

STI(Shallow Trench Isolation) 공정에서 Torn Oxide Defect 해결에 관한 연구

김상용, 서용진*, 김태형*, 이우선**, 정현상**, 김창일, 장의구
 중앙대학교 전기공학과 *대불대학교 전기전자공학부, *여주대학 전기과, **조선대학교 전기공학과

A Study for the Improvement of Torn Oxide Defect in STI(Shallow Trench Isolation)Process.

Sang-Yong-Kim, Yong-jin Seo*, Tae-Hyung Kim*, Woo-Sun Lee**, Hun-Sang Chung**,
 Chang-Il Kim, Eui-Goo Chang

Abstract - STI CMP process are substituting gradually for LOCOS(Local Oxidation of Silicon) process to be available below sub-0.5um technology and to get planarized. The other hand, STI CMP process(especially STI CMP with RIE etch back process) has some kinds of defect like Nitride residue, Torn Oxide defect, etc. In this paper, we studied how to reduce Torn Oxide defects after STI CMP with RIE etch back process. Although Torn Oxide defects which occur on Oxide on Trench area is not deep and not sever, Torn oxide defects on Moat area is sometimes very deep and makes the yield loss. We did test on pattern wafers witch go through Trench process, APCVD process, and RIE etch back process by using an IPEC 472 polisher, IC1000/SUVA4 PAD and KOH base slurry to reduce the number of torn defects and to study what is the root causes of torn oxide defects.

1. 서 론

반도체 제조 공정중에 집적도가 증가함에 따라 field isolation 공정으로 널리 사용하던 LOCOS 공정 대신 STI(Shallow Trench Isolation) 공정을 도입하여 사용되고 있다. 이 STI 은 CMP 공정이 필수적으로 사용되어야 하는데 이에 따른 문제 공정들이 있다.[1] 그들중에 하나인 Torn Oxide는 Moat 지역과 Field 지역의 경계지역에서 Field 위의 oxide가 뜯겨져 나가는 현상이다. STI CMP를 원활하게 진행되도록 하기 위하여 전 공정에서 Reverse Moat Etch 공정을 실시한다.[2-3] 이때 Field의 양 끝에는 sharp한 형태의 oxide 모서리가 생성된다. Polishing을 실시할 때에 pattern wafer에 초기 압력이 가해지고, 그 압력에 의해 oxide 모서리가 뜯겨져 나가거나, 뜯겨져 나간 oxide는 particle source로 작용하여 주변에 oxide에 attack를 가하게 된다. Dense한 지역에서는 field oxide의 모서리가 촘촘하게 있어 균일한 힘을 받는 반면, ISO한 영역에서 oxide 모서리는 불균일한 힘을 집중적으로 받는다. 이 때문에 torn oxide 대부분이 넓은 지역인 dummy moat 지역에 나타나고 있다. 이 defect가 소자의 main cell 영역에 막대한 지장을 주어 수율에 큰 영향을 주고 있다.

본 논문은 이 Rev. Moat Etch 공정 후의 trench위의 sharp한 oxide의 취약함을 극복하고자 STI CMP 공정을 개선하여 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험방법

그림1은 본 논문에서 고찰한 공정 소자의 단면을 개략적으로 나타낸 것이다. 본 실험의 실험 시료는 6 inch si-wafer에 STI 공정을 한후 REV. Etch 공정을 하였다.

STI Fill공정의 두께를 4가지로(8400A, 9400A, 10400A, 11400A)로 실험 하였으며 Nitride residue를 없애기 위하여 Rev. moat etch 공정 조건을 split 실험하고 그 결과를 KLA 2135과 JOEL SEM에서 defect을 inspection하였다.

2.2 실험결과 및 고찰.

2.2.1 Defect 유형

Torn Oxide의 발생 유형을 웨이퍼 모형상 4가지 형태로 분류했다.

