

# 실리콘 웨이퍼 연마에서 패드 열화 특성에 관한 연구 Characteristics of Pad Deterioration in Silicon Wafer Polishing

\*이상직<sup>1</sup>, 정석훈<sup>2</sup>, 박기현<sup>1</sup>, #정해도<sup>3</sup>

\*Sangjik Lee<sup>1</sup>, Sukhoon Jeong<sup>2</sup>, Kihyun Park<sup>1</sup>, #Haedo Jeong (hdjeong@pusan.ac.kr)<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 부산대학교 정밀기계공학과, <sup>2</sup> 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템 전공, <sup>3</sup> 부산대학교 기계공학부

Key words : Silicon Wafer, Polishing, Glazing, Viscoelastic Behavior

## 1. 서론

반도체 디바이스(Device) 제작에서 기관으로 사용되는 단결정 실리콘 웨이퍼(Silicon wafer)는 잉곳 성장(Ingot growing), 슬라이싱(Slicing), 래핑(Lapping), 연삭, 그리고 연마 등의 복잡하고 다양한 공정을 거쳐 제작된다.<sup>[1]</sup> 특히, 연마 공정은 패드(Pad)와 가공물 사이에 입자가 들어 있는 연마액을 개재시킨 채 압력을 가한 상태에서 서로 상대운 동시켜 재료 제거를 하는 가공 방법으로, 가공물의 최종적 인 표면 품질과 형상 정밀도를 결정짓는 공정으로 그 중요 성이 날로 증대되고 있다.<sup>[2-3]</sup> 실리콘 웨이퍼의 연마 공정은 그 목적에 따라 이전 공정에서 발생한 기계적 가공결함을 제거하고 평탄도와 두께를 결정하는 1 단계 연마(Stock polishing) 공정과 웨이퍼 표면의 경면화 및 특성 향상을 위 한 2 단계 연마(Final polishing) 공정으로 나뉘어진다. 1 단계 연마는 부직포(Felt)에 폴리우레탄(Polyurethane)을 함침시켜 만든 연속 발포 구조의 연마패드(Open-cell polyurethane pad)와 염기성 화학액에 콜로이드 실리카(Colloidal silica)를 현 탁시킨 연마액(Slurry)를 통하여 이루어진다. 그러나 연마가 진행됨에 따라 연마 패드는 가공 중의 물리적 그리고 화학 적인 부하를 받게 되어 물성의 변화가 발생하고 이는 연마 특성의 변화를 야기하게 된다. 하지만, 연마 패드 물성의 변화 과정과 원인, 그 분포에 관하여는 아직까지 명확하게 규명되지 못하고 있는 실정이다.<sup>[4]</sup>

본 연구에서는 실리콘 웨이퍼 1 단계 연마에서의 공정 진행에 따른 연마 패드 구조의 변화와 패드의 점탄성 특성 변화 및 패드 내의 특성 불균일 분포에 관하여 살펴보았다.

## 2. 연마 조건 및 방법

Fig. 1 은 실험에 사용된 연마 공정과 장치의 개략도를 나타낸다. 웨이퍼는 세라믹 재질의 캐리어 블록(Carrier block)에 5 장이 등간격으로 왁스 본딩(Wax bonding)에 의해 지지되며, 연마액이 개재된 상태에서 패드에 가압 및 상대 운동 함으로서 연마가 진행된다. 실험에는 8inch(200mm) 웨이퍼가 사용되었으며, 가공압력은 255g/cm<sup>2</sup>, 캐리어 블록과 패드의 회전속도는 각각 40rpm 으로 설정하였다. 자세 한 실험 조건을 Table 1에 나타낸다.

