

텅스텐 CMP에서 디싱 및 에로전 결함 감소에 관한 연구

박범영*, 김호윤**, 김구연*, 김형재*, 정해도#

A Study on the Reduction of Dishing and Erosion Defects in Tungsten CMP

Boumyoung Park*, Hoyoun Kim**, Gooyoun Kim*, Hyoungjae Kim* and Haedo Jeong#

ABSTRACT

Chemical mechanical polishing(CMP) has been widely accepted for the planarization of multi-layer structures in semiconductor fabrication. But a variety of defects such as abrasive contamination, scratch, dishing, erosion and corrosion are occurred during CMP. Especially, dishing and erosion defects increase the metal resistance because they decrease the interconnect section area, and ultimately reduce the life time of the semiconductor. Due to this reason dishing and erosion must be prohibited. The pattern density and size in chip have a significant influence on dishing and erosion occurred by over-polishing. The fixed abrasive pad(FAP) was applied and tested to reduce dishing and erosion in this paper. The abrasive concentration decrease of FAP results in advanced pattern selectivity which can lead the uniform removal in chip and declining over-polishing. Consequently, reduced dishing and erosion was observed in CMP of tungsten pattern wafer with proposed FAP and chemicals.

Key Words : chemical mechanical polishing(화학기계연마), tungsten(텅스텐), fixed abrasive pad(고정입자패드), dishing(디싱) erosion(에로전), pattern selectivity(형상선택비)

1. 서론

마이크로 프로세서, DRAM, SRAM, Logic 등과 같은 반도체 제조에서 화학기계연마(CMP: chemical mechanical polishing)는 평탄화를 위한 필수 불가결한 공정으로 적용되고 있다¹. CMP는 슬러리(slurry) 내의 화학액에 의해서 생성된 대상 재료 표면의 반

응층을 가압된 연마입자가 웨이퍼와 패드의 상대 운동으로 제거하는 기술이다(Fig. 1(a)). CMP는 가공 대상과 그 목적에 따라 크게 층간 절연막(ILD: inter layer dielectric)을 형성시키는 산화막(oxide) CMP, 알루미늄(Al), 텅스텐(W), 구리(Cu)와 같은 금속 배선을 형성시키는 금속(Metal) CMP, 소자들 간의 전기적 절연성을 높여 그 동작 특성과 집적도를

∴ 접수일: 2004년 6월 30일 게재승인일: 2004년 11월 19일

* 부산대학교 대학원 정밀기계공학과

** 동부아남반도체

교신저자: 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구소

E-mail hdjeong@pusan.ac.kr Tel. (051) 510-3210

향상시키는 소자분리(STI: shallow trench isolation) CMP로 분류되어진다(Fig. 1(b)). 따라서 각 CMP에 대한 연구가 진행되고 있으며, 또한 슬러리, 패드, 장치와 같은 요소기술에 대한 연구도 활기를 띠고 있다.

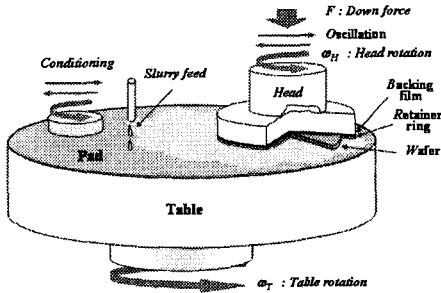


Fig. 1(a) Schematic diagram of CMP equipment

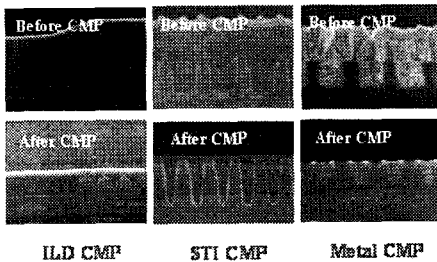


Fig. 1(b) Application of CMP (Source: Hynix)

CMP 공정은 입자 오염(particle contamination), 부식(corrosion), 스크래치(scratch), 디싱(dishing), 에로전(erosion)과 같은 많은 결함들을 발생시킨다. 이러한 결함들은 배선의 단락이나 후공정에 영향을 미치게 되므로 제거되어야만 한다. Fig. 2에서 처럼 디싱(dishing)은 가공 중점 부근의 패턴 사이에서 과도하게 연마된 부분이 접시 모양으로 움푹 들어가는 현상을 말하며, 에로전(erosion)은 이 과정에서 패턴 부 이외의 영역이 가공되는 현상을 말한다².

