

УДК 538.22;537.312.8

СПОНТАННЫЕ И ИНДУЦИРОВАННЫЕ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В МОНОКРИСТАЛЛЕ $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$

В. Ю. Иванов, А. А. Мухин, А. С. Прохоров, Ю. Ф. Попов¹, А. М. Кадомцева¹,
Г. П. Воробьев¹, К. И. Камилов¹, Е. П. Красноперов², А. М. Балбашов³

Исследованы электросопротивление и намагниченность монокристаллического соединения $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$, в том числе в сильных статических и импульсных магнитных полях. Показано, что в отсутствие магнитного поля при понижении температуры соединение переходит из парамагнитного в локально зарядово упорядоченное состояние при $T_1 \approx 220 \text{ K}$ и в антиферромагнитное А-типа при $T_2 \approx 175 \text{ K}$. Под действием сильных магнитных полей при низких температурах индуцируется переход в ферромагнитное проводящее состояние. Определена фазовая T - H_{cr} диаграмма $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$.

Среди разнообразных соединений замещенных манганитов $R_{1-x}A_x\text{MnO}_3$ (R – редкоземельный элемент; A – Sr , Ca , ...) особый интерес представляют соединения с $x = 0.5$, поскольку именно в них обнаружены состояния с различными типами магнитного, орбитального, а также зарядового упорядочения. При изменении температуры и под действием магнитного поля в соединениях $R_{0.5}A_{0.5}\text{MnO}_3$ происходят множественные спонтанные и индуцированные фазовые переходы со сменой характера упорядочения, зачастую сопровождаемые изменением электрической проводимости на несколько порядков величины [1 – 2].

¹МГУ им. М. В. Ломоносова.

²РНИЦ Курчатовский институт.

³Московский энергетический институт.

опубликованных за последние годы работах (например, [1 – 6]) имеются существенные расхождения в определении электрических и магнитных характеристик.

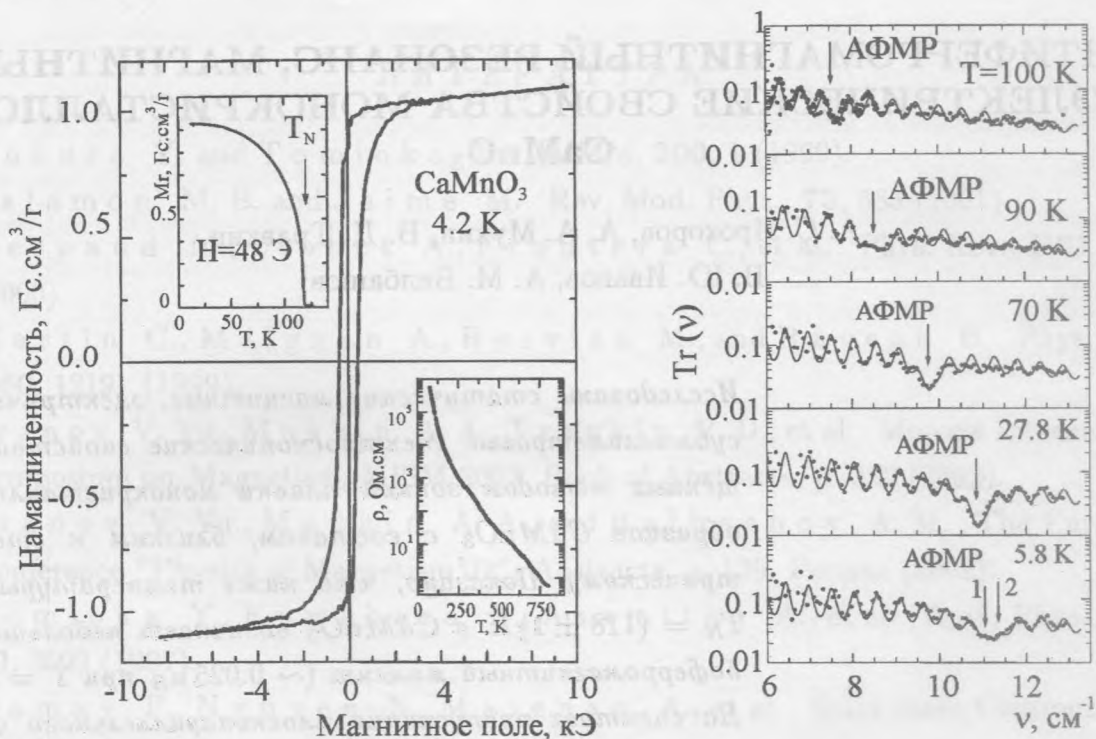


Рис. 1. Кривая намагничивания монокристалла CaMnO_3 при 4.2 К. На вставках – температурные зависимости: на левой – остаточной намагниченности; на правой – электросопротивления.

