

풀러렌기반 이온성고분자 트랜스듀서의 동적 특성

Dynamic Characteristics of Fullerene Based Ionic Polymer Transducers

정정환*·성태홍*·오일권†
 Jung Jung-Hwan, Cheng Tai-Hong and Oh Il-Kwon

1. 서 론

기존의 IPMC는 상용 나피온(Nafion)막과 백금 전극층으로 이루어져 있는데 구동변위가 적으며 구동력이 약하다는 단점이 있다. 또한, 외부 물리적 변위에 따른 에너지 수집에 따른 성질은 활용도가 전무한 상태이다. 이와 같은 이유로 기존 IPMC의 성능을 개선하기 위해서 CNT(Carbon Nano Tube)나 CNF (Carbon Nano Fiber)등의 나노소재를 이온성고분자에 적용하거나 SSEBS (sulfonated poly (styrene-b-[ethylene/butylene]-b-styrene)), PSMI (poly (styrene-alt-maleimide), PVDF (poly(vinylidene fluoride)) 같은 새로운 이온성고분자를 적용하는 연구들도 진행되고 있다. 하지만 아직까지 IPMC의 구동변위 증가나 변위유지성 향상에 대한 연구는 미비한 상태이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이번 연구에서는 풀러렌(Fullerene)을 나피온에 적용하여 IPMC 트랜스듀서를 제작하였다. 풀러렌은 탄소원자가 공 모양으로 결합된 분자들을 통틀어 이르는 말로, 이 탄소동위원소는 전기전도도가 우수하고 생물에 침투되었을 때에도 뛰어난 생체적합성을 가지고 있는 나노크기의 물질이다.

본 연구에서는 풀러렌-나피온을 기반으로 제작한 나노복합체 이온성고분자 막을 인장시험 및 전도도 측정을 통하여 풀러렌의 적용에 따른 물리적 성능변화를 측정하였고, 무전해도금을 통해 IPMC를 제작하여 다양한 AC전압과 주파수에 따른 변위량 측정, 외부가진에 따른 전기적 신호 생성을 통하여 풀러렌이 트랜스듀서에 주는 성능변화에 대해 알아보았다.

2. 본 론

2.1 성능평가

(1) 인장시험

제작된 필름의 물리적 특성을 측정하기 위해 각각의 필름을 30mm×5mm의 직사각형 형태로 절단하였고, 200mm/min의 인장 조건으로 Strain-Stress 곡선을 얻었다. Fig. 1 에서 보는 바와 같이 순수 나피온으로 제작된 필름보다 풀러렌이 적용된 나피온 필름의 인장강도가 증가했음을 확인 할 수 있다. 또한 각각의 필름의 영계수 계산 결과, 순수 나피온으로 제작된 필름은 9.8775MPa인 반면 0.1%의 풀러렌이 적용된 필름은 11.2885MPa, 0.5%의 풀러렌이 적용된 필름은 20.6573MPa로써 순수 나피온 대비 약 48%의 영계수 증가의 결과를 얻을 수 있었다.

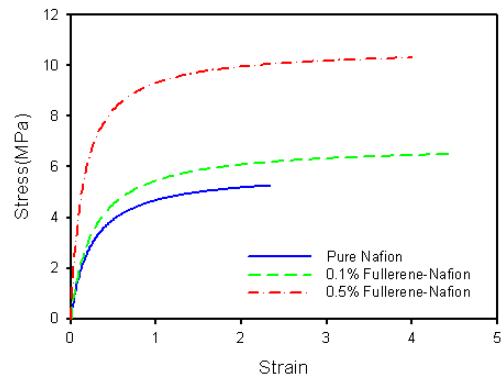


Fig. 1 Strain - Stress Curve

(2) 양전하 전도성

제작된 필름은 D.I.Water에 두 시간 이상 함침하여 Stainless Steel로 제작된 원형의 두 전극사이에 위치시킨 후 100Hz ~ 1MHz 주파수 범위에서 10mVolt 전압을 인가하여 Zahner Elektrik IM6e 임피던스 측정기를 이용하여 각 필름의 저항을 측정하였다.

양전하 전도성은 다음과 같은 식을 통하여 구할 수 있다.

$$\text{Proton conductivity (S/cm)} = \frac{1}{R(\Omega)} \times \frac{L(\text{cm})}{A(\text{cm}^2)} \quad (1)$$

여기서 R은 임피던스 측정값, 즉 고분자의 저항값이고, L은 고분자의 두께, A는 고분자의 측정유효 면적이다. 고분자 두께는 원형의 측정유효면적 상, 하, 좌, 우, 중앙 5부분의 두께를 측정한후에 평균을 내서 결정하였다. 순수 나피온으로 제작된 필름의 전도성은 6.40×10^{-2} S/cm, 풀러렌이 적용된 필름의 전도성은 각각 8.59×10^{-2} S/cm, 11.9×10^{-2}

† 교신저자; 전남대학교 기계시스템공학부
 E-mail : ikoh@chonnam.ac.kr
 Tel : (062) 530-1685, Fax : (062) 530-1689

* 전남대학교 기계공학과

S/cm으로 계산되었다. 각 필름의 전도성 비교결과 풀러렌이 적용됨으로써 양전하 전도성 증가가 있음을 확인할 수 있었다.

