

NH₃ 및 N₂ 활성화 처리를 통한 Poly-Silicon TFT의 전기적 안정도에 관한 연구

전 재홍[○], 최 홍석, 박 철민, 최 권영, 한 민구

서울대학교 전기공학부

Study on the Electrical Stability of poly-Si TFT through the Passivation Treatment with NH₃ or N₂ Precursors.

J.H. Jun, H.S. Choi, C.M. Park, K.Y. Choi, M.K. Han

School of Electrical Engineering, Seoul National University

ABSTRACT

Hydrogen passivation enhances the electrical characteristics of poly-Si TFT(Thin Film Transistor). However, the weak Si-H bonds, generated during hydrogenation, degrade the stability of the device. So, we carried out the passivation treatment with NH₃ or N₂. We compared the effect of NH₃ or N₂ passivation treatments with that of hydrogenation in terms of stability. Through the NH₃ passivation treatment, we obtained the most improved subthreshold swing of 1.2V/decade from the initial subthreshold swing of 1.56V/decade. When electrical stress was given, the NH₃ passivated devices showed best electrical stability.

1. 실험적 배경

다결정 실리콘 박막 트랜지스터는 비정질 실리콘 박막 트랜지스터보다 전계효과 이동도가 훨씬 우수하기 때문에 화소 구동용 뿐만 아니라 주변 구동회로의 구현에도 이용할 수 있어서 동일한 유리기판 위에 구동회로와 주변회로를 일체형으로 제작이 가능해 지는 장점을 가져다 준다. 하지만 다결정 실리콘은 그레인 경계면과 그레인 내에 존재하는 트랩으로 인하여 소자가 Turn-Off 시에도 상당한 양의 누설전류가 흐르게 되는 단점이 있으며 따라서 이러한 트랩들의 감소에 관한 많은 연구가 있었다. 지금까지는 수소로써 밴드갭 내의 트랩상태밀도를 제거하는 것이 가장 효과적이라고 알려져 있다.[1] 실제로 수소를 거친 소자는 문턱전압, 문턱이전 기술기, 구동 전류, 누설 전류 등과 같은 소자의 전기적 특성이 현저히 향상된다. 하지만 수소를 통해 생성된 수소와

실리콘의 비교적 약한 결합은 소자가 강한 전장 환경하에서 동작할 경우 쉽게 깨지는 단점이 있다.[2] 특히, 최근 연구 결과에 의하면 소자의 드레인 공핍 영역에서 가속된 hot-carrier 들이 약한 실리콘과 수소 결합을 깨뜨림으로써 소자의 열화가 일어난다고 보고 되고 있다.[3] 이러한 현상은 소자를 장시간 구동시킬 경우 신뢰성과 안정성에 문제를 야기한다.

따라서, 소자특성과 신뢰도 향상을 위해 수소화 뿐만 아니라 다른 원소를 이용한 활성화 처리를 수행하고 이에 따른 소자의 특성과 신뢰도의 향상에 관한 고찰이 필요하다. 질소(N, nitrogen), 또는 불소(F, fluorine) 원자와 실리콘과의 결합력이 강하다는 사실은 이들 원소를 이용한 활성화 처리를 통해 전기적 신뢰도를 개선시킬 수 있음을 의미한다.[4] 본 연구에서는 암모니아와 질소 활성화 처리가 소자의 특성 개선에 미치는 영향을 분석하고 수소화 처리를 한 소자와 비교하였다. 그리고, Stress 실험을 수행하여 소자의 신뢰도 향상 측면에서 암모니아와 질소 활성화 처리의 효과를 관찰하였다.

2. 실험 방법 및 결과

본 연구에서 사용된 다결정 실리콘 박막 트랜지스터의 제작 공정을 설명하면 다음과 같다. 우선 5000Å 산화막이 형성된 실리콘 웨이퍼 위에 1200Å의 박막 트랜지스터의 활성층으로 비정질 실리콘 박막을 470°C에서 LPCVD(Low Pressure Chemical Vapor Deposition)로 Si₂H₆가스를 사용하여 증착한 다음

590°C 온도의 N₂ 분위기에서 고상 결정화 방법으로 24시간 동안 다결정 실리콘으로 결정화하였다.

게이트 산화막으로 TEOS Oxide를 590°C에서 1000Å 두께로 증착하였고 게이트 전극용으로 3000Å의 다결정 실리콘 박막을 증착하였다. n⁺ 소오스와 드레인 형성을 위해 5 × 10¹⁵/cm²의 농도, 110KeV의 에너지로 인(Phosphorous, P) 이온을 소오스, 드레인, 게이트 영역에 이온 주입시켰으며, 그 위에 TEOS Oxide를 720°C에서 4000Å 두께로 증착하였다. 그 후 주입된 이온을 활성화시키기 위하여 600°C, 질소 분위기에서 24시간 열처리하였다. 소오스, 드레인, 게이트 전극을 정의한 후 알루미늄을 증착하고 에칭하여 전극을 형성하였다.

