

교류 구동형 박막 전계 발광 소자용 원추형 Si micro-tip 반사체 어레이의 제작

論 文
48C-9-10

Fabrication of Cone-shaped Si Micro-tip Reflector Array for Alternating Current Thin Film Electroluminescent Device Application

朱炳權*·李允熙*·吳明煥*
(Byeong-Kwon Ju · Yun-Hi Lee · Myung-Hwan Oh)

Abstract - We fabricated AC-TFEL device having cone-shaped Si micro-tip reflector array based on the process which have been conventionally employed for the Si-tip field emitter array in FED system. As a result, the AC-TFEL device having a new geometrical structure could generate well concentrated visible white-light from 3600 reflectors/pixel under bipolar pulse excitation mode only by edge-emission mechanism.

Key Words : alternating current thin-film electroluminescent device(AC-TFELD), Si micro-tip, micro-reflector, Si micromachining

1. 서 론

교류구동형 전계발광(Alternating Current Thin Film Electro-luminescent: AC-TFEL) 소자를 결정 방향 의존성 식각에 의해 가공된 2 mm × 2 mm 크기의 사면체 Si 구조물 반사체 내에 형성함으로써 EL 소자의 측면 방향으로 전파되는 광을 수직 방향으로 반사시켜 소자의 휘도 및 효율을 향상시킨 연구 결과는 앞서 보고한 바 있다[1]. 즉, 그림 1(a)에 보인 바와 같이 TFEL 소자의 구조적인 특성상 절연막의 광 굴절율(n_i)이 발광막의 경우(np)에 비해 상대적으로 크기 때문에 측면 방향으로의 도파로 현상(waveguide phenomena)이 일어나 가장자리 발광이 전체 발광량의 90%를 점하게 되며, 따라서 그림 1(b)와 같은 모양의 사면 반사체를 이용하여 이러한 가장자리 발광을 소자의 상부로 가시화 시킴으로써 휘도 및 효율을 증가시킬 수 있었다.

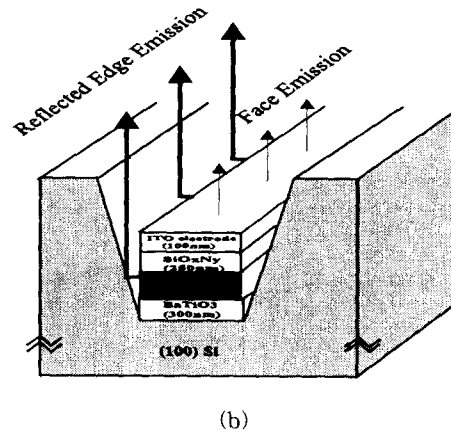
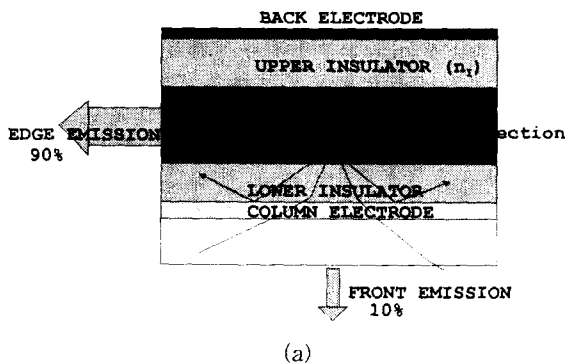


그림 1 AC-TFEL 소자의 도파로 현상(a) 및 사면 반사체 구조(b)[1]

Fig. 1 Waveguiding phenomena of AC-TFEL device(a) and four-sided reflector structure(b)[1]



이러한 구조를 통하여 EL pixel의 가장자리 발광 효과 등이 효과적으로 분석될 수 있었으나, 반사체 구조를 기하학적으로 감소시키는 데에 한계가 있어 고휘도-고분해능을 얻기가 어려웠다. 반면에 측면 반사체 구조물을 수 μm 급으로 매우 작게 만들고 이를 어레이 구조로 구현할 경우 반사체의 표면적 증가에 의한 휘도 증가 및 소형화에 따른 분해능 향상이 가능하게 된다. 이를 위해 전계 방출 표시 소자(Field Emission Display: FED)에 응용되는 Si micro-tip 구조물을 반사체로 적용하였으며, 결과적으로 향상된 소자 성능을 도출할 수 있었다.

