

플라즈마 화학증착법으로 제작한 미세결정질 실리콘 박막 특성에 관한 연구

이종하, 이병욱, 이호년, 김창교
순천향대학교

A study on Characteristics of Microcrystalline Silicon Films Fabricated by PECVD Method

Jong-Ha Lee, Byoung-Wook Lee, Ho Nyeon Lee, keun-woo Lee, Chang-Kyo Kim
Soonchunhyang University

Abstract : Microcrystalline (μc) silicon thin films were prepared on glass by plasma-enhanced-chemical-vapor-deposition (PECVD) at various substrate temperature, and dilution ratio of H_2 with SiH_4 . The structural and optical properties of the μc -Si thin films were investigated using XRD and UV-VIS spectrophotometer. The μc -Si thin film with 42 nm grain size was grown at optimal condition of 2.5 Torr, spacing between electrodes of 3cm, deposition time of 3000s, RF power of 200W, substrate temperature of 350 °C, SiH_4 (20% SiH_4 +80%He) of 50sccm, and H_2 of 100sccm.

Key Words : microcrystalline-silicon thin-film, PECVD, Solar cell, TFT

1. 서 론

Sterling과 Swann은 SiH_4 가스를 사용하여 글로우 방전(glow discharge)을 사용하여 비저항이 큰 실리콘 박막을 제작하였으며[1] Chittick은 SiH_4 으로 글로우 방전시켜 수소화된 비정질 실리콘(a-Si:H)박막을 제작하였다[2]. W. E. Spear와 P. G. Le Comber는 치환 도핑법으로 수소화된 비정질 실리콘박막을 제작하여 전자소자에 응용할 수 있는 기반을 마련하였다[3]. V맥다과 Marec다에 의해 처음으로 자온에서 미세결정질 실리콘 박막의 제조가 성공하였다[4]. 이후 Usui와 Kikuchi, Matsuda 등이 글로우 방전법을 이용한 미세결정질 실리콘 박막의 제작을 보였다[5,6].

본 논문에서는 PEDVD(plasma enhanced chemical vapor deposition)법을 이용하여 SiH_4 가스와 H_2 가스를 사용하여 미세결정질 실리콘(μc -Si) 박막을 제작하였고 제작된 박막의 특성을 분석하였다. FE-SEM, UV-VIS Spectrophotometer, XRD 등의 측정장비를 사용하여 증착된 박막의 구조적 특성 및 광학적 성질을 측정하였다.

2. 실험

PECVD를 이용하여 미세결정질 실리콘의 증착은 유리 기판위에서 수행하였다. 기판온도, RF 전력, SiH_4 와 H_2 의 혼합비, 공정압력 등을 공정변수로 이용하였다. 기판온도를 변수로 이용하기 위해서 150°C부터 350°C까지 50°C씩 온도를 올리면서 수행하였다. 공정압력을 변수로 이용하기 위해서 0.5Torr부터 2.5Torr까지 0.5Torr씩의 압력을 올리

면서 수행하였다. 증착공정 동안에 SiH_4 가스유량은 50sccm으로 고정하였고 H_2 가스 유량은 12sccm부터 200sccm까지 변화하였다. 제작된 미세결정질 실리콘 박막의 광학적 특성은 UV-VIS spectrophotometer를 이용하여 조사하였고 구조적인 특성은 XRD와 FT-IR를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

PECVD장비를 이용하여 미세결정질 실리콘 박막을 성장시킬 때 여러 가지 변수의 조건 중 수소 함유량 및 RF power에 대하여 다음의 조건으로 박막을 증착하였다. RF power에 따른 증착 조건은 공정압력 1Torr, 증착시간 3000sec, 기판온도 250°C, SiH_4 50sccm, H_2 100sccm, RF Power 50W ~ 350W (step: 50W)이며, H_2 Dilution에 따른 증착 조건은 공정압력 1Torr, 증착시간 3000sec, 기판온도 250°C, RF power 200W, SiH_4 50sccm, H_2 Dilution 200sccm ~ 12sccm으로 증착을 하였다.

그림 1의 (a)와 (b)는 각각 RF power와 H_2 Dilution에 따른 박막의 증착 속도를 나타낸다.

그림 2의 (a)는 증착시 RF power의 변화에 따른 증착된 박막의 XRD peak의 변화를 나타낸다. 그림 3의 (a)에서 보면 RF power가 높을수록 결정질 부분이 증가함을 알 수 있다. XRD측정을 통해 결정의 방향성을 보면 주로 28° 부근의 (111)방향성의 결정이 주를 이루었고 47.5°부근의 (220)방향성의 결정과 56°부근의 (311)방향성의 결정 성장을 보였다. 그림 3의 (b)또한 (111), (220), (311)방향성의 미세결정의 성장을 확인할 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 플라즈마 화학 증착 법을 이용하여 $\mu\text{c-Si}$ 박막을 형성하기 위한 증착변수들이 박막의 특성에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻어내었다.

