

CO₂レーザヘテロダインシステムの感度測定 Sensitivity Study of CO₂ Laser Heterodyne System

石津 美津雄, 板部 敏知, 林 理三雄
Mitsuo Ishizu, Toshikaz Itabe, Risao Hayashi

郵政省 電波研究所
Radio Research Labs.

1. はじめに

赤外光のレーザヘテロダイン検波は局発レーザの波長安定度で決まる高い波長分解能が得られると同時に、量子限界に達する感度と受信光学系の回折限界の空間分解能が得られる。これらの特徴を利用して、大気中の微量気体成分の測定システムを開発中である。今回は局発レーザにCO₂レーザを使用してシステムを試作し、量子限界の感度を得るため報告する。また、半導体レーザを使用したシステムについても報告する。

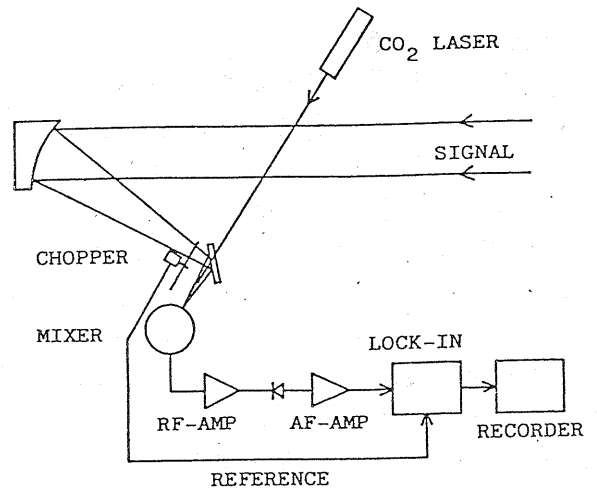
2. CO₂システム

システムブロック図をオ1図に示す。信号光は軸はずし放物面鏡により集光され、ビームスプリッタで局発レーザビームと重ね合わせられ、ミキサに入射する。生じたIF信号は増幅・検波され、光学クォーツには同期したロックインアンプを通して出力となる。光学系は回折限界の性能が得られることと、信号光と局発光の光軸が正確に一致するよう試作された。ミキサ以後のIF系は、現実的な局発電力の値 $\sim 300 \mu\text{W}$ で量子限界に達するように、高量子効率のHgCdTeダイオードと低雑音アンプを使用した。システム諸元を表1にまとめた。

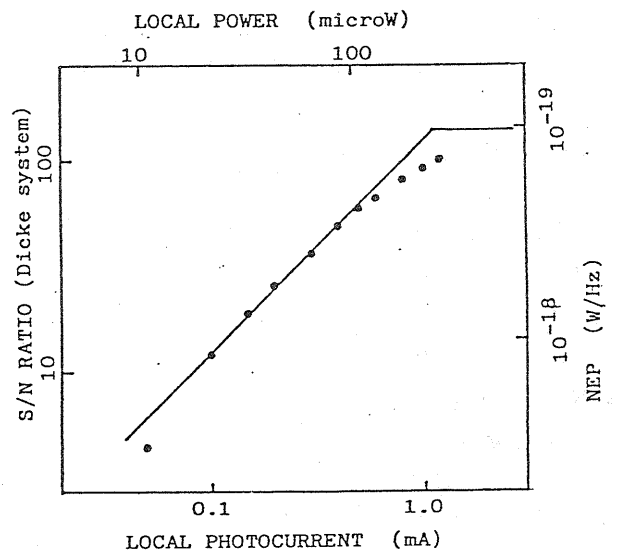
システム感度は10m遷方のSiCヒータ(1100K)を信号源として測定した。信号電力は $2.1 \times 10^{-13} \text{W}$ である。局発電力を変えたときの出力信号のS/N比と、これより換算したNEPの変化をオ2図に示す。局発電力 $270 \mu\text{W}$ で最高感度 $1.4 \times 10^{-19} \text{W/Hz}$ が得られた。これは表2に見積った種々の損失の合計より求めたNEPの限界値に一致し、システムは理想的に動作したと考えられる。

3. ダイオードレーザシステム

システムブロック図をオ3図に示す。局発レーザは富士通製のPbSnTe単モードレーザで、出力は $100 \mu\text{W}$ である。信号光と局発光はビームスプリッ



オ1図. CO₂レーザヘテロダインシステム



オ2図. システム感度の局発電力依存性

タで集め合わされて、レンズ (ZnSe 1"φ F5) によりミキサに集光される。ミキサ以後のIF系はCO₂システムと同一である。システム諸元は表1に示した。

このシステムはレンズの収差等により現在のところ3 μWの局発電力しかミキサに入射してない。従ってNEPもCO₂システムの値のほぼ1/100の 1.1×10^{-17} W/Hzが得られている。

4. まとめ

CO₂レーザヘテロダインシステムは量子限界の感度が得られた。今後、このシステムをもとに後信波長同調可能なダイオードレーザシステムを改良し、環境計測へ応用する目標である。

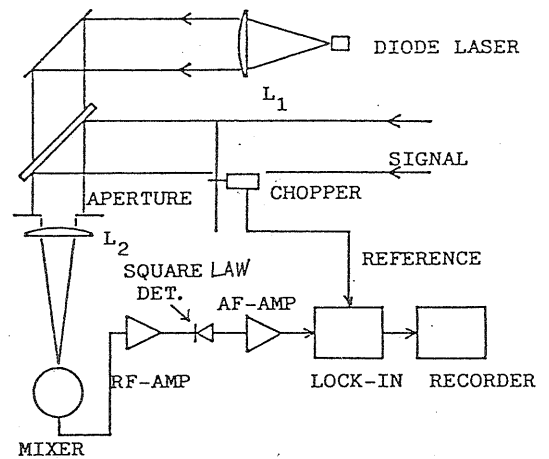


図3. ダイオードレーザヘテロダインシステム

表1. レーザヘテロダインシステム諸元

	CO ₂ LHS	ダイオードLHS
局発光源	SYLVANIA #950 P18 (9.536 μm), 2.5W	富士通 NG73-1-2 λ = 9.6 μm, 75K 80mA
局発光集光	なし	4eレンズ (1"φ, F1)
信号光集光	軸はずし反射物面 SORL社 32φ f150mm	ZnSeレンズ (1"φ, F5)
信号光と局発光の波面合成	平面波 - Airy	平面波 - 平面波
ミキサ	NERC社 200 μm ² η = 60%	同
IF帯域幅	200 MHz	同
積分時定数	1 sec	10 sec
NEP/B	1.4×10^{-19} W/Hz	1.1×10^{-17} W/Hz

表2. ヘテロダイン損失

	CO ₂ LHS	ダイオードLHS
ミキサ量子効率	0.6	0.6
ビームスプリッタ	0.7	0.5
波面合成効率	0.7	1.0
チョッパ	0.5	0.5
計	0.15	0.15
NEP/Bの限界	1.4×10^{-19} W/Hz	1.4×10^{-17} W/Hz