

# 친수성 고분자를 이용한 고정입자패드의 텅스텐 CMP

박범영<sup>#</sup>, 김호윤<sup>\*</sup>, 김형재<sup>\*\*</sup>, 김구연<sup>\*\*</sup>, 정해도<sup>\*\*\*</sup>

## Tungsten CMP in Fixed Abrasive Pad using Hydrophilic Polymer

Boumyoung Park<sup>#</sup>, Hoyoun Kim<sup>\*</sup>, Hyungjae Kim<sup>\*\*</sup>, Gooyoun Kim<sup>\*\*</sup> and Haedo Jeong<sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

As a result of high integration of semiconductor device, the global planarization of multi-layer structures is necessary. So the chemical mechanical polishing(CMP) is widely applied to manufacturing the dielectric layer and metal line in the semiconductor device. CMP process is under influence of polisher, pad, slurry, and process itself, etc. In comparison with the general CMP which uses the slurry including abrasives, fixed abrasive pad takes advantage of planarity, resulting from decreasing pattern selectivity and defects such as dishing & erosion due to the reduction of abrasive concentration especially. This paper introduces the manufacturing technique of fixed abrasive pad using hydrophilic polymers with swelling characteristic in water and explains the self-conditioning phenomenon. And the tungsten CMP using fixed abrasive pad achieved the good conclusion in terms of the removal rate, non-uniformity, surface roughness, material selectivity, micro-scratch free contemporary with the pad life-time.

**Key Words** : chemical mechanical polishing(화학기계연마), fixed abrasive pad(고정입자패드), tungsten(텅스텐), hydrophilic polymer(친수성 고분자), self-conditioning(자가컨디셔닝)

### 1. 서론

반도체 디바이스는 고집적화 및 고속도화에 따라 선폭의 최소화, 칩 및 웨이퍼의 대면적화, 다층배선화라는 구조적 변화를 이루고 있다. 이러한 변화를 실현할 수 있는 것은 반도체 공정 기술 중 로광(lithography) 기술 및 평탄화(planarization) 기술의 발전과 관련지어진다. 로광 기술은 광원의 파장이 짧아짐에 따라 최소 선폭을 구현할 수 있

다. 하지만 디바이스 전체의 저항용량치(RC)를 감소시키기 위해 다층구조를 형성하는 과정에서 층간의 요철이 발생하게 된다. 이는 절연막 및 배선의 형상 정도를 나쁘게 하는 원인이 되며 반도체 디바이스의 성능을 저하시키게 된다. 따라서 요철을 가지는 각층을 평탄화하는 기술이 필수적으로 적용되며 이에 로광 시의 초점심도(depth of focus)의 여유를 확보할 수 있게 된다<sup>1</sup>.

0.35 $\mu$ m 선폭 이상의 공정에서는 국소평탄화 기

<sup>#</sup> 접수일: 2003년 9월 23일; 게재승인일: 2004년 4월 9일

<sup>#</sup> 교신저자: 부산대학교 대학원 정밀기계공학과

Email bypark@pusan.ac.kr Tel. (051) 510-3210

<sup>\*</sup> University of California at Berkeley

<sup>\*\*</sup> 부산대학교 대학원 정밀기계공학과

<sup>\*\*\*</sup> 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구소

술로 레지스트 에치백(resist etchback), 리플로우(rewflow), SOG(spin on glass)와 같은 기술이 적용되었다. 하지만 ULSI 칩 제조에서는 이러한 국소평탄화 기술이 웨이퍼의 대면적화와 소자의 고집적화에 따른 기술적 동향에 한계를 가지게 되었다.

이에 화학기계연마 (chemical mechanical polishing : CMP)는 반도체 디바이스 다이(die) 내의 평탄도(planarity)를 확보하여 국소평탄화를 이루는 동시에 웨이퍼(wafer) 내의 광역평탄화(global planarization)를 이룰 수 있는 필수 불가결한 기술로 적용되고 있다(Fig. 1(a), (b)).

