

# 소구경 웨이퍼 CMP 용 멤브레인형 연마헤드 개발 Development of Membrane Carrier Head for CMP of Small Diameter Wafers

\*#김형재<sup>1</sup>, 유민종<sup>2</sup>, 김성렬<sup>1</sup>, 류호연<sup>1</sup>  
\*#H.J. KimHong<sup>1</sup>, M.J. Yuh<sup>2</sup>, S.R. Kim<sup>1</sup>, H.Y. Ryu<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 한국생산기술연구원, <sup>2</sup> 지앤피테크놀로지주

Key words : CMP, carrier head, membrane, non-uniformity, polishing

## 1. 서론

화학기계적연마(Chemical Mechanical Polishing; CMP)는 웨이퍼화 공정(wafering process)과 소자 평탄화 공정(planarization process)에 필수적인 공정으로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 연마헤드를 이용하여 웨이퍼를 지지한 상태에서 웨이퍼에 가압과 상대운동을 이용하여 표면을 연마하는 공정이다. 연마균일도와 재현성을 높이기 위해서는 연마헤드의 성능이 핵심적으로 작용하며, 웨이퍼 면내 균일가압특성과 웨이퍼간 압력변동을 줄이는 것이 핵심기술 중의 하나이다.

사파이어, 탄화규소 및 화합물 반도체 웨이퍼는 LED, 레이저, 고효율 에너지 변환 소자 등을 제조하는 핵심 기관으로서 그 수요가 연간 10~20%씩 증가하고 있으며, 석유자원의 고갈과 그린에너지에 대한 집중지원 정책 등의 영향으로 향후 에너지의 이용효율을 높이거나 전기 변환효율을 높이는 분야로의 사용이 점점 확대될 전망이다. 사파이어 웨이퍼 기반으로 만들어지는 LED의 경우, 많은 분야에서 저효율 조명장치들은 고효율 LED로 대체될 전망이며 그 속도 또한 매우 빠르게 진전되고 있다. 또한, 탄화규소 웨이퍼는 초고효율 전력변환 소자를 만드는 핵심 기관으로서 전기자동차(EV), 하이브리드 자동차(HEV), 전력송수신, 태양광 및 풍력 등에서 발생한 신재생에너지의 고효율 변환 분야로 그 사용 범위가 확대될 전망이다<sup>1)</sup>.

이러한 사파이어, 탄화규소, 화합물 반도체 등은 그 제조기술이 까다롭고 대구경화가 용이하지 않기 때문에 현재 실리콘 기반의 웨이퍼 크기 주류인 12인치보다 현저히 작은 2인치, 3인치 혹은 4인치가 대부분을 이루고 있으며 6인치 기술이 주류를 이루기까지 도달하는데 상당한 시간이 걸릴 것으로 예측되고 있다. 또한 MEMS 분야에 있어서도 실질적인 적용 분야에 있어 4인치 및 6인치 등의 소구경 웨이퍼가 주류로 사용되고 있는 실정이다.

따라서 이러한 소구경 웨이퍼의 고품위 연마 및 소자 평탄화 공정을 개발하기 위해 소구경 웨이퍼의 균일연마를 위한 연마헤드 기술의 개발이 필요한 실정이나 6인치 이하의 연마기술에는 멤브레인을 적용한 연마헤드의 개발이 전무한 실정이며 향후 고성능 연마헤드의 필요성에 대응하기 위한 기술개발이 필요하다.

