(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0022474
(43) 공개일자 2015년03월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 2/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0100400
(22) 출원일자 2013년08월23일
심사청구일자 2013년08월23일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
한만중
서울 성북구 안암로 145, 마이크로/나노시스템협동과정 (안암동5가, 고려대학교)
김규태
경기 안양시 동안구 부림로 13, 606동 603호 (평촌동, 꿈마을현대아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 7 항

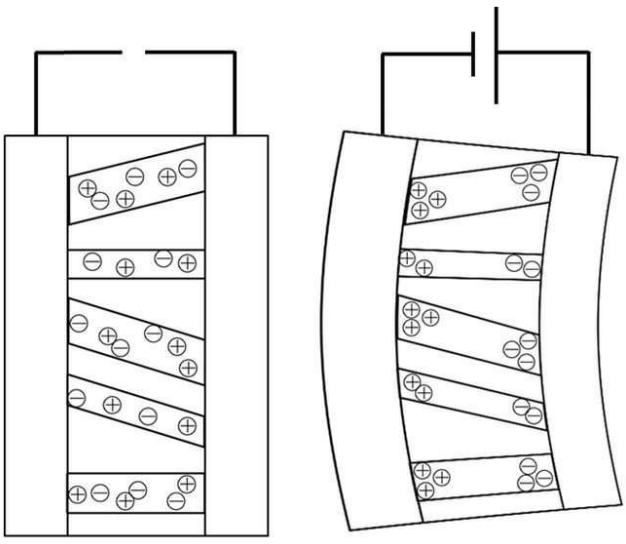
(54) 발명의 명칭 **다공성 고분자막을 포함하는 액추에이터**

(57) 요 약

본 발명은 액추에이터 소자에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 다공성 고분자막; 및 상기 다공성 고분자막 양면에 위치하고 탄소나노튜브를 함유하는 전극층;을 포함하는 액추에이터에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 다공성 고분자막의 기공 내에 전해액을 담지하므로 액체 전해질을 따로 구비하거나 전해액을 고형화하는 추가 과정이 생략 가능하여 제조비용 및 시간이 절감된다. 또한, 공기 중에서 장기간 구동이 가능하다. 또한, 다공성 고분자막의 기공 내부에 주입된 전해액의 유동성이 높아 전해액의 교환 및 추가 주입이 가능하므로, 액추에이터의 재사용이 가능하다. 이러한, 구성을 갖는 액추에이터는 보다 다양한 분야에서 활용이 가능할 것으로 예상된다

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

박희등

경기 성남시 분당구 정자일로 27, 1406호 (금곡동, 코오롱더프라우아파트)

김택승

서울 성북구 안암로 145, 건축사회환경공학과 (안암동5가, 고려대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013K000175

부처명 한국과학재단

연구관리전문기관 연구지원부

연구사업명 원천기술개발사업

연구과제명 유무기 나노재료의 복합체 소자 구현기술 개발(총괄과제명:분자제어 NIT 융복합 소자기술 개발)

기 여 율 1/2

주관기관 한국화학연구원

연구기간 2012.07.01 ~ 2013.06.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012049863

부처명 한국연구재단

연구관리전문기관 연구지원부

연구사업명 원천기술개발사업

연구과제명 나노소자 기반 능동형 이온제어 원천기술 및 분석기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2012.09.20 ~ 2013.09.19

특허청구의 범위

청구항 1

다공성 고분자막; 및

상기 다공성 고분자막 양면에 위치하고 탄소나노튜브를 함유하는 전극층;을 포함하는 액추에이터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 다공성 고분자막은 폴리카보네이트, 폴리에틸렌, 폴리테트라플루오로에틸렌, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리우레탄 및 폴리비닐리덴플루오라이드으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 것을 특징으로 하는 액추에이터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 다공성 고분자막의 기공 크기는 1 내지 100 nm인 것을 특징으로 하는 액추에이터.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 다공성 고분자막의 기공 내에 전해액이 담지되는 것을 특징으로 하는 액추에이터.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전극층의 일 표면에 위치하는 도전층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액추에이터.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 도전층은 금속인 것을 특징으로 하는 액추에이터.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 액추에이터 소자는 전해액의 추가 공급으로 재사용이 가능한 것을 특징으로 하는 액추에이터.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 액추에이터에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 다공성 고분자막의 기공에 전해액을 함침하여 공기 중에서 장기간 구동이 가능한 액추에이터에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 액추에이터는 외부에서 투입되는 에너지에 의해 그 형상의 변화를 가져옴으로써 기계, 전기 장치 등에서 스위치, 트랜스듀서, 구동원 등의 요소로서 작용할 수 있는 기능을 가지는 소자를 말하는 것으로서, 이중에서도 MEMS(Microelectromechanical Systems)와 같은 초소형 시스템에서 구동원 등으로 사용되는 액추에이터는 전체 시스템의 소형화 및 기능 향상에 관건이 되는 중요한 요소이다.