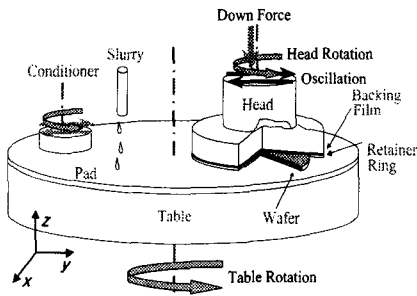


Fig. 1(a) Schematic diagram of CMP equipment



Fig. 1(b) Planarization of pattern in die during CMP

CMP 공정은 장비, 소모품, 공정 자체, 환경 등의 영향을 받는다. 특히 소모품에 해당하는 패드(pad), 슬러리(slurry)가 중요한 공정변수로 작용하게 된다. 이에 패드 및 슬러리 등의 요소 기술을 최적화 하더라도 CMP 후의 스크래치(scratch), 오염(contamination), 디싱(dishing), 에로전(erosion)과 같은 결함(defect)이 발생하게 된다. 이러한 결함들 중에서 반도체 디바이스의 안정적인 동작 특성을 구현하기 위해서는 디싱, 에로전과 같은 결함은 반드시 제거되어야 한다<sup>2</sup>.

## 2. 디싱과 에로전 결함

반도체는 웨이퍼 표면에 여러 가지 소자의 조합에 의해 구성되며 이러한 소자를 연결시켜주는 배

선 및 절연막이 다층구조로 형성된다. 이러한 과정에서 웨이퍼 표면에는 여러 가지 패턴(pattern) 형상이 나타나게 되는데 칩 내의 위치에 따라 패턴의 폭, 간격, 밀도가 다르게 나타나게 된다. CMP 공정에서 이러한 패턴의 형상 및 밀도의 차이는 연마제 거울(removal rate)의 차이를 가져오며, 국부적으로 과다연마(over-polishing)부 및 잔류 박막이 남아 있는 과소연마(under-polishing)부를 발생시킨다. 여기서 과소연마부는 소자의 오동작을 유발하게 됨으로 일반적으로 CMP 공정에서는 다이(die) 내의 과다연마를 실시한다.

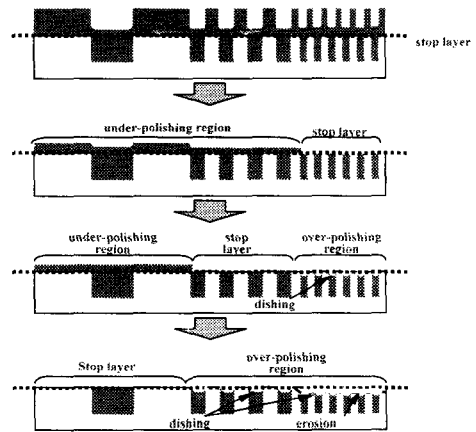


Fig. 2 Dishing & erosion defects after over-polishing of CMP

Fig. 2는 CMP 공정에서 과다연마에 의한 디싱(dishing) 및 에로전(erosion) 결함 발생을 보여주고 있다. CMP가 진행됨에 따라 패턴 폭이 좁은 영역은 높은 연마제거율을 보이게 되는데 상대적으로 패드와의 실접촉 면적이 작음으로 높은 집중하중을 받기 때문이다. 따라서 패턴 폭이 좁은 영역에서 먼저 연마종점(end point)에 도달하게 되며, 상대적으로 패턴 폭이 높은 영역의 잔류 박막을 제거하기 위해 CMP를 계속 진행하게 되면 패턴 폭이 좁은 영역에서 과다연마가 일어나면서 디싱과 에로전 결함이 발생하게 된다. 가공종점에서 두가지 이상의 이종 재료 표면이 들어나게 되면 CMP 동안 슬러리에 의한 물질 선택비(material selectivity) 차이 등 여러 가지 원인이 복합적으로 작용하여 연마제거율이 차이를 보이게 된다. 이러한 영향에 의해 가공종점 부근의 패턴 사이에서 과도하게 연마된 부분이 접

시 모양으로 움푹 들어가는 현상을 디싱(dishing)이라 한다. 또한 이 과정에서 패턴부 이외의 영역이 가공되는 현상을 에로전(erosion)이라고 한다<sup>3, 4, 5</sup>.

결과적으로 디싱과 에로전은 패턴 폭과 패턴 밀도에 영향을 받으며 과다연마(over-polishing) 과정 동안 일어난다 할 수 있다. 이러한 현상은 패턴의 형상 선택비(pattern selectivity)에 의해 나타나는 현상으로 설명되어진다. 따라서 CMP 공정에서 이러한 결함을 줄이기 위해서는 형상 선택비를 줄임으로서 해결할 수 있는데 균일한 패드 표면 상태, 패드 표면 경도 증가, 연마입자 집중도 최소화 등의 방법을 통해 가능하다.

