



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I533543 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 11 日

(21)申請案號：103124031

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 11 日

(51)Int. Cl. : *H01S3/06 (2006.01) H01S3/0941 (2006.01)*
H01S5/40 (2006.01)

(30)優先權：2013/08/07 英國 1314098.3

(71)申請人：羅光英國有限公司 (英國) ROFIN-SINAR UK LTD (GB)
英國(72)發明人：李 傑森 羅伯特 LEE, JASON ROBERT (GB)；福佛特 班傑明 史都華
FULFORD, BENJAMIN STUART (GB)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

JP 特開 2007-36195A US 2010/0091359A1
WO 2012/176252A1

審查人員：黃鼎富

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 22 頁

(54)名稱

光學放大器配置

OPTICAL AMPLIFIER ARRANGEMENT

(57)摘要

本發明揭示一種將一前置放大器與一功率放大器整合於一單一矩形活性介質中以使得能夠將低功率超短脈衝放大至最佳功率位準之光學放大器。一種子光束沿著一第一前置放大路徑通過該放大介質，從而實現對該介質之多個橫穿。該光束經成像而沿著該第一路徑返回以實現作為一前置放大器之該介質之一雙遍次。然後，該光束經重新成像而在一第二功率放大路徑上再次進入至該介質中，從而實現在一單遍次中之對該介質之多個橫穿。該等路徑係獨立的但重疊以使得達成高效功率提取。闡述了基於所有被動組件之實施例。

An optical amplifier which integrates a pre-amplifier and a power amplifier in a single rectangular active medium to enable amplification of low power ultra-short pulses to optimal power levels. A seed beam passes through the amplification medium along a first pre-amplification path making multiple traverses of the medium. It is imaged back along the first path to make a double pass of the medium as a pre-amplifier. The beam is then re-imaged into the medium again on a second power amplification path, making multiple traverses of the medium in a single pass. The paths are independent but overlap so that efficient power extraction is achieved. Embodiments based on all passive components are described.

指定代表圖：

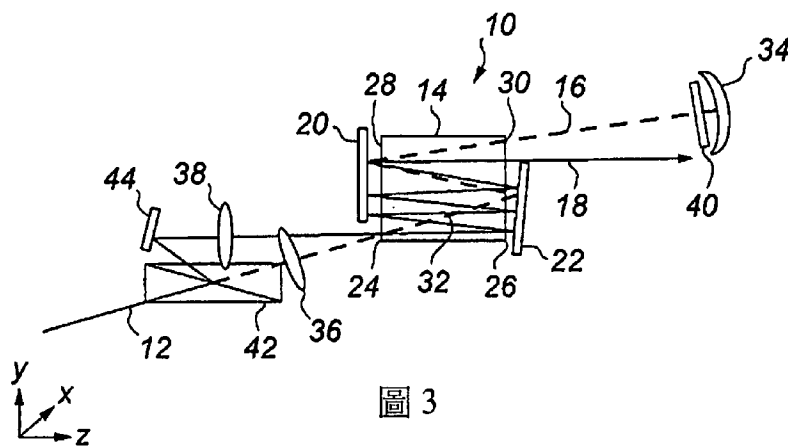


圖 3

符號簡單說明：

- 10 . . . 光學放大器/
放大器/放大器系統
- 12 . . . 光束/線性偏
振光束/偏振光束/輸入
光束/返回光束/線性偏
振種子輸入光束/經反
射光束
- 14 . . . 放大介質/介
質/放大器材料/晶體放
大器材料/晶體/薄板條
功率放大器/晶體放大
介質
- 16 . . . 第一路徑/路
徑
- 18 . . . 第二路徑/路
徑
- 20 . . . 鏡
- 22 . . . 鏡/多反光鏡
- 24 . . . 輸入/入口側/
端
- 26 . . . 相對出口側/
出口側
- 28 . . . 第一端/端
- 30 . . . 第二端/端
- 32 . . . 橫穿/第一橫
穿
- 34 . . . 成像鏡
- 36 . . . 透鏡/第一透
鏡
- 38 . . . 第二透鏡
- 40 . . . 四分之一波
片
- 42 . . . 偏振立方體
- 44 . . . 回位鏡

發明摘要

公告本

※ 申請案號：103/24031

※ 申請日：103.7.11

※IPC 分類：H01S 3/06 (2006.01)

H01S 3/0941 (2006.01)

H01S 5/40 (2006.01)

【發明名稱】

光學放大器配置

OPTICAL AMPLIFIER ARRANGEMENT

【中文】

本發明揭示一種將一前置放大器與一功率放大器整合於一單一矩形活性介質中以使得能夠將低功率超短脈衝放大至最佳功率位準之光學放大器。一種子光束沿著一第一前置放大路徑通過該放大介質，從而實現對該介質之多個橫穿。該光束經成像而沿著該第一路徑返回以實現作為一前置放大器之該介質之一雙遍次。然後，該光束經重新成像而在一第二功率放大路徑上再次進入至該介質中，從而實現在一單遍次中之對該介質之多個橫穿。該等路徑係獨立的但重疊以使得達成高效功率提取。闡述了基於所有被動組件之實施例。

【英文】

An optical amplifier which integrates a pre-amplifier and a power amplifier in a single rectangular active medium to enable amplification of low power ultra-short pulses to optimal power levels. A seed beam passes through the amplification medium along a first pre-amplification path making multiple traverses of the medium. It is imaged back along the first path to make a double pass of the medium as a pre-amplifier. The beam is then re-imaged into the medium again on a second power amplification path, making multiple traverses of the medium in a single pass. The paths are independent but overlap so that efficient power extraction is achieved. Embodiments based on all passive components are described.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（3）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 10 光學放大器/放大器/放大器系統
- 12 光束/線性偏振光束/偏振光束/輸入光束/返回光束/
線性偏振種子輸入光束/經反射光束
- 14 放大介質/介質/放大器材料/晶體放大器材料/晶體/
薄板條功率放大器/晶體放大介質
- 16 第一路徑/路徑
- 18 第二路徑/路徑
- 20 鏡
- 22 鏡/多反光鏡
- 24 輸入/入口側/端
- 26 相對出口側/出口側
- 28 第一端/端
- 30 第二端/端
- 32 橫穿/第一橫穿
- 34 成像鏡
- 36 透鏡/第一透鏡
- 38 第二透鏡
- 40 四分之一波片
- 42 偏振立方體
- 44 回位鏡

