

칼릭사린 단분자층을 이용한 브래그 격자 광도파로형 바이오 센서

Polymeric Waveguide Bio Sensors

with calixarene mono-layer covered Bragg Grating

김경조*, 이재현*, 오민철*, 고광락**

*부산대학교 전자공학과 NB-Photonics Lab., **부산대학교 나노과학부

e-mail : happy22@pusan.ac.kr

바이오 센서는 효소, 항원, 항체, 생화학물질 등과 같은 생체 물질과 센싱 분자와의 반응에서 나타나는 전기화학적 변화, 열에너지의 변화, 형광 또는 색의 변화 등을 인식 가능한 신호로 변환시켜주는 역할을 한다. 지난 40여 년간 자연과학, 생물공학, 화학공학, 전자공학, 생명공학 및 컴퓨터공학 등 여러 분야에서 미래를 주도할 산업으로 각광 받으며 활발하게 연구되어 왔으며 특히 생명체를 이루는 생체 조직과 레이저 광원 간의 상호 작용으로 인해 나타나는 현상을 이용하여 인체를 구성하는 다양한 조직의 상태를 분석하는 Bio-Photonics 분야의 연구도 활발히 진행되고 있다.^[1]

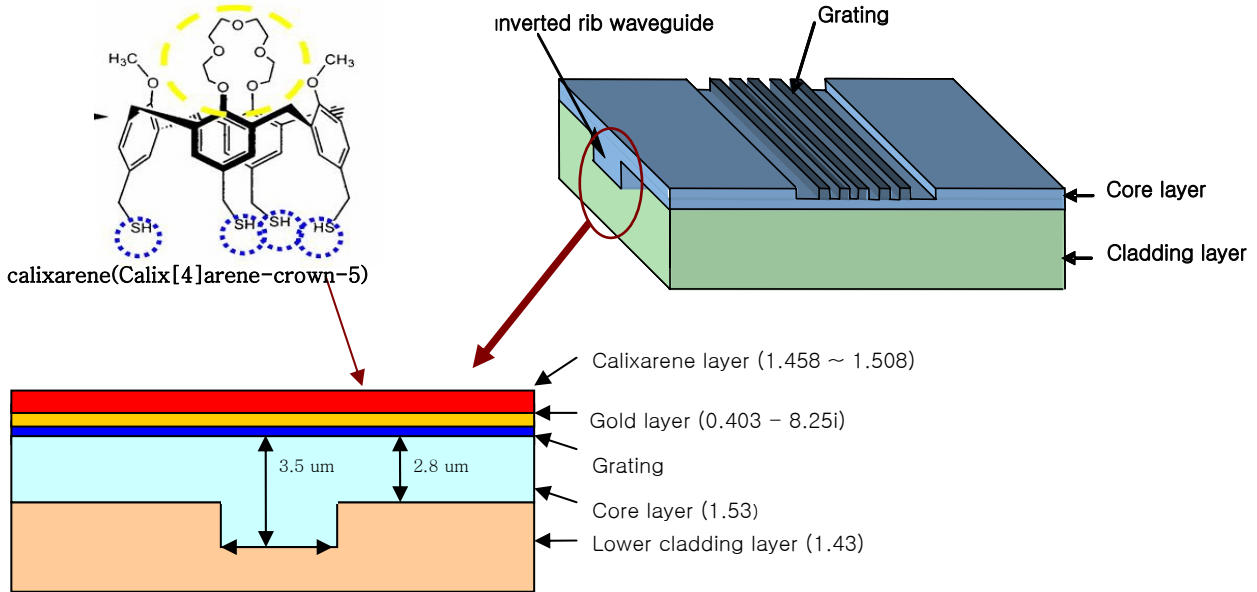
본 연구에서는 집적 광학 광도파로 소자 기술을 적용하여 생화학 물질의 성분을 정밀하게 측정 가능한 광소자로서 폴리머 광도파로와 브래그 격자를 이용하는 구조를 제안한다. 본 소자는 광도파로 주변에 존재하는 생화학 재료의 성분에 따른 굴절률 변화를 브래그 격자 구조를 이용하여 매우 민감하게 감지해 낼 수 있게 된다. 완성된 소자는 검출하고자 하는 표적 물질인 K^+ (potassium ion)에 대한 높은 선택성을 가져야 한다. 이를 위해서 소자 표면에 K^+ 과 선택적으로 결합하는 calixarene(calix[4]arene-crown-5) 단분자층(mono-layer)를 자기집합(self-assembly)법을 이용하여 형성하였다.^[2,3] 그림1은 전체적인 소자의 구조와 실험에서 이용된 calixarene의 구조이며, calixarene의 구조에서 하단에 점선으로 표시된 부분이 고정화 시에 쓰이는 다리 역할을 하는 것이고, 상단에 점선으로 표시된 부분이 K^+ 와 결합하는 부분이다.^[3] 인체 내에 pH 레벨은 인간의 건강상태에 많은 영향을 미치게 되며 K^+ 은 인체 내에서 pH 레벨을 조절하기 위하여 이용되는 중요한 원소이다. 제안된 소자는 폴리머 재료를 이용한 센서이며 인젝션 몰딩이나 나노 임프린팅 등의 공정을 이용하여 저가의 센서를 대량 생산할 수 있는 장점을 지니며, 또한 유연성 기판 위에 소자를 제작할 수 있는 장점을 가진다.

