



(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 I627457 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：105121625

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 07 日

(51)Int. Cl. : G02B6/42 (2006.01)

(30)優先權：2015/10/08 美國

14/878,591

(71)申請人：泰拉芒特有限公司 (以色列) TERAMOUNT LTD. (IL)

以色列

(72)發明人：以色列 亞柏拉罕 ISRAEL, ABRAHAM (IL)；塔哈 赫夏姆 TAHA, HESHAM (IL)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 6198864B1

US 20150050019A1

審查人員：蔡志明

申請專利範圍項數：28 項 圖式數：5 共 26 頁

(54)名稱

光纖至晶片之光學耦合器

A FIBER TO CHIP OPTICAL COUPLER

(57)摘要

本發明揭示一種用於將一光纖耦合至一光子積體電路(PIC)之光學耦合器。該光學耦合器包括：一第一曲面鏡，其包含於該 PIC 之一第一基板層中且與相關聯於該 PIC 之一光學收發器相距一第一預定義側向距離；一第二曲面鏡，其包含於一第二基板層中且經放置成與該光纖相距一第二預定義側向距離；及一間隔件，其定位於該第一基板層與該第二基板層之間。

An optical coupler for coupling an optical fiber to a photonic integrated circuit (PIC) is presented. The optical coupler comprises a first curved mirror included in a first substrate layer of the PIC and at a first predefined lateral distance from an optical transceiver associated with the PIC; a second curved mirror included in a second substrate layer and placed at a second predefined lateral distance from the optical fiber; and a spacer located between the first substrate layer and the second substrate layer.

指定代表圖：

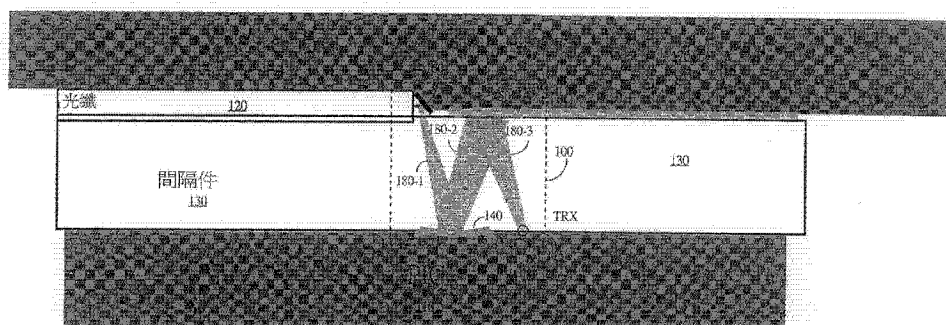


圖 1

符號簡單說明：

100 . . . 光學耦合器

110 . . . 光子積體電路(PIC)

115 . . . 收發器

120 . . . 光纖

130 . . . 間隔件

140 . . . 第一曲面鏡

150 . . . 第二曲面鏡

160 . . . 傾斜平面鏡

- 170 . . . 基板層
- 180-1 . . . 發散光束
- 180-2 . . . 平行光束
- 180-3 . . . 聚焦光束

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】

光纖至晶片之光學耦合器

A FIBER TO CHIP OPTICAL COUPLER

【技術領域】

本發明大體係關於將一光纖耦合至一基板，且更特定言之係關於將該光纖耦合至一光電積體電路(IC)。

【先前技術】

需要通信系統及資料中心來依不斷增加之速度及不斷降低之成本來處理大量資料。為滿足此等要求，光纖及光學IC (諸如一光子積體電路(PIC)或積體光學電路)與高速電子IC一起使用。一PIC係整合多個光子功能之一裝置(類似於一電子IC或RF IC)。通常使用磷化銦或氧化矽(SiO_2)來製造PIC，其容許相同電路上之各種光學主動及被動功能之整合。

PIC至光纖之耦合並未如電子IC之整合及/或耦合般先進。具體言之，面對光學連接之挑戰不同且遠比將電子IC連接至(例如)一印刷電路板(PCB)更複雜。一些困難係光學封裝之波長、信號損失、組裝公差及偏振特性中所固有的。

