低電子温度再結合プラズマを用いたアンモニア合成

Ammonia Production by Recombining Plasmas with a Low Electron Temperature

北大工[1]，　○山崎 方弘[1]，佐々木 浩一[1]

Hokkaido Univ.[1], ○Masahiro Yamazaki[1], Sasaki Koichi[1]

E-mail: myamazaki@athena.qe.eng.hokudai.ac.jp

研究背景と目的

非平衡プラズマにより N_2 分子の振動励起状態を効率的に生成し、アンモニア生成の効率化を図る研究が行われている。しかし、N_2 分子の励起過程は複雑であり、その制御と解明が課題となっている。

本研究室のヘリコン波放電装置[1]では、電子温度1eV以上の電離進行プラズマと0.1eV程度の再結合プラズマを生成可能である。0.1eV のような低電子温度では、電子衝突解離は無視でき、振動励起状態のみを選択的に生成可能である。本実験では、再結合または電離進行状態にある 3 種類のプラズマを用いて電子温度が NH_3 合成に与える影響を調査した。

実験方法

内径 16mm の石英管に巻かれたヘリカルアンテナに 3kW の高周波入力(13.56MHz)を印加し、石英管内に高密度(>10^{12}cm^3)のプラズマを生成した。プラズマは 550G の直線磁場により円柱状となり、アンテナから下流へと拡散した。

プラズマ生成用ガスとして He、H_2、Ar を用いた。He および H_2 では、アンテナからそれぞれ約10および30cmの位置で電離進行プラズマから再結合プラズマに遷移したが、Ar プラズマは下流部まで電離進行プラズマとなった。そこで、アンテナから約 30cm の位置に直径 16mm の穴をあけた隔壁を設置し、下流側に原料ガス(N_2、H_2)を合計 10ccm で導入した。ただし、H_2 プラズマの場合には N_2 のみを~10ccm で下流側に導入し、上流側で生成した原子状水素を N_2 と反応させた。3s 間の放電における生成物を質量分析計の信号から同定・定量した。

実験結果

He 再結合プラズマにおいて、NH_3 の生成が認められた。一方で、H_2 再結合プラズマにおいて原子状水素と N_2 を反応させる方式、および、Ar 電離進行プラズマにおいて H_2 と N_2 を反応させる方式では生成は認められなかった。NH_3 密度は流量比 1:1 付近で極大値となった(Fig.1)。

低電子温度プラズマによる N_2 および H_2 の振動励起とその密度比が NH_3 合成に重要であることが示唆されたため、発表までに追加の質量分析と分光測定により関連を調査する。

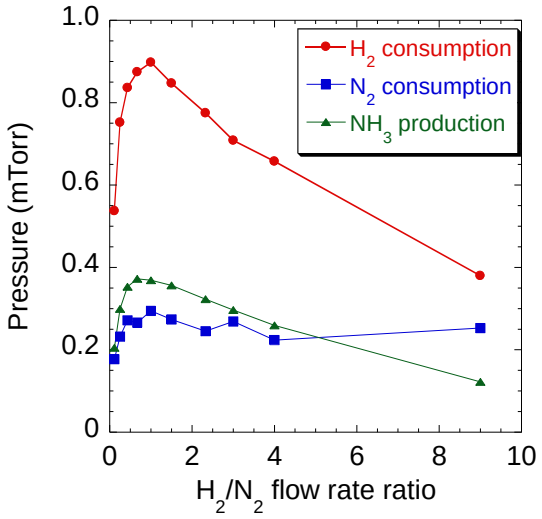

Fig. 1　Pressure balance in helium recombining plasma. Consumption ratio N_2:H_2 ≅ 1:3.

参考文献

[1] M. Aramaki, K. Kato, M. Goto, S. Muto, S. Morita and K. Sasaki, Jpn. J. Appl. Phys. **43**(3), 1164 (2004).

© 2020年 応用物理学会