

# PZT 박막의 화학·기계적 연마 특성

## Chemical Mechanical Polishing Characteristics of PZT Thin Films

徐龍辰<sup>†</sup> · 李愚宣<sup>\*</sup>

(Yong-Jin Seo · Woo-Sun Lee)

**Abstract** - In this paper, we first applied the chemical mechanical polishing (CMP) process to the planarization of ferroelectric film in order to obtain a good planarity between electrode and ferroelectric film.  $Pb_{1.1}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$  (shortly PZT) ferroelectric film was fabricated by the sol-gel method. And then, we compared the structural characteristics before and after CMP process of PZT films. Removal rate, WIWNU% and surface roughness have been found to depend on slurry abrasive types and their hardness, especially, surface roughness and planarity were strongly depends on its pH value. A maximum in the removal rate is observed in the silica slurry, in contrast with the minimum removal rate occurs at ceria slurry. We found that the surface roughness of PZT films can be significantly reduced using the CMP technique.

**Key Words** : CMP (chemical mechanical polishing), PZT ( $Pb_{1.1}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ )

### 1. 서 론

최근 정보화 사회로의 변화 추세에 따라 소형화 및 저전력화가 가능하고 저장된 정보가 휘발되지 않는 박막형 강유전체 메모리 소자에 대한 관심이 집중되고 있는 가운데 고유전율 및 불휘발성을 갖는 강유전체 메모리 칩인 FRAM (ferro-electric random access memory)과 DRAM (dynamic random access memory) 개발이 반도체 산업의 기술력을 확보하는 차원에서 활발한 연구가 진행되고 있다[1, 2]. 그 이유는 집적도의 증가로 인해 종래의  $SiO_2$ 막을 유전체로 사용할 경우, 커패시터의 유전체도 더욱 초박막화되어 거의 양자한계에 도달하고 있기 때문이다. 따라서 고유전율 재료의 사용이 불가피 하게 되었다.[1]

현재 페로브스카이트(perovskite) 구조의 PZT, SBT, BST 계열의 강유전체 재료가 ULSI 소자를 위한 대체물질로 각광을 받고 있다.[2] 지난 10년 동안, 페로브스카이트 구조의 PZT 막이 높은 잔류분극(remnant polarization) 및 항전계(coercive field) 특성에 기인하여 강유전체 소자를 위한 매력적인 유전물질로 사용되고 있다.[3] FRAM이 비휘발성의 메모리 특성, 높은 전하 저장 능력 및 빠른 스위칭 동작을 갖는 등 우수한 특성을 가지고 있으나, 그레인과 그레인 경계에서의 표면 거칠기에 기인하는 높은 결함 밀도 때문에 소자 성능이 저하되는 단점이 있다.[4] 특히, 집적도의 증가로 인한 소자 크기의 감소와 그에 따른 복잡한 기능의 집적회로 구현을 위해 표면 평탄화는 다층 배선 (multi-level interconnection) 공정에서 반드시 해결되어야 할 문제 중의 하나로 대두되고 있어 이를 해결할 수 있는 방안으로 CMP(chemical mechanical polishing) 기술이 효과적인 공정

으로 제안되었다.[5-7]

CMP 공정은 DRAM 셀의 면적을 감소시킬 수 있기 때문에 고밀도의 DRAM 칩의 설계에 있어서 매력적인 공정이 될 수 있다.[1] 현재 CMP 공정은 초고집적회로(ULSI)의 다층배선 구현을 위한 PMD (pre-metal dielectric), ILD (inter-layer dielectric), IMD (inter-metal dielectric) 층 뿐만 아니라 STI (shallow trench isolation) 구조의 광역 평탄화를 위한 필수 공정으로 자리매김하고 있다. CMP 연마 특성은 연마장비 및 연마패드, 탄성지지대, 슬러리 등의 소모재(consumable)들과 같은 공정변수들에 의해서 최적화 되어진다.[8,9] 이러한 CMP 공정의 소모재들 중에서 특히 슬러리는 CMP 공정의 연마율과 비균일도(non-uniformity) 등에 중요한 역할을 한다.[10] 슬러리의 다양한 특성들 중 슬러리 조성과 pH(potential of hydrogen)의 변화는 연마 특성에 직접적인 영향을 미치는 주요 요소들이다.

