

發明專利說明書 200301980

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： P2100436 ※IPC 分類： H01S 3/64

※ 申請日期： P2.1.9

壹、發明名稱

(中文) 擴散結合式幫浦腔

(英文) DIFFUSION BONDED PUMP CAVITY

貳、發明人 (共 3 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文) 大衛 S. 蘇麥達

(英文) David S. SUMIDA

住居所地址：(中文) 美國加州洛杉磯市·梅伊爾街 3630 號

(英文) 3630 Meier Street, Los Angeles, CA 90066, USA

國籍：(中文) 美國 (英文) USA

參、申請人 (共 1 人)

申請人 1 (如申請人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文) 美商·HRL 實驗有限公司

(英文) HRL LABORATORIES, LLC

住居所或營業所地址：(中文) 美國加州馬里布·馬里布峽谷路 3011 號

(英文) 3011 Malibu Canyon Road, Malibu, CA

90265, USA

國籍：(中文) 美國 (英文) USA

代表人：(中文) 丹尼爾 R. 艾利米爾

(英文) DANIEL R. ALLEMEIER

☒ 續發明人或申請人續頁 (發明人或申請人欄位不敷使用時，請註記並使用續頁)

發明人 2

姓名：(中文) 漢斯 W. 布魯斯爾巴契

(英文) Hans W. BRUESSELBACH

住居所地址：(中文) 美國加州蒙特尼杜·馬里布草原道 847 號

(英文) 847 Malibu Meadows Drive, Monte Nido, CA 91302, USA

國籍：(中文) 美 國 (英文) USA

發明人 3

姓名：(中文) 史帝芬 C. 瑪特赫威斯

(英文) Steven C. MATTHEWS

住居所地址：(中文) 美國加州和平崖市·伊利佛街 860 號

(英文) 860 Iliff Street, Pacific Palisades, CA 90272, USA

國籍：(中文) 美 國 (英文) USA

捌、聲明事項

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為：_____

☐ 本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☒ 主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. 美國； 2002, 01, 10; 60/348,416

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

8. _____

9. _____

10. _____

☐ 主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明)

【發明所屬之技術領域】

發明領域

本發明一般係與雷射有關，且更特別係與用於固態雷射的包含雷射棒之幫浦腔有關。

【先前技術】

發明背景

為使雷射發出電磁輻射，一固體狀態雷射之幫浦腔必須藉由一外部能量來源加以激化。此能量來源本身會發出輻射，該輻射係藉由位於幫浦腔內的一雷射棒以及該雷射的其他光學組件加以轉換成一雷射光束，此能量來源可為一雷射燈或是其他光學能量來源。一般而言，所有的雷射媒介物之固態雷射棒係將所吸收的多數幫浦動力轉換成廢熱。此熱量與熱梯度會產生與將其移除有關之應力，且會導致透鏡作用與雙折射作用形式方面的光學失真，且最後產生熱致裂痕與損壞。因此，為了克服這些熱所引起的問題，先前技藝使用許多熱處理技術，以便能夠以適當方式散發所產生的熱量。例如，如果熱量大於3瓦特(約使用35瓦特之燈泡電力用來提供幫浦能源)，則雷射棒能夠藉由使一流體(諸如一液體或是加壓氣體)流動經過該雷射棒之上方加以冷卻，該流體係循環通過一熱交換器。此一動態冷卻系統具有許多缺點，在加壓氣體的情況中，其主要問題係為密封正在循環之冷卻氣體，同時仍容許幫浦燈傳播光線的高額花費。對於液體系統而言，所關注的是該流體

玖、發明說明

曝露於燈泡或是幫浦燈之最終退化現象。

由於這些問題，其他用以冷卻雷射棒之技術係與藉著熱傳導被動地冷卻該雷射棒有關。此技術係例示於頒給伯爾克哈特(Burkhart)等人之美國專利第4,210,389號中，其中雷射棒係藉由將一反射性金屬層放置於該雷射棒之一側上加以冷卻，該金屬層係焊接到一散熱器。經發現此技術會大為扭曲雷射棒之光學品質，其主要原因至少有兩個：首先，由於雷射棒係堅固地固持於一熱傳導支架中，且該雷射棒與支架具有不同之熱膨脹係數，於泵送與冷卻期間會產生應力，因此，雷射棒之膨脹率以及收縮率會與其支架不同。如此不均勻之膨脹與收縮導致應力雙折射。第二，雷射棒係僅沿著其周圍之一部份長度支撐於該支架上，其會在該棒中產生一熱梯度，且隨後產生一不均勻之冷卻，其結果係為在雷射棒中產生光學相差。

15 頒給Tajnai等人之美國專利第4,181,900號亦說明一種傳導性冷卻幫浦腔，其中該雷射棒係以條帶捆紮到一散熱器。Tajnai等人之系統並沒有提供一均勻冷卻雷射棒之技術，因為雷射棒之整個周圍並沒有熱接觸圍繞。結果如美國專利第4,210,389號一般，其無法均勻冷卻雷射棒，同時會產生熱應力。另外，條帶其本身就會對雷射棒產生應力。

20 另一種傳導冷卻一雷射棒之另擇方法係揭露於頒給凱漢(Kahan)之美國專利第4,637,028號與美國專利第4,969,155號，以及頒給克雷格(Gregor)的美國專利第5,317,585號。這些專利案揭露一種雷射棒，其係透過一透

玖、發明說明

明外部套管加以傳導冷卻，其具有一中間膠體層，該膠體層作為雷射棒與套管之間的彈性體界面。透明外部套管較佳係由藍寶石加以製造，但亦可由其他光學透明材料加以製造，諸如玻璃、單水晶氧化鈹，以及石榴石。

- 5 此裝置之組裝係相當複雜，在裝置之製造期間，雷射棒必須以位於外部套管中之填隙片固持在固定位置，直到將一膠體形成液體注入套管為止。一旦形成膠體之後便移除該等填隙片。由於彈性體形成一熱邊界，故其必須保持相當薄，以便維持足夠的熱傳導。該額外的彈性體層之厚
- 10 度額外地使裝置之製造更加複雜。由於彈性體完全圍繞雷射棒，故其對於幫浦光必須為透明，以便容許激化該雷射棒。僅有有限數量的材料適合用於傳輸幫浦光凱漢揭露了使用一矽膠，但是此類膠體本身具有會漏氣的特性，因此需要將一密封劑施加於末端邊界點，以避免影響雷射光學
- 15 組件。最後，一般僅能夠得到有限制長度之外部套管，因此設計上通常需要將兩個段件接合在一起，其使製造程序更加額外地複雜。

- 對於固態雷射之另外的重點係為放大自發輻射(ASE)以及寄生振盪。當自發雷射輻射於單次通過雷射媒介物期
- 20 間會產生ASE，而寄生振盪則為反射進入該雷射棒之ASE。在任一案例中，於較佳方向可獲得之激化用能量係減少。由凱漢與克雷格所揭露之彈性體一般與雷射棒材料的透光率配合度並不良好，所以彈性體對於ASE與寄生振盪提供少量的抑制效果。抑制ASE與寄生振盪需要將雷射棒之

玖、發明說明

表面精細研磨，但此表面研磨特別會散射幫浦能量，因而降低了幫浦效率。克雷格揭露使用一塗層以抑制ASE，但是彈性體層係位於ASE抑制塗層與雷射棒之間，因此限制了塗層之效果。此外部塗層必須設計成對於幫浦波長高度
5 反射，且對於雷射波長則高度透明，其需要一昂貴的多層電介質塗佈。

