

CMP Conditioning 최적화에 관한 연구

한상엽, 윤성규, 윤보언, 홍창기, 조한구, 문주태
삼성전자 반도체연구소 공정개발팀

Study on optimization of CMP Conditioning

Sang-Yeob Han, Seong-Kyu Yun, Bo-Un Yoon, Chang-Ki Hong, HanKu Cho, and Joo-Tae Moon
Process Development Team, Semiconductor R&D Center, Samsung Electronics Co.,Ltd

Abstract : 본 연구는 CMP 공정 중의 Conditioning 최적화에 관한 내용이다. CMP Pad Conditioner의 역할은 CMP 공정 중 Slurry 및 연마 잔유물에 의해 Pad 표면에 눈막힘 현상(Glazing)이 발생하여 Wafer의 연마속도가 급속히 저하되는 현상을 방지하여 공정의 안정성을 향상시키는 데 있다. 본 연구 중 Conditioning은 In-situ 방식으로 진행되었으며, Conditioning 비율을 Polishing Time 대비 50%만 진행하여도 연마속도 저하현상은 나타나지 않음을 확인하였다. 이로써 Pad 마모량 감소 및 Conditioner 교체 주기연장이 가능해져, CMP 공정의 Cost를 절감할 수 있다.

Key Word : CMP, Conditioning

1. 서론

반도체 화학 기계적 연마(CMP) 공정은 설비, Pad, Slurry, Pad Conditioner 등 여러 가지 인자에 의해 이루어진다. Pad, Slurry, Pad Conditioner 등 Consumable들의 종류와 특성에 따라서 막질의 Removal Rate(RR), Non-Uniformity(NU) 등이 변할 수 있다.

Pad Conditioner는 CMP 공정 중 Pad의 표면에 입자들로 인하여 눈막힘 현상이 나타나게 되어서 사용하게 되었다. 눈막힘 현상은 Pad의 표면이나 Pores로부터 형성된 Polymer, CMP 중 Wafer로부터 생성된 연마 잔유물 또는 Agglomerated된 Slurry입자 등으로 인해 발생된다. 이러한 Polymer, Inorganic Material, Slurry 등의 입자들로 인해 Pad 표면에 눈막힘이 발생하게 되고, 이는 Pad 표면의 마찰력을 감소시켜(Glazing) Wafer의 연마속도가 급속히 저하되는 현상이 나타나게 된다. 이러한 눈막힘 현상을 제거하기 위해서 Pad Conditioner를 사용하게 되었다. Polishing 공정 중에 In-situ로 Pad conditioner의 Conditioning을 통하여 Pad 표면을 일정한 마모율로 Refresh역할을 하여 그림 1에서와 같이 CMP RR를 일정하게 유지시켜 준다.

Pad, Slurry, Pad Conditioner와 같이 Consumables들은 근래에 들어와 원가절감을 위해서 값이 싸면서도 특성은 더욱 좋은 것을 요구하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 Polishing 공정 중에 In-situ로 진행되고 있는 conditioning의 최적화에 관하여 연구를 하였다.

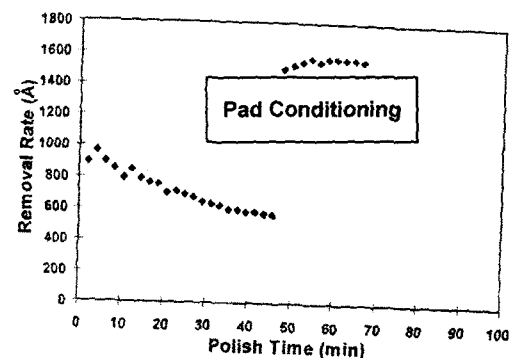


그림 1. Pad Conditioning에 따른 RR

2. 본론

CMP 공정을 진행하면서 Pad Conditioner의 역할을 알아보기 위하여 Conditioning의 조건에 따라 Slurry 별, 막질 별에 따른 RR과 Uniformity를 측정해 보았다. Polisher는 Rohm&Hass IC1000/Suba4 Pad가 장착된 AMAT사의 Mirra 장비를 사용하였고, Slurry는 Silica, Ceria와 Poly-Si를 사용하였고, 막질은 Oxide, Poly-Si 막질을 이용하였다.

2.1 Conditioning의 유무에 따른 평가

CMP 공정을 진행하면서 Pad Conditioner의 역할을 알아보기 위하여 Conditioning의 유무에 따라 진행하였다. Polishing Time은 30초, 60초, 90초, 120초로 진행하였다.

그림 2는 Ceria Slurry를 이용하여 Oxide 막질을 Polishing한 결과이다. Conditioning의 유무에 따라 Removal Amount(RA)는 Conditioning을 하지 않았을

때의 RA가 Conditioning을 하였을 때보다 300Å정도 낮아질 수 있었다.

