

UOT 546.72.78.682.22.541.67

## $Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ (Me-Fe, Co) SİSTEMLƏRİNDƏ MAQNİT FAZA KEÇİDLƏRİ

R.Z. SADIXOV, L.M. VƏLİYEV, Ş.O. ORUCOVA  
Azərbaycan EA-nın Fizika İnstitutu, H.Cavid prospekti 33

A.O. İSMAYILOV  
N.Tusi adına APU, Ü. Hacıbəyov küçəsi 34

Ə.D. NAMAZOV  
Bakı Hərbi Dənizçilik məktəbi, Zıx şossesi-1  
(Daxil oldu 06.04.95)

$Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  (Me-Fe, Co) sistemlərinin aşağı temperaturlarda maqnitlənmə və maqnit qavrayıcılığı tədqiq edilib. Oktaedrik alt qəfəsində Cr ionlarının mübadilə qarşılıqlı tə'sirinin antiferromaqnit tipdən ferromaqnit tipə keçməsi ilə bağlı olan yeni antiferro-ferrimaqnit konsentrasiyalı maqnit faza keçidi müşahidə edilib.

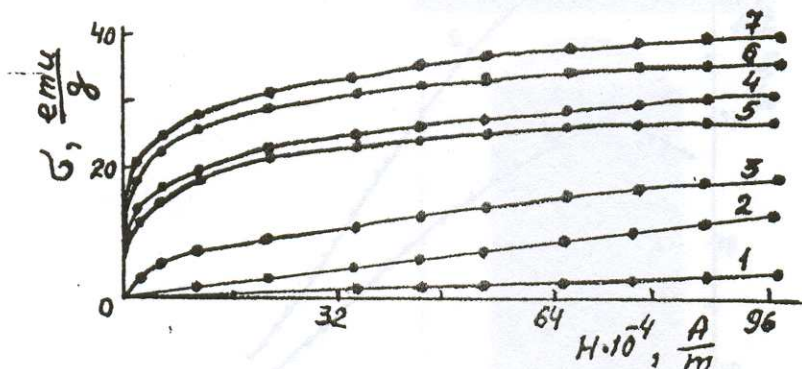
Tetraedrik alt qəfəsində Zn ionlarını Fe və Co ionları ilə əvəz etdikdə  $Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  (Me-Fe, Co) bərk məhlullar sistemlərinin maqnit xassələrinə və uyğun olaraq bir maqnitnizamlı haldan digərinə keçdiyi zaman daxili və alt qəfəs arası mübadilə qarşılıqlı tə'sirinin dəyişmə xarakterini tə'sirini aydınlaşdırmaq məqsədilə sistemin maqnitlənməsi və paramaqnit qavrayıcılığı tədqiq edilib.

Tədqiqat üçün nümunələr kvars ampulalarında tam təmiz komponentlərin qarşılıqlı tə'siri nəticəsində alınmış. Alınan maddələr toz halına salınaraq yüksək təzyiqliq altında presslənmiş və homogenləşdirmək məqsədilə 10 gün müddətində vakuumba bişirilmişdir.

Rentgenoquruluş analizinin nəticələrinə görə bütün alınan tərkiblərin birfazlı və kub quruluşda kristallaşdığı müəyyən edilmiş qəfəs parametrləri isə  $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemləri üçün  $a=0,9990$  ( $x=0,1$ );  $0,9990$  ( $x=0,25$ );  $0,9992$  ( $x=0,3$ );  $0,9992$  ( $x=0,4$ );  $0,9994$  ( $x=0,5$ );  $0,9996$  ( $x=0,7$ );  $0,9997$  N.M. ( $x=0,9$ ) və  $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemləri üçün  $a=0,9982$  ( $x=0,1$ );  $0,9976$  ( $x=0,2$ );  $0,9965$  ( $x=0,4$ );  $0,9953$  ( $x=0,6$ );  $0,9942$  N.M. ( $x=0,8$ ) olduğu aşkar edilib. Nəticə Veqard qanununa uyğundur.

