

## Metal CMP 용 컨디셔닝 디스크 표면에 존재하는 다이아몬드의 형상이 미치는 패드 회복력 변화

김규채 · 강영재 · 유영삼 · 박진구\* · 원영만<sup>1</sup> · 오광호<sup>1</sup>

한양대학교 재료화학공학부, <sup>1</sup>새솔다이아몬드

### The Pad Recovery as a function of Diamond Shape on Diamond Disk for Metal CMP

Kyu-Chae Kim, Young-Jae Kang, Young-Sam Yu, Jin-Goo Park\*,  
Young-Man Won<sup>1</sup> and Kwang-Ho Oh<sup>1</sup>

Division of Materials and Chemical Engineering, Hanyang University, Korea

<sup>1</sup>Sae-Sol Diamond Co., Ltd, Gyeonggi-do, Korea

**초 록:** 디바이스의 고집적화로 인한 다층 배선구조로 인해 초점심도가 중요해짐에 따라 표면의 평탄도가 디바이스에 매우 큰 영향을 주게 되어, 표면의 평탄도를 결정시켜주는 CMP (Chemical Mechanical Polishing) 공정이 매우 중요한 요소가 되었다. CMP 공정에는 슬러리, 연마패드, 컨디셔닝 디스크와 같은 소모품들이 사용된다. 이러한 소모품 중 하나인 컨디셔닝 디스크를 이용한 컨디셔닝 공정은 CMP 공정이 끝난 후 패드의 기공과 groove 내에 잔류 하는 화학반응물이나 슬러리와 같은 잔유물들을 컨디셔닝 디스크 표면에 부착되어 있는 다이아몬드를 이용하여 제거 함으로써 연마율을 높이고, 연마 패드의 수명을 증가 시켜주는 역할을 한다. 컨디셔닝 공정을 실시함으로써 연마 패드의 수명이 연장되기 때문에 경제적인 부분에서도 큰 이점을 가지게 된다. 본 연구에서는 이러한 CMP 공정에서 중요한 역할을 하는 소모품 중 하나인 컨디셔닝 디스크 표면에 존재하는 다이아몬드의 밀도, 형상 그리고 크기에 따라 연마 패드의 회복력 변화를 알아봄으로써 효율적인 컨디셔닝 디스크의 특성을 평가해 보았다.

**Abstract:** Recently, CMP (Chemical Mechanical Polishing) is one of very important processing in semiconductor technology because of large integration and application of design role. CMP is a planarization process of wafer surface using the chemical and mechanical reactions. One of the most important components of the CMP system is the polishing pad. During the CMP process, the pad itself becomes smoother and glazing. Therefore it is necessary to have a pad conditioning process to refresh the pad surface, to remove slurry debris and to supply the fresh slurry on the surface. A conditioning disk is used during the pad conditioning. There are diamonds on the surface of diamond disk to remove slurry debris and to polish pad surface slightly, so density, shape and size of diamond are very important factors. In this study, we characterized diamond disk with 9 kinds of sample.

**Keywords:** CMP (Chemical Mechanical Polishing), Conditioning, Conditioning Disk, Pad recovery, Friction

---

\*Corresponding author  
E-mail: jgpark@hanyang.ac.kr

## 1. 서 론

디바이스의 고집적화에 따른 다층배선 구조로 인해 엄격한 초점심도 (Depth of focus)와 디자인 룰의 적용으로 인하여 평탄화 기술이 중요하게 되었다. 이를 해결하기 위해 등장한 기술이 CMP (Chemical Mechanical Polishing) (Fig. 1) 공정이다. CMP 공정은 공정 중에 공급되는 슬러리 용액의 화학적 작용과 슬러리 내 존재하는 연마 입자 (abrasive particle)와 연마패드 사이의 기계적 마찰력을 이용해 웨이퍼 표면을 평탄화, 경면화 시키는 공정을 말한다<sup>1)</sup>. 실제 CMP 공정에서 웨이퍼의 연마가 정상적으로 수행되게 하기 위해서는 연마 패드의 상태가 매우 중요하다. 연마패드란 연마 플레이튼 위에 부착되어 연마 중에 웨이퍼의 표면과 접촉하여 표면의 요철부분을 평탄화 시킴으로써, 웨이퍼 표면의 연마율 및 평탄화를 결정하는 중요한 소모품이다<sup>2,3)</sup>.

