



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0008048
(43) 공개일자 2016년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B29C 33/38 (2006.01) B29C 33/44 (2006.01)

G03F 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0087653

(22) 출원일자 2014년07월11일

심사청구일자 2014년07월11일

(71) 출원인

울산과학기술원 산학협력단

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

김태성

울산 울주군 범서읍 구영로 75-9, 303동 1205호
(구영우미린1차아파트)

김민석

광주 북구 우치로40번길 46, 2층 (중흥동)

(74) 대리인

전용준

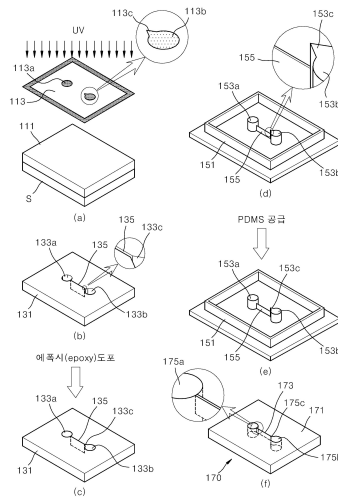
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 미세채널용 몰드의 제조방법, 미세채널용 거꾸집의 제조방법 및 미세채널이 형성된 블록의 제조방법

(57) 요약

본 발명은, 미세채널용 몰드의 제조방법, 미세채널용 거꾸집의 제조방법 및 미세채널이 형성된 블록의 제조방법에 관한 것으로, 감광물질층이 형성된 기재 상에, 포토 리소그래피(photo lithography) 공정을 수행하여, 상기 감광물질층의 깊이 방향을 따라 크로스 링킹 밀도((Cross linking density)에 대한 그라디언트(gradient)를 형성시켜서 노치를 형성하는 단계; 상기 감광물질층에서 상기 노치에 의하여 미세채널에 대응되는 크랙이 진행되는 것이 허용되지 않는 영역에만 노광을 수행하는 단계; 상기 감광물질층을 현상하여, 상기 노치로부터 상기 미세채널에 대응되는 상기 크랙을 진행시키는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1395036127/PJ009549052014

부처명 농촌진흥청

연구관리전문기관 농촌진흥청

연구사업명 차세대바이오그린21

연구과제명 바이오부품의 기능 분석 및 HTS를 위한 미세유체기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단

연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711001872/2009-0093499

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기후변화대응기술개발

연구과제명 바이오연료용 인공미생물에 적합한 최적 발효공정 설계 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.30 ~ 2014.09.29

명세서

청구범위

청구항 1

감광물질층이 형성된 기재 상에, 포토 리소그래피(photo lithography) 공정을 수행하여, 상기 감광물질층의 깊이 방향을 따라 크로스 링킹 밀도(Cross linking density)에 대한 그래디언트(gradient)를 형성시켜서 노치를 형성하는 단계;

상기 감광물질층에서 상기 노치에 의하여 미세채널에 대응되는 크랙이 진행되는 것이 허용되지 않는 영역에만 노광을 수행하는 단계;

상기 감광물질층을 현상하여, 상기 노치로부터 상기 미세채널에 대응되는 상기 크랙을 진행시키는 단계를 포함하는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 노치를 형성하는 단계는,

상기 기재 상에 상기 감광물질층을 형성하는 감광물질을 도포하여 코팅하는 단계;

상기 감광물질층 상에 상기 노치에 대응되는 제1 패턴이 형성된 제1 포토마스크를 배치 후, 빛 에너지를 조사하여 1차 노광하는 단계;

상기 1차 노광된 상기 감광물질층을 현상액으로 1차 현상하는 단계를 포함하는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 1차 현상하는 단계에서는,

상기 감광물질층에서 상기 제1 패턴에 대응되는 영역이 제거되면서 상기 노치가 형성되는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 노광을 수행하는 단계에서는,

상기 노치가 형성된 상기 감광물질층 상에 크랙이 진행되는 것이 허용되는 영역에 대응되는 패턴이 형성된 제2 포토마스크가 배치되는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 감광물질층은 깊이 방향을 따라 갈수록 탄성 성질이 점탄성 성질로 변화되는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 감광물질은 빛에 의해 경화되는 네거티브 감광물질이 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 네거티브 감광물질은 SU-8 폴리머를 포함하는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 8

청구항 2에 있어서,

상기 크랙을 진행시키는 속도는 상기 1차 노광하는 단계에서 조사되는 상기 빛 에너지의 양으로 조절하는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 9

청구항 2에 있어서,

상기 크랙이 진행되는 길이는 상기 1차 노광하는 단계에서 조사되는 상기 빛 에너지의 양 또는 상기 크랙을 진행시키는 단계에서 현상하는 시간으로 조절하는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 노치는 각형 구조를 갖는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 노치는 삼각형 형상을 가지고,

상기 크랙은,

상기 노치의 각도가 90° 이상 150° 미만이면 하나 형성되는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 노치는 삼각형 형상을 가지고,

상기 크랙은,

상기 노치의 각도가 0° 이상 90° 미만이면 두 개 이상 형성되며, 상기 노치의 각도가 150° 이상이면 형성되지 않는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 노치는 너비와 높이를 가지는 삼각형 형상을 가지고,

상기 너비 길이와 상기 높이 길이의 사이의 상대비를 이용하여 상기 크랙의 발생 개수를 조절하는 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

상기 크랙의 깊이는 10nm 내지 1000nm 이며,

상기 크랙의 너비는 100 nm 내지 10000 nm인 미세채널용 몰드의 제조방법.

청구항 15

청구항 1 내지 청구항 14 중 어느 한 항에 의하여 제조되는 미세채널용 몰드를 준비하는 단계; 및

상기 미세채널용 몰드의 상면 및 둘레면에 수지를 도포하여 경화시키는 단계를 포함하는 미세채널용 거푸집의

제조방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 도포하여 경화시키는 단계에서는,

상기 크랙에 채워지는 수지에 의해 상기 크랙에 대응되는 제1 돌기가 형성되는 미세채널용 거푸집의 제조방법.

청구항 17

청구항 15에 있어서,

상기 수지는 열경화성 수지이며,

상기 열경화성 수지는 에폭시를 포함하는 미세채널용 거푸집의 제조방법.

청구항 18

청구항 15에 의해 제조된 미세채널용 거푸집을 준비하는 단계; 및

상기 거푸집의 내부에 수지를 공급하여 경화시킨 후, 상기 거푸집과 분리시키는 단계를 포함하는 미세채널이 형성된 블록의 제조방법.

청구항 19

청구항 16에 있어서,

상기 거푸집과 분리시키는 단계에서는,

상기 제1 돌기에 의해 상기 미세채널이 형성되는 미세채널이 형성된 블록의 제조방법.