본 논문에서는 졸겔법[11, 12]에 의해 도포된 PZT 박막의 표면 특성 개선을 위해 CMP 공정을 처음으로 시도하였다. 이와 유사한 이전의 연구[13-15]에서 BST, BTO 막에 CMP 공정을 적용하여 우수한 표면 특성을 얻은 바 있으나 본 논문에서는 PZT 막에 대해 처음으로 CMP 공정을 적용하여 실리카와 세리아와 같은 슬러리 연마제의 종류 및 pH의 변화에 따른 PZT 박막의 연마특성을 고찰하였다. 또한 CMP 전후의 표면특성 및 X-ray 회절분석(XRD)에 따른 상의 변화를 평가하여 차세대 FRAM 제조에 CMP 공정의 적용 가능성 및 향상된 연마 특성에 관하여 연구하였다.

### 2. 실험

본 실험에서는 8인치의 TEOS/Si 웨이퍼를 2[cm]×[2cm]의 크기로 절편한 후,  $H_2SO_4:H_2O_2(1:4)$ ,  $H_2O:HF(10:1)$  DHF 및 탈이온수 (de-ionized water: DIW)를 이용하여 초기 세정한 후에,  $Pb_{1.1}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ 의 졸겔 용액이 TEOS/Si 기판 위에 스프인 코팅되었다.  $Pb_{1.1}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ 막을 형성하기 위한 precursor 용액은 출발물질로서 lead acetate-3-hydrate,

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 大佛大學校 副教授 · 工博

E-mail : syj@mail.daebul.ac.kr

<sup>\*</sup> 正會員 : 朝鮮大學校 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2006年 5月 18日

最終完了 : 2006年 8月 13日

zirconium isopropoxide 및 titanium isopropoxide를 사용한 졸겔법에 의해 준비되었다. 고체상태의 아세트산납(lead acetate)을 아세트산에서 용해시킨 후에 Pb stock 솔루션을 만들기 위해 혼합해 주었다. zirconium isopropoxide 및 titanium isopropoxide는 N<sub>2</sub> 분위기에서 2-메톡시에탄올에서 분해되었다. 마지막으로, 두개의 출발 용액은 화학양론적이면서 안정한 PZT precursor를 준비하기 위해 서로 혼합해 주었다.

PZT 박막을 제작하기 위해 PZT precursor 솔루션은 0.2[um]의 주입필터(syringe filter)를 통해 TEOS/Si 기판위에 투입되었다. PZT 막은 4000[rpm]의 스핀 코팅(spin coating)법에 의해 30초 동안 도포되었다. 스핀 코팅 작업 후에, 표면의 유기오염물질을 제거하기 위해 핫 플레이트(hot plate)에서 1분 동안 200[°C]로 가열 건조하였다. 그리고 나서 as-deposited 막의 재결정화를 위해 산소 분위기의 전기로에서 600[°C], 30분 동안 열처리해 주었다. 그림 1에 보인 것과 같은 과정으로 얻은 PZT 박막의 최종 두께는 대략 600[nm] 이었다.

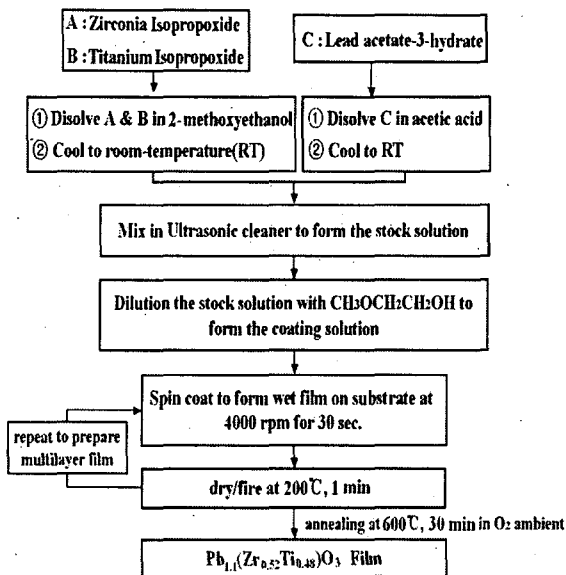


그림 1 공정 흐름도  
Fig. 1 Process flow chart

본 논문에서 사용된 모든 테스트 웨이퍼는 G&P 테크놀로지의 POLI-380 모델의 CMP 연마기를 사용하여 30초 동안 연마해주었다. 이때 CMP 공정을 위한 테이블 속도(table speed), 헤드 속도(head speed), 슬러리 유속(slurry flow rate), 하압(down force)은 각각 50[rpm], 50[rpm], 90[ml/min] 및 300[gf/cm<sup>2</sup>]으로 고정하여 사용하였다. 연마는 30초 동안 동일하게 진행하였으며, 연마 전에 패드의 초기화를 위한 컨디셔닝은 2[kg/cm<sup>2</sup>]의 압력으로 60 초 동안 진행하였다.

