

TEM의 CBED(Convergent Beam Electron Diffraction)법을 이용한 반도체 소자의 Strain 거동 분석

이주희, 이덕원, 김원, 김호정, 이순영, *서주형, *박관경

(주)하이닉스반도체 연구소 분석개발팀

*포항공과대학교 신소재공학과

1. 서론

전자현미경의 수렴성빔 전자회절(Convergent Beam Electron Diffraction)법은 재료의 미소영역 연구에 많이 활용되고 있다. 재료의 격자상수, 방위관계, 결정결함 등을 연구하는데 투과 전자현미경의 제안시야 회절법(Selected Area Diffraction)을 일반적으로 이용하여 왔으나 수 μm 영역 이하의 미소영역 분석에 대응하지 못하였다.^[1] 반면에 수렴성빔 전자회절 법은 수nm 이하의 미소 영역에서 재료의 미세구조특성과 정량분석, 응력관계 등을 분석할 수 있어 그 활용이 가속화되고 있다. 반도체 공정에서는 소자의 고집적화와 적용 물질의 다양화로 인하여 TEM의 필요성이 크게 부각되고 있으며 특히 STI(shallow trench isolation) 공정에서의 strain 분석은 refresh와 같은 소자의 특성 향상을 위하여 필요하다.^{[2][3]} 이를 위하여 STI 공정에서 strain release에 대한 많은 연구 진행되고 있지만 명확한 분석 tool이 제공되지 않고 있는 실정이다. 본 연구에서는 TEM의 CBED기술을 이용하여 STI공정 중에 발생하는 strain의 종류 및 위치에 따른 경향성을 분석하고자 한다.^[4]

2. 실험방법

A. 시편제작

본 연구에서 사용된 시료는 200mm (110) 방향성을 가진 n-type 실리콘 웨이퍼에 padoxide /gate poly/ Hard mask nitride 필름을 형성하고 STI etch를 실시한 것이다. STI의 크기는 Bar type (110)방향으로 너비 1560nm, 깊이 214nm이다. 단면 STI 구조에서의 CBED 패턴을 측정하기 위해 STI 내부는 epoxy를 이용하여 보호하였으며 sawing, gluing, ultrasonic drilling, mechanical dimpling, ion beam mill(PIPS gatan 691)의 일반적인 표준시료 제작법으로 만들었다. 시편을 최대한 균일한 두께로 제작하기 위하여 dimpling시 wide wheel을 사용하여 넓은 부분을 milling 하였다. CBED 패턴 관찰을 위하여 JEOL JEM2010UHR LaB6와 gatan CCD camera를 이용하였다.

B. 홀즈라인 측정 및 분석

CBED 패턴측정은 200kV 가속전압 빔을 사용하여 <110>zone 기준으로 <230>방향으로 11.3 °tilt를 실시하였다. 패턴 측정 위치는 etch등의 다른 외부적 영향이 미치지 않는 부분에서 reference를 잡고 이를 기준으로 표면 방향으로 5point를 100nm간격을 두고 측정하였다. STI의 측벽 부분은 측벽에서 100/200nm정도 떨어진 부분에서 각 좌 우측으로 측정을 실시하였다. CBED의 홀즈라인 변화량 분석을 위해 ASAC(Automatic strain analysis by CBED) simulation tool을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

STI의 strain은 그림 (1)에 표시된 것과 같이 Active 중앙 하단부를 reference로 하여 표면에 근접하는 위치에 따른 CBED 패턴 변화를 측정하였다. 표면에 근접함(1,2번 위치)에 따라 패턴의 홀즈라인이 점점 흐려지고 split되는 것을 확인할 수 있으며, 측벽 위치(L1,L2)에서도 홀즈라인의 변화가 관찰 되었다.

표 (1)은 simulation으로 계산된 각 측정 위치에 따른 strain 변화를 reference point에 대한 상대적인 값으로 표시한 것이다. Active 표면 부위의 strain 측정결과, 표면에 가까워 짐에 따라 ϵ_{xx} , ϵ_{yy} 는 compressive strain이 발생하며 그 정도는 점차적으로 증가하는 경향을 보인다. 반면에 ϵ_{xy} , ϵ_{yx} 는 tensile strain이 발생하며 표면에 가까워질수록 증가 하였다. 특히 표면에 가장 가까운 1번 위치에서보다 2번 위치에서 상대적으로 높은 strain이 발생 하는 것을 관찰 할 수 있다. STI 측벽 위치에서의 strain 분석결과, 측벽에 가까워 지면서 ϵ_{xx} , ϵ_{yy} 는 compressive strain이 증가하는 반면. ϵ_{xy} , ϵ_{yx} 의 경우는 tensile strain이 점차 감소하는 것으로 관찰 되었다.

