

LED ライダーの製品化へ向けたアプローチ

Approach to productization of LED-lidar

小川 芳弘、今井 正、岩田 紀幸、工藤 岳史 (株式会社シバサキ)

椎名 達雄 (千葉大学大学院融合科学研究科)

Yoshihiro Ogawa, Tadashi Imai, Noriyuki Iwata, Takefumi Kudo (SHIBASAKI Inc.)

Tatsuo Shiina (Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University)

Abstract

We developed new LED mini lidars for product purpose. They were designed as a compact and battery powered lidar. LED transmitter module was developed to make a short (10ns) and collimated (10.8mrad.) pulse beam. Its repetition frequency was high (<400kHz), the original photon counting board was developed. The lidar system can communicate with PC through wireless network. The LED mini-lidar can observe the atmosphere and fog by 280m at night.

1. はじめに

工場、ホール、トンネル等の閉所内大気中の粉塵、流出ガス等を容易に計測するには、生体に安全（アイセーフ）で手軽に持ち運び出来、AC電源が不要なライダーシステムが要望されている¹⁾²⁾。今回、レーザー光源の代わりにLED光源を使用した送信モジュールと小型筐体を新規に開発することにより、生体安全性と装置の小型軽量化を可能にするライダーシステムを実現した。更に、バッテリー動作および無線によるノートPCとのデータ通信を実現させるため、フォトンカウンティングボードとPCアプリケーションソフトを新規に開発したので報告する。

装置の光学系は、構造のシンプルさと拡張性を考慮して、送受信が独立した双頭型をベースに検討した。

2. パワーLEDを使用した送信モジュールの開発

LEDには、大電流を流すことが可能であるパワーLEDを採用した。パワーLEDは、大電流を流すことで高出力を得ることができるが、砲弾型LEDのようにレンズが付いていないため、配光の指向性が悪くコリメートが難しい。

第1段階として、送信口径をφ50mmと決めて市販レンズの組み合わせ構成を検討し、どの程度の出力と広がり角が得られるかをシミュレーション、実機検討を行った。その結果、レンズ2枚の構成でピーク出力が250mW（発光パルス幅：10ns）、広がり角が10.8mradの送信モジュールを作製することができた。

第2段階として、さらなるパワーアップのため、送信口径の制限をなくして検討を行った結果、送信口径φ96mm、レンズ3枚構成で、ピーク出力が300mW（発光パルス幅：10ns）、広がり角が5.2mradの送信モジュールを作製することができた。

※ピーク出力、広がり角は簡易的に測定した結果である。

3. 近距離計測用フォトンカウンティングボードの開発

基本性能の部分では、距離分解能の向上として、BIN幅を4ns、積算回数増によるSN比の向上と測定時間短縮による高感度化のため、繰返し周波数を最大400kHzとした。また、製品化を考えた場合、背景光の推定を規則的かつ正確に行う仕組みが必要と考えた。そこで、総BIN数512個のうち、32個を背景光推定用として、発光タイミング直前のカウントを利用することで、より遠い距離のカウント値を測定し、背景光カウントとして使用できるようにした。例えば、繰返し周波数400kHzの場合、発光タイミングから約2.5μs後のカウントを、100kHzの場合、発光タイミングから約10μs後のカウントを背景光と推定することが可能である。測定環境、測定対象によって、最適な積算回数と繰返し周波数を選択することで、より正確な背景光の推定が可能となる。

使い勝手の部分では、パソコンとのインタフェースをBluetooth接続とすることで、無線化を実現した。

ロジック部はFPGAで構成しているため、将来的な機能変更や、拡張性も兼ね備えている。

4. アプリケーションソフトウェアの開発

基本的な機能として、PMTの感度設定、PMT出力取り込み用コンパレータの閾値設定、積算回数設定機能を持ち、装置に触れることなく、パソコンからの制御を可能にした。また、連続測定にも対応し、上記設定に加えて、測定間隔、測定回数を設定することで、自動で計測を行うことができ、測定データ（生データ）は、無線を介してPCに転送され、テキストデータとして保存される。

Aスコープ、距離2乗補正グラフ、カラーマップ表示など、リアルタイム解析機能についても対応でき、今後、さらなる使い勝手の向上を検討している。

5. 試作機仕様と計測事例

上記検討結果を基に作製した試作機の外観を Fig.1 に、仕様を Table 1 に示す。装置サイズは、チルト角 0° 時、W266mm×H392mm×L387mm（本体のみ：W204mm×H280mm×L387mm）、重量は 4.5kg（本体のみ：3.2kg）と LED ライダーのコンセプトである「軽量、コンパクト」を実現した。また、測定方向を水平から垂直まで変えられるチルト機構を設け、使い勝手の向上を図った。

