

ナノプローブ神経電極アレイの細胞内電位計測応用

A nanoscale tipped microprobe electrode array for intracellular recording

豊橋技科大¹, EIIRIS² ○久保田吉博¹, 大井英生², 澤畑博人¹, 牛流章弘¹, 安東頼子²,
沼野利佳^{1,2}, 石田誠^{1,2}, 河野剛士¹

Toyohashi Tech.¹, EIIRIS², ○Y. Kubota¹, H. Oi², H. Sawahata¹, A. Goryu¹, Y. Ando², R. Numano^{1,2},
M. Ishida^{1,2} and T. Kawano¹

E-mail: kubota-y@int.ee.tut.ac.jp

はじめに：生体工学や脳神経科学、医学の様々な分野において、脳や網膜を例とする生体の複雑なシステムのメカニズムの解析が行われている。神経活動メカニズムの解明には神経細胞の集団的活動を空間的に同時計測する手法が極めて有効である。なかでも細胞内電位を計測する手法は細胞外電位の信号が μV オーダーであるのに対し、細胞内電位は mV オーダーと得られる信号が大きく、さらに興奮性シナプス後電位(EPSP)や抑制性シナプス後電位(IPSP)といった、細胞外電位からは測定できない、活動電位の閾値以下の情報を得ることができる。これらの利点より、近年ではナノテクノロジーの発展に伴って細胞内電位計測デバイスの開発が盛んに行われている。我々はこれまでに VLS 結晶成長法により長さ $100\ \mu\text{m}$ 以上のマイクロプローブを形成後、フッ硝酸を用いたエッチング[1]により先端曲率半径 $200\ \text{nm}$ 以下のナノプローブ神経電極アレイの製作を行い、また製作したデバイスの電気的特性(インピーダンスおよび入出力比)の評価を行った[2]。今回、製作したデバイスを用い、マウスの腓腹筋の筋細胞内へナノプローブ神経電極を刺入し、細胞内電位の計測を行った。

実験内容：使用したデバイスはプローブ長 $120\ \mu\text{m}$ 、先端曲率半径 $150\ \text{nm}$ 、電極・配線材料は Al/Si であり、プローブ側壁と配線上面の絶縁膜として Parylene-C を $700\ \text{nm}$ 成膜したものである(Fig.1)。今回の実験では、このデバイスを用いて、リンゲル液中におけるマウスの腓腹筋の細胞内電位を計測した(Fig.2)。

実験結果：マウスの腓腹筋より計測した細胞内電位記録の結果を Fig.3 に示す。Fig.3 中の I は細胞内へプローブを刺入する前であり、II は細胞内へプローブを刺入した後である。細胞内へ刺入する前と後で電位の変化が起こっていることから、マウスの腓腹筋へプローブが刺入され、静止膜電位を計測することに成功したと言える[3]。一方で細胞外電位計測時に電位の揺らぎが確認されており、これは電極/溶液界面における接触電位によるものであると考察している。現在、電極材料をイオン化傾向の低い材料である Pt へ変更し、さらにプローブ長 $300\ \mu\text{m}$ のデバイスを製作中である。今後はこのデバイスを用いることによって、複数の神経細胞より細胞内電位の計測を予定している。

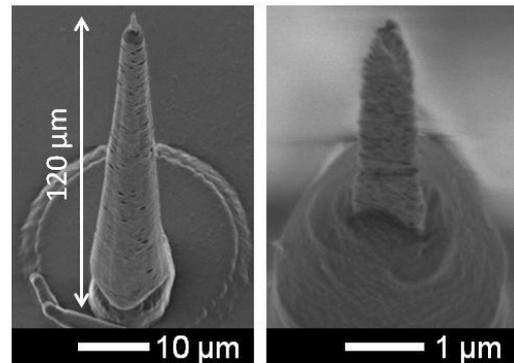


Fig.1 ナノプローブの SEM 像. プローブ全体 (左) と先端部分 (右).

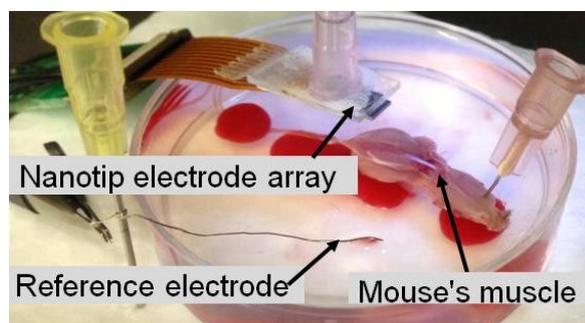


Fig.2 細胞内電位計測システム.

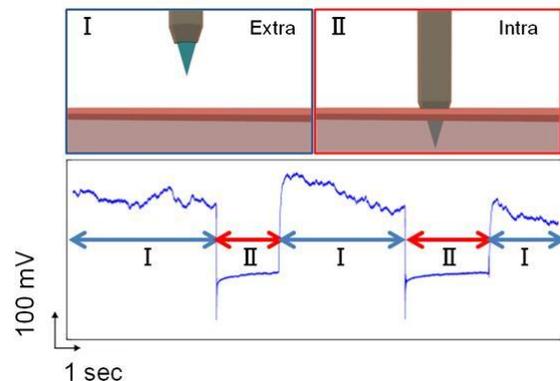


Fig.3 ナノプローブ神経電極による細胞内電位測定. (I) 細胞外, (II) 細胞内計測.

[1] A. Goryu, et al., Nanotechnology, Vol. 21, No. 12, 125302, 2010

[2] 久保田吉博、牛流章弘、石田誠、河野剛士、第 60 回応用物理学会春季学術講演会、2013 年

[3] Y. Kubota, et al., IEEE MEMS 2014 conference, San Francisco, USA, 2014