

Djurayev Davron Rahmonovich
Buxoro davlat universiteti professori

Turayev Akmal Atayevich
Buxoro davlat universiteti dotsenti

Turayev Ozodjon G'ayrat o'g'li
Buxoro davlat universiteti tayanch doktoranti

E mail: ozodjonturayev@gmail.com

UO'K: 538.945.9

YBCO-(123) KUPRATI KRITIK PARAMETRLARINING STATISTIK TAHLILI VA KRISTAL PANJARA TUZILISHI

Annotatsiya: Maqolada yuqori haroratli o'ta o'tkazgich (YHO'O') kupratlar oilasiga kiruvchi Ittriy asosli YBCO (123) kupratining olinish texnologiyalari va uning kritik parametrlari haqida so'z boradi. Bunda dunyo olimlarining shu namunani o'rganish yuzasidan olgan natijalari tahlili va bizda mavjud natijalar taqqoslandi. Y-123 kupratini tadqiq qilish bo'yicha oxirgi 10 yillik xalqaro ilmiy manbalarda chop etilgan maqolalar xronologiyasi ishlab chiqildi. $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ formula asosida olingan namunalarda δ ning qiymati o'zgarish kristall panjara tuzilishiga ta'siri manbalar tahlili asosida ifodalandi. YBCO namunaning elektrofizik xossalari o'rganildi.

Kalit so'zlar: YHO'O', YBCO, Qattiq holatdagi reaksiya, Raman spektroskopiyasi, kristall panjara, maglev, Miessner effekti.

Джураев Даврон Рахмонович
Профессор Бухарского государственного университета

Тураев Акмал Атаевич

Доцент Бухарского государственного университета

Тураев Озоджон Гайратович

Докторант Бухарского государственного университета

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ YBCO-(123) КУПРАТА

Аннотация: В статье рассказывается о технологии производства купрата YBCO(123) на основе иттрия, относящегося к семейству купратов высокотемпературных сверхпроводников (ВТС), и его критических параметрах. При этом был сопоставлен анализ результатов, полученных учеными мира по изучению данного образца, и имеющихся у нас результатов. Разработана хронология статей, опубликованных в международных научных источниках за последние 10 лет по исследованию купрата Y-123. На основе анализа источников выражено влияние изменения величины d на структуру кристаллической решетки в образцах, полученных по формуле $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. Были изучены электрофизические свойства образца YBCO.

Ключевые слова: ВТС, YBCO, Твердофазная реакция, Рамановская спектроскопия, кристаллическая решетка, маглев, эффект Мисснера.

