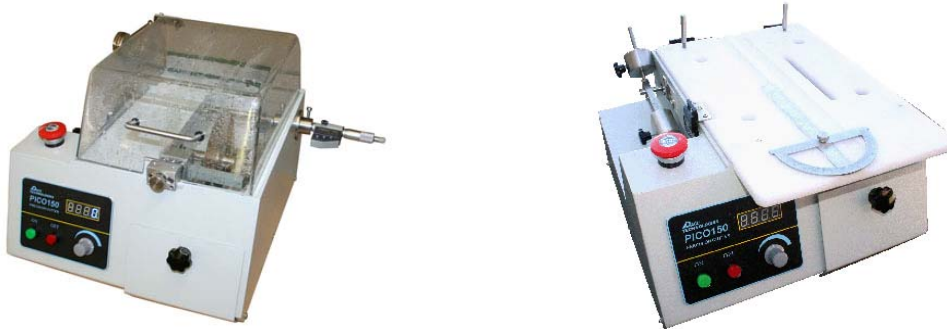


Chapter 3- Precision Cutting

정밀 웨이퍼 절단은 매우 민감한 재료이거나 시편의 매우 정밀한 부위를 절단하기 위해 사용된다. 다이아몬드 절단용 절단기는 일반적으로 샘플의 정확한 정렬과 위치설정을 위해 마이크로 미터를 보유하였으며 다양한 하중범위와 절단속도를 구현할 수 있다.



PICO 150 Precision Wafering Saw



Abrasive Type- 절단 시 손상을 최소화 하기 위해, 정밀 웨이퍼용 절단에는 다이아몬드 웨이퍼 블레이드가 가장 일반적으로 사용된다. 그러나 재료에 따라서는 CBN 블레이드가 더 효율적일 때가 있다. 또한 최적의 웨이퍼 절단에는 연마재의 농도와 연마재의 크기뿐만 아니라 가장 적합한 절단속도와 절단 시 하중의 최적상태가 요구된다. 아래의 표는 다양한 재료의 정밀절단을 위한 일반적인 가이드 라인과 변수를 나타내었다.

WAFERING BLADE SELECTION GUIDELINES

Material	Characteristic	Speed (rpm)	Load (grams)	Blade (grit/conc.)
Silicon substrate	soft/brittle	<300	<100	Fine/low
Gallium arsenide	soft/brittle	<200	<100	Fine/low
Boron composites	very brittle	500	250	Fine/low
Ceramic fiber composites	very brittle	1000	500	Fine/low
Glasses	brittle	1000	500	Fine/low

Minerals	friable/brittle	>1500	>500	Fine/low
Alumina ceramic	hard/tough	>1500	>500	Medium / low
Zirconia (PSZ)	hard/tough	>3500	>800	Medium/low
Silicon nitride	hard/tough	>3500	>800	Medium/low
Metal matrix composites		>3500	>500	Medium/high
General purpose		variable	Variable	Medium/high

절단입자 크기가 Fine grit 인 다이아몬드 휠의 경우 10-20micron 이며 대략 600grit 에 해당한다. 중간 grit 의 다이아몬드 웨이퍼링 휠의 경우, 입자크기는 60-70micron 이며 이는 220grit 에 해당한다. 웨이퍼링 휠의 경우, 금속 결합제와 혼합된 후 고압에서 압착되어 제조된다. 다음 장에서 언급되겠지만, Blade 의 정기적인 드레싱과 컨디셔닝이 최적의 절단 성능을 위해 필요하다.

Wafering Blades Description	Characteristic
Fine grit	10-20 micron (600 grit)
Medium grit	60-70 micron (220 grit)
Coarse grit	120 micron (120 grit)
High concentration	100%
Low concentration	50%

경우에 따라, 정밀 절단에는 거친 입도의 Wafering wheel 이 요구되기도 한다. 일반적으로 가장 거친 grit 은 120grit 의 연마 입자를 사용한다. 금속조직학 용도에는, 대부분 전기도금된 Blade 가 거친 연마입자로 제조되었다. 거친 입도의 전기도금 Blade 의 주요 특징은 연마입자가 일반 다이아몬드 휠 보다 훨씬 거칠다는 것이다. 이와 같이 거친 연마입자를 보유한 Blade 의 장점은 빠, 플라스틱, 고무류의 재료와 같은 연한 재료를 절단할 때 " Gum up"이 발생하지 않는다는 것이다.

