

直流スパッタリング法により堆積された銀薄膜におけるマウンド状構造の形成

○草野 英二*

金沢工業大学高信頼理工学研究センター

Formation of a mound-shaped structure in Ag thin films deposited by direct current sputtering

○Eiji Kusano

Co-creative Research Center of Industrial Science and Technology, Kanazawa Institute of Technology

1. はじめに

スパッタリング法により堆積された薄膜の構造は Structure-Zone-Model(SZM)¹⁾により説明される。発表者は 4 族金属である Ti, Zr, および Hf に着目し, その物質の融点により規格化された基板温度 (T_{sub}/T_m) により薄膜の構造と物性を整理できることを報告してきた²⁾。しかし, 例えば同じ遷移金属においても 4 族と 11 族金属ではその性質が大きく異なる。そこで, 異なる族においても, 金属薄膜の構造と物性が同様に整理されるかに着目し, 11 族金属である Ag について T_{sub}/T_m と堆積された薄膜の構造との関連を整理した。その結果, 高い基板温度で堆積された Ag 薄膜は, 粒間に空間を持つ表面が平らであるマウンド型構造をとることが明確に示された。この構造はスパッタリング薄膜の構造モデルにおいては示されていない¹⁾。本発表では, Ag 薄膜の構造と物性の関係を示すと同時に, 粒間に空間のあるマウンド構造が形成される機構を考察する。

2. 実験方法

薄膜堆積にはロードロック式の高真空マグネトロンスパッタリング装置を用いた。ターゲットは 75mmφ の Ag とした。放電ガスは Ar とし, 圧力を 0.4, 1.2, および 2.0 Pa とした。陰極に直流電力を定電流制御モード(電流: 0.40 A)で印加した。基板は無アルカリガラスとした。成膜中に基板はその背面より抵抗加熱式の Mo ヒータにより加熱された。基板温度は室温–500 °C とした。

膜厚は, 段差計および蛍光 X 線装置(XF)により測定された。薄膜構造は X 線回折(XRD), 表面粗さは走査型電子顕微鏡(SEM)および原子間力顕微鏡(AFM), 電気抵抗率は 4 探針法による表面抵抗測定により評価した。

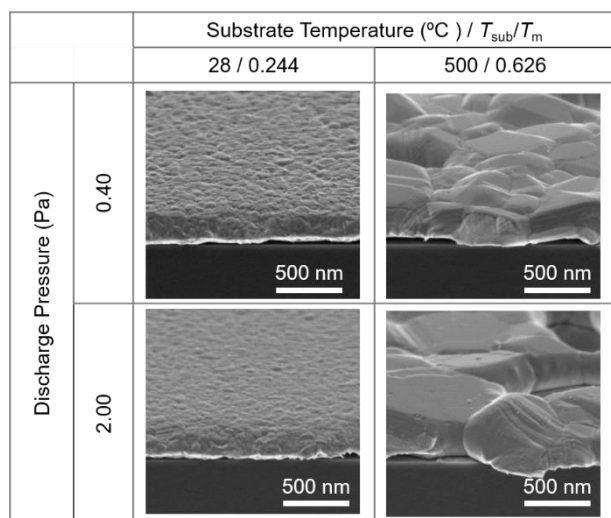


Fig.1 Cross-sectional SEM images of Ag thin films deposited at substrate temperatures of R.T. and 500 °C for discharge pressures of 0.40 and 2.00 Pa.

3. 結果と考察

Fig. 1 に堆積された Ag 薄膜の SEM 写真を示す。室温基板に堆積された薄膜においては微細な粒構造が得られるが, 温度 500 °C ($T_{\text{sub}}/T_m=0.626$) の基板に堆積された薄膜においては上面が平らで, それぞれの粒間に空間のあるマウンド形状の粒構造が得られた。Fig.2 に AFM 像より求められた Ag 薄膜粒の横方向の径を示す。基板温度が高くなるとともに粒径が大きくなり, SEM 結果と一致する。

空間のある粒構造が成長することにより, 相対物質質量/物理膜厚比として求められた相対膜密度が基板温度 500 °C で堆積された薄膜においては室温で堆積された薄膜の相対密度の 6 割程度に低下し, 同時に, 抵抗率が高くなった。また, 堆積された薄膜の応力は, 基板温度とともに圧縮から引張へと変化した。

空間のあるマウンド状構造の形成は Ag の高い表面拡散係数と膜堆積中に蓄積される応力の緩和に相関し, また, 平坦な上面を持つマウンドの発達はマウンド上面における粒拡散に対するエッジ拡散障壁により説明される。

4. おわりに

直流マグネトロンスパッタリング法により Ag 薄膜を堆積し, その微小構造形態を観察した。高い温度の基板に堆積された Ag 薄膜においては, スパッタリング薄膜構造モデル(SZM)においては説明されていなかった粒間に空間のあるマウンド状構造が形成されることを示し, その形成機構を議論した。

文 献

- 1) E. Kusano, Structure-zone modeling of sputter-deposited thin films: a brief review, Appl. Sci. Convergence Technol. **28**, 179-185 (2019).
- 2) E. Kusano, Revisitation of the structure zone model based on the investigation of the structure and properties of Ti, Zr, and Hf thin films deposited at 70–600 °C using DC magnetron sputtering, J. Vac. Sci. Technol. A, **36**, 041506 (2018).

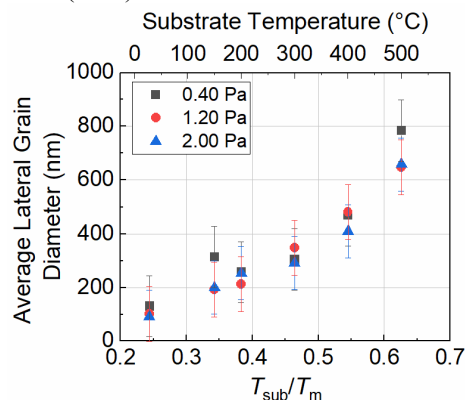


Fig.2 Average lateral grain diameter of the Ag thin films as a function of T_{sub}/T_m . The average lateral grain size was calculated from the number density of particle obtained by AFM measurements.

*E-mail: kusano@neptune.kanazawa-it.ac.jp