



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월31일
(11) 등록번호 10-1883674
(24) 등록일자 2018년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/66 (2006.01) H01M 4/70 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01M 4/666 (2013.01)
H01M 4/663 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0144026
(22) 출원일자 2017년10월31일
심사청구일자 2017년10월31일
(56) 선행기술조사문헌
ADVANCED ENERGY MATERIALS 2 (2012) 976-982*
JOURNAL OF POLYMER SCIENCE: PART B; POLYMER
PHYSICS 46 (2008) 1939-1951*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박수진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
서관용
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 윤유림

(54) 발명의 명칭 스트레처블 집전체, 이의 제조 방법, 이를 포함하는 스트레처블 전극 및 스트레처블 배터리

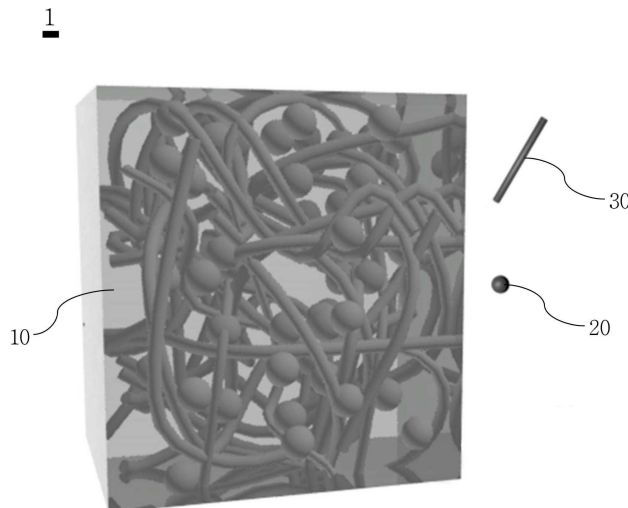
(57) 요약

본 발명은 스트레처블 집전체, 이의 제조 방법, 이를 포함하는 스트레처블 전극 및 스트레처블 배터리에 대한 것이다.

본 발명의 일 실시예에 따른 집전체는, 0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)인 제1 탄소 물질 및 상기 제1 탄소 물질과 혼합된, 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)인 제2 탄소 물질을 포함한다.

본 발명의 일 실시예에 따른 집전체는, 신축 과정에서도 높은 전기 전도도를 유지하는 효과가 있다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

H01M 4/668 (2013.01)

H01M 4/70 (2013.01)

H01M 2220/30 (2013.01)

(72) 발명자

송우진

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원

박정환

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원

명세서

청구범위

청구항 1

유연성과 신축성을 갖는 제1 고분자 물질로 이루어진 구조체, 상기 구조체 내에 수용된 0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)인 제1 탄소 물질 및 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)인 제2 탄소 물질을 포함하는 음극 집전체와, 상기 음극 집전체의 표면 상에 형성된 음극 활물질층을 포함하는 음극;

유연성과 신축성을 갖는 제2 고분자 물질로 이루어진 구조체, 상기 구조체 내에 수용된 0-차원의 탄소 물질인 제1 탄소 물질 및 1-차원의 탄소 물질인 제2 탄소 물질을 포함하는 양극 집전체와, 상기 양극 집전체의 표면 상에 형성된 양극 활물질 층을 포함하는 양극;

상기 음극과 상기 양극의 외부에 존재하는 전해질(electrolyte); 및

유연성과 신축성을 갖는 제3 고분자 물질로 이루어지며, 상기 음극, 상기 양극 및 상기 전해질이 수용되는 케이스를 포함하며,

상기 음극 집전체 및 양극 집전체는,

유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질로 이루어지며, 일면에 다수의 세공들이 형성되고, 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질이 수용되는 구조체;

를 포함하는,

배터리.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 집전체는, 일면에 다수의 세공들이 형성되며,

상기 활물질층은, 상기 다수의 세공들이 형성된, 집전체의 일면의 표면 상에 형성된,

배터리.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 탄소 물질의 중량 퍼센트가 상기 집전체의 총 중량을 기준으로 10wt.% 인 경우,

상기 제2 탄소 물질의 중량 퍼센트는 상기 집전체의 총 중량을 기준으로 2wt.% 이상 12wt.% 미만인,

배터리.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 탄소 물질의 중량 퍼센트가 상기 집전체의 총 중량을 기준으로 10wt.% 인 경우,

상기 제1 탄소 물질의 중량 퍼센트는 상기 집전체의 총 중량을 기준으로 2wt.% 이상 12wt.% 미만인,

배터리.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)인 제1 탄소 물질과 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)인 제2 탄소 물질을 혼합하여 제1 용액을 제조하는 단계;

상기 제조된 제1 용액과, 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질을 혼합하여, 제2 용액을 제조하는 단계; 및

상기 제조된 제2 용액을 기설정된 조건 하에서 정치하는 단계;를 포함하고,

상기 제1 용액을 제조하는 단계는,

상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질을 분산 용매에 첨가하는 단계; 및

상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질이 첨가된 상기 분산 용매에 초음파를 조사하여, 상기 제2 탄소 물질을 분산시켜, 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질을 혼합하여 상기 제1 용액을 제조하는 단계를 포함하는,

집전체의 제조 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 분산 용매에 첨가하는 단계는,

기설정된 중량의 상기 제1 탄소 물질과 기설정된 중량의 상기 제2 탄소 물질을 상기 분산 용매에 첨가하는 단계;

를 포함하는,

집전체의 제조 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 정치하는 단계는,

상기 제2 용액을 기설정된 온도 조건에서 정치하여, 상기 분산 용매를 증발시키는 단계;

를 포함하는,

집전체의 제조 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,
상기 집전체의 제조 방법은,
상기 제2 용액을 제조하는 단계와 상기 정치하는 단계 사이에,
상기 제2 용액의 일면에 다수의 세공들을 형성하는 단계;
를 더 포함하는,
집전체의 제조 방법.

청구항 12

제7항에 있어서,
상기 정치하는 단계는,
상기 제2 용액을 기설정된 온도 조건에서 정치하여, 상기 제2 용액에 포함된 고분자 물질을 경화시켜, 상기 고분자 물질로 이루어지며 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질이 수용되는 구조체를 형성하는 단계;
를 포함하는,
집전체의 제조 방법.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 신축(stretch) 과정에서도 높은 전기 전도도를 유지하는 스트레처블 집전체, 이의 제조 방법, 이를 포함하는 스트레처블 전극 및 스트레처블 배터리에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 유연하게 구부러지는 플렉서블(flexible) 전자기기가 개발되고 있다. 플렉서블 전자기기 중 플렉서블 디스플레이는 디자인의 자유도, 즉, 공간의 제약을 받지 않고 어떤 기기에는 장착이 가능하기 때문에 전세계적으로 각광을 받고 있다.

[0003] 플렉서블 전자기기는 계속적으로 진화하고 있는데, 그 첫 단계가 휘어지고, 깨지지 않으며, 접을 수 있는 전자기기이다. 여기서 더 진화한 것이 잡아당기거나, 뻗 수 있는 스트레처블(stretchable) 전자기기이다. 스트레처블 전자기기는 옷이나 시계, 안경과 같이 사용자가 자유롭게 몸에 착용할 수 있는 웨어러블 전자기기에 응용된다.

[0004] 스트레처블 전자기기의 개발에 있어서는, 전자기기 내부에 들어가는 스트레처블 에너지 저장장치의 개발이 필수적이다. 예를 들어, 종래기술에선 일정 패턴을 형성함으로써 신축성을 갖도록 한 스트레처블 배터리가 개시되었다. [특허문헌 1]

[0005] 그러나, 이러한 종래기술에 따른 스트레처블 배터리는 탄성체에 활물질을 코팅하는 단순한 방법으로 제조된 것에 불과하며, 스트레처블 배터리의 개발에 있어서는 배터리의 각 구성 요소 별로 보다 원론적인 접근 및 기술 개발이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) [특허문헌 1] 미국공개특허 US20170250447A1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명을 전술한 문제점을 해결하고자 창출된 것으로, 신축(stretch) 과정에서도 높은 전기 전도도를 유지하는 스트레처블 집전체를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 그 공정이 간단한 스트레처블 집전체의 제조 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 우수한 전기적 특성을 갖는 스트레처블 배터리를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0010] 본 발명의 목적들은 상술된 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상술된 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체는, 0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)인 제1 탄소 물질; 및 상기 제1 탄소 물질과 혼합된, 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)인 제2 탄소 물질; 을 포함한다.

[0012] 실시예에서, 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질은, 서로 접촉되어 있다.

[0013] 실시예에서, 상기 제1 탄소 물질의 중량 퍼센트가 상기 집전체의 총 중량을 기준으로 10wt.% 인 경우, 상기 제2 탄소 물질의 중량 퍼센트는 상기 집전체의 총 중량을 기준으로 2wt.% 이상 12wt.% 미만이다.

[0014] 실시예에서, 상기 제2 탄소 물질의 중량 퍼센트가 상기 집전체의 총 중량을 기준으로 10wt.% 인 경우, 상기 제1 탄소 물질의 중량 퍼센트는 상기 집전체의 총 중량을 기준으로 2wt.% 이상 12wt.% 미만이다.

[0015] 실시예에서, 상기 집전체는, 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질로 이루어지며, 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질이 수용되는 구조체; 를 더 포함한다.

