

走査SQUID顕微鏡による電流の直接測定

Keywords: Scanning, SQUID microscopy

量子機能分野 超伝導位相エンジニアリンググループ

有沢 俊一

ARISAWA.Shunichi@nims.go.jp | https://samurai.nims.go.jp/profiles/arisawa_shunichi



研究の背景

超伝導体中に生じる磁束量子は電流との相互作用を持つ。本研究では走査SQUID顕微鏡を用いて磁束量子の観察を行う場合において、局所的な電流分布を磁束量子と同時に観測できる手法を示す。

研究の狙い

超伝導薄膜内での電流ベクトルを、ごく近傍のみの測定にて走査SQUID顕微鏡内で同時測定を可能とする。これにより磁束整流作用の直接観察に結び付けるほか、同様の手法は他の磁気観測法を用いても応用可能である。

最先端研究トピックス

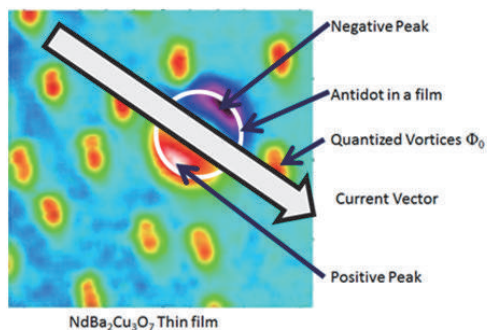
膜面内を流れる電流ベクトル分布を磁気信号により測定するには、一般的には測定したい部分を含む試料の広い範囲を計測し、逆フーリエ変換を行うことにより推定することが可能です。

超伝導体内では磁束が $\Phi_0 = h/2e = 2.07 \times 10^{-15} \text{T} \cdot \text{m}$ 単位に量子化されます。走査SQUID顕微鏡を用いるとこの磁束量子1つ1つを直接観察することが可能です。電流と磁束量子の相互作用を直接観察することは、磁束量子デバイスの開発においても、線材開発においても重要です。しかし、磁束量子との同時測定を行うに当たっては、磁束量子の測定の走査範囲と膜全体の走査範囲のスケールが大きく異なるため、同一装置での同時測定は困難です。

本手法では、微小な非導電性の領域を設け、もしくは元々存在する非導電性領域を利用し、本研究は、穴の周囲を走査SQUID顕微鏡で観測することにより、逆フーリエ変換を用いることなく、ピンポイントでの計測が可能です。これにより、低磁場領域での電流分布観測と磁束量子の同時観測が可能となります。

特に超伝導体中の結晶粒界での挙動観察に有効なため、これを利用して、磁束整流作用の直接観察の研究に用いています。

円形以外の非導電性の領域においても、周辺の狭い領域の磁気信号の観察と計算を組み合わせることにより、測定可能です。また、スルーホール等の元からある構造の局所領域評価にも適用可能で、また他の磁気観測にも適用可能であり、様々な空間スケールでの応用が可能です。



文献

- 走査SQUID顕微鏡による酸化物超伝導薄膜中の磁束・電流・欠陥の同時評価。電気学会誌E. Vol. 133, No. 10 pp. 312-313.
- “Direct Observation of Local Shielding Currents in Superconducting Thin Films under Low Magnetic Field by Scanning Superconducting Quantum Interference Device Microscopy” Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 095804.

応用分野と今後の展開

- 量子化された磁束と電流の同時測定など。
- 特許第5476584号 電流の方向と密度の測定方法、表示方法及び測定表示装置 1件

実用化へ向けた課題

- 空間分解能、感度、温度、磁場等の範囲がことなる観察対象への適用。