최근 고정입자패드(fixed abrasive pad)는 이러한 요건을 가지고 있으며 STI(shallow trench isolation) CMP 공정에 적용되고 있다. Fig. 3은 Cu CMP에서 고정입자패드를 사용하였을 경우, 일반적인 CMP보다 구리 배선의 디싱 현상은 크게 감소하지 않았지만 절연막의 에로전이 거의 발생하지 않아 패턴의 안정성을 확보하고 있음을 보여 주고 있다. 본 연구에서는 친수성 고분자를 이용하여 고정입자패드를 제작하고 이를 텅스텐 CMP에 적용하여 그 특성을 평가하였다.

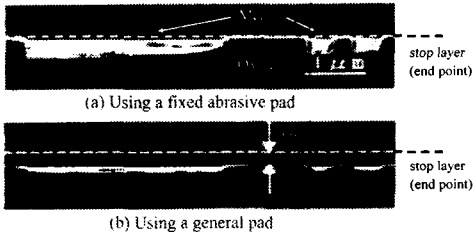


Fig. 3 Comparison defects between CMP using fixed abrasive pad and general CMP(source: Rohm Co.)

### 3. 고정입자패드

#### 3.1 친수성 고분자의 swelling 특성

고정입자패드는 친수성 고분자를 바인더로 입자를 혼합하여 만들어진다. 친수성 바인더는 hydroxyl group(-OH), carboxyl group(-COOH), carbonyl group(-CO), amin group(-NH<sub>2</sub>) 등의 기를 포함하며, 주로 산소, 질소, 황 등의 원자를 함유하는 기는 친수성기(hydrophilic radical)이다. 친수성기는

물분자(H<sub>2</sub>O)와 쉽게 결합하는 특성을 가지고 있으며, 이러한 고분자 구조가 물과 만나면 물은 고분자 속으로 침투하여 친수성기 주위에 모이게 된다. 결과 친수성기에 의해 고분자 체적이 팽창하는 현상이 발생하게 되는데 이를 swelling 현상이라 한다(Fig. 4). 이러한 과정에서 친수성 바인더에 의해 고정되어 있던 입자들이 웨이퍼와의 마찰력에 의해 자유상태로 바뀌게 되고 화학기계연마에 참여하게 된다.

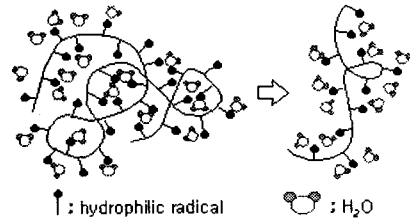


Fig. 4 Swelling phenomenon of hydrophilic polymer

#### 3.2 고정입자패드의 self-conditioning 특성

CMP 공정에서는 일반적으로 연마가 진행됨에 따라 연마입자, 제거된 재료 및 패드 마모에 의한 여러 가지 잔류물들이 패드(IC1400<sup>TM</sup>)의 기공(pore)을 막게하는 눈막힘(glazing) 현상과 패드 표면의 거칠기가 감소하는 현상이 발생하게 된다(Fig. 5(a), (b)).

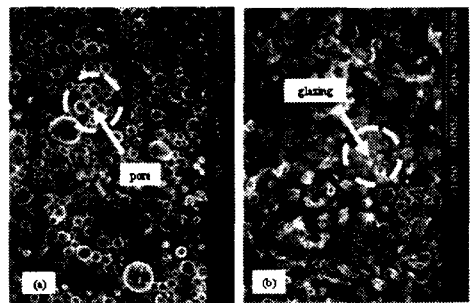


Fig. 5(a) SEM picture of IC1400<sup>TM</sup> pad surface after conditioning

Fig. 5(b) SEM picture of IC1400<sup>TM</sup> pad surface after CMP

이는 연마에 참여하는 슬러리 공급을 막고 CMP 공정중 마찰력을 변화시키므로 연마제거율(removal rate)과 웨이퍼 내의 연마균일도(within

wafer nonuniformity: WIWNU)를 감소시키는 결과를 초래하게 된다. 또한 웨이퍼 간의 연마재현성(wafer to wafer nonuniformity: WTWNU)을 떨어트리며 잔류물에 대한 패드의 오염은 반도체 웨이퍼에 치명적인 결함을 낼 수 있다. Fig. 6은 일반적인 CMP 공정에서 발생하는 것으로 컨디셔닝 공정이 없이 지속적인 CMP를 하였을 경우 연마제거율이 떨어지는 것을 실험적으로 보여주고 있다. 하지만 컨디셔닝 공정으로 연마제거율은 다시 초기로 회복된다.

