

マグネトロンスパッタのエロージョン形成過程 における圧力・磁場の効果

薄膜・表面物性研究室 齋藤 悠大
M146105 Yudai SAITO

背景・目的

マグネトロンスパッタではターゲット下部に永久磁石を設置することで、電場と直交する磁場を局部的に設ける。これにより二次電子をターゲット近傍に閉じ込め、プラズマの高密度化に寄与し、製膜速度の向上および基板温度上昇の抑制を可能にしている。しかし、不均一な磁場のためにエロージョントラックと呼ばれる同心円状の溝がターゲットに形成されてしまう。このトラック形状はターゲットの寿命を決定づけることとなり、理論的には多くの研究例があるがトラック形状の時間発展を計測した実例は少なかった。

そこで本研究では、実際にスパッタガス圧力とマグネロンタイプを変えてDCスパッタを行い、一定時間ごとにターゲット表面を計測し、発生したエロージョントラックの形状の経時変化の実測データを得た。これにより、圧力と磁場の違いがトラック形成に与える影響について考察した。

実験方法

マグネトロンスパッタ装置においてDC100 W一定でスパッタを行った。ターゲットはCuとAl、スパッタガスはArで圧力は0.38, 0.50, 1.0, 2.0 Paとした。マグネロンとしてはアンバランス型とバランス型を使用し、それぞれを使用したスパッタUBMSとBMSとを行った。

BMSの実験はCuについてのみ行った。それぞれ2~6hごとにターゲットを装置から取り出し、ターゲット表面測定装置のハイトゲージで直角方向の2方向の直径上を走査することでトラックのプロファイルを求めた。プロフィールからトラックの最深部深さ、体積、最深部の直径(トラック径)、および半値幅を求めた。

結果と考察

Fig.1はトラックの最深部の経時変化のグラフである。UBMSのCuが最も速く掘られ、BMSのCuとUBMSのAlの掘られる速度がほぼ同じであった。Cuは高圧ほど早く掘られる傾向となった。

Fig.2はエロージョン体積の経時変化のグラフである。Cuの方がAlよりも大きかった。スパッタ率がCuの方が大きいためである。Cuでのマグネロンの違いによる差は小さかった。同じ元素・マグネロンでは、圧力

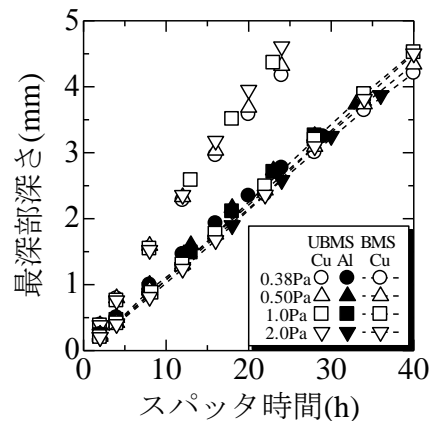


Fig.1.最深部の経時変化

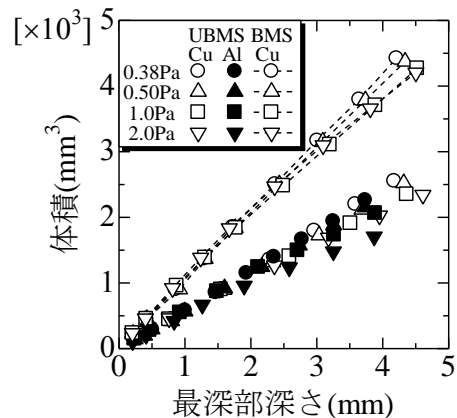


Fig.2.体積の経時変化

が高まるほど体積の増加は緩やかであった。特に、Alにおいてそれが顕著であった。これは、ターゲットから飛び出したAl原子がArよりも軽いため、熱化しターゲットへ再付着した結果であると考えた。

トラック径の時間挙動はマグネトロンにより異なった(Fig.3)。UBMSでは、深さと共に長くなったが、BMSでは変化しなかった。これはアンバランス型の磁場では磁場が水平成分のみとなる位置(プラズマ密度の最も高い位置)がマグネトロンに近づくほど中心から離れるが、バランス型の磁場ではその位置が変わらないためである。また、トラック径自体はUBMSの方がBMSよりも短く、UBMSのトラック径は高圧ほど長かった。

