

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$)

А. АХМЕДОВ, М. АЛДЖАНОВ, М. НАДЖАФЗАДЕ, И. ИБРАГИМОВ, Г. СУЛТАНОВ

Институт Физики Национальной Академии Наук Азербайджана,

пр. Г. Джавида 131, AZ 1143 Баку

iborger@mail.ru

Целью данных исследований является изучение влияния катионного замещения меди (Cu) на магнитные свойства шпинельной системы $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$). Проведённые измерения полевой и температурной зависимости удельной намагниченности поликристаллических соединений $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$) показали, что магнитный момент и температура фазового перехода T_c увеличивается с увеличением концентрации меди.

Ключевые слова: шпинель, намагниченность, ферримагнетик**PACS:** 75.50.Gg, 75.50.Tt

В работах [1,2] показана возможность получения ферримагнитных материалов с полупроводниковыми свойствами комбинацией элементов $Me=Fe; Co; Ni$ и Cu в $MeCr_2S_4$, которые имеют структуру шпинели. Ионы Me в составе $MeCr_2S_4$ располагаются преимущественно в тетраэдрических узлах. Согласно ранее проведённым исследованиям [3] соединение $FeCr_2S_4$ является ферримагнетиком и также имеют структуру шпинели.

На основе соединения $FeCr_2S_4$ нами были получены образцы $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$) и исследованы их магнитные свойства. Все исследуемые образцы были получены твердофазным методом в запаянных кварцевых ампулах непосредственным взаимодействием исходных компонент. Для приготовления образцов $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$) использовались компоненты, которые имели высокую чистоту. Компоненты отдельно измельчались, помещались в кварцевую ампулу, в которой создавался вакуум 10^{-4} мм.рт. ст. Запаянная ампула помещалась в печь, затем температура в печи медленно повышалась. Синтез производился при $900^\circ C$ в течение 3 суток. Полученные в результате синтеза порошкообразные образцы вновь размельчались, спрессовывались под высоким давлением и отжигались в вакууме в течение 8 суток. Рентгенографический анализ показал, что все полученные образцы однофазные и обладают шпинельной структурой.

В работе [1], посвящённой в основном структурным исследованиям, авторами получена система образцов $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$) и определены некоторые физико-химические параметры. С целью установления влияния катионных замещений на магнитные характеристики, нами были проведены измерения намагниченности системы $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$) при низких температурах. Намагниченность была измерена на маятниковом магнитометре Доменикалли. На рис.1 приведена полевая зависимость удельной намагниченности системы составов $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$) от магнитного поля при $4,2$ К. Как видно из рисунка 1, для всех составов процесс технического намагничивания заканчивается в полях до $1,5$ кЭ ($\approx 11,93 \times 10^4$ А/м), после чего наблюдается

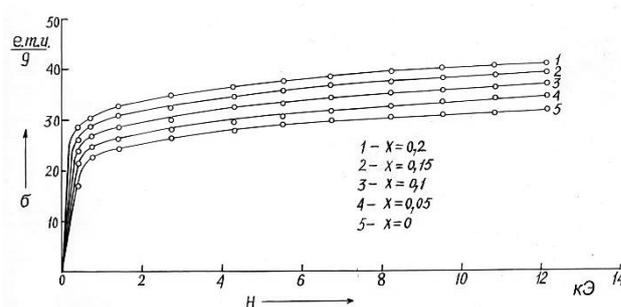


Рис.1. Полевая зависимость намагниченности системы $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$) при температуре $4,2$ К.

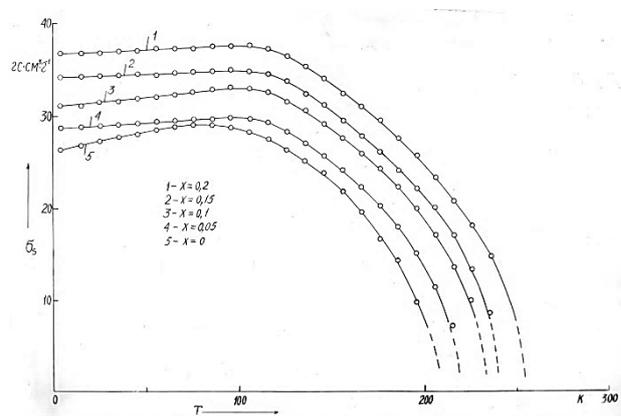


Рис.2. Температурная зависимость намагниченности системы $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$).

