



(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 I615647 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：104135323 (22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 27 日

(51)Int. Cl. : **G02B6/42 (2006.01)** **G02B6/122 (2006.01)**
H01S5/00 (2006.01)

(30)優先權：2014/10/27 美國 62/068,863
2015/04/01 美國 62/141,650

(71)申請人：藝蘭能工藝有限責任公司(美國) ELENION TECHNOLOGY, LLC (US)
美國

(72)發明人：霍奇伯格 麥可 J HOCHBERG, MICHAEL J. (US)；諾維克 艾理 傑森
NOVACK, ARI JASON (US)；馬吉爾 彼得 D MAGILL, PETER D. (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	200636312A	US	7068892B1
US	7251386B1	US	20130259419A1

審查人員：蔡志明

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：12 共 34 頁

(54)名稱

電子電路之光子介面

PHOTONIC INTERFACE FOR ELECTRONIC CIRCUIT

(57)摘要

本發明揭示電子電路之光子介面。該光子介面包括具有調變器及光檢測器之光子積體電路及用於與另一光學電路光學通訊之一或多根光學纖維。可將調變器驅動器晶片直接安裝於該光子積體電路上。可將該等光學纖維置於纖維支撐體之 V 型凹槽中，該纖維支撐體可包括至少一個以微影方式界定之用於該矽光子電路之光學對準的對準特徵。

A photonic interface for an electronic circuit is disclosed. The photonic interface includes a photonic integrated circuit having a modulator and a photodetector, and an optical fiber or fibers for optical communication with another optical circuit. A modulator driver chip may be mounted directly on the photonic integrated circuit. The optical fibers may be placed in v-grooves of a fiber support, which may include at least one lithographically defined alignment feature for optical alignment to the silicon photonic circuit.

指定代表圖：

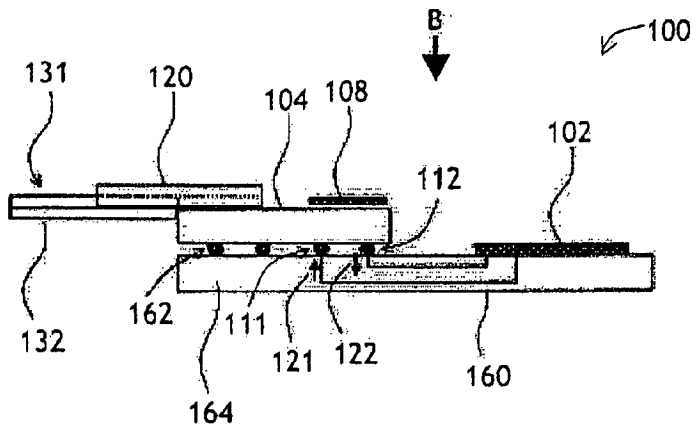


圖 1A

符號簡單說明：

- 100 . . . 光子介面總成
- 102 . . . 電子電路
- 104 . . . 矽光子晶片
- 108 . . . 調變器驅動器晶片
- 111 . . . 第一電埠
- 112 . . . 第二電埠
- 120 . . . 纖維支撐體
- 121 . . . 第一電信號
- 122 . . . 第二電信號
- 131 . . . 第一光學纖維
- 132 . . . 第二光學纖維
- 160 . . . 基板
- 162 . . . 微球或微凸點觸點
- 164 . . . 跡線

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】

電子電路之光子介面

PHOTONIC INTERFACE FOR ELECTRONIC CIRCUIT

相關申請案的交叉參考

本申請案主張2015年4月1日提出申請之美國臨時申請案第62/141,650號及2014年10月27日提出申請之美國臨時申請案第62/068,863號之權益，該等案件中之每一者係以全文引用方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於光子裝置及具體而言電子電路之光子介面。

【先前技術】

電腦系統愈來愈依賴個別微電子電路間之較快資料傳送。最近，矽微電子電路已可利用幾十個至幾百個各自以超過100億位元/秒之速度操作之輸入通道及輸出通道。具體而言，該等可包括FPGA、CPU及數位切換組構晶片。可能需要相當大的電功率來驅動個別輸入/輸出通道，具體而言在通道包括長印刷電路板跡線及/或長電纜之情形下如此。

矽光子學之最近進展使得能夠在電子電路之間使用光學互連件。光學互連件可支持極高資料傳送速率。個別光學通道目前可以達到40十億位元/秒及更高之速率調變。可使用波長分割多工(WDM)來在單一光學纖維中提供多個波長通道，且可使用複數個光學纖維來提供甚至更大的帶寬。