청구항 20

감광물질층의 상부에 노광을 수행하여, 상기 감광물질층의 깊이 방향을 따라 크로스 링킹(cross linking) 밀도에 대한 그라디언트 (gradient)를 형성함으로써, 상기 감광물질층의 상기 깊이 방향을 따라갈수록 상기 감광물질층 내에서 탄성이 감소되도록 변화시키는 단계; 및

상기 노광된 감광물질층을 현상하여, 상기 감광물질층에 크랙을 진행시키는 단계를 포함하는 미세채널용 몰드의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 미세채널용 몰드의 제조방법, 미세채널용 거푸집의 제조방법 및 미세채널이 형성된 블록의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 포토리소그래피 공정 시 인위적인 크랙을 발생시켜서 미세채널을 제조할 수 있는 미세채널용 몰드의 제조방법, 미세채널용 거푸집의 제조방법 및 미세채널이 형성된 블록의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

최근 바이오 물질의 분석 및 분리를 위한 마이크로 및 나노 플루이드스(fluidics)의 발달과 더불어 전통적인 포토리소그래피 외에 소프트 리소그래피(soft lithography), 전자빔 리소그래피(e-beam lithography), 나노임프린트 리소그래피(nanoimprint lithography) 등의 방식을 이용하여 채널을 제작할 수 있는 공정들이 개발되고 있다.

[0003]

마이크로 사이즈의 채널은 기존의 포토 리소그래피(photo lithography)와 소프트 리소그래피 방식을 이용하여 손쉽게 제작할 수 있다. 그러나 포토 리소그래피 방식을 사용하는 경우 공정이 매우 복잡하고 경제적이지 못할

뿐 아니라, 패턴 사이즈의 한계로 인하여 100 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)미만의 선폭 공정에는 적합하지 않은 문제점이 있다.

[0004] 상기 소프트 리소그래피 방식을 사용하는 경우, 연성의 폴리다이메틸실록세인(polydimethylsiloxane: PDMS) 몰드와 기판을 자발적으로 균일 접촉시키고 모세관력을 이용하여 예비중합체를 몰드와 기판의 빈 공간으로 흘러보낸 후 경화시켜 패턴을 형성할 수 있다. 그러나 PDMS는 탄성체(elastomer)로서의 물성 부족으로 인하여 소프트 리소그래피 기술로도 나노 사이즈 채널을 형성하기 어려운 문제점이 있다.

[0005] 전자빔 리소그래피는 채널의 접합과정에서 높은 전압을 이용하거나 혹은 높은 열을 이용하여 접합하는 양극 접합(anodic bonding) 또는 용착접합(fusion bonding)을 사용하기 때문에 접합 후 채널의 안전성을 확보하기 어렵다. 또한, 고온에서 건디는 물질을 사용해야 하기 때문에 물질의 제한이 심하다. 나노임프린트 리소그래피 방식의 경우도 전자빔 리소그래피에 의해 만들어진 원형 패턴을 일회성으로 밖에는 사용할 수 없기 때문에 효율이 상당히 낮은 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허공보 제10-2008-0103541호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 포토리소그래피 공정 시 인위적인 크랙을 발생시켜서 미세채널을 제조할 수 있는 미세채널용 몰드의 제조방법, 미세채널용 거꾸집의 제조방법 및 미세채널이 형성된 블록의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 감광물질층이 형성된 기재 상에, 포토 리소그래피(photo lithography) 공정을 수행하여, 상기 감광물질층의 깊이 방향을 따라 크로스 링킹 밀도(Cross linking density)에 대한 그래디언트(gradient)를 형성시켜서 노치를 형성하는 단계; 상기 감광물질층에서 상기 노치에 의하여 미세채널에 대응되는 크랙이 진행되는 것이 허용되지 않는 영역에만 노광을 수행하는 단계; 상기 감광물질층을 현상하여, 상기 노치로부터 상기 미세채널에 대응되는 상기 크랙을 진행시키는 단계를 포함하는 미세채널용 몰드의 제조방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 미세채널용 몰드를 준비하는 단계; 및 상기 미세채널용 몰드의 상면 및 둘레면에 수지를 도포하여 경화시키는 단계를 포함하는 미세채널용 거꾸집의 제조방법을 제공한다.

[0010] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 미세채널용 거꾸집을 준비하는 단계; 및 상기 거꾸집의 내부에 수지를 공급하여 경화시킨 후, 상기 거꾸집과 분리시키는 단계를 포함하는 미세채널이 형성된 블록의 제조방법을 제공한다.

[0011] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 감광물질층의 상부에 노광을 수행하여, 상기 감광물질층의 깊이 방향을 따라 크로스 링킹(cross linking) 밀도에 대한 그래디언트 (gradient)를 형성함으로써, 상기 감광물질층의 상기 깊이 방향을 따라갈수록 상기 감광물질층 내에서 탄성이 감소되도록 변화시키는 단계; 및 상기 노광된 감광물질층을 현상하여, 상기 감광물질층에 크랙을 진행시키는 단계를 포함하는 미세채널용 몰드의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 미세채널용 몰드의 제조방법, 미세채널용 거꾸집의 제조방법 및 미세채널이 형성된 블록의 제조방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0013] 첫째, 종래와 같이 고가의 장비를 사용해야만 가능했던 미세채널의 형성을 포토 리소그래피 공정을 이용하여 인위적인 크랙을 형성하고, 상기 크랙을 이용하여 미세채널을 형성할 수 있음으로써 비용을 절감하는 효과를 가질

수 있다.

[0014] 둘째, 미세채널용 몰드의 제조 시 크랙을 형성할 때 감광물질층의 크기를 키우고 다수의 다양한 패턴들이 형성된 포토마스크를 이용하면 동시에 여러 개의 크랙을 제작할 수 있고, 이를 이용하여 동시에 여러 개의 미세채널을 형성하는 효과를 가질 수 있다.

[0015] 셋째, 미세채널용 몰드를 제조하는 포토리소그래피 공정에서 빛의 조사선량 등을 통해 크랙이 발생하는 시간을 조절할 수 있으며, 현상시간으로 크랙이 진행되는 길이를 조절할 수 있다.

[0016] 넷째, 미세채널용 몰드를 제조하는 과정에서 크랙이 형성되지 않아도 되는 영역을 2차 노광하여 크랙에서 새로운 크랙이 생성되거나 크랙이 원하지 않는 방향으로 진행되는 것을 방지하고, 크랙이 전파되는 동안 새로운 크랙이 생성되더라도 전파되는 것을 방지하는 효과를 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본원발명의 일 실시예에 따른 미세채널용 몰드, 거푸집 및 미세채널이 형성된 블록을 제조하는 과정이 도시된 사시도이다.

도 2는 도 1에 따른 미세채널용 몰드의 제조과정이 도시된 블록도이다.

도 3은 도 2에 따른 미세채널용 몰드의 제조과정이 도시된 개략도이다.

도 4는 도 1에 따른 미세채널용 몰드의 제조과정 중 감광물질층의 변화를 도시한 사시도 및 단면도이다.

도 5는 노치의 너비 길이와, 높이 길이 따른 크랙의 형성 개수의 상관관계가 도시된 것이다.

도 6은 빛 에너지양, 노광 후 베이스 시간 및 현상시간과 크랙의 진행의 상관관계를 나타내는 사진 및 그래프이다.

도 7은 설정 길이만큼의 크랙의 시작, 중간, 끝 위치를 부분적으로 확대한 사진이다.

도 8은 현상시간과 크랙의 폭 및 깊이의 상관관계가 도시된 그래프이다.

도 9는 경계면 및 2차 노광 영역에 대한 크랙의 진행 방향을 나타낸 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 도 1 내지 도 3에는 본 발명의 일 실시예에 따른 미세채널용 블록, 미세채널용 거푸집 및 미세채널이 형성된 블록을 제조하는 과정이 도시되어 있다.