디싱 현상은 패턴 형상에 직접적인 영향을 미치는 결함으로 배선의 단면적 감소에 따른 RC지연 시간의 증가와 단위 면적당 전류밀도를 증가시켜 electro-migration 현상을 유발할 수 있다. 또한 에로전은 절연층을 파괴시킴으로써 배선간의 불완전한 절연 특성을 나타낼 수 있다. 그리고 디싱과 에로전 결함은 후공정에서 평탄도(planarity)를 나쁘게 하는 요인이 될 수 있다. 따라서 디싱 및 에로전 결함이 발생하는 원인에 대한 연구와 이러한 결함들

근본적으로 방지할 수 있는 방법에 대한 연구가 진행되고 있는 추세이다.

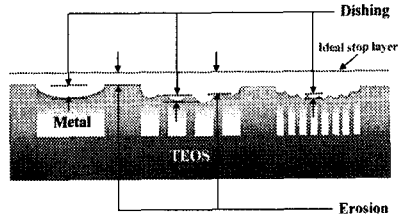


Fig. 2 Dishing and erosion defects during CMP

2. 고정입자패드

2.1 문헌 연구

구리 패턴의 CMP 특성에 관한 연구 결과, J. M. Steigerwald는 디싱 현상은 패턴 폭에 크게 영향을 받으며, 에로전은 패턴 밀도에 의존한다고 하였다³. 또한 디싱과 에로전의 근본적인 발생 원인에 대한 논문에서는 R. Lum은 불균일한 패턴 폭과 밀도에 의해 칩 내에서 국부적인 과다 연마(over-polishing)가 발생하며, 이로 인해 디싱과 에로전이 발생한다고 하였다⁴.

S. Kondo는 연마입자가 없는 화학액만을 CMP에 적용하여 일반적인 CMP 결과와 비교하였다. 결과 이러한 연마법(AFP: abrasive free polishing)은 일반적인 방법보다 디싱 발생량이 1/5 수준으로 줄일 수 있었으며, 디싱 현상은 결국 연마입자에 의해 발생함을 설명하였다. 하지만 화학액을 이용할 경우 디싱 결함은 줄일 수 있지만 연마제거율의 감소라는 단점이 있다⁵.

또한 최근 디싱과 에로전 결함을 줄이기 위한 방안으로 고정입자패드(fixed abrasive pad)가 소개되었으며, 이는 패드 표면에 연마 입자를 형성시키고 CMP 중 화학액을 공급하는 방식이다. 3M에서는 1995년 최초로 CMP에 적용할 수 있는 고정입자 패드를 개발, 발표하였다(Fig. 3).

고정입자 패드를 다단계 구리 CMP에서 일차 CMP에 적용한 결과 과다 연마에 민감하지 않은 특성을 나타내었으며, 공정 여유를 넓게 확보할 수 있다고 하였다⁶. 특히, M. Matsumoto는 구리 CMP에서 고정입자 패드를 적용하여 일반적인 CMP 보다 양호한 평탄화 특성을 얻었다고 보고하였다. 그리고 디싱은 크게 감소하지 않았으나, 에로전이 거

의 발생하지 않아 전체적인 안정성을 확보할 수 있다고 하였다⁷.

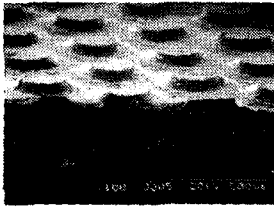


Fig. 3 Fixed abrasive pad(3M)

이와 같이 문헌에서는 디싱과 에로전 결합에 대한 발생 원인과 감소 방안에 대해 소개하고 있다. 따라서 본 연구에서는 결합 감소의 방안으로 고정입자패드를 선정하여 반도체 디바이스의 배선으로 사용되는 텅스텐에 대한 CMP에 적용하고자 한다.

2.2 고정입자패드와 화학액

고정입자패드는 CMP에 참여하는 연마입자를 화학액에 분산시키지 않고 대신 패드 표면에 형성시키는 기술이다. 즉, 패드 표면에 연마입자층을 형성시키고 화학액을 공급하여 연마를 이룰 수 있다. 따라서 텅스텐 CMP에서 사용될 고정입자패드의 제작을 위해 연마입자로 알루미늄(Al_2O_3)을 사용하였다. 연마입자의 바인더는 폴리에틸렌 글리콜(PEG : polyethylene glycol), 폴리에틸렌 글리콜 메타아크릴레이트(PEGMA : polyethylene glycol monomethacrylate), 트리메틸프로판 트리메타아크릴레이트(TMPTA : trimethylpropane trimethacrylate) 3가지의 친수성 고분자를 이용하였다.

