

ウルトラピュア大気圧ヘリウムプラズマの真空紫外分光

VUV spectroscopy of ultrapure atmospheric pressure Helium plasmas

北野勝久¹、吉田実加¹、荒巻光利²、品田恵³、松岡諭史³

(阪大工¹、日大生産工²、島津製作所³)

Katsuhisa Kitano¹, Mika Yoshida¹, Mitsutoshi Aramaki², Kei Shinada³, Satoshi Matsuoka³

(Eng. Osaka Univ.¹, Nihon Univ.², Shimadzu Co.³)

E-mail: mail@plasmabio.com

大気圧プラズマは表面処理から医療・バイオまで応用範囲が拡大しているものの、反応素過程に関してはいまだ不明な点も多い。我々は大気圧ヘリウムプラズマからダイマー発光である 60~100nm (13.5~17.7eV) の Hopfield emission 真空紫外光[1]を利用したガスクロマトグラフ用プラズマ検出器 (BID: Barrier discharge ionization detector) の製品化を行っており[2]、その開発過程でプラズマ生成用ガスの純度が検出感度に大きく影響を与えていることが判り、超高純度ガスを用いたウルトラピュアプラズマに着目することとなった。東京大学の寺嶋教授らによるクライオプラズマの実験では[3]、ガスを超低温にすることで He のダイマー発光 (640nm) の強度が上がったが、それは絶対零度近くに冷却することで He 以外の不純物ガスが液化した事による He ガス純度の上昇が大きな要因である。一般的な大気圧プラズマの実験では~ppm の不純物を有する高純度ガスを用い、それ以下の不純物の影響を想定しない場合が多いが、極微量不純物により発光スペクトルが変化することから、原子分子過程にも影響があり、放電そのものや各種活性種生成に対して影響を与えていると考えるべきである。

今回、ウルトラピュア大気圧ヘリウムプラズマの真空紫外分光を行った。同軸構造の誘電体バリアー放電により大気圧グロープラズマを生成した。110nm 以下の波長は窓材が存在しないために測定が困難であるが、真空紫外分光器を He ガスでパージすることで測定を行った。プラズマ生成用ガスは 99.99998% の高純度 He ガスをさらに加熱ゲッター方式のガス純化装置を通すことで、不純物濃度を 10ppb 以下にした。不純物濃度が発光強度に与える影響を評価するために、純化装置の電源を入れてから 80nm の発光強度の時間変化を測定したところ (図 1)、純化装置の温度が上がり出す初期に一旦発光強度が下がるものの、純度向上と共に徐々に発光強度が上がっていき数時間後に一定の強度で落ち着いた。また、超高純度になるにつれプラズマ形状も変化していた。

理論モデルやシミュレーションでは計算コスト等の問題もあって不純物を考慮しないのが一般的で、実験と理論が乖離した状態で発展してきたが、不純物濃度が ppb オーダーのウルトラピュアプラズマを用いて研究を進めることで、新しい観点から大気圧プラズマ科学が展開できると期待できる。

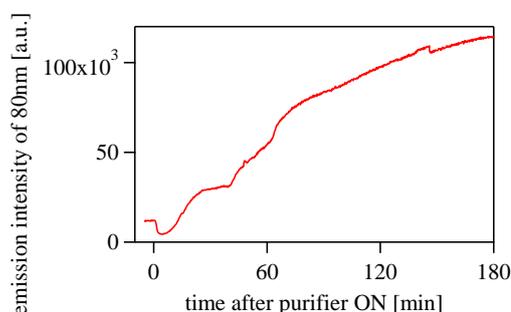


図1 ガス純化装置を入れてからの真空紫外発光強度の時間変化

[1] W.E Wentworth, Journal of Chromatography A, 795, 2, 319 (1998).

[2] <http://www.shimadzu.co.jp/news/press/n00kbc0000000nxb.html>. 品田ら, 島津評論, 69, 255 (2013).

[3] Y. Noma, J. H. Choi, S. Stauss, T. Tomai, K. Terashima, Appl. Phys. Exp., 1, 046001 (2008).