

# 大気圧プラズマ処理装置におけるプラズマ密度分布の分光計測

## Spectroscopic measurement of plasma density distribution in atmospheric pressure plasma processing

山口 達也<sup>1)</sup>

指導教員 黒木 雄一郎<sup>1)</sup>, 加藤 聖隆<sup>1)2)</sup>

1) サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 電子セラミック研究室

2) 有限会社サーフクリーン

プラズマ表面処理において、照射位置によりプラズマ密度に分布があるため処理が不均一となる問題がある。そこで本研究では、プラズマ発光スペクトルをファイバー分光器で測定し、プラズマ分布について解析を行った。測定は18箇所行い、発光強度の測定位置依存性を得た。この結果、Arの発光強度には測定位置により分布があることを確認した。種々のプラズマ発生条件で同様の分布を得ることで、処理装置に最適な均一化条件を導出できる可能性が示唆された。

キーワード：プラズマ，分光器，大気圧プラズマ処理装置

### 1. 緒言

プラズマは固体、液体、気体に続く第4の状態であり、表面処理や排気ガス処理など幅広い分野で既に応用されている。現在、我々の研究室ではPTFEと銅箔の接着強度向上のために、プラズマによるPTFEの表面処理を行っている。しかし、プラズマ処理装置の構成によっては、プラズマ照射位置によりプラズマ密度に分布があり、処理が不均一になるという問題を有している。そこで本研究では、大気圧プラズマ処理装置におけるプラズマ発光スペクトルをファイバー分光器で測定し、プラズマ密度の分布について解析を行うことを目的とした。

### 2. 方法

#### (1) 大気圧プラズマ処理装置

図1に本実験で用いた大気圧プラズマ処理装置の概略図を示す。プラズマ発生ユニット下部照射口とアース板との間隔を1mmとし、Ar+O<sub>2</sub>ガス(Ar: 5L/min、O<sub>2</sub>: 500mL/min)を流入し、交流60Vを印加することによってプラズマを発生させた。

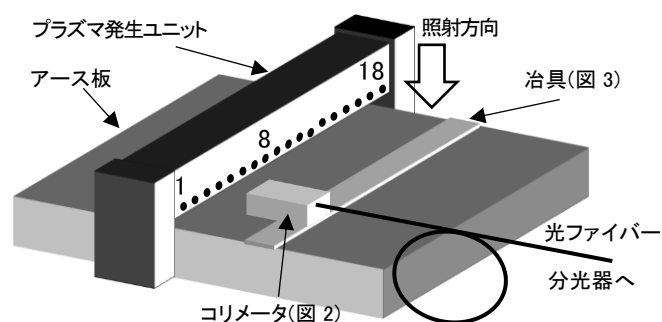
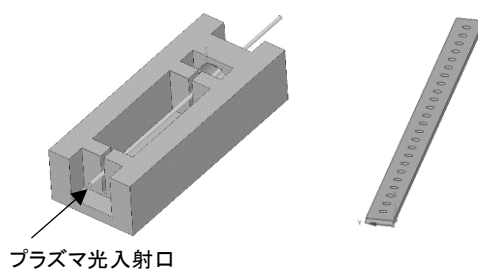


図1 大気圧プラズマ処理装置の概略図

光ファイバーを通して分光器へ



プラズマ光入射口

図2 コリメータ CAD 図面 図3 治具 CAD 図面

#### (2) 治具の作製 と分光測定

図2にプラズマの発光スペクトル測定のためのコリメータのCAD図面を示す。アルミニウム合金を材料としてCNCを用いて作製した。内部には、二枚のスリットが設置されており、局所的なプラズマ発光スペクトルを選択して光ファイバーに導

入することが出来る。また、図3には治具のCAD図面を示す。コリメータを正確に1cmずつ横にシフトしていくために、アルミニウムの薄板に1cmごとに穴をあけたものを治具として用いた。図1のように治具とコリメータを設置し、照射口の下部を左から1cm毎に18箇所移動しながらプラズマ発光スペクトルを測定した。

