

VCSEL アレーチップ直列接続化による高効率化と光無線給電応用  
Efficiency Improvement by Serial-connection of VCSEL Array Chip  
and its Application to Optical Wireless Power Transmission

東工大未来研 <sup>○</sup>(B4)勝田 優輝, 宮本 智之  
FIRST, Tokyo Tech, <sup>○</sup>Yuki Katsuta and Tomoyuki Miyamoto  
E-mail: katsuta.y.aa@m.titech.ac.jp

1. はじめに

光無線給電システムには、高効率、高出力面発光レーザ(VCSEL)アレーが重要である。しかし、高出力 VCSEL アレーの駆動には大電流が必要であり、配線のジュール過熱に伴う効率低下、太い配線によるシステムサイズや設計の制限が課題となる。本研究では、VCSEL アレーの分割とその直列接続化により電流を低減し、システム全体の高効率化と配線の容易化を目指している。

今回、VCSEL アレーの直列接続化による効果の数値解析、モジュール試作および試作モジュールによる光無線給電実験を行ったので報告する。

2. 直列化による配線部損失低減効果

配線部の損失は電流の2乗に比例するため、大電流では損失が急増する。そこで、VCSEL アレーチップの直列・並列の条件による配線部損失の影響を解析した。

Fig. 1 に全 VCSEL チップへの入力電圧 1.8V、電流 40A、銅線配線長(電源往復) 200cm における銅線直径に対する損失比を示す。損失比はチップ入力電力に対する配線部損失電力である。単チップの電流を 40A とし、2, 5, 10 直列した場合の 20, 8, 4A について示した。損失比は電流、配線長さに比例し、直列数の2乗、銅線直径、電圧に反比例する。一方、配線の容易さには配線直径の縮小が重要であり、直径 2mm において損失比を 0.01 以下にするには、5 直列以上が必要である。直径 1mm では 10 直列以上が必要である。なお、直流電源系として 40V までとすると、レーザの波長帯によるが 10-20 直列が最大となる。

3. モジュールの製作

直列接続効果の実験的評価のため、市販チップモジュールの直列接続化を行った。VCSEL アレーチップ(Princeton Optronics, Inc. 製)は波長 850nm、定格出力 2W@2.7A、サブマウントサイズ 1cm 角を 10 個用い、このチップモジュールを 6cm 角の空冷銅製ヒートシンク上に、5 直列 2 並列または 10 直列 1 並列で構成した(Fig. 2)。なお、5 直列 1 並列(チップ 5 個)も評価した。

4. モジュール測定結果

Table 1 に試作モジュールによる光無線給電実験結果を示す(括弧は想定値)。太陽電池は 10cm 角の市販 Si モジュールを使用した。VCSEL アレーモジュールと太陽電池の距離は 30cm とした。銅線直径は 0.5mm で配線長 100cm である。比較用単チップモジュールとして、波長 970nm、定格出力 45W@70A の VCSEL アレーを、銅線直径 2mm で被覆直径 1cm の太い配線 2 本(直径 2.8mm 相当)、配線長 200cm を用いて 40A 動作(光出力 18.7W、チップ効率 37%)させた場合も示した。

その結果、単チップモジュールは配線部損失のため効率が大きく減少するが、直列化により高い

光変換効率、電力伝送効率となることを確認した。なお、太陽電池出力の大きさは光照射分布の違いが出ている。今後、モジュールをより小さい範囲に集約するために、チップ内での直列接続 VCSEL アレーの構成を検討する。

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス」(管理法人：(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO))によって実施された。

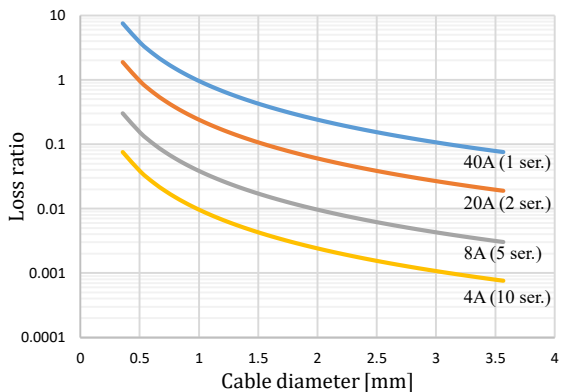


Fig. 1 Loss ratio vs. cable diameter

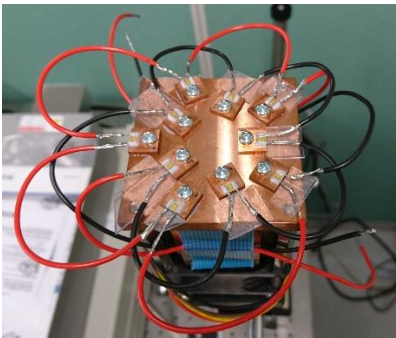


Fig. 2 Photo of series-connected VCSEL module

Table 1 Experimental results of optical wireless power transmission

| Config. of VCSEL                          | 5 ser.<br>1 par. | 5 ser.<br>2 par. | 10 ser.<br>1 par. | 45W<br>chip |
|-------------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------|
| Current [A]                               | 2.00             | 4.00             | 1.72              | 40.0        |
| Voltage [V]                               | 9.40             | 9.53             | 18.2              | 2.70        |
| Input power [W]                           | 18.8             | 38.1             | 31.3              | 108         |
| Light output [W]                          | 7.91             | (15.8)           | (11.2)            | 18.7        |
| Light source side<br>Conv. efficiency [%] | 42.1             | (41.5)           | (35.8)            | 17.3        |
| Cell output [W]                           | 1.11             | 2.40             | 1.97              | 2.98        |
| Total efficiency [%]                      | 5.90             | 6.30             | 6.29              | 2.76        |