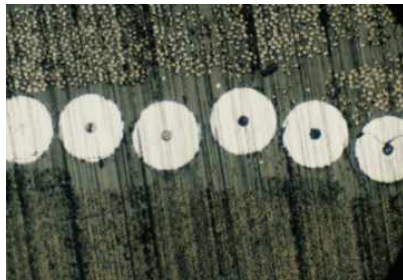
드문 경우이긴 하지만, Resin-rubber abrasive blade 가 정밀 절단용 절단기에 절단목적으로 사용되기도 한다. 정밀 절단기에서 Abrasive blade 로 절단하는 경우, 절단기의 속도를 적어도 1500rpm 으로 설정해야 한다. 또한 Abrasive blade 는 절단부스러기를 더 많이 생성하므로 절단유의 교체를 더 자주 해주어야 한다.



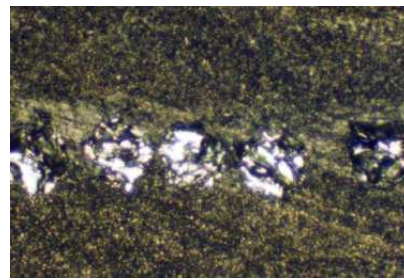
(a) Electroplated diamond wafering blade for cutting soft materials (left) and (b) alumina resin-rubber blade (right)

Abrasive Size

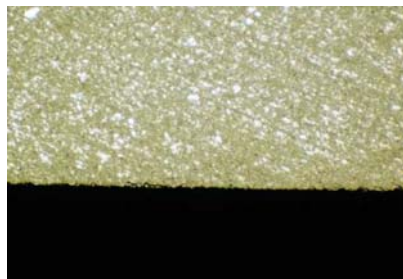
정밀절단에서 가장 중요한 변수는 연마입자의 크기일 것이다. 연마와 정마에서도 마찬가지로, 미립자의 연마입자는 재료의 손상을 줄여준다. 매우 취성이 있는 재료의 경우, 미세한 연마재료는 절단 중에 생성되는 손상을 최소화시키기 위해 사용된다. 미세한 연마입자가 도포된 Wafering blade 로 절단하는 것은 경면으로 정마된 시편이 실제 미세조직을 나타낼 수 있는 가장 좋은 방법으로 사용된다. 예를 들면, Silicon computer chips, Gallium arsenide, Brittle glasses, Ceramic composites, Boron-graphite composites 등의 재료가 이에 해당된다. 다음 그림은 Boron graphite golf shaft 를 절단하는 경우 미세한 Grit 과 표준 Grit 을 갖는 Blade 의 절단 효과를 비교한 것이다. 보시는 바와 같이 미세한 Grit 의 Blade 가 Boron fiber 의 손상이 매우 적게 발생하였음을 확인 할 수 있다.



