

Температурные зависимости диэлектрических характеристик пористой керамики ниобата натрия лития

Н.Е. Малышева¹, О.В. Малышкина²

¹ФГКВОО ВПО «Военная академия воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова», 170100 Тверь, Россия
e-mail: mne.70@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170022 Тверь, Россия

Получение пористых пьезоэлектрических материалов на основе ниобата натрия является одним из способов решения двух вопросов. Во-первых, замены системы цирконата-титаната свинца (ЦТС), являющегося актуальным в связи с принятием в 2003 году Европарламентом закона, ограничивающего использование соединений свинца, кадмия и ряда других веществ. Во-вторых, уменьшение плотности рабочего тела необходимого для увеличения коэффициента передачи при использовании пьезокерамических преобразователей в гидроакустике.

Настоящая работа является продолжением исследований пористой керамики $(Li_{0,1}Na_{0,9})NbO_3$ [1] (LNN). Целью работы было проверить существование релаксорных свойств и проводимости данного материала. Был проведен анализ температурных зависимостей комплексной диэлектрической проницаемости и импеданса в диапазоне частот от 1 Гц до 1 МГц. Исследования проводились методом диэлектрической спектроскопии с использованием фазочувствительного анализатора «Вектор-175». Образцы были получены по технологии, описанной в [1], но последний этап (получение заготовок) осуществлялся двумя различными способами: «мокрое» и «сухое» смешение-измельчение сырья перед прессованием. Второй способ было решено опробовать, поскольку в качестве порообразователя применялся мелкодисперсный полистирол, слипающийся в мокром состоянии в конгломераты, что препятствует получению образцов с однородным распределением пор. При «мокром» смешении использовался этиловый спирт. На Рисунке 1 приведены температурные зависимости диэлектрической проницаемости образцов LNN с 10% содержанием пор, полученных разными методами.

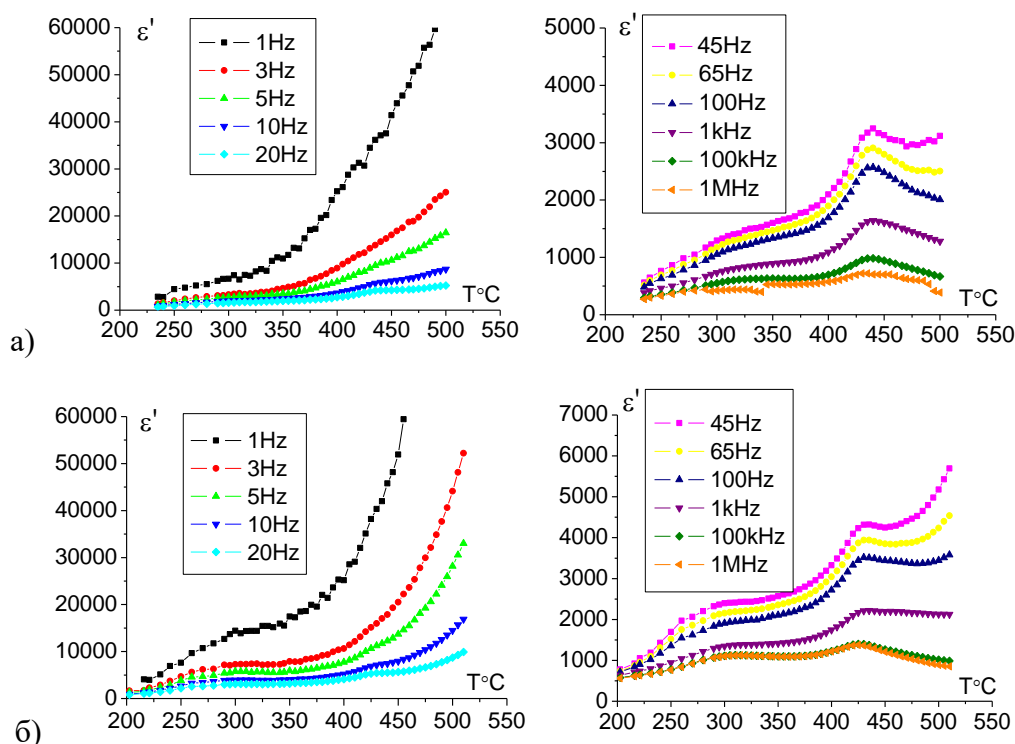


Рисунок 1. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости образцов LNN, полученных «мокрым» (а) и «сухим» (б) способами.

