

## 固体元素由来プラズマ源の開発 Development of plasma source from solid material

小口 治久  
Haruhisa Koguchi

産総研 エネルギー技術研究部門  
AIST Energy Electronics Institute

産総研では、低エネルギー炭素イオンビーム源の開発を行っていた。イオンビームのイオン源として、水素等のキャリアガスや原料ガスとしてのメタン等を全く使わずにプラズマを生成する方法として、シャンティングアークガンを採用した。これは、同軸構造のグラファイト製電極を用意し、更に、同軸の両電極間をシャンティングバーと呼ぶバーで架橋したプラズマガンである。シャンティングバーを通常のグラファイトより抵抗値が高めのPFCカーボンで作り、シャンティングバーでのエネルギー吸収を計っている。600V充電で7kAの電流を流す事が出来る、パルス電源を準備して、放電実験を行なった。これはパルス放電であるので、単発の放電からは設計値の3ms程度の時間だけプラズマが生成される。このプラズマガンを、プラズマ源としてではなく、むしろガス供給源として扱い、繰り返し放電を行なう事で、mTorrオーダーの炭素ガスを生成し、カusp磁場内で電子サイクロトロン共鳴を用いた放電を行なった。繰り返し放電の間隔等を調整する事で、効率良く炭素電極を2000度以上に温度上昇させ、昇華した炭素原子をプラズマ化する事で1000秒の放電時間を達成している。

今回は、このシャンティングアークプラズマガンを別の方法で代用出来ないかと考えて実験を始めた。そもそも、シャンティングアークガンはアセンブリとオペレーションが難しく工業化に際し、問題があると考えた。代用案として、DCアーク放電とICP装置を組み合わせた物を考案した。DCアーク源はマイクロギャップを微細に制御する事で、電極の接点でエネルギーを吸収させ、対抗電極をスパッタリングさせる。ICP装置には、セラミックコーティングした銅のコイルを真空中で用いている。電源周波数が200MHzであるので、2～3回巻きのコイルを自作した。外部でマッチングを取れば良好にプラズマを生成する事が出来る。又、十分にクリーニングする事で水等の不純物は軽減さ

れる。磁場と電磁波のカップリングを期待して、アーク電極の背面にはICPコイルの中心軸上に永久磁石を配置した。ICPコイルの周りには8本の永久磁石を、中心軸上に置いた永久磁石と逆極性になる様に配置して、コイル付近にはカusp状の磁場が作られる様になっている。

これらのアーク/ICP装置で作られたプラズマは、簡易に作ったカusp磁場装置に導入して、200MHz(100W 2台)と2.45GHz(200W 1台)により、成膜プラズマとして定常維持出来る様にした。今回は試験機として作った装置なので、ポートが付いたICF203フランジのニップルの外壁に永久磁石を16本交互に極性を変えて配置し、スペーサーと紐で固定しただけの装置である。水冷系が付いていない為に全400W程度の電力入力で真空容器の温度が上昇してしまうため入力電力を挙げられないが、図に示す様にECR面上でプラズマが生成されている事が判る。詳細は講演にて。