연마패드는 롬앤하스(Rohm & Haas)의 IC-1300과 Suba-IV가 접착된 이중패드를 사용하였다. 표 1에 보인 것과 같이 상온에서 pH가 11.3인 실리카(SiO<sub>2</sub>) 슬러리

(pH=11.3@25°C)와 pH가 7.3인 세리아(CeO<sub>2</sub>) 슬러리 (pH=7.3@25°C)가 PZT 막의 CMP를 위해 사용되었다. 한편 pH의 변화가 CMP 특성에 미치는 영향을 고찰하기 위해 Fisher Scientific의 ACS 표준 버퍼 솔루션을 사용하여 pH를 6.8에서 12.3까지 각각 조절하였다.

슬러리의 에이징(aging) 현상을 방지하기 위하여 연마 전에 Sonic Tech사의 초음파 교반기로 충분히 교반시켜 주었다. CMP 공정 후 웨이퍼 세정은 3분 동안 NH<sub>4</sub>OH : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O를 1:2:7의 비율로 제조된 SC-1 용액에서 3분간, 1:10의 DHF 용액에서 2분, 마지막으로 초음파 세척기를 이용하여 4분 동안 세척하였다.

연마율을 계산할 때 측정에 따른 오차를 방지하기 위해 J.A. Woollam사의 M-2000V 엘립소미터(spectroscopic ellipsometer)를 이용하여 각 웨이퍼마다 중앙에서 가장자리까지 시계 방향으로 9점의 동일한 지점들을 측정하였다. CMP 전후의 표면 형상 및 단차 프로파일(profile)을 평가하기 위해 AFM (PSIA, XE-100)을 사용하였고, 서로 다른 슬러리 연마제 및 pH의 변화에 따른 PZT 박막의 CMP 전과 후의 X-ray 회절(XRD; Philips, X'pert-PRO-MRD, Cu Kα=0.15405nm, 40kV, 30mA) 패턴을 분석하였다.

표 1 서로 다른 슬러리 연마제 및 pH 변화에 따른 CMP 특성 비교.

Table 1 Comparison of CMP characteristics as a function of different abrasive and pH changes.

	Abrasive	pH	RR [nm/min]	NU [%]	RMS [nm]
S 10.3	SiO <sub>2</sub>	10.3	389	4	32.0
S 10.8	SiO <sub>2</sub>	10.8	376	4	34.4
S 11.3 <sup>*1</sup>	SiO <sub>2</sub>	11.3	357	4	45.1
S 11.8	SiO <sub>2</sub>	11.8	353	5	37.8
S 12.3	SiO <sub>2</sub>	12.3	335	5	47.0
C 6.8	CeO <sub>2</sub>	6.8	327	4	47.0
C 7.3 <sup>*2</sup>	CeO <sub>2</sub>	7.3	306	3	37.8
C 7.8	CeO <sub>2</sub>	7.8	291	3	31.9
C 8.3	CeO <sub>2</sub>	8.3	337	3	27.2
C 8.8	CeO <sub>2</sub>	8.8	254	5	12.8

<sup>\*1</sup> Raw silica abrasive slurry (pH=11.3@25 °C)

<sup>\*2</sup> Raw ceria abrasive slurry (pH=7.3@25 °C)

### 3. 결과 및 고찰

지금까지 강유전체 막의 CMP를 위한 전용 슬러리는 개발되어 있지 않았으며, FRAM 칩에 CMP 공정이 적용된 사례도 없었다. 따라서 본 연구에서는 FRAM 응용을 위한 강유전체막의 CMP 가능성을 조사하기 위해 종래의 산화막용 슬러리인 실리카 슬러리와 세리아 슬러리를 사용하여 강유전체막으로 널리 사용되고 있는 PZT막의 표면 평탄화를 처음으로 시도하였다. 그림 2는 표 1에 보인바와 같이 서로 다른 연마제를 갖는 슬러리 및 pH 변화에 따른 PZT 박막의 CMP 후에 얻은 연마율과 비균일도 특성을 비교한 것이다.

