



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년10월19일

(11) 등록번호 10-2590518

(24) 등록일자 2023년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 27/12 (2006.01) H01L 29/786 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01L 27/1262 (2013.01)
H01L 27/1214 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0190562

(22) 출원일자 2021년12월29일

심사청구일자 2021년12월29일

(65) 공개번호 10-2023-0100899

(43) 공개일자 2023년07월06일

(56) 선행기술조사문헌

Hyo Seong Lee et all., 'Fabrication of a Conjugated Fluoropolymer Film Using One-Step iCVD Process and its Mechanical Durability', coating9070430, MDPI, Article, (2019,07,08.)*

Youngmin Kim et all., 'Heterogeneous Configuration of a Ag Nanowire/Polymer Composite Structure for Selectively Stretchable Transparent Electrodes', ACS APPLIED MATERIALS&INTERFACES, Research Article,*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국과학기술원

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

(72) 발명자

임성갑

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)

김유손

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 6 항

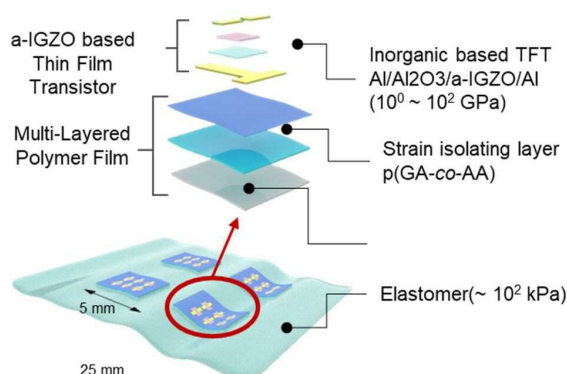
심사관 : 장영주

(54) 발명의 명칭 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼 및 그 설계 방법

(57) 요약

기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼 및 그 설계 방법이 제시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼은, 신축성 기판; 및 상기 신축성 기판 상에 증착되며, 기상 증착 공정을 이용하여 구성되는 다층 구조의 고분자 필름을 포함하고, 상기 고분자 필름은 리지드 아일랜드(rigid island) 구조로 상기 신축성 기판에 구성될 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 29/7869 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711132180
과제번호 2021R1A2B5B0300141611
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공분야기초연구사업
연구과제명 (N01210722)(통합EZ)이온성/극성 고분자 박막 기반 고성능 소재 개발 및 응용 (2021년도)

기 여 율 33/100
과제수행기관명 한국과학기술원
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711139066
과제번호 2016R1A5A100992622
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공분야기초연구사업
연구과제명 (N01210081)(통합EZ)웨어러블 플랫폼소재 기술센터(2021년도)
기 여 율 33/100
과제수행기관명 한국과학기술원
연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1425156394
과제번호 S3197681
부처명 중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명 중소기업기술정보진흥원
연구사업명 소재부품장비 전략협력 기술개발사업
연구과제명 (N04210167)(RCMS)디스플레이의 형태 가변에 안정한 수분 봉지막과 터치소자용 유/

무기 복합 hybrid 소재 개발(2021년도)

기 여 율 34/100
과제수행기관명 한국과학기술원
연구기간 2021.10.08 ~ 2021.11.21

명세서

청구범위

청구항 1

신축성 기관; 및

상기 신축성 기관 상에 증착되며, 기상 증착 공정을 이용하여 구성되는 다층 구조의 고분자 필름을 포함하고,

상기 고분자 필름은 리지드 아일랜드(rigid island) 구조로 상기 신축성 기관에 구성되고,

아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)을 공중합하여 증착된 층을 포함하는 것을 특징으로 하는, 다층 구조의 기관 플랫폼.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 고분자 필름은 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)을 통해 적층 구조를 형성하고,

상기 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)은 반응기 내부로 단량체와 개시제가 기상으로 주입되고, 기관의 표면에 흡착된 상기 단량체를 고온 필라멘트에 의해 라디칼화된 상기 개시제가 개시 반응을 일으켜 고분자를 중합하는 공정인 것

을 특징으로 하는, 다층 구조의 기관 플랫폼.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 고분자 필름은,

상기 신축성 기관과 맞닿는 최하층이 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 단량체로 이루어지는 것

을 특징으로 하는, 다층 구조의 기관 플랫폼.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 고분자 필름은,

상기 신축성 기관과 맞닿는 최하층이 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)으로 이루어지는 것

을 특징으로 하는, 다층 구조의 기관 플랫폼.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 고분자 필름은,

적어도 2개 이상의 단량체를 공중합하여 증착된 층을 포함하는 것

을 특징으로 하는, 다층 구조의 기관 플랫폼.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 고분자 필름은 3개의 적층 구조로 이루어지며,

상기 신축성 기관과 맞닿는 상기 고분자 필름의 다층 구조의 최하층은 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)으로 구성되고, 상기 최하층의 상층에 아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)을 공중합하여 증착되는 것

을 특징으로 하는, 다층 구조의 기관 플랫폼.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 본 발명의 실시예들은 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 열팽창 계수(CTE)가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기관 플랫폼 및 그 설계 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 플렉서블(flexible) 및 폴더블(foldable) 전자 장치(electronics) 이후의 차세대 전자장치의 폼팩터(form factor)로 스트레처블 디바이스(stretchable device)가 각광받으며 다양한 연구가 진행되고 있는 가운데, 리지드 아일랜드(rigid island) 구조를 이용한 스트레처블 디바이스의 설계는 고성능의 디바이스를 제작할 수 있다는 장점이 있고, 기존의 전통적인 디바이스 제작 방식을 적용할 수 있다는 점에서 상용화에 가장 근접한 디바이스 설계 방식이라 할 수 있다.

[0003] 하지만 리지드 아일랜드(rigid island) 설계 방식엔 단단한(rigid) 소재와 부드러운(soft) 소재의 접합이 필연적으로 존재하게 되고, 이 계면에서 발생하는 문제들, 대표적으로 낮은 계면 접착력(poor interfacial adhesion), 경계면에 집중되는 응력(stress concentration at rigid-soft transition area), 급격한 열 팽창

특성 차이에 의한 잔류 응력 문제 전체적인 디바이스의 내구성을 저하시킬 뿐 아니라, 여러 가지 열처리 공정에서의 수율을 낮추는 문제를 야기한다.

[0004] 한국등록특허 10-2103067호는 이러한 낮은 영률을 가지는 신축성층 위 단단한 아일랜드 패턴의 제작 방법 및 이를 이용한 신축성 전자소자 플랫폼에 관한 기술을 기재하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-2103067호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼 및 그 설계 방법에 관하여 기술하며, 보다 구체적으로 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(initiated Chemical Vapor Deposition, iCVD)을 통하여 기계적 모듈러스와 열팽창 계수(CTE)가 점진적으로 증가하는 다층 구조의 필름을 설계하고, 이를 신축성 기판에 적용하는 기술을 제공한다.

[0007] 본 발명의 실시예들은 기계적인 특성과 열적인 특성이 수직 방향으로 그레이딩(grading)된 다층 구조의 고분자 필름을 리지드 아일랜드(rigid island)의 소재로 적용하여, 하부의 엘라스토머(elastomer) 기판 및 상부의 전자 디바이스와의 모듈러스 미스매치(modulus mismatch)와 열팽창 계수(Coefficient of Thermal Expansion, CTE) 미스매치를 해소하고, 인장(tensile) 변형 시 경계면에 집중되는 응력을 해소할 수 있는 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼 및 그 설계 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼은, 신축성 기판; 및 상기 신축성 기판 상에 증착되며, 기상 증착 공정을 이용하여 구성되는 다층 구조의 고분자 필름을 포함하고, 상기 고분자 필름은 리지드 아일랜드(rigid island) 구조로 상기 신축성 기판에 구성될 수 있다.

[0009] 상기 고분자 필름은, 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(initiated Chemical Vapor Deposition, iCVD)을 통해 기계적인 모듈러스가 점진적으로 증가하고, 열팽창 계수(CTE)가 점진적으로 감소하도록 그레이딩된 적층 구조를 형성할 수 있다.