### (3) 暗室と排気ダクトの作製

プラズマ発光スペクトルを測定する際に外光が入らないようにする必要がある。そのために、暗幕を用いて簡易的な暗室を作製した。また大気圧でプラズマを発生させる際に、オゾンが発生するため、排気ダクトを作製した。

## 3. 結果

図4に大気圧プラズマ処理装置で発生させたプラズマの発光スペクトルの一例を示す(図1の左から8箇所目)。表1にAr+O<sub>2</sub>プラズマにおける発光種と波長の関係を示す[1]。図4及び表1より、全ての発光ピークは、Ar及びO<sub>2</sub>から発生したOに起因するものであることを確認した。図5にAr( $\lambda$ :747.5nm)及びO( $\lambda$ :538.2nm)の正規化発光強度の測定位置依存性を示す。結果より、Arの発光強度は測定位置が3、8、13cmの時に極大になった。一方、Oの強度は測定位置による違いはほとんど見られなかった。

## 4. まとめ

暗室内で大気圧プラズマ処理装置によって発生させたプラズマの発光スペクトルを測定した。また、測定位置における発光強度の依存性をグラフ化した。Arの発光強度には、測定位置により分布があることを確認した。種々のプラズマ発生条件(照射ローアース板間隔、ガス流量、流量比、等)で同様の分布を得ることで、処理装置に最適な均一化条件を導出できる可能性が示唆された。

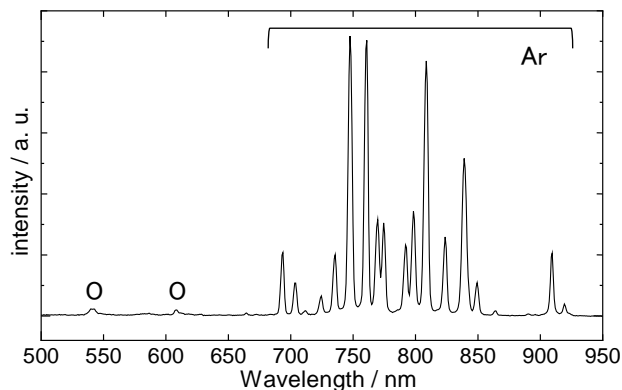


図4 プラズマの発光スペクトル

表1 Ar+O<sub>2</sub>プラズマにおける  
発光種と波長の関係[1]

発光種	波長[nm]	発光種	波長[nm]
O	538.193	Ar	791.927
O	607.261	Ar	798.290
Ar	692.957	Ar	808.640
Ar	703.214	Ar	823.786
Ar	709.530	Ar	838.956
Ar	724.541	Ar	849.351
Ar	735.613	Ar	862.962
Ar	747.488	Ar	909.571
Ar	769.685	Ar	919.248
Ar, O	777.447		

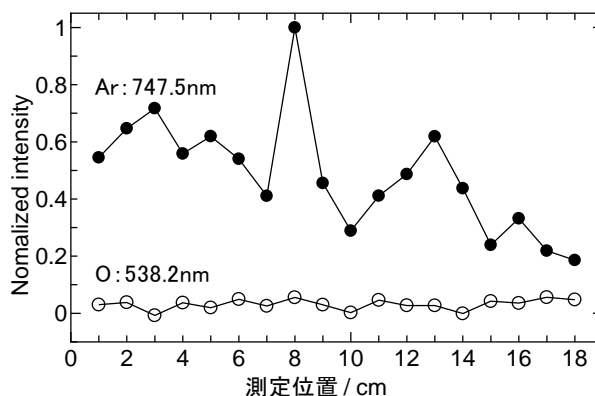


図5 正規化発光強度の測定位置依存性

## 参考文献

- [1] Jiang S-P, Duan S, Liu K-Q, Yang X-Y, Cheng C, Li J, Wang G-W, Highly efficient synthesis of [60] fullerene oxides by plasma jet. R, Soc, open Sci. 4:170658. (2017)