

磁性ナノ粒子懸濁液の平行・垂直直流磁場下における動的ヒステリシス測定

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
(¹茨城高専、²筑波大学)

R. Onodera¹, Eiji Kita^{1,2}, M. Kishimoto², T. Kuroiwa² and H. Yanagihara²
(¹NIT Ibaraki College, ²Univ. of Tsukuba)

はじめに

近年、磁性ナノ粒子(MNP)は磁気共鳴イメージング(MRI)や磁気ハイパーサーミアなど医療分野への応用が注目されている。磁気ハイパーサーミアでは磁性ナノ粒子分散体に高周波磁場(AMF)を印加した際に発生する熱を癌の焼灼に利用する。発熱剤の材料開発には、MNPの高周波応答、その比損失電力(SLP)および発熱量を評価することが必要となる。

MNP分散体に直流磁場(DC-MF)を重畳させることで、MNPの運動を制御することができる。ドラッグデリバリーなどの他の治療法と磁気ハイパーサーミアを同時に併用できれば、新たな治療方法の開拓として大きく貢献することができる。直流磁場の重畳はMNPの配向や緩和機構に影響を及ぼすと考えられるため、直流磁場印加時における高周波応答および発熱特性を評価することで効果を明らかにできる。

本研究では、MRIの造影剤として市販されている超常磁性ナノ粒子 Resovist[®]と強磁性 Co 置換 Fe₃O₄ ナノ粒子(SCF-3)の懸濁液について、高周波磁場と同時に、平行と垂直な静磁場を印加する装置を開発した。それぞれの試料の動的ヒステリシスを測定し、高周波応答と発熱能に対する静磁場の影響について議論する。

装置構成

本装置は、静磁場発生磁石と AC 磁化測定装置を組み合わせた構成となっている。DC-MF 発生には $\phi 50\text{mm}$ 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。LC 共振回路により、20 k~1 MHz の範囲で交流磁場を空芯コイルに発生させることができる¹⁾。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、平行・垂直双方の DC-MF を重畳させることができる。

実験方法および結果

超常磁性ナノ粒子懸濁液 Resovist[®]と強磁性 Co 置換 Fe₃O₄ ナノ粒子懸濁液について、周波数：60-200 kHz、DC-MF：0-50 mT、AMF：5-70 mT の条件で動的ヒステリシスを測定し、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 に垂直に DC-MF を印加した場合には、平行に DC-MF を印加した場合に比べて、ループ面積が徐々に減少していることがわかった。当日は、サンプルによる DC-MF 依存性の違いと緩和挙動との関連について報告する。

参考文献

- 1) A. Seki, *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser., 521 (2014) 012014
- 2) R. Onodera, *et al.*, IEEE Trans. Mag., *in press.* doi: 10.1109/TMAG.2020.3021428.

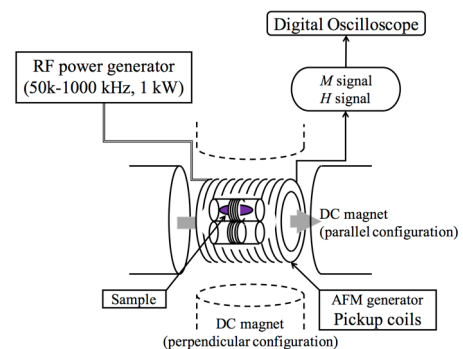


Fig. 1 Schematic configuration of dynamic hysteresis measurement system under parallel and perpendicular DC magnetic fields².

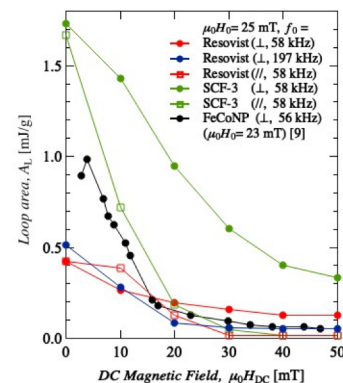


Fig. 2 DC-MF dependence on loop area of dynamic hysteresis loops².