

**ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА РЕЛАКСОРНЫЕ СВОЙСТВА ЛЕГИРОВАННЫХ
БОРОМ КРИСТАЛЛОВ $TlInS_2$**

А.И.НАДЖАФОВ

*Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана
AZ 1143, г.Баку, 555кв., ул.Ф.Агаева, 9*

Изучено влияние γ -облучения на релаксорные свойства соединения $TlInS_2$. Установлено, что в этом соединении температура Фогеля-Фулчера T_f смещается в сторону низких температур, а температура Бернса T_d – в сторону высоких. В результате температурный интервал существования релаксорного состояния расширяется на $\sim 40K$.

Наши предыдущие исследования [1-6] показали, что легирование кристалла $TlInS_2$ некоторыми примесями приводит к сильной релаксации диэлектрической восприимчивости в области несоизмерной фазы. Было установлено, что причиной релаксации является возникновение наноразмерных полярных доменов, приводящих к тому, что упорядоченной фазе предшествует состояние дипольного и сегнетоэлектрического стекла. Легирующие атомы, приводящие к возникновению релаксорного состояния, в свою очередь, образуют уровни прилипания в запрещенной зоне полупроводникового сегнетоэлектрика $TlInS_2$. Носители заряда, заселяя эти уровни, оказываются пространственно ограниченными, и, как следствие, проводимость в этом случае осуществляется посредством туннелирования через потенциальные барьеры. Это и наблюдалось при исследовании процесса переноса заряда в кристаллах $TlInS_2$, легированных атомами Fe, Mn, Cr, B, т.е. в этих кристаллах в области несоизмерной фазы была установлена безактивационная температурно-независимая прыжковая проводимость.

В данной работе представлены результаты исследований влияния γ -облучения на релаксорные свойства соединения $TlInS_2$, где B-1атм.%.

Монокристаллы $TlInS_2$ были выращены модифицированным методом Бриджмена-Стокбергера. Измерения проводились на гранях, вырезанных перпендикулярно полярной оси. Грани шлифовались и покрывались серебряной пастой.

Диэлектрическая проницаемость ϵ измерялась при помощи мостов переменного тока E7-8 (1кГц) и E7-12 (1МГц) в интервале температур $150\div 250K$. Скорость температурного сканирования составляла 0,1K/мин. Облучение образцов (Co^{60}) проводилось при комнатной температуре. Доза облучения накапливалась путем последовательных экспозиций в одном и том же образце и составляла 400Мрад. Измерения $\epsilon(T)$ проводились после каждого облучения.

На Рис.1 представлены температурные зависимости диэлектрической проницаемости $\epsilon(T)$ кристалла $TlInS_2$. Исследование частотной дисперсии проводилось на двух частотах измерительного поля. Смещение размытых максимумов $\epsilon(T)$ в кристалле $TlInS_2$ при росте частоты составляло $\sim 5K$ (Рис.1, кривые 1-2). Как мы полагаем, условием возникновения релаксорного поведения в кристалле $TlInS_2$ является совпадение температуры фазового перехода с температурной областью термозаполнения локальных центров. Свойства релаксоров можно существенно менять введением даже незначительного количества примесей, которые влияют на зарядовое состояние соединений [1,5]. При этом сдвиг температуры максимума диэлектрической проницаемости может достигать нескольких градусов.

Важной особенностью сегнетоэлектриков с размытыми фазовыми переходами является то, что в них диэлектрическая проницаемость выше

температуры T_m меняется не по закону Кюри-Вейса, а по закону $\varepsilon^{-1/2} = A + B(T - T_0)$. На Рис.1 (кривая 3) приведена также зависимость $\varepsilon^{-1/2}(T)$ для соединения $\text{TlInS}_2\langle\text{B}\rangle$. Со стороны высокотемпературной фазы она пересекает температурную ось при $T_f=185\text{K}$. При этой температуре с ее понижением происходит фазовый переход из релаксорного (нанодоменного) состояния в макродоменное (сегнетоэлектрическое) состояние. При температуре $T_d=220\text{K}$ (температура Бернса) происходит фазовый переход из параэлектрического в релаксорное состояние.

