

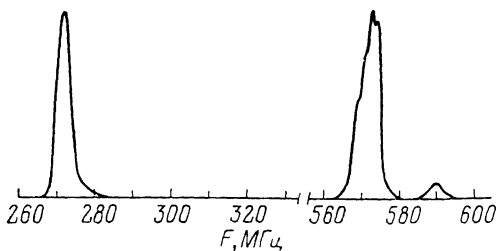
## ПОЛУЧЕНИЕ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ И СВОЙСТВА ФЕРРИМАГНЕТИКА $\text{CuMnO}_3$

И. О. Троянчук, А. А. Шемяков, В. К. Прокопенко

В работах [1, 2] сообщалось о синтезе и изучении свойств ферримагнетиков со структурой ильменита  $\text{CoMnO}_3$  и  $\text{NiMnO}_3$ . Ионные радиусы ионов  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  близки. Поэтому можно ожидать образования соединения  $\text{CuMnO}_3$ . Однако сведений о таком соединении в литературе не имеется. В данной работе впервые проведен синтез соединения  $\text{CuMnO}_3$  и изучены его свойства.

Синтез проводился в условиях высоких давлений (50 кбар) и при температурах от 700 до 1200 °С. Шихта состояла из оксидов  $\text{CuO}$  и  $\text{MnO}_2$ , взятых в различном соотношении. Рентгенографические исследования проведены на дифрактометре ДРОН-3 в  $\text{FeK}_\alpha$ -излучении. Выше 1100 °С наблюдалось образование  $(\text{Cu, Mn})_3\text{O}_4$  со структурой шпинели. На рентгенограммах образцов, полученных при 1000 °С из шихты состава 1 : 1, кроме линий основной фазы  $\text{CuMnO}_3$ , присутствуют слабые линии от примесей  $\text{CuO}$  и  $\text{MnO}_2$ . Продукт, свободный от примесей оксидов марганца,

удалось получить из шихты, содержащей 20 % избыток  $\text{CuO}$  по отношению к  $\text{MnO}_2$ . После синтеза при 1000 °С примесь  $\text{CuO}$  удалялась путем селективного растворения в 5 %-ном растворе  $\text{HCl}$ . При нагревании на воздухе выше 500 °С  $\text{CuMnO}_3$  превращался в шпинель  $(\text{Cu, Mn})_3\text{O}_4$ . Рентгенограммы  $\text{CuMnO}_3$  характеризуются наличием ряда дополнительных линий по отношению к рентгено-



Спектры ЯМР  $^{55}\text{Mn}$  в  $\text{CuMnO}_3$ .

граммам неискаженных ильменитов  $\text{NiMnO}_3$  и  $\text{CoMnO}_3$ . Мы полагаем, что структура  $\text{CuMnO}_3$  сильно искажена вследствие кооперативного эффекта Яна—Теллера, что характерно для соединений, содержащих большое количество ионов  $\text{Cu}^{2+}$ .

Намагниченность образцов измерялась вибрационным магнетометром в полях до 15 кЭ, а дифференциальная восприимчивость — мостом взаимной индукции. Насыщение намагниченности достигалось в полях до 8 кЭ, что характерно для магнитомягких магнетиков. Спонтанный магнитный момент на формульную единицу при 4.2 К равен 1.3  $\mu\text{Б}$ . Это значение близко к 1.6  $\mu\text{Б}$ , которое следует ожидать из антипараллельной ориентации магнитных моментов ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{4+}$ . Обычно считают [3], что в оксидах  $\mu(\text{Cu}^{2+}) = 1 \mu\text{Б}$  и  $\mu(\text{Mn}^{4+}) = 2.6 \mu\text{Б}$ . Температура Нееля определялась из измерений восприимчивости на частоте 1000 Гц в поле 1 Э. Определенная таким методом температура Нееля равна  $235 \pm 2$  К и не зависит от условий синтеза.

Электропроводность измерялась четырехзондовым методом на таблетках, полученных из порошка  $\text{CuMnO}_3$  при давлении 50 кбар и температуре 700 °С. Удельное сопротивление образцов при комнатной температуре 1—10 Ом·см. Электропроводность уменьшается на три порядка при охлаждении от 293 до 77 К, что характерно для полупроводников.