이러한 연마패드의 상태를 최적으로 유지시키고, 패드수명을 연장시키기 위하여 컨디셔닝 디스크(conditioning disk)가 사용된다. 이러한 컨디셔닝 디스크 표면에는 다이아몬드가 부착되어 있으며, 이 다이아몬드가 패드의 표면을 깎아내어 패드의 기공이나 groove 안에 잔류하고 있는 화학반응물이나 슬러리 잔유물들을 제거하는 역할을 하여 연마 패드를 활성화 시킨다<sup>4,6)</sup>. 이러한 패드 컨디셔너를 사용함으로써 증가한 연마패드의 수명은 CMP의 효율성 증대뿐만 아니라 경제적인 측면에서도 커다란 이점을 가진다. 따라서 본 연구는 연마 패드의 성능을 향상시키기 위해 컨디셔닝 공정에 사용 되는 다이아몬드의 밀도와 형태

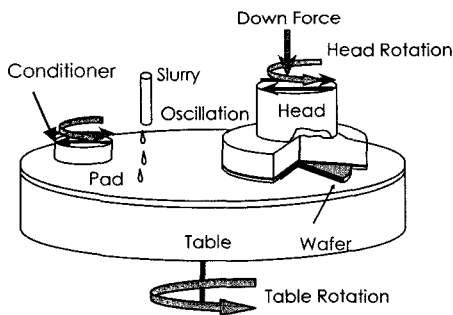


Fig. 1. The schematic of CMP.

그리고 크기의 차이의 변화에 따라서 CMP 공정 후의 연마 패드의 회복 능력, 연마패드와 컨디셔너 디스크의 실제 마찰력과 온도를 측정 하여 컨디셔닝 디스크상의 다이아몬드 조건에 따른 특성 평가를 실시 하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험재료

본 실험에 사용된 컨디셔닝 디스크는 새솔 다이아몬드 주식회사 에서 제작한 9가지의 다른 특성을 가진 다이아몬드 디스크 샘플을 사용하였다. Table 1은 사용된 9가지 컨디셔닝 디스크 샘플의 조건을 보여주고 있다. 실험에 사용된

샘플은 크게 3가지 그룹으로 나누어지게 된다. 컨디셔닝 디스크 표면에 부착된 다이아몬드는 그룹 1과 2가 조밀한 밀도로 배열이 되어있고, 그룹 3은 다이아몬드 사이의 간격이 넓은 낮은 밀도로 이루어져 있다. 다이아몬드의 크기는 그룹 1의 경우에 181~255  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가지고 있으며, 그룹 2와 3은 151~181  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가지고 있다. 그리고, 다이아몬드의 모양은 각각 그룹 별로 날카로운 정도에 따라 sharp, middle, blunt의 3가지 형태로 구별되며, 각각의 모양에 따라 연마패드 절삭력 (Pad Cutting Index, PCI)을 수치화 하여 Table 2에 표기 하였다. 이때 PCI 수치가 높을수록 높은 패드 절삭력을 가지게 된다.

CMP 공정에는 IC 1000 Stick Suba IV (Rohm & Haas, U.S.A.) 패드를 사용하였다. 연마 패드의 회

Table 1. The conditions of diamond disk

Group	Sample Number	Diamond Density	Diamond Size ( $\mu\text{m}$ )	Sharpness
1	1	High	181~255	Sharp
	2			Middle
	3			Blunt
2	4	High	151~181	Sharp
	5			Middle
	6			Blunt
3	7	Low	151~181	Sharp
	8			Middle
	9			Blunt

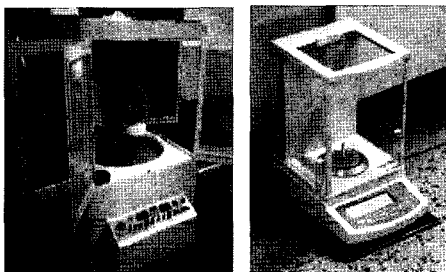
**Table 2.** Pad cutting index of samples

Sample #	PCI	Sample #	PCI
1	1.187	6	0.261
2	0.968	7	1.662
3	0.374	8	0.933
4	1.106	9	0.487
5	1.009	-	-

복력 측정을 위하여 4인치 Copper 디스크 (99%, 100 mm diameter, 1.2  $\mu\text{m}$  thickness)를 사용하여 연마율을 측정하였으며, CMP 공정 시 공급 되는 슬러리의 제조는 초순수 (DI water)에 0.15M Oxalic acid (98%, Aldrich, U.S.A.)와 3wt% Alumina particle (99.99%, 13nm, Dagussa, German) 그리고 10 vol%  $\text{H}_2\text{O}_2$  (35%, DongWoo Fine-Chem co., Japan)를 첨가하여 제조하였다.

