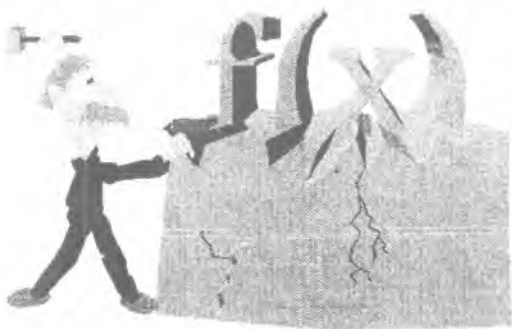


АКТУАЛЬНЫЯ ПРАБЛЕМЫ

*фізікі,
матэматыкі,
інфарматыкі*



А. С. Волкова, Л. Н. Марголин

ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА НЕЛИНЕЙНЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ TGS

Выяснение закономерностей влияния различных несовершенств кристаллической решетки является одной из интереснейших и практически важных проблем в физике сегнетоэлектриков. Кристалл с дефектами — весьма сложная физическая система, не допускающая пока строгого теоретического анализа. Наибольший интерес с прикладной точки зрения представляют реальные системы, далекие от идеальности, т. е. кристаллы с дефектами. Специфика влияния дефектов на свойства кристаллов связана с тем, что искажения в структуре, вносимые дефектами, могут охватывать большие области. Из-за дальнего действия даже малая концентрация дефектов приводит к изменению не только локальных, но и макроскопических свойств кристаллов, что отражается на аномалиях термодинамических свойств. Эффективным целенаправленным методом изменения степени дефектности кристаллической решетки является γ -облучение.

В данной работе приводятся результаты исследований нелинейных свойств модифицированных кристаллов группы TGS, подвергнутых различным дозам γ -облучения. Известно, что в основе TGS (триглицинсульфата) лежит гликоколь, т. е. глициновая группа, которая относится к аминокислотам. Каждая аминокислота имеет свою, характерную для нее R-группу. Учитывая то, что и L-валин (L-V) и L- α -аланин (L-A) относятся к неполярной группе аминокислот, то при добавлении в раствор TGS (с учетом стехиометрии) этих модификаторов можно получить сегнетоэлектрические кристаллы с определенной доменной структурой. Структура полученных модифицированных кристаллов будет разной, т. к. L- α -аланин в R-радикале имеет одну группу CH_3 , а L-валин — две симметричные группы CH .

Качественные модифицированные кристаллы LVTGS и LATGS были выращены из растворов, содержащих 10 моль % модификатора, при температурах, далеких от фазовых переходов. Выбор температурного режима был обусловлен тем, что структура кристаллов формируется только в сегнетофазе в процессе роста кристаллов.

Модифицированные кристаллы LVTGS и LATGS были подвергнуты γ -облучению в широком диапазоне доз (от 0,01 Мрад до 20 Мрад). Облучение проведено при 20° С на стандартном кобальтовом источнике Co^{60} с энергией ~ 1,25 МэВ. Необходимые дозы γ -облучения набирались при интенсивности облучения ~ 6 Мрад/час. Результаты исследования диэлектрических свойств в слабых электрических полях представлены в табл. 1.

Как следует из полученных данных облучение оказывает существенное влияние на температурный ход зависимости $\epsilon(T)$. Для кристаллов LVTGS облучение малыми дозами (до 0,5 рад) приводит к некоторому увеличению значения ϵ при температуре фазового перехода (T_c). С дальнейшим увеличением дозы облучения наблюдается резкое уменьшение значения $\epsilon_{\text{макс}}$ и при дозе в 20 Мрад максимум в зависимости $\epsilon(T)$ практически не наблюдается, диэлектрическая проницаемость

монотонно убывает. У кристаллов LATGS значения ϵ при T_c уменьшаются с увеличением дозы γ -облучения. Исследования показали, что с увеличением дозы облучения наблюдается «размытие» фазового перехода как у кристаллов LATGS, так и у LVTGS. Температура фазового перехода (T_c) смещается в сторону более низких температур. Для кристаллов LATGS фазовый переход еще сохраняется и при дозах облучения 20 Мрад.

