

# 스트레이트 슷돌에 의한 대직경 Si-wafer 의 ELID 경면연삭

박창수(대우조선 특수선) 김경년(거제대학 기계과) 김원일(경남대학 기계자동화공학부)

## Mirror Surface ELID Grinding of Large Scale Diametral Silicon Wafer with Straight Type Wheel

C. S. Park(Mechanical Eng. Dept., DAEWOO) G. N. Kim(Mecha. Eng. Dept. Kojje C) W.I.Kim(Mecha. Eng. Dept Kyungnam Univ.)

### ABSTRACT

Mirror surface finish of Si - wafers has been achieved by rotary in-feed machining with cup-type wheels in ELID grinding. But the diameter of the workpiece is limited with the diameter of the grinding wheel in the in-feed machining method. In this study, some grinding experiments by the rotary surface grinding machine with straight type wheels were conducted, by which the possible grinding area of the workpiece is independent of the diameter of the wheels. For the purpose of investigating the grinding characteristics of large scale diametral silicon wafer, grinding conditions such as rotation speed of grinding wheels and revolution of workpieces are varied, and grinding machine used in this experiment is rotary type surface grinding m/c equipped with an ELID unit. The surface ground using the SD8000 wheels showed that mirror like surface roughness can be attained near 2~6 nm in Ra.

**Key Words** . Large scale diametral silicon wafer (대직경 실리콘 웨이퍼), ELID (Electrolytic In-Process Dressing, 전해 인프로세스 드레싱), Mirror like surface (경면), Surface integrity (표면성상)

### 1. 서론

반도체 디바이스, 특히 반도체 직접회로의 요구 사항은 고집적성, 고속성 그리고 다기능성 등이다. 또, 생산을 동반하는 산업체의 입장에서는 낮은 단가에 높은 생산성을 간과할 수 없다. 반도체 특성에 직접적인 영향을 주는 것은 웨이퍼의 표면 즉, 미소표면거칠기(micro roughness)가 큰 요인 중의 하나라고 생각된다. 특히, 웨이퍼가 대직경화 됨에 따라 표면의 양호한 가공면 품질을 얻기는 대단히 어렵다.

지금까지 소구경 웨이퍼의 ELID 연삭특성에 대하여는 다수의 연구발표 및 논문이 있고, 그 결과도 상당히 양호하다 [1~3]. 웨이퍼의 가공은 통상, 래핑에 의해서 이루어 지고 있지만 본 연구에서는 초경질 경면연삭 등에 그 성능이 검증되고 있는 ELID 연삭법을 적용하여 12" 대구경 실리콘 웨이퍼 (large scale diametral silicon wafer)의 ELID 연삭특성을 조사하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

#### 2.1 실험장치

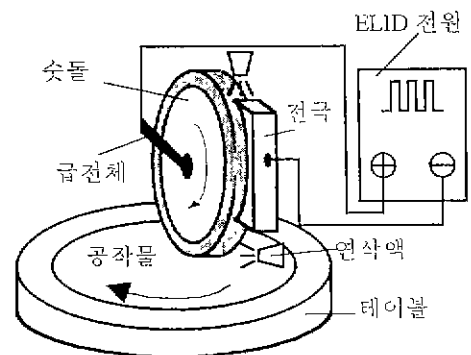


Fig. 1 Schematic illustration of ELID grinding

본 연구에 사용한 실험장치 및 측정기는 횡형로타리 평면연삭반과 비접촉식 형상측정기 등이다. 횡형로타리 평면연삭반은 최소걸입량을 0.1 $\mu\text{m}$ 으로 조절할 수 있도록 별도의 장치를 부착하였다. 그리고 대형 테이블의 직경방향으로 변하는 주속도의 영향을 최소화 하기 위하여 숫돌의 위치에 따라서 1:3의 비율로 테이블의 회전수가 변하게 되어 있다. 회전하는 테이블에 대하여 상향절삭(up-grinding) 방식을 채택하고 있는 기계에 ELID 시스템을 장착하였으며, 실험의 개략을 Fig. 1에 표시하였다. 전극은 숫돌면의 1/4 면적에 대응하는 것을 사용하였다.

