



(21) 申請案號：107145349

(22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 12 月 14 日

(51) Int. Cl. : **B23K26/00 (2014.01)**

(30) 優先權：2017/12/29 世界智慧財產權組織 PCT/FI2017/050959

(71) 申請人：芬蘭商可利雷斯股份有限公司 (芬蘭) CORELASE OY (FI)
芬蘭(72) 發明人：肯賈斯帕 傑洛 KANGASTUPA, JARNO (FI)；薩樂卡貝 阿托 SALOKATVE,
ARTO (FI)

(74) 代理人：葉璟宗；卓俊傑

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：9 共 35 頁

(54) 名稱

雷射焊接裝置及使用雷射束焊接工件的方法

LASER WELDING APPARATUS AND METHOD FOR WELDING A WORKPIECE WITH A LASER BEAM

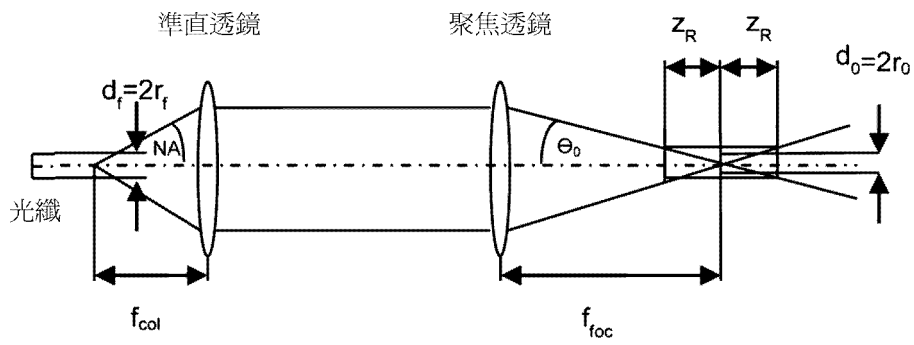
(57) 摘要

本發明是有關於一種用於雷射焊接的裝置及其使用。一種雷射焊接裝置包括：至少一個第一雷射元件，分別為至少一條第一光學饋送光纖提供第一雷射束；至少一個第二雷射元件，分別為至少一條第二光學饋送光纖提供第二雷射束；用於產生複合雷射束的構件，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中第一輸出雷射束具有圓形橫截面且第二輸出雷射束具有與第一輸出雷射束同心的環形形狀。第二雷射元件是光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件。所述裝置被配置成至少基於第二雷射束形成第二輸出雷射束，且第二輸出雷射束包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者第二輸出雷射束具有最少 10 奈米的光譜寬度。

The invention concerns an apparatus and its use for laser welding. A laser welding apparatus comprise at least one first laser device, each providing at least one first optical feed fiber with a first laser beam; at least one second laser device, each providing at least one second optical feed fiber with a second laser beam; means for generating a composite laser beam comprising a first output laser beam and a second output laser beam for welding a workpiece; wherein the first output laser beam has a circular cross-section and the second output laser beam has an annular shape concentric to the first output laser beam. The second laser device is a fiber laser device or a fiber-coupled laser device. The apparatus is configured to form the second output laser beam at least on the basis of the second laser beam, and the second output laser beam comprises a first wavelength and a second wavelength having difference of at least 10 nanometers, or the second output laser beam has spectrum width of least 10 nanometers.

指定代表圖：

符號簡單說明：

 d_0 . . . 束直徑 f_{col} 、 f_{foc} . . . 焦距 Z_R . . . 瑞利距離 θ_0 . . . 會聚角

【圖3】

【發明說明書】

【中文發明名稱】雷射處理裝置與方法

【英文發明名稱】LASER PROCESSING APPARATUS AND
METHOD

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種雷射處理裝置與方法。具體而言，本發明是有關於藉由雷射處理來焊接材料。

【先前技術】

【0002】當以雷射束來焊接金屬時，雷射束通常藉由聚光透鏡被聚集成 100 微米至 500 微米的點以提高能量密度，並立即將工件加熱至 1500°C 或高於 1500°C 的溫度以使工件熔融。同時，可饋送輔助氣體（assist gas）以防止熔融金屬的氧化。相較於 CO₂ 雷射的處於十微米波段的雷射束而言，來自固態雷射或光纖雷射的一微米波段的雷射束在金屬加工件（metallic work）上達成非常高的光能強度及吸收率。然而，若將具有高斯束（Gaussian beam）的一微米波段的雷射束與氧輔助氣體一起使用來切割軟鋼板工件（mild steel sheet workpiece），則工件的頂面上的熔融寬度會不必要地變寬並削弱切口（kerf）控制。另外，可發生自燃（self-burning），此會使雷射切割的品質劣化。

【0003】已知在雷射材料處理領域中使用環狀雷射束，所述環狀雷射束提供可被闡述為具有環形或「環圈（doughnut）」式形狀的

強度分佈。已觀察到，在使用環圈狀束而非更傳統的束輪廓時，可以低得多的功率位準來對給定厚度的金屬執行切割，此可提高切割速度及品質。

【0004】 US8781269 揭露將雷射束引導至多包層（multi-clad）光纖來產生輸出雷射束的不同束輪廓特性的各種排列形式，其中輸入雷射束可選地耦合至內光纖芯（inner fiber core）中或外環芯（outer ring core）中。

【0005】 此類材料處理應用致力於使雷射束的亮度最大化。亮度被定義為每單位立體角（solid angle）及每單位面積的功率。作為亮度的重要性的實例，藉由增大雷射束的亮度，可提高處理速度或增加材料厚度。可自例如光纖雷射及薄碟雷射（thin disc laser）獲得高亮度雷射束。直接二極體雷射的亮度亦已不斷地得到改善，但用於材料處理的商業直接二極體雷射尚未完全達到光纖雷射或薄碟雷射的亮度。

【0006】 在根據先前技術的雷射焊接中，雷射束的穿透可沿著焊縫（weld seam）變化，因而會形成不規則或粗糙的焊縫。因此需要用於雷射焊接的改進的方法及元件。

【發明內容】

【0007】 本發明是由獨立請求項的特徵來界定。在附屬請求項中界定一些具體實施例。

【0008】 根據本發明的一個態樣，一種雷射處理裝置包括：至少一個第一雷射元件，所述至少一個第一雷射元件中的每一者為至

少一條第一光學饋送光纖提供第一雷射束；至少一個第二雷射元件，所述至少一個第二雷射元件中的每一者為至少一條第二光學饋送光纖提供第二雷射束；用於產生複合雷射束的構件，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中所述第一輸出雷射束具有圓形橫截面且所述第二輸出雷射束具有與所述第一輸出雷射束同心的環形形狀。所述第二雷射元件是光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件。所述裝置被配置成至少基於所述第二雷射束形成所述第二輸出雷射束，且所述第二輸出雷射束包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者所述第二輸出雷射束具有最少 10 奈米的光譜寬度。

【0009】 根據本發明的第二態樣，一種使用雷射束焊接工件的方法包括以下步驟：

- 自連接至至少一個第一雷射元件的至少一條第一光學饋送光纖提供至少一個第一雷射束；
- 自連接至至少一個第二雷射元件的至少一條第二光學饋送光纖提供至少一個第二雷射束；
- 產生複合雷射束，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中所述第一輸出雷射束具有圓形橫截面且所述第二輸出雷射束具有與所述第一輸出雷射束同心的環形形狀，所述第二輸出雷射束（2）是由光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件至少基於所述第二雷射束來形成，所述第二輸出雷射束（2）包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，

或者所述第二輸出雷射束（2）具有最少 10 奈米的光譜寬度。

【0010】 根據實施例，所述第二光纖雷射輸出束的波長為 800 奈米至 815 奈米。

【0011】 根據實施例，所述第一雷射元件包括光纖雷射元件，且所述第二雷射元件包括光纖耦合二極體雷射元件。

【0012】 根據實施例，雷射處理裝置及複合雷射束適以焊接具有介於 1 毫米至 20 毫米之間的厚度的鋁板。

【0013】 根據實施例，提供一種控制單元，所述控制單元在功能上連接至所述第一雷射元件及所述第二雷射元件以各別地控制所述第一輸出雷射束及/或所述第二輸出雷射束中的功率密度。

【0014】 接下來，參照附圖更詳細地闡述本發明的實施例。

【圖式簡單說明】

【0015】 以下，參照附圖詳細闡述本發明，在附圖中：

圖 1a 及圖 1c 示出根據本發明一些實施例的雷射焊接操作的實例。

圖 1b 示出根據本發明一些實施例的複合雷射束的橫截面。

圖 2a 及圖 2b 示出根據本發明一些實施例的第二輸出雷射束的性質。

圖 3 示出用於聚焦複合雷射束的光學配置。

圖 4 示出與瑞利長度（Rayleigh length）相關的束參數。

圖 5 示出焦移的模擬結果。

圖 6 示出根據本發明一些實施例的用於進行雷射束輪廓功率

控制的控制單元。

圖 7 示出根據本發明一些實施例的裝置的實例。

圖 8a 示出根據一些實施例的耦合構件的接收端的橫截面。

圖 8b 示出根據一些實施例的在耦合構件的輸出處的折射率分佈曲線。

圖 9 示意性地示出根據實施例的光學組件。

【實施方式】

【0016】 現在提供一種能夠改善焊接品質的方法及裝置。此是藉由應用以下進一步說明的具體複合雷射束構型來達成。

【0017】 參照圖 1a，本發明特徵可用於方法及裝置，其中自雷射處理頭 3 對待焊接的工件 4 部件施加具有實質上圓形橫截面的第一雷射輸出束 1 以及具有與第一雷射輸出束同心的實質上環形形狀的第二雷射輸出束 2。第一輸出雷射束 1 因此可被稱為圓形束或中心束，且第二輸出雷射束 2 可被稱為環形束或環狀束。

【0018】 在圖 1b 中示出自雷射處理頭 3 發出至工件 4 的複合雷射束 7 的結構。環形外部環狀束 2 載送由第二雷射元件提供的雷射功率。對應地，內部中心束 1 載送由第一雷射元件提供的雷射功率。

【0019】 在一些實施例中，中心束 1 是基於來自光纖雷射（元件）的雷射束形成，且環狀束 2 是由光纖雷射（元件）或光纖耦合雷射（元件）形成。中心束 1 及環狀束 2 可被選擇性地引導至待焊接的部件。

【0020】 中心束 1 可被配置成在工件中形成鎖孔圖案，如圖 1c 所示。在束 1 與束 2 之間的是環形區 8，環形區 8 僅提供雜散的雷射輻照或不提供任何雷射輻照。

【0021】 複合雷射束 7 中的具體環形束構型用於改善焊接品質。在一些實施例中，環狀束 2 包括具有兩個不同波長的束 2a、2b。如圖 2a 進一步所示，環狀束 2 可包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，所述差可指平均波長差。在一些替代實施例中，參照圖 2b，環狀束 2 具有至少 10 奈米的光譜寬度，所述光譜寬度可指環狀束 2 的總光譜寬度，環狀束 2 可由在一些實施例中可能具有不同波長的一或多個束形成。應注意，圖 2b 示出用於確定光譜寬度的僅一個選項，且環狀束的光譜寬度可在強度峰值的較高強度程度處界定。其他實施例中的光譜寬度不超過 100 奈米，且光譜寬度可在 10 奈米至 100 奈米（例如 10 奈米至 50 奈米）之間的範圍內進行選擇。