對於每一波長通道，光學互連件必須在傳輸器端提供調變及電

子-光學轉換且在通訊鏈路之接收器端提供解調變及光電子資料轉換。為在本發明前提供此功能，光學互連件可能需要多個單獨裝置，例如調變器、檢測器、驅動器、雷射等等。所得光學互連件通常較為龐大、複雜、昂貴，且可吸取相當大量的電能來操作，抵消了光學互連件之許多優點。此外，與許多基於纖維之光學裝置一樣，可能需要光學纖維之主動對準。主動光學對準係耗時的，且因此大量生產較為昂貴。

【發明內容】

根據本發明之態樣，提供電子電路之光子介面總成，該光子介面總成包含：

第一電埠，其用於自電子電路接收第一電信號，及第二電埠，其用於將第二電信號耦合至電子電路；

至少一根光學纖維，其用於輸出第一光學信號、接收第二光學信號或輸出第一光學及接收第二光學信號；

光子積體電路，其包含：

光學調變器，其用於利用第一電信號調變光學載波以提供第一光學信號，及光檢測器，其用於響應於第二光學信號提供第二電信號；及

纖維支撐體，其附接至光子積體電路且支撐至少一根光學纖維。

在一個例示性實施例中，纖維支撐體包括至少一個支撐至少一根光學纖維之凹槽結構。可提供兩個或更多個光學纖維用於單獨傳送第一光學信號及第二光學信號。纖維支撐體及光子積體電路中之至少一者可包括以微影方式界定之對齊特徵，其在纖維支撐體與光子積體電路之間延伸用於使纖維支撐體相對於光子積體電路垂直對準。在一個實施例中，將調變器驅動器晶片安裝於光子積體電路上且使其電耦

合至光子積體電路用於驅動光學調變器。可將光學增益晶片(例如半導體光學放大器(SOA)晶片)附接至矽光子晶片且使其以光學方式耦合至光學調變器，用於提供光學載波，或用於放大光學載波。光學增益晶片及光子積體電路中之至少一者可包括在光學增益與光子積體電路之間延伸之以微影方式界定之對齊特徵用於光學增益晶片相對於光子積體電路之垂直及視情況水平對準。

可提供基板。可利用(例如)複數個微球或微凸點觸點將光子積體電路附接至基板用於接觸第一電埠及第二電埠。另一選擇為，可利用焊料或環氧將光子積體電路機械附接至基板且利用引線結合將其電附接至第一電埠及第二電埠。

