

R I S 長光路吸収測定用炭酸ガスレーザーの特性評価

Performance test of the TEA CO₂ lasers for the Retroreflector in Space experiment (RIS).

小澤健一¹, 杉本伸夫², 板部敏和³, ロナルド・ノルストロム⁴,
齊藤保典¹, 野村彰夫¹

K. Ozawa¹, N. Sugimoto², T. Itabe³, R. Nordstrom⁴,
Y. Saito¹, A. Nomura¹

信州大¹, 国立環境研², 通信総研³, レーザーサイエンス社⁴

Shinshu University¹, National Institut. Environ. Studies²,
Communications Research Laboratory³, Laser Science Inc.⁴

Abstract

We report the performance of the frequency agile single-longitudinal-mode TEA CO₂ lasers for the earth-to-satellite laser long-path absorption experiment using the Retroreflector in Space (RIS).

1. R I S による大気観測の概要

ADEOS 搭載リフレクター (RIS) を用いた観測では, 地上から送信する炭酸ガスレーザー光を地上とRIS の間で往復させて, オゾン, フロン12, HNO₃, 炭酸ガス, 一酸化炭素, N₂O, メタンなどの測定が行なわれる¹⁾。測定では衛星の進行に伴う反射光のドップラーシフトを利用して, 高分解の吸収スペクトルが測定される。2台のTEA炭酸ガスレーザーを用い, 1台は測定対象の吸収線に近い発振線に同調して大気吸収を測定する。もう1台は吸収の少ない発振線に固定して大気効果などを取り除くための参照信号を測定する。また, 適当な吸収線がある場合, 一回の測定の中で吸収測定用のレーザーをいくつかの発振線の間で切り替えることによって広い範囲のスペクトル情報を測定する。Table 1 に同位体 (¹²C¹⁶O₂, ¹³C¹⁶O₂) を用いたTEA炭酸ガスレーザーとその第二, 第三高調波を用いた測定対象と測定に用いるレーザー発振線を示す¹⁾。

Table 1 測定対象分子と炭酸ガスレーザー発振線

測定対象 分子	レーザー 発振線	CO ₂ 同位体	波数 (cm ⁻¹)
O ₃	P(18)	636	1002.4778
	P(20)	636	1000.6473
CO ₂	P(26)	626	938.6883
	R(36)	636	938.7776
HNO ₃	P(8)	636	907.0528

(Table 1 つづき)

CFC12	R(6)-	636	918.74
	R(12)	636	923.11
CO	R(28) SH*	626	2166.96
	R(30) SH	626	2169.27
N ₂ O	R(38) SH	626	2178.002
CH ₄	R(14) TH*	626	2915.79
	R(16) TH	626	2919.87
参照用	R(34)	636	937.5844
	R(8) SH	626	2140.925
	R(26) TH	626	2939.12

*SH, 第二高調波; TH, 第三高調波.

このような測定を実現するためには単一縦モードでかつ発振線を急速に切り替えることが可能なTEA 炭酸ガスレーザーが必要である。そこで、国立環境研ではレーザーサイエンス社と共同で時間ゲートゲインセルを用いた炭酸ガスレーザーを開発した^{2, 3)}。

