

멀티와이어쏘 공정에서 잉곳 절입속도가 웨이퍼 형상 정밀도에 미치는 영향에 관한 연구

Study on the Influence of Ingot Feed Speed on Accuracy of Wafer Shape in Multi Wire Saw Process

*김도연¹, #김형재¹, 김철민¹, 박철진¹, 정해도²

*D. Y. Kim¹, #H. J. Kim(hyjakim@kitech.re.kr)¹, C. M. Kim¹, C. J. Park¹, H. D. Jeong²

¹한국생산기술연구원 정형가공시스템센터, ²부산대학교 기계공학부

Key words : Multi Wire Saw, Sapphire Wafer, Bow, TTV, Feed Speed

1. 서론

2012년 글로벌 LED 시장 규모는 전년대비 22% 성장한 14조원으로 예상된다. 특히 LED 조명시장은 2012년 이후 빠르게 성장하여 2014년에는 백라이트용 시장규모를 추월할 것으로 전망된다. 이런 전망을 비춰 볼 때 LED 수요 증가에 따라 사파이어 웨이퍼의 수요도 늘어 날 것이다. 사파이어웨이퍼는 사파이어 잉곳을 멀티와이어 쏘를 이용하여 개별 웨이퍼로 절단하는 공정으로 이 공정에서 웨이퍼의 두께편차, 휨 등이 정해지고 이러한 웨이퍼의 표면 품질은 DMP, CMP 공정에도 영향을 미쳐 전체 공정 시간 및 품질을 결정하게 된다. 그래서 사파이어 잉곳 절단 공정에 사용되는 멀티와이어 쏘의 성능 및 공정 조건은 웨이퍼의 품질을 결정에 가장 중요한 요소이다. Clark^[1]와 Hardin^[2]은 다이아몬드 와이어를 이용하여 세라믹과 나무의 절단 실험을 통한 특성분석 연구를 하였고 Hardin^[3]은 다이아몬드와이어를 이용하여 SiC 절단 실험을 통해 표면 특성 분석 및 성능 평가에 대한 연구를 진행했다. 다양한 분야에서 와이어 쏘에 대한 연구는 진행하고 있지만 사파이어 잉곳에 관한 연구는 미비하다.

본 연구에서 4인치 사파이어 잉곳을 이용하여 7.5시간과 8시간에 절단할 수 있는 잉곳 절입 프로파일을 이용하여 웨이퍼 표면 품질 및 형상 정밀도에 영향을 미치는 변수에 관해 연구를 수행하였다.

2. 실험 및 가공 조건

본 연구에서는 한국생산기술연구원에서 개발한 잉곳 스윙 방식의 멀티와이어 쏘를 이용하여 실험을 진행하였다. Fig 1은 실험에 사용한 멀티와이어쏘 및 제어 시스템과 실험 전 잉곳의 모습을 타낸 것이다.



Fig. 1 Experiment setup for diamond wire saw cutting of sapphire ingot

Table 1 Process parameters of experiments

	Experiment 1	Experiment 2
Cutting time	7.5hr	8hr
Workpiece	4inch Sapphire ingot	
Wire type	Diamond Wire, Asahi	
Wire speed	700m/min	
Swing angle	5°	
Wire diameter	0.25mm(core 0.18mm)	
Wire tension	40N	

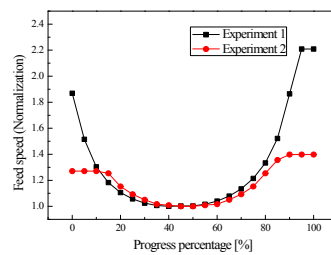


Fig. 2 Feed speed profile of each experiment

Table 1은 실험에 사용한 주요 절단 조건으로 외부 변화 요인에 의한 오차를 줄이기 위해 일반적인 조건은 동일하게 한 후 Fig. 2와 같이 잉곳 절입 속도에 변화를 주어 실험을 진행하였다.

실험 1과 실험 2의 가장 큰 차이는 초기 절입속도와 종단 절입속도로 이러한 변화는 절단 시간 단축

및 다이아몬드 와이어의 처짐을 제어함으로써 웨이퍼 형상 및 표면의 정도를 높이기 위해서이다.

