

Письма в ЖЭТФ, том 17, вып. 4, стр. 190 – 193 20 февраля 1973 г.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД В $KDy(MoO_4)_2$, ВЫЗВАННЫЙ КООПЕРАТИВНЫМ ЭФФЕКТОМ ЯНА – ТЕЛЛЕРА

A. И. Золгин, Т. С. Степченко, В. Г. Мрко, Р. А. Вайнорас ¹⁾

Исследование кооперативного эффекта Яна – Теллера в последнее время уделяется повышенное внимание, стимулированное как возросшим интересом теории к общей проблеме фазовых переходов, так и недавним обнаружением ряда новых соединений редкоземельных элементов, обладающих структурным фазовым переходом при низких температурах, связанным с проявлением этого эффекта (например, $DyVO_4$ [1]).

Характерной особенностью кооперативного эффекта Яна – Теллера в этих соединениях является то, что он проявляется в кристаллах с низкой симметрией структуры. В отличие от изученных ранее шпинелей, где происходит снятие вырождения электронных уровней, обусловленного симметрией, в эффекте Яна – Теллера здесь могут участвовать "случайно" вырожденные электронные уровни. Например, для соединения диспрозия с низкой симметрией кристаллической структуры восьмикратное крамерово вырождение основного терма $^6H_{15/2}$ иона Dy^{3+} полностью снимается, однако возможна ситуация, когда при некоторых величинах констант кристаллического поля значения энергий разных крамерсовых дублетов, в том числе и двух нижних, оказываются равными или близкими. Понятно, что "случайное" вырождение нижнего уровня в принципе достаточно редкая ситуация, поэтому известно небольшое число низкосимметричных кристаллов, где наблюдается кооперативный эффект Яна – Теллера.

Судя по данным расчета энергетического спектра примесного иона Dy^{3+} в кристалле $KY(MoO_4)_2$ с ромбической симметрией структуры, проведенного нами по результатам измерения оптических, резонансных и магнитных свойств [2], энергетическое расстояние между двумя нижними дублетами Крамерса в спектре основного терма $^6H_{15/2}$

¹⁾ Институт физики полупроводников АН Литовской ССР.

иона Dy^{3+} для этого кристалла невелико. Поэтому можно ожидать возникновения кооперативного эффекта Яна – Теллера при увеличении концентрации примесного иона Dy^{3+} в таком кристалле. Проведенное в широком ($4,2 - 300^{\circ}\text{K}$) интервале температур исследование оптических и магнитных свойств изоструктурных кристаллов системы $KY(\text{MoO}_4)$ $KDy(\text{MoO}_4)_2$, результаты которого сообщаются в настоящей работе, показывают, что в образцах с высоким содержанием диспрозия ($85 - 100$ %) имеет место кооперативный эффект Яна – Теллера, приводящий к структурному фазовому переходу при температуре $\sim 10^{\circ}\text{K}$. Методика измерений аналогична описанной ранее [2].

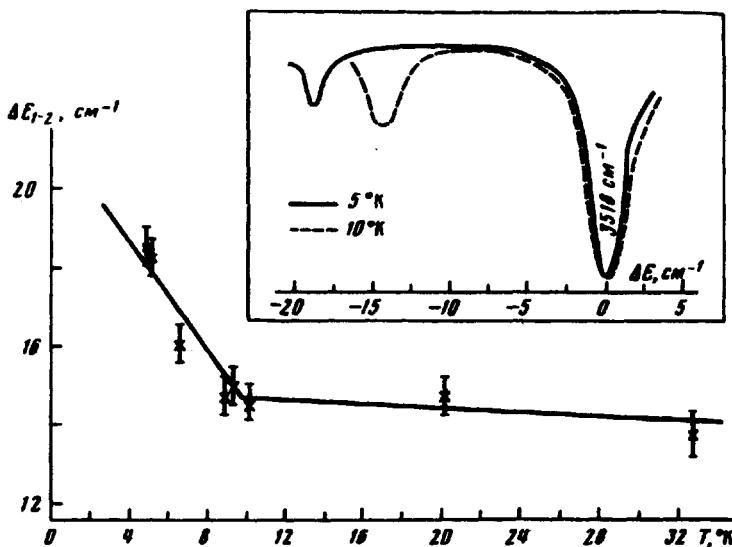


Рис. 1. Температурная зависимость энергетического расстояния ΔE_{1-2} между нижним и первым возбужденным дублетами основного терма ${}^6H_{15/2}$ иона Dy^{3+} в кристаллическом поле $KDy(\text{MoO}_4)_2$. Вставка иллюстрирует вид полос поглощения переходов с двух нижних дублетов терма ${}^6H_{15/2}$ на терм ${}^6H_{13/2}$ для температур 10 и 5°K

