

초박형 마이크로 광마우스용 멀티레벨렌즈 설계 및 제작

Design and fabrication of a multi-level lens for a slim micro optical mouse

우도균*, 하네 카즈히로**, 이선규*

*광주과학기술원 정보기전공학부, **Tohoku University, Nanomechanics
wpeter@gist.ac.kr

휴대폰과 같은 이동통신 시장에는 엔터테인먼트 기능을 중심으로 다양하며 수많은 기능들이 제공되어지고 있으나, 휴대폰으로는 이러한 수많은 정보를 입력 및 표현하는데 많은 제약이 있다. 또한, 점차적으로 휴대폰의 크기는 소형화 되어 가고 있는 추세이다. 이러한 복잡하고 다양한 기능을 효율적으로 구현할 수 있으며 소형화 되어 가고 있는 휴대폰에 적용 가능한 고성능의 초소형 광학 마우스의 개발이 대두되고 있다. 초소형 광학계를 실현하기 위해 구면 또는 비구면 렌즈보다 얇은 두께를 갖는 프레넬 렌즈 및 멀티레벨 렌즈 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 지금까지, 이러한 프레넬 렌즈 및 멀티레벨 렌즈의 가공을 위해 연삭 및 선삭 가공과 같은 기계가공, alignment의 방법으로 lithography와 etching의 수차례 반복하는 MEMS 가공과 같은 분야에서 많은 연구가 진행 되어 왔지만 렌즈 크기의 제약과 함께 제작에 드는 비용과 시간이 단점으로 남아 있다^{(1),(2)}.

본 논문에서는 MEMS 공정에서 이러한 단점을 보완하기 위해 매우 작은 분해능과 마스크를 요구하지 않는 장점을 가지고 있는 E-beam lithography와 전자빔의 감광제와 실리콘의 1:1 에칭 비율을 갖는 FAB plasma etching을 이용하여 짧은 초점거리를 만족하는 멀티레벨 렌즈 제작 시 독립 노광 방식에 대해 제안하고 이를 이용하여 제작한 렌즈의 성능 평가를 실시하였다⁽³⁾. 또한, 이미지의 왜곡을 방지하기 위해 멀티레벨 렌즈를 적용한 결상계와 물체면을 일체형으로 하는 광학계를 제안한다.

그림 1은 본 연구에서 제안된 결상계와 물체면의 일체형 광학계를 적용한 휴대폰용 광학 마우스의 개략도를 보여주고 있다. 휴대폰용 광학 마우스는 크게 광원을 포함하는 조명계, 물체면의 이미지를 전달하는 결상계, 그리고 이미지를 받는 수광계로 나눌 수 있다. 그림 2와 3은 결상계와 물체면의 일체형과 분리형의 차이점을 보여준다. 그림 2에서와 같이 분리형에 빛이 물체면으로 입사가 되는 경우 입사광은 물체면에 접촉되어 있는 지문 뿐만 아니라 접촉되어 있지 않는 지문에까지 전달이 되어 왜곡된 이미지를 센서에 전달하는 반면에 그림 3과 같은 일체형에서는 임계각보다 큰 값을 갖는 광원이 물체면에 도달 하였을 경우 입사광은 접촉되어 있는 지문의 이미지만을 센서에 전달하지만, 지문에 접촉되어 있지 않은 물체면에서는 전반사로 인해 센서에 전달되지 않게 되므로 올바른 이미지는 얻을 수 있다.

