

## 磁化同軸イオン加速器への誘電体バリア放電による予備電離技術の適用

## Application of preionization technique utilizing dielectric-barrier-discharge onto a magnetized coaxial ion accelerator

○山田翔大<sup>2</sup>, 石川有宰<sup>2</sup>, 門脇聖哉<sup>1</sup>, 小林大地<sup>2</sup>, 江戸貴広<sup>2</sup>, 浅井朋彦<sup>3</sup>\*Shodai Yamada<sup>2</sup>, Yusai Ishikawa<sup>2</sup>, Masaya Kadowaki<sup>1</sup>, Daichi Kobayashi<sup>2</sup>, Takahiro Edo<sup>2</sup>, Tomohiko Asai<sup>3</sup>

Abstract: Physical-Vapor-Deposition (PVD) technique of electromagnetic acceleration of ion by means of magnetized coaxial ion accelerator (MCIA) has been developed for application to carbon-based thin film such as Diamond-Like-Carbon (DLC). This MCIA-PVD method has advantages such as low heat load, disuse hydrocarbon gas, etc., against conventional methods of thin film generation. In this study, the pre-ionization technique has been applied onto the MCA-PVD system to reduce macro-particle and to mitigate the energy decay of plasmoid by the retained neutral gas in the chamber. DBD (dielectric barrier discharge) is employed as a preionization technique and the characteristics of generated plasma and carbon thin-film has been evaluated.

## 1. はじめに

磁化同軸加速器(Magnetized Coaxial Ion Accelerator : MCIA)を用いたイオンの電磁加速による PVD 法を開発し, DLC などの炭素系薄膜への応用を目指した研究を進めている。

本成膜法では, ガスポートから Ar ガスを導入し電極間への高電圧印加によるスパッタリングを利用して内部電極材料(成膜原料)をイオン化させている。低熱負荷であることや炭化水素系ガスを使用しないことなど, 炭素系薄膜の生成において優位性を持つ一方で, 成膜原料である内部電極の溶発によるマイクロパーティクルの発生や真空チャンバー内を滞留する中性ガスによるプラズマエネルギーの減衰などの解決が本成膜の課題となっている。

本研究では, この課題を解決する手段の一つとして, 誘電体バリア放電による予備電離技術を適用し, 生成されるプラズマおよび薄膜の特性評価を行った。

## 2. 装置概要および成膜法

本成膜法では薄膜の生成に磁化同軸イオン加速器と呼ぶ同軸上に設置された2つの円筒電極・絶縁部・加速部から構成された装置を用いている。内部電極の円筒棒には, 薄膜となる原料が使われており, 成膜原料のイオン化には運動エネルギーを与えたイオンを衝突させることで対象を構成する原子や分子を叩き出すスパッタリングという現象を利用している。また, 円筒電極間での放電電流とそれにより発生する円周方向磁

場によるローレンツ力を用いたイオンの電磁加速により基板上にイオンを付着および堆積させて薄膜を生成する[1]。

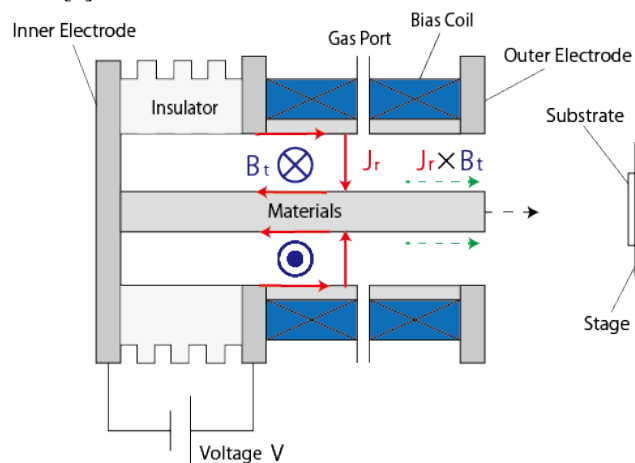


Figure 1. Schematic view of MCIA and principle of electromagnetic acceleration.

## 3. 真空チャンバー内の滞留ガス

本成膜法では薄膜を形成するために前述の放電を数千回行う必要がある。それに伴い, 1セットあたり50回の放電を連続的に行い, 真空をチャンバー側から引いている。しかし, 真空チャンバー内に中性ガスが滞留してしまうことから, 放電にインターバルを取っても十分に真空引きがされないうちに次の放電が行われることが考えられる。また, 加速されたプラズマと中性ガスとの衝突によりプラズマの持つエネルギーは奪われてしまい, 基板との衝突エネルギーの減衰が考え

られ、生成した薄膜の膜質強度に影響することが予想できる。

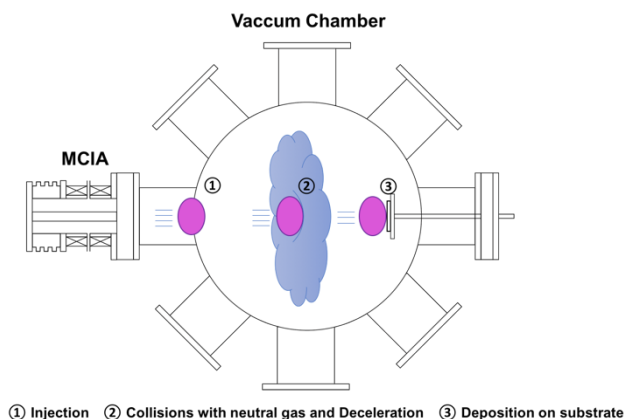


Figure 2. Schematic of ion transport and its interaction with retained neutral gas.

