

局所クリーン化ミニマル環境コントロールシステム-PLAD (Ⅲ)

Cleanroom-Free Environment-Control System PLAD for Minimal fab (Ⅲ)

産総研¹、ミニマルファブ推進機構²
○谷島孝^{1,2}、三浦典子²、安井政治^{1,2}、クンブアンソマワン^{1,2}、前川仁^{1,2}、原史朗^{1,2}
AIST¹ and MINIMAL²
Takashi Yajima^{1,2}, Noriko Miura², Masaharu Yasui^{1,2}, 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】

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、外気中の微粒子の装置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。また、PLAD自体のクリーン化性能の向上を目的として、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、ウエハ搬入時にウエハ上に付着する微粒子はなくなったことを確認した^[2]。さらに、このシステムをSiの熱酸化を行う集光加熱炉に搭載し(図1)、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、Siの初期酸化の精密コントロールに効果的であることが分った^[3]。

【今回の実験】

より詳しくPLAD環境コントロールシステムを評価する目的で、前回と同じ集光加熱炉を使用して次の2つの実験を行った。

実験①：Siの酸化膜評価実験を行った。チェンバーへのウエハ搬入前のPLAD環境を、①大気環境の場合 ②窒素を循環し差圧制御を行う場合の2通りの条件で、チェンバー内にウエハを搬入し、15分間1150℃でウエハを加熱した。ゲートバルブをあける前にチェンバーには酸素を導入せず窒素を封入し、ゲートバルブを開けてウエハを導入後、ウエハを密閉空間で加熱する。加熱後に残留酸素で形成されるSi酸化膜厚を測定して比較した(表1)。

実験②：PLAD空間からチェンバー空間に侵入する酸素量を見積もるために、PLADが大気環境(酸素20.9%)で、チェンバーが窒素環境(窒素100%)の状態からゲートバルブを開いた後のPLADの酸素濃度変化を測定し、この測定値から、ゲートバルブの開放時間とチャンバー内部の酸素濃度変化の関係を求めた(図2)。

【結果と課題】

表1に実験①の結果を示す。PLAD内部で、窒素による差圧制御と循環を行った場合、PLAD内部の差圧によらず、酸化膜厚は12nm前後の値となった。これに対し、PLAD内部の窒素パージを行わない場合の膜厚は35.1nmであった。この結果から、窒素によりPLAD内部の差圧制御を行うことで、チェンバー内部への酸素の流入量が減少していることが分る。一方実験②から、PLADの酸素濃度が20.9%の大気環境の場合、ゲートバルブが開いている時間に対してチェンバー内酸素濃度は図2のように変化することが分った。実際の装置では、ウエハ搬入時にゲートバルブが開いている時間は約14秒であるので、チャンバー内部の酸素濃度は2.6%程度になっていると考えられる。この結果をもとに、PLADを窒素環境にした場合の、ウエハ搬入時のチェンバー内酸素濃度を試算する。表1に示すように、差圧30Pa以上では、PLAD内部の酸素濃度は300ppm以下になるため、ゲートバルブが14秒間開いた時、チェンバーの酸素濃度は37ppm(20.9%:2.6%≒300ppm:37ppm)程度になる。しかしながら、実験①の酸化膜の測定結果では、PLAD内部が大気(酸素濃度=20.9%)の場合に対して、PLADを窒素環境にしても酸化膜厚は1/3程度の値であり相対的に大きい。このため、酸素濃度を大きくしている別の要因がチェンバー内部にあることが推測される。実際のプロセスでは、ウエハ搬入後にチャンバー内で窒素パージを行うことで、チャンバー内の酸素濃度は低減されるが、装置の性能向上のために酸素発生要因の究明が今後必要である。

【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]谷島、他、応用物理学会 秋季学術講演会 21p-233-14 (2018)

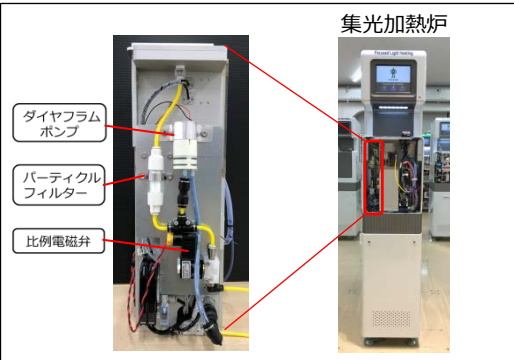


図1.環境コントロールシステム

	PLAD内部の窒素の差圧値 (Pa)				酸化膜なし (自然酸化膜厚)
	0 (大気)	30	60	90	
PLAD内残留酸素濃度	20.9%	300ppm	100ppm	80ppm	
酸化膜厚 (nm)	35.1	12.5	11.5	12.0	0.5

表1. PLAD 内部の窒素差圧と酸化膜厚

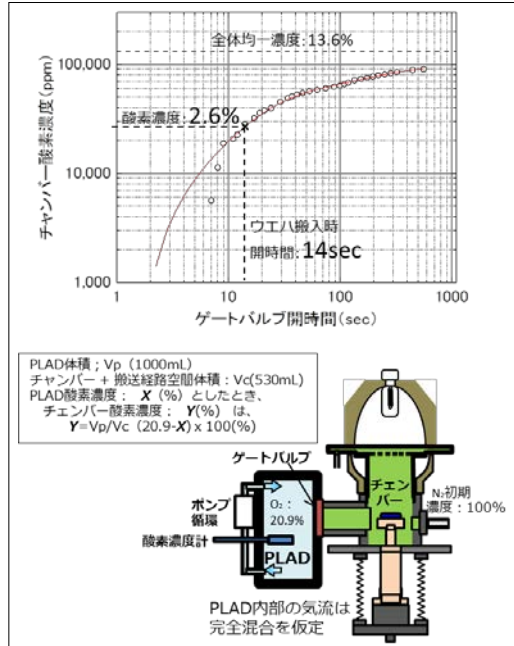


図2.ゲートバルブが開いている時間とチャンバー内酸素濃度