

осная магнитная анизотропия в исследованных диспрозиевых Вс-МПФГ имеет ростовую природу, поскольку в толстых пленках ($h \sim 100$ мкм) рассогласование параметров решеток пленки и подложки пренебрежимо мало, поэтому магнитоупругая составляющая магнитной анизотропии отсутствует.

Ширина линии ФМР $2\Delta H$, так же как и $H_{кз}$, монотонно уменьшается с температурой, исключая интервал ее значений вблизи температуры Нееля (рис. 2). По измеренным значениям ширины и интенсивности линии ФМР определяли температурную зависимость относительной величины намагниченности насыщения $M_{отн} [^\circ]$ (рис. 2). Видно, что в исследованном интервале температур зависимость $M_{отн}(T)$ имеет максимум.

Таким образом, в данной работе показано, что эпитаксиальные Вс-МПФГ состава $(\text{Dy}, \text{Bi})_3(\text{Fe}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$, выращенные на подложках из $(\text{Gd}, \text{Ca})_3(\text{Mg}, \text{Zr}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$ с ориентацией (111), обладают высокой одноосной магнитной анизотропией.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Рандошкин В. В., Червоненкис А. Я. Прикладная магнитооптика. М.: Энергоатомиздат, 1990. 320 с.
- [2] Honda Y., Hibiya T., Shiroki K. // Jap. J. Magn. and Magn. Mater. 1986. V. 10. N 2. P. 151—154.
- [3] Рандошкин В. В., Чани В. И. // Тез. докл. VII Всес. конф. по росту кристаллов. М., 1988. Т. 2. С. 260—261.
- [4] Chani V. I. // Proc. SPIE. 1989. V. 1125. Paper 18.
- [5] Рандошкин В. В., Чани В. И., Червоненкис А. Я. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. № 11. С. 653—656.
- [6] Логинов Н. А., Рандошкин В. В., Цветкова А. А., Чани В. И. // ЖТФ. 1987. Т. 57. № 9. С. 1878—1881.
- [7] Элементы и устройства на цилиндрических магнитных доменах: Справочник / Под ред. Н. Н. Евтихиева, Б. Н. Наумова. М.: Радио и связь, 1987. С. 35.
- [8] Зюзин А. М., Рандошкин В. В., Телеснин Р. В. // ЖТФ. 1982. Т. 52. № 9. С. 1896—1898.

Иститут общей физики АН СССР
Москва

Поступило в Редакцию
7 сентября 1990 г.

УДК 537.226

© Физика твердого тела, том 33, № 3, 1991
Solid State Physics, vol. 33, N 3, 1991

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ СЕЛЕНА НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУЛЬФАТА АММОНИЯ

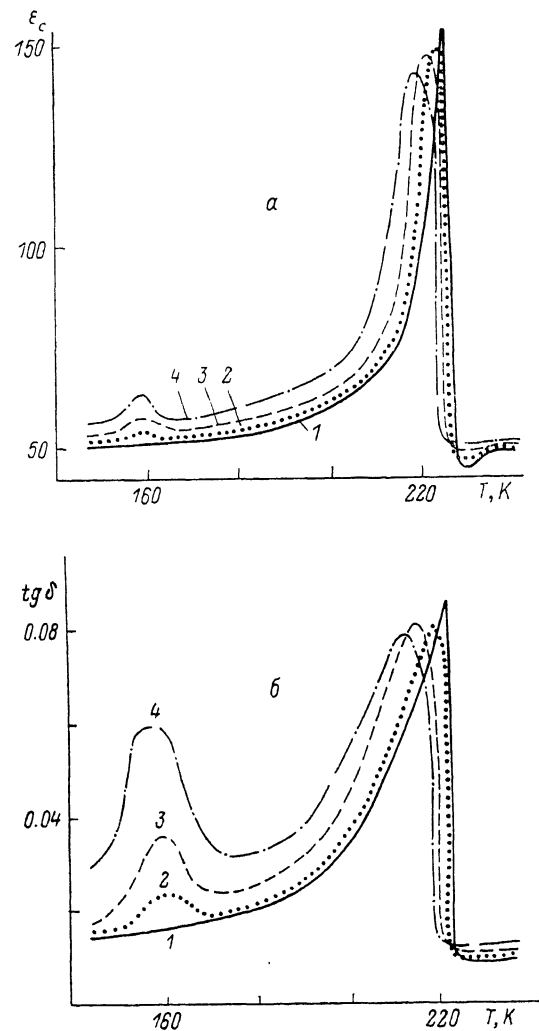
А. П. Шамшин, Л. Н. Пелих, Э. В. Матюшкин

Кристалл сульфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (АС) претерпевает при температуре 223 К несобственный сегнетоэлектрический фазовый переход из параэлектрической фазы с пространственной группой D_{2h}^{16} в сегнетоэлектрическую фазу с пространственной группой C_{2v}^9 . Изучена структура АС как в пара-, так и в сегнетоэлектрической фазах [1]. Элементарная ячейка при комнатной температуре содержит четыре формульных единицы, представляющих собой два неэквивалентных вида ионов аммония $\text{NH}_4^+(\text{I})$, $\text{NH}_4^+(\text{II})$ и одного вида иона сульфата SO_4^{2-} в обеих фазах. Несобственный сегнетоэлектрический переход в АС трактуется как переход молекулярно-дисторсионного типа. Ответственными за переход являются искажения в тетраэдрах SO_4^{2-} . Дисторсия тетраэдров SO_4^{2-} является параметром порядка [2].