[0003] 이러한, 액추에이터는 크게 금속 액추에이터와 고분자 액추에이터로 분류할 수 있다. 금속 액추에이터는 효율이

높고 큰 힘을 발휘한다는 장점이 있지만, 무겁고 소형화가 가능하지 않으며 높은 전압에서 구동된다는 문제가 있다.

[0004] 이러한 문제를 보완하기 위하여 고분자 액추에이터로의 연구가 많이 이루어지고 있는 실정이다. 일례로, 전도성 고분자를 이용하여 제작되는 액추에이터가 공지되어 있으나, 이온 공급원으로서 액체 전해질을 공급해주어야 하므로, 응용에 한계가 있다.(특허문헌 1, 2)

[0005] 이를 해결하기 위하여, 이온성 액체를 겔화 고분자와 혼합하여 도전성 및 신축성이 있는 전해질층을 제조함으로써 공기 중에서도 구동이 가능한 액추에이터 소자가 공지되어 있다.(특허 문헌 3) 그러나, 이는 특정 이온성 액체만 사용가능하고, 제조과정이 복잡하며, 신축성 및 기계적강도가 약하다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) (특허 문헌 1) 미국특허 제5,389,222호

(특허문헌 0002) (특허 문헌 2) 미국특허 제5,766,013호

(특허문헌 0003) (특허 문헌 3) 한국공개특허 제10-2006-0052980호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 상기와 같은 문제를 감안하여 안출된 것으로 본 발명의 목적은 다공성 고분자막의 기공에 전해액을 함침함으로써, 기능적 안정성이 확보되어 공기 중에서 장기간 구동이 가능한 액추에이터를 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 다공성 고분자막; 및 상기 고분자막 양면에 위치하고 탄소나노튜브를 함유하는 전극층;을 포함하는 액추에이터를 제공한다.

[0009] 상기 다공성 고분자막은 폴리카보네이트, 폴리에틸렌, 폴리테트라플루오로에틸렌, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리우레탄 및 폴리비닐리덴플루오라이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 다공성 고분자막의 기공 평균직경은 1 내지 100 ㎚인 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 다공성 고분자막의 기공 내에 전해액이 담지되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 전극층의 일 표면에 위치하는 도전층을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 도전층은 금속인 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 액추에이터 소자는 전해액의 추가 공급으로 재사용이 가능한 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 액추에이터는 다공성 고분자막의 기공 내에 전해액을 담지하므로 액체 전해질을 따로 구비하거나 전해액을 고형화하는 추가 과정이 생략 가능하여 제조비용 및 시간이 절감된다. 또한, 공기 중에서 장기간 구동이 가능하다. 또한, 다공성 고분자막의 기공 내부에 주입된 전해액의 유동성이 높아 전해액의 교환 및 추가 주입이 가능하므로, 액추에이터의 재사용이 가능하다. 이러한, 구성을 갖는 액추에이터는 보다 다양한 분야에서 활용이 가능할 것으로 예상된다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 실시예 1에 따라 제조된 액추에이터의 구조를 나타내는 단면도이다.

도 2는 실시예 2에 따라 제조된 액추에이터의 구조를 나타내는 단면도이다.

도 3은 실시예 1에 따라 제조된 액추에이터가 전압을 인가받았을 때의 동작 모습을 나타내는 단면도이다.

도 4은 실시예 1에 따라 제조된 액추에이터의 단면도와 다공성 고분자막의 구조를 나타낸 개략도이다.

도 5는 실시예 1에 따라 제조된 액추에이터의 단면도(a)와 비교예 1에 따라 제조된 액추에이터 소자의 단면도(b)이다.

