

ガスクラスターイオンビームによる原子層エッチング

Atomic Layer Etching with Gas Cluster Ion Beams

兵庫県立大学工 豊田 紀章

Grad. school of eng., Univ of Hyogo., Noriaki Toyoda,

E-mail: ntoyoda@incub.u-hyogo.ac.jp

1. はじめに

近年の超高精度加工技術への要求とともに、原子層エッチング (ALE) 技術が再び注目されている。ALE では加工する表面への反応性分子吸着と、排気、イオンなどのエネルギー粒子による表面原子層除去を独立して繰り返すことにより、原子層のエッチングが可能となる。我々は、表面原子層を除去するためのエネルギー粒子として、数 eV/atom 程度の超低エネルギーイオン照射を実現するガスクラスターイオンビーム(GCIB)を用い、ALE 技術への応用を検討している。GCIB は集団として衝突するため、単原子イオンでは実現できない高密度エネルギー付与が可能であり、表面反応が低温で促進することが期待される。

これまで、酢酸やアセチルアセトン雰囲気下で GCIB 照射を行い、銅や磁性膜などのハロゲンフリーエッチングが可能であることを示してきた。今回、反応性雰囲気ガスの吸着、残留ガスの排気、GCIB 照射を独立させて行い、原子層エッチングへの応用を検討した。

2. 実験方法及び結果

ALE 実験として、酢酸吸着と酸素 GCIB 照射を組み合わせ、水晶振動子上の銅薄膜の減少量をレートモニターでリアルタイム測定した。図 1 に、銅薄膜に酢酸を分圧 2.6×10^{-3} Pa で 2 秒間吸着させた後、排気し、その後酸素 GCIB を加速電圧 3, 5, 20kV で 60 秒照射したときの銅膜厚の時間変化を示す。加速電圧 20kV では、照射開始直後は酢酸吸着した表面の反応性エッチングが進むためエッチングレートが高いが、表面層除去後も物理的スパッタが進行する。一方、加速電圧 5kV の場合、吸着した酢酸と銅の反応が酸素 GCIB 照射によって促進され銅が除去されるが、物理スパッタはほとんど起こらず、エッチングは自己停止する。つまり ALE 条件が実現されている。

有機雰囲気ガスとして、酢酸以外にアセチルアセトン(acac)などが使用可能である。例えば acac 雰囲気下で 1kV Ar イオンを Co に照射した場合、エッチングレートが 1.76 倍増大することが報告されているが[2]、 O_2 -GCIB では 17 倍程度の大幅なエッチング増大が見られた。これらの結果から acac を吸着ガスとして用いることにより、これらの金属に対するハロゲンフリーGCIB-ALE が期待される。

[1] N. Toyoda et. al., J. Phys. D: Appl. Phys., 50 (2017) 184003

[2] J. K-C. Chen, et. al., JVST, A35, 031304 (2017)

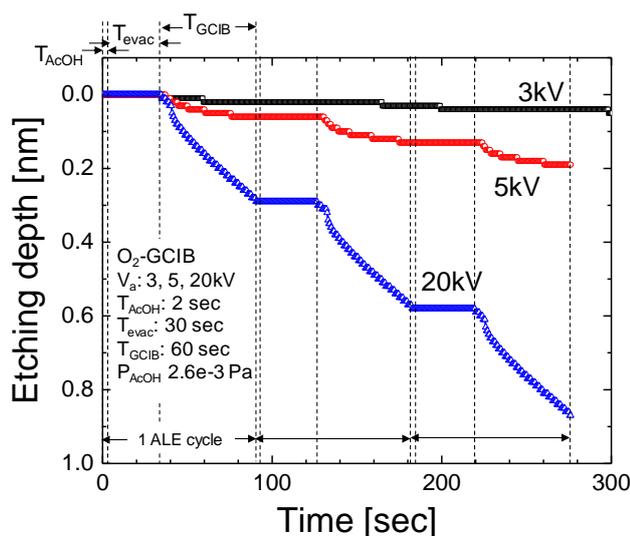


図 1 : 酢酸吸着、排気、酸素 GCIB 照射を独立に行った時の銅膜厚の時間変化