백금 촉매가 증착된 미소돌기 전극과 유한 연료를 가지는 극소형 직접메탄올 연료전지의 제작 및 성능 평가

論 文
53C-4-6

Fabrication and Test of Micro Direct Methanol Fuels using Platinum Sputtered Microcolumn Electrodes with a Limited Fuel Source

徐 榮 晧* · 曺 永 昊**
(Young Ho Seo · Young-Ho Cho)

Abstract - We present a miniature Direct Methanol Fuel Cell (micro-DMFC) using platinum sputtered microcolumn electrodes with a limited amount of fuel. We use the microcolumn electrode in order to improve the power density of the micro-DMFC that consists of two electrodes and polymer electrolyte. We also design the built-in fuel chamber in the anode for the portable electronics applications. We design and fabricate both microcolumn and planar electrodes, having an identical projective area of 5mm×5mm. The diffusion current density of the microcolumn electrode is 1.73 times higher than that of the planar electrode at electrode potential of 1.1V in the half-cell test. The micro-DMFC based on the microcolumn electrodes shows the maximum power of 10.8±7.54㎼(43.23±0.16㎼/㎠) at the projective area of 5mm×5mm, while the planar electrode micro-DMFC shows the maximum power of 0.81±0.42㎼ (3.24±1.68㎼/㎠) at the same projective area. The micro-DMFC based on the microcolumn electrodes shows 13 times higher power density that the micro-DMFC based on the planar electrodes does.

Key Words : Micro fuel cell, Microcolumn electrode, Limited methanol fuel source, Portable power source

1. 서 론

최근 휴대용 통신기기, 극소형 바이오소자 및 의료기기 등의 극소형 시스템에서 환경친화적이고, 상온에서 동작이 가능한 자체 전력공급원 개발을 필요로 하고 있다. 현재 개발되고 있는 극소형 자체 전력공급원 (Table 1)에는 thermo-electric[1], electromagnetic[2], micro-turbine[3], piezoelectric [4] 변환기와 alkaline batteries[5] 등이 있지만, 200도 이상의 고온에서 동작하거나, 움직이는 구조에 신뢰성 문제가 있거나, 유독한 화학물질을 사용하는 등의 단점이 있어 환경친화적인 고신뢰도 휴대용 전력공급원으로 사용하는데 어려움이 있다.

한편, 연료전지 중에서 직접메탄올연료전지 (Direct Methanol Fuel Cell)[6]는 상온에서 동작이 가능하며, 움직이는 구조가 없어 쉽게 그 크기를 줄일 수가 있으며, 값싸며 환경친화적 연료인 메탄올을 사용하고, 반응 부산물로 H2O와 CO2만을 배출하므로 휴대용 마이크로 시스템의 전력공급원으로 많은 연구가 진행된다. 그러나 직접메탄올연료전지의 극소화 개발에 있어서 2가지 문제점이 있다. 첫째, 크기축소화에 따른 전력밀도 감소의 해결과 둘째, 연료공급형 직접메탄올연료전지에서 연료공급용 펌프를 사용하지 않는 연료확산형 직접메탄올연료전지로의 전환이 필요하다. 기존의 극소형 직접메탄올연료전지[7,8]의 연구에서는 크기축소에 따른 전력밀도 감소의 문제를 심각하게 고려하지 않았을 뿐만 아니라 여전히 별도 연료공급용 펌프를 필요로 하는 연료공급 방식을 취하고 있다. 본 연구에서는 전력밀도를 향상을 위해 전극의 전면에 미소돌기를 형성하고, 전극의 후면에 연료챔버가 형성된 전극을 사용한 유한연료형 극소형 직접메탄올연료전지를 제안하고 그 성능을 시험·분석하였다.

* 正 會 員 : 韓國科學技術院 機械工學科 碩士卒業
** 正 會 員 : 韓國科學技術院 機械工學科 敎授 · 工博
接受日字 : 2003年 6月 13日
最終完了 : 2004年 1月 15日

2. 동작원리

제안된 극소형 직접메탄올연료전지 (Fig.1과 2)는 양극, 음극, 그리고 고분자 전해질인 Nafion™으로 구성되어 있으며, Fig.3은 극소형 직접메탄올연료전지의 동작원리를 보여주고 있다. 먼저 식(1)에서 나타낸 것처럼 양극(전기적 음극)에서는 1M의 메탄올(CH_3OH)과 1M의 물(H_2O)이 음극의 촉매인 백금에 의해서 1M의 이산화탄소(CO2), 6개의 수소이온(H+) 그리고, 6개의 전자(e-)로 분리되게 된다. 이때 생성된 전자는 부하(load)를 지나며 전기적 일(work)을 수행하게 되고 전선을 통하여 음극(전기적 양극) 으로 이동하게 된다. 양극에서 생성된 6개의 수소이온은 높은 이온 투과성과 낮은 전자 투과성을 가진 고분자 전해질을 통하여 음극으로 이동하게 된다.[3,4] 음극에서는 식(2)에서 보듯이 공기 중의 산소(O2) 1.5M과 전선을 통해 이동한 6개의 전자와 고분자 전해질을 통과한 6개의 수소이온은 음극 촉매인 백금에 의해 3M의 물

