

VCSEL光源ユニットの設計と評価

エーエルティイー(株) 高野 裕・河村 達也

1. はじめに

VCSEL（垂直共振器面発光レーザー）は従来の端面発光型半導体レーザーがウエハーからレーザーチップを切り出して、共振器となる2面にコーティングをして初めて発光できるのに対して、ウエハー上でレーザー素子が形成されるのでそのままレーザー発振ができる。また二次元アレイ化が容易なため、従来のレーザーと比較して光学的にアレイとしての扱いが必要になってくる。さらに同じようなパワーでは光学構成やパッケージにもよるが、一般的にデバイスコストを下げることが可能である。

近年では携帯電話にも搭載されLiDARとして使用されているように 距離計測用の光源、赤外照明への応用が期待されている。

本稿では最近のVCSEL、半導体レーザー、LEDの動向とVCSELの光学シミュレーションとその実測について述べる。

2. VCSELの原理と特性

従来の端面発光型半導体レーザーの共振器は数100 μm あるのに対して、VCSELは基板の積層方向に共振器が形成されるのでレーザー自身の大きさは数10 μm でピッチ40~50 μm でのアレイ化が可能である。共振器長が短いので発振までの閾値電流も小さくでき単一縦モード動作と高速変調の特徴を持つ。市販のVCSELのチップ形状を図1に示す。

一個の素子としては近赤外域では出力約5 mWで数10度の放射角を持つ素子となっている。従って1 Wで

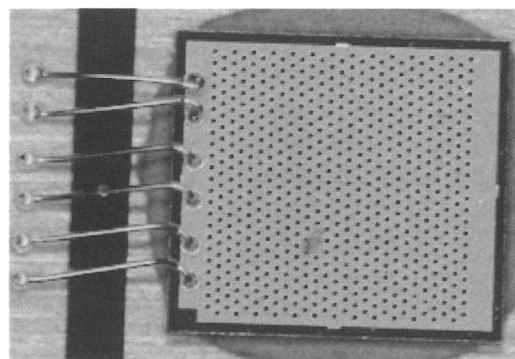


図1

は約200個のアレイとなり全体の発光面の形状としては約500 μm 角となり全体で数10度の放射角となる光源となる。

VCSELと端面発光形レーザーとLEDの比較を比較的効率の良い近赤外域で1 W定格の数値を表1に示す。

電力発光効率は各素子ともここ10年くらいで倍くらいに改善されており、近赤外域ではVCSELが30~60%、端面発光形レーザーが50~70%、LEDが30~50%となり発光効率ではどれも大きな差がなくなってきている^{(1)~(3)}。

ただLEDについてはチップ全体が発光するため放射角としては大きくなり利用効率は下がる。端面発光型レーザーについては、発光点が積層された電流狭窄層から発光するため発光の放射角が縦横で大きく異なるためこちらもロスが出やすい。

VCSELについては放射角が縦横揃っているため光の利用効率としては高くなるが、発光点サイズが大きくなるので端面発光形レーザーと比較して平行度の良い

表 1

		VCSEL	LD	LED
Threshold current	mA	200	250	-
Operating current	mA	1200	1200	1000
Operating voltage	V	2.2	1.8	2.9
Optical operating power	mW	1000	1000	1450
Slope efficiency	W/A	1	0.9	-
Beam divergence θ	deg	22	32	150
Beam divergence \perp	deg	22	6	150
Number of emitter	pieces	203	1	1
emitter power	mW	4.9	-	-
Operating peak wavelength	nm	940	940	940
Spectrum FWHM	nm	1	2	40
Wavelength-Temp tuning	nm/deg	0.07	0.3	0.33
emitter area θ	μm	600	50	1000
emitter area \perp	μm	500	1	1000
Rise time	ns	0.8	0.8	10
Fall time	ns	1	0.8	20
Efficiency of power conversion	%	38	46	50

レーザービームや小さいスポットに集光するには向いていない。

3. VCSELの光学シミュレーション

波長940 nm、光出力4 W、発光エリア約1 mm角のVCSELを搭載した光源ユニットALT-9511を用い5 m先に照射したときのシミュレーションを行った。最小広がり角となる状態で照射した場合の照度分布が図2となる。

