

중온형 고체전해질 연료전지용 산소극재료 및 전해질의 특성 고찰

정순기, 임형렬, 이주성
한양대학교 공과대학 공업화학과

Characteristics of Solid Electrolytes and Cathode Materials for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cell

Soon-Ki Jeong, Hyung-Ryul Rim, Ju-Seong Lee
Dept. of Industrial Chemistry, Hanyang Univ.

1. 서론

입지선정의 어려움으로 인한 수력발전소 설치의 어려움, 환경오염, 화석연료의 고갈로 인한 화력발전의 가치하락, 방사능오염의 공포에 의한 원자력발전소 설치의 어려움 등으로 전력공급을 위한 대체발전 방식이 요구되고 있다. 태양열, 지열, 조력, 풍력 등 여러가지 방식이 제안되고 있지만 무공해, 고효율 발전 방식인 연료전지가 차세대 발전방식으로서 각광받고 있어 실용화를 위한 활발한 연구가 진행되고 있다.

연료전지는 사용하는 전해질의 종류에 따라 인산형, 알칼리형, 고체고분자 전해질형, 용융탄산염형, 고체전해질형 연료전지로 분류되는데, 이 중 제 3세대 연료전지라 불리는 고체전해질형 연료전지(solid oxide fuel cell, SOFC)는 전지 구성재료가 전부 고체이므로 증발에 의한 전해질의 손실이 없고, 반응이 고온에서 일어나 고가의 촉매가 필요없을 뿐만 아니라 폐열을 이용한 복합발전이 가능하며 환경오염 물질의 배출이 극히 적다. 또한 별도의 연료정제 장치 없이 다양한 연료를 사용할 수 있다는 장점 때문에 최근 연구개발이 한창이다.

2. 실험

현재 SOFC의 전해질로는 8m/o YSZ(Y_2O_3 stabilized ZrO_2)가 가장 많이 쓰이고 있으나 작동온도가 $1000^\circ C$ 라는 점 때문에 재료선택의 문제점, 고온에서 재료의 열화 등이 문제가 되고 있다. 본 연구는 8m/o YSZ 대신에 작동온도를 낮출 수 있는 재료의 탐색에 중점을 두어 온도변화에 따른 이온전도도를 측정하였으며 재료로는 ZrO_2 , $BaCO_3$, CeO_2 , Gd_2O_3 , Yb_2O_3 , Bi_2O_3 등을 사용하여 합성하였다.

또한 산소극 물질로는 perovskite 구조의 금속산화물을 선택하여 전해질과 접합한 후 전해질과의 계면반응을 전기화학적으로 고찰하였고 반응후의 계면부 반응물 생성 여부, 전해질과 산소극 물질과의 열팽창계수를 살펴보았다.

전해질의 이온전도도는 FRA(Solartron 1255)를 사용하여 2단자법으로 측정하였으며 전극과의 계면 반응은 FRA와 Potentiostat(Model 273A)를 연결하여 3단자법으로 분석하였다. 3단자법을 이용한 측정장치의 개략도를 Fig.1에 나타내었다.

전해질 및 전극물질의 구조, 그리고 전해질과 전극의 반응성은 XRD를, 전해질의 표면 및 전해질과 전극의 계면 관찰에는 SEM을 사용하였으며 전해질

과 산소극물질의 열팽창계수 비교는 Dilatometer를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