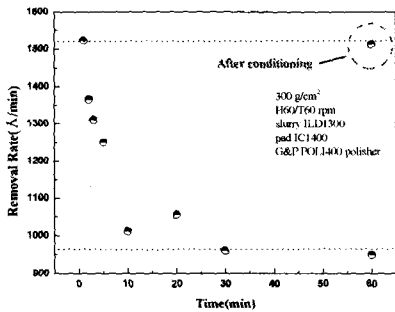


Fig. 6 Decreasing removal rate for polishing time

따라서 패드의 기공을 열어주고 패드 표면 상태를 거칠게 하기 위한 컨디셔닝(conditioning)이 CMP 공정 중 적용된다. 컨디셔닝 공정은 CMP공정과 유사하게 다이아몬드 입자가 고정되어 있는 캐리어(carrier)에 의해 패드에 대한 기계적인 가압과 상대운동으로 실시된다. 하지만 다이아몬드 입자의 탈락, 결합제의 산화에 의한 오염 등의 문제를 가지고 있다. 또한 폴리우레탄(poly-urethane) 재질의 패드에 컨디셔닝으로 형성된 패드 표면 거칠기는 sub-micro 크기의 패턴 형상 선택비를 나쁘게 하여 다이 내의 평탄도(planarity)에 영향을 주게 된다<sup>6</sup>.

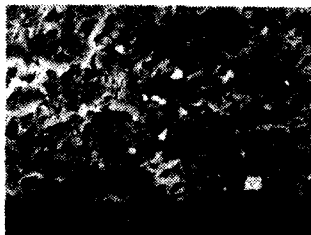


Fig. 7 Surface of fixed abrasive pad with alumina after tungsten CMP

이와 비교하여 친수성 고분자를 이용한 고정입자패드는 웨이퍼와의 마찰력으로 swelling 특성에 의해 결합력이 약해진 바인더가 임의로 떨어져 나가면서 스스로 패드 표면이 컨디셔닝 된다. 즉, 미세한 거칠기와 기공을 가지는 새로운 연마입자층이 CMP 공정 중 생성된다. Fig. 7은 텅스텐 CMP에 적용된 자가컨디셔닝(self-conditioning)된 알루미나 입자를 가진 고정입자패드의 SEM(scanning electron microscope) 사진을 보여준다.

### 3.3 알루미나 고정입자패드 제작

텅스텐 CMP에 사용될 고정입자패드의 제작을 위해 연마입자로 입경 1.22 $\mu$ m(D50)인 알루미나( $Al_2O_3$ )를 사용하였다. 연마입자의 바인더(binder)는 PEG(polyethylene glycol), PEGMA(polyethylene glycol monomethacrylate), TMPTA(trimethylpropane trimethacrylate) 3가지의 친수성 고분자를 이용하였다.

바인더의 비율은 고정입자패드의 swelling 특성과 내마모성에 대한 평가 후 PEG: PEGMA: TMPTA=4:5:1, 연마입자는 25vol%로 하였으며 이때 최적의 연마제거율 및 패드 수명을 나타낸다. 바인더 중 PEGMA는 swelling 특성을 가지며 TMPTA는 특히 3-functional로서 3차원적인 결합을 가능하게 하여 마모성과 관련을 가진다. 여기서 swelling 특성과 마모성은 서로 상반된 성질을 갖는다.

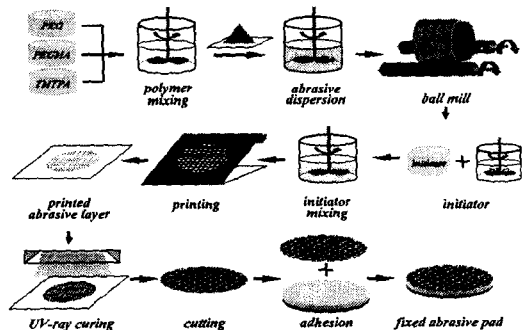


Fig. 8 Manufacturing process of fixed abrasive pad with alumina

바인더와 연마입자를 혼합하고 응집한 거대 연마입자를 분쇄하기 위해 볼밀(ball mill)을 실시하였다. 바인더를 경화시키기 위해 개시제(initiator)를 첨가하여 스크린 프린터로 혼합물을 프린팅하였다.

