

光ファイバー増幅器を用いた小型センサヘッドレーザレーダの開発（3）

井上 大介, 松原 弘幸, 市川 正, 各務 学
(株) 豊田中央研究所

Daisuke Inoue, Hiroyuki Matsubara, Tadashi Ichikawa, Manabu Kagami
Toyota Central R&D Labs. Inc.

Abstract

We developed a LIDAR system with a sensor head as small as 22 cc, in spite of the inclusion of a scanning mechanism. This LIDAR system not only has a small body, but is also highly sensitive.

Our LIDAR system is based on time-of-flight measurements, and it incorporates an optical fiber. The main feature of our system is the utilization of optical amplifiers for both the transmitter and the receiver, and the optical amplifiers enabled us to exceed the detection limit of thermal noise.

1. 背景

レーザレーダでは雨霧などの悪天候下でも測定レンジを確保することが望まれている。測定速度も必要とされるため、時間をかけて測定感度を上げる方法が使えないことが問題を難しくする。感度を上げるためには受光開口径を大きくすることが考えられるが、受光開口径を大きくすると付随するミラーなどの光学部品も大きくなる。車内の電装品はすでに高密度に配置されていることや、デザインの観点からも小型のレーザレーダが求められている。われわれの目的は小型で高感度なレーザレーダを開発することである。これまでに直径 2 mm の投光・受光レンズを持つレーザレーダを開発し 80m 先の建物の計測を実証した。今回は投受光レンズを 3 mm とし結合効率を改善し、送信パワーを 12KW に増大させることで 200m 先の歩行者の計測に成功したので報告する。

2. 動作原理

パルスレーザ光を外部に放射し、測定対象に当たって戻ってくる光を受光し、時間を測定することで距離を測定する方式を用いた。半導体とフォトダイオードから構成されるレーザレーダの場合、熱雑音が測定限界を決める原因となる。

これに対し、われわれは熱雑音が光電流を電圧に変換する過程で発生することに注目し、受信光が光の状態を増幅を行うことで熱雑音の検出限界を超えショットノイズ限界の計測が可能となる光プリアンプ型の距離測定装置を開発した¹⁻³。

3. 装置構成

装置構成を図 1 に示す。送信側の光源にはピークパワー12KW、パルス幅 4.5ns 未満、繰り返し周波数 25KHz であるファイバーレーザ PEFL-K06-RP(KEOPSIS)を使用した。センサヘッドの写真を図 2 に示す。投受光レンズはともに直径 3mm 焦点距離 4.5mm である。前

回に比べ 2mm から 3mm としたことで送受信の結合効率が約 2 倍向上した。受信側は中間にアイソレータを入れた低雑音光ファイバー増幅器を通過させ受信光を増幅した。(図 3) 増幅された信号光は PIN フォトダイオードとトランスインピーダンスアンプ(AD8015) で光電気変換し信号処理系に取り込む構成としている。走査光学系は直径 10mm、共振周波数 160Hz、走査光学角度 40° のミラーを使用した。

4. 結果

200m 先の歩行者を測定した時の信号波形を図 4 に示す。送信ピークパワーは 4KW であった。本装置の 1/e ビームスポット径は 200m 先で 50cm であるため、歩行者のようにビームスポット径より小さなターゲットは面積の分だけ戻り光量が低下する。建物のような大きさのターゲットからの受光光量は距離の 2 乗に反比例するが、歩行者からの受光光量は距離が遠くなると距離の 3 乗に反比例するようになる。昨年度試作機では歩行者の測定レンジが 50m 程度であったため受光感度は 8 倍以上に向上したことがわかる。

5. まとめ

光プリアンプを用いることで熱雑音の測定限界を超えるような距離測定法を開発した。パルス光をプローブとして飛行時間を計測することで距離を測るレーザレーダとしては、本研究のような光のプリアンプを使用した測定方法は世界初である。測定器の感度としては 200m 先の歩行者が検出できることで一応の目処がついたと考えている。今後は低コスト化することで民生品として普及できるよう取り組んでいきたい。

【参考文献】

- [1] D. Inoue, et. al, SPIE Defense, Security, Sensing, [8037-9], 2011
- [2] D. Inoue, et. al, SPIE Defense, Security, Sensing, [8379-33], 2012
- [3] D. Inoue, et. al, SPIE Defense, Security, Sensing, [8731-34], 2013
- [4] 今城、他、第 44 回光波センシング技術研究会講演論文集, p41, 2009

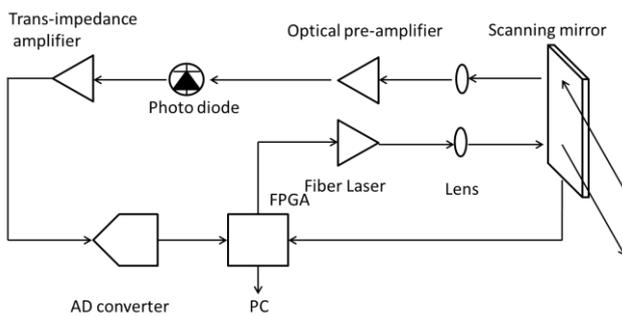


図 1：試作したレーザレーダの構成



図 2：センサヘッドの写真

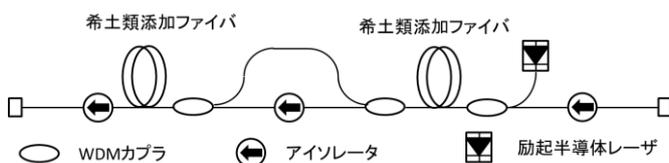


図 3：低雑音光増幅器の構成

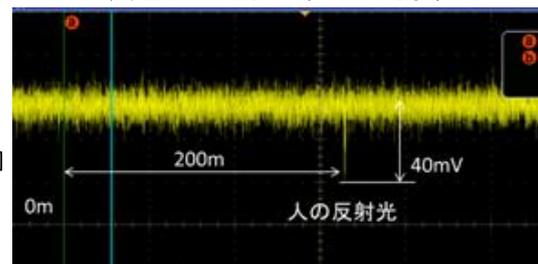


図 4：200m 先の歩行者の測定結果