根據本發明，進一步提供提供電子電路之光子介面之方法，該方法包含：

提供包含光學調變器及光檢測器之光子積體電路；

在附接至光子積體電路之纖維支撐體中支撐至少一根光學纖維，其中至少一根光學纖維經構形用於輸出第一光學信號、接收第二光學信號或輸出第一光學及接收第二光學信號；

自電子電路接收第一電信號，並將第一電信號提供至調變器；

利用第一電信號調變光學載波以提供第一光學信號；及

利用光檢測器檢測第二光學信號，以提供第二電信號，並將第二電信號耦合至電子電路。

可使用至少一個以微影方式界定之硬停止層使纖維支撐體及/或光學增益晶片相對於矽光子晶片對準。

【圖式簡單說明】

現將結合附圖闡述例示性實施例，其中：

圖1A係本發明光子介面總成之示意性側視圖；

圖1B係圖1A之光子介面總成之示意性平面視圖；

圖2係附接至矽光子晶片之纖維支撐體之三維視圖；

圖3係圖2之纖維支撐體之示意性側剖視圖，其顯示用於被動對準之對齊特徵；

圖4係安裝至矽光子晶片且藉助對齊特徵相對於該晶片垂直對準之SOA晶片之示意性側剖視圖；

圖5係包括在外部安裝於基板上之SOA晶片之圖1A及圖1B之光子介面總成之示意性側剖視圖；

圖6係包括沉陷至矽光子晶片中之SOA晶片之圖1A及圖1B之光子介面總成之示意性側剖視圖；

圖7係包括逐漸消失的耦合至調變器之SOA晶片之圖1A及圖1B之光子介面總成之示意性側剖視圖；

圖8係包括電子中介層晶片之圖1A及圖1B之光子介面總成之示意性側剖視圖；

圖9係包括直接附接至矽光子晶片之光學纖維及用於電耦合至外部電子裝置之陣列連接器之圖1A及圖1B之光子介面總成之示意性側剖視圖；

圖10係包括自由空間光學耦合之矽光子晶片之圖1A及圖1B之光子介面總成之示意性側剖視圖；

圖11係包括安置於基板與矽光子晶片之間之SOA晶片之圖1A及圖1B之光子介面總成之示意性側剖視圖；且

圖12係用於提供本發明之電子電路之光子介面之方法之流程圖。

【實施方式】

儘管結合各個實施例及實例闡述本發明，但並非意欲將本發明限定於該等實施例。相反，本發明教示涵蓋各種替代方案及等效形式，如熟習此項技術者將瞭解。

參考圖1A及圖1B，電子電路102之光子介面總成100可提供與外部裝置(未顯示) (例如另一光子介面總成、收發機等)之光學通訊。出於與電子電路102通訊之目的，光子介面總成100可包括用於自電子電路102接收第一電信號121之第一電埠111，及用於將第二電信號122耦合至電子電路102之第二電埠112。第一電埠111及第二電埠112可包括(例如)微球或微凸點電觸點或引線結合。為與外部裝置光學通訊，可提供第一光學纖維131及第二光學纖維132。第一光學纖維131可將第一光學信號141 (圖1B)輸出至外部裝置，且第二光學纖維132可自外部裝置接收第二光學信號142。單一光學纖維可用於在相反方向上傳送第一光學信號141及第二光學信號142。更通常，可提供至少一根光學纖維用於輸出第一光學信號141、接收第二光學信號142或輸出第一光學信號141及接收第二光學信號142。當提供兩個光學纖維131及132時，第一光學纖維131可用於輸出第一光學信號141，且第二光學纖維132可用於接收第二光學信號142，如圖1A及圖1B中所顯示。在一個實施例中，第一光學纖維131及第二光學纖維132中之每一者皆可用於雙向傳送其中之光學信號。若需要可提供(例如)超過兩根、四根、八根或更多根之光學纖維，該等光學纖維中之每一者皆可用於光學信號之雙向或單向傳送。

光子介面總成100進一步包括光子積體電路，例如矽光子晶片104，其具有用於利用第一電信號121調變光學載波107以提供第一光學信號141之光學調變器106及用於接收第二光學信號142之光檢測器110。光檢測器110可以光學方式耦合至第二光學纖維132。在操作中，光檢測器110響應於第二光學信號142提供第二電信號122。在經由第一光學纖維131雙向通訊之情形下，光學調變器106及光檢測器110二者均以光學方式耦合至光學纖維131。可使用前置放大器(例如轉換阻抗式放大器)(未顯示)放大第二電信號122。

可藉由可選基板160(例如印刷電路板(PCB)、多層陶瓷載體等)支撐矽光子晶片104。可經由複數個微球或微凸點觸點162將矽光子晶片104電耦合至基板160，該等觸點係藉由基板160上或其內之跡線164電耦合至電子電路102。引線結合(未顯示)亦可用於此目的。矽光子晶片104可進一步包括其他基於波導之光學裝置用於處理第一光學信號141及/或第二光學信號142，例如濾光器(例如環形波導濾波器)、光學開關(包括波長選擇性開關)、波長分割多工器(例如陣列波導光柵(AWG)或其他)、偏振多工器等等。矽光子晶片104可包括複數個光學調變器106及複數個光檢測器110用於多通道操作。複數個通訊通道可包括多個通訊波長及多個光學纖維中之一或多者。基板160可支撐複數個光子晶片104，該等晶片中之每一者可含有用於通過多個通訊波長及多個光學纖維中之一或多者通訊之元件。

可藉由諸如附接至矽光子晶片104且以光學方式耦合至光學調變器106之SOA晶片109等的可選光學增益晶片提供光學載波107。可使用光學增益 / SOA晶片109作為雷射中之光學增益介質用於生成光學載波107。亦可在外部生成光學載波107，具有或沒有藉由SOA晶片109之放大。可提供調變器驅動器晶片108(圖1A，在圖1B中省略以顯示下伏結構)。可利用(例如)微球或微凸點觸點或引線結合將調變器驅動器晶片108附接至矽光子晶片104且電耦合至矽光子晶片104，用於驅動光學調變器106以依賴第一電信號121調變光學載波107。可將光學調變器106以光學方式耦合至第一光學纖維131用於輸出第一光學信號141。矽光子晶片104可支撐複數個增益晶片 / SOA 109。每一增益晶片 / SOA 109可包括複數個波導，該等波導中之每一者皆可用於產生不同的光學載波107。在另一實施例中，第一電信號121可藉由調變注入至增益晶片 / SOA 109中之電流直接調變光學載波107之來源，產生第一光學信號141而無需使用光學調變器106。在再一實施例中，可

