

脳内埋め込みにおいて低侵襲なナノニードル電極アレイの設計・製作

Design and fabrication of a nanoneedle-electrode array for minimally invasive brain implantation

豊橋技術科学大学

○(M1)高橋 尚大, 清水 快季, 山下 幸司, 沼野 利佳, 鯉田 孝和, 河野 剛士

Toyohashi University of Technology¹, °Naohiro Takahashi, Sayaki Shimizu, Koji Yamashita,

Rika Numano, Kowa Koida, and Takeshi Kawano

E-mail: takahashi.naohiro.tc@tut.jp

はじめに：脳神経信号計測デバイスには侵襲型と非侵襲型があり，侵襲型である刺入型電極は非侵襲型と比べて，時空間分解能が高いことが利点である。私たちの研究グループでは Si 結晶成長法の 1 つである VLS 法により高さ 400 μm ，先端直径 5 μm の低侵襲な Si マイクロニードル電極を製作している。さらに電極基板をフィルム形状にすることで，より低侵襲な状態でマウス大脳皮質からのニューロン記録を行ってきた¹。しかし，以上で述べた Si マイクロニードル電極は，刺入時に生じる脳の損傷²や基板からの損傷は低減されているが，長期にわたる電極の埋め込みにおいて，脳からの拍動などで発生する損傷が問題となる。本研究では，この問題を解決するために，マイクロニードル電極の先端をナノ先鋭化した，高さ 400 μm ，4 チャンネルのナノニードル電極デバイスの設計，及び製作を行った。

デバイスの設計：埋め込み時に脳からの拍動による損傷を低減するためのデバイス設計を COMSOL でシミュレーションした。脳モデルとして直径 300 μm ，高さ 400 μm のマウス大脳皮質カラム構造を使用して剛性を評価した。その結果，ナノニードル電極の先端から 100 μm の局所的な剛性の比較において，ニードル電極先端の直径が 550 nm，パリレン被膜からの先端開口量が 20 μm 以上で脳カラムより低い剛性を示すことを確認した。

デバイスの製作・評価：電極の設計を基にデバイスを製作した。まず，VLS 結晶成長法により Si 基板上に高さ 400 μm ，電極間隔 100 μm の Si マイクロニードルを成長する。その後，ICP-RIE を用いて Si ニードル先端の先鋭化を行った。基板材となるパリレンを成膜後，Au 配線の形成，ニードル先端の開口，最後にパリレン基板と一緒に電極を Si 基板から剥離することで，パリレンフィルム基板上に 4 チャンネルのナノニードル電極を製作した(Fig.1)。SEM によるニードル電極の観察より，設計値である先端直径 550 nm，先端開口量 20 μm 以上を満たすナノニードル電極を製作できたことが確認できた(Fig.2)。製作したナノニードル電極の生理溶液中における電気的特性評価では，ニューロン活動周波数である 1 kHz においてインピーダンス 99 k Ω ，電圧入出力比 0.86 がそれぞれ得られ，ニューロン記録用電極として機能する電気特性であることを確認した(Fig.3)。

1. H. Sasaki and T. Kawano et al., submitted.

2. R. Sanda, K. Yamashita and T. Kawano, Biosens. Bioelectron, 2023.

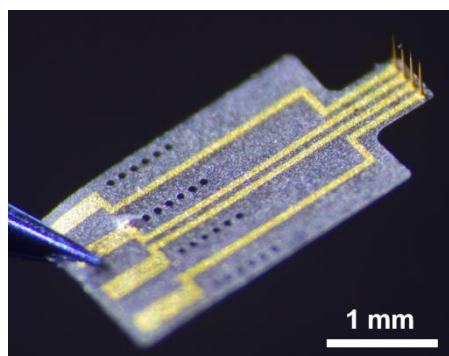


Fig.1 Fabricated nanoneedle electrodes.

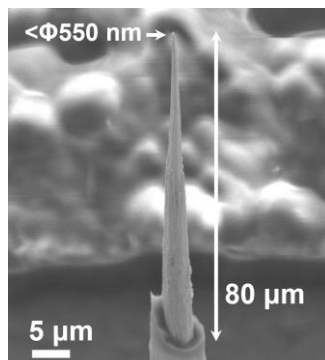


Fig. 2 SEM image of the nanoscale-tipped electrode.

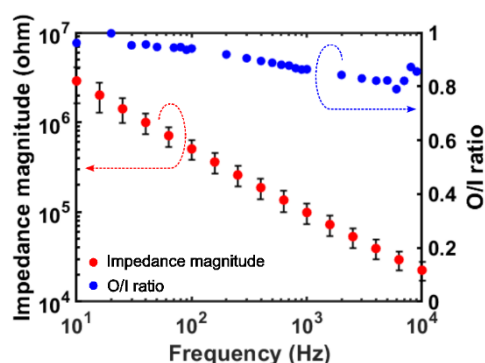


Fig.3 Impedance and O/I characteristics of the fabricated nanoneedle electrodes.