[0019] 본 발명의 상세한 설명에 앞서, 본 발명은 포토리소그래피 공정을 통해 노치를 형성하고, 노치에 의해 미세채널에 대응되는 크랙을 진행시켜 이를 이용하여 미세채널을 형성하는 방법에 대한 것이다. 여기서 미세채널은 마이크로 채널 또는 나노 채널 중 어느 하나에만 속하는 것이 아니고, 크랙을 이용하여 형성되는 미세채널은 마이크로 채널일 수도 있고, 나노 채널일 수도 있다. 즉, 크랙을 이용하여 형성되는 채널의 높이 및 너비의 크기가 나노 범위부터 마이크로 범위까지 포함되며, 실시자에 의해 다양하게 조절되어 형성되는 것이다.

[0020] 먼저, 도 2 및 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 미세채널용 몰드의 제조방법에 대해 설명한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 미세채널용 몰드의 제조방법은, 크게 감광물질층(131)이 형성된 기재(S) 상에, 포토리소그래피(photo lithography) 공정을 수행하여, 상기 감광물질층(131)의 깊이 방향을 따라 크로스 링킹 그래디언트(Cross linking gradient)를 발생시켜서 노치(133c)를 형성하는 단계, 상기 감광물질층(131)에서 상기 노치(133c)에 의하여 미세채널(173)에 대응되는 크랙(135)이 진행되는 것이 허용되지 않는 영역에만 노광을 수행하는 단계 및 상기 감광물질층(131)을 현상하여, 상기 노치(133c)로부터 상기 미세채널(173)에 대응되는 상기 크랙(135)을 진행시키는 단계를 포함한다.

[0021] 도 1 및 도 2를 참조하여 보다 구체적으로 설명하여 보면, 먼저 기재(S)의 상면에 감광물질(111, Photo resist)을 도포하여 코팅한다.(S305 단계) 상기 감광물질(111)은 예를 들어 스핀 코터라는 장치에 의해 상기 기재(S)의 상면에 도포된다. 상기 스핀 코터는 회전하면서 상기 기재(S)의 상면에 상기 감광물질(111)을 도포하는 것이다. 특히, 스핀 코터를 이용하여 상기 감광물질(111)을 도포할 때, 스핀 코터의 RPM을 조절하면 상기 감광물질(111)이 도포되는 높이를 조절할 수 있고, 이에 따라 상기 제1 몰드블록(131)의 높이를 조절할 수 있다.

[0022] 상기 감광물질(111)이 상기 스핀 코터에 의해 도포되는 것은 본 실시예에 한정되는 것일 뿐, 다양한 방법으로

상기 감광물질(111)이 상기 기재(S)의 상면에 도포될 수 있다. 상기 기재(S) 상에 상기 감광물질(111)이 도포되면, 상기 감광물질(111)을 소프트 베이킹(soft bake)하는 단계가 이루어진다.(S310 단계) 상기 소프트 베이킹은 예시적으로 상기 감광물질(111)이 도포된 상기 기재(S)를 95℃에서 구워내는 것으로, 상기 소프트 베이킹에 의해 상기 감광물질(111)의 접착력을 향상시킨다. 그리고 상기 소프트 베이킹된 상기 감광물질(111)이 상기 감광물질층(131)을 형성하는 것이다. 다만, 상기 소프트 베이킹되는 온도가 95℃에 한정되는 것은 아니다. 상기 소프트 베이킹의 온도조건으로 상기 감광물질층(131)에 인가되는 잔류응력을 조절하여 상기 크랙의 치수를 조절할 수 있으므로 상기 소프트 베이킹의 온도조건을 변경하여 상기 크랙의 치수를 변경할 수 있다.

[0023]

다음으로 상기 감광물질(131)층에 상에 상기 노치(133c)에 대응되는 제1 패턴이 형성된 제1 포토마스크(113)를 배치 후, 빛 에너지를 조사하여 1차 노광하는 단계가 이루어진다.(S315 단계) 상기 제1 포토마스크(113)에는 상기 감광물질층(131)에 형성되는 상기 노치(113c)에 대응되는 제1 패턴이 형성되어 있다. 보다 구체적으로, 상기 제1 패턴은 상기 노치(113c)에 대응되는 노치패턴(113c)을 갖는 제1 메인패턴(113b) 및 상기 노치패턴(113c)에 대향되며, 상기 제1 메인패턴(113b)과 상호 이격되는 제2 메인패턴(113a)을 포함한다. 노치패턴(113c)은 삼각형 형상 등으로 형성되고, 상기 제1 메인패턴(113b)에는 상기 노치(113c)로 형성되는 상기 노치패턴(113c)이 삼각형 형상 등이 1개 또는 복수 개 형성되는 것을 모두 포함한다.

[0024]

본 실시예에서 상기 제1 포토마스크(113)는 직사각형의 형태로 형성되며, 중앙에는 상호 이격되는 제1 패턴들(113a, 113b)이 형성된다. 이하에서는 설명의 편의를 위하여 제1 메인패턴(113b) 및 제2 메인패턴(113a)으로 명기하기로 한다. 한편, 상기 제1 포토마스크(113)가 직사각형의 형태로 형성되는 것은 본 실시예에 한정되는 것일 뿐이므로, 이에 한정되지 않고 다양한 형태로 형성될 수도 있다.

[0025]

후술되겠지만, 상기 제1 포토마스크(113)를 기반으로 포토 리소그래피공정이 진행되면, 상기 노치패턴(113c)을 갖는 상기 제1 메인패턴(113b)에 의해 상기 감광물질층(131)에 제1 노치(133c)를 갖는 제1 관통홀(133b)이 형성되며, 상기 제1 노치(133c)로부터 제1 크랙(135)이 발생 및 진행된다. 이에 대해서는 후술에서 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0026]

상기 감광물질층(131) 상에 상기 제1 포토마스크(113)가 배치되면, 빛 에너지를 조사하여 상기 감광물질층(131)을 1차 노광한다. 이때, 상기 감광물질층(131)의 내부에 깊이 방향을 따라 크로스 링킹 밀도(Cross linking density)에 대한 그래디언트(gradient)를 형성시키는 것이다.

[0027]

본 실시예에서 상기 감광물질층(131)에 조사되는 빛은 자외선(UV)이며, 전 파장 대역의 자외선을 조사한다. 상기 감광물질층(131)을 형성하는 상기 감광물질(111)은 빛이 조사되는 부분은 경화되고, 빛이 조사되지 않는 부분은 경화되지 않는 네거티브(negative) 감광물질이며, 예시적으로 SU-8 폴리머이다. 따라서 상기 제1 포토마스크(113)의 상기 제1 패턴들(113a, 113b)이 형성된 부분으로는 빛이 투과되지 않고, 상기 패턴들(113a, 113b)이 형성되지 않은 부분으로만 빛이 투과된다.

[0028]

따라서 상기 감광물질층(131)의 상측에 상기 제1 포토마스크(113)를 구비하고, 빛을 조사하면 상기 제1 패턴들(113a, 113b)이 형성된 부분에 대응되는 상기 감광물질층(131)은 경화되지 않는다. 반면, 상기 제1 패턴들(113a, 113b)이 형성되지 않은 부분에 대응되는 상기 감광물질층(131)은 조사되는 빛에 의해 경화된다.