로 바뀌게 된다. 전체 반응식은 식(3)과 Fig.3에서 처럼 1M에 메탄올이 1.5M의 산소에 의해 산화되면서 2M의 물과 1M의 이산화탄소로 바뀌는 것으로 진행되며, 직접메탄올연료전지는 이때 생성된 에너지를 이용하여 전력을 얻게 된다.

$$CH_3OH + H_2O \rightarrow CO_2 + 6H^+ + 6e^-, \quad E^{\circ}_{anode} = 0.0436\,V \tag{1}$$

$$\frac{3}{2}O_2 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow 3H_2O, \quad E^{\circ}_{cathode} = 1.23\,V \tag{2}$$

$$CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2, \quad E_{cell} = 1.18\,V \tag{3}$$

전기화학적 반응은 반응물질의 종류에 의해 결정지어지게 되므로, 식(3)으로부터 이론적인 직접메탄올연료전지의 전압은 1.18V임을 알 수 있다. 그러나 실제 시스템에서는 전극의 kinetics 손실(kinetics losses)과 원활하지 못한 전극의 반응이 이상적인 열역학적 값보다 작아지게 만든다. Kinetics 손실 이외에도 연료전지의 내부저항으로 인한 저항손실(ohmic losses)도 발생하게 된다. 따라서 실제 직접메탄올연료전지의 출력 전압은 모든 전류에 대해 항상 1.18V를 나타내는 이론적인 값보다 낮은 값을 나타낸다. 직접메탄올연료전지에서 발생하는 전기화학적 반응은 양극 또는 음극의 촉매에서 발생하는 메탄올 분자의 흡착과정(adsorption process)에서 나타나게 된다. 따라서 전류밀도를 증가시키기 위해서는 흡착과정이 일어나는 면적을 증가시키는 것, 즉 전극의 표면적을 증가시켜야 한다.

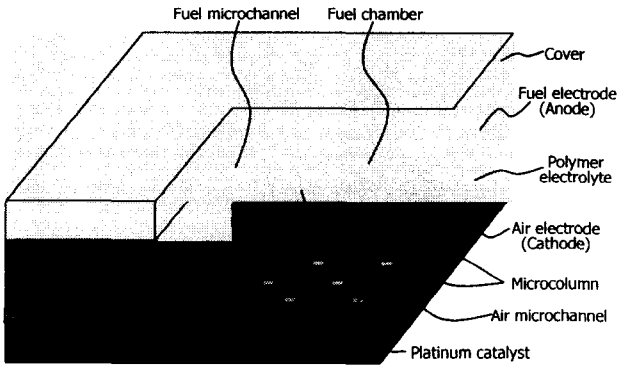


그림 1 제안된 극소형 직접메탄올연료전지의 개략도
Fig. 1. Perspective view of the micro-DMFC

표 1 휴대용 전원으로 사용되는 에너지변화장치의 특성
Table 1 Characteristics of portable power sources

Converter Type	Characteristics
Battery	-Require recharging process, Heavy weight, Hazard
DMFC	-Light weight, Expensive
Electromagnetic	-Many moving parts
Micro-turbine	-Many moving parts, Require power generator
Thermoelectric	-High temperature, Low efficiency
Photovoltaic	-Solar energy, Low efficiency
Piezoelectric	-Many moving parts

표 2 제작된 극소형 직접메탄올연료전지의 치수
Table 2 Dimension of fabricated micro-DMFC

Total size	6㎜×6㎜×1.2㎜
Electrode size	5㎜×5㎜
Fuel chamber	5㎜×5㎜×0.42㎜ (10.5㎕)
Height of microcolumn	52±0.5㎛
Depth of microchannel	50±0.5㎛
Thickness of Nafion™	178㎛

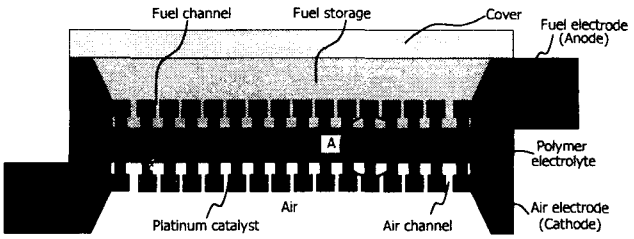


그림 2 제안된 극소형 직접메탄올연료전지의 단면도
Fig. 2. Cross sectional view of the micro-DMFC

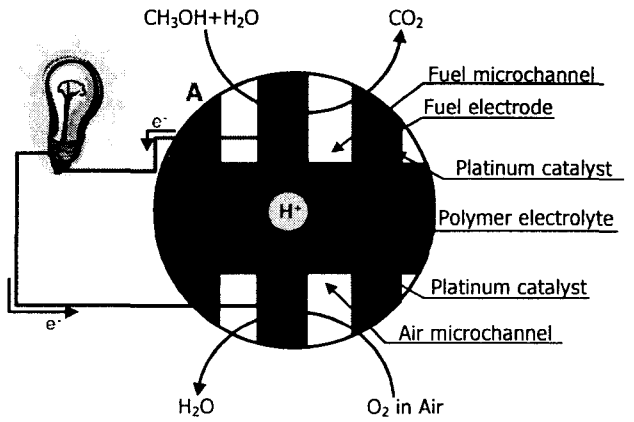


그림 3 극소형 직접메탄올연료전지의 동작원리
Fig. 3. Working principle of the micro-DMFC.

