IBS 法における Al スパッタ粒子のエネルギー*

井上 大輔**・前川 晴夫**・野川 修一**

(受付1992年11月18日, 掲載決定1993年3月6日)

Energy of Aluminum Atoms Sputtered by Ion Beam Sputtering

Daisuke INOUE, Haruo MAEKAWA and Shuichi NOGAWA

(NISSIN ELECTRIC CO., LTD, 47, UMEZU-TAKASE-CHO, UKYO-KU, KYOTO, 615 JAPAN)

(Received November 18, 1992, Accepted March 6, 1993)

1. はじめに

イオンビームスパッタリング (IBS) 法は従来のスパッタ法と比較し優れた特徴を持った成膜方法である^{1,2,3}。特に、成膜室とプラズマ室が分離されており高真空成膜 (10^{-5} – 10^{-2} Pa) であることから、スパッタされたスパッタ粒子の殆どは雰囲気ガス分子との衝突を経ず、スパッタされた時のエネルギーを保持したまま基板に到達する。従って、スパッタ粒子のエネルギーは従来法より高く、膜特性に大きな影響を与えられとされる。

そこで、Ar, Kr, Xe 等の不活性ガスイオンビームによりターゲットからスパッタされた Al スパッタ粒子のエネルギーをカロリメータ法により測定するとともに、IBS 法、電子ビーム蒸着 (EB) 法、マグネトロンスパッタ (MS) 法の各成膜方法で作製した Al 膜において、結晶性、反射率を比較したので報告する。

2. スパッタ粒子のエネルギー測定方法

Fig. 1 に今回実験に使用した装置とカロリメータ測定系を示す。カロリメータの熱量測定部は銅薄板 (20 mm ϕ $\times$ 0.1 mm) と熱電対 (0.1 mm ϕ) で構成している。この銅薄板への Al スパッタ粒子の堆積により発生する温度上昇速度と Al スパッタ粒子の単位時間当りの堆積個数から、Al スパッタ粒子一個当りの平均エネルギーを算出した。エネルギー測定時のスパッタ条件を

Fig. 1 Schematic diagram of Ion Beam Sputter deposition system and Calorimetric method.

Table 1 Sputtering conditions

Ion Beam Sputter deposition system	NIS-6200 (made by NISSIN electric CO., LTD.)
Ion source	ISG-6200 (liner Ion source of 6 $\times$ 20 cm)
Background pressure	$< 1.5 \times 10^{-5}$ Pa
Working pressure	1.5×10^{-2} Pa
Ion atoms	Ar, Kr, Xe
Ion energy	250–1500 eV
Ion current	100–500 mA
Deposition rate	300–2000 Å/min.

* 平成4年10月30日第33回真空に関する連合講演会で講演

** 日新電機株式会社 (〒615 京都市右京区梅津高畠町47)

Fig. 2 Ion energy dependence of average energy of Ion Beam Sputtered Aluminum atoms.

Fig. 4 Ion Energy dependence of Total Kinetic Energy of Sputtered Aluminum Atoms.

Fig. 3 Ion Energy dependence of Aluminum Sputtering Yield.

Table 1 に示す。高速成膜であることから初期の温度上昇速度は今回の実験条件内で $0.4\text{--}1.3\text{ K/sec}$ であった。Al スパッタ粒子の単位時間当たりの堆積個数は蛍光 X 線分光法により求めた単位体積当たりの Al 個数と成膜速度から算出した。

3. スパッタ粒子のエネルギー測定結果及び考察

Fig. 2 に Ar, Kr, Xe の各イオンビームを用いた時のイオンエネルギーと Al スパッタ粒子一個当たりの平均エネルギーの関係を示す。Al スパッタ粒子一個当たりの平

Fig. 5 XRD patterns of Aluminum films at different film formation method.

均エネルギーはイオンエネルギーの増加と共に直線的に増加した。また、イオンの質量が大きい程スパッタ粒子一個当たりの平均エネルギーが小さいことが判った。イオン電流（成膜速度）を変えても、Al スパッタ粒子一個当たりの平均エネルギーに変化はなかった。なお、銅薄板上で Al 原子が結合する時の Al の凝縮エネルギーは原子一個当たり約 3.4 eV であり、上記測定エネルギーからこの凝縮エネルギーを減算した値がほぼ IBS 法におけるスパッタ粒子の平均運動エネルギーに相当すると考えられる。

イオン種の質量が大きい程 Al スパッタ粒子の平均エネルギーが小さい原因の一つとして Al のスパッタ率⁴⁾の相違が考えられる。Fig. 3 に Al のスパッタ率とイオンエネルギーの関係を示す。イオン種の質量が大きい程

Fig. 6 Wavelength dependence of Reflectivity of Aluminum films.

Alのスパッタ率は大きいことが判る。Fig. 4にAlスパッタ粒子一個当たりの平均運動エネルギーとスパッタ率との積、即ち入射イオン一個によりターゲットから放出されるAl粒子の運動エネルギーの総和とイオンエネルギーとの関係を示す。図から判るように、この値はイオン種には依存しないことが判った。

4. 結晶性と反射率について

粒子の運動エネルギーの異なる⁵⁾ IBS法、EB法、MS法で作製したAl膜の結晶性をX線回折法で測定した。測定法は $\theta/2\theta$ 法を使用した。Fig. 5にX線回折測定結果を示す。基板は光ディスク用PMMA基板を使用している。IBS法のみAl(111)優先配向していることが判る。

また、上記各成膜方法で作製したAlの反射率の比較も行った。反射率は基板の垂直方向から5度の光入射角度で求め、波長800-295 nmの範囲で測定を行った。

Fig. 6に基板として光ディスク用PC、PMMAを使用し、EB法、MS法、IBS法で作製したAl膜の基板側からの反射率測定結果を示す。共に、IBS法で作製したAl膜の方が反射率が高く、特に400 nm-500 nmの範囲で4-10%程度IBS法で作製したAl膜の方が反射率が高いことが判った。

5. ま と め

IBS法におけるAlスパッタ粒子のエネルギーをカロリメータ法により測定を行った結果以下のことが判った。

1. IBS法におけるAlスパッタ粒子一個当たりの平均エネルギーはイオンエネルギーの増加とともに直線的に増加した。
2. スパッタするイオンの質量が重い程Alスパッタ粒子の平均エネルギーは小さいことが判った。
3. スパッタ率とAl粒子一個当たりの平均運動エネルギーとの積の値はイオン種に依存しないことが判った。
4. Al粒子の平均エネルギーが高いIBS法で作製したAl膜のみAl(111)に優先配向していることが判った。
5. IBS法で作製したAl膜の反射率は特に短波長側において他の成膜方法より高いことが判った。

【文 献】

- 1) 小川倉一；表面，**29**，(1991) 681.
- 2) 緒方 潔 他；日新電機技報，**36**，(1991) 71.
- 3) 井上大輔 他；真空，**32**，(1990) 14.
- 4) N. Matsunami et al.; "Energy Dependence of Sputtering Yields of Monatomic Solids", IPPJ-AM-14, Inst. Plasma Phys., Nagoya Univ., (1980).
- 5) M. Varsi et al.; Thin Solid Films, **117**, (1984) 163.