



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년12월04일
(11) 등록번호 10-2608878
(24) 등록일자 2023년11월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/452 (2006.01) B05D 1/00 (2006.01)
C09J 133/04 (2006.01) C09J 4/00 (2006.01)
C09J 5/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C23C 16/452 (2013.01)
B05D 1/60 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-0002276
(22) 출원일자 2021년01월08일
심사청구일자 2021년01월08일
(65) 공개번호 10-2022-0100163
(43) 공개일자 2022년07월15일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020190004635 A*
KR1020200068188 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
- (72) 발명자
임성갑
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
정기훈
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
이유진
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
- (74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 3 항

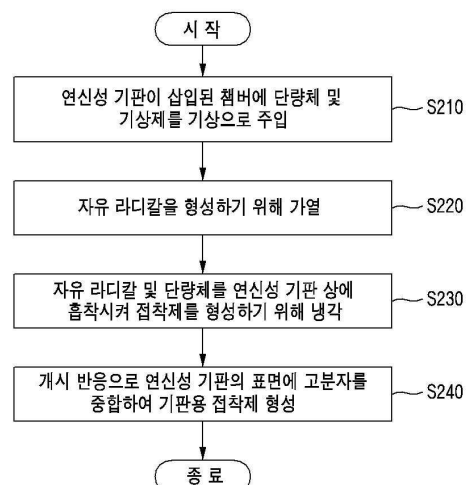
심사관 : 전형태

(54) 발명의 명칭 개시제를 이용한 화학 기상 증착법을 이용하는 연신성 기관용 접착제 형성방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용하여 연신성 기기를 위한 기관용 접착제를 형성하는 방법 및 장치에 관한 것으로서, 연신성 기관이 삽입된 챔버에 단량체 및 개시제를 기상으로 주입하는 단계, 자유 라디칼을 형성하기 위해 가열하는 단계, 상기 자유 라디칼과 상기 단량체를 상기 연신성 기관 상에 흡착시켜 접착제를 형성하기 위하여 냉각하는 단계 및 상기 자유 라디칼과 상기 흡착된 단량체 사이의 충돌에 의한 개시 반응으로 상기 연신성 기관의 표면에 고분자를 중합하여 기관용 접착제를 형성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C09J 133/04 (2013.01)

C09J 4/00 (2013.01)

C09J 5/00 (2019.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711104966
과제번호	2016R1A5A100992621
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업
연구과제명	웨어러블 플랫폼소재 기술센터(2020)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711100693
과제번호	N11190244
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국과학기술원
연구사업명	KAIST자체연구사업
연구과제명	미세먼지 및 생성 원인물질 제거용 Sustainable 공기필터 개발(2차)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용하여 연신성 기관용 접착제를 형성하는 방법에 있어서,

연신성 기관이 삽입된 챔버에 단량체 및 개시제를 기상으로 주입하는 단계;

자유 라디칼을 형성하기 위해 가열하는 단계;

상기 자유 라디칼과 상기 단량체를 상기 연신성 기관 상에 흡착시켜 접착제를 형성하기 위하여 생각하는 단계; 및

상기 자유 라디칼과 상기 흡착된 단량체 사이의 충돌에 의한 개시 반응으로 상기 연신성 기관의 표면에 고분자를 중합하여 기관용 접착제를 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 단량체 및 개시제를 기상으로 주입하는 단계는

낮은 유리전이온도(Tg)를 가지며, 기상에서의 균일한 혼합을 통해 공중합에 용이한 작용기를 갖는 상기 단량체를 주입한 후, 후처리를 통해 가교가 가능한 단량체와 체인(chain)을 형성하는 단량체를 주입하여 공중합 함에 따라 반복적인 연신 조건에서도 접착을 유지하며 수분으로부터 안정성을 갖는 신축성있는(stretchable) 상기 기관용 접착제를 형성하며,

상기 낮은 유리전이온도를 갖는 단량체는

메틸 아크릴레이트, 에틸 아크릴레이트, 클로로에틸 아크릴레이트, 프로필 아크릴레이트, 이소프로필 아크릴레이트, n-부틸 아크릴레이트, 이소-부틸아크릴레이트, 테트-부틸 아크릴레이트, 헥실 아크릴레이트, n-옥틸 아크릴레이트, 2-에티헥실 아크릴레이트, 씨클로헥실 아크릴레이트, 3,3,5-트리메틸클로헥실 아크릴레이트, n-노닐 아크릴레이트, 이소-데실 아크릴레이트, 이소-노닐 아크릴레이트, 도데실 아크릴레이트, 헥사데실 아크릴레이트, 헵타데실 아크릴레이트, 2-(Dimethylamino) 에틸 메타크릴레이트, 테트라하이드로프로필 아크릴레이트, 메톡시에틸 아크릴레이트, 2-에톡시에틸 아크릴레이트, 에톡시(diethylene glycol) 아크릴레이트, 시아노에틸 아크릴레이트, 2-시아노에틸 아크릴레이트, 4-시아노부틸 아크릴레이트, 하이드록시에틸 아크릴레이트, 3-하이드록시프로필 아크릴레이트, 2-하이드록시프로필 아크릴레이트, 4-하이드록시부틸 아크릴레이트, 2,2,2-트리플루오르에틸 아크릴레이트, 2,2,3,3-테트라플루오르프로필 아크릴레이트, 벤질아크릴레이트, 벤질 2-에틸 아크릴레이트, 2-피녹시에틸 아크릴레이트, 부틸 메타크릴레이트, 헥실 메타크릴레이트, 2-에틸헥실 메타크릴레이트, 펜틸 메타크릴레이트, 옥틸 메타크릴레이트, 디메틸아미노에틸 메타크릴레이트, 다이에틸아미노에틸 메타크릴레이트, 이소데실 메타크릴레이트, 데실 메타크릴레이트, 도데실 메타크릴레이트, 테트라데실 메타크릴레이트, 헥사데실 메타크릴레이트 및 옥타데실 메타크릴레이트 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 연신성 기관용 접착제 형성방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 연신성 기관은

신축성있고(stretchable), 쉽게 변형이 가능한 소프트한 기관인 것을 특징으로 하는, 연신성 기관용 접착제 형성방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용하여 연신성 기관용 접착제를 형성하는 장치에 있어서,

연신성 기관이 삽입된 챔버에 단량체 및 개시제를 기상으로 주입하는 주입부;

자유 라디칼을 형성하기 위해 가열하는 가열부;