도 6은 실시예 1에 따라 제조된 액추에이터를 각각 전해질 용액과 공기 중에서 작동시켰을 때, 굽힘 정도를 시간에 따라 나타낸 그래프이다.

도 7은 비교예 1에 따라 제조된 액추에이터를 각각 전해질 용액과 공기 중에서 작동시켰을 때, 굽힘 정도를 시간에 따라 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명에 따른 다공성 고분자막을 포함하는 액추에이터에 대하여 첨부된 도면과 함께 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0018] 도 1, 2는 각각 실시예 1, 2에 따라 제조된 액추에이터의 구조를 나타내는 단면도로, 도 1에 따르면, 실시예 1에 따라 제조된 액추에이터는 탄소나노튜브를 포함하는 전극층(20, 20`)이 다공성 고분자막(10)의 양면에 부착되어 구성된다. 두 전극층(20, 20`)은 다공성 고분자막(10)에 의해 전기적으로 분리된다. 다공성 고분자막(10)은 두 전극층에 도 3과 같이 전압을 인가할 경우, 회로가 단락되는 것을 방지한다.

[0019] 도 2에 따르면, 실시예 2에 따라 제조된 액추에이터는 상기 실시예 1에 따라 제조된 액추에이터와 기본적인 구성은 동일하나, 전극층(21,21`)의 일 표면에 도전층(30,30`)을 더 포함한다는 것에 차이가 있다. 또한, 상기 도전층(30,30`)은 2 개의 전극층(21,21`)들과 접촉하고 있어서 액추에이터 표면 전체에 걸쳐 양호한 전기전도성을 확보하도록 한다. 이 때, 상기 도전층(30,30`)은 금속 박막이면 이에 제한되지 않으며, 백금 또는 은이 더욱 바람직하다.

[0020] 상기 다공성 고분자막(10,11)은 폴리카보네이트, 폴리에틸렌, 폴리테트라플루오로에틸렌, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리우레탄 및 폴리비닐리덴플루오라이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 것일 수 있으며, 폴리카보네이트 또는 폴리우레탄이 더욱 바람직하다.

[0021] 또한, 상기 다공성 고분자막(10,11)은 기공의 평균직경이 100 nm 이하인 것이 바람직하며, 1 내지 100 nm인 것이 보다 더 바람직하다. 이때, 기공의 크기가 100 nm를 초과할 경우, 다공성 고분자막(10,11)의 기계적 물성이 저하될 수 있고, 함침되는 전해액이 쉽게 새어나옴으로 인해 이온전도도가 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

[0022] 이러한, 다공성 고분자막(10,11)에 존재하는 기공 구조는 주입되는 전해액으로 채워지게 되므로 함침 후에 다공성 고분자막(10,11)의 기계적 물성은 크게 변화가 없다. 이 때, 다공성 고분자막(10,11)으로만 이루어진 액추에이터는 작동 시, 기공 내에 포함된 전해액이 새어나오는 문제를 최소화하고 굽힘 정도를 개선하기 위하여, 다공성 고분자막(10,11)의 양면에 전극층(20,20`,21,21`)을 적층하는 것이 바람직하다.

[0023] 이러한, 전극층(20,20`,21,21`)은 단일벽 탄소나노튜브, 다중벽 탄소나노튜브, 플러렌, 그래핀 및 전도성 카본블랙으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 것 일 수 있으며, 탄소나노튜브가 더욱 바람직하다. 이때, 탄소나노튜브의 직경은 1 내지 20 nm이고, 길이는 1 내지 10 nm일 수 있다.

[0024] 다공성 고분자막(10,11)에 함침되는 전해액은 종래부터 알려진 이온성 액체라면 이에 제한없이 사용할 수 있고, 상온에서 액체 상태를 나타내어 안정된 것이 더욱 바람직하며, 그 예로서 염화소듐을 들 수 있다.

[0025] 위와 같이 제조된 액추에이터는 종래기술인 겔화 고분자를 사용하여 전해액을 고형화한 액추에이터 소자에 비해 기계적 강도가 강하고 쉽게 변형되지 않으며, 수회 반복 사용 시, 전해액의 교체 및 주입으로 재사용이 가능하여 장기간 구동이 가능하다. 또한, 고형화 과정이 요구되지 않으므로 시간 및 비용을 절감할 수 있다.

