

КВАЗИОДНОМЕРНЫЕ КРИСТАЛЛЫ

One-dimensional Conductors. GPS Summer School Proceedings. Ed. G. Schuster. (Lecture Notes in Physics, v. 34.) Berlin—Heidelberg—New York, Springer-Verlag, 1975, 371 p.

Книга представляет собой сборник докладов, представленных на конференцию по одномерным проводникам, организованную немецким физическим обществом в сотрудничестве с Саарским университетом 10—12 июля 1974 г. в Саарбрюкене. Доклады посвящены теоретическому и экспериментальному исследованию одномерных электронных систем. Наибольшее внимание уделено теории пайерлсовского перехода и свойствам кристаллов, в которых этот переход наблюдается (плоскоквадратные комплексы группы платины смешанной валентности и кристаллы TTF — TCNQ). Наиболее существенные из полученных результатов можно объединить в пять разделов.

1. Структурные исследования кристаллов. Существование пайерлсовской сверхструктуры в соли $K_2Pt(CN)_4Br_{0,3} \cdot 3H_2O$ (КСР) подтверждено в экспериментах по диффузному рассеянию рентгеновских лучей и по рассеянию нейтронов (Камс, Ренкер и др.). Измерения рентгеновского рассеяния показали, что в КСР и аналогичных кристаллах с Rb и Mg вместо K волна смещений ионов Pt вдоль цепочек носит синусоидальный характер с волновым числом, соответствующим удвоенному фермиевскому импульсу электронов. При комнатной температуре корреляции смещений в соседних цепочках отсутствуют, но они появляются при температурах ниже $120^\circ K$, причем смещения в соседних цепочках находятся в противофазе. Однако длина корреляции смещений в направлении, перпендикулярном к цепочкам, по данным для рассеяния нейтронов остается малой вплоть до $6^\circ K$. Согласно теоретическим представлениям, развитым в докладе Дитриха, эти экспериментальные данные свидетельствуют о том, что пайерлсовский переход в КСР имеет «одномерный» с точки зрения флуктуаций характер. Это означает, что во всей области существования пайерлсовских смещений флуктуации являются сильными. Отметим, что в докладе Кромана сообщается о наблюдении сверхструктуры в кристаллах $K_{1,64}[Pt(C_2O_4)_2] \cdot 4H_2O$. В двух фазах наблюдаются волны смещений с учетверенным и ушестеренным периодом (по отношению к периоду простейшей структуры с эквидистантными расстояниями между ионами Pt), но смещения ионов направлены перпендикулярно к цепочкам. Эти данные не укладываются в рамки представлений о простейшем пайерлсовском переходе.

2. Фононы при пайерлсовском переходе. С помощью неупругого рассеяния нейтронов исследовано появление коновской аномалии в спектре фононов (Ренкер и др.). При $300^\circ K$ в спектре фононов виден провал (коновская аномалия) при квазиимпульсе фонона $(0,0,2k_F)$ (ось z направлена вдоль нитей). При $90^\circ K$ более глубокий провал наблюдается уже при импульсе $(\pi/c, \pi/c, 2k_F)$ (c — расстояние между нитями). Теоретическому исследованию динамики фононов при пайерлсовском переходе посвящен доклад Барисича, причем особое внимание уделено вопросу о гигантской коновской аномалии и появлению мягкой моды ниже точки перехода. Этим же вопросом посвящены доклады Шустера, М. Райса и Штрасслера. Фрелиховская коллективная мода (низкочастотные оптические фононы) появляются ниже точки пайерлсовского перехода в случае несоизмеримости периода сверхструктуры и исходной структуры, причем причина ее появления связана с вырождением по фазе волны смещений в модели непрерывной среды. Эффекты соизмеримости создают потенциальный барьер для движения волны смещений вдоль кристалла, и частота коллективной моды становится отличной от нуля (но малой) при стремлении импульса фононов к нулю. Поскольку при движении сверхструктуры происходит полное увлечение электронов, то фрелиховская мода является оптически активной. Именно вкла-

дом этой моды объясняется большое значение диэлектрической постоянной кристаллов КСР вдоль цепочек при низких температурах (≈ 3000) и особенности поведения диэлектрической проницаемости в зависимости от частоты в диапазоне $20-100$ см $^{-1}$. Коэффициент отражения в этом диапазоне при температурах от комнатной до $4,2$ °К измерен в работах Брюэша и Винтерлинга с Мартином. В обоих докладах указывается, что экспериментальные данные по отражению могут быть описаны только с помощью представлений о фрёлиховской коллективной моде.

3. Влияние кулоновского взаимодействия на пайерловский переход. В докладе Либмана, Салхова и Аппеля сообщаются результаты коновской аномалии в спектре фононов одномерных цепочек атомов Pt, расположенных эквидистантно. Принимается, что проводимость таких цепочек определяется электронами d -зоны, которая может быть описана в рамках модели сильной связи. Последовательный учет кулоновского отталкивания электронов производится в приближении хаотических фаз. Результаты численного счета при различных параметрах системы показывают, что частота фононов с импульсом $2k_F$ остается конечной, если степень заполнения зоны сильно отличается от половины. Существующая область значений k_F , в которой пайерлсовская нестабильность отсутствует, растет с ростом локализации электронной волновой функции в направлении вдоль цепочки.

4. Парароверимость при пайерлсовском переходе. В докладах Шэма и Паттона, М. Райса, Штрасслера и Шнейдера, а также Леунга в приближении самосогласованного поля рассчитаны флуктуации проводимости выше точки пайерлсовского перехода T_p . Во всех этих работах получен рост проводимости при $T \rightarrow T_p$ в несоизмеримом случае. Этот результат связывается с существованием фрёлиховской коллективной моды ниже T_p . В докладе Гарито и Хигера об экспериментальных свойствах кристаллов TTF — TCNQ подчеркивается, что при температурах выше точки перехода проводимость кристаллов TTF — TCNQ превышает 10^5 ом $^{-1}$ см $^{-1}$, и этот факт может быть объяснен только на основе представлений о вкладе коллективных эффектов в проводимость. Такой вклад, по их мнению, дает фрёлиховская коллективная мода во флуктуационном режиме.

5. Численные расчеты зон и точные результаты для одномерных систем. Представлены результаты расчетов зонной структуры КСР и кристаллов TTF — TCNQ. В модели Томонаги с помощью функционального интегрирования вычислена одночастичная функция Грина электрона. Приведены также точные результаты расчета свойств одномерного электронного газа с потенциалом взаимодействия $V(x) = -2\pi|x|$ (одномерное кулоновское отталкивание).

Л. Н. Булаевский