

マイクロ熱プラズマジェット照射による Si 結晶成長の初期膜依存性 Dependence of Silicon Grain Growth by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation on Precursor Films

広大院先端研¹, 学振特別研究員 PD²

○林 将平^{1,2}, 森崎 誠司¹, 山本 将悟¹, 中谷 太一¹, 新 良太¹, 東 清一郎¹

Grad. School of AdSM, Hiroshima Univ.¹, JSPS Research Fellow PD²

○S. Hayashi^{1,2}, S. Morisaki¹, S. Yamamoto¹, T. Nakatani¹, R. Shin, and S. Higashi¹

E-mail: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序我々は、非晶質基板上アモルファスシリコン(a-Si)膜への大気圧マイクロ熱プラズマジェット(μ -TPJ)照射により固相結晶化(SPC)誘起後、溶融領域(MR)形成前に Leading Wave Crystallization (LWC) が誘起されることを報告した[1]。LWC は、SPC 及び溶融 Si のエンタルピー差による放出潜熱を駆動力とした高速結晶成長であることが明らかにした[2]。本研究では、初期状態を変化させた Si 膜に μ -TPJ を照射し、結晶成長を高速カメラにより観察することで LWC 誘起条件について詳細に調査した。

実験石英基板上にプラズマ CVD 法により H₂ 希釈 SiH₄(50%)を用いて基板温度 250°C において 100 nm の a-Si 膜を堆積後、N₂ 雰囲気中(T_b)300 - 800°C において 2 h の熱処理を行った。大気圧下において Ar ガス流量 1.0 L/min、投入電力 1.4 kW、噴出孔径 600 μ m より発生した μ -TPJ の前面 1.0 mm において、速度(v)700 - 2500 mm/s で試料を掃引することで結晶化を行った。この時、光学系及び高速カメラをリニアステージ上に設置し、試料と一体で走査することで結晶成長過程を撮影した。

結果及び考察a-Si 膜堆積後、熱処理を施した試料のラマン散乱スペクトルから、 $T_b > 700^\circ\text{C}$ の試料は固相結晶化していることが確認された(Fig. 1)。これらの試料に横方向結晶成長が誘起される条件下において μ -TPJ を照射し、高速カメラにより Si 膜を実時間観察した。 $T_b = 300^\circ\text{C}$ においては脱水素が不十分であるため、LWC 誘起後 Si 溶融と同時に水素脱離に伴う膜の剥離が認められた[Fig. 2(a)]。 $T = 300 - 600^\circ\text{C}$ では、MR 前方において波状の周期的構造が観察され、LWC の誘起が認められた[Fig. 2(b)]。一方、 $T_b > 700^\circ\text{C}$ の試料においては、SPC 及び MR とは異なる結晶化領域が観察されたが、波状の周期的構造は認められなかった[Fig. 2(c)]。この領域は結晶 Si の融点に極めて近い温度条件であるため、固液共存領域(Mixed Phase Solidification: MPS[3])であることが示唆された。また、減圧 CVD 法により 520°C の条件下で堆積した a-Si 膜への μ -TPJ 照射においては、 $T_b = 700^\circ\text{C}$ と同様に LWC は観察されず MPS の誘起が認められた。以上の結果から、初期 Si 膜の結晶化状態もしくは膜中水素量が LWC 誘起に大きく影響していることが明らかになった。この時、MPS 領域はラマン散乱スペクトルから高い結晶性を示し、SEM 及び電子後方散乱回折パターンを観察結果から 1 μm 程度の結晶粒であることが分かった。

結論長時間熱処理を施した Si 膜への μ -TPJ 照射において、初期 Si 膜の結晶性により LWC もしくは MPS を経た結晶成長が誘起されることを明らかにした。

謝辞本研究の一部は、広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所(RNBS)の施設を用い、最先端・次世代研究開発支援プログラム(NEXT プログラム)の支援の下に行われた。

[1] S. Hayashi, *et. al.*, Appl. Phys. Lett. **101** (2012) 172111.

[2] S. Hayashi, *et. al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **53** (2013) 05EE02.

[3] J. S. Im, *et. al.*, J. Cryst. Growth **312** (2010) 2775.

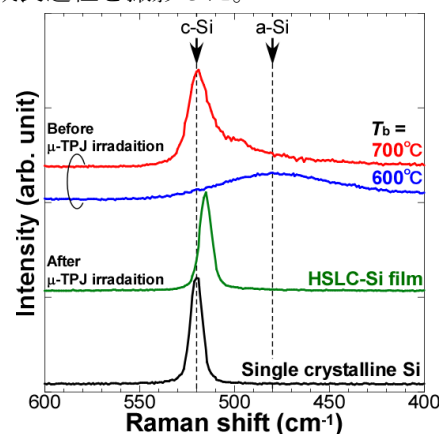


Fig. 1. Raman scattering spectra of Si films before and after μ -TPJ irradiation.

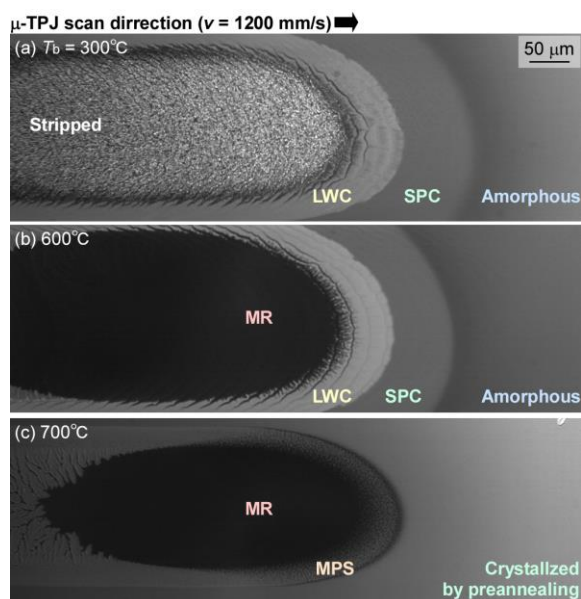


Fig. 2. High-speed camera snapshots during μ -TPJ irradiations. T_b were (a) 300, (b) 600, and (c) 700°C.