A. EDGE형: 전형적인 Torn oxide 유형으로 전체 발생의 80% 이상이 이에 해당되며 그림2에 보였다. 이 defect의 defect density는 약 5%-10%정도이며 대부분 dummy moat 지역이며 cell 지역 칩법 정도가 미약하여 소자 수율 측면에는 큰영향을 주지 않는다.

B. 전면형: 이 유형은 그림3에 보였으며 발생 빈도가 그다지 높지는 않지만 Edge형에 비해 필드지역 산화막이 뜯겨져 나가는 정도가 심하다. defect density는 10% 이상되며 액티브 지역에 발생하는 경우도 있어 소자 수율에 영향을 미친다.

C. Star형: 이 유형은 그림4에 보였으며 웨이퍼 가장 자리에서 발생하며 방향성을 가지고 있다. 이는 scratch 처럼 보이며 polishing 하는 동안 particle(예:뜯겨진 torn oxide 또는 dep particle)이 원인이되어 발생하는 것으로 추정된다.

D. Active Damage형: 이 유형은 그림5에 나타냈으며 torn oxide와는 발생 메커니즘이 틀린 defect로 아직 정확한 원인이 밝혀지지않고 있다. 다만 하지박막의 불안정한 상태가 원인으로 작용하여 CMP에서 압력을 가할 때 발생한 것으로 추정된다. 이 Defect을 SEM으로 분석한 결과 Nitride(Moat) 아래 액티브 지역이 영향을 받아 소자에 지대한 영향을 준다.

2.2.2 Defect 발생 원인

A. 트렌치위의 산화막 모서리의 모형: STI Fill의 두께가 두꺼워 질수록 Rev. moat 공정후에는 생기는 트렌치 위의 산화막 모서리는 두뚝해지면서, 완만한 경사를 이루게 되므로 연마시 초기의 압력을 받아도 뜯겨져 나가는 torn oxide 개수가 줄어들게 된다. 그림6은 NSG 박막이 열처리를 거친후 JOEL SEM으로 찍은 사진으로 그림A의 산화막 모서리가 그림 B의 산화막 모서리보다 훨씬 안정되어져 있음을 알수 있다.

B. Moat 지역과 필드지역의 두께 변화 : 그림7은 STI Fill공정의 두께 변화에 따른 profiler로 측정된 것이다.그림A는 Moat 지역보다 필드 지역이 높기 때문에 그림B보다 안정적인 구조를 이루고 있다. 그림A에서 연마 초기에 뜯겨져 나간 부분과 뜯겨져 나간 산화막 때문에 생긴 필드지역의 패인 부분은 연마를 지속함에 따라 사라지게 된다.(moat 지역에 떨어진 산화막은 nitride wet etch를 함으로써 제거된다.)

C. Moat 지역과 필드지역의 두께 변화 : STI Fill의 두께가 두꺼울수록 rev. moat etch 공정후의 sharp한 산화막 모서리는 어느 정도까지는 무디게되어 뜯겨져 나가는 산화막은 줄어들 것이다. STI Fill에 장비특성상 edge 부분이 중간 부분보다 두께가 낮게 되는 현상을 보였다.

D. Trench Depth의 균일성(uniformity) : 트랜치 깊이가 깊을수록 moat지역과 필드지역사이의 두께가 낮아져 불안정한 구조를 이루게 되는 그림을 그림 8에 보였다. STI 트랜치 공정에서도 Loading Effect 때문에 edge 부분이 다른곳보다 깊게 되고 있다. 만약 edge 부분에서 STI Fill의 두께가 낮고 트랜치 깊이가 깊어지면 torn oxide가 생기기 쉬운 불안정한 구조와 sharp한 산화막 모서리를 형성한다.

E. Pre-particle의 존재 : 그림 8에 보인것과 같이 STI CMP 공정전 트랜치위의 산화막은 APCVD 방식으로 증착한 NSG 박막이다. 이 박막에 증착 Particle이 존재하거나 연마하기전의 particle이 존재하게되면 산화막이 패이거나 뜯겨져 나가 torn oxide defect을 유발할 수 있다.

