

중저온형 고체산화물 연료전지를 위한 SIPO 박막 전해질에 대한 연구

SIPO Thin Film Electrolyte for Intermediate Temperature SOFCs

*박준호¹, #차석원¹, 장익황²

*J. Park¹, #S. W. Cha(swcha@snu.ac.kr)¹, I. Chang²

¹서울대학교 기계항공공학부, ²서울대학교 지능형융합시스템학과

Key words : SIPO, IT-fuel cells, Thin Film SOFCs

1. 서론

최근 유가의 지속적인 상승과 지구 온난화 등으로 인한 환경 문제들이 대두됨에 따라 친환경 에너지원에 대한 관심이 커지고 있다. 연료전지는 화학 에너지를 직접 전기 에너지로 변환하여 고효율 발전이 가능하고, 그 부산물로 물이 생성되기 때문에 환경 친화적이라는 점에서 많은 관심을 받고 있다.

연료전지는 전해질의 종류 및 작동 온도 등에 따라 여러 종류로 분류할 수 있는데 그 중 고분자 전해질막 연료전지(polymer electrolyte membrane fuel cell, PEMFC)와 고체산화물 연료전지(solid oxide fuel cell, SOFC)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 고분자 전해질막 연료전지는 Nafion[®]으로 대표되는 고분자막을 전해질로 사용하는데, 이러한 전해질은 수화된 상태에서만 전도도를 유지할 수 있기 때문에 물 관리가 어려운 면이 있다. 또한, 상대적으로 저온(80°C 이하)의 작동 온도로 인해 전기화학 반응을 촉진하기 위한 고가의 귀금속 촉매가 필연적으로 요구된다. 따라서 작동 온도가 보다 높고, 함수가 불필요한 전해질 물질을 개발하기 위해 노력하고 있다. 고체산화물 연료전지의 경우, 많은 연구들이 작동 온도를 감소시키는 데에 초점을 맞추어 진행되고 있다. 특히 YSZ(yttria-stabilized zirconia)를 대체하여 중저온 영역에서도 충분한 이온 전도도를 가지는 물질들에 대한 연구와, 전해질의 두께를 감소시켜 중저온 영역에서도 연료 전지의 작동이 가능하도록 하는 연구가 폭넓게 이루어지고 있다.

Sn_{0.9}In_{0.1}P₂O₇(SIPO)은 200°C 근처에서 약 10⁻²S/cm²의 높은 proton 전도도를 가지는 것으로 알려진 물질로, 본 연구에서는 중저온형 연료 전지의 전해질에 이를 적용하기 위해 SIPO 박막의 특성을 살펴보았다.

2. 실험

본 연구에서는 SIPO 박막 전해질의 특성을 살펴보기 위해 실리콘 웨이퍼 기판 위에 RF 스퍼터를 이용하여 SIPO를 증착하였다. 이때 RF 전원의 전력은 50W로 유지하였다. 증착 조건에 따른 박막의 성질을 분석하고자 상온에서 Ar 기체에 20% O₂가 포함된 혼합기체를 사용하여 챔버 내의 압력 조건을 5, 50 및 100mTorr로 달리하여 시편을 준비하였다. 또한, 5mTorr 압력 조건에서 기판의 온도를 400°C까지 변화시키면서 증착을 수행하였다. 준비된 시편들은 FE-SEM, FIB, XRD 및 SPM 등을 통해 분석하였다.

3. 결과

FE-SEM 및 FIB 분석 결과, 상온에서 증착 압력을 달리하면서 증착한 시편들의 경우 증착 압력이 5mTorr인 경우에는 3시간 증착했을 때 약 300nm 정도의 두께가 측정되었으나, 50mTorr의 경우 약 65nm의 두께가 측정되었고, 100mTorr에서 증착한 시편의 경우 거의 증착이 되지 않은 것을 관찰할 수 있었다. 또한 5mTorr의 압력 조건에서 증착 온도를 달리했을 때 200°C 이상의 기판 온도 조건에서는 증착된 막과 기판 사이에 틈이

발생하는 것을 관찰할 수 있었다.

SPM 을 이용한 표면 분석 결과, 증착 조건(기판 온도 및 챔버 내 혼합 기체 압력)이 일정한 경우 증착 시간이 길어질수록 박막 표면이 보다 거칠어지는 것을 확인하였다. 증착 압력을 5mTorr 로 유지하고 기판의 온도를 변화시키면서 증착하였을 때에는 온도 상승에 따라 RMS 값이 감소하는 경향을 나타내었다.

XRD 를 이용하여 박막의 결정성을 분석한 결과, 증착 시 기판의 온도에 무관하게 어떠한 회절 peak 도 나타나지 않았는데, 이는 본 연구에서 증착된 박막이 비정질(amorphous) 상태임을 나타낸다.

4. 결론

본 연구에서는 중저온 영역에서 작동이 가능한 연료전지를 개발하기 위해 200°C 근처에서 충분한 proton 전도도를 가지는 $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 박막 전해질의 특성을 알아보고자 하였다. RF 스퍼터를 통한 증착 공정의 조건을 달리하였을 때 SIPO 박막의 증착율, 표면 거칠기, 결정성 등을 다양한 분석 기법을 통해 살펴보았다. 이러한 데이터들과 더불어 향후 박막 전도도 등의 특성 연구를 추가적으로 진행한다면 SIPO 박막 전해질을 이용한 중저온형 연료전지 개발에 밑거름이 될 수 있을 것으로 기대된다.

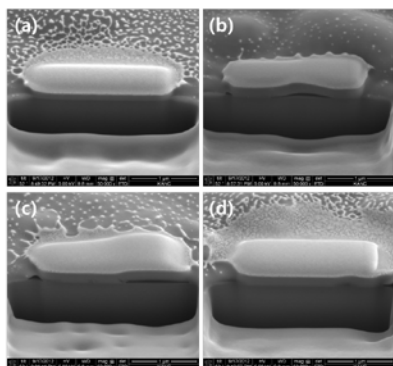


Fig. 1 FIB images of SIPO thin films deposited at different temperatures: (a) 100 °C, (b) 200 °C, (c) 300 °C, (d) 400 °C.

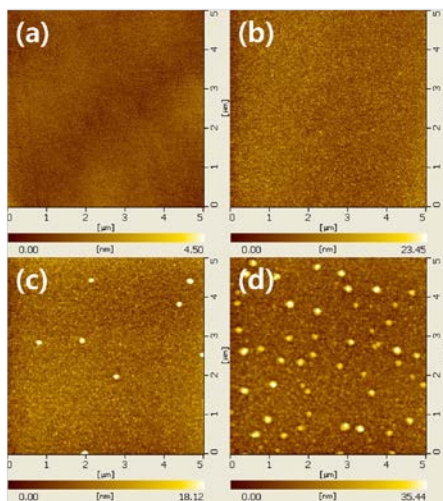


Fig. 2 SPM topographies of SIPO thin film deposited under different conditions: (a) 5 mTorr, 1hour, (b) 5mTorr, 2hours, (c) 50mTorr, 4hours, (d) 50mTorr, 8hours.

Table 1 Roughness of SIPO thin films deposited at different temperatures

Temperature(°C)	RT	100	200	300	400
RMS(nm)	2.10	0.76	1.20	0.38	0.31

참고 문헌

1. P. Heo, T. Y. Kim, J. Ha, K. H. Choi, H. Chang, S. Kang, "Intermediate-temperature fuel cells with amorphous $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ thin film electrolytes," J. Power Sources, 198, 117-121, 2012.