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

光學放大器配置

OPTICAL AMPLIFIER ARRANGEMENT

本發明係關於一種供在放大低功率、經減小頻率、超短脈衝種子中使用之光學放大器設備，且特定而言(但非排他地)係關於一種在一單一晶體板條作用區域中具有一整合式前置放大器與功率放大器之光學放大器設備。

具有小於10 ps之脈衝寬度之雷射在微機械加工工業應用中提供新處理能力。然而，達成大規模製造之處理速度需要介於100 kHz至10 MHz之間的脈衝重複頻率，可調整為具有超過100 W之平均功率之一最佳頻率。通常，由於最大脈衝能量受非線性效應及對雷射晶體之損壞之限制，因此用大多數雷射架構無法達成此等組合。薄盤雷射振盪器已達成接近150 W之功率(該等功率處於所需功率範圍之下限，但是在介於3.50 MHz與60 MHz之間的固定脈衝重複頻率下，該等功率在所需範圍之上)且無法容易地在維持平均功率之同時將其調整為用於一特定程序之一最佳頻率。

當前，使用主振盪器功率放大器(MOPA)來獲得所需高平均功率。在此設備中，一低功率雷射主振盪器產生耦合至一功率放大器中之所需寬度之脈衝。輸入脈衝刺激在放大器內之發射，該發射經添加至輸入脈衝以形成一較高輸出能量脈衝。由於強度及通量兩者皆顯著低於在具有一類似輸出之一振盪器內將達成之強度及通量，因此設備可在損壞發生之前達成較高輸出功率及能量。現在，在若干個替代雷

射架構中實施MOPA。

頒予弗勞恩霍夫應用研究促進協會(Fraunhofer-Gesellschaft zur Foerderung der angewanten)之US 6,654,163闡述一光學放大器設備，該光學放大器設備存在於來自(舉例而言)德國EdgeWave GmbH之市售INNOSLAB放大器中。如圖1中所圖解說明，此設備具有一矩形晶體板條放大器介質A。由一振盪器發射之光束B行進在鏡D、E之間的一路徑C，其中光束B多次橫穿放大器介質A。隨著對介質A之每一橫穿，光束B之剖面在x方向上增加。光束大小在細y方向上維持不變。沿著x軸之擴展經選擇以確保當光束放大時光束強度保持幾乎恆定。橫穿之數目經選擇以最大化光束B與放大器介質A之間的重疊。以此方式，使用一單遍次穿過放大器，可高效提取所儲存能量同時避免損壞之臨限值及非線性效應。使用此設備，已在76 MHz之一頻率下以680 fs之一脈衝寬度達成400 W之平均功率位準。

此配置之一缺點在於需要充分輸入功率來確保在穿過放大器之初始幾個遍次中發生有效飽和。

然後級聯此振盪器-放大器設備與其中光束在一單遍次中形成一個橫穿之一路徑之一第二、矩形板條放大器之放大器系統可在20 MHz之一頻率下以615 fs之一脈衝寬度達成高達1.1 kW之功率位準。再次，此等放大方法依賴於充分輸入種子功率來確保有效提取。另外，一級聯式配置需要相當大的空間。

為克服需要充分輸入種子功率之缺點，已提出使用再生放大器或前置放大級放大較低種子功率。頒予Gigaphoton公司之US 7,903,715詳述在一替代雷射架構中使用一再生放大器。在圖2中展示一實施例，其中使用一個放大介質板條F來執行以圖1之方式配置之一放大器G (具有對活性介質F之多個橫穿之一單遍次)及一再生放大器H (具有對活性介質F之一單一橫穿之多個遍次)之多個功能。一低功率

種子雷射J注入至由兩個鏡M、N形成之一諧振器中。經注入信號藉由切換一光聲元件K而引入。然後，光束B在鏡M、N之間實現一單一橫穿之多個遍次直至提取出所儲存能量之大部分。以一所要時序，切換一普克爾斯(Pockels)盒L且使用一偏振器P將光束B自再生放大器H輸出至放大器G中。由於放大器G與再生放大器H共用同一活性介質F，因此配置係緊密的，但放大器G與再生放大器H在介質F中彼此分離且作為在很大程度上獨立之裝置操作。

此配置之一缺點在於需要主動組件。此等普克爾斯盒及光聲元件給該配置增加成本及複雜性。

本發明之一目標係提供一種針對低功率、經減小頻率、超短種子脈衝提供放大之光學放大器。

本發明之至少一項實施例之另一目標係提供一種將一前置放大器與一功率放大器整合於一活性介質中之光學放大器，其中該前置放大器與該功率放大器部分耦合。

本發明之至少一項實施例之另一目標係提供一種使用純被動組件之光學放大器。

根據本發明之一第一態樣，提供一種光學放大器設備，其包括：一放大介質，其具有帶一長邊及一短邊之一大致矩形剖面；至少兩個高反射鏡，其中該放大介質配置於該至少兩個高反射鏡之間；其中該剖面之該短邊係沿著x軸，該長邊係沿著y軸，且z軸係光學軸，且其中該等x、y及z軸構成一三維座標系統；其中該等鏡以一方式設計及配置使得待放大之一光束進行自該等鏡中之每一者之至少一個反射以在xz平面中界定包括穿過該放大介質之複數個橫穿之一路徑；且其中自一振盪器發射之該光束實現在一前置放大器級中之一第一路徑之一雙遍次及在一功率放大器級中之一第二路徑之一單一遍次，且其中該等第一與第二路徑係獨立的且在該放大介質中重疊。