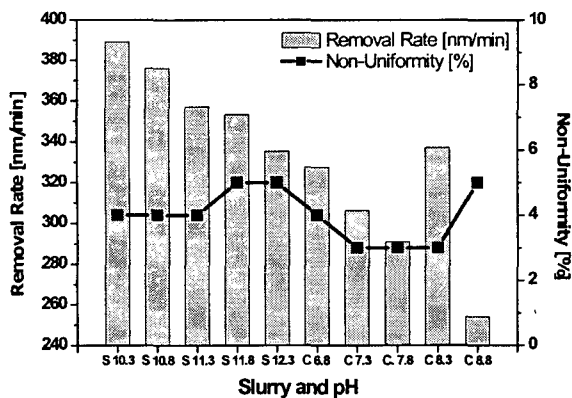


그림 2 서로 다른 슬러리와 pH 변화에 따른 연마율과 비균일도 비교.

Fig. 2 Removal rate and non-uniformity as a function of different slurry and pH.

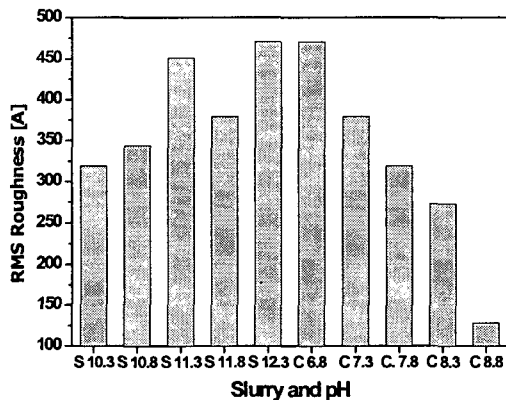


그림 3 서로 다른 슬러리와 pH 변화에 따른 RMS 거칠기 비교.

Fig. 3 RMS roughness as a function of different slurry and pH.

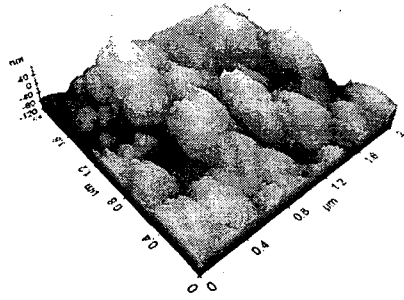
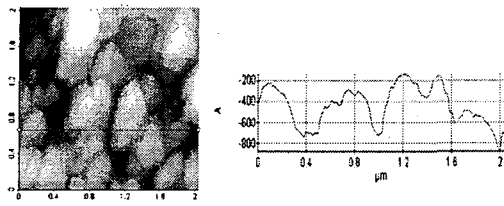
실은에서 연마율은 250[nm/min]에서 390[nm/min]까지 변화하였고, 비균일도는 3[%]와 5[%] 사이의 비교적 안정한 값을 나타내었다. 실리카 슬러리의 경우 pH가 증가함에 따라 연마율은 선형감소를 하였으나, 세리아 슬러리의 경우에는 pH=8.3에서 가장 높은 연마율을 보였고, pH=8.9에서 가장 낮은 연마율을 나타내었다. 세리아 연마제보다 더 단단한 경도를 갖는 실리카 슬러리는 높은 연마율을 나타낸 반면에, 세리아 슬러리는 비교적 낮은 연마율 및 비균일도를 나타내었는데, 이는 PZT 막의 CMP 특성이 슬러리 연마제의 종류 및 pH 변화에 의존함을 의미하는 것이다. 일반적으로 슬러리 용액은 산화막 표면을 약하게 만들고, 계속적으로 연마패드와 슬러리 연마제와의 기계적인 작용에 의해 연마제 제거되는 메커니즘을 가지고 있다[7]. 즉, 슬러리 pH의 증가는 pOH의 감소를 의미하며, 이는 수산화 이온(OH<sup>-</sup>) 농도가 감소하여 PZT 막의 표면에 공급되는 OH<sup>-</sup>의 확산이 감소하여 PZT 막의 표면을 연화(weaken)시키지 못해 연마율이 낮아진 것으로 생각된다. 일반적으로 안정한 CMP 슬러리를 확보하기 위해서는 절연체 및 금속 산화막의 비균일도는 5% 이하로 유지되어야 한다. 따라서 본 실험에서 PZT-CMP

에 사용한 실리카 슬러리와 세리아 슬러리 모두 그림 2에 보인 바와 같이 요구조건을 만족하고 있다고 볼 수 있다.

