

# シリコンフォトニクスを用いた超小型ライダー

横浜国立大学  
馬場俊彦

## 1. はじめに

ライダー（Light Detection and Ranging : LiDAR）は、レーザ光を周囲の物体に照射、その反射光から測距を行い、3次元イメージを取得するセンサである。近年、自動運転技術が世界的な話題となっているが、ライダーはこれに使われる主要センサとしての期待が大きく、世界中で多くの企業が活発に研究開発している。

そのような中で、シリコン（Si）フォトニクス光集積技術により、ライダーの光学部品の一部を製造する、もしくは光学部全てを集積して超小型化しようとする試みがある。超小型ライダーといえば、既に携帯端末などに搭載されているフラッシュ照明型ライダーがある。しかし、このタイプはレーザ光を最初に拡散させるので、反射戻り光もさらに拡散されて微弱になる。そのため、10 m 以上離れた物体を検出するのが難しく、短距離のみで使われている。一方、中長距離の物体を検出しようとする場合は、コリメートされた光ビームをスキャンして、測距を繰り返す方式が採られる。ただし現状の光ビームスキャナは、全てモータや微小電気機械（Micro-Electro-Mechanical System : MEMS）で駆動されたメカ式であり、これがライダーのサイズや重量、動作速度、自由度、安定性などの制約となっている。もし、メカを一切使わないスキャナを実現し、それも含めてライダーをワンチップ化できれば、画期的なセンサとなると考えられる。

本稿ではまず、ライダーの方式、特に Si フォトニクスと親和性が高い周波数変調連続波（Frequency Modulated Continuous Wave : FMCW）測距方式について説明する。次に Si フォトニクスを用いたライダー、さらにはワンチップ化ライダーの試みを概説する。後半では、筆者らが開発してきたワンチップ化ライダーについて詳しく述べる。

## 2. FMCW 方式と Si フォトニクス

測距方式として多くのライダーが採用しているのは、光信号の往復時間を計測する飛行時間（Time of Flight : TOF）方式である。高強度パルスレーザと高感度光検出器という単純な構成が最大の利点であるが、直接検波で反射戻り光を捉えるため、太陽光など環境ノイズの干渉を受けるのが懸念点である。不要な波長をカットするフィルタは挿入されるが、レーザ光と重なる波長域は混入する。多くの TOF ライダーは、太陽光スペクトルが弱い波長 900 nm 帯を採用しているが、それでも影響を完全には抑制できない。また将来はライダーを搭載した自動車が密集する状況が考えられ、ライダー間の相互干渉も懸念される。最近では、不慮の干渉だけでなく、悪意をもった意図的な干渉によるライダーの誤動作も議論されている。これら为了避免するため、TOF ライダーからの光信号を符号化し、判別する方法が検討されているが、これは測距時間を長くし、イメージ取得のフレームレートを低下させる。

これに対して近年、FMCW 方式が注目されている。ミリ波レーダーではよく知られた方式であるが、ライダーでは時間線形的に周波数変調された光を送信し、反射戻り光を内部参照光と合波してヘテロダイン検波を行う。両者の周波数ずれは物体の距離に比例するので、合波によって生じるビート