

10. CO₂ Sequence laserにおける緩和過程 (回転温度, 反転分布数比, 分子数密度絶対値の測定)

横山 康久

[序文]

CO₂ Laser には、低い振動励起状態間で発振する最も強い Regular Laser と、より高い振動励起状態間で発振する Sequence Laser がある。Regular Laser については、過去にも多くの実験が行なわれ、その発振機構及び緩和過程についてはよく解明されているが、Sequence Laser については、その発振の難しさにより、未だよく解っていない。今回、10.6 μm Regular、Sequence 両 Band の各振動回転遷移について Small Signal Gain を測定し、Gain Profile から、発振機構の解明に重要な情報を与える両 Laser 準位の回転温度、反転分布数比、分子数密度の絶対値の測定を行なった。また、Gain Profile の異種ガス (He, N₂) の影響による変化も測定した。そして、これらの結果に対して緩和過程のモデルを設定し Sequence Laser の発振機構の定量的な考察を行なう。

[原理]

CO₂ Laser の P-branch における Small Signal Gain の J-Profile は、Laser スペクトルの型をドップラー型と仮定すると、理論的に次のように表わされる。¹⁾

$$\alpha_p = \frac{A \cdot J}{T_{rot}} \left\{ R \cdot \exp\left(-F_1(J-1) \frac{hc}{k T_{rot}}\right) - \exp\left(-F_2(J) \frac{hc}{k T_{rot}}\right) \right\} \cdots (1)$$

$$F_1(J), F_2(J) = B_1 J(J+1), B_2 J(J+1)$$

$$R = \frac{N_1 B_1}{N_2 B_2} \quad A = \frac{8\pi}{3k} \sqrt{\frac{Mc^2}{2\pi kT}} K_{12} \cdots (2)$$

N_1, N_2 = Laser 上, 下レベルの分子数密度

T_{rot} = 回転温度 : J = 下レベルの回転量子数

(1) 式の A, R, T_{rot} をパラメーターとして、Regular Band の J-Profile の実験値に対して best fit することにより Regular Band の $T_{rot}, N_1/N_2, N_1, N_2$ を決定した。次に、Regular、Sequence 両 Band のピーク gain の比が経験的に、

$$\frac{\alpha_{seq}}{\alpha_{reg}} = 2.1 \frac{N_{s1} - N_{s2}}{N_{r1} - N_{r2}} \cdots (3)$$

の関係があることから、Regular Band の分子数密度 N_1/N_2 を使い、Sequence Band の分子数密度を決定した。この値を (1) 式に代入し、 T_{rot}, R をパラメーターとして、Sequence Band の Gain Profile の実験値に対して best fit させることにより、回転温度、反転分布数比の値を決定した。

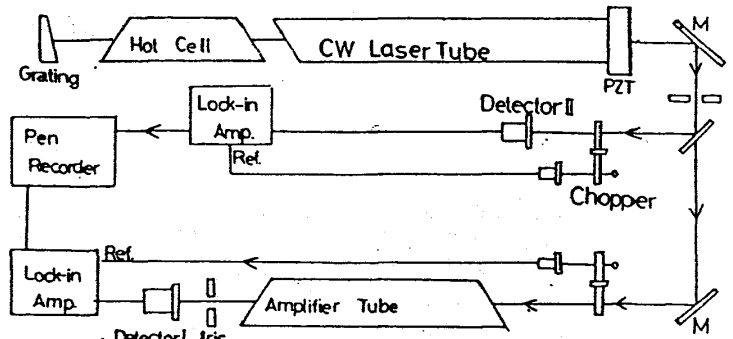
[実験装置]

(Fig. 1) に装置図を示す。Laser 発振器内に、Regular Laser の発振をおさえ、Sequence Laser を発振させるための高温吸収セルを入れてある。また各 Laser 発振線に対して利得を最大にするために PZT をつけている。得られた Laser 光は、二つのパスに分けら

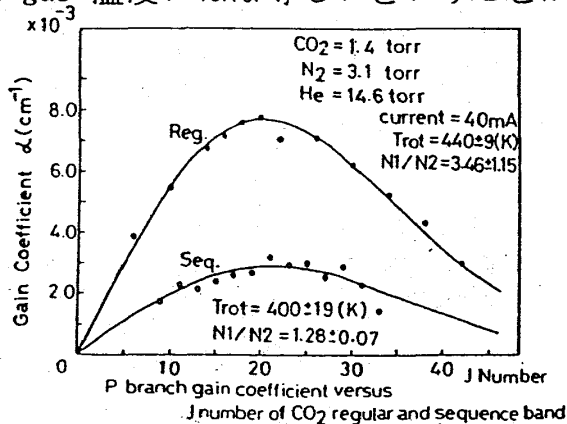
れ、一方を Laser増幅管を通してDetector Iで、もう一方を reference 光として直接Detector IIで受光し、それぞれLock-in amp.を通してPen-Recorder で出力を記録した。

