

2007 Photonics Conference

November 14(WED) ~ 16(FRI), 2007
Poonglim Resort, Jeju

Proceeding

Exit

Organized by

IEEE/ Optical Wave and Quantum Electronics Division
KIEE/ Optical Electronics and E.M. Wave Division
OSK / Photonics Division
KICS/ Optical Communication Division
IEEE/ LEOS Korea Chapter
SPIE/ Korea Chapter

Sponsored by

KOPTI (Korea Photonics Technology Institute)
KAPID (Korea Association for Photonics Industry Development)
OPERA (Optics and Photonics Elite Research Academy)
RGRG (Random Graph Research Center)
FJBERPIA
DONGYANG DIGITAL
RAMTRON
SYMPHONY ENERGY
OE Solutions
Humanlight Co., Ltd.
LinkLine I&C
GLOBAL OPTICAL COMMUNICATION. Co., Ltd.
ChemOptics Inc.

11:15(초청논문)

F2C-2 ■ 전광 논리게이트와 그 응용

이석, 우덕하, 변영태, 전영민(KIST), 정영진(KIST/서울대), 박남규(서울대)

11:45

F2C-3 ■ 스캐닝 헤테로다인 간섭계를 이용한 국부적인 복소수 반사율 측정용 현미경

권강혁, 김봉수, 조규만(서강대)

12:00

F2C-4 ■ 1 kHz로 동작하는 분포형 광섬유 브릴루앙 응력 센서

송광용(중앙대), Kazuo Hotate(동경대)

12:15

F2C-5 ■ 낮은결맞음간섭계와 공초점광학계를 이용한 두께와 굴절률의 동시측정

김석한, 나지훈, 김명진, 이병하(GIST)

학술발표 F2D

모루홀

바이오메디컬 센서

10:45~12:30

좌장 : 최은서(조선대)

10:45(초청논문)

F2D-1 ■ 코어를 식각한 광섬유 브래그 격자를 이용한 고감도 바이오 센서

이상매, 강충길(부산대), A. N. Chryssis, S. S. Saini, M. Dagenais(University of Maryland)

11:15

F2D-2 ■ 단일 파장 광원을 이용한 무채혈 혈당 측정법의 개발을 위한 기초연구

김기도, 손근식, 박찬규, 이상신(광운대)

11:30

F2D-3 ■ 수직구조 마이크로링 공진기 기반의 글루코스 센서

김건덕, 손근식, 김기도, 경운환, 이상신(광운대)

11:45

F2D-4 ■ 측면 조영을 위한 광자결정 광섬유 프로브

최해룡, 유선영, 박관섭, 이병하(GIST)

12:00

F2D-5 ■ 표면플라즈몬공명(SPR)현상을 이용한 좌골신경신호의 광학적 측정

김신애, 김성준(서울대, NBS-ERC), 박형원(NBS-ERC)

표면플라즈몬공명(SPR)현상을 이용한 좌골신경신호의 광학적 측정 Optical Measurement of Sciatic Nerve Activities using Surface Plasmon Resonance

김신애*,^{1,2)} 박형원²⁾, 김성준^{1,2)}

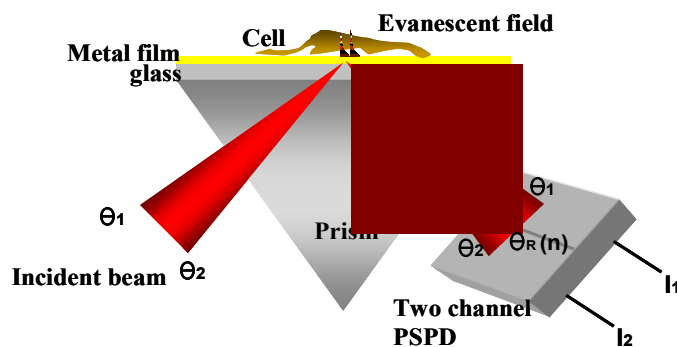
¹⁾서울대학교 전기공학부, ²⁾초미세생체전자시스템연구센터(NBS-ERC)

E-mail: sakim@helios.snu.ac.kr

Abstract The SPR can directly detect electrochemical signals at the metal-electrolyte interface. In addition, this method has no time limit and no stimulation artifact. A new optical recording system was developed for detecting neural signal using surface plasmon resonance (SPR). Experimentally, evoked compound action potentials from rat sciatic nerves were successfully recorded. These results show that the SPR system can be used as a valuable tool for neural network research.

광학을 이용한 신경신호의 측정은 비침습적인 방법으로 다채널 측정이 가능하며 전기적 잡음 (stimulation artifact)이 없다는 점에서 세포 간의 의사소통과 네트워크를 이해하기에 매우 효과적인 방법이다. 그러나 현재까지 널리 사용되어온 광학측정법은 주로 형광 염료 (fluorescence dye)를 사용하여 염료의 특성상 독성 문제뿐만 아니라 측정시간의 제약이 있었다

[1,2]. 따라서 본 논문에서는 기존 신경신호 측정방법의 단점을 극복할 수 있는 새로운 광학적 측정 방법으로 표면플라즈몬공명 (Surface Plasmon Resonance; SPR) 시스템을 제안하였다. SPR은 널리 알려진 광학센서로서, 측정원리는 금속과 시료의 상호작용을 통한 혹은 시료 자체의 물리적·화학적 변화가 유전률을 변화시키고 이는 곧 굴절률의 변화로 나타나 공명각(θ_R)을 바꾼다 [3]. SPR을 이용한 신경신호

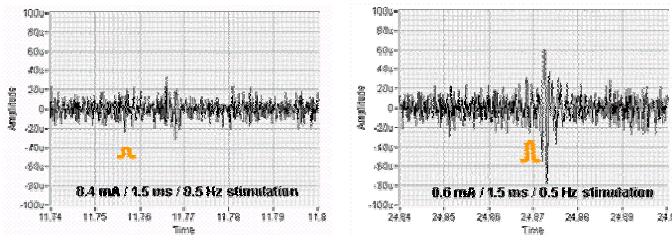


[그림 1] SPR을 이용한 신경신호 측정 원리.

