

補助事業番号 2020M-137

補助事業名 2020年度 カスプ磁場ECR放電を利用した小型強電離プラズマ源の開発
補助事業

補助事業者名 京都大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻 光工学研究室 四竈泰一

1 研究の概要

プラズマプロセスの高性能化に向け、定常運転可能で時空間一様性が高く小型の強電離プラズマ源を開発する。また、生成したプラズマの密度および電離度の空間分布を計測し、プラズマ性能を評価する。

2 研究の目的と背景

近年、プラズマの電離度を数十%程度にまで向上させ(強電離プラズマ)、プロセスにおけるイオンの寄与を増加させる試みが注目を集めている。イオンは電磁場によって軌道やエネルギーを直接制御できるため、複雑な形状のワーク表面での一様反応や入射角による組織配向制御、エネルギー閾値を利用した反応選択等によりプロセスの制御性を大幅に向上できる可能性がある。同様のプロセスはイオンビームを用いても実現できるが、プラズマを用いれば桁違いに大きなイオンフラックスを得られるため高いプロセス効率が期待できる。

強電離プラズマ生成には現在主にパルスパワー放電が用いられているが、時空間一様性やデューティー比の向上という点で課題がある。そこで本研究では、定常運転可能で時空間一様性が高い強電離プラズマ生成法として、カスプ磁場中の電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance: ECR)放電を利用する。試験機での予備研究により20%以上の電離度を得られることが分かっており、実用化に必要な小型装置開発とプラズマ性能評価(密度、電離度)を行うことを目的とする。

3 研究内容

- (1)カスプ磁場中のECR放電を利用した定常・小型強電離プラズマ源の開発
- (2)電子・イオン密度および電離度の空間分布計測

寸法約30 cm四方の小型ECRプラズマ装置を開発した。真空容器、磁場コイル、マイクロ波入射系、真空排気系を最適化することで大幅な小型化を実現した。マイクロ波源には半導体

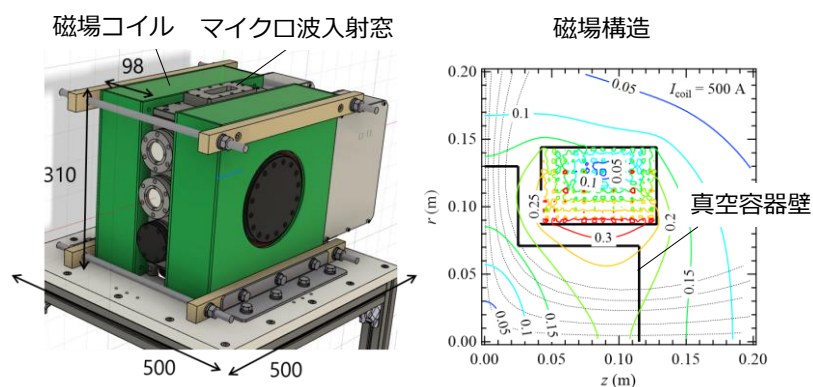


図 1. 小型強電離 ECR プラズマ装置の外観と磁場構造

発振器を採用し、

低電力で高安定・高電離度のプラズマ生成が可能となった。運転時の磁場構造およびガス圧力の最適化とプラズマ性能評価を進めている。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

プラズマプロセスは日本が世界をリードする科学技術分野のひとつである。本事業では従来のプロセスを飛躍的に高性能化できる可能性がある「強電離プラズマプロセス」の実用化に向け、定常で小型の強電離プラズマ源を開発した。放電方式には、当該分野の研究開発の主流であるパルスパワー放電とは異なる方式として、申請者が提案および性能実証を行ってきたカスプ磁場ECR放電を採用した。本事業により基盤技術を確立し、次世代プロセスの研究開発を加速する。

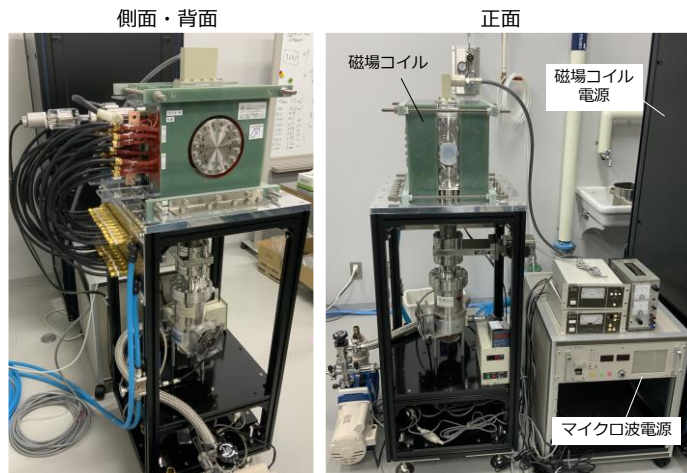


図 2. 製作した小型高電離 ECR プラズマ装置

に高性能化できる可能性がある「強電離プラズマプロセス」の実用化に向け、定常で小型の強電離プラズマ源を開発した。放電方式には、当該分野の研究開発の主流であるパルスパワー放電とは異なる方式として、申請者が提案および性能実証を行ってきたカスプ磁場ECR放電を採用した。本事業により基盤技術を確立し、次世代プロセスの研究開発を加速する。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究は、これまで代表者が行ってきたECRプラズマの基礎研究により得られた知見を元に、実用化に必要な小型化、省電力化、プラズマ性能を達成できるかを検証する。基礎研究と産業応用をつなぐ位置づけを有する。また、小型化によりプラズマ全体の計測を行いやすくなるため、ECRプラズマ基礎物性の理解進展による新規研究テーマ開拓へとつながる可能性もある。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

[1] 四竈 泰一、蓮尾 昌裕 「カスプ磁場中ECR放電を利用した強電離プラズマ源の開発」
プラズマ・核融合学会年会 2P17 (2020).

7 補助事業に係る成果物

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 京都大学 (キョウトダイガク)

住 所: 〒615-8540

京都府京都市西京区京都大学桂

担 当 者: 准教授 四竈 泰一 (シカマ タイイチ)

担 当 部 署: 大学院工学研究科 機械理工学専攻

(ダイガクインコウガクケンキュウカ キカイリコウガクセンコウ)

E - m a i l: shikama@me.kyoto-u.ac.jp

U R L: <http://oel.me.kyoto-u.ac.jp/>