



(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 I434086 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 11 日

(21) 申請案號：098132981

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 09 月 29 日

(51) Int. Cl. : G02B6/12 (2006.01)

(30) 優先權：2008/09/30 美國 12/242,454

(71) 申請人：英特爾股份有限公司 (美國) INTEL CORPORATION (US)
美國(72) 發明人：雪崔特 優爾 SHETRIT, YOEL (IL)；廖玲 LIAO, LING (CN)；劉安生 LIU,
ANSHENG (US)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

US 2005/0175305A1

US 2007/0031080A1

審查人員：陳淑敏

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：4 共 0 頁

(54) 名稱

使用 PN 二極體之高速矽光學調變的方法及設備

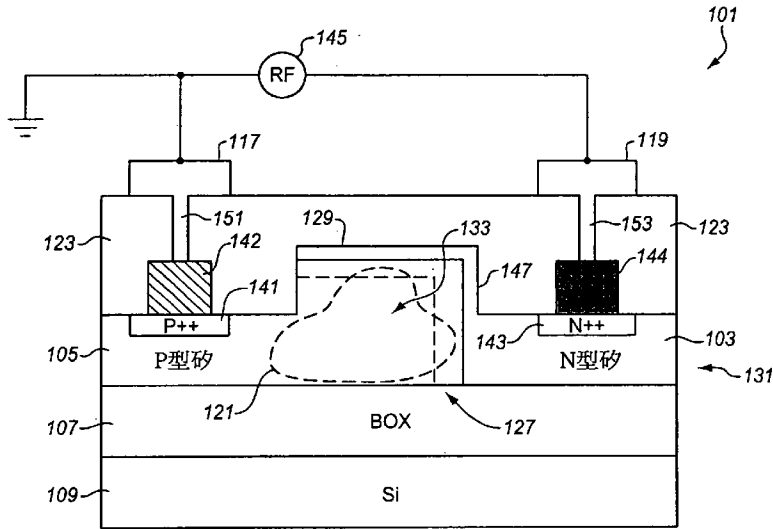
METHOD AND APPARATUS FOR HIGH SPEED SILICON OPTICAL MODULATION USING PN
DIODE

(57) 摘要

敘述一使用 PN 二極體之高速矽光學調變的方法及設備。於一範例中，一光學波導器具有毗連之第一及第二摻雜的半導體區域。該第一及第二區域具有相反之摻雜型式，且該第一摻雜區域係在二垂直的方向中延伸經過該波導器。

A method and apparatus for high speed silicon optical modulation is described using a PN diode. In one example, an optical waveguide has adjoining first and second doped semiconductor regions. The first and second regions have opposite doping types and the first doped region extends in two perpendicular directions through the waveguide.

圖1



- 101 . . . 調變器
- 103 . . . pn 二極體
- 設計
- 105 . . . pn 二極體
- 設計
- 107 . . . 被埋入氧化
- 物層
- 109 . . . 矽層
- 117 . . . 金屬接點
- 119 . . . 金屬接點
- 121 . . . 光學模
- 123 . . . 絕緣材料
- 127 . . . 波導器
- 129 . . . 中心隆起部
- 131 . . . 扁塊區域
- 133 . . . 空乏區
- 141 . . . 摻雜區域
- 142 . . . 金屬墊
- 143 . . . 摻雜區域
- 144 . . . 金屬墊
- 145 . . . 射頻來源
- 147 . . . pn 接合面
- 151 . . . 通孔
- 153 . . . 通孔

860403

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98132981

※申請日：98年09月29日

※IPC分類：G02B 6/12 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

使用PN二極體之高速矽光學調變的方法及設備

Method and apparatus for high speed silicon optical modulation using PN diode

二、中文發明摘要：

敘述一使用PN二極體之高速矽光學調變的方法及設備。於一範例中，一光學波導器具有毗連之第一及第二摻雜的半導體區域。該第一及第二區域具有相反之摻雜型式，且該第一摻雜區域係在二垂直的方向中延伸經過該波導器。

三、英文發明摘要：

A method and apparatus for high speed silicon optical modulation is described using a PN diode. In one example, an optical waveguide has adjoining first and second doped semiconductor regions. The first and second regions have opposite doping types and the first doped region extends in two perpendicular directions through the waveguide.



