

可搬型RM-CWライダーの製作と動作特性

CONSTRUCTION OF A PORTABLE RM-CW LIDAR

竹内延夫、馬場浩司*、桜井捷海*、佐藤家郷**、石河直樹**

N.TAKEUCHI, H.BABA*, K.SAKURAI*, Y.SATO** and N.ISHIKAWA**

国立公害研究所、東京大学・教養*、明星電気(株)**

NATIONAL INST. FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, THE UNIV. OF TOKYO,*
MEISEI ELECTRIC CO.**

[はじめに] 疑似ランダム変調CWライダー¹⁾(以下RM-CWライダーと略す)の基本的性質とAPDレーザーを光源とした基礎実験については前回報告した。今回は可視域半導体レーザーを光源とした可搬型RM-CWライダーを製作したので報告する。

[装置と特徴] 半導体レーザーは1)10mW以上の連続出力が得られる、2)小型で電力消費量も少なく、ライダーの軽量化が可能である、3)駆動電流による変調が容易である、4)低価格で入手が容易である、などの特徴を持つ。

製作した可搬型ライダーは、測定距離100m~1kmの排煙・排ガス中のエアロゾルや混合層構造、雲底高度・視程等の観測を目的として設計され、次の特徴を有する:

1. M系列RMコードで駆動電流を変調、
2. 小型軽量で1人で運搬可能、
3. 干渉フィルターにより波長安定化(講演37)
4. 検出器にAPDを使用
5. 相関器を内蔵し、高速演算が可能
6. Aスコープの実時間表示が可能。

システムは送受光系のヘッド(三脚で固定)、信号処理部、制御用マイコンの3部分から構成されている。その仕様を表1に、ブロック図を図1に示す。

[装置の性能] 雑音として、信号光、背景光によるショット雑音、暗電流雑音、増幅器雑音を考慮すると、APDを検出器としたときのS/Nは

$$S/N = \frac{\sqrt{M} \sqrt{\bar{G}} \frac{N+1}{2} P_0 G_j}{\sqrt{N} \sqrt{F} \sqrt{\frac{N+1}{2} P_0 \bar{G} + b + \frac{R_V}{e \eta_a} I_d + \frac{R_V}{2e \eta_a} \frac{4kT A F_t}{R_L M_D^2}}}$$

$$G_j = \eta_a (\cos^2 \theta) A_r \beta_r(R) T_r(R)^2 Y(R) / R^2$$

と表わされる。Mは積算周期数、 \bar{G} は G_j の平均値、 M_D はAPDの増倍率、 F_t は雑音指数、 R_L は増幅入力等価抵抗、その他で表1にない定義は通常のものである。N=127のときに、表1の数値を用いて測定時間1秒のS/N値を計算すると図2を得る。図2では増倍率 $M_D=100$ 、昼間の背景光強度を $8 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2/\text{nm}/\text{sr}$ 、夜間の背景光強度を0とした。また比較のために光電子増倍管(PMT)を使用した場合を併せ示した。PMTでは $\eta_a=0.1$ (780nm)、 M_D (増倍率) $=10^4$ を仮定した。PMTでは M_D が大きいため増幅器雑音は無視できる。図2の結果から、APDでは増幅器雑音でS/Nが支配