3. 설계 및 제작공정

3.1 설계

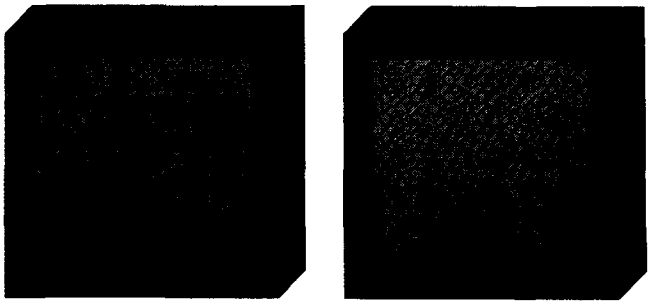
Figure 1은 미소돌기전극을 이용한 극소형 직접메탄올연료전지의 개략도를 나타낸다. 미소돌기 전극을 이용한 극소형 직접메탄올연료전지는 연료전극(양극), 공기전극(음극) 그리고 고분자 전해질로 구성되어 있다. 본 연구에서는 연료의 산화와 환원을 일으키는 촉매로 백금(platinum)을 사용하였으며, 고분자 전해질은 NafionTM-117(Sigma-Aldrich, Inc.)을 사용하였다.

본 연구에서는 제안된 미소돌기 전극과 기존의 평판전극을 비교하기 위하여 Fig.4와 Table 2와 같은 5mm×5mm의 동일한 투영면적을 가진 미소돌기 전극과 평판전극을 각각 설계 및 제작하였다. 미소돌기 전극은 한 변의 길이가 30㎛인 육각기둥형상의 미소돌기와 미소채널로 구성되어 있고, 평판전극은 한 변이 50㎛인 사각 미소채널로만 구성되어 있다. 미소돌기 전극의 경우 2,706개의 미소 육각기둥에 의해 전극의 표면적이 평판전극에 비해 약 3.5배 증가되었다. 또한, Fig.1과 Fig.2에서처럼 일체형 연료챔버를 양극에 형성하고, 수직 미소채널을 연료챔버와 백금 촉매가 증착된 미소돌기 전극사이에 형성함으로써 기존의 수평 미소채널 보다 그 길이를 줄이는 동시에 전체적인 극소형 직접메탄올연료전지의 크기를 줄이도록 설계하였다. 연료챔버는 연료의 누수를 막기 위해 아크릴로 접합하고, 반면에 공기챔버는 대기 중에 노출되도록 설계하였다.

3.2 제작 공정

설계된 극소형 직접메탄올연료전지는 Fig.5에서처럼 3장의 마스크를 이용하여 제작되었다. 525±25㎛두께의 p-type silicon을 전극으로 사용하였으며, 2-step silicon deep etching process를 이용하여 미소돌기와 미소채널을 동시에 형성하였다. 미소돌기는 Fig.5-C에서처럼 각각 한 변의 길이가 22±0.5㎛이고 높이가 52±0.5㎛인 육각기둥과 깊이가 50±0.5㎛인 육각채널로 제작되었다.

미소채널의 경우 2-step silicon deep etching 공정에 두 번 노출되어 설계된 치수보다 60.5㎛ 넓은 크기로 제작되었다. 연료챔버를 형성함과 동시에 미소채널과 연료챔버를 연결하기 위하여 1.5㎛두께의 열산화막을 mask layer로 사용하여 KOH back etching 공정을 수행하였다. 촉매로 사용될 Pt를 200Å 두께의Cr을 adhesion layer로 사용하여 2000Å 두께로 미소돌기 위에 증착하였다 (Fig.5-E). 양극과 음극사이에 고분자 전해질을 두고 130℃, 7bar에서 30분간 열압착하여 극소형 직접메탄올연료전지를 제작하였다. 마지막으로 아크릴을 50㎛ 두께의 3M®8141 adhesive를 이용하여 연료챔버의 cover를 형성하였다. Figure 6은 제작된 미소돌기전극과 조립된 극소형 직접메탄올연료전지를 나타내고 있다. 마지막으로 메탄올 연료는 syringe pump를 이용하여 주입하였다. Figure 7은 각각 육각미소돌기와 미소채널이 형성된 미소돌기 전극과 사각미소채널이 형성된 평판전극을 확대한 SEM 사진이다.