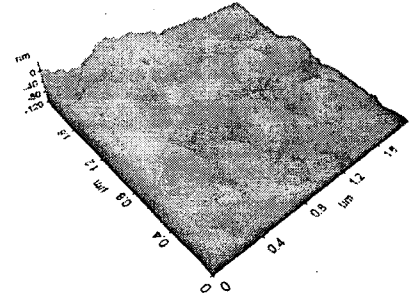
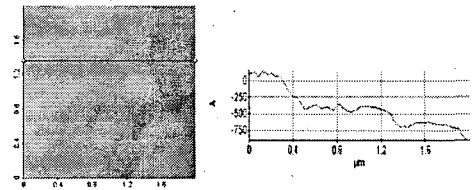
그림 3과 표 1은 슬러리 종류와 pH 변화에 따른 RMS (root mean square) 표면 거칠기를 보인 것이다. pH가 증가함에 따라 실리카 슬러리의 RMS는 증가하였고, 세리아 슬러리의 RMS는 급격하게 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 세리아 슬러리를 사용한 PZT 막의 RMS 표면 거칠기가 실리카 슬러리보다 더 우수함을 지적하는 것으로, 그림 2와 그림 3의 결과를 종합하여 볼 때, pH=10.3의 실리카 슬러리와 pH=8.3의 세리아 슬러리가 연마율과 RMS 거칠기 특성을 모두 만족시킬 수 있는 적절한 슬러리 조건으로 판단된다. 따라서 이상과 같은 CMP 기법이 FRAM 응용을 위해서도 효과적인 평탄화 공정이 될 수 있음을 기대할 수 있다.

그림 4 (a)는 AFM으로 측정된 CMP 공정 전 PZT 막의 표면형상, 단차 프로파일 및 3차원 이미지를 보인 것이다. AFM 표면 형상 결과에 의하면, 초기의 표면은 구형모양의 그래인들이 불규칙하게 분포되어 있으며 31.5[nm]의 매우 높은 RMS 값을 나타내었다. 그러나, pH=10.3의 실리카 슬러리에서 30초의 CMP 공정을 수행한 결과, RMS는 32[nm]로 약간 증가를 하였다. 그림 4 (b)는 pH=10.3의 실리카 슬러리를 가지고 CMP한 후의 AFM 이미지와 단차 프로파일을 보인 것이다. 그림 4 (c)는 pH=12.3의 실리카 슬러리를 사용한 CMP 후의 AFM 결과를 나타낸 것이다. 그림 4 (d)와 (e)는 각각 pH=7.3 및 pH=8.3의 세리아 슬러리를 사용한 CMP 공정 후의 AFM 이미지와 단차 프로파일을 나타낸 것이다. 비록 그래인과 그래인 경계 사이에 매우 높은 단차가 존재한다고 할지라도, 그림 4 (c)와 (d)의 결과보다는 더 우수한 표면 품질을 가지고 있음을 알 수 있다. 또한 pH=8.3인 세리아 슬러리의 단차는 상당히 감소를 하여 RMS 값은 12.8[nm]까지 개선되었다. 따라서 PZT 막의 표면 거칠기가 상당히 향상되었음을 알 수 있다. 이는 기존의 강유전체막의 건식 식각 공정시 부산물이 표면에 잔류하게 되어 박막의 특성을 저하시키는 문제점을 CMP 공정으로 대체함으로써 개선시킬 수 있음을 암시하는 것이다. 본 논문에서 상용화된 슬러리 연마제와 pH 변화에 따른 CMP 특성의 비교를 통해 최적화된 슬러리 조건을 찾아냄으로써 향후 강유전체막의 CMP 공정에 적용할 수 있는 새로운 가능성을 확인할 수 있었다.

