

초소형 실리콘 신경탐침의 임피던스 특성 향상 연구

이수진, 이이재, 윤효상, 박재영

광운대학교 전자공학과

서론: 최근 전세계적인 고령화 진행에 따른 뇌졸중, 파킨슨병, 알츠하이머병 등과 같은 각종 뇌관련 질환에 대한 관심이 더욱 높아지고 있으며 다양한 뇌질환 치료를 위하여 뇌 신경 신호의 정확한 검출에 대한 연구가 학계에서 활발히 진행되고 있다. 효과적인 뇌 신경 신호 검출을 위해서는 세포조직의 손상을 최소화 할 수 있는 초소형 신경탐침 및 극소 면적내에서 극대화된 검출 전극이 구현되어야 한다. 그러나, 극소 면적내에 구성된 소면적 전극을 통한 신호 검출은 전극 계면에서의 높은 임피던스를 야기시켜 정밀한 신경신호 검출에 어려움을 만든다. 따라서, 뇌 신경 신호 검출시 전극 계면에서의 낮은 임피던스를 검출하기 위한 다결정실리콘, 이리듐 산화막, 탄소나노튜브와 같은 다양한 전극 소재를 이용한 신경탐침 연구가 제안되어 왔다. 본 연구에서는 극소화된 전극면적과 신경세포 계면에서의 저 임피던스 신경신호 검출을 위하여 비이온성 계면활성제와 전해도금을 이용하여 높은 거칠기값을 갖는 나노동공 백금층을 검출 전극으로 활용하였다.

실험 결과: 제작된 신경탐침의 몸체는 실리콘으로 이루어지며, 탐침 끝단에는 신호 측정을 위한 나노동공 백금층을 갖는 전극들이 집적되어 있다. Fig. 1 는 제작된 나노동공 백금을 갖는 신경탐침의 이미지 (a), SEM (b), TEM (c), FESEM (d) 측정결과를 보여준다. 0.9 %의 NaCl 용액에서 제작된 신경탐침의 계면임피던스 및 위상각 변화에 대한 측정결과가 Fig. 2에 나타나 있다. 1.2 kHz 주파수에서 942.6 KΩ (0.029 Ωcm², 3.14 μm²)로 극대화된 실표면적을 갖는 나노동공 백금층에 의하여 매우 낮은 임피던스 특성을 보인 것으로 판단된다. 또한 제작된 신경탐침은 위상각이 -82.9°로서 캐패시터와 같은 역할을 하고 있다고 예상할 수 있었으며 4.6 mFcm²의 축전용량값을 보였다. Fig. 3는 1 M의 황산용액에서 나노동공백금층이 형성된 신경탐침 전극과 형성 전의 전기화학적 표면변화를 비교분석한 결과로서 나노동공 백금층의 형성 전/후의 전류응답 특성이 상이하게 나타났다. 나노동공 백금층의 실표면적 극대화로 인한 전류응답수치 또한 크게 향상 되었으며, 0~-0.25 V 영역에서의 수소 흡착에 따른 환원곡선은 전형적인 백금 특성을 보여주는 결과로 판단 할 수 있다. Table 1는 기존에 연구되었던 신경탐침들과 본 연구에서 제작된 나노동공 백금을 갖는 신경탐침의 임피던스와 캐패시턴스 특성을 비교한 결과이다.

결론: 본 연구에서는 실리콘 신경탐침 끝단에 집적된 전극상에 전해도금법을 이용하여 높은 거칠기값을 갖는 나노동공 백금층을 형성하고 전극 계면상의 낮은 임피던스를 검출을 하였다. 나노동공 백금층을 갖는 신경탐침은 순환전압전류법을 통해 극대화된 실표면적을 극대화를 확인할 수 있었으며, 극대화된 검출 전극면은 저 임피던스 측정에 용이함을 실험을 통해서 증명할 수 있었다. 따라서, 높은 거칠기값의 나노동공 백금층은 초소형화된 신경탐침상에 집적되는 전극면적소형화와 다수의 전극 구현에 효과적일 것으로 판단되며 보다 정확한 신경신호 검출을 통한 뇌질환의 명확한 이해에 유망할 것으로 판단된다.