(a) (b)

그림 4 전극의 형상: (a) 사각미소채널을 가지는 평판형 전극; (b) 육각 미소돌기와 미소채널을 가지는 미소돌기 전극

Fig. 4. Electrode configuration: (a) The planar electrode with vertical microchannels; (b) The microcolumn electrode with microcolumns and vertical microchannels.

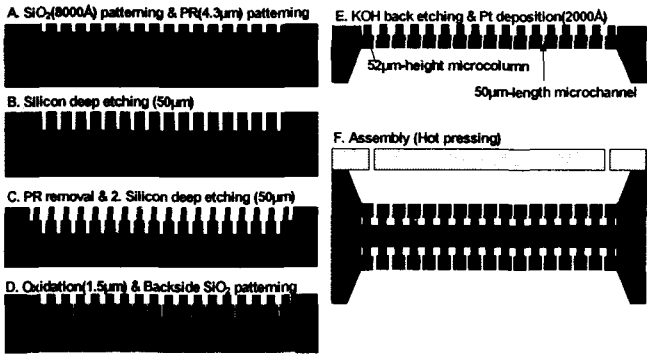
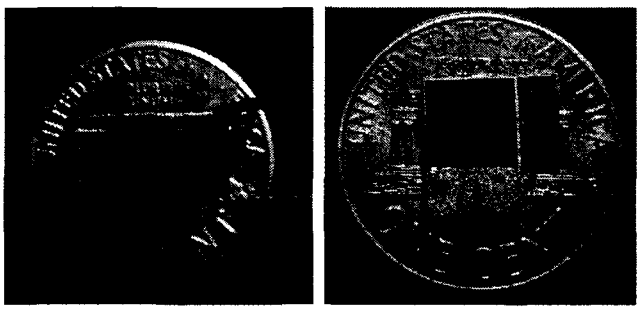


그림 5 미소돌기 전극을 이용한 극소형 직접메탄올연료전지의 제작공정

Fig. 5. Fabrication process of the micro-DMFC.



(a) (b)

그림 6 제작된 전극의 사진: (a) 미소돌기전극; (b) 미소돌기 전극으로 구성된 극소형 직접메탄올연료전지

Fig. 6. Top view of the fabricated device compared with the size of a penny: (a) The microcolumn electrode; (b) The micro-DMFC based on the microcolumn electrodes.

4. 이론적 성능예측

일반적으로 전류밀도,i,에 대한 연료전지의 동작전압,Vc,는 아래의 식(4)의 형태로 나타난다[6].

$$V_c = E_{th} - (i+i_n)r - A\log\left(\frac{i+i_n}{i_o}\right) + B\log\left(1-\frac{i}{i_l}\right) \quad (4)$$

여기서 E_{th}, i_n, A, i_o, B, i_l, 와 r 은 가역적 개방전압(reversible open circuit voltage), 내부전류밀도 (internal current density), Tafel 방정식의 기울기, 음극에서의 교환전류(exchange current density at the cathode), 물질전단 과정에서의 상수(constant in the mass transfer overvoltage equation), 임계전류(limiting current density at the electrode), 그리고 전극사이의 비저항(area specific resistance)을 각각 나타낸다.

그러나 식(4)의 7개의 변수는 실제 직접메탄올연료전지의 비가역성, 즉 전극과 고분자 전해질 사이의 저항 손실(ohmic losses), 전극의 kinetics 손실, 연료의 물질전달에서 오는 손실 등의 요인으로 이론적으로 동작전압과 전류밀도를 예측하는 것은 거의 불가능하다. 또한 실제 단위전지 실험에서는 동작전압-전류 특성은 전극의 형상과 재료, 고분자 전해질의 형상과 재료, 연료채널의 형상과 치수 등 기하학적 치수와 연료의 종류 등에 따라서 큰 영향을 받는다[6]. 따라서 본 연구에서는 제안한 미소돌기 전극의 평판전극에 대한 형상 변화 효과만을 확인하기 위해서 반쪽전지(half-cell) 시험[9]에 대한 이론적인 해석을 수행하였다.

기존의 연료를 펌프로 공급하는 연료공급형 직접메탄올연료전지는 높은 전류밀도 영역에서, 즉, 펌프로 연료를 전극으로 공급하는 것보다 빠른 속도로 전극에서 반응하거나, 반응부산물의 생성속도가 반응부산물이 bulk solution으로 확산되어 나가는 속도보다 빠를 때, 확산이 물질전달에서 지배적인 물질전달 메커니즘이 된다. 반면에 연료펌프 없이 연료챔버가 일체형으로 내장된 극소형 직접메탄올연료전지에서는 모든 전류밀도에 대해 확산 물질전달이 전기화학적 반응을 제한되게 된다. 따라서 확산은 기존의 거대 직접메탄올연료전지에서 보다 극소형 직접메탄올연료전지에서 더 중요한 메커니즘이다. 본 연구에서는 미소돌기전극과 평판전극의 형상 변화에 대한 효과를 비교하기 위해서 각각에 대한 확산 전류밀도의 변화를 이론적으로 계산하였다.

