

研究の背景・目的

次世代半導体プロセスにおいてはMonolayer エッチングやCVDなどの超微細、低損傷のプロセスが求められる。これらのプロセス実現にはランカルの高分解を抑制するため超低温電子温度のプラズマや負イオンプラズマが最適と考えられる。

本研究では表面波アフターグローを利用した低電子温度プラズマ生成技術の開発を目的とする。

実験技術

- (1) 装置簡便性よりマイクロ波ではなくVHF帯表面波を利用する。
- (2) プラズマの高密度化を計るため、誘電率の高い放電管を用いる。

放電管素材	: K140セラミック	比誘電率	140
	SV440セラミック	比誘電率	44
	アルミナ	比誘電率	9.8
	石英	比誘電率	3.8

酸素プラズマの発光ラインと分光測定

(1) 電子衝突励起およびO⁻とO⁺による中性化による励起

$$OI \quad 777 \text{ nm} (3p^5P \rightarrow 3s^5S) (E_k = 10.74 \text{ eV})$$

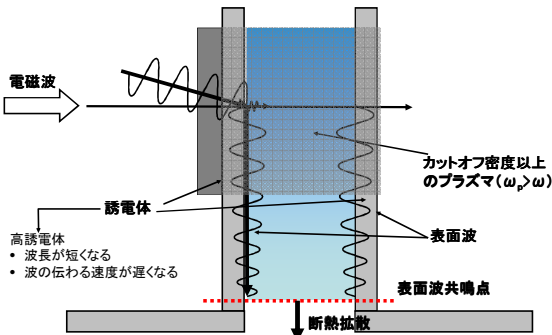
$$OI \quad 845 \text{ nm} (3p^3P \rightarrow 3s^3S) (E_k = 10.74 \text{ eV})$$

(2) 電子衝突励起のみで発光

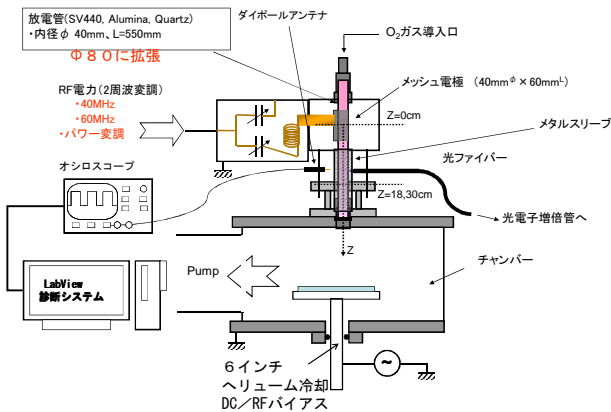
$$OI \quad 645 \text{ nm} (2p^35s \rightarrow 2p^33p) (E_k = 12.65 \text{ eV})$$

