

# 12인치 Wafer Final Polishing System 구조물 설계에 관한 연구

## Design of 12" Wafer Final Polishing System Structure

\*#박종권<sup>1</sup>, 우에다<sup>1</sup>, 이상열<sup>1</sup>, 신현성<sup>1</sup>

\*#J.K.Park(pjk6131@yahoo.co.kr)<sup>1</sup>, T.Ueda<sup>1</sup>, S.Y.Lee<sup>1</sup>, H.S.Shin<sup>1</sup>  
TiC Duckheung Co. LTD<sup>1</sup>

Key words : 300mm Wafer, Single side Final polishing system, Compliance, Static Stiffness, Dynamic Stiffness

### 1. 서론

12인치(300mm) 웨이퍼는 1995년 소개된 이래로, 최근 까지 그사용량이 지속적으로 늘어나고 있는 실정이다. 반도체 웨이퍼는 향후 10년은 12인치 대구경 웨이퍼가 반도체 시장의 중심이 될 것으로 전망된다. 12인치 웨이퍼의 칩생산량은 8인치에 비해 2.5배 정도 높아 거의 모든 반도체 및 칩전문 제조업체들은 12인치 웨이퍼에 대하여 새로운 가공기술을 도입하고 적용하며, 발전시키는데 상당한 노력을 하고있다. 반도체 시장에서 한국의 반도체 공정기술은 세계최고의 수준을 가지고 시장을 주도하고 있으나, 이에 반해 그에 따른 생산 장비의 국산화는 거의 이루어 지지 않고 있어, 반도체 기술의 근간이 되는 웨이퍼 제조 기술에서의 기술우위를 확보하기 위해서도 Final Polishing 연마기의 설계 및 제작기술 확보는 시급하다 하겠다. 주 장비 수입 업체로는 Ebara, Fujikoshi, Lapmaster, Okamoto, Strasbaugh, Speedfam 등이 있으며, 본 개발 시스템은 실리콘 웨이퍼 뿐만 아니라 Memory, ASIC, SOI, Microprocessor, Compound Semiconductor, LCD 등의 연마도 가능하여 적용범위가 매우 다양하다 할수있다. 본 개발 시스템은 본래의 1차, 2차, 3차의 웨이퍼의 가공 공정의 단단계를 단순화 시킨 0.13 $\mu$ m Design Rule의 높은 평탄화 정도를 실현할 수 있는 System이며, 본 개발에서는 초기 설계 단계에서 유한 요소 프로그램인 Ansys를 이용하여 Polishing System의 구조적 특성, 고유진동수에 따른 특성을 적용한 설계 해석을 통한 개발을 수행 하였으며, 따라서 본 연구에서는 구조물의 FEM 해석 결과에 의한 Final Polishing 시스템의 구조물의 특성에 대해서 살펴보았다.

### 2. 12" Wafer Final Polishing System

실리콘 웨이퍼 final polishing 장비는 크게 구분하여 웨이퍼 장, 탈착장비(loading & unloading station), 웨이퍼 이동기구, 연마기구부, 웨이퍼 세정기구와 이들의 시스템제어로 이루어진다. 이 중에서 연마기구부는 웨이퍼를 지지하여 회전과 가압을 주는 연마 헤드부(polishing head), 연마패드가 부착된 연마정반(polishing plate) 및 그구동기구, 연마패드의 드레싱 기구, 웨이퍼 측면의 세정기구, 슬러리 공급기구로 구성된다. Fig. 1은 Polishing 가공 system의 3D modeling을 보여 주고 있다.

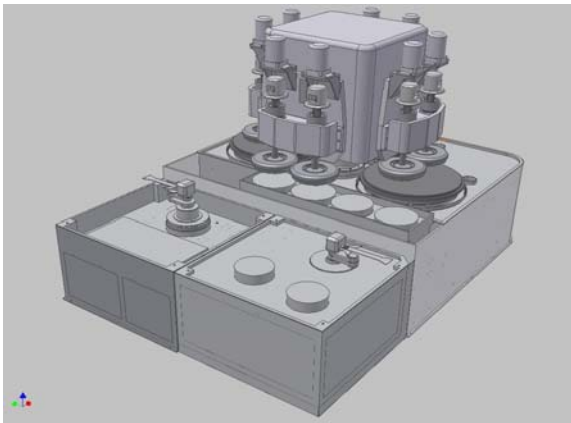


Fig.1 Wafer final polishing system

12" silicon wafer final polishing system은 크게 Polishing platen 부와 Polishing head부로 구분 할수있다.

Head Chuck부에 Template를 부착하여 웨이퍼를 고정하고 정반에는 Polishing Pad를 설치하여 웨이퍼의 연마를 수행한다.

