

В ДГ—ХЕ-типа векторы \mathbf{l}_1 и \mathbf{l}_2 также вращаются в плоскости (ХУ), но направления их разворота противоположны. Распределение намагниченности в ДГ—ХЕ подобно (4), но $\theta_1 = \theta_2 = \pi/2$,

$$\varphi_2 = -\varphi_1, \quad \sin \varphi_1 = \text{ch}^{-1} \kappa_{ХЕ} x, \quad \kappa_{ХЕ}^2 = (\beta_2 + \delta_y + \delta_x)/\alpha. \quad (5)$$

Две другие ДГ (ДГ—ЗА и ДГ—ZE) отличаются соответственно от ДГ—ХА и ДГ—ХЕ только плоскостью разворота векторов \mathbf{l}_j . Им соответствуют $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ и

$$\text{ДГ—ЗА: } \theta_1 = \theta_2, \quad \cos \theta_1 = \text{ch}^{-1} \kappa_{ЗА} x, \quad \kappa_{ЗА}^2 = (\beta_1 + \delta_y - \delta_z)/\alpha, \quad (6)$$

$$\text{ДГ—ZE: } \theta_2 = \pi - \theta_1, \quad \cos \theta_1 = \text{ch}^{-1} \kappa_{ZE} x, \quad \kappa_{ZE}^2 = (\beta_1 + \delta_y + \delta_z)/\alpha. \quad (7)$$

Лоренц-инвариантность лагранжиана (3) позволяет легко получить и структуру движущихся ДГ, для чего в (4)—(7) достаточно сделать замену: $x \rightarrow \xi = (x - Vt)(1 - V^2/c^2)^{-1/2}$. Энергия всех ДГ равна $E_n = 4\alpha M_0^2 \kappa_n(V)$, где $\kappa_n(V) = \kappa_n(0)(1 - V^2/c^2)^{-1/2}$ — обратная толщина соответствующей ДГ.

В работе [3] была высказана гипотеза, что каждой ветви спиновых волн отвечает свой тип ДГ. В обычных АФМ ДГ, соответствующие обменным ветвям спектра, имеют толщину порядка постоянной решетки, их энергия очень велика и поэтому такие ДГ не реализуются. В La_2CuO_4 обменным ветвям спектра [2, 3] соответствуют ДГ—ХЕ и ДГ—ZE. Так как обменное взаимодействие между CuO_2 -слоями мало и сравнимо с энергией анизотропии ($\delta_x, \delta_y, \delta_z \sim \beta_{1,2}$), то вполне возможна ситуация, в которой могут существовать и даже быть энергетически выгодными именно ДГ—ХЕ или ДГ—ZE, которые по аналогии со спиновыми волнами будем называть обменными ДГ. Анализу устойчивости всех типов ДГ будет посвящена отдельная работа.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Боровик-Романов А. С., Буздин А. И., Крейнс Н. М. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. № 11. С. 600—603.
- [2] Барьяхтар В. Г., Локтев В. М., Яблонский Д. А. // СФХТ. 1989. Т. 2. № 1. С. 16—31.
- [3] Барьяхтар В. Г., Локтев В. М., Львов В. А. и др. // Препринт ИТФ-89-20Р. 1989. 17 с.
- [4] Барьяхтар В. Г., Иванов Б. А., Сукстанский А. Л. // ЖЭТФ. 1980. Т. 78. № 4. С. 1509—1522.
- [5] Барьяхтар В. Г., Иванов Б. А., Сукстанский А. Л. // Письма в ЖЭТФ. 1978. Т. 27. № 2. С. 226—229.

Донецкий физико-технический институт
АН УССР
Донецк

Поступило в Редакцию
27 июля 1989 г.

ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В K_2ZnCl_4

Н. А. Романюк, В. М. Габа, В. И. Стадник

Кристалл K_2ZnCl_4 претерпевает такую последовательность ФП: параэлектрическая, $P_{\text{нма}} (T = 553 \text{ К}) \rightarrow$ несоразмерная, $\mathbf{q} = (1 - \delta) \mathbf{a}^*/3 (T_{c1} = 403) \rightarrow$ сегнетоэлектрическая, $P_{\text{н2a}} (T_{c2} = ?)$ низкотемпературная фаза. Последнему низкотемпературному фазовому переходу (НТФП) сейчас уделяется значительное внимание, и тем не менее пока нет однозначности по температуре самого перехода и его природе.

Впервые в работе [1] методами комбинационного рассеяния света была обнаружена новая мягкая мода в K_2ZnCl_4 ниже $T_{c2}=175$ К, существование которой было подтверждено изломом температурной зависимости разности хода $\beta=(\pi l/2\lambda)\Delta n_{bc}$.

ЯКР исследования [2] показали, что НТФП в K_2ZnCl_4 происходит при 145 К и является ФП 2-го рода. Недавние КР исследования [3] выявили НТФП при 155 К, который описывается авторами в рамках теории Ландау для ФП 2-го рода.

Таблица 1

Температурно-спектральные характеристики параметров оптической индикатрисы кристаллов K_2ZnCl_4

Направление	$dn/d\lambda, 10^{-4} \text{ нм}^{-1}$		$dn/dT, 10^{-4}, \text{ град}^{-1}$	
	100 К	250 К	100 К	2:0 К
X	-1.27	-1.30	-0.30	-0.45
Y	-1.30	-1.30	-0.30	-0.48
Z	-1.24	-1.26	-0.30	-0.42

Дилатометрические исследования K_2ZnCl_4 [4] выявили аномалии расширения при 145 К без скачка объема. Предполагается существование в этой области температур нового ФП, который связан с искажением ромбической структуры. Исследования упругих свойств подтвердили наличие НТФП при 145 К [5]; предполагается, что это сегнетоэластический ФП 1-го рода с понижением симметрии $mm2 \rightarrow m$.

Целью настоящей работы было уточнение температуры и определение характера низкотемпературного ФП в K_2ZnCl_4 посредством измерения

Таблица 2

Дисперсия показателей преломления кристалла K_2ZnCl_4

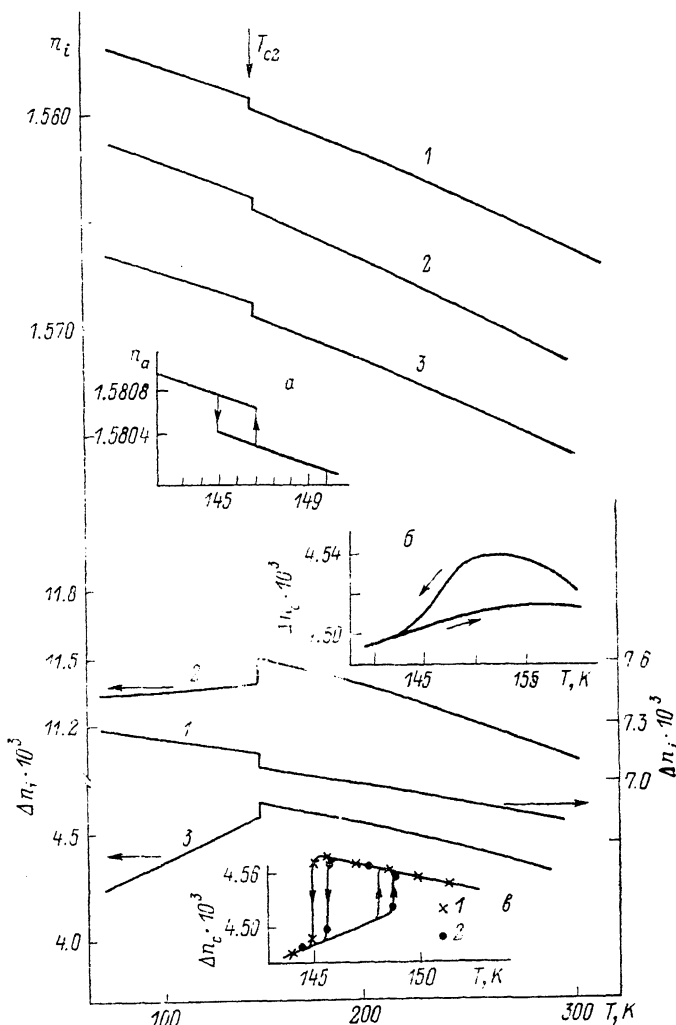
$\lambda, \text{ нм}$	n_x	n_y	n_z	$\lambda, \text{ нм}$	n_x	n_y	n_z
250	1.69675	1.69325	1.68820	660	1.56050	1.55665	1.55186
300	1.69300	1.63471	1.62791	700	1.55868	1.55465	1.55500
340	1.61432	1.60942	1.60335	740	1.55727	1.55320	1.54855
380	1.59855	1.59338	1.58795	780	1.55622	1.55212	1.54741
420	1.58782	1.58275	1.57745	820	1.55542	1.55125	1.54652
460	1.57976	1.57475	1.56992	850	1.55494	1.55075	1.54600
500	1.57368	1.56920	1.56432	900	1.5545	1.5500	1.5455
540	1.56900	1.56495	1.55985	950	1.5545	1.5490	1.5445
580	1.56545	1.56150	1.55658	1000	1.5535	1.5480	1.5445
620	1.56258	1.55878	1.55402	1050	1.5530	1.5480	1.5440