現有解決方案利用用於將光纖連接至PIC之各種技術。一種技術建議使用各種類型的至邊緣之對接連接及至一PIC之表面光纖連接。一光纖之對接部可在 PIC 之邊緣處連接至一平面波導。此技術僅在光纖之傳播模式之橫截面與光纖核心及波導之波導面積為相似大小的情況下係有效率的。在大部分情況中，此技術遭受較差之組裝公差。

一改良技術建議將光纖之一區段放置在PIC之表面之頂部上，其

中該光纖之端已依一角度切削以形成一傾斜尖端。傾斜尖端具有一平坦表面，其將一光束向下反射至安置於積體電路上之一波導光柵耦合器。該光束藉由全內反射反射離開傾斜尖端之反射表面。該波導光柵耦合器經設計以接受來自該光纖之傾斜尖端之反射表面之稍微發散之光束。該光束在從傾斜尖端之反射表面反射之後，亦可在相反方向上傳播穿過該光纖至一晶片耦合器，從基板向上穿過該波導光柵且至一光纖中。此技術進一步需要在反射表面之外部上塗佈環氧樹脂。

所有上文提及之技術尤其需要光纖至PIC的精確對準及主動定位。因而，當前技術遭受欠佳且非常嚴格之對準公差來獲得一有效連接性。舉例而言，一光纖與一PIC之間的1至2微米(μm)之一未對準將導致約3db之一信號損失。此外，現使用昂貴設備或勞力密集總成解決方案來執行該對準。因此，PIC及/或光學耦合器之一大量生產係不可行的。

因此，將有利地提供將克服現有解決方案之缺點之一光纖至晶片光學耦合解決方案。

【發明內容】

本發明之若干實例實施例之一概述如下。提供此概述以方便為讀者提供此等實施例之一基本理解且並未完全定義本發明之範圍。此概述並非所有預期實施例之一廣泛綜述，且並不旨在識別所有實施例之主要或關鍵元素，亦不旨在描繪任何或所有實施例之範疇。其唯一目的係以一簡化形式呈現一或多個實施例之一些概念以作為隨後呈現之更詳細描述之一前序。為方便起見，術語一些實施例可在本文中用於指代本發明之一單一實施例或多個實施例。

本發明在各種實施例中係關於一種用於將一光纖耦合至一光子積體電路(PIC)之光學耦合器。該光學耦合器包括：一第一曲面鏡，其包含於該PIC之一第一基板層中且與相關聯於該PIC之一光學收發器

相距一第一預定義側向距離；一第二曲面鏡，其包含於一第二基板層中且經放置成與該光纖相距一第二預定義側向距離；及一間隔件，其定位於該第一基板層與該第二基板層之間。

本發明在各種實施例中亦係關於一種光子插頭，其包括複數個光學耦合器，該複數個光學耦合器實現複數個光纖與安置於一第一基板層上之一光子積體電路(PIC)之間的光學連接性，其中該複數個光學耦合器之各者包含一第二基板層、至少一個光學聚焦元件、一傾斜平面鏡、蝕刻於該第二基板層中之一光纖溝槽及定位於該第一基板層與該第二基板層之間的一間隔件。

本發明在各種實施例中亦係關於一種用於製造用於將一光纖耦合至一光子積體電路(PIC)之一光學耦合器之方法。該方法包括：在一第一基板層中製造一第一曲面鏡，其中該第一基板層係該PIC之部分；在一第二基板層中製造一第二曲面鏡；及在該第一基板層與該第二基板層之間安置一間隔件。

本發明在各種實施例中亦係關於一種光子積體電路(PIC)封裝，其包括：一第一基板層，其包含至少一第一曲面鏡；一第二基板層，其包含至少一第二曲面鏡；及一間隔層，其在該第一基板層與該第二基板層之間耦合。

【圖式簡單說明】

在說明書之結尾處之申請專利範圍中特別指出且清楚主張本文中揭示之標的。將從結合隨附圖式進行之以下詳細描述明白所揭示實施例之前述及其他目標、特徵及優勢。

圖1係根據一項實施例構造之一光纖至晶片光學耦合器之一側視圖。

圖2係根據一項實施例之所揭示配置之「光纖側」之一俯視圖。

圖3A至圖3D繪示根據一實施例之一光纖溝槽。

圖4係用作根據一項實施例配置之一波導之一晶片至光纖光學耦合器之一側視圖。

圖5係用於描述根據一項實施例之光纖至晶片光學耦合器之一圖式。

【實施方式】

重要的是應注意本文中揭示之實施例僅係本文創新教示之許多有利使用之實例。一般言之，在本申請案之說明書中作出的陳述不必限制多種主張的實施例之任一者。再者，一些陳述可能適用於一些發明特徵但可能不適用於其他發明特徵。一般言之，除非另外指示，在不損失普遍性之情況下單數元件可為複數且反之亦然。在圖式中，遍及若干視圖中之相似數字表示相似零件。