(3) 구동변위 측정

제작된 IPMC 트랜스듀서에 0.5V~2.0V의 인가전압과 0.1Hz ~ 3.0Hz의 주파수 신호에 따른 끝단 변위를 레이저 변위기를 이용하여 측정하였다. Fig.2 에서 보는바와 같이 순수 나피온을 사용한 IPMC 구동기의 변위보다 풀러렌을 적용한 IPMC 구동기의 끝단변위가 전체적으로 증가하였음을 확인할 수 있다.

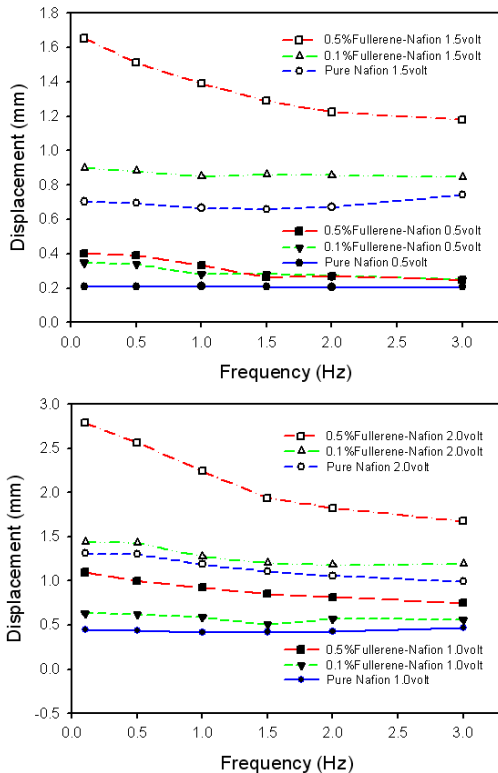


Fig. 2 Tip Displacement of IPMC under Various Excitation and Frequency

(4) 외부가진에 따른 전류 생성 특성

제작된 IPMC 트랜스듀서를 Fig. 3 과 같이 구성하였다. 가진기를 이용하여 0.1Hz ~ 10Hz 의 주기로 끝단에 사인 파형의 물리적 가진을 하였고, 이에 따른 생성신호를 확인 하였다. Fig. 4 에서 보는바와 같이 전체적으로 풀러렌의 적용량이 증가함에 따라 생성 전류값이 증가함을 확인할 수 있다.

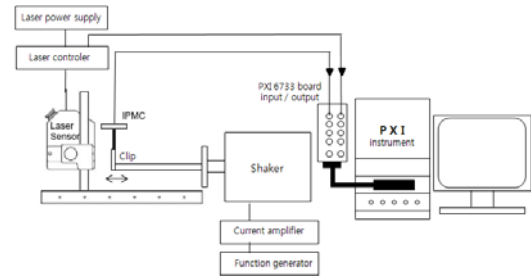


Fig. 3 Experimental Setup for Measuring the Energy Harvesting

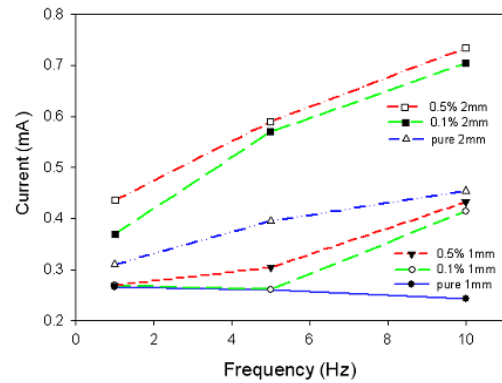


Fig. 4 The Current Output from the Sinusoidal Physical Input

4. 결 론

본 연구에서는 풀러렌을 적용하여 풀러렌-나피온 복합체를 기반으로 하는 IPMC 트랜스듀서를 제작하였다. 인장테스트를 통하여 제작된 필름의 물리적 강성이 증가하였음을 확인하였고, 전하 전도성 측정을 통해 전기적 전도성 또한 좋아졌음을 확인하였다. 전압을 인가한 후 트랜스듀서의 끝단 변위를 측정하여 풀러렌-나피온 복합체 IPMC 트랜스듀서의 변위량이 순수 나피온 기반 IPMC에 비해 증가하였음을 확인하였고, 물리적 가진을 통한 전류생성 특성 또한 순수나피온 변환기에 비해 증가하였음을 확인하였다.

후 기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 신진교수연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (No.2008-1638)