

1, はじめに

ライターは、大気状態の有効な遠隔計測法として、これまで数多くの成果が報告されてきた。本研究は、比較的局所域のしかも近距離の大気汚染や雲分布の高分解な計測を目的とし、ピコ秒パルスレーザーを光源としたコンパクトで安価な、高速応答性と高精度なデータの得られる受光システムを考案し、検討したのでその結果について報告する。

2, システムの概要

本システムは、ピコ秒パルスレーザーを発射し、散乱光を受光する“光学系”と、受光した光を増倍し、電気信号に高速変換する新しい“検出系”と、得られた信号を処理・表示する“処理系”とから構成される。その構成図を Fig. 1 に示す。

システムの動作原理を簡単に述べる。最初レーザーから発射されたピコ秒パルスの後方散乱光は受光望遠鏡で集光され、集束ビームは電気光学偏向器 (EOD) で空間的にアナログ掃引される。この掃引光は凹レンズで広げられ、マイクロチャンネルプレート (MCP) 前面の光電陰極を照射する。更にプレートで電子増倍の後に再び蛍光面で光に変換する。その蛍光面に光アレイセンサーを密着し、時間差信号光を空間上の信号として検出される。これはいわばストリーク管の電子走行の代わりに光ビーム走行を用いる方法である。電気信号はアレイセンサー上に蓄積され、走査信号で所定の速さで呼び出し、AD変換の後、ホストコンピューターで随時処理し、実時間で大気分布等のプロファイルを表示しようとするものである。このシステムは、ストリーク管とSITカメラを兼ねかつ安価に構成できアレイセンサーを用いることによるコンピューターとの直結がし易い点などが特徴である。

空間分解能は、用いるピコ秒パルスの幅、EODの高速度と分解能、及びMCPとアレイセンサーの空間分解能などに依存するが、数十 psec の応答特性を有するシステムは比較的容易に構成できる。

本システムの測定対象としては、近距離、局所域のエアロゾル分布、境界層、汚染排ガス分布、雲の構造・マッピング、更には偏光解消測定からの散乱体粒子の形状分布などへの応用が考えられる。

以下に本システムの解析と性能についての検討結果を述べる。

3, システムの解析的検討

ピコ秒パルスレーザーは、現在数 psec パルスの発振は容易であることから、分解能はもっぱら受光システムによって決る

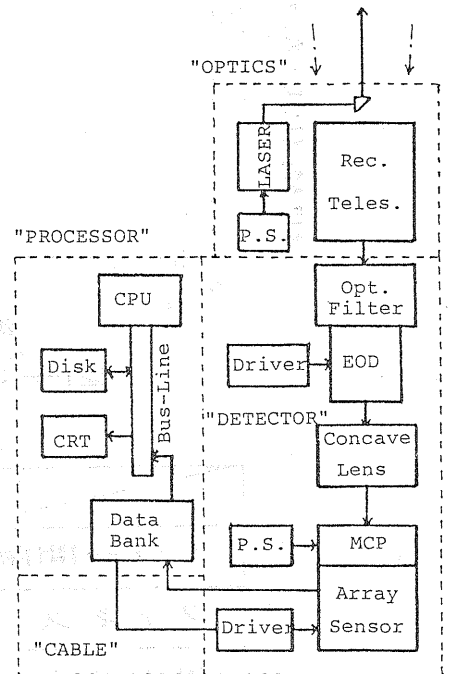


FIG.1 BLOCK DIAGRAM OF SYSTEM.

と考えられるので、本ライダーシステムの性能を評価するために、a) 受光システムと、b) ライダーとしてのシステムの性能について検討した。

a) 受光システムの性質

本解析の模式図をFig. 2に示す。まず分解能について検討する。今、mode locked Nd-YAGレーザーを用いてC. L. M. IRELANDS<sup>(1)</sup>の提唱したLiNbO<sub>3</sub>結晶の四重極EODを用いるとする。このEODに総掃引時間 $t \sim 4 \text{ nsec}$ をランダム電圧 $V(t) = 8 \text{ kV}$ を印加させた時、偏向角 $\theta \sim 0.9^\circ$ 、解像点数 $N \sim 40$ 点を得られる。また、アクセス時間 $\tau \sim 100 \text{ psec/点}$ であり、時間分解能 $\Delta t$ は、 $\Delta t \sim \tau/2N$ を近似的に与えられるから、 $\Delta t \sim 50 \text{ psec}$ となる。

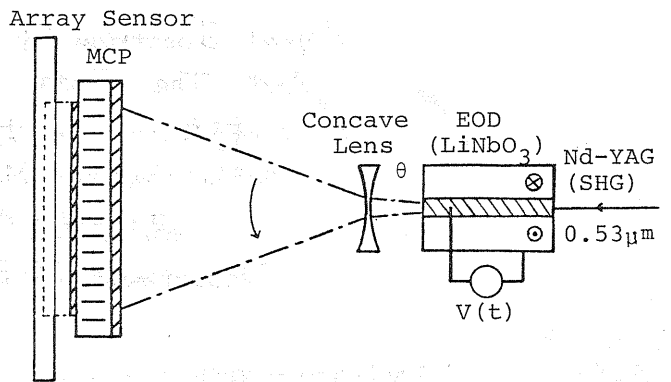


FIG. 2 ANALYTICAL ARRANGEMENTS.