藉由各種所揭示實施例之實例，呈現提供有效及可調式光纖至晶片及晶片至光纖光學連接之一適應性光學耦合解決方案。晶片包含但不限於一光子積體電路(PIC)。「光纖至晶片及晶片至光纖光學」連接中之光纖可係一光纖、一雷射或任何類型之光源及/或光汲光端(drain)。所揭示之光學耦合器或(一光子插頭)之可調性歸因於其提供高公差對準之光學配置及光學耦合器(因此光纖)相對於PIC之一被動定位而達成。因此，可大量生產所揭示之光學耦合器。在特定實施例中，所揭示之光學耦合器容許PIC之精巧且固定之封裝。在一進一步實施例中，所揭示之光學耦合器解決方案提供與覆晶配置之整合性。在下文中詳細討論各種所揭示實施例。

圖1係根據一項實施例構造之一光纖至晶片光學耦合器100之一側視圖。光學耦合器100提供一PIC 110與一光纖120之間的一光學連接。在一實施例中，光學耦合器100包含在PIC 110與光纖120之間連接之一間隔件130、一第一曲面鏡140、一第二曲面鏡150及一傾斜平面鏡160。光學耦合器100亦可包含一光纖溝槽(未在圖1中展示)。

光纖120及耦合器100在一基板層170下方堆疊。具體言之，如將在下文討論，在基板170中製造第二曲面鏡150及傾斜平面鏡160。基板170可為與PIC 110之基板相同或不同之類型。在一例示性實施例中，基板層170可由氧化矽(SiO_2)、塑膠及類似物製成。在另一實施例中，在間隔件130中且非在基板170中製造(且包含)第二曲面鏡150及傾斜平面鏡160。

根據一項實施例，間隔件130之材料可係任何透明且非導電材料，諸如玻璃、聚二甲基矽氧烷、空氣或任何其他折射率匹配材料。間隔件130之高度部分判定傳播穿過間隔件130之光束(光信號)之效率。具體言之，間隔件130愈高，耦合器100愈易出現PIC 110與耦合器100之間的旋轉及調平誤差。在一例示性且非限制性實施例中，間隔件130之高度經設定至300 μm 。

傾斜平面鏡160用來將一光束從光纖120引導至第一曲面鏡140及/或將該光束從第一曲面鏡140引導至光纖120。此容許將光纖120平行於PIC 110放置。傾斜平面鏡160藉由各向異性灰階蝕刻形成且依一預定義角度傾斜。該角度經相對於光纖120與第一曲面鏡140之間的光學路徑判定。在特定實施方案中，傾斜平面鏡160係可選的。如一非限制性實例，當光纖110使用一雷射替換時，則光可輕易引導至第二曲面鏡150，因此在此一配置中不需要平面鏡160。

如繪示，第一曲面鏡140及第二曲面鏡150係依彼此相反之方向放置之準直鏡。具體言之，第一曲面鏡140放置於「PIC側」處而第二曲面鏡150放置於「光纖側」處。此配置容許光纖120與PIC 110分離，藉此獲得高且寬鬆之對準公差(在三維上)。在一實施例中，使用一類似微影程序(諸如但不限於灰階微影)在PIC 110之基板上且在基板層170上執行第一曲面鏡140及第二曲面鏡150之定位及產生。在一實施例中，使用相同微影光罩對準準確度放置有關傾斜平面鏡160、曲

面鏡150及光纖溝槽之放置。在另一實施例中，使用一第一微影光罩對準準確度放置有關傾斜平面鏡160及曲面鏡150之放置，且使用一第二微影光罩對準準確度放置光纖溝槽。

