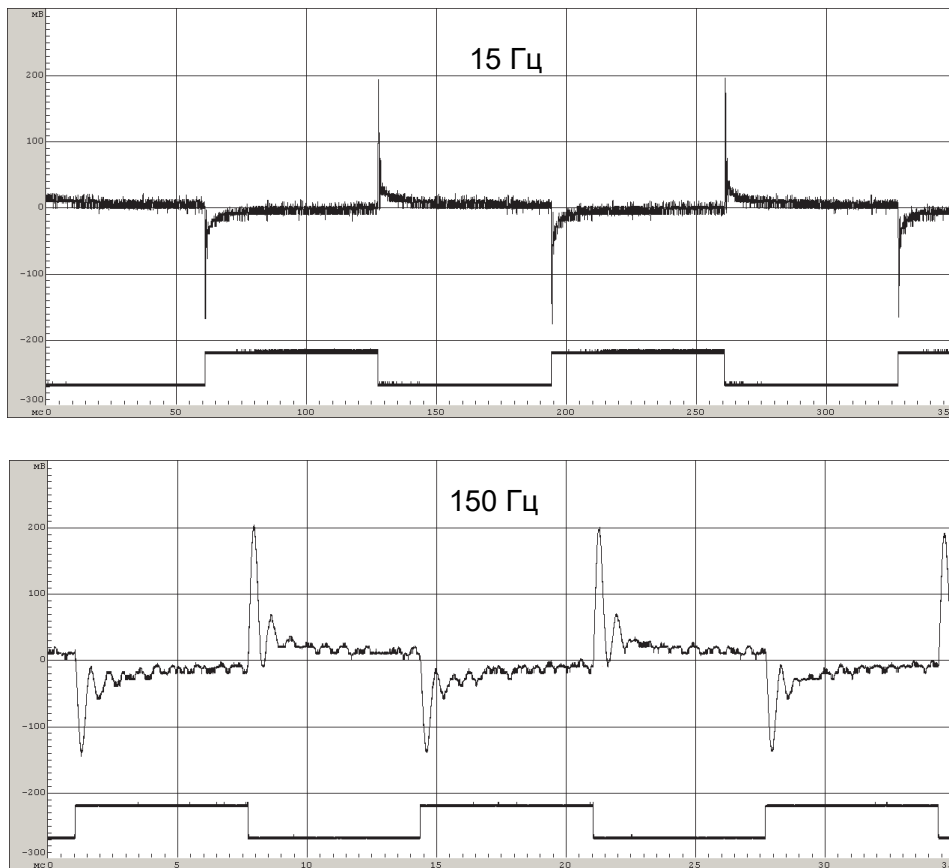


Рис. 1. Осциллограммы электрических откликов образцов керамики PMN на тепловое излучение, модулированное с различной частотой.

