

РАСЩЕПЛЕНИЕ МЯГКОЙ МОДЫ В КРИСТАЛЛЕ TlGaSe_2

А.А.Волков, Ю.Г.Гончаров, Г.В.Козлов, Р.М.Сардарлы

В кристалле TlGaSe_2 обнаружены необычные особенности динамики кристаллической решетки: задолго до температуры фазового перехода ($T_C = 107$ К) мягкая мода расщепляется на две компоненты, одна из которых ведет себя с изменением температуры аномально. Частота ее с приближением температуры к T_C не падает, а растет.

Недавние исследования колебательных ИК спектров слоистого полупроводникового кристалла TlGaSe_2 показали, что с точки зрения динамики кристаллической решетки TlGaSe_2 обладает целым рядом интересных свойств: в нем существуют структурные фазовые переходы (при температурах $T_1 \sim 120$ К и $T_2 = 107$ К), интенсивная ИК активная мягкая мода, есть признаки сегнетоэлектричества (ниже T_1) и несоизмеримой фазы (в интервале между T_1 и T_2)¹. В настоящей статье мы сообщаем об обнаружении в TlGaSe_2 нового неожиданного явления – необычного температурного поведения мягкой моды. Как и раньше в¹, экспериментальный материал работы составляют данные о дисперсии диэлектрической проницаемости TlGaSe_2 , полученные на частотах $6 - 23$ см⁻¹ с помощью субмиллиметрового ЛОВ-спектрометра "Эпсилон".

В процессе детального изучения диэлектрических спектров различных образцов TlGaSe_2 прежде всего выяснилось, что та картина динамики кристаллической решетки, которая была описана в¹, не является для TlGaSe_2 единственно возможной. Нами обнаружены образцы TlGaSe_2 , проявляющие существенно иные свойства.

На рис. 1 представлены субмиллиметровые спектры мнимой части диэлектрической проницаемости $\epsilon''(\nu)$ одного из таких, скажем условно, аномальных образцов, полученных для двух ортогональных направлений, лежащих в плоскости спайности¹⁾. Здесь хорошо видна мягкая мода фазового перехода T_2 , которая при комнатной и более высоких температурах ничем не отличается от наблюдавшейся ранее¹. В отношении диэлектрических свойств кристалл в плоскости спайности при комнатной температуре практически изотропен.

При охлаждении образца появляются признаки его аномальности: поляризационное вырождение мягкой моды постепенно снимается и колебательные спектры для двух ориентаций становятся разными. Анализ этих спектров показывает, что в одной из ориентаций поведение мягкой моды совпадает с тем, которое имеет место в обычных изотропных образцах¹.

В другой же ориентации эволюция мягкой моды происходит по-другому (рис. 2). При понижении температуры мягкая мода с некоторого момента начинает уширяться, а затем

¹⁾ Однозначно связать эти направления с кристаллографическими осями кристалла не представляется возможным из-за разупорядоченности его слоевого строения, о чем будет сказано ниже.

расщепляется на две компоненты, примерно одинаковые по интенсивности (спектр 2 на рис. 2). Низкочастотная ветвь идентична мягкой моде нормального кристалла и от последней отличается лишь тем, что ее диэлектрический вклад уменьшен вдвое.

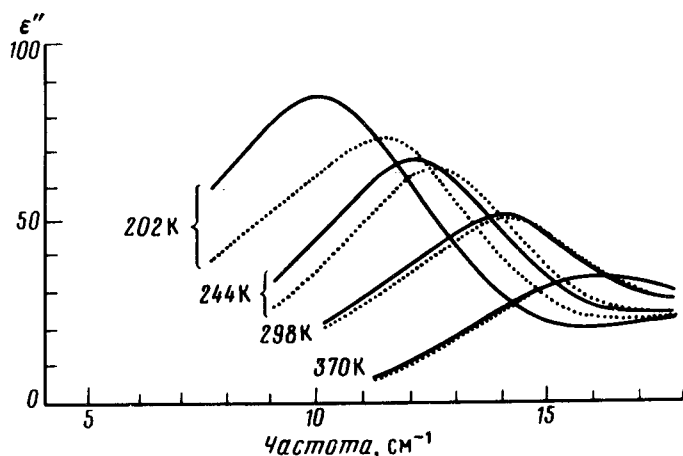


Рис. 1. Спектры $\epsilon''(\nu)$ аномального кристалла TiGaSe_2 для двух взаимноортогональных ориентаций в плоскости спайности (сплошные и пунктирные линии). Сплошные кривые – мягкая мода с нормальным температурным поведением ¹, пунктирные кривые – мягкая мода, которая при дальнейшем понижении температуры расщепляется на две компоненты (см. рис. 2)