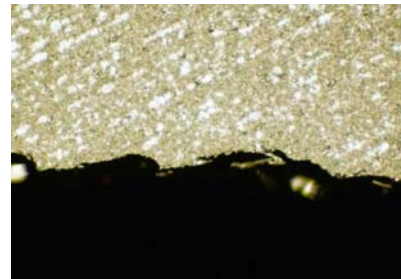
Fine grit diamond cut - golf shaft



Medium grit diamond cut - golf shaft



Fine grit diamond cut -glass



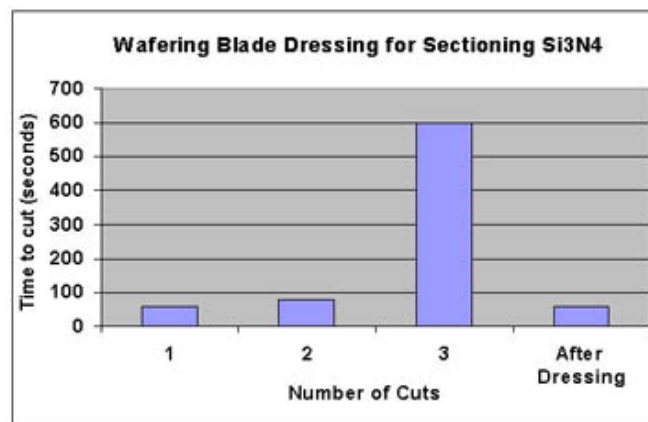
Medium grit diamond cut - glass

다음으로 중요한 Blade 의 특성은 연마제의 농도(Concentration)인데 농도는 절단 동안 시편에 가해지는 하중에 직접적으로 영향을 미치기 때문이다. 예를 들어, 세라믹과 같이 깨지기 쉬운 재료는 효율적으로 절단하기 위해 좀 더 높은 유효하중이 요구된다; 반면에 금속과 같은 연성재료는 좀 더 많은 절단 접촉 포인트를 만들기 위해 높은 연마제 농도(Concentration)가 요구된다. 결과적으로 낮은 연마제 농도를 갖는 Blade 는 세라믹과 같은 취성 재료의 절단에 권장되며 높은 연마제 농도를 갖는 Blade 는 금속 및 플라스틱과 같은 연성 재료에 권장된다.



TIP: 절단 중에 생성되는 재료의 손상을 최소화하면 연마와 정마에 요구되는 총 시간을 상당히 감소시킬 수 있다.

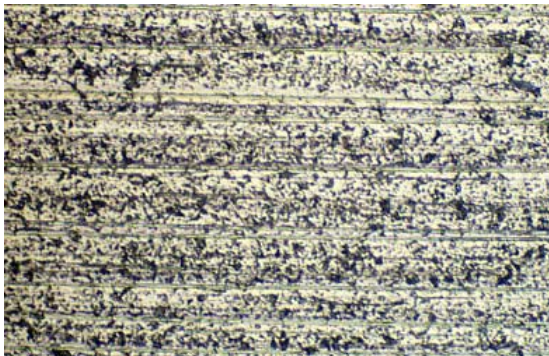
Wafering blade 와 결합된 Matrix 또한 Blade 의 절단 성능에 영향을 미칠 수 있다. Metal bond wafering blade 는 절단성능을 유지하기 위해 정기적인 드레싱이 요구된다. 일반적으로 잘못 알려진 상식에는 Wafering blade 의 절단속도가 감소되는 이유가 Blade 에서 다이아몬드 및 연마제가 떨어져 나가기 (Pull out)때문이라고 알고 있다는 것이다. 하지만 사실은, Metal bond blade 의 경우 연마제가 표면에 도포되거나 연마제의 절단 모서리가 노출되는 것을 방해한다. 이런 경우 비교적 부드러운 세라믹 연마제를 사용한 정기적인 드레싱을 해주면, 재료의 표면 오염물질이 제거되고 절단속도도 회복된다. 그림 3-6 은 Silicon nitride 와 같은 매우 강한 재료의 절단에 사용한 저 농도 Diamond blade 를 표준 Grit 의 Dressing stick 으로 연마했을 때의 효과를 나타내었다. Dressing 을 하지 않으면, 절단 속도는 절단 작업 후 상당히 감소되게 된다. Blade 를 Dressing 한 후에는 시편을 새 Blade 처럼 절단할 수 있다. 또한 Blade 를 Conditioning 및 Dressing 하는 Dressing fixture 는 Wafering blade 의 파손 및 Chipping 의 위험을 감소시키기 위해 권장된다. Blade 의 Dressing 은 매우 경량의 하중(< 100 gram)과 저속(<200rpm)에서 실시하는 것이 바람직하다.



