

ピコ秒超音波法を用いた Cu/Nb 多層膜の面外弾性率計測 Measurement of out-of-plane elastic modulus of Cu/Nb multilayer by picosecond ultrasound

阪大院基礎工¹, 阪大院工² °山門 大貴¹, 中村 暢伴¹, 荻 博次²

Osaka Univ. Grad. Sch. of Eng. Sci.¹, Osaka Univ. Grad. Sch. of Eng.²,

°Daiki Yamakado¹, Nobutomo Nakamura¹, Hirotsugu Ogi²

Email: nobutomo@me.es.osaka-u.ac.jp

異種金属を交互に積層させた金属多層膜の弾性率計測は 1970 年代より行われており、その中で Cu/Nb 多層膜において、ブリルアン散乱法で計測された弾性率が、周期厚さ 2 nm 程度のときに 35 %程度低下することが報告された¹。別グループのブリルアン散乱法による計測においても、弾性率が周期厚さ 3 nm 程度のときに低下することが確認され²、Co/Cu 多層膜など他の多層膜でも同様の現象が観測されており³、異種材料界面の弾性特性の影響などが議論されている。ところが、Co/Cu 多層膜では弾性率低下が観測されないとする報告もあり⁴、金属多層膜の弾性特性について、統一的な見解が得られていない。この原因としては、従来法では弾性率計測に基板の弾性率といった多数のパラメータが必要なため、測定誤差が大きくなっている可能性がある。そこで、本研究ではピコ秒超音波法を用いて Cu/Nb 多層膜の弾性率を計測し、特定の周期厚さで弾性率が低下する現象の有無を検証する。

ピコ秒超音波法では、多層膜に極短パルスレーザーを照射して膜厚方向に伝播する縦波弾性波を励起し、多層膜内を一往復するのに要する時間 Δt を測定する。X 線解析で全体の膜厚を測定することで、多層膜内を伝播する縦波弾性波の音速が求まり、多層膜の密度と音速から弾性率を導出することができる。密度、膜厚、伝播時間の 3 つのパラメータのみで弾性率を

導出できるため、信頼性の高い弾性率計測が可能になる。Fig. 1 に測定波形の一例を示す。

本実験では Cu, Nb 層の周期厚さや膜厚比を変化させた Cu/Nb 多層膜を RF マグネトロンスパッタリングで成膜した。測定された弾性率は、Cu, Nb のバルク弾性率から推測される多層膜弾性率よりも小さく、最大で 15 %程度小さい値であった。しかしながら、報告にあった特定の周期厚さで弾性率が大きく低下する現象は観測されなかった。一方で、Cu, Nb 単層膜の弾性率を計測し、その弾性率から導出される多層膜弾性率と比較すると、概ね一致する結果が得られた。このことから、従来提案されている界面での弾性特性変化は膜全体の弾性特性に対して大きく影響しないと考えられる。

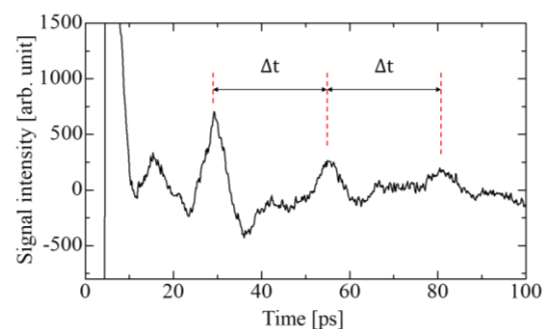


Fig. 1 Pulse-echo signals observed in a Cu(1nm)/Nb(1nm) multilayer film. Total thickness is 60 nm.

- [1] A. Kueny, et al, Phys Rev Lett, **48**, 166 (1982).
- [2] J. A. Bell, et al, Sol St Commun, **64**, 1339-1342 (1987).
- [3] G. Carloti, et al, J. Magn. Magn. Mater, **165**, 424-427 (1997).
- [4] J. R. Dutcher, et al, Mater. Sci. Eng, **A126**, 13-18 (1990).