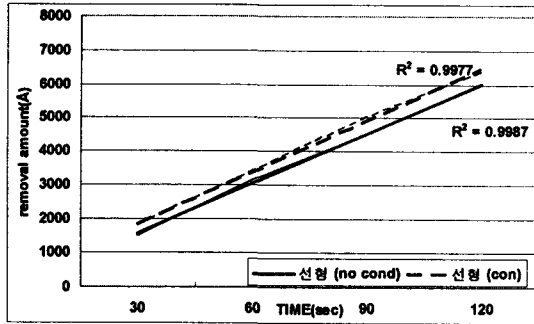


그림2. Ceria Slurry를 이용한 Oxide RR

Polishing Time이 길어져도 Conditioning의 유무에 따라 RA는 300Å정도의 차이는 계속 유지되는 것을 볼 수 있으며, 또한 Conditioning을 사용하지 않은 경우 역시 Polishing Time이 길어져도 결정계수 R2는 1에 가까운 것을 볼 수 있었다.

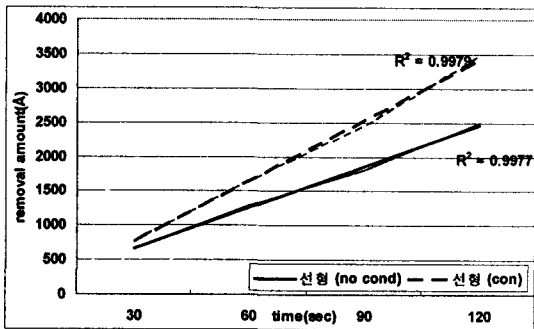


그림3. Silica Slurry를 이용한 Oxide RR

그림 3는 Silica Slurry를 이용하여 Oxide 막질을 Polishing한 결과이다. Conditioning의 유무에 따라 RA는 Polishing Time이 길어 질수록 RA의 차이가 커지는 것을 볼 수 있었다. Polishing Time이 길어 질수록 Conditioning을 하지 않은 경우가 Conditioning을 하였을 때보다 RA가 감소된다는 것을 보여준다.

그림 4는 Poly-Si Slurry를 이용하여 Poly-Si 막질을 Polishing한 결과이다. Silica를 이용하여 Oxide막질을 Polishing한 결과와는 반대로 Conditioning을 하지 않았을 때의 RA가 Polishing하는 시간이 길어 질수록 증가하는 것을 볼 수 있었다.

Conditioning의 유무에 따라서 각각의 Slurry와 막질에 따라서 30초, 60초, 90초, 120초로 Polishing을 진행한 결과 Ceria Slurry로 진행한 경우에는 RA에서만 차이가 있고 Polishing Time에 따라서는 큰 차이가 보이지 않았다. Silica Slurry의 경우에는

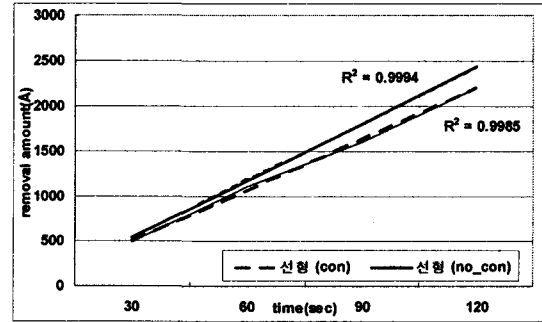


그림4. Poly-Si Slurry를 이용한 Poly-Si RR

Polishing Time이 길어 질수록 Conditioning의 유무에 따라 RA의 차이가 커졌으며 Conditioning을 하지 않았을 때가 RA가 줄어드는 것을 볼 수 있었다. 마지막으로 Poly-Si Slurry를 이용한 경우에는 Silica Slurry와 반대의 결과를 볼 수 있었다. Poly-Si Slurry의 경우에는 Silica와 Ceria Slurry와는 달리 Mechanical 적인 영향보다는 Chemical 적인 영향이 커 Conditioning을 하지 않았을 때가 오히려 RR이 했을 때보다 큰 것을 알 수 있었다

2.2 Conditioning의 Time별 평가

각각의 Slurry와 막질에 대해 Conditioning의 유무에 따른 RA의 결과를 가지고 이번에는 Non-uniformity(NU) 측면에서 평가를 해보았다. Polishing Time은 120초로 진행 되었으며 Conditioning Time은 0%(0초), 25%(30초), 50%(60초), 100%(120초)로 진행 하였다.

