



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월31일  
(11) 등록번호 10-2234511  
(24) 등록일자 2021년03월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
D02G 3/44 (2006.01) D02G 3/36 (2006.01)  
D06M 11/83 (2020.01) D06M 15/00 (2006.01)  
D06M 23/12 (2006.01) HO1L 23/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
D02G 3/441 (2013.01)  
D02G 3/36 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0019119  
(22) 출원일자 2020년02월17일  
심사청구일자 2020년02월17일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020180039934 A\*  
KR101906033 B1\*  
KR1020160114787 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
성균관대학교 산학협력단  
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)  
(72) 발명자  
이태운  
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제 3공학관 C312호(신촌동, 연세대학교)  
손동희  
경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 제1공학관 23218호(천천동, 성균관대학교)  
권채빈  
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제 3공학관 C305-2호(신촌동, 연세대학교)  
(74) 대리인  
특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 12 항

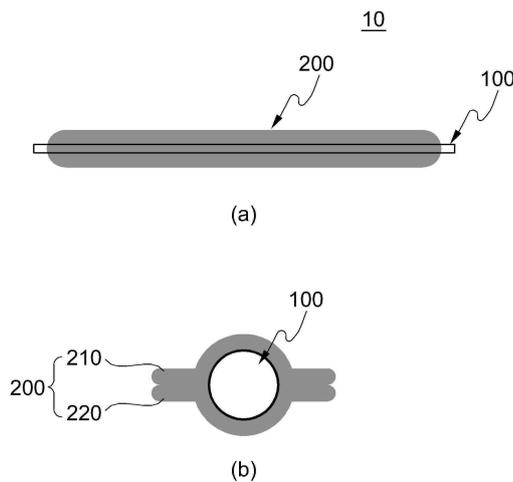
심사관 : 오상균

(54) 발명의 명칭 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 및 이의 제조 방법, 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트

(57) 요약

본 발명에 따르면, 은 나노입자(Ag nanoparticles)를 함유한 스판덱스 섬유 (Spandex Fiber)에 자가치유 고분자 (Self-healing polymer)를 감싸서 기존의 전도성 섬유에 비해 인장에 대한 전기적 안정성과 기계적 특성이 향상된 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 및 이의 제조 방법, 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트가 개시된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*D06M 11/83* (2013.01)

*D06M 15/00* (2013.01)

*D06M 23/12* (2013.01)

*H01L 24/44* (2013.01)

*D10B 2401/16* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018-11-0385
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발사업
연구과제명	혈류량 측정을 위한 열/광센서 하이브리드 소자 원천기술 개발 (1단계)(2/3)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2018.04.01 ~ 2019.01.31
공지예외적용	: 있음

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

코어-셸 구조로서 폴리머로 형성되는 코어와, 상기 코어를 둘러싸는 전기 전도성 셸(shell)을 포함하는 전도성 섬유; 및

자가치유 고분자 성분을 포함하며 상기 전도성 섬유를 적어도 하나의 층으로 피복하는 고분자 캡슐층;을 포함하며,

상기 고분자 캡슐층은, 상기 전도성 섬유의 일측을 감싸는 제1 고분자 캡슐층; 및 상기 전도성 섬유의 타측을 감싸며, 상기 제1 고분자 캡슐층과 양단이 접합하는 제2 고분자 캡슐층;을 포함하고,

상기 전기 전도성 셸과 접하는 상기 코어의 경계영역에는 금속 전구체 용액이 흡수되는 전구체 흡수층을 더 포함하며, 상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 금속 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 금속 전구체를 금속 입자로 환원시켜 생성되고,

상기 고분자 캡슐층은 상기 전기 전도성 셸의 전기적 통로인 상기 금속 입자의 크랙을 제어하여 인장 변형에 대한 전기적 안정성을 향상시키는 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 코어는, 우레탄 결합을 갖는 섬유를 포함하고, 상기 금속 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체 용액을 포함하며,

상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 은(Ag) 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 은(Ag) 전구체를 은 나노입자로 환원시켜 생성되는 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 은(Ag) 전구체 용액은,

은(Ag) 전구체와 하이드록시기 용매를 기 설정된 비율로 혼합하여 제작되는 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 하이드록시기 용매는, 알킬기 분자량이 70 내지 140 g/mol인 용매인 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유.

**청구항 7**

전도성 섬유를 제조하는 단계; 및

적어도 하나의 고분자 캡슐층으로 상기 전도성 섬유를 접합하는 단계;를 포함하며,

상기 전도성 섬유를 제조하는 단계는,

우레탄 결합을 갖는 섬유의 폴리머 층에 금속 전구체 용액을 흡수시키는 단계; 및

환원제를 이용하여 흡수된 금속 전구체를 금속 입자로 환원시켜 전기 전도성 셸(shell)을 형성하는 단계;를 포함하며,

상기 전도성 섬유를 접합하는 단계는, 상기 전도성 섬유의 일측에 제1 고분자 캡슐층을 상기 전도성 섬유의 타측에 상기 제1 고분자 캡슐층과 양단이 접합하는 제2 고분자 캡슐층을 부착시켜 상기 전도성 섬유의 상기 전기 전도성 셸(shell)이 형성된 부분을 고정시키며,

상기 고분자 캡슐층은 상기 전기 전도성 셸의 전기적 통로인 상기 금속 입자의 크랙을 제어하여 인장 변형에 대한 전기적 안정성을 향상시키는 것을 특징으로 하는 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 제조 방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 금속 전구체는, 은(Ag)을 포함하되,

상기 금속 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체와 하이드록시기 용매를 기 설정된 비율로 혼합하여 제작되는 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유 제조 방법.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제7항에 있어서,

상기 환원제는 하이드라진계, 하이드라이드계, 보로하이드라이드계, 소듐포 스페이트계 및 아스코르빅산에서 선택된 하나 또는 둘 이상인 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유 제조 방법.

**청구항 11**

제8항에 있어서,

상기 하이드록시기 용매는, 알킬기 분자량이 70 내지 140 g/mol인 용매인 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유 제조 방법.

**청구항 12**

제1 고분자 전도성 섬유 및 제2 고분자 전도성 섬유가 격자 구조로 배치되는 구조이며,

상기 제1 고분자 전도성 섬유 및 제2 고분자 전도성 섬유는,

코어-셸 구조로서 폴리머로 형성되는 코어와, 상기 코어를 둘러싸는 전기 전도성 셸(shell)을 포함하는 전도성 섬유; 및

자가치유 고분자 성분을 포함하며 상기 전도성 섬유를 적어도 하나의 층으로 피복하는 고분자 캡슐층;을 포함하며,

상기 고분자 캡슐층은, 상기 전도성 섬유의 일측을 감싸는 제1 고분자 캡슐층; 및 상기 전도성 섬유의 타측을 감싸며, 상기 제1 고분자 캡슐층과 양단이 접합하는 제2 고분자 캡슐층;을 포함하고,

상기 전기 전도성 셸과 접하는 상기 코어의 경계영역에는 금속 전구체 용액이 흡수되는 전구체 흡수층을 더 포함하며, 상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 금속 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 금속 전구체를 금속 입자로 환원시켜 생성되고,

상기 고분자 캡슐층은 상기 전기 전도성 셸의 전기적 통로인 상기 금속 입자의 크랙을 제어하여 인장 변형에 대한 전기적 안정성을 향상시키는 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 제1 고분자 전도성 섬유 및 제2 고분자 전도성 섬유는, 섬유 간의 자가 결합(Self-bonding)이 가능하여 쉽게 부착되며, 직조(weaving)가 가능한 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트.

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

제12항에 있어서,

상기 금속 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체와 하이드록시기 용매를 기 설정된 비율로 혼합하여 제작되며, 상기 하이드록시기 용매는, 알킬기 분자량이 70 내지 140 g/mol인 용매인 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트.

**청구항 16**

제12항에 있어서,

상기 코어는, 우레탄 결합을 갖는 섬유를 포함하고, 상기 금속 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체 용액을 포함하며, 상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 은(Ag) 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 은(Ag) 전구체를 은 나노입자로 환원시켜 생성되는 것을 특징으로 하는 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 전도성 섬유 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 특히 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 전도성 섬유는 의류에 적용되는 웨어러블 기기 등에서 전력과 신호를 전달할 수 있어, 웨어러블 기기의 핵심부품으로 수요가 매우 크다. 특히 IT기술과 패션이 융합되어 있는 고기능성 스마트 웨어 분야에 많이 쓰이고 있다.

