

## スピンドロップレット洗浄における乾燥プロセス

Drying Process in spin droplet cleaning

産業技術総合研究所<sup>1</sup>, ミニマルファブ推進機構<sup>2</sup>, (株)Hundred Semiconductors<sup>3</sup>○根本一正<sup>1</sup>, 谷島孝<sup>2</sup>, 佐藤和重<sup>2</sup>, 三浦 典子<sup>1</sup>, 原 史朗<sup>1, 2, 3</sup>AIST<sup>1</sup>, MINIMAL<sup>2</sup>, Hundred<sup>3</sup>Kazumasa Nemoto<sup>1</sup>, Takashi Yajima<sup>2</sup>, Kazushige Sato<sup>2</sup>, Noriko Miura<sup>1</sup>, Shiro Hara<sup>1, 2, 3</sup>

E-mail: nemoto.kazumasa@aist.go.jp

【背景と研究目的】超小型デバイス生産システムミニマルファブ[1]は、装置が人サイズで、ウェハが非常に小さいことと、局所クリーン化が大きな特徴である。このことで有利なプロセスと不利なプロセスとがでてくる。たとえば、ウェハをスキャニングするプローブ技術では、面積が 300 mm と較べて 1/1,000 のためにスキャニング時間つまりプロセス時間が 1/1,000 になるため、非常に有利である。一方、ミニマルファブの、ウェットプロセスではウェハが直径 12.5 mm と小さいため、ウェハエッジの表面張力が強く働き、その強い表面張力を利用してウェハ表面に液体を保持したままウェットプロセス処理が可能であり、省薬液になる。しかし一方で、薬液を多量に使う浴槽バッチ浸漬方式を避け、片面枚葉洗浄を選択した場合、表面と裏面の洗浄やエッチングが同時に出来ないだけでなく、ウェハが小さいため裏面へのエッジ部からの薬液が回り込んで汚染されるという課題があった。この課題に対し、ウェハを保持するウェハステージにリングを装着する事により、ウェハ裏面空間に薬液を溜めることができ、このことによりウェハ表面と裏面の表面張力が連動してウェハ上下の液体が一体化保持され、同時両面洗浄が可能になることが分かった[2]。ところが、表面張力が上がったことにより、ウェハ洗浄薬液を超純水に置換するリンスが難しくなる。この課題に対しては、間欠的な純水リンスの使用によって、消費量を削減した効率的なリンス方法で効果が上がることが分かり[3]、さらに、リンス量(効率)性能は薬液別で置換効率が違うことが分かり、薬液別にリンス処理が最適化された[4]。残る課題は、まだ調べられていない乾燥効率を体系的な観点から把握することである。本報告ではこの点について報告する。

【乾燥方法と実験の結果】ミニマル洗浄装置の乾燥プロセスは、薬液洗浄プロセス、続くリンスプロセスと同じ装置プロセス室で行われる。ウェハステージで 3000rpm の高速回転しながら、薬液吐出ヘッドから乾燥 N<sub>2</sub>を吐出して液を振り切る(図 1)。プロセス室および搬送室は、N<sub>2</sub>雰囲気で残留酸素が少ないため、Si 表面が僅かな残留薬液と残留水でエッチングによるウォーターマークの発生を抑制できる。ウェハ乾燥実験では、洗浄液として1SPM(硫酸/過酸化水素水)を用いた。乾燥方法を変える実験①では、N<sub>2</sub>パージなし(図 1(a))と、薬液吐出ヘッドとウェハ間の距離の変更(図 1(b)、乾燥時昇温(図 1(c))の3つの方法を用いた。これらについて、パーティクルの増減数で評価したのが図2である。図2の縦軸は、乾燥前後のパーティクル数差を示している。本実験では、ミニマル洗浄装置でウェットプロセス後、外界から遮断されているミニマルシャトル(ウェハ搬送容器)でウェハをミニマル表面異物検査装置に運ぶので、搬送中のパーティクル増加は無いことは確認済みである。図2でわかるように、薬液吐出ヘッドからの N<sub>2</sub>パージなしと、ウェハ下面のランプヒータ ON で乾燥プロセスを行った場合は、パーティクル数は増加した。一方、薬液吐出ヘッドとウェハ間の距離を変更した場合は、距離を 1mm で N<sub>2</sub>パージした結果が一番良く、パーティクル数は 17 個減少した。次に、乾燥時間を 30sec (見かけでウェハ上に残留液滴はみられない時間)~150sec に変更してパーティクル測定する実験②をおこなった(図3)。実験条件は実験①での最適条件(洗浄液は SPM を用いて、乾燥プロセスは N<sub>2</sub>パージと 3000rpm の高速回転で薬液吐出ヘッドとウェハ間の距離は 1mm)で乾燥時間だけを変更した。乾燥時間 30sec でプロセス直後の測定では 10 個減少したが、ウェハをウェハ搬送ケース(ミニマルシャトル)で保管し3日後にパーティクル再測定をすると、72 個増加していた。一方、乾燥時間 150sec の場合は 3 日後でも 14 個増加しただけであった。乾燥時間 30sec と 150sec のウェハ上のパーティクル分布図を見たのが図4であるが、乾燥プロセス直後測定のパーティクル数は同等でも3日後には、違いがあるの分かる。つまり、乾燥時間とパーティクル増加数は相関関係にある。

