

## İFRATKEÇİRİCİ FeSe-DƏ FLUKTUASIYA KEÇİRİCİLİYİ

S.S. RƏHİMOV, Ş.C. QURBANOV, S.M. BAĞIROVA

AMEA Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

e-mail: [sadiyar@mail.ru](mailto:sadiyar@mail.ru)

FeSe-də ifratkeçirici faza keçidi oblastında fluktuasiya keçiriciliyi tədqiq edilmişdir. Təcrübi nəticələrə əsasən Ginzburq-Landau nəzəriyyəsinə əsasında hesablamalar aparılmış və 2D-3D krossover temperaturu, laylararası qarşılıqlı təsir parametri və koherentlik uzunluğu qiymətləndirilmişdir.

**Açar sözlər:** fluktuasiya keçiriciliyi, krossover temperaturu, koherentlik uzunluğu  
PACs: 72.15.Jf, 72.20.Pa, 73.50.Lw, 85.80

## GİRİŞ

Yuxarıtemperaturlu ifratkeçirici kupratların strukturuna analogi olan dəmir oksipnektidlərdə [1] ifratkeçiriciliyin kəşf olunması dəmir əsaslı yuxarıtemperaturlu ifratkeçiricilərin öyrənilməsinə olan marağı daha da artırmışdır. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, çox sadə quruluşlu dəmir halkogenid birləşmələrində də ifratkeçirici hala keçid baş verir [2]. Ümumi halda FeX kimi yazılan ifratkeçirici halkogen birləşmələrindən biri də FeSe-dir. Burada X- halkogendir. FeX-in kristal quruluşu digər ifratkeçirici dəmir birləşmələrindən daha sadə olduğuna görə bu tərkiblərin tədqiqi daha çox maraqlıdır. İfratkeçiriciliyin əsas fizikası FeX-in tetraqonal müstəvilərində baş verir. Digər yuxarıtemperaturlu ifratkeçiricilərdə olduğu kimi, dəmir əsaslı ifratkeçiricilərdə də əsas məsələ həll olunmamış qalır. Bu məsələ öz növbəsində bu birləşmələrdə ifratkeçiriciliyin mexanizminin öyrənilməsidir. Digər tərəfdən əsas məsələlərdən biri klassik mexanizm hesabına fononların köməyi ilə kuper cütləri yaranmasıdır. Dəmir-əsaslı ifratkeçirici qrupları arasında ümumi qanunauyğunluğun olub- olmaması əsas məsələlərdən biridir.

Öz quruluşuna görə dəmir ifratkeçiricilərə bənzəyən LaONiP, kuper cütlərindəki elektronları fononlar hesabına birləşən adi ifratkeçiricilərdən hesab olunur. Fe oksipnektidlər, dəmir halkogenidlər özlərini qeyri ənənəvi olmayan ifratkeçiricilər kimi aparır [3]. Onlarda kuper cütlərindəki elektronlar qeyri fonon mexanizmi hesabına cütləşir. Bu ondan xəbər verir ki, mümkün ifratkeçiricilik mexanizmində əsas rol dəmir ionları oynayır. Nəzəri hesablamalar göstərir ki, dəmir seleniddə (FeSe) olduğu kimi, dəmir telluriddə (FeTe) və dəmir sulfiddə (FeS) həmçinin spin sıxlığı dalğaları yaranmalıdır. Bu tip antiferromagnetik tənzimləmə FeTe-də daha kəskin və demir tellurid, ehtimal ki FeSe-dən daha yüksək  $T_c$ -yə malikdir. Verilmiş işdə Te elementinin  $FeSe_{0.82}$ -nin əlavə keçiriciliyinə təsirinə aid nəticələr təqdim olunmuşdur.

## TƏCRÜBİ NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN ANALİZİ.

$Fe(Se_{0.8}Te_{0.2})_{0.82}$  nümunəsinin sintezi yüksək temperaturlu ampula metodu ilə aparılmışdır. İlk material kimi 13-2 (xüsusi təmiz tərkibə malik) markalı karbonil dəmir, xüsusi təmizlənmiş selen və tellurdan istifadə olunmuşdur.

Tədqiq olunan nümunələrin rentgen analizi EVA və TOPAS proqramları ilə işləyən, Bruker firmasının D8-XRD ADVANCE difraktometri ilə aparılmışdır.

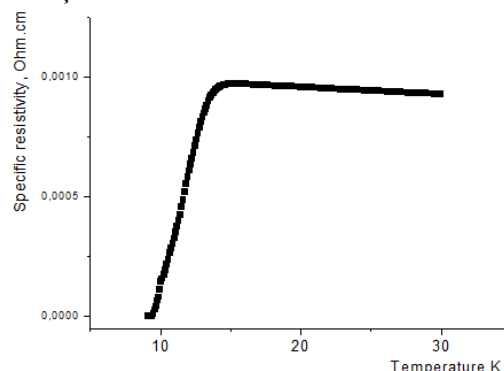
Göstərilmişdir ki, bu tərkib PbO tipli tetraqonal strukturda kristallaşır və qəfəs parametrləri  $a=3.772\text{Å}$ ;  $c=5.513\text{Å}$ -dir. Kristallitlərin ölçüləri (Crystallite Size (Scherrer):  $642.8\text{Å}$ ) də qiymətləndirilmişdir.