PEG, PEGMA, TMPTA 3가지의 바인더 비율은 팽윤(swelling) 특성과 내마모성을 평가하여 최적의 연마제거율 및 패드 수명을 나타내는 4:5:1로 하였다⁸. 알루미늄 연마입자는 전체 바인더량의 25 vol%을 혼합하였으며 교반기를 이용하여 분산시켰다. 또한 혼합과정에서 응집한 거대 연마입자를 분쇄하기 위해 지르코니아 볼을 이용하여 볼밀(ball mill)을 실시하였다. 볼밀된 알루미늄 연마입자의 평균 입경은 입도 분석 결과 $1.22\mu m(D50)$ 이다. 연마입자가 혼합된 바인더를 경화시키기 위해 광 개시제(initiator)를 첨가하였다. 광 개시제는 PEGMA와 TMPTA의 사이드 체인인 메타크릴 산과 반응하여 모노머 간의 결합을 유도하는 역할을 한다. 연마입자층을 형성시키기 위해 스크린 프린터(screen

printer)로 혼합물을 PC(polycarbonate) film에 프린팅한 후, 이를 자외선(UV)을 이용하여 광경화시켰다. CMP시 연마균일도와 평탄도를 고려하여 폴리우레탄 발포체인 IC1400TM 패드를 하부층으로 선택하여 프린팅된 패드를 접착시켰다.

Fig. 4은 본 연구에서 사용될 제작된 고정입자 패드를 보여주고 있으며, 고정입자패드의 패턴은 직경 1mm, 피치(pitch) 2mm, 높이 0.11mm이다.

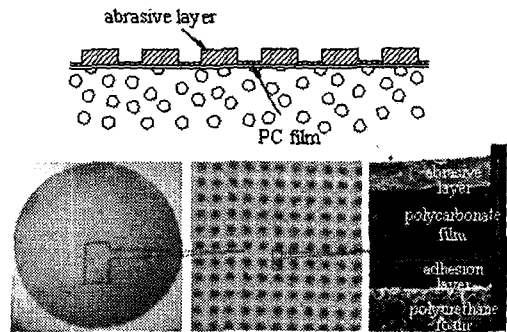


Fig. 4 Pictures of fixed abrasive pad embedded with alumina

고정입자패드는 텅스텐 CMP 중 슬러리 대신 기본적으로 연마제거율(removal rate)을 확보할 수 있는 화학액을 공급해 주어야 한다. 따라서 텅스텐 CMP의 메커니즘에 따라 화학액을 제작하였다⁹. 텅스텐 CMP에서 연마제거율은 산화제의 농도(concentration)가 증가 할수록 증가한다고 알려져 있다.

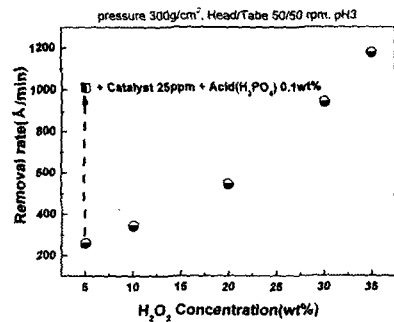


Fig. 5 Removal rate as a function of oxidizer concentration

Fig. 5는 산화제(oxidizer) H_2O_2 의 농도를 5wt%에서 35wt%까지 증가시키면서 연마제거율과의 관

계를 나타낸 것이다. 화학액은 미량의 KOH와 HNO₃를 완충액(buffer solution)으로 하여 pH 3으로 맞추어 동일한 조건에서 CMP를 하였으며, 선행 실험에서 pH에 대한 텅스텐의 연마제거율은 pH2 - 3 사이에서 가장 높게 나타나는 것을 확인하였다. 연마제거율은 H₂O₂ 농도가 증가함에 따라 지수 함수 곡선을 보이면서 증가하고 있다. 하지만 높은 농도에서는 텅스텐 표면의 부식 현상이 일어나며 표면 거칠기의 악화를 가져오므로 낮은 산화제 농도에서 CMP 효율을 높이는 방법이 필요하다. 그러나 H₂O₂ 5wt%에서는 연마제거율이 대략 260 Å/min 정도에 지나지 않는다. 따라서 낮은 H₂O₂ 농도에서 촉매(catalyst) Fe(NO₃)₃와 산(acid) H₃PO₄를 이용하여 연마제거율을 대략 1000 Å/min까지 확보하였다¹⁰.

