

## 凍結洗浄における基板面内温度均一化の効果

## Effects of unifying temperature over a substrate during Freeze Cleaning Method

芝浦メカトロニクス<sup>1</sup>, 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター<sup>2</sup>○中村聡<sup>1</sup>, 出村健介<sup>1</sup>, 山華雅司<sup>1</sup>, 服部圭<sup>2</sup>Shibaura Mechatronics Corp.<sup>1</sup>, Nagoya Univ. Center for Low-Temperature Plasma Sciences<sup>2</sup>,°Satoshi Nakamura<sup>1</sup>, Kensuke Demura<sup>1</sup>, Masashi Yamage<sup>1</sup>, Kei Hattori<sup>2</sup>

E-mail: satoshi.nakamura@shibaura.co.jp

半導体デバイスの露光原版であるフォトマスクの配線パターンに欠陥があると、露光されたすべてのウェハにその欠陥が転写される。そのため、フォトマスクに要求される清浄度は厳しく、また配線パターンの微細化により欠陥要因となる異物の最小サイズが小さくなってきている。一方で一般的な薬液洗浄では、基板表面からおおよそ 100nm 以下の領域(stagnant layer: 停滞層)で流れが実質的にゼロになるため、その領域にトラップされた微小異物の除去は困難である。

薬液より強力な洗浄手法として、スプレーや超音波洗浄等の物理力を利用する洗浄手法が利用されている。それらの手法では物理力を大きくすることで停滞層内の微小異物まで除去可能であるが、フォトマスクの微細な配線パターンに対してはパターンが倒壊し、欠陥になるという問題があった。

我々が開発した凍結洗浄<sup>[1], [2]</sup>では、基板上の水を凍らせることにより、異物を起点として形成される氷の体積膨張を利用している。膨張する氷が異物と基板の隙間を広げ、凍結と解凍を繰り返すことでやがて異物が基板から剥離され、解凍時に液化する水ごと基板上から排出される。そのため、基板に直接形成された配線パターンにはダメージを与えず、停滞層内の微小異物を除去可能である。

本研究では、解凍時の基板の面内温度分布が PRE (particle removal efficiency: 異物除去率) に与える影響を評価した。評価用基板として、ブランクス石英基板(152mm×152mm)を用い、洗浄液には純水のみを使用した。基板の温度分布を直接測定することが困難であったため、放射温度計で測定した基板上の水の温度分布を基板の温度分布と仮定した。Fig.1 に測定した基板の温度分布画像例を、Table1 に PRE の面内温度差依存性を示す。この表から、面内の温度差が小さいほど PRE が向上することがわかる。その要因は、基板温度分布が不均一であるほど水平方向に氷が成長しやすく、異物を核とする氷が成長する前に、基板全面で水が凍結するためと考えている。基板温度分布の均一化により凍結回数の低減が可能となり、処理時間の大幅な短縮が実現された。

## 【参考文献】

- [1] Kei Hattori. et al., J. Micro/ Nanolithography, MEMS, and MOEMS, 044401-1(2020).  
 [2] M. Kamiya. et al., “Freeze point monitoring system for freeze cleaning”, Proc. Photomask Japan, 123250B (2022).

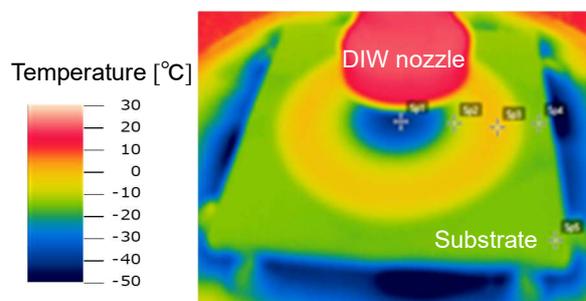


Fig.1 基板の温度分布像

Temperature differences within a substrate [°C]	PRE [%]
41.5	49
23.2	97
11.6	99

Table 1 PRE の面内温度差依存性