

TiCoSe₂ BİRLƏŞMƏSİNİN MAQNİT FAZA KEÇİDİNİN BÖLGƏSİNDƏ ELEKTRİK XASSƏLƏRİ

A.İ. CABBAROV

Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu,

Azərbaycan, Bakı, AZ-1143, H. Cavid prosp., 131

aydin.jabbarov.28@mail.ru.

TiCoSe₂ birləşməsi təmiz Ti, Co və Se elementlərindən birbaşa sintez yolu ilə alınmışdır. Alınmış birləşmənin elektrik keçiriciliyi və termo-ehq 77-400K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bu nümunənin antiferromagnet $T_N=85K$ və ferromagnet $T_C=150K$ temperaturlarında faza keçidlərində elektrik keçiriciliyi və termo-ehq-də anomaliya müşahidə olunur. Bu laylararası antiferromagnet düzülüşlü və sonra layın daxilindəki ferrimaqnit düzülüşlü spinlərin dağılması ilə izah olunur.

Açar sözləri: maqnit faza keçidi, keçiricilik, termoelektrik hərəkət qüvvəsi

PACS: 75.50.2y, 71.20.Be, 71.15.Mb

GİRİŞ

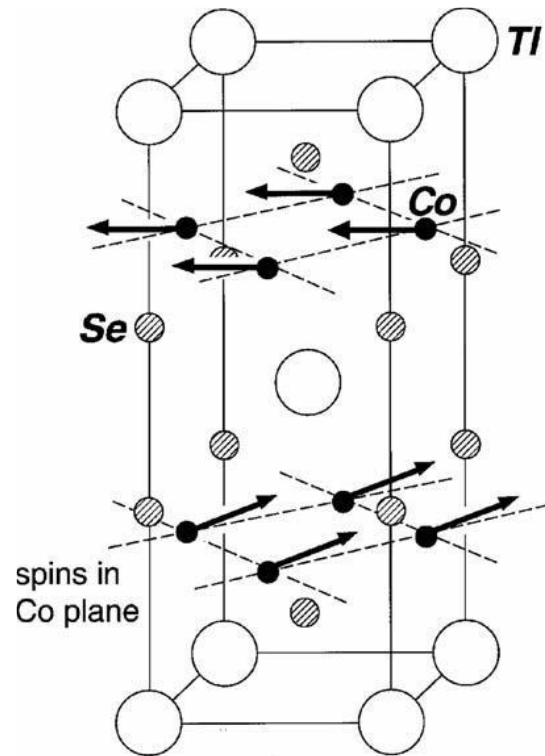
Uzun illərdir ki, X=S, Se, Te olan TiCoX₂ birləşmələri aşağı ölçülü maqnit xassəli maraqlı tədqiqat obyektləri kimi müxtəlif elmi mərkəzlərdə öyrənilir. Bu materiallara olan maraq isə ilk növbədə onların anizotrop yarımmetal olaraq laylı maqnit xassəsinə malik olmalarıdır [1, 2]. Göstərilən birləşmələrin digər maraqlı xüsusiyyətlərindən biri də onlarda temperaturdan asılı olaraq baş verən ferrimaqnit faza keçidinin (FİM) olmasıdır. Göstərilən birləşmələrin digər maraqlı xüsusiyyətlərindən biri də ondan ibarətdir ki, bu maddələrdə strukturdan asılı olaraq ≈ 90 K-də antiferromagnet (AFM) faza keçidi müşahidə olunur. Bununla belə, sonrakı neytron tədqiqat nəticələri göstərdi ki, bu, sıfır spin momenti olan kollinear olmayan spiral düzlüşlü maqnetikdir və ferromagnet Co atomları *ab* müstəvisində yerləşir, qonşu Co təbəqələrinin maqnit spinləri isə bir-birinə əks düzülüşdə təxminən 121° -də fırlanır [3, 4].

