

## 다이아몬드 램핑 공정에서 가압 위치 따른 사파이어 웨이퍼 표면 응력불균일도 해석

### Analysis of Stress Non-uniformity on Sapphire wafer during Diamond Mechanical Polishing

\*김도연<sup>1</sup>, #김형제<sup>1</sup>, 이태경<sup>1</sup>, 정혜도<sup>2</sup>

\*D. Y. Kim<sup>1</sup>, #H. J. Kim(hyjakim@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, T. K. Lee<sup>1</sup>, H. D. Jeong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>부산대학교 기계공학부

Key words : Diamond Mechanical Polishing, Non-uniformity, FEM, Sapphire wafer

#### 1. 서론

LED TV 보급의 확대 및 LED 조명시장의 확대로 인한 사파이어 웨이퍼의 수요는 날로 증가하고 있다. 사파이어 웨이퍼는 광학적·열적 특성이 뛰어나 고휘도 블루 LED용 기관 소재와 광학기기의 윈도, 평광판재, 초고집적 반도체인 실리콘온사파이어(SoS) 기관 등에 사용된다. 또 내열성과 내화성이 요구되는 극한 환경에서의 부품 등에 활용되고 있다. 사파이어 기관은 고경도 재질로서 가공이 곤란하고 가공시간과 단계가 복잡하여 잉곳(ingot)의 기관화 과정이 매우 복잡하다. 이로 인해 낮은 표면 거칠기와 높은 평탄도(TTV, BOW)를 안정적이고 재현성 있게 얻기 위해서는 공정의 최적화가 필요하다. 이러한 공정 최적화를 위해서는 압력분포와 열변형 등 다양한 시각에서의 이론적 접근이 필요한 상황이다.[1]

사파이어 잉곳 기관화 공정에서 DMP공정은 레진-구리정반 표면에 왁스로 부착된 웨이퍼를 강한 압력으로 가압한 상태에서 다이아몬드 연마입자를 공급하면서 웨이퍼와 정반을 동시에 회전시켜 가공하는 공정이다. 래핑공정에서 형상을 결정하는 주요 기구에는 웨이퍼와 정반사이 접촉 압력과 레진-구리정반의 열변형 등이 있다. 웨이퍼와 정반사이의 균일한 접촉압력은 정반의 형상을 웨이퍼에 모사하는 램핑 공정의 특성으로 인해 TTV(Total Thickness Variation)를 결정하는 중요 인자로 작용한다. 이는 정반과 웨이퍼의 배치방법, 웨이퍼의 가압방식, 모멘트 중심점의 설계방법 및 높이 등에 의해 결정된다.[3]

본 연구에서는 전산해석을 이용해 사파이어 웨이퍼의 가압위치에 따른 응력 불균일도를 확인하고 균일한 가압위치를 찾고자 한다.

#### 2. 해석 모델 및 조건

웨이퍼에 작용하는 응력의 불균일도를 계산하기 위해 Pro-engineer를 이용하여 Fig. 1과 같이 모델링 하였다. 헤드의 구성은 Load plate와 세라믹 정반, 사파이어 웨이퍼, 레진-구리 정반으로 구성되어 있으며 해석에 사용한 물성치는 Table 1과 같다. 모델은 대칭구조를 가지고 있어 4개의 헤드 중에서 1개만을 사용하여 해석을 수행하였다. 격자 구조 Fig. 2와 같다. 격자는 308,177개의 질점과 74,564개의 요소로 생성하였으며 하중은 실제가공 조건인 1470N으로 가정하였으며 하중에 따른 불균일도도 평가하기 위해 하중을  $\pm 30\%$  변경하여 해석을 하였다. 웨이퍼상의 응력분포를 보기 위해 웨이퍼에는 좀 더 조밀하게 격자를 생성하였고 가압 위치는 Fig. 3과 같다. 경계조건은 래핑 정반의 바닥면을 완전구속하고 Load plate 상부에 하중면적을 설정하여 응력분포 및 불균일도를 평가하였다.

해석에 사용한 웨이퍼는 4인치를 기준으로 하였으며 하중 가압방식은 현재 양산 기종인 N사의 모델을 역설계하여 웨이퍼의 OF(Oriental Flat)면과 중간 그리고 외곽부분으로 하중 위치를 변경하여 해석을 수행하였다. 52지점[2]의 von-Mises응력을 통계처리하여 응력의 불균일도를 계산하였다.

