

CMP 공정에 사용되는 연마 소모자재 기술의 이해



정해도

부산대학교 전기전자공학부 교수

1. CMP용 소모자재 관련기술

1.1 CMP용 연마소모자재의 4요소

종래의 실리콘 단결정 웨이퍼의 연마에서는, 패드, 슬러리, 피가공물의 지지수단이 연마웨이퍼 (Polished Wafer)의 평탄도, 면거칠기 등의 주요 품질을 결정하는 자재요인이므로, 연마용 자재의 3요소로 속칭되어 왔다. 그러나 디바이스공정에서의 CMP에 대해서는, 특히 배치마다 연마의 재현성이 요구되고, 이를 확보하는 것이 양산화를 위한 필수조건이다. 따라서, 종래의 단결정 웨이퍼의 연마에서는 주로 노하우나 숙련도에 의존하는 연마패드의 수정(Dressing or Conditioning)방법은 연마자재를 효율적으로 최대한 사용하기 위한 제4의 요소(Table 1)로 간주할 수 있다.

이들 각 요소는 당연히 연마기의 구조나 가공조건의 선정에 따라 다양한 조합이 가능하지만, 동시에 상관관계도 있어 한 인자를 변화시키면 다른 자재요소도 영향을 받기 때문에 순수하게 단일요소만을 변화시킴 평가하기가 곤란한 것도 연마의 기구해석을 복잡하게 하는 원인의 하나라고 말할 수 있다.

Table 1. CMP용 연마소모자재의 4요소

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 연마패드(Polishing Pad) 2. 연마슬러리(Polishing Slurry) 3. 탄성지지대(Backing Film) 4. 연마패드 표면상태 유지기구(Conditioner) |
|--|

1.2 슬러리

1.2.1 종류

CMP는 화학액과 연마입자로 구성된 슬러리의 화학작용과, 연마기의 기계작용의 조합에 의해 수행된다. 일반적으로 슬러리는 제거대상의 종류 및 특성에 따라 다양한 종류를 갖는다. 즉 KOH, NH₄OH 등의 알칼리 용액에 80~230nm의 입경을 갖는 실리카(SiO₂), 알루미늄(Al₂O₃), 세리아(CeO₂), 다이아몬드 등의 연마입자가 현탁된 것이다. 절연막이나 배선층의 제거속도(MRR)나 표면품위를 결정하는 슬러리의 인자로서는, 연마입자의 크기, 분포 및 화학특성, 콜로이드 안정성, 슬러리의 공급속도 등이다. 그리고 제조업자 및 용도에 따라 다양한 종류가 있지만, 크게 절연막(Oxide)과 금속(Metal)용 슬러

리로 구분할 수 있다.

1.2.2 절연막 CMP용 슬러리(Oxide Slurry)

절연막 CMP용 슬러리는 개발역사가 길며, 연마유리산업에서 그 근원을 갖는다. 일반적으로 TEOS, BPSG 및 열산화막과 같은 절연막의 연마용 슬러리는 실리카계가 사용되며, Table 2는 주성분인 SiO₂의 종류를 나타낸다.

Stouber법에 의한 실리카 슬러리가 고순도라는 점은 우수하지만, 제조 코스트가 높다는 등 몇 가지 문제가 있어 실제로는 사용되고 있지 않다. Table 3은 ILD1300(Rodel-Nitta Corp.의 상품명)의 특성의 일부를 나타낸다.

실리카계 슬러리는 실리콘 단결정에서의 현재까지 실적을 고려하여, 주로 미국에서 널리 사용되고 일본에서도 그 방향이 검토되고 있지만, 연마제거속도에서 한계가 있다. 다층배선의 구성 프로세스 상, 층간

Table 2. 연마슬러리에 사용되는 SiO₂의 종류 및 특징

SiO ₂ 종류	출발원료	제조공정	평균입자경 (nm)	특징
콜로이드알 실리카	물유리	이온교환법	10~100	저가, 반영구현탁액
습식식 실리카	물유리	습식법	100~5000 ¹⁾	저가
폼드 실리카	SiCl ₄	기증가수분해법	50~1000 ¹⁾	고순도
Stouber법 실리카	유기 시란 (TEOS등)	Stouber법	10~10000	고순도

슬러리의 코스트 측면에서는 이온 교환법에 의한 콜로이드알 실리카를 이용하는 것이 유리하며, 단결정 실리콘의 연마 슬러리로서 현재 이용되고 있지만, 이 콜로이드알 실리카는 입자지름이 작고 표면활성이 매우 높으므로 산화막과 쉽게 응착을 일으켜 반응물 제거가 곤란하고, 출발물질이 규산나트륨이므로 최종제품에서 Na⁺를 위시한 금속원소를 허용범위 이하로 낮출 수가 없으므로 CMP용도로 사용되지 않는다. 단 폴리실리콘의 연마에 대해서는 사용이 검토되고 있다. 연마의 업계용어로서 사용되고 있는 콜로이드알 실리카라는 것은, 이화학용어로서 콜로이드 용액성을 갖는 실리카 입자의 현탁액이라는 의미가 아니고, 규산나트륨을 출발물로 하는 이온 교환법에 의한 실리카입자 현탁액이라는 협의의 의미이므로 주의할 필요가 있다.

