



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월26일

(11) 등록번호 10-2244514

(24) 등록일자 2021년04월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/00 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G03F 7/0002 (2013.01)
G03F 7/202 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0155909

(22) 출원일자 2019년 11월 28일
 심사청구일자 2019년 11월 28일

(56) 선행기술조사문헌
 KR1020050049302 A
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자
강신일
서울특별시 동작구 여의대방로36길 29, 104동 804호 (대방동, 대림아파트)

한윤가
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 330호 (신촌동, 연세대학교)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
윤병국, 이영규

전체 청구항 수 : 총 7 항

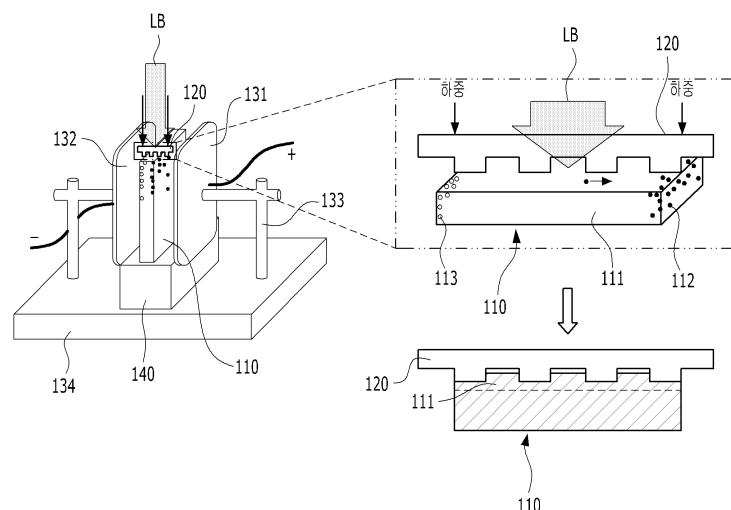
심사관 : 박부식

(54) 발명의 명칭 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치 및 성형 방법

(57) 요약

본 발명은 외부 전기장 및 적외선 투과형 물드를 이용한 금속 표면 임프린팅에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 임프린팅 성형이 이루어지는 금속에 외부 전기장을 가하여 금속 표면에서의 적외선 레이저의 흡수율을 높여 적외선이 투과형 물드로 표면에 패턴이 효과적으로 전사되도록 하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 물드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치 및 성형 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 금속 임프린팅 성형 장치는 적외선 대역의 레이저 빔을 발생시켜 임프린팅 대상의 금속 부재 표면에 조사하는 레이저 빔 발생장치와; 금속 부재 주변에 전기장을 형성시키는 전기장 형성장치와; 레이저 빔이 투과될 수 있는 재질로 이루어지며 레이저 빔의 조사를 통해 연화된 금속 표면에 접촉하여 임프린팅을 수행하는 물드를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



- | | |
|--|--|
| <p>(52) CPC특허분류
 <i>G03F 7/2053</i> (2013.01)
 <i>G03F 7/70025</i> (2013.01)
 <i>H01L 21/027</i> (2013.01)</p> | <p>(56) 선행기술조사문헌
 KR1020150057931 A
 KR1020190018391 A
 JP2007015375 A
 JP2012190915 A</p> |
|--|--|

- (72) 발명자
김태경
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 330호
(신촌동, 연세대학교)
- 이경진**
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 330호
(신촌동, 연세대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711091873
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	선도연구센터지원사업
연구과제명	초정밀 광 기계기술 연구센터
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

임프린팅 대상물인 금속 부재의 상부에 배치되고, 적외선 대역의 레이저 빔을 발생시켜 상기 금속 부재의 표면에 조사하는 레이저 빔 발생장치;

상기 레이저 빔의 입사방향과 수직한 상기 금속 부재의 양 측면 사이에 전기장을 형성시키는 전기장 형성장치;

상기 레이저 빔이 투과될 수 있는 재질로 이루어지고, 상기 금속 부재의 표면에 미세 패턴 형성이 가능하도록 하부면에 나노 구조의 패턴이 형성되며, 상기 레이저 빔의 조사를 통해 연화된 금속 부재의 표면에 접촉하여 임프린팅을 수행하는 몰드;

