

Output coupler によるマイクロ LED の光取り出し効率改善に関する研究 Improvement of light extraction efficiency of micro-LEDs using Output coupler

○川口 ディエゴ信¹, 荒川 泰彦², ホームズ マーク¹

(1:東大生研, 2:東大ナノ量子機構)

○Diego Shinji Kawaguchi¹, Yasuhiko Arakawa², Mark Holmes^{1,2}

(1:IIS, Univ. of Tokyo, 2:NanoQuine, Univ. of Tokyo)

E-mail: k-ds@iis.u-tokyo.ac.jp

次世代デバイスとして注目されている VR ゴーグルや AR グラスには、高い解像度が求められており、従来の液晶や LED ディスプレイでは求められる要件を満たしていない。そこで、小型でも動作する μ LED を用いて、より高解像なディスプレイの実現が期待されている[1,2]。しかし、発光素子が小さくなるほど発行強度が下がり、かつ素子同士の光のクロストークによりディスプレイの解像度が下がる課題がある[3]。したがって、横方向への光を抑制しつつ、発光効率を改善しなければならない。従来の手法としての patterned sapphire substrate (PSS)は発光素子のサイズが小さいために、発光の均一性を悪化させてしまう[2]。ところで、単一光子源の開発の分野において、量子ドットの光子取り出し効率を上昇させるため、bullseye 構造が注目されている[4]。また、通常のフォトニックデバイスから光を垂直放射させる技術として Output coupler 構造がある[5]。本研究では、Bullseye 構造 μ LED 同士の間、Output coupler 構造を用いることで、更に取り出し効率を上昇されるかを検討し、FDTD 法でデバイス・シミュレーション、及び最適化を行なった。

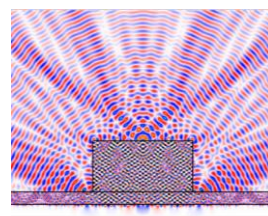
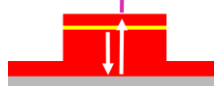
図 1 にシミュレーション結果（構造幾何・電磁界強度）を示す。最適化された bullseye 構造と Output coupler 構造の作成により、LED 内部で反射を繰り返す光の横成分を減少させ、光取り出し効率が上がる。図が示すように、無加工 μ LED メサ構造との比較で、表面エッチング過程により作成した bullseye 構造と Output coupler 構造の設置により、光取り出し効率が約 2 倍に増加する（28.8%→56.2%）

（bullseye 構造のみの場合は 41.2%）。本値を出すにあたり、91 パターンのダイポールの計算を行い（量子井戸からの発光を計算するため）、それらの平均をとった。

本結果は、このような Bullseye 構造と Output Coupler 構造が、 μ LED ディスプレイに適用できる可能性を示唆するものである。計算、及び構造デザインの詳細は講演で報告する。

計算情報
発光波長：470nm
microLED：直径6 μ m(対称性より、計算は二次元で行った)

無加工 μ LED メサ構造
光取り出し効率 28.8%



Bullseye 構造
+ Output coupler 構造
光取り出し効率 56.2%

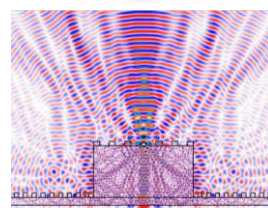


Figure 1. Calculations of the emission profile for a single dipole situated at the center of two μ LED structures with different surface architectures. The combination of a bullseye and output coupler can lead to a significant increase in light extraction efficiency.

参考文献：[1] J. Y Lin and H. X. Jiang, *Appl. Phys. Lett.* **116**, 100502 (2020). [2] Z. Chen, et al. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **54** 123001 (2021) [3] Fangwang et al. *Journal of SID* **27**, 199-20 (2019) [4] S.J. Xia et al. *ACS Photonics* **8** (6), 1656-1661(2021) [5] D. Taillaert et al., in *IEEE Journal*, vol.38,no.7, pp.949-955, July 2002