

Ge-이온주입된 SiO₂박막 발광소자 Luminescence devices from Ge-implanted SiO₂ layers

이원석², 최창순¹, 최우영¹, 임성일², 황정남²
¹연세대학교 전자공학과, ²연세대학교 물리학과

Abstract

We observed violet photoluminescence(PL) from Ge-implanted SiO₂ layers. From current-voltage characteristics, the defect-related samples exhibit large leakage currents with electroluminescence(EL) only at reverse bias while nanocrystal-related samples show the leakage at both reverse and forward biases. The carrier transport and EL mechanisms are explained from PL and I-V results.

I. Introduction

광전자 집적회로(OEIC)에 대한 관심이 커지면서 기존의 공정과 호환이 용이한 발광 실리콘 소자에 대한 연구가 많은 관심의 대상이 되고 있다. 현재까지는 응용 물리학 분야에서 주로 SiO₂박막에서의 나노결정 및 결합을 이용한 Photoluminescence(PL)에 대한 연구가 진행되었다[1-5]. 하지만 기존의 MOS회로와 발광 실리콘 소자의 집적화를 위해서는 Electro-luminescence (EL)에 대한 연구가 절실히 필요하다. 본 논문에서는 SiO₂박막에 Ge-이온주입을 이용한 발광 소자의 PL 및 EL의 특성과 그것의 mechanism에 대하여 논의한다.

II. Experiment

그림 1은 본 실험에서 사용된 실리콘 발광소자를 개략적으로 나타낸 것이다. (100) N-type Si-Wafer에 열산화법으로 120nm두께의 SiO₂를 성장시킨 후 상온에서 Ge-이온을 Dose의 양을 변화시켜(5×10¹⁵, 1×10¹⁶, 5×10¹⁶, 1×10¹⁷cm⁻²), 100keV로 이온주입 한다. 결합 안정화를 위한 시편들은 N₂환경에서 500℃, 2시간 annealing하였고, 나노결정 구조를 형성하기 위한 시편들은 1100℃, 4시간 annealing하였다. 351nm의 파장을 갖는 UV laser를 사용하여 Grating Spectrometer과 Photo-Multiplier Tube(PMT) detector로 PL 스펙트럼을 측정하였다. 전류-전압 관계를 구하기 위해 Au를 20nm의 두께로 증착하여 Front contact을 만들고 기판에는 Indium을 가한 Backside contact를 형성시켜 I-V Curve를 측정하였다.

III. Discussion and Its Mechanism

그림 2는 각각 다른 dose로 이온주입 하였을 때의 PL 스펙트럼이다. Dose의 양이 증가함에 따라 발광 세기도 증가함을 관찰할 수 있다. 하지만 1×10¹⁶/cm⁻²이상의 dose로 이온주입 하였을 때는 오히려 발광 세기가 감소함을 볼 수 있다. PL의 원인에 대해서는 많은 이론이 있지만, Rebohle et al [4] 에 따르면 Germanium Oxygen Deficient Centers(GODCs)에 의해 ground singlet state에서 triplet state의 radiative transition이 발광 원인이라고 설명하고 있다. GODCs가 annealing process를 통한 결합 안정화로 형성되는 것이므로 Dose의 양이 annealing process의 한계를 뛰어넘게 되면 오히려 발광 세기가 감소함을 알 수 있다.

그림 3은 Au/SiO₂/n-Si MIS 소자의 I-V Curve이다. 순방향 전압을 가하면 전류가 흐르지 않지만 역방향 전압을 가하면 전류가 흐르면서 -20mA정도에 EL을 관측할 수 있었다. EL의 원인으로 PL과 비슷하게 GODCs가 원인으로 생각되며 그것의 mechanism은 Impact Ionization과 Electron-Hole recombination 으로 생각된다. 그림 4는 그것의 mechanism의 개략적 설명이다.

