

ВЛИЯНИЕ ВСЕСТОРОННЕГО СЖАТИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ КЮРИ ОКИСЛА EuO, ЛЕГИРОВАННОГО ГАДОЛИНИЕМ

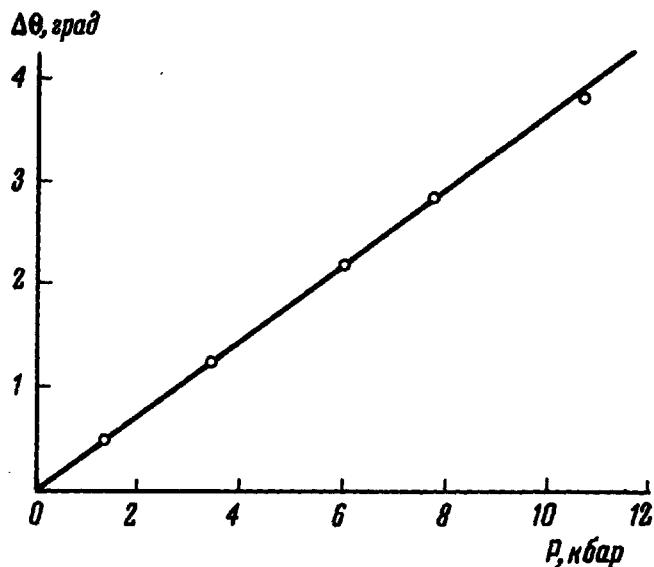
*Г.К.Соколова, А.А.Самогалов, К.П.Родников,
А.Я.Афанасьев*

Оксид двухвалентного европия EuO является ферромагнетиком с температурой Кюри ~70°К. Природа ферромагнитного взаимодействия между локализованными 4f-электронами в ионной решетке халькогенидов европия еще не установлена. Так как 4f-оболочки соседних ионов Eu²⁺ не перекрываются, в настоящее время делаются попытки обосновать теоретически необходимость участия в этом обмене незаполненных 5d-состояний Eu²⁺ [1] или 2p-состояний анионов [2]. Значительное увеличение температуры Кюри окисла EuO, наблюдаемое при всестороннем сжатии [3, 4], свидетельствует о сильной (экспоненциальной) зависимости энергии обменного взаимодействия в этом соединении от межатомного расстояния.

При легировании соединений EuS, EuSe и EuTe гадолинием и другими трехвалентными редкоземельными элементами наряду с повышением электропроводности наблюдалось сильное изменение магнитных свойств [5]. Было предположено, что ионы трехвалентных лантанидов отдают избыточные электроны в незаполненную 5d-зону ионов Eu²⁺, в результате чего локализованные 4f-спины могут взаимодействовать через электроны проводимости путем механизма косвенного обмена типа Рудермана – Киттеля [6]. При концентрациях носителей тока, не превышающих 0,25 электрона на магнитный ион, взаимодействие Рудермана – Киттеля в кубических решетках носит ферромагнитный характер. Поэтому увеличение температуры Кюри халькогенидов европия при легировании их трехвалентными лантанидами, наблюданное экспериментально [5], можно объяснить возникновением положительного косвенного обмена через электроны проводимости. В указанных соединениях взаимодействие этого вида, по-видимому, существует наряду с обменным взаимодействием между локализованными 4f-электронами соседних ионов Eu²⁺, которое имеет место в халькогенидах европия стехиометрического состава, являющихся изоляторами. Из теории косвенного обмена Рудермана – Киттеля через электроны проводимости следует, что энергия обменного взаимодействия этого типа изменяется в зависимости от межатомного расстояния значительно медленнее, чем энергия прямого обмена или косвенного обмена через

амон, Представляет интерес проверить этот вывод на халькогенидах европия, легированных трехвалентными лантанидами.