이를 자외선(UV)을 이용하여 광경화시켰다. 연마균일도와 평탄도를 고려하여 IC1400™ 패드를 하부층으로 선택하여 프린팅된 패드를 접착시켰다(Fig. 8). 제작된 고정입자패드의 패턴은 직경 1mm, 피치(pitch) 2mm, 높이 0.11mm이다.

고정입자패드 제작에는 연마입자의 크기 제어, 혼합물의 점도, 분산, 탈포 등이 중요한 제작 변수로 작용하게 되며 패드 특성 및 CMP 결과에 영향을 주게 된다.

#### 4. 고정입자패드의 텅스텐 CMP

##### 4.1 고정입자패드의 텅스텐 CMP 메카니즘

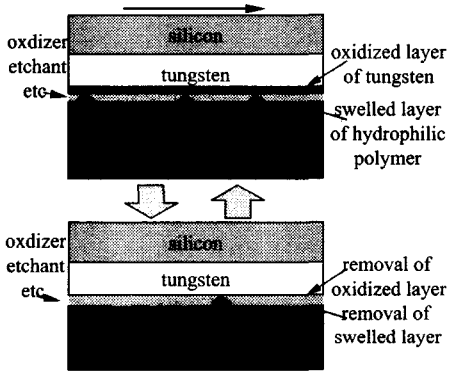


Fig. 9 Tungsten CMP mechanism using fixed abrasive pad

고정입자패드는 CMP에 참여하는 연마입자를 화학액에 분산시키지 않고 대신 패드 표면에 형성시키는 기술이다. 즉, 패드 표면에 연마입자층을 형성시키고 화학액을 공급하여 연마를 이룰 수 있다. 텅스텐 CMP는 일반적으로 pH 4 이하의 산성영역에서 이루어진다. 텅스텐 박막은 이러한 산성영역에서 Pourbaix 선도에 따라 화학액 내의 산화제(oxidizer)에 의해 제거 용이한 텅스텐 산화층을 형성하게 된다. 이 산화층과 고정입자패드 표면의 swelling된 연마입자층이 기계적인 마찰 상태에 놓이게 되면 친수성 바인더에 의해 고정되어 있던 연마입자가 자유입자화 된다. 이에 자유로워진 연마입자는 화학기계연마에 참여하여 기계적인 작용에 의해 산화층을 제거하게 된다. 이와 동시에 etchant에 의해 텅스텐이 에칭(etching)되며 다시 텅스텐

산화물이 형성되어 에칭을 방해하게 된다. 이와 같이 안정화된 텅스텐 산화물이 부동태층(passivation layer)으로 작용하며 부동태층 형성과 에칭이 경쟁적으로 일어나면서 CMP가 진행된다(Fig. 9)<sup>7</sup>.

##### 4.2 화학조성에 따른 CMP 특성

일반적인 metal CMP에서 슬러리는 산화제(oxidizer), 산(acid), 방식제(inhibitor), 킬레이트제(chelate agent) 등과 같은 화학 성분이 포함되어 있다. 특히 산화제가 슬러리의 특성을 가장 크게 좌우한다. 따라서 고정입자패드를 텅스텐 CMP에 적용하기 위해서는 화학액에 이러한 화학 성분이 포함되어야 한다.

산화제는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, KIO<sub>3</sub> 등이 있으며, KIO<sub>3</sub>는 물에 대한 용해도에 제한이 있고 알칼리성 칼륨에 의한 오염을 발생시킨다. Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>는 연마속도는 빠르지만 과도한 산화작용과 철의 오염을 발생시키는 단점이 있다<sup>8</sup>. 이에 일반적으로 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 산화제로 사용하지만 그 농도를 제한하고 산화속도와 산화량을 제어할 수 있는 첨가제가 들어가지 않으면 금속 박막에 결함을 발생시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 농도를 최소화시키기 위해 촉매 역할을 하는 산화제를 동시에 화학액에 첨가하였다.

실험에 사용된 웨이퍼는 텅스텐 박막이 10000 Å인 100mm 웨이퍼를 사용하였으며 잔류박막 두께는 4-Point Probe(Chang Min Tech., Co.)을 이용하여 EE=10mm, 49-point cartesian map으로 측정하였다.

