

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.232

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИОБАТНОЙ КЕРАМИКИ  
ВБЛИЗИ МОРФОТРОПНОЙ ГРАНИЦЫ

А. А. Ананьева, М. А. Угрюмова

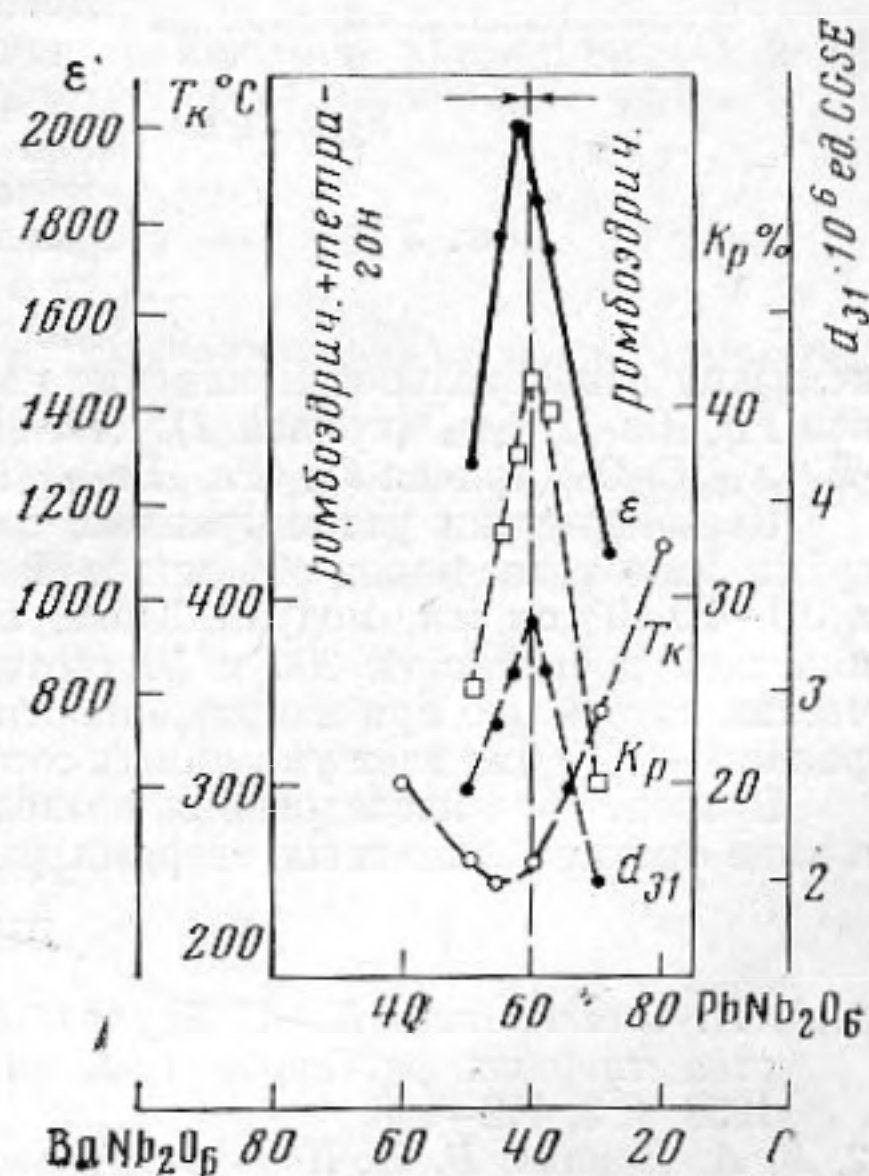
Создание высококачественных пьезоматериалов для акустических применений остается актуальной задачей. Наряду с составами на основе твердых растворов титаната — цирконата свинца с высокими пьезоэлектрическими свойствами обладают составы на основе твердых растворов ниобата бария свинца (НБС), изучавшиеся ранее в работах [1, 2].

В данной работе исследовались следующие трех- и четырехкомпонентные системы на основе НБС:

- $Pb_{1-x}Ba_xNb_2O_6 - A_2Nb_2O_6$ , где  $A - K^{1+}, Na^{1+}$
- $Pb_{1-x}Ba_xNb_2O_6 - A_2'Nb_2O_6$ , где  $A' - Bi^{3+}, La^{3+}$
- (1)  $Pb_{1-x}Ba_xNb_2O_6 - (Pb_{1-x}Ba_x)_2B_2O_6$ , где  $B - Ti^{4+}, Zr^{4+}$
- $Pb_{1-x}Ba_xNb_2O_6 - (Pb_{1-x}Ba_x)B_2'O_4$ , где  $B' - Cr^{3+}$ .