Djuraev Davron Rakhmonovich

Professor of Bukhara State University

Turaev Akmal Atayevich

Associate Professor of Bukhara State University

Turaev Ozodzhon Gayratovich

Doctoral student of Bukhara State University

STATISTICAL ANALYSIS OF CRITICAL PARAMETERS AND CRYSTAL LATTICE STRUCTURE OF YBCO-(123) CUPRATE

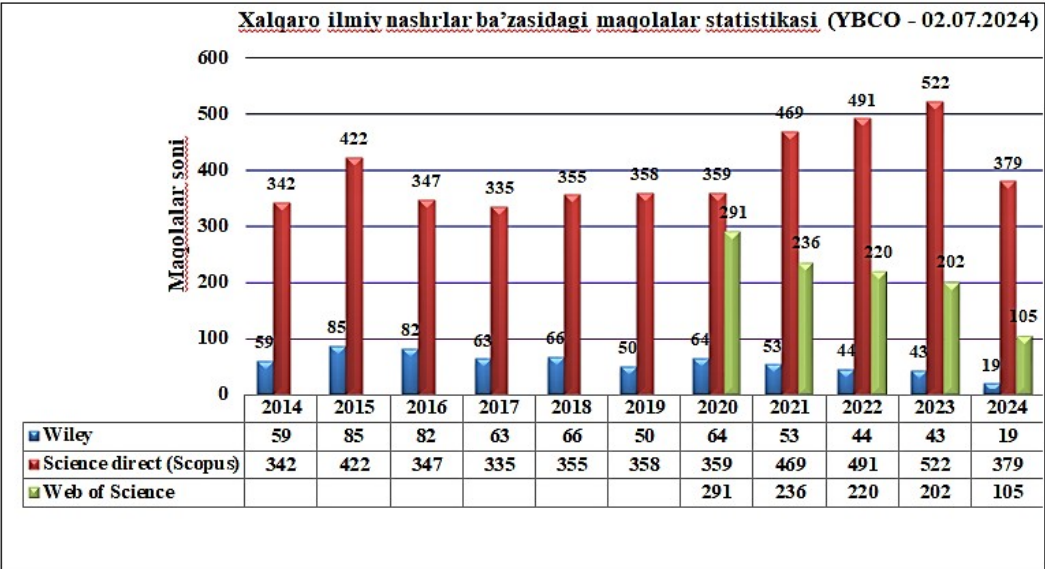
Abstract: The article describes the technology of producing yttrium-based YBCO(123) cuprate, which belongs to the family of high-temperature superconductor (HTS) cuprates, and its critical parameters. At the same time, the analysis of the results obtained by scientists around the world in studying this sample was compared with the results we have. A chronology of articles published in international scientific sources over the past 10 years on the study of Y-123 cuprate was developed. Based on the analysis of sources, the effect of changing the d value on the structure of the crystal lattice in samples obtained according to the formula $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ was expressed. The electrophysical properties of the YBCO sample were studied.

Keywords: HTS, YBCO, Solid-state reaction, Raman spectroscopy, crystal lattice, maglev, Missner effect.

1. Kirish. Hozirgi kunda yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlar (YHO'O') kontaktsiz magnit podshipniklar, magnit yostoqli tezyurar poyezdlar (Maglev) va energiyasini saqlash tizimlari va boshqalar kabi turli xil sohalarda qo'llaniladi. Vertikal yo'nalishdagi magnit levitatsiya kuchi Maglev tizimlarining yuklash qobiliyatini va barqarorligini oshirish uchun yon tomondagi yo'naltiruvchi kuchni oshirish kerak. Biroq, bu Maglev tizimining narxining oshishiga olib keladi, chunki bu tizimlarning asosiy narxi shaharlar yoki mamlakatlar o'rtasida kilometrlab masofada PMG qurishdir. Magnit kuch xususiyatlarini oshirishning yana bir usuli - bu YHO'O' ning o'ta o'tkazuvchanlik xususiyatlarini yaxshilashdir. So'nggi yillarda yuqori kritik oqim zichligi va oqimlarni ushlab turish qobiliyati tufayli Maglev tizimlarida YHO'O' sifatida YBCO kuprat o'ta o'tkazgichlarining qo'llaniladi.

2, Eksperimental usullar

Ittriy asosli kupratlarni (YBCO yoki Y-123) tadqiq qilishdan oldin, bunday turdagi namunalarni dunyo olimlari tomonidan o'rganilish holati adabiyotlar tahlili orqali aniqlandi. Buning uchun xalqaro ilmiy nashrlar ba'zalari statistik tahlili o'rganildi (1-rasm).



1-rasm. YBCO kupratini tadqiq qilish bo'yicha xalqaro ilmiy jurnallardan chop etilgan maqolalarning oxirgi 10 yillik statistikasi (02.07.2024 holatida).

Mazkur diagrammada Science direct, Wiley va Web of Science ilmiy adabiyotlar ro'yxatida mavjud maqolalarning yillar bo'yicha nashrlar soni keltirilgan. Har bir yil bo'yicha o'zgarish dinamikasiga ko'ra Wiley va Web of Science ilmiy adabiyotlar ro'yxatida mavjud jurnallarda chop etilgan maqolalarning soni yillar kesimida katta o'zgarishsiz kamayib borayotganini ko'rishimiz mumkin. Lekin Scopus ba'zasida indekslangan jurnalalarda chop etilayotgan maqolalar soni 2017 – yildan boshlab faqat o'sib borayotgani ko'rish mumkin, bu sohada olib birilayotgan ishlar ko'лами sezilarli oshganini ko'satadi. 2023 – yilning o'zida 522 ta 2024 – yilning II choragi yakuni bo'yicha 379 ta maqolaning chop etilgani esa soha dolzabrligi va ahamiyatini yana oshayotganligini bildiradi.