상기 자유 라디칼과 상기 단량체를 상기 연신성 기관 상에 흡착시켜 접착제를 형성하기 위하여 냉각하는 냉각부; 및

상기 자유 라디칼과 상기 흡착된 단량체 사이의 충돌에 의한 개시 반응으로 상기 연신성 기관의 표면에 고분자를 중합하여 기관용 접착제를 형성하는 접착제 형성부

를 포함하고,

상기 주입부는

낮은 유리전이온도(Tg)를 가지며, 기상에서의 균일한 혼합을 통해 공중합에 용이한 작용기를 갖는 상기 단량체를 주입한 후, 후처리를 통해 가교가 가능한 단량체와 체인(chain)을 형성하는 단량체를 주입하여 공중합 함에 따라 반복적인 연신 조건에서도 접착을 유지하며 수분으로부터 안정성을 갖는 신축성있는(stretchable) 상기 기관용 접착제를 형성하고,

상기 낮은 유리전이온도를 갖는 단량체는

메틸 아크릴레이트, 에틸 아크릴레이트, 클로로에틸 아크릴레이트, 프로필 아크릴레이트, 이소프로필 아크릴레이트, n-부틸 아크릴레이트, 이소-부틸아크릴레이트, 테트-부틸 아크릴레이트, 헥실 아크릴레이트, n-옥틸 아크릴레이트, 2-에티헥실 아크릴레이트, 씨클로헥실 아크릴레이트, 3,3,5-트리메틸클로헥실 아크릴레이트, n-노닐 아크릴레이트, 이소-데실 아크릴레이트, 이소-노닐 아크릴레이트, 도데실 아크릴레이트, 헥사데실 아크릴레이트, 헵타데실 아크릴레이트, 2-(Dimethylamino) 에틸 메타크릴레이트, 테트라하이드로프로필 아크릴레이트, 메톡시에틸 아크릴레이트, 2-에톡시에틸 아크릴레이트, 에톡시(diethylene glycol) 아크릴레이트, 시아노에틸 아크릴레이트, 2-시아노에틸 아크릴레이트, 4-시아노부틸 아크릴레이트, 하이드록시에틸 아크릴레이트, 3-하이드록시프로필 아크릴레이트, 2-하이드록시프로필 아크릴레이트, 4-하이드록시부틸 아크릴레이트, 2,2,2-트리플루오르에틸 아크릴레이트, 2,2,3,3-테트라플루오르프로필 아크릴레이트, 벤질아크릴레이트, 벤질 2-에틸 아크릴레이트, 2-피녹시에틸 아크릴레이트, 부틸 메타크릴레이트, 헥실 메타크릴레이트, 2-에틸헥실 메타크릴레이트, 펜틸 메타크릴레이트, 옥틸 메타크릴레이트, 디메틸아미노에틸 메타크릴레이트, 다이에틸아미노에틸 메타크릴레이트, 이소데실 메타크릴레이트, 데실 메타크릴레이트, 도데실 메타크릴레이트, 테트라데실 메타크릴레이트, 헥사데실 메타크릴레이트 및 옥타데실 메타크릴레이트 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 연신성 기관용 접착제 형성장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 개시제를 이용한 화학 기상 증착법을 이용하는 연신성 기관용 접착제 형성방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용하여 연신성기기를 위한 기관용 접착제를 형성하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 차세대 폼팩터로 스트레처블 디바이스(Stretchable device)가 각광받고 있는 가운데, 연신성 기관은 해당 기기에서 필수적으로 사용되는 재료로 현재 PDMS(폴리디메틸실록산), Ecoflex(에코플렉스) 및 라텍스 등의 소프트하면서 연신 특성을 지닌 재료들이 많이 사용되고 있다.

[0003] 특히 최근에는 내열 및 내한성, 내약품성, 우수한 기계적 물성과 연신특성으로 인해 e-skin, 소프트 로봇 및 초소형 유체소자(micro fluidics) 등에 사용되고 있는 실리콘 고무 재료를 비롯한 연신성 재료는 아크릴 재료나 기존의 다른 고무 재료와 강하고 안정적인 접착이 매우 힘들어 이형재료와 동시에 사용하기 어려우며, 한 번 형태가 정해지면 새로운 구조와 병합하여 사용하기 어렵기 때문에 만들 수 있는 구조가 제한적이라는 한계가 존재하였다.

[0004] 만약 전술한 연신성 재료에 접착제를 도포하여 사용한다 하더라도, 해당 재료의 소프트한 특성 때문에 매우 약한 힘이 가해져도 쉽게 변형되어 기능성 층의 적용 및 도포가 매우 어렵고, 접착제에 사용된 용매를 흡수할 수 있어서 신체에 부착되는 적용처에 사용하기 어려운 한계가 존재하였다. 특히, 초소형 유체소자(micro fluidics)에 사용되는 경우, 미세 구조에 손상을 주지 않고 도포가 되어야 하며, 도포된 후에도 상당한 용매 안정성이 요구된다.

[0005] 또한, 소프트 로봇, 신축성있는(stretchable) 기기 및 e-skin 등의 적용처에서는 디바이스가 수만 번 이상의 연신 및 습한 환경과 체액(body fluid) 등에 노출될 수 있는데, 이러한 환경 속에서도 접착이 유지되어야 한다. 특히, 디스플레이가 사용되거나 특수한 목적이 있는 경우에는 내부가 보일 수 있도록 접착 후에도 투명도가 유지되어야 한다. 더욱이, e-skin 분야에서는 피부의 굴곡 때문에 최대한 기관을 얇게 만들어 기기가 피부와 최대한 많은 면적으로 접촉되는 것이 중요하므로, 접착제가 적용될 경우 마이크로미터 이하의 두께로 적용되어야 하는 필요성이 존재한다.