나노결정의 I-V Curve를 보면 순방향 및 역방향 전압에서도 전류가 흐름을 관측할 수 있다. 그림 5에서 나노결정에서의 발광 mechanism을 개략적으로 설명하였다. 하지만 실험에서는 역방향 전압을 가하여도 EL을 관측할 수 없었는데, Ge-SiO₂ interface에서의 많은 Dangling Bonds가 그 원인으로 보인다.

IV. Conclusion

본 연구에서는 Ge-이온주입된 SiO₂에서의 PL 및 EL을 관측하고 그것의 원인을 분석하였다. 높은 발광효과를 얻기 위해서는 Dose의 양과 Annealing condition의 최적화가 필요하다. 역방향 전압을 가할 시 결함 발광소자에서는 EL을 관측할 수 있었지만, 나노결정 발광소자에서는 Ge-SiO₂ 사이의 불안정한 계면상태로 인해 EL을 관측할 수 없었다.

V. Reference

- [1] T. Toyama, *et al.*, Appl. Phys. Lett., vol. 69, 1996, pp.1261-1263.
- [2] H. B. Kim, *et al.*, J. Lumin., vol. 80, 1999, pp.281-284.
- [3] T. Yoshida, *et al.*, J. Appl. Phys., vol. 83, 1998, pp. 5427-5432.
- [4] L. Rebohle, *et al.*, Appl. Phys. Lett., vol. 80, 1999, pp.285-289.

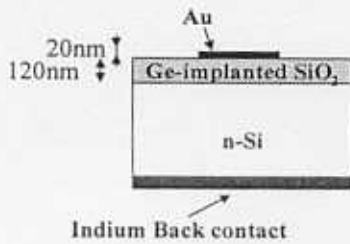


그림 1. 실험에 사용된 MIS 구조

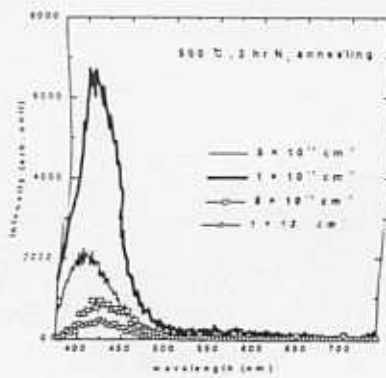


그림 2. 결함 발광소자의 PL Spectra

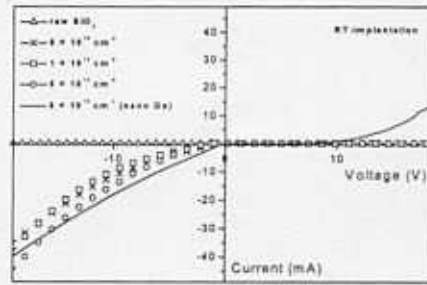


그림 3. MIS 구조의 전류-전압 관계

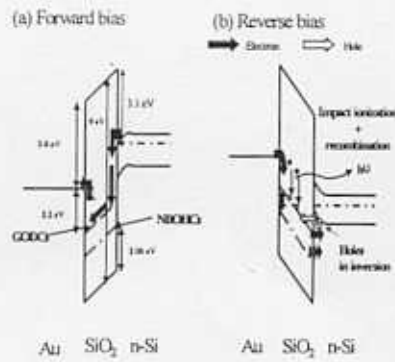


그림 4. 결함구조에서의 EL mechanism

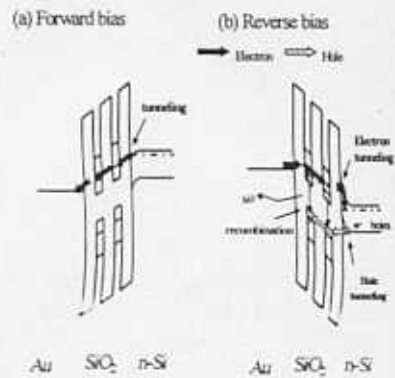


그림 5. 나노결정구조에서의 EL mechanism