表1 装置の仕様

レーザー	GaAlAs-DL (シャープLI-021HC)	
波長	~778nm (15°C)	
出力P	10mW	
変調電流	20mA (max)	
温度調整範囲	10-30°C	
波長可変範囲	7nm (20°Cに相当)	
ビーム拡がり	1mrad (コリメータ後)	
疑似ランダム変調		
コード	2値M系列	
要素数N	4095(63, 127, 225, 511)	
ゲート時間 Δt	30ns (最小)、67ns (通常使用値)	
距離分解能 ΔR	4.5m (最小)、10m (通常使用値)	
周期T=ゲート時間 Δt x 要素数N		
受光光学系		
望遠鏡	カセグレン型反射式	
口径	13.5cm	
合成焦点距離	28.5cm	
受光視野角	2mrad	
狭帯域干渉フィルター	バンド幅	1nm
検出器	APD (三菱PD1005)	
量子効率	$\eta_a=0.7$	
暗電流 I_D ($V_B=50V$)	0.3nA	
過剰雑音 $F=M_D^x$	$x=0.25$	
増倍率 M_D	100 (typ.)	
レーザー望遠鏡間隔	約20cm (平行)	
信号処理部		
ADC	3ビット (サンプリング時間20ns)	
積算	2 ¹⁶ まで	
相関演算	専用ボード	
制御・表示	マイコン	
増幅器		
入力抵抗 R_L	51Ω	
雑音指数 F_t	1.4 (1.5dB)	
増幅度	2500 (68dB)	

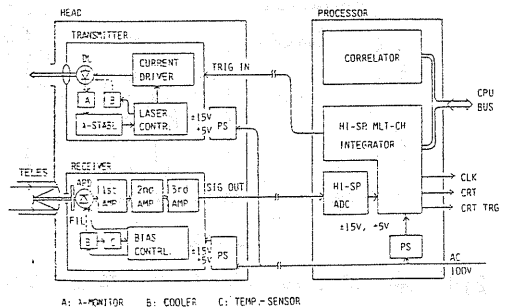


図1 システムのブロック図

され、昼間と夜間の差は小さい。一方、PMTでは背景光雑音が大きく影響し、昼間ではAPDの $\eta_Q (= 0.7)$ が大きいことによってPMTより大きなS/N値を得ることが示されている。

〔送受光系の動作特性〕 システムの代表的動作特性として半導体レーザーの時間応答特性とAPDの信号および雑音出力のバイアス電圧(V_B)依存性を調べた。

半導体レーザーは図3に示すように閾値電流40mAであるので、時間応答が速くなるように常に40mAの電流を流している。半導体レーザーの応答特性は実測から立上がり、立下がりとも約30nsを要するが、忠実に67nsの周期で繰返している。トリガーに対し発振波形は60nsだけ遅れているが、15MHz(67ns)の繰返して正しく動作している。APDの特性を調べるために背景光を模擬的に与えて、パルス動作のLED光を重畳させて、ことなる温度条件(-20°C~40°C)の下で、増倍率および雑音特性を測定した。20.7°Cにおける結果を図4に示す。通常使用される増倍率100は $V_B = 151V$ で得られる。現在の使用条件では、増幅器雑音、(151Vにおける)背景光雑音とも、暗電流雑音より大きいので、APDを冷却してもS/N比が改善される効果は期待されない。しかし、 $V_B = 150V$ において $(\partial M/\partial T)_{V_B} = -1.3/^\circ C$ であるので、増倍率の変動を1%に抑えるには温度の変動を0.8°C以下に安定化する必要がある。

〔信号処理系〕 本システムの信号処理系はマイコンからベーシックでマクロコマンドを入力して処理を指示することが可能である。

〔基礎測定〕 プラスティックのコーナーキューブをターゲットとして得られたエコー波型を図5に示す。

〔おわりに〕 以上で半導体レーザーを光源としたRM-CWライダーの装置について報告した。M系列はゆっくりした変動成分を軽減する性質もっており、M系列を利用したRM-CWライダーは大気のゆらぎの影響を受けにくい特徴をもつことも併せ報告する。

〔信号処理系〕 本システムの信号処理系はマイコンからベーシックでマクロコマンドを入力して処理を指示することが可能である。

〔基礎測定〕 プラスティックのコーナーキューブをターゲットとして得られたエコー波型を図5に示す。

〔おわりに〕 以上で半導体レーザーを光源としたRM-CWライダーの装置について報告した。M系列はゆっくりした変動成分を軽減する性質もっており、M系列を利用したRM-CWライダーは大気のゆらぎの影響を受けにくい特徴をもつことも併せ報告する。

