

접촉 면적을 제어할 수 있는 CMP 패드 제작 방법 및 성능 평가에 관한 연구

최재영, 김형재*, 정영석*, 박재홍**, 키노시타마사하루**, 정해도*
부산대 정밀정형협동과정, 부산대학교*, Rodel-Nitta**

A study on manufacture and evaluation of CMP pad controllable contact area

Jae-Young Choi, Hyoung-Jae Kim*, Young-Seok Jeong*, Jae-Hong Park**, Masaharu Kinoshita**,
Hae-Do Jeong*
Pusan National Univ. ERC*, Pusan National Univ*, Rodel-Nitta**

Abstract

Chemical-Mechanical Polishing (CMP) especially is becoming one of the most important ULSI processes for the 0.25 μ m generation and beyond. And there are many elements affecting CMP performance such as slurry, pad, process parameters and pad conditioning. Among these elements the CMP pad is considered one of the most important because of its change. But the surface of the pad has irregular pores, so there is non-uniformity of slurry flow and of contact area between wafer and the pad, and glazing occurs on the surface of the pad. So we make CMP pad with micro structure using micro molding method. This paper introduces the basic concept and fabrication technique of CMP pad with micro-structure and the characteristic of polishing. Experimental results demonstrate the removal rate, uniformity, and time vs. removal rate.

Key Words : Polishing Process, CMP polishing Pad , Micro-mold method

1. 서 론

반도체 집적 소자는 매년 더 작은 면적에 더 많은 소자를 집적하기 위한 노력으로 현재는 손톱 크기만한 칩 위에 10⁹개 이상의 소자를 집적해 넣을 정도로 기술이 발전하고 있다. 이렇게 소자를 적은 칩에 집적하기 위해서는 우선 일차원 적으로는 선폭의 최소화, 2차원적으로 칩 및 웨이퍼의 대면적화, 3차원적으로는 다층배선과 같은 구조적인 변화가 필요하다. 이러한 구조적인 변화를 이끌어 낸 핵심 기술은 여러 공정 기술과 더불어 로광(Lithography) 기술과 평탄화(Panarization)기술 이다.

이러한 평탄화 기술에는 레지스트 에치백(Resist etch back) 이나 리플로우(Reflow), CMP(Chemical mechanical polishing) 등이 있으며 그 중에서 국소 및 광역 평탄화가 뛰어난 CMP 기술이 가장 유망한 기술로 부상하고 있다.¹

CMP는 기계적 작용과 화학적 작용의 상승 효과에 의하여 재료의 표면에 결함을 남기지 않고 연마하는 방법으로 연마를 하기 위해서는 연마 공구인 패드와 가공물인 웨이퍼 사이에 연마 입자를 함유한 슬러리를 개재시킨 채 압력을 가하면서 공작물과 패드의 상대 운동을 시키며 연마하는 가공 기구를 가지고 있다.

CMP 가공을 이루는 주요소에는 패드, 슬러리 및 압력과 속도와 같은 공정변수와 컨디셔닝 등이 있다. 이들 주요소 중에서 특히 웨이퍼에 직접 접촉하여 압력을 전사시키고 슬러리를 웨이퍼 표면에 유동시켜 주며 연마 입자를 웨이퍼 표면에 압입시키는 역할을 하는 연마 패드의 특성은 매우 중요하다.

현재 사용되어지는 연마 패드는 폴리우레탄(Poly-urethane) 재료를 베이스로 하여 패드 표면에 무수히 많은 마이크로 공극(Micro pore) 와 돌기가 불규칙적으로 분포 되어지는 구조로 이루어져 있다.

마이크로 공극의 역할은 웨이퍼와 패드 사이에 연마 입자를 함유한 슬러리를 운반하는 것이며 돌기부분은 실제적으로 웨이퍼와 패드가 접촉하여 반응하는 부분이다.

