

И.Б. Копылова, Д.С. Нифашев

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛА ТРИГЛИЦИНСУЛЬФАТА В НИЗКОЧАСТОТНЫХ ПОЛЯХ

This paper examines the processes of triglycine sulfate crystals in the frequency range from 0,1 to 1,2 Hz and at a temperature of 27-45°C.

Сегнетоэлектрики – диэлектрики, обладающие в определенном интервале температур спонтанной (самопроизвольной) поляризацией, которая существенно изменяется под влиянием внешних воздействий. К числу наиболее исследованных и используемых на практике сегнетоэлектриков относятся титанат бария, сегнетова соль (давшая название всей группе кристаллов), триглицинсульфат, дигидрофосфат калия и др.

Свойства сегнетоэлектриков изучаются, когда вещество находится в монокристаллическом состоянии. Сегнетоэлектрики отличаются большой диэлектрической проницаемостью, наличием петли диэлектрического гистерезиса, интересными электрооптическими свойствами и поэтому широко применяются во многих областях современной техники – радиотехнике, электроакустике, квантовой электронике и измерительной технике.

Обычно сегнетоэлектрики не являются однородно поляризованными, а состоят из доменов – областей с различными направлениями спонтанной поляризации, так что при отсутствии внешних воздействий суммарный электрический момент образца практически равен нулю. Конфигурация доменов зависит от размеров и формы образца, на нее влияет характер распределения по образцу внутренних напряжений и других неоднородностей, неизбежно присутствующих в реальных кристаллах. Внешнее электрическое поле изменяет направления электрических моментов доменов, что создает эффект очень сильной поляризации [1].

Общие закономерности процессов переполяризации изучены с помощью импульсной методики. Установлено, что импульсная переполяризация происходит в результате зарождения доменов и движения доменных стенок.

На процесс переполяризации оказывает влияние не только величина напряженности электрического поля, но и форма импульса [2].

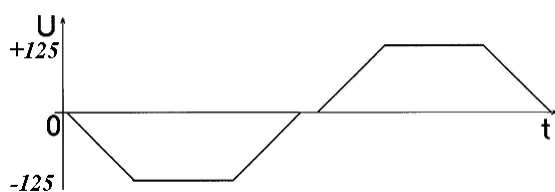


Рис. 1. Форма сигнала.

На кристалл ТГС при комнатной температуре подавались импульсы трапециевидной формы с частотой от 0,01 Гц до 2 Гц чередующейся полярности так, чтобы каждый

импульс изменял направление существовавшей прежде поляризованности кристалла на противоположное. Форма импульсов представлена на рис. 1.

С помощью самописца регистрировались зависимости силы тока от напряженности приложенного поля $I(E)$ для разных частот. Получены семейства токовых петель $I(E)$ для различных частот при фиксированной температуре, представленные на рис. 2.

Обнаружено, что при повышении частоты наблюдается изменение формы петель, а также незначительное смещение максимума вправо, при этом токовые петли представляют собой негладкую функцию и при повышении частоты не имеют ярко выраженного максимума (зависимости 8 и 9). С ростом частоты наблюдается размытие максимумов.

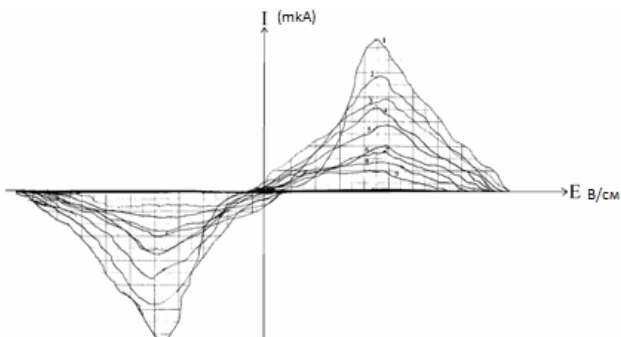


Рис. 2. Формы токовых петель в интервале частот 0,01 Гц-1,2 Гц (1-9).

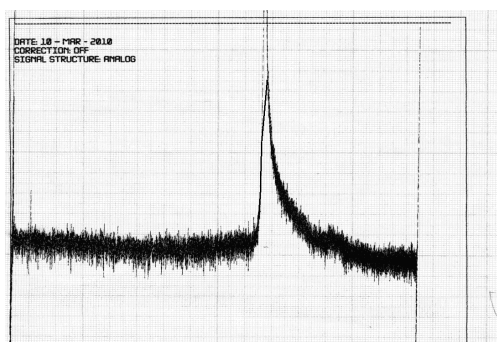


Рис. 3. Общий вид импульса Баркгаузена.

Поляризация и реполяризация сегнетоэлектриков сопровождаются скачкообразными изменениями поляризации (эффект Баркгаузена), что связано с процессом зарождения доменов с противоположным направлением вектора поляризации.

В эксперименте в интервале частот 1,18-1,25 Гц наблюдается активный процесс появления импульсов Баркгаузена. Это импульсы малой длительности, но достаточно большой амплитуды (рис. 3).

Наибольшее количество импульсов Баркгаузена наблюдается на фронте и срезе трапециевидного импульса, т.е. наиболее активный процесс реполяризации кристалла происходит при возрастании или убывании электрического поля.

Появляющиеся скачки Баркгаузена обусловлены распадом монодоменного состояния, зарождением новых доменов, смыканием доменных стенок с направлением спонтанной поляризации, противоположным существующему в кристалле [2].