한편 폼드 실리카(Fumed silica)로 불리는 건식 화염처리에 의해 조제된 SiO₂는 코스트적으로는 불리하지만, 금속불순물량이 작으며, 2차 응집한 입자지름의 편차가 비교적 넓으므로 CMP용 슬러리의 주류로 되어있다. 따라서 절연막용 슬러리는 KOH가 1%이하인 알칼리 수용액에 폼드 실리카(Fumed silica)입자가 콜로이드알 상태로 현탁된 것이다. 구체적으로, 실리카 입자의 크기는 7~140nm, 체적비는 12~30%, 비중은 1.0~2.0, pH가 10~11인 범위를 갖는다. 그리고 TEOS를 출발재료로 한, 즉

Table 3. ILD1300(Rodel-Nitta Corp.의 상품명)의 특성

평균입자지름(nm)	140	
pH(25℃)	10.7	
SiO ₂ 농도(%)	13	
비중(25℃)	1.07	
점도(cps)	4	
불순물금속(ppb)	Ca	30
	Cr	60
	Cu	60
	Fe	100
	K	100
	Mg	<10
	Na	10
	Ni	50
	Sn	<30
	Zn	5

절연막 두께를 어느 정도 두껍게 한 경우, 생산성을 고려하면 더욱 높은 연마제거속도가 요구된다. 산화세륨을 연마입자로 한 슬러리는 실리카 슬러리에 비

해 3~4배의 연마제거속도를 얻을 수 있다. 즉 4000 A/min에 가까운 연마제거속도를 얻을 수 있으므로 매력적이다. 그러나 현재의 산화세움으로서의 평탄도, 가공표면품질, 불순물금속레벨 등에 있어서 실리카계 슬러리와 비교하여 뒤떨어지는 경향이 있어 향후 검토과제로 남아있다.

1.2.2 금속배선 CMP용 슬러리(Metal Slurry)

금속배선 CMP용 연마 슬러리로서는 알루미늄(Al_2O_3)을 연마입자로 갖는 슬러리 및 실리카를 갖는 슬러리가 검토되고 있다. Table 4는 주요 금속배선용 슬러리의 일례를 나타낸다.

Table 4. 금속CMP용 슬러리(Rodel-Nitta Corp.)

품명	연마입자	고형분 (%)	입자지름 (nm)	pH	적용금속	비고
MSW1000	Al_2O_3	14	230	4.0	W	H_2O_2 와 혼합(1:1)
XJFW7355	Al_2O_3	3.5	210	3.6	Cu, Al	H_2O_2 와 혼합(1:1)

일반적으로 금속 CMP용 연마 슬러리는 절연막 CMP용 슬러리와는 완전히 다른 화학조성을 갖는다. 우선 pH 2~4의 산성용액에 주로 알루미늄 연마입자를 분산시킨 것으로, 상대적으로 짧은 사용유효기간(Shelf life)을 갖는다. 즉, 연마입자가 콜로이드 상태로 존재하지 않으므로, 사용전이나 동안에 기계적인 교반을 필요로 한다. 교반을 하지 않을 경우 빠르게 응집해 버리고, 이는 입자크기의 분포를 크게 하여 가공표면에 결함을 유발시키게 하기 때문이다. Contact hole, Via hole 및 배선의 금속재료로서는 현재 텅스텐(W), 알루미늄(Al), 동(Cu) 등이 있다. 이러한 금속 CMP용 연마 슬러리에 요구되는 특성으로는 ① 금속에 대하여 적당한 연마제거속도를 가질 것, ② 금속과 층간절연막의 선택비가 충분히 높을 것, ③ 연마표면품질이 높을 것, ④ Dishing이나 Thinning 등을 일으키지 않을 것 등이다. 이른바 damascene process는 다층배선을 위한 유력한 방법으로 평가되고 있어, 연마 슬러리에 대한 기대도 매우 크다. 한편 실리카 및 산화망간 베이스의 슬러리에 대한 검토도 최근 이루어지고 있다.

1.2.3 pH가 미치는 영향

슬러리의 pH는 실리카 입자의 분산에 매우 중요한 역할을 한다. 실리카 입자는 표면전하를 띠고, 전하의 부호와 크기는 슬러리의 pH에 의존한다. Zeta potential이란 액체 속에 부유하는 콜로이드입자의 표면전위를 나타내는 것으로, Fig. 1에 나타낸 것과 같이 확산층(Diffuse layer)의 시작점과, 음이온과 양이온의 수가 같은 중화점 사이의 전위차를 말한다. 이 Zeta potential은 pH의 증가와 함께 감소하고, 중성 이상의 pH에 대하여 (-)값을 갖는다. 실리카 슬러리 수용액의 점도는 pH 7.5이하에서 매우 높으며, pH 7.5이상에서는 실리카 입자가 정전기적 반발에 의해 분산되어 점도는 급격히 떨어진다. 그리고 pH 10.7이상에서는 입자가 용해하여 규산염(Silicate)을 형성하고, 수소이온의 고 집중도가 산화막의 에칭속도를 증가시킨다.

