

原子状水素ペアイオンの生成

大原 渡

山口大学 大学院理工学研究科

通常の電子-正イオンプラズマとは異なり、時空間対称な集団物性を持つとされるペアプラズマにおいて、実験的アプローチによってこの集団物性の解明を目指している[1]。電磁場に対する応答特性を向上させるために、最軽量イオンの原子状水素ペアイオン (H^+, H) を用いて、水素ペアイオンプラズマの生成を試みている。生成が難しい H については、中性粒子入射加熱装置 (N-NBI) 開発の一環で詳細に研究が行われてきた結果、表面生成法と体積生成法が確立している。しかし、既存のいずれの手法においても、水素ペアイオン以外のイオンや電子がプラズマ中に混入することは避けられない。また、 H^+ と H を同時に等量生成することが必要であるため、従来には無い新規のイオン生成法の開発を進めている[2, 3]。

水素ペアイオンプラズマ実現に向けて、水素放電プラズマを多孔体金属触媒に照射すると照射裏面より水素ペアイオンが生成されるという、プラズマ支援触媒イオン化法を2年ほど前に見出した。触媒作用である解離吸着により、水素原子 H が触媒表面に安定結合する。細孔表面に沿って正イオン照射面から裏面へ移動した H は、金属原子との間で確率的な電子遷移を伴って脱離すると考えている。脱離イオン化は、電子を2個持って脱離すると H^+ に、電子を持たないで脱離すると H になると考えている。この脱離イオン化の機構など詳細は明らかになっていないことから、脱離イオン化に影響を及ぼすと考えられる正イオン照射量・照射エネルギー、触媒温度、触媒材質、触媒活性などに注目した実験を行っている。

実験装置概略を図1に示す。ラインカusp磁場付ステンレス製角型真空容器中で、熱フィラメントによる直流アーク放電水素プラズマを生成して、 $z=0$ cmに配置されているNi多孔体触媒に水素プラズマを照射している。電子透過を抑制するための外部磁気フィルター磁場 12 mTが、多孔体面平行方向に印加されている。多孔体触媒に直流電圧 V_{pc} を印加しても、放電部である上流域 ($z < 0$ cm) の空間電位はほとんど変化しないこと ($\phi_s \sim +3$ V) を利用して、正イオン照射量をほぼ一定に保ったまま照射エネルギー $e(\phi_s - V_{pc})$ (eV)を変化させることができる。図2は正イオン照射量を一定の下 ($V_{pc} < 0$ V) で、下流域 ($z > 0$ cm) のプローブ正負飽和電流の正イオン照射エネルギー依存性を示している。下流域の正負飽和電流の値はおおよそ等しく、電子の存在しない水素ペアイオンプラズマが生成されている。また、正イオン、負イオンはそれぞれ特定の照射エネルギーにおいて生成量が増加する。この特定の照射エネルギーは磁気フィルター磁場強度に強く依存していることは明らかになったが、これらの現象を定量的に解明していくことが今後の課題である。

[1] W. Oohara and R. Hatakeyama, Phys. Rev. Lett., **91** (2003) 205005; **95** (2005) 175003.

[2] W. Oohara and O. Fukumasa, J. Plasma Fusion Res. SERIES, **8** (2009) 860.

[3] W. Oohara and O. Fukumasa, Rev. Sci. Instrum., **81** (2010) 023507.

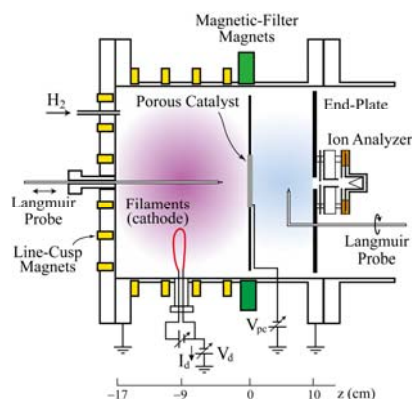


図1: 実験装置概略図。

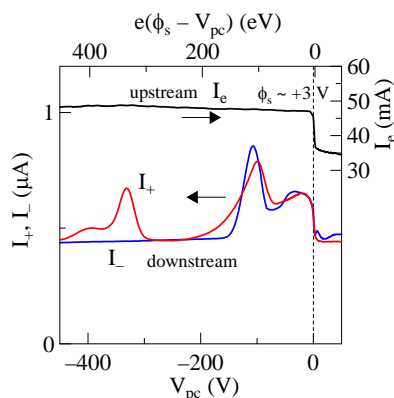


図2: 正負イオン生成量の正イオン照射エネルギー依存性。