【發明說明書】

【發明名稱】固態雷射裝置

【技術領域】

【0001】 本發明關於一種雷射裝置，特別是關於一種固態雷射裝置。

【先前技術】

【0002】 在自動駕駛車輛、無人機或工業機器人等的應用中，雷射可被用來進行成像或感測，以作為分析及理解三維環境能力的基礎。在移動環境中，理解三維環境需要準確且可靠地分類物件並追蹤物件的當前位置，再預測其接下來的移動。在例如自動駕駛車輛等應用中，系統可能需要即時辨識及追蹤諸多物件，其通常使用光達(LiDAR)來達成雷射成像、偵測及測距。

【0003】 光達會使用例如頻率調變連續波(frequency modulated continuous wave，FMCW)雷射，而FMCW雷射通常設計為外腔雷射(external cavity laser；ECL)。ECL結構包含微型環共振器(micro ring resonator，MRR)及其他光學元件。

【0004】 在製造過程中，經常會因為材料的均勻性和製程穩定度而使得相同的光學元件具有些微的尺寸或特性差異，且難以透過再加工的方式消除。同樣地，在組裝過程中元件之間的位置也可能無法精確對齊，進而導致成品的效能有些微差異。對於高精度應用來說，這些差異有可能導致雷射裝置之間具有不同程度準確度或功率誤差，需要精細的校準來改善，進而導致製造成本大幅增加。

【0005】 在偵測、測距等應用中，期望能建立具有高深度、精確度及解析度的三維圖像，而雷射光的功率，會影響光子積體電路應用於光達之偵測及測距能力。因此，如何提高雷射裝置之輸出功率和穩定度，實為當前亟欲解決的問題之一。

【發明內容】

【0006】 本發明提供一種可提高雷射光之輸出功率和穩定度的固態雷射裝置。

【0007】 本發明提供一種固態雷射裝置包含：一增益電路單元；及一矽光子電路單元，與該增益電路單元連接，並包含：一基板，具有一輸入端及一輸出端，該輸入端與該增益電路單元連接；一光波導通道，連續地設置於該輸入端及該輸出端之間，具有一第一區段及一第二區段，該第一區段連接於該輸入端與該第二區段之間；至少二環狀共振器，設置於該基板，該些環狀共振器之一者的兩側與該第一區段耦合，該些環狀共振器之另一者的兩側與該第二區段耦合；及複數相位調變器，分別設置於各環狀共振器上。

【0008】 在某些實施例中，該些環狀共振器之該一者與該第一區段於一第一點及一第二點耦合，該光波導通道在該第一點及該第二點之間的一長度係該些環狀共振器之該一者的一半周長的一整數倍，該整數倍為大於等於2倍。

【0009】 在某些實施例中，該些環狀共振器之該一者的一截面積對應於該第一點及該第二點為最小，且朝遠離該第一點及該第二點逐漸增加。

【0010】在某些實施例中，該第一區段包含一第一弧狀段及一第一直線段，該第一直線段與該增益電路單元連接，該第一弧狀段與該第二區段連接，且該些環狀共振器之該一者的兩側與該第一弧狀段耦合。

【0011】在某些實施例中，該第二區段包含一第二弧狀段及一第二直線段，該第二直線段連接於該第一弧狀段與該第二弧狀段之間，該些環狀共振器之該另一者的兩側與該第二弧狀段耦合。

【0012】在某些實施例中，該些相位調變器更設置於該第一弧狀段或該第二弧狀段。

【0013】在某些實施例中，該些相位調變器分別設置於該些環狀共振器之該一者與該第一區段耦合處、及分別設置於該些環狀共振器之該另一者與該第二區段耦合處。

【0014】在某些實施例中，該矽光子電路單元更包含：一輔助增益晶片，設置於該光波導通道之該第一區段或該第二區段，並具有一光波導路徑設置於其內部，該光波導路徑為該光波導通道之一部分。

