

열팽창을 고려한 노광기 구조물 개선 및 패턴 균일도 향상 방법 Improvement of Pattern Uniformity by Controlling Thermal Expansion of Mirror System

*#김종주¹, 김성봉², 함근식², 조현민², 김장겸²

*#J. J. Kim¹ (Jongjoo85.kim@samsung.com), S. B. Kim², G. S. Ham², H. M. Jo², J. K. Kim²

¹삼성 공과대학교, ²삼성 디스플레이

Key words : Critical Dimension , Depth Of Focus , Micro Pattern, High resolution exposure

1. 서론

최근 대형 디스플레이의 수요가 빠르게 증가함에 따라 대형 디스플레이에 높은 해상력이 요구된다. 고 해상도 패널을 제작하기 위해서는 포토 리소그래피로 생성되는 픽셀 패턴의 최소 선폭 (Critical Dimension, CD)을 줄여야 하는데, 현재 요구되는 CD 는 이미 노광기는 한계에 가까워지고 있다. 이를 극복하기 위해 여러 가지 방법들이 제시되었다. [1],[2] 또한 장비자체 성능을 향상하기 위한 방안으로 대형 mirror 전, 후에 비구면 렌즈를 사용하여 장비의 해상력을 향상시켜 미세패턴을 달성하였다.[3] 하지만 패턴간에 균일도가 떨어져 대량양산 수준에 도달하지 못한 상태이다. 균일도가 떨어지는 원인중의 하나는, 노광기 내부의 온도 분포가 불균일하여 광학계 내부 구성요소들의 체적이 열팽창계수에 근거하여 증가 또는 감소하기 때문이다. 이러한 변형은 기존에 고정되어 있던 mirror 들의 반사각을 틀어지게 하고 초점이 비선형적으로 변화하게 된다. 이는 미세패턴 에 매우 민감하게 영향을 미친다. 이를 극복하기 위한 대안으로 열변형 억제 기술이 필요하다. 따라서 본 논문은 온도 변화 문제를 근본적으로 극복하여 미세패턴을 달성하고 패턴간 CD 균일도를 향상할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

보여준다. Figure 1(b) 실제로 동작하고 있는 노광기의 온도 상태이며, 온도확인 결과 현재 관리되고 있는 온도는 있지만 실제로 동작하고 있는 노광기의 온도는 조금 더 높았다. 기존 크기에 패턴에서는 온도 변화가 크게 문제가 되지 않았지만 미세패턴이 진행됨에 따라 온도 변화는 해상력을 저하시키는 큰 요인으로 작용한다.

그 원인은 각 재료들의 열팽창으로 광학 구조물들의 형상이 변형되어 기존에 설정된 Mirror 들의 반사각이 틀어지기 때문이다. 결과적으로 설비의 초점심도 (Depth Of Focus, DOF) 가 비선형적으로 변화되어 패턴의 균일도가 안 좋아지게 된다. 현재 노광기 에서 사용되고 있는 mirror 와 이를 감싸고 있는 구조물은 fused silica 와 cast iron 이며 각각의 열팽창 계수는 0.44um/K[4], 11.9um/K[5] 이다. 따라서 노광기 구조물의 온도 분포가 커지면 열팽창으로 인해 위치별 DOF 가 달라지고 Fig. 2 의 우측 하단과 같이 특정 영역의 패턴 형상 및 크기가 설계값 과 차이가 나게 된다.

2. 문제의 분석 및 실험

2.1 노광기의 상태분석

Figure 1(a) 는 현재 사용되는 노광기의 구조

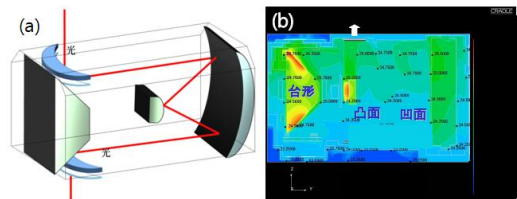


Fig. 1 (a) Schematic of mirror system in exposure, and (b) temperature distribution with turned on UV light source.

