

CMP 패드 컨디셔너의 제조공법에 따른 패드 컨디셔닝 특성

강승구*, 송민석, 지원호 (신한다이아몬드공업㈜)

The properties of pad conditioning according to manufacturing methods of CMP pad conditioner

S. K. Kang, M. S. Song and W. H. Jee (Shinhan Diamond Industrial Co., Ltd.)

ABSTRACT

Currently Chemical Mechanical Planarization (CMP) has become an essential step in the overall semiconductor wafer fabrication technology. Especially the CMP pad conditioner, one of the diamond tools, is required to have strong diamond retention. Strong cohesion between diamond grits and metal matrix prevents macro scratch on the wafer. If diamond retention is weak, the diamond will be pulled out of metal matrix. The pulled diamond grits are causative of macro scratch on wafer during CMP process.

Firstly, some results will be reported of cohesion between diamond grits and metal matrix on the diamond tools prepared by three different manufacturing methods. A measuring instrument with sharp cemented carbide connected with a push-pull gauge was manufactured to measure the cohesion between diamond grits and metal matrix. The retention force of brazed diamond tool was stronger than the others. The retention force was also increased in proportion to the contact area of diamond grits and metal matrix. The brazed diamond tool has a strong chemical combination of the interlayer composed of chrome in metal matrix and carbon which enhance the interfacial cohesion strength between diamond grits and metal matrix.

Secondly, we measured real-time data of the coefficient of friction and the pad wear rate by using CMP tester (CETR, CP-4). CMP pad conditioner samples were manufactured by brazed, electro-plated and sintered methods. The coefficient of friction and the pad wear rate were shown differently according to the arranged diamond patterns. Consequently, the coefficient of friction is increased according as the space between diamonds is increased or the concentration of diamonds is decreased. The pad wear rate is increased according as the degree of diamond protrusion is increased.

Key Words: CMP pad conditioner, CMP pad, Coefficient of friction(마찰계수)

1. 서론

반도체공정의 중요한 일부분인 CMP(Chemical Mechanical Planarization)는 크게 STI, BPSG, TEOS 등의 산화막질을 가공하는 oxide CMP와 Cu, Al, W 등의 금속막질을 가공하는 metal CMP로 나눌 수 있는데, 이러한 막질과 직접 접촉하여 슬러리(slurry)환경에서 평탄화 연마를 수행하는 폴리우레탄 패드(polyurethane pad)는 가공시간이 지날수록 가공부산물들에 의하여 눈막힘(loading)현상이 발생하고 막질의 RR (Removal Rate)이 감소되어 CMP 공정에 악영향을 미치므로, 이러한 문제를 해결하기 위하여 적용되고 있는 것이 패드를 재생(conditioning)시켜

주는 다이아몬드 패드 컨디셔너(conditioner)다.

CMP 공정 중 CMP 패드 컨디셔너는 패드의 상태를 유지해주는 역할을 한다. 패드의 표면에는 미세한 흠이 다수 존재하는데 이 흠들은 연마에 중요한 역할을 하는 슬러리를 공급해주는 역할을 한다. 또한 금속기지와 결합되어 있는 다이아몬드의 탈락은 심각한 불량 원인이 된다. 탈락된 다이아몬드는 CMP 공정에서 진행중인 고가의 웨이퍼에 스크래치(scratch)를 유발시켜 수율을 감소시킨다.

따라서, 본 연구에서는 다이아몬드 공구 제조공법에 따른 다이아몬드와 금속기지사이의 결합력 차이를 측정하였다. 또한 다양한 CMP 패드 컨디셔너를 제조하여 패드와 컨디셔너 사이의 마찰계수와

패드의 마모량을 측정하였다.

2. CMP 패드 컨디셔너 준비

Fig. 1 은 용착, 전착, 소결공법에 의해 제조된 CMP 패드 컨디셔너 샘플의 사진이며, 기본구성요소는 다이아몬드, 본드 그리고 상크다. 용착과 전착 샘플의 금속기지 주성분은 각각 니켈-크롬 및 니켈이며, 소결 샘플은 코발트를 주성분으로 소결하여 금속기지를 형성하였다.

