

## 반도체 기판 교차 파지 방법

안영기\*, 최종봉\*, 김주원\*, 구교육\*, 조중근\*\*

\*SEMES (주) 연구소 선행기술 P/J, \*\*SEMES (주) 연구소

### 초록

반도체 제조공정에서 매엽식 습식 식각 공정은 기판을 회전하면서 상하 면에 약액을 분사하는 형태로 박막을 식각한다. 이 때 기판은 척을 이용하여 고정되는데 기판과 척이 접촉하는 가장자리 부분에서 약액의 흐름이 정체되거나 일정하지 못해 잔류막질이 남게 되고, 후속 공정에서 기판 오염의 문제를 야기하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 기판을 파지하는 여러 개의 척을 2개 조로 나누어 교대로 파지하도록 하는 기능을 제시하였다. 2개 조의 척들은 자성체를 사용하여 고속 회전 중에 비접촉 방식으로 구동하였고 실제 약액 처리를 수행하여 효과를 관찰하였다. 결과적으로 기존 고정형 파지 방식에 비해 교차형이 기판 베벨면이나 에지면에서의 잔류 막질 제거에 탁월한 효과가 있음을 확인하였다.

### 1. 서론

반도체 제조공정에서의 디자인룰의 미세화가 진행됨에 따라 세정 및 에칭 공정의 중요성이 점점 더 부각되고 있다[1]. 특히 과거에는 그리 문제가 되지 않던 기판 가장자리 오염제거 문제가 최근 심각한 이슈로 부각되면서 이 부분에서의 잔류막질 제거나 세정에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

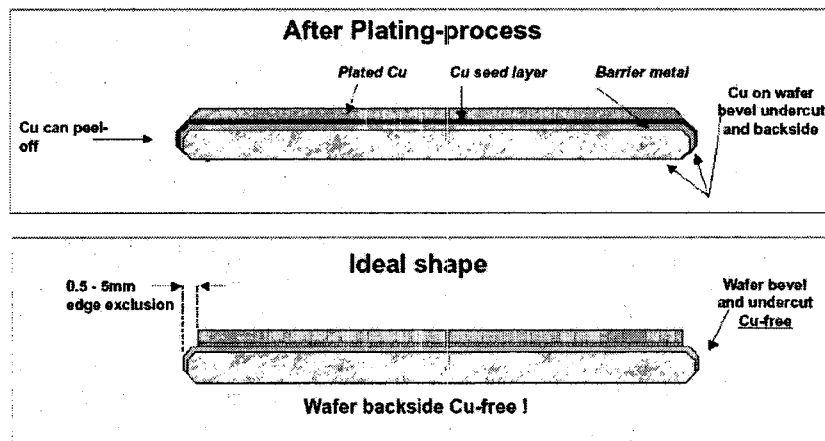


그림 1. Cu 공정 후 기판 가장자리의 세정 전과 후.

그림 1은 Cu 공정 후 기판 테두리의 Cu를 모식적으로 나타낸 것이다. 기판 테두리에 남아 있는 Cu seed를 제거 하여야 다음 공정에서 Cu의 역 오염을 방지할 수 있다. 베벨세정을 하기 위하여 세정약액을 사용할 경우에는 크게 두 가지 방법으로 할 수 있다. 한가지 방법은 그림 2와 같이 베벨노즐을 이용하여 기판 테두리를 세정하는 방법이고 다른 한가지는 그림 3과 같이 기판 회전 속도를 조절하여 세정약액이 테두리 부분을 세척하게 하는 것이다.

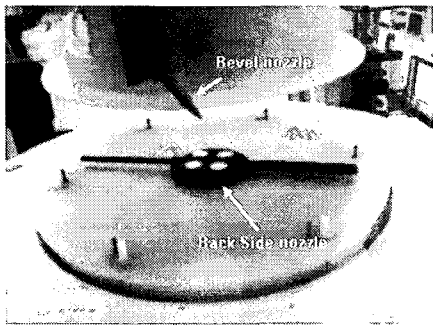


그림 2. 베벨노즐이 있는 매엽식 장비.