Fig. 1은 현재 CMP 공정에 사용되어지고 있는 IC1000 패드의 표면의 개략도를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 이러한 패드 표면의 불균일한 형상은 CMP 연마 시 슬러리의 불균일한 유동을 일으키며 또한 웨이퍼와 실제 접촉하는 패드의 접촉 면적의 변화를 일으켜 가공 후 웨이퍼의 표면의 Uniformity를 악화시키며 또한 패턴 웨이퍼 연마 시 패드 표면의 마이크로 거칠기가 디싱(Dishing) 현상을 발생 시켜 소자의 수율에 영향을 준다고 했다.

이에 본 논문에서는 실리콘 고무를 이용하여 마이크로 표면 구조물을 표면에 균일하게 형성하는 기술을 이용하여 기존의 패드와는 전혀 다른 새로운 CMP용 연마 패드를 제작 하였다.

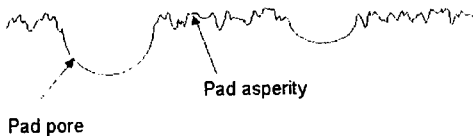


Fig. 1. Schematic of IC1000 pad surface.

2. 접촉 면적을 제어 할 수 있는 CMP 패드 제작 기술

Fig. 2는 접촉 면적을 제어 할수 있는 CMP패드 제작 기술에 대해 나타내었다. 그림에서 보듯이 제작 공정은 크게 두가지로 나누어져 있다. 우선 원하는 마이크로 구조물을 가진 마스터 몰드(Master mold)를 제작하는 과정과 이 마스터 몰드를 실리콘 고무를 이용하여 소프트 몰드로 제작 후 이를 이용하여 패드를 제작하는 공정으로 이루어져 있다.

마스터 몰드를 제작하는 방법에는 반도체 제작 기술 중에 하나인 RIE기술을 이용하거나 마이크로 RP(Micro RP), 포토에칭(Photo etching) 기술을 이용하여 제작이 가능하다. 각각의 방법에 따른 장단점은 아래와 같다. RIE 기술을 이용하여 실리콘 웨이퍼를 이용하여 마스터 몰드를 제작하는 경우 정확하게 형상과 치수를 얻을 수 있는 반면에 마스크 제작에 비용이 많이 들며 또한 패드 디자인을 변경 시 오랜 시간이 걸리며 제작할 수 있는 패드의 크기

가 웨이퍼의 크기에 한정되는 단점이 있다. 마이크로 RP 기술을 이용하여 마스터 몰드 제작 시 가장 빠르게 마스터 몰드를 제작 할 수 있는 장점이 있으나 패드 표면에 마이크로 구조물의 수가 증가함에 따라 CAD 도면을 STL 파일로 변환이 데이터 양이 많아 제작이 불가능한 경우가 발생한다. 포토 에칭 기술을 이용하여 마스터 몰드를 제작하면 대면적에 동일한 형상을 지닌 구조물을 만드는데 유리하며 캐드 도면만 있으면 빠르게 제작 가능한 장점이 있으나 건식 에칭이 아닌 습식 에칭이기 때문에 재료에 등방성 에칭이 일어나기 때문에 치수 오차가 발생하는 단점이 있다.

이렇게 제작되어진 마스터 몰드에 실리콘 고무를 부은 다음 진공 주형기를 이용하여 실리콘 고무에 들어 있는 기포를 뽑은 탈포 공정을 거친 후 건조조에 넣어 열경화를 시키면 실리콘 고무형이 제작되며 제작되어진 고무형에 패드의 재료가 되는 우레탄과 광경화제를 섞은 재료를 넣은 후 다시 탈포 공정을 거친 후 back 필름이 되는 폴리카보네이트(Poly carbonate) 필름을 롤링공정(Rolling process)을 이용하여 덮은 후 UV 램프를 이용하여 광경화를 시키면 마이크로 표면 구조물을 갖는 CMP 패드를 제작 할 수 있다.

광경화 방식을 이용하기 때문에 기존에 제작하는 열경화 방식에 비해 빠르게 제작 할 수 있으며 열 발생이 적어 치수 정밀도로 우수하다.

본 논문에서는 포토에칭을 이용하여 실제 연마에 사용할 수 있는 크기의 마스터 몰드를 제작하였으며 이를 이용하여 대면적에 마이크로 구조물을 갖는 CMP 패드를 제작하였다.