【0022】 應用至少 10 奈米的平均波長差或至少 10 奈米寬的光譜的本發明安排使得能夠達成沿著束的路徑具有較小的穿透深度的變化。相較於不設置有具體環形束構造的線 5 而言，此是由圖 1c 中具有相對小的變化的線 6 示出。另外，濺灑 (spatter) 量可減少，且可達成較低的孔隙率。此外，在焊接鋁及鋁合金的同時，可使用具有至少 10 奈米的平均波長差或至少 10 奈米寬的光譜的環狀束 2 自表面移除氧化鋁而不發生變型。此方法會減少氧化鋁封閉件的量，且提供較佳及較強的焊縫品質。另外，可避免或減少用

於移除氧化物的焊接之前的額外的準備。

【0023】 已利用環狀束 2 中的不同的光譜寬度對具體複合雷射束構型進行了測試。觀察到 10 奈米的光譜寬度提供較 5 奈米的光譜寬度實質上更佳的接縫品質及更低的孔隙率。在示例性構型中，環狀束 2 的約 100 奈米的光譜寬度可藉由設定四個雷射束源（在第二雷射元件輸出中）來達成，所述四個雷射束源分別具有 10 奈米的光譜寬度以 20 奈米為間隔。舉例而言，可應用處於 1030 奈米至 1090 奈米的範圍內的波長。

【0024】 參照圖 3，圖 3 示出用於進行雷射束轉換的光學系統。在至少一些實施例中，此種光學系統可應用於雷射處理頭 3 以達成複合雷射束 7。

【0025】 準直透鏡及聚焦透鏡的焦距分別為 f_{col} 及 f_{foc} ， θ_0 為會聚角（convergence angle）， d_0 為束直徑，且 Z_R 為在工件上的焦點處的瑞利距離（Rayleigh distance）。

【0026】 焦點直徑取決於發散角（divergence angle）且取決於聚焦束的束參數乘積（beam-parameter product，bpp）。

$$d_0 = 2r_0 = 2 \frac{bpp}{\theta_0} \Rightarrow d_0 = 2 \frac{\lambda M^2}{\pi \theta_0}$$

其中 M^2 為束理想因子，且 λ 為束的自由空間波長。

【0027】 圖 4 進一步示出與瑞利距離相關的束參數。瑞利距離是適用於評價由於處理頭的光學元件中所使用的材料的折射率的色散而引起的寬光譜雷射的波長的焦點移位 Df 的標度。瑞利距離

Z_R 提供雷射束在焦點處的焦距。參數 $b=2Z_R$ 可被闡述為焦深 (depth of focus)。理想高斯雷射束 (Gaussian laser beam) 的瑞利距離藉由焦點處的最小束半徑 w_0 及波長 λ 來定義：

$$Z_R = \frac{\pi w_0^2}{\lambda}$$

對於非理想或多模雷射束而言，瑞利距離較理想高斯束的瑞利距離小 M^2 倍。當 $Df \ll Z_R$ 時，由束的不同波長引起的焦點距離變化可能不會顯著影響雷射處理品質。另一方面，當 $Df \sim Z_R$ 或 $Df > Z_R$ 時，波長譜的寬度可能會顯著地影響雷射焊接品質。注意到，經處理材料的厚度亦會影響所述品質。

【0028】 圖 5 示出由於由熔合二氧化矽製成的單個透鏡部件的折射率色散而引起的焦移的模擬結果。在實例中，當以 250 毫米的聚焦透鏡進行雷射焊接時，可達成 0.1 毫米的焦移，其中第二輸出雷射束的第一波長 $2a$ 與第二波長 $2b$ 的波長差為 15 奈米。當如在典型處理頭中那樣使用多透鏡部件時，相較於單個部件的情形，由色散引起的焦移亦會增加。

【0029】 光纖或光纖耦合雷射 (元件) 的功率位準可根據所討論的應用的需要來控制，例如控制成自 0 千瓦至 10 千瓦或甚至更大。在諸多應用中，可對環狀束 2 施加大約 1 千瓦至 4 千瓦的光纖雷射輸出功率位準。

【0030】 本發明具體複合雷射構型使得能夠施加較使用傳統雷射束時更低的功率位準來進行焊接。在示例性實施例中，中心束 1 的雷射功率可為 600 瓦且環狀束 2 的雷射功率可為 1 千瓦，並且

具有用於焊接鋁（給出 3000 系列鋁的實例）的 100 毫米/秒的焊接速度。藉由該些參數，可達成 1 毫米的穿透深度及非常好的雷射焊接品質。

【0031】 雷射焊縫的熔體池的長度可藉由適當地控制中心束 1 及環狀束 2 的焊接參數而針對本發明具體複合束構型最佳化。可藉由將熔體池的長度最佳化並使熔體池內的紊流（turbulent flow）最小化來實質上減少濺灑。另外，藉由將熔體池的長度最佳化，可產生足夠的時間來使氣體及氣泡在熔體凝固之前逃逸出熔體。此有利於較低的孔隙率及減少焊縫中的空隙的數目。

【0032】 在一些實施例中，環狀束 2 中的光纖或光纖耦合雷射的波長處於 1030 奈米至 1090 奈米的範圍內。舉例而言，中心束 1 中的光纖雷射的波長可依據所討論的應用來選擇，在一些實施例中處於 700 奈米至 1200 奈米的範圍內，例如為 1070 奈米。

【0033】 在一些實施例中，雷射處理裝置及複合雷射束適以焊接鋁板。鋁板可具有 1 毫米至 20 毫米、較佳地 1 奈米至 10 奈米之間的厚度。舉例而言，可選擇處於 800 奈米至 1100 奈米範圍內的環狀束 2 的波長。環狀束 2 中的 808 奈米的波長使得能夠至少在焊接 6000 系列鋁合金件時由於在 808 奈米的波長處的吸收峰值而獲得品質特別好的焊接結果。

【0034】 在一些其他實施例中，第二輸出雷射束 2 可包括光學耦合二極體雷射束。在環狀束 2 中添加適當的光纖耦合二極體雷射束有利於增加複合雷射束 7 的光功率的吸收。

【0035】 在實施例中，應用光纖與二極體雷射的組合來形成環狀束 2。舉例而言，環狀束 2 的光源（第二雷射元件或另外的第三雷射元件的光源）中的一者可發射二極體光。相較於不對環形束設置二極體雷射元件的線 5 而言，此使得能夠進一步提高穿透深度的穩定性，亦如圖 1c 中具有相對小的變化的線 6 所示。束 2a 在此實施例中可指光纖雷射束，且束 2b 可指二極體雷射束。在一些實施例中，環狀束中的二極體雷射束的波長處於 0.5 微米至 1.5 微米的範圍內。在一些實施例中，對環狀束 2 應用處於 10 瓦至 50 瓦範圍內的二極體雷射輸出功率位準。在一些實施例中，環狀束中的光纖束及二極體束以及其功率位準可獨立地適應。

【0036】 因此存在可藉由應用本發明所揭露的特徵並應用所添加的二極體光來進行複合雷射束焊接達成的各種優點。一個優點是焊縫品質及均勻性皆可得到改善。呈環形環的光纖雷射的組合中的二極體光的具體構型使得能夠改善焊接品質。此外，由於可達成所處理的材料更穩定的熔體池，因此此使得能夠減少濺灑。

【0037】 圖 6 示出對雷射裝置的中心束 1 及環狀束 2 的產生進行控制的根據一些實施例的控制單元 10。控制單元 10 直接或間接連接至至少一個雷射單元 12，所述至少一個雷射單元 12 適以產生中心束 1 及/或環狀束 2。控制單元 10 可包括設置有適當軟體以進行功率控制的通用電腦，或者所述控制單元可包括微控制器。所述控制單元包括至少一個處理器 11，所述至少一個處理器 11 可為單核處理器或多核處理器，其中單核處理器包括一個處理核而多核

處理器包括多於一個處理核。所述處理器可包括至少一個應用專用積體電路（**application-specific integrated circuit**），ASIC。所述處理器可為用於在元件中執行方法步驟的構件。所述處理器可至少部分地由電腦指令配置成對本發明所示具體複合束構型及輪廓進行控制。

【0038】 所述控制單元元件可包括記憶體 13。所述記憶體可包括隨機存取記憶體及/或永久記憶體。所述記憶體可包括至少一個隨機存取記憶體（**random-access memory**，RAM）晶片。所述記憶體可包括例如固態記憶體、磁性記憶體、光學記憶體及/或全像記憶體（**holographic memory**）。所述記憶體可至少部分地讓處理器進行存取。所述記憶體可包含電腦指令 14，處理器 11 被配置成執行電腦指令 14。當被配置成使處理器執行某些動作的電腦指令儲存於記憶體中且所述元件整體被配置成使用來自記憶體的電腦指令在處理器的引導之下運行時，處理器及/或處理器的至少一個處理核可被認為被配置成執行所述某些動作。記憶體 11 可至少部分地包含於處理器中。記憶體 11 可至少部分地位於所述元件之外，但可由控制單元元件進行存取。

【0039】 本發明所示特徵可由儲存於記憶體 13 中且包含指令的至少一個電腦程式產生，所述指令當在處理器 11 中執行時使所述處理器藉由輸出至雷射單元 12 的相應輸出控制訊號來控制雷射束 1、2a、2b 的構型。記憶體 13 亦可儲存會影響由處理器控制的環狀束 2 及/或中心束 1 的性質的各種參數 15，例如用於界定不同中

心束參數及/或環狀束參數以及界定可由操作者調節的不同焊接輪廓及程式的參數集。

【0040】 所述控制單元元件可包括使用者介面(user interface, UI) 16。所述使用者介面可包括例如顯示器、鍵盤、觸控螢幕中的至少一者。所述控制單元可被安排成至少部分地基於使用者輸入來控制雷射束構型及/或參數。控制單元 10 亦可連接至一或多個感測器 17，例如對雷射焊接操作的進度進行監測的感測器及/或偵測被處理的工件的性質的感測器。控制單元 10 亦可包括其他單元，例如被配置成根據至少一個蜂巢標準(cellular standard) 或非蜂巢標準(non-cellular standard)來傳送及接收資訊的發射器及接收器。

【0041】 根據一些實施例，控制單元 10 可被配置成無論其他束的狀態如何，皆會各別地控制中心束 1 及/或環狀束 2 中的功率密度。中心束 1 的功率密度與環狀束 2 的功率密度之間的關係可根據被焊接的工件的厚度來控制。舉例而言，控制單元 10 可被配置成因應於工件的厚度下降到預定厚度限值以下而關閉環狀束以關閉環狀雷射束。在一些實施例中，所述限值選自 4 毫米至 8 毫米的範圍，在一個實施例中為 6 毫米。可端視被焊接的材料來控制中心束 1 與環狀束 2 之間的不同的功率密度以及關係。