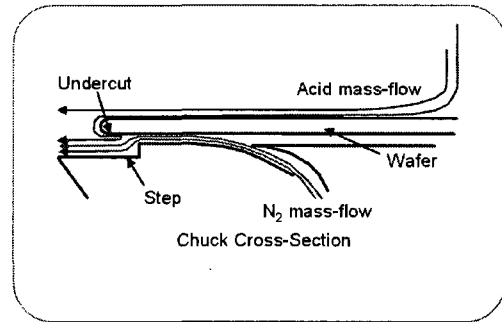
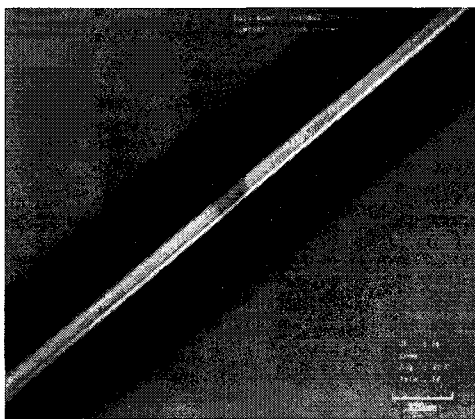
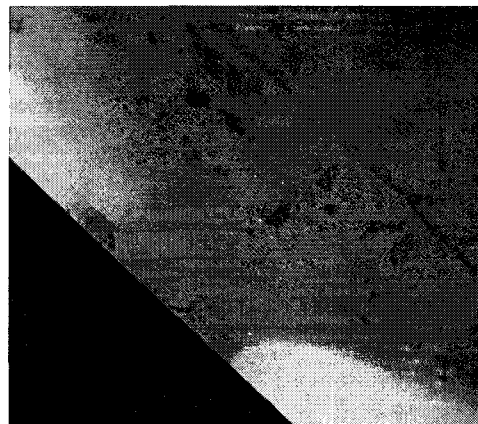


그림3. 베벨노즐 없이 Bernoulli's 원리를 이용한 매엽식 장비 모식도.



(a) 기판 측면



(b) 기판 이면

그림 4. 고정척으로 기판을 파지하고 HF를 사용하여 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막을 식각 한 결과, 500RPM, 60초.

기존의 매엽식 장치에서는 기판을 파지하기 위하여 진공 척을 이용하는 방법과 기판을 물리적으로 파지하는 방법이 일반적이다. 또한 Bernoulli's 정리의 방법을 이용한 파지 방법도 일부 사용하고 있다 [2,3]. 진공 척은 오염문제 때문에 세정 장비에서는 거의 사용하지 않고 대부분 물리적으로 파지하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 물리적으로 파지하는 방법은 원천적인 문제가 있다. 척과 기판 사이가 밀착되어 있기 때문에 세정이나 식각공정 후에 밀착 된 곳은 그림4. 와 같이 세정이나 식각이 안 되는 현상이 발생한다. 특히 Cu와 같은 금속이온의 세정공정에서는 작은 양의 금속이온으로 기판 전체에 치명적인 손상을 줄 수 있기 때문에 해결해야 할 중요한 문제이다[2~5]. 이러한 문제를 해결 하고자 2개의 자성체를 이용하여 여러 개의 척을 2개 조로 나누어 교대로 파지하는 방법을 연구하게 되었다.

본 연구에서는 기존의 물리적인 파지 방법을 개선하여 2개의 자성체를 이용하여 1초 간격으로 교대로 파지 할 수 있는 방법을 개발 하였고 구동 평가와 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막의 식각을 통하여 안정성과 잔존하는 막의 유무를 확인 하였다.