四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

101：調變器

103：pn二極體設計

105：pn二極體設計

107：被埋入氧化物層

109：矽層

117：金屬接點

119：金屬接點

121：光學模

123：絕緣材料

127：波導器

129：中心隆起部

131：扁塊區域

133：空乏區

141：摻雜區域

142：金屬墊

143：摻雜區域

144：金屬墊

145：射頻來源

147：pn接合面

151：通孔

153：通孔

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明大致上有關光學器件，且更特別地是，本發明有關矽光學調變器。

【先前技術】

網際網路及網路資料流量成長推向以光學為基礎之資料通訊。在相同纖維上於高密度分波多工（DWDM）系統及十億位元乙太網路（GBE）系統中之多數光學通道的傳輸提供一簡單方式，以使用藉由光纖所提供之較高資料容量（信號帶寬）。資料通訊系統中常使用的光學零組件包括波長分割多工（WDM）發送器及接收器、諸如繞射光柵、薄膜濾波器、布拉格光纖光柵、陣列波導光柵之光學濾波器、光學加/減多工器、調變器、雷射及光學開關。

很多這些構建塊光學零組件能夠在半導體裝置中被施行。於電光切換裝置中，電壓係施加至一裝置之選擇零件，以在該裝置內建立電場。該等電場在該裝置內改變所選擇材料之光學性質，且該電光效應導致切換之作用。電光裝置典型利用結合光學透明度與可變電壓光學行為之電光材料。電光切換裝置中所使用之單晶電光材料的一典型樣式係鋰酸鋰（ LiNbO_3 ）。諸如 InP 及 GaAs 之 III-V 半導體化合物亦已被用於高速調變器。

矽光子積體電路提供低成本之光電子解決方法，用於範圍由電信至晶片對晶片互連之應用。一光學調變器係任

[S]

何光學通訊鏈路之關鍵零組件，然而，在矽中達成高速光學調變是具有挑戰性的。目前，該自由載子電漿色散效應對於矽中之高速光學調變較有利。在此方式中，矽波導器中之自由載子密度中的變化導致該材料的折射率中之變化。該折射率變化修改通過該材料的光線之光學相位。能做成該調變之速率局部被該自由載子能多快注射進入該波導器或由該波導器移去、藉由該行進的光學模所佔有之區域所限制。

【發明內容及實施方式】

於以下之敘述中，極多特定細節被提出，以便提供本發明的一完全理解。然而，對於熟諳該技藝者將變得明顯的是該特定之細節不須被採用以實踐本發明。於其他情況中，熟知之材料或方法未被詳細地敘述，以便避免模糊本發明。

遍及此說明書參考“一具體實施例”或“具體實施例”意指關於該具體實施例所敘述之特別的特色、結構、或特徵被包括於本發明之至少一具體實施例中。如此，在遍及此說明書之各種位置中，出現“於一具體實施例中”或“於具體實施例中”片語係不須全部意指相同之具體實施例。再者，於一或多個具體實施例中，該等特別之特色、結構或特徵能以任何合適之方式被組合。此外，應了解同此所提供之圖式對於熟諳該技藝者係用於說明目的，且該等圖式不需以一定之比例畫出。再者，亦應了解同此所說

明之特定尺寸、指數值、材料等被提供用於說明目的，且其他合適之尺寸、指數值、材料等亦可按照本發明之教導被利用。

於本發明之一具體實施例中，光學信號能在高速使用反偏壓 pn 二極體當作一光學波導器而被調變。在水平或直立之 pn 接合面的其中之一，於該電荷載體及通過該波導器之光線的光學模之間有一相當薄弱之重疊或相互作用。這通常將對在約 1.55 微米之波長的光線之相位效率減少至等於 3 V.cm。這些設計之效率能藉由以精密之位置控制將該 pn 接合面放置在該波導器內側而增加。然而，此一精密需求造成該調變器難以製造。