[0010] 상기 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)은, 반응기 내부로 단량체와 개시제가 기상으로 주입되고, 기판의 표면에 흡착된 상기 단량체를 고온 필라멘트에 의해 라디칼화된 상기 개시제가 개시 반응을 일으켜 고분자를 중합하는 공정이다.

[0011] 상기 고분자 필름은, 상기 신축성 기판과 맞닿는 최하층이 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 단량체로 이루어질 수 있다.

[0012] 상기 고분자 필름은, 상기 신축성 기판과 맞닿는 최하층이 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)으로 이루어질 수 있다.

[0013] 상기 고분자 필름은, 적어도 2개 이상의 단량체를 공중합하여 증착된 층을 포함할 수 있다.

[0014] 상기 고분자 필름은, 아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)을 공중합하여 증착된 층을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 고분자 필름은 3개의 적층 구조로 이루어지며, 상기 신축성 기판과 맞닿는 상기 고분자 필름의 다층 구조의 최하층은 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)으로 구성되고, 상기 최하층의 상층에 아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)을 공중합하여 증착될 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼 설계 방법은, 신축성 기판을 준비하는 단계; 및 상기

신축성 기판 상에 기상 증착 공정을 이용하여 구성된 다층 구조의 고분자 필름이 증착되는 단계를 포함하고, 상기 고분자 필름은 리지드 아일랜드(rigid island) 구조로 상기 신축성 기판에 구성될 수 있다.

[0017] 상기 다층 구조의 고분자 필름이 증착되는 단계는, 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(initiated Chemical Vapor Deposition, iCVD)을 통해 기계적인 모듈러스가 점진적으로 증가하고, 열팽창 계수(CTE)가 점진적으로 감소하도록 그레이딩된 적층 구조를 형성할 수 있다.

[0018] 상기 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)은, 반응기 내부로 단량체와 개시제가 기상으로 주입되고, 기판의 표면에 흡착된 상기 단량체를 고온 필라멘트에 의해 라디칼화된 상기 개시제가 개시 반응을 일으켜 고분자를 중합하는 공정이다.

[0019] 상기 다층 구조의 고분자 필름이 증착되는 단계는, 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 단량체로 이루어진 상기 신축성 기판과 맞닿는 최하층을 구성하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0020] 상기 다층 구조의 고분자 필름이 증착되는 단계는, 적어도 2개 이상의 단량체를 공중합하여 증착된 층을 구성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0021] 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)으로 이루어진 상기 신축성 기판과 맞닿는 최하층을 구성하는 단계; 및 상기 최하층의 상측에 아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)을 공중합하여 증착하는 단계를 포함하고, 상기 고분자 필름은 3개의 적층 구조로 이루어질 수 있다.

[0022] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다층 구조의 고분자 필름은, 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 단량체로 구성되는 최하층; 및 상기 최하층의 상측에 적층되며, 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(initiated Chemical Vapor Deposition, iCVD)을 통해 적어도 2개 이상의 단량체를 공중합하여 증착되는 상부층을 포함하고, 상기 최하층 및 상기 상부층은 적층되어 다층 구조를 형성하며, 리지드 아일랜드(rigid island) 구조로 기판에 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예들에 따르면 기계적인 특성과 열적인 특성이 수직 방향으로 그레이딩(grading)된 다층 구조의 고분자 필름을 리지드 아일랜드(rigid island)의 소재로 적용하여, 하부의 엘라스토머(elastomer) 기판 및 상부의 전자 디바이스와 모듈러스 미스매치(modulus mismatch)와 열팽창 계수(Coefficient of Thermal Expansion, CTE) 미스매치를 해소하고, 인장(tensile) 변형 시 경계면에 집중되는 응력을 해소할 수 있는 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼 및 그 설계 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼 설계 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자 필름의 화학 구조를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 FT-IR 분석 그래프를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 XPS 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 중합된 고분자 필름의 기계적 특성을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 중합된 고분자 필름의 CTE 데이터를 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 3층 구조의 고분자 필름의 디멘션(dimension) 설계를 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼을 촬영한 사진을 나타낸다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼 및 변형에 따른 사진을 나타낸다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼의 응력을 설명하기 위한 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼의 내구성 테스트 실험 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명한다. 그러나, 기술되는 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시예들에 의하여 한정되는 것은 아니다. 또한, 여러 실시예들은 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 도면에서 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 개시체를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)을 설명하기 위한 도면이다. 보다 구체적으로, 도 1의 (a)는 iCVD 장비를 나타내며, (b)는 iCVD 공정에 대한 모식도를 나타낸다.
- [0028] 본 발명의 실시예들은 개시체를 이용한 화학 기상 증착 방법(initiated Chemical Vapor Deposition, iCVD)을 통하여 기계적 모듈러스가 점진적으로 증가하고, 열팽창 계수(Coefficient of Thermal Expansion, CTE)가 점진적으로 감소하는 3층 구조의 필름을 설계하고, 이를 신축성 기판에 적용하여 스트레처블 디바이스 플랫폼에 활용되는 리지드 아일랜드(rigid island) 형태의 기판 플랫폼으로 적용한 것이다. 여기서, 모듈러스(modulus)는 응력과 변형의 비를 나타내는 탄성계수를 의미할 수 있다.
- [0029] 일반적으로 리지드 아일랜드(rigid island) 플랫폼에선 신축성 기판과 리지드 필름(rigid film) 사이의 물리적, 열적 특성 차이로 인한 낮은 결합 문제가 존재하고, 이로 인해 내구성이 매우 떨어지는 문제점이 있다.
- [0030] 본 발명의 실시예들은 이를 해결하기 위하여 신축성 기판과 리지드 아일랜드(rigid island) 계면에서 발생하는 응력을 감소하고, 접착력을 증가시켜 최종적으로 내구성을 향상시킬 수 있는 다층 구조의 리지드 아일랜드(rigid island) 시스템이 설계되었다. 설계는 ANSYS 프로그램을 이용한 FEA 분석 및 크리티컬 변형률(critical strain) 및 잔류 변형률(residual strain)을 정밀하게 계산하는 것을 통하여 최적화하였다.
- [0031] iCVD 공정을 이용할 경우 정밀한 두께 제어가 가능하여 이론적 설계를 통해 최적화된 구조를 형성하기 쉬우며, 특히 기체상의 단량체 및 개시체가 하부 기판에 흡착하며 고분자화 된다는 특징으로 인해 계면 사이에 높은 접착력이 보증된다는 장점이 있다. 3층 구조를 통해 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 필름을 리지드 아일랜드(rigid island)로써 적용할 경우 단층 구조의 리지드 아일랜드(rigid island)에 비하여 100배 이상의 반복적인 인장 하중(tensile loading)을 견딜 수 있다는 것을 피로 시험(fatigue test)을 통해 확인하였다.
- [0033] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0034] 도 2를 참조하면, 모듈러스 및 CTE가 그레이딩된 다층 구조의 고분자 필름을 나타내며, 고분자 필름이 엘라스토머 위에 아일랜드(island) 형태로 패터닝된 기판 플랫폼을 나타낸다.
- [0035] 본 발명의 실시예들은 앞에서 설명한 리지드 아일랜드(rigid island) 설계의 문제점을 해결하는 방법에 관한 것으로, 기계적인 특성과 열적인 특성이 수직 방향으로 그레이딩(grading)된 다층 구조의 고분자 필름을 리지드 아일랜드(rigid island)의 소재로 적용하여, 하부의 엘라스토머(elastomer) 기판 및 상부의 전자 디바이스와의 모듈러스 미스매치(modulus mismatch)와 열팽창 계수(Coefficient of Thermal Expansion, CTE) 미스매치를 해소하고, 인장(tensile) 변형 시 경계면에 집중되는 응력을 해소할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 실시예들은 다층 구조의 리지드 아일랜드(rigid island)로 응용될 고분자 필름을 새롭게 제공할 뿐 아니라, 모듈러스와 CTE 차이가 있는 필름을 적층할 때, 표면 주름(wrinkle)의 문제없이 안정적으로 적층 구조를 유지할 수 있는 적층 설계에 대한 내용도 포함한다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼은 신축성 기판 및 고분자 필름을 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0038] 신축성 기판은 엘라스토머가 될 수 있으며, 예컨대 PDMS(Polydimethylsiloxane) 기판이 될 수 있다.
- [0039] 고분자 필름은 신축성 기판 상에 증착되며, 기상 증착 공정을 이용하여 구성되는 다층 구조로 이루어질 수 있다. 이 때, 고분자 필름은 리지드 아일랜드(rigid island) 구조로 신축성 기판에 구성될 수 있다.

