



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0114593
(43) 공개일자 2018년10월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 67/00 (2017.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 40/00 (2015.01) B29K 105/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B29C 64/124 (2017.08)
B29C 64/20 (2017.08)
(21) 출원번호 10-2017-0046459
(22) 출원일자 2017년04월11일
심사청구일자 2017년04월11일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
이지석
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
안성현
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
신수빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인 무한

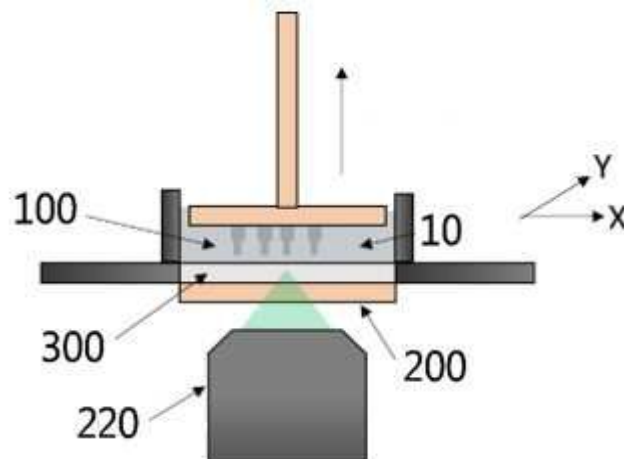
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 3차원 구조체의 제조방법 및 그를 이용한 3차원 구조체

(57) 요약

본 발명은 광 경화 소재를 이용한 3차원 구조체를 제조하는 3차원 프린팅 기술에 관한 것으로서, 본 발명의 본 발명의 3차원 구조체의 제조방법은, 경화 스테이지의 온도를 높이는 제1 단계; 액상의 광 경화 소재를 상기 경화 스테이지에 주입하는 제2 단계; 상기 경화 스테이지를 수직 이동하는 제3 단계; 상기 경화 스테이지의 온도를 낮추어 상기 광 경화 소재를 상전이하는 제4 단계; 및 상기 상 전이 된 광 경화 소재에 패턴닝된 빔을 조사하여 패턴을 형성하는 제5 단계;를 포함하고, 상기 제1 단계 내지 제5 단계를 한 회 이상 반복 수행하여 3차원 구조체를 형성하는 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B33Y 10/00 (2013.01)

B33Y 40/00 (2013.01)

B29K 2105/04 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

경화 스테이지의 온도를 높이는 제1 단계;
액상의 광 경화 소재를 상기 경화 스테이지에 주입하는 제2 단계;
상기 경화 스테이지를 수직 이동하는 제3 단계;
상기 경화 스테이지의 온도를 낮추어 상기 광 경화 소재를 상전이하는 제4 단계; 및
상기 상전이 된 광 경화 소재에 패터닝된 빔을 조사하여 패턴을 형성하는 제5 단계;를 포함하고,
상기 제1 단계 내지 제5 단계를 한 회 이상 반복 수행하여 3차원 구조체를 형성하는,
3차원 구조체의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 경화 스테이지의 온도 조절은, 접착 방지층이 코팅된 가열부에 의한 것인,
3차원 구조체의 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 접착 방지층은 산소를 투과시키는 것인,
3차원 구조체의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 광 경화 소재는, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 아크릴 수지, 우레탄 수지 및 유리로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하고,
상기 제1 단계의 경화 스테이지의 높아진 온도는, 상기 광 경화 소재의 Tg 이상이고,
상기 제4단계의 경화 스테이지의 낮아진 온도는, 상기 광 경화 소재의 Tg 이하인 것인,
3차원 구조체의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 경화 스테이지의 수직 이동 거리는, 10 nm 내지 10 μ m 인 것인,

3차원 구조체의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 패터닝된 빔은, 공간 빛 변조기(SLM: Spatial light modulator)를 이용하여 패터닝되는 것인,

3차원 구조체의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제5 단계는, 위상 마스크의 패턴, 입사광 파장 또는 둘 다를 조절하여 상기 패터닝된 빔의 패턴을 조절하는 것인,

3차원 구조체의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제5 단계는, 경화 스테이지를 수평 이동하는 것을 포함하는 것인,

3차원 구조체의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제5 단계는, 상기 패터닝된 빔을 현미경 렌즈를 통과시켜 상기 상전이된 광 경화 소재에 조사하는 것을 포함하고,

상기 제5 단계 이전에, 상기 현미경 렌즈와 상기 경화 스테이지 간의 거리를 조절하는 단계;를 더 포함하는 것인,

3차원 구조체의 제조방법.