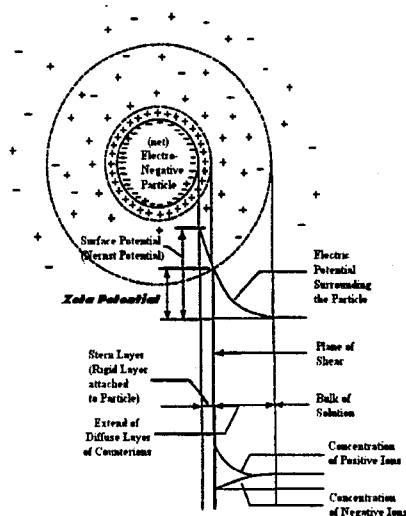


Fig. 1. Electric double layer and zeta potential of a charged particle

산화막의 제거속도는 일반적으로 슬러리의 pH와 입자크기의 함수이다. Fig. 2에 나타내듯이, 입자지름

이 110nm이고 집중도가 9%인 상태에서 pH가 9.5에서 11.5로 증가한 경우, 제거속도는 400A/min 증가하였다. 그리고 보다 입경이 작은 80nm의 경우에도 약 600A/min 증가하였다(Fig. 3). 그러나, 평탄화 가공에서 pH값의 증가에 따른 제거속도의 향상은 평탄화 측면에서는 효과적이지 못하다. 즉, 화학적 제거효과의 향상은 결국 패턴의 오목 및 돌출부위에 동등한 제거효과를 유발시켜, 평탄도를 악화시키기 때문이다.

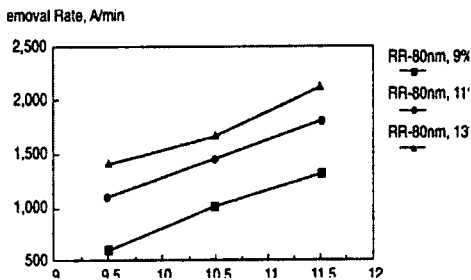


Fig. 2. Removal rate versus pH for oxide CMP 1(Source : Rippey Corp.)

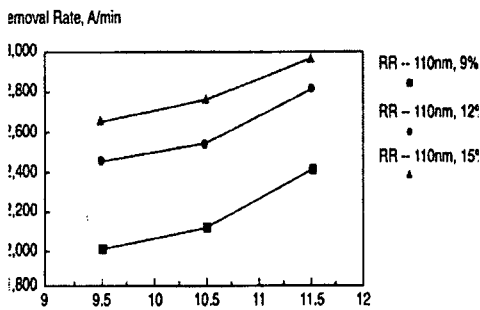


Fig. 3. Removal rate versus pH for oxide CMP 2(Source : Rippey Corp.)

1.2.4 연마입자가 미치는 영향

Fig. 2, 3에서 보듯이, 입자크기가 연마제거속도에 미치는 영향은 매우 크다. 즉 pH 9.5이고 입자집중도가 9%인 상태에서, 입자크기가 110nm인 슬러리는 2,000 A/min인 반면, 입경이 작은 80nm의 경우는 600A/min의 제거속도를 나타내었다. 입자집중도 역시 연마제거속도를 좌우하는 주요인자이다. Fig.

2에서 보듯이, 입자집중도가 9%인 경우 2,000 A/min임에 비해, 12%에서는 2,450A/min, 그리고 15%에서는 2,650A/min의 연마제거속도를 각각 얻을 수 있었다. 절연막 평탄화에 대한 pH와 연마입자가 미치는 영향을 SC-1(제조원 : Rippey)슬러리를 이용하여 열산화막에 적용한 결과를 토대로 요약하면 다음과 같다.

1. pH값 1의 증분당 열산화막 제거속도는 7.4~14.9% 증가하였다.
2. 입자집중도가 9%에서 12%로 증가함에 따라 12.0~20.5% 증가하였다.
3. 입자집중도가 12%에서 15%로 증가함에 따라 7.0~9.7% 증가하였다.
4. 입경 80nm(SC-720슬러리)에서 110nm(SC-1슬러리)로 바꾸었을 때, 연마제거속도는 1.5~2.9배 증가하였다.

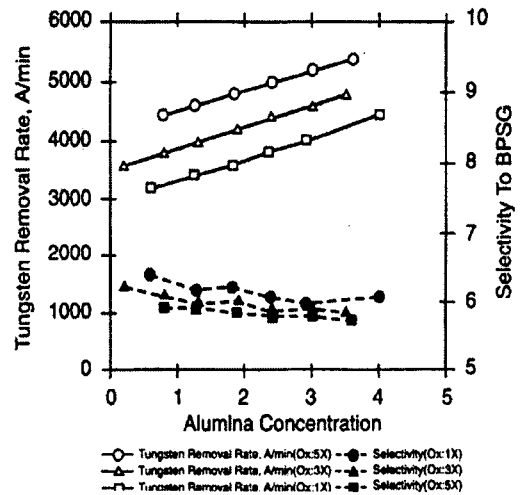


Fig. 4. Removal rate of W and selectivity of BPSG with alumina concentration (Source : Rippey Corp.)

