



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월02일
(11) 등록번호 10-2473803
(24) 등록일자 2022년11월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/00 (2014.01) B23K 26/06 (2014.01)
B23K 26/062 (2014.01) B23K 26/21 (2014.01)
B23K 103/08 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B23K 26/0006 (2013.01)
B23K 26/0608 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7010113(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2018년01월31일
심사청구일자 2022년03월25일
- (85) 번역문제출일자 2022년03월25일
- (65) 공개번호 10-2022-0044382
- (43) 공개일자 2022년04월07일
- (62) 원출원 특허 10-2019-7023760
원출원일자(국제) 2018년01월31일
심사청구일자 2020년04월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/016119
- (87) 국제공개번호 WO 2018/144524
국제공개일자 2018년08월09일
- (30) 우선권주장
62/452,598 2017년01월31일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020160110407 A*
WO2016128704 A2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
누부루 인크.
미국 콜로라도 (우편번호: 80112) 센테니얼 에스
티이 130 에스. 투손 웨이 7442
- (72) 발명자
피너프, 매튜
미국 콜로라도 80108, 캐슬 록, 노스스타 씨클
6809
그레이, 윌리엄, 씨.
미국 콜로라도 80134, 파커, 킴벌 스트리트 10719
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김해중

전체 청구항 수 : 총 7 항

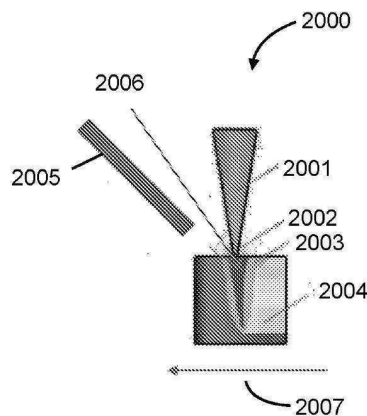
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 청색 레이저를 사용한 구리 용접 방법 및 시스템

(57) 요약

가시광 레이저 시스템 및 재료를 함께 용접하는 동작이 개시된다. 청색 레이저 시스템은 구리-기반 재료에 대해 본질적으로 완벽한 용접을 수행한다. 블루 레이저시스템 및 동작은 전동성 재료, 특히 배터리 팩과 같은 에너지 저장 장치 내에 사용되는 박막의 전도성 재료를 용접한다.

대표도 - 도11



(52) CPC특허분류

B23K 26/062 (2015.10)

B23K 26/21 (2015.10)

B23K 2103/08 (2018.08)

(72) 발명자

프리트츠, 로버트, 디.

미국 콜로라도 80016, 오로라, 사우스 어레이 웨이
6562

제디커, 마크 에스.

미국 콜로라도 80104, 캐슬 록, 비아 로스 피논
1896

명세서

청구범위

청구항 1

a. 레이저 시스템안에 부품을 배치하는 단계로서, 부품은 제2 금속 기반 재료와 접촉하는 제1 금속 기반 재료를 포함하는, 단계;

b. 부품에 레이저 빔을 지향시키는(directing)시켜서, 접합된 부품을 만들기 위해 제1 금속 기반 재료를 제2 금속 기반 재료에 접합하는 단계로서, 레이저 빔은 400kW/cm² 내지 1.2MW/cm²의 전력 밀도를 갖는 집중된(focused) 스폿이고, 접합된 부품은 HAZ 및 재응고 구역(resolidification zone)을 포함하는, 단계를 포함하고,

c. 제1 금속 기반 재료, 제2 금속 기반 재료, HAZ 및 재응고 구역의 마이크로 구조는 유사하고, 유사한 마이크로 구조는 약점(weakness)를 나타내는 접합된 부품에서 식별가능한 차이를 나타내지 않고,

제1 금속 기반 재료는 금, 황동, 은, 알루미늄, 니켈, 스테인레스 스틸, 및 이들의 합금으로 이루어진 그룹으로부터 선택되거나,

제1 금속 기반 재료는 구리 및 그 합금으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는

금속 기반 재료 레이저 처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

레이저 빔은 400nm 내지 575nm 범위의 파장을 갖는

금속 기반 재료 레이저 처리 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

제1 및 제2 금속 기반 재료를 접합하는 단계는 제1 및 제2 금속 기반 재료를 함께 납땀하는 단계를 포함하는

금속 기반 재료 레이저 처리 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

제1 및 제2 금속 기반 재료를 접합하는 단계는 제1 및 제2 금속 기반 재료를 함께 용접하는 단계를 포함하는

금속 기반 재료 레이저 처리 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항, 제2항, 제3항 또는 제4항에 있어서,

제2 금속 기반 재료는 금, 황동, 은, 알루미늄, 니켈, 스테인레스 스틸, 및 이들의 합금으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는

금속 기반 재료 레이저 처리 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항, 제2항, 제3항 또는 제4항에 있어서,
제2 금속 기반 재료는 구리 및 그 합금으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는
금속 기반 재료 레이저 처리 방법.

청구항 9

제1항, 제2항, 제3항 또는 제4항에 있어서,
제1 금속 기반 재료 및 제2 금속 기반 재료는 동일한
금속 기반 재료 레이저 처리 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이 출원은 35 U.S.C § 119(e)(1)에 따라 2017년 1월 31일 출원되고, 본 명세서에 참조로서 그 전문이 포함되는, 미국 가출원 번호 62/452,598의 출원일의 이점을 주장한다.

배경 기술

[0002] 본 발명은 재료의 레이저 처리에 관한 것으로, 특히 레이저의 대략 350nm 내지 대략 500nm의 파장을 갖는 레이저 빔을 사용한 구리 재료의 레이저 접합에 관한 것이다.

[0003] 구리의 레이저 용접은 높은 반사율, 높은 열 전도성 및 높은 열 용량으로 인해 매우 어려운 것으로 입증되었다. 초음파 용접에서 IR 레이저 용접에 이르기까지 구리 용접을 위한 많은 방법이 개발되어 왔다. 그러나, 이러한 종래의 구리 용접 방법들은 많은 단점과 한계가 있다. 예를 들어, 이러한 한계가 보여지는 하나의 시장은 성장 중인 전기차 시장에서의 고성능 전자부품 영역이다. 이들 종래 기술들에 의해 얻어질 수 있는 높은 속도의 양질의 용접 품질이 성장 중인 전기차 시장에서 고성능의 배터리와 전자부품을 제조하는데는 요구된다.

[0004] 1030nm에서 IR 레이저 소스를 사용할 때, 이 과정에서 구리의 높은 반사율은 재료에 파워를 결합하여 가열 및 용접하는 것을 곤란하게 한다. 높은 반사율을 극복하기 위한 한 가지 방법은 고전력 레벨(> 1kW) IR 레이저를 사용하여 키홀 용접을 시작한 다음 파워를 재료에 결합하는 것이다. 이 용접 방법의 문제점은 다른 무엇보다 키홀(keyhole) 내의 증기가 미세 폭발로 이어져서 용접되는 부품 전체에 용융 구리가 뿌러지거나 미세 폭발로 인해 용접된 부품 전체에 홀이 발생할 수 있다는 점이다. 결과적으로, 연구자들은 용접 도중 이러한 결합을 방지하기 위해 레이저 출력을 빠르게 조절해야만 한다. 이러한 결합은 레이저가 구리를 용접하려고 시도할 때 레이저가 구리를 용융점까지 가열하기 시작하고 이어서 신속하게 구리 기화로 전이한다. 구리가 기화되어 키홀이 형성되고 레이저 커플링이 초기 5%에서 100%로 급격히 상승하며, 이러한 전이가 너무 급격하게 발생하여 결합된 열의 양이 부품을 용접하는 데 필요한 열의 양을 빠르게 초과하고 결과적으로 미세 폭발로 이어진다.

[0005] 현재의 적외선 레이저 방법 및 시스템에 의한 구리의 레이저 용접은 도전적이고, 높은 반사율, 높은 열 전도성, 낮은 기화 점 및 높은 열 용량으로 인한 문제점을 가지며, 도전중에 있다. IR 레이저를 녹색 레이저와 결합하고, 용접 퍼들(puddle) 내에 스팟을 흔들고, 진공에서 작동하고, 레이저를 고주파수로 변조하는 등의 IR 레이저로 구리를 용접하기 위한 다양한 방법들이 시도되어 왔다. 이러한 접근 방식은 현재 일부 구리 용접 응용 분야에서 사용되고 있지만, 이들은 좁은 프로세스 윈도우, 제어되지 않는 스패터(splatter) 및 예측할 수 없는 용접 변동을 갖는 경향이 있으며 일반적으로 바람직하거나 최적이지 않은 것으로 입증되었다. 보다 어려운 구리 용접 공정 중 하나는 구리 포일의 적층체를 서로에게 용접하고 또한 더 두꺼운 버스 바에 용접하는 것이다. 현재 이와 같은 것은 IR 레이저를 사용하여 안정적으로 수행될 수 없고 또는 제조업체가 필요로 하는 용접 품질을 생성하는 방식으로 수행하는 것이 불가능하다. 따라서 제조업체는 이러한 포일을 서로 결합하기 위해 초음파 용접 방법에 의존해야 한다. 이들 초음파 방법 역시 최적의 것은 아니며 문제점을 갖고 있다. 예를 들어 초음파

용접 방법을 사용하면 소노트로드(sonotrodes)가 생산 과정에서 마모되어 불완전한 용접부에서 잔해물이 남은 용접부에 이르기까지 프로세스 가변성을 갖게 된다. 이러한 결함은 제조 수율, 배터리의 내부 저항, 생성된 배터리의 에너지 밀도 및 많은 경우 배터리의 신뢰성을 제한하게 된다.

