

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6698701号

(P6698701)

(45) 発行日 令和2年5月27日(2020.5.27)

(24) 登録日 令和2年5月1日(2020.5.1)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 3 K 26/064 (2014.01)

B 2 3 K 26/064 K

B 2 3 K 26/21 (2014.01)

B 2 3 K 26/064 Z

B 2 3 K 26/38 (2014.01)

B 2 3 K 26/21 A

G O 2 B 6/036 (2006.01)

B 2 3 K 26/38 A

G O 2 B 6/26 (2006.01)

G O 2 B 6/036

請求項の数 16 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-559438 (P2017-559438)
 (86) (22) 出願日 平成27年6月9日 (2015.6.9)
 (65) 公表番号 特表2018-524174 (P2018-524174A)
 (43) 公表日 平成30年8月30日 (2018.8.30)
 (86) 国際出願番号 PCT/FI2015/050402
 (87) 国際公開番号 W02016/198724
 (87) 国際公開日 平成28年12月15日 (2016.12.15)
 審査請求日 平成30年3月19日 (2018.3.19)

(73) 特許権者 508175020
 コアレイズ オーワイ
 フィンランド国 33720 タンペレ
 カウハコーヴェンカテュ 52
 (74) 代理人 100114775
 弁理士 高岡 亮一
 (74) 代理人 100121511
 弁理士 小田 直
 (74) 代理人 100202751
 弁理士 岩堀 明代
 (74) 代理人 100191086
 弁理士 高橋 香元

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー加工装置および方法ならびにその光学部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザー加工装置であって、

それぞれが少なくとも1本の第1の光供給ファイバー(8)に第1のレーザービームを供給する少なくとも1つの第1のレーザー装置(6)であって、前記第1のレーザー装置(6)はファイバーレーザーである、第1のレーザー装置(6)と、

それぞれが少なくとも1本の第2の光供給ファイバー(9)に第2のレーザービームを供給する少なくとも1つの第2のレーザー装置(7)であって、前記第2のレーザー装置(7)はファイバーレーザーである、第2のレーザー装置(7)と、

前記第1の光供給ファイバー(8)および前記第2の光供給ファイバー(9)に、かつマルチコア光ファイバー(12, 50)に接続されたビーム結合手段(11)であって、前記ビーム結合手段は、前記少なくとも1本の光供給ファイバー(72, 56)を前記マルチコア光ファイバー(50)の第1のコア(51)と位置合わせさせ、かつ前記少なくとも1本の第2の光供給ファイバー(71, 57)を前記マルチコア光ファイバー(50)の少なくとも1つの第2のコア(53)と位置合わせさせることにより複合レーザービーム(16)を形成するように構成されており、前記第1のコアおよび前記第2のコアは、レーザー加工ヘッド(13)において第1の出力レーザービーム(41)および第2の出力レーザービーム(42)を含む複合レーザービーム(16, 40)を加工される被加工物(14)に導くように構成されている、ビーム結合手段(11)と、

前記第1の出力レーザービームおよび前記第2の出力レーザービームのパワー密度を個

10

20

々に制御するように前記第 1 のレーザー装置 (6) および前記第 2 のレーザー装置 (7) に機能的に接続された制御ユニット (10) と、
を備える、レーザー加工装置。

【請求項 2】

前記マルチコア光ファイバー (50) の前記第 1 のコア (51) は円形の断面を有し、かつ前記第 2 のコア (53) は前記第 1 のコアと同心の環状形状を有する、請求項 1 に記載のレーザー加工装置。

【請求項 3】

第 1 のレーザービームを導くように構成された第 1 の光供給ファイバー (72 , 56) の中心は、前記マルチコア光ファイバー (50) の前記第 1 のコア (51) の中心と位置合わせされている、請求項 2 に記載のレーザー加工装置。

10

【請求項 4】

第 2 のレーザービームを導くように構成された少なくとも 1 本の第 2 の光供給ファイバー (71 , 57) の中心は、前記マルチコア光ファイバー (50) の前記第 2 の環状コア (53) の内径と外径との間に位置合わせされている、請求項 2 または 3 に記載のレーザー加工装置。

【請求項 5】

前記第 2 の光供給ファイバー (71 , 57) は 4 本であり、前記マルチコア光ファイバーの前記第 2 の環状コア (53) の断面と対称的に結合されている、請求項 4 に記載のレーザー加工装置。

20

【請求項 6】

前記レーザー加工ヘッド (13) は、シールドガスを溶接線に与えるかまたは加圧ガス噴射を切断線に与えるように構成されている、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のレーザー加工装置。

【請求項 7】

被加工物をレーザービームで加工するための方法であって、

少なくとも 1 つの第 1 のレーザー装置 (6) に接続された少なくとも 1 本の第 1 の光供給ファイバー (8) からの少なくとも 1 種の第 1 のレーザービームを供給する工程であって、前記第 1 のレーザー装置 (6) はファイバーレーザーである工程と、

少なくとも 1 つの第 2 のレーザー装置 (7) に接続された少なくとも 1 本の第 2 の光供給ファイバー (9) からの少なくとも 1 種の第 2 のレーザービームを供給する工程であって、前記第 2 のレーザー装置 (7) はファイバーレーザーである工程と、

