

SOI 제작을 위한 습식 열산화막 성장 및 특성

The Growth and Characteristics of Wet Thermal Oxidation Film for SOI Fabrication

김형권, 변영태, 김선호, *한상국, **육성해

한국과학기술연구원 광기술연구센터,

*연세대학교 전기전자공학과, **중앙대학교 광전자 및 광통신연구실

e-mail 주소: ddangky@kist.re.kr

SOI (Silicon on insulator) 웨이퍼를 이용하여 제작된 전자소자는 고온에서 동작이 안정될 뿐만 아니라 초고속 동작이 가능하고, 사용 소비전력이 낮고, 단위 소자의 집적 효율이 우수해 활발한 연구가 이루어지고 있다. 최근에 초고속 광소자와 단위 광소자들의 집적을 위해 Si 이외의 GaAs, InP, SiC 등의 반도체 박막을 절연층 위에 만드는 연구가 많이 진행되고 있다^{(1),(2)} 따라서 초기에 절연체 위에 실리콘 박막을 형성하는 Silicon on insulator (SOI) 기술은 다양한 종류의 반도체 박막을 절연체 위에 형성하는 Semiconductor on insulator로 SOI의 의미가 확장되고 있다.

Si 단결정 박막을 SiO₂ 절연층 위에 형성한 SOI 웨이퍼를 이용하여 제작된 전자소자나 광소자는 절연층 때문에 Si 기판에 의해 야기되는 영향(전류와 도핑물질(dopant)의 변화)들을 받지 않는다. SOI 웨이퍼를 제작하기 위해서는 열에 의해 Si 기판의 상층부의 일정한 두께를 산화시키는 열산화(Thermal Oxidation) 공정, 일정한 두께의 Si 박막을 분리하기 위해 양성자를 열산화막 두께보다 깊이 주입하는 이온 주입(Ion implantation) 공정, 이온 주입된 웨이퍼를 다른 실리콘 기판에 붙이는 Wafer bonding 공정, 본딩된 웨이퍼를 고온에서 열처리함으로써 양성자 이온이 주입된 층이 분리되는 열처리공정, 분리된 박막 표면을 연마하는 공정을 거쳐야 한다. 상기 공정기술은 일괄하여 Smart-cut 기술이라 불린다⁽³⁾. 본 논문에서는 Smart-cut 기술 가운데 실리콘 기판위에 열산화막을 성장시키는 제작공정과 열산화막의 두께 측정에 관한 실험결과를 설명한다.

열산화막을 성장시키기 위한 시료는 비저항이 12~18 Ω·cm이고 결정방향이 (100)인 p-type의 2인치 Si 웨이퍼를 10 mm×10 mm 크기로 잘라 준비되었다. 각각의 시료는 따뜻한 유기 용매제인 TCE, 아세톤, 메탄올을 이용하여 세정된 후 DI water (18 MΩ)로 깨끗하게 세척되고 질소 가스로 수분이 완전히 제거되었다. Si 위에 SiO₂ 절연층을 성장시키는 대표적인 방법으로 열산화(Thermal oxidation), Anodization, CVD 기법이 있는데 이중 양질의 균일한 산화막을 얻을 수 있는 방법이 열산화이다. 열산화는 실리콘 시료를 산소(O₂) 분위기에서 산화시키는 Dry oxidation과 산소가스가 90℃ 이상의 물을 통과함으로써 산소와 수증기가 혼합된 분위기에서 산화되는 Wet oxidation이 있다. 본 논문에서 열산화막은 1050℃의 quartz 관속으로 유입되는 산소증기 분위기에서 성장되었다. 그림 1은 wet oxidation을 위해 사용된 열산화로(thermal oxidation furnace)의 개략도이다.

그림 2는 습식 열산화로의 시간에 따른 온도 특성을 보여준다. three-zone 산화로의 온도는 1050 ℃이고 습식산화를 위해 산소가스는 100sccm의 flow rate로 90℃로 가열된 수조를 통과한다. 실리콘 기판위에 형성되는 산화막은 산화막의 외부 표면이 아니라 Si-SiO₂ 경계면에서의 산화 작용에 의해 성장되기 때문에 중요한 성장 변수로 산화온도, 산화시간, 산소의 유입량이 있다. 따라서 5개의 Si 시료들은 산소증기 분위기의 1050 ℃에서 산화시간을 1시간부터 9시간까지 2시간 간격으로 변화시키며 산화막이 성장 되었다. 이 때 산소 가스는 그림 2

에서 보듯이 1050 °C의 산화시간이 끝남과 동시에 공급이 중단되었다.