【0015】在某些實施例中，該輔助增益晶片與該光波導通道連接的兩側皆為一抗反射面。

【0016】在某些實施例中，該輔助增益晶片嵌入該基板，且該光波導路徑對齊於該基板上之該光波導通道。

【0017】在某些實施例中，該增益電路單元更包含：複數增益晶片，分別具有不同的長度，該光波導通道具有複數子通道，分別對應於該些增益晶片。

【0018】在某些實施例中，該些增益晶片之間的光程差為一整數倍。

【0019】在某些實施例中，各增益晶片與該光波導通道連接的一側為一抗反射面，且各增益晶片之相對於該抗反射面的另一側為一反射面。

【0020】本發明提供另一種固態雷射裝置包含：一增益電路單元；及一矽光子電路單元，與該增益電路單元連接，並包含：一基板，具有一輸入端及一輸出端，該輸入端與該增益電路單元連接；一光波導通道，連續地設置於該輸入端及該輸出端之間，並包含複數弧狀段及複數直線段，該些弧狀段及該些直線段交替地排列；複數環狀共振器，設置於該基板，各環狀共振器之兩側分別與各弧狀段耦合；及複數相位調變器，分別設置於各環狀共振器上。

【0021】在某些實施例中，各環狀共振器與各弧狀段於一第一點及一第二點耦合，各弧狀段在該第一點及該第二點之間的一長度係各環狀共振器的一半周長的一整數倍，該整數倍為大於等於2倍。

【0022】在某些實施例中，各環狀共振器的一截面積對應於該第一點及該第二點為最小，且朝遠離該第一點及該第二點逐漸增加。

【0023】在某些實施例中，該矽光子電路單元更包含：一輔助增益晶片，設置於該些弧狀段之至少一者，並具有一光波導路徑設置於其內部，該光波導路徑為該光波導通道之一部分。

【0024】在某些實施例中，該輔助增益晶片與該光波導通道連接的兩側皆為一抗反射面。

【0025】在某些實施例中，該些相位調變器分別設置於該些環狀共振器之至少一者與該些弧狀段之一者的耦合處。

【0026】 在某些實施例中，該些相位調變器更設置於該些弧狀段之至少一者。

【0027】 綜上所述，本發明之固態雷射裝置的光波導通道係連續地設置於矽光子電路單元之基板的輸入端與輸出端之間，亦即光波導通道在輸入端與輸出端之間實質上是封閉的路徑。因此，若環狀共振器兩側與光波導通道之間因間隙不一致，而產生環狀共振器與光波導通道間的耦合係數不穩定，導致部分光線沒有從光波導通道耦合至環狀共振器，該些光線仍可以沿封閉的光波導通道行進並產生建設性干涉，而再重新耦合回環狀共振器。藉此，本發明之固態雷射裝置可以避免光線的逸失，進而可以增強雷射光的輸出功率和穩定度。

【0028】 再者，本發明之固態雷射裝置更可在光波導通道之弧狀段設置相位調變器，來調整上述位置的建設性干涉以補償製程誤差及光波長的差異等，進而增強雷射光的輸出功率。又，本發明之固態雷射裝置也可在環狀共振器與光波導通道的耦合處設置相位調變器，以調整環狀共振器之耦合係數及光波導通道的反射係數等，進而除了可以增強雷射光的輸出功率，亦可使雷射光的輸出功率更為穩定。又，本發明之固態雷射裝置也可以在光波導通道上增加設置補償增益晶片，藉以進一步放大光波導通道內之雷射光之功率。

【圖式簡單說明】

【0029】 圖1為本發明第一實施例之固態雷射裝置之示意圖。

【0030】 圖2為習知之固態雷射裝置的示意圖。

【0031】 圖3為本發明第二實施例之固態雷射裝置之示意圖。

【0032】 圖4為本發明第三實施例之固態雷射裝置之示意圖。

【0033】 圖5為本發明之輔助增益晶片之變化態樣之示意圖。

【0034】 圖6為本發明之環狀共振器之變化態樣之示意圖。

【0035】 圖7為本發明第四實施例之固態雷射裝置之示意圖。

【0036】 圖8為本發明第五實施例之固態雷射裝置之示意圖。

【0037】 圖9為本發明之固態雷射裝置之製造方法的流程圖。

【0038】 圖10為本發明之固態雷射裝置之光傳導方法的流程圖。

【實施方式】

【0039】 如本文中所使用的，諸如「第一」、「第二」、「第三」、「第四」及「第五」等用語描述了各種元件、組件、區域、層及/或部分，這些元件、組件、區域、層及/或部分不應受這些術語的限制。這些術語僅可用於將一個元素、組件、區域、層或部分與另一個做區分。除非上下文明確指出，否則本文中使用的諸如「第一」、「第二」、「第三」、「第四」及「第五」的用語並不暗示順序或次序。

