ЛИТЕРАТУРА

1. Neel. Ann. de Phys., 3, 137, 1948.

2. Rado, Folen. J. appl. Phys., 31, No. 1, 1960.

3. Горяга А. Н., Волкова Н. В. «Вестн. Моск. ун-та», сер. физ., астрон., № 2, 1967. 4. Горяга А. Н., Волкова Н. В. Доклады на Всесоюзном совещании по ферритам. Минск, 1967.

5. Горяга А. Н., Волкова Н. В., Покровский и др. (в печати).

Поступила в редакцию 2.6 1967 г.

Кафедра общей физики для биологов

УДК 537.227

А. Я. КРАСНИКОВА, Н. Д. ГАВРИЛОВА, В. К. НОВИК, В. А. КОПЦИК

АНОМАЛИИ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ Желтой кровяной соли

Кристаллы желтой кровяной соли (ЖКС) представляют большой интерес в связи со специфическим поведением их электрофизических параметров в области сегнетоэлектрической фазы [1—4]. При комнатной температуре они существуют в виде модификаций: моноклинной и тетрагональной. Диэлектрические свойства моноклинного кристалла соответствуют «регулярной» картине сегнетоэлектрических фазовых переходов 11 рода. В отличие от других сегнетоэлектриков температурная зависимость диэлектрической проницаемости «тетрагонального» кристалла не имеет классической формы λ-кривой, а обладает несколькими близко расположенными максимумами, обусловленными политипическими превращениями в этом кристалле [5].

Согласно феноменологическому рассмотрению [6], квадрат спонтанной поляризации при температурах политипических превращений должен испытывать изломы. Так как измерение спонтанной поляризации по петлям диэлектрического гистерезиса не дает точность определения P_s^c лучше 20%, то достоверно установить наличие изломов $P_s^c(T)$ этим методом не представляется возможным. Поэтому нами был использован пироэлектрический метод измерения P_s^c , дающий точность определения P_s^c не хуже 10%.

Измерения велись компенсационным статическим методом [7] с автоматической записью пироэлектрического заряда. Были приготовлены образцы (101)-среза моноклинного и «тетрагонального» кристаллов. Электроды наносились серебряной пастой, высушенной на воздухе. Пироэлектрический эффект изучался как на естественноуниполярных образцах, так и на образцах, подвергнутых многократному охлаждению до температуры —80°С с наложением поля 1 кв/см в режиме охлаждения по направлению униполярности («тренированных» полем образдах). Из-за невозможности работы с кристаллами ЖКС в условиях низкого вакуума измерения проводились при непрерывном нагревании со скоростью 0,2°С в минуту в интервале —70 — +20°С. На рис. 1, а представлена температурная зависимость пироэлектрического коэф-

На рис. 1,а представлена температурная зависимость пироэлектрического коэффициента образца (101)-среза «тетрагонального» кристалла, предварительно тренированного электрическим полем, которая показывает ряд ярко выраженных максимумов при температурах, соответствующих аномалиям диэлектрической проницаемости этого образца (рис. 1,б). Методом графического интегрирования по данным пироэлектрических измерений были построены температурные зависимости P_s и P_s^2 для указанного образца ЖКС (рис. 2,*a*, *б*). На рис. 2,*б* видны изломы P_s^2 в районе аномалий диэлектрической проницаемости. На основании полученных результатов можно утверждать, что спонтанная поляризация «тетрагонального» кристалла претерпевает в точках политипических превращений скачки, связанные с изменением тонкой структуры образца.

Результаты исследований $\gamma^{\sigma}(T)$ моноклинных кристаллов представлены на рис. 3, 4, 5. На рис. 3 (кривая 1) показана температурная зависимость пироэлектрического коэффициента естественноуниполярного образца моноклинного кристалла (аналогичные данные получены для образца, охлажденного до —80°С под полем, наложенным при комнатной температуре). Как и в случае «классических» сегнетоэлектриков (ТГС, ТГСел, ТГФб [7,8]), ниже точки Кюри на кривой $\gamma^{\sigma}(T)$ имеется дополнительный максимум в районе — 60° С. В отличие от максимумов $\gamma^{\sigma}(T)$ для «тетрагонального» кристалла дополнительный максимум $\gamma^{\sigma}(T)$ мономлинного кристалла является следствием перестройки доменной структуры образца в сегнетоэлектрической области. Последнее было подтверждено измерениями пироэлектрического коэффициента в кристаллах, подвергнутых действию электрического полн при охлаждении только до — 50°С. Как и в [7], $\gamma^{\sigma}(T)$ имеет в этом случае единственный максимум



Рис. 1. Температурные зависимости пироэлектрического коэффициента (а) и диэлектрической проницаемости (б) «тетрагонального» образца (101)-среза, предварительно поляризоваяного электрическим полем



Рис. 2. Температурные зависимости спонтанной поляризации (а) и квадрата спонтавной поляризации (б), полученные графическим интегрированием температурной кривой пироэлектрического коэффициента для (101)-среза «тетрагонального» кристалла

при температуре — 55°C (т. е. на 30°C ниже точки Кюри), после которого униполярность кристалла становится равной нулю (рис. 4, кривая 3).