를 포함하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전기장 형성장치는,

상기 금속 부재의 양 측면에 마주보는 형태로 배치되고, 외부에서 인가되는 전류를 통해 대전되어 상기 금속 부재 주변에 전기장을 형성시키는 한 쌍의 전극판;

상기 전극판으로부터 이격된 하부에 배치되어 상기 금속 부재를 하부에서 지지하는 지지판;

상기 지지판 위에 고정되어 상기 각 전극판을 지지하는 지지 프레임;

을 포함하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 한 쌍의 전극판은 상기 레이저 빔의 입사방향과 평행하게 배치되는 것을 특징으로 하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 금속 부재와 지지판 사이에 배치되어 상기 레이저 빔의 입사 전에 상기 금속 부재를 미리 가열해 줄 수 있는 히터가 더 설치된 것을 특징으로 하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 지지판은 단열성 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치.

청구항 6

임프린팅 대상물인 금속 부재의 양 측면 사이에 전기장을 형성시키는 단계;

금속 부재의 상부에 배치된 레이저 빔 발생장치로부터 적외선 대역의 레이저 빔을 발생시켜 금속 부재의 양 측면과 수직한 금속 부재의 표면에 조사하여 금속 부재의 표면을 임프린팅 가능한 상태로 연화시키는 단계;

연화된 상태의 금속 부재 표면을 하부면에 나노 구조의 패턴이 형성된 레이저 투과형 몰드로 가압하여 금속 부재의 표면에 나노 구조의 패턴을 형성하는 단계;

를 포함하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 레이저 빔을 금속 부재의 표면에 조사하기 전에 히터를 통해 금속 부재를 미리 가열하는 것을 특징으로 하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 외부 전기장 및 적외선 투과형 몰드를 이용한 금속 표면 임프린팅에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 임프린팅 성형이 이루어지는 금속에 외부 전기장을 가하여 금속 표면에서의 적외선 레이저의 흡수율을 높여 적외선 투과형 몰드로 표면에 패턴이 효과적으로 전사되도록 하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치 및 성형 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 금속 재료는 물리 및 화학적 내구성 특성이 높아 현대 산업에서 중요한 위치를 차지해 왔으며, 금속재료가 마이크로 나노 스케일 구조물과 결합되면 금속 표면에 다양한 기능을 부여할 수 있어 많은 연구가 수행되어 왔다.

[0003] 금속에 마이크로/나노 구조물을 형성하는 다양한 방법으로 포토리소그래피, 나노 임프린트 리소그래피나 금속 재료를 직접 가공하는 방법 등이 모색되었으나, 포토리소그래피 방식은 마스크 제작 공정, 노광 공정, 에칭 공정 등의 공정이 수행되어야만 하므로 공정이 복잡하고, 장치 구성 비용 또한 고가이므로, 양산화가 쉽지 않다는 등의 문제가 따른다.

[0004] 그리고 나노 임프린트 리소그래피 방식 또한 나노몰드의 대면적화를 위해서는 제조 비용이 고가이며, 나노패턴의 잔류막(residual layer)으로 인해 양산화가 어렵다. 그리고 또 다른 기술로서 초고압(Ultra high pressure)을 이용하는 금속 직접 임프린팅 기술이 있으나, 이 또한 나노패턴의 미충진이 발생할 뿐 아니라 공정에 소요되는 에너지가 매우 높아 구현이 어렵다는 문제가 있다.

[0005] 또 다른 방식으로 금속 재료를 직접 가공하는 방식이 있는데, 이는 가공 속도가 매우 느려 생산성에 한계가 있으며, 가공 가능한 패턴 크기가 가공 틀에 의해 결정되므로 구현 가능한 패턴 사이즈에 제약이 있다.

