

# マイクロストリップ型プローブによる極薄膜透磁率計測

楠 洸介, 藪上 信\*, 小澤哲也\*, 植竹宏明\*, 山田 洋, 宮澤 安範\*\*, 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\*\*, Y. Shimada\*\*\*

(Sendai National Collage of Technology, \*Tohoku Gakuin University, \*\*Toei Scientific Industrial co., ltd, \*\*\*Tohoku University)

**1 はじめに** 磁性薄膜を用いたセンサデバイスには一層あたり数 nm 程度のスパッタがなされる。ここでは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薄膜に近接させることで非破壊に極薄膜透磁率評価を試みた。

**2 透磁率計測方法** Fig. 1は計測システム構成及び評価する磁性薄膜を模式的に示した図である。プローブは2本のセミリジッドケーブルとマイクロストリップ線路で構成されている。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。マイクロストリップ線路に流れる高周波電流は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1000 Oeの直流磁界を加えて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。その後強磁界を解除して透過係数( $S_{21}$ )を測定し、(1)式よりインピーダンスを算出する。膜厚方向へ電流が表皮効果で偏ることでインピーダンス $Z_s$ 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にアモルファスCoNbZr薄膜(25 mm × 25 mm, 厚み3 nm)における透磁率計測結果を示す。CoNbZr薄膜はRFスパッタ法により成膜した。磁化容易軸へ約120 Oeの直流磁界を印加して、強磁性共鳴周波数を3 GHz付近にしている。BW

は100 Hz、平均化回数は16回とした。●○は最適化法により求めた測定値であり、実線および破線はLLG方程式と渦電流を考慮した理論値<sup>2)</sup>である。低周波では膜厚が薄いためSN比が悪化しているものの、3 GHz付近の強磁性共鳴を含めて、大まかな評価が出来ていることが了解される。

**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).

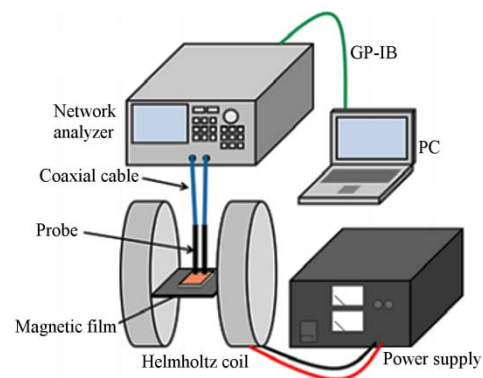


Fig.1 Structure of measurement system.

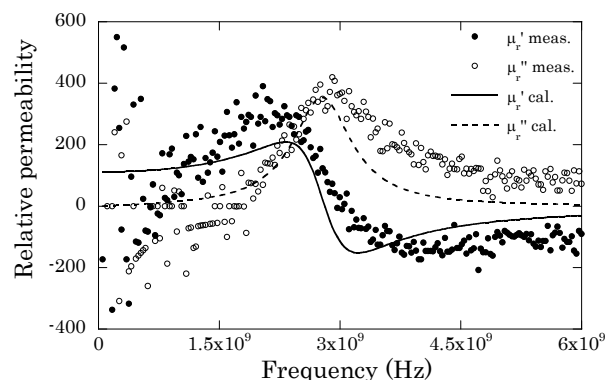


Fig.2 Measured permeability of CoZrNb film(3nm thick).