

HSS를 적용한 STI CMP 공정에서 EPD 특성

A study of EPD for Shallow Trench Isolation CMP by HSS Application

김 상 용* 김 용 식,

(Sang-Yong Kim*, Yong-Sik Kim)

아남 반도체 주식회사 FAB 사업부

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. Through reverse moat pattern process, reduced moat density at high moat density, STI CMP process with low selectivity could be to fit polish uniformity between low moat density and high moat density. Because this reason, in-situ motor current end point detection method is not fit to the current EPD technology with the reverse moat pattern. But we use HSS without reverse moat pattern on STI CMP and take end point current sensing signal.[1] To analyze sensing signal and test extracted signal, we can to adjust wafer difference within 110A.

Key Words : Chemical mechanical polishing(화학적 기계적 연마), Shallow trench isolation(얕은 트랜치 격리), Reverse moat pattern, End point detection, HSS(high selectivity slurry)

1. 서 론

최근 CMP 공정에서 패턴 없는 웨이퍼를 연마하여 연마율을 구하고, 이를 근거로 패턴 웨이퍼의 연마 두께를 계산하여, 목표로 하는 두께를 연마하고 있다. 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.[2,3] 따라서 in-situ로 연마 종점을 도출하려는 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 그러나, 이 EPD기술은 신호를 받을 때 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. 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 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.[4,5]

모터 전류 방식을 이용하는 Luxtron사의 2350 시스템을

이용하여 reverse moat 패턴을 가진 STI CMP 공정에 적용될 수 있는지를 테스트하는데, "개방된 질화막"라는 특수한 구조상의 문제로 인해 연마 종점의 신호는 항상 일정하게 나오며, 연마 두께는 재현성이 없었다. 따라서 연마 정지점의 감지는 의미가 없었다. Reverse moat 패턴 공정을 통하여 moat 밀도가 높은 지역의 밀도를 감소시켜, 낮은 선택도를 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 EPD 기술로는 적용하기 어려웠다. 따라서 본 논문에서는 높은 선택도를 갖는 STI CMP 공정을 통해 reverse moat 패턴 공정 없이 바로 CMP를 통하여 광역 평탄화를 달성하는 공정에 연마 정지점 감지 기술을 적용하여 "in-situ 연마 정지점 감지"가 가능한지 평가하였다.

2. 실험

본 논문에 있어서 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), 슬러

리 유속 150 ml/min, 패드는 IC1000/Suba IV를 적용하였으며, 테스트 패턴 웨이퍼는 reverse moat 패턴을 갖지 않는 STI 구조를 CMP 공정하여 고찰하였다. Reverse moat 패턴이 없는 실험의 공정 조건은 표 1에 보인 것과 같이 CMP 각 공정 변수에 대하여 실험하였으며 EPD 시스템을 신호가 잘 검출되는 점을 찾고자 캐리어 헤드와 연마판에 각각 설치하여 평가하였다. 적용 소자는 reverse moat 패턴이 없는 STI 구조에서 실험하였다. 특히 HSS 첨가제를 사용한 슬러리를 사용하여 연마되는 과정을 EPD로 고찰하였다.

3. 실험 및 고찰

3.1. 연마판과 캐리어 신호 고찰

표 1. Reverse Moat 패턴 공정이 없는 EPD 공정 조건

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: "Jest-White", 3 sweeps, 4lbs. 13secs inter-sweep delay
Phase4	5	0	0	95	50	
Phase5	30	7	4.5	95	50	

