초박형 광스캐닝장치연구

Technology of Ultra Thin Optical Scanning Device

*#이선규 [1], 이동진 [1],우도균 [2], 주재영 [3], 정수헌 [1], 이차범 [4],

*#S. K. Lee[1](skyee@gist.ac.kr),D. J. Lee[1], D. K. Woo[2], J. Y. Joo[3],S. H. Jung[1],C. B. Lee[4]

[1] 광주과학기술원 기전공학부, [2] 삼성전자, [3] 한국광기술원, [4] LG 디스플레이

Key words : Scanning, Beam shaping, Light guide, Imaging lens

1. 서론

본 연구에서는 휴대용 정보단말기기에서 LED 를 사용하여 마우스 기능이 가능하면서 600dpi 급의 지문 스캔이 가능한 두께 2mm 의 초슬림 광스캐닝 장치를 Fig.1 과 같은 구성으로 개발하고자 한다. 이를 위해 초정밀 가공 기술로 초점거리 300 μm 의 초박형 결상계와 발산각 20 도 미만의 고균제도 LED 빔성형렌즈, 그리고 광도파로 소자를 설계 및 제작하였고, LED 광원과 광학계의 안정을 유지하기 위하여 초소형 열원냉각스위치를 개발하였다. 또한 초정밀급 금형기술, 광학오차 보정설계 기술을 시스템화하여 적용하는 것을 목표로 한다.

2. 초박형 이미징 광학설계

본 연구에서 최종 목표로 설정하고 있는 초슬림 광 스캐닝 장치를 구현하기 위한 결상계 렌즈는 초단초점거리와 넓은 결상 면적, 그리고 높은 회절효율이 요구된다. 이러한 목표에 도달하기 위해 독립노광방식과 얼라인먼트 방식의 초정밀 MEMS 가공을 적용하였고, Fig. 2 와 같이 ±15nm 최소한의 노광오차로 초점거리 267 μm 의 8 레벨 프레넬 어레이 렌즈를 제작할 수 있었다. 이와 함께 굴절-회절을 동시에 고려하여 고효율의 보다 높은 결상 면적을 갖는 렌즈를 초정밀 기계가공 기반으로 설계하여 스캐닝에 더욱 적합하도록 개발하고 있다.

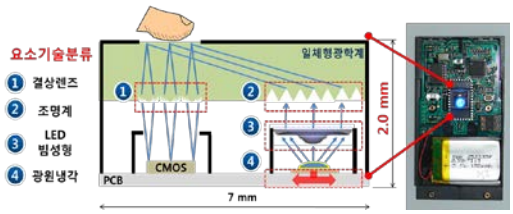


Fig.1 Ultra-Thin Optical Scanning Device

3. 광조명도파로

초슬림 광학계에 필요한 조명계는 LED 에서 발산하는 빛을 원하는 방향으로 보내주는 광도파로 역할을 하는데, 이는 회절 격자로 구성되어 있다. 회절 광학 소자를 설계하기 위하여 벡터 방식의 광학 해석을 적용하였다.

광 스캐닝 장치에 사용하기 위해서 사용된 회절 소자는 V 홈 회절 격자로 MEMS 가공으로 구현하였다. 소자를 Hot Embossing 공정으로 최적화하여 몰딩한 후 V 홈의 한쪽 면만 반사 코팅을 하여 광원을 원하는 방향으로 전송할 수 있도록 제작하였다. 또한 고정밀과 대면적 회절소자로 발전하기 위하여 Slicing 방식의 초정밀 기계가공을 사용하였다. 가공 시간이 오래 걸리는 단점이 있지만, 소자의 크기의 확대와 정밀한 형성이 가능하다. 가공 대상인 Glass/Si 몰드를 가공하기 위해서 취성 재료의 연성 모드 가공 조건을 확립하여

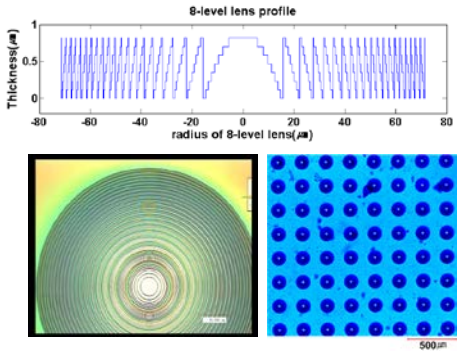
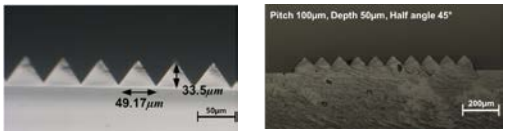