Fick's law에 의해 결정되는 확산은 정적반응에서 물질전달의 지배적인 메커니즘이다. 정적반응과 평판전극에 대하여, 확산 방정식은 간단하게 x축에 대한 1차원 방정식으로 표현할 수 있다.

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = D_i\frac{\partial^2 c_i}{\partial x^2} \quad (5)$$

여기서 c_i, t, 와 D_i, 는 각각 농도(concentration), 시간, 그리고 i 물질에 대한 확산계수(mass diffusion coefficient of specie i)를 나타내며, x=0인 위치를 전극의 표면으로 정의한다.

표 3 반쪽전지 실험 조건

Table 3 Experimental conditions for the half-cell test

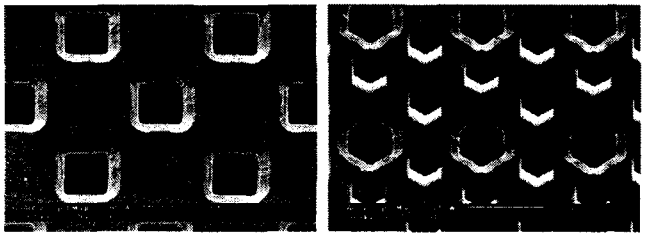
Electrolyte	0.5M H_2SO_4 + 2M CH_3OH
Reference Electrode	Ag/AgCl with saturated KCL
Counter Electrode	Pt
Voltage Sweep	50mV/sec

표 4 반쪽전지 실험에서의 확산 전류밀도의 이론적 값과 실험 결과

Table 4 Estimated and experimental values of diffusion current density increase ratio in the half-cell

Theoretical value	$\left(\frac{i_M}{i_P}\right)_{th} = 2.21$
Experimental value	$\left(\frac{i_M}{i_P}\right)_{ex} = 1.73$

Subscript M: Microcolumn electrode, subscript P: planar electrode



(a) (b)

그림 7 제작된 전극의 SEM 사진: (a) 평판 전극; (b) 미소돌기 전극

Fig. 7. *Enlarged view of the fabricated electrode: (a) The planar electrode; (b) The microcolumn electrode.*

전극에 높은 overpotential을 가하게 되면, 반응은 아주 빨리 일어나게 되어, 전극의 표면에서는 반응물질의 농도가 거의 0에 가까워지게 된다. 이때 반응속도는 bulk 농도, c_o에서 전극으로의 반응물질 확산에 의해 결정지어지게 되고, 이때 임계전류(limiting current)가 흐른다고 한다. 이 조건에서 반응물질의 농도는 전극표면에서의 거리 x와 시간 t에 대해 식(6)과 같이 나타난다.

$$c(x,t) = c^o erf\left(\frac{x}{2\sqrt{tD}}\right) \quad (6)$$

평판전극에 대한 확산 전류밀도는 이론적으로 전극의 표면에서 단위시간당 반응물질이 확산되어오는 비율로 결정되므로, 확산 전류밀도는 Fick's law에 의해서 전극표면에서 반응물질 농도의 기울기와 비례하게 된다. 식(6)을 x에 대해 미분하면 전극표면에서의 반응물질 농도 기울기, $(dc/dx)_x$=0,가 $(Dt)^{1/2}$ 에 대해 역비례 함을 알 수 있다. 이와 같이 전극표면으로부터 반응물질의 구배가 존재하는 짧은 구간을 Nernst and Merriam이 처음으로 확산층(diffusion layer)의 개념을

도입하여 설명하였다[11]. 확산층을 지나게 되면 거리에 관계없이 농도는 일정하게 된다. 식(6)의 미분결과에서 확산층 두께 ,δ,를 고려하면, 확산층 두께는 $(Dt)^{1/2}$의 값을 가짐을 알 수 있다. 따라서 식(6)의 미분결과를 확산층의 두께를 이용하여 아래와 같이 표현 할 수 있다.

$$\left(\frac{dc}{dx}\right)_{x=0} = \frac{c^{o}}{\sqrt{\pi Dt}} = \frac{c^{o}}{\delta} \tag{7}$$

반응물질이 전극으로 확산되어 오는 비율은 전극에서 반응물질이 소모되는 비율과 일치하게 된다. 전극표면에서 반응물질이 소모되는 비율이 전류로 고려되므로, 확산 전류밀도에 대한 방정식[11]을 아래와 같이 얻을 수 있다.

$$\frac{i}{nF} = -DA_a\left(\frac{dc}{cx}\right)_{x=0} = -DA_a\frac{c^{o}}{\delta} \tag{8}$$

여기서 i, n, A_a 와 F 는 각각 확산 전류밀도, 전달되어온 전자의 개수, 전극의 표면적, 그리고 Faraday 상수를 나타낸다.

