

# Ag のスパッタリング率の価数依存性

高知工科大工 ○百田 佐多生, 柏原 正樹, 大井 一喜, 豊永 拓也, 野尻 洋一,

## Charge state dependence of sputtering rate for Ag

Kochi Univ. of Tech. Sadao MOMOTA, Masaki KASHIHARA, Kazuki OOI, Takuya TOYONAGA, Yoichi NOJIRI,

In order to develop the sputtering method, highly-charged ion (HCI) beams were applied to this method. It is expected that the higher reactivity of HCI beams with materials would improve the efficiency of the sputtering method. A thin Ag foil was sputtered by irradiating Ar ions with energy of 100~900 keV and the fluence of 30~100 mC/cm<sup>2</sup> at the normal incidence. In order to provide the sputtering rate, the change in mass of the sputtered foil was observed. The contribution of beam energy dependence is corrected by using the simulation code: SRIM. In the present study, the sputtering rate of Ag is shown as a function of charge state of Ar ions.

### 1. はじめに

スパッタリング法は、材料表面の平滑化やマイクロ・ナノメートルサイズの形状創出ができる微細加工法の一種である。この手法は、機能性薄膜を生成するさいにも、薄膜材料を気体化するために用いられる。加工形状や薄膜厚さを制御する上で、スパッタリング率は必要不可欠な量である。

従来のスパッタリング法では、主に 1 価のイオンビームが利用されていた。近年、イオン源技術の進展によって、高強度の多価イオンビームが利用可能になった。多価イオンビームは 1 価のイオンビームに比べて大きいポテンシャルエネルギーを有し、物質内部により大きな照射効果を付与することができる。この特性を利用すれば、スパッタリング法をより有効に利用することが期待できる。

本報では、Ar ビームによる銀薄膜のスパッタリング率を測定し、その価数依存性について報告する。スパッタリング率を絶対測定するために、Ar ビーム照射前後の質量変化からスパッタリング率を求める方法を採用した。

### 2. 実験装置

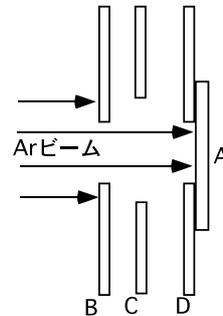
高知工科大学の多価重イオンビーム照射装置を用いて、銀薄膜に Ar イオンビームを照射した。この照射装置には多価イオンビームを生成できる ECR イオン源<sup>1)2)3)</sup>を内蔵している。イオン源から取り出されたビームは分析磁石で分析され、目的の価数のイオンを選択して照射することが出来る。照射された Ar イオンの照射量は、標的電流として照射中に測定した。

Ar イオンビーム照射前後の銀薄膜の質量を精密に測定するために、セミマイクロ分析天秤(島津製作所 AUW-120D)を用いた。この天秤の質量測定の精度は 0.01 mg である。

### 3. 実験方法

照射方法を図 1 に示す。5mm φ の穴を持つサンプルホルダー(D)を通して Ar イオンビームを銀薄膜(A)に照射した。照射量を測定するために、イオンビーム照射中に絶縁されたサンプルホルダー(D)の電流を測定した。ビーム照射部から発生する二次電子を抑制するために、負電圧が印加されたサブプレッサー電極(C)を使用した。

図 1 Ar イオンビームの照射部



使用した銀薄膜は、圧延法によって作成された 10×10×0.1mm の薄膜で、その純度は 99.98% である。照射した Ar イオンの価数は 1 価から 9 価までで、照射条件の詳細を表 1 に示す。

スパッタリングによる銀薄膜の質量変化を求めるために、Ar イオンビーム照射の前後に分析天秤で質量を測定した。スパッタリング率の測定精度は、銀薄膜の質量の測定精度に強く依存する。分析天秤による質量の測定精度を推定するために、銀薄膜の保管状態や測定時の雰囲気の状態による測定値の経時変化を測定した。

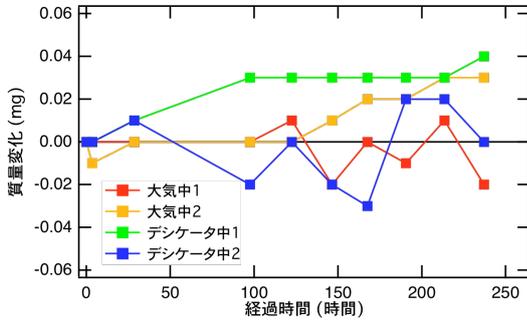
表 1 イオンビーム照射条件

価数	1+	2+, 3+	4+	6, 7, 8+	9+
エネルギー (keV)	100	100	400	600	900
照射量 (mC/cm <sup>2</sup> )	100	50	30		
入射角度 (°)	0				