[0003] 이러한 전도성 섬유는 전기 전도도가 우수하고, 웨어러블 기능이 필요하므로 신축성이 우수해야 한다. 또한 신축이 반복적으로 진행되어도 전기 전도도가 그대로 유지되고, 끊어지지 않는 내구성을 보유해야 한다.

[0004] 기존 기술은 반복적인 변형을 통하여 누적된 스트레스로 인해 다수의 크랙(Crack)들이 형성되는 문제가 있다.

[0005] 이에 따라, 기존의 화학적 환원 방식을 이용한 전도성 섬유보다 전기적/기계적 안정성이 높아지면서 웨어러블 디바이스의 기초적인 구성요소인 인터커넥터의 역할을 충분히 수행할 수 있는 기술이 필요하다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명은 은 나노입자(Ag nanoparticles)를 함유한 스판덱스 섬유 (Spandex Fiber)에 자가치유 고분자 (Self-healing polymer)를 감싸서 전기적, 기계적으로 우수한 전도성 섬유 인터커넥터를 개발하는데 그 목적이 있다.

[0007] 또한, 부탄올 용매를 사용하여 섬유의 외부에 은 셸(Ag shell)이 풍부하게 형성되고, 섬유의 내부는 기존의 스판덱스 성질을 유지할 수 있도록 하여 기존의 전도성 섬유에 비해 인장에 대한 전기적 안정성과 기계적 특성을 향상시키는데 또 다른 목적이 있다.

[0008] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범

위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유는, 코어-셸 구조로서 폴리머로 형성되는 코어와, 상기 코어를 둘러싸는 전기 전도성 셸(shell)을 포함하는 전도성 섬유 및 자가치유 고분자 성분을 포함하며 상기 전도성 섬유를 적어도 하나의 층으로 피복하는 고분자 캡슐층을 포함한다.
- [0010] 여기서, 상기 고분자 캡슐층은, 상기 전도성 섬유의 일측을 감싸는 제1 고분자 캡슐층 및 상기 전도성 섬유의 타측을 감싸며, 상기 제1 고분자 캡슐층과 양단이 접합하는 제2 고분자 캡슐층을 포함한다.
- [0011] 여기서, 상기 전기 전도성 셸과 접하는 상기 코어의 경계영역에는 금속 전구체 용액이 흡수되는 전구체 흡수층을 더 포함하며, 상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 금속 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 금속 전구체를 금속 입자로 환원시켜 생성된다.
- [0012] 여기서, 상기 코어는, 우레탄 결합을 갖는 섬유를 포함하고, 상기 금속 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체 용액을 포함하며, 상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 은(Ag) 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 은(Ag) 전구체를 은 나노입자로 환원시켜 생성된다.
- [0013] 여기서, 상기 은(Ag) 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체와 하이드록시기 용매를 기 설정된 비율로 혼합하여 제작된다.
- [0014] 여기서, 상기 하이드록시기 용매는, 알킬기 분자량이 70 내지 140 g/mol인 용매이다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 제조 방법은, 전도성 섬유를 제조하는 단계 및 적어도 하나의 고분자 캡슐층으로 상기 전도성 섬유를 접합하는 단계를 포함하며, 상기 전도성 섬유를 제조하는 단계는, 우레탄 결합을 갖는 섬유의 폴리머 층에 금속 전구체 용액을 흡수시키는 단계 및 환원제를 이용하여 흡수된 금속 전구체를 환원시켜 전기 전도성 셸(shell)을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0016] 여기서, 상기 금속 전구체는, 은(Ag)을 포함하되, 상기 금속 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체와 하이드록시기 용매를 기 설정된 비율로 혼합하여 제작된다.
- [0017] 여기서, 상기 전도성 섬유를 접합하는 단계는, 상기 고분자 캡슐층을 부착시켜 상기 전도성 섬유의 상기 전기 전도성 셸(shell)이 형성된 부분을 고정시킨다.
- [0018] 여기서, 상기 환원제는 하이드라진계, 하이드라이드계, 보로하이드라이드계, 소듐포 스페이트계 및 아스코르빅산에서 선택된 하나 또는 둘 이상이다.
- [0019] 여기서, 상기 하이드록시기 용매는, 알킬기 분자량이 70 내지 140 g/mol인 용매이다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터넥트는, 제1 고분자 전도성 섬유 및 제2 고분자 전도성 섬유가 격자 구조로 배치되는 구조이며, 상기 제1 고분자 전도성 섬유 및 제2 고분자 전도성 섬유는, 코어-셸 구조로서 폴리머로 형성되는 코어와, 상기 코어를 둘러싸는 전기 전도성 셸(shell)을 포함하는 전도성 섬유 및 자가치유 고분자 성분을 포함하며 상기 전도성 섬유를 적어도 하나의 층으로 피복하는 고분자 캡슐층을 포함한다.
- [0021] 여기서, 상기 제1 고분자 전도성 섬유 및 제2 고분자 전도성 섬유는, 섬유 간의 자가 결합(Self-bonding)이 가능하여 쉽게 부착되며, 직조(weaving)가 가능하다.
- [0022] 여기서, 상기 전기 전도성 셸과 접하는 상기 코어의 경계영역에는 금속 전구체 용액이 흡수되는 전구체 흡수층을 더 포함하며, 상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 금속 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 금속 전구체를 금속 입자로 환원시켜 생성된다.
- [0023] 여기서, 상기 하이드록시기 용매는, 알킬기 분자량이 70 내지 140 g/mol인 용매이다.
- [0024] 여기서, 상기 코어는, 우레탄 결합을 갖는 섬유를 포함하고, 상기 금속 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체 용액을 포함하며, 상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 은(Ag) 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 은(Ag) 전구체를 은 나노입자로 환원시켜 생성된다.

**발명의 효과**

- [0025] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 은 나노입자(Ag nanoparticles)를 함유한 스판덱스 섬유 (Spandex Fiber)에 자가치유 고분자 (Self-healing polymer)를 감싸서 전기적, 기계적으로 우수한 전도성 섬유 인터커넥터를 개발할 수 있다.
- [0026] 또한, 부탄올 용매를 사용하여 섬유의 외부에 은 셸(Ag shell)이 풍부하게 형성되고, 섬유의 내부는 기존의 스판덱스 성질을 유지할 수 있도록 하여 기존의 전도성 섬유에 비해 인장에 대한 전기적 안정성과 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0027] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 섬유를 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 구조를 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 현미경 이미지를 나타낸 도면이다.
- 도 4 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 섬유의 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트를 나타낸 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 제조 방법을 나타낸 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0029] 이하, 본 발명에 관련된 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 및 이의 제조 방법, 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트에 대하여 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.
- [0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0031] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 “모듈” 및 “부”는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0032] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0033] 본 발명은 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 및 이의 제조 방법, 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트에 관한 것이다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 섬유를 나타낸 도면이다.
- [0035] 도 1을 이용하여 전도성 섬유의 제작 과정을 설명한다. 본 발명의 일 실시예에서는 화학적 환원 방식을 이용하여 전도성 섬유를 제작한다.
- [0036] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 전도성 섬유(100)는, 코어-셸 구조로써, 폴리머로 형성되는 코어(110) 및 코어(110)를 둘러싸는 전기 전도성 셸(shell)(120)을 포함한다.
- [0037] 구체적으로, 전기 전도성 셸(shell)(120)은 우레탄 결합을 갖는 섬유(101)의 폴리머 층에 은(Ag) 전구체 용액을 흡수시키고, 환원제를 이용하여 흡수된 은(Ag) 전구체를 은 나노입자로 환원시켜 생성되며, 본 발명의 일 실시예에 따르면 은(Ag)을 포함한다.
- [0038] 구체적으로, 상기 전기 전도성 셸과 접하는 상기 코어의 경계영역에는 금속 전구체 용액이 흡수되는 전구체 흡수층(102)을 더 포함하며, 상기 전기 전도성 셸은, 상기 전구체 흡수층에 상기 금속 전구체 용액을 흡수시키고,

환원제를 이용하여 흡수된 금속 전구체를 금속 입자로 환원시켜 생성된다.