[0029]

한편, 상기 감광물질층(131)을 형성하는 상기 감광물질(111)은 모노머(monomer)라는 단위체를 포함하고 있다. 상기 감광물질(111)에 자외선을 조사하면 상기 모노머가 상기 자외선이 조사되는 방향으로 집중된다. 상기 모노머가 집중되는 영역에는 상기 모노머들 사이에 공간이 줄어들면서 탄성의 성질을 갖게 되고, 상기 모노머가 집중되지 않는 영역에는 상기 모노머들 사이에 공간이 많아져 점탄성의 성질을 갖게 된다. 즉, 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 감광물질층(131)이 깊이 방향을 따라 크로스 링킹 밀도에 대한 그래디언트를 형성시킴으로써, 상기 감광물질층(131)의 내부는 깊이 방향을 따라 갈수록 탄성 성질에서 점탄성 성질로 변화된다.

[0030]

자외선에 의한 상기 1차 노광이 끝나면 상기 제1 포토마스크(113)를 제거한 후, 상기 감광물질층(131) 및 상기 기재(S)를 1차 노광 후 베이킹하는 단계가 이루어진다.(S320 단계) 상기 1차 노광 후 베이킹 하는 단계에서는 약 95℃의 온도에서 상기 감광물질층(131) 및 상기 기재(S)를 구워낸다.

[0031]

그리고 상기 감광물질층(131)을 현상액으로 1차 현상하는 단계가 이루어진다.(S325 단계) 현상액에 상기 감광물질층(131)을 넣으면, 빛의 조사에 의해 경화되지 않은 상기 감광물질층(131)은 상기 현상액에 녹아 제거된다. 이렇게 경화되지 않은 상기 감광물질층(111)이 제거되면, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이, 제1 상기 패턴들(113a, 113b)에 대응되는 관통홀들(133a, 133b)이 형성된다. 즉, 상기 제1 메인패턴(113b)에 대응되는 제1 관통홀(133b) 및 상기 제2 메인패턴(113a)에 대응되는 제2 관통홀(133a)이 형성된다. 그리고 상기 제1 메인패턴

(113b)은 상기 노치패턴(113c)을 갖고 있으므로, 상기 제1 관통홀(133b)이 상기 노치(133c)를 갖게 된다.

[0032] 전술하였던 바와 같이, 상기 노치패턴(113c)이 삼각형, 사각형 등 다각형이나 각형 구조로 형성되므로, 상기 노치패턴(113c)에 의해 형성되는 상기 노치(133c)도 삼각형, 사각형 등 다각형이나 각형 구조로 형성된다.

[0033] 상기 노치패턴(113c)의 형상은 상기 노치패턴(113c)에 의해 형성된 상기 노치(133c)로부터 발생하는 상기 크랙(135)의 형성에 영향을 끼친다. 예를 들어 상기 노치패턴(113c)의 각도가 150° 이상이 되면 응력 집중이 되지 않아, 크랙이 발생하지 않는다. 한편, 상기 노치패턴(113c)의 각도가 90° 일 때에는 상기 노치(133c)에서 하나의 크랙이 발생하고, 상기 노치패턴(113c)의 각도가 90° 미만이면 상기 노치(133c)에서 두 개 이상의 크랙이 발생한다. 즉, 상기 노치패턴(113c)의 각도를 조절하여 상기 노치(133c)에서 발생하는 상기 크랙(135)의 개수를 조정할 수 있다.

[0034] 이는 상기 노치패턴(113c)의 너비 길이 및 높이 길이와도 관련이 있다. 도 5를 참조하면, A 영역에 해당하는 노치에서는 하나의 크랙이 발생하였고, B 영역에 해당하는 노치에서는 두 개의 크랙이 발생하였으며, C 영역에 해당하는 노치부에서는 크랙이 발생하지 않았다. 즉, 노치의 너비 길이 대비 노치의 높이 길이가 작을수록 응력집중이 줄어들고, 상기 노치의 너비 길이 대비 상기 노치의 높이 길이가 클수록 응력이 집중되는 것을 알 수 있다. 따라서 상기 노치(133c)의 너비 길이와 높이 길이의 상대비를 이용하여 상기 크랙(135)이 발생하는 개수를 조절할 수 있다.

[0035] 한편, 상기 노치(133c)가 형성된 후에는 상기 감광물질층(131) 상에 제2 포토마스크를 배치한 후, 2차 노광을 수행하는 단계가 이루어진다. (S330 단계) 상기 제2 포토마스크에는 상기 미세채널(173)에 대응되는 크랙(135)이 진행되는 것이 허용되지 않는 영역에 대응되는 제2 패턴이 형성되어 있다. 상기 2차 노광을 수행하는 단계에서 조사되는 자외선에 의해 상기 감광물질층(131)은 상기 제2 패턴에 대응되지 않는 영역이 더 경화되면서 상기 감광물질층(131)의 깊이 방향에 따른 크로스 링킹 밀도에 대한 그래디언트가 사라지게 된다. 따라서 추후에 상기 노치(133c)로부터 발생하는 상기 크랙(135)이 상기 제2 패턴에 대응되지 않는 영역의 상기 감광물질층(131)으로 는 진행되지 않게 되는 것이다. 상기 제2 패턴의 형상은 정형화되어 있지 않고, 실시자에 따라 다양하게 형성될 수 있다.

[0036] 상기 2차 노광이 수행되면, 상기 감광물질층(131)을 현상하는 단계가 이루어진다. (S340 단계) 한편, 상기 현상하는 단계가 이루어지기 전, 2차 노광이 수행된 상기 감광물질층(131)을 한번 더 구워내는 단계를 진행할 수도 있다. (S335 단계) 상기 현상하는 단계에서 현상액에 상기 감광물질층(131)을 담구면, 상기 감광물질층(131)이 팽윤되면서 상기 노치(133c)에서 상기 크랙(135)이 발생되어 진행된다. 이때, 상기 크랙(135)은 상기 1차 노광이 이루어진 영역으로만 진행이 된다. 상기 크랙(135)은 상기 감광물질층(131)의 깊이 방향을 따라 발생한 크로스링킹 그래디언트에 의해 발생하는 것이다.

[0037] 전술한 바와 같이 크로스 링킹 밀도에 대한 그래디언트가 형성된 부분은 상기 감광물질층(131)의 깊이 방향을 따라 탄성 성질에서 점탄성 성질로 변화되는데, 현상액에 의해 점탄성 영역이 팽윤하게 되면 탄성층에 인장응력이 가해지게 된다. 상기 인장응력은 특정방향으로 물질을 잡아당기는 것과 같은 이방성 인장응력이 아닌, 압력과 같이 모든 방향에 등방성으로 작용되는 인장응력이다. 따라서 상기 노치(133c)에 의해 발생하는 크랙이 실시자가 의도하는 방향으로만 진행할 수 있는 것이다.

[0038] 한편, 상기 크랙(135)을 진행시키는 속도 상기 1차 노광하는 단계에서 조사되는 빛 에너지의 양으로 조절할 수 있고, 상기 크랙(135)이 진행되는 길이는 상기 1차 노광하는 단계에서 조사되는 빛 에너지양 또는 상기 2차 현상하는 단계에서 현상하는 시간을 통해 조절할 수 있다.

