

# 직선운동 전도성고분자를 이용한 소형 광학장치 구동시스템 연구 Development of a Rectilinear Motion Polymer Actuator for a Small Scale Optical Device

\*김백철<sup>1</sup>, 박수진<sup>2</sup>, 조미숙<sup>2</sup>, 손상의<sup>3</sup>, 이영관<sup>2</sup>, 남재도<sup>3</sup>, 최혁렬<sup>1</sup>, #구자춘<sup>1</sup>  
\*Baek-Chul Kim<sup>1</sup>, S. J. Park<sup>2</sup>, M. S. Cho<sup>2</sup>, Sang Ik Son<sup>3</sup>, Y. Lee<sup>2</sup>, Jae-Do Nam<sup>3</sup>,  
H. R. Choi<sup>1</sup>, #J.C. Koo(jckoo@skku.edu)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 성균관대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 성균관대학교 화학공학과, <sup>3</sup> 성균관대학교 고분자공학과

Key words; EAP, actuator design, lens device, conducting polymer, synthetic elastomer.

## 1. 서론

현재의 정보기술 관련 장비들은 광정보를 담기위한 장치를 탑재하고 있다. 게다가 이러한 장치들은 휴대를 위해 소형화, 경량화 되어가고 있으며 휴대성이 장치의 성능에 차지하는 비중이 증가하고 있다. 대부분의 휴대용 IT 장치들에서 사용되어지는 광정보 기록장치는 기록된 광정보의 해상도가 낮음에도 불구하고 공간상의 제약으로 인해 디지털 줌 방식을 사용하고 있다. 향상된 광정보를 기록하기 위해서는 광학 줌 방식이 사용되어야 하지만 복잡한 메커니즘을 가진 구동기로 인해 많은 공간이 필요하게 되고 장치의 크기가 커지므로 휴대성이 떨어진다.

이를 해결하기 위한 새로운 구동기의 필요성이 대두되었고 전기 활성 고분자(Electro Active Polymer)가 전기 화학적 구동기로 소개되면서 EAP 를 이용한 새로운 형태의 소형화 구동기의 사례가 발표되고 있으며 더 많은 분야에 적용시키기 위하여 기계적, 화학적 안정성을 향상 시키는 다양한 시도가 진행되고 있다[1].

본 연구에서는 기상에서 구동할 수 있는 향상된 고상 전도성 고분자로 구동기를 제작하고 이를 이용하여 초소형 광학장치 설계를 하는것에 있어서, 제작된 구동기의 성능을 최대한 향상시키기 위한 설계방법에 대한 연구를 진행하였다.

## 2. 구동기 선정

EAP 는 전기장에 의해 구동되는 전왜(electrostrictive), 압전(piezoelectric) 고분자와 이온의 이동에 의해 구동되는 IPMC(ionic polymer metal composite), 전도성(conducting) 고분자가 있다. 이 중 전기장에 의해 작동되는 EAP 는 0.1~10kV 정도의 높은 전압을 인가했을 때 구동되므로 휴대용 장비에서 구동 하기 위해서는 전압공급이 원활하지 않은 단점이 있다. 반면 이온의 이동에 의한 EAP 는 필름 형태로 제작이 용이하며 이온의 이동을 일으키는 요인인 온도, 용매, 농도 등을 조절하여 수 V 의 낮은 전압에서도 구동이 가능하므로[2] 휴대용 장치에 사용하기에 좋은 이점을 가진다.

전도성 고분자의 구동을 위해 사용되는 전해질의 종류는 크게 두 가지로 나누어질 수 있고, 액체 전해질을 사용하는 액상 전도성 고분자와 고체 전해질을 사용하는 고상 전도성 고분자가 있다. 액상 전도성 고분자는 구동을 일으키는 이온들이 고상 전도성 고분자에 비해 현저히 많으므로 큰 움직임을 기대할 수 있지만[3] 누액의 위험이 있고 액상 이온들이 구동기 주변에 분포할 수 있는 공간이 필요하게 되므로 전체 구동기 모듈의 크기에 제약이 있다. 반면 고상 전도성 고분자는 구동을 일으키는 이온을 고분자에 함침하여 고분자 내에 존재하게 하므로[4] 구동에 관여하는 이온의 양이 제한적이고 이에 따라 움직임도 적어지게 된다. 그러나 공기 중에서 구동할 수 있고 구동기의 크기에 제약없이 설계할 수 있다. 이러한 고상 전도성 고분자의 장점을 향상시키기 위해 MEMS(Micro-Electro-

Mechanical System)기술을 이용하면 마이크로 단위의 구동기도 제작이 가능하다[5].

이영관, 남재도 교수 팀은 이러한 고상 전도성 고분자의 특성 향상을 위한 재료 연구를 바탕으로 이온 전도도가 좋은 NBR(Nitrile Butadiene Rubber) 용해액을 제안하고 NBR 을 이용하여 향상된 고상 전도성 고분자를 제작하였다[6].

