(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0039038
(43) 공개일자 2021년04월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 21/324* (2017.01)
H01L 21/768 (2006.01) *H01L 51/56* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02271 (2013.01)
H01L 21/02112 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0121332
(22) 출원일자 2019년10월01일
심사청구일자 2019년10월01일

(71) 출원인
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
임성갑
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
박용천
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양성보

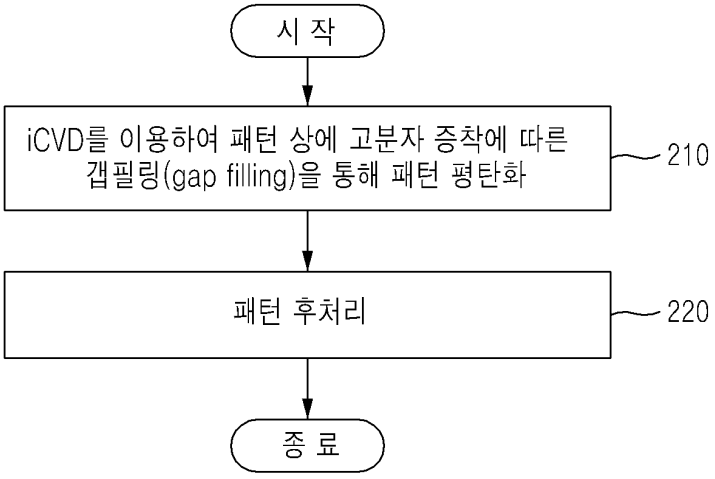
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법 및 그 장치**

(57) 요 약

본 발명은 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자(polymer)를 증착하여 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01L 21/324 (2013.01)
H01L 21/76819 (2013.01)
H01L 21/76828 (2013.01)
H01L 21/76837 (2013.01)
H01L 51/56 (2013.01)

(72) 발명자
정기훈
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
이창현
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
김유손
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
이유진
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019000971
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원천기술개발사업
연구과제명	(EZBARO)기상증착 고분자 기반 고성능 절연소재 개발(2019)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019002367
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업
연구과제명	(EZBARO)웨어러블 플랫폼소재 기술센터(2019)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자(polymer)를 증착하여 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화하는 단계

를 포함하는 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

가교가 가능한 공중합체 시스템(copolymer system)을 통해 상기 평탄화된 패턴을 후처리하여 평탄화층의 탄성계수(modulus)를 증가시키는 단계

를 더 포함하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 패턴을 평탄화하는 단계는

상기 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 통해 개시제(Initiator) 및 단량체(Monomer)를 이용하여 상기 패턴 상에 고분자를 증착하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 패턴을 평탄화하는 단계는

유리전이온도(Glass transition temperature)가 낮은 고분자를 상기 패턴 상에 증착한 후, 상기 패턴 사이로 고분자가 채워지는 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 패턴을 평탄화하는 단계는

20℃ 내지 40℃의 온도 환경에서 파티클(particle)이나 복합한 구조를 가진 상기 패턴 상에 고분자를 수 nm 내지 수십 μm까지 증착 가능한 것을 특징으로 하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 패턴을 평탄화하는 단계는

섀도 마스크(shadow mask)를 사용하여 상기 패턴을 부분적으로 평탄화하는 것을 특징으로 하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 평탄화된 패턴을 후처리하여 평탄화층의 탄성계수(modulus)를 증가시키는 단계는

글리시딜 아크릴레이트(Glycidyl acrylate), 글리시딜 메타크릴레이트(glycidyl methacrylate), 멘슈킨 반응쌍(menshutkin reaction pair), 이소시아네이트(isocyanate), 및 하이드록시 그룹 쌍(hydroxyl group pair) 중 어느 하나의 가교용 단량체를 사용하여 상기 평탄화된 패턴을 후처리하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 패턴을 평탄화하는 단계는