[0039] 도 6에는 크랙과 빛 에너지양, 노광 후 베이크 시간, 현상시간의 상관관계가 나타내는 사진 및 그래프가 도시되어 있다. 도 6의 (a)와 (b)는 동일한 빛 에너지를 조사한 후, 노광 후 베이크 시간을 달리하고 현상하였을 때 크랙의 진행 속도를 촬영한 것으로, 도 6의 (a)와 (b)를 참조하여 보면 노광 후 베이크 시간을 짧게 한 (a)에서는 현상을 시작한지 5분 후부터 크랙이 발생하여 진행된 반면, 노광 후 베이크 시간을 길게 한 (b)에서는 현상을 시작한지 60분이 지난 후에야 크랙이 발생하여 진행된 것을 알 수 있다. 또한, 도 6의 (d)에 도시된 그래프를 살펴보면, 노광 후 베이크를 길게 한 (b)에서 발생하는 크랙이 동일한 현상시간동안 전파되는 길이가 더 짧은 것을 알 수 있다.

[0040] 도 6의 (c)는 (a)보다 빛 에너지양이 크고, 노광 후 베이크 시간은 동일하게 하였을 때 크랙의 진행 속도를 촬영한 것이다. 도 6의 (c)는 현상 시간이 60분이 지난 후에도 크랙이 진행되지 않은 것을 알 수 있다. 또한, 도 6의 (d)에 도시된 그래프를 살펴보면, (c)의 경우 (a) 및 (b)와 비교하였을 때, 동일한 시간동안 현상하여도 크

랙의 전과 길이가 (a) 및 (b)에 비해 상당히 짧은 것을 알 수 있다. 이렇듯, 크랙은 빛 에너지양이 작을수록 더 빨리 발생하고, 노광 후 베이킹 시간이 짧을수록 크랙의 전과 길이가 더 길어진다. 그리고 현상시간이 길면 길수록 크랙의 전과 길이가 길어지는 것도 알 수 있다. 따라서 상기 제1 크랙(135)을 형성할 때에는 상기 1차 노광 공정에서 조사되는 빛 에너지양과, 1차 노광 후 베이킹 시간 및 2차 현상시간 중 적어도 하나를 이용하여 조절할 수 있다.

[0041] 이와 같이 상기 크랙(135)이 형성된 미세채널용 몰드를 제조한 후에는, 상기 미세채널용 몰드를 이용하여 미세채널용 거푸집을 제조한다. 상기 미세채널용 거푸집을 제조하는 과정을 살펴보면, 전술한 과정을 통해 제작된 상기 미세채널용 몰드를 준비하고, 제조가 완료된 상기 미세채널용 몰드에 에폭시(epoxy)를 도포한다. 상기 에폭시를 상기 미세채널용 몰드에 도포하면, 상기 미세채널용 몰드에 형성된 상기 노치(133c)를 갖는 제1 관통홀(133b) 및 상기 제2 관통홀(133a)과, 상기 크랙(135)에 상기 에폭시가 채워진다.

[0042] 상기 에폭시는 빛에 의해 경화되는 수지이므로, 상기와 같이 상기 노치(133c)를 갖는 제1 관통홀(133b) 및 상기 제2 관통홀(133a)과, 상기 제1 크랙(135)에 채워지면서 상기 미세채널용 블록에 도포된 상기 에폭시에 빛을 쏘여 상기 에폭시를 경화시킨다. 상기 에폭시는 상기 미세채널용 블록의 상면 및 측면들에도 설정 두께만큼 고루 도포된다. 따라서 상기 에폭시가 경화된 후, 상기 미세채널용 블록을 제거하면 상기 미세채널용 블록의 형상을 갖는 거푸집(151)의 제조가 완료된다. 한편, 본 실시예에서는 전술한 바와 같이, 빛에 의해 경화되는 수지인 에폭시를 사용하고 있으나, 이는 본 실시예에 한정되는 것일 뿐이다. 따라서 열에 의해 경화되는 수지를 사용할 수도 있다.

[0043] 제1 관통홀(133b) 및 상기 제2 관통홀(133a)에 채워진 상기 에폭시는 경화되어 도 1의 (d)에 도시된 바와 같이, 제1 양각돌기(153b) 및 제2 양각돌기(153a)로 형성된다. 특히, 제1 양각돌기(153b)에는 상기 노치(133c)에 대응되는 노치돌기(153c)가 형성된다. 상기 크랙(135)에 채워진 상기 에폭시는 경화되어 도 1의 (d)에 도시된 바와 같이, 상기 크랙(135)과 대응되는 형태의 균열돌기(155)로 형성된다. 상기 균열돌기(155)는 상기 제1 몰드블록(131)에 형성된 상기 크랙(135)의 깊이에 따라 높이가 달라질 수 있다.

[0044] 한편, 본 실시예에서는 상기 거푸집(151)을 제조하기 위해 상기 에폭시를 사용하였으나, 이에 한정될 필요는 없다. 즉, 상기 거푸집(151)을 제조할 때에는 예를 들어 폴리우레탄과 같은 열에 의해 쉽게 경화되는 열경화성 수지를 이용하여 상기 거푸집(151)을 제조할 수 있다.

[0045] 이렇게 미세채널용 거푸집이 제조된 다음에는 상기 거푸집(151)을 이용하여 최종 목적인 상기 미세채널(173)이 형성된 블록을 제조할 수 있다. 상기 미세채널(173)이 형성된 블록의 제조방법을 살펴보면, 먼저 전술한 과정들을 통해 제조된 상기 거푸집(151)을 준비한다. 그리고 도 1의 (e)에 도시된 바와 같이, 상기 거푸집(151)에 수지를 공급한다. 본 실시예에서는 공급되는 수지는 예시적으로 PDMS(polydimethylsiloxane: 폴리다이메틸실록세인)이다. 즉, 상기 제2 몰드(151)에 상기 PDMS를 공급하여 상기 거푸집(151)을 상기 PDMS로 채운다. 이 때, 상기 거푸집(151)에 형성된 상기 제1 양각돌기(153b) 및 상기 제2 양각돌기(153) 및 상기 균열돌기(155)가 상기 거푸집(151)에 채워진 상기 PDMS에 의해 잠기게 된다.

[0046] 상기 거푸집(151)에 상기 PDMS가 채워지면 상기 PDMS를 경화시키는 과정이 진행되고, 상기 PDMS가 경화되면 상기 PDMS로부터 상기 거푸집(151)을 제거하는 과정이 이루어진다. 전술한 바와 같은 과정을 통해 상기 PDMS가 상기 베이스 플레이트(171)가 된다. 상기 PDMS가 경화되어 형성된 상기 베이스 플레이트(171)에는 상기 제1 양각돌기(153b) 및 상기 제2 양각돌기(153)로부터 제1 마이크로 스페이스(175b) 및 제2 마이크로 스페이스(175a)가 형성되고, 상기 제1 마이크로 스페이스(175b) 및 상기 제2 마이크로 스페이스(175a) 사이에는 상기 균열돌기(155)에 의해 형성되던 제1 마이크로 스페이스(175b)에 형성된 노치홈(175c)으로부터 연장되는 미세채널(173)이 형성된다. 즉, 상기 베이스 플레이트(171), 상기 제1 마이크로 스페이스(175b) 및 상기 제2 마이크로 스페이스(175a), 상기 미세채널(173)이 포함된 상기 블록(170)이 제조되는 것이다.