2. 炭酸ガスレーザーシステム

RIS実験用に開発した炭酸ガスレーザーは Fig.1 に示すように、共振器の中に低圧のゲインセルを持つ構造を持つ。

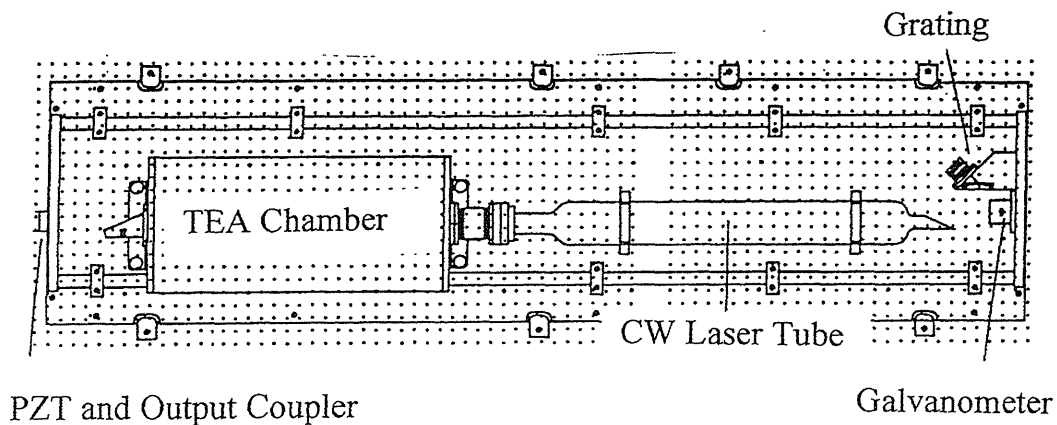


Fig. 1 RIS測定用 TEA CO₂ レーザーの構成

通常、ゲインセル法によるTEAレーザーの単一モード化では、TEAレーザーの飽和を避けるためにゲインセルをCW発振の閾値以下で動作させる。しかし、急速な発振線の切り替えを行うためには共振器の制御のための信号が必要であり、通常のゲインセル法ではこれが難しい。そこで、時間ゲートゲインセル法では、TEA レーザーを発振しない間はゲイン

セルをCWレーザーとして動作させ、TEAレーザーを射つ直前にゲインセルのゲインを落とす方法を用いた。これにより、CW出力を用いてすばやく共振器の制御を行うことが可能となり、また、ピークパワーの大きいパルス出力を得ることができた。レーザー発振線はグレーティングと高速・高精度のガルバノメータに取り付けたミラーを用いて行い、共振器長を出力カップラーを取り付けたピエゾトランスデューサ(PZT)によって制御した。

Fig. 2 にレーザー共振器の制御の概念を示す⁴⁾。CW出力強度をモニターし、PZTに微小な正弦波のディザ信号を加えたときのCWレーザー出力の変化の大きさと位相を判定し、共振器モードがゲインのピークと一致するように共振器長(すなわちPZTのDC分)を制御する。なお、TEAレーザーのパルスを発射するときにCW光モニター用の検出器をパルス光で損傷しないように機械的なチョッパーを用いてパルス光をブロックしている。

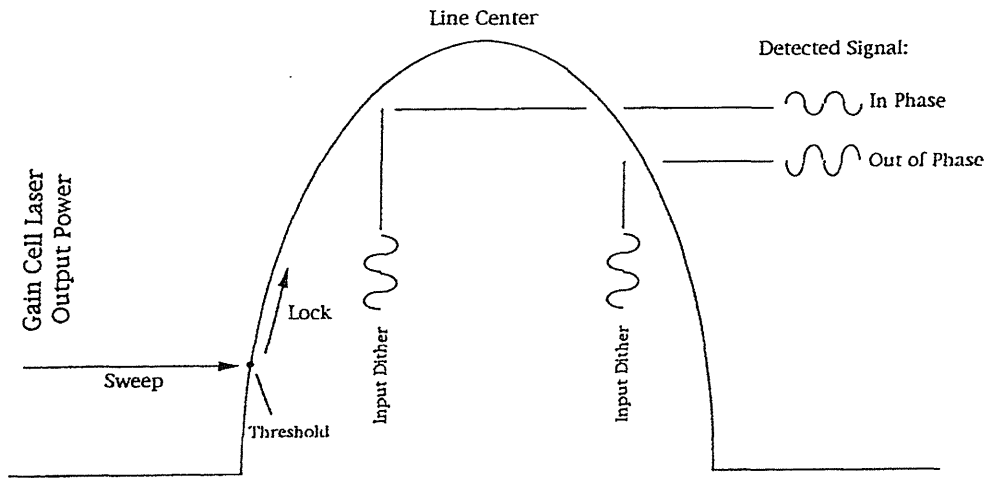


Fig. 2 共振器の制御の概念

Fig. 3 は、発振線を $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ の $10\mu\text{m}$ バンドのP(20), P(22), P(24), P(26)の4本のラインについて1秒毎に周期的に切り替えたときのPZTのDC電圧と共振器制御のための誤差信号を示す⁴⁾。発振波長を切り替えた後1/10秒以内に共振器モードがゲインの中央に制御されていることがわかる。

一方、TEAレーザーパルス波形の一例をFig. 4に示す。比較のためにゲインセルを常時閾地以上で動作させた場合(b)、ゲインセルをおよび共振器の制御を遮断した場合(c)のパルス光の出力波形も合わせて示した。ゲインセルを動作させない場合は、TEAレーザーはマルチモード動作となりモード間のビートが見られる。ゲインセルを常時閾地以上で動作させた場合には、ゲインスパイクの波形が長くなりピークパワーが減少している。時間ゲートゲインセルを用いた場合(a)理想的な波形が得られている。