* 正 會 員 : KIST 情報材料素子센터 先任/責任研究員
接受日字 : 1998年 9月 23日
最終完了 : 1999年 8月 5日

2. 제조 공정

Si micro-tip reflector를 갖는 TFEL 소자의 제조 공정은 그림 1에 보인 바와 같으며, 이는 일반적인 Si-tip FEA (Field Emitter Array) 공정을 기초로 한다[2]. 즉, 세척된 Si 기판 상에 300 nm 두께의 열 산화막을 성장시켜 직경 1 μm 의 원형 마스크 구조로 패터닝한 다음, RIE(Reactive Ion Etching)에 의해 Si를 가공하고, 이를 oxidation sharpening(열산화 공정을 이용하여 tip을 뾰족하게 하는 공정)시킨다. 다음으로 전자선 증착법에 의해 하부 절연막인 산화막 위에 발광막 (ZnS:Pr,Ce)과 상부 절연막 (300 nm 두께의 BaTiO₃), 후면 전극 (200 nm 두께의 Mo)을 순차적으로 증착하였다. 발광막의 경우 도파로 특성 향상을 위해 700 nm 정도로 두껍게 코팅하였으며, 상부 절연막의 경우 스퍼터링된 BaTiO₃ 막을 사용하였다. 마지막으로, 이상의 공정이 완료된 소자를 BOE(Buffered Oxide Etchant) 내에 넣어 lift-off 공정을 완료하였다.

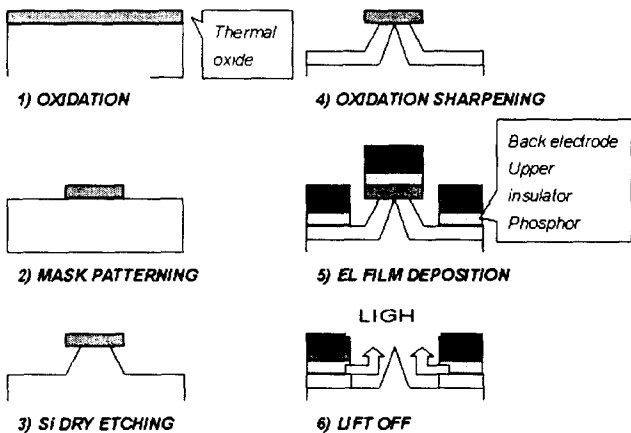


그림 2 원추형 Si micro-tip 반사체 어레이를 이용한 AC-TFEL 소자의 제조 공정도
 Fig. 2 Schematic fabrication step for the AC-TFEL device using cone-shaped Si micro-tip reflector array

3. 제조 결과 및 동작 성능

그림 3은 그림 2의 3)번까지의 약 7 분 동안의 RIE 공정이 종료된 후의 SEM 사진으로 산화막 cap을 가지고 Si-tip 반사체가 식각되는 과정을 볼 수 있다. 그림 3 (a)의 경우 반사체 어레이들을 위에서 본 모양으로 산화막 cap과 함께 잔류한 Si 반사체의 윗 부분이 마치 고리 모양으로 나타나 있다. 한 개의 패턴을 확대하여 그림 3 (b)에 보였는데, 반사체의 높이와 잔류한 Si의 폭은 각각 0.8 μm 와 200 nm로 측정되었으며, 흰 선으로 표시하였듯이 경사면의 상당 부분이 45°의 각도를 가지고 있다. 그림 4(a)는 완성된 소자의 모양으로 반사체 간의 거리 (tip-to-tip)는 5 μm 이고 후면 전극이 형성하는 hole의 직경은 2 μm 로 정의되어 있다. 이의 단면을 그림 4(b)에 나타내었는데, 이를 통하여 하부 절연막(thermal SiO₂), 발광막 (ZnS:Pr,Ce), 상부 절연막(sputtered BaTiO₃), 그리고 후면 전극(Mo) 등을 볼 수 있으며, 전자선 증착시 발광막이 Si micro-tip 반사체의 측면에도 일부 코팅된 관계로 tip의 가장자

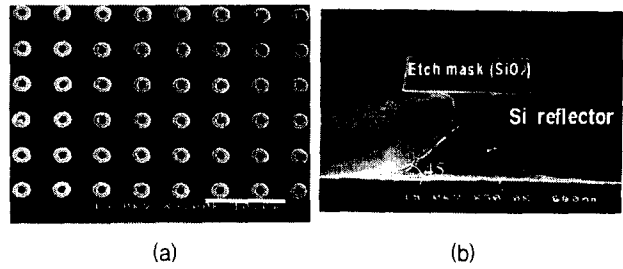


그림 3 산화막 cap을 갖는 Si micro-tip 반사체 어레이(a) 및 확대된 모양(b)
 Fig. 3 Array(a) and magnified view(b) of the Si microtip reflector array having an oxide cap

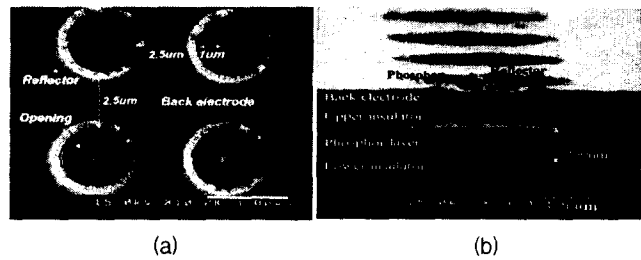


그림 4 Si micro-tip 반사체 어레이를 갖는 AC-TFEL 소자의 구조(a) 및 단면 모양(b)
 Fig. 4 Structure(a) and cross-sectional view(b) of the fabricated AC-TFEL device having a Si micro-tip reflector array

리를 감싸는 듯한 모양을 띄고 있음을 알 수 있다. Si-tip FEA의 제조에 대해서는 전자선 증착법에 의한 절연막과 금속막을 주요 대상으로 하는 lift-off 공정이 잘 확립되어 있는 반면에, 그림 4 (b)로부터도 알 수 있듯이 AC-TFEL 소자의 경우에는 발광막은 전자선 증착법을 이용하지만 상부 절연막이 스퍼터링으로 증착되므로 절연막이 반사체용 tip의 측면에도 도포되는 문제가 발생한다. 이 경우 희생층으로 사용되는 산화막을 제거하기가 용이하지 않아 이를 고려한 공정 개선이 요구된다. 예를 들어, 그림 5는 lift-off 공정을 행하기 직전의 단위 소자의 모양으로 형광체와 상부 절연막이 micro-tip 반사체의 측면

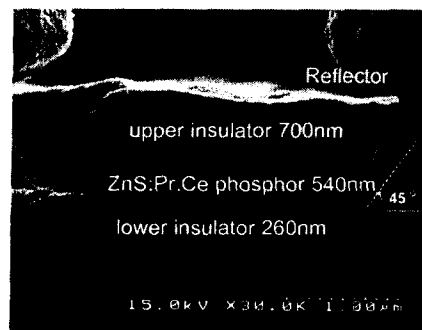


그림 5 제조 공정 과정에서 손상된 발광층의 모양
 Fig. 5 Phosphor layer damaged during the fabrication process

에 코팅되는 문제점과 아울러 형광체와 하부 절연막과의 불안정한 접착(adhesion), 이를 통한 lift-off시의 손상과 관련된 문제 등이 보완된 공정을 통해 해결되어야 한다.

상기 공정을 통하여 제조된 AC-TFEL 소자의 단위 pixel이 동작되는 모양을 그림 6에 보였다. 1 개의 pixel이 6 × 6 개의 sub-pixel들로 이루어져 있고, 각각의 sub-pixel 내에 10 × 10 개의 micro-tip 반사체가 형성되어 있다. 700 nm 두께의 ZnS:Pr,Ce 발광층에서 생성된 측면 백색광이 반사체들로부터 반사되어 관찰됨을 명확히 알 수 있다.

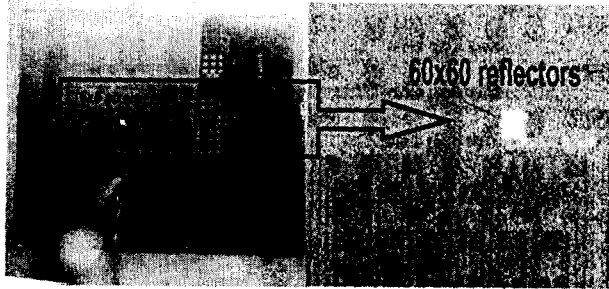


그림 6 Si micro-tip 반사체 어레이를 갖는 AC-TFEL 소자의 동작 모드

Fig. 6 Operating mode of the AC-TFEL device having Si micro-tip reflector array

4. 결 론

FED의 전자 방출원으로 사용되는 Si micro-tip FEA의 제조 공정을 토대로 하여 Si micro-tip 반사체 어레이를 갖는 새로운 구조의 AC-TFEL 소자를 제작하고 순수하게 가장자리 방출(edge emission)에 의한 발광을 구현하였다. 3600 개의 반사체 어레이들로 구성된 AC-TFEL 소자를 구동한 결과 집중된 백색광을 얻을 수 있었다. 본 연구에서 개발된 소자는 제조 공정 등이 보완될 경우 수율은 물론 휘도와 효율, 그리고 분해능 면에서 매우 우수한 성능을 가질 것으로 보인다.

본 연구는 과학기술부와 산업자원부에서 주관하는 초소형 정밀기계 선도기술 개발사업의 연구비 지원 및 KETI/ETRI의 일부 지원에 의한 것이며 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Y.H.Lee et al., White-light emitting thin-film electroluminescent device using micromachined structure, IEEE Tr.Electron Devices, vol.44, no.1, pp.40-44 (1997.1)
- [2] S.Lee et al., Fabrication and field emission study of gated diamond like-carbon-coated silicon tips, J.Vac. Sci.Technol., vol.B15, no.2, pp.425-427 (1997.3/4)

저 자 소 개

주 병 권 (朱炳權)

전기학회 논문지 제48권 제1호 참조

Tel : (02) 958-5775

E-mail : jbk@kist.re.kr

이 윤 희 (李允熙)

전기학회 논문지 제48권 제1호 참조

Tel : (02) 958-5772

E-mail : lyh@kist.re.kr

오 명 환 (吳明煥)

전기학회 논문지 제48권 제1호 참조

Tel : (02) 958-5775