

## 매엽식 장비를 이용한 포토 레지스트 식각

최승주\*, 김이정\*, 윤창로\*, 조중근\*

\*SEMES 천안연구소

### 초록

반도체 공정에서 식각 공정을 위한 패턴 형성 시, 현상을 위해 포토레지스트를 도포한다. 이 포토레지스트는 일정한 두께로 도포되어야 하기 때문에 고도의 정밀성이 요구되는 공정이며, 공정 불량이 빈번하게 발생한다. 이러한 공정 불량 발생 시 현재 양산에서는 매엽식 장비로 애싱 전 처리 한 후, 약액 처리를 위해 날장의 웨이퍼를 일정량 모아서 배치식 장비로 처리한다. 이렇게 되면 공정 불량 발생 시, 약액의 소모를 줄이기 위해서는 일정량 모아질 때까지 대기하여 처리하여 시간 소모가 커지며, 시간 소모를 줄이기 위해서는 날장으로 처리하여야 하기 때문에 약액 손실이 커져 비경제적일 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 매엽식 장비로 무기 용제를 이용하여 효율적으로 포토레지스트를 제거하는 방법에 대해서 평가를 실시하였다. 평가 결과 KrF 포토 레지스트 웨이퍼에 대해서 완전 박리하는 결과를 얻었으며, 160nm 기준 파티클 50개 미만의 결과를 얻었다.

### 1. 서론

반도체 공정은 크게 산화, 확산, 이온주입, 화학 기상 증착, 사진 식각, 금속 공정으로 나뉜다. 이 중 사진 식각 공정은 웨이퍼에 불순물을 주입하기 위한 공정으로 특정 영역을 구분하기 위한 패턴 형성이 필요하다. 이 패턴 형성을 위해서 기판 위에 사진 현상을 위한 포토 레지스트를 도포하게 된다. 그러나 이 도포 공정은 매우 정밀성을 요구하기 때문에 실제 양산에서 많은 공정 불량이 발생한다. 공정 불량이 발생하는 경우는 코팅 처리 시 두께의 균일도 불량, 노광 불량, 설비 불량으로 인한 도포 지연 등이 있다. 포토 레지스트는 유기 용제를 이용하여 도포되는 것이기 때문에 일정 시간 내 일정량을 균일하게 도포하지 않으면 웨이퍼 표면에 둥쳐 균일도에 크게 영향을 준다. 따라서 민감한 공정 조건으로 인해 공정 불량이 빈번하게 발생하며, 웨이퍼를 재생하기 위한 공정이 반드시 필요하다.

현재 사용되는 웨이퍼 재생 기술은 플라즈마를 이용하여 애싱 처리 한 후, 황산을 이용하여 제거하는 방법이다. 이때 사용하는 습식장비는 배치식 장비로서 매엽식으로 애싱 처리한 웨이퍼를 모아서 대기 후 배치식 장비에 넣어 한꺼번에 처리하게 된다. 이렇게 되면 매엽식으로 진행되는 포토 레지스트 도포 공정에서 불량이 발생할 경우, 일정량의 웨이퍼가 모아질 때까지 대기하거나, 빠른 공정 진행을 요구할 경우에는 날장으로 처리할 수 밖에 없어 공정을 위한 약액 및 시간 손실이 커져 비경제적일 수밖에 없다.

따라서 이러한 날장의 공정 불량 발생 시, 웨이퍼를 효율적으로 처리하기 위하여 매엽식으로 처리 할 수 있는 방법에 대해 평가를 실시하였다. 본 연구에서는 무기 용제를 가지고 두께 3마이크로의 300mm KrF 웨이퍼를 완전 박리하였으며, 160nm 파티클 기준 50개 이하를 목표로 하였다.