此外，在製造期間放置及產生第一曲面鏡140及第二曲面鏡150，此確保高準確度定位及準確之反射鏡。如一非限制性實例，用於產生鏡之製程可包含一絕緣體上矽(SOI)、互補金屬氧化物半導體(CMOS)及類似物。

藉由兩個不同程序且視情況在兩個不同製造設施(晶圓廠)處但使用相同或實質上類似之灰階微影程序製造第一曲面鏡140及第二曲面鏡150。此確保鏡及其等組裝以產生光學耦合器之高準確度。此外，藉由製造第一曲面鏡140及第二曲面鏡150且將其等放置於基板上，將光纖120與PIC 110分離，藉此容許3維上之寬鬆對準公差。即，即使光學耦合器100之「光纖側」未與PIC 110完美對準，光學信號仍不明顯減弱。

歸因於抵靠彼此放置之第一曲面鏡140及第二曲面鏡150之特定位置及形狀，光學耦合器100之所揭示配置依PIC 110與光束來源及/或汲光端之間的一寬鬆對準達成高信號效率。第一曲面鏡140及第二曲面鏡150之位置至少相對於來源/汲光端光束而判定。此容許光束從第一曲面鏡140及第二曲面鏡150反射。具體言之，第一曲面鏡140及第二曲面鏡150經塑形使得來自來源之所有光束經反射且依一特定角度準直於第一曲面鏡140之一中心處且聚焦於第二曲面鏡150後方之一汲光端。參考圖5更詳細描述第一曲面鏡140及第二曲面鏡150之設計。

舉例而言，如在圖1中繪示，第一曲面鏡140將來自光纖120之一發散光束180-1 (經由傾斜平面鏡160)反射成平行光束180-2。光束180-2到達第二曲面鏡150，該第二曲面鏡150將一聚焦光束180-3反射回至PIC 110之收發器115。相同光學路徑對於藉由收發器115發射之一光

束亦係如此。參考圖6討論設計耦合器100之實施例。應注意，所有光束180行進至間隔件130。

應注意，參考圖1討論之光學耦合器100容許一單一光纖與PIC 110之間的一連接。然而，在一典型配置中，複數個耦合器100可用於將複數個光纖耦合至PIC 110。

如上文提及，使用一光纖溝槽將光纖120附接至耦合器100。此配置在圖2中進一步繪示，圖2展示所揭示配置之「光纖側」之一例示性且非限制性俯視圖。圖2繪示四(4)個光纖溝槽210-1至210-4 (僅為簡單起見，在下文中個別稱為一光纖溝槽210且統稱為諸光纖溝槽210)。各光纖溝槽210毗連一傾斜平面鏡220。光纖溝槽210經塑形為蝕刻於基板層170中之一溝槽。傾斜平面鏡220-1至220-4之各者經定向為在圖1中展示之傾斜平面鏡(160)。如在圖2中示範，光纖230-1及230-2分別放置於光纖溝槽210-3及210-4中。

亦在圖2中繪示四個曲面鏡240-1至240-4。曲面鏡240之各者經定向為在圖1中展示之第二曲面鏡(150)。應注意，僅出於繪示目的，僅在圖2中展示2個光纖230-1及230-2。可在不脫離所揭示實施例之範疇的情況下利用其他數目的光纖。在圖2中展示之例示性配置可支援將四個光纖耦合至一PIC (未展示)。應注意，可支援之光纖之數目可大於四。應進一步注意，圖2中繪示之光纖溝槽經塑形為V型槽，然而，可利用任何類型之槽形狀，諸如方形、圓柱形、菱形及類似形狀。

參考圖3A至圖3D進一步描述用於產生一光纖溝槽210之程序。圖3A係基板層170之一側視圖。首先，僅將曲面鏡150放置於基板層170上。接著，如在圖3B中展示，在基板層170中蝕刻一槽以產生光纖溝槽210。最後，將一光纖120放置於光纖溝槽210中(圖3C)。圖3D展示具有附接之光纖120之基板層170之一側視圖。應注意，圖3D中展示

之配置相對於圖1中展示之配置翻轉。

圖4係用作根據一實施例配置之一波導之一晶片至光纖光學耦合器400之一側視圖。在此實施例中，PIC 410經翻轉且放置於充當耦合器400之一間隔件(類似於(例如)間隔件130)之一中介層420上。中介層420係從一個連接佈線至另一連接以便將一連接擴展至一較寬間距或將一連接421再佈線至一不同連接之一電氣介面。