F. Rev. Moat Pattern 의존성: 그림9와 같이 rev. moat 패턴이 트랜치 안쪽에 생성될 때 torn oxide가 발생하기 쉬운 취약한 부분이 형성된다. 연마하기전 패인 부분이 형성될수도 있고, 연마하는 동안 이곳이 뜯겨져 나가거나 뜯겨져 나간 산화막에 영향을 받아 torn oxide가 생성될 수 있다. 이런 경우는 매우 깊게 영향을 주게된다.

2.2.2 실험 결과

표1에는 실험 조건과 그 결과를 나타낸 표이다. post CMP후의 두께가 높아질수록 Defect density가 감소하였다. 즉 sti fill두께가 11400A, 10400A, 9400A, 8400 A 일 때 각각 Defect density가 2.49, 2.64, 3.75, 10.7로 보였다. 또한 KLA로 측정된 Defect중 torn oxide가 차지하는 비율은 STI Fill의 두께가 8400A일 때 약 98%, 9400A일 때 약 87%, 10400A일 때 약 37% 이었다. 또한 torn oxide defect size는 0.1~0.6um이며, 이중 0.2~0.3um 인 torn oxide가 전체의 약 70%를 차지하였다.

3. 결 론

본 논문에서 torn oxide 개선을 위한 실험에서, 비교한 결과는 다음과 같다.

- 1) STI Fill의 두께가 낮을수록 트랜치 위의 sharp한 산화막 모서리가 CMP연마시에 압력을 받아 뜯겨져 나가 Torn oxide defect생성을 증가함을 알수 있었다. STI Fill의 두께가 높을수록 산화막 모서리가 안정적인 구조를 이루어짐을 알수 있었다. 연마시 초기에 뜯겨져 나간 부분과 뜯겨져나간 산화막 때문에 생긴 필드지역의 패인 부분은 연말을 지속적으로 함으로써 제거할 수 있다.
- 2) 트랜치의 깊이가 깊게되면 필드의 박막이 낮아지므로 불안정한 구조를 이루기 때문에 torn oxide가 발생할 가능성이 증대되므로 균일도를 개선하여야 한다.
- 3) Moat pattern공정에서 CD가 트랜치 CD보다 적을 때는 Torn oxide가 생성되게 되며, CD가 다소 클 때 Nitride residue 문제가 발생된다.

[참 고 문 헌]

[1] M. Galiano, E. Yieh, S. Robles and B. C. Nguyen, "Stress-Temperature Behavior of Oxide Films Used for InterMetal Dielectric Applications," Proc. VMIC, p. 100, 1992.

[2] Paul Ferreira, Vincent Senez, Bruno Baccus, Jacques Varon and Jacques

Lebailly, "Finite Element Optimization of a MOSFET Structure : The Role of Inter-Layer Material for Residual Stress Reduction," IEDM-95, pp. 503-506, 1995.

[3] Vivek Jain, Dipankar Pramanik, Subhash R. Nariani and Chenming Hu, "Internal Passivation for Suppression of Device Instabilities Induced by Backend Processes," IRPS, p. 11, 1992.

