

多モード半導体レーザーを用いた  
酸素分子シート状ビームの共振器内吸収分光

**Intra-Cavity Absorption Spectroscopy of  
Sheeted O<sub>2</sub> Beam using a Multi-mode  
Diode Laser**

°小石 裕之, 盛永 篤郎, 佐藤 幸夫<sup>A</sup>,  
藤沢 高志<sup>B</sup>, 藤田 雄三<sup>C</sup>, 橋本 義徳<sup>C</sup>

°H.Koishi, A.Morinaga, Y.Sato<sup>A</sup>,  
T.Fujisawa<sup>B</sup>, Y.Fujita<sup>C</sup>, Y.Hashimoto<sup>C</sup>

東京理科大学理工学部(東理大理工)  
<sup>A</sup>放医研 <sup>B</sup>電気興業 <sup>C</sup>高エネ研

Faculty of Science & Technology,  
Science University of Tokyo  
<sup>A</sup>National Institute of Radiological Science  
<sup>B</sup>Denki Kogyo Co., Ltd.  
<sup>C</sup>National Laboratory of High Energy Physics

**Abstract.**

We are planning to measure the thickness of the sheeted O<sub>2</sub> beam of 10<sup>12</sup>[/cm<sup>3</sup>] by use of intra-cavity absorption spectroscopy with a multi-mode diode laser. The scheme of measurement is presented and discussed.

1.はじめに

医療用ハドロンビームの検査用装置として酸素分子シート状ビームの使用が計画されている。このビームは酸素分子密度10<sup>12</sup>[個/cm<sup>3</sup>]を持ち、一様な厚さ1[mm]、幅150[mm]とされる。このため酸素分子ビームの厚みの計測法が望まれている。そこで酸素分子ビームの厚みを光の吸収を使い測定する方法について検討した。

酸素分子は紫外域に許容遷移があるが、可視・赤外域には弱い吸収線があるだけである。その内最も強い吸収線は<sup>3</sup>Σ<sub>g</sub><sup>-</sup> → <sup>1</sup>Σ<sub>g</sub><sup>+</sup> 0-0バンド 762[nm]遷移で、その吸収は厚さ1[mm]の酸素分子ビームの場合、均一幅の吸収スペクトルを持つので光学的厚さは $K=kl=1 \times 10^{-8}$ [cm<sup>-1</sup>]と推定される。従って、通常の吸収測定においてはショット雑音以下の計測が要求される。

そこで、これに多モード発振半導体レーザーを用いた共振器内吸収分光法<sup>1)</sup>を適用することを考えた。

## 2.多モード発振半導体レーザーを用いた共振器内吸収分光法

多モード発振半導体レーザーを用いた共振器内吸収分光法についてはV.M.Baevらによってなされた詳細な研究がある<sup>2)</sup>。報告された実験の吸収の検出感度はバックグラウンド損失を引き起こす不完全なセットアップにより制限され、またその一方で、感度の基本的限界は自然放出により制限される。このときの吸収係数 $\kappa_{\min}$ は定常レーザー発振スペクトルの中心における50%までの光束スペクトル密度の減少で定義すると、Table 1に示すようになる。

ARcoat residual reflectivity	the number of oscillating modes	absorption coefficient [ $\text{cm}^{-1}$ ]
0	500	$1 \times 10^{-6}$
$10^{-6}$	10	$1 \times 10^{-8}$

Table 1. absorption coefficient at two residual reflectivity

したがって、 $10^{-6}$ 程度のARコートの条件で行えば吸収量で $1 \times 10^{-9} \sim 10^{-10} [\text{cm}^{-1}]$ の検出が可能であると考えられる。しかも、この場合レーザー発振開始からの吸収の成長は $\mu\text{s}$ 程度の時間なので速い計測が可能である。

## 3.開発する方法

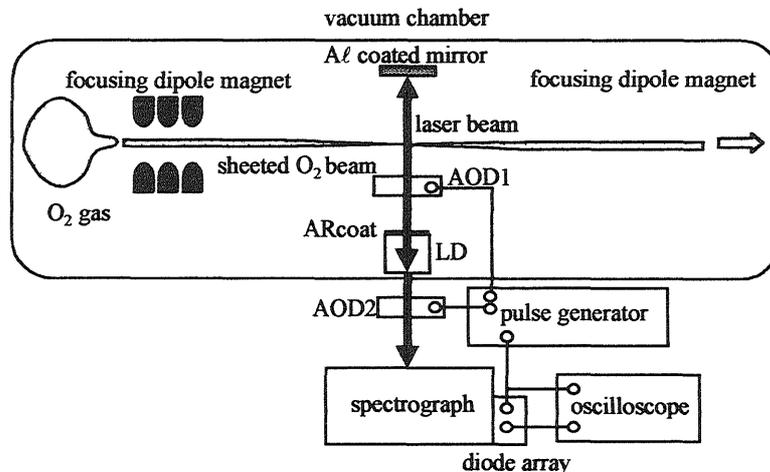


Fig. 1 experimental setup

半導体レーザーは762[nm]発振するARコートをしたチップを用い、ARコート側に置いた全反射鏡とLDチップへき開面とで多モード発振半導体レーザーを構成する。このレーザー共振器の光軸と垂直に酸素分子ビームを配置する。半導体レーザーからの出力はダイオードアレイを持つ分光器(分解能:0.01[nm])で高速検出する。

### 参考文献

- 1) J.Sierks, V.M.Baev and P.E.Toschek: Enhancement of the sensitivity of a multimode dye laser to intracavity absorption. Optics Communications 96, 81-86 (1993)
- 2) V.M.Baev, J.Eschner, E.Paeth, R.Schüler, and P.E.Toschek: Intra-Cavity Spectroscopy with Diode Lasers. Appl.Phys.B55,463-477(1992)