## 2. 실험 장치

기판을 파지하는데 있어서 2개조의 척을 교대로 구동하기 위하여 그림5. 와 같이 2개의 자성체를 이용하였다. 제1자성체와 제2자성체는 일정 간격을 두고 위치하고 있으며, 실린더를 사용하여 상하로 구동하게 만들어졌다. 제1자성체는 3개의 제3자성체를 구동시키는 역할을 하고 제2자성체는 다른 3개의 제3자성체를 구동시킨다. 그림.6 은 제3자성체의 구동에 따른 척의 구동을 간단히 나타낸 모식도이다. 척의 구동은 3개씩 쌍을 이루면서 Open/Close를 1초 간격으로 반복하도록 PLC로 프로그래밍 하여 동작하였다. 그림7. 은 실제 제작된 교차 파지 장치이다. 6개의 지지 편이 웨이퍼를 지지하고 있으며, 6개의 척이 기판을 파지하고 있다. 그림2. 는 척의 Open/Close시의 모습이다. 척은 약86도 회전하며 구동한다.

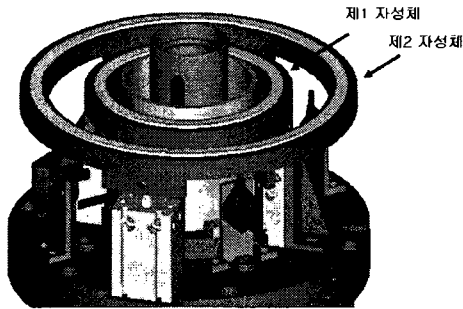


그림 5. 교차 파지를 위한 자성체의 구조.

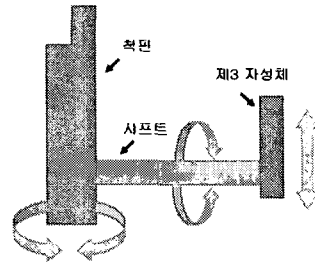


그림 6. 척의 구동 모식도.

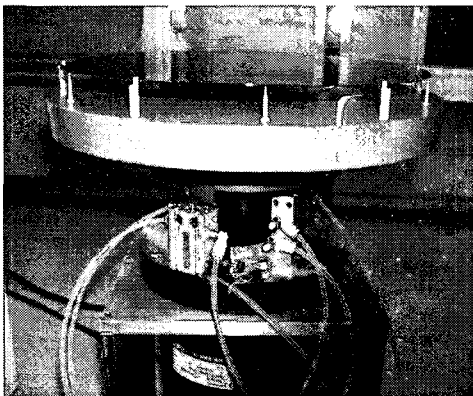


그림 7. 자성체를 이용한 교차 척킹 장치.

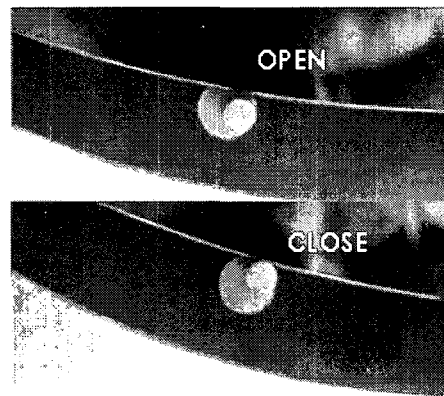


그림 8. 척의 OPEN, CLOSE 상태.

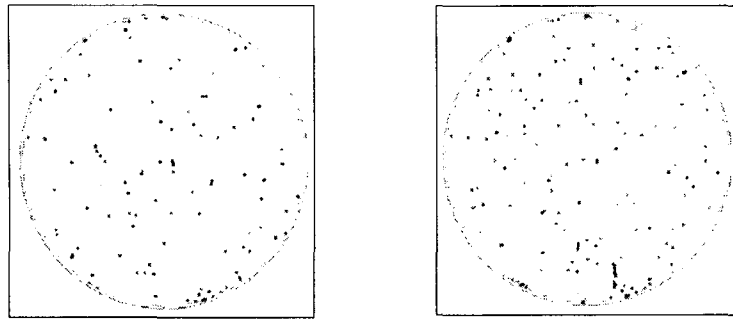
### 3. 실험 방법

실험은 크게 2가지로 나누어 진행 하였다. 먼저 교차척킹 시스템을 구성하여 구동평가를 진행하였다. 척의 구동이 정확히 작동하는지를 확인 하였고 24시간, 48시간 동안 작동하여 문제의 유무를 확인하였다. 이때 척의 구동과 동시에 웨이퍼를 300, 500, 1000 그리고 1500RPM으로 회전 시키면서 실제 공정 진행 상황과 유사한 조건으로 평가 하였다. 척의 구동은 자성체를 이용하여 3개씩 쌍을 이루면서 Open/Close를 1초 간격으로 반복하도록 PLC로 프로그래밍 하여 동작하였다.