## 3. 구동기 제작

실험을 위해 제작된 고분자 구동기는 이영관 교수 팀이 제안한 NBR 용해액을 사용하였으며 필름으로 제작하기 위해 압력과 온도를 조절할 수 있는 금형에 넣어 150 $\mu$ m~200 $\mu$ m 의 얇은 필름 형태의 NBR 고분자를 제작하였다. 액상의 단량체(Monomer)를 고분자에 함침하고 표면을 산화시켜 NBR 표면에 산화중합(polymerization) 전극층을 형성하였다. 고상 전도성 고분자의 구동을 위해 고분자 내부에 전압에 의해 이동하며 부피 변화를 일으키는 상온 이온성 액체를 함침하여 구동기의 제작이 완료되며[6,7] 실험에 사용되어진 구동기는 모두 동일한 제작조건에서 제작되었다.

## 4. 실험 및 측정

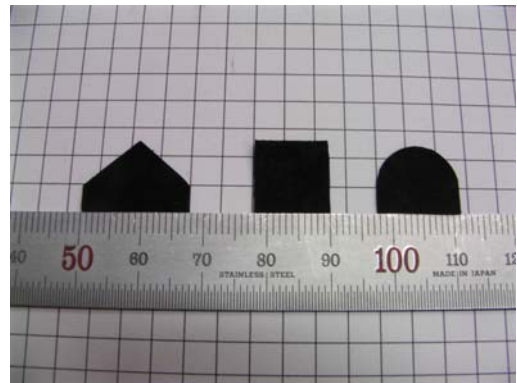


Fig. 1 Comparison with other actuators by shape

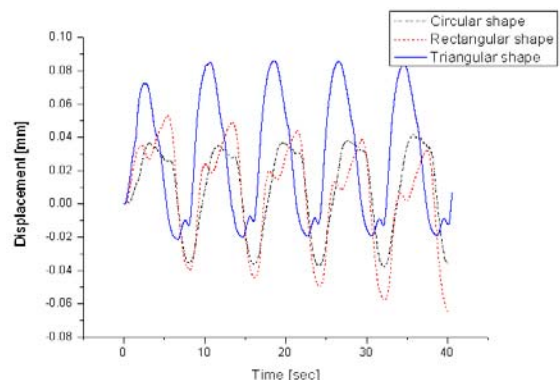


Fig. 2 Displacement of actuators by shape (0.125Hz, 8.5V, distance of sensing point: 10mm)

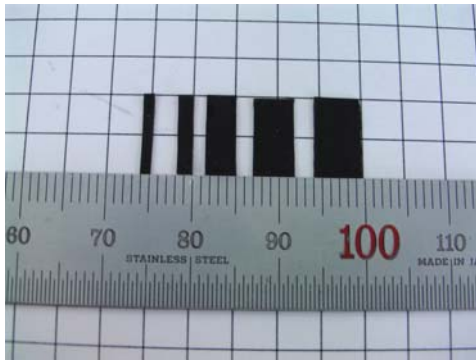


Fig. 3 Actuators that have different ratio of width and length

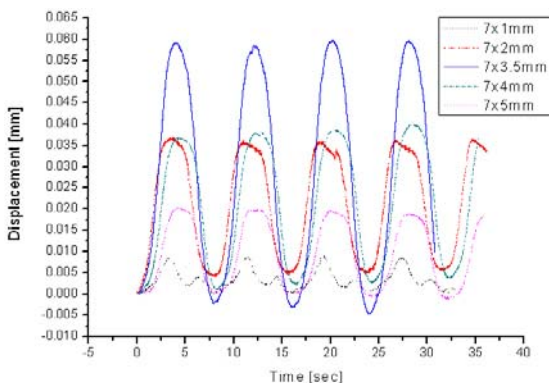


Fig. 4 Displacement of actuators by ratio of width and length (0.125Hz, 9.5V, distance of sensing point : 7mm)

정확한 구동기의 성능특성 실험을 위해 두가지의 실험이 진행되었다. 1 차 실험은 삼각형, 사각형, 원형 모양인 구동기의 형태에 따른 변위의 차이를 알아보기 위해 제작되었다. 실험을 위해 제작된 고상 전도성 고분자 구동기는 대표적으로 세가지 형태로 설계되어 실험에 사용되었다. 각각의 구동기는 전극의 면적과 두께가 동일하도록 계산되어 제작되었으므로 부피가 모두 동일하다. 또한 동일한 위치에서의 측정을 위해 구동을 위한 접점에서부터 측정을 위한 구동기의 끝 단까지의 거리가 모두 동일하다. 삼각형의 구동기의 전극의 치수는 18mm x 4.055mm 의 직사각형과 18mm x 7.945mm 의 삼각형을 합한 면적을 가지며, 사각형의 구동기는 12.02mm x 12.02mm 의 면적을, 반원형의 구동기는 13.72mm x 5.14mm 의 직사각형과 반지름이 6.86mm 인 반원의 면적을 합한 것과 같다.

