

高温超伝導 rf-SQUID の共振周波数の外径依存性

Resonant frequency dependence on diameter of High- T_c rf-SQUID

阪大院基礎工, °芦塚 拓也, 酒井 章, 宮戸 祐治, 糸崎 秀夫

Osaka Univ., °Takuya Ashizuka, Akira Sakai, Yuji Miyato, Hideo Itozaki

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

超伝導量子干渉素子(SQUID)は超高感度な磁気センサであり、様々な磁気計測において活用されている。rf-SQUID は、読み出しコイルより高周波信号を印加することで共振状態を作りだし、外部磁場による共振特性変化に対し駆動回路によって FLL(flux locked loop)制御することにより、磁場強度が測定される。本研究では、 SrTiO_3 バイクリスタル基板上に高温超伝導体である YBCO 薄膜を成膜し、微細加工により SQUID を作製している。rf-SQUID の共振周波数は数百 MHz から数 GHz であり、共振周波数が超伝導物質の形状に依存していることが知られている。本研究では、rf-SQUID の外径変化に対する共振周波数依存性をシミュレーションにより調べた。

共振特性のシミュレーションには、ファラッド社の 3 次元電磁界解析シミュレータ FEKO を用いた。超伝導体を完全導体、STO 基板の誘電率を 2000 に設定し、モーメント法(境界要素法)で計算した。また、rf-SQUID の形状はループサイズを $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 、スリット幅を $10 \mu\text{m}$ とし、外径のみを変化させてモデリングした。図 1 に示すように読み出しコイルを基板表面から 0.6 mm の位置に置き、高周波電流のポートはコイルに接続した。各々の形状に対して S_{11} パラメータを計算し、反射波が大きく減衰している周波数を共振点と定義した。そのシミュレーション結果を図 2 に示す。結果から、rf-SQUID の外径が大きくなるほど共振周波数が小さくなることがわかった。共振周波数は $(2\pi\sqrt{LC})^{-1}$ に依存するため、外径が大きくなるとインダクタンスも大きくなったと考えられる。また、外形を 6 mm 以上にすると共振周波数が駆動回路の周波数範囲に収まり、共振器を別に用意しなくても rf-SQUID が駆動できることがわかった。

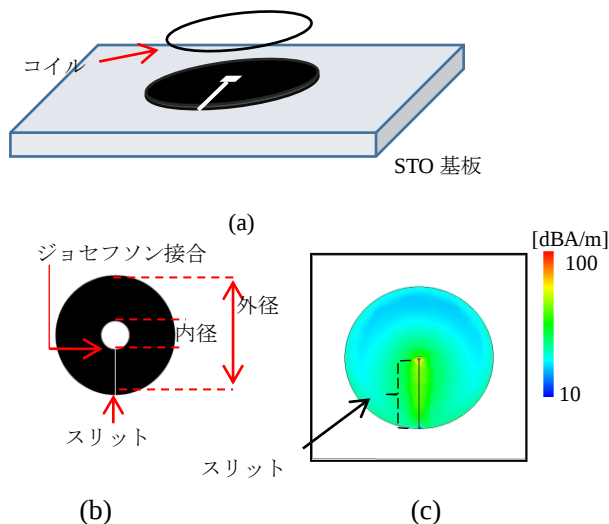


図 1. 高温超伝導 rf-SQUID. (a)シミュレーションモデルとコイルの配置, (b)rf-SQUID 部を上から見た図, (c)rf-SQUID 上の電流分布.

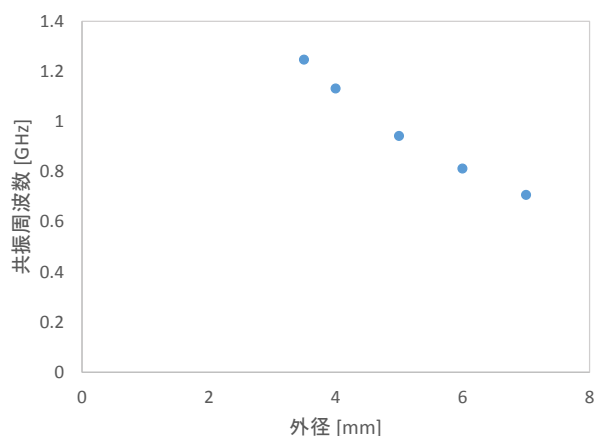


図 2. rf-SQUID 共振周波数の外径依存性.
(シミュレーション結果)