[0006] 전술한 문제를 해결하고, 요구를 충족시키기 위해 본 발명은 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용하여 연신성 기기를 위한 기관용 접착제를 형성한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2013-0037841호(2013.04.17. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용하여 연신성 기기를 위한 연신성 기관용 접착제를 형성하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 실시예에 따른 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용하여 연신성 기관용 접착제를 형성하는 방법에 있어서, 연신성 기관이 삽입된 챔버에 단량체 및 개시제를 기상으로 주입하는 단계, 자유 라디칼을 형성하기 위해 가열하는 단계, 상기 자유 라디칼과 상기 단량체를 상기 연신성 기관 상에 흡착시켜 접착제를 형성하기 위하여 냉각하는 단계 및 상기 자유 라디칼과 상기 흡착된 단량체 사이의 충돌에 의한 개시 반응으로 상기 연신성 기관의 표면에 고분자를 중합하여 기관용 접착제를 형성하는 단계를 포함한다.
- [0010] 본 발명의 실시예에 따른 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용하여 연신성 기관용 접착제를 형성하는 장치에 있어서, 연신성 기관이 삽입된 챔버에 단량체 및 개시제를 기상으로 주입하는 주입부, 자유 라디칼을 형성하기 위해 가열하는 가열부, 상기 자유 라디칼과 상기 단량체를 상기 연신성 기관 상에 흡착시켜 접착제를 형성하기 위하여 냉각하는 냉각부 및 상기 자유 라디칼과 상기 흡착된 단량체 사이의 충돌에 의한 개시 반응으로 상기 연신성 기관의 표면에 고분자를 중합하여 기관용 접착제를 형성하는 접착제 형성부를 포함한다.

발명의 효과

- [0011] 본 발명의 실시예에 따르면, 용매를 사용하지 않고, 기상에서 고분자를 중합하는 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 사용함으로써, 쉽게 변형이 되는 소프트한 기관과 이로부터 이루어진 복잡한 구조 위에도 손상 및 변형 없이 원하는 고분자 증착이 가능할 수 있다.
- [0012] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 사용함으로써, 반복적인 연신에도 접착을 유지하며, 식염수 조건에 장시간 노출되어도 접착 특성을 유지하고, 매우 투명한 연신성 기관용 접착제를 형성할 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 사용함으로써, PDMS, Ecoflex, 라텍스 고무 및 Silbione(실비온)과 같은 범용적인 연신성 기관에 성공적으로 접착이 가능하며, 효과적인 접착 특성을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 설명하기 위해 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 개시제를 이용한 화학 기상 증착법을 이용하여 연신성 기관용 접착제를 형성하는 방법의 동작 흐름도를 도시한 것이다.
- 도 3 및 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관용 접착제 형성장치를 설명하기 위해 도시한 것이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관에 기관용 접착제를 적용한 모식도를 도시한 것이다.
- 도 6a 내지 도 6h는 본 발명의 실시예에 따른 기관용 접착제에 대한 실험 결과를 도시한 것이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관 상에 형성된 기관용 접착제의 접착력에 대한 실험 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0016] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며, 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다

른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

- [0017] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0018] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면 상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0020] 도 1은 개시체를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 설명하기 위해 도시한 것이다.
- [0021] I는 개시제(initiator), M은 단량체(monomer), R은 자유 라디칼(free radical)을 의미하며, P는 자유 라디칼에 의해 단량체의 중합이 일어났음을 의미한다. 개시제의 열분해에 의해 자유 라디칼이 형성되면 자유 라디칼이 단량체를 활성화시켜 이후 주변 단량체들의 중합을 유도하게 되고, 이 반응이 계속되어 기관용 접착제를 형성하게 된다.
- [0022] 개시제를 자유 라디칼화 하는 반응에 사용되는 온도는 기상 반응기 필라멘트로부터 가해진 열만으로 충분하다. 따라서, 본 발명의 실시예들에서 사용되는 공정들은 낮은 전력으로도 충분히 수행될 수 있다. 아울러 기상 반응기의 반응 압력은 50 내지 2000 mTorr 범위인 바, 엄격한 고진공 조건이 필요하지 않고, 따라서 고진공 펌프가 아닌 단순 로터리 펌프만으로도 공정을 수행할 수 있다.
- [0023] 공정을 통해 얻은 고분자 박막의 물성은 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(iCVD)의 공정 변수를 제어함으로써 쉽게 조절할 수 있다. 즉, 공정 압력, 시간, 온도, 개시제 및 단량체의 유량, 필라멘트 온도 및 기관 온도 등을 목적하는 바에 따라 당업자가 조절함으로써 고분자 박막의 분자량, 목적하는 박막의 두께, 조성, 증착 속도 등과 같은 물성 조절이 가능하다.
- [0024] 본 발명의 '개시제'는 반응기에서 열의 공급에 의해 분해되어 자유 라디칼(free radical)을 형성하는 물질로서 단량체를 활성화시킬 수 있는 물질이면 특별히 한정되지 않는다. 바람직하게 개시제는 과산화물일 수 있으며, 예로써 개시제는 TBPO(tert-butyl peroxide, 터트-부틸 페록사이드)일 수 있다. TBPO는 약 110℃의 끓는점을 갖는 휘발성 물질로서 150℃ 전후에서 열분해를 하는 물질이다. 한편 개시제 부가량은 통상의 중합 반응에 필요한 양으로 당업계에 공지되어 있는 양을 첨가할 수 있으며, 예를 들어 0.5 내지 5mol%로 첨가될 수 있으나, 상기 범위에 한정되지 않고 상기 범위보다 많거나 적을 수 있다.
- [0025] 본 발명의 '단량체'는 화학 기상 증착법에서 휘발성을 가지며, 개시제에 의해 활성화 될 수 있는 물질이다. 감압 및 승온 상태에서 기화될 수 있다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 개시제를 이용한 화학 기상 증착법을 이용하여 연신성 기관용 접착제를 형성하는 방법의 동작 흐름도를 도시한 것이다.
- [0028] 도 2를 참조하면, 단계 S210에서, 연신성 기관이 삽입된 챔버에 단량체 및 개시제를 기상으로 주입한다.
- [0029] 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관은 신축성있고(stretchable), 쉽게 변형이 가능한 소프트한 기관일 수 있다. 예를 들어, 연신성 기관은 PDMS(폴리디메틸실록산), Ecoflex(에코플렉스), 라텍스 및 Silbione(실비온) 중 적어도 어느 하나와 같은 범용적인 연신성 기관일 수 있으며, 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), 폴리메틸메타크릴레이트(poly(methyl methacrylate), PMMA), 폴리카보네이트(polycarbonate, PC), 폴리에틸렌설폰(polyethylenesulfon, PES) 등을 포함할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관용 접착제 형성방법은 고분자로 합성되었을 때 낮은 유리전이온도를 가지고 체인 이동성(chain mobility)이 좋은 단량체를 사용하며, 이를 통해 연신성 기관 상에 증착 가능함을 확인하였다.
- [0031] 일 예로, 단계 S210은 전술한 바와 같은 연신성 기관이 삽입된 챔버 내부로 낮은 유리전이온도(Tg)를 가지며, 기상에서의 균일한 혼합을 통해 공중합에 용이한 작용기를 갖는 단량체를 주입할 수 있다.
- [0032] 예를 들면, 본 발명은 유리전이온도(Tg)가 낮은 폴리머(polymer)를 합성하기 위한 단량체 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 등 여러가지 단량체 후보군을 사용하며, 이를 통해 공중합체를 합성할 수 있다.