【0042】 亦存在可由控制單元 10 控制的其他焊接參數。此類參數的一些實例包括但不限於：焊接前進速度、中心束及/或環狀束的直徑、調變開/關、調變參數及其他束性質。

【0043】 實施例可應用於點焊應用及連續焊接應用。在連續焊接

的情形中，環狀束 2 在雷射處理頭的移動方向上的前緣（leading edge）產生第一強度峰值，且環狀束 2 的後緣（rear edge）產生第二強度峰值。因此，部件被分階段進行加熱，且後緣及前緣的強度程度相較於單一點束可較低，以產生充足的熔融。除預加熱以外，前緣亦會提供污染物消融（ablation）。此使得能夠避免急劇的溫度改變並避免或至少減少隨後的回火，且因此避免產生由急劇的溫度改變導致的較弱的區域。在連續的焊接中使用環狀束在避免濺灑方面亦為有利的。在實施例中，中心束 1 的功率密度可被設定為低的或者中心束可甚至完全關閉。因此可避免過熱。

【0044】 複合雷射束 7、即中心束 1 與環狀束 2 的混合可藉由將來自發端雷射元件及饋送光纖的雷射束組合於多芯光纖中而產生，自所述多芯光纖所得的具有中心束 1 及環狀束 2 的複合雷射束可被引導至工件。第一光學饋送光纖可與所述多芯光纖的第一芯對準，且第二光學饋送光纖可與所述多芯光纖的第二芯對準。所述多芯光纖的第一芯具有圓形橫截面，且第二芯具有與所述第一芯同心的環形形狀。以下說明再一些示例性實施例。

【0045】 在一些實施例中，亦參照圖 1c 的說明，將鎖孔雷焊接（keyhole laser welding）與熱傳導焊接組合起來應用以提供可動態修改的中心雷射束輪廓及環狀雷射束輪廓。熱傳導焊接可適用於焊接通常達近似 2 毫米的材料厚度的金屬片材。由能夠進行傳導焊接的雷射處理的金屬片材會衝擊出金屬的相對淺但寬的點。典型鎖孔圖案是由高亮度雷射（例如，光纖雷射）產生。鎖孔的

直徑可處於小於 1 毫米（例如 0.1 毫米）的範圍內，且點的直徑可處於例如數毫米（例如，3 毫米）的範圍內。當將純鎖孔焊接與由圓形雷射束及環形雷射束施加的混合焊接進行比較時，已注意到，混合焊接穿透較使用相同處理速度的純鎖孔焊接的穿透至少深 20%。

【0046】 圖 7 示出能夠獨立地進行中心束功率控制與環狀束功率控制且可應用以上所示的關於具體複合雷射束構型的特徵中的至少一些特徵的裝置的一個實施例。第一雷射元件 30 與光學饋送光纖 32 連接至雷射束組合器 34。同樣地，一或若干第二雷射 31 與饋送光纖 33 連接至束組合器 34。組合器的任務是對所有進入的雷射束進行排列以使所有雷射束可耦合至雙芯光纖 35。因此，雷射裝置的混合本質是具有在單個雙芯光纖 35 內傳播的兩個雷射束的結果。光纖 35 內的所述兩個雷射束通常具有不同的亮度及強度分佈曲線，且可具有不同的波長。此外，可藉由調節來自第一雷射元件 30 及第二雷射元件 31 的功率位準來獨立並連續地控制所述兩個雷射束中的功率位準。

【0047】 為達成束的足夠亮度，第一雷射元件 30 可為包括二極體激升（diode-pumped）單光纖雷射振盪器或二極體激升多光纖雷射振盪器、或者主振盪器-功率放大器（master oscillator-power amplifier，MOPA）模組的高亮度光纖雷射，所述組成元件例如分別由耦合至光纖諧振器的光纖耦合二極體雷射組成。高亮度雷射的其他實例為使用來自二極體雷射的光激升的光纖耦合薄碟雷射

(fiber-coupled thin-disc laser) 或 摻 釹 鈮 鋁 石 榴 石 (Neodymium-doped Yttrium Aluminium Garnet , Nd-YAG) 雷射。現代雷射技術常常依賴於光作為能量轉移媒介，乃因諸多主動固態光放大材料是絕緣體。二極體雷射因其較高的效率及較窄的光譜而已取代了先前使用的閃光燈作為能量幫浦。

【0048】 第二雷射元件 31 可被配置成提供用於形成如上所示環狀束 2 構型的具體第二雷射束。第二雷射元件 31 可為光纖雷射或光纖耦合雷射，所述光纖雷射或光纖耦合雷射亦可包括由二極體雷射激升的固態雷射諧振器，例如薄碟雷射諧振器（圖中未示出）。如圖 8a 所示，雙芯光纖 35 可被安排成在雙芯光纖 35 的中心芯中載送來自第一雷射元件 30 的雷射束，且在距中心芯一定距離處圍繞中心芯以環形安排的外芯中載送由一或多個第二雷射元件 31 產生的束。

【0049】 在一些實施例中，第一雷射元件 30 及第二雷射元件 31 兩者皆為光纖雷射，所述第一雷射元件 30 及第二雷射元件 31 分別具有可獨立控制的功率位準。一些雷射在構造上為光纖雷射，且固有地將光饋送至光纖中；其他雷射需要與光纖光學地介接以將雷射束對準至輸出光纖的芯。雷射裝置的用途及各別雷射模組的額定功率（power rating）及其他性質決定哪種類型的雷射將可行地連接至束組合器 34。

【0050】 在一些實施例中，所述裝置包括另外的二極體雷射元件（圖中未示出），所述二極體雷射元件為束組合器 34 提供二極體

雷射束。束組合器 34 適以將二極體雷射束與多芯光纖的所述至少一個第二芯對準。

【0051】 雙芯光纖在其相對端處連接至雷射處理頭 20，雷射處理頭 20 將經組合或複合雷射束 7 向前導引至工件 21。雷射處理頭 20 通常包括準直透鏡及聚焦透鏡，從而以所期望大小在工件 21 上產生具有自光纖 35 的末端發出的強度分佈曲線的影像，所述所期望大小由透鏡的焦距確定。雷射頭 20 的任務亦可為向焊接線提供加壓氣體噴射。加壓氣體亦可用來進一步保護雷射頭 20 內的光學元件不會碰到噴射熔融金屬，且亦自焊接線移除熔融金屬以幫助保持焊接線清潔。在一個實施例中，至少與焊接前進轉向點結合地施加氧輔助氣體 (oxygen assist gas)，以提供附加能量並使得能夠進一步改善該些點處的切焊接緣品質。

【0052】 在本發明的一個實施例中，所述裝置設置有控制單元，例如以上所示控制單元 10。所述控制單元亦可整合於雷射元件 30 或 31 中的一者中。作為另一選擇，為方便及可靠起見，所有的單元 30、31 及 10 可被置於單個殼體中並在所述單元的構造上彼此整合。正如所述，控制單元 10 可用於對環狀束 2 及中心束 1 的輪廓執行獨立功率控制，並使得能夠達成可藉由應用以上所示特徵中的至少一些特徵進行即時調節的可動態調節的環狀-中心束。所述控制單元可被配置成控制雷射元件 30、31 中的至少一者的調變及/或其他參數。較佳地，所述兩種雷射束的調變可被分別進行動態控制。因此，可藉由同一裝置來達成各種不同的焊接應用及目

的。束輪廓可被動態調節以適應各種具有挑戰性的焊接類型/應用的需求，例如不同材料、塗層及/或厚度。

【0053】 控制單元 10 可被安排成自雷射頭 20 的使用者接收回饋 36，或例如自光強度感測器接收自動回饋。然後使用所述回饋或輸入來控制雷射 30 及 31 的功率以遵循預定目標，或根據在工件 21 處觀察到的所得焊接結果來調節雷射功率。控制單元 10 或另一控制單元亦可控制裝置的其他功能，例如雷射處理頭 20 相對於工件的移動。

【0054】 根據本發明，束組合器 34 是由熔合二氧化矽組件製成，其中光功率藉由整個組合器結構在熔合二氧化矽內傳播，且所述組合器在輸入及輸出處具有光纖。因此，在本發明中，束組合器 34 可被稱為全玻璃光纖組合器。

【0055】 在圖 8a 中示出示例性雙芯/多芯光纖 50 的橫截面，雙芯/多芯光纖 50 具有帶有主要包層 54 的中心芯 51。外芯 53 在空間上由內包層 54 及外包層 55 形成。如對熟習此項技術者而言顯而易見，包層被定義為具有較芯的折射率低的折射率的材料。舉例而言，中心芯 51 的直徑可為 70 微米，且外芯 53 的內徑及外徑可分別為 100 微米及 180 微米。中心芯 51 及周緣芯 53 亦可採用不同於上述的其他形式。舉例而言，中心芯 51 可具有正方形或矩形形狀。周緣芯 53 亦可具有矩形邊界或由具有線性形狀或圓形形狀的多個區段構成。

【0056】 以虛線示出來自束組合器的熔合饋送光纖 56 及 57(在圖

9 中為光纖 72 及 71) 的端部的芯可如何與雙芯光纖 50 的橫截面對準。舉例而言，對準至周緣芯 53 (用於形成環狀束 2) 的四條饋送光纖中的每一者可具有 10 奈米的光譜寬度且以 20 奈米為間隔，因而使得對於環狀束 2 而言總光譜寬度為約 100 奈米。

【0057】 雙芯光纖 50 的中心芯 51 中的雷射輻照具有位於中心的且狹窄的空間強度分佈曲線，而外芯 53 中的強度分佈呈環圈形狀。此空間強度圖案進一步由雷射頭 20 中的處理光學元件成像至工件上。藉由此構型，在中心芯及外芯兩者中雷射束的束品質皆為相對高的。

【0058】 現在參照圖 8b，圖 8b 示出光學雙芯光纖 50 的示例性折射率分佈曲線。芯 51 及 53 的折射率 n_{51} 及 n_{53} 分別高於包圍材料 54 及 55 的折射率 n_{54} 及 n_{55} 。如此一來，雷射束被導引至工件，使環形強度分佈曲線的劣化以及每一芯中的光功率及強度的衰減的可能性最小。

【0059】 可藉由對熔合二氧化矽摻雜雜質而調節所述熔合二氧化矽的折射率。以鍍摻雜熔合二氧化矽會使得折射率增大，而以氟摻雜熔合二氧化矽會使得折射率減小。因此，舉例而言，芯 51 及 53 可由摻雜有鍍或未經摻雜的熔合二氧化矽製成，且芯 51 及 53 的主要包層 54 及 55 可由摻雜有氟的熔合二氧化矽製成。

【0060】 在圖 9 中示出光纖組合器 34 的關鍵光學組件 70。關鍵光學組件 70 為多孔毛細管，具有由熔合二氧化矽玻璃管 77 組成的本體部、用於自至少兩個雷射元件 (例如，來自元件 30 及 31 的

