水を原料ガスとするプラズマを用いたミニマルファブ用アッシング装置の開発 Development of Water Plasma Asher Equipment for Minimal FAB.

金沢大 1 , ミニマルファブ技術研究組合 2 , 産総研 3 $^{\circ}$ 北野 卓也 1 , 伊藤 卓也 1 , 鈴木 宏明 1 , 石島 達夫 1 , 田中 康規 1 , 上杉 喜彦 1 クンプアン ソマワン 2,3 , 原 史朗 2,3

Kanazawa Univ.¹, MINIMAL², AIST³

[○]Takuya Kitano¹, Takuya Ito¹, Hiroaki Suzuki¹, Tatsuo Ishijima¹, Yasunori Tanaka¹, Yoshihiko Uesugi¹ Sommawan Khumpuang^{2, 3}, Shiro Hara^{2, 3}

Email: t-kitano@stu.kanazawa-u.ac.jp

【研究背景】

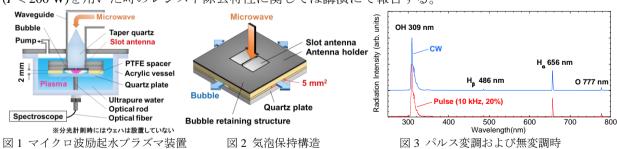
我々は薬液フリーで環境負荷の小さく新たな独自のレジスト除去法(水プラズマアッシング)を提案している。本方式は、マイクロ波放射により超純水をガス化した水蒸気中に、ガス温度の低いプラズマを生成し、プラズマ中に生じる高反応性の活性種(OH ラジカル等)を利用しアッシングを行う。これまでに、ウェハを水に直接的に接触させ高い冷却効果をもたせつつ、高速レジスト除去(> 1 μ m/min)を実現した^[1]。以上の特徴を有する水プラズマアッシング法を、多品種少量生産に特化した半導体デバイス生産システム(ミニマルファブシステム)^[2]の規格に適合させて装置化し、デバイス試作および評価を行うことを目指した研究開発を進めている。ミニマル装置の消費電力は上限 1000 W であるため、水プラズマ生成・維持に要する電力の低減化が求められている。水プラズマの生成にはスロットアンテナ近傍の気泡が重要である^[3]。そこで、プラズマ生成領域に気泡を安定して存在させるための気泡保持構造を新たに考案し、無変調かつ低電力(正味電力 P < 200 W)での水プラズマの生成を可能とした。そこで、発光分光計測とノボラック系のレジスト膜(OFPR-5000LB)に対し除去特性を調査したので報告する。

【水プラズマアッシング装置】

本研究で用いた水プラズマアッシング装置を図 1 に示す。テーパー石英により封止した矩形導波管付き容器蓋下部にアクリル製容器を設置した。導波管終端部が液面下になる高さまで超純水を導入し、容器内部を約 6 kPa まで減圧させた。プラズマ生成用のスロットアンテナを導波管終端部に設置した。スロットアンテナ下部に図 2 に示す気泡保持構造を設けた。気泡保持構造下部に石英製の平板を設置した。石英板とスロットアンテナ間距離は 2 mm とした。気泡保持構造により、スロットアンテナ近傍に生成される気泡の排出口の断面積を低減させる。これによりスロットアンテナ近傍に気泡を留め、水プラズマの安定生成を可能とした。矩形導波管を介してマイクロ波(2.45 GHz)をスロットアンテナに照射し、スロットアンテナ前面の気泡内にプラズマを生成させた。マイクロ波電力はパルス変調(10 kHz, On-time duty factor(DF) = 20%)あるいは無変調(CW)とした。

【水プラズマの発光分光計測およびレジスト除去速度特性】

水プラズマの分光診断のため、光ファイバーロッドとスロットアンテナの中心を一致させた。光ファイバーロッドの端面を石英板と接触させ設置した。ファイバーロッドは光ファイバーを用いて小型分光器に接続した。パルス変調および無変調時の水プラズマの発光分光計測結果を図 3 に示す。マイクロ波正味電力 P=50 W とした。いずれのスペクトル波形も発光強度が最も大きい OH (309 nm)で規格化した。OH, H_{α} (656 nm), H_{β} (486 nm), O(777 nm) などの水由来の活性種からの発光を観測した。 H_{α} と H_{β} の発光強度比から算出した H 原子の励起温度は,無変調・変調時ともに約 4200 K であった。これより,マイクロ波の変調制御が電子エネルギー分布関数に及ぼす影響は小さいことが示唆される。また,OH, H, O の活性種の発光強度の比率はマイクロ波の変調に依らず同程度であった。これらの活性種はアッシングに効果があるとされる [1.4]。パルス変調および無変調マイクロ波による水プラズマ (P<200 W)を用いた時のレジスト除去特性に関しては講演にて報告する。



の水プラズマの発光スペクトル

図1 マイクロ波励起水プラズマ装置 の分光計測配置図

【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] S. Khumpuang, S. Hara: IEEE. T. Semiconduct. M., 28, 393 (2015).
- [3] T. Ishijima, H. Sugiura, R. Saito, H. Toyoda and H. Sugai, Plasma Source Sci. Technol. 19, 015010 (2010).
- [4] H. Horibe, M. Yamamoto, T. Maruoka, Y. Goto, A. Kono, I. Nishiyama, S. Tagawa, Thin Solid Films, 519, 4578 (2011)