

大気圧熱プラズマジェット照射による溶融シリコン内温度分布の可視化

Visualization of Temperature Distribution in Molten Silicon

by Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet

広大院先端研¹ °水川 友里¹, 花房 宏明¹, 東 清一郎¹

Hiroshima Univ.¹, °Yuri Mizukawa¹, Hiroaki Hanafusa¹, Seiichiro Higashi¹

E-mail: y-mizukawa@hiroshima-u.ac.jp

序> 高結晶性シリコン薄膜を得るため、結晶化現象の解明に関して様々な研究が成されてきた[1,2]. しかし、溶融シリコンの温度分布と結晶成長過程とを同時に得ることは実現していない. そこでレーザーによる非接触温度測定[3]と高速度カメラによる実時間観察を組み合わせ、大気圧熱プラズマジェット(Thermal Plasma Jet: TPJ)照射時の溶融シリコンにおける実時間映像・温度分布情報を同時に得る試みを行った.

実験> 温度測定用の石英基板(厚さ: 525 μm)と、その上に a-Si 膜を 100 nm 堆積した観察用サンプルの 2 枚を使用した. リニア型ステージは、走査速度 v : 0.3~1.0 m/s とし、基板間距離 d : 2.0~8.0 mm とした. TPJ 発生条件は、Ar 流量: 約 2.0~3.0 L/min, 投入電力 P : 約 1.5~1.8 kW とした (Fig.1). 高速度カメラの設定は、露光時間: 1~3 μs , FPS: 3000 とし、非接触温度測定ではレーザー波長 632.8 nm とした.

結果> 得られた実時間カメラ画像から、溶融シリコンは縦: 約 940 μm , 横: 約 410 μm の楕円型であることが判明した. これより非接触温度測定とカメラ画像にて得られたデータが矛盾なく一致するためには、ジェットの形状は非等方ガウシアン分布であり、半値幅: 400 μm , 500 μm , 伝達効率: 95%, 85% の 2 つのガウシアンであることが分かった. Fig.2 (a) は実測値 (赤線) と理論値 (青線) における反射率を表し、これらのフィッティングにより温度解析した. Fig.2 (b) は、TPJ 照射時の基板温度の時間経過であり、このグラフから 6 ms で最大基板表面温度が約 1786 K であることが明らかとなった. 温度測定結果をカメラ画像に重ね合わせる事により得た溶融シリコン内温度分布を Fig.2 (c) に示す. 溶融・結晶化領域境界付近の、融点よりも温度が低い過冷却領域の温度分布が約 20 K 程度で最大長さ約 50 μm であることが、今回の溶融シリコン内温度分布解析で初めて明らかとなった. また基板走査方向に対して垂直方向の温度勾配は約 $8.93 \times 10^4 \text{ K/cm}$ であり、結晶成長し始めた結晶粒は垂直方向の温度勾配に沿って成長していることが明らかとなった.

参考文献> [1] G.J. Galvin, *et. al.*, Phys. Rev. B **27** (1983) 1079. [2] S. Hayashi, *et. al.*, Appl. Phys. Express **3** (2010) 061401. [3] T. Okada, *et. al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **45** (2006) 4355.

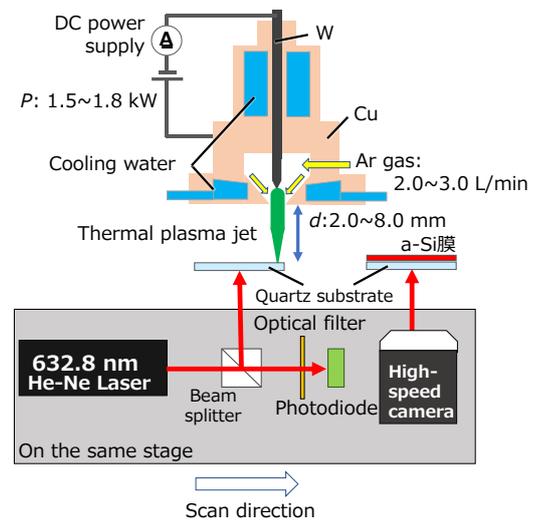


Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup for a-Si crystallization during TPJ irradiation with high-speed camera and non-contact temperature measurement apparatus.

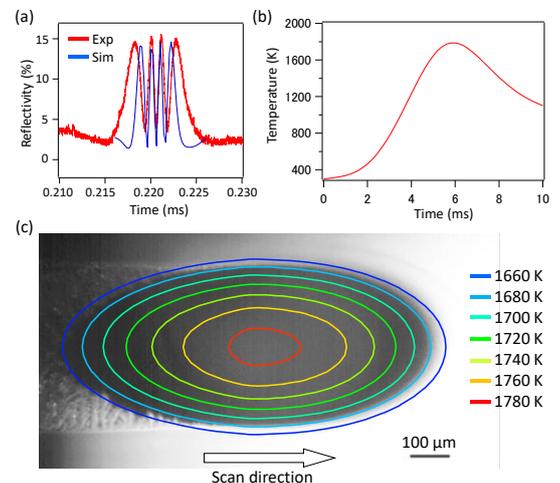


Fig. 2. Diagrams of (a) reflectivity (red line: experiment data, blue line: simulation data), (b) temperature of the substrate surface and (c) the image combined with a high-speed camera image and an isothermal diagram for *in-situ* measurement of a-Si film crystallization.