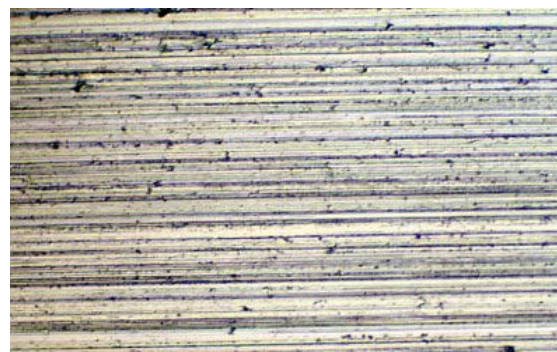


절단 시 변수

대부분의 Wafer 절단은 50~5000rpm 과 10~1000gram 의 하중 사이에서 실시된다. 일반적으로, 강한 재질의 시편일수록(ex. 세라믹과 미네랄) 높은 하중과 고속에서 절단하며, 취성이 있는 시편일수록 저 하중과 저 속에서 절단한다(ex. electronic silicon substrates). 경질/연질 세라믹 절단 시 저속 및 저 하중에서 실시하는 것이 높은 속도와 높은 하중에서 실시하는 것보다 절단효율이 향상되는 결과를 나타내었다. 하기그림은 Zirconia 절단면을 저속/저 하중(그림 3.8a)과 고속/고 하중(그림 3.8b)에서 비교한 것이다. 보이는 바와 같이 부분적으로 Zirconia 는 고속/고 하중에서 절단된 것이 파괴 및 Grain pull out 현상이 덜 나타났다. 이러한 관측결과는 유관 관측결과와는 반대되는 것이기는 하지만, 경질/연질 세라믹의 경우, 높은 절단속도와 하중은 시편에 측면방향 대신 절단 방향으로 균열을 생성시키는 결과를 발생시킨다.



Partially stabilized zirconia sectioned at low speeds and low loads



Partially stabilized zirconia sectioned at high speeds and high loads

Wafer 절단의 경우, 절삭유를 사용하는 것이 권장된다. 양질의 절삭유에는 다음의 특성을 포함하고 있다:

- 금속 절단 입자를 제거 및 부유시킨다.
- Blade 와 시편을 윤활한다.
- 시편, Blade, 절단기 부품의 부식을 감소시킨다.

일반적으로 절삭유는 Water-based 및 Oil-based 이다. Water-based cutting fluid 는 세척이 쉬우므로 가장일반적으로 많이 사용되며, Oil-based 절삭유는 일반적으로 윤활효과가 더 큰 장점이 있다.



Oil and water-based cutting fluids

권장되는 Diamond Cutting 절차

- 시편을 절단하기 전에, 적합한 Dressing stick 을 사용하여 Wafering blade 를 Conditioning 및 Dressing 한다.
- 시편이 절단 중에 움직이지 않게 견고하게 고정시킨다. 가능하다면, 시편 절단 시 마지막에 생성되는 Cutting burr(끝 말림)를 방지하기 위해 시편의 양쪽을 고정시켜서 절단하는 것이 바람직하다.
- 깨지기 쉬운 재료일 경우 절단 시 발생하는 진동을 흡수시키기 위해 고무패드로 시편을 고정시킨다.
- 절단을 시작할 때는 Blade 가 절단위치를 자연스럽게 잡을 수 있게 낮은 힘을 가한다.
- 가장 작은 단면을 절단할 수 있게 시편위치를 설정한다.
- 코팅층이 있는 시편의 경우, 코팅층을 먼저 절단함으로써 코팅층의 박리를 방지한다.
- 절단 동안 Blade 의 Wobbling 및 Flexing 을 방지하기 위해 Blade 의 가장 큰 Flange(Blade 측면 지지대)를 사용한다.
- 깨지기 쉬운 시편의 경우 절단 끝 부분에서 깨지므로 하중을 감소 시켜야 한다.
- 적합한 절삭유를 사용한다.

문제해결 가이드

증상	원인	해결책
Blade 의 국부 손상 및 파손	부적절한 Blade dressing 시편의 고정이 느슨할 경우 초기 절단 하중이 너무 클 경우	Dressing fixture 를 사용 고무패드로 시편을 고정 절단위치를 잡을 수 있게 초기 절단 시 아주 작은 하중으로 가볍게 절단시작
심한 Blade 의 Wobble(흔들)	절단 하중이 너무 높은 경우	가 하중을 감소시키거나 좀 더 큰 직경의 Support flange(Blade 측면 지지 Cap)를 사용
느린 절단속도	Blade 위에 윤활막이 있는 시편을 절단하는 경우 너무 낮은 절단속도 및 하중	<100gram 과 <200rpm 이하에서 다시 Blade 를 Dressing. 절단속도와 하중을 증가. 절단면을 최소화하기 위해 시편을 회전.