- [0040] 고분자 필름은 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)을 통해 기계적인 모듈러스가 점진적으로 증가하고, 열팽창 계수(CTE)가 점진적으로 감소하도록 그레이딩된 적층 구조를 형성할 수 있다. 여기서, 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)은 반응기 내부로 단량체와 개시제가 기상으로 주입되고, 기판의 표면에 흡착된 단량체를 고온 필라멘트에 의해 라디칼화된 개시제가 개시 반응을 일으켜 고분자를 중합하는 공정이다.
- [0041] 고분자 필름은 신축성 기판과 맞닿는 최하층이 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 단량체로 이루어질 수 있다. 예컨대, 고분자 필름은 신축성 기판과 맞닿는 최하층이 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)으로 이루어질 수 있다.
- [0042] 또한, 고분자 필름은 적어도 2개 이상의 단량체를 공중합하여 증착된 층을 포함할 수 있다. 예컨대, 고분자 필름은 아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)을 공중합하여 증착된 층을 포함할 수 있다.
- [0043] 즉, 고분자 필름은 3개의 적층 구조로 이루어지며, 신축성 기판과 맞닿는 고분자 필름의 다층 구조의 최하층은 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)으로 구성되고, 최하층의 상층에 아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)을 공중합하여 증착될 수 있다.
- [0044] 보다 구체적으로, 실시예들은 기상 고분자 증착 공정인 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)을 이용한다. iCVD 공정은 반응기 내부로 단량체와 개시제가 기상으로 주입되고, 기판의 표면에 흡착된 단량체를 고온 필라멘트(hot filament)에 의해 라디칼화된 개시제가 개시 반응을 일으켜 고분자를 중합하는 공정 방법으로, 용매를 사용하지 않고 기상에서 고분자를 중합하는 방법이기 때문에 유기 용매에 취약한 엘라스토머 소재를 기판으로 사용할 수 있다. 또한, 반응 물질이 기체 상태로 기판에 흡착하게 되므로 계면에서 좋은 접합과 높은 접착력을 형성시키면서 적층 구조를 손쉽게 얻을 수 있다.
- [0045] 추가적으로, iCVD 공정은 20~40℃ 정도의 낮은 온도 환경에서 증착이 이루어지며, 다양한 단량체를 도입하고, 손쉽게 공중합 할 수 있다. 본 발명은 실험을 통해 다양한 고분자 박막을 합성할 수 있다는 것을 확인하였으며, 그 단량체의 후보군으로 Methyl acrylate, ethyl acrylate, chloroethyl acrylate, propyl acrylate, isopropyl acrylate, n-butyl acrylate, iso-butyl acrylate, tert-butyl acrylate, hexyl acrylate, n-octyl acrylate, 2-ethylhexyl acrylate, cyclohexyl acrylate, 3,3,5-trimethylcyclohexyl acrylate, n-nonyl acrylate, iso-decyl acrylate, iso-nonyl acrylate, dodecyl acrylate, hexadecyl acrylate, heptadecyl acrylate, 2-(Dimethylamino) ethyl methacrylate, tetrahydrofurfuryl acrylate, methoxyethyl acrylate, 2-ethoxyethyl acrylate, ethoxy(diethylene glycol) acrylate, cyanomethyl acrylate, 2-cyanoethyl acrylate, 4-cyanobutyl acrylate, hydroxyethyl acrylate, 3-hydroxypropyl acrylate, 2-hydroxypropyl acrylate, 4-hydroxybutyl acrylate, 2,2,2-trifluoroethyl acrylate, 2,2,3,3-tetrafluoropropyl acrylate, benzyl acrylate, benzyl 2-ethylacrylate, 2-phenoxyethyl acrylate, butyl methacrylate, hexyl methacrylate, 2-ethylhexyl methacrylate, pentyl methacrylate, octyl methacrylate, Dimethylaminoethyl methacrylate, diethylaminoethyl methacrylate, isodecyl methacrylate, decyl methacrylate, dodecyl methacrylate, tetradecyl methacrylate, hexadecyl methacrylate, octadecyl methacrylate 등이 있다.
- [0046] 다양한 단량체 후보군 중, 본 발명의 실시예에서 poly(2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate))와 poly(glycidyl acrylate-co-acrylic acid)를 iCVD 공정을 이용하여 합성하였고, 이를 조합하여 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 리지드 아일랜드(rigid island) 기판 플랫폼을 제작하였다.
- [0047] 구체적으로, 다양한 엘라스토머 위에 수십 μm 두께를 갖는 3층 구조의 고분자 박막을 아일랜드(island) 형태와 함께 적층하였다. 흔히 사용되는 엘라스토머의 경우 수십~수 MPa 수준의 영률(Young's modulus) 및 300 ppm/℃ 수준의 열팽창 계수(Coefficient of Thermal Expansion, CTE)를 보이고, 전자 디바이스를 이루는 metal, metal-oxide 소재는 수~수백 GPa의 영률, 수~수십 ppm/℃ 수준의 CTE를 갖는다. 이 때문에 iCVD로 제작된 다층 구조의 리지드 아일랜드(rigid island) 시스템은 이 사이를 순차적으로 그레이딩(grading) 할 수 있도록 모듈러스 디자인을 하였다.
- [0048] 엘라스토머와 맞닿는 적층 구조의 맨 아래층에는 수십 kPa의 낮은 모듈러스를 갖는 poly(2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate))를 증착하여 계면에서의 모듈러스 매칭 및 전단 변형(shear deformation)에 의

한 응력 해소(stress dissipation)가 원활하도록 하였다. 나머지 부분은 에폭시 링(epoxy ring)을 포함하는 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)과 카복실산(carboxylic acid)을 포함하는 아크릴산(acrylic acid, AA)을 두 가지 조성비로 공중합하여 증착하였다. poly(glycidyl acrylate-co-acrylic acid)를 증착한 뒤 열처리를 진행하게 되면 카복실산(carboxylic acid)과 에폭시 링(epoxy ring) 사이에 가교 반응이 일어나며 기계적 특성과 열적 특성이 증가하며 높은 영률과 낮은 CTE를 설계할 수 있다.

[0049] ANSYS 프로그램을 이용한 유한요소해석(Finite Element Analysis, FEA) 시뮬레이션 분석을 통하여 다층 구조의 리지드 아일랜드(rigid island) 구조는 단일층 구조의 리지드 아일랜드(rigid island) 구조에 비해 계면에서 작은 응력만 생성한다는 것을 확인하였고, 설계한 리지드 아일랜드(rigid island)를 PDMS(Polydimethylsiloxane) 위에 증착하여 실제 샘플을 제작하였을 때에도 샘플에서 유의미한 내구성 향상이 있음을 증명하였다.

[0051] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 다층 구조의 고분자 필름은, 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 단량체로 구성되는 최하층, 및 최하층의 상층에 적층되며, 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)을 통해 적어도 2개 이상의 단량체를 공중합하여 증착되는 상부층을 포함하여 이루어질 수 있다. 여기서 최하층 및 상부층은 적층되어 다층 구조를 형성하며, 리지드 아일랜드(rigid island) 구조로 기판에 구성될 수 있다. 다른 실시예에 따른 다층 구조의 고분자 필름은 앞에서 설명한 다층 구조의 기판 플랫폼의 고분자 필름과 그 구성이 중복되어 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0053] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 증착 공정을 통한 모듈러스와 CTE가 그레이딩된 고내구성 다층 구조의 기판 플랫폼 설계 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0054] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼 설계 방법은, 신축성 기판을 준비하는 단계(S110), 및 신축성 기판 상에 기상 증착 공정을 이용하여 구성된 다층 구조의 고분자 필름이 증착되는 단계(S120)를 포함하고, 고분자 필름은 리지드 아일랜드(rigid island) 구조로 신축성 기판에 구성될 수 있다.