因此，對於先前技藝存在需求一種用以傳導冷卻一固態雷射棒之方法與裝置，其能夠提供用以抑制放大自發輻射以及寄生振盪。

10 【發明內容】

發明概要

本發明之一主旨係在於提供一種雷射幫浦腔，其能夠將熱能有效率地從位於該幫浦腔中之雷射棒導除。本發明之另一主旨係為提供一種幫浦腔，其能夠吸收自發雷射輻
15 射，否則該自發雷射輻射可藉由位於幫浦腔中之雷射棒再度放大。

依照如上所述之本發明的主旨以及欲克服先前技藝之限制，故說明一種製造幫浦腔之方法，其用以有效導熱以及抑制自發輻射，同時具有其他優點。

20 根據本發明說明一幫浦腔，該幫浦腔包含一雷射棒芯材，其具有一多邊形橫剖面與一縱向軸線，以及一外部包覆材，其沿著雷射棒之縱向軸線包覆該雷射棒，同時係擴散結合到雷射棒。外部包覆材對於第一波長之幫浦能量大體上透明，且對於第二波長之雷射能量大體上具有吸收性

玖、發明說明

。外部包覆材可具有一圓形外形，一多邊形外形，或是任何其他形狀，其容許包覆材緊密地結合到一散熱構件，以便從外部包覆材傳導熱量。圓形係為較佳外形，因為其對於熱量提供有效的輻射傳導。外部包覆材在沒有施加幫浦能量之區域中能夠以一塗層加以塗佈，該塗層對於施放到幫浦腔之幫浦能量係具有高度反射性；且在施加幫浦能量之區域中係以一塗層加以塗佈，該塗層對於幫浦能量則具抗反射性。雷射棒可包含先前技藝所熟知之固態雷射材料，諸如摻釹鈮鋁石榴石(Nd：YAG)或是摻鐮鈮鋁石榴石(Yb：YAG)。外部包覆材可包含先前技藝所熟知之包覆材料，諸如未摻鈮鋁石榴石(YAG)，或較佳為摻釹鈮鋁石榴石(Sm：YAG)。摻雜或是未摻雜之段件(其直徑一般係等於或大於雷射棒的直徑)亦可擴散結合到幫浦腔之尾端，以便加強幫浦腔之強度，或是降低基態吸收性。根據本發明，包含飽和吸收材料之段件亦能夠擴散結合到一幫浦腔之一個或兩個尾端，以便提供Q轉換或是模態鎖定雷射。

依照本發明說明一另擇之幫浦腔，其包含複數個幫浦腔段件，各幫浦腔段件包含：一雷射棒芯材，其具有一多邊形橫剖面與一縱向軸線、以及一外部包覆材，其沿著雷射棒之縱向軸線包覆該雷射棒，且係擴散結合到雷射棒、以及一個或更多之延伸段件，其配置於幫浦腔段的複數個幫浦腔段之間，該等延伸段件係擴散結合到該等幫浦腔段，且其外部直徑大致上等於各個幫浦腔段中之外部包覆材的外部尺寸。外部包覆材對於第一波長之幫浦能量大體上

玖、發明說明

透明，且對於第二波長之雷射能量大體上具有吸收性。外部包覆材在各幫浦腔段中可具有一圓形外形，一多邊形外形，或是任何其他的形狀，其容許包覆材緊密地結合到一散熱構件，以便從外部包覆材傳導熱量。圓形係為較佳外形，因為其對於熱量提供有效的輻射傳導。外部包覆材於各幫浦腔段中沒有施加幫浦能量之區域中能夠以一塗層加以塗佈，該塗層對於施加上幫浦腔之幫浦能量係具有高度反射性；且在施加幫浦能量之區域中係以一塗層加以塗佈，該塗層對於幫浦能量則具抗反射性。各幫浦腔段中之雷射棒可包含先前技藝所熟知的固態雷射材料，諸如摻釹鈮鋁石榴石(Nd：YAG)或是摻鐮鈮鋁石榴石(Yb：YAG)。各幫浦腔段中之外部包覆材可包含先前技藝所熟知的包覆材料，諸如未摻鈮鋁石榴石(YAG)，或較佳為摻釷鈮鋁石榴石(Sm：YAG)。該等延伸段件可包含摻雜或未摻雜之材料，飽和吸收材料能夠由摻雜材料所形成。如果飽和吸收材料係用於一個或更多的延伸段件，則幫浦腔可用以提供一Q轉換或模態鎖定雷射。未摻雜段件(其直徑大致上等於外部包覆材之外部尺寸)亦可擴散結合到幫浦腔之尾端，以便加強幫浦腔之強度，或是降低基態吸收性。

根據本發明，一種製造一幫浦腔之方法所包含的步驟為：訂定芯材之多邊形形狀、提供一芯材板，其具有一上表面、一下表面、一第一光學平坦表面，以及一與第一光學平坦表面相對之第二光學平坦表面，該第一與第二光學平坦表面配置於上表面與下表面之間，且一般係與之垂直

玖、發明說明

- 、提供複數個包覆材板，各包覆材板具有至少一個光學平坦表面、將複數個包覆材板之其中一板的光學平坦表面擴散結合到芯材板之第一光學平坦表面、將複數個包覆材板之另一板的光學平坦表面擴散結合到芯材板之第二光學平坦表面，以形成一複合構造、研磨與拋光該複合構造，以便移除至少由芯材板所殘留之芯材的些許部份，提供一新的光學平坦表面，其包含至少些許部份之芯材板、將複數個包覆材板之另一板的光學平坦表面擴散結合到該複合構造之新光學平坦表面(其包含至少些許部份之芯材板)、以及重複擴散結合另一包覆材板之光學平坦表面與研磨及拋光該複合構造的步驟，直到包覆材完全地包覆來自於芯材板之芯材為止，以便提供雷射幫浦腔，其中該芯材具有特定之多邊形。較佳地，包覆材對於第一波長之幫浦能量大體上透明，且對於第二波長之雷射能量大體上具有吸收性。
- 5 10 15 20
- 。可使用額外的步驟，以便研磨與拋光該複合構造，直到所產生之幫浦腔具有所需的橫剖面形狀，或是所產生之幫浦腔能夠藉由對於複合構造鑽芯以取出雷射棒芯以及一部分包覆的包覆材料而獲得為止。最後，可使用額外的步驟，以便施加高反射塗層、抗反射塗層，或是兩種類型之塗層。
- 依照本發明說明一另擇之幫浦腔，該幫浦腔包含一雷射棒，其具有一縱向軸線、以及一第一與第二尾端，該雷射具有一橫剖面，該橫剖面具有一個或更多平坦側面，其沿著縱向軸線係為光學平坦、以及一個或更多之包覆材板，其各具有至少一個光學平坦表面，該雷射棒之一個或更

玖、發明說明

多平坦側面係擴散結合到一個或更多包覆材板之至少一板的光學平坦表面。

- 另外依照本發明說明一種設計一雷射幫浦腔之方法，該方法包含之步驟為：對芯材訂定一特定之橫剖面形狀，
- 5 該橫剖面形狀具有一個或更多大致上平坦之側面、提供一具有特定橫剖面形狀之雷射棒，該雷射棒具有一縱向軸線，且該一個或更多平坦側面之各個大致上平坦的側面係沿著該縱向軸線延伸、使芯材之至少一個平坦側面光學平坦、提供一個或更多之包覆材板，各個包覆材板具有至少一
- 10 個光學平坦側面、以及將一個或更多包覆材板之光學平坦側面擴散結合到雷射棒的每一個光學平坦側面。

