

シリコンフォトリニクススローライト LiDAR の検討

A Study on Silicon Photonics Slow-Light LiDAR

○馬場俊彦 (横国大), 小山二三夫, 西山伸彦 (以上, 東工大), 小林功郎 (JST)

°T. Baba (Yokohama Nat'l Univ.), F. Koyama, N. Nishiyama (Tokyo Tech), Kohroh Kobayashi (JST)

E-mail: baba-toshihiko-zm@ynu.jp

LiDAR はレーザビームを周囲の物体に当て、その反射光から測距を行い、さらにビームを2次元的に走査して距離情報をもつ映像を取得する。近年、自動車の運転支援 (ADAS) や将来の自動運転のためのセンサとして注目が集まっている。このような車載の LiDAR には2025年時点でLiDAR単体に2千億円/年以上の市場が予測され¹⁾、さらに屋内/屋外の産業機器やロボット・ドローンのセンサ、巨大な構造体の測量機器、業務用や個人用のエンターテインメント機器、携帯情報端末用3Dスキャナなど全ての可能性を含めると、1兆円/年を超える市場の期待もある。

ただし現状のLiDARは数十cm角という比較的大きな機器であり、100m以上の遠距離に対応するハイエンド製品は1千万円弱と高価である。まだ市場が形成されていないためもあるが、技術的にも50W以上のハイパワー光源、光ビームを広角度に掃引する機械式ミラー、並列動作のための実装など、様々な制約がある。上記の広い応用にLiDARを展開するためには、劇的な小型化、非機械化、実装の簡単化などが必要である。そこで本研究では、シリコンフォトリニクス技術とスローライト技術を利用したLiDARを提案する。

LiDARの測距には、通常、波長900nm付近のパルス光の往復時間を計測するTime of Flight方式が使われる。しかし遠距離に対応するには上記のような強力なパルスが必要である。一方でClass 1の安全性を確保するために繰り返し周波数を下げる必要があり、映像のフレームレートが低下するといった制約も出てくる。そこで本研究では、1.5 μm 付近のアイセーフ波長、ならびにFM変調された連続光と参照光のビート周波数から測距を行うFMCW方式を採用する²⁾。上記のアイセーフ波長では

シリコンフォトリニクス回路が利用できる。特にフォトリニクス結晶スローライト導波路を利用すれば、光変調器やコヒーレント検波回路をコンパクトに集積できる³⁾。この波長は900nm付近よりハイパワー光源が難しいが、連続光とコヒーレント検波の利用により、ショットノイズ限界までの光検出が可能なので、現状の単一波長光源のパワー (~100 mW) でも100m以上の遠距離に対応できる可能性がある。

LiDARにとってさらに重要な要素は光偏向器である。現行の機械式ミラーは小型化や実装の簡易化の大きな制約であり、低信頼性の要因でもある。代替技術としてMEMSが導入され始めているが、高解像度光ビーム形成に必要な数mmの大きさにすると、応答速度が非常に遅くなる。米国では非機械式としてフェーズドアレイの開発が盛んである⁴⁾。ただしここではアレイ素子間に極めて精密な位相調整が必要で、高解像度ビームを得るのはやはり困難と考えられる。そこで本研究は、回折機構付光導波路を採用する。回折格子など通常の回折機構は波長や屈折率の変化に対する感度が小さく、大きな光偏向が得られない。しかしスローライト導波路を利用すると、感度が10倍以上に増幅され、現実的な波長掃引や屈折率制御でもLiDARに必要な広角な偏向が得られる⁵⁾。このようなスローライト偏向器はシリコンフォトリニクス技術やフォトリニクス結晶導波路でも実現可能である^{6,7)}。

最終的に全ての部品を一体集積化した切手サイズのLiDARシステムを目指す。

参考文献 1) 三菱総研による調査 (2016). 2) 阿部ら, 本会. 3) 雛倉ら, 本会. 4) J Sun et al., Nature 493 (2013) 195. 5) X Gu et al., Opt. Express 19 (2011) 22675. 6) 竹内ら, 本会. 7) 建部ら, 本会.