При наложении электрического поля в точке Кюри и оклаждении до -80° С температурная зависимость пироэлектрического коэффициента имеет вид, представленный на рис. 4 (кривые I_s 2). Характерио, что при последующих тренировках под полем величина пироэлектрического коэффициента возрастает и достигает в максимуме 20 000 ед. CGSE. Построенные графическим интегрированием кривой $\gamma^{\sigma}(T)$ температурные зависимости P_s и P_s^2 для поляризованного и естественноуниполярного кристаллов даны на рис. 4 (кривая 4) и рис. 3 (кривая 2). Звачения P_s для есте-

ственноуниполярного образца, как видно из рис. 3, хорошо согласуются с данными японских [2], американских [3] и наших измерений P_s по петлям гистерезиса. Для поляризованного кристалла P_s достигает $\sim 50 \ \mu \kappa y_A/cm^2$, что говорит о сильной способности моноклинного кристалла ЖКС поляризоваться (монодоменизироваться) под полем при наложении поля в точке Кюри. Аналогичный результат для «тетрагонального» кристалла, возможно, является следствием монодоменизации образца в пределах каждой политипической упаковки.



Температурная Рис. 3. зависимость пироэлектрического коэффициента (кривая 1) и соответствующее ей изменение спонтанной поляризации (кривая 2) для естественноуниполярного образца (101)-среза моноклинного кри-сталла ЖКС. Кривая 2 полученинтегрированием кривой 1, на крестики данные работы [2], ква-дратики работы [3] и наши измерения р_S, по петлям гистерезиса

пустые кружочки



Рис. 4. Пироэлектрические исследования моноклинных кристаллов (101)-среза, поляризованных Π0лем, наложенным вблизи точки 1. и 2-Кюри. Кривые – сняты после 5-го и 6-го охлаждения под ---80°C; до температуры полем 3 - после охлаждения под полем только до -50°C; 4 - спонтанная поляризация, полученная интегрированием кривой 2



Рис. 5. Зависимость квадрата спонтанной поляризации от температуры естественно-униполярного (а) и поляризованного полем (б) образцов моноклинного кристалла по данным пироэлектрических измерений

Как и следует из теории Гинзбурга—Девоншира [8], квадрат спонтанной поляризации моноклинного кристалла в окрестности точки фазового перехода хорошо подчиняется линейному закону (рис. $5,a, \delta$).

8 ВМУ, № 4, физика, астрономия

113

В заключение отметим, что моноклинные кристаллы ЖКС благодаря большой величине пироконстант могут явиться перспективным материалом для приемников инфракрасного излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Waku Sh., Masuno K., Tanaka T., Iwasaki H. J. Phys. Soc. Japan, 15, 1185, 1960.

2. Toydoa H., Niizeki N., Waky Sh. J. Phys. Soc. Japan, 15, 1831, 1960.

3. O'Reilly D. E., Schacher G. E. J. Chem. Phys., 43, 4222, 1965. 4. Красникова А. Я., Копцик В. А., Струков Б. А. и Ван Мин. «Фи-

ференции по сегнетоэлектричеству и физики неорганических сиэлектриков. Днепропетровск, 1966, стр. 12.

7. Гаврилова Н. Д. «Кристаллография», 10, 346, 1965.

8. Гаврилова Н. Д., Новик В. К. «Вестн. Моск. ун-та», сер. физ., астрон., № 4, 121, 1967.

9. Гинзбург В. Л. «Успехи физических наук», 4, 490, 1949.

Поступила в редакцию 23.9 1967 r.

Кафедра физики кристаллов

УДК 538.69.539.143.4

Г. И. КАТАЕВ, А. К. КУПРИЯНОВ

НАБЛЮДЕНИЕ СИГНАЛА ЯМР НА ЯДРЕ Ми⁵⁵ В ФЕРРИТЕ МАРГАНЦА В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ

Нами наблюдался сигнал ядерного магнитного резонанса (ЯМР) марганцевого феррита (стехиометрического состава) от ядер Мп⁵⁵ в нулевом внешнем магнитном поле. Измерения проводились на установке, описанной в [1], основной частью кото-



Запись сигнала ядерного магнитного резонанса Мп55 в феррите марганца при комнатной температуре

рой является двухконтурный коаксиальный автодин. Для обнаружения сигнала ЯМР в анодный контур генератора УКВ помещалось 20 г поликристаллического около феррита МпFe₂O₄, приготовленного по обычной керамической методике, и генератор перестраивался в диапазоне 500-570 мгц. Запись по второй гармонике сигнала, произведенная в стационарном режиме в этом веществе впервые, представлена на рис. 1. Из рисунка видно, что сигнал максимален вблизи 532 мгц, а ширина кривой около 8,5 мгц, т. е. результаты находятся в хорошем согласии с результатами [2], помощью спинового полученными с эха. Асимметричная форма сигнала наблюдалась и в работе [2] и обусловлена составом образца.

Учитывая, что гиромагнитное отношение для ядер марганца равно 1056 гц · гс-1, находим величину сверхтонкого поля на ядре марганца Н_{ст} = 503 Кэв для комнатной температуры.

Состояние атома марганца, ядро которого дает линию ЯМР, можно определить, зная связь резонансной частоты с магнитным моментом атома. Как известно [3], энергию сверхтонкого взаимодействия можно записать в виде

$$W = g_{\mathcal{S}}hJS, \tag{1}$$

где J — ядерный спин, S — эффективный электронный спин, S — константа сверхтонкого взаимодействия в ги.

Эффективный спин можно определить через намагниченность подрешетки:

$$S = \frac{\sigma_{Mn}}{g N \mu_B} = \frac{\mu}{g},$$

(2)