

신개념 연료전지 기술개발 현황

1. 서론

높은 효율, 환경 친화성, 무공해 (또는 저공해) 등의 이유로 최근 연료전지에 관한 관심이 급격히 증대되고 있다. 또한 앞서 여러 종류의 개발 현황에서 알아보았듯이 연료전지는 종류에 따라 그 특성이 다양하여 그 응용 분야도 서로 다르다. 따라서 이에 따라 우리나라를 비롯한 세계 각국들은 많은 종류의 연료전지들이 많은 분야에 적용될 수 있도록 연구 개발 중에 있으며 여기에는 용융탄산염 연료전지, 고분자 전해질 막 연료전지, 고체산화물 연료전지, 직접 메탄올 연료전지 등이 중점적으로 개발되고 있다. 하지만 많은 관심과 투자를 받으며 개발되고 있는 연료전지 이외에도 최근 새로운 개념을 도입하여 새로운 돌파구를 모색하는 방법이 많이 연구되어지고 있다. 이러한 신개념 연료전지도 그 특성 및 응용 분야에 따라 많은 종류가 있지만 본 고에서는 mixed reactant fuel cell 과 생물연료전지를 소개하고 그 개발 현황을 살펴보고자 한다.

2. Mixed Reactant Fuel Cell

Mixed reactant fuel cell, 혹은 single chamber fuel cell이란 같은 분위기 하에 있더라도 연료극과 공기극의 촉매활성 (catalytic activity) 차이로 그림 1에서와 같이 연료극과 공기극 사이 산소 농도 구배가 발생함으로써 작동되는 SOFC의 한 형태를 말한다. 이러한 mixed reactant fuel cell은 연료를 수소가 아닌 탄화수소를 직접 사용한다는 점과 공기와 연료의 혼합을 막기 위한 기체 밀봉이 필요 없다는 점 때문에 휴대 전원으로 적합한 형태이다. 일본 National Industrial Research Institute of Nagoya에서는 samaria-doped ceria (SDC)를 전해질, 그리고 Ni/SDC 연료극과 SmCoO₃ 공기극을 장착하여 500°C 작동온도와 ethane 및 공기를 연료로 혼합 주입하는 single chamber 조건에서 약 0.4 W/cm² 의 높은 단전지 성능을 보고하였다. 휴대전원에 적합한 구조로는 일본의 전지 구조와 달리 그림 2에서와 같은 monopolar 형태가 유리하며 이 경우 연료극과 공기극 사이 거리가 전지성능을 좌우하게 된다. 즉, 수μm 로 전해질판 위에 전극을 patterning 하는 기술이 필수적이다. 최근 Pennsylvania State University 내 Material Research Laboratory (이후 MRL로 표기)의 Randall 교수 등은 electrophoretic deposition 법을 이용하여 그림 2과 3에서와 같이 세라믹 기판위에 5μm 폭으로 세라믹 microstripline을 patterning하는 기술을 개발하였다고 보고하였다. 또한 스위스 연방공대의 Gaukler교수 등은 전해질 기판위에 미세 전극을 형성한 mixed reactant fuel cell을 개발하고 있다. 국내에서도 한국과학기술연구원에서 스위스와 비슷한 형태의 mixed reactant fuel cell을 개발 중에 있다.

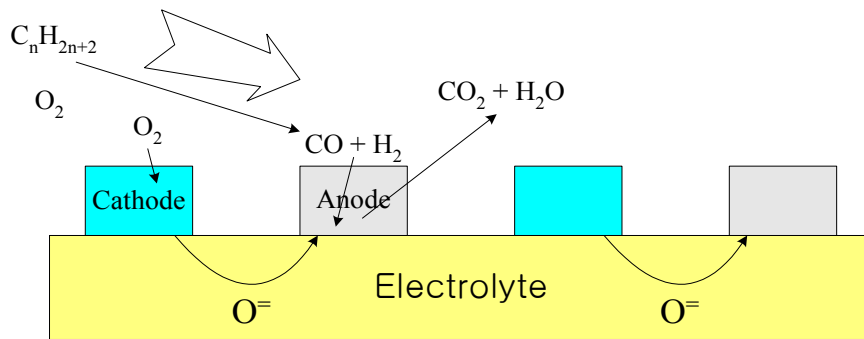
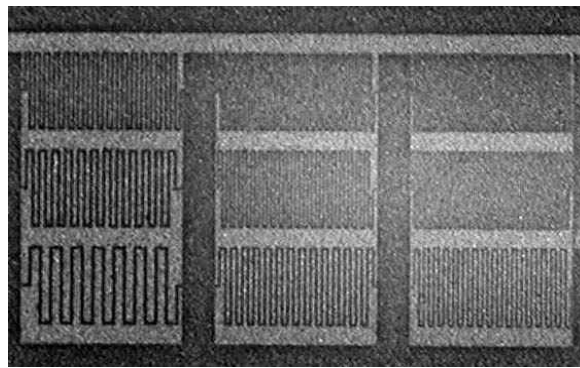


그림 1. Single chamber cell 개념도.



