

Электросопротивление и магнитная восприимчивость поликристаллических образцов Na_xCoO_2 с различным содержанием натрия

А.О. Ташлыков, Т.Б. Чарикова, А.И. Пономарев, А.Н. Игнатенков,
Институт физики металлов УрО РАН, 620219, Екатеринбург, Россия

В.Л. Кожевников

Институт химии твердого тела УрО РАН, 620129, Екатеринбург, Россия

Представлены результаты исследования удельного электросопротивления и магнитной восприимчивости серии образцов Na_xCoO_2 с различным содержанием натрия $x = 0.6, 0.65, 0.75, 0.8, 0.85$. Найдено, что увеличение степени легирования образца натрием не влияет на характер поведения сопротивления, сопротивление имеет «металлический» ход ($dp/dT > 0$) и увеличивается с ростом допирования.

Негидрированный кобальтит Na_xCoO_2 , так же как и сверхпроводящие купраты, имеет слоистую структуру, состоящую из слоев CoO_2 разделенных изолирующим слоем ионов Na^+ , выполняющим функцию резервуара электрических зарядов. Недопированный CoO_2 является моттовским изолятором. Металлическое поведение проявляется при допировании натрием, при этом Co^{4+} со спином $S = 1/2$, который возникает вследствие сильного кристаллического поля [1], становится Co^{3+} ионом со спином $S = 0$.

Na_xCoO_2 приобретает сверхпроводящие свойства при интеркаляции молекул воды в решетку, при этом молекулы воды располагаются между слоями CoO_2 и слоями Na , приводя к существенному увеличению постоянной решетки от $c = 10.81 \text{ \AA}$ для состава $\text{Na}_{0.74}\text{CoO}_2$ до $c = 19.6207 \text{ \AA}$ для состава $\text{Na}_{0.35}\text{CoO}_2 \cdot 1.3\text{H}_2\text{O}$ [2]. Максимальная температура сверхпроводящего перехода $T_c \approx 4.3 \text{ K}$ достигается в интеркалированном водой образце при оптимальном уровне легирования натрием $x \approx 0.3$. Зависимость критической температуры от степени легирования атомами металла имеет такой же колоколообразный вид, как и у купратных сверхпроводников [3].

В данной работе приведены результаты исследований сопротивления и магнитной восприимчивости на серии образцов с различной степенью легирования натрием $x = 0.6, 0.65, 0.75, 0.8, 0.85$. Образцы Na_xCoO_2 получены твердофазным методом на воздухе. В качестве исходных реактивов использованы карбонат натрия Na_2CO_3 и оксид кобальта CoO_4 . Спрессованные порошки нагревались до температуры синтеза ($T_1 = 750^\circ\text{C}$, $T_2 = 770^\circ\text{C}$) и выдерживались в течении 24 часов, затем медленно охлаждались. Таким образом была получена серия образцов с различным содержанием натрия. Подготовленные к измерению сопротивления образцы имели форму параллелепипедов с линейными размерами $(1 \times 1 \times 8) \text{ мм}^3$.

На рис. 1 представлены температурные зависимости сопротивления $\rho(T)$ для указанной серии образцов Na_xCoO_2 в интервале температур 4.2 - 300 К.

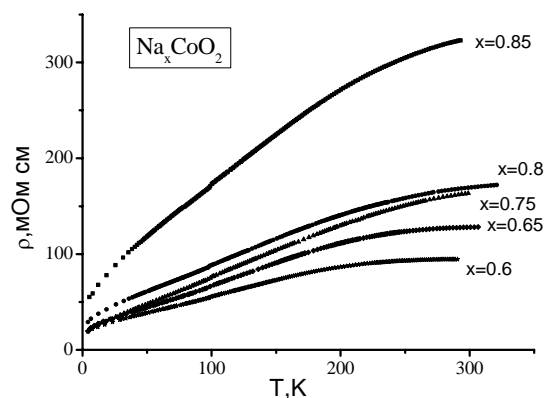


Рис. 1. Температурные зависимости сопротивления $\rho(T)$ для серии образцов Na_xCoO_2 в интервале температур 4.2 - 300 К.

В указанном интервале температур температурная зависимость сопротивления всех образцов имеет металлический ход ($dp/dT > 0$), при этом увеличение содержания натрия приводит к увеличению сопротивления образца. В интервале от 70 К до 200 К поведение сопротивления для всех образцов подчиняется зависимости $\rho \sim T^{0.3}$.