[0056] 단계(S110)에서, 신축성 기판을 준비할 수 있다. 여기서 신축성 기판은 엘라스토머일 수 있다.

[0057] 단계(S120)에서, 신축성 기판 상에 기상 증착 공정을 이용하여 구성된 다층 구조의 고분자 필름이 증착될 수 있다.

[0058] 보다 구체적으로, 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)을 통해 기계적인 모듈러스가 점진적으로 증가하고, 열팽창 계수(CTE)가 점진적으로 감소하도록 그레이딩된 적층 구조를 형성할 수 있다. 여기서, 개시제를 이용한 화학 기상 증착 방법(iCVD)은 반응기 내부로 단량체와 개시제가 기상으로 주입되고, 기판의 표면에 흡착된 단량체를 고온 필라멘트에 의해 라디칼화된 개시제가 개시 반응을 일으켜 고분자를 중합하는 공정이다.

[0059] 단계(S120)는, 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 단량체로 이루어진 신축성 기판과 맞닿는 최하층을 구성하는 단계(S121)를 포함하여 이루어질 수 있다. 예컨대, 고분자 필름은 3개의 적층 구조로 이루어질 수 있으며, 다른 층보다 낮은 모듈러스를 갖는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)으로 이루어진 신축성 기판과 맞닿는 최하층을 구성할 수 있다.

[0060] 또한, 단계(S120)는, 적어도 2개 이상의 단량체를 공중합하여 증착된 층을 구성하는 단계(S122)를 더 포함할 수 있다. 예컨대, 고분자 필름은 3개의 적층 구조로 이루어질 수 있으며, 최하층의 상층에 아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)을 공중합하여 증착할 수 있다.

[0062] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자 필름의 화학 구조를 나타내는 도면이다.

[0063] 도 4를 참조하면, 3층 구조의 고분자 필름을 이루고 있는 고분자 필름의 화학 구조를 나타낸 것으로, 도 4의 (a)는 2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate)과 그의 중합체, (b)는 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA), 아크릴산(acrylic acid, AA)과 그의 공중합체를 나타낸 것이다. 또한, (c)는 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)와 아크릴산(acrylic acid, AA) 공중합체가 열 에너지에 의해 가교 반응을 일으키는 메커니즘을 나타낸다.

[0065] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 FT-IR 분석 그래프를 나타내는 도면이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 XPS 분석 결과를 나타내는 도면이다.

[0066] 도 5를 참조하면, iCVD 공정을 통해 합성된 poly(2-하이드록시에틸 아크릴산(2-hydroxyethyl acrylate))과 poly(glycidyl acrylate-co-acrylic acid)를 Fourier Transform Infrared spectroscopy(FT-IR)로 분석한 그래프이다.

[0067] FT-IR 피크 분석을 통해 단량체의 화학 작용기가 손상 받지 않은 채 고분자 중합이 잘 이루어진 것을 확인할 수 있다. 추가로, 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)과 아크릴산(acrylic acid, AA)의 공중합체의 조성 제어가 잘 이루어진 것을 확인하기 위한 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy) 분석이 진행될 수 있으며, 그 결과가 도 6에 도시된 바와 같이 나타날 수 있다. XPS 분석 결과를 통해 고 공중합체의 조성 제어가 잘 이루어진 것을 확인할 수 있다.

[0069] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 중합된 고분자 필름의 기계적 특성을 나타내는 도면이다.

[0070] 보다 구체적으로, 도 7의 (a)는 인장 측정기를 통해 측정된 고분자 필름의 응력-변형률 곡선(stress-strain curve)을 나타내고, (b)는 응력-변형률 곡선으로부터 추출된 영률(Young's modulus) 및 극한 변형(ultimate strain) 값을 나타낸다.

[0071] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 중합된 고분자 필름의 CTE 데이터를 나타내는 도면이다. 또한, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 3층 구조의 고분자 필름의 디멘션(dimension) 설계를 나타내는 도면이다.

[0073] 한편, 3층 구조의 고분자 필름의 설계는 [수학식 1], [수학식 2] 및 [수학식 3]의 계산을 기반으로 최적화될 수 있다.

[0074] [수학식 1]은 인장 강도(tensile stiffness)를 나타내는 방정식이며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0075] [수학식 1]

$$\text{Tensile Stiffness} = E \cdot T$$

[0076]

여기서, E는 필름의 영률(Young's modulus of film)이고, T는 필름의 두께(thickness of film)이다.

[0077]

[수학식 2]는 이중 층 구조에서 계면의 크리티컬 변형률(critical strain)을 구하는 방정식이며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0079] [수학식 2]

$$\text{Critical strain } (\varepsilon_c) = \frac{1}{4} \left(\frac{3\bar{E}_{n-1}}{\bar{E}_n} \right)^{2/3}$$

[0080]

여기서, $\bar{E}_n$ and $\bar{E}_{n-1}$ refer to the plane strain moduli of the nth and (n-1)th layer films.

[0081]

[수학식 3]은 열팽창에 의한 잔류 변형률(residual strain)을 구하는 방정식이며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0083] [수학식 3]

$$\text{Residual strain } (\varepsilon_r) = \frac{1}{1 - \nu_n} \Delta(\alpha_{n-1} - \alpha_n) \Delta T$$

[0084]

여기서, ν_n is the poisson ration of the nth film, and α_n and α_{n-1} are the CTE of the nth and (n-1)th films.

[0085]

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기판 플랫폼을 촬영한 사진을 나타낸다.

[0086]

도 10의 (a)를 참조하면, [수학식 1], [수학식 2] 및 [수학식 3]을 통해 최적화된 구조로 다층 구조를 엘라스토머 위에 증착하였을 때의 그 표면을 Optical Microscopy(OM), Scanning Electron Microscopy(SEM), Atomic Force Microscopy(AFM)으로 촬영한 사진을 나타낸다. 수학식을 기반으로 구조를 설계하였을 때 표면 거칠기가 낮고 깨끗한 표면이 형성되는 것을 확인 가능하다.

[0087]

추가로, 도 10의 (b)에 도시된 바와 같이, [수학식 2], [수학식 3]의 최적화 없이 모듈러스 그레이딩을 갖는 다층 구조를 설계하였을 때 계면의 불안정성 때문에 표면이 일그러짐 현상(wrinkling surface)이 나타나는 것을 보여주기 위한 대조군 실험이 진행되었다.

[0088]

