斜め堆積反応性スパッタリング法における成膜速度に対する基板形状の影響 Influences of Substrate Surface Morphologies on Deposition Rates in Glancing-angle Reactive Sputtering ^O(M2)泉澤 宏樹¹, 細谷昌史¹, 井上 泰志¹, 高井 治² [°]Hiroki Izumisawa¹, Masashi Hosoya¹, Yasusi Inoue¹, Osamu Takai² ¹Chiba Institute of Technology, ²Kanto Gakuin University E-mail: s1771005dn@s.chibakoudai.jp

1. 緒言

斜め堆積法は、原料流束に対して基板を大きく傾けて設置し成膜する方法で、離散的ナノ柱状 構造(Isolated Nanocolumnar Structure : INS)を有する薄膜を容易に得ることができる。その原理は 自己遮蔽効果に基づき、我々はこれまで、反応性環境下での化合物 INS 形成に成功するとともに、 成膜圧力および原料原子の指向性が構造制御性の向上に寄与することを明らかにした。しかし、 ターゲット面に対して基板を大きく傾けて設置しているため、原理的に成膜速度は著しく低下す る. 成膜速度を向上させるためには、基板傾斜角度を小さくし、ターゲットに対する投影面積を 増加させることが必須であるが、同時に自己遮蔽効果が低減し、INS 形成が不可能になる。ここ で、初めから基板表面に適切な微細凹凸があれば、基板傾斜が小さくても INS 形成が可能である 可能性がある。そこで本研究では、凹凸のある基板における反応性斜め堆積プロセスをシミュレ ートし、基板角度と凹凸が INS 形成および成膜速度へ及ぼす影響を調査した。

2. 研究方法

本シミュレーションは、斜め堆積反応性スパッタリング法を想定し、散乱過程を計算する Unit 1 と、そこで得られた角度およびエネルギー分布で基板に入射する原子が、表面で Hopping マイグレーションを経て堆積する過程をシミュレートする Unit 2 からなる. Unit 1 では、スパッタされた原料原子(In)の初期エネルギーとして、線形カスケード散乱に基づく出射エネルギー分布を、初期角度として cos 型蒸発角度分布を仮定した. 成膜圧力を 2.0 Pa とし、気相中の散乱は N₂分子との剛体衝突を模擬した. 基板角度はターゲット法線に対し 0°,45°,65°,85°とし、基板上に所定の数の原子が到着したら終了とした. Unit 2 では、堆積膜の表面吸着ポテンシャル 0.2 eV、表面吸着原子から近接原子へのエネ

ルギー移送率 0.001 eV/atom・step を仮定し,入射原子 が基板温度程度に熱化するまで Hopping マイグレーシ ョンを行うとして計算した.マトリクスサイズを 256 ×256×512 px とし,平面基板と基板上に円柱状の凸構 造を一定間隔で格子状に配置した基板を仮定した.

3. 結果と考察

Unit. 1 より計算された,基板設置角度を 45°, 85°に した場合の入射角度分布を Fig. 1 に示す. 散乱により, 分布にばらつきが生じている.設置角度 85°の場合, 入射角 80°付近に大きなピークを持ち,これにより INS 形成が可能となっている.またターゲットから出射し た原子のうち基板に到達した原子の割合は,45°の場合 で約 16.1 %,85°の場合で約 1.4 %であり,1桁以上の 成膜速度の差があることがわかる.

Unit 2 の計算結果から作成した堆積 3D 断面図を Fig. 2 に示す. 基板設置角度は 45°, (a)は平面基板, (b)は 128 px 間隔で凸構造を設置した場合である. (a)は空隙 がなく緻密な平滑膜であり, 基板角度 45°では INS 形成は不可能であることがわかる.一方(b)では凸構造により自己遮蔽効果が補填され, 下層部分において空隙 が確認できた. しかし高さ方向の成長につれて空隙が みられなくなった. 基板表面の凹凸は自己遮蔽効果の 補填に利用できる可能性がある.



Fig. 1 Incident-angle distribution of the In atoms reached on the substrate surface.



Fig. 2 Sectional views of the films simulated on the substrates with (a) flat surface, (b) rough surface with bumps.