Fig.2 8-Level Fresnel Lens for imaging system



(a) (b)

Fig. 3 Diffractive Gratings for Light Guide; (a) fabricated by MEMS, (b) fabricated by precision mechanical machining

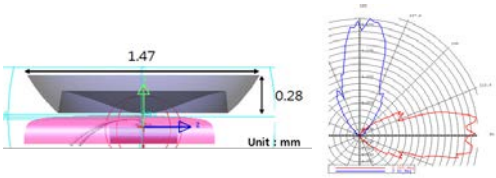


Fig. 4 LED Beam Shaping Lens for optic system; Modeling (left), Beam Profile (right)

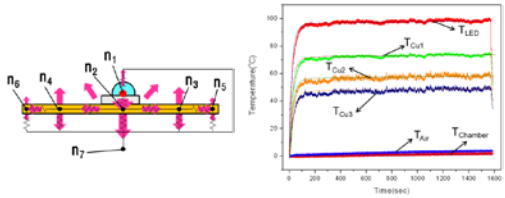


Fig. 5 Thermal network modeling and result of temperature expectation

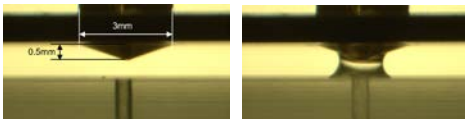


Fig. 6 Liguid bridge heat switch for cooling

이때 Slicing 의 절삭 깊이, 절입 속도, 가공 속도를 최적화하여 대면적 회절격자 제작이 가능하였다. Fig.3 에서 제작된 회절 소자를 확인할 수 있다.

4. LED 빔성형

본 연구에서 광원으로 사용되는 LED 빛의 퍼짐을 빔성형렌즈로 모아주어 시스템의 효율을 높여야 한다. 설계하기 위해 정확한 배광분포를 예측하는 것이 중요하다. 그래서 Kingbright 사의 SMD LED 를 실측 값과 96.2% 유사하도록 모델링하여 렌즈 설계에 사용하였다. 모델링 된 LED 의 배광분포를 살펴보면 상면을 통해서 75%, 측면을 통해서 25%의 발광이 이루어진다. 따라서 높은 지향각의 주요한 원인인 측면부를 제외하고도 200mcd 의 높은 광도를 얻을 수 있을 것으로 판단되어, 상면부를 통해서 발광되는 빛만을 고려하여 렌즈 설계를 수행하여 렌즈 형상의 단순화를 시도하였다. Fig.4 와 같이 중심광도 200mcd, 발산각 20 도 미만으로 설계되었고, 이를 초정밀 기계가공을 사용하여 PMMA 에 직접 가공하였다.

5. 광원냉각

본 연구에서 광학계의 소형화 집적화에 따른 LED 광원의 발열 영향을 극소화하기 위하여 열시스템 모델링으로 시스템의 열적 거동을 예측하고, 평가하기 위해 LED 열원 모델링과 냉각 모델링을 수행하였다. 실제 사용환경인 광학 시스템 패키지 내부의 열거동을 명확하게 모사하기 위해 Fig.5 처럼 2D 열저항-열용량법을 적용하여 내부 온도를 5% 이내로 예측할 수 있었다. 뿐만 아니라 LED 발열에 의한 주변온도를 30 도 이하로 낮추기 위한 Fig.6 의 유체다리(liquid bridge) 타입의 초소형 능동 냉각스위치를 제작하고 성능을 평가하였다.

5. 결론

본 연구에서 개발된 요소 기술은 고품질 대용량 영상 데이터를 취급하는 디지털 컨버전스 기기의 소형 휴대화를 가능하게 하는 원천 기술로 각종 마이크로 정보기기, 휴대용 바이오셀 측정기기, 소형 스펙트로미터 등 응용범위가 매우 광범위 하며 신개념의 제품 개발에 크게 기여할 수 있다. 특히 LED BLU, 모바일 프로젝터, 모바일 입력장치, 자동차용 디스플레이와 같은 LED 산업 제품의 고기능화 및 고부가가치화에 있어 중요한 인터페이스가 될 것으로 사료된다.

후기

본 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단 국가지정연구실사업 (no.20120006271) 과제로 수행되었습니다.