[0033] 다만, 단순히 유리전이온도가 낮은 고분자를 증착할 경우 고분자의 용해가 쉽고 접착강도가 약해질 수 있으므로, 본 발명의 실시예에 따른 단계 S210은 이를 개선하기 위해 후처리를 통해 가교가 가능한 단량체와 소프트 체인(soft chain)을 형성하는 단량체를 주입하여 공중합할 수 있다.

[0034] 예를 들면, 본 발명은 후처리를 이용한 가교용 단량체로 Glycidyl acrylate, glycidyl methacrylate, allyl glycidyl ether 등의 epoxy ring을 포함한 가교제를 비롯하여 Menshutkin reaction pair(tertiary amine group 과 alkyl halide group을 functional group으로 가지고 있는 monomer pair), isocyanate와 hydroxyl group pair 등을 사용할 수 있다.

[0035] 단계 S220에서, 자유 라디칼을 형성하기 위해 가열한다.

[0036] 박막을 형성하기 위한 단계 S220은 챔버 내로 주입되는 개시제를 열분해하여 자유 라디칼을 형성하기 위해 챔버 내에 열을 제공하는 것으로서, 예를 들어, 열 필라멘트를 사용할 수 있다. 이때, 단계 S220은 20 내지 40℃의 온도 환경으로 가열할 수 있다.

[0037] 단계 S230에서, 자유 라디칼과 단량체를 연신성 기판 상에 흡착시켜 접착제를 형성하기 위하여 냉각한다.

[0038] 단계 S230은 챔버의 하부 또는 적어도 일부 영역에 배치되어 연신성 기판의 온도를 낮출 수 있다. 연신성 기판의 온도를 낮춤으로써 연신성 기판 상에 포함되는 유기 전계 소자의 성질이 열에 의해 변하는 것을 방지할 수 있다. 이에, 단계 S230은 연신성 기판의 온도를 약 90℃이하로 유지할 수 있다.

[0039] 단계 S240에서, 자유 라디칼과 흡착된 단량체 사이의 충돌에 의한 개시 반응으로 연신성 기판의 표면에 고분자를 중합하여 기판용 접착제를 형성한다.

[0040] 단계 S240은 가교가 가능한 단량체와 소프트 체인(soft chain)을 형성하는 단량체를 공중합하여, 반복적인 연신 조건에서도 접착을 유지하며 수분으로부터 안정성을 갖는 신축성있는(stretchable) 기판용 접착제를 형성할 수 있다.

[0041] 본 발명은 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용함으로써, 공정 방식의 연신성 기판을 20도 내지 40℃ 정도의 약한(mild) 온도 환경에서 증착하며, 수 nm부터 수십 μm까지 두께를 조절하여 연신성 기판 상에 기판용 접착제를 증착할 수 있다. 이때, 본 발명은 작용기를 갖는 단량체를 기상에서 균일하게 혼합하여 매우 용이하게 공중합하는 것을 특징으로 한다.

[0042] 공정을 통해 얻은 접착제의 물성은 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiative chemical vapor deposition, iCVD)의 공정 변수를 제어함으로써 쉽게 조절할 수 있다. 즉, 공정 압력, 시간, 온도, 개시제 및 단량체의 유량, 필라멘트 온도 등을 목적하는 바에 따라 당업자가 조절함으로써 고분자 박막의 분자량, 목적하는 박막의 두께, 조성, 증착 속도 등과 같은 물성 조절이 가능하다.

[0044] 도 3 및 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기판용 접착제 형성장치를 설명하기 위해 도시한 것이다.

[0045] 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기판용 접착제 형성장치(300)는 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 사용하는 장비에 대한 개략도를 나타내며, 유리창(glass window) 내부의 챔버는 냉각부(cooled stage) 및 필라멘트(filament array)를 포함하며, 일측에서 타측으로의 증기흐름(vapor flow)이 제공된다. 이때, 증기흐름은 기판용 접착제 형성에 기여하지 않은 단량체 및 개시제를 외부로 배출하는 역할을 한다. 전술한 바와 같은 도 3의 챔버 내에서 본 발명은 개시제의 증기 활성화(vapor activation of initiator)와 단량체의 표면 중합(surface polymerization of monomer)으로 연신성 기

판 상에 기관용 접착제를 형성할 수 있다.