* NIST より転載

表面波プラズマの生成原理

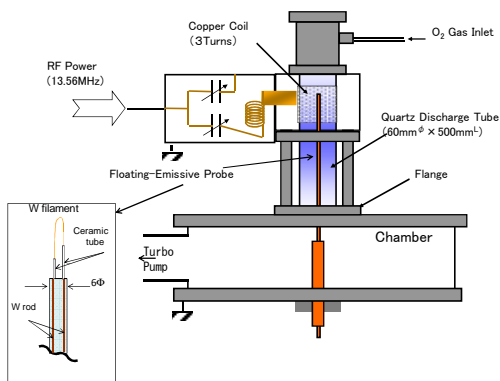


実験装置図I

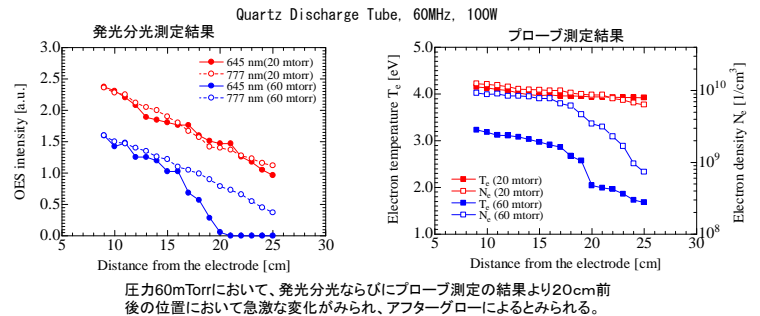


実験装置図II

浮遊型プローブによる絶縁放電管内プラズマの測定

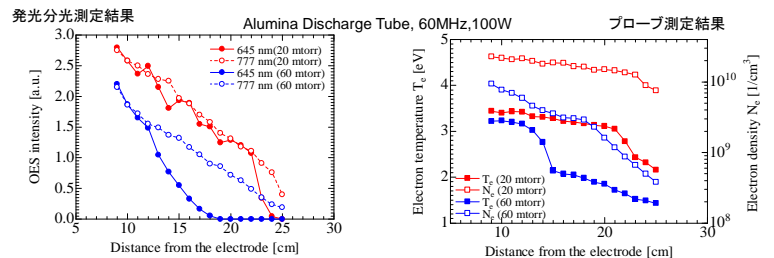
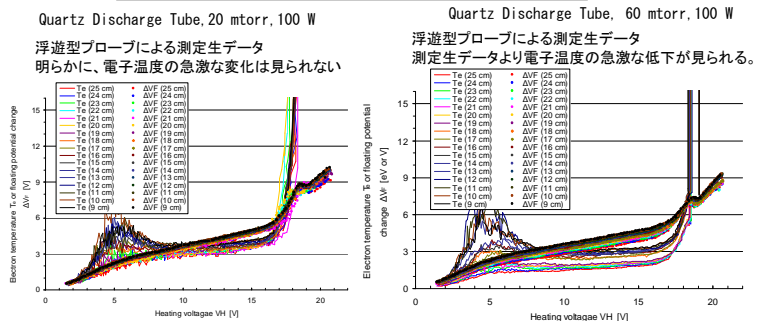


実験結果① プラズマ量の軸方向依存性



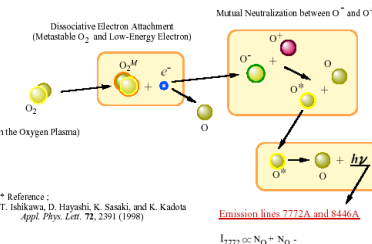
圧力60mTorrにおいて、発光分光ならびにプローブ測定の結果より20cm前後の位置において急激な変化がみられ、アフターグローによるものとみられる。

実験結果② プローブ測定生データと軸方向分布



発光分光ならびにプローブ測定の結果より、Quartz Discharge Tubeの場合より顕著なアフターグローの形成がみられる。

考察



各発光ラインによるプラズマの発光強度軸方向依存性を見ると、アフターグローにおいてOI 777nmとOI 845 nmに明確な差異が表れ、下流域においてはOI 777nmの発光ラインのみが観測された。これにより、上記の反応機構から正イオンと負イオンの中性化によって生成される酸素ラジカルからの発光スペクトルOI 777nmおよびOI 845nmを発光分光法を調べることで負イオンの存在を検証した。

まとめ

- (1) 表面波酸素プラズマアフターグローとして電子温度が急激に低下する領域を観測した。また、OI 777nmの発光強度の急激な減少を示すのに、ほぼ同一の軸方向位置で発光強度の急激な変化を観測した。
- (2) OI 777nmの発光強度測定において、電子衝突励起起源のOI 645 nmはアフターグロー領域で急激な減少を示すのに対し、酸素負イオン再結合にも発光起源をもつOI 777 nmは緩やかな減少を示すことから、アフターグロー領域で酸素負イオンが生成されていると考えられる。
- (3) 上記の結果より、VHF帯における表面波プラズマアフターグローは低電子温度のプラズマ源としてその利用が期待される。
- (4) 浮遊型プローブにより、絶縁壁内プラズマ(表面波プラズマ)の測定を行った結果、電子温度の急激な低下を示すアフターグローが明確に測定された。本診断法は絶縁壁内プラズマの診断法として有効である。

謝辞
本プラズマ研究の実施に際しましては、東海大学大学院生・学部生諸氏に協力を得ました。記して謝意を表します。

本プラズマ研究は科学研究費新学術領域「プラズマナノ界面」ならびに(独)科学技術振興機構(JST)「先端計測分析技術・機器開発プログラム」の支援を受けました。記して謝意を表します。