제작된 소자의 모든 활성기 처리는 R.F. PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 장비를 사용하였으며 R.F. power는 50W, 기판 온도와 압력은 각각 300°C와 700mTorr로 고정하였다. 수소화는 수소(H₂) 가스를 100sccm의 유량으로 유입하였으며 암모니아와 질소 플라즈마 처리에서는 암모니아(NH₃)와 질소(N₂) 가스를 각각 20sccm의 유량으로 유입하였다. 모든 활성기 처리는 1시간 동안 수행하였다.

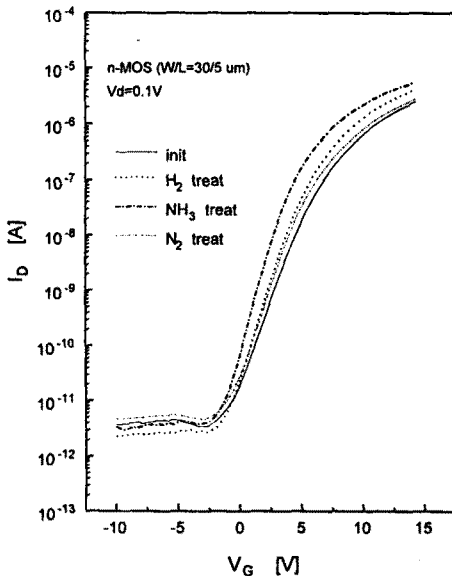


그림 1. H₂, NH₃, N₂ 활성기 처리를 통한 소자의 특성전달 곡선의 변화

그림 1은 H₂, NH₃, N₂ 활성기 처리를 거친 후 소자의 전달 특성의 변화를 나타낸 그림이다. 활성기 처리를 거친 소자들의 문턱이전 기울기, 문턱전압, 그리고, 구동 전류와 같은 전기적 특성이 많이 향상된 것을 볼 수 있다. 그림 1에서 암모니아 활성기 처리를 거친 소자의 특성이 가장 우수하며 질소 활성기 처리를 한 소자는 수소화를 한 소자보다는 특성이 좋지 않았다.

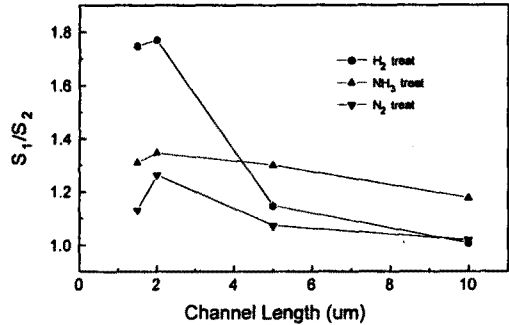


그림 2. H₂, NH₃, N₂ 활성기 처리 전, 후의 문턱이전 기울기의 비

그림 2는 수소, 암모니아, 그리고 질소 활성기 처리 후 문턱이전 기울기(S₂)에 대한 활성기 처리 전 문턱이전 기울기(S₁)의 채널 길이에 따른 비례값이다. 그림에서 수소와 암모니아 활성기 처리를 한 소자의 특성이 현저하게 향상된 것을 볼 수 있다. 수소화의 경우 채널 길이 2um에서 변화폭의 최대치가 나타나고 채널의 길이가 길어질수록 변화의 폭이 감소한다. 한편, 암모니아 활성기 처리의 경우에는 2um 이하의 짧은 채널 영역에서는 수소화한 소자만큼의 특성 향상이 일어나지 않았으나 채널 길이에 대해 고른 특성 향상이 있었다. 이러한 현상은 수소화의 경우에는 채널의 길이에 대한 H⁺기의 확산범위가 제한되어 있는 반면, 암모니아 활성기 처리의 경우에는 암모니아 플라즈마 내에 H⁺기와 함께 NH₂⁺ 또는, NH₂[•] 등 다양한 라디칼(radical)이 존재하기 때문에 이러한 라디칼들의 복합적인 활성기 처리 효과가 있었기 때문이라 사료된다. 한편, 질소 활성기 처리를 한 소자는 채널 길이에 대해 전체적으로 변화의 폭이 작는데 이것은 질소의 확산계수가 낮기 때문에 활성기 처리 효과가 작기 때문이라 생각된다.

