

ナノプロセスに用いるためのマイクロ波プラズマの生成・負イオン引き出し・偏向実験
Experiments of production, extraction and deflection of negative ions from microwave plasma source applied to nano-meter processing

香月悠良¹⁾、岡内航¹⁾、靱津匠人¹⁾、比村治彦¹⁾、三瓶明希夫¹⁾、神吉隆司²⁾、守屋剛³⁾
 KATSUKI Chikara¹⁾、OKAUCHI Wataru¹⁾、TOMOTSU Takuto¹⁾、HIMURA Haruhiko¹⁾
 SANPEI Akio¹⁾、KANKI Takashi²⁾、MORIYA Tsuyoshi³⁾

¹⁾京都工繊大、²⁾海上保安大、³⁾東京エレクトロン株式会社
¹⁾KIT、²⁾JCGA、³⁾TEL

1.背景

我々の研究グループでは、負イオンビームナノプロセスを開発している。負イオンの生成には、DC 放電を用いるプラズマ生成が存在する[1]一方で、我々はマイクロ波(MW)を使用した無極性のプラズマ生成を用いている。また、負イオンの生成には、磁気フィルターを用いた解離性電子付着を利用した体積生成過程のみを用いている。

図1はMWプラズマの電子密度の磁気フィルターの磁束密度依存性を示したものである。Hプラズマでの電子密度は 10^{16} m^{-3} 台で、これは13.56 MHzのRFプラズマの時の典型値であった 10^{15} m^{-3} 台より密度が一桁増加しており、より多くの負イオン生成できる可能性が高い。

次に、我々の負イオンビームナノプロセスは、低エネルギー、かつ、制御性と反応性の高いプロセスである。一般的なリモート方式ではエネルギー広がりのない単一エネルギーの粒子を取り出せない一方で、我々はイオン源から負イオンをビームとして引き出し、それを収束、偏光することで、特定のエネルギーのみを持つ負イオンを取り出すことを狙っている。

2.実験セットアップと測定

図2は、負イオン源の模式図を示している。一番左のプラズマ源がMW源である。プラズマ源の下流側には、一対の磁気回路による電磁石が設置され、磁気フィルターと呼ばれる横磁場が印加されている。この磁気フィルターより下流側では電子温度が低く、解離性電子付着過程を経て、負イオンが生成される。生成された負イオンはプラズマ電極、アクセラ電極に到達した後に、負イオンビームとして接地されているアインツェルレンズの最も左側の電極に向かって加速される。プラズマ電極に印可できる加速電圧 V_{acc} の最大値は約-5.5 kVである。アインツェルレンズは取り出されたイオンビームの軌道を収束するために使用されている。ビーム電流の値は、アインツェルレンズから約50 cm離れたMCPで測定される。

発表では取得した水素負イオンビーム電流量の磁気フィルターの磁束密度依存性を主に発表する。

また、タングステンフィラメントによるプラズマ着火の低圧力化、および、プラズマソース境界面を金属/誘電体と取り換えることの違いのプラズマ密度に及ぼす影響なども調べている。誘電体のある時は電子密度が 10^{17} m^{-3} 、電子温度が7 eV、誘電体がない時は電子密度が 10^{16} m^{-3} 、電子温度が7 eVとなっている。

[1] H. Oguri, J. Plasma Fusion Res. **95** (7) 340 (2019).

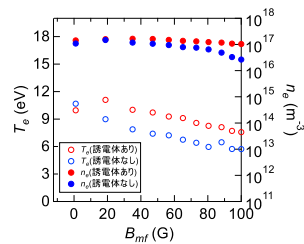


図1：電子密度の磁気フィルターの磁束密度依存性

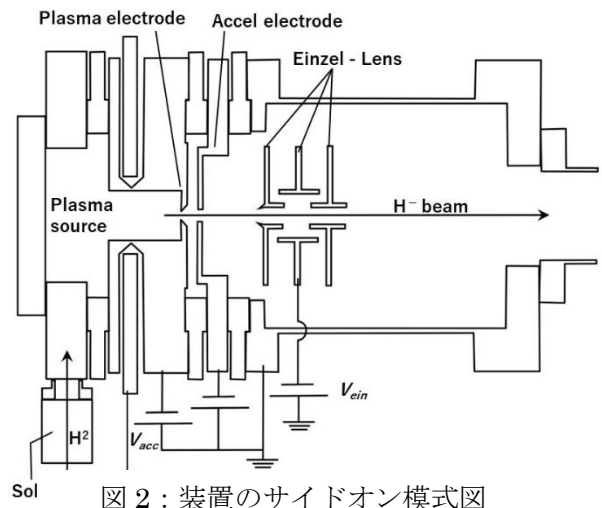


図2：装置のサイドオン模式図