

磁気ナノ粒子の交流磁化特性の磁界強度および周波数依存性

笹山 瑛由、吉田 敬、圓福 敬二
(九州大学)

Intensity and Frequency Dependence of AC Magnetization Characteristics of Magnetic Nanoparticles

Teruyoshi Sasayama, Takashi Yoshida, Keiji Enpuku
(Kyushu University)

1. はじめに

ナノメートルサイズの磁気ナノ粒子を高分子でコーティングし、その表面に検査試薬や薬剤を固定したものは磁気マーカーと呼ばれる。磁気マーカーの交流磁化特性は、ネール緩和およびブラウン緩和などの緩和時間の存在により、磁気粒子イメージング (MPI) の感度や空間分解能に影響を与える。本研究では、磁気マーカー (Resovist、富士フィルム RI ファーマ製) について交流磁界の磁界強度および周波数を変化させながら交流ヒステリシスループの測定を行い、交流磁界の磁界強度および周波数が磁気マーカーの交流磁化特性に及ぼす影響について検討を行った。なお、生体内に磁気マーカーを導入したときにはブラウン運動が抑制されてネール緩和が支配的になると考えられるため、磁気マーカーを固相化して検討を行った。

2. 方法¹⁾

磁気ナノ粒子を励起する交流磁場の生成にはリッツ線 ($\phi 0.1$ mm、600 本) を 64 回巻いたソレノイドコイル (内径 20 mm、長さ 40 mm) を用いた。LC 共振回路により励起し、キャパシタの容量を変化させて共振周波数を変化させた。磁化検出には単線 ($\phi 0.2$ mm) を 9 回巻いた検出コイルを用いた。検出コイルに誘起された電圧をアイソレーションアンプ (エヌエフ回路設計ブロック、5325) で増幅した後、A/D コンバータ (NI、PXIe-5122) にて取得し、その電圧値を積分することで磁化 M を求めた。磁界 H はシャント抵抗 (N4L、HF001) に流れる励磁電流を計測して求めた。

3. 結果

図 1 に 5 mT (rms) および 15 mT (rms) で励起時の交流ヒステリシスループを示す。高周波であるほど交流ヒステリシスループが開いていることから、MPI において走査速度が速いほど検出信号に遅れが生じることを示唆している。

図 2 に 5 mT (rms) および 15 mT (rms) で励起時の検出信号 ($V = -dM/dt$) の高調波スペクトルを示す。励起磁界が低磁界あるいは高周波であるほど高調波信号の減衰が大きくなっている。高調波信号を利用する MPI の場合、図 2 の特性を考慮しながら励起磁界強度および周波数を設定する必要がある。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 (16K18114) の助成により行った。

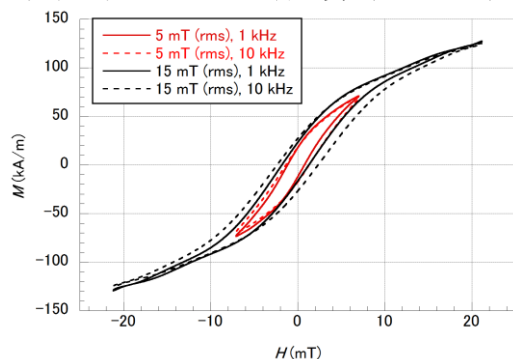


Fig. 1 AC hysteresis loops.

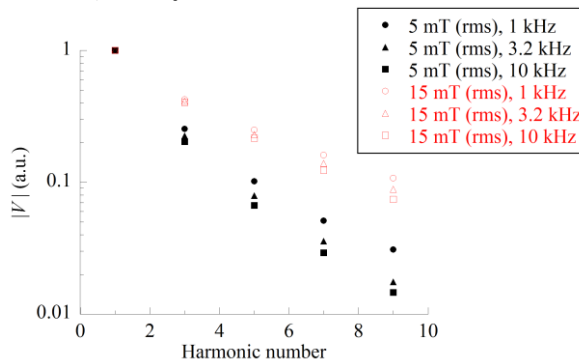


Fig. 2 Harmonic spectrum.

参考文献

- 1) T. Sasayama, T. Yoshida, K. Tanabe, N. Tsujimura, and K. Enpuku, IEEE Trans. Magn. 51, 5101504 (2015)