【結論と考察】乾燥時間30sec でも、プロセス直後のパーティクル個数はプロセス前より減少したが、ミニマル表面異物検査装置で検出されない微粒子(恐らくは微少なサイズの残渣物質)が発生しているか、または、不完全な乾燥で乾燥後に僅かにシリコンエッチングが進行して、この微粒子が時間経過とともに検出レベルまで凝集すると考えられる。以上、薬液吐出ヘッドとウェハの距離を縮めることで、気流制御することは乾燥効率に効果があり、また、見かけで残留液滴が無くなった後もさらに乾燥時間を続けることで、ウォーターマークを大幅に抑える乾燥ができることがわかった。

## &lt;参考文献&gt;

- [1] 原史朗, クンブアンソマワ, 「ミニマルファブの開発とそのデバイスプロセス」, 応用物理, 83(5), 380 (2014).
- [2] 根本一正, 他, 第69回春季応用物理学会24a-E103-12(2022),
- [3] 根本一正, 他, 第70回春季応用物理学会15a-B410-6(2023)
- [4] 根本一正, 他, 第71回春季応用物理学会22a-61C-1(2024)

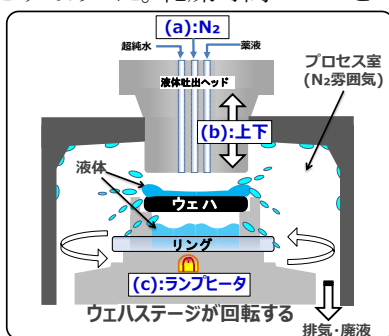
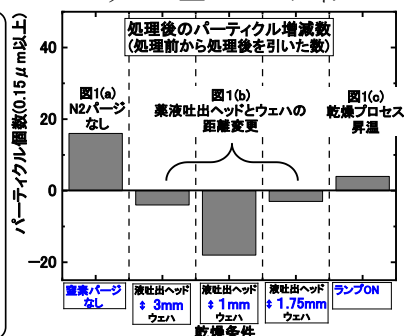
図1: プロセス室の図 (N<sub>2</sub>パージとウェハステージスピン回転で乾燥)

図2: 実験① 乾燥条件別のプロセス後のパーティクル増減数

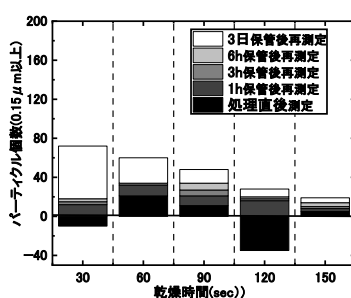


図3: 実験② 乾燥時間別で経過時間の増加を積み上げたパーティクル数

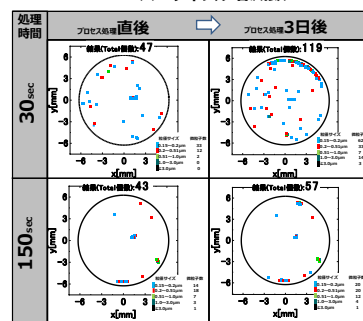


図4: 実験② 乾燥時間 30s と 150s のプロセス直後と3日後のパーティクル図