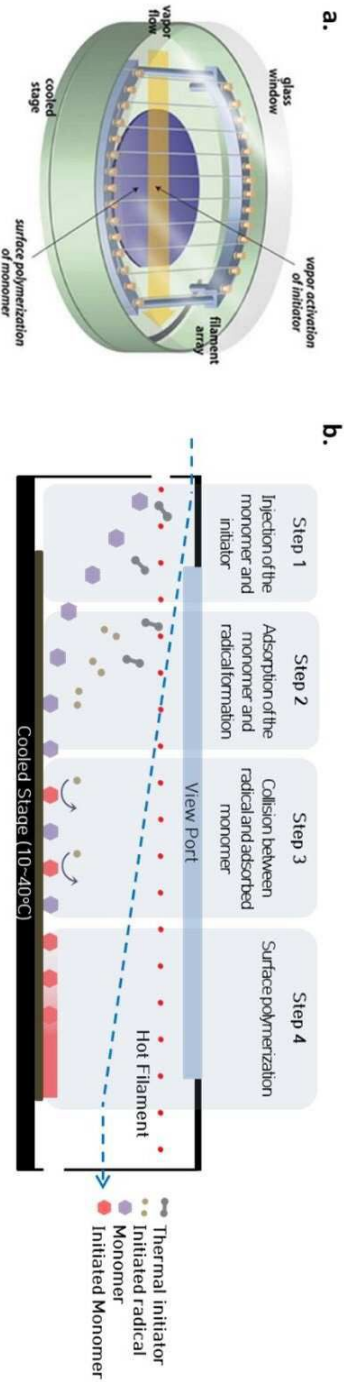
- [0090] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기관 플랫폼 및 변형에 따른 사진을 나타낸다.
- [0091] 도 11을 참조하면, 엘라스토머 위에 3층 구조의 고분자 필름이 증착된 것과, 벤딩(bending), 스트레칭(stretching) 및 트위스팅(twisting) 변형을 가하고 있는 모습을 나타낸다.
- [0092] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기관 플랫폼의 응력을 설명하기 위한 도면이다.
- [0093] 도 12의 (a)를 참조하면, 모듈러스를 그레이딩 하였을 때 엘라스토머와 아일랜드(island) 형태의 고분자 필름 계면에 집중되는 응력이 크게 감소한다는 것을 보여주는 유한요소해석(FEA) 시뮬레이션 이미지를 나타낸다. 또한, 도 12의 (b)에 도시된 바와 같이, 추출된 응력 데이터를 나타낼 수 있다.
- [0095] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 기관 플랫폼의 내구성 테스트 실험 결과를 나타낸다.
- [0096] 도 13을 참조하면, 엘라스토머와 고분자 필름 아일랜드(island)의 계면에서 균열(fracture)이 발생할 때까지 인장 변형(tensile deformation)을 반복하여 기관 플랫폼의 내구성을 테스트한 실험 결과이다. 결과를 통해 모듈러스를 그레이딩한 샘플에서 가장 많은 반복을 견디는 것을 확인할 수 있고, 이는 도 12의 시뮬레이션 결과에서 확인 가능하듯, 모듈러스 그레이딩을 통해 계면에서 집중되는 응력이 크게 감소되었기 때문이다.
- [0098] 이상과 같이, 본 발명의 실시예들은 iCVD라는 기상 증착 공정을 이용하여 적층 구조를 형성하였다. 실시예들은 단순히 모듈러스가 낮은 층을 도입하는 것이 아니라, 다층 구조의 모듈러스와 CTE를 모두 정밀하게 설계하여 구조를 설계하였다. 이에 따라 실시예들은 아크릴산(acrylic acid, AA)과 글리시딜 아크릴산(glycidyl acrylate, GA)를 공중합한 새로운 고분자 필름이 제시되었다.
- [0099] 더욱이, 본 발명의 실시예들은 단순히 단일 로딩(single loading)을 넘어 순환 로딩(cyclic loading)에 대한 내구성 테스트를 진행하므로, 인장 변형이 발생하였을 때 상부에 존재하는 전자 기기를 보호하는 데에 그치지 않고, 인장 변형이 반복적으로 이루어졌을 때의 발생 가능한 기계적 결함 위험을 크게 낮추는 데 성공하였다. 이에 따라 실시예들은 신축성 디바이스의 기계적 내구성을 크게 향상시킬 수 있다.
- [0100] 본 발명의 실시예들은 리지드 아일랜드(rigid island) 플랫폼에선 리지드 필름(rigid film)의 높은 단단함(stiffness)으로 인하여 외부 변형률(strain)이 가해져도 변형되지 않는 영역이 형성되기 때문에, 리지드 필름(rigid film) 위에 기계적으로 부서지기 쉬운 디바이스를 제작할 경우 이를 효과적으로 보호할 수 있다. 이러한 특징 덕분에 부서지기 쉬운 디바이스를 이용하여 스트레처블 디바이스를 제작하는 많은 경우에 적용될 수 있으며, 대표적으로는 스트레처블 센서, 스트레처블 디스플레이 등이 있다.
- [0101] 현재 전자기기의 폼팩터는 지속적으로 변화하고 있다. 이전에는 평면(planar) 형태의 디바이스였다면, 최근엔 플렉서블, 가까운 미래엔 롤러블(rollable) 폼팩터가 예고된다. 전자기기의 최종 폼팩터는 변형에 제한이 없는 폼팩터-프리(form-factor free)로 여겨지고 이를 위해서 스트레처블 디바이스가 활발히 연구 중이다. 자유롭게 변형이 가능한 디바이스는 특히 미래에 웨어러블 전자 장치 시장 및 바이오 의료(bio medical) 시장을 선도할 기술로 여겨진다.
- [0102] 본 발명의 실시예들에 따른 다층 구조의 리지드 아일랜드(rigid island)를 적용한 기관 플랫폼의 경우 시장에 쉽게 적용할 수 있다.
- [0103] iCVD 공정의 경우 개발된 롤투롤(roll to roll) 기술이 존재하며, 대면적화도 완료된 상태기에 기존 산업계에 존재하는 생산 라인, 특히 반도체 생산 라인에 적용되기 용이하다. 또한, 기상 공정으로 인하여 매우 높은 온도, 낮은 불순물로 인해 스트레처블 디바이스가 최종적으로 목표하는 웨어러블 디바이스, 바이오 의료 시장에 적용되기 알맞다. 또한, 높은 기계적 내구성과 더불어 CTE가 그레이딩되어 있어 높은 공정 온도가 요구되는 조건에서도 CTE 미스매치에 의한 계면 박리 및 파손을 방지할 수 있어, 트랜스퍼(transfer) 공정 없이, 기관 플랫폼으로 적용되었을 때 디바이스를 기관 위에 제작하는 공정에 용이성을 부여할 수 있다.
- [0104] 현재 연구실 수준에서 스트레처블 디바이스에 대한 연구는 활발히 이루어지고 있지만, 대부분 기기 성능에만 초점을 맞춘 기계적인 안정성 및 내구성에 대한 연구는 상대적으로 적은 편이다. 하지만 실제로 제품이 사용화되기 위해서는 기계적 내구성을 높이는 것이 매우 필수적이고 중요하다. 이에 본 발명의 실시예들에서 주장하고 개발한 내용은 현재 스트레처블 전자 장치(stretchable electronics)에서 부족한 내구성을 보완할 역할을 할 수 있다.
- [0105] iCVD 기술은 최근 반도체 업계에서 큰 주목을 받으며 실제 사업화를 눈 앞에 두고 있기에 매우 긍정적으로 보인다. 또한, 본 발명의 일 실시예에서 사용한 물질인 아크릴산(acrylic acid, AA) 및 글리시딜 아크릴산

(glycidyl acrylate, GA)의 경우 구입 비용이 저렴한 편이며, 기상 증착 시 매우 빠른 속도가 보증되기 때문에 (100nm/min 이상) 설계에 따라 공정을 매우 빠르게 마칠 수 있다.

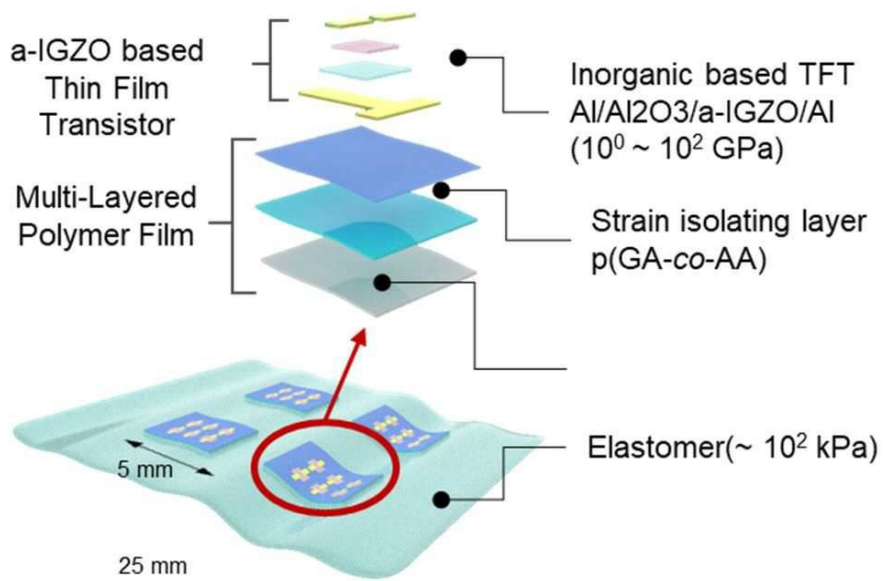
- [0107] 이상에서 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0108] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0109] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0110] 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0111] 또한, 각 도면을 참조하여 설명하는 실시예의 구성 요소가 해당 실시예에만 제한적으로 적용되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상이 유지되는 범위 내에서 다른 실시예에 포함되도록 구현될 수 있으며, 또한 별도의 설명이 생략될지라도 복수의 실시예가 통합된 하나의 실시예로 다시 구현될 수도 있음은 당연하다.
- [0112] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일하거나 관련된 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0113] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0114] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