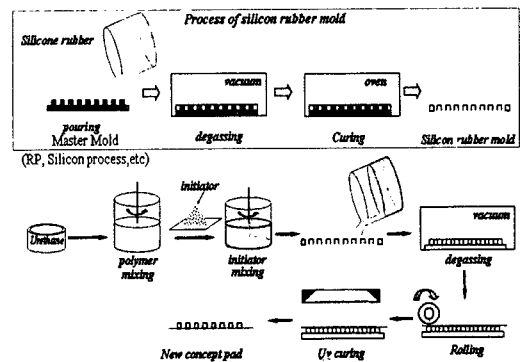


Fig. 2. Manufacturing process of CMP pad using micro molding method.

4. CMP 패드의 제작

Fig. 3,4는 마스터몰드 표면의 디자인을 나타내었다. 패드 디자인은 웨이퍼와 패드와의 접촉면적을 기준으로 하였다. 일반적으로 CMP 연마시 시간이 지남에 따라 연마율이 떨어지며 이는 실제 패드와 웨이퍼와의 접촉에 의해 패드표면의 돌기가 마멸이 되어 웨이퍼와 패드와의 접촉면적이 증가함에 따라 연마율이 감소한다. 이에 본 논문에서는 이러한 현상을 방지하고 항상 일정한 접촉 면적을 유지 할 수 있게 패드를 디자인하였다. 바둑판 모양으로 격자를 배치하였고 슬러리의 유동이 균일하게 모든 표면에 흘러 들어 갈 수 있게 디자인하였으며 돌기의 크기는 가로 길이가 $700\ \mu\text{m}$, 폭이 $100\ \mu\text{m}$ 높이가 $50\ \mu\text{m}$ 의 형상으로 제작하였다.

Fig. 5는 제작되어진 마스터 몰드를 실리콘 고무를 이용하여 표면에 마이크로 구조물을 가진 몰드를 제작하였다. Fig. 6은 이렇게 제작되어진 실리콘 고무 몰드를 이용하여 앞에서 기술한 방법을 사용하여 실제 마이크로 표면 구조물을 갖는 CMP 연마 패드와 현재 CMP 가공시 사용되고 있는 IC1000 패드의 표면을 나타내었다. 그림에서 보듯 시 불규칙하게 분포 되어진 돌기와 마이크로 공극(Micropore)부분이 완전히 정형화되어 제작되어진 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 이렇게 제작되어진 패드의 표면을 접촉식 표면 거칠기 측정기를 이용하여 측정한 결과이다. 그림에서 보듯이 패드 표면은 동일한 형상을 지님을 알 수 있다.

이렇게 제작되어진 패드는 연마 시 패드와 웨이퍼의 접촉 면적이 동일하게 유지되며 슬러리를 웨이퍼 전표면에 균일하게 운반 할 수 있으므로 이를 이용하여 연마 시 가공되어진 웨이퍼의 uniformity는 향상시킬 수 있으며 또한 Kim², Park³은 단순히 패드 표면에 그루브(groove)의 폭과 조밀도를 변화시켜 접촉 면적을 변화시키는 연구가 이루어지고 있으나 이러한 패드 표면을 제어하는 기술을 이용하면 CMP 연마 시 접촉 면적과 연마율과의 관계, 패드 표면의 돌기의 형상이나 조밀도 그리고 그루브 형태에 따른 연마 특성을 정형화 할 수 있다.

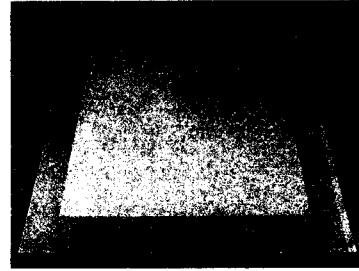


Fig. 3. Master mold using photo etching process (W: 410mm H : 410mm).