청구항 10

포토리소스트 막에 근접장 나노 패터닝을 이용하여 형성된 3차원 구조체에 있어서,

각각의 모양이 디자인 된 복수 개의 다공성 구조체 단일 층의 적층 구조를 포함하고,

상기 3차원 구조체의 전체 두께가 20 μm 이상인 것인,

3차원 구조체.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 3차원 구조체 단일 층 각각은, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 아크릴 수지, 우레탄 수지 및 유리로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인,

3차원 구조체.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 3차원 구조체는, 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 제조방법에 의해 형성된 것인,

3차원 구조체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 경화 소재를 이용한 3차원 구조체를 제조하는 3차원 프린팅 기술에 관한 것이고, 보다 상세하게는 페이스 마스크 리소그래피(Phase mask lithography)와 같은 기술을 이용하여 다공성 구조를 포함하는 3차원 구조체의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 3차원 구조체의 프린팅 방법 중 하나로서, 최근 위상 마스크(Phase mask)의 빛의 간섭현상을 이용하여 포토레지스트 막을 3차원 구조체로 제조하는 방법이 시도되었다. 이 때 위상마스크의 패턴과 조사되는 입사광의 파장을 조절하면 빛의 보강간섭 및 상쇄간섭이 주기적으로 발생하게 되는데, 이를 이용하면 내부에 기공이 형성된 나노 패턴닝 3차원 구조체를 제조할 수 있다.

[0004] 그러나 이러한 기법은 위상 마스크 아래의 수 μm 정도에서 발생하는 광학 현상을 이용한 기법이기 때문에, 두꺼운 두께를 가진 3차원 구조체를 패턴화하여 제조하기 곤란한 문제가 발생하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 위상마스크 및 빛의 간섭현상을 이용하여 배터리, 나노 멤브레인 및 다수의 신축성 소재 등에 적용하기 위한 3차원 구조체를 패턴화하여 제조하는 방법에 있어서, 두꺼운 두께의 대면적 3차원 구조체를 정밀하고 효과적으로 패턴화하여 제조하기 위한 기술을 제공하기 위함이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 3차원 구조체의 제조방법은, 경화 스테이지의 온도를 높이는 제1 단계; 액상의 광 경화 소재를 상기 경화 스테이지에 주입하는 제2 단계; 상기 경화 스테이지를 수직 이동하는 제3 단계; 상기 경화 스테이지의 온도를 낮추어 상기 광 경화 소재를 상전이하는 제4 단계; 및 상기 상전이 된 광 경화 소재에 패턴닝된 빔을 조사하여 패턴을 형성하는 제5 단계;를 포함하고, 상기 제1 단계 내지 제5 단계를 한 회 이상 반복 수행하여 3차원 구조체를 형성하는 것이다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 경화 스테이지의 온도 조절은, 접착 방지층이 코팅된 가열부에 의한 것일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 접착 방지층은 산소를 투과시키는 것일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광 경화 소재는, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 아크릴 수지, 우레탄 수지 및

유리로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하고, 상기 제1 단계의 경화 스테이지의 높아진 온도는, 상기 광 경화 소재의 Tg 이상이고, 상기 제4단계의 경화 스테이지의 낮아진 온도는, 상기 광 경화 소재의 Tg 이하인 것일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 경화 스테이지의 수직 이동 거리는, 10 nm 내지 10 μm 인 것일 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 패터닝된 빔은, 공간 빛 변조기(SLM: Spatial light modulator)를 이용하여 패터닝되는 것일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제5 단계는, 위상 마스크의 패턴, 입사광 파장 또는 둘 다를 조절하여 상기 패터닝된 빔의 패턴을 조절하는 것일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제5 단계는, 경화 스테이지를 수평 이동하는 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제5 단계는, 상기 패터닝된 빔을 현미경 렌즈를 통과시켜 상기 상전이된 광 경화 소재에 조사하는 것을 포함하고, 상기 제5 단계 이전에, 상기 현미경 렌즈와 상기 경화 스테이지 간의 거리를 조절하는 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0019] 본 발명의 3차원 다공성 구조체는, 포토레지스트 막에 근접장 나노 패터닝을 이용하여 형성된 3차원 구조체에 있어서, 각각의 모양이 디자인 된 복수 개의 다공성 구조체 단일 층의 적층 구조를 포함하고, 상기 3차원 다공성 구조체의 전체 두께가 20 μm 이상인 것일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 다공성 구조체 단일 층 각각은, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 아크릴 수지, 우레탄 수지 및 유리로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 3차원 다공성 구조체는, 본 발명의 일 예에 따르는 제조방법에 의해 형성된 것일 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르는 3차원 구조체의 제조방법을 이용하면, 수 μm 두께를 넘어서서 두꺼운 두께의 다공성 구조로 형성되는 3차원 구조체를 정밀하고 쉽게 제조할 수 있다. 또한, 본 발명에 따르는 3차원 다공성 구조체의 제조방법을 이용하면, 복잡한 3차원 패턴을 가지는 대면적 구조체를 용이하게 제조할 수 있다. 이렇게 제조된 3차원 나노 구조체는 배터리, 나노 멤브레인 및 신축성 소재를 제조하는데 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은, 본 발명의 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 따라서, 패터닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 좁은 면적으로 조사하여 광 경화 소재에 정밀하게 소면적의 미세 패턴이 형성되는 과정을 도시한 개략도이다.