於本發明之一具體實施例中，藉由改變該 pn 二極體之形狀，該效率能被改善，而不需要精密之位置控制。譬如，Z 字形 pn 二極體設計係更有效率的，其中該二極體能於水平及直立兩方向中提供電荷載體空乏。於此案例中，總空乏區隨著驅動電壓之改變係大於僅只在水平或直立接合面的其中之一的改變。對於 1.3 微米光線之大約 1.6 V.cm 的相位調變效率能沒有困難地被達成。可使用一低能量成某一角度之植入物製造下面所敘述之組構，而在微影重合控制上沒有嚴格之需求。

圖 1 顯示絕緣層上覆矽 (SOI) 基板上之高速光學調變器 101 的橫截面圖。該基板具有一被埋入氧化物 (BOX) 層 107 所覆蓋之矽層 109，雖然各種其他層可被代替地使用。該調變器使用一沈積在該 BOX 層 107 上方之 Z 字

{ 5 }

形 pn 二極體設計 103、105，在此一 pn 接合面 147 係靠近一光學波導器 127 之邊緣。參考圖 1 中之 n-摻雜的矽區域 103，其具有一類似該字母 Z 之形狀，使該 Z 之頂部在左側延伸橫越該中心隆起部 129 之頂部，該 Z 之中間部份沿著該中心隆起部之右側往下延伸，且該 Z 之底部由該中心隆起部水平地延伸及離開至右側。

該 pn 二極體具有用於外部連接之二金屬接點 117、119。如圖 1 所示在該 pn 二極體的左側上之一金屬接點 117 係經過金屬墊 142 耦接至一高度 p 摻雜 (p++) 區域 141，該金屬墊 142 係經過一通孔 151 連接至該接點。如圖 1 所示在該 pn 二極體的右側上之另一金屬接點 119 係經過金屬墊 144 耦接至一高度 n 摻雜 (n++) 區域 143，該金屬墊 144 係經過通孔 153 連接至該接點。該等高度摻雜區域 141、143 被嵌入該 pn 二極體 105、103。該左側高度摻雜之 p++ 區域被嵌入該二極體之 p 型區域 105，且該右側高度摻雜的 n++ 區域被嵌入該二極體的 n 型區域 103。

包括一中心隆起部之波導器 127 係大約集中於該二區域之間。該中心隆起部直立往上地延伸離開該 BOX 層。該 pn 二極體被形成，以便充填此中心隆起部以及在該隆起部下方及在該中心隆起部的任一側面上之通孔下方的水平層。譬如，於圖 1 之範例中，以一 n 型隆起部代替提供一 p 型水平層，該 p 型區域由 p++ 區域延伸水平地越過該中心隆起部及亦直立地向上進入該中心隆起部。該 pn 二

極體之 n 型部份由該 n^{++} 區域越過至該 p 型區域水平地充填該區域。

如圖 1 之範例中所示，該 n 型區域亦佔據該中心隆起部之周邊，雖然這對於本發明是不需要的。此結構可藉由首先施行 p 摻雜與接著環繞該波導器之周邊及於該右側上之 n -摻雜區域中建立該 n 摻雜區域所形成。另一選擇係，該 n 摻雜區域可首先被形成，且接著環繞該波導器之周邊建立一 p 摻雜區域。於所說明之範例中，過渡段靠近該波導器之中心隆起部的頂部具有一水平或橫側範圍或行程、及沿著該中心隆起部之右側有一直立範圍或行程。換句話說，光束經歷二垂直側面上之 pn 接合面。其結果是，藉由水平及直立地延伸，該 pn 接合面比以許多其他設計充填該波導器之一較大部份。

圖 1 之波導器可被製成具有 0.4 微米寬度、0.4 微米高度、及 0.15 微米之扁塊。雖然特別之尺寸可被設計成適用於特別之情況。

更詳細地考慮圖 1，該光學波導器 127 在該 pn 接合介面 147 具有一空乏區 133，其既水平又直立地延伸。於一 pn 接合面中之空乏區寬度視該等摻雜的密度分佈及所施加之外部電壓而定。當施加外部驅動電壓時，該空乏區寬度增加。如此，含有 pn 接合面的波導器中之電荷密度係根據按照本發明之教導而施加至該 pn 接合面之射頻 (RF) 來源 145 而變化。對於一範例，實質上於該空乏區 133 中無自由電荷載子，而在該空乏區 133 外面由於該 n