3. 텅스텐 CMP 평탄화 특성 비교

3.1 텅스텐 패턴 웨이퍼 실험

본 실험에서는 제작된 고정입자패드와 화학액을 텅스텐 패턴 웨이퍼에 대한 CMP에 적용하여, 텅스텐 CMP에 사용되는 일반적인 슬러리 MSW2000TM과 패드 IC1400TM를 이용한 CMP와 디싱 및 에로전 결함 정도를 비교 평가하고자 한다.

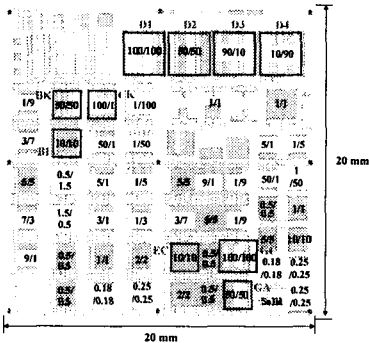


Fig. 6(a) Layout of tungsten pattern wafer

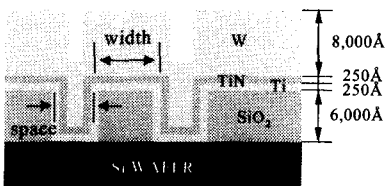


Fig. 6(b) Cross section of tungsten pattern wafer

실험에 사용된 텅스텐 패턴 웨이퍼(SEMATECH waferTM)는 직경 200mm 웨이퍼를 CMP 후 평가할 20mm×20mm 다이(die)가 중앙에 위치하도록 40mm×40mm 크기로 다이싱(dicing)하여 사용하였다. Fig. 6(a), Fig. 6(b)는 패턴 웨이퍼의 다이(die) 레이아웃(layout)과 단면(cross section)을 보여주고 있다. 레이아웃에서 0 / 0 μm는 단면에서 보는 것처럼 산화막 패턴의 폭(width)과 공간(space)의 크기를 나타내며, 이것은 하부 층의 패턴을 그대로 추종하는 증착 특성에 의해 텅스텐 패턴의 폭과 공간의 크기와 동일하다.

Table 1은 실험 조건을 보여주고 있다. 실험 조건에서 연마 압력, 속도, 슬러리 유량은 각 CMP 방법에 대해 동일하게 적용하였다. 또한 각 CMP 방법에서 디싱 및 에로전 결함을 비교하기 위해 과다 연마시간(over-polishing time)을 정하기 위한 장치를 Fig. 7과 같이 구성하였다.

Table 1 Experimental conditions

	CMP(I)	CMP(II)
pressure	300 g/cm ²	300 g/cm ²
velocity	H60/T60 rpm	H60/T60 rpm
flow rate	150 cc/min	150 cc/min
conditioning	Diamond	N/A
pad	IC 1400 TM	fixed abrasive pad
slurry	MSW2000 TM (Alumina) (KIO ₃ based)	H ₂ O ₂ 5wt% Fe(NO ₃) ₃ 25 ppm H ₃ PO ₄ 0.1 wt%
pH	3.9	2.5(buffer KOH)

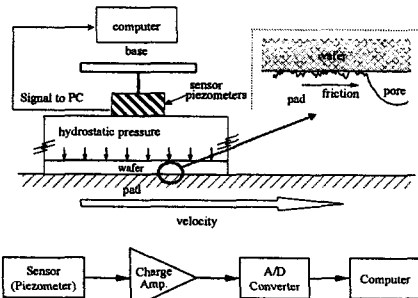


Fig. 7 Measuring system of friction in CMP process

이 장치는 CMP 장비의 헤드(head) 부에 피에조미터(piezometer)를 설치하여 CMP 중 마찰력의 변

화를 측정할 수 있다. 즉, 가공이 진행됨에 따라 증착되어 있던 텅스텐 패턴의 단차가 줄어들게 되고 국부적으로 칩 내에서 희생층(barrier layer) TiN, Ti 및 산화막 SiO₂과 같은 이중 재료가 드러나게 된다. 따라서 CMP 중 마찰력이 변화하게 되며 이 순간의 연마시간을 기준으로 과다연마시간을 결정하게 된다. 여기서 과다연마시간이란 일부 칩 내에서 연마종점에 해당하는 산화막이 드러나고, 이후 추가로 CMP를 실시하여 칩 및 웨이퍼 전면에 남아 있는 잔류 텅스텐 박막을 제거하는 시간을 말한다¹¹⁾. 본 실험에서 과다연마시간은 국부적인 연마종점이 검출된 시간에 대한 백분율(%)로 정의하였다.