### 2. 실험 방법

실험은 웨이퍼를 날장으로 처리할 수 있는 세메스(주) 매엽식 세정 장치를 사용하여 평가하였다. 평가에 사용된 약액은 96% 황산을 분당 0.18리터, SC-1(NH<sub>4</sub>OH:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:DIW=1:1:50)을 분당 0.75리터 사용하였으며, 린스 처리를 위해 DIW를 분당 1리터를 사용하였다. 평가에 사용된 웨이퍼는 200mm와 300mm 웨이퍼 위에 KrF의 포토레지스트를 3마이크로의 두께로 입혀 하드 베이킹하여 제작한 것을 사용하였다. 평가는 먼저 시편을 이용하여 경향을 확인한 후 이를 바탕으로 200mm웨이퍼에 적용하여

평가하고, 300mm웨이퍼를 이용하여 최종 평가하는 방법으로 실시하였다. 실험 후 결과는 포토레지스트 박막의 박리를 먼저 육안으로 확인한 후, KLA-Tencor(사)의 SP-1계측기를 이용하여 파티클 90nm크기를 기준하여 측정하였다. 웨이퍼 내 뭉치는 패턴의 파티클 내지 입자가 큰 파티클 없이 미세 크기의 파티클 50개 미만일 경우 완전 박리된 것으로 보았다.

### 3. 실험결과 및 고찰

KrF 포토레지스트 웨이퍼를 이용하여 평가하기 전, 웨이퍼 시편을 이용하여 황산에 대한 포토레지스트의 반응성을 확인하여보았다. 평가방법은 웨이퍼 시편 위에 황산을 한 방울 떨어뜨려 표1과 같이 시간 별로 반응시킨 후 매뉴얼로 린스, 건조 처리하여 표면의 변화를 살펴보았다. 평가결과 30초, 15초 처리 시 완전 박리되었으며, 10초, 5초 처리 시에는 약간 박리된 것을 확인 할 수 있었다. 다음으로는 200mm 웨이퍼를 이용하여 평가를 실시해보았다. 시편에서 평가했던 조건을 동일하게 하기 위해 웨이퍼를 회전 시키지 않고, 시편에서 완전 박리되었던 시간인 15초, 30초 동안 황산을 분사하여 표면 변화를 관찰해 보았다. 평가결과 200mm 웨이퍼 평가 시, 30초에도 사진1에서처럼 완전 박리되지 않았다.

표 1. 3 $\mu$ m 포토레지스트 웨이퍼 시편 제거 결과

시간(sec)	평가결과
30	0
15	0
10	△
5	△

0:완전 박리됨.

△:반응하여, 조금 박리됨.

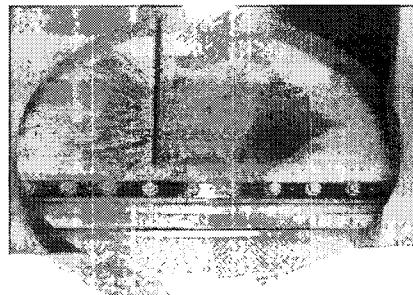


사진 1. 200mm 3 $\mu$ m 포토레지스트 제거 결과

시편과 비교해서 웨이퍼 면적이 넓어져서 웨이퍼와 반응하기 위한 황산의 양이 더 많아져야 할 것으로 판단되어, 황산 분사 시간을 60초로 증가시켜 평가한 결과 완전 박리된 것을 확인 할 수 있었다. 60초 분사 시 소비되는 황산이 많기 때문에 도포 방법을 개선하기 위한 방법으로 웨이퍼를 회전시켜 평가해보았다. 회전속도는 200rpm으로 임의 설정하고 황산을 30초 동안 분사하여 평가해보았다. 평가결과 200rpm에서 완전 박리된 것을 확인 할 수 있었다. 이 결과를 통해 웨이퍼 회전 속도가 황산 도포에 영향을 주며, 포토레지스트 제거에도 영향을 주는 것이라 판단되어 사진2와 같이 웨이퍼 회전 속도 별 포토레지스트 제거 결과를 확인하여보았다. 평가결과 황산 도포를 용이하게 하기 위해서는 웨이퍼를 회전시켜야 하며, 회전 시 속도는 저속일수록 포토레지스트가 잘 제거되는 것을 알 수 있었다.

