

# 진동 둔감 광 간섭계를 이용한 실리콘 웨이퍼 표면형상 측정

## Profile measurements of silicon wafers using a vibration-desensitized optical interferometer

권택민, 김학용, 김승우  
 한국과학기술원 기계공학과  
 ib4u@kaist.ac.kr

웨이퍼는 패턴 제작 시 주로 리소그래피 방법을 이용하기 때문에 웨이퍼의 표면이 평탄하지 않으면 패턴 왜곡이 발생한다. 따라서 웨이퍼는 표면 평탄도가 중요하며 웨이퍼의 표면 형상을 측정하는 기술이 필요하다. 현재 상용화된 표면형상 측정방법으로는 첫째로 촉침(stylus)을 접촉시켜서 측정하는 방법이 있다.<sup>(1)</sup> 이는 측정 분해능과 정밀도가 높은 장점이 있지만 시편과 직접 접촉하므로 시편오염이 일어나며 전 영역을 측정하기 위해서는 비교적 많은 시간이 필요하다는 단점이 있다. 다른 방법으로는 정전 용량 센서를 이용한 방법으로서<sup>(2)</sup> 축전판(capacitor)을 웨이퍼에 접근시켜 표면형상에 따라 정전용량이 변하는 것을 관찰하여 측정하는 방법이다. 이 방법 역시 측정 분해능과 정밀도가 높지만 촉침식과 마찬가지로 전 영역을 측정하기 위해서는 마찬가지로 많은 시간이 필요하다. 전체 영역을 한번에 측정할 수 있는 방법으로는 광 간섭계, 그중에서도 피조(Fizeau) 간섭계<sup>(3)</sup>를 이용하는 방법이 있다. 이 방법은 높은 측정 분해능과 정밀도 그리고 측정이 빠르다는 장점이 있지만 진동에 민감한 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 진동 민감성을 극복한 광간섭 방법을 이용하여 실리콘 웨이퍼의 표면형상을 측정하는 방법을 제시하고자 한다.

광간섭계는 그림1에 나타낸 광섬유 집회절 간섭계<sup>(4)</sup>를 사용하였다. 광원을 출발한 파면은 반파장 위상지연기(HWP), 편광분할기(PBS), 사분파장 지연기(QWP)를 거쳐 광분할기(BS)에 도달한다. 이 광분할기에서 반사된 파면은 직경 100mm의 시준렌즈(Collimating Lens)를 통해 확대되어 웨이퍼 표면위에 조사된다. 파면은 웨이퍼 윗면에서 반사되며 이때 웨이퍼 표면형상정보를 포함한다. 이 파면은 다시 광분할기에 입사하여 투과되고 반사되면서 두 부분으로 나뉜다. 반사된 파면은 QWP를 거쳐 다시 PBS로 입사되는데 이 때 이 파면은 전체경로에서 QWP를 두 번 지나게 되므로 PBS에서 모두 반사된다. 이 반사된 파면은 HWP를 거쳐 단일모드광섬유(SMF)에 집광된다. 집광되는 과정에서

많은 광손실이 일어나는데 이러한 이유로 광분할기에서 반사가 많이 일어나도록 (R 90%) 설정해 주었다. 광섬유를 거치면서 웨이퍼 표면형상정보를 담고 있던 파면은 구면파로 변화된다. 따라서 이 파면은 기준파면이 된다. 광섬유를 빠져나간 기준파면은 PBS에 입사된다. 한편 광분할기에서 투과한 파면은 QWP와 미러를 거쳐 PBS에 입사하는데 이 파면은 웨이퍼의 표면형상정보를 가지고 있으므로 측정파면이 된다. 기준파면과 측정파면은 PBS에 입사한 뒤 각각 반사되고 투과되어 같은 방향으로 정렬되고 HWP를 거쳐 공간위상천이장치로 입사된다. 공간위상천이 장치<sup>(5)</sup>를 거치면서 측정파면과 기준파면은 간섭이 일어나고 동시에 간섭 무늬 간 위상천이가 실시간으로 90° 씩 네 번 진행된다. 얻어진 4개의 간섭무늬를 CCD로 관찰하여 간섭무늬 해석을 통해 웨이퍼의 표면형상 정보를 얻을 수 있다. 이 방법은 공통 파면, 즉 웨이퍼를 맞고 돌아온 파면으로부터 측정파면과 기준파면이 만들어 지므로 파면이 진동에 영향을 받더라도 측정파면과 기준파면에 동일하게 적용된다. 따라서

