

## Nd:YAG 레이저빔에 의한 PDP 방전셀의 구조 형성

## Formation of PDP cell structure using Nd:YAG laser beam

안민영\*, 이경철\*, 이홍규\*, 이천\*

Min-Young Ahn, Kyoung cheol Lee, Hong Kyu Lee, Cheon Lee

## Abstract

The PDP(Plasma Display Panel) barrier rib material on the glass substrate was patterned for fabrication of the PDP cell using Nd:YAG laser(1064 nm) which can generate the second(532 nm) and forth(266 nm) harmonic wave by HGM(harmonic generation modules). At a scan speed of 20  $\mu\text{m/s}$  with the second harmonic wave(532 nm) of Nd:YAG laser, the etching threshold laser fluence of the PDP material was 6.5  $\text{mJ/cm}^2$  and a sample(thickness = 180  $\mu\text{m}$ ) on the glass substrate was removed clearly at a laser fluence of 19.5  $\text{J/cm}^2$ . In order to increase the throughput of the fabrication we divided a single-beam into multi-beams by using a metal mask between the sample and the focusing lens. As a result, 10 lines of PDP cell were formed by one laser beam scanning at a scan speed of 200  $\mu\text{m/s}$  and a laser fluence of 2.86  $\text{J/cm}^2$ .

**Key words(중요용어)** : PDP(Plasma Display Panel), barrier rib(PDP의 격벽), PDP cell(PDP 방전셀), Nd:YAG laser, multi-beam(다중빔)

## 1. 서론

현재 차세대 대형 평판 디스플레이 소자로 가장 주목받고 있는 분야는 PDP(Plasma Display Panel)이다. 이를 위한 제조 공정은 기본적으로 전공정과 후공정으로 나누어진다. 전공정에서는 전면 유리기판과 배면 유리기판 각각에 필요한 기능을 박막 또는 후막으로 형성하고, 후공정에서는 양면기판을 밀봉하여 방전패널을 완성시킨다. PDP 방전셀은 전공정에 해당하며 한쌍의 격벽에 의하여 형성된다. 이

는 패널의 비용, 화소간의 혼색(cross talking) 방지, 표시 소자의 분해능의 규정 등을 결정하는 중요한 요인이 된다. 이러한 격벽의 제조 방법으로 스크린 인쇄법과 샌드블라스트법이 널리 이용되고 있으나 비용·처리시간·수율 등의 면에서 개선해야 할 점이 많다. 또한 새로운 제조 기술의 개발도 절실히 요구되고 있다. 최근에는 PDP소자의 투명 전극으로 사용되는 ITO(indium tin oxide)와 식각 공정을 위한 PR(photoresist)을 레이저 직접식각법을 이용하여 패터닝한 연구가 발표되었으며, PDP 제조 공정에 레이저의 응용 가능성이 점차 확대되고 있다. 본 연구에서는 레이저를 이용한 PDP 방전셀의 형성법을 제시하고, 작업 속도의 향상을 위하여 다중 레이저빔을 이용한 PDP 방전셀의 형성을 시도 하고자 한다.

\* : 인하대학교 전기공학과

(인천광역시 남구 용현동 253, FAX: 02-538-7959)

E-mail : g1991147@inhavision.inha.ac.kr)

# 디스플레이 광소자분야

## 2. 실험

### 2.1. 시료의 제작

본 실험에서는 레이저를 이용하여 PDP 방전셀을 형성시키기 위하여 표 1과 같은 성분비의 격벽 페이스트를 준비하였다. 이를 인쇄기법을 이용하여 유리 기판 위에 13회 적층하고, 180  $\mu\text{m}$  두께의 후막을 형성 시켰다. 그 후, 120  $^{\circ}\text{C}$  이하에서 건조시킨 시료와 그림 1과 같이 최고 565  $^{\circ}\text{C}$ 까지 열처리하여 소성 시킨 두 가지 종류의 시료를 제조하였다.