[0016] 실시예에서, 상기 구조체는, 일면에 다수의 세공들(pores)이 형성된다.

[0017] 본 발명의 다른 실시예에 따른 집전체의 제조 방법은, 0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)인 제1 탄소 물질과 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)인 제2 탄소 물질을 혼합하여 제1 용액을 제조하는 단계; 상기 제조된 제1 용액과, 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질을 혼합하여, 제2 용액을 제조하는 단계; 및 상기 제조된 제2 용액을 기설정된 조건 하에서 정치하는 단계; 를 포함한다.

[0018] 실시예에서, 상기 제1 용액을 제조하는 단계는, 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질을 분산 용매에 첨가하는 단계; 및 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질이 첨가된 상기 분산 용매에 초음파를 조사하여, 상기 제2 탄소 물질을 분산시켜, 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질을 혼합하여 상기 제1 용액을 제조하는 단계; 를 포함한다.

[0019] 실시예에서, 상기 분산 용매에 첨가하는 단계는, 기설정된 중량의 상기 제1 탄소 물질과 기설정된 중량의 상기 제2 탄소 물질을 상기 분산 용매에 첨가하는 단계; 를 포함한다.

- [0020] 실시예에서, 상기 정치하는 단계는, 상기 제2 용액을 기설정된 온도 조건에서 정치하여, 상기 분산 용매를 증발시키는 단계; 를 포함한다.
- [0021] 실시예에서, 상기 집전체의 제조 방법은, 상기 제2 용액을 제조하는 단계와 상기 정치하는 단계 사이에, 상기 제2 용액의 일면에 다수의 세공들을 형성하는 단계; 를 더 포함한다.
- [0022] 실시예에서, 상기 정치하는 단계는, 상기 제2 용액을 기설정된 온도 조건에서 정치하여, 상기 제2 용액에 포함된 고분자 물질을 경화시켜, 상기 고분자 물질로 이루어지며 상기 제1 탄소 물질과 상기 제2 탄소 물질이 수용되는 구조체를 형성하는 단계; 를 포함한다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전극은, 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질로 이루어진 구조체, 상기 구조체 내에 수용된 0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)인 제1 탄소 물질 및 상기 구조체 내에 수용되며, 상기 제1 탄소 물질과 혼합된 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)인 제2 탄소 물질을 포함하는 집전체; 및 상기 집전체의 표면 상에 형성된 활물질(active material)층; 을 포함한다.
- [0024] 실시예에서, 상기 집전체는, 일면에 다수의 세공들이 형성되며, 상기 활물질층은, 상기 다수의 세공들이 형성된, 집전체의 일면의 표면 상에 형성된다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 배터리는, 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질로 이루어진 구조체, 상기 구조체 내에 수용된 0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)인 제1 탄소 물질 및 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)인 제2 탄소 물질을 포함하는 집전체; 및 상기 집전체의 표면 상에 형성된 활물질(active material)층; 을 포함하는 전극을 포함한다.
- [0026] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 배터리는, 유연성과 신축성을 갖는 제1 고분자 물질로 이루어진 구조체, 상기 구조체 내에 수용된 0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)인 제1 탄소 물질 및 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)인 제2 탄소 물질을 포함하는 음극 집전체와, 상기 음극 집전체의 표면 상에 형성된 음극 활물질층을 포함하는 음극; 유연성과 신축성을 갖는 제2 고분자 물질로 이루어진 구조체, 상기 구조체 내에 수용된 0-차원의 탄소 물질인 제1 탄소 물질 및 1-차원의 탄소 물질인 제2 탄소 물질을 포함하는 양극 집전체와, 상기 양극 집전체의 표면 상에 형성된 양극 활물질 층을 포함하는 양극; 상기 음극과 상기 양극의 외부에 존재하는 전해질(electrolyte); 및 유연성과 신축성을 갖는 제3 고분자 물질로 이루어지며, 상기 음극, 상기 양극 및 상기 전해질이 수용되는 케이스; 를 포함한다.
- [0027] 상술된 목적들을 달성하기 위한 구체적인 사항들은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술될 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.
- [0028] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구성될 수 있으며, 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자(이하, "통상의 기술자")에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해서 제공되는 것이다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명은 다음과 같은 우수한 효과들을 가진다.
- [0030] 우선, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체는, 신축 과정에서도 높은 전기 전도도를 유지하는 효과가 있다.
- [0031] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체는, 표면적이 넓어 더 많은 양의 활물질(active material)이 코팅될 수 있는 효과가 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체는, 늘어난 상태에서 본래의 상태로 돌아오는 복원력이 높으며, 장기적으로 상당한 복원력을 유지하는 효과가 있다.
- [0033] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 집전체의 제조 방법은, 그 공정이 간단하여, 쉽게 스트레처블 집전체, 스트레처블 전극 및 스트레처블 배터리를 상업화 및 대량 생산 할 수 있도록 한 효과가 있다.
- [0034] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전극은, 신축 과정에서도 높은 전기 전도도를 유지하는 효과가 있다.
- [0035] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전극은, 더 많은 활물질을 포함하기 때문에, 향상된 전기적 특성을 발현하는 효과가 있다.

- [0036] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리는, 신축 과정에서도 높은 전기 전도도를 유지하는 효과가 있다.
- [0037] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리는, 더 많은 활물질을 포함하기 때문에, 향상된 전기적 특성을 발현하는 효과가 있다.
- [0038] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리는, 수백 회 이상 반복된 충방전 사이클에도 불구하고, 장기적으로 상당한 용량을 유지하는 효과가 있다.
- [0039] 본 발명의 효과들은 상술된 효과들로 제한되지 않으며, 본 발명의 기술적 특징들에 의하여 기대되는 잠정적인 효과들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0040] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체를 도시한 도면이다.
- 도 2a 내지 도 2d는 제1 탄소 물질 또는 제2 탄소 물질의 중량 퍼센트의 변화에 따른 집전체의 시트 저항의 변화를 도시한 그래프이다.
- 도 3a 및 도 3b는 제1 탄소 물질만 포함하는 집전체, 제2 탄소 물질만 포함하는 집전체 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 시트 저항을 비교한 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 집전체의 제조 방법의 흐름도이다.
- 도 5a 및 도 5b는 습도 조건의 변화에 따른 세공의 크기의 변화 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 표면적의 변화를 도시한 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전극의 구성도이다.
- 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 구성도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 시트 저항의 변화를 도시한 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 연신율에 따른 응력의 변화를 도시한 그래프이다.
- 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 연신율에 따른 용량비의 변화를 도시한 그래프이다.
- 도 11a 내지 도 11c는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 단위 셀의 특성을 평가하고, 그 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 특성을 평가하고, 그 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고, 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세히 설명하고자 한다.
- [0042] 청구범위에 개시된 발명의 다양한 특징들은 도면 및 상세한 설명을 고려하여 더 잘 이해될 수 있을 것이다. 명세서에 개시된 장치, 방법, 제법 및 다양한 실시예들은 예시를 위해서 제공되는 것이다. 개시된 구조 및 기능상의 특징들은 통상의 기술자로 하여금 다양한 실시예들을 구체적으로 실시할 수 있도록 하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 개시된 용어 및 문장들은 개시된 발명의 다양한 특징들을 이해하기 쉽게 설명하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다.
- [0043] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0044] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명에 따른 스트레처블 집전체, 이의 제조 방법, 이를 포함하는 스트레처블 전극 및 스트레처블 배터리에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0045] 우선, 도 1a 내지 도 2d를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(Current Collector)에 대하여 설명한

다.