SOFC의 작동온도를 낮추고자 여러가지 전해질을 제조하여 그 특성을 시험한 결과 ZrO_2 에 Gd_2O_3 를 첨가한 전해질의 경우 Fig. 2에서 보듯 Gd_2O_3 의 첨가량이 ZrO_2 에 대해 12m/o일 때 $900^\circ C$ 정도에서 $10^{-1} S \cdot cm^{-1}$ 의 이온전도도를 나타내었으며, ZrO_2 에 Yb_2O_3 를 첨가한 전해질의 경우 Fig. 3에 나타난 것처럼 Yb_2O_3 의 첨가량이 ZrO_2 에 대해 8m/o일 때 $840^\circ C$ 에서 $10^{-1} S \cdot cm^{-1}$ 의 이온전도도를 갖는 것을 알 수 있었다. Fig. 4는 ZrO_2 에 Yb_2O_3 를 첨가한 전해질의 Yb_2O_3 첨가량에 따른 XRD pattern을 나타낸 것으로 ZrO_2 에 Yb_2O_3 를 첨가할수록 monoclinic 구조를 갖던 ZrO_2 가 점차 cubic 구조로 안정화되어 감을 볼 수 있었다. ZrO_2 가 cubic 구조로 안정화되기 위한 Yb_2O_3 의 최소 첨가량은 ZrO_2 에 대해 8m/o이며 바로 이 최소첨가량을 넣었을 때 가장 높은 이온전도도를 가지며 그 이상을 첨가하였을 때는 이온전도도가 다시 감소함을 알 수 있었다. 그 외 실험한 다른 전해질에서는 작동온도를 $800^\circ C$ 이하로 낮출 수 있는 가능성을 발견할 수 있었다.

4. 참고문헌

1. M.Takashima and G.Kano, Solid State Ionics, 23, 99(1987)
2. C.R.Aita and C.K.Kwok, J.Am.Ceram. Soc., 73, 3209(1990)
3. K.Tomida, T.Namikawa, and Y.Yamazaki, Denki Kagaku, 11, 1043(1994)

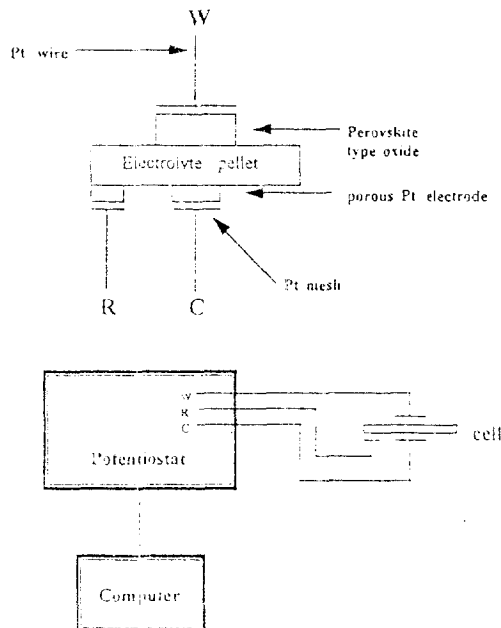


Fig. 1 Schematic diagram of experimental cell and electrochemical measurement for 3 electrode system

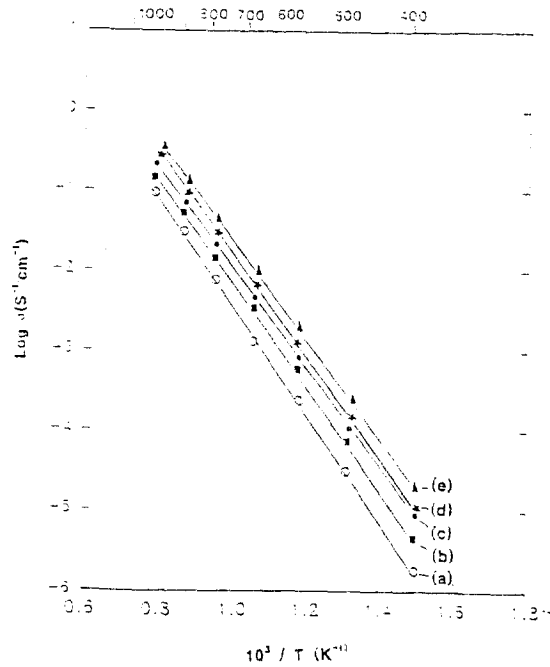


Fig. 2 Temperature dependence of the ionic conductivity of $(ZrO_2)_{1-x}(Gd_2O_3)_x$ electrolytes (a)x=0.08 (b) YSZ (c)x=0.10 (d)x=0.14 (e)x=0.12

