

ЭФФЕКТ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СИГНАЛЫ
ЭПР ПАР ОБМЕННО-СВЯЗАННЫХ ИОНОВ ХРОМА В РУБИНЕ

Д.А.Шерстков, В.И.Непша, А.Е.Никифоров,
В.И.Черепанов

Линейное псевдо-штарковское расщепление сигналов ЭПР отдельных ионов хрома в корунде наблюдалось в ряде работ [1,2]. С другой сторо-

ны, кроме сигналов отдельных ионов в рубине наблюдается [3] большое число более слабых дополнительных сигналов, обусловленных парами обменно-связанных ионов хрома. В работах [3-5] рассмотрена теория спектра таких пар. Изучение спектра ЭПР обменных пар в магнитно-разбавленных кристаллах представляет интерес для теории обменного (сверхобменного) взаимодействия в таких веществах. Однако для изучения обменных взаимодействий средствами радиоспектроскопии [7,8] необходимо прежде всего иметь эффективные способы расшифровки спектров ЭПР обменных пар. Исследование температурной зависимости интенсивностей и угловой зависимости положений сигналов пар [3] не всегда позволяет однозначно расшифровать спектр.

В настоящей работе предложен дополнительный способ для расшифровки спектра обменных пар на основе обнаруженного нами эффекта линейного расщепления сигналов ЭПР пар обменно-связанных ионов хрома Cr^{3+} в корунде.

Теоретически этот эффект был предсказан в [6], где было показано, что заметное расщепление сигналов следует ожидать для пар соседей 4-й, 6-й и 7-й конфигурационных сфер. В случае $\mathbf{H} \parallel \mathbf{E} \parallel \text{C}_3$ (\mathbf{H} и \mathbf{E} - напряженности электрического и магнитного полей, C_3 - оптическая ось корунда), отличны от нуля расщепления для следующих переходов:

$$\begin{aligned} \text{a) } E_{2g}^{(3)} \pm 2 &\longleftrightarrow E_{3g}^{(3)} \pm 3 (1), & \text{b) } E_{2g}^{(3)} \pm 2 &\longleftrightarrow E_{1g}^{(3)} \pm 1 \left(\frac{2}{3}\right), \\ \text{c) } A_{2g}^{(4)} 0 &\longleftrightarrow E_{1g}^{(4)} \pm 1 \left(\frac{4}{3}\right), & \text{d) } A_{2g}^{(4)} 0 &\longleftrightarrow E_{1g}^{(4)} \pm 1 \left(\frac{6}{5}\right) \end{aligned}$$

(в обозначениях работы [5]). Здесь после каждого перехода в скобках указана величина ожидаемого расщепления, если принять за единицу расщепления сигнала $3/2 \longleftrightarrow 1/2$ отдельного иона Cr^{3+} .

Экспериментально изучалась область спектра от 480 до 680 гс и от 850 до 1200 гс, т.е. по обе стороны от сигнала $3/2 \longleftrightarrow 1/2$ иона Cr^{3+} , наблюдаемого при 802 гс при резонансной частоте 9,27 кмгц. Кристалл корунда, содержащий 0,05% (весовых) хрома, исследовался на установке РЭ 1301.

При $H \parallel E \parallel C_3$ влияние внешнего электрического поля наблюдалось на пяти сигналах, обозначенных нами: α (525 гс), β (590 гс), γ (926 гс), δ (994 гс), σ (1093 гс). На рис. 1 приведена запись производной сигнала поглощения σ при $E = 0$ кВ/см и $E = 100$ кВ/см. На рис. 2 изображены теоретические зависимости расщеплений сигналов ЭПР от величины внешнего электрического поля E для переходов типа d), a), β), c) (соответственно прямые 1, 2, 3, 4) и нанесены результаты экспериментальных измерений для сигналов α , γ , σ (соответствен-

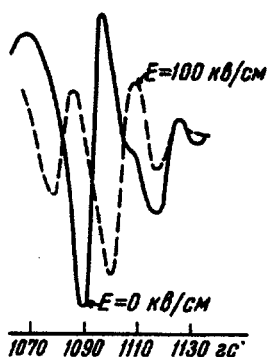


Рис. 1

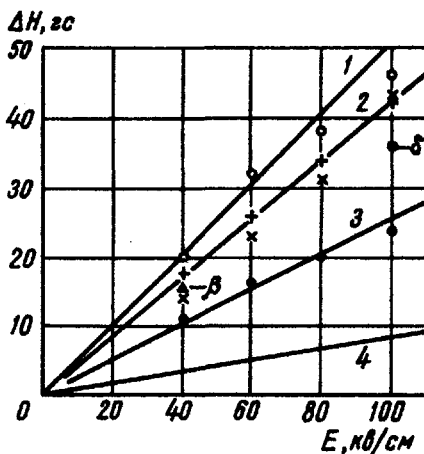


Рис. 2

но - \times , \circ , \bullet). $+$ - результаты эксперимента для сигнала отдельного иона Cz^{3+} (переход $3/2 \leftrightarrow 1/2$). Отсутствие точных данных для β и δ объясняется слабой интенсивностью этих сигналов и близостью других сигналов.

Исследования Д.Крыбса [9] убеждают нас в том, что наблюдаемые сигналы нельзя отнести к примесям железа Fe^{3+} и Mn^{2+} . Дополнительно принадлежность исследуемых сигналов парам устанавливалась по угловой зависимости положений сигналов.

Из рис. 2 видно, что сигнал σ можно отнести к переходу типа β), сигнал α - типа a), сигнал γ - типа d).

Комбинация метода измерения величины расщепления сигналов в электрическом поле (позволяющего определить тип перехода) и методов температурных и угловых измерений [3], по нашему мнению, позволит

сопоставить сигналы конкретным парам. Отметим, что в исследуемой области спектра, согласно теоретическим расчетам [5], в частности, должны попадать сигналы с наблюдаемой величиной расщепления.

Исследование обнаруженного эффекта в магнитно-разбавленных кристаллах в широком интервале магнитных полей позволит получить более полную информацию об обменном взаимодействии парамагнитных ионов.

Уральский государственный университет
им. А.М.Горького

Поступило в редакцию
18 марта 1966 г.

Литература

- [1] E.B.Royce, N.B.Blombergen. Bull. Amer. Phys. Soc., 7, 26, 1962; Phys. Rev., 131, 1912, 1963.
- [2] А.И.Ритус, А.А.Маненков. Физ.твердого тела, 5, 3590, 1963.
- [3] H.Statz, L.Rimai, M.J.Weber, G.A. de Mars, G.F.Koster. J. Appl. Phys., 32, 218, 1961; J.Phys. Soc. Japan, 17, B-1, 430, 1962.
- [4] И.Д.Маш, М.И.Родак. Физ.твердого тела, 7, 717, 1965.
- [5] А.Е.Никифоров, В.И.Черепанов. Физ.твердого тела, 7, 1164, 3431, 1965.
- [6] А.Е.Никифоров. Физ.твердого тела, 7, 1248, 1965.
- [7] J.J.Krebs. Phys. Rev., 135A, 396, 1964.
- [8] С.А.Альтшулер, Р.М.Валишев. ЖЭТФ, 48, 454, 1965.