

ВЛИЯНИЕ ОДНООСНОГО СЖАТИЯ
НА ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС Nd^{3+} В $CaWO_4$

М.М.Зайтов, Л.Я.Шехун

Исследование спектров в кристалле, подвергнутом деформации, - наиболее прямой способ узнать, как взаимодействует примесный ион с окружением [1,2]. Влияние давления на спектры ЭПР до сих пор изучалось на ионах группы железа [3]. Мы наблюдали влияние одноосного давления на электронно парамагнитный резонанс некоторых редкоземельных ионов в монокристаллах шеелитов. Данное сообщение посвящено иону Nd^{3+} в $CaWO_4$.

Основной терм $4f^3 {}^4I_{9/2}$ неодима в решетке $CaWO_4$ расщепляется на пять крамерсовских дублетов, отстоящих один от другого на $\sim 100 \text{ см}^{-1}$. При $4,2^\circ\text{K}$ наблюдается линия от нижнего дублета, с $g_{||} = 2,03$ и $g_{\perp} = 2,54$ [4] (сверхтонкую структуру не рассматриваем). Наложение на кристалл давлений приводит к тому, что к обычному спин-гамма-тонизиану с эффективным спином $1/2$ добавляется возмущение \mathcal{H}' , линейное по магнитному полю и по спину [5]:

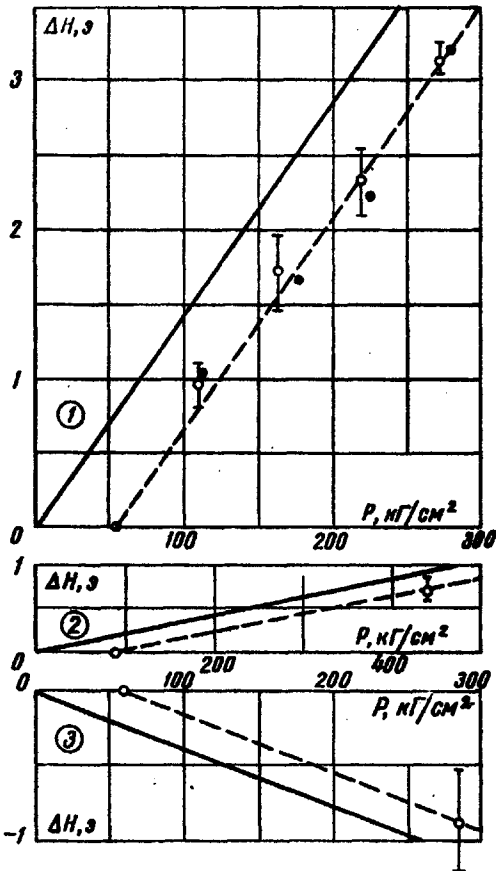
$$\mathcal{H}' = G_{iklm} S_i H_k u_{lm} \quad (1)$$

Здесь $i, k, l, m = x, y, z$; $u_{lm} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_l}{\partial x_m} + \frac{\partial u_m}{\partial x_l} \right)$ - тензор деформации. Тензор G определяет величину эффекта. Он симметричен по второй паре индексов, а остальные его свойства определяются симметрией локального поля. В данном случае симметрия S_4 [6], но с хорошим

приближением можно брать D_{2d} [7]. В этом случае G будет иметь

8 независимых компонент, а \mathcal{H}' примет вид:

$$\begin{aligned} \mathcal{H}' = & G_{12} (H_x S_x u_2 + H_y S_y u_1) + \\ & + 2G_{66} (H_x S_y + H_y S_x) u_6 + G_{13} (H_x S_x + H_y S_y) u_3 + \\ & + 2G_{55} (H_x S_z + H_y S_z) u_5 + G_{34} H_z S_z (u_1 + u_2) + \\ & + 2G_{75} (H_z S_x u_5 + H_z S_y u_4) + \\ & + G_{11} (H_x S_x u_1 + H_y S_y u_2) + G_{33} H_z S_z u_3. \end{aligned} \quad (2)$$