藉由提供其中該光束沿著一第一前置放大路徑通過該放大介質，沿著該同一第一路徑返回且然後沿著與該前置放大路徑局部重疊以使得發生某一部分耦合之一第二功率放大路徑再次通過該放大介質之一配置，該系統可確保穿過該放大器之所有該等橫穿之有效飽和。另外，藉由使該光束在該第一前置放大路徑上通過兩次，達成了高效功率提取。由於該第二路徑不同於該第一路徑，因此可達成該等路徑與該放大介質之最大化重疊，因此使得能夠將低功率超短脈衝放大至最佳功率位準。

較佳地，該光束在每一路徑上實現對該放大介質之至少三個橫穿。此允許該放大介質係緊密的且因此提供一小裝置。較佳地，該第二路徑實現比該第一路徑多至少一個之橫穿。視情況，該第二路徑實現至少兩倍於該第一路徑之橫穿。以此方式，最大化與該放大介質之該重疊。

較佳地，該光學放大器包含位於該放大介質之一出口側處之一成像鏡，其中該光束在該第一路徑之一第一遍次之後入射於該成像鏡上，且該成像鏡經配置以將該光束重新成像而沿著該第一路徑返回以實現在該前置放大器級中之該雙遍次。以此方式，該返回光束係在至該放大器之輸入處之該光束之一鏡像，其中該返回光束與穿過該放大器之該光束之該第一路徑完全重疊，從而確保該同一路徑之一雙遍次。只要沿著該路徑之增益充分高，該第二路徑即確保飽和及高效提取。

較佳地，該光學放大器包含位於該放大介質之一輸入側處之第一及第二透鏡，其中該等透鏡經配置以形成具有1倍之一放大率之一望遠鏡。以此方式，該光束在退出該前置放大器級時可經重新成像以形成至該功率放大器級之輸入光束。

較佳地，該光學放大器包含複數個偏振元件。較佳地，一第一

偏振元件毗鄰於該成像鏡位於該放大介質之該出口側上。更佳地，該第一偏振元件係一個四分之一波片。以此方式，退出該放大介質之一線性偏振光束可轉換為圓偏振的，自該成像鏡反射且在再次通過該四分之一波片時，該圓偏振在垂直於該光束在該第一路徑之該第一遍次時之偏振之一方向上轉換為線性偏振。

較佳地，一第二偏振元件位於該放大介質之一輸入側處。更佳地，該第二偏振元件係一偏振立方體。較佳地，該偏振立方體經配置以使得由該振盪器發射之該輸入光束通過該立方體。以此方式，該輸入光束可使其線性偏振設定於一所要定向處，而來自該前置放大器級之該返回光束將在該立方體處反射。該返回光束之此反射允許該光束針對該功率放大器級在不同於該第一路徑之一路徑上引導至該放大介質中。

有利地，該第二偏振元件及該第一透鏡經配置以針對該前置放大器級將由該振盪器發射之該輸入光束耦合至該放大介質中。更佳地，該偏振立方體配置於該等第一與第二透鏡之間。此提供一緊密配置。亦較佳地，一回位鏡位於該第二偏振元件與該第二透鏡之間。該回位鏡針對該功率放大器級將該光束重新引導回至該放大介質中。在該等第一與第二透鏡之間使用一回位鏡有效地摺疊該望遠鏡以使得該配置更緊密。

在一實施例中，該光學放大器包含配置於至該光學放大器之一輸入處之一脈衝拾取器。以此方式，脈衝可自該振盪器之該輸入光束被拒絕以降低頻率，且藉此降低平均輸入功率。因此，可針對一特定平均功率達成頻率最佳化。

較佳地，該等高反射鏡係平面的。以此方式，該光束可經配置以在一路徑中之每一橫穿時在y方向上行走跨越該等鏡。因此，在該等鏡之間形成一鋸齒形路徑。另一選擇係，該等高反射鏡可選自包括

以下各項之一群組：球面鏡、柱面鏡及沿著兩個垂直軸具有不同曲率半徑之鏡。較佳地，該等高反射鏡經配置為不平行的。

較佳地，該放大介質係矩形形狀及剖面之一板條。較佳地，該放大介質係一單一光學激發晶體板條。該板條可形成為一晶體夾層結構，其中經摻雜活性介質配置於兩個未摻雜活性介質之間。

另一選擇係，該放大介質可係在矩形電極之間激發以提供具有帶一長邊及一短邊之一矩形剖面之一板條放電之一氣體。

【圖式簡單說明】

現在將僅藉由實例之方式闡述本發明之實施例，其中：

圖1係一光學放大器之一先前技術配置之一示意圖；

圖2係另一光學放大器之一先前技術配置之一示意圖；

圖3係根據本發明之一實施例之一光學放大器之一示意圖；

圖4係圖3之光學放大器之前置放大器級之一示意圖；

圖5係圖3之光學放大器之功率放大器級之一示意圖；

圖6係根據本發明之另一實施例之一光學放大器之一示意圖；及

圖7係根據本發明之一實施例之輸入種子功率對來自一光學放大器中之前置放大器級及整合式前置放大器級與功率放大器級之輸出功率之一曲線圖。

根據本發明之一實施例，首先參考圖式中之圖3，其圖解說明通常由元件符號10指示之一光學放大器，其中自一低功率CW或脈衝振盪器(未展示)發射之一光束12藉由在一第一路徑16中通過一放大介質14(其實現一雙遍次穿過放大介質14)及在一第二路徑18中通過放大介質14(其實現一單遍次穿過放大介質14)而放大。在每一路徑上，光束12藉由自分別配置於放大介質14之一入口側24及一相對出口側26上之鏡20、22之反射而多次橫穿放大介質14。