僅包含電氣元件之一積體電路(IC) 430亦耦合至中介層420。IC 430與一PIC電路板(PCB) 440之間的連接係通孔450。PIC 410與光纖460之間的光學連接藉由耦合器400達成。如本文在上文中參考圖1更詳細討論般構造耦合器400。即，耦合器400包含一對曲面鏡401及402以及一傾斜平面鏡403。應注意，藉由一標準電子方法(一中介層上之覆晶)之單一安裝為PIC 410提供其操作所需之電氣及光學連接性。中介層420由透射光束之波長之一材料製成。

圖5係用於描述根據一實施例之光纖至晶片光學耦合器500之一例示性圖式。光學耦合器500包含一第一曲面鏡501、一第二曲面鏡502、一傾斜平面鏡503及一間隔件504。在此實例中，一汲光端係一光纖且一PIC 520之一發射器521係光束之來源。

數個可調整參數判定耦合器500之設計：一間隔件高度、主傳播角度(α 、 β 、 γ)、間隔件504之傳播介質類型及未對準之一目標公差。

光束半徑藉由在來源521處之光束半徑、其中光束傳播之介質及波長判定。首先，發散角(θ)經選擇為光束之強度為光束之中心處之強度之1%之角度。接著，在一例示性實施例中，主傳播角度(α 、 β 、 γ)經設定以滿足下列約束：

$$\alpha + \beta > \theta$$

$$\alpha = \beta = \gamma$$

θ 值通常為8°至12°。應注意，其他約束可依不同目標公差設定。

如上文提及，相對於旋轉及調平誤差之容許公差設定間隔件高度L。
在一例示性實施例中，L等於300 μm。

在一實施例中，第一曲面鏡501及第二曲面鏡502經設計使得其各自中心定位於主傳播軸與各鏡相交之處。具體言之，鏡經設計使得第二曲面鏡502之中心與來源521相距一距離D₁。在一實施例中，距離D₁經計算如下：

$$D_1 = L \times \tan(\alpha) + L \times \tan(\beta);$$

第一曲面鏡501之中心與汲光端510相距一距離D₂。在一實施例中，距離D₂經計算如下：

$$D_2 = L \times \tan(\gamma) + L \times \tan(\beta)$$

此外，在一0 μm未對準中，第一曲面鏡501與第二曲面鏡502之間的側向距離經計算如下：

$$L \times \tan(\beta)$$

在一實施例中，第一曲面鏡501及第二曲面鏡502經塑形使得來自來源521之所有光束在第一曲面鏡501後方依角度β反射且準直且在從第二曲面鏡502反射之後聚焦於汲光端510。第一曲面鏡501及第二曲面鏡502之表面足夠大以覆蓋發散軸。應注意，所有計算依0未對準條件執行。

已在本文中參考其中曲面鏡用於傳播光束之一特定實施例而討論各種光學耦合器。然而，可使用其他反射或聚焦元件(諸如光學透鏡、波帶片(例如菲涅爾波帶片)及類似物)來實現所揭示實施例。

應理解，任何提及本文中使用的諸如「第一」、「第二」及諸如此類之一命名之一元件通常不限制該等元件之數量或順序。實情係，此等命名在本文中大致用作區分兩個或兩個以上元件或一元件之例項之一便捷方法。因此，提及第一元件及第二元件並不意謂在該處僅可採用兩個元件或第一元件必須以一些方式優先於第二元件。而且，除非

另外陳述，否則一組元件包括一或多個元件。另外，在描述或申請專利範圍中使用之形式的術語「A、B或C之至少一者」或「A、B或C之一或多者」或「由A、B及C構成之群組之至少一者」或「A、B及C之至少一者」意謂「A或B或C或此等元件之任何組合」。舉例而言，此術語可包含A、或B、或C、或A及B、或A及C、或A及B及C、或2A、或2B、或2C等。

本文中陳述的所有實例及條件語言旨在用於教學目的以幫助閱讀者理解本發明之原理及由發明者貢獻以深化此項技術之概念，且應被解釋為不限於此等具體陳述之實例及條件。再者，本文中敘述本發明之原理、態樣及實施例以及其等之特定實例之所有陳述旨在涵蓋其等之結構及功能等效物兩者。另外，此等等效物旨在包含目前已知之等效物以及未來發開之等效物兩者，即，執行相同功能而不論結構之所開發之任何元件。

