

ウェハレベルの磁性薄膜高周波特性評価法の開発

森 修, 遠藤 恭*, 島田 寛*, 薮上 信**, 内海 良一
(東栄科学産業, *東北大学, **東北学院大学)

Development of magnetic thin film high frequency characteristic evaluation method of wafer

O. Mori, Y. Endo*, Y. Shimada*, S. Yabukami**, R. Utsumi

(Toei Scientific Industrial co., ltd, *Tohoku University, **Tohoku Gakuin 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ウェハ上に製膜された磁性膜に近接させて計測する透磁率評価法と同時に、磁性膜に応力負荷による磁気共鳴周波数の変化から磁歪も評価できる高周波特性計測法を開発した。

2 計測方法 500 nm 厚の Co-Zr-Nb 膜の作製には RF スパッタを用いた。ウェハは 0.2 mm 厚の 4 インチ Si 基板を用いた。また、応力負荷した磁歪の新規計測は下記の通りである。高周波伝送線路型プローブにはインピーダンス整合を考慮した 2 ポートのマイクロストリップ線路 (Microstrip Line : MSL) 型プローブ¹⁾を用いた。Fig. 1 のように、作製した Co-Zr-Nb 膜を円弧状のアルミ治具に沿わせて固定し、引っ張り応力を付与すると、膜内部の異方性に変化する。この応力負荷された Ni-Fe 膜上部に、MSL プローブを、ポリスチレンフィルムを介して近接配置して、Co-Zr-Nb 膜における強磁性共鳴周波数 f_r の変化を評価する。なお、本計測の際には、Co-Zr-Nb 膜の磁化困難軸方向を MSL の幅方向と平行にする。

3 計測結果 Fig. 2 は応力負荷の有無による 500 nm 厚の Co-Zr-Nb 膜の磁化困難軸方向へ RF 磁界を印加した際の S_{21} から等価的な抵抗成分である $(1-S_{21})/S_{21}$ 実部を評価した結果である。破線は無負荷時の状態、実線は応力負荷時の状態を示している。応力負荷時のウェハの曲率は 278 mm であった。応力負荷による f_r の変化は、外部磁界強度の増加にともない 30 MHz から 4 MHz へと低周波数帯域へシフトした。これらの値と(1)式を用いて磁歪 λ_s を算出した。

$$(f_{r+}^2 - f_{r0}^2)/f_{r0}^2 = \left(\frac{3\lambda_s h_s E_f}{2rM_s} \right) / (H_{kf} + H_{ex}) \quad (1)$$

ただし、 f_{r0} は無負荷時の強磁性共鳴周波数、 f_{r+} は応力負荷時の強磁性共鳴周波数、 r は曲率半径、 M_s は飽和磁化、 H_{ex} は印加した外部磁界、 H_{kf} は薄膜の内部磁界、 h_s はウェハ厚さ、 E_f は薄膜のヤング率である。Fig. 3 は $(f_{r+}^2 - f_{r0}^2)/f_{r0}^2$ と $1/(H_{kf} + H_{ex})$ の関係をプロットしたグラフである。これらのパラメータは線形

関係となっていて、(1)式によるフィッティングが可能である。したがって、フィッティングにより得られた傾きが $(3\lambda_s h_s E_f / 2rM_s)$ にあたるので、各パラメータを用いて磁歪 λ_s を算出したところ、 -7.2×10^{-7} であった。また、短冊形ガラス基板に同条件で作製した Co-Zr-Nb 薄膜に関して光てこ法により磁歪を測定したところ、その値は -1.3×10^{-6} であった。このように、新規に開発した計測法において得られた結果は、光てこ法と同等の結果となった。当日は、他の膜厚の試料の評価に加えて、磁歪と透磁率の同時測定評価を行った結果についても紹介する。

謝辞 Co-Zr-Nb 膜に関しては、東北大学電気通信研究所の石山和志教授、戸修一郎准教授にご提供いただきました。ここに深謝します。本研究の一部は宮城・仙台富県チャレンジ応援基金事業の成果である。

参考文献 1) S. Yabukami, K. Kusunoki, H. Uetake, H. Yamada, T. Ozawa, R. Utsumi, T. Mori izumi, Y. Shimada, "Permeability Measurements of Thin Film Using a Flexible Microstrip Line-Type Probe Up To 40 GHz", *Journal of the Magnetism Society of Japan*, Vol. 41, No. 2, pp. 25-28 (2017).



Fig. 1 Schematic of measurement system.

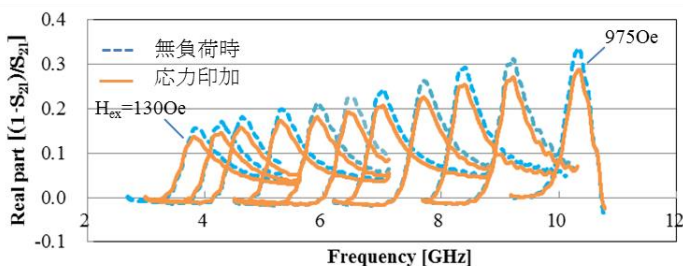


Fig. 2 FMR of CoZrNb film (4inch Wafer, 500nm thick).

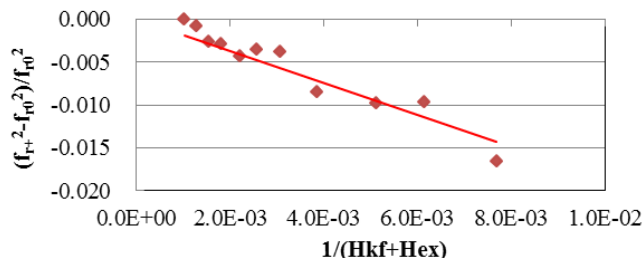


Fig. 3 Magnetic field dependence of resonance frequency.