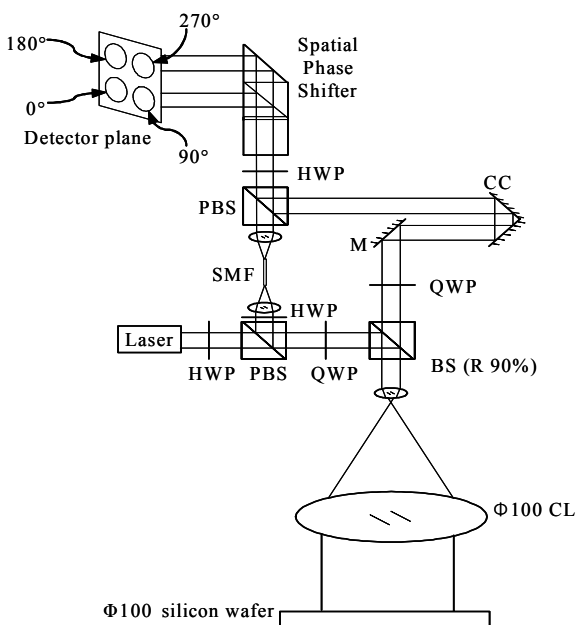


그림 1. 진동에 둔감한 광섬유 집회절 간섭계<sup>(4)</sup>

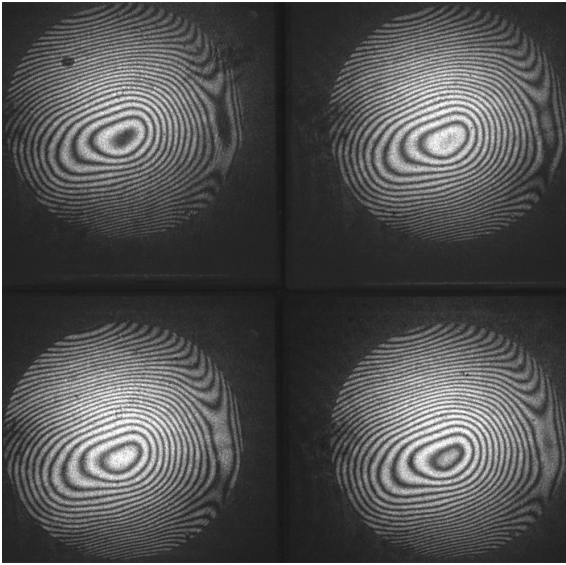


그림 2. 4개의 위상천이 된 간섭무늬

두 파면의 간섭에서 광축 진동성분 제거가 가능하다. 위상 천이에 사용한 공간위상천이장치 또한 진동에 둔감한 특성을 만들어 준다. 위상천이가 실시간으로 일어나므로 진동에 의한 영향이 위상천이 된 간섭무늬들에 동일하게 적용된다. 따라서 진동은 간섭무늬 해석에 영향을 주지 않는다. 지름 100mm의 실리콘 웨이퍼로 실험을 수행한 결과 90° 씩 위상천이 된 네 개의 간섭무늬를 그림 2와 같이 얻었고 무늬 해석의 결과로 그림 3과 같은 표면형상정보를 얻었다.