показателей преломления во всех кристаллофизических направлениях ($n_i(\lambda, T), i=x, y, z; n_x=n_a, n_y=n_b, n_z=n_c$) и абсолютных значений дву-преломлений, которые имеют самостоятельный интерес, поскольку спектральные и температурные зависимости K_2ZnCl_4 пока не изучены.

Кристаллы для исследований были выращены из водного раствора методом понижения температуры. Численные значения показателей преломления K_2ZnCl_4 и их температурно-спектральные характеристики сведены в табл. 1, 2, а температурные зависимости $n_i (i=x, y, z)$ для ряда длин волн показаны на рисунке. (Точность определения показателей преломления $\pm 1.5 \cdot 10^{-4}$, дву-преломления $\pm 2 \cdot 10^{-5}$; чувствительность измерения $n_i = \pm 1 \cdot 10^{-5}$, $\Delta n_i = \pm 5 \cdot 10^{-5}$).

В сегнетофазе ($P_n 2_1 a$) зависимости $n_i(T)$ нелинейны, а при 145 К наблюдаются четкие скачкообразные аномалии. При циклическом изменении температуры обнаружен гистерезис аномальных изменений $n_i(T)$

порядка 4 К. Независимые интерференционные следования абсолютных значений двупреломления Δn_i также выявили при 145 К скачкообразные аномалии Δn_i с гистерезисом 4.5 К. Величины скачков составляют $\delta\Delta n_x = 4 \cdot 10^{-4}$; $\delta\Delta n_y = 8.2 \cdot 10^{-4}$; $\delta\Delta n_z = 4.2 \cdot 10^{-4}$. На основании этих данных можно говорить о существовании в K_2ZnCl_4 ФП при 145 К, а характер наблюдаемых аномалий $n_i(T)$ и $\Delta n_i(T)$ свидетельствует в пользу того, что это ФП 1-го рода.



Температурно-спектральные зависимости показателей преломления кристалла K_2ZnCl_4 при $\lambda=500$ нм (1 — x , 2 — y , 3 — z) и двупреломления при $\lambda=300$ нм (1 — a -срез, 2 — b -срез, 3 — c -срез).

На вставках: a — температурная зависимость показателя преломления n_a K_2ZnCl_4 вблизи точки НТФП; b — свежесрезанный кристалл; \ast — кристаллы, отожженные в течение 5 (1) и 2 ч (2).