[0006] 한편, 이상에서 언급된 종래기술들의 문제점이나 한계를 극복하기 위한 기술로서, 적외선 레이저와 적외선 레이저 투과형 몰드를 이용한 임프린팅 기술이 본 출원인의 발명자들에 의해 모색되고 있으나, 이러한 적외선 투과형 몰드를 이용한 금속 열 임프린팅 공정에서는 일반적으로 적외선 영역에 대하여 금속 물질의 반사도가 높아 금속 표면에 적외선 에너지가 흡수되지 못하여 임프린트 성형에 필요한 온도에 도달하지 못하는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1142847호(2012.04.27)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명에서 해결하고자 하는 기술적 과제

는 임프린팅 성형이 이루어지는 금속 재료에 외부 전기장을 인가하여 금속 표면에서의 적외선 레이저 흡수율을 높여 금속 표면이 연화된 상태에서 투과형 몰드를 통해 금속 표면에 패턴이 전사되도록 하는 외부 전기장 및 적외선 대역 레이저 투과형 몰드를 이용하는 금속 임프린팅 성형 장치 및 성형 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 금속 임프린팅 성형 장치는, 적외선 대역의 레이저 빔을 발생시켜 임프린팅 대상의 금속 부재 표면에 조사하는 레이저 빔 발생장치와; 금속 부재 주변에 전기장을 형성시키는 전기장 형성장치와; 레이저 빔이 투과될 수 있는 재질로 이루어지며 레이저 빔의 조사를 통해 연화된 금속 표면에 접촉하여 임프린팅을 수행하는 몰드를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 여기서, 전기장 형성장치는 금속 부재의 양 측면에 마주보는 형태로 배치되고 외부에서 인가되는 전류를 통해 대전되어 금속 부재 주변에 전기장을 형성시키는 한 쌍의 전극판과; 전극판으로부터 이격된 하부에 배치되어 금속 부재를 하부에서 지지하는 지지판과; 지지판 위에 고정되어 각 전극판을 지지하는 지지 프레임을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0011] 이때, 한 쌍의 전극판은 레이저 빔의 입사방향과 평행하도록 배치될 수 있다.
- [0012] 또한, 금속 부재와 지지판 사이에는 레이저 빔이 입사되기 전에 금속 부재를 미리 가열해 줄 수 있는 히터가 설치될 수 있다.
- [0013] 아울러, 지지판은 열전달을 차단해주는 단열성 재질로 구성될 수 있다.
- [0014] 한편, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 금속 임프린팅 성형 방법은 금속 부재의 주변에 전기장을 형성하는 단계와; 레이저 빔을 금속 부재의 표면에 조사하여 금속 부재의 표면을 임프린팅 가능한 상태로 연화시키는 단계와; 연화된 상태의 금속 부재 표면을 몰드로 가압하여 금속 부재의 표면에 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 이때, 레이저 빔을 금속 부재의 표면에 조사하기 이전에 히터를 통해 금속 부재를 미리 가열해 줄 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 상기한 구성으로 이루어진 본 발명에 따르면, 임프린팅 성형 대상의 금속 주변에 외부 전기장을 인가하여 금속 내부의 자유전자 재배열을 통해 금속 표면에 대한 자유전자의 밀도를 감소시킴으로써 레이저 빔의 흡수율을 높일 수 있고, 레이저 빔을 통해 가열되어 연화된 상태의 금속 표면에 몰드를 이용하여 미세 패턴을 효과적으로 전사시킬 수 있다.
- [0017] 아울러, 금속 주변에 전기장을 인가한 상태에서 몰드와 금속을 접촉시킨 채로 레이저 빔을 금속 표면 전면적에 스캐닝함으로써 공정 시간이 짧아지고 대면적화 공정이 가능해지는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명에 따른 금속 임프린팅 성형 장치의 구성을 보여주는 개념도.
- 도 2는 금속 주변에 전기장 형성 유무에 따른 금속 내부의 레이저 흡수 및 반사 메커니즘을 비교 도시한 개념도.
- 도 3은 본 발명의 금속 임프린팅 성형 장치를 이용한 금속 임프린팅 성형 방법을 순차적으로 설명하는 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명의 금속 임프린팅 성형 장치 및 성형 방법에 대한 일 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0020] 먼저, 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 금속 임프린팅 성형 장치의 구성을 보여주고 있다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 금속 임프린팅 성형장치는, 적외선 대역의 레이저 빔(LB)을 발생시키는 레이저 빔 발생장치와, 임프린팅 대상의 금속 부재(110) 주변에 전기장을 형성시키는 전기장 형성장치와, 금속 부재(110) 표면과 접촉하여 나노 구조의 패턴링 작업을 수행하는 레이저 투과형 몰드(120)를 포함하여 구성된다.

