

ИНДУЦИРОВАНИЕ НЕСОИЗМЕРИМОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕРИОДИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

Н.Д.Жигадо, В.В.Зарецкий

Обнаружено, что фазовый переход в несоизмеримую фазу может происходить не только по температуре (давлению, полю), но и при воздействии периодически изменяющегося температурного поля (ПИТП). Установлено, что ПИТП проявляет свойства индуцирующего внешнего воздействия, приводящего к образованию несоизмеримой структуры. Обсуждается вопрос о взаимосвязи ВТСП с эффектами несоизмеримости.

Общей закономерностью для несоизмеримых кристаллов при понижении температуры является следующая последовательность фаз: нормальная фаза (*P*) – несоизмеримая фаза (*I*) – соизмеримая фаза (*C*)¹. В большинстве случаев внешним воздействием является температура (за редким исключением давление и поле). Другие способы индуцирования несоизмеримого состояния в твердых телах пока неизвестны. Исключением являются двумерные системы (адсорбированные пленки), в которых переход в *I*-фазу может происходить при изменении степени покрытия поверхности².

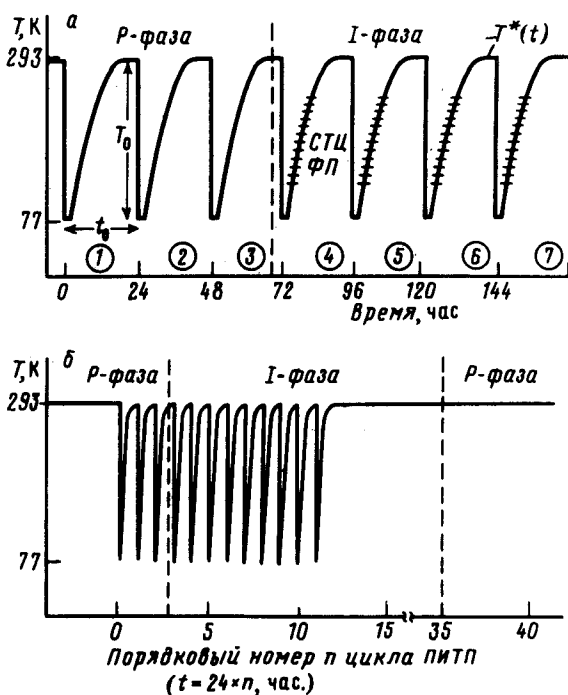


Рис. 1

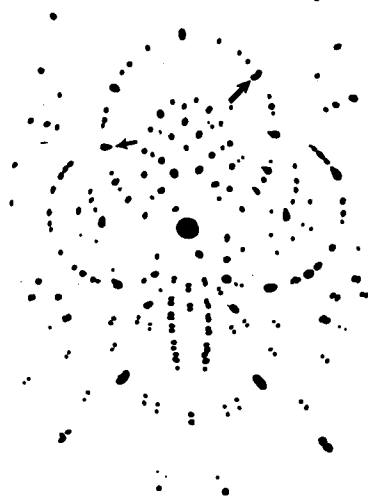


Рис. 2

Рис. 1. а) Поведение температурного поля, в котором находится кристалл, в зависимости от времени. Структурный фазовый переход *P*–*I* в кристалле ТБЛ при изменении порядкового номера *n* и цикла ПИТП. (Заштрихованные участки – температурная область, в которой наблюдаются стимулированные термоциклированием фазовые переходы (СТЦ ФП); цифры в кружках – порядковый номер циклов; $T_0 = 216 K$, $t_0 = 24$ час.); б) ПИТП при воздействии которого в ТБЛ наблюдается последовательность фазовых переходов *P*–*I*–*P*

Рис. 2. Лауэграмма кристалла ТБЛ после воздействия ПИТП (сателлиты указаны стрелками)

