



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0094543
(43) 공개일자 2018년08월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08G 18/40 (2006.01)

(52) CPC특허분류
C08G 18/4081 (2013.01)
C08G 18/6484 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0020781

(22) 출원일자 2017년02월16일
심사청구일자 2017년02월16일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

김재환

인천광역시 남동구 예코중앙로 96, 902-1301

(74) 대리인

최병용

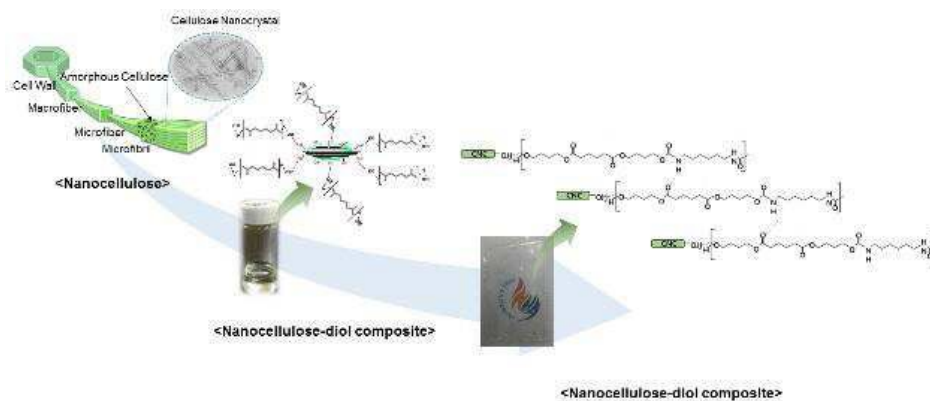
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 나노셀룰로오스 기반 투명한 전기 활성 폴리우레탄 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 투명한 나노셀룰로오스 기반 전기활성 폴리우레탄에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 나노셀룰로오스-폴리올 복합체와 아이소시아네이트 염간의 우레탄 결합을 통한 투명하고 높은 전기활성 특성을 갖는 폴리우레탄을 개시한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄에 있어서,

상기 나노셀룰로오스는 나노셀룰로오스와 폴리올이 결합한 복합재로 구성되고, 이러한 복합재가 아이소시아네이트 염과 결합된 것을 특징으로 하는 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 사용되는 폴리올은 Poly[di(ethylene Glycol) adipate](PDEGA), Poly(ethylene Glycol)(PEG) 에테르계열의 폴리올, PEA, PBA, PHA의 에스테르 계열의 폴리올, 카보네이트계 폴리올, 식물성 폴리올, 및 탄화수소계 폴리올을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 사용되는 아이소시아네이트 염은 4,4'-Diphenylmethane diisocyanate (MDI), 2,6-and-2,4-Toluene diisocyanate (TDI), 4,4'-Dicyclohexylmethane diisocyanate (H_{12} MDI), trans-1,4-Cyclohexane diisocyanate (CHDI), Isophorone diisocyanate (IPDI), Tetramethyl-1,3-xylene diisocyanate (TMXDI), Dimeryl diisocyanate (DDI), Hexamethylene diisocyanate (HMDI), 1,1,6,6,-Tetrahydroperfluoro-hexamethylene diisocyanate (THFDI)을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 사용되는 나노셀룰로오스는 셀룰로오스 나노크리스탈 또는 셀룰로오스 나노파이버로 이루어지며 직경이 10 nm 내지 100 nm인 것을 특징으로 하는 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄.

청구항 5

나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄 제조방법에 있어서,

직경이 5 내지 300 nm인 셀룰로오스 나노크리스탈 또는 셀룰로오스 나노파이버를 폴리올과 결합하여 복합재를 준비하되 폴리올은 복합재의 총 중량에 대하여 0.001 ~ 0.15 중량%를 사용하는 단계; 및

상기 준비한 복합재에 아이소시아네이트 염을 5 ~ 15 중량% 혼합하여 결합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 친환경 고분자인 나노셀룰로오스를 기반으로 한 투명한 전기 활성 폴리우레탄에 관한 것으로, 더욱