[0026] 도 3에 나타난 바와 같이, 실시예 1에 따라 제조된 액추에이터는 실제 사용시 두 개의 전극층(20,20`)에 각각 서로 다른 전압이 인가됨으로써 액추에이터로써 동작하게 되는데, 그 구체적인 기작은 두 가지로 설명되며 다음과 같다. 먼저, 도 3과 같은 방향으로 전압이 인가될 경우, 전극층(20`)에 존재하는 탄소나노튜브는 양전하로

대전되어 탄소-탄소 결합의 길이가 짧아지고, 다른 전극층(20)에 존재하는 탄소나노튜브는 음전하로 대전되면서 탄소-탄소 결합이 팽창하여 길이가 길어지게 된다.

[0027] 두 번째는 도 3과 같이 전압이 인가될 경우, 다공성 고분자막(10)에 존재하는 이온들에 의해 작동된다. 이때, 전기화학적으로 전극층(20)에서는 양이온들이 존재하며, 음전하로 대전되고, 다른 전극층(20`)은 음이온들이 존재하며, 양전하로 대전된다. 그러므로 전체적으로는 중성이지만 전압의 변화로 유도되는 전기적 전하 투입에 의해 공유결합 방향으로의 치수 변화가 발생하는데 이는 양자 기계학적 효과와 겹층에 의한 정적 효과에 기인된 것이다. 즉, 두 전극층(20,20`)이 인장과 수축이 동시에 일어나므로, 음전하로 대전된 전극층(20)은 인장되고, 양전하로 대전된 전극층(20`)은 수축됨으로써 굽힘이 발생한다. 이 현상은 반대 극의 전압을 가할 때는 반대 방향의 굽힘이 발생하게 되며 액추에이터로서의 성능이 발휘된다.

[0028] 이하, 구체적인 실시예를 상세히 설명한다.

[0029] (실시예 1)

[0030] 다공성 폴리카보네이트 막을 유리 재질의 필터 홀더(filter holder)에 올려놓고 클램프(clamp)로 고정시킨 후, 마이크로 피펫을 이용하여 직경이 20 nm, 길이가 10 nm인 다중벽 탄소나노튜브를 다공성 고분자막의 어느 한 면에 떨어뜨려 고르게 분산시켰다. 진공 펌프를 사용하여 2 시간 동안 진공 흡입함으로써 다중벽 탄소나노튜브를 포함하는 전극층이 다공성 고분자막 위에 형성되었다. 상기 과정을 다공성 고분자막의 다른 한 면에도 반복하여 전극층을 형성하였다. 이를 통해, 다공성 고분자막의 양면에 전극층이 형성된 3층 구조의 액추에이터를 제작하였다. 마지막으로 염화소듐 5.84 g을 초순수 100 ml에 혼합한 1 M 농도의 전해질 용액에 3층 구조의 액추에이터를 10 초간 담그어 다공성 폴리카보네이트 막의 기공 내에 전해액을 함침시켰다.

[0031] (실시예 2)

[0032] 다공성 고분자막으로서 폴리우레탄 막을 사용하고, 상기 실시예 1에서 제조된 액추에이터의 전극층 일 표면에 실버 페이스트로 도전층을 더 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 액추에이터를 제작하였다. 이 때, 도전층은 전해질 용액이 묻지 않도록 하였다.

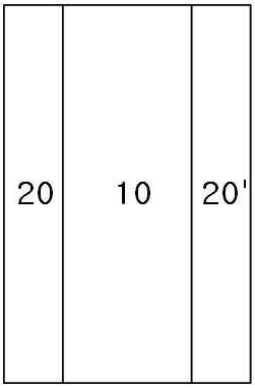
[0033] (비교예 1)

[0034] 상기 실시예 1의 다공성 폴리카보네이트 막 대신에 양면 테이프를 사용한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 액추에이터를 제작하였다.

