

## スパッタ粒子の輸送過程と圧力依存性

薄膜・表面物性研究室 高橋悠介  
T015039 Yusuke Takahashi

### 目的

スパッタリングによる製膜プロセスで、スパッタ粒子が基板に到達するまでの輸送の過程は、ガス圧力やターゲット(T)-基板(S)間の距離によって、大きく変化する。したがって、広い基板上で均一な膜厚の膜を堆積させるのは一般に容易でない。低圧の放電ガス雰囲気下においては、ターゲットから飛び出した粒子はガス原子とほとんど衝突せず、弾道的に基板に到達する。スパッタ粒子は放電ガスと衝突すると散乱されて方向を変える。中圧力では散乱の頻度が徐々に増す。さらに高圧下においてはターゲットから飛び出した粒子はすぐに熱的に中性化され、空間の濃度勾配に比例して流れが生じる拡散的輸送となる。このような場合、壁面等の吸い込みが拡散流を支配することになり、遠い基板表面への輸送は大きく減少する。ガス原子との衝突によって生じる散乱の方向はスパッタ原子の質量によって変わる。本研究では原子質量の異なる金属材料をターゲットとしてDC マグネトロンスパッタリングを行い、ガス圧力や T-S 距離によって成膜速度がどのように変化するかを調べた。

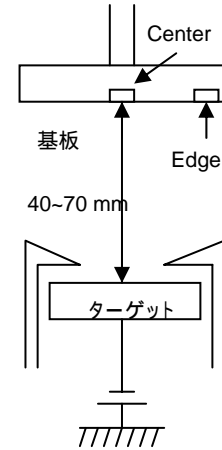


図1 チャンバー内のスパッタ装置と膜厚モニター

### 実験

図1のスパッタ装置で、Al, Cu, Mo をターゲットとしてDC マグネトロンスパッタリングを行った。水晶振動子膜厚モニター(位置: Center, Edge)を備えた基板ホルダは上下に動き、T-S 距離を40~70mmと変化させた。放電ガス Ar (5, 10 sccm)を導入して、電力50WでDC放電をさせた。ガス圧力を0.5~20 Paで変化させ、それぞれの条件での成膜速度を測定した。

### 結果と考察

図2はCenterのモニタで測定した成膜速度のT-S距離依存性である。成膜速度がT-S距離が大きくなるにつれ指数関数的に減少している。片対数グラフの直線の傾きより減衰長(成膜速度が $1/e$ になる長さ)を求めた。図3はCenterでの各ターゲット材料の減衰長のスパッタ圧力依存性を示している。3元素とも中圧下から高圧下にかけて圧力の増大とともに減衰長が短くなっている。これは、ガス圧力の上昇と共に分子密度が高くなり、スパッタされた粒子との衝突回数が増加して、粒子が拡散的な移動をするようになったためであろう。減衰長に変化の生じる圧力が元素によって違うのは、Ar原子との衝突に伴うエネルギー伝達や運動量交換の程度が異なるためである。Mo(96)はAl(27), Cu(63.5)より重いので減速や方向変化をしにくく、熱中性化も起こりにくい。熱中性化は圧力や質量に関係し、薄膜の成膜速度や膜厚の均一性にも影響を与える。今回の研究から、centerとedgeとで膜厚比の小くなる条件は、Al: 0.5 Pa, Cu: 0.5Pa, Mo: 1.0 Paであった。

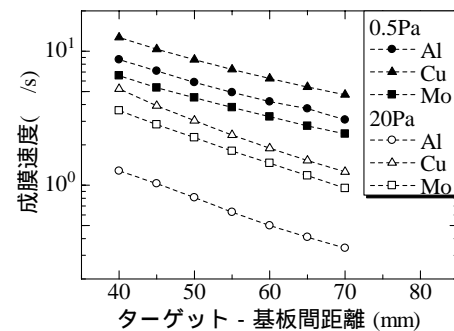


図2 成膜速度とT-S距離の関係

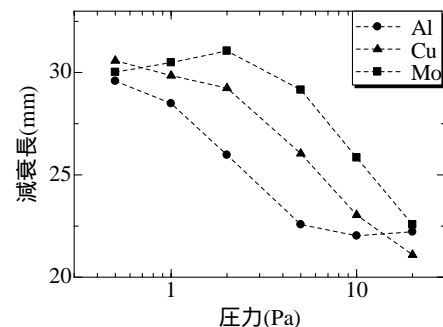


図3 圧力と減衰長の関係