

## UV노광 공정 도입이 Sol-gel 법으로 제조된 $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$ 박막의 결정화에 미치는 영향

최병욱<sup>†</sup> · 김병호

고려대학교 재료공학과

(2003년 1월 10일 접수; 2003년 2월 3일 승인)

### Effect of the Introduction of UV Irradiation on Crystallization of $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$ Thin Films by Sol-gel Method

Byong-Wook Choi<sup>†</sup> and Byong-Ho Kim

Department of Materials Science and Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

(Received January 10, 2003; Accepted February 3, 2003)

#### 초 록

광감응성 sol-gel 용액을 사용하여 spin coating법으로  $\text{IrO}_2$  전극 위에  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  박막을 성막하였다. UV 노광이 SBT 박막에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 UV 노광을 한 시편과 하지 않은 시편을 XRD 및 SEM로 분석한 결과 UV 노광이 SBT 결정성장을 촉진함을 확인할 수 있었다. UV 노광을 하고 740°C 산소분위기에서 1시간 로열처리 한 SBT 박막의 경우 2Pr 값은 5 V 인가전압하에서 11.48  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ , Pr/Ps 값은 0.53이었고 660~740°C에서 UV 노광을 하지 않은 시편에 비해 UV 노광을 한 시편들에서 약 12% 높은 2Pr 값을 얻었다.

#### ABSTRACT

$\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  thin films were deposited on  $\text{IrO}_2$  electrode by spin coating method using photosensitive sol-gel solution. To ensure the UV-exposure effect on SBT thin films, UV irradiated films and non-UV irradiated films were analyzed by XRD, SEM. As a result, UV-irradiation on SBT thin films promoted grain growth of SBT compared with no UV irradiation. In case of the UV irradiated films annealed at 740°C for 1 h in an oxygen ambient, the 2Pr value and Pr/Ps at  $\pm 5$  V were 11.48  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  and 0.53, respectively. 2Pr values of the UV irradiated SBT thin films at 660~740°C were approximately 12% higher than those of non-UV irradiated thin films.

**Key words :** Sol-gel, SBT, UV exposure, UV-irradiation

#### 1. 서 론

FRAM(Ferroelectric Random Access Memory)은 기존 DRAM(Dynamic Random Access Memory)에서 단위 기억소자에 쓰이는 캐패시터용 재료를 실리콘 산화막이 아닌 강유전체 산화물 박막을 사용한 것으로 전기장을 가했다가 전기장을 제거해도 잔류분극이 계속 남아 있는 성질을 갖는데 이를 이용하여 비휘발성 기억소자로 이용한 것이다.<sup>1)</sup>

FRAM의 캐패시터에 사용되는 물질로 높은 큐리 온도, 낮은 공정온도 그리고 높은 잔류분극값을 갖는 PZT(Lead-Zirconate-Titanate)가 가장 널리 연구 되고 있으나 높은 누

설전류와 피로현상의 문제가 있다. 반면 bismuth oxide 층이 pseudo-perovskite 층 사이에 교대로 존재하는 SBT(Strontium-Bismuth-Tantalate)는 bismuth oxide 층이 전자와 산소공공의 sink 역할을 하여 피로특성이 우수하며 막 두께에 따른 잔류분극값의 변화가 작고 항전계값 또한 낮기 때문에 고집적화에 유리하다는 장점을 가지고 있다.<sup>2,3)</sup> 그러나 SBT는 결정화 온도가 약 800°C 정도로 반도체 공정에 적용하기에는 너무 높고 PZT에 비해 잔류분극값이 작은 단점을 가지고 있다.<sup>4-6)</sup>

Sol-gel법에서 용액을 안정화 시키기 위해 사용하는 chelating agent와 chelate된 metal alkoxide는  $\pi-\pi^*$  결합에 의한 UV 흡수파장 대를 나타낸다. 또한 spin coating 후 SBT 박막표면에 흡수파장대의 UV를 조사할 경우 UV 노광된 부분은 M-O-M 결합을 형성하면서 2-methoxyethanol과 같은 solvent에 대한 용해도가 급격히 낮아지게 된다.<sup>7)</sup> 현재 이런 UV 노광효과를 이용하여 self-patterning

<sup>†</sup>Corresponding author : Byong-Wook Choi  
E-mail : perzeus@orgio.net  
Tel : +82-2-921-9237 Fax : +82-2-921-9237

에 대한 연구가 이뤄지고 있으며<sup>8)</sup> UV 광반응에 대한 연구가 진행되고 있다.<sup>9,10)</sup>

본 연구에서는 sol-gel 방법으로 self-patterning용 SBT stock solution을 합성하고 spin coating 법으로 IrO<sub>2</sub> 전극 위에 SBT 박막을 코팅한 후 UV 노광 효과를 알아보기 위해 UV 노광을 한 시편과 하지 않은 시편으로 나누어서 SBT 박막의 미세구조와 상전이 거동, 전기적 특성을 조사하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. Sol-gel solution 합성과 박막의 제조

