

# 전도성고분자를 이용한 박테리아 셀룰로오스 작동기 개발 Development of Bacterial Cellulose Actuator using Conducting Polymer

\*김시습<sup>1</sup>, 기성종<sup>1</sup>, 송형두<sup>1</sup>, 김현일<sup>1</sup>, 오일권<sup>2</sup>, 양성모<sup>3</sup>, 기광두<sup>4</sup>

\*S. S. Kim<sup>1</sup>, S. J. Ki<sup>1</sup>, H. D. Song<sup>1</sup>, H. I. Kim<sup>1</sup>, I. K. Oh<sup>2</sup>, S.M. Yang<sup>3</sup>, C. D. Kee(cdkee@chonnam.ac.kr)<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>전남대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>KAIST 기계항공시스템학부, <sup>3</sup>전북대학교 기계시스템공학부, <sup>4</sup>전남대학교 기계시스템공학부

Key words : Bacterial Cellulose, Conducting Polymer, Electro-active Polymer, Ionic Liquid

## 1. 서론

셀룰로오스는 천연 고분자로서 지구상에서 가장 쉽게 구할 수 있는 고분자이며 생분해성과 친환경성을 갖는 고분자이다. 뿐만 아니라 생체적합성을 갖는 고분자로 이를 이용해서 생체 의료용 디바이스나 전기활성화 고분자에 적용하려고 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 박테리아 셀룰로오스는 20-50nm 크기의 나노 섬유가 그물처럼 엮여있는 구조로 되어있는데 기계적, 화학적 성질이 우수하고 결정화도와 흡습성이 높아 산업적 응용가치가 높다.

본 연구에서는 박테리아 셀룰로오스를 기반으로 하여 전도성 고분자 용액에 담구는 방법으로 셀룰로오스 표면에 전극을 샌드위치 구조로 형성시켜 작동기를 개발하는 연구를 수행하였다. 일반적으로 스퍼터 장치를 이용하여 도금을 하거나 전착법(Electrochemical deposition)을 이용하여 고분자 표면에 전극 층을 형성하는데 본 연구에서는 전도성 고분자 용액에 일정 시간 담갔다 진공오븐에서 건조시키는 방법으로 개발 하였다. 이렇게 아주 간단한 방법으로 전도성고분자 용액에 박테리아 셀룰로오스를 담금으로 셀룰로오스의 나노 섬유들 사이로 전도성 고분자가 흡수되게 된다. 이는 박테리아 셀룰로오스가 친수성 및 다공성을 갖고 있기 때문이다. 이와 같은 방법으로 기존의 금 전극을 사용하지 않고 전도성 고분자를 이용한 전극을 갖는 샌드위치 구조 작동기를 개발 하였다. 또한 성능 평가를 통해서 기존 박테리아 셀룰로오스 작동기보다 작동 성능이 향상되었음을 확인하였다.

## 2. 박테리아셀룰로오스 작동기 제작

박테리아 셀룰로오스는 먼저 *Acetobactor xyli-*

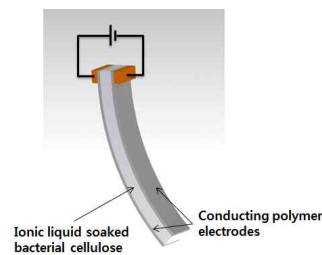


Fig. 1 Schematic of bacterial cellulose-conducting polymer actuator

num에 의해서 생산된 박테리아 셀룰로오스 젤을 순수 증류수(DI water)에 세척을 하여 불순물을 제거한 뒤 동결 건조하여 스폰지 형태의 박막을 제작하였다. 일반적으로 진공오븐에서 건조하게 되면 박막의 두께가 100um 이내로 얇아지게 되고 동작 성능을 담보하기 어려워진다. 동작성능을 확보하기 위해서 동결건조 방법으로 일정 두께를 유지할 수 있도록 제작하였다. 그 후 박테리아 셀룰로오스가 작동기로서 동작 할 수 있도록 하기 위해서 이온성 액체(Ionic liquid)에 10분 동안 담궈서 충분히 박테리아 셀룰로오스 내부에 흡수 되도록 한다. 그리고 진공오븐에서 60℃에서 3시간 동안 건조 시킨다. 전도성 고분자 종류 중 하나인 Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate)가 물에 잘 분산되어있는 용액에 잘 건조된 이온성 액체(Ionic liquid)가 처리된 박테리아 셀룰로오스 박막을 약 10분간 담궈다 다시 진공오븐에서 충분히 건조시킨다. 이렇게 제작된 전도성 고분자로 코팅 된 박테리아 셀룰로오스를 가로 세로 5mm\*45mm로 잘라서 작동기로 제작하였다.

