

走査型 SQUID (超電導量子干渉素子) 顕微鏡システムを開発
-高温超電導薄膜中の磁束量子の観察(磁束量子の可視化)に成功-

超電導工学研究所
セイコーインスツルメンツ株式会社

[超電導工学研究所](#)と[セイコーインスツルメンツ株式会社\(SII\)](#)⁽¹⁾は共同で、高感度な磁気センサーである超電導量子干渉素子(SQUID)⁽²⁾を用いた、走査型SQUID顕微鏡システムの開発に成功した。このシステムは高い磁気・空間分解能と試料温度可変機構を有するシステムで、高温超電導薄膜にトラップ(捕捉)された磁束を観察(可視化)することができる。このシステムを用いて、トラップされた磁束が物理量の最小単位である磁束量子 $1\phi_0$ (ファイゼロ)であることが確認できた。

一般に、超電導体を常温から超伝導状態まで冷却する際に、周囲の環境磁場などの磁束が超電導体にトラップされ、この磁束が超電導エレクトロニクスデバイスの特性に悪影響を及ぼすことが知られている。これまでトラップされた磁束については低温超電導薄膜を中心にいろいろな研究がなされてきているが、超電導体にトラップされた磁束を容易に観察する手段がないため、デバイスなどの特性の変化からその影響を評価してきた。しかし、磁束が超電導薄膜のどの箇所にトラップされ、デバイス特性にどのような影響を与えるのか、また試料の冷却条件や超電導材料の違いでトラップのされ方がどう変わるのかなどについては解明されていないのが現状である。

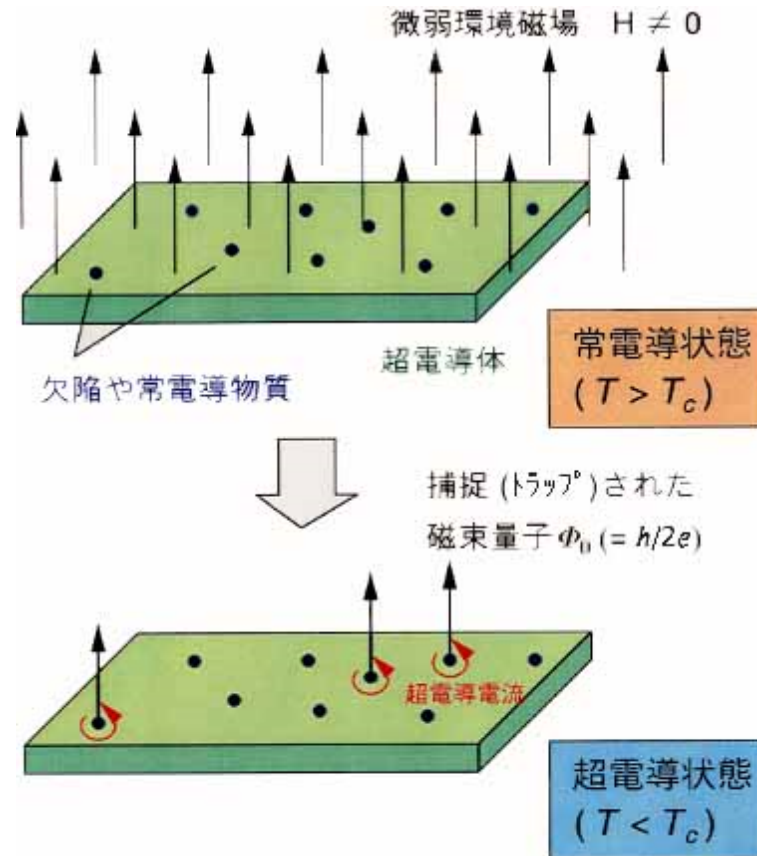
高温超電導材料やデバイスの研究開発を行っている超電導工学研究所と、今まで生体磁気計測や非破壊検査用のSQUIDシステムを開発してきたセイコーインスツルメンツ(株)が今回共同で開発した走査型SQUID顕微鏡システムは、トラップされた磁束を直接可視化できるだけでなく、磁束の大きさを定量的に測定することが可能なものである。また試料の温度を4K - 100 Kの広い範囲で変化させることができるため、高温超電導体にトラップされた磁束の温度変化を評価するための有力なシステムである。実際にこのシステムを用いて90 K程度の臨界温度(T_c)を有する高温超電導NdBa₂Cu₃O_{7-d} 薄膜を T_c 以下の温度に冷却し、観察を行ったところ、広い温度領域にわたり薄膜中にトラップされた磁束が観察され、トラップされた個々の磁束の大きさがまさに1量子磁束 ϕ_0 (ファイゼロ)であることを確認した。