Self-patterning용 SBT 용액을 합성하는 sol-gel 방법으로 SBT stock solution을 합성하였다. 즉, strontium ethoxide [Sr(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>], tantalum ethoxide[Ta(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>5</sub>] 물질에 ethylacetoacetate(EAcAc)로 chelate 시킨후 시판 tetramethylheptandionato bismuth[Bi(TMHD)<sub>3</sub>]와 혼합하여 photosensitive SBT stock solution을 제조하였다. 용매로는 2-methoxyethanol(CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH)을 사용하였으며 가수분해 반응을 촉진시키기 위한 촉매로 질산을 소량 첨가하였다. 또한 박막의 코팅성을 높이기 위해 DCCA(Drying Control Chemical Additive)의 일종인 butandiol[CH<sub>3</sub>(OH)CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH]을 첨가하였다. 기판은 IrO<sub>2</sub>가 2000 Å의 두께로 증착되어 있는 IrO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si 기판을 사용하였다.

SBT 용액은 스핀 코팅 법을 이용하여 3500 rpm의 회전 속도로 30초 동안 코팅하였으며, UV 노광은 UV lamp (Criel Instrument, 6285)를 사용하여 250 W에서 10분간 시편간의 거리 8 cm의 거리를 두고 노광하였다. Baking은 50°C에서 5분간, RTA(Rapid Thermal Annealing)는 700°C에서 1분간 하였다. 이러한 과정을 2회 반복하여 약 2100 Å 두께를 갖는 SBT 박막을 제조하였다.

UV 노광공정 도입의 효과를 알아보기 위해서 UV 노광을 하지 않고 660, 700, 740, 780°C에서 각각 1시간 로열처리를 한 시편과 UV 노광을 한 후 각각 620, 660, 700, 740°C에서 1시간 로열처리한 시편 두가지로 나누어서 실험하였다. 이후 Pt 상부전극을 스퍼터링 법으로 2000 Å 증착시킨 후, 각 시편의 로열처리와 동일한 온도에서 30분 동안 산소분위기에서 후열처리를 하였다. 용액의 합성 및 박막 제조 공정의 흐름도는 Fig. 1과 같다.

### 2.2. SBT 박막의 특성분석

Photosensitive 용액의 조성을 알아보기 위해 UV 노광 전 후에 FT-IR(Perkin Elmer, 16PC)을 사용하여 UV 노광에 의한 chelating ring 분해여부를 관찰하였고, EPMA(JXA-800R, JEOL)를 이용하여 leaching에 의한 조성의 변화를 살펴 보았다. 이들로부터 chelating ring의 형성과 광반응 효과를 알아보았다. 또한 제조된 SBT 박막의 상전이 특

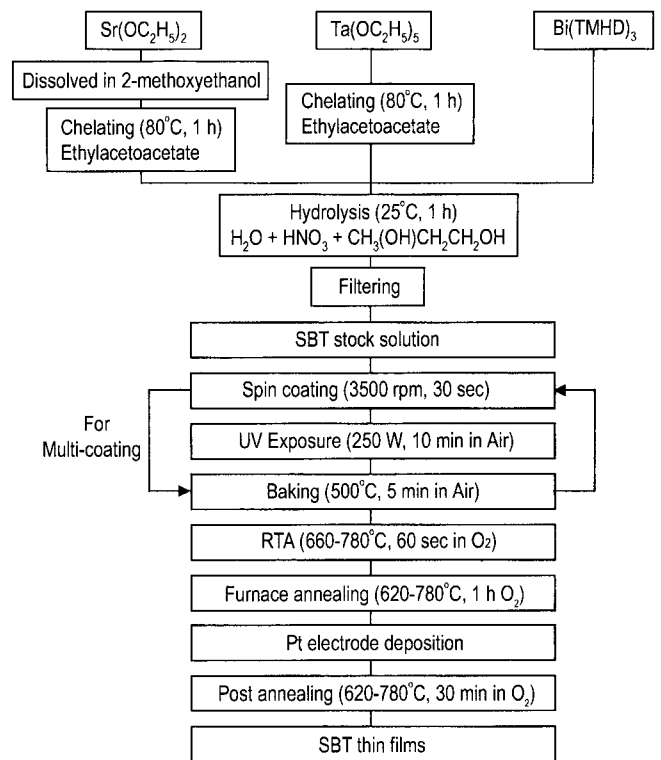


Fig. 1. Schematic diagram for preparation of Sr<sub>0.9</sub>Bi<sub>2.1</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>9</sub> thin films.