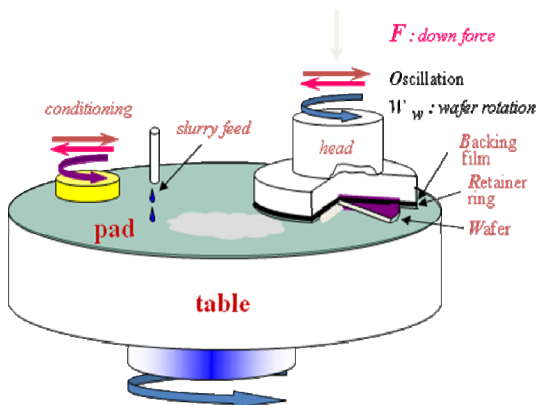


Fig. 1. Schematics of precision polishing equipment

## 2. 실험조건

실험에 사용된 장비는 지앤피테크놀로지사의 POLI-400L을 이용하였다. 실험에 사용된 헤드에는 웨이퍼 가압 부분이 탄성체로 구성되어 있으며 (Fig. 2 참조), 가공 중 웨이퍼 지지특성, 가장자리 연마특성, 연마균일도 특성 등을 평가하기 위하여 리테이너 링의 가압면적(B)과 수압면적(A)의 폭을 조절하여 실험하였다. 신규 헤드의 연마성능을 확인하기 위하여 4인치 및 6인치 산화막 웨이퍼를 이용하여 연마율과 연마균일도 및 웨이퍼 에지 부근의 연마특성을 평가하였다. 실험에 사용된 소모품은 Table 1에 표시된 바와 같다.

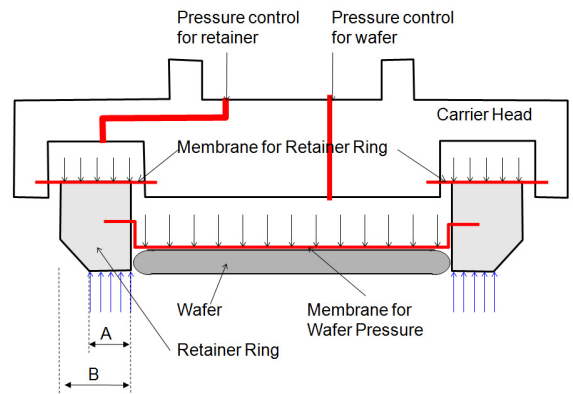


Fig. 2 Construction of carrier head for experiment (A: pressurized area of retainer ring, B: pressurizing area of retainer ring)

Table 1. Consumables and Process Conditions

Consumables	Type	Comments
Pad	IC1400-k, 16"	Rohm&Haas
Slurry	TSO-12	TechnoSemichem
Velocity	H/T=93/87, 63/57	rpm
Conditioning Method	Swing Arm	In-situ
Polishing Time	60sec	n/a

## 3. 리테이너 링 폭에 따른 연마특성

리테이너링의 폭에 따른 4인치 및 6인치 웨이퍼의 연마특성을 평가하였다. Fig. 3에 4인치 및 6인치 웨이퍼에 대한 리테이너 링 폭을 조절한 연마균일도 특성 실험결과를 나타내었다. 실험은 Fig. 2에 표시된 바와 같이 A/B(%)의 비율을 조절하여 4인치와 6인치 각각에 대하여 (66%, 106%), (56%, 77%)로 면적 비를 조절한 결과 리테이너 링의 폭을 증가시킨 두 경우 모두에서 연마균일도가 향상됨을 알 수 있다.

연마균일도의 향상 원인은 Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 웨이퍼 에지 부근에서 급격하게 변하는 부분의 연마형상이 수정되기 때문으로 판단되며, 동일한 리테이너링의 압력인 경우 링의 폭이 넓을수록 패드의 점탄성 변형을 안정적으로 시켜줄 수 있기 때문으로 판단된다.

또한 리테이너 링의 폭이 넓은 경우 실험이 수행된 동안 가공 중 웨이퍼의 빠짐 현상이 개선됨을 알 수 있었다. 이는 넓은 면적에 같은 압력을 가하기 위해 가압부분에 보

다 높은 압력을 가해주게 되어 전체적으로 리테이너링을 누르는 하중이 증가하게 되며 이로 인하여 리테이닝 안정성이 증가되는 것으로 판단된다.