30

前記少なくとも 1 本の第 1 の光供給ファイバー (72 , 56) をマルチコア光ファイバー (50) の第 1 のコア (51) と位置合わせし、かつ前記少なくとも 1 本の第 2 の光供給ファイバー (71 , 57) を前記マルチコア光ファイバー (50) の第 2 のコア (53) と位置合わせすることにより、前記第 1 のレーザービームおよび前記第 2 のレーザービームをマルチコア光ファイバー (12 , 50) の中に結合する工程と、

レーザー加工ヘッド (13) において前記マルチコア光ファイバーからの第 1 の出力ビーム (41) および第 2 の出力ビーム (42) を含む複合レーザービーム (16 , 40) を加工される被加工物 (14) に導く工程と、

40

前記第 1 のレーザー装置 (6) および前記第 2 のレーザー装置 (7) に機能的に接続された制御ユニット (10) により前記第 1 の出力ビームおよび前記第 2 の出力ビームのパワー密度を個々に制御する工程と、
を含む、方法。

【請求項 8】

前記第 1 の光供給ファイバー (72 , 56) の中心を前記マルチコア光ファイバー (50) の断面の中心にある第 1 のコア (51) の中心と位置合わせする工程と、

前記第 2 の光供給ファイバー (71 , 57) の中心を前記第 1 のコアと同心の第 2 の環状コア (53) の内径と外径との間に位置合わせする工程と、
をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

50

【請求項 9】

前記レーザー加工ヘッド(13)は、シールドガスを溶接線に与えるかまたは加圧ガス噴射を切断線に与えるように構成されている、請求項7または8に記載の方法。

【請求項 10】

レーザービームを結合して位置合わせするための光学部品であって、前記光学部品は、溶融ガラス管からなる本体部分(77)と、

少なくとも2つのレーザー装置からの光供給ファイバー(71, 72)によって運搬されるレーザービームを受け入れるための前記ガラス管の入力端(76)であって、前記少なくとも2つのレーザー装置のそれぞれはファイバーレーザーである、入力端(76)と、

互いに同じ方向に位置合わせされた少なくとも2種類のレーザービームからなる複合出力レーザービームを送出するための前記ガラス管の対向出力端(74)と、を含み、

前記本体部分において、前記入力端(76)において入る前記光供給ファイバー(71, 72)は前記本体部分を通してキャピラリー穴の中を前記出力端(74)まで延在し、かつ前記ガラス管(77)と融合して導光コア(71a, 72a)および包囲ガラス材料からなる構成要素を形成し、前記コアは、全反射により前記構成要素全体を通して前記コアにおける光パワーの伝播を行うために、前記コアを包囲する前記材料の屈折よりも高い屈折率を有することを特徴とする、光学部品。

【請求項 11】

第1の光供給ファイバー(72)の中心は、前記光学部品を通して延在する第1の中心導光コア(72a)を形成するために、前記本体部分の中心と位置合わせされている、請求項10に記載の光学部品。

【請求項 12】

少なくとも1本の第2の光供給ファイバー(71)の中心は、前記出力端(74)において前記第1の中心導光コア(72a)から所定の距離で出力ビームを供給するために、前記光学部品を通して延在する少なくとも1つの第2の導光コア(71a)を形成している、請求項11に記載の光学部品。

【請求項 13】

前記第2の導光コア(71a)は4つであり、前記第1の中心導光コア(72a)から前記所定の距離において互いの間で90°の角距離で出力ビームを供給するように前記中心コア(72a)に対して対称的に配置されている、請求項12に記載の光学部品。

【請求項 14】

請求項1~6のいずれか一項に記載のレーザー加工装置において用いられる請求項10~13のいずれか一項に記載の光学部品。

【請求項 15】

レーザー溶接のために用いられる請求項1~6のいずれか一項に記載のレーザー加工装置。

【請求項 16】

レーザー切断のために用いられる請求項1~6のいずれか一項に記載のレーザー加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はレーザー加工装置および方法に関する。特に、本発明はレーザー加工による材料の切断および溶接に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザービームで金属を溶接する場合、被加工物が溶融するように、レーザービームを典型的に集光レンズにより100~500μmのスポットに集光させてエネルギー密度を

10

20

30

40

50

高め、被加工物を1500以上の金属融点まで瞬時に加熱する。同時に、アシストガスを供給して熔融金属の腐食を防止してもよい。固体レーザーまたはファイバーレーザーからの1マイクロメートルの周波数帯のレーザービームは、CO₂レーザーからの10マイクロメートルの周波数帯のレーザービームと比較して金属加工物に対して非常に高い光エネルギー強度および吸光度を実現する。しかし、酸素アシストガスと共にガウスビームによる1マイクロメートルの周波数帯のレーザービームを使用して軟鋼板被加工物を切断する場合、被加工物の上面における熔融幅は不必要に拡大し、切り溝の制御を低下させる。また、自己燃焼が生じてレーザー切断の品質を低下させる場合もある。

【0003】

欧州特許第2762263号、米国特許出願公開第20110293215号、米国特許第7348517号、日本特許出願公開第2013139039号、欧州特許第0464213号、欧州特許第2399703号、欧州特許第2722127号および国際公開第2009003484号では材料の切断に関する各種解決法が考察されており、それらは環状レーザービームに基づくものであり、環状すなわち「ドーナツ」形状を有するものとして表すことができる強度プロファイルを提供する。より従来のビームプロファイルの代わりにドーナツビームを用いて非常により少ないパワーで所与の厚さの金属の切断を行うことができ、かつ切断速度および品質の点で良好な結果を得ることができることが分かっている。

