

Cu 용 슬러리 환경에서의 보호성 코팅이 용착 CMP 패드 컨디셔너에 미치는 영향

송민석*, 지원호 (신한다이아몬드공업주)

Effect on protective coating of vacuum brazed CMP pad conditioner using in Cu-slurry

M. S. Song , W. H. Gee (Shinhan Diamond Industrial Co., Ltd.)

ABSTRACT

Chemical Mechanical Polishing (CMP) has become an essential step in the overall semiconductor wafer fabrication technology. In general, CMP is a surface planarization method in which a silicon wafer is rotated against a polishing pad in the presence of slurry under pressure. The polishing pad, generally a polyurethane-based material, consists of polymeric foam cell walls, which aid in removal of the reaction products at the wafer interface. It has been found that the material removal rate of any polishing pad decreases due to the so-called "pad glazing" after several wafer lots have been processed. Therefore, the pad restoration and conditioning has become essential in CMP processes to keep the urethane polishing pad at the proper friction coefficient and to allow effective slurry transport to the wafer surface.

Diamond pad conditioner employs a single layer of brazed bonded diamond crystals. Due to the corrosive nature of the polishing slurry required in low pH metal CMP such as copper, it is essential to minimize the possibility of chemical interaction between very low pH slurry (pH <2) and the bond alloy.

In this paper, we report an exceptional protective coated conditioner for in-situ pad conditioning in low pH Cu CMP process. The protective Cr-coated conditioner has been tested in slurry with pH levels as low as 1.5 without bond degradation.

Key Words : Pad conditioner(패드 컨디셔너), Protective Coating (보호코팅), Cu CMP slurry

1. 서론

반도체공정의 중요한 일부분인 CMP(Chemical Mechanical Planarization)는 크게 STI, BPSG, TEOS 등의 산화막질을 가공하는 oxide CMP 와 Cu, Al, W 등의 금속막질을 가공하는 metal CMP 로 나눌 수 있는데, 이러한 막질과 직접 접촉하여 슬러리(slurry) 환경에서 평탄화 연마를 수행하는 polyurethane 패드(pad)는 가공시간이 지날수록 가공부산물들에 의하여 눈막힘(loading) 현상이 발생하면서 막질의 RR(Removal Rate)이 감소되어 CMP 공정에 악영향을 미치므로, 이러한 문제를 해결하기 위하여 패드를 재생(conditioning)시켜주는 다이아몬드 패드 컨디셔너(conditioner)를 적용하고 있다.

한편, oxide CMP 에 비하여 metal CMP 에서 컨디

셔너의 수명이 급격히 감소되는 이유는 각각의 CMP 기(mechanism)가 다르기 때문인데, oxide CMP 는 알칼리성 슬러리가 사용되나, metal CMP 에서는 금속산화촉진을 위한 산화제가 포함된 강산성 슬러리가 사용되므로 다이아몬드를 지지하고 있는 금속기지(metal matrix; bond)도 강산에 의한 공격을 받게 되므로 가공시간이 증가할수록 다이아몬드와 금속기지와의 결합력(retention force)이 점차 감소하여 다이아몬드 탈락(pull-out)의 우려가 있다. Metal CMP 에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 내식성 보호코팅을 컨디셔너에 적용함으로써, 강산성 슬러리에 의한 부식문제를 최소화하려는 노력들이 계속되어왔지만(3, 4, 5), 여전히 코팅층과 컨디셔너와의 박리, 내식성 저하 등의 문제가 발생하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 용착공법(brazing method)으로 제작된 컨디셔너 샘플 위에 각각 TiN, DLC(Diamond Like Carbon) 및 Cr 등의 박막층을 PVD 공법으로 코팅하고, Cu CMP 용 슬러리와 같은 강산성 환경에서 보호 코팅층이 CMP 패드 컨디셔너의 성능에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 용착 CMP 패드 컨디셔너 준비

보호코팅을 하지 않은 컨디셔너의 기본적인 구성요소는 다이아몬드, 본드 및 샹크인데, Fig. 1은 용착공법으로 제조된 CMP 패드 컨디셔너의 사진 및 다이아몬드 부분의 확대사진을 보여주고 있다.

