

Hyperthermal 중성빔을 이용한 HIT cell용 Si 박막 형성 및 계면특성

*오경숙¹⁾, 최성웅²⁾, 김대철³⁾, 김종식⁴⁾, 김영우⁵⁾, 유석재⁶⁾, 홍문표⁷⁾, 박영춘⁸⁾, **이봉주⁹⁾

Deposition of Si film and properties of interface for HIT cell by hyperthermal neutral beam

*Kyoung Suk Oh¹, Sung Woong Choi², Daechul Kim³, Jong Sik Kim⁴, Young Woo Kim⁵,
Suk Jae Yoo⁶, Young Chun Park⁷, MunPyo Hong⁸, **Bonju Lee⁹

Key words : Hyperthermal neutral beam(중성빔), Si film(Si 박막), Interface properties(계면특성), HIT cell(HIT cell), Without plasma damage(플라즈마 손상 없는), Room temperature deposition(상온증착)

Abstract : 기존의 PECVD에서 문제시 되고 있는 플라즈마에 의한 박막손상과 300℃ 이상의 증착온도 등의 단점을 보완한 증착 기술로 중성입자 빔 (Hyper-thermal neutral beam ; HNB)을 이용한 저온 증착방법에 대한 연구를 진행하였다. 중성빔을 이용하여 HNB sputtering 방법과 SiH₄와 Ar, H₂ 가스를 이용한 HNB CVD 방법으로 a-Si 박막 제작에 대한 연구를 진행하였고, HIT(heterojunction with Intrinsic Thin layer) cell 태양전지를 만들고자 기본적인 박막 증착과 박막 특성 및 계면특성 등의 분석을 실시하였다. 유리기판과 p-type Si 기판 위에 a-Si 및 nc-Si 박막을 증착하였으며, TEM, FTIR, Raman, IV 측정 등을 통해 그 특성을 분석하여 HNB의 특성 및 효과를 규명하였다.

1. 서론

태양광 에너지는 무한하고 청정한 에너지로서 차세대 대체 에너지의 핵심 자원으로 국내외에서 다양한 태양전지 기술의 개발이 활발하게 연구되고 양산에 적용되고 있다. 저가 고효율의 태양전지 개발에 주력하고 있는 시점에서 HIT cell의 경우 박막 제작이 단순하고, 200℃ 이하의 저온에서 p-type a-Si과 n-type c-Si 사이에 아주 얇은 intrinsic a-Si 박막을 삽입하는 방법을 이용하는 기술로서 일본의 Sanyo사에서 최고 21.5% 효율을 나타내고 있다고 보고되고 있다¹⁾. HIT cell 태양전지의 핵심 기술 중 하나로 결정질 Si 기판과 증착되는 a-si 박막의 계면 특성이다. PECVD 방법을 이용하여 증착할 때 플라즈마에 의한 계면 손상으로 효율을 떨어뜨리는 결과를 초래하고 있다²⁾. 중성빔을 이용한 CVD 기술은 에너지를 조절하여 저온에서도 a-Si 혹은 nc-Si 박막을 성장 시킴으로서 유리기판과 플라스틱 기판 등에 적용이 가능하며, 손상 없는 양질의 박막형성이 가능하여 다양한 분야에 응용이 가능하다.

본 연구에서는 중성빔 증착기술을 이용하여 유리기판과 p-type Si 기판위에 a-Si 및 nc-Si 박막을 증착하여 박막의 특성과 계면 특성에 대한 연구를 행하였으며, HIT cell에 적용 가능한 방법 및 증착 기술을 연구 하였다.

