

## 磁場侵入長の不均一性による超伝導薄膜の非対称な臨界電流特性

### Asymmetric Critical Currents of Superconducting Films

#### due to the Inhomogeneous London Penetration Depth

産総研<sup>1</sup>, 名大工<sup>2</sup> ◦馬渡 康德<sup>1</sup>, 土屋 雄司<sup>2</sup>

AIST<sup>1</sup>, Nagoya Univ.<sup>2</sup>, ◦Yasunori Mawatari<sup>1</sup>, Yuji Tsuchiya<sup>2</sup>

E-mail: y.mawatari@aist.go.jp

超伝導薄膜に流す電流の方向を反転させたときに臨界電流が異なる例が報告されており, そのような非対称な臨界電流特性を利用した超伝導ダイオード・整流器が検討されている[1–3]. その非対称な臨界電流の機構の可能性として, 薄膜における超伝導層の基板界面と薄膜表面とで超伝導特性や表面粗さ(凹凸の度合い)が異なるような不均一性が検討されている[2,3].

本研究では, 超伝導特性や表面粗さの不均一性を磁場侵入長の空間的不均一性としてモデル化[4]し, 磁場侵入長が厚さ方向に不均一(ただし面内では均一)であるような超伝導薄膜において, 膜面に平行に外部磁場を印加したときの臨界電流について理論的に考察した. London model に基づいて量子化磁束線の安定性について理論的に考察し, 臨界電流の機構として表面バリア[5–9]を考え, バルク・ピンの影響は無視した.

平行磁場中の超伝導薄膜に量子化磁束線が侵入するとき, バルク・ピンの影響が十分小さい場合は, 磁束線は一樣な密度で均一に分布する[6–9]. 薄膜の表面付近には, 量子化磁束線が存在しない領域(いわゆる flux free region) が存在し[8,9], その領域の幅は表面バリア効果によって決まる. 磁場侵入長が膜厚の方向に不均一に分布する場合でも, 量子化磁束線の分布は外部磁場のみで決まる一樣な分布である. しかし, flux free region は磁場侵入長の空間分布にも影響を受けるので, 薄膜の一方の面付近と他方の面付近とで flux free region の幅が異なる. さらに, この状態で超伝導薄膜に輸送電流を流すと, 量子化磁束線は一樣な分布を保ったまま平行に移動し, flux free region の幅が輸送電流に応じて変化する. そうして, 薄膜の一方の面で flux free region の幅がゼロとなったときに量子化磁束線は不安定化し, そのときの輸送電流が臨界電流に相当する[8,9].

上記の機構に基づいて平行磁場中の超伝導薄膜における臨界電流の解析的表式を導き, 臨界電流特性の非対称性に及ぼす磁場侵入長の空間分布の影響について考察した.

[1] X. Jiang, P. J. Connolly, S. J. Hagen, and C. J. Lobb, Phys. Rev. B **49**, 9244 (1994).

[2] S. A. Harrington, J. L. MacManus-Driscoll, and J. H. Durrell, Appl. Phys. Lett. **95**, 022518 (2009).

[3] 土屋雄司ほか, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 19p-C206-5.

[4] A. V. Gurevich and V. T. Kovachev, Phys. Stat. Sol. (b) **145**, K47 (1988).

[5] C. P. Bean and J. D. Livingston, Phys. Rev. Lett. **12**, 14 (1964).

[6] V. V. Schmidt, Sov. Phys. JETP **30**, 1137 (1970).

[7] Y. Mawatari and K. Yamafuji, Physica C **228**, 336 (1994).

[8] J. R. Clem, in Low Temperature Physics - LT13, Vol. 3 (Plenum, New York, 1974), p. 102.

[9] Y. Mawatari, A. Sawa, and K. Yamafuji, IEEE Trans. Appl. Supercond. **5**, 1379 (1995).