光纖 32 及 33) 接收由光學饋送光纖 71 及 72 載送的雷射束(圖中未示出)的輸入端 76。關鍵光學組件 70 亦具有用於遞送複合輸出雷射束的相對的輸出端 74，所述複合輸出雷射束由在同一方向上彼此對準的至少兩個雷射束組成。

【0061】 在輸入端 76 處進入的光學饋送光纖 71、72 在毛細管孔中穿過本體部延伸至輸出端 74，並與玻璃管 77 熔合以形成由光導芯 71a、72a 及包圍玻璃材料組成的組件。所述芯的折射率高於圍繞所述芯的包圍玻璃材料的折射率，以使光功率藉由全內反射而經由整個所述組件在所述芯中傳播。

【0062】 為示出光纖組合器的原理，未按比例繪製芯的尺寸及組件 70 的尺寸，且為清晰起見，僅以虛線示出一對芯。

【0063】 可藉由例如拉製 (drawing) 來製造光學組件 70。在此實例中，可存在位於中心的光纖 72 的直徑為約 300 微米的較大的孔，以及對稱放置且位於中心孔 72 的周圍的光纖 71 的四個較小的孔。舉例而言，所述較小的孔可具有約 150 微米的直徑。舉例而言，毛細管的外徑可為 1 毫米。舉例而言，管的材料可為熔合二氧化矽。塊體玻璃外包層(圖中未示出)已較佳地被至少部分地蝕刻掉的光纖被插入至中間孔中並被推動至毛細錐形管的腰部 73。當光纖放置就位時，在腰區段 73 處對毛細管 70 加熱以將光纖熔合至管並形成第一中心光導芯 72a 及第二光導芯 71a，所述第一中心光導芯 72a 及所述第二光導芯 71a 皆延伸穿過光學組件 70。

【0064】 作為另一選擇，光纖 71、72 可具有由純熔合二氧化矽材

料製成的內芯及由摻雜有氟的熔合二氧化矽製成的外包層。如此一來，由於光纖的光導芯固有地被具有較低折射率的材料環繞，因此光學組件 70 的熔合二氧化矽玻璃管 77 可由純熔合二氧化矽製造。此意味著即使毛細管的折射率與光纖芯中的折射率相同，光仍保持在芯 71a、72a 中。在此種情形中，塊體玻璃的外光纖包層可被向下蝕刻至摻雜有氟的包層，或甚至進一步地向下蝕刻，只要一些摻雜有氟的包層保持位於純的或摻雜有鍍的內光纖芯周圍即可。

【0065】 然後將熔合芯 71a、72a（以虛線示出）及管 70 切除或劈開以產生端表面 74。然後可在端 74 處將雙芯光纖 35（如同圖 8 中所示者）焊接至毛細管，從而產生接縫 75。

【0066】 在較佳實施例中，第一光學饋送光纖 72 的中心與組件 70 的中心對準，且例如四條第二光學饋送光纖 71 的中心被定位成在輸出端 74 處在距第一中心光導芯 72a 預定距離 R 處提供輸出束。應理解，第二饋送光纖的數目並非被限制為如此，而是舉例而言為 8 條、16 條或 32 條而非 4 條。第二光導芯 71a 較佳地相對於中心芯 72a 對稱地排列，以提供彼此之間具有 90° 的角度距離的輸出束。

【0067】 本發明所揭露的雷射焊接方法及裝置可應用於各種應用中。在需要針對具有不同性質（例如厚度）的雷射焊接材料達成的優異焊接表面品質及/或需要改變焊接操作及進行多種形式的焊接操作的應用中會達成特定優點。現在則可對該些變化的性質/要

求使用單個焊接裝置，進而能夠據此立即適應於最佳焊接束輪廓。作為一些實例，本發明系統可特別有利於汽車行業的焊接需要。

【0068】 應理解，本發明所揭露的實施例並非僅限於本文中所揭露的特定結構、製程步驟或材料，而是擴展至相關技術中具有通常知識者將認識到的所述特定結構、製程步驟或材料的等效形式。亦應理解，本文中所採用的術語僅用於闡述特定實施例，而並非旨在進行限制。

【0069】 本說明書通篇中所提及的「一個實施例」或「實施例」意指結合所述實施例所闡述的特定特徵、結構或特性包括於本發明的至少一個實施例中。因此，在本說明書通篇中各處出現的片語「在一個實施例中」或「在實施例中」未必皆指同一實施例。

【0070】 在本文中，本發明的各種實施例及實例可與其各種組件的替代形式一起提及。應理解，此類實施例、實例及替代形式不應被理解為彼此的實際等效形式，而是應被視為本發明的單獨及自主的表示形式。

【0071】 此外，在一或多個實施例中，所闡述的特徵、結構或特性可以任何適合的方式進行組合。在說明中提供眾多具體細節（例如長度、寬度、形狀等的實例）是為了提供對本發明實施例的透徹理解。然而，熟習相關技術者將認識到，無需所述具體細節中的一或多者亦可實踐本發明或以其他方法、組件、材料等亦可實踐本發明。在其他情形中，未詳細示出或闡述眾所習知的結構、

材料或操作以免使本發明的態樣模糊不清。

【0072】 儘管上述實例在一或多種特定應用中說明本發明的原理，然而對於此項技術中具有通常知識者將顯而易見的是，在不執行創造能力且不背離本發明的原理及概念的條件下可作出形式、使用及實作細節方面的諸多潤飾。因此，預期本發明除受下述申請專利範圍限制外將不受限制。

【符號說明】

【0073】

1：第一輸出雷射束/第一雷射輸出束/內部中心束/中心束/雷射束

2：第二輸出雷射束/第二雷射輸出束/環形外部環狀束/環狀束/雷射束

2a：束/第一波長/雷射束

2b：束/第二波長/雷射束

3：雷射處理頭

4、21：工件

5、6：線

7：複合雷射束

8：環形區

10：雷射單元/單元

11：處理器

12：雷射單元

- 13：記憶體
- 14：電腦指令
- 15：參數
- 16：使用者介面
- 17：感測器
- 20：雷射處理頭/雷射頭
- 30：第一雷射元件/單元
- 31：第二雷射/第二雷射元件/單元
- 32：光學饋送光纖
- 33：饋送光纖
- 34：雷射束組合器/束組合器
- 35：雙芯光纖/光纖
- 36：回饋
- 50：雙芯/多芯光纖/光學雙芯光纖
- 51：中心芯/芯
- 53：外芯/周緣芯/芯
- 54：主要包層/內包層/包圍材料
- 55：外包層/包圍材料/主要包層
- 56、57：熔合饋送光纖
- 70：關鍵光學組件/組件/光學組件/毛細管
- 71：光纖/第二光學饋送光纖/光學饋送光纖
- 71a：光導芯/第二光導芯

72：光纖/第一光學饋送光纖/光學饋送光纖/中心孔/第一中心
光導芯/熔合芯

72a：光導芯/熔合芯/中心芯

73：腰部/腰區段

74：輸出端/端表面

75：接縫

76：輸入端

77：熔合二氧化矽玻璃管

d_0 ：束直徑

f_{col} 、 f_{foc} ：焦距

n_{51} 、 n_{53} 、 n_{54} 、 n_{55} ：折射率

R：預定距離

Z_R ：瑞利距離

θ_0 ：會聚角



201929989

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 雷射處理裝置與方法**【英文發明名稱】** LASER PROCESSING APPARATUS AND METHOD

【中文】 本發明是有關於一種用於雷射焊接的裝置及其使用。一種雷射焊接裝置包括：至少一個第一雷射元件，分別為至少一條第一光學饋送光纖提供第一雷射束；至少一個第二雷射元件，分別為至少一條第二光學饋送光纖提供第二雷射束；用於產生複合雷射束的構件，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中第一輸出雷射束具有圓形橫截面且第二輸出雷射束具有與第一輸出雷射束同心的環形形狀。第二雷射元件是光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件。所述裝置被配置成至少基於第二雷射束形成第二輸出雷射束，且第二輸出雷射束包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者第二輸出雷射束具有最少 10 奈米的光譜寬度。

【英文】 The invention concerns an apparatus and its use for laser welding. A laser welding apparatus comprise at least one first laser device, each providing at least one first optical feed fiber with a first laser beam; at least one second laser device, each providing at least one second optical feed fiber with a second laser beam; means for generating a composite laser beam comprising a first output laser

beam and a second output laser beam for welding a workpiece; wherein the first output laser beam has a circular cross-section and the second output laser beam has an annular shape concentric to the first output laser beam. The second laser device is a fiber laser device or a fiber-coupled laser device. The apparatus is configured to form the second output laser beam at least on the basis of the second laser beam, and the second output laser beam comprises a first wavelength and a second wavelength having difference of at least 10 nanometers, or the second output laser beam has spectrum width of least 10 nanometers.

【指定代表圖】圖3。

【代表圖之符號簡單說明】

d_0 ：束直徑

f_{col} 、 f_{foc} ：焦距

Z_R ：瑞利距離

θ_0 ：會聚角

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種雷射焊接裝置，包括：

- 至少一個第一雷射元件（30），所述至少一個第一雷射元件（30）中的每一者為至少一條第一光學饋送光纖（32）提供第一雷射束；

- 至少一個第二雷射元件（31），所述至少一個第二雷射元件（31）中的每一者為至少一條第二光學饋送光纖（33）提供第二雷射束；

- 用於產生複合雷射束（7）的構件，所述複合雷射束（7）包括用於焊接工件（21）的第一輸出雷射束（1）及第二輸出雷射束（2）；其中所述第一輸出雷射束（1）具有圓形橫截面且所述第二雷射束（2）具有與所述第一輸出雷射束（1）同心的環形形狀，

所述第二雷射元件（31）是光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件，

所述裝置被配置成至少基於所述第二雷射束形成所述第二輸出雷射束（2），且

所述第二輸出雷射束（2）包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者

所述第二輸出雷射束（2）具有至少 10 奈米的光譜寬度。

【第2項】 如申請專利範圍第 1 項所述的雷射焊接裝置，其中所述第二光纖雷射輸出束（2）的波長為 800 奈米至 815 奈米。

【第3項】 如申請專利範圍第 1 項所述的雷射焊接裝置，其中所述

裝置包括控制單元（10），所述控制單元（10）在功能上連接至所述第一雷射元件（30）及所述第二雷射元件（31）以各別地控制所述第一輸出雷射束（1）及/或所述第二輸出雷射束（2）中的功率密度。

【第4項】如前述申請專利範圍中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述用於產生所述複合雷射束的構件包括：

- 束組合構件（34），連接至所述第一饋送光纖（32）及所述第二饋送光纖（33）並連接至多芯光纖（35，50，70），所述組合構件（34）適以藉由使所述至少一條第一光學饋送光纖（72，56）與所述多芯光纖（50）的第一芯（51）對準且使所述至少一條第二光學饋送光纖（71，57）與所述多芯光纖（50）的至少一個第二芯（53）對準而形成所述複合雷射束（7），以及