電源は、AC アダプタ (DC12V) からの供給以外にも、DC12V 出力が可能な市販のモバイルバッテリー（容量：12000mAh/3.7V）での動作も確認できており、モバイルノートパソコンとの組み合わせで、AC 電源が無い環境での使用も可能である。



Fig.1 Appearance of LED-lidar

Table 1 Specification of LED-lidar

Transmitter (Dual source)	Peak Wavelength	385nm
	Peak pulse power	250mW
	Pulse width(FWHM)	10.0ns
	Beam divergence	10.8mrad
	Beam size	45mm dia.
	Repetition rate	Max.400kHz
Receiver (Photon counter)	Type of photosensor	PMT Module
	BIN width	4ns
	Sampling clock freq.	250MHz
	Number of BINs	480
	FOV	3mrad
	Lens size	□175mm
Power supply		AC Adapter (DC12V)
Interface of PC		Bluetooth

夜間の大気計測結果を Fig. 2 に示す。測定方向は、斜め 45° 程度の夜空に向けた。繰返し周波数が 400kHz、積算回数が約 416 万回（測定時間：約 10.5 秒）で測定した。(a)が A スコープ、(b)が距離 2 乗補正グラフである。360m 付近のカウント値の平均を背景光と推定し、計算した結果である。ボードの測定限界である約 280m 地点までの大気観測ができています。

Fig. 3は、霧がかかっている夜空を連続測定した結果（距離2乗補正值のカラーマップ）である。測定条件、解析方法は上記と同じで、30秒毎に100回（計50分間）測定した。霧の動きをよく捉えていると考える。

昼間の測定については、背景光の影響が大きく、大気の観測はうまくできていない。夕暮れ時の比較的背景光が少ない環境で、大気の観測が可能となってくる。現在、日中計測へ向けた対応を検討している。

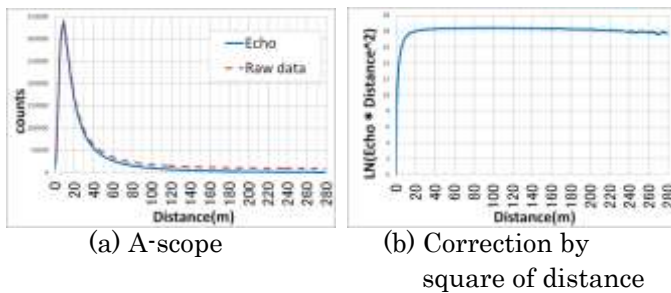


Fig.2 Atmospheric measurement (Nighttime)

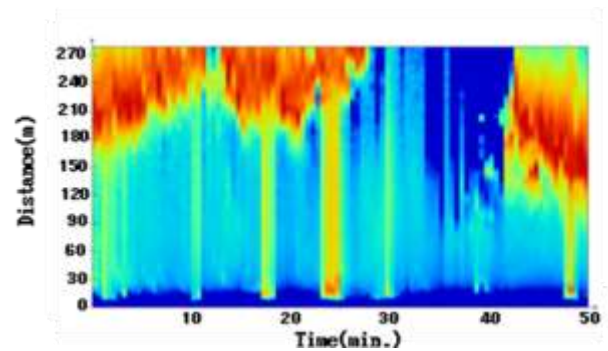


Fig.3 Color map (Nighttime)

6. おわりに

LED 光源を使用した送信モジュール、小型筐体、フォトンカウンティングボード、PC アプリケーションソフトを新規に開発し、生体に安全（アイセーフ）で手軽に持ち運び出来、バッテリー動作および無線通信可能なライダーシステムを実現し、夜間の大気や霧の計測を行った。

また、今回紹介した試作機とは別に、望遠鏡タイプの試作機の開発も行い、評価を進めている。

今後の製品化にあたり、計測対象の拡大を図りつつ、ユーザーニーズに対応したカスタマイズ対応や各ユニットパーツのカスタム対応も予定している。

参考文献

- 1) 小山護哲, 椎名達雄, 「LEDライダー用パルス光源の開発」, 第27回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, pp. 86-87 (2009)
- 2) 椎名達雄, 「LED ミニライダーの改良と大気評価」, 第30回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, pp. 106-107 (2012)