

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

Half-Inch Silicon CVD Reactor Using Concentrated Infrared Light Heater

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, 羽深 等¹, 池田 伸一^{2,3}, 石田 夕起^{2,3}, 原 史朗^{2,3}
 Yokohama National Univ.¹, MINIMAL², AIST³
 N. Li¹, H. Habuka¹, S. Ikeda^{2,3}, Y. Ishida^{2,3} and S. Hara^{2,3}
 habuka1@ynu.ac.jp

【序論】半導体素子を適切なコストで少量多品種生産を行うために「必要なものを必要な時に必要な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「ミニマルマニュファクチャリング」(MM) [1]が提案されている。我々は、そこに用いられるシリコン CVD 装置として集光型赤外線加熱炉を用いることを検討し、その成長速度に関する数値シミュレーションに基づいた検討内容[2]を報告した。続けて、集光型加熱炉を用いてシリコン薄膜成長を試み、その成膜とクリーニングを併せたプロセス全体について報告[3]した。今回は、集光型赤外線加熱炉を用いた場合にシリコンウエハの温度に影響を与える要因について考察したので、その詳細を報告する。

【実験】本研究に用いた CVD 装置の概略を Fig. 1 に示す。円筒状の石英ガラス製反応容器の中にシリコン基板（直径 0.5 インチ）を置き、そこに上側から原料ガスを供給する構造である。反応容器の外側上方に設けた赤外線ランプの光を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 気圧とした。内側のノズルの下端と基板の間の距離は約 20mm であった。

成膜において、希釈ガスには水素 100~1000sccm を、原料ガスにはトリクロロシラン(SiHCl_3 , TCS) 2~60 sccm を用いた。トリクロロシランの供給量を過剰として反応律速の状態を構築し、成長速度がトリクロロシラン濃度に依存せず、温度のみに依存する状態とした、この状態を活用して種々の状態で実測された成長速度を、温度に換算した。

【結果と考察】成長速度は、加熱炉の電圧 V の他に総ガス流量 F_{TotalGas} とトリクロロシラン濃度 C_{TCS} に依存することが把握された。そこで、ハーフインチシリコンウエハの熱移動の様子を Fig. 2 に示すように仮定した。ランプから届く赤外線による熱流束 Q_{IR} により加熱されると同時に、昇温されたシリコンウエハ自身から放出される放射熱 Q_{Em} とガス流により運び去られる熱 Q_{Flow} による冷却の釣り合いによりシリコンウエハの温度が決定されことを考慮した。その結果、種々の要因とシリコンウエハ温度 T_{wafer} の関係は (1) 式のように表わされた。

$$T_{\text{wafer}} (^{\circ}\text{C}) = 90\sqrt{V(\text{V})} - 0.13 F_{\text{TotalGas}} (\text{sccm}) - 4.3 C_{\text{TCS}} (\%) + 310 (^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

【結論】集光型赤外線加熱炉を用いたミニマルマニュファクチャリング用シリコン CVD 装置におけるシリコンウエハの温度を決定する要因について検討した。集光型加熱炉の電圧、総ガス流量だけでなく、トリクロロシラン濃度も影響することから、これらの最適化によりエネルギー効率の高いプロセスを構築できる可能性がある。

【文献】[1] 産総研・ファブシステム研究会、レポート「21 世紀型生産システム」、(2008)。

[2] 並木ら、第 71 回応用物理学会学術講演会 2010 年秋 16p-ZD-7。

[3] 李ら、第 73 回応用物理学会学術講演会 2012 年秋 12p-F5-4。

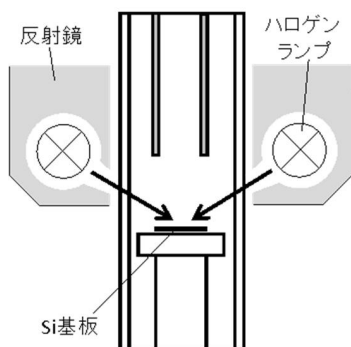


Fig. 1 集光型加熱炉

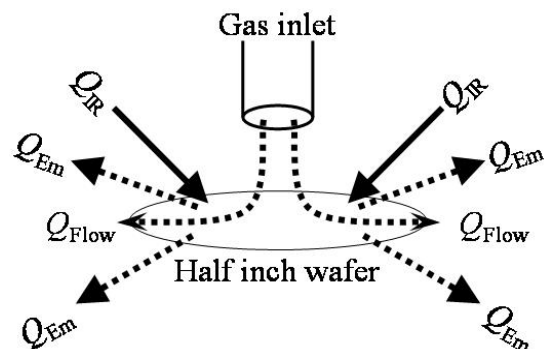


Fig. 2 集光型加熱炉におけるシリコンウエハの熱移動