【0040】 圖1為本發明第一實施例之固態雷射裝置之示意圖。如圖1所示，本實施例之固態雷射裝置1例如可以是外腔雷射(external cavity laser；ECL)，其可包含增益電路單元2及矽光子電路單元3，矽光子電路單元3與增益電路單元2連接。

【0041】 在某些實施例中，增益電路單元2例如可包含一或複數個增益晶片，增益晶片可以是反射式半導體光學放大器(reflective semiconductor optical amplifier, RSOA)，增益晶片具有雷射腔體的一部分藉以發出雷射光La。在某些實施例中，增益電路單元2(例如其具有之增益晶片)與矽光子電路單元3之光波導

通道32連接的一側為抗反射面21，且增益電路單元2之相對於抗反射面21的另一側為反射面22。

【0042】 矽光子電路單元3包含基板31、光波導通道32、至少二環狀共振器33、34及複數個相位調變器35。基板31具有輸入端In及輸出端Out，輸入端In與增益電路單元2連接，輸出端Out則用以將雷射光La輸出。需注意的是，基板31上可設置有不同的膜層，於此非限制性。

【0043】 光波導通道32可利用例如微影製程或其他適當的圖案化製程來形成，其利用折射率的差異來將雷射光La限制在其內。光波導通道32連續地設置於輸入端In及輸出端Out之間。亦即，光波導通道32在基板31之輸入端In及輸出端Out之間形成實質上封閉的路徑。在某些實施例中，光波導通道32具有第一區段S1及第二區段S2。第一區段S1連接於輸入端In與第二區段S2之間。

【0044】 環狀共振器33、34例如為微型環共振器(micro ring resonator，MRR)結構。環狀共振器33、34可以是與光波導通道32具有相同性質之光波導通道，其可利用與光波導通道32相同的製程來形成，並構成為彎曲環狀來使雷射光La共振以調整頻率。環狀共振器33、34設置於基板31上。環狀共振器33的兩側與第一區段S1於第一點P1及第二點P2耦合，環狀共振器34的兩側與第二區段S2於第一點P1及第二點P2耦合。

【0045】 在本實施例中，以光波導通道32包含複數直線段321、323、325及複數弧狀段322、324為例做說明，然其非限制性。例如，第一區段S1包含直線段321及弧狀段322，第二區段S2包含直線段323及弧狀段324，然其非用以限制本發

明。需注意的是，弧狀段322、324位於第一點P1及第二點P2之間，其可以是正圓弧形、橢圓弧形、卵弧形、或其他漸變式弧形。

【0046】 該些直線段321、323、325及該些弧狀段322、324交替地排列。亦即，光波導通道32會依序地以直線段、弧狀段、直線段及弧狀段等的方式來形成。例如，第一區段S1之直線段321連接在增益電路單元2及環狀共振器33一側之第一點P1之間，第一區段S1之弧狀段322連接在環狀共振器33兩側之第一點P1及第二點P2之間，第二區段S2之直線段323連接在環狀共振器33另一側之第二點P2及環狀共振器34一側之第一點P1之間，第二區段S2之弧狀段324連接在環狀共振器34兩側之第一點P1及第二點P2之間。值得一提的是，在某些實施例中，光波導通道32更可以具有第三區段S3，第三區段S3連接於第二區段S2之弧狀段324與輸出端Out之間。當然，若有更多環狀共振器，第三區段亦可如第一區段或第二區段分為直線段及弧線段，來與環狀共振器耦合。更甚者，對應更多環狀共振器，光波導通道32亦可具有更多如第一區段或第二區段之區段。