▶ DP : DOWN FORCE, BP : BACK-PRESSURE

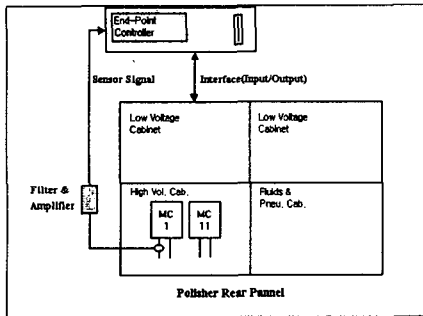


그림 1. Luxtron사의 EPD 2350 시스템

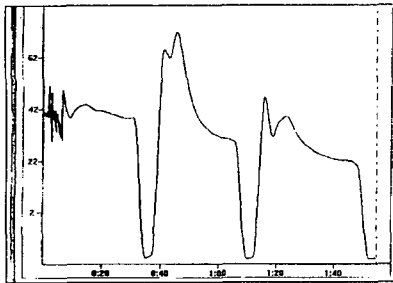


그림 2. 플레튼 상에서 상 구분을 두고 신호 추출

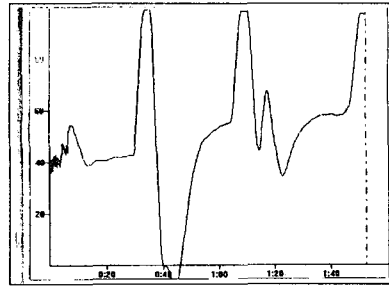


그림 3. 캐리어 상에서 상 구분을 두고 신호 추출

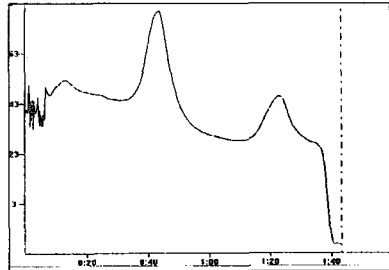


그림 4. 플레튼 상에서 상 구분없이 신호 추출

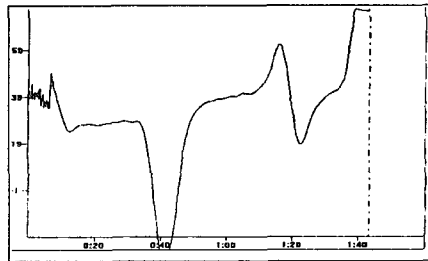


그림 5. 캐리어에서 상 구분없이 신호 추출

제시된 연마 시스템에서의 공정 변수 특성은 표 1과 같이 각 phase 따라 나누어서 적용되어진다. 따라서, phase 2와 phase 4의 시간 동안의 연마에 따라 신호변화를 감지하여야 하며, 각 공정에서 phase를 구분하여 수행한 것과 구분하지 않고 phase 1에 100초간의 연마 시간을 적용하여 진행한 것에 대해 조사하였다. 그림 2은 연마판에서 phase 구분을 두고 신호를 추출한 것이며, 그림 3은 캐리어 상에서 phase 구분을 두고 신호를 추출한 것이며, 그림 4은 캐리어에서 phase 구분없이 phase 1로 100초 간의 연마 시간으로 연마하여 신호를 추출한 것이다. 그림 5은 캐리어 상에서 phase 구분없이 신호를 추출한 것이다. 일반적으로 연마판 및 캐리어 모두에서 신호를 추출하여도 무방하나, 연마판은 캐리어에 비해 잡음 민감도가 더 크기 때문에 EPD 신호를 검출하는데 어려움이 있어 캐리어에서 신호를 추출하여 평가하였다. 추출된 신호를 보면, 크게 3부분으로 나뉘어 지는데, 이 부분의 두 곳이 phase 2와 phase 4의 down force

및 back pressure값이 "Zero"가 되는 구분선으로 각 phase 구분 임을 쉽게 알 수 있었다. 전형적인 HSS STI CMP공정의 연마 시간에 따른 연마판 신호 변화를 그림 6에 나타낸 것이다. 각각의 변곡점의 의미와 그 해당 변곡점까지 연마된 패턴 웨이퍼의 두께를 다음의 표 2에 나타내었다.