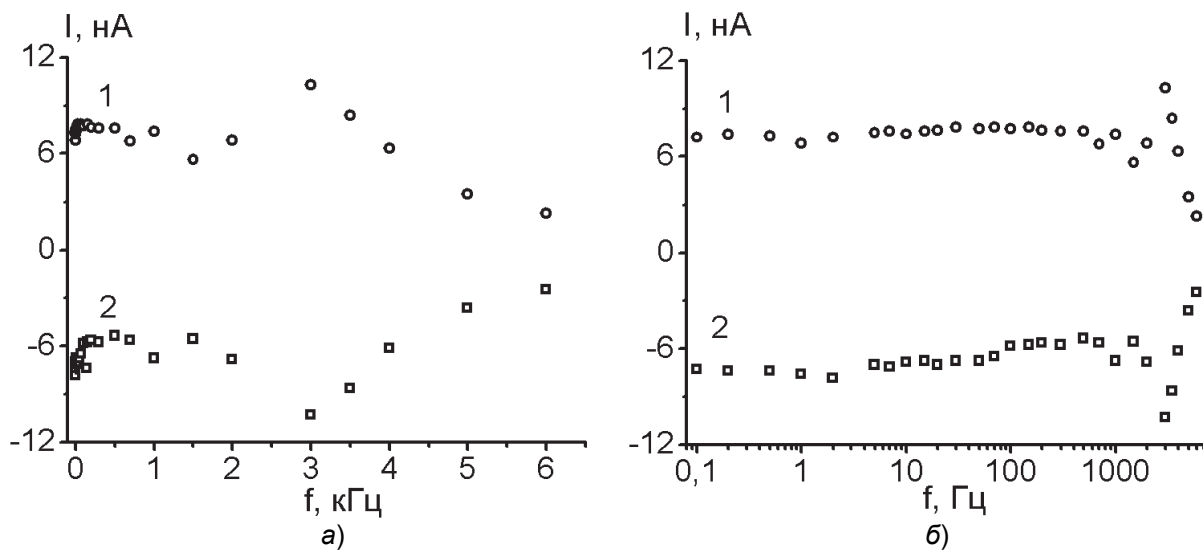


Рис. 2. Частотная зависимость отклика керамики PMN на воздействие тепловых потоков прямоугольной формы: а) – линейный масштаб, б) – полулогарифмический. Кривая 1 соответствует световому промежутку, кривая 2 – темновому.

Из приведенных на рис. 2 зависимостей следует, что в диапазоне частот до 1000 Гц амплитуда сигнала практически от частоты не зависит. В то же время, если бы сигнал носил пьезоэлектрическую природу, то при понижении частоты, начиная приблизительно с 1 Гц, амплитуда сигнала должна возрастать. Это обусловлено переходом от периодического режима работы пьезоэлектрического элемента к импульсному. Как известно этот переход приводит к увеличению пьезоэлектрического сигнала в два раза. Таким образом, данный сигнал имеет непьезоэлектрическую природу, в пользу этого

говорит тот факт, что данный объект при комнатной температуре не обладает макроскопической спонтанной поляризацией, т.е. в нем отсутствует униполярность, необходимая для существования пьезоэлектрического эффекта.

Освещение противоположной стороны образца приводит к отклику принципиально не отличающемуся от наблюдаемого при воздействии на первую сторону образца. То есть поворот образца в держателе на 180 градусов не приводит к смене фазы. Такое поведение имеет место в сегнетоэлектриках, обладающих встречной поляризацией. Однако, в данном материале макроскопическая поляризация отсутствует, поэтому одной из возможных причин возникновения необычного электрического отклика на переменное тепловое воздействие может являться термополяризационный эффект [4, 5].

Расчет частотной зависимости тока, обусловленного термополяризационным эффектом, для керамического образца PMN. Установлено, что данный отклик имеет величину $1,7 \cdot 10^{-10}$ А, и имеет место практическая независимость амплитуды отклика от частоты. Это согласуется с полученными ранее данными работы [6].

Нами полученные экспериментальные данные, которые свидетельствуют о достаточно сильной частотной зависимости наблюдаемого электрического отклика на переменное тепловое воздействие. В связи с этим мы объясняем полученные результаты пондемоторным преобразованием мощности и энергии импульсов лазерного излучения в электрический отклик. Проанализируем механическое действие лазерного излучения на исследуемый объект. Оно попадает на исследуемый объект и давит на него. Давление вызывает электрический отклик. В объяснении полученных результатов мы исходим из того, что образец обладает пьезоэлектрическим эффектом, заключающемся в том, что при деформации он поляризуется, и на его поверхности возникает электрический заряд. При сжатии такого преобразователя вдоль электрической оси на электродах возникает электрическое напряжение, что и обуславливает электрический отклик на переменное тепловое воздействие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Blinc R.* Advanced Ferroelectricity. Oxford University Press, – 2011. 272 p.
2. *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.
3. *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.* – 2012, v. 100, 242905.
4. *Marvan M.* The electric polarization induced by temperature gradient and associated thermoelectric effects // *Czech. J. Phys.* – 1968, v. B 19, p. 1240-1245.
5. *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.
6. *Холкин А.Л., Трепаков В.А., Нуриева К.М.,* Динамический метод исследования термополяризационного эффекта // *Письма в ЖТФ.* – 1986, т. 12, вып. 6, с. 341-345.