將光學調變器106整合於增益晶片 / SOA 109中。

為便於組裝，可提供纖維支撐體120。纖維支撐體120支撐第一光學纖維131及第二光學纖維132且可包括第一v型凹槽151及第二v型凹槽152用於分別支撐第一光學纖維131及第二光學纖維132。纖維支撐體120可附接至矽光子晶片104。在較佳實施例中，纖維支撐體120可包括朝向矽光子晶片104延伸之至少一個以微影方式界定之對齊特徵170（圖1B中顯示6個）用於纖維支撐體120相對於矽光子晶片104之精確垂直對準。在本文中，術語「垂直」意指垂直於矽光子晶片104之平面，亦即平行於矽光子晶片104之薄膜層之平面。在一個實施例中，對齊特徵170包括介電硬停止層或半導體硬停止層。纖維支撐體120可藉由毗鄰對齊特徵170安置之焊料接合點(未顯示)附接至矽光子晶片104。可用單一v型凹槽代替第一v型凹槽151及第二v型凹槽152，且可用單一光學纖維代替第一光學纖維131及第二光學纖維132用於在單一光學纖維中雙向傳播第一光學信號141及第二光學信號142。光子介面總成100可包括複數個纖維支撐體120，該等支撐體中之每一者可支撐複數個光學纖維131。

在圖2中進一步圖解說明光學纖維與光子介面總成100之附接，其與圖1相比顯示經顛轉。為簡潔起見，僅顯示第一光學纖維131。第一光學纖維131可包括圍繞聚合物塗層204之纖維護套202，該護套保護玻璃纖維206。纖維支撐體120之v型凹槽250可包括寬剖面254用於容納塗層204，及窄剖面256用於支撐纖維206。可使用其他凹槽形狀(例如U形、矩形等等)。

在圖3中進一步圖解說明纖維支撐體120於矽光子晶片104上之安裝。窄v型凹槽剖面256可經精確微機器加工、或例如藉由濕法蝕刻、藉由乾法蝕刻及諸如此類使用晶體小面之KOH蝕刻以其他方式形成。窄v型凹槽剖面256可為v形、u形或具有另一剖面形狀，只要窄凹槽剖

面256將第一光學纖維131固持在纖維支撐體120上充分界定之部位處之適當位置即可。對齊特徵170可藉由(例如)使電介質或半導體生長至精確界定之厚度來獲得且然後藉由在纖維支撐體120中蝕刻凹部123而以微影方式形成，以匹配在矽光子晶片104中以微影方式蝕刻之可選對齊特徵(未顯示)。對齊特徵170之高度 h_1 係藉由所沈積層之厚度來確定且因此可極其精確至(例如) 0.01微米或更好之厚度。矽光子晶片104中之可選對齊特徵較佳地短於高度 h_1 。可藉由矽光子晶片104中之以微影方式蝕刻之凹部極其準確地確定對齊特徵170在水平x方向上之位置。

因此，可以高精確度界定光學纖維206 (及因此核心306)之位置，潛在地使得能夠將纖維支撐體120被動放置在x方向及/或垂直於矽光子晶片104 (亦即垂直於矽光子晶片104上之所沈積層之平面)之垂直z方向上。y方向所需之準確度通常小於x方向及z方向，且可使用(例如)取放機器(未顯示)來提供而無需主動光學對準。

第一光學纖維131在窄剖面256中之定位使得能夠與矽光子晶片104之波導308被動光學對準。矽光子晶片104亦可包括類似對齊特徵或在z方向上朝向纖維支撐體120延伸之特徵。更通常，纖維支撐體120及矽光子晶片104中之至少一者可包括在纖維支撐體120與矽光子晶片104之間延伸之至少一個以微影方式界定之對齊特徵用於纖維支撐體120相對於矽光子晶片104之垂直(亦即z方向)對準及視情況用於在矽光子晶片104上所沈積層之平面中之x方向上之對準。為此，可作為具有平行於YZ平面(亦即圖3之平面)之邊緣之介電硬停止層或半導體硬停止層實施對齊特徵170，用於使纖維支撐體120在x方向上相對於矽光子晶片104水平對準。

在圖4中圖解說明可選SOA晶片109於矽光子晶片104上之安裝。在圖4中所顯示之實施例中，SOA晶片109包括下部包覆層402、核心

層404、上部包覆層406及至少一個以微影方式界定之對齊特徵(例如半導體硬停止層或介電硬停止層470)。硬停止層470朝向矽光子晶片104延伸用於使SOA晶片109相對於矽光子晶片104垂直對準。對齊特徵470之高度 h_2 係藉由所沈積層之厚度來確定，且可極其精確。矽光子晶片104可包括可選對齊特徵用於抵靠在x方向上延伸之硬停止層470之水平邊緣定位。因此，可在z方向及x方向中之至少一者上且較佳地兩個方向上以高精確度界定SOA晶片109之核心層404之位置，使得能夠將SOA晶片109被動放置在垂直於矽光子晶片104之臨界垂直z方向上以及在如圖4中所顯示之x方向上。y方向上所需要之準確度通常小於z方向及x方向，且可使用(例如)取放機器(未顯示)來提供而無需主動光學對準。更通常，SOA晶片109及矽光子晶片104中之至少一者可包括在SOA晶片109與矽光子晶片104之間延伸之以微影方式界定之對齊特徵用於SOA晶片109相對於矽光子晶片104之z方向或x方向中之至少一者之對準。在圖4中所顯示之實施例中，矽光子晶片104包括藉由視情況毗鄰硬停止層470安置之各別焊料接合點431及432電附接至SOA晶片109之下部包覆層402及上部包覆層406之電觸點411及412。換言之，硬停止層470用作對準特徵容許SOA晶片109在水平方向及垂直方向中之至少一者上被動亞微米對準，同時焊料接合點431及432用作電耦合及機械附接構件用於將SOA晶片109連接至矽光子晶片104。

