

СЛАБОЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСТВО В СЛОИСТЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ-ПОЛУПРОВОДНИКАХ $A^3B^3C_2^6$

К.Р.Аллахвердиев, Ф.М.Салаев, Ф.А.Микаилов, Т.С.Мамедов

Институт физики АН Азербайджана

370143, Баку, Азербайджан

Поступила в редакцию 1 июля 1992 г.

Впервые в слоистых сегнетоэлектриках-полупроводниках $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ обнаружен фазовый переход в фазу слабого сегнетоэлектричества. Предполагается, что обнаруженный фазовый переход является изоморфическим.

На сегодняшний день известны лишь несколько сегнетоэлектрических кристаллов, идентифицированные как слабые сегнетоэлектрики, в которых наблюдается необычная температурная зависимость спонтанной поляризации: $P_s(T)$ с понижением температуры стремится к нулю и меняет знак в сегнетофазе¹. В настоящей статье сообщается об обнаружении явления слабого сегнетоэлектричества в новом классе кристаллов - в слоистых сегнетоэлектриках-полупроводниках $A^3B^3C_2^6$.

Слоистые полупроводники $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$, обладающие при комнатной температуре симметрией C_{2h}^6 , с понижением температуры претерпевают последовательно фазовые переходы в несоразмерную и сегнетоэлектрическую фазы ($T_i = 216$ К, $T_c = 201$ К и $T_i = 120$ К, $T_c = 110$ К, соответственно)^{2,3}. О наличии мягкой моды в $TlInS_2$ сообщалось при исследовании субмиллиметровых диэлектрических спектров⁴ и рамановских спектров рассеяния⁵. Кроме того, при исследовании КР спектров $TlInS_2$ при $T \simeq 75$ К было обнаружено, взаимодействие двух жестких оптических мод 38 и 42 см⁻¹⁶. В⁷ было показано, что в $TlGaSe_2$ мягкая мода вдали от перехода при высоких температурах расщепляется на две компоненты, одна из которых мягкая, другая - ужесточается с понижением температуры. Таким образом, можно сказать, что в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ существуют мягкая мода и более жесткие взаимодействующие оптические моды.

Недавно нами было показано, что спонтанная поляризация в $TlInS_2$ формируется в результате образования двух неэквивалентных подрешеток вследствие неэквивалентных атомных смещений, соответствующих различным неустойчивостям кристаллической решетки⁸. Этот факт и наличие взаимодействующих мод в этих кристаллах стимулировали дальнейшие исследования диэлектрических свойств при низких температурах.

На температурной зависимости диэлектрической проницаемости $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$, измеренной вдоль полярной оси, обнаружены слабые максимумы ϵ ($\Delta\epsilon \simeq 1,5$) при $T_{tr} = 79$ и 64 К, соответственно (рис.1 и 2). Исследования температурного гистерезиса показали, что максимум ϵ испытывает гистерезис $\Delta T = 2$ К и, соответственно, является переходом первого рода. Постоянная Кюри-Вейсса в зависимости от различных партий кристаллов менялась в пределах $C \sim 2 \div 5$. Приложение постоянного поля к образцу смещает ϵ_{max} в область высоких температур. Спонтанная поляризация с понижением температуры из сегнетоэлектрической фазы, находясь в состоянии насыщения, не обнаруживает аномалий в области T_{tr} (рис.2). Однако, с понижением температуры ниже T_{tr} спонтанная поляризация по абсолютной величине уменьшается

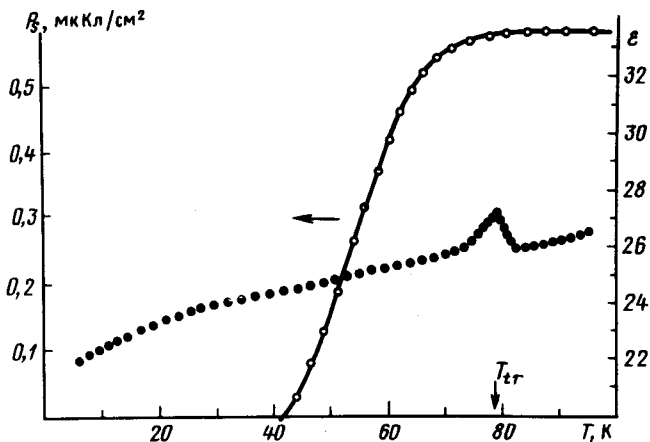


Рис.1. Температурная зависимость ϵ' (•) на частоте 1 кГц и P_s (○) – 50 Гц кристалла TlInS_2

