

Electrical and optical properties of sputtered nickel oxide films

정국채, 정태정, 김영국, 최철진
한국기계연구원 부설 재료연구소

Abstract : As a p-type semiconductor NiO is potential material which can be used in many application including QD-LED. NiO films were deposited on glass substrates using rf-sputtering method. The properties of resistivity, surface roughness, etc in the NiO films were investigated at different sputtering parameters. The resistivity of $1.88 \times 10^{-2} \sim 3.71 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ with sputtering power(80~200 watts) and change was very low. The sputtering pressure at 3~60 mTorr resulted in rather broad change of resistivity of $0.58 \times 10^{-2} \sim 4.67 \Omega\text{cm}$. The oxygen content in sputtering gas was found to be very effective to control the resistivity from 2.01×10^{-2} to $1.22 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ with 100~2.5% O₂ in Ar gas. In addition, the surface roughness showed the RMS values of 0.6~1.1 nm and the dependence on sputtering parameters was weak.

Key Words : NiO, resistivity, roughness, rf-sputtering, QD-LED

1. 서 론

LED 층을 구성하는 정공(전자) 수송층에 유기물질을 사용하는 경우 열적 전기화학적 특성 저하가 일어나며 대기 중 산소나 수분에 민감하게 반응한다. 또한 자체 발열에 의한 광산화에 의한 위험도 안고 있어 복잡한 패키징 공정이 반드시 수반되고 있다. 한편 무기물인 NiO는 p-type의 반도체로서 다양한 분야에 응용되고 있으며 공정조건에 따라 전기적 특성 및 광학적 특성 제어가 가능하다는 장점을 가지고 있다 [1]. 본 연구에서는 스퍼터링 공정변수에 따른 NiO 박막의 비저항 특성 및 표면 조도 등에 대하여 살펴보았다.

2. 실험

NiO 박막을 rf-sputtering방법을 사용하여 증착하였다. 사용된 유리기판은 10 mm x10 mm 크기로 초음파 세척 및 건조 후 시료홀더에 고정시켰다. Turbo molecular pump 및 mechanical pump를 사용하여 base pressure를 $<10^{-6}$ Torr까지 배기하였으며 증착가스인 Ar 및 O₂를 MFC를 통하여 조절하여 주입하였다. 스퍼터링 파워는 80~200 watts까지 변화시켰으며, 증착압력은 3~60mTorr까지 가스량 및 밸브를 조절하여 맞추었다. 또한 스퍼터링 가스 중 산소함량을 2.5~100%까지 변화시켰다. 증착은 상온에서 실시하였으며 유리기판과 NiO 타겟은 서로 마주보게 하였다. NiO 박막의 특성은 4단자법 및 AFM 측정을 통하여 실시하였다.

3. 결과 및 검토

스퍼터링 파워 변화에 대하여 두께는 80 watts에서는 16 nm에서 200 watts에서는 44.6 nm로 증가하였다. 하지만 비저항은 3.71×10^{-2} 에서 $1.88 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ 로 파워가 커짐에 따라 약간 줄어드는 정도의 경향을 보여주었다.

스퍼터링 압력 변화 실험의 경우 3 mTorr에서는 50.8 nm에서 60 mTorr에서는 13.5nm로 두께가 감소하였으며, 비저항은 0.58×10^{-2} 에서 $4.67 \Omega\text{cm}$ 로 증가하는 경향을 보여주었다. 비저항의 변화폭이 스퍼터링 파워에 비해 약 100배 정도 큼을 알 수 있다. 비저항의 변화는 증착가스 중 산소함량에 대하여 큰 변화를 보여주었다. 산소함량이 2.5에서 100%로 증가함에 따라 2.01×10^{-2} 에서 $1.22 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ 로 비저

항값이 증가하였으며 약 1배의 변화를 보여주었다. 한편 스퍼터링 변수 변화에 따른 표면 조도는 큰 변화가 없었으며 기판보다는 조금 높은 약 0.6~1.1 nm로 관찰되었다.

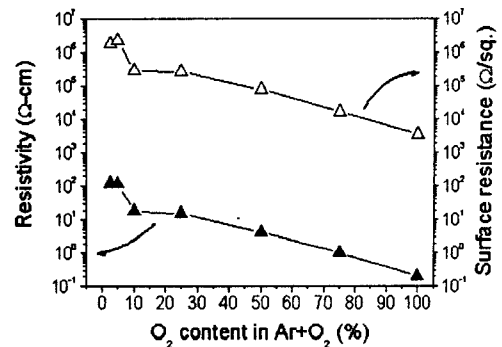


그림 1. 증착가스중 산소함량에 따른 비저항/면저항 변화

4. 결론

본 연구에서는 QD-LED응용을 위한 정공수송층으로서 NiO 박막을 증착하고 증착조건에 따른 NiO의 전기적 특성 변화를 관찰하였다. 발광층인 양자점으로 정공을 효율적으로 전달하기 위해서는 정공수송에 관련된 전기적 특성이 변화 가능하여야 한다. 공정 변수인 스퍼터링 파워나 증착압력보다는 증착가스중의 산소함량의 변화에 NiO 박막의 전기적 특성(비저항 및 면저항) 변화가 커다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국기계연구원 부설 재료연구소 기본사업의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] H. Sato, T. Minami, S. Takata, T. Yamada, *Thin Solid Films*, 236, 27 (1993)