

CO₂鉛直分布測定用 1.6μm 帯 DIAL 受信部固体検出素子の性能評価

Evaluation of the Solid Detecting Devices for the Receiving System of 1.6μm CO₂ DIAL

永井 智広¹、長澤 親生²、阿保 真²、柴田 泰邦²、酒井 哲¹、中里 真久¹
Tomohiro NAGAI¹, Chikao NAGASAWA², Makoto ABO²,
Yasukuni Shibata², Tetsu SAKAI¹ and Masahisa NAKAZATO¹

¹気象研究所 気象衛星・観測システム研究部

²首都大学東京 システムデザイン学部

¹Meteorological Research Institute, ²Tokyo Metropolitan University

Abstract

The receiving system of the CO₂ DIAL system with the direct detection detector using the 1.6μm carbon dioxide (CO₂) absorption band is designed and the test system is being developed. The newly developed Near InfraRed Discrete Amplification PhotoDetector (NIRDAPD) is selected for the replacement of the InGaAs APD and PMT. The expected photon detection efficiency is 8 to 16%. The high photon detection efficiency of NIRDAPD is verified, however, the higher dark noise decrease the signal to noise ratio below that of PMT. Thermo-electrically cooled NIRDAPD was developed quite recently. The low dark noise of the cooled type NIRDAPD must be increase the signal to noise ratio as high as that of PMT.

1. はじめに

1.6μm 帯の二酸化炭素の吸収線を用いた CO₂ DIAL の開発を行っている。我々のグループでは、高出力パルスレーザーの新規開発を行い、高感度の直接検波による受信を行い、CO₂ プロファイル計測が可能なことを示してきた（長澤 他 (2009)、Nagasawa et al. (2010)、長澤 他 (2010) 等）。これまでの開発では、検出器として 1.6μm 帯に感度を持つ光電子増倍管（PMT : Photo-multiplier Tube）を使用してきた。最近になり、1.6μm 帯でフォトンカウンティングが可能な固体検出素子が開発されている。本発表では、この素子の性能評価の進捗状況について報告する。

2. 固体検出素子

新しく開発された検出素子は、Amplification Technologies 社によって開発された NIRDAPD（Near InfraRed Discrete Amplification Photon Detector）である。従来の固体検出素子（InGaAs APD (Avalanche Photo Diode)）の増幅率が 10 程度であるのに対し NIRDAPD は 10⁵ 程度と非常に高いため、NIRDAPD ではリニアモード動作でフォトンカウンティングを行うことが可能である。このため、ガイガーモードの InGaAs APD でフォトンカウンティングを行う際に必要となるパルス発生後のクエンチングが不用となるため、デッドタイムの影響で実効的な効率が

低くなる InGaAs APD の欠点がなくなっている。また、光子検出効率は約 2% の PMT に比べ、8 ~ 16% とより高い効率を持っている。受光面は PMT の直径 1.6mm に比べて直径 200μm と小さいが、InGaAs APD とは同等であるため、この素子を使った設計（永井 他 (2008)）が流用できる。NIRDAPD（非冷却型及び冷却型）の諸特性を Table 1 に示す。

Table 1 Specifications of the electrically cooled and non-cooled NIRDAPDs.

	NIRDAPD	NIRDAPD TEC
Chip Size	700×700 μm ²	
Active Area	Φ200 μm	
Photon Detection Efficiency	8-16 % @ 1550nm	
Response Range	900-1700 nm	
Pulse Width (FWHM)	0.7 ns	
Typical Gain (M)	typ 2×10 ⁵	typ 8×10 ⁴
Excess Noise Factor	<1.05	
Time Resolution	typ 300-500 ps	N/A
Dark Count Rate	typ 10-60 Mcps	typ 1-10 Mcps
Operating Bias	50-60 V	
Cooling	N/A	two-stage peltiert cooler
Temperature	N/A	Room to -30°C
Pakage (size)	TO-5 (Φ9.1x5.1mm)	TO-8 (Φ15.2x8.4mm)

新しい検出器の性能を評価するため、口径 20cm の望遠鏡を用いたライダー受信部を作成し、受信実験を行った。Fig. 1 に NIRDAPD、及び、PMT (視野角 2.0mrad) による受信信号を示す。レーザー波長は 1572.016nm、パルスエネルギーは 0.8mJ、繰り返し 400Hz であった。ライダー信号は PMT 用の Transient recorder (Licel TR20-80) によって計測し、NIRDAPD の出力信号は帯域 500MHz の反転アンプで 75 倍増幅している。光子検出効率は期待通り高く、PMT の約 3 倍の効率を持っていることが分かった。しかしながら、バックグラウンドノイズが、約 0.2Mcps の PMT に対し、50~300 倍多いため、S/N 比としては PMT に劣る結果となった (Fig. 2)。

