

10. **Gonzalez-Liencres C, Tas C, Brown EC, Erdin S, Onur E, et al.** Oxidative stress in schizophrenia: a case-control study on the effects on social cognition and neurocognition. *BioMed Central* 2014;14: 268-288.
11. **Zhang XY, Chen DC, Tan YL, Tan SP, Wang ZR, Yang FD, et al.** The interplay between BDNF and oxidative stress in chronic schizophrenia. *Psychoneuroendocrinology* 2015;51:201-208.
12. **Zelko IN, Mariani TJ.** Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the Cu, Zn-SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2), and EC-SOD (SOD3) gene structures, evolution, and expression. *Free Radic. Biol. Med.* 2002;33(3):337-349.
13. **Landis GN.** Superoxide dismutase evolution and life span regulation. *Mech. Ageing Dev.* 2005;126(3):365-379.
14. **Gregory EM.** Superoxide dismutase and oxygen toxicity in a eukaryote. *J. Bacteriol.* 1974;117(2):456-460.
15. **Мерзляк МН.** Роль супероксидных анион-радикалов и синглетного кислорода в патологии мембран. Молекулярная патология мембранных структур. Биофизика 1975;5(72):165.
16. **Rotilio G.** A pulse radiolysis study of superoxide dismutase. *Biochim. et Biophys. Acta* 1972;268(2):605-609.
17. **Forman HJ.** On the stability to bovine superoxide dismutase. *J Biol Chem* 1973;248(8):2645-2649.
18. **Волыхина ВЕ, Шафрановская ЕВ.** Супероксиддисмутазы: структура и свойства. Вестник ВГМУ 2009;4:5-8
19. **Tuncel OK, Sarisoy G, Bilgici B, Pavantoglu O, Cetin E.** Oxidative stress in bipolar and schizophrenia patients. *Psychiatry Res* 2015;228(3):688-694.
20. **Pandya CD, Howell KR, Pillai A.** Antioxidants as potential therapeutics for neuropsychiatric disorders. *Prog Neuropharmacol Biol Psychiatry* 2013;46:214-223.

Հոդվածը ներկայացվել է տպագրության 26.08.2020 թ.,
 ուղարկվել է գրախոսության 08.09.2020 թ., ընդունվել է տպագրության 09.10.2020 թ.:

666.3

**ՋԵՆՄԱՍՇԱԿՄԱՍԲ ԽԹԱՆՎԱԾ ԷԼԵԿՏՐԱՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ
 ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ԷՎՈԼՅՈՒՑԻԱՆ ԿԱԶՄԻՆԱԿԱՆ ԲԱՐՁՐ ՋԵՆՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ
 ԳԵՆԶԱՂՈՐԴԻՉՆԵՐՈՒՄ**

ՄԵՐԳԵՑ ՆԻԿՈՂՈՍՅԱՆ

Ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու
 Ա. Ալիխանյանի անվ. Ազգային Գիտական Լաբորատորիա (Երևանի Ֆիզիկայի Ինստիտուտ)
 հիմնադրամ
nick@mail.yerphi.am

ԱԼԲԵՐՏ ՄԱՐԳՍՅԱՆ

Ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր
 ՀՀ ԳԱԱ գիտակրթական միջազգային կենտրոն
isec@sci.am

ԵՐԶԱՆԻԿ ՋԱՐԳԱՐՅԱՆ

Ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու
 ՀՀ ԳԱԱ գիտակրթական միջազգային կենտրոն
yerjanikzargaryan@gmail.com

Համառոտագիր

Ուսումնասիրվել է էլեկտրատրանսպորտային հատկությունների ժամանակային էվոլյուցիան $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ բարձրջերմաստիճանային գերհաղորդիչ բազմաբյուրեղներում հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանում՝ հաշվի առնելով (եկնելով) տեսակարար դիմադրության տրանսպորտային հոսանքից կախվածությունը $0.1\div 300$ mA միջակայքում: Հաստատվել է, որ ինչպես գերհաղորդիչ վիճակի անցման սկզբի T_c^{on} ջերմաստիճանը, այնպես էլ տեսակարար դիմադրությունը $r(78\text{K})$ ջերմամշակումից հետո անցած 2 տարվա ընթացքում ժամանակից կախված դրսևորում են ոչ մոնոտոն վարքագիծ, և ոչ միշտ են ընթանում համափուլ: Պարզվել է, որ այդ ընթացքում նմուշում դիտվել է տրանսպորտային հոսանքի մագնիսական դաշտով պայմանավորված դրական մագնիսադիմադրության: Սակայն ջերմամշակումից մեկ տարի անց, հոսանքների 22 mA $< I < 25$ mA միջանկյալ տիրույթում, դիտվել է նաև բացասական մագնիսադիմադրություն: Ստացված արդյունքները մեկնաբանվել են ելակետային նմուշներում միկրոսկոպիկ մակարդակով առկա և ջերմամշակումից հետո առաջացած անհամասեռ բաշխված գերհաղորդիչ և ոչ գերհաղորդիչ գոյացությունների վերաբաշխման մոդելի սահմաններում:

Բանալի բառեր և բառակապակցություններ

Բարձրջերմաստիճանային գերհաղորդիչ (ԲՋԳՀ), գերհաղորդչային (ԳՀ) անցում, ԳՀ անցման սկզբի ջերմաստիճան (T_c^{on}), տեսակարար դիմադրություն, մագնիսադիմադրություն:

ЭВОЛЮЦИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКАХ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, СТИМУЛИРОВАННЫХ ТЕРМООБРАБОТКОЙ

СЕРГЕЙ НИКОГОСЯН

кандидат физико-математических наук

Фонд Национальная научная лаборатория им. А. Алиханяна (Ереванский Институт физики)

nick@mail.yerphi.am

АЛЬБЕРТ САРКИСЯН

доктор физико-математических наук, профессор

Международный научно-образовательный центр НАН РА

isec@sci.am

ЕРДЖАНИК ЗАРГАРЯН

кандидат физико-математических наук

Международный научно-образовательный центр НАН РА

yerjanikzargaryan@gmail.com

Аннотация

Изучена временная эволюция электротранспортных особенностей в высокотемпературных сверхпроводящих кристаллах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ при температуре жидкого азота с учетом зависимости удельного сопротивления от транспортного потока в диапазоне $0.1\div 300$ mA. Установлено, что как температура начала перехода в сверхпроводящее состояние T_c^{on} , так и удельное сопротивление $r(78\text{K})$ в течение двух лет после термообработки в зависимости от времени проявляют немонотонное поведение и не всегда наблюдаются в той же фазе. Выяснилось, что за это время в образце наблюдалось положительное магнитное сопротивление, обусловленное магнитным полем транспортного потока. Однако через год после термообработки в промежуточном диапазоне потоков 22 mA $< I < 25$ mA наблюдалось отрицательное магнитное сопротивление. Полученные результаты прокомментированы в рамках модели перераспределения неоднородно

распределенных сверхпроводимых и несверхпроводимых образований, имеющих в исходных образцах на микроскопическом уровне и возникающих после термообработки.

Ключевые слова и фразы

Высокотемпературный сверхпроводник (ВТСП), сверхпроводящий (СП) переход, начало температуры СП перехода ($T_{c^{on}}$), удельное сопротивление, магнитосопротивление.

EVOLUTION OF ELECTRICAL TRANSPORTS PHENOMENA IN HIGH TEMPERATURE $YBa_2Cu_3O_x$ SUPERCONDUCTORS STIMULATED BY HEAT TREATMENT

SERGEY NIKOGHOSYAN

PhD in Physical and Mathematical Sciences

Yerevan Physics Institute

nick@mail.yerphi.am

ALBERT SARGSYAN

Doctor of Physics and Mathematics

International Scientific-Educational Center of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia

isec@sci.am

YERJANIK ZARGARYAN

PhD in Physical and Mathematical Sciences

International Scientific-Educational Center of NAS RA, Head of the Education Department

Abstract

Research has been conducted about the temporal evolution of the electric transport features of high-temperature superconducting polycrystals $YBa_2Cu_3O_x$ at liquid nitrogen temperature, taking into account the dependence of the resistivity on the transport current in the range 0.1 300 mA. It is stated that, as the temperature of the onset of the transition to the superconducting state T_{con} , the resistivity $r(78k)$ for two years after heat treatment, depending on time, show non-monotonic behavior and are not always observed in phase. It revealed that during this time, a positive magnetic resistance was observed in the sample due to the magnetic field of the transport current. However a year after heat treatment in the intermediate range of currents 22 mA $< I < 25$ mA negative magnetic resistance was observed. The results obtained are interpreted in the framework of the model for the redistribution of inhomogeneously distributed superconducting and non-superconducting formations, which is present in the initial samples at the microscopic level and arises after heat treatment.

Keywords and phrase

High-temperature superconductor (HTSC), superconducting (SC) transition, SC onset transition temperature ($T_{c^{on}}$), resistivity, magnetoresistivity.

Նախաբան

Բարձր ջերմաստիճանային գերհաղորդիչներում (ԲՋԳՀ) միկրոսկոպիկ մակարդակով գործող գերհաղորդականության մեխանիզմը դեռևս լիովին բացահայտված չէ [1]: Պարզվել է, որ համարյա բոլոր ԲՋԳՀ-ներում միկրոսկոպիկ մակարդակով առկա է կառուցվածքային դեֆեկտների անհամասեռ բաշխում [2]: Այդ բաշխումը զգալուն է խառնուրդային ատոմների տեղակայման, տարբեր ռեժիմներով ջերմամշակման, ինչպես նաև նրանցում թթվածնային ստեխիոմետրայի և բազմաբյուրեղի հատիկների չափերի