Рентгеновский фазовый анализ и анализ микроструктуры показали, что в этих системах при введении третьих компонентов вплоть до 15–20 мол. % образуется непрерывный ряд твердых растворов. В результате исследований установлено, что с введением указанных добавок в твердые растворы ниобата бария и свинца диэлектрические и пьезоэлектрические свойства последних меняются как в зависимости от соотношения основных компонентов, так и в зависимости от концентрации вводимых добавок.

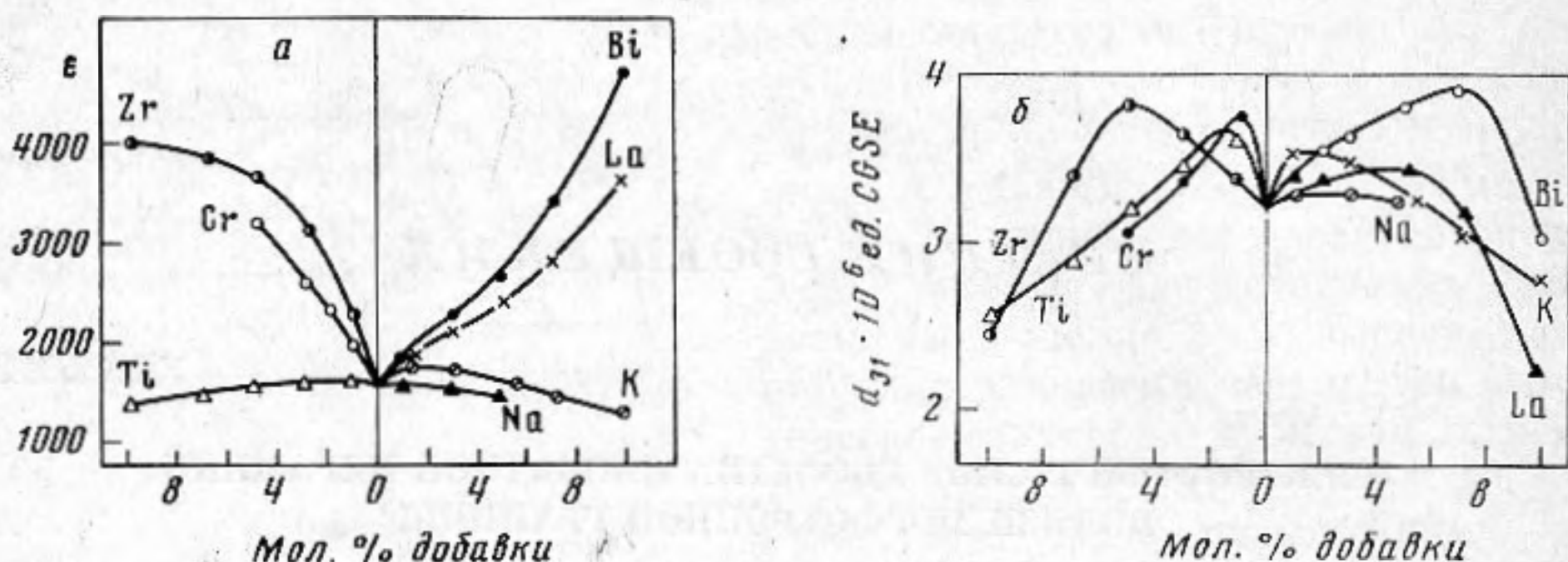
Известно [3], что в системе твердых растворов ниобата бария и свинца с изменением концентрации происходит переход из ромбической фазы в тетрагональную. При этом в интервале концентраций ниобата бария от 38 до 50 мол. % наблюдается наличие двух фаз: ромбической и тетрагональной. Во всех случаях максимальное значение пьезомодуля имеют составы, состоящие из смеси двух фаз (т. е. находящиеся в двухфазной области). На фиг. 1 показано изменение диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ), пьезоэлектрического модуля ( $d_{31}$ ), коэффициента электромеханической связи ( $k_p$ ), температуры Кюри ( $T_K$ ) твердых растворов  $(Pb, Ba)Nb_2O_6$  в зависимости от содержания  $PbNb_2O_6$ . При частичном замещении ионов свинца, бария ионами висмута или лантана максимальное значение пьезомодуля смещается в сторону увеличения содержания ниобата бария, а при частичном замещении ионов свинца, бария ионами калия или натрия, или ионов ниобия ионами титана, циркония, хрома максимум пьезомодуля смещается в сторону увеличения содержания ниобата свинца. (Значения по осям абсцисс даны в мол. %.)



