

홀로그래픽 광학소자로 구성된 레이저 주사광학계 설계

Optical System Design for Laser Scanning Unit with HOE

이은미, 김영일, 조성민, 심용식
 (주)엘지에스
 p110v@lgskorea.com

1. 서론

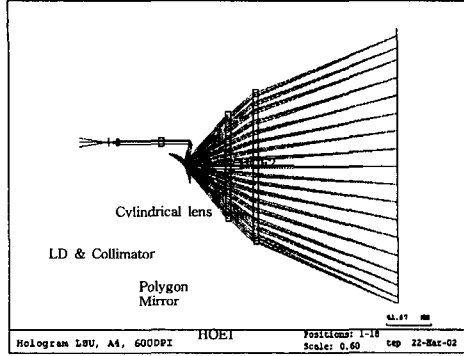
회절현상을 이용한 광학 소자들 중 하나인 홀로그래픽 광학소자(Holographic Optical Element:HOE)는 매우 다양한 응용성을 가지고 있어 최근까지 많은 연구개발이 진행되고 있다. 또한 경박단소화 할 수 있는 HOE의 특성으로 말미암아 많은 굴절 광학소자가 홀로그래픽 광학소자로 대체되고 있다. 본 논문에서는 A4 크기의 600DPI용 레이저 주사광학계(Laser Scanning Unit)에 HOE를 적용하여 설계하였고 그 성능을 평가하였다.

2. 홀로그래픽 주사광학계 설계

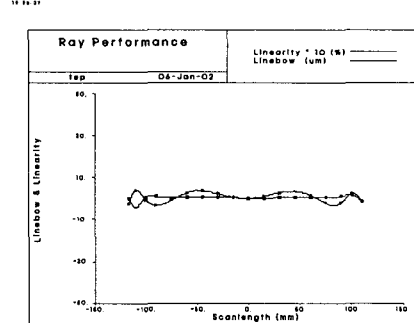
레이저 주사광학계는 레이저빔프린터의 핵심부품으로 레이저다이오드, 콜리메이팅 렌즈, 회전다면경(Polygon Mirror)의 흔들림에 대응하기 위한 Cylindrical Lens, Scanning 기능을 하는 회전다면경 그리고 OPC 드럼 상에 spot을 집속시키는 $f\theta$ 렌즈로 구성되어있다. 광학계 중 등속직선주사 기능을 하는 $f\theta$ 렌즈는 복잡한 비구면 형상을 가지며 금형에 의한 사출방식으로 제작된다. 본 논문에서는 이 $f\theta$ 렌즈를 홀로그래픽 광학소자로 대체 설계하였다. 홀로그래픽 LSU는 A4, 600DPI용으로 주주사 방향의 spot size는 $65\pm 15\mu\text{m}$, 부주사방향의 spot size는 $75\pm 15\mu\text{m}$ 의 설계사양을 목표로 하였다. 홀로그래픽 광학소자의 설계에 있어 고려되어야할 주된 사항은 결상특성과 회절효율이다. 즉 홀로그램의 fringe 간격에 의해 상의 위치, 수차 등이 결정되고 fringe 형태에 의해 회절효율이 결정되기 때문이다. 설계된 HOE는 Photomask, Photolithography, Hot Embossing의 제조공정으로 제작되지 때문에 fringe 간격과 형태는 공정을 고려한 가능한 값으로 제한하여 설계하였다.

