

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И  
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ФЕРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.АУЭЗОВА

ФЕРГАНСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО  
ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научной конференции

**“ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ  
СРЕД”**

Фергана, 24-май, 2024 год.

## LSCO/SCO VA LSCO/GCO O‘TAPANJARALAR O‘TAO‘TKAZUVCHANLIGI

S.M. Otajonov<sup>1</sup>, D.E. Uskenbaev<sup>2</sup>, T. Saparbaev<sup>2</sup>, B.Ya. Yavidov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogika instituti, 230105 Nukus, O‘zbekiston

<sup>2</sup> S.Seifullin nomidagi Qozoq agrotexnologiya universiteti, 010011, Ostona,  
Qozog‘iston

### ANNOTATSIYA

Ushbu tezisda  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4/\text{Sm}_2\text{CuO}_4$  (LSCO/SCO) va  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4/\text{Gd}_2\text{CuO}_4$  (LSCO/GCO) o‘tapanjarlar (O‘P) o‘tao‘tkazuvchanligi (O‘O‘) haqida so‘z yuritiladi. Xususan, LSCO/SCO O‘P O‘O‘ kritik harorati (KH) ning O‘P tarkibidagi LSCO yarimqatlamlar soniga bog‘liqligi o‘rganilgan. Bu bog‘liqlik kengaytirilgan Holstein modeli va yuqori haroratli O‘O‘ likning bipolaron nazariyasi yordamida talqin qilingan.

**Kalit so‘zlar:** O‘tapanja, o‘tao‘tkazuvchanlik, bipolaron, Boze-Eynshteyn kondensatsiyasi

O‘tao‘tkazuvchan (O‘O‘) o‘tapanjaralar (O‘P) kelajak elektronikasi uchun istiqbolli potensial strukturalardandir. O‘P larning xossalari ko‘p faktorlarga bog‘liq. O‘P larning O‘O‘ xossalari ham O‘P materiallari va o‘stirish sharoitlariga bog‘liqligi ma’lum. Bundan tashqari, Tabata va b., larning [1,2] ishlaridan  $(\text{La}, \text{Sr})_2\text{CuO}_4$  asosli O‘P lar O‘O‘ kritik harorati (KH),  $T_c$ , qiymati O‘P tarkibidagi LSCO yarimqatlamlar soniga yoki bog‘lam davriyligi ( $N_{stc.p}$ ) ga bog‘liqligi ham ma’lum. Xususan,  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4/\text{Sm}_2\text{CuO}_4$  (LSCO/SCO) O‘P tarkibidagi LSCO yarimqatlamlar soni  $N_{stc.p}=15/15, 30/30$  va  $60/60$  bo‘lganida O‘P O‘O‘ KH,  $T_{c,on}$  ( $T_{c,0}$ ), qiymatlari mos ravishda 15 (6.5) K, 25 (11.0) K va 30 (15.42) K larga teng bo‘lishi aniqlangan (hajmiy LSCO uchun  $T_{c,on}$  ( $T_{c,0}$ ) = 40 (38) K). O‘P larning O‘O‘ holatlariga o‘tish jarayonining harorat kengligi  $\Delta T_c = T_{c,on} - T_{c,0}$ , O‘P tarkibidagi LSCO yarimqatlamlar soni  $N_{stc.p} = 15/15, 30/30$  va  $60/60$  da, mos ravishda 8.5 K, 14K va