TiCoSe₂ KRİSTALLARININ GÖYƏRDİLMƏSİ VƏ RENTGEN DİFRAKSİYASININ TƏDQIQI

TiCoSe₂ nümunələrinin alınması üçün aşağıdakı elementlər təmizliyi 99,999% olan tallium (Ti), təmizliyi 99,9% olan metal kobalt (Co) və təmizliyi 99,9999% selen (Se) götürülür. TiCoSe₂ birləşməsi üçün ümumi çəki 5 qram idi. Sintez 10^{-3} Pa-a qədər vakuumlannmış kvart ampulalarında bərk fazalı reaksiyalar üsulu ilə aparılmışdır. Selenium buxarının təzyiqinin kəskin artması səbəbindən qızdırma zamanı ampulaların partlatmasının qarşısını almaq məqsədilə temperatur 2-3 gün ərzində tədricən 873K-ə qaldırıldı, bir gün saxlanıldı, sonra artım yavaş-yavaş davam etdirilərək 1173 K temperaturuna çatdırılır. Bərk faza reaksiyasının tam olması üçün ampula bu temperaturda 7-10 gün saxlanılır, sonra 2-3 gün ərzində 873K-ə qədər soyudulur və soba söndürülür. Nümunələr üyüdüldükdən sonra ampulaya yerləşdirilir və 10^{-3} Pa təzyiqdə vakuum edilərək yuxarıda göstərilən sintez rejimində təkrar olunur. Nümunələri eyni cinsli etmək üçün iki sıra tavlama tələb olunurdu [1, 5, 6]. TiCoSe₂-nin rentgen şüalarının difraksiya analizi də otaq temperaturunda DRON-3M

difraktometrində (CuK α -şüalanması, Ni filtri, dalğa uzunluğu $\lambda=0,15418$ nm, rejim 35 kV, 10 mA) aparılmışdır. Tədqiqatın bucaq həlli $\sim 0,01^\circ$ idi. Difraksiya nümunələri davamlı olaraq qeydə alınmış və difraksiya bucaqları intensivliyin maksimum ölçülməsi üsulu ilə müəyyən edilmişdir. TiCoSe₂ nümunələrinin aşağı, orta və yuxarı hissələrinin difraksiya nümunələri eyni idi.

TiCoSe₂ kristallı laylı triqonal sinqoniyanın qəfəs sabitləri: $a=3,746\text{Å}$, $c=22,770\text{Å}$, $c/a \approx 6,08$.



Şəkil 1. Maqnit quruluşu [3].

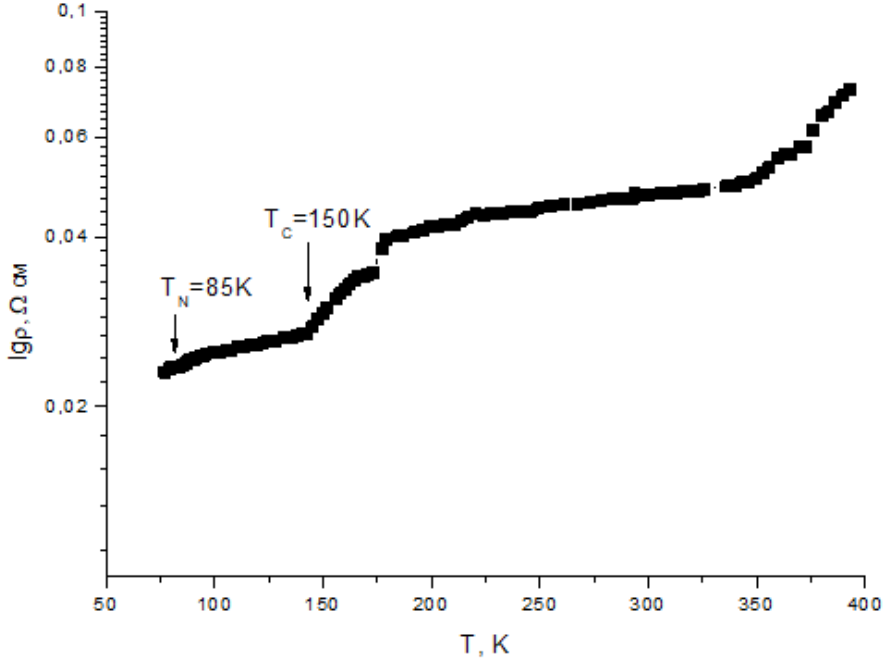
Bu sistemlərdə $TiMe_2X_2$ və $TiMeX_2$ ümumi formuluna malik birləşmələrin maqnit və struktur xassələri öyrənilmişdir. Burada Me atomları ikiölçülü kvadrat qəfəsdə oturan 3d-keçid metallarıdır (Me=Cr, Fe, Co, Ni, Mn və Cu) (şək. 1). Bu sistemlər tərəfindən qəbul edilən kristal quruluşu laylı tetraqonal tiplidir. Bu

struktur tipinə aid çoxlu birləşmə mövcuddur və onların struktur xüsusiyyətləri, 2, 3 elektron quruluşu və maqnitliyi bir neçə halda tədqiq edilmişdir.