Head의 상하이송은 위쪽에 설치되어진 Air Cylinder에 의해 상하이송이 이루어지며, 웨이퍼 균일 가압을 위한 필수 조건인 Floating 기능으로서 Head 주축과 Head Chuck부 사이에 자동조심 베어링을 사용하여 Head 회전시 자유각운동이 가능하게 하였으며, 특히 Head 내부에 Gel 액체를 주입하여 웨이퍼 전면에 균일 분포 가압이 가능하게 하였다. 그리고 웨이퍼는 열전달이 쉽게 이루어지는 재질이므로 가공중 발생하는 열과 가압에 따른 변형을 최소화 하기위해 열팽창계수가 낮으며, 슬러리 및 세척액의 화학적 부식에 대하여 안정한 Ceramic chuck을 적용하였다.

### 3. System의 구조물 해석

본 연구에 있어서, 폴리싱 헤드 유닛 및 인덱싱 유닛, 하부 베드 유닛등 주요 구조물의 3차원 솔리드 모델을 구축하였으며, 정적인 특성 및 모우드 형태, 주파수 응답특성 등의 해석을 수행하였다. 다음의 Fig. 2는 설계된 베드 구조물의 해석결과를 비교하고 있다. 특히, 베드 구조물에서 가장 큰 하중을 받는 부분은 인덱싱 유닛이 조립되는 가운데 부분과 연마 테이블이 조립된 부분에서의 정적인 하중을 받도록 되어있다. 특히, 그림에서 보듯이 초기 설계 모델의 경우 가운데의 인덱싱 유닛 조립부에서의 변형이 크면서도 한쪽으로 편중되어 인덱싱 유닛이 기울어 질 수 있는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 특성을 개선하고자 내부에 보강 격벽을 설치하는 등의 설계 개선사항을 고려한 결과 개선된 모델에서의 5,000N에서의 최대 변형량이 11.5 $\mu$ m -> 7.4  $\mu$ m -> 4.5 $\mu$ m 로 최종적으로 39%로 작아 질 수 있음을 확인하여 설계에 반영하였다.

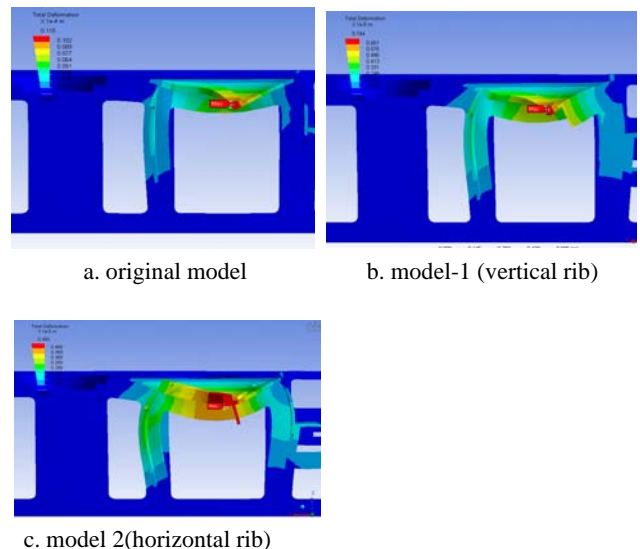


Fig. 2 Analyzed displacement joint part of bed by vertical load of 5,000N

다음은 전체 인덱스 헤드 유닛을 포함한 구조물의 자중 및 가공력 작용시의 변형에 대한 해석결과를 나타내고 있다. 특히 최초설계와 설계개선 모델을 적용하여 인덱스 바디 상단부의 변위를 비교해보면, 자중에 의한 변형은 85 $\mu$ m에서 60.6 $\mu$ m로 감소하였으며, 최대 가압력이 작용하는 조건에서는 486 $\mu$ m에서 306 $\mu$ m로 감소하여 개선 모델의 적용이 유리함을 확인할 수 있다. 그러나 실제 가압하는 부분이나 헤드 스펴들 부분에서는 자동조심형 베어링과 상하 슬라이딩이 가능한 주축을 사용하는 구조를 가지고 있어, 가공 정밀도에는 큰 영향이 없을 것으로 생각된다.

