

大気圧He/H₂O直流グロー放電における密度分布と反応経路の調査

Investigation of density distribution and reaction path in atmospheric pressure helium/water vapor dc glow discharge

首都大院理工, °岡村 航太, 内田 諭, 朽久保 文嘉

TokyoMetro. Univ., °Kouta Okamura, Satoshi Uchida, Fumiyoshi Tochikubo,

E-mail: okamura-kouta@ed.tmu.ac.jp

1. はじめに

大気圧非平衡プラズマの生成技術の進展に伴い、材料プロセスやバイオ・医療応用などの分野で応用研究が広がっている。大気圧直流グロー放電はHeの利用によって大気圧中で容易に得ることができる。しかし、大気圧下では必ず微量の不純物が混入し、特に液体照射に関しては、水蒸気の影響がラジカルやイオンの生成などで大きいと推測される。そのため、気中での反応経路や密度分布は、放電の詳細な機構を解析する点で非常に重要なパラメータとなる。

しかし、プラズマ中の反応は非常に多く複雑であることから、実験だけでは正確な機構を知るのは難しい。よって、本研究では大気圧He直流グロー放電において微量な水蒸気の影響を数値解析にて調査した。

2. 解析手法

本モデルでは、平行平板電極間に生成される大気圧直流グロー放電を一次元流体モデルで模擬し、放電条件として母ガスはHe/H₂O(0.1%)、圧力 760 Torr、温度 300 K、ギャップ 0.1 cm とし、印加電圧を 1 kV とした。考慮している粒子は 28 種類、反応式は 81 種類と前回よりも多く導入している。母ガス-電子反応にはボルツマン方程式解析ソフト BOLSIG+ を使用し、イオン-分子反応、分子-分子反応の反応速度係数は文献[1]のシンプルモデルを参考にした。

3. 解析結果

図 1 に電極間の荷電粒子の密度分布を示す。この結果は、荷電粒子が十分に収束する 5 μ s 後の結果であるため、中性粒子については更なる増減が予想される。

(a)より、正イオンはHe₂⁺やH₂O⁺が大きく、これらの粒子は主にペニング電離によって生成されている。さらに、H₂O⁺は負イオンのクラスターとの再結合によりラジカルを生成している。また、H₃O⁺は正のクラスターイオンになってしまうため、密度が低いと推測される。

(b)より、負イオンは付着レートを見るとHの発生が大きい。Hは母ガスに衝突してOH⁻やH⁻になってしまうため、以前よりも値が小さくなっている。また、O⁻やOH⁻はクラスターを形成しており、特にOH⁻のクラスター

ーが大きい。これらのクラスターは水蒸気の比率を上げることで、さらに大きくなることが予想される。

(c)、(d)に中性粒子を示してあるが、水由来のラジカルであるH[•], OH[•], O[•]が上位を占めている。これは、イオン-分子反応により非常に多くのラジカルが生成されているためである。また、それらのラジカルからH₂O₂やHO₂といった活性酸素種もよく生成されており、特にH₂O₂がOH[•]同士の反応によって多く生成されている。

このように、0.1%という微量な水蒸気にもかかわらず水由来の粒子が多く存在することがわかる。また、発表当日は水蒸気比率を変えた結果や反応経路を示す予定である。

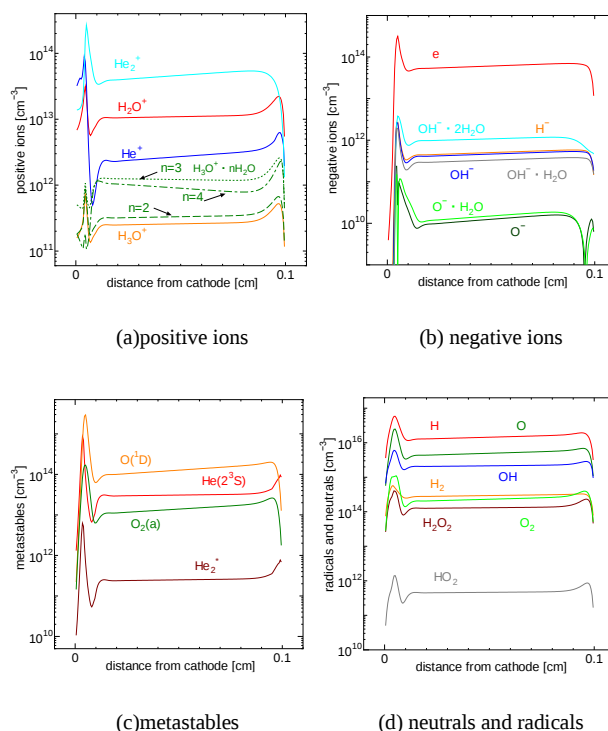


図 1 各粒子の密度分布

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 15H03584 の助成を受けて行った。

文献

[1] D X Liu et al., Plasma Sources Sci. Technol. **19** (2010) 025018