斜め堆積反応性スパッタリング法により形成される離散的柱状構造に対する基板形状の影響

Influences of Substrate Surface Morphologies on Isolated Columnar Structures Fabricated by Glancing-angle Reactive Sputtering

○(M1)泉澤 宏樹 [1]，井上 泰志 [1]，高井 治 [2]
°Hiroki Izumisawa[1], Yasusi Inoue[1], Osamu Takai[2]
[1] Chiba Institute of Technology, [2] Kanto Gakuin University
E-mail: s1321029gk@s.chibakoudai.jp

1. 緒言

斜め堆積法は，離散的ナノ柱状構造（Isolated Nanocolumnar Structure : INS）を有する薄膜を作製できる手法の一つである．その原理は自己遮蔽効果に基づき，狭い原料流束角度分布が要求されるため, 反応性環境下では気相中の散乱によって INS 構造制御性が低下する. 我々はこれまで, 反応性環境下での化合物 INS 形成に実験的に成功し，その構造制御について研究を行ってきた. その結果，成膜圧力を低下させることにより，原料原子の散乱回数が減少するため，INS 構造制御性が向上することがわかった．しかし，反応性を維持するための気相圧力には下限がある．一方，基板表面にあらかじめ微細な凹凸があれば，気相散乱に伴う自己遮蔽効果の低減を補償できる可能性がある．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，凹凸構造が INS 構造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, 気相中での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 0.5 Pa とし，気相中の散乱は N_2 分子との剛体衝突を模擬した．基板角度をターゲット法線に対し 85°，基板-ターゲット距離を 60 mm と設定した．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，基板上に直径 8 px の円柱状の凸構造を，一定間隔で格子状に配置した.

3. 結果と考察

Unit 1 により計算された In 原子の基板入射角度分布は，Fig. 1 に示すように，入射角 80°付近に単一ピークを持つ．ここで，30～60°の低角度側の分布は気相散乱に由来するが，60～90°の高角度側はターゲットおよび基板のサイズや位置関係に由来するものである.

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．(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．両方とも柱状構造間に空隙が見られ，INS であることが確認できる．(a)では下層で成長が止まった柱状晶が数多く存在し，残った柱状晶が大きく肥大化する傾向がみられる．一方(b)では凸構造により初期段階から優劣が存在するため，早くから離散的な柱状晶が成長し，大きな空隙がある．高さ方向の成長につれて柱状構造が肥大化するが，その傾向は(a)と比較して小さい．また，柱状晶の配列は，基板上の凸構造の配列をよく残しており, 基板凹凸構造が INS 制御因子の一つとして利用できることがわかった.

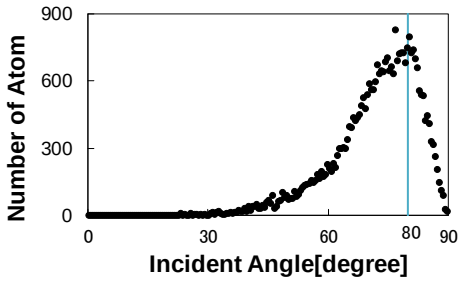

Fig. 1 Incident-angle distribution of the In atoms reached on the substrate surface.

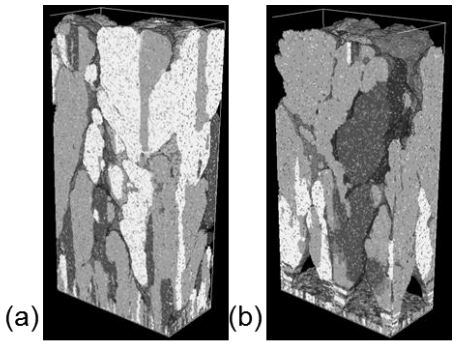

Fig. 2 3D sectional views of the films simulated on the substrates with (a) flat surface, (b) rough surface with bumps.