



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년02월11일  
 (11) 등록번호 10-1945806  
 (24) 등록일자 2019년01월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C08J 5/18* (2006.01) *B32B 5/26* (2006.01)  
*B60R 13/00* (2006.01) *C08L 75/04* (2006.01)  
*H01G 11/68* (2013.01) *H01M 4/36* (2006.01)  
*H01M 4/62* (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
*C08J 5/18* (2013.01)  
*B32B 5/26* (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2017-0065913  
 (22) 출원일자 2017년05월29일  
 심사청구일자 2017년05월29일  
 (65) 공개번호 10-2019-0004003  
 (43) 공개일자 2019년01월11일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101723970 B1\*  
 US20140315096 A1\*  
 KR1020140034896 A  
 KR1020130046100 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**한국생산기술연구원**  
 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89  
 (72) 발명자  
**박도형**  
 경기도 안양시 만안구 양화로97번길 35, 202 (박달동, 안양아트빌2차)  
**조봉상**  
 서울시 영등포구 가마산로79길 19, 104-1802 (신길동, 신길자이아파트)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**특허법인 신우**

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 최춘식

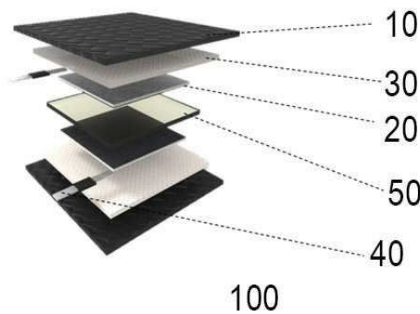
(54) 발명의 명칭 **복합 필름 및 이를 구비한 에너지 저장 복합재료**

**(57) 요약**

본 발명은 고체 전해질 기능을 부여하는 동시에 구조체의 인성을 향상시킬 수 있는 복합 필름 및 이를 구비한 에너지 저장 복합 재료를 제공한다.

본 발명의 복합 필름은 이온성 액체와 폴리우레탄을 포함한다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*B60R 13/00* (2013.01)  
*C08L 75/04* (2013.01)  
*H01G 11/68* (2013.01)  
*H01M 4/362* (2013.01)  
*H01M 4/62* (2013.01)  
*B32B 2262/106* (2013.01)  
*B32B 2305/076* (2013.01)

김기영

경기도 용인시 수지구 풍덕천로19, 624-1202

(72) 발명자

**최준**

서울시 동작구 등용로 37, 104-1401 (상도동, 상도  
래미안1차아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	E0170052
부처명	기획재정부
연구관리전문기관	한국생산기술연구원
연구사업명	기관고유임무형
연구과제명	에너지저장 스마트 복합구조재 개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국생산기술연구원
연구기간	2017.01.01 ~ 2017.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그;

상기 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그 사이에 위치하는 한 쌍의 전극;

상기 탄소 섬유 프리프레그와 전극 사이에 각각 위치하는 집전체; 및

상기 한 쌍의 전극 사이에 위치하며, 이온성 액체와 폴리우레탄으로 이루어진 복합필름을 포함하고,

상기 복합필름은 복합필름 전체 중량에 대해 20 중량% 이상 60 중량% 이하의 이온성 액체와 폴리우레탄 잔부를 포함하는, 에너지 저장 복합재료.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 탄소 섬유 프리프레그와 집전체 사이에 각각 위치하는 유리 섬유 프리프레그를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 복합재료.

#### 청구항 7

제5항에 있어서, 상기 복합필름의 가장자리 부분이 상기 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그의 외측면 안으로 내포되는 에너지 저장 복합재료.

#### 청구항 8

제6항에 있어서, 상기 유리 섬유 프리프레그는 가장자리 부분이 상기 복합필름의 외측면 밖으로 돌출되는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 복합재료.

#### 청구항 9

제6항에 있어서, 상기 탄소 섬유 프리프레그는 가장자리 부분이 상기 유리 섬유 프리프레그의 외측면 밖으로 돌출되는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 복합재료.

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

제5항에 있어서, 상기 이온성 액체는

암모늄, 피롤리디늄, 피리디늄, 피리미디늄, 이미다졸륨, 피페리디늄, 피라졸륨, 옥사졸륨, 피리다지늄, 포스포

늄, 셀포늄, 트리아줄륨 및 그 혼합물 중에서 선택된 하나 이상의 양이온과,  $BF_4^-$ ,  $PF_6^-$ ,  $AsF_6^-$ ,  $SbF_6^-$ ,  $AlCl_4^-$ ,  $HSO_4^-$ ,  $ClO_4^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $SO_4^-$ ,  $CF_3SO_3^-$ ,  $CF_3CO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $Al_2Cl_7^-$ ,  $CH_3COO^-$ ,  $CH_3SO_3^-$ ,  $(CF_3SO_2)_3C^-$ ,  $(CF_3CF_2SO_2)_2N^-$ ,  $(CF_3SO_2)_2N^-$ ,  $(FSO_2)_2N^-$ ,  $(CF_3)_2PF_4^-$ ,  $(CF_3)_3PF_3^-$ ,  $(CF_3)_4PF_2^-$ ,  $(CF_3)_5PF^-$ ,  $(CF_3)_6P^-$ ,  $SF_5CF_2SO_3^-$ ,  $SF_5CHF_2CF_2SO_3^-$ ,  $CF_3CF_2(CF_3)_2CO^-$ ,  $(CF_3SO_2)_2CH^-$ ,  $(SF_5)_3C^-$ ,  $(C_2F_5SO_2)(CF_3SO_2)N^-$  및  $(O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O)_2PO^-$  중에서 선택된 1종 이상의 음이온을 포함하는 화합물 중에서 선택된 하나인 것을 특징으로 하는 에너지 저장 복합재료.