구동평가를 진행하고 안정성을 확인한 후에 매엽식 장비에 설치하여 약액을 사용하여 공정 평가를 진행하였다. 공정평가는 DSP약액을 사용하여 오염 문제를 확인하였다. 공정 조건은 500RPM으로 기판을 회전시키면서 교차 파지를 하였고 웨이퍼 상면에서 30초 동안 상온의 DSP를 분사하고 500RPM으로 DIW를 분사하며 린스공정을 하였다. 마지막으로 1650RPM으로 회전 시키면서  $N_2$ 가스를 분사하며 건조를 하였다. 공정을 진행한 기판은 오염이 있는지 KLA-Tencor SP1으로 확인하였다. 또한 식각 공정에서 교차척의 영향성을 확인하기 위하여  $Si_3N_4$ 막을 HF 49%로 식각 하였다. 공정 조건은 500RPM으로 기판을 회전시키면서 교차척킹을 하였고 기판 상면에서 60초 동안 상온의 HF를 분사하고 500RPM으로 DIW를 분사하며 린스공정을 하였다. 마지막으로 1650RPM으로 회전 시키면서  $N_2$ 가스를 분사하며 건조를 하였다. 공정을 진행한 기판은 테두리에 척 킹을 하고 있는 위치에서 식각이 잘 되는지를 Olympus LEXT로 확인하였다.

### 4. 실험결과 및 고찰

구동평가는 300, 500 그리고 1000RPM에서 각각 24시간 동안 회전 시키면서 교차척킹을 하였다. PLC 프로그램의 기록을 확인한 결과 24시간 동안 척 한 쌍(3개)이 43,518회 구동을 하였다. 상태를 확인한 후 1500RPM에서 48시간 동안 회전시키면서 교차척킹을 하였다. 1500RPM에서도 상태가 양호한 것을 확인하였다. 총 평가 기간은 5일(3635분) 이었고 평가 기간 동안 척 한 쌍(3개)이 반복 구동한 횟수는 217,594번 이었다.



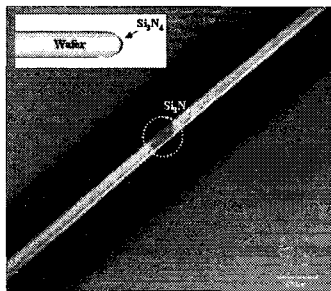
(a) DSP 공정 진행 전.

(b) DSP 공정 진행 후.

그림 9. 교차척킹을 하고 DSP 공정을 진행한 결과, 500RPM, 30초.

그림 9는 교차척킹을 하고 300mm 웨이퍼로 DSP 공정을 진행한 결과이다. 공정 전 90nm ~1 $\mu$ m의 파티클의 수는 109개 이었고, 공정 후 111개 이었다. 그러나 1 $\mu$ m이상의 파티클이 61개 증가 하였다. 1 $\mu$ m이상의 파티클이 증가한 원인은 명확하지 않으나 DSP 공정 후 표면의 상태가 바뀌어 건조 공정에서 증가된 것으로 생각된다.