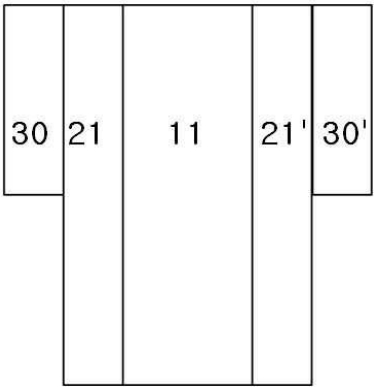
[0035] 도 6 및 도 7은 각각 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1에 따라 제조된 액추에이터를 각각 전해질 용액과 공기 중에서 작동시켰을 때, 굽힘 정도를 시간에 따라 나타낸 그래프로서, 기공이 존재하지 않는 통상의 고분자막을 사용한 비교예 1의 액추에이터는 공기 중에서는 작동되지 않았으나, 다공성 고분자막을 사용한 실시예 1의 액추에이터는 작동됨을 확인하였다. 이는 본 발명의 액추에이터는 전해질 용액 뿐만 아니라, 밀폐된 공간에서도 작동이 가능하다는 것을 의미한다.

도면

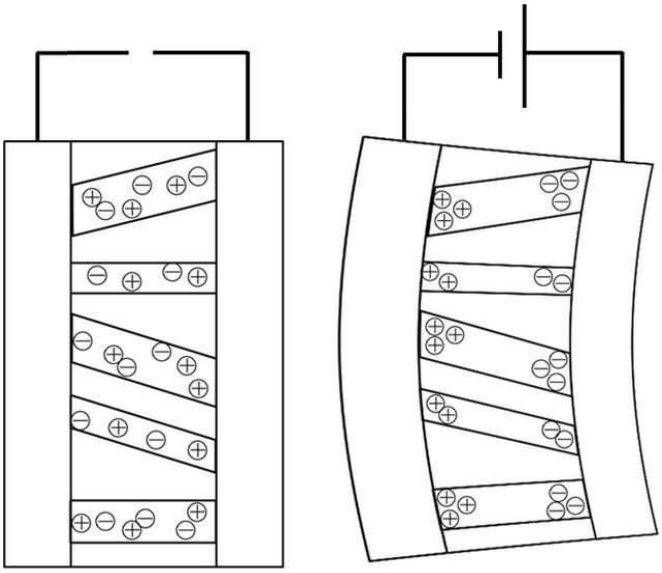
도면1