Keywords: 뉴럴 프로브, 나노동공 백금, 저임피던스

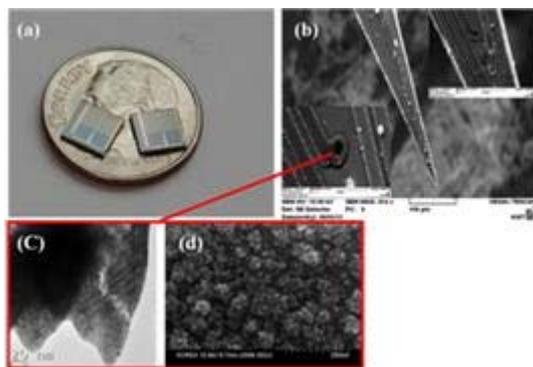


Fig. 1.

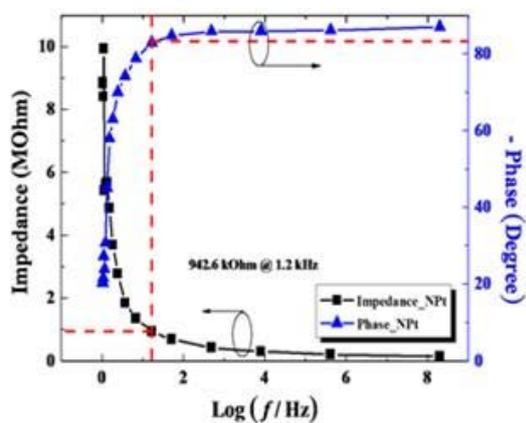


Fig. 2.

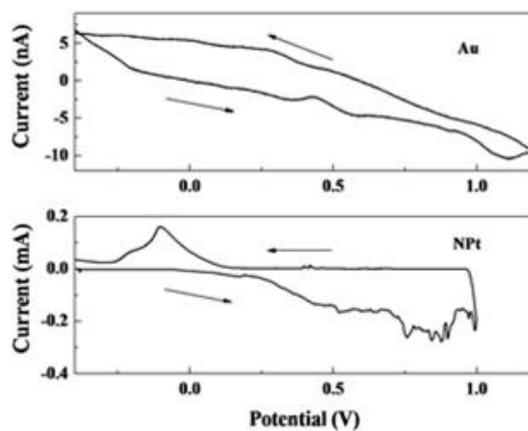


Fig. 3.

Table 1.

Institute	Electrode materials	Impedance (Z)	Specific capacitance
National Tsing Hua Univ._Biosens. Bioelectron. 2010, 26, 220–227	CNT @ 1kHz	645Ω (0.645 Ω cm^2) (surface area : 10–2000 μm^2)	2.5 mF cm^{-2}
Seoul National Univ._Med. Biol. Eng. Eng. Comput. 2007, 45, 1015–1021	Pt black @ 1kHz	11241 kΩ (1.120.41kΩ cm^2) (surface area : 100 μm^2)	–
Perdue Univ./Univ. Michisan_Frontiers in Neuroengineering. 2009, 2	IrOx @ 1kHz	113.6 kΩ (2.010.062kΩ cm^2) (surface area : 177 μm^2)	–
IMTEK, Univ. of Freiburg_Proc. 29 th IEEEConf.ofEMBS.2007.175–178	Pt black @ 1kHz	30–200 kΩ (0.942–6.28kΩ cm^2) (surface area : 314 μm^2)	–
<i>This work</i>	<i>Nanoporous Pt @ 1.2kHz</i>	<i>942.6kΩ (0.029Ωcm^2)</i> <i>(surface area : 3.14 μm^2)</i>	