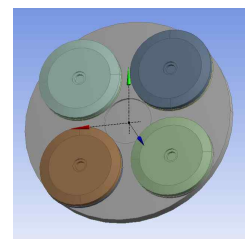


Fig. 1 Analysis model

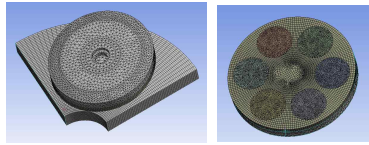
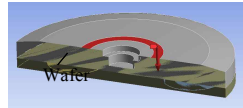
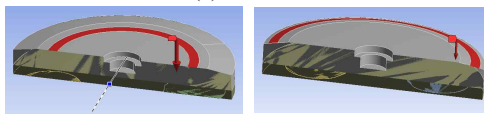


Fig. 2 Mesh generation of head and the wafer



(a) Case 1



(b) Case 2

(c) Case 3

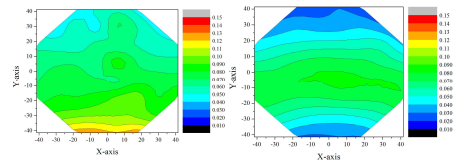
Fig. 3 Area of force application for analysis

Table 1 Material properties for analysis

Classification	Modulus [GPa]	Poisson's Ratio	Density [kg/m <sup>3</sup> ]
Ceramic	331	0.24	8030
SUS 316	193	0.23	7999.5
Wafer	345	0.3	3980
Copper-Resin	10	0.258	7944.1

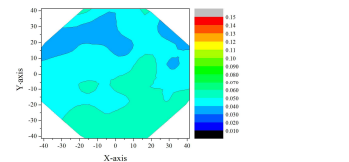
### 3. 해석결과

가압위치를 변경하여 해석한 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4는 해석결과를 웨이퍼면 상에 52점 측정하여 응력값을 등고선 형태로 나타낸 것이다. OF면에 하중을 가한 Case 1의 경우 OF면에 응력이 집중되어 있는 것을 확인 할 수 있다. 하중의 가압 위치를 웨이퍼의 가운데 영역으로 한 Case 2 경우도 하중이 가해지는 위치에서 응력집중이 일어나는 것을 확인 할 수 있다. 하중이 집중된 곳은 가공시 연마량도 증가하게 되어 불균일도의 증가와 더불어 평탄도 악화의 원인으로 작용할 것으로 예상된다. 그러나 웨이퍼의 외곽부분에 하중을 가한 Case 3의 경우 전체적으로 균일한 응력분포를 보이는 것을 알 수 있다. Fig. 5의 불균일도에서도 확인 할 수 있다. 이러한 결과는 하중을 가하는 위치가 가장 외곽부분으로 작용하면서 단위 길이 당 하중 집중량이 분산되는 효과와, 이로 인하여 캐리어의 단위 면적 당 변형량이 감소하기 때문으로 판단되며, 이에 따라 하중의 분포가 웨이퍼 면으로 전체적으로 균일하게 전해지면서 발생된 결과로 판단된다.



(a) Case 1

(b) Case 2



(c) Case 3

Fig. 4 von-Mises stress distribution of different cases.

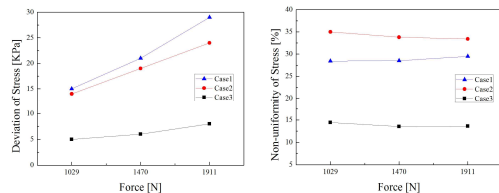


Fig. 5 Stress deviation and non-uniformity result with each loading cases

### 4. 결론

본 논문에서는 사파이어 웨이퍼의 하중위치에 따른 응력분포와 불균일도를 유한요소법을 이용하여 해석하였다. 그 결과 웨이퍼의 가장 바깥부분 가압방식에서 불균일도가 작게 나타났고 응력의 분포도 균일하였다. 향후, 해석 결과에 대응되는 가압 기구를 제작하여 추가실험을 수행하고 해석 결과와의 대조 연구가 필요할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- H.J.Kim, H.D.Jeong, "Effect of precess conditions on uniformity of velocity and wear distance of pad and wafer during chemical mechanical planazaion," *Journal of Electronic Materials*, Volume 33, Number 1, 53-60, 2004
- Thomas F. A. Bibby, Randy Harwood, Dennis Schey, Kevi, Mckinely, "Cartesian coordinate maps for chemical mechanical planarization uniformity characterization," *Tin Solid Films*, 308-309, pp. 512-517, 1997