상세하게는 나노 셀룰로오스를 기반으로 한 나노셀룰로오스 폴리올 복합재와 아이소사이아네이트 염 사이의 우레탄 결합을 통하여 제조되는 투명한 전기 활성 폴리우레탄에 관한 것이다. 본 발명에 따른 투명 전기 활성 폴리우레탄은 높은 연신율과 투명도 그리고 유전율을 가지고 있어 형상가변 렌즈 및 투명 액추에이터의 가변소재로 응용할 경우 낮은 전압에서 높은 가변특성을 보일 수 있으며 투명 물리 센서의 소재로 사용할 수 있다.

배경 기술

- [0002] 최근 모바일기기들이 소형화되는바, 카메라 모듈, 햅틱 진동장치, 압력 센서 등과 같은 소자들의 소형화 및 경량화는 매우 중요한 기술이다. 형상 가변소재는 카메라 모듈, 햅틱 진동장치와 같은 작동기의 소형화를 유도하여 모바일 기기의 소형화에 기여한다.
- [0003] 형상 가변소재는 전기 활성 고분자 (Electro-Active Polymer, EAP), 형상기억 물질 (Shape Memory Materials), 압전소재, 전기 유변재료 (Electro-rheological material, ER), 자기 유변재료 ((Magneto-rheological material, MR) 등과 같이, 온도, 전기장, 자기장 등의 외부 자극에 의하여 형상이 변화하는 재료를 말한다.
- [0004] 전기 활성 고분자는 전기장에 의하여 생체 근육처럼 작동하여 변형의 조절이 쉽고 변형 속도가 빠른 특성이 있다. 특히 투명한 전기 활성 고분자는 광학기기에 사용되거나 디스플레이 모듈에 장착할 수 있는 작동기로 활용할 수 있다.
- [0005] 전기 활성 고분자 (EAP)는 이온의 움직임에 의해 움직임을 만들어 내는 이온 활성 고분자 (Ionic polymer)와 전하력 (Coulomb force)에 의해 움직이는 전자 활성 고분자 (Electronic polymer)로 나뉜다. 전도성 고분자 이온 고분자 금속 복합재(IPMC)와 같은 이온 활성 고분자는 구동전압이 낮으나 이온에 의해 작동하므로 온도, 습도 등의 환경적인 제약 조건이 따르는 단점을 가진다. 전자 활성 고분자는 빠른 응답성과 공기 중에서 움직일 수 있다는 장점이 있으나 구동 전압이 매우 높다는 단점을 가지며 정전효과, 압전효과, 강유전성과 같은 특징이 있다. 전자 활성 고분자 중 하나인 유전탄성체 (Dielectric Elastomer, DE)는 낮은 탄성계수 (<100 kPa)를 갖는 탄성체의 표면에 전극을 형성하여 전기장의 인가에 의한 변형을 유도하는 지능재료이다. 유전탄성체는 다른 전자 활성 고분자에 비하여 변형이 크고, 비교적 싸며, 강건하고 전기기계적 효율(~90%)이 좋다. 또한 히스테리시스가 작아 생체 모방 작동기, 인공 근육 등으로 연구된다. 기본적인 구조가 커패시터와 유사하므로 커패시터 방식의 물리 센서로도 연구된다.
- [0006] 그러나 구동전압이 높아 안전성이 떨어지며 고전압 증폭기를 필요로 한다는 단점을 갖는다. 이를 해결하기 위한 방법으로 유전 탄성체의 소재에 높은 유전율을 갖는 필러를 첨가하는 방법이 연구되고 있으나 고른 분산과 투명도의 확보에 어려움이 있다.
- [0007] 폴리우레탄은 폴리올과 아이소사이아네이트 염간의 축합과정을 통하여 제조되는 탄성 중합체로 비교적 유전상수가 높아 전기기계적 변형률이 높은 유전탄성체의 소재이다. 그러나 다른 탄성중합체와 마찬가지로 구동전압이 높은 단점을 가지며, 이를 극복하기 위한 필러의 사용이 연구되고 있다.
- [0008] 나노셀룰로오스는 나노 사이즈의 셀룰로오스로 물리적, 화학적 방법에 의하여 단리된다. 나노셀룰로오스는 기계적 성능이 뛰어나 구조재의 필러로 연구되고 있다. 또한 전기적 극성을 가지고 있어 유전 특성을 향상시키기 위한 필러로도 연구되고 있다. 또한 나노셀룰로오스는 폴리우레탄의 소재인 폴리올에 잘 분산되며 높은 투명도와 유전상수를 갖는 복합재를 형성한다.
- [0009] 탄성 중합체(Elastomers)와 같이 유연하고 유전 상수가 큰 고분자는 전기장을 가하여 높은 변형을 일으키는 유전성 EAP로 사용할 수 있다. 작동 원리는 두 개의 유연 전극 사이에 탄성 중합체를 적층시키고 전위차를 걸어주면 고분자는 강한 전기장에 의하여 커패시터에서와 같이 전하 분리가 일어나며 그 인력으로 인해 탄성 중합체를 압착하면서 변형이 일어난다.
- [0010] 유전탄성체를 이용한 액추에이터는 필름 양면에 입혀진 전극에 전압을 가하면 필름 양쪽 면에 쌓이는 양전하와 음전하의 정전기적 반발력(electrostatic force)에 의해 구동되는데 이를 맥스웰응력(maxwell stress)이라 한다. 맥스웰 응력식을 이용하여 유전상수를 증가시키면 낮은 Electric field에서 displacement를 증가시킬 수 있다. 유전탄성체에 high k filler를 첨가하면 filler 함량이 증가함에 따라 Filler 함량에 따라 유전율은 증가하여 displacement를 증가시킬 수 있다.
- [0011] 폴리우레탄은 유전 탄성체의 소재 중 하나이다. 폴리우레탄의 합성에 이용되는 폴리올(polyol)은 에테르계로는

