

## МАГНИТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПОЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛОВ

*И.Б.Берсукер, Б.Г.Вехтер, В.П.Зенченко,  
И.Г.Исмаиладзе, Р.М.Исмаилов, И.С.Рез*

Обнаружено предсказанное ранее значительное изменение диэлектрических свойств и температуры фазового перехода  $T_K$  под влиянием магнитного поля ( $\sim 1$  град/кЭ) для большого числа сегнето- и антисегнетоэлектриков. Установлено, что сдвиги  $T_K$  в поле имеют противоположные знаки при сегнето- ( $\Delta T_K > 0$ ) и антисегнето- ( $\Delta T_K < 0$ ) упорядочении. Обсуждены возможные механизмы эффекта.

В сообщениях [1 – 3], в рамках вибронной теории сегнетоэлектричества [4] было показано, что под влиянием магнитного поля меняются диэлектрические свойства немагнитных сегнетоэлектрических кристаллов. Эффект обязан перестройке электронной подсистемы в магнитном поле и связанному с ней переопределению вибронного вклада в частоту мягкой моды и другие характеристики перехода. Указанные работы стимулировали экспериментальные исследования изменения свойств полярных кристаллов в магнитных полях. В работах [5, 6] было обнаружено влияние магнитного поля на аномалии электропроводности, связанные с сегнетоэлектрическим фазовым переходом в твердых растворах  $Pb_{1-x}Ge_xTe$ .

В настоящем сообщении приведены результаты проведенного впервые систематического исследования влияния магнитного поля непосредственно на диэлектрические свойства большого числа полярных кристаллов, обладающих различными параметрами порядка и типами структур (23 сегнето- и 13 антисегнетоэлектриков), в области фазового перехода, которое подтвердило идею о существенной роли электронной подсистемы в возникновении сегнетоэлектричества и выявило характерные особенности эффекта. Измерения  $\epsilon(T)$  проводились в постоянном однородном магнитном поле напряженностью до 15 кЭ. Нагрев керамических образцов толщиной  $\sim 0,5$  мм и диаметром 5 мм производился микроэлектронагревателем, являющимся одновременно держателем образца. Температура объекта измерялась с помощью ХА термопары с точностью  $\pm 1^\circ C$ . Емкость измерялась цифровым микрофарадоомметром типа Р-385 на частоте 1кГц.

Из полученных данных следует, что: 1) влияние магнитного поля на температуру перехода  $T_K$  весьма существенно ( $\sim 1$ град/кЭ) и не очень различается для разных кристаллов; 2) знак  $\Delta T_K(H)$  определяется характером дипольного упорядочения:  $\Delta T_K > 0$  для сегнетоэлектриков и  $\Delta T_K < 0$  для антисегнетоэлектриков. Некоторые характерные примеры приведены на рис.1. Рис.2 наглядно демонстрирует вторую закономерность на примере двух фазовых переходов – сегнетоэлектрическом (FE) и антисегнетоэлектрическом (AFE), наблюдаемых в одном и том-

же образце  $\text{KNO}_3$ . Видно, что в полях  $H \gg 8 \text{ кЭ}$  пики  $\epsilon(T)$ , соответствующие сегнетоэлектрическому (при охлаждении) и антисегнетоэлектрическому (при нагревании) переходам, меняются местами.

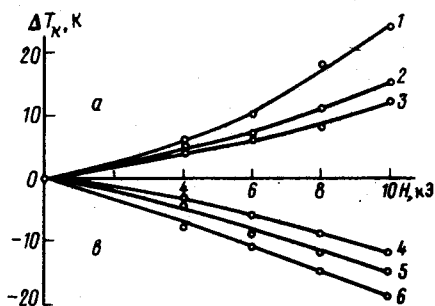


Рис.1. Зависимость сдвига  $\Delta T_K = T_K(H) - T_K(0)$  от напряженности магнитного поля; а) сегнетоэлектрики: 1 -  $\text{Bi}_{0,4}\text{Pb}_{0,6}(\text{Fe}_{0,7}\text{Nb}_{0,3})\text{O}_3$ , 2 -  $\text{SrTi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ , 3 -  $\text{BaTiO}_3$ ; б) антисегнетоэлектрики: 1 -  $\text{Pb}_3\text{V}_2\text{O}_8$ , 2 -  $\text{PbZrO}_3$ , 3 -  $(\text{Bi}_{0,7}\text{La}_{0,3})\text{FeO}_3$