- [0046] 도 4를 참조하여 연신성 기관 상에 기관용 접착제를 형성하는 과정에 대해 보다 상세히 설명하자면, 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관용 접착제 형성장치(300)는 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 기반으로 제1 단계(Step 1), 제2 단계(Step 2), 제3 단계(Step 3) 및 제4 단계(Step 4)를 통해 연신성 기관 상에 기관용 접착제를 형성한다.
- [0047] 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관용 접착제 형성장치(300)는 주입부(제1 단계, Step 1), 가열부(320), 냉각부(340) 및 접착제 형성부(제4 단계, Step 4)를 포함한다.
- [0048] 주입부(제1 단계, Step 1)는 연신성 기관(330)이 삽입된 챔버(310)에 단량체(monomer, 302) 및 개시제(Thermal initiator, 301)를 기상으로 주입한다.
- [0049] 연신성 기관(330)은 신축성있고(stretchable), 쉽게 변형이 가능한 소프트한 기관일 수 있다. 예를 들어, 연신성 기관(330)은 PDMS(폴리디메틸실록산), Ecoflex(에코플렉스), 라텍스 및 Silbione(실비온) 중 적어도 어느 하나와 같은 범용적인 기관일 수 있다.
- [0050] 주입부(제1 단계, Step 1)는 연신성 기관(330)이 삽입된 챔버(310) 내부로 낮은 유리전이온도(Tg)를 가지며, 기상에서의 균일한 혼합을 통해 공중합에 용이한 작용기를 갖는 단량체(302)를 주입할 수 있다.
- [0051] 다만, 단순히 유리전이온도가 낮은 고분자를 증착할 경우 고분자의 용해가 쉽고 접착강도가 약해질 수 있으므로, 본 발명의 실시예에 따른 주입부(제1 단계, Step 1)는 이를 개선하기 위해 후처리를 통해 가교가 가능한 단량체와 소프트 체인(soft chain)을 형성하는 단량체를 주입하여 공중합할 수 있다.
- [0052] 제2 단계(Step 2)에서, 가열부(320)는 개시제(301)를 가열하여 자유 라디칼(Initiated radical, 303)을 형성한다.
- [0053] 가열부(320)는 챔버(310) 내로 주입되는 개시제(301)를 열분해하여 자유 라디칼(303)을 형성하기 위해 챔버(310) 내에 열을 제공하는 장치로서, 예를 들어, 열 필라멘트이다. 이때, 가열부(320)는 챔버(310) 내부를 20 내지 40℃의 온도 환경으로 가열할 수 있다.
- [0054] 제3 단계(Step 3)에서, 냉각부(340)는 자유 라디칼(303)과 단량체(302)를 연신성 기관(330) 상에 흡착시켜 접착제를 형성하기 위하여 냉각한다.
- [0055] 냉각부(340)는 챔버(310)의 하부 또는 적어도 일부 영역에 배치되어 연신성 기관(330)의 온도를 낮출 수 있다. 연신성 기관(330)의 온도를 낮춤으로써 연신성 기관(330) 상에 포함되는 유기 전계 소자의 성질이 열에 의해 변하는 것을 방지할 수 있다. 이에, 냉각부(340)는 연신성 기관(330)의 온도를 약 90℃이하로 유지할 수 있다.
- [0056] 접착제 형성부(제4 단계, Step 4)는 자유 라디칼(303)과 흡착된 단량체(302) 사이의 충돌에 의한 개시 반응으로 연신성 기관(330)의 표면에 고분자를 중합하여 기관용 접착제(304)를 형성한다.
- [0057] 접착제 형성부(제4 단계, Step 4)는 가교가 가능한 단량체와 소프트 체인(soft chain)을 형성하는 단량체를 공중합하여, 반복적인 연신 조건에서도 접착을 유지하며 수분으로부터 안정성을 갖는 신축성있는(stretchable) 기관용 접착제(304)를 형성할 수 있다.
- [0058] 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관용 접착제 형성장치(300)는 개시제를 이용한 화학 기상 증착법(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 이용함으로써, 공정 방식의 연신성 기관(330)을 20도 내지 40℃ 정도의 약한(mild) 온도 환경에서 증착하며, 수 nm부터 수십 μm 까지 두께를 조절하여 연신성 기관(330) 상에 기관용 접착제(304)를 증착할 수 있다. 이때, 본 발명은 작용기를 갖는 단량체를 기상에서 균일하게 혼합하여 매우 용이하게 공중합하는 것을 특징으로 한다.
- [0060] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관에 기관용 접착제를 적용한 모식도를 도시한 것이다.
- [0061] 도 5를 참조하면, 연신성 기관(Stretchable substrate)은 기관용 접착제(Stretchable nano-adhesive)를 포함하여 높은 신축성(Stretching)을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0062] 연신성 기관은 용매 사용에 의해 오염될 수 있으나, 본 발명은 기상에서 접착제(Stretchable nano-adhesive)를 나노 수준으로 기관(Stretchable substrate)에 손상없이 도포하여, 반복적 연신에도 투명한 특성을 잃지 않고 강한 접착 특성을 갖는 안정적인 접착제를 형성할 수 있다.

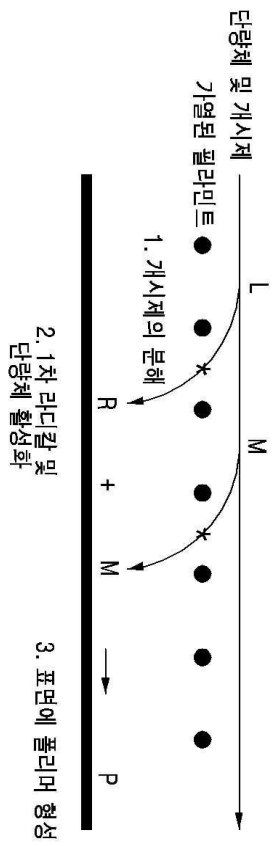
- [0064] 도 6a 내지 도 6h는 본 발명의 실시예에 따른 기관용 접착제에 대한 실험 결과를 도시한 것이다.
- [0065] 도 6a, 도 6b, 도 6c 및 도 6d를 참조하면, AGE 및 HEA의 공중합체 조성 조절을 통해 식염수 조건(saline solvent test)에도 녹지 않으며, 변형에 강한 pAH2가 최적의 조성임을 확인할 수 있다.
- [0066] 도 6e 및 도 6f를 참조하면, pAH2는 가교 후에도 신축성을 가지고 있음을 낮은 유리전이온도(Tg)를 통해 확인할 수 있으며, OM image를 통해 50% stretching 이후에도 결함(crack)이 생기지 않는 것을 확인할 수 있다.
- [0067] 도 6g의 SEM image를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 접착제는 iCVD 공정을 통해 다양한 연신성 기관에서 얇고 균일하게 증착이 가능하며, 대표적으로 PDMS 기관 사이에 접착층이 500nm 수준으로 얇게 도포되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0068] 도 6h를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 접착제는 PDMS 기관뿐만 아니라 유리 위에서 가교 후에도 매우 높은 투과도를 보였고, 다양한 기관끼리 접착시에도 투명한 특성을 유지하는 것을 확인할 수 있다.
- [0070] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 연신성 기관 상에 형성된 기관용 접착제의 접착력에 대한 실험 결과를 도시한 것이다.
- [0071] 도 7은 연신성 기관 사이에 500nm 수준의 기관용 접착제를 도포 및 경화한 후, 진행한 접착력 평가의 결과를 도시한 것이다. 이때, 도 7(a) 및 도 7(b)에 도시된 바와 같이, PDMS(폴리디메틸실록산), Ecoflex(에코플렉스)의 동종 기관 접착과 이종 기관 접착 모두 강한 것을 확인할 수 있다. 이종 기관 접착을 나타내는 도 7(b)에서, 1번부터 5번까지는 순서대로 PDMS-Eco flex, PDMS -3M VHB tape, Ecoflex-3M VHB tape, SEBS-Eco flex, SEBS 3M VHB tape을 부착한 결과를 나타낸다.
- [0072] 또한, 도 7(c) 및 도 7(d)를 참조하면, 기관용 접착제의 반복 전 변형 및 용매 노출에 대한 안정성을 평가 확인하기 위해 10만번 연신성 테스트 및 일주일간 식염수에 노출시킨 후 측정된 접착력을 살펴보면, 기존에 접착제로 부착 및 경화 직후에 측정한 결과와 비슷한 것을 확인할 수 있다. 이는 동종 기관 접착 결과(Eco flex-Eco flex, 도 7(c))와 이종 기관 접착(Eco flex-PDMS, 도 7(d))에 상관없이 나타나는 결과이다.
- [0074] 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.
- [0076] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

