

나일론 섬유와 모세관을 사용한 균일한 양자점 필름 제작 공정

김민경 · 황예진 | 인하대학교 화학공학과 (E-mail: yjhwang@inha.ac.kr)

최근 Beihang 대학의 연구진은 기존 용액 공정에 비해 균일한 양자점 필름의 형성이 가능한 공정을 개발하여 *Advanced Materials* 지에 발표하였다. 양자점 필름의 두께 조절에도 용이한 공정으로 이를 활용한 양자점 디스플레이 소자 기술의 발전이 기대된다.

양자점은 좁은 발광 스펙트럼, 높은 발광 양자 효율, 높은 광 안정성, 제어 가능한 에너지 밴드 갭 등의 장점을 가지고 있어 발광 다이오드에 적극 활용되어 왔으며, 차세대 디스플레이 소재로 각광받고 있다. 이러한 양자점 발광 다이오드에서는 양자점 필름의 균일성과 두께가 소자의 성능을 결정짓는 중요한 요소이다. 따라서, 고효율의 양자점 발광 다이오드 소자의 제작을 위해 양자점 필름의 두께를 정확히 조절할 수 있으며 균일하게 양자점을 코팅할 수 있는 필름 형성 기술이 중요하게 된다.

기존의 양자점 필름 제작에는 스핀 코팅, 잉크젯 프린팅, 블레이드 코팅 등의 용액 공정이 사용되어왔다. 그러나 기존 용액 공정 방식은 공정 비용이 높거나 커피링 효과 등으로 인해 불균일한 필름을 형성하는 등 여러 한계점을 가지고 있다.

중국 Beihang 대학의 Huan Liu 교수 연구팀은 나일론 섬유와 모세관을 이용한 fibrous liquid bridge

형성을 통해 기존의 코팅 공정의 한계를 극복하고, 고품질의 균일한 양자점 필름을 코팅할 수 있는 방법을 개발, 보고하였다.

새로이 개발된 코팅 공정은 기판의 양 끝에 수직으로 세운 두 개의 모세관(직경 = $900\ \mu\text{m}$)과 두 모세관을 연결해주는 나일론 섬유(직경 = $148\ \mu\text{m}$)로 구성된다. 모세관을 양자점 용액으로 채움으로써 섬유를 따라 liquid bridge를 형성하게 되고, 이를 기판 위에서 수평하게 이동시킴으로써 기판에 양자점 필름을 코팅하는 방식이다. 이를 통해 형성된 양자점 필름은 표면의 roughness가 $2\ \text{nm}$ 정도로 작은 균일한 필름으로 확인되었으며, $25\ \text{cm}^2$ 이상 넓은 영역의 코팅과 적층에 용이하여 대면적 다층 구조 소자에 적합함을 보여주었다. 연구진은 이 공정을 사용하여 높은 밝기의 고성능 Red, Green, Blue 양자점 발광 다이오드를 제작하였다. 또한, RGB 양자점 용액을 차례로 적층하여 white 대면적($1.3 \times 2\ \text{cm}^2$) 양자점 발광 다이오드를 성공적으로 제작하였다. 제작된 white 양자점 발광 다이오드 소자는 최대 밝기 $57190\ \text{cd/m}^2$, 최대 전류 효율 $15.9\ \text{cd/A}$ 와 외부양자효율 5.8% 의 높은 효율을 보인다.

본 연구를 통해 개발된 필름 코팅 공정은 균일한 필름의 형성은 물론, 공정 비용이 저렴하고 특히 정확한 필름 두께 조절과 정량화가 가능하여 미래 디스플레이 산업의 고효율 양자점 발광 다이오드 소자 제작에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구 결과는 저널 *Advanced Materials*에 "Continuous and Controllable Liquid Transfer Guided by a Fibrous Liquid Bridge: Toward High-Performance QLEDs"라는 제목으로 2019년 11월에 게재되었다 (Adv. Mater. 2019, 1904610, DOI: 10.1002/adma.201904610).

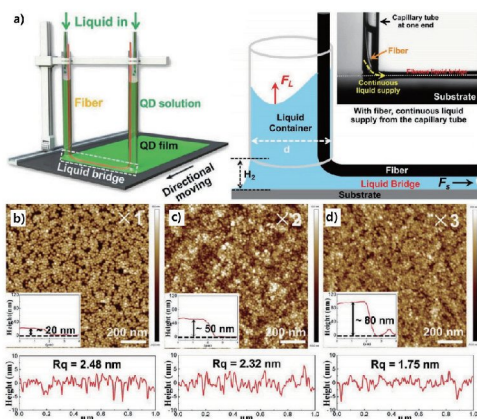


그림 1. Fibrous liquid bridge 공법 양자점 필름 제작 모식도(a), 제작된 양자점 필름의 AFM height image(b-d).