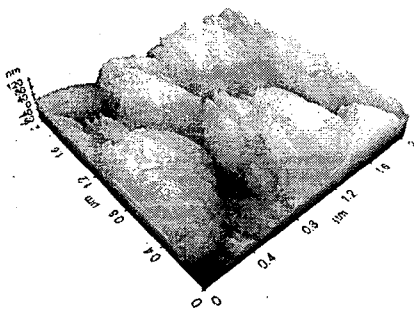
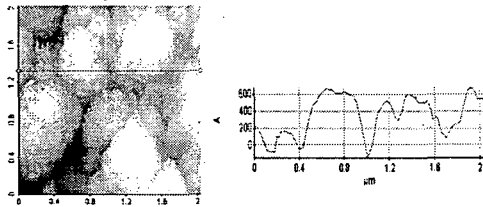
그림 5는 슬러리 연마제의 종류 및 pH 변화에 따른 PZT 막의 XRD 패턴을 비교한 것이다. CMP 공정 전 PZT (110) 상은 2θ=31.62°에서 약한 피크가 관찰되었다. 그러나 PZT (110) 상의 피크는 CMP 공정 후에 증가하였고, 이와 동시에 PZT (102)와 PZT (113) 상의 두 피크가 2θ=20.95°와 2θ=26.76°에서 각각 생성되었다. 이는 페로브스카이트 구조의 PZT 막이 CMP 공정 후에도 변하지 않았음을 의미하는 것이다. 한편, Si 피크는 CMP 공정 전에 관찰되지 않았으나, CMP 공정 후에는 2θ=33.22°에서 Si (211) 피크가 나타남을 알 수 있었다. 또한 Si 피크는 세리아 슬러리 보다는 실리카 슬러리에서 더 강하게 관찰되었는데, 이는 PZT 막의 연마 작용 동안 실리카(SiO<sub>2</sub>) 연마제 내의 Si 분해에 의해 Si 원소가 더 증가한 것으로 추측된다. 실리카 슬러리의 pH가 증가함에 따라 상대적 수산화(OH<sup>-</sup>) 그룹의 감소에 기인하여 피크는 더 약해졌다. 즉, pH의 증가는 슬러리 내에서 수산



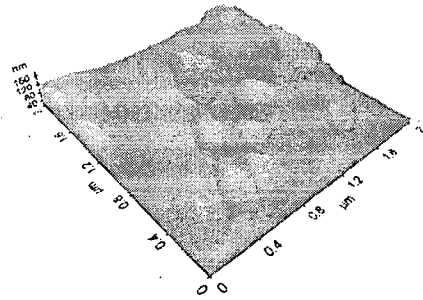
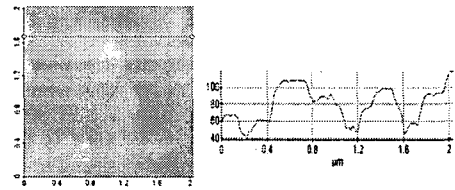
(a)



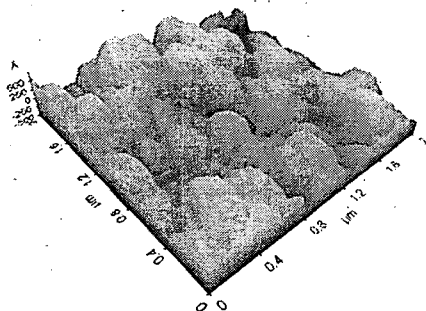
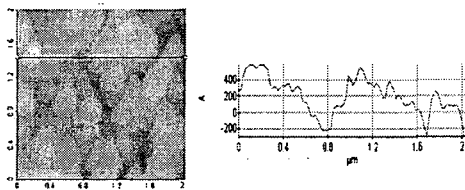
(d)



(b)



(e)



(c)

그림 4 AFM 표면 형상, 단차 프로파일, 3D 이미지, (a) CMP 전, (b) pH=10.3의 실리카 슬러리, (c) pH=12.3의 실리카 슬러리, (d) pH=7.3의 세리아 슬러리, (e) pH=8.3의 세리아 슬러리.

Fig. 4 AFM surface morphology, height profiles and 3D image, (a) before CMP, (b) Silica slurry (pH=10.3), (c) silica slurry (pH=12.3), (d) ceria slurry (pH=7.3) and (e) ceria slurry (pH=8.3).