도 2는, 본 발명의 다른 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 따라서, 패터닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 비교적 넓은 면적으로 조사하여 광 경화 소재에 중간 면적의 패턴이 형성되는 과정을 도시한 개략도이다.

도 3은, 본 발명의 다른 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 따라서, 현미경 렌즈의 사용없이 패터닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 대면적으로 조사하여 광 경화 소재에 대면적의 패턴이 형성되는 과정을 도시한 개략도이다.

도 4는, 본 발명의 다른 일 예에 따른 3차원 구조체의 제조방법에 사용되는 위상 마스크(Phase mask)의 재사용이 가능해지는 방법을 설명하기 위해 그에 이용되는 장치를 도시한 개략도이다.

도 5는, 본 발명의 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 적용할 수 있는 장치들로서, 패터닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 조사하는 방법에 이용되는 장치들을 도시한 개략도이다.

도 6은, 본 발명의 다른 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 적용할 수 있는 장치들로서, 현미경 렌즈를

통과시켜 패터닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 조사하는 방법에 이용되는 장치들을 도시한 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0027] 아래 설명하는 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있다. 아래 설명하는 실시예들은 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0028] 실시예에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 실시예를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0030] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0032] 본 발명은 위상마스크를 이용한 3차원 구조체의 제조 기술에 관한 것으로, 광 경화 소재에 패터닝된 빔을 조사하여 근접장 나노 패터닝 방법으로 다양한 패턴을 형성하는 3차원 프린팅 기법에 있어서, 수십 μm 부터 수십 cm 단위에 이르기 까지 높은 두께의 프린팅을 형성할 때 유용한 3차원 구조체 제조에 관한 것이다.
- [0034] 아래에서는 본 발명의 일 예에 따르는 제조방법을 설명하기 위하여 도 1 내지 도 3의 각 구성을 설명하고 그를 참조하여 본 발명의 3차원 구조체의 제조 방법 및 그를 이용하여 형성된 3차원 구조체를 설명한다.
- [0036] 도 1은, 본 발명의 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 따라서, 패터닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 좁은 면적으로 조사하여 광 경화 소재에 정밀하게 소면적의 미세 패턴이 형성되는 과정을 도시한 개략도이다.
- [0037] 도 2는, 본 발명의 다른 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 따라서, 패터닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 비교적 넓은 면적으로 조사하여 광 경화 소재에 중간 면적의 패턴이 형성되는 과정을 도시한 개략도이다.
- [0038] 도 3은, 본 발명의 다른 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 따라서, 현미경 렌즈의 사용없이 패터닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 대면적으로 조사하여 광 경화 소재에 대면적의 패턴이 형성되는 과정을 도시한 개략도이다.
- [0040] 본 발명의 3차원 구조체의 제조방법은, 경화 스테이지의 온도를 높이는 제1 단계; 액상의 광 경화 소재를 상기 경화 스테이지에 주입하는 제2 단계; 상기 경화 스테이지를 수직 이동하는 제3 단계; 상기 경화 스테이지의 온도를 낮추어 상기 광 경화 소재를 상전이하는 제4 단계; 및 상기 상전이 된 광 경화 소재에 패터닝된 빔을 조사하여 패턴을 형성하는 제5 단계;를 포함하고, 상기 제1 단계 내지 제5 단계를 한 회 이상 반복 수행하여 3차원 구조체(100)를 형성한다.
- [0042] 본 발명의 특징 중 하나는 경화 스테이지를 수직 이동(도 1 내지 도 3의 위방향 화살표로 표시)시키면서, 경화

스테이지에 주입된 광 경화 소재를 상전이하고, 패터닝된 빔을 조사하는 과정을 반복하여 수행하는 것일 수 있다. 이로써 종래 기술에서 두꺼운 두께의 구조체를 디자인할 수 없던 문제점을 해소할 수 있다. 이 때 패터닝된 빔(도 1 내지 도 3의 초록색 도시)은 위상 마스크(200)를 통과하여 상전이 된 광 경화 소재(10)에 조사되고, 상기 광 경화 소재 중 패터닝된 빔에 접촉한 부분이 경화되면서 3차원 구조체(100)가 형성되는 것이다.