この時間分解をもつ偏向ビームをMCPの光電陰極に照射し、量子効率0.2、電流利得 $5 \times 10^5$ 倍を増幅しアレイセンサーを検出する。MCPの位置分解能は約 $30 \mu\text{m}$ である。アレイセンサーは、 $14 \mu\text{m/bit} \times 1024 \text{ bit}$ を用いるとすると、総掃引時間 $4 \text{ nsec}$ を約 $14.3 \text{ mm}$ に空間掃引して、アレイセンサービット当たり約 $4 \text{ psec}$ となる。MCPの空間分解はそれより悪いから約 $8 \text{ psec}$ が最大検出可能な分解となる。

しかし、実際にはライダーとしての空間分解はこれ程必要ではなく、 $50 \text{ cm}$ もあれば充分であることから、本システムは総掃引時間を約 $140 \text{ nsec}$ 程度まで落して用いれば良いことになる。

次に、感度については、アレイセンサーの構成要素のフォトダイオードの内、典型的なSiを想定すると、 $\lambda = 0.53 \mu\text{m}$ での最小検出可能信号パワー $P_{\text{min}} \sim 4 \times 10^{-6} \text{ W}$ である。ここで次項b)の理論計算から求めた距離 $1 \text{ km}$ からの受光信号パワー $P_r(R) = 6 \times 10^{-11} \text{ W}$ である。これが総利得 $10^5$ をもつMCPで電子増倍されるから受光信号のアレイセンサーによる検出は可能となる。

b) ライダーシステムの性能

ライダー方程式から得られる受信信号光パワーに信号雑音比(S/N)の式を当てはめて、下表の本システムのパラメータ値を代入して理論的S/Nを求めた。その結果をFig. 3に示す。

Tab. 1 S/Nの理論的計算に用いた数値	
レーザーピークパワー	100 kW
パルス幅	30 psec
波長	530 nm
幾何光学的効率	$\sim 1$
光学系効率	$\sim 0.5$
視程	1 km
フィルターの透過帯域	$\sim 1 \text{ nm}$
受光面積	$\sim 0.05 \text{ m}^2$
視野	$\sim 10^{-6} \text{ sr}$
アレイセンサー量子効率	$\sim 0.3$
背景光輝度	$\sim 8 \times 10^{-2} \text{ W/nm sr m}^2$

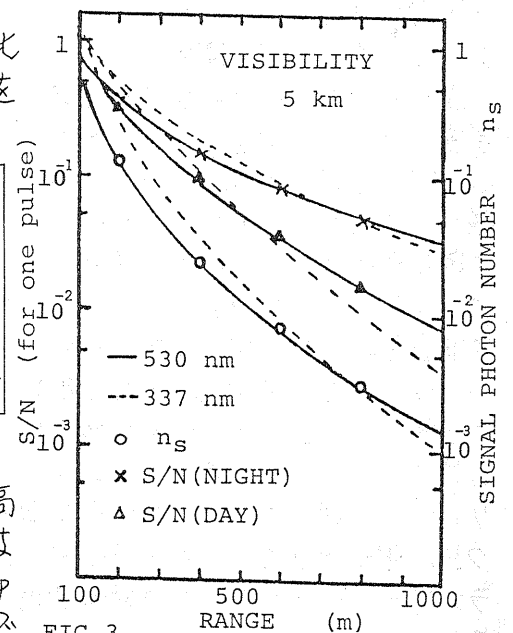


FIG. 3 THEORETICAL SIGNAL PHOTON NUMBER & SIGNAL TO NOISE RATIO.

4. おまけ

ここでは、考案した高速応答可能な検出システムを用いる高精度ライダーシステムについて検討した。システムの分解能は主にEODの解像度によって決るが、ピークパワー100kWを100psecのレーザーパルスを用いて、空間分解50cmを約2kmまでの至近距離の測定が可能となった。

文献(1) C. L. M. Ireland: Opt. Comm. 30, 99 (1979)  
本研究は、文部省環境科学特別研究課題番号58035007によるものである。