**청구항 12**

제5항 내지 제9항 및 제11항 중 어느 한 항에 따른 에너지 저장 복합 재료를 포함하는 구조적 패널.

**청구항 13**

제12항에 따른 구조적 패널을 포함하는 운송 수단.

**청구항 14**

제13항에 있어서, 상기 운송 수단은 자동차인 것을 특징으로 하는 운송 수단.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 배터리, 커패시터와 같은 에너지 저장 기능과 함께 차량 등의 차체, 판넬 등의 구조체의 기능도 동시에 갖는 에너지 저장 복합재료에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 항공, 우주, 방산, 전자, 전기, 토목, 건축 등의 핵심 내구재로 사용되는 구조 재료용 섬유 강화 복합재료는 다양한 산업분야의 부품에 적용되고 있다. 그중에서도 특히 탄소 섬유를 사용한 섬유 강화 복합재료는 다른 섬유 소재가 갖지 못하는 고성능, 고기능의 특징 때문에 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

[0003] 현재 탄소 섬유 강화 복합재료가 경량소재로 고강성 및 고강도의 구조용 소재와 함께 부가적 기능을 가진 다기능성(multi-functional) 구조체에 대한 연구가 자기 치료(self-repairing), 형태 변형, 감지, 작동 등의 지능 재료의 기능, 스텔스 기능, 열적 특성 조절 등과 같은 연구 분야에서 진행되고 있다.

[0004] 자동차 업계에서는 환경규제 대응, 자동차 산업의 트렌드 변화, 하이브리드, 연료전지, 전기자동차 등 미래 자동차에 대응하기 위해서 경량화 기술 개발의 필요성이 증대되고 있다. 탄소섬유 복합재료는 전 세계적으로 자동차 업체와 탄소섬유 업체간의 제휴를 통해 탄소섬유 복합재료를 자동차 차체 및 판넬에 적용하기 위한 연구가 진행 중에 있다.

[0005] 한편, 각종 휴대용 전자기기를 비롯하여 전기자동차 등은 전원 공급 장치가 요구되는 시스템이나, 순간적으로 발생하는 과부하를 조절 또는 공급하는 시스템을 위한 전기에너지 저장장치도 요구되고 있으며, 이러한 전기에너지 저장장치로 Ni-MH 전지, Ni-Cd 전지, 납축전지 및 리튬 이차전지와 같은 이차전지와, 높은 출력 밀도를 가지면서 충방전 수명이 무제한에 가까운 슈퍼 커패시터, 알루미늄 전해 커패시터 및 세라믹 커패시터 등이 있다.

[0006] 특히 슈퍼 커패시터는 전기이중층 커패시터(EDLC; Electric Double Layer Capacitor), 유사 커패시터(pseudo capacitor), 리튬 이온 커패시터(LIC; lithium ion capacitor)와 같은 하이브리드 커패시터(hybrid capacitor) 등이 있다.

[0007] 이러한 슈퍼 커패시터의 기본적인 구조는 다공성 전극과 같이 표면적이 상대적으로 큰 전극, 전해질, 집전체(current collector), 분리막(separator)로 이루어져 있으며, 단위 셀 전극의 양단에 수 볼트의 전압을 가해 전해질 내의 이온들이 전기장을 따라 이동하여 전극 표면에 흡착되어 발생하는 전기 화학적 메카니즘을 작동원리로 한다. 이러한 셀은 금속 재질의 상부 및 하부 케이스에 봉합되고, 상부 및 하부 케이스의 외측 면에는 상부 및 하부 단자가 부착된다.

[0008] 슈퍼 커패시터 등의 배터리가 에너지 저장 기능 외에 차체 및 판넬 등의 구조재로서의 기능이 가능한 경우 차량

등의 중량을 감소시킬 수 있고 이에 따라 차량 운전애 소모되는 에너지를 감소시킬 수 있다.