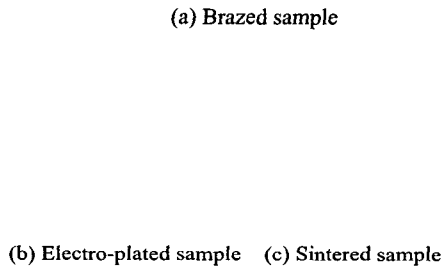


Fig. 1 CMP pad conditioners manufactured by (a) brazed (b) electro-plated (c) sintered methods

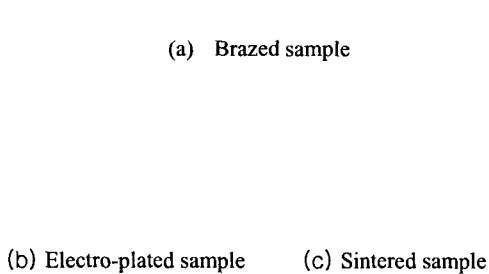


Fig. 2 Protrusion of diamonds in CMP pad conditioners manufactured by three methods

다이아몬드 크기는 297-420 μm 를 사용하였으며, 금속기지와 다이아몬드 사이의 접촉면적을 유사하게 하기 위하여 노출량은 모두 평균 63%가 되도록 제

조하였다. 3 가지 공법으로 제조된 샘플들의 노출정도를 Fig. 2 에서 볼 수 있다. 또한 용착 샘플에서 다이아몬드와 금속기지 사이의 접촉면적 변화에 따른 다이아몬드 결합력을 측정하기 위해 Fig. 3 과 같이 노출이 다른 샘플도 제조하였다.

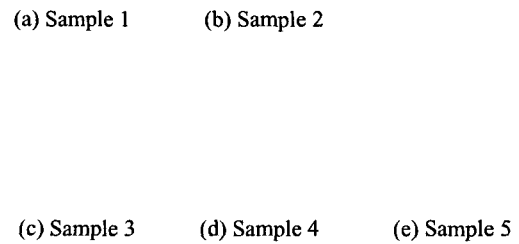


Fig. 3 Samples with various protrusion

CMP 공정에서 사용되는 운전 조건에서 패드 컨디셔너와 패드 사이의 마찰계수와 패드 마모량을 측정하기 위하여 Fig. 4 와 같이 용착과 전착으로 제조된 다양한 종류의 샘플을 준비하였다. Type-1, 2, 3 의 지립간 간격은 각각 400 μm , 600 μm 및 330 μm 이고, Type-4 는 지립이 그룹을 이루도록 제조하였다.

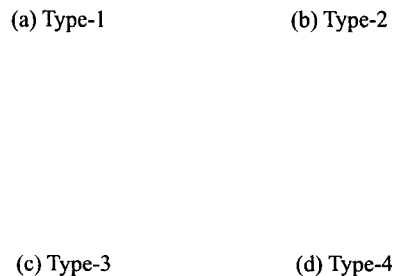


Fig. 4 Arranged diamond patterns of four different CMP pad conditioners

3. CMP 패드 컨디셔너의 특성 평가

3.1 지립 결합력

CMP 패드 컨디셔너의 지립 결합력을 측정하기 위하여 푸쉬풀 게이지가 장착된 측정장비를 사용하였다. 측정결과는 Fig. 5 와 같으며, 용착공법으로 제조된 샘플의 다이아몬드 결합력이 가장 높았다. Fig. 6 은 다이아몬드가 탈락되고 난 후 금속기지의 이미지인데, 전착과 소결공법으로 제조된 샘플은 다이아몬드 형상이 금속기지에 그대로 남아있어 기계적인 결합을 하고 있었음을 알 수 있고, 용착공법으로 제조된 샘플은 다이아몬드가 깨지면서 잔류 다이아몬드가 금속기지에 그대로 붙어 있을 정도로 강하게 결합하고 있었음을 확인할 수 있다.

