

ЯВЛЕНИЕ КОЛОССАЛЬНОГО МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ В СУЛЬФИДАХ $Me_xMn_{1-x}S$ ($Me = Fe, Cr$)

Г.А.Петраковский, Л.И.Рябинкина, Г.М.Абрамова*, А.Д.Балаев, Д.А.Балаев, А.Ф.Бовина

Институт физики им. Л.В.Киренского Сибирского отделения РАН
660036 Красноярск, Россия

* Красноярский государственный университет, 660041 Красноярск, Россия

Поступила в редакцию 14 июня 2000 г.

Проведены исследования структурных, электрических, магнитных свойств и магнитосопротивления поликристаллических сульфидов $Me_xMn_{1-x}S$ ($Me = Fe, Cr$) в продольных магнитных полях до 50 кЭ в области температур 4.2–300 К. В ферромагнитном соединении $Fe_xMn_{1-x}S$ ($x = 0.29$) установлен эффект колоссального магнитосопротивления (КМС), величина которого δ_H составляет -450% в поле 30 кЭ при 50 К. В антиферромагнитном сульфиде $Cr_xMn_{1-x}S$ ($x = 0.5$) в области магнитного перехода антиферромагнетик-ферромагнетик ($T_c \sim 66$ К) обнаружен переход в состояние с КМС ($\delta_H \sim -25\%$ в поле 30 кЭ при 4.2 К). Механизм КМС в этих соединениях обсуждается.

PACS: 71.30.+h, 72.80.-r

Несмотря на многочисленную экспериментальную информацию об явлении колоссального магнитосопротивления (КМС) в оксидных лантанидах марганца со структурой перовскита, механизм эффекта КМС до сих пор остается не ясным [1]. Поэтому поиск и исследование новых соединений с иной структурой, в которых реализуется эффект КМС, представляются актуальными. Ранее [2] нами обнаружен эффект КМС в сульфидах $Fe_xMn_{1-x}S$, созданных на основе моносulfида марганца. Максимальный эффект ($\delta_H \sim -83\%$) в поперечном магнитном поле 10 кЭ наблюдался для состава $x = 0.29$. В настоящей работе представлены результаты исследования структурных, электрических, магнитных и магнитоэлектрических свойств сульфидов $Fe_xMn_{1-x}S$ ($x = 0.29$) и $Cr_xMn_{1-x}S$ ($x = 0.5$) в области температур 4.2–300 К в продольных магнитных полях до 50 кЭ.

Поликристаллические образцы $Me_xMn_{1-x}S$ ($Me = Fe, Cr$) синтезированы из чистых элементов хрома, железа, марганца и серы в вакуумированных кварцевых ампулах отжигом при высоких температурах в течение недели [2]. Рентгеноструктурный анализ проведен на дифрактометре ДРОН-2.0 в монохроматическом $Cu K\alpha$ -излучении в интервале температур 100–300 К. Электросопротивление измерено потенциометрическим методом на постоянном токе в интервале температур 4.2–300 К в продольных полях $H = 0, 2, 10, 30, 50$ кЭ. Магнитные свойства измерены на вибрационном магнитометре со сверхпроводящим соленоидом в магнитных полях до 30 кЭ в области 77–300 К.

Согласно данным рентгеноструктурного анализа (РСА), синтезированные образцы $Fe_{0.29}Mn_{0.71}S$ и $Cr_{0.5}Mn_{0.5}S$ представляют собой твердые растворы с ГЦК решеткой NaCl, типичной для моносulfида марганца [2, 3]. На рентгенограммах образцов наблюдались 3 дополнительные линии с относительной интенсивностью 5%, указывающие на возможность наличия сопутствующей фазы. Параметр ГЦК решетки

для $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ ($x = 0.29$) при комнатной температуре составляет $a = 5.186 \text{ \AA}$. В области $T_S \sim 147 \text{ K}$ соединение претерпевает структурный переход, подобный наблюдаемому в моносульфиде марганца при 150 K [3]. С понижением температуры параметр решетки уменьшается, в интервале $120\text{--}140 \text{ K}$ он практически не зависит от температуры, а ниже 120 K наблюдается тенденция к росту параметра решетки