Существенное влияние на поведение сегнетоэлектриков в электрическом поле оказывает температура. При достижении некоторого ее уровня сегнетоэлектрики переходят в параэлектрическое состояние. Эту температуру называют температурой Кюри. Зависимость диэлектрической проницаемости (ϵ) от температуры (T) выражается законом Кюри – Вейсса:

$$\epsilon = \frac{4\pi C}{T - T_c},$$

где C – константа Кюри; T_c – температура Кюри.

Ниже температуры перехода ϵ быстро уменьшается. Для получения зависимости силы тока от напряженности приложенного поля $I(E)$ при различных температурах кристалл ТГС нагревали от комнатной температуры до температуры Кюри при постоянной частоте внешнего поля. Измерение температуры проводили с помощью термпары, подключенной к цифровому мультиметру.

Полученное семейство токовых петель $I(E)$ для различных температур представлено на рис. 4.

Амплитуда возрастает в интервале температур от 19 до 37°C. Форма петель не остается постоянной. Происходит смещение максимумов до температуры 38°C вправо, после температуры 38°C – влево.

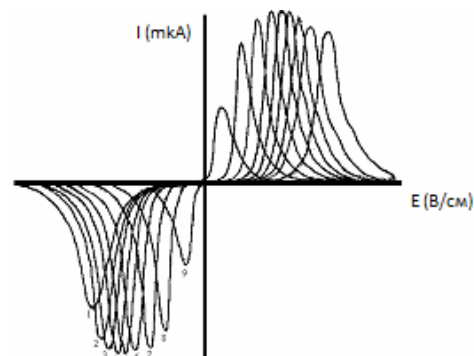


Рис. 4. Характер зависимостей $I(E)$ для кристалла ТГС на частоте 0.2 Гц в интервале температур 19-45°C.

Температура Кюри уменьшается на 1-2°C с ростом частоты. В интервале температур 38-49°C происходит убывание зависимостей I(E). График зависимости максимального тока от частоты представлен на рис. 5.

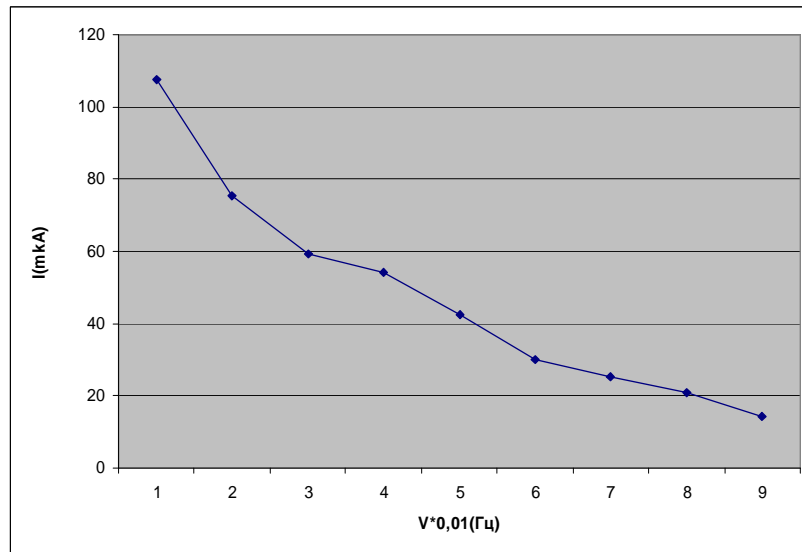


Рис. 5. График зависимости максимума силы тока переполаризации от частоты.

Зависимость максимального тока переполаризации от частоты имеет нелинейный характер. Данные факторы очень трудно учесть при определении параметров переполаризации.

Статическая диэлектрическая проницаемость определяется соотношением:

$$\varepsilon = \frac{qh}{\varepsilon_0 S U},$$

где h – толщина кристалла; U – максимальное напряжение; S – площадь кристалла;

$$q = \int P dE,$$

где $P = \sigma$, $\sigma = \frac{q}{S}$; P – вектор поляризации; q – переключаемый заряд.

Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры при разных частотах приведена на рис. 6.

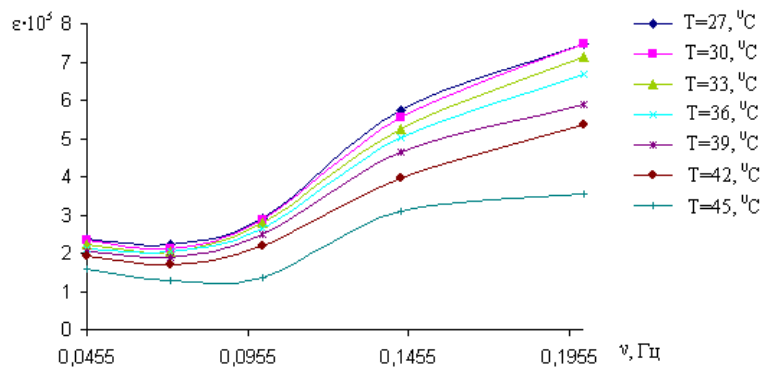


Рис.6. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры при разных частотах.

Как видно, наибольшее значение диэлектрической проницаемости получено на частоте 0,2Гц.

Таким образом установлено: наиболее интенсивно процесс реполяризации кристалла происходит на частоте 1,2 Гц. Основным механизмом реполяризации является зарождение новых доменов, о чем свидетельствует большое число импульсов Баркгаузена. В процессе одновременного нагрева кристалла ТГС и подачи внешнего поля наблюдается изменение точки Кюри на 1-2°С в интервале частот 0,01-1,2Гц.

-
1. Лайнс М., Глас А. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. – М.: Мир, 1981. – 736 с.
 2. Карлащук В.И. Программа Electronics Workbench и ее применение. – М.:Солон-Р, 1999. – 512 с.