FeTe-nin kristal quruluşu, kvazi-ikiölçülü struktura malikdir. FeTe laylarını bir yerdə zəif Van-der-Vaals qüvvələri saxlayır. Bu laylar arasında müəyyən miqdarda Fe atomları daxil edildikdə kristalloqrafik sabillik daha da yaxşılaşır. Belə hal stexiometriyadan kənara çıxmaq kimi qiymətləndirilir [4].

Məlum olduğu kimi, İfratkeçirici maddələrdə  $T_c$  böhran temperaturuna yaxınlaşdıqca xüsusi müqavimətin temperatur asılılığı  $R(T)$  müəyyən temperatur intervalında xəttildən kənara çıxır və system ifratkeçirici hala keçir. Buna səbəb istilik fluktuasiyaları nəticəsində kuper cütlərinin yaranması və nəticə etibarilə əlavə cərəyan axma kanallarının yaranmasıdır [5]. Faza keçidi oblastında ifratkeçiricinin elektrik keçiriciliyinə fluktuasiyalar xeyli təsir edir. Faza keçidi oblastında əlavə keçiriciliyin tədqiqi, ifratkeçirici maddələr üçün 2D-3D krossover temperaturu, laylararası qarşılıqlı təsir sabiti və koherentlik uzunluğu kimi parametrlərin təyin edilməsinə imkan verir [6].

Fluktuasiya keçiriciliyi metodu bir tərəfdən nisbətən sadə olduğu halda, digər tərəfdən kritik temperatur intervalında ifratkeçirici haqda kifayət qədər dolğun informasiya verir. Koherentlik uzunluqlarının qiymətləri kiçik olduğu üçün bir neçə kuper cütünün olduğu koherentlik həcmi kifayət qədər kiçik olur. Bunun nəticəsində belə sistemlərdə termodinamik fluktuasiyalar əsas rol oynayır ki, bu da əsasən özünü daşınma, maqnit və termodinamik xassələrdə göstərir.

Bu işdə FeSe ifratkeçiricisinin xüsusi müqavimətinin temperatur asılılığı və fluktuasiya keçiriciliyi tədqiq edilmişdir. Alınmış təcrübi nəticələr şəkil 1 və şəkil 2-də göstərilmişdir.

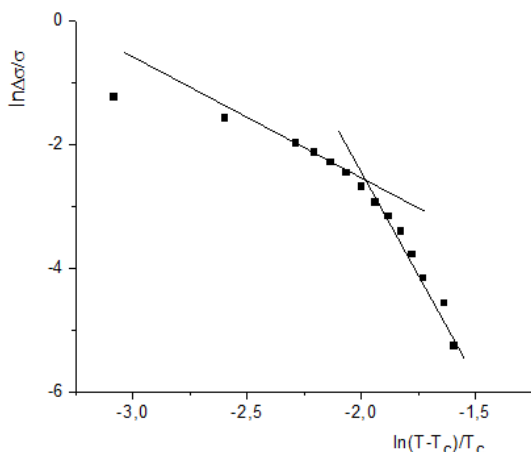


## İFRATKEÇİRİCİ FeSe-də FLUKTUASIYA KEÇİRİCİLİYİ

Şəkil 1-də xüsusi müqavimətin temperatur asılılığı verilmişdir. Xüsusi müqavimətin temperatur asılılığı 4,2-300K intervalında tədqiq edilmişdir. Lakin şəkil 1-də əsasən faza keçidi intervalı verilmişdir. Buna səbəb, yuxarı temperatur intervalında xüsusi müqavimətin temperatur asılılığında heç bir məxsusiyyətin olmaması və fluktuasiya keçiriciliyinin faza keçidi intervalında tədqiq olunması olmuşdur. Geyd etmək lazımdır ki, başqa iifratkeçirici maddələrdə olduğu kimi, FeSe-də də xüsusi müqavimətinin temperatur asılılığında  $T_c$  keçid temperaturu oblastında  $R(T)$  asılılığı xəttikdən kənara çıxır və faza keçidi oblastı  $\sim 7-8K$  əhatə edir. İfratkeçiriciyə keçid temperaturu  $T_c$  faza keçidi oblastında  $d\rho/dT$  -nin maksimum qiymətinə görə hesablanmış və 11,2K olmuşdur.

Faza keçidi oblastında xüsusi müqavimətin azalması əlavə elektrik keçiriciliyinin yaranması ilə izah olunur.