նկատմամբ [3-7]: Միկրոսկոպիկ անհամասեռությունների առկայությամբ է մեծապես պայմանավորված գերհաղորդիչներում այնպիսի երևույթների դրսևորումը, ինչպես օրինակ, ֆլուկտուացիոն հաղորդականությունը, փակոցոտին և Մեյսների պարամագնիսականությունը [1,7,8]: Ընդ որում ԲՁԳՀ շատ բնութագրեր վերոհիշյալ ազդակների հետևանքով դրսևոտում են խիստ անկայուն ժամանակային վարքագիծ [4-6]: Այդ վարքագծի առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունը ինչպես կիրառված արտաքին, այնպես էլ՝ սեփական մագնիսական դաշտում (տրանսպորտային հոսանքով պայմանավորված) կարող է լրացնել միկրոսկոպիկ մակարդակով գերհաղորդականության մեխանիզմի ձևավորման և կայունության մասին մեր ունեցած պատկերացումները [9-14]: Ցույց է տրվել, որ սինթեզից հետո սենյակային պայմաններում իտրիումային բազմաբյուրեղների երկարատև պահպանման ժամանակ, օդում եղած ջրային գոլորշիների հետ փոխազդեցության հետևանքով գերհաղորդչային հատիկների մերձակերևութային տիրույթում առաջանում է մինչև 20 nm հաստությամբ ամորֆ շերտ, ինչը բերում է գերհաղորդչային հատիկների չափերի նվազման և, հետևաբար, միջհատիկային տարածության հատկությունների փոփոխության [9-15]: Կատարված հետազոտությունները կարևոր են ինչպես նմուշների բնութագրերի սեփական և արտաքին դաշտերի նկատմամբ կայունության պարզաբանման, այնպես էլ նրանց նախնական արժեքների վերականգնման կամ բարելավման ուղիների հայտնաբերման առումով: Մեր կողմից հետազոտվել էր սինթեզումից հետո 30 տարի սենյակային պայմաններում պահված $YBa_2Cu_3O_x$ ԲՁԳՀ բազմաբյուրեղներում դիտվող փակոցոտիական ռեժիմների ձևավորման, ինչպես նաև նրանց գերհաղորդչային և նորմալ բնութագրերի վրա 400°C -ում կարճատև կրկնակի ջերմամշակման ազդեցությունը [7]: Ներկա աշխատանքի նպատակն է այդ ջերմամշակումից հետո անցած երկու տարվա ընթացքում $YBa_2Cu_3O_x$ նմուշներում խթանված էլեկտրատրանսպորտային և կրիտիկական բնութագրերի ժամանակային էվոլյուցիայի առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունը հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանում լայն տիրույթում փոփոխվող տրանսպորտային հոսանքի դեպքում:

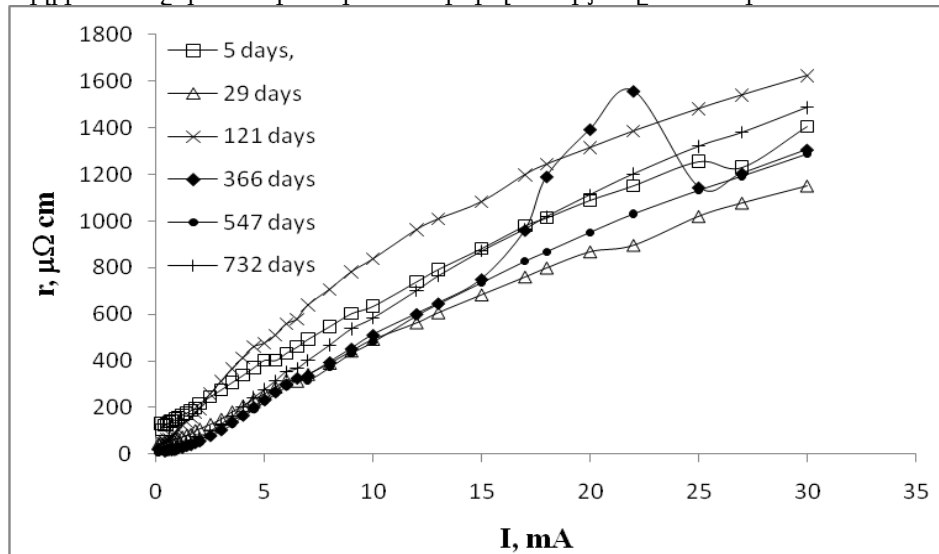
Փորձի իրականացման մանրամասներ

Հետազոտության համար ընտրվել են բազմաբյուրեղային $YBa_2Cu_3O_x$ նմուշները, որոնք սինթեզվել են սովորական ճանապարհով 10 ժամ 960°C -ում օդում տաքացնելու ճանապարհով [16,17] և սենյակային պայմաններում պահվել մոտ 30 տարի: Ռենտգենյան ֆլուորեսցենցիայի չափումները ցույց են տվել, որ այդ նմուշների մեջ բարիումի ատոմների կոնցենտրացիան ըստ կշռի մոտ 3-4 տոկոսով փոքր է 950°C -ում նախկինում սինթեզված նմուշների համեմատությամբ [16,17]: Այդ նմուշները 30 րոպե 400°C -ում օդում մեկանգամյա ջերմամշակումից հետո դանդաղ (3-4 աստիճան/րոպե) սառեցվել են մինչև սենյակային ջերմաստիճան և ստացվել են վոլտամպերային բնութագրերը: Որոշումից հետո այդ նմուշները կրկնակի ջերմամշակման ենթարկելուց հետո արագ (150-200 աստիճան /րոպե) սառեցվել են մինչև սենյակային ջերմաստիճան և պահվել մինչև 2 տարի: Պահպանման ժամանակների **ե**