Спектры ЯМР измерялись на автоматическом спектрометре спинового эха при температуре 1.8 К. В изоструктурных соединениях  $\text{NiMnO}_3$  и  $\text{CoMnO}_3$  спектры ЯМР  $^{55}\text{Mn}$  представляют собой две одиночные линии в диапазонах частот 260—290 МГц и 570—595 МГц [4]. В спектре ЯМР  $\text{CuMnO}_3$  в этих диапазонах частот также наблюдаются две одиночные линии с резонансной частотой 271.5 МГц и квадрупольно-расщепленная ли-

ния с резонансной частотой 572 МГц. Однако в отличие от спектров ЯМР  $\text{NiMnO}_3$  и  $\text{CoMnO}_3$  в спектре ЯМР  $\text{CuMnO}_3$  наблюдается еще линия значительно меньшей интенсивности на частоте 590 МГц (см. рисунок).

Во внешнем магнитном поле линия на частоте 271.5 МГц смещается в сторону более низких частот, а линии на частотах 572 и 590 МГц — в сторону более высоких частот. Экспериментально определенное значение гиромагнитного отношения для всех линий в спектре оказалось равным  $1.00 \pm 0.05$  МГц/кЭ, что соответствует табличному значению гиромагнитного отношения для ядер  $^{55}\text{Mn}$  (1.056 МГц/кЭ).

В оксидных магнетиках [4, 5] сигналы ЯМР в диапазоне частот 260—330 МГц относят к ионам  $\text{Mn}^{4+}$ , а выше частоты 550 МГц — к ионам  $\text{Mn}^{2+}$ . Поэтому по аналогии с результатами работы [4] низкочастотную линию (271.5 МГц) можно отнести к ионам  $\text{Mn}^{4+}$ , а две высокочастотные (572 и 590 МГц) — к ионам  $\text{Mn}^{2+}$ .

Наличие двух линий в спектрах ЯМР  $\text{Mn}^{2+}$  может быть обусловлено либо анизотропией локальных полей на ядрах  $^{55}\text{Mn}$ , либо наличием кристаллографически неэквивалентных позиций, занимаемых этими ионами. Измерения показали, что форма спектра ЯМР  $^{55}\text{Mn}$  и ширина каждой из линий практически не зависят от величины внешнего магнитного поля. Это означает, что наличие двух линий в спектрах ЯМР  $^{55}\text{Mn}$  не связано с анизотропией локальных полей на их ядрах. Поэтому мы можем утверждать, что эти линии связаны с кристаллографически неэквивалентными позициями, занимаемыми ионами  $\text{Mn}^{2+}$ . Одной из причин появления кристаллографически неэквивалентных позиций ионов марганца может быть замещение части ионов  $\text{Cu}^{2+}$  ионами  $\text{Mn}^{2+}$ .

Как уже указывалось, во внешнем магнитном поле линии ЯМР от ионов  $\text{Mn}^{4+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  смещаются в противоположные стороны, что указывает на различную ориентацию их магнитных моментов. Результирующий магнитный момент направлен по направлению магнитных моментов ионов  $\text{Mn}^{4+}$ .

#### Список литературы

- [1] Swoboda T. J., Vaughan J. D. // J. Phys. Chem. Sol. 1958. V. 5. N 2. P. 293—296.
- [2] Pernet M., Joubert J. C., Terraud B. // Sol. St. Comm. 1975. V. 16. N 8. P. 503—507.
- [3] Collomb A., Samaras D., Fillion G. et al. // JMMM. 1978. V. 8. N 1. P. 77—80.
- [4] Troyanchuk J. O., Shemyakov A. A., Prokopenko V. K. // Phys. Stat. Sol. (a). 1989. V. 113. N 1. P. K107—K109.
- [5] Kubo T., Yasuoka H., Hirai A. // J. Phys. Soc. Jap. 1966. V. 21. N 4. P. 812—813.

Институт физики твердого тела  
и полупроводников АН БССР  
Минск

Поступило в Редакцию  
12 сентября 1990 г.

© Физика твердого тела, том 33, № 3, 1991  
Solid State Physics, vol. 33, N 3, 1991

## ЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ, ОБРАЗОВАННЫЕ ПЕРЕГИБОМ НА $60^\circ$ ДИСЛОКАЦИИ В КРЕМНИИ

С. В. Муштенко

Реальная дислокация с краевой компонентой содержит элементы тонкой структуры: перегибы, ступеньки, частичные дислокации и т. д. [1]. Учет электронной структуры перегиба существен при некоторых механизмах движения дислокаций [2, 3], а также при исследовании структуры