Ümumiyyətlə iki növ fluktuasiya əsasında yaranan əlavə keçid məlumdur. Birincisi  $T_c$ -dən yuxarı temperaturalarda fluktuasiyalar hesabına spontan olaraq yaranan kuper cütlərinin hesabına olan birbaşa təsirdir ki, bu Aslamazov və Larkin tərəfindən nəzəri olaraq işlənmişdir [7]. İkincisi isə artıq mövcud olan fluktuasiya cütlərinin normal yükdaşıyıcılarla qarşılıqlı təsiri əsasında yaranan Maki və Tompson [8,9] əlavə keçidi.



Maki və Tompson təsiri əsasən faza keçidi yaxınlığında 2D oblastında, Aslamazov və Larkin təsiri

isə 3D oblastında özünü daha qabarıq biruzə verir. Beləliklə təcrübədə nümunənin temperaturu  $T_c$  kritik temperatura yaxınlaşdıqca fluktuasiya mexanizmlərinin birindən digərinə keçidi baş verir.

Ginzburq-Landau nəzəriyyəsinə əsasında YTİK-ci maddələr üçün fluktuasiya əsasında yaranan əlavə keçid Varlamov və Livanov tərəfindən hesablanmışdır [10]. Bu nəzəriyyəyə əsasən fluktuasiya əsasında yaranan əlavə keçid

$$\Delta\sigma = \left( \frac{e^2}{16\hbar d} \right) \left( \frac{T}{T_c} - 1 \right)^{-1} \left[ 1 + J \left( \frac{T}{T_c} - 1 \right)^{-1} \right]^{-1/2} \quad (1)$$

kimi təyin edilir ki, burada  $J = (2\xi_c(0)/d)^2$  laylar arası cütləşmə parametridir.

Düsturdan göründüyü kimi, daha yuxarı temperaturalarda

$T \gg T_c$  halında ( $J \ll \varepsilon = \left( \frac{T}{T_c} - 1 \right)$ ), olduqda  $\Delta\sigma \sim \varepsilon^{-1}$  alınır

və bu da 2D – keçiriciliyinin olması, temperaturun  $T_c$  yaxınlığında isə ( $J \gg \varepsilon$ ),  $\Delta\sigma \sim \varepsilon^{-1/2}$  alınır ki, bu da 3D – keçiriciliyinə uyğun gəlir.

Şəkil 2-də alınmış təcrübi nəticələr əsasında  $\ln\Delta\sigma/\sigma$  -nin  $\ln(T-T_c)/T_c$ -dən asılılığı verilmişdir. Bu asılılıqda 2D-3D keçidi müşahidə edilir və təcrübi nəticələr əsasında 2D-3D krossover temperaturu ( $T_{cr}=13.7K$ ) təyin edilmişdir. Daha sonra isə  $\varepsilon = 4\gamma$ ; burada  $\varepsilon = (T-T_c)/T_c$  və  $\gamma = (\xi_c(0)/d)^2$ , şərtlər daxilində

$$T_{cr} = T_c \{ 1 + 4(\xi_c(0)/d)^2 \} \quad (2)$$

düsturu əsasında hesablamalar aparılmış və laylararası qarşılıqlı təsir parametri hesablanmış ( $J=0,16$ ), və ( $\xi_0 = 1,98\text{Å}$ ) koherentlik uzunluğu qiymətləndirilmişdir.

**MİNNƏTDARLIQ.** Müəlliflər f.e.d. N.A.Abdullayevə Rusiya Elmlər Akademiyasının Bərk Cisim Fizikası İnstitutunda (Çernoqolovka ş.) aşağı temperaturalarda təcrübələrin aparılmasında köməklik göstərdiyinə görə öz dərin minnətdarlıqlarını bildirirlər.

- |  |   |
|--|---|
| [1] Y.Kamihara, T.Watanabe, M.Hirano and H.Hosono, J. Am. Chem. Soc. 130, 3296-3297 (2008)     | [6] C.C.Рагумов, С.А.Алиев, В.М.Алиев, Р.И.Селимзаде, АМЕА Xəbərləri, fizika-riy. və texn.elm. ser., 2(2006), 79-82 |
| [2] A.Subedi, L.Zhang, D. J. Singh, and M. H. Du, Phys. Rev. B 78, 134514 (2008)               | [7] L.G. Aslamazov and A.L. Larkin, Physics Letters, 6 (1968), 238-239  |
| [3] I.I.Mazin, D.J.Singh, M.D.Johannes and M.H.Du, Phys. Rev. Lett. 101, 057003 (2008).        | [8] K. Maki, Prog.Theor. Phys. 39 (1968), 897-901   |
| [4] I.A. Zaliznyak, Z.J. Xu, J.S. Wen, et.all. arXiv:1108.5968v2 [cond-mat.str-el] 1 Dec 2011. | [9] R.S. Tompson, Physical Review B1, (1970), 327-332   |
| [5] A.L. Soloviov, FNT, 28(2002),1138-1149   | [10] А.А.Варламов, Д.В. Ливанов, ЖЭТФ, 98 (1990), 584-592   |