

# Abrikosovo magnetinių sūkurių prierašos jėgos valdymas išoriniu magnetiniu lauku ir sūkurių kanalo forma YBCO superlaidininko darinyje

## Control of pinning force by external magnetic field and shape of Abrikosov vortices channel in YBCO superconductor

Artūras Jukna

Fotoelektros technologijų laboratorija, Fizikos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius  
arturas.jukna@vilniustech.lt

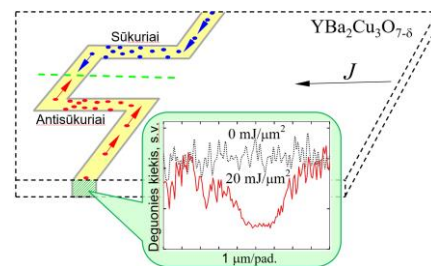
Dabartiniu metu atsiranda vis naujų mokslinių darbų, skelbiančių apie superlaidininkus, pasižyminčius labai aukštomis kritinėmis temperatūromis  $T_c$  (t.y. aukščiausia temperatūra, kuriai esant egzistuoja medžiagos superlaidi būseną) [1-2]. Nors rekordinės kritinės temperatūros vertės pasiekiamos tik ypatingai ekstremaliomis sąlygomis [2], tačiau tampanti vis realesne galimybė kambario temperatūroje valdyti superlaidininko kritinę būseną labai vilioja juos tirti ir skatina kurti vis modernesnius mažos ir didelės galios superlaidžius elektroninius prietaisus bei jų pritaikymų vizijas.

Temperatūrai esant žemesnei nei  $T_c$ , superlaidžioji medžiaga virsta absoliučiu diamagnetiku, t.y. ji išstumia iš savo tūrio išorinį magnetinį lauką dėka medžiagos paviršiuje atsiradusių elektros srovių, kurių visuma sukuria magnetinį lauką, nukeiptą priešinga kryptimi nei išorinis magnetinis laukas. Abiejų laukų priešpriešos rezultatas II-osios rūšies superlaidininkuose lemia atsiradimą juose mišriosios būsenos, realizuojamos Abrikosovo magnetiniais sūkuriais, t.y. elektros srovės sūkuriais, kurių skersmuo palyginamas su magnetinio lauko prasiskverbimo į superlaidininką gyliu  $\lambda$ , ir kuriuos elektros srovės kuriama Lorencio jėga verčia judėti superlaidininku, vos tik viršijus sūkurių prierašos jėgą, priklausomą nuo kristalinės struktūros defektų dydžio ir skaičiaus.

Šiame darbe atlikti  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superlaidžiojo darinio, kurio matmenys  $0,3 \times 50 \times 100 \mu\text{m}^3$  (storis  $\times$  plotis  $\times$  ilgis) ir kuriame suformuotas stačiakampės laužtės formos,  $5 \mu\text{m}$  pločio kanalas, skirtas Abrikosovo magnetinių sūkurių judėjimui, „laiptuotų“ voltamperinių charakteristikų (VAch) tyrimai,  $84,18 - 91,63 \text{ K} < T_c$  temperatūrų intervale. Įtampos laipteliai, stebimi darinių VAch, atsiranda dėl Abrikosovo magnetinių sūkurių judėjimo kanalu, kuriame lazerio šviesos Gauso pluoštu sukurtos deguonies vakansijos tampa išplėstiniais kristalinės struktūros defektais, lemiančiais silpnesnį nei kitose medžiagos vietose superlaidininko kritinį magnetinį lauką, dėl ko srovės kuriamas magnetinis laukas prasiskverbia tik į kanalo sritį [3].

Lorencio jėgai viršijus prierašos jėgą (pastarąją kuria deguonies vakansijos, sūkurių kanalo formos segmentai bei jų šlaituose prikibę magnetiniai sūkuriai), sūkuriai nuo vieno darinio krašto ir antisūkuriai – nuo kito krašto, ima judėti link darinio centro ir ten susitikę poromis anihiliuoja. Vos viena sūkurių-antisūkurių pora

anihiliuoja darinio centre, jo kraštuose gimsta nauja pora ir procesas vėl kartojasi.



1 pav. Abrikosovo magnetinių sūkurių ir antisūkurių judėjimo superlaidžiuoju  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  dariniu, su sūkurių kanalu, sukurtu Gauso formos lazerio šviesos pluoštu, schema

Mūsų tyrimai rodo, jog sūkurių judėjimą kanalu gali sutrikdyti deguonies vakansijos (išplėstiniai struktūriniai defektai), sūkurių kanalo segmentai, orientuoti išilgai srovės krypties, ir prie kanalo šlaituose „prilipę“ (stacionarūs) Abrikosovo magnetiniai sūkuriai, kuriantys magnetinį lauką, sąveikaujantį su kanalu judančių sūkurių magnetiniu lauku.

Srovės kuriamas magnetinis laukas superlaidžiajame darinyje, su laužtės formos sūkurių kanalu, sukuria nejudančių sūkurių/antisūkurių „rezervuarus“. Keičiant išoriniu magnetiniu lauku sūkurių/antisūkurių tankį, kinta sūkurių anihiliavimo linijos padėtis ir tuo pačiu sūkurių judėjimo sąlygos: atitrūkę nuo vieno kanalo galo sūkuriai keliauja trumpesnį atstumą, tad juda santykinai lėčiau nei antisūkuriai. Pastarųjų judėjimas didžia dalimi ir lemia srovės energijos disipaciją superlaidininke.

Superlaidieji dariniai, su laužtės formos superlaidžiaisiais sūkurių kanalais, gali būti panaudoti kuriant ypatingai jautrius temperatūros (superlaidžiojo virsmo temperatūrų intervale) ir magnetinio lauko stiprio jutiklius (magnetinio lauko srauto kvanto  $\Phi_0 = 2.068 \times 10^{-15} \text{ Wb}$  tikslumu) bei ypač jautrius elektros srovės, kuriančios  $\Phi_0$  kvantus, matuoklius.

*Reikšminiai žodžiai: superlaidininkas, Abrikosovo magnetinių sūkurių kanalas, sūkurių prierašos jėga.*

### Literatūra

- [1] E. Snider et al N. Dasenbrock-Gammon, R. McBride, M. DeBessai, H. Vindana, K. Vencatasamy, K/V. Lawler, A. Salamat, and R.P. Dias. Nature. **586**, 373 (2020).
- [2] Y.V. Kopelevich, J.H.S. Torres, R. Ricardo da Silva1, and V.M. Vinokur, arXiv:2208.00854v2, (2023).
- [3] A. Jukna. Materials science (Medžiagotyra), **29** (1) (2023).