На рис. 1 показана температурная зависимость энергетического расстояния ΔE_{1-2} между двумя нижними дублетами терма ${}^6H_{15/2}$ иона Dy^{3+} в $KDy(\text{MoO}_4)_2$. Величина ΔE_{1-2} определялась как расстояние между полосами поглощения переходов с названных выше дублетов на нижний уровень терма ${}^6H_{13/2}$. Вид основной полосы поглощения перехода ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ (3518 cm^{-1}) и ее спутника при температурах 10 и 5°K иллюстрирует вставку на рис. 1. Понижение температуры приводит к заметному сдвигу частоты спутника при температурах вблизи 10°K . Увеличение энергетического интервала ΔE_{1-2} ниже 10°K свидетельствует об изменении параметров потенциала кристаллического поля $KDy(\text{MoO}_4)_2$ в районе этой температуры. Эффект аномального температурного поведения величины ΔE_{1-2} в спектре кристалла $KY_{0.15}Dy_{0.85}(\text{MoO}_4)_2$ выражен менее четко, а в спектрах кристаллов с концентрацией диспрозия 60% и ниже – практически отсутствует.

Приведенные на рис. 2 температурные зависимости отношений магнитной восприимчивости кристаллов системы $KY(MoO_4)_2 - KDy(MoO_4)_2$ с разной концентрацией n диспрозия (X_n) к восприимчивости кристалла $KY(MoO_4)_2$ с малым ($\sim 5\%$) содержанием ионов Dy^{3+} ($X_5\%$) показывают, что поведение восприимчивости всех образцов при температурах выше $10^{\circ}K$ аналогично и не зависит от концентрации диспрозия в системе. При температурах ниже $10^{\circ}K$ температурные зависимости восприимчивости образцов с $n > 85\%$ и образцов с малой концентрацией диспрозия сильно отличаются. (На рис. 2 приведены данные для ориентации внешнего поля вдоль оси С кристалла, для которой эффект особенно заметен). Выше температуры $\sim 1,5^{\circ}K$, судя по нашим измерениям магнитной восприимчивости, $KDy(MoO_4)_2$ является парамагнетиком, поэтому изменение наклона кривых $\chi(T)$ образцов с большой концентрацией диспрозия вблизи $T \sim 10^{\circ}K$ свидетельствует о том, что при этой температуре наблюдается не магнитный, а структурный фазовый переход.

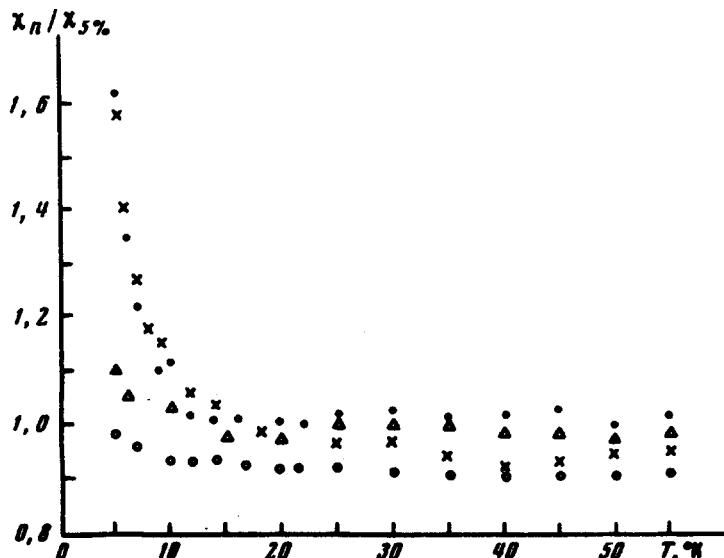
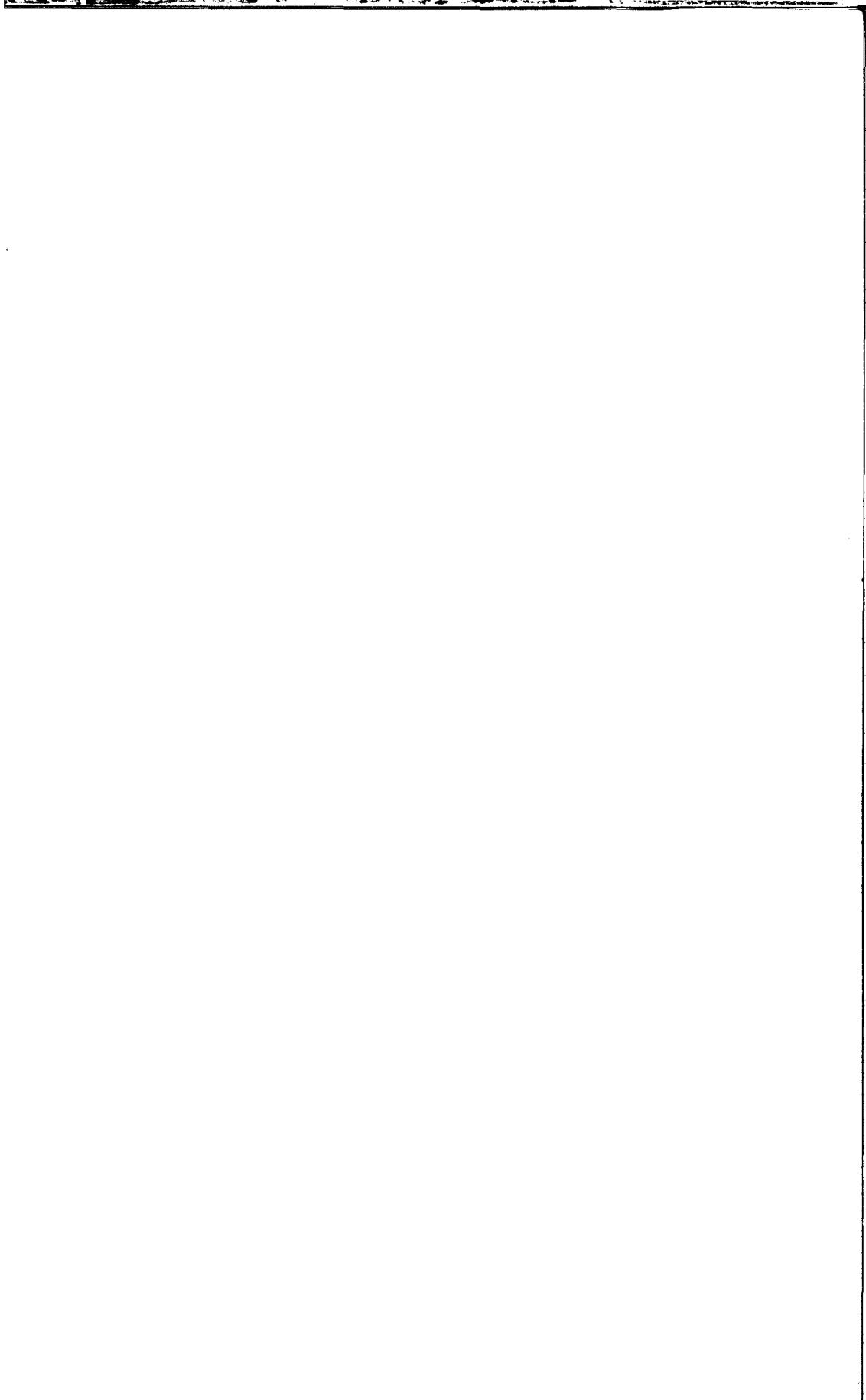


