

LED ミニライダーの改良と大気評価

Improvement of LED mini-lidar for atmosphere evaluation

椎名 達雄
Tatsuo Shiina

千葉大学大学院融合科学研究科
Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

Abstract

LED mini-lidar has been developed for near range atmosphere observation. The LED light source was adapted to use it as a lidar source, that is, high pulse power with a short pulse width (100mW=1nJ/10ns). The special photon counter with high repetition frequency was developed, too. At first, the applications are closed space air and local area dusts monitoring. But the advantages of small size, low power operation and low cost of the LED mini-lidar have enlarged its installation fields not only in the above fields, but also in the other applications of robot craft, recovery work from disaster damage, and space exploration.

1.はじめに

2008年にスタートしたLEDミニライダーの開発は、フィジビリティスタディを経て、昼夜共に計測が可能な超小型なミニライダーとして完成し[1]-[3]、現在は具体的な応用やバリエーションを検討する段階へと入っている。LED光源は個体レーザー（DPSSレーザー）やレーザーダイオードと比べた際に、扱いがラフで電源を含めた小型な構成が特徴として挙げられる。一方で、コリメートが困難、レーザーに比べてパルス出力が小さいといったデメリットがある。本研究では、計測距離を数百mに設定して、近距離用のライダー光源として、LEDパルス出力を極力小さくしたライダーの構成を提案した。これは閉所内大気（工場、ホール、トンネル等）の粉塵、流出ガスモニターや局所大気（交差点、排気ダクト、工事現場等）計測を想定した、現場で使用できるライダーを開発する目的であった。簡単に移動でき、バッテリー動作も可能、特に光源は素人が交換やメンテナンスできることを想定した。その結果として、試作1号機では小型に重視した構成となり、2号機では昼夜計測が可能となった。現在開発中の3号機では携帯性を重視した構成をとっている。いずれのLEDライダーでもパルス繰り返し数を従来のレーザーを用いたライダーの100倍以上にしている。微弱なエコーを高繰り返しで計測できるよう、専用のフォトンカウンティングボードを使用している。

本報告では、LEDミニライダーの大気計測を評価するとともに、その応用に関して言及する。

2. LEDミニライダー

LED光源には当初より砲弾型（ランプ型）3mm径の輝度の高い素子を使用してきた。これはできるだけコリメート性をよくするための配慮であった。数百mの大気計測範囲を得るためには100mW（1nJ/10ns）以上のパルス出力を必要とする。最近ではパワーLEDを含めた光源の検討を開始している。

1号機、2号機は光学的同じ構成をもち、送信をフレネルレンズ中心部分で行い、受光は同じレンズの周辺部分を用いる同軸型の構成をとった。これは光軸調整を容易にするためであり、LED光源が樹脂モールドのレンズを持つために工夫された光学系であった。1号機は受信視野角9.5mrad、2号機では同3mradで設計している。一方で、送信時の内部反射光が受光器に入射する課題があり、現行のライダーエコー波形は正反射光を差分により除去して得ている。送受信光学系の構成はこの限りではなく、双頭型とすることで、正反射光の課題はなくなる。現在開発中の3号機では双頭型光学系を採用し、小さい受光系で携帯型の使用を想定した構成をとっている。

1nJの送信光強度が大気によって散乱されるため、エコー光量はフォトンカウンティングで受光する。LED光源は高繰り返しが可能であるため、100kHz以上の高繰り返しで積算時間を短縮している。本研究では高繰り返しでフォトンカウントが可能で専用のマルチチャンネルスケーラーを開発し、その実現をはかった。これにより、昼夜計測を実現し、かつ短時間での近距離大気計測が可能となった。

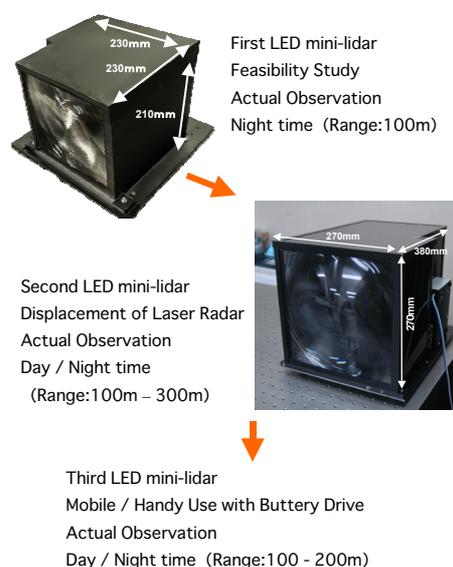


Fig.1 LED mini-lidars.

