

生体分子解析に用いる整合器一体型マイクロ波駆動ラジカル源の開発状況

同志社大学 プラズマ物理研究室 M2 島袋 祐次
adm1n.yuji@gmail.com
http://www.yshimabu.com

1. 研究背景

様々な疫病に関与していると考えられているタンパク質の翻訳後修飾 (Post-translational Modification, PTM) は、不安定であり解析が困難であった。質量分析計内で PTM を保持したままペプチドを断片化することで、PTM を特定する手法が考案されている [1-3]。高橋らによって考案された断片化手法では [3]、熱解離源で生成した水素ラジカルをペプチドイオンに照射することで、PTM を保持した断片化を誘導している。加熱タングステン表面での触媒作用を利用して数 10% の解離効率で水素ラジカルを生成できる反面、短寿命且つ水素以外の活性種を扱えない。そこで、高温部品を用いずに、酸素や水蒸気などから活性種を生成できるマイクロ波放電を利用したラジカル源の開発を行っている。

2 研究概要

定格 100 W の半導体発振器より 2.45 GHz のマイクロ波を、同軸ケーブルを介してラジカル源へと供給する。ラジカル源では、容量結合プラズマ (Capacitively Coupled Plasma, CCP) と誘導結合プラズマ (Inductively Coupled Plasma, ICP) の 2 方式を採用し、並行して開発を行っている。通常、マイクロ波回路では外部整合器を用いてインピーダンス整合を行うが、開発中のラジカル源ではどちらの方式においても整合器を組み込んだ構造を用いて、損失の低減を図っている。

2.1 CCP ラジカル源

現在利用している第三世代 CCP ラジカル源の構造を Fig. 1 に示す。

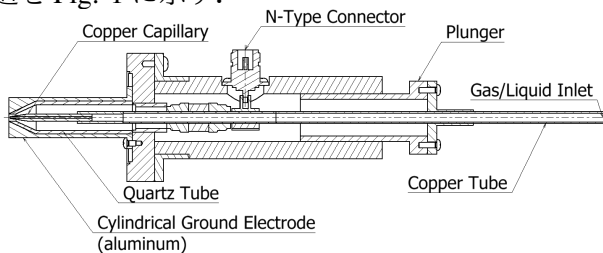


Fig. 1. A sectional view of the CCP radical source integrated with a matching circuit.

マイクロ波の印加されたガス導入用の銅チューブの先端部に直径 1 mm の輸送路を備える銅キャピラリを固定する。石英チューブとアルミニウム製接地電極が銅キャピラリを取り囲むように配置されており、低い動作ガス圧を実現するために、先端部 15 mm が直径 4 mm の開口部に向かって徐々に細くなっている [4]。プランジャーの操作によって、マイクロ波伝送路が変化し、系のインピーダンスが変化することを利用して整合操作を行う。

2.2 ICP ラジカル源

第一世代 ICP ラジカル源の構造を Fig. 2 に示す。

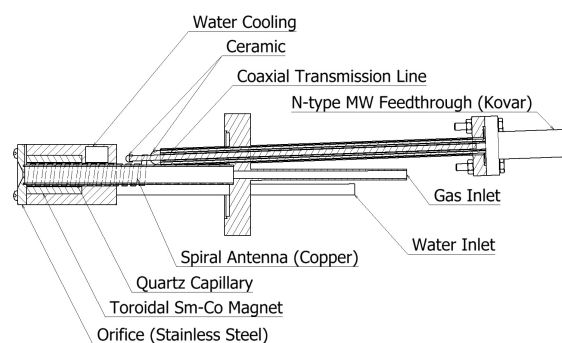


Fig. 2. A sectional view of the ICP radical source integrated with a matching circuit.

石英ガラス管に巻かれた銅製スパイラルアンテナへとマイクロ波を供給する。この ICP ラジカル源では、スリースタブチューナーを用いてインピーダンス整合を行っているが、未公表の第二世代では、CCP ラジカル源と同様に、整合器を組み込んだ構造を取っている。

3. 現状

CCP ラジカル源では、 10^0 Pa オーダーでないとプラズマルームを形成できず、電極構造の向上と冷却構造の導入による長寿命化に取り組んでいる。一方で ICP ラジカル源では、 10^{-2} Pa オーダーの動作ガス圧を実現しているが、プラズマ加熱に対する耐久性の向上が今後の課題である。発表では、CCP ラジカル源と ICP ラジカル源での発光分光測定より得られた結果をもとに、解離度と生成された多種活性種について議論する。

References

- [1] R. A. Zubarev, N. L. Kelleher, and F. W. McLafferty, *J. Am. Chem. Soc.* **120**, 3265 (1998).
- [2] J. E. Syka, J. J. Coon, M. J. Schroeder, J. Shabanowitz, and D. F. Hunt, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **101**, 9528 (2004).
- [3] H. Takahashi, S. Sekiya, T. Nishikaze, K. Kodera, S. Iwamoto, M. Wada, and K. Tanaka, *Anal. Chem.* **88**, 3810 (2016).
- [4] Y. Shimabukuro, H. Takahashi, and M. Wada, *Jpn. J. Appl. Phys.* **57**, 01AA02 (2018).