Рис. 2. Температурные зависимости отношения магнитной восприимчивости кристалла с разной концентрацией n диспрозия (χ_n) к восприимчивости кристалла с малым ($\sim 5\%$) содержанием ионов Dy^{3+} в кристалле $KY(MoO_4)_2$, пересчитанных на один ион: • – $n = 100\%$, x – $n = 85\%$, Δ – $n = 60\%$, ○ – $n = 30\%$

В [3] показано, что изменение расстояния между нижними дублетами за счет кооперативного эффекта Яна – Теллера должно описываться выражением $\Delta E_{1-2}(0)/\Delta E_{1-2}(\infty) = \tanh \Delta E_{1-2}(\infty)/2kT_D$, где индексы 0 и ∞ соответствуют температурам значительно меньшей и существенно большей точки фазового перехода T_D . Для наших данных это соотношение выполняется хорошо, поэтому мы склонны считать, что наблюденный структурный фазовый переход в $KDy(MoO_4)_2$ обусловлен кооперативным эффектом Яна – Теллера.

Изученные редкоземельные ян-теллеровские соединения имеют одно большое и два малых главных значения g -фактора, поэтому в фор-



- mainme reopin mokerjapolo noia aia onicahn bannanenctba
safferke gha - Teraepa a nix ncionpoarach mokerh Manta. B
KdY(MoO₄)₂ ABA shahena g-faktopob ootvime n hoyin parhie (~10),
n tpepte - Major (~1), nootmy shcep, no-nutimoy, goje epurojua
x-y-MoJep.
Artopti bispakao t ipshahetahocrt B.B.Lipechenko za ogeykaenne
pedayapato, H.H.Legnay n M.N.Kooley za homolu h bipalubainn modo-
hinskix temeparty CCP
Akademni hayr kpanhokon CCP
Hlotejnija h pejarhino
2 abrasa 1973 r.

Intepartya

- (1) A.H.Cooke, C.J.Ellis, K.A.Gehring, M.J.M.Lesak, D.M.Martin,
B.M.Wanklyn, M.R.Wells, R.L.White. Solid State Comm., 8, 689, 1970.
(2) T.C.Creuhko, B.L.Woko, C.J.L.Ejabahneoba, A.N.Baerlin. C6, finin-
ka hinskix temeparty, FINTA AH VCCP, Bm. XX, 74, Xapkor, 1972.
(3) G.A.Gehring, A.P.Maloemoff, W.Stauder, R.N.Tyre. J.Phys. Chem.
Solids, 33, 1487, 1972.