유리전이온도가 낮은 고분자를 합성하기 위해, 아크릴산메틸(Methyl acrylate), 아크릴산에틸(ethyl acrylate), 클로로에틸 아크릴레이트(chloroethyl acrylate), 프로필 아크릴레이트(propyl acrylate), 아이소프로필 아크릴레이트(isopropyl acrylate), n-뷰틸 아크릴레이트(n-butyl acrylate), 이소-뷰틸 아크릴레이트(iso-butyl acrylate), 털트-뷰틸 아크릴레이트(tert-butyl acrylate), 헥실 아크릴레이트(hexyl acrylate), n-옥틸 아크릴레이트(n-octyl acrylate), 2-에칠헥실 아크릴레이트(2-ethylhexyl acrylate), 사이클로헥실 아크릴레이트(cyclohexyl acrylate), 3,3,5-트리메틸시클로헥실 아크릴레이트(3,3,5-trimethylcyclohexyl acrylate), n-노닐 아크릴레이트(n-nonyl acrylate), 이소-데실 아크릴레이트(iso-decyl acrylate), 이소-노닐 아크릴레이트(iso-nonyl acrylate), 로릴 아크릴레이트(dodecyl acrylate), 헥사데실 아크릴레이트(hexadecyl acrylate), 헵타데실 아크릴레이트(heptadecyl acrylate), 2-다이메틸아미노에틸 메타크릴레이트(2-(Dimethylamino) ethyl methacrylate), 테트라하이드로푸르푸릴 아크릴레이트(tetrahydrofurfuryl acrylate), 메톡시에틸 아크릴레이트(methoxyehtyl acrylate), 2-에톡시에틸 아크릴레이트(2-ethoxyethyl acrylate), 에톡시(디에틸렌글리콜) 아크릴레이트(ethoxy(diethylene glycol) acrylate), 시아노메틸도데실 아크릴레이트(cyanomethyl acrylate), 2-시아노에틸 아크릴레이트(2-cyanoethyl acrylate), 4-시아노부틸 아크릴레이트(4-cyanobutyl acrylate), 하이드록시에틸 아크릴레이트(hydroxyethyl acrylate), 3-하이드록시프로필 아크릴레이트(3-hydroxypropyl acrylate), 2-하이드록시프로필 아크릴레이트(2-hydroxypropyl acrylate), 4-하이드록시부틸 아크릴레이트(4-hydroxybutyl acrylate), 2,2,2-트리플루오로에틸 아크릴레이트(2,2,2-trifluoroethyl acrylate), 2,2,3,3-테트라플루오로프로필 아크릴레이트(2,2,3,3-tetrafluoropropyl acrylate), 벤질 아크릴레이트(benzyl acrylate), 벤질 2-에틸아크릴레이트(benzyl 2-ethylacrylate), 2-페녹시에틸 아크릴레이트(2-phenoxyethyl acrylate), 부틸 메타크릴레이트(butyl methacrylate), 헥실 메타크릴레이트(hexyl methacrylate), 2-에틸헥실 메타크릴레이트(2-ethylhexyl methacrylate), 펜틸 메타크릴레이트(pentyl methacrylate), 옥틸 메타크릴레이트(octyl methacrylate), 디메틸아미노에틸 메타크릴레이트(Dimethylaminoethyl methacrylate), 디에틸아미노에틸 메타크릴레이트(diethylaminoethyl methacrylate), 이소데실 메타크릴레이트(isodecyl methacrylate), 데실 메타크릴레이트(decyl methacrylate), 도데실 메타크릴레이트(dodecyl methacrylate), 테트라데실 메타크릴레이트(tetradecyl methacrylate), 헥사데실 메타크릴레이트(hexadecyl methacrylate) 및 옥타데실 메타크릴레이트(octadecyl methacrylate) 중 어느 하나의 단량체를 사용하여 공중합체를 합성하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법.

청구항 9

개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자(polymer)를 증착하여 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화하는 처리부

를 포함하는 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

가교가 가능한 공중합체 시스템(copolymer system)을 통해 상기 평탄화된 패턴을 후처리하여 평탄화층의 탄성계수(modulus)를 증가시키는 후처리부

를 더 포함하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 처리부는

상기 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 통해 개시제(Initiator) 및 단량체(Monomer)를 이용하여 상기 패턴 상에 고분자를 증착하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 처리부는

유리전이온도(Glass transition temperature)가 낮은 고분자를 상기 패턴 상에 증착한 후, 상기 패턴 사이로 고분자가 채워지는 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 처리부는

20℃ 내지 40℃의 온도 환경에서 파티클(particle)이나 복합한 구조를 가진 상기 패턴 상에 고분자를 수 nm 내지 수십 μm까지 증착 가능한 것을 특징으로 하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 처리부는

섀도 마스크(shadow mask)를 사용하여 상기 패턴을 부분적으로 평탄화하는 것을 특징으로 하는, 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자를 갭필링(gap filling)하여 평탄화하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 유기 발광 다이오드(Organic light-Emitting Diode; OLED)를 구현하기 위해서는 다층의 공정이 수행되며, 이에 대한 패터닝(patterning) 또한 필수적이다. 이는 박막 트랜지스터(Thin film transistor; TFT) 및 메모리(memory)와 같은 전자소자를 제작함에 있어서도 마찬가지이다.

[0003] 이러한 패턴의 적층을 반복하면, 마지막인 최상단 표면의 단차에 영향을 주어 최종적으로 집적도를 저하시키는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 기존의 트렌치(trench) 형태의 패턴이나 파티클(particle)이 제작된 샘플 표면에 존재하는 경우에는 표면의 낮은 부분과 패턴(pattern) 또는 파티클(particle)의 벽면(Wall) 사이에 막이 얇게 형성되는 약한 부분(weak part)이 생기게 된다. 이러한 약한 부분은 전류와 수분의 누출(leakage)을 유발할 수 있다.

[0004] 이에, 적층이 필요한 소자의 높은 집적도와 누출을 유발하는 약한 부분을 방지하기 위한 패턴 평탄화 기술이 필수적이다.

[0005] 다만, 기존의 액상에서 중합한 고분자(polymer)를 이용하여 스핀코팅이나 바 코팅을 하는 경우에는 수 나노부터 수백 마이크로 크기의 패턴 상에 결함(defect)없이 얇게 코팅하는 것이 거의 불가능하였다. 이러한 결함은 전류나 수분의 누출을 유발할 수 있으며, 이는 대면적에서 높은 균일도를 요구하는 공정에서 치명적인 문제를 야

기할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2006-0087920호(2006.08.03. 공개), “증착 방법”

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 용매를 사용하지 않고 기상에서 고분자를 중합하여 기판에 손상없이 고분자를 증착 후 갭필링함으로써, 기상에서의 균일한 혼합을 통해 패턴 상에 결함(defect)없이 균일한 공중합체 고분자를 평탄화하는 기술을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법은 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자(polymer)를 증착하여 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화하는 단계를 포함한다.

