

## FBAR를 이용하여 CEA 검출을 위한 바이오 센서에 관한 연구

이재원, 강승구, 이태용, 송준태  
성균관대학교 정보통신공학부

### The Investigation of Biosensor for Detecting CEA by using FBAR

Jae-Won Lee, Seung-Gu Gang, Tae-Yong Lee and Joon-Tae Song

Department of Information and Communication, SungKyunKwan University

**Abstract :** FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator)는 높은 민감도와 실리콘기판을 활용한 집적화의 가능화 때문에 최근 부각되고 있는 바이오센서이다. 특히 AlN 압전층을 이용한 FBAR는 배향특성이 우수하고 높은 음향속도를 가지는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 AlN의 Full Width at Half Maximum(FWHM)값이 0.23°인 우수한 (002) 방향의 FBAR를 제작한 후 상부 전극위에 Anti-CEA 와 CEA를 흡착하여 공진주파수의 변화를 조사하였다. 그 결과 Anti-CEA 흡착 후와 CEA 흡착 후 공진주파수의 변화는 각각 832.875KHz, 941.748KHz 이었으며, 각각 3496 Hz·cm<sup>2</sup>/ng, 3482 Hz·cm<sup>2</sup>/ng의 높은 민감도를 확인하였다.

**Key Words :** FBAR, AlN, 바이오센서, CEA

### 1. 서론

기술의 발달과 더불어 여러 기술 간의 컨버전스가 빈번히 발생하고 있다. 특히 Biotechnology(BT) 에 대한 Information technology(IT) 의 접목이 두드러지고 있는데 그에 대한 한 경우로 CEA(carcinoembryonic antigen) 검출을 위한 바이오 센서를 다루도록 한다.

CEA란 배아성 암 항원으로, 결장암이나 간경화, 과다흡연 등의 상태에서 수치가 증가하는 특성을 가지고 있다. 이를 통해 CEA 수치가 수술 전보다 줄지 않거나 증가되면 종양의 완전한 제거가 안 되었거나 재발 혹은 전이가 되었음을 파악 할 수 있다. 이를 검출해내기 위해 수정진동자, SAW(Surface Acoustic Resonator), FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator)를 센서로 이용한다. 본 논문에서는 다른 방식에 비해 보다 높은 민감도와 큰 활용성을 지닌 FBAR 방식을 채택하였다.

FBAR 소자에 사용되는 압전층 물질로서는 주로 AlN, PZT, ZnO 박막 물질이 있는데 본 연구에서는 AlN를 압전 재료로 선택하였다. AlN는 다른 물질들에 비하여 배향특성이 우수하고 높은 음향 속도를 가지고 있으며 열팽창계수가 낮은 등 여러 가지 장점들이 있기 때문이다[1].

본 논문에서는 FBAR의 공진주파수 측정 후에, ANTI-CEA흡착 후와, CEA 검출 후, 이 두 가지 경우의 공진주파수의 변화를 측정할 것이다. 이를 통해 FBAR의 민감도를 측정하고, 그에 따른 최적의 CEA 검출용 FBAR 소자를 제작하는 것이 본 실험의 목적이다.

마스크 패턴으로 노광한 후 Mo 전극을 rf 마그네트론 스퍼터를 이용하여 200 μm 두께로 증착하였고 AlN 압전층을 rf 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여 증착하였다. 상부 Au 전극은 고주파 측정을 위하여 GSG(ground-signal-ground)로 3단자를 제작하였고 각 단자간의 간격은 150 μm로 고정하였다. 마지막으로 실리콘 웨이퍼 에칭을 위해 상부의 에칭 액으로부터 피해를 줄이기 위하여 에폭시 수지를 이용하여 보호하고 측면은 테프론 테이프를 이용하여 완벽하게 차단하였다. 하부 층에 SiO<sub>2</sub> 박막은 불산 용액(7:1)을 이용하여 에칭을 수행한 후 실리콘 막은 25 wt%의 TMAH 용액을 이용한 습식 식각을 수행한다. 그 후에 약 5μm 남았을 때 반응성 이온 식각장치를 이용한 건식 식각을 통하여 후면을 완전히 식각을 하였다. Anti-CEA를 Au 전극에 고정화 하기 위하여 단백질 A 방법을 사용 하였으며, Anti-CEA와 CEA를 각각 200 μg/mL, 0.5 μg/mL를 흡착후 상온에서 건조하였다.

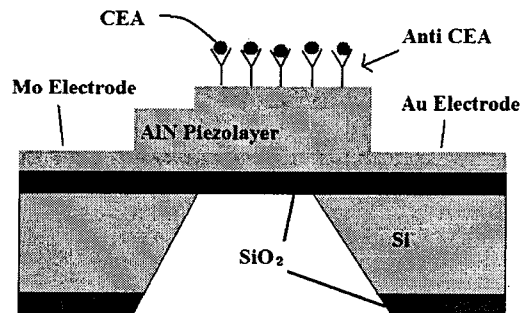


그림 1. 바이오 센서의 구조.