최종 설계된 홀로그래픽 LSU는 레이저다이오드, 콜리메이팅 렌즈, 회전다면경, Cylindrical Lens 그리고 HOE로 구성되어있다. 그림1에 그 구성도를 나타낸다. HOE는 2매(HOE1과 HOE2)로, 각각 레이저다이오드 쪽에 홀로그램이 형성되어 있다. HOE1과 HOE2는 회절각이 동일하고 방향을 반대로 구성함으로써 파장변환에 따른 상 위치의 변화를 보정할 수 있었다. LSU 광학계는 일반적으로 Spot의 크기, 스캔길이, linebow, 스캔선형도(linearity)등의 항목으로 평가될 수 있다. 설계된 홀로그래픽 LSU의 스캔길이는 226mm, linebow는 부주사방향의 spot위치로 $\pm 4.0\mu\text{m}$ 이내에, linearity는 spot의 이동속도로 스캔길이 내에서 $-0.29\sim 0.17(\%)$ 의 범위에 있다. spot의 크기는 주주사 방향으로 $65.1\sim 67.2(\mu\text{m})$, 부주사 방향으로 $74.7\sim 77.7(\mu\text{m})$ 로 600dpi의 설계 Spec.을 만족하고 있다. 또한 레이저다이오드의 Mode hopping에 대응하기 위한 중심파장으로부터 $\pm 1.0\text{nm}$ 의 파장변동에 따른 Spotsize는 $\pm 1.0\text{nm}$ 의 파장이동에 대해 ± 0.7

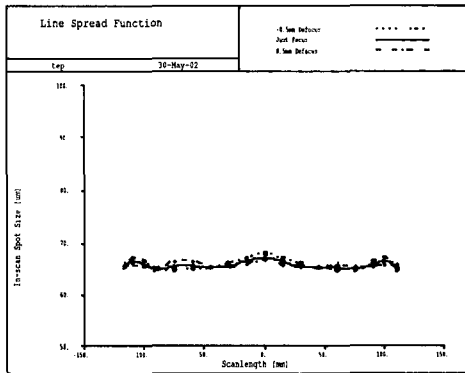
μm , -1.0nm 의 경우는 $\pm 2.3\mu\text{m}$ 이내의 변화로 Spec.의 범위 내에 있다. 그림3과 4에 defocus $\pm 0.5\text{mm}$ 에 따른 spot size를 나타내었다.



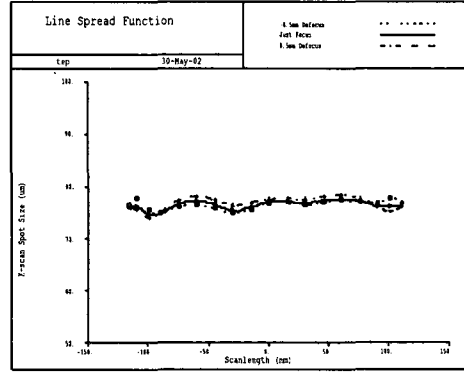
[그림1] LSU 광학계의 구성도.



[그림2] Linearity & Linebow



[그림3] 주주사방향 Spot Size.



[그림4] 부주사방향 Spot Size

3. 결론

본 논문의 Holographic Laser Scanning Unit은 $f\theta$ 렌즈의 기능을 홀로그램만으로 대체했으며 Spot Size, Linearity, Linebow의 성능 또한 A4 Size, 600DPI용 LSU의 성능을 만족하고 있다. 그리고 사출방식으로 제작되는 $f\theta$ 렌즈와는 달리 Hot Embossing의 복제방식으로 HOE를 제작함으로써, $f\theta$ 렌즈의 금형 제작 비용의 절감에 따른 재료비의 감소 효과를 가져올 수 있으며, 이 홀로그래픽 광학소자를 A3 Size의 $f\theta$ 렌즈에 적용시킬 경우 재료비에 대한 감소효과는 훨씬 더 클 것으로 기대된다. 설계된 HOE는 Photomask 공정에 의해 Master를 제작한 후 Photolithography공정과 니켈도금 공정을 거쳐 Stamper를 제작하게 되고 이 Stamper에 의해 Hot Embossing방식으로 PMMA에 성형된다. 현재 Hot Embossing의 성형조건을 최적화하고 있으며, 제작 후 spot size등의 광학적인 성능이 평가될 것이다.

참고문헌

- [1] David M. Rowe, "Developments in holographic-based scanner designs", SPIE Conference on Optical Systems, 1997
- [2] 임천석, "Laser Scanning Unit용 광학계 설계", 한국광학회지 Vol.10(1), 15-20, 1999
- [3] 김종재, 정만호, "광선추적을 이용한 홀로그래픽 스캐너의 설계 및 제작", 한국광학회지 Vol.10(2), 1999