

## OLED GLASS CAP제조를 위한 SPRAY NOZZLE ETCHING SYSTEM Modeling

서민교, 박진수, 소원섭, 박미정, 정재학\*  
 영남대학교 디스플레이화학공학부  
 (jhjung@yumail.ac.kr\*)

### SPRAY NOZZLE ETCHING SYSTEM Modeling for OLED GLASS CAP Manufacture

Minkyoo Seo, Jin Soo Park, Won Shoup So, Mi Jung Park, Jae Hak Jung\*  
 School of Chemical Engineering & Technology, Yeungnam University  
 (jhjung@yumail.ac.kr\*)

#### 서론

OLED(Organic Light Emitting Diodes)는 형광성 유기화합물을 전기적으로 여기시켜 발광시키는 자발광형 디스플레이로 낮은 전압에서 구동이 가능하고, 박형 등의 장점을 갖고 있으며 또한, 광시야각, 빠른 응답속도 등 LCD에서 문제로 지적되는 결점을 해결할 수 있는 차세대 디스플레이 후보로서 주목받고 있다. 유기 EL 디스플레이는 다른 디스플레이에 비해 중형 이하에서는 TFT LCD와 동등하거나 그 이상의 화질을 가질 수 있다는 점과 제조공정이 단순하여 향후 가격 경쟁에서 유리하다는 점으로 차세대 평판 디스플레이로 주목받고 있다.

본 연구에서는 OLED의 glass cap으로 사용되는 유리 기판의 식각 공정에 있어 일반적인 식각공정에서 나타나는 사이드 에칭 현상은 관찰되지 않고 식각 후 유리판과 마스크의 경계면에 원인을 알 수 없는 식각 현상이 나타나 제품에 불량이나 나타나는 문제가 발생하고 있어 불량을 감소하고 더 나은 품질의 제품을 만들고자 원인을 찾고, 제품의 grade를 높이기 위하여 수행되었다. 그 원인으로는 식각 액의 타력과 현재 사용되고 있는 식각 액의 산의 강도, 그리고 마스크와 유리판의 접합세기 등의 영향이 되고 있다. 따라서 본 개발 과제에서는 위에 언급된 각 원인들을 조사하여 생산성을 개선하고자 여러 가지 생산 공정 중 핵심 공정인 etching process의 spray nozzle system을 modeling하여 생산 비용절감 및 불량률이 감소된 양산 공정에 적용될 수 있도록 하였다.

#### 본론

본 연구는 glass cap 생산 공정 중 spray nozzle을 이용하여 glass를 etching 하는 공정의 개선을 목표로 하였다. Spray nozzle 분사공정은 여러 개의 spray nozzle을 다양한 구조로 배열하고 nozzle의 분사압을 조절하며 분사액이 맞을 원자재와 nozzle 간의 거리를 조절하고 원자재를 nozzle 분사 chamber속으로 일정한 속도로 연속식 흐름을 갖도록 지나가는 속도를 정하고 유지시키고 고른 분사액의 도포를 위한 nozzle의 요동을 주고 또 요동의 속도와 각도를 결정하며 분사액이 원재료에 맞아 반응을 일으킬 경우 그 반응속도를 조절하기 위해 분사액의 농도를 조절하고 nozzle 분사 chamber 내부의 온도를 조절하는 등 공정조업이 매우 복잡적으로 일어난다.

### 1. Nozzle 분사 패턴 측정

Multi nozzle system을 simulation 하기 위해서는 우선 nozzle 하나의 분사 패턴에 대한 data를 얻어야 한다. Nozzle의 분사압력에 대하여 지름 1cm, 높이 10cm의 시험관 총 가로 300cm, 세로 300의 정사각형으로 시험관을 배치하여 nozzle 유량 data를 측정하였다.

### 2. Modeling

본 연구에서는 multi-nozzle 식각 공정에서 액적 분포에 영향을 미치는 공정 변수들을 두 종류로 분류하였다. 하나는 multi-nozzle system을 설계할 때 고려해야 할 설계변수이고 다른 하나는 장치 설계를 끝낸 다음 조업과정에서 고려해야 할 운전변수이다. 설계변수에는 파이프 간격( $Pp$ ), 노즐 간격( $Np$ )과 target plate와 노즐사이의 거리( $L$ ) 등이 있다. 조작 변수에는 요동각( $\theta$ ), 회전속도( $\omega$ )와 target plate의 이동속도( $v$ )이다. Target plate에 맞은 액적들의 uniformity의 정도를 알아보기 위해 변이계수(표준편차/평균값( $\sigma/\bar{x}$ ))를 이용하였고, 그 값을 multi-nozzle 식각 공정 설계를 위한 목적 함수의 값으로 정하고 그 값이 최소가 되는 공정 조건을 찾았다. 여기서 target plate에 맞은 액적의 수를 계산하기 위해 target plate를 같은 크기(1cm×1cm)의 cell로 나눈 뒤 각 cell에 맞은 액적의 수를 계산하였다. 마지막으로, cell에 대한 평균과 표준편차를 구한 뒤 목적 함수의 값, 즉 변이계수( $\sigma/\bar{x}$ )를 구하였다.

