

VCSEL アレイは 3D センシング向け最先端の光

ホルジャー・メンヒ

面発光レーザー (VCSEL) アレイによって、ライダーやほかのセンシングアプリケーションの出力拡大が可能になる。

レーザーがあらゆる電話、自動車、家庭に入り込めるようになるレーザーアプリケーションの新分野が発展している。スマートフォン、ノートパソコン、ドローン、ロボットや自動車はますます、周囲の3D空間をマッピングする機能を搭載するようになっていく。目的はナビゲーション、拡張現実と仮想現実またはその一方 (AR/VR)、あるいは識別のためである。これらのデバイスはすべて新しいセンサの搭載を必要としており、これによって周囲の対象物までの距離を計測し、3D環境データやマップを作成する。

アプリケーションの範囲は、電話の近接センサや数mの距離の人や物の観察から、自律走行車ではライダー (LiDAR: 光検出と測距) システムまでである。ライダーは数百m先の小さな障害物を解像することができる。レーザーベースの計測が選択される方法となるのは、高精度とコンパクトな形状が組み合わさっているからである。広範囲のアプリケーションと、ほとんどの市場の消費者の性向により VCSEL は、3D センシングで照射のための優れた光源となる。

このアプローチでは、距離はレーザー光から放射される光の飛行時間を計測することで決まる。光は、対象物から反射され、最終的にセンサで受光される。いわゆる飛行時間システムは、レーザーの短パルスと、シングルフォトンアバランシェダイオード (SPAD) など

の高感度ディテクタを使って直接飛行時間を決定する。間接的な飛行時間システムは、放射パルスと受信パルス間の位相シフトを計測する。これはカメラチップで利用でき、従って、ほぼQVGA方位分解が可能である。

太陽あるいは人工光源から連続的に放射される光子との競合は、實際上、飛行時間技術の大きな制限要因である。センサ前面とレーザー波長中心付近のスペクトルフィルタがこのバックグラウンドを抑制し、帯域が狭くなればなるほど、レーザースペクトルをますます狭くすることができる。

VCSELは簡素、安定的

VCSELは3Dセンシングで主要な光源技術になりつつあり、LEDあるいは端面発光レーザーダイオードに取って代わることが可能である。VCSELはシンプルであり、スペクトルが狭く、温度に対し安定的だからである。

VCSELは単一エピタキシャルプロセスで製造され、基板上の最初の分布ブラッグリフレクタ (DBR) ミラー、電流閉じ込め多重量子井戸 (MQW) 構造および第2DBRミラーとなる。両方のミラーが、構造面上に堆積された金属電極からの電流を活性領域に伝導する。1つのGaAsウエハ上に数百万のVCSELが製造でき、単一チップにへき開する前にすべてが完全にテストされる。



図1 フィリップスフォトニクス社 (Philips Photonics) のハイパワー VCSEL アレイは、六角形パッキングおよび金接点で囲まれた多数のレーザー開口で構成されている。(提供: フィリップスフォトニクス社)

個々のVCSELは、サイズ (10 μ m 発光径) と出力 (10mW) の制約はあるが、単一チップ上に数十から数千のVCSELのアレイを高密度充填し、拡張可能である (図1)。発光パターンは円形、1/e²で約20°全幅、またアレイの全VCSELはファーフィールドで重ね合わさっている。光学素子は、VCSELチップ上に簡単にスタックしてコリメートし、発光パターンを成形できる。

VCSELアレイ放射のスペクトル幅はわずか1~2nmである。製造からの波長広がりには小さく、波長の熱シフトはわずか0.065nm/Kで、その結果は小さなスペクトルウィンドウであり、センサ前面の簡単なフィルタで効率的にバックグラウンドを抑制できる。2つのDBRで決まるレーザー共振器は、LEDの広いスペクトル、LEDや端面発光レーザーダイオードの5倍大きな熱シフトと比べると、非常に狭く安定した発光を確保できる。VCSELベースのシステムは、同じアプリケーションで大幅に低消費電力であるが、これはバックグラウンドをより効果的に抑制

できるからである。

技術的詳細項目

多くのアプリケーションは、850nmよりも940nm波長の方が最適である。太陽からのバックグラウンドが低く、赤色発光が見えにくく、シリコンCMOSセンサは、その長波長でまだ十分に感度があるからだ。図2に示した計測は、-30~110℃の広い温度範囲で波長と出力の優れた安定性を示している。