- [0006] "구리-기반 물질(copper based material)"이라는 용어는 달리 명백하게 언급되지 않는 한 가능한 한 가장 넓은 의미로 주어지야만 하며, 구리, 구리 재료, 구리 금속, 구리로 전기도금 된 물질, 중량 단위로 약 10 중량% 내지 100 중량%의 구리를 함유하는 금속 재료, 중량 단위로 약 10 중량% 내지 100 중량%의 구리를 함유하는 금속 및 합금, 중량 단위로 약 20 중량% 내지 100 중량%의 구리를 함유하는 금속 및 합금, 중량 단위로 약 10 중량% 내지 100 중량%의 구리를 함유하는 금속 및 합금, 중량 단위로 약 50 중량% 내지 100 중량%의 구리를 함유하는 금속 및 합금, 중량 단위로 약 70 중량% 내지 100 중량%의 구리를 함유하는 금속 및 합금, 및 중량 단위로 약 90 중량% 내지 100 중량%의 구리를 함유하는 금속 및 합금을 포함한다.
- [0007] "레이저 처리, 재료의 레이저 처리" 및 이와 유사한 용어는 본 명세서에서 달리 명백하게 언급되지 않는 한 가능한 한 가장 넓은 의미로 제공되어야만 하며, 용접(welding), 납땜(soldering), 제련(smelting), 접합(joining), 어닐링(annealing), 연화(softening), 점착부여(tackifying), 리서페이싱(resurfacing), 피닝(peening), 열 처리, 융합(fusing), 실링(sealing) 및 적층(stackng)을 포함한다.
- [0008] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 본 명세서에서 달리 명백하게 언급되지 않는 한, "UV", "자외선", "UV 스펙트럼" 및 "스펙트럼의 UV 부분" 및 그와 유사한 용어는 그들의 가장 넓은 의미로 부여되어야 하며, 약 10 nm 내지 약 400 nm, 및 10 nm 내지 400 nm의 파장 내의 빛을 포함한다.
- [0009] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 본 명세서에서 달리 명백하게 언급되지 않는 한, 용어 "가시적(visible)", "가시적 스펙트럼" 및 "스펙트럼의 가시적 부분" 및 그와 유사한 용어는 그들의 가장 넓은 의미로 부여되어야 하고, 약 380 nm 내지 약 750 nm, 및 400 nm 내지 700 nm의 파장 내의 빛을 포함한다.
- [0010] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 본 명세서에서 달리 명백하게 언급되지 않는 한, 용어 "청색 레이저 빔", "청색 레이저" 및 "청색"은 가장 넓은 의미로 부여되어야만 하며, 일반적으로 예를 들어 레이저 빔, 레이저 빔, 예를 들면 레이저 및 다이오드 레이저 등과 같이 약 400 nm 내지 약 500 nm의 파장을 갖는 빛 또는 레이저 빔을 전파하는 레이저 소스를 제공하는 시스템으로 언급될 수 있다.
- [0011] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 본 명세서에서 달리 명백하게 언급되지 않는 한, 용어 "녹색 레이저 빔", "녹색 레이저" 및 "녹색"은 가장 넓은 의미로 부여되어야만 하며, 일반적으로 예를 들어 약 500 nm 내지 약 575 nm의 파장을 갖는 빛 또는 레이저 빔을 전파하는 레이저 소스를 제공하는 시스템으로 언급될 수 있다.
- [0012] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 본 명세서에서 달리 명백하게 언급되지 않는 한 "적어도(at least)", "보다 큰(greater than)" 이란 용어는 "보다 작지 않은(이상)(not less than)"을 의미한다.
- [0013] 일반적으로, 본 명세서에서 사용된 용어 "약(about)" 및 기호 "~"는 본 명세서에서 달리 명백하게 언급되지 않는 한, $\pm 10\%$ 의 변동 또는 범위, 명시된 값을 얻는 것과 관련된 실험적 또는 기기 오차, 및 바람직하게는 이보다 더 큰 것을 포함하는 것으로 해석된다.
- [0014] 본 발명의 배경기술은 본 발명의 실시예와 관련될 수 있는 기술의 다양한 측면을 소개하도록 의도된다. 따라서, 이 섹션에서 전술한 논의는 본 발명을 더 잘 이해하기 위한 프레임 워크를 제공하며, 종래 기술의 시인(admission)으로 간주되어서는 안된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 재료의 용접 특히 전자부품 및 배터리에서의 구리 금속의 용접에 있어서, 보다 우수한 용접 품질, 고속 용접, 높은 재현성, 신뢰성, 높은 공차 및 높은 강건성에 대한 필요성이 오랜 시간동안 있어 왔고, 점차 증가하고 있지만 충족되지 않고 있다. 이러한 필요성을 포함하여, 구리 자체와 다른 금속에 용접하기 위한 개선된 방법에 대한 필요성이 존재하며, 또한, 구리 포일의 용접 스택과, 이들 스택을 더 두꺼운 구리 또는 알루미늄 부품에 용접하는 것과 관련된 문제를 해결해야 할 필요성도 존재한다. 본 발명은 다른 무엇보다도 본 명세서에서 기재되고 개시된 제조 물품, 장치 및 프로세스를 제공함으로써 이러한 요구를 해결한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 따라서 구리-기반 재료에서 완벽한 용접을 형성하는 방법이 제공되고, 이 방법은, 레이저 시스템 내에 워크피스를 배치하는 단계 - 워크피스는 제1 조각의 구리-기반 재료를 제2 조각의 구리 재료와 접촉시키는 단계를 포함함 - ; 워크피스에 청색 레이저 빔을 지향(directing)하는 단계 - 그에 따라 제1 조각의 구리-기반 재료와 제2 조각의 구리-기반 재료 사이에 용접부가 형성되고, 용접부는 HAZ 및 재응고 구역(resolidification zone)을 포함함 - ;를 포함하고, 구리-기반 재료, HAZ 및 재응고 구역의 마이크로구조는 동일하다.
- [0017] 또한 이들 용접, 시스템 및 방법은 다음의 특징들 중 하나 이상을 갖는다. 동일한 마이크로 구조는 용접부에서 약점(weakness)을 나타내는 용접부에서 식별가능한 차이를 나타내지 않고; 동일한 마이크로 구조는 유사한 크기의 결정 성장 영역을 포함하고; 용접부는 컨덕션 모드 용접에 의해 형성되며; 용접부는 킥홀 모드 용접에 의해 형성되고; 제1 조각 및 제2 조각은 약 10 μ m 내지 약 500 μ m 범위 내 두께를 갖고; 제1 조각은 구리 포일의 복수의 층을 포함하고; 제1 조각은 구리 금속이고; 제1 조각은 약 10중량% 내지 약 95중량%의 구리를 갖는 구리 합금이고; 레이저 빔은 800kW/cm² 미만의 전력 밀도를 갖는 포커스된 스폿으로서 워크피스에 지향되고; 레이저 빔은 500kW/cm² 미만의 전력 밀도를 갖는 포커스된 스폿으로서 워크피스에 지향되고; 레이저 빔은 약 100kW/cm² 내지 800kW/cm² 범위 내의 전력 밀도를 갖는 포커스된 스폿으로서 워크피스에 지향되며; 레이저 빔은 약 100kW/cm² 를 초과한 전력 밀도를 갖는 포커스된 스폿으로서 워크피스에 지향되고; 레이저 빔은 500W 미만의 전력을 가지며; 레이저 빔은 275W 미만의 전력을 가지며; 레이저 빔은 150W 미만의 전력을 가지고; 레이저 빔은 약 150W 내지 약 750W 범위 내의 전력을 가지며; 레이저 빔은 약 200W 내지 약 500W 범위 내의 전력을 가지며; 레이저 빔은 약 50 μ m 내지 약 250 μ m의 스폿 크기를 가진 포커스된 스폿으로서 워크피스에 지향되고; 레이저 빔은 약 405nm 내지 약 500nm 범위 내의 파장을 가지며; 용접부는 스페터가 없으며; 레이저는 워크피스를 기화시키지 않는다.
- [0018] 또한 본 발명은 구리-기반 재료에서 완벽한 용접을 형성하는 방법을 제공하고, 이 방법은 레이저 시스템 내에 워크피스를 배치하는 단계 - 워크피스는 제1 조각의 구리-기반 재료를 제2 조각의 구리 재료와 접촉시키는 단계를 포함함 - ; 워크피스에 청색 레이저 빔을 지향(directing)하는 단계 - 그에 따라 제1 조각의 구리-기반 재료와 제2 조각의 구리-기반 재료 사이에 용접부가 형성되고, 용접부는 HAZ 및 재응고 구역(resolidification zone)을 포함함 - ;를 포함하고, HAZ의 경도 범위는 구리-기반 재료의 경도 범위 내에 있다.
- [0019] 또한 본 발명에서, 이들 용접, 시스템 및 방법은 다음의 특징들중 하나 이상을 포함한다: 재응고 구역의 경도 범위는 구리-기반 재료의 경도 범위 내에 있고; 구리-기반 재료, HAZ 및 재응고 구역의 마이크로 구조가 동일하고; 동일한 마이크로 구조는 용접부에서 약점(weakness)을 나타내는 용접부에서 식별가능한 차이를 나타내지 않고; 동일한 마이크로 구조는 용접부에서 약점(weakness)을 나타내는 용접부에서 식별가능한 차이를 나타내지 않고, 동일한 마이크로 구조는 유사한 크기의 결정 성장 영역을 포함한다.
- [0020] 또한 본 발명은 구리-기반 재료에서 완벽한 용접을 형성하는 방법을 제공하고, 이 방법은 레이저 시스템 내에 워크피스를 배치하는 단계 - 워크피스는 제1 조각의 구리-기반 재료를 제2 조각의 구리 재료와 접촉시키는 단계를 포함함 - ; 워크피스에 청색 레이저 빔을 지향(directing)하는 단계 - 그에 따라 제1 조각의 구리-기반 재료와 제2 조각의 구리-기반 재료 사이에 용접부가 형성되고, 용접부는 HAZ 및 재응고 구역(resolidification zone)을 포함함 - ;를 포함하고, 재응고 구역의 경도 범위는 구리-기반 재료의 경도 범위 내에 있다.
- [0021] 또한 본 발명에서는 구리를 약 405nm 내지 약 500nm 범위 내의 파장을 갖는 청색 레이저로 용접하는 것이 제공되고, 용접부 및 제품은 이 용접에 의해 생산된다.
- [0022] 또한 본 발명에서는 다음의 특징: 용접 공정 동안 용접 퍼들의 기화 없이 컨덕션 모드에서 구리를 용접; 베이스 재료와 유사한 크기의 결정 성장 영역과 베이스 금속에 유사한 마이크로구조를 생성하는 컨덕션 모드에서 구리 용접; HAZ(Heat Affected Zone) 내 베이스 금속에 유사한 마이크로 구조를 생성하는 컨덕션 모드에서 구리 용접; 용접 비드 내 베이스 금속에 유사한 마이크로구조를 생성하는 컨덕션 모드에서 구리 용접; HAZ 내 베이스 금속과 유사한 경도를 생성하는 컨덕션 모드 구리 용접; 용접 비드 내 베이스 금속과 유사한 경도를 생성하는 컨덕션 모드에서 구리 용접; 용접부 내 마이크로구조가 베이스 금속과 상이한 구리의 용접; HAZ내 마이크로구조가 베이스 금속과 유사한 구리 용접; 중 하나 이상을 포함하는 이들 용접, 방법 시스템이 제공된다.
- [0023] 또한 본 발명에서는 다음의 특징: 킥홀 모드에서의 구리 용접; 용접동안 매우 낮은 스페터가 발생되고 용접후 구리의 표면에서 스페터가 거의 없거나 없는 킥홀 모드에서의 구리 용접; 500kW/cm² 이상의 전력 밀도와 킥홀 개방이 유지되는 용접 속도로 구리를 용접; 400kW/cm² 이상의 전력 밀도와 킥홀 개방이 유지되는 용접 속도로

구리를 용접; 100kW/cm² 이상의 전력 밀도와 키홀 용접 레짐(regime)으로의 전이를 방지하기 충분히 빠른 용접 속도로 구리를 용접; 용접 동안 침투 깊이를 향상하기 위해 예열을 갖는 구리 용접; Ar-CO₂ 어시스트 가스로 구리 용접; Ar-H₂ 어시스트 가스로 구리 용접; Ar 어시스트 가스로 구리 용접; 공기를 이용한 구리 용접; He 어시스트 가스를 이용한 구리 용접; N₂ 어시스트 가스를 이용한 구리 용접; 어시스트 가스를 이용한 구리 용접; 중 하나 이상을 포함하는 용접, 방법, 시스템이 제공된다.

[0024] 또한 본 발명에서는 다음의 특징: 레이저 파워는 1Hz 내지 1kHz에서 변조됨; 레이저 파워는 1Hz 내지 50kHz에서 변조됨; 키홀 개방을 유지하기 위해 길쭉한 청색 레이저 스폿을 사용함; 원형, 진동 또는 사각 진동 운동으로 스폿을 신속하게 이동시키기 위해 로봇을 사용함; 용접 방향에 평행 한 지점을 진동시키기 위해 검류계에 장착된 거울을 사용; 용접 방향에 수직인 스폿을 진동시키기 위해 검류계에 장착된 거울을 사용; 한 쌍의 검류계에 장착된 한 쌍의 거울을 사용하여 원형, 진동 또는 장방형 진동 운동으로 스폿을 빠르게 이동; 중 하나 이상을 포함하는 용접, 방법, 시스템이 제공된다.

[0025] 또한 본 발명에 따르면 구리-기반 재료에서 키홀 용접부를 형성하는 방법이 제공되고, 이 방법은, 레이저 시스템 내에 워크피스를 배치하는 단계 - 워크피스는 제1 조각의 구리-기반 재료를 제2 조각의 구리 재료와 접촉시키는 단계를 포함함 - ; 워크피스에 청색 레이저 빔을 지향(directing)하는 단계 - 그에 따라 제1 조각의 구리-기반 재료와 제2 조각의 구리-기반 재료 사이에 키홀 모드 용접부가 형성되고, 용접부는 HAZ 및 재응고 구역(resolidification zone)을 포함함 - ;를 포함한다.

