

加熱 *in-situ* TEM によるアモルファス Si 膜の結晶成長メカニズム解析

Analysis of crystal growth mechanism in amorphous Si films by *in-situ* heating TEM

(株)東レリサーチセンター °垂水 喜明, 林 将平, 川崎 直彦, 大塚 祐二

Toray Research Center, Inc. °Nobuaki Tarumi, Shohei Hayashi, Naohiko Kawasaki, Yuji Otsuka

E-mail: Nobuaki_Tarumi@trc.toray.co.jp

概要

現在、メモリデバイスや薄膜トランジスタのチャネル層などにおいて多結晶 Si 膜が広く使用されている。多結晶 Si 膜は、アモルファス Si(a-Si)膜に熱処理を施し結晶化することにより形成される。その結晶成長を制御するために、加熱をしながら nm オーダーの構造変化をその場観察し、把握することが重要となる。本研究では、加熱 *in-situ* TEM による形態観察[1]により、熱処理中の Si 膜の結晶成長メカニズムを明らかにすることを目的とした。

実験方法および結果

Si 基板上に作製した a-Si (180 nm) / SiO₂ 積層膜試料について、集束イオンビーム加工により断面試料を作製し、TEM 鏡筒内で試料を加熱しながら Si 膜の結晶化の様子を動画撮影した。結晶化後、プリセッション電子回折を用いた Automated Crystal Orientation Mapping in TEM (ACOM-TEM)法[2]を用いて同一箇所の結晶方位や結晶粒界などの解析を実施した。

Fig. 1 に、動画より抽出した断面 TEM 像を示す。試料は 600°C から 800°C まで一定の昇温速度にて加熱をしており、加熱温度 700°C 付近から a-Si 膜の結晶化が始まり、710°C 付近で下地 SiO₂ 膜との界面において Si の結晶核がランダムに形成されている様子が観察された。その後、昇温とともに Si 膜は膜厚方向に結晶成長し、760°C 付近で Si 膜が完全に結晶化した。また、730°C から 760°C にかけて結晶粒の成長を比較すると、結晶(2)は成長が遅く、結晶(4)は成長が速いことから、結晶粒により成長速度に差異があることがわかった。さらに、Fig. 2(a)-(c)に、結晶化後における Si 膜の結晶面方位 (膜厚方向)、結晶粒、および粒界マップをそれぞれ示す。Fig. 2(a) から、Si 膜に特定の配向性は認められなかった。また、Fig. 2(b)および(c)から、成長過程の結晶粒が衝突した箇所ではランダム粒界が形成されていることが明らかになった。一方、Σ3 粒界および Σ9 粒界は各々の結晶粒内に形成されていることがわかった。

結論

SiO₂ 膜上の a-Si 膜について加熱 *in-situ* TEM 観察を実施した結果、下地 SiO₂ 膜との界面においてランダムに核が形成され、その後、結晶粒により異なる速度で成長することがわかった。

[1] 清水他, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 09-091 (2019) [18p-PB1-69].

[2] Robert A. Schwarzer, Ultramicroscopy 67, 19 (1997).

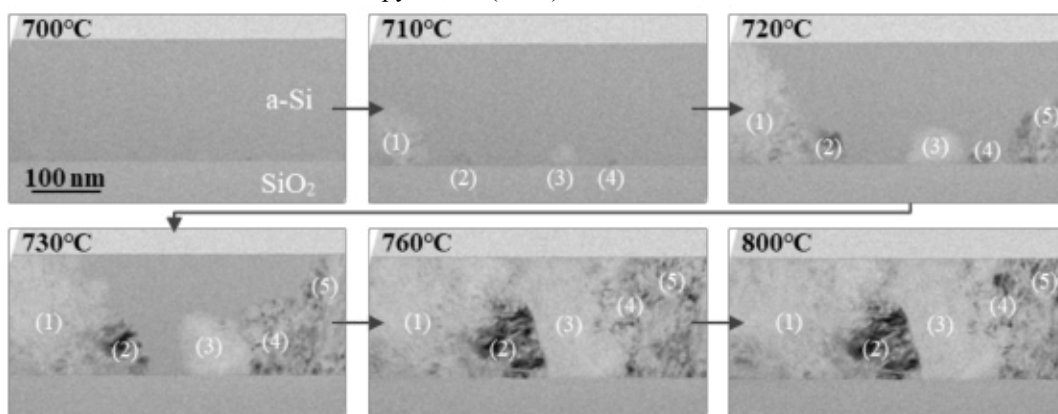


Fig. 1 Cross-sectional TEM images of Si film at each annealing temperature



Fig. 2 (a) Crystal orientation, (b) Grain, and (c) Image Quality maps of crystallized Si film