Fig. 4는 알루미늄 집중도가 텅스텐의 연마제거속도와 BPSG에 대한 선택비에 미치는 영향을 나타낸다. 알루미늄 집중도의 증가는 연마제거속도를 크게 향상시키나, 선택비에 대해서는 거의 효과가 없다. 한편, 산화제(Oxidizer)의 집중도가 텅스텐의 연마제거속도의 향상에 미치는 영향을 살펴보자. 알루미늄 집중도 2.5에 대하여, 산화제 집중도가 1×인 경우에 3,750A/min에서, 5×증가하였을 때 5,000A

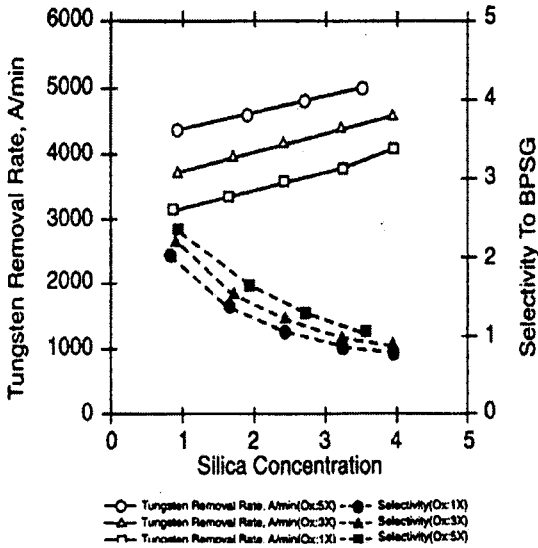


Fig. 5. Removal rate of W and selectivity of BPSG with silica concentration (Source : Rippey Corp.)

/min로 향상하였다. 특히 하층 BPSG에 대한 선택비는 약 6배 증가하였다. 일반적으로 금속배선 평탄화에 대해서는 알루미늄 슬러리가 실리카 슬러리보다 선호되고 있는데, 그 이유는 하층 산화막에 대한 높은 선택비 때문이다. Fig. 5는 이러한 효과를 나타낸 것으로, 실리카 슬러리의 BPSG에 대한 선택비는 실리카 집중도가 감소함에 따라 1~2의 범위로 떨어진다. 텅스텐에 대한 연마제거속도는 알루미늄 슬러리와 비교하여, 연마입자 및 산화제 집중도가 동등할 때 비슷한 결과를 얻는다.

텅스텐과 하층 산화막에 대한 연마제거속도의 선택비는 산화막의 종류에 따라 역시 영향을 받는다. Fig. 6은 텅스텐과 TEOS간의 선택비는 알루미늄 및 산화제의 감소에 따라 120에서 175의 범위를 갖는 반면, BPSG에 대한 선택비는 겨우 6에 지나지 않는다. 이러한 인자들은 디바이스 기술자들에 의해 CMP 라인에서 공정변수로 고려되고, 특히 디바이스를 구성하는 재료의 선택시에 충분히 재고되어야 할 것이다.

1.2.5 슬러리 공급업체

대부분의 슬러리 제조업체는 절연막과 금속배선 CMP용 슬러리를 즉시 사용할 수 있는(ready-to-use)상태로 조제, 생산 및 판매하고 있으며, 극비로

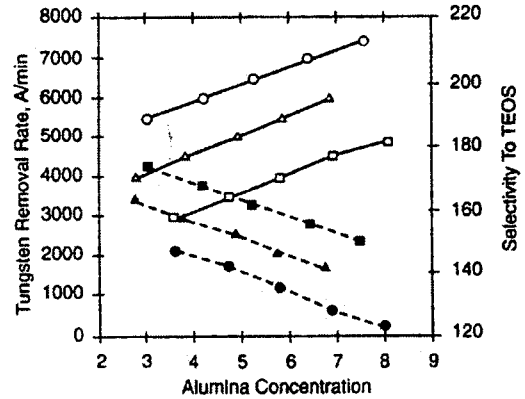


Fig. 6. Removal rate of W and selectivity of TEOS with alumina concentration (Source : Rippey Corp.)

주문생산하고 있는 실정이다. Cabot는 세계시장의 약 80%를 점유하는 최대 슬러리 공급업체이다. 나머지는 화학산업과 연결된 미국의 작은 국영기업들로 구성된 슬러리 제조업체가 차지한다. Cabot는 주생산품목이 인쇄용 잉크 등의 원료가 되는 카본블랙(Carbon black)을 생산하는 매출 18억불의 화학회사이다. 그리고 반도체 산업에 대한 CMP시장을 개척한 제조업체들 중의 하나라고 볼 수 있다. Cabot가 갖고 있는 장점을 몇 가지 살펴보면, 우선 절연막 CMP용 슬러리의 원자재인 폼드 실리카를 Cab-O-Sil division에서 생산하고 슬러리 제조에 대한 오랜 경험을 갖고 있다. 그리고 폼드 실리카에 대한 주요 시장은 자동차, 건설 및 플라스틱 산업 등에 이미 형성되어 왔다. Cabot의 탄탈(Tantalum)관련제품은 마이크로 커패시터에 사용되는 등, 반도체 산업과 상당한 유대관계를 갖고 있다.