- 所述第一芯（51）及所述第二芯（53），能夠連接至雷射處理頭（20），以將所述複合雷射束（7）引導至所述工件（21）。

【第5項】如前述申請專利範圍中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述第一雷射元件（30）包括光纖雷射元件，且所述第二雷射元件（31）包括光纖耦合二極體雷射元件。

【第6項】如前述申請專利範圍中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述雷射處理裝置（36）及所述複合雷射束（7）適以焊接具有介於 1 毫米至 20 毫米之間的厚度的鋁板。

【第7項】如前述申請專利範圍中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述第二輸出雷射束（2）的所述光譜寬度小於 100 奈米。

【第8項】如前述申請專利範圍中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述第二輸出雷射束（2）的波長位於 800 奈米至 1100 奈米的範圍內。

【第9項】一種使用雷射束焊接工件的方法，包括以下步驟：

- 自連接至至少一個第一雷射元件（30）的至少一條第一光學饋送光纖（32）提供至少一個第一雷射束；

- 自連接至至少一個第二雷射元件（31）的至少一條第二光學饋送（33）光纖提供至少一個第二雷射束；

- 產生複合雷射束（7），所述複合雷射束（7）包括用於焊接工件（21）的第一輸出雷射束（1）及第二輸出雷射束（2）；其中所述第一輸出雷射束（1）具有圓形橫截面且所述第二輸出雷射束（2）具有與所述第一輸出雷射束同心的環形形狀，

所述第二輸出雷射束（2）是由光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件至少基於所述第二雷射束來形成，且

所述第二輸出雷射束（2）包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者

所述第二輸出雷射束（2）具有最少 10 奈米的光譜寬度。

【第10項】如申請專利範圍第 9 項所述的使用雷射束焊接工件的方法，其中所述第一輸出束（1）及所述第二輸出束（2）中的功率密度藉由在功能上連接至所述第一雷射元件（30）及/或所述第二雷射元件（31）的控制單元（10）進行各別控制。

【發明說明書】

【中文發明名稱】雷射焊接裝置及使用雷射束焊接工件的方法

【英文發明名稱】LASER WELDING APPARATUS AND METHOD
FOR WELDING A WORKPIECE WITH A LASER BEAM

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種雷射焊接裝置與方法。具體而言，本發明是有關於藉由雷射處理來焊接材料。

【先前技術】

【0002】當以雷射束來焊接金屬時，雷射束通常藉由聚光透鏡被聚集成 100 微米至 500 微米的點以提高能量密度，並立即將工件加熱至 1500°C 或高於 1500°C 的溫度以使工件熔融。同時，可饋送輔助氣體（assist gas）以防止熔融金屬的氧化。相較於 CO₂ 雷射的處於十微米波段的雷射束而言，來自固態雷射或光纖雷射的一微米波段的雷射束在金屬加工件（metallic work）上達成非常高的光能強度及吸收率。然而，若將具有高斯束（Gaussian beam）的一微米波段的雷射束與氧輔助氣體一起使用來切割軟鋼板工件（mild steel sheet workpiece），則工件的頂面上的熔融寬度會不必要地變寬並削弱切口（kerf）控制。另外，可發生自燃（self-burning），此會使雷射切割的品質劣化。

【0003】已知在雷射材料處理領域中使用環狀雷射束，所述環狀雷射束提供可被闡述為具有環形或「環圈（doughnut）」式形狀的

強度分佈。已觀察到，在使用環圈狀束而非更傳統的束輪廓時，可以低得多的功率位準來對給定厚度的金屬執行切割，此可提高切割速度及品質。

【0004】 US8781269 揭露將雷射束引導至多包層（multi-clad）光纖來產生輸出雷射束的不同束輪廓特性的各種排列形式，其中輸入雷射束可選地耦合至內光纖芯（inner fiber core）中或外環芯（outer ring core）中。

【0005】 此類材料處理應用致力於使雷射束的亮度最大化。亮度被定義為每單位立體角（solid angle）及每單位面積的功率。作為亮度的重要性的實例，藉由增大雷射束的亮度，可提高處理速度或增加材料厚度。可自例如光纖雷射及薄碟雷射（thin disc laser）獲得高亮度雷射束。直接二極體雷射的亮度亦已不斷地得到改善，但用於材料處理的商業直接二極體雷射尚未完全達到光纖雷射或薄碟雷射的亮度。

【0006】 在根據先前技術的雷射焊接中，雷射束的穿透可沿著焊縫（weld seam）變化，因而會形成不規則或粗糙的焊縫。因此需要用於雷射焊接的改進的方法及元件。

【發明內容】

【0007】 本發明是由獨立請求項的特徵來界定。在附屬請求項中界定一些具體實施例。

【0008】 根據本發明的一個態樣，一種雷射焊接裝置包括：至少一個第一雷射元件，所述至少一個第一雷射元件中的每一者為至

少一條第一光學饋送光纖提供第一雷射束；至少一個第二雷射元件，所述至少一個第二雷射元件中的每一者為至少一條第二光學饋送光纖提供第二雷射束；用於產生複合雷射束的構件，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中所述第一輸出雷射束具有圓形橫截面且所述第二輸出雷射束具有與所述第一輸出雷射束同心的環形形狀。所述第二雷射元件是光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件。所述裝置被配置成至少基於所述第二雷射束形成所述第二輸出雷射束，且所述第二輸出雷射束包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者所述第二輸出雷射束具有最少 10 奈米的光譜寬度。

【0009】 根據本發明的第二態樣，一種使用雷射束焊接工件的方法包括以下步驟：

- 自連接至至少一個第一雷射元件的至少一條第一光學饋送光纖提供至少一個第一雷射束；
- 自連接至至少一個第二雷射元件的至少一條第二光學饋送光纖提供至少一個第二雷射束；
- 產生複合雷射束，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中所述第一輸出雷射束具有圓形橫截面且所述第二輸出雷射束具有與所述第一輸出雷射束同心的環形形狀，所述第二輸出雷射束（2）是由光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件至少基於所述第二雷射束來形成，所述第二輸出雷射束（2）包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，

或者所述第二輸出雷射束（2）具有最少 10 奈米的光譜寬度。

【0010】 根據實施例，所述第二輸出雷射束的波長為 800 奈米至 815 奈米。

【0011】 根據實施例，所述第一雷射元件包括光纖雷射元件，且所述第二雷射元件包括光纖耦合二極體雷射元件。

【0012】 根據實施例，雷射焊接裝置及複合雷射束適以焊接具有介於 1 毫米至 20 毫米之間的厚度的鋁板。

【0013】 根據實施例，提供一種控制單元，所述控制單元在功能上連接至所述第一雷射元件及所述第二雷射元件以各別地控制所述第一輸出雷射束及/或所述第二輸出雷射束中的功率密度。

【0014】 接下來，參照附圖更詳細地闡述本發明的實施例。

【圖式簡單說明】

【0015】 以下，參照附圖詳細闡述本發明，在附圖中：

圖 1a 及圖 1c 示出根據本發明一些實施例的雷射焊接操作的實例。

圖 1b 示出根據本發明一些實施例的複合雷射束的橫截面。

圖 2a 及圖 2b 示出根據本發明一些實施例的第二輸出雷射束的性質。

圖 3 示出用於聚焦複合雷射束的光學配置。

圖 4 示出與瑞利長度（Rayleigh length）相關的束參數。

圖 5 示出焦移的模擬結果。

圖 6 示出根據本發明一些實施例的用於進行雷射束輪廓功率

控制的控制單元。

圖 7 示出根據本發明一些實施例的裝置的實例。

圖 8a 示出根據一些實施例的耦合構件的接收端的橫截面。

圖 8b 示出根據一些實施例的在耦合構件的輸出處的折射率分佈曲線。

圖 9 示意性地示出根據實施例的光學組件。

【實施方式】

【0016】 現在提供一種能夠改善焊接品質的方法及裝置。此是藉由應用以下進一步說明的具體複合雷射束構型來達成。

【0017】 參照圖 1a，本發明特徵可用於方法及裝置，其中自雷射處理頭 3 對待焊接的工件 4 部件施加具有實質上圓形橫截面的第一雷射輸出束 1 以及具有與第一雷射輸出束同心的實質上環形形狀的第二雷射輸出束 2。第一輸出雷射束 1 因此可被稱為圓形束或中心束，且第二輸出雷射束 2 可被稱為環形束或環狀束。

【0018】 在圖 1b 中示出自雷射處理頭 3 發出至工件 4 的複合雷射束 7 的結構。環形外部環狀束 2 載送由第二雷射元件提供的雷射功率。對應地，內部中心束 1 載送由第一雷射元件提供的雷射功率。

【0019】 在一些實施例中，中心束 1 是基於來自光纖雷射（元件）的雷射束形成，且環狀束 2 是由光纖雷射（元件）或光纖耦合雷射（元件）形成。中心束 1 及環狀束 2 可被選擇性地引導至待焊接的部件。

【0020】 中心束 1 可被配置成在工件中形成鎖孔圖案，如圖 1c 所示。在束 1 與束 2 之間的是環形區 8，環形區 8 僅提供雜散的雷射輻照或不提供任何雷射輻照。

【0021】 複合雷射束 7 中的具體環形束構型用於改善焊接品質。在一些實施例中，環狀束 2 包括具有兩個不同波長的束 2a、2b。如圖 2a 進一步所示，環狀束 2 可包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，所述差可指平均波長差。在一些替代實施例中，參照圖 2b，環狀束 2 具有至少 10 奈米的光譜寬度，所述光譜寬度可指環狀束 2 的總光譜寬度，環狀束 2 可由在一些實施例中可能具有不同波長的一或多個束形成。應注意，圖 2b 示出用於確定光譜寬度的僅一個選項，且環狀束的光譜寬度可在強度峰值的較高強度程度處界定。其他實施例中的光譜寬度不超過 100 奈米，且光譜寬度可在 10 奈米至 100 奈米（例如 10 奈米至 50 奈米）之間的範圍內進行選擇。

【0022】 應用至少 10 奈米的平均波長差或至少 10 奈米寬的光譜的本發明安排使得能夠達成沿著束的路徑具有較小的穿透深度的變化。相較於不設置有具體環形束構造的線 5 而言，此是由圖 1c 中具有相對小的變化的線 6 示出。另外，濺灑 (spatter) 量可減少，且可達成較低的孔隙率。此外，在焊接鋁及鋁合金的同時，可使用具有至少 10 奈米的平均波長差或至少 10 奈米寬的光譜的環狀束 2 自表面移除氧化鋁而不發生變型。此方法會減少氧化鋁封閉件的量，且提供較佳及較強的焊縫品質。另外，可避免或減少用

於移除氧化物的焊接之前的額外的準備。

【0023】 已利用環狀束 2 中的不同的光譜寬度對具體複合雷射束構型進行了測試。觀察到 10 奈米的光譜寬度提供較 5 奈米的光譜寬度實質上更佳的接縫品質及更低的孔隙率。在示例性構型中，環狀束 2 的約 100 奈米的光譜寬度可藉由設定四個雷射束源（在第二雷射元件輸出中）來達成，所述四個雷射束源分別具有 10 奈米的光譜寬度以 20 奈米為間隔。舉例而言，可應用處於 1030 奈米至 1090 奈米的範圍內的波長。

