

STM-SQUID 顕微鏡におけるプローブ・SQUID 間の磁気伝達効率 Magnetic Coupling between Probe and SQUID in STM-SQUID Microscope

阪大基礎工, ○松井 保憲, 酒井 章, 宮戸 裕治, 糸崎 秀夫

Graduate School of Engineering Science, Osaka Univ.

Yasunori Matsui, Akira Sakai, Yuji Miyato, Hideo Itozaki

E-mail: matsui@sup.ee.es.osaka-u.ac.jp

磁性材料等の微細な磁気構造を定量観察することを目指して、高温超伝導 rf-SQUID と、高い空間分解能を有する走査プローブ顕微鏡の一種である STM (Scanning Tunneling Microscope: 走査型トンネル顕微鏡) とを組み合わせた STM-SQUID 顕微鏡の開発を行っている。直径 $90\mu\text{m}$ のパーマロイ線先端を電解研磨することによって作製したプローブに、試料の局所的な磁場を SQUID に導くフラックスガイドの役割と STM としてのプローブの機能を兼ねさせることで、プローブ先端をナノスケールで試料に近づけて観察することに成功している。又、磁気伝達効率の改善を目的として、本研究では rf-SQUID の形状を、プローブから SQUID までの全体の系で磁場シミュレーションすることにより検討した。

磁場シミュレーションには Vector Fields 社の Opera-3D と静電場・静磁場解析コードである Tosca を用いた。計算に用いたモデルの一例を図 1 に示す。モデルでは、通常用いているプローブの典型値として比透磁率 10^4 、長さ 3mm 、直径 $90\mu\text{m}$ を設定し、研磨した先端の曲率半径 50nm とした。このプローブ先端に、直径 200nm の円形コイルを配置し、電流 20mA を設定することでプローブ先端に $\sim 0.2\text{T}$ の磁場を与えた。プローブの上端から SQUID までの距離として $0.1, 0.6, 1\text{mm}$ の 3 通りの場合に対して SQUID の外径を変化させたときの SQUID ループ内に入る磁束量計算結果を図 2 に示す。SQUID とプローブの距離が近いほど、磁気伝達の大幅な向上が期待される。また、SQUID の外径を大きくするほど、磁気カップリングは向上するが、外径を 5mm 以上にしてもほとんど変化しないことが分かった。

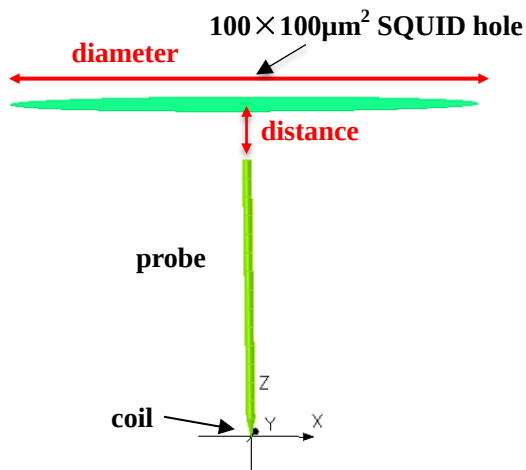


図 1 シミュレーションに用いた解析モデルの一例。SQUID の外径と SQUID・プローブ間距離を変化させて計算。外径 5mm 、プローブと SQUID の距離 0.6mm を示す。

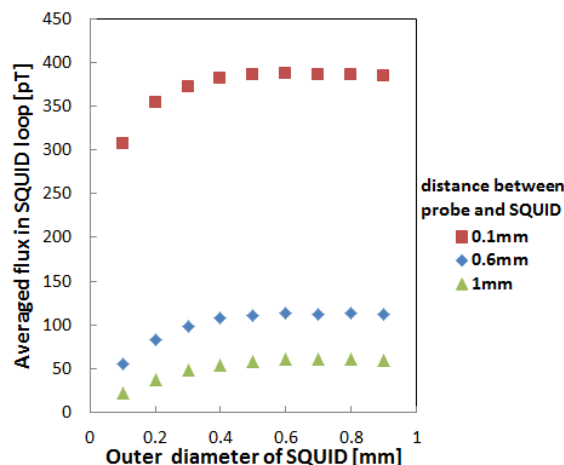


図 2 SQUID の外径を変化させたときの SQUID で検出される磁束量のシミュレーション結果。SQUID ホールサイズは $100 \times 100\mu\text{m}^2$ の正方形。