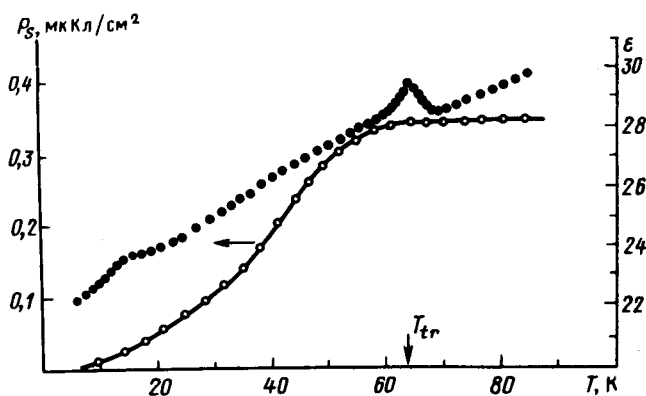


Рис.2. Температурная зависимость ϵ' (•) на частоте 1 кГц и P_s (○) – 50 Гц кристалла TlGaSe_2

до нуля при $T_0 = 42$ К для TlInS_2 и $T_0 = 6$ К в случае TlGaSe_2 . Измерения P_s вдоль различных кристаллографических направлений показали, что изменения спонтанной поляризации происходят только в плоскости слоя. Следует отметить, что в TlInS_2 и TlGaSe_2 сохраняется отсутствие анизотропии P_s и ϵ ниже T_{tr} в а и б направлениях в плоскости слоя. Предположительно, фазовый переход при T_{tr} является изоморфическим.

Малая величина аномалий $\epsilon(T)$ и константы Кюри–Вейсса, поведение $P_s(T)$ ниже T_{tr} позволяет идентифицировать низкотемпературный фазовый переход в TlInS_2 и TlGaSe_2 как переход в фазу слабого сегнетоэлектричества¹. При небольших величинах ϵ в низкотемпературной фазе в этих кристаллах в фоновую диэлектрическую проницаемость могут давать вклад несколько мод. На примере TlInS_2 видно, что в этой области температур мягкая мода с частотой $\sim 23 \text{ см}^{-1}$, соответствующая переходу в сегнетофазу, не обнаруживает температурную зависимость, в то время как, более жесткая мода $\sim 43 \text{ см}^{-1}$ имеет зависимость близкую к корневой при $T < T_{tr}$ ⁶. В этом случае, с учетом малости константы C , эффективные заряды e_1 и e_2 мягкой и жесткой моды, связывающие P_s с их нормальными координатами, должны быть $e_1 \ll e_2$.

Согласно результату, полученному в ¹, ниже температуры перехода в слабом сегнетоэлектрике $P_s \rightarrow 0$ при $\epsilon_1 \ll \epsilon_2$. Наблюдаемые зависимости P_s для TlInS_2 и TlGaSe_2 соответствуют значениям коэффициента при смешанном инварианте $\delta > 0$.

Существование высокосимметричной прафазы является необходимым критерием слабого сегнетоэлектричества. При этом, предположение о наличии прафазы в $A^3B^3C_2^6$ приобретает реальную основу ⁹. Так, например, в TlGaSe_2 угол моноклинности составляет $20'^{10}$ и переход из прафазы в параэлектрическую может быть осуществлен слабым моноклинным искажением высокосимметричной тетрагональной решетки D_{4h} .

Таким образом, по нашему мнению, низкотемпературные фазы в TlInS_2 и TlGaSe_2 можно квалифицировать, как фазы слабого сегнетоэлектричества.

-
1. А.К.Таганцев, И.Г.Синий, С.Д.Прохорова, Изв. АН СССР **51**, 2082 (1987).
 2. D.F.McMorrow, R.A.Cowley, P.D.Hatton, and J.Banys, J. Phys. Cond. Matt. **2**, 3699 (1990).
 3. С.Б.Вехрушев, В.В.Жданова, Б.Е.Квятковский и др., Письма в ЖЭТФ **39**, 245 (1984).
 4. А.А.Волков, Ю.Г.Гончаров, Г.В.Козлов и др., ФТТ **25**, 3583 (1983).
 5. В.М.Бурлаков, Е.А.Виноградов, Н.М.Гасанлы и др., ФТТ **30**, 1734 (1988).
 6. K.R.Allakhverdiev, S.S.Babaev, M.M.Tagiev, and M.M.Shirinov, Phys. Stat. Sol. (b) **151**, 7 (1989).
 7. А.А.Волков, Ю.Г.Гончаров, Г.В.Козлов, Р.М.Сардарлы, Письма в ЖЭТФ **39**, 293 (1984).
 8. F.M.Salaev, K.R.Allakhverdiev, and F.A.Mikhailov. The Intern. Conf. "Transparent ceramics: production, properties, applications", Riga, 1991, Latvia.
 9. Ю.И.Дурнев, Б.С.Кульбужев, В.И.Торгашев, Ю.И.Юзюк, Изв. АН СССР **53**, 1300 (1989).
 10. W.Henkel, H.D.Hochheimer, C.Carlone et al., Phys. Rev. **b 28**, 3211 (1982).