

## YMnO<sub>3</sub>/Si(100) 구조의 RF Power 의존성

### RF Power dependence in YMnO<sub>3</sub>/Si(100) Structures

김진규\*, 정순원\*, 김용성\*, 이남열\*, 정상현\*, 김광호\*\*, 유병곤\*\*\*, 이원재\*\*\*, 유인규\*\*\*, 양일석\*\*\*  
(Jin-Kyu Kim\*, Soon-Won Jung\*, Yong-Seong Kim\*, Nam-Yeal Lee\*, Sang-Hyun Jeong\*,  
Kwang-Ho Kim\*\*, Byung-Gon Yu\*\*\*, Won-Jae Lee\*\*\*, In Kyu Yu\*\*\*, Yil-Suk Yang\*\*\*)

#### Abstract

YMnO<sub>3</sub> films have been deposited with different RF powers of 60W, 80W, 100W, and 120W. The structural properties of YMnO<sub>3</sub> films on Si(100) were analyzed by XRD(X-ray diffraction). The c-axis oriented peaks of YMnO<sub>3</sub> were observed deposited in YMnO<sub>3</sub>/Si(100) structure of RF power at 870°C in oxygen ambient, and the peaks were enlarged by increasing The RF powers. The dielectric constant of the film deposited at 100W and 120W of RF power were about 19, 20 respectively.

**Key Words(중요용어)** : XRD(X-ray diffraction), YMnO<sub>3</sub> thin films (YMnO<sub>3</sub> 박막)  
RTA(고온 순간 열처리), Ferroelectric material(강유전체 물질)

#### 1. 서론

최근 국내외적으로 비휘발성 메모리에 활용하기 위한 강유전체 박막들이 많이 연구되고 있다. 이러한 강유전체 박막들은 용이한 신호의 구분을 위해서는 잔류 분극량(Pr, remanent polarization)이 커야하고 용이한 분극 반전을 위해서 Ec(coercive field) 값이 작아야 한다. 또한 fatigue, retention, imprint와 같은 신뢰성에서도 좋은 특성을 가지고

있어야한다. 하지만 그 동안 연구 되어온 PZT, SBT같은 강유전체 물질들은 몇 가지의 문제점들을 가지고 있는데 첫 번째로 PZT, SBT같은 고유전율 강유전체 물질들을 실리콘 기판 위에 직접 성장시킬 때 이들 강유전체 물질들은 실리콘 위에서 산화물들과 반응하여 실리콘계 산화물을 형성하게 되고 이러한 산화물은 강유전체 물질의 유전율을 낮게 하며 강유전성을 상실하게 만든다. 또한 계면에서도 원자적으로 안정되지 않는다. 두 번째로 높은 유전율을 가지고 있으므로 높은 소비전력과 스위칭의 속도에 있어서 문제점들을 가지고 있다. 마지막으로 depolarization 같은 신뢰성의 문제를 가지고 있다. 이것은 휘발성에 의한 것으로 특히 fatigue에 있어서 매우 중요한 요소이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 새로운 물질들이 요구되고 있는데 이러한 물질들 중의 하나가 YMnO<sub>3</sub>이다<sup>(1)(2)(3)</sup>.

\*청주대학교 일반대학원 전자공학과  
충북 청주시 상당구 내덕동 36번지 청주대학교  
Fax : 0431-229-8432  
E-mail : cariboo99@chongju.ac.kr  
\*\*청주대학교 전자·정보통신·반도체 공학부  
\*\*\*한국전자통신연구원

YMnO<sub>3</sub>는 격자 상수가 a=0.613nm, c=1.151nm이고 유전율은  $\epsilon_r=20^{(4)}$ 이다. 또한 자발분극 P<sub>s</sub>는 오직 하나의 분극 축(c-axis)<sup>(4)</sup>만을 가지고 있으며 그 값은 5.5 $\mu$ C/cm<sup>(5)</sup>으로 알려져 있다. YMnO<sub>3</sub>의 낮은 유전율은 실리콘 기판위에 직접 성장 시 유전율의 변화가 다른 강유전체의 강유전체 물질보다 적으며 또한 Pb, Bi와 같은 휘발성 요소를 가지고 있지 않으므로 신뢰성에서도 다른 강유전체 물질들보다 높은 신뢰성을 가지고 있다. 본 실험에서는 RF magnetron sputtering system을 이용하여 Si(100) 기판위에 YMnO<sub>3</sub> 박막을 직접 성장 하였으며 박막의 증착시 RF Power를 60W, 80W, 100W, 120W로 달리 하였다. 이렇게 제작된 YMnO<sub>3</sub> 박막을 870 $^{\circ}$ C에서 1분간 고온 순간 열처리(RTA)를 행하였다. 이러한 YMnO<sub>3</sub> 결정구조를 XRD로 분석하였으며, 상부전극으로 Pt를 이용하여 MFS(Metal-Ferroelectric-Semiconductor) 캐패시터를 제작하여 전기적인 특성을 측정하였다.

