

인공신경회로망 설계를 위한 실리콘 산화막 특성

장 창 수

유한대학 전자정보과

E-mail : cskang@yuhan.ac.kr

The Characteristics of Silicon Oxides for Artificial Neural Network Design

C. S. Kang

Dept. of Electronic and Information Engineering

Yuhan College

Abstract

The stress induced leakage currents will affect data retention in synapse transistors and the stress current, transient current is used to estimate to fundamental limitations on oxide thicknesses. The synapse transistor made by thin silicon oxides has represented the neural states and the manipulation which gives unipolar weights. The weight value of synapse transistor was caused by the bias conditions. Excitatory state and inhibitory state according to weighted values affected the channel current. The stress induced leakage currents affected excitatory state and inhibitory state.

I. 서론

시냅스는 ANN(artificial neural network)의 기본요소로서 VLSI ANN에서 최소영역을 차지하여야 한다.¹ 응용범위 확대를 위한 고속, 고집적 신경회로망의 회로설계와 소자개발 등이 가속화되고 있으며 고집적 시냅스 설계는 바이어싱, 가중치 그리고 잡음 등의 기능 개선에 연구가 집중되고 있다.

유연성, 정확성 그리고 잡음 면역성 등이 우수한 뉴런의 여기와 금지상태는 시냅스당 한 개의 금속산화물 반도체 전계효과트랜지스터로 인공 신경회로망을 구현

하였다. 신경회로망의 시냅스는 한 개의 금속산화물 반도체 전계효과트랜지스터로 전달콘덕턴스 승적기를 갖는 시냅스가 보고되었다. 자기인지 회로망의 최적방법은 동적 가중치 저장구조에서 저장 캐패시터를 어드레싱하는 시냅스 트랜지스터 또는 부유게이트가 요구되기도 한다. 나노기술에 의한 초고집적 반도체 신경회로망 시냅스 트랜지스터의 최소 영역은 미세패턴을 형성시키는 리소그래피 기술과 셀의 설계 기술에 의존한다. 이러한 시냅스 트랜지스터는 단위면적당 전하용량, 누설전류 그리고 전류 구동능력 등이 향상된 트랜지스터를 개발하는데 있다. 이를 위해 얇은 시냅스 트랜지스터를 제작하여 스트레스전류, 전이전류, 스트레스 유기 누설전류 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 자기인지 신경회로망에 사용되는 소자의 얇은 산화막을 갖는 선형 시냅스 트랜지스터를 제작하고 산화막 특성에 의한 스트레스전류, 전이전류, 스트레스 유기 누설전류에 의한 채널전류의 전류 구동능력을 측정하여 응용 가능성을 조사하였다.

II. 본론

시냅스 트랜지스터의 채널 폭과 길이가 $10 \times 1 \mu\text{m}$ 이고 산화막 두께가 각각 41Å, 86Å인 시냅스 트랜지스터의 산화막 전압에 대한 산화막 전류밀도에서 산화막 터널링 온전류 전압은 41Å, 86Å에서 각각 4V, 7.2V이다.

시냅스 트랜지스터의 산화막 두께가 41Å인 트랜지스터에서 스트레스 펄스 온 오프 주기 각각 100초, 스트레스 바이어스 펄스전압을 1V, 2V, 3V, 4V, 5V 그리고 6V로 인가하면서 측정한 산화막전류는 그림 1과 같다.

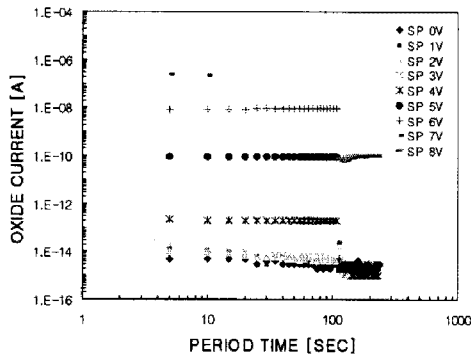


Fig. 1 The stress pulse on off period vs. oxide current in the synapse transistor with the oxide thickness 41 Å

스트레스 펄스전압을 1V, 2V 그리고 3V로 인가하면서 측정된 전류는 시간에 따라 감소하고, 스트레스 펄스전압을 4V, 5V 그리고 6V로 인가하면서 측정된 전류는 시간에 따라 일정하게 유지함을 알 수 있다. 스트레스 펄스전압 8V를 인가하여 산화막 파괴에 의한 전류량은 스트레스 펄스전압 7V에 의한 전류량치와 비교하여 변화가 작음을 알 수 있다.

