スパッタリングで形成した Ta 薄膜における電気抵抗率の歪み誘起 1/*f* 雑音

Strain-induced 1/*f* noise of electrical resistivity in Ta thin films deposited by RF-magnetron sputtering

°上杉 良太 [1], 小峰 啓史 [1], 水野 将臣 [1], 安藤 亮 [2], 赤羽 秀郎 [1]
(1. 茨城大工, 2. ITIC 茨城)
°R. Uesugi[1], T. Komine[1], M. Mizuno[1], R. Ando[2], and H. Akabane[1]
(1. Ibaraki University, 2. ITIC of Ibaraki Prefecture)
E-mail: takashi.komine.nfm@vc.ibaraki.ac.jp

【緒言】近年，デバイスの微細化に伴い，Cu 配線のバリア層や積層膜の buffer 層として Ta 薄膜が用いられている．しかし，金属は薄膜にすると，低周波において雑音強度の上昇を伴う$1/f$雑音が発生することが知られている[1]．$1/f$雑音はデバイスの動作安定性に関わる現象であるが，その発生機構は解明されていない．一方，Ta 薄膜は成膜条件により bcc 構造の α-Ta と複雑な構造の β-Ta が形成されることが報告されている[2]．これらの構造の違いは電気抵抗率のみならず，$1/f$雑音にも影響を及ぼすと考えられるが十分には調べられていない．本研究では，スパッタリングで形成した Ta 薄膜の電気抵抗率，及び，雑音測定を行い，薄膜の結晶構造と抵抗雑音の関係について調べた．

【実験】高周波マグネトロンスパッタリング法により，ガラス基板(8×8mm^2)上に Ta 薄膜を形成した．四端子法を用いて抵抗率を測定し，二端子を用いてブリッジ回路を組み，5kHz の交流を印加しロックインアンプで抵抗雑音を測定し，離散フーリエ変換を行って雑音スペクトルを解析した．

【結果と考察】膜厚の異なる Ta 薄膜において測定した測定した雑音スペクトルを Fig. 1 に示す．Fig. 1 の黒線で示した背景雑音が白色雑音であるのに対し，Ta 薄膜の抵抗雑音は$1/f^{\gamma}$型のスペクトルを示していることがわかる．また，雑音の大きさ及びスペクトルの傾きγは膜厚に依存していることがわかる．膜厚を変えて形成した Ta 薄膜の雑音スペクトルの傾きγおよび 1Hz における雑音強度を Fig. 2 に示す．膜厚 10nm 以下の薄い領域及び膜厚 60nm 以上の厚い領域では雑音が減少する傾向にあるとともに，スペクトルの傾きも減少していることがわかる．中間領域では，雑音強度及び傾きが広く分布していることもわかる．X 線回折で各々の試料の構造を調べたところ，膜厚 10nm 以下ではアモルファス構造であり，60nm 以上の膜厚では，α 相と β 相の多結晶混合膜となっていた．一方，中間膜厚の領域では，α 相，β 相の混合比率もばらついている上に，歪んだ α 相もしくは β 層が形成されていることがわかった．以上のことから，歪んだ結晶相の存在を電気抵抗雑音によって評価できる可能性を示唆した．

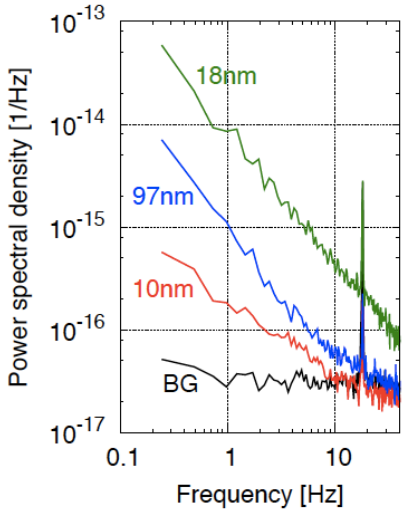

Fig. 1 Power spectral densities (PSDs) of normalized by resistance noise $(\delta R/R)^2$ of Ta thin films. Each plot indicates PSDs of various Ta thin films (color) and background noise (BG) of system (black), respectively.

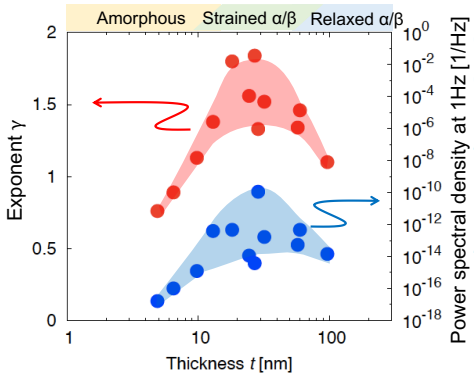

Fig. 2 Thickness dependences of spectral exponent γ and normalized PSD at 1Hz.

[1] P. Dutta and P. M. Horn, *Rev. Mod. Phys.* **53**, 497 (1981).
[2] S. Myers *et al.*, *Surface & Coatings Technol.* **214**, 38–45 (2013).