

Bi₂Sr₂CaCu₂O_x ƏSASINDA QALIN TƏBƏQƏLİ İFRATKEÇİRİCİ PLYONKANIN ALINMASI VƏ TƏDQIQI

V.M. ƏLİYEV, Q.İ. İSAKOV, ¹C.Ə. RƏHİMOV, ²G.Ə. ƏLİYEVA, S.Z. DƏMİROVA

Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu, AZ 1073, Bakı ş. H.Cavid pr. 131

¹*Azərbaycan Tibb Universiteti, AZ 1022, Bakı ş. Bakıxanov küç. 23*

²*Elm və Təhsil Nazirliyinin Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, AZ 1025, Bakı ş. Khojalı pr., 30*

E-mail: v_aliev@bk.ru

Bi₂Sr₂CaCu₂O_x yuxarı temperaturlu ifratkeçirici əsasında alınmış plyonka onda əmələ gələn əlavə keçiriciliyi Aslamazov-Larkin nəzəri modeli əsasında BKSŞ nəzəri modelindən Boze-Eynşteyn kondensatı nəzəri modelinə keçidi nəzərə almaqla tədqiq edilmişdir. Tədqiq edilən ifratkeçirici materialın 2D fluktuasiya oblastından 3D oblastına krossover temperaturu (T_{cr}), əmələ gələn Kuper cütlərinin koherentlik uzunluğu (ξ_c) hesablanmışdır. Eyni zamanda əmələ gələn orta sahəyə yaxınlaşan kritik temperaturu (T_c^{mf}), İK keçid temperaturu (T_c), Ginzburq temperaturunu (T_G) da təyin edilmişdir.

Açar sözlər: ifratkeçiricilik, koherentlik uzunluğu, krossover temperaturu

DOI:10.70784/azip.2.2025111

GİRİŞ

Hal-hazırda müxtəlif üsullarla yüksək kritik parametrlərə malik ifratkeçirici (İK) plyonka nümunələrinin alınması məlumdur. Metaloksid plyonkaların stexiometrik tərkibə uyğun alınması üçün molekulyar-şüa epitaksiya üsulundan [1], keramik nişangahdan lazerlə uçurtmadan [2], diod tozlandırılmasından [3], yüksək tezlikli maqnetron tozlandırılmasından [4] və kimyəvi üsullardan müvəffəqiyyətlə istifadə edilərək qalın təbəqəli İK plyonkalar alınmışdır.

Bütün bu göstərilən üsullarla alınan İK təbəqələrin alınması mürəkkəb texniki hazırlıqla, eyni zamanda onun komponentlərinin xüsusi kimyəvi birləşmələrdən ibarət olması ilə xarakterizə olunur.

Son zamanlar, İK materialların kəşfindən indiyədək, nazik təbəqəli plyonkaların alınması ilə bərabər qalın təbəqəli (50-200 mkm) plyonkaların alınması üzrə də elmi işlər çap olunmuşdur. Onların alınma texnologiyası nazik təbəqəli plyonkaların alınmasından çox sadədir. Belə ki, onların alınması mürəkkəb texniki apparatur hazırlığı və komponentlərinin xüsusi kimyəvi birləşmələrdən ibarət olması tələb olunmur.

Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, trafaret üsulu ilə də müxtəlif ifratkeçirici strukturlar almaq olar.

Aşağıda müxtəlif üsullarla alınmış və tədqiq olunmuş Bi-Sr-Ca-Cu-O İK qalın təbəqəli materialları nəzərdən keçirək.

[5]-ci işdə trafaret möhürləmə üsulu ilə Bi-Sr-Ca-Cu-O əsaslı qalın İK plyonka alınmışdır. İfratkeçirici Bi-Sr-Ca-Cu-O plyonka almaq üçün onun komponentlərinin oksalat birləşmələrini və səthi aktiv agentini üzvi həllediciyə əlavə etməklə pasta hazırlanmışdır. Altıq kimi cilalanmış monokristallik MgO-dan istifadə olunmuşdur.

Nümunələr 890°C temperaturda bir saat termiki emal edilmiş və sonra 40 saat 870°C temperaturda yandırılmışdır. Trafaret üsulu ilə sintez edilmiş, qalınlığı 40 mkm olan plyonkanın İK keçidi iki keçidli olmuşdur (105K və 80K).