Сдвиг линии ЭПР Nd^{3+} в CaWO_4 под влиянием одноосного давления. Пунктир - усредненная экспериментальная зависимость. Сдвиги измерялись по отношению к положению линии при некотором начальном давлении. Сплошная линия - фактическая зависимость сдвига от давления, полученная параллельным переносом в начало координат.
 ① Светлые точки: $P \parallel [100], H \parallel [010]$; темные точки: $P \parallel [010], H \parallel [100]$;
 ② $P \parallel [110], H \parallel [110]$; ③ $P \parallel [001], H$ - в плоскости (001)

В отличие от [5], координаты всюду декартовы. Обозначения таковы:

$$xx=1, yy=2, zz=3, yz=4, xz=5, xy=6, zx=7. \quad (3)$$

Результаты измерений изображены на рисунке. Они позволяют найти три линейные комбинации компонент G :

$$G_{11} s_{12} + G_{12} s_{11} + G_{13} s_{13} = -13 \cdot 10^{-32} \text{ см}^3/\text{гс}, \quad (4)$$

$$G_{11} s_{13} + G_{12} s_{13} + G_{13} s_{33} = 3,7 \cdot 10^{-32} \text{ см}^3/\text{гс}, \quad (5)$$

$$(G_{11} + G_{12})(s_{11} + s_{12}) + 2G_{13} s_{13} - 2G_{66} s_{66} = -4 \cdot 10^{-32} \text{ см}^3/\text{гс}. \quad (6)$$

При давлениях $P \parallel [100]$ и $P \parallel [110]$, а $H \parallel [001]$, достоверно измеримый сдвиг линий не наблюдался. Это дает дополнительное соотношение:

$$G_{31} \approx - \frac{s_{13}}{s_{11} + s_{12}} G_{33}$$

Упругий тензор s , определяемый уравнением

$$-u_{ik} = s_{iklm} \sigma_{lm} \quad (8)$$

для CaWO_4 , не измерен, однако результаты работы [8] показывают, что $s \sim 10^{-12} \text{ см}^2/\text{гс}$, откуда получаем оценку

$$G \sim 10^{-20} \text{ эрг/гс} \quad (9)$$

Даже эта предварительная оценка позволяет сделать некоторые интересные выводы, в частности - сравнить крамерсовы дублеты, принадлежащие ионам группы железа и редких земель. Таккер [9] провел измерения на крамерсовом дублете иона Co^{2+} ($3d^7$) в MgO и нашел (в наших обозначениях) $G \sim 10^{-19}$ эрг/гс. Таким образом, прямая связь иона Nd^{3+} с решеткой CaWO_4 оказывается неожиданно малой и, что самое любопытное, меньшей, чем у Co^{2+} в MgO . Это противоречит существующему мнению, что редкоземельные ионы динамически связаны с решеткой сильнее, чем ионы группы железа.

Казанский государственный университет
им. В.И.Ульянова-Ленина

Поступило в редакцию
18 июля 1966 г.

Литература

- [1] W.M. Walsh, N. Bloembergen. *Phys. Rev.*, 107, 904, 1957.
- [2] А.А.Каплянский. *Оптика и спектроскопия*, 7, 677, 1959.
- [3] E.V. Tucker. *Proc. of IEEE*, 53, 1547, 1965.
- [4] Н.Е.Каск, Л.С.Корниенко, А.М.Прохоров, М.Факир. *ФТТ*, 5, 2303, 1963.
- [5] Н.Г.Колоскова. "Парамагнитный резонанс", Изд-во Казанского университета, 115, 1964.
- [6] W.V. Mims. *Phys. Rev.*, A140, 531, 1965.
- [7] Л.Я.Шекун. *ФТТ*, 8, 1717, 1966.
- [8] D. Gerlich. *Phys. Lett.*, 12, 314, 1964.
- [9] E.V. Tucker. *Phys. Rev.*, 143, 264, 1966.