ֆիքսված արժեքների համար (5, 7, 29, 121, 366, 547 և 732 օր) ջերմաստիճանի (78-290)K միջակայքում որոշվել է նմուշների տեսակարար դիմադրության ջերմաստիճանային կախվածության $r(T)$ կորերի ընտանիքը 10mA հաստատուն տրանսպորտային հոսանքի կիրառմամբ [7,16,17]: Հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանում տրանսպորտային հոսանքների I (0.1-300)mA միջակայքում նշված t_a ժամանակների համար որոշվել է տեսակարար դիմադրության տրանսպորտային հոսանքից կախվածության կորերի ընտանիքը Երկրի մագնիսական դաշտում: Ստացված $r(T)$ կորերից որոշվել են T_c^{on} և տեսակարար դիմադրությունը կախված պահման t_a ժամանակից: Նշենք նաև, որ ուսումնասիրվող նմուշները ունեցել են ուղղանկյուն զուգահեռանիստի տեսք հետևյալ չափերով՝ $4.7 \times 1 \times 1.2$ մմ³:

Ստացված արդյունքների քննարկումը

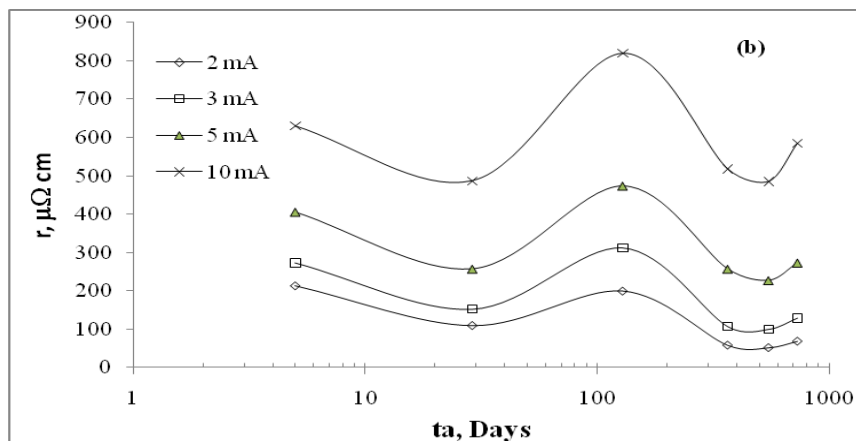
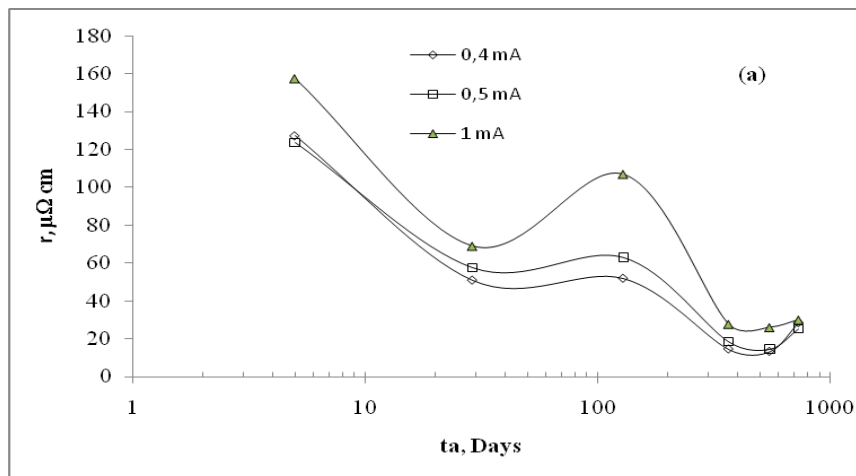
Նկ.1.-ում բերված է հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանում տեսակարար դիմադրության $r(78K)$ տրանսպորտային հոսանքից կախվածության կորերի ընտանիքը՝ ջերմամշակումից հետո պահպանման տարբեր t_a ժամանակների համար 5-ից մինչև 732 օր միջակայքում: Այդ կորերը բերված են հոսանքի (0.1-30) mA միջակայքի համար, քանի որ այդ դեպքում կորերի t_a -ից ոչ մոնոտոն կախվածության պատճառով փոխադարձաբար հատումները համեմատաբար քիչ են և նրանց տարբերակելն ու միմյանց հետ համեմատելը հեշտ է: Նկ.2-ում կիսալոգարիթմական մասշտաբով ներկայացված է ժամանակային փոփոխության $r(t_a)$ կորերի ընտանիքը, որը ստացվել է (Նկ.1)-ում բերված կորերից տրանսպորտային հոսանքների 0.4 մինչև 250 մԱ միջակայքի որոշ ֆիքսված արժեքների համար: Նկ. 3-ում պատկերված է նաև ցածր ջերմաստիճանային տեսակարար դիմադրության և Q_2 անցման սկզբի ջերմաստիճանի կախվածությունը պահման t_a

