레이저 열전사 패턴에 따른 유기발광 다이오드의 발광 특성 연구

Dependence of OLED Luminance Characteristics on Laser Thermal Printing Pattern

이광원, 이강인, 권진혁, 이종훈, 권혁용*, 김진후*, 박이순*
영남대학교 물리학과, *경북대학교 모바일 디스플레이 센터
jhyi@yu.ac.kr

레이저를 기반으로 하는 유기발광 다이오드 (OLED : organic light emitting diode) 제작법은 여러 그룹에 의해 시도 되었다[1,2]. 이러한 레이저 기반의 제작 방법은 유기발광 다이오드 및 휘어지는 디스플레이 (flexible display) 개발에 있어 생산성이 우수하여 많은 주목을 받고 있다[1-6]. 특히 레이저 열전사법은 잉크젯 인쇄 (ink-jet printing)및 기체 증착법 (vapor evaporation) 방식보다 높은 안정성과 고해상도 및 저단가, 대형화, 양산화의 가능성을 보여 주고 있다.

이러한 레이저 열전사법에 있어, 유기물이 증착되어진 도너 필름 (donor film)에서 유기물을 깨끗하게 떼어내어 기판에 부착시키기 위해서는 레이저 에너지의 공간적인 빔 성형 (beam shaping)이 요구된다. 빔 성형 방법에는 비구면 렌즈 (aspheric lens), 회절 광학 소자 (diffractive optical elements), 마이크로 렌즈 어레이 (micro-lens array)등을 활용한 방법이 있다.[7]

본 연구에서는 광음향 변조기 (AOM : acousto-optic modulator)를 이용하여 유기물 도너 필름에 입사되는 레이저의 공간적 에너지 분포를 다양하게 변화시켰다. 광섬유 레이저 (파장: 1060~1070 nm)가 열전사 광원으로 사용되었다. 이 레이저 빔은 광음향 변조기를 지나며 회절되고, 2차원 스캔이 가능한 X-Y 갈바노미터 (galvanometer)를 지나면서 방향이 제어된다. 이 빔은 초점거리가 160 mm인 $f-\theta$ 렌즈를 지난 후 유기물이 증착되어 있는 도너 필름에 집속되게 된다. 신호 발생기로부터 나온 사인파, 난형파, 톱니파 등의 다양한 제어신호를 광음향 변조기에 입력 시키면, 광음향 변조기를 지나며 회절된 빛의 회절 각은 입력 제어신호의 형태와 전압에 비례해 변하게 되며, 이에 따라 레이저 빔의 공간적인 에너지 분포도 변하게 된다.

광음향 변조기에 다양한 진폭과 파형을 가진 제어 신호를 보내어 레이저 빔의 공간적 에너지 분포를 변화시켰다. 이 빔을 유기물이 증착되어있는 도너 필름에 집속하여 $9\times9\,mm^2$ 범위를 전사 (scan)하였다. 유기물 증착 기판에는 스핀 코팅 (spin coating)된 빛-열 전환층 (light to heat conversion layer)과 분리층 (release layer)이 있으며, 분리층 위에 약 100 nm 두께의 Alq_3가 진공 증착 되어있다. 유기물이 증착되어진 도너 필름에 레이저를 전사하면 빛-열 전환층에서 레이저의 빛 에너지는 열에너지로 변환되며 발생된 열이 분리층을 팽창시켜 유기물이 밀려 떨어지게 된다. 이 때 밀려나온 유기물은 바로 아래에 전공 운송층(hole transfer layer)과 전공 주입층(hole injection layer)이 증착되어 있는 ITO (indium tin oxide) 기판에 증착된다. 이 때 유기물 분리에 사용되는 레이저 세기와 전사 면적은 신호 발생기의 제어 신호에 의존하게 된다. 제어 신호의 파형과 진폭을 변화하며 이에 따른 유기물 전사특성 변화를

측정하였다. 진폭의 변화에 따라 유기물을 전사 시킬 수 있는 레이저 세기의 문턱 값도 증가하였다. 또한 형광 현미경으로 레이저 전사 후 유기물 증착 도너 필름의 형태 변화를 관찰 하였다. 레이저 기반 열전사 기술로 제작되어진 유기발광 다이오드에서, 제어 신호에 대한 발광 특성과 전류밀도의 의존성을 조사하였다.

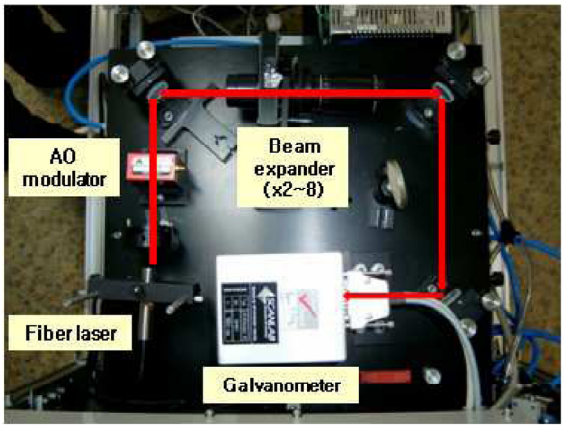

그림 1 레이저 열전사 장치의 광학계

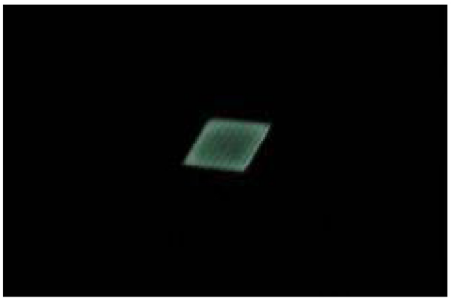

그림 2 레이저 열전사로 제작된 유기발광 다이오드의 발광 모습

참고문헌

1. S. T. Lee et al., "A New Patterning Method for Full-Color Polymer Light-Emitting Device: Laser Induced Thermal Imaging(LITI)" SID 02 Digest, pp. 784-787 (2002).
2. T. Tsujimura et al., "Scalable AMOLED Technologies for TV Application" IDW2008 Proceeding OLEDp-21 (2008).
3. R. Yooung et al., "Alternative Technology Dispaly Report: OLED Technology" Display Serach, Austin (2004).
4. J. L. Johnson, "Principle of Nonimpact Printing" Palatino Press, Irvine (1992).
5. M. B. Wolk et al., "Thermal Transfer Element and Process for Forming Organic Electroluminescent Devices", US Patent 6,582,876.
6. H. Yamada et al., "Optimization of Laser-Induced Forward Transfer Process of Metal Thin Films", Appl. Surf. Sci. 197, 411 (2002).
7. G. Yi et al., "Laser Beam Delivering and Shaping Device for Transfer of Organic Film" IDW2008 Proceeding OLEDp-23 (2008).