Фиг. 1

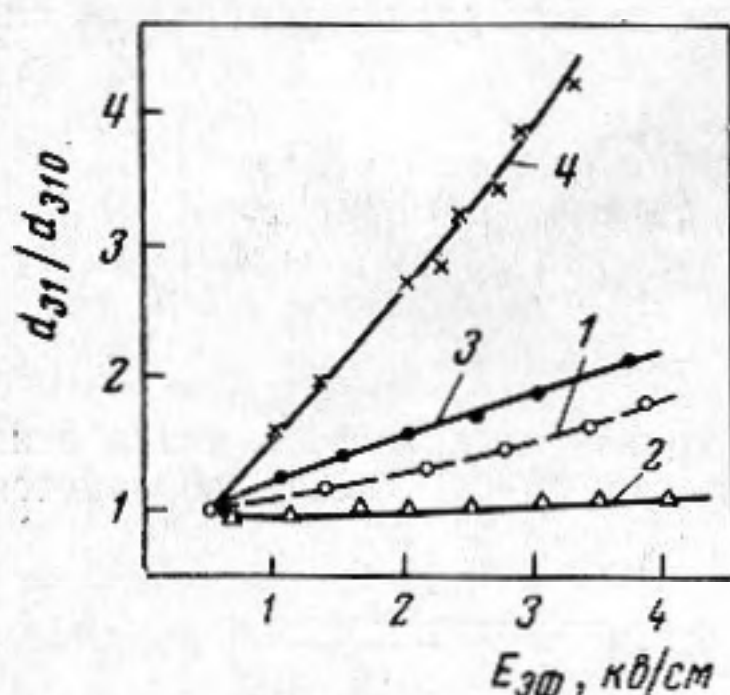


Используя полученные экспериментальные данные, можно разделить все рассматриваемые добавки по влиянию на свойства твердых растворов  $(\text{Pb}, \text{Ba})\text{Nb}_2\text{O}_6$  на две группы. К первой группе относятся ионы Bi, La, Zr, Cr, ко второй — K, Na, Ti. Из анализа температурных изменений  $\epsilon$  в твердых растворах  $(\text{Pb}, \text{Ba})\text{Nb}_2\text{O}_6$  в зависимости от указанных добавок следует, что с ростом концентрации ионов первой груп-



Фиг. 2

пы происходит значительное понижение  $\epsilon$  и размытие фазового перехода, с ростом концентрации ионов второй группы значение  $\epsilon$  при комнатной температуре, в точке Кюри и само значение  $T_K$  мало изменяются. При этом не происходит размытия фазового перехода. На фиг. 2 представлено изменение  $\epsilon$  и  $d_{31}$  твердых растворов в зависимости от концентрации добавок, причем вправо от пунктирной линии отложено содержание добавок типа A и A', а влево — типа B и B' (см. (1)).



Фиг. 3

показано относительное изменение пьезомодуля  $d_{31}$  в зависимости от  $E_{эф}$  для составов  $\text{Pb}_{0,6}\text{Ba}_{0,4}\text{Nb}_2\text{O}_6$  (кривая 1),  $(\text{Pb}_{0,6}\text{Ba}_{0,4})_{0,98}\text{K}_{2,0,02}\text{Nb}_2\text{O}_6$  (кривая 2),  $(\text{Pb}_{0,6}\text{Ba}_{0,4})_{0,95}\text{Bi}_{2,0,05}\text{Nb}_2\text{O}_6$  (кривая 3),  $(\text{Pb}_{0,6}\text{Ba}_{0,4})(\text{Nb}_{0,99}\text{Cr}_{0,01})_2\text{O}_6$  (кривая 4).

Пьезокерамики рассмотренных составов при введении добавок первой и второй групп имеют значения объемного веса 5,8 и 5,9 г/см<sup>3</sup>, скорости звука,  $c_{зв}$  — 3,8·10<sup>5</sup> и 3,9–4,0·10<sup>5</sup> см/сек, модуля Юнга,  $E_Y$  — 0,85·10<sup>12</sup> и 0,90–0,95·10<sup>12</sup> дин/см<sup>2</sup>, механической добротности 200 и 50 соответственно. Значение тангенса угла диэлектрических потерь  $\text{tg } \delta$  при напряженности переменного электрического поля  $E_{эф} = 5$  кВ/см равно 1–1,5% для всех указанных составов.

Проведенные исследования позволили разработать целый ряд новых материалов в виде трехкомпонентных твердых растворов на основе состава  $(\text{Pb}, \text{Ba})\text{Nb}_2\text{O}_6$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Смоленский, В. А. Исупов, А. И. Аграновская. Сегнетоэлектрические свойства твердых растворов в системе  $\text{PbNb}_2\text{O}_6$ – $\text{BaNb}_2\text{O}_6$ – $\text{SrNb}_2\text{O}_6$ . Физ. тв. тела, 1959, 1, 3, 442–449.
2. В. А. Исупов, В. И. Косяков. Диэлектрическая поляризация и пьезоэлектрические свойства твердых растворов метаниобата кальция, стронция и бария в метаниобате свинца. ЖТФ, 1958, 28, 10, 2175–2185.
3. M. H. Francombe, V. Lewis. Структурные, диэлектрические и оптические свойства сегнетоэлектрического ниобата свинца. Acta cryst., 1958, 11, 696–703.