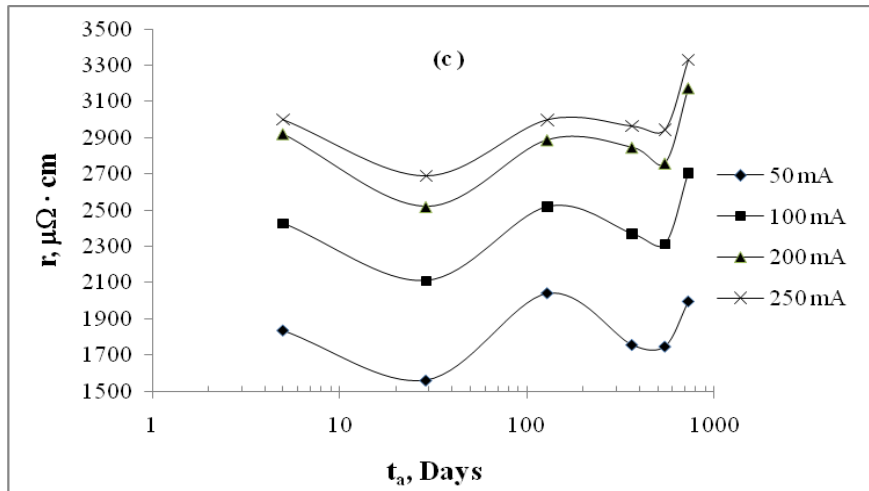


Նկ.1. Տրանսպորտային հոսանքից $r(78K)$ -I կախվածության կորերի ընտանիքը պահպանման տարբեր t_a ժամանակների համար

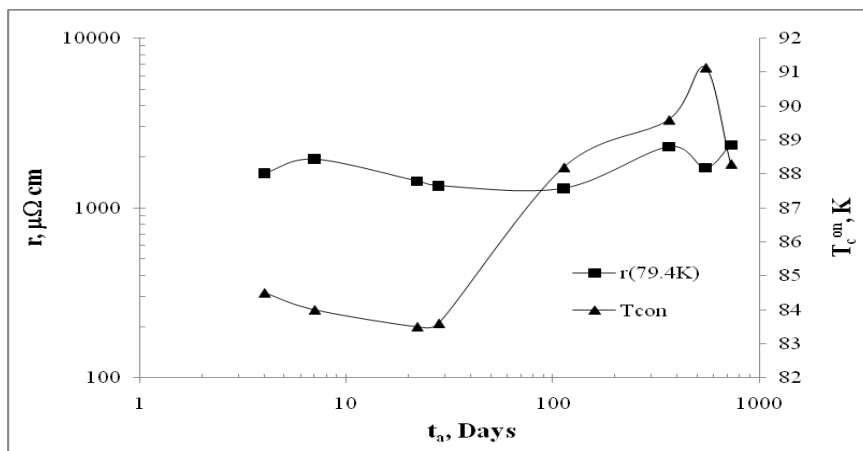
ժամանակից: Ինչպես պարզվում է (Նկ.1), ցանկացած ֆիքսված t_a արժեքի դեպքում, հոսանքի մեծացումը ուղեկցվում է $r(78K)$ -ի աճով, ինչը համանման է [9,11,13] աշխատանքներում դիտված դրական մագնիսադիմադրության երևույթին և պայմանավորված է նմուշի միջով անցնող հաստատուն հոսանքի սեփական մագնիսական դաշտով [9]: Նույն նկարից (Նկ.1) երևում է նաև, որ ֆիքսված t_a -ի համար դիտվող մագնիսադիմադրությունը հոսանքի փոքր արժեքների տիրույթում ավելի մեծ արագությամբ է աճում և հոսանքի մեծացմանը զուգընթաց այդ աճի արագությունը $r(I)$ -ը կախվածության կորի ածանցյալը, աստիճանաբար նվազում է դրսևորելով հագեցման միտում: Ֆիքսված հոսանքի շատ փոքր արժեքների դեպքում ($I < 1 \text{ mA}$) պահպանման t_a ժամանակից կախված տեսակարար դիմադրությունը հիմնականում նվազում է (Նկ.2a): Իսկ ավելի մեծ հոսանքների դեպքում առանձնանում են ժամանակային տիրույթներ, որտեղ դիտվում է ինչպես նվազում, այնպես էլ՝ աճ (տես նկ. 2): Հոսանքի մեծացմանը զուգընթաց $r(t_a)$ կորերը դրսևորում են հստակ արտահայտված տատանողական վարքագիծ, որի ամպլիտուդը բավականաչափ մեծ հոսանքների դեպքում նվազում է (նկ.2c), իսկ դանդաղ պրոցեսների տիրույթում, այսինքն՝ ավելի մեծ t_a արժեքների համար, դիտվում է տեսակարար դիմադրության հետագա աճ: Այս արդյունքը կարելի է բացատրել հետևյալ կերպ: Մեր նախորդ աշխատանքում ցույց ենք տվել, որ այս նմուշներում կրկնակի ջերմամշակումից հետո նույնիսկ հեղուկ ազոտում չի դիտվում 0-ական դիմադրություն, քանի որ արագ սառեցման հետևանքով առաջացած դեֆորմացիոն լարվածությունների պատճառով միջհատիկային կապերից շատերը խզվում են: Իդեալական վիճակում տարածական ցանցի դատարկ O5 թթվածնային հանգույցները ջերմամշակումից հետո զբաղեցվում են O1 դիրքում իրենց տեղը լքած թույլ կապված շարժունակ թթվածնի ատոմների կողմից [7]: Դրանից հետո նմուշը անցնում է փերքոլյացիոն (percolation) վիճակի նրանում առաջացած տարբեր չափերի գերհաղորդիչ և նորմալ կլաստերային գոյացությունների պատճառով: Այդ վիճակում գերհաղորդչային կլաստերների միջև եղած հաղորդակցման ճանապարհները շատ քիչ են, իսկ նրանց չափերը և նրանց միջև եղած հեռավորությունները զգալուն են տրանսպոտային հոսանքի նկատմամբ: Ուստի նույնիսկ ամենափոքր հոսանքների ($I < 1 \text{ mA}$) դեպքում լրիվ գերհաղորդականության վիճակ (0-ական դիմադրություն) չի դիտվում նույնիսկ հեղուկ ազոտում (Նկ.2a): Երկարատև ծերացած ելակետային նմուշներում Y-ի և Ba-ի ենթացանցներում առաջացած մեծ քանակությամբ դեֆեկտների առկայությունը բերում է նրան, որ ջերմամշակումից հետո T_c^{on} դանդաղ է նվազում (նկ.3) [7,18,19]: Այսպես, T_c^{on} մեկ ամսից հետո 84,5K-ից նվազում է ընդամենը 1K-ով, իսկ 1,5 տարի հետո (547 օր) անընդհատ աճելով, հասնում է 91K և 2 տարի հետո նվազում է մինչև 88,3K: Հայտնի է, որ բազմաբյուրեղային նմուշներում հատիկների միջին չափերի նվազումը խթանում է նրանցում անհամասեռությունների դրսևորումը [18]: Հայտնի է նաև, որ օդում իտրիումային միաբյուրեղների երկարատև ծերացումը կամ նրանց ցածր ջերմաստիճանային ջերմամշակումը նույնպես բերում է համանման երևույթի՝ տարբեր համաչափությամբ և կրիտիկական ջերմաստիճաններով միմյանց