放大介質14係一單一晶體板條，該晶體板條係矩形剖面，帶有

一短邊及一長邊。當 x 、 y 及 z 軸構成一三維座標系統時，該剖面之短邊沿著 x 軸，長邊沿著 y 軸，且 z 軸係光學軸。長邊展示於圖 1 中。在一實施例中，放大介質係一晶體結構，其中一經摻雜活性介質夾在兩個未摻雜矩形區段之間。如此項技術中已知，放大介質 14 經光學泵激產生一作用增益區域。此泵激可由雷射二極體陣列完成。在一替代實施例中，放大介質藉由一板條氣體放電而形成。此氣體通常係在兩個矩形平面平行配置之電極之間激發之一氣體(諸如 CO_2)。

鏡 20、22 係高反射的，以使得透過光學放大器 10 傳送大量的功率。鏡 20、22 係平面的，具有足以允許光束 12 在 y 方向上「行走」跨越表面之一直徑。該等鏡經配置以面向放大介質 14 之第一端 28 及第二端 30 且係交錯的，以使得光束可在不意外碰撞鏡 20、22 中之任一者之一邊之情況下進入及退出每一端 28、30。儘管鏡 20、22 可經配置以平行於端 28、30，但可引入一傾斜角以減小不與種子光束相關聯的該等鏡之間的一雷射振盪之可能性。此振盪將減小可用於種子光束之所儲存能量且減小可獲得輸出功率。在替代實施例中，鏡 20、22 係球面、柱面或沿著兩個垂直軸(通常係 x 及 y)具有不同曲率半徑。較佳地，該等高反射鏡係配置為不平行的。

鏡 20、22 之配置如此以使得在入口側處進入放大介質 14 之一光束 12 進行自該等鏡中之每一者之至少一次反射以在 xy 平面中界定包括穿過放大介質 14 之複數個橫穿 32 之一路徑。每一橫穿在一不同位置中，以使得光束 12 在其行進穿過放大介質 14 時針對每一反射在一不同點處入射於每一鏡 20、22 上。橫穿 32 之路徑顯現為穿過介質 14 之一鋸齒形路徑。將瞭解，光束大小及放大器 10 之幾何形狀可經選擇以使得光束 12 之路徑與介質 14 之一大部分重疊。

一成像鏡 34 位於放大介質 14 之出口側 26 處，其中光束 12 在第一路徑 16 之一第一遍次之後入射於成像鏡 34 上。該成像鏡係具有經選擇

以將光束12完全成像回到自身之一曲率半徑之一球面鏡。以此方式，光束12作為一第二遍次返回穿過放大介質14。返回光束係在至放大器10之輸入24處之光束之一鏡像，其中返回光束與穿過放大器10之光束之第一路徑16完全重疊，從而確保同一路徑16之一雙遍次。

位於毗鄰成像鏡34處的係一個四分之一波片40。四分之一波片40係將線性偏振光轉換為圓偏振光且反之亦然之一標準偏振元件。退出放大介質14之一線性偏振光束12被轉換為圓偏振的，自成像鏡34反射且在再次通過四分之一波片40時轉換回線性偏振，但在其退出放大介質14時處於垂直於光束12之偏振之一方向上。

在放大介質14之入口側24處，自一振盪器或其他雷射種子發射之偏振光束12輸入至放大器10。配置於入口側處的係第一透鏡36及第二透鏡38以及一偏振立方體42及一回位鏡44。當輸入光束12通過偏振立方體42時，偏振立方體42不影響輸入光束12之偏振，且配置於路徑16中之透鏡36可用於將光束12耦合至放大介質14中。偏振立方體42經配置以使得已完成放大介質14之一雙遍次之返回光束12將被完全反射。經反射光束經引導朝向回位鏡44，回位鏡44經配置以在不同且獨立於第一路徑16之一第二路徑18上將光束12發送回至放大介質14中。在回位鏡44與放大介質14之間配置有第二透鏡38。第一透鏡36及第二透鏡38經配置以形成具有1倍之一放大率之一望遠鏡。以此方式，光束經重新成像返回至放大介質14中。

在使用中，提供一線性偏振種子輸入光束12。該光束由可使用適合光學器件(未展示)調節以達成至放大介質14中之最佳耦合之一源(諸如一低功率連續波或脈衝振盪器(未展示))提供。在進入至放大器10時，光束12將行進穿過一前置放大器級46。此作為圖3之有關前置放大器級46之彼等部件在圖4中予以最好地圖解說明。已賦予相同部件相同元件符號以幫助清晰性。

已用雷射二極體泵激放大器材料14之薄晶體板條以形成一增益薄板。在晶體放大器材料14內，光束12在x方向(亦稱為細軸)上受熱產生之透鏡之拘限，而光束12在y方向(亦稱為寬軸)上自由發散。光束12通常在z方向上繼續行進直至其入射於多反光鏡22上。鏡22之傾斜角沿著一第二方向引導光束12以橫穿32晶體14直至該光束入射於鏡20上。然後，鏡20沿著另一方向重新引導穿過晶體14之光束12以再次橫穿晶體14直至該光束藉由通過在鏡22上面的晶體14之端30而退出放大介質14。光束12已在實現對放大介質14之三個橫穿32之一單遍次中行進穿過放大介質14之一第一路徑16。

然後，光束12在通過將初始線性偏振光束轉換為圓偏振之四分之一波片40之前沿著兩個軸自由發散。然後，光束12在再次通過將光束之圓偏振轉換為沿著垂直於當光束12輸入至放大器10時之偏振之一方向定向之線性偏振之四分之一波片40之前照射至成像鏡34上。成像鏡34經選擇以確保光束12作為在至放大器10之輸入處之光束12之一鏡像反射。以此方式，經反射光束12可完全相反地遵循穿過放大器材料14之第一路徑16，從而確保路徑16之一雙遍次。沿著第一遍次之增益係充分高的，以使得第二遍次確保飽和及高效提取。然後，光束12在與其輸入相同之位置處穿過端24退出放大器材料14。沿著放大器系統10之路徑16之初始雙遍次構成一前置放大器級46。