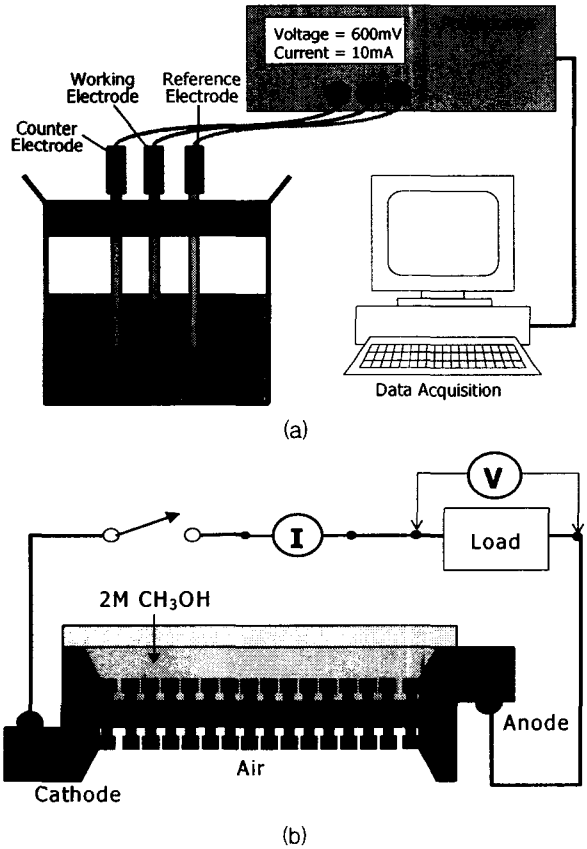


그림 8 실험장치의 개략도: (a) 일정전류법을 이용한 반쪽전지 실험장치: (b) 전압계, 전류계 및 가변저항을 이용한 단위전지 실험장치

Fig. 8. Experimental apparatus; (a) The half-cell test apparatus using potentiostatic method: (b) The single cell test apparatus.

식(8)에서 보듯이 실험조건이 동일한 경우 전극의 면적과 확산층의 두께를 알면 확산 전류밀도의 증가량을 계산할 수 있다. Figure 4에서 보듯이 미소돌기전극은 평판전극과는 달리 50㎛ 높이의 미소돌기를 가지고 있으므로 확산층의 두께 역시 평판전극과는 달라져 단순히 면적의 증가량만큼 확산 전류밀도가 증가하지는 않을 것을 예측할 수 있다. 또한 평판전극과는 달리 간단한 이론적인 식으로 미소돌기전극의 확산층 두께를 계산하는 것은 어렵다. 따라서 본 연구에서는 식(5)과 Table 2의 조건을 바탕으로 Fluent 5.5를 이용하여 미소돌기전극의 확산층 두께를 계산하였다. 미소돌기전극의 확산층 두께는 평판전극에 비해 1.62배만큼 두꺼운 결과를 보였다. 따라서 전극에 높은 overpotential이 걸리는 반쪽전지(half-cell) 시험에서 확산전류의 밀도는 표면적의 증가량과 확산층의 두께 비를 고려하면 Table 3에 나타낸 것과 같이 이론적으로 미소돌기전극이 평판전극에 비해 약 2.21배 높은 확산 전류밀도를 나타낼 것으로 예측되었다.

5. 실험결과 및 고찰

실험에서는 미소돌기전극과 평판전극의 메탄올 산화특성을 비교하고, 미소돌기전극으로 구성된 극소형 직접메탄올연료전지와 평판전극으로 구성된 극소형 직접메탄올연료전지의 전력생성 특성을 측정하여 비교하였다. 전극의 메탄올 산화특성을 비교하기 위해서 실험장치를 Fig.8a와 같이 구성하고 Table 3에 나타낸 실험조건에서 반쪽전지 실험을 수행하였다. Figure 8b는 단위전지 실험 구성도를 나타낸다.

Figure 9의 반쪽 전지 실험결과에서처럼 미소돌기전극은 1.1V의 potential에서 평판전극에 비해 1.73배 높은 확산 전류밀도를 나타내었다. Table 4는 평판전극에 대한 미소돌기전극의 확산 전류밀도 증가량에 대한 이론적 예측치와 실험결과를 나타내고 있다. 1차원 모델을 이용한 시뮬레이션 결과로 확산층의 두께를 예측한 방법이 이론적 예측값과 실험결과의 차이의 한 요인이 된 것으로 추정된다. 3차원 모델을 이용하여 시뮬레이션을 수행하게 되면 이론적 예측값과 실험값의 오차를 줄일 수 있을 것이다.