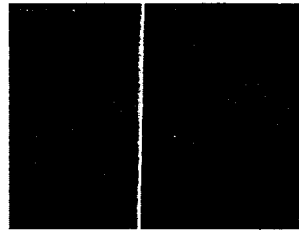


그림 1. 전형적인 TORN OXIDE DEFECT 단면도



그림2. EDGE형 TORN OXIDE DEFECT

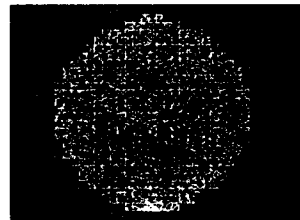


그림 3. 전면형 TORN OXIDE DEFECT

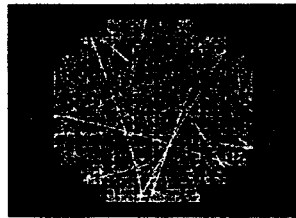


그림 4. STAR형 TORN OXIDE DEFECT

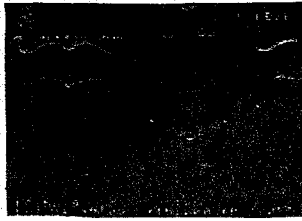


그림 5 . EDGE형TORN OXIDE DEFECT

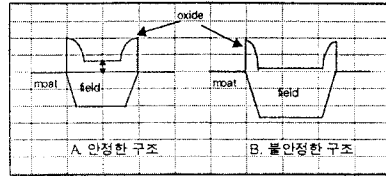
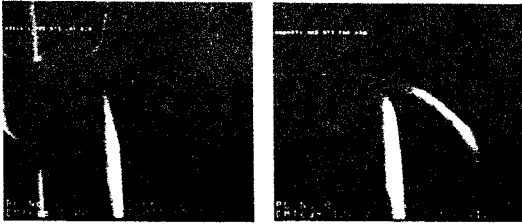


그림8. TRENCH DEPTH 비교 단면도



CELL 지역

DUMMY MOAT 지역

A: STI Fill THK.:11291 A

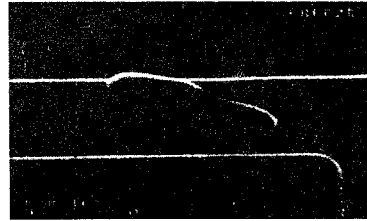
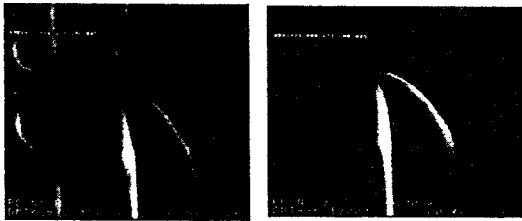


그림9. PRE-PARTICLE에 형성된 DEFECT 단면도



CELL 지역

DUMMY MOAT 지역

B: STI Fill THK.:8339 A

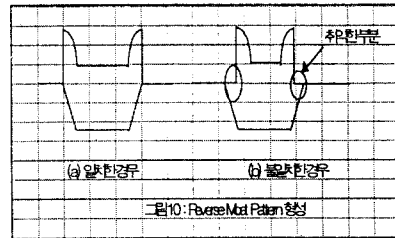
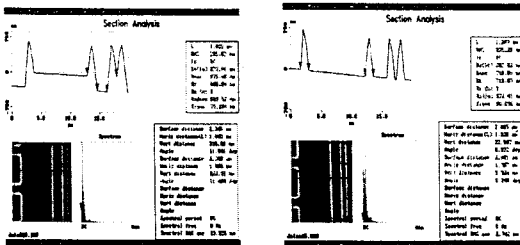


그림10: Reverse Moat Pattern 형성

그림10. REVERSE MOAT PATTERN 형성 단면도

그림6. REV. Moat 산화막 단면도



A: STI Fill THK.:11291 A

B: STI Fill THK.:8339 A

그림7. REV. Moat 산화막 AFM 단면도

STI FILL (A)	유형 정보		Defect		DD 평균
	Rev. Moat Etn	CMP Part:THK	개수	Defect Dens	
9400	EOP(norm)	6714	811	3.82	3.75
		6921	782	3.86	
		6938	2402	11.21	
		6933	1828	8.50	
9400	EOP(norm)	6938	2810	12.29	10.70
		6743	388	1.73	
		6771	543	2.56	
		6977	335	1.56	
10400	EOP-4F	6940	302	1.45	1.98
		6958	532	2.50	
		6959	299	1.32	
		6959	395	1.85	
11400	EOP-4F	6938	610	2.87	1.17
		6924	636	3.01	
		6940	98	0.46	
		6924	457	2.15	
11400	EOP(norm)L	6955	117	0.55	1.17
		6912	178	0.83	
		6949	494	2.33	
		6919	36	0.16	
22	EOP-4F	6985	86	0.40	2.99
		6988	636	2.99	
24	EOP-4F	6930	77	0.36	

표 1. 실험 조건과 실험 결과