ZnO 압전박막의 제조와 유량조절밸브로서의 응용

ZnO Piezoelectric Thin Film Fabrication and Its Application as a Flow - rate Control Microvalve

박 세 광 경북대학교 전기공학과

Sekwang Park Kyungpook National Univ.

Abstract: After reviewing previous work done on two piezoelectric thin films (PZT, ZnO), ZnO thin piezofim of 1-3UM is fabricated by sputtering on the different substrates (i.e., P+Si/ N-Si, SiO2/P+Si/ N-Si, Al/ SiO2/ P+Si / N-Si). The result shows that ZnO piezofilm on the Al has the best c-axis orientation. One of applications for the ZnO piezofilm as an microvalve to control liquid flow is introduced, and which can be controlled electrically and remotely.

요약 : PZT 와 ZnO 박막에 관해 지금까지의 발표된 연구결과를 토대로 1-3 UM 정도의 ZnO 박막을 스파터링 방법에 의해 각각 다른 기판 (P+ Si/N-Si, SiO2/P+ Si/ N-Si, Al/SiO2/P+ Si/N-Si) 위에 제조하였고 그 결과 Al을 넣은것이 보다 나은 C-축 특성을 보였으며, 박막 압전 ZnO 의 한 응용으로서 유량을 제어할 수있는 소자를 소개하고 원격 조정 가능한 밸브로서의 이용 가능성을 타진해 보았다.

I. 서 론

두께 1-3UM 정도의 압전 박막은 트랜스듀서로서 아주 유용하였다. 즉 이는 초음파센스, 가스센스, 접촉감지센스 및 액튜에이터로서 그 응용 범위가 넓어 질 수있다. [1][2] 특히 지난 10 년간 이러한 트랜스듀서로서 이용 가능성이 연구 되어져왔고 그중 CdS 와 ZnO 가 주 압전박막으로 사용되었다. [3][4] 이 두가지 압전박막은 모두 6각구조 (6 mm 그룹) 로서 CdS 는 증착기술을 이용해서 제작 되었으나 ZnO 의 경우는 두가지원소 의 증기압이 큰 차를 가지고 있기 때문에 ZnO 의 증착은 아주 어렵다. 실제적으로 성공적인 예는 지금까지 스파터링 기술에 의한 경우가 더 많다. 그러나 표면이 거칠지않고

고르며 빽빽한 구조를 가진 양질의 외형적 특성을 가진것이라야 좋은 압전특성을 가진 박막 ZnO 이고 또한 1-3 UM 정도 두께를 가진 박막 ZnO를 얻기란 매우 어렵다. 압전 세라믹스 물질중 하나인 PZT (Pb(Ti,Zr)O3) 가 실제적으로 높은 압전상수(d)를 가지고 보다 나은 특성을 지닌 물질이지만 이 또한 스파터링하는 동안 Pb 성분의 결핍으로 실제 변이 영역에서 가장 큰 압전현상이 일어나는 것을 얻지 못할 경우가 많다. 일반적으로 박막으로 얻어진 PZT 는 타켓으로 쓴것에 비해 다른 구성비를 가지고 있고 이를 보완하기 위해 복잡한 타켓을 만들 필요가 있기 때문에 PZT를 이용한 박막제작에는 어려움이 많다.

II - 1. 실험방법

II-1. ZnO 압전박막제조

아래 표 1 은 지금까지 알려진 스파터링 방법에 의한 ZnO 압전박막제작을 종합한 표 이다.

표 1. 스파터링 방법에 의한 박막제작 비교표

방법	타켓	가 스 (Ar:O2)	압 력 (mTorr)	기판온도 (˚C)
DC 다이오드	ZnO	30:70	70	400
RF 다이오드	ZnO	100:0	10	
		0:100		
DC 트리오드	ZnO	90:10	1 - 2	175
DC 마그네트론	Zn	0:100	200-1000	실내온도
RF 마그네트론	Zn	0:100	7	500
	ZnO	0:100	3 - 50	150-400
	Zn	0:100	5 - 70	실내온도

II-2. 시편제조

II-2-1. 시편준비

ZnO 압전박막의 질은 시편 재료에 따라 변화될 수 있으므로 그림 1 에서 보여지는 바와같이 3 가지의 다른 시편을 준비하였다.

시편 #1

1) N-type (100) 양면 폴리시드 (polished) Si 웨이퍼, 두께 : 145 UM

2) P+ 바론 확산, 950 ˚C, 1시간

시편 #2

3) RF 스파터한 SiO2

스파터링조건 : RF 출력 220 W, $5x10^{-5}$ Torr, 쿼츠타켓 (Quartz Target), Ar (100 %) 가스. 30분의 예비 스파터링후 4시간동안 스파터링함.

시편 #3

4) 알루미늄 증착 (두께 3000 Å) .... 전극용.

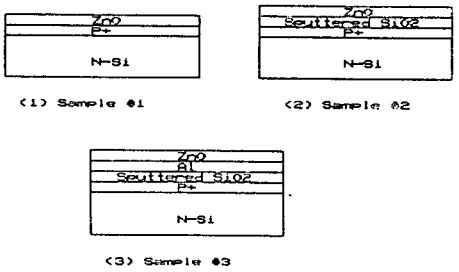


그림 1. ZnO 압전박막을 위한 기판 샘플 준비

II-2-2. 스파터링

ZnO 압전박막은 DC 다이오드 방법에 의해 다음과 같은 조건에서 제조되었다.

