

基板の誘電率を考慮した短絡MSLによる磁性薄膜の透磁率測定

武田 茂, 発知富夫*, 本村貞美*, 鈴木洋介*
(有) Magnotech, *キーコム 株

Permeability measurement of magnetic thin film by the shielded short-circuited MSL considering the substrate permittivity

S. Takeda, T. Hotchi*, S. Motomura*, and H. Suzuki*
(Magnotech, Ltd., *KEYCOM Corp.)

はじめに 短絡MSL(Micro Strip Line)を用いて磁性薄膜の透磁率を測定する方法はよく知られている¹⁾。この場合、基板の誘電率の影響を無視できない。今回、この影響を積極的に取り入れた解析方法を開発した。

実験方法 Fig.1 に測定治具の断面図を示す。ここで、図中の諸元は、 $h_1=0.6\text{mm}$, $h_2=3.7\text{mm}$, $l=5\text{mm}$, $d=0.5\text{mm}$ である。 t は膜厚である。磁性薄膜の面は地導体に接している。感度を上げるためには、 h_1 を d にできるだけ近づける必要がある。結果として、コネクタから見たアドミタンスは基板の誘電率の影響を強く受ける。まず、試料無しの状態でVNAによりコネクタからの反射パラメータ S_{11o} を測定する。次に、試料を装荷し、静磁界(5kOe)を紙面に垂直方向に印加して、 S_{11o} を測定する。そして、静磁界を取り除き、 S_{11s} を測定する。

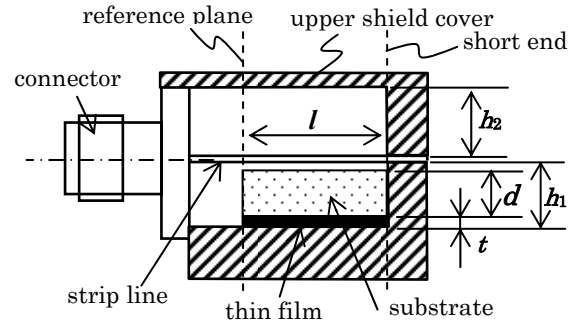


Fig.1 Cross sectional drawing of shielded short-circuited microstrip line with magnetic thin film,

解析方法 解析の基本的手法は集中定数近似に従う²⁾。 S_{11o} と S_{11s} から試料が置かれている部分 l の実効誘電率 ϵ_{eff} を導き出す。次に、 ϵ_{eff} を考慮して、 S_{11o} と S_{11s} から実効透磁率 μ_{eff} を求める。磁性薄膜の l 部分に対する結合係数を η とすると³⁾、薄膜の複素透磁率 $\mu=\mu'-j\mu''$ は、 $\mu'=(\mu'_{\text{eff}}-1)/\eta+1$, $\mu''=\mu''_{\text{eff}}/\eta$ である。最後に、 $\beta l=2\pi/\lambda=2\pi(\epsilon_{\text{eff}}\mu_{\text{eff}})^{1/2}l/\lambda$, <1.4 を用いて、測定結果が集中定数近似内にあるかどうかの判定を行う²⁾。この範囲内にある場合は、測定結果は $\pm 5\%$ の誤差内にある。1.4を超えても、誤差は増えるが測定結果の定性的な議論はある程度可能である。

実験結果 Fig.2 に実効誘電率 ϵ_{eff} と実効透磁率 μ_{eff} の測定結果及び判定結果 βl を示す。 βl は 10GHzまで 1.4以下であり集中定数近似が成立している。Fig.3 に実際の磁性薄膜の透磁率の測定結果を示す。

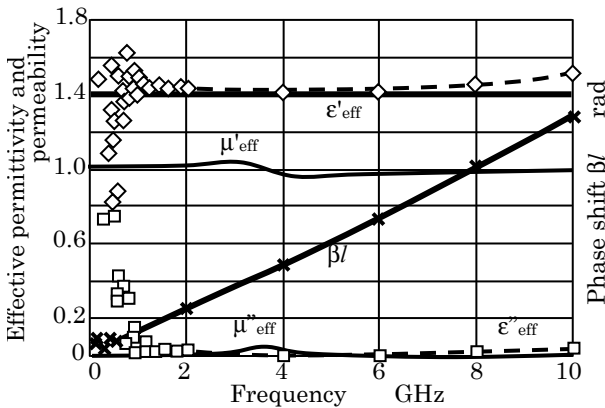


Fig.2 The measurement results of ϵ_{eff} , μ_{eff} , and βl of test fixture with the magnetic thin film on 5mm square glass substrate of 500 μm thickness,

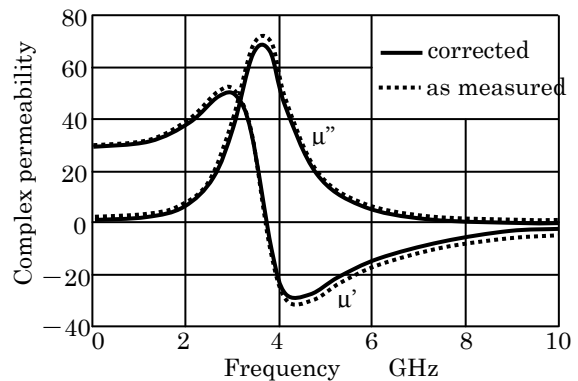


Fig.3 The measured complex permeability of magnetic thin film with 1.45 μm thickness on 5mm square glass substrate with 500 μm thickness (prepared by H.Kijima).

最後に、興味深い磁気特性を有する磁性薄膜を提供いただきました東北大学 青木(旧姓木島)英恵博士、電磁材料研究所 直江正幸博士、中央大学 川井哲郎研究員に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) D.Pain, M.Ledieu, O.Acher, L.Adenot, and F.Fuerverger, *J. Appl. Phys.*, **85**, 5151 (1999),
- 2) S. Takeda, S. Motomura, T. Hotch, and H. Suzuki, *J. Magn. Soc. Jpn.*, **39**, 116-120(2015),
- 3) S. Takeda, S. Motomura, T. Hotch, and H. Suzuki, *J. Jpn. Soc. of Powder and Powder Metallurgy*, Vol.61, (2014), No.S1, pp.S303-S307,