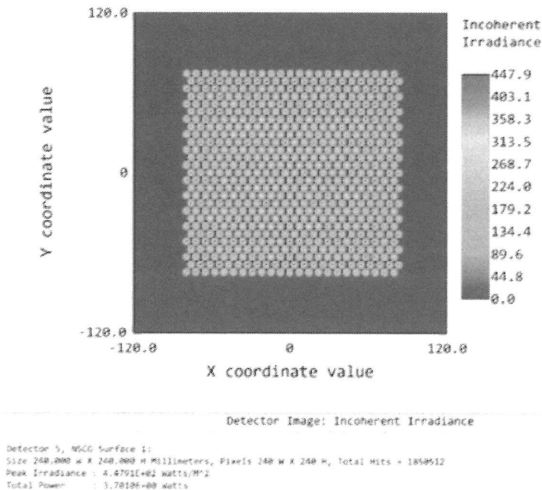


図 2

照射範囲は約160 mm角となっており、広がり角に換算すると約1.8°の照射となる。

また光学系の透過効率率は約92%となっている。

次に拡散板を追加しつつ広がり角を抑え照射した場合のシミュレーションを図3に示す。

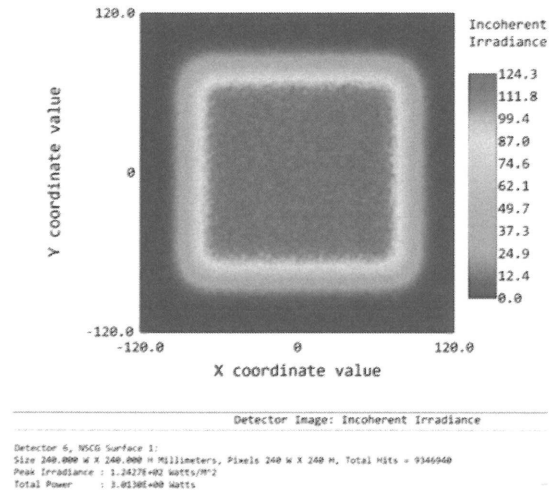


図 3

照射範囲は約200 mm角となっており、広がり角に換算すると約2.3°の照射となる。また光学系の透過効率率は約75%となっている。

4. 実測

次に当社VCSEL光源ユニットALT-9511を使用し上記シミュレーションの検証を行った。VCSELの光出力を1 Wとし、5 m先のターゲット板（1メモリ100 mm）に照射したときの画像が図4となる。また、拡散板を追加したときの照射画像は図5である。

広がり角及び透過効率に関してそれぞれシミュレーションに近い値となった。

- 拡散板なしの時
照射範囲：約160 mm角、
広がり角：約1.8°透過効率：約90%
- 拡散板ありの時
照射範囲：約200 mm角、
広がり角：約2.3°透過効率：約70%

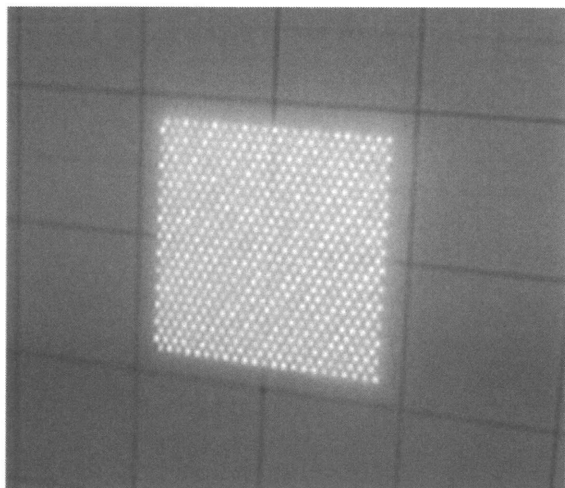


図 4

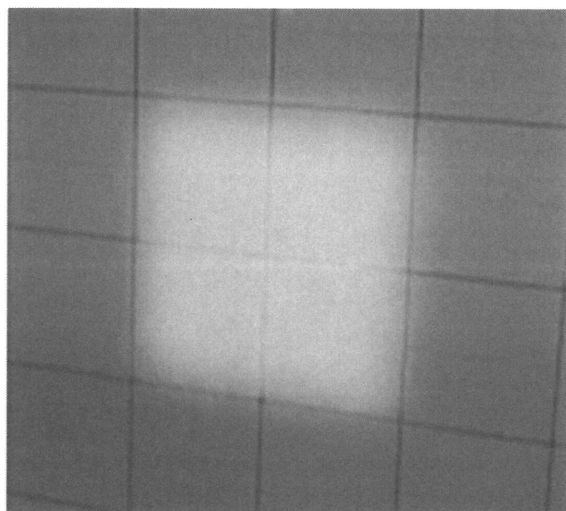


図 5

5. おわりに

VCSEL、半導体レーザー、LEDとも年々色々な工夫により電力変換効率は上がっており、またパッケージの工夫で熱抵抗も低減される方向でより使い易くなってきている。

波長、光出力によってアプリケーションからの要求が異なるが、それぞれ得意な分野でシェアを伸ばすように進化していくと思われる。

カーボンニュートラルからも効率の良い光源は要求され、応用分野も広がっているので今後が楽しみである。

〈参考文献〉

- (1) 岡崎・他：照明用LEDの現状と将来、シャープ技報、99号（2009）
- (2) 能川・他：高効率高出力半導体レーザー、フジクラ技報、133号（2020）
- (3) 岩井・他：低消費電力・高効率1,060 nm面発光レーザー、電子情報通信学会技術研究報告（2009）

【筆者紹介】

高野 裕

エーエルティー株式会社 代表取締役

河村達也

エーエルティー株式会社 取締役 開発部長