성을 관찰하기 위하여 XRD(MAC Science. Co. Ltd, M03 XHF22)를 이용하여 40 kV, 30 mA, CuKα로 0.02°씩 증가시키고, 각 스텝에서 5초간 유지시켜가며 X-선 회절 분석을 하였다. 이때 박막의 표면에 대한 미세구조를 SEM (Hitachi, S-4200)을 이용하여 관찰하였고, 박막의 전기적 특성을 분석하기 위해서 RT66A(Radiant Technologies, Inc.)를 사용하여 P-E 곡선을 관찰하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. UV 노광전, 후의 SBT 박막의 FT-IR 및 EPMA 분석

β-diketone 물질인 EAcAc과 TMHD는 keto 형태와 enol 형태의 혼합물로 알려져 있다.<sup>11)</sup> Fig. 2에서 보인 spectrum에서 EAcAc의 1720 cm<sup>-1</sup>과 1630 cm<sup>-1</sup>에서의 흡수 피크는 각각 keto와 enol type의 C=O의 stretching으로 알려져 있으며<sup>12)</sup> TMHD의 1620 cm<sup>-1</sup>의 흡수 피크 역시 C=O의 stretching으로 보인다. 또한 acetylacetone의 경우 metal complex 형성시 enol type이 구조적으로 안정화하여 1600~1570 cm<sup>-1</sup>과 1554~1520 cm<sup>-1</sup>에서 C=O와 C=C vibration의 혼합피크가 나타난다.

Fig. 3에 있는 UV 노광을 하지 않은 시편의 흡수피크에서 볼 수 있듯이 EAcAc와 TMHD가 chelating 되면서 1622 cm<sup>-1</sup>와 1545 cm<sup>-1</sup> 피크가 발생하는 것을 알 수 있다.

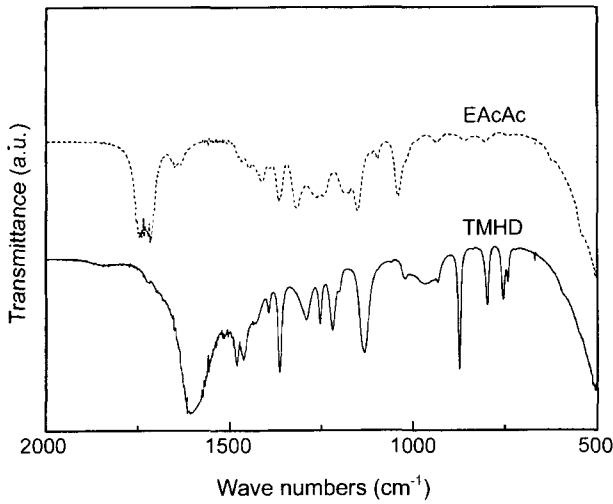


Fig. 2. FT-IR spectra of EAcAc and TMHD.

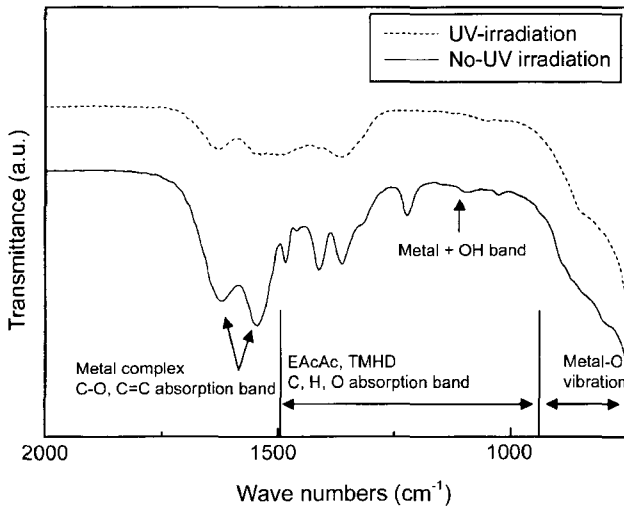


Fig. 3. FT-IR spectra of SBT gel films with and without UV irradiation.

1620  $\text{cm}^{-1}$  부근의 흡수피크는 metal과 complex를 형성하는 C=O bending이며, 1540  $\text{cm}^{-1}$  부근의 흡수피크는 complex를 형성하는 C=C vibration을 나타낸다. 이는 metal과 carbonyl group 사이에 chelating complex가 형성되었다는 것을 의미한다. UV 노광한 시편의 경우 1622  $\text{cm}^{-1}$ , 1545  $\text{cm}^{-1}$ 의 두 흡수피크 강도가 줄어든 것을 알 수 있으며, 또한 UV 노광을 하지 않은 시편에서는 건조 후에도 chelating된  $\beta$ -diketone 물질의 C, H, O 흡수피크가 나타나지만 UV 노광한 시편의 경우 건조 후 뚜렷이 이 피크들이 줄어든 것으로 보아 UV 조사로 chelating ring이 분해되고, 건조시 증발 되었다는 것을 알 수 있다.