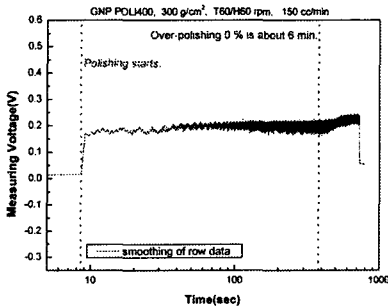


Fig. 8(a) Measuring voltage related to friction force as a function of polishing time in general CMP

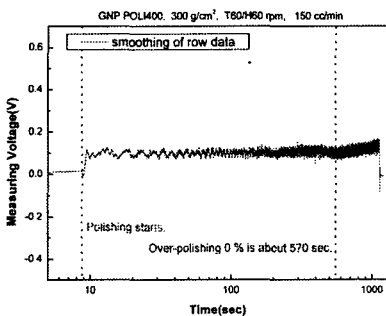


Fig. 8(b) Measuring voltage related to friction force as a function of polishing time in CMP using the fixed abrasive pad and chemicals

Fig. 8(a), Fig. 8(b)는 각 CMP 방법에서 연마시간에 따른 마찰력의 변화를 측정한 결과이다. IC1400TM 패드와 MSW2000TM 슬러리를 사용하였을 경우 패턴 웨이퍼 다이의 일부분에서 연마 종점(end point)에 해당하는 산화막이 드러나는 연마시

간은 대략 6분이다. 또한 고정일자패드와 화학액을 사용하였을 경우는 실험 결과 9분 30초이다. 따라서 이 연마 시간을 각 CMP 방법에 대해 0% 과다연마시간으로 정의하였으며, 디싱 및 에로전 결합은 25%, 50%, 75%, 100% 과다연마시간으로 분류하여 밀집된 각 패턴 부를 선정하여 평가하였다.

3.2 실험 결과

3.2.1 에로전 결합 비교

각 CMP 방법으로 텅스텐 패턴 웨이퍼의 연마를 실시하였다. 디싱 결합은 에로전이 발생한 산화막을 기준으로 평가되므로, 우선적으로 배선과 배선을 분리시키면서 절연막 기능을 하는 산화막에 대해 에로전 현상을 비교하였다.

먼저, 실험에서 패턴 웨이퍼의 에로전에 대한 평가를 위해 Fig. 6(a)에서 칩의 다이 안에 몇 명 패턴 부를 선정하여, Table 2에 나타내었다. 여기서 피치(pitch)는 폭과 공간의 합을 말하며, 밀도(density)는 피치에 대한 폭을 백분율(%)로 나타낸 값이다. 에로전은 연마 종점인 산화막의 두께가 초기 두께에서 감소하는 것으로 나노스펙(NanoSpec: spot size 8 μ m)을 이용하여 각 산화막 패턴에 대해 두께를 측정하여 계산하였다.

Table 2 Region in the die for measuring the oxide loss

	width(μ m)	space(μ m)	pitch(μ m)	density(%)
D1	100	100	200	50
D2	50	50	100	50
D3	90	10	100	90
D4	10	90	100	10
BI	10	10	20	50
BK	50	50	100	50
CK	100	1	101	99
EC	10	10	20	50
GA	50	50	100	50
GC	100	100	200	50

Fig. 9(a), Fig. 9(b)는 각 CMP 방법에 대해 피치는 100 μ m로 고정하고 패턴의 밀도에 대한 에로전 데이터이다. 폴리우레탄 재질의 IC1400TM 패드와 MSW2000TM 슬러리를 이용한 텅스텐 CMP에서는 패턴의 밀도가 작을수록 에로전이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 과다연마시간이 증가하면 전체적으로 에로전은 증가한다. 밀도와 과다연마시간을

모두 고려한 에로전의 최대 발생량은 대략 350nm이다. 그러나 본 연구에서 제작된 고정입자패드와 화학액을 이용한 텅스텐 CMP의 경우, 에로전은 패턴 밀도는 물론 과다연마시간에 거의 영향을 받지 않는 것을 볼 수 있다. 에로전의 최대 발생량 또한 21nm로 아주 적은 값을 보이고 있다.

