

УДК 537.226.4

ИМПУЛЬСНАЯ ПЕРЕПОЛЯРИЗАЦИЯ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ КРИСТАЛЛЕ ГЕРМАНАТА СВИНЦА

Студ. Смирнов А.И., ст. преп. Мясоедов А.В.

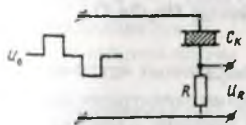
УО «Витебский государственный технологический университет»

В работе с помощью импульсной методики изучались процессы, связанные с изменением направления вектора спонтанной поляризации сегнетоэлектрических кристаллов германата свинца во внешнем постоянном электрическом поле. Определены важнейшие переполяризационные характеристики сегнетоэлектрика германата свинца.

Возможность изменения направления вектора спонтанной поляризации под действием электрического поля – важнейшее свойство сегнетоэлектрических кристаллов. Оно проявляется прежде всего в гистерезисной зависимости поляризации от электрического поля. При рассмотрении петли гистерезиса видно, что процесс изменения направления вектора $P_{сп}$ происходит не мгновенно во всем объеме кристалла, находящегося в переменном электрическом поле.

Конечный промежуток времени, за который происходит изменение спонтанной поляризации от $-P_{сп}$ до $+P_{сп}$ называется временем переполяризации t_p . Хотя эта величина может быть мала по сравнению с периодом изменения синусоидального напряжения, все же попытки количественного описания процесса переполяризации с помощью анализа зависимости $P(E, t)$ по петле гистерезиса наталкиваются на существенные трудности: каждая точка на гистерезисной кривой есть функция величины амплитудного значения электрического поля, его частоты, а также температуры [1, 2].

Поэтому исследование процессов переполяризации сегнетоэлектрических кристаллов обычно проводят в постоянном электрическом поле, которое достаточно быстро прикладывается к кристаллу. Практически это осуществляется путем подачи на образец прямоугольных импульсов с чередующейся полярностью. Длительность и амплитуда каждого импульса выбираются таким образом, чтобы время нарастания импульса было намного меньше времени переполяризации, и можно считать, что переполяризация происходит в неизменном электрическом поле.

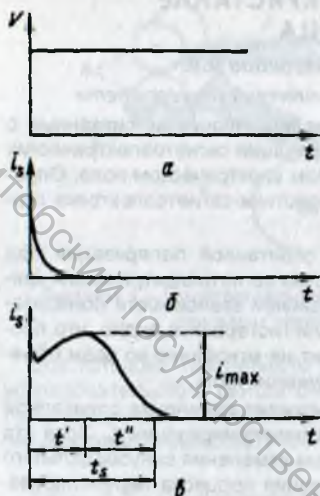


За время действия импульса должна проходить полная переполяризация образца. Интервалы между следующими друг за другом импульсами должны быть достаточно большими, чтобы разогрев образца за счет гистерезисных потерь был по возможности небольшим. Напряжение в виде разнополярных прямоугольных импульсов, регулируемых по амплитуде, частоте следования и длительности, подается на цепочку, состоящую из конденсатора сегнетоэлектрического кристалла, покрытого электродами и малого последовательно соединенного сопротивления. Падение напряжения на сопротивлении R пропорционально току, протекающему через образец. Величина тока

$$i_s = \frac{dq}{dt} = S \frac{dP}{dt}$$

где S – площадь электродов, q – заряд, P – поляризация, t – время. Ток будет разным в зависимости от взаимного направления векторов P_{cn} и E .

Если полярность импульса совпадает с направлением спонтанной поляризации, ток i_s спадает по экспоненте с постоянной времени $\tau = RC_k$ и обусловлен только зарядкой емкости кристалла, связанной с индуцированной поляризацией. Если полярность импульса противоположна P_{cn} , то форма тока будет более сложной: первый пик тока обусловлен быстротекущими процессами установления индуцированной поляризации образца. Следующий, более затянутый во времени, максимум тока обусловлен изменением тока, связанным с переориентацией спонтанной поляризации.



Время переполаризации t_s определяется, как время от переднего фронта импульса до спада i_s примерно до $0,1 i_{max}$. Площадь под кривой $i_s(t)$ равна полному изменению заряда на обкладках сегнетоэлектрического конденсатора $2P_{cn}S$.

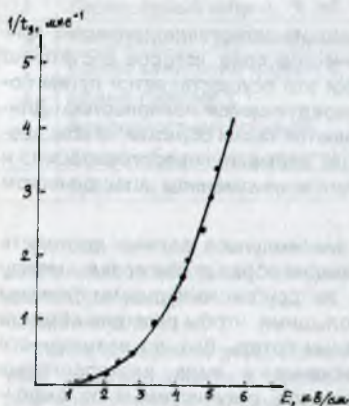
$$q = \int i_s dt = 2P_{cn}S.$$

Время переполаризации t_s и максимальный ток переполаризации i_{max} – важнейшие характеристики процесса переполаризации.

Из анализа данных следует, что аналитическая форма зависимости $1/t_s$ от напряженности электрического поля E имеет вид:

$$1/t_s = (1/t_0)e^{aE}$$

На рисунке представлена зависимость обратной величины времени переполаризации $1/t_s$, от внешнего электрического поля E в кристаллах сегнетоэлектрического кристалла германата свинца $Pb_5Ge_3O_{11}$.



Список использованных источников

1. Иона, Ф. Сегнетоэлектрические кристаллы / Ф. Иона, Д. Ширане. – Москва, 1965.
2. Смоленский, Г. А. Сегнетоэлектрики и антисегнето-электрики / Г. А. Смоленский, Н. Н. Крайник. – Москва, 1968.