

# 博士学位論文審査要旨

2020年1月14日

論文題目： Novel Plasma-based Ambient Desorption/Ionization Source  
(新規大気圧プラズマ解離/電離源)

学位申請者： JOEY KIM TUMBALI SORIANO

審査委員：

主査：	理工学研究科	教授	和田	元
副査：	理工学研究科	教授	粕谷	俊郎
副査：	理工学研究科	教授	佐藤	祐喜

要旨：

大気中の生体高分子を真空環境下で質量分析するためには、低温度環境下で分子に電荷を与える必要があり、これを実現するための低電力入力で安定維持できるプラズマ励起法が研究されてきた。特に不純物混入や、放電の不安定性の問題などから、大気圧プラズマを薄膜形成や表面処理、液体・固体サンプルの化学分析に応用するには、プラズマの安定維持に電力下限が存在すると考えられていた。本論文は13.56MHzラジオ周波数(RF)駆動によるプラズマ安定化と、生成された大気圧プラズマの定量的診断について調査し、安定したプラズマ維持と安定化制御の可能性が、新規考案した原理により拡大可能であることについて報告している。

誘導コイル内に設置した誘電体円筒中に大気圧プラズマを発生させる装置を設計・製作した上で、外部磁場や放電維持のために用いる気体 Ar 流の流量を最適化することにより、放電の安定性がどのように変化するか調査している。その上で放電開始電力を低下させるために放電点弧金属針を導入し、コイルによって形成された RF 場との相互位置関係の調整により、点弧電力が抑制できることを示した。また、それまで浮遊電位で用いられてきた放電点弧金属針を外部回路に接続し、もう一つの電極をプラズマ中に挿入することにより静電複探針回路を構成し、探針間の電流電圧測定を計測することによって大気圧プラズマの診断が可能となることを実証した。さらに本放電維持・計測構造の応用性を高めるため、予め複探針構造とした放電点弧針を形成プラズマの流れを妨げない位置に設置し、省電力大気圧プラズマ点弧を実現するとともに形成プラズマの計測と制御が実現可能であることを示した。

本論文は、大気圧での高分子イオンの安定な生成を実現するため、放電点弧金属針を放電領域内に挿入することの有効性を明らかにするとともに、生成プラズマの制御を可能とする構造を提案している。特に放電状況モニターに基く適切な電力管理は、低温大気圧プラズマ源の応用可能性を大いに拡大するものである。よってその学術的価値は博士(工学)(同志社大学)の学位論文として十分高いものと認める。

## 総合試験結果の要旨

2020年1月14日

論文題目: Novel Plasma-based Ambient Desorption/Ionization Source  
(新規大気圧プラズマ解離/電離源)

学位申請者: JOEY KIM TUMBALI SORIANO

審査委員:

主査:	理工学研究科	教授	和田 元
副査:	理工学研究科	教授	粕谷 俊郎
副査:	理工学研究科	教授	佐藤 祐喜

要 旨:

本論文の提出者はフィリピン大学 Diliman 校理学部国立物理学研究所(修士課程)を2015年6月に修了し、2016年8月までフィリピン Far Eastern 大学にて教員として奉職後、2016年10月に本学理工学研究科電気電子工学専攻博士課程(後期課程)に入学し、現在、在籍中である。

本論文の内容の一部は Plasma and Fusion Research, Vol. 14, No. 3406093, pp. 1-4, ハリス理化学研究報告 Vol. 60, No. 3, pp. 174-178, および3件の国際会議において発表されている。2019年12月21日午後一時より二時間に亘り、提出論文に関する博士論文公聴会が開かれた。講演後種々の質疑が行われたが、提出者の説明により十分な理解が得られた。公聴会終了後、審査委員による学力確認のための口頭試験を実施したところ、論文提出者の十分な学力を確認することができた。論文提出者の母語はフィリピンの地方言語であるが、英語で論文を執筆し、国際会議および公聴会では英語で発表を行っている。また、公聴会において論文の導入部を日本語で紹介したことから、十分な語学能力を有すると判断した。以上、論文提出者の専門分野における学力、並びに語学能力は十分であることを確認した。よって総合試験の結果は合格であると認める。

## 博士学位論文要旨

論文題目： Novel Plasma-based Ambient Desorption/Ionization Source  
(新規大気圧プラズマ解離/電離源)

氏名： JOEY KIM TUMBALI SORIANO

要旨：

Plasma-based ambient desorption/ionization source enables direct analysis of samples under ambient conditions which traditional atmospheric pressure ionization are incapable. It overcomes the tedious preprocessing and often detrimental and complicated sample introduction to the mass spectrometer for analysis. Existing plasma-based ambient desorption/ionization sources feature an electrical discharge typically formed between two electrodes by applying either a direct-current (DC) voltage or an alternating-current (AC) voltage with frequencies ranging from kilohertz to several megahertz. In this study, a novel plasma-based ambient desorption/ionization consists of a wire stabilized atmospheric pressure plasma produced by inductive coupling operated at very low power density supplied by a 13.56 MHz RF source. The development, fundamental principles, desorption/ionization process, and innovative enhancements of the wire stabilized atmospheric pressure plasma were studied.

In Chapter 2, feasibility of low power production of atmospheric pressure plasma by inductive coupling. Traditional inductively coupled plasma is operated at low pressure using high power and high gas flow. At high pressure, the plasma requires higher power and higher gas flow compared with low pressure plasma. In contrast to the traditional inductively coupled plasma, the developed ambient desorption/ionization source uses low power and low gas flow due to miniaturization of the components used.

Stability of the atmospheric pressure plasma inductively coupled plasma is discussed in Chapter 3.

In Chapter 4, description of the wire stabilized atmospheric pressure plasma is discussed. Diagnostics of the ignition characteristics and stability are presented.

Desorption and ionization process were studied in detail in Chapter 5. Ionization process of the plasma was done using electric probes. The presence of desorbed impurities was analyzed using hysteresis of the current -voltage measurements.

Further improvements using external magnetic field were attempted in Chapter 6.