[0044] 본 발명의 일 예에 따르는 과정을 도시하고 있는 도 1 내지 도 3을 참조하면, 상기 수직 이동이 진행됨에 따라 경화 스테이지 내의 수직 공간이 변화되면서 3차원 구조체가 형성되는 과정을 확인할 수 있다.

[0045] 도 1의 경화 스테이지 내에는 좁은 수직 공간만이 형성되어 있고 그 안에 광 경화 소재(10)가 구비되어 있다. 도 1에는 패터닝된 빔을 현미경 렌즈(220)를 이용하여 그 조사 면적을 좁게 형성한 그림이 도시되어 있으며, 이렇게 조사 면적이 좁게 형성된 패터닝된 빔에 접촉된 부분의 상기 광 경화 소재(10)가 경화되어 미세 패턴을 가지는 3차원 구조체(100)를 형성하고 있는 과정을 확인할 수 있다. 이 때, 본 발명의 일 예에 따르면 도 1 내지 도 3과 같이 상기 경화 스테이지의 일부에 가열부(300)가 구비되어 경화 스테이지 내의 온도를 조절할 수 있다.

[0047] 한편, 도 2의 경화 스테이지 내에는 도 1에 비해 상대적으로 좀 더 넓은 수직 공간이 형성되어 있는데 이는 상기 경화 스테이지의 상벽이 도 1에서 3차원 구조체가 형성된 만큼에 상응하여 일정한 높이만큼 위로(위 방향 화살표 참조) 수직 이동하였기 때문이다. 도 2에는 패터닝된 빔을 현미경 렌즈를 이용하여 그 조사 면적을 상대적으로 넓게 형성한 그림이 도시되어 있다. 현미경 렌즈를 이용한 조사 면적의 조절은 현미경 렌즈와 경화 스테이지 간의 거리를 조절(아래 방향 화살표 참조)함으로써 가능할 수 있다. 이렇게 조사 면적이 상대적으로 넓게 형성된 패터닝된 빔에 접촉된 부분의 상기 광 경화 소재가 경화되어 상대적으로 넓은 수평 방향 단면적 패턴을 가지는 3차원 구조체를 형성하고 있는 과정을 확인할 수 있다.

[0049] 한편, 도 3의 경화 스테이지 내에는 도 2에 비해서도 더 넓은 수직 공간이 형성되어 있는데 이는 상기 경화 스테이지의 상벽이 도 2에서 3차원 구조체가 형성된 만큼에 상응하여 다시 일정한 높이만큼 위로(위 방향 화살표 참조) 수직 이동하였기 때문이다. 도 3에는 패터닝된 빔(120)을 현미경 렌즈를 사용하지 않음으로써 현미경 렌즈를 사용한 도 1 및 도 2 보다 조사 면적을 더욱 넓게 형성한 그림이 도시되어 있으며, 이렇게 조사 면적이 넓게 형성된 패터닝된 빔에 접촉된 부분(110)의 상기 광 경화 소재가 경화되어 대단히 넓은 수평 방향 단면적 패턴을 가지는 3차원 구조체를 형성하고 있는 과정을 확인할 수 있다.

[0051] 본 발명의 일 예에 따르면, 액상 광 경화 소재는 이미 온도가 높아진 경화 스테이지에 주입되는 것이고, 그 다음 경화 스테이지의 온도를 낮춰 액상 광 경화 소재의 상을 전이시키고, 디자인하려는 3차원 구조체의 패턴이 형성되도록 사전에 패터닝된 빔을 광 경화 소재에 조사하는 과정이 순차적으로 수행될 수 있다. 이러한 과정 사이에 상기 경화 스테이지를 수직 이동하는 단계를 포함시킬 수 있다. 상기 수직 이동하는 단계를 포함함으로써 인해 광 경화된 소재 위에 다음 광 경화된 소재를 쌓아감으로써 본 발명은 두꺼운 두께의 3차원 구조체의 패턴도 형성할 수 있다.