- [0039] 여기서, 전구체 흡수층(102)은 코어와 분리되어 마련되는 것은 아니며, 전구체 용액의 흡수율에 따라 다르게 마련될 수 있으며, 섬유에 전기 전도성 셸이 단순히 코팅되는 것이 아닌, 전구체 용액이 섬유의 외층의 적어도 일부 흡수되고 흡수된 상태에서 금속 입자가 환원됨을 의미한다.
- [0040] 도 1의 우레탄 결합을 갖는 섬유(101)는 스팅덱스(spandex) 섬유인 것이 바람직하며, 폴리머 층(102)에 은 전구체 용액을 흡수시키는 과정인 스웰링(Swelling)과정을 거친다.
- [0041] 스팅덱스 섬유는 우레탄결합을 갖는 분자사슬의 화학구조가 섬유의 85% 비율을 점유하는 섬유로, 본 발명은 다양한 종류의 스팅덱스 섬유를 사용하여 자가치유 고분자 전도성 섬유를 제작할 수 있다.
- [0042] 폴리우레탄을 이용해 건식, 습식, 용융, 화학 방사방식으로 제작한 스팅덱스 섬유에도 적용 가능하다.
- [0043] 은(Ag) 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체 (Silver heptafluorobutyrate)와 하이드록시기 용매를 기 설정된 비율로 혼합하여 제작되며, 상기 하이드록시기 용매는, 알킬기 분자량이 70 내지 140 g/mol인 용매를 사용하고, 본 발명의 일 실시예에서는 부탄올(butanol) 용매인 것이 바람직하다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예에서의 기 설정된 비율은 은 전구체(Silver heptafluorobutyrate)와 하이드록시기 용매인 부탄올을 5 내지 45wt%로 섞어서 용액을 제작하는 것이 바람직하며, 5wt% 미만일 경우 은 전구체의 함량이 낮아지며, 45wt% 초과일 경우 용액의 흡수가 어려울 수 있다.
- [0045] 이후, 환원제를 이용하여 흡수된 은(Ag) 전구체를 은 나노입자로 환원시키며, 환원제는 하이드라진계, 하이드라이드계, 보로하이드라이드계, 소듐포 스페이트계 및 아스크로빅산에서 선택된 하나 또는 둘 이상이 사용될 수 있다.
- [0046] 보다 구체적으로, 상기 환원제는 하이드라진, 하이드라진무수물, 염산하이드라진, 황산하이드라진, 하이드라진 하이드레이트 및 페닐하이드라진에서 선택된 하나 또는 둘 이상의 하이드리진계 환원제를 사용할 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에서는 하이드라진 하이드레이트를 이용하는 것이 바람직하다.
- [0047] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에서는 희석된 Hydrazine hydrate( $N_2H_2$ ) 용액을 이용해 스팅덱스 섬유 내부에 흡수된 은 전구체를 은 나노입자로 환원시킨다.
- [0048] 도 1에 나타난 바와 같이, 전기 전도성 셸(shell)은, 은 나노입자가 상기 우레탄 결합을 갖는 섬유의 외곽에 집중적으로 형성된다.
- [0049] 또한, 사용하는 섬유의 필라멘트 수는 1~100개 이며, 필라멘트 평균 직경은 70um~600um 인 것이 바람직하다.
- [0050] 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 섬유는 부탄올 용매를 사용하여 섬유의 외부에 은 셸(Ag shell)이 풍부하게 형성되고, 섬유의 내부는 기존의 스팅덱스 성질을 유지할 수 있도록 하여 기존의 전도성 섬유에 비해 인장에 대한 전기적 안정성과 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0051] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 구조를 나타낸 도면이다.
- [0052] 도 2의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 측면도를 나타낸 것이고, 도 2의 (b)는 단면도를 나타낸 것이다.
- [0053] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자 캡슐화 전도성 섬유(10)는, 전도성 섬유(100), 고분자 캡슐층(200)을 포함한다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유(10)는 은 나노입자(Ag nanoparticles)를 함유한 스팅덱스 섬유(Spandex Fiber)에 자가치유 고분자(Self-healing polymer)를 감싸서 제작되는 전도성 섬유로써, 전기적, 기계적으로 우수한 전도성 섬유 인터커넥터를 개발할 수 있다.
- [0055] 자가치유 고분자는 외부 응력에 의해 소재에 크랙이 발생하는 경우 이를 인지 및 치유 할 수 있는 고분자로 이를 활용하여 섬유를 제조할 시, 상기 섬유에 크랙이 발생하여도 보수의 필요가 없다는 이점이 있다.
- [0056] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 방식은 20~30도의 상온에서 스크래치나 절단과 같은 외부 스트레스가 발생해도 시간이 지나면 스스로 원래 상태로 돌아오는 자가 치유 기능을 지닌 황 화합물과 주변의 고분자 화학구조를 설계한다. 구체적으로 열가소성 폴리우레탄에 황화합물을 첨가하는 방식을 사용하는 탄성 중합체인 엘라스토머 신소재를 포함하여 사용될 수 있으며, 실온에서의 자가 치유 효율과 기계적 강도를 높일 수 있다.

- [0057] 본 발명에 다양한 실시예에서는, 지능형 자가치유 고분자 기술을 적용할 수 있으며, 예를 들어 변형이나 손상이 발생할 경우 일정자극을 다시 주게 되면 원래의 형태를 되찾을 수 있는 지능형 고분자, 높은 기계적 물성으로 반복적 치유가 가능한 자가집합 상분리형 고분자, 외부자극에 의해 기계 화학적으로 활성화되는 화학반응 등을 이용하여 손상부위와 정도를 감지해 상황에 맞는 적절한 처치를 스스로 할 수 있는 손상감지형 고분자를 적용할 수 있다.
- [0058] 또한, 자가치유 고분자는 열을 가하면 자가치유 효율이 매우 향상되며, 물에서도 자가치유 현상이 가능하여, 세탁 시에도 사용이 가능하다.
- [0059] 전도성 섬유(100)는 코어-셸 구조로써, 폴리머로 형성되는 코어 및 상기 코어를 둘러싸는 전기 전도성 셸(shell)을 포함한다.
- [0060] 고분자 캡슐층(200)은 전도성 섬유(100)를 적어도 하나의 층으로 피복한다.
- [0061] 고분자 캡슐층(200)은 자가치유 고분자를 포함하되, 상기 전도성 섬유의 일측을 감싸는 제1 고분자 캡슐층(210) 및 상기 전도성 섬유의 타측을 감싸며, 상기 제1 고분자 캡슐층과 양단이 접합하는 제2 고분자 캡슐층(220)을 포함한다.
- [0062] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 현미경 이미지를 나타낸 도면이다.
- [0063] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유는 은(Ag) 전구체 (Silver heptafluorobutyrate)와 하이드록시기 용매를 기 설정된 비율로 혼합하여 제작된 은 전구체 용액을 이용하며, 하이드록시기 용매는, 알킬기 분자량이 70 내지 140 g/mol인 용매를 사용하며, 본 발명의 일 실시예에서는 부탄올(butanol) 용매인 것이 바람직하다. 여기서, 분자량은 녹는점이 0도 이하이면서, 고분자량을 가지는 하이드록시기 용매의 최대 분자량을 나타낸 것이다.
- [0064] 구체적으로, 도 3은 하이드록시기 용매에 따른 SEM, EDS, 컨투어맵(Contour map) 이미지를 각각 나타낸 것이며, 하이드록시기 용매는 메탄올(Methanol), 에탄올(Ethanol), IPA, 부탄올(Butanol)을 이용하였다.
- [0065] 하이드록시기 용매들의 분자량을 비교하면 Methanol(32.04 g/mol) < Ethanol(46.07 g/mol) < IPA(60.10g/mol) < Butanol (74.12 g/mol) 순서대로 커지며, 본 발명의 일 실시예에서 부탄올(Butanol)을 이용한 결과 부탄올(Butanol) 용매를 사용했을 때 은 나노입자가 섬유의 외곽에 집중적으로 형성됨을 확인할 수 있다. 이에 따라, 내부는 폴리머성질을 유지하면서, 풍부한 은 껍질(Ag rich Shell)로 인해 고전도성을 지니도록 제작할 수 있다.
- [0066] 상기 하이드록시기 용매를 이용할 때, 알킬기 분자량이 70g/mol 미만인 경우 은 나노입자를 섬유의 외곽에 집중적으로 형성할 수 없으며, 140g/mol 초과인 경우 녹는점이 0℃ 를 넘어 은 프리커서 용액 제작이 어렵다.
- [0067] 도 4 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 섬유의 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0068] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 섬유의 기계적 특성을 나타낸 도면이다.
- [0069] 구체적으로, 도 4는 하이드록시기 용매에 따른 역학적이력현상(Mechanical hysteresis)을 측정하여 나타낸 것이다.
- [0070] 도 4의 (a)는 메탄올(Methanol), 도 4의 (b)는 에탄올(Ethanol), 도 4의 (c)는 IPA, 도 4의 (d)는 부탄올(Butanol)을 이용한 결과이고, 도 4의 (e)는 스판덱스 섬유(Spandex fiber)의 결과이다.
- [0071] 도 4의 (f)는 각 용매 및 스판덱스의 50% hysteresis curve를 겹친 3D 그래프이다.
- [0072] 도 4의 (a) 내지 (d)와 도 4의 (e)를 각각 비교하였을 때, 부탄올(Butanol) 용매 기반 전도성 섬유가 본래의 스판덱스 섬유와 기계적 특성이 가장 유사함을 알 수 있다.
- [0073] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 섬유의 전기적/기계적 특성을 나타낸 도면이다.
- [0074] 도 5의 (a)는 strain에 대한 stress를 측정하여 영률(Young's modulus)을 비교한 것이다.
- [0075] 영률(그래프의 기울기)를 비교해 보았을 때, Butanol(65850 Pa) < IPA(84536Pa) < Ethanol(104348Pa) < Methanol(124762 Pa) 순서대로 나타나며, 부탄올(Butanol) 용매를 사용해 만든 전도성 섬유의 균열 지점(rupture point)가 가장 높은 strain(7000%) 에서 발생함을 확인할 수 있다.
- [0076] 영률이 크면 변형에 대한 저항력이 크고 견고함을 의미하며, 영률이 작은 경우는 변형에 대한 저항력이 적고 유