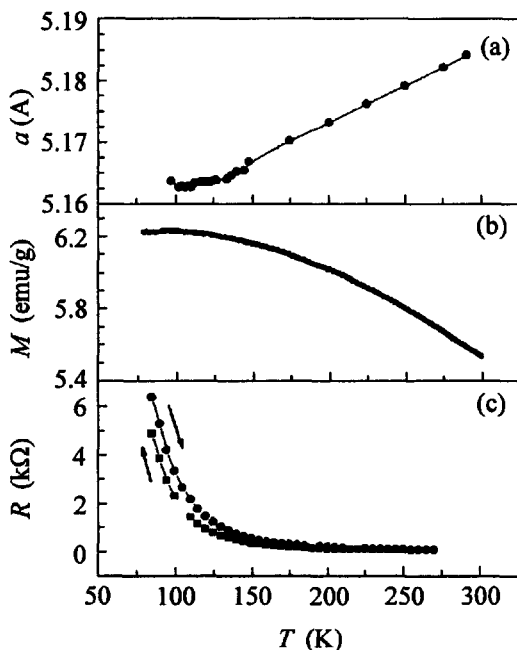


Рис.1. Температурные зависимости параметра решетки (а), намагниченности (б) и электросопротивления (с) для $\text{Fe}_{0.29}\text{Mn}_{0.71}\text{S}$

(рис.1а). Аналогичный структурный переход имеет место и в сульфиде $\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ ($x = 0.5$) в области 160 K .

Исследования магнитных свойств показали, что образцы являются ферромагнетиками в области температур $T < 300 \text{ K}$ ($\text{Me} = \text{Fe}$) и $T < T_c = 66 \text{ K}$ ($\text{Me} = \text{Cr}$). Величина намагниченности для $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ ($x = 0.29$) в полях насыщения ($H \sim 7\text{--}10 \text{ кЭ}$) при 300 K составляет 6.24 э.м.е./г . Температурные зависимости намагниченности для изучаемых сульфидов представлены на рис.1б и 3а. Величина электросопротивления образцов при 77 K составляет $\rho_{77\text{K}} \sim 10^2 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ и на 5 порядков ниже, чем у $\alpha\text{-MnS}$. Образцы имеют полупроводниковый тип проводимости и показывают термический гистерезис при температуре ниже 250 K в нулевом магнитном поле (рис.1с).

На рис.2 представлены температурные зависимости магнитосопротивления δ_H в продольных магнитных полях $10, 30$ и 50 кЭ для $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ ($x = 0.29$). Как отмечалось в работе [2], в поле 10 кЭ с понижением температуры ниже 250 K величина отрицательного магнитосопротивления δ_H для этого сульфида возрастает и достигает своего максимального значения в области $\sim 160 \text{ K}$. Ниже 120 K , в области существования искаженной NaCl структуры, величина магнитосопротивления меняла знак. Установлено, что при неоднократных измерениях на одном и том же образце смена знака магнитосопротивления в области 120 K исчезает. Это, по-видимому, связано с наличием гистерезисных эффектов и изменением состояния образцов в магнитном поле. Величина электросопротивления после снятия поля при $T = 170 \text{ K}$ ($T > T_s$) ниже, чем исходное (до эксперимента) значение, а при 110 K ($T < T_s$) выше, чем

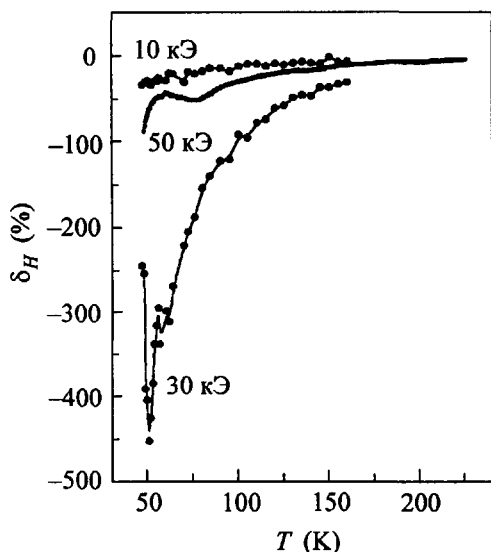


Рис.2. Температурные зависимости магнитосопротивления в продольном магнитном поле

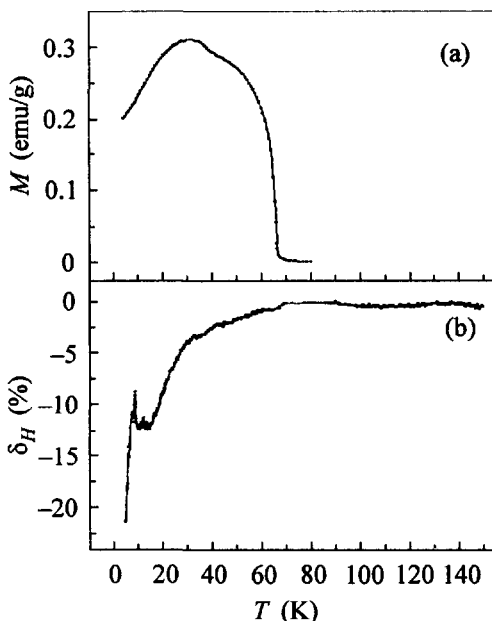


Рис.3. Температурные зависимости намагниченности (а) и магнитосопротивления в продольном магнитном поле 30 кЭ (b) для $\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{S}$

исходное значение. В результате значение δ_H , вычисленное для полей 0 и 10 кЭ при 170 К, составляет при увеличении поля -70% , а при снятии поля -50% ; для 110 К соответствующие величины равны $+15\%$ и -127% .