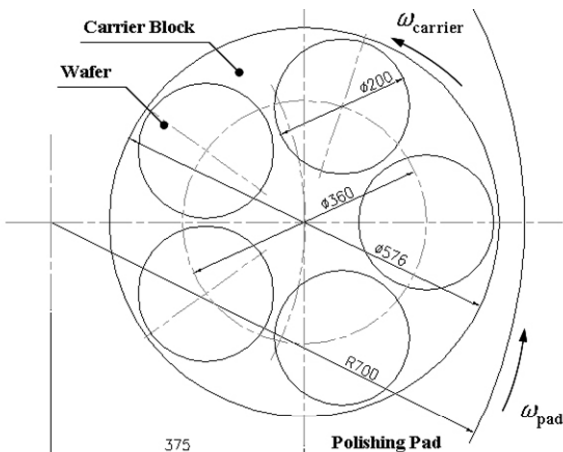


Fig. 1 Schematic of 8inch batch polishing

Table 1 Polishing conditions

Conditions	
Wafer	8inch ( 5ea/carrier block )
Polishing pressure	255g/cm <sup>2</sup>
Carrier velocity	40 rpm
Plate velocity	40 rpm
Pad	Open-cell polyurethane pad
Slurry	Alkali-based colloidal silica
Polishing time	10 min / run (Total run time 5172min)
Pad conditioning	High pressure de-ionized water rinsing

연마 후, 패드 구조와 물성을 측정·분석하기 위한 시 료는 패드가 한계 수명에 도달한 시점에서, 웨이퍼와 직접 적으로 접촉하는 영역에 대하여 반경 방향으로 획득하였다.

## 3. 연마 패드의 눈막힘 현상과 물성 변화

연마 패드는 공정이 진행됨에 따라 연마 부산물과 잔류 연마액에 의해 표면에 눈막힘 현상(Pad glazing)이 발생하고 점진적으로 그 영역이 확대되면서 재료제거율을 감소시키 고 연마 불균일도에 악영향을 미치게 된다.<sup>[5]</sup>

Fig. 2 는 연마 후의 눈막힘이 발생한 패드 표면과 EDX 성분 분석 결과를 나타낸다. 패드 표면은 기존의 부직포 조직 사이에 이물질이 침적되어 눈막힘 현상이 발생하였을 을 알 수 있다. 성분 분석 결과, 가공 전에 비해 상당량의 Si 성분이 새로이 검출되었으며, O 성분의 비율 또한 크게 증가하였다. 이것은 실리콘의 연마 과정에서 생성된 실라 놀 그룹(Si(OH)x)과 연마 입자로 사용되는 콜로이드 실리카 가 응집하여 패드 표면에 침적되면서 패드의 눈막힘을 발 생시키는 것으로 판단된다.

Fig. 3 은 연마 후, 패드 반경에 따른 단면 구조를 나타 낸다. 연속 발포 구조의 패드는 독립 발포 구조의 패드 (Closed-cell polyurethane pad)와는 달리, 눈막힘 현상이 패드 표면에서뿐만 아니라, 패드 두께 방향으로도 눈막힘이 발 생하고 있는 것이 관찰되었으며, 그 정도 또한 패드의 반 경 위치에 따라 불균일함을 알 수 있다. 이러한 패드 두께