## 2.2 실험방법

본 연구에 사용한 공작물은 직경 300mm의 대직경 실리콘 웨이퍼이고, 숫돌은 ELID 연삭용 주철본드 다이아몬드 숫돌 #8000이다. 집중도 100의 스트레이트 숫돌이며, 직경 300mm, 폭 10mm이다. 특히, 숫돌은 WA325의 브레이크 트루이에 의해서 트루잉 시켜서 연삭 개시전 20~30분 정도 초기전해 드레싱하여 날 세우기를 하였다.

공작물은 직경 310mm의 치구 플레이트에 접촉하여 원판 전자척에 고정하였다. 전해조건은 인가전압 90V, 설정최대전류 20A, 파형은 직류펄스를 적용하여 펄스 on-off 시간을 2 $\mu\text{s}$ 로 하였다. 연삭공은 걸입량 1 $\mu\text{m}$ , 램의 이송속도 120mm/min으로 하여 숫돌 회전수 및 공작물 주속도를 각각 800·1000·1150 (rpm), 150·174·197 (m/min)의 3단계로 설정하였다. 설정한 연삭 및 전해조건은 Table 1에 요약하였다.

Table 1 Experimental conditions

연삭조건	테이블 회전수 (rpm)	800,1000,1150
	공작물 주속도 (m/min)	150,174,197
	램이송속도 (mm/min)	120
	걸입량 ( $\mu\text{m}$ )	1
전해조건	무부하전압 (V)	90
	Peak 전류 (A)	20
	On-off 시간 ( $\mu\text{s}$ )	2/2
	파형	pulse 파

상기의 조건에 기초해서 평면연삭을 행하고, 연삭조건이 표면거칠기 및 표면신상에 미치는 영향을 조사하였다. 특히, 표면거칠기는 공작물 전체에 걸쳐 가공의 불균일성을 검토하기 위하여 공작물의 중심부부터 끝단까지 35mm 간격으로 측정하였다. 각 측정점에서 원주방향 및 반경방향으로 분리하여 가공의 방향성에 대하여도 고찰하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 공작물 반경에 대한 표면거칠기

Fig 2는 숫돌회전수 800 rpm 및 공작물 주속도 174 m/min의 경우에 있어서 반경방향의 표면거칠기를 표시한다. 표면거칠기(Ra)는 공작물 중심으로부터 반경위치에 대하여 약 8mm에서 거의 변하지 않았다. 표면거칠기(Ry)도 거의 동일한 경향을 나타내고 있지만 Ra에 비해서 약간 감소하는 경향이 보인다. 단, 중심부의 표면거칠기는 Ra, Ry 모두 이외의 위치보다 양호한 것은 이 위치에서 램의 이송방향이 바뀌면서 머무르는 것이 그 원인이라 생각된다.

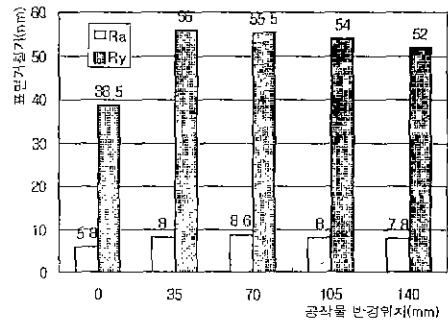


Fig 2 Influence of feed direction on surface roughness

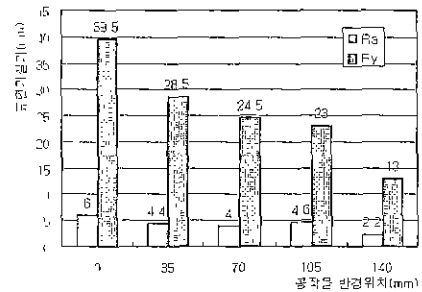


Fig 3 Influence of grinding direction on surface roughness

Fig 2와 같은 조건에서 원주방향의 표면거칠기의 경향을 Fig 3에 표시하였다. 경향은 반경방향과 비슷하지만, 그 값은 Ra 4nm, Ry 25nm로써 약 1/2 정도이다. 특히, Ry에 있어서 그 변화경향이 급격한 현상이 보인다. Fig 2.3에서의 방향성 및 변화구배의 차는 반경방향에 있어서는 램의 이송속도, 숫돌면의 경사정도 등에, 원주방향은 입자의 연삭작용에 크게 영향을 받는다고 생각된다. 이외의 연삭조건에서도 유사한 현상이 나타났지만, 거칠기의 값에 있어서는 다소 차이가 있었다.