15 μ m

10 μ m

5 μ m

그림 2. EPD법으로 제조한 micro-striplines

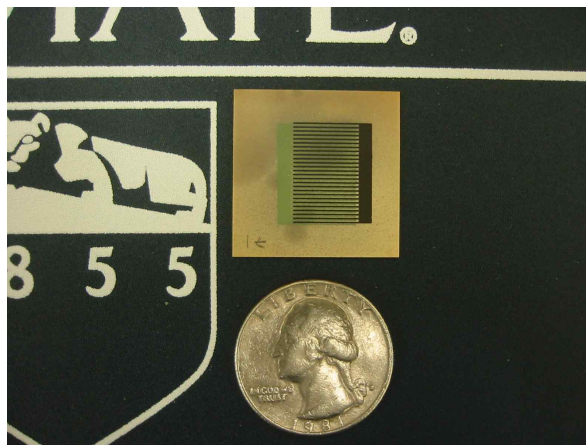
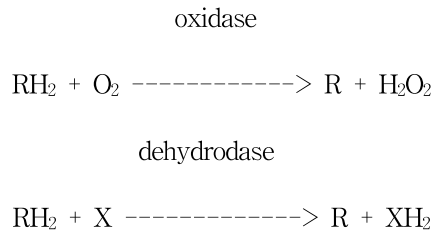


그림 7. MRL에서 제조한 prototype 마이크로 SOFC 단전지.

3. 생물연료전지

생물 연료전지란 연료전지 연료극에서 일어나는 산화반응의 촉매로 생물 또는 이의 일부를 사용하는 연료전지를 말하며 이러한 생물 연료전지는 촉매로 사용하는 생물 물질이 산화할 수 있는 물질을 모두 연료로 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 최근까지 가장 활발하게 연구되고 있는 생물연료전지로는 효소를 연료극 촉매로 사용하는 효소연료전지와 미생물을 연료극 촉매로 사용하는 미생물연료전지가 있다. 효소는 작용하는 기질에 대한 특이성이 높기 때문에 특정 물질을 연료로 이용하는 전지의 개발에는 적합하지만 다양한 연료를 이용하기 위해서는 미생물 연료전지가 적합하다.

효소연료전지는 각종 산화효소 (oxidase)와 탈수소화 효소 (dehydrogenase)의 아래와 같은 기질 산화 반응을 이용한다.



X: 전자전달체

즉, 위의 반응에서 산소 또는 전자전달체 (X)로 전달되는 전자를 연료전지형 전기화학 장치에서 전극으로 전달하여 연료전지로 사용하는 것이다. 포도당 산화효소 (glucose oxidase)를 이용하는 효소 연료전지가 주로 많이 연구되어져 오고 있다.

미생물을 산화 촉매로 사용하는 미생물 연료전지의 경우 산화-환원 효소와 전자 전달체는 전기적으로 절연성이 강한 지방질인 원형질 막과 다당류인 세포벽 등으로 싸여있다. 따라서 많은 미생물 연료전지에서는 촉매로 사용하는 생물체와 전극 사이에 전자의 전달을 쉽게하기 위해 전자 매개체가 사용된다. 미생물연료전지에서 전자매개체로 이용되는 물질은 미생물의 산화-환원 효소에 의해 환원될 수 있고 산화형과 환원형이 모두 원형질 막을 통과할 수 있으며 전극표면에서 산화될 수 있는 전자전달체이어야 한다. 이러한 매개체를 사용하는 미생물연료전지이외에도 몇몇 혐기성 세균을 이용하는 매개체가 없는 생물 연료전지도 연구 개발되고 있다.

미생물이 전자 동여체로 이용할 수 있는 물질을 산화하여 발생하는 전자를 전극으로 이전시키고 이 전극을 산소를 공급하는 환경에 있는 다른 전극에 연결하여 전기를 생산하는 미생물연료전지는 폐수의 오염물질을 처리하면서 전기를 생산하는 신공정에 사용될 수 있을 뿐만 아니라 BOD sensor 등 여러 가지의 응용 분야를 가지고 있다.

4. 결론

이상에서 살펴본 바와 같이 현재 많은 관심과 투자를 받고 경쟁적으로 연구 개발되어지고 있는 몇몇 가지의 연료전지 이외에도 새로운 개념을 도입한 많은 신개념 연료전지들이 세계 각국에서 연구 개발되고 있다. 본 고에서는 mixed reactant fuel cell과 생물 연료전지만을 소개하였지만 이 외에도 MEMS 기술을 이용한 마이크로 연료전지, 탄소를 연료로 사용하는 연료전지, Dimethyl Ether (DME), 에탄올 등 다른 연료를 사용하는 연료전지 등 많은 연료전지가 세계 각국에서 개발되고 있다. 우리나라에서도 mixed reactant fuel cell, 생물연료전지, DEM를 연료로 하는 연료전지 등 몇 가지 신개념 연료전지의 연구 개발이 진행되고 있으나 아직까지 이들에 대한 관심은 그리 높지 않다. 따라서 우리나라가 향후 우리가 목표하는 바와 같이 연료전지 및 대체 에너지 분야의 선진국이 되기 위해서는 더 먼 미래를 위한 새로운 아이디어를 가진 연료전지에 대한 관심과 투자도 꼭 필요하다고 판단된다.