제안된 바이오 센서의 제작은 크게 반전 립 광도파로 제작, 코어 상부에 브래그 격자 제작 그리고 K^+ 의 선택적 결합을 위한 표면 처리의 3 단계로 나누어 이뤄지며, 완성된 브래그 격자 광도파로의 표면에 Gold를 E-beam evaporator를 이용하여 20 nm 두께로 증착하여 K^+ 을 격자표면에 선택적으로 흡착시키는 calixarene을 격자 표면에 covalent bond를 형성하며 단단히 접촉할 수 있게 한다.

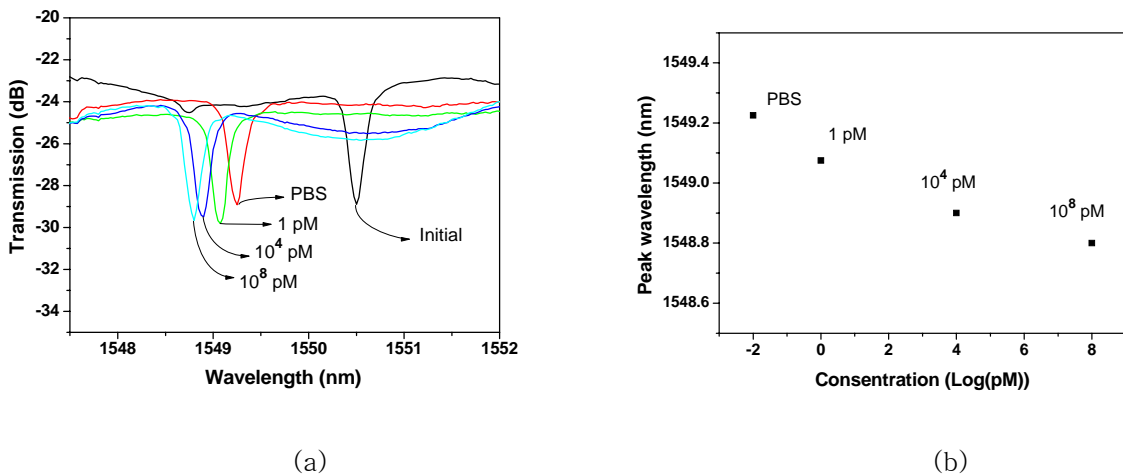
완성된 브래그 격자 도파로 소자에 K^+ 의 농도가 다른 용액을 sample에 떨어뜨려 반사 파장의 변화를 측정하였다. 브래그 격자 광도파로 소자는 1551.78 nm에서 반사파장이 10dB 이상의 깊이를 가지는 것이 관찰되었고, 이를 calixarene 단분자 층을 형성하여 biosensor로 동작하는 실험을 수행하였다. 이 과정은 처음에 PBS (phosphate buffered saline) 을 떨어뜨리고, 차례로 $10E-12$ M, $10E-8$ M, $10E-4$ M의 농도의 용액을 떨어뜨려 측정해 보았다. 그림 2는 실험을 통해 측정된 결과를 정리한 것이다. PBS 용액을 떨어뜨렸을 때, 가장 크게 변화였고 용액의 농도가 높아짐에 따라 반사

한국광학회 하계학술발표회

파장의 위치가 단파장 쪽으로 이동하는 것을 알 수 있었다. 제작된 센서는 광섬유 연결과 센서 부를 노출시킨 패키징을 하고 나면 극미량의 생체물질을 in-vivo 상태에서 측정 가능한 센서로 활용 가능하다.(이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2004-041-D00503))



<그림 1. 바이오 분자 측정을 위해 제안된 폴리머 브래그 격자 광도파로>



<그림 2. (a) K⁺ 농도에 따른 스펙트럼 분석 결과 (b) K⁺ 농도에 따른 반사 파장의 위치 측정을 로그함수로 나타낸 그래프>

참고문헌

[1] W. Lukosz, "Integrated optical chemical and direct biochemical sensors," *Sens. and Actuators B* 29 (1995) 37-50

[2] D. Filenko, T. Gotszalk, Z. Kazantseva, O. Rabinovych, I. Koshets, Yu. Shirshov, V. Kalchenko, I.W. Rangelowb, "Chemical gas sensors based on calixarene-coated discontinuous gold films," *Sens. and Actuators, B*, 2005.

[3] A.V. Nabok, A.K. Hassan, A.K. Ray, O. Omar, V.I. Kalchenko, "Study of adsorption of some organic molecules in calix[4] resorcinolarene LB films by surface plasmon resonance," *Sens. and Actuators, B* 45, 115-121, 1997.