- [0046] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체를 도시한 도면이고, 도 2a 내지 도 2d는 제1 탄소 물질 또는 제2 탄소 물질의 중량 퍼센트의 변화에 따른 집전체의 시트 저항의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0047] 도 1a를 참조하면, 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 구조체(10), 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)을 포함한다.
- [0048] 구조체(10)는, 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질로 이루어진다.
- [0049] 고분자 물질은, 폴리디메틸렌실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 실리콘 계열의 물질인 ECO FLEX 등 유연성과 신축성을 갖는 모든 고분자 물질을 포함한다.
- [0050] 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질로 이루어지기 때문에, 구조체(10)는 스트레처블하다. 즉, 구조체(10)는 휘어지거나 늘어날 수 있으며, 늘어난 상태에서 본래의 상태로 돌아오려는 복원력을 갖는다.
- [0051] 스트레처블한 구조체(10)를 포함하기 때문에, 본 실시예에 따른 집전체(1) 또한 스트레처블하다. 즉, 본 실시예에 따른 집전체(1) 또한, 휘어지거나 늘어날 수 있으며, 늘어난 상태에서 본래의 상태로 돌아오려는 복원력을 갖는다.
- [0052] 구조체(10)의 일면에는 다수의 세공들(pores)의 집합인 다공성(porous) 구조가 형성된다. 구조체(10)는 본 실시예에 따른 집전체(1)의 외관을 형성하기 때문에, 구조체(10)의 일면은 본 실시예에 따른 집전체(1)의 일면이다. 즉, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 일면에는 다수의 세공들이 형성된다.
- [0053] 본 실시예에 따른 집전체(1)의 일면에 형성된 각 세공의 내벽은 본 실시예에 따른 집전체(1)의 표면이기 때문에, 본 실시예에 따른 집전체(1)는 일면에 세공이 형성되지 않은 경우보다 넓은 표면적을 갖는다. 본 실시예에 따른 집전체(1)는 표면적이 넓기 때문에 많은 양의 활물질(active material)이 그 표면에 코팅될 수 있다.
- [0054] 도 1b를 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0055] 도 1b는 본 실시예에 따른 집전체(1)의 일면을 전자현미경(Scanning Electron Microscope; SEM)으로 촬영한 이미지이다.
- [0056] 도 1b를 참조하면, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 일면에는 다수의 세공들이 형성되어 있다. 세공은 수 μm 크기를 가지며, 이러한 세공의 크기는 본 실시예에 따른 집전체(1)의 제조 과정에서 공정 조건을 달리함으로써 조절될 수 있다. 또한, 세공의 크기를 조절함으로써, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 표면적도 조절될 수 있다. 이에 대하여는 도 7a 및 도 7b를 참조하여 후술한다.
- [0057] 제1 탄소 물질(20)은, 0-차원의 탄소 물질(0-Dimensional Carbon Material; 0-DCM)로써, 구형 입자인 카본 블랙(Carbon Black; CB)과 같은 구형의 형태를 갖는 탄소 물질이다.
- [0058] 제2 탄소 물질(30)은, 1-차원의 탄소 물질(1-Dimensional Carbon Material; 1-DCM)로써, 선형 입자인 탄소 나노 튜브(Carbon Nano Tube; CNT)와 같은 선형의 형태를 갖는 탄소 물질이다.
- [0059] 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)은, 구조체(10)에 수용되며, 구조체(10) 내에서 서로 혼합되어 있다.
- [0060] 또한, 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)은, 구조체(10) 내에서 서로 접촉되어 있다. 즉, 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)은 서로 붙어 있다.
- [0061] 도 1c를 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0062] 도 1c는 본 실시예에 따른 집전체(1)를 전자현미경(SEM)으로 촬영한 이미지이다. 도 1c에서 제1 탄소 물질(20)은 카본 블랙(CB)이며, 제2 탄소 물질(30)은 탄소 나노 튜브(CNT)이다.
- [0063] 도 1c를 참조하면, 제2 탄소 물질(30)의 표면에 제1 탄소 물질(20)이 붙어 있는 것을 확인할 수 있다. 이는, 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30) 간의 파이-파이 상호 작용(π - π interaction) 때문이다. 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)은 파이-파이 상호 작용에 의하여 서로 끌어당기기 때문에, 제2 탄소 물질(30)의 표면에 제1 탄소 물질(20)이 접촉된다.
- [0064] 한편, 구조체(10) 내에 수용된 제1 탄소 물질(20)의 양과 제2 탄소 물질(30)의 양이 많을수록, 집전체(1)의 전기적 특성이 향상되나, 구조체(10)의 탄소 물질에 대한 퍼콜레이션 임계치(Percolation Threshold) 때문에, 구조체(10) 내에 수용될 수 있는 제1 탄소 물질(20)의 양과 제2 탄소 물질(30)의 양은 한계가 있다.

- [0065] 도 2a 내지 도 2d를 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0066] 도 2a 내지 도 2d는 제1 탄소 물질 또는 제2 탄소 물질의 중량 퍼센트의 변화에 따른 집전체의 시트 저항의 변화를 도시한 그래프이다. 도 2a 내지 도 2d에서 제1 탄소 물질(20)은 카본 블랙(CB)이며, 제2 탄소 물질(30)은 탄소 나노 튜브(CNT)이다.
- [0067] 시트 저항(sheet resistance)은 얇은 막(film)의 저항으로, 본 실시예에 따른 집전체(1)는 매우 얇은 막의 형태이기 때문에, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 성능은 시트 저항으로부터 평가될 수 있다.
- [0068] 시트 저항의 값이 작을수록 에너지 손실이 작기 때문에, 시트 저항의 값이 작을수록 집전체(1)의 전기 전도도가 크다. 즉, 시트 저항의 값이 작을수록 집전체(1)의 성능이 좋다.
- [0069] 도 2a는 제1 탄소 물질의 중량 퍼센트의 변화에 따른, 제1 탄소 물질만 포함하는 집전체의 시트 저항의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0070] 이하, 제1 탄소 물질(20)만 포함하는 집전체란, 제2 탄소 물질(30)을 포함하지 않고, 구조체(10)와 제1 탄소 물질(20)을 포함하는 집전체를 말한다.
- [0071] 도 2a를 참조하면, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트(wt.%)가 증가할수록, 제1 탄소 물질(20)만 포함하는 집전체의 시트 저항이 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0072] 특히, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 4wt.% 일 때를 기준으로, 제1 탄소 물질(20)만 포함하는 집전체의 시트 저항의 변화율이 급격하게 변하는 것을 확인할 수 있다.
- [0073] 도 2b는, 제2 탄소 물질의 중량 퍼센트의 변화에 따른, 제2 탄소 물질만 포함하는 집전체의 시트 저항의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0074] 이하, 제2 탄소 물질(30)만 포함하는 집전체란, 제1 탄소 물질(20)을 포함하지 않고, 구조체(10)와 제2 탄소 물질(30)을 포함하는 집전체를 말한다.
- [0075] 도 2b를 참조하면, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 증가할수록, 제2 탄소 물질(30)만 포함하는 집전체의 시트 저항이 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0076] 특히, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 2wt.% 일 때를 기준으로, 제2 탄소 물질(30)만 포함하는 집전체의 시트 저항의 변화율이 급격하게 변하는 것을 확인할 수 있다.
- [0077] 제1 탄소 물질(20)만 포함하는 집전체에 대한 실험 결과와, 제2 탄소 물질(30)만 포함하는 집전체에 대한 실험 결과에서 볼 수 있듯이, 제1 탄소 물질(20) 또는 제2 탄소 물질(30)의 양이 많을수록 집전체의 전기적 특성이 향상되며, 이는 본 실시예에 따른 집전체(1)의 경우도 마찬가지이다. 즉, 구조체(10) 내에 수용된 제1 탄소 물질(20)의 양과 제2 탄소 물질(30)의 양이 많을수록, 집전체(1)의 전기적 특성이 향상된다.
- [0078] 그러나, 전술하였듯, 구조체(10)의 탄소 물질에 대한 퍼콜레이션 임계치(Percolation Threshold) 때문에, 구조체(10) 내에 수용될 수 있는 제1 탄소 물질(20)의 양과 제2 탄소 물질(30)의 양은 한계가 있다.
- [0079] 이에, 본 발명자들은 구조체(10) 내에 수용 가능한 범위 내에서, 집전체(1)의 전기적 특성을 최대로 할 수 있는 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트 범위 및 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트 범위를 찾기 위한 실험을 수행하였다.

표 1

CB (wt.%)	Sheet Resistance (Ω /sq)
10	446
12	210 (Crack)
14	185 (Crack)
16	Completely Island Type

[0081] 6wt.% CNT (Variable : wt.% of CB)

표 2

CB (wt.%)	Sheet Resistance (Ω /sq)
10	255
12	130 (Crack)
14	127 (Crack)

4wt.% CNT (Variable : wt.% of CB)

표 1은, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트를 6wt.%로 유지한 채로 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트를 변화시키면서, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항의 변화를 측정한 것이고, 표 2는, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트를 4wt.%로 유지한 채로 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트를 변화시키면서, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항의 변화를 측정한 것이다. 표 1 및 표 2에서 제1 탄소 물질(20)은 카본 블랙(CB)이며, 제2 탄소 물질(30)은 탄소 나노 튜브(CNT)이다.

표 1 및 표 2를 참조하면, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 10wt.% 를 초과하면, 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 12wt.% 가 되면, 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하기 때문에, 집전체(1)는 스트레처블한 특성을 상실한다.

이는, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 12wt.% 가 되면, 전술한 구조체(10)의 탄소 물질에 대한 퍼콜레이션 임계치(Percolation Threshold)를 초과하기 때문이다. 즉, 표 1 및 표 2로부터, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트는 12wt.% 미만이어야 한다는 사실을 확인할 수 있다

도 2c는, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트를 10wt.%로 유지한 채로 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트를 변화시키면서, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항의 변화를 측정한 것이다.

즉, 도 2c는 표 1 및 표 2에 표기된 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트의 값들 중, 12wt.% 미만인 값들 중의 최대값으로 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트를 고정시키고, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트를 변화시키면서, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항의 변화를 측정한 것이다.

표 3

CNT (wt.%)	Sheet Resistance (Ω /sq)
0	1440
2	735
4	446
6	255
8	210
10	130
12	105 (Crack)

10wt.% CB (Variable : wt.% of CNT)

표 3은, 도 2c의 그래프에 표시된 점들의 구체적인 수치값들을 나타낸 표이다.

도 2c 및 표 3을 참조하면, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항은, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 0wt.% 일 때 약 1440 Ω /sq 이며, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 10wt.% 일 때에는 약 130 Ω /sq 이다. 즉, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 증가할수록, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

특히, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 2wt.% 일 때를 기준으로, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항의 변화율이 급격하게 변하는 것을 확인할 수 있다.

한편, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 10wt.% 를 초과하면, 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 표 3을 참조하면, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 12wt.% 가 되면, 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하기 때문에, 집전체(1)는 스트레처블한

특성을 상실한다.

