

## 局所クリーン化のための微粒子に関する基礎実験 II Fundamental Experiment of Particle Behavior in Minimal Fab II

産総研<sup>1</sup>、ミニマルファブ推進機構<sup>2</sup>  
○谷島孝<sup>1</sup>、クンプアンソマワン<sup>1,2</sup>、前川仁<sup>1,2</sup>、原史朗<sup>1,2</sup>  
AIST<sup>1</sup> and MINIMAL<sup>2</sup>

Takashi Yajima<sup>1</sup>, Sommawan Khumpuang<sup>1,2</sup>, Hitoshi Maekawa<sup>1,2</sup> and Shiro Hara<sup>1,2</sup>  
Email: takashi-yajima@aist.go.jp

### 【はじめに】

ミニマルファブは、多品種少量デバイスに適した半導体生産システムである。設備投資額を抑えるために、プロセス装置の小型化と、装置の筐体やウェーハ搬送システムなどの共通部分、およびハーフィンチウェーハの規格化を行っている。もう一つの重要な点は、メガファブで必要なクリーンルームにかかる巨額の投資と運用費を削減するために、クリーンルームではない環境で半導体生産を行うことである。そのためには、各装置の内部空間と装置間のウェーハ搬送空間の局所環境制御が必要となる<sup>[1]</sup>。パーティクルの局所環境制御（局所クリーン化）については、これまでPLAD（Particle Lock Air-tight Docking system）と命名した装置前室のクリーン化について報告してきた<sup>[2]</sup>。当然のことであるが、局所クリーン化においては、ウェーハ上のパーティクルの挙動が重要で、それを踏まえたパーティクル制御が求められる。前回の発表では、環境中のパーティクルがウェーハに付着する現象について、空気中からウェーハ上に付着するパーティクルと、wet処理中にウェーハ上に付着するパーティクルに関する、基礎的な実験結果を報告した。具体的には、パーティクル濃度をコントロールした空気中にハーフィンチウェーハを暴露し、一定時間内にウェーハ上に付着するパーティクル数を求める実験を行った。

### 【今回の報告】

今回は、気流の層流化や微粒子濃度制御をより精密に行った。ここで、空気中のパーティクルがウェーハ上へ移動する運動形態は、図1に示すように、重力、層流及び乱流拡散、ブラウン拡散、静電気力などがあり各々の要因について、ウェーハ上へのパーティクルの付着数を求める式が見出されている<sup>[3][4]</sup>。今回は重力と垂直方向の層流拡散の効果を取り入れてパーティクル数の計算を行い、実験結果と比較した。

### 【実験内容】

図2に示すように、幅145x奥行145 x 高さ450mmの直方体容器の天井にファンフィルターユニットを取り付け、クリーンエアを容器内に供給した。フィルター出口直下でパーティクルを含む室内空気を混合した後、シルクスクリーン拡散板により、気流を層流化した。混合する室内空気の流量はマスフローコントローラで調整し、任意のパーティクル濃度の混合エアをウェーハが暴露される空間に供給することができる。そして、容器の底面にミニマルウェーハを水平に置き1時間気中に暴露した。ウェーハに付着したパーティクル数は局所クリーン化されたミニマルファブ微粒子スキャナーで測定しているため、実験中のウェーハの移動と測定において、誤差要因となるパーティクルの付着はない。また、ウェーハ暴露中はパーティクルカウンターで気中パーティクル濃度を常時測定し、その平均値を付着数の計算に使用した。

### 【実験結果】

図3に気中パーティクル濃度がISO N=8.17, 7.06, 5.95の3条件の空気中で、ウェーハを1時間暴露したときの、ウェーハ上に付着したパーティクル数の測定結果を示す（□○△のプロット）。また、気中パーティクル濃度測定値から求めた、ウェーハ上のパーティクル付着数の計算結果を示す（3本の実線）。N=7.06の場合0.3μm以上、N=5.95の場合0.202μm以上のパーティクルの付着は観察されなかったが、実験値と計算値はおおよそ一致した。

### 【まとめ】

空気中に暴露されたウェーハ上へのパーティクルの付着数は、重力と垂直気流中の拡散による運動形態から求めた理論式で、おおよそ見積もれることが分かった。局所クリーン化された、ミニマル装置内および搬送容器（シャトル）内部のパーティクル濃度をN=5（通常のミニマル装置内部の達成レベル）とした計算では、0.1μm以上のパーティクルは、2時間に1個程度しかウェーハに付着しない結果となる。このことから、現状のミニマルプロセスのプロセス処理時間、装置間のウェーハ搬送時間においては、局所クリーン化技術を適用していることで、気中からのパーティクルの付着は、全く問題にならないレベルであると考えられる。

### 【文献】

- [1]原、「局所クリーン化の世界」工業調査会（2006）
- [2]谷島、他、応用物理学会 秋季学術講演会 19p-E304-13(2019)、他
- [3]B.Y.H. Liu and K.H. Ahn: "Particle Deposition on Semiconductor Wafers", Aerosol Sci. Technol. 6 (1987)
- [4]服部、他「シリコンウェーハ表面のクリーン化技術（新版）」リアライズ理工センター（2000）

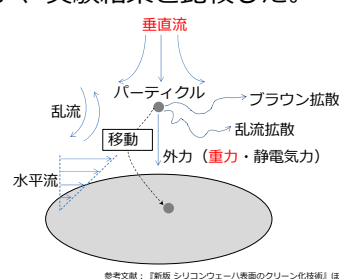


図1. パーティクルの輸送機構

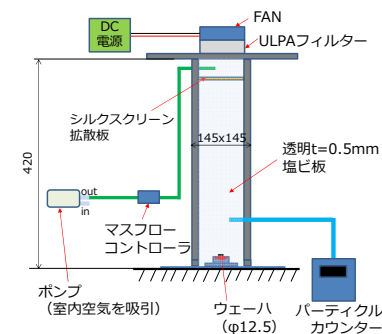


図2. 実験装置

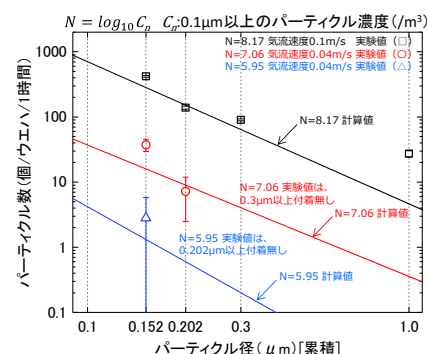


図3. 実験結果 パーティクル付着数