- [0022] 레이저 발생장치(미도시)는 임프린팅 대상물인 금속 부재(110)의 상부에 배치되어 적외선 파장 대역의 레이저 빔(LB)을 발생하여 금속 부재(110)의 표면으로 입사시킨다.
- [0023] 전기장 형성장치는 금속 부재(110) 주변에 전기장을 형성하여 금속 부재(110) 내의 자유전자(112) 분포를 변화 시킴으로써 금속 부재의 표면(111)으로 입사되는 레이저 빔(LB)의 흡수율을 높이는 역할을 한다. 이와 같은 전기장 형성장치에 대해서는 뒤에서 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0024] 레이저 투과형 몰드(120)는 하부면에 금속 부재(110)의 표면(111)에 미세 패턴 형성이 가능하도록 나노 구조의 패턴이 형성된다. 이때, 레이저 투과형 몰드(120)는 상부에서 조사되는 적외선 대역의 레이저 빔(LB)이 쉽게 투과될 수 있는 비교적 투명한 투과성 재질로 이루어진다.
- [0025] 이와 같은 레이저 투과형 몰드(120)는 레이저 빔(LB)의 조사를 통해 온도가 상승하여 연화된 금속 부재(110) 표면(111)을 하방으로 가압하여 금속 부재(110)의 표면에 나노 구조의 패턴을 형성하게 된다.
- [0026] 히터(140)는 금속 부재(110)와 지지판(134) 사이에 설치되며 레이저 빔(LB)이 금속부재(111)의 표면에 조사되기 이전에 금속 부재 표면(111)을 가열해주기 위한 열에너지를 제공하게 된다.
- [0027] 즉, 레이저 빔(LB)을 금속부재(111) 표면으로 조사하기 전에 히터(140)를 통해 금속 부재(110)를 선행적으로 가열해 줌으로써 레이저 빔(LB)을 조사하는 과정에서 금속부재(111) 표면에서의 레이저 빔의 반사율을 줄이고 흡수율을 높여 금속부재(110)의 표면에 단시간 내에 패턴 형성이 가능하다. 이와 같은 히터(140)는 필요에 따라 선택적으로 구비될 수 있다.
- [0028] 한편, 전기장 형성장치는 금속 부재(110)를 사이에 두고 서로 평행하게 배치되는 한 쌍의 전극판(131)(132)과, 금속 부재(110)를 하부에서 지지하는 지지판(134)과, 지지판(134) 위에 고정되어 전극판(131)(132)을 지지하는 지지 프레임(133)을 포함하여 구성된다.
- [0029] 전극판(131)(132)은 금속 부재(110)의 양 측면을 충분히 커버할 수 있는 크기와 면적을 갖도록 구비된다. 이와 같은 전극판(131)(132)은 금속 부재(110)의 양 측면으로부터 소정거리 이격된 상태에서 서로 마주보는 형태로 평행하게 배치됨으로써, 양 전극판(131)(132)은 레이저 빔(LB)의 입사방향과 평행을 이루는 배열 형태를 갖게 된다.
- [0030] 지지판(134)은 금속 부재(110)를 하부에서 지지해주는 역할을 하게 되는데, 본 발명의 실시 예 형태와 같이 히터(140)가 구비되는 경우에는 지지판(134) 위에 히터(140)와 금속 부재(110)가 순차적으로 적층된 형태로 설치되어 히터(140)를 매개로 금속 부재(110)가 지지판(134) 상부에서 지지되도록 하고, 히터(140)가 구비되지 않을 경우에는 금속 부재(110)가 지지판(134) 위에 직접 맞닿은 상태로 지지될 수 있다.
- [0031] 이 경우, 지지판(134)은 금속 부재(110)나 히터(140)와 상호 열전달이 이루어지지 않도록 열전달을 차단할 수 있는 단열성 재질로 구성하는 것이 바람직하다.
- [0032] 지지 프레임(133)은 지지판(134) 위에 수직하게 고정된 상태에서 양측 전극판(131)(132)과 각각 결합되어 양측 전극판(131)(132)이 서로 평행을 유지하도록 지지하게 된다.
- [0033] 한편, 전극판(131)(132)은 외부의 전원장치와 전기적으로 연결되어, 전극판(131)(132)에 전류가 인가될 경우 일측 전극판(131)은 (+)로 대전되고 다른 일측 전극판(132)은 (-)로 대전되어 양 전극판(131)(132) 사이에는 캐패시터(capacitor) 전기장이 형성된다.
- [0034] 이와 같이 양 전극판(131)(132)에 캐패시터 전기장이 형성되면, 금속 부재(110) 내부의 자유전자(112)와 정공(113)은 양측 전극판(131)(132) 쪽으로 각각 이동하게 되어 금속 부재의 표면(111) 영역에 자리잡고 있던 자유전자(112)가 줄어들게 됨으로써 금속 부재(110) 표면에서의 자유전자 밀도는 감소하게 된다.
- [0035] 이와 같이, 금속 부재의 표면(111)에서 자유전자의 밀도가 감소됨에 따라 금속 부재의 표면(111)으로 입사되는 레이저 빔(LB)은 자유전자(112)의 방해받지 않고 대부분 금속 부재(110) 내부로 흡수되고 전자-광자 상호작용(electron-phonon interaction)에 의해 금속 부재(110)의 표면 온도를 상승시키게 된다. 그리고, 금속 부재(110)의 표면 온도 상승에 따라 금속 부재의 표면(111)은 패턴 형성에 적합한 상태로 연화되기 시작한다.
- [0036] 그리고, 레이저 빔(LB)의 조사에 의해 금속 부재의 표면(111)이 임프린팅 작업에 적합한 상태까지 연화되면 금속 부재(110)의 상부에 위치한 레이저 투과형 몰드(120)를 하방으로 이동시켜 연화된 상태의 금속 부재 표면(111)에 나노 구조의 미세 패턴을 전사하게 된다.