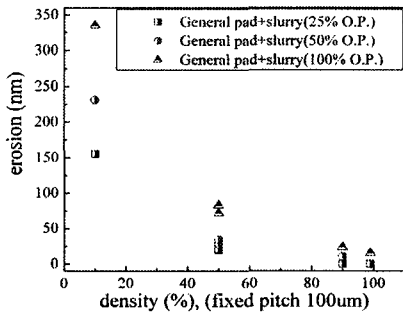


Fig. 9(a) Erosion as a function of density in CMP using IC1400TM and MSW2000TM

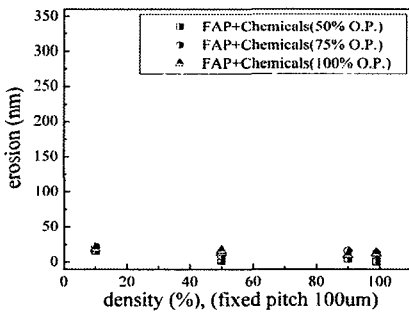


Fig. 9(b) Erosion as a function of density in CMP using the fixed abrasive pad and chemicals

또한 Fig. 10(a), Fig. 10(b)는 밀도는 50%로 고정하고 피치에 대한 에로전 데이터이다. IC1400TM 패드와 MSW2000TM 슬러리를 사용한 경우, 피치가 작을수록 에로전이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 과다연마시간이 증가하면 전체적으로 에로전이 증가하게 된다. 하지만 고정입자패드와 화학액을 사용하였을 경우, CMP 중 에로전은 패턴의 피치와 과다연마시간에 거의 영향을 받지 않음을 볼 수 있다.

결과적으로 일반적인 CMP 방법에 대해서 에로전은 패턴의 피치와 밀도가 작을수록 크게 나타나

며 과다연마시간이 길수록 크다. 하지만 고정입자 패드의 사용을 통해 이러한 에로전은 패턴의 피치, 밀도, 과다연마시간에 거의 영향을 받지 않으면서 대략 20nm이하로 크게 감소하였다.

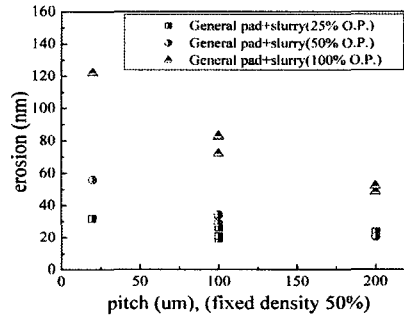


Fig. 10(a) Erosion as a function of pitch in CMP using IC1400TM and MSW2000TM

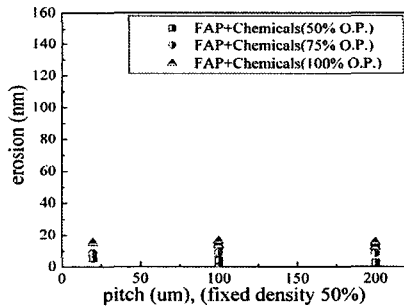


Fig. 10(b) Erosion as a function of pitch in CMP using the fixed abrasive pad and chemicals

3.2.2 디싱 결함 비교

IC1400TM 패드와 MSW2000TM 슬러리를 이용한 텅스텐 CMP와 고정입자패드와 화학액을 이용한 텅스텐 CMP의 디싱 발생 정도를 비교 평가하기 위해 Table 2와 같은 패턴 부를 선정하였다. 에로전 평가에서 패턴의 밀도는 산화막의 밀도, 즉 텅스텐 박막의 초기 증착된 패턴 밀도로 정의하였지만, 디싱의 비교 평가에서는 이와 다르게 연마 종점 이후 텅스텐 배선에 대한 밀도로 정의하였으며 피치에 대한 개념은 같다.

Fig. 11(a)와 Fig. 11(b)는 각 CMP 방법에서 패턴의 밀도와 피치에 대한 디싱 발생 정도를 나타낸 것이다. 디싱량은 100% 과다연마가 이루어진 각 사

편에 대해 에로전이 발생한 산화막과 텅스텐 배선의 상대 단차를 표면 형상 측정기 WYKO에 의해 측정하여 계산되었다.

우선 Fig. 11(a)에서 피치는 100 μ m로 고정하고 텅스텐 배선의 밀도에 따른 디싱은 일반적인 텅스텐 CMP와 비교하여 고정입자패드와 화학액을 사용한 CMP에서 월등히 그 발생량이 적음을 볼 수 있다. 일반적인 CMP의 경우 텅스텐 배선의 밀도 10%에서는 대략 80nm 정도의 디싱을 나타내며 밀도 50%, 90%에서는 디싱이 밀도 10%에 비해 크게 나타난다. 특히, 밀도 10%와 50%는 디싱의 차이가 153nm의 큰 차이를 보이고 있다. 일반적으로 디싱은 배선의 폭이 클수록 증가하게 되는데, 본 실험에서 밀도 100%가 50%에 비해 디싱이 적은 것은 주변 패턴 부의 영향이라 보여진다. 이와 같은 일반적인 CMP에서의 디싱 발생과는 달리 고정입자패드와 화학액을 사용하였을 경우는 디싱이 대략 25nm 이하로 나타나고 있으며, 텅스텐 배선의 밀도에 따른 디싱 변화도 10nm의 아주 작은 차이를 보이고 있다. 즉, 디싱은 텅스텐 배선의 밀도에 영향을 받지 않으며 그 발생량 또한 작게 나타나고 있다.