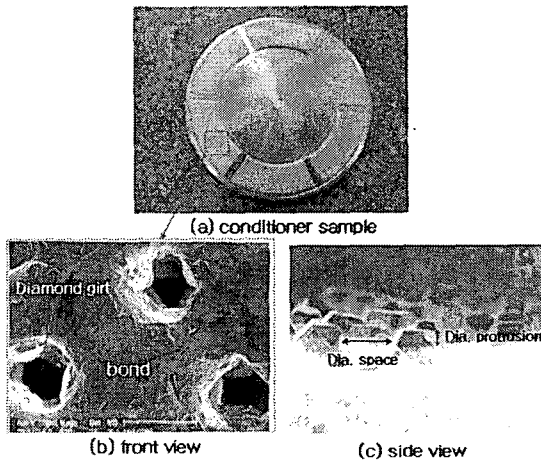


Fig. 1 Photos of (a) vacuum brazed CMP pad conditioner, (b) its SEM-image of front view and (c) side view

강산성 슬러리 환경에 대한 특성평가를 위하여 상기 컨디셔너 샘플에 보호코팅을 하지 않은 샘플(#1)를 비롯하여 TiN(#2), DLC(#3) 및 Cr(#4)의 물질들을 각각 코팅한 샘플을 준비하였다. 용착 컨디셔너에 대한 보다 자세한 제작사양은 table 1 과 같다.

보호코팅은 각 컨디셔너 샘플(#2, #3 및 #4)에 물리기상증착방식(PVD)으로 진공중에서 Ar 가스를 이용하여 약 1~2 μ m의 두께로 적용되었는데, 이는 다이아몬드 표면의 기초적인 형상을 유지하는 수준에서 최적의 컨디셔닝을 할 수 있는 두께이다. 코팅층의 두께는 샘플의 파단면을 주사전자현미경(SEM)으로 분석함으로써 측정하였다.

Table 1 Fabrication condition of the vacuum brazed conditioner.

Spec.	value
Diamond space	Regular
Diamond protrusion	50 μ m
Conditioner flatness	37 μ m
Diamond density	5~6 ea/mm ²
Diamond size (US mesh)	#80/100
Coating layer	TiN, DLC, Cr
Shank (size)	SUS 304 (4")
Vacuum Brazing	Ni-Cr based

3. 코팅물질의 영향평가

3.1 부식시험 (corrosion test)

내식성 시험은 국내 반도체 비메모리 생산업체의 양산공정에 적용되는 조성과 유사한 Cu CMP 용 슬러리 (10%citric acid, 0.5% H_2O_2 , Al_2O_3)를 사용하였고, pH 측정결과 약 1.5의 강산성이었다. 컨디셔너 샘플 #1 부터 #4 번까지 각각의 독립된 용기에 넣고 침지(immersion)한 후, 용기를 터블러 믹서에 장입한 후, 5시간 단위로 작동시켰으며, 매 5시간마다 표면을 SEM으로 분석하여 본드의 부식여부를 판단하였고, 이렇게 평가된 각 코팅층의 내식성결과를 Fig.2에 나타내었다.

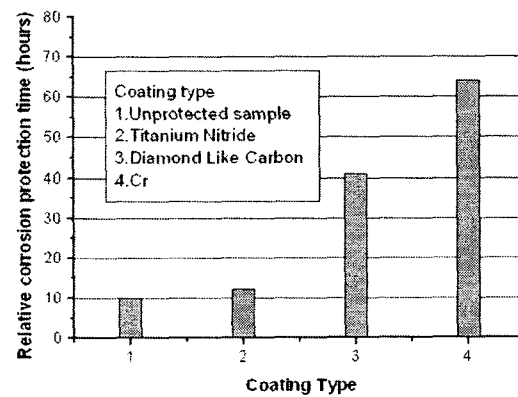


Fig. 2 Corrosion Protection of conditioner for low pH Cu CMP slurry

보호코팅을 하지 않은 샘플(#1)과 TiN 코팅이 된 샘플의 경우는 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 본드층에 심각한 부식이 발생하였으며, 일반적으로 양

산에서 요구되는 Cu CMP 용 컨디셔너의 수명인 20-30 시간의 조건에 미달된다.

한편, 윤활성이 우수한 DLC(Diamond Like Carbon)코팅의 경우는 40 시간까지의 침지부식실험에서도 부식이 발생하지 않는 우수한 내식성을 나타냈으나, Fig. 3 처럼 본드와의 결합력이 좋지 않아 박리현상을 보였다. 또한, Cr 코팅의 경우에는 60 시간 이상의 고내식성 및 컨디셔너와의 결합력이 가장 우수하여 Cu 슬러리와 함께 사용하기에 적합한 결과를 나타냈는데, 이는 컨디셔너 제조시 용착공법에서 사용되는 금속기지의 주성분이 Ni-Cr 이므로 Cr 코팅과 컨디셔너 사이에 동일한 Cr 원소가 존재함으로써 격자간의 결합력이 증가한 결과라고 생각한다.