【0047】 值得一提的是，環狀共振器33與第一區段S1之弧線段322於第一點P1及第二點P2耦合，光波導通道32之弧線段322在第一點P1及第二點P2之間的長度L係環狀共振器33的半周長的整數倍較佳，且整數倍為大於等於2倍，然其非限制性。例如，若環狀共振器33為正圓形，則光波導通道32在第一點P1及第二點P2之間的長度L會等於NπR。即，L=NπR，N為大於等於2之正整數，R為環狀共振器33之半徑。當然，在環狀共振器34上，光波導通道32在第二區段S2之弧線段324的長度，也以相同要求來設置較佳。又，環狀共振器33、34非以正圓形為

限，環狀共振器33、34例如可以是橢圓形、卵形或其他具有曲率的弧形構成之形狀。

【0048】 值得一提的是，本實施例以二個環狀共振器33、34為例作說明，然其非限制性，依不同設計或需求，矽光子電路單元亦可具有二個以上之環狀共振器，而光波導通道亦可對應地具有二個以上的弧狀段及對應的直線段，以分別設置環狀共振器。但，光波導通道仍應以連續地設置於基板上(實質上封閉的路徑)為要求。

【0049】 相位調變器35例如可以包含加熱器，其配置來調整光波導(如環狀共振器33、34)之相位以有助於雷射光之頻率調變。相位調變器35分別設置環狀共振器33、34上方或周圍。在本實施例中，相位調變器35分別設置於環狀共振器33、34的左右兩側，在其他實施例中，相位調變器35也可設置於環狀共振器33、34與光波導通道32耦合的第一點P1及第二點P2附近，然其非限制性。

【0050】 因此，雷射光La會從增益電路單元2進入矽光子電路單元3之光波導通道32，雷射光La在通過光波導通道32與環狀共振器33耦合處(例如第一點P1)時，大部分之雷射光La會被耦合至環狀共振器33，但一部分之雷射光La1有可能會沒有被耦合至環狀共振器33而射往弧狀段322。由於光波導通道32之第一區段S1及第二區段S2藉由弧狀段322連接成為封閉的路徑，因此雷射光La1仍可以沿封閉的光波導通道32行進到光波導通道32與環狀共振器33另一側耦合處(例如第二點P2)，再次被耦合至環狀共振器33。藉此，可以避免雷射光La1的逸失。同樣地，在環狀共振器34的部分，也可以再次避免雷射光的逸失。

【0051】 圖2為習知之固態雷射裝置的示意圖。如圖2所示，固態雷射裝置9之光波導通道92係開放式的路徑。因此，在光波導通道92與環狀共振器93耦合處，若一部分之雷射光La1沒有耦合至環狀共振器93，則雷射光La1就會從光波導通道92的開放端逸失，進而造成雷射光的輸出功率降低。

【0052】 再請參照圖1所示，相對於此，本實施例之固態雷射裝置1的光波導通道32係連續地設置於矽光子電路單元3之基板31的輸入端In與輸出端Out之間，亦即光波導通道32在輸入端In與輸出端Out之間實質上是封閉的路徑。因此，若環狀共振器33、34兩側與光波導通道32之間因元件參數差異或間隙不一致，而產生環狀共振器33、34與光波導通道32間的耦合係數不穩定，導致部分雷射光La1沒有從光波導通道32被耦合至環狀共振器33、34，雷射光La1仍可以沿封閉的光波導通道32行進並產生建設性干涉，而再重新被耦合回環狀共振器33、34。藉此，本實施例之固態雷射裝置1可以避免雷射光La1的逸失，進而可以增強雷射光La的輸出功率和穩定度。

【0053】 圖3為本發明第二實施例之固態雷射裝置之示意圖。如圖1及圖3所示，本實施例之固態雷射裝置1A與第一實施例之固態雷射裝置1的差異在於相位調變器35A更設置於第一區段S1之弧狀段322及第二區段S2之弧狀段324，以及相位調變器35B更設置於環狀共振器33與光波導通道32之第一區段S1的耦合處(第一點P1及第二點P2)、環狀共振器34與光波導通道32之第二區段S2的耦合處(第一點P1及第二點P2)。