При увеличении магнитного поля до 50 кЭ пик отрицательного магнитосопротивления смещается в область низких температур (рис.2). В поле 30 кЭ величина отрицательного магнитосопротивления δ_H для $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ ($x = 0.29$) при ~ 50 К достигает значения -450% . В поле 50 кЭ эта величина составляет -87% .

На рис.3 показаны температурные зависимости намагниченности (рис.3а) и магнитосопротивления (рис.3б) для $\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ ($x = 0.5$). При 66 К этот сульфид претерпевает переход из антиферромагнитного в ферромагнитное состояние, природа которого, согласно [4], связана с орбитальным вырождением ионов хрома и кооперативным эффектом Яна – Теллера. Как видно из рис.3, в области магнитного перехода наблюдается переход в состояние с отрицательным магнитосопротивлением. Величина δ_H с понижением температуры возрастает и в поле 30 кЭ при 4.2 К достигает значения $\sim -25\%$.

Анализ экспериментальных данных, полученных ранее [2, 5], показал, что концентрационные зависимости электрических и магнитных свойств в твердых растворах $\text{Me}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ во многом подобны тем, которые наблюдаются в лантанидах марганца, а именно, появление ферромагнитных свойств сопровождается металлизацией образцов. То есть образцы $\text{Me}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ с малыми концентрациями $x < 0.2$ являются антиферромагнитными полупроводниками, тогда как образцы с составами $x \sim 0.4 \div 0.6$ являются ферромагнитными металлами. Наиболее ярко эффект КМС проявляется в промежуточных составах, предшествующих концентрационно-

му переходу в металлическое состояние. В работе [2] предполагалось, что одним из возможных механизмов КМС в железо-марганцевых сульфидах может быть магнитное и электронное разделение фаз, а именно, образование системы, в которой сосуществуют антиферромагнитные полупроводниковые и ферромагнитные металлические области. Как обнаружено в данной работе, поведение электросопротивления и магнитосопротивления образцов имеет гистерезисный характер не только по температуре, но и в магнитном поле. Известно, что поликристалличность образцов увеличивает вероятность гистерезисных эффектов за счет межзеренных границ. Однако гистерезисные эффекты за счет поликристалличности не объясняют значительного смещения пика магнитосопротивления в $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ по температуре от 160 К до 50 К. Поскольку эффект КМС в сульфидах $\text{Me}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ наблюдается в области существования искаженной кубической решетки, для корректного объяснения механизма КМС необходимо более пристальное исследование кристаллической структуры образцов и природы структурного перехода. Не исключено, что кристаллическая структура сульфидов меняется под действием магнитного поля и термоциклирования, как, например, в соединении $\text{RbDy}(\text{WO}_4)_2$ с ян-теллеровским структурным переходом [6]. Необходимо также отметить, что природа структурного перехода в моносulfиде марганца до сих пор не изучена.

Авторы выражают благодарность Н.В. Волкову за предоставленную возможность проведения экспериментальных работ.

Работа поддержана Федеральной программой "Интеграция" (проект # 69) и грантом Российского фонда фундаментальных исследований-БРФФИ (проект # 00-02-81059 Бел2000а).

-
1. Э.Л.Нагаев, УФН **166**, 833 (1996).
 2. Г.А.Петраковский, Л.И.Рябинкина, Г.М.Абрамова и др., Письма в ЖЭТФ **69**, 895 (1999).
 3. Н.Н.Heikens, G.A.Wiegers, and C.F.van Bruggen, Sol.St. Com. **24**, 205 (1977) .
 4. Г.А.Петраковский, Л.И.Рябинкина, Д.А.Великанов и др., ФТТ **41**, 1660 (1999).
 5. G. A. Petrakovskii, G.V.Loseva, L.I.Ryabinkina et al., J MMM **140-144**, 146 (1995).
 6. В.П.Дьяконов, В.И.Маркович, В.Л.Коварский, ФТТ **40**, 2221 (1998).