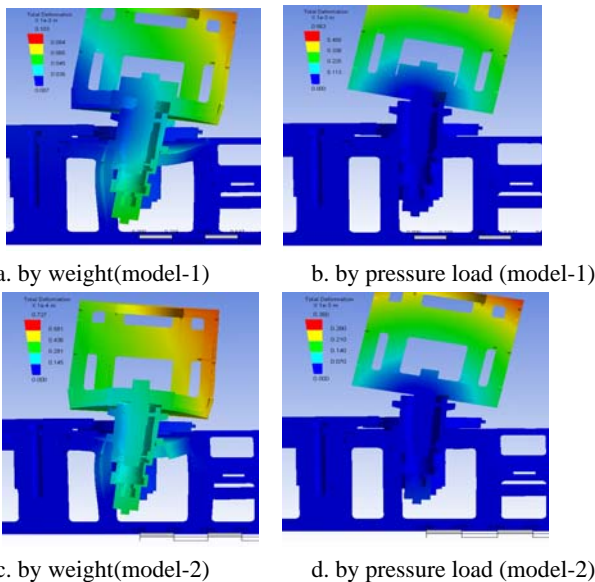


Fig. 3 Static deflection of structure of the wafer polishing machine

동적인 특성의 해석을 위하여 고유 진동 모우드를 추출하였다. 계산된 고유 진동수와 모우드의 특성을 보면 상부 구조물의 전체적인 진동은 약 15Hz 부근에서 나타나고 있으며, 개선 모델의 경우 20Hz 정도로 주파수가 약간 증가하였다. 또한 80Hz 부근에는 베드 및 연마헤드의 고유진동수가 나타나고 있으며, 이상의 주파수에서는 여러 가지 요소들의 국부진동들이 나타나는 특성을 보였다. 개선 모델의 경우는 구조물의 강성증가로 인하여 주파수가 약간 증가하는 특성을 나타내었다. 이러한 고유 진동 모우드의 실제 기계특성에의 영향을 예측하기 위하여 다음의 그림에는 가공부분에서의 동적 하중 (1N)에 대한 인덱스 바디의 상단부에서의 주파수 응답을 나타내고 있다. 이를 통해 구조물의 동적 컴플라이언트특성을 예측 할 수 있는데, 15Hz 부근의 1~3차 고유모우드의 영향이 가장 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 개선 모델의 경우에는 주파수도 약간 증가하고, 진폭도 작아짐을 확인할 수 있다. 인덱스 상단부의 수평방향 응답과 디스크 부분의 진동응답이 비슷한 특성을 보이고 있어, 인덱스 부분의 진동모우드의 영향이 큼을 확인할 수 있다.

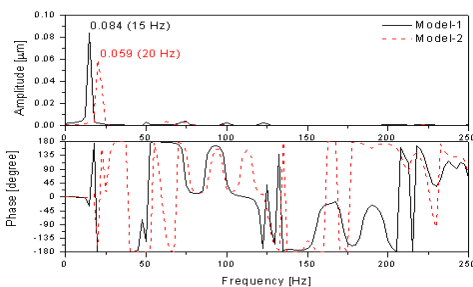


Fig. 4 Frequency response function at top point of index body

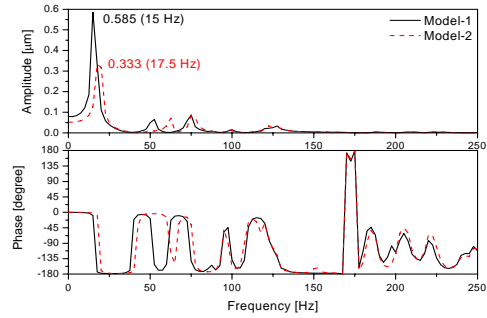


Fig. 5 Frequency response at head disk point

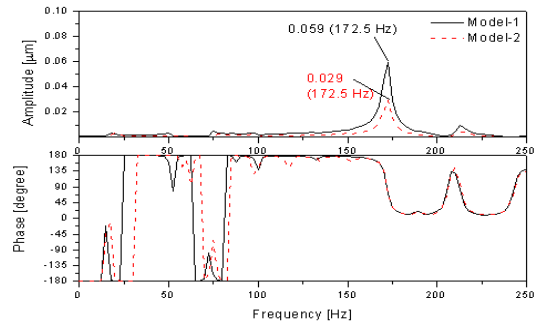


Fig. 6 Frequency response at polishing table (vertical)

#### 4. 결론

본연구에서는 Wafer Final Polishing System의 구조물의 최초 설계모델에 대하여 CAE Software(ANSYS Workbench)에 의한 구조물의 정, 동적 특성 해석을 통하여 구조물의 특성을 검토하였으며, 인덱스 결합부위 및 구조물의 개선을 통한 구조 특성을 검증하였다. 베드 및 인덱스 바디 결합부 등의 설계 변경을 통하여 자중에 의한 변형은 85 $\mu$ m에서 60.6 $\mu$ m로 감소하였고, 최대 가압력 작용하는 조건에서는 486 $\mu$ m에서 306 $\mu$ m로 감소하여 개선 모델의 적용이 유리함을 확인할 수 있었다. 또한 전체 구조물의 동특성을 분석을 통한 전달함수 해석을 통하여 전체 상부 구조물의 고유진동수는 약 15Hz에서 20Hz로 개선되며 동적 컴플라이언스의 개선을 예측할 수 있었다. 이러한 과정에 의해 궁극적으로는격벽구조물의 안정된 고강성 지지 및 경량화와 하중 집중 부분의 변형 개선 설계를 실제 개발 장비의 제작에 적용하도록 하였다.

#### 후기

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

#### 참고문헌

1. Lin, Y. Y. and Lo. S. P., 2005, Modeling of chemical mechanical polishing process using FEM and abductive network, EAAI, vol.18, pp. 373-381.
2. Kataoka. I., 1998, Super smooth polishing technology foraspheric mirrors, JSPE, Vol. 64, No. 7, PP. 983-986.
3. Choi. J. K., Han. S. J., Park. K. H., Kim. T. Y., 2002, Development of an active ultra-precision polishing machine, KSPE, pp.74-78.
4. ANSYS User's Manual Revision 7.0, 2000, Swan-son Analysis System, Inc