[0026] 또한, 본 발명에서는 다음의 특징: 레이저 전력은 키홀 용접 동안 1000kW 미만임; 레이저 전력은 키홀 용접 동안 500kW 미만임; 레이저 전력은 키홀 용접 동안 300kW 미만임; 키홀로부터 스패터를 억제하기 위해 레이저 빔을 확장(elongating)하는 단계를 포함; 키홀로부터 스패터를 억제하기 위해 레이저 전력을 변조(modulating)하는 단계를 포함; 키홀 모드의 용접 동안 스패터를 억제하기 위해 빔을 신속하게 스캐닝하는 단계를 포함; 용접이 시작된 이후 레이저 전력을 신속하게 자동 또는 수동으로 감소시키는 단계를 포함; 용접 공정 동안 포획된(entrapped) 가스 및 스패터를 줄이기 위해 낮은 대기압(low atmospheric pressure)을 이용하는 단계를 포함; 차폐 가스를 인가하는 단계를 포함; He, Ar, N₂로 이루어진 그룹으로부터 선택된 차폐 가스를 인가하는 단계를 포함; Ar-H₂, N₂, N₂-H₂로 이루어진 그룹으로부터 선택된 차폐 가스 혼합물을 인가하는 단계를 포함; 차폐 가스를 인가하는 단계 및 산화물 층을 제거하고 용접부의 웨팅(wetting)을 촉진하기 위해 차폐 가스에 수소를 첨가하는 단계를 포함; 중 하나 이상을 포함하는 용접, 방법 및 시스템이 제공된다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 따르면 전술한 과제를 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명에 따른 구리의 스패터-프리 컨덕션 모드 용접의 실시예를 나타내는 사진.
- 도 2는 본 발명에 따른 구리에 대한 키홀 용접의 실시예를 나타내는 사진.
- 도 3은 127μm 두께의 구리에 대한 본 발명의 실시예의 침투 깊이 대 속도에 대한 차트를 나타낸 도면으로, 구리가 8m/min의 속도로 완전 침투된 것을 나타내는 도면.
- 도 4는 254μm 두께의 구리에 대한 본 발명의 실시예의 침투 깊이 대 속도에 대한 차트를 나타낸 도면으로, 구리가 0.5 내지 0.75m/min의 속도로 완전 침투된 것을 나타내는 도면.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 대한 침투 깊이 대 속도를 나타내는 차트.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 대한 여러 상이한 속도에서의 침투 깊이를 나타내는 차트.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 70μm 두께의 구리 포일에서 컨덕션 모드 용접의 실시예를 나타내는 주석이 달린 사진.
- 도 8은 본 발명에 따른 키홀 모드 용접 단면의 실시예를 나타내는 주석이 달린 사진.
- 도 9는 다양한 금속에 대한 흡수 곡선으로 IR 레이저와 가시 레이저 사이의 흡수 차이를 나타내는 도면.

- 도 10은 본 발명에 따른 재료로의 컨덕션 모드 용접 전과의 실시예를 개략적으로 나타낸 도면.
- 도 11은 본 발명에 따른 재료로의 키홀 용접 전과의 실시예를 개략적으로 나타낸 도면.
- 도 12는 본 발명에 따른 레이저 용접을 위한 부품 홀더의 실시예를 개략적으로 나타낸 도면.
- 도 12a는 도 12의 부품 홀더의 단면도.
- 도 13은 본 발명에 따른 랩(lap) 용접을 형성하기 위해 얇은 부품을 유지하기 위한 부품 홀더의 실시예를 나타내는 사시도.
- 도 13a는 도 13a의 부품 홀더의 단면도.
- 도 14는 본 발명에 따른 컨덕션 모드 용접을 위한 플레이트 상의 비드의 실시예를 나타내는 사진.
- 도 15는 본 발명에 따른 컨덕션 용접 모드로 용접된 포일 스택의 실시예를 나타내는 사진.
- 도 16은 본 발명에 따른 키홀 모드 용접을 위한 플레이트 상의 비드의 실시예를 나타내는 사진.
- 도 17은 본 발명에 따른 키홀 모드로 용접된 40개의 구리 포일 스택의 실시예를 나타내는 사진.
- 도 18은 본 발명에 따른 다양한 전력 레벨 및 다양한 속도의 실시예에서 구리 침투 깊이를 나타내는 그래프.
- 도 19는 본 발명에 따른 레이저 용접 방법의 실시예를 수행하는데 사용하기 위한 150W 청색 레이저 시스템의 실시예를 개략적으로 나타낸 도면.
- 도 20은 본 발명에 따른 300W 청색 레이저 시스템을 만들기 위해 2개의 150W 청색 레이저 시스템을 사용하는 실시예의 광선 추적 다이어그램을 개략적으로 나타낸 도면.
- 도 21은 본 발명에 따른 800W 청색 레이저 시스템을 만들기 위해 4개의 150W 청색 레이저 시스템을 사용하는 실시예의 광선 추적 다이어그램을 개략적으로 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 일반적으로 설명은, 본 발명은 레이저, 레이저 빔, 구리 및 구리-기반 금속 및 합금 등의 금속을 용접하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 일반적으로, 본 발명은 레이저 빔의 적용 방법, 빔 크기, 빔 파워, 부품을 유지하는 방법 및 부품 산화를 방지하기 위해 차폐 가스(shielding gas)를 도입하기 위한 방법에 관한 것이다.
- [0030] 하나의 실시예에서, 본 발명은 배터리를 포함하는 전자 부품과 구리-기반 재료 모두에 대해 높은 품질의 용접과 빠른 용접 속도를 제공한다. 하나의 실시예에서, 본 발명은 배터리를 포함하는 자동차 전자 부품 및 구리-기반 재료 모두에 대해 높은 품질의 용접과 빠른 용접 속도를 제공한다.
- [0031] 본 발명의 실시예에서, 고전력 청색 레이저 소스(예를 들어, ~ 450nm)는 종래의 구리 용접 기술의 문제점을 해결한다. 청색 레이저 소스는 청색 레이저 빔을 제공하며, 이 과정에서 구리의 흡수는 ~ 65%로서 모든 전력 레벨에서 재료에 레이저 전력을 효율적으로 결합할 수 있다. 이 시스템 및 방법은 컨덕션(conduction) 및 키홀(keyhole) 용접 모드를 포함하여 많은 용접 기술에서 안정적인 용접을 제공한다. 이 시스템 및 방법은 기화(vaporization), 스패터(spatter), 미세 폭발(micro explosions) 및 이들의 조합 및 변형을 최소화, 감소 및 바람직하게 제거한다.
- [0032] 본 실시예에서 150 와트 내지 275 와트 범위의 전력 레벨에서, ~ 200 μ m 스폿 크기를 갖는 구리의 청색 레이저 용접은 전체 전력 범위에 걸쳐서 안정적이고 낮은 스패터 용접을 달성한다. 이 용접 시스템 및 방법의 실시예에서, 용접은 컨덕션 모드내에 있고 획득되는 용접 마이크로구조는 베이스 재료를 닦는다.
- [0033] 바람직하게는, 실시예에서, 레이저의 파장은 350nm 내지 500nm의 범위 내에 있을 수 있고, 스폿 크기(직경 또는 단면)는 100 μ m 내지 3mm의 범위일 수 있으며, 더 큰 레이저 스폿 크기가 또한 고려될 수 있다. 스폿은 원형, 타원형, 선형, 정사각형 또는 다른 패턴 일 수 있다. 바람직하게는, 레이저 빔은 연속적이다. 실시예에서, 레이저 빔은 예를 들어 약 1 마이크로 초 이상 펄스될 수 있다.
- [0034] 도 6을 참조하면, 다양한 용접 속도에서 침투 깊이 대 파워의 그래프가 도시되어 있다. 용접은 실시예 1에 기술된 유형의 시스템을 사용하여 수행되었다. 용접은 보조 가스(assist gas)가 없는 레이저 빔에 대해 275W 전력에서 500 μ m 구리에서 이루어 졌다.

[0035] 도 7의 사진은 HAZ 및 용접을 통해 마이크로-구조를 나타내는 70 μ m 두께 구리 포일 상에서의 컨덕션 모드를 나타낸다. 용접은 실시예 1에 기재된 파라미터를 사용하여 이루어졌다. 각각의 샘플의 침투 깊이는 먼저 횡단면을 나누고(sectioning), 이어서 용접 및 HAZ 영역의 마이크로 구조가 드러나도록 샘플을 에칭하는 것으로 결정된다. 또한, 샘플 중 하나가 횡단면으로 나뉘지고(sectioned), 베이스 금속에 대한 비커스(Vickers) 경도는 133-141 HV이고, 용접 비드는 대략 135 HV, HAZ는 118-132 HV 범위이다. 결과는, 베이스 재료, HAZ 및 용접 비드, 예를 들어 재응고(resolidification) 영역의 경도가 원래 재료에 가깝다는 것이다. 또한 컨덕션 모드 용접 비드, HAZ 및 베이스 재료의 마이크로-구조는 미세한 차이가 거의 없다. 이러한 특성을 가진 용접은 레이저 또는 다른 수단으로 용접할 때 구리에서 이전에 관찰된 적이 없다. 이 용접 품질은 도 7에 도시되어 있으며, 여기서 샘플은 용접부에 횡방향으로 횡단되고 에칭되어 마이크로 구조를 드러낸다.

[0036] 따라서, 본 발명의 실시예는 다음 용접부를 얻기 위해 구리-기반 재료를 용접하는 방법 및 그 결과의 용접부 자체를 포함한다. 이들 방법 및 용접부는 2개 이상의 구리-기반 재료를 함께 용접하는 것을 포함하여, 용접부 주변 영역에서 재료의 경도를 따르고(예를 들면, 비커스 경도, ASTM 테스트 등과 같이, 허용 및 확립된 경도 테스트에 의해 측정되는 바와 같이), 여기서 용접 비드 경도는 베이스 재료의 경도 내에 있고, 용접 비드 경도는 베이스 재료의 경도의 1% 내에 있고, 용접 비드 경도(예를 들면 재응고 영역)는 베이스 재료의 경도의 5% 내에 있고, 용접 비드 경도는 베이스 재료의 경도의 10% 내에 있다. 이들 방법 및 용접은 2 개 이상의 구리-기반 재료를 함께 용접하는 것을 포함하여, 용접부 주변 영역에서 재료의 경도를 따르고(예를 들면, 비커스 경도, ASTM 테스트 등과 같이, 허용 및 확립된 경도 테스트에 의해 측정되는 바와 같이), 여기서 HAZ 경도는 베이스 재료의 경도 내에 있고, HAZ 경도는 베이스 재료의 경도의 5% 내에 있고, HAZ 경도는 베이스 재료의 경도의 10% 내에 있다. 이들 방법 및 용접은 2 개 이상의 구리-기반 재료를 함께 용접하는 것을 포함하여, 용접부 주변 영역에서 베이스 재료의 마이크로구조, 비드(예를 들면, 재응고 영역), HAZ가 동일하며, 즉 용접 영역에서 용접된 구조 내의 약점 또는 용접 부위의 약점을 시사하거나 나타내는 마이크로 구조에서 식별 가능한 차이가 없다.

[0037] 도 8을 참조하면, 도 8은 키홀 용접 모드에서 동작될 때 500 μ m 두께의 구리 시트의 샘플에 대해 관찰된 마이크로구조를 나타낸다. 키홀 용접 공정 동안, 증기 기둥(vapor plume)이 분명히 보여지고 용접 길이를 따라 용융 구리가 천천히 배출되었다. 용접 동안 또는 IR 레이저에 의한 용접시 용접 공정으로부터 스펙터의 용접 이후 주로 관찰되는 인디케이션이 없었다. 이는 전기 부품에 고품질 용접을 생성하는데 적합한 안정적이고 잘 제어된 키홀 공정임을 나타낸다. 도 8에 도시된 유형의 높은 품질 및 균일성의 키홀 모드 용접 단면은 800kW/cm² 만큼의 낮은 파워 밀도에서 얻어 질 수 있다. 재응고 영역 [1]-[2]는 442 μ m 내지 301 μ m 범위였고, HAZ[2]는 134 μ m 였다.

[0038] 본 발명의 실시예는 가시적 레이저 시스템을 사용하여 구리 재료를 구리 또는 다른 재료에 용접하여, 구리 재료의 효율적인 열 전달 속도; 안정적인 용접 퍼들; 용접의 컨덕션 모드 또는 키홀 모드 중 어느 하나에서 이들 이점을 가지는, 방법, 장치, 시스템에 관한 것이다. 구리는 도 9에 도시된 바와 같이 청색 파장 범위에서 높게 흡수된다. 현재 바람직한 청색 레이저 빔 및 레이저 빔 시스템 및 방법은 레이저 전력을 구리에 매우 효율적인 방식으로 결합시킨다. 본 레이저 빔 시스템 및 방법은 열이 레이저 스폿으로부터 멀어져 전도되는 것보다 빠르게 베이스 재료(용접될 재료, 예를 들면 구리)를 가열한다. 이는 컨덕션 모드 레이저 용접에 있어서 매우 효율적이고 우수한 용접 특성을 제공하는데, 즉, 레이저 빔 내의 재료는 연속 레이저 빔에 의해 용융점까지 빠르게 가열되고 용융점에서 유지되어 안정적인 용접 비드가 형성된다. 본 컨덕션 모드 용접에서 금속은 빠르게 용융되지만, 용접의 침투 깊이는 재료로의 열 확산에 의해 결정되고 재료 내로 구형으로 진행된다. 이는 컨덕션 모드 용접(1000)의 의 실시예를 개략적으로 나타내는 도 10에 도시되는데, 화살표(1004)는 용접 방향을 나타낸다. 레이저 빔(1001), 예를 들어 청색 파장이 집중되고 용접 풀(1002)을 유지한다. 용접 풀(1002) 뒤에는 고체 용접 재료(1003)가 있다. 베이스 재료, 예를 들어 구리 금속 또는 합금은 용접 아래에 있다. 차폐 가스 스트림(1005)도 사용된다.