- [0037] 한편, 도 2는 금속 부재 주변에 전기장 형성 유무에 따라 금속 부재의 표면에서 레이저 빔이 흡수 및 반사되는 메커니즘을 비교하여 보여주는 것이다.
- [0038] 먼저, 도 2의 (a)는 금속 부재(110)의 주변에 외부 전기장이 가해지지 않았을 경우 금속 부재(110)의 표면에 분포하고 있는 자유전자(112)에 의해 레이저 빔(LB)이 반사되는 모습을 개념적으로 보여주고 있다.
- [0039] 일반적으로, 레이저 빔이 타겟 대상의 물질 표면과 상호 작용할 때, 물질 내에 있는 원자의 전기적 및 진동 여기(excitation)의 형태로 레이저 빔의 광자가 흡수되기 시작하며, 이후에 격자 포논(phonon)으로 전달된 에너지가 그것을 열로 변환시키고, 그 다음에 주변 원자로 소멸되는 과정을 거치게 된다. 그리고 물질 내부로 점점 더 많은 광자가 흡수됨에 따라 물질의 온도는 상승하게 되고, 그 과정이 노크 온 효과(knock on effect)를 유발한다.
- [0040] 특히, 금속 물질에서 이온은 레이저 방사선의 진동하는 전기장을 따라가기에는 너무 무겁기 때문에 보통 레이저 에너지를 직접 흡수하지는 않는다. 따라서 레이저 에너지는 일반적으로 금속 물질 내의 자유전자와 결합전자에 의해 흡수되는 것이다. 그러나, 금속 물질 표면의 전자 구름(gas)에 있는 자유전자의 진동 주파수로 인해 레이저 빔에 있어 대부분의 광자는 금속 표면의 활성 진동 자유전자에 의해 차단됨으로써 금속 물질 표면에 대한 레이저 빔의 흡수율이 크게 저하된다.
- [0041] 즉, 도 2의 (a)에서 보는 것과 같이, 레이저 빔(LB)이 레이저 투과성 재료로 이루어진 몰드(120)를 통과하여 금속 부재(110)의 표면에 도달하지만, 금속 부재(110)의 표면에 분포하는 금속의 자유전자(112)로 인해 대부분 반사되어 나오기 때문에 레이저 빔(LB)의 흡수율이 떨어져 임프린트 성형에 필요한 온도까지 쉽게 도달하지 못하게 되는 것이다.
- [0042] 반면, 도 2의 (b)에서 보는 것과 같이 금속 부재(110) 주변에 배치된 양 전극판(131)(132)에 전류를 흘려 전기장을 형성시키는 경우 서로 마주보는 평판 캐패시터의 양 전극판(131)(132) 사이에는 쿨롱 힘(Coulomb force, electrostatic force)이 발생한다.
- [0043] 그러면 양 전극판(131)(132) 사이에 위치한 금속 부재(110)는 쿨롱 힘을 통해 전기장력을 받게 되며, 이에 따라 금속 부재(110)의 표면에서 많은 수의 자유전자(112)가 인가된 전기장을 따라 정렬되게 된다.
