Tempo처리된 박테리아셀룰로오스-그래핀을 이용한 작동기 개발

Development of actuators based on the Tempo oxidized Bacterial Cellulose-Graphene

*김현일[1], 김시습[1],#기창두[2]
*H.I.Kim[1],S.S.Kim[1] ,#C.D. Kee(cdkee@chonnam.ac.kr)[2]
[1]전남대학교 대학원 기계공학과, [2]전남대학교 기계시스템공학부

Key words : Tempo oxidized Bacterial Cellulose, Graphene, Electro-Active Polymer, Ionic Liquid

1. 서론

셀룰로오스는 천연 고분자로써 지구상에서 가장 쉽게 구할 수 있는 고분자이며 생분해성과 친환경성을 갖는 고분자이다. 박테리아 셀룰로오스는 20-50nm크기의 나노 섬유가 그물처럼 엮여있는 구조로 되어있어 기계적, 화학적 성질이 우수하고 결정화도와 흡습성이 높아 산업적 응용가치가 높다. 본 연구에서는 기존 연구와 달리 Tempo처리된 박테리아 셀룰로오스를 이용하며 그래핀 함량에 따른 작동기의 성능 특성을 알아보고 분석을 하였다. 기존의 젤 타입 박테리아 셀룰로오스와 달리 Tempo처리된 박테리아 셀룰로오스는 사슬처럼 길게 이어져 있는 섬유소가 한 개의 분자단위로 분리되어 물속에 녹아있는 형태이다. Tempo처리된 박테리아 셀룰로오스는 원하는 크기, 모양에 따라 멤브레인 제작이 가능하다는 장점이 있으며, EAP(Electroactive polymer)의 제작 시 이온성 액체를 멤브레인에 합성시키는데 기존의 딥핑(deeping) 방식보다 더 큰 효과를 기대할 수 있다.

Table 1 Tempo-BC samples with graphene

Bacterial cellulose	BMIMPF6	Graphene
65ml(4.5mg/ml)	0.5g	0wt%
65ml(4.5mg/ml)	0.5g	0.05wt%
65ml(4.5mg/ml)	0.5g	0.1wt%

2. 박테리아 셀룰로오스 작동기 제작

본 연구에서 박테리아 셀룰로오스를 이용한 멤브레인 제작은 캐스팅(casting)방법을 이용하여 제작하였다. Table 1에서 보여주는 것과 같이 4.5mg/ml 농도의 Tempo처리된 박테리아 셀룰로오스 65g을 세 개의 비커에 나누어 담고, BMIMPF6 이온성 액체를 세 가지 솔루션에 각각 0.5g씩 같은 양을 넣어준다. 교반장치를 이용하여 박테리아 셀룰로오스와 이온성 액체가 잘 섞이게 저어준 후 세 가지 솔루션에 그래핀 양을 0wt%, 0.05wt%, 0.1wt%씩 넣어 솔루션을 준비한다. 이때 그래핀을 넣은 후 1시간 정도 초음파를 쐬어 그래핀이 고르게 분산되도록 하였다.

3가지 타입의 솔루션을 제작 후 진공펌프를 이용하여 솔루션에 포함되어 있는 공기방울들을 제거해야 한다. 공기방울을 제거 하지 않고 멤브레인을 제작하면 멤브레인의 뒤틀림 또는 멤브레인 사이의 공기방울들에 의해 작동기 성능의 저하 요인이 될 수 있으므로 매우 중요한 단계이다.

오븐에서 건조 전에 진공펌프를 이용하여 솔루션에 포함된 공기방울을 제거한다. 65ml를 기준으로 할 때 진공상태의 오븐 안에서 약 90분 정도 놓아두면 솔루션에 포함된 공기방울을 모두 제거할 수 있다.

이후 65℃ 오븐에서 약 15시간정도 건조 후 멤브레인을 얻을 수 있으며 기존 박테리아 셀룰로오스와 달리 이온성 액체 합성 이후 만들어진 멤브레인은 두께가 50micron에서 70micron으로 두꺼워지며 멤브레인의 뒤틀림 현상이 줄어드는 결과를 얻었다. 기존의 젤타입 박테리아를 이용하여 작동기를 만들 때는 스퍼터를 이용하여 도금을 하였으나 Tempo처리된 박테리아 셀룰로오스에는 많은 양의 이온성 액체가 포함되어 있어 도금이 용이하지 않으며 작동기 성능 역시 매우 좋지 않았다. 멤브레인과 전극의 합성을 용이하게 만들기 위하여 같은 폴리머 계열인 PEDOT;PSS를 이용하여 멤브레인 표면에 전극을 샌드위치 구조로 형성시켰다. 이렇게 전도성 고분자로 코팅 된 박테리아 셀룰로오스를 가로, 세로 5mm*40mm로 잘라서 작동기로 제작

하였다.