圖式簡單說明

第1A圖係為根據本發明，一幫浦腔之實施例的等角視圖；

- 15 第1B圖係為第1圖中所示之一幫浦腔實施例的一橫剖面圖；

第2A~2J圖顯示一種用以製造根據本發明之一幫浦腔實施例的程序

- 20 第3圖顯示根據本發明之實施例，一散熱器與幫浦腔之組合；

第4圖顯示根據本發明之實施例，一散熱器與幫浦腔之另擇組合；

第5圖顯示由兩個幫浦腔與延伸段件擴散結合所產生之本發明的另一實施例。

玖、發明說明

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

首先參考第1A與1B圖。根據本發明之一實施例的一幫浦腔100係設置一多邊形狀之雷射棒110，其係以一外部
5 包覆材加以包覆。第1A圖顯示雷射棒110與包覆材120之一等角視圖，第1B圖顯示該雷射棒110與包覆材120之一橫剖面圖。除了那些欲施加幫浦能量的區域之外，外部包覆材120較佳係以一塗層134加以塗佈，該塗層對於幫浦光之波長呈現高度反射性。那些區域較佳係以一塗層132加以塗
10 佈，該塗層對於幫浦光之波長呈現抗反射性。

幫浦腔100之總長典型係為數公分，然而，熟諳此技藝之人士將體認到的是，能夠根據本發明生產較短或較長之幫浦腔100，幫浦腔之總長一般係受限於用以生產雷射棒110或包覆材120的製造技術。雷射棒之直徑典型係為
15 5~8厘米，且包覆材120典型具有1~2厘米之厚度。雷射棒110可具有一較大之直徑，但直徑之上限可由用以製造該雷射棒110的技術加以限制。雷射棒110之直徑可小於1厘米，但直徑之下限可由以下說明之擴散結合技術加以限制。

20 包覆材120係擴散結合到雷射棒110。用於雷射棒110之材料可為先前技藝所知任何數量的激化主晶或玻璃，典型之材料係為Nd:YAG或Yb:YAG。外部包覆材120可由任何材料所組成，該材料(1)具有足夠之熱傳導性，以便從雷射棒110傳遞熱量；(2)具有與用於雷射棒110之材料極為相

玖、發明說明

- 配的物理性質，尤其是熱膨脹係數(CTE)，以便容許使包覆材擴散結合到雷射棒110，並容許隨後的熱膨脹；及非常重要的(3)由於ASE係由高增益材料(諸如Nd:YAG)所產生，故該材料係本質上對於雷射波長具有吸收性，且對於幫浦波長透明，或是能夠以一不純離子加以摻雜，其會產生相同的效果。外部包覆材之折射率與芯材極為相符亦為較佳，以便消除芯材-包覆材邊界處之夫瑞奈(Fresnel)反射。外部包覆材之典型材料係為未摻雜的YAG(如果ASE並不顯著)，或是摻釔YAG，以便抑制ASE。
- 10 包覆材上之外部塗層可包含兩段單獨的塗層。如以上所述，第一塗層段134僅在幫浦能量具高度反射性，高反射性塗層於先前技藝係熟為人知。第二塗層段132僅在幫浦能量波長具有抗反射性，以便容許幫浦能量耦合進入雷射棒中，抗反射性塗層(諸如那些多層塗佈所提供之塗層)
- 15 於先前技藝同樣為人所熟知。然而，亦可使用單金屬塗層，而不必使用更為昂貴之單獨或多重波長電介質特性的塗層。不同於先前技藝，來自於雷射棒之放大自發輻射係吸收於外部包覆材之中。先前技藝裝置使用選擇性的高反射塗層，其實際上製造相當困難，且在抑制放大自發輻射方面效果並不如摻雜包覆材顯著。
- 20

擴散結合係為一種程序，欲結合之物件首先係加以拋光且光學接觸，接著承受接近熔點之熱量，以致於使兩接觸表面熔合在一起。擴散結合用之方法係詳細說明於1995年8月15日頒給梅斯納(H.E.Meissner)之美國專利第

玖、發明說明

5,441,803號「由單晶物質製造之合成物」與1998年12月8日同樣頒給梅斯納的美國專利第5,846,638號「複合式光學與電子光學元件」之中，兩專利文件皆以參考方式併入本文之中，施加於本發明之該等結合步驟係於以下另外詳加說明。當正確完成時，擴散黏合會在雷射棒與外部包覆材之間提供無縫的光學邊界。由於水晶對空氣全內部反射界面並沒有增益材料，故圍繞雷射棒之外部周圍不會產生圓形的「回音(Whispering)」模式。的確，當包覆材為Sm:YAG時，該材料係具有耗損性。另外，由於外部包覆材係直接結合到雷射棒，而沒有中介層，故從雷射棒到外部包覆材之熱傳導係非常有效率。其他將光學材料結合在一起之方法亦可使用，只要所產生之幫浦腔如同由一單件材料所形成一般，也就是說，良好的折射率配合必須存在。

如梅斯納之參考資料中所述，擴散結合基本上係有關三個步驟。第一步驟係為精確拋光與清潔物件欲結合之接觸表面。為使擴散結合能夠正確實行，應該這些表面的整個長度與寬度光學平坦。較佳地，該表面之平坦度每5公分到10公分係小於可見光的一個波長。欲結合之物件亦能夠加以預熱，以便移除任何從接觸表面吸收的水分或氣體。

擴散結合之第二步驟係為使接觸表面光學接觸。如果接觸表面足夠平坦與乾淨，則當接觸表面彼此接觸時便可立即看見干涉條紋。光學接觸一般係藉著干涉條紋消失所

玖、發明說明

指示，因為接觸表面彼此由於萬德瓦(Van der Waals)吸引力而夾持在一起，干涉條紋會擴散開，直到不見為止。此時，接觸表面係彼此光學接觸。能夠對物件施加壓力，以加強接觸表面之間的夾持，但是此壓力並非必須，因為接觸表面之間的吸引力應足以將接觸表面固持在一起。

擴散結合之最後步驟係為逐漸加熱接觸表面彼此光學接觸的物件，以便形成一永久結合之複合構造。擴散結合發生之溫度係低於個別物件中的材料熔點，但在一溫度經歷一段時間，使其足以結合接觸表面。對於結晶基質(諸如摻雜與未摻雜YAG)而言，結合溫度一般係為0.4到0.9乘以欲結合之物件(其具有最低熔化溫度)的熔化溫度。在將物件加熱過一足夠時間以完成結合以後，該複合構造係以一速率加以冷卻，其容許材料中之殘留應力的退火。擴散結合之加熱導致釋放存在於欲減輕的結晶體與原子構造中之應力，然而，冷卻必須以足夠緩慢之速率進行，以致於使該等應力不會重現。冷卻之速率係藉由相關表面、材料之熱膨脹係數，以及複合構造中之元件的尺寸所決定。在擴散結合完成並形成一複合構造以後，該構造可進行進一步之加工，諸如切割、滾軋、研磨與拋光。

一種於包覆材中形成一八角形芯材，以便藉由擴散結合形成一幫浦腔的較佳方法係顯示於第2A~2J圖中。熟諳此技藝之人士將體認到，以下說明之方法可用以製造具有任何側面數目的芯材。第一步驟係顯示於第2A圖中，該圖顯示使芯材板210與一第一包覆材板220a相結合，兩片板

玖、發明說明

210、220a係結合於一第一芯材接觸表面210a。上述程序可用以擴散結合兩板210、220a，以形成一第一複合構造201，或是亦可使用其他先前技藝所熟知的程序，以便形成該複合構造201。

- 5 形成一幫浦腔之下一步驟係顯示於第2B圖中。在第2B圖中，一第二包覆材板220b係擴散結合到芯材板210之一第二芯材接觸表面210b，該第二芯材接觸表面210b係與第一芯材接觸表面210a相對。再次注意到的是，該第二芯材接觸表面與第二包覆材板必須藉著將接觸表面研磨以及
- 10 拋光成光學平坦加以製備。擴散結合以後係形成一第二複合構造202，且將芯材板210夾在包覆材板220a與220b之間。