[0095] 이는, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 12wt.% 가 되면, 전술한 구조체(10)의 탄소 물질에 대한 퍼콜레이션 임계치(Percolation Threshold)를 초과하기 때문이다. 즉, 도 2c 및 표 3으로부터, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 10wt.% 인 경우, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트는 2wt.% 이상 12wt.% 미만 이어야 한다는 사실을 확인할 수 있다.

[0096] 도 2d는, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트를 10wt.%로 유지한 채로 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트를 변화시키면서, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항의 변화를 측정한 것이다.

[0097] 즉, 도 2d는 표 3에 표기된 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트의 값들 중, 12wt.% 미만인 값들 중의 최대값으로 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트를 고정시키고, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트를 변화시키면서, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항의 변화를 측정한 것이다.

표 4

[0098]

CB (wt.%)	Sheet Resistance (Ω /sq)
0	25k
2	3.5k
4	1.2k
6	355
8	250
10	130
12	96 (Crack)

[0099] 10wt.% CNT (Variable : wt.% of CB)

[0100] 표 4는, 도 2d의 그래프에 표시된 점들의 구체적인 수치값들을 나타낸 표이다.

[0101] 도 2d 및 표 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항은, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 0wt.% 일 때 약 25.0k Ω /sq 이며, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 10wt.% 일 때에는 약 130 Ω /sq 이다. 즉, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 증가할수록, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항이 감소한다.

[0102] 특히, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 2wt.% 일 때를 기준으로, 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항의 변화율이 급격하게 변하는 것을 확인할 수 있다.

[0103] 한편, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 10wt.% 를 초과하면, 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 표 4를 참조하면, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 12wt.% 가 되면, 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 집전체(1)의 표면에 크랙이 발생하기 때문에, 집전체(1)는 스트레처블한 특성을 상실한다.

[0104] 이는, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 12wt.% 가 되면, 전술한 구조체(10)의 탄소 물질에 대한 퍼콜레이션 임계치(Percolation Threshold)를 초과하기 때문이다. 즉, 도 2d 및 표 4로부터, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 10wt.% 인 경우, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트는 2wt.% 이상 12wt.% 미만 이어야 한다는 사실을 확인할 수 있다.

[0105] 전술한 바와 같이 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 스트레처블한 구조체(10)를 포함하기 때문에, 휘어지거나 늘어날 수 있으며, 늘어난 상태에서 본래의 상태로 돌아오려는 복원력을 갖는다.

[0106] 한편, 본 실시예에 따른 집전체(1)는 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)을 포함하기 때문에, 휘어지거나 늘어나도 높은 전기 전도도를 유지한다.

[0107] 도 3a 및 도 3b를 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0108] 도 3a 및 도 3b는 제1 탄소 물질만 포함하는 집전체, 제2 탄소 물질만 포함하는 집전체 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 시트 저항을 비교한 그래프이다.

[0109] 도 3a 및 도 3b에서 제1 탄소 물질(20)은 카본 블랙(CB)이며, 제2 탄소 물질(30)은 탄소 나노 튜브(CNT)이다.

[0110] 도 3a 및 도 3b에서, CB는 제1 탄소 물질만 포함하는 집전체, CNT는 제2 탄소 물질만 포함하는 집전체, Hybrid

는 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)를 의미한다.

- [0111] 도 3a는 늘어나거나 휘어지지 않은 초기 상태(initial state)에서 제1 탄소 물질만 포함하는 집전체, 제2 탄소 물질만 포함하는 집전체 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 시트 저항을 비교한 그래프이다.
- [0112] 도 3a를 참조하면, 초기 상태에서 제1 탄소 물질(20)만 포함하는 집전체의 시트 저항은 $120\Omega/\text{sq}(\Omega/\square)$ 이다. 초기 상태에서 제2 탄소 물질(30)만 포함하는 집전체의 시트 저항은 $2000\Omega/\text{sq}(\Omega/\square)$ 이다. 초기 상태에서 본 실시예에 따른 집전체(1)의 시트 저항은 $150\Omega/\text{sq}(\Omega/\square)$ 이다.
- [0113] 도 3b는 각 집전체를 잡아당겨 늘리면서, 제1 탄소 물질만 포함하는 집전체, 제2 탄소 물질만 포함하는 집전체 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 시트 저항비를 연신율의 변화에 따라 비교 도시한 그래프이다.
- [0114] 도 3b에서, 시트 저항비(R/R_0)는, 각 집전체의 시트 저항(R)의, 초기 상태에서의 각 집전체의 시트 저항(R_0)에 대한 비다.

수학식 1

[0115]
$$(\text{시트 저항비}) = \frac{R}{R_0}$$

[0116] R : 집전체의 시트 저항

[0117] R_0 : 초기 상태에서의 집전체의 시트 저항

[0118] 도 3b에서, 연신율(Stain)은, 각 집전체가 늘어난 길이의, 초기 상태에서의 각 집전체의 길이에 대한 백분율이다.

수학식 2

[0119]
$$(\text{연신율}) = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 (\%)$$

[0120] Δl : 집전체가 늘어난 길이

[0121] l_0 : 초기 상태에서의 집전체의 길이

[0122] 도 3b를 참조하면, 제1 탄소 물질(20)만 포함하는 집전체 및 제2 탄소 물질(30)만 포함하는 집전체는, 연신율에 따라 시트 저항비도 급격하게 커지는 것을 확인할 수 있다.

[0123] 구체적으로, 제1 탄소 물질(20)만 포함하는 집전체의 경우, 연신율이 0% 에서 100% 까지 증가함에 따라, 시트 저항비도 1 에서부터 1.5 까지 지속적으로 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 연신율이 100% 에서 200% 까지 증가함에 따라, 시트 저항비도 1.5 에서부터 4 까지 지속적으로 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0124] 또한, 제2 탄소 물질(30)만 포함하는 집전체의 경우, 연신율이 0% 에서 100% 까지 증가함에 따라, 시트 저항비도 1 에서부터 1.35 까지 지속적으로 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 연신율이 100% 에서 200% 까지 증가함에 따라, 시트 저항비도 1.35 에서부터 6 까지 지속적으로 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0125] 시트 저항비가 증가한다는 것은, 시트 저항이 증가한다는 것을 의미한다. 즉, 제1 탄소 물질(20)만 포함하는 집전체 및 제2 탄소 물질(30)만 포함하는 집전체는, 잡아당겨 늘리면 시트 저항의 값이 매우 커지기 때문에, 전기 전도도가 큰 폭으로 감소한다.

[0126] 이와 달리, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)는, 연신율이 증가해도 시트 저항비가 거의 변화하지 않는다는 것을 도 3b로부터 확인할 수 있다.

[0127] 구체적으로, 도 3b를 다시 참조하면, 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 연신율이 200% 까지 증가하여도, 시트 저항비가 거의 1에 가까운 값을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 잡아당겨 늘려도 시트 저항이 거의 변화하지 않으므로, 전기 전도도가 거의 변화하지 않는다.

