

局所クリーン化ミニマル環境コントロールシステム-PLAD (II) Cleanroom-Free Environment-Control System PLAD for Minimal fab (II)

産総研¹、ミニマルファブ推進機構²○谷島孝^{1,2}、安井政治^{1,2}、三浦典子²、クンプアンソマワン^{1,2}、前川仁^{1,2}、原史朗^{1,2}AIST¹ and MINIMAL²Takashi Yajima^{1,2}, Masaharu Yasui^{1,2}, Noriko Miura², Sommawan Khumpuang^{1,2}, Hitoshi Maekawa^{1,2} and Shiro Hara^{1,2}

Email: takashi-yajima@aist.go.jp

【これまでの報告と最終目標】

我々は、局所クリーン化技術を導入することで、クリーンルームが不要となる半導体製造システム、ミニマルファブを開発してきた^[1]。既に、ウエハを装置にローディングする時の前室システムとして、外気中の微粒子とガス分子の内部への侵入をプロテクトするPLAD (Particle Lock Air-tight Docking system)を開発し、各商用装置に搭載している。次の段階として、PLAD自体のクリーン化性能を向上させる必要がある。この観点については、PLADにクリーンエアを供給し、内部の差圧を一定に保つとともに、循環ループを持つ、いわば装置内超小型クリーンルームについて、実験を行ってきた。その結果、このシステムを用いることで、ウエハ上に付着する直径0.1 μm 以上の微粒子は、ウエハ搬出入を10回行った時、1個以下であり、実用上問題ないことを確認した^[2]。このPLAD環境コントロールシステムの最終目標は、PLAD内部を差圧と流量がコントロールされた窒素環境にすることで、プロセス中にウエハが大気暴露されないシステム（パーティクルと大気からの遮断）を実現し、完全均一な品質のデバイス製造を行うことである。

【実用化の検討】

現在までに、この環境コントロールシステムのハードウェアとソフトウェアをPLADと一体化する開発までは完了している。今回、このシステムの有用性を確認するために、実際にデバイス製造プロセスで使用されているミニマル装置に、本システムを搭載した。搭載した装置は、トランジスタのゲート酸化膜を成膜する、集光加熱炉である。高性能なCMOS製作では、ゲート酸化膜の薄膜化が必須であるが、あらかじめPLAD内部を窒素環境にすることで、集光炉チャンバーの真空引き後の残留酸素濃度を低減でき、高精度な膜厚制御が可能となる^[3]。このことから、集光加熱炉は、本コントロールシステムの実用性を判断するのに適した装置であるといえる。

【実験及び結果】

図1に環境コントロールシステムが搭載された集光加熱炉を示す。図2はウエハ搬入から搬出まで、1プロセスの間のPLAD内部の差圧を測定した結果である。基本的にPLAD内が正圧であれば、外部からの微粒子の侵入を防ぐことが出来る。実際に、搬送ロボットのパイプの伸縮による体積変化、気密性の変化、ゲートバルブ開閉などPLAD内部の状態が変化するとき、短時間の急峻な差圧変動はあるが、PLAD内部の差圧は一定の正圧（設定値：10Pa）に保たれている。幅約5Paの周波数の高い変動は、循環ポンプの脈動によるものであるが、換気性能に与える影響は僅かであり、脈動があっても、ポンプによるクリーンな気体の循環は、パーティクル減衰時間を早めることが出来ることは既に報告した^[4]。

この集光加熱炉で10nm以下の熱酸化膜の成膜を行った。図3に結果を示す。PLAD内部の環境が大気の場合に比べ、環境コントロールシステムで窒素環境とした場合は、同じ成膜条件での膜厚が小さく、制御可能な最小膜厚をより薄化できると考えられる。

【結論および課題】

- ・ PLAD内部のクリーン化とガス遮断を可能とする、局所クリーン化ミニマル環境コントロールシステムの実用化を進めるために、ミニマル装置実機の集光加熱炉に実装した。
- ・ このシステムにより、数nmの膜厚の酸化膜を成膜する場合の制御性が優れていることが分り、従来評価していたクリーン化とともにガス遮断性能の確認ができた。
- ・ 今後、クリーン化とガス遮断性能について、さらに詳細なデータを取得し、ミニマル装置へ搭載、実用化を実現することが課題である。

【文献】

- [1]原、他、空気清浄49、2 (2011)
- [2]谷島、他、応用物理学会 秋季学術講演会 6p-C21-19 (2017)
- [3]三浦、他、応用物理学会 春季学術講演会 20p-C101-3 (2018)
- [4]谷島、他、応用物理学会 春季学術講演会 20p-C101-11 (2018)

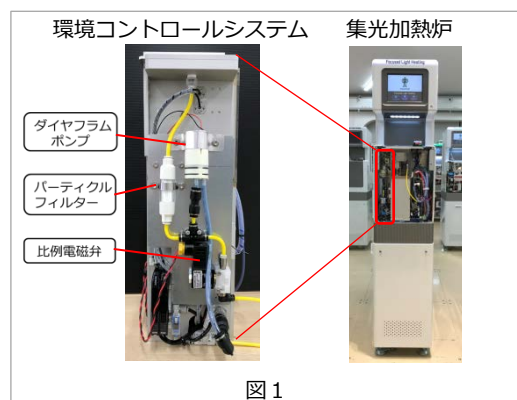


図 1

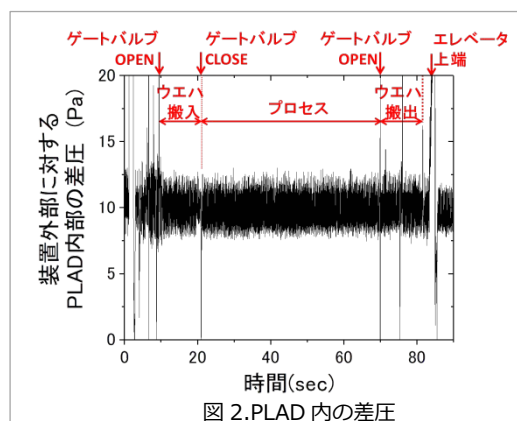


図 2. PLAD 内の差圧

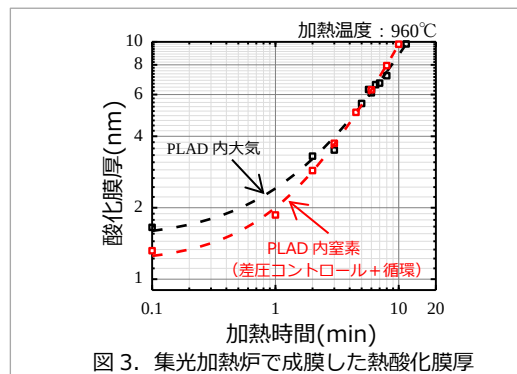


図 3. 集光加熱炉で成膜した熱酸化膜厚