今回の走査型 SQUID顕微鏡システムの開発により、今まで超電導エレクトロニクスデバイス特性に悪影響を及ぼしていた磁束の影響を直接評価することができる。またこのシステムは電流計測も可能であるため、超電導膜中の欠陥や粒界弱結合の検査装置として用いることにより、超電導デバイスや線材の高性能化に寄与することが期待できる。さらに、半導体電子回路の欠陥検査、低温用ステンレス構造材料の疲労・脆性評価や磁性材料の観察など微小領域の磁気計測手法として広範な応用が期待できる。

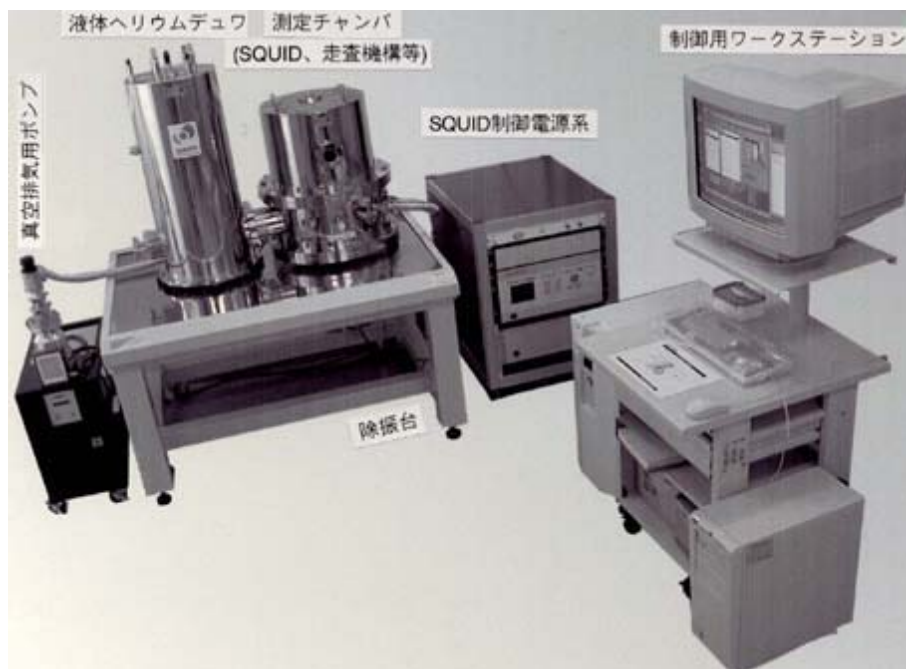
本研究の一部は、通商産業省工業技術院のニューサンシャイン計画のもと、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から同機構の「超電導応用基盤技術研究開発プロジェクトの一環として委託を受けて実施したものである。

(注1) セイコーインスツルメンツ株式会社(略称:SII、社長:伊藤 潔、本社:千葉県千葉市美浜区中瀬1-8)。本件の担当は技術一部、茅根一夫、中山哲。

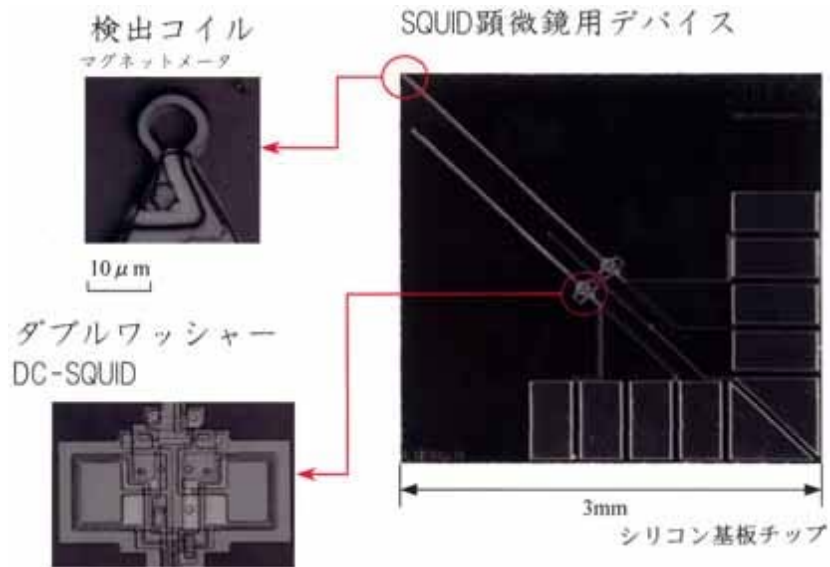
(注2) 超電導体で構成されたリングの内を貫く磁束の量が、磁束量子 $\phi_0 (= h/2e)$ (h はプランク定数、 e は電子の電荷)の整数倍になるという、超電導の基本現象を利用したデバイスで、これを用いた磁気センサーは人間の脳から発生する極微な磁場(地磁気の1000万分の1)をも検出することができる。