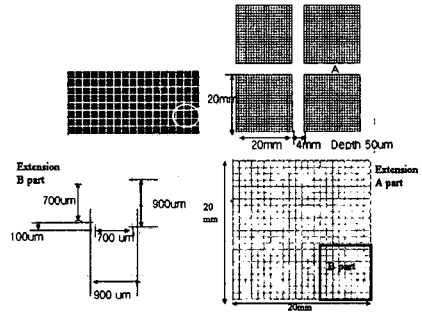


Fig. 4. Schematic of CMP pad.

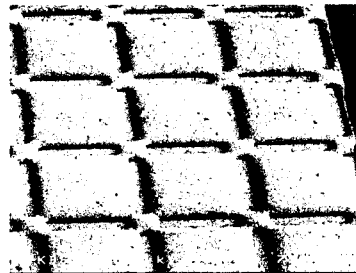
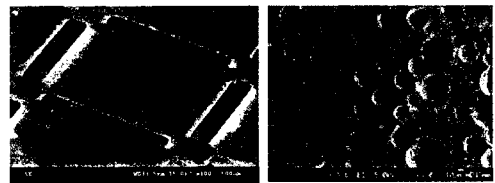
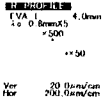


Fig. 5. Silicone mold.



(a) New concept pad (b) IC1000

Fig. 6. SEM photos of pad surface of new pad and IC1000.



(a) Master mold



(b) New concept pad

Fig. 7. Surface profile of new CMP pad

5. CMP패드의 가공 특성

Fig.8은 실험장치를 나타낸다 CMP연마 장치는 GnP 사의 Poli-400 장비를 사용하여 연마하였다.

Table 1은 실험 조건을 나타 낸다.

제작되어진 마이크로 구조물을 가진 CMP패드의 특성을 파악하기 위해 연마 테스트를 실시하였다. 특성을 알아 보기 위해 속도를 30,60,90 rpm으로 변화시키고 압력은 300,500,700g/cm² 로 변화시키 면서 연마량을 살펴보았으며 컨디셔닝 작업 없이 시간에 따른 연마율의 변화를 측정하였다. 또한 연 마력 측정 장치를 이용하여 연마 도중에 IC1400 pad 와 개발되어진 pad의 연마력 변화를 측정하였 다.

Fig.9는 연마헤드와 테이블의 속도를 60rpm으로 고정 시킨후 압력이 300,500,700g/cm² 일 때 연마 량을 나타내었다. 연마량은 압력에 선형적으로 증 가하며 연마량은 IC1400 패드로 연마했을 때 보다 매우 낮게 나왔다.

다음은 압력을 300g/cm² 으로 고정 시킨 후 연마 헤드와 정반 속도로 30,60,90rpm 으로 변화 하여 연마량을 측정하였다. 연마량은 속도에 선형적으로 증가 한다.

다음 연마 시간에 따른 연마량을 변화를 살펴보았 다. Fig.10에서 보듯이 시간이 지나도 연마량은 일 정하게 유지됨을 알수 있다 이는 패드 표면이 일 정한 표면 거칠기를 유지하기 때문이다.

Fig.11은 연마도중 연마력을 측정할수 있는 모니터 링 시스템을 이용하여 연마력을 측정 하였다. 그림 에서 보듯이 일정한 표면을 지닌 패드의 경우 연

마력이 균일하게 유지됨을 알수 있다 하지만 IC1400의 경우 연마가 진행됨에 따라 연마력이 감 소 함을 알수 있다 이는 연마 도중에 연마에 관련 되는 패드의 표면인자가 변화하기 때문이다.

Table 1. Experimental Condition.

Polishing parameters	Conditions
Pad	IC 1400 K groove , new concept pad
Slurry and flow rate	ILD 1300 , 150cc/min
Pressure and Velocity	300g/ cm ² , Head 60 / Table 60 rpm
Polishing time	60 sec
Wafer	4 blanket wafer (thermal oxide 10000A)
Polisher	GNP Poli 400 (GNP Technology Co.)
Film thickness measure	Ellipsometer (Rudolph Auto Auto EL-III)

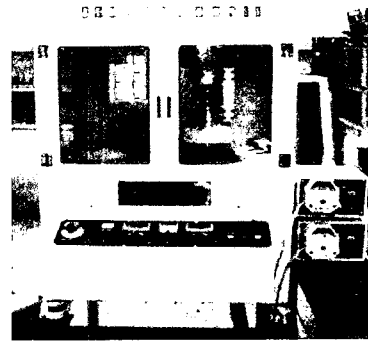


Fig. 8. Equipment.