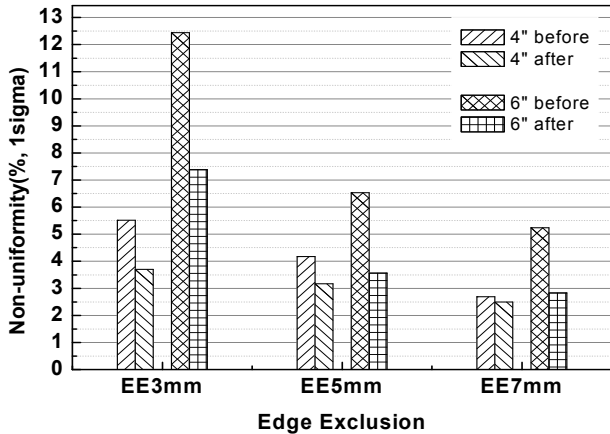


Fig. 3 Non-uniformity results before and after modification, 4" and 6" CMP results, 4": 66→106%, 6":56→77% increase in A/B(%)

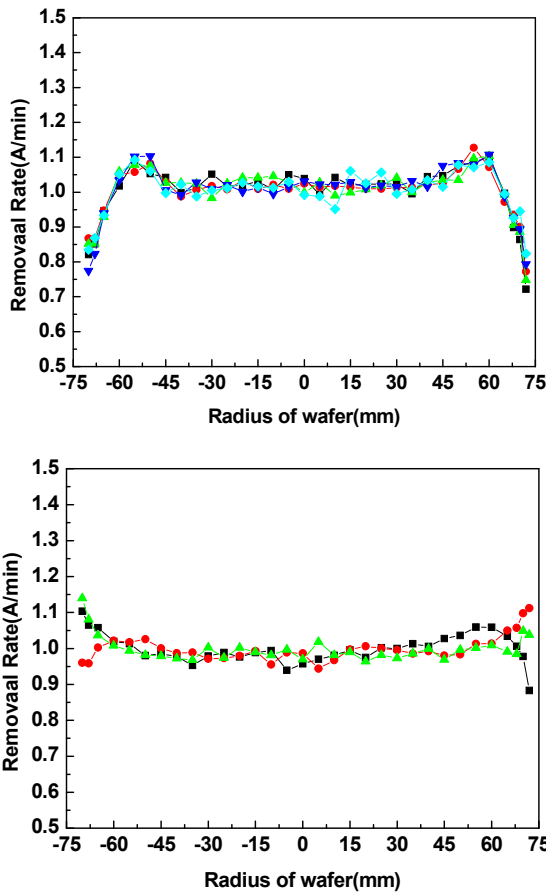


Fig. 4 Removal rate profile of 6" wafer CMP before (upper) and after (lower) modification of retainer width

#### 4. 리테이너 압력에 따른 연마특성

리테이너링의 압력과 형상 변화가 연마율에 미치는 영향을 평가하기 위하여 6 인치 웨이퍼를 이용하여 실험을 수행한 결과를 Fig. 5 에 나타내었다. 실험은 head/table= 63 / 57 rpm 조건에서 수행하였으며, 슬러리의 유량은 펌프속도 100rpm 에 고정한 상태에서 웨이퍼 압력과 리테이너 링의 압력비만을 변경하면서 수행하였다.

Fig. 5 에 제시된 실험결과를 보면 5psi 의 연마압력에서 리테이너링의 압력을 증가시킬수록 전체적인 연마량이 감소함을 알 수 있다. 이러한 원인은 리테이너 압력이 증가할수록 슬러리의 유입이 줄어들게 되어 웨이퍼 중심부근의

연마율이 감소하는 특성 때문에 생기는 현상으로 판단된다.

그러나 웨이퍼의 압력을 6, 7psi 로 증가시키면서 리테이너 링의 압력을 조정된 경우 리테이너의 압력이 증가할수록 전체 연마량이 감소하는 추세는 줄어들며, 7psi 의 경우 연마량이 오히려 증가하는 특성을 보인다.