現將考慮圖1A及圖1B之光子介面總成100之各個例示性實施例。參考圖5，光子介面總成500包括基板560、矽光子晶片104，及利用複數個微球或微凸點觸點562連接至基板560之SOA晶片109。為提供光學載波107，SOA晶片109係以光學方式耦合至波導571，該波導又以光學方式耦合至光學調變器106。在另一實施例中，可將混合型雷射自SOA晶片109及部分反射性光學元件(未顯示)組裝於矽光子晶片104

上。來自部分反射性光學元件之光學載波107輸出係以光學方式耦合至波導571，該波導又以光學方式耦合至光學調變器106。可利用微球或微凸點觸點562將電前置放大器晶片566(例如雙極性轉換阻抗式放大器(TIA))連接至矽光子晶片104並將其電耦合至光檢測器110，用於放大由光檢測器110提供之第二電信號122(圖1B)。可利用微球或微凸點觸點562將調變器驅動器108連接至矽光子晶片104並將其電耦合至調變器106，用於利用第一電信號121調變光學載波107(圖1B)。可將電前置放大器晶片566及調變器驅動器108組合在單一電子晶片中。可藉由跡線564(圖5)及金屬柱568在各個組件之間提供必需的電連接。另一選擇為，可藉由引線結合在各個組件之間提供必需的電連接。可提供外部觸點570用於安裝電連接器(未顯示)。

轉至圖6，光子介面總成600係圖5之光子介面總成500之變體。圖6之光子介面總成600具有利用複數個微球或微凸點觸點562附接至基板560之電前置放大器晶片566。光子介面總成600之另一區別在於SOA晶片109係沉陷至矽光子晶片104中。另一選擇為，可利用共晶結合、焊接、環氧或其他附接機制中之一者將電前置放大器晶片566附接至基板560。自電前置放大器晶片566至矽光子晶片104上之光檢測器110之電連接可經由引線結合達成。

參考圖7，光子介面總成700係圖6之光子介面總成600之變體。圖7之光子介面總成700安置SOA晶片109用於逐漸消失的光學耦合至光學調變器106之波導308以將光學載波107提供至光學調變器106。

轉至圖8，光子介面總成800係圖1A及圖1B之光子介面總成100之變體。圖8之光子介面總成800包括在矽光子晶片104與基板560之間安置之電子中介層晶片804。電子中介層晶片804可包括為矽光子晶片104之各個組件(例如光學調變器106之驅動器)之操作所需要之電路、解調變器電路等。基板560上可安裝複數個電子中介層晶片804。

現在參考圖9，光子介面總成900係圖1A及圖1B之光子介面總成100之變體。圖9之光子介面總成900可包括藉由光柵耦合器941以光學方式耦合至矽光子晶片104之角經拋光之第一光學纖維931用於輸出第一光學信號141，及藉由邊緣耦合器942以光學方式耦合至矽光子晶片104之第二光學纖維932用於接收第二光學信號142。在另一實施例中，光子介面總成900可包括藉由光柵耦合器941以光學方式耦合至矽光子晶片104之第一光學纖維931用於接收第二光學信號142，及藉由邊緣耦合器942以光學方式耦合至矽光子晶片104之第二光學纖維932用於輸出第一光學信號141。其他實施例僅可使用光柵耦合器，而再其他實施例僅可使用邊緣耦合器。

光子介面總成900可進一步包括於基板560上之第三電埠113用於自電子電路102接收第三電信號123，及於基板560上之第四電埠114用於將第四電信號124發送至電子電路102。陣列電連接器902可附接至基板560且藉由電跡線964電耦合至第三電埠113及第四電埠114用於連接至外部電子單元(未顯示)。因此，可藉助第一光學信號141及第二光學信號142及/或第三電信號123及第四電信號124實施與外部單元(例如另一PCB及/或另一遠端主體)之通訊，此可提供較大的通訊撓性。