그림10. 은 척을 고정시키고 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막이 약 2000Å 올라간 300mm 웨이퍼를 식각 한 결과이다. 공정 조건은 500RPM으로 기판을 회전시키면서 기판 상면에서 60초 동안 상온의 HF를 분사하고 500RPM으로 DIW를 분사하며 린스공정을 하였다. 마지막으로 1650RPM으로 회전 시키면서 N<sub>2</sub>가스를 분사하며 건조를 하였다. 공정 진행 후 기판의 측면과 이면을 Olympus LEXT로 관찰하였다. 기판의 측면과 척이 닿는 부분은 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막의 두께가 다른 부분과 상의한 것을 확인하였고, 기판의 이면에서도 척이 있는 부분의 테두리 부분은 막이 식각이 안되었다. 기판 테두리의 식각 된 곳은 베벨영역이며 이 영역은 식각 및 세정이 되어야 하는 영역이기 때문에 인위적으로 상면의 HF가 내려 가도록 한 것이다. 그림 11. 은 교차척킹을 적용하고 나머지 조건은 동일한 조건으로 평가한 결과이다. 교차척킹을 한 결과 기판의 측면의 막도 균일하게 식각 되었고 기판 이면의 베벨영역도 식각이 잘 된 것을 확인할 수 있었다.

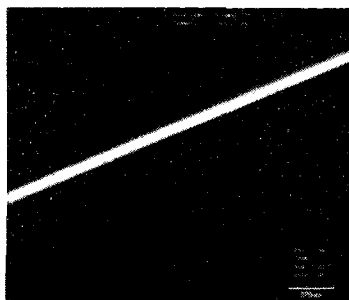


(a) 웨이퍼 측면

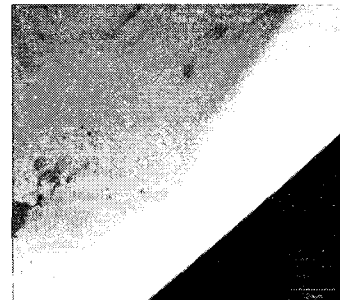


(b) 웨이퍼 이면

그림 10. 고정척킹을 하고 HF를 사용하여 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막을 식각 한 결과, 500RPM, 60초.



(a) 웨이퍼 측면



(b) 웨이퍼 이면

그림 11. 교차척킹을 하고 HF를 사용하여 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막을 식각 한 결과, 500RPM, 60초.

#### 4. 결론

본 연구에서는 회전하는 스펀헤드에서 기판을 파지하고 있는 척을 2개의 자성체를 사용하여 1초 간격으로 각각 3개씩 2개조로 구성하여 교대로 구동하는 방법을 개발하였다. 자성체를 이용하여 척킹을 하는 방법은 많은 연구가 이루어 졌지만, 단지 척을 Open 또는 Close하는 역할만 하였다. 또한 구동하는 방법에 대한 자세한 기술은 하지 않았지만, 본 연구에서 개발된 교차척킹 장치는 기존의 방법과는 많은 차이가 있는 방법으로 만들어 졌다. 개발된 교차척킹 장치는 217,594번의 반복 평가만 하였지만 향후 양산을 위한 구동평가를 추가로 진행할 계획이다. 또한 본 논문에서는  $Si_3N_4$ 막을 HF로 식각 하여 척과 웨이퍼가 닿는 위치에서 막이 식각이 안 되는 것을 관찰할 수 있었다.

교차척킹 방법은 특히 금속이온의 세정시에 중요하다. 금속이온 중에서도 배선공정에서 사용되는 Cu는 확산이 잘되고 확산 되었을 경우 소자에 치명적인 영향을 미치기 때문에 Cu 공정 후에 기판이 면과 테두리 영역의 Cu를 완전히 제거 하여야 한다. 현재 금속에 관한 연구도 진행 중에 있다.

#### 참고문헌

- [1] 2005 ITRS(International Technology Roadmap for Semiconductors) Technology Trends DRAM
- [2] Electronic Journal 19<sup>th</sup> Technical Symposium, May 1999, "Copper Cleaning"
- [3] M. West and P. S. Lysaght, "Spin-Process Contamination Elimination for Advanced Copper Device Applications" Solid State Technology, November 1999.
- [4] R. Chang, Chemistry, 2nd Edition, Random House, New York, 1984.
- [5] P. Singer, Dual-Damascene Challenges Dielectric Etch, Semiconductor International, August, 1999.