

エバネッセント波レーザー誘起蛍光法による
大気圧プラズマと相互作用する石英表面近傍における OH ラジカルの検出
Detection of OH radicals by evanescent-wave laser induced fluorescence
in the vicinity of a quartz surface interaction with an atmospheric-pressure plasma

北大工¹, [○](M1)菱田 悠斗¹, 佐々木 浩一¹

Hokkaido Univ.¹, [○]Y. Hishida¹, K. Sasaki¹

E-mail: yolu_cern314@eis.hokudai.ac.jp

[はじめに]

大気圧プラズマでは、従来の低ガス圧プラズマと比べて、粒子の平均自由行程が数桁短い。反応性プラズマで生成された中性ラジカルと固体等の凝縮相表面との相互作用を考えると、表面でのラジカルの損失係数がゼロでないと、ラジカル密度は表面に向かって低下する分布を持つが、大気圧プラズマではラジカル密度が低下する空間領域が 10 μm より短くなる。そのため、表面から 1 mm などのマクロな距離にあるプラズマバルク部のラジカル密度を測定しても、それは表面直近領域のラジカル密度を反映しない。エバネッセント波は、レーザー光などが屈折率の高い媒質から低い媒質に向かって伝搬し、界面で全反射するとき、波長のオーダー(数 100 nm)の厚さで低屈折率側の媒質に染み出す現象であり、これによって生じるレーザー誘起蛍光を受信することができれば、表面直近領域におけるラジカル密度を測定することができる。本研究では、大気圧プラズマと相互作用する石英表面直近領域の OH をエバネッセント波レーザー誘起蛍光法で検出する実験を行い、この測定法における雑音源や得られる S/N 比を評価することを目的とした。

[実験方法]

波長が 283.034 nm でパルス幅が約 10 ns のレーザー光を石英プリズムと空気の界面で全反射するように入射し、全反射点に大気圧アルゴンプラズマジェットを照射した。レンズを用いて全反射点を光ファイバーの入り口に結像させ、透過波長をレーザー誘起蛍光の波長(309 nm)に設定した分光器に導き、分光器の出力光を光電子増倍管を用いて検出した。全反射点と光ファイバーの間にはレーザー光を減衰しレーザー誘起蛍光を透過する干渉フィルターを挿入した。光電子増倍管の負荷抵抗を 50 Ω とし、検出された光子をあらゆるパルスを bin 幅が 40 ns のマルチチャンネルスケーラを用いて計数する方法で、エバネッセント波レーザー光誘起蛍光の強度を測定した。

[実験結果及び考察]

エバネッセント波レーザー誘起蛍光法では、全反射点のプリズム表面でレーザー光が強く散乱され、その強度が極めて大きく分光器で除去仕切れないために、主たる雑音源となることがわかった。図 1 は、プラズマを生成しない場合に受信された雑音、プラズマを生成した場合に受信されたレーザー誘起蛍光と雑音の重畳信号、および、それらの差の時間変化をあらわしている。レーザーパルスが照射されている時間帯の雑音は甚大で、レーザー誘起蛍光成分を抽出することは不可能であった。また、時刻 240 ns においては光電子増倍管の電気特性に起因すると思われる雑音パルスがみられる。その前後の時間帯においては、石英プリズムで生じたと思われるフォト

ミネッセンスがみられ、それが第 3 の雑音源となっている。図からわかるとおり、雑音を上回る信号強度が受信できたのは 280 ns 以降の時間帯に限られた。この時間帯はレーザー誘起蛍光のテール部にあたるが、この時間帯においてのみレーザー誘起蛍光が雑音を上回った。時刻 280~800 ns の時間帯において検出されたエバネッセント波レーザー誘起蛍光信号を、プラズマバルク部において測定した通常のレーザー誘起蛍光信号と比較した結果を図 2 に示す。ばらつきは大きいものの、プラズマバルク部でのレーザー誘起蛍光信号とエバネッセント波レーザー誘起蛍光信号の間には比例関係がみられた。このことは、石英表面における OH ラジカルの表面損失係数がプラズマの照射条件に依存せず一定であったことを示唆している。

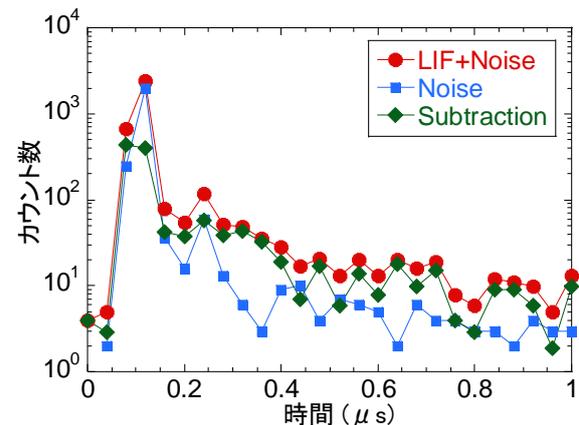


図 1 : エバネッセント波レーザー誘起蛍光法における雑音と信号

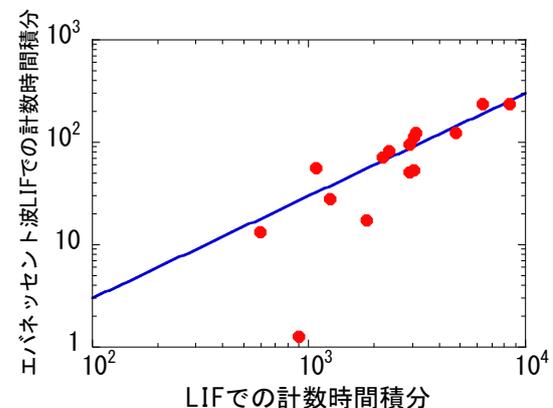


図 2 : 通常のレーザー誘起蛍光法とエバネッセント波レーザー誘起蛍光法の信号比較