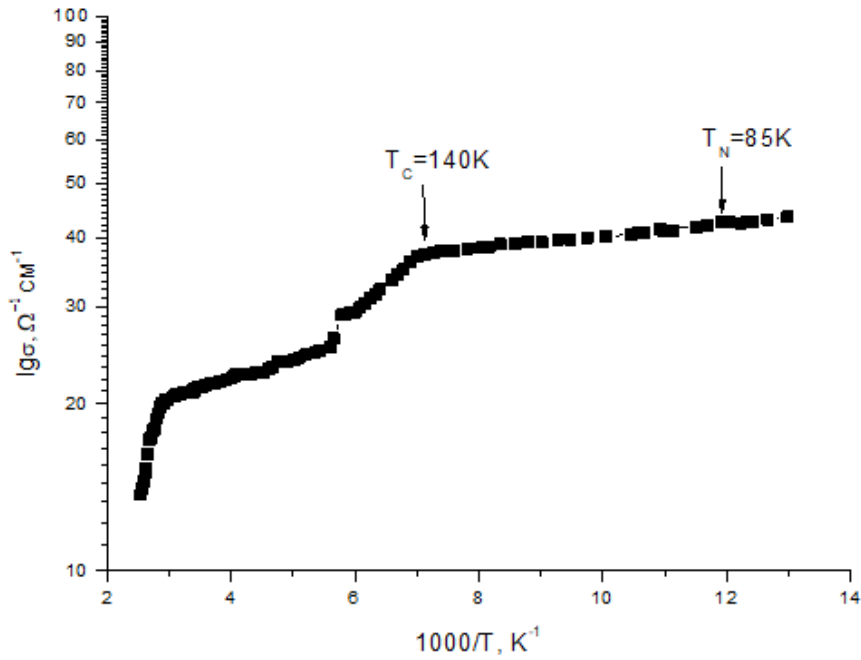
TiCoSe₂ BİRLƏŞMƏLƏRİNİN ELEKTRİK VƏ TERMOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

TiCoSe₂-nin elektrik keçiriciliyi (σ) və termoeHQ əmsalı (S) dörd zondlu kompensasiya üsulu ilə

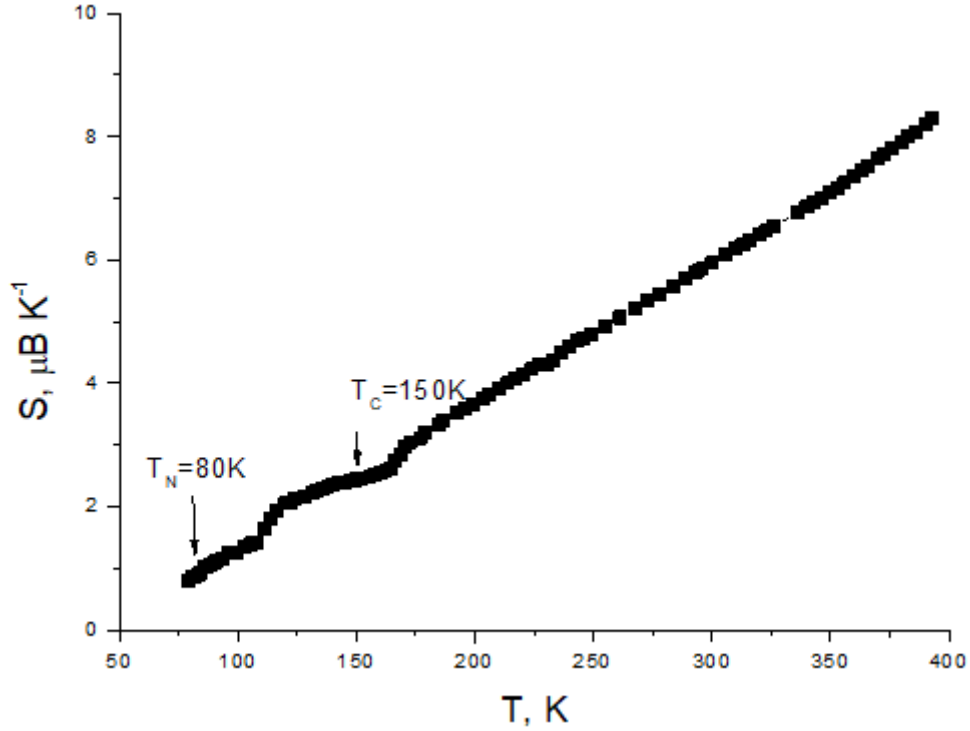
77÷400K temperatur intervalında 3% dəqiqliklə öyrənilmişdir. Tədqiqatlar temperaturun dəyişmə sürəti 0,2K/dəq olmaqla kvazistatik rejimdə aparılmışdır. Ölçmələr zamanı nümunələr azot kriostatının içərisində olub və temperatur ölçüsü kimi mis-konstantan termocütdən istifadə edilib, onun qovşağı daimi olaraq nümunənin yaxınlığındakı kristal tutucuya bərkidilib. Termocütün istinad qovşağı əriyən buzun temperaturunda sabitləşdirilmişdir.



