

저온에서 제작된 다결정 실리콘 박막 트랜지스터의 수소화 효과에 대한 분석

○최 권 영, 김 용 상, 이 성 규, 전 명 철, 한 민 구
(서울대학교 전기공학부)

Analysis of hydrogenation effects on Low temperature Poly-Si Thin Film Transistor

○K.Y. Choi, Y.S. Kim, S.K. Lee, M.C. Jun, M.K. Han
* Dept. of Electrical Eng., Seoul National Univ.

Abstract

The hydrogenation effects on characteristics of polycrystalline silicon thin film transistors (poly-Si TFT's) of which the channel length varies from 2.5 μ m to 20 μ m and poly-Si layer thickness is 50, 100, and 150 nm was investigated. After 1 hr hydrogenation annealing by PECVD, the threshold voltage shift decreased dependent on the channel length, but channel width may not alter the threshold voltage shift. In addition to channel length, the active poly-Si layer thickness may be an important parameter on hydrogenation effects, while gate poly-Si thickness may do not influence on the characteristics of TFT's.

Considering our experimental results, we propose that channel length and active poly-Si layer thickness may be a key parameters of hydrogenation of poly-Si TFT's.

1. 서 론

다결정 실리콘 (Polycrystalline Silicon) 박막 트랜지스터 (Thin Film Transistor, TFT)는 최근 액정 (Liquid Crystal)을 이용한 평판 표시기의 구동 소자로서 그 물성 및 소자 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 다결정 실리콘은 비정질 실리콘 (Amorphous Silicon)에 비하여 전기적 이동도 (mobility)가 큰 장점이 있어서⁽¹⁾ 액정 구동용 박막 트랜지스터 뿐만 아니라, Shifter register 등의 주변 회로 (peripheral circuit)까지도 구성할 수 있기 때문에 고해상도 (high resolution)가 요구되는 표시기의 반도체 재료로서 매우 유리한 것으로 인식되고 있다. 그러나, 그래픽 경계에서의 얇은 트랩들로 인한 높은 문턱 전압과 높은 누설 전류 등은 다결정 실리콘 박막 트랜지스터의 특성을 저하시키고 있

다. 이러한 트랩을 감소시키는 방법으로서 수소화 처리가 가장 효과적이라고 알려져 있다. 따라서 많은 논문들이 수소 유입 경로나 수소화에 의한 소자 특성 향상에 대해 연구가 진행되어 왔다.⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ 그러나, 트랜지스터의 구조적인 면에서의 수소화 효과의 분석은 명확한 이론이 정립되지 않는 상황이다.

본 논문에서는 트랜지스터의 여러 가지 게이트 다결정 실리콘의 두께 변화 및 활성층의 길이, 폭, 그리고 두께 등의 구조적인 변화에 따른 수소화 효과를 관측하고 분석해 보았다. 이렇게 해서 얻은 결과를 비교함으로써 가능한 수소 유입 경로에 대해 검토해 보고자 하는데 목적이 있다.

2. 소자 제작

다결정 실리콘 박막 트랜지스터의 제조 공정을 요약하면, 실리콘 웨이퍼위에 APCVD (Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition) 방법으로 480 $^{\circ}$ C 에서 500 nm 의 산화막을 증착시킨 다음, LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition)에 의하여 560 $^{\circ}$ C 에서 각각 50 nm, 100 nm, 150 nm 로 비정질 실리콘을 증착하여 활성 영역 (active region)을 형성하였다. 비정질 실리콘을 600 $^{\circ}$ C, 48 시간 동안 열처리하여 다결정 실리콘화하고, 여기에 게이트 절연층을 APCVD 방법으로 480 $^{\circ}$ C에서 100 nm 두께로 증착시켰다. 자기 정렬 (self-alignment)에 의하여 소오스, 드레인 및 게이트 영역을 이온 주입 방법으로 30 KeV 에서 5×10^{15} cm^{-2} 농도의 인으로 도우며 600 $^{\circ}$ C 의 질소 분위기에서 24 시간 동안 열처리하여 주입된 이온을 활성화시켰다. 플라즈마 수소화는 다양한 시간에 따라서 플라즈마 반응 챔버에서 300 $^{\circ}$ C, 1 Torr 에서 행해졌다. 이 때 사용된 플라즈마의 전력 밀도는 7×10^{-2} W/cm^2 이다. 전체 효과 이동도와 문턱 전압과 같은 소자 변수들을 수소화 시간에 따라서 측정하였고, 활성 영역 중의 트랩 밀도 (N_t)는 $\ln(I_0/V_g)$ vs. $1/V_g$ 곡선의 직선 부분에서 구하였다.⁽⁵⁾ 그리고 이러한

변수들의 측정에는 HP4145B 반도체 변수 분석 장비로서 행해졌다.