Bi-Sr-Ca-Cu-O əsasında [6] trafaret möhürləmə üsulu ilə qalın təbəqəli İfratkeçirici plyonka alınmışdır. Göstərilmişdir ki, alınmış İfratkeçirici plyonkanın

elektrik xassələri və kristallik strukturu altlığın materialından və qızdırılma temperaturundan çox asılıdır. Plyonka sintezi SrTiO₃ altlıq üzərində 850°C-də alınmış və keçid $T_c=68K$ temperaturda baş vermişdir.

Bi-Sr-Ca-Cu-O sistemi əsasında qalın İfratkeçirici plyonka [7] monokristallik MgO üzərində alınmışdır. Sintez komponentlərin altlıq üzərində sürənlə əritmə üsulu ilə aparılmışdır. Bi₂O₃, SrCO₃, CaCO₃, və CuO toz əsasında Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O_x, Bi₂Sr_{2,5}Ca_{2,5}Cu₄O_x, Bi₄Sr₃Ca₃Cu₄O_x tərkiblər hazırlanmış və asetonla qarışdırılaraq plyonka üzərinə çəkilərək 910-1050°C temperaturda 5dəqiqə ərzində qızdırılmışdır. Alınmış ərinti otaq temperaturuna qədər soyudulur. Alınmış plyonkanın qalınlığı 50-150 mkm olmuş, keçid temperaturu isə 85K olmuşdur.

[8]-ci işdə qalınlığı 40-60 mkm olan Bi_{1,9}Pb_{0,4}Sr₂Ca₂Cu₃O_x və Bi_{1,95}Pb_{0,6}Sr₂Ca₂Cu₃O_x İfratkeçirici plyonkalar alınmışdır. Sintez İfratkeçiricilərin stexiometrik tərkibləri əsasında CH₃(CH₂)₆OH həlledicisində qarışıq hazırlayaraq monokristallik MgO üzərinə çəkilərək 800-875°C temperaturda 5-50 saat qızdırılaraq aparılmışdır.

Təqdim olunan işin əsas məqsədi Bi₂Sr₂CaCu₂O_x ifratkeçirici material əsasında safir altlıq üzərində qalın təbəqəli ifratkeçirici plyonka alaraq onun fiziki xassələrinin təyiniidir.

EKSPERİMENTİN NƏTİCƏLƏRİ VƏ ONLARIN TƏHLİLİ

Qalın təbəqəli İK plyonka almaq üçün altlıq kimi safir seçilmişdir. Plyonkanın materialı kimi İK yarımfabrikat kimi Bi₂O₃, SrCO₃, CaCO₃, və CuO oksidlərdən istifadə etməklə Bi₂Sr₂CaCu₂O_x simtez edilmişdir.

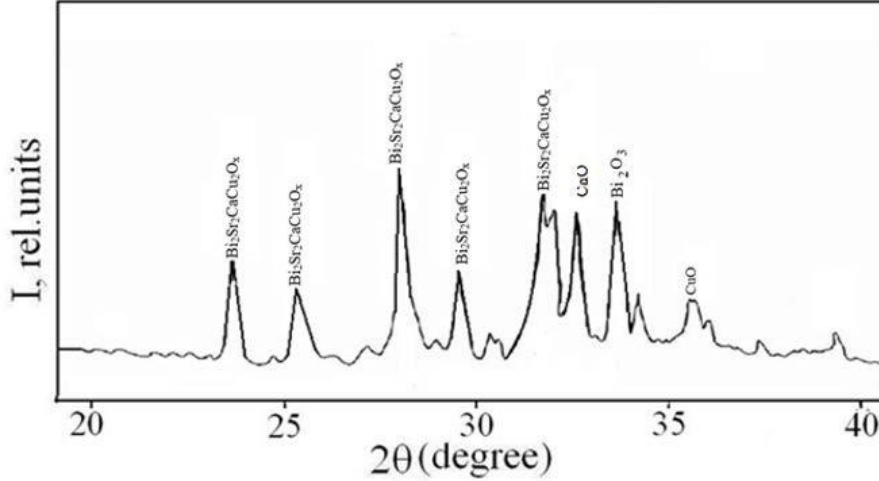
İfratkeçirici materialın oksidləri Bi₂O₃ işıraqı olmadan qarışdırılaraq preslənərək 5 saat ərzində 1173K temperaturda qızdırılmışdır. Sonra oksidlər qarışığının tərkibinə Bi₂O₃ əlavə edilərək 1123K temperaturda beş saat yandırılmışdır. Alınmış material plyonka almaq üçün istifadə edilmişdir.