[0053] 이 때, 상기 제1 단계 내지 제5 단계는 반드시 순서대로 수행되지 않을 수도 있다. 예를 들어, 제1 단계 및 제2 단계를 수행한 후 제4 단계를 수행하고, 제3 단계를 수행한 후 제5 단계가 수행될 수 있다. 또한, 제1 단계 내지 제5 단계를 수행하는 것을 하나의 세트라고 할 때, 상기 세트를 복수 회 반복 수행하는 과정에서 첫 번째 세트에서의 제1 단계 내지 제5 단계를 수행하는 순서와 두 번째 세트에서의 제1 단계 내지 제5 단계를 수행하는 순서는 상이한 것일 수 있다.

[0055] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 경화 스테이지의 온도 조절은, 접촉 방지층이 코팅된 가열부(Heating stage)에 의한 것일 수 있다.

[0056] 광 경화 소재에 빛이 조사되어 광 경화 현상이 일어날 때, 가열부 표면에 접촉해 있는 광 경화 소재에서도 광 경화가 발생하면, 상기 가열부 표면에 접촉해 있는 광 경화 소재가 경화되면서 가열부에 접촉되어 경화 스테이

지의 온도 조절을 방해할 수 있다. 이는 결국 형성되는 3차원 구조체의 품질 저하와도 연결되어 치명적인 문제로 작용하게 된다. 따라서, 본 발명의 일 예에서는 접착 방지층을 가열부에 코팅함으로써 가열부 표면에서 발생하는 광 경화 소재의 경화를 방지하고 가열부에서의 접착을 방지함으로써, 이후의 공정에서 광 경화 소재의 온도를 높이거나 낮추는 온도의 조절이 가능해질 수 있다.

[0057] 일 예로서, 상기 접착 방지층은 히팅 글래스인 것일 수 있다.

[0059] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 접착 방지층은 산소를 투과시키는 것일 수 있다.

[0060] 광 경화는 빛으로 인해 생성된 라디칼의 중합에 의해 발생하게 되는데, 상기접착 방지층에서 산소를 잘 투과되도록 하면 투과된 산소가 광 개시제로부터 생성된 라디칼을 모두 소모하여 인접한 공간에서 광 경화가 발생하지 않을 수 있다. 본 발명에서 상기 접착 방지층은, 가열부 표면에 광 경화 소재의 접착을 방지할 수 있는 성분을 코팅하는 것이라면 특별히 한정하지 아니하나, 위와 같이 산소를 투과시키는 소재를 이용하여 형성될 수 있다.

[0062] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광 경화 소재는, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 아크릴 수지, 우레탄 수지 및 유리로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하고, 상기 제1 단계의 경화 스테이지의 높아진 온도는, 상기 광 경화 소재의 Tg 이상이고, 상기 제4단계의 경화 스테이지의 낮아진 온도는, 상기 광 경화 소재의 Tg 이하인 것일 수 있다.

[0063] 본 발명의 광 경화 소재는 포토레지스트용 광 경화 소재라면 특별히 한정하지 아니하나, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 아크릴 수지 및 우레탄 수지 등의 수지계 물질을 포함할 수 있고, 유리 성분을 포함할 수도 있다.

[0064] 이 때, 상기 제1 단계의 경화 스테이지의 온도는 상기 광 경화 소재의 유리 전이 온도 Tg 이상으로 높아지도록 형성함으로써, 액상의 광 경화 소재가 경화 스테이지에 주입되더라도 지속적인 액상으로 유지될 수 있도록 할 수 있다.

[0065] 이 때, 상기 제4 단계의 경화 스테이지의 온도는 상기 광 경화 소재의 유리 전이 온도 Tg 이하로 낮아지도록 형성함으로써, 상기 액상의 광 경화 소재를 액체 상태에서 점도가 더 높아지거나 고무 상태(Rubbery state) 또는 고상화 되는 방향으로 상전이되도록 할 수 있다.

[0067] 도 4는, 본 발명의 다른 일 예에 따른 3차원 구조체의 제조방법에 사용되는 위상 마스크(Phase mask)의 재사용이 가능해지는 방법을 설명하기 위해 그에 이용되는 장치를 도시한 개략도이다. 도 4(a)는 도 1 내지 도 3과 같은 측면에서 바라본 본 발명의 일 예에 적용할 수 있는 3차원 프린팅 장치의 단면도이며, 도 4(b)는 동일한 장치를 상부에서 바라본 사시도이다.