2.1. YBCO kupratini sintezlash usullari

Kupratlar olishning bir qancha usullari bo'lgani kabi YBCO ni sintezlashning ham bir qancha usullari mavjud:

- Qattiq holatdagi reaksiya usuli (Solid-State Reaction Method);
- Sol-Gel usuli (Sol-Gel Method);
- Kimyoviy nam usul (Chemical Wet Method);
- Eritmani cho'ktirish usuli (Melt-Quench Method);

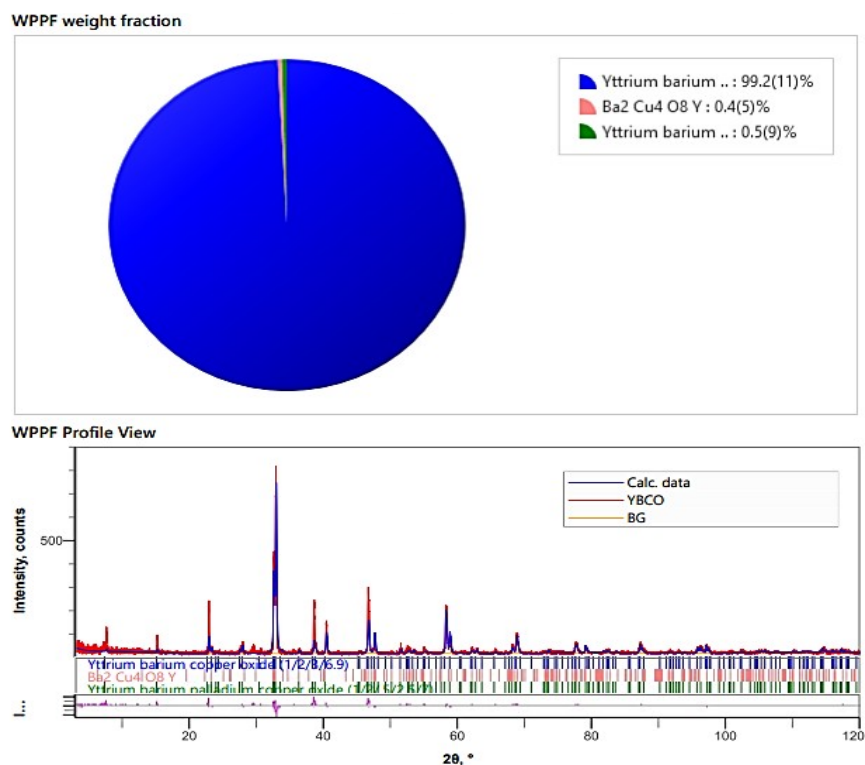
Biz YBCO namunni sintezi uchun qattiq fazali reaksiya usulini tanladik, Kupratlarni sintez qilish uchun an'anaviy qattiq holat reaksiyasi yo'nalishi tegishli metall oksidlari yoki karbonatlarini maydalash va keyin kationlarning interdiffuziyasini ta'minlash uchun yuqori haroratda kaltsiylash orqali aralashtirishdan iborat. Kimyoviy reaksiya sekin kinetik tezligi bilan ajralib turadigan ionlarning qattiq holatda tarqalishi orqali sodir bo'ladi. Aralash darajasi va chang zarrachalarining o'lchamlari alohida ahamiyatga ega. Reaksiya dastlabki komponentlar orasidagi aloqa nuqtalarida boshlanadi va YBa_2 mahsulot fazasi orqali ionli interdiffuziya bilan ketma-ket davom etadi. Qisqa diffuziya yo'llari tufayli dastlabki reaksiya tezdir, ammo keyingi reaksiya sekinroq davom etadi. Ko'p hollarda bir qator kiruvchi bosqichlar paydo bo'ladi. Shunday tartibda kupratning makromolekulyar kristall parjarasi shaklanadi [1].

Ittriyl asosli kupratlarni olishda kalsinlash harorati hamda kritik parametrlari o'rganildi. Quyidagi jadvalda belgilangan tartibda joylashtirilgan.

