

정전 열 접합에 의한 진공전자소자의 패키징

주병권, 이덕중, 오명환  
한국과학기술연구원, 정보재료소자연구센터

Packaging of Vacuum Microelectronic Device using Electrostatic Bonding

Byung-Kwon Ju, Duck-Jung Lee and Myung Hwan Oh  
KIST, Electronic Materials and Devices Research Center

**Abstract** - Mo-tip FED of 1 inch diagonal was vacuum sealed using sodalime-to-sodalime glass electrostatic bonding under  $10^{-7}$  torr. The bonding properties of the bonded sodalime-to-sodalime structure were investigated and emission characteristic of packaged FED panel was measured.

1. 서 론

고진공의 분위기를 요구하는 FED(Field Emission Display)의 tubeless packaging을 위하여 정전 열 접합 방법을 이용하였다. 본 방법에 의하면 pumping 시간의 단축과 out-gassing 문제의 해결, 그리고 보다 얇은 두께와 간단한 구조를 갖는 디스플레이 패널을 도출할 수 있다. 이에 응용되는 주요 공정인 유리-유리 간의 정전 열 접합과 관련된 1 차 연구 결과에 관해서는 앞서 보고한 바 있다[1,2]. 본 연구에서는 배기용 세관이 없는 패널을 제작하였고, 배기홀을 정전 열 접합 방법에 의해 밀봉하였다. 배기홀의 밀봉을 위해서 홀 주변에 interlayer로서 Si 층을 증착하였고, 접합은  $1 \times 10^{-6}$  torr 이하의 진공 분위기에서 접합하였다. 패널은 챔버내 홀더에 의해 고정되고, 400°C에서 getter 활성화 공정 후 접합 하였다. 패널과 밀봉기판간의 접합은 230°C의 온도에서 250V의 전압을 인가하였다. 이상과 같은 공정에 의해 Mo-tip FED패널은 진공 패키징 되었다. 배기용세관 없이 진공 패키징 된 FED패널에서 녹색의 발광라인을 확인 하였으며, 시간의 경과에 따른 전계 방출 전류의 안정성을 측정함으로써 개발된 공정의 응용도를 검증하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 접합 공정 및 특성 평가

사용한 유리 기판은 #0080 sodalime 유리로 이 permeation 등 제반 진공 밀봉 특성이 우수하기 때문에 FED 용 기판으로 이용되고 있다. 즉, He 기체의 경우를 예로 들면 진공 밀봉된 패널의 경우, 내부 진공도가  $10^{-16}$  Torr에서  $10^{-6}$  Torr로 저하되는 기간이 silica를 밀봉용 기판으로 사용하였을 경우 3일, Pyrex일 경우에는 1개월, 그리고 sodalime일 경우에는 100년으로 알려져 있다[3,4]. 이러한 이유로 본 실험에서는 FED 응용을 위해 ITO가 코팅되어 있는 sodalime 유리를 기판으로서 적용하였다.

그림1은 접합 온도와 전압의 변화에 따른 접합 시 흐르는 이온 전류의 변화를 측정 한 것이다. 이를 통하여 접합이 일어나기 시작하는 최저 온도 및 전압 범위를 설정할 수 있다. 정전 열 접합 공정은 200~340°C의 온도와 200~320 Vdc의 전압하에서 행하여졌으며, Keithley 237 장치를 이용하여 전기적 특성을 측정하였다. 접합된 sodalime-sodalime 기판 쌍에 대한

SEM 단면 사진을 Fig.2에 보였다. Fig.2(a)는 접합이 잘 된 부분과 잘 안된 부분에 대한 10,000 배 확대 사진이고, Fig.2(b)는 (a)의 a□b 부분을 50,000 배로 확대 관찰한 것이다. 접합이 잘 된 부분의 경우 leak 등이 일어날 수 없을 정도로 완전한 재료적 연속성을 지니고 있음을 알 수 있으며, 잘 안된 부분의 경우 두 기판 간에 약 50 nm 정도의 폭을 갖는 미세한 틈이 형성됨으로써 leak가 일어날 소지가 있다. 기판 전체에 대한 단면 관찰 결과 접합이 불완전한 부분이 전체의 5% 이내에 불과한 점으로 보아 공정 개선에 의해 해결될 수 있을 것으로 판단된다.