poly(ethylene glycol) (PEG), poly(propylene glycol) (PPG), 여러 가지 타입의 ethylene oxide (EO)/propylene oxide (PO) 코폴리머, Poly(tetramethylene glycol) (PTMG), Polyhexamethylene guanidine (PHMG)가 있고 에스테르계로는 아디핀 산으로 대표되는 2염기산과 여러 가지 글리콜에서부터 합성되는 poly(ethylene adipate) (PEA), poly(butylene adipate) (PBA), Poly[(hexylene-adipate) glycol] (PHA) 등이 있다. 또한 환상 락톤의 개환 중합으로 얻는 Poly(caprolactone) (PCL) 등이 있고 카보네이트 계에 PHC가 있다. 그리고 식물성 폴리올 피마자유가 있고 탄화수소계통으로는 HTPB, HTPIB 등이 있다.

[0012] 국내공개특허제10-2016-0127437호는 능동렌즈를 위한 나노셀룰로오스와 투명 고분자 기반 전기 활성 고분자 제조방법을 개시하고 있으며, 가변 초점 마이크로 유체렌즈 능동 렌즈를 위한 나노셀룰로오스와 투명 고분자 기반 전기 활성고분자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 나노셀룰로오스와 투명 고분자를 물리화학적 결합 및 분산시켜 투명하고 높은 굴절률을 가지는 한편 높은 가변 특성을 갖는 전기 활성 고분자를 제공하고 있다.

[0013] 국내공개특허제10-0678987호는 생체모방 종이 작동기, 생체모방 종이의 작동방법 및 생체모방 종이의 제조방법을 개시하고 있으며, 셀룰로스의 마이크로 파이버(micro fibril)가 일정한 방향으로 배열된 종이, 종이의 양면에 설치된 전극, 외부로부터 전기장을 수신하여 직류로 변환시키는 박막의 렉티나(rectenna), 직류전원의 신호를 수신하여 동력 변환/제어하는 PAD(power allocation & distribution) 논리회로, 및 박막 배터리로 이루어진 생체모방 종이 작동기를 제공하고 있다.