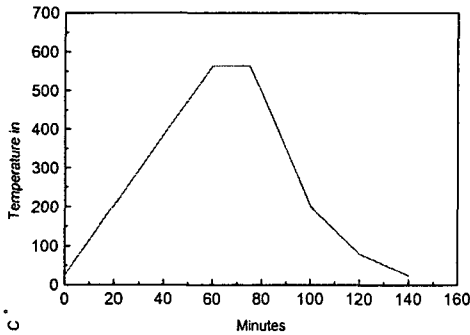


그림 1. PDP 격벽의 소성 공정의 시간에 따른 온도 곡선.

Fig. 1. The temperature profile as a function of the PDP barrier rib firing time.

표 1. Nd:YAG 레이저에 의한 PDP 방전셀의 구조 형성에 사용된 격벽 페이스트의 성분비.

Table 1. Product percentages of the PDP barrier rib paste used for formation of PDP cell structure by Nd:YAG laser.

	Product percentage
Lead Compounds	50 %
Aluminum Oxide	27 %
Chrome Compounds	5 %
E.T.C	18 %

### 2.2. 실험 장치

그림 2는 사용된 실험장치의 개략도이다. 기본파가 1064 nm인 펄스타입의 Q-switched Nd:YAG 레이저(반복율 = 10 Hz)를 고조파 발생기를 통하여 532 nm의 제 2고조파와 266 nm의 제 4고조파로 변조시켜 광원으로 사용하였다. Nd:YAG 레이저의 제 2고조파는 BK7으로 제조된 초점 거리 200 mm의 집속 렌즈를, 제 4고조파는 fused silica로 제조된 초점 거리 200 mm의 집속렌즈를 이용하여 빔을 집속시켰다. 집속렌즈에 의해 집속된 빔의 위치에 x-y-z축으로 제어가 가능한 스테이지를 설치한 후, 그 위에 시료를 고정시키고 PC 제어를 통해 스테이지를 이동시키며 시료를 패터닝하였다. 스테이지의 x, y 축은 PDP 방전셀을 패터닝하기 위해 사용되었으며, z 축은 집속시킨 레이저빔을 시료 표면에 초점을 맞추기 위하여 사용하였다. PDP 방전셀의 제조공정상의 작업 속도를 향상시키기 위하여 시료와 집속 렌즈 사이에 금속 마스크를 설치하여 레이저빔을 다중 분할시켰다. 사용된 마스크의 재료로는 집속된 레이저의 높은 에너지에 견딜 수 있도록 내열 처리된 SK 강판을 사용하였다. 마스크의 패터닝은 와이어 절단법(wire cut)을 이용하였으며, 이는 기계적인 메커니즘에 의해 금속을 식각 하기 때문에 간단하고 저렴한 마스크의 패터닝이 가능하였다.

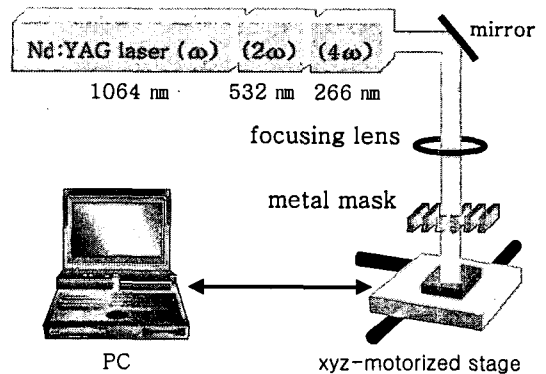


그림 2. 레이저 패터닝 장치의 개략도.

Fig. 2. The schematic diagram of the laser patterning system.

Nd:YAG 레이저에 의해 식각 된 PDP 방전 셀의 깊이, 넓이, 단면모양을 관찰하기 위하여 SEM (Scanning Electron Microscope)을 이용하였다.

3. 결과 및 토론

3. 1. Nd:YAG 레이저를 이용한 PDP 방전셀의

형성

Nd:YAG 레이저의 제 2고조파 빔을 사용했을 경우의 PDP 격벽 재료의 식각 특성은 그림 3과 같이 건조시킨 시료가 완전히 소성 시킨 재료에 비해 식각율이 높았으며, 같은 시료에 대해서는 레이저의 fluence를 증가시키에 따라 식각율이 증가하였다. 이와 같이 제 2고조파에 대해서는 laser fluence와 시료의 속성에 뚜렷한 의존성을 보였으나 제 4고조파 파장을 사용하였을 경우에는 격벽 재료의 식각율이 미소했으며, 레이저 fluence의 증가에 따른 격벽 재료의 식각의 경향성을 관측하기가 어려웠다. 이는 격벽 재료의 흡수율이 파장에 따라 가변하며, 266 nm의 자외선 영역보다 532 nm의 가시광 영역의 빔의 흡수율이 크기 때문이라고 사료된다.