[0009] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법은 가교가 가능한 공중합체 시스템(copolymer system)을 통해 상기 평탄화된 패턴을 후처리하여 평탄화층의 탄성계수(modulus)를 증가시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 패턴을 평탄화하는 단계는 상기 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 통해 개시제(Initiator) 및 단량체(Monomer)를 이용하여 상기 패턴 상에 고분자를 증착할 수 있다.

[0011] 상기 패턴을 평탄화하는 단계는 유리전이온도(Glass transition temperature)가 낮은 고분자를 상기 패턴 상에 증착한 후, 상기 패턴 사이로 고분자가 채워지는 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화할 수 있다.

[0012] 상기 패턴을 평탄화하는 단계는 20℃ 내지 40℃의 온도 환경에서 파티클(particle)이나 복합한 구조를 가진 상기 패턴 상에 고분자를 수 nm 내지 수십 μm까지 증착 가능할 수 있다.

[0013] 상기 패턴을 평탄화하는 단계는 섀도 마스크(shadow mask)를 사용하여 상기 패턴을 부분적으로 평탄화할 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치는 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자(polymer)를 증착하여 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화하는 처리부를 포함한다.

[0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치는 가교가 가능한 공중합체 시스템(copolymer system)을 통해 상기 평탄화된 패턴을 후처리하여 평탄화층의 탄성계수(modulus)를 증가시키는 후처리부를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기 처리부는 상기 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 통해 개시제(Initiator) 및 단량체(Monomer)를 이용하여 상기 패턴 상에 고분자를 증착할 수 있다.

[0017] 상기 처리부는 유리전이온도(Glass transition temperature)가 낮은 고분자를 상기 패턴 상에 증착한 후, 상기 패턴 사이로 고분자가 채워지는 갭필링(gap filling)을 통해 상기 패턴을 평탄화할 수 있다.

[0018] 상기 처리부는 20℃ 내지 40℃의 온도 환경에서 파티클(particle)이나 복합한 구조를 가진 상기 패턴 상에 고분자를 수 nm 내지 수십 μm까지 증착 가능할 수 있다.

[0019] 상기 처리부는 섀도 마스크(shadow mask)를 사용하여 상기 패턴을 부분적으로 평탄화할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 실시예에 따르면, 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 용매를 사용하지 않고 기상에서 고분자를 중합하여 기판에 손상없이 고분자를 증착 후 갭필링 함으로써, 기상에서의 균일한 혼합을 통해 패턴 상에 결함(defect)없이 균일한 공중합체 고분자를 평탄화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 개시제를 사용한 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법의 동작 흐름도를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법을 기반으로 한 모식도 및 개략도를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 평탄화층에 대한 실험 결과 데이터를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 평탄화층에 대한 주사전자현미경 이미지와 동일 샘플의 평탄화 공정 후 평탄화층의 AFM 이미지를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치의 세부 구성을 블록도로 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 또한, 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0023] 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 시청자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0025] 도 1은 개시제를 사용한 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)을 설명하기 위한 도면이다.

[0026] 본 발명은 개시제를 사용한 화학 기상 증착 공정을 이용한 갭필링 방법 및 장치에 관한 것으로, 도 1을 참조하여 개시제를 사용한 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD)에 대해 설명하자면, I는 개시제(initiator), M은 단량체(monomer), R은 자유 라디칼(free radical)을 의미하며, P는 자유 라디칼에 의해 단량체의 중합이 일어났음을 의미한다.

[0027] 개시제의 열분해에 의해 자유 라디칼이 형성되면 자유 라디칼이 단량체를 활성화시켜 이후 주변 단량체들의 중합을 유도하게 되고, 이 반응이 계속되어 유기 고분자 박막을 형성하게 된다.

[0028] 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 않으므로, 고진공 펌프가 아닌 단수 로터리 펌프만으로도 공정을 수행할 수 있다.

[0029] 공정을 통해 획득되는 고분자 박막의 물성은 개시제를 사용한 화학 기상 증착법(iCVD)의 공정 변수를 제어함으로써 쉽게 조절할 수 있다. 즉, 공정 압력, 시간, 온도, 개시제 및 단량체의 유량, 필라멘트 온도 및 기판 온도 등을 목적하는 바에 따라 당업자가 조절함으로써 고분자 박막의 분자량, 목적하는 박막의 두께, 조성, 증착 속도 등과 같은 물성 조절이 가능하다.

[0030] 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 끓는 점을 갖는 휘발성 물질로서 150℃ 전후에서 열분해를 하는 물질이다. 한편 개시제 부가량은 통상의 중합 반응

에 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.

[0031] 본 발명의 '단량체'는 화학 기상 증착법에서 휘발성을 가지며, 개시제에 의해 활성화될 수 있는 물질이다.

[0032] 일 예로, 본 발명의 반응기 내 고온 필라멘트를 150℃ 내지 250℃로 유지하면 기상 반응을 유도할 수 있는데, 상기 필라멘트의 온도는 TBPO 열분해에 있어서는 충분히 높은 온도이나, 다른 단량체를 포함한 대부분 유기물은 열분해 되지 않는 온도로서, 다양한 종류의 단량체들이 화학적 손상 없이 고분자 박막으로 전환될 수 있다.

[0034] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법의 동작 흐름도를 도시한 것이다.

[0035] 도 2를 참조하면, 단계 210에서, 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자(polymer)를 증착하여 갭필링(gap filling)을 통해 패턴을 평탄화한다.