Şəkil 2. Xüsusi elektrik müqavimətinin temperatur asılılığı.



Şəkil 3. Xüsusi keçiriciliyin temperatur asılılığı.



Şəkil 4. Termo-EHQ-in temperatur asılılığı.

Elektrik ölçmələri üçün TiCoSe₂ kristalları narın ovularaq $P=1,6 \times 10^3 \text{ kg/sm}^2$ təzyiq altında ölçüləri $12,5 \times 5,0 \times d \text{ mm}^3$ (d -narın ovulmuş maddənin miqdarından asılıdır) olan presformada preslənmişdir. Preslənmiş nümunələr $9,76 \times 4,81 \times 2,39 \text{ mm}^3$ ölçülü paralelepiped şəklində idi. Preslənmiş nümunələr daha sonra 450K temperaturda tavlənmişdir. Omik kontaktlar misin elektrolitik çökməsi ilə yaradılmış, 77 və 400 K-də VAX xüsusiyyətlərini ölçməklə yoxlanılmışdır [5, 6].

Şəkil 2-4 xüsusi elektrik müqavimətinin $\rho(T)$, xüsusi elektrik keçiriciliyinin $\sigma(T)$ və termo-EHQ əmsalının $S(T)$, ferrimaqnit TiCoSe₂-nin temperaturdan asılılıqlarını 77÷400K temperatur bölgəsində göstərilir. Göründüyü kimi, xüsusi müqavimətin $\rho(T)$ və elektrik keçiriciliyinin $\sigma(T)$ temperaturdan asılılıqları metallik xarakterlidir (şəkil 2 və 3). $\rho(T)$ asılılığında 85K və 150K temperaturlarında anomaliyalar müşahidə olunur. Bu anomaliyalar maqnit faza keçidlərində, yəni $T_N=85\text{K}$ -dən yuxarıda laylar arasındakı antiferromaqnit əlaqə pozulur və $T_C=150\text{K}$ -dən yuxarıda isə layların daxilində ferromaqnit qarşılıqlı əlaqə pozulur. Ferromaqnit qarşılıqlı əlaqənin dağılma enerjisini tapmaq üçün aktivləşmə enerjisinin tapılma düsturundan istifadə edilmişdir.

Verilən əyriyərin mahiyyətini açmaq üçün [7]-ci ədəbiyyatda göstərilən ifadədən istifadə etmək daha əlverişli sayılmışdır. Bu ifadə belədir:

$$\Delta E_a = \frac{2k_B}{0,43} \left| \frac{\Delta \lg(\sigma)}{\Delta(1000/T)} \right|. \quad (1)$$

Verilən ifadədə ΔE_a , eV - aktivləşmə enerjisi; $k_B = 0,87 \times 10^{-4} \text{ eV/K}$, k_B - Bolsman əmsalı; T, K - Kelvin şkalası ilə temperatur; σ - $\Omega \text{ sm}$ - nümunənin elektrik keçiriciliyidir. $\lg(\sigma)$ asılılığından asanlıqla müxtəlif

temperaturlar üçün aktivləşmə enerjisini də hesablamaq mümkündür.

Elektrik keçiriciliyinin temperatur $\sigma(T)$ asılılığından istifadə edərək ferromaqnit faza keçidindən əvvəl və sonra TiCoSe₂ birləşməsinin aktivləşmə enerjisi hesablanmışdır: I - temperatur bölgəsi 90÷140K - spinlərin ferrimaqnit düzülüşlü vəziyyəti; $\Delta E_a=0,005 \text{ eV}$ və II - temperatur bölgəsi 150÷300K - paramaqnit bölgəsi; $\Delta E_a=0,014 \text{ eV}$. 0,009 eV-lik bu enerjilər arasındakı fərq (faza keçidindən əvvəl və sonra) ferrimaqnit düzülüşlü spinlərin səpələnmə enerjisini göstərir.

