Reverse Moat Pattern을 가진 STI CMP 공정에서 EPD 고찰

A study on EPD of STI CMP Process with Reverse Moat Pattern

이 경 태*, 김 상 용*, 서 용 진**, 김 창 일*, 장 의 구*

(Kyung-Tae Lee*, Sang-Yong Kim*, Yong-Jin Seo**, Chang-Il Kim*, Eui-Goo Chang*)

Abstract

The rise throughput and the stability in fabrication of device can be obtained by applying of CMP process to STI structure in 0.18um semiconductor device. To employ in STI CMP, the reverse moat process has been added thus the process became complex and the defects were seriously increased. Removal rates of each thin films in STI CMP was not equal hence the devices must to be effected, that is, the damage was occured in the device dimension in the case of excessive CMP process and the nitride film was remained on the device dimension in the case of insufficient CMP process than these defects affect the device characteristics. We studied the current sensing method in STI-CMP with the reverse moat pattern

Key Words : Chemical mechanical polishing(화학적 기계적 연마), Shallow trench isolation(얇은 트렌치 격리), Reverse moat process, Current sensing

1. 서 론

CMP 공정에서 연마 정지점을 감지하는 일은 해결 해야 할 과제 중의 하나로 CMP 공정을 더욱 재현성있게 개선시키는 일이다. 현재의 공정에서는 패턴없는 웨이퍼를 연마하여 연마율을 구하고, 이를 근거로 패턴있는 웨이퍼의 연마 두께를 계산하여, 목표로 하는 두께를 연마하고 있다.[1] 이는 똑같은 연마 시간을 전체 웨이퍼에 적용한다는 것이고, 이와 같은 연마 공정에서는 연마율의 감소에 따른 웨이퍼와 웨이퍼 사이 두께의 차이를 유발할 수 있고, 연마 공정을 다시 수행해야한다. 따라서 in-situ로 연마 종점을 도출하려는 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 그러나, 이 EPD기술은 신호를 받을때 주변의 아주 작은 잡음까지 감지하여 신호를 송신하는(컨디셔닝이나 축 진동, 연마판 진동 등 아주 미세한 부분들도 신호에 합류되어 송신) 문제가 있어 재현성 있는 신호를 얻는 것이 매우 어려운 실정이지만, 위에서 언급한 바와 같이 중요한 해결 과제 중의 하나이다.

* 중앙대학교 전자전기공학부
(서울특별시 동작구 흑석동 221, Fax : 02-812-9651 e-mail: cikim@cau.ac.kr)
** 대불대학교 전기전자 공학부

연마 종점 감지기(end-point detector)는 여러가지 방법으로 제작되고 있다. 캐리어/연마판 모터의 전류 변화를 감지하는 모터 전류 방법[2]과 적외선 광선을 이용하는 광학적 방법[3,4] 및 음향파를 입사시켜 반사되는 파의 공명을 이용하는 방법 등이 있다. 현재 주로 사용되는 것은 연마되는 박막의 서로 다른 마찰력이 캐리어/연마판의 전류에 영향을 미치고, 이 미치는 전류의 변화를 감지하여 종점을 찾는 모터 전류 방식이다.

본 논문에서는 모터 전류 방식을 이용하는 Luxtron사의 2350 시스템을 이용하여 reverse moat 패턴을 가진 STI CMP 공정에 적용될 수 있는지를 테스트하였다.

2. 실험방법

본 논문에서 공정 조건은 연마판 속도 46 rpm, 캐리어 속도 28 rpm, down force 7psi, back pressure 2psi, 축 진동 126mm~131mm, 진동 속도 5mm/sec, condition scheduled은 Just While, inter sweep delay time 11sec, condition time/segment은 1.3sec(Total 10 segments), 슬러리 유속 150 ml/min, 패드는 IC1000/Suba IV을 적용하였으며, 테스트 패턴 웨이퍼는 reverse moat 패턴을 갖는 STI 구조를 CMP 공정하여 고찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Raw Signal 분석

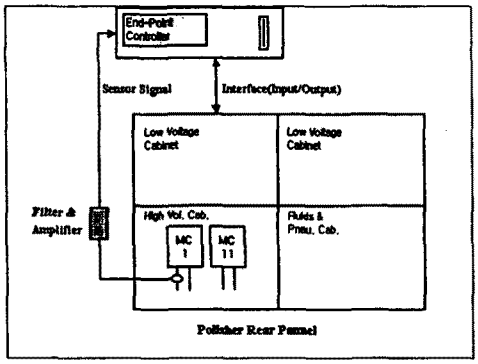

그림 1. Luxtron사의 EPD 2350 시스템

그림 1은 Luxtron사의 2350 시스템의 구성 및 연결을 나타낸 것이다. 실제 패턴에서 연마 정지 신호를 추출하기 전에 실리콘 웨이퍼에서 신호를 추출할 때, 하드웨어 잡음 및 현재의 공정조건에서의 특징을 신호를 통해 분석하여야 한다.

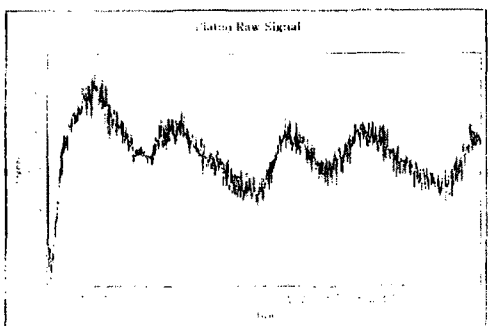

그림 2. 평균화 기법을 사용하지 않은 raw signal

그림 2는 평균화 기법(averaging)을 사용하지 않은 즉, 가공을 하지 않은 원래 신호이다. 두 가지 큰 특징이 있는데, 하나는 약 2초에서의 작은 주기를 갖고 반복하는 신호와 23~24초 범위 대를 주기로 반복하는 더 크게 보면, M자형으로 약 46~48초의 범위를 갖고 반복하는 큰 변화의 신호가 있다. 먼저 작은 주기의(2초대) 변화는 축 진동의 변화에 기인한다고 볼 수 있다. 진동거리는 5mm이고, 속도는 5mm/sec이다. 따라서, 진동하는 데는 2초가 걸리고, 이는 모터 전류에 영향을 미치게 되어, 약 2초에서의 작은 변화량을 신호에 흡리게 된다. 이를 평균하여 나타낸 것이 그림 3의 평균 신호(1)이다. 다음으로 큰 주기의(23초) 변화인데, 이는 컨디셔닝의 영향으로 간주된다. 컨디셔닝은 11초의 inter sweep delay time과 각 segment 당 1.3초의 속도로 총 10 segments를 통과하게 되면 총11초+13초, 약 24초의

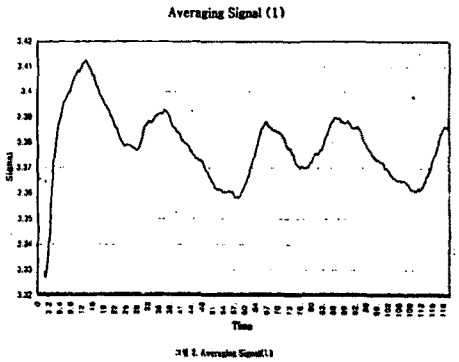

그림 3. 평균화 기법에 의한 신호(1)

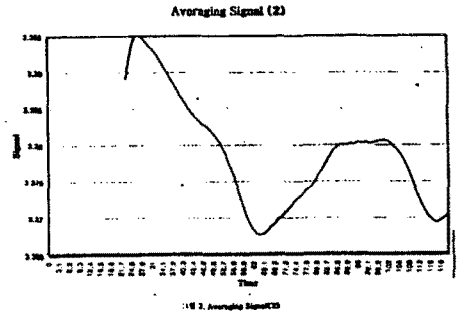

그림 4. 평균화 기법에의한 신호(2)

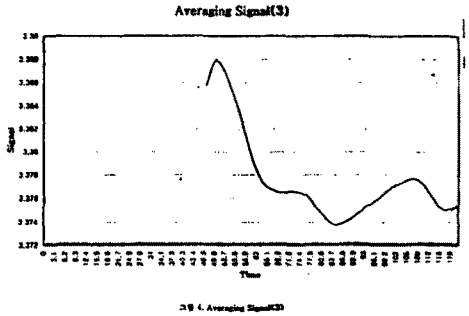

그림 5. 평균화 기법에의한 신호(3)

변화를 갖고 모터 전류에 영향을 주게 되므로, 이것이 신호의 큰 변화를 차지하게 된다. 이를 평균하여 나타낸 것이 그림 4의 평균 신호(2)이다. 이것이 왕복을 하여 약 46초대를 나타내므로, M자 형의 변화는 여기에서 기인한다고 판단되며, 연마판의 회전 반경 안쪽에서 영향을 미치는 것과, 끝쪽에서 영향을 미치는 것에는 신호에 차이가 생기는데, 이는 회전 반경에 따른 토오크(τ)변화로 볼 수 있다. 46초로 평균하여 나타낸 것이 그림 5의 평균 신호(3)이다. 현재 CMP 공정에서 사용하는 공정조건에는 여러가지 특징이 있는데, 가장 큰 특징은 컨디셔닝의 just-while 기능을 사용한다는 것이다. 이는 연마시 패드를 프로파일링하여 패드 초기 상태

를 계속 유지하게 하고, 그로 인해 연마율의 감소를 방지하는데 기여하고 있다. 그러나, 이 컨디셔닝의 EPD 신호에 대한 영향은 상기에서 언급되었듯이 매우 크다. 축 진동은 그 주기가 작고, EPD 신호에 있어 크게 영향을 미치지 못하고 있는 반면에, 컨디셔닝은 그 주기가 크고, 신호도 커서 EPD 신호에 큰 영향을 미치게 되며, 상대적으로 연마되어지는 막의 신호 변화를 상쇄시키는 결과를 초래할 수 있다. 실제, 패턴에서 신호 변화는 산화막을 연마하는 도중 질화막을 만나면서 생기게 되고(R/R 차이), 이 변화량을 감지하여 CMP 연마 정지점으로 잡는 것인데, 패드 컨디셔닝의 변화량이 크게 되어 이 연마 정지점이 상쇄되거나, 감지가 안되면, EPD 실패(연마 정지점 감지 않됨)로 인해, 재현성에 상당히 심각한 영향을 미치게 되는 것이다. EPD 재현성 및 신호 감지 실패는 이 컨디셔닝 때문에 일어 났으며, 다음절에서 고찰할 reverse moat 패턴의 영향과 더불어 이 EPD 기술이 적용되어 질 수 없는 가장 큰 요인으로 판명되었다.

3.2. 패턴 웨이퍼 신호 분석

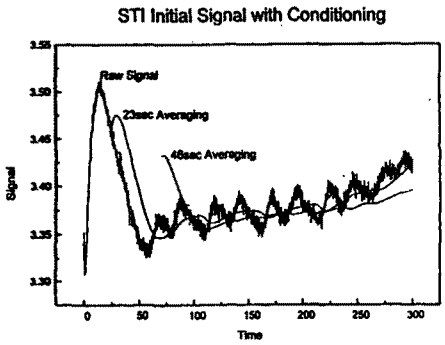

그림 6. 패드컨디셔닝 공정중 연마 초기 신호

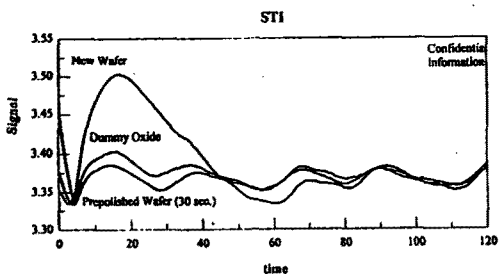

그림 7. 3 가지 다른 웨이퍼의 플래튼 신호

Reverse moat 식각 공정을 갖는 STI 패턴을 패드 컨디션닝을 한 후 연마 초기의 연마한 것을 그림 6에 나타 내었다. 이를 23초 및 46초 평균하여 나타낸 신호을 보면, 하향선을 유지하다가 어느 순간 상향선을 유지하게 된다. 이러한 변곡점이 바로 신호의 변화가 일어나는 점인데, STI CMP 공정에서는 바로 질화막을 만나는 부분으로 해석된다. 이 신호을 보면 초기에 이미 상승된 부분에서 부터 시작하는데, 이러한 이유를 파악하기 위해 하나의 질화막(2000Å) 위에 APCVD 산화막(3000Å) 웨이퍼와 두 개의 STI 패턴 웨이퍼를 연마하였다. 이 패턴 웨이퍼는 한장은 초기 조건 그대로 이고, 또 한장은 30초간 먼저 연마된 웨이퍼로 reverse moat 패턴이 어느 정도 없어진 것으로 하였다. 이 결과를 그림 7에 나타내었는데, 명백히 초기 높은 피이크를 나타내는 것은 reverse moat 패턴에 기인함을 알 수 있게 되었다.

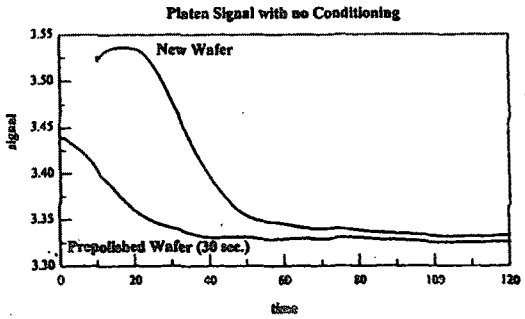

그림 8. 패드 컨디셔닝을 하지 않는 조건에서 플래튼 신호

어느 정점을 지나서 부터는 거의 동일한 신호가 나타나고 있다. 마찬가지로 그림 8에는 컨디셔닝을 하지 않는 조건에서 두 패턴 웨이퍼를 연마 했는데, 큰 주기의 신호는 없고 어느 정점에서부터 거의 동일하게 나타내었다. 이로써 초기 피이크가 일어나는 것은 reverse moat 패턴에서 기인됨을 알 수 있으며, 산화막에서 질화막으로의 연마 전환은 신호가 실패점에서 아주 미세하게 거의 일직선 내지는 상승선으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 산화막과 질화막의 연마율에 대한 선택비가 약 2:5~3:1인 현재 공정에서, 특히 reverse moat 패턴을 갖는 STI CMP공정에서는 이러한 변화로 연마 정지점 변화를 찾는데 아주 어려움이 있다고 판단된다. 신호가 일직선으로 변화를 일으키는 부분을 연마 정지점 즉, 질화막이 나타나는 지점임을 알게 되었고, 이 점을 기준으로 연마 정지점 및 과도 연마 시간을 정하고자 한다. 그런데 여기서 중요한 것은, 물론 연마 정지점 감지 이지만, reverse moat 패턴을 가진 CMP공정에서 민감하게 필드 산화막 두께를 5700Å~6000Å으로 조정하면 질화막 접촉 지점이 필드 지역에서 약 6800Å~7000Å의 두께를 갖는 범위이므로, 과도 연마 시간을 몇 %정도 추가하여 진행하여야 한다. 이 과도 연마 시간은 연마를 수행하기 시작할 때부터 연마 정지점이 추출될 때까지의 전체 시간에 대한 퍼센트로 주어지게 되는데, 이는 매우 중요한 부분이다. 왜냐하면, 계속되는 연마로 연마율이 감소되며, 이로 인해 연마 정지점이 계속 길어지게 되고 따라서 과도 연마 시간도 길어지게 되는데, 이와 같이 연마 정지점이 추출되는 시간까지의 전체 시간에 대해 비율로서 주게 되므로 연마율 감소에 따른 시간 지연을 보상 받을 수 있게 되기 때문이다.

그림 9은 EPD 기술이 reverse moat STI CMP공정에 적용될 수 없음을 분명하게 나타내 주고 있다.

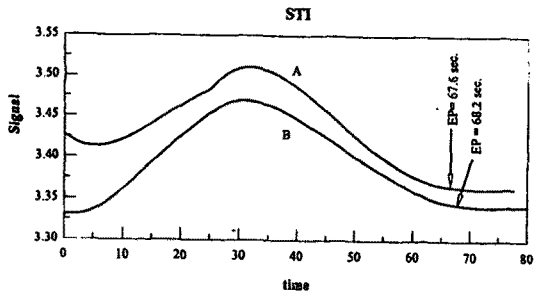

그림 9. Reverse moat STI CMP 공정의 EPD 신호

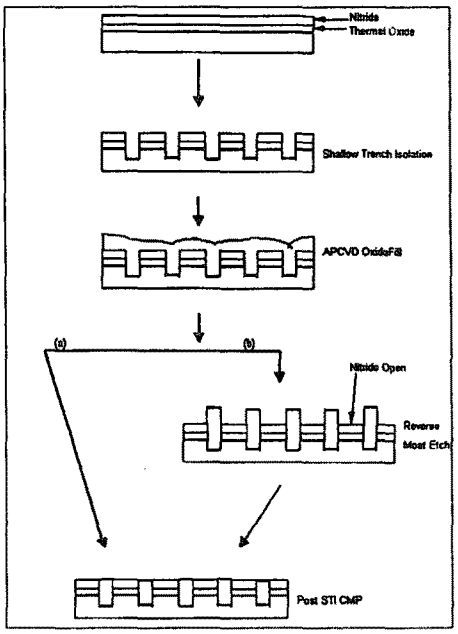

그림 10. Reverse moat 패턴의 CMP 공정

10장을 연마하건 100장을 하건 연마 정지점 시간은 거의 비슷하게 나타나고 있으며, 연마 정지점 시간은 거의 비슷한데 두께가 틀리게 나오고 있다. 이는 100장을 연마한 것(A)과 299장을 연마한(B) 패드상에서의 패턴있는 웨이퍼 연마 신호를 추출한 것인데, 연마율 감소에 따라 목표가 되는 두께까지의 연마 시간도 길어지게 되고, 따라서 연마 정지점 시간도 더 길어져야 하는데 거의 유사하게 나타나기 때문에 비슷한 과도 연마 시간을 추가하게 되어, 연마후 두께를 측정해 보면 그 두께가 각각 틀리게 나타나는 것이다. 현재 STI CMP공정은 reverse moat 식각 공정을 진행하기 때문에 기존의 STI CMP 공정과 상이하다. 그림 10와 같이 질화막이 개방된 상태에서 CMP 공정을 진행하는 독특한 기하학적인 특징을 가지고 있다. 그림 10에서 보듯이 현재 STI CMP 공정에서는 질화막이 개방된 상태에서 연마에 들어가기 때문에 기존의 공정보다 질화막이 부분적으로 패드와 먼저 접촉되게 된다. 산화막을 연마하다 질화막을 만나게 되면 연마율에 대한 선택비의 차로 인해 신호의 변화가 생기고, 이 점을 연마 정지점으로 잡는 순서로 EPD기술이 STI CMP 공정에 적용되어지고 있는 기존의 공정에 비해 질화막이 개방된 상태에서 CMP 공정을 수행하면 패드의 수명과 관계없이 연마율이 어느 정도만 유지 된다면, 몇 초 지나지 않아 질화막을 만나게 되고 곧 신호의 변화를 보이게 될 것이다. 결국 연마율 감소에 따른 연마 정지 신호 변화점은 일정하게 나오게 되고, 따라서 동일한 연마 정지점 시간과 동일한 과도 연마 시간을 유지하게 되어 공정 후 두께는 일정하게 나타나게 될 것이다.

3. 결 과

EPD의 STI CMP 공정에의 적용에는 다음의 두가지 큰 특징으로 인해 상당히 어려운 결과가 나타났다. 첫번째는 레시피상의 특징인 just while의 컨디셔닝으로, 두번째는 reverse moat 공정을 진행하기 때문에 연마 정지막으로 사용되는 질화막이 오픈된 상태에서 CMP를 수행한다는 것으로, 조기에 연마 패드와 질화막이 접촉하게 되어 실질적인 정지막로서의 역할을 못하게 되는 것이다. 위에서 언급한 바와 같이 후자의 경우, 연마율의 감소에 관계없이, 즉 패드의 수명 시간에 상관없이 연마가 시작되면 똑같은 시간대에 질화막을 만나게 되고 이것이 신호에 전송되어 신호 변화를 일으키게 되며, 그 결과 연마 정지점은 계속해서 동일한 시간대에 추출된다. 따라서 과도 연마 시간도 동일하게 적용하게 되어 총 연마 시간은 거의 동일하게 된다. 바꾸어 말하면, 연마 감소에 따른 연마 시간의 증가와 아무런 관계가 없게 된다는 것이다. 따라서, 현재 진행되고 있는 레시피 즉, just while의 컨디셔닝과 reverse moat 식각 공정이 있는한 이 EPD 기술은 STI CMP 공정에 적용하기에 매우 어렵다고 평가 된다.

[참 고 문 헌]

[1] 김상용, 김남훈, 김창일, 장의구, "연마시간 관계식을 이용한 STI CMP의 특성에 관한 연구", 한국전기전자재료논문지, 제12권, 제9호, pp.751-756, 1999.

[2] Bih-Tiao LIN and S-N Lee, "An Effective End Point Detector on Oxide CMP by Motor Current," IEEE, pp.295-298, 1999.

[3] Kiyotaka Kato, Akira Ueki, and Toru Kaga, "High Signal-to-Noise Ratio inspection of sub-quarter micrometer oxide CMP defects by using Laser Scattering Inspection tool," IEEE, 1999.

[4] G. Popescu, M. Lauwidjaja, L. Denney, K. Richardson, and A. Dogariu, "AGING EFFECT IN CMP SLURRIES PROBED BY MULTIPLE LIGHT SCATTERING," Electrochemical Society Proceedings, Volume 98-7, pp.59-68, 1999.