返回至圖3，光束12自退出放大器材料14繼續行進且在照射至偏振立方體42上之前通過第一透鏡36。在四分之一波片40處發生於光束中之偏振旋轉導致光束12在偏振立方體42中在內部反射。偏振立方體42致使光束12經重新引導至回位鏡44，回位鏡44在另一方向上反射光束12而致使其通過第二透鏡38。第一透鏡36及第二透鏡38形成將來自前置放大器級46之輸出成像回至放大器材料14及功率放大器級48中之具有1倍之一放大率之一望遠鏡。

在作為圖3之有關功率放大器級48之彼等部件於圖5中圖解說明之此級48中，光束12首先沿著z方向(在此情形中，平行於放大器材料14之側50)在放大器材料14中傳播。在x方向(細方向)上，光束12再次受熱產生之透鏡之遏制，而在寬方向(y方向)上，光束12自由發散。在一第一橫穿32之後，在於端30處退出放大介質14時，光束12照射至鏡22上，且在照射至鏡20上並進一步重新引導之前重新引導穿過放大器材料14。在鏡20與鏡22之間發生多次反光(在此情形中，六次反光)，此致使光束12遵循一第二路徑18實現穿過放大器材料14之七個橫穿。穿過放大介質14之此單一遍次在光束12通過鏡22之邊54上面在放大介質14之遠邊52處耦合輸出時結束。通常，放大器材料14之七個(如所展示)或九個橫穿形成路徑18，其中橫穿32之數目經選擇以在光束12不繼續意外碰撞鏡22之頂邊54之情況下最大化光束12與放大器材料14之重疊。穿過放大器系統10之第二路徑18稱作功率放大器級48且經設計以確保最大化自不包含於前置放大器級46中之區之能量提取。

注意，第二路徑18與第一路徑16橫穿放大介質14之相同體積。路徑16、18可視為在放大介質14中重疊但係獨立的且由於至放大介質14之不同進入角度而彼此不同。如圖3中所展示，可在光束12在前置放大器級46及功率放大器級48兩者中在相同進入點處進入放大介質14之情況下達成該光束至介質14中之最佳耦合。

現在參考圖式中之圖6，其圖解說明在輸入處在脈衝種子雷射(未展示)與偏振立方體42之間包含一脈衝拾取器56之放大器10。已知，為在超短脈衝中獲得高脈衝能量，常常有必要減小脈衝重複率。此可藉由在種子雷射與放大器10之間放置一脈衝拾取器56而達成。然後，放大器10僅對所希望脈衝起作用。由於與放大器10之平均輸出功率相比，種子雷射之平均功率將係小的且其餘平均功率足以使放大器10飽和，因此經阻擋脈衝不必構成一強能量損失。在此實施例中，唯一主

動組件係脈衝拾取器，所有其他組件係純被動的。

在具有一整合式前置放大器46與功率放大器48之光學放大器10之一實例中，一輸入種子功率自0 mW與35 mW之間變化，且光束耦合至使用各自發射90 W之四個二極體條(未展示)來泵激之一薄板條功率放大器14中。幾何形狀經配置以提供其中光束12實現在前置放大器級46中之一雙遍次之三橫穿32之一第一路徑16及在功率放大器級48之一單遍次中之七個橫穿32之一第二路徑。藉助一cw光纖耦合雷射之先前單遍次量測已演示在類似條件下之約 1.5 cm^{-1} 之一小信號增益係數，同時在一振盪器中之晶體放大介質14之使用已產生145 W。

參考圖7，其圖解說明輸入種子功率60(介於自0 mW至35 mW之範圍內)對前置放大器輸出功率62(介於自0 W至5 W之範圍內)及功率放大器輸出功率64(介於自0 W至50 W之範圍內)之一曲線圖。來自前置放大器之輸出功率係在發出至功率放大器中之前。功率放大器輸出功率來自具有七個橫穿功率放大器之一放大器。儘管所有點展示來自功率放大器之輸出功率比起來自前置放大器之輸出功率之一增加，但當輸入種子自33 mW減小至5 mW時，前置放大器輸出之減小(~65%)比功率放大器之減小(~30%)更顯著。此演示在此設計中之前置放大器之重要性。由前置放大器添加至種子之額外功率足以使功率放大器有效飽和，從而引入對種子功率之一定程度上之不靈敏度。舉例而言，種子功率之一50%減小僅導致放大器輸出之一10%減小。

在另一演示中，使用一個七次橫穿功率放大器以30 mW之一cw種子功率達成50 W之一功率輸出。此比在不具有前置放大之一系統中以30 mW之一種子功率達成之17 W之一輸出高大約兩倍。輸出光束量測為 $M^2 < 1.3$ 且經觀察為類高斯(Gaussian)的。當以一個九次橫穿功率放大器操作放大器時，功率輸出係70 W同時仍維持具有一類高斯輸出光束且 $M^2 < 1.3$ 之光束品質。

如自以上實例可看出，在放大介質14內包含前置放大級46意指使用前置放大器級46放大顯著低於有效飽和所需之一種子輸入。來自前置放大器級46之輸出功率係足夠高的以確保針對低至15 mW之種子功率之功率放大器48之有效飽和。然後，來自功率放大器48之輸出功率在很大程度上不受種子功率之增加影響。

此操作效能之分歧在最佳化用於使用超短脈衝進行之程序之脈衝參數時係特別重要的。在其中種子處於一固定頻率及高達5 W之一適度平均功率之一傳統系統中，將使用一脈衝拾取器來拒絕若干個毗鄰脈衝以將頻率減小至所需值，且因此，在傳統系統中，平均輸出功率亦將顯著減小。若將類似輸入準則應用於圖6中所圖解說明之放大器，則來自放大器10之輸出功率在脈衝拾取器之後可通常減小至在自種子發射之彼功率之0.1%至10%之區域中之一量。因此，本發明之放大器可確保放大至一充分高平均功率來以所需速度達成工業程序。