제작된 박테리아 셀룰로오스 작동기의 성능을 확인 하기위해서 NI사의 PXI시스템의 DAQ 기능과 레이저 변위 센서를 이용하여 전압을 인가했을

때 급힘 성능을 평가하였으며 성능평가 장치의 모습은 Fig.2와 같다.

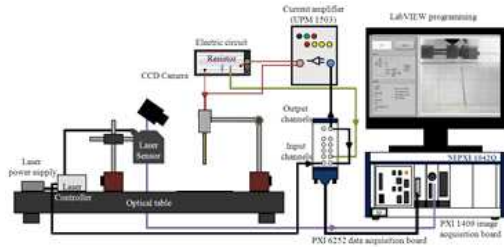


Fig. 2 Experimental setup of bacterial cellulose-conducting polymer actuator

### 3. 실험 및 고찰

Fig. 3는 전도성 고분자인 PEDOT:PSS가 코팅된 박테리아 셀룰로오스 작동기의 단면 이미지이다. 전도성 고분자와 이온성 액체(Ionic liquid)가 흡수된 박테리아 셀룰로오스가 샌드위치 구조로 형성되었음을 알 수 있다[2]. 전도성 고분자 코팅 층은 Fig.1 과같이 전극(Electrode) 역할을 수행하게 된다.

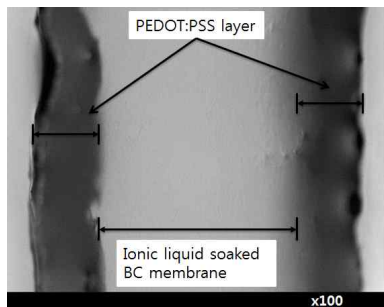


Fig. 3 Photo of the cross-section of bacterial cellulose actuator

전압이 인가되면 이온들이 움직임으로 작동기가 변형을 일으키게 된다[3]. Fig.4는 AC 입력 신호에 대한 반응을 나타내고 있다. 약간의 파형 지연이 발생하며 입력신호에 따라 잘 움직이는 것을 확인할 수 있으며 변위는 약  $\pm 0.3\text{mm}$ 로서 기존의 박테리아 셀룰로오스 기반 작동기의 성능인 약  $\pm 0.1\text{mm}$ 보다 향상된 것을 알 수 있다[1].

### 4. 결론

본 연구는 동결건조된 박테리아 셀룰로오스와 전도성 고분자를 이용하여 간단하게 담궜다가 건

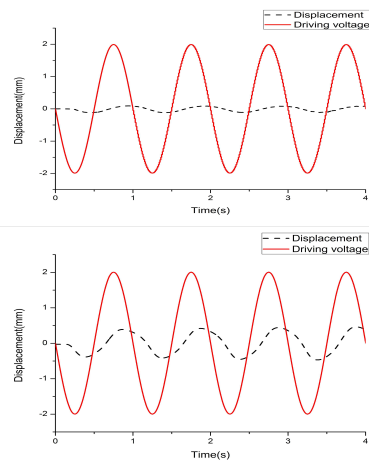


Fig. 4 AC response of bacterial cellulose actuator

조시키는 방법(dipping and drying method)으로 작동 성능이 향상된 고분자 작동기를 개발 하였다.

또한 기존의 금 전극 대신 전도성 고분자를 전극으로 이용가능 함을 확인 하였다. 성능 실험 결과 이온성 액체(Ionic liquid)와 전도성 고분자를 이용하여 기존의 박테리아 셀룰로오스 작동기보다 세 배 이상의 성능을 향상시켰으며 생체모방 로봇 등 다양한 분야에 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

### 후기

본 연구는 2011년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 중견연구자지원사업-도약연구의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0272)

### 참고문헌

1. Jin-Han Jeon, Il-Kwon Oh, Chang-Doo Kee, Seong-Jun Kim, "Bacterial cellulose actuator with electrically driven bending deformation in hydrated condition," Sensor and Actuators B, 146, 307-313, 2010.
2. Kimiya Ikushima, Stephen John, Atsushi Ono, Sachio Nagamitsu, "PEDOT:PSS bending actuators for autofocus micro lens applications", Synthetic Metals, 160, 1877-1833, 2010.
3. Suresha K. Mahadeva, Jaehwan Kim, Chulhee Jo, "Effect of Hydrophobic Ionic Liquid Loading on Characteristics and Electromechanical Performance of Cellulose", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol.12, No. 1, pp. 47-52, 2011.