

비휘발성 메모리 소자 응용을 위한 Si-rich 박막을 사용한 Nano-crystal 형성

장경수, 정성욱, 김현민, 황형선, 최석호¹, 이준신
성균관대학교, ¹경희대학교

(Formation of Nano-crystal using Si-rich thin film for Non Volatile Memory Device Application)

Kyung-Soo Jang, Sung-Wook Jung, Hyunmin Kim, Hyung-Sun Hwang, Seok-Ho Choi¹, Jun-Sin Yi
SungKyunKwan Univ. ¹KyungHee Univ.

Abstract : In this research, non-volatile memory effects and nano-crystal creation have been investigated in SiNx containing Si nano-crystals (Si-nc) produced by ICP-CVD and rapid thermal annealing. The quantum dots were created during rapid thermal annealing of Si-rich SiNx thin films. The quantum dot creation was analyzed with photoluminescence spectra, and in case of Si-rich SiNx, it is conformed that the quantum dots are formed easily at 750~800nm wavelength.

Key Words : Nano-crystal, Si-rich SiNx, RTA, Photoluminescence

1. 서 론

나노결정 실리콘(nanocrystalline silicon, nc-Si)은 그 크기가 나노 스케일정도의 결정으로 작은 분자와 덩어리(bulk) 결정 사이의 경계라고 할 수 있다. 나노사이즈로 구성된 물질은 덩어리 상태에서는 볼 수 없는 여러 가지 양자현상과 활용 가능성을 가지고 있어 이로 인하여 기초 학문이나 응용 기술 측면에서 많은 연구가 이루어지고 있다.

초기 metal-insulator-semiconductor (MIS) 구조의 절연막의 경우 주로 산화막(Oxide)이 사용되었으나, 그 특성을 향상시키기 위해 여러가지 형태의 절연막(Insulator)이 제작되고 연구되고 있다. 절연막 속에 나노결정을 형성한 구조, 실리콘/실리콘 산화막 다층 구조, 실리콘 양자점을 형성한 구조 등이 그러한 예이다.

이번 연구에서 뛰어난 메모리 효과와 상온에서 고집적회로를 낮은 전압에서의 구동, 긴 보유시간, 빠른 스위칭 속도를 가지고 있기 때문에 양극성 접합 트랜지스터를 훨씬 앞질러서 가장 중요한 메모리 전자 소자로 등장하고 있는 나노 결정 실리콘(nc-Si) MIS를 Si-rich를 이용하여 silicon nitride(SiNx)층 안에 구조물을 만들고, 특성을 분석하였다. 본 연구의 핵심인 양자점 형성을 위해 Si-rich SiNx 절연막을 성장시키는 것이고, 이를 통해 형성된 양자점에 대하여 PL을 사용하여 분석하였다. 또한 MIS 구조가 간단하고, 생산 단가가 적게 들므로, 고집적 회로와 대량 생산 분야에서 앞으로도 계속 널리 이용될 것으로 전망된다.

2. 실험

본 연구에서는 SiNx 구조를 제작한 후 다양한 온도와 열처리 시간을 통하여 SiNx층에 실리콘 나노결정을 형성하였다. Si-rich SiNx 박막의 균일도 확보를 위하여

ICP-CVD 시스템을 이용하여 박막 증착을 진행하였으며, 사일렌가스(SiH₄)과 암모니아가스(NH₃)를 다양한 온도에서 성막 테스트하였으며, 300℃ 온도에서 성막한 박막의 박막성분이 수소의 함유량이 가장 적음을 확인하여 이에 고정하였다. Si-rich SiNx 막의 증착 두께는 ICP-CVD 시스템의 증착시간에 따라서 다양하게 가변하였으며, 여러 범위의 두께에서 균일성에 대한 테스트를 진행하였다. Si-rich SiNx는 ellipsometry를 사용하여 굴절율과의 관계를 통하여 구성성분에 대한 개략적 정보를 알 수 있었다. 또한, Si-rich 박막의 성막 후에 급속열처리(RTA)를 사용하여 증착한 박막의 급속 열처리를 실시하였고, 나노 결정에 대한 우선적인 검토를 위하여 광루미네선스(Photoluminescence)를 측정하였다. PL의 경우 파장이 325nm HeCd 레이저를 이용하여 11K의 저온에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1. 에 ICP-CVD를 통하여 증착한 박막의 굴절율에 대한 정보를 나타내었다. 사일렌가스(SiH₄)의 양을 6sccm으로 고정하였고, 암모니아가스(NH₃)의 양을 변화시키며 SiNx 박막을 증착하였다. 이 때, 암모니아가스(NH₃)의 양이 줄어들어 따라 굴절율이 점점 증가함을 확인할 수 있었으며, 이로 인해 암모니아가스(NH₃)의 양이 줄어들수록 더욱 Si-rich SiNx한 상태의 박막이 성막되었음을 알 수 있다. 또한 그림 2. 는 일정 온도에서의 급속 열처리 후 관찰할 수 있는 광루미네선스(Photoluminescence)이다. n1에서 n5로 변함에 따라 굴절율이 점점 증가함을 의미한다. PL spectra를 살펴보면 크게 두 개의 peaks을 볼 수 있다. 500~550nm 부근에서 볼 수 있는 N-rich SiNx 열처리의 peak은 절연막 안에 존재하는 결함에 의해 보여지는 peak이고, 750~800nm 부근에서 볼 수 있는 Si-rich SiNx 열처리의 peak은 nano-crystal이 형성되었다는 것을 나타내는 peak이다.

