

## マイクロストリップ型プローブによる極薄膜透磁率評価

楠 洗介, 藪上 信\*, 小澤哲也\*, 植竹宏明\*, 山田 洋, 宮澤 安範\*\*, 内海 良一\*\*, 島田 寛\*\*\*  
(仙台高等専門学校, \*東北学院大学, \*\*東栄科学産業, \*\*\*東北大学)

Permeability measurement of magnetic thin film by microstrip probe

K. Kusunoki, S. Yabukami\*, T. Ozawa\*, H. Uetake\*, H. Yamada, Y. Miyazawa\*\*, R Utsumi\*\*, Y. Shimada\*\*\*  
(Sendai National Collage of Technology, \*Tohoku Gakuin University, \*\*Toei Scientific Industrial co., ltd, \*\*\*Tohoku University)

**1 はじめに** インピーダンス整合を考慮したマイクロストリップ型プローブを磁性膜に近接させることで、非破壊に数 nm 程度の極薄膜の透磁率計測を試みた。

**2 計測方法** Fig. 1 は計測システムの構成、及び磁性薄膜の配置を模式的に示した図である。プローブは2本のセミリジットケーブルと直線マイクロストリップ線路で構成されている。磁性薄膜にレジスト(厚さ約 4 μm)を塗布し、マイクロストリップ導体を磁性薄膜に近接配置することで透磁率を評価する。直線マイクロストリップ線路に流れる高周波電流は線路の幅方向に高周波磁界を励磁することになるため、困難軸方向の透磁率が高周波インピーダンスに対応する。プローブは同軸ケーブルを介してネットワークアナライザ(アジレントテクノロジー製 8722ES)に接続し、薄膜の容易軸方向へ約 1147 Oe の直流磁界を印加し、飽和させた状態でネットワークアナライザをキャリブレーションする。その後、直流磁界を解除して透過係数( $S_{21}$ )を測定する。その透過係数を用いて、(1)式よりインピーダンスを算出する。線路に高周波電流が流れると、渦電流が表皮効果によって磁性膜の膜厚方向へ一次元的に偏ること、インピーダンス  $Z_s$  が決定されることを仮定し、(2)、(3)式を用いて Newton-Raphson 法により、複素透磁率を最適化する<sup>1)</sup>。

$$Z_s = 50(1 - S_{21})/S_{21} \quad (1)$$

$$Z_s = \frac{k_s \rho l}{2w} \coth\left(\frac{k_s t}{2}\right) \quad (2)$$

$$k_s = \frac{(1+j)}{\sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu_r \mu_0}}} \quad (3)$$

ただし、 $\rho$ は抵抗率、 $l$ は試料長さ、 $w$ は試料幅、 $t$ は膜厚、 $f$ は周波数、 $\mu_r$ は複素比透磁率である。

**3 計測結果** Fig. 2 に CoNbZr 薄膜(25 mm × 25 mm, 厚さ 5 nm) にレジスト(約 4 μm 厚)を塗布した状態で透過係数を測定し、透磁率へ換算した結果を示す。CoNbZr 薄膜は RF スパッタ法により成膜した。磁化容易軸へ約 100 Oe の直流磁界を印加して、

透過係数の測定を行った。●○は最適化法により求めた測定値であり、点線、及び破線は LLG 方程式と渦電流を考慮した理論値<sup>2)</sup>である。強磁性共鳴の周波数付近を含めて、理論値及び測定値は約 7 GHz まで概ね一致し、極薄膜の透磁率を測定出来ていることが確認できる。

**謝辞** 本研究の一部は JST 復興促進プログラムの成果である。

**参考文献** 1) T. Kimura, S. Yabukami, T. Ozawa, Y. Miyazawa, H. Kenju, and Y. Shimada, *Journal of the Magnetics Society of Japan*, **38**, 87 (2014).  
2) Y. Shimada, J. Numazawa, Y. Yoneda and A. Hosono, *J. Magn. Soc. Jpn.* **15**, 327 (1991).

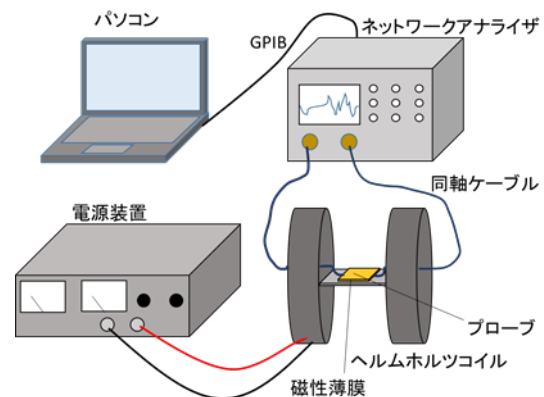


Fig. 1 Schematic of measurement system.

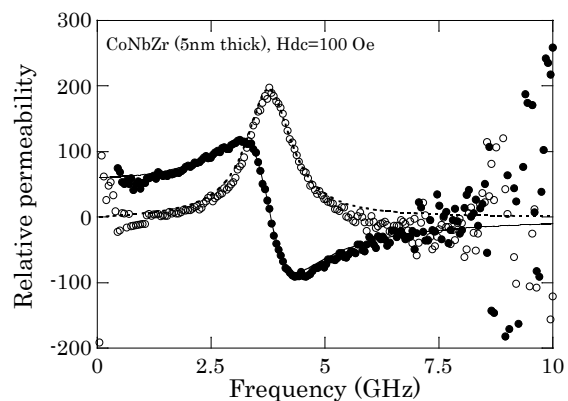


Fig. 2 Permeability of CoZrNb film(25 mm × 25 mm, 5nm thick).