[0039] 본 발명의 실시예는 청색 레이저 시스템을 이용한 구리의 키홀 용접에 관한 것이다. 이러한 방법 및 시스템은 두꺼운 구리 재료뿐만 아니라 두꺼운 스택을 포함한 구리 포일의 스택을 용접할 수 있는 새로운 가능성을 열어 준다. 이 키홀 용접 모드는 레이저 에너지가 너무 빨리 흡수되어 용접되는 재료가 녹아 증발될 때 발생한다. 기화된 금속은 용접되는 금속에 고압을 발생시켜 레이저 빔이 전파되어 흡수 되는 구멍 또는 모세관을 개방시킨다. 키홀 모드가 시작되면 깊은 침투 용접이 달성된다. 레이저 빔의 흡수는 구리의 청색 레이저에 대한 초기 흡수 65%에서 키홀의 100% 흡수까지 변경된다. 높은 흡수율은 레이저 빔이 지속적으로 흡수되는 키홀 벽에서 다중 반사로 인한 것일 수 있다. 청색 파장에서 구리의 높은 흡수율과 결합 될 때, 키홀을 개시하고 유지하는데 필요한 전력은 IR 레이저를 사용할 때 보다 실질적으로 낮다. 키홀 모드 용접(2000)의 실시예의 개략도를

도시하는 도 11을 참조하면, 이 도면에서 화살표(2007)는 용접 방향을 나타낸다. 키홀(2006)에는 금속/증기 플라즈마가 존재한다. 청색 레이저 빔(2002)은 플라즈마 클라우드(cloud)(2002), 용접 풀(2003) 및 고체 용접 금속(2004)을 생성한다. 차폐 가스 스트림(2005)도 사용된다.

[0040] 도 11의 키홀 용접과 도 10의 컨택션 모드 용접을 비교하면, 키홀 용접에서 최종 용접 재우고 영역의 벽은 컨택션 모드 용접보다 부품 또는 베이스 재료를 통해 더 수직하다.

[0041] 바람직하게는, 본 시스템 및 방법의 실시예에 대한 고과워 레이저 빔(예를 들어, 가시광, 녹색 및 청색 레이저 빔)은 초점을 맞추거나 시스템의 광학계를 통해 50 μ m 또는 그 이상의 스폿 크기와 적어도 10W 이상의 파워로 포커싱될 수 있는 능력을 갖는다. 청색 레이저 빔을 포함한 레이저 빔의 파워는 10W, 20W, 50W, 100W, 10 - 50W, 100 - 250W, 200 - 500W 및 1,000W 일 수 있으며, 더 높거나 더 낮은 전력이 고려될 수 있으며, 이들 범위 내의 모든 파장을 포함한다. 이러한 파워와 레이저빔의 스폿 크기(최장 단면 거리, 원의 직경)는 약 20 μ m 내지 약 4mm, 약 3mm 미만, 약 2 mm 미만, 약 20 μ m 내지 1mm, 약 30 μ m 내지 50 μ m, 약 50 μ m 내지 약 250 μ m, 약 50 μ m 내지 약 500 μ m, 약 100 μ m 내지 4000 μ m일 수 있으며, 더 크거나 작은 스폿이 고려될 수 있고, 이들 범위 내의 모든 크기를 포함한다. 레이저 빔 스폿의 파워 밀도는 약 50kW/cm² 내지 5MW/cm², 약 100kW/cm² 내지 4.5MW/cm², 약 100kW/cm² 내지 1000kW/cm², 약 500kW/cm² 내지 2MW/cm², 약 50kW/cm² 초과, 약 100kW/cm² 초과, 약 500kW/cm² 초과, 약 1000kW/cm² 초과, 약 2000kW/cm² 초과, 및 더 높거나 낮은 파워 밀도일 수 있고, 이들 범위 내의 모든 파워 밀도를 포함한다. 구리의 경우 용접 속도는 약 0.1mm/sec ~ 약 10mm/sec이며, 다양한 조건에 따라 속도는 더 늦거나 빨라질 수 있으며, 이들 범위 내에 모든 속도를 포함한다. 속도는 용접 재료의 두께에 의존되고, 따라서 두께에 대한 속도는 mm/sec/mm 단위 두께는 예를 들면 10 μ m 내지 1mm 두께 구리에 대해 0.1/sec 내지 1000/sec가 된다.

[0042] 본 방법 및 시스템의 실시예는 용접을 형성하기 위해 하나, 둘, 셋 또는 그 이상의 레이저 빔을 사용할 수 있다. 레이저 빔은 용접을 시작하기 위해 동일한 일반 영역(general area)에 초점을 맞출 수 있다. 레이저 빔 스폿이 겹칠 수 있으며 일치할 수 있다. 복수의 레이저 빔은 동시에 사용될 수 있으며; 동시에 그리고 일치하여 이용될 수 있다. 단일 레이저 빔을 사용하여 용접을 시작하고 난 후 두번째 레이저 빔이 추가될 수 있다. 복수의 레이저 빔이 용접을 시작하는데 이용되고 난 후 더 적은 레이저 빔, 예를 들면 단일 빔을 이용하여 계속해서 용접을 할 수 있다. 이 복수의 레이저 빔의 레이저 빔은 상이한 파워 또는 동일한 파워일 수 있고, 파워 밀도는 다르거나 동일할 수 있고, 파장은 다르거나 동일할 수 있으며, 이들의 조합 및 변형이 가능하다. 추가 레이저 빔의 사용은 동시적이거나 순차적일 수 있다. 다수의 레이저 빔을 사용하는 이들 실시예의 조합 및 변형이 또한 사용될 수 있다. 다수의 레이저 빔을 사용하면 용접에서의 스패터를 억제할 수 있고, 딥 침투 용접 방법에서도 그렇게 할 수 있다.

[0043] 실시예들에서, 수소 가스, H₂는 불활성 gas와 혼합되어 용접 공정 동안 베이스 재료로부터 산화물 층을 제거할 수 있다. 수소 가스는 용접 영역 위로 흐른다. 수소 가스는 또한 용접의 습윤을 촉진시킨다. 수소 가스는 차폐 gas에 첨가되거나 차폐 gas와의 혼합물을 형성할 수 있고 차폐 gas의 일부로서 용접에 적용될 수 있다. 이들 혼합물은 예를 들어 Ar-H₂, He-H₂, N₂-H₂를 포함할 수 있다.

[0044] 도 18은 재료 두께 범위가 127 μ m 내지 500 μ m인, 레이저 시스템 구성의 다양한 실시예에서 구리 상의 침투 깊이, 레이저 빔 파워 및 용접 속도의 예를 제공한하는 도면이다.

[0045] **청색 레이저 시스템으로 구리, 구리 합금 및 기타 금속을 용접하는 컨택션 모드에 대한 방법**

[0046] 본 시스템에서는 구리-기반 재료에 적용될 때 IR 용접과 관련된 문제점 및 어려움을 극복한다. 현재의 레이저 빔 및 빔 스폿의 청색 파장에서 구리의 높은 흡수율(65%)은 재료의 열 확산을 극복하고, 상대적으로 낮은 전력 레벨(~150W)에서 이루어질 수 있다. 현재의 청색 레이저 빔의 구리와 상호 작용은 구리가 그의 용융점에 쉽게 도달할 수 있게 하고 넓은 프로세스 윈도우를 허용한다.

[0047] 하나의 실시예에서, 부품 홀딩 장치 또는 고정구(fixture)의 사용을 통해 정상(steady) 컨택션 모드 용접이 수행되고 고품질 용접이 안정적이고 빠른 속도로 얻어진다.

[0048] 용접 고정구는 레이저 빔에 의해 부품에 유도된 열 전이 동안 용접될 재료를 제자리에 유지하기 위해 사용된다. 도 12 및 도 12a는 고정구를 나타내고 이들은 각각 랩(lap), 맞대기(butt) 및 옛지 용접에 사용될 수 있는 용접 클램프의 선형 섹션의 실시예의 각각의 사시도 및 단면도이다. 용접 고정구(4000)는 베이스 플레이트 또는 지지

구조물(4003)을 갖는다. 베이스 플레이트(4003)에 부착되는 것은 2 개의 클램프 부재 또는 홀드 다운(hold downs)(4001)이다. 홀드 다운(4001)은 베이스 플레이트(4002)의 표면 상에 놓이는 탭 및 용접할 워크피스를 접촉하고 유지하는 자유 단부를 갖는다. 홀드 다운(4001)에서 자유 단부 사이의 영역에있는 베이스 플레이트(4002)에는 예를 들어 폭 2mm x 깊이 2mm의 슬롯이 있다. 4 개의 볼트, 예를 들어 4004(다른 유형의 조임 장치가 사용될 수 있음)로 클램프를 워크피스에 대고 조여 고정하여 워크피스를 유지 또는 고정한다.

[0049] 이 고정구의 바람직한 재료는 용접 동안 부품을 제자리에 유지하는데 필요한 클램핑 압력을 가하기에 충분히 강한 스테인리스 강과 같은 저열 전도성 재료가 바람직하다. 실시예에서, 클램프, 베이스 플레이트 및 둘 모두는 용접 공정 동안 워크피스에 대한 절연 품질 또는 효과를 가질 수 있다. 고정구에 열전도율이 낮은 재료를 사용하면 고정구 자체에 의해 부품에 퇴적되는 열이 신속하게 전도, 방지 및 최소화된다. 이것은 구리와 같은 높은 열 전도성 재료를 용접할 때 추가 이점을 제공한다. 따라서, 클램프에 선택된 재료, 클램프의 폭 및 부품 아래의 갭은 용접의 침투 깊이, 용접 비드의 폭 및 용접 비드의 전체 품질을 결정하는 모든 파라미터이다. 도 14를 참조하면, 도 14는 베이스 재료, 예를 들어 워크피스에서 용접 비드의 원형태(6001)에 의해 컨덕션 모드 용접이 식별될 수 있는(예칭 후) 단면을 나타낸다. 용접부는 열이 부품의 상단 표면에 가해질 때 구리 또는 다른 재료에서 열 전달 과정의 등방성 특성으로 인해 이 모양이 나타난다.

[0050] 바람직한 실시예에서, 고정구(4000)의 베이스 플레이트(4002)는 스테인레스 스틸로 구성되고, 2mm 폭의 갭(4003)이 베이스 플레이트 내로 절단되어 용접 구역 바로 아래에 위치되고, 아르곤, 헬륨 또는 질소(피복 또는 차폐 가스로서)와 같은 불활성 가스로 범람되어 용접 후면의 산화를 최소화한다. 피복 가스(covering gas)는 수소와 불활성 가스의 혼합물일 수 있다. 클램프(4001)는 베이스 플레이트(4002)의 갭(4003)의 에지로부터 2mm에서 용접될 부품에 압력을 가하도록 설계된다. 따라서, 이 실시예에서, 용접될 부품의 6mm 폭의 영역은 레이저 빔에 개방된다(레이저 빔이 클램프에서 약간 떨어져 있음). 이러한 클램프 위치는 레이저 빔이 표면에 쉽게 접근할 수 있을 뿐만 아니라 부품을 단단히 고정할 수 있게 한다. 이런 타입의 클램프는 이 유형의 클램프는 두께가 50 μm에서 수 mm에 이르는 두 개의 포일 또는 구리 시트를 버트(butt) 용접하는데 선호되는 방법이다. 이 고정구는 또한 두 개의 두꺼운 구리판을 200 μm에서 수 mm까지 랩 용접하는데 적합하다. 클램핑 압력의 양은 매우 중요하며, 레이저 파워의 양, 용접 속도, 부품의 두께 및 수행되는 용접 유형에 따라 클램핑 볼트는 0.05 Newton-m(Nm), 두꺼운 재료의 경우 3Nm 이상 토크(torqued)된다. 이 토크 값은 볼트 크기, 나사 결합 및 볼트 중심에서 클램핑 포인트까지의 거리에 따라 크게 의존한다.