2 차 실험은 동일한 형태인 구동기의 길이와 폭의 비율에 따른 변위의 차이를 알아보기 위해 제작 되었다. 실험을 위해 길이와 폭의 비율이 다른 5 종류의 구동기를 제작 하였다. 각각의 구동기는 동일한 직사각형의 형태를 가지도록 제작 되었으며 동일한 위치에서의 측정을 위해 길이는 모두 같으며 폭의 비율에만 차이를 두었다. 구동기의 치수는 10mm x 1mm, 10mm x 2mm, 10mm x 3.5mm, 10mm x 5mm, 10mm x 6mm 이다. 전극에 전압을 가하기 위하여 만들어진 측정용 모듈에 장착될 때 삽입되는 길이 방향의 3mm 를 제외하면 실제 구동을 할 수 있는 구동부분의 길이와 폭의 비율은 각각 7:1, 7:2, 2:1, 7:5, 7:6 이다.

### 5. 설계된 소형 광학 장치

실험 및 측정의 결과 그래프 Fig. 2, Fig. 4 의 결과에서 구동기의 형태에 따라 변위 특성에 차이가 발생함을 알 수 있다. 1 차 실험에서 가장 큰 변위를 나타낸 구동기의 형태는 삼각형 구동기이고 2 차 실험에서의 가장 좋은 형태는 구동기의 길이와 폭의 비율이 2:1 인 구동기이다. 우리는 이러한 결과를 적용하여 소형 광학 장치를 설계하였다.

Fig. 5 에서 볼 수 있듯이 장치 내부의 구동기는 삼각형



Fig. 5 Improved capableness small scale optical device

형태를 가지고 길이와 폭의 비율이 2:1 이 되도록 설계되었다. 또한 변위가 향상된 구동기 10 개의 작용점을 한 곳으로 집중되도록 하여 구동력 또한 향상 되도록 하였다.

구동기의 중심에는 빛을 통과 시킬 수 있는 공간이 설계되어 있으며 구동기의 윗부분에는 구동기의 움직임에 따라 빛의 굴절 량을 변화 시킬 수 있는 렌즈가 설계되었다. 구동기가 상하로 직선형 구동을 하여 광학정보가 도달하는 곳까지의 초점거리를 조절할 수 있으며 이때의 구동기의 변위량은 소형광학 장치의 성능에 가장 중요한 요소이다.

### 6. 결론

기상에서 구동되는 전도성 고분자로 장치를 설계할 때에 구동기가 최대 성능을 가질 수 있도록 설계하는 것은 매우 중요하다. 이번 우리의 연구는 구동기의 형태에 따라 구동기의 성능이 달라짐을 보였고 이러한 성능 향상 방법을 적용하여 설계하여야 한다는 결과를 얻었다. 연구의 결과를 적용하여 설계된 소형 광학 장치 구동기 성능 향상 방법인 삼각형 형태의 구동기를 설계하고 길이와 폭의 비율이 2:1 이 되도록 하는 두 가지의 설계방법은 구동기의 변위를 향상 시켰다.

### 후기

이 논문은 21C 프론티어 지능로봇 사업단의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사의 말씀을 전합니다.

### 참고문헌

1. M. Ratner, in: J.M. MAcCallum, C.A. Vincent(Eds), Polymer Electrolyte Review, vol. 1, Elsevwe, London, 1987.
2. S. G. Wax, Sands and R. R. Sands, "Electroactive polymer actuators and devices," SPIE Electroactive polymer actuators and devices, 2-11, 1999.
3. S. D. Deshpande, Jaehwan Kim and Sung-Ryul Yun, "Studies on conducting polymer electroactive paper actuators: effect of humidity and electrode thickness," Smart materials & structures, 14, 4, 876-880, 2005.
4. Y. Takeshita, T. Ichino, and S. Nishi, J. Appl. Polym. Sci., 71, 1835, 1991.
5. Alici, G and Huynh, NN, "A Microgripping System," IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 12(1), 73-84, 2007.
6. M. S. Cho, H. J. Seo, J. D. Nam, H. R. Choi, J. C. Koo and Y. Lee, "An electroactive conducting polymer actuator based on NBR/RTIL solid polymer electrolyte," Smart Mater. Struct., 16, 237-242 (2007).
7. M. S. Cho, J. D. Nam, Y. Lee, H. R. Choi and J. C. Koo, "Dry Type Conducting Polymer Actuator Based on Polypyrrole-NBR/Ionic Liquid System," Mol. Cryst. Liq. Cryst., 444, 241-246 (2006).