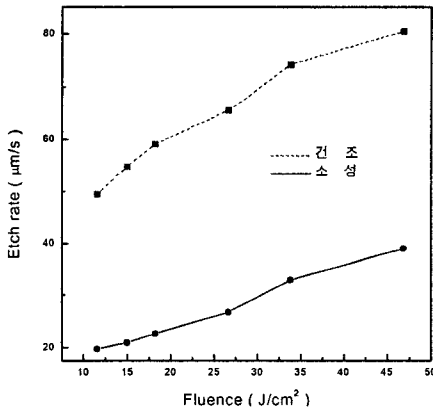
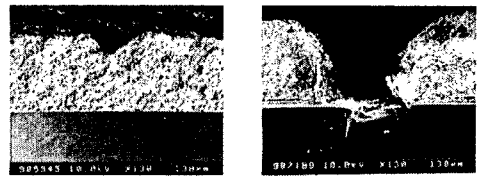


그림 3. Nd:YAG 레이저(532 nm)에 의한 PDP 격벽 시료의 레이저 fluence와 시료의 속성에 따른 식각율 (빔 주사속도=200 µm/s).

Fig. 3. The etch rate of the PDP barrier rib paste according to laser fluence and properties of the sample using Nd:YAG laser (532 nm, beam scan speed=200 µm/s).

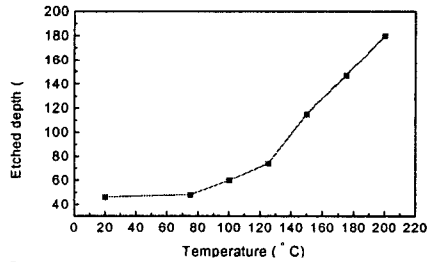
PDP 방전셀의 제조에 있어서 공정상의 작업 속도를 향상시키기 위해서는 식각율을 증가시킬 필요가 있다. 이를 위해 그림 2의 xyz 스테이지 위에 열저항형 히터를 장치하고 히터에 시료를 고정시킨 후 시료를 가열시키며 레이저빔을 조사시켰다. 그 결과 Nd:YAG 레이저(532 nm)의 fluence 97.5 J/cm², 빔주사속도= 200 µm/s의 조건에서, 시료의 온도가 약 100

℃ 에서부터 식각 깊이가 현저하게 증가하였으며, 200 ℃에서 유리 기판의 경계면 까지 식각되었다. 이는 120 ℃ 이하에서 건조시킨 시료에 잔존하고 있는 유기물질과 수분을 가열에 의해 제거함으로써 적층된 격벽재료 내부에 빈 공간과 왜곡을 발생시켰고, 이러한 구조적인 결함 때문에 레이저빔에 의한 격벽재료의 식각율이 향상되었다고 사료된다. 그림 4(a)에 시료의 가열 온도에 따라 식각된 깊이를 나타내는 SEM 사진을, 그림 4(b)에 가열온도와 에칭 깊이의 특성관계를 나타내었다.



상온 200 °C

(a)



(b)

그림 4.(a) 가열 온도에 따른 시료의 식각 깊이를 나타내는 단면 SEM 사진(Nd:YAG 레이저 532 nm, fluence 97.5 J/cm², 빔주사속도= 200 µm/s). (b) 가열 온도와 시료의 식각 깊이의 관계.

Fig. 4.(a) Cross-sectional SEM images showing the etched depth as a function of heating temperature (Nd:YAG laser 532 nm, fluence 97.5 J/cm², scan speed = 200 µm/s). (b) The etched depth as a function of heating temperature.

