

풀러렌이 혼입된 나피온기반 나노복합체 작동기의 성능평가

Perfomance Test of Nano-Composite Actuator Based on Fullerene Mixed Nafion

정정환*· 오일권†
Jung JungHwan*, Oh IlKwon†

Key Words : Fullerene(풀러렌), Nafion(나피온), Nano-Composite(나노복합체), IPMC(이온성고분자금속복합체), Actuator(구동기)

ABSTRACT

In this study, the nano-composite actuator based on Fullerene and Nafion was newly developed to improve the electro active polymer actuators. The tensile test was employed to define the mechanical stiffness and strength of the nano-composite membrane. Also, the bending displacement of the Fullerene-Nafion based nano-composite actuator was investigated under DC and AC excitations with various magnitudes and frequencies. As a result, the new nano-composite actuator based on Fullerene-Nafion shows much larger deformation than the pure Nafion based actuator and solves the straightening back problem of the previous electro active polymer actuators.

1. 서 론

다양한 종류의 EAP(Electro Active Polymer)에 대한 연구가 최근까지도 여러 분야에서 활발히 진행되고 있다. 여러 종류의 EAP중에서도 IPMC(Ionic Polymer Metal Composite)는 낮은 구동 전압에서도 대변형을 하고, 가볍고 부드럽다는 장점을 가지고 있기 때문에 IPMC를 이용한 연구가 더욱 활발히 진행 중이다.[1,2].

기존의 IPMC는 상용 나피온(Nafion)막과 백금 전극층으로 이루어져 있는데 DC 가전에 따른 변위유지성능이 약하고 구동 변위가 적으며 구동력이 약하다는 단점이 있다. 이와 같은 이유로 기존 IPMC의 성능을 개선하기 위해서 CNT(Carbon Nano Tube)나 CNF (Carbon Nano Fiber)등의 나노소재를 이온성 고분자에 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 [3-5]. 하지만 아직까지 IPMC의 구동변위 증가나 변위유지성 향상에 대한 연구는 미비한 상태이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이번 연구에서는 지금까지 적용사례가 없는 풀러렌 (Fullerene)을 나피온에 적용하여 IPMC작동기를 제작하였다. 풀러렌은 탄소원자가 공 모양으로 결합된 분자들을 통틀어 이르

는 말로, 이 탄소동위원소는 전기전도도가 우수하고 생물체에 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, IPMC 구동기를 제작하여 다양한 AC전압과 주파수에 따른 변위량 측정과 DC전압을 인가하여 구동변위 유지성에 대한 평가를 통해 풀러렌이 작동기에 주는 성능변화에 대해 알아보고자 한다.

2. 실 험

2.1 구동기 성능 평가

가. 인장시험

제작된 필름의 물리적 특성을 측정하기 위해 각각의 필름을 30mm×5mm의 직사각형 형태로 절단하였고, 200 mm/min의 인장 조건으로 Strain-Stress 곡선을 얻었다. 그림1에서 보는 바와 같이 순수 나피온으로 제작된 필름보다 풀러렌이 적용된 나피온 필름의 인장강도가 증가했음을 확인 할 수 있다.

나. 양전하 전도성 (Proton conductivity)

제작된 필름은 D.I.Water에 두 시간 이상 함침하여 100Hz ~ 1MHz 주파수 범위에서 10mVolt 전압을 인가하여 각 필름의 저항(Impedance)을 측정하였다. 순수 나피온으로 제작된 필름의 저항은 1.5Ω으로써 전도성은 6.413×10^{-3} S/cm, 풀러렌이 적용된 필름의 저항은 0.834Ω으로써 전도성은 11.535×10^{-3}

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

* 전남대학교 기계공학과

S/cm 으로 계산되었다. 각 필름의 전도성 비교결과 풀러렌이 적용됨으로써 약 80%의 양전하 전도성 증가가 있음을 확인할 수 있었다.

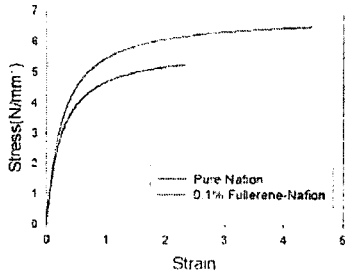


그림 1 Strain - Stress 곡선

수 있었다. 이는 풀러렌이 양이온과 결합하고 있는 물분자들의 분리 현상을 막아주는 영향이 있음을 유추할 수 있다.

