

ヨウ素予備解離型化学酸素ヨウ素レーザーの高効率化に関する研究

A Study on High Efficiency Chemical Oxygen Iodine Laser using Preliminary Iodine Dissociation

80815795 國武 淳(Kunitake Jun), Supervisor:青山英樹(Hideki Aoyama)

1. 序論

化学酸素ヨウ素レーザー(Cheical Oxygen Iodine Laser : COIL)は、反転分布状態となった励起ヨウ素原子 $I(^2P_{1/2})$ 光を増幅することによって発振する化学レーザーである。励起ヨウ素原子 $I(^2P_{1/2})$ は過酸化水素と水酸化カリウムの混合溶液と塩素の化学反応により生成された一重項励起酸素 $O_2(^1\Delta)$ によってヨウ素分子 I_2 を解離されたヨウ素原子が、 $O_2(^1\Delta)$ から近共鳴エネルギー移乗をうけることによって励起される。

本実験では RF 放電による予備解離をヨウ素と励起酸素の混合前(従来型)と混合後(新型)の 2 箇所で行い、生成される $I(^2P_{1/2})$ に関する比較実験、および、CFD によるシミュレーションを行った。本研究においては、そうして改良された装置の有用性を検証することによって、高出力・高効率レーザーの発振実現を目的としている。

2. 実験方法

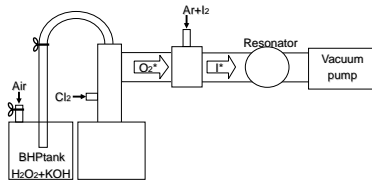


Fig.1 COIL の概要図

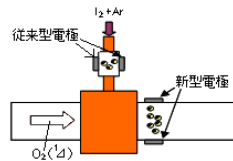


Fig.2 従来型と新型 RF 放電

Fig.1 に COIL の全体像を示す。実験手順としては、タンクに H_2O_2 と KOH を混合し BHP 溶液を作成し、 Cl_2 と反応させ、 $O_2(^1\Delta)$ を発生させた。こうして発生させた $O_2(^1\Delta)$ の流れの中に I_2 を投入し、 $O_2(^1\Delta)$ と I_2 との混合の前に RF 放電によって解離させる方法(従来型)と混合後に放電を行う方法(新型)、およびそのいずれも行わない方法のそれぞれの条件において実験を行い、生成される $I(^2P_{1/2})$ を測定した。Fig.2 に従来型と新型 RF 放電の放電箇所の違いを図示する。

また、上記の各条件において、 $O_2(^1\Delta)$ や $I(^2P_{1/2})$ の生成量、およびその失活量などの反応過程や、装置内の圧力、温度、小信号利得などの諸特性を解析するべく、CFD によるシミュレーションを行った。

3. 結果と考察

Fig.3 に、予備解離の各条件における結果を示す。

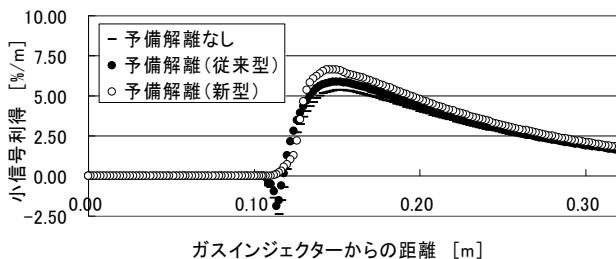


Fig.3 各解離条件による利得の比較

Fig.3 より、新型予備解離を行ったさいの利得がもっとも大きくなっていることがわかる。これは、ヨウ素の解離・励起を放電エネルギーが補助することによって、励起酸素のエネルギーをより効率的にレーザーのエネルギーへと変換する事ができたと同時に、 $O_2(^1\Delta)$ と I_2 の混合後に放電を行うことによって $I(^2P_{1/2})$ の水蒸気による失活過程を抑制する事ができたためである。

つぎに、Fig.4 に装置のガスの流れを超音速にした場合のシミュレーション結果を示す。また、Fig.3, Fig.4 の結果を比較したものを Table.1 に示す。

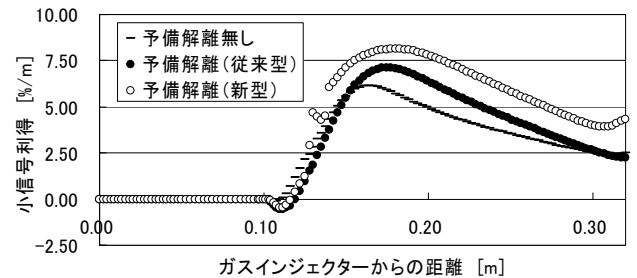


Fig.4 超音速 COIL の小信号利得

Table.1 亜音速 COIL 超音速 COIL 利得比較

	亜音速 COIL	超音速 COIL
予備解離無し	5.34 [%/m]	6.15 [%/m]
予備解離 (従来型)	5.85 [%/m]	7.13 [%/m]
予備解離 (新型)	6.65 [%/m]	8.14 [%/m]

Table.1 より、ガス流速の超音速化によりさらなる利得の上昇が見込まれることがわかる。これは共振器内のガス流速が上昇した事により、ガス温度が断熱膨張で下がりレーザー発振の閾値が低下したことに起因している。

しかしその一方で、超音速 COIL では亜音速 COIL と比較して、ゲインが最大となる位置がガスのインジェクターからより遠い場所に位置していることもわかる。これにより、輸送過程で $I(^2P_{1/2})$ の一部が失活してしまっていることが考えられる。これは、ガス流速が上昇した事により、 $O_2(^1\Delta)$ と I_2 の混合効率が減少したためである。この欠点を解消するためには、混合効率改善のためのヨウ素インジェクターの改良を行う必要がある。

4. 結論

- 予備解離の効果、および、新型 RF 放電の有用性が確認された。
- 予備解離に加え、超音速 COIL を導入した場合、更なる効率の上昇が見込まれることが確認できた。
- さらなる高効率・高出力化のためには、高圧力 SOG の開発や気体の混合効率改善のためのヨウ素インジェクターの改善が効果的である。