【0004】

米国特許第8781269号は、レーザービームを多層クラッドファイバーに導いて異なるビームプロファイル特性の出力レーザービームを発生させるための各種構成を開示しており、この構成では、入力レーザービームは内側ファイバーコアまたは外側リングコアの中に選択的に結合される。

【0005】

先行技術の材料加工に関する出願は、レーザービームの輝度を最大化する努力をしている。輝度は単位立体角および単位面積当たりのパワーとして定義される。輝度の重要性の一例として、レーザービームの輝度の増加は、レーザービームを使用して加工速度または材料厚さを増加させることができることを意味する。例えば、ファイバーレーザーおよび薄ディスクレーザーから高輝度レーザービームを得ることができる。ダイレクトダイオードレーザーも絶えず輝度を向上させているが、材料加工のための商業的ダイレクトダイオードレーザーは、ファイバーまたは薄ディスクレーザーの輝度ほどにはまだ達していない。

【0006】

先行技術に従って行われるレーザー加工にはいくつか重大な欠点がある。溶接用途では、高出力レーザー系いわゆるキーホール溶接技術は過剰な熱を発生する傾向があり、冷却中に溶接線の過剰な硬化および変形が生じる。溶接線の形状はレーザービームの本質的な性質により断面が深くかつ狭く、溶接線において大きな温度勾配および機械的応力を生じさせる。特に厚い材料の切断用途では、熔融金属を蒸発させ、かつそれ以外の方法で除去してレーザービーム後に破片を再び互いに溶接するのを回避するために、レーザービームは高強度および比較的広い焦点スポットを有するものでなければならない。そのような高出力切断により切断面は若干不規則な形状になる。従って、レーザー溶接および切断のために改良された方法および装置が必要とされている。

【0007】

本発明は、キーホールレーザー切断または溶接を熱伝導溶接と組み合わせるという洞察に基づいている。材料をより高い厚さ：幅のアスペクト比で接合する必要がある場合にレーザーキーホール溶接が使用される。高強度を有するレーザービームは蒸発温度を超えるまで材料を加熱し、熔融金属の前縁にキーホールと呼ばれる深い溝を生じさせる。熱源が進行するにつれて、熔融金属がホールの後ろを埋めて溶接ビードを形成する。不活性ガスは当該プロセスを保護して、キーホール溶接プロセス中の望ましくない酸化を防止する。非常に高いパルス強度を有する単一のパルスを放出することにより、電子機器産業におい

10

20

30

40

50

て使用されているようなスポット溶接を達成することもできる。

【 0 0 0 8 】

キーホールレーザー切断は、集中させた熱源が被加工物を貫通し、それが溶接ビードを形成するのを防止するいくつかの手段により溶融金属を除去する同様の技術である。

【 0 0 0 9 】

熱伝導溶接は最大約 2 mm の材料厚さの板金に適用可能である。溶接線に集光させたレーザービームにより材料を加熱し、その熱を板に素早く伝導させ、それを溶融させて互いに接合させる。レーザービームを試料に集光させながら集光光学部品を溶接線に沿って移動させ、高品質な溶接を得る。熱伝導溶接のために、ダイレクトダイオードレーザーのようなより低い輝度を有するレーザーを使用することができる。

10

【 0 0 1 0 】

切断および溶接の両方のために使用することができ、かつ先行技術に従って行われるようなキーホール溶接の欠点の一部を解消することができるレーザー技術を見出すための努力において、本発明者らは、キーホールおよび熱伝導レーザー源を特殊な構成で組み合わせた場合にこれらの問題が解決されることが分かった。

【 発明の概要 】

【 0 0 1 1 】

具体的な解決法およびその実施形態は添付の特許請求の範囲に定義されている。

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様によれば、レーザー加工装置は、

20

それぞれが少なくとも 1 本の第 1 の光供給ファイバーに第 1 のレーザービームを供給する少なくとも 1 つの第 1 のレーザー装置と、

それぞれが少なくとも 1 本の第 2 の光供給ファイバーに第 2 のレーザービームを供給する少なくとも 1 つの第 2 のレーザー装置と、

前記第 1 および第 2 の供給ファイバーおよびマルチコア光ファイバーに接続されたビーム結合手段であって、前記少なくとも 1 本の光供給ファイバーを前記マルチコア光ファイバーの第 1 のコアと位置合わせさせ、かつ前記少なくとも 1 本の第 2 の光供給ファイバーを前記マルチコア光ファイバーの少なくとも 1 つの第 2 のコアと位置合わせさせることにより複合レーザービームを形成するように構成されたビーム結合手段と

を備え、

30

前記第 1 および第 2 のコアは、レーザー加工ヘッドにおいて第 1 および第 2 の出力レーザービームを含む複合レーザービームを加工される被加工物に導くように構成されており、

前記第 1 および第 2 の出力レーザービームのパワー密度を個々に制御するように前記第 1 および第 2 のレーザー装置に機能的に接続された制御ユニットを備える。