Table 1에서 SBT 박막의 노광 후, leaching 전의 Sr/Bi/Ta의 몰분율은 0.91/2.08/1.98이었고, leaching후의 조성비는 0.90/2.08/1.98의 비율로 거의 같은 값을 나타내고 있

Table 1. EPMA of  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  Thin Films Baked at 500°C

	Number analysis	Composition (rel. to $\text{O}_9$ )		
		Sr	Bi	Ta
Before leaching	1	0.9241	2.0967	1.9723
	2	0.9090	2.0980	1.9776
	3	0.9297	2.0596	1.9924
	Average	0.9140	2.0847	1.9807
After leaching	1	0.9022	2.0843	1.9885
	2	0.9036	2.0974	1.9801
	3	0.8959	2.0680	2.0008
	Average	0.9005	2.0832	1.9898

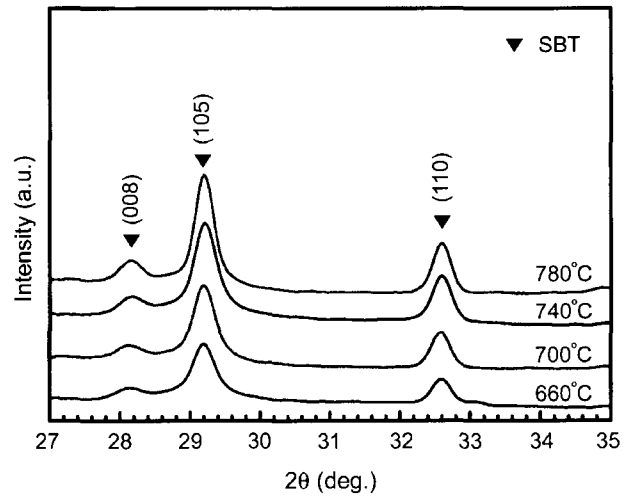


Fig. 4. XRD patterns of  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  thin films annealed at various furnace temperatures for 1 h (No UV-irradiation, RTA : 700°C for 1 min.).

어 leaching에 의한 SBT 박막의 조성변화는 없는 것으로 생각된다.

따라서 UV 노광된 부분은 leaching solvent인 2-methoxyethanol에 대한 용해도가 감소하여 용해되지 않았음을 확인할 수 있었고, SBT 박막의 조성이 변하지 않아 UV 노광시 광화학반응의 효과가 있음을 알 수 있었다.

### 3.2. UV 노광이 SBT 박막의 결정성에 미치는 효과

UV 노광공정 도입의 효과를 알아보기 위해서 UV 노광을 하지 않은 시편과 UV 노광을 한 시편 두가지로 나누어서 실험을 진행하였다.

Fig. 4는 UV 노광을 하지 않은 SBT 박막의 XRD 결과이다. 로열처리 온도가 높아질수록 (008), (110) 피크와 SBT의 주피크인 (105) 피크의 강도가 커지는 것을 알 수 있었다. 이때의 미세구조를 SEM을 통해 관찰하였으며, Fig. 5에 나타내었다. 660°C 로열처리 하였을 경우 매우 미세한 결정들로 이루어진 매트릭스 내에 수십 nm에서

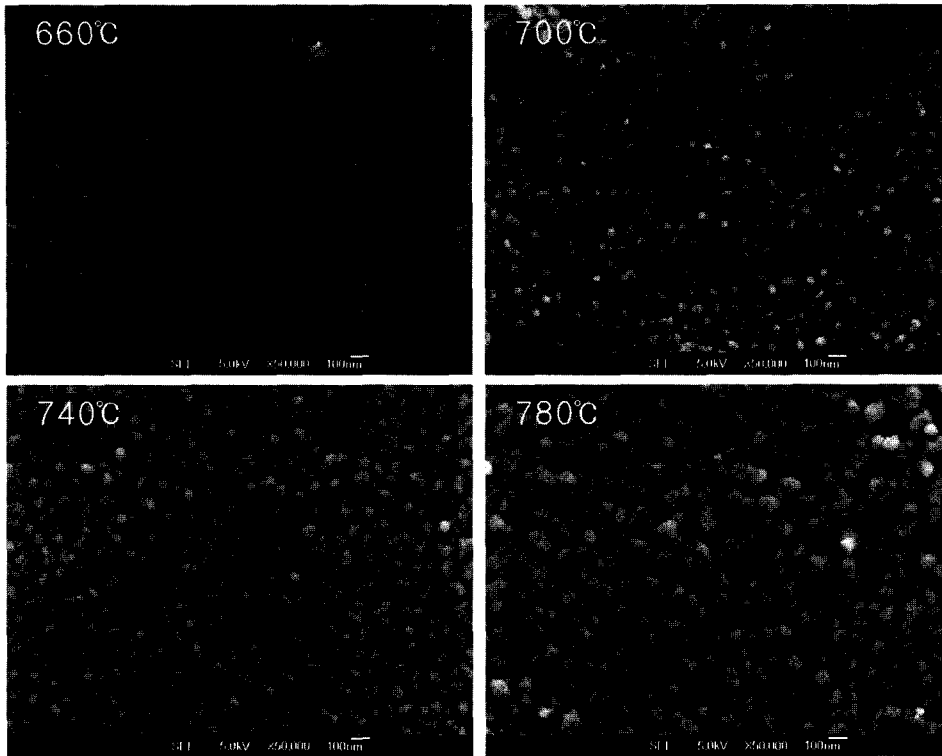


Fig. 5. SEM images of  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  thin films annealed at various furnace temperatures for 1 h (No UV-irradiation, RTA : 700°C for 1 min.).