[0047] 도 1의 (f)를 참조하여, 상기 블록(170)을 보다 구체적으로 살펴보면, 상기 베이스 플레이트(171)에 형성된 상기 제1 마이크로 스페이스(175b) 및 상기 제2 마이크로 스페이스(175a)는 상기 베이스 플레이트(171)의 높이 방향을 따라 함몰된 홈 형태로 형성된다. 상기 제1 마이크로 스페이스(175b) 및 상기 제2 마이크로 스페이스(175a) 중 상기 제1 마이크로 스페이스(175b)에는 상기 노치홈(175c)이 형성되고, 상기 노치홈(175c)으로부터 연장된 크랙 형태의 상기 미세채널(173)이 형성된다.

[0048] 상기와 같은 소프트 리소그래피(soft lithography) 과정을 이용하면, 상기 거푸집(151)을 이용하여 상기 제1 마이크로 스페이스(175b) 및 상기 제2 마이크로 스페이스(175a), 상기 미세채널(173)이 형성된 상기 블록(170)을

대량으로 제조할 수 있다. 거푸집의 형태로 제조되는 상기 거푸집(151)은 상기 소프트 리소그래피 과정을 통해 상기 제1 마이크로 스페이스(175b) 및 상기 제2 마이크로 스페이스(175a), 상기 미세채널(173)이 형성된 상기 블록(170)을 제조한 후, 폐기하는 것이 아니므로 상기 거푸집(151)을 재활용하여 상기 제1 마이크로 스페이스(175b) 및 상기 제2 마이크로 스페이스(175a), 상기 미세채널(173)이 형성된 상기 블록(170)을 대량 제조할 수 있다.

[0049]

전술한 바와 같이 제조된 상기 블록(170)에는 유리기관(미도시)을 본딩할 수 있다. 상기 블록(170)에 형성된 상기 미세채널(173)은 트렌치 형태로 형성된다. 따라서 미세채널(173)의 길이 방향에 교차하는 단면은 "ㄷ"자의 형태로 형성된다. 이때, 상기 블록(170)에 상기 유리기관을 본딩하여 상기 미세채널(173)의 개구된 부분을 차폐하면 "ㄱ"자 형태의 미세채널을 형성할 수 있는 것이다.

[0050]

한편, 전술한 상기 미세채널용 블록을 제조하는 방법을 통해 상기 크랙을 형성하는 과정에서 2차 현상시간을 길게 할수록 진행된 길이의 전 영역에서 폭이 균일하게 크랙을 얻을 수 있는 효과를 갖게 된다. 도 7은 형성된 크랙에서 6mm만큼을 확대하여 촬영한 사진이며, 도 8은 현상시간과 크랙의 깊이 및 폭의 관계를 나타낸 그래프이다. 먼저 도 7을 참조하여 보면, 형성된 크랙의 초기 위치, 중간 위치, 끝 위치에서 크랙을 확대하여 관찰해보니, 크랙의 폭이 균일하게 형성된 것으로 확인되었다. 그리고 도 8을 참조하여 보면, 현상되기 시작한지 얼마 안된 시점에서는 크랙의 초기 위치, 중간 위치, 끝 위치에서 크랙의 폭 길이 및 깊이 길이의 차이가 많이 났으나, 현상이 시작된 후 120분이 지난 시점에서는 크랙의 초기 위치, 중간 위치, 끝 위치에서 크랙의 폭 길이 및 깊이 길이가 차이가 없는 것을 확인할 수 있다. 이렇듯, 현상 시간을 길게 할수록 균일한 폭과 깊이를 갖는 크랙을 형성할 수 있으며, 이로 인해 균일한 폭과 깊이를 갖는 미세채널을 형성하는 효과를 얻을 수 있다.

[0051]

그리고 크랙을 형성하는 과정에서 2차 노광 시 빛이 조사되어 경화되는 영역 또는 경계면을 활용하면 크랙의 진행 방향을 실시자가 원하는 방향으로 조절하는 효과를 얻을 수도 있다. 도 9를 참조하여 보면, 노치에서 발생하여 진행되는 크랙이 경계면에 대해 수직한 방향으로 진행되는 것을 알 수 있다. 즉, 크랙은 경계면의 각도에 상관없이, 경계면이 가까워지면 진행되는 방향이 아니더라도 경계면에 대해 직각인 방향으로 진행 방향을 바꾸는 것이다. 또한, 2차 노광이 수행된 영역과 접하게 되면 크랙은 진행 방향을 바꾸게 된다. 이러한 크랙의 진행 방향에 대한 특징을 활용하여 크랙의 진행 방향을 실시자가 의도적으로 바꿀 수 있어 효과적으로 미세채널을 형성할 수 있는 효과를 가질 수 있게 된다.

[0052]

본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0053]