[5]

型及 p 型摻雜而有自由電荷載子。

如在所說明之範例中所示，該光學裝置 101 包括一光學波導器 127，其包括具有相反摻雜型式之半導體材料的毗連區域 103 及 105。於所說明之範例中，該光學波導器 127 被顯示為一肋條波導器，其包括一肋條區域 129 及一扁塊區域 131。如可在所說明之範例中看見，在光學波導器 127 的肋條區域 129 之“上角落”以及在扁塊區域 131 之“側面”，經過該光學波導器 127 之光束的傳播光學模 121 之強度係趨於零地小。該光束被顯示經過該光學波導器 127 傳播“進入頁面”。於其他範例中，應了解其他合適之波導器型式可被採用。

於一範例中，該半導體材料包括矽 (Si)。譬如，區域 103 可包括 n 型矽，且區域 105 可包括 p 型矽，使得該空乏區 133 外面的 n 型矽中之自由電荷載子為電子，且該空乏區 133 外面的 p 型矽中之自由電荷載子為電洞。於其他範例中，該半導體材料可譬如包括其他合適型式之半導體材料，諸如鍺 (Ge)、Si/Ge 等。於一範例中，區域 103 及 105 具有摻雜濃度，使得區域 103 及 105 間之 pn 接合介面 147 係由於內建之電場而反向偏壓。於另一範例中，區域 103 及 105 之摻雜質 (n 及 p) 的極性可按照本發明之教導被反轉。

如上述，該光學裝置 101 可被形成在一絕緣層上覆矽 (SOI) 晶圓上，且因此包括一設置在另一半導體層 109 及該摻雜區域 103、105 的半導體材料間之埋入氧化物層

107。如所示，光學裝置 101 亦包括一在該等摻雜區域上方之緩衝層絕緣材料 123，其具有用於該光學波導器 127 之包覆材料的作用。該等較高摻雜區域 141 及 143 係在經過該光學波導器 127 的光學模 121 之光學路徑外側。由於在經過該光學波導器 127 的光學模 121 之光學路徑外側所設置之較高摻雜區域 141 及 143，光學損失係減少。該等較高摻雜區域 141 及 143 具有比沿著光學波導器 127 之光學模 121 的光學路徑內之區域 103 及 105 的摻雜濃度較高之摻雜濃度。

如所示，該等較高摻雜區域 141 及 143 係對稱地毗連及耦接至該等 pn 二極體區域 103、105 之個別相反橫側面。該光學裝置 101 亦包括金屬接點 117 及 119，其係分別經過通孔 151 及 153 經過該緩衝層絕緣材料 123 分別耦接至較高摻雜區域 141 及 143。如所示，金屬接點 117 及 119 係亦位於經過光學波導器 127 的光學模 121 之光學路徑外側。對於一範例，金屬接點 117 及 119 包括具有高電導性及低阻抗之金屬。於一範例中，金屬接點 117 及 119 係與一金屬電極組合及連接，該金屬電極按照本發明之教導被設計用於高頻行波信號傳輸。

如在所說明之範例中所示，在該波導器的一端部，金屬接點 119 的一端部被耦接以接收一來自 RF 訊號源 145 之行波信號。在該波導器的另一端部（未示出），金屬接點 119 的另一端部係以耦接至一參考電壓、諸如地面之負載阻抗或終止負載終止。此外，金屬接點 117 係耦接至諸

如地面之參考電壓。其結果是，區域 105 及 103 間之 pn 接合面或介面 147 的偏壓，係以經過該行波信號 155 及經過該等較高摻雜區域 141 及 143 的外部驅動電壓之施加所調整。按照本發明之教導，該較高摻雜區域 141、143 之較高摻雜濃度有助於改善共平面式金屬接點 117、119 至該半導體材料區域 105、103 之電耦接。於另一範例中，RF 信號可被施加於金屬接點 117 及 119 之間。於此案例中，該 pn 接合面用作一電容器，而與來自該 RF 訊號源之源電阻串連。