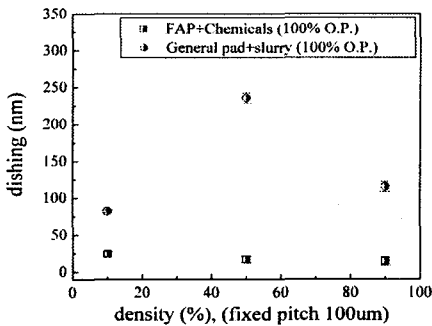


Fig. 11(a) Dishing as a function of density

다음으로 Fig. 11(b)에서 텅스텐 배선의 밀도를 50%로 고정하고 피치에 따른 디싱은 일반적인 텅스텐 CMP 보다 고정입자패드를 사용한 경우 월등히 감소하고 있음을 볼 수 있다. 일반적인 CMP의 경우 피치에 따른 디싱은 대략 230nm 이상 나타나고 있으며 피치 100 μ m에서 보다 200 μ m에서 52nm 만큼 디싱이 더 발생하였다. 이는 피치가 증가하면 디싱이 증가하는 일반적인 현상으로 설명되어진다. 하지만 고정입자패드와 화학액을 사용하였을 경우

는 디싱 발생이 26nm 이하로 아주 작게 나타나며 피치의 변화에 14nm의 작은 차이를 보이고 있다. 즉, 패턴의 피치에 영향을 받지 않으면서 디싱 발생이 아주 작게 나타나고 있다.

이와 같이 디싱은 에로전이 발생한 산화막을 기준으로 평가되며 배선의 단면적이 작아지는 현상이다. 본 실험에서 일반적인 CMP에 의한 텅스텐 배선의 단면적은 100%과다연마에 의한 에로전 발생을 감안한다면 크게 얇아졌음을 알 수 있다.

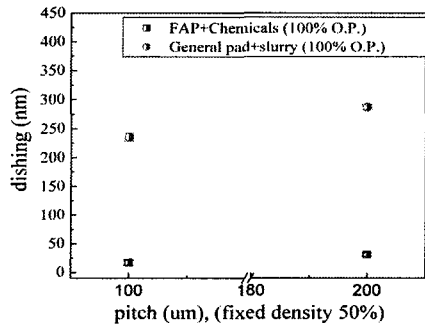


Fig. 11(b) Dishing as a function of pitch

3.2.3 실험 결과 고찰

디싱 및 에로전 결합의 근본 원인은 웨이퍼와 칩의 측면에서 패턴 크기, 간격, 밀도가 다르기 때문에 CMP 대상 재료의 과소연마부를 제거하기 위해 과다연마를 실시하는 과정에서 발생하게 된다. 이러한 에로전과 디싱을 줄이기 위한 방안은 패턴의 형상선택비 개념으로 설명할 수 있다. 형상선택비(pattern selectivity)는 칩 내의 하나의 패턴에 대하여 가장 넓은 폭을 가지는 패턴에 대한 상대 단차비를 나타낸다¹². 만약, 어떤 밀도나 폭을 가지는 하나의 패턴에서 CMP 후 가장 넓은 폭을 가지는 패턴과 같은 상대 단차를 나타낸다면 형상선택비는 1이 되고, 가장 이상적인 CMP 특성을 나타내는 것이다.

결국 텅스텐 CMP에서 고정입자패드의 적용은 CMP 중 초기 패턴에서부터 연마종점 이후까지 패턴에 대한 형상선택비가 좋은 것으로 보인다. 즉, 칩 내에 모든 부분이 균일하게 가공되기 때문에 과다연마시간을 줄일 수 있으며 이에 따른 디싱과 에로전 결합도 줄일 수 있다는 것이다. 형상선택비에 영향을 주는 인자는 연마입자의 농도, 패드 표면 상태, 재료선택비, 슬러리의 유체 유동, 압력, 속도

와 같은 CMP 공정 변수 모두가 될 수 있다¹³. 하지만 고정입자패드와 이러한 특징은 여러 인자들 중 연마입자의 농도에 크게 관계하며 연마에 참여하는 연마입자가 자유입자를 사용하는 슬러리에 비해 월등히 적기 때문이다.