【 0 0 1 3 】

いくつかの実施形態によれば、前記マルチコア光ファイバーの第 1 のコアは円形の断面を有し、第 2 のコアは第 1 のコアと同心の環状形状を有する。従って、第 1 のレーザービームを運搬または案内するように構成された第 1 の光供給ファイバーの中心は第 1 のコアの中心と位置合わせされていてよく、かつ、第 2 のレーザービームを運搬または案内するように構成された少なくとも 1 本の第 2 の光供給ファイバーの中心は、第 2 の環状コアの内径と外径との間に位置合わせされていてよい。一実施形態では、第 2 の光供給ファイバーは 4 本であり、第 2 の環状コアの断面と対称的に結合されている。

40

【 0 0 1 4 】

いくつかの実施形態では、第 1 のレーザー装置はファイバーレーザーであり、第 2 のレーザー装置はダイオードレーザーである。いくつかのさらなる実施形態では、第 1 および第 2 のレーザー装置はどちらもファイバーレーザーであってもよい。

【 0 0 1 5 】

本発明の第 2 の態様によれば、被加工物をレーザービームで加工するための方法は、

50

少なくとも１つの第１のレーザー装置に接続された少なくとも１本の第１の光供給ファイバーからの少なくとも１種の第１のレーザービームを供給する工程と、

少なくとも１つの第２のレーザー装置に接続された少なくとも１本の第２の光供給ファイバーからの少なくとも１種の第２のレーザービームを供給する工程と、

前記少なくとも１本の第１の光供給ファイバーを前記マルチコア光ファイバーの第１のコアと位置合わせし、かつ前記少なくとも１本の第２の光供給ファイバーを前記マルチコア光ファイバーの第２のコアと位置合わせすることにより、前記第１および第２のレーザービームをマルチコア光ファイバーの中に結合する工程と、

前記マルチコア光ファイバーからの第１および第２の出力ビームを含む複合レーザービームを加工される被加工物に導く工程と、

前記第１および第２のレーザー装置に機能的に接続された制御ユニットにより前記第１および第２の出力ビームのパワー密度を個々に制御する工程とを含む。

【００１６】

本発明の第３の態様によれば、レーザービームを結合して位置合わせするための光学部品は、

溶融ガラス管からなる本体部分と、

少なくとも２つのレーザー装置からの光供給ファイバーによって運搬されるレーザービームを受け入れるための前記ガラス管の入力端と、

互いに同じ方向に位置合わせされた少なくとも２種類のレーザービームからなる複合出力レーザービームを送出するための前記ガラス管の対向出力端とを含む、

前記本体部分において、前記入力端において入る光供給ファイバーは前記本体部分を通してキャピラリー穴の中を前記出力端まで延在し、かつ前記ガラス管と融合して導光コアおよび包囲ガラス材料からなる構成要素を形成し、前記コアは、全反射によりこの構成要素全体を通して当該コアにおける光パワーの伝播を行うために、当該コアを包囲するガラス材料の屈折率よりも高い屈折率を有する。

【００１７】

いくつかの実施形態によれば、光学部品における第１の光供給ファイバーの中心は、光学部品を通して延在する第１の中心導光コアを形成するために、前記本体部分の中心と位置合わせされている。また、少なくとも１本の第２の光供給ファイバーの中心は、前記出力端において前記第１の中心導光コアから所定の距離で出力ビームを供給するために、前記光学部品を通して延在する少なくとも１つの第２の導光コアを形成していてもよい。好ましい実施形態では、第２の導光コアは４つであり、前記第１の中心導光コアから前記所定の距離において互いの間で 90° の角距離で出力ビームを供給するように前記中心コアに対して対称的に配置されている。

【００１８】

本発明の第４の態様によれば、本発明の装置をレーザー溶接のために使用する。本発明の第５の態様によれば、本発明の装置をレーザー切断のために使用する。

【００１９】

本発明によって、

溶接線における少ない硬化効果により変形がより少なくなり、

より綺麗な切断面により切断片の公差が緩和され、

大きいスポットおよび小さいキーホールにより、より良好な制御およびパワーが得られ、

充填剤材料の供給がより容易になり、

切断および溶接のために１つのレーザー源が存在し、

同じ結果を達成するためのコストが減少する

という点を含む、かなりの利点を得られる。

【００２０】

次に、添付の図面を参照しながら本発明の実施形態についてより詳細に説明する。

以下、添付の図面を参照しながら本発明について詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】熱伝導およびキーホールレーザー加工の衝撃の概略断面を示す。

【図2】キーホール溶接線と本発明のハイブリッド溶接線との断面における違いを示す。

【図3】本発明の装置の例を示す。

【図4】本発明に係る複合レーザービームの断面を示す。

【図5】本発明の結合手段の受光端の断面を示す。

【図6】本発明の結合手段の出力における屈折率プロファイルを示す。

【図7】本発明に係る光学部品を概略的に示す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

図1は熱伝導およびキーホールレーザー加工の衝撃の違いを説明する概略断面を示す。熱伝導溶接または切断することができるダイオードレーザーによって加工される金属板1は、金属の比較的浅いが幅広いスポット2のような衝撃を受ける。典型的には、この種のダイオードレーザーは2kWのパワー定格および 0.1 MW/cm^2 よりも十分に低いパワー密度を有する。スポット2の最大深さ（および切断能力）は典型的に2mmである。