Sintez olunmuş İK material safir üzərində qalın təbəqəli plyonka almaq üçün istifadə edilmişdir. Bunun

üçün alınmış Bi-Sr-Ca-Cu-O material aqat həvəngdəstədə əzilərək altlıq üzərində yerləşdirilərək $T=1373\text{K}$ temperaturda beş dəqiqə yandırılmışdır. Alınmış İK plyonkanın qalınlığı 50-100 μm olmuşdur.

Alınmış İK plyonkanın xüsusi müqaviməti dördzondlu üsulla sabit cərəyanda dördzondlu üsulla ölçülmüşdür.

Rentgenstruktur analiz üsulu ilə İK qalın plyonkanın alınması təsdiqlənmişdir (şəkil 1). Aparılmış rentgenstruktur analizin təhlili göstərmişdir ki, nümunə polikristal quruluşa malikdir və tərkibdə az miqdarda 2223 və 2201 ifratkeçiriciliyə malik fazalar da iştirak edir.



Şəkil 1. $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ ifratkeçirici materialın rentgenoqramması

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ İK PLYONKANIN ELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

Sintez edilmiş vismut əsaslı ifratkeçiricinin (a) və onun əsasında alınmış İK plyonkanın xüsusi müqavimətlərinin temperatur asılılığı şəkil 2-də göstərilmişdir. Nümunələrin xüsusi müqavimətləri 65-300K temperaturda dördzondlu üsulla ölçülmüşdür.

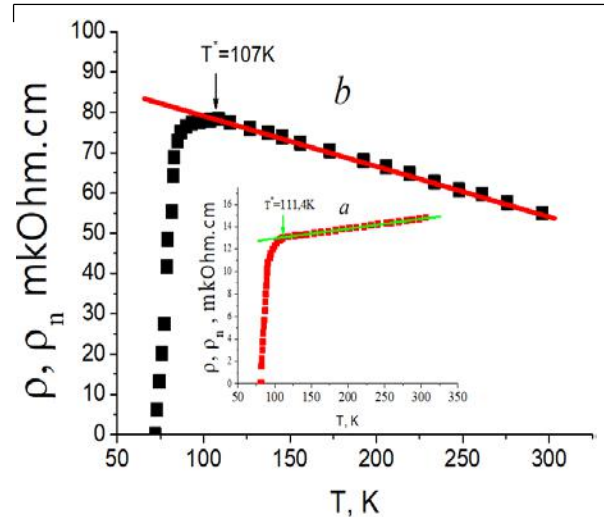
İkinci şəkildən görüldüyü kimi nümunələrin kritik temperaturları (T_c) müvafiq olaraq $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ İK material üçün 81,2 K, ondan istifadə etməklə alınmış İK plyonka üçün isə 71,1K olmuşdur.

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ əsasında alınmış ifratkeçirici plyonkanın (şəkil 2, a) xüsusi müqavimətinin $T^*=107\text{K}$ temperaturda düzxətlikdən çıxmasını bu temperaturda lokal cütlərin əmələ gəlməsi kimi qəbul edərək eksperimentdən alınan nəticələri əlavə keçiriciliyin aşağıdakı tənliyi ilə yəni kritik temperaturdan bir qədər yuxarıda keçiriciliyə fluktuasiya əlavəsi üsulu ilə analiz etmişik:

$$\Delta\sigma(T) = \rho - 1(T) - \rho_n - 1(T), \quad (1)$$

Əlavə keçiriciliyin ($\Delta\sigma(T)$) təhlili üçün $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ İK plyonkanın $\rho(T)$ asılılığında xüsusi müqavimət normal fazada ($T > T_c$) $\rho_n(T) = (\rho_0 + \kappa T + BT^2)$ ifadəsi ilə ekstrapolyasiya edilmişdir.

Bu nümunə üçün $\rho_0 = 85 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$, k əmsalı - 0,04 və $B = 0,00021$ olmuşdur. 2-ci şəkildə göstərilmiş düz xətt aşağı temperatur oblastına ekstrapolyasiya olunmuş $\rho_n(T)$ asılılığını göstərir [8, 9].



Şəkil 2. a- ifratkeçirici $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ -nin və b- ondan istifadə etməklə alınmış İK plyonkanın xüsusi müqavimətlərinin temperatur asılılığı.

