

ДИФФУЗИЯ ТЕПЛА В СЕГНЕТО- И АНТИСЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ ГРУППЫ KDP

В.Ф.Заворотный, Ю.М.Поплавко, Л.Ф.Пасечник

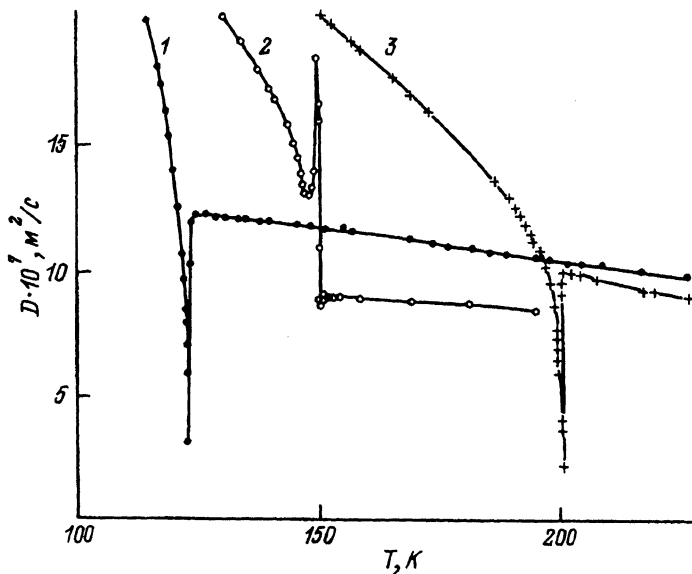
Сегнетоэлектрики с водородными связями типа KDP можно отнести к модельным объектам для исследования связанных псевдоспин-фононных возбуждений. Изменение кинетических коэффициентов теплопереноса (кинетика тепловых фононов) в широком интервале температур, включающем в себя фазовый переход (ФП), определяется характером и величиной псевдоспин-фононных взаимодействий [1] и дает информацию о квазиспиновых возбуждениях, не доступных другим экспериментальным методам, кроме рассеяния нейтронов.

Исследования коэффициента теплопроводности $\lambda(T)$ ранее проводились в кристаллах KDP методом стационарного теплового потока [2], однако последние исследования этих кристаллов в окрестности ФП [3] обнаружили тонкие особенности поведения $\lambda(T)$. Коэффициент диффузии тепла D в этих материалах ранее не изучался.

Для экспериментального исследования $D(T)$ были выбраны сегнетоэлектрики KDP, DKDP, CDA и антисегнетоэлектрик ADP. Ожидалось, что псевдоспиновые возбуждения будут привносить дополнительное рассеяние фононов в области ФП, что приведет к уменьшению коэффициента диффузии тепла. Не исключалась также возможность участия псевдоспиновой системы в дополнительном переносе тепла. Исследования проводились методом плоских температурных волн в режиме автоколебаний [4,5].

Результаты измерения коэффициента диффузии тепла в этих кристаллах приведены на рисунке. Зависимость $D(T)$ в кристаллах CDA аналогична KDP и DKDP, поэтому не приводится. Зависимость $D(T)$ в сегнетоэлектриках группы KDP имеет ярко выраженный минимум в точке перехода, что подтверждает представление о дополнительном рассеянии тепловых фононов на псевдоспиновых возбуждениях. В антисегнетоэлектрике ADP зависимость $D(T)$ существенно отличается. Здесь не только нет минимума, но, напротив, наблюдается максимум в точке ФП. При этом вне области фазовых переходов температурный ход коэффициента тепловой диффузии аналогичен для всех исследованных нами кристаллов, что согласуется с полученными ранее данными о стационарной теплопроводности [2].

Заслуживают особенного обсуждения впервые полученные экспериментальные результаты о диффузии тепла в непосредственной близости к точке фазового превращения — проявление критического рассеяния тепловых фононов в точке ФП в сегнетоэлектриках и отсутствие такового в антисегнетоэлектрике ADP. Причину такого различия можно искать в различии характерных волновых векторов псевдоспиновых возбуждений. Так, в сегнетоэлектриках в области ФП можно предположить возбуждения псевдоспиновых волн с волновыми векторами, близкими к нулю (центр зоны Бриллюэна), поскольку упорядоченная фаза соответствует параллельному расположению псевдоспинов. В антисегнето-



Температурные зависимости коэффициента тепловой диффузии $D(T)$ кристаллов KDP (1), ADP (2), DKDP (3).

