

05.3

Антисегнето-сегнетоэлектрический переход в бинарных системах твердых растворов на основе ниобата натрия

© И.В. Позднякова, Л.А. Резниченко, В.Г. Гавриляченко

Ростовский государственный университет,
Научно-исследовательский институт физики

Поступило в Редакцию 12 мая 1999 г.

Исследованы диэлектрические свойства систем $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ и $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$. Определены области антисегнето-сегнетоэлектрического перехода. Установлено, что в системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ антисегнетоэлектрическая фаза стабильна при $x \leq 0.01$, а сегнетоэлектрическая — при $x \geq 0.0175$, в интервале концентраций $0.01 < x < 0.0175$ находится область перехода из одной фазы в другую. В системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$ область перехода лежит в интервале $0.07 < x < 0.11$.

В некоторых системах твердых растворов (ТР) на основе NaNbO_3 уже при малом содержании второго компонента возникает сегнетоэлектрическая (СЭ) фаза, аналогичная той, в которую переходит антисегнетоэлектрический (АСЭ) ниобат натрия под действием внешнего электрического поля [1]. К таким системам относятся, в частности, системы ТР $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{LiNbO}_3$, $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$, $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$. Данным системам посвящено много работ, что связано с их интересными физическими свойствами и возможностью широкого практического применения [2–4], однако до настоящего времени подробного изучения области АСЭ–СЭ перехода для систем $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ и $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$ проведено не было. Цель настоящей работы — установление области АСЭ–СЭ перехода

в этих системах и сопоставление полученных данных для различных систем ТР на основе NaNbO_3 .

Образцы и методика эксперимента

Керамические образцы систем $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ и $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$ были получены твердофазным синтезом с последующим горячим прессованием. Исследовано 20 составов системы $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ из интервала концентраций $0 \leq x \leq 0.1$ со средним шагом $\Delta x \approx 0.005$ и 20 составов системы $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$ из интервала концентраций $0 \leq x \leq 0.17$ со средним шагом $\Delta x \approx 0.0085$. Получены температурные зависимости диэлектрической проницаемости $\varepsilon(T)$ при воздействии постоянного электрического поля и в отсутствие поля, а также петли диэлектрического гистерезиса. Измерительные образцы изготавливались в виде дисков диаметром 8–10 мм и толщиной 1 мм. Электроды наносились путем вжигания серебряной пасты.

Экспериментальная установка позволяла получать зависимости $\varepsilon(T)$ мостовым методом ($f = 20 \text{ kHz}$, $E_{\sim} = 10 \text{ V/cm}$) при воздействии постоянного электрического поля. Для исключения ошибки в определении поля, действующего на образец, контролировался ток проводимости; величина поля на образце составляла $0.5 \div 5 \text{ kV/cm}$. По данным температурных измерений определены концентрационные зависимости температур перехода ($T_k(x)$) и изменения T_k под действием поля ($\Delta T_k(x)$).

Петли диэлектрического гистерезиса наблюдались с помощью схемы Сойера–Тауэра при комнатной температуре на частоте 50 Hz, напряженность поля на образце составляла 20–50 kV/cm. По данным исследования определены зависимости коэрцитивного поля (E_c) и остаточной поляризации (P_o) от x .

Результаты и обсуждение

На рис. 1 изображены зависимости изменения T_k под действием постоянного электрического поля в расчете на 1 kV/cm (ΔT_k) от x в системах $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ (рис. 1, *a*) и $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$ (рис. 1, *b*). Видно, что под действием поля

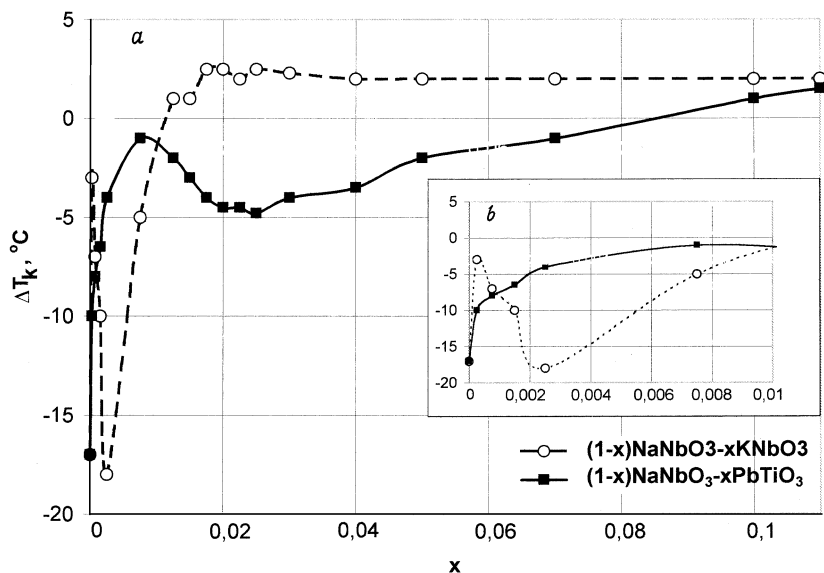


Рис. 1. Зависимости сдвига температуры Кюри (ΔT_k) под действием поля в расчёте на 1 kV/cm от концентрации (x) в системах $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ и $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$.

в системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ при $x \leq 0.01$ T_k смещается в сторону низких температур, как свойственно антисегнетоэлектрикам, при $x \geq 0.0175$ смещение происходит в противоположную сторону, как в сегнетоэлектриках. В системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$ T_k под действием постоянного электрического поля в образцах с $x \leq 0.07$ смещается в сторону низких температур, при $x \geq 0.11$ — в сторону высоких температур. Небольшие максимумы на зависимостях $\Delta T_k(x)$ при малых x связаны, по-видимому, с повышенной дефектностью данных составов.

На рис. 2 представлены концентрационные зависимости коэрцитивного поля $E_c(x)$ и остаточной поляризации $P_o(x)$ для системы $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ и $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$. В первой значительное увеличение E_c и P_o наблюдается при $x \sim 0.01$, во второй — при $x \sim 0.11$.

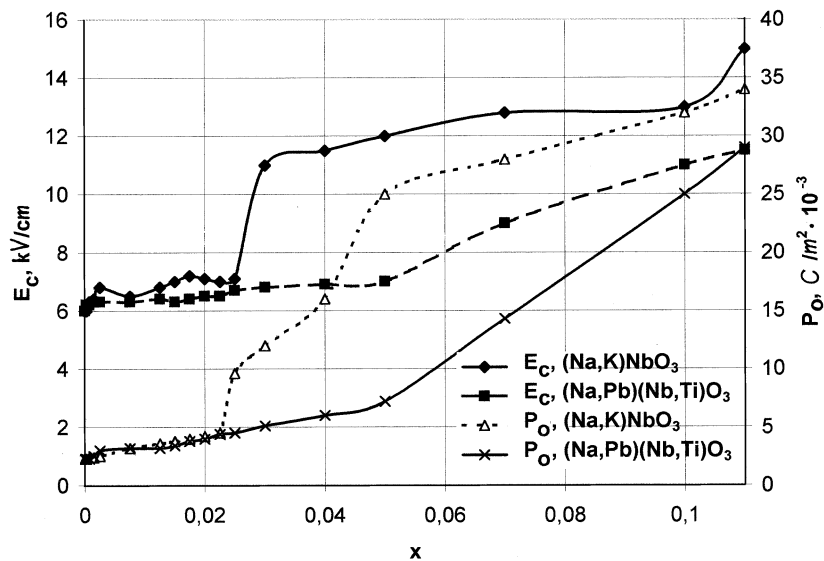


Рис. 2. Зависимости коэрцитивного поля (E_c) и остаточной поляризации (P_o) от концентрации (x) в системах $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ и $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно утверждать, что в системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$ АСЭ фаза стабильна при $x \leq 0.01$, а СЭ — при $x \geq 0.0175$, в интервале концентраций $0.01 < x < 0.0175$ находится область перехода из АСЭ в СЭ фазу. В системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$ область перехода АСЭ–СЭ лежит в интервале $0.07 < x < 0.11$. Различие концентрационных интервалов, в которых происходит смена фазовых состояний в данных системах, можно объяснить тем, что при гетеровалентном замещении в обеих катионных подрешетках в системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{PbTiO}_3$ возможно образование большого количества вакансий, вследствие чего внутреннее поле, действующее на сегнетоактивные катионы, может оказаться значительно меньше, чем в системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x\text{KNbO}_3$, и стабилизация СЭ фазы произойдет при больших концентрациях примесного катиона.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант № 99-02-17575.

Список литературы

- [1] *Физика сегнетоэлектрических явлений* / Под ред. Г.А. Смоленского. Л.: Наука, 1985. 396 с.
- [2] *Турик А.В., Таисьева В.А., Резниченко Л.А.* // Изв. АН СССР. Сер. Неорган. матер. 1978. Т. 14. № 5. С. 912-914.
- [3] *Разумовская О.Н., Шилкина Л.А., Резниченко Л.А.* // Изв. АН СССР. Сер. Неорган. матер. 1979. Т. 15. № 12. С. 2207-2211.
- [4] *Резниченко Л.А., Данцигер А.Я., Сахненко В.П.* // Фундаментальные проблемы пьезоэлектроники. Ростов-на-Дону: МП "Книга", Изд. РГУ, 1995. Т. 2. С. 13-25.