D12

실리콘 산화막 위에 적층된 다결정실리콘 층의 미시구조에 대한 TEM 분석
(Microstructural Analysis of Polycrystalline Silicon on SiO_2 Using TEM)

백문철, 남 산, 권 오준, 송 윤호*, 백 종태*, 남 기수*
한국전자통신연구소 반도체연구단 물성분석연구실, 고집적소자연구실 *

실리콘 산화막 층 위에 형성된 다결정질 실리콘 층의 형태와 특성을 투과전자현미경 (TEM) 을 이용하여 분석하였다. 실리콘 다결정층은 반도체의 초기 기술단계에서부터 그 특성상의 이유로 여러 분야에서 응용되어 왔으며 최근에는 결정립 및 결정화특성을 이용, 박막형 트랜지스터에 적용되고 있다. (1,2) A. Nakamura 등 (3) 은 quartz 기판위 실리콘에 이온을 주입하여 형성된 비정질 층을 열처리한 다결정질 실리콘에서 결정립의 수지상 성장 (dendritic growth) 를 보고하였고, T. Noma 등(4) 은 SiO2 기판위의 다결정실리콘에 대한 연구에서 3가지 성장 모델을 제시하였다. 본 연구는 LPCVD 로 저온에서 증착된 비정질 실리콘층을 열처리하여 얻어진 다결정질 실리콘층의 형태와 구조를 TEM 을 이용하여 분석한 것이다.

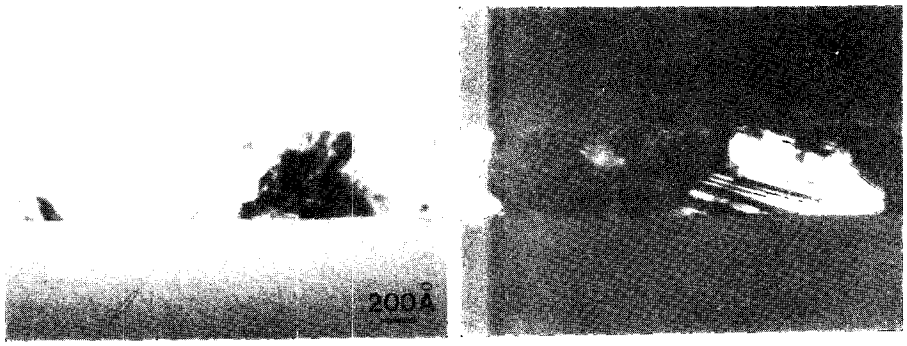
실리콘 기판위에 2500Å 두께의 산화막을 성장시킨 후 LPCVD 로써 약 500Å 두께의 비정질 실리콘 층을 증착하였다. 이후 전기로에서 590℃, 20시간 열처리하여 다결정질의 실리콘 층을 형성하였다. TEM 관찰을 위한 박편시료는 단면관찰용인 경우 2장의 시편을 서로 맞붙여 측면을 연마하고 최종적으로 Ar 이온연마를 하여 제작하였으며 평면관찰 용 시료는 wafer 시편의 기판측 한면만을 연마하여 제작하였다. 제작된 시료는 각각 [110] 방향으로 정렬하여 bright field 및 dark field 상을 관찰하였고 고분해능 (high resolution) 상은 objective aperture 를 사용하여 {111} 면의 격자상을 관찰하였다.

그림 1. 은 단면을 관찰한 bright field 및 dark field 상으로 각각의 결정립에 대한 크기와 형태가 관찰된다. 각 결정립은 다결정층의 두께이상으로 성장하여 그 크기도 수백 Å 이상의 직경을 가지고 있는 것으로 관찰된다. 또한 내부에는 다결정층의 두께를 통하여 발달된 쌍정형태의 결함을 관찰할 수 있다. 그림 2. 의 평면관찰 사진에서는 결정립의 크기가 균일하지 않고 매우 복잡한 형태의 결함이 결정립 내에 존재하고 있음이 관찰되며 이와 같은 모습은 그림 2 (b) 의 dark field 상에서도 확인된다. 첨부된 회절패턴 상에서는 전형적인 다결정질의 ring 패턴이 나타났으며, 배경에는 아직도 비정질조직이 남아있는 것을 알 수 있다. 결정립 내부의 결함형태를 자세히 관찰하기 위하여 고분해능상을 관찰하였다. 그림 3(a) 는 그 결과로서 하나의 결정립 내부를 관찰한 것인데 {111} 면의 격자선이 나타나있고 미세 쌍정의 형태가 잘 구분된다. 이 쌍정의 형태는 2~3 층의 미세 적층결함으로써 구성되어 있음을 알 수 있으며 {111} 면에 대하여 <112> 방향으로 형성되어 있는 것으로 관찰된다. 그림 3(b) 는 결정립계를 나타낸 것으로 쌍정의 형태는 관찰되지 않고 격자선의 불연속으로서 결정립계를 확인할 수 있다. 이로써 쌍정형태의 결함은 결정립 내부에서 형성되어 일정방향으로 성장하다가 결정립계에 이르러 소멸되는 것으로 보인다. 그러나 단면 및 평면관찰 그림에서는 쌍정의 결함의 결정립 내부에 전체적으로 존재하고 있음으로 보아, 결정립의 성장에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