## 2. 실험 및 결과

### 2.1 YMnO<sub>3</sub>/Si(100) 구조의 제작

본 실험에서는 산화물계 강유전체인 YMnO<sub>3</sub> 박막을 저항률이 5~8  $\Omega \cdot \text{cm}$ 인 boron이 도핑된 p-Si(100) 기판에 RF magnetron sputtering system을 이용하여 직접 성장 하였다. 그림 1에서는 본 실험에 대한 실험 순서도를 나타내고 있다. p-Si(100) 기판은 유기세척 및 표준 RCA법<sup>(6)</sup>을 이용하여 세척하였다. 순도가 99.9%인 YMnO<sub>3</sub> 타겟을 이용하여 RF magnetron sputtering 법으로 p-Si(100) 기판에 YMnO<sub>3</sub> 박막을 성장 하였다. YMnO<sub>3</sub>의 성장 조건은 표1과 같다.

표 1. sputtering 조건  
Table 1. sputtering condition

Parameter	Value
Target	YMnO <sub>3</sub> diameter : 3" thickness : 0.25"
RF input power	60W, 80W, 100W, 120W
Gas pressures	10m Torr
Sputtering gas	Ar
Target to substrate distance	55mm

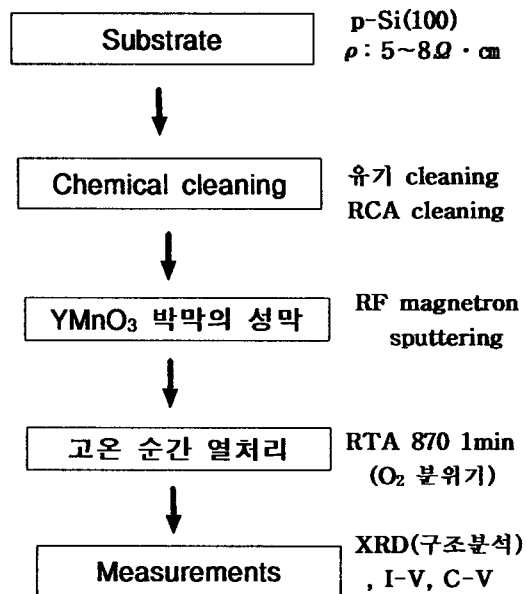


그림 1. 산화물계 강유전체 YMnO<sub>3</sub>를 이용한 RF power에 따른 YMnO<sub>3</sub>/Si(100) 구조의 제작 순서도

Fig. 1. Fabrication flow chart of RF Power dependence in YMnO<sub>3</sub>/Si(100) structure using ferroelectric oxide YMnO<sub>3</sub>

이렇게 제작된 YMnO<sub>3</sub> 박막을 산소분위기, 870 $^{\circ}$ C에서 1분간 열처리하였다. 이러한 YMnO<sub>3</sub>/Si(100) 구조에 대한 분석에는 XRD를 이용하였으며, E-beam을 이용하여 게이트 전극으로 Pt를 증착 시켰다. 전기적인 특성 평가에는 HP 4192A와 HP4145B를 이용하였다.

### 2.2 RF power에 따른 YMnO<sub>3</sub>/Si(100) 구조

그림 2는 RF power에 따른 YMnO<sub>3</sub> 박막의 XRD 패턴을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 RF power가 증가함에 따라서 YMO(002), YMO(004)피크가 함께 증가한다. 60W의 경우에는 YMO(002), YMO(004)피크가 작으나 YMO결정이 형성된 것을 알 수 있으며 80W에서부터 YMO결정의 피크의 강도가 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 100W, 120W의 경우에는 YMO(002), YMO(004)피크의 강도의 변화가 거의 없다.

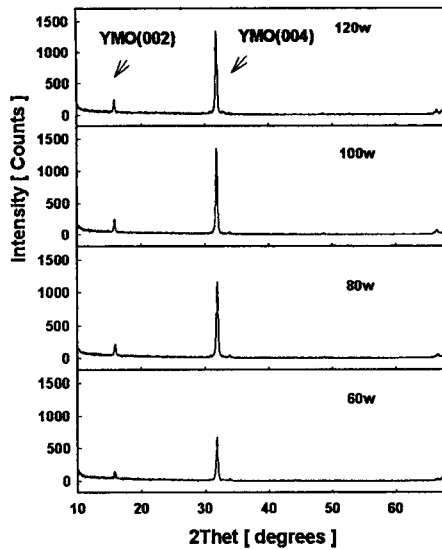
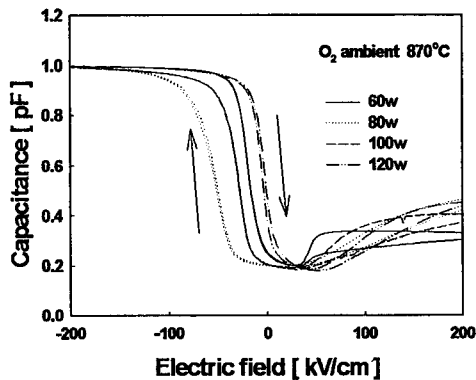