【0054】 藉由將相位調變器35A設置於第一區段S1之弧狀段322及第二區段S2之弧狀段324，可以調整弧狀段322、324的反射係數及雷射光的建設性干涉等，以補償製程誤差及光波長的差異等，進而可以增強雷射光的輸出功率。

【0055】 另一方面，藉由將相位調變器35B設置於環狀共振器33、34與光波導通道32的耦合處，可以調整環狀共振器33、34之耦合係數及光波導通道32的反射係數等，進而除了可以增強雷射光的輸出功率，亦可使雷射光的輸出功率更為穩定。

【0056】 需注意的是，本實施例以完整設置相位調變器35A及相位調變器35B為例作說明，但是實際應用時可以僅設置相位調變器35A或相位調變器35B，或者相位調變器35A僅設置於弧狀段322或弧狀段324，或者相位調變器35B僅設置於環狀共振器33與光波導通道32的耦合處，或者相位調變器35B僅設置於環狀共振器34與光波導通道32的耦合處，於此非限制性。

【0057】 圖4為本發明第三實施例之固態雷射裝置之示意圖。如圖3及圖4所示，本實施例之固態雷射裝置1B與第二實施例之固態雷射裝置1A的差異在於矽光子電路單元更包含輔助增益晶片36。輔助增益晶片36設置於光波導通道32之第一區段S1及第二區段S2。輔助增益晶片36具有光波導路徑361設置於其內部，光波導路徑361構成光波導通道32之一部分。亦即，輔助增益晶片36嵌入基板31，且光波導路徑361對齊於基板31上之光波導通道32(例如以下圖5所示)。在某些實施例中，輔助增益晶片36與光波導通道32連接的兩側可以皆為抗反射面362、363，藉以避免雷射光反射造成光能量的損失。

【0058】 具體而言，輔助增益晶片36可以設置於光波導通道32之第一區段S1的弧狀段322及第二區段S2的弧狀段324。亦即，輔助增益晶片36例如可以設置於弧狀段322靠近第一點P1及第二點P2的兩端及弧狀段324靠近第一點P1及第二點P2的兩端。

【0059】 藉此，當一部分之雷射光沒有被耦合至環狀共振器33、34而射往弧狀段322、324時，藉由輔助增益晶片36可以進一步放大光波導通道32之弧狀段322、324內之雷射光之功率。

【0060】 值得一提的是，輔助增益晶片36可以僅設置於光波導通道32之第一區段S1的弧線段322或第二區段S2的弧線段324 ，或者輔助增益晶片36可以設置於該些弧線段322、324的任一端。

【0061】 需注意的是，輔助增益晶片36也可以應用於如第一實施例之固態雷射裝置1(如圖1所示)，於此不再贅述。

【0062】 圖5為本發明之輔助增益晶片之變化態樣之示意圖。如圖5所示，輔助增益晶片36A亦可具有二個光波導路徑361。換言之，輔助增益晶片36嵌入基板31，且光波導路徑361分別對齊於基板31上之光波導通道32之不同區段。例如，輔助增益晶片36A的光波導路徑361可以對應於第一區段的弧線段及/或第二區段的弧線段。藉此，輔助增益晶片36A的設置數量可以減少，進而可以簡化製程並降低成本。

【0063】 圖6為本發明之環狀共振器之變化態樣之示意圖。如圖6所示，環狀共振器33A的截面積C1對應於第一點P1及第二點P2為最小，且朝遠離第一點P1及第二點P2逐漸增加。換言之，環狀共振器33A例如在中間位置的截面積C2為

最大的，或者環狀共振器33A在離第一點P1及第二點P2最遠的位置的截面積C2為最大的。

【0064】 因此，環狀共振器33A的截面積C1在對應於第一點P1及第二點P2處例如為單模的，而在中間位置則例如會變為多模的。藉此，由於環狀共振器33A在中間位置成為多模的，可以避免雷射光因環狀共振器33A之內面的缺陷而產生散射損失，進而降低雷射光行進中的功率損失。