[0014] 국내공개특허제10-2013-0129695호는 고유전 탄성중합체 및 그 제조방법을 개시하고 있으며, 이온성 액체를 사용하여 분산된 전도성 필러를 사용하여 유전특성이 향상된 탄성중합체-전도성 필러 복합체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 이온성 액체를 분산제로 사용하여 전도성 필러의 분산효과를 높임으로써 전도성 필러의 물성을 저하시키지 않으면서 높은 유전상수와 낮은 유전손실을 갖는 것을 특징으로 한다. 사용된 이온성 액체를 통하여 공정단계를 간소화할 수 있으며, 낮은 농도의 전도성 필러에 의해 탄성중합체의 물성저하를 최소화할 수 있다.

[0015] 국내공개특허제10-2011-0119278호는 고분자 복합체 액츄에이터를 개시하고 있으며, 이는 에너지변환소자의 하나인 액츄에이터에 관한 것으로, 효과적인 분산성을 가지는 필러를 포함한 유전탄성 고분자복합체를 이용하여 전기에너지를 기계적 에너지로 변환하는 능력을 향상시키는 것을 특징으로 한다. 열가소성 탄성 유전체층에 카본블랙, 단일벽 탄소나노 튜브(SWCNT), 이중벽 탄소나노튜브(DWCNT), 다중벽 탄소나노 튜브(MWCNT), 그래핀(Graphene)과 같은 카본 베이스된 전도성 필러나 동 프탈로시아닌(copper phthalocyanine, CuPc), MOF(metal organic framework), 티탄산 바륨(BaTiO₃)과 같은 고유전성 필러들을 포함하는 복합체 제조시 파이렌(pyrene)유도체 또는 아민말단작용기를 가지는 고분자 화합물들의 분산 보조제를 첨가하여 분산성을 향상시킴으로써 우수한 전기역학변환 특성을 보이는 유전탄성 고분자복합체 액츄에이터를 제공한다.