[0036] 단계 210은 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 통해 개시제(Initiator) 및 단량체(Monomer)를 이용하여 패턴 상에 고분자를 증착할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법은 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 사용하는 것을 특징으로 하며, 이를 이용하여 공중합체를 합성한다. 이 방법은 용매를 사용하지 않고 기상에서 고분자(polymer)를 중합하는 방법이기 때문에, 고분자의 점도에 영향을 받지 않은 상태로 복잡한 구조 상의 기판에도 기판에 손상 없이 고분자 증착이 가능하다.

[0037] 또한, 단계 210은 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 통해 20℃ 내지 40℃의 온도 환경에서 파티클(particle)이나 복합한 구조를 가진 패턴 상에 고분자를 수 nm 내지 수십 μm까지 증착 가능할 수 있다. 이에 따라서, 본 발명은 작용기를 갖는 단량체를 쉽게 도입할 수 있으며, 기상에서의 균일한 혼합을 통해 균일한 공중합체 고분자를 합성하기 용이하다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법의 단계 210은 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g)가 낮은 고분자를 패턴 상에 증착한 후, 패턴 사이로 고분자가 채워지는 갭필링(gap filling)을 통해 패턴을 평탄화할 수 있다. 갭필링 방법은 기존에 알려진 평탄화 기술인 CMP(Chemical Mechanical Planarization; 화학적 기계적 연마) 공정과 달리 패턴(pattern)이 올라간 소자에 손상 없이 평탄화가 가능하고, 섀도 마스크(shadow mask)를 사용하여 패턴을 부분적으로 평탄화할 수 있다.

[0039] 단계 220에서, 가교가 가능한 공중합체 시스템(copolymer system)을 통해 평탄화된 패턴을 후처리하여 평탄화층의 탄성계수(modulus)를 증가시킬 수 있다.

[0040] 단순히 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g)가 낮은 고분자를 패턴 상에 증착하는 경우, 증착된 고분자 층(또는 고분자 박막)이 유동 특성을 가지고 유연(또는 말랑말랑)해진다는 문제가 발생한다. 이에, 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법은 이를 개선하기 위해 가교가 가능한 공중합체 시스템(copolymer system)을 통한 후처리를 진행한다.

[0041] 실시예에 따라서, 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g)가 낮은 폴리(글리시딜 메타크릴레이트-co-2-하이드록시에틸 아크릴레이트)(poly(glycidyl methacrylate-co-2-hydroxyethyl acrylate), pGH)를 이용하여 공중합체 하는 경우, 복잡한 구조 상에 균일하고 결함(defect) 없이 증착된 고분자 공중합체가 중력에 의해 흘러 패턴 상에 평탄화층을 형성할 수 있다. 또한, pGH의 공중합체가 합성될 때, 열에 의한 반응이 가능한 에폭시 링(epoxy ring)이 남아있으므로 평탄화 과정이 진행된 후, pGH의 에폭시 링을 후처리하여 가교시켜 평탄화층의 탄성계수(modulus)를 증가시킬 수 있다.

[0042] 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법은 유리전이온도가 낮은 고분자를 합성하기 위해, 아크릴산메틸(Methyl acrylate), 아크릴산에틸(ethyl acrylate), 클로로에틸 아크릴레이트(chloroethyl acrylate), 프로필 아크릴레이트(propyl acrylate), 아이소프로필 아크릴레이트(isopropyl acrylate), n-뷰틸 아크릴레이트(n-butyl acrylate), 이소-뷰틸 아크릴레이트(iso-butyl acrylate), 털트-뷰틸 아크릴레이트(tert-butyl acrylate), 헥실 아크릴레이트(hexyl acrylate), n-옥틸 아크릴레이트(n-octyl acrylate), 2-에칠헥실 아크릴레이트(2-ethylhexyl acrylate), 사이클로헥실 아크릴레이트(cyclohexyl acrylate), 3,3,5-트리메틸시클로헥실 아크릴레이트(3,3,5-trimethylcyclohexyl acrylate), n-노닐 아크릴레이트(n-nonyl acrylate), 이소-데실 아크릴레이트(iso-decyl acrylate), 이소-노닐 아크릴레이트(iso-nonyl acrylate), 로릴 아크릴레이

트(dodecyl acrylate), 헥사데실 아크릴레이트(hexadecyl acrylate), 헵타데실 아크릴레이트(heptadecyl acrylate), 2-다이메틸아미노에틸 메타크릴레이트(2-(Dimethylamino) ethyl methacrylate), 테트라하이드로푸르푸릴 아크릴레이트(tetrahydrofurfuryl acrylate), 메톡시에틸 아크릴레이트(methoxyehtyl acrylate), 2-에톡시에틸 아크릴레이트(2-ethoxyethyl acrylate), 에톡시(디에틸렌글리콜) 아크릴레이트(ethoxy(diethylene glycol) acrylate), 시아노메틸도데실 아크릴레이트(cyanomethyl acrylate), 2-시아노에틸 아크릴레이트(2-cyanoethyl acrylate), 4-시아노부틸 아크릴레이트(4-cyanobutyl acrylate), 하이드록시에틸 아크릴레이트(hydroxyethyl acrylate), 3-하이드록시프로필 아크릴레이트(3-hydroxypropyl acrylate), 2-하이드록시프로필 아크릴레이트(2-hydroxypropyl acrylate), 4-하이드록시부틸 아크릴레이트(4-hydroxybutyl acrylate), 2,2,2-트리플루오로에틸 아크릴레이트(2,2,2-trifluoroethyl acrylate), 2,2,3,3-테트라플루오로프로필 아크릴레이트(2,2,3,3-tetrafluoropropyl acrylate), 벤질 아크릴레이트(benzyl acrylate), 벤질 2-에틸아크릴레이트(benzyl 2-ethylacrylate), 2-페녹시에틸 아크릴레이트(2-phenoxyethyl acrylate), 부틸 메타크릴레이트(butyl methacrylate), 헥실 메타크릴레이트(hexyl methacrylate), 2-에틸헥실 메타크릴레이트(2-ethylhexyl methacrylate), 펜틸 메타크릴레이트(pentyl methacrylate), 옥틸 메타크릴레이트(octyl methacrylate), 디메틸아미노에틸 메타크릴레이트(Dimethylaminoethyl methacrylate), 디에틸아미노에틸 메타크릴레이트(diethylaminoethyl methacrylate), 이소데실 메타크릴레이트(isodecyl methacrylate), 데실 메타크릴레이트(decyl methacrylate), 도데실 메타크릴레이트(dodecyl methacrylate), 테트라데실 메타크릴레이트(tetradecyl methacrylate), 헥사데실 메타크릴레이트(hexadecyl methacrylate) 및 옥타데실 메타크릴레이트(octadecyl methacrylate) 중 어느 하나의 단량체를 사용하여 공중합체를 합성할 수 있다.

