

엑시머 레이저를 이용한 산화 바나듐 박막의 상변화 유도에 관한 연구

A study on the phase transformation inducement of vanadium oxide thin film by excimer laser

연세대학교 금속시스템공학과 김상곤, 김도훈
한국기계연구원 이제훈, 신동식
한국과학기술연구원 문성욱, 강호관

I. 서론

적외선 감자 소자층 재료로서의 산화바나듐 박막은 복잡한 산화물계의 형성으로 원하는 박막을 증착하기가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 박막의 어닐링을 통한 상변화 가능성을 생각해 볼 수 있다. 박막 제조시, 실리콘 웨이퍼 기판을 직접 가열하여 반응 온도를 올려주는 열처리 방법, 관상로를 이용한 산소 열처리, RTA(Rapid Thermal Annealing), ELA(Excimer Laser Annealing) 등이 그러한 예이며, 이 중에서 엑시머 레이저를 이용한 어닐링 방법은 현 디스플레이 산업에서 각광 받고 있는 분야이며, 한 예로, TFT-LCD(초박형 액정소자) 공정 중 다결정 실리콘을 형성시키기 위한 어닐링 공정으로 실제 산업에서 쓰이고 있다. 이러한 가능성을 바탕으로 엑시머 레이저의 장점인 대면적화 및 저온 공정에서의 열처리 등을 응용하여, 본 연구에 적용해 보았다. 본 연구에서는 비교적 안정적인 상의 제조가 가능한 산화 바나듐(VO_x)층을 스퍼터링법에 의해 증착을 한 뒤, 다른 열처리 방법과는 달리 실리콘 웨이퍼 상에 증착된 그 상태로 엑시머 레이저 어닐링을 실시할 수 있게 하여, 상당한 공정수의 감소를 가져올 수 있도록 하였다.

II. 실험 방법

p형 Si(100) wafer 위에 PECVD를 이용하여 질화막(SiN_x)을 3000Å 정도 증착한 뒤, sputtering을 이용하여 산화 바나듐(VO_x) 박막을 600Å 증착한 시편을 제작한다. 엑시머 레이저 어닐링을 위해, 제작된 이용하여, 시편을 1×1 (cm²) 형태로 자른다. 레이저 조절 변수인 Power, Transmission, Frequency, Scanning speed 등을 고려하여 적당한 어닐링 조건을 찾아 엑시머 레이저 어닐링을 실시한다. 어닐링 이후의 박막 특성 분석을 위하여, TCR, XRD, XPS, SEM, AES, AFM 등의 분석을 실시하였다. Fig. 1에서는 엑시머 레이저 어닐링을 위해 제작된 시편의 모습을 나타내고 있으며, Fig. 2에서는 어닐링 모식도를 나타내고 있다.

III. 결과 및 고찰

조사 속도 및 주파수 등을 고려하여 단위 면적당 주입된 레이저의 에너지량을 Table 1.에서 계산해 보았다. 이 계산을 바탕으로 에너지량과 전기적 특성인 TCR(Temperature Coefficient of Resistance) 간의 상관 관계를 Fig. 3에서 그래프화 해보았다. 결과적으로 30W/cm² 근처에서 가장 좋은 전기적 특성을 보이는 것을 알 수 있었다. 가장 좋은 전기적 특성을 보이는 시편을 골라, 레이저 어닐링 전후의

특성 분석을 실시해 보았다.

Fig. 4는 엑시머 레이저 어닐링 전후의 SEM(Scanning Electron Microscopy) 및 AFM(Atomic Force Microscopy) 분석의 모습이다. 그림에서처럼 어닐링 후 훨씬 표면이 부드러워진 것을 알 수 있다. Fig. 5는 엑시머 레이저 어닐링 전후의 XRD(X-Ray Diffraction) 분석 모습이다. 어닐링 후 V_2O_3 , VO_2 등의 상이 새로 생성되었음을 알 수 있다. Fig. 6은 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy) 분석을 실시한 그래프이다. XRD 분석에서도 관찰되었던 V_2O_3 , VO_2 등의 상을 관찰할 수 있었으며, 특히 어닐링 후 박막의 깊이 방향으로 300Å 지점에서의 XPS 분석에서도 유사한 성질을 관찰할 수 있었다. Fig. 7은 AES(Auger Electron Spectroscopy) 분석을 실시한 그래프이다. 분당 81Å 정도의 Ar^+ 스퍼터링 시간을 가지고 분석을 했으며, 엑시머 레이저 어닐링 이후의 박막이 깊이 방향으로의 안정된 모습을 보여주고 있다.