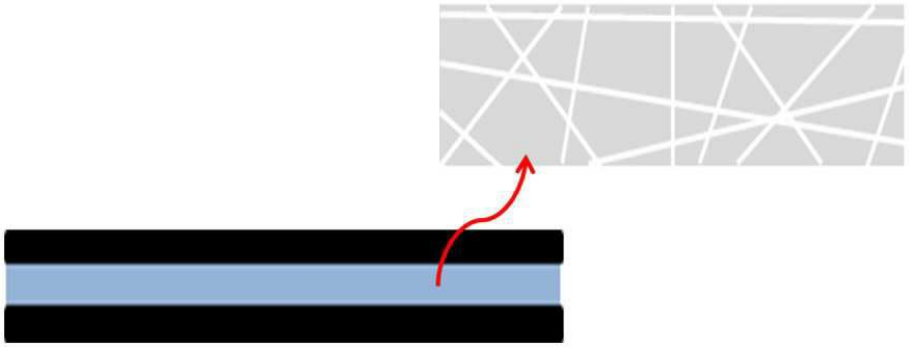
도면2



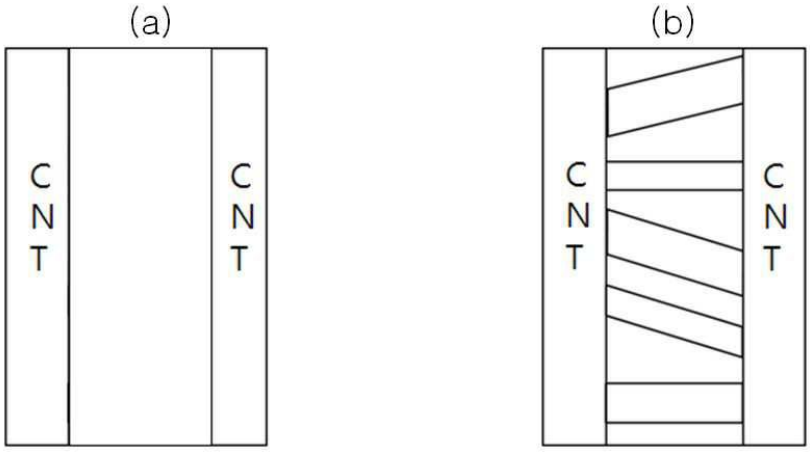
도면3



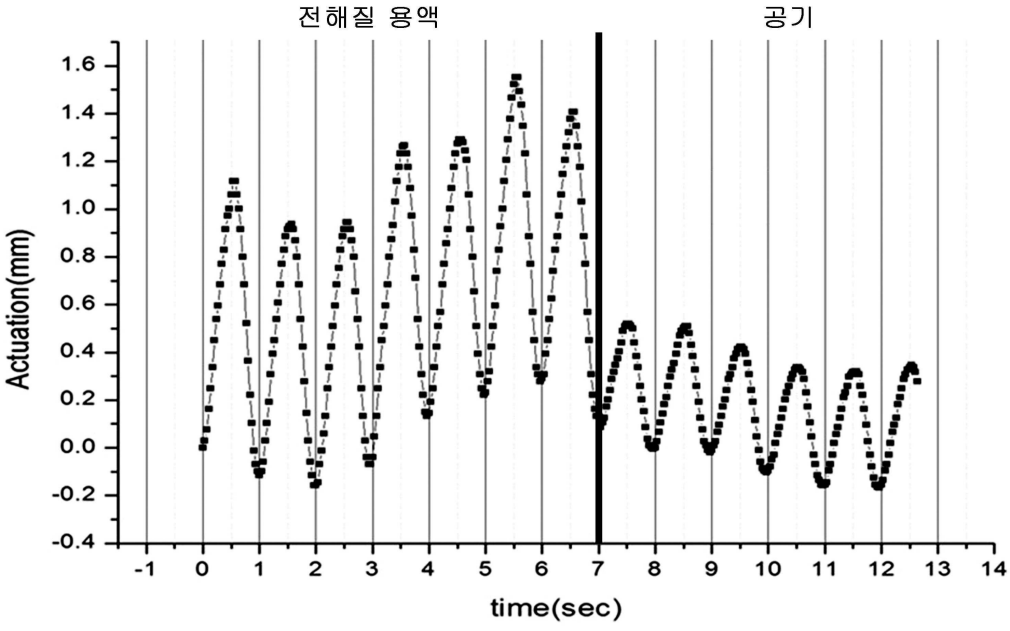
도면4



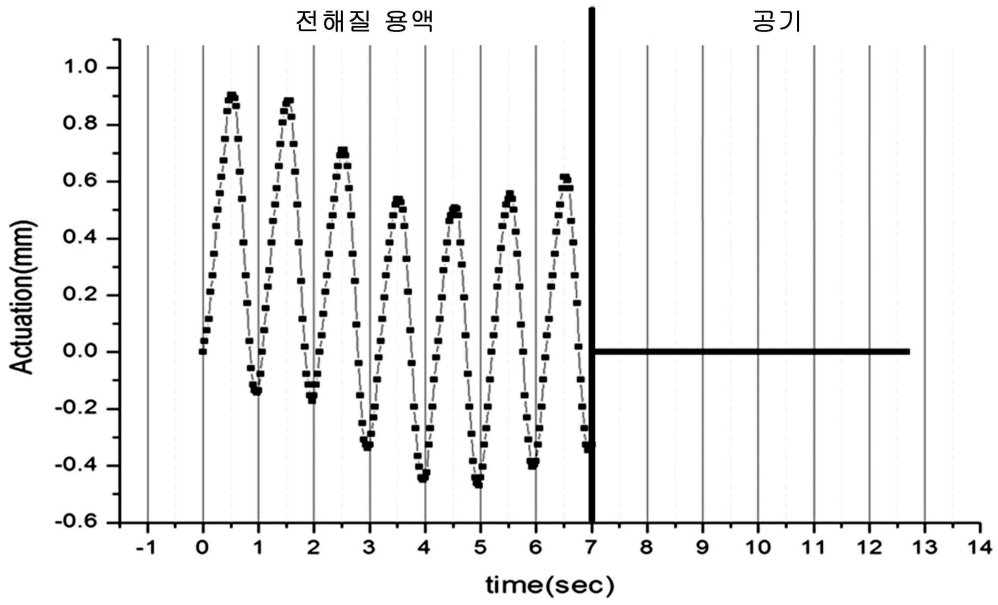
도면5


(a)
(b)
CNT
CNT
CNT
CNT

도면6


전해질 용액
공기
Actuation(mm)
time(sec)
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

도면7


전해질 용액
공기
Actuation(mm)
time(sec)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14