

集光型赤外線加熱炉を用いたハーフインチシリコン CVD 装置 (7)

Half-Inch Silicon CVD Reactor Using Concentrated Infrared Light Heater (7)

横国大院工¹, ミニマルファブ技術研究組合², 産総研³ ○李 寧¹, 松尾美弥¹, 羽深 等¹,

三ヶ原孝則², 池田伸一^{2, 3}, 石田夕起^{2, 3}, 原 史朗^{2, 3}

Yokohama Nat. Univ.¹, MINIMAL², AIST³, °Ning Li¹, Miya Matsuo¹, Hitoshi Habuka¹, Takanori Mikahara², Shin-ichi Ikeda^{2, 3}, Yuuki Ishida^{2, 3} and Shiro Hara^{2, 3}

E-mail: habuka-hitoshi-ng@ynu.ac.jp

【序論】「必要なものを・必要な時に・必要な量だけ生産する持続可能な生産システム」として、小さなウエハによる半導体生産システム「ミニマル・マニファクチャリング」(MM) [1]が提案されている。MM に用いるために、我々は集光型赤外線加熱炉による CVD 装置を用いて、シリコン薄膜成長プロセスを開発[2-4]している。今回は、これまでの研究を基に、装置内の熱移動について検討した。特に、水素ガス流量と基板の温度について検討したので、その詳細を報告する。

【実験】本研究に用いた CVD 装置と熱移動の様子を Fig. 1 に示す。円筒状の石英ガラス製反応容器の中に回転軸が設けられ、その上端に設けられた支持台に SiC サセプタとシリコン基板 (直径 0.5 インチ) を置き、上側からガスを供給した。石英管の外側には、冷却用送風管を三本設置した。反応容器の外側上方に設けられた赤外線ランプの光を薄肉型反射鏡[3]により斜め下に集光して基板を加熱した。反応容器内の圧力は 1 気圧とし、希釈ガスには水素、成膜原料ガスにはトリクロロシラン(SiHCl_3 , TCS) を用いた。

本研究では、トリクロロシラン系と主系統の合計の水素ガスを 35~185sccm として、シリコン基板支持台(石英ガラス、肉厚約 3mm)の下側に設けた R 型熱電対により反応器内の温度変化を測定した。

【結果と考察】トリクロロシラン系の水素流量を 35sccm とし、主系統の水素ガス流量を 0、50、100、150 sccm とした場合の基板支持台下側の温度の変化を Fig. 2 に示す。総水素ガス流量を 185sccm から 135sccm に減少することにより、基板下側の温度が約 50℃上昇した。更に、135sccm から 35sccm まで水素流量を下げて、同じ温度が維持されることが分かった。

この原因を、熱の移動現象を基に Fig.2 に示すように予想した。ランプから届く赤外線による熱流束 $Q_{\text{IR},w}$ などによりシリコン基板が加熱されると同時に、ガスにより冷却 Q_{Flow} などによる冷却が生じ、それらの釣り合いによりシリコンウエハの温度が決定される。総水素流量を 135sccm 以下にした場合にはガスによる冷却が著しく小さくなり、無視できる程度になると考えられる。この条件において得られたシリコン薄膜の表面が鏡面であったことから、ガス流量を著しく節約できる可能性がある。

【結論】集光型赤外線加熱炉を用いたミニマル・マニファクチャリング用シリコン CVD 装置における熱の移動現象を検討した結果、総ガス流量を著しく節減できる可能性が示された。

【文献】[1] S. Khumpuang et al., IEEJ Trans. sensors and micromachines, 133 (2013) 272-277.

[2] N. Li et al., Physics Procedia, 46 (2013), 230-238.

[3] N. Li et al., ECS J. Solid State Sci. Technol., 5 (5) (2016) P280-P284.

[4] N. Li et al., Proc. Forum Sci. Technol. Silicon Materials 2014 (Hamamatsu), pp. 219-221, (PT10-1), Hamamatsu Japan, (Oct 19-22, 2014).

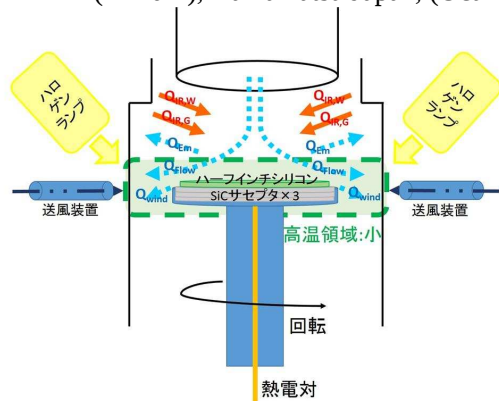


Fig. 1 Reactor geometry and thermal transport.

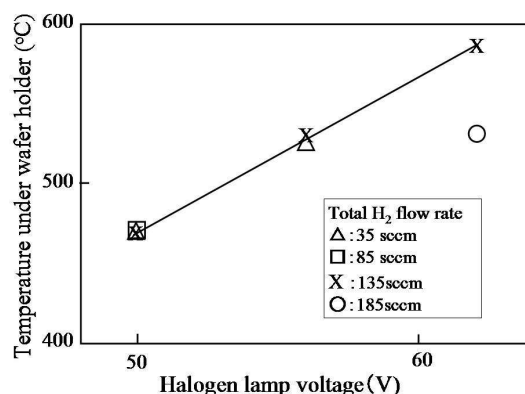


Fig. 2 Temperature under wafer holder changing with halogen lamp voltage