

Ir/SiO₂ マイクロチューブ, ガラス管アレイ集積化神経電極デバイス

Integration of metal/silicon dioxide microtube and glass pipette neuroprobe arrays

豊橋技科大¹, EIIRIS², ○松尾朋幸¹, 中邨友彦¹, 坂田真浩¹, 山際翔太¹, 澤畑博人¹, 石田誠^{1,2}, 河野剛士¹
 Toyohashi Tech¹, EIIRIS² ○T. Matsuo¹, T. Nakamura¹, M. Sakata¹, S. Yamagiwa¹, H. Sawahata¹, M. Ishida^{1,2},
 T. Kawano¹

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時間分解能で制御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、同一位置における光刺激と電位計測は困難であった。

私達は、同時に且つ同一箇所得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”マイクロチューブアレイを提案してきた[1]。このデバイスは、外径数 μm の SiO₂ チューブアレイ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 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が課題に対し、SiO₂ チューブの内壁にイリジウム(Ir)を形成した Ir/SiO₂ チューブを提案してきた。今回、細胞の光刺激に使われる各波長に対する Ir/SiO₂ チューブの光透過解析を報告する。加えてこの Ir/SiO₂ マイクロチューブアレイデバイスに、従来のガラス管をアレイ状に集積化することを提案する。100 μm 長の Ir/SiO₂ マイクロチューブに 1 mm 長以上のガラス管アレイを混載することにより、マイクロチューブによる浅層とガラス管による深層の同時計測、深層薬液投与・光刺激を行った際の浅層の計測等が可能になると考えている (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、光刺激用の各波長(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 30 μm の Si プロブ上に、Ti (20 nm) /Ir (200 nm) /Ti (20 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(550 nm)を形成、最後にプロブ先端を露出し、XeF₂ ガスを用いた犠牲層である Si プロブを除去することで Ir/SiO₂ マイクロチューブアレイを形成した (Fig.3)。ガラス管は通常のプラーを用いて製作し、これらを Deep RIE 法で Si 基板に形成した 1.5 mm 角の貫通孔を介してアレイ化した。ガラス管の基板からの突出長は、ガラス管の根元直径と Si 基板の貫通孔径で制御した (Fig. 3)。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 Ir/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[2]。また、ガラス管アレイからの光透過も確認した。これらの結果より、Ir/SiO₂ マイクロチューブによる高空間分解での細胞光刺激、さらにガラス管を混載することで多層における同時計測も実現可能となる見通しを得た。

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

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

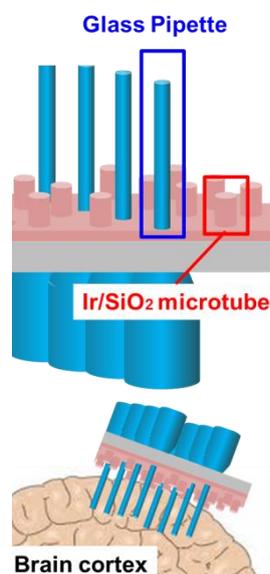


Fig. 1 提案デバイス.

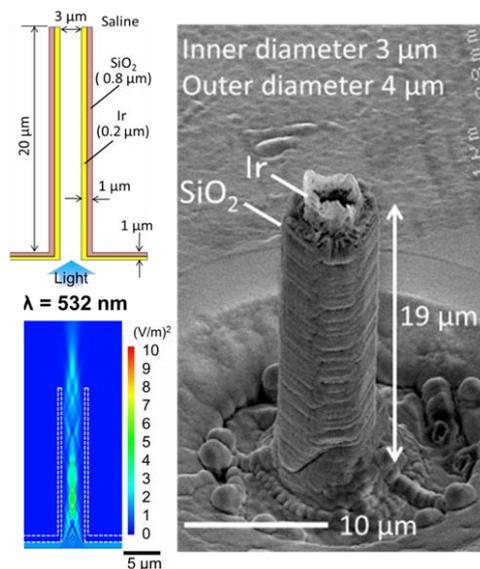


Fig. 2 Ir/SiO₂ チューブ光伝搬解析.

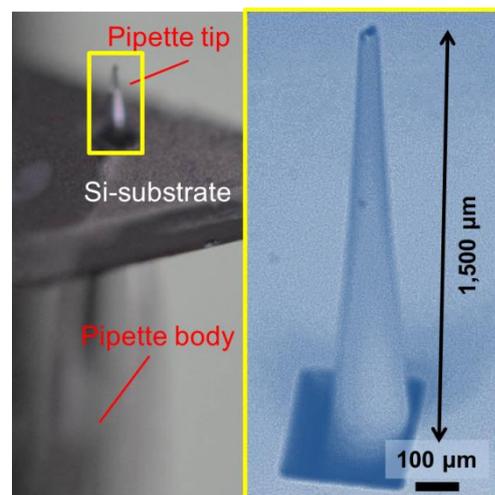


Fig. 3 ガラス管の集積化.