

# ウルトラピュア大気圧 He プラズマ中の準安定 He 原子の吸収分光測定

日大生産工(院) ○羽田 拓実 日大生産工(学部) 池田 隼輝  
 阪大工 北野 勝久 島津製作所 品田 恵 日大生産工 荒巻 光利

## 1 はじめに

近年、大気圧で生成される低温プラズマの研究が盛んにおこなわれている。従来の低気圧プラズマに対し、真空関連機器が不要なため、低コストであり、処理対象物に直接照射が可能という利点がある。さらに高密度な活性種を生成できるため医療分野や、農業分野といった産業応用が進められている。大気圧プラズマ中の準安定He原子は活性種生成に重要な役割を担っており、応用上、その生成過程および輸送は重要な情報である。また、一般的な大気圧プラズマの実験では、ppmの不純物を有する高純度ガスを用いるが、極微量不純物により発光スペクトルが変化することが明らかになっており、極微量不純物が放電および準安定He原子に与える影響が注目されている。

本講演では、高純度のHeガスを純化装置により超高純度化し、それを用いて生成したウルトラピュアプラズマ中の準安定原子の分光計測について発表する。

## 2 実験方法

### 2-1 実験系

実験装置をFig.1に示す。誘電体である石英管(内径4mm, 外径6mm)の外側に銅箔(厚さ0.01mm, 幅15mm)を巻いて放電電極とし、交流高電圧(10kV, 17kHz)を印加する。プラズマ生成用ガスはガスボンベから純化装置を通すことで、不純物濃度をsub-ppm以下にし、この超高純度Heガスを電離させウルトラピュアプラズマを生成した。高電圧電源にはLogy製LHV-10AC-24, マスフローコントローラーはKOFLOC製MODEL8500, 純化装置はバルコ社製HP-2を用いた。プラズマによって生成された準安定He原子をレーザー吸収分光法で測定した。大気圧Heプラズマのスペクトルは衝突拡がりによって大きな線幅をもつため、その測定には広い範囲で波長掃引出来る波長可変レーザーが必要になる。本研究では、分布帰還

型(DFB)レーザーをウルトラピュアプラズマに照射し、フォトダイオードによりレーザー光の減衰を検出する。

### 2-2 レーザー吸収分光法の原理

吸収分光法とは、プラズマに外部から光を照射し、透過光の減衰率からプラズマ内部の原子や分子の温度・密度を求める方法である。Fig.2にHeのエネルギー準位図を示す。本実験では1083nmのDFBレーザーを使用し、 $2^3s - 2^3p$ の遷移による吸収を用いて下準位である準安定He原子の測定を行った。また、下準位が同じ準安定He原子である389nmではなく1083nmを用いた理由は、389nmで使用出来るDFBレーザーがなく、通常の半導体レーザーを用いなければならないからである。

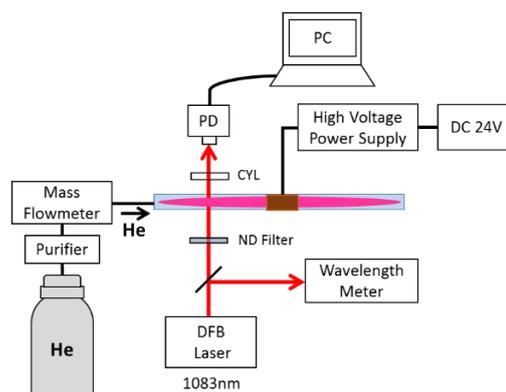


Fig.1 Experimental setup

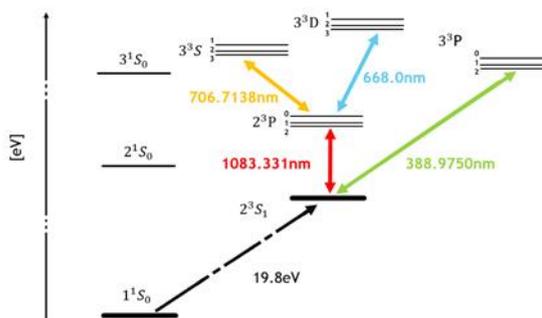


Fig.2 He energy levels

Absorption Spectroscopic Measurement of Metastable Atoms of Ultrapure Atmospheric Pressure Helium Plasmas