[0068] 본 발명의 다른 일 예에 따르면, 나노 사이즈의 배열된 홀이 포함된 위상 마스크(200) 상에 얇은 고분자 소재의 평평한 막(410)을 배치할 수 있다. 상기 막은 PDMS를 포함하여 다양한 고분자 소재로 형성될 수 있다. 상기 막은 위상 마스크와 동일한 소재를 포함하도록 형성될 수도 있다. 상기 고분자 소재의 평평한 막 상에는 배트(VAT)(420)가 위치할 수 있으며 배트의 내부 공간에 경화 스테이지를 형성할 수 있다. 여기서 배트는 3차원 프린팅에 사용되는 용기를 의미하며, 3차원 프린팅에 일반적으로 사용되는 소재를 포함할 수 있다. 이 때, 상기 위상 마스크의 홀과 상기 고분자 소재의 막 사이에는 공간(500)이 형성되고, 그 공간으로 공기가 드나들 수 있게 된다. 이처럼 얇은 고분자 소재의 막은 oxygen inhibitor layer가 효율적으로 계속 유지가 되도록 하는 역할을 수행하고, 이로써 위상 마스크(200)의 재사용이 반복적으로 가능해지는 효과가 있다.

[0070] 아래에서는, 도 5 및 도 6에서 도시하는 장치들을 참조하여 패턴닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 조사하는 방법에 대하여 보다 상세하게 설명한다.

[0071] 도 5는, 본 발명의 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 적용할 수 있는 장치들로서, 현미경 렌즈를 사용하지 않고 패턴닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 조사하는 방법에 이용되는 장치들을 도시한 개략도이다.

[0072] 도 6은, 본 발명의 다른 일 예에 따르는 3차원 구조체의 제조방법에 적용할 수 있는 장치들로서, 현미경 렌즈를 통과시켜 패턴닝된 빔을 상전이된 광 경화 소재에 조사하는 방법에 이용되는 장치들을 도시한 개략도이다.

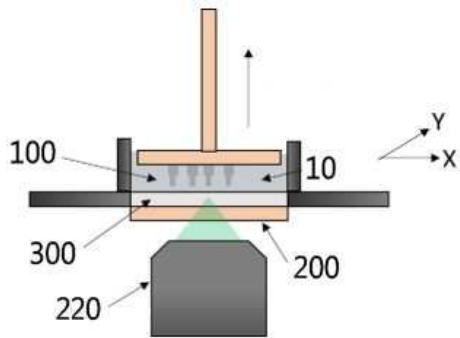
- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 경화 스테이지의 수직 이동 거리는, 10 nm 내지 10 μm 인 것일 수 있다.
- [0075] 본 발명에서 상기 경화 스테이지의 수직 이동은 정교하게 수직으로 이동가능한 다양한 수단을 이용하여 수행될 수 있으나, 일 예로서 상기 수직 이동은 z축(연직 방향) 리니어 스테이지(z-axis linear stage)를 이용하여 수행될 수 있다. 이 때, 상기 경화 스테이지의 수직 이동 거리는 10 nm 내지 10 μm 일 수 있다. 상기 수직 이동 거리는 상기 단일 세트에서 패턴이 형성되는 광 경화 소재의 두께에 따라 조절할 수 있다.
- [0076] 본 발명의 일 예에서는, 단일 세트에서 열 경화 소재에 빛을 조사하여 패턴을 형성하고 형성된 패턴의 두께에 상당할 정도로 수직 이동을 한 후, 그 위에 다시 열 경화 소재에 빛을 조사하여 패턴을 형성하게 된다. 이 때, 10 nm 미만의 두께를 수직 이동할 경우 그 이동 거리가 너무 짧아서 상기 제5 단계에서 10 nm 미만 정도에 상당할 정도의 얇은 두께의 패턴을 형성하기 어려운 문제가 생길 수 있다. 한편, 10 μm 를 초과하여 수직 이동할 경우 단일 세트에서 패턴을 형성할 수 있는 두께를 벗어나서 패턴이 형성되지 않는 구간이 발생하는 문제가 생길 수 있다.
