

高周波磁化過程測定の高精度化と直流磁場重畳

小野寺礼尚¹、黒岩拓也^{2*}、柳原英人³、喜多英治¹
 (¹茨城高専、²筑波大学大学院(現シャープ)、³筑波大学)

Improvement of accuracy in a high frequency magnetization process measurement and superposition of a static magnetic field

R. Onodera¹, T. Kuroiwa², H. Yanagihara² and E. Kita¹
 (¹NIT Ibaraki College, ²Univ. of Tsukuba)

はじめに

磁性ナノ粒子の高周波磁場印加による発熱をがん治療に利用するハイパーサーミア技術では、発熱量はナノ粒子のヒステリシス損失に依存するため、その M - H ループを正確に評価することは重要である。また、この損失は磁気モーメントのプラン緩和およびネール緩和によって生じるが、 M - H ループからそれぞれの緩和機構の寄与を分離することはできない。直流磁場により粒子を配向させた上で交流磁化測定を実施すれば、粒子の回転を抑制した上での M - H ループが得られると考えられるため、直流・交流の複合磁場下の磁気特性評価は、ナノ粒子の発熱特性に対する緩和機構の寄与の実験的検討に資すると考えている。

以上のことから本研究では、ハイパーサーミア用磁性ナノ粒子の開発過程で要求される高精度な高周波磁化測定装置および、印加方向を制御可能な直流磁場重畳装置の開発を目的としている。

装置構成および実験方法

本装置は、DC 磁場発生部とこれまでに報告した AC 磁化測定装置を組み合わせた構成となっている。Fig. 1 に示すように、DC 磁場発生には $\phi 50\text{mm}$ の磁極を有する電磁石を用い、この磁極間に AC 磁化測定用の AC 磁場発生コイルおよび、磁化・磁場検出コイルを設置している。DC 磁場は磁極中心でおよそ 1 kOe の磁場発生が可能となっている。AC 磁場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、 $20\text{ k}\sim 1\text{ MHz}$ の範囲で高周波磁場を発生させることができる¹⁾。

磁化測定の精度と周波数依存性を評価するために、標準試料として常磁性 Dy_2O_3 粉末、YIG 3 mm 球、 MnZn フェライトなど、磁気特性が既知の試料を用いて周波数 $60\text{ k}\sim 200\text{ kHz}$ 、AC 磁場振幅 600 Oe 、DC 磁場 500 Oe の範囲で測定精度の評価を行なった。

結果

Figure 2 に、磁極間に設置した AC 磁場発生コイルの電源出力一定条件における、発生磁場の変化を示す。ここからわかるように、AC 磁場コイル長 55 mm に対してギャップが 65 mm の磁極では磁場の出力がおよそ $2/3$ ほどに減少していることがわかる。これは DC コイルに通電していない条件でも、発生した AC 磁場に対して磁極が応答しているためであると考えられる。また、この影響はギャップ 95 mm ではほぼないが、一方で DC 磁場強度は 560 Oe まで低下してしまうことが明らかとなった。標準試料および磁性流体の測定結果に関しては、当日報告する。

参考文献

1) A. Seki, *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser., 521 (2014) 012014

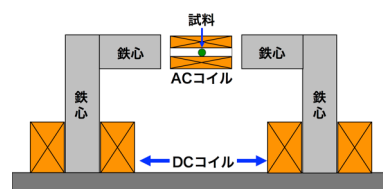


Fig. 1 Schematic representation of the experimental setup.

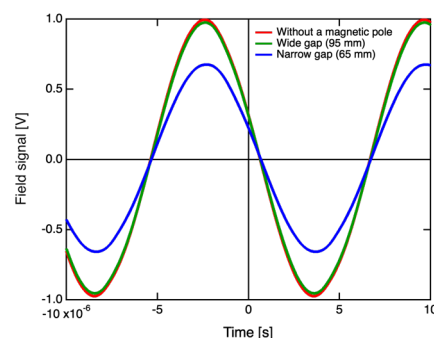


Fig. 2 Detected magnetid field with wide and narrow gaps, and without a magnetic pole.