[0009] 이에 탄소 섬유 복합재료를 차체 및 판넬에 적용하기 위한 응력 지지 기능과 함께 이차전지나 축전기와 같은 에너지 저장기능이 부가된 새로운 개념의 구조적 배터리(Structural Battery) 또는 에너지 저장 구조적 복합재료(Energy Storage Structural Composites, ESSC)에 연구가 미국과 유럽 등 선진국 중심으로 연구되고 있다. 이러한 다기능 복합재료의 채용은 차체 경량화, 자동차 주행 성능 및 안정성 향상, 연비향상과 배출가스를 감소시킬 수 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0010] (특허문헌 0001) 미국특허등록 제7,855,017호

**비특허문헌**

[0011] (비특허문헌 0001) Composites Science and Technology 70 (2010) 1135.1140

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0012] 본 발명의 과제는 고체 전해질 기능을 부여하는 동시에 이를 채용한 복합 재료의 우수한 기계적 물성을 유도할 수 있는 복합 필름을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 다른 과제는 에너지 저장기능 및 구조재 기능을 할 수 있으며 높은 에너지 저장 특성을 갖는 에너지 저장 복합 재료를 제조하기 위해 전해질과 세퍼레이터를 생략하고 상기한 복합 필름을 구비하여, 에너지 저장 소자에서 고체 전해질 기능을 부여하는 동시에 구조재의 인성을 향상한 에너지 저장 복합 재료를 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0014] 이를 위해 본 발명은

[0015] 이온성 액체와 폴리우레탄을 포함하는 복합필름을 제공한다.

[0016] 또한 본 발명은

[0017] 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그;

[0018] 상기 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그 사이에 위치하는 한 쌍의 전극;

[0019] 상기 탄소 섬유 프리프레그와 전극 사이에 각각 위치하는 집전체; 및

[0020] 상기 한 쌍의 전극 사이에 위치하며, 이온성 액체와 폴리우레탄을 포함하는 복합필름

[0021] 을 포함하는 에너지 저장 복합재료를 제공한다.

[0022] 또한 본 발명은 상기 에너지 저장 복합 재료를 포함하는 구조적 패넬을 제공한다.

[0023] 또한 본 발명은 상기 구조적 패넬을 포함하는 운송 수단을 제공한다.

**발명의 효과**

[0024] 본 발명의 에너지 저장 복합재료는 향상된 기계적 물성 및 에너지 저장 특성을 나타낸다. 따라서 본 발명의 에너지 저장 복합재료는 응력 지지 기능과 함께 에너지 저장기능이 동시에 요구되는 운송수단의 차체, 패넬 등에 적용되어 차체 경량화, 연비향상과 배출가스를 감소시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 저장 복합재료의 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예 1 내지 4에 따른 복합필름을 촬영한 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 5 내지 8에 따른 에너지 저장 복합재료 제조과정을 나타낸 모식도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 5 내지 8에 따른 에너지 저장 복합재료를 촬영한 사진이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예 1 내지 4에 따른 복합필름의 나이퀴스트 선도(nyquist plot) 그래프와 이온전도도를 나타낸 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예 1 내지 4의 전류-전압 곡선 및 비정전용량 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 3-Point loading 시험결과 실시예 8 및 셀가드 2종의 Extension-Force 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0026] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0027] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.
- [0028] 이와 같은 도면은 본 발명의 바람직한 실시예와 기술적인 사상 또는 특징 등을 구체적이고 명확하게 설명하기 위한 참고용이므로, 실제 제품 사양과 다를 수도 있음을 미리 밝혀둔다.
- [0029] 또한, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도면에 도시된 바에 한정되지 않으며, 여러 부분 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다.
- [0030] 하기의 상세한 설명에서 구성의 명칭을 제1, 제2 등으로 구분한 것은 그 구성의 명칭이 동일한 관계로 이를 구분하기 위한 것으로, 하기의 설명에서 반드시 그 순서에 한정되는 것은 아니다.
- [0031] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0032] 본 발명에 따른 복합 필름은 이온성 액체와 폴리우레탄을 포함한다.
- [0033] 상기 이온성 액체는 양이온과 음이온 크기의 비대칭성으로 인해 결정체를 이루지 못하고 액체 상태로 존재하는 물질로, 상온 이하의 용점을 갖고, 상온에서 액체 상태의 염 또는 상온 용융염을 말한다.
- [0034] 이때 이온성 액체는 암모늄, 피롤리디늄, 피리디늄, 피리미디늄, 이미다졸륨, 피페리디늄, 피라졸륨, 옥사졸륨, 피리다지늄, 포스포늄, 실포늄, 트리아졸륨 및 그 혼합물 중에서 선택된 하나 이상의 양이온과,  $BF_4^-$ ,  $PF_6^-$ ,  $AsF_6^-$ ,  $SbF_6^-$ ,  $AlCl_4^-$ ,  $HSO_4^-$ ,  $ClO_4^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $SO_4^-$ ,  $CF_3SO_3^-$ ,  $CF_3CO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $Al_2Cl_7^-$ ,  $CH_3COO^-$ ,  $CH_3SO_3^-$ ,  $(CF_3SO_2)_3C^-$ ,  $(CF_3CF_2SO_2)_2N^-$ ,  $(CF_3SO_2)_2N^-$ ,  $(FSO_2)_2N^-$ ,  $(CF_3)_2PF_4^-$ ,  $(CF_3)_3PF_3^-$ ,  $(CF_3)_4PF_2^-$ ,  $(CF_3)_5PF^-$ ,  $(CF_3)_6P^-$ ,  $SF_5CF_2SO_3^-$ ,  $SF_5CHF_2SO_3^-$ ,  $CF_3CF_2(CF_3)_2CO^-$ ,  $(CF_3SO_2)_2CH^-$ ,  $(SF_5)_3C^-$ ,  $(C_2F_5SO_2)(CF_3SO_2)N^-$  및  $O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O_2PO^-$  중에서 선택된 1종 이상의 음이온을 포함하는 화합물 중에서 선택된 하나이다.
- [0035] 상기 이온성 액체는 예를 들어 1-에틸-3-메틸이미다졸리움 비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 1-에틸-3-메틸이미다졸륨 트리플루오로메탄술포네이트, N-메틸-N-프로필피롤리디늄 비스(트리플루오로메탄술포닐)이미드 N-부틸-N-메틸피롤리디늄 비스(3-트리플루오로메틸술포닐)이미드, 1-부틸-3-메틸이미다졸리움 비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 트리에틸메틸 암모늄 테트라플루오로보레이트, 1-에틸-3-메틸이미다졸륨 테트라플루오로보레이트, 테트라에틸암모늄 테트라플루오로보레이트가 가능하다.
- [0036] 이러한 이온성 액체의 함량은 전체 복합 필름 중량에 대하여 20 중량% 내지 80 중량% 미만인 바람직하다. 만약 이온성 액체의 함량이 상기 범위 미만이면 전해질로써의 이온 전도도를 나타내기 어렵고, 이와 반대로 상기 범위를 초과하면 액체 상태로 존재하는 이온성 액체가 복합 필름 외부로 용출되고, 기계적 물성이 저하되는 문제