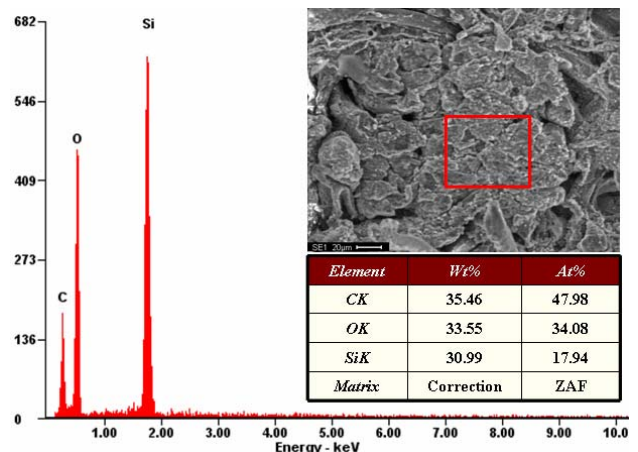


Fig. 2 EDX analysis result of pad surface

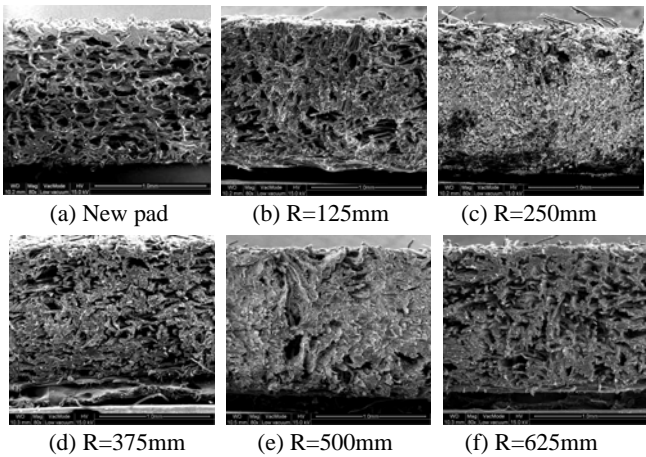


Fig. 3 SEM images of pad cross section

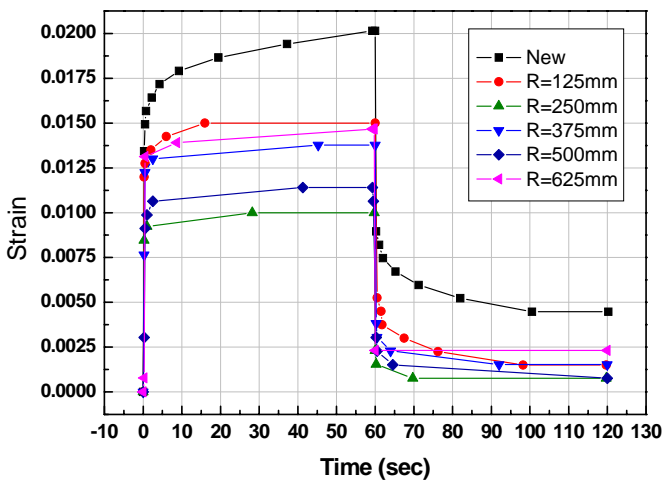


Fig. 4 Viscoelastic behavior of pad

방향으로의 눈막힘 현상은 연속 발포 패드의 구조 특성에 기인한 것으로, 표면에서 생성된 눈막힘이 연마 공정 중에 패드상에 작용하는 수직 응력과 전단력 등에 의해 두께 방향으로 침적된 결과로 판단된다.

패드의 눈막힘 현상이 패드의 압축 및 회복 특성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 패드의 점탄성 거동을 측정하였으며, Fig. 4 에 그 측정 결과를 나타낸다. 측정에는 VMS(G&P Technology Inc.)가 사용되었으며, 가공 압력과 유사한 300g/cm<sup>2</sup>의 가압 조건에서 60 초 동안 패드를 압축시키고, 다시 압력을 제거한 후 60 초 동안 회복되는 동안의 패드의 변형률(Strain)을 측정하였다.<sup>[6]</sup> 측정 결과, 패드의 눈막힘 정도에 따라 변형률은 서로 다른 크기를 나타내었으며, 패드의 눈막힘이 많을수록 패드의 변형률은 더 작게