[0051] 하나의 실시예에서, 고정구 자체에 대한 기생 열 손실을 최소화하면서 용접 동안 부품의 이동을 방지하기에 충분한 파지력을 제공함으로써 고품질 및 우수한 용접이 얻어진다. 도 12 및 12a의 고정자의 실시예는 용접 고정구의 직선 부분의 단면을 나타내고, 임의의 유형의 형상을 용접하기 위해 임의의 2-D 경로(예를 들어, -S-, -C-, -W- 등)로 설계 될 수 있음을 이해해야 한다. 다른 실시예에서, 고정구는 기생 열 손실을 감소시키면서 용접의 침투 속도 또는 깊이를 증가시키기 위해 용접 공정 동안 예열되거나 가열될 수 있다. 몇 100°C 가열 될 때 고정구는 용접 속도, 또는 침투 깊이 및 품질을 한 두배 이상 향상시킬 수 있다. 용접의 상부면에서 차폐 가스는 도 10에 도시된 바와 같이 용접 이동 방향의 전방으로부터 용접 이동 방향의 후방으로 길이 방향으로 전달된다. 플레이트 컨덕션 모드 용접의 비드가 도 14에 도시되고 있는데, 이는 254μm 두께 구리의 시트 상에 이 고정구(4000)에 의해 수행되었다. 용접 비드의 동결 패턴(freeze pattern)은 이러한 유형의 용접의 전형적인 구형 용융 패턴을 보여준다.

[0052] 컨덕션 모드 용접 프로세스를 사용하여 두 부품을 랩 용접하는 것은 부품을 밀접하게 접촉하고 유지해야 한다. 두 부품(집합적으로 워크피스)은 바람직하게는 도 13 및 13a에 도시된 유형의 고정 장치에 배치 될 수 있으며, 이 도면은 고정구(5000)의 각각의 사시도 및 횡단면도를 나타낸다. 고정구(5000)는 베이스 플레이트(5003) 및 2 개의 클램프(5002)를 갖는다. 클램프는 예를 들면, 홀드 다운 볼트, 예를 들면 5001에 대응하는 4개의 슬롯, 예를 들면 5010을 가진다. 이러한 방식으로, 워크피스에 대한 클램프의 위치, 서로에 대한 클램프 위치 및 클램핑력 또는 압력이 조정되고 고정될 수 있다. 클램프에는 그르의 포시너닝 및 고정을 돕기 위한 자석을 가진 수 있다. 클램프(5002)는 차폐 가스를 운송하기위한 내부 채널, 예를 들어 5004를 갖는다. 채널(5004)은 차폐 가스 배출구(outlet), 예를 들어 5005와 유체 연통된다. 차폐 가스 배출구 및 차폐 가스 채널은 클램프 내의 차폐 가스 전달 시스템으로부터의 것이다. 따라서, 가스 전달 시스템은 아르곤, 헬륨 또는 질소와 같은 불활성 가스를 전달하는 클램프의 길이를 따라 한 줄의 구멍이고 이를 통과한다. 아르곤은 공기보다 무겁고 부품에 정착하여 산소를 대체하고 상부 표면의 산화를 방지하기 때문에 선호되는 가스이다. 소량의 수소가 불활성 가스에 첨가되어 부품 상의 산화물 층의 스케빈징(scavenging)을 촉진하고 용융 공정 동안 부품의 습윤을 촉진한다.

[0053] 인서트(5006)도 존재하며, 이는 포일 스택 내의 개별 포일이 스택에서 서로 접촉을 유지하도록 강제하는데 사용

된다. 인서트(5006)는 포일을 신장시키고 서로 밀착시키며 균일하게 접촉시킬 수 있다. 도 13 및 13a의 실시예에서, 인서트(5006)는 역 V 자형이다. 포일의 스택 및 이들의 개별 두께에 따라 구부러지거나 움푹들어가거나 다른 모양이 될 수 있다. 또한, 도 13 및 13a의 실시예에서, 인서트(5006)는 클램프(5002)에 인접하지만 클램프(5002)에 의해 덮이지 않는다. 클램프의 단부로부터 인서트가 제거될 수 있거나, 또는 클램프 중 하나 또는 둘 모두가 인서트를 부분적으로 덮을 수 있다.

[0054] 바람직한 실시예에서, 베이스 플레이트(5000)는 클램프(5002)와 같이 스테인레스 스틸로 만들어진다. 고정 장치(fixation device)는 세라믹 또는 절열 재료로 만들어 질 수 있다. 험프(hump)(5006)는 용접의 바닥으로부터 압력을 제공하여 접착된 판(2, 3, 10 등)을 밀접하게 접촉시켜 유지한다. 이 실시예에서, 차폐 가스의 제공은 아르곤, 헬륨 또는 질소와 같은 불활성 가스를 전달하는 클램프의 길이를 따라 한 줄의 구멍 형태로 클램프(2)에 내장된다. 아르곤은 공기보다 무겁고 부품에 정착하여 산소를 대체하고 상부 표면의 산화를 방지하기 때문에 선호되는 가스입니다. 베이스 플레이트(5003) 내의 인서트 험프(5006)는 또한 산화를 방지하기 위해 용접 후면에 피복 가스 또는 차폐 가스를 전달하기 위해 일련의 채널, 홀 또는 슬롯을 가질 수 있다. 도면에 도시된 바와 같이, 고정구(5000)는 용접의 직선 부분의 단면을 나타내고 임의의 형상을 함께 용접하기 위해 임의의 2 차원 경로로 설계될 수 있다. 이 적용에서, 볼트의 토크 값은 매우 중요하며, 워크피스의 특성에 따라 토크 값이 너무 낮으면(예: 0.1 Nm) 부품이 접촉 상태를 유지하지 못하고 토크 값이 너무 높으면(> 1 Nm) 기생 열 전달은 용접 공정의 효율성을 감소시켜 침투 및 용접 비드 폭을 감축시킨다.

[0055] **청색 레이저 시스템으로 구리, 구리 합금 및 기타 금속을 키홀 모드로 용접하는 방법**

[0056] 청색 레이저 광은 IR 레이저(65%)보다 훨씬 높은 흡수율을 가지며 275W의 비교적 낮은 전력 레벨에서 키홀 용접을 시작할 수 있다(대조적으로 IR 시스템은 키홀 용접 프로세스를 시작하는데 2,000 ~ 3,000W를 필요로 하고, IR 시스템의 시작은 다른 문제들 중에서도 런어웨이 문제에 직면하게 됨). 키홀 모드는 청색 레이저 시스템으로 시작되므로 흡수율이 증가하는데, 이제 65%에서 약 90%로 그리고 100%로 증가하기 때문에 런 어웨이 공정이 아니다. 따라서, 본 키홀 용접 공정은 IR과 매우 다른 흡수 시간 프로파일을 갖는다. 본 청색 키홀 용접 공정은 35% 이하의 용접을 향상하는 흡수 시간 프로파일 형태 개시를 갖는다. 본 발명의 레이저 용접 시스템을 사용하여 청색 레이저 용접 프로세스의 시작 및 연속 용접으로의 전환은 스패터를 방지하기 위해 IR 레이저를 사용할 때 요구되는 레이저의 파워 레벨 또는 용접 속도를 빠르게 변경할 필요없이 달성된다. 청색 레이저를 사용할 때 키홀 용접의 시작에 대한 고속 비디오는 키홀에서 스패터가 최소 또는 전혀 발생하지 않고 구리 포일 및 구리 플레이트의 여러 층을 용접 할 수 있는 안정적인 공정을 보여준다. 두 개의 키홀 용접 샘플의 단면이 도 16 및 17에 표시되어 있으며, 여기서 재료 동결 패턴은 도 14에 표시된 컨택션 모드 용접 샘플의 모양과 분명히 상이하다. 재료 표면에 수직인 재료 동결 패턴의 형성은, 도 16 및도 17에 도시된 바와 같이, 열전달이 부품의 표면을 관통하여 최종 용접 깊이까지 연장되는 키홀의 전체 길이를 따라 발생하기 때문에 컨택션 모드 용접과 다르다. 이는 모든 레이저 에너지가 재료의 표면에 형성되는 컨택션 모드 용접과 대조된다.

[0057] 컨택션 모드 용접 공정과 같은 키홀 용접 공정은 용접 중 이동을 방지하기 위해 부품을 고정구에 고정해야한다. 키홀 모드는 전형적으로 랩 용접 구성에 사용되며, 여기서 키홀은 부품을 관통하여 2개 이상의 부품의 스택을 함께 용접한다(예를 들어, 도 17 참조).

[0058] 도 20의 레이저 시스템은 800의 kW/cm²의 스폿에서의 파워 밀도를 가진 275W 청색 레이저 빔을 생성할 수 있다. 도 20의 레이저 시스템은 제1 레이저 모듈(1201) 및 제2 레이저 모듈(1202)을 구비하며, 레이저 빔은 레이저 모듈을 떠나 빔 트레이스(1200)에 의해 도시된 바와 같이 레이저 빔 경로를 따른다. 레이저 빔은 회전 거울(1203, 1205)을 통과하고 100 mm 포커싱 렌즈 및 100 mm 보호 창을 갖는 포커싱 렌즈 구성(1205)을 통과한다. 구성(1205) 내의 포커싱 렌즈는 스폿(1205)를 생성한다.

[0059] 도 21에 도시된 레이저 시스템은 400 μ m 스폿 또는 200 μ m 스폿을 생성하는데 사용될 수 있다. 도 21의 레이저 시스템은 4 개의 레이저 모듈(1301, 1302, 1303, 1304)로 구성된다. 레이저 모듈은 각각 미국 특허 공보 2016/0322777(이의 전체 개시 내용은 본원에 참고로 포함됨)에 개시된 유형일 수 있다. 예를 들어, 모듈은 도 19에 도시된 유형일 수 있으며, 여기서 각각의 레이저 다이오드 서브 어셈블리(210, 210a, 210b, 210c)로부터의 복합 빔은 패터닝된 미러, 예를 들어 225로 전파되며, 이는 빔을 재방향하고 4개의 레이저 다이오드 서브 어셈블리의 빔을 단일 빔으로 결합한다. 편광 빔 폴딩 조립체(227)는 복합 레이저 다이오드 빔의 밝기를 두 배로 하기 위해 느린 축 내의 빔을 반으로 폴딩한다. 텔레스코프 또는 망원경 조립체(228)는 결합된 레이저 빔을 느린 축으로 확장시키거나 빠른 축을 압축하여 더 작은 렌즈의 사용을 가능하게 한다. 이 예에서 도시된 텔레스코프(228)는 빔을 2.6 배 확대하여, 그 크기를 11mm에서 28.6mm로 증가시키면서 느린 축의 발산을 동일한 인자 2.6

배로 감소시킨다. 텔레스코브 조립체가 고속 축을 압축하면 2배 망원으로 되어 고속 축을 22mm 높이(총 복합 빔)에서 11mm 높이로 줄여 11mm × 11mm의 복합 빔을 제공한다. 이것은 비용이 낮기 때문에 바람직한 실시예이다. 비구면 렌즈(229)는 복합 빔을 포커싱한다.