IV. 결론

단위 면적당 30W 근처의 값에서 가장 좋은 전기적 특성 (상은 저항 : 8kΩ, TCR : 2.9%)을 보였으며, 이는 레이저 어닐링 후, V_2O_3 , VO_2 등의 혼합상 생성으로 인해 전기적 특성에 반영된 것으로 여겨진다.

표면 관찰 결과, 레이저 어닐링 전의 모습은 스퍼터링으로 인한 박막 증착 때문에 매우 거친 표면이었으나, 어닐링 후에는 보다 부드러운 표면의 모습을 보이고 있다.

AES 분석 및 XPS 분석을 통하여 깊이에 따른 조성의 변화를 관찰한 결과, 비교적 안정적인 깊이 방향의 상변화를 얻을 수 있었으며, 표면 만의 상변화가 아닌 처음에 증착된 박막 전체에 걸쳐 어닐링의 영향이 있었음을 알 수 있었다.

V. 참고문헌

1. E.L. Dereniak "infrared detectors and systems", John Wiley & Sons, Inc.(1994)
2. Paul W. Kruse, David D. Skatrud "Uncooled Infrared Imaging Arrays and Systems" Semiconductors and semimetals, Vol. 47, Academic press, (1997)
3. M. A. Gallo, D. S. Willits, R. A. Lubke, E. C. Thiede "Low cost uncooled IR sensor for battlefield surveillance", SPIE Vol. 2020 infrared Technology, pp.351-362, (1993)
4. Y. F. Chong, et al, "Study for the morphological modifications induced by laser annealing of preamorphized silicon", Surface Review and letters, Vol. 8, No. 5, pp.441-445, (2001)
5. M. Ghanashyam Krishna, et. al. "X-ray photoelectron spectroscopy and spectral transmittance study of stoichiometry in sputtered vanadium oxide films", Thin solid films, Vol. 312, pp.116-122 (1998)
6. Jingzhong Cui, et. al, "Structure characterization of vanadium oxide thin films prepared by magnetron sputtering methods", Applied surface science, Vol. 133, pp. 225-229 (1998)
7. E. Cazzanelli, et al, "Raman and XPS characterization of vanadium oxide thin films deposited by reactive RF sputtering", Solar energy materials and solar cell, Vol. 56, pp.249-258, (1999)

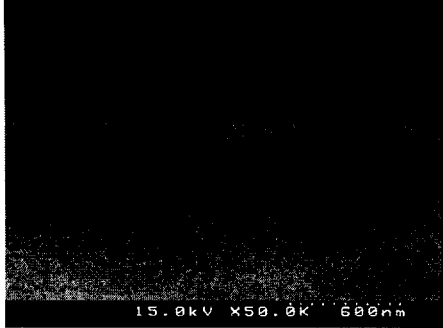


Fig. 1 A cross-section of thin film before ELA

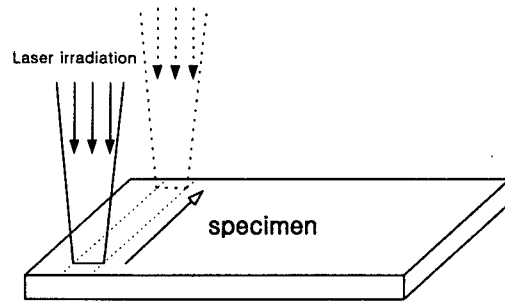


Fig. 2 Schematic diagram of excimer laser annealing

	P(mJ)	T(%)	F(Hz)	S(mm/s)	TCR(-%)	총에너지량 (W/cm ²)	
1	10	60	10	1.0	1.1	0.83	
2			30		2	7.11	
3			50		2.8	19.55	
4			70		2.2	38.14	
5			90		1.5	62.9	
6			10	1.5	10	1	0.38
7			30		1.7	3.2	
8			50		2.3	8.75	
9			70		2.7	17.05	
10			90				
11				2.0	10	1.4	0.22
12			30		1.6	1.82	
13			50		1.8	4.96	
14			70		2	9.64	
15			90		2.5	15.86	

