

Eye-safe photoncounting lidar system using a wavelength of 1.54 μm has been developed. The wavelength was generated by a Raman shifted Nd:YAG laser in methan cell. Scattered laser beam from the atmosphere was collected by a telescope with a diameter of 20 cm and detected by an InGaAs-APD (Avalanche Photo Diode). Advantage of 1.5 μm for lidar application was discussed. Observation of clouds clearly showed that their temporal behavior and spatial distribution up to altitude of 7km.

はじめに

我々は、市街地などでライダー観測を行なう際の目に対する安全性を考慮するため、近赤外域のアイセーフ波長 1.54 μm を送信系レーザに用い、受信系には近赤外域に感度を持つ光検出器 InGaAs-APD (Avalanche Photo Diode) を用いた光子係数型ライダーシステムの開発を行なった。今回は開発したアイセーフ光子カウンティングライダーシステム、ライダー観測における波長 1.5 μm の優位性、観測結果について報告する。

ライダー観測における波長 1.5 μm の優位性

本ライダーシステムは、送信系レーザに波長 1.5 μm を使用した。ライダー観測において、この波長を用いる利点について検討する。

- 1) 可視域のレーザに比べて最大許容露光量が約 10^6 倍高く、目に対する安全性が高い。
- 2) Nd:YAG レーザの第二高調波である 532nm と比較して、大気構成分子によるレイリー散乱の体積後方散乱係数が約 1/80 となり、散乱光はエアロゾルによるミー散乱が支配的となるため、大気分子に依存しないエアロゾルライダーとして用いる事ができる。
- 3) 光ファイバの損失が最も少ない波長帯であるため、光通信用に開発された様々な光デバイスが使用できる。また、光通信を利用した屋外での観測にも応用が考えられる。

これらの利点から従来のライダーシステムには無い、安全で実用的なシステムであるという特長を持っている。

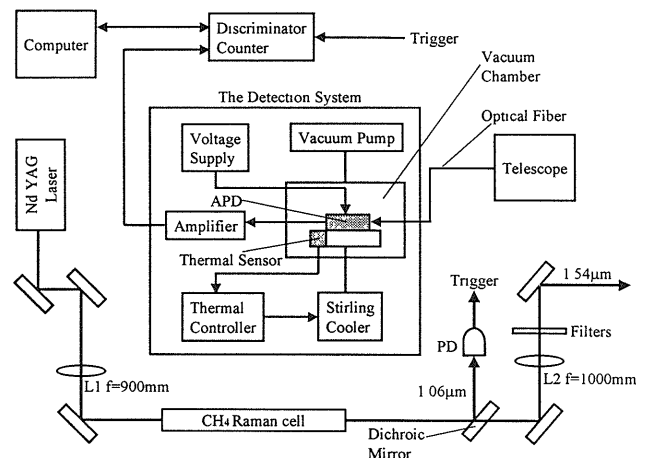


Fig.1.Schematic layout of the 1.54 μm photon-counting lidar system.

システム構成

Fig.1 に本ライダーシステムの構成、Table.1 にシステムの仕様を示す。

Nd:YAG レーザーの基本波 1.06 μm を、メタンガスを封入したラマンセルに集光して入射させ、誘導ラマン散乱によって波長変換を行い、波長 1.54 μm の送信レーザを得ている。誘導ラマン散乱によって発生したその他の波長は、フィルターによって除去し、ラマンセル後の Nd:YAG レーザーの基本波 1.06 μm は、ダイクロイックミラーで反射し、受信系のトリガー信号としている。

散乱信号はシュミットカセグレン型望遠鏡を用いて集光され、光ファイバ付きの光検出器

InGaAs-APD に入射する。InGaAs-APD は、真空チャンバー内 (10^{-3} Pa) に設置され、さらに熱雑音を防ぐためスターリングクーラーで 153K に冷却されている。APD の出力信号はアンプで増幅後、マルチチャンネルスケーラによってカウントされる。

Table.1. Specification of the 1.54 μ m photon-counting lidar system.