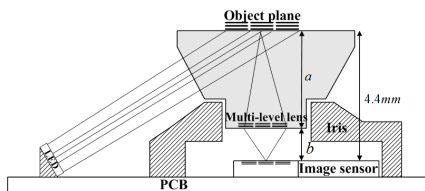


그림1. 휴대폰용 광학 마우스

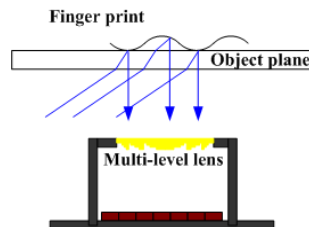


그림2. 결상계와 물체면의 분리형

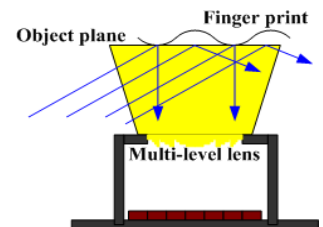


그림3. 결상계와 물체면의 일체형

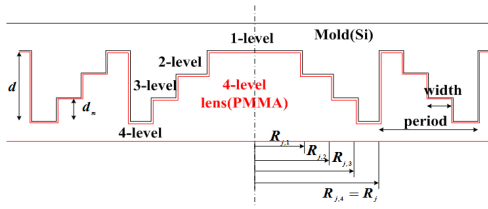


그림4. 4-level lens

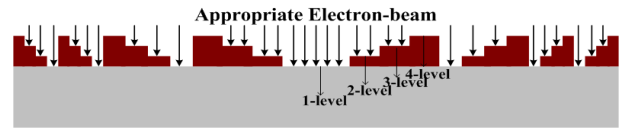


그림5. 독립 노광 방식

휴대폰용 광 마이크로 마우스에 적용하기 위한 멀티레벨 렌즈를 그림 4와 같이 회절 효율 81%를 갖는 4-level lens로 설계하였다. 광원의 파장 480nm, 초점거리 714.5 μ m, 굴절률 1.4981을 이용하여 계산한 결과 최대 폭 26.204 μ m, 최소 폭 0.966 μ m, 그리고 두께 0.723 μ m를 갖는 4-level lens가 설계 되었다.

그림 5는 멀티레벨 렌즈 제작 시 본 연구에서 제안한 독립 노광 방식에 대해 설명해 주고 있다. 독립 노광 방식은 전자빔 리소그래피의 공정에서 전자빔의 양과 현상되는 감광제의 양의 비례 관계를 이용하여 각각의 다른 두께를 가지는 레벨에 적절한 전자빔을 노광하여 감광제를 설계한 멀티레벨 렌즈와 동일한 모양으로 현상하는 것이다. 단순히 전자빔의 양과 현상되는 감광제의 두께만 비례를 이루는 것이 아니라 같은 전자빔의 양으로도 패턴의 크기에 따라 비례하여 감광제가 현상되는 것을 알 수 있었다⁽³⁾. 이렇게 얻어진 멀티레벨 렌즈의 모양을 갖는 감광제를 이용하여 1:1 에칭 비율을 갖는 FAB plasma etching 공정을 실시하여 멀티레벨 렌즈 금형을 얻을 수 있다.

그림 6은 독립 노광 방식으로 제작한 4-level lens를 나타내고 있다. 이때, 매끄럽지 못한 렌즈의 표면의 원인은 back scattering과 같은 proximity effect로 인한 것으로 판단된다. 그림 7과 8은 이렇게 제작된 렌즈의 성능을 평가하기 위해 회절효율과 MTF 값을 측정한 결과이다. 그 결과 74.7%의 회절 효율을 얻었으며 53.6%의 MTF값을 얻었다.

본 연구에서는 슬림화 되어가고 있는 휴대폰에 적용 가능한 초소형 광학 마우스 개발에 대해 연구해 왔다. 이에 대해, 결상계 및 물체면의 일체형을 통해 올바른 이미지를 전달하여 광학 마우스 성능을 향상시키며 멀티레벨 렌즈를 적용하여 슬림화를 가능하게 하였다. 또한, 전자빔 리소그래피를 이용한 독립 노광 방식을 제안 하여 더욱 정밀하고 세밀한 멀티 레벨 렌즈 제작 공정을 단순화 하여 가공 시간 및 비용을 절감을 가능케 하였다. 제작된 일체형 광학계를 개발 중인 휴대폰용 광학 마우스 모듈에 적용하여 성능을 검증하였다.

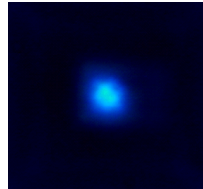
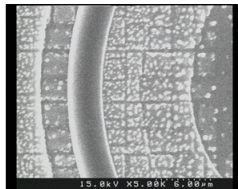
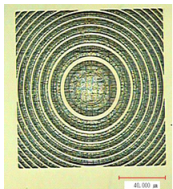


그림6. 제작된 4-level lens금형

그림7. 회절 효율 측정

그림8. MTF 측정

1. J. Yan, K. Maekawa, J. Tamaki, T. Kuriyagawa, "Micro grooving on single-crystal germanium for infrared Fresnel lenses", J. Micromech. Microeng. 15, 1925-1931(2005).
2. L. Kong, X. Yi, K. Lian, S. Chen, "Design and optical performance research of multi-phase diffractive microlens array", J. Micromech. Microeng. 14, 1135-1139, (2004).
3. 우도균, "마이크로 마우스용 홀로그램렌즈 설계 및 제작에 관한 연구", GIST 석사논문 (2006).