Table 1. The condition of ELA

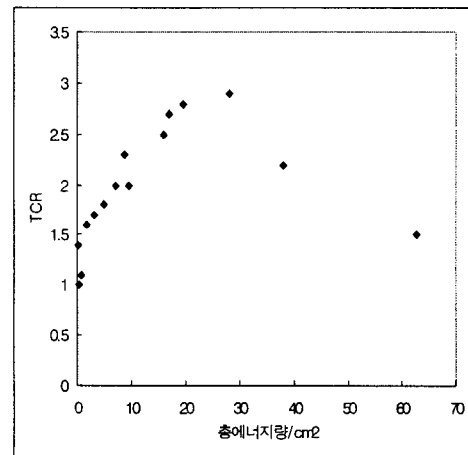


Fig. 3 The relation of total energy/cm² and TCR

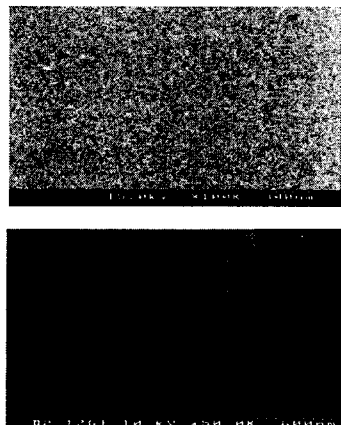


Fig. 4 SEM and AFM images (upper : before ELA, lower : after ELA)

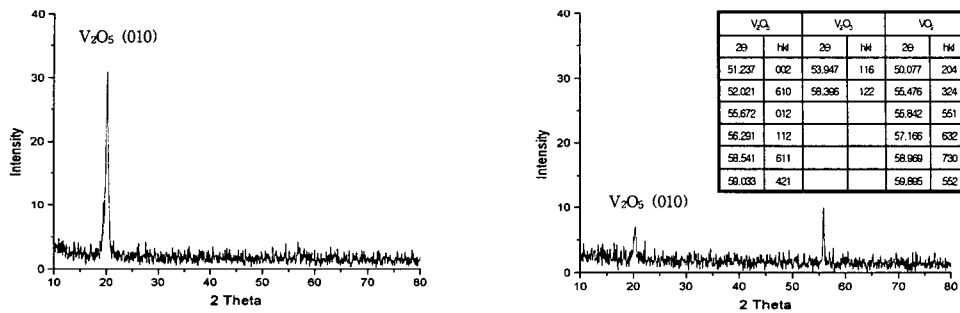


Fig. 5 The results of XRD (left : before ELA, right : after ELA)

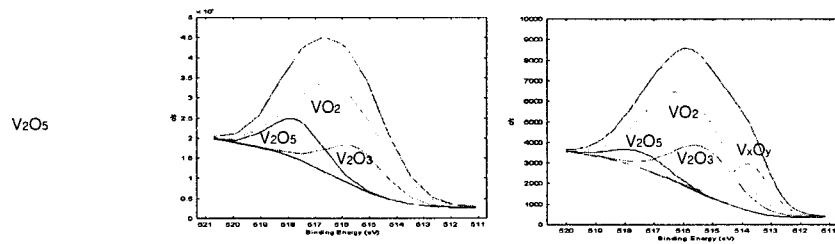


Fig. 6 The results of XPS (left : before ELA, middle : after ELA, right : after ELA (depth:300A))

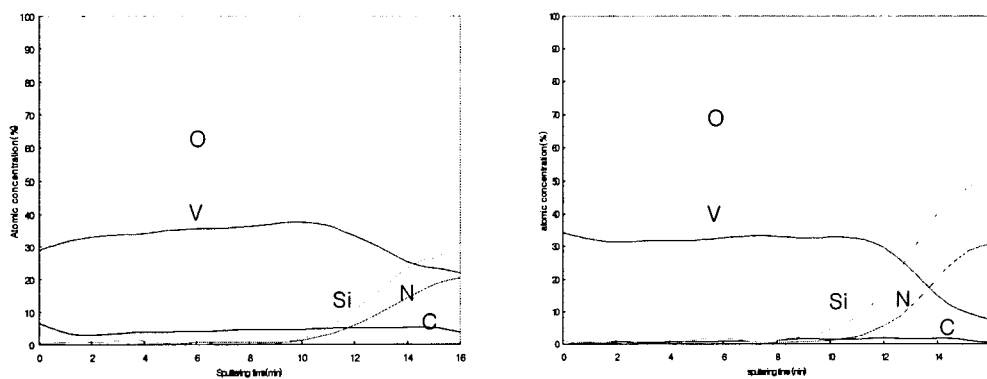


Fig. 7 The results of AES (left : before ELA, right : after ELA)