

레이저 증착법에 의해 형성된 Gd_2O_3 박막의 구조와 광학적 특성

Structure and optical properties of Gd_2O_3 thin films on glass Prepared by Pulsed Laser Deposition

이 경철, 이 천, 조 신호, 박 중철
(Kyoung-cheol Lee, Cheon Lee, S. Cho, J. C. Park)

Abstract

The pulsed laser deposition(PLD) technology was used for the deposition of phosphor substance, Gd_2O_3 on commercial glass. An Nd:YAG laser was employed for the deposition (wavelength 266nm, energy up to 100mJ/pulse, pulse duration is 5ns and repetition rate 10 Hz). With respect to films grown by conventional PLD, this study exhibited the condition at normal temperature. Experiments were done without any reactive gas at a pressure of $10^{-5} \sim 10^{-6}$ Torr using second harmonic($\lambda=532$ nm) and fourth harmonic($\lambda=266$ nm) Nd:YAG laser. Analyses of the deposited material grown are performed by EDX, AFM, SEM, PL measurements.

Key Words : Pulsed laser deposition(PLD), phosphor, Gd_2O_3 , normal temperature

1. 서 론

레이저를 이용한 재료의 가공은 전자산업 및 의용공학분야 등 대단위 분야에서 새로운 가공 방법으로 모색되고 있다. 특히 반도체 표면의 cleaning 및 평판 디스플레이용 글라스 절단 혹은 초소형 기계기구 제작(MEMS)에 이르기까지 그 응용 범위가 무궁무진하다. 1987년 T. Venkatesan 등이 고온초전도체(YBCO)의 박막증착에 성공함으로써 각광을 받기 시작한 펄스레이저 증착법(Pulse Laser Deposition, PLD)은 레이저의 펄스에너지를 이용하여 증착대상 재료(target)를 어블레이션하여 박막을 형성하는 공정기법이다. 이러한 PLD를 이용한 다양한 재료의

증착은 전세계에 큰 파급효과를 미치고 있으며 단일 원소물질에서부터 특히, 복잡한 다성분계물질의 증착이 뛰어나다. PLD 법은 가공의 재현성 및 화학양론(stoichiometry)이 우수하며, 간단한 공정기법으로 박막을 증착시킬 수 있기 때문에 최근 더욱 각광을 받고 있다[1-3].

최근에 국내외에서 부피와 무게를 대폭적으로 줄이면서 CRT를 대신할 수 있는 평판디스플레이가 개발중이며, 몇몇의 기업들은 완제품을 생산하고 있는 실정이다. 이러한 새로운 평판디스플레이 소비자들의 가공기술과 더불어 CRT의 색감을 그대로 유지할 수 있는 형광체 개발 또한 필수적이다. 본 연구는 차세대 디스플레이 소자인 플라즈마 패널 디스플레이(PDP)에 응용하기 위해 적색형광체인 Gd_2O_3 를 펄스형 2고조파와 4고조파의 Nd:YAG 레이저를 이용하여 증착하였으며, 형성된 박막의 표면특성 등을 고찰, 검토하였다.

* 인하대학교 전기공학과
(인천시 남구 용현동 인하대학교,
Fax: 032-863-5822
E-mail : megadream@korea.com)

2. 실험 방법

타겟의 레이저 어블레이션은 자외선 영역의 266nm의 Nd:YAG 레이저를 이용하여 수행되었다. 사용된 레이저 빔의 펄스 에너지는 20mJ ~ 75 mJ이며, 빔은 미러와 렌즈를 이용하여 타겟 표면에 집속시켰다. 실험에 사용된 진공챔버는 스테인레스 스틸로 제작되었으며 실험 초기 진공도는 $5 \times 10^{-5} \sim 4 \times 10^{-6}$ Torr이다. 기판과 타겟의 거리는 4cm로 고정하였고, 기판과 타겟은 모터를 이용하여 자전 및 공전이 가능하다. 챔버내의 기판 온도는 실온이며 레이저 광은 타겟에 45° 각도로 입사된다. 그림 1은 PLD 장치의 개략도이다.

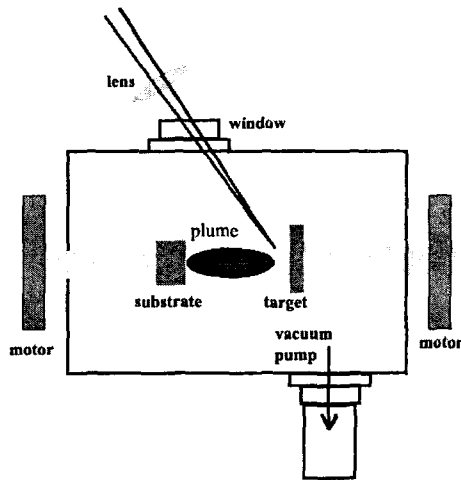


그림 1. PLD 시스템 개략도

3. 결과 및 고찰

PLD를 이용한 박막형성과정은 레이저 빛과 물질 간의 상호작용에 의한 플라즈마, 즉 plume의 생성과정, 반응가스에서의 플라즈마 확산과정, 기판 위에서 박막형성과정 등으로 나눌 수 있다. 고 에너지의 레이저 빛이 타겟에 집속되면 레이저 빛에 의한 열과 광에너지에 의해 dielectric breakdown이 유기되고 대부분의 광양자의 에너지는 고체상태의 타겟물질에 흡수되어 전자와 격자의 진동자에 의해 물질의 온도를 급격히 높이게 되어 물질을 기화시킨다. 이러한 과정은 높은 에너지밀도와 레이저 광원의 peak power로 인해 레이저 펄스 폭 만큼의 짧은 시간에 폭발적으로 발생하고 이 폭발력으로 물질은 기체와 액체상태로 물질표면으로부터 분리되어 기판으로 확산된다. 이러한 과정에서 발생하는 것이 레이저