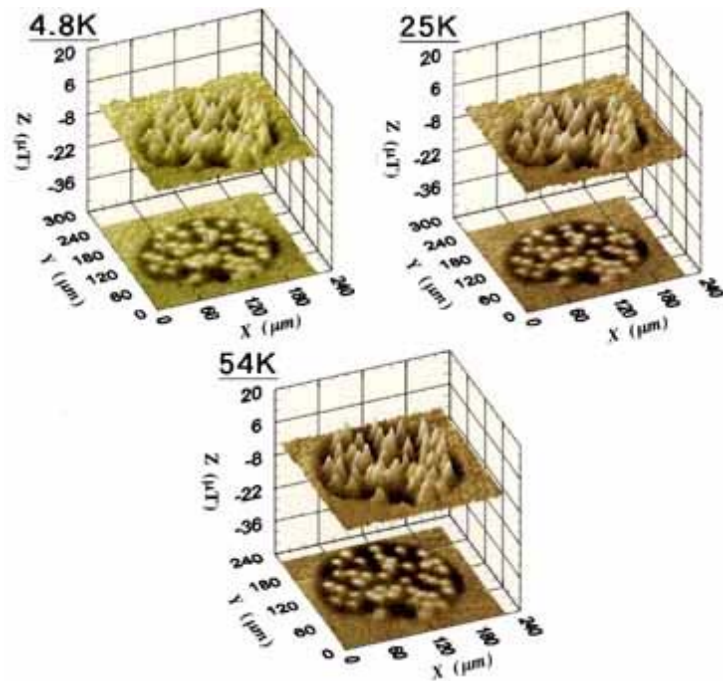
資料1 超電導薄膜中の磁束トラップの模式図



資料2 今回開発した走査型SQUID顕微鏡システムの構成



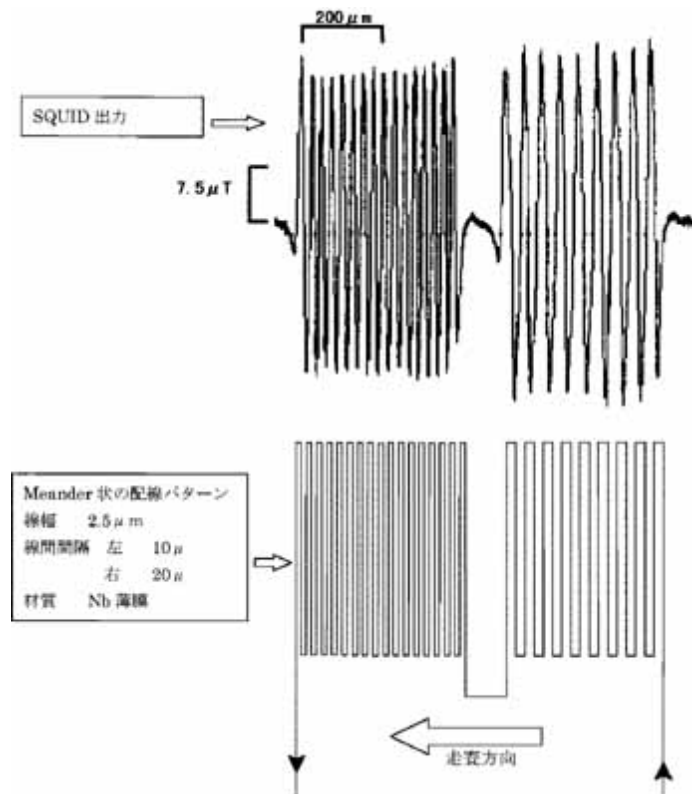
資料3 SQUID顕微鏡用デバイスの構造



資料4 走査型SQUID顕微鏡システムを用い観察したNBCO薄膜パターンの磁気分布観察 SQUID素子: 一体型マグネットメータ $\phi 10 \mu\text{m}$ 駆動回路: 変調型F.L.L. 磁場感度: $36 \mu\text{T/V}$



資料5 走査型SQUID顕微鏡システムを用い観察した超電導NBCO 薄膜パターン(ISTEC文字)の磁気分布。観察温度は4.2K



資料6 走査型SQUID顕微鏡システムを用いたNb薄膜 配線パターン中の電流による磁場測定

[UP ↑](#)

なお、本発表の技術的な問い合わせ先は
 超電導工学研究所
 デバイス研究部門 第六研究部 田辺圭一
 電話 03-3536-0617 ファックス 03-3536-5717

セイコーインスツルメンツ株式会社
広報室 広川、福田 電話 043-211-1185
科学機器技術一部 茅根、中山 電話 047-391-2158