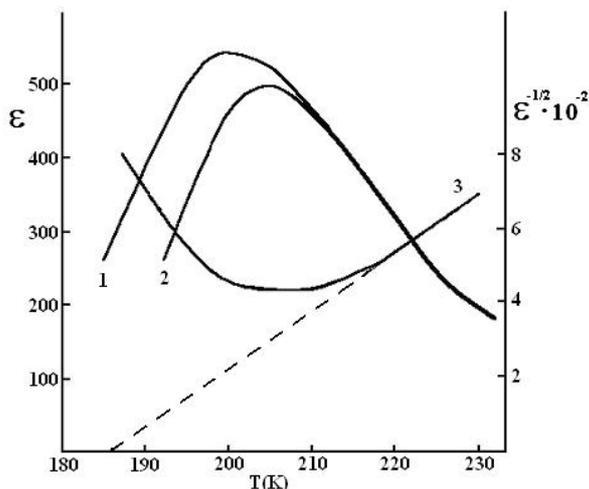


Рис.1.

Температурная зависимость диэлектрической проницаемости $\varepsilon(T)$ кристалла $\text{TlInS}_2\langle\text{B}\rangle$, измеренная на частотах: 1кГц (кривая 1); 1МГц (кривая 2). Кривая 3 – температурная зависимость $\varepsilon^{-1/2}(T)$ для $\text{TlInS}_2\langle\text{B}\rangle$.

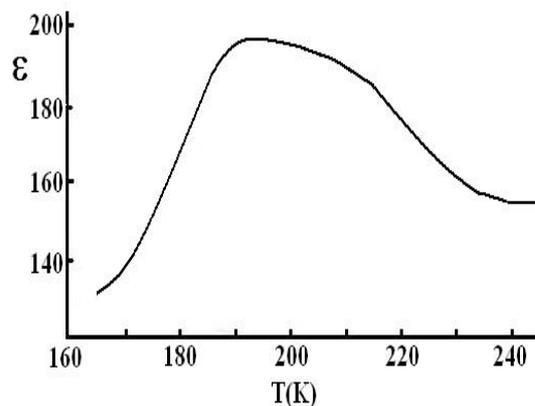


Рис.2.

Температурная зависимость диэлектрической проницаемости $\varepsilon(T)$ кристалла $\text{TlInS}_2\langle\text{B}\rangle$, измеренная на частоте 1МГц.

На Рис.2 показана температурная зависимость диэлектрической проницаемости $\varepsilon(T)$ при дозе облучения 400Мрад. Дозы облучения до 200Мрад слабо влияют на зависимость $\varepsilon(T)$, приводя лишь к уменьшению величины максимума исследованной зависимости. Эти дозы γ -облучения для этих кристаллов являются, по всей видимости, лишь легкой ионизирующей радиацией и играют роль активирующего фактора для таких процессов как миграция точечных дефектов, примесей, доменных границ и переходов метастабильных состояний в стабильные. Иными словами, наблюдается радиационностимулированное старение образцов, не приводящее к изменениям температуры фазовых переходов и энергетического спектра кристалла [7-8]. При достижении экспозиционной дозы в 400Мрад наблюдается радикальное изменение зависимости $\varepsilon(T)$. Обнаруживается сильное размытие кривой $\varepsilon(T)$ в температурной области T_f-T_d и расширение ее в область как высоких, так и низких температур (рис.2).

Как известно [9-10], размытый характер зависимости $\varepsilon(T)$ является необходимым условием существования релаксорного состояния. Достаточным же условием является то, что зависимость $\varepsilon^{-1/2}(T)$ меняется по линейному закону. Эту зависимость демонстрирует Рис.3. Как видно из рисунка, зависимость $\varepsilon^{-1/2}(T)$ пересекает температурную ось при $T_f=160\text{K}$ (Рис.3, кривая 1) и при $T_d=240\text{K}$ (Рис.3, кривая 2) в облученном кристалле с высокотемпературной и низкотемпературной областями соответственно относительно температуры максимума кривой $\varepsilon(T)$. В релаксорных сегнетоэлектриках это та температура, при которой происходит

замораживание полярных диполей, и кристалл из состояния сегнетоэлектрического стекла переходит в упорядоченное сегнетоэлектрическое состояние. Эта температура характеризуется также тем, что при ней происходит температурное заполнение ловушечных центров, и локализованные заряженные примеси оказываются нейтральными.