NH₃, N₂ 활성화 처리를 통한 신뢰도 특성을 수소화 와 비교하여 살펴보기 위해 스트레스 실험을 수행하였다. 스트레스 실험조건은 채널길이 5 μ m 소자에 대해 게이트 와 드레인에 각각 25V의 전압을 인가하였다. 그림 3은 스트레스 전 문턱이전 기울기(S1)에 대한 스트레스 시간 에 따라 열화된 문턱이전 기울기(S2)의 비레값이다.

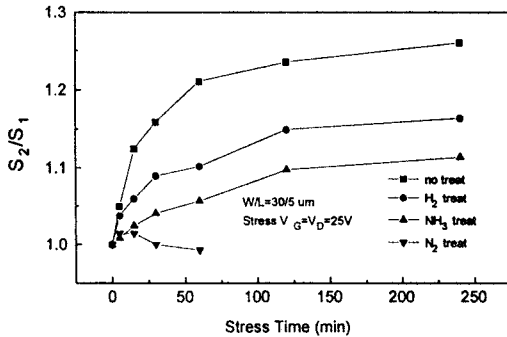


그림 3. 채널 길이 5 μ m 소자에 대한 스트레스 시간에 따 른 문턱이전 기울기의 열화 현상

어떤 활성화 처리도 하지 않은 소자보다 활성화 처 리를 거친 소자들의 신뢰도가 향상된 것을 볼 수 있으며 수소화를 거친 소자보다 암모니아 활성화 처리를 거친 소자의 신뢰도가 우수함을 볼 수 있다. 반면 질소 활성 기 처리를 한 소자는 스트레스 도중 게이트 산화막이 파 괴되는 현상이 일어났는데 질소 활성화 처리 도중에 게 이트 산화막이 열화된 것으로 보인다.

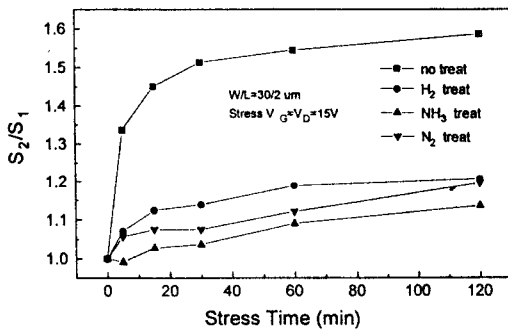


그림 4. 채널 길이 2 μ m 소자에 대한 스트레스 시간에 따 른 문턱이전 기울기의 열화 현상

그림 4는 채널길이 2 μ m 소자에 대한 스트레스 실험 결과이다. 스트레스 조건은 게이트와 드레인에 각각 15V 의 전압을 인가하였다. 그림 3의 채널길이 5 μ m 소자와 비교할 때, 변화의 경향은 비슷하나 질소 활성화 처리를 한 소자의 경우 5 μ m 소자에 있었던 산화막 파괴 현상은 일어나지 않았다. 이것은 스트레스 조건이 5 μ m 소자의 경우는 게이트 전압이 25V 인데 비해 채널길이 2 μ m 소자 의 경우는 15V 로서 똑같은 1000 A 두께의 게이트 산화 막에 걸리는 전장의 세기가 각기 다르기 때문인 것으로 보인다. 채널길이 2 μ m 소자에 대해서도 암모니아 활성 기 처리를 거친 소자의 신뢰도가 가장 우수한 것을 볼 수 있었다.

3. 결론

암모니아와 질소 활성화 처리를 하고 소자의 특성 향상을 수소화를 한 소자와 비교하였다. 채널 길이 5 μ m 인 소자의 활성화 처리 전의 문턱이전 기울기가 1.56V/decade 에서 수소화 처리 후 1.36V/decade 로 향상 이 된 반면에 암모니아 활성화 처리를 한 후에는 1.2 V/decade 로서 수소화 처리를 한 소자보다 특성이 우수 하였다. 또한, 스트레스 실험 결과 암모니아 활성기 처리 를 한 소자의 열화도가 가장 낮았으며 이로부터 암모니 아 활성기 처리가 소자의 신뢰도 측면에서도 우수함을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] T. I. Kamins and P. J. Marcus, "Hydrogenation of transistors fabricated in polycrystalline-silicon films," *IEEE Electron Device Lett.*, vol.1, no. 1, p. 121, 1980
- [2] S. Maeda, S. Maegawa, T. Ipposhi, H. Nishimura, T. Ichiki, J. Mitsuhashi, M. Ashida, T. Muragishi, and T. Nishimura, "Negative bias temperature instability in poly-Si TFT's," in *Proc. Symp. VLSI Technology*, p. 29, 1993
- [3] S. Banerjee, R. Sundaresan, H. Shichijo, and S. Malhi, "Hot-carrier degradation of n-channel polysilicon MOSFET's," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 35, p. 152, 1988
- [4] T. P. Ma, "Effects of fluorine on MOS properties," *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, vol. 262, p. 741, 1992