광연결을 위한 마이크로 렌즈가 집적된 실리콘 구조 제작

Fabrication of Microlens Integrated Silicon Structure for Optical Interconnects

민은경, 송영민, 이용탁*, 유재수 [1]
광주과학기술원 정보통신공학과, [1] 경희대학교 전자전파공학
*ytlee@gist.ac.kr

Abstract

We have fabricated a microlens integrated silicon (Si) structure for optical interconnects. To form microlenses, the Si wafer was wet-etched with SiN_x mask in a $HF:HNO_3:C_2H_4O_2$ solution and then the holes were filled with a AZ9260 photoresist. The focal length of microlens increased in proportional to its radius of curvature (ROC). For the ROC of 100-161 μm, the focal lengths were obtained approximately between 160 μm and 310 μm, in an agreement with the simulated values using a ray tracing method.

1. 서론

최근 정보통신산업의 발달과 인터넷 사용자 수의 급속한 증가로 인한 정보 양의 폭발적인 증가를 수용하기 위해서는 금속선을 사용한 기존의 전기적 연결로는 한계를 갖는다. 이에 광연결은 데이터 전송시 전자파 방해가 일어나지 않고, 넓은 밴드폭을 가지며, 적은 전력소모와 낮은 전송손실의 장점으로 인해 전기적 신호 전송에서의 병목현상을 극복할 수 있는 유력한 대안으로 대두되고 있다. 이러한 광연결이 경제성을 갖고 제품에 적용되기 위해서는 기존의 IC 기술과 함께 실리콘 기반의 광소자를 집적하는 기술이 필요하다. 따라서 실리콘 기반에 광소자를 집적하기 위한 다양한 방법이 연구되고 있다[(1)-(3)]. 본 논문에서는 고속동작 수직공진 표면발광레이저 (VCSEL)와 광검출기 (PD)를 실리콘 기판에 집적하여 광연결 플랫폼을 구성하기 위해 마이크로렌즈가 집적된 실리콘 구조의 제작방법을 서술한다.

2. 소자 구조 및 제작

그림 1 은 광연결을 위한 VCSEL 과 PD 로 구성된 마이크로렌즈가 집적된 실리콘 플랫폼을 나타내는데, 이를 통해 실리콘 구조가 갖는 다양한 장점을 취할 수 있을 뿐만 아니라, 마이크로렌즈가 집적되어 있기 때문에 광결합 효율을 높이고 패키지 부피와 가격을 줄일 수 있다. 그림 2 는 마이크로렌즈가 집적된 실리콘 구조의 제작 방법과 제작된 구조의 SEM (scanning electron microscope) 사진을 나타낸다. 먼저 실리콘 기판에 SiN_x 를 LPCVD (low pressure chemical vapor deposition)법으로 증착하여 패터닝한 후 이를 mask 로 하여 실리콘 기판을 HNA ($HF:HNO_3:C_2H_4O_2$) 용액에 넣어 습식 식각한다. HNA 를 magnetic stirring 에 의해 교반하면서 등방성 식각을 통해 렌즈 모양을 얻을 수 있다. 이때 식각 시간과 교반 회전속도를 조절함으로써 다양한 곡률반경 (r)의 마이크로렌즈를 제작할 수 있다. 형성된 렌즈에 렌즈 보호 및 식각 저지를 위한 SiO_2 층을 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition)법으로 증착하고, 후면에 AZ9260 photoresist 를 도포한다. Back side aligner 를 사용하여 렌즈면 아래 부분에 홀모양의 광경로가 형성될 수 있도록 패터닝을 한다. 그 후 AZ9260 photoresist 를 마스크로 하여 DRIE (deep reactive ion etching)법으로 식각 저지층까지 건식 식각하여 광경로를 형성한다. 마지막으로 AZ9260 photoresist 를 도포하여 습식 식각된 렌즈를 채움으로써 렌즈를 완성한다.

3. 측정결과 및 분석

500 rpm 으로 교반되는 HNA(9:60:5) 용액에 실리콘을 2 분간 습식 식각하여 마이크로렌즈를 형성하였다. SiN_x mask 의 크기에 따라 다양한 곡률반경을 갖는 마이크로렌즈를 제작할 수 있었다. 제작된 마이크로렌즈의 geometry 를 3D profiler 인 Nano Focus 로 측정하였다. 그림 3 은 측정된 결과값과 구면 렌즈 근사 (spherical lens assumption)를 통해 fitting 한 그래프로 마이크로렌즈의 곡률반경은 100−161 μm 를 나타냈고, fitting 값들과 잘 일치하는 것을 확인 할 수 있다.