TEM 을 이용하여 비정질층으로 부터 열처리를 통해 다결정화한 실리콘층에 대한 미시구조 분석연구를 하였다. 결정화한 결정립 내에는 매우 많은 미세쌍정이 분포하고 있으며 이들이 결정립 성장에 영향을 미치고 있음을 고분해능 상의 관찰을 통하여 알 수 있었다. 그러나 결정립계에서는 미세쌍정이 소멸되어있는 것으로 나타났다.

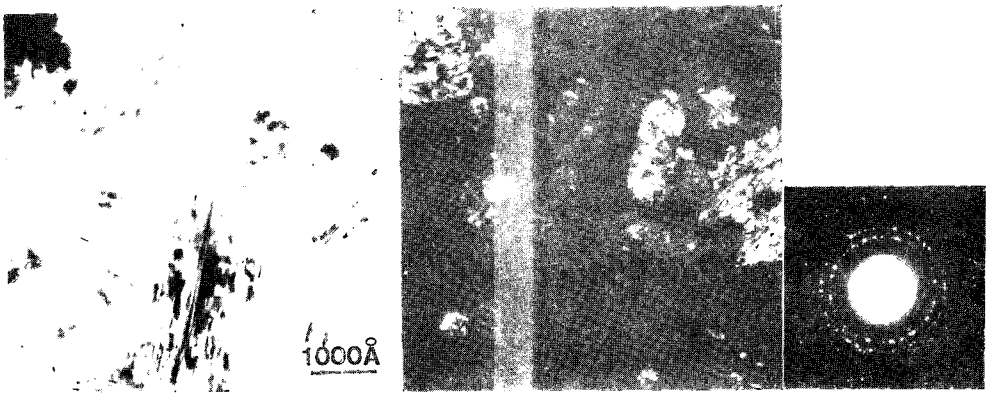
참고 문헌

1. Y. Wada and S. Nishimatsu, J. Electrochem. Soc., 125 (9) 1499 (1978)
2. R.B. Iverson and R. Reif, J. Appl. Phys., 62 (5) 1675 (1987)
3. A. Nakamura, F. Emoto, E. Fujii, A. Yamamoto, Y. Uemoto, K. Senda and G. Kano, J. Appl. Phys., 66 (9) 4248 (1989)
4. T. Nama, Y. Yonehara and H. Kumomi, Appl. Phys. Lett., 59 (6) 653 (1991)



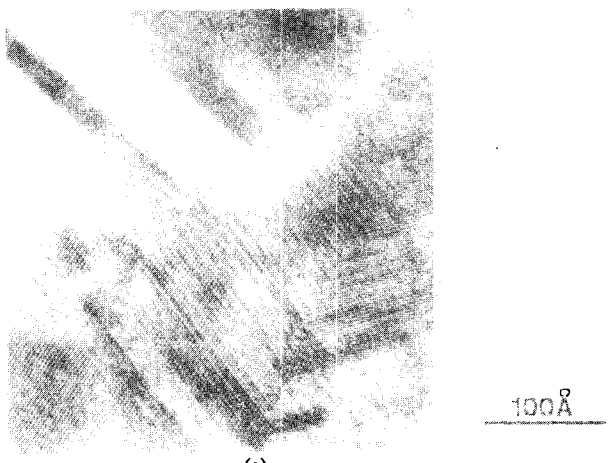
(a) (b)

그림 1. SiO2 층위에 증착된 후 열처리한 다결정 실리콘 층의 단면사진 ; (a) bright field (b) dark field



(a) (b)

그림 2. 다결정실리콘 층에 대한 평면사진 (a) bright field (b) dark field 및 회절패턴



(a) (b)

그림 3. (a) 결정립 내부에 대한 고분해능 격자상 과 (b) 결정립계에 대한 고분해능 격자상