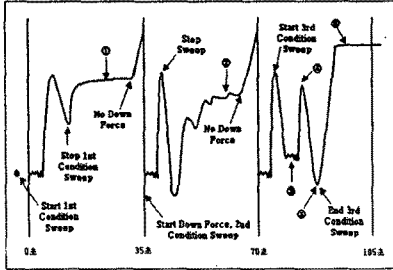


그림 6. HSS STI CMP 공정의 연마 시간에 따른 연마판 신호 변화

표 2. HSS STI CMP 공정의 연마 시간에 따라 연마된 패턴 웨이퍼의 두께

Description	Dense Field Area		Large Moat		Remarks
	Ox. Mean	Range	Min/Max	Ox. on Mt	
① Stop Polish at 27sec of PHASE2	5312	380	2281	4500	3 Points Average
② Stop Polish at 18sec of PHASE3	5710	395	2319	2970	
③ Stop Polish at 14sec of PHASE3	5308	731	2294	1116	
④ Stop Polish at 18sec of PHASE3	5168	774	2294	1135	
⑤ Stop Polish at 24sec of PHASE3	4914	583	2186	387	
⑥ Stop Polish at Edge of End Point Signal	4838	798	2054	0	

Description	Analysis Results	Remarks
① Stop Polish at 14sec of PHASE3	Not Starting to Polish into Moats in Some Area	
② Stop Polish at 18sec of PHASE3	Reached Planarization Locally	
③ Stop Polish at 24sec of PHASE3	Polishing into Moats Globally - within Die	
④ Stop Polish at Edge of End Point Signal	Outside on Moat. >95% Clear	

연마에 적용된 패턴 웨이퍼는 트랜치 3500Å, HSS CMP 두께 7600Å(HSS STI CMP후 두께 목표는 4500Å)으로 연마된 6장의 웨이퍼로 그림 6에 표시된 각 변곡점에서 연마 정지하고 밀집한 필드 산화막 지역과 큰 moat지역에서 해당 박막을 측정하여 기계적인 변수와 표면 평탄화 과정을 분석한 것이다. 그리고, 이를 통해 연마 종점의 신호 변화를 확인하였다. 이때 AGC(auto gain control) 시간은 5초이고, 5초 평균 처리를 하였으며 연마 정지점은 그림 6상에 ①~⑥으로 표현하였다. 그림 6에서 보여 지듯이 깨끗한 신호를 보이고 있으며 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 결론적으로 phase 5에서 연마 정지점을 추출하였으며, 질화막의 산화막을 100%이상 완벽하게 종점을 잡고, 적절한 과도 연마 시간을 두어 이를 달성한다.

3.2-2. 신호 재현성 고찰

EPD 시스템을 CMP 공정에 적용하기 위해서는 많은 웨

이퍼 연마시 재현성이 있어야만 가능하다. 본 논문에서는 이를 확인하고자 두가지로 나누어 재현성 테스트를 하였다. 첫 번째는 10장의 패턴 웨이퍼를 연마 정지점 감지 시스템을 사용하여 진행된 테스트이다.