Положение сегнетоэлектрического максимума не зависит от частоты, что свидетельствует об отсутствии релаксорных свойств. На низких частотах максимум в явном виде не проявляется, так как имеет место сильный рост диэлектрической проницаемости, что свидетельствует о наличии в образцах проводимости. Максимум у образцов, изготовленных «мокрым» способом, наблюдается при температуре 440°C, «сухим» способом – 430°C. У вторых также более ярко выражена аномалия в области температур 250-350°C.

На зависимости проводимости от обратной температуры (Рис. 2) в области сравнительно низких частот (у образцов, полученных «мокрым» способом < 100 Гц, «сухим» < 1 кГц) можно выделить два линейных участка, соответствующих согласно [2] областям примесной (низкие частоты) и собственной проводимости полупроводников. То, что образцы керамики LNN при температурах выше 200°C должны обладать полупроводниковыми свойствами, свидетельствует и значения ширины запрещенной зоны (Табл. 1), рассчитанные по углу наклона на графиках (Рис. 2).

Если в температурном интервале, соответствующему области собственной проводимости разница в ширине запрещенной зоны для образцов, полученных разными способами незначительна, то в области примесной проводимости у образца, полученного «мокрым» способом, она в полтора раза меньше.

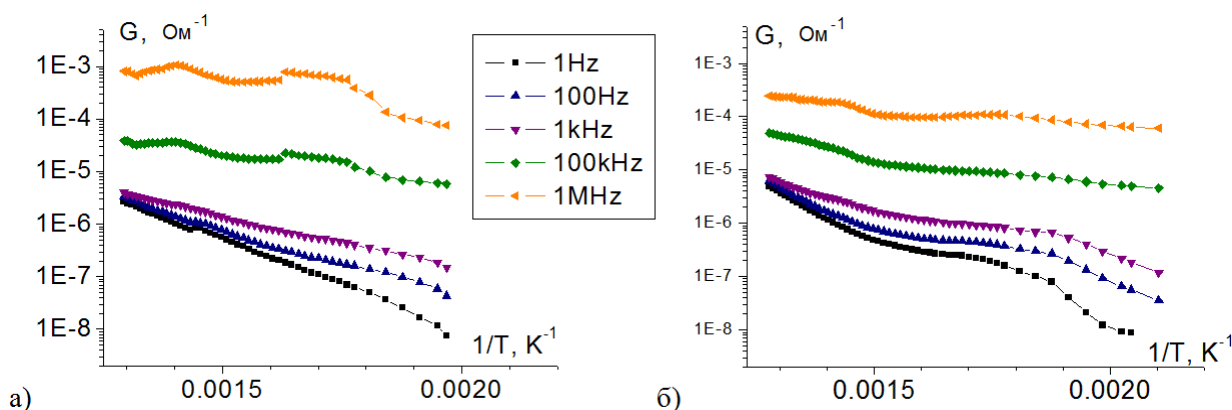


Рисунок 2. Зависимость проводимости от обратной температуры образцов LNN, полученных «мокрым» (а) и «сухим» (б) способами.

Таблица 1. Значения ширины запрещенной зоны.

Интервал температур, °C	Ширина запрещенной зоны, эВ									
	«мокрым» способ					«сухой» способ				
	1 Гц	100 Гц	1 кГц	100 кГц	1 МГц	1 Гц	100 Гц	1 кГц	100 кГц	1 МГц
200-260	1,5	1,1	0,9	0,8	0,7	2,2	1,5	1,3	0,3	0,3
430-530	1,4	1,4	1,0	0,5	0,4	1,9	1,8	1,1	1,0	0,7

Несмотря на то, что при температурах выше 200°C керамика LNN проявляет полупроводниковые свойства, при комнатной температуре она является сегнетоэлектриком. Об этом свидетельствуют как петли диэлектрического гистерезиса, так и наличие пьезоэлектрического эффекта у поляризованных образцов. В процессе поляризации в постоянном электрическом поле напряженностью 1,5 кВ/мм тока проводимости не наблюдалось.

1. O.V. Malyshkina, E.V. Barabanova, N.E. Malysheva, A. Kapustkin, A.I. Ivanova, *Ferroelectrics* **561**, 114 (2020).