【符號說明】

100	光學耦合器
110	光子積體電路(PIC)
115	收發器
120	光纖
130	間隔件
140	第一曲面鏡
150	第二曲面鏡
160	傾斜平面鏡
170	基板層
180-1	發散光束
180-2	平行光束
180-3	聚焦光束

210	光纖溝槽
210-1	光纖溝槽
210-2	光纖溝槽
210-3	光纖溝槽
210-4	光纖溝槽
220-1	傾斜平面鏡
220-2	傾斜平面鏡
220-3	傾斜平面鏡
220-4	傾斜平面鏡
230-1	光纖
230-2	光纖
400	光學耦合器
401	曲面鏡
402	曲面鏡
403	傾斜平面鏡
410	光子積體電路(PIC)
420	中介層
421	連接
430	積體電路
440	PIC電路板
450	通孔
460	光纖
500	光學耦合器
501	第一曲面鏡
502	第二曲面鏡
503	傾斜平面鏡

504	間隔件
510	汲光端
520	光子積體電路(PIC)
521	發射器/來源
D1	距離
D2	距離
L	高度
α	主傳播角度
β	主傳播角度
γ	主傳播角度
θ	發散角

發明摘要

※ 申請案號：105/21625

※ 申請日：105. 7. -7

※ IPC 分類：G02B 6/42 (2006.01)

【發明名稱】

光纖至晶片之光學耦合器

A FIBER TO CHIP OPTICAL COUPLER

【中文】

本發明揭示一種用於將一光纖耦合至一光子積體電路(PIC)之光學耦合器。該光學耦合器包括：一第一曲面鏡，其包含於該PIC之一第一基板層中且與相關聯於該PIC之一光學收發器相距一第一預定義側向距離；一第二曲面鏡，其包含於一第二基板層中且經放置成與該光纖相距一第二預定義側向距離；及一間隔件，其定位於該第一基板層與該第二基板層之間。

【英文】

An optical coupler for coupling an optical fiber to a photonic integrated circuit (PIC) is presented. The optical coupler comprises a first curved mirror included in a first substrate layer of the PIC and at a first predefined lateral distance from an optical transceiver associated with the PIC; a second curved mirror included in a second substrate layer and placed at a second predefined lateral distance from the optical fiber; and a spacer located between the first substrate layer and the second substrate layer.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100	光學耦合器
110	光子積體電路(PIC)
115	收發器
120	光纖
130	間隔件
140	第一曲面鏡
150	第二曲面鏡
160	傾斜平面鏡
170	基板層
180-1	發散光束
180-2	平行光束
180-3	聚焦光束

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

申請專利範圍

1. 一種用於將一光纖耦合至一光子積體電路(PIC)之光學耦合器，其包括：
 - 一第一曲面鏡，其包含於該PIC之一第一基板層中且與相關聯於該PIC之一光學收發器相距一第一預定義側向距離，該第一曲面鏡經結構以反射入射於其上之所有波長之光；
 - 一第二曲面鏡，其包含於該PIC之一第二基板層中且經放置成與該光纖相距一第二預定義側向距離，該第二曲面鏡經結構以反射入射於其上之所有波長之光；及
 - 一間隔件，其定位於該第一基板層與該第二基板層之間。
2. 如請求項1之光學耦合器，其進一步包括：
 - 一傾斜平面鏡，其包含於該第二基板層中且毗連該光纖，其中該傾斜平面鏡依一預定義角度傾斜。
3. 如請求項2之光學耦合器，其進一步包括：
 - 一光纖溝槽，其經蝕刻於該第二基板層中，其中該光纖安置於該光纖溝槽中。
4. 如請求項2之光學耦合器，其中該光纖係一光束之一來源，且該收發器係該光源之一汲光端，其中該傾斜平面鏡反射來自該光源之一發散光束。
5. 如請求項4之光學耦合器，其中該第一曲面鏡經設計以將該發散光束轉換為一平行光束，且該第二曲面鏡經設計以將該平行光束轉換為引導至該汲光端之一聚焦光束。
6. 如請求項2之光學耦合器，其中該光纖係一光束之一汲光端，且該收發器係該光源之一汲光端，其中該傾斜平面鏡反射來自該第一曲面鏡之一發散光束。