3. 計測事例

1号機による大気計測では夜間の計測のみ可能であった。これは LED 光の広がり角が 9.5mrad.と広く、それに伴って受光視野角も同じ角度としたことによる。夜間の場合でも大気の計測範囲は 100m 程であった。2号機では昼夜計測を想定し、送受信視野角を 3mrad.として設計を行った。そのためビーム外形並びに受光開口径が大きくなり、1号機よりもひとまわり大きな構成 (W270mm x H270mm x D380mm) となった。送信光の広がり角を小さくするためには、光源の大きさが使うレンズの焦点距離と比較してできる限り小さくしなければよい。しかし、焦点距離を長くすると送信ビーム径が広がり角に依存して大きくなるため、送信ビーム径とのトレードオフとなる。ライダー用途の LED 光源としては、できるだけ小型の光源でかつ広がり角が狭いものが良いことになる。パワーLED は光源サイズに比べて広がり角が大きいことがライダーでの使用に難しさを付加している。本 LED ライダーでは光源に砲弾型を用いたことで、送受信視野を狭くした効果を昼夜計測でははっきりと確認することができた。2号機では昼の計測では計測範囲こそ 100m 程となったが、夜の計測では 300m 程にまで大気計測範囲は伸びている。LED 光のパルス出力は1号機同様に 100mW であり、視野角の改善が信号対雑音比に大きく寄与し、その効果はレーザーの場合と同様であることが確認できた。パルス繰返しは 100kHz@10ns で設計しているが、最大 1MHz までの繰返し (最大計測範囲は 150m) に追従できることを確認している。フォトンカウンターの繰返しは 400kHz 以上が可能である。

4. LED ライダーの応用

当初閉所内空間のモニタリングや局所大気の計測を想定して開発した LED ミニライダーであったが、その応用は広がりを見せている。LED ミニライダーはドライバを含めた光源が極めて小さくなり (40mm 角)、またフレネルレンズを使ったことで全体の重量が極めて軽くなった。1号機では数 kg である。この小型軽量化を進めることで、携帯化が可能となる。さらに、構成がシンプルであるために振動に強く、厳密な光軸調整も必要としないため、無人航空機 (UAV) への搭載が検討されている。

LED はレーザーに比べてサージに強く、電源ノイズ/変動にも耐性が強いことからバッテリーでの使用や現場での光源の交換を可能とする。この特性は宇宙利用においてもメリットとなり、惑星探査機への搭載が研究レベルでスタートしている。小型であることに加えて低消費電力化に関しても、放熱の必要のない LED 光源は利点となる。

さらに別な観点として、光学系が非常に安価につくれるメリットを活かし、回収を想定しない環境下での使用が検討されている。工事現場でのダストモニターはもとより、トンネル内事故、天然ガス流出事故といった災害現場でのガス噴出の有無をチェックする等の応用が期待できる。震災復旧作業への技術移転として、放射性施設の解体作業現場での利用が検討されている。

5. まとめ

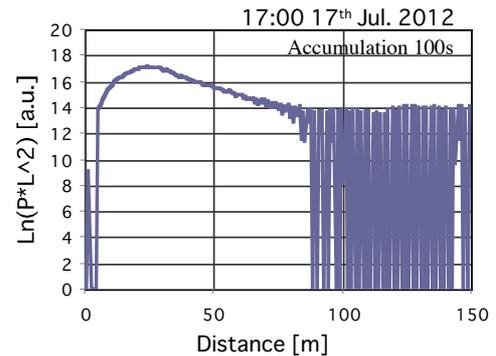
LED ミニライダーは単に大型であったライダー設備を小さくしたものとは異なる。瞳への安全性を確保した上で近距離の計測用途に特化した光学系/計測システムを有する新しいライダー利用の提案である。レーザーにはない光源の使い易さ (タフさ)、低消費電力化、小型化が可能で、新しいライダーの使い方を提案できるものである。一方でレーザーに比べて LED 光のコリメート性が悪いことは必然であり、今後の技術開発も光源の広がり角の制御にその主眼がある。

LED ミニライダーの応用は当初の閉所内大気/局所大気の計測から、発展しようとしている。LED ライダーの軽量化、低消費電力、低コストである特徴が発揮できる応用が次々と提案されている。今後、個々の具体的な展開が期待できる。ライダー普及の一形態として、近距離大気計測に発展していく。

参考文献

- [1] T. Shiina, ILRC 2012, S1P-17, 2012.
- [2] M. Koyama and T. Shiina, CLEO Pacific Rim 2011, pp.544-545, 2011
- [3] 小山, 椎名, レーザー研究, Vol.39, No.8, pp.617-621, 2011

(a) Day time Observation



(b) Night time Observation

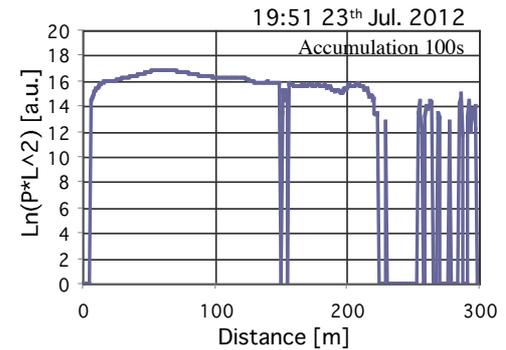


Fig.2 Atmosphere observations of 2nd LED lidar.