S; 기재 111: 감광물질

113: 제1 포토마스크 113a: 제2 메인패턴

113b: 제1 메인패턴 113c: 노치패턴

131: 감광물질층 113a: 제2 관통홀

113b: 제1 관통홀 113c: 노치

151: 거푸집 153a: 제2 양각돌기

153b: 제1 양각돌기 153c: 노치돌기

155: 균열돌기 170: 블록

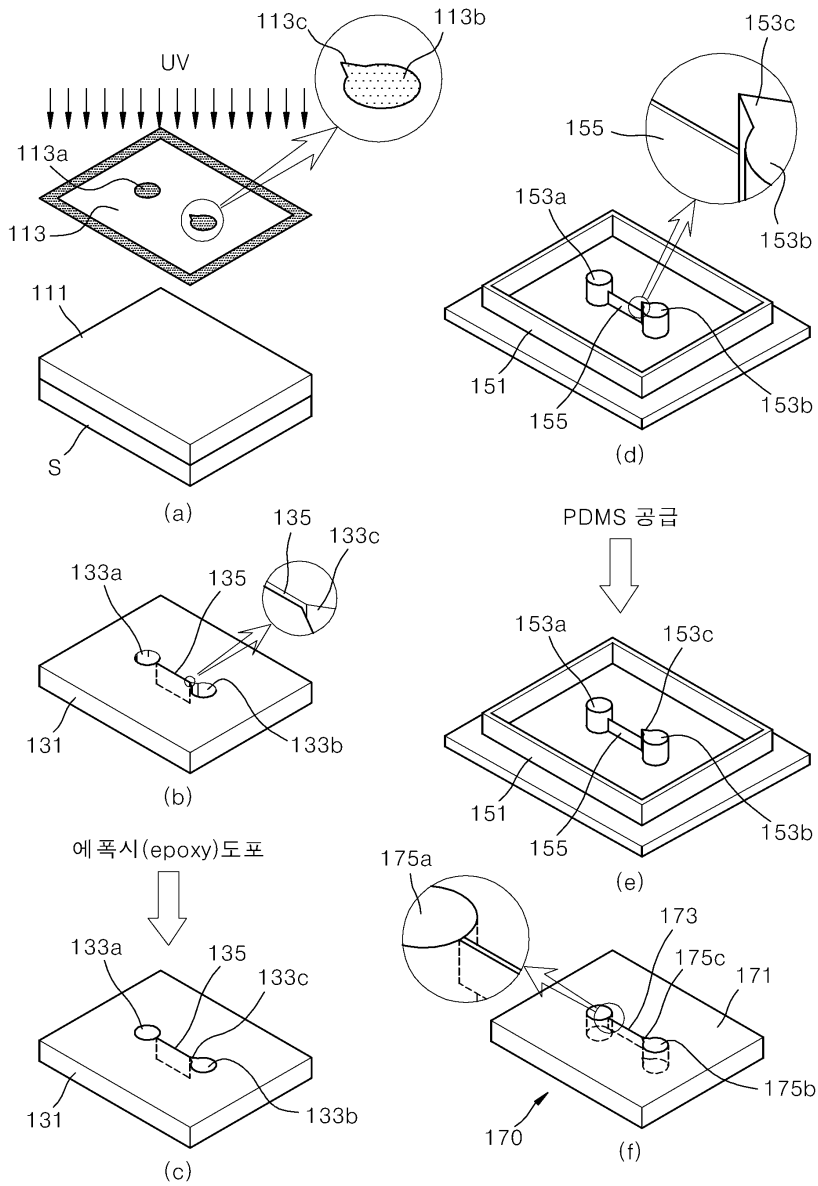
171: 베이스 플레이트

173: 미세채널 175a: 제2 마이크로 스페이스

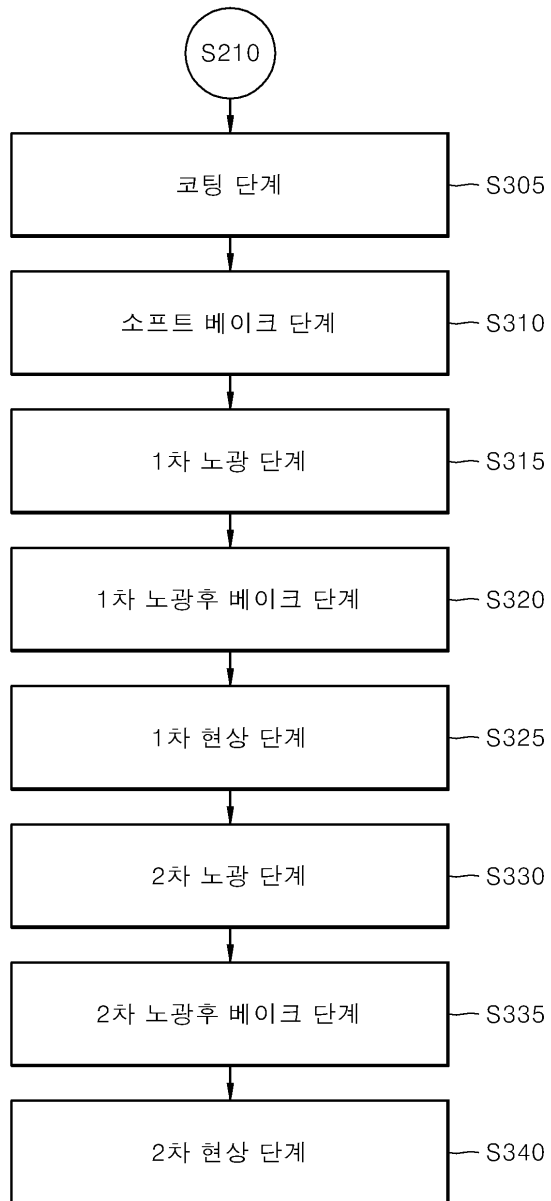
175b: 제1 마이크로 스페이스 175c: 노치홈

도면

도면1

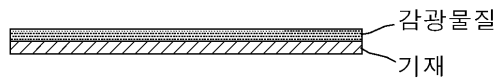


도면2

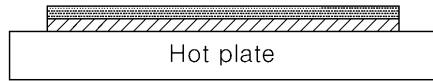


도면3

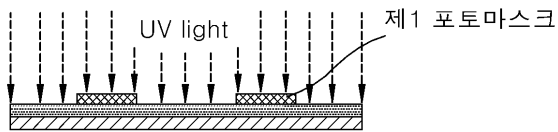
(a) 코팅



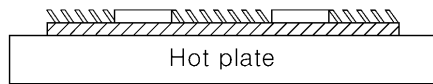