과도한 시편 손상 및 부스러기 발생	너무 큰 연마제 과도한 진동	좀더 미세한 다이아몬드 입자를 보유한 Blade 를 사용. 시편을 고무패드로 고정.
절단 종료 시 시편 끝 말림 발생	절단 종료 시 절단 하중과 속도가 너무 높은 경우. 과도한 진동.	속도와 하중을 급격히 감소시켜 저속 저 하중에서 절단. 시편을 고무 마운팅 패드로 고정.

Diamond Cutting 소모품 정보

3" Diameter (76.2 mm) Wafering Blade, 1/2" (12.7 mm) Arbor

Application	Conc.	Diamond size	Thickness	Catalog Number	Figure
Brittle materials (microelectronic materials, friable ceramics, minerals)	Low	Fine	0.006"	WB-0030LC	
Hard/tougher ceramics (Si ₃ N ₄ , ZrO ₂)	Low	Medium	0.006"	WB-0035LC	
Most metal samples	High	Medium	0.006"	WB-0035HC	

4" Diameter (102 mm) Wafering Blade, 1/2" (12.7 mm) Arbor


Application	Conc.	Diamond size	Thickness	Catalog Number	Figure
Brittle materials (microelectronic materials, friable ceramics, minerals)	Low	Fine	0.012"	WB-0040LC	
Hard/tougher ceramics (Si ₃ N ₄ , ZrO ₂)	Low	Medium	0.012"	WB-0045LC	
Most metal	High	Medium	0.012"	WB-0045HC	

samples					
---------	--	--	--	--	--

5" Diameter (127 mm) Wafering Blade, 1/2" (12.7 mm) Arbor


Application	Conc.	Diamond size	Thickness	Catalog Number	Figure
Brittle materials (microelectronic materials, friable ceramics, minerals)	Low	Fine	0.015"	WB-0050LC	
Hard/tougher ceramics (Si ₃ N ₄ , ZrO ₂)	Low	Medium	0.015"	WB-0055LC	
Most metal samples	High	Medium	0.015"	WB-0055HC	

6" Diameter (153 mm) Wafering Blade, 1/2" (12.7 mm) Arbor


Application	Conc.	Diamond size	Thickness	Catalog Number	Figure
Brittle materials (microelectronic materials, friable ceramics, minerals)	Low	Fine	0.020"	WB-0060LC	
Hard/tougher ceramics (Si ₃ N ₄ , ZrO ₂)	Low	Medium	0.020"	WB-0065LC	
Most metal samples	High	Medium	0.020"	WB-0065HC	

Electroplated Diamond Wafering Blades, 1/2" (12.7 mm) Arbor


Application	Blade Diameter	Catalog Number	Figure
-------------	----------------	----------------	--------

4-inch Electroplated Diamond blade for soft gummy materials such as plastics, rubber, PCB's and other soft materials	4-inch	EPD-0040	
5-inch Electroplated Diamond blade for soft gummy materials such as plastics, rubber, PCB's and other soft materials	5-inch	EPD-0040	
6-inch Electroplated Diamond blade for soft gummy materials such as plastics, rubber, PCB's and other soft materials	6-inch	EPD-0040	

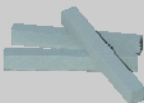
CBN Wafering Blades, 1/2" (12.7 mm) Arbor

Application	Conc.	Grit size	Thickness	Catalog Number	Figure
4-inch CBN wafering blade (medium grit, high concentration)	High	Medium	0.012"	WCBN-0045	
5-inch CBN wafering blade (medium grit, high concentration)	High	Medium	0.015"	WCBN-0055	
6-inch CBN wafering blade (medium grit, high concentration)	High	Medium	0.020"	WCBN-0065	

CUTTING FLUID

Description	Quantity	Catalog Number	Figure
Water-based wafer cutting fluid	16 oz (0.47l) 32 oz (0.94l)	WL-3000-16 WL-3000-32	
Oil-based wafer cutting fluid	16 oz (0.47l) 32 oz (0.94l)	OL-3000-16 OL-3000-32	

Dressing stick.

Description	Quantity	Catalog Number	
Dressing sticks (medium grit)	each	DRES-0050	

-Chapter 4 Specimen mounting 에서 계속-