점이 있다.

- [0037] 본 발명의 복합 필름은 전해질이 세퍼레이터로 작용이 가능하므로, 전기화학소자 내에 적용시 전해질과 세퍼레이터의 생략이 가능하다.
- [0038] 상기 복합 필름의 형태를 유지하고, 기재로 작용하는 폴리우레탄은 보관성과 내충격성이 우수하여 전기 자동차 등과 같은 높은 내충격성이 요구되는 분야에 활용이 가능하다. 또한 폴리우레탄은 탄성체로 모듈러스 값이 낮아 이를 채용한 복합 재료의 진공 압축공정 시 다른 소재와 계면 접착이 잘 이루어져 복합 재료의 기계적 물성 향상을 유도할 수 있다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 저장 복합재료의 단면도이다.
- [0040] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 에너지 저장 복합재료(100)는 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그(10), 한 쌍의 유리 섬유 프리프레그(30), 한 쌍의 집전체(40), 한 쌍의 전극(20), 및 복합필름(50)으로 구성될 수 있다.
- [0041] 구체적으로, 상기 에너지 저장 복합재료(100)는 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그; 상기 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그 사이에 위치하는 한 쌍의 전극; 상기 탄소 섬유 프리프레그와 전극 사이에 각각 위치하는 유리 섬유 프리프레그; 상기 유리 섬유 프리프레그와 전극 사이에 각각 위치하는 집전체; 및 상기 한 쌍의 전극 사이에 위치하며, 이온성 액체와 폴리우레탄을 포함하는 복합필름을 포함한다.
- [0042] 특히, 본 발명의 에너지 저장 복합 재료(100)는 복합필름(50)의 가장자리 부분이 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그(10)의 외측면 안으로 내포된다. 종래 제안된 에너지 저장 복합 재료는 전기전도성을 지니는 상부 탄소 섬유 프리프레그와 하부 탄소 섬유 프리프레그의 접촉을 방지하기 위해 분리막의 가장자리 부분을 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그의 외측면 밖으로 돌출시키는 반면 본 발명에서는 전기 전도성이 없는 한 쌍의 유리 섬유 프리프레그(30)를 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그와 전극 사이에 위치시켜 복합 필름의 내포가 가능하다. 이러한 구조는 복합 필름을 외부로 노출하지 않기 때문에 복합 필름 내 이온성 액체의 사용이 가능할 뿐만 아니라 유리 섬유 프리프레그로 인해 구조적 강도 향상도 가능하다.
- [0043] 상기 탄소 섬유 프리프레그(Prepreg)(10)와 유리 섬유 프리프레그(30)는 탄소섬유 또는 유리 섬유와 열경화성 및/또는 열가소성 수지로 구성된다. 이러한 프리프레그는 섬유 강화 복합재료용의 중간 기재로, 프리프레그를 적층하여 가열·가압하여 수지를 경화시키는 것으로 성형품이 형성된다. 상기 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그(10)는 가장자리 부분이 상기 한 쌍의 유리 섬유 프리프레그(30)의 외측면 밖으로 돌출되어 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그(10)가 유리 섬유 프리프레그(30), 집전체(40), 전극(20)을 모두 내포하는 것이 바람직하다.
- [0044] 바람직하기로 상기 유리 섬유 프리프레그(30)는 가장자리 부분이 상기 복합 필름(50)의 외측면 밖으로 돌출되어 복합필름(50)이 유리 섬유 프리프레그(30)에 내포되도록 한다.
- [0045] 상기 집전체(40)는 전도성을 띠는 것이라면 제한 없이 사용 가능하며, 예를 들어 스테인리스스틸, 백금, 금, 구리, 탄소계열, ITO(In doped SnO<sub>2</sub>), FTO(F doped SnO<sub>2</sub>) 등일 수 있다.
- [0046] 상기 전극(20)은 활성탄소, 탄소 에어로겔(Carbon aerogel), 그래핀(Graphene), 탄소 나노튜브(Carbon nanotube), 전도성 고분자(Conductive polymer), 금속 산화물(Metal oxide) 등의 재질을 사용할 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0047] 상기 복합 필름(50)은 전술한 바를 따른다. 바람직하기로 상기 복합필름(50)은 상부, 하부의 전극물질 및 전극 단자와 전기적인 단락을 방지하기 위해 그 가장자리 부분이 상기 한 쌍의 집전체(40)의 외측면 밖으로 돌출되도록 한다.
- [0048] 이와 같은 본 발명의 에너지 저장 복합재료는 탄소 섬유 프리프레그와 유리 섬유 프리프레그로 인해 응력 지지 기능을 할 수 있으므로 차체, 판넬 등의 운송수단에 적용되는 구조적 패널로 응용이 가능하다. 운송수단에 본 발명의 에너지 저장 복합재료의 적은 차체 경량화를 통한 연비향상과 배출가스 감소가 가능하다.
- [0049] 본 발명에서 사용하는 운송 수단이라는 용어는 엔진을 구비하여 동작하는 자동차, 비행기, 선박 등 다양한 운송 수단을 포함할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 에너지 저장 복합재료는 적층단계와, 밀봉단계와, 경화단계를 포함하여 이루어진다.
- [0052] 상기 적층단계는, 이형 처리된 몰드 위에 필 플라이(peel ply), 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그와 한 쌍의 유리

