

ミニマル集光加熱炉における加熱効率および温度均一性の改善

Improvement in Thermal Efficiency and Uniformity of a Half-inch Wafer in Minimal Focused Light Heating Furnace

ミニマルファブ技術研究組合¹, 米倉製作所², 産業技術総合研究所³
三浦 典子¹, 相澤 光^{1,2}, 山田 武史^{1,2}, 大西 康弘^{1,2}, 池田 伸一^{1,3},
遠江栄希¹, 石田 夕起^{1,3}, ミケ原 孝則¹, 中戸 克彦¹, クンブアン ソマワン^{1,3}, 原 史朗^{1,3}

MINIMAL¹, YONEKURA MFG. Co., LTD², and AIST³

Noriko Miura¹, Takeshi Aizawa^{1,2}, Takeshi Yamada^{1,2}, Yasuhiro Onishi^{1,2}, Shinichi Ikeda^{1,3},
Haruki Toonoe¹, Yuuki Ishida^{1,3}, Takanori Mikahara¹, Katsuhiko Nakato¹, Somwan Khumpuang^{1,3}, and
Shiro Hara^{1,3}

E-mail: noriko-miura@minimalfab.com

【背景と研究目的】 ミニマルファブは、ハーフィンチウエハ($\phi 12.5\text{mm}$)を用い、最小の投資、エネルギーで半導体の変種・変量生産に対応しようという生産システムであり、これを実現するために、ファブシステム研究会及びミニマルファブ技術研究組合を中心に、ミニマルファブを構成する半導体製造装置の小型化開発が進められている。抵抗加熱、レーザー加熱、集光加熱の3つの方式で加熱装置の開発を進めているが、このうち、 1300°C までの急速昇温が可能な熱酸化炉として、ミニマル集光加熱炉の開発を行ってきた。集光加熱方式は、ウエハとその周辺のみを局所的に加熱するため、装置の小型化が容易であり、高温かつ急速昇降温の加熱処理が可能である。一方、ウエハ面内の温度分布が不均一になりやすく、温度制御も困難である。装置小型化においてこのような課題が顕在化してきたため、加熱中の熱の伝搬にかかわる因子の抽出およびそれがウエハ面内温度分布に与える影響を調べ、加熱効率の向上および温度均一性の改善を図った。

【実験方法】 図1に集光加熱装置のプロセス部の概略図を示す。加熱中のウエハ温度は、①ランプからの直射光および反射光(放射熱) ②チャンパー周辺との輻射熱収支 ③ウエハから試料台への熱伝導 ④ O_2 ガスによる対流・冷却、の4つの因子によって決定される。それぞれの寄与を調べるため、①反射鏡の形状比較(反射光の影響評価) ②下部反射板の有無比較(チャンパー下部からの輻射熱評価) ③試料台の熱容量低減(熱伝導の抑制) ④ O_2 流量依存性評価、を行った。各実験において、加熱時のランプ出力と熱酸化膜厚の面内分布を計測し、照射効率およびウエハ表面の温度分布を評価した。

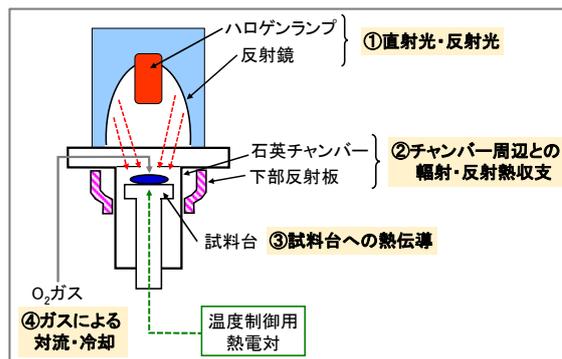


図1 集光加熱炉概略図と熱伝搬因子

【結果と考察】 図2に、チャンパー下部の反射板がある場合とない場合の各制御温度におけるランプ出力を示す。下部反射板により、ランプ出力が100W程度低減できることが判明した。これらの結果から、反射板による輻射熱で試料台上部が加熱されることにより、加熱効率が向上したと考えられる。図3に、 1000°C および 1100°C で加熱時の O_2 流量とウエハ面内の酸化膜厚ばらつき(膜厚均一性)の関係を示す。いずれの温度でも O_2 流量が増加すると膜厚ばらつきが大きくなる傾向が認められた。酸化膜厚は、 O_2 流量が増加するほど減少し、特にウエハ中央部で膜厚減少が激しくなることから、 O_2 ガスによりウエハ表面が冷却されたと考えられる。これらの結果は、現行の集光加熱装置において、チャンパー周辺からの輻射熱やガスによる冷却効果がウエハの温度分布に大きな影響を与えていることを示唆している。反射鏡および試料台の改良による加熱効率の向上、加熱モデルの詳細な検証に関しては、当日議論する。

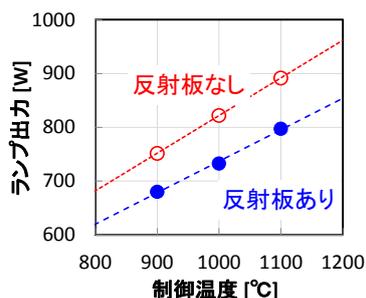


図2 下部反射板の有無とランプ出力

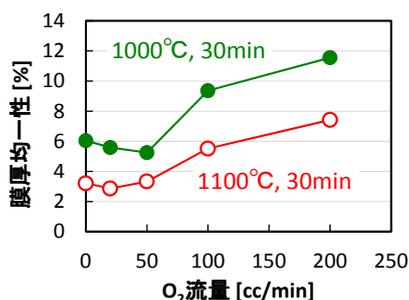


図3 O_2 流量と膜厚均一性