- [0060] 500W 및 200 μm 스팟에서, 전력 밀도는 > 1.6 MW/cm²이며, 이는 이 과정에서 키홀 용접 임계값보다 실질적으로 높다는 것을 이해해야 한다. 이 파워 밀도에서, 청색 레이저조차도 용접에서 스파터와 다공을 생성할 가능성이 있다. 그러나, 흡수가 잘 제어되고, 억제, 제어 또는 제거 능력이 있기 때문에 스파터가 가능하다. 스파터를 억제하는 첫 번째 방법은 스파터 공정이 시작되면 용접 속도를 일정하게 유지하면서 전력 수준을 낮추는 것이다. 스파터를 억제하는 두 번째 방법은 용접 퍼들을 연장하여 차폐 가스 및 기화 금속이 키홀에서 배출되도록하여 스파터가 없고 결함이 없는 용접을 생성하는 것이다. 스파터를 억제하는 세 번째 방법은 검류계(galvanometer) 모터 세트 또는 로봇에 장착된 미러 세트를 사용하여 청색 레이저 빔을 흔드는(wobble) 것이다. 스파터를 억제하는 네 번째 방법은 진공 사용을 포함하여 용접 환경의 압력을 낮추는 것이다. 마지막으로 스파터를 억제하는 다섯 번째 방법은 1Hz ~ 1kHz 범위 또는 50kHz의 높은 범위에서 레이저 빔 파워를 변조하는 것이다. 바람직하게, 용접 파라미터는 공정 동안 스파터를 최소화할 수 있도록 최적화된다.
- [0061] 일반적으로, 본 발명의 실시예는 재료의 레이저 처리, 미리 선택된 레이저 빔 파장을 재료에 의해 흡수 수준이 높거나 증가하도록 처리 재료에 매칭하는 레이저 처리, 특히 재료에 의한 흡수성이 높은 레이저 빔을 이용한 재료의 레이저 용접에 관한 것이다.
- [0062] 본 발명의 실시예는 가시광 레이저 빔, 즉 350nm 내지 700nm의 파장을 갖는 레이저 빔을 사용하여 이들 파장에 대해 더 높은 흡수율을 갖는 재료를 레이저 가공을 통해 용접 또는 다른 방식으로 접합하는 것에 관한 것이다. 특히, 레이저 빔 파장은 약 30% 이상, 약 40% 이상, 약 50% 이상 및 약 60% 이상, 약 30% 내지 65%, 약 35% 내지 85%, 약 80%, 약 65%, 약 50% 및 약 40%의 흡수율을 갖도록 레이저 가공될 재료에 기초하여 미리 결정된다. 따라서, 예를 들어, 약 400nm 내지 약 500nm의 파장을 갖는 레이저 빔은 금, 구리, 황동, 은, 알루미늄, 니켈, 이들 금속의 합금, 스테인레스 스틸 및 다른 금속, 재료 및 합금을 용접하는데 사용된다.
- [0063] 금, 구리, 황동, 은, 알루미늄, 니켈, 니켈 도금 구리, 스테인레스 스틸 및 기타 재료, 도금 재료 및 합금과 같은 재료를 용접하기 위해 청색 레이저, 예를 들어 약 405nm 내지 약 495 nm 파장을 사용하는 것은, 즉 실온에서 재료의 높은 흡수율, 예를 들어, 약 50% 초과 흡수율로 인해 바람직하다. 본 발명의 여러 장점 중 하나는 레이저 작업, 예를 들어 용접 공정 동안 재료에 레이저 에너지를 더 잘 결합시킬 수 있는, 청색 레이저 빔과 같은 미리 선택된 파장 레이저 빔의 능력이다. 용접될 재료에 레이저 에너지를 더 잘 결합시킴으로써, 런 어웨이 프로세스의 가능성이 크게 감소되고 바람직하게 제거된다. 레이저 에너지의 더 나은 결합은 또한 저전력 레이저가 사용될 수 있게 하여 비용 절감을 제공한다. 더 나은 결합은 또한 더 큰 제어, 더 높은 공차 및 더 큰 용접 재현성을 제공한다. IR 레이저 및 IR 레이저 용접 작업에서는 발견될 수 없는 이러한 특징은 전자 제품 및 전력 저장 분야의 제품들 중에서 중요하다.
- [0064] 하나의 실시예에서, CW 모드에서 동작하는 청색 레이저가 사용된다. CW 동작은 신속하고 완전한 레이저 출력의 변조와 피드백 루프에서 용접 공정을 제어 할 수 있어 최적의 기계적 및 전기적 특성을 갖는 반복성이 높은 공정을 가능하게 하기 때문에 펄스 레이저보다 선호 될 수 있다.
- [0065] 본 발명의 하나의 실시예에서, 하나, 둘 또는 그 이상의 구성요소의 레이저 처리를 포함한다. 구성요소는 레이저 빔을 흡수하는 임의의 유형의 재료, 예를 들어 레이저 빔 에너지, 플라스틱, 금속, 복합재, 비정질 재료 및 다른 유형의 재료로 제조될 수 있다. 하나의 실시예에서, 레이저 공정은 2 개의 금속 구성 요소의 납땀(soldering)을 포함한다. 하나의 실시예에서, 레이저 공정은 2 개의 금속 구성 요소의 용접을 포함한다.
- [0066] 하나의 실시예에서 틀, 시스템 및 방법이 제공되고, 여기서 레이저 용접 작업은 자생 용접(autogenous welding), 레이저-하이브리드 용접, 키홀 용접, 랩 용접, 필렛(filet) 용접, 버트(butt) 용접 및 비-자생 용접으로 구성된 그룹으로부터 선택된다.
- [0067] 레이저 용접 기술은 다양한 상황에서, 특히 전기 연결부, 특히 배터리와 같은 축전 장치를 형성하기 위해 용접이 필요한 경우에 유용할 수 있다. 일반적으로, 본 레이저 용접 작업 및 시스템의 실시예는 가시적 파장, 바람직하게는 청색 파장을 포함하며, 이는 자생일 수 있는 레이저를 포함하는데, 이는 베이스 재료 만이 사용되고 키홀 용접, 컨덕션 용접, 랩 용접, 필렛 용접 및 버트 용접에서 공동임을 의미한다. 레이저 용접은 충전재가 용융 퍼들에 첨가되어 갭을 "충전하고" 용접부에서 강도를 높이기 위해 성장 비드(raised bead)를 생성하는 비-자생적일 수 있다. 레이저 용접 기술은 레이저 재료 증착("LMD")도 포함한다.

- [0068] 본 레이저 용접 작업 및 시스템의 실시예는 가시 파장, 바람직하게는 청색 파장의 레이저를 포함하고 이는 충전재의 보다 빠른 공급을 제공하기 위해 전류가 레이저 빔과 함께 사용되는 하이브리드 용접일 수 있다. 레이저 하이브리드 용접은 비자생적이다.
- [0069] 바람직하게는, 일부 실시예에서 능동 용접 모니터, 예를 들어 카메라를 사용하여 용접의 품질을 즉석에서 확인할 수 있다. 이 모니터에는 예를 들어 x-레이 검사 및 초음파 검사 시스템이 포함될 수 있다. 또한, 온 스트림 빔 분석 및 전력 모니터링을 사용하여 시스템 특성 및 동작 특성을 완전히 이해할 수 있다.
- [0070] 본 레이저 시스템의 실시예는 신규한 레이저 시스템 및 방법을 종래의 밀링 및 기계가공 장비와 결합하는 하이브리드 시스템 일 수 있다. 이러한 방식에서, 재료는 제조, 빌딩, 리퍼니싱 또는 다른 공정 중에 첨가되고 제거될 수 있다. 레이저 시스템의 다른 실시예를 사용하는 그와 같은 하이브리드 시스템의 예는 본 발명의 발명자 중 한 명이사에 의해 발명되어졌으며, 미국 특허 출원 제 14/837,782 호에 개시되고 교시되어 있으며, 그 전문은 본 명세서에 참조로서 포함된다.
- [0071] 통상적으로, 실시예에서, 레이저 용접은 광학요소(optics)를 깨끗하게 유지하기 위해 매우 낮은 가스 흐름, 광학요소를 깨끗하게 유지하기 위한 에어 나이프 또는 광학을 깨끗하게 유지하기 위해 비활성 환경을 사용한다. 레이저 용접은 공기, 불활성 환경 또는 다른 제어된 환경, 예를 들어 N₂에서 수행될 수 있다.
- [0072] 본 발명의 실시예는 구리, 순수 구리, 구리 합금 및 청색 레이저 파장, 바람직하게 400nm 내지 약 500nm에서, 약 40% 내지 75%의 흡수율을 갖기에 충분한 양의 구리를 갖는 모든 재료를 포함하는, 구리 재료 용접에 큰 이점을 찾을 수 있다.
- [0073] 본 발명의 레이저 시스템 및 프로세스의 실시예에서 수행되는 2개의 바람직한 자생 용접 모드 및 그에 의해 생성되는 자생 용접이 있는데, 컨덕션 용접과 킥 용접이다. 컨덕션 용접은 낮은 강도(<100kW/cm²)의 레이저 빔을 사용하여 두 조각의 금속을 함께 용접하는 경우이다. 여기서 두 금속 조각은 한쪽면을 겹쳐 서로 맞대져서 완전히 겹쳐질 수 있다. 컨덕션 용접은 킥 용접만큼 깊이 관통하지 않는 경향이 있으며 일반적으로 버트 용접을 위한 특징인 "구" 형상 용접 조인트를 생성하는데, 이는 매우 강력하다. 그러나, 킥 용접은 비교적 높은 레이저 빔 강도(> 500kW/cm²)를 발생시키며 이 용접은 재료에 깊숙이 침투할 수 있으며 재료의 다중 층이 겹쳐질 때 여러 층의 재료를 관통할 수 있다. 컨덕션 모드에서 킥 모드로의 전환에 대한 정확한 임계값은 청색 레이저 소스에 대해 아직 결정되지 않았지만 킥 용접은 재료의 상단에 특징적인 "v"모양을 가지며, 거의 평행한 채널의 재동결 재료(refrozen material)가 재료 내에 깊이 침투한다. 킥 공정은 용융 금속 풀의 측면으로부터 레이저 빔의 반사에 의존하여 레이저 에너지를 재료 내로 깊숙이 전달한다. 이러한 유형의 용접은 어떤 레이저로도 수행될 수 있지만, 청색 레이저는 적외선 레이저보다 이들 유형의 용접 모두를 개시하기 위한 임계값이 실질적으로 낮은 것으로 기대된다.
- [0074] 이들 재료를 용접하기 위해 청색 레이저 작업을 사용하는 전기 도금된 재료의 용접, 예를 들어 구리로 전기 도금된, 백금으로 전기 도금된, 및 다른 전도성 재료로 전기 도금된 재료와 같은 전기 도금된 재료의 청색 레이저 용접을 포함한다.
- [0075] 다음의 예는 본 레이저 시스템 및 동작의 다양한 실시예, 특히 전자 저장 장치의 부품을 포함한 구성요소들을 용접하기 위한 청색 레이저 시스템을 설명하기 위해 제공된다. 이들 실시예는 예시를 위한 것이며, 예측적일 수 있으며, 본 발명의 범위를 제한하지 않는 것으로 간주되어서는 안된다.
- [0076] 실험예 1
- [0077] 레이저 소스는 0-275W의 고풍력 청색 다이렉트 다이오드 레이저이다. 이 빔은 1.25X 빔 확장기(expander)를 통해 전달되며 100mm 비구면 렌즈로 포커싱된다. 워크피스의 스폿 직경은 200 μm x 150 μm이며 최대 전력 1.2MW/cm²에서 파워 밀도를 생성한다. 스테인레스 스틸 고정구를 사용하여 샘플을 제자리에 고정하고 테스트를 He, Ar, Ar-CO₂ 질소로 수행되었고, Ar-CO₂로 얻은 최상의 결과와 함께 이점이 있었다.
- [0078] 실험예 1A
- [0079] 예 1의 시스템을 사용하여, 초기 시험 결과는 구리 표면상에서 150 와트의 전력 레벨에서 고품질 컨덕션 모드 용접을 생성하였다. 고전력 청색 레이저 소스에 의해 생성된 용접을 특징화하기 위해 일련의 BOP(Bead on Plate) 테스트를 수행되었다. 도 1은 컨덕션 모드 용접에 대한 갈매기(chevron) 패턴을 나타낸다. 이 용접의 고

유한 특성은 다음과 같다: 용접 공정 중에 스패터가 없고, 마이크로구조는 베이스 재료와 유사하고 용접부의 경도는 베이스 재료와 동일하다. 도 1은 70 μ m 두께의 구리 포일 상에서 150W 청색 레이저로 용접할 때 형성된 BOP를 나타낸다.

[0080] 실험예 1B

[0081] 실험예 1의 시스템을 사용하고 레이저의 파워 출력을 275 와트로 스케일링하여 전력 밀도를 1.2 MW/cm²로 증가시켰으며, 이는 구리에서의 초기 키홀 용접에 충분한 전력 밀도이다. 도 2는 500 μ m 두께 구리 샘플 상에서 키홀 용접의 예를 나타낸다. 키홀 공정 동안, 키홀에서 발생된 증기압은 용접 비드로부터 용융 구리를 강제로 배출시킨다. 이것은 배출된 구리가 용접 비드의 에지를 따라 늘어서 있는 도 2에서 확인할 수 있다. 이 배출 공정은 안정적이며 재료에 미세 폭발을 일으키지 않으므로 IR 레이저 소스로 구리를 용접 할 때 관찰되는 스패터 패턴을 생성하지 않는다.