[0016] 국내공개특허제10-0642685호는 클레이-폴리우레탄 나노 복합재 및 그 제조방법에 관한 것으로, 클레이-폴리우레탄 나노복합재는 디이소시아네이트 화합물을 기준으로 클레이 0.5~5중량%를 포함하며, 상기 디이소시아네이트 화합물과 상기 클레이의 실란올 작용기가 공유결합으로 연결되어 있는 클레이 함유-디이소시아네이트 화합물과 폴리올을 반응시켜 제조되는 것을 특징으로 한다. 이러한 클레이-폴리우레탄 나노 복합재는 폴리우레탄이 상기 클레이의 층상에 삽입된 구조인 것이 아니라, 층상을 완전히 박리시킨 구조이기 때문에, 순수한 폴리우레탄에 비하여 물성이 우수하며, 발포시킨 경우에도 기계적 강도, 난연성 등의 물성이 통상적인 폴리우레탄 폼보다 현저히 향상된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0017] (특허문헌 0001) 국내공개특허제20160127437호
- (특허문헌 0002) 국내특허제0678987호
- (특허문헌 0003) 국내공개특허제20130129695호
- (특허문헌 0004) 국내공개특허제20110119278호
- (특허문헌 0005) 국내특허제0642685호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명은 종래의 유전탄성체의 높은 구동 전압 문제를 해결하기 위한 것으로, 도 1에 개략적으로 나타낸 바와 같이, 전기적 극성을 갖는 나노셀룰로오스를 이용하여 높은 전기 활성 특성을 갖는 투명 폴리우레탄을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0019] 본 발명은 상기한 목적을 이루기 위한 수단으로서, 나노셀룰로오스를 폴리올 에 물리적 또는 화학적으로 결합하여 나노셀룰로오스-폴리올 복합체를 제조하고 이를 아이소시아네이트 염과 축합하여 나노셀룰로오스 기반 전기 활성 폴리우레탄을 제조한다. 나노셀룰로오스는 셀룰로오스 나노크리스탈 (Cellulose Nanocrystal, CNC)과 셀룰로오스 나노파이버(Cellulose Nanofiber, CNF)를 포함한다. 나노셀룰로오스-폴리올 복합체의 제조에 사용되는 폴리올은 나노셀룰로오스와 물리적 화학적 결합을 포함한다. 본 발명에 사용되는 폴리올은 나노셀룰로오스와 물리적 화학적 결합이 용이한 Poly[di(ethylene Glycol) adipate](PDEGA), Poly(ethylene Glycol)(PEG) 에테르 계열의 폴리올과 PEA, PBA, PHA등의 에스테르 계열의 폴리올, 카보네이트 계 폴리올, 식물성 폴리올, 탄화수소 계 폴리올을 포함한다. 상기의 나노셀룰로오스 기반 전기 활성 폴리우레탄은 제조를 위한 아이소시아네이트 염은 4,4'-Diphenylmethane diisocyanate (MDI), 2,6-and-2,4-Toluene diisocyanate (TDI), 4,4'-Dicyclohexylmethane diisocyanate (H₁₂MDI), trans-1,4-Cyclohexane diisocyanate (CHDI), Isophorone diisocyanate (IPDI), Tetramethyl-1,3-xylene diisocyanate (TMXDI), Dimeryl diisocyanate (DDI), Hexamethylene diisocyanate (HMDI), 1,1,6,6-Tetrahydroperfluoro-hexamethylene diisocyanate (THFDI)을 포함한다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명에 따른 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄은 유전상수가 높으면서도 기계적인 물성이 낮아 전기 활성 특성을 향상시킨다. 즉, 나노셀룰로오스가 고유전성 필러의 역할을 하여 탄성체의 유전 특성을 향상시키고 Maxwell 효과를 증대시키므로 낮은 전압에서도 높은 전기기계적 변형률을 나타낸다.
- [0021] 또한, 본 발명에 따른 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄은 나노셀룰로오스가 폴리올과 물리적 화학적 상호작용을 하여 폴리우레탄에 균일하게 분포하므로 높은 투명도를 갖는다.
- [0022] 또한, 본 발명에 따른 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄의 제조방법은 나노셀룰로오스가 폴리올 내부에 물리적 화학적 상호작용을 통하여 균일하게 혼합되어 있는 나노셀룰로오스-폴리올 복합체와 아이소시아네이트 염사이의 우레탄 결합을 이용하므로 나노셀룰로오스가 균일하게 분산할 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명에 따른 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄의 제조방법은 기존의 폴리우레탄의 제조방법에 폴리올 대신 나노셀룰로오스 -폴리우레탄 복합체를 이용한 것으로 기존의 폴리우레탄 제조설비를 그대로 사용하여 제조할 수 있다.
- [0024] 이러한, 본 발명에 따른 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄 및 이의 제조방법은 유전 특성과 전기 활성 특성이 뛰어난 폴리우레탄을 제조할 수 있도록 함으로써, 높은 성능의 유전탄성체 기반 액추에이터, 인공 근육, 형상변형 렌즈, 물리센서 등을 저렴하게 제조할 수 있도록 한다.
- [0025] 따라서, 이러한 본 발명에 따른 나노셀룰로오스 기반 투명 전기 활성 폴리우레탄 및 이의 제조방법은 유전 탄성체를 적용하는 모든 분야에 적용할 수 있으며, 기존의 설비를 그대로 이용할 수 있으므로 시장성 및 산업상 이용가능성이 매우 높다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 나노셀룰로오스기반 폴리올 제조 및 나노셀룰로오스 기반 전기활성 폴리우레탄 제조의 개요도,

도 2는 본 발명에 따른 나노셀룰로오스 기반 폴리올 제조 개요도,
 도 3은 나노셀룰로오스-PDEGA 복합체의 FTIR 결과,
 도 4는 나노셀룰로오스 기반 폴리올과 HMDI의 우레탄 반응 개요도,
 도 5은 나노셀룰로오스 기반 폴리우레탄의 FTIR 결과,
 도 6은 나노셀룰로오스 기반 폴리우레탄의 UV-가시광선 분석 결과, 및
 도 7는 나노셀룰로오스 기반 폴리우레탄의 전기활성 변형률 측정 결과의 예시도이다.

