

非晶質薄膜への金属粒子分散により形成された固体ナノポアの形成機構

Formation mechanism of solid-state nanopores formed in amorphous thin films

甲南大理工¹, 阪大産研² ○(M2) 杉本 匠¹, (B) 駒井 伶哉¹, 内藤 宗幸¹, 須藤 孝一²

Konan Univ.¹, Osaka Univ.², °Takumi Sugimoto¹, Ryoya Komai¹, Muneyuki Naito¹, Koichi Sudoh²

E-mail: naito22@konan-u.ac.jp

【緒言】ナノスケールでサイズ制御されたナノ細孔（ナノポア）は、電極材料やセンサーデバイス、ナノ材料のモールド等としての応用が検討されている。Vreede ら[1]は、非晶質基板上に作製された金属ナノ粒子が高温熱処理により基板内部に沈降しナノポアが形成されることを報告しており、新たなナノポア作製法として期待されている。しかし、本手法におけるナノポア形成機構については明らかにされていない。本研究ではモンテカルロ法を用いてナノポア形成過程を再現し、ナノポア形成機構についての知見を得ることを目的とした。

【実験方法】電子ビーム蒸着法により熱酸化 Si 基板上に膜厚 5 nm の Ni 薄膜を作製した。試料加熱には赤外線ランプ加熱法を用い、真空中において 1000°C で 60 分間熱処理した。熱処理後、透過電子顕微鏡法による断面構造評価を行った。

【結果と考察】Fig. 1 は熱処理試料の断面 TEM 像である。熱処理過程において誘起される固相ディウェッティング現象により Ni 薄膜はナノ粒子となり、基板内部へと沈降した。その際、Ni ナノ粒子上部にはナノポアが形成された。

ナノポア形成機構を調べるため 2 次元格子モデルを用いたカインティックモンテカルロシミュレーションを行った。シミュレーションでは素過程として、基板物質と金属原子の表面拡散、基板／金属粒子界面における原子交換、金属・基板・真空が接する三重点における基板物質の蒸発を考慮した。Fig. 2a に示すように、時間の増加とともに金属が粒子の形状を保ちながら基板内部へと沈降することで粒子上部にナノポアが形成されており、実験結果を再現することに成功した。一方、基板物質の蒸発が生じない条件下では、原子交換により金属は基板内部へと沈降するがやがて停止し、ナノポアは形成されなかった (Fig 2b)。以上より、ナノポア形成において、三重点による基板物質の蒸発が重要な素過程であることが示された。

参考文献

[1] L. J. de Vreede *et al.*, *Nano Lett.*, 15 (2015) 727.

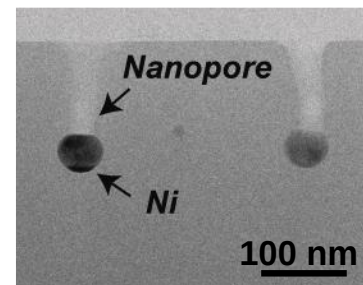


Figure 1. Cross-sectional TEM image of the nanopores formed in the annealed sample.

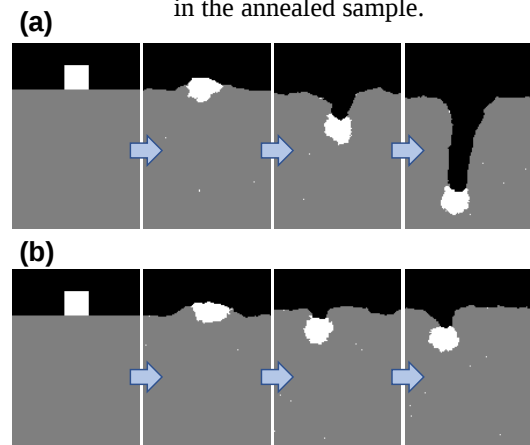


Figure 2. Nanopore formation processes simulated by Monte Carlo method: (a) with and (b) without substrate evaporation.