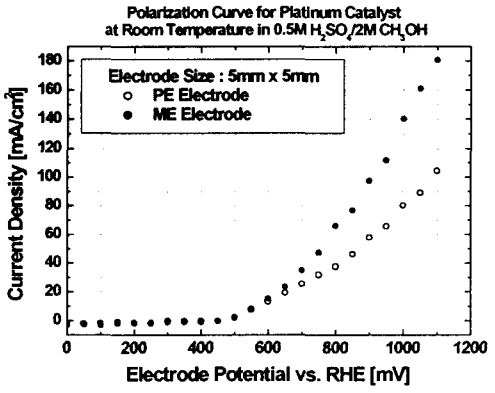
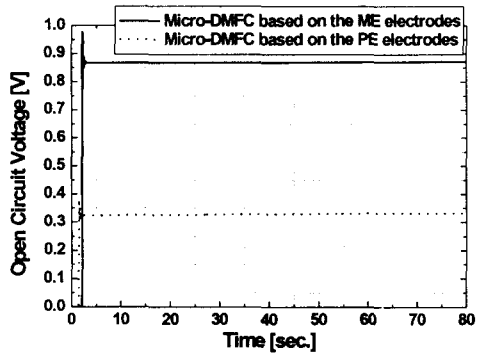


그림 9 반쪽전지 실험에서 포텐셜 변화에 따라 측정된 확산 전류밀도

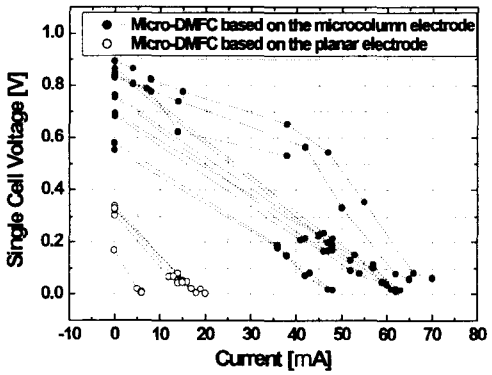
Fig. 9. Measured current density for varying electrode potential for the half-cell test.

Figure 10a는 미소돌기전극으로 구성된 극소형 직접메탄올연료전지와 평판전극으로 구성된 극소형 직접메탄올연료전지의 개방전압(open circuit voltage)을 나타내고 있으며, 그 결과는 각각 870mV, 330mV를 나타내었다. 또한, Fig.10b에 나타낸 전류-전압 특성 실험결과에서 미소돌기전극 극소형 직접메탄올연료전지는 0.43V에서 최대전력 10.8±7.54㎼(43.23±0.16㎼/㎠)를 나타내었고, 평판전극 극소형 직접메탄올연료전지는 0.08V에서 최대전력 0.81±0.42㎼(3.24±1.68㎼/㎠)를 나타내었다. 전류-전압 특성 실험결과를 통하여 미소돌기전극 극소형 직접메탄올연료전지는 평판전극 극소형 직접메탄올연료전지에 비해 최대 13배 큰 전력밀도를 나타내었다.

Figure 11은 최대전력에서 미소돌기전극 극소형 직접메탄올연료전지와 평판전극 극소형 직접메탄올연료전지의 40분 동안의 시간에 대한 전력 변화를 측정한 실험결과 이다. 두 가지 극소형 직접메탄올연료전지가 모두 40분 동안 아주 일정한 전력을 유지함을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 10 미소돌기전극으로 구성된 단위전지와 평판전극으로 구성된 단위전지의 실험결과: (a) 개방전압; (b) 전압-전류 특성

Fig. 10. Measured results of the micro-DMFC based on the microcolumn electrodes and the micro-DMFC based on the planar electrodes at 2M-methanol fuel and air reductant: (a) Open circuit voltage; (b) Voltage-current characteristics.

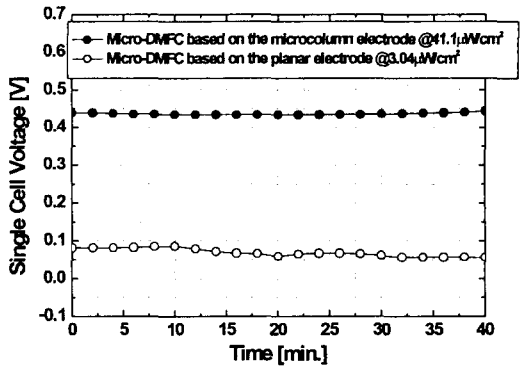


그림 11 미소돌기전극으로 구성된 단위전지와 평판전극으로 구성된 단위전지의 시간에 따른 전력특성변화.

Fig. 11. Measured life time of the micro-DMFC based on the microcolumn electrodes and the micro-DMFC based on the planar electrodes at 2M-methanol fuel and air reductant.