незначительный парапроцесс, который, по-видимому, является следствием ориентации магнитным полем спинов, дезориентированных вблизи дефектов кристаллической решётки. Спонтанная намагниченность при фиксированной температуре определена экстраполяцией намагниченности, измеренной при различных магнитных полях, на нулевое магнитное поле. Температурная зависимость спонтанной намагниченности системы $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$) $x = 0; 0,05; 0,1; 0,15$ и $0,2$ приведена на рисунке 2. Намагниченность измерена в магнитных полях $53,3; 75,6$ и $85,9 \times 10^4$ А/м.

Экспериментальные значения магнитного момента насыщения n при 4,2К определены по формуле:

$$n = \frac{\sigma_s \cdot M}{N_A \cdot M_B} = \frac{\sigma_s \cdot M}{5585}$$

где M – молекулярный вес, σ_s – намагниченность насыщения

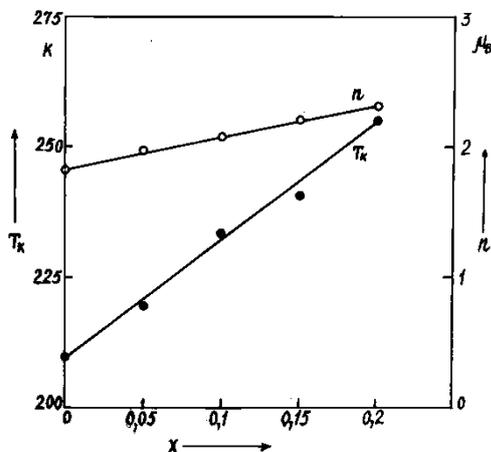


Рис.3. Концентрационная зависимость температуры Кюри T_K и значения магнитного момента насыщения n системы $Ni_{0.25-x}Cu_xFe_{0.75}Cr_2S_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$).

Если предположить, что все составы имеют структуру нормальной шпинели, в тетраэдрических

узлах которой расположены ионы Fe, Ni и Cu, а в октаэдрических узлах ионы Cr, то экспериментальные значения магнитного момента насыщения удовлетворительно согласуются с теоретическими значениями магнитного момента насыщения. Например, для концентрации $x=0,2$ экспериментальное значение магнитного момента насыщения $n_s = 2,3\mu_B$ а теоретическое значение $n_t = 2,65\mu_B$. При этом ионная конфигурация исследованных составов будет выглядеть следующим образом: $Ni_{0.25-x}^{2+}Cu_x^{2+}Fe_{0.75}^{2+}[Cr_2^{3+}]S_4^{2-}$.

На рис. 3 произведена зависимость магнитного момента насыщения и точки Кюри от состава Cu. Как видно из рисунка, с увеличением x увеличивается как магнитный момент, так и точка Кюри T_K (например для $x = 0,2$ значение $T_K = 255$ К).

Известно [4], что точка Кюри, соединения $FeCr_2S_4$ по данным различных авторов расположена в области 175-205 К. Авторы [4] показали также, что замещением ионов Fe в тетраэдрической подрешётке соединения $FeCr_2S_4$ некоторыми другими 3d – ионами можно добиться повышения точки Кюри с сохранением полупроводниковых свойств.

Проведённые нами экспериментальные исследования показывают, что подобное повышение точки Кюри возможно также, если в тетраэдрической подрешётке соединения $MeCr_2S_4$ в определённой концентрации распределить ионы $Me=Fe, Ni, Cu$.

[1] E. Steinbeiss, H. Dintner, Annalen der Physik 7 Folge, Band 27, Heft.1, S.119-121 (1971)
 [2] P.З. Садыхов, А.Д. Намазов, ФТТ т.31, № 1, с.314 (1989)

[3] P. Gibart, J. Dormann, Y. Pellerin, Magnetic properties of $FeCr_2S_4$ and $CoCr_2S_4$, Phys. stat. sol., v.36, issue 1, p.187-194 (1969)
 [4] L. Freitinger, H. Göbel and H. Pink, Mat. Res. Bull., v.11, p.1375 -1380 (1976)