

STI-CMP 공정 적용을 위한 연마 정지점 고찰

A Study of End Point Detection Measurement for STI-CMP Applications

김상용*, 서용진**
(Sang-Yong Kim*, Yong-Jin Seo**)

Abstract

In this study, the improved throughput and stability in device fabrication could be obtained by applying CMP process to STI structure in 0.18 um semiconductor device. To employ the CMP process in STI structure, the Reverse Moat Process used to be added after STI Fill, as a result, the process became more complex and the defect were seriously increased than they had been. Removal rate of each thin film in STI CMP was not uniform, so, the device must have been affected. That is, in case of excessive CMP, the damage on the active area was occurred, and in the case of insufficient CMP nitride remaining was happened on that area. Both of them deteriorated device characteristics. As a solution to these problems, the development of slurry having high removal rate and high oxide to nitride selectivity has been studied. The process using this slurry afford low defect levels, improved yield, and a simplified process flow. In this study, we evaluated the 'High Selectivity Slurry' to do a global planarization without reverse moat step, and also we evaluated EPD(End Point Detection) system with which 'in-situ end point detection' is possible.

Key Words : EDP (End Pointy Detection), STI(Shallow Trench Isolation), Reverse moat process, CMP(Chemical mechanical polishing), Platen, HSS(High selective slurry)

1. 서 론

CMP(chemical mechanical polishing) 공정에서 연마 정지점(end point detection ; EDP)을 결정하는 일은 직면하고 있는 해결 과제 중 하나로, CMP 공정에 있어 한 세대를 향상시킨다는 의미를 가질 만큼 중요하다. 현재 공정에서 패턴 없는 웨이퍼를 연마하여 연마율을 구하고, 이를 근거로 패턴 웨이퍼의 연마 두께를 계산하여 최종 목표로 하는 두께를 연마하고 있다.

* : 아남반도체(주) FAB 사업부

(부천시 원미구 도당동 아남반도체 Fab. 사업부.

Fax : 032-673-7672, E-mail : KSY@aaww.com)

** : 대북대학교 전기공학과

2000년 9월 30일 접수, 2000년 11월 20일 1차심사완료

2001년 1월 11일 2차심사완료, 2001년 1월 30일 3차심사완료

이는 똑같은 연마 시간을 전체 웨이퍼에 적용한다는 것이고, 이와 같은 연마 공정에서는 연마율의 감소에 따른 웨이퍼와 웨이퍼 사이 두께의 차이를 유발할 수 있고, 그로 인하여 재 연마 공정 등의 문제가 있다. 따라서 in-situ로 연마 정지점을 도출하려는 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다[1,2,7]. 그러나, 이 연마 정지점 기술은 신호를 받을 때 주변의 아주 작은 잡음까지 감지하여 신호를 송신하는(컨디셔닝이나 축 진동, 연마판 진동 등 아주 미세한 부분들도 신호에 함유되어 송신) 문제가 있어 재현성 있는 신호를 얻는 것이 매우 어려운 실정이지만, 위에서 언급한 바와 같이 중요한 해결 과제의 하나이다. 이에 대해 연마 종점 감지기(end-point detector)는 여러 가지 방법으로 제작되고 있다. 캐리어/연마판 모터의 전류 변화를 감지하는 모터 전류 방법과 적외선 광선을 이용하는 광학적 방법, 그리고 음향 파를 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[3,4,6].

현재 STI 공정으로 사용되는 리버스 모트 패턴 공정은 “개방된 질화막”라는 특수한 구조상의 문제로 인해 연마 종점의 신호는 항상 일정하게 나오지만, 연마 두께는 재현성이 없었다. 따라서 연마 정지점의 감지는 의미가 없게 되었다. 리버스 모트 패턴 공정을 통하여 moat 밀도가 높은 지역의 밀도를 감소시켜, 낮은 선택비를 갖는 STI CMP 공정에서도 밀도가 높고 낮은 지역의 연마 균일도를 맞출 수 있게 하였지만, 바로 이 문제 때문에 “in-situ 연마 정지점 감지”는 모터 전류의 변화를 이용하는 현재의 연마 정지점 기술로는 적용하기 어려웠다 [5,8].

본 논문에서는 높은 선택비를 갖는 슬러리 첨가제를 STI CMP 공정에 적용하여 리버스 모트 패턴 공정 없이 광역 평탄화를 달성하고 연마 정지점 감지 기술을 적용하여 “in-situ 연마 정지점 감지”가 가능한지 평가하였다. 이를 통한 리버스 모트 패턴 공정을 하지않고 직접 STI 공정을 할 수 있도록 공정 단순화에 역점을 두고 평가했다.

2. 실험

본 논문에 있어서 사용된 장비는 SFI사의 472 시스템을 사용했으며 공정 조건은 연마판 속도 46 rpm, 캐리어 속도 28 rpm, down force 7 psi, back pressure 2 psi, 축 진동 126 mm ~ 131 mm, 진동 속도 5 mm/sec, condition scheduled는 Just While, inter sweep delay time 11 sec, condition time/segment은 1.3 sec(total 10 segments), 슬러리 유속 150 ml/min, 패드는 IC1000/Suba IV을 적용하였으며, 테스트 패턴 웨이퍼는 리버스 모트 패턴을 갖는 STI 구조를 CMP 공정하여 고찰하였다. 사용된 슬러리는 실리카 25%의 연마제와 높은 선택비를 갖는 첨가제는 자체 개발하여 실험하였다. 그리고 모터 전류 방식을 이용하는 Luxtron사의 2350 시스템을 이용하여 리버스 모트 패턴을 가진 STI CMP 공정에 적용될 수 있는지를 테스트하였다. 또한 리버스 모트 패턴이 없는 실험의 공정 조건은 표 1에 보인 것과 같이 CMP 각 공정 변수에 대하여 실험하였으며 연마 정지점 시스템을 신호가 잘 검출되는 점을 찾고자 캐리어 헤드와 연마판에 각

각 설치하여 평가하였다. 적용 소자는 리버스 모트 패턴이 없는 STI 구조에서 실험하였다. 특히 고 선택비의 슬러리 첨가제를 사용한 슬러리를 사용하여 연마되는 과정을 연마 정지점으로 고찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 Reverse Moat Pattern을 가진 STI CMP 공정에서 EPD 고찰

3.1.1 Raw Signal 분석

그림 1은 Luxtron사의 2350 시스템의 구성 및 연결을 나타낸 것이다. MC(motor current)의 소신호가 filter/amplifier를 거쳐서 end point controller를 통하여 신호를 추출하는 그림이다. 그러나 실제 공정의 축 진동, 패드 컨디셔닝, 연마판 회전 영역의 토크차이로 인한 잡음들이 원래의 신호를 검출하는데 영향을 주고 있다.

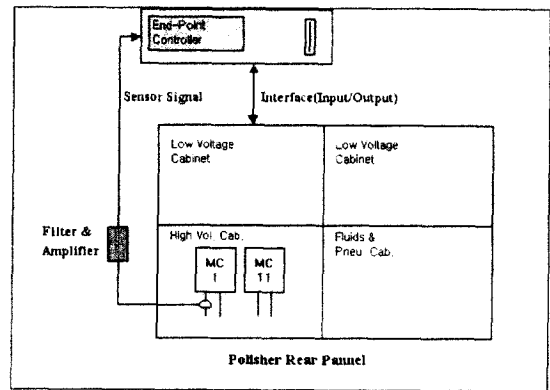


그림 1. Luxtron사의 EPD 2350 시스템.

Fig. 1. EPD 2350 system manufacture by Luxtron.

그림 2는 연마판의 전류 변화 신호를 보여준다. 초기의 2초대의 작은 신호의 변화는 0~48초의 주기를 가지고 M자형으로 변하는 신호의 변화로 볼 수 있다. 2초대의 전류 변화는 축 진동의 영향을 나타내는 것이다. 진동거리는 5 mm이고, 속도는 5 mm/sec이다. 진동 시간은 2초이고 연마판 모터 전류에 영향을 미치게 된다. 축 진동에 의한 신호의 영향을 살펴보기 위하여 평균화 기법을 이용하여 축 진동의 신호 변화를 살펴보았다.

그림 3은 축 진동의 신호 변화를 보여준다. 전체적인 신호는 원래의 신호와 다르지만 초기의 2초대의 신호가 원래의 신호에 영향을 주고 있다.

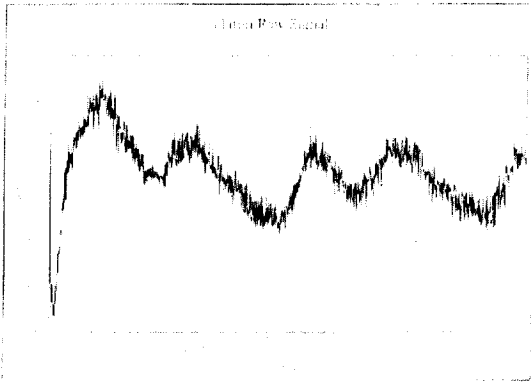


그림 2. 평균화 기법을 사용하지 않은 연마판 전류 변화의 원 신호.

Fig. 2. Platen raw signal without using averaging method.

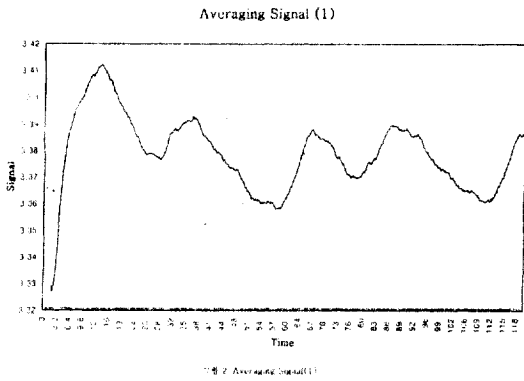


그림 3. 평균화 기법에 의한 축전동 신호.

Fig. 3. Arm oscillation signal with averaging method.

그림 4는 평균화 기법에 의한 연마판 컨디셔닝 신호이다. 전체적인 연마판 모터 전류의 신호에 영향을 주는 신호는 컨디셔닝시의 전류 변화가 크게 작용한다. 컨디셔닝은 11초의 inter sweep delay time과 각 segment 당 1.3초의 속도로 총 10 segments를 통과하게 되는데, 이는 약 24초의 연마판 모터 전류에 영향을 주게 된다. 컨디셔닝 연마판 신호의 변화는 0~48초대의 주기를 가지고 신호의 변화에 영향을 준다. 그림에서 보면 원래의 신호가 M자 형태로 변화하는 것을 볼 수 있다. 이 컨디셔닝 신호의 변화는 원 신호의 연마 신호에 변화를 주어 원하는 종말점 측정을 어렵게 하고 있다.

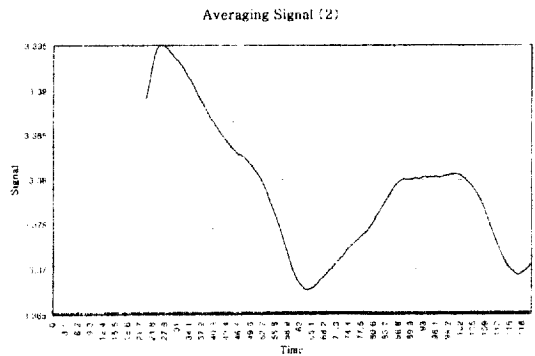


그림 4. 평균화 기법에 의한 연마판 컨디셔닝 신호(2).

Fig. 4. Platen conditioning signal with averaging method(2).

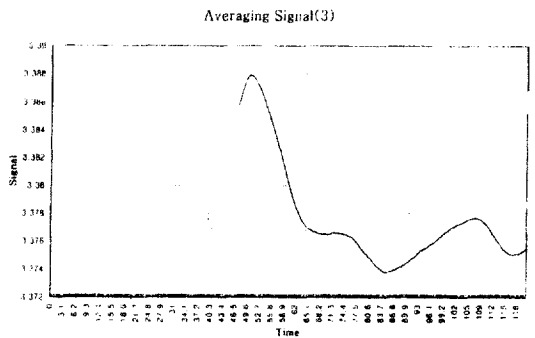


그림 5. 평균화 기법에 의한 토크 변화 신호.

Fig. 5. Changed torque signal with using averaging method.

그림 5는 평균화 기법에 의한 토크 변화 신호이다. 0~48초대의 연마판 모터 전류의 M자 형의 변화는 토크 변화의 영향도 무시할 수가 없다. 토크의 변화는 연마판 회전 반경이 연마판 내부에서의 회전에 의한 전류 변화와 외부에서 회전에 의한 전류 변화의 차이로 인한 신호 변화의 차이가 생기는데, 이것을 회전 반경에 따른 토크(τ) 변화로 볼 수 있다. 48초대의 신호의 변화는 연마가 진행됨으로 인하여 패드가 원래의 최적 조건을 잃어 연마율이 감소하는데, 패드의 최적 조건을 찾아 주기 위하여 연마 도중에 패드 컨디셔닝 과정이 반드시 필요하게 된다. 연마율의 변화를 막기 위한 패드 컨디셔

닝의 변화는 연마판 모터 전류의 원 신호에 큰 변화를 주어 원하는 신호 검출을 어렵게 하고 있다. 축 진동은 그 주기가 작고 연마판 신호 변화에 있어서 크게 영향을 미치지 못하나 컨디셔닝은 주기가 크고, 신호도 커서 연마판 신호 변화에 큰 영향을 미치게 되므로 연마되어지는 막의 신호 변화를 상쇄시키는 결과를 초래할 수 있다. 실제 패턴에서의 신호 변화는 연마판이 산화막을 연마하는 도중의 신호 변화가 질화막을 만나면서 생기게 된다. 일반적으로 산화막과 질화막의 연마율은 산화막이 질화막보다 잘 연마되기 때문에 질화막과 산화막의 연마 중에 연마판의 신호 변화를 관찰 할 수 있다. CMP 공정에서의 연마 종말점은 연마판이 산화막을 연마하다가 질화막을 만나면 전류의 변화가 일어나는데 이 점을 연마 종말점이라고 한다. 그림 4와 그림 5에서 보았듯이 패드 컨디셔닝의 영향이 원 신호의 변화를 크게 함으로 인하여 연마판이 산화막을 연마 하다가 필드 지역의 질화막과 만나 신호의 변화를 검출하여야 하는데, 패드 컨디셔닝 변화가 더 연마판이 질화막을 만나 변화는 전류 변화를 상쇄하거나 더 큰 영향을 주어 연마 종말점 감지를 하지 못하게 하였다. 결국 연마 종말점 실패로 재현성 있는 공정을 수행 할 수 없게 되었다. 이 실험에서 연마 종말점 측정을 위한 재현성의 실패는 패드 컨디셔닝의 영향 때문이었다.

3.1.2 패턴 웨이퍼 신호 분석

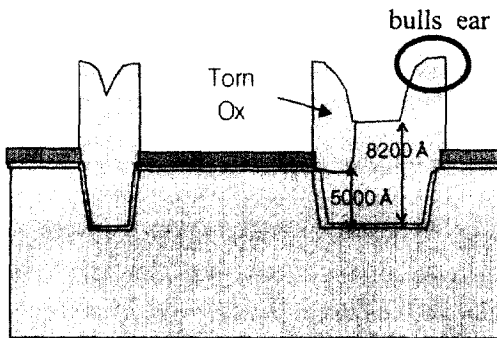


그림 6. 리버스 모트 패턴.
Fig. 6. Reverse moat pattern.

그림 6은 리버스 모트 패턴을 보여 준다. 연마 종말점 감지를 위한 구조적인 방법인 리버스 모트 패턴 방법이다. 그림에서 모트 패턴에서 뾰족한 부분

의 bulls ear 부분과 패턴 크기 차이를 보여 준다. STI 리버스 모트 패턴 웨이퍼에서 구조적인 방법을 통한 연마 종말점 모터 전류 변화를 살펴보고자 한다.

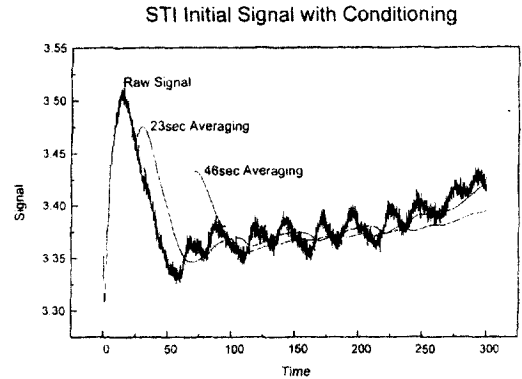


그림 7. 패드 컨디셔닝 공정 중 연마 초기 신호.
Fig. 7. Initial signal of polishing in the pad conditioning process.

그림 7은 리버스 모트 식각 공정을 갖는 STI 패턴을 패드 컨디셔닝을 한 후 연마판의 시간에 대한 전류 변화 신호를 나타내었다. 그림에서 원 신호와 23초와 46초 평균화 신호를 볼 수 있다. 초기의 급격한 신호의 증가는 연마판이 리버스 모트 지역을 연마하는 과정이다. 그리고 리버스 모트 위의 산화막이 어느 정도 연마되면 신호가 하향선을 유지하게 된다. 하향선을 유지 하다가 질화막과 만나는 순간 신호가 상향선을 유지하며 증가하게 된다. 23초와 46초의 패드 컨디셔닝의 평균 신호를 보면 하향선을 유지하다가 똑같이 질화막을 만나는 부분에서 상향선을 유지하게 된다. STI 패턴의 리버스 모트 패턴의 영향과 패드 컨디셔닝의 영향을 모두 고려하고자 한다.

그림 8은 패드 컨디셔닝 조건에서의 3 가지 형태 웨이퍼의 연마판 신호를 분석한 그림이다. 이 신호를 보면 초기에 상승된 부분에서부터 시작하는데, 이러한 이유를 파악하기 위해 하나의 질화막(2000 A) 위에 APCVD 산화막(3000 A) 웨이퍼와 두 개의 STI 패턴 웨이퍼를 연마하였다. STI 패턴 웨이퍼는 한 장은 초기 조건 그대로 이고, 한 장은 30초간 먼저 연마된 웨이퍼로 리버스 모트 패턴이 어느 정도 없어진 것으로 하였다. 그림 8에서 결과를 보면 초기 높은 폭지점은 리버스 모트 패턴에 기인함을 알 수 있게 되었다. 그리고 3 가지의 웨이퍼는 초기의 신호는 다르지만 어느 정도 시간이 지난 후에는 신호가 거의 같아짐을 볼 수 있었다.

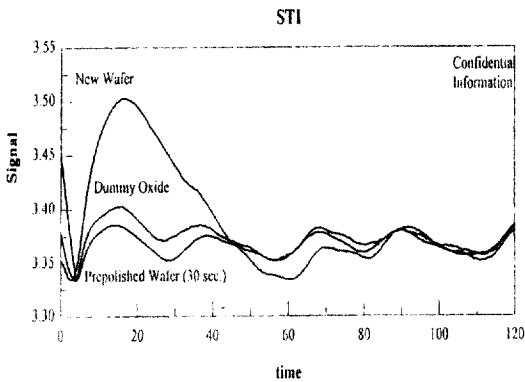


그림 8. 패드 컨디셔닝 조건에서의 3 가지 다른 웨이퍼의 연마판 신호.

Fig. 8. Platen signal in 3 different kinds of wafers with pad conditioning.

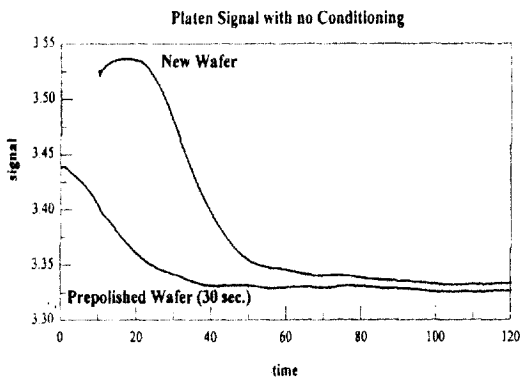


그림 9. 패드 컨디셔닝을 하지 않는 조건에서 연마판 신호.

Fig. 9. Platen signal without pad conditioning.

그림 9는 컨디셔닝을 하지 않는 조건에서 두 가지 패턴 웨이퍼를 연마했는데, 큰 주기의 신호는 없고 어느 정점에서부터 거의 동일하게 나타남을 보여준다. 초기 급격한 신호의 증가는 리버스 모트 패턴에 기인함을 알 수 있으며 산화막에서 질화막을 만나는 순간의 연마 종말점 신호측정을 위한 신호의 변화는 신호의 증감 없이 거의 일직선 내지는 상승선을 나타내고 있음을 알 수 있다. 연마 종말점의 측정의 실패로 만일 연마 종말점의 재현을 주기 위해서는 시간에 따른 연마의 과정이 필요하게 되었다. 현재 공정에서는 산화막과 질화막의 연마율에 대한 선택비가 약 2.5:1~3:1 정도이다. 리버스 모트 패턴을 갖는 STI CMP 공정에서는 현재의 공정의

선택비를 가지고는 연마 종말점 변화를 찾는 데는 큰 어려움이 있었다. 신호의 분석을 통하여 신호가 일직선으로 변화를 일으키는 부분은 연마판이 질화막을 만나는 부분임을 알 수 있었다. 신호의 일직선으로 변화하는 부분을 연마 종말점으로 하여 연마 종말점 및 과도 연마 시간을 찾고자 하였다. 연마 종말점 감지를 위하여 먼저 고려하여야 할 것은 리버스 모트 패턴 지역의 산화막 두께와 질화막이 있는 필드 산화막 접촉 지역에서의 산화막 두께가 차이가 있기 때문에 과도 연마 시간을 수 % 정도 추가 진행하여야 하였다. 과도 연마 시간은 연마를 수행하기 시작할 때부터 연마 정지점이 추출될 때까지의 전체 시간에 대한 퍼센트로 주어진다. 계속되는 연마로 연마율이 감소하게 되며, 연마율 감소로 인하여 연마 정지점이 계속 길어지게 되고 결국 과도 연마 시간도 길어지게 되는 것이다. 이와 같이 과도 연마 시간으로 연마 정지점이 추출되는 시간까지의 전체 시간에 대해 비율로서 주어지게 되므로 연마율 감소에 따른 시간 지연을 보상을 할 수 있게 되었다. 연마율 감소에 대한 과도연마 시간을 측정하기 위하여 100장(A)과 299장(B)의 웨이퍼를 연마하여 과도 연마 시간을 측정하고자 하였다.

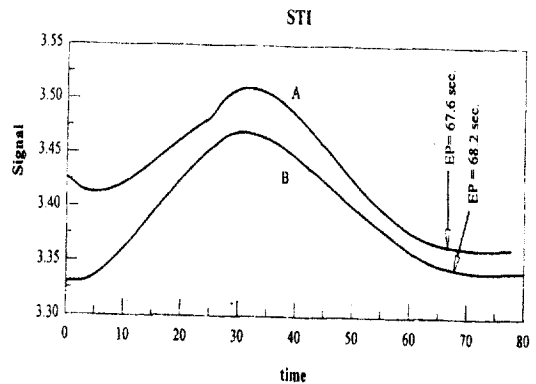


그림 10. 리버스 모트 STI CMP 공정의 연마 정지점 신호.

Fig. 10. EPD signals of reverse moat STI CMP process.

그림 10은 리버스 모트 STI CMP 공정의 연마 종말점 신호를 보여 준다. 그림에서 보면 연마율의 차이에 대한 연마종말점 신호를 보여준다. A 신호의 연마 종말점 시간은 67.6초이고 B 신호의 연마 종말점은 68.2초이다. 과도 연마 시간을 적용하기 위해서는 연마가 진행될수록 연마율이 감소하는데, 연마율 감소에 따라 목표가 되는 두께까지의 연마

시간도 길어지게 되고 연마 종말점 시간도 길어지게 되는데 거의 유사하게 나타나기 때문에 비슷한 과도 연마 시간이 추가되기 때문에 연마 후의 두께의 재현성을 측정하여 보면 두께가 각각 상이하게 나타났다. 결국 재현성이 있는 공정을 수행하기는 어렵다는 것을 알 수 있었다.

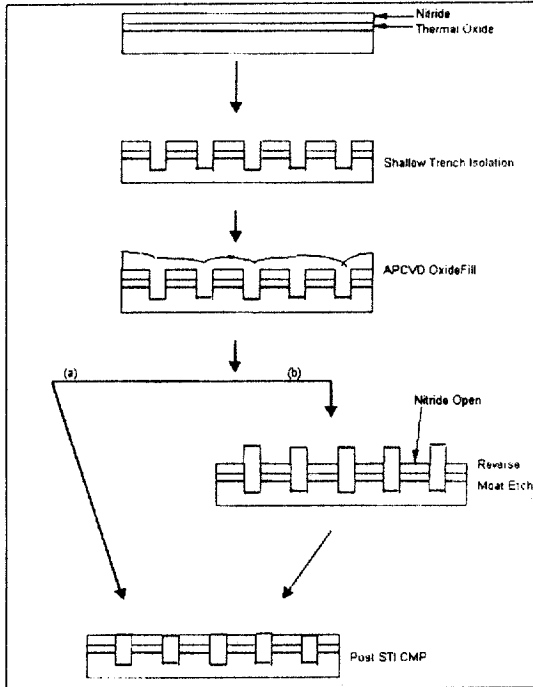


그림 11. 리버스 모트 패턴의 CMP 공정.

Fig. 11. CMP process of reverse moat pattern.

그림 11과 같이 리버스 모트 STI CMP 공정을 보듯이 현재 STI CMP 공정에서는 질화막이 개방된 상태에서 연마 과정이 되기 때문에 기존의 공정보다 질화막이 부분적으로 패드와 먼저 접촉되게 된다. 산화막을 연마하다 질화막을 만나게 되면 연마율에 대한 선택비 차로 인해 신호의 변화가 생기고, 이 점을 연마 종말점으로 잡는 순서로 연마 종말점 기술이 STI CMP 공정에 적용되어지고 있는 기존의 공정에 비해 질화막이 개방된 상태에서 CMP 공정을 수행하면 패드의 수명과 관계없이 연마율이 어느 정도만 유지된다면, 몇 초 지나지 않아 질화막을 만나게 되고 곧 신호의 변화를 보이게 될 것이다. 결국 연마율 감소에 따른 연마 정지 신호 변화는 일정하게 나오게 되고, 따라서 동일한 연마 종말점 시간과 동일한 과도 연마 시간을 유지하게 되어 공정 후 두께는 일정하게 나타나게 될 것이다.

3.2 패턴이 없는 STI CMP 공정에서 연마 종말점 측정

3.2.1 연마판과 캐리어 신호

표 1은 리버스 모트 패턴이 없는 공정 조건을 나타낸다. 표 1에서 축 진동은 126~131 mm, 축 진동율은 5 mm/sec로 하였고 패드 컨디셔닝은 3 sweeps, 4 lbs, 19초 inter sweep delay로 하였다. 5가지(1~5)상을 구분하여 연마 종말점을 찾고자 하였다.

표 1. 리버스 모트 패턴 공정이 없는 연마 정지점 공정 조건.

Table 1. EPD processing condition without reverse moat pattern processing.

Items	Polish Time	DP (psi)	BP (psi)	Speed(rpm)		Others
				Platen	Carrier	
Phase1	30	7	4.5	95	50	Arm Oscillation 126-131mm. Rate 5mm/sec
Phase2	5	0	0	95	50	
Phase3	30	7	4.5	95	50	Conditioning "Just-White" 3 sweeps, 4lbs. 19secs inter-sweep delay
Phase4	5	0	0	95	50	
Phase5	30	7	4.5	95	50	

▶ DF : DOWN FORCE BP : BACK-PRESSURE

상1, 상3, 상5는 연마 시간을 30초, down force 7 psi, back pressure 4.5 psi로 하였고 상2, 상4는 연마 시간은 5초 down force 0 psi, back pressure 0 psi로 하였다. 연마 속도는 연마판 95 rpm 캐리어 50 rpm을 주었다. 제시된 연마 공정 변수는 각각의 상에 따라 나누어서 적용된다. 상의 신호 변화의 감지는 상2, 상4의 시간 동안의 연마에 따른 신호변화를 감지하여야 하며, 각 공정의 실험은 상 구분을 두어 연마 공정을 수행한 것과 상 구분을 두지 않고 100초간 연마 시간을 적용하여 수행한 것에 대하여 조사하였다. 그림 12는 연마판에서 상 구분을 두고 신호를 추출한 것이며, 그림 13은 캐리어 상에서 상 구분을 두고 신호를 추출한 것이며, 그림 14는 캐리어에서 상 구분 없이 100 초간의 연마 시간으로 연마하여 신호를 추출한 것이다. 그림 15는 캐리어 상에서 상 구분 없이 신호를 추출한 것이다. 일반적으로 연마판 및 캐리어 모두에서 신호를 추출하여도 무방하나, 연마판은 캐리어에 비해 잡음 민감도가 더 크기 때문에 연마 종말점 신호를 검출하는데 어려움이 있어 캐리어에서 신호를 추출하여 평가하였다. 추출된 신호를 보면, 크게 3부분으로 나뉘어 지는데, 이 부분의 두 곳이 상 2 와 상 4의 down force 및 back pressure값이 "Zero"가 되는 구분선으로 각 상 구분임을 쉽게 알 수 있었다.

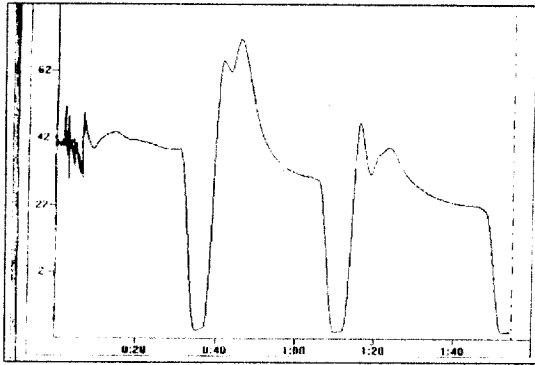


그림 12. 연마판 상에서 상 구분을 두고 신호추출.
Fig. 12. Extraction of signal from platen state with phase section.

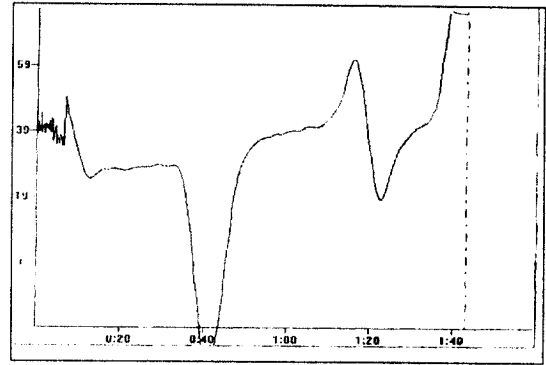


그림 15. 캐리어 상에서 상 구분 없이 신호 추출.
Fig. 15. Extraction of signal from carrier state without phase section.

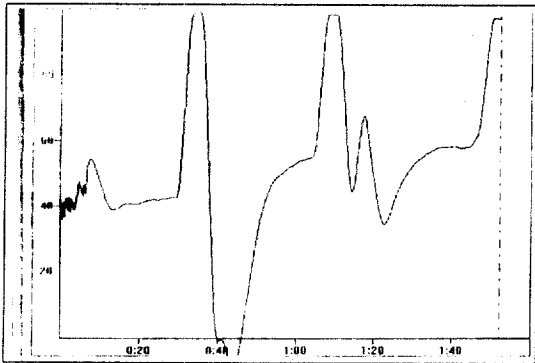


그림 13. 캐리어 상에서 상 구분을 두고 신호 추출.
Fig. 13. Extraction of signal from carrier state with phase section.

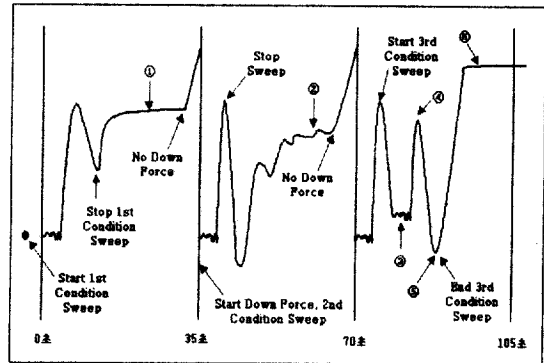


그림 16. 높은 선택비의 슬러리를 적용한 STI CMP 공정의 연마 시간에 따른 연마판 신호 변화.

Fig. 16. Variation of platen signal as a function of polishing time in HSS STI CMP processing.

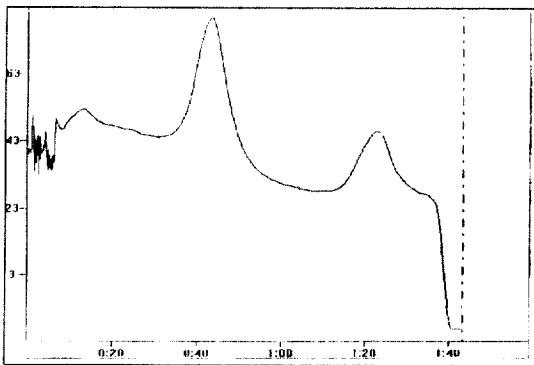


그림 14. 연마판 상에서 상 구분 없이 신호 추출.
Fig. 14. Extraction of signal from platen state without phase section.

그림 16은 높은 선택비의 슬러리를 적용한 STI CMP 공정의 연마 시간에 따른 연마판 신호 변화를 나타내고 있다. 각각의 변곡점의 의미와 그 해당 변곡점 까지 연마된 패턴 웨이퍼의 두께를 다음의 표 2에 나타내었다. 그림 16에서 연마된 6장의 패턴 웨이퍼는 트랜치 3500Å, CMP 두께 7600Å이고 STI CMP후 두께 목표는 4500Å이다. 6장의 웨이퍼를 가지고 해당 변곡점에 대하여 전류 신호 변화에 따른 웨이퍼의 연마 결과를 알 수 있었다. ①은 상1에서 연마 종점 시간이 27초일 때, ②는 상3에서 연마 종점 시간이 18초일 때, ③은 상5에서 연마 종점 시간이 14초일 때, ④는 상5에서 연마 종점 신호가 24

초일 때, ⑤는 연마 종점 에지 부근에서의 연마 종말점 신호를 나타낸다. 상5에서 연마 종점 시간이 14초일 때는 질화막의 일부분이 연마되기 시작한다. 상5에서 연마 종점 신호가 24초일 때는 부분적인 평탄화가 수행된다. 연마 종점 에지(edge) 부근에서는 95%이상의 산화막이 제거된다. 그림 16에서 보여 지듯이 깨끗한 신호를 보이고 있으며 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 결론적으로 상 5에서 연마 종말점을 추출하였으며, 질화막의 산화막을 100%이상 완벽하게 종점을 잡고, 적절한 과도 연마 시간을 두어 재현성을 얻을 수 있었다.

표 2. 높은 선택비의 슬러리를 적용한 STI CMP 공정의 연마 시간에 따라 연마된 패턴된 웨이퍼의 두께.

Table 2. Thickness of polished pattern wafer as a function of polishing time in HSS STI CMP process.

Description	Dense Field Area		Large Moat		Remarks
	Ox. Mean	Range	Nitride	Ox. on Nit.	
① Stop Polish at 27secs of PHASE1	5912	300	2281	4508	9 Points Average
② Stop Polish at 18secs of PHASE3	5710	395	2319	2579	
③ Stop Polish at 14secs of PHASE5	5308	731	2294	1116	
④ Stop Polish at 18secs of PHASE5	5168	774	2305	1135	
⑤ Stop Polish at 24secs of PHASE5	4914	583	2186	357	
⑥ Stop Polish at Edge of End Point Signal	4836	796	2054	0	



Description	Analysis Results	Remarks
③ Stop Polish at 14secs of PHASE5	Just Starting to Polish into Nitride in Some Area	
④ Stop Polish at 18secs of PHASE5	Reached Planarization Locally	
⑤ Stop Polish at 24secs of PHASE5	Polishing into Nitride Globally within Die	
⑥ Stop Polish at Edge of End Point Signal	Oxide on Moat. >95% Clear	

3.2.2 신호 재현성 고찰

연마 종말점 시스템을 CMP 공정에 적용하기 위해서는 많은 웨이퍼의 연마 재현성이 있어야만 가능하다. 고 선택비의 슬러리를 가진 연마 종말점 측정의 재현성을 확인하고자 두 가지로 나누어 재현성 테스트를 하였다. 첫 번째는 10장의 패턴 웨이퍼를 연마 종말점 감지 시스템을 사용하여 진행된 테스트이다. 그림 17은 상 5에서 연마 종말점 신호를 잡은 그래프이며 과도 연마 시간 포함되어있는 신호이다. 그림 18은 정지되었을 때의 연마 시간과 그때의 CMP후 두께를 나타낸 그래프이다. 결과적으로

로 웨이퍼간 $\pm 85\text{\AA}$ 정도 변화 폭으로 조정 가능하였다. 두 번째는 23장의 패턴 웨이퍼를 연마 종말점 감지 시스템을 사용하지 않고, 설정된 일정한 연마 시간을 적용하여 진행한 것과 21장의 패턴 웨이퍼를 연마 종말점 감지 시스템을 사용하여 진행한 것의 두 부분으로 나누어 실행된 결과로서, 그림 19는 적용된 연마 시간과 공정 완료후의 CMP후 두께를 측정하여 고찰한 것으로 웨이퍼 간 두께 차는 420\AA 을 나타내었다. 그림 20은 연마 종말점 감지 시스템을 적용하여 진행한 것으로, 종점시의 연마 시간과 그때의 CMP후 두께를 고찰한 것이다. 결과적으로 $\pm 110\text{\AA}$ 의 웨이퍼간 두께 차이 보였다.

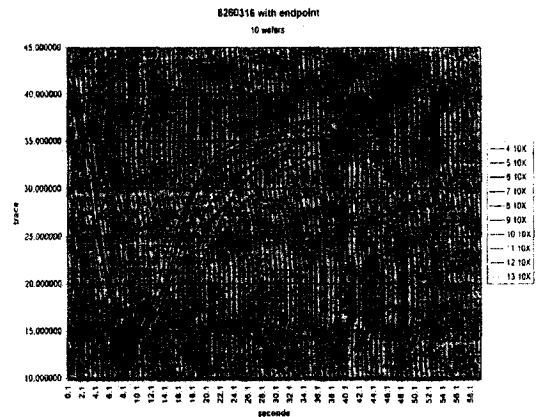


그림 17. 상 5에서 연마 정지점 신호.

Fig. 17. End-Point signal in phase 5.

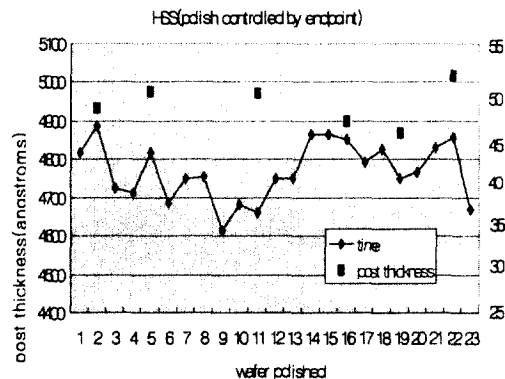


그림 18. 연마 정지점 감지 시스템을 적용한 경우 연마 두께와 시간 관계.

Fig. 18. Polish thickness and polishing time in the case controlled by EPD system.

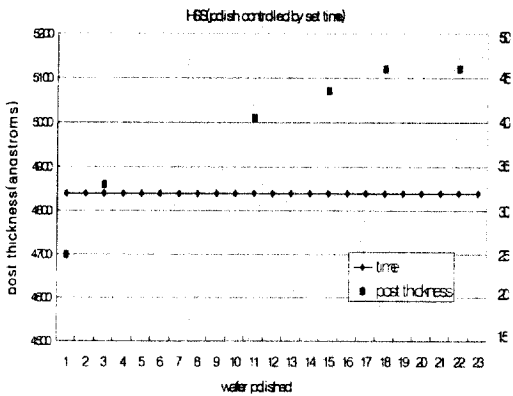


그림 19. 연마 정지점 감지 시스템을 적용하지 않은 경우 연마 시간과 연마 후의 두께.

Fig. 19. Polishing time and thickness after polishing without EPD system.

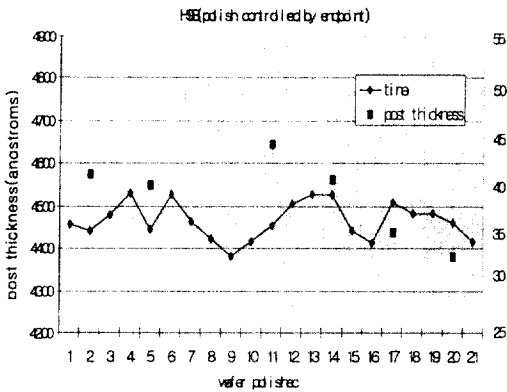


그림 20. 연마 정지점 감지 시스템을 적용한 경우 연마 시간과 post CMP 두께.

Fig. 20. Polishing time and post CMP thickness in the case controlled by EPD system.

4. 결 론

연마 종말점 감지를 위한 STI CMP 공정을 위한 신호 추출을 위해서 연마판의 모터 전류의 변화를 가지고 신호를 측정하고자 하였다. 산화막을 연마하다가 질화막을 만나게 되면 모터 전류가 변하는데 이점을 연마 종말점으로 잡고자 하였다. 모터 전류의 소 신호를 필터/증폭기를 거쳐 원하는 신호를 측정하여 보고자 하였지만 신호의 분석결과 소 신호(축 진동, 패드 컨디션, 연마 토크)의 영향 때문

에 원하는 연마 종말점을 찾을 수가 없었다. 연마 종말점을 찾기 위한 구조적인 방법으로 리버스 모트 패턴이 있는 STI CMP 공정에서 연마 종말점을 찾고자 하였다. 그러나 산화막과 질화막의 선택비가 2.5:1~3:1 정도의 공정 조건에서는 원하는 연마 종말점을 검출하기가 어려웠다. 또한 리버스 모트 패턴 구조는 질화막이 개방되어 있어서 CMP 공정 중 초기에 연마 패드와 질화막이 접촉하게 되어 실질적인 정지막으로 역할을 할 수가 없었다. 왜냐하면 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 종말점은 계속해서 동일한 시간대에 추출되기 때문이다. 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 컨디션닝과 리버스 모트 식각 공정이 있는 한 이 연마 종말점 측정 기술은 STI CMP 공정에 적용하기에 매우 어렵다고 평가된다.

고 선택비를 가진 슬러리(HSS)를 이용하여 적용한 STI CMP 공정에서는 전형적인 연마 종말점 곡선의 6가지 연마 종말점을 토대로 측정하여 본 결과 CMP를 통하여 광역 평탄화를 달성하는 것으로 산화막을 연마하다 질화막을 만나면 연마판의 모터 전류의 신호가 변화하여 연마 종말점을 감지할 수 있었다. 신호 분석을 통하여 연마 종말점 신호를 추출하였으며, 설정된 연마 종말점을 적용하여 재현성 실험을 수행한 결과, 첫 번째에서는 웨이퍼간 두께 차이는 $\pm 85\text{\AA}$ 의 범위 안에, 두 번째는 $\pm 110\text{\AA}$ 의 범위 내로 공정을 제어 할 수 있었다. 즉, 이 실험을 통해 고 선택비의 슬러리 사용하여 연마 종말점 감지 시스템으로 리버스 모트 패턴이 없는 STI 구조 소자에 적용이 가능하며 웨이퍼 간 연마 두께는 약 110\AA 전후로 공정을 유지할 수 있어 매우 안정적인 결과를 얻을 수 있었다. 이는 리버스 패턴 공정을 하지 않고 고 선택비를 갖는 첨가제를 사용하여 EPD로 연마 정지점을 안정적으로 감지 가능함으로써 공정 단순화를 통한 칩제조 단가를 현저히 줄일수 있을 뿐만 아니라 소자 수율에 크게 기여할 수 있으리라 사료된다.

참고 문헌

[1] William J. Patrick, et al, "Application of

- Chemical Mechanical Polishing to the Fabrication of VLSI Circuit Interconnections", Journal of the Electrochemical Society, Vol. 138, pp.555-561, June 1991.
- [2] 김상용, 이경태, 김남훈, 서용진, 김창일, 이우선, 장의구, "STI-CMP 공정을 위한 Pattern wafer 와 Blanket wafer 사이의 특성연구", 전기전자재료학회 춘계학술대회논문집, pp. 211-213, 1999.
- [3] Bih-Tiao Lin and S-N Lee, "An Effective End Point Detector on Oxide CMP by Motor Current", IEEE, pp. 295-298, 1999.
- [4] G. Popescu, M. Lauwidjaja, L. Denney, K. Richardson, and A. Dogariu, "Aging effect in CMP slurries probed by multiple light scattering", Electrochem. Soc. Proc., Vol. 98, pp.59-68, 1999.
- [5] 이경태, 김상용, 김창일, 장의구, 서용진, "Reverse Moat Pattern을 가진 STI CMP 공정에서 EPD 고찰," 전기전자재료학회 춘계학술대회논문집, pp. 14-17, 2000.
- [6] Ohmori and Toshio KASAI, "New Ultra-precision CMP Technique Applying Direct Air-Back Method and Non-foaming Plastic Pad", IEEE, pp. 225-228, 1999.
- [7] Tseng WT, Chin JH, Kang LC, "A comparative study on the roles of velocity in the material removal rate during chemical mechanical polishing", Journal of the Electrochemical Society, Vol. 146, No. 5, pp. 1952-1959, 1999.
- [8] 김상용, "Chemical Mechanical Polishing 공정 변수의 이해", 전기전자재료학회지, Vol. 12, No. 10, pp. 9-18, 1999.