

減衰振動磁場中における酸化鉄ナノ粒子分散液の吸光度変化

諏訪雅頼、魚谷明良、塚原 聡
(大阪大学)

Absorbance change of iron oxide nanoparticle suspension under damped oscillatory magnetic field.

M. Suwa, A. Uotani, S. Tsukahara
(Osaka Univ.)

はじめに

磁気粒子イメージングや磁気ハイパーサーミアのように、超常磁性酸化鉄ナノ粒子の磁化ダイナミクスを利用する医療技術が発展してきている。これらの技術では、粒子内の磁化の回転（ネール回転）のみでなく、粒子自体の回転（ブラウン回転）を考慮することで高精度なイメージングや発熱効率の上昇につながる事が数値計算によって示唆されている^{1,2)}。磁気モーメントの配向挙動は通常、磁化測定により観察する。しかし、磁化曲線の微小な変化からネール回転とブラウン回転を見分けることは難しい。そこで本研究では、減衰振動パルス磁場中での酸化鉄ナノ粒子分散液の吸光度変化から、ブラウン回転の観測を試みた。

実験手法

Ewijk らの手法³⁾で直径 10.4 ± 1.4 nm のマグヘマイト (γ - Fe_2O_3) 磁性ナノ粒子 (magnetic nanoparticle, MNP) を合成した。これを水中に分散させ、吸光度測定に適した $50 \sim 200 \mu\text{g cm}^{-3}$ の濃度になるよう希釈した。また、溶媒の粘性依存性を調べるため、グリセロールを添加した。LCR 回路の放電により、初期振幅 ~ 1 T の減衰振動パルス磁場を発生させた。その周波数はコンデンサの電気容量に依存し、今回は主に 34.4 kHz で実験を行った。10 mm \times 10 mm (直径 \times 長さ) の空芯ソレノイドコイルを用い、上記の MNP 分散液を 5 mm \times 5 mm (内径 \times 長さ) の円筒型ガラスセルに封入し、コイル内に設置した。光源には Xe ランプ用い、モノクロメータで波長 405 nm に単色化した光を磁場と平行にセルに照射、パルス磁場に伴う吸光度変化を観測した。

実験結果

Fig. 1 に MNP 分散液の吸光度変化を示す。磁場印加後、直ちに吸光度が減少し、振動磁場の 2 倍の周波数をもつ楕型波形が観測された。吸光度の極小は磁場の極値付近、極大はゼロ交差付近にあったが、いずれも磁場に対して遅れていた。マグヘマイト MNP は磁化容易軸と同じ方向に光軸を持つことが報告されている⁴⁾。磁場印加により磁化容易軸が磁場と平行に配向するため、光軸と照射した光の進行方向とが一致する。これにより、ランダム配向である無磁場下に比べ、磁場中では吸光度が減少したと考えられる。従って吸光度変化の波形は、ブラウン回転のダイナミクスを反映する事が示差された。更に、吸光度変化から磁化容易軸の配向度を見積もることが可能であり、交流磁場中における超常磁性ナノ粒子の回転運動のメカニズムを考察した。

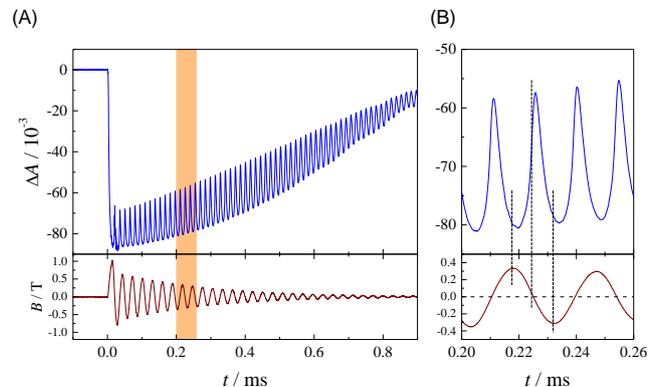


Fig. 1 (A) The absorbance change of the MNP suspension (top) under the damped oscillating magnetic field (bottom) and (B) the expansion of the highlighted region in (A).

参考文献

- 1) D. B. Reeves, J. B. Weaver: *Appl. Phys. Lett.*, 107, 223106 (2015).
- 2) H. Mamiya, B. Jeyadevan: *Sci. Rep.*, 1, 00157 (2011)
- 3) G. A. van Ewijk et al.: *J. Magn. Magn. Mater.*, 201, 31-33, (1999)
- 4) F. Bentivegna, et al.: *J. Appl. Phys.*, 85, 2270-2278 (1999)