100 nm의 결정들이 산재되어 있는 미세구조를 나타내고 있다는 것을 알 수 있었고, 로열처리 온도를 700°C로 높였을 때에는 약 100 nm의 결정들로 성장하고 매트릭스 영역이 줄어들었음을 관찰할 수 있었다. 로열처리 온도를 740, 780°C로 높이면 점점 더 매트릭스 영역은 줄어드는 경향을 보였고, 결정들은 성장하여 서로 접촉하는 미세구조를 나타냈다.

Fig. 6은 UV 노광을 한 SBT 박막의 로열처리 온도에 따른 XRD 결과이다. 620°C에서 740°C까지 로열처리 온도를 높일 수록 perovskite 상으로 상전이 되면서 (008), (110) 피크와 SBT의 주피크인 (105)의 강도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 이때의 미세구조들을 Fig. 7에 나타내었다. 620°C에서 로열처리 하였을 때는 매트릭스내에 50 nm 정도 되는 결정이 산재되어 있는 모습을 보이고, 로열처리 온도가 높아질 수록 결정립 크기가 성장하는 것을 볼 수 있었다. 660, 700, 740°C 로열처리 후 미세구조 사진을 Fig. 5의 660, 700, 740°C 미세구조 사진과 비교해 보면, 660°C인 경우에는 UV 노광을 한 시편이 결정이 조금 더 성장한 모습을 보이며, 매트릭스도 UV 노광을 한 시편이 UV 노광을 하지 않은 시편에 비해 매트릭스 영역이 줄어드는 것을 알 수 있었다. 700, 740°C에서도 UV 노광을 한 시편이 결정이 더 성장한 모습을 볼 수 있었다. 즉 UV 노광이 SBT 박막의 결정성장을 촉진함을 알 수 있었다.

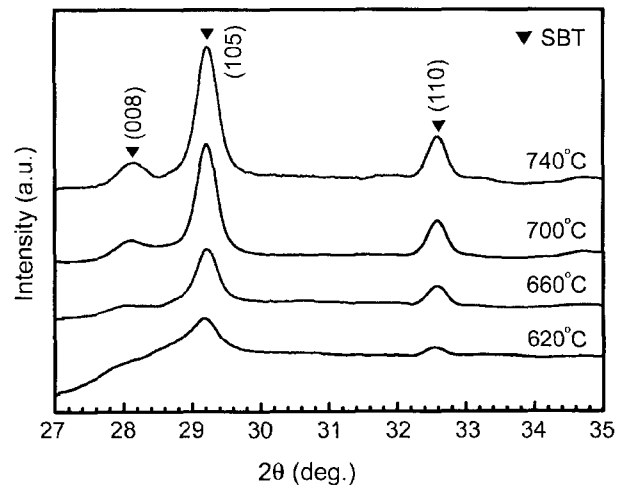


Fig. 6. XRD patterns of  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  thin films annealed at various furnace temperatures for 1 h (UV-irradiation : 250 W, 10 min., RTA : 700°C for 1 min.).

### 3.3. SBT 박막의 전기적 특성

Fig. 8은 로열처리 온도에 따른 UV 노광을 하지 않은 SBT 박막의 이력곡선을 나타낸 것이다.

