高温超伝導 rf-SQUID の共振周波数に対するスリット長依存性(2)

Dependence of HTS rf-SQUID resonant frequency on its slit length (2)

阪大院基礎工 [1], ○宮戸 祐治 [1], 安達 純永 [1], 芦塚 拓也 [1], 糸﨑 秀夫 [1]

Osaka Univ. [1], ○Yuji Miyato[1], Nobuyoshi Adachi[1], Takuya Ashizuka [1], Hideo Itozaki[1]

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

我々は、高感度な磁気センサである高温超伝導 rf-SQUID と走査トンネル顕微鏡(STM)とを組み合わせた STM-SQUID 顕微鏡を開発している。この顕微鏡では、高透磁率のプローブにより試料から伝達されてきた局所的な磁束を検出するため、有効面積が小さくなってもそれほど磁束検出に影響せず、rf-SQUID を小型化することができる。しかし、従来のデザインのまま、小型にすると rf-SQUID の共振周波数は高くなるため、rf-SQUID 単体では市販の駆動回路を用いて動作できなくなる。そこで、本研究では、rf-SQUID 単独の共振周波数を駆動回路の帯域内に収めるため、スリット長に注目してきた[1]。本報告では、rf-SQUID のデザイン、特にスリット形状を様々に変え、シミュレーションと実験により、共振周波数に対する依存性を調べた結果について報告する。

rf-SQUID の中心穴のサイズ及びスリット幅をそれぞれ 100×100 μm^2、10 μm に統一して、rf-SQUID の典型的な形状である直線型スリットを有する Type A、直線形状を蛇行するように変更したミアンダライン型スリットの Type B、さらに渦を巻くようにしたスパイラル型スリットの Type C の３つのデザインに対し rf-SQUID の共振周波数をシミュレーションにより調べた。また、実際に STO 双結晶基板上に堆積した YBCO 薄膜を微細加工することで、各 Type の rf-SQUID を作製した。単体で駆動することができた各 Type の代表的な写真を Fig.1(i)-(iii)に示す。各 rf-SQUID に対し、シミュレーションおよび実験で得られたスリット長に対する共振周波数の依存性を Fig.2 に示す。ここで、Type A は直径を大きくすることでスリット長を変えており、Type B では直径は 3.5 mm に保ったまま、スリットの蛇行間隔や蛇行幅を変えることでスリット長を変えた。Type C では薄膜の一辺の長さも様々に変え、巻き数も変えることで、スリット長を変えた。このグラフのシミュレーション結果において、Type A(図中○)、Type B(図中△)、Type C (図中□)ごとに、共振周波数が変化している傾向がある。いずれもスリット長が長くなるにつれ、共振周波数が低下しており、実験結果はシミュレーション結果よりもやや周波数が低くなったが、両者はほぼ一致した。なお、共振周波数はスリット長にほぼ依存しているものの、デザインで共振周波数が若干変わっており、同じスリット長では Type A, Type C, Type B の順に高くなる傾向も見られる。

[1] 酒井 他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 14a-A3-9 (2015).

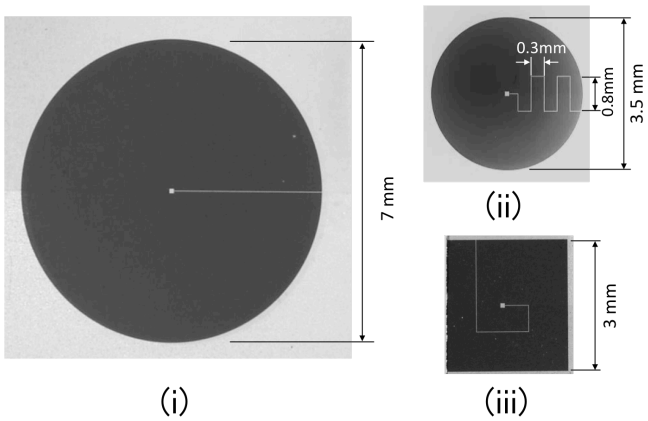

Fig. 1 Optical microscope images of rf-SQUIDs: (i) Type A (straight slit) (ii) Type B (meandered slit) and (iii) Type C (spiral slit).

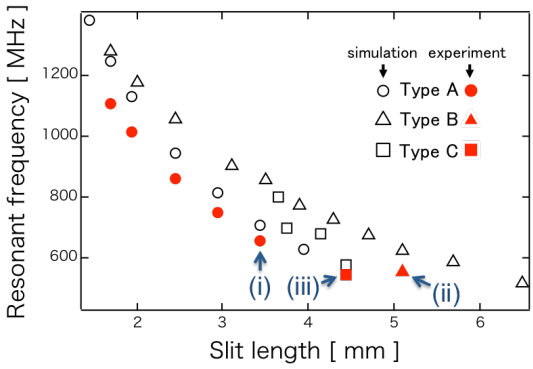

Fig. 2 Simulation and experimental results of dependence of the resonant frequency of rf-SQUID on the slit length. Circle, triangle and square markers correspond to Type A, Type B, and Type C, respectively. (i)-(iii) indicate the result of rf-SQUIDs shown in Fig. 1 (i)-(iii), respectively.

© 2015年 応用物理学会