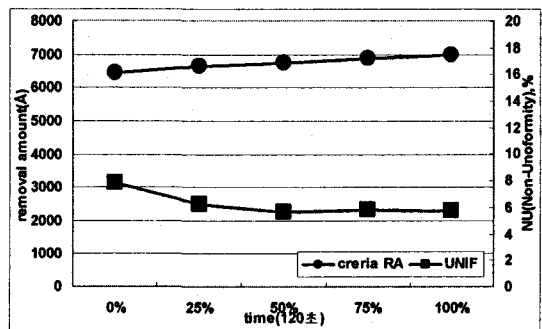


그림5. Ceria Slurry를 이용한 Time별 Oxide RA

그림 5는 Ceria Slurry를 이용하여 진행한 결과이다. NU는 Conditioning 비율이 50%이상에서 Saturation된 것을 볼 수 있으며 Conditioning을 100%로 하는 경우와 큰 차이가 보이지 않는다. RA는 Conditioning비율이 높아 질수록 약간 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 Conditioning의 유무 Test의 결과와 일치하는 것을 볼 수 있다.

그림 6는 Silica Slurry를 이용하여 진행한 결과이다. NU는 Conditioning 비율이 25%이상에서 100%로 진행한 것과 어느 정도 비슷한 수준을 보이고 있다.

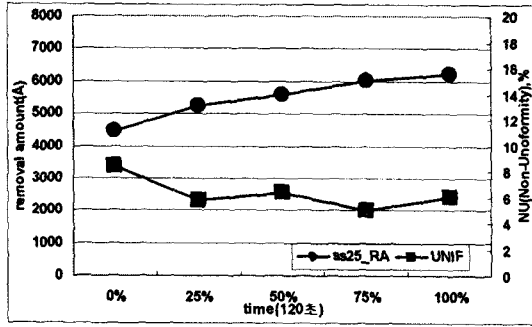


그림6. Silica Slurry를 이용한 Time별 Oxide RA

RA는 Conditioning 비율이 높아 질수록 증가하는 것을 볼 수 있듯이 Conditioning의 유무에 다른 Test의 결과와 일치하는 것을 볼 수 있다.

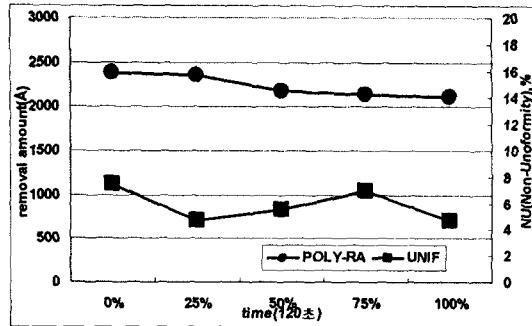


그림7. Poly-Si Slurry를 이용한 Time별 Poly-Si RA

그림 7는 Poly-Si Slurry를 이용하여 진행한 결과이다. 이 Test 또한 NU는 Conditioning 비율이 25%이상에서 100%로 진행한 것과 어느 정도 비슷한 수준을 보이고 있다. RA는 Conditioning 비율이 높아 질수록 감소하는 것을 볼 수 있듯이 Conditioning의 유무에 다른 Test의 결과와 일치하는 것을 볼 수 있다.

Polishing하는 동안의 Conditioning의 비율에 따라 각각의 Slurry와 막질에 따라 Test한 결과 Poly-Si의 경우에는 NU 측면에서는 Conditioning의 비율이 50%정도 이상에서 100%에서처럼 양호한 수준을 보이고 있다. Ceria와 Silica Slurry 경우에는 NU관점에서는 큰 차이가 보이지는 않는다. 하지만 Conditioning을 하지 않았을 경우 Scratch와 같은 것을 유발할 수 있다. RA 측면에서는 Conditioning의 유무에 따른 평가에서와 같이 비슷한 양상을 보이고 있다.

2.3 Wafer to Wafer 평가

NU 측면에서의 평가에 따라 Polishing Time(120초)

에 따라 Conditioning의 비율을 50%(60초)로 각각의 Slurry와 막질에 대해 Wafer to Wafer 평가를 진행하였다. Poly-Si Slurry를 이용하여 Poly-Si 막질에 대한 Wafer to Wafer 평가는 Polishing Time은 60초, Conditioning의 비율은 50%(30초)로 진행하였다.

그림 8은 Ceria Slurry를 이용하여 Oxide 막질을 Wafer to Wafer 진행한 결과이다. RA는 7000Å 일정하게 나타나고 있으며 NU측면에서도 10%수준으로 일정하게 나타남을 볼 수 있다.