- [0128] 따라서, 본 실시예에 따른 집전체(1)는 스트레처블 배터리에 매우 적합한 집전체이다. 즉, 휘어지거나 늘어날 수 있으며, 외부로 전기 에너지를 높은 효율로 공급하거나, 외부로부터 전기 에너지를 높은 효율로 공급 받을 수 있는 스트레처블 배터리를 본 실시예에 따른 집전체(1)로부터 구현할 수 있다.
- [0129] 다음, 도 4 내지 도 5b를 참조하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 집전체의 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0130] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 집전체의 제조 방법의 흐름도이고, 도 5a 및 도 5b는 습도 조건의 변화에 따른 세공의 크기의 변화 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 표면적의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0131] 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 집전체의 제조 방법은, 제1 탄소 물질 및 제2 탄소 물질을 분산 용매에 첨가하는 단계(S210), 제1 탄소 물질 및 제2 탄소 물질이 첨가된 분산 용매에 초음파를 조사하여 제1 용액을 제조하는 단계(S220), 제1 용액을 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질과 혼합하여 제2 용액을 제조하는 단계(S230), 제2 용액의 일면에 다수의 세공들을 형성하는 단계(S240) 및 제2 용액을 기설정된 조건에서 정치하는 단계(S250)를 포함한다.
- [0132] S210 단계는, 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)을 분산 용매에 첨가하는 단계이고, S220 단계는 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)이 첨가된 분산 용매에 초음파를 조사하여 제1 용액을 제조하는 단계이다.
- [0133] 제2 탄소 물질(30)은 1차원의 탄소 물질로써 선형의 구조를 갖는 물질이기 때문에, 개개의 제2 탄소 물질(30)이 다른 제2 탄소 물질(30)과 서로 얹히게 되는 물리적 응집이 발생된다. 동시에, 개개의 제2 탄소 물질(30)과 다른 제2 탄소 물질(30)이 그 사이에 작용하는 표면인력에 의하여 서로 응집되는 화학적 응집이 발생된다.
- [0134] 즉, 제2 탄소 물질(30)은 응집되는 특성이 있기 때문에, 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)은 쉽게 혼합되지 않는다. S210 단계와 S220 단계는, 이와 같이 쉽게 혼합되지 않는 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)을 혼합하기 위한 단계이다.
- [0135] S210 단계는, 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)을 분산 용매에 첨가하는 단계이다.
- [0136] 분산 용매에 첨가되는 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30) 각각의 중량은 기설정된다. 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30) 각각의 중량은, 본 실시예에 따른 집전체의 제조 방법에 의하여 제조된 집전체(1)의, 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 전술한 수치 범위 내에 포함되도록 하는 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30) 각각의 중량이다.
- [0137] 예를 들어, 집전체(1)의 총 중량을 기준으로, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 10wt.% 인 경우, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 2wt.% 이상 12wt.% 미만인 집전체(1)가 제조되도록, 제1 탄소 물질(20)의 중량과 제2 탄소 물질(30)의 중량이 설정될 수 있다.
- [0138] 또는, 집전체(1)의 총 중량을 기준으로, 제2 탄소 물질(30)의 중량 퍼센트가 10wt.% 인 경우, 제1 탄소 물질(20)의 중량 퍼센트가 2wt.% 이상 12wt.% 미만인 집전체(1)가 제조되도록, 제1 탄소 물질(20)의 중량과 제2 탄소 물질(30)의 중량이 설정될 수 있다.
- [0139] 분산 용매는, 선형의 구조를 갖는 제2 탄소 물질을 분산시키기 위한 용매이며, 동시에, S230 단계에서 제1 용액과 혼합되는 유연성과 신축성을 갖는 고분자를 용해시킬 수 있는 유기용매이다.
- [0140] S220 단계는, 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)이 첨가된 분산 용매에 초음파를 조사하여 제1 용액을 제조하는 단계이다.
- [0141] 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)이 첨가된 분산 용매에 초음파를 조사(Ultrasonication) 한다. 이 과정에서, 제2 탄소 물질(30)은 절단되어 그 길이가 짧아진다. 제2 탄소 물질(30)의 길이를 줄여, 전술한 물리적 응집과 화학적 응집의 발생을 방지할 수 있다.
- [0142] 즉, 제1 탄소 물질(20)과 제2 탄소 물질(30)이 첨가된 분산 용매에 초음파를 조사하면, 제2 탄소 물질(30)이 분산되기 때문에, 제1 탄소 물질(20)과 균일하게 섞여, 제1 탄소 물질(20), 제2 탄소 물질(30) 및 분산 용매의 혼합물이 형성된다.
- [0143] S230 단계는, 제1 용액을 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질과 혼합하여 제2 용액을 제조하는 단계이다.
- [0144] 제1 탄소 물질(20), 제2 탄소 물질(30) 및 분산 용매를 포함하는 제1 용액과 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질을 혼합하여, 제1 탄소 물질(20), 제2 탄소 물질(30), 고분자 물질 및 분산 용매를 포함하는 제2 용액을 제조한다.

- [0145] 진술하였듯, 제1 용액에 포함된 분산 용매는 고분자 물질을 용해시킬 수 있는 유기용매이기 때문에, 고분자 물질은 제1 용액에 의하여 용해된다. 고분자 물질은 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)과 균일하게 섞이게 된다.
- [0146] 본 단계에서 제조된 제2 용액은 슬러리(slurry)의 형태이다.
- [0147] S240 단계는, 제2 용액의 일면에 다수의 세공들을 형성하는 단계이다. 슬러리 형태를 갖는 제2 용액의 일면에 다수의 세공들이 형성되도록 한다.
- [0148] 본 단계에서, 제2 용액은 일정 용기에 수용되며, 다수의 세공들이 형성되는 제2 용액의 일면은, 용기의 입구에 의하여 외부로 노출된 제2 용액의 일면이다.
- [0149] 제2 용액의 일면에는 브레스 피규어(Breath Figure) 공정에 의하여 다수의 세공들이 형성될 수 있다. 제2 용액을 일정 습도 조건하에 노출시키면, 제2 용액의 일면 위에 수 μm 크기의 액체 방울들이 응축되며, 그 액체 방울들의 자국 각각이, 제2 용액의 일면에 형성된 세공이 된다.
- [0150] 후술할 바와 같이, 제2 용액으로부터 유연성과 신축성을 갖는 구조체(10) 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)가 형성되기 때문에, 제2 용액의 일면에 형성된 다수의 세공들은, 구조체(10)의 일면 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)의 일면에 형성된 다수의 세공들이 된다.
- [0151] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)의 일면에 형성된 각 세공의 크기 및 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)의 표면적은, 본 단계에서 일정 습도 조건을 변화시킴으로써 조절될 수 있다. 도 5a 및 도 5b를 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0152] 도 5a는 습도 조건의 변화에 따른 세공의 크기의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0153] 도 5a를 참조하면, 습도 조건의 변화에 따라 세공의 크기가 변화한다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 상대 습도(Humidity)가 60% 에서부터 100% 까지 증가함에 따라, 세공의 크기도 약 $40\mu\text{m}$ 에서부터 약 $120\mu\text{m}$ 까지 증가하는 것을 확인할 수 있다.
- [0154] 도 5b는 습도 조건의 변화에 따른 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 표면적의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0155] 도 5b에서, 표면적의 비(Relative area)(A/A_0)는 일면에 다수의 세공들이 형성된 집전체(1)의 표면적의, 일면에 다수의 세공들이 형성되지 않은 집전체의 표면적에 대한 비다.

수학식 3

[0156]
$$(\text{표면적의 비}) = \frac{A}{A_0}$$

- [0157] A : 일면에 다수의 세공들이 형성된 집전체의 표면적
- [0158] A_0 : 일면에 다수의 세공들이 형성되지 않은 집전체의 표면적
- [0159] 도 5b를 참조하면, 습도 조건의 변화에 따라 표면적의 비가 변화한다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 상대 습도가 60% 에서부터 100% 까지 증가함에 따라, 표면적의 비도 약 1.3 에서부터 약 4 까지 증가하는 것을 확인할 수 있다.
- [0160] 즉, 본 단계에서 습도 조건을 조절하여, 세공의 크기를 조절함으로써, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)의 표면적을 조절할 수 있다.
- [0161] S250 단계는, 제2 용액을 기설정된 조건에서 정치하는 단계이다.
- [0162] 제2 용액을 일정 형태를 갖는 틀에 넣고, 기설정된 온도 조건에 노출시켜, 제2 용액에 포함된 분산 용매를 제거하고, 동시에 제2 용액에 포함된 고분자 물질을 경화시킨다.
- [0163] 제2 용액에 포함된 분산 용매는 증발되며, 제2 용액에 포함된 고분자 물질은 열에 의하여 굳어진다. 고분자 물질은 열에 의하여 경화되어 유연성과 신축성을 갖는 구조체(10)를 형성한다. 형성된 구조체(10)의 일면에는 다공성 구조가 형성되어 있다.

- [0164] 기설정된 온도는, 제2 용액에 포함된 분산 용매가 증발될 수 있는 온도이며, 동시에 고분자 물질이 열에 의하여 굳어질 수 있는 온도이다.
- [0165] 다음, 도 6a 및 도 6b를 참조하여, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전극(electrode)에 대하여 설명한다.
- [0166] 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전극의 구성도이다.
- [0167] 도 6을 참조하면, 본 실시예에 따른 전극(2)은, 집전체(1)와 활물질층(100)을 포함한다.
- [0168] 집전체(1)는, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체이다. 즉, 집전체(1)는 유연성과 신축성을 갖는 고분자 물질로 이루어진 구조체(10)와, 구조체 내에서 서로 혼합되어 있는 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)을 포함한다.
- [0169] 활물질층(100)은, 일정한 활물질(active material)로 이루어진 층이다.
- [0170] 활물질층(100)은, 집전체(1)의 표면 상에 형성된다. 활물질층(100)이 형성되는 집전체(1)의 표면은, 다수의 세공들이 형성된 집전체(1)의 일면의 표면이다.
- [0171] 진술한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)는, 그 일면에 다수의 세공들이 형성되어 있기 때문에, 넓은 표면적을 가지고 있다. 즉, 넓은 표면적을 가져, 많은 양의 활물질이 집전체(1)의 표면 상에 코팅될 수 있으며, 전극(2)의 전기적 특성이 향상될 수 있다.
- [0172] 본 실시예에 따른 전극(2)은, 스트레처블 배터리의 양극과 음극 모두에 사용 가능한 전극으로써, 활물질은 양극 활물질(cathode active material) 또는 음극 활물질(anode active material) 일 수 있다. 활물질을 집전체(1)의 표면에 분사하여 코팅하는 공정에 의하여, 집전체(1)의 표면 상에 활물질층(100)이 형성된다.
- [0173] 스트레처블한 집전체(1)를 포함하기 때문에, 본 실시예에 따른 전극(2) 또한 스트레처블하다. 즉, 본 실시예에 따른 전극(2) 또한, 휘어지거나 늘어날 수 있으며, 늘어난 상태에서 본래의 상태로 돌아오려는 복원력을 갖는다.
- [0174] 다음, 도 7a 및 도 7b를 참조하여, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리(Stretchable Battery)에 대하여 설명한다.
- [0175] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 구성도이다.
- [0176] 도 7a는 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 단면도이고, 도 7b는 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 사시도이다.
- [0177] 도 7a 및 도 7b를 참조하면, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 음극(2'), 양극(2''), 단자들(111, 112), 전해질(120) 및 케이스(130)를 포함한다.
- [0178] 음극(2') 및 양극(2'') 각각은, 본 발명의 다른 실시예에 따른 전극(2)과 동일한 전극이다.
- [0179] 즉, 음극(2')은, 음극 집전체(1')와, 음극 집전체(1')의 표면 상에 형성된 음극 활물질층(100')을 포함한다.
- [0180] 음극 집전체(1')는, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)이다. 즉, 음극 집전체(1')는, 유연성과 신축성을 갖는 제1 고분자 물질로 이루어진 구조체(10), 구조체 내에서 서로 혼합되어 있는 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)을 포함한다.
- [0181] 음극 활물질층(100')은 음극 활물질로 이루어지며, 음극 집전체(1')의 표면 상에 형성된다.
- [0182] 양극(2'')은, 양극 집전체(1'')와, 양극 집전체(1'')의 표면 상에 형성된 양극 활물질층(100'')을 포함한다.
- [0183] 양극 집전체(1'')는, 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체(1)이다. 즉, 양극 집전체(1'')는, 유연성과 신축성을 갖는 제2 고분자 물질로 이루어진 구조체(10), 구조체 내에서 서로 혼합되어 있는 제1 탄소 물질(20) 및 제2 탄소 물질(30)을 포함한다.
- [0184] 양극 활물질층(100'')은, 양극 활물질로 이루어지며, 양극 집전체(1'')의 표면 상에 형성된다.
- [0185] 음극 단자(111)는 음극(2')의 일단과 접촉되어 있으며, 그 일부는 케이스(130) 외부로 노출된다. 양극 단자(112)는 양극(2'')의 일단과 접촉되어 있으며, 그 일부는 케이스(130) 외부로 노출된다.
- [0186] 음극 단자(111)와 양극 단자(112)를 통하여 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 외부와 전기적으로 연결

