

Glass Packaging of the Field Emission Array and Vacuum Evaluation within the FED Panel

권상직¹⁾, 류경선²⁾, 조태희³⁾, 이천규⁴⁾, 우형수⁵⁾, 이종덕⁶⁾

- a) 경기도 성남시 수정구 복정동 산 65 번지 경원대학교 전자공학과
(Tel) 0342-750-5319 (Fax) 0342-758-5319
- b) 서울시 관악구 신림동 산 56-1 서울대학교 전기공학부

1. 서론

본 연구는 현재 FED (Field Emission Display)의 상용화에 있어서 문제가 되고 있는 것들 중 하나인 고진공 실장 기술에 관한 것이다. 이에 본 논문에서는 0.7인치 대각선 길이의 poly-Si FEA 와 Mo FEA 의 제작 방법과 공정 시 문제점을 제시하고, 특히 고진공 실장 후 FED의 성능을 좌우하는 panel 내부의 진공도를 고진공 실장 공정 중 측정할 방출 전류와 test chamber에서 측정된 FEA의 방출 전류를 비교함으로써 간접적으로 측정하였다.

2. 실험 방법

FEA를 고진공 실장하기 위한 공정 순서는 다음과 같다. 우선 anode glass plate는 ITO가 코팅된 soda-lime glass를 sand-blaster를 이용해 exhaust tube와 연결할 구멍을 뚫어 세척을 하였다. 그 후 전기 영동법으로 형광체를 증착한 anode glass plate를 cathode glass plate와 접착하기 위해 frit paste를 도포한 후, frit glass를 paste로 만들기 위해 사용한 vehicle 성분의 완전한 제거를 위해 450°C에서 1시간 동안 가소 공정을 하였다. 다음으로 pump port에 연결하기 위한 exhaust tube를 frit paste를 이용해 붙임으로써 그림 1의 (a)와 같은 형태가 된다.

cathode glass plate는 FEA에 전압을 가하기 위한 전극 선을 마스크 작업을 통해 형성한 후, anode glass plate와 마찬가지로 frit paste 도포하여 가소 공정을 하였다. 그 후 FEA를 인접(In)을 이용하여 cathode glass plate에 접촉 시키고 전기적인 address를 위해 FEA의 cathode 및 gate pad들과 cathode glass plate에 형성된 알루미늄 line들과의 wire bonding을 수행하여 그림 1의 (b)와 같이 만들어 진다.

그림 1의 (c)는 그림 1의 (a)와 그림 1의 (b)에서와 같이 형성된 anode glass plate와 cathode glass plate를 서로의 frit glass부분을 정확히 맞춰 450°C에서 20분간 소성을 하여 enclose된 형태를 갖춘 panel의 모습이다.

그림 2는 이렇게 만들어진 panel을 가열 배기하기 위한 시스템의 개략도이다. 배기는 anode glass plate에 부착된 유리관을 통해 turbo-molecular pump 및 ion pump에 의해 진행되었고, 그림에서와 같이 배기 과정 중 panel의 전체면을 감싸면서 유리에 손상을 가하지 않고 효과적으로 높은 온도를 가열할 수 있도록 설계하였다.

마지막으로 panel의 진공도 유지를 위해 getter를 활성화 시키고, exhaust tube를 seal-off heater를 이용해 밀봉함으로써 공정이 끝나게 된다.

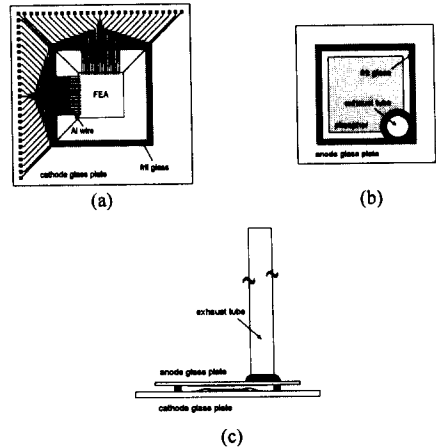


그림 1. (a) 형광체 및 exhaust tube가 부착된 anode glass plate의 정면도, (b) FEA를 부착한 후 wire bonding을 수행한 cathode glass plate의 정면도, (c) 제작 완성된 FED 구조.

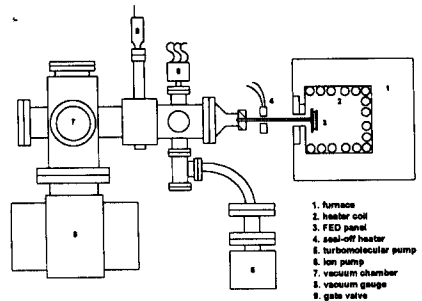


그림 2. 가열 배기 시스템의 개략도.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 exhaust tube를 통한 배기 과정 중에 exhaust hole을 중심으로 여러 위치별 방출 전류를 측정할 것이다. 그림에서 보면 exhaust tube와 가장 가까운 위치인 P1이 가장 방출 전류 특성이 좋을 수 있다. 이로써 exhaust tube를 통한 배기 과정에서 생기는 진공 구배를 확인할 수 있었다.