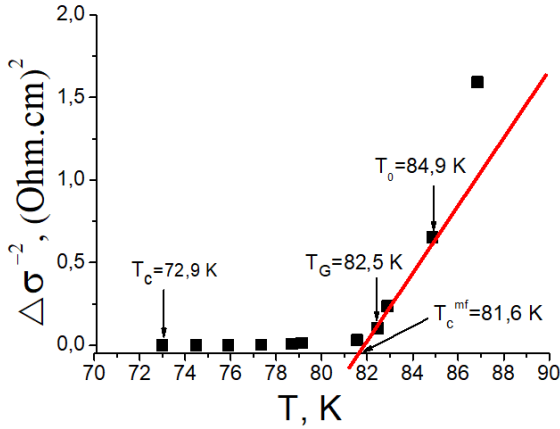
Fluktuasiya keçiriciliyini (FLK) lokal cütlər (LC) modeli əsasında [10] təyin etmək üçün lazımdır ki, kritik temperaturu yaxınlaşan orta sahədə təyin edilsin. Belə ki, fluktuasiya kritik temperaturun (T_c^{mf}) təyini fluktuasiya keçiriciliyinin analizi üçün lazımdır və aşağıdakı tənliklə hesablanır:

$$\varepsilon = (T/T_c^{mf} - 1) \quad (2)$$

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ İK material üçün fluktuasiya kritik temperaturun (T_c^{mf}) təyini temperatur asılılığından hesablanmış və 3-cü şəkildə göstərilmişdir.

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ polikristalın yuxarıda qeyd edilən üsulla ifratkeçiricilik

temperaturu- T_c , Ginzburq temperaturu- T_G [11] və 3D-2D temperaturu- T_0 təyin edilmişdir [12].



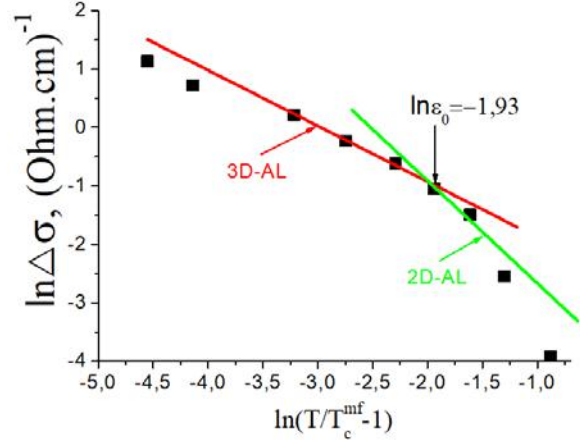
Şəkil 3. $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ nümunəsinin T_c^{mf} təyini əlavə keçiriciliyin tərs qiymətinin kvadratının $\sigma^2(T)$ temperatur asılılığından təyin edilmişdir. Oxlarla xarakterik temperaturalar T_c , T_G və T_0 göstərilmişdir.

Düz xətlər Aslamazov-Larkin nəzəriyyəsi əsasında hesablamaları göstərir.

$\sigma^2(T)-T$ asılılığı (T_c^{mf}) təyin etdikdən sonra $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ İK material üçün $\ln \Delta\sigma - \ln \varepsilon$ asılılığını qurmaq olar (şəkil 4).

Şəkildən görüldüyü kimi, (şəkil 4) kritik temperatur (T_c) yaxınlığında fluktuasiya keçiriciliyi fluktuasiyanı AL-3D sistemi üçün yaxşı zənginləşdirir. (3D-AL düz xəttinin mailliyi $\lambda = -1/2$ olur). Bu onu göstərir ki, klassik 3D FLK-yinin temperaturu kritik temperatura (T_c) yaxınlaşaraq həmişə ifratkeçirici kuprat yaradır [13, 14, 15]. 3D-2D temperaturundan (T_0) yuxarıda $\ln \Delta\sigma - \ln \varepsilon$ asılılığında maillik kəskin dəyişir. Belə asılılıq mailliyi ($\lambda_{2D} = -1$) 2D-AL və ($\lambda_{3D} = -0,5$) fluktuasiyasına uyğundur [16]. Eyni zamanda, $\ln \varepsilon$ -ni

təyin edərək (şəkil 4) Kuper cütlərinin c oxu istiqamətində koherentlik uzunluğunu $\zeta_c(0) = d\sqrt{\varepsilon_0}$ tənliyi ilə hesablaya bilərik. Tənlikdəki d $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ ifratkeçirici materiallar üçün 15 \AA -dir [17]. Hesablanmış Kuper cütlərinin koherentlik uzunluğu $5,71 \text{ \AA}$ olmuşdur.



Şəkil 4. $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ nümunəsinin əlavə keçiriciliyinin loqarifmasının $\ln(T/T_c^{mf}-1)$ asılılığı.

YEKUN

Beləliklə, belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, tədqiq etdiyimiz $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ ifratkeçirici plyonka $T \gg T_c$ şərti daxilində yükdaşıyıcı local cütlər yaratmağa malikdir.