된다. 즉, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 음극 단자(111)와 양극 단자(112)를 통하여 외부의 부하(load)와 전기적으로 연결되어 부하에 전기 에너지를 공급할 수 있다. 또한, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 음극 단자(111)와 양극 단자(112)를 통하여 외부의 충전기와 전기적으로 연결되어 충전될 수 있다.

- [0187] 전해질(electrolyte)(120)은 음극(2')과 양극(2'')의 외부에 존재하며, 음극(2')과 양극(2'')을 둘러싼다.
- [0188] 전해질(120)은, 스트레처블 배터리(3)의 전기화학적 반응에 관여하는 이온들이 이동할 수 있는 매질이다. 즉, 음극 활물질 및 양극 활물질로부터 생성된 이온들은 전해질(120)을 통해 이동한다.
- [0189] 전해질(120)을 이루는 물질은, 스트레처블 배터리(3)의 전기화학적 반응에 관여하는 이온들이 이동할 수 있는 매질 역할을 할 수 있는 물질이라면 특별히 한정되지 않는다.
- [0190] 케이스(130)는, 음극(2'), 양극(2'') 및 전해질(120)을 수용한다. 즉, 음극(2'), 양극(2'') 및 전해질(120)은 케이스(130) 내부에 마련되며, 케이스(130)는 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 외관을 형성한다.
- [0191] 케이스(130)는, 유연하고 신축성이 있는 제3 고분자 물질로 이루어진다. 따라서, 케이스(130)는 스트레처블하다. 즉, 케이스(130)는 휘어지거나 늘어날 수 있으며, 늘어난 상태에서 본래의 상태로 돌아오려는 복원력을 갖는다.
- [0192] 제1 내지 제3 고분자 물질은, 서로 같은 고분자 물질일 수 있으며, 서로 다른 고분자 물질일 수도 있다.
- [0193] 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 스트레처블한 전극(2) 및 스트레처블한 케이스(130)를 포함하고 있기 때문에, 휘어지거나 늘어날 수 있으며, 늘어난 상태에서 본래의 상태로 돌아오려는 복원력을 갖는다.
- [0194] 이하, 본 발명의 다양한 실험예들을 설명한다. 다만, 본 발명이 이하의 실험예들에 의하여 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 실험예들은 통상의 기술자에게 본 발명을 보다 명확하게 설명하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0195] 실험예 1 : 사이클 및 연신율에 따른 집전체(1)의 시트 저항비 평가
- [0196] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 집전체의 시트 저항의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0197] 도 8을 참조하면, 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 연신율이 증가해도 시트 저항비가 거의 변화하지 않는다는 것을 확인할 수 있다.
- [0198] 구체적으로, 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 연신율이 100% 인 경우, 연신율이 150% 인 경우 및 연신율이 200% 인 경우 모두, 시트 저항비가 1.0 내지 1.5 사이임을 확인할 수 있다.
- [0199] 전술하였듯, 연신율이 변화하여도 시트 저항비가 1에 가까운 값으로 유지된다는 것은, 시트 저항이 거의 변화하지 않는다는 것을 의미한다.
- [0200] 한편, 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 충방전 사이클이 반복되어도 시트 저항비를 1에 가까운 값으로 유지한다는 것을 확인할 수 있다.
- [0201] 즉, 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 연신율이 100% 인 경우, 연신율이 150% 인 경우 및 연신율이 200% 인 경우 모두, 1000번 이상의 충방전 사이클 과정에서 시트 저항비가 1.0 내지 1.5 사이임을 확인할 수 있다.
- [0202] 즉, 실험예 1의 결과로부터, 본 실시예에 따른 집전체(1)는, 수백 회 이상 반복된 충방전 사이클 및 지속적으로 변화된 연신율에도 불구하고, 장기적으로 상당한 전기 전도도를 유지한다는 것을 확인할 수 있다.
- [0203] 실험예 2 : 스트레처블 배터리(3)의 복원력 평가
- [0204] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 연신율에 따른 복원력의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0205] 도 9에서, 1st 는 연신율이 200% 가 될 때 까지 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)를 잡아당겼다가 다시 초기 상태로 복원시키는 신축 과정을 1회 수행한 것을 나타내며, 100th, 500th 및 1000th 는 각각 이 신축 과정을 100회, 500회 및 1000회 반복 수행하였음을 나타낸다.
- [0206] 도 9를 참조하면, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 신축 과정을 수백 회에서 1000회까지 반복 수행하여도, 일정 응력(Stress)을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 100th, 500th 및 1000th 각각의 그래프를 참조하

면, 연신율에 따른 응력의 변화가 거의 유사한 개형을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0207] 일정 응력(Stress)을 유지한다는 것은, 일정 복원력을 유지한다는 의미이다.

[0208] 즉, 실험예 2의 결과로부터, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는 수백 회 이상 반복된 신축 과정에도 불구하고, 상당한 복원력을 유지한다는 것을 확인할 수 있다.

[0209] 실험예 3 : 연신율에 따른 스트레처블 배터리(3)의 용량비 평가

[0210] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 연신율에 따른 용량비의 변화를 도시한 그래프이다.

[0211] 도 10에서, 용량비(Q/Q_0)는, 스트레처블 배터리(3)의 용량의, 초기 상태에서의 스트레처블 배터리(3)의 용량에 대한 비다.

수학적 4

$$(\text{용량비}) = \frac{Q}{Q_0}$$

[0213] Q : 스트레처블 배터리의 용량

[0214] Q_0 : 초기 상태에서의 스트레처블 배터리의 용량

[0215] 본 실험예에서, 스트레처블 배터리(3)의 용량은, 충방전 사이클을 반복함과 동시에, 스트레처블 배터리(3)의 연신율을 변화시키면서 측정되었다.

[0216] 도 10을 참조하면, 사이클의 반복 및 연신율의 변화에도 불구하고, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는 높은 용량 유지율을 나타낸다는 것을 확인할 수 있다.

[0217] 구체적으로, 연신율이 100%인 40 내지 50 사이클 구간에서, 용량비는 약 0.8 로 나타났는데, 이는 첫 사이클 대비 80%에 해당하는 높은 값이다. 또한, 연신율이 다시 0%가 된 80 내지 90 사이클 구간에서, 용량비는 첫 사이클과 대비할 때 거의 같은 값을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.

[0218] 실험예 3의 결과로부터, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 수백 회 이상 반복된 충방전 사이클 및 지속적으로 변화된 연신율에도 불구하고, 장기적으로 상당한 용량을 유지한다는 것을 확인할 수 있다.

[0219] 실험예 4 : 스트레처블 배터리(3)의 단위 셀 특성 평가

[0220] 도 11a 내지 도 11c는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 단위 셀의 특성을 평가하고, 그 결과를 나타낸 그래프이다.

[0221] 본 실험예에서, 음극 활물질은 Polyimide coated activated Carbon 이며, 양극 활물질은 LiMnO_2 coated CNT 이다.

[0222] 도 11a는 충방전 속도를 변화시키면서, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 음극 셀의 첫 사이클 충방전 결과들을 나타낸 그래프이다.

[0223] 도 11a를 참조하면, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 음극 셀은, 20 C-rate의 첫 사이클에서 약 110 mAh/g의 용량을 나타내며, 150 C-rate의 첫 사이클에서 약 60 mAh/g의 용량을 나타내어, 약 54%의 용량 유지율을 나타낸다.

[0224] 도 11b는 충방전 속도를 변화시키면서, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 양극 셀의 첫 사이클 충방전 결과들을 나타낸 그래프이다.