Transmitter:	
Wavelength	1.54 μ m
Laseroutput	~10mJ/pulse
Pulse repetition rate	3.33Hz
CH ₄ gas pressure	2.94x10 ⁶ Pa
Pulse width	8ns
Beam diameter	6mm
Beam divergence	<0.3mrad
Receiver:	
Telescope	Schmidt Cassegrain
Diameter	200mm
Focas distance	2000mm
Field of view	25 μ rad
Detector	InGaAs-APD
Diameter	50 μ m
Bias voltage	-55.05V
Efficiency	2.5% (at 10 ⁻¹² [W])
Quantum efficiency	0.75 (at 1.54 μ m)

観測結果

本ライダーシステムを信州大学工学部情報工学科棟 6 階 (地上約 20m) に設置して行なった、鉛直方向の観測結果の一例を Fig.2 (2001 年 10 月 5 日の午後 7 時 20 分から午後 11 時 30 分)、Fig.3 (2001 年 10 月 15 日の午後 11 時 45 頃) に示す。

観測を始めた午後 7 時 20 分頃は、上空は晴れていたが所々に雲があった。午後 7 時 50 分~8 時 50 分にかけてそれらの雲が移動し、約 3km の高さに信号として現れている。その後新たに 1km~2km にかけて雲が現れ、信号として捕らえられている。この観測結果から約 4 時間の間、1km~3km の雲の動きを捕らえており、開発したアイセーフライダーシステムの実用性が確かめられた。また、別の観測では 7km 上空の雲を捕らえる事が出来ている。

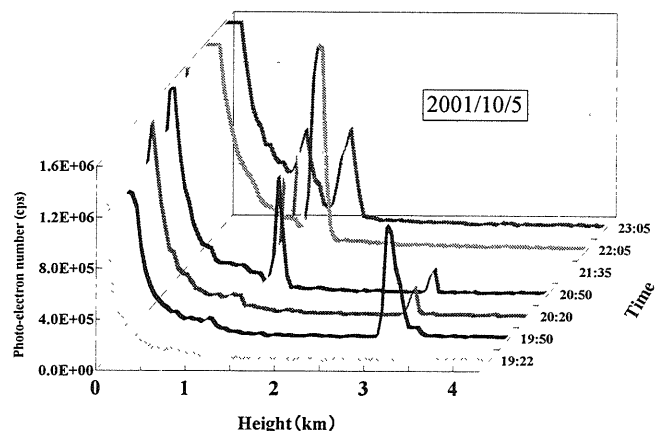


Fig.2. Time dependent vertical profile of the clouds distribution in the lower atmosphere (laser energy: 4mJ, range resolution: 48m, accumulation: 5000 pulses).

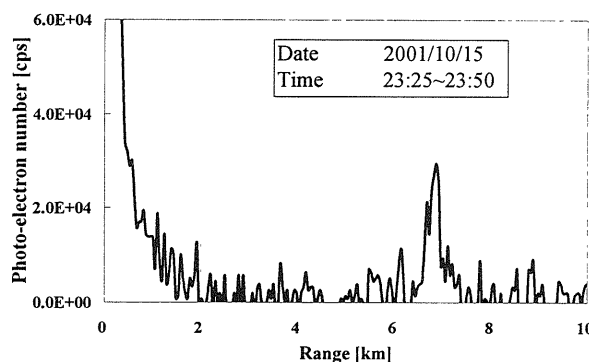


Fig.3. Signal from the clouds of 7km (laser energy: 4mJ, range resolution: 48m, accumulation: 5000 pulses).

おわりに

従来、ライダーにはあまり用いられていなかった波長 1.54 μ m を光源としたアイセーフフォトンカウンティングライダーシステムを構築し、数 km 上空の雲構造の時間変化を捕らえることが出来た。

送信系に誘導ラマン散乱を用いているため、Nd:YAG レーザの基本波 1.06 μ m の他に、数波長のストークス光、アンチストークス光が発生する。将来的には、これらの波長を組み合わせた多波長発振ライダーシステムとして用いる事も可能である。ライダー大気観測データの少ない波長帯であるため、今後はその特性をさらに把握する予定である。