

## Smooth and uniform coated films on flexible substrates by optimization of slot-die process parameters

정국채, 정태정, 김영국, 최철진  
한국기계연구원 부설 재료연구소

**Abstract** : For the deposition of the semiconductor nanocrystals or quantum dots, it is required to have the substrates with smooth surface roughness. Slot-die coating method was adopted and optimized varying the processing parameters like coating speed, gap distance, solution concentration, etc to get the smooth coated films on flexible substrates. The coating speed in slot-die method was varied from 1 m/min to 2.5 m/min focusing especially on its industrial usage. The gap distance between the substrate surface and slot-die lip was changed also to control mainly the thickness of coated films.

**Key Words** : Slot-die coating, surface roughness, LED

### 1. 서론

반도체 나노입자 즉 양자점은 높은 색순도, 광효율 등으로 차세대 디스플레이 및 광원으로 응용하기 위한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다 [1-3]. 단층의 양자점층을 둘러싸고 있는 전하수송층 및 완충층은 높은 표면 조도를 갖고 있어야 electric quenching를 막을 수 있으며, charge balance를 유지하는데 유리하다. 또한 상용화를 위해서는 대면적의 기판에 균일한 코팅막을 얻을 수 있어야 한다. 슬롯-다이 코팅법은 용액공정을 사용하며 대면적의 기판에 박막 수준의 코팅이 가능하다. 본 연구에서는 공정 변수에 따른 코팅막의 특성 및 균일 코팅을 위한 최적화 실험을 진행하였다.

### 2. 실험

코팅 실험에 사용된 유연성 기판은 PET로서 40mm(폭) x 수십 m(길이)로 준비하였으며 투명전극층인 ITO가 코팅되어 있다. 코팅 용액은 정공수송층으로 널리 사용되고 있는 TPD를 용매 chloroform에 녹여서 slot-die coating 실험을 진행하였다. 코팅 용액의 농도, 주입속도, 기판의 이동속도, gap 간격을 조절하여 유연성 기판의 폭 및 길이에 대하여 코팅의 균일성 및 막의 두께, 그리고 표면 조도 특성 등을 관찰하였다. 코팅막은 눈으로 직접 관찰하거나 또는 Atomic Force microscopy로 표면 조도 등 형상을 관찰하였다.

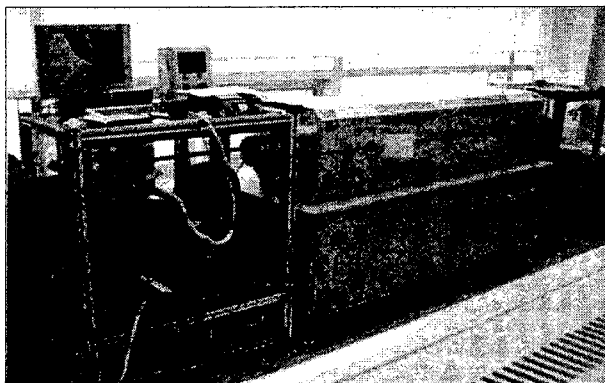


그림 1. slot-die coating & dry 공정

### 3. 결과 및 검토

코팅막은 유연성 기판의 이동속도 및 gap 간격에 비례하여 용액의 주입속도의 증가가 필요하였다. 1m/min의 속도에서는 약 10cc/h 그리고 2.5m/min에서는 약 45cc/h로 주입되었을 경우 기판 폭 전체에 균일한 코팅이 가능하였다. 주입속도가 낮을 경우 기판 표면 전체를 덮지 못하는 경우가 발생하였고, 주입속도가 더 클 경우에는 기판 폭 너머로 용액이 넘쳐 흘러내리는 것을 관찰할 수 있었다. 두께는 코팅속도에 비례하는 경향을 보여주었으며, 점도 및 주입속도 조절을 통하여 코팅막의 두께는 약 20nm에서 140nm까지 변화가 가능하였다.

### 4. 결론

본 연구에서는 slot-die coating법을 이용하여 유연성 기판 위에 정공수송층을 연속적으로 코팅하여 코팅막의 균일성 및 두께, 그리고 QD-LED 응용을 위한 표면조도 특성에 대하여 연구하였다. 기판의 전체 폭에 대하여 균일한 코팅막을 얻기 위해서는 기판의 이동속도에 따른 용액의 주입속도 및 gap 간격을 조절이 필요하였으며 표면조도가 2nm 이하 값으로 조절이 가능하였다. 사용한 기판의 표면조도에 대하여 slot-die coating법에 의한 코팅막은 약 10배 정도 향상된 값을 보였다.

### 감사의 글

본 연구는 한국기계연구원 부설 재료연구소 기본사업의 연구비 지원에 의한 것입니다.

### 참고 문헌

- [1] S. Coe, W. K. Woo, M. Bawendi, V. Bulovic, *Nature*, **420**, 800 (2002).
- [2] L. A. Kim, P. Ankkeeva, S. Coe-Sullivan, J. Steckel, M. Bawendi, V. Bulovic, *Nano Lett.* **8**(12), 4513 (2008)
- [3] W. K. Bae, J. Kwak, J. W. Park, K. Char, C. Lee, S. Lee, *Adv. Mater.* **21**, 1690 (2009)