

多点光刺激を可能にする針型 Si 基板上青色 μ LED プローブの作製 Fabrication of needle-type blue μ LED probe on Si substrate for multipoint light stimulation

豊橋技科大¹・工¹, 名市大²・院²・薬², JST さきがけ³ ○安永弘樹¹, 大澤匡弘², 関口寛人^{1,3}
Toyohashi Tech¹, Nagoya city Univ.², JST PRESTO, ○H. Yasunaga¹, M.Ohsawa², H. Sekiguchi^{1,3}

E-mail: yasunaga-h@int.ee.tut.ac.jp, sekiguchi@ee.tut.ac.jp

光遺伝学分野では脳などの神経細胞に遺伝子操作を行い光感受性たんぱく質を発現させ神経細胞を光によって操作可能な状態にすることが可能で、この手法を用いた脳機能の理解に向けた試みが盛んに行われている。脳深部において光刺激をする場合、青色レーザー光を結合した光ファイバを脳へと刺入させてきた[1]。しかし、光ファイバは直径が $200\ \mu\text{m}$ と大きく、深さ方向に対して多点で局所領域を光刺激することは難しい。一方で、無線給電や多点・局所刺激といった利点からマイクロ LED デバイスを用いた光刺激デバイスが注目されている。しかしながら、光遺伝学分野のツールとして光刺激用に開発されてきた LED デバイスは市販されている数百 μm 角と大きいディスクリートの LED を活用した例がほとんどであり[2, 3]、特に多点刺激といった視点において十分な空間分解能をもつ光刺激用 LED デバイスはまだ提供されるレベルまで到達していない。本研究では、異なる機能をもつ 6 層構造からなる大脳皮質への光刺激を目指し、脳へと刺入可能な針型形状をもつ Si 基板上青色 μ LED プローブを作製したので報告する。

直径 $20\ \mu\text{m}$ の μ LED を $150\ \mu\text{m}$ 間隔で 6 つ集積化した 4 本の針を有する μ LED プローブを作製した。針の幅は脳への侵襲度に抑制するためにできる限り細くすることが望ましいが、 μ LED の数と配線幅の都合上、今回は幅 $170\ \mu\text{m}$ として設計したが、脳へと侵襲させやすいように針の先端には 5° と角度をつけた。針の長さは侵襲させる脳の領域によって $1\sim 6\ \text{mm}$ 程度に設計する必要があるが、今回は $2\ \text{mm}$ とした。Fig. 1 に設計した LED プローブの模式図を示す。発光波長 $460\ \text{nm}$ の Si 基板上 LED ウェハを用意し、まずは RIE によりメサ構造を形成し、n 電極(Ti/Al/Ti/Au)を形成した。その後、プラズマ CVD 法により SiO_2 層間絶縁膜を堆積した。電極上部からの光取り出しのために ITO で p 型透明電極を形成し、最後に $5\ \mu\text{m}$ 幅の金属配線(Ti/Au)を形成した。

1 つの LED プローブには 24 個の μ LED を有するが、立ち上がり電圧が $3.5\ \text{V}$ となる整流特性がすべての μ LED において観測され、いずれの LED から明るい青色発光が観測された。Fig. 2 に $2.0\ \mu\text{A}$ で駆動したときの発光像を示す。各 LED からの発光出力は $1\ \text{mA}$ で $30\ \mu\text{W}$ であり、光刺激デバイスとして十分な光出力が得られ、また LED 間における発光出力に大きな違いは観測されず、均一性の高い μ LED プローブが実現できていることが示された。最後に、作製した LED プローブを針型形状とするための加工技術の検討を行った。ここでは $300\ \mu\text{m}$ と厚い Si 基板を貫通させる必要があるため、Si 深堀エッチング技術であるボッシュプロセスを用いることを検討した。LED のデバイス加工の前に厚さ $280\ \mu\text{m}$ の Si 基板を加工したところ、Fig. 3 に示すように設計通りの針形状へと加工できることが確認された。当日は針状に加工された LED プローブについて報告する。

【謝辞】本研究の一部は JST さきがけ(JPMJPR1885)、東海産業技術振興財団、内藤科学技術振興財団の援助を受けて行われた。

【参考文献】 [1] X. Liu, *et al.*, *Nature*, 484, 381–385 (2012). [2] L. J. Lanzerotti *et al.*, *Science*, 331, 1541–1545 (2013). [3] K. Y. Kwon, *et al.*, *Front. Syst. Neurosci.*, 9, 1–12 (2015).

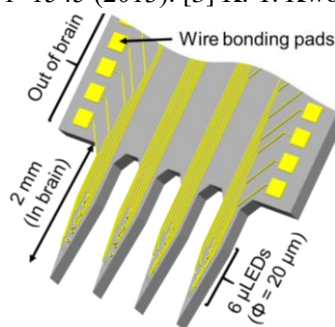


Fig.1 Schematic image of invasive GaN- μ LED on Si.

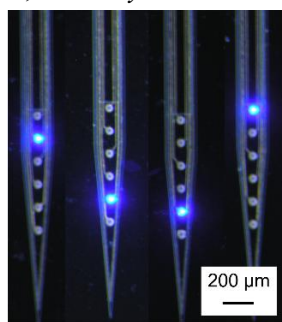


Fig.2 Emission image of invasive GaN- μ LEDs on Si.

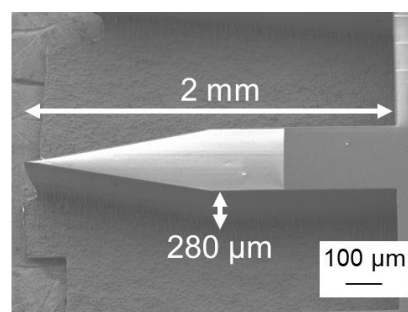


Fig.3 Bird's-eye view SEM image of needle-shaped Si substrate.