

## TiO<sub>2</sub> メタ周期構造を表面に有する AlGa<sub>N</sub> 系深紫外発光ダイオードのコリメート特性

### Collimating Characteristics of AlGa<sub>N</sub>-based Deep Ultraviolet Light-Emitting Diode with TiO<sub>2</sub> meta periodic structure on its surface

徳島大理工<sup>1</sup>, 徳島大 pLED 研究所<sup>2</sup> ◯高島 祐介<sup>1</sup>, 永松 謙太郎<sup>1,2</sup>, 原口 雅宣<sup>1,2</sup>, 直井 美貴<sup>1,2</sup>,  
Faculty of Sci. and Tech., Tokushima Univ.<sup>1</sup>, Institute of Post-LED Photonics, Tokushima Univ.<sup>2</sup>,  
◯Yuusuke Takashima<sup>1</sup>, Kentaro Nagamatsu<sup>1,2</sup>, Masanobu Haraguchi<sup>1,2</sup>, Yoshiki Naoi<sup>1,2</sup>

E-mail: takashima@tokushima-u.ac.jp

深紫外発光ダイオード (Deep Ultraviolet Light Emitting-Diode: DUV-LED)には、殺菌作用があり、浄水システム等へ展開されつつある。この殺菌効果は光密度と密接な関係があり、十分な照射量を得るには、LED 光のコリメートが重要である。しかし、DUV 域では物質での光吸収が大きいため、従来のレンズ系では高効率コリメートは難しい。今回、光の波長以下の高屈折率メタ周期構造(以下、メタ構造)を直接実装した高効率コリメート DUV-LED(波長 280 nm)の検討を行った。

Figure 1 に提案するメタ構造を示す。DUV-LED 表面の sapphire(波長 280 nm: 屈折率 1.8244 [1])上に高屈折率物質である TiO<sub>2</sub>(波長 280 nm: 屈折率 3.0747+1.3339i [2])がサブ波長間隔で配列している。本構造周期は波長に比べて短いため、通常の回折現象は発生せず、入射した光は、メタ構造の周期的な境界条件で決まる固有モードと結合し、空気側へ透過する[3]。本固有モードの存在条件は、メタ構造における電磁界の境界条件によって決定されるため、モード位相や光減衰を構造寸法により、自在に操ることができる。これを利用し、構造の中心部と端部分の位相を調整すれば、透過光を高効率にコリメートすることができる。

波長 280 nm の DUV 光に対しコリメートするように TiO<sub>2</sub> メタ構造寸法を設計した。設計した構造は中心部(x=0)に幅 1 μm の開口があり、その左右に周期 200 nm, 格子幅 100 nm 格子高さ 100 nm の TiO<sub>2</sub> メタ構造が配列している。本構造の格子幅は、構造端に向かうにつれ、5 周期ごとに 20 nm ずつ短くなっており、最端部での格子幅は 40 nm である。本構造に波長 280 nm の光を入射した際の電界分布を Fig. 2 に示す。メタ構造を透過した光は広がらず、中心部分に集中している。コリメート光幅は、約 2 μm 程度であり、わずかに波長以下の極めて薄い構造により、コリメート DUV 光が実現していることが分かる。さらに、コリメート中心部(x = 0, z = 2 μm)では、入射光の 1.21 倍程度の光強度が得られており、TiO<sub>2</sub> のような光吸収のある物質を利用した場合でも、高効率な DUV コリメート光を実現できることが分かった。したがって、本手法は材料の光吸収が大きい DUV 域において有効な手段であることが分かる。さらに本メタ構造は、非常に薄く、LED 表面に直接作製することが可能であるため、素子集積、小型化においても非常に有効であり、超小型医療用デバイスへの展開などに期待される。

**謝辞** 本研究は、JSPS 科研費 JP18K04238 および科学技術振興機構事業研究成果最適展開支援プログラム A-STEP(トライアウト) JPMJTM20GK の支援によって行われた。**参考文献** [1] I. H. Malitson and M. J. Dodge, J. Opt. Soc. Am. **62**, 1405 (1972). [2] T. Siefke *et al.*, Adv. Opt. Mater. **4**, 1780 (2016). [3] C. J. Chang-Hasnain and W. Yang, Adv. Opt. Photonics **4**, 379 (2012).

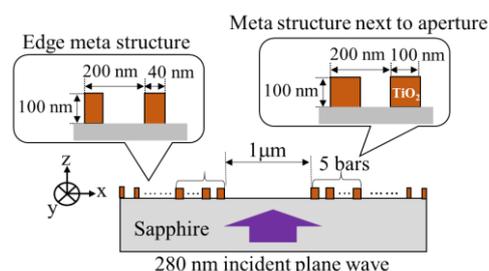


Fig. 1 Scheme of TiO<sub>2</sub> meta structure on the AlGa<sub>N</sub>-based DUV-LED

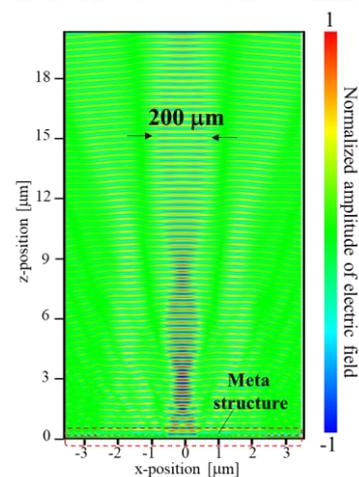


Fig. 2 Transmitted E-field distribution through TiO<sub>2</sub> meta structure on AlGa<sub>N</sub>-LED (FDTD calculation)