

TCP 장치에서 Cl₂/He/HBr을 이용한 Poly-Si 건식식각시 발생하는 진행성 etch rate 감소 현상 연구

김 용진, 이 세형, 정 홍식, 한 민석, 문 주태, 최 진석
삼성전자 반도체 연구소

요약

지압 공정 조건에서 건식식각을 진행하는 경우 반응 생성물에 의해 식각 특성이 변화되는 현상이 나타난다. TCP 장치에서 Cl₂/He/HBr 가스 플라즈마를 이용하여 PR mask의 thick poly-Si (≥8000 Å)를 식각하는 경우, 식각 진행 wafer 매수가 증가함에 따라 식각 속도가 감소하는 문제가 발생하였다. PR dummy를 이용한 경우 동일한 현상이 나타나는 반면, bare-Si dummy를 이용하였을 때에는 etch rate이 일정하였다. OES 분석을 통하여 각 성분가스의 빛 세기 변화를 조사한 결과 Br의 상대 빛세기가 증가하였다. 한편, 이러한 문제를 해결하기 위하여 Cl₂/He/HBr etch step 후에 O₂ plasma step을 추가하는 경우, 식각속도의 감소가 나타나지 않았으며, Br의 상대 빛세기도 일정하였다. 이 결과로부터, PR의 C-성분과 Br이 결합하여 생성되는 C-Br polymer가 식각 특성 변화에 영향을 미치는 것으로 생각할 수 있다.

1. 서론

Poly-Si 건식식각에 있어서 하부 SiO₂ 막질에 대한 선택비와 PR 선택비를 향상시키기 위하여 Br 함유 gas를 Cl₂ 가스와 혼합하는 방법이 널리 사용되고있다.[1]

TCP 장치에서 PR을 mask로 하여 8000Å 두께의 poly-Si을 Cl₂/He/HBr 플라즈마를 이용하여 건식식각하는 실험을 실시하여, PR 선택비가 높은 조건을 설정하였다. 이 조건을 이용하여 건식식각을 실시하였는데, 식각을 진행함에 따라 식각속도가 감소하여 unetch가 발생하였다. 이러한 현상의 원인을 분석하기 위하여 optical emission spectroscopy (OES) 방법을 통해 식각 진행 wafer 매수에 따른 intensity 변화를 조사하였다. 또한, O₂ plasma step을 추가하였을 때 개선 여부를 조사하였다.

2. 실험 방법 및 결과

PR 유·무에 따른 etch rate 변화 차이점을 조사하기 위하여 PR이 coating된 dummy wafer와 bare-Si dummy wafer를 이용하여 방진을 진행시키면서 etch rate을 조사하였다. 그 결과, (그림 1)에서와 같이 PR이 존재하는 경우에만 etch rate 감소현상이 발생하였다.

OES 방법을 통하여 Cl, He, Br, SiCl, H 등의 emission intensity를 조사하였는데, 전체적인 세기감소가 나타났다. (그림 2)에 PR/Poly-Si/SiO₂ 적층 구조에 line & space pattern을 형성한 시료를 사용하여 식각을 진행한 경우에 대표적인 peak의 intensity 변화를 나타내었다. SiCl peak의 경우 초기에 주기적인 세기 진동이 있는데, 이것은 main etch step동안에 poly-Si 이 모두 식각되어서 over etch step에서는 SiCl 발생량이 감소되기 때문에 일어나는 현상이다. 반면, 8매째 부터는 이러한 진동이 나타나지 않는데, 이것은 main etch 동안 식각되지 않고 남은 poly-Si이 over etch step에서도 식각되기 때문이며, 이로부터 unetch가 발생되는 사실을 알 수 있다.

플라즈마의 상대 변화를 추정하기 위하여, Br peak에 대한 빛세기 상대비를 계산한 결과 모든 peak의 상대비가

감소하는 경향을 나타내었으며, (그림 3)에 대표적인 결과를 표시하였다. 이 결과로부터, 플라즈마 내에 존재하는 Br의 상대량이 증가한다고 할 수 있다.

한편, 이러한 식각속도 감소가 polymerization에 의한 chamber wall 상태 변화에 의한 것으로 판단하고, 매 wafer의 식각이 완료된 직후에 O₂ 플라즈마를 발생시켜서 chamber wall을 dry cleaning 하면서 동일한 test를 실시하였다. 이 경우, 식각속도가 일정하게 유지되는 것을 확인하였으며, peak intensity도 (그림 4)에서와 같이 일정하게 유지되었다.