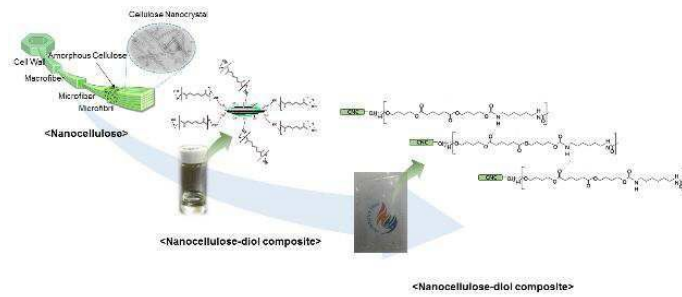
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0028] 본 발명은 나노셀룰로오스를 기반으로 한 투명한 전기 활성 폴리우레탄 및 이의 제조 방법에 대한 것이다. 본 발명의 폴리우레탄은 나노셀룰로오스가 폴리우레탄 내부에 균일하게 분산되어 폴리우레탄의 투명도를 유지하면서 유전특성을 향상시킨다. 이에 따라 인가전압 및 전기 활성 특성을 향상시킨다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 나노셀룰로오스기반 폴리올 제조 및 나노셀룰로오스 기반 전기 활성 폴리우레탄 제조의 개요도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명은 물리적 또는 화학적 상호작용을 통한 나노셀룰로오스-폴리올 복합체의 제조 및 아이소시아나이트 염의 우레탄 결합을 통한 폴리우레탄 제조 과정을 포함한다.
- [0030] 아이소시아나이트 염은 5-15 중량%를 사용하는 것이 바람직하다. 아이소시아나이트 염이 15 중량%를 넘어가게 되면 투명도가 급격히 떨어지게 된다.
- [0031] 나노셀룰로오스는 셀룰로오스 나노결정과 셀룰로오스 나노섬유의 형태를 포함한다. 나노셀룰로오스의 직경은 5 nm 내지 300 nm 이 바람직하며, 더 바람직하게는 10 nm 내지 100 nm로 할 수 있다.
- [0032] 나노셀룰로오스는 폴리올과 물리적 또는 화학적 상호 작용을 하여 새로운 나노셀룰로오스-폴리올 복합체를 형성한다. 도 2는 나노셀룰로오스인 CNC와 폴리올 간의 물리적 상호작용에 의한 복합체의 형성을 보여준다. 도 2에서 도시한 바와 나노셀룰로오스는 수산기를 가지고 있어 폴리올 말단의 수산기 또는 에테르화 된 산소 등과 수소결합을 통한 물리적 상호작용을 한다. 또는 화학적 처리를 통하여 나노셀룰로오스를 기능화하고 폴리올과 반응시켜 화학적으로 결합된 복합체를 제조할 수 있다.
- [0033] 도 3은 나노셀룰로오스와 PDEGA 결합에 의한 FTIR 결과이다. 도 3에서 도시한 바와 같이 PDEGA의 수산기는 나노셀룰로오스의 용량이 증가함에 따라 점차 낮은 wave number로 이동한다. 이는 PDEGA와 나노셀룰로오스 사이에 수소결합이 발생하였음을 보여준다. 여기서 나노셀룰로오스는 상기 폴리올의 총 중량을 기준으로 하여 0.3 중량% 이상에서는 액체 상태에서 겔 형태로 변화한다. 따라서, 나노셀룰로오스는 상기 폴리올의 총중량을 기준으로 0.3 중량% 이하의 양으로 하는 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는 0.001 중량% 내지 0.15 중량%의 양으로 하는 것이 바람직하다.
- [0034] 도 4는 나노셀룰로오스-PDEGA 폴리올과 HMDI 간의 축합과정의 모식도이다.
- [0035] 도 4에 도시한 바와 같이 나노셀룰로오스-PDEGA와 HMDI는 가분분해를 포함하는 우레탄 결합 반응을 통하여 폴리우레탄을 형성한다.
- [0036] 도 5는 나노셀룰로오스 기반 폴리우레탄의 FTIR 결과이다. 도 5에서 도시한 바와 같이 제조된 폴리우레탄은 우레탄 결합을 나타내는 NH 스트레칭 피크와 OH 스트레칭 피크를 갖는다. OH 스트레칭 피크는 나노셀룰로오스의 용량이 증가함에 wave number가 낮아지는 방향으로 이동한다. 이는 나노셀룰로오스 량이 증가함에 따라 나노셀룰로오스와 폴리우레탄의 사이에 수소결합을 형성한다.
- [0037] 도 6은 나노셀룰로오스 기반 폴리우레탄의 UV-가시광선 분석 결과이다. 도 6에서 폴리우레탄의 투명도는 90% 내지 95%이다.
- [0038] 본 발명의 나노셀룰로오스 기반 전기활성 폴리우레탄은 굴절률이 1.6 내지 1.7이다.

