

光電子集積回路の実現に向けた GaN- μ LED/PD とシクロオレフィン系ポリマー導波路のモノリシック集積に関する検討

Monolithic integration of GaN- μ LED/PD and COP waveguide for optoelectronic ICs

豊技大工¹, EIIRIS², [○]土山和晃¹, 関口寛人¹, 新田遼¹, 安永弘樹¹, 山根啓輔¹, 岡田浩^{2,1}, 若原昭浩^{1,2}

Toyohashi Univ. Tech., Dep. EEI¹, Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute (EIIRIS)²,

[○]K. Tsuchiyama¹, H. Sekiguchi¹, R. Nitta¹, H. Yasunaga¹, K. Yamane¹, H. Okada^{2,1}, A. Wakahara^{1,2}

E-mail: tsuchiya-k@int.ee.tut.ac.jp, wakahara@ee.tut.ac.jp

微小発光ダイオード(μ LED)を含む GaN 系微小発光デバイスの高密度集積は、広い発光波長帯域や高い量子効率を活かした医工学やチップ内光配線等の高機能チップの実現に必要な基盤技術である。そこで我々は、Si-LSI と GaN- μ LED を独自に開発した基板構造を用いてモノリシック集積する手法を実証してきた^[1-2]。その一方で、特に紫~青色波長域に適する伝搬特性を示す導波路のモノリシック集積に関する報告はない。そこで本研究では、青色波長域の透過性に優れるシクロオレフィン系ポリマー(COP)の導波路化技術を開発し、同一基板内に作製した GaN- μ LED および GaN フォトダイオード(PD)に対して COP 導波路を集積することにより、短波長域での光信号送受信機能のシングルチップ化に関わる基礎的な検討を行った。

Fig.1 に実際に作製した COP 導波路と GaN- μ LED/PD の集積デバイスの概略図を示す。GaN- μ LED/PD のサイズは $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ で、 μ LED から出射した光が ITO(p 電極)層、導波路、ITO 層、GaN-PD へと伝搬することを想定して設計した。導波路の長さは 2 mm とした。使用した LED 基板の InGaN/GaN MQW は 12 pair で、発光波長は 460 nm である。GaN- μ LED/PD を同一の LED 基板内に作製した後、次の手順で導波路を形成した。(i) 日本ゼオンの COP(ZEONEX® 480R)をリモネンに溶解させた COP 溶液を作製し、(ii) LED 基板上にスピンコート法によって導波路コア層を成膜した後、(iii) 酸素プラズマエッチングにより幅 $30 \mu\text{m}$ のメサ型導波路形状に加工した。

Fig.1 下部に作製した GaN- μ LED/PD/COP 導波路の集積デバイスの顕微鏡像を示す。集積デバイスの作製後においても、GaN- μ LED からの明瞭な発光が確認された。また、導波路端面を上部から観測したところ、導波路端から青色光が射出している様子が確認された。次に、 μ LED からの発光を PD の逆方向特性の測定により検出した。Fig.2 に GaN- μ LED を 4V で駆動した際の GaN-PD の逆方向特性を示す。GaN- μ LED からの発光により、GaN-PD の光電流が 1 pA(暗電流)から 100 pA まで増加することが分かった。一方で、COP 導波路を集積しない場合においても同様の傾向が観測されたことから、GaN 層内の伝搬光を主として検出していることが示唆された。以上の結果から、 μ LED/PD/COP 導波路の集積デバイスの原型を実証した一方で、COP 導波路を介した光信号の送受信に向けて、GaN 層内の伝搬光を抑制する構造の導入等が必要であることが分かった。

参考文献: [1] K. Tsuchiyama et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, (2016) 05FL01. [2] K. Tsuchiyama et al., *Appl. Phys. Express* **9**, (2016) 104101.

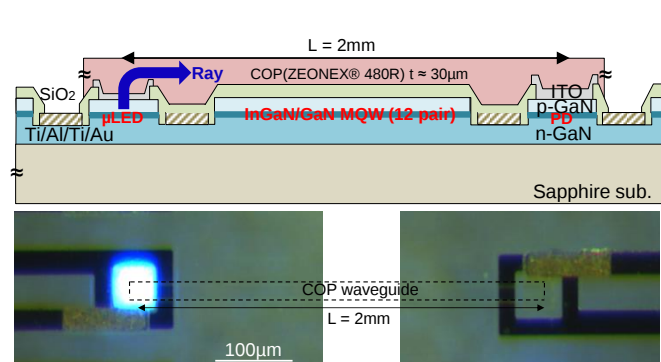


Fig.1 Schematic diagram of COP waveguide integrated onto GaN based μ LED/PD and microscope image of the integrated devices. Dash line shows an outline of the transparent COP waveguide.

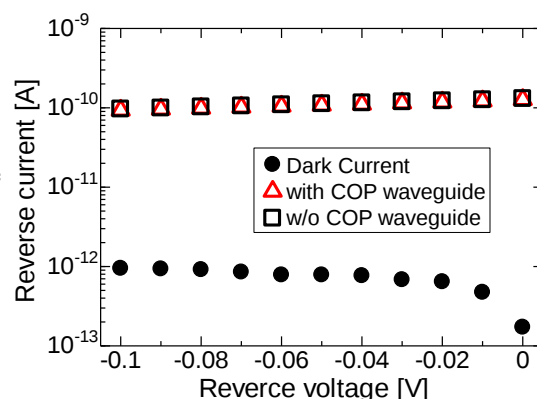


Fig.2 Photocurrent of GaN-PD as a function of reverse voltage. The GaN- μ LED connecting with the GaN-PD through the COP waveguide was driven at 4 V.