Tədqiqat göstərdi ki, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ ifratkeçirici plyonkanın fluktuasiya keçiriciliyi kritik temperatura yaxınlığında Aslamazov-Larkin nəzəriyyəsi ilə yaxşı uzlaşır. 3D-2D krossover temperaturundan yuxarıda 2D-AL nəzəriyyəsi bu İK material üçün qəbul ediləndir.

[1] R.J. Spah, H.F.Hess, H.L.Stormer, K.T.Short. Appl. Phys. Lett., 1988, 53, №5, p. 441-443.
 [2] I. Frohingsdors, W.Zanger, B.Stritzrer. Solid. State Commun., 1988, 67, 10, p. 965-966.
 [3] H.C.Li, G.Linrer, I.Geerk. Appl. Phys. Lett., 1988, 52, № 13, p. 1098-1100.
 [4] I.Fuajtra, A.Ranuzy, T.Satoh. J. Appl. Phys., 1988, v. 64, № 3, p. 1292-1295.
 [5] T.Nakamori, H.Abe, Y.Takahashi, et al. Jap. J. Appl. Phys., 1988, pt 2, 27, 4, L649-L651.
 [6] T.Hashimoto, T.Kosaka, Y.Yoshida, et al. Jap. J. Appl. Phys., 1988, pt 2, 27, 3, p. L384-L386.
 [7] J.Kwo, T.C.Hsich, M.Hong, S.H.Hiou. Phys. Rev. B., 1987, № 7, p. 4039-4042.
 [8] N.Lchinose, H.Maiva. Preparation, Bull. Bismuth Inst., 1989, № 58, p.1-6.
 [9] V.M.Əliyev, A.N.Məmmədova, S.S.Rəhimov, R.İ.Səlimzadə, B.A.Tahirov. Azərb. MEA Xəbərləri, fizika, texn. və riy. Elm.Ser., 2, 36-41, 2016.

[10] Kl.W. Yeh, J.Y. Gan, and Y. Huang. J. Gryst. Growth 269, 505, 2004.
 [11] A. Kapitulnik, M. R. Beasley, C. Castellani, and C. Di Castro. Phys. Rev. B, 37, 537, 1988.
 [12] S. Hikami and A. I. Larkin. Mod. Phys. Lett. B 2, 693, 1988.
 [13] A.Л. Соловьев, В.М.Дмитриев. ФНТ, т.35, № 3, с.227-264, 2009.
 [14] Л.П.Козеев, М.Ю. Каменев, А.И. Романенко, О.Б.Аникеева, В.Е.Федоров. Материалы 6-й международной конференции «Кристаллы: рост, свойства, реальная структура, применение»: Александров, 8-12 сентября, 2003, Изд-во ВНИИСИМС.
 [15] P. G. De Gennes, Superconductivity of Metals and Alloys, W. A. Benjamin. INC., New York-Amsterdam, 1966, p. 280.
 [16] L.G. Aslamazov and A.I. Larkin, Phys. Lett. A 26, 238, 1968.
 [17] P.Villers, R.A.Doyle. J.Phys., Condens. Matter, 4, 9401, 1992.

V.M.Aliev, G.I.Isakov, J.A.Ragimov, G.A.Alieva, S.Z.Damirova

OBTAINING SUPERCONDUCTING $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ MATERIAL AND STUDYING ITS PHYSICAL CHARACTERISTICS

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ HTSC material of the resulting excess conductivity was studied taking into account the Aslamazov-Larkin theory with the transition from the BCS theory model to the theory of the Bose-Einstein condensate model. For the sample, the critical temperature in the mean field approximation (T_c^{mf}), the 3D-2D crossover temperature (T_D), the coherence length of Cooper pairs (ξ_c), were determined, the temperature T_c of the SC transition and T_G —the Ginzburg temperature—were determined.

В.М.Алиев, Г.И.Исаков, Дж.А.Рагимов, Г.А.Алиева, С.З.Демирова

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛСТОСЛОЙНОЙ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ ВТСП материале образовавшейся избыточной проводимости исследованы учитывая теории Асламазова-Ларкина с переходом из модели теории БКШ к теории модели конденсаты Бозе-Ейнштейна. Для образца были определены критическая температура в приближении среднего поля (T_c^{mf}), температура 3D-2D кроссовера ($T_{ск}$), длины когерентности куперовский пар (ξ_c), определены температура T_c СП перехода и T_G — температура Гинзбурга.

Qəbul olunma tarixi: 17.01.2025