그림 4는 seal-off 과정 중의 진공도 변화 및 방출 전류의 변화를 보여 주는 것이다. 진공도 값은 그림 2에서 볼 수 있듯이 chamber port gauge에서 읽은 값이다. exhaust tube glass가 block-up이 일어나는 약 600°C에 이르기까지

exhaust tube glass가 녹으며 증발되어 나온 불순물로 인해 진공도는 처음의 3×10^{-6} torr에서 6.2×10^{-6} torr로 나빠짐을 볼 수 있다. 이 block-up이 일어난 시점을 기준으로 방출 전류는 처음보다 약 4배 정도 감소함을 볼 수 있는데 이는 seal-off가 되면서 진공 pump가 차단됨으로 공정 중 나빠진 진공도를 panel이 그대로 유지하게 되기 때문이다. 또한 그림에서 진공도가 나빠짐에 따라 방출 전류도 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 방출 전류에 의한 것이 아니라 seal-off과정 중 증발되어 나온 기체 불순물과 tip으로부터 방출되어 나온 전자들과의 충돌에 의해 생긴 이온에 의한 전류 증가로 보여진다. 이는 그림 5에서와 같이 seal-off공정 전의 발광 되는 빛의 밝기와 exhaust tube glass가 block-up이 되는 시점의 빛의 밝기를 비교할 때 거의 차이가 없다는 사실이 입증해 주고 있다.

그림 6은 test chamber에 FEA를 넣고 진공도 변화에 따른 방출 전류의 변화를 측정해 얻은 calibrated data에 seal-off 공정 전, 후에 측정된 방출 전류값을 fitting함으로써 간접적으로 panel 내부의 진공도를 측정하는 결과다. 이 calibrated data를 통해 얻은 panel 내부의 진공도는 seal-off 전, 후 각각 1.3×10^{-6} torr와 5.0×10^{-6} torr로 chamber port gauge의 3.0×10^{-8} torr와 6.3×10^{-8} torr 값과 비교해 약 2 order 정도 차이가 남을 알 수 있다.

그림 7은 getter의 효과를 보기 위해 seal-off전, 후 얻은 방출 전류값과 seal-off 후 getter를 활성화한 후 얻은 값을 비교하여 panel 내부의 진공도 변화를 나타낸 그림이다. 이 실험의 결과로 getter는 panel 내부에서 효과적으로 mini-pump 역할을 하는 것을 확인하였다. 이에 대한 결과를 표 1에 요약하였다.

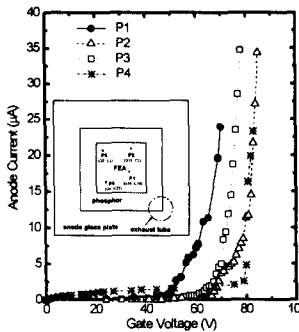


그림 3. Vacuum in-line 상태에서 네 가지 다른 위치의 pixel에 대한 anode current의 변화.

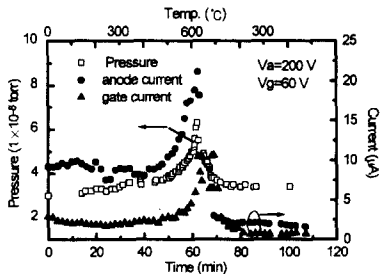


그림 4. Seal-off 과정 중의 진공도 변화 및 방출 전류의 변화.

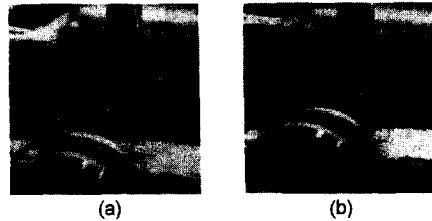


그림 5. (a) Seal-off 공정 전과 (b) seal-off 공정 중 exhaust tube의 block-up이 일어나는 시점의 발광 사진.

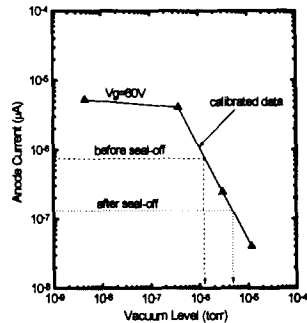


그림 6. Calibrated data plot에의 fitting을 통한 panel 내부 진공도 평가.

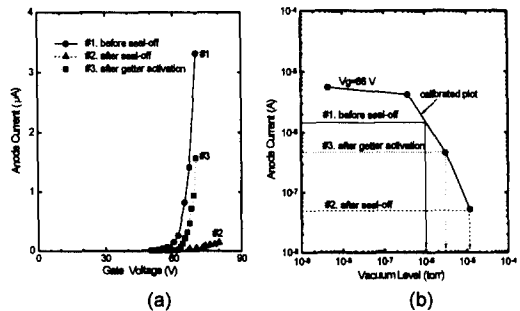


그림 7. (a) Seal-off 전, 후 및 getter 활성화 후 방출 전류 변화 및 (b) panel 내부 진공도 측정.

표 1. Port gauge의 진공도와 실제 panel 내의 진공도 비교.

step #	Ia/pixel (A)	port chamber pressure (torr)	estimated panel pressure (torr)
#1. before seal-off	1.42×10^{-6}	1.6×10^{-8}	1.0×10^{-6}
#2. after seal-off	0.05×10^{-6}	3.9×10^{-8}	1.2×10^{-5}
#3. getter activation	0.47×10^{-6}	-	2.9×10^{-6}

4. 결론

본 연구에서는 고진공 실장 후 calibrated data를 이용한 FED panel 내부의 진공도를 간접적으로 측정하여 seal-off 전, 후의 진공도 변화 및 getter의 역할을 검증하였다. 측정 결과는 실제 panel 내부의 진공도가 chamber port gauge의 값보다 약 2 order 정도 낮았고, getter가 mini-pump 역할을 수행했음을 알 수 있었다.