

多重リング Bragg 反射鏡導波路からの Vortex ビームの生成

Creation of vortex beams from multi-ring Bragg reflector waveguides

東工大・精研¹, 東工大・技術部², 田辺 賢司¹, 顧 曉冬¹, 松谷晃宏², 小山二三夫¹
P&I Lab., Tokyo Tech., Kenji Tanabe, Xiaodong Gu, Akihiro Matsutani and Fumio Koyama

E-mail: kenji.tanabe@ms.pi.titech.ac.jp

1. 背景

Vortex ビーム(光渦)は、伝搬方向に対して螺旋状の波面を持つ。ビーム断面でドーナツ状の強度分布を示す。軌道角運動量(OAM)を持つ事から、大容量モード多重光通信への応用が期待される[1]。Vortex ビーム生成はコンピュータプログラムや、位相板、Si フォトニクスによる微小光回路を用いる事で可能である[2]。著者らは、Bragg 反射鏡(DBR)導波路を用いた円形スローライト導波路[3]を用いる事で、径偏波 Vortex ビームの生成に成功した[4]。DBR 導波路は面発光レーザ(VCSEL)とエビ構造が類似しており、横方向へのモノリシック集積が可能とされている[5]。本稿では VCSEL と円形 DBR 導波路の横方向集積の初期検討を行い、かつ導波路から放射される Vortex ビームの遠視野像(FFP)特性を明らかにし、モード多重化についての初期検討を行ったので報告する。

2. デバイス構造

Fig.1に今回製作する VCSEL を集積させた円形 DBR 導波路の断面図と鳥瞰図を示す。本構造を用いる事により、(1)平面光回路への Vortex 光源の集積、(2)Vortex 光源の小型化・低消費電力化、(3)多モードファイバ(MMF)への複数 OAM モードの結合が可能となり、光インターコネクタへの応用に期待できる。電極のコンタクト部から電流注入を行い、VCSEL 側の発振光の横方向に対する漏れ光を DBR 側に結合させる。DBR 導波路の始端はテーパ構造にする事で導波のモードの過剰損失を抑制し、光結合の高効率化に繋がる。導波路を空間的に併設する事で、それぞれのチャンネルに対して、位相の回転量が異なる為、独立した OAM モードを有する。位相回転量は導波路の伝搬定数 β と長手方向のデバイスの長さ L を乗じた値によって決まる。

3. 多重リング導波路からの FFP 特性

単一、または二本の円形導波路の近視野像と遠視野像の解析結果を Fig.2 に示す。FFP の電界分布 $\Psi'(x', y')$ は、NFP の電界分布 $\Psi(x, y)$ をフラウンホーファ回折で与えられる積分を行う事で得られる。実際のデバイスで円形導波路は終端で反射する事で定在波が発生する事から、反射を考慮した場合を検討する。単一チャンネルの場合、導波路内に進行波と後退波による同じ大きさの波数ベクトルが存在し、これらが干渉する事で FFP において等間隔に強弱の波が発生する。二つの多重リ

ング導波路の場合では、リング毎に波数ベクトルの大きさが異なる為、強弱の周期が変化する FFP の特性が得られる。今後はこれらを評価し、MMF に結合できるモード多重化限界の検討を行う。

4. まとめ

VCSEL と Vortex Emitter を横方向集積する構造を提案した。また、多重リング導波路の FFP 特性を示し、モード多重化限界の初期検討を行い、小型で大容量のモード多重通信達成への可能性を示した。

参考文献

- [1] J. Wang, A. E. Willner et.al 10.1038 N/PHOTON 2012 138
- [2] X. Cai, J. Wang et.al, Science, Vol. 338, no.6105, pp. 363-366, 2012
- [3] X. Gu, T. Shimada and F. Koyama, Optics Express, Vol. 19, Issue 233 pp. 22675-22683 (2011)
- [4] S. Mochizuki, X. Gu, F. Koyama, et.al APEX, vol. 7, no. 2, pp. 022502-1-3, 2014
- [5] T. Shimada, A. Matsutani and F. Koyama, Applied Optics, Vol.53, no.9, 2014

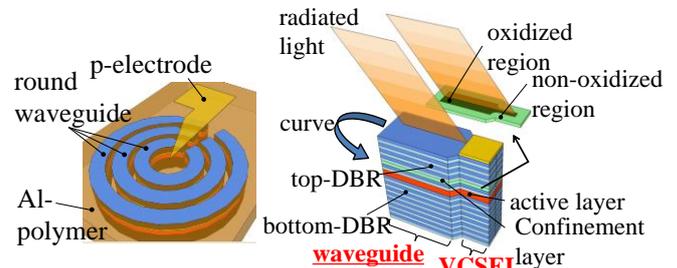


Fig.1 Bird-view (left) and cross-sectional view (right) of the circular waveguide integrated with VCSEL

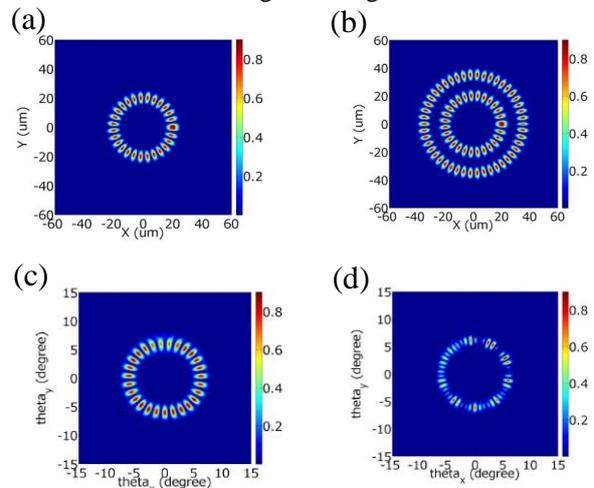


Fig.2 Calculated near-field patterns (a) single waveguide; (b) double ring waveguides and far-field patterns (c) single waveguide; (d) double ring waveguides