섬유 프리프레그를 적층한다. 이때 몰드 위에 필 플라이는 프리프레그 보다 크게 재단하여 적층한다. 탄소 섬유 프리프레그와 유리 섬유 프리프레그는 양쪽에 배치하여 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그와 한 쌍의 유리 섬유 프리프레그가 각각 서로 마주보도록 적층한다. 이후 한 쌍의 유리 섬유 프리프레그 사이에 한 쌍의 집전체와 한 쌍의 전극을 삽입한 다음 한 쌍의 전극 사이에 복합 필름을 삽입한다. 적층된 에너지 저장 복합재료 위에 브리더(bleeder)와 진공 백 배깅 필름(vacuum bag bagging film)을 적층한다.

[0053] 다음으로 상기 밀봉단계는, 몰드와 진공 백 배깅 필름 사이에 진공 백 실란트 테이프(vacuum bag sealant tape)를 사용하여 진공 백 배깅 필름과 몰드 사이를 밀폐한다.

[0054] 이후에, 진공펌프에 연결된 호스를 진공 백 커넥터(vacuum bag connector)에 연결하여 진공압을 가한다.

[0055] 마지막으로, 몰드를 진공 오븐 또는 오토클레이브에 넣고 압력 및/또는 열을 가한다. 압력과 열이 가하여지면 프리프레그의 레진이 경화되어 복합재료가 성형될 수 있다.

[0057] 이하, 실시예 및 실험예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하지만, 본 발명이 이들 실시예 및 실험예에 한정되는 것은 아니다.

[0059] 실시예 1 내지 실시예 4: 복합필름 제조

[0060] 먼저 고체의 폴리우레탄 펠릿(Pellet)을 유기용매인 디메틸포름아마이드 (DMF)에 녹여 폴리우레탄 용액을 제조한 후, 폴리우레탄 용액에 1-Ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide [EMIMTFSI]를 첨가하여 혼합용액을 제조하였다. 용액은 60 °C에서 100rpm으로 3시간 교반하여 준비하였다. 이후 폴리우레탄과 이온성 액체가 충분히 혼합된 용액을 유리 살레에 옮기고, 용매를 제거하기 위하여 진공오븐에서 120 °C 12시간 동안 열처리하여 필름을 제조하였다. 폴리우레탄 펠릿과 이온성 액체의 중량비는 아래 표 1에 나타냈었다.

**표 1**

구분	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4
폴리우레탄: 이온성 액체 중량비	8:2	6:4	4:6	2:8

[0062] 도 2는 본 발명의 실시예 1 내지 4에 따른 복합필름을 촬영한 사진이다. 도 2에 나타낸 바와 같이, 이온성 액체의 함량이 증가할 수록 필름의 투명도는 감소하였다.

[0064] 실시예 5: 에너지 저장 복합 재료 제조

[0065] 이형제가 코팅된 몰드 위에 필 플라이(peel ply)와 한 쌍의 탄소섬유 에폭시 프리프레그(0.125 mm 두께, 섬유 부피비 52%, SK 케미칼 (WSN-150A)), 유리섬유 프리프레그(SK 케미칼 (UGN-150A))를 위치시켰다. 상기 실시예 1의 복합 필름, 전극(비나텍 제품, 20um 두께의 활성탄을 코팅, 비표면적 1800 m<sup>2</sup>/g)과 구리망을 한 쌍의 탄소 섬유 프리프레그 사이에 삽입하였다. 도 1에 도시한 바와 같은 순서로, 재료를 적층하였으며, 이때 단면적의 크기는 탄소섬유 프리프레그, 유리섬유프리프레그, 복합 필름, 집전체의 순서가 되도록 하였다.