본 간섭계의 진동 둔감성을 확인해보기 위해 피조 간섭계와 비교실험을 수행하였다. 동일한 시편을 방진시설이 갖추지 않은 곳에서 피조간섭계와 진동에 둔감한 점회절 간섭계로 각각 15회 반복 측정하였다. 시편은 직경 100mm인 단결정 실리콘 웨이퍼를 사용하였고 측정결과는 그림4와 같이 나타났다. 측정 시편의 최고점과 최저점의 차이를 의미하는 PV값은 피조 간섭계로는  $7225 \pm 140.8 \text{nm}$ , 진동에 둔감한 점회절 간섭계로는  $7152 \pm 23.7 \text{nm}$ 로 측정되었다. 표준편차값은 임의(random)

오차를 의미하는데 임의오차의 대부분이 진동에 의해 결정된다. 진동에 둔감한 점회절 간섭계 측정방법에서 표준편차값이 약 6배 줄어든 것을 수치적으로 확인할 수 있다. 이로부터 시스템의 진동 둔감성을 확인할 수 있다.

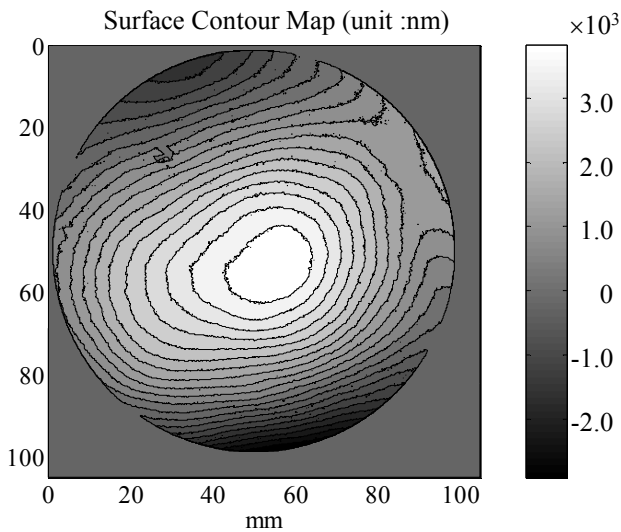


그림 3. 그림2의 간섭무늬로부터 얻은 표면형상결과

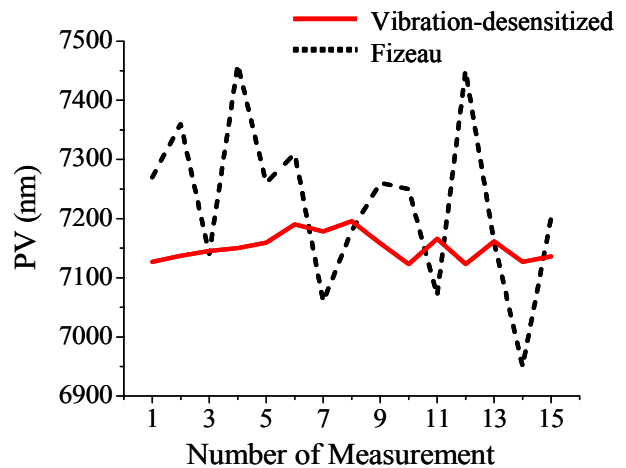


그림 4. 무방진 환경에서의 반복실험 결과

### 참고문헌

[1] J.D.Garratt, "A new stylus instrument with a wide dynamic range for use in surface metrology" Precision Engineering,4,pp,145-151, (1982)

[2] C.D.Bugg, "Noncontact surface profiling using a novel capacitive technique: scanning capacitance microscopy", Proceedings of SPIE Vol 1573, pp 216-224, (1992)

[3] Erik Novak et al "Laser Fizeau interferometer for silicon wafer site flatness testing" Proceedings of SPIE Vol 3619, pp 101-109, (1999)

[4] H. Kihm, S.-W. Kim, Optics Letters, 30(16), p2059-2061, (2005)

[5] 김학용, 김승우, 한국광학회 2005 하계 학술 발표회 논문집, 246 (2005)