Как следует из [9], основной причиной, приводящей к размытию фазового перехода, является наличие неупорядоченного распределения зарядов в кристалле. Соединение $TlInS_2$ является релаксорным сегнетоэлектриком [6]. Усиление размытости при облучении дозой 400 Мрад указывает на то, что при облучении в объеме кристалла возникают дипольные зарядовые центры. На данном этапе исследования можно сделать лишь предположение о природе этих дипольных центров. Это могут быть радиационные дефекты, образуемые за счет энергии электронных возбуждений, создаваемых радиацией. На наш взгляд, наиболее

вероятным механизмом образования радиационных дефектов в соединении $TlInS_2$ является многократная ионизация примесного атома бора. Рожденный дефект увеличивает энергетические уровни в запрещенной зоне кристалла, термозаполнение этих уровней происходит при температуре более низкой по сравнению с необлученным соединением, т.е. область существования сегнетоэлектрического стекла расширяется.

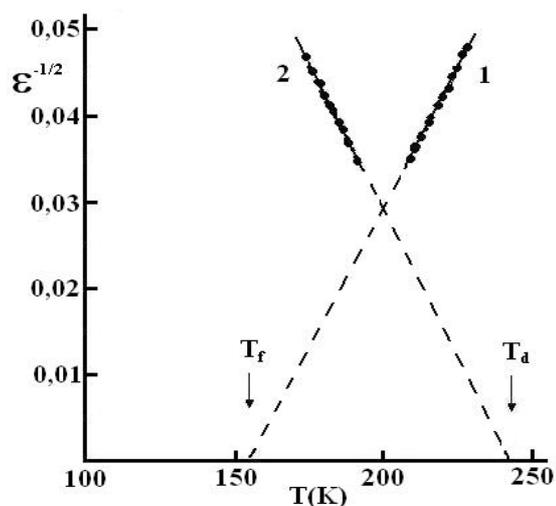


Рис.3.

Температурная зависимость $\epsilon^{-1/2}(T)$ для $TlInS_2$ (облучение дозой 400Мрад).

В работе [12] исследовано влияние γ -облучения на диэлектрическую проницаемость кристаллов Rb_2ZnCl_4 и Pb_2ZnBr_4 в области перехода несоизмеримая-соизмеримая фаза. Показано, что с ростом дозы облучения величина пика диэлектрической проницаемости для обоих кристаллов уменьшается, а их ширина увеличивается. Установлено, что с увеличением дозы температура фазового перехода для Rb_2ZnCl_4 уменьшается, а для Pb_2ZnBr_4 растет и размывается. Доминирующую роль в этих процессах играют дефекты ионизационного типа (заряженные дефекты), которые возникают в результате γ -облучения. Размытие фазовых переходов, возможно, происходит за счет взаимодействия полярных дефектов со спонтанной поляризацией исходного кристалла [13]. Согласно [14], понижение температуры фазового перехода с ростом дозы облучения обусловлено уменьшением концентрации сегнетоэлектрически активных диполей в кристалле.

Ранее нами было изучено влияние γ -облучения на диэлектрические и электрические свойства кристаллов $TlInS_2$ в области перехода несоизмеримая-соизмеримая фаза [15] и установлена возможность получения релаксорного состояния в этих соединениях. Показано, что при двух (или более) кратной ионизации анионный атом оказывается заряженным положительно и его нормальное положение в узле, окруженном катионами, неустойчиво. В результате электростатического взаимодействия с положительно заряженными катионами такой положительно заряженный анион выталкивается в междоузлие, где в последствии и нейтрализуется.