1-jadval. YBCO namunalar kritik parametrlari tahlili

№	Tarkibi (YBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ})	Panjara parametrlari			V (Å ³)	δ	Calc. t,(°C)	T _c (K)	ΔT	Manba
		a, (Å)	b, (Å)	c, (Å)						
1	YBa ₂ Cu ₃ O _{6.92}	3.8	3.9	11.7	173.394	0.08	920	90	3.5	[3]
2	YBa ₂ Cu ₃ O _{6.9}	3.8227	3.8872	11.6802	173.563	0.1	920	91.95	5.45	[4]
3	YBa ₂ Cu ₃ O _{6.4}	3.82	3.89	11.67	173.414	0.6	910	90	3	[5]
4	YBa ₂ Cu ₃ O _{6.72}	3.831	3.8502	11.6809	172.295	0.28	850	91.68	5.48	[6]
5	YBa ₂ Cu ₃ O _{6.71}	3.825	3.887	11.671	173.522	0.29	950	93	11	[7]
6	YBa ₂ Cu ₃ O _{6.84}	3.806	3.882	11.6789	172.554	0.16	950	93.5	4.5	[8]
8	YBa ₂ Cu ₃ O _{6.92}	3.8224	3.8941	11.6858	173.941	0.08	940	100	12	

Mazkur jadvalda YBCO (123) kupratining kristall panjara o'lchamlarining kritik parametrlariga bog'lanishi keltirilgan. Bunda turli davlatlarda dunyo tadqiqotchilarining olgan natijalari tahlil qilindi. Jadvalda δ ning qiymati kamayib brogan sari namuna kritik harorati T_c oshib boryotganini ko'rish mumkin. Nazariy ma'lumotlarga qaraganda $0 \leq \delta \leq 1$ qiymatlarni qabul qiladi. Agar $\delta=0$ bo'lsa kristall panjara tetragonal shaklda bo'lib, bunda namuna yarim o'tkazgichlarga xususiyatlarni namoyon qiladi. Agar $\delta=1$ bo'lganda kristall panjara ortorombik bo'ladi va bu o'ta o'tazuvchanlik hosil bo'lishi uchun kerak bo'lgan shakldir. δ ning nolga yaqin qiymatlarni qabul qilishida kristall panjara hajmi ham maksimal qiymatlarni qabul qiladi. Hajm kattalashganda tok tashuvchilar uchun harakat maydonining kengligi hisobidan kritik harorat qiymati ham oshib boradi. Bizning tadqiqotimiz natijasida ham jadvalda keltirilgan kristall panjaraning eng katta hajmda shakllanganini ko'rish mumkin, shuning uchun ham eng yuqori kritik harorat $T_c=100\text{ K}$ ga erishildi.



2-rasm. YBCO-(123) namuna tarkibini miqdoriy tasdiqlash.

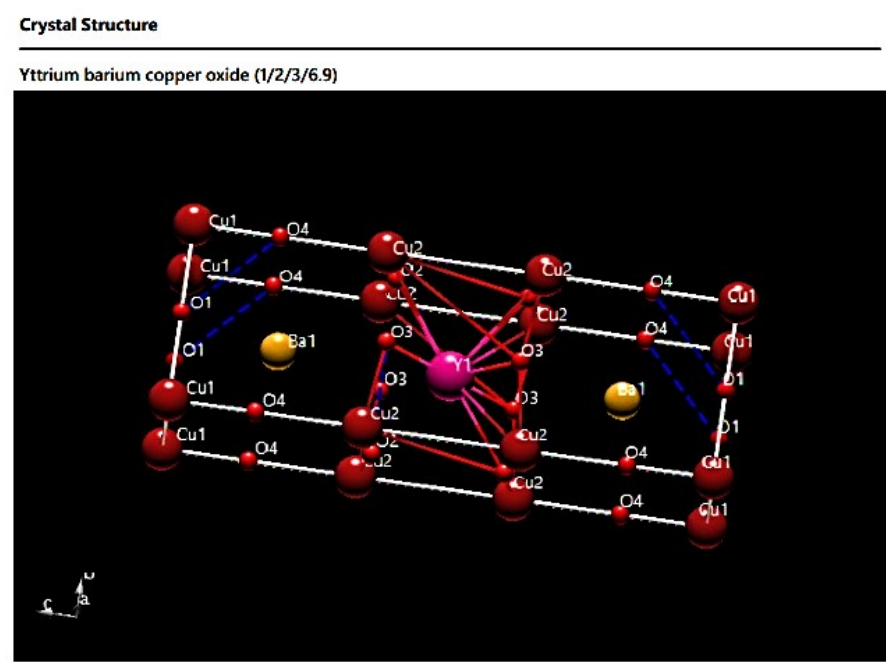
Olingan natijamizda namunaning $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ formula asosida 99,21 % miqdorda toza ekanligi tasdiqlandi. Namunaning ba'zi qismlarida umumiy 0.45 % ga strukturaviy o'zgarish, hamda 0.59% ga palladiy elementi ko'ringan. Lekin bu oz miqdordagi kamchilliklar namunaning o'tkazuvchanligiga salbiy ta'sir qilmagan.