Cabot는 CMP시장에 보다 적극적으로 대응하기 위해, 1996년에 슬러리 제조 및 생산을 전담할 Microelectronic Materials Division을 만들고, 미국 일리노이주 오로라에 연구소와 공장을 설립하였다. 현재 1998년까지 미시간, 미드랜드에 1,600만 파운드 규모의 폼드실리카를 제조하기 위한 공장을 완성하기 위해 5,000만불의 자산확장을 하였다. 그리고 Cabot는 금속 특히, 텅스텐 CMP용 슬러리를

위해 알루미늄 슬러리를 필드테스트하고 있다. Cabot의 관심사는 세계시장에 있다. 1995년에 Cabot의 판매회사였던 Rippey의 자산 일부를 인수 하였으나, 1996년에 두 회사로 나누어져 모두 판매를 직접 하고있는 실정이다. 그리고 층간절연막용 콜로 이달 실리카 슬러리를 생산하는 Hoechst/Soution Technology는 나노미터 크기의 고순도 실리카를 타 사에 비해 응집하지 않는 제조기술을 갖고 있다. 기타 Moyco Technologies, SpeedFam, Rodel, Logitech, Fujimi, Bayer, Praxair, Intersurface Dynamics, Baikowski 및 Wacker 등이 슬 러리를 제조 혹은 판매하고 있다.

1.3 연마패드

1.3.1 종류

일반적으로 연마패드는 경질 폴리우레탄(a foamed, crosslinked polymer)이나 폴리우레탄이 함침 혹은 코팅된 부직 폴리에스테르 펠트(non-woven polyester felt)가 주류를 이루고 있으며, 크게 2가지 기능을 수행한다. 첫째, 패드표면의 기공(Open pores)은 슬러리의 유동을 원활하게 하며, 둘째, 발포용기(Foam cell walls)는 웨이퍼 표면으로부터 반응물을 제거하는 기능을 각각 갖는다. 이와 같이 연마패드는 CMP의 화학 및 기계적 측면을 지원하게 된다.

일반적으로 CMP가공 중에 패드는 Fig. 7에서 보는 바와 같이, 디바이스 패턴의 대소조밀에 의해 응력집중에 차이가 발생하여 탄성변형을 한다. 그리고 응력집중이 큰 부위일수록 연마제거속도는 상대적으로 크게

나타나게 된다. 연마패드의 경도는 연마제거속도의 균 일성(Uniformity)에 크게 영향을 주며, 일반적으로

1. 경질패드는 칩 내부(Within-the-die)에 대해서는 국소 평탄화특성(Local planarization)은 좋으나, 표면결함 등을 발생시키는 단점이 있다.
2. 연질패드는 웨이퍼의 표면품질특성을 좋으나, 패턴의 대소조밀에 따른 연마제거속도의 편차를 발생시키는 단점이 있다(Pattern Sensitivity).

종래의 CMP용 패드는 주로 유리나 단결정 실리콘 웨이퍼 연마공정으로부터 도입되었으나, 최근 CMP에 적합하게 사용되기 위해 개선되고 있다. 예를 들면, IC-60(Rodel)은 원래 유리 연마용으로 사용되었으나, 패턴에 적용할 경우 많은 표면결함을 유발시킨다. 이에 IC-60과 같은 기능을 가지면서 스크래치를 생성시키지 않는 IC-1000이라는 패드를 개발하여 CMP에 적용하기 시작하였다.

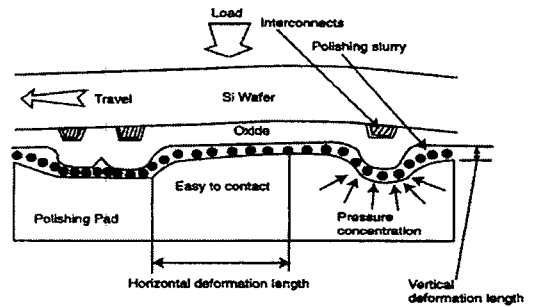


Fig. 7. Pad deformation during CMP

Table 5. Oxide CMP pad properties and performance

Pad Type	Thickness (mm)	Density (mg/cc)	Compressibility	Removal Rate (A/min)	W/W Non-Uniformity
IC-1000 (unfilled)	1.692	0.738	7.568	1400	6.0%
LPS-50 (ox filler)	1.419	1.406	0.919	1100	4.5%
LPU-50 (unfilled)	1.374	0.534	6.077	1400	10.8%
TLP-88 (Ceria)	1.374	1.081	1.056	1100	8.0%
LTP-50 (Ceria)	1.362	0.611	7.757	1500	5.0%

1.3.2 성능

패드의 성능은 기본적으로 경도, 표면상태 및 압축 변형량에 의해 결정된다. 우선 절연막 CMP용 패드의 요구조건으로, 슬러리에 의해 화학적으로 에칭된 절연막 반응생성물을 제거하기 위해 단단하고 거친 표면(Hard and porous)을 가질 필요가 있다. 금속 CMP용 패드의 조건은 연마될 금속에 크게 좌우된다. 이를 요약하면 다음과 같다.