【0065】 需注意的是，環狀共振器33A可以應用於本發明之任一實施例之固態雷射裝置。

【0066】 圖7為本發明第四實施例之固態雷射裝置之示意圖。如圖4及圖7所示，本實施例之固態雷射裝置1C與第三實施例之固態雷射裝置1B的差異在於增益電路單元2A包含複數個增益晶片23、24、25、26，增益晶片23、24、25、26分別具有不同的長度，而光波導通道32具有複數個子通道325分別對應於增益晶片23、24、25、26。且，該些子通道325在連接至增益晶片23、24、25、26的部分的長度是相同的。需注意的是，本實施例中以增益晶片23、24、25、26由上往下逐漸縮短長度為例作說明，然其非限制性，主要是以能使增益晶片23、24、25、26的光程差可以產生建設性干涉為主要考量。在某些實施例中，增益晶片23、24、25、26之間的光程差為整數倍。

【0067】 值得一提的是，相位調變器35C亦可設置於該些子通道325，以調整該些子通道325的反射係數及雷射光的建設性干涉等，然其非限制性。

【0068】 因此，藉由複數個增益晶片23、24、25、26具有不同長度，可以產生不同的光程差來產生建設性干涉。且，利用平行排列的複數個增益晶片23、24、25、26，可以進一步增加雷射光的增益並提高雷射光輸出功率。

【0069】 需注意的是，本實施例之複數個增益晶片23、24、25、26及複數個子通道325之結構也可以應用於第一實施例之固態雷射裝置1(如圖1所示)或第二實施例之固態雷射裝置1A(如圖3所示)，於此不再贅述。

【0070】 圖8為本發明第五實施例之固態雷射裝置之示意圖。如圖7及圖8所示，本實施例之固態雷射裝置1D與第四實施例之固態雷射裝置1C的差異在於增益電路單元2B所包含之複數個增益晶片27具有相同的長度，且該些子通道325A、325B、325C、325D在連接至該些增益晶片27的部分的長度是不相同的。需注意的是，本實施例中以子通道325A、325B、325C、325D由上往下逐漸變長為例作說明，然其非限制性，主要是以能使該些增益晶片27的光程差可以產生建設性干涉為主要考量。 在某些實施例中，該些增益晶片27之間的光程差為整數倍。

【0071】 具體而言，若增益晶片的長度較長，其輸出功率較高，但效率較低。另一方面，若增益晶片的長度較短，其輸出功率較低，但效率較高。因此，依據不同的設計考量，可以有不同的設計方式。

【0072】 需注意的是，本實施例之複數個增益晶片27及複數個子通道325A、325B、325C、325D之結構也可以應用於第一實施例之固態雷射裝置1(如圖1所示)或第二實施例之固態雷射裝置1A(如圖3所示)，於此不再贅述。

【0073】 值得一提的是，圖7及圖8之實施例亦可以合併使用。亦即，部分增益晶片為相同長度，部分增益晶片為不同長度，且分別搭配相應的子通道長度。

【0074】 圖9為本發明之固態雷射裝置之製造方法的流程圖。如圖9所示，本發明之固態雷射裝置之製造方法包含步驟S01至步驟S05。步驟S01為提供基板。步驟S02為設置連續的光波導通道於基板上，光波導通道至少包括第一區段及第二區段。步驟S03為設置第一環狀共振器於第一區段，且使第一環狀共振器與光波導通道在相對的兩個點耦合。步驟S04為設置第二環狀共振器於第二區段，且使第二環狀共振器與光波導通道在相對的兩個點耦合。步驟S05為形成複數相位調變器於第一環狀共振器及第二環狀共振器上。步驟S06為連接增益電路單元於基板之輸入端。

【0075】 在某些實施例中，步驟S02更可以包含設置複數輔助增益晶片於基板並位於光波導通道上。輔助增益晶片具有光波導路徑設置於其內部，光波導路徑構成光波導通道之一部分。

【0076】 在某些實施例中，步驟S05更可以包含設置相位調變器於第一環狀共振器及第二環狀共振器與光波導通道耦合處。

【0077】 在某些實施例中，步驟S06更可以包含連接複數增益晶片於基板之輸入端。

【0078】 圖10為本發明之固態雷射裝置之光傳導方法的流程圖。如圖10所示，本發明之固態雷射裝置之光傳導方法包含步驟S11至步驟S14。步驟S11為在固態雷射裝置之輸入端和輸出端之間提供至少一增益晶片和至少二環狀共振