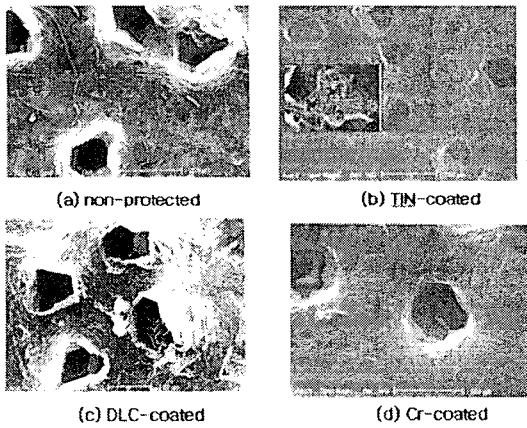


Fig. 3 SEM images of the conditioner samples after immersion corrosion test for low pH Cu CMP slurry

3.2 결합력 (retention force)

내식성 시험이 종료된 샘플에서의 다이아몬드와 본드와의 결합력을 평가하기 위해, Fig. 4 와 같이 푸쉬풀 게이지를 사용하여 제작한 결합력측정기를 이용하였다. 다이아몬드 및 본드층의 결합력은 본드층과 게이지 끝에 장착된 초경팁의 각도를 약 45°로 유지하면서 팁을 다이아몬드에 접촉시킨 후, 본드로부터 다이아몬드가 탈락되는 순간의 힘을 측정하였다.

Fig. 5 는 부식시험 전과 후의 다이아몬드 및 본드의 결합력에 미치는 코팅층의 영향을 평가한 결과이다, 부식시험 전의 결합력은 코팅층에 따라서 약간의 차이가 있으나, 전체적으로 11kgf~12kgf 의 값을 나타내지만, 부식시험 후의 각 샘플의 결합력은 코팅을 하지 않은 #1 샘플에서 약 3kgf 로 현저한 감소를 보였으며, #2 의 경우도 부식에 의한 본

드의 열화로 다이아몬드의 결합력이 부식시험 전보다 감소하였다. 하지만 #3 및 #4 의 경우는 부식 전과 후의 결합력에 거의 차이가 없었으며, 이는 적용된 DLC 및 Cr 코팅층에 의해 본드의 부식이 방지되었다고 생각한다.

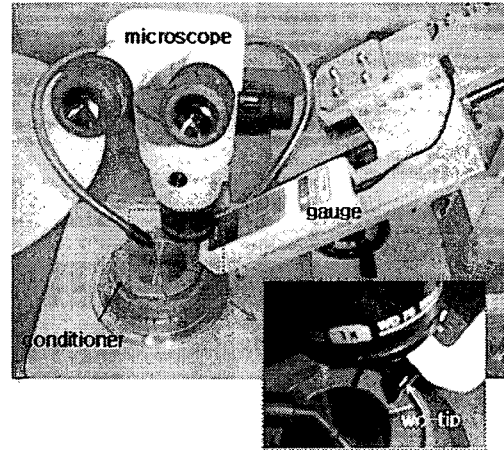


Fig. 4 Photos of diamond retention force measurement system

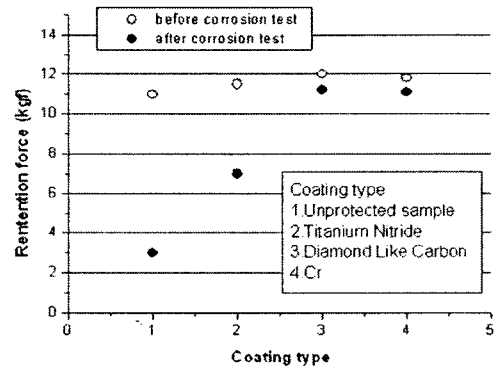


Fig. 5 Results of diamond retention force vs. coating type before (open circle) and after (closed circle) corrosion test

3.3 패드마모 (pad wear)

보다 현실적인 응용을 위하여 부식개념에 마찰이 더해진 상태로 CMP 컨디셔너를 모의실험하기 위해서 반도체 양산라인에서 사용되고 있는 CMP 설비(IPEC-472)를 이용하여 패드의 마모율을 측정하였다. 적용된 CMP 설비에 장착된 컨디셔너에 약 9 파운드(lb)의 압력(down force)을 인가하였고, 폴리셔의 회전정반(platen)에는 Rodel 사의 IC-1000 패드

가 장착되었으며, 폴리싱을 실시하는 동안 패드 및 컨디셔너의 속도는 각각 53rpm 및 56rpm 으로 설정하였다. 또한, pH 1.5 의 Cu CMP 용 슬러리는 패드에 분당 150mil/min 로 계속해서 공급되었다.