연함을 의미한다.

- [0077] 스펙트럼 흡수의 영률은 42353 Pa 로, 이를 통해 부탄올(Butanol) 용매 기반 전도성 흡유의 경우 가장 스펙트럼 고유의 기계적 성질을 잘 유지하고 있음을 확인할 수 있다.
- [0078] 도 5의 (b)는 strain에 대한 전도도(conductivity)를 비교한 것이다.
- [0079] 부탄올(Butanol) 용매 기반 전도성 흡유가 가장 높은 전도성을 유지하고 있음을 보여주며, 구체적으로 strain 300%에서  $30485.12 \text{ Scm}^{-1}$ 이다.
- [0080] 도 5의 (c)는 TGA 분석 (열중량 분석)결과이다.
- [0081] 전도성 흡유에 은입자 생성량을 알기위해 열중량 분석을 실시하였으며, 그 결과, 용매별 전도성 흡유 내부에 형성되는 은 나노입자의 양은 큰 차이가 없지만 부탄올 용매 기반 전도성 흡유가 가장 높은 전도성을 가지게 된다.
- [0082] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 흡유의 전기적 특성을 나타낸 도면이다.
- [0083] 도 6a 및 도 6b는 전기 이력 현상(Electrical hysteresis) 측정 실험 결과이다.
- [0084] 화학적 환원 방식을 이용해 만든 전도성 흡유의 전도성은 흡유 외곽에 생기는 은 껍질 쉘(Ag rich shell)에 의해 영향을 받게 된다.
- [0085] 부탄올 용매 기반 전도성 흡유의 경우, 가장 크고 두꺼운 은 껍질 쉘(Ag rich shell)을 가지고 있음을 확인할 수 있다.
- [0086] 전기 이력 현상(Electrical hysteresis)을 측정한 결과, 부탄올 용매 기반 전도성 흡유의 히스테리시스 루프(hysteresis loop) 면적이 가장 작은 것을 확인할 수 있으며, 두꺼운 은 껍질 쉘(Ag rich shell)을 가지고 있는 부탄올 기반 흡유가 전기적으로 가장 안정적임을 확인할 수 있다.
- [0087] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 흡유의 은 성분 침투 특성을 나타낸 도면이다.
- [0088] 은 전구체 용액이 침투되고, 은 나노입자가 60%이상 형성되는 범위는 단일 흡유 외곽으로부터 2.5um 이내임을 확인할 수 있다.
- [0089] 표 1은 단일 필라멘트 안에 4개의 포인트의 은 함유량(Ag content)을 측정한 후, 평균화하여 사용한 용매 별로 도식화한 것이다.

**표 1**

Ag content (%)				
point	Methanol	Ehtanol	IPA	Butanol
4	38.07672	41.82329	49.33437	67.90307
3	25.02935	28.13982	18.15031	21.09473
2	18.7354	15.41367	16.71355	7.504705
1	18.15978	14.62322	15.80679	3.501412

- [0090]
- [0091] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 흡유의 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 흡유는 부탄올 용매 기반 전도성 흡유를 자가치유 고분자를 이용해 캡슐화하며, 도 8에 나타난 바와 같이, 캡슐화 전의 전도성 흡유와 비교해 보았을 때, 전기적 안정성이 향상됨을 확인할 수 있다.
- [0093] 구체적으로, 100%의 인장 변형률 기준, 캡슐화를 하지 않은 전도성 흡유에 비해 저항이 35% 감소하며, 1000번의

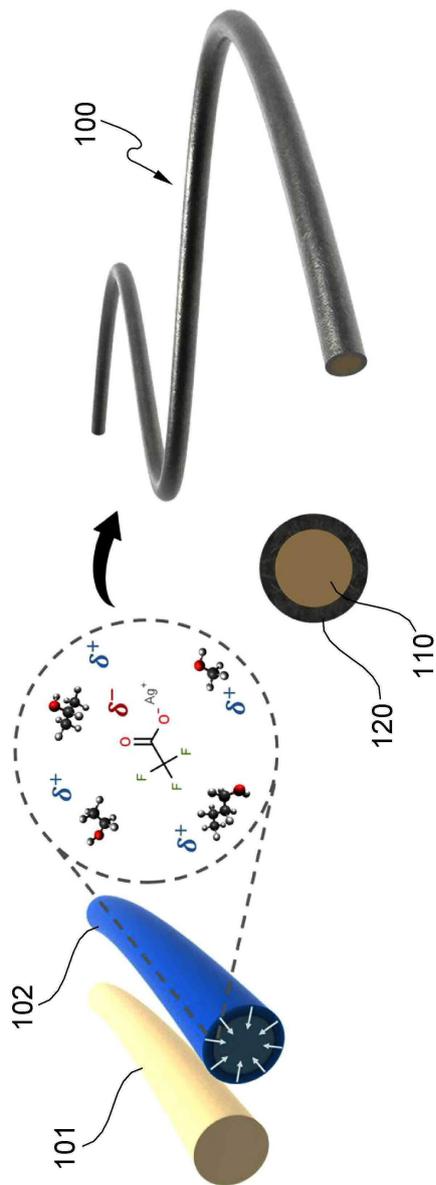
인장 테스트를 통해 기존의 전도성 섬유보다 50% 감소한 저항에서 값을 일정하게 유지됨을 확인할 수 있다.

