

# 나노 부유 게이트 메모리 소자 응용을 위한 SiNx의 광 특성 및 전기적 특성에 대한 연구

정성욱, 황성현, 이준신  
성균관대학교

## Photo and Electrical Properties of SiNx for Nano Floating Gate Memory

Sungwook Jung, Sunghyun Hwang, and Junsin Yi  
Sungkyunkwan University

**Abstract :** 차세대 반도체 정보기억장치로서 활발하게 연구되고 있는 나노 부유 게이트 메모리 (Nano Floating Gate Memory) 소자를 위해 필수적인 요소인 나노 크리스탈의 형성을 위하여 다양한 굴절률을 가진 실리콘 질화막(SiNx)을 형성하고 고온 열처리 (rapid thermal annealing) 를 실시하여 나노 크리스탈의 형성과 특성에 대한 연구를 진행하였다. 다양한 굴절률을 가진 실리콘 질화막을 형성한 후 나노 크리스탈의 형성을 위하여 열처리를 수행하였고, photoluminescence (PL) 를 통하여 굴절률이 높은 Si-rich SiNx 박막의 고온 열처리를 수행한 실리콘 질화막으로부터 나노 크리스탈의 형성을 확인할 수 있었다. 또한 열처리한 실리콘 질화막 위에 Si를 증착하여 MIS 구조를 형성한 후 Capacitance-Voltage (C-V) 특성을 측정하였으며, 900℃ 에서 열처리한 박막에서 나노 크리스탈에 의한 메모리 효과를 확인할 수 있었다.

**Key Words :** 나노 크리스탈, 실리콘 질화막, 나노 부유 게이트 메모리, Photoluminescence

### 1. 서 론

현재 비휘발성 메모리 분야에서는 플래시 메모리의 뒤를 이어 소자의 고집적화, 미세화 및 고성능화 등의 요구 조건에 맞는 차세대 반도체 정보기억장치들이 다양하게 시도되고 있으며, 그 종류로는 소자의 분극현상을 이용하는 FRAM, 가장성체의 자화상태에 따른 자기장 터널 접합 (MJT) 박막의 저항 변화를 이용하는 MRAM, 상변화로 인한 저항변화를 이용하는 PRAM, 그리고 나노 크리스탈 (nano-crystal)을 이용하는 NFGM 등이 있다[1].

최근에는 나노 부유 게이트 메모리 소자의 제작을 위하여 나노 크리스탈에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있으며, 한편으로는 덩어리(bulk)서는 볼 수 없는 나노사이즈의 물질에서 나타나는 여러 가지 양자역학적인 현상에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 또한, 기존의 실리콘 산화막 내의 나노 크리스탈의 형성을 위한 연구와 더불어 실리콘 질화막 내의 나노 크리스탈 형성에 대한 연구는 최근의 관심 대상이다.

본 연구에서 나노 크리스탈 형성을 위하여 유도 결합 플라즈마 화학기상증착 (inductively coupled plasma chemical vapor deposition) 반응기 내에서 실리콘 질화막을 형성하였고, 이의 열처리를 통하여 나노 크리스탈의 형성을 이루었고, 이의 특성을 분석하였다.

### 2. 실험

본 연구를 위하여 (100) p-type 실리콘 기판이 사용되었으며, 기판은 공정전에 RCA 방법으로 세정한 후 곧바로

로 ICP-CVD 반응기로 이동시켰다. 균일한 실리콘 질화막 형성을 위하여 ICP-CVD 반응기를 사용하였다. 실리콘 질화막 증착시에 다양한 굴절률을 가진 박막 형성을 위하여 사일렌(SiH<sub>4</sub>) 가스의 유량을 6 sccm으로 고정된 상태에서 암모니아(NH<sub>3</sub>) 가스의 유량을 변경시키면서 수행하였으며, 수행 후 ellipsometer를 사용하여 증착된 실리콘 질화막의 두께와 굴절률을 알아보았다. 이때, 온도와 RF(radio frequency) power도 300℃와 200W로 고정하였으며, 실리콘 질화막의 두께는 600 Å이 되도록 조정하였다. 표 1에 실리콘 질화막 형성을 위한 박막 형성 조건을 나타내었다. 또한 증착된 실리콘 질화막 내에 나노 크리스탈 형성을 위하여 600 ~ 900℃ 온도에서 열처리를 수행하였다. 나노 크리스탈 형성을 조사하기 위하여 효과적인 Photoluminescence (PL) 방법을 사용하였다. PL의 경우 파장이 325nm HeCd 레이저를 이용하여 11K의 저온에서 측정하였다. 또한, 열처리 후의 실리콘 질화막 위에 Si를 증착하여 MIS (Metal-Insulator-Semiconductor) 구조를 제작한 후 메모리 특성을 조사하기 위하여 C-V 를 측정하였다.

표 1. ICP-CVD 반응기내에서 SiNx 박막 형성 조건.

No.	SiH <sub>4</sub> (sccm)	NH <sub>3</sub> (sccm)	Power(W)	Temperature(℃)
1	6	7	200	300
2	6	6	200	300
3	6	5	200	300
4	6	4	200	300
5	6	3	200	300
6	6	2	200	300

### 3. 결과 및 고찰

ICP-CVD 반응기 내에서 실리콘 질화막을 증착한 후에 ellipsometer를 통하여 실리콘 질화막의 증착율과 굴절률을 조사하였고, 그림 1에 나타내었다. 굴절률은 사일렌 가스의 유량이 커짐에 따라 높아지다가 점차적으로 포화되는 경향을 나타내었다.