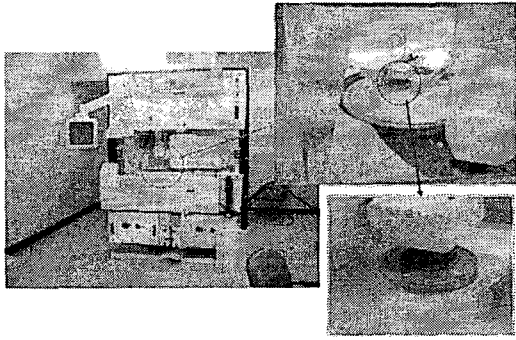


Fig. 6 Photos of polishing test machine (IPEC-472)

Table 2. Test parameters for polishing pad wear rate

	value
down force	8.96 lb
platen	53 rpm
disk	56 rpm
sweep	13.6 sec
time	55 min (0~98hr)
slurry	for Cu CMP (including : 10% citric acid, 0.5% H ₂ O)
slurry flow rate	150 ml/min
slurry pH	1.5
pad	CR-10-1000-A2, 20" 0.050", KGRV

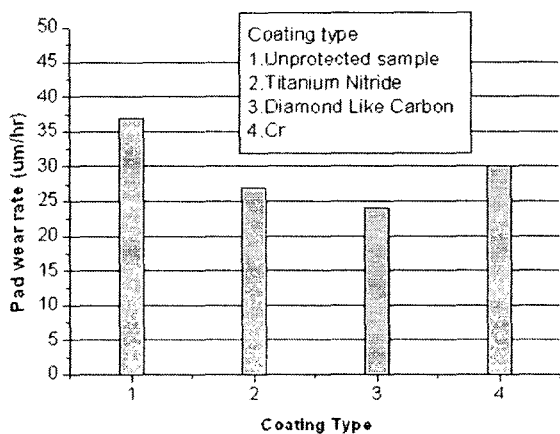


Fig. 7 Polishing pad wear rate test results for coating types of conditioner sample (initial stage, 55min data)

Fig. 7 은 컨디셔너 샘플의 코팅물질이 패드마모에 미치는 영향을 나타내는데, 초기 약 1 시간 동안

의 평균패드마모율을 수치화하였다. 샘플#1 의 경우는 코팅이 되어 있지 않으므로 다이아몬드의 에지(edge)가 상대적으로 날카로워 패드마모율이 37um/hr 로 가장 높았으며, #3(DLC) 코팅층의 경우는 우수한 윤활성 때문에 오히려 최종 가공시 다이아몬드의 슬립(slip)이 생겨 다른 샘플에 비하여 상대적으로 패드를 뚫는 힘이 약해지므로 패드마모율이 24um/hr 로 가장 낮았고, 나머지 #2(TiN) 및 #4(Cr)도 #1 보다 다이아몬드 부분의 윤활성이 증가하여 패드마모율이 높지 않았다. 따라서, 재료 제거율(RR) 기준으로 볼 때, 약 30um/hr 의 패드마모율을 갖는 #4 Cr 코팅이 비용측면에서 매우 유리하다.

4. 결론

윤작공법으로 제작된 CMP 컨디셔너 샘플이 Cu CMP 슬러리와 같은 강산성 환경에서 사용될 경우, 코팅물질이 컨디셔너에 미치는 영향에 대해서 조사한 결과, 샘플 #4 인 Cr 코팅의 경우가 강산성 슬러리에서 다이아몬드 탈락 및 본드 부식이 발생하지 않았으며 가장 우수한 성능을 나타냈다.

후 기

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

참고문헌

1. Brian L. Mueller, David J. Schroeder and Vlastsa Brusic, Semiconductor International, July, 2000
2. Kapila Wijekeoon et al, Solid State Technology, April, p53, 1998
3. P.K.Niu, P.T.Niu and C.F.Wen, CMP-MIC Proceedings p83, 2000