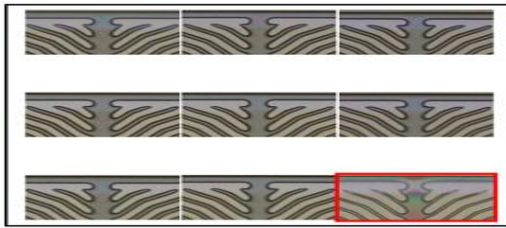


Fig. 2 The pattern of condition when temperature have changed

2.2 노광기 내부온도 개선 실험

온도의 편차를 줄이기 위한 방법으로 노광기 구조물내부로 cooling air 를 주입하는 방법을 적용하였다. 기존에 air 공급 line 에 미세 온도 조절이 가능한 온조 시스템을 설치하고 cooling air 의 Blow 양 을 약 250 배 이상 증가 시켰다. 또한 배기 line 을 추가하여 원활한 공기 순환을 유도하였으며, 효과적인 온도 모니터링을 위해 13 개의 온도 센서를 장착하였다. 노광기의 해상력 개선을 위한 온조 시스템 적용 후 위치별 실시간 온도를 확인하였다. 결과는 각 mirror 간 큰 폭으로 변하던 온도는 관리온도기준 에서 소수점 이하 정도의 편차를 유지하였다. Figure 3 에서 보이는바 와 같이 온도 산포 재현성은 확인한 결과 장비 내부 온도는 안정화 되었다.

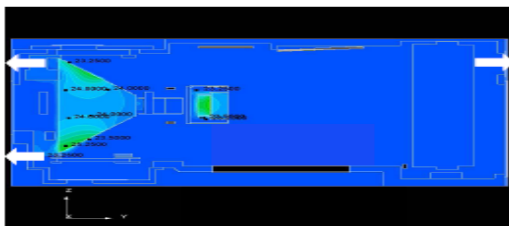


Fig. 3 After enhancing a air flow system, The Temperature distribution during exposure process.

3. 결과 및 결론

개선된 온조 시스템을 적용 후 미세패턴 공정 재평가를 진행하였다. Figure 4 에 보이는 바 와 같이 기존에 보이던 특정 영역의 CD 균일도가 저하 되는 현상은 사라지게 되었다. 또한 장비의 방향별 수차가 작아져서 DOF 의 마진은 $\pm 10 \mu\text{m}$ 추가확보 되었다.

내부온도 제어시스템을 적용하지 않은 경우 온도 변화에 따른 focus 변화가 발생하여 오프

셋 적용이 불가하고 그로 인해 패턴간 산포가 커져 CD 의 균일도가 떨어지게 되었다. 반면 위 실험과 같이 온도의 편차를 줄이기 위해 cooling air 를 주입하고, 주입된 air 를 지속적으로 순환 시키는 온도제어 방법으로 각 재료의 열팽창으로 인한 체적 변화 현상을 제거하였다. 이로 인해 DOF 의 마진 과 CD 균일도는 향상되었다.

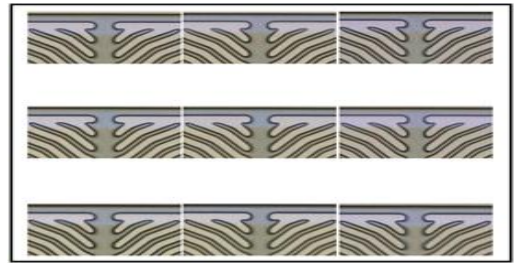


Fig. 4 The pattern of condition after installing new system

참고문헌

1. Marc D. Levenson, N.S Viswanathan, Robert A.Simpson "Improving Resolution in Photolithography with a phase-shifting Mask" IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. ED-29, NO. 12, DECEMBER 1982
2. Frederick H. Dill, William P. Hornberger, Peter S. Hauge, Jane M. Shaw "Characterization of Positive Photoresist" IEIE TRANSACTIONS ON ELECTXON DEVICES, VOL. ED-22, NO. 7, JULY 1975
3. 심진우 "F-pattern 적용을 위한 노광 장치 해상력 향상에 대한 연구" 대한전자공학회, 대한전자공학회 학술대회, 2009.11, 167-168.
4. G K White "Thermal expansion of reference materials: copper, silica and silicon" J. Phys. D: Appl. Phys. 6 NOVEMBER 1973
5. Eric C. Guyer, Brownell, David L "Handbook of applied thermal design" Taylor & Francis Group Chapter 1. 2-5,2-6,2-7, MAY 1999