[0043] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법은 글리시딜 아크릴레이트(Glycidyl acrylate), 글리시딜 메타크릴레이트(glycidyl methacrylate), 멘슈킨 반응 쌍(menshutkin reaction pair), 이소시아네이트(isocyanate), 및 하이드록시 그룹 쌍(hydroxyl group pair) 중 어느 하나의 가교용 단량체를 사용하여 평탄화된 패턴을 후처리할 수 있다.

[0044] 여기서, 멘슈킨 반응 쌍은 3급 아민 그룹(tertiary amine group)과 알킬 할라이드 그룹(alkyl halide group)을 작용기(functional group)로 가지고 있는 단량체 쌍(monomer pair)을 나타낼 수 있다.

[0046] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법을 기반으로 한 모식도 및 개략도를 도시한 것이다.

[0047] 보다 상세하게는, 도 3(a)는 본 발명의 실시예에 따른 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 장비에 대한 모식도를 도시한 것이고, 도 3(b)는 iCVD 장비를 이용한 공정에 대한 개략도를 도시한 것이며, 도 3(c)는 갭필링(gap filling)을 통해 평탄화층을 형성하는 과정을 모식도로 도시한 것이다.

[0048] 도 3(a) 및 도 3(b)를 참조하면, 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 장비와 iCVD 장비를 이용한 공정을 확인할 수 있다. 또한, 도 3(c)를 참조하면, iCVD 공정을 통해 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g)가 낮고 유동 특성을 가진 고분자(polymer)가 결함(defect) 없이 정각(conformal)으로 패턴 상에 증착되며, 시간에 따라 패턴 내로 흘러 갭필링(gap filling)층을 형성하는 것을 확인할 수 있다.

[0049] 기존에 알려진 평탄화 기술인 CMP(Chemical Mechanical Planarization; 화학적 기계적 연마) 공정으로는 복잡한 구조(또는 복잡한 패턴) 상에 평탄화층을 형성하기 어렵고, 결함이 생기기 쉬우나, 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 방법과 같이 iCVD 공정을 이용할 경우에는 원 스텝(one-step)으로 고분자를 증착한 후, 고분자에 따른 유동에 걸리는 시간을 충분히 기다려주는 것만으로 갭필링(gap filling)이 가능하다.

[0051] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 평탄화층에 대한 실험 결과 데이터를 도시한 것이다.

[0052] 보다 상세하게는, 도 4(a)는 글리시딜 메타크릴레이트(glycidyl methacrylate, GMA)와 2-하이드록시에틸 아클릴산(2-hydroxyethyl acrylate, HEA)의 공중합체의 조성 조절을 통해 합성한 세가지 모든 조성(pGH1, pGH2, pGH3)의 공중합체에 대한 FT-IR(Fourier Transform Infrared spectroscopy) 데이터를 도시한 것이고, 도 4(b)는 글리시딜 메타크릴레이트(glycidyl methacrylate, GMA)와 2-하이드록시에틸 아클릴산(2-hydroxyethyl

acrylate, HEA)의 공중합체의 조성 조절을 통해 합성한 세가지 모든 조성(pGH1, pGH2, pGH3)의 공중합체에 대한 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g) 데이터를 도시한 것이다.

[0053] 또한, 도 4(c)는 글리시딜 메타크릴레이트(glycidyl methacrylate, GMA)와 2-하이드록시에틸 아클릴산(2-hydroxyethyl acrylate, HEA)의 공중합체의 조성 조절을 통해 합성한 세가지 모든 조성(pGH1, pGH2, pGH3)의 공중합체에 대한 저장 탄성계수(Storage modulus) 데이터를 도시한 것이며, 도 4(d)는 글리시딜 메타크릴레이트(glycidyl methacrylate, GMA)와 2-하이드록시에틸 아클릴산(2-hydroxyethyl acrylate, HEA)의 공중합체의 조성 조절을 통해 합성한 세가지 모든 조성(pGH1, pGH2, pGH3)의 공중합체에 대한 투과도 데이터를 도시한 것이다.