#### 4. 誘電体バリア放電を用いた予備電離法

本研究ではガスチューブに電極を取り付けて電圧を印加することで種プラズマを生成する予備電離法を採用する(Figure 3). 誘電体バリア放電は一对の金属電極間に誘電体を挿入することで誘電体を介して生じる放電のことをいい[2], 今回は誘電体としてテフロンを用いた. この予備電離により, 使用するガスを減らして円筒電極間で絶縁破壊を起こすことでチャンバー内の滞留ガス量を減らすとともに放電時の排気ガス量の低減を図る.

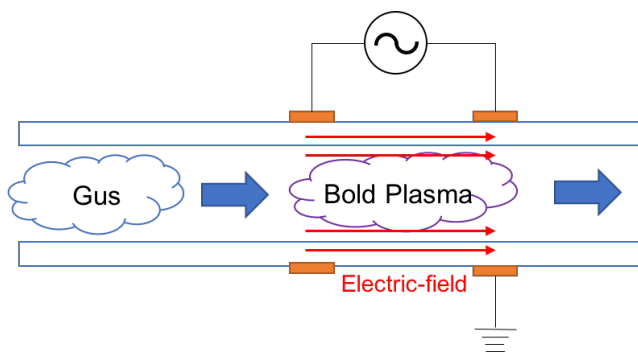


Figure 3. Bold plasma generation by DBD.

#### 5. 予備実験とその結果

予備電離を適用するために, Figure 4 のように DC 電源とインバーターを配線し, ガスボンベ-電磁弁間とガスポート-電磁弁間の 2ヶ所の導入で予備実験を行った. 始めに, ガスボンベ-電磁弁間のガスチューブで 10kVAC を電極間に印加したが, プラズマの生成は確認されなかった. 次にガスポート-電磁弁間のガスチューブで同様に行った結果, Figure 5 のようにプラズマの

生成が確認された. ガスボンベ-電磁弁間のガスチューブ内は Ar ガスで充填し, ガスポート-電磁弁間のガスチューブ内は真空引きしていない状態であった.

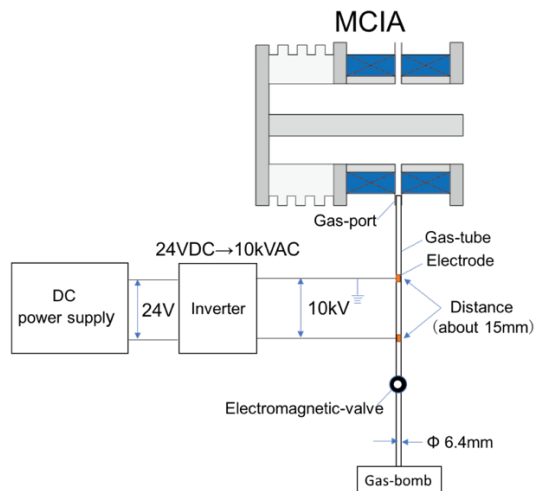


Figure 4. Schematic diagram of preionization circuit with MCIA.

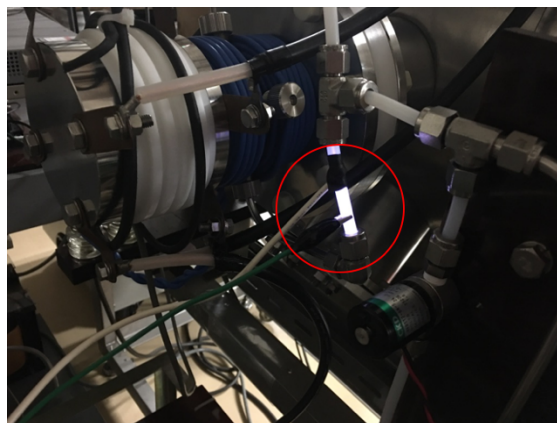


Figure 5. DBD preionization system installed on the gas feed tube connecting to the gas-port through the electromagnetic-valve.

#### 6. 今後の実験計画

ガスポート-電磁弁間のガスチューブ内を真空にし, ガス導入時間の制御により導入ガス量を調節して Ar ガスに対する予備電離の駆動条件を検証し. その後, 安定的に予備電離の起こる領域内で成膜を行い, 成膜終了後のチャンバー内のガス圧や放電電流の遅れから予備電離の効果を評価する予定である.

#### 7. 参考文献

- [1]浅井朋彦他:「同軸磁化プラズマ生成装置と同軸磁化プラズマ生成装置を用いた膜形成装置」, 特許第 4769014 号, (2011).
- [2]野崎智洋他:「大気圧プラズマを準備しよう」, J. Plasma Fusion Res. Vol.83, No.12 (2007)942 - 956