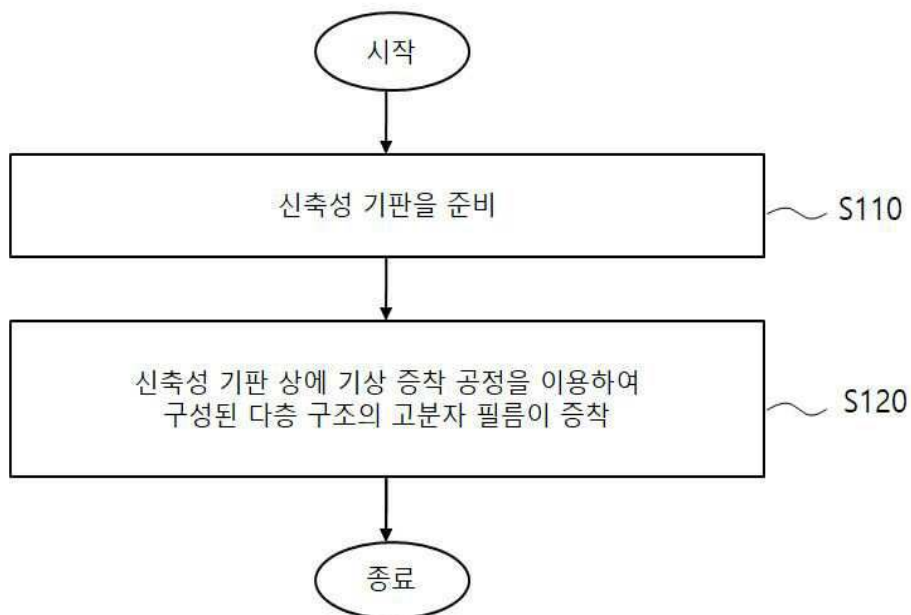
도면1

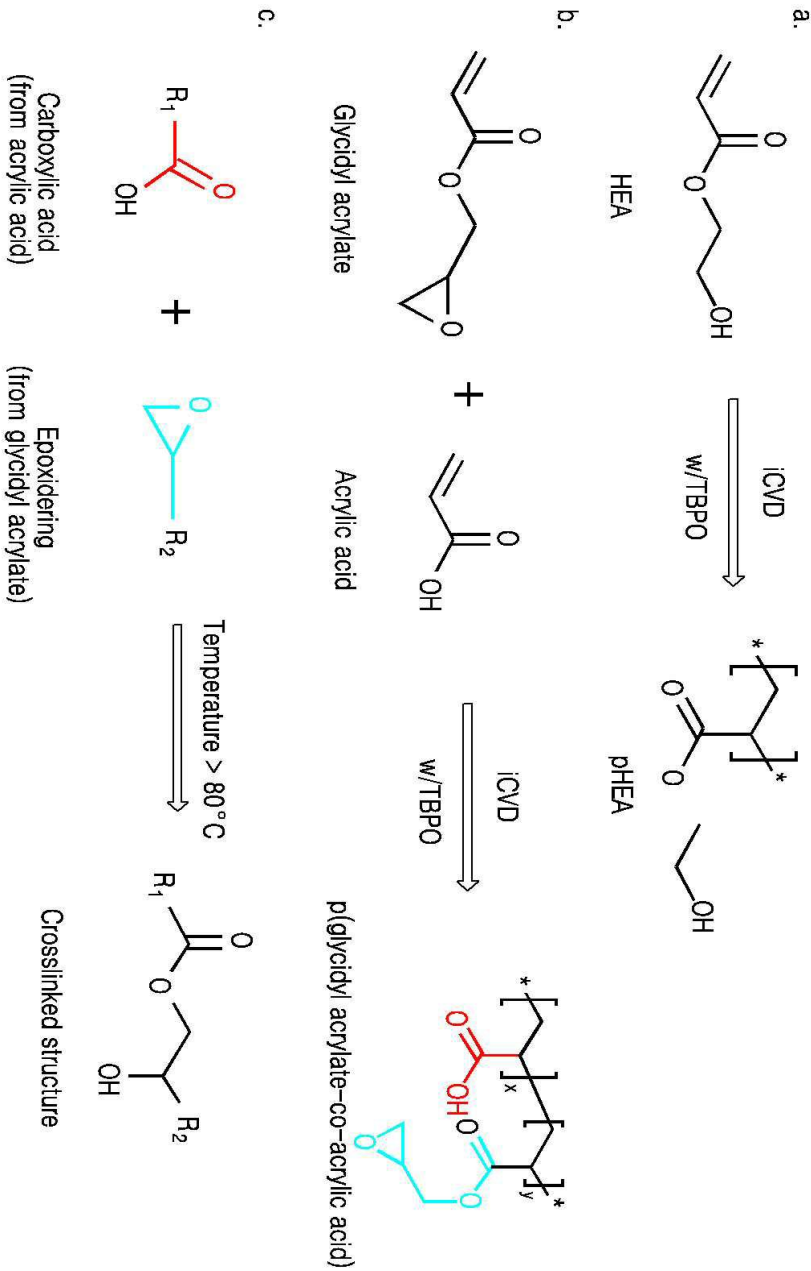


도면2

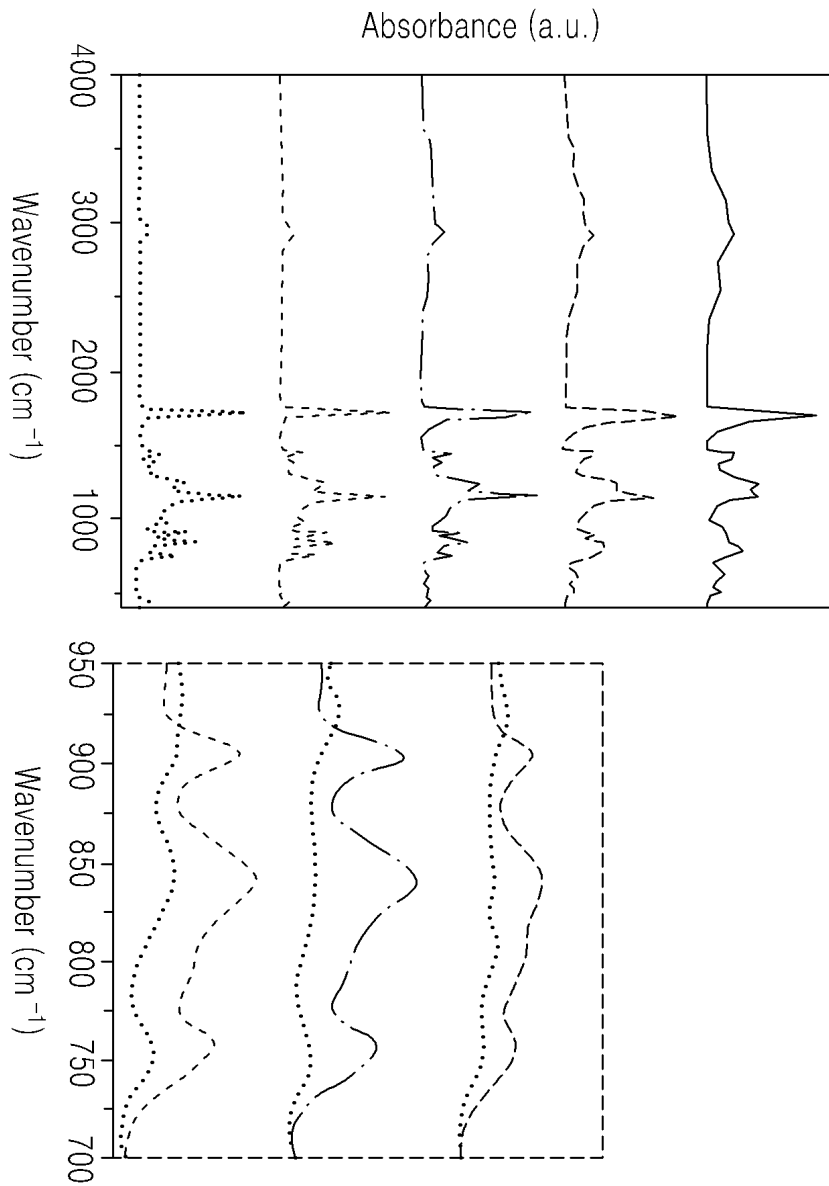