Рис. 2. Спектры пропускания $Tr(\nu)$ монокристаллического образца CaMnO_3 толщиной 1.29 мм.

В данной работе исследовались статические магнитные, электрические, а также субмиллиметровые спектроскопические свойства монокристаллических образцов CaMnO_3 , выращенных методом зонной плавки. Рентгенофазовый анализ показал, что кристаллы являются однофазными и обладают псевдокубической (в пределах разрешающей способности установки) структурой с параметром решетки $a = 3.731 \text{ \AA}$. Уже при комнатной температуре удельное электросопротивление имеет весьма высокое значение $\rho \sim 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, что существенно выше приводимых в литературе данных и свидетельствует о близости состава исследуемого образца к стехиометрическому. При понижении температуры сопротивление быстро растет и при $T \leq 100 \text{ К}$ превышает $10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}$

(правая вставка на рис. 1).

Измерения намагниченности и восприимчивости показывают, что ниже $T_N = (118 \pm 1) K$ в соответствии с литературными данными в $CaMnO_3$ возникает небольшой слабоферромагнитный момент, который при $T = 4.2 K$ достигает значения $m_0 \sim 1 \text{ Гс} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ ($\sim 0.025 \mu_B$). Петля гистерезиса является весьма узкой (коэрцитивная сила $H_c \approx 0.5 \text{ кЭ}$), и насыщение происходит уже в полях $\sim 2-3 \text{ кЭ}$ (рис. 1). Восприимчивость при низких температурах также весьма мала и составляет $(1.0 \pm 0.4) \cdot 10^{-5} \text{ см}^3/\text{г}$. В точке Нееля наблюдается характерный для скошенных антиферромагнетиков всплеск на температурной зависимости восприимчивости, измеренной на переменном токе.

Исследования спектроскопических свойств $CaMnO_3$ были выполнены с помощью ЛОВ-спектрометра (ЛОВ – лампа обратной волны) в диапазоне частот $\nu = 6 - 13 \text{ см}^{-1}$ при температурах $4 - 300 K$. Измерялись спектры пропускания $Tr(\nu)$ плоскопараллельного образца толщиной 1.29 мм , вырезанного вдоль оси роста. Примеры спектров $Tr(\nu)$ приведены на рис. 2. Их характерной чертой является наличие интерференционных осцилляций, позволяющих определить диэлектрические свойства, которые оказались анизотропными: диэлектрическая проницаемость по двум осям, найденным при помещении образца между скрещенными поляризаторами, составляет 51.7 и 53.2 при $T \sim 4.2 K$ и 57.6 и 58 при комнатной температуре, соответственно. Ниже T_N диэлектрическая проницаемость уменьшается, как показано на рис. 3. При этом уменьшение действительной части диэлектрической проницаемости пропорционально квадрату спонтанного момента. По-видимому, это связано со спин-фононным взаимодействием в $CaMnO_3$. Похожее явления отмечались в спектрах рамановского рассеяния в $LaMnO_3$ [7].

При $T < T_N$ в спектрах пропускания была впервые обнаружена линия поглощения (рис. 2), частота которой с понижением температуры монотонно росла, достигая значения $\sim 11 \text{ см}^{-1}$ при $4 K$ (рис. 4). Наблюдаемая температурная зависимость частоты, аналогичная температурной зависимости спонтанного момента (рис. 4, правая шкала), позволяет идентифицировать линию как моду антиферромагнитного резонанса (АФМР) в Mn -подсистеме. Ширина линии при этом вначале уменьшалась, а ниже $28 K$ снова возрастала, причем характер уширения позволил предположить наличие еще одной близко лежащей линии (рис. 2). Причиной такого поведения может быть как существование дополнительной линии АФМР, так и наличие примесной моды.