շատ մոտ գերհաղորդչային փուլերի առաջացման [7,18-20]: Այսպիսի փուլերի համաժամանակյա գոյակցությունը պայմանավորում է նմուշում տրանսպորտային հոսանքի անհամասեռ բաշխվածություն [21-22], որն իր հերթին, կարող է հարուցել, ինչպես կարգավորման, այնպես էլ ապակարգավորման պրոցեսներ [11-13]: Այսպես, իտրիումային միաբյուրեղներում հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանում դիտվել է այնպիսի անոմալ երևույթ, ինչպիսին սեփական մագնիսական դաշտով ստեղծված մրրկային ցանցի անցումն է ապակարգավորման վիճակից կարգավորված վիճակի, ինչը բնութագրվում է տրանսպորտային հոսանքից տեսակարար դիմադրության կախվածության կորի վրա պիկի դրսևորմամբ [12]: Այդ պիկի առաջացումը կապում են նմուշում առկա կետային դեֆեկտներով պայմանավորված պինինգի ուժի փոփոխության հետ [12]: Մեր նմուշներում մեկ տարի (366 օր) հետո $r(I)$ կորի վրա 22մԱ հոսանքի դեպքում ի հայտ եկած լոկալ պիկը, հավանաբար, նույնպես կարելի է կապել դեֆեկտների նոր վերադասավորմամբ (Նկ.1):





Նկ. 2. $r(78K)$ -ի կախվածությունը ջերմամշակումից հետո անցած t_a ժամանակից



Նկ. 3. $r(79.4K)$ -ի և T_c^{on} -ի կախվածությունը ջերմամշակումից հետո անցած t_a ժամանակից

Սակայն մեր դեպքում այդ պիկը դիտվում է հոսանքի շատ ավելի փոքր արժեքների դեպքում, քանի որ բազմաբյուրեղային գերհաղորդիչները, ի տարբերություն միաբյուրեղայինի, պարունակում են շատ ավելի մեծ կոնցենտրացիայով դեֆեկտներ և անհամասեռություններ, ինչը նրանց դարձնում է ավելի զգայուն արտաքին ազդակների նկատմամբ, որը բերում է այդ պիկի շեղման դեպի սեփական մագնիսական դաշտերի ցածր արժեքների տիրույթ: Մյուս կողմից հոսանքի 22 mA < I < 25 mA տիրույթում (նկ.1, մեկ տարի անց) պիկից հետո դիտվող $r(78K)$ -ի զգալի նվազումը վկայում է նմուշում նաև բացասական մագնիսադիմադրության դրսևորման մասին [9,11,13] (Նկ.1): Վերջերս ստացված արդյունքները վկայում են այն մասին, որ բազմաբյուրեղային FQZ միացությունները իրականում կարելի է դիտել ոչ թե իբրև երկաստիճան, այլ բազմաստիճան համակարգեր, այսինքն՝ նրանցում գերհաղորդչային և

