멀티 와이어쏘 머신 가공 시 힘 변화에 따른 웨이퍼 특성

The surface characteristics of wafer according to variation of force in processing of multi-wire saw machine

*김철민[1], #김성렬[1], 김도연[1] , 김형재[1]
*C. M. Kim[1], #S. R. Kim(sungrkim@kitech.re.kr)[1] , D.Y.Kim[1] , H.J.Kim[1]
[1]한국생산기술연구원 융합부품소재연구그룹

Key words : Multi Wire Saw, Monitoring, Wafer, Slicing Condition

1. 서론

디스플레이의 BLU(Back Ligt Unit)와 고효율 조명용 LED등의 수요 급증에 따라 사파이어 웨이퍼에 관한 관심이 높아지고 있으며, 세계 최대의 반도체 산업국가로 발전하고 있는 우리나라에서 이러한 웨이퍼링 기술은 고품위의 순수하고 결점없는 웨이퍼 생산을 위해 매우 중요하다. 특히 잉곳을 다수의 웨이퍼로 절단하는 멀티와이어쏘를 이용한 슬라이싱 공정은 웨이퍼의 수율 향상에 직접적 영향준다. 최근 이런 웨이퍼들이 대구형화 되어감에 따라 웨이퍼의 형상 정밀도 또한 매우 정밀하게 요구됨에 따라 슬라이싱 조건에 따른 멀티와이어쏘 기기의 가공 특성을 파악하고 최적화된 웨이퍼 가공 조건을 만드는 것이 중요하다.[1,2]

따라서 본 논문에서는 가공 최적화의 한 방법으로 멀티와이어쏘 머신의 가공 중 발생하는 힘의 변화와 웨이퍼 표면 특성과의 관계를 확인하기 위하여 6 inch ingot을 절단하고, 각 조건에서의 가공특성을 분석하였다.

2. 실험장치 구성 및 방법

와이어쏘 가공 시 힘의 변화와 웨이퍼 표면 특성과의 관계 측정을 위해 멀티 와이어쏘와 잉곳의 결합부에 3축 측정이 가능한 공구동력계를 설치하였다. 가공 조건은 Table 1과 같다. 가공 조건을 와이어의 속도가 700m/min 이며 (1)은 각 웨이퍼당 와이어 소모량을 30m로 계산하여 총 6시간을 가공하였으며, (2)의 경우는 웨이퍼당 와이어 소모량을 60m로 계산하여 총 12시간을 가공하였다. 경제적인 이유로 사파이어 잉곳과 가장 특성이 유사한 알루미나 잉곳을 사용하여 실험을 진행하였다. Tabel 2은 사파이어 잉곳과 알루미나 잉곳과의 물성치를 비교하여 나타낸다.

실험은 (1)의 경우 30분마다 (2)의 경우 60분마다 10분씩 100Hz의 속도로 발생하는 힘을 측정하고, 가공이 완료된 wafer의 두께와 표면 거칠기와 비교하였다. Fig 1 은 공구동력계와 잉곳, 와이어간의 설치 모습과 공구동력계에서 측정되는 신호를 나타내고 있다.

Table 1 Processing conditions

Table legend	(1)	(2)
Wafer Radius	75 mm	75 mm
Ingot Length	76mm	76mm
Wire Tension	40 N	40 N
Wire Speed	700m/min	700m/min
Swing angle	±7°	±7°
Cutting Time	6hrs	12hrs
Wire consumption per wafer	30m	60m

Table 2 Material properties

Material	Sapphire (Al_2O_3)	Alumina (Al_2O_3)
Density	3.98g/cc	3.96g/cc
Hardness, Mohs	9	9
Vickers Microhardness	2200	2085
Poissons Ratio	0.309	0.22
Cost	6inch Dummy ingot : ₩ 8,000,000	6inch Ingot : ₩ 400,000