[0066] 이후 몰드를 부틸 테이프와 진공백(vacuum bag)으로 밀봉한 다음 오븐에 몰드를 넣고 120 °C에서 12시간 동안 열처리하였다. 열처리와 진공압력에 의해 에너지 저장 복합재료가 완성되었다.

[0068] 실시예 6

[0069] 상기 실시예 5에서 실시예 2의 복합 필름을 사용한 것을 제외하고 동일하게 실시하였다.

[0071] 실시예 7

[0072] 상기 실시예 5에서 실시예 3의 복합 필름을 사용한 것을 제외하고 동일하게 실시하였다.

[0074] 실시예 8

[0075] 상기 실시예 5에서 실시예 4의 복합 필름을 사용한 것을 제외하고 동일하게 실시하였다.

[0076] 도 4는 본 발명의 실시예 5 내지 8에 따른 에너지 저장 복합재료를 촬영한 사진이다. 이온성 액체의 함량이 상대적으로 높은 복합 필름을 사용한 실시예 8의 경우 가해지는 진공 압력에 의해 복합 필름에 있는 이온성 액체가 소자 밖으로 묻어 나온 것이 확인되었다.



[0078] 실험예 1: 이온전도도

[0079] 실시예 1 내지 4에 따른 복합 필름의 각 조건 별 이온전도도를 확인하기 위하여 전기화학 임피던스 분광법 (Electrochemical impedance spectroscopy)을 이용하였다. 전기화학적 분석을 위해서 원아테크사의 ZIVE SP2를 이용하였으며, 실험 조건은 다음과 같고, 그 결과는 도 5에 나타내었다.

[0080] - 주파수 영역:  $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{-2}$  Hz

[0081] - 진폭: 10mV

[0082] 실시예 4의 경우 임피던스 측정이 불가하여 이온전도도를 얻을 수 없었으며, 이는 이온성액체 함량이 높아 진공 성형 과정에서 액체가 묻어 나와 소자 쇼트에 의해 소자가 제대로 작동하지 않는 것으로 여겨진다.

[0083] 이온전도도( $\sigma$ )는 아래 수학적 식 1 에 의해서 얻어졌다.

[0084] [수학적 식 1]

$$\sigma = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$$

**R: 자체저항 [ $\Omega$ ]**

**A: 면적 [ $\text{cm}^2$ ]**

**l: 두께 [cm]**

[0085]

[0086] 도 5의 EIS 그래프에서 semi-circle이 완성되는 지점의 임피던스 ( $Z'$ ) 값을 자체저항으로 판단하였으며, 조건 별 필름의 두께는 아래 표 2에 명시되어있다. 그 결과 실시예 3 (이온성 액체 60 wt%)의 폴리우레탄 필름을 이용한 소자가 가장 낮은 임피던스 값을 가졌으며, 이를 이온전도도로 환산하였을 때,  $1.95 \times 10^{-4}$  수준으로 측정되었다.

**표 2**

[0087]

구분	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4
두께 ( $\mu\text{m}$ )	250	320	300	300
이온전도도 (S/cm)	$4.10 \times 10^{-6}$	$1.05 \times 10^{-5}$	$1.95 \times 10^{-4}$	-

[0089] 실험예 2: 비정전용량

[0090] 실시예 1 내지 4 복합 필름의 각 조건 별 비정전용량을 확인하기 위하여 순환전압 전류법(Cyclic voltammetry)을 이용하였다. 측정장비는 원아테크사의 ZIVE SP2를 이용하였으며, 실험 조건은 다음과 같다.

[0091] - 측정 전압: 0~3V

[0092] - Scan rate: 10mV/sec

[0093] 도 6은 본 발명의 실시예 1 내지 4의 전류-전압 곡선 및 비정전용량 결과를 나타낸 그래프이다. 도 6을 참조하면, 전압 범위 내에서 실시예 3의 전류값이 가장 높게 나타나며, 충전하는 전하의 양이 가장 높은 것을 확인하였다.

[0094] 비정전용량은 아래 수학적 식 2에 의해서 얻어졌으며, 그 결과는 표 3에 나타내었다.

[0095] [수학적 식 2]

$$C = \frac{\int I dV}{2vmV}$$

[0096]

- [0097] C: 비 전기용량 [F/g]
- [0098] v: 충방전 전압속도 [mV/s]
- [0099] V: 전압 범위 [V]
- [0100] m: 전극 활물질의 양 [g]
- [0101] I: 전류 밀도 [A/cm<sup>2</sup>]

**표 3**

구분	실시에 1	실시에 2	실시에 3	실시에 4
비정전용량 (F/g)	1.1	0.1	9.7	6.4

[0104] 실험예 3 : 기계적 특성 확인

[0105] 에너지 저장 복합재료의 굴곡강도는 ASTM D790규격에 맞춰 3-Point loading 실험을 진행하였다. 다른 고분자 재료의 차이를 확인하기 위하여, 2차 전지의 분리막으로 많이 활용되는 Celgard 2종을 선정하여 추가 실험하였다. Celgard 2종의 기본적인 정보는 표 4와 같다.