3. 2. Nd:YAG 레이저의 다중빔을 이용한 PDP 방전셀의 형성

PDP 방전셀의 공정상의 작업 속도를 향상시키기 위하여 집속렌즈와 시료 사이에 금속 마스크를 설치하

## 디스플레이 광소자분야

고 레이저빔을 다중으로 분할시켜 시료를 패터닝하였다. 금속 마스크에 의해 레이저빔의 에너지 손실이 32% 발생하였다. 그림 5는 금속 마스크를 사용하여 레이저의 다중빔으로 PDP 격벽 재료를 패터닝 하였을 경우의 시료의 단면을 나타내는 SEM 사진이다. 레이저 fluence 2.86 J/cm<sup>2</sup>, 빔주사속도 200  $\mu$ m/s에서 한번의 레이저빔 주사에 의해 10줄의 PDP 방전셀을 형성시킬 수 있었다.

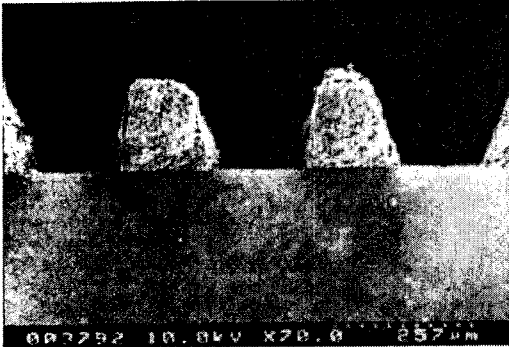


그림 5. 금속 마스크에 의한 Nd:YAG 레이저의 다중빔을 이용한 PDP 격벽 재료의 식각 단면의 SEM 사진.

**Fig. 5.** A cross-sectional SEM image of PDP barrier rib material etched by multi-beam of Nd:YAG laser using a metal mask.

### 4. 결론

Nd:YAG 레이저( $\lambda=266, 532$  nm, pulse)를 이용하여 대기 중에서 PDP 방전셀을 형성하기 위하여 격벽 재료를 식각한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

Nd:YAG 레이저의 제 2고조파를 이용하여 PDP 격벽재료를 패터닝 하였을 경우, 건조된 시료에 대하여 레이저 fluence가 6.5 mJ/cm<sup>2</sup>일 때 식각이 시작

되었으며, 19.5 J/cm<sup>2</sup>일 때 유리기관의 경계면까지(격벽 두께 180  $\mu$ m) 식각되었다. 또한 가열중인 시료를 식각할 경우, 상온에서의 식각율(65  $\mu$ m/s)보다 가열 온도 200  $^{\circ}$ C에서의 시료의 식각율(270  $\mu$ m/s)이 약 4.2배 증가하였다.

금속 마스크에 의한 Nd:YAG 레이저의 다중빔을 이용하여 PDP 격벽재료를 패터닝 하였을 경우, 레이저 fluence 2.86 J/cm<sup>2</sup>, 빔주사속도 200  $\mu$ m/s에서 한번의 레이저빔 주사에 의해 10줄의 PDP 방전셀을 형성시킬 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] K.C. Lee, M.Y. Ahn, C. Lee, "Laser direct etching for a PDP cell using Nd:YAG laser", SPIE Meeting, vol. 3898, pp. 208-215, december 1999.
- [2] O. Yavas, M. Takai, "Effect of substrate absorption on the efficiency of laser patterning of indium tin oxide thin films", Journal of Applied Physics, vol. 85, no. 8, pp. 4207-4212, April 1999.
- [3] Y.K. LOK and T. C. LEE, "Processing of Advanced Ceramics Using the Wire-Cut EDM Process", Journal of Materials Processing Technology, 63, pp. 839 - 843, 1997.
- [4] O. Yavas, M. Takai, "High-speed maskless laser patterning of indium tin oxide thin films", Applied Physics Letters, vol. 73, no. 18, pp. 1558-2560, November 1998.
- [5] W O'Neill, W M Steen, "A three-dimensional analysis of gas entrainment operating during the laser-cutting process", Journal of Physics D-Applied Physics, vol. 28, no.1, pp. 12-18, January 1995.
- [6] Farooq, A. Kar, "Removal of laser-melted material with an assist gas", Journal of Applied Physics, vol. 83, no. 12, pp. 7467-7474, June 1998.