- [0078] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 패턴닝된 빔은, 공간 빛 변조기(SLM: Spatial light modulator)를 이용하여 패턴닝되는 것일 수 있다.
- [0080] 본 발명의 중요한 특징 중 하나는 공간 빛 변조기를 이용하여 정교하게 빔을 패턴닝 하는 것이다. 아래에서는 본 발명의 일 예에 적용 가능한 빔의 패턴닝 과정에 대해 설명한다.
- [0081] 우선, 거울을 통하여 입사된 레이저 빔을 공간 필터를 이용하여 균일하게 형성할 수 있다. 그 다음, 두 가지의 렌즈를 이용하여 레이저 빔을 확장하고, 극성화 빔 스플리터(Polarized beam splitter)를 통과시켜 공간 빛 변조기(SLM: Spatial light modulator)로 주입할 수 있다. 공간 빛 변조기를 통과하며 상기 레이저 빔의 패턴닝이 가능해진다. 이와 같이 패턴닝된 빔은 위상 마스크(Phase mask)를 통과하며 보강간섭 및 상쇄간섭이 주기를 가지고 발생하여 원하는 모양의 3차원 구조체의 형성이 가능하게 된다. 이러한 3차원 구조체는 보강간섭 및 상쇄간섭의 효과로 인해 다공성 구조를 포함하도록 형성될 수 있다.
- [0082] 상기 공간 빛 변조기는 빛을 공간 변조하는 장치로서, 상기 장치를 이용하면 빛이 투과되는 픽셀 영역을 조절함으로써 빛을 변조하여 패턴닝할 수 있다. 본 발명의 일 예에서는, 홀로그래픽 디스플레이 제작에 사용되는 다양한 빛 변조 방식을 가지는 장치를 이용할 수 있다. 일 예로서 상기 공간 빛 변조기는 LCOS(Liquid crystal on silicon) 인 것일 수 있다. LCOS는 자율 초점 방식을 이용하기 때문에 본 발명의 제조방법에서 수직 방향 거리를 이동시키면서 패턴이 형성되는 광 경화 소재와의 거리가 변화되더라도 초점을 일정하게 유지할 수 있는 장점이 있다.
- [0083] 일 예로서 상기 위상 마스크는 PDMS, PUA, PFPE 및 PE 로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나를 이용할 수 있다. 특히, PDMS는 탄성 계수가 매우 낮아서 유연하면서도 빛의 투과가 잘 일어나는 투명한 소재이기에 본 발명에 이용하기에 적절한 측면이 있다. 또한, PDMS는 산소투과성이 우수해서 위상 마스크를 통한 광학 현상이 규칙적으로 발생되도록 하는 장점도 있다.
- [0085] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제5 단계는, 위상 마스크의 패턴, 입사광 파장 또는 둘 다를 조절하여 상기 패턴닝된 빔의 패턴을 조절하는 것일 수 있다.
- [0086] 빔의 패턴은 일 예로서, 광 경화 소재에 입사되는 패턴화된 빔은 위상마스크의 패턴을 다르게 제어하여 변화시킬 수 있고, 입사광 파장을 제어함으로써 변화시킬 수도 있다. 또는 둘 다를 조절하여 상기 패턴닝된 빔의 패턴 자체를 조절할 수 있다.
- [0088] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제5 단계는, 경화 스테이지를 수평 이동하는 것을 포함하는 것일 수 있다.
- [0089] 경화 스테이지를 수평이동 하면서 국부적으로 빛을 조사하는 과정을 통해, 상대적으로 좁은 면적에 빛을 조사하는 장치를 이용하더라도 대면적 기판을 패턴화 할 수 있다. 또한, 대면적 기판의 각 부분에 서로 다른 형태의