1. 각각의 공정 변수들은 $\mu\text{c-Si}$ 박막형성에 있어서 중요한 역할을 하는 것으로 사료된다. 그중에서 기판의 온도에 따른 조건과 공정 압력에 따른 조건이 상당히 유사한 방향성을 보여주고 있었다. 공정 압력 및 기판 온도를 조절하는 경우에 수소가 증착 메커니즘에 중요한 역할을 하는 것으로 보인다.

2. 미세결정질 성장 및 결정화도에 미치는 공정 변수로 RF power, 공정압력이 크게 작용하며, H_2 dilution과 기판 온도 또한 미세결정질 성장에 역할을 하지만 RF power 및 공정압력에 비해서 영향이 작은 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RTI04-01-02) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Sterling, H. F. and R. C. G. Swann, "Chemical Vapour deposition promoted by r.f. discharge," Sol. State Electron, vol. 8, pp. 653-654 (1965)
- [2] C. Chittick, J. H. Alexander & H. F. Sterling, J. "Amorphous germanium(a-Ge) structural characterization," Electrochem. Soc., vol. 116, pp. 77-81 (1969)
- [3] W. E. Spear & P. G. LeComber, "Substitutional doping of amorphous silicon," Sol. State Communication, vol. 17, pp. 1193-1196 (1975)
- [4] S. Veprek, and V. Marecek, "The preparation of thin layers of Ge and Si by chemical hydrogen plasma transport," Solid State Electron, vol. 11, pp. 683-684 (1968)
- [5] S. Usui and M. Kiluchi, "Properties of heavily doped gd-Si with low resistivity," J. Non-Crystalline Solids, vol. 34, pp. 1-11 (1979)
- [6] A. Matsuda, K. Nakagawa, K. Tanaka, M. Matsumura, S. Yamasaki, H. Okushiand, S. Iizima, "Plasma spectroscopy control and analysis of Si:H deposition," J. Appl. Phys, vol. 35-36, pp. 183-188 (1980)

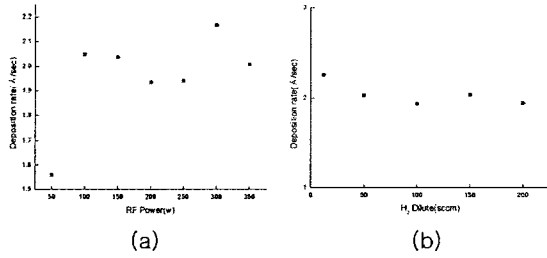


그림 2. RF Power와 H_2 Dilution에 따른 박막의 증착속도.

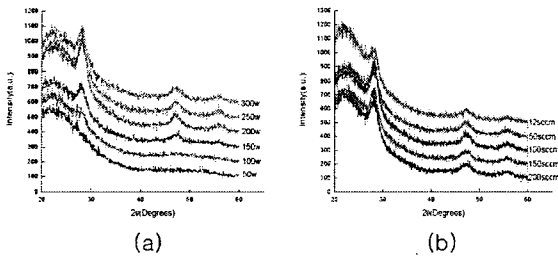


그림 2. RF Power와 H_2 Dilution에 따른 박막의 X선 회절 실험.

그림 3은 optical band gap을 나타낸 것이다. RF power가 증가할수록 optical band-gap의 크기가 증가하다가 150W 이상의 파워에서는 optical band-gap의 크기가 감소하는 것을 알 수 있다. H_2 dilution에 따른 optical band-gap을 보면 수소의 양이 많을수록 optical band gap값이 증가하는 것을 알 수 있으며, 그림 4의 (b)와 비교해 볼 때 결정의 비율이 증가함에 따라 수소의 양이 감소하는 것을 알 수 있다.

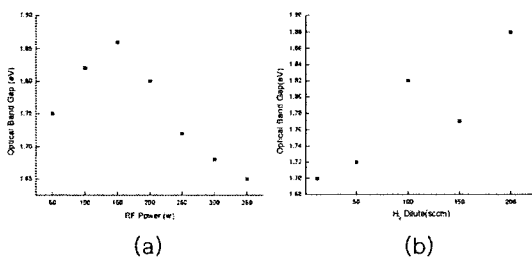


그림 3. RF Power와 H_2 Dilution에 따른 optical band-gap.

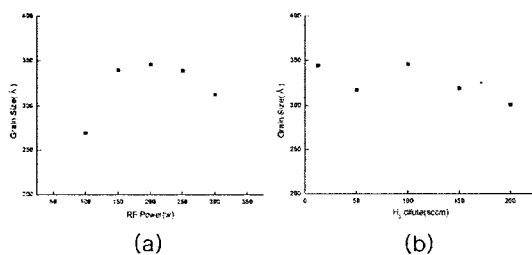


그림 4. RF power와 H_2 Dilution에 따른 grain size.