

증착속도에 따른 CsI layer의 기하학적 특성 연구

이규홍, 박지군, 강상식, 차병열, 조성호, 남상희
인제대학교 의용공학과

Investigation of Geometrical Properties on Deposition Rate in Cesium Iodine Film

Kyu-hong Lee, Ji-Kun Park, Sang-Sik Kang, Byung-Yul Cha, Sung-Ho, Sang-He Nam
Department of Biomedical Engineering

Abstract

CsI 형광체는 X선에 대한 분해능 및 변환효율이 우수한 물질이다. 최근 대면적 평판형 X선 영상검출기의 변환층으로 이용하기 위해 CsI 형광체의 대면적 제조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문은 진공 열증착법을 이용하여 증착속도(3, 3.8, 4.5 $\mu\text{m}/\text{min}$)에 따라 20 μm 두께의 CsI 필름을 제조하였고, XRD 및 SEM 분석을 통해 CsI 필름의 기하학적 구조를 조사하였다. 증착된 CsI 필름은 증착속도에 관계없이 복잡한 다결정 구조를 가지며, 3 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착속도에서 약 1 μm 크기로 needle-like 한 columnar structure를 가졌다.

As results, about 3 $\mu\text{m}/\text{min}$ evaporation rate formed as good geometry characteristics CsI layer

Key Words : digital radiography, phosphor, evaporation rate, cesium iodine

1. 서 론

X선을 이용한 의료영상 획득 기술은 과거 필름/스크린을 이용하는 아날로그 방식에서 최근 형광층과 광도전층들을 이용하여 전기적인 신호를 획득하는 디지털 영상센서의 연구 개발이 활발히 이루어지고 있다. 최근 각광을 받고 있는 평판형 대면적 영상센서는 형광층과 광센서 어레이를 이용하여 X선을 가시광으로 변환한 후, 이 가시광을 전기적으로 획득하는 간접변환방식과 광도전체의 단일층을 이용하여 직접 전기적 신호를 획득하는 직접변환방식이 있다. 간접방식은 직접방식에 비해 빠른 신호 응답과 잠상(latent image) 영향이 거의 없기 때문에 동영상 획득의 이점이 있으며, 신뢰성이 뛰어난 장점을 지니고 있다.

한편, 간접변환형 영상센서에 이용되는 형광체들은 높은 공간해상도(spatial resolution)과 높은 광휘도(high light brightness) 특성이 요구된다. 이런 형광체의 광학적 특성들은 형광체 내부 구조들의 기하학적 구조에 의해 영향을 받는다. 본 논문에서는 영상센서 적용을 위해 CsI를 진공 열증착법을 이용하여 증착속도에 따라 형성된 CsI 필름들의 기하학적 구조를 비교 분석하였다.

2. 실험

2.1 시편제작

본 실험에 이용된 증착원료는 Cerac社의 순도가 99.999%인 CsI를 사용하였다. 시편제작을 위해 사용된 시스템은 진공 열증착기(thermal evaporator)로써 이 장치는 로터리 및 확산 펌프로 구성되어 증착시 2×10^{-6} torr의 진공도를 유지하였다. CsI 증착에 앞서 유리기판(slide glass, $75 \times 25 \text{ mm}^2$)은 아세톤, 메탄올 순으로 초음파 세척하여 D.I. water로 헹군 후 질소 gun으로 건조시켰다. CsI 필름의 증착은 진공 상태에서 온도컨트롤러(PN200, Hanyoung)를 사용하여 일정한 전류를 유지시켜 증착속도를 제어하였다. 증착된 필름의 균일도를 유지하기 위해서 3 rpm의 속도로 기판을 회전시켰으며 기판의 온도는 50 $^{\circ}\text{C}$ 를 유지하였다. 본 연구에서 증착속도에 따른 CsI의 성장된 필름의 형상을 조사하기 위해 각각 3, 3.8, 4.5 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착속도로 각각의 필름을 제조하였다. 증착된 CsI 필름의 면적은 20 mm \times 20 mm 였으며 두께는 약 20 μm 정도이다.