상기의 원인은 리테이너 링이 슬러리, 온도 등과 복합적인 영향을 가지기 때문으로 판단된다. 리테이너링의 압력은 슬러리유량, 연마온도, 패드의 점탄성변형, 가공 중 웨이퍼의 탈락현상과 관계된다. 이 중 슬러리 유량과 연마온도는 연마율과 관계된 인자로서 리테이너링의 압력을 높일수록 서로 상반되는 형태로 연마율에 영향을 미치게 된다. 즉, 리테이너링의 압력을 높이는 경우 슬러리의 유입량은 점점 제한을 받게 되나(연마율과 음의 상관관계) 압력증가로 인한 공정 중 마찰열 발생을 증가시켜 연마온도를 증가시키는(연마율과 양의 상관관계) 역할을 하게 된다.

슬러리 펌프에 의해 공급되는 슬러리의 유량은 일정하므로 리테이너링에 의해 슬러리 유동이 제한되는 현상은 선형적이기 보다 낮은 압력에서는 급격히 제한되고, 높은 압력에서는 유량 감소특성이 점진적으로 감소하는 형태가 될 것으로 예상된다. 이러한 실 참여 슬러리의 양을 정량적으로 실험을 통해 확인하는 것은 쉽지 않으나 연마율의 특성 평가를 통해 간접적으로 확인할 수 있다. 그러나 압력에 따른 연마온도 특성은 압력에 비례하기 때문에 리테이너 압력을 증가시킬수록 연마온도는 선형 증가하게 된다. 따라서 리테이너링의 압력변화가 연마율에 미치는 영향은 웨이퍼 압력이 낮은 경우 슬러리 유량특성이 연마율에 지배적인 영향을 미치고, 웨이퍼 압력이 높은 경우는 연마온도가 연마율에 지배적인 영향을 미치기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다.

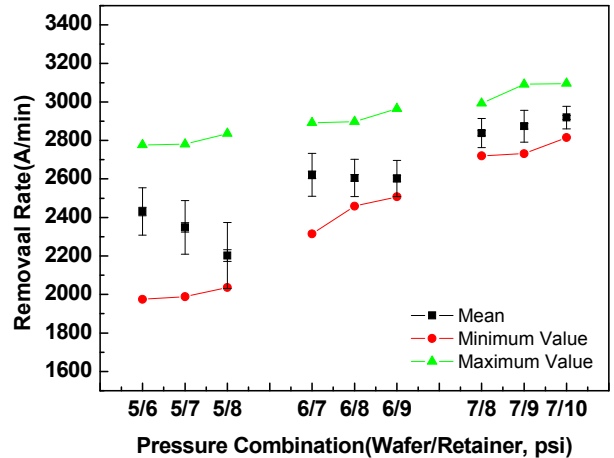


Fig. 5 Characteristics of removal rate as a function of wafer and retainer ring pressure, Head/Table rpm=63/57rpm.

#### 4. 결 론

4, 6 인치 웨이퍼의 CMP 를 위한 소구경 웨이퍼용 멤브레인 헤드를 개발하였다. 웨이퍼 가압기구는 탄성 멤브레인을 이용하였고 리테이너 링으로 웨이퍼를 지지하는 형태의 헤드를 제작하여 리테이너링의 형상 및 가압특성에 따른 연마특성을 평가하였다. 실험결과 리테이너 링의 폭이 증가하여 리테이닝 하중이 증가하는 경우 동일 리테이너링 압력에서 연마균일도와 공정 중 웨이퍼의 빠짐현상이 개선되었고, 낮은 연마압력에서 리테이너링의 압력을 증가시키는 경우 전체 웨이퍼 연마율을 감소시키나 높은 연마압력에서는 연마율을 증가시키는 역할을 하였다.

#### 참고문헌

1. Yole Development, SiC'08-Materials, Devices & Applications, Nov. 2007.