Şəkil 4-də termo-EHQ-nin $S(T)$ temperatur asılılığı verilmişdir. Göründüyü kimi, temperatur artdıqca termo-EHQ-nin mütləq qiyməti xətti artır və termo-EHQ-nin müsbət işarəsi tədqiq olunan TiCoSe₂ birləşməsinin bütün tədqiq olunan temperatur bölgəsində p -tipi keçiriciliyə malik olduğunu göstərir. Bu şəkildə termo-EHQ-nin kiçik olmasına baxmayaraq 85K-də və 150K-də ferromaqnit faza keçidi aşağı ölçülü maqnetiklərə məxsus geniş temperatur bölgəsində özünü göstərir.

100K temperaturda xüsusi müqavimət $\rho=0,0246 \Omega \text{ sm}$, 300K-da isə $\rho=0,0448 \Omega \text{ sm}$ -dir. Bütün temperatur diapazonunda termo-EHQ p -tipi idi (şəkil 4)

NƏTİCƏ

Göstərilmişdir ki, TiCoSe₂ üçün 100K temperaturda müqavimət $\rho=0,0246 \Omega \text{ sm}$, 300K-da isə müvafiq olaraq $\rho=0,0448 \Omega \text{ sm}$ -dir. Bütün temperatur diapazonunda TiCoSe₂ ($T_C=150\text{K}$) p -tipi keçiriciliyə malikdir.

Preslənmiş TiCoSe₂ üçün spinlərin dağılmasının enerjisi 0,009eV hesablanmışdır, bu 150K-dən yuxarıda baş verir.

Müəyyən edilmişdir ki, bu nümunənin antiferromaqnit $T_N=85$ K və ferromaqnit $T_C=150$ K temperaturlarında faza keçidlərində elektrik keçiriciliyi və termo-EHQ-də anomaliya müşahidə olunur. Bu, laylar arası

antiferromaqnit düzülüşlü və sonra layın daxilindəki ferromaqnit düzülüşlü spinlərin dağılması ilə izah olunur.

-
- [1] R. Lizárraga, S. Ronneteg, R. Berger et.al.. Physical Review B 70, 024407, 2004, DOI: 10.1103/PhysRevB.70.024407
- [2] M.V. Yablonskikh, R. Berger, U.Gelius et.al.. J. Phys.: Condens. Matter 18, 2006, 1757–1768. doi:10.1088/0953-8984/18/5/027.
- [3] S.Kamali, L.Haggstrom, S.Ronneteg et.al.. Magnetic Properties of TiCo₂Se₂ Studied by Mossbauer Spectroscopy. Hyperfine Interactions 156/157: 315–319, 2004
- [4] J. Yang, B. Chen, H. Wang, Q. et.al.. Physical Review B 88, 064406, 2013.
- [5] P.Г. Велиев, Э.М. Керимова, P.З. Садыхов, Ю.Г. Асадов, А.И. Джаббаров. Fizika № 2, cild XV, 2009, s.111-114.
- [6] P.Г. Велиев, P.З. Садыхов, Э.М. Керимова, Ю.Г. Асадов, А.И. Джаббаров. ФТП, т. 43, вып. 2, 2009, с. 163-166.
- [7] Практикум по полупроводникам и полупроводниковым приборам. Под ред. К.В. Шалимовой. М., Изд-во «Высшая школа», 1967, с. 17. (464 с.)

A.I. Jabbarov

ELECTRICAL PROPERTIES IN THE REGION OF MAGNETIC PHASE TRANSITION OF TiCoSe₂ COMPOUND

TiCoSe₂ compound was obtained by direct synthesis from pure Ti, Co and Se elements. The electrical conductivity and thermo-emf coefficient of the obtained compound were studied in the temperature range of 77-400K. It was determined that at antiferromagnetic $T_N=85$ K and ferromagnetic $T_C=150$ K temperatures of this sample, there is an anomaly in electrical conductivity and thermo-emf coefficient in phase transitions. This is explained by the scattering of spins with interlayer antiferromagnetic alignment and then ferromagnetic alignment within the layer.

А.И. Джаббаров

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ОБЛАСТИ МАГНИТНОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА СОЕДИНЕНИЯ TiCoSe₂

Соединение TiCoSe₂ получено прямым синтезом из чистых элементов Ti, Co и Se. Электропроводность и термо-ЭДС полученного соединения исследовали в интервале температур 77-400K. Установлено, что при антиферромагнитной $T_N=85$ K и ферромагнитной $T_C=150$ K температурах этого образца наблюдается аномалия электропроводности и коэффициента термо-ЭДС в фазовых переходах. Это объясняется рассеянием спинов с межслоевой антиферромагнитной ориентацией, а затем с ферромагнитной ориентацией внутри слоя.

Qəbul olunma tarixi: 29.11.2022