- [0044] 이러한 현상은 정전기 유도가 도체인 금속 부재(110)를 정전기 평형 상태에 있게 하고 등전위체가 되게 하는 것으로 이해할 수 있다. 이와 같은 현상으로 인해 금속 부재(110) 표면의 자유전자(112)의 밀도가 줄어들게 되고 금속 부재(110) 표면에서의 자유전자(112)의 분포를 변화시키도록 방향 양극화가 발생된다.
- [0045] 이와 같이 금속 부재(110)의 표면에 분포하고 있던 자유전자(112)의 밀도가 감소됨에 따라 레이저 빔(LB)의 광자(P)는 금속 부재(110)의 표면에서 자유전자에 의해 방해받지 않고 금속 부재(110) 내부로 흡수되어 금속 부재(110) 내부의 결합전자에 흡수된다.
- [0046] 그리고 금속 부재(110) 내부로 흡수된 고에너지 전자는 전자-전자 충돌을 통해 매우 빠르게 다른 전자와 에너지를 공유하게 되며, 전자 에너지는 전자-광자 상호작용(electron-phonon interaction)을 통해 이온(115)과 격자(116)로 전달된다. 이어서, 전자와 격자 시스템이 열평형에 도달하게 되면서 금속 부재(110)의 표면 온도는 상승하게 되며, 이와 같이 금속 표면의 온도가 상승하게 되면 금속 부재(110)의 표면은 연화되기 시작한다.
- [0047] 이와 같은 과정을 통해 임프린팅에 적합한 상태로 연화된 금속 부재(110)의 표면에 상부에 위치하는 레이저 투과형 몰드(120)를 하방 이동시켜 가압하게 되면, 연화된 금속 부재(110)의 표면에 몰드(120)의 나노 패턴을 효과적으로 전사시킬 수 있다.
- [0048] 한편, 도 3은 상술한 본 발명의 금속 임프린팅 성형 장치를 이용하여 금속 표면에 대한 임프린팅 성형 과정을 순차적으로 보여주고 있다.
- [0049] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 금속 임프린팅 성형 방법은, 레이저 빔(LB)을 금속 부재(110)의 표면에 조사하기 전에, 먼저 외부의 전원장치를 통해 금속 부재(110)의 양측에 위치한 전극판(131)(132)에 전류를 인가하여 금속 부재(110) 주변으로 캐패시터 전기장을 형성하게 된다.(S210)
- [0050] 이 경우, 외부의 전원장치를 통해 금속 부재(110)의 양측에 구비된 전극판(131)(132)에 전류를 인가하게 되면 일측 전극판(131)은 (+)로 대전되고 다른 일측 전극판(132)은 (-)로 대전되어 양측 전극판(131)(132) 사이에는 캐패시터 전기장이 형성된다.
- [0051] 그리고, 양측 전극판(131)(132)에 캐패시터 전기장이 형성되면, 금속 부재(110) 내의 자유전자(112)와 정공