轉至圖10，光子介面總成1000係圖6之光子介面總成600之自由空間耦合之變體。圖10之光子介面總成1000包括用於氣密性地包封矽光子晶片104之氣密包裝1002、光學調變器106、調變器驅動器108、SOA晶片109及電前置放大器566。光子介面總成1000可進一步包括透鏡1030及窗口1040用於跨越氣密包裝1002傳輸第一光學信號141及第二光學信號142。可在基板560之底部側上提供外部觸點570。窗口1040可自透鏡1030中之一者構築而成。可使用包含一或多個透鏡1030及可選窗口1040之自由空間耦合光學裝置來輸送單一光學信號141或

多個光學信號141、142等等。

參考圖11，光子介面總成1100係圖1之光子介面總成100之另一變體。圖11之光子介面總成1100之SOA晶片109係安置在基板560與矽光子晶片104之間且係逐漸消失的耦合至矽光子晶片104之波導308。另一選擇為，SOA晶片109可安置在纖維支撐體120 (圖11中未顯示)與矽光子晶片104之間。

轉至圖12，用於提供電子電路(例如圖1A及圖1B之電子電路102)之光子介面之方法1200可包括提供具有光學調變器106及光檢測器110之矽光子晶片104之步驟1202。在可選下一步驟1204中，將調變器驅動器晶片108附接至矽光子晶片104，且藉由(例如)微球或微凸點觸點及/或銅柱將其電耦合至光學調變器106用於驅動光學調變器108。在下一步驟1206中，將在纖維支撐體120之第一v型凹槽151中支撐之第一光學纖維131附接至矽光子晶片104，使得第一光學纖維131以光學方式耦合至光學調變器106；並在纖維支撐體120之第二v型凹槽152中支撐第二光學纖維132，使得第二光學纖維132以光學方式耦合至光檢測器110。如上文所解釋，單一光學纖維可用於第一光學信號141及第二光學信號142之雙向傳送。在步驟1208中，自電子電路102接收第一電信號121且將其提供至調變器驅動器108。

在下一步驟1210中，利用第一電信號121調變光學載波107以提供第一光學信號141，將該第一電信號耦合至第一光學纖維131用於傳送第一光學纖維131中之第一光學信號141。最後，在最後步驟1212中，利用光檢測器110檢測在第二光學纖維132中傳送之第二光學信號142以提供第二電信號122，然後將該第二電信號耦合至電子電路102。

在方法1200之一個實施例中，支撐第一光學纖維131及第二光學纖維132之步驟1206包括使用在纖維支撐體120與矽光子晶片104之間

延伸之對齊特徵170使纖維支撐體120相對於矽光子晶片104垂直對準。可在如上文所解釋之纖維支撐體120、矽光子晶片104或二者中以微影方式界定對齊特徵170，以將光學調變器106光學耦合至第一光學纖維131，並將光檢測器110光學耦合至第二光學纖維132。更通常，對準(其可包括垂直對準及水平對準)可藉由使纖維支撐體120及矽光子晶片104中之一者中之以微影方式界定之介電硬停止層或半導體硬停止層引入與纖維支撐體120及矽光子晶片104中之另一者物理接觸來實施。可藉由使SOA晶片109及矽光子晶片104中之一者中之以微影方式界定之介電硬停止層或半導體硬停止層引入與SOA晶片109及矽光子晶片104中之另一者物理接觸，使SOA晶片109相對於矽光子晶片104對準。

再次參考圖12，現在參考圖1A、圖5及圖9，可安裝前置放大器晶片566並利用微球或微凸點觸點562(圖5)及/或利用引線結合(未顯示)將其電耦合至矽光子晶片104，且可藉由前置放大器晶片566放大藉由光檢測器110提供之第二電信號121。可利用複數個微球或微凸點觸點562將矽光子晶片104附接至基板560用於接觸第一電埠111及第二電埠112(圖1A)。在一個實施例中，可提供第三電埠113(圖9)用於自電子電路102接收第三電信號123，且可提供第四電埠114用於將第四電信號124發送至電子電路102。為提供適宜電介面，可將陣列電連接器902附接至基板560並將其電耦合至第三電埠113及第四電埠114用於連接至外部電子單元(未顯示)。

應瞭解矽光子晶片104係積體光子電路之僅一個可能實例。因此，可在上文所闡述之任一實施例中用另一類型之積體光子電路(包括(但不限於)磷化銦(InP)、砷化鎵(GaAs)、二氧化矽(SiO₂)及其他)代替矽光子晶片104。本文所揭示之所有例示性實施例皆亦可用於該等積體光子電路中之任一者中。此外，應瞭解SOA晶片109係光學增益