【0024】 參照圖 3，圖 3 示出用於進行雷射束轉換的光學系統。在至少一些實施例中，此種光學系統可應用於雷射處理頭 3 以達成複合雷射束 7。

【0025】 準直透鏡及聚焦透鏡的焦距分別為 f_{col} 及 f_{foc} ， θ_0 為會聚角（convergence angle）， d_0 為束直徑，且 Z_R 為在工件上的焦點處的瑞利距離（Rayleigh distance）。

【0026】 焦點直徑取決於發散角（divergence angle）且取決於聚焦束的束參數乘積（beam-parameter product，bpp）。

$$d_0 = 2r_0 = 2 \frac{bpp}{\theta_0} \Rightarrow d_0 = 2 \frac{\lambda M^2}{\pi \theta_0}$$

其中 M^2 為束理想因子，且 λ 為束的自由空間波長。

【0027】 圖 4 進一步示出與瑞利距離相關的束參數。瑞利距離是適用於評價由於處理頭的光學元件中所使用的材料的折射率的色散而引起的寬光譜雷射的波長的焦點移位 Df 的標度。瑞利距離

Z_R 提供雷射束在焦點處的焦距。參數 $b=2Z_R$ 可被闡述為焦深 (depth of focus)。理想高斯雷射束 (Gaussian laser beam) 的瑞利距離藉由焦點處的最小束半徑 w_0 及波長 λ 來定義：

$$Z_R = \frac{\pi w_0^2}{\lambda}$$

對於非理想或多模雷射束而言，瑞利距離較理想高斯束的瑞利距離小 M^2 倍。當 $Df \ll Z_R$ 時，由束的不同波長引起的焦點距離變化可能不會顯著影響雷射處理品質。另一方面，當 $Df \sim Z_R$ 或 $Df > Z_R$ 時，波長譜的寬度可能會顯著地影響雷射焊接品質。注意到，經處理材料的厚度亦會影響所述品質。

【0028】 圖 5 示出由於由熔合二氧化矽製成的單個透鏡部件的折射率色散而引起的焦移的模擬結果。在實例中，當以 250 毫米的聚焦透鏡進行雷射焊接時，可達成 0.1 毫米的焦移，其中第二輸出雷射束的第一波長 $2a$ 與第二波長 $2b$ 的波長差為 15 奈米。當如在典型處理頭中那樣使用多透鏡部件時，相較於單個部件的情形，由色散引起的焦移亦會增加。

【0029】 光纖或光纖耦合雷射 (元件) 的功率位準可根據所討論的應用的需要來控制，例如控制成自 0 千瓦至 10 千瓦或甚至更大。在諸多應用中，可對環狀束 2 施加大約 1 千瓦至 4 千瓦的光纖雷射輸出功率位準。

【0030】 本發明具體複合雷射構型使得能夠施加較使用傳統雷射束時更低的功率位準來進行焊接。在示例性實施例中，中心束 1 的雷射功率可為 600 瓦且環狀束 2 的雷射功率可為 1 千瓦，並且

具有用於焊接鋁（給出 3000 系列鋁的實例）的 100 毫米/秒的焊接速度。藉由該些參數，可達成 1 毫米的穿透深度及非常好的雷射焊接品質。

【0031】 雷射焊縫的熔體池的長度可藉由適當地控制中心束 1 及環狀束 2 的焊接參數而針對本發明具體複合束構型最佳化。可藉由將熔體池的長度最佳化並使熔體池內的紊流（turbulent flow）最小化來實質上減少濺灑。另外，藉由將熔體池的長度最佳化，可產生足夠的時間來使氣體及氣泡在熔體凝固之前逃逸出熔體。此有利於較低的孔隙率及減少焊縫中的空隙的數目。

【0032】 在一些實施例中，環狀束 2 中的光纖或光纖耦合雷射的波長處於 1030 奈米至 1090 奈米的範圍內。舉例而言，中心束 1 中的光纖雷射的波長可依據所討論的應用來選擇，在一些實施例中處於 700 奈米至 1200 奈米的範圍內，例如為 1070 奈米。

【0033】 在一些實施例中，雷射焊接裝置及複合雷射束適以焊接鋁板。鋁板可具有 1 毫米至 20 毫米、較佳地 1 毫米至 10 毫米之間的厚度。舉例而言，可選擇處於 800 奈米至 1100 奈米範圍內的環狀束 2 的波長。環狀束 2 中的 808 奈米的波長使得能夠至少在焊接 6000 系列鋁合金件時由於在 808 奈米的波長處的吸收峰值而獲得品質特別好的焊接結果。

【0034】 在一些其他實施例中，第二輸出雷射束 2 可包括光學耦合二極體雷射束。在環狀束 2 中添加適當的光纖耦合二極體雷射束有利於增加複合雷射束 7 的光功率的吸收。

【0035】 在實施例中，應用光纖與二極體雷射的組合來形成環狀束 2。舉例而言，環狀束 2 的光源（第二雷射元件或另外的第三雷射元件的光源）中的一者可發射二極體光。相較於不對環形束設置二極體雷射元件的線 5 而言，此使得能夠進一步提高穿透深度的穩定性，亦如圖 1c 中具有相對小的變化的線 6 所示。束 2a 在此實施例中可指光纖雷射束，且束 2b 可指二極體雷射束。在一些實施例中，環狀束中的二極體雷射束的波長處於 0.5 微米至 1.5 微米的範圍內。在一些實施例中，對環狀束 2 應用處於 10 瓦至 50 瓦範圍內的二極體雷射輸出功率位準。在一些實施例中，環狀束中的光纖束及二極體束以及其功率位準可獨立地適應。

【0036】 因此存在可藉由應用本發明所揭露的特徵並應用所添加的二極體光來進行複合雷射束焊接達成的各種優點。一個優點是焊縫品質及均勻性皆可得到改善。呈環形環的光纖雷射的組合中的二極體光的具體構型使得能夠改善焊接品質。此外，由於可達成所處理的材料更穩定的熔體池，因此此使得能夠減少濺灑。

【0037】 圖 6 示出對雷射裝置的中心束 1 及環狀束 2 的產生進行控制的根據一些實施例的控制單元 10。控制單元 10 直接或間接連接至至少一個雷射單元 12，所述至少一個雷射單元 12 適以產生中心束 1 及/或環狀束 2。控制單元 10 可包括設置有適當軟體以進行功率控制的通用電腦，或者所述控制單元可包括微控制器。所述控制單元包括至少一個處理器 11，所述至少一個處理器 11 可為單核處理器或多核處理器，其中單核處理器包括一個處理核而多核

處理器包括多於一個處理核。所述處理器可包括至少一個應用專用積體電路（**application-specific integrated circuit**），ASIC。所述處理器可為用於在元件中執行方法步驟的構件。所述處理器可至少部分地由電腦指令配置成對本發明所示具體複合束構型及輪廓進行控制。

【0038】 所述控制單元元件可包括記憶體 13。所述記憶體可包括隨機存取記憶體及/或永久記憶體。所述記憶體可包括至少一個隨機存取記憶體（**random-access memory**，RAM）晶片。所述記憶體可包括例如固態記憶體、磁性記憶體、光學記憶體及/或全像記憶體（**holographic memory**）。所述記憶體可至少部分地讓處理器進行存取。所述記憶體可包含電腦指令 14，處理器 11 被配置成執行電腦指令 14。當被配置成使處理器執行某些動作的電腦指令儲存於記憶體中且所述元件整體被配置成使用來自記憶體的電腦指令在處理器的引導之下運行時，處理器及/或處理器的至少一個處理核可被認為被配置成執行所述某些動作。記憶體 13 可至少部分地包含於處理器中。記憶體 13 可至少部分地位於所述元件之外，但可由控制單元元件進行存取。

【0039】 本發明所示特徵可由儲存於記憶體 13 中且包含指令的至少一個電腦程式產生，所述指令當在處理器 11 中執行時使所述處理器藉由輸出至雷射單元 12 的相應輸出控制訊號來控制雷射束 1、2a、2b 的構型。記憶體 13 亦可儲存會影響由處理器控制的環狀束 2 及/或中心束 1 的性質的各種參數 15，例如用於界定不同中

心束參數及/或環狀束參數以及界定可由操作者調節的不同焊接輪廓及程式的參數集。

【0040】 所述控制單元元件可包括使用者介面(user interface, UI) 16。所述使用者介面可包括例如顯示器、鍵盤、觸控螢幕中的至少一者。所述控制單元可被安排成至少部分地基於使用者輸入來控制雷射束構型及/或參數。控制單元 10 亦可連接至一或多個感測器 17，例如對雷射焊接操作的進度進行監測的感測器及/或偵測被處理的工件的性質的感測器。控制單元 10 亦可包括其他單元，例如被配置成根據至少一個蜂巢標準(cellular standard) 或非蜂巢標準(non-cellular standard)來傳送及接收資訊的發射器及接收器。

【0041】 根據一些實施例，控制單元 10 可被配置成無論其他束的狀態如何，皆會各別地控制中心束 1 及/或環狀束 2 中的功率密度。中心束 1 的功率密度與環狀束 2 的功率密度之間的關係可根據被焊接的工件的厚度來控制。舉例而言，控制單元 10 可被配置成因應於工件的厚度下降到預定厚度限值以下而關閉環狀束以關閉環狀雷射束。在一些實施例中，所述限值選自 4 毫米至 8 毫米的範圍，在一個實施例中為 6 毫米。可端視被焊接的材料來控制中心束 1 與環狀束 2 之間的不同的功率密度以及關係。

【0042】 亦存在可由控制單元 10 控制的其他焊接參數。此類參數的一些實例包括但不限於：焊接前進速度、中心束及/或環狀束的直徑、調變開/關、調變參數及其他束性質。

【0043】 實施例可應用於點焊應用及連續焊接應用。在連續焊接

的情形中，環狀束 2 在雷射處理頭的移動方向上的前緣（leading edge）產生第一強度峰值，且環狀束 2 的後緣（rear edge）產生第二強度峰值。因此，部件被分階段進行加熱，且後緣及前緣的強度程度相較於單一點束可較低，以產生充足的熔融。除預加熱以外，前緣亦會提供污染物消融（ablation）。此使得能夠避免急劇的溫度改變並避免或至少減少隨後的回火，且因此避免產生由急劇的溫度改變導致的較弱的區域。在連續的焊接中使用環狀束在避免濺灑方面亦為有利的。在實施例中，中心束 1 的功率密度可被設定為低的或者中心束可甚至完全關閉。因此可避免過熱。

【0044】 複合雷射束 7、即中心束 1 與環狀束 2 的混合可藉由將來自發端雷射元件及饋送光纖的雷射束組合於多芯光纖中而產生，自所述多芯光纖所得的具有中心束 1 及環狀束 2 的複合雷射束可被引導至工件。第一光學饋送光纖可與所述多芯光纖的第一芯對準，且第二光學饋送光纖可與所述多芯光纖的第二芯對準。所述多芯光纖的第一芯具有圓形橫截面，且第二芯具有與所述第一芯同心的環形形狀。以下說明再一些示例性實施例。