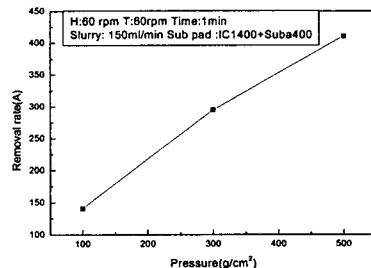


Fig. 9. The relationship between Pressure and Removal rate.

6. 결론

본 논문은 기존의 CMP 패드가 가지는 불균일한 표면을 마이크로 구조물이 균일하게 분포 될 수 있게 개선하였다. 본 논문에서 수행된 연구결과를 정리하면 아래와 같다

(1) 마이크로 표면 구조물을 갖는 새로운 형태의 CMP 패드를 개발 하였으며 이러한 패드 표면을 제어하는 방법을 이용하여 어떠한 형상의 그루브, 및 마이크로 공극 및 돌기를 제작 할 수 있다

(2) 본 연구를 활용하면 접촉 면적과 연마율의 관계, 패드 표면의 돌기 형상과 조밀도 그리 고 그루브 형태에 따른 CMP 연마 특성을 정형화 할 수 있다

(3) 제작되어진 패드를 이용하여 연마한 결과를 살펴보면 상용 패드에 비해 연마량은 적으나 컨디셔닝 공정이 필요 없으며 가공도중 일정한 연마력이 유지됨을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1].Castellano, H, "CMP Technology : Competition, Pro ducts, Markets," The Information Network, williamsburg, pp.21-25, 1997.
- [2] 6.Kim N.H., Kim I.P., Kim S.Y., Seo Y.J. and Chang E.G "Effects of Pad Characteristics on Metal CMP," CMP-MIC Conference, pp. 86-89,2003
- [3].Park K.H., Jeong Y.S., Kim H.J. and Jeong H.D. "A study on groove density of Polishing Pad on Chemical Mechanical Polishing," Proceedings of the KSPE Autumn Annual Meeting , 2003.

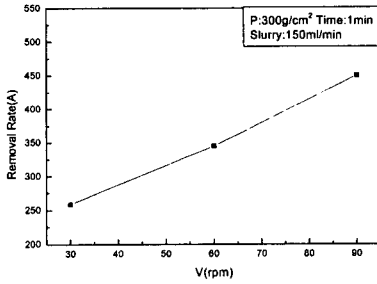
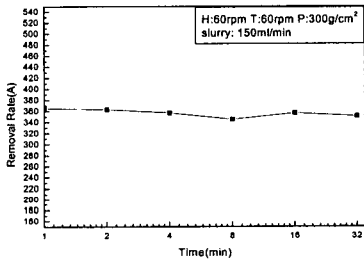
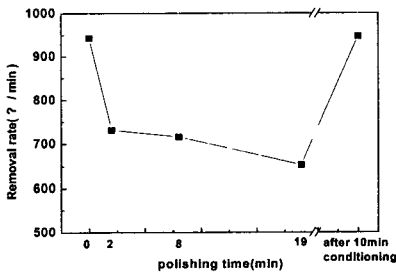


Fig. 10. The relationship between Velocity and Removal rate.

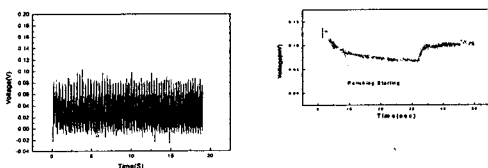


(a) new concept pad



(b) IC1400

Fig. 11. The relationship between Time and Removal rate.



(a) new pad

(b) IC1400

Fig. 12. Monitoring result of COF.