本發明之一主要優點係其提供一種用以放大產生處於高效大規模製造程序所需之一位準之輸出功率之低功率、經減小頻率、超短種子脈衝之光學放大器。

本發明之另一優點係其提供一種將一前置放大器與一功率放大器整合於一活性介質中之光學放大器，其中該前置放大器與該功率放大器部分耦合，從而以相對低成本提供一緊密裝置。

本發明之一實施例之另一優點係其提供一種使用純被動組件之光學放大器。

熟習此項技術者將瞭解，可在不背離本發明之範疇之情況下對本文中所闡述之本發明做出各種修改。舉例而言，可藉由選擇適當光學器件及/或藉由操縱放大介質內之光束而形成一穩定或不穩定光束。一薄放大介質之使用可藉助充分加熱而產生一熱透鏡以操縱光束。可使用一折射率波導結構，其允許經減小加熱以使得導引係藉由

完全內部反射且避免一熱透鏡。

【符號說明】

10	光學放大器/放大器/放大器系統
12	光束/線性偏振光束/偏振光束/輸入光束/返回光束/線性 偏振種子輸入光束/經反射光束
14	放大介質/介質/放大器材料/晶體放大器材料/晶體/薄板 條功率放大器/晶體放大介質
16	第一路徑/路徑
18	第二路徑/路徑
20	鏡
22	鏡/多反光鏡
24	輸入/入口側/端
26	相對出口側/出口側
28	第一端/端
30	第二端/端
32	橫穿/第一橫穿
34	成像鏡
36	透鏡/第一透鏡
38	第二透鏡
40	四分之一波片
42	偏振立方體
44	回位鏡
46	前置放大器級/前置放大器/前置放大級
48	功率放大器級/級/功率放大器
50	側
52	遠邊

54	邊/頂邊
56	脈衝拾取器
60	輸入種子功率
62	前置放大器輸出功率
64	功率放大器輸出功率
A	矩形晶體板條放大器介質/放大器介質/介質
B	光束
C	路徑
D	鏡
E	鏡
F	放大介質板條/活性介質/介質
G	放大器
H	再生放大器
J	低功率種子雷射
K	光聲元件
L	普克爾斯盒
M	鏡
N	鏡
P	偏振器

申請專利範圍

1. 一種光學放大器設備，其包括：
 - 一放大介質，其具有帶一長邊及一短邊之一矩形剖面，
 - 至少兩個高反射鏡，其中該放大介質配置於該至少兩個高反射鏡之間，
 - 其中該剖面之該短邊係沿著x軸，該長邊係沿著y軸，且z軸係光學軸，且其中該等x、y及z軸構成一三維座標系統，
 - 其中自一振盪器發射之一光束進行自該至少兩個高反射鏡中之每一者之至少一個反射以在xz平面中界定包括穿過該放大介質之複數個橫穿之一路徑，該光束實現在一前置放大器級中之一第一路徑之一雙遍次、及在一功率放大器級中之一第二路徑之一單遍次，且其中該等第一與第二路徑係獨立的且在該放大介質中重疊。
2. 如請求項1之光學放大器設備，其中在該第一路徑及該第二路徑上存在對該放大介質之至少三個橫穿。
3. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該第二路徑實現比該第一路徑多至少一個之橫穿。
4. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該光學放大器包含位於該放大介質之一出口側處之一成像鏡，其中該光束在該第一路徑之一第一遍次之後入射於該成像鏡上，且該成像鏡經配置以將該光束重新成像而沿著該第一路徑返回以實現在該前置放大器級中之該雙遍次。
5. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該光學放大器包含位於該放大介質之一輸入側處之第一及第二透鏡，其中該等透鏡經配置以形成具有1倍之一放大率之一望遠鏡，且其中該光

束在退出該前置放大器級時透過該望遠鏡重新成像以形成至該功率放大級之一輸入光束。

6. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該光學放大器包含複數個偏振元件。

7. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，

其中該光學放大器包含位於該放大介質之一出口側處之一成像鏡，其中該光束在該第一路徑之一第一遍次之後入射於該成像鏡上，且該成像鏡經配置以將該光束重新成像而沿著該第一路徑返回以實現在該前置放大器級中之該雙遍次；

其中該光學放大器包含複數個偏振元件；且

其中一第一偏振元件毗鄰該成像鏡位於該放大介質之該出口側上。

8. 如請求項7之光學放大器設備，其中該第一偏振元件係一個四分之一波片。

9. 如請求項6之光學放大器設備，其中一第二偏振元件位於該放大介質之一輸入側處。

10. 如請求項9之光學放大器設備，其中該第二偏振元件係一偏振立方體。

11. 如請求項9之光學放大器設備，其中該第二偏振元件及該第一透鏡經配置以針對該前置放大器級將由該振盪器發射之該輸入光束耦合至該放大介質中。

12. 如請求項10之光學放大器設備，其中該偏振立方體配置於該等第一與第二透鏡之間。

13. 如請求項12之光學放大器設備，其中一回位鏡位於該第二偏振元件與該第二透鏡之間以針對該功率放大級將該光束重新引導回至該放大介質中。

14. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該光學放大器包含配置於至該光學放大器之一輸入處之一脈衝拾取器。
15. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該等高反射鏡係平面的。
16. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該等高反射鏡可選自包括以下各項之一群組：球面鏡、柱面鏡及沿著兩個垂直軸具有不同曲率半徑之鏡。
17. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該放大介質係矩形形狀及剖面之一板條。
18. 如請求項17之光學放大器設備，其中該放大介質係一單一光學激發晶體板條。
19. 如請求項18之光學放大器設備，其中該板條形成為一晶體夾層結構，其中經摻雜活性介質配置於兩個未摻雜活性介質之間。
20. 如請求項1或請求項2之光學放大器設備，其中該放大介質係在矩形電極之間激發以提供具有帶一長邊及一短邊之一矩形剖面之一板條放電之一氣體。

