

# 멀티 와이어쏘 머신의 슬라이싱 조건에 따른 가공특성

## Processing characteristics according to slicing conditions in multi wire saw machine

\*김철민<sup>1</sup>, #김성렬<sup>1</sup>, 서정모<sup>1</sup>, 김형재<sup>1</sup>

\*C. M. Kim<sup>1</sup>, #S. R. Kim(sungrkim@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, J.M.Suh<sup>1</sup>, H.J.Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원

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

### 1. 서론

세계 최대의 반도체 산업국가로 발전하고 있는 우리나라에서 반도체의 wafering 기술은 고품위의 순수하고 결점 없는 wafer 생산을 위해 매우 중요하며, 특히 ingot을 다수의 wafer으로 절단하는 슬라이싱 공정은 wafer의 수율 향상에 직접적 영향을 미치는 부분으로 최근에는 대량 생산을 위해 multi wire saw (MWS)가 널리 이용되고 있다. 그리고 이런 wafer들이 대구형화 되어감에 따라 wafer의 형상 정밀도 또한 매우 정밀하게 요구되고 있다. 따라서 슬라이싱 조건에 따른 MWS 장비의 가공 특성을 파악하고 최적화된 wafer 가공 조건을 만드는 것이 중요하다.

본 논문에서는 Sapphire ingot 절단을 위해 개발된 MWS를 이용하여 swing 여부, Z축 feed speed 등과 같은 슬라이싱 조건 변화를 통해 6 inch ingot을 절단하고, 각 조건에서의 힘과 가공된 wafer의 두께, 표면 거칠기 등을 측정하여 가공특성을 분석하였다.

### 2. 실험장치 구성 및 방법

실험에 사용된 ingot은 sapphire ingot과 가장 특성이 유사한 6인치의 alumina ingot을 사용하였고, Table 1은 sapphire와 alumina의 물성치를 비교한 것으로 실험에 사용된 가공 조건은 Table 2와 같다. 와이어의 속도는 700m/min 이며, swing 사용 시 각도는 ±7° 로 설정하였다. Fig. 1은 절단가공 시의 Z축 feed speed의 프로파일을 나타낸 것으로 (1)과 (2) 속도 프로파일에 차이가 나는 이유는 가공면의 한 점을 기준으로 wire와의 접촉횟수를 같게 설정하여 feed speed를 결정하는데, swing의 여부에 따라 wire가 ingot의 가공면과 wire가 접촉하는 면의 이론적인 길이 차이 때문이다. Fig. 1의 (3) 경우는 (1)의 Z축 feed speed를 2배로 증가시켜 가공시간을 1/2로 낮췄다.

실험 방법은 MWS의 Z축에 공구동력계를 설치하여 1시간(3)의 경우 30분)마다 10분씩 100Hz의 샘플링주파수로 가공시 발생하는 힘을 측정 한 후,

가공된 wafer의 두께와 표면거칠기를 측정하였다. Fig.2는 공구동력계와 6 inch ingot이 설치된 모습과 가공 메카니즘을 나타낸다.

Table 1 Material properties

Material	Sapphire (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Density	3.98g/cc	3.96g/cc
Hardness, Mohs	9	9
Vickers Microhardness	2200	2085
Poissons Ratio	0.309	0.22

Table 2 Processing conditions

Table legend	1	2	3
Wafer Radius	75 mm	75 mm	75 mm
Ingot Length	76mm	76mm	76mm
Wire Tension	40 N	40 N	40 N
Wire Speed	700m/min	700m/min	700m/min
Swing angle	0°	±7°	±7°
Cutting Time	13hrs	13hrs	7hrs

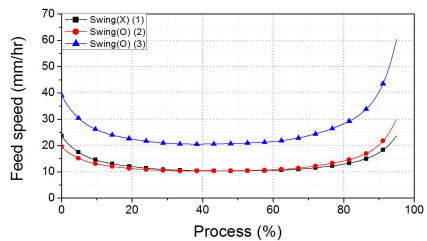


Fig. 1 Z-axis feed speed profile



Fig. 2 Experiment setup & Slicing mechanism

### 3. 실험 결과

Fig.3은 가공 중 X, Z축에 발생한 힘을 나타낸 그래프이다. Z축은 feed 이동에 의해 발생한 힘으로 (3) > (1) > (2)의 순으로 나타났는데 (1)과 (2)의 측정데이터를 통해 swing 여부에 따라 wire에 작용하는 힘이 차이가 남을 확인할 수 있었다. 가공 중 wire의 처짐량이 (1) 3~5mm, (2) 1~2mm, (3) 3~4mm로 (1)조건이 wire에 가장 부담이 큼을 확인할 수 있었다. X축의 힘은 wire와 ingot간에 발생하는 마찰력으로 (1)이 가장 크게 나타났다. 이는 swing이 없기 때문에 wire와 ingot의 마찰 면적이 커짐에 따라 swing을 적용할 경우 보다 wire에 더 큰 힘이 가해지게 된다. 결국 swing을 하지 않았을 경우, ingot과 wire에 보다 큰 힘이 작용하게 되므로 wire의 단선 등의 문제가 발생할 확률이 높고, 또한 진동 등으로 wafer 표면 가공 상태가 좋지 않을 것이라고 예상할 수 있다.