Нами исследовалась зависимость температуры Кюри окисла EuO легированного 4 ат.% гадолиния. Монокристаллы, имеющие химический состав $\text{Eu}_{0.96}\text{Gd}_{0.04}\text{O}$, были приготовлены видоизмененным методом Бриджмена. Качество их определялось по лаурграммам. Рентгенострук-



Смещение температуры Кюри соединения $\text{Eu}_{0.96}\text{Gd}_{0.04}\text{O}$ с давлением

турный анализ показал, что монокристаллы $\text{Eu}_{0.96}\text{Gd}_{0.04}\text{O}$ имеют решетку типа NaCl с параметром $5,129 \text{ \AA}$ (параметр решетки $\text{EuO} 5,142 \text{ \AA}$). Ферромагнитная температура Кюри равна $127,7^\circ\text{K}$. Такое значительное увеличение энергии положительного обменного взаимодействия в окисле европия в результате легирования его гадолинием нельзя объяснить наблюдаемым при этом уменьшением параметра решетки, так как из данных о смещении температуры Кюри EuO при всестороннем сжатии [3, 4] следует, что при уменьшении межатомного расстояния на 0,2%, как в данном случае, температура Кюри может возрасти только на несколько градусов. Монокристаллы $\text{Eu}_{0.96}\text{Gd}_{0.04}\text{O}$ имеют электропроводность $\sim 10^2 \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, в то время как электропроводность кристаллов $\text{EuO} \sim 10^{-9} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Температурные зависимости электропроводности и коэффициента термоэдс $\text{Eu}_{0.96}\text{Gd}_{0.04}\text{O}$ согласно нашим данным соответствуют металлическому характеру проводимости.

Методика измерения ферромагнитной температуры Кюри при квазигидростатическом давлении до 12 кбар описана нами в [3]. В этом диапазоне давлений температура Кюри соединения $\text{Eu}_{0.96}\text{Gd}_{0.04}\text{O}$ растет с давлением линейно (рисунок), барический коэффициент $d\theta/dp = -(4 \pm 0.5) \cdot 10^{-4} \text{ град.бар}^{-1}$. Сопоставление этого результата с нашими данными для EuO стехиометрического состава [3] показывает, что хотя температура Кюри монокристаллов $\text{Eu}_{0.96}\text{Gd}_{0.04}\text{O}$ почти в два раза выше, чем у кристаллов EuO, характер зависимости ее величины от давления качественно и количественно совпадает с тем, что наблюдался для EuO.

Если в соответствии с вышеизложенным предположить, что магнитное состояние монокристаллов $\text{Eu}_{0.96}\text{Gd}_{0.04}\text{O}$ определяется суперпозицией ферромагнитного обменного взаимодействия между локализованными магнитными моментами ионов Eu^{2+} , не связанного с электронами проводимости, и косвенного обмена через электроны проводимости, то можно сделать вывод о том, что при всестороннем сжатии до 10 кбар существенно изменяется лишь энергия первого вида взаимодействия. Косвенное обменное взаимодействие через электроны проводимости, очевидно, не дает заметного вклада в этот эффект.

Институт
физики металлов
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступило в редакцию
20 июля 1967 г.

Литература

- [1] J. Smit. J. Appl. Phys., 37, 1455, 1966.
- [2] R. M. Xavier. Phys. Lett., A25, 244, 1967.
- [3] Г.К.Соколова, К.М.Демчук, А.А.Самохвалов, К.П.Родионов. ЖЭТФ, 49, 452, 1965.
- [4] D. B. McWhan, P. C. Souers, G. Jura. Phys. Rev., 143, 385, 1966.
- [5] F. Holtzberg, T. R. Mc Guire, S. Methfessel, J. C. Suits. Phys. Rev. Lett., 13, 18, 1964; J. Appl. Phys., 37, 976, 1966; S. Von Molnar, S. Methfessel. J. Appl. Phys., 38, 959, 1967.
- [6] J. Ruderman, C. Kittel. Phys. Rev., 96, 99, 1954.