[0054] 도 4를 참조하면, 2-하이드록시에틸 아클릴산(2-hydroxyethyl acrylate, HEA) 분율이 클수록 -OH기와 관련된 3400 cm^{-1} 부근의 피크(peak)가 증가하고, 글리시딜 메타크릴레이트(glycidyl methacrylate, GMA)의 에폭시(epoxy)와 관련된 950, 720 cm^{-1} 부근의 피크(peak)가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0055] 또한, 2-하이드록시에틸 아클릴산(2-hydroxyethyl acrylate, HEA) 분율이 클수록 낮은 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g)와 낮은 저장 탄성계수(Storage modulus)를 나타내는 것을 알 수 있으며, 세가지 모든 조성(pGH1, pGH2, pGH3) 모두 슬라이드 글라스(slide glass) 상에 5 μm 증착하였을 때, 가시광선 영역에서 투명한 것을 확인할 수 있다.

[0057] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 평탄화층에 대한 주사전자현미경 이미지와 동일 샘플의 평탄화 공정 후 평탄화층의 AFM 이미지를 도시한 것이다.

[0058] 보다 상세하게는, 도 5(a)는 600 nm 높이, 200 nm 간격의 트렌치(trench) 구조에 pGH 공중합체를 증착하여 평탄화한 평탄화층에 대한 단면적 이미지(cross section SEM(Scanning Electron Microscope; 주사전자현미경) image)를 도시한 것이며, 도 5(b)는 평탄화를 진행한 평탄화층 표면에 대한 원자간력현미경(Atomic Force Microscope, AFM) 이미지를 도시한 것이다.

[0059] 도 5를 참조하면, 트렌치 구조 상에 pGH 공중합체를 증착하여 매우 평탄한 평탄화층을 형성한 것을 확인할 수 있다. 본 발명이 적용된 패턴은 갭필링(gap filling)을 통해 평탄화가 진행되었으며, 매우 평탄한 층이 형성된 것을 확인할 수 있다. 이에 따라, 본 발명은 전자 소자 및 디스플레이 분야에 적용될 수 있다.

[0061] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치의 세부 구성을 블록도로 도시한 것이다.

[0062] 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치는 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자를 갭필링(gap filling)하여 평탄화한다.

[0063] 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치(600)는 처리부(610)를 포함하며, 후처리부(620)를 더 포함할 수 있다.

[0064] 처리부(610)는 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 이용하여 패턴 상에 고분자(polymer)를 증착하여 갭필링(gap filling)을 통해 패턴을 평탄화한다.

[0065] 처리부(610)는 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 통해 개시제(Initiator) 및 단량체(Monomer)를 이용하여 패턴 상에 고분자를 증착할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치(600)는 개시제를 사용하는 화학 기상 증착(initiated Chemical Vapor Deposition; iCVD) 공정을 사용하는 것을 특징으로 하며, 이를 이용하여 공중합체를 합성한다. 이 방법은 용매를 사용하지 않고 기상에서 고분자(polymer)를 중합하는 방법이기 때문에, 고분자의 점도에 영향을 받지 않은 상태로 복잡한 구조 상의 기판에도 기판에 손상 없이 고분자 증착이 가능하다.

[0066] 또한, 처리부(610)는 20℃ 내지 40℃의 온도 환경에서 파티클(particle)이나 복합한 구조를 가진 패턴 상에 고분자를 수 nm 내지 수십 μm까지 증착 가능할 수 있다. 이에 따라서, 본 발명은 작용기를 갖는 단량체를 쉽게 도입할 수 있으며, 기상에서의 균일한 혼합을 통해 균일한 공중합체 고분자를 합성하기 용이하다.

[0067] 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치(600)의 처리부(610)는 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g)가 낮은 고분자를 패턴 상에 증착한 후, 패턴 사이로 고분자가 채워지는 갭필링(gap filling)을 통해 패턴을 평탄화할 수 있다. 또한, 처리부(610)는 섀도 마스크(shadow mask)를 사용하여 패턴을 부분적으로 평탄화할 수 있다.

[0068] 후처리부(620)는 가교가 가능한 공중합체 시스템(copolymer system)을 통해 평탄화된 패턴을 후처리하여 평탄화층의 탄성계수(modulus)를 증가시킬 수 있다.

[0069] 단순히 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g)가 낮은 고분자를 패턴 상에 증착하는 경우, 증착된 고분자 층(또는 고분자 박막)이 유동 특성을 가지고 유연(또는 말랑말랑)해진다는 문제가 발생한다. 이에, 본 발명의 실시예에 따른 기상 증착공정을 이용한 갭필링 장치(600)의 후처리부(620)는 이를 개선하기 위해 가교가 가능한 공중합체 시스템(copolymer system)을 통한 후처리를 진행한다.

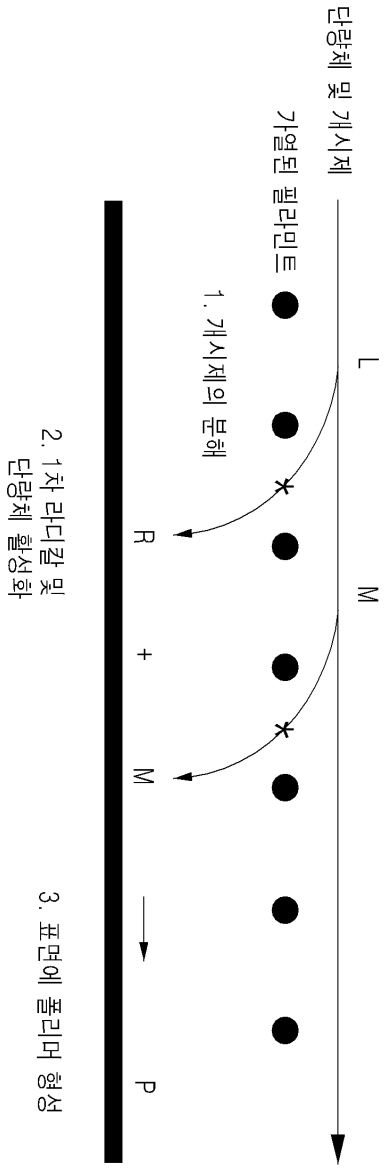
[0071] 비록, 도 6의 장치에서 그 설명이 생략되었더라도, 본 발명에 따른 장치는 상기 도 1 내지 도 5에서 설명한 모든 내용을 포함할 수 있다는 것은 이 기술 분야에 종사하는 당업자에게 있어서 자명하다.