6. 결 론

본 연구에서는 극소형 직접메탄올연료전지의 전력밀도 향상을 위해서 미소돌기전극을 제한하였다. 제안된 미소돌기전극과 기존의 평판전극의 메탄올 산화특성과, 미소돌기전극 극소형 직접메탄올연료전지와 평판전극 극소형 직접메탄올연료전지의 전력생성 특성을 비교하기 위해서 5mm5mm의 동일한 투영면적을 가지도록 설계하였다. 반쪽전지 실험에서 1.1V의 potential에서 미소돌기전극은 평판전극보다 1.73배 큰 확산전류를 나타내었으며, 단위전지 실험에서는 미소돌기전극 극소형 직접메탄올연료전지가 10.8±7.54㎼(43.23±0.16㎼/㎠)의 최대전력을 평판전극 극소형 직접메탄올연료전지가 0.81±0.42㎼(3.24±1.68㎼/㎠)의 최대전력을 보여 미소돌기전극 극소형 직접메탄올연료전지가 평판전극 극소형 직접메탄올연료전지보다 최대 13배 큰 전력생성 특성을 보였다. 또한 40분 동안 시간에 대한 전력변화 특성을 측정한 결과 두 소자 모두 비교적 일정하게 전력을 유지하였다. 결론적으로 본 연구에서는 미소돌기전극을 이용하여 평판전극에 비해 높은 전력특성을 얻을 수 있음을 실험적으로 증명하였고, 이러한 유한연료를 가지는 극소형 직접메탄올연료전지의 용량은 저전력형 DSP나 바이오센서에 응용이 가능하다.

참 고 문 헌

[1] C. Zhang, K. Najafi, L.P. Bernal, and P.D. Washabaugh, "An Integrated Combustor-Thermoelectric Micro Power Generator," Proc. Solid-State Sensors and Actuators, Munich, Germany, June 10-14, 2001, pp.120-124

[2] C.B. Williams, and R.B. Yates, "Analysis of a Micro-Electric Generator for Microsystems," Sensors and

Actuators, A52 (1996), pp.8-11.
[3] C.-C. Lin, R. Chodssi, A.A. Ayon, D.-Z. Chen, and S. Jacobson, "Fabrication and Characterization of a Micro Turbine/Bearing Rig," Proc. IEEE Micro Electro Mechanical Systems Conference, Orlando, Florida, USA, January 17-21, 1999, pp.529-533.
[4] N.M. White, P. Glynne-Jones, and S.P. Beeby, "A Novel Thick-film Piezoelectric Micro-generator," Smart Materials and Structures, Vol.10, 2001, pp.850-852.
[5] K.B. Lee, L. Lin, "Electrolyte based On-Demand and Disposable Microbattery," Proc. IEEE Micro Electro Mechanical Systems Conference, Las Vegas, USA, 2002, pp.236-239.
[6] EG&G services, Parsons Inc., Science Application International Corporation, Fuel Cell Handbook, U.S. Department of Energy, Fifth edition, 2000.
[7] S.C. Kelley, G.A. Deluga, and W.H. Smyrl, "A Miniature Methanol/Air Polymer Electrolyte Fuel Cell," Electrochemical and Solid-State Letters, Vol.3, No.9, 2000, pp407-409.
[8] W.Y. Sim, G.Y Kim, and S.S. Yang, "Fabrication of Micro Power Source using a Micro Direct Methanol Fuel Cell for the Medical Application," Proc. IEEE Micro Electro Mechanical Systems Conference, Interlaken, Switzerland, January 21-25, 2001, pp.341-344.
[9] J.D. Kim, Enhancing the Efficiency of Direct Methanol Fuel Cell via Surface Modification of Polymer Electrolyte and Combinatorial Anodic Catalyst, Master Thesis, KAIST.(2000)
[10] John O'M. Bockris, and Amulya K.N. Reddy, Modern Electrochemistry, Plenum Press·New York, 1977.

본 연구는 과학기술부의 창의적연구진흥사업의 일환인 "생체모사기법을 응용한 디지털나노구동 기관의 구현에 관한 연구" 과제의 지원으로 수행되었습니다.

저 자 소 개

서 영 호 (徐 榮 晧)

1975년 11월 6일생. 1998년 부산대학교 기계공학과 졸업(학사). 2000년 한국과학기술원 기계공학과 졸업(석사). 2003년8월 한국과학기술원 기계공학과 졸업(박사). 2003년 9월~현재 한국기계연구원 선임연구원. 관심분야: 마이크로 영역에서의 플라즈마 거동 및 반응 현상, 나노급 사출성형 기술.

Tel : (042) 868-7879
Fax : (042) 868-7149
E-mail : yhseo@kimm.re.kr

조 영 호 (曺 永 昊))

1957년 8월 10일생. 1980년 영남대 기계공학과 졸업(학사). 1982년 한국과학기술원(KAIST) 기계공학과 졸업(석사). 1991년 미국 버클리대 기계공학과 졸업(박사). 1982년~1986년 한국과학기술연구원(KIST) CAD/CAM연구실 연구원. 1987년~1990년 Berkeley Sensor & Actuator Center(BSAC) 연구 조교, 1990년~1991년 BSAC Post-doc., 1991년~1994년 KAIST 기계기술연구소 선임연구원. 1994년~현재 KAIST 바이오시스템학과 부교수. 현재 창의적연구진흥사업 디지털나노구동연구단장. 관심분야: 마이크로 관성센서, 마이크로 액추에이터, 미소 광기전복합 소자, 디지털나노구동기관 및 응용

Tel : (042) 869-8691
Fax : (042) 869-8690
E-mail : mems@kaist.ac.kr