- 第2C圖顯示將一第三包覆材板220c結合到該第二複合構造202，以便形成一第三複合構造203。第三包覆材板
- 15 220c之擴散結合可能需要切割或滾軋該第二複合構造202，以便形成芯材之適當尺寸。然而，如以上所述，藉由擴散結合所形成之一複合構造應視為一單件材料。因此，一單件材料上所實行之切割與滾軋程序能夠以大致上相同的方式實行於該複合構造上。在切割或滾軋該第二複合構造
- 20 202，以便使其能夠接受第三包覆材板220c之後，第三芯材板220c之接觸表面與複合構造第三接觸表面210c係加以精細拋光與清潔，以便形成光學平坦表面，使其能夠將該第三芯材板220c擴散結合到第二複合構造202。在擴散結合這些元件之後係形成一第三複合構造203。

玖、發明說明

第2D~2H圖顯示該複合構造之切割與滾軋的剩餘步驟，以及擴散結合各個額外的包覆材板220d、220e、220f、220g、220h，以便形成其他的複合構造204、205、206、207、208。如第2D圖中所示，一第四包覆材板220d係與第三包覆材板220c相對擴散結合到該第三複合構造203，以形成一第四複合構造204。第2E圖顯示將一第五包覆材板220e擴散結合於該第四複合構造204之一第一角落，以便形成一第五複合構造205。第2F圖顯示將一第六包覆材板220f擴散結合於與第一角落相對之一第二角落，以便形成一第六複合構造206。第2G圖顯示擴散結合一第七包覆材板220g，以便形成一第七複合構造207；且第2H圖顯示擴散結合一第八包覆材板220h，以便形成一第八複合構造208。仔細地切割或滾軋各個複合構造將可確保產生如第2U圖中所示之芯材210具有所需的尺寸。

對於有助於從芯材導除熱量、降低ASE，以及對具有圓形模式之雷射光束提供改良的增益而言，一圓形或近似圓形芯材210係為較佳。因此，若多邊形芯材所具有之側邊數目愈多，則該芯材之形狀將愈接近一圓形。然而，如以上所示，製造之步驟數量係直接與多邊形芯材所具有的側邊數目成正比。增加製造步驟數目用以生產一根據本發明之幫浦腔係可能導致製造成本的增加，同樣注意到的是，擴散結合可能限制芯材直徑之下限。當初始芯材板具有極微小之初始厚度時，為了擴散結合而提供之光學平坦表面所需的精密研磨與拋光可能更難達成。然而，隨著此等

玖、發明說明

精密研磨與拋光控制技術之改良，預料較小芯材直徑之供應將較容易獲得。另外注意到的是，根據本發明之一幫浦腔可具有一芯材，其並非必須具有一等邊多邊形，亦即，該芯材橫剖面之側邊可具有不同的長度。根據本發明之幫

5 浦腔的芯材可具有矩形或其他不等邊多邊形橫剖面。

第2I圖顯示所產生的複合幫浦腔250。可使用額外的滾軋、切割與研磨，以便形成一具有所需外部橫剖面形狀的幫浦腔。亦可藉著芯材鑽孔(一種先前技藝所熟知之技術)從過剩包覆材240擷取芯材210與圍繞之包覆材220，由

10 產生之複合幫浦腔250形成一所需的幫浦腔，以獲得一具有芯材之複合構造。如以上所述，一圓形之橫剖面係為較佳。注意到的是，完成橫剖面形狀之製造需要額外的精細加工，因為芯材210較佳係準確地位於包覆材240內之中心。同樣注意到的是，亦能夠形成其他的完成橫剖面形狀。

15 第2J圖顯示將幫浦腔250製造成具有一圓形外部橫剖面之後的幫浦腔260。第2J圖亦顯示將塗層230塗佈於幫浦腔之包覆材的外部表面以後的幫浦腔260。研磨與拋光，或是其他先前技藝所知的方法能夠用以製備幫浦腔之外部表面，以便接受這些塗層。如以上所述，對於幫浦能量與

20 雷射能量之波長具有抗反射性的塗層係用於雷射幫浦腔表面上欲施加幫浦能量的那些部分，而剩餘的表面係以一種材料加以塗佈，該材料對於幫浦能量之波長係具有高度反射性，而對於雷射能量之波長則具有抗反射性。以此方式塗佈幫浦腔能夠避免自發雷射輻射之再反射，並從而降低

玖、發明說明

ASE。

如上所述之幫浦腔製造方式能夠藉著雷射棒構造之供應商加以實行。因此當製造結合幫浦腔之雷射單元時，於組裝入一雷射單元時，其並不需要額外的步驟，以形成完整的幫浦腔。如此降低了雷射單元之構造成本，並增加了該雷射單元之品質與可靠性。

本發明之一項主要的優點係為藉著外部包覆材從雷射棒傳導熱量。然而，此熱量仍必須從外部包覆材導除，同時仍容許將幫浦能量施加到雷射棒。為此目的，能夠使用先前技藝中所熟知之散熱器。第3與第4圖顯示兩種與幫浦腔之雷射棒與包覆材複合物有關的散熱器，其中該幫浦腔係為側面泵激式。另外注意到的是根據本發明之幫浦腔亦可為尾端泵激式。

在第3圖中，兩個半圓形散熱器301係置於雷射棒110與包覆材120複合物之上方與下方，且直接與其相鄰接。該等散熱器301較佳延伸雷射棒之全長，隙縫310係設置於兩個散熱器301之間，以便容許施加幫浦能量311。隙縫310彼此面對，以致於使施加到雷射棒110的幫浦能量與幫浦能量來源之間的角度大致上成180°。如此方向之散熱器301容許雷射棒110來自於光幫浦來源(未顯示，諸如二極體陣列或是閃光燈炮)之泵激彼此直接相對。包覆材在施加幫浦能量之區域中，該外部包覆材120較佳係以一塗層132加以塗佈，該塗層對於幫浦波長係具有抗反射性。剩餘之包覆材120較佳係以一塗層134加以塗佈，該塗層對於

玖、發明說明

幫浦能量波長具有高度反射性，如先前所述。對於外部包覆材120而言，一彎曲、圓形或近似圓形之外部輪廓係為較佳，因為如此最能夠確保從雷射棒110放出輻射熱量。接著能夠使用對流冷卻、液體冷卻，或是其他先前技藝所知之技術從該等散熱器301取出熱量。

在第4圖中，一第一散熱器331係佈置圍繞外部包覆材120大部份之外部表面，該外部包覆材包含雷射棒110。提供兩個隙縫313，以便容許將幫浦能量311施加到雷射棒110。與第3圖中所示之構造不同，兩個隙縫313係放置成使其不會彼此相對，而是將隙縫313放置成使施加到雷射棒的幫浦能量311之間的角度小於 180° 。較佳地，外部包覆材120係以一幫浦能量抗反射塗層132塗佈於隙縫之處，而以一幫浦能量高反射性塗層134塗佈於其餘部份。隙縫313之間能夠使用一第二散熱器333，以便額外提供從雷射棒110導除熱量。如上述，外部包覆材120可具有一圓形外部輪廓，以便有助於將散熱器331、333結合到外部包覆材120。

第5圖顯示由兩個擴散結合之幫浦腔段件 501_1 、 501_2 所構造的幫浦腔500之一另擇實施例。一中間延伸段件5502係用以結合兩個幫浦腔段件 501_1 、 501_2 。一第一尾端延伸段件 550_1 係佈置於該第一幫浦腔段件 501_1 之前方，且一第二尾端延伸段件 550_3 係佈置於該第二幫浦腔段件 501_2 之背端。該兩個幫浦腔段各包含一摻雜雷射棒 510_1 、 510_2 、一外部包覆材 520_1 、 520_2 、一幫浦能量高度反射塗層 534_1 、

