

水を原料ガスとしたマイクロ波励起プラズマにおけるパルス変調の影響

Influence of Pulse Modulation on Microwave Excited Plasma Production

Using Water as a Source Gas

金沢大 ○相澤 洸, 鈴木 宏明, 島田 大伸, 石島 達夫, 田中 康規, 上杉 喜彦

Kanazawa Univ. ○Takeshi Aizawa, Hiroaki Suzuki, Taishin Shimada

Tatsuo Ishijima, Yasunori Tanaka, Yoshihiko Uesugi

E-mail: t-aizawa@stu.kanazawa-u.ac.jp

【背景と研究目的】

半導体製造の前工程におけるレジスト除去工程では、薬液処理法及び酸素プラズマアッシング処理法が主流である。しかし、薬液処理法は環境負荷の高い液体の取扱いが必要であり、酸素プラズマアッシング法はレジスト除去速度が遅く加熱によるダメージが生じる等、それぞれのレジスト除去法には固有の問題点がある。我々は、新規レジスト除去の手法として「水プラズマアッシング法」^[1]の研究開発を進めている。水プラズマアッシング法は、フォトリソレジスト OFPR5000（東京応化工業）のアッシングレートが $1 \mu\text{m}/\text{min}$ 以上と速く、基板の直接水冷によるダメージ低減も期待されている。これまでの研究においてマイクロ波の出力方式は CW で行ってきた。しかし、CW 方式では 50 W 以下の低電力でのプラズマ生成・維持が困難である。そこで、パルス変調により平均電力を低減させ、瞬時的に高いマイクロ波電力を投入することでプラズマの生成・維持を試みた。本報では、水を原料ガスとしたマイクロ波励起プラズマに対するパルス変調の影響を調査したので報告する。

【実験方法】

本研究で用いた実験装置を Fig. 1 に示す。マイクロ波立体回路には同軸ケーブル及び同軸導波管変換器を使用した。導波管の終端に Si 製のスロットアンテナを設置した。スロットアンテナの幅は 0.5 mm 、長さは 20 mm とした。半導体発振方式の 2.45 GHz マイクロ波電源を用いてプラズマ生成を行った。チャンパー内に超純水を導入した後にスクロールポンプにより排気を行い、チャンパー内圧力は $\sim 0.3 \text{ kPa}$ とした。マイクロ波のピーク電力 $P_{\text{peak}} \leq 200 \text{ W}$ 、On-time Duty 比 $\text{DF}=20\sim 50\%$ とした。矩形波変調とし、変調周波数を $0.1\sim 50 \text{ kHz}$ とした。周波数依存性を調査する為、チャンパー内にオプティカルロッドを導入しプラズマからの発光分光計測を行った。水面の高さはオプティカルロッドよりも低くなるようにし、水蒸気雰囲気にてプラズマ生成を行った。

【結果と考察】

各条件において発光分光の時間分解計測を行い、プラズマ生成後 $15 \sim 20 \text{ sec}$ の 5 sec 間の発光強度を測定間隔 0.2 sec にて測定した。変調周波数は $0.1, 0.5, 10, 50 \text{ kHz}$ とした。水由来の OH, $\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta$, O からの発光スペクトルを確認した^[2]。平均マイクロ波電力に対する OH(309 nm)発光強度を Fig. 2 に示す。 $P_{\text{peak}} \leq 200 \text{ W}$, $\text{DF}=20\%$ とした。変調周波数が低くなるにつれ、平均マイクロ波電力に対する OH の発光強度が高くなる傾向を示した。 $P_{\text{peak}} = 75 \text{ W}$, $\text{DF}=20\%$ におけるプラズマ発光の様相を Fig. 3 に示す。いずれの周波数においても、スロットアンテナに沿って楕円型のプラズマが生成された。変調周波数が低くなるにつれ、プラズマ生成領域がスロットアンテナに対して垂直方向に広がる様相を観測した。これより、平均マイクロ波電力を一定とした条件のもとマイクロ波を低周波で

パルス発振させることで、プラズマの生成領域が面的に広がる事が分かった。このことから、被対象物に対する面内均一性の向上が期待できると考えられる。

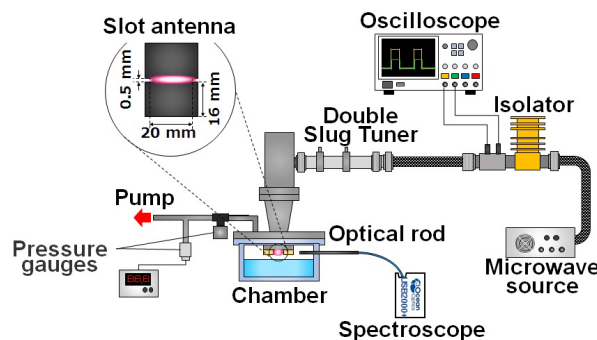


Fig. 1 Experimental setup

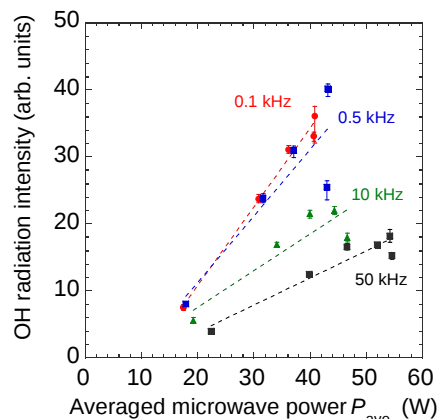


Fig. 2 OH radiation intensity as a function of P_{ave} at $\text{DF}=20\%$

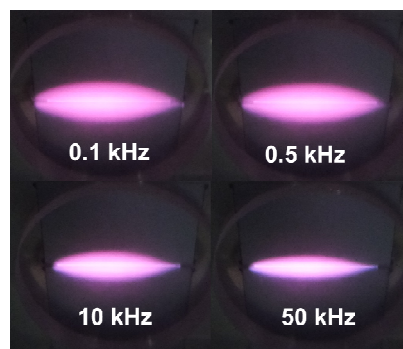


Fig. 3 Optical emission images from microwave excited plasma at $P_{\text{peak}}=75 \text{ W}$, $\text{DF}=20\%$

【参考文献】

- [1] T. Ishijima, K. Nosaka, Y. Tanaka, Y. Uesugi, Y. Goto, and H. Horibe : Appl. Phys. Lett., **103**, 142101(2013).
- [2] T. Ishijima, H. Hotta, M. Sato, and H. Sugai, Appl. Phys. Lett. **91**, 121501(2007)