

YBaCuO plonų sluoksnių, perjungtų nanosekundiniais srovės impulsais, ominių sričių parametrai

Parameters of ohmic areas of the YBaCuO thin films switched by nanosecond electrical pulses

Oleg Kiprijanovič, Linas Ardaravičius, Steponas Ašmontas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius
oleg.kiprijanovic@mail.lt

Šiomet H. Lorencio, 1902 m. fizikos Nobelio premijos laureato, gimimui sukanka 170 metų. Mokslo pasaulis prisimena jį kaip iškilų mokslininką, kuris priartino kvantinės fizikos ir reliatyvumo teorijos sukūrimą. Žymiam mokslininkui įamžinti, jo vardu pavadinta jėga, veikianti krūvininką, judantį elektriniame ir magnetiniame laukuose.

Pastaruoju metu atspausdinti aiškinantys impulsinės srovės poveikį YBaCuO plonus sluoksnius darbai [1, 2]. Nepasiekus kritinės srovės, Meisnerio jėga išstumia sukurtą tekančios superlaidžios srovės magnetinį lauką \mathbf{B} . Laukas ir srovė koncentruojasi kraštuose, Pirlio ilgio atstume λ_{eff} , Londono prasiskverbimo gylio analogo plonuose sluoksniuose. Pasiekus kritinę srovę, Lorencio jėga, veikianti koncentruotą srovę (1) ir stumianti ją į sluoksnio vidų, susilygina su Meisnerio jėga.

$$\vec{f}_L = [\vec{j} \times \vec{B}] \quad (1)$$

Dėl Meisnerio ir Lorencio jėgų konfrontacijos S-N riba, pločio λ_{eff} ir didelės srovės tankio, pereina į nestabilią išlenktą būseną. Dėl šių priežasčių pasireiškia kumuliaciniai reiškiniai, dėka kurių vyksta sluoksnio perjungimas iš superlaidžios būsenos į normalią - S-N perjungimas. Teoriškai apskaičiuoti tikslius perjungtų sričių parametrus kol kas nėra galimybės.

Pagal pasiūlytame darbe [2] S-N perjungimo aprašomąjį modelį, impulso užaugimo metu skersai sluoksnio formuojasi siauras N zonos kanalas apie 50 μm ilgio. Vėliau, pačio impulso metu, vyksta jo plėtimasis ir, atitinkamai, temperatūriniai pokyčiai. Įvertinti perjungtų sričių geometrinis ir temperatūrinis parametras buvo panaudota dviejų lygčių sistema.

Pirmoje sistemos lygtyje perjungtos srities bendra varža susideda iš 50 μm kanalo ir praplėtusios srities ilgio L varžų. Atsižvelgta į varžų didėjimą augant temperatūrai. Antroje lygtyje, adiabatiniame artėjime, išsiskyrusių pagal Džaulio-Lenco dėsnį 50 μm kanale ir praplėtusioje srityje galių suma prilyginama impulso galiai. Pradinės 50 μm kanalo temperatūros priaugimas ΔT_{kan} įvedamas kaip parametras. Ieškomas srities ilgis L ir jos temperatūros priaugimas ΔT_L . Galutinė kanalo temperatūra lygi pradinės kanalo ir praplėtusios srities temperatūrų sumai.

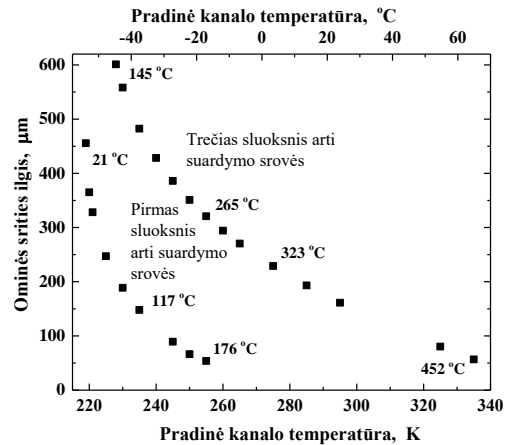
Buvo paimta po 5 taškus iš trijų $V-I$ priklausomybių, nustatytų naudojant vienodos geometrijos bandinius su skirtingais kritinės srovės tankiais ir, atitinkamai, skirtingais λ_{eff} . [1]. Sluoksnių dydžių vertės, įtakojančios S-N perjungimą, pateiktos 1 lentelėje.

Sprendimai parodė, kad pradiniuose priklausomybių taškuose visų trijų sluoksnių ominių sričių ilgių vs pradinės T_{kan} grafikai turi tiesinį augimą. Viršijant tam tikrą T_{kan} reikšmę, lygties sprendimai tampa fiziškai nepriimtini.

1 lentelė. Trijų bandinių sluoksnių parametrai, įtakojoantys S-N perjungimą.

| T_c (K) | j_c (A/cm ²) | α_p (1/K) | ρ_{el} ($\Omega \cdot \text{m}$) | λ_{eff} (μm) |
|-----------|----------------------------|-------------------|--|--|
| 85 | $2 \cdot 10^6$ | $3 \cdot 10^{-2}$ | $6 \cdot 10^{-6}$ | 3.1 |
| 89 | $3 \cdot 10^6$ | $3 \cdot 10^{-2}$ | $4.4 \cdot 10^{-6}$ | 1.64 |
| 90 | $5.2 \cdot 10^6$ | $3 \cdot 10^{-2}$ | $3.3 \cdot 10^{-6}$ | 1.155 |

Taškuose arti suardymo srovės pirmo ir trečio sluoksnių ominių sričių ilgių vs pradinės kanalo temperatūros kreivės pateiktos 1 pav. Tos pačios priklausomybės kreivė antram sluoksniui po augimo turi pertrūkį su staigiu ominės srities trumpėjimu iki kanalo matmenų, o jos temperatūra didėja arti prie 800 °C.



1 pav. Ominės srities ilgio priklausomybė nuo kanalo pradinės temperatūros. Skaičiai prie kreivių rodo galutinę kanalo temperatūrą.

Gauti rezultatai priklauso nuo įvestų į lygčių sistemą parametrų. Jie atitinka situacijoms, kurios stebimos eksperimento metu ir, mūsų nuomone, verti dėmesio.

Reikšminiai žodžiai: YBaCuO ploni sluoksniai, Lorencio jėga, S-N perjungimas, ominių sričių ilgis, ominių sričių temperatūra.

Literatūra

- [1] O. Kiprijanovič, L. Ardaravičius, J. Gradauskas, Č. Šimkevičius, S. Keršulis, S. Ašmontas, Supercond. Sci. Technol. **33**, 095013 (2020). <https://doi.org/10.1088/1361-6668/aba35>
- [2] O. Kiprijanovič, L. Ardaravičius, Thin Solid Films **748**, 139159 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2022.139159>