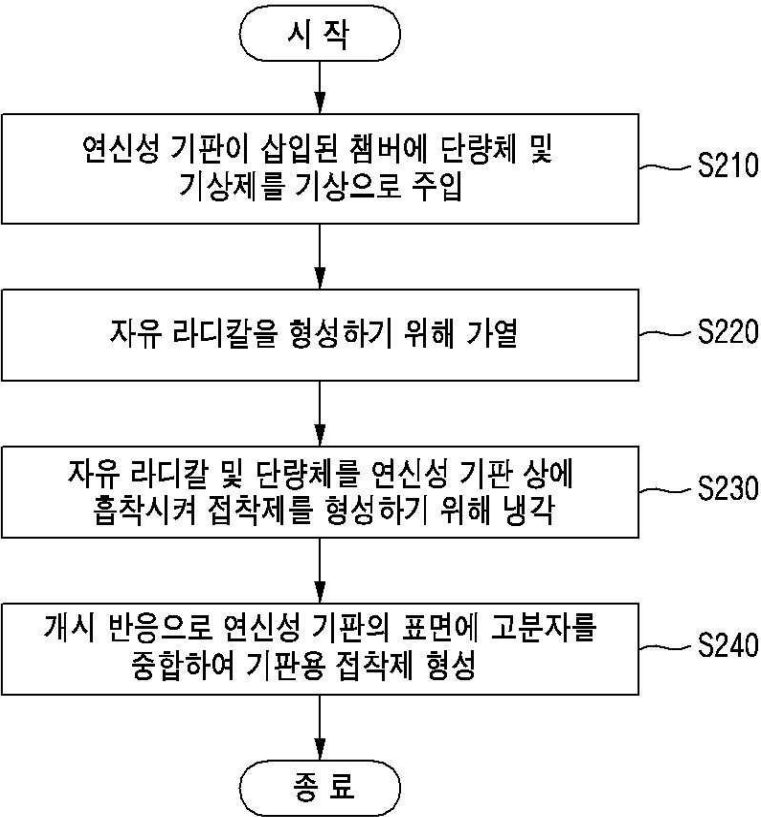
- [0078] 300: 연신성 기관용 접착제 형성장치
- 301: 개시제
- 302: 단량체
- 303: 자유 라디칼
- 304: 접착제
- 310: 챔버
- 320: 가열부
- 330: 연신성 기관
- 340: 냉각부