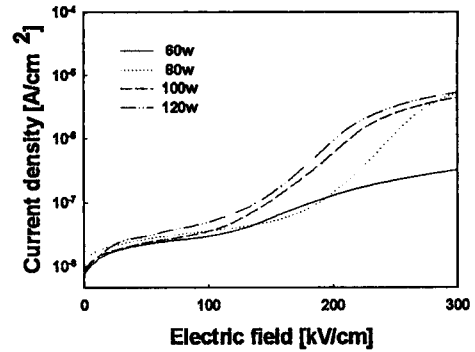
그림 2. RF power에 따른 YMO<sub>3</sub>/Si구조의 XRD 패턴

Fig 2. XRD patterns of RF Power dependence in YMO<sub>3</sub>/Si(100) Structures

### 2.3 RF power에 따른 YMO<sub>3</sub>/Si(100) 구조의 전기적 특성



(a)



(b)

그림 3. RF power에 따른 MFS 캐패시터의 전기적 특성 (a) C-V 특성 곡선 (b) leakage current density 특성 곡선

Fig 3. Electrical properties of MFS capacitors dependence of RF power (a) C-V characteristics (b) leakage current density characteristics

그림 3에는 각각의 RF power에 따른 전기적인 특성을 나타내고 있다. 그림 3(a)의 C-V 특성 곡선에 의하면 YMO<sub>3</sub> 박막과 실리콘 기판과의 계면 특성은 RF power에 대해서 거의 비슷하다는 것을 알 수 있다. 또한 C-V 특성 곡선이 시계방향(polarization type)으로 나타나고 있는데 이것은 YMO<sub>3</sub> 박막이 인가한 게이트의 전압으로 인하여 분극반전이 이루어진 것으로 강유전체의 특성인 히스테리시스 특성을 갖는 것으로 판단된다. 이때 RF power 80W, 120W인 경우 좀더 큰 메모리 윈도우를 가지고 있다. 이러한 C-V 특성 곡선의 accumulation 영역에서 구한 유전 상수와 굴절율은 표 2와 같다. YMO<sub>3</sub>의 유전 상수는 RF power 100W와 120W로 성막한 경우 벌크 상태의 값인 20과 가장 비슷한 값을 가지는 것으로 나타났다. 그림 3의 (b)에서는 RF power에 따른 gate leakage current를 나타내고 있다. Leakage current는 RF power가 증가함에 따라서 증가하는 경향을 보이고 있는데 이것은 RF power가 증가할수록 막이 damage를 받음으로 발생하는 것으로 판단하고 있다.

표 2. RF power에 따른 유전 상수  
Table 2. Dielectric constant dependence of RF power

RF power	유전 상수
60W	15
80W	17
100W	19
120W	20

### 3 결론

RF power를 변화시키면서 RF magnetron sputtering 법으로  $\text{YMnO}_3/\text{Si}(100)$  구조를 제작하였다. RF power변화에 따른 YMO의 결정은 모든 RF power에 대하여 YMO결정이 형성되었으나 RF power가 증가함에 피크가 증가하는 경향을 보이고 있다. 그러나 100W, 120W인 경우에는 비슷한 피크치를 나타내고 있다. 또한 제작된  $\text{YMnO}_3/\text{Si}(100)$  구조의 전기적인 특성에서 C-V 곡선으로부터 구한 유전 상수의 값은 100W, 120W인 경우 벌크 상태의 값 20과 비슷한 19와 20을 얻을 수 있었다. 그리고 100W, 120W인 경우의 gate leakage current density는 100W인 경우에 좀더 낮은 값으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 한국전자통신연구원의 연구비 지원을 받아 수행 되었습니다.

### 참고 문헌

1. Fujimura N, Ishida T, Yoshimura T, Ito  
Applied Physics Letters , V. 69 No. 7 , 12  
August 1996.
2. Noriumi Fujimura, Shu-ichiro Azuma, Nobuaki  
Aoki, Takeshi Yoshimura, and Taichiro Ito J.  
Appl. Phys., Vol. 80. No. 12, 15 December  
1996.
3. Ho Nyung Lee, Yong Tae Kim, and Young K.  
Pa가, Appl. Phys. Lett., Vol. 74, No. 25, 21  
June 1999.
4. Shogo IMADA, Shigeto SHOURIKI, Esisuke  
OKUMITSU and Hiroshi ISHIWARA,  
"Epitaxial Growth of Ferroelectric  $\text{YMnO}_3$  Thin  
films  $\text{Si}(111)$  Substrates" Jpn. J. Appl. Phys.  
vol. 37, part 1, No. 12A, pp. 6497-6501,  
December 1998
5. Noriumi Fujimura, Tadashi Ishida, Takeshi  
Yoshimura, and Taichiro Ito "Epitaxially  
grown  $\text{YMnO}_3$  films : New candidate for  
nonvolatile memory"
6. K. Werner, and D. A. Puotinen, "Cleaning  
Solutions Based on Hydrogen Peroxide for use  
in Silicon Semiconductor Technology", RCA  
Review. 31., pp. 187-206, June. 1970.