

大電力パルススパッタのイオン化金属粒子を用いた薄膜構造の制御

Film structure modification by ionized metal species in High Power Pulsed Magnetron Sputtering

成蹊大工 °中野武雄, 馬場 茂

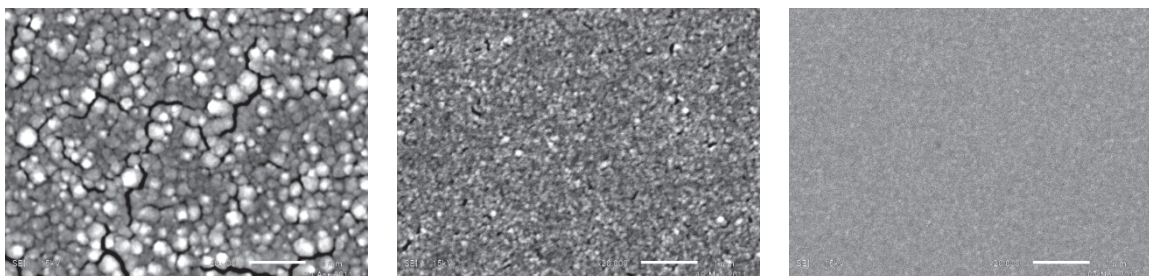
Seikei Univ., °Takeo Nakano, Shigeru Baba

E-mail: nakano@st.seikei.ac.jp

スパッタリングで堆積した薄膜の構造が、基板温度とプロセス圧力によって変化することは、1970 年代に提案された Thornton によるゾーンダイアグラム [1] によって良く知られている。スパッタプロセスでは、ターゲットにおいて 10~100 eV の高エネルギー粒子が生成されるため、圧力が低く雰囲気ガスとの衝突緩和が小さいと、基板に高エネルギー粒子が衝突して薄膜の構造を緻密化・平坦化する。その後 1990 年代からのイオン化スパッタリングの発展・普及に伴い、圧力の代わりに堆積粒子のエネルギーをパラメータとしたゾーンダイアグラムが Anders によって提案された [2]。これによれば、低温・低エネルギーで堆積されたスパッタ膜は空隙を多く含む構造となるが、基板に飛来する粒子のエネルギーを 10 eV 程度に高めることができれば、低温の基板にも緻密な構造を作製することが可能になる。

我々はこれまで、大電力パルススパッタ (HPPMS) の高いイオン化率に、プラズマ電位の制御を組み合わせ、薄膜構造を変化させる実験を行ってきた。具体的には、ターゲットに印加するパルス放電電圧波形においてパルス off 期の電位を正に設定する [3]、スパッタガン上部に円筒電極を追加して三極構成とし、追加電極に正の電位を加える [4]、といった方法で、プラズマ電位の上昇を確認できた。これらはプラズマが壁電極と接触する際の電子電流・イオン電流の非対称性より、電流連続の条件を満たすためにプラズマが自らの電位を上昇させたものと理解できた。実際にこのような条件で、接地・水冷した基板に金属膜の堆積を試みた。

図は Ar 圧力 5Pa で Si 上に堆積させた、膜厚約 2 μm の Cu 膜の表面 SEM 写真である (各図右下のスケールが 1 μm)。左から DC スパッタ、パルススパッタ (プラズマ電位制御無し)、三極パルススパッタ (追加電極電位 +20 V) で堆積した試料である。粒子エネルギーの増大が期待される順に、薄膜の表面が顕著に平坦化していくことがわかる。



[1] J. A. Thornton, J. Vac. Sci. Technol. **11** (1974) 666 and J. Vac. Sci. Technol. A **4** (1986) 3059.

[2] A. Anders, Thin Solid Films **518** (2010) 4087. [3] T. Nakano, *et al.* Vacuum **87** (2013) 109.

[4] 馬橋, 中野, 馬場 2012 応物秋季 13a-E2-2, 2013 春季応物 27p-A7-14