도면

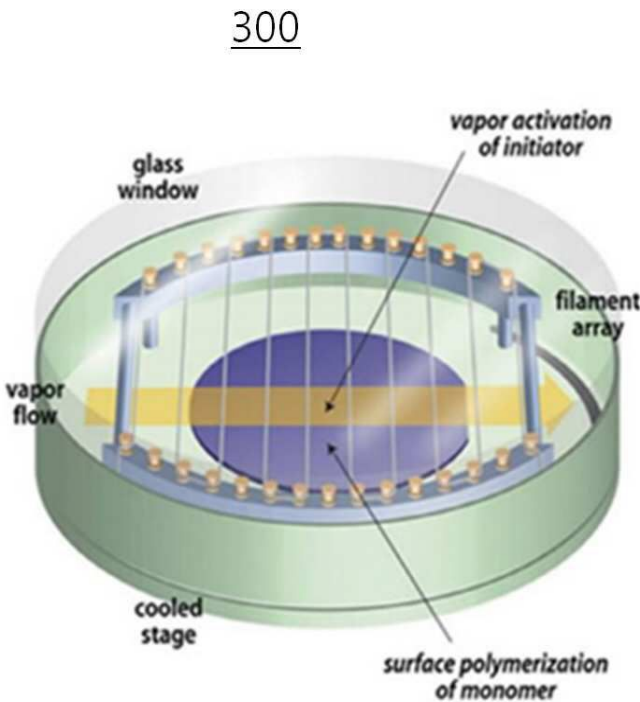
도면1



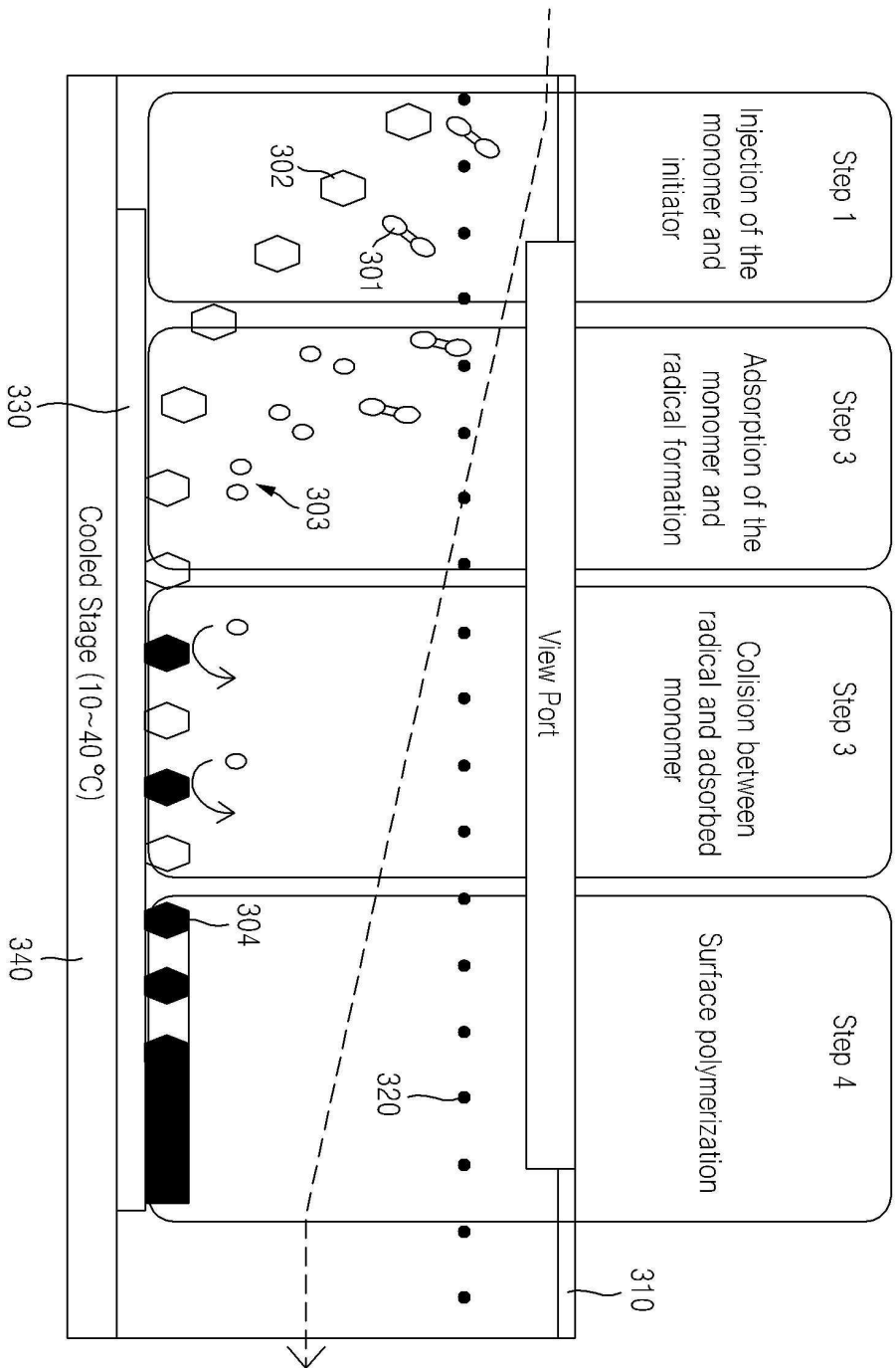
도면2



도면3

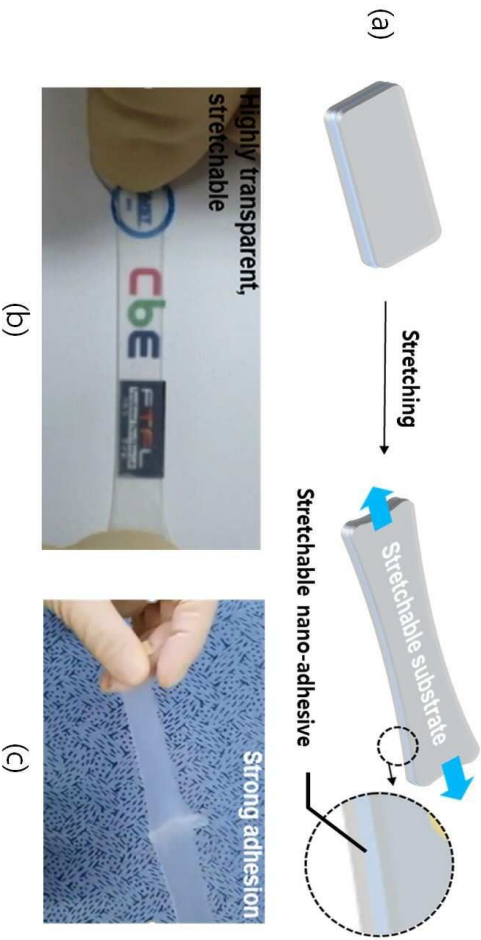


300

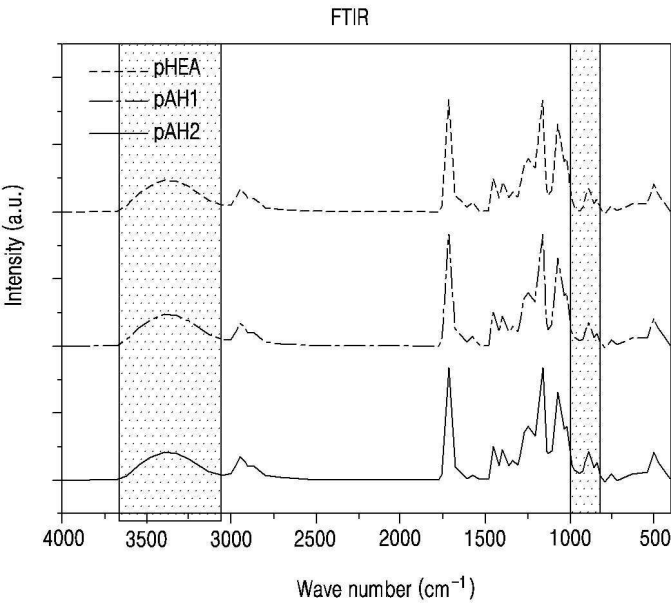


도면4

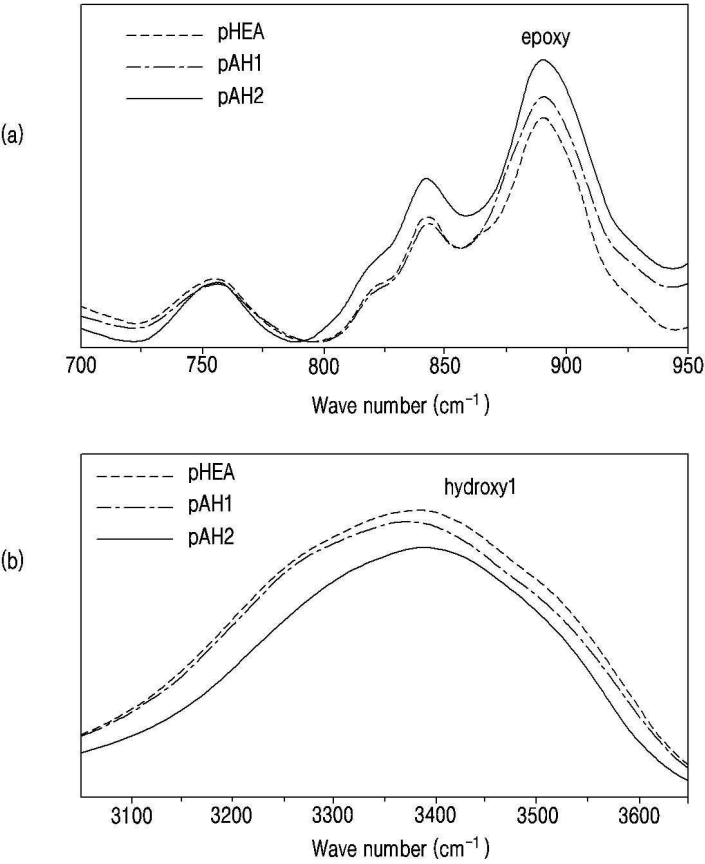
도면5



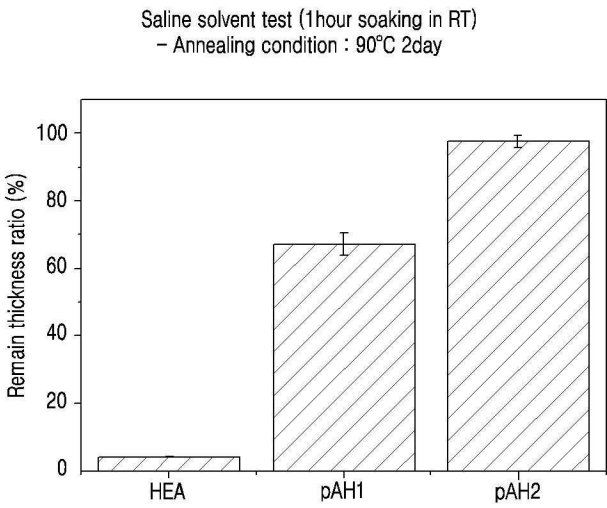
도면6a



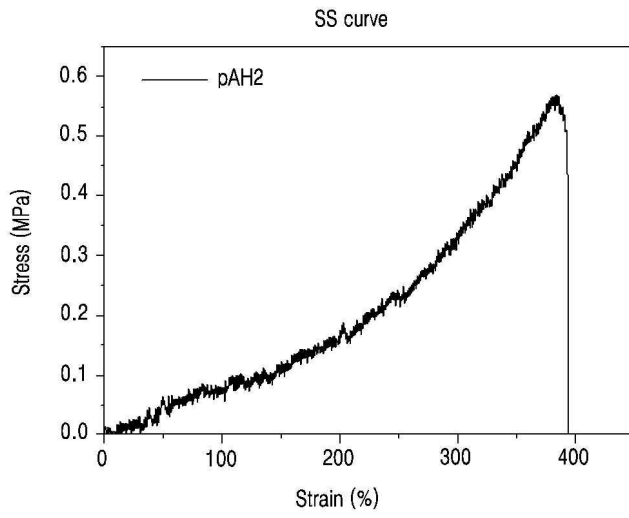