玖、發明說明

534₂，以及一幫浦能量抗反射性塗層532₁、532₂。幫浦能量係施加於各幫浦腔件501₁、501₂上存有幫浦能量抗反射塗層532₁、532₂之處。延伸段件550₁、550₂、550₃可包含未摻雜之材料，其類似雷射棒510₁、510₂所使用之材料，
5 或是其他先前技藝所知之材料，以便提供飽和吸收。

位於一幫浦腔之一或兩個尾端的未摻雜延伸段件能夠提供安置、強度，以及幫浦腔性能方面之優點。未摻雜之延伸段件並未泵激，故將此等段件佈置於雷射腔之任一或兩尾端容許在延伸段件處安置幫浦腔，同時避開幫浦能量
10 來源。另外注意到的是，幫浦腔之尾端可能變得很燙，以致於幫浦腔之曝露尾端突起，其可能導致熱裂縫。將未摻雜段件擴散結合到幫浦腔之尾端能夠避免該等幫浦腔尾端的突起，並降低雷射棒之熱裂縫的可能性。如果雷射媒介物係為一種三層或半三層媒介物，則該媒介物之未泵激區
15 域於雷射波長會承受基態吸收。使用未摻雜之延伸段件容許將該雷射棒固持於延伸段件處，以致於能夠沿著雷射媒介物之全長施加幫浦能量。由於將雷射媒介物之未泵激區域減到最小，故基態吸收之損失亦降到最低。因此，將延伸段件擴散結合到幫浦腔段件能夠於該等延伸段件與幫浦
20 腔段件之間提供高品質的光學接觸，以致於使未摻雜段件消除了基態吸收損失。本發明之另擇實施例能夠僅使用一單獨幫浦腔，並將未摻雜段件擴散結合到任一尾端，或是能夠使用兩個以上的幫浦腔，並與未摻雜之段件結合。

藉著擴散結合使各個幫浦腔501₁、501₂結合在一起所

玖、發明說明

提供之另一優點係在於，所產生之幫浦腔的總長較長，且從而能夠產生一較高能量之雷射光束。然而，在延伸幫浦腔之長度方面所產生的問題係為，寄生振盪與ASE會隨著長度增加而增加。如果幫浦腔段件中所使用之包覆材具有

5 ASE吸收特性，則根據本發明之幫浦腔段件能夠提供降低所生產的延伸幫浦腔內之ASE與寄生振盪。

根據本發明之一幫浦腔的另一實施例具有至少一個摻雜段擴散結合到一個或更多幫浦腔段件之尾端，該摻雜段包含飽和吸收材料係為較佳。於至少一個摻雜段中使用飽

10 和吸收材料提供實行一具有延伸幫浦腔之Q轉換或是模態鎖定雷射的能力。對於某些關注之波長而言，飽和吸收材料所需之摻雜與主媒介物係為先前記憶所熟知。

根據本發明之一幫浦腔的另擇實施例可具有一雷射棒，其橫剖面並非完整之多邊形。在此實施例中，該雷射棒

15 可具有一個或更多之光學平坦側面，其容許將具有光學平坦表面之包覆材板擴散結合到雷射棒的光學平坦表面。較佳地，該等包覆材板完整地包覆雷射棒，以便提供熱優點，並降低上述之ASE與寄生振盪。同樣地，包含雷射棒(其並非完整多邊形)之幫浦腔段件能夠與摻雜與未摻雜段件

20 相結合，如以上所述。摻雜與未摻雜段件亦能夠配置於幫浦腔之尾端，雷射棒與包覆材所使用之材料亦能夠如上述材料。

由以上說明可體認到，本發明具有一些優點，其中有些優點已經於以上加以說明，且其他優點係屬於本發明上

玖、發明說明

述實施例的本質。另外，理解到的是，能夠對於上述之幫浦腔與其製造方法進行修改，而不脫離文中所說明之主題的學說。就其本身而言，除了所附之申請專利範圍需要以外，本發明並非限定於該等說明的實施例。

5 **【圖式簡單說明】**

第1A圖係為根據本發明，一幫浦腔之實施例的等角視圖；

第1B圖係為第1圖中所示之一幫浦腔實施例的一橫剖面圖；

10 第2A~2J圖顯示一種用以製造根據本發明之一幫浦腔實施例的程序

第3圖顯示根據本發明之實施例，一散熱器與幫浦腔之組合；

15 第4圖顯示根據本發明之實施例，一散熱器與幫浦腔之另擇組合；

第5圖顯示由兩個幫浦腔與延伸段件擴散結合所產生之本發明的另一實施例。

【圖式之主要元件代表符號表】

100...幫浦腔	202...第二複合構造
110...雷射棒	203...第三複合構造
120...包覆材	204...第四複合構造
132...塗層	205...第五複合構造
134...塗層	206...第六複合構造
201...第一複合構造	207...第七複合構造

玖、發明說明

208...第八複合構造	250...幫浦腔
210...芯材板	260...幫浦腔
210a...第一芯材接觸表面	301...散熱器
210b...第二芯材接觸表面	310...隙縫
210c...複合構造第三接觸表面	311...幫浦能量
220a...第一包覆材板	313...隙縫
220b...第二包覆材板	331...第一散熱器
220c...第三包覆材板	333...第二散熱器
220d...第四包覆材板	500...幫浦腔
220e...第五包覆材板	501...幫浦腔段件
220f...第六包覆材板	510...雷射棒
220g...第七包覆材板	520...外部包覆材
220h...第八包覆材板	532...幫浦能量抗反射塗層
230...塗層	534...幫浦能量高反射塗層
240...包覆材	550...中間延伸段件

肆、中文發明摘要

一種固態幫浦腔，其包含一雷射棒，該雷射棒係藉著擴散結合包覆於一外部包覆材之中。外部包覆材提供有效率地從雷射棒導除熱量之能力，外部包覆材亦架構成吸收自發雷射輻射，否則該輻射將會藉由雷射棒加以重新放大。將外部包覆材擴散結合到雷射棒，使得該外部包覆材與雷射棒之間形成一無縫的光學邊界。幫浦腔之一另擇實施例則包含多段雷射棒與外部包覆組件與未摻雜之段件結合在一起，該等未摻雜之段件係擴散結合到雷射棒與外部包覆組件的末端。

伍、英文發明摘要

A solid state pump cavity comprising a laser rod encased by diffusion bonding inside an outer cladding. The outer cladding provides the ability to efficiently conduct heat away from the laser rod. The outer cladding is also configured to absorb spontaneous laser radiation that would otherwise be re-amplified by the laser rod. Diffusion bonding of the outer cladding to the laser rod forms a seamless optical boundary between the outer cladding and the laser rod. An alternative embodiment of the pump cavity comprises multiple segments of laser rod and outer cladding assemblies coupled together with undoped sections that are diffusion bonded to the end of the laser rod and outer cladding assemblies.