**표 4**

Product	Celgard 2325	Celgard 3501
Materials	PP/PE/PP	PP
Thickness(um)	25	25
Tensile strength (Kg/cm <sup>2</sup> )	1700(MD) 150(TD)	1055(MD) 135(TD)

[0107] 도 7은 3-Point loading 시험결과 실시예 8 및 셀가드 2종의 Extension-Force 그래프이다. 이를 토대로 계산한 굴곡강도는 아래 표 5에 나타내었다.

**표 5**

구분	실시에 8	Celgard 2325	Celgard 3501
굴곡강도 (MPa)	145.3	122.0	122.0

[0110] 상기 표 5를 참조하면, 본 발명의 복합필름을 사용한 실시예 8의 에너지 저장 복합 재료의 강도가 가장 높은 것을 확인할 수 있다. 본 발명의 에너지 저장 복합 재료가 가장 높은 굴곡 강도를 가지는 이유는 복합 필름 내 폴리우레탄의 탄성 때문으로 여겨진다. 진공 백 몰딩에 의해서 높은 압력을 소자가 받게 될 때, 낮은 Young's modulus를 가지고 있는 탄성체인 폴리우레탄은 압력에 의해 쉽게 압축되어 활성탄 소재 전극과 유리섬유 소재와의 계면접착이 잘 이루어진 상태가 될 것이다. 그에 반해 상대적으로 modulus 값이 높은 Celgard 계열의 분리막은 압력에 의한 압축 변형이 적게 일어나므로, 이종 소재간의 계면 접촉이 제대로 이루어 지지 않은 상태에서 프리프레그가 경화된다. 경화가 이루어진 복합구조체가 3-Point loading에 의해 외부에 힘을 받게 되었을 때, 좋은 계면 접촉으로 인해 힘의 분산이 원활한 TPU 복합 구조체와 다르게 계면이 불안정한 Celgard 복합 구조체는 탄소섬유 한면에 더 많은 하중 부담이 생겨 쉽게 깨져서 낮은 굴곡 강도를 지니게 된다.

**부호의 설명**

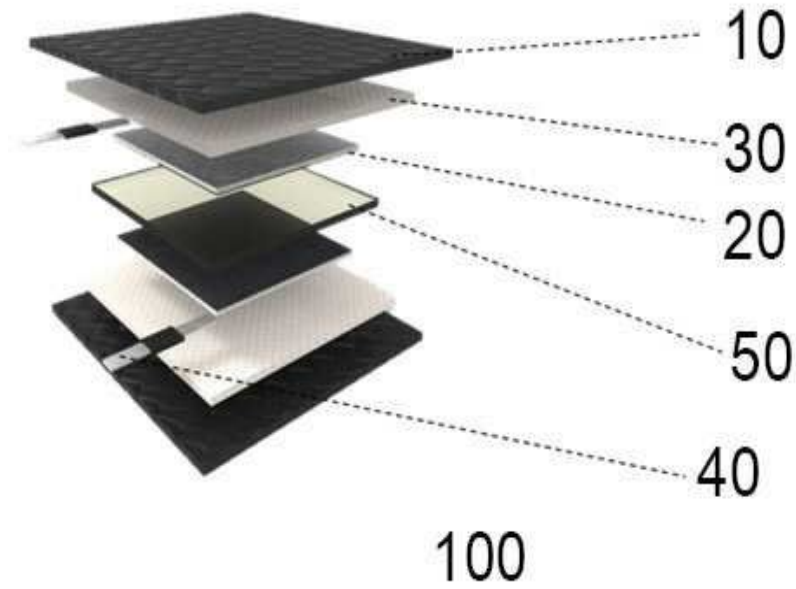
[0111]