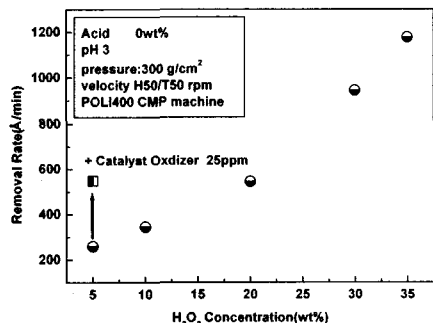


Fig. 10 Removal rate as a function of oxidizer concentration

Fig. 10는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 농도에 따라 연마제거율이 비선형적으로 증가함을 보여주고 있다. 산화제 35wt%

일 때는 연마제거율은 높으나 텅스텐 박막의 CMP 후 표면 상태는 떨어졌다. 이는  $H_2O_2$ 의 텅스텐에 대한 산화속도와 산화량에 기계적인 제거 작용이 미치지 못한 결과라 생각된다. 하지만 산화제 5wt%에서는 텅스텐 박막의 결함은 감소할 수 있겠지만 연마제거율이 확보되지 않아 CMP 효율을 떨어뜨리는 결과를 초래하게 된다. 하지만  $Fe(NO_3)_3$ 를 25ppm 첨가했을 경우 연마제거율이 약 2배 정도 증가하였다.

여기서  $H_2O_2$ 는 주산화제로 산화력은 크나 반응속도가 느려 산화막 형성 속도 및 에칭 반응속도가 느린 산화제를 말하며,  $Fe(NO_3)_3$ 는 촉매산화제로 산화력은 작지만 금속과 산화 반응속도가 빠른 산화제를 말한다. 이들 두 산화제는 서로에 대해서 산화·환원제의 역할을 하게 된다. 즉, 텅스텐을 산화시키는데 우선 촉매 산화제( $Fe^{3+}$ )가 사용되며 자신은 환원( $Fe^{2+}$ )된다. 이에 주산화제는 환원된 촉매산화제 음이온을 다시 산화시켜 텅스텐과의 재반응에 사용되도록 하고 자신은 환원되어 분해된다. 2종의 산화제를 사용한 화학액은 이러한 반응 메카니즘에 의해 낮은 산화제 농도에서도 텅스텐 박막에 산화물을 쉽게 형성시키며 연마제거율을 확보할 수 있게 해준다.

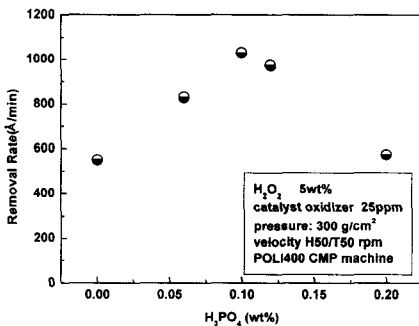


Fig. 11 Removal rate as a function of acid concentration

화학액 성분 중 산은  $HNO_3$ ,  $H_3PO_4$  등이 있으며 금속과 반응층에 대한 에칭 및 용해(dissolution) 작용을 한다. 산의 농도가 증가할수록 부식 속도와 용해속도는 증가하게 되지만, 이 또한 금속의 결함을 발생시키므로 적절한 농도로 조절해야한다. 특히  $H_3PO_4$ 은 불활성 약산으로 안정적으로 금속과 반응하며  $H_2O_2$ 와 반응하여 킬레이트제의 역할을

동시에 하게 된다. 이는 금속 이온과 결합하여 착물을 형성하고 가공물에 대한 세정 효과와 연마제거율을 향상시킨다<sup>9</sup>. Fig. 11은  $H_3PO_4$ 의 농도에 따른 연마제거율의 관계를 보여주고 있다.  $H_3PO_4$ 는 0.1wt%에서 최대 연마제거율을 나타내고 있으며 그 농도가 증가하면 오히려 연마제거율이 감소하게 된다.  $HNO_3$  또한  $H_3PO_4$ 와 마찬가지로 실험결과 0.1 wt% 첨가량에서 연마제거율이 최대값을 보였다.

Fig. 12는 촉매산화제( $Fe(NO_3)_3$ )의 농도에 따른 연마제거율 결과이다. Fig. 10과 함께  $H_3PO_4$  0.1wt% 일 때 촉매가 25-50ppm에서 연마제거율이 1000 Å/min 부근까지 증가하며 촉매의 농도가 증가하면 오히려 연마제거율은 감소함을 보여준다.