도면6b



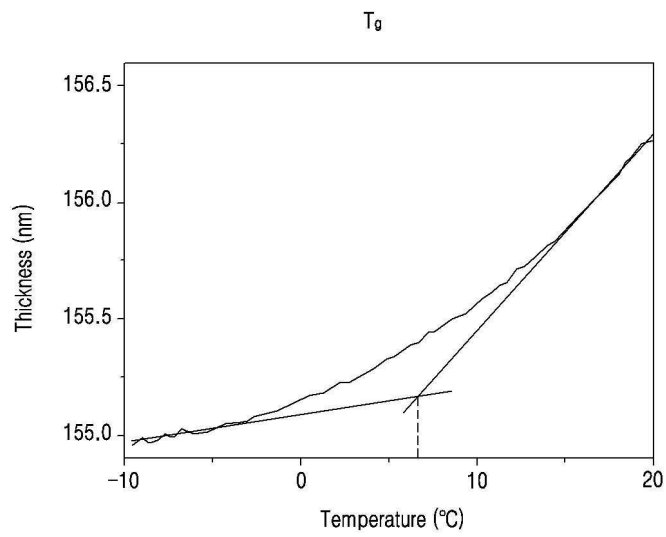
도면6c



도면6d

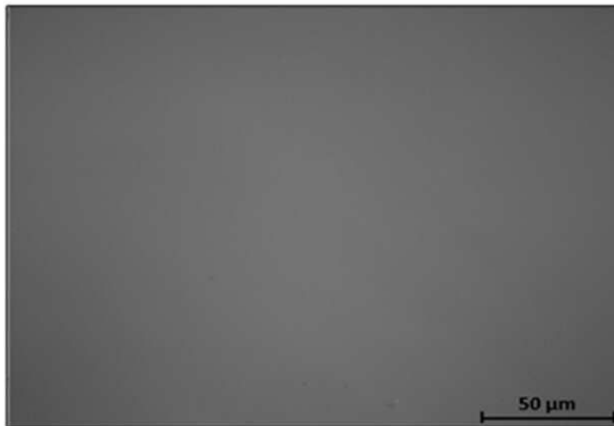


도면6e



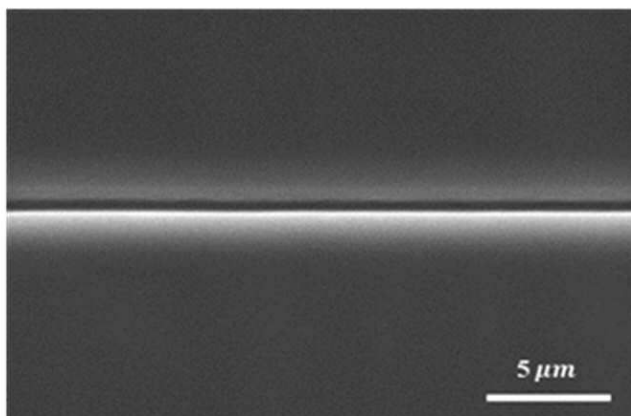
도면6f

**OM image
(50% stretching on PDMS)**

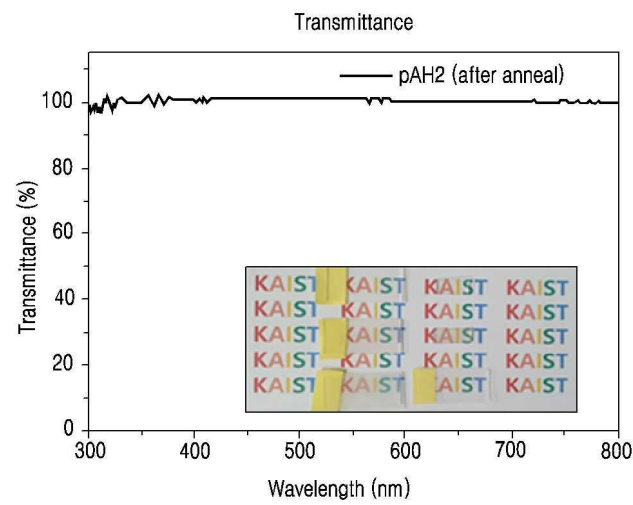


도면6g

**Adhesive thickness
between PDMS substrates**



도면6h



도면7