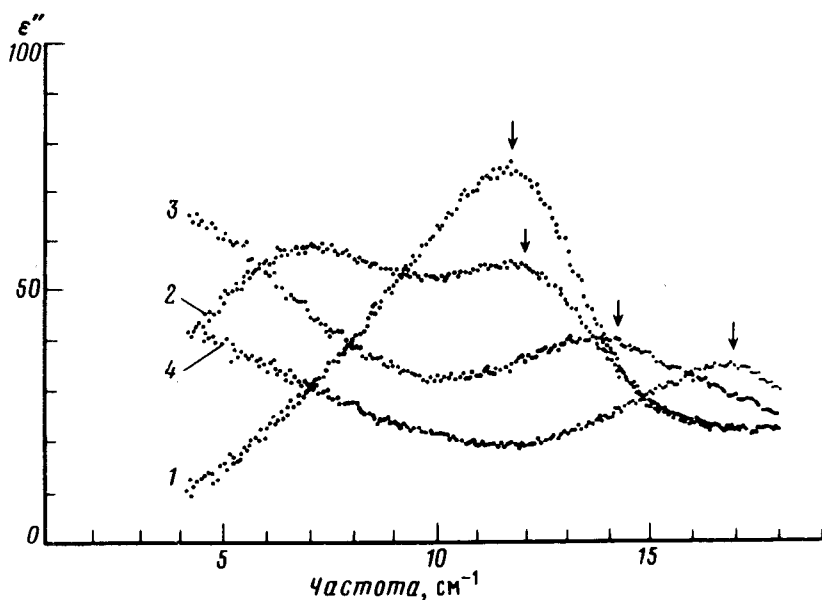


Рис. 2. Низкотемпературные спектры $\epsilon''(\nu)$ аномального кристалла TiGaSe_2 в одной из двух ортогональных ориентаций. Стрелками отмечена компонента мягкой моды, проявляющая аномальное температурное поведение: 1 – 202 К, 2 – 157 К, 3 – 138 К, 4 – 121 К

Вторая ветвь – высокочастотная – ведет себя по температуре аномально. Ее частота изменяется с изменением температуры немонотонно. Наблюдается увеличение частоты этой компоненты при приближении температуры к области фазовых переходов T_1 и T_2 (рис. 3).

Описанные эффекты обуславливаются, по-видимому, особенностями слоистой структуры TiGaSe_2 , а именно склонностью этих кристаллов к межслоевому разупорядочению ² и образованию политипных модификаций ³. Межслоевое упорядочение, свойственное вер-

ятно, большинству образцов TlGaSe_2 , приводит к повышению симметрии кристалла от C_{2h} до C_{4h}^2 и, как следствие, к диэлектрической изотропии TlGaSe_2 в плоскости спайности. Обнаруженные же нами аномальные образцы анизотропны и, очевидно, являются более низкосимметричными. Это означает, что их слоистая структура, по крайней мере частично, упорядочена.

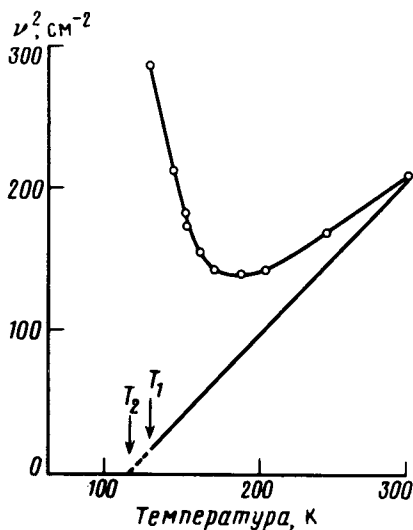


Рис. 3. Температурные зависимости частот двух компонент мягкой моды в аномальном кристалле TlGaSe_2

Слоистостью 11GaSe_2 можно объяснить и немонотонность температурного поведения мягкой моды. По всей видимости, в TlGaSe_2 мягкая мода взаимодействует с другим решеточным колебанием. Однако это взаимодействие явно отличается от того известного, при котором происходит эстафетная передача роли мягкой моды от одного колебания к другому. В 11GaSe_2 , как в системе с длинноволновой модуляцией структуры, такое явление может быть осложнено существованием в нем дополнительных связей между решеточными модами⁴. В частности, могут оказаться связанными колебания с разными волновыми векторами k_1 и k_2 , когда $k_1 - k_2 = m\mathbf{q}$, где \mathbf{q} — волновой вектор модуляции решетки, m — целое число. В этих условиях при сближении частот колебаний не исключено увеличение энергии одного из них за счет другого, и, соответственно, увеличение его частоты.

Авторы благодарны А.М.Прохорову и Ю.Н.Поливанову за полезные дискуссии.

Литература

1. Волков А.А., Гончаров Ю.Г., Козлов Г.В., Лебедев С.П., Прохоров А.М., Алиев Р.А., Аллахвердиев К.Р. Письма в ЖЭТФ, 1983, 37, 515.
2. Gasanly N.M., Goncharov A.F., Melnik N.N., Ragimov A.S., Tagirov V.I. Phys. Stat. Sol., 1983, 116, 427.
3. Абдуллаева С.Г., Ардинбеков С.С., Гусейнов Г.Г. ДАН Аз.ССР XXXVI, 1980, 8, 34.
4. Dvořak V., Petzelt J. J. Phys. C: Solid State Phys., 1978, 11, 4827.