2.2 기하학적 구조 분석

제작된 CsI 필름의 결정구조를 분석하기

XRD(RAD-3C, RIGAKU, Japan)를 이용하여 2θ의 간격으로 20도에서 120도까지 회절 패턴을 얻었다. 또한 증착속도에 따라 각각 형성된 CsI(Tl)의 표면 및 단면의 미세구조를 비교 관찰하기 위해 분해능이 4~12 nm 인 SEM(JSM-820, JEOL, Japan)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1. 은 3 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착속도로 제작된 CsI 필름에 대한 XRD 회절 패턴을 보여주고 있다. 열 증착법에 의해 증착된 CsI 필름은 다결정성 구조를 가졌음을 확인할 수 있었으며, 증착속도에 관계없이 거의 동일한 X선 회절 피크들을 가졌다. XRD 측정 결과를 통해, CsI 형광물질은 대면적 디지털 방사선 영상 센서에 적용시키기 위해 열 증착법을 이용하여 다결정 필름의 형성이 가능하였고, 진공증착된 CsI 결정구조는 첨가 물질, 증착 온도 및 기판온도 등의 공정 변수에 의존하였다. 즉, 이러한 여러 가지 공정 변수들의 최적화를 통해 CsI 필름의 결정 구조 및 성장 방향성을 결정할 수 있을 것으로 사료된다.

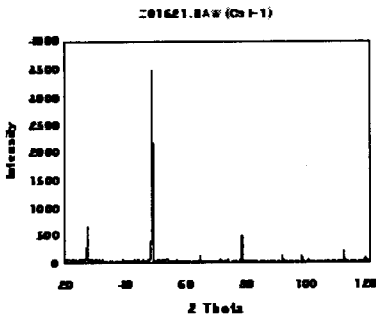


그림 1. 증착된 CsI 필름의 X 선 회절 패턴.

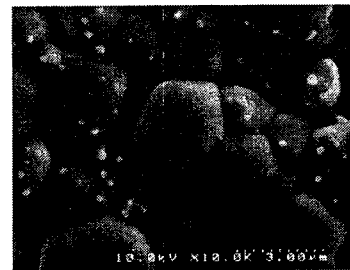
그림 2 는 각각 3, 3.8 및 4.5 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착속도로 진공 증착된 CsI 필름의 표면 구조를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 3 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착속도로 형성된 CsI 필름은 입자 크기가 평균 1 μm 내외 정도를 가지며 수직 방향으로 수많은 Needle-like 구조를 가지는 것이 관찰되었다. 이러한 구조는 입사되는 X선에 의해 방출되는 가시광을 수직방향으로 빛이 산란되지 않도록 집중시킬 수 있는 구조로 영상센서의 X선 변환물질로서 우수한 공간 분해능을 가질 수 있을 것으로 생각된다. 이에 반해 3.8 및 4.5 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 다소 높은 증착속도로 CsI를 형성하였을 때, 그림처럼 입자의

크기가 1 ~ 5 μm 까지 매우 불균일하며, 평균 3 μm 정도로 매우 큰 입자들로 불규칙하게 배열되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 증착속도가 높을수록 더욱 큰 입자들의 불규칙한 기하학적 구조로 형성되는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 소스 보트의 높은 온도에 의해 CsI 분자 덩어리가 높은 열에너지에 의해 승화되어 기판에 부착되었기 때문으로 사료된다.

그림 3은 각각 3, 3.8 및 4.5 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착속도로 진공 증착된 CsI 필름의 단면 영상이다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 3 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착속도로 증착된 CsI 층의 단면은 무수히 많은 작은 돌기 형태의 CsI 입자들이 유리기판에 수직방향으로 다소 기둥 모양으로 성장되었음을 볼 수 있다.



(a)



(b)

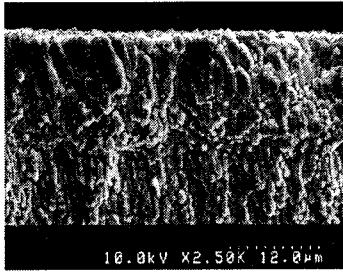


(c)

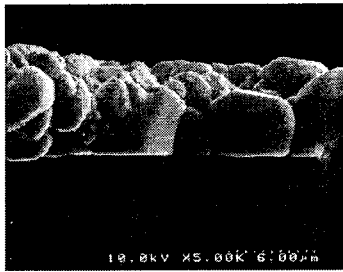
그림 2. 증착속도에 따른 CsI 필름의 표면 SEM 영상. (a) 3 $\mu\text{m}/\text{min}$, (b) 3.8 $\mu\text{m}/\text{min}$, (c) 4.5 $\mu\text{m}/\text{min}$