拾、申請專利範圍

1. 一種雷射幫浦腔，其以一第一波長之幫浦能量泵激，
並產生一第二波長之雷射能量，該雷射幫浦腔包含：
一雷射棒，其具有一多邊形之橫剖面以及一縱向
軸線，並具有一第一尾端與一第二尾端；及
5 一外部包覆材，該包覆材沿著其縱向軸線圍繞該
雷射棒，且係擴散結合到該雷射棒；
其中該外部包覆材大致上對於該第一波長透明，
且大致上對於該第二波長具有吸收性。
2. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其進一步包含：
10 一個或更多段之第一材料層，其塗佈外部包覆材
，該層第一材料對於施加到幫浦腔之幫浦能量係具有
高度反射性，且係配置於外部包覆材沒有施加幫浦能
量之區域上；及
一個或更多段之第二材料層，其塗佈外部包覆材
15 ，該層第二材料對於施加到幫浦腔之幫浦能量係具有
抗反射性，且係配置於外部包覆材施加幫浦能量之區
域上。
3. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其中該外部包覆
材具有一圓形或橢圓形之外部橫剖面。
- 20 4. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其中該外部包覆
材具有一多邊形之外部橫剖面。
5. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其中該雷射棒包
含摻釹鈮鋁石榴石。
6. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其中該雷射棒包

拾、申請專利範圍

含摻鎢鈮鋁石榴石。

7. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其中該外部包覆材包含鈮鋁石榴石。
8. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其中該外部包覆材包含摻鈮鈮鋁石榴石。
9. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其中該雷射棒與外部包覆材具有相同之長度，且進一步包含：
 - 一個或更多之延伸段件，其配置於該雷射棒之第一或第二尾端，或者兩尾端皆加以佈置，該等延伸段件係擴散結合到雷射棒與外部包覆材。
10. 如申請專利範圍第9項之雷射幫浦腔，其中該等延伸段件包含未摻雜之材料。
11. 如申請專利範圍第9項之雷射幫浦腔，其中至少一個該等延伸段件包含飽和吸收材料。
12. 如申請專利範圍第1項之雷射幫浦腔，其進一步包含：
 - 一個或更多之散熱器，其圍繞該外部包覆材，且係靠著該外部包覆材加以配置，以便從外部包覆材傳導熱量；及
 - 位於該等散熱器中之一個或更多的隙縫，該等隙縫延伸到外部包覆材，並具有一寬度與長度，以容許將幫浦能量結合到幫浦腔。
13. 如申請專利範圍第12項之雷射幫浦腔，其中該等隙縫係成對配置，且該等隙縫對中之各隙縫係以與隙縫對中的另一隙縫夾角成 180° 之方式加以配置，該角度係

拾、申請專利範圍

由雷射棒之中心測量到隙縫。

14. 如申請專利範圍第12項之雷射幫浦腔，其中該等隙縫係成對配置，且該等隙縫對中之各隙縫係以與隙縫對中的另一隙縫夾角小於 180° 之方式加以配置，該角度係由雷射棒之中心測量到隙縫。

15. 一種雷射幫浦腔，其以一第一波長之幫浦能量泵激，並產生一第二波長的雷射能量，該雷射幫浦腔包含：

一雷射棒，其具有一多邊形橫剖面以及一縱向軸線；及

- 一外部包覆材，其圍繞雷射棒之縱向軸線包覆該雷射棒，且係擴散結合到該雷射棒，其中外部包覆材大致上係對於該第一波長透明，且大致上對於該第二波長具有吸收性；及

- 一個或更多之延伸段件，其配置於複數個幫浦腔段的幫浦腔段之間，該等延伸段件係擴散結合到該等幫浦腔段。

16. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中各幫浦腔段件進一步包含：

- 一個或更多段之第一材料層，其塗佈外部包覆材，該層第一材料對於施加到幫浦腔之幫浦能量係具有高度反射性，且係配置於外部包覆材沒有施加幫浦能量之區域上；及

一個或更多段之第二材料層，其塗佈外部包覆材，該層第二材料對於施加到幫浦腔之幫浦能量係具有

拾、申請專利範圍

抗反射性，且係配置於外部包覆材施加幫浦能量之區域上。

17. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中各幫浦腔段件中之外部包覆材具有一圓形或橢圓形之外部橫剖面。
18. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中各幫浦腔段件中之外部包覆材具有一多邊形之外部橫剖面。
19. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中各幫浦腔段件中之雷射棒包含摻釹鈮鋁石榴石。
20. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中各幫浦腔段件中之雷射棒包含摻鐮鈮鋁石榴石。
21. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中各幫浦腔段件中之外部包覆材包含鈮鋁石榴石。
22. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中各幫浦腔段件中之外部包覆材包含摻釷鈮鋁石榴石。
23. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中該等延伸段件包含未摻雜之材料。
24. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中至少一個該等延伸段件包含飽和吸收材料。
25. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其中該延伸雷射幫浦腔具有一第一尾端以及一第二尾端，且該延伸雷射幫浦腔進一步包含：
 - 一個或更多尾端段件，其配置於該延伸雷射幫浦腔之第一尾端或第二尾端，或是兩尾端皆加以配置，

拾、申請專利範圍

該等尾端段件係擴散結合到延伸之雷射幫浦腔。

26. 如申請專利範圍第15項之雷射幫浦腔，其進一步包含：

5 一個或更多之散熱器，其圍繞各幫浦腔段件，且係靠著幫浦腔段件之外部包覆材加以配置，以便從外部包覆材傳導熱量；及

位於該等散熱器中之一個或更多的隙縫，該等隙縫延伸到外部包覆材，並具有一寬度與長度，以便容許於一個或更多隙縫處將幫浦能量結合到幫浦腔。

10 27. 如申請專利範圍第26項之雷射幫浦腔，其中該等隙縫係成對配置，且該等隙縫對中之各隙縫係以與隙縫對中的另一隙縫夾角成 180° 之方式加以配置，該角度係由幫浦腔段之中心測量到隙縫。

15 28. 如申請專利範圍第26項之雷射幫浦腔，其中該等隙縫係成對配置，且該等隙縫對中之各隙縫與隙縫對中的另一隙縫夾角係小於 180° 加以配置，該角度係由幫浦腔段之中心測量到隙縫。

29. 一種製造具有一多邊形芯材之雷射幫浦腔的方法，該方法包含之步驟為：

20 (a) 訂定芯材之多邊形形狀；
(b) 提供一芯材板，其具有一上表面、一下表面、一第一光學平坦表面，以及一與該第一光學平坦表面相對之第二光學平坦表面；該第一與第二光學平坦表面配置於上表面與下表面之間，且通常與上表面及下表面垂直；