3. 고찰

HBr 가스를 이용하는 경우 PR의 선택비가 향상되는 것은 Br이 PR의 C 성분과 결합하여 polymer를 형성하여 PR을 보호하기 때문인 것으로 알려져 있다. 이러한 polymer는 PR 표면뿐만 아니라, chamber wall에도 증착되는데, 이것은 정기적인 chamber cleaning시 chamber wall에 polymer가 다량으로 증착되어있는 것으로부터 확인할 수 있다.

플라즈마 내에 Br이 증가할 수 있는 mechanism은 다음과 같이 생각할 수 있다. (그림 5)에서와 같이 Br은 첫 번째 wafer의 식각을 진행하는 동안 HBr로부터 생성되어, PR의 C와 반응하여 wafer 표면 및 chamber wall에 증착된다. 초기에는 chamber wall이 안정화 되어있는 상태이므로, polymer의 deposition rate이 outgasing rate보다 낮을 것이다. 진행 wafer 매수가 증가함에 따라 chamber wall에 증착된 polymer양이 증가하므로, 점차 outgasing rate이 높아지게 된다. 즉,

$$(Br \text{ 손실율}) = (\text{wall 및 wafer deposition rate}) - (\text{outgasing rate})$$

이라고 할 수 있으며, Br 손실율이 점차 줄어들게 되고, 따라서 플라즈마 내의 Br 상대량이 증가하게 된다. 진행성 etch rate 감소는 이러한 Br 증가에 의한 영향으로 생각할 수 있다.

한편, O2 플라즈마 step을 매 wafer의 식각완료후에 추가하여 주면, chamber wall에 증착된 polymer를 감소시킴으로써 wall을 초기 상태로 유지할 수 있기 때문에, O2 dry cleaning이 없는 경우와 같은 식각 속도 감소는 나타나지 않는 것으로 생각할 수 있다.

[1] Tim D. Bestwick and Gottlieb S. Oehrlein, J. Vac. Sci. Tech. A 8,1696(1990).

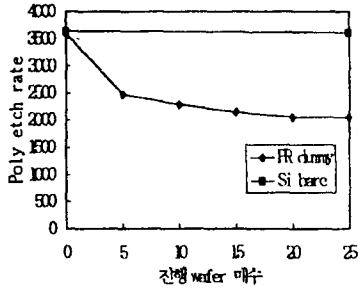


그림 1. Wafer 종류에 따른 식각속도 변화

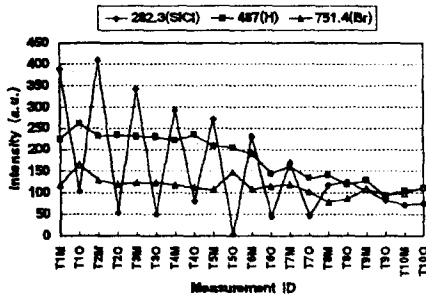


그림 2. Line and space pattern PR/Poly-Si/SiO2 구조의 test wafer 식각시 emission intensity 변화

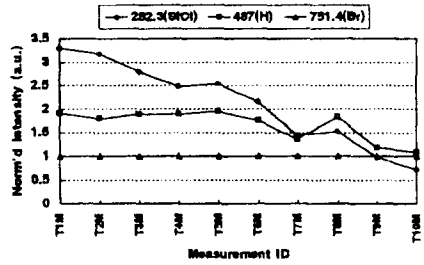


그림 3. Br intensity로 normalize한 빛세기의 상대비 변화

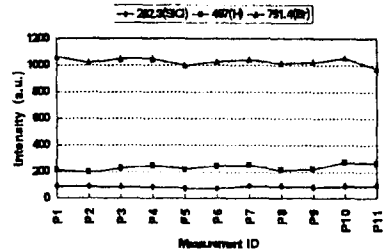


그림 4. O2 dry cleaning step을 추가하였을 때, PR dummy 진행에 따른 peak intensity의 변화.

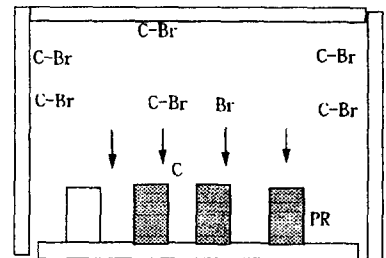


그림 5. 식각시 chamber wall에 deposition된 C-Br polymer