화물 이온의 농도(pOH)가 감소함을 의미한다. 따라서, 수산화 이온(OH<sup>-</sup>) 농도의 감소에 기인하여 PZT 막의 표면에 공급되는 OH<sup>-</sup> 이온의 확산이 감소하여 피크는 감소한 것으로 생각된다. 이는 여러 종류의 슬러리 조건 중에서 pH=10.3의 실리카 슬러리와 pH=8.3의 세리아 슬러리가 가장 우수한 연마율 및 비균일도를 보였으며, 이는 그림 4(b)와 그림 4(e)에 보인 AFM 결과와도 일치하는 것으로 보아 결론적으로 첨가 연마제의 종류 및 pH 변화가 PZT-CMP 공정에 매우 중요함을 알 수 있었다.

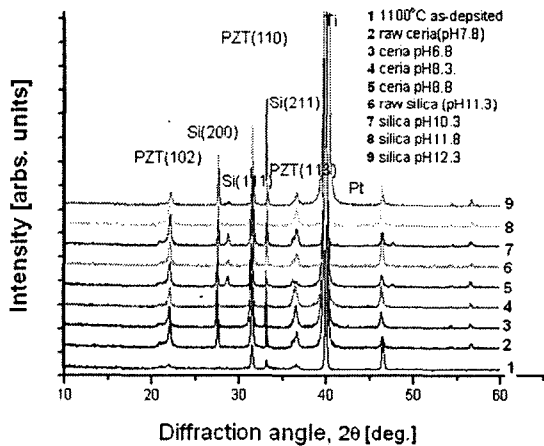


그림 5 PZT 박막의 CMP 공정 전후의 X선 회절 패턴 비교.  
 Fig. 5 X-ray diffraction pattern of PZT thin film before and after CMP process.

비록 본 연구에서 최종적으로 MFS (metal-ferroelectric semiconductor) 커패시터를 제작하여 전류-전압 특성 및 표면 상태 밀도 등을 측정하지는 못하였지만, CMP 공정에 의해 PZT 막의 표면 거칠기가 현저히 개선됨을 확인할 수 있었다. 즉, CMP 기법에 의한 표면 거칠기의 감소는 MFS 커패시터에서 PZT 막과 플라티늄(Pt) 전극 사이의 결합밀도의 감소에 기인한 누설전류 및 국부적인 전류 밀도의 집중을 피할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결 론

실리카와 세리아 연마제 슬러리를 가지고 PZT 막을 CMP함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 연마율, 비균일도 및 표면 거칠기는 슬러리 연마제의 종류 및 경도에 의존하며 특히 표면 거칠기와 평탄도는 pH 값에 더 의존함을 알 수 있었다. 연마율의 최대값은 실리카 슬러리에서 관찰되었으며 최소 연마율은 세리아 슬러리에서 나타났다. 따라서 PZT-CMP 공정에 있어서 pH의 변화 및 연마제의 종류가 PZT 막의 표면 형상에 매우 민감한 인자임을 확인할 수 있었다. 즉, 최적의 PZT 연마특성을 달성하기 위해서는 화학적 및 기계적인 두 작용의 조합 외에도 최적의 연마 공정 조건을 결정하는 것도 매우 중요함을 알 수 있었다. 따라서 향후 FRAM 응용을 위한 광역 평탄화 공정에 CMP의 적용을 기대할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 학술진흥재단 중점연구소의 지원에 의해 연구되었음.(KRF-2006-005-J00902)

참 고 문 헌

[1] Y. Igarashi, K. Tani, M. Kasai, K. Ashkaga and T. Ito, "Submicron Ferroelectric Capacitors Fabricated by Chemical Mechanical Polishing for High-Density Ferroelectric Memories", *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol.39, p.2083, 2000.

[2] Takehara, *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol.33, p.5190, 1994.

[3] Basavaraj Angadi, *Thin Solid Films*, Vol.434, p.40, 2003.

[4] P. Vitanov, A. Harizanova, T. Ivannova, D. Velkov, Z. Raycheva, "Deposition, structure evolution and dielectric properties of BaTiO<sub>3</sub> and Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub> thin films prepared by the sol-gel method", *Vacuum*, Vol. 69, Issues 1-3, pp.371-377, 2002.12.

