

反応性大気圧熱プラズマジェットを用いたフォトレジストの 超高速エッチングにおける表面温度計測

Measurement of photoresist Surface Temperature during Ultra-fast Etching by Reactive Atmospheric-pressure Thermal Plasma Jet

広大院先進理工 ○松本響平, Jiawen Yu, 花房 宏明, 東 清一郎

Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

○K. Matsumoto, Jiawen Yu, H. Hanafusa, and S. Higashi

E-mail: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序スピナーコートによるフォトレジスト(PR) 塗布後のウェハ端部には、エッジビードが形成される。これは露光工程の妨げとなり、また剥離によりパーティクルを生じて歩留まり低下の要因となる[1]。そのため、現在是有機溶剤により除去する Edge Bead Removal (EBR) 工程が導入されている。しかし有機溶剤の最終廃液処分に伴うCO₂排出量の削減は、カーボンニュートラル達成の上で解決しなければならない課題である。有機廃液低減のアプローチとして大気圧プラズマを用いた有機物エッチングは長年研究されている。我々は Ar と O₂ を用いた反応性大気圧熱プラズマジェット(R-TPJ) 照射により局所的な加熱と同時に酸素ラジカルを PR に供給することで 61.5 $\mu\text{m/s}$ と高いエッチングレートを報告してきた[2]。本研究では、光学干渉非接触温度測定法(OICT)を用いてエッチングプロセス中の PR 表面の温度測定を行い、R-TPJ エッチングにおける表面温度とエッチングレートについて調査を行った。

実験>Si (100)ウェハ上にスピナーコートを用いて PR (東京応化工業株式会社製、TSMR iP3300 17cP) を 0.7 μm 堆積させ、130 $^{\circ}\text{C}$ で2分間ベーク処理したサンプルに対して電極間距離 $ES=2\text{ mm}$ 、噴出孔径 $\phi 1\text{ mm}$ 、Ar 流量 $f_{\text{Ar}}=2.0\text{ L/min}$ 、O₂ 流量 $f_{\text{O}_2}=0.8\text{ L/min}$ 、基板間距離 $d=0.5\text{ mm}$ 、スキャン速度 $v=200\text{ mm/s}$ の条件で放電電流 $I=20\sim 65\text{ A}$ の範囲で変化させながら R-TPJ を PR と Si (100)ウェハに照射した。このとき、Fig. 1 に示すように裏面から波長 1310 nm、出力 40 mW の赤外レーザを照射し、PR を塗布したサンプルからの反射光を倍率 5 倍の対物レンズと近赤外線領域に感度を持つハイスピードカメラ (HSC) で捉え、Si (100)ウェハからの反射光をフォトダイオード(PD)で捉えた。PD によって観測した反射率波形から熱伝導方程式と光学干渉解析を組み合わせたシミュレーションによりフィッティングし、R-TPJ のパワープロファイルを確認させた。このパワープロファイルから HSC によって観測した干渉パターンに界面熱抵抗(ITR)を考慮し、フィッティングすることで PR 表面の温度を見積もった[3]。その後、R-TPJ 照射部の PR 断面を SEM で観察し、エッチングレートを評価した。

結果及び考察> I を 20~65 A の範囲で変化させたときの PR 表面の温度変化を Fig. 2 に示す。全ての条件において最高温度の 90%以上となる加熱時間が 7 ms 程度のミリ秒領域で R-TPJ による加熱が行われていることが確認された。 I に対する最高温度とエッチングレートを Fig. 3 に示す。放電電流の増大とともに PR 表面の最高温度が上昇し、 $I=65\text{ A}$ の時に 745 K となった。エッチングレートは $I=60\text{ A}$ の時に最大 84.2 $\mu\text{m/s}$ となった。

結論>エッチング中の PR 表面の温度解析の結果から、放電電流が R-TPJ の加熱効果およびエッチングレートに大きく影響を及ぼすことが示唆されており、最大 84.2 $\mu\text{m/s}$ という極めて高速なエッチングレートを観測した。

[1] S. Shiratori, and T. Kubokawa, Phys. Fluids 27, 102105 (2015).

[2] H. Kato, H. Hanafusa, and S. Higashi, 2022 Int. Symp. Semiconductor Manufacturing (ISSM 2022), Tokyo, Dec. 12-13.

[3] Jiawen Yu, H. Hanafusa, and S. Higashi, 2024 Appl. Phys. Express 17 036502.

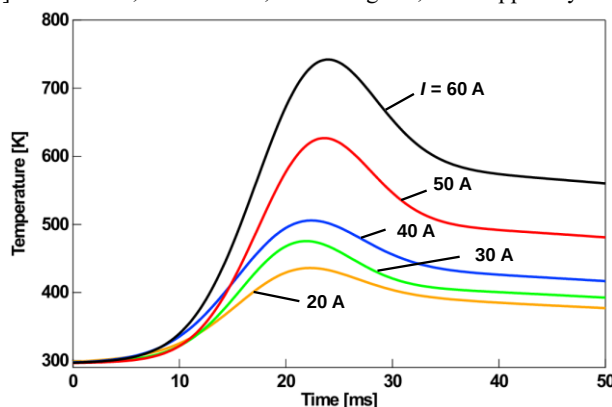


Fig. 2. Temperature variation of photoresist surface measured by OICT.

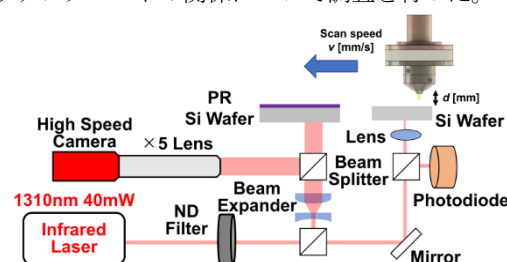


Fig. 1. Schematic of OICT system with R-TPJ.

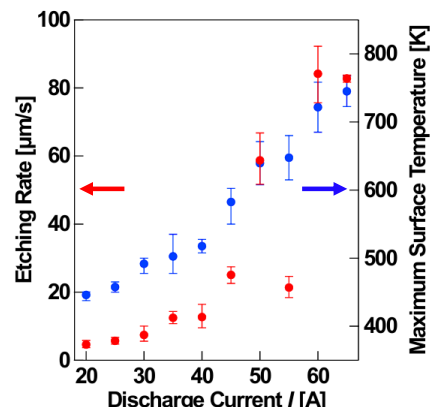


Fig. 3. Etching rate and Maximum surface temperature of photoresist surface with respect to discharge current.