1. 알루미늄의 경우, 그 자체가 연질이며 더럽혀지고 손상되기 쉬우므로 연질패드가 바람직하다. 연질 패드를 적용하여 연마제거속도 3,000Å/min, 산화물에 대한 선택비 40:1을 얻을 수 있었다.
2. 경질금속인 텅스텐의 경우, 경질의 패드를 선정하는 것이 유리하다. 실제, 연마제거속도 2,000Å/min, 산화물에 대한 선택비 20:1을 얻을 수 있었다.
3. 구리에 대해서는, 알루미늄과 텅스텐의 중간경도의 경도를 갖는 패드가 적절하다. 실제, 연마제거속도 4,000Å/min, 산화물에 대한 선택비 100:1을 얻을 수 있었다.

Table 5는 절연막 CMP용 패드의 성능과 특성을 나타낸다. 일반적으로 패드의 밀도가 낮을수록, 압축 변형량이 클수록 연마제거속도는 향상된다.

1.3.3 층간절연막 CMP용 패드제품(Rodel Corp.)

Fig. 8은 현재 시판되고 있는 각종 연마패드를 구조 및 제조법에 따라 분류한 계통도를 나타낸다. 기존 연마패드의 대부분은 발포재료이고, 습식 및 건식 어느 경우에도 어느 정도의 탄성을 요구하므로 폴리우레탄이 주원료로 이용되고 있다. CMP에는 연마패드의 압축변형량이 평탄도 및 잔류박막의 균일성에 직접 영향을 미치므로 IC계의 독립발포체 연마패드를 주로 이용하고 있다.

단차가 존재하는 웨이퍼 표면을 평탄화하기 위해서는 압축변형량이 적고 단단한 IC-1000이 바람직하다. 단, 현재의 6인치 및 8인치 웨이퍼에서는 평탄화하려고 하는 대상박막에 비해 변형(Warp)이나 두께 편차가 매우 커서 IC-1000 단독으로는 웨이퍼 전체의 균일성을 확보할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 하층에 Suba-400과 같은 쿠션층을 붙여 2층구조 패드를 제작하였다. 따라서, 현재 층간절연막의 평탄화에 주로 사용되는 패드는 IC-1000/Suba400 패드이다. 표면층의 고경도 패드가 Local Planarity를, 하부층의 연질패드가 Global Uniformity를 실현시키는 역할을 한다.

그리고 습식발포형 Sweat type의 Supreme RN-H는 연마정반을 2개 보유한 장치에서 세정용 후

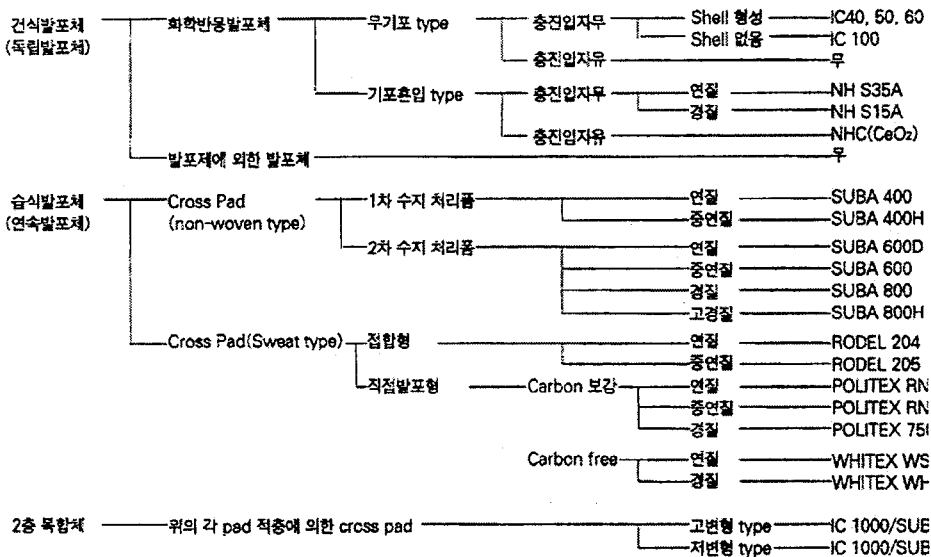


Fig. 8. Classification of CMP pad

은 피니싱용으로 사용된다. 습식발포형 부직포를 하부층으로 하고, 폴리우레탄 수직발포구조의 표면층을 갖는다. 경도가 낮고, 부드러운 접촉을 유지하며 수명이 긴 것이 특징이다. 세정성의 향상과 웨이퍼 반송 트러블을 방지하기 위해 표면에 패턴닝을 하였다.

한편, 현재 IC-1000/Suba400 패드를 제1세대라고 하면, 제2, 3세대 패드로 IC-1400, Q-2000이 있다. IC-1400은 웨이퍼면내의 균일성 향상과 패드의 수명을 연장시킬 목적으로 개발된 패드이다. 제1세대와 동일한 2층 구조이고, 표면층은 IC-1000을 사용하며, 완충재가 되는 하부층에 IC-1000과 동일한 독립발포 구조체를 채용하고, 제1세대에서 문제가 되었던, 침수성, 압축특성의 경시변화를 개선하며 균일성의 향상을 도모하였다. 표면에는 중심원상의 홈가공을 하였다.