UV 노광을 하지 않았을 경우 로열처리 온도를 높일수록 큰 잔류분극값을 얻을 수 있었다. 660°C에서 로열처리

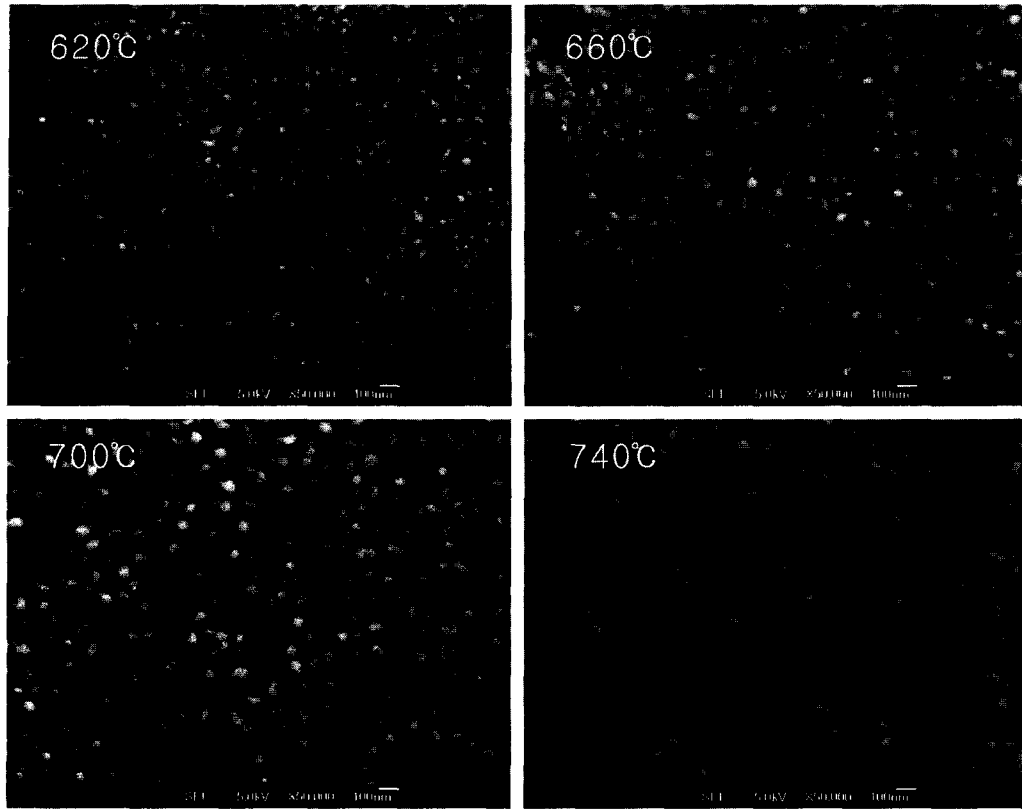


Fig. 7. SEM images of  $Sr_{0.9}Bi_{2.1}Ta_2O_9$  thin films annealed at various furnace temperatures for 1 h (UV-irradiation : 250 W, 10 min. RTA : 700°C for 1 min.).

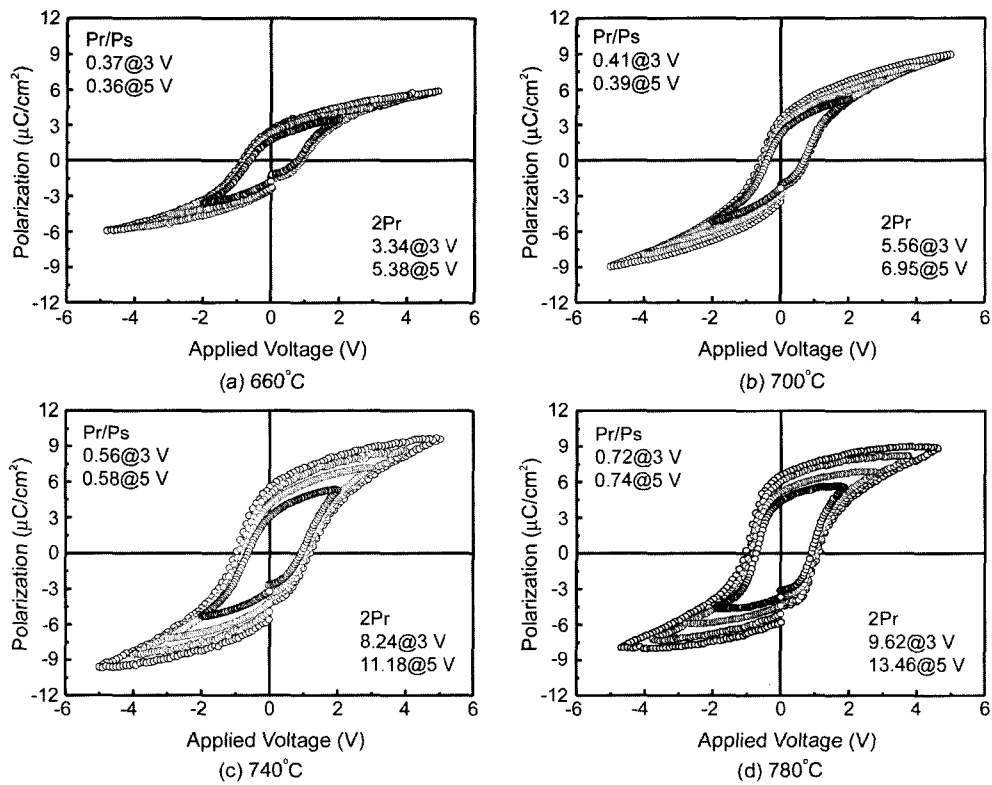


Fig. 8. P-E curves of  $Sr_{0.9}Bi_{2.1}Ta_2O_9$  thin films annealed at various furnace temperatures for 1 h (No UV-irradiation, RTA : 700°C for 1 min.).