4. 결론

반도체 소자의 STI strain 분석을 CBED법에 의하여 실시하였다. Si 기판의 결정방위에 따른 strain 발생 경향은 그림 (2)로 이해 할 수 있다. 즉, Active 표면부위의 경우 STI etch 실시 후 ϵ_{xy} , ϵ_{yx} 방향으로 힘이 분산 되려고 하여 tensile strain이 점점 크게 발생하며, ϵ_{xx} , ϵ_{yy} 는 이에 대한 상대적 힘에 의하여 compressive strain이 발생하는 것으로 판단된다. STI 측벽의 strain 경향은, ϵ_{xx} , ϵ_{yy} 방향의 경우 표면에서와 동일하게 compressive strain이 발생하며 그 정도는 보다 크게 증가함을 확인할 수 있었다. 반면에 ϵ_{xy} , ϵ_{yx} 방향의 경우 tensile strain이 발생하나 표면에 비하여 상대적으로strain이 감소하는 것으로 나타났다.

5. 향후 계획

본 연구에서는 CBED측정 시 인접 패턴의 영향을 최소화 하기 위하여 Bar type의 STI구조를 사용하였다. 향후 DRAM 소자에 적용되는 Isolated STI 구조에서의 3차원적인 strain분석을 실시할 계획이다.

참고문헌

- [1] 성장모. J. of the Korean Inst. of Metals Vol.26, No. 11, (1988)
- [2] A. Armigliato and R. Balboni Materials Science in Semiconductor. Processing4 (2001) 97-99
- [3] C. Stuer, J. Van Landuyt Materials Science in Semiconductor. Processing4 (2001) 117-119
- [4] D. Delille, Ultramicroscopy 87 (2001), 5-18

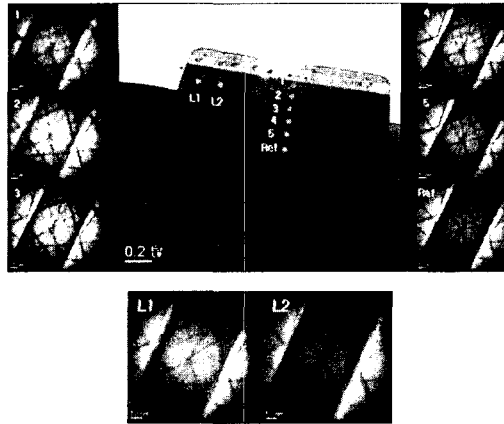


그림 1. STI에서의 strain 측정 위치 및 각 측정 위치에서 측정된 CBED pattern

	ϵ_{xx}	ϵ_{yy}	ϵ_{xz}	ϵ_{yx}	ϵ_{yy}	ϵ_{yz}	ϵ_{zx}	ϵ_{zy}	ϵ_{zz}	χ^2
Ref.	-0.0055	0.0065	-0.0002	0.0065	-0.0057	0.0000	-0.0002	0.0000	0.0002	0.1396
5	-0.0055	0.0062	-0.0001	0.0062	-0.0070	0.0000	-0.0001	0.0000	-0.0005	0.2583
4	-0.0059	0.0064	0.0000	0.0064	-0.0079	-0.0002	0.0000	-0.0002	-0.0008	0.0485
3	-0.0063	0.0065	-0.0004	0.0065	-0.0085	-0.0008	-0.0004	-0.0008	-0.0008	0.1493
2	-0.0072	0.0069	-0.0007	0.0069	0.0002	-0.0018	-0.0007	-0.0018	-0.0030	7.4955
1	-0.0081	0.0073	0.0014	0.0073	-0.0081	0.0025	0.0014	0.0025	-0.0015	1.4191
L1	-0.0107	0.0047	-0.0061	0.0047	-0.0107	0.0026	-0.0061	-0.0026	0.0009	60.90
L2	-0.0181	0.0028	-0.0236	0.0028	-0.0108	-0.0353	-0.0236	-0.0353	0.0101	121.3740

표 1. 각 위치 변화에 따른 CBED pattern의 simulation 결과

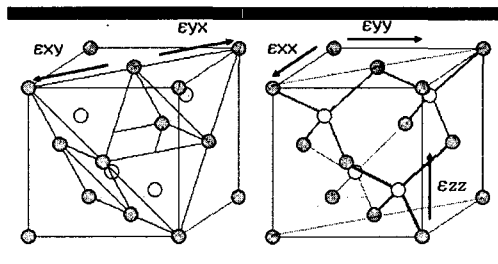


그림 2. 시료에 영향을 미치는 strain의 방향 이해