다음 그림 1과 그림 2에 설계 변수와 운전 변수를 각각 나타내었다.

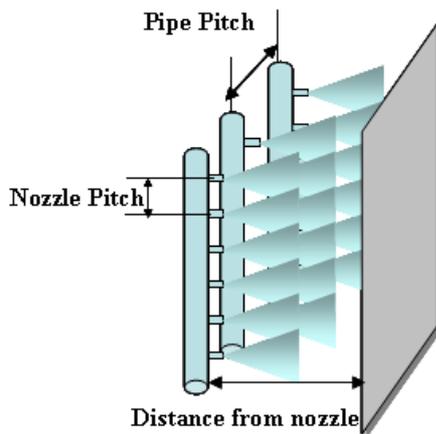


그림 1. 설계 변수

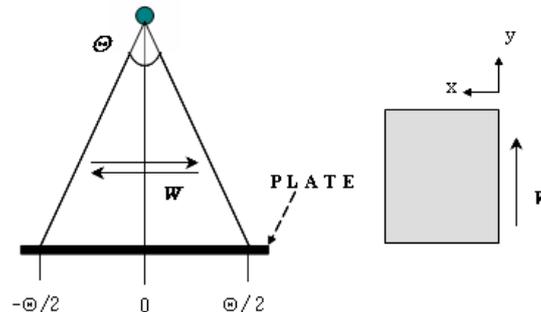


그림 2. 운전 변수

본 연구에서는 현재 현장에서 운전되고 있는 공정에 사용되는 한 chamber당 nozzle의 개수가 12개이므로 12개 nozzle에 대한 modeling과 nozzle이 9개일 때의 modeling도 함께 하였다. 성능에서 차이가 나지 않는다면 nozzle이 적을수록 운전비용도 적게 들고 정비하기도 수월하다는 관점에서 두 가지 경우의 결과 값을 비교해 더 좋은 공정을 찾아내기 위해 수행되었다.

다음 표 1에 각 변수에 대한 변화 범위를 나타내었다.

표 1 최적화에 사용된 변수의 변화 범위

공정 변수	변화 범위
$P_p$ [cm]	11 ~ 13
$N_p$ [cm]	11 ~ 13
$v$ [cm/min]	400 ~ 600
$\omega$ [RPM]	30 ~ 61
$\theta$ [°]	40 ~ 71
$L$ [cm]	28 ~ 30

3. Simulation 결과

표 2 nozzle 12개인 경우 simulation 결과

	$P_p$	$N_p$	$v$	$\omega$	$\theta$	$L$	$(\sigma/\bar{x})$
<b>Best</b>	11	11	400	53	66	30.0	9.5
<b>Worst</b>	13	13	500	32	41	28.5	57.5

표 3 nozzle 9개인 경우 simulation 결과

	$P_p$	$N_p$	$v$	$\omega$	$\theta$	$L$	$(\sigma/\bar{x})$
<b>Best</b>	11	11	400	61	66	30.0	9.8
<b>Worst</b>	13	13	600	47	40	28.0	82.6

다음 그림 4와 그림 5에 nozzle 12개인 경우의 best 결과와 worst 결과에 대한 그림을 나타내었다.

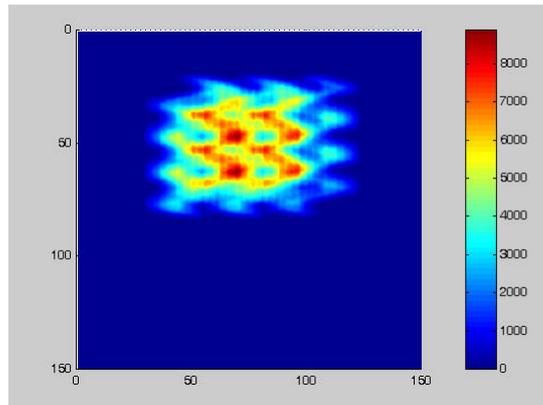
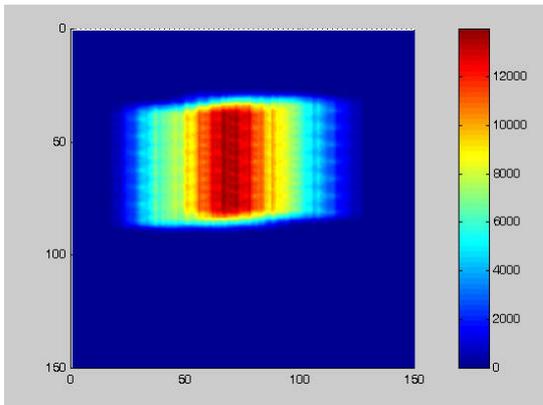


그림 4. nozzle 12개인 경우의 best 결과      그림 5. nozzle 12개인 경우의 worst 결과

다음 그림 6과 그림 7에 nozzle 9개인 경우의 best 결과에 대한 그림을 나타내었다.

