

磁性ナノ粒子懸濁液の直流バイアス磁場下での動的ヒステリシス測定

Dynamic hysteresis measurement of a magnetic nano particle suspension under a DC bias magnetic field

茨城高専¹, 筑波大² ○小野寺 礼尚¹, 喜多 英治^{1,2}, 岸本 幹雄², 黒岩 拓也², 柳原 英人²
NIT Ibaraki college¹, Univ. of Tsukuba², °Reisho Onodera¹, Eiji Kita^{1,2}, Mikio Kishimoto², Takuya Kuroiwa², and Hideto Yanagihara²

E-mail: onodera@mech.ibaraki-ct.ac.jp

はじめに

磁性ナノ粒子(MNP)は MRI の造影剤として既に利用されている他に, 磁気温熱療法(磁気ハイパーサーミア), 磁性ナノ粒子イメージング(MPI)やドラッグデリバリーなどへの応用も検討されている. 磁気ハイパーサーミアは MNP に交流磁場(AMF)を印加した際の発熱を使用している. MNP の発熱能力は, 動的ヒステリシスループのエネルギー損失に依存するため, AMF を印加して得られる動的磁化曲線の実験的・理論的研究がなされている.

MPI では, 磁場ゼロ領域を作る直流磁場(DC-MF)と, 磁場ゼロ領域で磁化を励起する AMF の 2 種類の磁場が用いられる. また, 磁気ハイパーサーミアのために, 患部に MNP を集め・留めるためには DC-MF によるドラッグデリバリーを併用することも検討されている.

以上のように, MNP の医療応用において, DC-MF・AMF が併用される場面が多く予想されるため, 磁気特性評価についても, AMF に DC-MF が重畳した条件で実施することが重要である. 本研究では, 強磁性 Co 置換 Fe₃O₄ ナノ粒子の懸濁液について, AMF に対して, 平行・垂直な DC-MF を印加した場合の MNP の動的ヒステリシスを測定し, 高周波応答における DC-MF の影響について評価することを目的とする.

装置構成

本装置は, DC-MF 発生磁石と AC 磁化測定装置¹⁾を組み合わせた構成となっている. Fig. 1 に示すように DC-MF 発生にはφ 50mm の磁極を有する電磁石を用い, この磁極間に動的ヒステリシス測定用の AMF 発生コイルおよび, 磁化・磁場検出コイルを設置している. DC-MF は磁極中心でおよそ 50 mT の磁場発生が可能となっている. AMF 発生は磁場発生用空芯コイルとコンデンサからなる直列 LC 共振回路と高周波電源(1 kW) で構成されており, 20 k~1 MHz の範囲で高周波磁場を発生させることができる. DC-MF の磁極と AMF コイルおよび検出コイルの配置を Fig. 1 のように変更することで, DC-MF の印加方向を平行・垂直に切り替えることができる.

実験方法および結果

動的ヒステリシスの測定は, 周波数:60-200 kHz, DC-MF:0-50 mT, AMF:5-70 mT の条件で実施し, ループ面積から比損失電力(SLP)の DC-MF 依存性を評価した.

測定の結果, AMF に対して垂直な DC-MF を印加した際のヒステリシスループ面積の減少は, 平行 DC-MF の印加に比べて, 緩やかであることが明らかとなった. 当日は, 周波数依存性も含めて, 動的ヒステリシスループの DC-MF 依存性について報告する.

参考文献

- 1) A. Seki, *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser., **521** (2014) 012014.
- 2) R. Onodera, *et al.*, IEEE Trans. Mag., **57** 6100605 (2021).

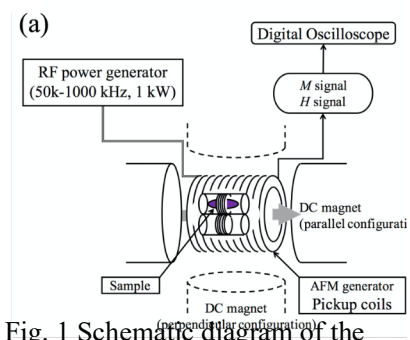


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup. ²⁾