[0082] 실험예 1C

[0083] 예 1의 시스템을 사용하여 127-500 μ m 범위의 구리 두께에 대해 용접 실험을 수행하였다. 도 3 - 5는 이러한 BOP 테스트 결과를 요약한 것이다. 도 3은 275W에서 9m/min까지 완전 침투 한 후 예상대로 속도에 따른 침투 깊이의 감소를 보여준다. 도 4는 보조 가스 없이 0.6m/min, Ar-CO2 피복 가스를 사용할 때 0.4m/min으로 완전 침투 BOP 결과를 보여준다. 도 5는 275W에서 500 μ m 구리에 대한 침투 깊이 대 속도를 나타낸다.

[0084] 실험예 2

[0085] 도 13 및 13a의 고정구(5000)는 컨택션 모드 용접으로 두께 178 μ m의 2 개의 구리 포일 스택을 랩 용접하는 데 성공적으로 사용된다. 몇 100 $^{\circ}$ C 가열 될 때 고정구는 용접 중 부품 가열에 손실된 에너지가 이제 예열에 의해 제공되기 때문에, 용접 속도와 품질이 2 배 이상 향상된다. 도 10에 도시된 바와 같이 용접의 상측부에서의 차폐 가스는 용접 이동 방향의 앞쪽에서 용접 이동 방향의 뒤쪽으로 전달된다.

[0086] 실험예 3

[0087] 두 개의 125 μ m 두께의 구리판을 함께, 컨택션 모드 용접으로, 고정구 5000을 사용하여 함께 랩 용접하였다. 이 용접부는 도 15의 단면 사진에 도시되어 있다.

[0088] 실험예 4

[0089] 도 13 및 도 13a에 도시된 고정구(5000)를 사용하여 10 μ m 두께의 40개의 구리 포일의 스택이 다공 및 결함 없이 용접되었다. 이 용접의 단면은 도 17에 표시되어 있다. 이 스택의 용접은 포일의 준비 방법, 포일의 클램핑 방법 및 클램프에 적용되는 토크의 양에 의존된다. 포일을 전단(sheared)하고 평평하게 한 다음 이들이 알코올로 세척되어 제조 오일 또는 취급 오일이 제거되고 최종적으로 고정구에 쌓여진다. 클램핑 볼트(5001)는 용접 공정 동안 부품이 제자리에 단단히 고정되도록 1Nm으로 토크된다. 이 부품들을 용접하는데 사용된 레이저는 도 21에 도시된 바와 같이 광학적으로 결합된 500-와트 레이저 시스템을 생성하기 위해 도 19에 도시된 150-와트 레이저 4개로 구성된다. 이 레이저는 400kW/cm²의 평균 전력 밀도와 키홀 용접 프로세스를 시작하기에 충분한 피크 전력 밀도를 가진 400 μ m 스폿을 생성한다.

[0090] **표제 및 실시예**

[0091] 본 명세서에서 표제의 사용은 명료성을 목적으로하며 어떠한 방식으로든 제한되지 않음을 이해해야 한다. 따라서, 제목 아래에 기술 된 프로세스 및 개시는 다양한 예를 포함하여 본 명세서의 전체와 관련하여 읽혀져야 한다. 본 명세서에서 표제의 사용이 본 발명을 제공하는 보호 범위를 제한해서는 안된다.

[0092] 본 발명의 실시예들과 관련되거나 그와 관련된 신규하고 혁신적인 프로세스, 재료, 성능 또는 다른 유리한 특징 및 특성을 기초로하는 이론을 제공하거나 언급할 필요는 없음에 유의한다. 그럼에도 불구하고, 이 분야의 기술을 더욱 발전시키기 위해 본 명세서에서 다양한 이론이 제공된다. 본 명세서에 제시된 이론은, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 청구된 발명에 제공되는 보호 범위를 제한하거나 제한하지 않는다. 이들 이론은 본 발명을 이용하기 위해 요구되거나 실시되지는 않는다. 본 발명은 본 발명의 방법, 물품, 재료, 장치 및 시스템의 실시 양태의 기능-특징을 설명하기 위해 새롭고, 지금까지 알려지지 않은 이론으로 이어질 수 있으며; 그리고 나중에 개발된 이론들은 본 발명에 제공된 보호 범위를 제한하지 않아야 한다.

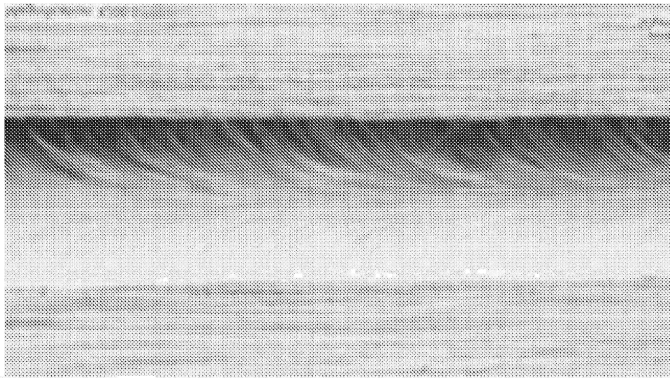
[0093] 본 명세서에서 제시된 시스템, 장비, 기술, 방법, 활동 및 동작의 다양한 실시예는 본 명세서에서 설명된 것에 추가하여 다양한 다른 활동 및 다른 분야에서 사용될 수 있다. 또한, 이들 실시예는 예를 들어 미래에 개발될

수있는 다른 장비 또는 활동; 및 본 명세서의 교시에 기초하여 부분적으로 수정될 수있는 기존의 장비 또는 활동과 함께 사용되어질 수 있다. 또한, 본 명세서에 기재된 다양한 실시 예는 서로 상이하고 다양한 조합으로 서로 사용될 수 있다. 따라서, 예를 들어, 본 명세서의 다양한 실시예에서 제공되는 구성은 서로 사용될 수 있으며; 본 발명이 제공하는 보호 범위는 특정 실시예, 예, 또는 특정 도면의 실시예에 제시된 특정 실시예, 구성 또는 배열로 제한되지 않는다.

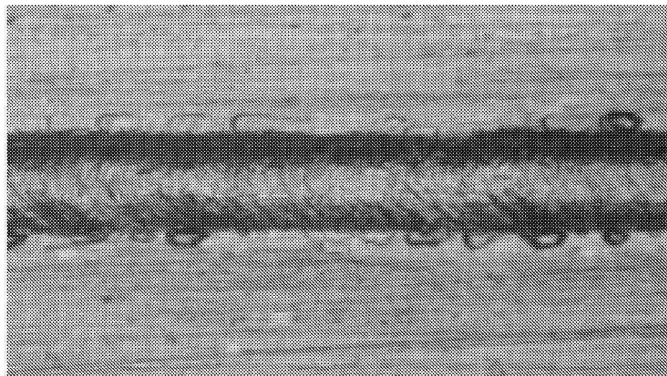
[0094] 본 발명은 그 사상 또는 본질적인 특성을 벗어나지 않고 본 명세서에 구체적으로 개시된 것들 이외의 다른 형태로 구현 될 수있다. 설명 된 실시예들은 모든면에서 단지 예시적이고 제한적이지 않은 것으로 간주되어야한다.