Q-2000은 Local Planarity를 보다 향상시키고, 컨디셔닝의 연마특성에 대한 의존성을 저감시킬 목적으로 개발된 패드이다. 마찬가지로 2층 구조를 갖지만, 표면층을 종래의 독립발포로부터 고경도의 미발포형태인 폴리머 시트로 제작하였다. 그리고 역시 슬러리의 유동성을 확보하기 위해 홈가공을 표면에 실시하였다. 매우 단단한 패드이므로, 슬러리, 탄성지지대(Backing Film), 컨디셔닝 등을 전면 재검토할 필요가 있다. 이상 CMP용 연마패드들의 향후 적용 추이를 Fig. 9에 나타낸다.

1.4 탄성지지대(Backing film)

웨이퍼 지지방식으로는 ① 왁스접착법, ② 진공흡착법, ③ 탄성지지법이 있다. 현재는 ② 혹은 ③ 또는 병용하고 있는 실정이고, 웨이퍼 제조업체의 배치연마에서는 ①이 주류를 이루고 있으나, CMP에서는 적용할 수 없다. 탄성지지대는 단순히 웨이퍼를 배면으로부터 지지할 뿐만 아니라, CMP의 균일성을

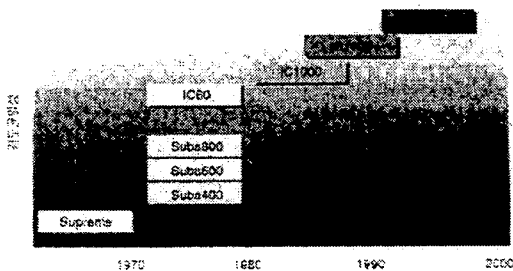


Fig. 9. Transition of CMP pad application

좌우하는 요인이므로 매우 중요하다고 볼 수 있다.

현재 탄성지지방식으로는 ① Air Back방식, ② Water Back방식, ③ Backing Film방식이 있다. ①과 ②의 방식에서, 웨이퍼 배면과 접하는 재료는 당연히 미발포상대인 실리콘계 및 합성고무계 라텍스 필름이 중심을 이루는 것으로 추정된다. 한편, 진공척과 병용한다든가, 단독으로 사용되는 물의 표면장력을 이용한 ③의 경우는, 역시 폴리우레탄의 습식발포에 의한 필름이 주류이며, 연마가공조건에 맞추어 압축변형량이 다른 재료로부터 선정하여 사용하는 것이 현실이다.

어떤 경우는 두께편차나 변형이 어느 정도 존재하는 현재의 웨이퍼를 배면으로부터 지지하고 웨이퍼 표면기준으로 연마를 하기 위해, 적절한 탄성지지대의 선정이 필요하다. 그리고 웨이퍼 배면과 캐리어 플레이트사이의 이물질 혼입에 의한 연마결함 방지효과도 기대된다.

현재, Rodel Corp.의 상품으로는 R201, R202, R203, R204 및 NF200이 있으며, 웨이퍼 표면기준 연마를 하기 위해, 압축률 30%정도의 NF200이 널리 사용되고 있다. 폴리에스테르 시트에 폴리우레탄 수직발포층의 적층 구조를 가지며, 폴리우레탄 발포층이 웨이퍼의 흡착과 표면기준연마를 실현시킨다. 그리고 캐리어 플레이트에 뚫은 진공흡착 및 배압용의 구멍과 맞추어, 탄성지지대에도 복수의 구멍을 뚫고 구멍의 가공정도 및 균일배압 등이 중요한 설계기준이 된다. 균일성을 향상하기 위해, 폴리에스테르 시트위에 폴리우레탄 수직발포층을 접착제 없이 형성 가공한 고경도 탄성지지대인 R200 시리즈가 있다. 사용하는 CMP장치, 웨이퍼 및 가공법에 맞추어 경도를 선택할 필요가 있다. Fig.10, 11, 12는 그 주요특성을 나타낸다. 그러나, 연마패드와 같이 가공이 진행됨에 따라, 압축특성이 변화하고, 웨이퍼의

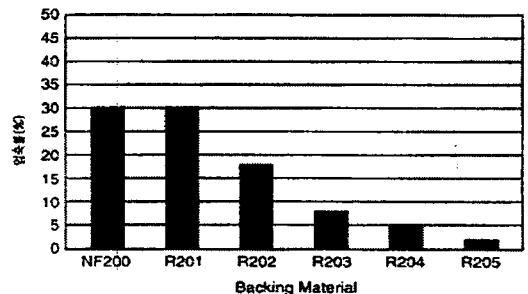


Fig. 10. Compressibility of backing film (Rodel)

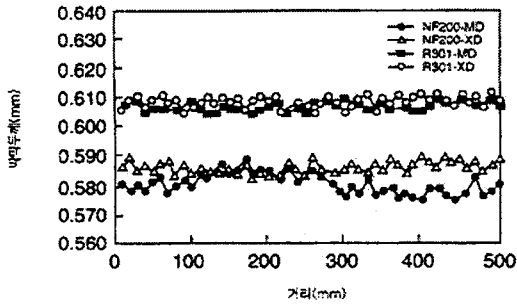


Fig. 11. Thickness variation of backing film (Rodel)

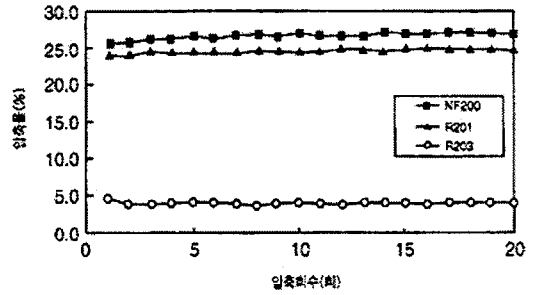


Fig. 12. Repeat-compressibility of backing film (Rodel)

균일성을 열화시킬 수 있으며, 긴 수명을 유지하는 것이 향후 과제이다.