[0073] 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.

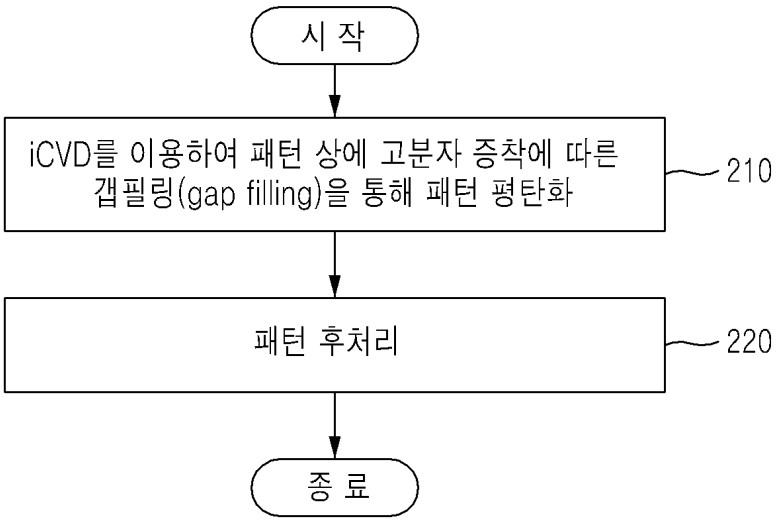
[0075] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