조건 :

포워드 전력 (Forward Power) : 500 W

리프렉트 전력 (Reflect Power) : 5 W

타켓 바이어스 (Target Bias) : 1850 V

기판 바이어스 (Substrate Bias) : 0 V

아노드 - 캐소드 간격

(Anode-Cathode Spacing) : 3 인치

타겟 직경 (Target Diameter) : 5 인치

가 스 : Ar (75 %) + O2 (25 %)
P = 12 mTorr 에서

예비 스파터링(Pre-Sputtering) : 10 분간

스파터링 시간(Sputtering time) : 3.5분간

예상 속도비

(Estimated deposition rate) : 4000 Å /hr
(이것은 경험에 의한 RF 바이어스 전압이 1000 V, 포워드전력이 250 W 일때 2000 Å/hr 에 기초해서 추정한 것임)

III. ZnO 압전박막 실험결과

상기에서 준비한 3 가지의 시편에 대한 SEM 시험한 결과, 알루미늄위에 만든 ZnO 압전박막의 질이 (C-축 방향특성, 조밀도 등) 가장 우수하며 두께는 약 1.5 UM (1.8 UM 예상) 이며 약 10도 정도의 편향이 있음을 알 수있다. (그림2 참조)

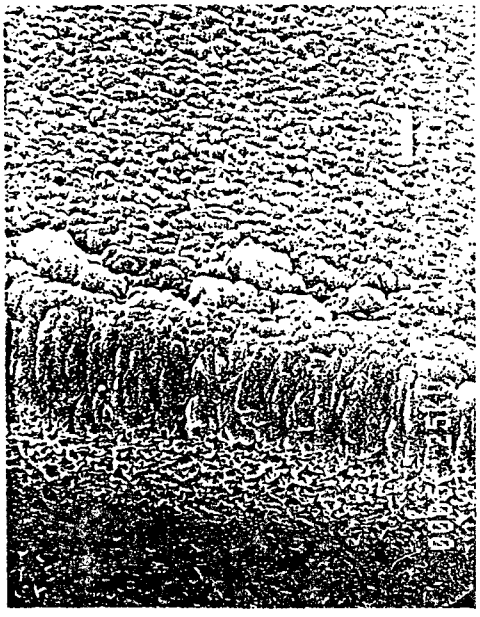


그림2. SEM 시험결과

IV. ZnO 압전박막을 이용한 소자로서의 응용예

초음파센스, 가스센스, 촉지센스 등으로서의 응용은 지금까지 소개된 바가 있으나 액류에 이터로서의 응용으로 미세한 유량을 제어할 수 있는 밸브를 소개한다. (그림 3 참조) 그림에서와 같이 A를 통해 들어온 액체가 Chamber B를 통해 C로 흐를 때 유량은 ZnO 박막에 가해진 전압 Va에 의해 조절될 수있다. 즉 박막의 가장자리는 모두 Clamping 되어 있으므로 박막은 Bending 현상이 일어나고 이 Bending에 의해 유량이 조절된다. Bending의 거리 및 Bending 으로 인한 박막의 수직 방향으로의 힘은 다음과 같이 쓸 수있다.

$$t = d33\ Va$$

$$F = Y\ d31\ w\ Va$$

여기서

d31,d33: 압전상수

Y:영률상수

w:압전물질의 폭

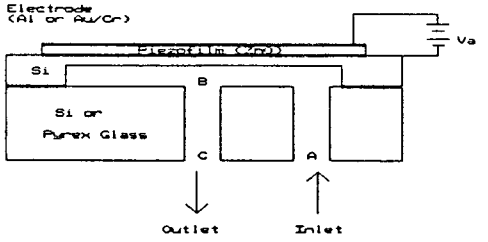
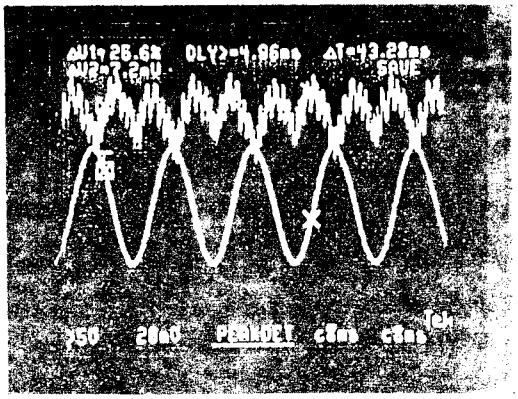


그림 3. 압전물질을 이용한 유량조절 밸브



그 림 4. ZnO 압전박막 벤딩 실험결과
(입력: Vpp=30V, 450 Hz
출력: 35mV
Bending: 0.25 UM)

V. 결 론

위의 실험결과 ZnO 압전박막의 액튜에이터 소자로서의 이용가능성은 높다. 그러나 Bending 거리가 수 UM 정도로 얻기위해서는 수백 Volt의 전압을 인가 해야하고 이 Bending 힘도 인가한 전압에 비례한다.

VI. 참고 문헌

[1] D.L. Polla, et.al. , "Integrated Zinc Oxide-On-Silicon Tactile-Sensor Array, IEDM 85, pp 133-136, 1985

[2] T. Shiosaki, et.al., "Fabrication and Characterization of ZnO Piezofilms for Sensor Devices", IEEE Proc., CHI 504(1979) pp 151-154

[3] I. Martil et.al., "Structual and Optical Properties of RF Sputtered CdS Thin Films, Thin Solid Films, 120(1984) pp 31-36

[4] I. Petrov, et.al., "Highly Oriented ZnO Films Obtained by DC Reactive Sputtered ZnO Transducers", IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, January 1972