2-jadval. YBCO - (123) namunaning kristall panjara parametrlari.

WPPF analysis results	
Phase / Dataset	YBCO
Yttrium barium...	
Weight frac...	0.5(9)
a, Å	3.89414
b, Å	3.82238
c, Å	11.68581
α, °	90.000
β, °	90.000
γ, °	90.000
Lattice volu...	173.942
Size, Å	0.0
Strain, %	0.064(6)

Biz sintez qilgan $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.92}$ namunaning kristall panjara parametrlarini Rentgen strukturaviy tahlil usuli yordamida aniqlandi. Natijalar yuqoridagi jadvalda keltirilgan. Natijalardan ma'lum bo'ladiki, namunamiz ortorombik

tuzilishga ega. Bu esa oʻta oʻtkazgich boʻlish uchun zaruriy omil hisoblanadi. Uni quyidagi rasmda ham koʻrish mumkin. (3-rasm)



3-rasm. YBCO-(123) kristall panjarasining RST da koʻrinishi

Kristall panjara koʻrinishi ortorombik shaklangan, hajm jihatdan maksimal darajada kattalashgan holda tuzilgan. Oʻta oʻtkazuvchanlik kristall panjarada Y atrofidagi CuO qatlamida sodir boʻladi. Kristall panjara tugunlaridagi atomlarning koordinata oʻqlari boʻyicha joylashuvi quyidagi jadvalda keltirilgan. (3-jadval).

3-jadval. YBCO kristall panjarasining parametrlari va atomlar orasidagi masofa.

Structure parameters

Element	x	y	z	Occ.	B	Charge	Multiplicity	Valence
Y1(Y)	0.500000	0.500000	0.500000	1.000	0.726	0	1	0.000
Ba1(Ba)	0.500000	0.500000	0.183930	1.000	0.979	0	2	0.000
Cu1(Cu)	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.908	0	1	0.000
Cu2(Cu)	0.000000	0.000000	0.355010	1.000	0.726	0	2	0.000
O1(O)	0.000000	0.500000	0.000000	0.910	0.908	0	1	0.000
O2(O)	0.500000	0.000000	0.378190	1.000	0.816	0	2	0.000
O3(O)	0.000000	0.500000	0.376930	1.000	0.655	0	2	0.000
O4(O)	0.000000	0.000000	0.158400	1.000	1.005	0	2	0.000

Jadvalda YBCO-(123) kristall panjarasidagi har bir atomning x, y, z oʻqlari boʻyicha koordinata qiymatlari keltirilgan. Bu qiymatlar namuna kristall panjarasi tarkibiy qismlari hisoblangan atomlarning fazoviy joylashishini ifodalaydi.

3-jadval. Kristall panjara atomlari orasidagi masofa.