Имеется ряд работ по изучению свойств АС в составе смешанных кристаллов типа $\text{Me}_2\text{SO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ [3, 4], где $\text{Me} = \text{Li}, \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$. Получено,

что замещение ионов с радиусами, близкими к радиусу иона аммония, ведет к существенному изменению свойств АС, таких как параметры ячейки, температурной зависимости спонтанной поляризации. С увеличением концентрации примеси меняется характер перехода, и при определенных концентрациях примеси сегнетоэлектрический ФП исчезает.

В настоящей работе исследована температурная зависимость диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь си-



Температурные зависимости диэлектрической проницаемости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) смешанных кристаллов $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(1-x)-(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_4 \cdot x$.
 1 — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 2 — $x=0.02$, 3 — 0.03, 4 — 0.05.

стемы смешанных кристаллов $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(1-x)-(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_4 \cdot x$ с $x=0.02, 0.03, 0.05, 0.1$. Кристаллы выращивались методом спонтанной кристаллизации из водных растворов. Пересыщение достигалось медленным испарением растворителя. Точность поддержания температуры раствора была не хуже ± 0.05 К. Все кристаллы отжигались при температуре 373 К.

На рисунке приведены экспериментальные температурные зависимости диэлектрической проницаемости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) системы смешанных кристаллов сульфат—селенат аммония. Измерения проводились на частоте 1000 Гц. Измерительное поле не превышало 10 В/см. Из этого рисунка видно, что введение даже небольшого количества примеси селена (порядка 2 моль %) в АС ведет к появлению но-

вой аномалии в зависимости от температуры $\epsilon_c(T)$ и $\text{tg } \delta(T)$ при 160 К. При этом сегнетоэлектрические аномалии $\epsilon_c(T)$ и $\text{tg } \delta(T)$ смещаются на 2—4 К в область более низких температур. Прямо пропорционально увеличению концентрации селена наблюдалось увеличение амплитуды низкотемпературной аномалии.

Причиной появления низкотемпературной аномалии диэлектрической проницаемости может быть то, что, как известно, сегнетоэлектрический ФП в АС является результатом дальнедействующего взаимодействия между молекулярными ионами. Согласно [2], в точке ФП изменения в длинах и углах связи O—S—O ведут к искажению тетраэдров SO_4^{2-} и снижению симметрии ионов SO_4^{2-} с C_4 в параэлектрической фазе до C_1 в сегнетоэлектрической фазе. Структурные изменения, ответственные за переход, вызваны главным образом изменениями в межатомных расстояниях между S и O атомами иона SO_4^{2-} . При этом дисторсия тетраэдров, являющаяся первичным параметром порядка, ведет к изменению дипольного момента тетраэдра SO_4^{2-} и появлению P_s ниже T_k . Искажения ионов NH_4^+ являются следствием искажения тетраэдров SO_4^{2-} . При понижении температуры до 160 К в линиях ядерного магнитного резонанса в АС появляется дополнительная острая линия изменяющейся ширины. Адсорбционная линия в связи с этим расщепляется на две хорошо разрешимые компоненты, одна из которых (широкая) связана с «замерзанием» движения внутри иона аммония NH_4^+ (I), а другая (узкая) — с его быстрой переориентацией как целого [5]. При 93 К происходит «замерзание» иона NH_4^+ (II).

Введение тяжелого иона селена с радиусом, превышающим радиус иона серы, ведет к «разрыхлению» тетраэдра SO_4^{2-} , меняется его дипольный момент в сегнетоэлектрической фазе, изменяется величина спонтанной поляризации кристалла. Примесный ион селена влияет на динамику решетки. Появление дополнительной аномалии в температурной зависимости диэлектрической проницаемости АС может быть связано с тем, что селен влияет на свойства ионов NH_4^+ (I) в точке, где происходят «замерзание» и переориентация этих ионов. Увеличение концентрации селена увеличивает величину низкотемпературной аномалии $\epsilon_c(T)$, $\text{tg } \delta(T)$. Тогда низкотемпературную аномалию можно рассматривать как новый структурный переход, индуцируемый примесью селена.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Schlemper E. O., Hamilton W. C. // J. Chem. Phys. 1976. V. 44. N 12. P. 4498—4509.
- [2] Jain Y. S., Bajpai P. K., Brattacharjee R., Chowadhury D. // J. Phys. C: Sol. St. Phys. 1986. V. 19. P. 3789—3796.
- [3] Sawada A., Ohya S., Ishilashi I., Takagi I. // J. Phys. Soc. Jap. 1975. V. 38. N 5. P. 1408—1414.
- [4] Ohi K., Osaka J., Uno H. // J. Phys. Soc. Jap. 1978. V. 44. N 2. P. 529—536.
- [5] Blinc R., Levstek I. // J. Phys. Chem. Solids. 1960. V. 21. N 3. P. 295—303.

Харьковский институт
инженеров железнодорожного транспорта

Поступило в Редакцию
16 апреля 1990 г.

В окончательной редакции
10 сентября 1990 г.