【0023】

ファイバーレーザーなどの高輝度レーザーによって生じる典型的なキーホールパターンに参照符号3が付されている。そのようなレーザーで切断することができる金属板の厚さに実用限界はないが、それは当然ながらレーザービーム強度および加工速度、すなわちレーザービームが金属表面を横切って移動する速度によって決まる。

【0024】

ファイバーレーザーは、最大1~5kW以上のパワー定格および数 MW/cm^2 のパワー強度を有し得る。キーホールの直径は1ミリメートル未満の範囲、例えば0.1ミリメートルであってもよく、スポット2の直径は例えば3ミリメートルなどの数ミリメートルの範囲であってもよい。

【0025】

図2は、本発明のハイブリッドレーザーの概念の実際的な効果の例を示す。断面には純粋なキーホール溶接線および本発明のハイブリッド溶接線の両方が示されている。特徴4aおよび4bは、2種類の異なる加工速度（すなわち、それぞれ3および4メートル/分）でのキーホール溶接線を示す。特徴5aおよび5bは同じ速度でのハイブリッド溶接線を示す。その溶込みは特徴4aおよび4bの対応する溶接線よりも図5aおよび図5bの溶接線において少なくとも20%深いことに気づくことができ、その数値は特徴4bおよび5bにおいてそれぞれ例えば1.2mmに対して1.5mmである。本発明のハイブリッド溶接の本質により、溶接線は当然ながらより幅広にもなる。ビッカース硬さ（HV）値もキーホール溶接線の場合（HV：300および335）よりもハイブリッド溶接線の場合（HV：245および255）に低く、これはハイブリッド溶接線におけるより少ない硬化効果を示している。これらの例から既に、キーホールおよび熱伝導レーザー加工の組み合わせ効果は相当なものであることが分かる。

【0026】

図3は本発明の装置の一実施形態を示す。高輝度ファイバーレーザー6は光ファイバー8によりレーザービーム結合器11に接続されている。同様に、1つまたはいくつかの固体またはダイオードレーザー7はファイバー9によってビーム結合器11に接続されている。一般に、単一のレーザービーム結合器が当該技術分野で知られている。この場合、結合器の役割は、デュアルコア光ファイバー12に結合することができるように入ってくる全てのレーザービームを並べることである。従って、本発明のレーザーのハイブリッド性により、2種類のレーザービームが単一のデュアルコア光ファイバー12の中を伝播する結果となる。ファイバー12の中の2種類のレーザービームは、典型的には異なる輝度お

10

20

30

40

50

よび強度プロファイルを有し、波長さえも異なる場合がある。さらに、ファイバーレーザー6および固体もしくはダイオードレーザー7からのパワーレベルを調整することにより、2種類のレーザービームにおけるパワーレベルを独立に、かつ連続的に制御してもよい。

【0027】

ビームの十分な輝度を達成するために、高輝度ファイバーレーザー6は、それぞれが例えばファイバー共振器に結合されたファイバー結合ダイオードレーザーからなる、ダイオード励起の単一もしくは複数のファイバーレーザー発振器または主発振器出力増幅器(MOPA)モジュールからなってもよい。高輝度レーザーのさらなる例はファイバー結合薄ディスクレーザーまたはNd-YAGレーザーであり、それらはダイオードレーザーからの光で励起される。多くの活性な固体の光増幅材料は絶縁体であるため、現代のレーザー技術はエネルギー伝達媒体として光に依存する場合が非常に多い。ダイオードレーザーは、それらの非常により高い効率およびより狭い光スペクトルにより、以前に使用されていたフラッシュランプに取って代わっている。

【0028】

レーザー7は、典型的にはダイオードレーザーによって励起される固体レーザー共振器、例えば薄ディスクレーザー共振器(図示せず)も備えることができるファイバー結合レーザーである。デュアルコア光ファイバー12は、その中心コアにおいてファイバーレーザー6からのレーザービームと、中心コアからある距離において中心コアの周りに環状に配置された外側コアにおいて1つまたは複数の第2のレーザー共振器7によって生成されたビームとを運搬する(図5を参照)。明らかに、本発明の一実施形態では、第1および第2のレーザーはどちらもファイバーレーザーであってもよく、それぞれが独立して制御可能なパワーレベルを有する。いくつかのレーザーは構成上ファイバーレーザーであり、かつ本質的に光を光ファイバーの中に供給し、それ以外はレーザービームを出力ファイバーのコアに位置合わせするためにファイバーに光学的に結合させる必要がある。従って、いくつかの実施形態では、レーザー6および7はどちらもファイバーレーザーであってもよく、他の実施形態では、ファイバーレーザーと固体もしくはダイオードレーザーとの任意の組み合わせであるか、両方がダイオードレーザーであってもよい。レーザー装置の目的および個々のレーザーモジュールのパワー定格は、どちらの種類のレーザーをビーム結合器11に接続させることができるかを決定する。

【0029】

デュアルコア光ファイバーは、その対向端において、結合されたレーザービーム16、すなわち複合レーザービーム16を被加工物14まで前方に案内するレーザー加工ヘッド13に接続されている。レーザー加工ヘッド13は通常、レンズの焦点距離によって決定される所望の大きさを有する被加工物14上にファイバー12の端部から現れる強度プロファイルの像を生成するためのコリメーティングレンズおよび集光レンズ(図示せず)を備える。レーザーヘッド13の役割は、シールドガスを溶接線に与えるか加圧ガス噴射を切断線に与えることであってもよい。また、加圧ガスはレーザーヘッド13内の光学機器を飛び散る溶融金属から保護し、かつそれを切断線から除去してレーザーヘッド13を綺麗に保つのを支援する。

