

第二調波を用いた SQUID MPI 技術の検討

Study of SQUID MPI Technique Using Second Harmonic of Magnetization

豊橋技術科学大学[†], MagQu[‡], [○]鈴木 健文[†], 大石 朋弥[†], Shieh-Yueh Yang[‡], 田中 三郎[†]

Toyohashi Univ. of Technol. [†], MagQu, Taiwan [‡], [○]T.Suzuki[†], T. Oishi[†], S-Y.Yang[‡], and S. Tanaka[†]

E-mail: t123420@edu.imc.tut.ac.jp

1. はじめに

磁気ナノ粒子は特殊なコーティングを施すことで、体内の特定部位に固定することができ、この機能からドラッグデリバリーなどの医療応用に利用されている。磁気ナノ粒子は磁気センサーで検出することにより位置や量の推定が可能で、近年、これを精密に行う技術として Magnetic Particle Imaging(MPI)が提案されている。従来の第三調波を用いた方法は、印加する交流磁場が大きい。一方で、第二調波を用いた方法は、磁化曲線の飽和磁化に相当する点まで DC バイアスすることによって、比較的弱い交流磁場で第二調波を得ることができる。このとき得られる信号の強度は、磁気ナノ粒子の粒径や濃度に依存すると予想される。そこで、本研究では、第二調波を検出する方法を用いて、磁気ナノ粒子の粒径と信号強度の関係を調べた。

2. 実験装置

測定には粒径が異なる $\phi 36.3$ nm、 $\phi 52.1$ nm、 $\phi 96.7$ nm の Fe_3O_4 磁気ナノ粒子を用いた。ナノ粒子は水中に分散しており、サンプルとしてそれぞれの鉄含有量が $560 \mu\text{g}$ 一定となるように調整して、体積 $70 \mu\text{L}$ として用いた。実験装置の構成を Fig.1 に示す。磁化応答を得るための差動型検出コイル、交流磁場を印加する変調用交流磁場コイル、直流磁場を印加する直流バイアス磁場コイルから成る。交流磁場を $4.52 \text{ mT}/\mu_0$ @ 5 kHz で印加し、直流磁場を $-21.2 \sim 21.2 \text{ mT}/\mu_0$ の範囲で変化させたとき得られる第二調波の強度を計測した。

3. 粒径の異なる磁気ナノ粒子の特性評価

各粒径の第二調波の直流磁場依存性を Fig.2 に示す。第二調波のピークが $\phi 96.7$ nm では $H_{dc} = \pm 5.3 \text{ mT}/\mu_0$ の位置で、 $\phi 52.1$ nm と $\phi 36.3$ nm では $H_{dc} = \pm 11.7 \text{ mT}/\mu_0$ の位置に現れた。このことから、 $\phi 96.7$ nm の磁気ナノ粒子は、磁化が飽和する点が他と異なることが考えられる。この原因として、粒径が小さいものが超常磁性としての性質を示す一方で、 $\phi 96.7$ nm では強磁性としての性質が現れたと考えられる。

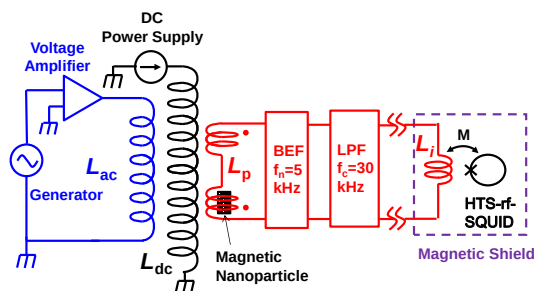


Fig.1 Schematic of the equipment

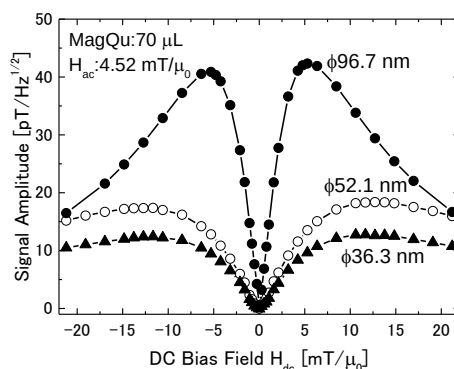


Fig.2 Dependence of 2nd harmonic response

4. まとめ

以上より、粒径の異なる Fe_3O_4 磁気ナノ粒子の特性を評価した。今後は、 $\phi 96.7$ nm の直流磁場依存性の考察を進めるとともに異なる組成 Fe_2O_3 を持つリゾビストなどとの比較を行う。