拾、申請專利範圍

(c)提供複數個包覆材板，各包覆材板具有至少一個光學平坦表面；

(d)將複數個包覆材板其中一者之光學平坦表面擴散結合到芯材板的第一光學平坦表面；

5 (e)將複數個包覆材板之另一者的光學平坦表面擴散結合到芯材板之第二光學平坦表面，以便形成一複合構造；

(f)研磨與拋光該複合構造，以便至少移除一部份芯材板所殘留之芯材，提供一個新的光學平坦表面，
10 其包含至少些許部分之芯材板；

(g)將複數個包覆材板之另一者的光學平坦表面擴散結合到該新的光學平坦表面，其包含至少該複合構造之芯材板的些許部分；及

(h)重複步驟(f)與(g)，直到包覆材完全地包覆由芯材板所形成之芯材為止，以提供雷射幫浦腔，其中該
15 芯材具有特定之多邊形。

30. 如申請專利範圍第29項之方法，其中該包覆材板包含包覆材，其對於一第一波長之幫浦能量大致上透明，且對於一第二波長之雷射能量係大致上具有吸收性。

20 31. 如申請專利範圍第29項之製造一雷射幫浦腔的方法，其進一步包含之步驟為：

(i) 訂定雷射幫浦腔之橫剖面形狀；及

(j) 研磨與拋光該雷射幫浦腔，直到該雷射幫浦腔具有訂定之橫剖面形狀為止。

拾、申請專利範圍

32. 如申請專利範圍第31項之製造一雷射幫浦腔的方法，
其進一步包含之步驟為：

(k) 以一種或更多抗反射性塗層、一種或更多高反
射性塗層，或是使用抗反射性塗層與高反射性塗層塗
5 佈該雷射幫浦腔之外部表面。

33. 如申請專利範圍第30項之製造一雷射幫浦腔的方法，
其進一步包含之步驟為：

(i) 訂定雷射幫浦腔之橫剖面形狀；

(j) 對於該雷射幫浦腔進行芯材鑽孔，以便擷取芯
10 材與圍繞之包覆材，提供一貫心之雷射幫浦腔；

(k) 研磨與拋光貫心雷射幫浦腔，直到該貫心雷射
幫浦腔具有訂定之橫剖面形狀為止。

34. 如申請專利範圍第33項之製造一雷射幫浦腔的方法，
其進一步包含之步驟為：

(l) 以一種或更多抗反射性塗層、一種或更多高反
15 射性塗層，或是使用抗反射性塗層與高反射性塗層塗
佈該雷射幫浦腔之外部表面。

35. 如申請專利範圍第29項之製造一雷射幫浦腔的方法，
其中該芯材包含摻雜之鈮鋁石榴石。

20 36. 如申請專利範圍第29項之製造一雷射幫浦腔的方法，
其中各包覆材板包含鈮鋁石榴石。

37. 一種雷射幫浦腔，其包含：

一雷射棒，其具有一縱向軸線以及一第一與第二
尾端，該雷射棒具有一個或更多平坦側面之橫剖面，

拾、申請專利範圍

該一個或更多平坦側面係對於縱向軸線光學平坦；及

該雷射棒之一個或更多平坦表面係擴散結合到一個或更多外部包覆材板其中至少一者的光學平坦表面。

5 38.如申請專利範圍第37項之雷射幫浦腔，其中該外部包覆材板沿著雷射棒之縱向軸線完整地包覆該雷射棒。

39.如申請專利範圍第37項之雷射幫浦腔，其中該雷射棒包含摻雜之釔鋁石榴石。

40.如申請專利範圍第37項之雷射幫浦腔，其中該包覆材
10 板包含摻雜或未摻雜之釔鋁石榴石。

41.一種設計一雷射幫浦腔之方法，其包含之步驟為：

訂定一雷射棒之芯材的橫剖面形狀，該橫剖面形狀具有一個或更多之大致上平坦的側面；

提供一具有該特定橫剖面形狀之雷射棒，該雷射
15 棒具有一縱向軸線，且一個或更多大致上平坦的側面各沿著該縱向軸線延伸；

使該雷射棒之至少一個平坦側面成為光學平坦表面；

提供一個或更多之包覆材板，各個包覆材板具有
20 至少一個光學平坦側面；及

將一個或更多包覆材板之光學平坦側面擴散結合到該雷射棒的每個光學平坦側面。

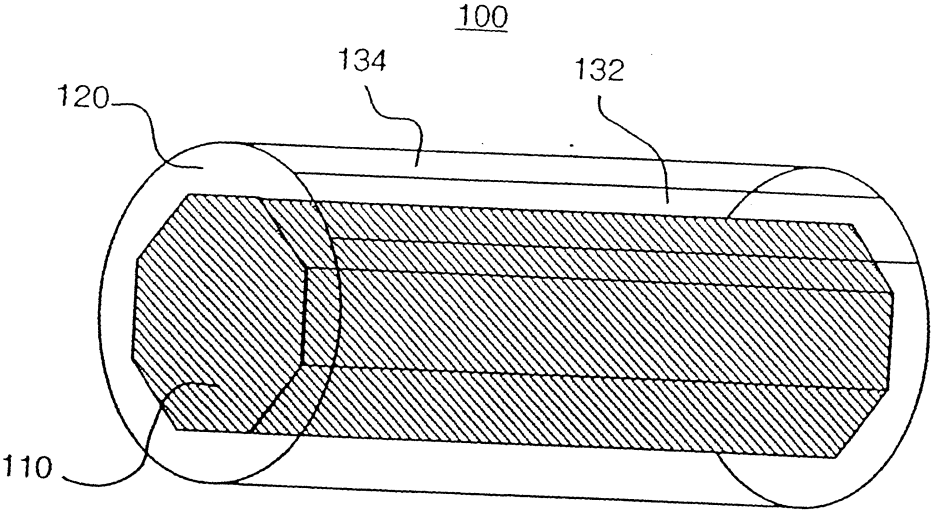
42.如申請專利範圍第41項之方法，其中一個或更多包覆材板沿著雷射棒之縱向軸線包覆該雷射棒。