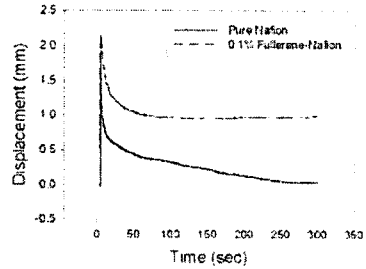


그림 3 3 Volt DC조건 IPMC작동기 끝단변위

다. 변위측정

제작된 IPMC 구동기에 0.1Hz ~ 2.0Hz의 주파수 신호와 0.5V ~ 1.5V의 인가전압에 따른 끝단 변위를 레이저 변위기를 이용하여 측정하였다. 그림2에서 보는바와 같이 순수 나피온을 사용한 IPMC 구동기의 변위보다 풀러렌을 적용한 IPMC 구동기의 끝단변위가 전체적으로 증가하였음을 확인할 수 있다. 여기서 주파수가 증가할수록 끝단변위가 감소하다가 다시 증가하게 되는데, 이는 IPMC 구동기의 공진주파수를 측정된 결과인 순수 나피온막의 2.7Hz 풀러렌이 적용된 나피온막의 3.6Hz에 각각의 구동기가 공진점에 도달하면서 끝단의 변위가 증가했다고 할 수 있다.

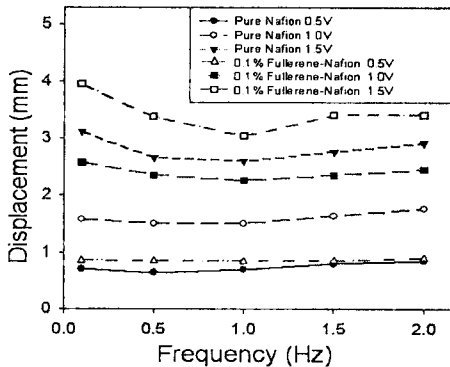


그림 2 주파수, 전압별 IPMC구동기의 끝단변위

라. Straightening back 현상

그림3 에서 보는바와 같이 순수 나피온으로 제작된 IPMC 구동기는 DC인가 전압하에 변위유지를 잃게 되는 현상이 있었다. 이 현상은 양이온이 물분자와 결합하여 이동하여 분자의 밀도차로 인해 구동하게 되는 IPMC의 특성에 따른 것으로, 시간이 지날수록 양이온과 결합하고 있는 물분자가 이탈하게 됨으로써 발생하는 현상이다. 하지만 풀러렌을 적용한 IPMC구동기의 경우 그림3에서 보는바와 같이 5분이 경과했음에도 구동변위를 유지하는 결과를 얻을

3. 결 론

본 연구에서는 현재까지 적용예가 없는 풀러렌을 IPMC 구동기에 적용하여 풀러렌-나피온 복합체를 기반으로 하는 IPMC 구동기를 제작하였다. 인장 테스트를 통하여 제작된 필름의 물리적 특성이 증가하였음을 확인하였고, 작동기의 끝단 변위를 측정하여 풀러렌-나피온 복합체 IPMC 구동기의 변위량이 순수 나피온 IPMC 구동기에 비해 증가하였음을 확인하였다. DC전압을 인가한후 변위 유지량을 측정하여 나피온으로 제작된 구동기의 변위손실현상을 확인하였고, 풀러렌-나피온으로 제작된 구동기는 일정시간동안 변위유지가 가능함을 확인하였다.

후 기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 국가지정연구실사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. ROA-2008-000-20012-0)

참 고 문 헌

- (1) Shahinpoor, M. and Kim, K. J., "Ionic polymer metal composites: IV. Industrial and medical application," Smart Mater. Struct., Vol. 14, No 1, 197-214.
- (2) 오일권 전진한, "IPMC의 동적특성", 한국소음진동공학회 2005년도 춘계학술대회논문집, 356-359.
- (3) Oh, I. K. and Jung, J. Y., "Biomimetic Nano-composite Actuators Based on Carbon Nanotubes and Ionic Polymers", Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 19, No. 3, 305-311.
- (4) Oh, I. K. and Wang, X. L., "Biomimetic electro-active polymer based on sulfonated poly (styrene-b-ethylene-co-butylene-b-styrene)", Materials Letters 61 5117-5120.
- (5) Oh, I. K., Lu, J., Kim, S. G. and Lee, S. W., "A Biomimetic Actuator Based on an Ionic Networking Membrane of Poly (styrene-alt-maleimide)- Incorporated Poly(vinylidene fluoride)", advanced functional materials, 2008, 18, 1290-1298.