Таблица 1

Доза γ -облучения, Мрад	LVTGS			LATGS		
	$\epsilon, 10^3$ при T_c	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\epsilon, 10^3$ при T_c	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_c, ^\circ\text{C}$
0	19,00	49,5	48,8	2,14	50,2	47,2
0,01	19,81	49,2	48,7	1,96	49,8	46,6
0,1	22,51	48,9	48,6	1,30	49,6	46,3
0,5	7,95	48,4	47,2	1,03	49,2	45,1
1,0	3,68	47,8	46,8	0,71	48,7	44,6
5,0	0,73	43,8	42,6	0,35	43,7	38,1
10,0	0,39	38,5	30,5	0,32	39,8	33,5
20,0	-	-	-	0,16	21,1	18,1

Для всех исследованных облученных кристаллов LVTGS и LATGS хорошо выполняется закон Кюри–Вейсса (при дозах не превышающих 10 Мрад). По графикам зависимости $\epsilon^{-1}(T)$ определены постоянные C и температура Кюри–Вейсса (T^0).

Проведенные исследования показали, что γ -облучение кристаллов LVTGS и LATGS приводит к значительным изменениям в зависимостях $\text{tg } \delta(T)$. С увеличением дозы облучения максимальные значения диэлектрических потерь (вблизи T_c) уменьшаются. Быстрое уменьшение $\text{tg } \delta_{\text{макс}}$ отмечается в кристаллах LVTGS при дозах (0,01–0,05) Мрад. При дозах облучения больших 5 Мрад значения $\text{tg } \delta$ практически остаются постоянными во всем температурном интервале (от 20°C до 75°C).

Диэлектрические параметры γ -облученных кристаллов LVTGS и LATGS достаточно устойчивы и сохраняют свои значения. Это указывает на то, что γ -облучение приводит к значительному закреплению доменной структуры кристаллов, которая сформировалась в процессе роста кристаллов.

Нелинейные свойства γ -облученных кристаллов LVTGS и LATGS в сильных полях исследовались по току через образец. Эффективная диэлектрическая проницаемость кристаллов LVTGS и LATGS изменяется нелинейно с увеличением напряженности переменного электрического поля.

При облучении общий характер зависимости $\epsilon_{\text{эфф}}(E_0)$ сохраняется при дозах, не превышающих 5 Мрад, хотя максимальное значение $\epsilon_{\text{эфф}}$ уменьшается с увеличением дозы и сам максимум смещается в сторону больших значений поля. При дозе облучения в 20 Мрад $\epsilon_{\text{эфф}}$ практически не изменяется с увеличением напряженности поля.

Кристаллы LVTGS и LATGS имеют три области нелинейности, которые связаны с поведением доменной структуры при изменении электрического поля. Об-

ласти нелинейности сохраняются и для γ -облученных кристаллов при дозах, не превышающих 1 Мрад. С увеличением дозы облучения (до 10 Мрад) одна область нелинейности исчезает. Для всех кристаллов LVTGS и LATGS с увеличением дозы γ -облучения, резко возрастают пороговые поля (E_p) и поля, при которых достигаются $\epsilon_{\text{макс}}$, т. е. $E_{\text{макс}}$ (табл. 2).

Таблица 2

Доза γ -облучения, Мрад	LVTGS				LATGS			
	$\epsilon_{\text{макс}}$, 10^3	E_p , 10^3 В/см	$E_{\text{макс}}$, 10^3 В/см	N , 10^{-3} см/В	$\epsilon_{\text{макс}}$, 10^3	E_p , 10^3 В/см	$E_{\text{макс}}$, 10^3 В/см	N , 10^{-3} см/В
0	22,91	0,04	0,48	398,2	12,00	0,50	0,92	176,2
0,1	19,95	0,25	0,87	251,2	5,75	1,55	6,75	4,93
0,5	8,32	0,35	2,40	45,7	2,20	2,60	8,20	2,64
1,0	2,57	1,26	3,47	10,7	1,80	4,00	9,80	1,34
5,0	1,82	8,32	15,14	1,38	0,76	14,00	30,00	0,30
10,0	1,00	9,55	17,38	0,48	0,54	32,00	54,00	0,08

По данным $\epsilon_{\text{нлч}}$, $\epsilon_{\text{макс}}$, $E_{\text{макс}}$ рассчитана нелинейность N γ -облученных кристаллов LVTGS и LATGS.

Полученные результаты указывают на то, что облучение повреждает структуру кристаллической решетки, вызывает в сегнетоэлектрическом кристалле изменение симметрии структуры, при больших дозах облучения (20 Мрад) приводит к уничтожению сегнетоэлектрических свойств. Подавление сегнетоэлектрических свойств в рассматриваемых кристаллах под действием γ -облучения идет гораздо быстрее в кристаллах LVTGS, что очевидно связано со значительным увеличением числа разрушенных сегнетоактивных диполей за счет повреждения химических связей в радикале L-валина, ответственных за создание этих диполей.