

광 MEMS소자 용 결정질 실리콘의 측면 거칠기 개선

The improvement of the sidewall roughness of the crystalline silicon for optical MEMS devices

윤성식, 권호남, 양 성, 김원호, 김영윤, ^a전병희, 이종현
 광주과학기술원 기전공학과, ^a인덕대 컴퓨터 응용 설계 전공
 jonghyun@kjist.ac.kr

1. 서론

최근 광 스위치, 광학 가변 필터와 같은 광통신용 수동 소자를 구현하기 위해 실리콘 마이크로머시닝 기술을 바탕으로 한 광 MEMS(microelectromechanical system) 기술이 각광을 받고 있다[1,2]. 특히, 실리콘 기판을 수직 식각하여 제작한 측면 거울은 2x2광 스위치나 광 필터 등에서 반사 평면이나 투과 평면으로 많이 이용되고 있다. 광학 평면의 거칠기 특성은 빛의 산란에 의한 광학 손실이나 평행 광 특성 유지 등과 밀접한 관계가 있다. 이에, Juan 과 Pang은 DRIE(Deep reactive ion etching)로 식각된 실리콘 측면을 열 산화 시킨 후 산화막을 제거하여 식각된 측면의 거칠기를 개선하였다[3]. 하지만 위 연구는 광 스위치의 거울 면에 대한 거칠기 개선의 관점에서 열 산화막 공정의 조건에 따른 개선 효과만을 기술하였다.

본 논문에서는 수직 측면을 DRIE에 의해 가공하고, 가공면의 초기 거칠기에 따라 열 산화막의 두께를 달리 성장시켜 이로 인해 개선된 거칠기를 트렌치 구조에 따라 기술하였다.

2. 측면 가공 및 거칠기 측정 결과

DRIE 공정에 의해 수직 식각된 측면의 거칠기 특성을 살펴보기 위해, 트렌치 폭을 각각 다르게 설계하여 실리콘 구조물을 제작하였다. SEM(scanning electron microscopy) 사진에서 초기 거칠기를 측정하였고, 이에 따라 열 산화막을 각각 200Å, 500Å로 성장시켰다. 이후 열 산화막을 buffered oxide etcher(BOE)를 사용하여 제거하였다. 측면의 거칠기의 측정은 SEM 사진에서 표면의 최대, 최소의 값을 읽어 Rpp(Peak to peak of roughness)으로 표시하였다.

그림 1(a)은 DRIE에 의해 식각된 구조물에 200Å 과 500Å 두께로 열 산화막을 증착하였을 때의 거칠기의 경향이고 (b)는 이 산화막을 식각한 후의 트렌치 폭과 식각된 깊이에 따른 거칠기 경향을 나타낸 것이다. 측면의 위 부분은 트렌치 폭이 증가 할수록 거칠기가 작아지는 것을 볼 수 있으며, 식각된 깊이에 따라 트렌치 위 부분의 거칠기가 가장 크고 중간 부분의 거칠기가 가장 작았다. 200Å 두께의 산화막을 식각한 후 60um 폭에서 측면의 위 부분은 대략 30nm정도, 중간 부분에서는 최대 20nm이하로 감소하였고 500Å 두께의 산화막을 제거한 후의 거칠기는 위 부분과 중간 부분 모두 20nm 이하로 측정되었다.

3. 측면 거칠기에 따른 광 특성 분석

트렌치 폭과 식각된 깊이에 따라 얻어진 측면의 거칠기가 광학적으로 어떤 영향이 있는지 살펴보기 위해 표면의 거칠기에 따른 빛 산란 손실을 계산하였다[2]. 그림 2 (a)는 입사광이 광학평면에 대해 0, 30, 45 도의 입사각을 가질 때 표면 거칠기에 따라 빛의 산란 손실을 나타낸 그래프이고, (b)는 20, 50, 100nm rms 거칠기에서 산란손실의 파장 의존성을 나타낸 그래프이다. 그림에서 보는 바와 같이 표면의

거칠기가 증가할수록 산란손실은 증가하였고 빛이 평면에 수직으로 입사할 때 산란 손실이 가장 큼을 알 수 있었다. 파장 의존성 역시 거칠기가 클수록 산란 손실의 차이가 커지는 경향을 보였다. 따라서 열 산화막 공정을 통해 개선된 광학평면은 1dB 이하의 산란손실을 가질 것으로 예측되며, 파장에 따른 산란손실의 차이도 0.5dB 수준으로 낮게 가질 것으로 예측된다.