[0225] 도 11b를 참조하면, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 음극 셀은, 15 C-rate의 첫 사이클에서 약 120 mAh/g의 용량을 나타내며, 60 C-rate의 첫 사이클에서 약 100 mAh/g의 용량을 나타내어, 약 83%의 용량 유지율을 나타낸다.

[0226] 도 11c는 고속 충방전 조건에서 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 단위 셀들의 사이클 당

효율 및 용량을 측정하고, 그 결과를 도시한 그래프이다.

- [0227] 도 11c에서 Coulombic Efficiency 는 사이클 당 효율을 의미하며, Capacity는 용량을 나타낸다.
- [0228] 도 11c를 참조하면, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 음극 셀은, 30 C-rate의 첫 사이클에서 약 100 mAh/g의 용량을 나타내며, 30 C-rate의 200 사이클을 거친 이후에도, 약 100 mAh/g의 용량을 나타낸다.
- [0229] 또한, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 양극 셀은, 30 C-rate의 첫 사이클에서 약 120 mAh/g의 용량을 나타내며, 30 C-rate의 200 사이클을 거친 이후에도 약 100 mAh/g의 용량을 나타내어, 첫 사이클 대비 약 83%의 높은 용량 유지율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0230] 실험예 4의 결과로부터, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 단위 셀들은, 수백 회 이상 반복된 충방전 사이클에도 불구하고, 장기적으로 상당한 용량을 유지한다는 것을 확인할 수 있다.
- [0231] 실험예 5 : 스트레처블 배터리(3)의 특성 평가
- [0232] 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리의 특성을 평가하고, 그 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0233] 도 12a는 충방전 속도가 변하는 조건에서 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 용량을 측정하고, 그 결과를 도시한 그래프이다.
- [0234] 도 12a를 참조하면, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 20 C-rate의 첫 사이클에서 약 90 mAh/g의 용량을 나타내며, 60 C-rate의 25 사이클에서 약 70 mAh/g의 용량을 나타낸다.
- [0235] 한편, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 20 C-rate의 30 사이클에서, 동일한 충방전 속도 조건인 20 C-rate의 첫 사이클에서의 용량과 동일한, 약 90mAh/g의 용량을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0236] 즉, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 히스테리시스(Hysteresis) 특성이 우수하다는 것을 확인할 수 있다.
- [0237] 도 12b는 고속 충방전 조건에서 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)의 사이클 당 효율 및 용량을 측정하고, 그 결과를 도시한 그래프이다.
- [0238] 도 12b에서 Coulombic Efficiency 는 사이클 당 효율을 의미하며, Capacity는 용량을 나타낸다.
- [0239] 도 12b를 참조하면, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 20 C-rate의 첫 사이클에서 약 90 mAh/g의 용량을 나타내며, 20 C-rate의 500 사이클을 거친 이후에도 약 80 mAh/g의 용량을 나타내어, 첫 사이클 대비 약 88%의 높은 용량 유지율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0240] 실험예 5의 결과로부터, 본 실시예에 따른 스트레처블 배터리(3)는, 히스테리시스 특성이 우수하며, 수백 회 이상 반복된 충방전 사이클에도 불구하고, 장기적으로 상당한 용량을 유지한다는 것을 확인할 수 있다.
- [0241] 이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 통상의 기술자라면 본 발명의 본질적인 특성이 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능할 것이다.
- [0242] 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라, 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예들에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.
- [0243] 본 발명의 보호범위는 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

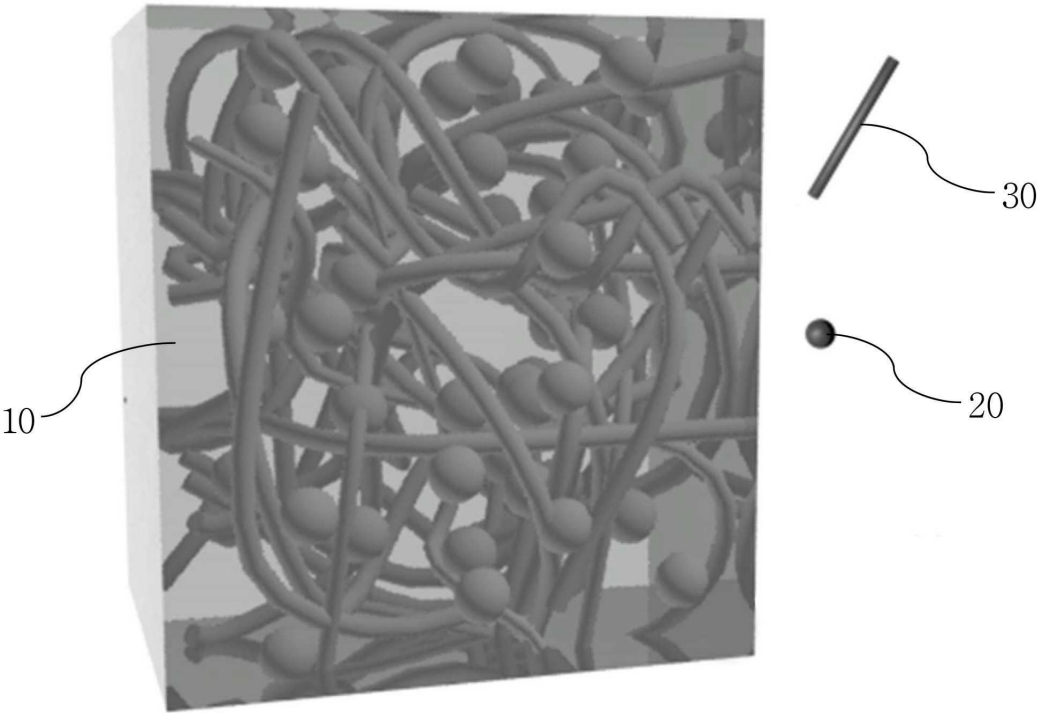
부호의 설명

- [0244]
- | | |
|---------------|----------------|
| 1 : 집전체 | 2 : 전극 |
| 3 : 스트레처블 배터리 | 10 : 구조체 |
| 20 : 제1 탄소 물질 | 30 : 제2 탄소 물질 |
| 100 : 활물질층 | 111, 112 : 단자들 |
| 120 : 전해질 | 130 : 케이스 |