3. 결과 및 분석

수소화 시간에 따른 다결정 실리콘 박막 트랜지스터의 채널의 길이와 넓이에 따른 문턱 전압의 변화가 그림 1 과 그림 2 에서 도시되어 있다. 그림 1 에서는 채널의 넓이를 20 μm 로 고정시키고, 채널의 길이를 2.5-20 μm 까지 변화시키면서 채널의 길이에 따른 수소화 변화를 시간에 따라 각각 비교하였다.

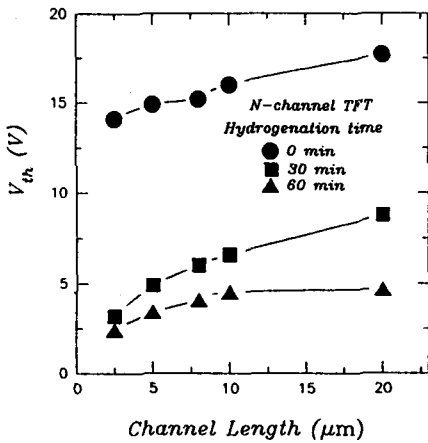


그림 1. 수소화 시간과 채널 길이의 변화에 대한 문턱 전압의 감소

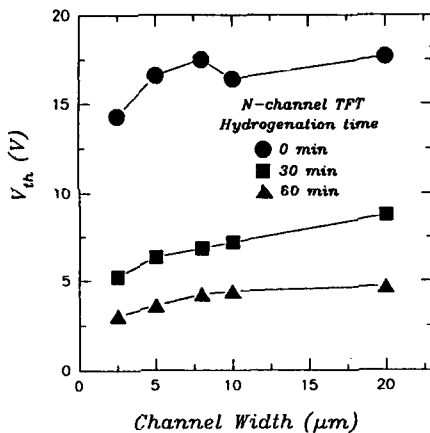


그림 2. 수소화 시간과 채널 폭의 변화에 대한 문턱 전압의 감소

그림 2 에서는 채널의 길이를 20 μm 로 고정시키고 채널의 넓이를 2.5-20 μm 로 변화시켰을 때 수소화 시간의 증가에 따른 문턱 전압의 감소 폭을 채널 넓이에 따라 도시하였다. 이에 따르면, 채널의 길이는 짧을수록 수소화 효과가 크게 나타나지만, 긴 채널일 때는 채널의 길이에 따라 수소화 효과는 일정해짐을 볼 수 있었다. 반면, 채널의 넓이에 따라서는 수소화 효과에 대한 채널 넓이의 변화에 따라 큰 차이를 볼 수 없었다.

다결정 실리콘 활성층 두께의 변화에 따른 수소화 효과를 살펴보면, 그림 3 에서 볼 수 있듯이 50 nm 일 때가 100 nm, 150 nm 일 때보다 훨씬 빠른 특성의 향상을 보임을 알 수 있었다. 이것을 확인하기 위해서 그림 4 에서는 활성층 두께의 변화에 따른 전류 특성 곡선으로부터 트랩 밀도를 구하고, 이를 역시 시간에 따라 비교하였다. 여기서도 마찬가지로 50 nm 일 때 가장 큰 수소화 효과를 보임을 확인할 수 있었다.