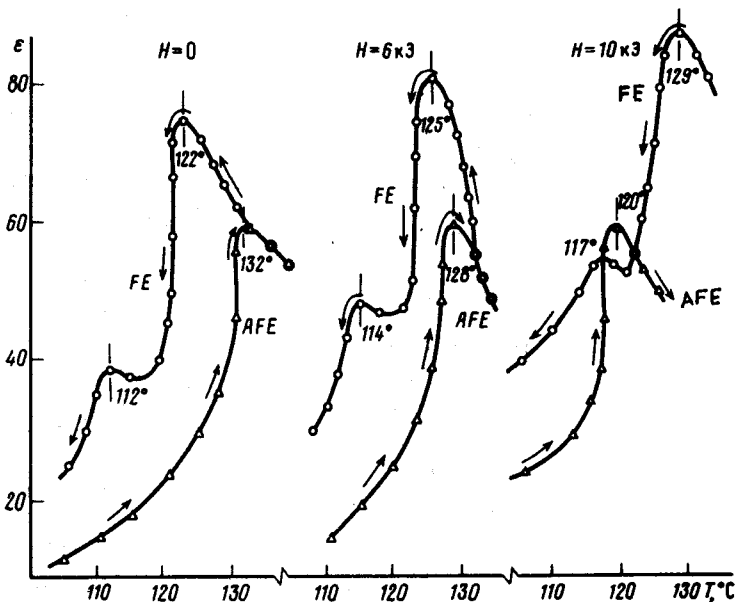


Рис.2. Зависимость  $\epsilon(T)$  для  $\text{KNO}_3$  при нагревании и охлаждении в магнитных полях:  $H = 0$ ,  $H = 6 \text{ кЭ}$ ,  $H = 10 \text{ кЭ}$

Как следует из вибронной теории, изменения диэлектрических свойств в магнитном поле определяются двумя факторами: изменением энергетического спектра электронов из-за квантования Ландау и переопределением вибронных констант  $B(\mathbf{k}, \mathbf{q})$ , характеризующих связь электронной подсистемы с полярными модами кристалла ( $\mathbf{k}$  и  $\mathbf{q}$  — волновые вектора электронов и фононов). Первый из этих эффектов определяется отношением циклотронного кванта к ширинам зон. Второй эффект обязан дисперсии  $B(\mathbf{k}, \mathbf{q})$  и определяется производными от  $B(\mathbf{k}, \mathbf{q})$  по волновому вектору электрона  $\mathbf{k}$ . Его вклад в  $T_K$  пропорционален параметру  $a^4/R^4$ , который слабо зависит от природы кристалла ( $a$  — постоянная решетки, а  $R = \sqrt{\hbar c / eH}$  — магнитная длина). Оценки показывают, что поправки к  $T_K$  от этого механизма могут достигать 1–5% в полях  $10^4 \text{ Э}$ . При этом фазовые соотношения между  $B(\mathbf{k}, 0)$  и  $B(\mathbf{k}, \pi/a)$  могут привести к поправкам противоположного знака для сегнето- и антисегнетоэлек-

триков. Эти следствия, вызываемые переопределениями  $V(k, q)$  в поле, качественно согласуются с наблюдаемыми закономерностями, однако для получения более детального согласия теории с экспериментом необходимы дополнительные исследования. Следовало бы также изучить другие возможные механизмы эффекта, в частности, выяснить роль примесей и доменной структуры.

Обнаруженное сильное влияние магнитного поля на диэлектрические свойства полярных кристаллов расширяет существующие представления о взаимодействии немагнитных веществ с магнитным полем. Оно может быть использовано как новый метод исследования структурных фазовых переходов и открывает дополнительные возможности управления нелинейными диэлектрическими свойствами полярных кристаллов.

Институт химии  
Академии наук Молдавской ССР  
Сектор радиационных исследований  
Академии наук Азербайджанской ССР

Поступила в редакцию  
28 июня 1980 г.

После переработки  
24 октября 1980.

### Литература

- [1] I.B.Bersuker, B.G.Vekhter, V.P.Zenchenko, III EMF, Zurich, Switzerland, Abstracts, Section K, p K3; 1975; Ferroelectrics, 12, 373, 1976.
- [2] Б.Г. Вехтер, В.П.Зенченко, И.Б.Берсукер. ФТТ, 18, 2325, 1976.
- [3] B.G.Vekhter, V.P.Zenchenko, I.B.Bersuker. Ferroelectrics, 20, 163; 1978.
- [4] I.B.Bersuker, B.G.Vekhter. Ferroelectrics, 19, 137, 1978.
- [5] K.Murase, S.Sugai, S.Takaoka, S.Katayama, Proc. Int. Conf. Phys. Semicond., Rome, 305, 1976.
- [6] S.Takaoka, K.Murase. Phys. Rev., B20, 2823; 1979.