【0045】 在一些實施例中，亦參照圖 1c 的說明，將鎖孔雷焊接（keyhole laser welding）與熱傳導焊接組合起來應用以提供可動態修改的中心雷射束輪廓及環狀雷射束輪廓。熱傳導焊接可適用於焊接通常達近似 2 毫米的材料厚度的金屬片材。由能夠進行傳導焊接的雷射處理的金屬片材會衝擊出金屬的相對淺但寬的點。典型鎖孔圖案是由高亮度雷射（例如，光纖雷射）產生。鎖孔的

直徑可處於小於 1 毫米（例如 0.1 毫米）的範圍內，且點的直徑可處於例如數毫米（例如，3 毫米）的範圍內。當將純鎖孔焊接與由圓形雷射束及環形雷射束施加的混合焊接進行比較時，已注意到，混合焊接穿透較使用相同處理速度的純鎖孔焊接的穿透至少深 20%。

【0046】 圖 7 示出能夠獨立地進行中心束功率控制與環狀束功率控制且可應用以上所示的關於具體複合雷射束構型的特徵中的至少一些特徵的裝置的一個實施例。第一雷射元件 30 與光學饋送光纖 32 連接至雷射束組合器 34。同樣地，一或若干第二雷射 31 與饋送光纖 33 連接至束組合器 34。組合器的任務是對所有進入的雷射束進行排列以使所有雷射束可耦合至雙芯光纖 35。因此，雷射裝置的混合本質是具有在單個雙芯光纖 35 內傳播的兩個雷射束的結果。光纖 35 內的所述兩個雷射束通常具有不同的亮度及強度分佈曲線，且可具有不同的波長。此外，可藉由調節來自第一雷射元件 30 及第二雷射元件 31 的功率位準來獨立並連續地控制所述兩個雷射束中的功率位準。

【0047】 為達成束的足夠亮度，第一雷射元件 30 可為包括二極體激升（diode-pumped）單光纖雷射振盪器或二極體激升多光纖雷射振盪器、或者主振盪器-功率放大器（master oscillator-power amplifier，MOPA）模組的高亮度光纖雷射，所述組成元件例如分別由耦合至光纖諧振器的光纖耦合二極體雷射組成。高亮度雷射的其他實例為使用來自二極體雷射的光激升的光纖耦合薄碟雷射

(fiber-coupled thin-disc laser) 或 摻 釹 鈮 鋁 石 榴 石 (Neodymium-doped Yttrium Aluminium Garnet , Nd-YAG) 雷射。現代雷射技術常常依賴於光作為能量轉移媒介，乃因諸多主動固態光放大材料是絕緣體。二極體雷射因其較高的效率及較窄的光譜而已取代了先前使用的閃光燈作為能量幫浦。

【0048】 第二雷射元件 31 可被配置成提供用於形成如上所示環狀束 2 構型的具體第二雷射束。第二雷射元件 31 可為光纖雷射或光纖耦合雷射，所述光纖雷射或光纖耦合雷射亦可包括由二極體雷射激升的固態雷射諧振器，例如薄碟雷射諧振器（圖中未示出）。如圖 8a 所示，雙芯光纖 35 可被安排成在雙芯光纖 35 的中心芯中載送來自第一雷射元件 30 的雷射束，且在距中心芯一定距離處圍繞中心芯以環形安排的外芯中載送由一或多個第二雷射元件 31 產生的束。

【0049】 在一些實施例中，第一雷射元件 30 及第二雷射元件 31 兩者皆為光纖雷射，所述第一雷射元件 30 及第二雷射元件 31 分別具有可獨立控制的功率位準。一些雷射在構造上為光纖雷射，且固有地將光饋送至光纖中；其他雷射需要與光纖光學地介接以將雷射束對準至輸出光纖的芯。雷射裝置的用途及各別雷射模組的額定功率（power rating）及其他性質決定哪種類型的雷射將可行地連接至束組合器 34。

【0050】 在一些實施例中，所述裝置包括另外的二極體雷射元件（圖中未示出），所述二極體雷射元件為束組合器 34 提供二極體

雷射束。束組合器 34 適以將二極體雷射束與多芯光纖的所述至少一個第二芯對準。

【0051】 雙芯光纖在其相對端處連接至雷射處理頭 20，雷射處理頭 20 將經組合或複合雷射束 7 向前導引至工件 21。雷射處理頭 20 通常包括準直透鏡及聚焦透鏡，從而以所期望大小在工件 21 上產生具有自光纖 35 的末端發出的強度分佈曲線的影像，所述所期望大小由透鏡的焦距確定。雷射頭 20 的任務亦可為向焊接線提供加壓氣體噴射。加壓氣體亦可用來進一步保護雷射頭 20 內的光學元件不會碰到噴射熔融金屬，且亦自焊接線移除熔融金屬以幫助保持焊接線清潔。在一個實施例中，至少與焊接前進轉向點結合地施加氧輔助氣體 (oxygen assist gas)，以提供附加能量並使得能夠進一步改善該些點處的切焊接緣品質。

【0052】 在本發明的一個實施例中，所述裝置設置有控制單元，例如以上所示控制單元 10。所述控制單元亦可整合於雷射元件 30 或 31 中的一者中。作為另一選擇，為方便及可靠起見，所有的單元 30、31 及 10 可被置於單個殼體中並在所述單元的構造上彼此整合。正如所述，控制單元 10 可用於對環狀束 2 及中心束 1 的輪廓執行獨立功率控制，並使得能夠達成可藉由應用以上所示特徵中的至少一些特徵進行即時調節的可動態調節的環狀-中心束。所述控制單元可被配置成控制雷射元件 30、31 中的至少一者的調變及/或其他參數。較佳地，所述兩種雷射束的調變可被分別進行動態控制。因此，可藉由同一裝置來達成各種不同的焊接應用及目

的。束輪廓可被動態調節以適應各種具有挑戰性的焊接類型/應用的需求，例如不同材料、塗層及/或厚度。

【0053】 控制單元 10 可被安排成自雷射頭 20 的使用者接收回饋 36，或例如自光強度感測器接收自動回饋。然後使用所述回饋或輸入來控制雷射 30 及 31 的功率以遵循預定目標，或根據在工件 21 處觀察到的所得焊接結果來調節雷射功率。控制單元 10 或另一控制單元亦可控制裝置的其他功能，例如雷射處理頭 20 相對於工件的移動。

【0054】 根據本發明，束組合器 34 是由熔合二氧化矽組件製成，其中光功率藉由整個組合器結構在熔合二氧化矽內傳播，且所述組合器在輸入及輸出處具有光纖。因此，在本發明中，束組合器 34 可被稱為全玻璃光纖組合器。

【0055】 在圖 8a 中示出示例性雙芯/多芯光纖 50 的橫截面，雙芯/多芯光纖 50 具有帶有主要包層 54 的中心芯 51。外芯 53 在空間上由內包層 54 及外包層 55 形成。如對熟習此項技術者而言顯而易見，包層被定義為具有較芯的折射率低的折射率的材料。舉例而言，中心芯 51 的直徑可為 70 微米，且外芯 53 的內徑及外徑可分別為 100 微米及 180 微米。中心芯 51 及周緣芯 53 亦可採用不同於上述的其他形式。舉例而言，中心芯 51 可具有正方形或矩形形狀。周緣芯 53 亦可具有矩形邊界或由具有線性形狀或圓形形狀的多個區段構成。

【0056】 以虛線示出來自束組合器的熔合饋送光纖 56 及 57(在圖

9 中為光纖 72 及 71) 的端部的芯可如何與雙芯光纖 50 的橫截面對準。舉例而言，對準至周緣芯 53 (用於形成環狀束 2) 的四條饋送光纖中的每一者可具有 10 奈米的光譜寬度且以 20 奈米為間隔，因而使得對於環狀束 2 而言總光譜寬度為約 100 奈米。

【0057】 雙芯光纖 50 的中心芯 51 中的雷射輻照具有位於中心的且狹窄的空間強度分佈曲線，而外芯 53 中的強度分佈呈環圈形狀。此空間強度圖案進一步由雷射頭 20 中的處理光學元件成像至工件上。藉由此構型，在中心芯及外芯兩者中雷射束的束品質皆為相對高的。

【0058】 現在參照圖 8b，圖 8b 示出光學雙芯光纖 50 的示例性折射率分佈曲線。芯 51 及 53 的折射率 n_{51} 及 n_{53} 分別高於包圍材料 54 及 55 的折射率 n_{54} 及 n_{55} 。如此一來，雷射束被導引至工件，使環形強度分佈曲線的劣化以及每一芯中的光功率及強度的衰減的可能性最小。

【0059】 可藉由對熔合二氧化矽摻雜雜質而調節所述熔合二氧化矽的折射率。以鍺摻雜熔合二氧化矽會使得折射率增大，而以氟摻雜熔合二氧化矽會使得折射率減小。因此，舉例而言，芯 51 及 53 可由摻雜有鍺或未經摻雜的熔合二氧化矽製成，且芯 51 及 53 的主要包層 54 及 55 可由摻雜有氟的熔合二氧化矽製成。

【0060】 在圖 9 中示出光纖組合器 34 的關鍵光學組件 70。關鍵光學組件 70 為多孔毛細管，具有由熔合二氧化矽玻璃管 77 組成的本體部、用於自至少兩個雷射元件 (例如，來自元件 30 及 31 的

光纖 32 及 33) 接收由光學饋送光纖 71 及 72 載送的雷射束 (圖中未示出) 的輸入端 76。關鍵光學組件 70 亦具有用於遞送複合輸出雷射束的相對的輸出端 74，所述複合輸出雷射束由在同一方向上彼此對準的至少兩個雷射束組成。

【0061】 在輸入端 76 處進入的光學饋送光纖 71、72 在毛細管孔中穿過本體部延伸至輸出端 74，並與玻璃管 77 熔合以形成由光導芯 71a、72a 及包圍玻璃材料組成的組件。所述芯的折射率高於圍繞所述芯的包圍玻璃材料的折射率，以使光功率藉由全內反射而經由整個所述組件在所述芯中傳播。

【0062】 為示出光纖組合器的原理，未按比例繪製芯的尺寸及組件 70 的尺寸，且為清晰起見，僅以虛線示出一對芯。

【0063】 可藉由例如拉製 (drawing) 來製造光學組件 70。在此實例中，可存在位於中心的光纖 72 的直徑為約 300 微米的較大的孔，以及對稱放置且位於中心孔 72 的周圍的光纖 71 的四個較小的孔。舉例而言，所述較小的孔可具有約 150 微米的直徑。舉例而言，毛細管的外徑可為 1 毫米。舉例而言，管的材料可為熔合二氧化矽。塊體玻璃外包層 (圖中未示出) 已較佳地被至少部分地蝕刻掉的光纖被插入至中間孔中並被推動至毛細錐形管的腰部 73。當光纖放置就位時，在腰區段 73 處對毛細管 70 加熱以將光纖熔合至管並形成第一中心光導芯 72a 及第二光導芯 71a，所述第一中心光導芯 72a 及所述第二光導芯 71a 皆延伸穿過光學組件 70。