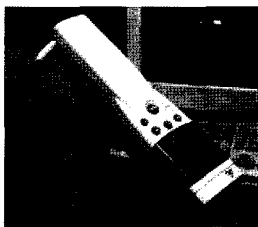
## 2.2 실험장비

Fig. 2는 이번 실험에 사용 되어진 실험장비들을 보여주고 있다. CMP 공정은 4인치 기준으로 0.28



(a)

(b)



(c)

**Fig. 2.** Experimental Equipments (a) CMP Equipment (Poli500, GNP Tech, Korea), (b) Electric Balance (AY 220, Shimadzu Co., Japan) and (c) Infrared Thermometer (THI-700, TASC0, Japan).

psi~11.3psi의 압력을 가해줄 수 있고 Platen 과 Head speed는 최대 250rpm의 회전력을 가지고 있으며, 또한 마찰력 측정이 가능한 폴리싱 장비 (Poli-500, GNP Tech, Korea) (Fig. 2 (a))를 이용하여 실시하였으며 copper 디스크 연마율 (Removal rate)을 측정 하기 위하여 resolution이 0.1mg인 전자저울 (AY220, Shimadzu Co., Japan) (Fig. 2 (b))을 사용하였다. 또한 CMP 공정 시 마찰력 변화에 따른 연마 패드의 온도변화를 측정하기 위하여 적외선 온도측정기 (THI-700, TASC0, Japan) (Fig. 3 (c))를 사용하였다.

## 2.3 실험방법

실험은 Platen 속도 83rpm, head 속도 50rpm, 압력 4 psi (300  $\text{g}/\text{cm}^2$ )의 공정조건으로 2분간 연마를 실시하였으며, 지속적인 연마율 감소가 더 이상 나타나지 않을 때, platen 속도 50rpm, head 속도 50 rpm, 압력 0.5 psi (40  $\text{g}/\text{cm}^2$ )의 공정조건으로 2분간 컨디셔닝 공정을 실시하였다. 컨디셔닝 공정 후 연마를 실시하여 연마 패드의 회복력을 증가된 연마율로 판단하여 측정하였다. 연마율을 구하는 방법은 다음과 같다. 공정에 사용되는 물질의 밀도 (D)와 사용되는 웨이퍼나 디스크의 반경 (r) 그리고 실험 전 후의 질량(m), 부피(v)의 변화를 식 (1)에 대입하여 측정하고자 하는 물질의 높이 (h) 변화를 알게 되면 CMP 공정 시 연마된 정도를 측정할 수 있게 된다.

$$D = \frac{m}{v} = \frac{m}{\pi r^2 h} \quad (1)$$

## 3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 각각 샘플의 마찰계수를 측정한 결과이다. 세 그룹 중 각 그룹 모두에서 컨디셔닝 디스크에 부착된 다이아몬드가 가장 날카로운 형태를 가진 샘플들의 마찰력이 가장 크게 측정되었다. 이러한 이유는 날카로운 형태의 다이아몬드가 패드에 존재하는 잔유물 사이로 깊이 박히게 되어 마찰력이 증가하기 때문이다. 또한 그룹 2의 마찰계수는 다른 두 그룹보다 다이아몬드의 형태에 상관없이 모두 크게 나타났다. 작은 크기의 다이아몬드들이 조밀하게 분포되어 있기 때문에 같은 밀도의 그룹 1 보다 더욱 슬러리나 화합물들이 유동할

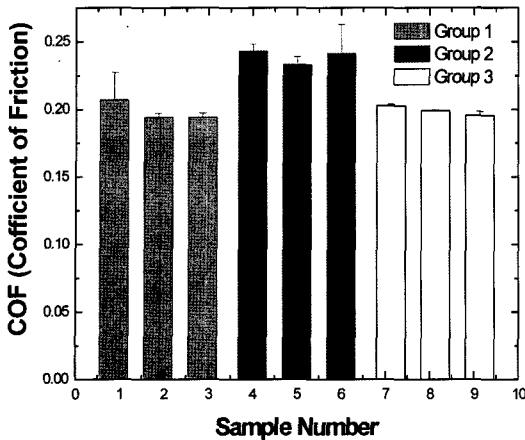


Fig. 3. The COF (Coefficient of friction) of samples.

수 있는 면적이 훨씬 작아져 실제 컨디셔닝 공정 시 패드 내에 잔류하는 화합물이나 슬러리들이 컨디셔닝 디스크의 다이아몬드 사이를 통과하여 나가지 못하고 디스크 표면에 잔류하게 되어 그에 따라 마찰력이 증가하게 된다.

그룹 3은 작은 사이즈의 다이아몬드가 낮은 밀도로 분포되어 있기 때문에 그룹 2보다 훨씬 좋은 유동도를 가지게 되어 높은 다이아몬드 분포를 가진 다른 샘플들보다 상대적으로 낮은 마찰계수값을 가지게 된다. 실제로 이러한 마찰계수값의 경향성은 Table 3에 나타난 슬러리의 온도변화에서도 흡사하게 나타났다. 그룹 2의 온도변화가 가장 크고 그룹 3의 온도변화가 가장 작게 나타났다. 이는 마찰력이 증가할수록 그에 따른 마찰열이 상승하여 온도가 증가 때문이라고 판단된다.