14.58 K larni tashkil etgan. Vaholanki, hajmiy LSCO namuna uchun  $\Delta T_c = 2$  K ga teng bo'lgan.

So'ngi yillar davomida O'P lar va shunga o'xshash strukturalar O'O' xossalari turli darajada o'rganilganiga qaramasdan [3,4], bunday strukturalarning barcha xususiyatlari to'liq tushunildi deb ayta olmaymiz. Bu xususiyatlarga O'P tarkibidagi qatlam (parda) moddlari kristal panjarlari davrlarining o'zaro mos kelmasligi, parda qalinligi samarasi va boshqa omillar ta'sirida vujudga keladigan xususiyatlar kiradi. LSCO/SCO O'P larining boshqa bir xususiyati ham mavjudaki, u ham bo'sa, LSCO moddasi kristal panjarasidagi zaryad tashuvchilar polaron tabiatiga ega [5]. Muhokama qilayotgan mavzu bo'yicha so'ngi yillar adabiyotlari tahlili LSCO/SCO O'P O'O' polaron tamoyili negizida qarab chiqilmaganini ko'rsatmoqda. Shu bois, LSCO/SCO O'P O'O' polaron tamoyili negizda o'rganish dolzarb masala bo'lib turibdi. Bunday izlanish nafaqat LSCO/SCO O'P O'O' tushuntiribgina qolmay, balki yuqori haroratli O'O' nazariyasining noan'naviy modellarini rivojlantirishga turtli bo'ladi. Past haroratli O'O' lar asosidagi O'P larning O'O' xossalari Gennes-Werthamer (dGW) nazariyasida o'rganilgan [6,7]. dGW nazariyasi o'z navbatida Bardin-Kuper-Shriffner (BKSh) nazariyasiga tayanadi [8]. Ammo, standard BKSh nazariyasini yuqori haroratli O'O' larga qo'llab bo'lmaydi [9]. Shu bilan birga dGW nazariyasi parda qalinligi  $< 15$  nm bo'lgan hollarda bashorat qilgan  $T_c$  tajribada topilgan  $T_{c,on}$  dan kichik bo'lib chiqadi. Shu sabab, dGW nazariyasiga muqobil hisoblangan o'ta'okuzuvchanlikning bipolaron nazariyasi asosida LSCO/SCO O'P O'O' xossalari o'rganish, xususan O'P O'O' KH  $T_c$  ning  $N_{stc.p}$  ga bog'liqligini o'rganish foydadan holi emas. Biz kengaytirilgan Holstein-Hubbard modeli va yuqori  $T_c$  O'O' ning bipolaron senariysi doirasida LSCO/SCO O'P O'O'  $T_c$  ning  $N_{stc.p}$  ga bog'liqligini o'rgandik. Tadqiqotimizning asosiy g'oyasi va metodologiyasini yaqinda chop etilgan maqolamizda topish mumkin [10]. Bizning fikrimizcha, LSCO/SCO O'P O'O'  $T_c$  qo'shtugunli bipolaronlar ideal gazining Bose-Eynshteyn kondensatsiyasi (BEK) harorati  $T_{BEC}$  bilan bog'liq. O'P da  $N_{stc.p}$  va LSCO yupqa

parda qalinligi ( $d_f$ ) o'rtasidagi moslik  $d_f = c_f N_{stc,p}/2$  formulasi orqali aniqlanadi.  $T_{BEC}$  ni baholash uchun biz quyidagi panjara parametrlaridan foydalanlik: LSCO uchun  $a_b=0.378$  nm va  $c_b=1.323$  nm, SCO uchun  $a_s=0.391$  nm. Hajmiy LSCO ning  $Cu - O_{apex}$  masofasi LSCO panjarasi uchun xarakterli shkala bo'lgan 0,241115 nm ga teng qilib o'rnatiladi. Bundan tashqari, biz O'Pda juda qalin LSCO plyonkasi (1 mm) uchun  $T_{BEC} = 38K$  ni o'rnatdik. Biz tajribada kuzatilgan munosabat, u ham bo'lsa  $Cu - O_{apex}$  masofasi tarangligi (nisbiy deformatsiyasi) LSCO ning  $c$ -o'q bo'yicha panjarasi davri  $c_b$  tarangligi (deformatsiyasi) dan 4.83 marta katta bo'lishi mumkinligini inobatga olib [11], O'P tarkibidagi LSCO pardasi moddasida hosil bo'luvchi bipolaronlar ideal gazi BEK harorati  $T_{BEC}$  ni turli parda qalinliklarida ( $d_f$ ) hisoblab chiqdik.