Էլեկտրատրանսպորտային բնութագրերը կիրառված արտաքին դաշտերից կախված կարող են դրսևորել բազմաստիճան անցումներ [14]: Քանի որ միկրոսկոպիկ մակարդակով առկա դեֆեկտների անհամասեռ բաշխումը պայմանավորում է կրիտիկան ջերմաստիճաններով միմյանց շատ մոտ ցածր ջերմաստիճանային գերհաղորդիչ փուլերի ձևավորումը, ապա մեր նմուշներում այդ փուլերից յուրաքանչյուրը կարող է դրսևորել իրեն հատուկ ժամանակային էվոլյուցիա՝ կախված տրանսպորտային հոսանքից [1,14]: Այսպիսի ենթադրությունը կարող է պայմանավորել մեր նմուշներում էլեկտրատրանսպորտային և կրիտիկական բնութագրերի ժամանակային փոփոխության դիտվող ոչ մոնոտոն և ոչ միշտ համափուլ վարքագիծը (Նկ.1-3): Նշենք նաև, որ էլեկտրատրանսպորտային և գերհաղորդչային հատկությունները պայմանավորված են տարածական ցանցի O1, O4 և O5 հանգույցներում գտնվող թթվածնի ատոմների կարգավորվածության աստիճանով [7]: Ընդ որում T_c^{on} -ն որոշվում է հիմնականում O4 հանգույցներում զբաղվածության չափով, իսկ հաղորդականությունը՝ բոլոր երեք հանգույցներում նրանց առկայությունից: Այդ պատճառով ջերմամշակումից հետո T_c^{on} -ի և r -ի ժամանակային փոփոխությունները կարող են ընթանալ ոչ համափուլ (Նկ.3): T_c^{on} -ի ժամանակային փոփոխության մեջ դիտվող արագ և դանդաղ բաղադրիչների առկայությունը կարելի է վերագրել նմուշում առկա, համապատասխանաբար, կարճ և երկար կլաստերային գոյացություններում ընթացող թթվածնային ատոմների դիֆուզիոն պրոցեսներին:

Ստացված երևույթների իրական պատճառների բացահայտման համար անհրաժեշտ է կատարել հետագա հետազոտություններ, որոնք կիրականացվեն ինչպես առանձին- առանձին տարբեր մեծության արտաքին և սեփական մագնիսական դաշտերի, այնպես էլ՝ դրանց միաժամանակյա կիրառմամբ:

Եզրահանգում

Ցույց է տրված, ԳՀ նմուշներում առաջանում են միկրոսկոպիկ մակարդակով անհամասեռ բաշխված գերհաղորդչային [10] և նորմալ վիճակի մետաստաբիլ դեֆեկտներ, որոնք խիստ զգայուն են կիրառված տրանսպորտային հոսանքների նկատմամբ և ժամանակի ընթացքում վերադասավորվելով, առաջացնում են տարբեր երևույթներ: Մասնավորապես դիտվում է տեսակարար դիմադրության և կրիտիկական ջերմաստիճանի ոչ մոնոտոն ժամանակային կախվածություն: Այդ երկու բնութագրերի ժամանակային փոփոխությունները ոչ միշտ են համափուլ ընթանում: Տեսակարար դիմադրությունը կիրառված տրանսպորտային հոսանքների համեմատաբար մեծ արժեքների դեպքում դրսևորում է հստակ արտահայտված տատանողական վարքագիծ: Կիրառված տրանսպորտային հոսանքի ազդեցության տակ դիտվում է նաև անոմալ մի երևույթ՝ մրրկային ցանցի անցում անկարգավորվածից կարգավորված վիճակի:

Ջերմամշակումից հետո նշված բնութագրերի (T_c^{on} , r) ժամանակային փոփոխությունների դրսևորած առանձնահատկությունները, հավանաբար, պայմանավորված են նրանով, որ օգտագործված են երկարատև ծերացած գերհաղորդչային նմուշներ, որոնցում միկրոսկոպիկ մակարդակով առկա են

