

Fe/Cuグリッド触媒を用いた水素負イオン生成 Production of Negative Hydrogen Ions using Fe/Cu-Grid Catalyst

前谷 祐亮, 武田 俊明, 河田 晃佑, 日比野 徳亮, 大原 渡

Yusuke Maetani, Toshiaki Takeda, Kosuke Kawata, Tokuaki Hibino, Wataru Oohara

山口大院理工
Yamaguchi Univ.

核融合プラズマを加熱する負イオン型中性粒子入射加熱において、負イオン生成には表面生成法や体積生成法が用いられている。ここで、セシウムフリーで高効率な負イオン生成法としてプラズマ支援触媒イオン化法を提案している[1,2]。これは放電プラズマ中の正イオンを触媒金属へ照射して、照射裏面より水素正負イオンを生成する方法である。このイオン化機構の解明に取り組んでいる。

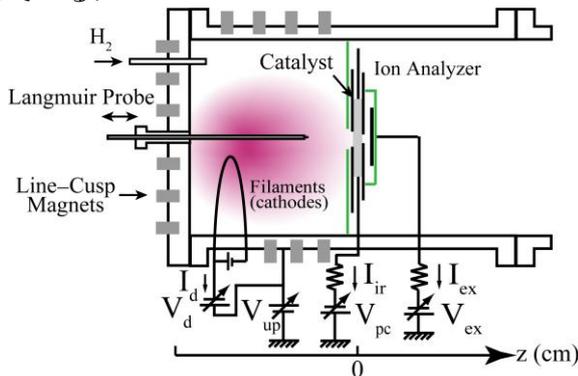


図1：実験装置概要。

実験装置概要を図1に示す。ラインカusp磁場付の角型真空容器(断面25 cm×25 cm)中で、熱陰極直流アーク放電によって水素プラズマを生成している(0.1 Pa)。生成された水素正イオンは、直流電圧 V_{pc} (< 0 V) が印加されたグリッド触媒に照射される(正イオン照射電流密度 J_{ir})。触媒裏面から4 mm離れたコレクタ電極に直流電圧 V_{ex} を印加することで、電界によって引出された正負イオンの引出電流密度が測定できる(引出孔面積 1.3 cm²)。触媒前面のシースで加速される正イオンの照射エネルギーは、 $e(\phi_s - V_{pc})$ (eV) である。ここで、プラズマ電位 ϕ_s は真空容器壁電位 V_{up} に依存するが(ここでは $V_{up} = 0$ V)、 V_{pc} には依存しない。

Fe, Cu, Niグリッド(100 mesh)を用いた場合に、 $J_{ir} = 10$ mA/cm², $V_{pc} = -300$ Vの典型的な引出電流密度 J_{ex} -電圧 V_{ex} 特性を図2 (a)に示す。この J_{ex} - V_{ex} 特性を微分することにより、触媒表面から離脱するイオンのエネルギー分布が得られる(図2 (b))。

ここで、グリッドを通過した正イオンと、触媒表面から生成された負イオンが重畳して測定される領域が、 $V_{ex} < 0$ V $< \phi_s$ である。 V_{ex} が ϕ_s に近づくに伴い通過正イオンは静電的に反射されて、 J_{ex} は指数関数的に減少する(Feグリッドの場合)。一方、Cu, Niグリッドの場合には、 $V_{ex} = -40 \sim -20$ Vで J_{ex} の減少が特に大きくなる。正イオン電流が特に減少する理由はないため、負イオン電流が重畳した結果によるかと考えている。エネルギー分布において270 eV付近に特徴的な成分が存在し、未だ質量分析はなされていないが、これは負イオンであると考えている。

負イオン引出電場によって通過正イオンが40 eV程度以下に減速された場合に、正イオンは共鳴電子遷移によって金属表面電子を捕獲して、負イオン化したと考えている。これは通過正イオンが解離吸着した水素原子への衝突に伴う脱離イオン化とは異なる、第2の負イオン生成機構であると考えている。しかし、Feはなぜこのように負イオンが生成されないのか、明らかになっていない。

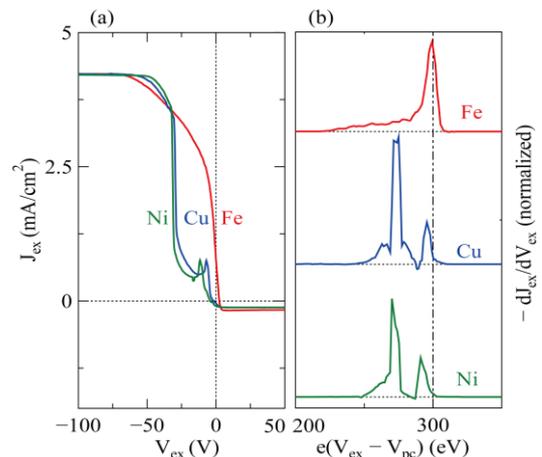


図2：(a)イオン引出電流密度-電圧特性、
(b)イオンエネルギー分布。

- [1] W. Oohara, T. Hibino, T. Higuchi, T. Ohta, Rev. Sci. Instrum. **83** (2012) 083509.
[2] W. Oohara, K. Kawata, T. Hibino, Phys. Plasmas **20** (2013) 063506.