

Bullseye 構造によるマイクロ 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 photonic bullseyes

○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

小型で動作可能な μ LED は従来の液晶や LED ディスプレイに対して、より高解像度が可能と考えられており、AR グラスや、VR ゴーグルといった求められる解像度が高いデバイスに有望である[1,2]。一方で、発光素子の小型化に伴って、光が出る面積が小さくなり、発光強度が下がることや、デバイス側面から光が漏れて、素子同士の光が混じり合い、解像度が落ちる問題がある[3]。このため、発光効率を改善する必要がある。しかしながら、 μ LED の寸法が小さいため、従来の LED でよく用いられている patterned sapphire substrate (PSS) 等の効率上昇技術のパフォーマンスが落ちる[2]。ところで近年、量子ドット的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]。本研究では、紫外フォトリソグラフィで作成可能な Bullseye 構造が μ LED に使えるかどうかを検討し、FDTD 法で光取り出し効率シミュレーションを行なった。

発光波長(470nm)に最適化された bullseye 構造の作成により、LED の内部反射の程度が下がり、光取り出し効率が上がる。図 1 に μ LED の電磁界強度と LED 上面の加工(無加工・粗面化・bullseye)の影響を示す(本計算では、材料は InGa_{0.49}N/GaN を想定し、 μ LED の下方に反射体として Ag を設置している)。図 1 が示すように、無加工 μ LED メサ構造との比較で、bullseye 構造の作成により、光取り出し効率が倍以上増加する。Bullseye 構造の寸法が $\sim 150\text{nm}$ (堀) $\sim 250\text{nm}$ (GaN) であるため、原理的に紫外フォトリソグラフィ法での作成が可能である。従って、ディスプレイ全体を一度のプロセスで作成が可能となる。本研究は、このような bullseye 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。計算の詳細は講演で報告する。

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

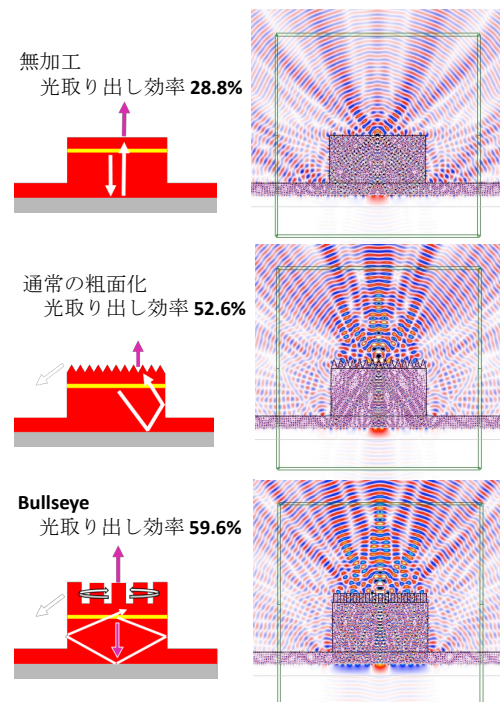


Figure 1. Calculations of the emission profile for an emission site situated at the center of various micro-LED structures with various surface architectures. Bullseye structures can lead to a significant increase in light extraction efficiency.

謝辞: 本研究は文部科学省の卓越研究員制度、及び科研費(19K15039)により遂行されていた。

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. Xia et al. *ACS Photonics* **8**, 1656 (2021)