plume 이다. 일반적으로 타겟 표면에서 플라즈마는 고속으로 팽창하며, 그 속도는 $10^5 \sim 10^6$ cm/s 정도이며 원자의 무게에 따라 다르지만 그 분포는 충돌에 의해 변형된 Maswell-Boltzman 분포를 따른다. 그림 2는 PLD에 의해 글라스 기판 위에 형성된 Gd_2O_3 박막의 SEM 사진이다. 박막의 증착 메커니즘은 5ns의 짧은 시간에 반복되는 레이저 빔의 열적 충격에 의해 타겟으로부터 얇은 조각들이 방출되어 기판 위에 증착되는 것으로 설명할 수 있다. 공기 중에서 증착된 경우, 방출된 입자의 크기는 진공에서의 것보다 훨씬 큰 것을 볼 수 있다. EDX 측정 결과 검출된 peak은 주로 Gd와 O, Ca이었으며 타겟의 조성과 거의 일치하였다.

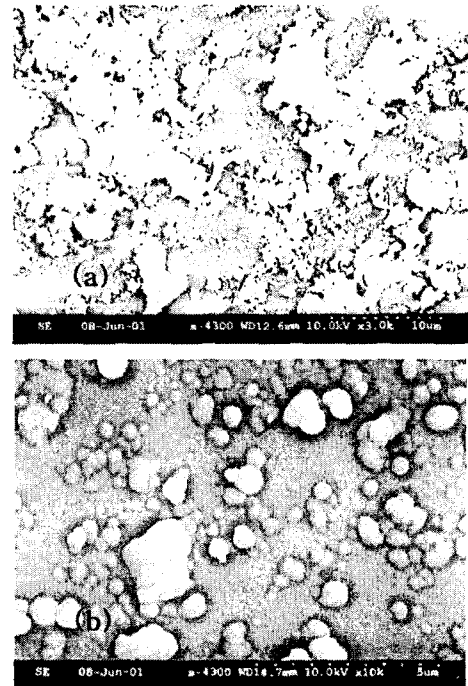


그림 2. PLD에 의해 글라스 기판 위에 Gd_2O_3 박막의 SEM 사진(a) 공기중 (b) 진공도 10^{-6} Torr

(레이저 펄스 에너지: 75mJ, 반복율 :10Hz, 기판온도 : 상온)

그림 3은 진공 중에서 증착된 Gd_2O_3 박막의 표면 AFM 사진이다. 그림에서 보는 바와 같이 증착된 입자들의 크기는 평균 $1\mu m$ 정도이며 전체적으로 연한 갈색을 띤다. 챔버내의 산소 분위기 없이 기판의 온도를 상온으로 유지하여 행한 실험에서는 증착된 입자의 크기는 비교적 균일하지 않고 XRD 측정 결과 형성된 물질은 결정형태를 보이지 않아 peak 값을 검출할 수 없었다.

이와 같이 기판의 온도 가열이 없고, 레이저 plume 과 산소의 화학적인 반응을 유도하지 않은 실험 조건에서는 PLD 의 가장 중요한 장점인 타겟의 화학적 조성비와 같은 박막을 증착시킬 수 없었으며 증착된 물질의 결정화를 기대할 수 없다.

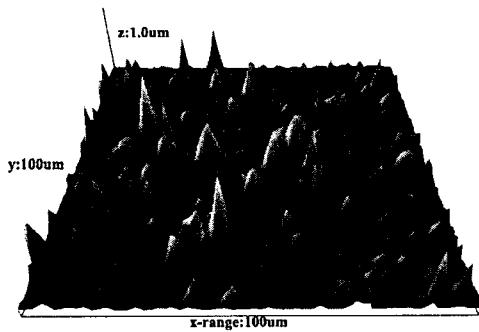
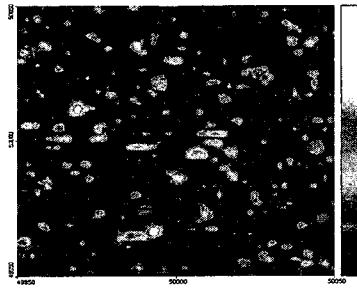


그림 3. PLD에 의해 형성된 Gd₂O₃ 박막의 AFM 사진(레이저 펄스 에너지: 75mJ, 반복율 :10Hz, 기판온도 : 상온)

4. 결 론

PLD에 의해 평판 디스플레이용 형광체 물질로 이용하기 위해 Gd₂O₃ 박막의 증착을 시도하였다. 실험은 공기 중과 진공 중에서 수행되었으며, 진공 중에서는 산소를 주입하지 않았으며 기판가열 없이 행하였다. 형성된 박막의 두께는 대략 1 μ m 이며 입자의 평균 크기도 1 μ m이다. EDX 측정결과 타겟의 물질은 기판 위에 증착되었으나 박막은 결정 형태를 보이지 않았으며 XRD 측정결과 어떠한 peak 값도 검출할 수 없었다. 따라서 향후 연구방향은 산소를 주입하고 기판을 가열하여 실험을 행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] V. Craciun, R.K. Singh, "Ultraviolet-assisted pulsed laser deposition of thin oxide films", Applied Surface Science, 168, pp239-243, 2000
- [2] X. W. Sun, H. S. Kwok, "Pulsed laser deposition of silicate phosphor thin films", Appl. Phys. A69[Suppl.], S39-S43, 1999
- [3] H. Kim, J. S. Horwitz, "Electrical and optical properties of indium tin oxide thin films grown by pulsed laser deposition", Appl. Phys. A69[Suppl.], S447-S450, 1999