패턴을 가지는 배열(Array)을 형성할 수도 있다.

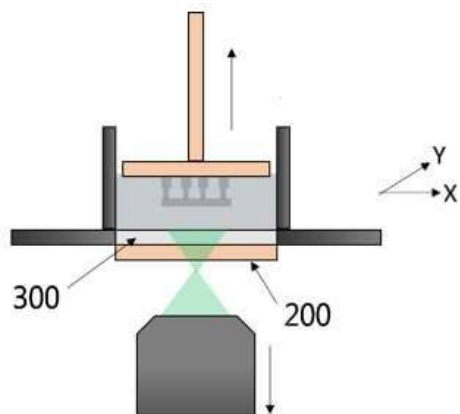
- [0090] 상기 수평 이동은 z축과 수직인 면 상에서 평행하게 수평 이동을 가능하게 하는 장치를 이용하여 수행될 수 있다. 일 예로서, 상기 수평 이동은 정밀하게 수평 방향으로 미세 이동을 가능하게 하는 xy축 리니어 스테이지(xy-axis linear stage)를 이용하여 수행될 수 있다. 이 때, 상기 xy축은 z축과 수직을 형성하는 x축 및 z축과 수직을 형성하고 x축과도 수직을 형성하는 y축을 포함하는 개념이다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제5 단계는, 상기 패터닝된 빔을 현미경 렌즈를 통과시켜 상기 상전이 된 광 경화 소재에 조사하는 것을 포함하고, 상기 제5 단계 이전에, 상기 현미경 렌즈와 상기 경화 스테이지 간의 거리를 조절하는 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0093] 본 발명의 일 예로서, 추가적인 장치로서 현미경 렌즈를 구비하고, 상기 현미경 렌즈를 통과시켜 상기 상전이 된 광 경화 소재에 패터닝된 빔을 조사할 수 있다.
- [0094] 이 때, 현미경 렌즈와 상기 경화 스테이지 간의 거리를 가깝게 형성하면 빛이 좁은 면적에 집중되어 높은 정밀도로 광 경화 소재에 미세한 패턴을 형성할 수 있다. 한편, 현미경 렌즈와 상기 경화 스테이지 간의 거리를 멀게 형성하면 빛이 넓은 면적으로 분산되어 대면적 기판에 빠른 속도로 패턴을 형성할 수 있다. 따라서 본 발명의 일 예에서는, 패터닝된 빔을 현미경 렌즈를 통과시켜 조사할 수 있으며, 이 때 목적에 따라 현미경 렌즈와 상기 경화 스테이지 간의 거리를 조절하여 광 경화 소재에 형성되는 패턴의 미세한 정도 및 경화(패터닝되는) 면적을 제어할 수 있다.
- [0096] 본 발명의 3차원 구조체는, 포토레지스트 막에 근접장 나노 패터닝을 이용하여 형성된 3차원 구조체에 있어서, 각각의 모양이 디자인 된 복수 개의 다공성 구조체 단일 층의 적층 구조를 포함하고, 상기 3차원 구조체의 전체 두께가 20 μm 이상인 것일 수 있다.
- [0097] 본 발명에서 제공하는 3차원 구조체는 복수 개의 다공성 구조체의 층이 연속적으로 적층되어 형성된 것일 수 있다. 이 때, 3차원 구조체를 형성하는 각각의 다공성 구조체 층은 그 두께가 10 nm 내지 10 μm 인 것일 수 있다. 본 발명의 일 예에 따르는 3차원 구조체는 종래에는 근접장 나노 패터닝이 어렵던 두께 까지도 복수 개의 다공성 구조체 단일 층 각각을 디자인하여 적층함으로써 형성할 수 있다. 본 발명의 일 예서는, 상기 3차원 구조체는 수십 cm 두께까지 형성될 수 있다.
- [0099] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 다공성 구조체 단일 층 각각은, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 아크릴 수지, 우레탄 수지 및 유리로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [0101] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 3차원 다공성 구조체는, 본 발명의 일 예에 따르는 제조방법에 의해 형성된 것일 수 있다.
- [0102] 본 발명의 일 예에 따르는 3차원 구조체는 그 두께가 단일 스텝의 광 경화 공정으로는 패터닝하기 어려운 두꺼운 두께일 지라도 3차원 구조체의 나노 패터닝이 형성될 수 있다.
- [0104] 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 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0105] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

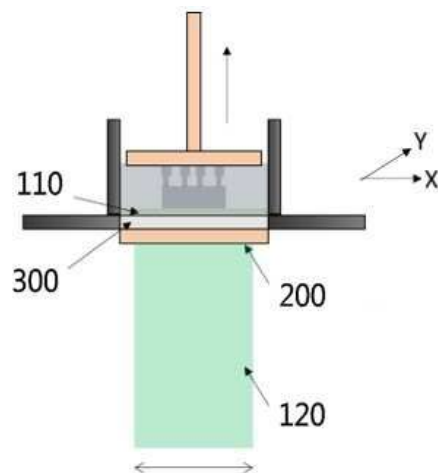
도면1



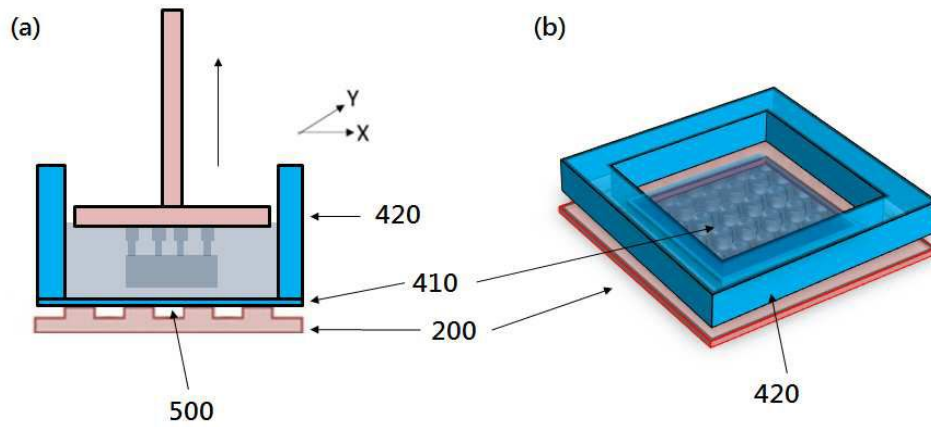
도면2



도면3



도면4



도면5