이에 반해 3.8 및 4.5 $\mu\text{m}/\text{min}$ 시편인 경우, 상당히 큰 몇 개의 덩어리가 결합하여 경계면을 유지하고

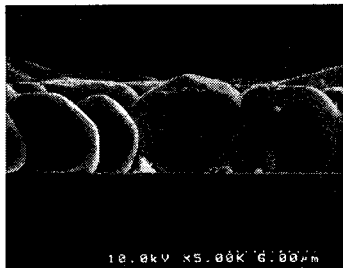
있으며, 수직방향으로의 성장 경향을 가지지 않았다. 이러한 결과는 증기 입자들의 높은 증발율에 의해 무수히 많은 입자들이 유리기판에 도달하였기 때문이다. 즉, 증착속도가 $3 \mu\text{m}/\text{min}$ 이하로 낮으면 CsI 필름은 좋은 결정구조와 성장방향을 가지며, 이러한 구조 및 성장성은 유리기판의 표면 온도와 입자의 증착속도 및 에너지와의 상호 연관성에 의해 영향을 받았다.



(a)



(b)



(c)

그림 3. 증착속도에 따른 CsI 필름의 단면 SEM 영상. (a) $3 \mu\text{m}/\text{min}$, (b) $3.8 \mu\text{m}/\text{min}$, (c) $4.5 \mu\text{m}/\text{min}$

결론적으로 본 연구를 통해, 증착 기술을 이용하여 X선 영상 변환층으로써 좋은 영상 해상도를 가지는 needle-like 형태의 우수한 다결정 CsI 필름을 제조하기 위해서는 기판분위기온도 및 증착 속도의 최적화를 통해 얻을 수 있음을 확인하였다. 향후, needle-like 구조가 증착된 CsI 필름에 미치는 영향에 대해 연구가 될 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 디지털 X선 영상 센서 개발을 위한 X선 변환층인 CsI를 진공증착법에 의해 형성하였다. 열증착된 $20 \mu\text{m}$ 두께의 CsI 필름은 다소 복잡한 구조의 다결정 구조를 가졌다. 제작된 CsI 필름은 $3 \mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착속도에서 무수히 많은 입자들이 결합하여 다소 기둥형태의 성장방향을 가지고 성장하였으며, 3.8 및 $4.5 \mu\text{m}$ 의 증착속도로 진공 열증착된 CsI 필름인 경우, 매우 큰 분자덩어리들이 불규칙한 기하학적 구조로 형성되는 것을 알 수 있었다. 본 연구는 대면적 CsI 필름 제조를 위해 진공열증착 기술을 이용하여 CsI 필름을 제조하였으며, 향후 needle-like 구조의 높은 해상도를 가지는 CsI 필름 제조를 위한 공정 변수 최적화를 위한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 정보통신선도기반기술개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] V.Perez-Mendez,G.Cho, J.Drewery, T. Jing ,S.N.Daplan, S.Qureshi, and D. Wildermuth." Amorphous Silicon Based Detector," LBL 30940, to be published in J. Non-crystalline Solide.
- [2] T. W. Choi, C. S. Lee, and S. C. Yoo, "Electrical ceramics", Proc. 2002 Summer Conf. KIEEME, p. 10, 2002.
- [3] T. W. Choi and S. C. Yoo, "Electrical and mechanical properties of ceramics", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 15, No. 1, p. 10, 2001.
- [4] C.W.Bates, "Siintillation Processes in Thin Films of CsI(Na) and CsI(Tl) due to low Energy X-rays, Electrons and Protons, " Adv. Electron Phys. vol.20A,1968,pp.451-459
- [5] T. W. Choi and S. C. Yoo, "Electrical and mechanical properties of ceramics", J. Mater. Sci., Vol. 15, No. 1, p. 10, 2001.
- [6] H.Washida and T.Sonoda, "High Resolution Phosphor Screen for X-ray Image,"Adv. Electron Phys. vol52.1979.pp.201-207
- [7] T. W. Choi, C. S. Lee, and S. C. Yoo, "Electrical and mechanical properties of ceramics", Trans. on EEM, Vol. 15, No. 1, p. 10, 2001.