

光遺伝学に応用するマイクロ LED 神経プローブの温度特性評価

Temperature characteristics of MicroLED Neural Probe for Optogenetics

豊技大¹, 名市大², ALLOS³, JST さきがけ⁴

°水口公陽¹, 新古大輔¹, 安永弘樹¹, 山崎久朗², 西川敦³, A. Loesing³, 大澤匡弘², 関口寛人^{1,4}

Toyohashi Tech¹, Nagoya City Univ.², ALOSS³, JST PRESTO⁴

°K.Mizuguchi¹, D. Shinko¹, H. Yasunaga¹, H. Yamazaki², A. Nishikawa³, A. Loesing³, M. Ohsawa², H. Sekiguchi^{1,4}

E-mail: mizuguchi.koyo.yn@tut.jp, sekiguchi@ee.tut.ac.jp

脳機能の解明に向けて脳内の他の細胞に影響を与えずに特定の神経細胞だけに光で操作できる光遺伝学的手法を用いた細胞機能操作技術が注目されているが、遺伝学的背景が同一の細胞集団の活動制御に留まっている。マイクロ LED(μ LED)を複数集積した神経プローブを用いれば任意の局所的な細胞群に光刺激して複雑な神経活動操作を可能にして、高次脳機能解明に貢献することが期待される。これまでに μ LED と神経電極を集積した神経プローブの開発を進めてきた[1]。 μ LED 神経プローブでは LED 駆動によって生じる発熱を把握しておくことが重要である。これは発熱が脳への刺激になり神経活動に影響を与えたり、脳組織へのダメージになりうるためである。しかしながら、神経プローブという独特な針型形状に集積化された μ LED 周囲の温度特性についての報告例は少ない。そこで、LED 駆動時における発熱の時間的変化や空間分布および LED プローブ形状と発熱の関係について調べたので報告する。

μ LED 神経プローブは、Si 基板上に GaN-LED 構造(発光波長:460 nm)がエピタキシャル成長されたウエハを用いて作製された。一般的な半導体プロセスを用いて μ LED を形成後、ディープ RIE 技術を用いて針型構造を形成することで神経プローブが作製される。今回作製したプローブには、直径 50 μ m の μ LED が 5 つ配置されており、プローブの針幅、長さ、厚さはそれぞれ 100 μ m, 3.3mm, 300 μ m である。プローブはワイヤーボンディングを用いて PCB 基板に実装した。Fig. 1 に μ LED の発光像を示す。独立駆動により任意の μ LED からの青色発光が観測できた。針先端の μ LED を発光時の温度変化をサーモグラフィにより大気中で測定した。ファンクションジェネレータを用いてパルス幅 500msec, 周期 1 sec で μ LED を駆動した。光遺伝学で求められる 10mW/mm² の光出力を達成する電圧を印可した。Fig. 2 に電圧と素子温度の時間変化を示す。 μ LED への電圧印可とともに急速に素子温度の上昇が観察され、印可後約 200 msec で 1.5°C 程度まで増加した。次に、熱の空間的な分布を調べた結果を Fig. 3 に示す。ここでのパルス幅は 200msec であり、Fig. 2 との上昇温度の違いはパルス幅に起因するものである。また温度上昇は電圧の ON/OFF 時における温度差から見積もられた。 μ LED 部分がより赤く見えているのは放射率の違いに起因している。針先端から針に沿った方向の温度上昇分布をみると、プローブ全体に広がって温度が増大していることが確認できる。また Fig. 1 に示すように LED 駆動箇所を変えてプローブの温度情報を評価したところ、針の先端であるほど大きな温度上昇が観察され、今後温度上昇を抑えるための放熱対策が求められるとともに、発光効率の高い μ LED の利用が重要となることが示された。

【参考文献】 [1] H. Yasunaga, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **60**, 016503 (2021).

【謝辞】 本研究の一部は JST さきがけ(JPMJPR1885), 光科学技術研究振興財団, 日東学術振興財団の援助を受けて行われた。

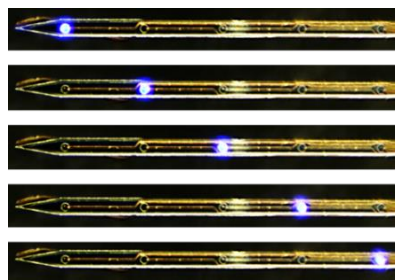


Fig. 1 Emission image of MicroLED integrated on neural probe

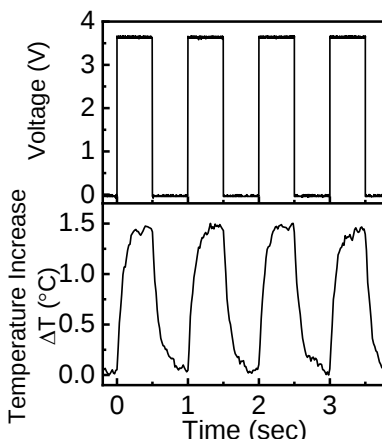


Fig. 2 Thermal response under pulse drive

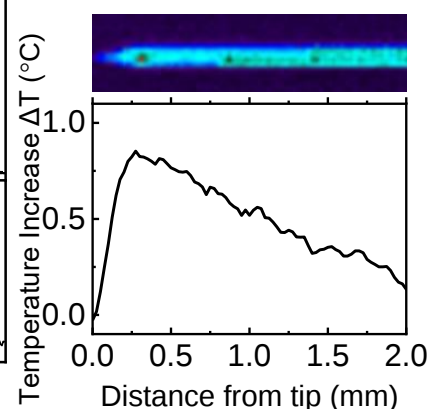


Fig. 3 Spatial heat distribution during μ LED drive