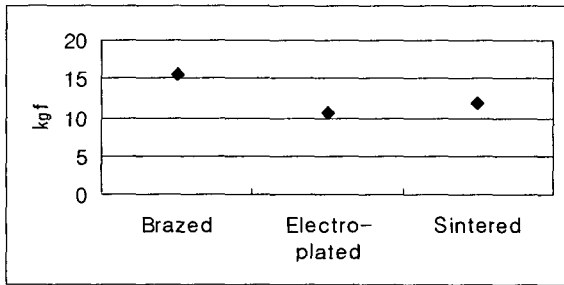


Fig. 5 The diamond retention force of CMP pad conditioners manufactured by three methods

(a) Brazed sample

(b) Electro-plated sample

(c) Sintered sample

Fig. 6 Photos of metal matrix after diamonds are pulled out



Fig. 7 EDX line-scanning analysis of the interlayer between diamond grit and metal matrix

이와 같이 용착공법으로 제조된 샘플의 결합력이 높은 이유는 Fig. 7의 SEM 사진 및 EDX 선분석 결과에서 볼 수 있듯이 본드에 함유되어 있는 Cr 성분이 탄화물을 형성하여 다이아몬드에 강력한 화학결합을 일으키기 때문이라고 생각된다. 또한 Fig. 8 과 같이 다이아몬드와 금속기지사이의 접촉면적이 넓어질수록 다이아몬드 결합력이 증가하였다. 따라서 용착공법으로 제조한 샘플처럼 화학적 결합을 할수록, 접촉면이 넓을수록, 다이아몬드와 금속기지사이의 결합력이 높아진다.

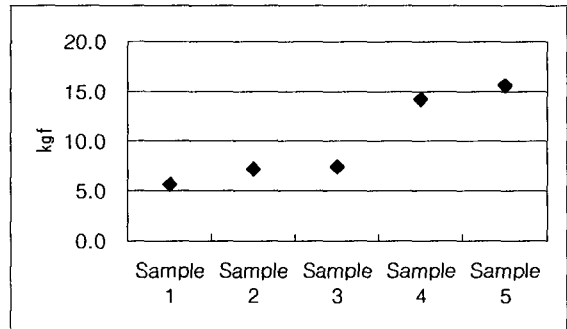


Fig. 8 The diamond retention force according to the increase of protrusion

3.2 마찰계수와 패드 마모량

CMP tester (CETR, CP-4)를 사용하여 CMP 패드 컨디셔너와 패드 사이의 마찰계수와 마찰력을 실시간 측정하였다. CMP tester 에 장착된 컨디셔너에는 약 5 파운드(lb)의 압력(down force)이 인가되었고, 폴리셔의 회전정반(platen)에는 10 인치 K-Groove 타입의 패드가 장착되었으며, 폴리싱하는 동안 패드 및 컨디셔너의 속도를 각각 100rpm 및 90rpm 으로 설정하였다. 또한, 초순수를 20 ml /min 로 공급하였

다. 측정결과 마찰계수는 Fig. 9와 같이 Type-2 샘플이 가장 높았으며 다음으로 Type-1, Type-3 및 Type-4 순이었다. 여기에서 다이아몬드의 간격은 Type-2, Type-1 및 Type-3 순으로 넓으며, 다이아몬드를 그룹으로 제조한 Type-4의 경우는 면적당 다이아몬드 수가 가장 많기 때문에 전체적으로는 다이아몬드 간격이 가장 좁다. 다이아몬드 간격이 넓을수록, 즉 집중도가 낮을수록 마찰계수는 높게 나타났다. 이와 마찬가지로 패드 마모량도 Fig. 10과 같이 Type-2, Type-1, Type-3 및 Type-4 순으로 나타났다. 패드의 마모량도 다이아몬드의 집중도가 낮을수록 높아진다. 즉, 컨디셔너 전체에 인가된 하중이 일정할 때 다이아몬드의 집중도가 낮아지면 하나의 다이아몬드에 인가된 하중이 증가하게 되어 다이아몬드가 패드를 파내는 깊이가 증가하고 접촉면적도 증가하게 된다. 따라서, 마찰계수가 증가하고 패드의 마모량도 증가하게 된다. 패드의 컨디셔닝 상태는 다이아몬드의 집중도에 큰 영향을 받을 수 있다.