Анализируя литературные данные и результаты собственных экспериментов, можно сказать, что γ -облучение сильно влияет на релаксорное состояние соединения $\text{TlInS}_2\langle\text{B}\rangle$ и расширяет температурный интервал его существования. Также показано, что температура Фогеля-Фулчера T_f смещается в сторону низких температур, а температура Бернса T_d – в сторону высоких температур.

1. Р.М.Сардарлы, О.А.Самедов, И.Ш.Садыхов, В.А.Алиев, *ФТТ*, **45** (2003) 1067.
2. Р.М.Сардарлы, О.А.Самедов, А.И.Наджафов, И.Ш.Садыхов, *ФТТ*, **45** (2003) 1085.
3. Р.М.Сардарлы, О.А.Самедов, И.Ш.Садыхов, *Неорганические материалы*, **40** (2004) 1163.
4. A.Sardarli, I.M.Filanovsky, R.M.Sardarli, O.A.Samedov, I.Sh.Sadigov, I.I.Aslanov, *Proceedings of International Conference on MEMS, NANO and Smart Systems. Banff, Alberta, Canada, July 20 to July 23, (2003)* 159.
5. О.А.Самедов. *Azerbaijan National Transaction of Azerbaijan Academy of Sciences, Series of Physical-mathematical and Technical sciences, Physics and Astronomy*, XXIII №2 (2003) 60.
6. А.И.Наджафов. *Azerbaijan National Transaction of Azerbaijan Academy of Sciences, Series of Physical-mathematical and Technical sciences, Physics and Astronomy*, XXV №2 (2005) 695
7. А.У.Шелег, К.В.Иодковская, Н.Ф.Курилович, *ФТТ*, **40** (1998) 1328.
8. А.У.Шелег, К.В.Иодковская, Н.Ф.Курилович, *ФТТ*, **45** (2003) 68.
9. И.П.Раевский, В.В.Еремкин, В.Г.Смотряков, Е.С.Гагарина, М.А.Малицкая, *ФТТ*, **42** (2000) 154.
10. E.V.Colla, T.Yu.Koroleva, N.M.Okuneva and S.B.Vakhrushev, *Phys.Rev.Lett.*, **74** (1995) 1681.
11. М.Д.Глинчук, Е.А.Елисеев, В.А.Стефанович, Б.Хильгер, *ФТТ*, **43** (2001) 1247.
12. А.У.Шелег, И.А.Афонская, К.В.Подковская, Н.Ф.Курилович, Л.Е.Сошников, *ФТТ*, **37** (1995) 1492.
13. М.Е.Kassem, M.El-Muraiklu, L.Al-Houty, A.A.Mohamed, *Phase Trans.*, **38** (1992) 229.
14. A.Gonzalo, L.Alonzo, *J.Phys.Chem.*, **25** N3 (1964) 303.
15. Р.М.Сардарлы, О.А.Самедов, И.Ш.Садыхов, А.И.Наджафов, Ф.Т.Салманов, *ФТТ*, **47** (2005) 1665.

**BOR ATOMLARI İLƏ AŞQARLANMIŞ TlInS_2 KRİSTALLARININ RELAKSOR
XASSƏLƏRİNƏ γ -ŞUALARIN TƏSİRİ
A.İ.NƏCƏFOV**

γ -şualarının $\text{TlInS}_2\langle\text{B}\rangle$ birləşməsinin relaksor xassələrinə təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, Foqel-Fulçer temperaturu T_f temperaturun azalması istiqamətində, Berns temperaturu T_d isə – temperaturun artması istiqamətində sürüşür. Nəticədə relaksor halının mövcud olma temperatur oblastı $\sim 40\text{K}$ genişlənilir.

**INFLUENCE OF γ -IRRADIATION ON RELAXOR PROPERTIES OF BOR DOPED TlInS_2
CRYSTALS
A.I.NADJAFOV**

Influence of a γ -irradiation on relaxor properties of $\text{TlInS}_2\langle\text{B}\rangle$ connection has been investigated. It was established, that in this connection Fogel-Fulcher temperature T_f has been displaced aside low temperatures, and Burns temperature T_d - aside high temperatures. In result the temperature interval of existence relaxor conditions has been extended on $\sim 40\text{K}$.

Редактор: С.Мехтиева