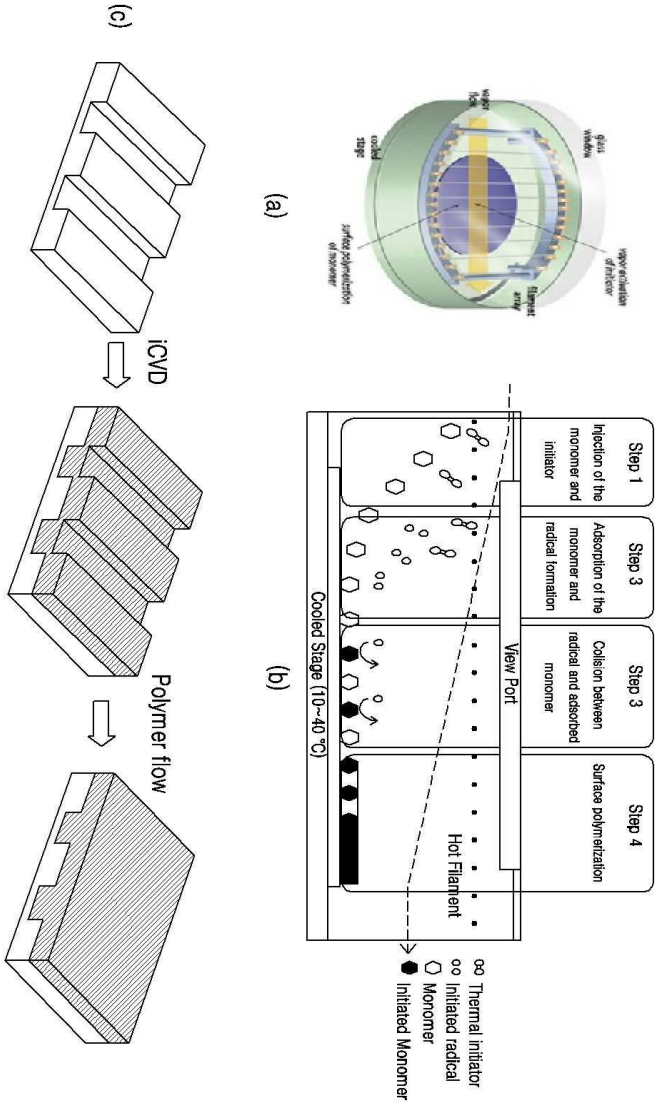
도면1



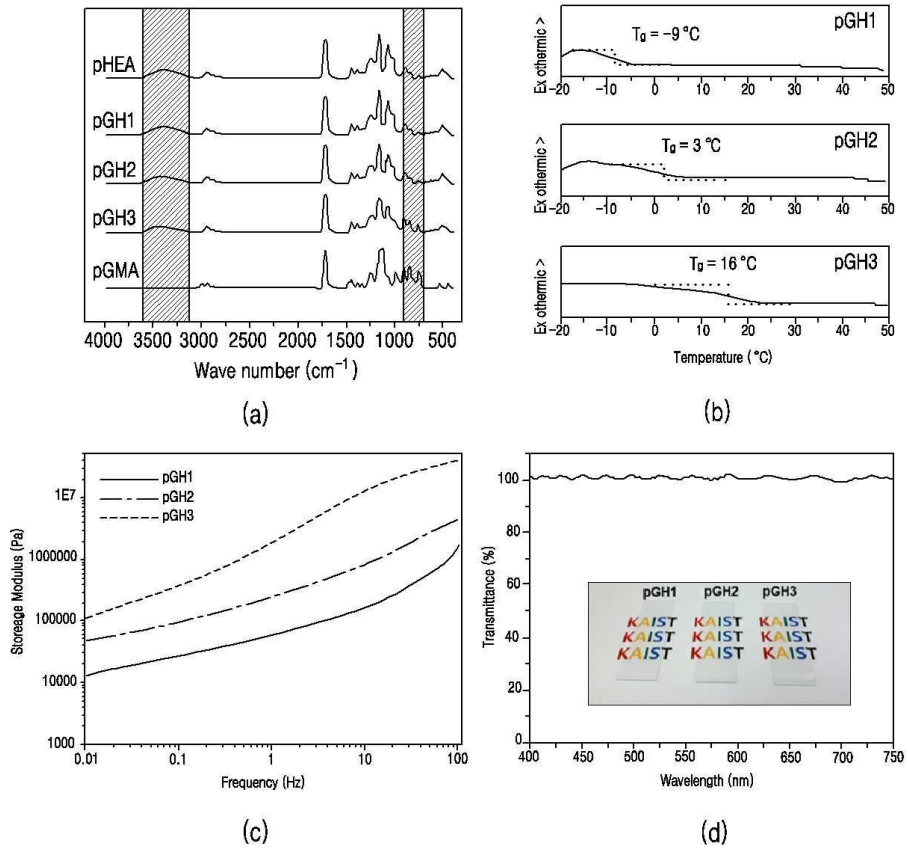
도면2


시 작
iCVD를 이용하여 패턴 상에 고분자 증착에 따른 갭필링(gap filling)을 통해 패턴 평탄화
210
패턴 후처리
220
종 료

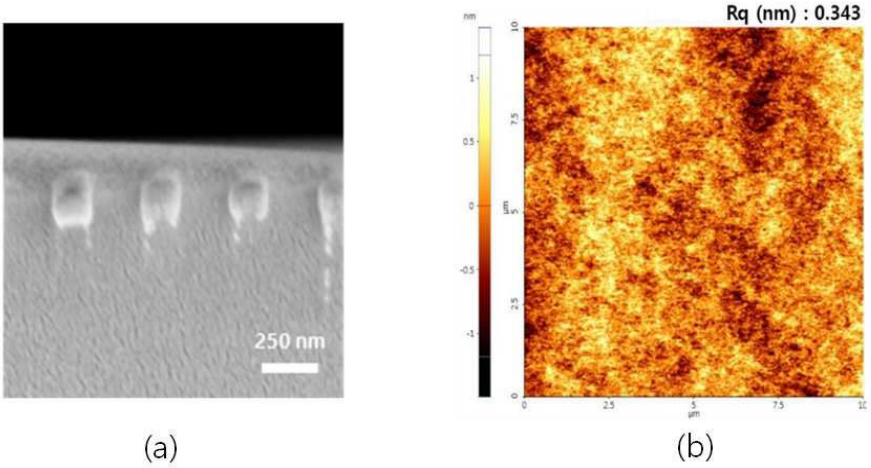
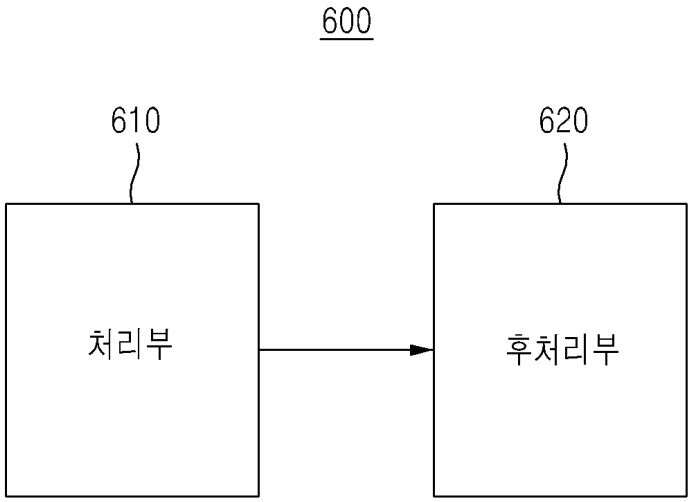
도면3


(a)
(b)
(c)
Step 1
Injection of the monomer and initiator
Step 3
Adsorption of the monomer and radical formation
Step 3
Collision between radical and adsorbed monomer
Step 4
Surface polymerization
View Port
Hot Filament
Cooled Stage (10~40 °C)
Thermal initiator
Initiated radical
Monomer
Initiated Monomer
iCVD
Polymer flow

도면4


pHEA
pGH1
pGH2
pGH3
pGMA
4000 3500 3000 2500 2000 1500 1000 500
Wave number (cm^{-1})
(a)
Tg = -9 °C
pGH1
Tg = 3 °C
pGH2
Tg = 16 °C
pGH3
Ex othermic >
-20 -10 0 10 20 30 40 50
Temperature (°C)
(b)
pGH1
pGH2
pGH3
Storage Modulus (Pa)
1E7
1000000
100000
10000
1000
0.01 0.1 1 10 100
Frequency (Hz)
(c)
Transmittance (%)
100 80 60 40 20 0
400 450 500 550 600 650 700 750
Wavelength (nm)
pGH1 pGH2 pGH3
KAIST
(d)

도면5


250 nm
(a)
Rq (nm) : 0.343
nm
1
0.5
0
-0.5
-1
μm
0 2.5 5 7.5 10
(b)

도면6