### 3.2 표면거칠기와 공작물 주속도와와의 관계

Fig. 4는 슛돌회전수 800 rpm, 램의 이송속도 120 mm/min에서 공작물의 주속도 150, 174, 197(m/min)에 대한 표면거칠기의 변화를 표시한 것이다. 여기서 표면거칠기는 중심으로부터 끝단까지 10 점의 최대값과 최소값 그리고 평균값을 표시하였다

공작물 주속도의 증가에 따라 표면거칠기도 증가하고 있지만, 그 변화구배는 크지 않았다. 가공면 거칠기(Ra)는 각 조건에서 평균 5.9, 5.9, 6.2(nm)라는 양호한 결과를 얻을 수 있었지만 150m/min의 조건에서는 공작물 끝단에서 약간 강한 가공흔적이 발견되었다. Fig. 4에서 처럼 입형 로타리 방식의 연삭 가공에서 이와 같은 표면거칠기의 산포는 해결해야 할 선결과제라고 생각한다

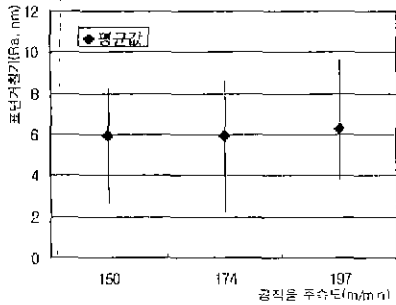


Fig. 4 Influence of workpiece revolution

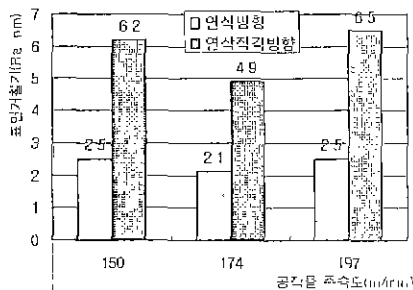


Fig. 5 Surface roughness versus grinding direction

한편, Fig 5는 슛돌회전수 1000 rpm, 램의 이송속도 120 mm/min에 공작물 주속도를 150, 174, 197 (m/min)에 대한 표면거칠기의 변화를 연삭방향별로 표시한 것이다. 여기서 표면거칠기(Ra)는 각 조건 및 연삭방향에서의 평균값이다. 공작물 주속도 174m/min까지는 감소경향을 나타내고 있지만 197m/min에서는 약간 증가하였다. 이 현상은 주속

도가 커짐으로 해서 연삭잔량이 증가하고, 입자의 연삭작용시 입자가 깊게 작용하기 때문에 표면거칠기는 다소 증가하는 것으로 생각된다. 따라서, Fig. 5의 결과로써 슛돌회전수 1000rpm에서 공작물 주속도 174m/min가 가장 적절한 조건으로 추천할 수 있다.

### 3.3 표면거칠기와 슛돌회전수와의 관계

공작물 주속도 174 m/min, 램의 이송속도 120 mm/min에서 슛돌회전수 800, 1000, 1150(rpm)에 대한 표면거칠기(Ra)의 연삭 방향별 경향을 Fig 6에 표시하였다. 반경방향은 슛돌회전수가 증가할 수록 표면거칠기는 감소하고 있지만 원주방향에서는 1150rpm에서 오히려 증가하였다. 이와 같은 현상은 슛돌회전수 1150rpm에서 공작물이 타기 시작한 결과로 생각된다. 표면거칠기의 관점에서는 SD8000 슛돌에서 절입량 1μm, 램의 이송속도 120mm/min의 가혹한 조건에서도 Ra2 ~ 8nm(Rv13 ~ 56)의 경면을 얻을 수 있고 고능률 ELID 연삭이 가능하였다.

