

超伝導体の表面バリアにおける磁場侵入長の非対称な空間分布の影響

Effects of the Asymmetric Spatial Distribution of the London Penetration Depth

on the Surface Barriers in Superconductors

産総研¹, 名大工² ○馬渡 康德¹, 土屋 雄司²

AIST¹, Nagoya Univ.², ○Yasunori Mawatari¹, Yuji Tsuchiya²

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

超伝導薄膜に流す電流の正負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が検討されている[1,2,3]. 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が異なる場合があり, その空間的非対称性が, 平行磁場中の超伝導薄膜における非対称臨界電流をもたらす可能性がある[2,3].

本研究では, バルク超伝導体[4]および超伝導薄膜[5]における表面バリアの理論を拡張し, 磁場侵入長が空間分布する場合[6]の表面バリア効果について理論的考察を行った. 超伝導薄膜の表面に平行な量子化磁束線について自由エネルギーを求め, 磁束線の安定性について考察した.

厚さ $d_s = 500$ nm の超伝導体の表面に平行(z 方向)に磁場 B_a を印加し, z 軸に平行な量子化磁束線が $x = x_0$ の位置にある場合について, London 方程式を解いて磁場分布および自由エネルギーを求めた. ただし, 磁場侵入長 λ は空間的に不均一で, 超伝導電子密度 n_s に比例する $1/\lambda^2$ は Fig. 1 のように線形に非対称分布するものと仮定した. 量子化磁束線の自由エネルギー G の, 磁束線の位置 x_0 に対するプロットを, Fig. 2 に示す. 実線は $\lambda (= \lambda_0 = 100$ nm) が一定の場合, シンボルは λ が Fig. 1 のような空間分布をもつ場合である. λ の非対称分布を反映して, $G(x_0)$ も左右非対称となっている. また, λ が大きい左側表面付近では, 磁束線の出入りに対するエネルギー障壁が小さいことがわかる. 超伝導薄膜が輸送電流を運ぶ場合や臨界電流特性については, 講演で述べる.

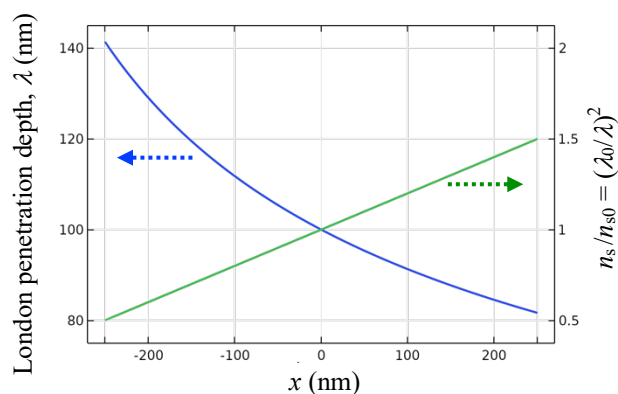


Fig. 1: Spatial distribution of the London penetration depth λ and the superconducting-electron density n_s .

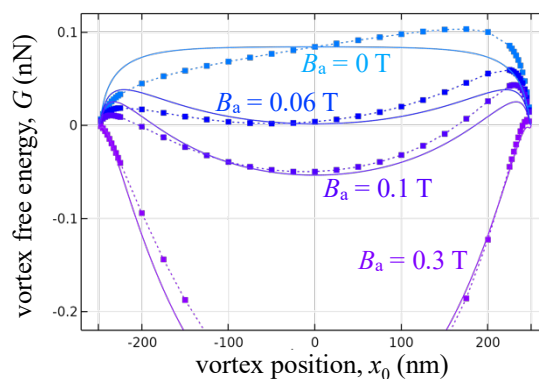


Fig. 2: Free energy of a vortex per unit length G as a function of the vortex position x_0 .

- [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] C. P. Bean and J. D. Livingston, Phys. Rev. Lett. **12**, 14 (1964).
- [5] V. V. Schmidt, Sov. Phys. JETP **30**, 1137 (1970); Y. Mawatari and K. Yamafuji, Physica C **228**, 336 (1994).
- [6] A. V. Gurevich and V. T. Kovachev, Phys. Stat. Sol. (b) **145**, K47 (1988).