결과적으로 소자분리 CMP에서 입자 농도가 낮은 세리아(ceria) 슬러리를 사용하는 것, 세리아 연마입자를 가지는 고정입자패드를 사용하는 것, 그리고 구리 CMP에서 연마입자가 없는 화학액을 사용하는 것은 형상선택비 향상을 통한 과다연마시간을 줄여 칩 내의 디싱 및 에로전 결함을 감소시키는 CMP 방법들이라 할 수 있다.

4. 결론

CMP는 반도체 제조 공정에서 웨이퍼의 광역평탄화를 위한 필수 공정으로 인식되고 있으나 디싱 및 에로전과 같은 결함이 발생하게 된다. 이러한 결함은 연마 종점 이후 국부적으로 발생하는 과다연마에 의해 발생하며, 반도체 칩 내의 과다연마가 발생하는 영역은 패턴의 크기와 밀도에 따른 형상선택비에 의해 결정된다. 따라서 본 연구에서는 디싱 및 에로전 결함 감소를 위해 텅스텐 CMP에 적용할 수 있는 고정입자패드와 화학액을 제작하였다. 이에 텅스텐 패턴 웨이퍼에 대한 고정입자패드의 적용은 자유입자를 사용하는 일반적인 CMP 방법과 비교하여, 실험 결과 고정입자패드의 좋은 형상선택비 때문에 디싱 및 에로전은 패턴의 크기와 밀도, 과다연마시간에 거의 관계하지 않았으며 그 결함이 크게 감소함을 볼 수 있었다.

참고문헌

- Kim, H. J., Jeong, H. D., Lee, E. S., Shin, Y. J., "Velocity and Friction Force Distribution in Rotary CMP Equipment," J. of KSPE, Vol. 20, No. 5, pp. 39-46, 2003.
- Shin, H. L., Robert, O. M., "Chemical Mechanical Polishing Silicon Processing," Academic Press, pp. 98-100, 2000.
- Steigerwald, J. M., Zirpoli, R., Murarka, S. P., Price, D., Gutmann, R., "Pattern Geometry Effects in the Chemical Mechanical Polishing of Inlaid Copper Structures," J. Electrochem. Soc., Vol. 141, No. 10, pp. 2842-2848, 1994.
- Lum, R., Mishra, S., Lin, R., Redeker, F., Nanjangud, S., "Oxide Erosion Characterization of a Tungsten CMP Process," CMP-MIC Conf., pp. 207-214, 1999.
- Kondo, S., Sakuma, N., Homma, Y., Goto, Y., Ohashi, N., Yamaguchi, H., Owada, Nobuo., "Abrasive-Free Polishing for Copper Damascene Interconnection," J. of Electrochem. Soc., Vol. 147, No. 10, pp. 3907-3913, 2000.
- Koinkar, V., Golzarian, R., Luo, Q., Vanhanehem, M., Shen, J., Burke, P., "Chemical Mechanical Planarization of Copper Interconnects using Fixed Abrasive Polishing Pad," CMP-MIC Conf., pp. 58-65, 2000.
- Matsumoto, M., Suzuki, K., Sakamoto, T., Kamisawa, A., "Evaluation of Cu CMP for Interconnects using a New Slurry-Free Process," CMP-MIC Conf., pp. 176-183, 1999.
- Park, J. H., Kim, H. Y., Jeong, H. D., "The Study of Metal CMP using Abrasive Embedded Pad," J. of KSPE, Vol. 18, No. 12, pp. 192-199, 2001.
- Kaufman, F. B., Thompson, D. B., Broadie, R. E., Jaso, M. A., Guthrie, W. L., Pearsons, D. J., Small, M. B., "Chemical Mechanical Polishing for fabricating Patterned W Metal Features as Chip Interconnects," J. of Electrochem. Soc., Vol. 138, No. 11, pp. 3460-3464, 1991.
- Samsung Electronics Co., Ltd., "Chemical Mechanical Polishing Slurry," Korea Patent, No. 2001-0037315
- Fayolle, M., Sicurani, E., Morand, Y., "W CMP Process Integration - Electrical Results and End Point Detection," Microelectric Engineering, 37/38, pp. 347-352, 1997.
- Kim, H. Y., Park, B. Y., Jeong, H. D., Dornfeld, D. A., Lee, S. I., "Application of Fixed Abrasive Pad using Hydrophilic Polymer in STI CMP," ASPE, pp. 661-666, 2002.
- Kim, H. Y., Kim, H. J., Jeong, H. D., "Development of an Abrasive Embedded Pad for Dishing Reduction and Uniformity Enhancement," J. of KPS, Vol. 37, No. 6, pp. 945-951, 2000.