- [0094] 이는, 자가치유 고분자의 High toughness에 기인한 특성으로 인해 스판덱스 표면에 위치한 나노입자 필름의 Crack이 효과적으로 제어되어 전기적 안정성이 높아진다.
- [0095] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트를 나타낸 도면이다.
- [0096] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트 구조를 나타낸 도면이다.
- [0097] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트는 나노입자 (Ag nanoparticles)를 함유한 스판덱스 섬유 (Spandex Fiber)에 자가치유 고분자 (Self-healing polymer)를 감싸서 전기적, 기계적으로 우수한 성능을 가진다.
- [0098] 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트(20)는, 자가치유 고분자를 포함하는 제1 고분자 전도성 섬유(21) 및 제2 고분자 전도성 섬유(22)가 격자 구조로 배치되는 구조이다.
- [0099] 제1 고분자 전도성 섬유(21) 및 제2 고분자 전도성 섬유(22)는, 각각 전도성 섬유(310, 330) 및 상기 전도성 섬유를 적어도 하나의 층으로 피복하는 고분자 캡슐층(320, 340)을 포함한다.
- [0100] 여기서, 상기 전도성 섬유는, 코어-셸 구조로써, 폴리머로 형성되는 코어; 및 상기 코어를 둘러싸는 전기 전도성 셸(shell)을 포함한다.
- [0101] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유 인터커넥트 제작 과정을 나타낸 도면이다.
- [0102] 자가치유고분자 캡슐화 전도성 섬유를 이용하여 격자구조를 가지는 인터커넥트 제작하며, Strain 200%에서도 전구의 불이 안정적으로 들어오는 것을 확인할 수 있다.
- [0103] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 제조 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0104] 도 11을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유의 제조 방법은 전도성 섬유를 제조하는 단계(S100) 및 적어도 하나의 고분자 캡슐층으로 상기 전도성 섬유를 접합하는 단계(S200)를 포함한다.
- [0105] 구체적으로, 전도성 섬유를 제조하는 단계(S100)는, 단계 S110에서 우레탄 결합을 갖는 섬유의 폴리머 층에 금속 전구체 용액을 흡수시킨다.
- [0106] 여기서, 상기 금속 전구체는, 은(Ag)을 포함하되, 상기 금속 전구체 용액은, 은(Ag) 전구체와 하이드록시기 용매를 기 설정된 비율로 혼합하여 제작된다.
- [0107] 상기 하이드록시기 용매는, 분자량을 다르게 하여 이용되며, 부탄올(butanol) 용매인 것이 바람직하다.
- [0108] 단계 S120에서 환원제를 이용하여 흡수된 금속 전구체를 환원시켜 전기 전도성 셸(shell)을 형성한다.
- [0109] 구체적으로, 상기 환원제는 하이드라진계, 하이드라이드계, 보로하이드라이드계, 소듐포 스페이트계 및 아스코빅산에서 선택된 하나 또는 둘 이상이다.
- [0110] 보다 상세히 설명하면, 첫번째로 화학적 환원 방식을 이용하여 스판덱스 섬유의 폴리머 층에 은 전구체 용액을 흡수시킨다. 은 전구체 용액은 은 전구체(Silver heptafluorobutyrate)와 하이드록시기 용매인 부탄올을 40wt%로 섞어서 만든다. 그 후에 희석된 Hydrazine hydrate (N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) 용액을 이용해 스판덱스 섬유 내부에 흡수된 은 전구체를 은 나노입자로 환원시킨다.
- [0111] 기존의 화학적 환원 방법에 의한 전도성 섬유는 에탄올 용매를 사용했지만 본 발명의 일 실시예에서는 부탄올 용매를 사용하여 기존보다 섬유 외곽에 은 나노입자가 더 활발하게 형성되도록 한다. 은 전구체 용액을 만들 때 부탄올 용매를 사용하면 섬유의 외부에 은 셸(Ag shell)이 풍부하게 형성되고, 섬유의 내부는 기존의 스판덱스 성질을 유지할 수 있다. 따라서 기존의 전도성 섬유에 비해 인장에 대한 전기적 안정성과 기계적 특성이 향상되었다.
- [0112] 전도성 섬유를 접합하는 단계(S200)는 고분자 캡슐층을 부착시켜 상기 전도성 섬유의 상기 전기 전도성 셸(shell)이 형성된 부분을 고정시킨다.

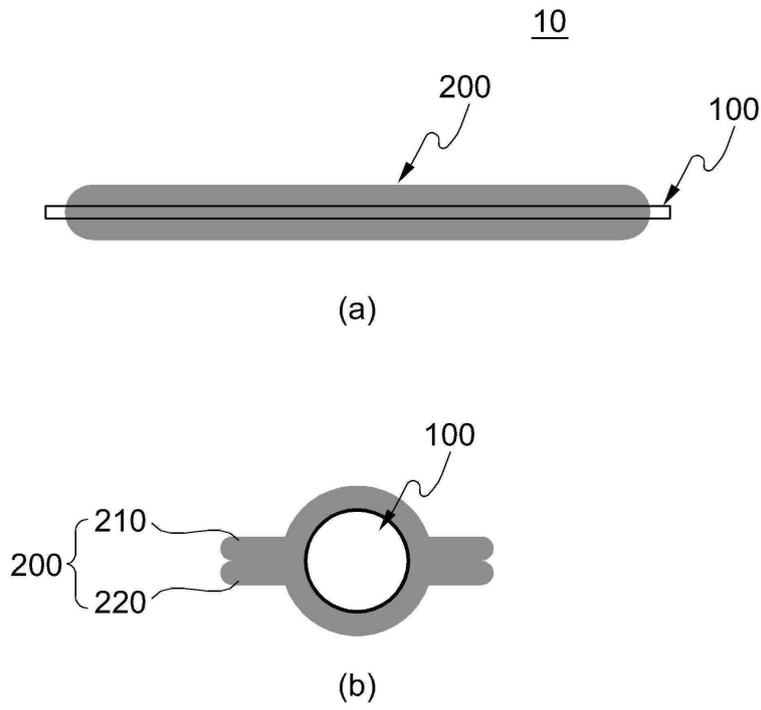
- [0113] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자는 상온에서 간단한 부착만으로도 자가치유 고분자 재료간의 화학적 결합이 가능하며, 열을 가하면 화학적 결합이 더욱 향상되고, 신축성이 증가한다. 이는, 기존의 캡슐이 함유된 자가치유 고분자와 크게 구별된다.
- [0114] 구체적으로, 자가치유 고분자(SHP)를 이용해 전도성 섬유를 캡슐화한다. OTS 처리된 wafer 혹은 테플론 테이프를 붙인 판 위에 SHP/전도성 섬유/SHP 순서로 올린 후, 70도씨의 핫플레이트 위에서 30분가량 가열한다. 이 과정에서 샘플이 뜨는 것을 막고 SHP와 전도성 섬유가 잘 부착되도록 하기 위해 가열 초반에 샘플을 얇은 철판으로 눌러준다.
- [0115] 마지막으로 자가치유 고분자 캡슐화를 통해 전도성 섬유의 인장 변형률에 대한 전기적 안정성을 개선한다. 이는 자가치유 고분자가 전도성 섬유의 전기적 통로인 Ag shell의 crack을 견고하게 잡아주어 인장 변형에 대해 안정적으로 전기적 통로를 확보하기 위한 것이다.
- [0116] 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유를 이용해 격자 무늬 구조(Weaving)를 이루어 Wearable electronics에 활용할 수 있다.
- [0117] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유는 100%의 인장 변형률 기준에서 캡슐화를 하지 않은 전도성 섬유에 비해 저항이 35% 감소함을 보여 주면서 전기적 안정성을 확보할 수 있다. 또한 1000번의 인장 테스트를 통해서도 기존의 전도성 섬유보다 50% 감소한 저항에서 값을 일정하게 유지함을 보여준다. 기존의 화학적 환원 방식을 이용한 전도성 섬유보다 전기적/기계적 안정성이 높아지면서 웨어러블 디바이스의 기초적인 구성요소인 인터커넥터의 역할을 충분히 수행할 수 있다. 제1 고분자 전도성 섬유 및 제2 고분자 전도성 섬유는, 섬유 간의 자가 결합(Self-bonding)이 가능하여 쉽게 부착되며, 직조(weaving)가 가능하므로 섬유를 인터커넥트로 사용하여 기존의 섬유형 웨어러블 디바이스 간의 회로 구성이 어려웠던 문제점을 해결할 수 있다. 섬유가 Self-bondable 하여 쉽게 부착시킬 수 있고, 또한 weaving(직조)이 가능하여 웨어러블 디바이스 적용에 큰 장점이 있다. 기존의 섬유형 디바이스(ex.supercapacitor, ion-battery, light emitting diode)는 소자에 패터닝하여 회로를 구성하는 방식을 섬유형 디바이스에 적용하기는 어려웠고, 섬유형 디바이스들을 복합적으로 연결시킨 구조를 만들기가 어려웠지만, 본 발명의 일 실시예에 따른 기술(섬유를 인터커넥트로 사용)을 이용해 섬유형 디바이스 간의 회로구성이 가능해진다. 이는 자가치유 고분자 캡슐화 전도성 섬유를 이용해 인장 변형 하에서 전구를 구동시키는 것을 통해 입증되었다.
- [0118] 이상의 설명은 본 발명의 일 실시예에 불과할 뿐, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 본질적 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 범위는 전술한 실시예에 한정되지 않고 특허 청구 범위에 기재된 내용과 동등한 범위 내에 있는 다양한 실시 형태가 포함되도록 해석되어야 할 것이다.