拾、申請專利範圍

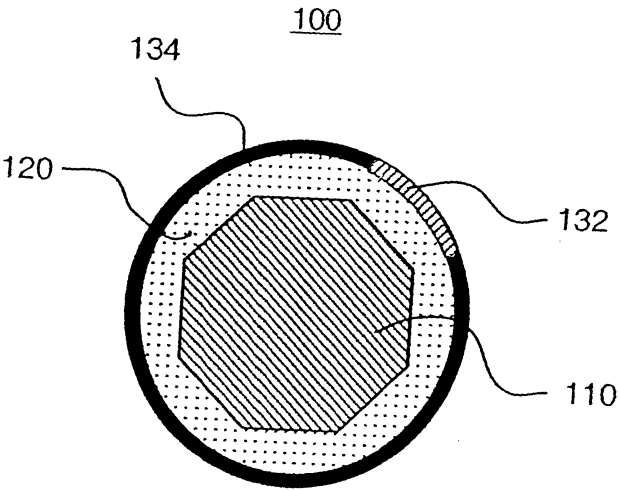
43.如申請專利範圍第41項之方法，其中該雷射棒包含摻雜之釷鋁石榴石。

44.如申請專利範圍第41項之方法，其中該包覆材板包含摻雜或未摻雜之釷鋁石榴石。

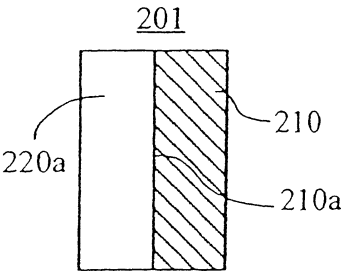
頁 100436



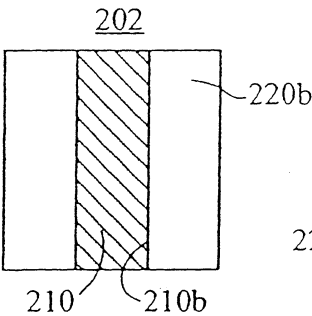
第 1A 圖



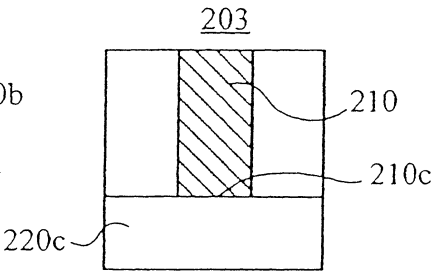
第 1B 圖



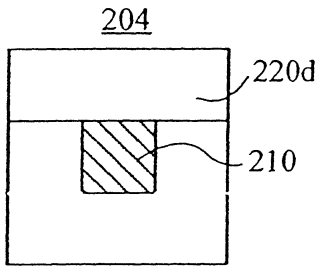
第 2A 圖



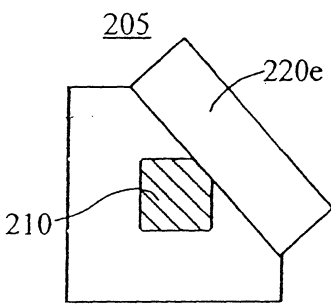
第 2B 圖



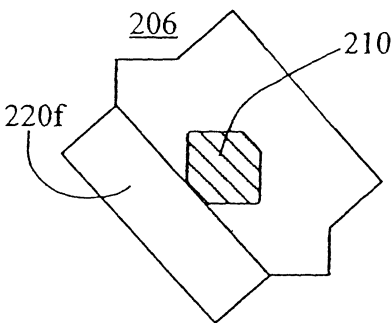
第 2C 圖



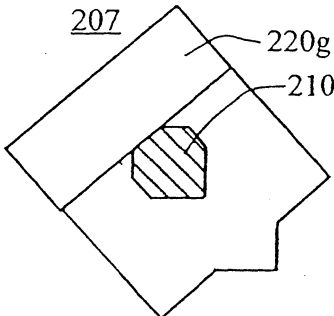
第 2D 圖



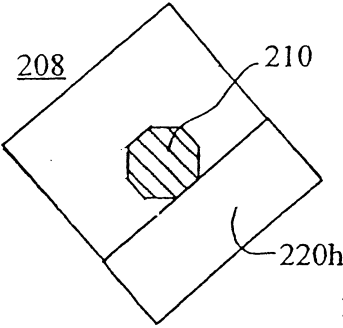
第 2E 圖



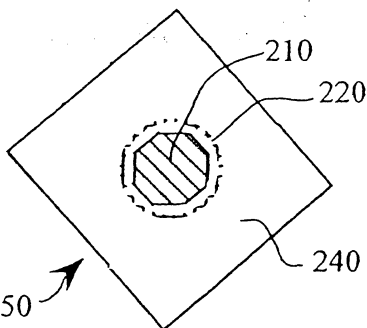
第 2F 圖



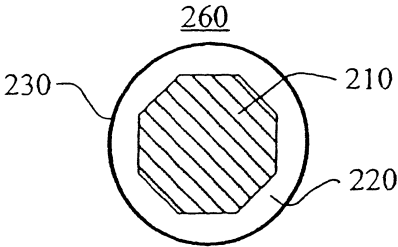
第 2G 圖



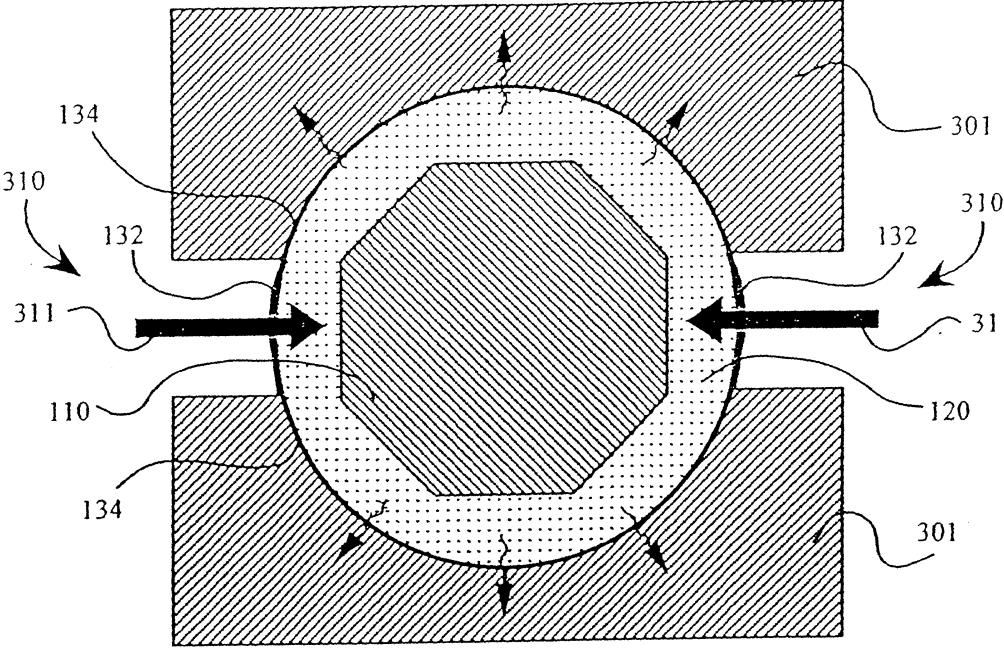
第 2H 圖



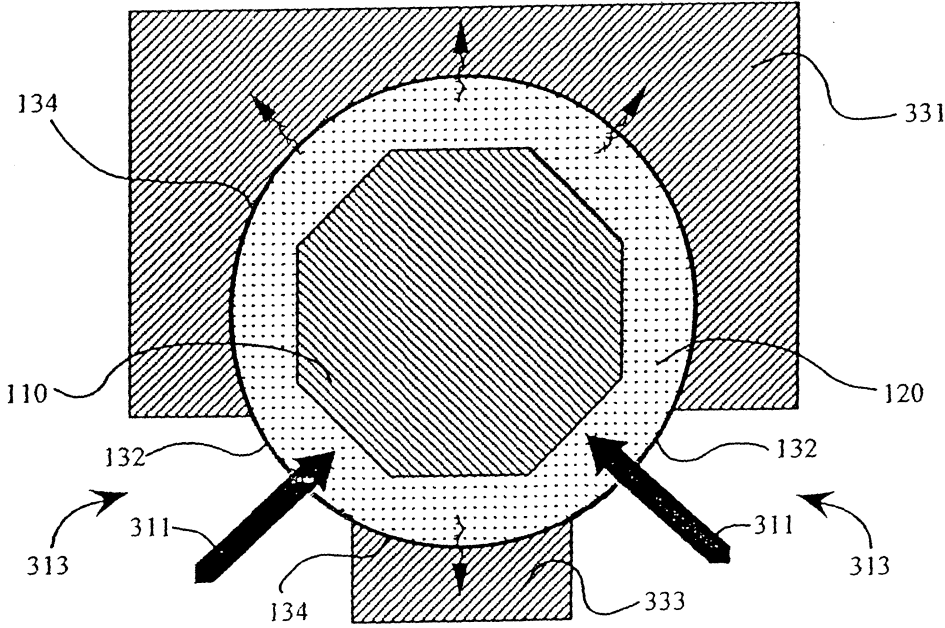
第 2I 圖



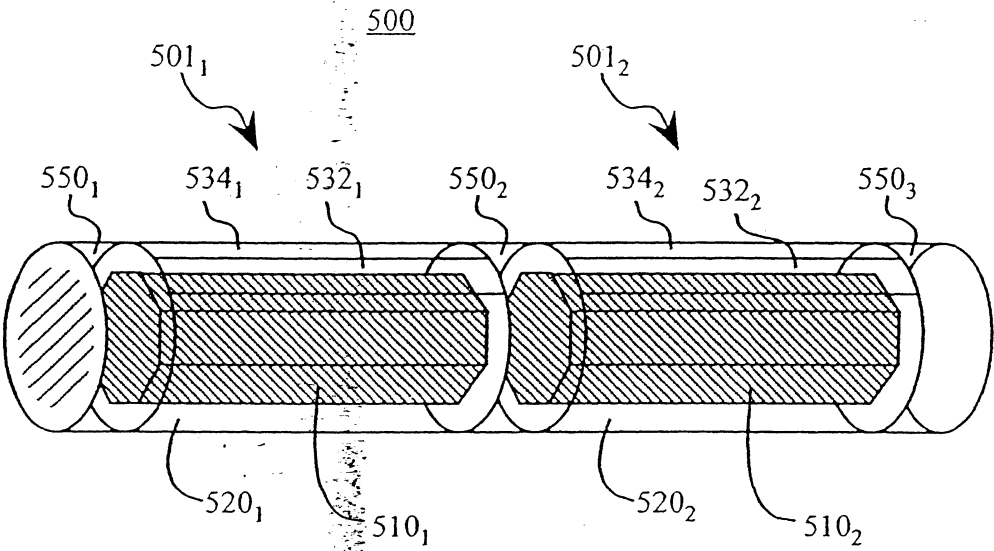
第 2J 圖



第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖

陸、(一)、本案指定代表圖爲：第 1A 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

100...幫浦腔

110...雷射棒

120...包覆材

132...塗層

134...塗層

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：