Wafer의 두께와 거칠기 측정을 위해 가공된 wafer에서 앞, 뒤 쪽의 3장을 제외하고 데이터를 측정하였다. 첫 장과 마지막장의 경우, 양면이 제대로 가공되지 않은 경우가 많고, ingot이 고정된 구조상 앞쪽 부분과 뒤쪽부분에 진동 등의 문제로 제대로 가공이 되지 않는 경우가 있기 때문에 제외하였다.

Fig.4와 Table.3은 가공된 wafer 각 장의 두께를 나타낸다. 그림에서 (1)과 (2)의 경우 두께의 편차가 그리 크지 않음을 알 수 있으나 (3)의 경우는 특히 앞 뒤쪽 부분에서 두께 편차가 큼을 알 수 있다. 이는 Z축 feed 속도가 올라감에 따라 가공 시 wire와 ingot 사이에 가압력이 높아지고 진동이 발생하여 절단 시 약한 앞부분과 뒷부분에 영향을 준 것으로 생각된다.

Fig.5는 가공된 wafer 각 장의 표면 거칠기 데이터(Ra)를 측정한 것이다. (2)의 경우, 표면 거칠기 데이터가 약 0.67744 $\mu$ m, (3)은 0.75959 $\mu$ m 정도로 나타났다. 그러나 (1)의 경우는 평균 1.22727 $\mu$ m으로 swing을 한 (2)와 (3)의 경우에 비해 높게 나타난다. 이를 통해 swing 구조가 가공 시 ingot과 wire 사이의 힘을 줄여주며, 표면 상태에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. (1)의 앞부분 표면 거칠기가 특히 높게 측정되는데, 이는 ingot의 앞과 뒤 부분에서 Wire에 발생하는 힘의 차이가 큼에 따라 발생한 현상으로 생각된다.

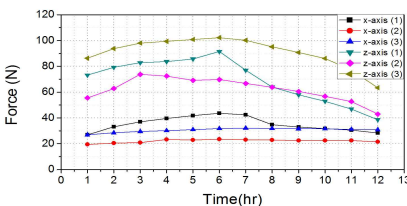


Fig. 3 Comparison of forces for each condition

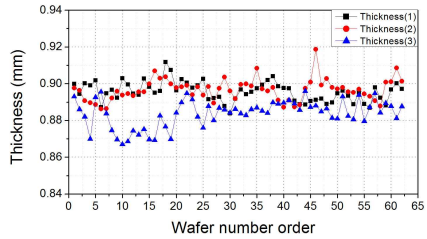


Fig. 4 Thickness for each condition

Table 3 Statistics on thickness data

	Mean	Standard Deviation	Min	Median	Max
(1)	0.89544	0.0055	0.8838	0.8956	0.9118
(2)	0.89658	0.00592	0.8862	0.8971	0.91872
(3)	0.88363	0.00744	0.867	0.8848	0.896

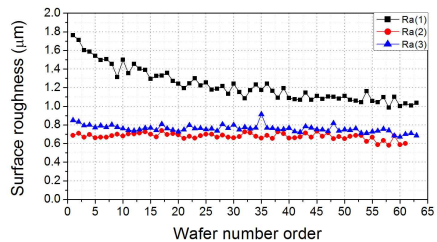


Fig. 5 Roughness for each condition (Ra)

### 4. 결론

Multi wire saw 기기의 Slicing 조건에 따라 각 축에 발생하는 힘과 가공된 wafer 두께, 표면 거칠기를 측정함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Swing 적용을 통해 동일조건에서 wire와 ingot 사이에 가해지는 힘을 줄일 수 있다. 그리고 swing 구조를 통해 wafer의 표면 정도를 또한 향상시킬 수 있다.
2. Z축 피드 속도가 높을 경우, wire에 가해지는 힘과 진동이 커짐에 따라 두께 편차가 늘어남을 확인하였다. 향후 wire speed, swing 속도 등 가공에 밀접하게 관련된 조건의 영향에 대한 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

### 참고문헌

1. Liqun Zhu, Imin Kao, "Galerkin-based modal analysis on the vibration of wire-slurry system in wafer slicing using a wiresaw," Journal of Sound and Vibration, 283, 589-620, 2005.
2. Takaya Watanabe, "Optimization Quartz Crystal Slicing Conditions Using Multi-Wire-Saw," IEEE, 386-393, 2002.