도면3

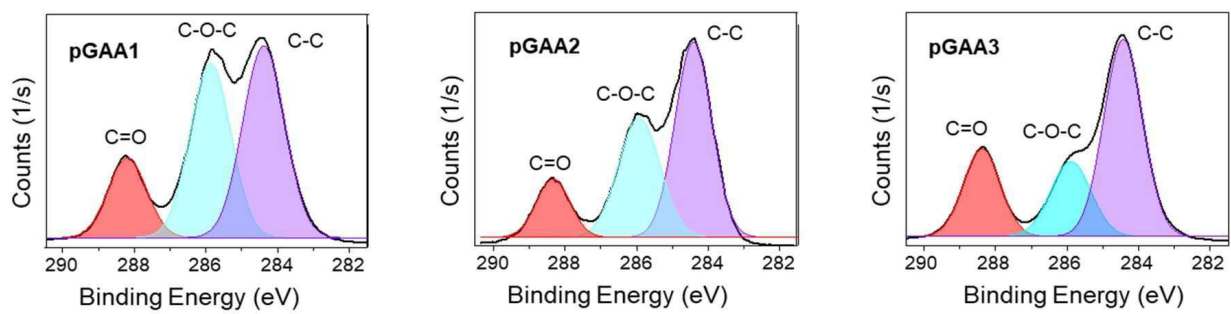




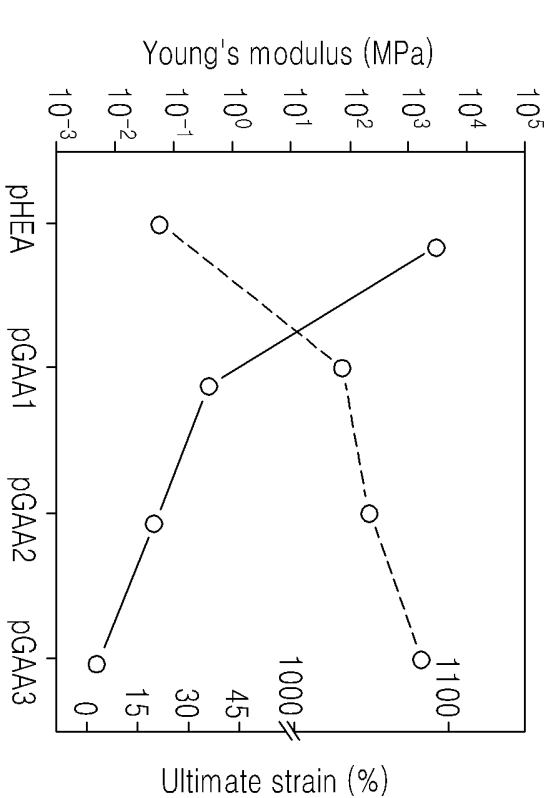
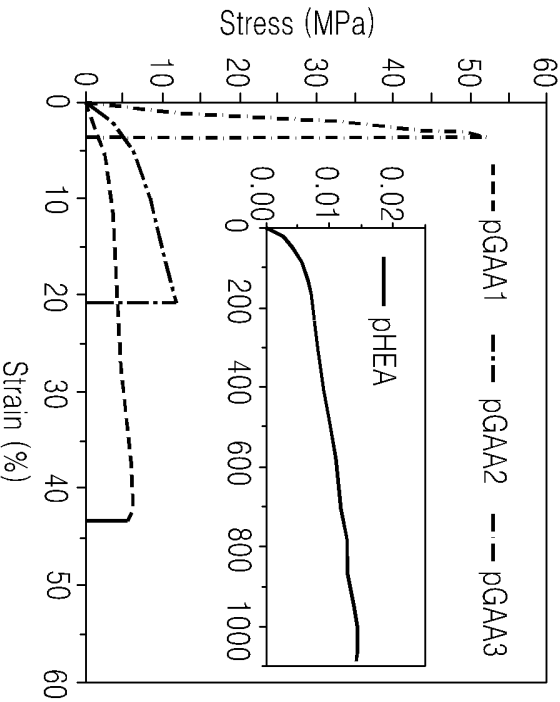
도면5



