

大気圧熱プラズマビームの磁場スキャンによる大面積熱処理技術の研究

Large Area Annealing by Magnetic Field Scanning
of Atmospheric Pressure Thermal Plasma Beam

広大院先端研 °瀬川 和輝, 花房 宏明, 水川 友里, 東 清一郎

Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University

°K. Segawa, H. Hanafusa, Y. Mizukawa, and S. Higashi

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

序>低コストな半導体薄膜の急速熱処理技術として大気圧熱プラズマジェット(TPJ)の応用が期待されている [1]。本研究では、プラズマ長が約 250 mm の大気圧熱プラズマビーム(AP-TPB)[2]を生成し、その噴出方向を外部磁場によってスキャンする大面積熱処理技術を開発した。

実験>投入電力とアルゴン(Ar)流量 f_{Ar} 、窒素(N₂)流量 f_{N_2} をそれぞれ 4.9 kW、1.6 L/min、0.4 L/min に設定し、電極間距離 $ES = 3$ mm で直流アーク放電を発生させ AP-TPB を生成した。プラズマ噴出孔の隣に電磁石を設置し、交番の外部磁場を印加することによって AP-TPB の噴出方向をスキャンした。AP-TPB の加熱特性を評価するために、プラズマ源-サンプル間距離 $d = 70$ mm の位置に配置した 4 インチシリコン(Si)ウエハを熱処理し、裏面温度をサーモグラフィを用いて測定した。

結果及び考察>電磁石に 2 Hz の交流電流を印加することによって、プラズマ噴出孔部に ± 11.3 mT の交番磁場を発生させた。その結果、AP-TPB の噴出方向は Fig. 1 に示すように全角で 60° スキャンされた。これは、アーク放電中の電子がローレンツ力を受け運動方向が変わったためであると考えられる。

また、磁場スキャンされた AP-TPB を Si ウエハに照射することによりライン状に加熱された(Fig. 2)。このとき、電磁石に印加する交流電流波形を正弦波と三角波で比較した結果、正弦波を用いた場合において加熱領域の均熱性が高くなることが明らかになった。これは正弦波を用いることによって、プラズマ噴出孔からの距離が遠くなるウエハ端の加熱時間が長くなったためであると考えられる。加熱領域の温度分布を評価した結果、平均温度と平均値からの変位はそれぞれ 671°C 、 $\pm 7\%$ 以内となっており、高い均熱性で処理されていることが明らかになった。この結果より、熱プラズマを用いた大面積熱処理の低コスト化が期待できる。

結論>AP-TPB に電磁石を用いて外部磁場を印加することで、噴出方向が 60° スキャンされた。磁場スキャンされた AP-TPB を用いて、4 インチ Si ウエハを均一に熱処理することに成功した。この時、加熱領域の平均温度と平均値からの変位はそれぞれ 671°C 、 $\pm 7\%$ 以内になった。

謝辞>本研究の一部は、JST による A-STEP の支援の下行われた。

[1] H. Kaku, S. Higashi, H. Taniguchi, H. Murakami, and S. Miyazaki, "A new crystallization technique of Si films on glass substrate using thermal plasma jet," Appl. Surf. Sci. 244 (2005) 8.

[2] H. Hanafusa, R. Nakashima, W. Nakano, and S. Higashi, "Extremely high-power-density atmospheric-pressure thermal plasma jet generated by the nitrogen-boosted effect," Jpn. J. Appl. Phys., 57 (2018) 06JH01.

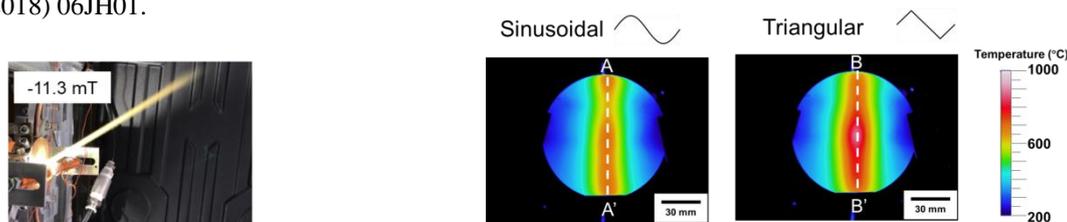


Fig.2 Thermography images irradiated by AP-TPB when sinusoidal or triangular wave was used as the current applied to electromagnets.

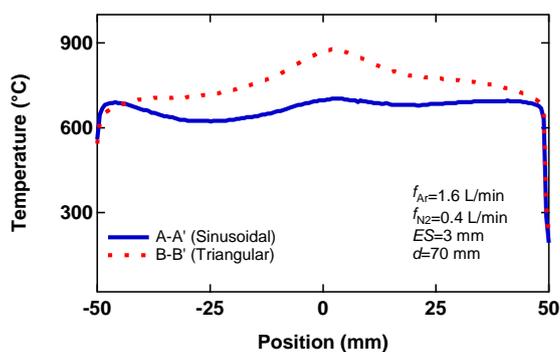


Fig.3 Temperature profiles of the samples along the white lines of Fig. 2.

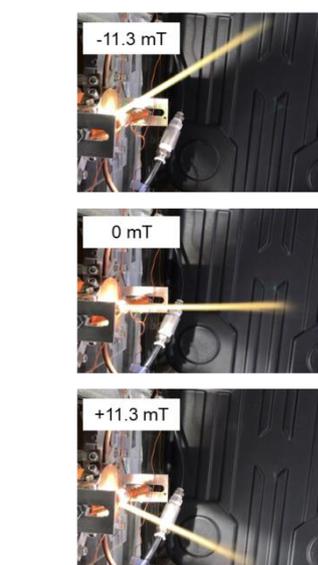


Fig.1 Pictures of AP-TPB scanned by applying external magnetic field.