

30GHz 帯を目指した磁性薄膜の高周波透磁率測定

武田 茂、直江正幸*、発知富夫**、本村貞美**、鈴木洋介**

(Magnontech, *電磁研、**キーコム)

High Frequency Permeability Measurements of Magnetic Thin Films aiming at 30GHz Band

S. Takeda, M. Naoe*, T. Hotchi**, S. Motomura**, H. Suzuki**

(Magnontech, Ltd., *Res. Inst. for Electromagnetic Materials, **KEYCOM Corp.)

はじめに 我々は、遮蔽型短絡マイクロストリップ線路を用いて、10GHz までの磁性薄膜の高周波透磁率の測定結果を報告した¹⁾。今回、さらなる高周波化を目指して、30GHz までの基礎検討を行ったので報告する。

問題点と対策 我々の測定原理である集中定数近似²⁾を用いて高周波化する場合の問題点を整理する。一つは、電磁波の伝播方向の試料の電気的長さを $\lambda/4$ 以下にすることである。また、形状を正方形の形状のまま小さくすると検出信号が下がる。TEM モードが維持され平面波が伝播するとすれば、その面内垂直方向の寸法制限は緩い。そこで試料の一辺の長さだけ短くして、形状を長方形とした。さらに、基板体積由来の静電容量の影響をできるだけ抑えるために、薄い基板を用いた。もう一つは、薄膜試料による微弱な信号強度と同程度の細かい不要共振モードの雑音を如何に抑えるかということである。このため、測定治具の形状、ストリップ線路の形状、多重反射を抑えるための吸収体の貼り付けなどを検討した。

実験方法 Fig.1 に測定治具の断面図を示す。ストリップ線路幅 $w=3.24$ mm, 線路高さ $h_1=0.8$ mm, $h_2=3.7$ mm である。治具全体の共振の効果を見るために、長さ $l=3$ mm, 8 mm の二つの治具を用いた。試料には高異方性のナノグラニューラ面内一軸異方性膜³⁾を用い、その磁化困難軸の透磁率を測定した。試料形状は、2 mm × 10 mm の短冊試料とした。基板の厚みは、 $d=0.2$ mm, 0.3 mm の2種類である。ゼロ点測定には、外部からマイクロ波磁界と平行に 5kOe の静磁界を加えた (Field 法)。周波数掃引範囲は 0.1~30GHz である。

実験結果と考察 Fig.2 に $l=8$ mm 長治具を用いて測定した結果を、Fig.3 に $l=3$ mm 長治具を用いて測定した結果を示す。基板の誘電率と厚みはそれぞれ 6.4 及び 0.2 mm で、試料膜厚は 1.015 μm である。Fig.2 に示すように、8 mm 長の治具を用いた場合は、20 GHz まではスムーズな曲線が得られたが、それ以上では鋭い不要共振が見られ、測定不能であることが分かる。一方、Fig.3 の 3 mm 長治具を用いた場合は、20 GHz 以上の鋭い共振がなくなり、大幅に不要モードによる共振ノイズが軽減されているのが分かる。しかし、26 GHz にもブロードなピークが観測された。試料は不連続な異方性の強度分散を示しているが³⁾、このピークが膜の特性か否かは検討中である。いずれにせよ、今回の検討で 20 GHz まではスムーズに測定できることが分かった。ここで、磁化 $4\pi M_s$ を実際の 9.3 kG とし、強磁性共鳴周波数 f_r と低周波における透磁率 μ' との関係、異方性磁界を変化させて計算すると、 $f_r=30$ GHz $\rightarrow \mu'=2.32$, $f_r=20$ GHz $\rightarrow \mu'=3.40$, $f_r=10$ GHz $\rightarrow \mu'=8.64$ である。 μ' は $1+(4\pi M_s/H_k)$ とした。そのときの H_k は、それぞれ 7034 Oe, 3876 Oe, 1216 Oe である。実際には、 H_k が 1216 Oe であり、 $f_r=10$ GHz、5GHz での μ' は 8.0 であった。これらは上記計算結果と非常によく一致している。

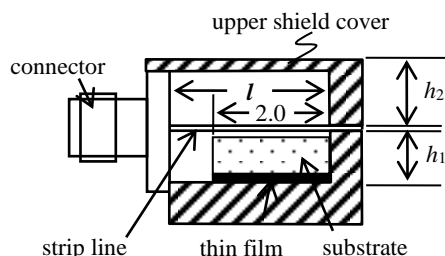


Fig.1 Shielded short-circuited microstrip line with magnetic thin film,

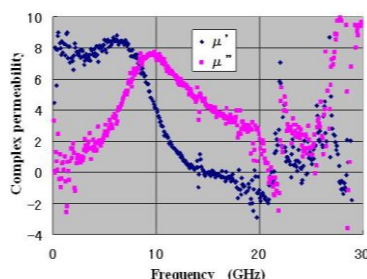


Fig.2 μ - f responses of magnetic thin film by 8mm long jig

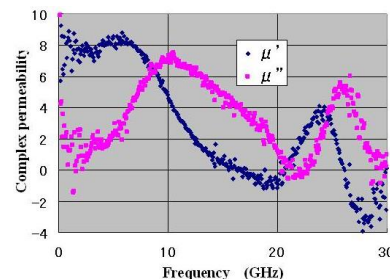


Fig.3 μ - f responses of magnetic thin film by 3mm long jig

参考文献

- 1) S. Takeda, et al., *J. Magn. Soc. Jpn.*, **39**, 227-231 (2015),
- 2) S. Takeda, et al., *J. Magn. Soc. Jpn.*, **39**, 116-120 (2015),
- 3) M. Naoe, et al., *IEEE Magn. Lett.*, **5**, #3700404 (2014)