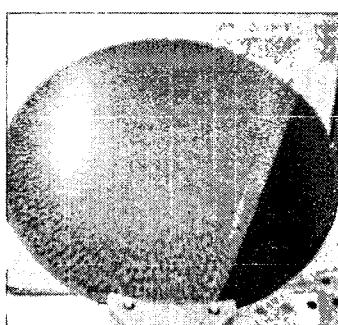


사진2(a) 1000rpm 도포 시

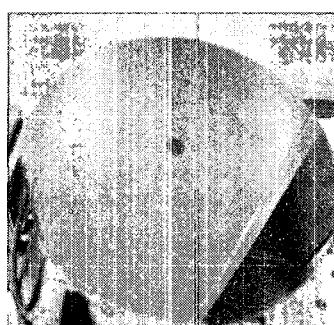


사진2(b) 500rpm 도포 시

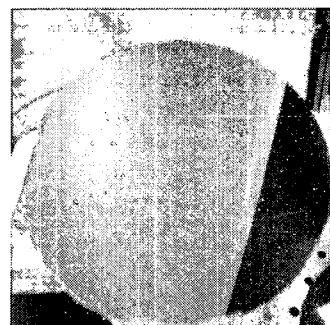


사진2(C) 200rpm 도포 시

사진 2. 황산 도포 시 회전 속도(Spin Speed)별 포토레지스트 제거 결과.

200rpm 회전에 의한 황산 도포 시에도 30초 동안 황산을 분사해야 하므로 분사되는 황산의 양이 많아 분사시간을 줄여 평가를 실시하여 보았다. 평가 결과 30초 미만으로 분사시간을 설정할 경우 포토레지스트 제거가 어려운 것으로 확인되었으며, 분사시간을 줄일 수 있는 효과적인 방안을 고려해야만 했다. 결과 황산 도포 시간은 줄이되, 웨이퍼 표면 위에 포토레지스트와 반응할 수 있도록 반응을 위한 대기시간을 주었다. 따라서 평가 결과 황산 도포시간은 5초로 감소할 수 있었고, 반응시간을 10초로 설정하여 포토레지스트를 완전 박리하는 결과를 얻을 수 있었다. 이때 사진3에 나타나있듯이 웨이퍼 회전 속도는 분사 시처럼 회전 할 경우 반응이 더 어려워져 멈춰있는 상태에서 반응해야 함을 확인 할 수 있었다.

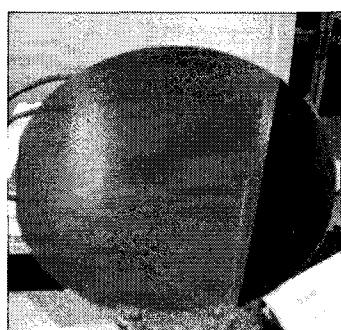


사진3.(a) 0rpm 반응 대기 시

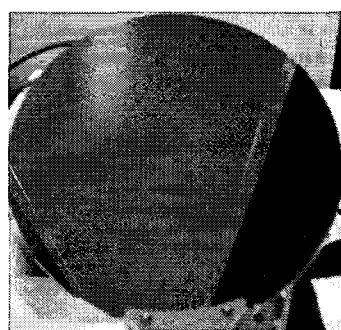


사진3.(b) 200rpm 반응 대기 시

사진 3. 황산 도포 후 반응 시 회전 속도(Spin Speed)별 포토 레지스트 제거 결과

다음과 같은 내용을 바탕으로 하여, 두께 3마이크로의 300mm krF 포토레지스트 웨이퍼를 사용하여 적용 평가를 실시하였다. 300mm 웨이퍼 사용 시 200mm 웨이퍼와 비교하여, 면적이 더 넓어져 도포가 어렵기 때문에 이동노즐을 이용하여 분사하도록 하였다. 사진3은 이동노즐 사용 시 이동경로 변경에 따른 포토레지스트 제거 양상을 나타낸 것이다. 평가 결과 이동노즐 사용 시 이동노즐의 경로를 세분화하여 스캔 하듯 노즐을 이동시키면 황산이 웨이퍼 표면에 잘 도포되며, 포토레지스트 제거가 용이한 것을 알 수 있었다.