圖式

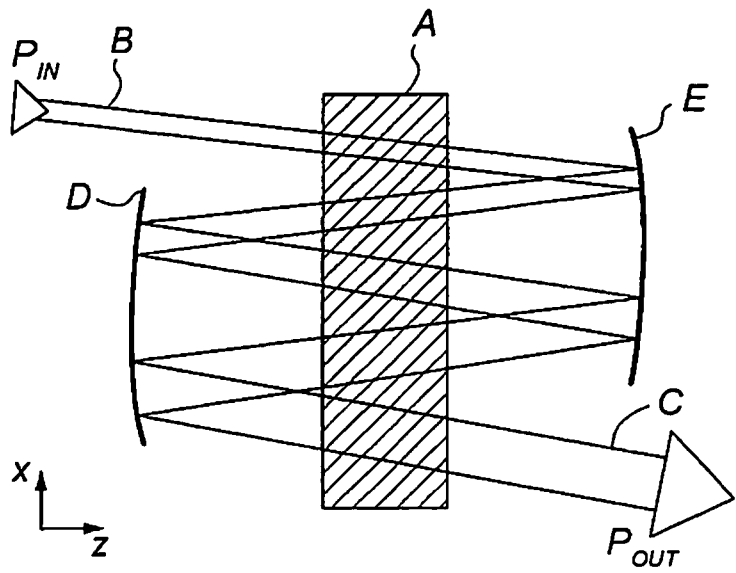


圖 1

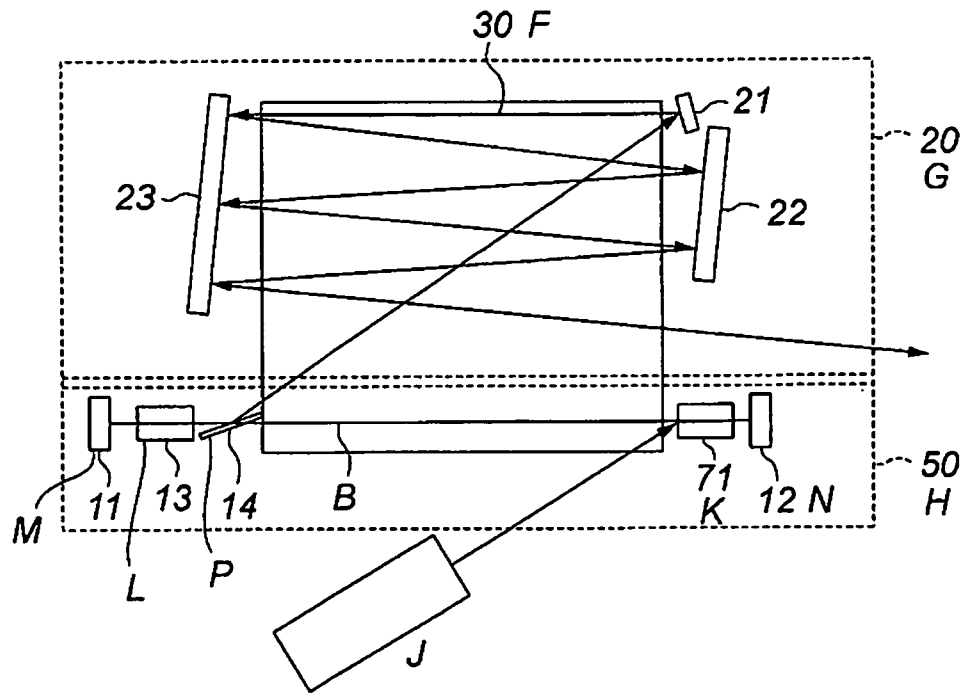


圖 2

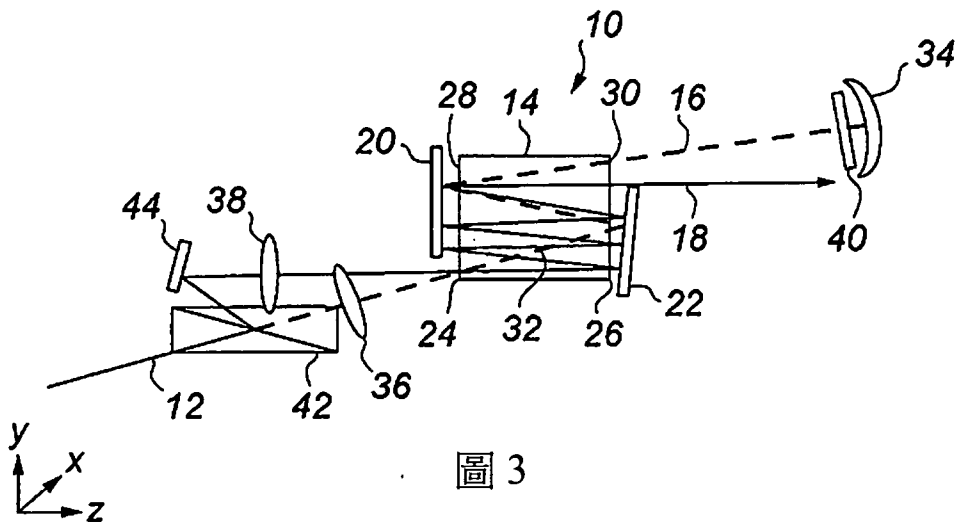


圖 3