飛行時間計測は、1~10nsまたは100MHz以上で変調するパルスレインを必要とする。VCSELアレイは、高速スイッチングに十分適合している。mm²オーダーのアレイ領域および何アンペアの電流であっても、立上り/立下り時間<1nsが実証されている。VCSELアレイ自体はパルス<0.1nsが可能であり、ドライバへの電気接続とインピーダンスが一般にパルス幅の制限要素である。

低デューティサイクルでの短パルス動作は、CW動作における自己発熱による制限を排除する。パルスになると、相対的に小さなチップが、CWモードと比べてはるかに高電流、ピークパワーで動作可能である。図3は、より短いパルス時間幅でシングルメサあたりの出力増大の計測を示している。500~1000アレイメサは、1~2mm²領域から数十Wを出力できる。

VCSELアレイチップは直接センシングシステムにアセンブリするか、表面実装デバイス(SMD)構成用の別のパッケージで提供されるかのいずれかである。フィリップスフォトニクス社のそのようなパッケージ製品例を図4に示している。外形は3.7×3.7×1.9mm³、2W CW光出力、いうまでもなくパルスモードも可能である。そのVCSELチップの発

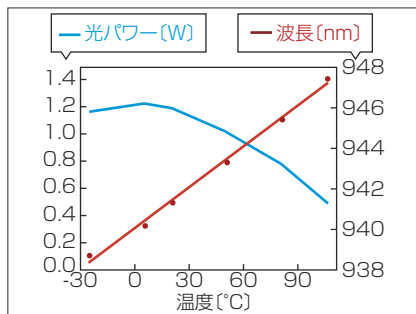


図2 計測されたパワーと波長を温度の関数で示している。図4で示すVCSELアレイのCW動作、電流は2.5Aである。

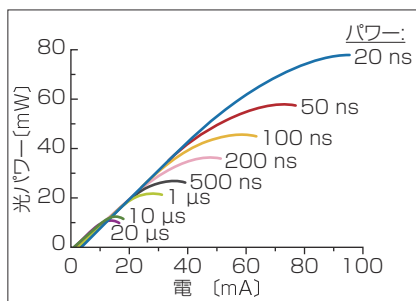


図3 シングル8µm VCSELの出力カーブをさまざまな時間幅の短パルスで計測。

光エリアは1.5mm²、ディフューザを含むこともある。用途は、所望の視野に対して照射の高い均一性を得るためである。ディフューザは、視野の中央またはエッジを強め、100°以上の大きな角度で放出光を分布させるように調整できる。アレイの個々のVCSELは相互にインコヒーレントであるので、スペクルパターンは減少する。図4のパッケージは、気密封止されており、自動車アプリケーションの厳しい要件に適合する。

2Wの平均レーザーパワー出力はレーザーの安全性解析を必要としている。放射はディフューザによってかなり大きな円錐に広がり、個々のVCSELファセットの輝度は、全領域で平均化されている。そのように広がった光源の性質により、このレーザーは、IEC 60825-1:2014に従って分類され、IEC 62471-1:2006に従うLEDと同じ方法で分類



図4 VCSELアレイは、光学素子とともにパッケージに気密封止されている。(提供：フィリップスフォトニクス社)

可能である。このあまり制限的でない規定を適用することも可能であるが、われわれはもっと厳しいレーザー安全基準に従って製品を設計している。その場合、図4に示した製品からの18Wの平均出力は、アイセーフであると考えられる。これはデバイスの最大出力を大幅に上回り、その結果、目と皮膚の安全性はその基準で保証される。

多くの技術的優位性のために、VCSELアレイは飛行時間測距アプリケーションに最適であり、短パルスの高いピークパワー出力と狭い光スペクトルを特徴としている。将来のVCSEL開発は、これらの優位性を一段と拡張することになる。

- ・アレイは簡単なマスクレイアウトによりマルチセグメント配置が可能である、この特徴は次世代3Dセンシングシステムにとって必要である。
- ・VCSELは光学素子のウエハレベル集積を可能にする。これによってアセンブリ作業は飛躍的に楽になる。
- ・拡大キャビティの利用により、VCSELアレイの輝度は1000倍に強化することができるので、自動車アプリケーションでスキヤニングライダが可能になる。

著者紹介

ホルジャー・メンヒは、独フィリップスフォトニクス社の技術と戦略マネージャー。
e-mail: holger.moench@philips.com
URL: www.philips.com/photronics

LFWJ