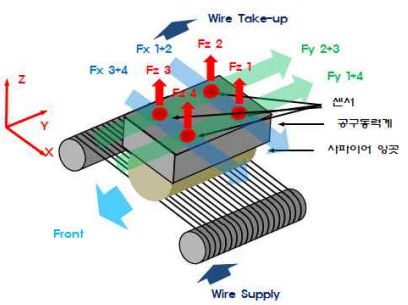

Fig. 1 Setup of experiment & Slincing Ingot

3. 실험결과

Fig 2는 실험 (1), (2)에 대한 가공중 발생한 x, z 축에 발생한 힘을 나타낸다. 가공 시간이 짧은 (1) 실험의 경우가 (2)의 경우와 비교하여 힘이 크게 작용함을 알 수 있다. z축 힘의 경우, z축 feed 속도 프로파일과 유사한 곡선으로 측정되며 x축 역시 미소하지만 동일한 형태로 증가하다 감소하게 된다. Fig 3 에서 가공시간에 따라 웨이퍼 표면의 데이터를 비교할 경우, 6시간 가공한 (1)의 경우, 표면거칠기(Ra)가 평균 0.75㎛로, 12시간 가공한 (2)의 0.67㎛보다 크게 측정되었다. 웨이퍼 두께의 경우 (1), (2)가 평균0.871mm, 0.882 mm로 측정되었으나 (2)의 3 ~ 5 시간구간에서 x, z 축 힘이 갑작스럽게 증가하는 부분이 발생하였고 가공 시간상 대응되는 fig 3의 웨이퍼 2 ~ 3 위치에서 웨이퍼 두께가 갑작스럽게 감소하는 것이 측정되었다. Fig 4는 공구동력계에서 측정된 힘을 와이어 공급부(front), 와이어 회수부 (rear)부로 나눠어 비교하였다. 와이어 공급부가 회수부 보다 크게 힘이 측정이 되는데 이는 공급되는 와이어의 다이아몬드가 가공에 참여하면서 탈락과 마모로 인하여 회수부쪽으로 가면서 점점 가공력이 떨어지는 것으로 생각된다. Fig 5, 6에서의 데이터를 확인할 경우, 와이어 공급부에서 와이어 회수부로 갈수록 웨이퍼의 두께는 두꺼워지고, 가공 표면 정도의 경우는 비교적 좋아지는 것을 확인할 수 있다.

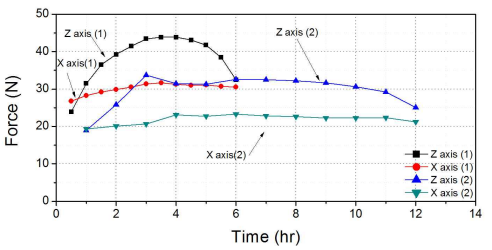

Fig. 2 Comparison of force for each condition

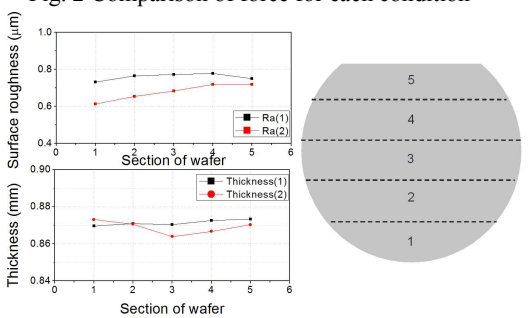

Fig. 3 Thickness and roughness for position of wafer

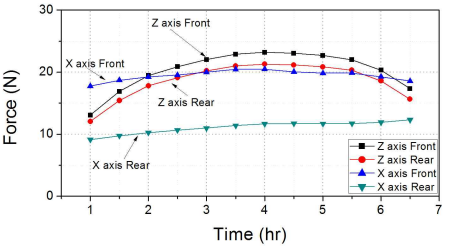

Fig. 4 Difference of force between front and rear

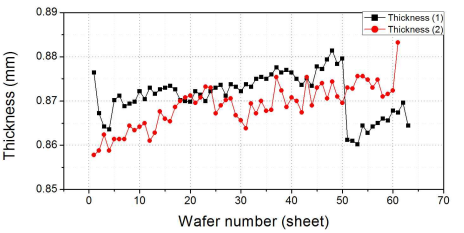

Fig. 5 Thickness for each condition

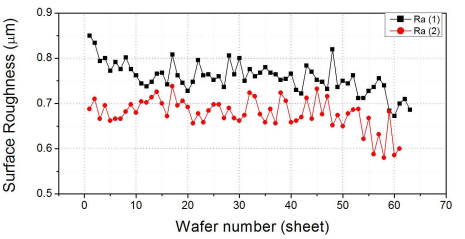

Fig. 6 Roughness for each condition

4. 결론

멀티 와이어쏘 머신에서 가공 중 발생하는 힘과 웨이퍼 표면특성과의 관계를 측정함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시간에 따른 힘 측정 시, 이상 힘이 발생할 경우 웨이퍼 가공 결과물에 문제가 발생되었다.

2. 새로운 와이어가 공급되는 부분은 회수되는 뒤쪽의 경우보다 가공력이 크게 측정되었으며 이는 웨이퍼의 두께, 거칠기에 영향을 주는 것으로 확인된다.

참고문헌

1. Sugawara, J., Hara, H. and Mizoguchi, A., "Development offixed-abrasive-grain wire saw with less cutting loss," SEI Technical review, 58, 7-11, 2004.

2. Saito, K., Furuta, F., Umezawa, H. and Takeuchi, K., "Multi-wire slicing of large grain ingot material," Proceedings of SRF, Berlin, Germany, 467-472, 2009.