器。步驟S12為提供連續性的光波導通道串接增益晶片和環狀共振器；步驟S13為使光波導通道圍繞環狀共振器的一側並與環狀共振器於相對的兩端點形成耦合，光波導通道於該側形成封閉的弧形，光波導通道於相對的兩端點之間的長度是NπR，其中N為正整數且N≥2，R為環狀共振器的半徑。步驟S14為從位於輸入端的增益晶片提供輸入光波，使輸入光波通過光波導通道和環狀共振器傳遞至輸出端。

【0079】 在某些實施例中，步驟S12更可以包含提供相位調變器至環狀共振器與光波導通道的耦合處，使同一環狀共振器的兩耦合點的耦合係數相同。

【0080】 在某些實施例中，步驟S12更可以包含在光波導通道上提供輔助增益晶片或相位調變器，以增強光波導通道之該區段的光波強度或調整該區段的耦合係數。

【0081】 在某些實施例中，步驟S14更可以包含在輸入端利用複數增益晶片產生複數光束以產生輸入光波，該些光束之間具有整數倍的光程差。

【0082】 承上所述，本發明之固態雷射裝置的光波導通道係連續地設置於矽光子電路單元之基板的輸入端與輸出端之間，亦即光波導通道在輸入端與輸出端之間實質上是封閉的路徑。因此，若環狀共振器兩側與光波導通道之間因間隙不一致，而產生環狀共振器與光波導通道間的耦合係數不穩定，導致部分光線沒有從光波導通道耦合至環狀共振器，該些光線仍可以沿封閉的光波導通道行進並產生建設性干涉，而再重新耦合回環狀共振器。藉此，本發明之固態雷射裝置可以避免光線的逸失，進而可以增強雷射光的輸出功率。

【0083】 再者，本發明之固態雷射裝置更可在光波導通道之弧狀段設置相位調變器，來調整上述位置的建設性干涉以補償製程誤差及光波長的差異等，進

而增強雷射光的輸出功率。又，本發明之固態雷射裝置也可在環狀共振器與光波導通道的耦合處設置相位調變器，以調整環狀共振器之耦合係數及光波導通道的反射係數等，進而除了可以增強雷射光的輸出功率，亦可使雷射光的輸出功率更為穩定。又，本發明之固態雷射裝置也可以在光波導通道上增加設置補償增益晶片，藉以進一步放大光波導通道內之雷射光之功率。

【0084】以上概述了數個實施例的部件，使得在本發明所屬技術領域中具有通常知識者可以更理解本發明實施例的概念。在本發明所屬技術領域中具有通常知識者應該理解，可以使用本發明實施例作為基礎，來設計或修改其他製程和結構，以實現與在此所介紹的實施例相同的目的及/或達到相同的好處。在本發明所屬技術領域中具有通常知識者也應該理解，這些等效的結構並不背離本發明的精神和範圍，並且在不背離本發明的精神和範圍的情況下，在此可以做出各種改變、取代和其他選擇。因此，本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定為準。

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種固態雷射裝置，包含：

一增益電路單元；及

一矽光子電路單元，與該增益電路單元連接，並包含：

一基板，具有一輸入端及一輸出端，該輸入端與該增益電路單元連接；

一光波導通道，連續地設置於該輸入端及該輸出端之間，具有一第一區段及一第二區段，該第一區段連接於該輸入端與該第二區段之間；

至少二環狀共振器，設置於該基板，該些環狀共振器之一者的兩側與該第一區段耦合，該些環狀共振器之另一者的兩側與該第二區段耦合；及

複數相位調變器，分別設置於各環狀共振器上。

【請求項2】如請求項 1 所述之固態雷射裝置，其中該些環狀共振器之該一者與該第一區段於一第一點及一第二點耦合，該光波導通道在該第一點及該第二點之間的一長度係該些環狀共振器之該一者的一半周長的一整數倍，該整數倍為大於等於 2 倍。