### 1-jadval. LSCO/SCO O'P O'O' ga oid tajriba va nazariy hisoblash natijalari

$d_f$ , nm	$N_{stc,p}$	$T_{c,on}$ , K	$T_{c,o}$ , K	$T_{BEC}$ , K
9.8	15/15	15	6.5	8.0
19.7	30/30	25	11.0	11.5
39.5	60/60	30	15.42	14.32
79.1	120/120	36	36.0	36.0

Parda qalinligi 15/15, 30/30, 60/60 va 120/120 LSCO yarim-kataklar soniga mos kelganda bipolaronlar ideal gazi BEK harorati  $T_{BEC}$  mos ravishda 8.0 K, 11.5 K, 14.32 K va 36 K ga teng ekanligini aniqladik. LSCO/SCO O'P O'O' ga oid tajriba va nazariy hisoblash natijalari 1-jadvalda berilgan. Jadvaldan ko'rinib turganidek,  $T_{c,o}$  va  $T_{BEC}$  o'rtasida ma'lum moslik mavjud. Biz nazariy modelimizni LSCO/SCO O'P ga o'xshash boshqa O'P da, xususan,  $La_{1.85}Sr_{0.15}CuO_4/Gd_2CuO_4$  (LSCO/GCO) da ham sinab ko'rdik. GCO panjara doimiysi 0.389 nm bo'lib, SCO panjara doimiysida kichik bo'lganligi sabab, parda va taglik orasida vujudga kelgan taranglik LSCO/SCO O'P dagiga nisbatan, katta ehtimol bilan, kichik bo'ladi. Natijada, KH ning ham kamayishi oz bo'lishi kutiladi. Haqiqatdan ham, hisoblashlarimiz parda

qalinligi 15/15 yarim-kataklar soniga mos kelganda bipolaronlar ideal gazi BEK harorati  $T_{BEC}$  8.03 K ga teng ekanligini ko'rsatmoqda. Tajribada LSCO/GCO O'P uchun O'O' KH  $T_{c,on}=18$  K ekanligi topilgan, ammo, LSCO/GCO O'P O'O' KH  $T_{c,0}$  keltirilmagan [1]. LSCO/GCO O'P da O'O' holatiga o'tishning harorat kengligi xuddi LSCO/SCO dagidek bo'lsa,  $T_{c,0} = T_{c,on} - \Delta T_c = 18K - 8.5K = 9.5K$  ekanligini topamiz. Demak, biz topgan nazariy natija tajriba natijasiga qanoatlilarli darajada yaqin.

Xulosa qilib, kengaytirilgan Holstein modeli va bipolaronlar O'O' ligi negizida LSCO asosli O'P lar yuqori haroratli O'O' ligini tushuntirish mumkin ekanligini takidlash mumkin.

### Adabiyotlar

1. H. Tabata et al., Appl. Phys. Lett. **58**, 1444 (1991).
2. H. Tabata et al., Phys. Rev. Lett. **70**, 2633 (1993).
3. O. Yuli et al., Phys. Rev. Lett. **101**, 057005 (2008).
4. K. Sen et al., Phys. Rev. B **95**, 214506 (2017).
5. A. Bussmann-Holder et al., Eur. Phys. Lett. **101**, 47004 (2013).
6. P. G. de Gennes, Rev. Mod. Phys. **36**, 225 (1964).
7. N. R. Werthamer, Phys. Rev. **132**, 2440 (1963).
8. J. Bardeen et al., Phys. Rev. **106**, 162 (1957); **108**, 1175 (1957).
9. I. Božović, Proc. of 7<sup>th</sup> ICSM, Oct 21-27, Milas-Bodrum Turkey, 2021, p. 2.
10. B. Yavidov, D. Khajibaev, J. Low Temp. Phys. **213**, 291 (2023).
11. M. Abrecht et al., Phys. Rev. Lett. **91**, 057002 (2003)

## ELEKTRONLARNING ENERGIYA SPEKTRINI KRONING VA PENNI USULI YORDAMIDA HISOBLASH

**Rasulov Voxob Rustamovich, Axmedov Baxodir Baxromovich, Muminov**

**Islomjon Arabboyevich**

Farg'ona davlat universiteti,

ima220790@mail.com

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada kristallardagi elektronlarning davriy potensial maydonda harakati Shryodinger tenglamasi yordamida tahlil qilingan. Elektronlarning energiya spektrini aniqlash uchun Kroning va Penni metodidan foydalanilgan. Bu metod bo'yicha kristall panjaradagi atomlar to'g'ri burchakli