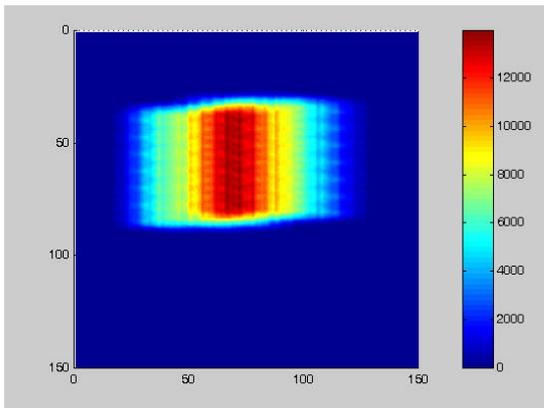


그림 6. nozzle 9개인 경우의 best 결과

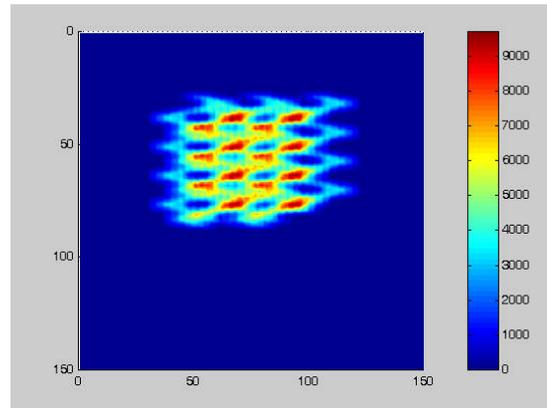


그림 7. nozzle 9개인 경우의 worst 결과

### 결론

Simulation 결과를 보면 현재의 system인 nozzle 12개에서는 target plate의 이동 속도가 400 cm/min, Pipe pitch 11 cm, Nozzle pitch 11, 요동속도 53 RPM, 요동각 66°, 선단거리 30 cm일 때  $\sigma(\times 10^5)$ 가 가장 작은 9.5로 가장 좋은 값을 나타내었다.

Nozzle이 9개인 경우는 target plate의 이동 속도가 400 cm/min, Pipe pitch 11 cm, Nozzle pitch 11, 요동속도 61 RPM, 요동각 66°, 선단거리 30 cm일 때  $\sigma(\times 10^5)$ 가 9.8로 계산되어 nozzle 12개인 경우나 nozzle이 9개인 경우나 차이가 크지 않다는 것을 알 수 있다. 그림 16 ~ 그림 19를 보면 best 결과와 worst 결과의 확연한 차이를 눈으로 확인할 수 있다. Best 결과를 보면 많은 양의 etching 액이 균일하게 분포되어있는 것을 볼 수 있고 worst 결과를 보면 etching 액이 균일하지 못하고 target plate에 맞은 양 또한 적은 것을 볼 수 있다. 또한 nozzle 12개인 경우와 nozzle 9개인 경우를 비교해 보면 거의 동일한 형태의 결과를 보여준다. 이것은 nozzle 12개를 이용하여 공정을 운용하는 것 보다 nozzle 9개를 이용하여 공정을 운용하면 제품의 품질저하 없이 비용을 절감할 수 있는 근거자료가 될 수 있다고 하겠다.

### 참고문헌

1. D. E. Goldberg, and Lingle, R. Alleles, loci, and the traveling sales man problem. Proc. Int. Conf. on Genetic Algorithm and their Application, p.154 (1985)
2. E. Goldberg, "Computer-Aided Pipeline Operation Using Genetic Algorithms and Rule Learning. PART I : Genetic Algorithms in Pipeline Optimization", Engineering with Computers, 3, 35 - 45(1987)
3. D. E. Goldberg, "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley Publishing Co. (1989)
4. K. A., De Jong, "Genetic Algorithm; a 10 year perspective", Proc. int. Conf. on Genetic Algorithm and their application, P.210, 1995
5. S. Prak, H. Cho, H. Lee and L. Jeon "Application of genetic algorithm to hybrid fuzzy inference engine", '92 KACC(Domestic) at Seoul 863 (1992)
6. Y. Kim, H. Kang and H. Jeon, "Planning a minimum time path for robot manipulator using genetic algorithm", '92 KACC(Domestic) at Seoul 698 (1992)
7. Byeungcheol Kim, Sangdae Park, Saehoon Son, Jae Hak Jung, Moonyong Lee "Optimal Design of Multi-Nozzle System Using Genetic Algorithm"