

ECRプラズマ支援触媒イオン化で生成されたイオン質量分析 Mass Analysis of Ions Produced by ECR Plasma-Assisted Catalytic Ionization

松島 祐一郎, 太田 智喜, 大原 渡

Yuichiro Matsushima, Tomoki Ohta, Wataru Oohara

山口大院理工
Yamaguchi Univ.

通常のプラズマとは違い、ほぼ等質量の正負荷電粒子から成るペアプラズマは粒子挙動が時空間対称であるため、独特の集団物性を示すことが理論的に予測されている[1]。実験によるペアプラズマ物性の解明が望まれているが、プラズマ生成・維持の難しさゆえに電子-陽電子ペアプラズマの実験は進展していない。最も質量の小さいイオンである原子状水素正負イオン(H^+ , H^-)から成る水素ペアイオンプラズマを実現して、その物性解明を目指している。水素ペアイオンプラズマを実現するためには H^+ , H^- を同時に等量生成して、かつ電子や他のイオン（不純物荷電粒子）が存在してはならない。この条件を満たすことを目指してプラズマ支援触媒イオン化法という、新たな水素正負イオン生成手法を提案している[2]。ここでは無電極放電であり、プラズマ電位を比較的自由に制御できる ECR 放電で水素プラズマを生成している。水素正イオンを Ni 多孔体触媒に照射して、その照射裏面より正負イオンを生成する。水素ペアイオン生成特性の解明と、生成されたイオンの質量分析を行った。

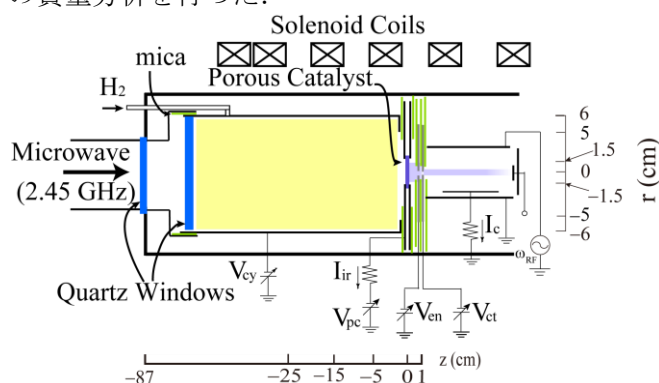


図 1：実験装置概要。

実験装置概要を、図 1 に示す。直流電圧 V_{cy} が印加された円筒内に、マイクロ波（2.45 GHz, 共鳴磁場 87.5 mT, 入射電力 100 W）を導入している。発散磁場部位において電子サイクロトロン共鳴により ECR プラズマが生成されている。マイクロ波導入と反対側にある Ni 多孔体触媒 ($z = 0$ cm) には直流電圧 V_{pc} (< 0 V) が印加でき、正イオンが触媒に照射される。照射裏面側には、正負イオンの引出用銅電極

（中心孔径 2 mm, $z = 1$ cm）とイオン加減速用銅電極（中心孔径 1 mm, $z = 1.1$ cm）があり、それぞれ直流電圧 V_{ex} , V_{ct} が印加されている。加減速用電極を通過したイオンは、オメガトロン質量分析器内に入射される。イオンサイクロトロン共鳴したイオンは下部のコレクタ電極に到達して、イオン電流 I_c が測定される。

$V_{cy} = +50$ V, $V_{pc} = V_{ct} = -300$ V とした場合の、典型的な質量スペクトルを図 2 に示す ($B = 79$ mT のサイクロトロン周波数 $\omega_{H^+}/2\pi = 1.2$ MHz)。オメガトロンの調整が充分ではないためノイズ的なピークは見られるが、低エネルギー正イオンを反射する場合 ($V_{ct} < V_{ex} = -200$ V) には H^+ , H_3^+ および He^+ 近傍の周波数にピークが存在する。全正イオンを引き込む場合 ($V_{ct} > V_{ex} = -400$ V) には H^+ のピーク分かれることから、正イオンは高速、低速のエネルギー成分があり、周波数のドップラーシフトが見られる。照射した正イオンが多孔体を通過した高エネルギー成分と、触媒表面から生成された低エネルギー成分に相当すると考えられる。一方、 He を用いて放電したことは無いにも関わらず、 He^+ に相当する周波数近傍にもピークがある。なぜこのピークが存在するのか不明である。オメガトロンの調整、不純物の同定、および負イオン測定を進める予定である。

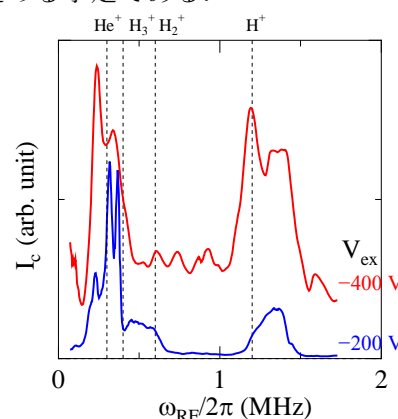


図 2：オメガトロンによる質量スペクトル。

- [1] N. Iwamoto, Phys. Rev. E, **47**, 604 (1993).
- [2] W. Oohara, T. Hibino, T. Higuchi, T. Ohta, Rev. Sci. Instrum. **83** (2012) 083509.