На рис. 2 представлены зависимости магнитной восприимчивости для серии образцов в диапазоне температур 2 - 300 К.

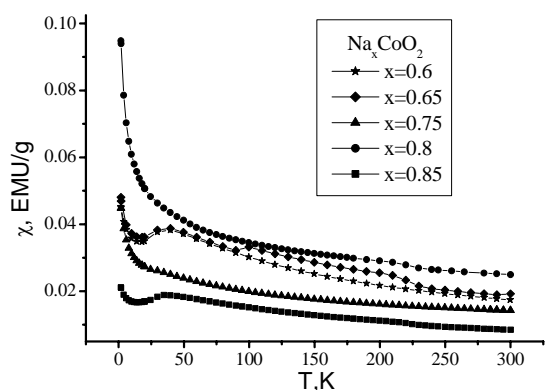


Рис. 2. Температурные зависимости магнитной восприимчивости для серии образцов Na_xCoO_2 в интервале температур 2 - 300 К.

У всех образцов наблюдается рост магнитной восприимчивости с понижением температуры. При $T < (15 \div 20)$ К восприимчивость резко возрастает, что может быть связано с наличием неконтролируемых магнитных примесей в образцах. Широкий пик у образцов с уровнем допирования $x = 0.6, 0.65$ и 0.85 при температуре $T \approx 35$ К может быть связан с квазидвумерным антиферромагнитным взаимодействием между ионами кобальта. В других работах подобный пик наблюдался у объемных монокристаллов $\text{Na}_{0.85}\text{CoO}_2$ [4], $\text{Na}_{0.82}\text{CoO}_2$ [5] и отсутствовал у монокристалла $\text{Na}_{0.75}\text{CoO}_2$ [6] и порошкового образца $\text{Na}_{0.7}\text{CoO}_2$ [7].

На рис. 3 представлены зависимости обратной магнитной восприимчивости для серии образцов Na_xCoO_2 .

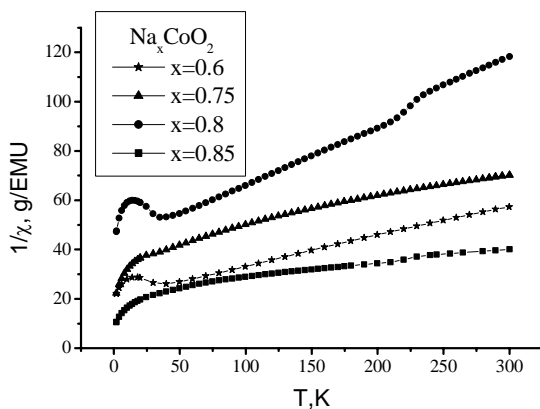


Рис. 3. Температурные зависимости обратной магнитной восприимчивости для серии образцов Na_xCoO_2 в интервале температур 2 - 300 К.

Поведение магнитной восприимчивости для образцов с содержанием натрия $x = 0.6$ при $T = 50 \div 300$ К и $x = 0.8$ в интервале от 50 К до 200 К хорошо описывается законом Кюри-Вейса $\chi = C / (T - \theta)$. Для этих образцов парамагнитная температура Кюри-Вейса составляет $\theta \approx -164$ К и $\theta \approx -188$ К для $x = 0.6$ и $x = 0.8$ соответственно. Отрицательная величина θ говорит о сильном антиферромагнитном взаимодействии ионов кобальта.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ-Урал № 04-02-96084 и Госконтракта № 40.012.1.1.11.46 (12/04).

1. G. Baskaran, cond-mat/0303649.
2. H. Sakurai, K. Takada, F. Izumi et al., cond-mat/0310717.
3. R.E. Schaak, T. Klimczuk, M.L. Foo, R.J. Cava, cond-mat/0305450.
4. J.L. Luo, N.L. Wang, G.T. Liu, D. Wu, X.N. Jing et al., cond-mat/0404432.
5. S. Bayrakci, C. Bernard, D.P. Chen, B. Keirner, R.K. Kremer et al., cond-mat/0312376.

6. T. Motohashi, R. Ueda, E. Naujalis, T. Tojo, I. Terasaki, T. Atake, M. Karppinen, H. Yamauchi, Phys. Rev. B67, 064406 (2003).

7. Y. Ihara, K. Ishida, C. Michioka et al., Cond-mat/0407195.