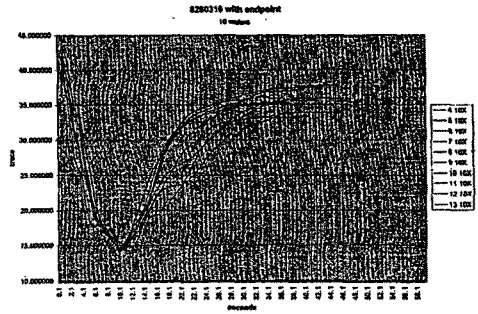


그림 7. 상 5에서 연마 정지점 신호

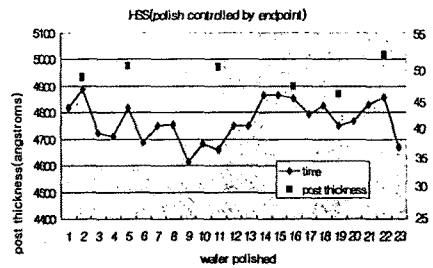


그림 8. EPD 적용한 경우 연마 두께와 시간 관계

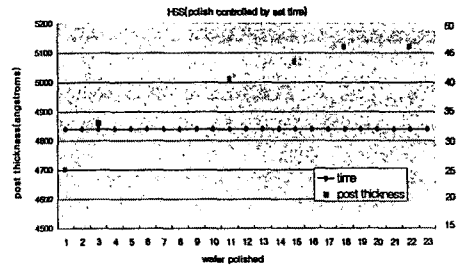


그림 9. EPD 적용하지 않은 경우 연마 시간과 연마 후의 두께

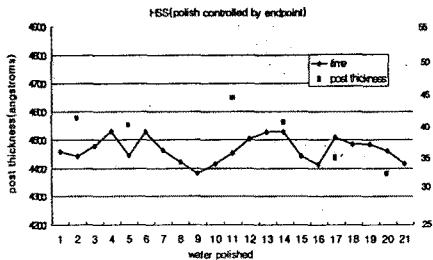


그림 10. EPD 적용한 경우 연마 시간과 post CMP 두께

그림 7은 phase 5에서 연마 정지점 신호를 잡은 그래프이며(과도 연마 시간 포함), 그림 8은 정지되었을 때의 연마 시간과 그때의 CMP후 두께를 나타낸 그래프이다. 결과적으로 웨이퍼간 $\pm 85\text{\AA}$ 정도 변화 폭으로 조정 가능하였다. 두번째는 23장의 패턴 웨이퍼를 연마 정지점 감지 시스템을 사용치 않고, 설정된 일정한 연마 시간을 적용하여 진행한 것과 21장의 패턴 웨이퍼를 연마 정지점 감지 시스템을 사용하여 진행한 것의 두 부분으로 나누어 실행된 결과로서, 그림 9은 적용된 연마 9시간과 공정 완료후의 CMP후 두께를 측정하여 고찰한 것으로 웨이퍼 간 두께차는 420 \AA 을 나타내었다. 그림 10은 연마 정지점의 감지 시스템을 적용하여 진행한 것으로, 종점시의 연마 시간과 그때의 CMP후 두께를 고찰한 것이다. 결과적으로 230 \AA 의 웨이퍼간 두께 차이 보였다.

3. 결 과

Reverse moat 패턴 공정을 통하여 moat 밀도가 높은 지역의 밀도를 감소시켜, 낮은 선택도를 갖는 STI CMP 공정에서도 밀도가 높고 낮은 지역의 연마 균일도를 맞출 수는 있지만, 바로 이 문제 때문에 "in-situ 연마 정지점 감지"는 모터의 전류 변화를 이용하는 현재의 EPD 기술로는 적용하기에 어렵다. 그러나, HSS를 이용하여 적용한 STI CMP 공정에서는 reverse moat 패턴 공정없이 바로 CMP를 통하여 광역 평탄화를 달성하는 것으로 산화막을 연마하다 질화막과 접촉이 이루어지면 모터 전류의 신호 변화가 변화하면 바로 연마 정지점을 감지할 수 있었다. 신호 분석을 통하여 연마 정지점 신호를 추출하였으며, 설정된 연마 정지점을 적용하여 재현성 실험을 수행한 결과, 첫번째에서는 웨이퍼간 두께차이는 $\pm 85\text{\AA}$ 의 범위 안에, 두번째는 $\pm 110\text{\AA}$ 의 범위로 공정을 제어 할 수 있었다.

즉, 이 실험을 통해 HSS 슬러리를 사용하여 EPD 시스템으로 reverse moat 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.

(참 고 문 헌)

- [1] Olivier Laparra, Milind Weling, Sharath Hosali and Ray Lavoie, "A HIGH OXIDE: NITRIDE SELECTIVITY CMP SLURRY FOR SHALLOW TRENCH ISOLATION," Electrochemical Society Proceedings Volume 98-7, 1999.
- [2] 김상용, 이경태, 김남훈, 서용진, 김창일, 이우선, 장의구, "STI-CMP 공정을 위한 Pattern wafer와 Blanket wafer 사이의 특성연구", 전기전자재료학회 춘계학술대회논문집, pp. 211-213, 1999.
- [3] C.H.Stapper and R.J.Rosner: "Integrated Circuit Yield Analysis: Development and Implementatio," IEEE Trans. Semicond. Manufact., Vol.8, May, pp.95-102, 1995.
- [4] Bih-Tiao LIN and S-N Lee, "An Effective End Point Detector on Oxide CMP by Motor Current," IEEE, pp.295-298, 1999.
- [5] 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.