도면

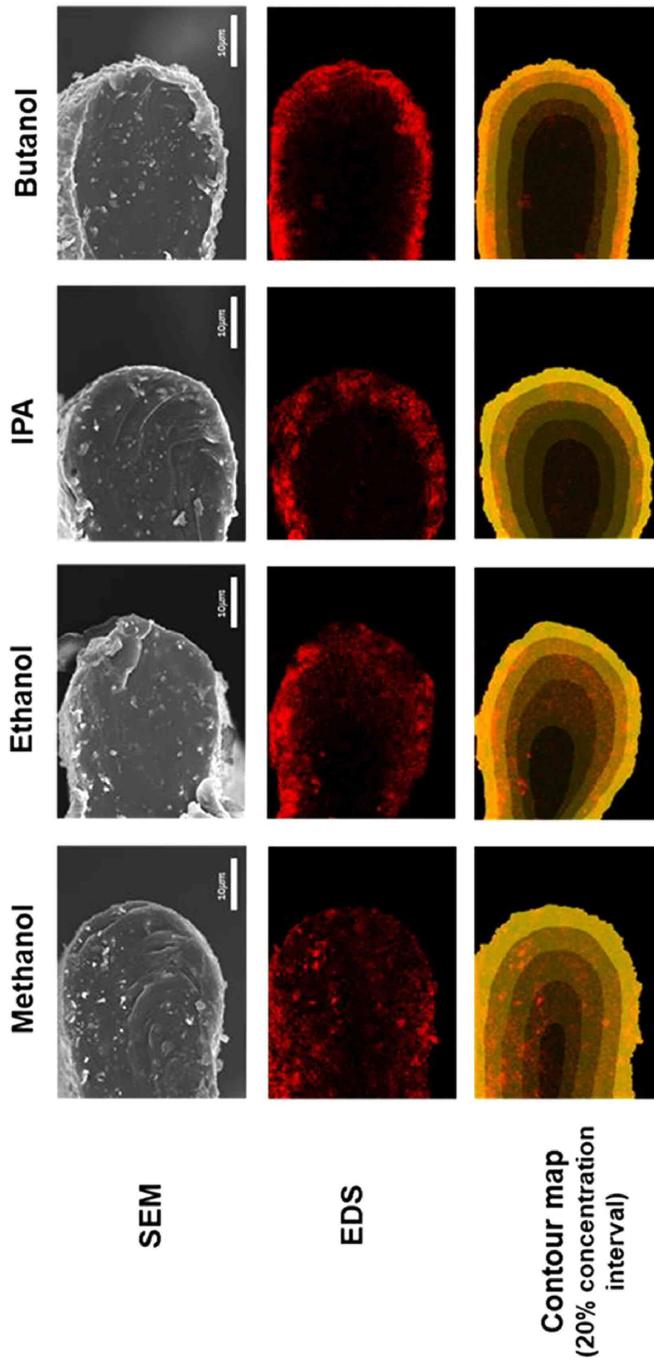
도면1



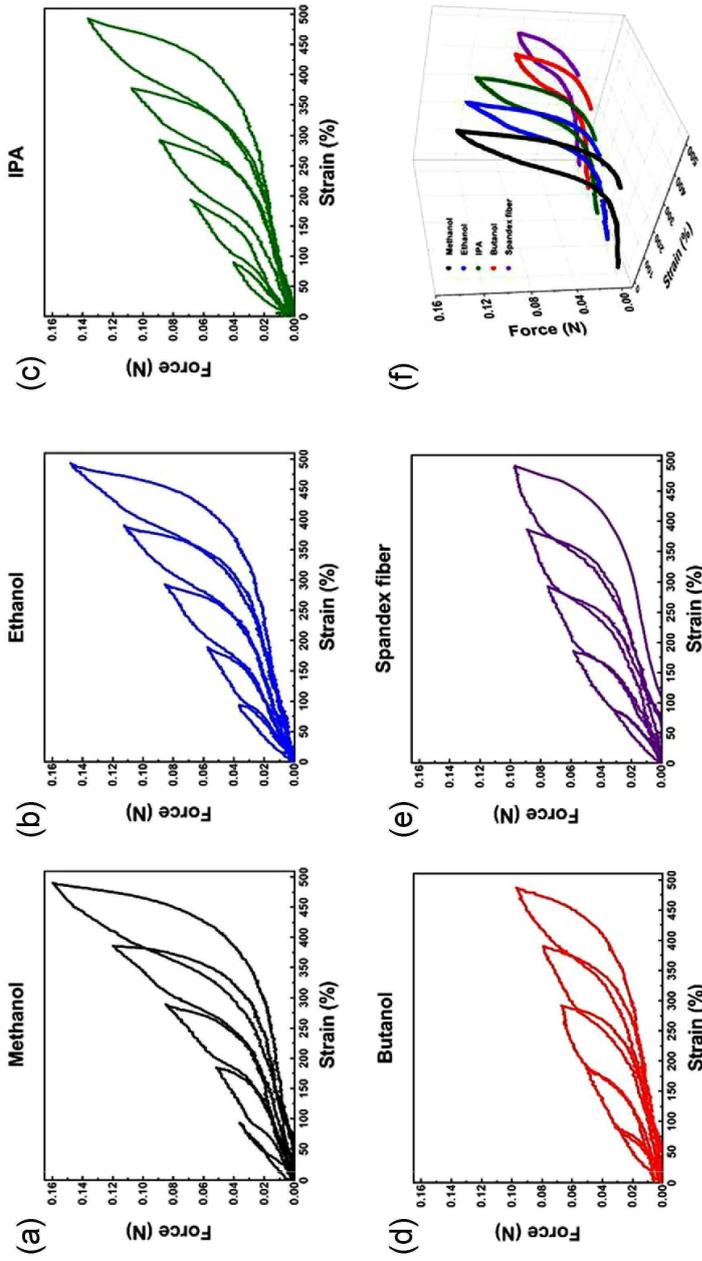
도면2



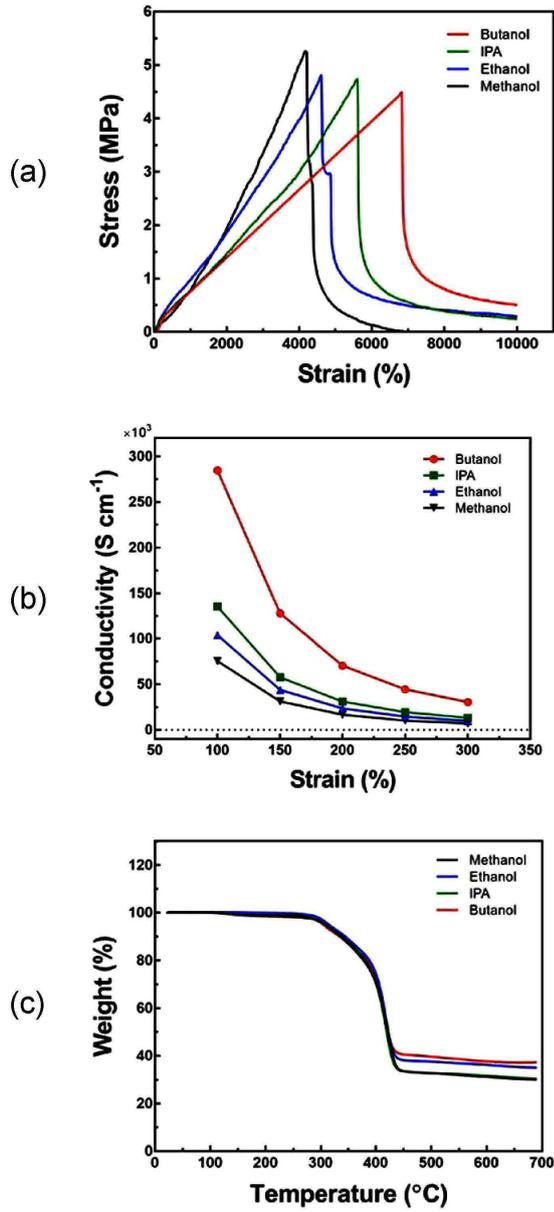
도면3



도면4

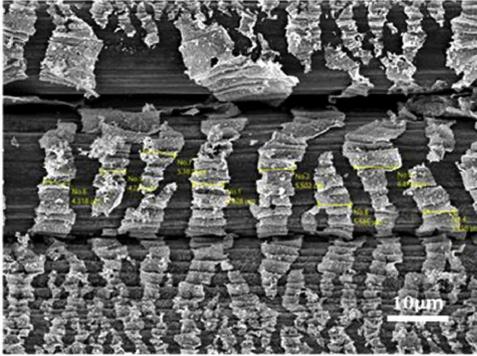


도면5