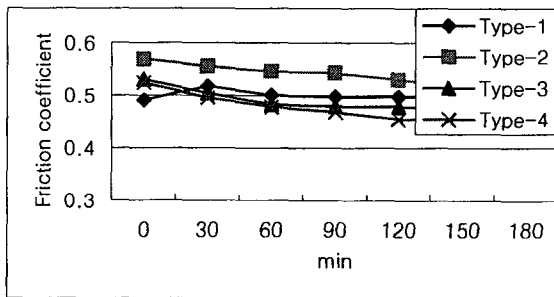


Fig. 9 Friction coefficients of four types

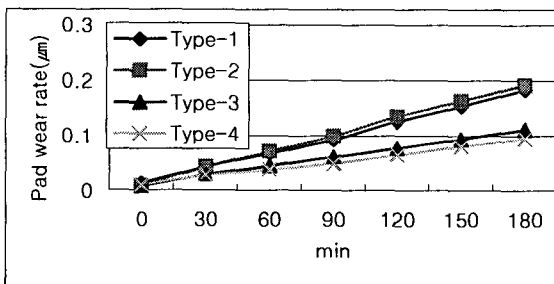


Fig. 10 Pad wear rate of four types

또한 다이아몬드 크기에 따른 패드 마모량을 알아보기 위하여 다이아몬드가 그룹으로 형성된 Type-4 샘플의 지립 크기를 149-177 μm에서 255-263 μm으로 변화시키면서 Type-5 샘플을 제조하였고, 위와 같은 공정조건에서 패드의 마모량을 측정하였다.

측정결과 Fig. 11과 같이 다이아몬드의 크기가 클수록 패드 마모량이 높게 나타났다. 그 이유는 다이아몬드의 크기가 커지면 노출량이 많아져서 패드와의 접촉면적과 컨디셔닝 깊이가 깊어지기 때문으로 판단된다. 따라서, 패드의 마모량은 다이아몬드의 집중도가 낮아질수록, 노출량이 클수록 증가한다.

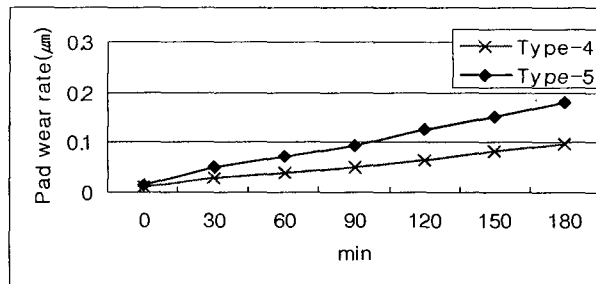


Fig. 11 Pad wear rate of Type-1 and Type-2

4. 결론

CMP 패드 컨디셔너의 다이아몬드 지립 결합력을 조사한 결과, 다이아몬드 부착력은 용착공법으로 제조된 컨디셔너가 금속기지와 강한 화학적 결합을 일으켜 가장 높았다. 또한 컨디셔너와 패드 사이의 마찰계수와 패드 마모량을 측정한 결과, 다이아몬드 집중도가 낮고 노출량이 클수록 마찰계수가 높고 패드 마모량이 많았다. 따라서 CMP 패드 컨디셔너를 용착공법으로 제조할 경우 지립 결합력이 우수하며 지립의 집중도와 노출량을 조절함으로써 패드 마모량을 조절할 수 있음을 알 수 있다.

후기

본 연구는 산업자원부지정 (제 2004-12 호) 우수 제조기술연구센터(ATC) 사업비로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. C. M. Sung, Brazed diamond grid: a revolutionary design for diamond saws, *Diamond and Related Materials* Vol. 8, pp 1540-1543, 1999.
2. J. Konstanty, *Ind. Diamond Rev.* Vol. 51, pp 27, 1991
3. T. Yamazaki and A. Suzumuza, *J. Mater. Sci.* Vol. 33, pp 1379, 1998.
4. S. M. Chen and S. T. Lin, *J. Mater. Pro. Tech.* Vol. 5, pp 761, 1996.