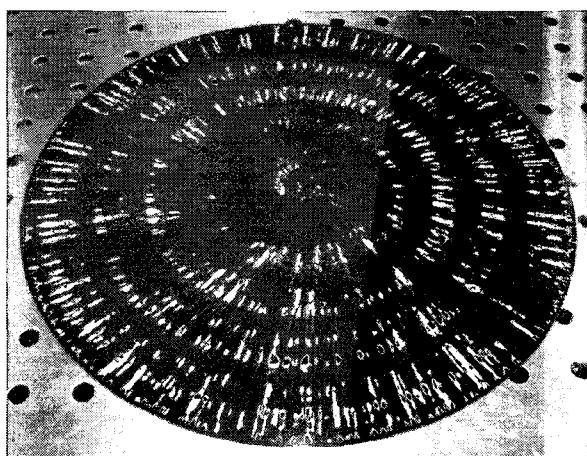
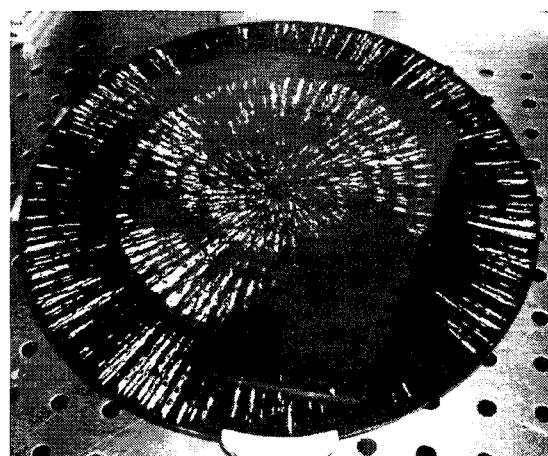


사진 4. 이동노즐 경로 이동 및 지연구간 지정 별 포토 레지스트 제거 결과



그러나 약액 도포를 용이하기 위해 경로를 더 세분화할 경우, 약액 도포 시간이 증가하므로 한계가 있다. 따라서 정해진 시간 내 약액 도포를 용이하기 위한 방법으로 황산의 온도를 높여 사용하였다. 문헌 상 액체의 온도를 높일수록 점도가 감소하는 것으로 알려져 있으며, 실제로 황산 역시 상온에서 21센티 포아즈이며, 150도씨에서 1센티 포아즈로 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 본 평가에서는 현 장비에 적용할 수 있는 온도인 90도씨 황산을 사용하여 평가하였으며, 이것은 문헌 상 3.8센티 포

아즈의 점도의 황산이다.

다음과 같은 경향성을 정리하여, 표2의 방법으로 두께3마이크로의 KrF 포토레지스트 300mm 웨이퍼를 이용하여 5회 평가를 실시하였다. 평가결과 육안 상 박막은 완전히 제거되었으며, SP-1 측정 결과 90nm기준하여, 평균35개 파티클이 전체적으로 균일하게 분포하는 결과를 나타내었다.