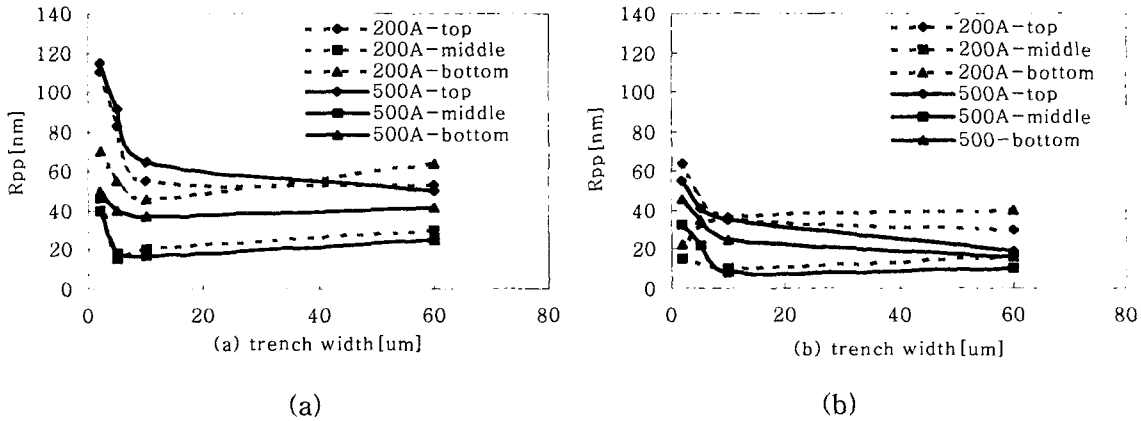


Fig. 1. Roughness variation according to the trench width and etched depth
(a) after 200Å & 500Å thermal oxidation (b) after oxide etching

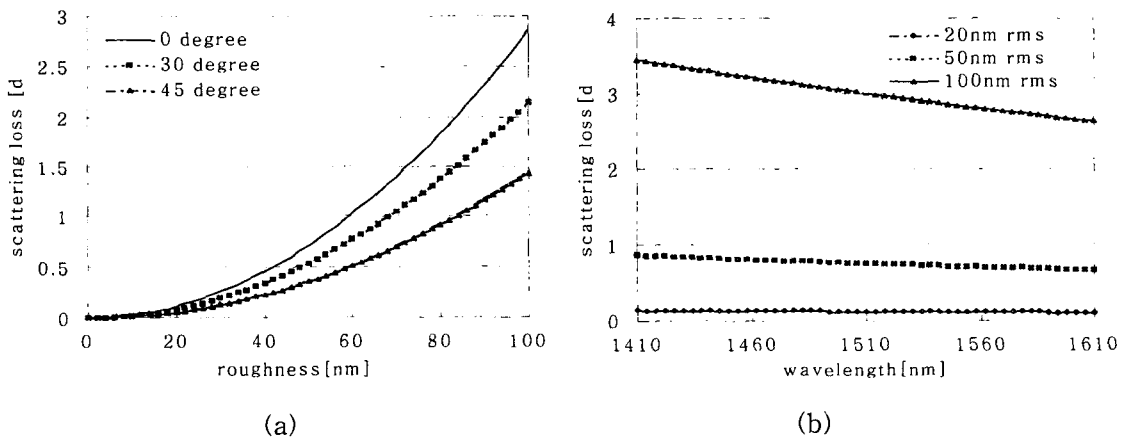


Fig. 2. Theoretical scattering loss with respect to (a) the roughness of the sidewall and incident angle at 1550nm wavelength and (b) the wavelength and the roughness of the sidewall at incident angle of 0 degree

감사의 글

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 "차세대 신기술 개발 사업" 중 한국기계연구원이 주관하고 있는 "고기능 초미세 광열유체 마이크로 부품 기술개발 사업"의 세부과제로서 수행 중이며, 이에 관계자 여러분 들게 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. W. H. Juan, et al., J. of MEMS, vol 7, no 2, pp.207~213, June1998
2. C. Marxer, et al., J. of MEMS, vol 6, no 3, pp. 277~284, Sep 1997
3. W. H. Juan, et al., J. of Vac. Sci. Technol. B 14(6), pp. 4080~4084, Nov/Dec 1996