도면

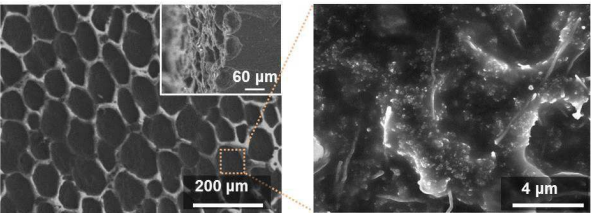
도면1a

1



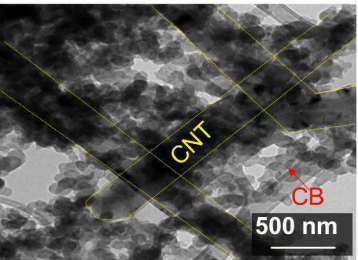
도면1b

1

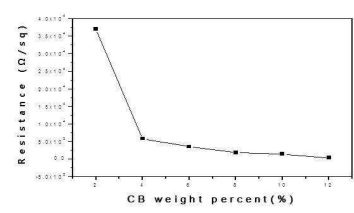


도면1c

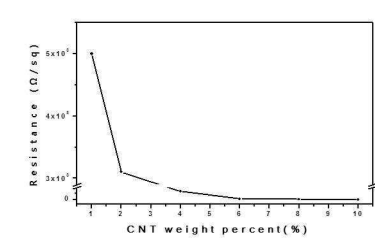
1



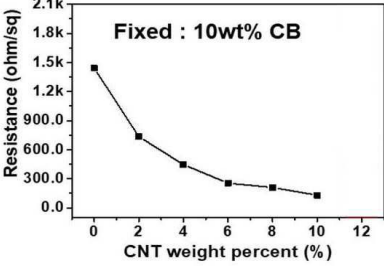
도면2a



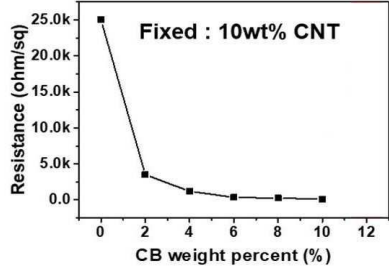
도면2b



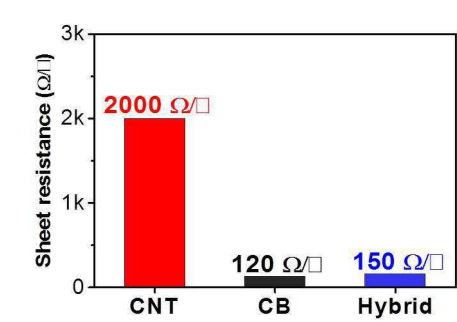
도면2c



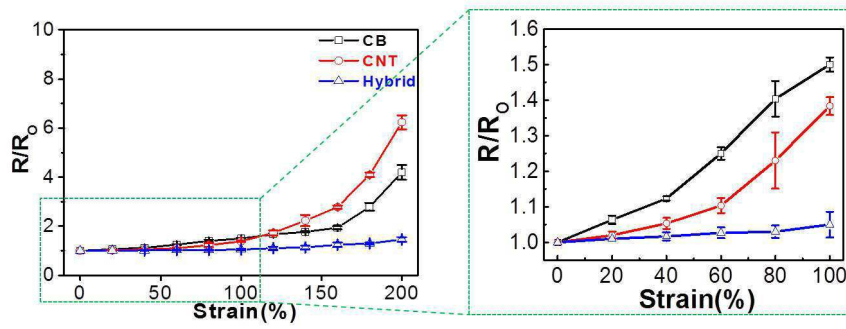
도면2d



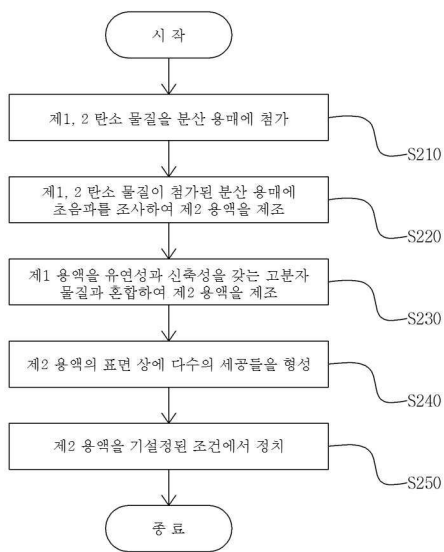
도면3a



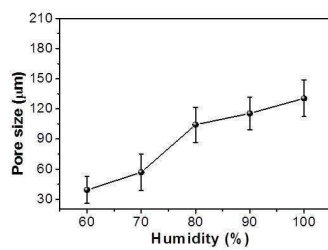
도면3b



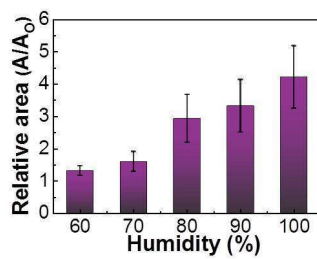
도면4



도면5a



도면5b



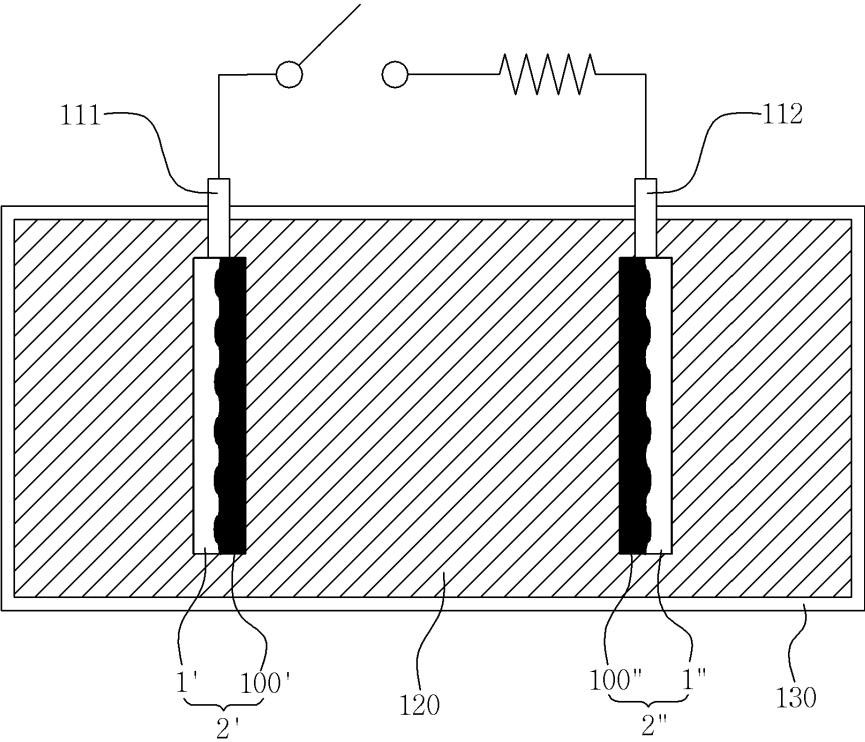
도면6

2

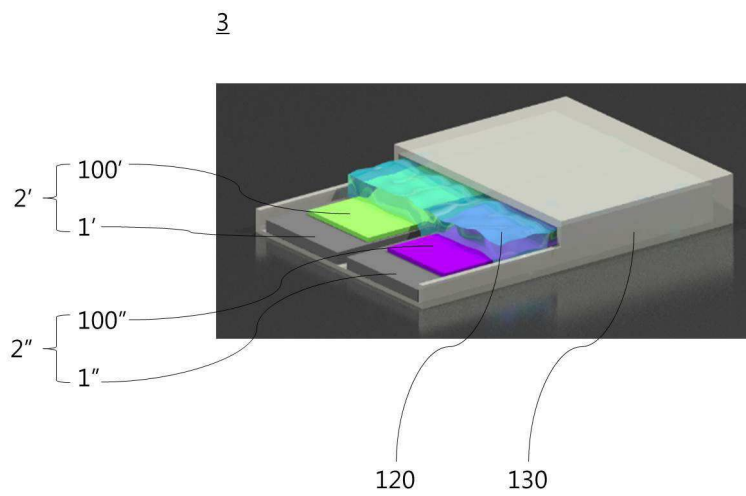


도면7a

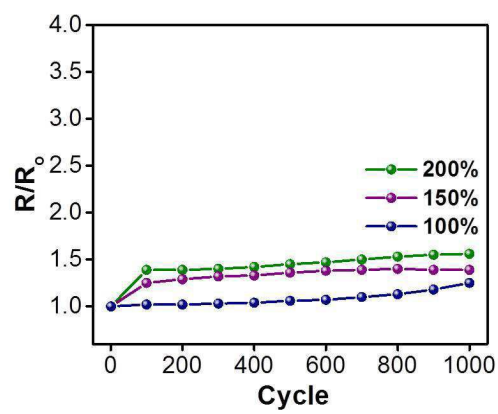
3



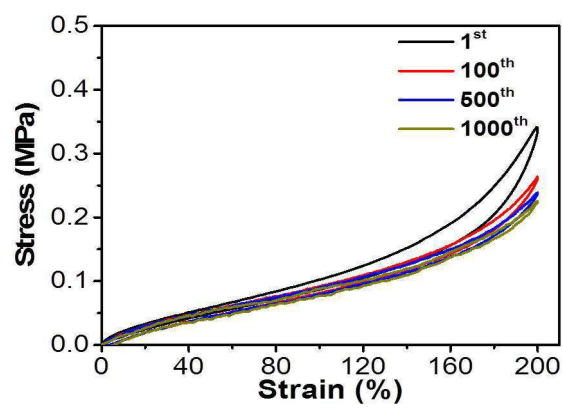
도면7b



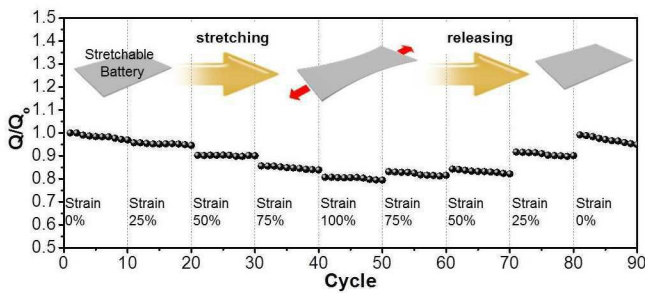
도면8



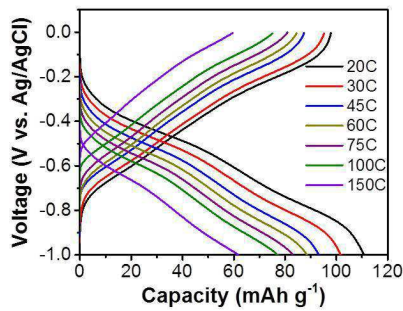
도면9



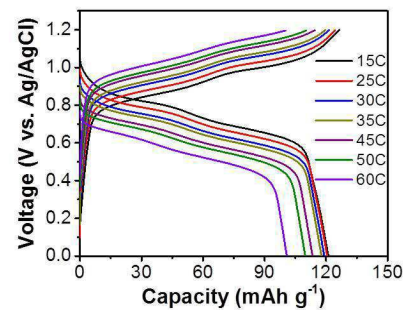
도면10



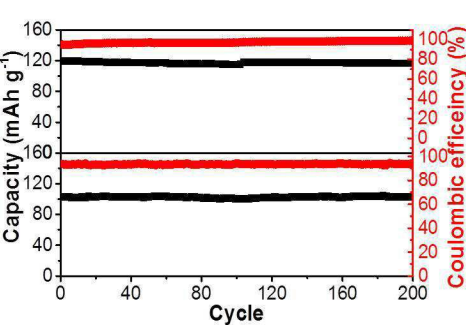
도면11a



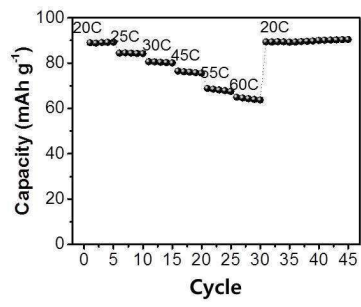
도면11b



도면11c



도면12a



도면12b