электрике элементарные возбуждения в псевдоспиновой системе имеют, по-видимому, характерные волновые векторы, близкие к вектору обратной решетки (граница зоны), так как упорядоченная фаза соответствует антипараллельному расположению псевдоспинов.

Это накладывает существенно различные ограничения на правила отбора для неупругих процессов рассеяния фононов с участием псевдоспиновых возбуждений. Например, для сегнетоэлектрика при столкновении двух тепловых фононов в процессах переброса должен рождаться фонон с волновым вектором, близким нулю: $k_1 + k_2 - a \geq 0$ (k_1, k_2 — волновые векторы фононов, a — вектор обратной решетки). В случае антисегнетоэлектриков это взаимодействие разрешено для самых коротковолновых фононов с волновыми векторами, близкими к границе зоны, для которых выполняется условие $k_1 + k_2 - a \rightarrow a$ или $k_1 + k_2 \rightarrow 2a$. Эти фононы не могут оказывать существенного влияния на перенос тепла в силу своей малой групповой скорости.

Таким образом, если в сегнетоэлектриках вблизи ФП на псевдоспиновой системе могут рассеиваться активно участвующие в переносе тепла фононы с широким спектром волновых векторов, то в антисегнетоэлектрике спектр неупруго взаимодействующих с псевдоспиновой системой фононов очень узок и основная часть тепловых фононов, участвующих в переносе тепла, на псевдоспиновой системе не рассеивается.

Расчет коэффициентов теплопроводности из полученных экспериментальных данных коэффициента тепловой диффузии и литературных данных [6] по теплоемкости Cv : $\lambda(T) = Cv(T)D(T)$ дает зависимость $\lambda(T)$ с характерными особенностями в окрестности ФП, обнаруживаемыми только очень тонким экспериментом по прямому измерению $\lambda(T)$ методом стационарного теплового потока [3]. Вне области ФП расчет дает качественно подобную картину поведения теплопроводности во всех ма-

териалах группы KDP: стеклоподобное поведение в параэлектрической фазе, скачок при переходе из одной фазы в другую (как в [2]). Но в окрестности ФП как в сегнетоэлектриках, так и в антисегнетоэлектрике расчет дает очень тонкий, но ярко выраженный максимум.

Ранее в экспериментальных исследованиях $\lambda(T)$ такой максимум в точке ФП не наблюдался, однако теоретическая возможность его существования за счет дополнительного переноса тепла была предсказана, например, в [7]. Недавно прецизионные измерения в области ФП в KN_2PO_4 установили наличие максимума $\lambda(T)$ [3]. Можно предположить, что и в данном случае возможен дополнительный перенос тепла через псевдоспиновую систему в сегнетоэлектриках и антисегнетоэлектрике группы KDP.

Для прояснения особенностей взаимодействия псевдоспиновой и фоновой подсистем представляли бы интерес исследования влияния электрических полей на кинетические коэффициенты вблизи сегнето- и антисегнетоэлектрического ФП. В последнем случае можно ожидать не только количественного влияния электрического поля на перенос тепла, но и качественного изменения зависимости $D(T)$.

Список литературы

- [1] Sheard F.W. // Proc. 2nd Int. Conf. Nettingheim, 1976. P. 154-162.
- [2] Suemune J. // J. Phys. Soc. Japan. 1967. V. 22. N 3. P. 735-743.
- [3] Струков Б.А., Белов А.А. // Тез. докл. V Всесоюзн. школы-семинара по физике сегнетоэлектриков. Ужгород, 1991. С. 114.
- [4] Заворотный В.Ф., Поплавко Ю.М. // Приборы и техника эксперимента. 1984. № 5. С. 189-190.
- [5] Заворотный В.Ф., Поплавко Ю.М. // А.с. № 1187047. СССР.
- [6] Landelt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technic. Neue Series. Bd 3 Ferro- und Antiferroelectrische Substanzen. Berlin, 1969.
- [7] Кривоглаз М.А. // ФТТ. 1960. Т. 2. № 6. С. 1200-1210.

Киевский политехнический институт

Поступило в Редакцию
22 апреля 1993 г.