

「トランス結合型透磁率測定装置」

～磁性微粒子単体の測定を可能にする超高感度、超広帯域の透磁率測定装置～

Transformer coupled permeameter:

Ultra-high-sensitivity and ultra-broadband permeameter for characterizing a single magnetic particle

田丸慎吾・菊池伸明*・五十嵐利行***・岡本聡*・久保田均・吉田栄吉*

産業技術総合研究所, 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 2 (〒305-8568)

*東北大学, 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1 (〒980-8577)

**株式会社トーキン, 宮城県仙台市太白区郡山 6-7-1 (〒982-8510)

S. Tamaru, N. Kikuchi*, T. Igarashi***, S. Okamoto*, H. Kubota, S. Yoshida*

AIST, *Tohoku Univ., **Tokin Corp.

概要

インダクタ, トランス, ノイズフィルタといった磁性高周波部品は, 通信システムや電源回路などに不可欠な部品であり, その性能向上は 5G や IoT を中核とする将来のスマート社会にとって極めて重要である. これらの部品には, 平均粒径 1~100 μm 程度の磁性粉末材料に高周波透磁率向上のため様々な処理を施し, 焼結やバインダなどによって固化成形したバルク材が用いられている. これまで, 粉末に施される各処理の効果はバルク材の評価結果からの類推に留まっていた. 各処理本来の効果を見極めるには, 成形前の磁性粉末中の微粒子単体での特性評価が望ましいが, 従来の装置では感度不足のため困難であった.

トランス結合型透磁率測定装置(以下 TC-Perm)は, 従来と比較し飛躍的な感度の向上を達成し, これまで困難であった磁性微粒子単体の高周波透磁率測定を可能にする装置である.

特徴

◆ 超高感度

直径 数 10 μm 程度の磁性微粒子単体の高周波透磁率を高い信号雑音比で測定可能. これは従来のシート状試料用透磁率測定装置と比較し 3-4 桁程度高い感度に相当する.

◆ 超広帯域

現在は 10 MHz - 20 GHz をカバー. 技術的には, 低周波側は少なくとも 1 MHz 以下まで伸ばすことが可能であることも実証済み.

技術・装置の構成

TC-Perm の治具構造模式図を Fig. 1(a), 装置全体の構成図および治具の断面図を Fig. 1(b)に示す. 治具は 2 つの短絡終端された平面導波路(CPW1, 2)より構成される. これらをカプトンテープで絶縁しつつ重ね合わせることで, 弱く結合したトランスを形成する. 磁性微粒子は CPW1 と 2 の信号線の間に挿入される. CPW1,2 はそれぞれベクターネットワークアナライザ(VNA)のポート 1,2 に接続され, VNA は治具の透過係数 S_{21} を測定磁場, 飽和磁場において測定する. その差分 ΔS_{21} に校正のためのデータ処理を施す事により, 測定磁場における磁性微粒子の複素磁化率 χ を得ることが出来る.

この治具構造は, ①CPW1, 2 の信号線幅を狭くすることが容易, ②CPW1, 2 が磁性微粒子のごく近傍に位置するため, 高い試料-CPW 間結合を維持, ③バックグラウンドとなる CPW1 から CPW2 への stimulus 信号の漏れが低周波で小さくなる, といった利点を有するため, 従来と比較し大きな感度改善効果が得られる.

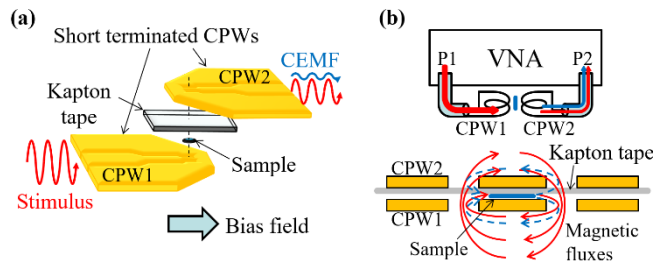


Fig. 1 (a) Schematic of the jig structure in TC-Perm. Stimulus signal is fed to CPW1, which excites motion of magnetization in the sample. The counter electromotive force (CEMF) induced in CPW2 by the sample changes S_{21} of the jig in response to the bias field. (b) System configuration and cross section of the jig in TC-Perm.

実測例

Fig. 2 に, ノイズ抑制シートに含まれる扁平化されたパーマロイ微粒子単体(大きさ $100 \times 180 \times 0.7 \mu\text{m}^3$ 程度)の χ の TC-Perm による測定結果を示す. 測定した全周波数帯域(10 MHz - 20 GHz)に渡り極めて雑音が少ない明瞭な信号が得られており, これは市販のシート状試料用測定装置より 3-4 桁高い感度に相当する. 本装置は, このような高感度を達成することにより, 磁性粉末中の微粒子単体の高周波透磁率測定を可能にし, 次世代磁性高周波部品の効率的な開発に大きく貢献するものである.

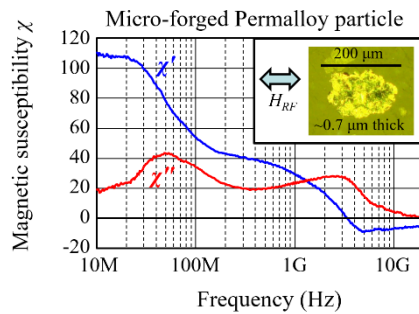


Fig. 2 Magnetic susceptibility χ of single Permalloy particle measured by TC-Perm. (inset) Optical micrograph of the sample.

謝辞 本研究開発は, 2018 年度産総研-東北大マッチング支援事業の支援及び総務省 SCOPE(受付番号 195003002)の受託の下に実施されました. ここに深く感謝の意を表します.

関連文献

S. Tamaru, et al.: J. Magn. Magn. Mater. **501**, 166434(2020).

関連特許

特願 2019-060076, 特願 2019-163605, PCT/JP2019/034371.

2020 年 1 月 14 日受理