7. 如請求項6之光學耦合器，其中該第二曲面鏡經設計以將該發散光束轉換為一平行光束，且該第一曲面鏡經設計以將該平行光束轉換為引導至該汲光端之一聚焦光束。
8. 如請求項2之光學耦合器，其中在該第二基板層中製造該傾斜平面鏡及該第二曲面鏡，其中，在該第一基板層上進一步製造該第一曲面鏡。
9. 如請求項8之光學耦合器，其中使用一相同或實質上類似之灰階微影光罩來將該第二曲面鏡、該光纖溝槽及該傾斜平面鏡放置於該第二基板上。
10. 如請求項8之光學耦合器，其中該間隔件在一預定義高度處且由一透明材料製成。
11. 如請求項1之光學耦合器，其中該光纖承載一雷射。
12. 一種用於製造用於將一光纖耦合至一光子積體電路(PIC)之一光學耦合器之方法，其包括：

在一第一基板層中製造一第一曲面鏡，其中該第一基板層係該PIC之部分，該第一曲面鏡經結構以反射入射於其上之所有波長之光；

在該PIC之一第二基板層中製造一第二曲面鏡，該第二曲面鏡經結構以反射入射於其上之所有波長之光；及

將一間隔件安置於該第一基板層與該第二基板層之間。

13. 如請求項12之方法，其進一步包括：

在該第二基板層中依一預定義角度製造一傾斜平面鏡。

14. 如請求項12之方法，其進一步包括：

在該第二基板層中蝕刻一槽以產生一光纖溝槽。

15. 如請求項14之方法，其進一步包括：

將一光纖安置於該光纖溝槽中。

16. 如請求項15之方法，其中該第一曲面鏡經放置成與相關聯於該PIC之一光學收發器相距一第一預定義側向距離，且該第二曲面鏡經放置成與該光纖相距一第二預定義側向距離。
17. 如請求項16之方法，其中該第一側向距離及該第二側向距離之各者係依據下列至少一者：該間隔件之一高度、主傳播角度、該間隔件之一傳播介質類型及該第一曲面鏡與第二曲面鏡之間之未對準之一目標公差。
18. 如請求項12之方法，其中該間隔件在一預定義高度處且由一透明材料製成。
19. 一種光子插頭，其包括：
複數個光學耦合器，其實現複數個光纖與安置於一第一基板層上之一光子積體電路(PIC)之間的光學連接性，其中該複數個光學耦合器之各者包含一第二基板層、至少一個光學聚焦元件、一傾斜平面鏡、蝕刻於該第二基板層中之一光纖溝槽及定位於該第一基板層與該第二基板層之間的一間隔件。
20. 如請求項19之光子插頭，其中該光學聚焦元件至少為一曲面鏡。
21. 如請求項19之光子插頭，其中該間隔件由一透明材料製成。
22. 如請求項19之光子插頭，其中該間隔件係一中介層。
23. 如請求項19之光子插頭，其中在該第二基板層上製造至少一個光學聚焦元件、該傾斜平面鏡及該光纖溝槽。
24. 如請求項19之光子插頭，其中在該間隔件上製造至少一個光學聚焦元件、該傾斜平面鏡及該光纖溝槽。
25. 一種光子積體電路(PIC)封裝，其包括：
一第一基板層，其包含至少一第一曲面鏡，該第一曲面鏡經結構以反射入射於其上之所有波長之光；

一第二基板層，其包含至少一第二曲面鏡，該第二曲面鏡經結構以反射入射於其上之所有波長之光；及

一間隔層，其在該第一基板層與該第二基板層之間耦合。

26. 如請求項25之PIC封裝，其中該第一基板層與該PIC封裝之一PIC相關聯且該第二基板層與一光學收發器相關聯。
27. 如請求項25之PIC封裝，其中該第二基板層進一步包含：一傾斜平面鏡，其中該傾斜平面鏡依一預定義角度傾斜。
28. 如請求項25之PIC封裝，其中該第二基板層進一步包含：用於安置該光纖之一光纖溝槽。