【0064】 作為另一選擇，光纖 71、72 可具有由純熔合二氧化矽材

料製成的內芯及由摻雜有氟的熔合二氧化矽製成的外包層。如此一來，由於光纖的光導芯固有地被具有較低折射率的材料環繞，因此光學組件 70 的熔合二氧化矽玻璃管 77 可由純熔合二氧化矽製造。此意味著即使毛細管的折射率與光纖芯中的折射率相同，光仍保持在芯 71a、72a 中。在此種情形中，塊體玻璃的外光纖包層可被向下蝕刻至摻雜有氟的包層，或甚至進一步地向下蝕刻，只要一些摻雜有氟的包層保持位於純的或摻雜有鍍的內光纖芯周圍即可。

【0065】 然後將熔合芯 71a、72a（以虛線示出）及管 70 切除或劈開以產生端表面 74。然後可在端 74 處將雙芯光纖 35（如同圖 8 中所示者）焊接至毛細管，從而產生接縫 75。

【0066】 在較佳實施例中，第一光學饋送光纖 72 的中心與組件 70 的中心對準，且例如四條第二光學饋送光纖 71 的中心被定位成在輸出端 74 處在距第一中心光導芯 72a 預定距離 R 處提供輸出束。應理解，第二饋送光纖的數目並非被限制為如此，而是舉例而言為 8 條、16 條或 32 條而非 4 條。第二光導芯 71a 較佳地相對於中心芯 72a 對稱地排列，以提供彼此之間具有 90° 的角度距離的輸出束。

【0067】 本發明所揭露的雷射焊接方法及裝置可應用於各種應用中。在需要針對具有不同性質（例如厚度）的雷射焊接材料達成的優異焊接表面品質及/或需要改變焊接操作及進行多種形式的焊接操作的應用中會達成特定優點。現在則可對該些變化的性質/要

求使用單個焊接裝置，進而能夠據此立即適應於最佳焊接束輪廓。作為一些實例，本發明系統可特別有利於汽車行業的焊接需要。

【0068】 應理解，本發明所揭露的實施例並非僅限於本文中所揭露的特定結構、製程步驟或材料，而是擴展至相關技術中具有通常知識者將認識到的所述特定結構、製程步驟或材料的等效形式。亦應理解，本文中所採用的術語僅用於闡述特定實施例，而並非旨在進行限制。

【0069】 本說明書通篇中所提及的「一個實施例」或「實施例」意指結合所述實施例所闡述的特定特徵、結構或特性包括於本發明的至少一個實施例中。因此，在本說明書通篇中各處出現的片語「在一個實施例中」或「在實施例中」未必皆指同一實施例。

【0070】 在本文中，本發明的各種實施例及實例可與其各種組件的替代形式一起提及。應理解，此類實施例、實例及替代形式不應被理解為彼此的實際等效形式，而是應被視為本發明的單獨及自主的表示形式。

【0071】 此外，在一或多個實施例中，所闡述的特徵、結構或特性可以任何適合的方式進行組合。在說明中提供眾多具體細節（例如長度、寬度、形狀等的實例）是為了提供對本發明實施例的透徹理解。然而，熟習相關技術者將認識到，無需所述具體細節中的一或多者亦可實踐本發明或以其他方法、組件、材料等亦可實踐本發明。在其他情形中，未詳細示出或闡述眾所習知的結構、

材料或操作以免使本發明的態樣模糊不清。

【0072】 儘管上述實例在一或多種特定應用中說明本發明的原理，然而對於此項技術中具有通常知識者將顯而易見的是，在不執行創造能力且不背離本發明的原理及概念的條件下可作出形式、使用及實作細節方面的諸多潤飾。因此，預期本發明除受下述申請專利範圍限制外將不受限制。

【符號說明】

【0073】

1：第一輸出雷射束/第一雷射輸出束/內部中心束/中心束/雷射束

2：第二輸出雷射束/第二雷射輸出束/環形外部環狀束/環狀束/雷射束

2a：束/第一波長/雷射束

2b：束/第二波長/雷射束

3：雷射處理頭

4、21：工件

5、6：線

7：複合雷射束

8：環形區

10：雷射單元/單元

11：處理器

12：雷射單元

- 13：記憶體
- 14：電腦指令
- 15：參數
- 16：使用者介面
- 17：感測器
- 20：雷射處理頭/雷射頭
- 30：第一雷射元件/單元
- 31：第二雷射/第二雷射元件/單元
- 32：光學饋送光纖
- 33：饋送光纖
- 34：雷射束組合器/束組合器
- 35：雙芯光纖/光纖
- 36：回饋
- 50：雙芯/多芯光纖/光學雙芯光纖
- 51：中心芯/芯
- 53：外芯/周緣芯/芯
- 54：主要包層/內包層/包圍材料
- 55：外包層/包圍材料/主要包層
- 56、57：熔合饋送光纖
- 70：關鍵光學組件/組件/光學組件/毛細管
- 71：光纖/第二光學饋送光纖/光學饋送光纖
- 71a：光導芯/第二光導芯

72：光纖/第一光學饋送光纖/光學饋送光纖/中心孔/第一中心
光導芯/熔合芯

72a：光導芯/熔合芯/中心芯

73：腰部/腰區段

74：輸出端/端表面

75：接縫

76：輸入端

77：熔合二氧化矽玻璃管

d_0 ：束直徑

f_{col} 、 f_{foc} ：焦距

n_{51} 、 n_{53} 、 n_{54} 、 n_{55} ：折射率

R ：預定距離

Z_R ：瑞利距離

θ_0 ：會聚角



【發明摘要】

【中文發明名稱】雷射焊接裝置及使用雷射束焊接工件的方法

【英文發明名稱】LASER WELDING APPARATUS AND METHOD FOR WELDING A WORKPIECE WITH A LASER BEAM

【中文】提供一種雷射焊接裝置及一種使用雷射束焊接工件的方法。所述雷射焊接裝置包括：至少一個第一雷射元件，分別為至少一條第一光學饋送光纖提供第一雷射束；至少一個第二雷射元件，分別為至少一條第二光學饋送光纖提供第二雷射束；用於產生複合雷射束的構件，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中第一輸出雷射束具有圓形橫截面且第二輸出雷射束具有與第一輸出雷射束同心的環形形狀。第二雷射元件是光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件。所述裝置被配置成至少基於第二雷射束形成第二輸出雷射束，且第二輸出雷射束包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者第二輸出雷射束具有最少 10 奈米的光譜寬度。

【英文】A laser welding apparatus and a method for welding a workpiece with a laser beam are provided. The laser welding apparatus includes at least one first laser device, each providing at least one first optical feed fiber with a first laser beam; at least one second laser device, each providing at least one second optical feed fiber with a second laser beam; means for generating a composite

laser beam including a first output laser beam and a second output laser beam for welding a workpiece; wherein the first output laser beam has a circular cross-section and the second output laser beam has an annular shape concentric to the first output laser beam. The second laser device is a fiber laser device or a fiber-coupled laser device. The apparatus is configured to form the second output laser beam at least on the basis of the second laser beam, and the second output laser beam includes a first wavelength and a second wavelength having difference of at least 10 nanometers, or the second output laser beam has spectrum width of least 10 nanometers.

【指定代表圖】圖3。

【代表圖之符號簡單說明】

d_0 ：束直徑

f_{col} 、 f_{foc} ：焦距

Z_R ：瑞利距離

θ_0 ：會聚角

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種雷射焊接裝置，包括：

- 至少一個第一雷射元件，所述至少一個第一雷射元件中的每一者為至少一條第一光學饋送光纖提供第一雷射束；

- 至少一個第二雷射元件，所述至少一個第二雷射元件中的每一者為至少一條第二光學饋送光纖提供第二雷射束；

- 用於產生複合雷射束的構件，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中所述第一輸出雷射束具有圓形橫截面且所述第二雷射束具有與所述第一輸出雷射束同心的環形形狀，

所述第二雷射元件是光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件，

所述雷射焊接裝置被配置成至少基於所述第二雷射束形成所述第二輸出雷射束，且

所述第二輸出雷射束包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者

所述第二輸出雷射束具有至少 10 奈米的光譜寬度。

【第2項】 如申請專利範圍第 1 項所述的雷射焊接裝置，其中所述第二輸出雷射束的波長為 800 奈米至 815 奈米。

【第3項】 如申請專利範圍第 1 項所述的雷射焊接裝置，其中所述雷射焊接裝置包括控制單元，所述控制單元在功能上連接至所述第一雷射元件及所述第二雷射元件以各別地控制所述第一輸出雷射束及/或所述第二輸出雷射束中的功率密度。

【第4項】如申請專利範圍第1項至第3項中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述用於產生所述複合雷射束的構件包括：

- 束組合構件，連接至所述第一光學饋送光纖及所述第二光學饋送光纖並連接至多芯光纖，所述束組合構件適以藉由使所述至少一條第一光學饋送光纖與所述多芯光纖的第一芯對準且使所述至少一條第二光學饋送光纖與所述多芯光纖的至少一個第二芯對準而形成所述複合雷射束，以及

- 所述第一芯及所述第二芯，能夠連接至雷射處理頭，以將所述複合雷射束引導至所述工件。

【第5項】如申請專利範圍第1項至第3項中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述第一雷射元件包括光纖雷射元件，且所述第二雷射元件包括光纖耦合二極體雷射元件。

【第6項】如申請專利範圍第1項至第3項中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述雷射焊接裝置及所述複合雷射束適以焊接具有介於1毫米至20毫米之間的厚度的鋁板。

【第7項】如申請專利範圍第1項至第3項中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述第二輸出雷射束的所述光譜寬度小於100奈米。

【第8項】如申請專利範圍第1項至第3項中任一項所述的雷射焊接裝置，其中所述第二輸出雷射束的波長位於800奈米至1100奈米的範圍內。

【第9項】一種使用雷射束焊接工件的方法，包括以下步驟：

- 自連接至至少一個第一雷射元件的至少一條第一光學饋送

光纖提供至少一個第一雷射束；

- 自連接至至少一個第二雷射元件的至少一條第二光學饋送

光纖提供至少一個第二雷射束；

- 產生複合雷射束，所述複合雷射束包括用於焊接工件的第一輸出雷射束及第二輸出雷射束；其中所述第一輸出雷射束具有圓形橫截面且所述第二輸出雷射束具有與所述第一輸出雷射束同心的環形形狀，

所述第二輸出雷射束是由光纖雷射元件或光纖耦合雷射元件至少基於所述第二雷射束來形成，且

所述第二輸出雷射束包括具有至少 10 奈米的差的第一波長及第二波長，或者

所述第二輸出雷射束具有最少 10 奈米的光譜寬度。

【第10項】 如申請專利範圍第 9 項所述的使用雷射束焊接工件的方法，其中所述第一輸出雷射束及所述第二輸出雷射束中的功率密度藉由在功能上連接至所述第一雷射元件及/或所述第二雷射元件的控制單元進行各別控制。