В [5] высказано предположение, что изучаемый НТФП является чистым сегнетоэластическим. Проведенные авторами [5] расчеты показали, что величина скачка спонтанной деформации составляет $1.2 \cdot 10^{-3}$. Принимая во внимание, что для подавляющего большинства кристаллов упруго-оптический коэффициент p_{ij} имеет величину 0.1 [6], легко определить порядок p для K_2ZnCl_4 . С учетом наших данных и χ_i из [5] приближенное значение $p \sim 0.3$. Таким образом, величина упругооптического коэффициента несколько завышена, однако по порядку согласуется с [6], а это говорит в пользу сегнетоэластичности низкотемпературной фазы K_2ZnCl_4 . Приведенные результаты получены для образцов K_2ZnCl_4 , отожженных

в парафазе в течение 5 ч. Кроме того, нами проводились исследования для образцов, отожженных в течение 2 ч, и для свежезготовленных. Во всех трех случаях значения $n_i(\lambda, T)$ и $\Delta n_i(\lambda, T)$ практически не различаются, за исключением области низкотемпературного фазового перехода. Как видно из рисунка, у отожженных в течение 2 ч образцов гистерезис расширен на 0.7 К, а величина скачка Δn_i уменьшена на $0.8 \cdot 10^{-5}$ по сравнению с образцом, отожженным в течение 5 ч. В случае предварительно неотожженных образцов при переходе из сегнетофазы в низкотемпературную фазу скачка Δn_i не наблюдается, а появляется S-подобная аномалия, охватывающая область 143—147 К. При переходе из низкотемпературной фазы в сегнетофазу эта аномалия размывается и значения Δn_i в сегнетофазе с нагреванием и охлаждением уже не совпадают.

Значительные гистерезисные явления и размытие аномалий ряда физических свойств в K_2ZnCl_4 при переходе из несоизмерной в сегнетофазу ($T_{c1} = 403$ К) объясняются присутствием в соизмерной СЭ фазе остаточных фазовых солитонов вследствие их закрепления на дефектах. В [2] на основании ЯКР исследований, например, показано, что метастабильная плотность солитонов, связанных примесями или дискретной решеткой, может существовать до 300 К, т. е. ниже T_{c1} на 100 К.

Неотожженные кристаллы K_2ZnCl_4 , как известно [2], обогащены дефектами из-за наличия в них кристаллизационной воды, и это, естественно, ведет к росту плотности остаточных фазовых солитонов в сегнетофазе. Поэтому можно предположить, что в исходных образцах определенная плотность солитонов существует вплоть до 145 К, что и приводит к размытию аномалии при НТФП и большому гистерезису в сторону сегнетофазы.

Таким образом, можно сказать, что имеющиеся в литературе разногласия по температуре и характеру НТФП связаны скорее всего с предысторией образца (способ выращивания, дефектность, отжиг).

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Quilichini M., Mathieu J. P., Le Postollec H. // J. Physique. 1983. V. 43. N 5. P. 787—793.
- [2] Milia F., Kind R., Slak J. // Phys. Rev. B. 1983. V. 27. N 11. P. 6662—6668.
- [3] Sekine T., Takayana M., Uchinokura K., Matsura E. // J. Phys. Soc. Jap. 1986. V. 55. N 11. P. 3903—3917.
- [4] Флеров И. Н., Кот Л. А. // ФТТ. 1981. Т. 23. № 8. С. 2422—2425.
- [5] Шувалов Л. А., Гриднев С. А., Прасолов Б. И., Санников Д. Г. // ФТТ. 1984. Т. 26. № 1. С. 272—274.
- [6] Нарасимхамурти Т. Фотоупругие и электрооптические свойства кристаллов. М., 1984. 624 с.

Львовский государственный университет
им. Ив. Франко
Львов

Поступило в Редакцию
2 января 1989 г.
В окончательной редакции
7 августа 1989 г.

ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ($C_2H_5NH_3$)₂CuCl₄ В ОКРЕСТНОСТИ ТРИКРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ

А. Н. Богданов, А. В. Журавлев, А. И. Пузыля

1. В легкоосных антиферромагнетиках, помещенных в магнитное поле H , параллельное оси легкого намагничивания (ЛО), обычно наблюдается фазовый переход II рода (ФШП) из антиферромагнитной (АФ) в парамагнитную (ПМ) фазу (см., например, [1, 2]). Однако в [3] было показано,