Takumi HADA, Toshiki IKEDA,  
 Katsuhisa KITANO, Kei SHINADA, and Mitsutoshi ARAMAKI

#### 4 ウルトラピュア大気圧Heプラズマ

Fig.3は純化装置の電源を入れた直後からのプラズマの様子をカメラで撮影した写真である。時間が経つとプラズマの発光が強くなり、細くなっていることがわかる。これは不純物濃度がppmからppbまで減ることで放電の形態が変わったためであると考えている。本研究ではこれをウルトラピュアプラズマと称している。

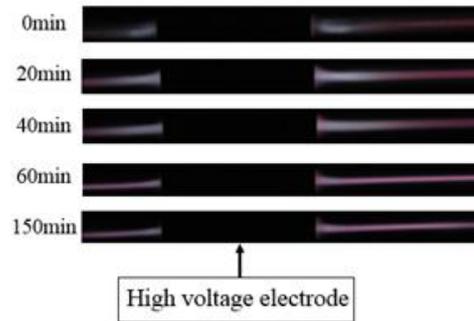


Fig.3 Temporal variation of plasma after gas purifier ON

#### 5 実験結果

純化装置の電源を入れてからの吸収率の時間変化を測定した。Fig.4は吸収率の時間変化を示している。パルス放電が起きる度に $4\mu\text{s}$ の遅れで準安定He原子による吸収が観測される。これは電極付近で生成された放電フロントが移動して準安定He原子を生成しているため、レーザーを通して電極横 $2\text{cm}$ に移動してくるまでのタイムラグだと考えられる。純化装置をつけた初期に吸収の最大値、ディケイタイムが短くなるのは純化装置から出てくる不純物の影響だと考えられる。徐々に不純物が減ることで、吸収の波形は大きくなっていることが確認できる。

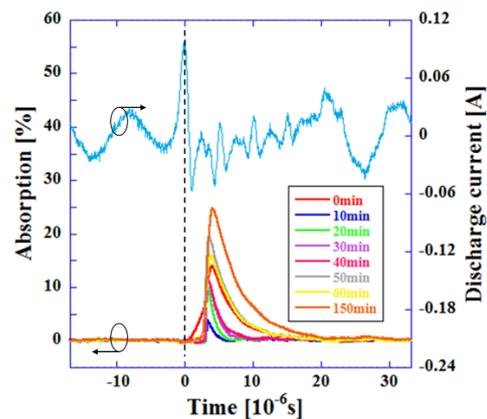


Fig.4 Temporal variation of pulsed absorption time after gas purifier ON

Fig.5は吸収のピーク値とディケイタイムの推移を表したグラフである。ディケイタイムが長くなっていることから、不純物が減り、準安定He原子の寿命が延びていることを示している。また、吸収率が上がっていることから準安定He原子の生成量が増えていることがわかる。

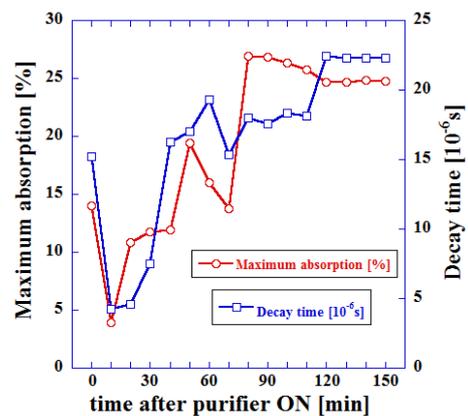


Fig.5 Temporal variation of maximum absorption and decay time of the pulsed absorption signal

#### 6 まとめ

本研究では、高純度 He ガスを純化装置に通すことでウルトラピュア大気圧 He プラズマを生成し、分光計測を行った。本実験結果から、ウルトラピュアプラズマ中では準安定 He 原子のディケイタイムは  $7\mu\text{s}$  長くなり、吸収率は 10% 以上増えていることが分かった。今後は、発光スペクトルを調べて残っている不純物を同定し、より純度の高いプラズマを生成できるよう検討する。

#### 「参考文献」

- 1) 北野勝久, 浜口智志, 低周波大気圧マイクロプラズマジェット, 応用物理, 第77巻, 第4号, (2008) p.383-388.
- 2) 占部継一郎, 大気圧誘電体バリア放電の分光学的研究, 京都大学博士学位論文, (2012).