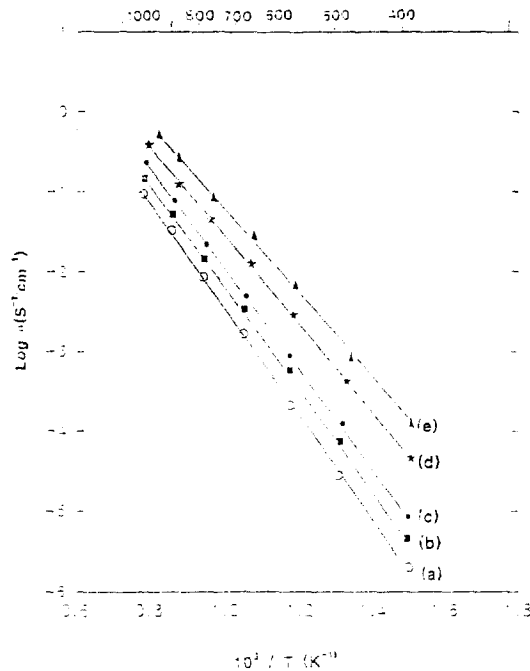


Fig. 3 Temperature dependence of the ionic conductivity of $(ZrO_2)_{1-x}(Yb_2O_3)_x$ electrolytes (a)x=0.04 (b) YSZ (c)x=0.06 (d)x=0.10 (e)x=0.08

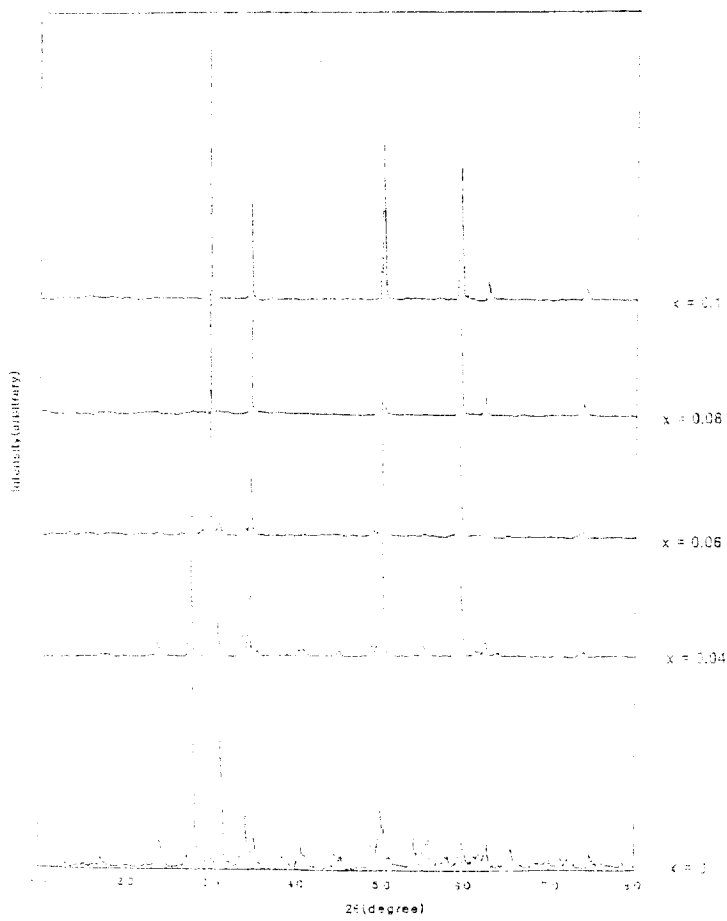


Fig. 4 XRD patterns of $(\text{ZrO}_2)_{1-x}(\text{Yb}_2\text{O}_3)_x$ electrolytes sintered at 1500°C , 4hr