도면

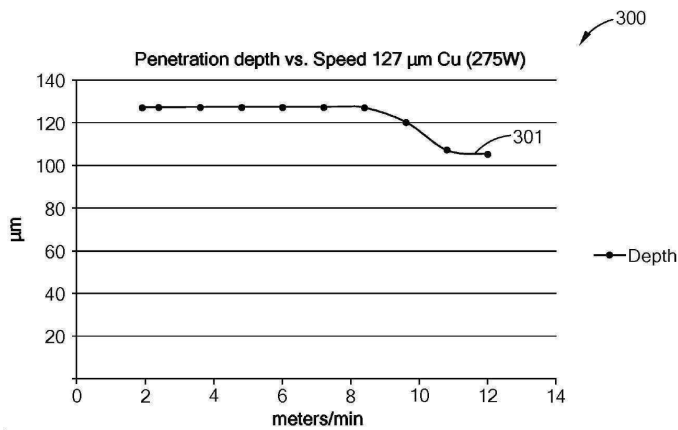
도면1



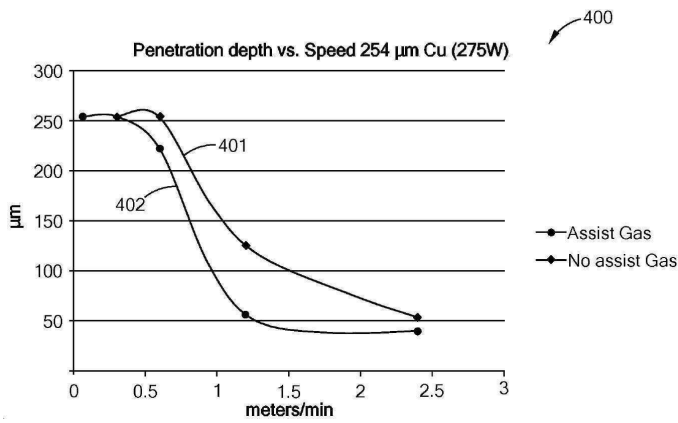
도면2



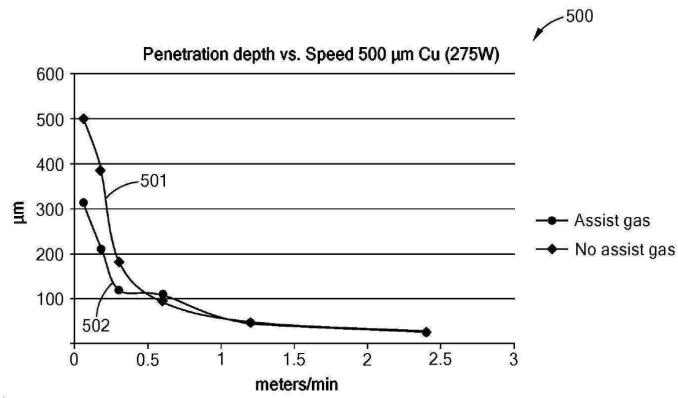
도면3



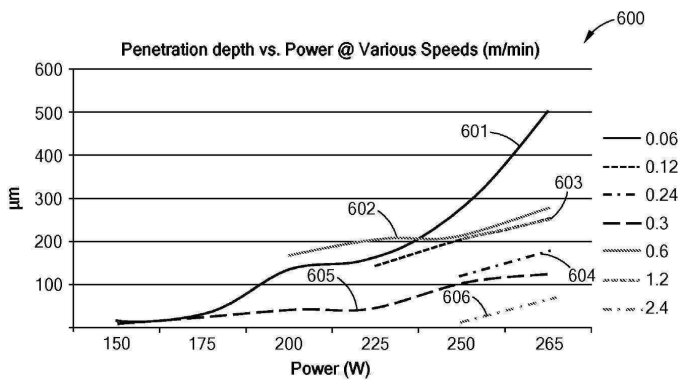
도면4



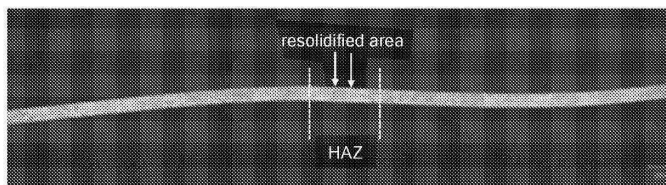
도면5



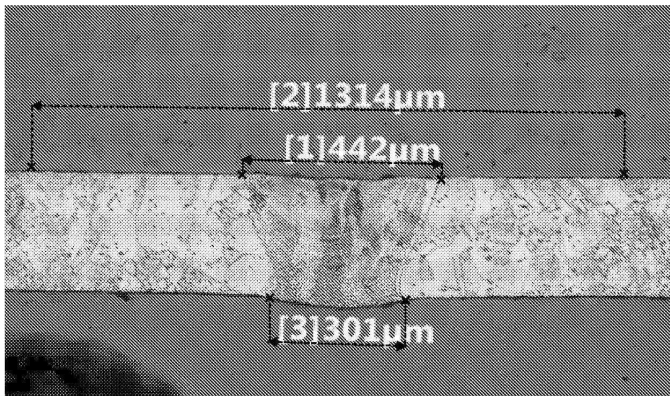
도면6



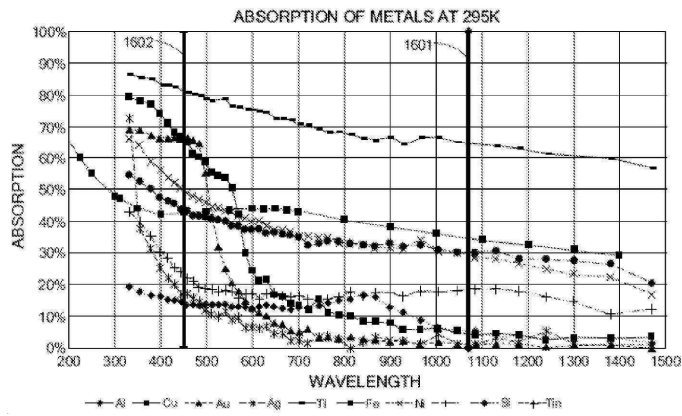
도면7



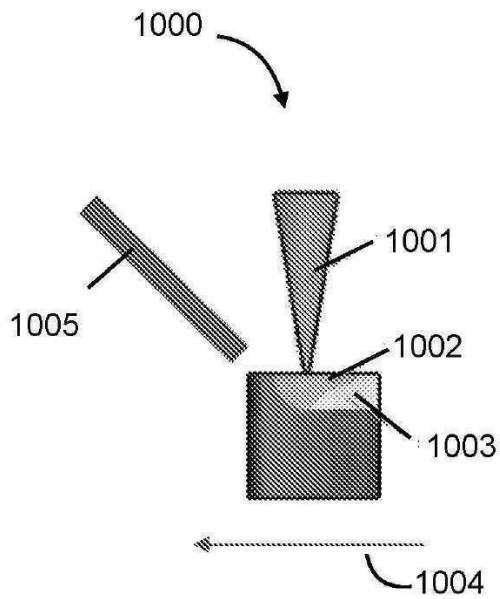
도면8



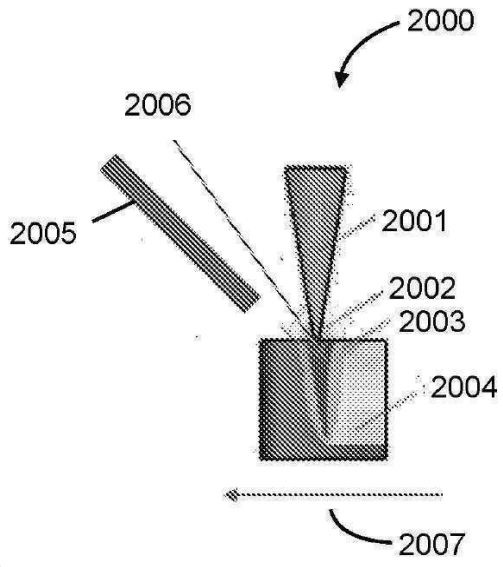
도면9



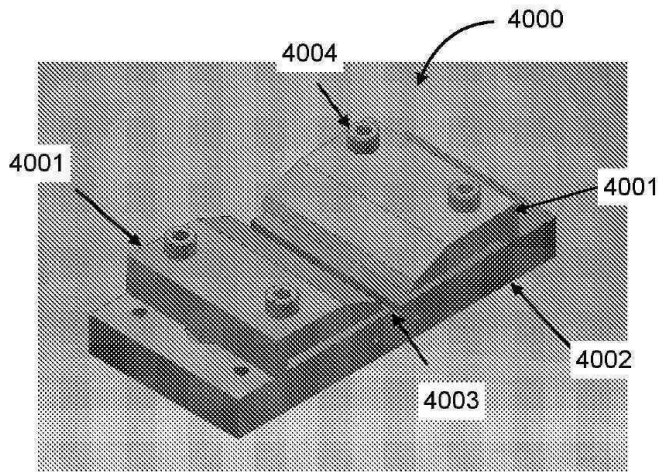
도면10



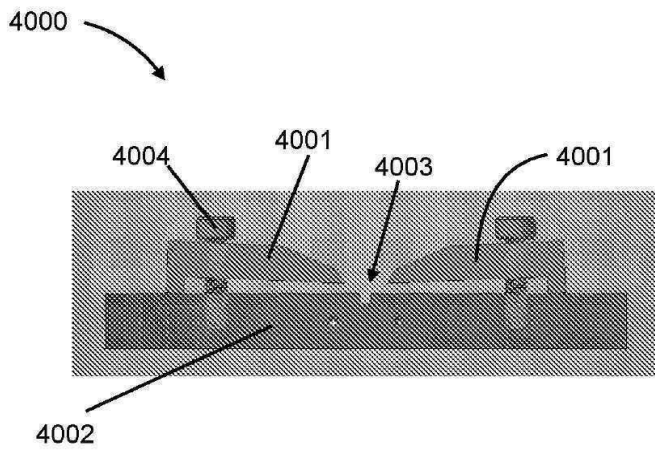
도면11



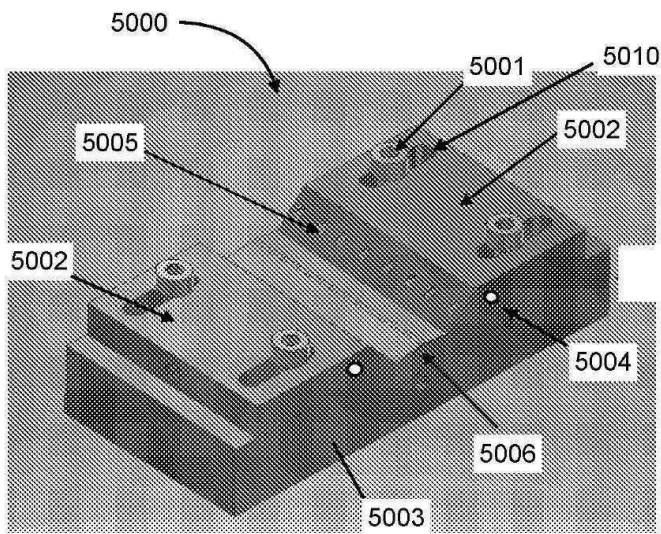
도면12



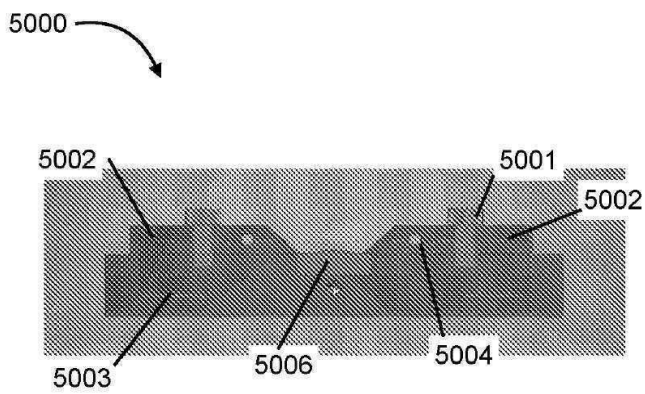
도면12a



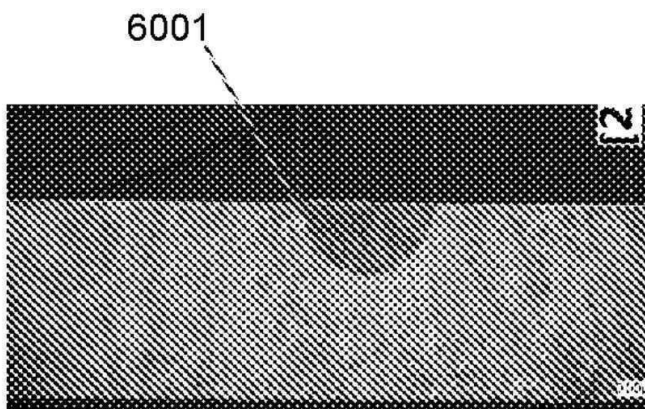
도면13



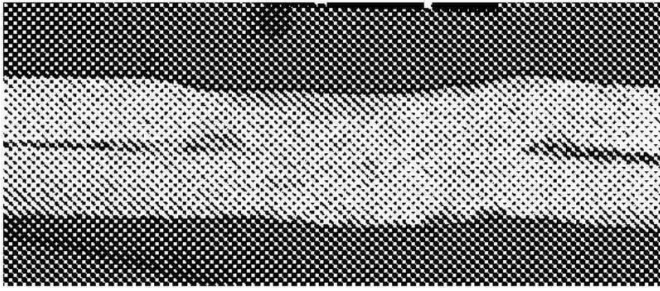
도면13a



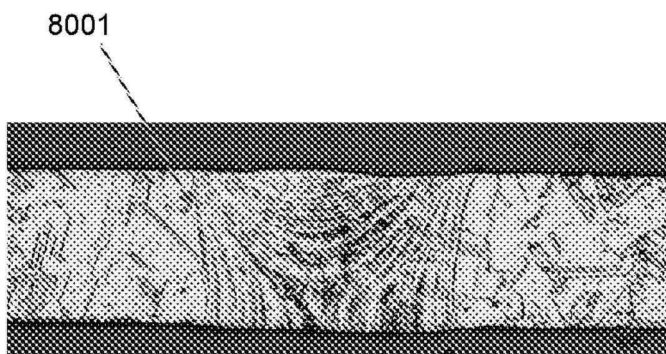
도면14



도면15



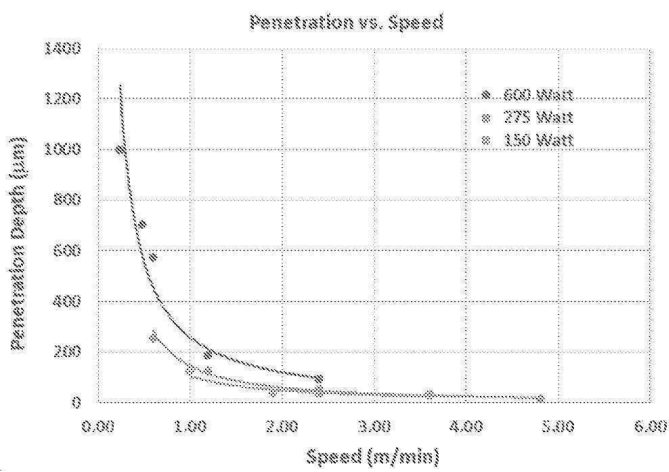
도면16



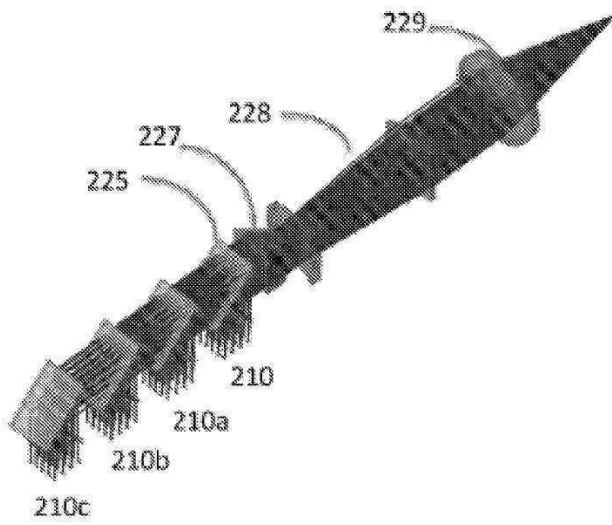
도면17



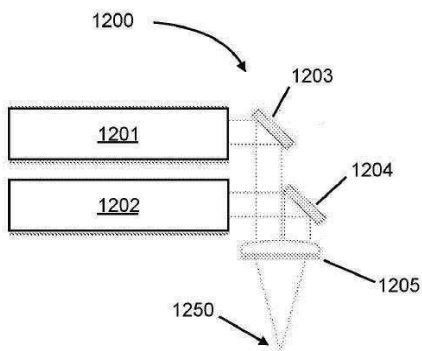
도면18



도면19



도면20



도면21

