

反応性大気圧熱プラズマジェットを用いた急速熱処理と原子状酸素ラジカルの同時供給によるフォトレジストの超高速エッチング

Ultra-fast Etching of Photoresist Induced by Rapidly Heating and Atomic Oxygen Radical Supply by Reactive Atmospheric-pressure Thermal Plasma Jet

広大院先進理工 加藤 響, 花房 宏明, 東 清一郎

Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

H. Kato, H. Hanafusa, T. Sato, and S. Higashi

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

序>半導体製造プロセスにおいて、フォトレジスト(PR)塗布後のウエハエッジ部では PR が厚くなるため露光工程に進む前にこれを除去する工程(Edge Bead Removal : EBR)が不可欠である。また近年では有機厚膜を塗布するプロセスが多用されるため、これら有機膜の高速エッチングの重要性が高まっている。従来は薬液による除去が用いられているが、低いエッチング速度や取り扱い上の課題が多いことから、ドライプロセスによる高速エッチング技術の導入は極めて有効であると考えられる。有機物のプラズマによる灰化(アッシング)に関しては処理温度が高い程エッチングレートが向上する事が報告されており[1]、また最近では基板加熱と共に大気圧非平衡プラズマにより、 $5\mu\text{m/s}$ という高いレートでのエッチングが報告されている[2]。我々は Ar と O_2 を用いた反応性大気圧熱プラズマジェット(R-TPJ)照射によってウエハエッジ部を局所的加熱すると同時にエッチングをおこなうことで高速 PR 除去が可能ではないかと考え実験を行った。

実験>サンプルは Si (100) ウエハ上に PR (東京応化工業株式会社製、TSMR iP-3300 17cP)を 4400rpm でスピン塗布し 130°C 、2 min ベークしたものを用いた。アッシングは大気圧下においてアルゴン(Ar)流量 f_{Ar} を 2.0 L/min、酸素(O_2)流量 f_{O_2} を 1.0 ~ 3.0 L/min の範囲で変化させながら、電極間距離 $ES=2\text{ mm}$ 、放電電流 $I=20\text{ A}$ 、基板間距離 $d=0.5\text{ mm}$ とし、噴出孔径 1 mm より発生した大気圧 DC アーク放電プラズマをスキャン速度 $v=260\text{ mm/s}$ で掃引することで行った。電源は電流一定モードで運転した。

結果及び考察> f_{O_2} を変えた条件での酸素ラジカルの発光強度(777.4 nm)[3]とエッチングレートの酸素流量依存性を Fig. 2(a), (b)にそれぞれ示す。すべての条件において、エッチングレートは $20\mu\text{m/s}$ 以上であった。また、Fig. 2(a), (b)のグラフから酸素ラジカルの発光強度とエッチングレートは同様の傾向を示すことが読みとれる。結果として、最大で $61.5\mu\text{m/s}$ のエッチングレートが得られた。これは従来の報告に対して 12 倍以上の大幅なエッチング速度の向上を示す値である。また、先行研究[2]によって得られた活性化エネルギー 0.53 eV を基にエッチングレート $61.5\mu\text{m/s}$ から表面温度を計算すると約 550°C になる。このことから、急速加熱と同時に酸素ラジカルを供給することによって、高いエッチングレートが得られたと考えられる。

結論>Ar と O_2 を用いた R-TPJ 照射によって、最大 $61.5\mu\text{m/s}$ という極めて高速な RP 除去の可能性が示された。

[1] 福田, 永, 田中, 茂雄, 渡邊, 幹夫, 佐藤, 孝紀, 古川 雅一, 室蘭工業大学紀要 54 29, (2004).

[2] Yamakawa, Koji et al, Journal of Applied Physics 98, 043311 (2005).

[3] F. Rezaei, M. Abbasi-Firouzjah, and B. Shokri, J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 085401 (2014).

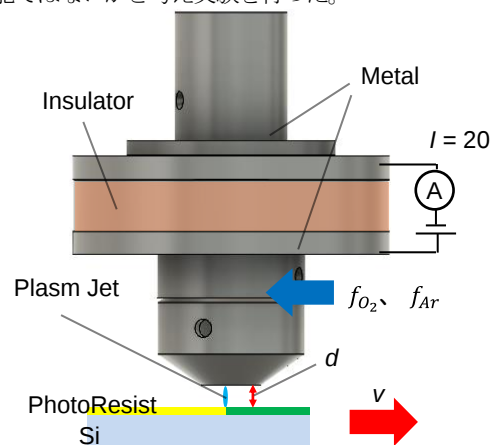


Fig. 1. Experimental set up for PR etching by R-TPJ.

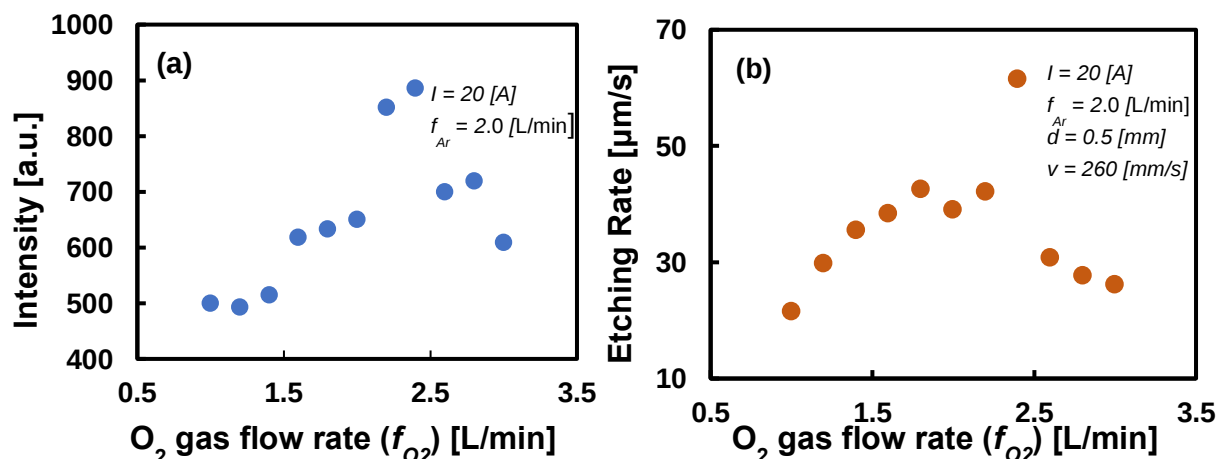


Fig. 2. (a) Emission intensity of O^* and (b) Etching rate of photoresist with respect to O_2 gas flow rate.