#### 4. 実験結果

分析天秤によって測定された銀薄膜質量の経時変化を図2に示す。測定時の温度・湿度はそれぞれ 23~25°C・36~62%で、この範囲内での質量測定の精度は、標準偏差である 0.0188mg とする。

図 2 銀薄膜質量の測定値の経時変化



スパッタリング率  $S$  は、入射ビームの照射数  $n_0$  とスパッタリングによって放出される粒子数  $n_1$  を使って、以下のように定義される。

$$S = \frac{n_1}{n_0} \quad (1)$$

ターゲット電流の積分値から求めた  $n_0$  と、イオンビーム照射前後の質量変化から求めた  $n_1$  を(1)に代入することによって、 $S$  を決定することができた。

今回の測定は、Ar イオンビームのエネルギーが 100 ~ 900 keV の間で行われた。スパッタリング率のエネルギー依存性を補正するために、SRIM<sup>4)</sup>によるシミュレーション計算を用いた。図3に、今回と同様な方法で測定した銀薄膜のスパッタリング率と SRIM による計算結果のエネルギー依存性を示す。

図 3 銀薄膜のスパッタリング率のエネルギー依存性

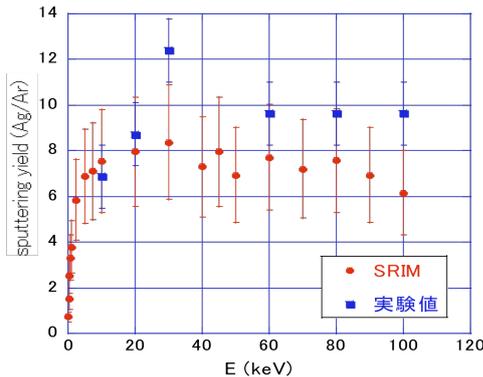


図3からエネルギーが 30 ~100 keV の領域では、スパッタリング率の実測値と計算値の比がほぼ一定で 1.3 となった。この関係が 100 ~ 900 keV でも適用可能であると仮定し、エネルギーに依存する効果を補正した量  $S'$  を定義した。

$$S' = \frac{S}{S_{SRIM} \times 1.3} \quad (2)$$

図4に  $S'$  の価数依存性を示す。

図 4  $S'$  の価数依存性

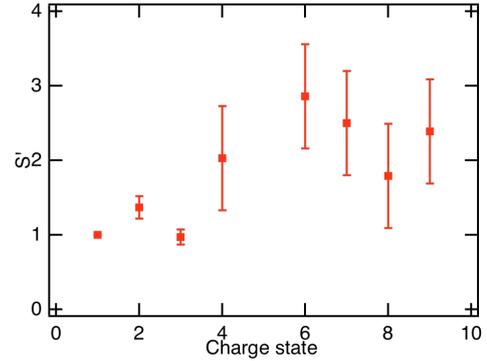


図4は、銀薄膜のスパッタリング率が Ar イオンの価数とともに増加することを示唆している。しかし、4 価以上の Ar イオンに関して  $S'$  の測定誤差が大きいため、詳細な議論を行うことは困難である。これは、4 価以上の Ar イオンの照射量が 3 価までと比較して少ないために、質量変化の相対的な測定精度が悪いためである。

#### 5. まとめ

- 1) Ar イオンビームを銀薄膜に照射して、質量変化からスパッタリング率を決定した。
- 2) 測定結果は銀薄膜のスパッタリング率が Ar イオンの価数とともに増加することを示唆した。
- 3) 測定精度の向上のために、特に多価の Ar イオンに関してより多い照射量での測定が必要である。
- 4) エネルギー依存性の寄与を排除するために、エネルギー一定での測定が望まれる。

#### 参考文献

- 1) 百田ほか; 2004 年度 精密工学会秋季大会 学術講演会 講演論文集 P751
- 2) 浜川 恒圭; 2003 年度 高知工科大学 修士論文
- 3) 濱口 顕典; 2003 年度 高知工科大学 修士論文
- 4) J.F. Ziegler et al., The Stopping and Ranges of Ions in Matter, Pergamon Press, New York, 1985.