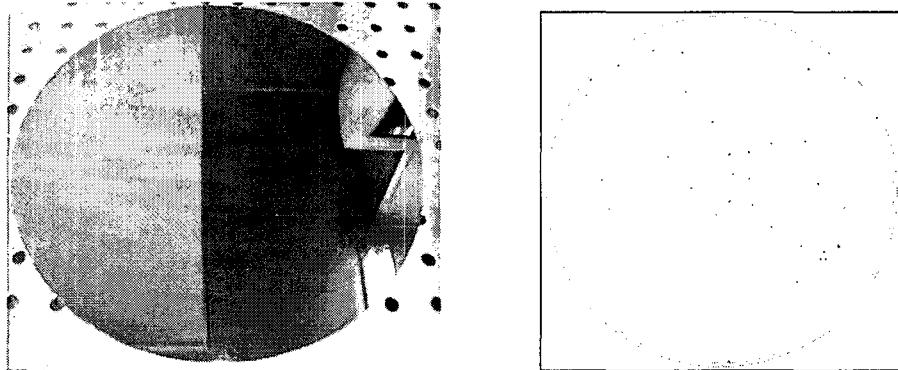
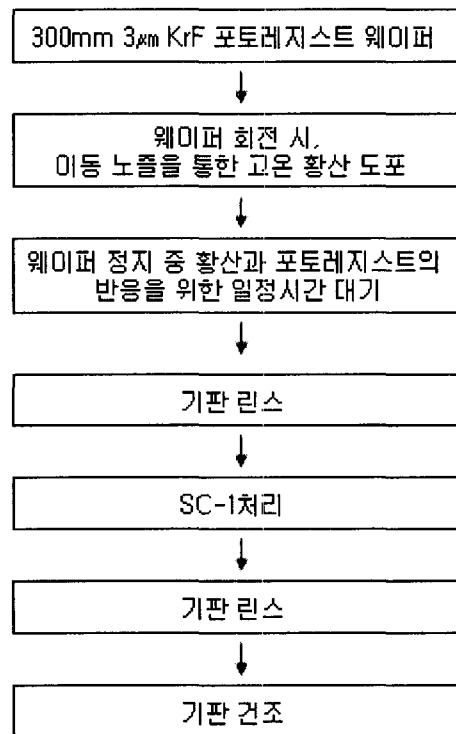


사진 5. 300mm 3 $\mu$ m 포토레지스트 제거 결과 및 SP-1측정결과 (90nm Particle 기준)

표 2. 300mm 3 $\mu$ m 포토레지스트 제거를 위한 실험 순서



#### 4. 결론

본 연구에서는 현재 양산에서 사용되고 있는 애성 전 처리 후 배치식 장비로 처리하는 포토 레지스트 리워크 작업 시 발생되는 문제점인 공정 시간 및 약액 손실을 줄이기 위하여, 매엽식 장비로 포토 레지스트 리워크 평가를 실시하였다. 실시 결과 두께 3마이크로 300mm KrF 포토 레지스트 웨이퍼의 박막이 육안상 완전히 제거되었으며, 90nm 기준 파티클이 35개 이하로 분포하는 결과를 확인하였다. 본 연구에서는 포토레지스트를 제거하기 위해 점도가 높은 황산을 사용함으로써 점도를 고려한 공정 조건이 필요함을 알 수 있었다. 첫째로 포토레지스트를 제거하기 위해서는 충분한 양의 황산이 웨이퍼 위에 도포되어야 하며, 둘째로는 황산 도포 시 웨이퍼 회전 속도를 낮출수록 황산이 잘 도포되며, 포토 레지스트 제거가 용이해진다는 것이다. 셋째로 황산 분사량을 줄이면서, 같은 반응 효과를 얻기 위

해서는 일정한 반응시간이 필요하며, 이 반응 시간 동안에 회전할 경우 원심력에 의해 약액이 외각으로 퍼져 웨이퍼 표면의 약액량이 줄어들기 때문에 멈춘 상태에서 진행하는 것이 효과적이다. 마지막으로 200mm에서 300mm 포토레지스트 웨이퍼 적용 시에는 웨이퍼 면적을 고려하여, 점도가 높은 황산을 효율적으로 도포하기 위해서 이동 노즐을 이용하여 분사해야 하며, 황산의 온도를 높여 점도를 낮춰 분사할 때 효율적으로 포토레지스트가 제거되는 것을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] 반도체 공정기술, 황호정, 1999.
- [2] Steven Verhaverbeke and Kurt Christenson, "Organic Contamination Removal" in Contamination -Free Manufacturing for Semiconductors and Other Precision Products, ed. Robert P. Donovan,pp.320-322 (2001)
- [3] McCabe Smith Harriott, " Unit Operations of Chemical Engineering,45-46