

走査 SQUID 顕微鏡による量子磁束の観測と超伝導電流分布

東工大 理工学研究科

杉本 暁、山口哲司、井口家成

Observation of quantum vortices and supercurrent distribution by scanning SQUID microscopy

Akira Sugimoto, Tetsuji Yamaguchi and Ienari Iguchi

Department of Physics, Tokyo Institute of Technology

SQUID 顕微鏡は、本来、磁束の z 成分の 2 次元分布を測定するものであるが、デバイス評価の際や、各種サンプルの物性を知る上では、電流によるイメージである方が直感的で理解しやすいとも考えられる。磁場から電流を求めるには一般には逆問題を解くこととなり、困難ではあるが、薄膜上を流れる電流であれば、ビオサバール則の逆変換によって、その分布が得られる^[1-2]。我々は、この手法を用いて、YBCO 超伝導薄膜上における電流分布を SSM により観測した。さらにバイクリスタル基板によるジョセフソン接合付近による磁束分布及びその電流分布も観測した。

図 1(a)は、約 100 μm のラインに加工した膜厚約 100 nm で、電流を 10 mA 流した時の YBCO 薄膜における 2 次元ベクトル電流分布像である。元来からいわれているように、超伝導電流はサンプルの端付近に多く流れていることが確認できる。図 1(a)の $x=635\mu\text{m}$ 付近での断面図が、図 1(b)である。実線は、簡単なロンドン理論のモデルから SQUID とサンプルとの距離やピックアップ径、変換などを考慮した曲線である。実験データと計算結果は定性的に非常に近い振る舞いをしていることが確認された^[3]。

図 2 は、バイクリスタル接合を含んだストリップラインにおける磁場分布像と、電流分布像である。縦の点線が粒界ラインである。電流を流さない初めの状態では、(図 2(a)) 下向きの磁束が観測された。このような磁束は、他のサンプルでも、通常の薄膜上でしばしば観測されるが、特にジョセフソン接合などの粒界近傍に多く観測され、温度上昇につれ向きが反転するなどの変化も見られた。また、図 2(b)(B)、2(c)(C)はそれぞれ電流値を順次増やした状態での磁場と電流分布像であり、徐々に左から右への輸送電流の成分が大きくなっているのがわかる。また、電流はトラップ磁束を避けるようにして流れているのが分かり、電流値が上がっても、臨界電流以下であれば、トラップ磁束の位置が変化しないことも確かめられた。

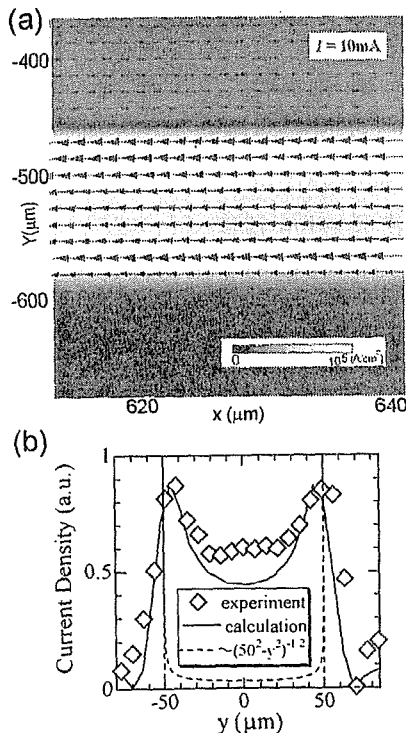
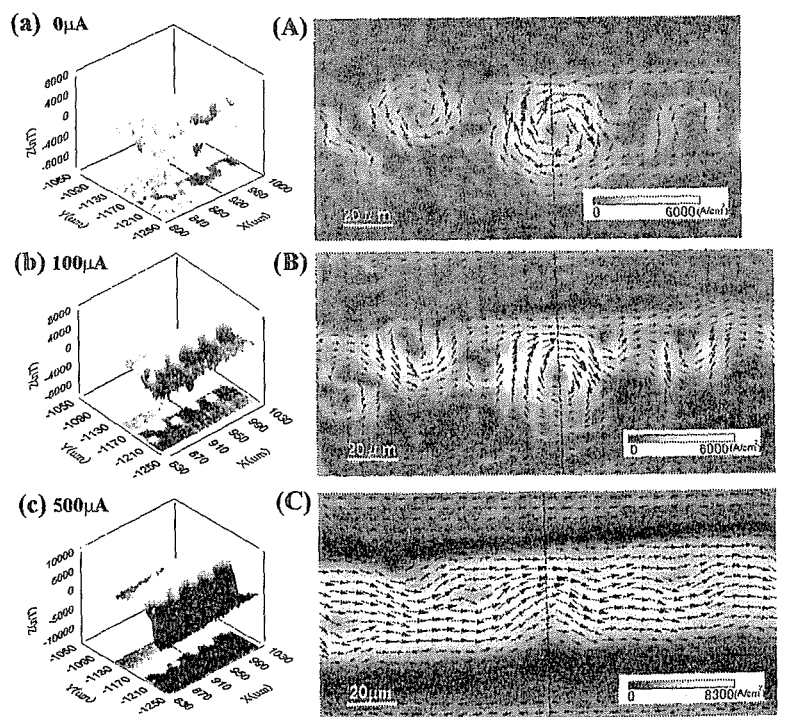
図 1. 100 μm ストリップライン上の電流分布

図 2. バイクリスタル接合上の磁場像と電流分布像

[1] B. J. Roth, N. G. Sepulveda, and J. P. Wikswo, Jr, *J. Appl. Phys.* 65, 361 (1989).[2] S. Chatrathorn, E. F. Fleetand, F. C. Wellstood, L. A. Knauss, and T. M. Eiles, *Appl. Phys. Lett.* 76, 2304 (2000).[3] A. Sugimoto, T. Yamaguchi, and I. Iguchi, *Appl. Phys. Lett.* 77, 3069 (2000).