【0030】

本発明の一実施形態では、本装置に制御ユニット10が備えられている。制御ユニットがレーザーユニット6または7のうちの1つの中に一体化されていてもよい。あるいは、全てのユニット6、7および10は、便宜上および信頼性のために単一のハウジング内に配置され、かつそれらの構成において互いに一体化されていてもよい。制御ユニット10は、レーザーヘッド13のユーザーからのフィードバック15または例えば光強度センサーからの自動フィードバックを受信してもよい。次いで、このフィードバックを使用してレーザー6および7のパワーを制御して所定の標的を追跡するか、被加工物14において観察される生じた溶接または切断結果に従ってレーザーパワーを調整する。制御ユニットは例えば汎用コンピューターからなってもよい。そのようなコンピューターには所与

10

20

30

40

50

の入力パラメーターおよび受信したフィードバック 15 に基づいてレーザー 6 および 7 を制御するための適当なソフトウェアが備えられていてもよい。あるいは、制御ユニットはマイクロコントローラー、例えば、Renesas RL78またはToshiba TLCS-870マイクロコントローラーまたは同様のものを備えていてもよい。

【0031】

本発明によれば、ビーム結合器 11 は溶融シリカ成分で作られており、ここでは光パワーが結合器構造全体を通して溶融シリカの中を伝播しており、結合器は入出力部に光ファイバーを有する。従って、本発明ではビーム結合器 11 を全ガラスファイバー結合器と呼ぶことができる。

【0032】

図 4 には、レーザー加工ヘッドから被加工物 14 に現れる複合レーザービーム 40 の構造が示されている。環状外側ビーム 42 は、被加工物上に比較的浅いが幅広いスポットを生成するレーザー装置 7 によって供給されるレーザーパワーを運搬している（図 1 を参照）。それに応じて、内側ビーム 41 はファイバーレーザー装置 6 によって供給されるレーザーパワーを運搬しており、そのより高い輝度により被加工物にキーホールパターンを生じさせる。ビームの間には、漂遊レーザー放射線のみを供給するかレーザー放射線を全く供給しない環状に成形されたゾーン 43 がある。

【0033】

図 5 には、主要クラッド 54 を有する中心コア 51 を有するデュアルコア光ファイバー 50 の断面が示されている。外側コア 53 は、内側クラッド 54 および外側クラッド 55 によって空間的に形成されている。当業界に精通しているあらゆる人に明らかなように、クラッドはコアの屈折率よりも低い屈折率を有する材料として定義される。中心コア 51 の直径は $70\text{ }\mu\text{m}$ であってもよく、外側コア 53 の内径および外径はそれぞれ $100\text{ }\mu\text{m}$ および $180\text{ }\mu\text{m}$ であってもよい。また、中心コア 51 および周辺コア 53 は上記以外の形態であってもよい。中心コア 51 は例えば四角形すなわち矩形状であってもよい。また、周辺コア 53 は矩形の境界を有しているか直線状または円形状の複数のセグメントからなっているともよい。

【0034】

破線により、ビーム結合器からの溶融された供給ファイバー 56 および 57（図 7 のファイバー 72 および 71）の端部のコアをデュアルコア光ファイバー 50 の断面とどのように位置合わせできるかが示されている。

【0035】

デュアルコア光ファイバー 50 の中心コア 51 のレーザー放射線は、中心にある狭い空間的強度プロファイルを有し、外側コア 53 における強度分布はドーナツ形状をなしている。この空間的強度パターンは、被加工物上にレーザーヘッド 13 内の加工光学機器によってさらに像が描かれる。この構成により、レーザービームのビーム品質は中心および外側コアの両方において比較的高い。但し、形状および断面積における違いにより、内側コアは外側コアよりも良好なビーム品質を生じることができ、従って、薄い材料および被加工物を切断するか厚い材料の切断の際に穴を開けることにより良好に狙いが定められる。より厚い材料の場合、外側コアによって生成されるビーム品質が若干より低くなるという欠点よりも、外側コアの環状の強度分布による加工速度および溶接線または切断面の綺麗さの組み合わせの方が上回る。内側および外側コアのパワー強度は、被加工物の要件に従い、発生レーザー源のパワーを調整することにより個々に調整可能である。

【0036】

次に図 6 を参照すると、光学式デュアルコアファイバー 50 の例示的な屈折率プロファイルが示されている。コア 51 および 53 はそれぞれ、包囲材料 54 および 55 の屈折率 n_{54} および n_{55} よりも高い屈折率 n_{51} および n_{53} を有していなければならない。このように、レーザービームは被加工物まで案内され、例えば環状強度プロファイルにおける最小限の低下およびコアのそれぞれにおける光パワーおよび強度の最小限の減衰で被加工物を切断する（図 4 を参照）。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

溶融シリカを不純物でドーブすることにより溶融シリカの屈折率を調整することができる。溶融シリカをゲルマニウム（Ge）でドーブすることにより屈折率を増加させ、フッ素（F）でドーブすることにより屈折率を低下させる。従って、コア51および53は例えばGeでドーブされたかドーブされていない溶融シリカで作られていてもよく、それらの主要クラッド54および55はFでドーブされた溶融シリカで作られていてもよい。