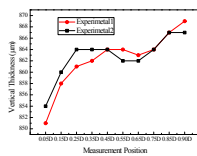
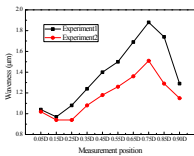
3. 실험결과

Table 2 TTV results of each experiment

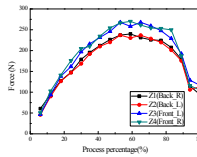
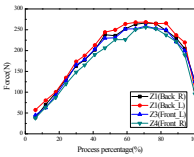
	Experiment 1		Experiment 2	
	TV5	Thick	TV5	Thick
Max-Min (μm)	18	34.4	14	25.2
Average (μm)	14.2	861.7	10.2	860.2

Table 3 Bow results of each experiment

	Experiment 1	Experiment 2
Max (μm)	17.9	26.02
Min (μm)	7.0	8.83
Max-Min (μm)	10.9	17.19
Average (μm)	12.7	16.04



(a) Saw mark(Waviness) (b) Vertical thickness
Fig. 3 Sapphire wafer shape accuracy



(a) Experiment 1 (b) Experiment 2
Fig. 4 Results of Positional force

Table 2와 Table 3은 절입 속도 프로파일에 의해 절단 된 웨이퍼의 형상정밀도 측정 인자인 두께 편차(TTV)와 휨(Bow)을 나타낸 것이다. 두 실험의 결과를 비교해 보면 전체적인 값은 실험 1에서 더 우수한 걸 확인할 수 있다. 이는 멀티와이어 소의 작동 메커니즘 분석을 통해서 알 수 있다. 잉곳 스윙 방식의 멀티와이어 소는 잉곳 스윙과 동시에 다이아몬드 와이어가 정역회전을 하면서 잉곳을 절단하게 된다. 이 때 다이아몬드 와이어에 전착되어 있는 다이아몬드의 마모량과 와이어의 처짐에 의해서 가공정밀도가 결정되며 또한 다이아몬드 와이어에 발생하는 하중에 의해서 절단

된 웨이퍼의 두께편차와 휨이 발생하게 된다.

Fig 3은 절단 후 사파이어 웨이퍼 표면에 나타난 절단 마크의 정도와 잉곳의 수직방향의 두께를 측정한 결과이다. 측정 위치는 웨이퍼 직경을 무차원화 한 위치에서 측정하였다. 절단 마크의 경우 절입이 종료 되는 위치로 갈수록 그 크기가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 수직 두께 역시 점차 증가하다 잉곳의 중심부근에서 일정한 두께를 유지하며 절단 종료 지점에서는 큰 두께를 보이고 있다. 이는 Fig. 4의 다이아몬드 와이어에 부하되는 하중 그래프를 통해 알 수 있다. 잉곳의 절입부부터 힘은 공정 진행과 함께 계속적으로 증가하다가 공정의 70% 되는 지점에서 높은 값과 함께 정상상태를 유지하다 다시 작아지게 된다. 이러한 하중 변화는 잉곳과 와이어의 접촉길이를 통해 설명할 수 있다. 초기 절입부와 중단부에서 다이아몬드 와이어와 잉곳의 접촉길이가 작기 때문에 발생하는 하중의 양이 작지만 접촉 길이가 길어지는 중간부분에서부터는 와이어에 발생하는 하중이 늘어나게 되고 이는 Fig. 3의 결과에 영향을 준다.

4. 결론

본 연구에서는 잉곳 절입 속도를 조절하여 고속 절단 후 웨이퍼의 형상정밀도와의 상관관계를 검증하는 연구를 진행하였다. 잉곳 절단 정밀도는 다이아몬드 와이어에 발생하는 하중과 관계가 있으며 이는 웨이퍼의 형상정밀도에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 향후 연구에서는 다이아몬드 와이어의 물리적 성질이 절단에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하고 이 결과를 이용한 기계적 성능과 공정조건, 와이어 물리적 성질의 상관관계를 입증하는 추가연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Clark, W.I., Shih, A.J., Hardin, C.W., Lemaster, R.L., McSpadden, S.B., "Fixed abrasive diamond wire machining-part I: process monitoring and wire geometry and tension," International Journal of Machine Tools and Manufacture, 43, 523-532, 2003
2. Hardin, C.W., "Fixed-Abrasive Diamond Wire Saw Slicing of Single Crystal SiC Wafers and Wood," MS thesis, North Carolina State University, 2003.
3. Hardin, C.W., Qu, Shih, A.J., "Fixed Abrasive Diamond Wire Saw Slicing of Single-Crystal Silicon Carbide Wafers," Material and manufacturing processes, 19, 355-367, 2004