[5] Yong-Jin Seo and Sang-Yong Kim, "Effects of Various Facility Factors on Chemical Mechanical Polishing Process defects", *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.41, No.11A, pp.6310-6312, 2002.11.

[6] Woo-Sun Lee, Sang-Yong Kim, Yong-Jin Seo, Jong-Kook Lee, "An Optimization of Tungsten Plug Chemical Mechanical Polishing (CMP) using Different Consumables", *Journal of Materials Science : Materials in Electronics*, Kluwer Academic Publishers, Vol.12, No.1, pp.63-68, 2001.01.

[7] F. B. Kaufman, D. B. Thompson, R. E. Broadie, M. A. Jaso, W. L. Guthrie, D. J. Pearson and M. B. Small, *Electrochem. Soc.*, Vol.138, p.3460 (1991).

[8] Sang-Yong Kim, So-Young Jeong, and Yong-Jin Seo, "Effects of deionized water pressure and purified nitrogen gas on the chemical mechanical polishing process", *Journal of Materials Science : Materials in Electronics*, Kluwer Academic Publishers, Vol.13, No.5, pp.299-302, 2002.05.

[9] Yong-Jin Seo, Sang-Yong Kim, Jin-Seong Park, and Woo-Sun Lee, "Analysis of defect density according to the slurry filter size in the chemical mechanical polishing process", *Journal of Korean Physics Society (JKPS)*, Vol.43, No.5, pp.798-801, 2003.11.

[10] Yong-Jin Seo, Sung-Woo Park, Chul-Bok Kim, Sang-Yong Kim, Woo-Sun Lee, and Jinseong Park, "Global Planarization Comparisons of STI-CMP Process with and without Reverse Moat Step", *J. of Korean Physics Society (JKPS)*, Vol.42, No.92, pp.S421-S424, 2003.02.

- [11] K. T. Kim and C. I. Kim, "Structure and dielectric properties of Bi-doped Ba<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>TiO<sub>3</sub> thin films fabricated by sol-gel methods", *Microelectronic Engineering*, Vol.66, p.835, 2003.
- [12] J. K. Yim and H. J. Chang, *J. Korean Phys. Soc.* Vol.39, p.S232, 2001.
- [13] 서용진, 박성우, "졸겔법에 의해 제작된 강유전체 BST막의 기계화학적 연마 특성", *대한전기학회 논문지*, 제53C권 제3호, pp.128-132, 2004.
- [14] 서용진, 고필주, 박성우, 이강연, 이우선, "고집적 메모리 커패시터의 Vertical Sidewall Patterning을 위한 BTO 박막의 CMP 특성", *대한전기학회 논문지*, 제55C권 제3호, pp.116-121, 2006.
- [15] 서용진, 이우선 "BaTiO<sub>3</sub> 및 TiO<sub>2</sub> 분말이 혼합된 연마제 슬러리(MAS)를 사용한 BTO 박막의 CMP 특성" *대한전기학회 논문지*, 제55C권 제6호, pp. 291-296, 2006.

## 저 자 소 개



### 서 용 진 (徐 龍 辰)

1987년 중앙대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1999~2000년 University of North Carolina at Charlotte (UNCC), 전기 공학과, 과학 재단 Post-doctoral Fellow. 현재 대불대학교 전기공학과 부교수. 관심 분야 : Chemical Mechanical Polishing (CMP) 공정, Silicon-based nanoelectronics, Semiconductor Process & Device Simulation.

Tel : 061-469-1260

Fax : 061-469-1260

E-mail : syj@mail.daebul.ac.kr



### 이 우 선 (李 愚 宣)

1952년 1월 23일생. 1974년 조선대학교 전기공학과 졸업. 1984년 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1982년 매사추세츠 주립대 IBRD 교환교수. 1989년 Purdue Univ. 과학재단파견 포스터 닥터. 2000년 3월 한국전기전자재료학회 반도체 연구회장. 2000년 9월 한국전기전자재료학회 광주전남지부장. 2001년 11월 조선대학교 연구처장. 2004년 2월 University of California Santa Barbara, Visiting. Prof. 1978년 3~현재 조선대학교 전기공학과 교수. 관심분야 : 반도체 공정, CMP

Tel : 062-230-7024

Fax : 062-232-9218

E-mail : wslee@chosun.ac.kr