3. Mo-tip FEA packaging 응용

Mo-tip FEA가 탑재된 패널에 대해, 하부 기판에 형성된 hole을 진공 내에서 sodalime-sodalime 접합에 의해 capping 함으로써 FED의 tubeless packaging을 위한 정전 열 접합 공정의 응용도를 평가하여 보았다. 본 실험에 사용된 Mo-tip FEA는 앞서 보고된 규격을 따르며 그 모양은 Fig.3(a)과 같으며 Fig.3(b)는 접합을 이용해 tubeless packaging 한 FED의 구조도이다.

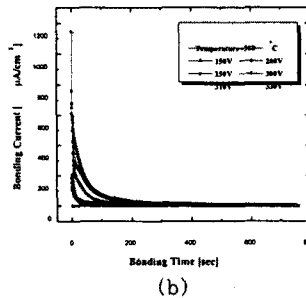
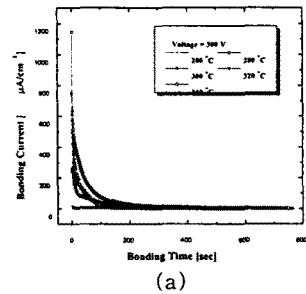


Fig.1. Dependence of ion current upon bonding temperature(a) and applied voltage(b) during electrostatic bonding process

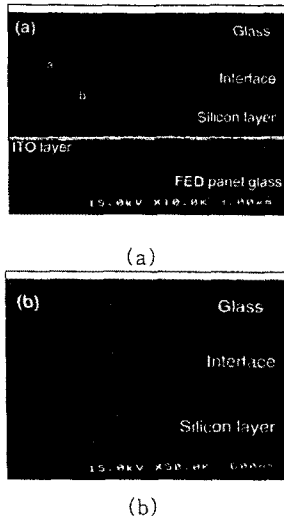


Fig.2. SEM cross-sectional view(a) and magnified view of a□b-marked area(b) of the well-bonded and poorly-bonded region in the bonded sodalime-to-sodalime wafer pair

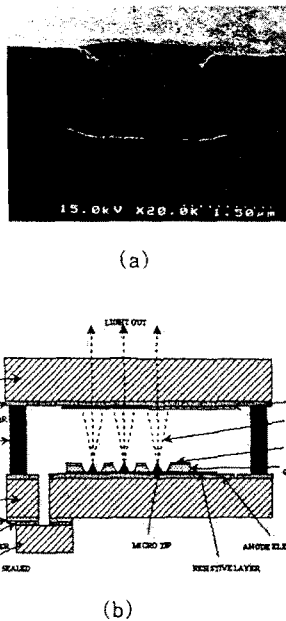


Fig.3. Mo-tip FEA(a) and geometrical structure of FED(b)

이러한 소자를 지름 6 mm의 hole과 음극용 Al 패턴이 가공되어 있는 sodalime 기판 상에 indium paste를 이용하여 mounting한 뒤 gate wiring을 하고 ITO가 코팅되어 있는 상부 기판과 frit sealing을 하였다. 이때 Mo-tip과 양극간의 거리는 가장자리의 유리 spacer를 이용하여 500  $\mu\text{m}$ 로 유지하였으며, frit이 둘러진 면적은  $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 가 되도록 하였다. 이와 같이 1차 조립된 패널을 capping 용 sodalime과 일정 거리만큼 분리하여 진공 챔버 내에 위치시킨 뒤 turbo