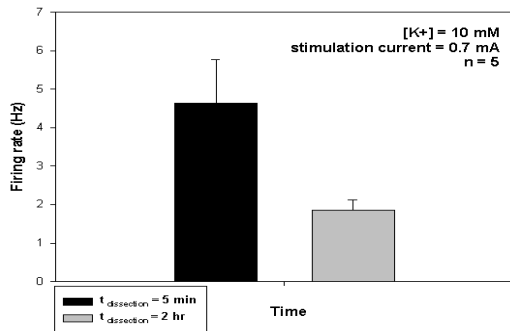
측정원리 역시 그림 1 과 같이 막전위 발생에 의한 세포막 주변의 굴절률 변화가 금속계면에서 SPR에 의해 공명각을 변화시켜 광검출부에서 측정되는 신호의 크기가 바뀌게 된다.

SPR 시스템은 크게 광원부(635nm laser diode), SPR 변환부, 광검출부(photodetector) 및 신호처리부로 나뉘며, SPR 변환부는 금속막(gold)이 증착된 유리기판(BK7 glass)을 중심으로 시료와 시료챔버(Teflon ring), 프리즘 등으로 구성되어 있다. 신경신호 측정 시 신경세포는 시료챔버 안에 세포 배양액(recording media)과 함께 위치하며 바닥에 밀착하도록 구성하였다. 신경신호의 측정 가능성을 확인하기 위해 신경세포가 아닌 좌골신경다발(sciatic nerve)을 이용하여 복합활동전압(compound action potentials; CAPs)을 기록하였다. 신경다발의 CAPs의 경우 그 크기가 일반 APs에 비해 크며 측정 시간도 길어 실험에 용이한 장점이 있다 [4].

실험동물은 체중 200~250g 의 Sprague-Dawley 계 숫쥐를 사용하였으며 시료챔버에 세포 배양액을 채워 37℃, pH=7.0~7.5 를 유지하며 실험을 수행하였다.



[그림 2] 자극크기에 따른 쥐의 좌골신경신호 측정결과



[그림 3] 시간경과에 따른 신경신호의 발생빈도.

그림 2 와 그림 3 은 전기자극 세기와 시간의 변화에 따른 좌골신경의 신경신호 측정결과이다. 그림 2 의 전기자극 조건은 구형파의 전류 자극이며, 진폭과 자극빈도는 고정하고 자극의 세기만 변화하며 측정하였다. 그 결과 0.4mA 의 자극(左)을 주었을 때는 잡음 외에 신호파형이 관찰되지 않았으며, 0.6mA 의 자극(右)을 주었을 때는 자극 뒤에 신경신호로 추정되는 신호파형이 관측되었다. 이 파형은 커플링이나 자극에 의한 잡음이 아닌 것으로 확인하였으며, 0.5mA 이상의 자극에서만 확인할 수 있었다.

따라서 이 신호는 문턱전위(threshold level)를 갖는 좌골신경의 CAPs 를 측정된 것으로 사료된다. 또한 동일한 전기자극조건에서 문턱전위 이상의 전류(0.7mA) 자극을 가하며 시간의 변화에 따른 신호의 발생빈도(firing rate)을 측정하였다. 그 결과 그림 3 과 같이 신경절단수술 직후에 비해 2 시간 가량이 경과하면 신호의 발생 빈도수가 절반 이하로 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 절단된 신경의 CAPs 의 특성과 일치한다. 이상과 같이 전기 자극의 크기와 시간의 경과에 따른 좌골신경신호의 반응을 통해 SPR 을 이용한 신경신호 측정의 가능성을 확인할 수 있었다.

Acknowledgments This work was supported by the NBS-ERC (Nano Bioelectronics and System Research Center; R11-2000-075-01001-0) of Seoul National University, which is an ERC supported by MOST/KOSEF.

REFERENCE

1. S, Antic and D. Zecevic, "Optical signals from neurons with internally applied voltage-sensitive dyes", J. Neurosci., vol. 15, no. 2, pp. 1392-1405, 1995
2. H. W. Baac, S. B. Jun, J. N. Tuner, W. Shain, K. L. Smith, M. L. Shuler, and S. J. Kim, "Extracellular optical recording configuration for neuronal action potential detection by using surface plasmon resonance: preliminary experiment", the 2nd international IEEE EMBS Conference on Neural Eng., pp. 332-334, 2005
3. H. Reather, *Surface plasmons*, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1988
4. P. K. Stys, B. R. Ransom, and S. G. Waxman, "Compound action potential of nerve recorded by suction electrode: a theoretical and experimental analysis", Brain Research, vol. 546, no. 1, pp. 18-32, 1991