Table 1のほとんどのラインについて、100 mJ以上のパルス出力が得られた。現在、レーザー出力のガス圧、混合比等への依存性などの特性を測定し、弱い発振線について動作の最適化を行っている。また、第二、第三高調波の発生については、第二高調波で約10 mJ、第三高調波で約3 mJを得た。

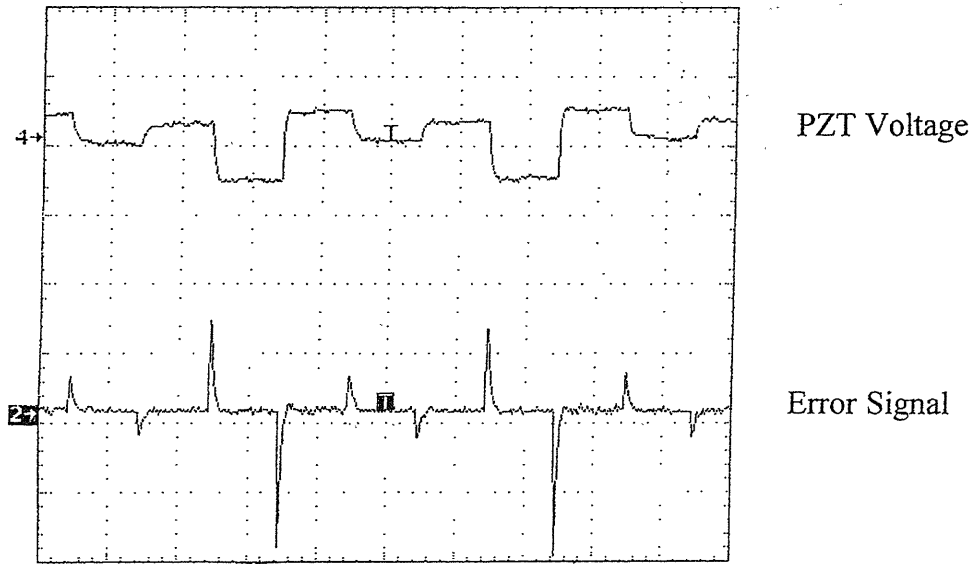


Fig. 3 発振線を切り替えた場合のPZT電圧と誤差信号⁴⁾

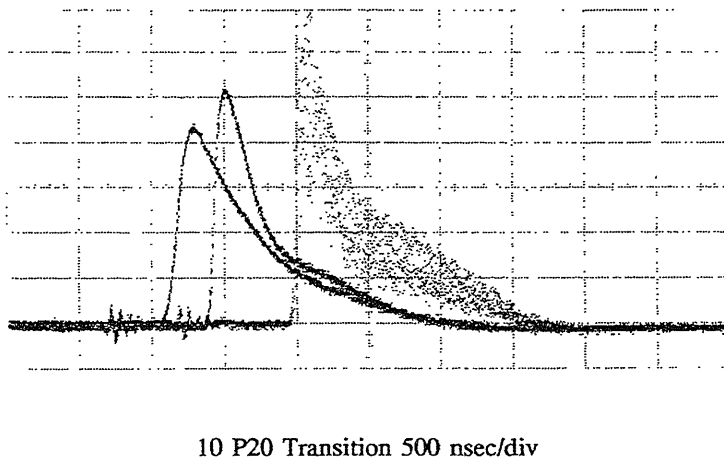


Fig. 4 TEA レーザーの出力波形⁴⁾

引用文献

- 1) 杉本伸夫, 地上衛星間レーザー長光路吸収測定用リトロフレクター(RIS), 日本リモートセンシング学会誌 13, (1994) 376-380.
- 2) R. J. Nordstrom, L. J. Berg, A. F. DeSimone, and N. Sugimoto, Time-Gated Gain Cell for Frequency-Stable, Single-Longitudinal-Mode Operation of a TEA CO₂ Laser, Rev. Sci. Instr. 64 (1993) 1663-1664.
- 3) R. J. Nordstrom, L. J. Berg, A. F. DeSimone, and N. Sugimoto: Single-Longitudinal-mode Operation of a TEA CO₂ Laser Using a Time-Gated Gain Cell, Rev. Laser Engineering 22 (1994) 54-61.
- 4) L. Berg, A. DeSimone, Proc. 9th RIS Science Team Meeting, Tokyo (1995).