

ハイパワー大気圧熱プラズマジェット照射による  
シリコン薄膜の高速熔融結晶化  
High Speed Crystallization of Silicon Thin Films  
Induced by High Power Atmospheric Pressure Thermal-Plasma-Jet Irradiation  
広大院先端研 °中島 涼介, 新 良太, 花房 宏明, 東 清一郎  
Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University  
°R. Nakashima, R. Shin, H. Hanafusa, and S. Higashi  
E-mail: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序>これまでの研究でTPJに流すAr流量( $f$ )増加による大幅な投入電力( $P$ )の増加を報告した[1]。そこで本研究では、ハイパワー大気圧熱プラズマジェット(TPJ)を用いて従来よりも速い4000 mm/s以上の走査速度( $v$ )でシリコン(Si)薄膜の高速結晶化を試みた。

実験>石英基板上に誘導結合型プラズマCVD法を用いてアモルファスシリコン(a-Si)膜を100 nm堆積し、450°Cで1時間の脱水素処理を行った。ハイパワーTPJ照射により高速横方向結晶化(HSLC)条件[2]で熔融結晶化後、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡(SEM)、電子線後方散乱分析法(EBSD)により評価した。

結果及び考察>基板距離を3.5 mm一定として、 $v$ 、 $f$ および $P$ を変えて結晶化を行った。まず、 $v = 2000$  mm/s,  $f = 9$  L/min,  $P = 3.1$  kWとして結晶化を試みた(Fig.1)ところ、これまで同様、TPJ走査方向に対して斜め方向に結晶成長するHSLCが観察された。次に $v = 3000$  mm/s,  $f = 12$  L/min,  $P = 3.6$  kWとして結晶化を行ったところ、HSLCに加えて、結晶化領域の中心付近に粒状結晶成長領域が観察された(Fig.2 点線内)。さらに $v$ を上昇させて、 $v = 5000$  mm/s,  $f = 18$  L/min,  $P = 4.5$  kWで結晶化した試料においては粒状結晶成長領域の幅が拡大し、且つ結晶粒密度の増加が見られた(Fig.3)。

Figure 4に結晶粒密度の $v$ 依存性を示す。 $v = 3000$  mm/sから $v = 5000$  mm/sへ高速化することによって、結晶粒密度は $3.9 \times 10^4$  cm<sup>-2</sup>から $4.1 \times 10^5$  cm<sup>-2</sup>へと大幅に増加した。ハイパワーTPJによる熔融Si領域の高速走査によって、熔融領域の温度勾配を駆動力として成長する横方向結晶成長(HSLC)と、過冷却液体Si中での自発的核生成に続く粒状結晶成長が競合した結果、2種類の異なる結晶成長領域が形成されたものと考えられる。特に粒状結晶成長領域では、 $v$ の上昇に伴う過冷却度の上昇により核発生頻度が上昇した結果、結晶粒密度が上昇したと考えられる。

結論>ハイパワーTPJの走査速度を上昇させることでこれまでに観察されていなかった粒状結晶成長領域を確認した。 $v$ を上昇させるとその粒密度が増加することから、熔融領域の過冷却度の上昇による自発的核生成が粒状成長を誘起することが示唆された。

謝辞>本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(B)(16H0433400)の支援の下行われた。

[1] 中島, 他, 第63回応用物理学会春季学術講演会 (2016) 20p-S423-4

[2] S. Hayashi, *et. al.*, Appl. Phys. Express **3** (2010) 061401.

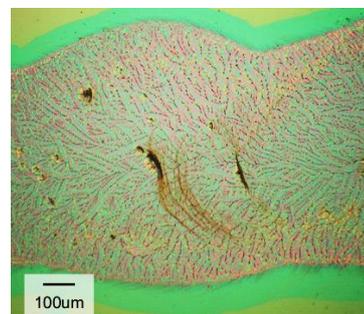


Fig.1 Optical microscope image of TPJ crystallized Si film with  $v$  of 2000 mm/s.

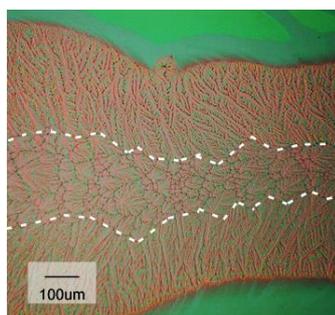


Fig.2 Optical microscope image of TPJ Crystallized Si film with  $v$  of 3000 mm/s. Not only HSLC, grain growth was observed inside the dashed line region.

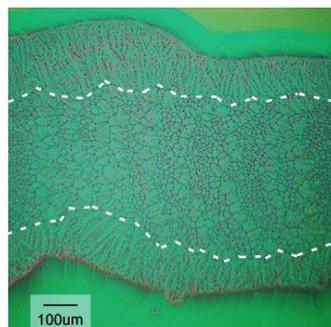


Fig.3 Optical microscope image of TPJ Crystallized Si film with  $v$  of 5000 mm/s. Significant increase in grain density was observed.

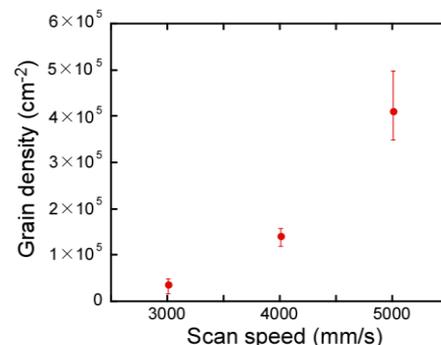


Fig.4 Grain density with respect to scan speed  $v$ .