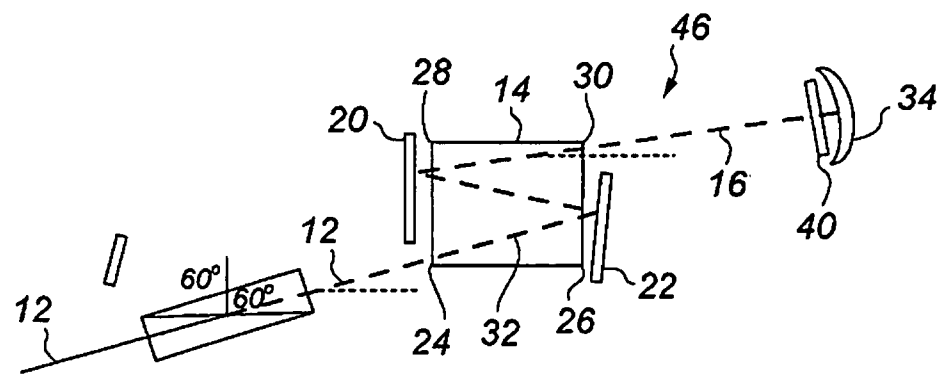


圖 4

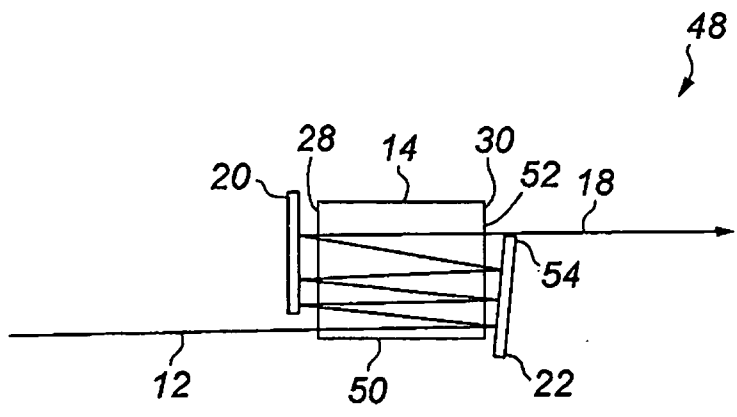


圖 5

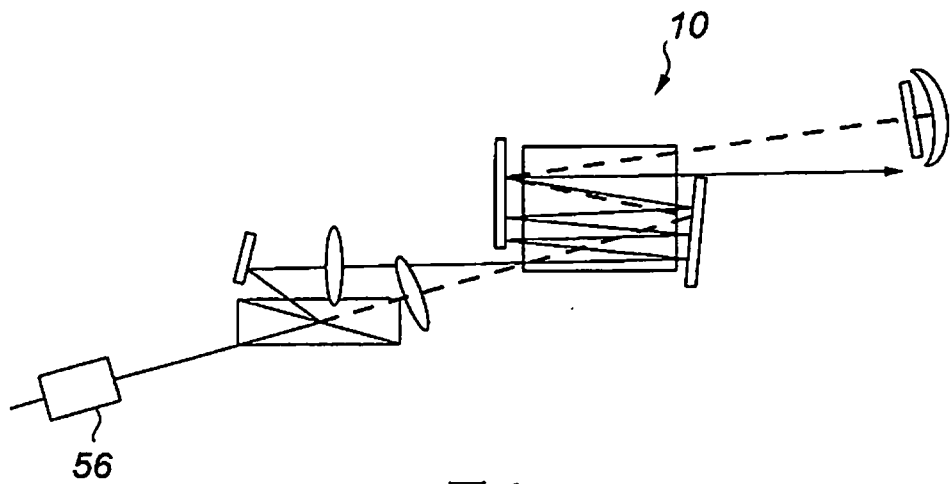


圖 6

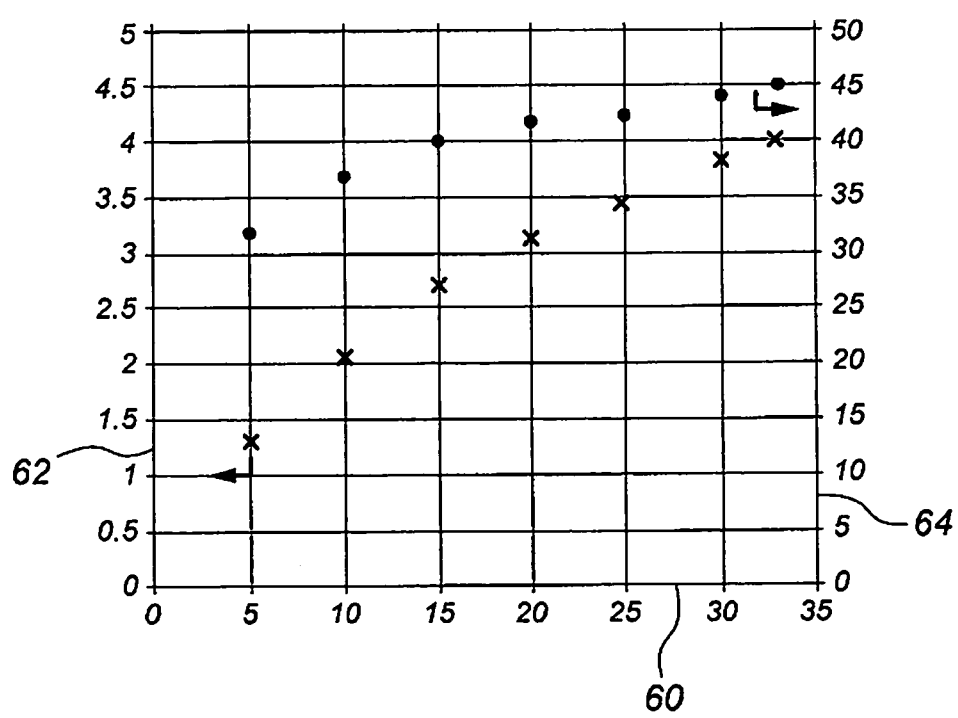


圖 7