(113)은 전기장에 따른 인력에 의해 양측 전극판(131)(132) 쪽으로 이동하여 금속 부재(110)의 양 측면부 부분에 재배치되어 정렬하게 됨으로써 레이저 빔(LB)이 입사되는 영역에서의 금속 부재(110)의 표면은 자유전자(112)의 밀도가 현저히 감소된 상태로 유지된다.

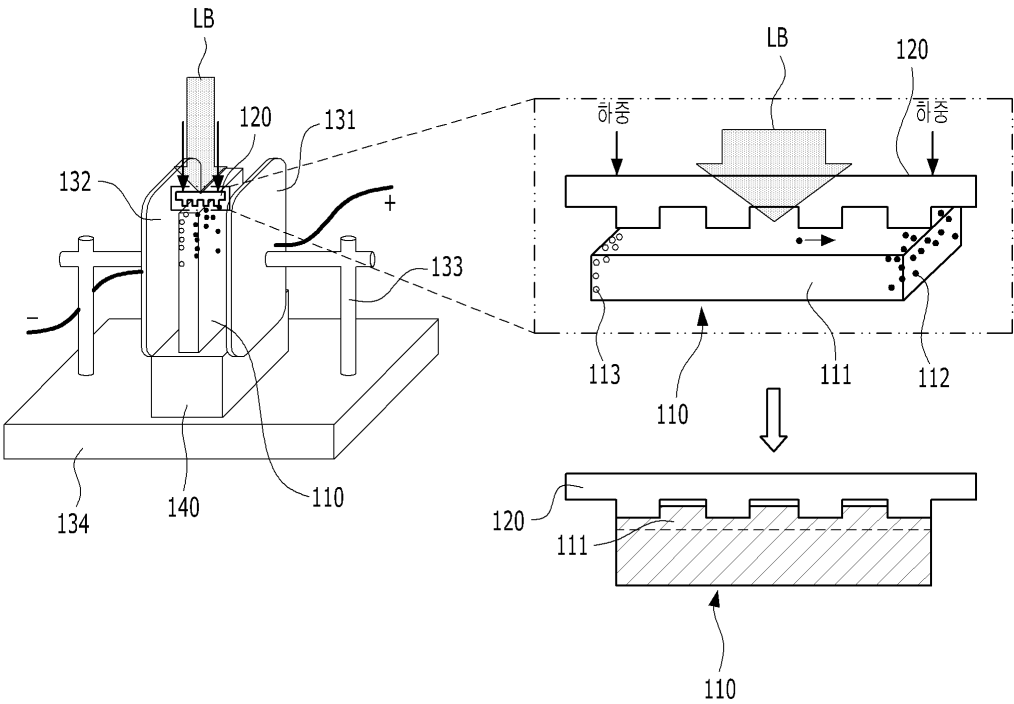
- [0052] 이와 같이 전기장 형성을 통해 금속 부재(110)의 표면에 대한 자유전자 밀도가 감소되면, 다음으로, 레이저 발생장치를 통해 적외선 대역의 레이저 빔을 금속 부재(110)의 표면에 조사하여 금속 부재(110)의 표면을 임프린팅에 적합한 상태로 연화시키게 된다.(S220)
- [0053] 이 경우, 금속 부재(110)의 표면으로 입사되는 레이저 빔(LB)은 금속 표면에서의 자유전자 밀도 감소로 인해 자유전자의 방해를 받지 않고 대부분 금속 내부로 흡수되어 전자-광자 상호작용에 의해 금속의 온도를 상승시키게 되고, 금속의 온도가 상승함에 따라 금속 부재(110) 표면은 임프린팅 작업에 적합한 상태로 연화되는 것이다.
- [0054] 이와 같은 과정을 통해 금속 부재(110)의 표면이 임프린팅에 적합한 상태로 연화된 이후에는 연화된 금속 부재(110)의 표면을 나노 구조의 패턴이 새겨져 있는 레이저 투과형 몰드(120)로 가압하여 금속 부재(110)의 표면에 미세 나노 구조의 패턴을 형성하게 된다.(S230)
- [0055] 이때, 레이저 빔(LB)을 금속부재(111) 표면으로 조사하기 이전에 히터(140)를 통해 금속 부재(110)를 사전 가열해 줌으로써 레이저 빔(LB)을 조사하는 과정에서 금속부재(111) 표면에서의 레이저 빔의 반사율을 줄이고 흡수율을 높여 임프린팅 공정 시간을 크게 단축시킬 수 있게 된다.
- [0056] 상술한 바와 같이, 본 발명의 금속 임프린팅 성형 장치 및 방법에 따르면, 임프린팅 성형 대상의 금속 주변에 외부 전기장을 인가하여 금속 내부의 자유전자 재배열을 통해 금속 표면에 대한 자유전자의 밀도를 감소시켜 레이저 빔의 흡수율을 높일 수 있고, 레이저 빔에 의해 가열 및 연화된 상태의 금속 표면에 레이저 투과형 몰드를 이용하여 나노 구조의 미세 패턴을 효과적으로 전사시킬 수 있게 되는 것이다.
- [0057] 이 경우, 금속 부재의 주변에 전기장을 인가한 상태에서 레이저 투과형 몰드와 금속 부재 표면을 서로 접촉시킨 채로 레이저 빔을 금속 부재의 표면 전면적에 걸쳐 스캐닝함으로써 대면적화 공정이 가능해지는 장점이 있다.