Distance

Bond Def.	Distance, Å
Y1-Cu2(x,1+y,z)	3.21160
Y1-Cu2(1+x,y,z)	3.21160
Y1-Cu2(1+x,1-y,1-z)	3.21160
Y1-Cu2(x,1-y,1-z)	3.21160
Y1-Cu2(1+x,-y,1-z)	3.21160
Y1-Cu2(1+x,1+y,z)	3.21160
Y1-O2(x,1+y,z)	2.41165
Y1-O2	2.41165

Jadvalda kristall panjaraning markaziy atomi bo'lgan Y va uning atrofida joylashgan atomlar orasidagi masofa keltirilgan. Bunda Y dan Cu atomlari bir xil masofada joylashganligini ko'rish mumkin.

Xulosa

Tadqiqot natijasida kristall panjaraning to'g'ri shakllanishi sinterlash va kalsinlash haroratiga bog'liq ekanligi kelib chiqdi. Shuning uchun biz namunani 940°C da sinterlab, keyin uni xona haroratigacha asta-sekinlikda 16 soat davomida sovutdik. Shunda namuna strukturaviy tuzilishi 99.21% ga to'g'ri shakllangani kuzatildi.

Namuna kristall panjarasi ham ortonombik shakllanganligi ham yuqoridagi jadvallarda keltirildi. Bu esa YBCO-(123) namuna o'ta o'tkazuvchanlik xossasining asosiy omili hisoblanadi. Kristall panjara hajmining dunyo natijalariga nisbatan kattaroq qiymatlarni qabul qilgani ham namunamizdagi kritik haroratning ko'tarilishiga ya'ni $T_c=100\text{ K}$ gacha ko'tarildi. Bu esa dunyo olimlari olgan natijalardan 5-6 K ga yuqori harorat hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

[1] A. Buekenhoudt, A. Kovalevsky, Ir J. Luyten, F. Snijkers, "Basic Aspects in Inorganic Membrane Preparation" Comprehensive Membrane Science and Engineering Volume 1, 2010, Pages 217-252

- [3] Achal Duhoon, V.P. Awana, “Synthesis and Characterization of Pure Yttrium Barium Copper Oxide (YBCO)”, Amity Institute of Applied Sciences Amity University, Sector 125, Noida (Uttar Pradesh) -201303 (INDIA) JULY 2014.
- [4] Prof. D. Behera, “Synthesis and Characterization of YBCO/CNT Composite”, Department of Physics and Astronomy National Institute of Technology Rourkela – 769008.
- [5] Tanveer Wani, Budigi Prabhakar, “Crystal structure visualization and powder diffraction pattern of YBCO superconductor” Article in AIP Conference Proceedings October 2020.
- [6] Bibekananda Sahoo, Subrata Karmakar, Dhrubananda Behera, “Improvement of Critical Parameters of YBCO Superconductor by addition of Graphene Oxide”, Proceedings of the International Conference on Advanced Materials AIP Conf. Proc. 2162, 020060-1- 020060-4; <https://doi.org/10.1063/1.5130270> Published by AIP Publishing. 978-0-7354-1907-0/\$30.00.
- [7] Mohammed Zaahid Gaffoor, Alan Lawrence Leigh Jarvis , Jonathan Calvin Archer “Investigating the critical transitional temperature increase in graphene oxide doped bulk YBCO”, Results in Physics 44 (2023) 106140, <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2022.106140>, 25 November 2022
- [8] Dinesh Varshney, Arvind Yogi, Neha Dodiya , Irfan Mansuri, “Alkaline Earth (Ca) and Transition Metal (Ni) Doping on the Transport Properties of $Y_{1-x}Ca_xBa_2(Cu_{1-y}Ni_y)_3O_{7-\delta}$ Superconductors”, Journal of Modern Physics, 2011, 2, 922-927 doi:10.4236/jmp.2011.28109 Published Online August 2011 (<http://www.SciRP.org/journal/jmp>).
- [9] Brent Allen Howe, “Crystal Structure and Superconductivity of $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ ” Minnesota State University, Mankato Mankato, Minnesota July 2014
- [10] Gaffoor MZ, Jarvis ALL. Comparison of the Effect of Graphene and Graphene Oxide Doping on YBCO. J Phys Conf Ser 2020;1559:20–8.
- [11] Dadras S, Dehghani S, Davoudiniya M, Falahati S. Improving Superconducting Properties of YBCO High Temperature Superconductor by Graphene Oxide Doping. Mater Chem Phys 2017;193:496–500.