pumping하여 진공도를  $1.0 \times 10^{-6}$  Torr에 이르도록 한 상태에서 진공-정전 열 접합을 수행하였다. 이때 정전 열 접합 조건은  $230^\circ\text{C}$ - $250\text{V}_{\text{dc}}$ 로 설정하였다. Tubeless vacuum packaging 된 FED 패널의 동작 모양을 Fig.4에 보였다. Fig.5는 정전 열 접합에 의해 제작된 FED패널의 내부 특성을 조사한 그래프이다. Fig.5(a)는 정전 열 접합에 의해 밀봉된 기판에 3mm의 홀을 만들고 진공 pumping하면서 내부 진공도의 변화를 조사한 것이다. 시간이 지나면서 진공도가 지속적으로 낮아지고 있는 것은 접합 계면에서 micro-leak가 없는것으로 사료된다. Fig.5(b)는 밀봉된 FED패널의 동작 안정성을 조사하기 위하여 전계 방출 전류를 시간에 대해 측정하였다. 신호 전압은 게이트 라인에 150V의 전압을 45분 인가하고, 15분 후 다시 전압을 인가하는 방식으로 7시간 동안 측정 하였다. 이 그래프에서 전류의 변화는 약간 있으나 거의 일정한 전류가 측정됨을 볼 수 있다. Tubeless vacuum packaging된 FED패널에서 구동전압(게이트 전압)이 150V로 비교적 높은 것을 볼 수 있다. 이는 유리 프리트를 소결하는 과정에서 전극라인이 표면 산화됨으로 인한 것이며, 소결시 비반응성 분위기 가스를 이용해 개선 가능하다.

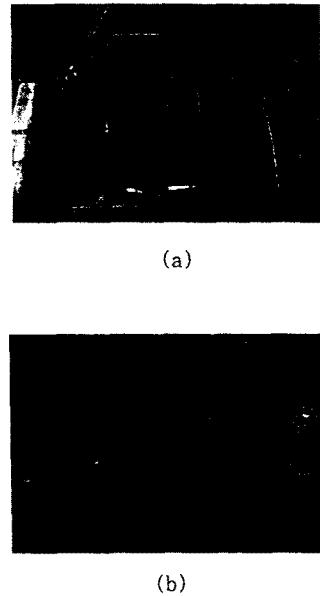


Fig.4. Operating of FED tubeless packaging using vacuum-electrostatic bonding process: (a) front view (b) side view.

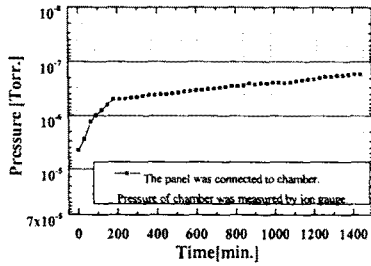
#### 4. 결 론

FED의 tubeless packaging 적용을 위한 기반 실험으로써 FED 패널을 고진공 내에서 유리-유리간의 정전 열 접합에 의해 capping 하였으며, 결과적으로 제조된 tubeless FED 패널의 동작을 확인하고 특성 분석을 간접적으로 하였다. 패널 내부 진공도의 세부 분석, 동작 안정성 및 수명 측정, 그리고 보다 넓은 면적으로의 확대 등이 다음 연구의 이슈로 될 것이다.

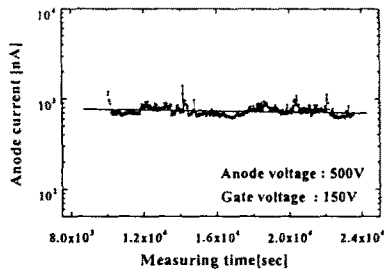
#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부와 산업자원부에서 주관하는 초소형 정밀기계 선도기술개발사업의 연구비 지원 및 KETI

/ETRI의 일부 지원에 의한 것이며 이에 감사 드립니다.



(a)



(b)

Fig.5. Measurement of leakage(a) and mission stability(b) in vacuum packaged FED panel.

#### 참 고 문 헌

- [1] B.K.Ju et al., Electrostatic bonding between two ITO-coated glass for FED tubeless packaging applications, Trans.KIEE, vol.47, no.7, pp.1057-1061 (1998.7)
- [2] B.K.Ju et al., Glass-to-glass electrostatic bonding for FED tubeless packaging application, Microelectronics Journal, vol.29, no.11, pp.839-844 (1998.11)
- [3] J.F.OHanlon, *A Users Guide to Vacuum Technology*, John Wiley & Sons, Inc., USA (1989)
- [4] P.H.Holloway et al., Production and control of vacuum in field emission flat panel displays, Solid State Technology, pp.47-54 (1995.8)
- [5] Y.Kanda et al., The mechanism of field-assisted silicon-glass bonding, Sensors and Actuators, vol.A21-A23, pp.939-943 (1990)
- [6] B.K.Ju et al., Fabrication of Mo-tip field emitter array and diamond-like carbon coating effects, J.KIEEME, vol.11, no.7, pp.508-516 (1998.7)