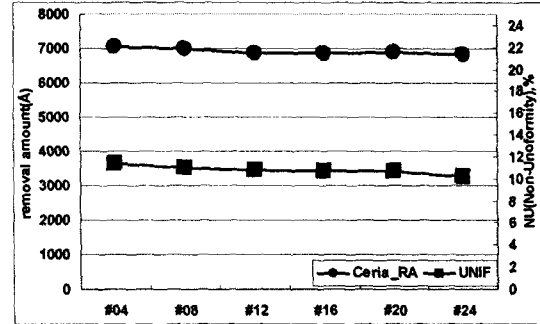


그림8. Ceria Slurry를 이용한 Wafer to Wafer Test

그림 9는 Silica Slurry를 이용하여 Oxide 막질을 Wafer to Wafer 진행한 결과이다. RA는 5500Å정도로 일정하게 나타나고 있으며 NU측면에서도 5%수준으로 일정하게 나타남을 볼 수 있다.

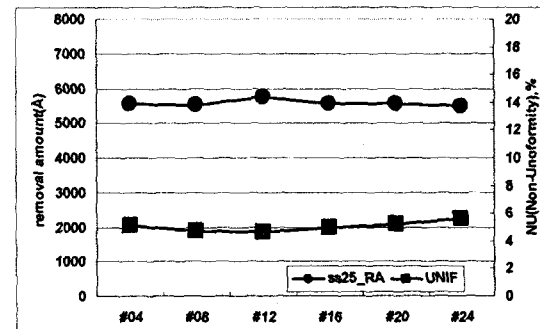


그림9. Silica Slurry를 이용한 Wafer to Wafer Test

그림 10은 Poly-Si Slurry를 이용하여 Poly-Si 막질을 Wafer to Wafer 진행한 결과이다. RA는 2500Å정도로 일정하게 나타나고 있으며 NU측면에서도 6%수준으로 일정하게 나타남을 볼 수 있다.

Ceria, Silica, Poly-Si Slurry와 Oxide, Poly-Si Blanket 막질에 대해 Polishing Time 대비 Conditioning의 비율을 50%으로 진행하여도 RA와 NU 측면에서 안정적인 결과를 얻을 수 있다.

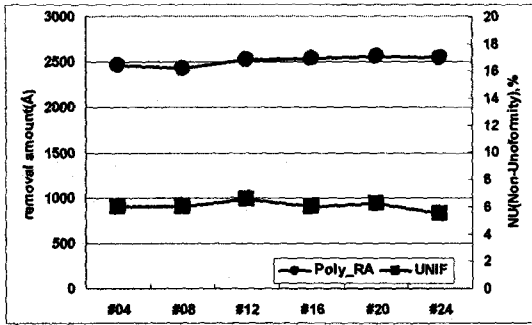


그림10. Poly-Si Slurry를 이용한 Wafer to Wafer Test

3. 결론

지금까지 CMP Conditioning의 최적화에 대해서 Test를 해보았다. Polishing을 진행하면서 Conditioning의 비율을 50%로 진행을 하는 경우에도 NU는 100%로 진행하는 것과 비슷한 수준을 유지하고 있으며 마라톤 Test를 통하여서도 안정적인 RA와 NU를 얻을 수 있다. Consumable로서 Pad Conditioner의 Conditioning의 비율을 50% 감소 함으로써 Pad Conditioner의 교체주기가 길어져 Pad Conditioner에 의한 Cost를 절감할 수 있다.

참고문헌

- [1] S. H. LI, Robert O. MILLER, "Chemical Mechanical Polishing in Silicon Processing", ACADEMIC PRESS, vol. 63, pp. 25 ~ 30, 2000
- [2] M. R. Olicer, "Chemical Mechanical Planarization of Semiconductor Materials", Physics and Astronomy, vol. 69 pp 155~158, 2004
- [3] L. Hong, C. David, "Tribology in Chemical-Mechanical Planarization", Taylor & Francis Group, pp 144 ~ 166, 2005
- [4] A.S. Lawing and R. Rhoades, Pad/Slurry/Conditioning Interactions in Oxide CMP, CMPUG Presentation 12, 2001
- [5] S. Qamar and T. Namola, Bond Strength and Crystal Retention Properties of CMP Pad Conditioners, Abrasive, Technology, Abstract at 6th Int. Conf. CMP-MIC, Santa Clara, CA, March 7-9, 2001
- [6] A.S, Lawing, Pad Conditioning and Removal Rate in Oxide Chemical Mechanical Polishing, Proceedings of the Seventh Chemical-Mechanical Planarization for ULSI Multilevel Interconnection Conference, Feb. 2002
- [7] A.S, Lawing, Polish Rate, Pad Surface Morphology and Pad Conditioning in Oxide Chemical Mechanical Polishing, Proc. Fifth Int. Symp. Chem. Mechan. Polishing, Electro-Chemical Society, May. 2002