【 0 0 3 8 】

図7にはファイバー結合器11の重要な光学部品70が示されている。光学部品70は、溶融シリカガラス管77からなる本体部分、少なくとも2つのレーザー装置からの光供給ファイバー71および72（例えば、装置6および7からのファイバー8および9）によって運搬されるレーザービームを受け入れるための入力端76（図示せず）を有する多穴キャピラリーチューブである。光学部品70は互いに同じ方向に位置合わせされた少なくとも2種類のレーザービームからなる複合出力レーザービームを送出するための対向出力端74も有する。

10

【 0 0 3 9 】

入力端76において入る光供給ファイバー71、72は前記本体部分を通してキャピラリー穴の中を前記出力端74まで延在し、ガラス管77と融合して導光コア71a、72aおよび包囲ガラス材料からなる構成要素を形成する。これらのコアは、全反射によりこの構成要素全体を通して当該コアにおける光パワーの伝播を行うために、当該コアの周りの包囲ガラス材料の屈折率よりも高い屈折率を有する。

20

【 0 0 4 0 】

ファイバー結合器の原理を示すために、当該コアの寸法および構成要素70の寸法は縮尺どおりはなく、明確性のために数個のコアのみが破線で示されている。

【 0 0 4 1 】

光学部品70は例えば図面に従って製造されていてもよい。この例では、中心にある約300μmの直径のファイバー72の大きい方の穴と、穴72の周辺に対称的に配置されたファイバー71の4つの小さい方の穴が存在してもよい。小さい方の穴は例えば約150μmの直径を有していてもよい。キャピラリーチューブの外径は1mmであってもよい。当該チューブの材料は例えば溶融シリカであってもよい。バルクガラス（図示せず）からなるその外側クラッドが好ましくは少なくとも部分的にエッチング除去されたファイバーを真ん中の穴に挿入し、キャピラリーの先細りのくびれ部分73まで押し通す。ファイバーが適所に配置されたら、キャピラリーチューブ70をくびれ部分73で加熱してファイバーをチューブに融合させ、かつ全てが光学部品70を通して延在する第1の中心導光コア72aおよび第2の導光コア71aを形成する。

30

【 0 0 4 2 】

ファイバー71、72は代わりとして、純粋な溶融シリカ材料からなる内側コアおよびFでドーブされたシリカからなる外側クラッドを有していてもよい。このように、ファイバーの導光コアは本質的により低い屈折率を有する材料で囲まれているため、光学部品70の溶融シリカガラス管77は純粋な溶融シリカから製造されていてもよい。これは、キャピラリーチューブの屈折率がファイバーコアと同じであったとしても光がコア71a、72a内に残っていることを意味する。この場合、バルクガラスからなる外側ファイバークラッドはFでドーブされたクラッドまで、あるいは若干のFでドーブされたクラッドが純粋またはGeでドーブされた内側ファイバーコアの周りに残っている限りさらに遠くまでエッチング除去されていてもよい。

40

【 0 0 4 3 】

次いで、溶融コア71a、72a（破線で示されている）およびチューブ70を切断して端面74を作り出す。次いで、図3に示すようなデュアルコアファイバー12を端部74においてキャピラリーチューブに溶接して溶接線75を得てもよい。

【 0 0 4 4 】

好ましい実施形態では、第1の光供給ファイバー72の中心を構成要素70の中心と位

50

置合わせし、かつ4本の第2の光供給ファイバー71の中心を、例えば出力端74において第1の中心導光コア72aから所定の距離Rで出力ビームを供給するように配置する。第2の導光コア71aは、互いの間に90°の角距離を有する出力ビームを供給するように中心コア72aに対して対称的に配置することが好ましい。

【0045】

当然のことながら、関連する当業者によって理解されるように、開示されている本発明の実施形態は本明細書に開示されている特定の構造、プロセス工程または材料に限定されず、その均等物まで拡大される。また、当然のことながら、本明細書に用いられている用語は特定の実施形態のみを記述するために使用されており、限定するものではない。

【0046】

10

本明細書全体を通して「一実施形態」という場合、当該実施形態に関連して記載されている特定の特徴、構造または特性が本発明の少なくとも1つの実施形態に含められることを意味する。従って、本明細書全体を通して様々な場所で「一実施形態では」という語句が現れたとしても必ずしも全てが同じ実施形態を指しているわけではない。

【0047】

本明細書では本発明の様々な実施形態および実施例がその各種構成要素の代替物と共に参照されている場合がある。当然ながら、そのような実施形態、実施例および代替物は事実上互いの均等物として解釈されるべきではなく、本発明の別々の独立した表示とみなされるべきである。

【0048】

20

さらに、記載されている特徴、構造または特性を1つ以上の実施形態においてあらゆる好適な方法で組み合わせてもよい。当該記載において、本発明の実施形態の十分な理解を与えるために長さ、幅、形状などの例などの数多くの具体的な詳細が提供されている。但し、関連する当業者であれば、具体的な詳細の1つ以上を用いずに、あるいは他の方法、構成要素、材料などを用いて本発明を実施できることが分かるであろう。他の例では、本発明の態様を曖昧にするのを避けるために、周知の構造、材料または動作は詳細に図示または説明されていない。