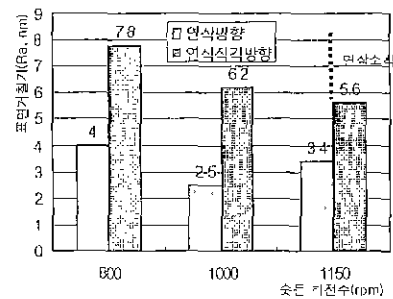


Fig. 6 Influence of wheel speed

### 3.4 실리콘 웨이퍼의 표면성상

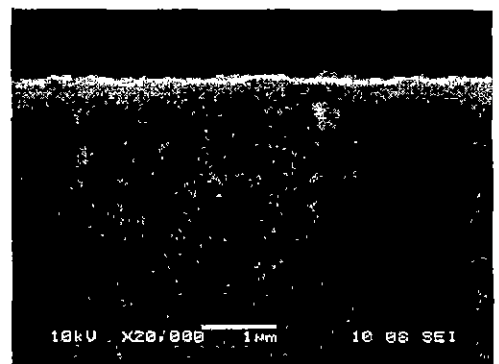


Fig. 7 The cross section of ground si-wafer

SD8000N100M 스트레이트 슛돌에 의한 실리콘

웨이퍼의 ELID 연삭면은 고정입자에 의한 제거가공이기 때문에 미세한 입자선단의 절삭작용에 의하여 어느정도의 가공변질층의 존재는 피할 수 없다. 그러나, 상세한 조사는 할 수 없었지만 Fig. 7에 의하면 최대 1 $\mu$ m 이하인 것을 알 수 있으며, 관용의 래핑가공에 비하여 수배정도 적은 영향을 받고 있을 뿐 아니라 우수한 고능률 경면연삭도 가능함을 알았다. 1 $\mu$ m 이하의 변질층은 ELID 연삭이 웨이퍼의 중간 가공 공정임을 고려할 때 전혀 문제가 되지 않을 것으로 생각된다. 또한, 최종 가공된 웨이퍼의 표면 화학성분을 분석한 결과 99%이상은 실리콘으로 구성되어 있으나 약간의 산소, 탄소 그리고 철 성분이 검출되었다. 미량의 불순물이 웨이퍼의 표면층에 존재하고 있기 때문에 마무리 가공공정에서 충분히 제거될 수 있으리라 사료되지만, 이러한 미량의 불순물 생성기구 및 개선방안에 대하여는 차후 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

한편, 웨이퍼 중심으로부터 반경 14cm 까지 비접촉식 형상측정기로 형상오차를 측정하여 Fig. 8에 나타내었으며, 가장자리를 기준하여 중심부에서 약 4 $\mu$ m 정도의 연삭잔량이 관측되었다. 이러한 현상은 대구경의 공작물을 가공하면서 숫들의 날무덤 현상을 전해속도가 따르지 못하였거나 지나친 램의 이송속도 그리고 기계의 가공원리상 중심부의 주속도 저하 등으로 추측할 수 있다.

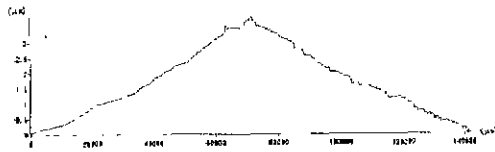


Fig 8 The flatness of ground si-wafer

#### 4. 결론

본 연구는 #8000 테탈본드 다이아몬드 숫돌에 의한 12"대직경 실리콘 웨이퍼의 ELID 경면연삭 특성을 시험한 것이다. 연삭조건에 대한 표면거칠기의 방향성과 표면성상 등에 대하여 본 연구의 작업조건 범위 내에서 요약하면 다음과 같다.

- (1) 공작물 주속도는 표면거칠기에 거의 영향을 미치지 않았다.
- (2) 표면거칠기는 반경방향에 비해서 원주방향이 1/2 정도 양호하였다.
- (3) 숫돌회전수 1000rpm, 공작물 주속도 174m/min에서 가장 양호한 결과를 얻을 수 있었고, 실

리콘 웨이퍼의 고능률 경면연삭이 가능하였다.

- (4) 웨이퍼 중심으로부터 14cm 까지에서 4 $\mu$ m 정도의 형상오차가 있었다.
- (5) 표면에 산소, 탄소 그리고 철성분이 1% 미만으로 함유되어 있었다.

금후, 가공물이 웨이퍼임을 고려할 때 표면거칠기의 방향성 및 산포에 대하여 더 많은 검토가 필요하며, 공작물의 가공변질층, 평면도 그리고 휨 등에 대하여도 검토할 필요가 있다고 생각된다.

#### 참고문헌

1. 大森 整, "ロータリサーフェスグラインダによる電解ドレッシング鏡面 研削," ELID 研削會報, Vol. 1, pp. 56 - 57, 1991.
2. 大森 整, "ELID による超 精密 鏡面研削システム," ELID 研削會報, Vol. 10, pp 136-149, 1994.
3. 大森 整, "鑄鐵ボンドダイヤモンドによるシリコンの研削加工," 昭和 63 年度精密工學會春季講演論文集, p. 519, 1988.