晶片之僅一個可能實例。

本發明在範圍上並不受限於本文所闡述之特定實施例。確實，根據先前闡述及附圖，熟習此項技術者將明瞭除在本文中所闡述之外的其他各種實施例及修改。因此，該等其他實施例及修改意欲歸屬於本發明之範圍內。此外，儘管本文中已在具體環境中的用於具體目的的具體實施方案的背景下闡述了本發明，但熟習此項技術者將認識到其使用性並不限於此且可受益地在任一數目的環境中出於任一數目的目的來實施本發明。因此，應依照如本文所闡述之本發明之全面寬度及精神來解釋下文所述的申請專利範圍。

【符號說明】

100	光子介面總成
102	電子電路
104	矽光子晶片
106	光學調變器
107	光學載波
108	調變器驅動器晶片/調變器驅動器/光學調變器
109	半導體光學放大器晶片/半導體光學放大器
110	光檢測器
111	第一電埠
112	第二電埠
113	第三電埠
114	第四電埠
120	纖維支撐體
121	第一電信號
122	第二電信號
123	凹部/第三電信號

124	第四電信號
131	第一光學纖維
132	第二光學纖維
141	第一光學信號
142	第二光學信號
151	第一v型凹槽
152	第二v型凹槽
160	基板
162	微球或微凸點觸點
164	跡線
170	對齊特徵
202	纖維護套
204	聚合物塗層
206	玻璃纖維/光學纖維
250	v型凹槽
254	寬剖面
256	窄剖面/窄v型凹槽剖面/窄凹槽剖面
306	核心
308	波導
402	下部包覆層
404	核心層
406	上部包覆層
411	電觸點
412	電觸點
431	焊料接合點
432	焊料接合點

- 470 半導體硬停止層或介電硬停止層/硬停止層/對齊特徵
- 500 光子介面總成
- 560 基板
- 562 微球或微凸點觸點
- 564 跡線
- 566 電前置放大器晶片/電前置放大器
- 568 金屬柱
- 570 外部觸點
- 571 波導
- 600 光子介面總成
- 700 光子介面總成
- 800 光子介面總成
- 804 電子中介層晶片
- 900 光子介面總成
- 902 陣列電連接器
- 931 第一光學纖維
- 932 第二光學纖維
- 941 光柵耦合器
- 942 邊緣耦合器
- 964 電跡線
- 1000 光子介面總成
- 1002 氣密包裝
- 1030 透鏡
- 1040 窗口
- 1100 光子介面總成
- 1200 方法

h1	高度
h2	高度
PD	光檢測器
SOA	半導體光學放大器

發明摘要

※ 申請案號：104 135 323

G02B 6/42 (2006.01)

※ 申請日：104.10.27

※IPC 分類：G02B 6/122 (2006.01)

H01S 5/00 (2006.01)

【發明名稱】

電子電路之光子介面

PHOTONIC INTERFACE FOR ELECTRONIC CIRCUIT

【中文】

● 本發明揭示電子電路之光子介面。該光子介面包括具有調變器及光檢測器之光子積體電路及用於與另一光學電路光學通訊之一或多根光學纖維。可將調變器驅動器晶片直接安裝於該光子積體電路上。可將該等光學纖維置於纖維支撐體之v型凹槽中，該纖維支撐體可包括至少一個以微影方式界定之用於該矽光子電路之光學對準的對準特徵。

【英文】

● A photonic interface for an electronic circuit is disclosed. The photonic interface includes a photonic integrated circuit having a modulator and a photodetector, and an optical fiber or fibers for optical communication with another optical circuit. A modulator driver chip may be mounted directly on the photonic integrated circuit. The optical fibers may be placed in v-grooves of a fiber support, which may include at least one lithographically defined alignment feature for optical alignment to the silicon photonic circuit.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1A)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100 光子介面總成
- 102 電子電路
- 104 矽光子晶片
- 108 調變器驅動器晶片
- 111 第一電埠
- 112 第二電埠
- 120 纖維支撐體
- 121 第一電信號
- 122 第二電信號
- 131 第一光學纖維
- 132 第二光學纖維
- 160 基板
- 162 微球或微凸點觸點
- 164 跡線

【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. 一種用於電子電路之光子介面總成，該光子介面總成包含：
 - 一第一電埠(electrical port)，其用於自該電子電路接收一第一電信號，及一第二電埠，其用於將一第二電信號耦合至該電子電路；
 - 至少一光學纖維，其用於輸出一第一光學信號、接收一第二光學信號或輸出該第一光學信號及接收該第二光學信號；
 - 一光子積體電路，其包含：
 - 一光學調變器，其用於利用該第一電信號調變一光學載波以提供該第一光學信號，及
 - 一光檢測器(photodetector)，其用於提供該第二電信號以回應於該第二光學信號；及
 - 一纖維支撐體，其附接至該光子積體電路且支撐該至少一光學纖維。
2. 如請求項1之光子介面總成，其中該纖維支撐體包含至少一凹槽支撐該至少一光學纖維。
3. 如請求項1之光子介面總成，其中該至少一光學纖維包含以光學方式耦合至該光學調變器之一第一光學纖維，其用於輸出該第一光學信號，及以光學方式耦合至該光檢測器之一第二光學纖維，其用於輸入該第二光學信號。
4. 如請求項1之光子介面總成，其中該光子積體電路包含一矽光子晶片。
5. 如請求項1之光子介面總成，其中該纖維支撐體及該光子積體電路中之至少一者包含在該纖維支撐體與該光子積體電路之間延伸之一以微影方式界定之對齊特徵(lithographically defined