3. 실험 및 고찰

제작된 박테리아 셀룰로오스 작동기의 성능을 확인 하기위해서 NI사 PXI시스템의 DAQ 기능과 레이저 변위 센서를 이용하여 전압을 인가하여 굽힘 성능을 평가하였으며, 화학적 변화를 확인하기 위하여 FT-IR 변화를 관찰하였다.

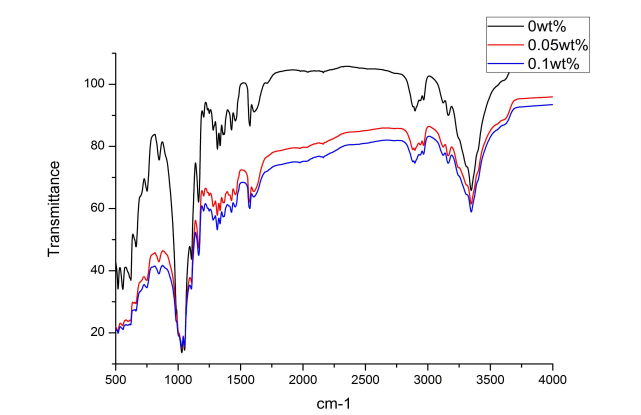

Fig. 1 Analysis FTIR of Tempo-BC-G actuator

Fig. 1과 같이 Tempo 처리된 박테리아 셀룰로오스에 그래핀을 첨가하면 피크가 전반적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 그래핀이 Tempo 처리된 박테리아 셀룰로오스의 OH 그룹과 반응하여 이와 같은 변화를 가져온 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 그래핀이 화학적 반응하여 기계적 물성치를 변화시켜 작동기의 성능에 영향을 미친 것으로 생각된다. Fig. 2에 나타난 작동기 성능은 그래핀의 함량에 따라 크게 향상됨을 보여준다.

Tempo-BC-G 작동기는 Tempo-BC 작동기와 비교했을 때 1V의 입력전압에서 약 ±2.5mm 이상 향상된 ±4mm를 나타냈다. 뿐만 아니라 응답특성도 Tempo-BC 작동기에 비해서 크게 향상되었다. 2V의 입력 전압을 인가했을 때 ±5.5mm를 나타냈다. 결과적으로 그래핀과 Tempo-BC의 화학적 반응이 작동기의 전기화학적 특성을 향상시킨 것으로 생각된다.

4. 결론

본 연구는 Tempo처리된 박테리아 셀룰로오스에 그래핀을 첨가하여 캐스팅함으로써 낮은 구동전압에서 대 변위를 갖는 작동기를 개발하였다. 개발된 Tempo-BC-G 작동기는 첨가된 그래핀과 Tempo-BC간의 화학적 결합에 의해 기계적 물성이

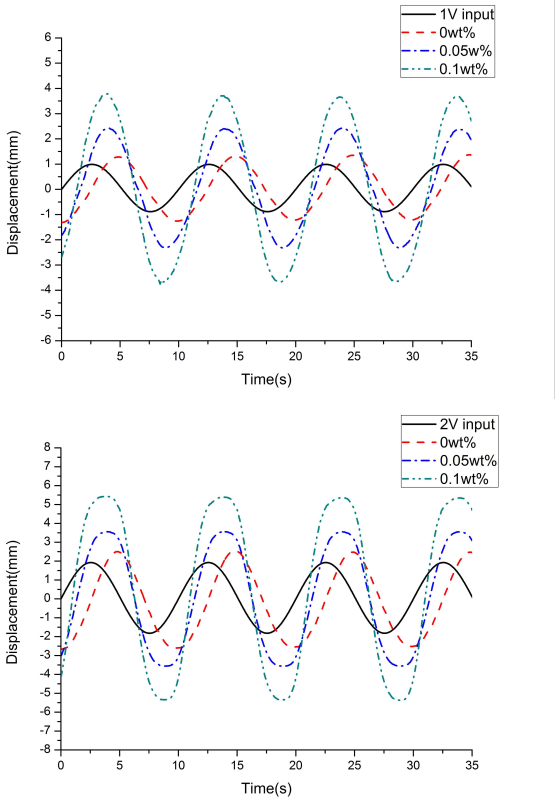

Fig. 2 AC response of bacterial cellulose actuator

향상된다. 뿐만 아니라 전도성 고분자를 전극으로 사용하여 고분자 멤브레인 간의 적합성을 높여 결과적으로 작동기의 성능을 향상 시켰다. 개발된 Tempo-BC-G 작동기는 저 전압에서 대변형을 갖는 작동기로 생체모방 로봇 등 다양한 분야에 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

후기

본 연구는 2012년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 중견연구자지원사업-도약연구의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2012-0383)

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.