(b) 소프트 베이크



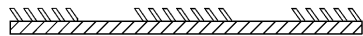
(c) 1차노광



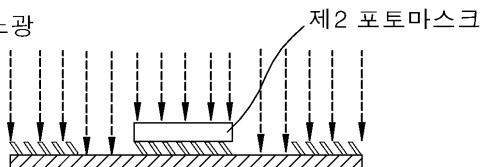
(d) 1차 후노광 베이크



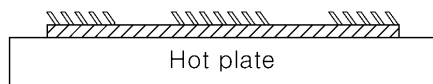
(e) 1차 현상



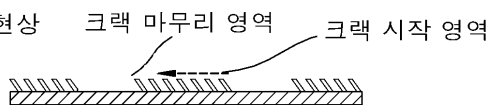
(f) 2차 노광



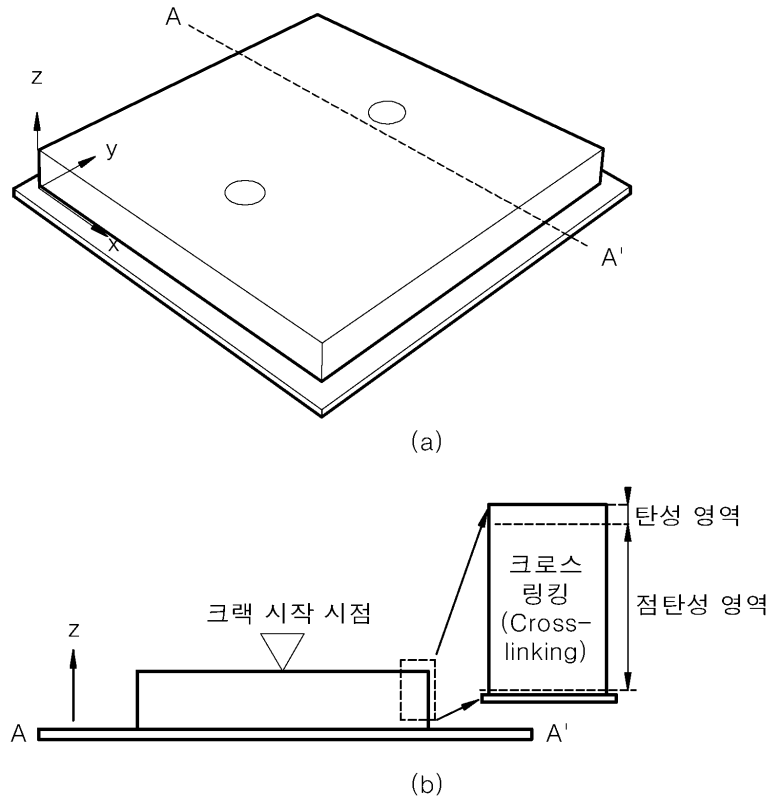
(g) 2차 후노광 베이크



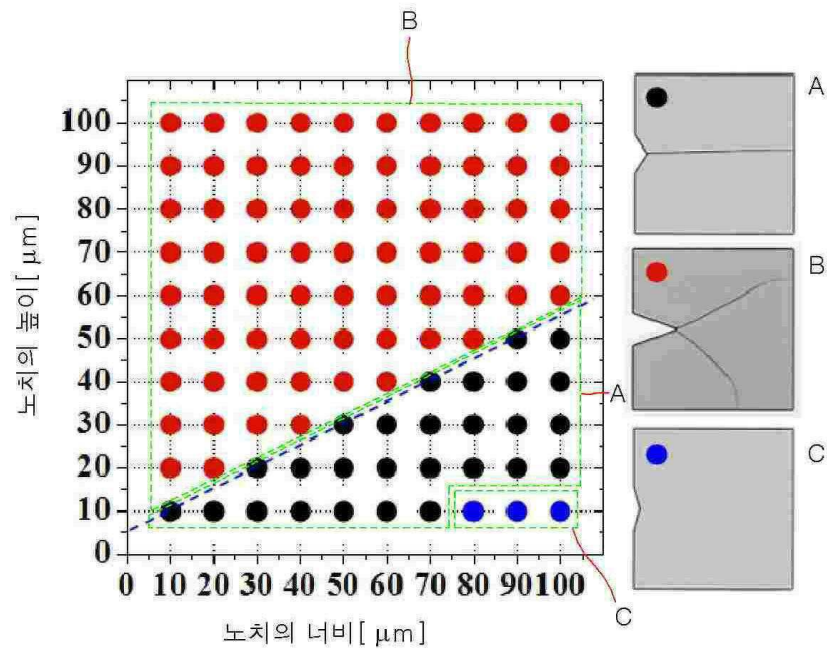
(h) 2차 현상



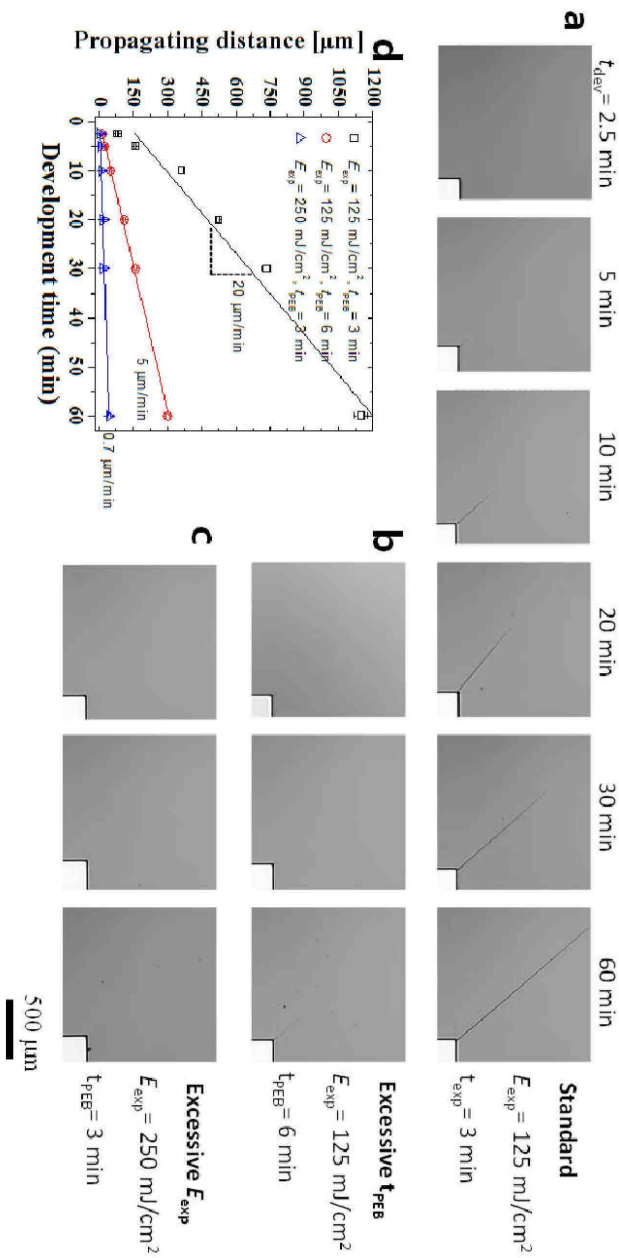
도면4



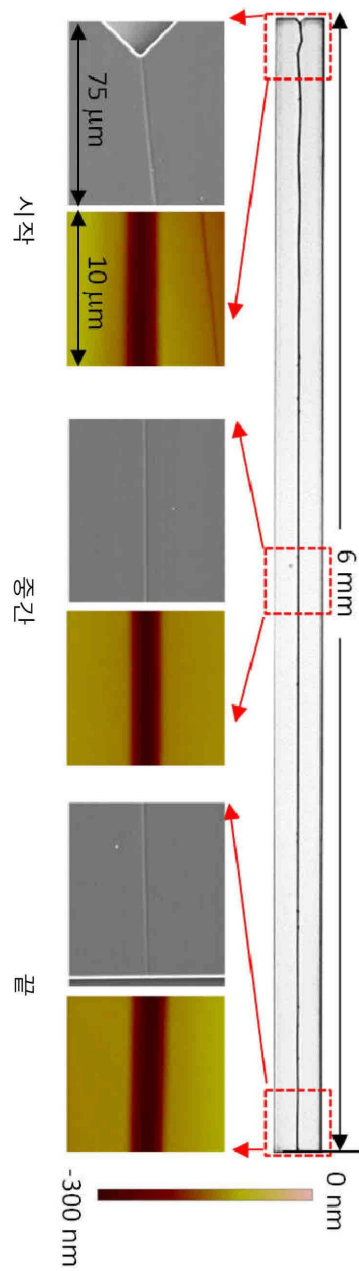
도면5



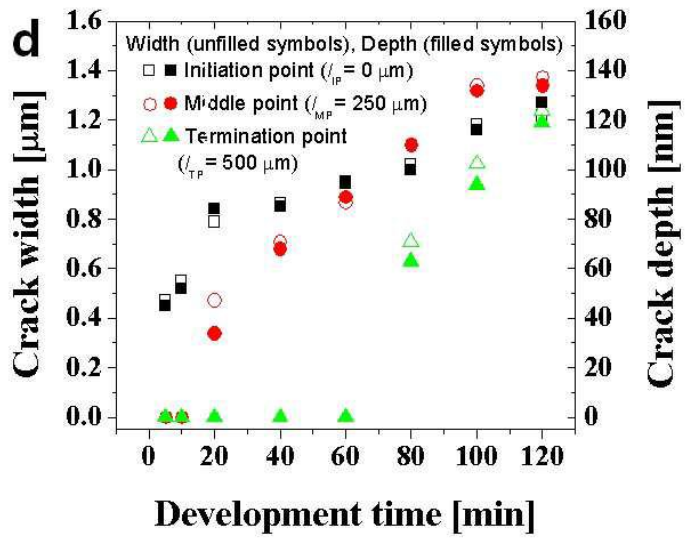
도면6



도면7



도면8



도면9