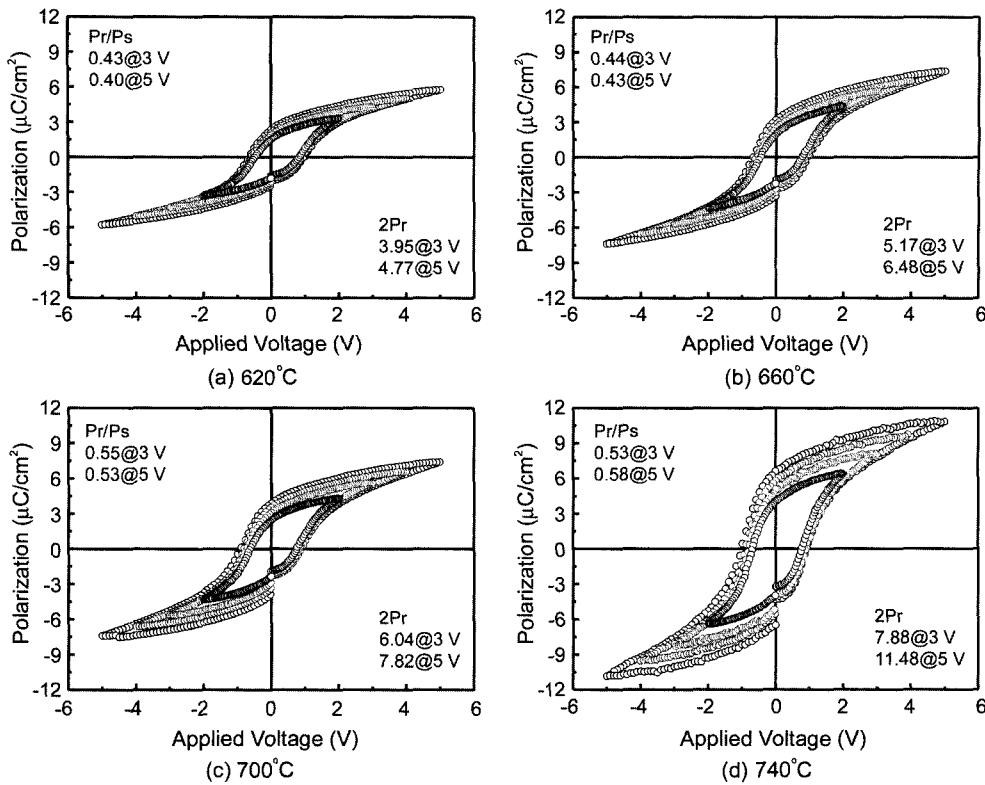


Fig. 9. P-E curves of  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  thin films annealed at various furnace temperatures for 1 h (UV-irradiation : 250 W, 10 min., RTA : 700°C for 1 min.).

Table 2. Summary of P-E Curve Values of  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  Thin Films

Furnace annealing temp. (°C)	No UV-irradiation			UV-irradiation		
	660	700	740	660	700	740
Pr/Ps at 5 V	0.36	0.39	0.58	0.43	0.53	0.58
2Pr ( $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ) at 5 V	5.38	6.95	11.18	6.48	7.82	11.48

한 경우 3 V 및 5 V 인가전압하에서 2Pr 값은  $3.34 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $5.38 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 이었고, 700°C로 로열처리한 경우는 각각  $5.56 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  및  $6.95 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 이었다. 740°C에서 로열처리한 경우는 각각  $8.24 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $11.18 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 로열처리 온도가 높아질수록 2Pr 값이 증가하였다.

Fig. 9은 로열처리 온도에 따른 UV 노광을 한 SBT 박막의 이력곡선을 나타낸 것이다.

P-E 곡선을 보면 660°C로 로열처리한 경우 3 V 및 5 V 인가전압하에서 2Pr 값이  $5.17 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $6.48 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 이었고, 700°C의 경우는 각각  $6.04 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $7.82 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , 740°C에서 로열처리한 경우는 각각  $7.88 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $11.48 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 이었다 Fig. 8의 P-E 곡선에서의 2Pr 값과 비교해 보면 UV 노광을 한 시편이 UV 노광을 하지 않은 시편들 보다 대체적으로 약간 높은 2Pr 값을 나타내었다.

UV 노광을 한 시편과 UV 노광을 하지 않은 시편을 비교할 수 있는 온도인 660, 700, 740°C 온도구간에서의

5 V 인가전압하의 P-E 곡선의 2Pr 값과 Pr/Ps 값을 Table 2에 정리하였다.

660°C에서 UV 노광을 한 시편이 하지 않은 시편에 비해 2Pr 값이  $5.38 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 에서  $6.48 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 20.44% 증가되었으며, 700°C에서는  $6.95 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 에서  $7.82 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 12.51% 증가되었고, 740°C에서는  $11.18 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 에서  $11.48 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 2.68% 증가하였다. 즉, 낮은 로열처리 온도에서의 UV 노광을 했을 때 2Pr 값의 증가가 더 컸으며, 로열처리 온도가 높아질수록 2Pr의 증가가 감소하는 것으로 미루어 보아 UV 노광에 의한 2Pr 값이 로열처리 온도가 높아짐에 따라 핵생성 단계를 넘어서 결정성장 단계가 주요하게 되어 UV 노광효과가 감소함을 알 수 있었다. 이로부터 UV 노광에 의한 입자성장의 촉진효과는 700°C 이하의 열처리에서는 크게 나타나며, 이후 740°C 이상의 고온 열처리에서는 그리 크게 나타나지 않음을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