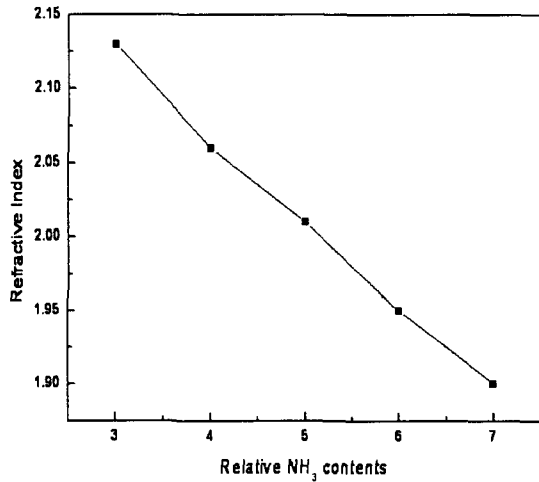


그림 1. SiH₄ 과 NH₃ 비율에 따른 굴절률의 변화.

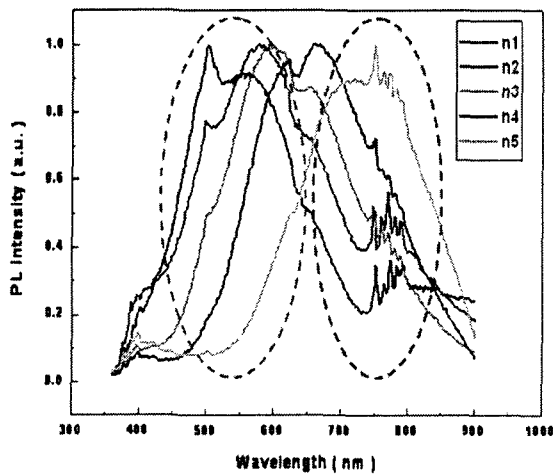


그림 2. 나노 결정 형성에 의한 PL spectra.

4. 결론

본 연구에서는 ICP-CVD를 이용하여 Si-rich Si_xN_y를 만들어 양자점 형성에 대한 실험을 하였다. PL spectra를 분석한 결과, 750~800nm의 파장의 Si-rich Si_xN_y구조에서 양자점이 쉽게 형성되었다고 볼 수 있다.

감사의 글

본 연구는 차세대 비휘발성 메모리 개발 사업단 (과제번호 : 2004-0587-000) 의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] G. Ledoux, J. Gong, and F. Huisken, *Appl. Phys. Lett.* **80**, 4834 (2002)
- [2] D. N. Kouvatso, V. Loannou - Sougleridis, and A. G. Nassiopoulou, *Appl. Phys. Lett.* **82**, 397 (2003)
- [3] S. V. Novokov, J. Sinkkonen, and O. Kilipela, *J. Vac. Sci. Technol. B* **15**, 1471 (1997)
- [4] Nae-man Park, Tae-Soo Kim, and Seong-Ju Park, *Appl. Phys. Lett.* **78**, 2575 (2001)
- [5] Nae-man Park, Chel-jong Choi, Tae-Soo Kim, and Seong-Ju Park, *Appl. Phys. Lett.* **86**, 1355 (2001)
- [6] S. Tiwari, F. Rana, K. Chan, L. Shi, and H. Hanafi, *Appl. Phys. Lett.* **69**, 1232(1996).
- [7] D. Deleruyelle, J. Cluzel, B. De Salvo, D. Fraboulet, D. Mariolle, N. Buffet, and S. Deleonibus, *Solid-State Electron.* **47**, 1641 (2003).
- [8] Y. Shi, K. Saito, H. Ishikuro, and T. Hiramoto, *J. Appl. Phys.* **84**, 2358(1998).
- [9] G. Molas, B. De Salvo, D. Mariolle, G. Ghibaud, A. Toffoli, N. Buffet, and S. Deleonibus, *Solid-State Electron.* **47**, 1645 (2003).
- [10] I. Crupi, D. Corso, S. Lombardo, C. Gerardi, G. Ammendola, G. Nicotra, C. Spinella, E. Rimini, and M. Melanotte, *Mater. Sci. Eng., C* **23**, 33(2003).
- [11] Y. C. King, T.-J. King, and C. Hu, *Tech. Dig. - Int. Electron Devices Meet.* 1998, 115.
- [12] Y. C. King, T.-J. King, and C. Hu, *IEEE Trans. Electron Devices* **48**, 696 (2001)