Maqnitlənmə 6,7; 9,5; 10,8 kiloersted intensivlikli maqnit sahələrində Domenekalli üsulu ilə rəqqəslı maqnitometrde, maqnit qavrayıcılığı isə maqnitoelektrik tərəzisinde ölçülüb. Müəyyən temperaturda spontan maqnitlənmənin qiyməti müxtəlif maqnit sahələrində ölçülən maqnitlənmənin

qiymətini maqnit sahəsinin sıfıra bərabər qiymətinə ekstrapolyasiya etməklə təyin edilib.



Şəkil 1.  $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemləri üçün 4,2 K-də maqnitlənmə izotermələri.

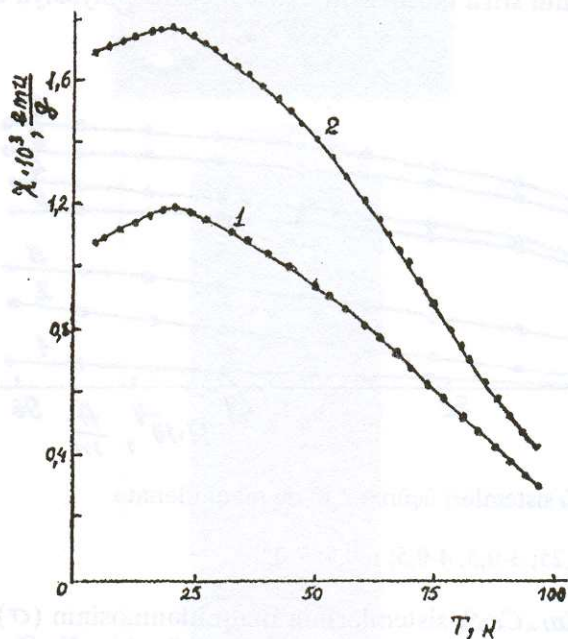
1-x=0,1; 2-0,25; 3-0,3; 4-0,5; 6-0,7; 7-0,9

1№-li şəkildə  $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemlərinin maqnitlənməsinin ( $\sigma$ ) 4,2 K temperaturunda izotermələri verilib. Şəkildən görünür ki,  $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  ( $x \leq 0,3$ ) sistemləri üçün  $\sigma(H)$  asılılığı antiferromaqnit materiallara xas olan xəttiliyə malikdir.  $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemləri üçün maqnitlənmə izotermələri analogidir. Yuxarıda göstərilən tərkiblərdə antiferromaqnetizmin mövcudluğunu maqnit qavrayıcılığının temperatur asılılığı da təsdiq edir. 2№-li şəkildə  $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  ( $x=0,25; 0,3$ )-in maqnit qavrayıcılığının temperatur asılılığı verilib.  $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemləri üçün uyğun asılılıq analogidir. Şəkildən görüldüyü kimi, temperatur artdıqca maqnit qavrayıcılığı ( $\chi$ ) 4,2 K-dən başlayaraq müəyyən maksimal qiymətə qədər artır, sonra isə xətti olaraq azalır.

Maqnit qavrayıcılığının ( $\chi$ ) maksimum qiymət aldığı temperatur nümunələrin Neel temperaturuna uyğun gəlir.  $x=0,1; 0,25; 0,3$  ( $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) sistemləri üçün həmin temperaturlar  $20 \div 21$  K intervalında yerləşir,  $Co_{0,1}Zn_{0,9}Cr_2S_4$  - üçün isə 10 K-ə bərabərdir.

Tetraedrik alt qəfəsində Fe və Co ionlarının miqdarı  $x \geq 0,4$  ( $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) və  $x \geq 0,2$  ( $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) intervalında x artdıqca maqnitlənmənin izotermələri spontan maqnitlənməyə malik olan maddələrə xas olan xarakter alır. Bu isə həmin tərkiblərdə ferrimaqnit quruluşun formalaşdığını göstərir. Belə maqnit nizamlılığının formalaşmasını həmçinin doyma maqnit momentlərinin ( $n$ ) 4,2 K-də hesablanmış qiymətləri təsdiq edir. Belə ki, doyma maqnit momentlərinin 4,2 K temperaturunda hesablanmış qiymətləri  $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  üçün 1,85 ( $x=0,4$ ); 2,30 ( $x=0,5$ ); 2,03 ( $x=0,7$ ); 1,52  $\mu_B$  (0,9) və  $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  üçün isə 1,4 ( $x=0,2$ ); 3,14 ( $x=0,4$ ); 2,79 ( $x=0,6$ );