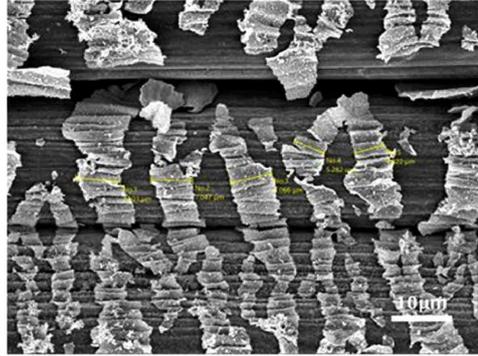


도면6a

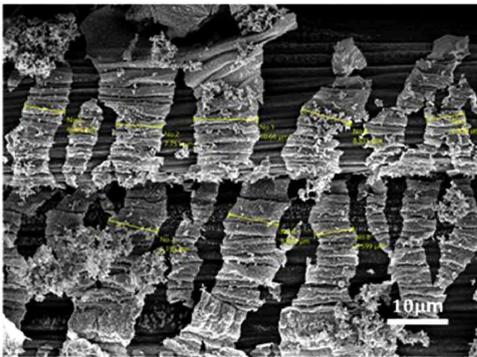
Methanol



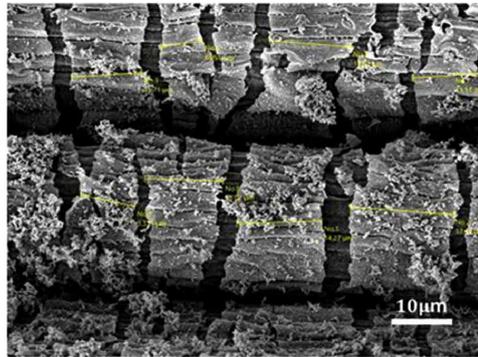
Ethanol



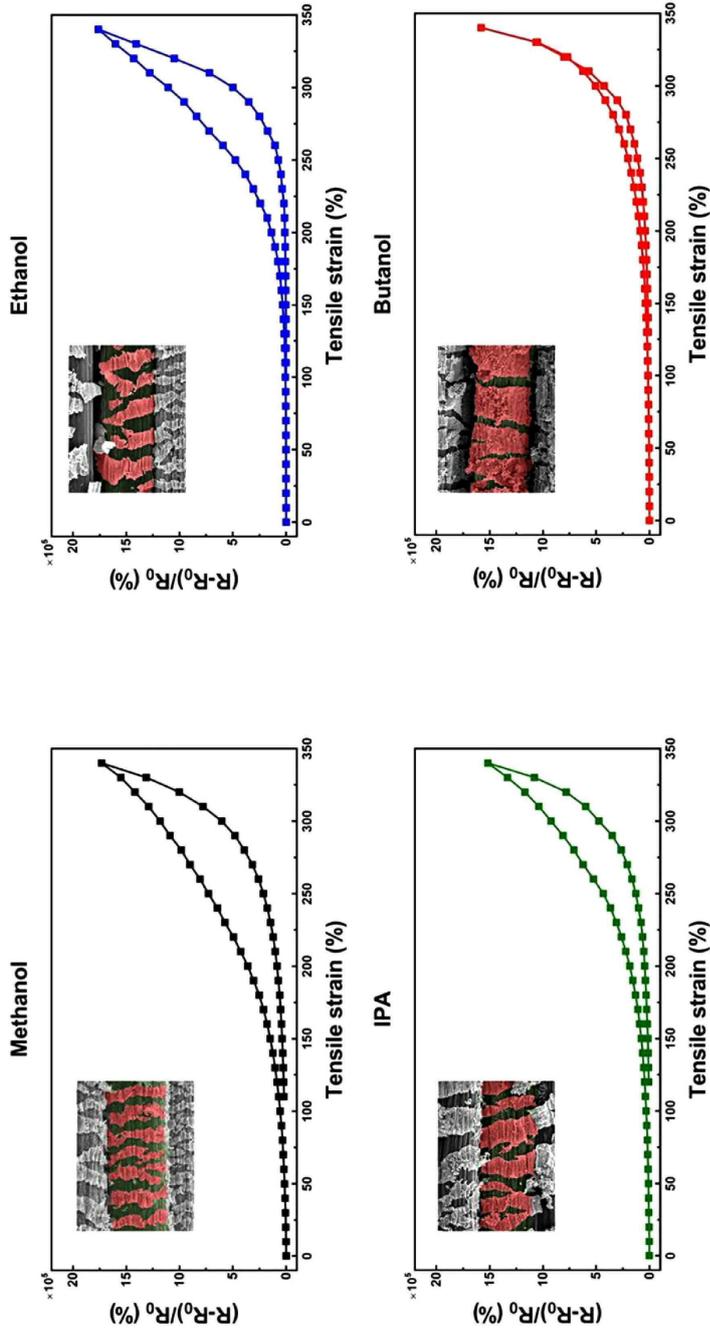
IPA



