

変調フォトニック結晶レーザーと単一光子アバランシェダイオード アレイを用いた 3 次元 ToF-LiDAR

3D LiDAR system based on dually modulated PCSEL and single photon avalanche diodes array

[°]De Zoysa Menaka¹, 石崎賢司¹, 坂田諒一¹, 井上卓也¹, 吉田昌宏¹, 峯山佳之², Ligges Manuel³,
Henschke Andre³, 野田進¹

京大院工¹, スペースビュー², フラウンホーファーIMS³

M. De Zoysa¹, K. Ishizaki¹, R. Sakata¹, T. Inoue¹, M. Yoshida¹, Y. Mineyama²,
M. Ligges³, A. Henschke³, S. Noda¹

Kyoto Univ.¹, SpaceView², Fraunhofer IMS³

E-mail: menaka@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】 フォトニック結晶レーザー(PCSEL)は、2次元フォトニック結晶の特異点(Γ 、 M 等)における共振作用を利用した大面積コヒーレント半導体レーザーである。我々は、 M 点で動作する PCSEL において、空孔の位置と大きさを同時に変調する複合変調 PCSEL を提案するとともに、そのアレイ化により電氣的な 2 次元ビーム走査¹⁾、単一素子からのフラッシュ照射および同時多点照射²⁾に成功した。また、最近、大面積・高出力化に向けた 2 重格子の変調 PCSEL の提案と実証も行っている³⁾。さらに、変調 PCSEL の開発に加え、それらを活用した LiDAR への展開も試みている。例えば、これまで、フラッシュ照射型およびビーム走査型の変調 PCSEL と CMOS 型の indirect time of flight (i-ToF)カメラを用いた LiDAR の開発を行って来た⁴⁾。今回は、より高感度な単一光子アバランシェダイオード(SPAD)アレイと変調 PCSEL を用いた、direct ToF (d-ToF)の 3 次元 LiDAR の構築を試みたので報告する。

【結果】 今回は、変調 PCSEL によって線状に多点ビームを照射し、それを小型のミラーで 1 次元的に走査して、2 次元的な照射を行った。変調 PCSEL の共振器構造としては 2 重格子構造を採用し、空気孔のサイズのみに変調を施す方式を採用した³⁾。ここで、発振サイズは $1\text{mm}\Phi$ とし、 25° 程度の範囲にわたって 62 点のビームを線状に照射が出来る変調 PCSEL の設計・作製を行った。作製した変調 PCSEL チップの表面の顕微鏡写真を図 1(a)に示す。また、ビーム形状の測定結果は図 1(b)に示しており、狙った通りの線状のビーム照射が出来ていることが分かる。このような変調 PCSEL と SPAD アレイを用いた 3 次元の LiDAR 系を模式的に図 2 に示す。変調 PCSEL からの線状のビームを小型ミラーで、線状のビームに直交する方向に走査する。なお、変調 PCSEL は短パルス駆動回路を用いてナノ秒パルスで動作させる。対象物からの散乱光の受光は、 48×64 画素 (1 画素あたり 4 つの SPAD) から成る d-ToF 方式の SPAD アレイを用いて行う。SPAD アレイは、変調 PCSEL の照射および走査ミラーと同期させながら、FPGA を用いて駆動させ、得られる測距画像をリアルタイムで、パソコン上に表示させる。今回の LiDAR の FoV は、 $25^\circ \times 20^\circ$ 程度とした。LiDAR の評価において、スクリーンの前に立っている人間から成る系の計測を行った。計測したポイントクラウドの結果を図 3 に示す。同図より、スクリーンの前にいる人間の測距画像が明確に取れていることが分かる。リアルタイムの動画等、詳細は当日報告する。

【謝辞】 本研究の一部は、内閣府 SIP 第 3 期 (JPNP23023)、および科研費 (22H04915) のもとで行われた。**【文献】** [1] R. Sakata, S. Noda *et al.*, *Nat. Comm.*, **11**, 3487 (2020). [2] R. Sakata, S. Noda *et al.*, *Applied Physics Letters -Perspective-*, **122**, 130503 (2023). [3] 今村, 野田 他, 2023 年春応物, 16p-A501-11. [4] M. De Zoysa, S. Noda *et al.*, *Optica*, **10**, 264 (2023).

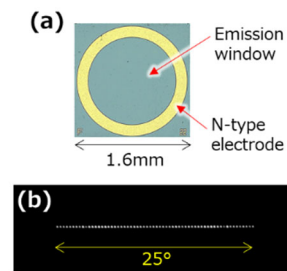


図1(a): 変調PCSELの顕微鏡写真
(b): 線状のビーム形状

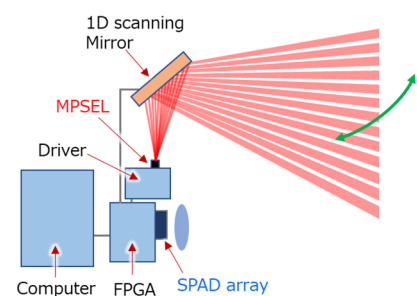


図2: 線状照射MPSELとSPADアレイを用いた3次元LiDAR系の模式図

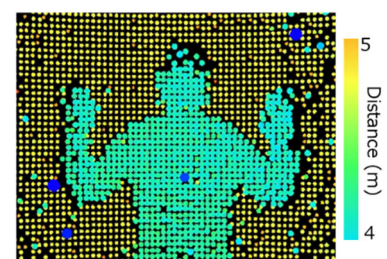


図3: 構築したLiDARで計測した距離のポイントクラウド