Table 3. Slurry Temperatures

	Slurry Temperature
Initial	23°C
Group 1	26.5°C
Group 2	28.3°C
Group 3	25.6°C

Table 4는 각각의 컨디셔너 디스크 샘플에 의한 패드 회복율을 보여주고 있다. 이 결과에서 컨디셔닝 디스크상의 다이아몬드 형상이 날카로울수록 연마 패드 회복력이 증가한다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 날카로운 형상에 의한 절삭력이 증가하여 패드에 존재하는 groove 사이에 잔유물이 쉽게 제거되기 때문일 것이라고 판단된다. 또한 다이아몬드가 조밀하게 배열되어 부착되어 있을수록 연마 패드의 회복율이 감소한다는 것도 확인할 수 있었다. 이는 디스크 표면에 조밀한 밀도로 밀집되어 있는 다이아몬드가 슬러리의 유동에 제약을 주고 밀집되어 있는 다이아몬드 사이에 잔유물이 잔류하여 연마작용을 방해하기 때문이라고 판단된다. 다이아몬드의 크기는 패드회복력에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 지속적인 연마율 감소가 나타나지 않는 구간은 10회에서 15회 CMP 공정을 실시한 후에 관찰되었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 CMP 공정에서 중요한 역할을 하고 있는 연마패드의 효율성과 경제성 향상을 위해

Table 4. The pad recovery of samples

Group	Sample Number	Diamond Density	Diamond Size (um)	Sharpness	PCI	Pad Recovery (nm/min)
1	1	High	181~255	Sharp	1.187	943
	2			Middle	0.968	762
	3			Blunt	0.374	613
2	4	High	151~181	Sharp	1.106	813
	5			Middle	1.009	818
	6			Blunt	0.261	637
3	7	Low	151~181	Sharp	1.662	1,075
	8			Middle	0.933	992
	9			Blunt	0.487	841

컨디셔닝 디스크에서 가장 중요한 요소인 디스크 표면에 존재하는 다이아몬드의 형상과 밀도 그리고 크기의 변화에 따라 실험을 실시하고 특성을 평가해보았다. 컨디셔닝 디스크 표면의 다이아몬드가 날카롭고 조밀하지 않게 분포되어 있는 경우 가장 높은 회복율을 얻어낼 수 있었으나 날카로운 다이아몬드는 과도한 절삭력으로 인하여 오히려 패드의 수명이 떨어질 수 있다는 것을 알게 되었다. 그러므로 컨디셔닝 디스크 표면의 다이아몬드가 날카롭지 않고 분포 간격이 넓은 것이 가장 효율적이라는 것이라고 판단할 수 있었다. 즉, 연구에 사용된 샘플 8이 가장 효과적인 컨디셔닝 디스크라는 것을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 제 11차 안산시 중소기업개발사업 지원과 Post BK 21사업 그리고 교육부, 인적자원개발부, 산업자원부, 노동부의 재정적 지원으로 수행한 최우수 연구실 육성 과제의 연구비로 수행 되었으며, 도움을 주신 새솔다이아몬드 주식회사 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. D. H. Eom, Ph. D. Dissertation, "Study of chemical additives in copper CMP slurry : electrochemical and mechanical aspects on CMP performance", Ph. D Dissertation, pp. 6~7 (2004).
2. J. Y. Park, Thesis, "Investigation on physical and chemical characteristics of the ceramic conditioner in chemical mechanical planarization", pp. 15~16 (2003).
3. J. M. Lee, "Handbook of semiconductor technology", J. M. Lee, pp. 221~224, Hanlimwon, Seoul (2003).
4. S. H. Li, "Chemical Mechanical Polishing in Silicon Processing", Vol. 63 pp. 29-31, Academic Press (2000).
5. J. Choi, Z. Wang, W. Shen, D. A. Dornfeld and W. Hsu, "Conditioning effect on pad surface height distribution in copper CMP", PacRim-CMP 2005, J. G. Park, Heado Jeong and Y. J. Seo, pp. 301~302, Come Book, Seoul (2005).
6. L. Borucki, Y. Zhuang, R. Kikuma, N. Rikita, T. Yamashita, K. Nagasawa, M. Keswani, H. Lee, T. Sun, D. Rosales-Yeomans, T. Stout and A. Philposian, "Diamond conditioner wear characterization for a copper CMP process", PacRim-CMP 2005, J. G. Park, Heado Jeong and Y. J. Seo, pp. 147~148, Come Book, Seoul (2005).