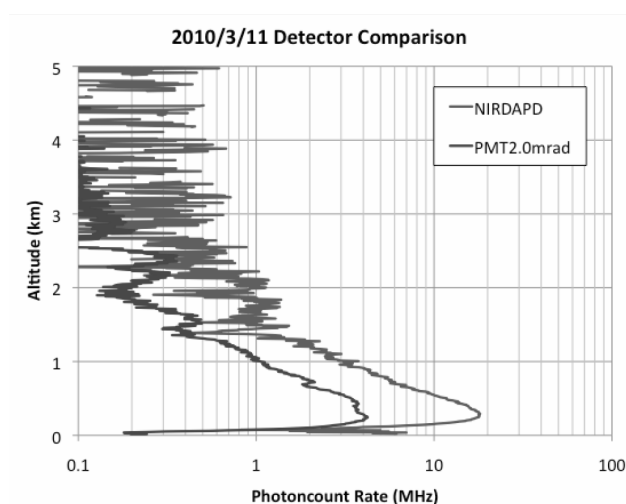


Figure 1 Comparison of the signal strengths of the sample data taken by the NIRDAPD and PMT. Background noises are subtracted.

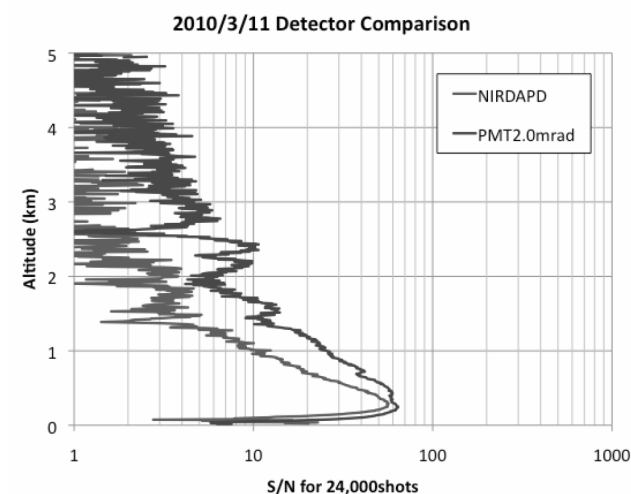


Figure 2 Same as Fig. 1, but signal to noise ratios are displayed.

3. おわりに

今回の受信実験では、NIRDAPD の光子検出効率が高いことは確認できたが、受光面が狭いことから来る狭視野 (約 0.15mrad) の問題や、増幅に用いたアンプの帯域の問題から、NIRDAPD の効率を低く見積もっていると考えられる。これは、NIRDAPD の狭い受光面に適した光学系や、NIRDAPD の出力に対応したトランジェントレコーダーで直接測定することにより、より良い S/N 比が得られると考えられる。また、冷却型 NIRDAPD については、入手が直前となったため間に合わなかったが、バックグラウンドノイズが 1/10 程度に低減されるため、こちらを用いることで更に良い S/N 比となることが期待される。

<謝辞> 本研究開発は、科学技術振興機構「先端計測分析技術・機器開発事業」及び文部科学省「科学研究費補助金 (基盤B)」により実施されている。

参考文献

- 永井 智広、長澤 親生、中里 真久、酒井 哲、阿保 真、柴田 泰邦、境澤 大亮 (2007) : CO₂ 鉛直分布観測用 DIAL のための 1.6 μ m 用受信系の開発 (I)、第 25 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、pp 161-164。
- 永井 智広、長澤 親生、中里 真久、酒井 哲、阿保 真、柴田 泰邦、境澤 大亮 (2008)、CO₂ 鉛直分布観測用 DIAL のための 1.6 μ m 用受信系の開発 (II)、第 26 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、pp 42-43。
- 長澤 親生、阿保 真、柴田 泰邦、永井 智広、中里 真久、酒井 哲、塚本 誠、誉田 高行 (2009) : CO₂ 濃度と風・気温の鉛直分布同時測定ライダーの開発、第 27 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、pp 68-71。
- 長澤 親生、阿保 真、柴田 泰邦、永井 智広、中里 真久、酒井 哲、塚本 誠、誉田 高行 (2010) : 直接検波法による高精度 1.6 μ m CO₂-DIAL の開発、第 28 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、講演番号 D-2。
- Chikao Nagasawa, Daisuke Sakaizawa, Makoto Abo, Yasukuni Shibata, Tomohiro Nagai, Masahisa Nakazato, Tetsu Sakai (2010) : Measurement of the Vertical CO₂ Profile using 1.6 μ m DIAL, Reviewed and Revised Papers Presented at the 24th International Laser Radar Conference, pp 640-642.