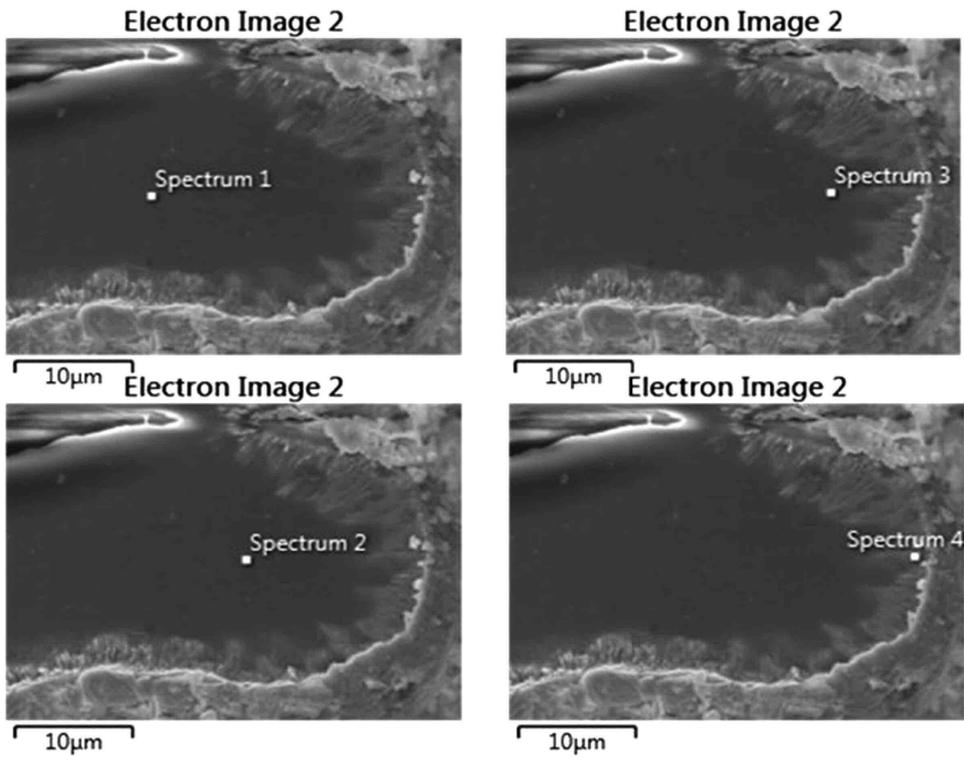
Butanol



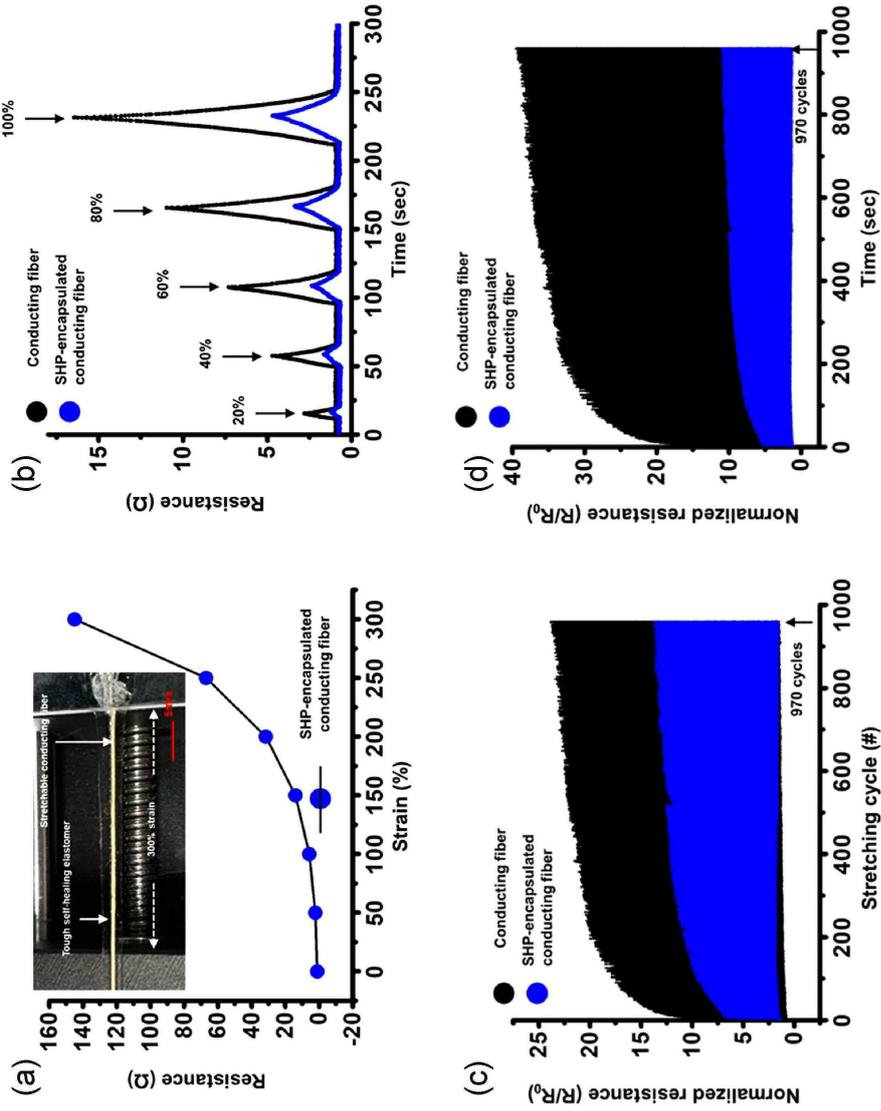
도면6b



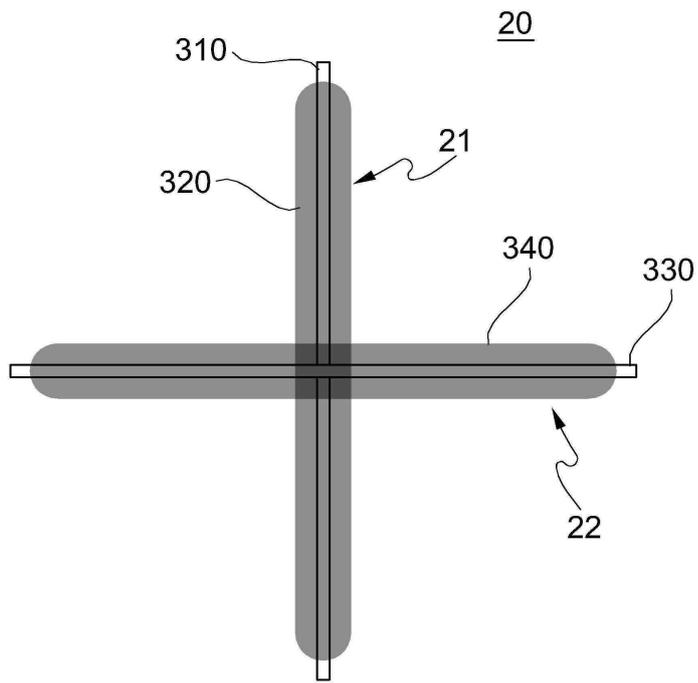
도면7



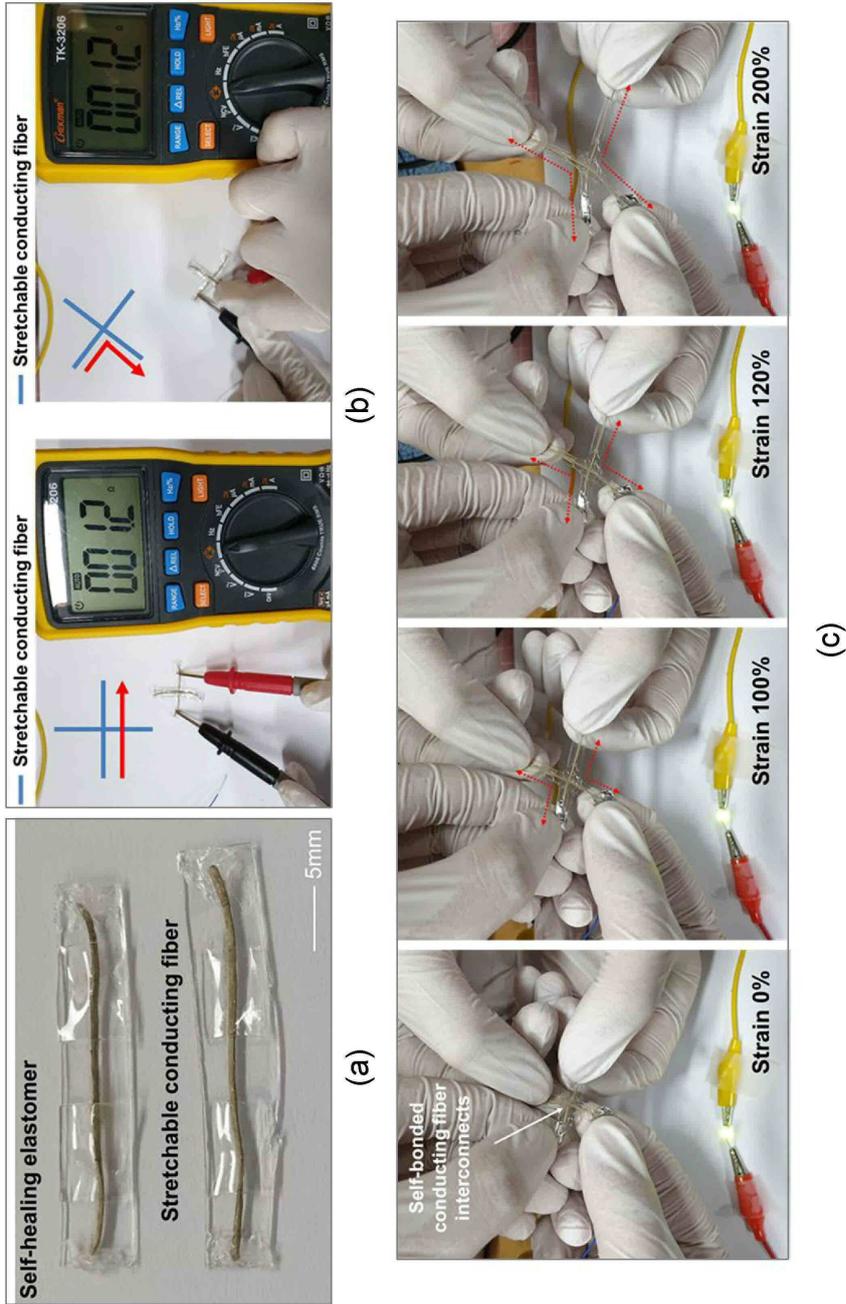
도면8



도면9



도면10



도면11