Fig.4は半値幅の時間発展である。UBMSの0.38 Paではスパッタが経過すると共に半値幅は長くなったが、0.50 Paでは変化はなく、1.0、2.0 Paでは短くなった。BMSの0.38 Paでは変化はなく、0.50 Pa以上では短くなった。また、UBMSの方が半値幅自体は短く、同じ磁場でのCuとAlは同じ長さであった。

次に、半値幅の時間によるトラック形状の変化がどの部分によるものかを調べた(Fig.5)。なお、深さは最深部で規格化した。UBMSの高圧では、Cu、Al共にFig.5の(a)のように最深部よりも中心側で時間と共に鋭くなり、半値幅の中心側で圧力による差が生じた。Fig.5の(b)より、BMSの高圧では最深部よりも外側、中心側の両方が鋭くなるという結果となり、半値幅全体で圧力による差がでていた。なお、半値幅が長くなったUBMSの0.38 Paは最深部よりも外側がわずかに広がっていた。更に、スパッタ終了時でのトラック形状の圧力差を調べたところ、BMSでは最終的により高圧で最深部よりも外側、中心側の両方で鋭く掘られていた。UBMSでは最終的により高圧で最深部よりも中心側で鋭く掘られているという事が分かった。

結論

UBMSとBMSでは磁場分布が異なるためエロージョントラックの掘られ方が違った。圧力の違いでもトラック形状が変化した。マグネトロンの違いにより変化した箇所が異なった。

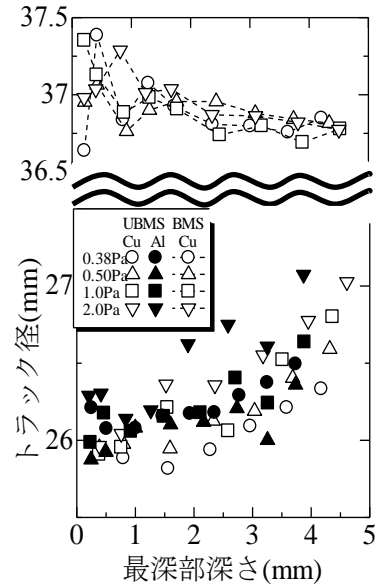


Fig.3.トラック径のピーク依存性

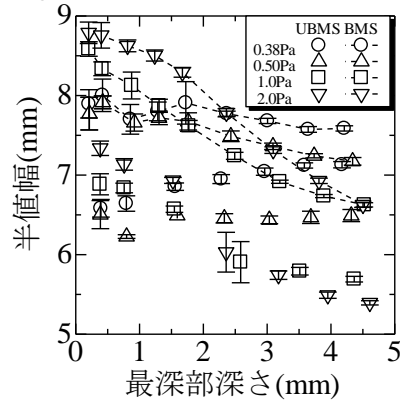


Fig.4.半値幅のピーク依存性

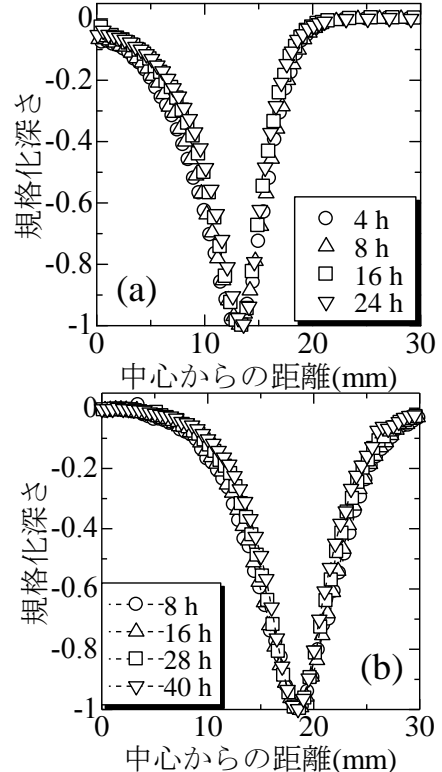


Fig.5.Cuのトラックの経時変化(2.0 Pa)