Нами обнаружено, что в кристаллах ТБЛ ($\text{Li}_2\text{V}_4\text{O}_7$) несоизмеримое состояние индуцируется своеобразным внешним воздействием — ПИТП, а фазовый переход в I -фазу зависит от вида функции этого воздействия. На рентгенограммах и лауэграммах "свежих"¹⁾ кристаллов сверхструктурные рефлексы не наблюдаются, что указывает на отсутствие несоизмеримой модуляции (кристалл находится в нормальном состоянии). Однако, если кристалл подвергнуть термоциклической обработке по схеме, представленной на рис. 1а, то на лауэграммах и рентгенограммах ТБЛ появляются сателлиты (рис. 2). График на рис. 1а представляет собой поведение температурного поля, в котором находится кристалл, от времени: $T^*(t) = f(t)$, где $T^*(t)$ — периодически изменяющееся температурное поле, которое можно рассматривать как особое внешнее воздействие, индуцирующее несоизмеримое состояние. Основными характеристиками этого воздействия являются (см. рис. 1а): T_0 — амплитуда ПИТП; t_0 — период ПИТП и n — порядковый номер цикла ПИТП. В кристаллах ТБЛ, для данного воздействия $T^*(t)$ (рис. 1а), фазовый переход в I -фазу (P – I -переход) происходит при $n \geq 3$ (рис. 3). Этот факт констатируется появлением на лауэграммах сателлитов (рис. 2). Конкретное значение n зависит от вида функции $T^*(t)$. Интенсивность появившихся сателлитов с дальнейшим увеличением n растет. Пока нами не исследованы процессы преобразования I -фазы ТБЛ в зависимости от порядкового номера n , но не исключено, что при больших n возможен фазовый переход в соизмеримую фазу (рис. 3). При снятии воздействия ПИТП ($T^*(t) = T_{\text{комн}} = \text{const}$) кристалл с течением времени ($t = nt_0 = 20$ сут, $n = 20$) релаксирует в нормальное состояние, т.е. имеет место I – P -фазовый переход (рис. 1б). Таким образом, для кристаллов ТБЛ, подвергнутых воздействию $T^*(t)$, которое определяется функцией на рис. 1б, с изменением n наблюдается следующая последовательность фаз: P – I – P .

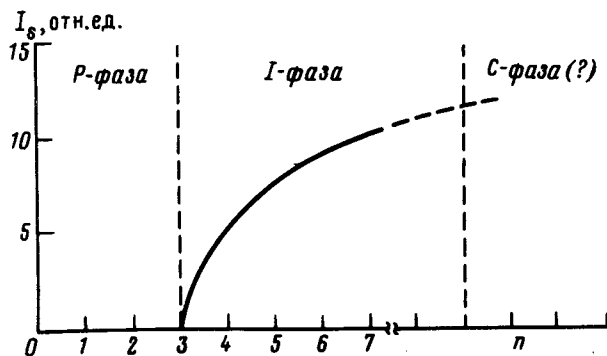


Рис. 3. Зависимость интенсивности сателлита от порядкового номера цикла ПИТП

Релаксационный характер I – P -фазового перехода свидетельствует о возможном участии дефектной подсистемы кристалла (вакансионные поры, дислокации, вакансии и т.д.) в формировании несоизмеримой структуры, которая представляет собой пространственное упорядочение дефектов²⁾. Несоизмеримая модуляция дефектной структуры (в отличие от модуляции кристаллической решетки) является новым видом несоизмеримости — "дефектная" сверхструктура. Индуцируемая внешним воздействием ПИТП, она существенно влияет на физические свойства кристалла, которыми можно управлять, изменяя характер этого воздействия ($T^*(t)$, t_0 , T_0 и n). Так, в кристаллах ТБЛ наблюдается необычный кас-

1) Кристаллы, на которых не проводились температурные исследования и которые не подвергались термообработке.

2) В пользу модуляции дефектов указывают и другие факты: 1) очень маленькая интенсивность сателлитов (I_s на 3–4 порядка меньше I_B); 2) слабая зависимость I_s от температуры.

кад фазовых переходов, число которых зависит от порядкового номера цикла ПИТП³. Отличительной особенностью кристаллов с "дефектной" I -фазой от обычных несоизмеримых кристаллов может оказаться отсутствие $P-I$ и $I-C$ -фазовых переходов при изменении температуры от ОК до $T_{пл}$. На это указывает очень широкая температурная область существования I -фазы в ТБЛ³. Неучет и игнорирование ПИТП воздействия неизбежно приведет к неоднозначности экспериментальных результатов.

Следует отметить, что все кристаллы в той или иной степени "реагируют" на $T^*(t)$ -воздействие. Кристаллы, физические свойства которых сильно зависят от $T^*(t)$ -воздействия в дальнейшем мы будем именовать ПИТП-кристаллы. К их числу можно отнести и высокотемпературные сверхпроводники. Последние экспериментальные исследования указывают на то, что образование в ВТСП несоизмеримых структур и их дальнейшая эволюция при воздействии ПИТП коррелируют со сверхпроводящими характеристиками (состоянием) образцов. Этот факт наводит на мысль о возможном участии несоизмеримых дефектных сверхструктур в механизме высокотемпературной сверхпроводимости.

Авторы признательны Я.В.Бураку за предоставленные кристаллы, С.С.Хасанову за помощь в эксперименте.

Литература

1. *Blinc R., Levanyuk A.P.* Incommensurate phases in dielectrics. North-Holland, 1986, p. 402.
2. *Люксютов И.Ф.* УФЖ, 1983, 28, 1281.
3. *Зарецкий В.В., Бурак Я.В.* Письма в ЖЭТФ, 1989, 49, 198.

Институт физики твердого тела и полупроводников
Академии наук Белорусской ССР

Поступила в редакцию
17 марта 1989 г.