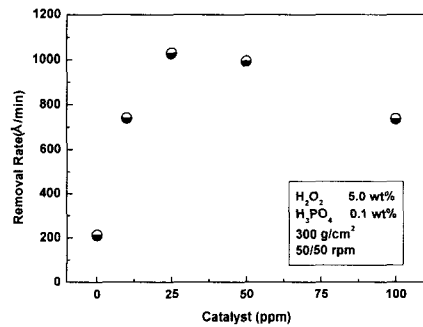


Fig. 12 Removal rate as a function of acid concentration

### 4.3 고정입자패드 of 기계적 특성

일반적인 CMP에서 연마제거율은 압력과 속도에 비해 증가하는 Preston 방정식을 따른다. 특히 압력에 지배적인 영향을 받는다. 하지만 알루미늄( $Al_2O_3$ ) 연마입자를 친수성 고분자에 혼합시켜 만든 고정입자패드 CMP의 경우는 압력에 따른 연마제거율 관계가 비선형적으로 증가하게 된다. 이는 연마에 참여하는 다수의 연마입자들이 swelling 특성에 의해 떨어져 나온 바인더에 코팅되어 있는 상태이기 때문이다. 따라서 임계 압력을 넘으면 연마입자를 코팅하고 있는 바인더들이 깨어지면서 연마입자가 연마에 더 많이 참여하게 된다.

Fig. 13는 압력에 대한 연마제거율 관계를 일반적인 텅스텐 CMP와 고정입자패드를 이용한 텅스텐 CMP에 대해 보여주고 있다.

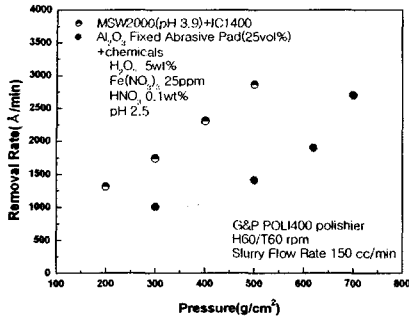


Fig. 13 Removal rate as a function of polishing pressure

### 5. 텅스텐 CMP 평가

고정입자패드를 이용한 텅스텐 CMP의 종합적 평가를 위해 Table 1과 같은 실험 조건으로 텅스텐 CMP를 실시하였다.

Table 1 Experimental conditions

Parameters	Experimental conditions
pressure	500 g/cm <sup>2</sup>
velocity(head/platen)	100/100 rpm
pad	FAP (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 25vol%)
flow rate of chemicals	150 cc/min
chemicals	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 8wt%
	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> 50ppm
	NHO <sub>3</sub> 0.1wt%
equipment	G&P Tech. POLI400

먼저 텅스텐 박막에 대한 희생층(barrier layer)으로 사용되는 Ti와 TiN과 절연막으로 사용되는 oxide와의 선택비를 확인하였다. 실험 결과 W, Ti, TiN 및 oxide의 연마제거율은 각각 2857 Å/min, 1099 Å/min, 5209 Å/min, 27 Å/min으로 나타났으며 텅스텐에 대한 선택비를 Fig. 14에 표시하였다. 텅스텐희생층의 선택비는 각각 2.6, 1.81으로 양호한 특성을 보였으며, 연마중점에 해당하는 oxide에 대해서는 100 이상으로 나타났다.

고정입자패드의 텅스텐 CMP 후 웨이퍼 표면 상태를 평가하기 위해 AFM (atomic force microscope)을 이용하여 40 point를 측정하였다. 전

체적으로 20Å 이하의 양호한 표면 거칠기를 나타내고 있으며 Fig. 15은 웨이퍼 직경에 대해 각 측정 point에 대한 표면거칠기와 편차를 나타내고 있다. 또한 AFM 이미지 분석결과 텅스텐 표면에 핀홀(pin hole)이 발생하였다(Fig. 16(a)). 이는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 농도를 낮춤으로써 해결할 수 있다. 또한 마이크로 스크래치는 200mm 텅스텐 웨이퍼에 대해 CMP 후 측정된 결과 Fig. 16(b)에서 나타나듯이 대략 5개 정도 확인되었다. 여러개의 검정색 점들은 오염 입자로 보여진다.