부호의 설명

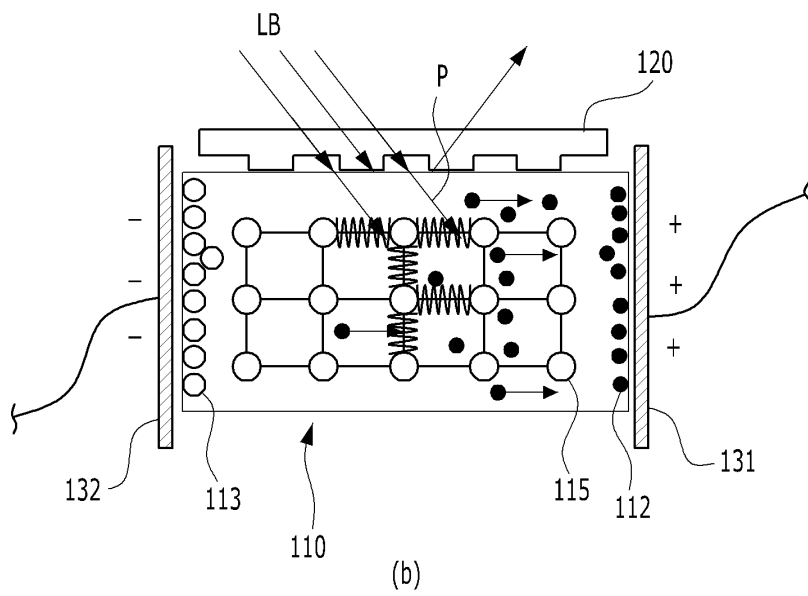
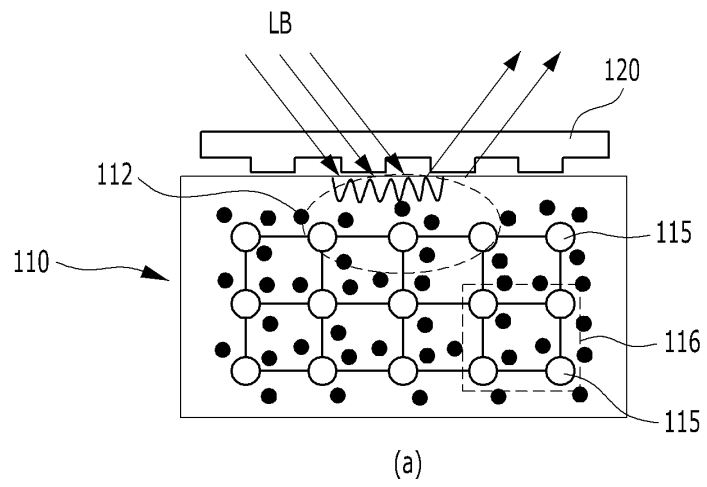
- [0058] 110 : 금속 부재
- 120 : 몰드
- 131, 132 : 전극판
- 133 : 지지 프레임
- 134 : 지지판
- 140 : 히터

도면

도면1



도면2



도면3

