

## 3ch SQUID アレイを用いた磁性ナノ粒子検出手法の検討

### Study on measurement of magnetic nanoparticles using 3ch HTS-SQUID Array

豊橋技科大, °榊澤 守力, 井藤 龍亮, 田中 三郎

Toyohashi Univ. of Technol., °M. Kabasawa, R. Ito, S. Tanaka

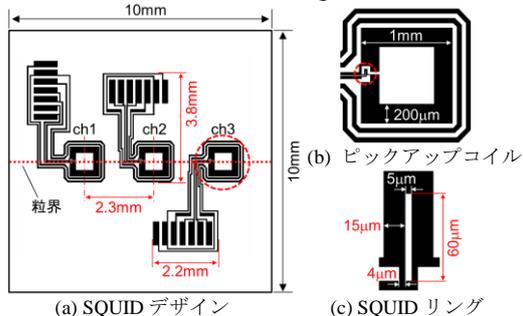
E-mail: tanakas@ens.tut.ac.jp

#### 1. はじめに

我々は3つの HTS-SQUID を用いて血管の中を流れる磁性ナノ粒子の検出を行うことで脳を非侵襲で調べる新たな手法の検討を行っている。従来、DC 磁場中で磁性ナノ粒子を SQUID の直上を移動させ、直接信号の検出を行ってきた。本研究では DC 磁場に加え、AC 変調磁場を印加し、ロックインアンプを用いて第二調波を検出した。磁場方向に対し磁性ナノ粒子サンプルを移動させる経路、流路を変更し測定を行った。流路を変更することで得られる SQUID 出力信号波形の違いについて調べた。得られた波形から未知の流路の推定が可能になると考えている。

#### 2. 実験方法

10 mm×10 mm の粒界を持つ SrTiO<sub>3</sub> 基板に RF スパッタを用いて YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub> 薄膜を 200 nm 成膜した。その後、イオンミリングを用いて SQUID アレイの作製を行った。使用した SQUID アレイのパターンを Fig.1 に示す。3つの SQUID は粒界方向に一直列に並んでおり、2.3 mm 離れて配置されている。ピックアップコイルは 1 mm×1 mm、SQUID リングは 60 μm×5 μm、ジャンクション幅は 4 μm となっており、ダイレクトカップリング型 SQUID とした。



作製した 3ch SQUID はクライオスタット上部にマウントした。磁場は SQUID 表面と粒界方向に平行となるように印加した。DC 磁場は 2.1 mT/μ<sub>0</sub>、AC 変調磁場は 4.2 mT<sub>p-p</sub>/μ<sub>0</sub> で周波

数を 79 Hz とした。磁性ナノ粒子 0.23 μl(鉄量: 3.16 μg)をテフロンチューブ(内径: 0.38 mm)に入れサンプルとした。サンプルは SQUID 直上を速度 6 mm/s で移動させた。SQUID で取得した信号は SQUID エレクトロニクス、DAQ を介し PC で記録した。また、第二調波信号はロックインアンプで検出し、PC で記録した。

#### 3. 実験結果

磁場印加方向と平行な流路を 0° とした。3つの SQUID の中央の ch2 を中心とし、流路を 15° ずつ回転させ、測定を行った。一例として流路が 30° の第二調波信号の X 成分の波形を Fig.2 に示す。サンプルが SQUID の直上を通過する ch2 の波形の正と負の信号は同程度の信号強度となった。しかし、ch1 の波形は正と負で信号強度が異なり、正の信号は負の信号よりも小さくなった。ch3 では ch1 とは反対に、正の信号が負の信号よりも大きくなった。これは SQUID と流路の相対位置関係の違いによるものと考えている。

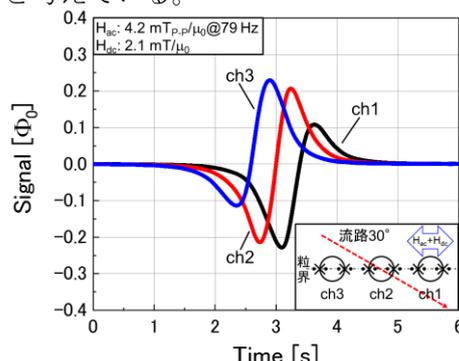


Fig. 2 流路 30° の測定結果(第二調波信号 X 成分)

#### 4. まとめ

脳を非侵襲に調べる新たな方法として、磁性ナノ粒子を移動させ SQUID で信号を取得し、流路と信号の関係を調べた。磁場印加方向に対して流路を変更し測定を行った結果、各チャンネルで得られる波形に違いが現れることが確認された。この結果、得られた波形から未知の流路の推定が可能になると考えられる。