մեծ քանակությամբ տարբեր գերհաղորդչային և նորմալ փուլեր: Այդպիսի նմուշները կարելի է դիտարկել իբրև միկրոկառուցվածքային անհամասեռությունների վարքագծի ուսումնասիրության համար մեծ հետաքրքրություն ներկայացնող օբյեկտներ: Ստացված երույթների հետագա մանրամասն ուսումնասիրությունը կնպաստի արտաքին դաշտերի նկատմամբ ավելի կայուն և կատարյալ բնութագրեր ունեցող գերհաղորդչային նյութեր սինթեզելու համար ուղիված աշխատանքներին:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. **Vovk R.V., Vovk N.R. and Dobrovolskiy O.V.** Aging effect on electrical conductivity of pure and Al-doped $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ single crystals with a given topology of planar defects. *Advances in Condensed Matter Physics*, v. 2013, Article ID 931726, 7 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/931726>.
2. **J C Phillips, A Saxena and A R Bishop**, Pseudogaps, dopants, and strong disorder in cuprate high-temperature superconductors, *Rep. Prog. Phys.* 66 (2003) 2111–2182.
3. **Самойлов М.И., Сухов В.А, Рахманов А.Л.** Метастабильные фазы в пленках YBCO, создаваемые кратковременными отжигами, *ФТТ*, 2003, т. 45, вып. 1, с. 17-21.
4. **Veal B.W., Paulikas A.P., Hao Shi, Fang Y., and Downey J. W.** Observation of temperature-dependent site disorder in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ below 150°C, *Phys. Rev. B*, 1990, v. 42, 6305-6316.
5. **Jorgensen J.D., Pei Shiyu, Lightfoot P., Shi Hao, Paulikas A.P. and Veal B.W.** Time-dependent structural phenomena at room temperature in quenched $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.41}$ local oxygen ordering and superconductivity, *Physica C*, 1990, v.167, pp. 571-578.
6. **Shaked H., Jorgensen J.D., Hunter B.A., Hitterman R.L., Paulikas A.P. and Veal B.W.** Local ordering and charge transfer during room-temperature annealing of quenched tetragonal $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.25}$, *Physical Review B*, 1995, v.51, N1, pp.547-552.
7. **S.K. Nikoghosyan, E.G. Zargaryan, A.G. Sargsyan**, Features of Electric Transport Properties Stimulated by Short-Term Heat Treatment in High-Temperature $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ Superconductors After Their Long Storage, *National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, International Scientific-Educational Centre, Kachar Scientific Periodical, Yerevan, "Nairi"*, 2019, 7-18
8. **A.K. Gaim, S.V. Dubonos, J.G.S.Lok et.al.**, Paramagnetical Meissner effect in small superconductors, *Nature*, 1998, v. 396, pp. 144-146
9. **M. T. Gonza'lez, S. R. Curra's, J. Maza, and F. Vidal**, Voltage asymmetry in the current-voltage characteristics of granular $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ at very low magnetic fields, *PHYSICAL REVIEW B*, VOLUME 63, 224511 (2001)
10. **Ю.И. Кузьмин**, Электрическое поле, индуцируемое транспортом вихрей в перколяционных сверхпроводниках, *ФТТ*, 2016, т.58, в.10, сс. 1879-1885
11. **Dos Santos C.A., da Luz M.S., Ferreira, Machado A.J.S.** On the transport properties in granular or weakly coupled superconductors, *Physica C*, 2003, v. 391, pp. 345-349.
12. **Ю.Т. Петрусенко**, Статистический и динамический переход порядок-беспорядок вихревой решетки в кристаллах YBaCuO : влияние точечных дефектов, анизотропии, температуры и магнитного поля, *Физика низких температур*, 2010, т.36, N1, с. 131-136.
13. **Т.В. Сухарева, В.А. Финкель**, Вклад сверхпроводящих и межгранульных границ в магнитосопротивление керамических ВТСП $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ в слабых магнитных полях, *ФТТ*, 2010, т. 52, в. 8, с.1479-1485.

14. **Х.Р. Ростами**, Физические процессы в высокотемпературных сверхпроводниках на границе раздела вихревых и мейснеровских областей, ФТТ, 2013, т. 55, в.9, с.1677-1690.
15. **Zhaor Rupeng, M. J. Goringe, S. Myhra and P. S. Turner**, Transmission electron microscopy and high-resolution transmission electron microscopy studies of the early stages in the degradation of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ superconductor in water vapour, Philosophical Magazine, 1992, Vol.66, No. 4, 491-506
16. **S.K. Nikoghosyan, V.V. Harutunyan, V.S. Baghdasaryan, E.A. Mughnetsyan, E.G. Zargaryan and A.G. Sarkisyan**, Effect of direct transport current and heat treatment on resistive properties of bismuth-based ceramic high-temperature superconductor oxide materials of various compositions, Solid State Phenomena Vol. 200 (2013) pp 267-271.
17. **S.K. Nikoghosyan et al**, The effect of aging on the superconducting transition temperature and resistivity of Y-Ba-Cu-O ceramics after high temperature treatment, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 49 (2013) 012042, doi:10.1088/1757-899X/49/1/012042
18. **Мамсурова Л.Г., Питальский К.С., Трусевич Н.Г. и др.** Усиление псевдощелевых аномалий в ВТСП $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.93}$ под влиянием наномасштабной структурной неоднородности, Письма в ЖЭТФ, 2015, т. 102, вып. 10, с.752-758.
19. **L. G. Mamsurova, N. G. Trusevich, S. Yu. Gavrilkin, A. A. Vishnev, L. I. Trakhtenberg**, Peculiarities in the low-temperature specific heat related to nanoscale structural inhomogeneity in fine-crystalline $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.93}$ high- T_c superconductors, JETP Letters, 2017, V. 105, Issue 4, pp 241-245.
20. **Блинова Ю.В., Титова С.Г., Сударева С.В., Романов Е.П.** Механизм термического распада нестехиометрического соединения $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.8}$, Физика твердого тела, 2009, том 51, вып. 6, с.1041-1045
21. **Прокофьев Д.Д.**, Распределение магнитного поля, созданного током, протекающим по пластине, находящейся в сверхпроводящем и нормальном состоянии, ФТТ, 2006, т. 76, вып.6, с. 1-8.
22. **M.Yu. Kupriyanov et al**, Anisotropic distributions of electrical currents in high- T_c grain-boundary junctions, Pis'ma v ZhETF, 2012, v.95, N6, pp.317-322

Հոդվածը ներկայացվել է տպագրության 01.07.2020 թ.,
 ուղարկվել է գրախոսության 17.09.2020 թ., ընդունվել է տպագրության 09.10.2020 թ.: