

STI-CMP 공정 적용을 위한 연마 정지점 고찰

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

이경태*, 김상용*, 김창일*, 서용진**, 장의구*

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

Abstract

In this study, 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 occurred 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. To resolve these problems, the development of slurry for CMP with high removal rate and high selectivity between each thin films was studied then it can be prevent the reasons of many defects by reasons of many defects by simplification of process that directly apply CMP process to STI structure without the reverse moat pattern process.

Key Words(중요용어) : EDP (End Pointy Detection ; 연마 정지점), STI(Shallow Trench Isolation), Reverse moat process (리버스 모트 공정), CMP(Chemical mechanical polishing), Platen (연마판), HSS(High selective slurry ; 높은 선택비의 슬러리)

1. 서론

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. 모터 전류 방식을 이용하는 Luxtron사의 2350 시스템을 이용하여 리버스 모트 패턴을 가진 STI CMP 공정에 적용될 수 있는지를

테스트하였다. 그러나, "개방된 질화막"라는 특수한 구조상의 문제로 인해 연마 종점의 신호는 항상 일정하게 나오며, 연마 두께는 재현성이 없었다. 따라서 연마 정지점의 감지는 의미가 없었다. [1-2]

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.

2. 실험방법

본 논문에서 있어서 공정 조건은 연마판 속도 46 rpm, 캐리어 속도 28 rpm, down force 7 psi, back pressure 2 psi, 축 진동 126mm ~ 131mm, 진동 속도 5mm/sec, condition scheduled는 Just While,

* 중앙대학교 전자전기공학부

서울특별시 동작구 흑석동 221, Fax: 02-821-9651

E-mail : cikim@cau.ac.kr

** 대불대학교 전기전자공학부

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. 또한 리버스 모트 패턴이 없는 실험의 공정 조건은 표 1에 보인 것과 같이 CMP 각 공정 변수에 대하여 실험하였으며 연마 정지점 시스템 신호가 잘 검출되는 점을 찾자 캐리어 헤드와 연마판에 각각 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. 결과 및 고찰

3-1. 리버스 모트 패턴 구조의 원 신호 분석

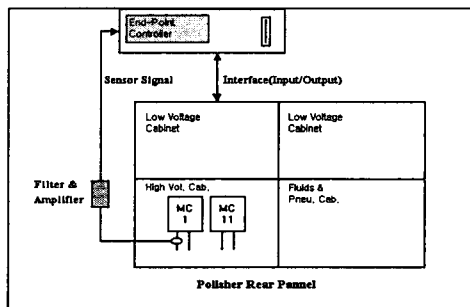


그림 3-1. Luxtron사의 EPD 2350 시스템

그림 3-1은 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 토크 차이로 인한 잡음들이 원래의 신호를 검출하는데 영향을 주고 있다.

그림 3-2는 연마판의 전류 변화 신호를 보여준다. 초기의 2초대의 작은 신호의 변화는 0~48초의 주기를 가지고 M자형으로 변하는 신호의 변화로 볼 수 있다. 2초대의 저류 변화는 축 진동의 영향을 나타내는 것이다. 진동거리는 5mm이고, 속도는 5mm/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.

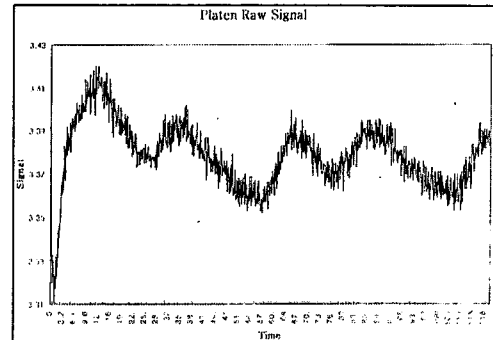


그림 3-2. 연마판 전류 변화 신호

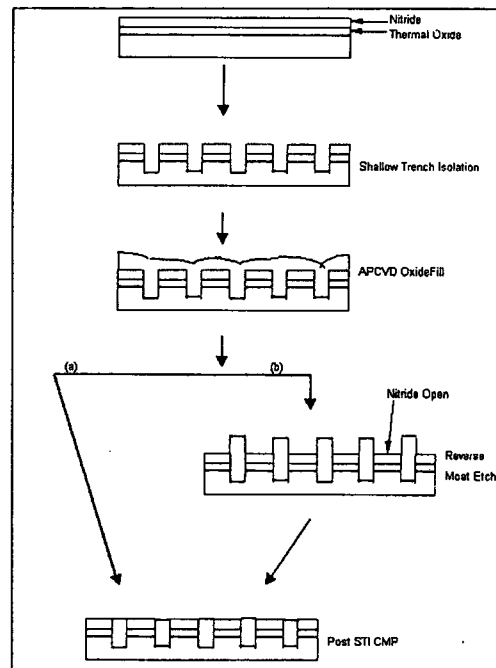


그림 3-3. 리버스 모트 패턴의 CMP 공정

그림 3-3과 같이 리버스 모트 STI CMP 공정을 보여 준다. 그림 3-3에서 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.

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 보상할 수 있게 되었다.

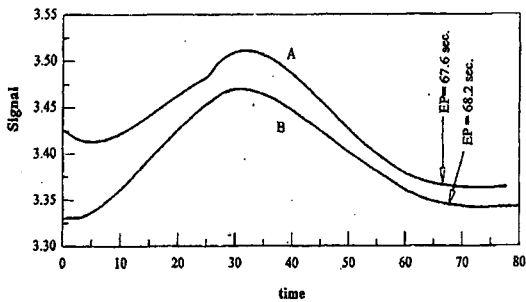


그림 3-4. 리버스 모트 STI CMP 공정의 연마 종말점 신호

연마율 감소에 대한 과도연마 시간을 측정하기 위하여 100장(A)과 299장(B)의 웨이퍼를 연마하여 과도 연마 시간을 측정하고자 하였다. 그림 3-4 리버스 모트 STI CMP 공정의 연마 종말점 신호를 보여 준다. 그림 3-4에서 보면 연마율의 차이에 대한 연마 종말점 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.

3-2. 리버스 모트 패턴이 없는 구조에서의 연마 판과 캐리어 신호

표 3-1. 리버스 모트 패턴이 없는 공정 조건

Items	Polish Time	DF (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

표 3-1은 리버스 모트 패턴이 없는 공정 조건을 나타낸다. 표 3-1에서 축 진동은 126~131mm, 축 진동율은 5mm/sec로 하였고 패드 컨디션닝은 3 sweeps, 4lbs, 19초 inter sweep delay로 하였다. 5가지 (1~5)상을 구분하여 연마 종말점을 찾고자 하였다. 상1, 상3, 상5는 연마 시간을 30초, down force 7psi, back pressure 4.5psi로 하였고 상2, 상4는 연마 시간은 5초 down force 0 psi, back pressure 0 psi로 하였다. 연마 속도는 연마판 95rpm 캐리어 50rpm을 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 100초 간 연마 시간을 적용하여 수행한 것에 대하여 조사하였다.

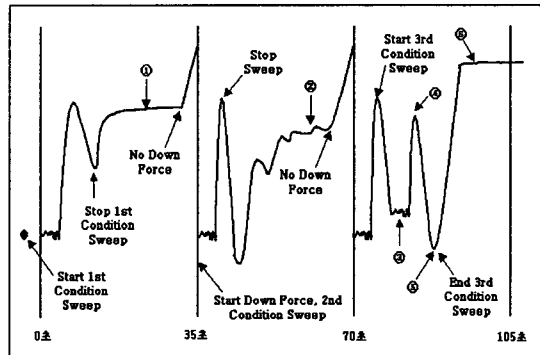


그림 3-5. 높은 선택비의 슬러리를 적용한 STI

CMP 공정의 연마 시간에 따른 연마판 신호 변화 그림 3-5는 높은 선택비의 슬러리를 적용한 STI CMP 공정의 연마 시간에 따른 연마판 신호 변화를 나타내고 있다. 각각의 변곡점의 의미와 그 해당 변곡점까지 연마된 패턴 웨이퍼의 두께를 다음의 표

3-2에 나타내었다.

표 3-2. STI CMP 공정의 연마 시간에 따라 연마된 패턴된 웨이퍼의 두께

Description	Dense Field Area		Large Moat		Remarks
	Ox. Mean	Range	Nitride	Ox. on Nit.	
① Stop Polish at 27secs of PHASE1	5912	380	2281	4508	3 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	5169	774	2305	1135	
⑤ Stop Polish at 24secs of PHASE5	4914	583	2186	367	
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 Arc	
④ Stop Polish at 18secs of PHASE5	Rehead 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	

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. 상5에서 연마 종점 시간이 14초일 때는 질화막의 일부분이 연마되기 시작한다. 상5에서 연마 종점 신호가 24초일 때는 부분적인 평탄화가 수행된다. 연마 종점 에지 부근에서는 95%이상의 산화막이 제거된다. 표 4-2에서 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.

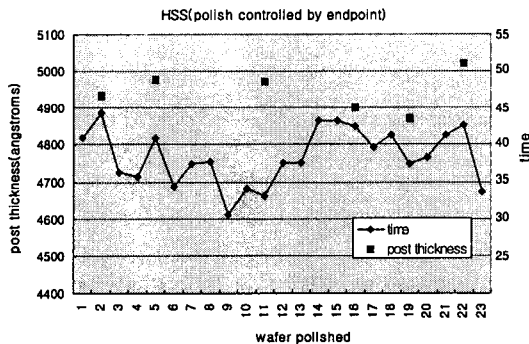


그림 3-6. 연마 종말점 감지 시스템을 적용한 경우 연마 두께와 시간 관계

3-3. 신호 재현성 고찰

고 선택비의 슬러리를 가진 연마 종말점 측정의 재현성을 확인하고자 두 가지로 나누어 재현성 테스트를 하였다. 10장의 패턴 웨이퍼를 연마 종말점 감지 시스템을 사용하여 진행된 테스트이다. 그림 3-6은 정지되었을 때의 연마 시간과 그때의 CMP후 두께를 나타낸 그래프이다. 결과적으로 웨이퍼간 ±85Å정도 변화 폭으로 조정 가능하였다.

4. 결 과

리버스 모트 패턴 구조는 질화막이 개방되어 있어서 CMP 공정 중 초기에 연마 패드와 질화막이 접촉하게 되어 실질적인 정지막으로 역할을 할 수가 없었다. 고 선택비를 가진 슬러리를 이용하여 적용한 STI CMP 공정에서는 전형적인 연마 종말점 곡선의 6가지 연마 종말점을 토대로 측정하여 본 결과 CMP를 통하여 광역 평탄화가 달성되는 것을 보았다. 신호 분석을 통하여 연마 종말점 신호를 추출하였으며, 설정된 연마 종말점을 적용하여 재현성 실험을 수행한 결과, 웨이퍼간 두께차이는 ±85Å의 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 85Å 전후로 공정을 유지할 수 있어 매우 안정적인 결과를 얻을 수 있었다.[3]

참고 문헌

- [1] 이경태, 김상용, 서용진, 김창일, 장의구, "Reverse Moat Pattern을 가진 STI-CMP 공정에서 EPD 고찰", 전기전자재료학회 춘계학술대회논문집, pp. 14-17, 2000.
- [2] Chen DZ, Lee BS, "Pattern planarization model of chemical mechanical polishing," Journal of the Electrochemical Society, V.146 N.2, pp.744-748, 1999.
- [3] Argon Chen, Ruey-Shan. Guo, Y.L. Chou, C.L.Lin, "Run-to-Run Control of CMP Process Considering Aging Effects of Pad and Disc," IEEE, pp.229-232, 1999.