【0049】

上記実施例は1つ以上の特定の用途における本発明の原理の例示であるが、当業者には、発明能力を発揮することなく、かつ本発明の原理および概念から逸脱することなく、実施の形態、使用および詳細の数多くの修正が可能であることは明らかであろう。従って、本発明は、以下に記載されている特許請求の範囲による場合を除いて限定されるものではない。

30

【図 1】

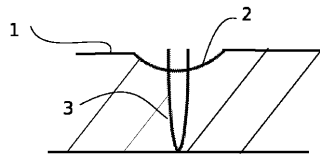
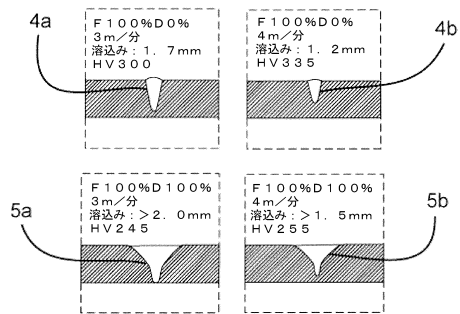


Fig. 1

【図 2】



【図 4】

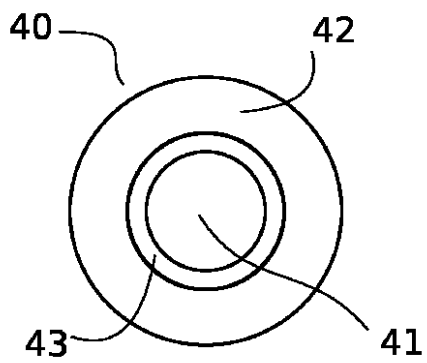


Fig. 4

【図 3】

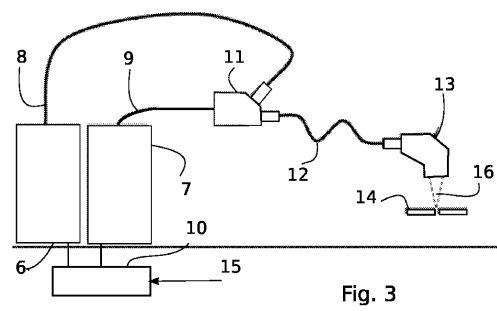


Fig. 3

【図 5】

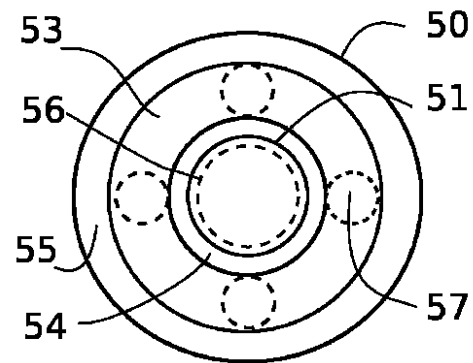
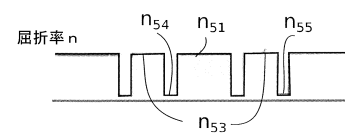


Fig. 5

【図 6】



【図 7】

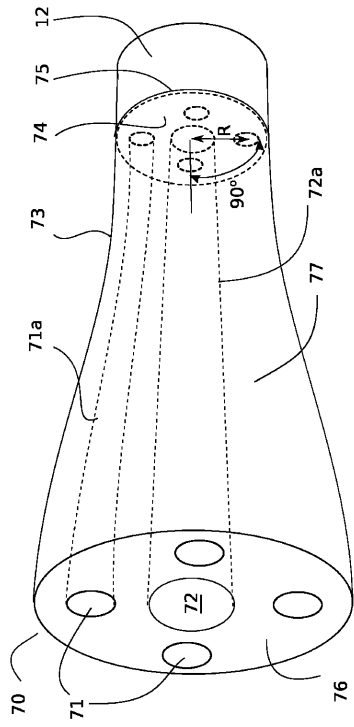


Fig. 7

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 2 B 6/02 (2006.01) G 0 2 B 6/26
 G 0 2 B 6/02 4 6 1

- (72)発明者 サロカトブ, アート
 フィンランド国, エフアイ - 3 3 7 2 0 タンペレ, カウハコーベンカツ 5 2 , コリレイス オーワイ内
- (72)発明者 カンガストゥパ, ヤーノ
 フィンランド国, エフアイ - 3 3 7 2 0 タンペレ, カウハコーベンカツ 5 2 , コリレイス オーワイ内
- (72)発明者 アンベルラ, ティーナ
 フィンランド国, エフアイ - 3 3 7 2 0 タンペレ, カウハコーベンカツ 5 2 , コリレイス オーワイ内
- (72)発明者 コヌナホ, トゥオモ
 フィンランド国, エフアイ - 3 3 7 2 0 タンペレ, カウハコーベンカツ 5 2 , コリレイス オーワイ内

審査官 柏原 郁昭

- (56)参考文献 国際公開第2 0 1 4 / 1 1 8 5 1 6 (W O , A 1)
 特開2 0 0 9 - 1 4 5 8 8 8 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-------------|
| B 2 3 K | 2 6 / 0 6 4 |
| B 2 3 K | 2 6 / 2 1 |
| B 2 3 K | 2 6 / 3 8 |
| G 0 2 B | 6 / 0 2 |
| G 0 2 B | 6 / 0 3 6 |
| G 0 2 B | 6 / 2 6 |