10: 탄소 섬유 프리프레그  
30: 유리 섬유 프리프레그  
50: 복합 필름

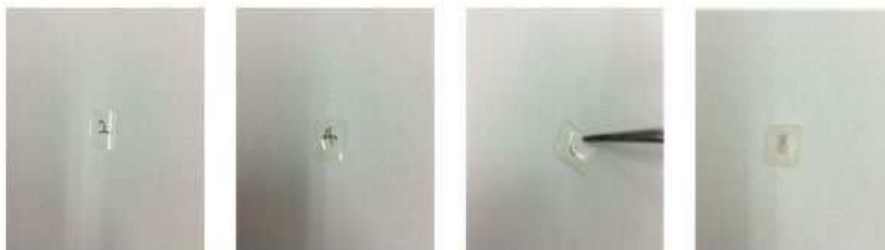
20: 전극  
40: 집전체

도면

도면1



도면2



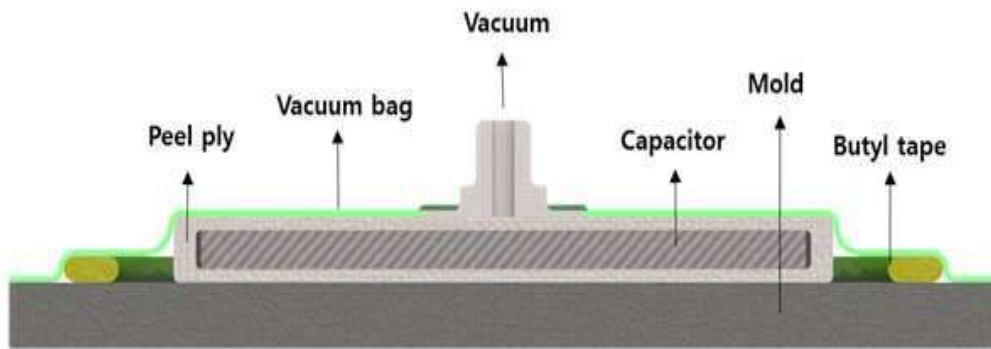
실시예 1

실시예 2

실시예 3

실시예 4

도면3



도면4



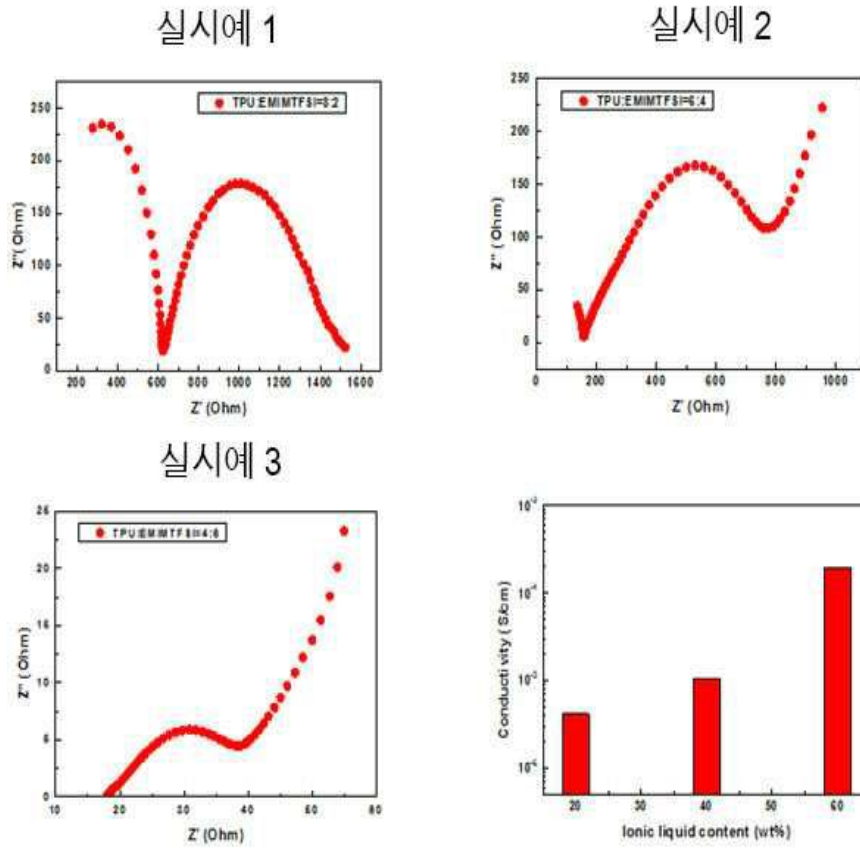
실시예 5

실시예 6

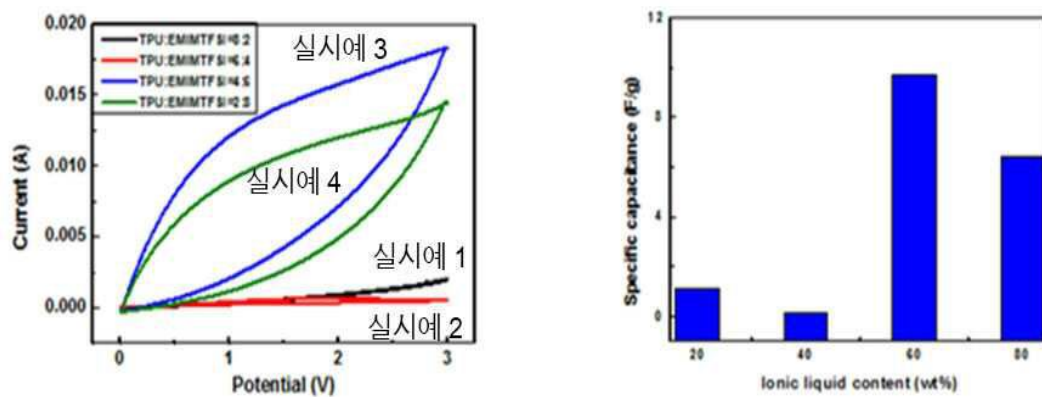
실시예 7

실시예 8

도면5



도면6



도면7