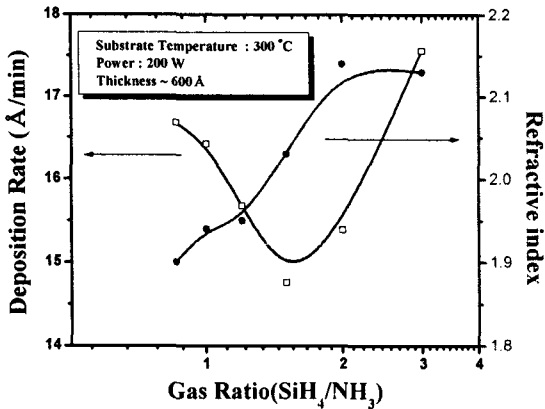


그림 1. 증착된 실리콘 질화막의 SiH<sub>4</sub>와 NH<sub>3</sub>의 유량에 따른 증착율과 굴절률

또한 증착된 실리콘 질화막의 급속 열처리를 수행하였고, 이를 통하여 나노 크리스탈의 형성을 확인하여 PL을 측정하여 그림 2와 같은 결과를 확인하였다. 결과에서 보듯이 굴절률이 높은 Si-rich SiN<sub>x</sub> 박막의 경우에 red-shift 하는 경향을 나타내며, 이것은 나노 크리스탈이 형성되었음을 보여준다.

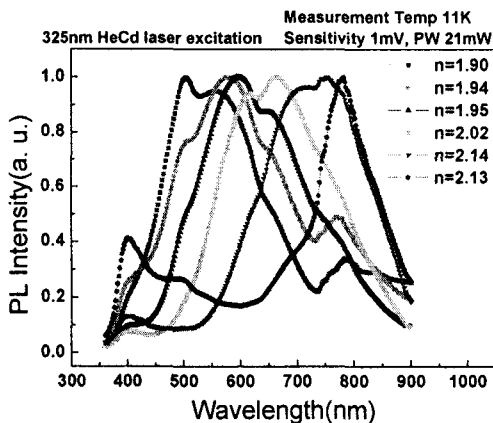


그림 2. 증착된 실리콘 질화막의 900 °C에서의 급속 열처리 후의 PL

형성된 실리콘 질화막의 메모리 특성 여부를 확인하기 위하여 Al을 증착하여 Al-SiN<sub>x</sub>-Si의 MIS 구조를 형성한

후에 C-V 특성을 조사하였다. 그림 3에 나타낸 C-V 특성은 사일렌 가스의 유량이 6 sccm 이고, 암모니아 가스의 유량이 4 sccm 을 사용하여 제작한 실리콘 질화막을 사용한 MIS의 결과이다. 열처리 후에 모든 C-V curve는 양의 전압으로 이동하였고, 윈도우 사이즈 역시도 증가함을 확인할 수 있다. 900 °C에서 급속 열처리하여 나노 크리스탈이 형성된 실리콘 질화막을 사용한 MIS의 경우에 10V 이상의 큰 윈도우 사이즈가 나타나며, 이를 통하여 형성된 나노 크리스탈에 의한 효과적인 전하 저장과 소거 기능이 수행됨을 확인할 수 있다.

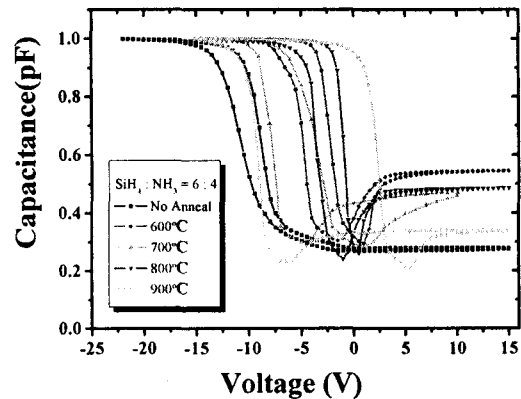


그림 3. SiH<sub>4</sub>와 NH<sub>3</sub>의 6:4sccm에서 증착된 실리콘 질화막으로 제작한 MIS의 C-V 특성

### 4. 결론

본 연구에서는 나노 부유 게이트 메모리 소자에 활용하기 위하여 나노 크리스탈 형성을 보고하였다. 실리콘 질화막 내에 나노 크리스탈 형성을 위하여 ICP-CVD를 사용하여 다양한 굴절률의 실리콘 질화막을 형성하였고, 고온 열처리를 통하여 실리콘 질화막 내에 나노 크리스탈을 형성하였으며, PL을 통하여 이를 확인하였다. 또한 나노 크리스탈이 형성된 실리콘 질화막의 메모리 저장과 소거의 특성을 확인하기 위하여 MIS 소자를 제작한 후에 C-V 특성을 측정하였으며, C-V 상에서 윈도우 사이즈의 증가를 확인할 수 있었다.

### 감사의 글

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

### 참고 문헌

- [1] R. Bez and A. Pirovano, "Non-volatile memory technologies: emerging concepts and new materials", Materials Science in Semiconductor Processing, Vol. 7, p. 349, 2004.