측정 셋업을 구성하여 마이크로렌즈가 집적된 실리콘 구조의 초점거리를 측정하였다. 980 nm 에서 측정된 초점거리는 r= 100 μm 에서 170.3 μm 이고, r= 161 μm 에서 293.5 μm 가 얻어졌다. 그림 4 는 제작된 마이크로렌즈의 곡률반경에 따른 초점거리를 나타낸다. 렌즈의 초점거리는 곡률반경에 선형적으로 비례함을 알 수 있다. 상용 광학프로그램을 이용하여 광원의 파장, 렌즈의 크기, 곡률반경, 폴리머 두께 등을 동일하게 설정하고, AZ9260 photoreist 의 굴절율을 1.67 로 설정하여 초점거리를 시뮬레이션하였다. 그림 4 에서 보듯이 마이크로렌즈가 집적된 실리콘 구조의 측정된 초점거리와 시뮬레이션에 의해 얻어진 초점거리 값들이 거의 일치함을 알 수 있다.

4. 결론

VCSEL 과 PD 로 구성된 실리콘 기반의 광연결 플랫폼을 위한 마이크로렌즈가 집적된 실리콘 구조를 제작하였다. 제작된 실리콘 구조에서 마이크로렌즈의 곡률반경은 100 μm 와 161 μm 에서 170.3 μm 와 293.5 μm 의 초점거리가 측정되었고, 사용된 polymer 의 굴절율, SiN_x mask 패턴 크기, 식각 시간 등을 변화시켜 다양한 렌즈를 제작할 수 있다. 본 기술을 이용하여 광배선 구조가 실현될 경우 다칩 광배선 뿐만아니라 광트랜시버용 광 subassembly, 고속 고집적 소자의 패키징 기판 등으로 광범위하게 사용될 수 있어 관련 산업에 크게 기여할 것으로 기대된다.

Reference

1. H. Wong, V. Filip, C.K. Wong, P.S. Chung, **47**, 1−10 (2007).
2. N. Izhaky et. al., IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron. **12**, 1688−1698 (2006).
3. B. Jalai and S. Fathporu, J. Lightwave Tech. **24**, 4600−4615 (2006).

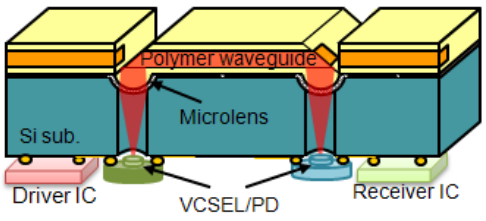

그림 1. 실리콘 기반의 광연결 플랫폼.

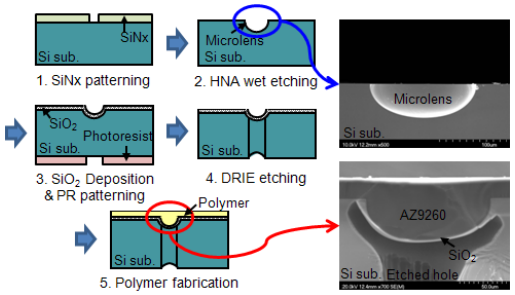

그림 2. 마이크로렌즈가 집적된 실리콘 구조의 제작 방법과 SEM 사진.

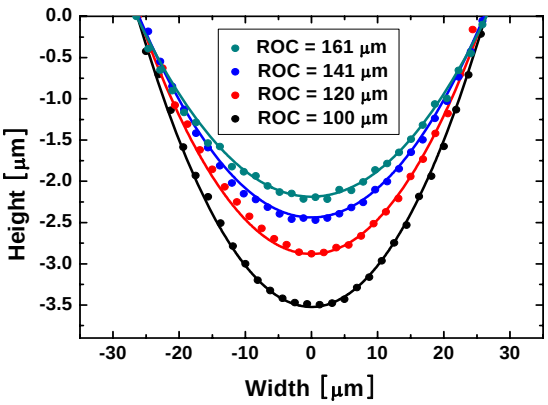

그림 3. 제작된 마이크로렌즈의 곡률반경.

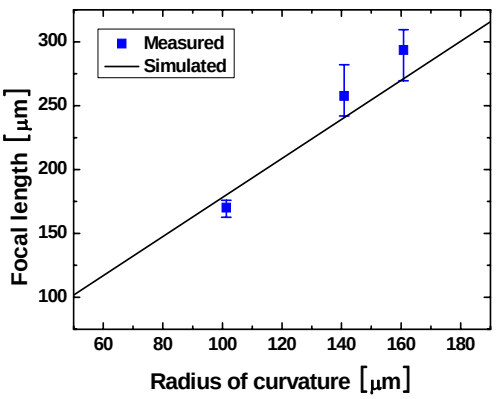

그림 4. 제작된 마이크로렌즈의 곡률반경에 따른 초점거리.