Photosensitive solution을 이용하여 sol-gel 법으로 강유전성 SBT 박막을 제조하고, UV 노광이 박막의 결정화 공정 및 전기적 특성에 어떤 영향을 미치는가에 대해 연구한 결과는 다음과 같다.

1. UV 노광에 대한 FT-IR 결과로부터 chelating된  $\beta$ -diketone 물질의 C, H, O 흡수피크가 UV 노광후 줄어든 것으로 보아 chelating ring이 분해됨을 알 수 있었다.

2. UV 노광한 시편과 UV 노광을 하지 않은 시편을 같은 온도인 660, 700, 740°C에서 비교해 보았을 때 SEM 사진으로부터 결정의 크기가 UV 노광을 해준 SBT 박막의 결정이 더 성장된 모습을 보임을 알 수 있었으며, 2Pr 값은 5 V 인가전압 하에서 660°C에서 UV 노광을 하였을 때 6.48  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 UV 노광을 하지 않은 박막에 비해 20.44% 증가하였으며, 700°C에서는 7.82  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 UV 노광을 하였을 때 12.51%가 증가하였고, 740°C에서는 11.48  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 UV 노광하였을 때 2.68%가 증가하였다. 따라서 낮은 로열처리 온도에서는 UV 노광이 결정성장을 촉진함을 확인할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 학술연구조성비(2001-1-30100-014-3)에 의하여 수행된 것이며, 이에 감사드립니다.

#### REFERENCES

1. D. J. Taylor, R. E. Jones, Y. T. Lii, P. Zurcher, P. Y. Chu, and S. J. Gillespie, "Integration Aspects and Electrical Properties of  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  for Non-volatile Memory Applications," *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, **433** 97-108 (1996).
2. C. A. Paz de Araujo, J. D. Cuchiaro, L. D. McMillan, M. C. Scott, and J. F. Scott, "Fatigue-free Ferroelectric Capacitors with Platinum Electrodes," *Nature*, **374** 627-29 (1995).
3. Y. Ito, M. Ushikubo, S. Yokoyama, and H. Matsumaga, "New Low Temperature Processing of Sol-gel  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  Thin Films," *Intergrated Ferroelectrics*, **14** 123-31 (1997).
4. B. M. Park, S. P. Song, B. J. Jeong, and B. H. Kim, "Dielectric and Electrical Properties of  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  Thin Films on  $\text{IrO}_2$  Electrode," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **37** 233-39 (2000).
5. Y. Oishi, Y. Matsumuro, and M. Okuyama, "Preparation and Basic Properties of  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  Films," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36** 5589-99 (1997).
6. O. Auciello, "A Critical Comparative Review of PZT and SBT-based Science and Technology for Non-volatile Ferroelectric Memories," *Intergrated Ferroelectrics*, **15** 211-20 (1997).
7. N. Tohge and Y. Takama, "Direct Fine-patterning of PZT Thin Films Using Photosensitive Gel Films Derived from Chemically Modified Metal-alkoxides," *J. of Mater. Sci.*, **10** 273 (1999).
8. K. H. Yang, T. H. Park, T. Y. Lim, K. H. Auh, and B. H. Kim, "A Study on Fabrication of Photosensitive  $\text{Sr}_{0.9}\text{Bi}_{2.1}\text{Ta}_2\text{O}_9$  Thin Film by Sol-gel Self-patterning Technique," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **37** 233-39 (2002).
9. T. Hayashi and D. Togawa, "Preparation and Properties of  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  Ferroelectric Thin Films Using Excimer UV Irradiation and Seed Layer," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40** 5585-89 (2001).
10. K. Nichizawa, T. Miki, K. Suzuki, and K. Kato, "Novel Chemical Processing for Crystallization of  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  Thin Films via UV Irradiation," *J. Mater. Lett.*, **52** 20-3 (2002).
11. J. Lewis, R. F. Long, and C. Oldham, "Metal  $\beta$ -diketone Complexes. Part 1. Metal-carbon Bonding in Some Platinum Acetylacetonates," *J. Chem. Soc.*, **83** 1066-69 (1961).
12. H. Uchihashi, N. Tohge, and T. Minami, "Preparation of Amorphous  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Thin Films from Stabilized Al-alkoxides by the Sol-gel Method," *J. Jpn. Ceram. Soc.*, **97** 396-99 (1989).