- 1) H. Takeuchi et al: Appl. Opt. 22 1382(1983)
- 2) 竹内他: 第8回レーザーダシボ(長野) p. 71 (1982)
- 3) 上野敏行: 私信

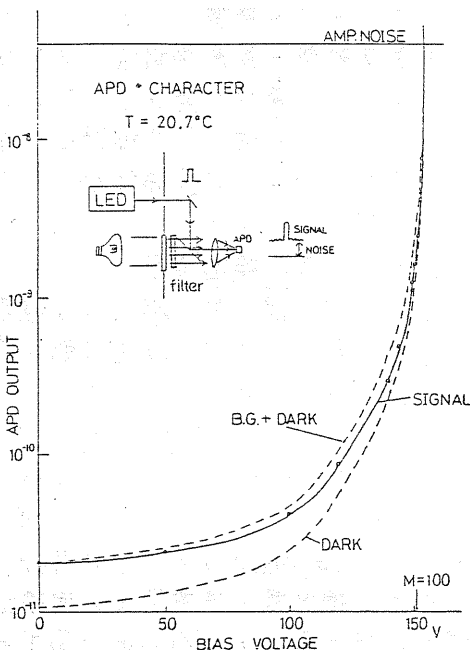


図4 APD出力の V_B 依存性

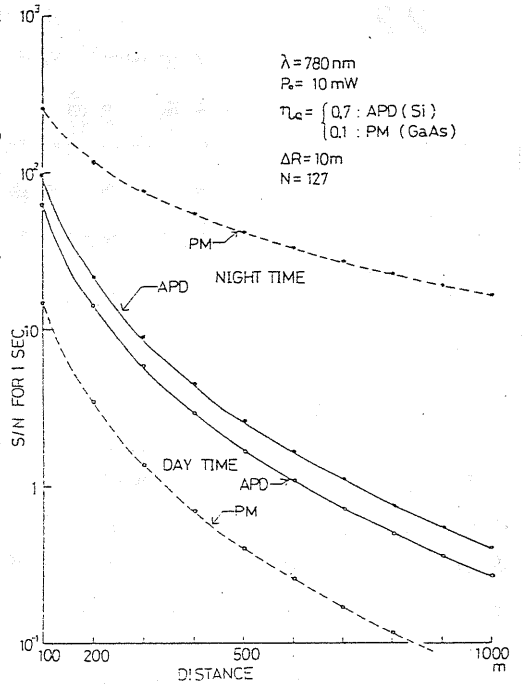


図2 S/N値(計算値)

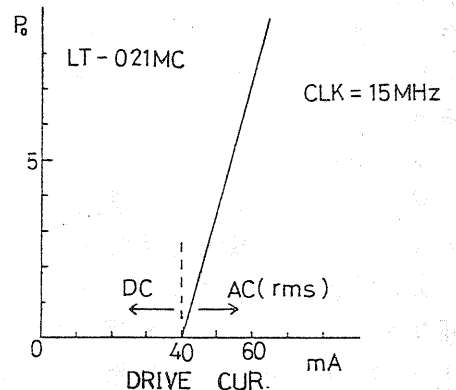


図3 レーザー出力の励起電流依存性

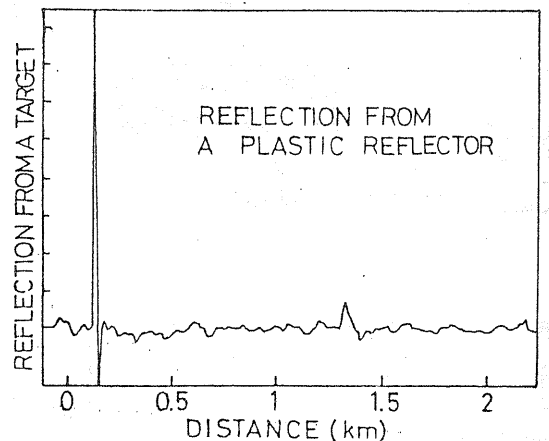


図5 ライダーエコー(トポグラフィックターゲット)