Детальное моделирование спектров $Tr(\nu)$ с использованием лоренцевой формы линии позволило определить основные характеристики линий АФМР: частоты, ширины и вклады в статическую магнитную проницаемость. При этом последние оказались в

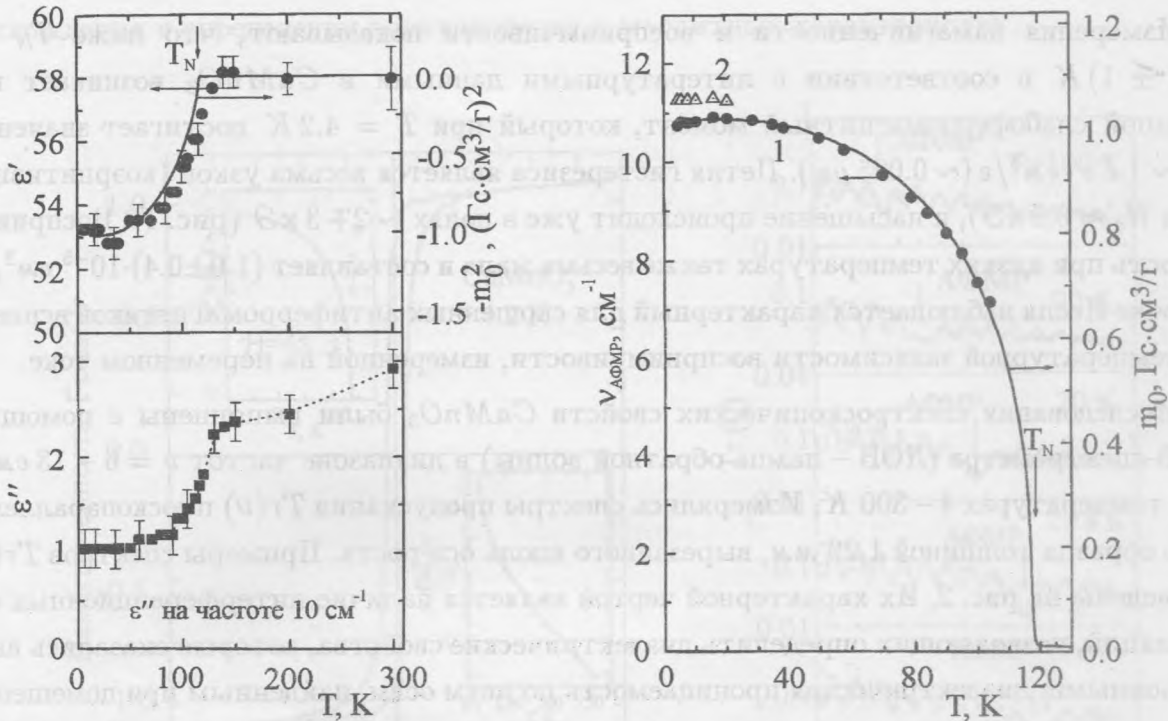


Рис. 3. Температурные зависимости действительной (●) и мнимой (□) частей диэлектрической проницаемости в CaMnO_3 . Сплошная линия на верхнем рисунке – квадрат спонтанного момента m_0^2 (правая шкала).

Рис. 4. Температурные зависимости частот ν антиферромагнитного резонанса (● и Δ) – левая шкала и спонтанного магнитного момента m_0 (сплошная линия) – правая шкала.

хорошем согласии с полученным значением статической восприимчивости.

На основе полученных статических и резонансных магнитных характеристик были оценены параметры обменных взаимодействий Mn-Mn и константы магнитной анизотропии в CaMnO_3 . По сравнению с янтеллеровским LaMnO_3 эти константы в CaMnO_3 имеют на порядок меньшие значения, а обменные взаимодействия, наоборот, заметно больше, чем и обусловлено малое значение магнитной восприимчивости в CaMnO_3 .

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (00-02-16500).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Wollan E. O. and Koehler W. C. Phys. Rev., **100**, 545 (1953).

- [2] Jonker G. H. Physica, **22**, 707 (1956).
- [3] Briatico J., Alascio B., Allub R., et al. Phys. Rev., **B53**, 14020 (1996).
- [4] Fujishiro H., Ohshiden S., and Ikebe M. J. Phys. Soc. Japan., **69**, 2002 (2000).
- [5] Poepelmeier K. R., Leonowicz M. E., et al. J. Solid St. Chem., **44**, 89 (1982).
- [6] Taguchi H. Phys. Status Solidi, **A88**, K79 (1985).
- [7] Granado E., Garsia A., Sanjurjo J. A., et al. Phys. Rev., **B60**, 11879 (1999).

Институт общей физики РАН

Поступила в редакцию 22 июля 2002 г.