[結果と考察]

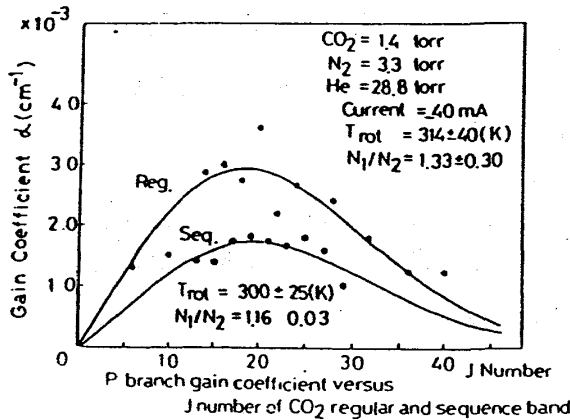
(Fig. 2) に最適 Gas組成での実験結果、(Fig. 3, 4) にそれぞれN₂, Heの分圧を変化させた時の実験結果を示す。これらの結果から Regular band の回転温度T_{rot}(Reg.)に比べ Sequence band の回転温度 T_{rot}(Seq.)は幾分低くなるという結果を得た。回転緩和が非常に速いために、回転温度は gas 温度にほぼ等しいということが知られている。今回の実験では、T_{rot}(Reg.)に比べT_{rot}(Seq.)方が Gas 温度に近いという結果が得られた。これは Regular laser と Sequence laserの発振機構の違いによるものと思われるが、今後定量的な解析を行なう予定である。尚、異種Gasの影響については、Heは Laser 下レベルの緩和を速め、T_{rot}を下げていることがわかる。N₂は Laser上レベルへの励起を速め、T_{rot}を上げていることがわかった。



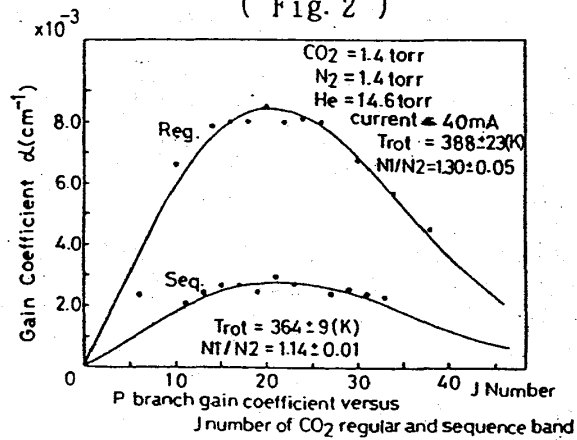
(Fig. 1) 装置図



(Fig. 2)



(Fig. 3)



(Fig. 4)

	CO ₂ :N ₂ :He=10:23:107		CO ₂ :N ₂ :He=10:24:212		CO ₂ :N ₂ :He=10:10:107	
	Reg.	Seq.	Reg.	Seq.	Reg.	Seq.
Trot(K)	440 ± 9	400 ± 19	314 ± 40	300 ± 25	388 ± 23	364 ± 9
N1/N2	3.46 ± 1.15	1.28 ± 0.07	1.33 ± 0.30	1.16 ± 0.03	1.30 ± 0.05	1.14 ± 0.05
N1 (cm ⁻³)	2.3 × 10 ¹⁵	1.4 × 10 ¹⁵	1.6 × 10 ¹⁵	0.8 × 10 ¹⁵	6.0 × 10 ¹⁵	1.8 × 10 ¹⁵
N2 (cm ⁻³)	6.6 × 10 ¹⁴	1.1 × 10 ¹⁵	1.2 × 10 ¹⁵	7.1 × 10 ¹⁴	4.6 × 10 ¹⁵	1.6 × 10 ¹⁵
N1/N(tl.)	5.0 %	3.1 %	3.7 %	1.9 %	18 %	5.2 %
N2/N(tl.)	1.4 %	2.4 %	2.7 %	1.6 %	14 %	4.6 %

(Table 1)