

単独駆動が可能な MgO 基板を用いた高温超伝導 rf-SQUID

High-Tc rf-SQUID on MgO substrate for single chip operation

阪大基礎工¹, °宮戸 祐治¹, 齋藤 恵美¹, 糸崎 秀夫¹

Osaka Univ.¹, °Yuji Miyato¹, Emi Saito¹, Hideo Itozaki¹

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

1 個のジョセフソン接合を有するシンプルな構造の超伝導量子干渉素子(SQUID)が rf-SQUID であり、読み出しコイルから共振周波数に合わせた高周波磁場を印加することで、コイルと rf-SQUID の間に共振状態を形成し、その変化を読み出すことで外部静磁場が測定できる。われわれは高温超伝導体の YBCO 薄膜を微細加工することによって rf-SQUID を作製している。その共振周波数は、YBCO 薄膜を加工するデザインだけでなく、用いる基板の誘電率にも依存して変化する。これまで液体窒素温度付近における比誘電率が 2000 程度の SrTiO₃ (STO) 基板を用いて rf-SQUID を作製していた。一方、高周波超伝導デバイスの基板には損失が小さい MgO 基板が用いられることが多い。そこで今回、基板として MgO 基板を用い、他の共振器等を用いずに読み出しコイルとの組み合わせのみで単独駆動することができる高温超伝導 rf-SQUID の作製を試みた。

rf-SQUID の駆動には、その制御に用いる磁束ロックループ回路 (FLL) の帯域内 (使用 FLL の帯域: 450-900 MHz) に共振周波数を収めることが重要となる。これまでに STO 基板を用いた rf-SQUID において、特にスリット長を調整することで、基板共振器等を用いずとも単独駆動ができる rf-SQUID の作製に成功している[1,2]。MgO 基板を用いた rf-SQUID においてもスリットに注目し、そのデザインを共振周波数のシミュレーションから検討した。まず、基本デザインの直線状スリットタイプ (Fig. 1 inset) に対し、基板の誘電率を変えて共振周波数がどのように変化するか計算した。その結果を Fig. 1 に示す。液体窒素温度付近における MgO 基板の比誘電率は 10 程度で、MgO 基板を用いた rf-SQUID の共振周波数は約 10 GHz と STO の場合の約 0.8 GHz よりも大幅に高いことが予想される。スリット長を大幅に増加させて共振周波数を下げる必要があるため、Fig. 2(a) のように外径 6 mm のワッシャ状 YBCO 薄膜の円周に沿うようにスリットを配置した。スリット長を直線型スリットの場合の約 20 倍となる 56 mm にしたとき、シミュレーションによる共振周波数は約 0.6 GHz と FLL 帯域内に収まる見込みを得た。そこで実際に、このデザインで MgO バイクリスタル基板を用いた rf-SQUID を作製した。実物の共振周波数は 約 0.8 GHz と少々シミュレーションの結果より高くなったが、読み出しコイルと組み合わせて単独で駆動させると Fig. 2(b)に示すような Φ -V 特性が観察され、外部静磁場を測定できることも確認した。

[1] A. Sakai *et al.*, Phys. Proc., 65 (2015) 181.

[2] T. Ashizuka *et al.*, Phys. Proc., 65 (2015) 185.

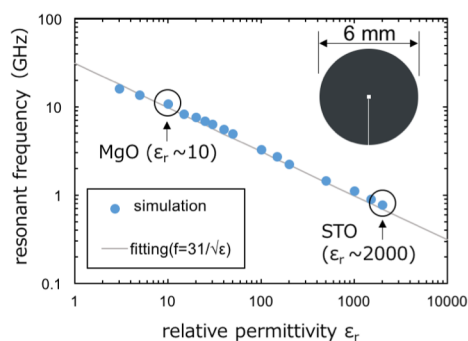


Fig. 1. Simulation result of resonant frequency dependence on relative permittivity of the substrate for the straight slit type rf-SQUID. The Inset shows the simulation model.

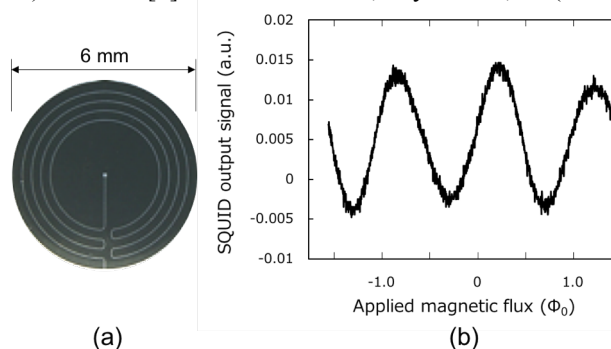


Fig. 2. (a) New design of an rf-SQUID fabricated on a MgO substrate. (b) Flux-to-voltage transfer characteristic of the fabricated rf-SQUID shown in (a).