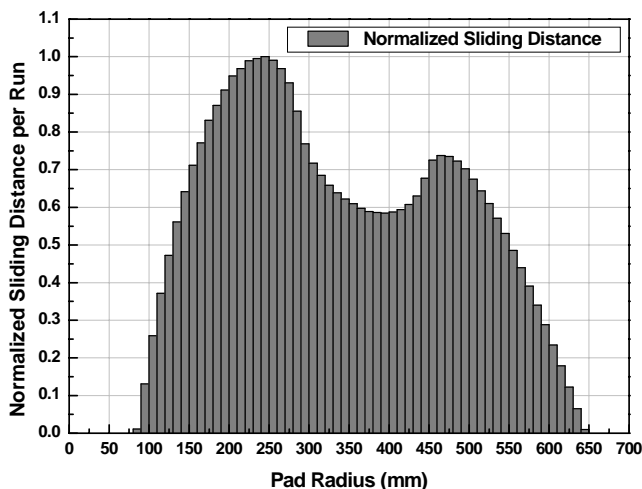


Fig. 5 Sliding distance distribution across the pad

나타났다. 이는 연마가 진행되면서 패드에 발생하는 눈막힘 현상이 패드 고유의 압축 회복 거동을 방해하기 때문인 것으로 판단된다. 결국 이러한 패드 변형률의 감소와 패드 내의 불균일 분포는 연마율의 감소와 평탄도 저하의 원인이 된다.<sup>[3-4]</sup>

Fig. 5 는 연마 패드 특성 변화를 야기하는 눈막힘 현상의 패드 내 분포를 살펴보기 위한 연마 공정의 기구학 해석 결과를 나타낸다. 해석 결과, 패드에 발생하는 눈막힘 현상의 분포와 이에 따른 패드 변형률의 분포는 웨이퍼가 패드 상에 가지는 상대운동거리(Sliding distance)의 분포와 유사하게 나타났으며, 이를 통해 패드의 눈막힘 현상은 연마 공정의 기구학적 인자들과 밀접한 관계를 가지고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 실리콘 웨이퍼의 연마에서 연마가 진행되면서 나타나는 패드 구조의 변화를 관찰하고 그에 따른 패드 물성의 변화를 살펴보았다.

실리콘 웨이퍼 연마에서 패드는 공정이 진행됨에 따라 눈막힘 현상이 발생하고 점진적으로 그 영역이 확장된다. 이러한 눈막힘 현상은 연마 중에 생성되는 실라놀 그룹과 연마액의 콜로이드 실리카가 가공중에 서로 응집하여 패드에 침적되어 발생하는 것으로 판단된다. 이때 패드의 눈막힘 현상은 그 표면뿐만 아니라 두께 방향으로도 진행되며, 그 분포 또한 패드의 반경 방향을 따라 불균일하게 분포하였다. 눈막힘 현상은 패드의 압축 및 회복 특성에도 영향을 주며, 패드의 변형률은 눈막힘 정도에 의존함을 알 수 있었다. 이러한 패드 구조와 물성의 변화를 야기하는 눈막힘 현상과 그 분포는 웨이퍼와 패드 간의 기구학적 조건에 따른 상대운동 거리의 분포와 밀접한 관계를 가지는 것으로 판단된다.

#### 후기

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업(R15-2006-022-01003-0) 지원으로 수행되었음

#### 참고문헌

- Hong Xiao, "Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology", Prentice-Hall, 93-120, 2001
- Shin Hwa Li, Robert O. Miller, "Chemical Mechanical Polishing in Silicon Processing", Academic Press, 25-30, 2000.
- 김형재 외, "CMP 공정에서 연마 결과에 영향을 미치는 패드 물성치에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제 17 권, 제 3호, 184-191, 2000.
- Naoto Kubo, Yoshitane Shigeta, and Tatsushi Yasuda, "Study on Relationship between Change of Polishing Performance and Specification as a Function of Time for Polishing Pad", Proceeding of ABTEC '95, 287-290, 1995.
- B. J. Hooper, G Byrne and Galligan, "Pad Conditioning in Chemical Mechanical Polishing", J. of Materials Processing Technology, 104-113, 2002.
- 柏木正弘, "CMP의사이언스", 사이언스포럼, 99-119, 1997.