

電磁界シミュレーションを用いた スロットアンテナ励起によるマイクロ波プラズマの均一生成法の検討 Investigation of uniform microwave plasma generation excited by slot antenna using electromagnetic field simulation

金沢大自然 ○島田 大伸, 相澤 洸, 石島 達夫, 田中 康規, 上杉 喜彦
Kanazawa Univ.

○Taishin Shimada, Takeshi Aizawa, Tatsuo Ishijima, Yasunori Tanaka, Yoshihiko Uesugi
E-mail: s.taishin@stu.kanazawa-u.ac.jp

【背景と研究目的】

半導体デバイス製造におけるレジスト除去は、微細パターン作製のためのフォトリソグラフィーにおいて、必ず用いられる重要な工程の1つである。レジスト除去に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が、それぞれの手法には環境負荷が大きい事や高温加熱によるダメージが生じる等の課題がある。課題を解決するため、マイクロ波励起の水プラズマアッシング法の研究開発を進めている。本手法は、基板温度が室温程度の条件において、フォトリソグラフィ用レジストOFPR5000（東京応化工業）の除去速度が $1\text{ }\mu\text{m/min}$ 以上と速く、イオン注入されたレジスト膜も高速除去できることが特長である^[1]。マイクロ波プラズマは細長いスロットアンテナに沿って、楕円形状で生成される。楕円形のプラズマ形状は、ウェハ面内のアッシングレートの不均一性をもたらし、レジスト除去後のプラズマ照射によるダメージが懸念される。そこで、3次元電磁界シミュレーションを用い、均一性を向上するために有効となるスロットアンテナ形状を検討したので報告する。

【実験装置】

本研究で用いた実験装置を Fig. 1 に示す。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。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。チャンバー内に超純水を導入した後スクロールポンプにより排気を行い減圧した。マイクロ波の平均電力は $P_{\text{avg}} = 60\text{ W}$ とし、無変調(CW)あるいは矩形波変調とした。矩形波変調周波数を 100 Hz とし、On-time duty factor(DF) = 30%及び60%とした。OFPR5000が塗布されたSiウェハを試料台に設置し、プラズマ照射を行った。照射距離は 3.5 mm 、照射時間は 5 sec とした。アッシングレートを算出する為に段差膜厚計を用いて初期膜厚及びプラズマ照射後の膜厚を計測し、ウェハ中心部から半径方向の距離依存性について検討した。

【結果と考察】

スロットアンテナの形状やサイズを検討した。3次元電磁界シミュレーション(CST MW STUDIO SUITE)を用いて、従来のスロットアンテナ及び改良型アンテナにおける電界分布の解析を行った。Fig. 2 にアンテナ表面($z=0\text{ mm}$)及びアンテナ表面から 2 mm ($z=2\text{ mm}$)離れた位置の平面内における電界分布の解析結果を示す。改良型アンテナの最大電界は、 $z=0, 2\text{ mm}$ のいずれにおいても、従来型に比べて約20倍に増加した。 $z=2\text{ mm}$ では、楕円型からより円形に近い形状の電界分布が得られた。Fig. 3 に従来型及び改良型のアンテナを用いた

時のアッシング後のレジスト様相を示す。改良型スロットを用いることにより、アッシング形状が円形に近づいていることが確認できた。スロットアンテナの形状を工夫することにより、プラズマ生成領域の均一化およびレジスト除去の面内均一性向上が達成できると考えられる。

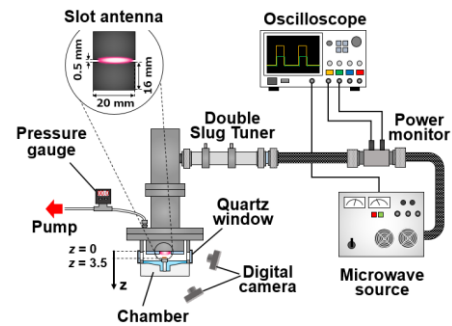
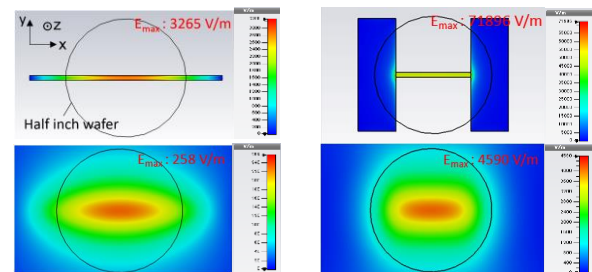


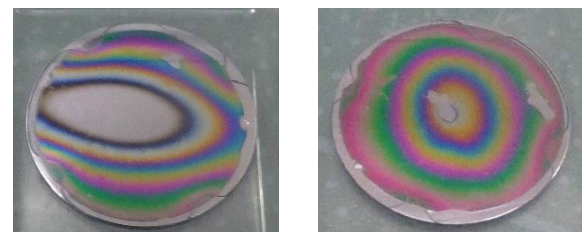
Fig. 1 Experimental setup of microwave plasma for photoresist ashing process



(a) Conventional slot antenna (b) Improved slot antenna

Fig. 2 Electric field distribution

(a) conventional (b) improved slot antenna



(a) Conventional slot antenna (b) Improved slot antenna

Fig. 3 Images of photoresist removal area in half inch wafer using microwave excited plasma

(a) conventional (b) improved slot antenna

【参考文献】

- [1] T. Ishijima, K. Nosaka, Y. Tanaka, Y. Uesugi, Y. Goto, and H. Horibe: Appl. Phys. Lett., 103, 142101(2013).