2. 실험

- 1) 국가핵융합연구소
E-mail : ksok@nfri.re.kr
Tel : (042)870-1696 Fax : (042)870-1659
- 2) 한동대학교
E-mail : swchoi@nfri.re.kr
Tel : (042)870-1685 Fax : 042)870-1659
- 3) 국가핵융합연구소
E-mail : dchcharm@nfri.re.kr
Tel : (042)870-1687 Fax : 042)870-1659
- 4) 국가핵융합연구소
E-mail : jongsik@nfri.re.kr
Tel : (042)870-1687 Fax : 042)870-1659
- 5) 국가핵융합연구소
E-mail : ywkim@nfri.re.kr
Tel : (042)870-1675 Fax : 042)870-1659
- 6) 국가핵융합연구소
E-mail : sjyoo@nfri.re.kr
Tel : (042)870-1640 Fax : 042)870-1639
- 7) 국가핵융합연구소
E-mail : bjlee@nfri.re.kr
Tel : (042)870-1670 Fax : 042)870-1679
- 8) 한동대학교
E-mail : ycpark@handong.edu
Tel : (054)260-1933 Fax : 054)260-1976
- 9) 고려대학교
E-mail : goodmoon@korea.ac.kr
Tel : (041)860-1321 Fax : 041)865-0939

HNB CVD 방법으로 코닝 1737 유리 기판과 p-type Si(1~10 Ω.cm, 300 μm 두께, one side polished)기판 위에 Si 박막을 증착하였다. 증착 시 압력은 1~2 mTorr 였으며, RF 전압은 1 KW (13.56 MHz), 가스의 유량은 Ar (6~25 sccm), SiH4 (2.58~9 sccm), H2 (0~75 sccm)으로 유량을 변화시켜가며 증착하였고, HNB 중성입자 빔 발생기(reflector)의 전압을 0~70V로 변화시키며 HNB 에너지를 조절하여 60분 증착하였다. 박막의 두께는 a-step과 FE-TEM (field emission transmission electron microscopy) 그리고 ellipsometer를 이용하여 측정 비교하였다. 박막의 결정성은 TEM과 Raman을 이용하여 분석하였고, 박막의 조성과 성분은 FTIR (fourier transform infrared spectroscopy) 을 통하여 분석하였다. 박막의 계면 특성은 TEM 단면도와 박막의 전기적 특성을 IV 측정기를 이용하여 암전도도 (dark conductivity)와 광전도도 (photo conductivity)로 측정 하였다.

3. 결과 및 토의

박막의 결정성을 조사하기 위하여 raman 스펙트럼을 분석하였다. fig. 1과 같이 500 cm⁻¹ 부근에서 nc-Si 피크가 주 피크로 나타났으며, 518 cm⁻¹ 근처에서 nc-Si 혹은 c-Si 피크가 나타났고, 460 cm⁻¹, 480 cm⁻¹에서 a-Si 피크가 나타나 박막이 nc-Si 박막을 형성하고 있음을 확인할 수 있었다³⁻⁴⁾.

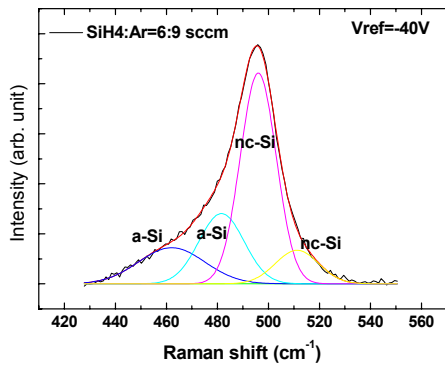


fig. 1 Raman 스펙트럼을 이용한 조성 분석

박막의 조성과 성분비를 확인하기 위하여 FTIR 분석을 하였고, fig. 2와 같이 2100 cm⁻¹에서 SiH2의 주 피크가 나타났다. 보통 a-Si 박막의 경우 2000 cm⁻¹에서 SiH의 주피크가 나타나는데 반해 본 박막은 nc-Si 결정을 형성하고 있어 2100 cm⁻¹에서 주 피크가 나타나는 것임을 raman과 TEM 이미지를 통해 확인할 수 있었다.