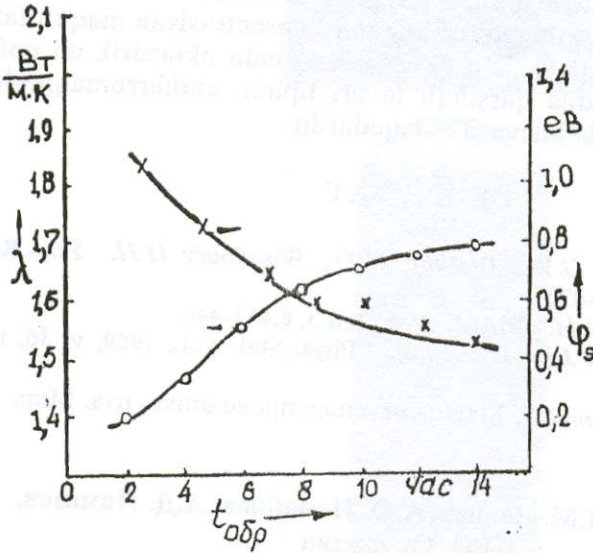


Şəkil 2.  $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  ( $x=0,25; 0,3$ )-un maqnit qavrayıcılığının temperatur asılılığı 1- $x=0,25$ ; 2- $x=0,3$

2,61  $\mu_B$  (0,8) olduğu müəyyən edilib. Zn ionlarının Fe və Co ionları ilə tetraedrik alt qəfəsində əvəz olunduğu qəbul edilsə, doyma maqnit momentləri üçün alınan qiymətlər Neel modeli ilə hesablanmış qiymətlərə yaxın olur.

$x \geq 0,4$  olduqda güman edilir ki,  $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemləri üçün doyma maqnit momentlərinin hesablanmış qiymətlərinin təcrübi qiymətlərdən müəyyən qədər artıq olması oktaedrik alt qəfəsində Cr ionlarının antiferromaqnit nizamlılığının mövcudluğu ilə bağlıdır. Digər tərəfdən bu halda təcrübi və hesablanmış qiymətlərin bir-birindən fərqlənməsi  $Co^{2+}$  ionlarının tetraedrik düyünlər arasında spin-orbital qarşılıqlı tə'siri nəticəsində təmiz spin qiymətinə ( $g=2$ ) nəzərən  $g$  faktorunun artması ilə bağlıdır. Bu nəticənin mümkünlüyü [1]-də göstərilib. Həmin mənbəyə görə spin-orbital qarşılıqlı tə'sirinin nəzərə alınması həmçinin tetraedrik əhatədə  $Co^{2+}$  ionlarının kovalentliyinə görə  $g$  faktoru üçün  $g=2,4$  qiyməti alınır.

$Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemlərinin spontan maqnitlənməsinin temperatur asılılığı  $3N_0$ -li şəkildə verilib.  $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  sistemləri üçün  $\sigma_s(T)$  asılılığı analogidir. Bu tərkiblərin Küri temperaturları termodinamik əmsallar metodu ilə hesablandı [2].



Şəkil 3.  $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  tərkibinin spontan maqnitlənməsinin temperatur asılılığı (1-x=0,2; 2-x=0,4; 3-x=0,6).

Aparılan hesablamalar göstərir ki,  $x$ -in qiyməti artdıqca Kuri nöqtəsinin qiyməti artaraq  $FeCr_2S_4$  və  $CoCr_2S_4$  sistemlərin ədəbiyyatda olan qiymətlərinə yaxınlaşır [3,4]. Bu isə öz növbəsində tetra- və ok-taedrik alt qəfəsləri arasında mübadilə qarşılıqlı təsirin güclənməsini təsdiq edir. Lakin onu qeyd etmək lazımdır ki,  $n(x)$  asılılığı  $x=0,5$  ( $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) və  $x=0,4$  ( $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) olanda maksimal qiymətlər alır və sonra azalır.

$Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  (Me-Fe, Co) sistemlərində doyma maqnit momentlərinin dəyişmə mexanizmi aşağıdakı kimi izah edilə bilər.  $Zn$  ionlarını  $Fe$  və  $Co$  ilə əvəz etdikdə axırıncılar yalnız tetraedrik düyünlər arasında yerləşir.  $0 \leq x \leq 0,3$  ( $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) və  $0 \leq x \leq 0,4$  ( $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) intervalında xrom ionlarının oktaedrik alt qəfəsində antiferromaqnit qarşılıqlı təsiri əsas rol oynayır, və ona görə nümunələrdə spontan maqnitlənmə olmur. Sonra isə  $Fe$  və  $Co$  ionlarının miqdarı  $x=0,4$  ( $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) və  $x=0,5$  ( $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ )-dən başlayaraq artdıqca tetraedrik alt qəfəsində lokallaşmış maqnit momenti yaranır ki, onun təsiri ilə oktaedrik qəfəsəltində xrom ionlarının spin maqnit momentlərinin istiqamətləri dəyişir və bu da öz növbəsində spontan maqnitlənmənin yaranmasına gətirir.  $x=0,5$  ( $Fe_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) və  $x=0,4$  ( $Co_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ) halında yəqin ki, xrom ionlarının böyük əksəriyyətinin spin maqnit momentlərinin yenidən nizamlanması qurtarır və nəticədə əsasən ferromaqnit qarşılıqlı təsiri yaranır. Ona görə də  $Fe$  və  $Co$  ionlarının tetraedrik qəfəsəltələrində çoxalması, yəni tetraedrik alt qəfəslərdə maqnit momentinin böyüməsi yekun maqnit momentinin kiçilməsinə gətirir.



Maqnit momentinin şərh olunan dəyişmə mexanizmi  $Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  ( $Me-Fe, Co$ ) sistemlərində antiferro-ferrimaqnit konsentrasiyalı maqnit faza keçidinin dinamikasını açıqlayır. Bu da öz növbəsində oktaedrik alt qəfə-sində  $Cr$  ionlarının mübadilə qarşılıqlı təsiri tipinin antiferromaqnitdən ferromaqnit tipə keçməsi ilə bilavasitə əlaqədardır.

## ƏDƏBİYYAT

1. *Hann F.S., Ludvig G.W., Watkins G.D., Woodbury H.H.* Phys.Rev. Lett., 1960, v.5, n.10, pp.468-470.
2. *Белов К.П., Горяга А.Н.* ФММ, 1956, 2, н.3, с.441-446.
3. *Gibart P., Dormann J.L., Pellerin Y.* Phys. Stat. Sol., 1969, v. 36, n.1, pp.187-194.
4. *Метфессл З., Маммус Д.* Магнитные полупроводники, изд. Мир, М., 1972, §4, с.408.

**Р.З. Садыхов, Л.М. Велиев, А.О. Исмаилов, А.Д. Намазов,  
Ш.О. Оруджева**

## МАГНИТНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В $Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ( $Me-Fe, Co$ )

Исследованы намагнитченность и парамагнитная восприимчивость системы составов  $Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  ( $Me-Fe, Co$ ) при низких температурах. Обнаружен концентрационный магнитный фазовый переход, который обусловлен изменением типа обменного взаимодействия с антиферромагнитного на ферромагнитный между ионами  $Cr$  в октаэдрической подрешетке.

**R.Z. Sadykhov, L.M. Valiev, A.O. Ismailov, A.D. Namazov,  
Sh.O. Orudzheva**

## THE MAGNETIC PHASE TRANSITION IN $Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$ ( $Me-Fe, Co$ )

The magnization and paramagnetic susceptibility of  $Me_xZn_{1-x}Cr_2S_4$  ( $Me-Fe, Co$ ) compound systems at low temperatures are investigated. Concentration magnetic phase transition is found which is connected with the change of exchange type interaction from antiferromagnetic on ferromagnetic one between  $Cr$  ions in octahedron sublattice.