【請求項3】如請求項 2 所述之固態雷射裝置，其中該些環狀共振器之該一者的一截面積對應於該第一點及該第二點為最小，且朝遠離該第一點及該第二點逐漸增加。

【請求項4】如請求項 1 所述之固態雷射裝置，其中該第一區段包含一第一弧狀段及一第一直線段，該第一直線段與該增益電路單元連接，該第一弧狀段與該第二區段連接，且該些環狀共振器之該一者的兩側與該第一弧狀段耦合。

【請求項5】如請求項 4 所述之固態雷射裝置，其中該第二區段包含一第二弧狀段及一第二直線段，該第二直線段連接於該第一弧狀段與該第二弧狀段之間，該些環狀共振器之該另一者的兩側與該第二弧狀段耦合。

【請求項6】如請求項 5 所述之固態雷射裝置，其中該些相位調變器更設置於該第一弧狀段或該第二弧狀段。

【請求項7】如請求項 1 所述之固態雷射裝置，其中該些相位調變器分別設置於該些環狀共振器之該一者與該第一區段耦合處、及分別設置於該些環狀共振器之該另一者與該第二區段耦合處。

【請求項8】如請求項 1 所述之固態雷射裝置，其中該矽光子電路單元更包含：

一輔助增益晶片，設置於該光波導通道之該第一區段或該第二區段，並具有一光波導路徑設置於其內部，該光波導路徑為該光波導通道之一部分。

【請求項9】如請求項 8 所述之固態雷射裝置，其中該輔助增益晶片與該光波導通道連接的兩側皆為一抗反射面。

【請求項10】 如請求項 8 所述之固態雷射裝置，其中該輔助增益晶片嵌入該基板，且該光波導路徑對齊於該基板上之該光波導通道。

【請求項11】 如請求項 1 所述之固態雷射裝置，其中該增益電路單元更包含：

複數增益晶片 ，分別具有不同的長度，

其中，該光波導通道具有複數子通道，分別對應於該些增益晶片 。

【請求項12】 如請求項 11 所述之固態雷射裝置，其中該些增益晶片之間的光程差為一整數倍。

【請求項13】 如請求項 11 所述之固態雷射裝置，其中各增益晶片與該光波導通道連接的一側為一抗反射面，且各增益晶片之相對於該抗反射面的另一側為一反射面。

【請求項14】 一種固態雷射裝置，包含：

一增益電路單元；及

一矽光子電路單元，與該增益電路單元連接，並包含：

一基板，具有一輸入端及一輸出端，該輸入端與該增益電路單元連接；

一光波導通道，連續地設置於該輸入端及該輸出端之間，並包含複數弧狀段及複數直線段，該些弧狀段及該些直線段交替地排列；

複數環狀共振器，設置於該基板，各環狀共振器之兩側分別與各弧狀段耦合；及

複數相位調變器，分別設置於各環狀共振器上。

【請求項15】 如請求項14所述之固態雷射裝置，其中各環狀共振器與各弧狀段於一第一點及一第二點耦合，各弧狀段在該第一點及該第二點之間的一長度係各環狀共振器的一半周長的一整數倍，該整數倍為大於等於2倍。

【請求項16】 如請求項15所述之固態雷射裝置，其中各環狀共振器的一截面積對應於該第一點及該第二點為最小，且朝遠離該第一點及該第二點逐漸增加。

【請求項17】 如請求項14所述之固態雷射裝置，其中該矽光子電路單元更包含：

一輔助增益晶片，設置於該些弧狀段之至少一者，並具有一光波導路徑設置於其內部，該輔助增益晶片之該光波導路徑為該光波導通道之一部分。

【請求項18】 如請求項17所述之固態雷射裝置，其中該輔助增益晶片與該光波導通道連接的兩側皆為一抗反射面。

【請求項19】 如請求項14所述之固態雷射裝置，其中該些相位調變器分別設置於該些環狀共振器之至少一者與該些弧狀段之一者的耦合處。

【請求項20】 如請求項14所述之固態雷射裝置，其中該些相位調變器更設置於該些弧狀段之至少一者。