Fig. 3에서 보듯이 박막의 결정성과 계면특성을 확인하고자 TEM 이미지를 통해 단면을 분석하였다. 박막은 raman에서와 같이 nc-Si 박막임을

확인할 수 있었고, 계면특성도 우수한 것으로 확인되었다. 이는 HNB CVD가 갖고 있는 장점으로 기존의 PECVD 방법과 달리 플라즈마에 의한 박막의 손상이 가해지지 않고 상온에서도 nc-Si 박막을 형성하였음을 알 수 있다⁵⁾. 이 결과를 통하여 HIT cell에 적용 가능한 계면특성이 우수한 박막임을 확인하였으나, 차후 지속적인 연구를 통하여 박막의 life time이나 전기적 특성 등으로 적용 가능성을 확인하고자 한다.

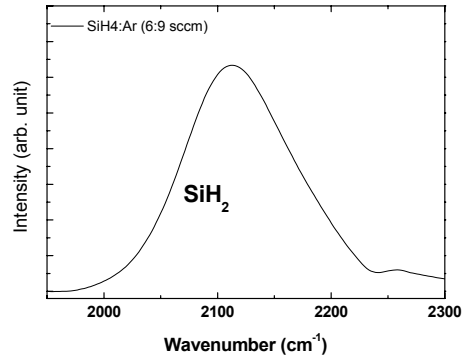


fig. 2 FTIR 스펙트럼 분석

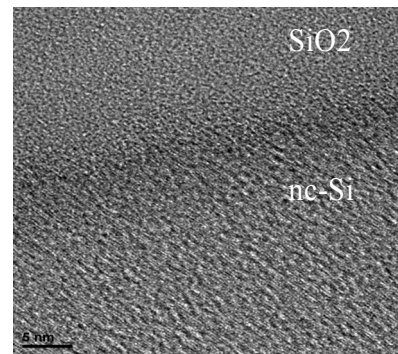


fig. 3. TEM을 이용한 Si 박막의 단면 분석

4. 결론

HNB CVD 방법으로 SiH4 가스와 Ar 그리고 H2 가스를 이용하여 상온에서 Si 박막을 증착하였으며, raman 스펙트럼과 FTIR 스펙트럼 그리고 TEM 단면도를 통해 nano 결정성이 주를 이루고 계면특성이 우수한 nc-Si 박막임을 확인하였다. 차후 연구를 통하여 HIT cell의 적용가능성을 검증하고자 한다.

후기

본 연구는 국가핵융합연구소 기관고유사업의 “플라즈마 원천기술개발 및 응용사업” 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] A. Terakawa, T. Asaumi, S. Kobayashi, Y. Tsunomura, T. Yagiura, M. Taguchi, Y. Yoshimine, H. Sakata, E. Maruyama, M. Tanaka, Proceedings of the 15th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-15), Shanghai, pp. 661, 2005.
- [2] J. Nijs, S. Sivonthaman, J. Szlufcik, De Clecq, F. Duerinckx, E. Van Kerschaever, R. Einhaus, J. Poortmans, Tom Vermeulen, R. Mertens, "Overview of solar cell technologies and results on high efficiency multicrystalline silicon substrates", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. 48, pp. 199, 1997.
- [3] Ryoichi Nozawa, a) Kazuya Murata, Masafumi Ito, Masaru Hori, and Toshio Goto, "Low temperature polycrystalline silicon film formation with and without charged species in an electron cyclotron resonance SiH₄/H₂ plasma-enhanced chemical vapor deposition", *J. Vac. Sci. Technol.* Vol. A 17(5), pp. 2542, 1999.
- [4] Z Iqbal and S Vepiek, "Raman scattering from hydrogenated microcrystalline and amorphous silicon", *J. Phys. C: Solid State Phys.*, vol. 15, pp. 377, 1982.
- [5] Y. Veschetti, J.-C. Muller, J. Damon-Lacoste, P. Roca i Cabarrocas, A.S. Gudovskikh, J.-P. Kleider, P.-J. Ribeyron, E. Rolland, "Optimization of amorphous and polymorphous thin silicon layers for the formation of the front-side of heterojunction solar cells on p-type crystalline silicon substrates", *Thin Solid Films*, vol. 511- 512, pp. 543-547, 2006.