

압력의 변화에 따른 대구경 웨이퍼의 표면 거칠기 분포에 대한 연구

The Evaluation on Surface Roughness Range of Applied Pressure Variations

이정택¹, 원종구¹, *김백겸¹, #이은상², 이상렬³

J. T. Lee¹, J. K. Won¹, *B. K. Kim¹, #E. S. Lee(leees@inha.ac.kr)², S. R. Lee³

¹인하대학교 기계공학과 대학원, ²인하대학교 기계공학과, ³TiC 덕흥공업

Key words : Applied Pressure, 12 inch wafer, Optimum Condition, Surface Roughness

1. 서론

반도체 디바이스 생산을 위한 실리콘 웨이퍼 프로세스는 크게 웨이퍼 제조 공정과 디바이스 제조공정으로 나누어진다. 웨이퍼 제조 공정에 해당하는 기계 가공은 디바이스 제작에 결정적인 영향을 미친다. 최근 웨이퍼의 대직경화, 고정밀화에 따라 기계가공에 대한 중요도가 날로 더해지고 있으며, 복잡한 제조 공정을 간소화 시키면서 단위 시간당 처리량(throughput)을 향상 시킬 수 있는 가공 기술에 대한 요구가 심화되고 있다.

웨이퍼가 디바이스 공정에서 최대한의 성능을 발휘하기 위해서는 디바이스 공정 전의 상태, 즉 최종 폴리싱에서 나온 제품의 웨이퍼 상태가 다음 공정에서의 수율을 좌우하는 인자가 된다. 아직도 웨이퍼 생산 업체에서는 최종 폴리싱을 마친 웨이퍼에서 PIP결함, Haze결함, Dimple 결함 등이 존재하고 있으며 이는 웨이퍼의 생산 수율을 떨어뜨리는 원인이 되고 있다. 또한 웨이퍼의 직경이 8인치에서 12인치로 대구경화 되는 추세에 있고, 이에 따라 웨이퍼를 가공하는 전공정(total process)에서의 장비 및 생산 공정 시스템이 급격하게 변하고 있는 상황이다.

2. 기본이론

웨이퍼 폴리싱 시스템은 반도체의 실제 회로와 패턴이 만들어지기 전에 표면의 평탄도를 보정하고 청정성을 확보, 유지하기 위해서 행해지는 공정으로 웨이퍼 가공에서 중요한 역할을 하는 공정이다.¹

12인치 웨이퍼의 경우 넓은 면적으로 인해 각종 결함에 따른 오염가능성이 상대적으로 높아지고 면적 대비 두께가 얇아서 휨이나 결정방향의 깨짐에 약하기 때문에 웨이퍼의 폴리싱 가공시 대면적에 따른 장비의 대형화, 고정밀도가 요구되어진다.

Fig. 1은 12인치 웨이퍼 폴리싱 시스템의 기본적인 구성을 보여주고 있다.

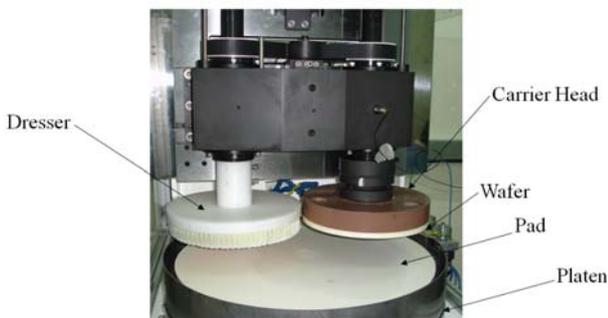


Fig. 1 12 inch wafer polishing system

3. 웨이퍼내 압력 분포 및 표면거칠기 실험

대구경 웨이퍼 폴리싱 공정은 표면거칠기와 웨이퍼내 비균일도(Within the Wafer Non-Uniformity, WIWNU)에 화학적, 기계적 영향을 미치는 다수의 파라미터들이 존재한다. 그러나 이러한 요소들의 복합적인 작용으로 인해 서로의 상관관계를 분석하기는 쉽지 않다.² 이 연구에서는 표면거칠기에 영향을 주는 가압력, 가공속도, 가공시간 등의 인자들을 파라미터로 선택하였다. 가공속도의 경우 웨이퍼 평탄화의 균일도에 깊은 영향을 가지고 있다.³

웨이퍼는 패드와 직접적으로 맞닿아 가공되며 이 때 웨이퍼에 가해지는 압력을 측정하기 위해 Fig. 2에서와 같이 로드셀이 사용되었다. 로드셀은 공압 액추에이터와 캐리어 헤드의 멤버 사이에 부착되며 가공 중에 변화되는 압력분포의 신호를 받을 수 있다.