1.5 컨디셔닝 (Conditioning)

Table 6은 단결정 웨이퍼도 포함하여 현재까지 사용되어 온 컨디셔너를 나타낸다.

하나로서, CMP가 안정된 프로세스로 되기 위해서는, 컨디셔닝이 큰 역할을 한다고 사료된다.

IC-1000 연마패드에 현재 주로 사용되는 컨디셔너는, 다이아몬드 입자를 SUS기판에 접착한 다이아몬드 플레이트이지만, 다이아몬드 입자의 탈락에 의한 웨이퍼 표면의 스크래치 발생 가능성이 매우 높고, SUS 및 접착층으로부터 금속오염의 우려가 지적되

Table 6. Classification of CMP pad conditioner

종 류		표면세정성	패드연삭성	압입성	2차오염	궤적산란
Wire brush		△	△	××	××	××
Metal scrubber		×	△	××	×	××
Plastic brush		○	×	××	○	○
Pirex glass plate	(Grooved)	×	×	○	○	○
	(Non grooved)	△	△	○	○	○
Alumina plate	(Grooved)	×	×	◎	◎	○
	(Non grooved)	△	△	◎	◎	○
Resin bonded diamond		×	◎	×	××	××
Metal bond-ed diamond	SUS plate	△	◎	×	△	○
	Ceramic plate	△	◎	×	○	○
Porous ceramic plate		?	?	?	?	?

초기에는 트루잉(整形)에 의해 발생하는 오염이나 연마패드 표면의 변형 등을 고려하지 않고 단순히 패드표면을 마모시키면 좋다는 개념의 수단이 많았지만, 트루잉에 의해 무엇을 달성시켜야 하는가를 명확히 하는 과정에서 사용되는 공구도 변화해 왔다. 다층배선 디바이스를 제조하는 매우 많은 공정중의

고 있다. 최근, 최적의 컨디셔닝 공구 및 방법이 연구되고 있는데, 이를테면, 세라믹 플레이트 표면에 홈가공을 한 공구를 사용한다든가, 탈이온수의 고압분사에 의한 컨디셔닝 등이 일례이다. 저자는 새로운 개념의 컨디셔닝법을 제안하고, 장치를 개발하여 미국, 일본 및 국내에 특허출원을 하였다. 이 방법은 기존의 다이

아몬드 플레이트에 의해 발생할 수 있는 문제점을 해결하고, 컨디셔닝 능력을 크게 향상시킨 것이라 할 수 있다. Fig. 13, 14는 각각 개념도와 장치의 외관사진을 나타낸다. 개념도에서 알 수 있듯이, End effector는 세라믹 플레이트에 홈가공을하여 입자탈락의 위험이 없으며, 컨디셔닝 효율을 향상시키기 위해 초음파 진동

자에 의해 퇴적물을 수직방향으로 떨어내고, 회전모터에 의해 수평방향으로 이동시키면서, 탈이온수를 고압 분사시켜 패드표면을 세정한다는 개념하에 제작된 것이다. 현재 창원에 소재한 한국공작기계 주식회사에서 제작권을 갖고 있으며, 주로 미국과 일본의 CMP장치 관련업체들로부터의 제작의뢰를 검토하고 있다.

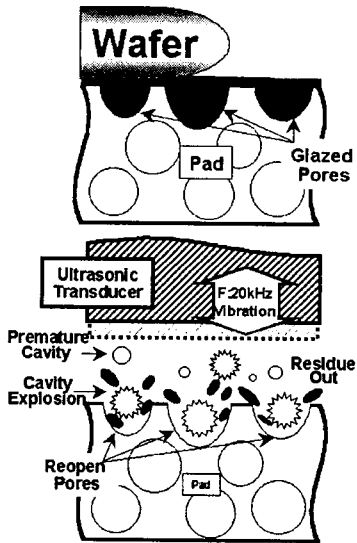


Fig. 13. The schematic of new conditioner

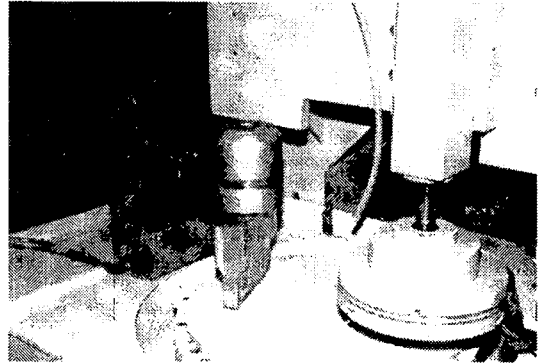


Fig. 14. External appearance of developed CMP conditioner