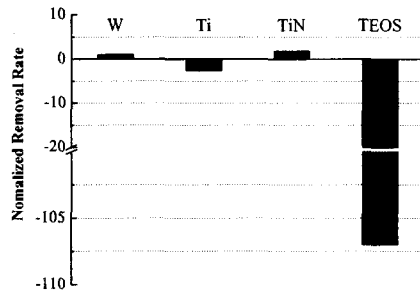


Fig. 14 Material selectivity of fixed abrasive pad for tungsten CMP

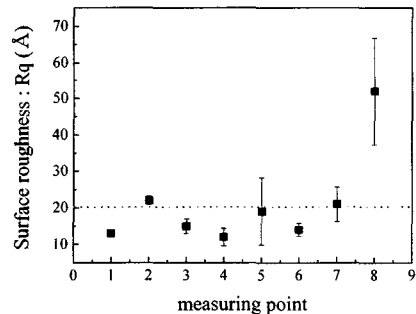


Fig. 15 Rq at measured point on polished tungsten wafer

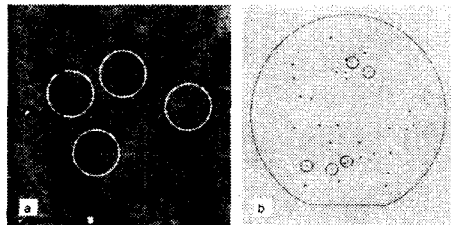


Fig. 16(a) Pin hole on polished tungsten wafer  
Fig. 16(b) Micro-scratch on polished tungsten wafer

Fig. 17는 고정입자패드를 적용한 텅스텐 웨이퍼의 연마제거율과 연마균일도(WIWNУ)를 나타내고 있다. 연마 시간 250min 동안의 결과이며, 연마 제거율은 3000 Å/min 전후를 나타내고 있으며 5% 이상의 WIWNУ는 후반부에서 다소 많이 발생하였다. 250min 후에는 연마제거율이 줄어들어 2200 Å/min까지 감소하였다. 실제 웨이퍼 한 장에 대한 연마 시간이 1min 전후로 감안할 때 고정입자패드의 수명은 200장까지는 안정된 연마 결과를 나타내었다. 또한 Fig. 6와 같은 일반적인 CMP와 비교하여 친수성 고분자를 이용한 고정입자패드의 자가컨디셔닝(self-conditioning) 특성을 확인할 수 있다.

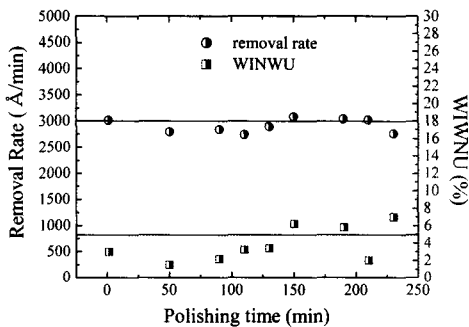


Fig. 17 Removal rate and WIWNУ as a function of polishing time

## 6. 결론

본 연구는 친수성 고분자를 이용한 알루미늄 고정입자패드를 텅스텐 CMP에 적용하기 위한 목적을 가지고 있으며 그 특성을 평가하였다.

결과 고정입자패드의 self-conditioning 특성을 확인하였다. 그리고 2종 산화제와 산을 동시에 사용하여 낮은 산화제 농도에서 연마제거율을 확보하였으며 그 화학·기계적 메카니즘을 파악하였다. 또한 연마제거율, 연마균일도, 표면 거칠기, micro-scratch, 재료 선택비 및 패드 수명 측면에서 양호한 결과를 확인하여 텅스텐 CMP에 적용 가능성을 제시하였다.

## 참고문헌

1. Jeong, H. D., Kim, H. Y., "Eco-process in Semiconductor Manufacturing Process," J. of

KSPE, Vol. 18, No. 9, pp. 25-30, 2001.  
 2. 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. 948-951  
 3. 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.  
 4. Smekalin, K., Fertig, D., "Microscale Dishing Effect in a Chemical Mechanical Planarization Process for Trench Isolation," J. Electrochem. Soc., Vol. 143, No. 12, pp. 1281-1283, 1996.  
 5. 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.  
 6. Seo, H. D., Lee, S. H., Jeong, H. D., "Characterization of the Composite Conditioning Aided by Ultrasonic Vibration," Electrochem. Soc. Proceedings, Vol. 99-37, pp. 445-451, 2000.  
 7. Kim, H. G., "A Study on Chemical Mechanical Planarization of Interlayer Dielectric Organic Film for Semiconductor Process," Hanyang Univ., pp. 9-10, 1999.  
 8. Samsung Electronics Co., Ltd., "CMP Slurry for Metal Film and its Method," Korea Patent, No. 1999-0085105.  
 9. Samsung Electronics Co., Ltd., "Cleaning Solution, its Manufacturing Method, and its Cleaning Method," Korea Patent, No. 1998-027525.