

Pt/SiO₂ マイクロチューブ神経電極アレイの高空間分解能光刺激への応用

Integrated platinum-clad/silicon dioxide microtube arrays for high-spatial-resolution optical stimuli
 ○松尾朋幸¹, 中邨友彦¹, 山際翔太¹, 澤畑博人¹, 石田誠^{1,2}, 河野剛士¹ (豊橋技科大電気・電子情報工学系¹, EIIRIS²)
 ○T. Matsuo¹, T. Nakamura¹, S. Yamagiwa¹, H. Sawahata¹, M. Ishida^{1,2}, and T. Kawano¹
 (Electrical and Electronic Information Engineering¹, EIIRIS² Toyohashi Tech.)
 E-mail:matsuo-t@int.ee.tut.ac.jp

はじめに: 「光」と「遺伝子工学」を組み合わせた「光遺伝学」(Optogenetics)を用いて、神経細胞を刺激する技術が試みられている。電氣的や薬理的な細胞計測と比較して、光刺激は、位置選択的な細胞刺激が可能且つミリ秒オーダーの高い時間分解能で刺激ができるなどの利点がある。これまで、光・電気・薬理的な同時計測を可能とするデバイスがいくつか提案されているが、同一位置且つ局所におけるこれらの同時計測は困難であった。この問題を解決すべく、私達は局所的に且つ同一箇所上で上記の光刺激と電氣的・薬理的計測が可能となる“多機能性”マイクロチューブを提案してきた[1]。このデバイスは、外径約5 μm のSiO₂マイクロチューブに光を透過させることで、局所的な光刺激が可能となる。更にチューブを介した薬理投与や、チューブ内に生理食塩水(抵抗率=14.7 $\Omega\text{ cm}$)を満たした場合は神経電位記録用の電極としても使用できる。これまで、1) SiO₂マイクロチューブ側壁や基板裏面からの光透過に伴う光刺激の局所性の低下、2) SiO₂マイクロチューブの高アスペクト化に伴う電氣的インピーダンスの増加などの課題に対し、SiO₂マイクロチューブの内壁にイリジウム(Ir)を形成したIr/SiO₂マイクロチューブを提案してきた[2]。今回は、チューブの100 μm 以上の長身化を図るため、Irの代わりに耐エッチング性(XeF₂ガス)の高いPtをチューブ内壁として形成したPt/SiO₂マイクロチューブを提案する(Fig.1)。

実験と結果: 実際の測定環境を考慮し、生理食塩水中でのIr/SiO₂マイクロチューブ内光伝搬を電磁場解析の一手法である時間領域差分(finite-difference time-domain, FDTD)法によって解析した。解析結果より、Optogeneticsに用いられる各波長(470 nm、532 nm、580 nm)に対して、SiO₂側壁の遮光とチューブ先端の光透過の局所性を確認した(Fig.2)。FDTD解析結果を基に、Vapor-Liquid-Solid (VLS)法で製作した直径3 μm 、長さ100 μm のSiプローブ上に、Ti(20 nm)/Pr(400 nm)/Ti(60 nm)をスパッタリング法で成膜し、保護膜としてPECVD-SiO₂(800 nm)、パリレン(1 μm)を形成、最後にプローブ先端を露出し、XeF₂ガスを用いた犠牲層であるSiプローブを除去することでPt/SiO₂マイクロチューブを形成した(Fig.2)。製作したデバイスの光透過実験において、FDTD解析と同様にPt/SiO₂マイクロチューブ先端から局所性の高い光透過を観察した(Fig.3)。これらの結果は、局所・同一位置における細胞光刺激、電位測定、薬液投与を実現する多機能性マイクロチューブ神経電極アレイの可能性を示唆するものである。今回、内壁層に用いたPtは、Irと比較すると光学特性、機械特性(ヤング率)が共に劣るが[2]、Optogeneticsへの応用において問題ないと考えている。

[1] M. Sakata et al., Proc. of Int. conf. of IEEE-MEMS, 2011.

[2] M. Sakata et al., Applied Physics Letters, 104, 164101, 2014.

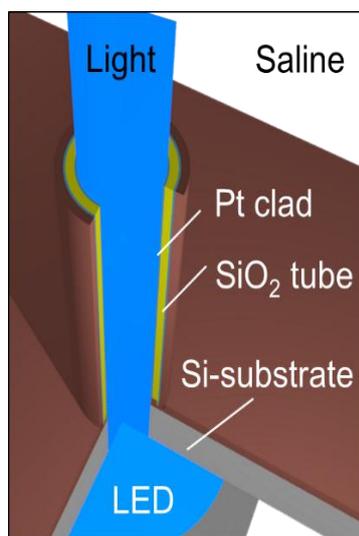


Fig. 1 提案するPt/SiO₂チューブ神経電極デバイス。

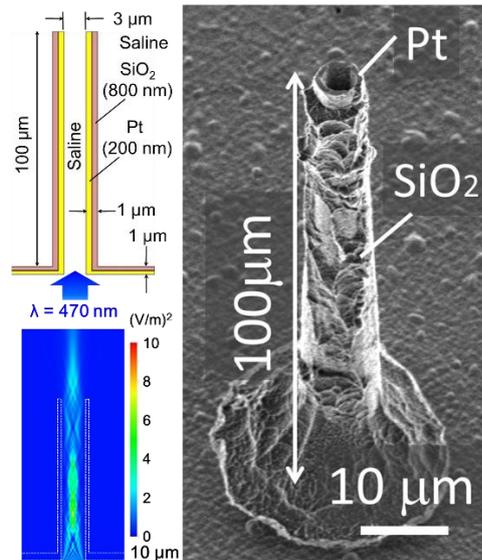


Fig. 2 Pt/SiO₂チューブ光伝搬解析(左)と製作したチューブの電子顕微鏡写真(右)。

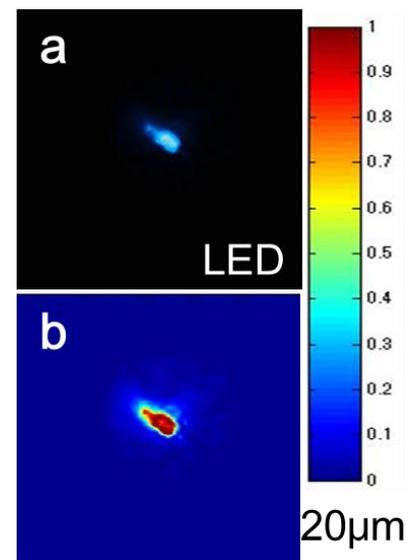


Fig. 3 チューブの光透過試験。(上) 顕微鏡写真。(下) 正規化。