- registration feature)，其用於使該纖維支撐體相對於該光子積體電路垂直對準。
6. 如請求項5之光子介面總成，其中該以微影方式界定之對齊特徵包含一介電或半導體硬停止層，其中該纖維支撐體係藉由毗鄰該介電或半導體硬停止層安置之一焊料接合點附接至該光子積體電路。
 7. 如請求項6之光子介面總成，其中該介電或半導體硬停止層包含一邊緣使該纖維支撐體相對於該光子積體電路水平對準。
 8. 如請求項1之光子介面總成，其進一步包含一電子晶片，其附接至該光子積體電路，該電子晶片包含一電前置放大器(electrical preamplifier)用於放大由該光檢測器提供之該第二電信號。
 9. 如請求項8之光子介面總成，其中該電子晶片進一步包含一調變器驅動器用於驅動該光學調變器。
 10. 如請求項1之光子介面總成，其進一步包含一光學增益晶片，其附接至該光子積體電路且以光學方式耦合至該光學調變器，並用於提供或放大該光學載波。
 11. 如請求項10之光子介面總成，其中該光學增益晶片及該光子積體電路中之至少一者包含在該光學增益晶片與該光子積體電路之間延伸之一以微影方式界定之對齊特徵(registration feature)，用於使該光學增益晶片相對於該光子積體電路垂直對準。
 12. 如請求項11之光子介面總成，其中該以微影方式界定之對齊特徵包含一介電或半導體硬停止層，其中該光學增益晶片係藉由毗鄰該對準特徵安置之一焊料接合點附接至該光子積體電路。
 13. 如請求項1之光子介面總成，其進一步包含一基板，其中該光子積體電路附接至該基板。
 14. 如請求項13之光子介面總成，其進一步包含：

於該基板上之一第三電埠，其用於自該電子電路接收一第三電信號，及於該基板上之一第四電埠，其用於將一第四電信號發送至該電子電路；及

一陣列電連接器，其附接至該基板且電耦合至該第三電埠及該第四電埠，並用於連接至一外部電子單元。

15. 如請求項9之光子介面總成，其進一步包含一光學增益晶片，其係利用微球(microball)或微凸點觸點(microbump contacts)附接至該基板且以光學方式耦合至該光學調變器用於提供該光學載波。
16. 如請求項15之光子介面總成，其中該光學增益晶片係安置在該基板與該光子積體電路之間，或在該基板與該纖維支撐體之間。
17. 如請求項13之光子介面總成，其進一步包含一電前置放大器晶片，其附接至該基板且利用微球或微凸點觸點或打線接合(wirebonds)電耦合至該光檢測器以用於放大由該光檢測器提供之該第二電信號。
18. 一種提供電子電路之光子介面之方法，該方法包含：
 - 提供包含一光學調變器及一光檢測器之一光子積體電路；
 - 在附接至該光子積體電路之一纖維支撐體中支撐至少一光學纖維，其中該至少一光學纖維經組態以用於輸出一第一光學信號、接收一第二光學信號或輸出該第一光學信號及接收該第二光學信號；
 - 自該電子電路接收一第一電信號，並將該第一電信號提供至該調變器；
 - 利用該第一電信號調變一光學載波以提供該第一光學信號；且

利用該光檢測器檢測該第二光學信號以提供一第二電信號，並將該第二電信號耦合至該電子電路。

19. 如請求項18之方法，其進一步包含相對於該光子積體電路垂直對準該纖維支撐體，以將該光子積體電路光學耦合至該至少一光學纖維，其中該對準係藉由使一介電或半導體硬停止層在該纖維支撐體及該光子積體電路中之一者中以微影方式界定並與該纖維支撐體及該光子積體電路中之另一者實體接觸來實施。
20. 如請求項18之方法，其進一步包含將一光學增益晶片相對於該光子積體電路垂直對準，以將該光學增益晶片光學耦合至該光學調變器用於提供或放大該光學載波，其中該對準係藉由使一介電或半導體硬停止層在該光學增益晶片及該光子積體電路中之一者中以微影方式界定並與該光學增益晶片及該光子積體電路中之另一者接觸來實施。