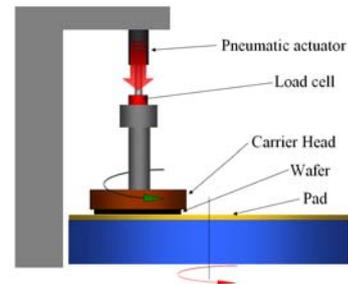


Fig. 2 Schematic diagram of experimental set up using the load cell

실험에는 12인치 양면 폴리싱이 된 웨이퍼를 사용하였으며, 폴리싱 패드는 SUBA/IC600이 부착되었고, 슬러리는 Fujimui사의 3950을 분사하였다. 실험에 사용된 Fujimui의 슬러리는 pH 10.3~11.3 정도이며, 입자크기는 30~40nm 이다. 패드가 붙여진 플레이트와 웨이퍼가 부착된 캐리어 헤드는 거의 동일한 각속도로 회전하였다. 실험 조건은 Table 1과 같이 가공된 웨이퍼는 비접촉 표면조도측정기를 이용하여 표면거칠기를 측정했으며, 웨이퍼를 5지점으로 나누어 각 포인트 별로 5회씩 측정하여 평균을 취하였다.

Table 1 Experiment conditions

| Item | Working speed (rpm) | | |
|----------------------------------|---------------------|----|----|
| | 10 | 20 | 30 |
| Applied force (MPa) | 0.1 | | |
| | 0.2 | | |
| | 0.3 | | |
| Oscillation(rpm) | 12 | | |
| Slurry ratio (slurry : DI-Water) | 1:10 | | |
| Running time (min) | 10 | | |

4. 실험결과

Fig. 3은 로드셀에서 받은 data를 이용해 압력기준으로 플레이튼 속도의 변화에 따른 압력의 증가를 나타내고 있다. 0.1MPa에서는 10rpm, 30rpm에서는 속도가 증가함에 따라 압력 신호의 증가가 나타났고, 0.2MPa에서는 압력신호의 감소가 일어났다. 이와 같이 불규칙한 패턴이 나타나는 것은 적은 압력에서의 테이블 속도에 따른 불규칙한 압력변화에 기인한다고 볼 수 있다.

0.2MPa에서의 압력 변화는 테이블 속도가 증가함에 따른 영향을 크게 받지 않고 있음을 보여주고 있다. 하지만 가압력이 증가함으로 인하여 0.1MPa에 비하여 안정적인 압력 변화가 나타나고 있다. 0.3MPa에서는 0.2MPa보다 높은 압력이 측정 되었다. 또한

테이블 속도에 대한 영향이 없음을 보여주고 있으며, 안정적인 압력변화를 나타내고 있다.

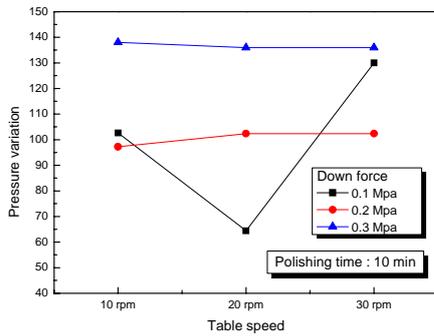
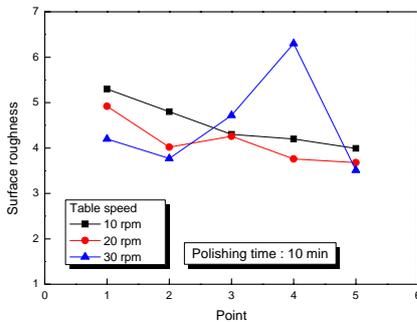
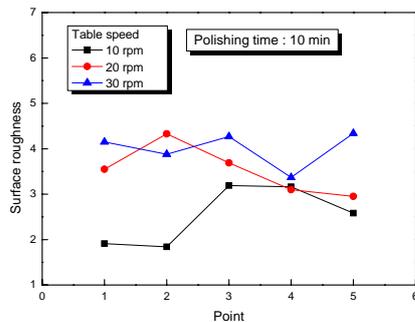