스트레스 펄스전압을 각각 인가한 후, 전이전류는 스트레스전류와 반대방향 전류이다. 이때 1V, 2V 그리고 3V는 산화막 누설전류 스트레스 펄스전압에 의한 전이전류이고 4V, 5V 그리고 6V는 산화막 터널링전류 스트레스 펄스전압에 의한 전이전류이다.

저스트레스 펄스전압에 의한 전이전류는 산화막 터널링 스트레스 펄스전압에 의한 전이전류보다 과도전이가 안정되어 있음을 보여준다. 스트레스 펄스전압을 증가시킬수록 전이전류 차가 증가함을 알 수 있었다.

산화막 86 Å인 시냅스 트랜지스터에서 스트레스 펄스전압은 주기 100초, 오프주기 100초인 스트레스 펄스전압을 7V, 8V, 9V, 10V, 11V, 12V 그리고 13V로 인가하면서 측정된 산화막전류는 그림 2와 같다.

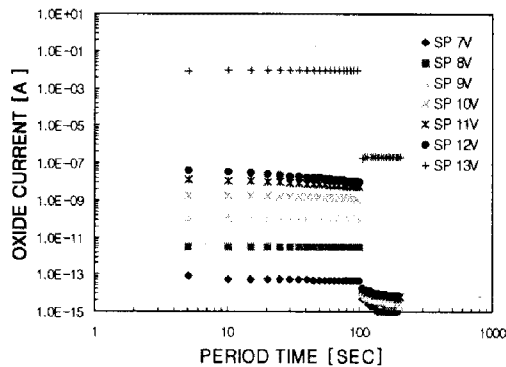


Fig. 2 The stress pulse on off period vs. oxide current in the synapse transistor with the oxide thickness 86 Å

스트레스 펄스전압을 7V에서 12V까지 인가하면서 측정된 산화막전류는 시간에 따라 일정하게 유지함을 알 수 있다. 스트레스 펄스전압을 증가시킬수록 전이전류의 차

가 증가함을 알 수 있었다. 스트레스 펄스전압을 13V를 인가했을 때는 절연막 파괴가 발생하였다.

스트레스 펄스전압에 의한 산화막전류는 산화막 두께가 감소함에 따라 증가함을 보여주고 있다. 이것은 시냅스 트랜지스터를 제작하는 산화막의 한계를 예상할 수 있다. 그리고 스트레스 펄스전압을 인가한 후, 산화막 전하용량에 의한 전이전류는 시간에 역비례함을 알 수 있다. 이와 같이 스트레스전압에 의한 전이전류는 가중치에 영향을 주고 있다. 데이터 유지능력에 대한 스트레스 유기 누설 전류의 전이전류는 회로설계와 구동에 고려되어야 한다.

III. 결론

신경회로망 최적 구현을 위한 시냅스 트랜지스터의 산화막 두께는 각각 41 Å, 86 Å인 얇은 산화막으로 제작하고 산화막 전류밀도, 스트레스전류, 전이전류 그리고 바이어스에 의한 채널전류를 측정하여 응용 가능성을 조사하였다.

참고문헌

- [1] D.E. Johnson, et al., "Neural network implementation using a single MOST per synapse," IEEE Trans. on Neural Network, Vol. 6, No. 4, pp. 1008~1011, 1995
- [2] P. Riess, G. Ghibaudo, G. Pananakakis, J. Brini, "Measurement and Modeling of the Annealing Kinetics of Stress Induced Leakage Current in Ultra Thin Oxides," Microelectronics Reliability 39, pp. 203~207, 1999
- [3] Eric M. Vogel, W. Kirklen Henson, Curt A. Richter, John S. Suehle, "Limitations of Conductance to the Measurement of the Interface State Density of MOS Capacitors with Tunneling Gate Dielectrics," IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 47, No. 3, pp. 601~608, 2000