### 2. 실험

FBAR 제작 순서는 두께 535 μm의 폴리싱 실리콘 기판을 오염 물질 제거 후 산소 분위기의 전기로를 이용하여 열 산화막을 0.5 μm 두께로 성장하였고 포토리소그래피를 수행하였다. 이 때의 공정조건은 15초 동안 제작된 크롬

### 3. 결과 및 고찰

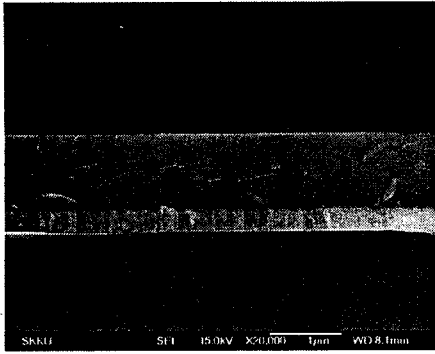


그림 2. FBAR 소자의 SEM 결과

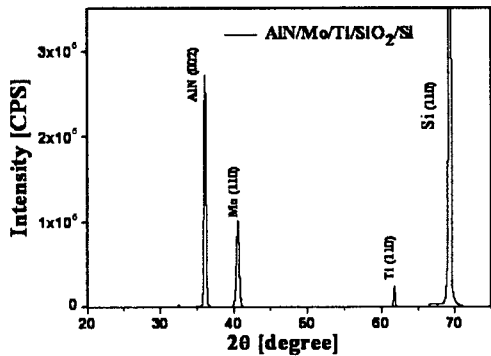


그림 3. FBAR 물질들의 XRD 패턴

그림 2와 그림 3은 SEM 사진과 XRD 패턴으로부터 정재파 형성에 중요한 역할을 하는 AlN 박막의 배향이 (002) 방향으로 잘 성장되었음을 확인할 수 있다. 또한 AlN의 Full Width at Half Maximum(FWHM) 이 0.23° 로 수직축 방향으로 잘 성장되었음을 확인하였다[2].

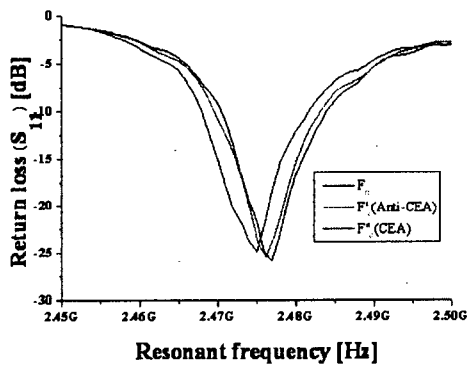


그림 4. FBAR 소자 질량에 따른 공진주파수 변화

그림 4는 FBAR 소자의 질량에 따른 공진주파수 변화를 측정하였는데 처음 전 처리한 FBAR의 공진주파수와 비교하여 Anti-CEA 흡착후의 공진주파수와 CEA 흡착 후의 공

진주파수가 점점 작아지는 경향을 보였으며, 표 1에 측정 한 공진주파수와 센서특성을 나타내었다.

표 1. 공진 주파수 특성 및 센서 특성

	흡착 전 FBAR	Antibody 흡착 후 FBAR	CEA 흡착 후 FBAR
공진 주파수 [GHz]	2.476912864	2.476079989	2.475138241
센서 특성 [Hz/g]	$0.86655 \times 10^{22}$	$0.87951 \times 10^{22}$	
민감도 [ $\text{Hz} \cdot \text{cm}^2/\text{ng}$ ]	3496	3482	

흡착 전, Antibody 흡착 후, CEA 흡착 후 FBAR의 공진 주파수를 비교해 보면 이동한 공진주파수는 각각 832.875KHz 와 941.748KHz를 보였다. 센서특성은 흡착 전  $0.86655 \times 10^{22} \text{Hz/g}$  와  $0.87951 \times 10^{22} \text{Hz/g}$ 을 나타내었고 민감도 역시 각각  $3496 \text{Hz} \cdot \text{cm}^2/\text{ng}$  과  $3482 \text{Hz} \cdot \text{cm}^2/\text{ng}$ 의 우수한 특성을 보였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 FBAR소자의 질량에 따라 변화하는 공진 주파수를 측정하고 이를 수식에 대입하여 센서특성과 민감도를 조사하였다. XRD 실험 결과 AlN의 (002) 배향성이 세로축으로 우수하게 나타났으며 FWHM 역시 0.23°로 나타났고 공진주파수 실험 결과 센서특성은 흡착 전  $0.86655 \times 10^{22} \text{Hz/g}$  와  $0.87951 \times 10^{22} \text{Hz/g}$ 을 나타내었고 민감도 역시 각각  $3496 \text{Hz} \cdot \text{cm}^2/\text{ng}$  과  $3482 \text{Hz} \cdot \text{cm}^2/\text{ng}$ 로 FBAR를 이용한 바이오센서의 우수한 특성을 보였다.

### 감사의 글

이 논문 또는 저서는 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2008-313-D00328)

### 참고 문헌

- [1] G. Wingqvist, V. Yantchev, I. Katardjiev "Mass sensitivity of multilayer thin film resonant BAWsensors" on Sensors and Actuators A: Physical, 2008
- [2] S. W. Oh, T. Y. LEE, U. K. KIM, H. I. KANG and J. T. SONG, "The preferred orientation and morphology characteristics of AlN thin films prepared by RF power under Room Temperature process", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 20, No. 1, p. 313, 2007.