Fig. 3 Pressure displacement of each experiment

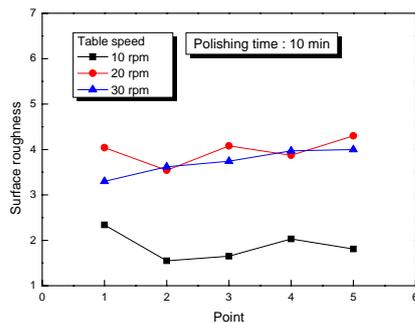
Fig. 4는 플레이트 속도와 가압력에 따른 표면 거칠기를 나타내고 있으며 압력 변화와 온도 변화에 따라 어떤 영향이 있는가를 보여주고 있다.



(a) 0.1 MPa



(b) 0.2 MPa



(c) 0.3MPa

Fig. 4 Surface roughness of wafer by pressure value

압력의 관점에서 표면 거칠기를 분석하여 보면, 압력이 가장 높게 측정 되어 지는 0.3MPa와 30rpm에서 표면 거칠기의 피크치는 3.8nm이다. 하지만 가압력이 증가함에 따라 5지점의 표면 거칠기 편차가 감소하는 경향을 나타내고 있고 온도 변화가 가장 낮은 조건인 0.2MPa와 10rpm의 표면 거칠기는 3.1nm를 나타내고 있다. 5지점 표면 거칠기 그래프가 압력이 감소함에 따라 0.3MPa에 비하여 불규칙한 형태를 보인다. 압력의 상관관계를 규명하기 위하여 다른 조건들의 표면 거칠기를 분석하여 보면, 낮은 압력과 높은 압력에 따른 표면 거칠기의 분포는 불규칙하게 나온다. 표면 거칠기가 가장 좋게 나타난 가공 조건은 0.3MPa와 10rpm이며, 압력은 Fig. 3에서 나타나듯이 10 rpm, 0.3MPa 일 때 큰 변화가 나타나지 않고 있다. 또한 20rpm, 0.3MPa에서 나타나는 표면 거칠기의 평균은 4.2nm으로 플레이트 속도가 낮을 때에 표면 거칠기 또한 양호하게 나타남을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 압력과 온도의 영향에 의한 대구경 웨이퍼 폴리싱의 표면 거칠기의 균일도와 최적 조건에 관하여 연구하였다. 좀 더 세밀한 가공 조건을 선정하기 위하여 압력 측정을 위해 로드셀을 적용하였으며, 비접촉 표면조도측정기를 이용해 표면거칠기를 정확하게 측정하였다.

가공 인자로서 가압력과 플레이트 속도의 변화를 측정하였으며, 궁극적으로 이 가공인자들로 인한 압력의 변화가 표면 거칠기에 주는 영향에 대하여 분석하였다.

표면 거칠기가 가장 좋게 나타난 가공 조건은 0.3MPa와 10rpm이다. 표면 거칠기 그래프를 분석하여 보면 상대적으로 저회전속도인 10rpm에서 다른 웨이퍼의 표면 거칠기보다 좋은 값이 나타났으며, 이중 가압력이 높아 비교적 일정한 압력변화를 나타낸 0.3MPa에서 최상의 표면 거칠기가 측정 되었다. 또한 표면 거칠기의 변동 폭이 적음을 알 수 있다.

이번 연구에서는 압력과 가공속도의 변화를 적용하여 가공에 미치는 인자를 선정하였고, 각 압력 별로 가공된 웨이퍼의 각 지점을 측정하였다. 표면 거칠기에 영향을 주는 인자로서 압력은 대구경 웨이퍼에 균일한 표면 거칠기에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이 연구에 따른 최적은 조건은 0.3MPa, 10rpm일 때 표면 거칠기가 1.8nm로 나타났다.

후기

본 연구는 산업 자원부가 주관하는 “지역산업 중점기술 개발 사업”의 지원에 의해 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. K. Smekalin et al., "Mictoscale Dishing Effect in a Chemical Mechanical Planarization Process for Trench Isolation," J. Electrochem. Soc., vol. 143, No.12, 281~283, 1996.
2. Pei, Z.J, "A study on surface grinding of 300 mm silicon wafers", International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol.42, 385-393, 2002.
3. H. Hocheng, H.Y. Tsai, M.S. Tsai, Effects of kinematic variables on nonuniformity in chemical mechanical planarization, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 40, 1651-1669, 2000