성장된 산화막의 두께를 측정하기 위해 광리소그래피 방법을 이용하여 직선의 포토레지스트 패턴(PR)이 만들어지고 이 PR 패턴을 식각마스크로 이용하여 SiO₂ 박막이 BOE(buffered oxide etcher) 용액에서 식각되었다. BOE 용액은 산화막 만을 식각하기 때문에 식각시간이 충분히 길면 SiO₂/Si 경계면까지 정확하게 식각을 할 수 있다. 그림 3은 두께측정을 위한 직선의 산화막 패턴의 제작공정을 보여준다.

식각된 시료는 두께를 정확하게 측정하기 위해 Tenco depth profiler를 이용하여 제작된 산화막 직선 패턴에 수직방향으로 scan된다. Scan 된 data로부터 측정된 산화막 두께는 그림 4에서 보여진다. 그림 4는 1050 °C에서 유지되는 산화시간의 함수로 측정된 식각깊이를 보여준다. SOI 웨이퍼 제작에 필요한 SiO₂의 두께는 0.5 μm 이상이 되어야 하는데 이 두께의 산화막을 성장하는데 소요되는 시간이 너무 길다. 즉 그림 2에 의하면 열산화로의 온도가 1050°C까지 올라가는데 110분 정도 걸리며, 열 산화로를 상온까지 냉각하는데 10시간 이상이 소요된다. 따라서 산화막 성장을 증가시키기 위해 열산화로의 온도가 1050 °C에서 600 °C까지 냉각될 때 산소 증기를 계속 흘려주면서 산화막의 두께 변화에 대한 실험결과들이 추가로 발표될 예정이다.

SOI 제작에 필요한 핵심공정인 실리콘 웨이퍼 위에 열산화막을 성장시키는 연구가 습식 열산화로를 이용하여 수행되었다. 열산화막의 두께는 광리소그래피를 이용하여 PR 식각마스크를 제작한 후 BOE 용액에서 산화막을 식각함으로써 두께 측정용 시료가 만들어졌다. 산화막 두께는 depth profiler를 이용하여 산화시간의 함수로 측정되었다.

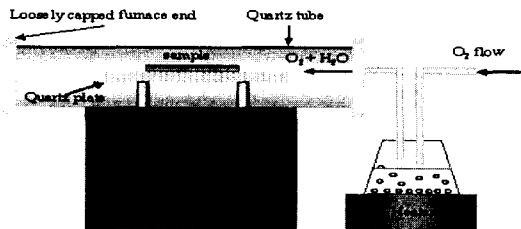


그림 1 Schematic of a wet thermal oxidation furnace

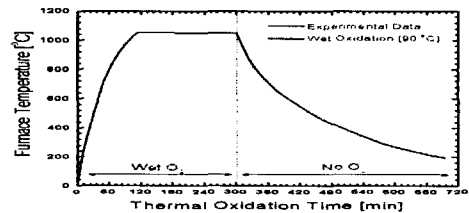


그림 2 Temperature characteristics in the oxidation furnace

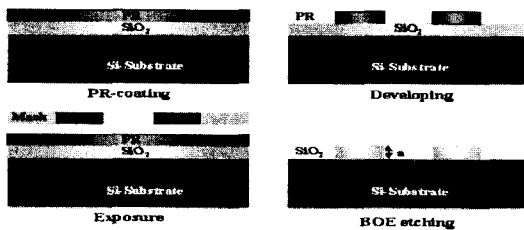


그림 3 산화막 두께측정용 직선 패턴 제작 공정

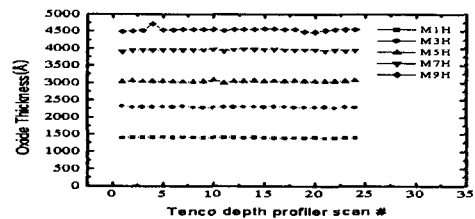


그림 4 산화 시간 변화에 대한 산화막 두께

참고문헌

- (1) A.Usenko, W.N.Carr, Bo Chen, Y.Chabal : IEEE Advanced semiconductor manufacturing conference, pp. 6-9 (2002)
- (2) Chao. T. L, Gosele. U, Huang. L. J, Ploesner. A, Tong. Q.Y : SOI conference, 1998. proceedings, 1998 IEEE international, 5-8 Oct pp 143-144 (1998)
- (3) Auberton-herve. A, Maleville. C, Wittkower. A : conference on Ion implantation technology, pp.269-272 (2000).