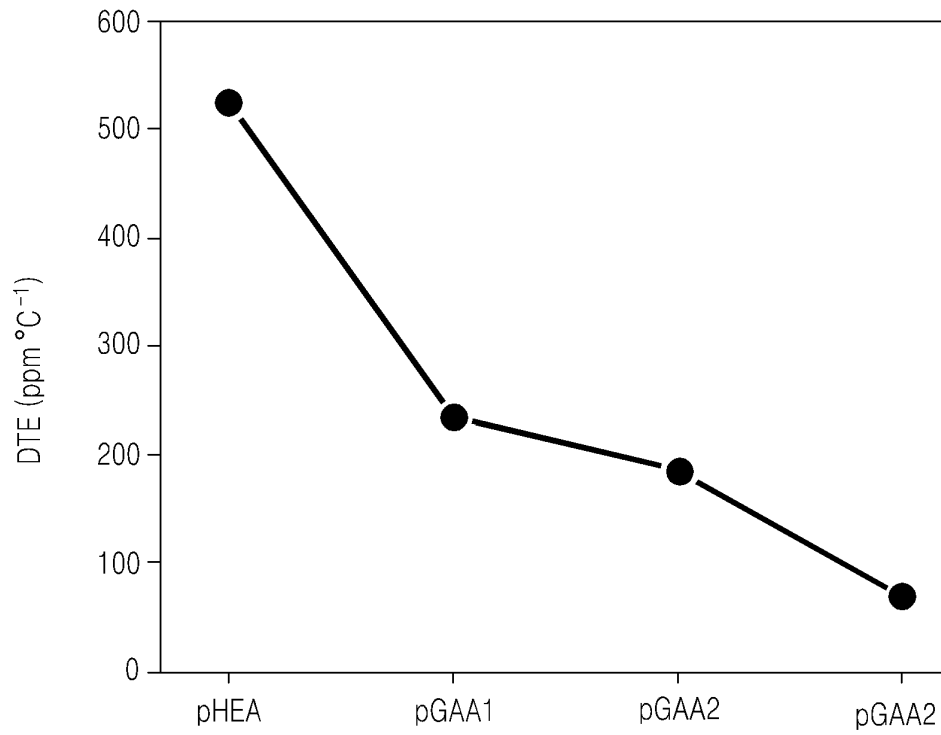
도면6



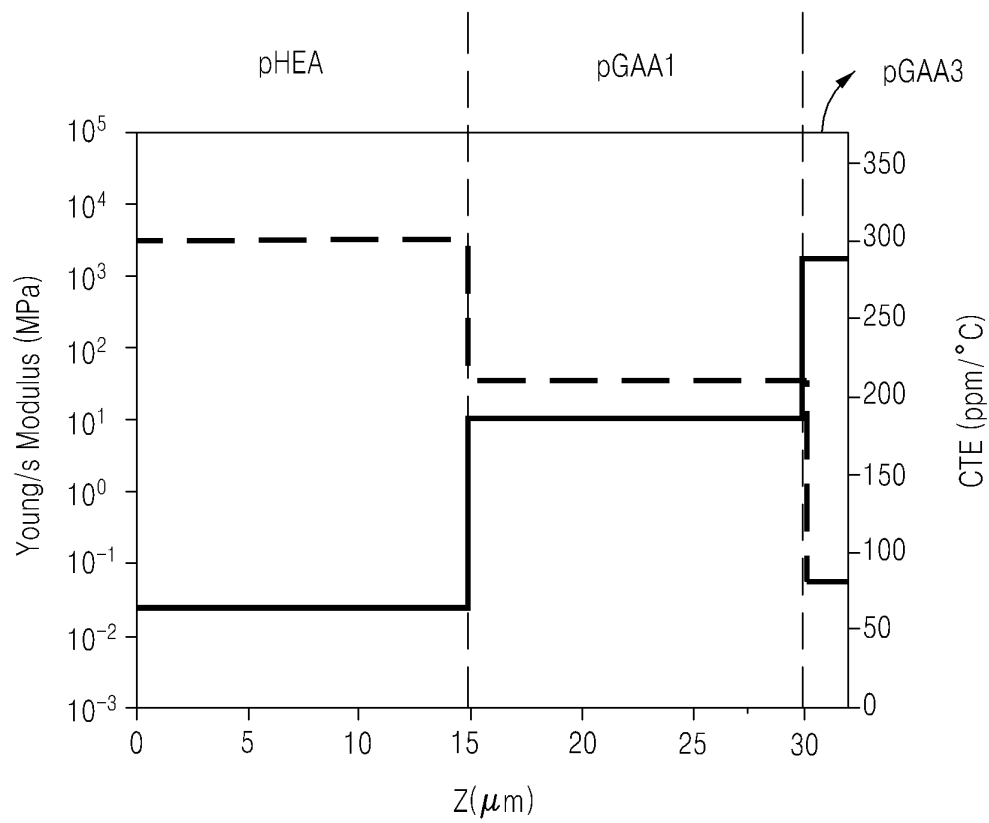
도면7



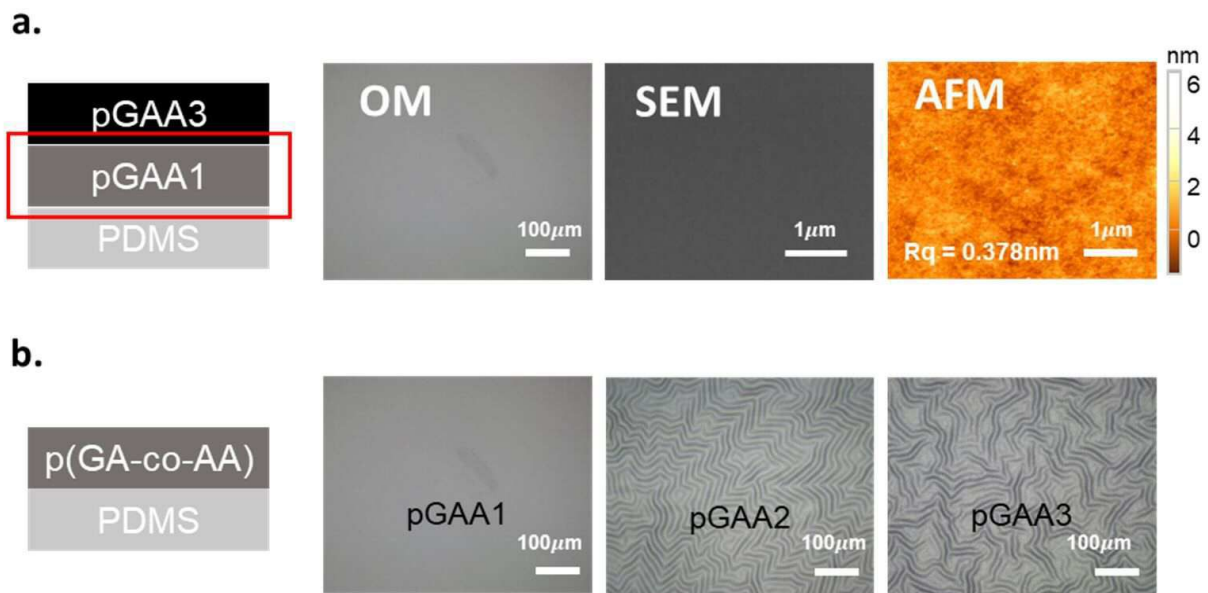
도면8



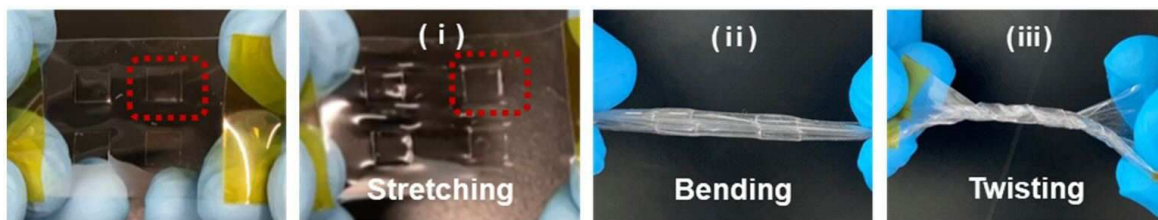
도면9



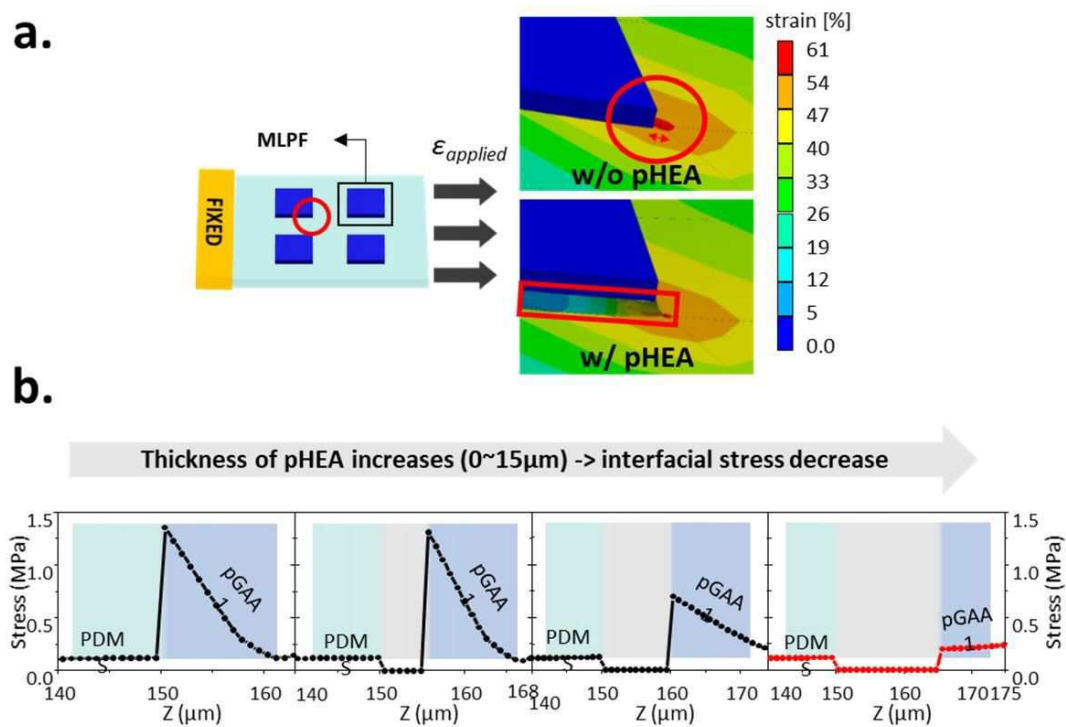
도면10



도면11



도면12



도면13