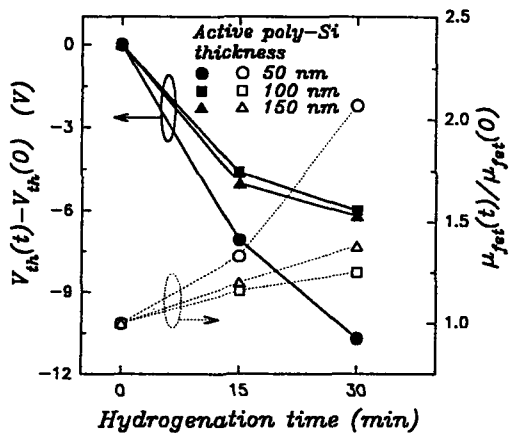


그림 3. 다양한 다결정 실리콘 활성층 두께를 가지는 소자의 수소화 시간에 대한 문턱 전압의 감소 및 전계효과 이동도의 변화

그리고, 게이트 쪽으로의 수소 유입 경로에 대한 분석을 위해 게이트 다결정 실리콘을 100 nm 와 250 nm 의 두 가지로 변화시켰을 때, 이에 따른 수소화 효과를 그림 5 에서 살펴보았다. 여기에 따르면, 게이트 다결정 실리콘의 두께가 100 nm 일 때나 250 nm 일 때 거의 특성 변화 폭에 차이가 나지 않는 것 알 수 있다. 또한, 게이트 두께가 100 nm 와 250 nm 일 경우에 있어서 짧은 채널 길이의 특성 변화는 똑같이 두드러짐을 알 수 있었다. 이처럼, 수소화에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 활성층 영역과 채널 길이라는 사실을 실험으로서 확인할 수 있었다.

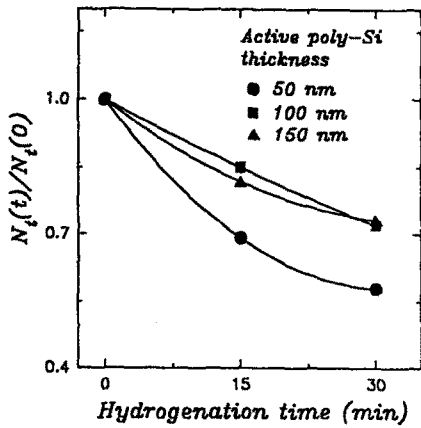


그림 4. 다양한 다결정 실리콘 활성층 두께를 가지는 소자의 수소화 시간에 대한 트랩 밀도의 변화

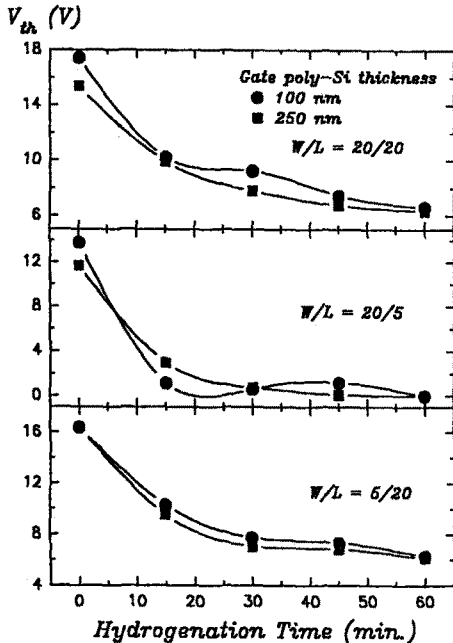


그림 5. 다른 게이트 두께와 채널 치수를 가진 소자의 수소화 시간에 대한 문턱 전압의 변화

4. 결론

위에서 다결정 실리콘 박막 트랜지스터의 다양한 다양한 채널 길이와 넓이 그리고 채널의 두께와 게이트 다결정 실리콘 두께의 변화에 따른 수소화 효과의 정도를 수소화 시간에 따라 살펴보았다. 위의 분석 결과에 따르면, 수소화 효과가 가장 큰 영향을 미치는 박막 트랜지스터의 구조는 활성층 두께와 채널 길이라는 것을 알 수 있었다. 반면에 채널의 넓이

와 게이트 다결정 실리콘의 두께는 수소화에 영향을 미치지 않는 변수임을 확인했다. 즉, 채널 길이가 짧을수록 빠른 수소화 효과에 의해 소자의 특성이 향상되고, 활성층의 두께가 얇을수록 역시 빠른 특성 향상이 예상된다. 따라서, 수소화는 게이트 다결정 실리콘을 통해서라기보다는 주로 활성층의 소오스, 드레인으로 진행된다고 사료된다.

참고문헌

- [1] J.Y.W. Seto, J. Appl. Phys., 42, p.5247 (1975)
- [2] U. Mitra, B. Rossi, and B. Kahn, J. Electrochem. Soc., 138, p.3420 (1991)
- [3] W.B. Jackson, N.M. Johnson, C.C. Tsai, I.W. Wu, A. Chiang, and D. Smith, Appl. Phys. Lett., 61 (14) p.1670 (1992)
- [4] I.W. Wu, T. Huang, A.G. Lewis, W.B. Jackson, and A. Chiang, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.182 p.351 (1990)
- [5] J. Levinson, F.R. Shepherd, P.J. Scanlon, W.D. Westwood, G. Este and M. Rider, J. Appl. Phys., 53, p.1193 (1982)