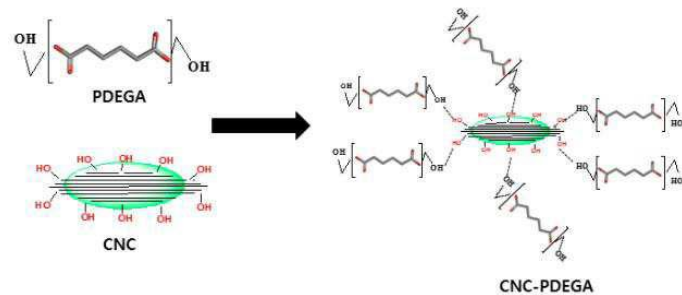
- [0039] 본 발명의 나노셀룰로오스 기반 전기활성 폴리우레탄의 유전 상수는 나노셀룰로오스의 용량의 증가에 따라 변동한다. 나노셀룰로오스 기반 폴리우레탄의 유전 상수는 100 Hz에서 1700 내지 130이다.
- [0040] 도 7은 나노셀룰로오스 기반 폴리우레탄의 전기활성특성을 분석한 결과이다.
- [0041] 도 7에서 나노셀룰로오스의 전기활성 변형률은 0.1 Hz에서 015 내지 10 % 이다.

도면

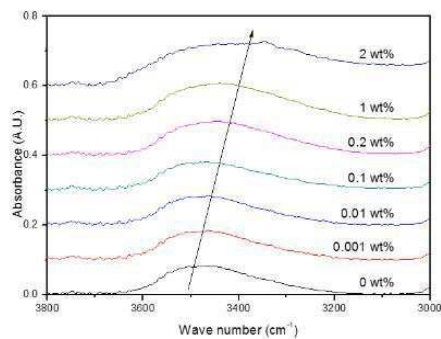
도면1



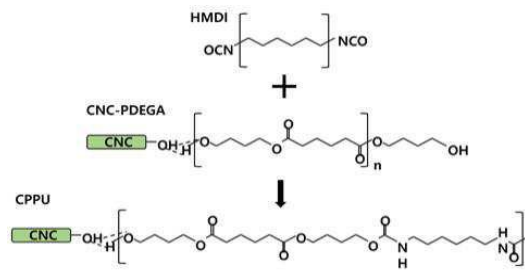
도면2



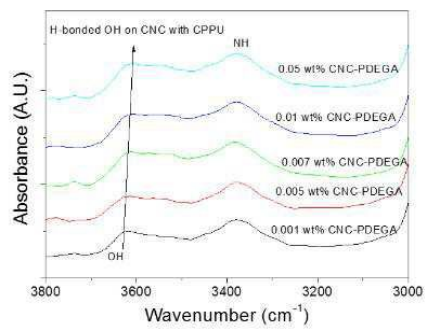
도면3



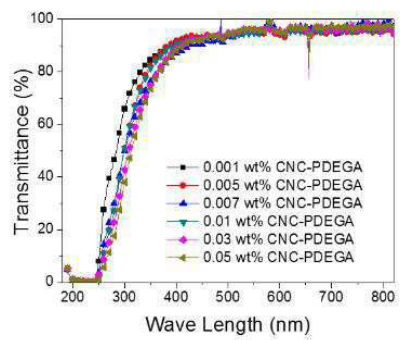
도면4



도면5



도면6



도면7