該改良之電耦接減少該等金屬接點 117、119 及該等半導體材料區域 105、103 間之接觸電阻，而減少該行波信號 155 之 RF 衰減。該減少之接觸電阻按照本發明的教導改善該光學裝置 101 之電性能。該減少之 RF 衰減及良好的光電波速度匹配能夠有更快之切換時間及裝置速率。

於所說明之範例中，該行波信號 155 係藉由該 RF 訊號源 145 施加至金屬接點 119 的一端部，以按照本發明的教導在該光學波導器 127 的 n 及 p 摻雜區域 103、105 間之 pn 接合介面 147 調整該空乏區 133 之尺寸或厚度。如所示，該空乏區 133 與傳播經過該光學波導器 127 之光束的光學模 121 重疊。該光波及 RF 微波兩者沿著該波導器共同傳播。當該 RF 相位速度匹配該光學群組速度時，該光束回應於所施加之電場經歷一相移。該裝置速率係因此不被該 RC 時間常數所限制，如於一些其它裝置中。

耦接至金屬接點 117 及 119 之較高摻雜區域 141、

143 的個別寬度、高度、及相對位置可被選擇，以獲得該速度匹配。譬如，RF 相位速度大致上係藉由該裝置感應係數及電容所決定。藉由變化該金屬接點幾何形狀與半導體以及介電層厚度，該感應係數及電容值能被改變，且依序，該 RF 相位速度可與光學群組速度匹配。這被稱為“真實”相位速度匹配。於另一範例中，該相位速度可藉由譬如利用一相位反轉電極設計被“人工地”匹配。此外，摻雜分佈及金屬電極可被設計，以獲得一小的 RF 衰減。例如，少於 6 分貝係足以獲得使用行波驅動方案之益處。

當無外部驅動電壓時或當來自該行波信號 155 之外部驅動電壓實質上係零時，在該光學波導器 127 的區域 103、105 間之 pn 接合介面 147，該空乏區 133 係藉由該等摻雜區域 103、105 之摻雜濃度所造成的內建電場之結果。然而，當非零之外部驅動電壓係經由該行波信號 155 施加時，在該光學波導器 127 的摻雜區域 103、105 間之 pn 接合介面 147 的反向偏壓係增加，這按照本發明之教導導致該對應空乏區 133 實質上係較大或較厚的。

一載子密度變化可使用於藉由在反向偏壓中操作該 pn 二極體的光學調變。反向偏壓對應於載子空乏模。於某些情況中，載子空乏可提供優於載子注入（如於正向偏壓中）之益處。載子空乏係固有較快的，且不被大致上較慢之注入載子動力學所限制。

於圖 1 之範例中，該 p 型矽可被設計成比該 n 型矽具有較低之摻雜濃度。據此，大部份空乏寬度變化發生在該

p 型材料內側，靠近該波導器之中心。如在圖 1 中所示，該 p 型矽充填該波導器之中心的大部份。一與 p 型矽空乏重疊之較佳模典型增加該折射率中之變化量。這因為電洞空乏而發生，其發生在該 p 型材料中，導致一比電子空乏較大之折射率改變。據此，重疊數量能被設計以達成想要之效果。

該 Z 字形 pn 接合面設計同時於該直立及水平方向中使該矽空乏（電洞空乏）。這增強改善相位調變效率的光學模對電荷之相互作用。此一裝置在一 1.3 微米波長可具有 1.6V/cm 之效率及對於 6 分貝調變深度具有少於 3 分貝之光學損失。此裝置之藉由其載子動力學所決定的本質調變帶寬可為超過 10GHz。

圖 2A 及 2B 係回應於越過該二金屬接點 117、119 之施加電壓，藉由建立圖 1 之 pn 二極體的折射率之模型所產生的輪廓圖。圖 2A 顯示來自施加 0 V 之結果輪廓，且圖 2B 顯示施加以 0.9 V 反向偏壓之相同二極體。於圖 2A 及圖 2B 兩者中，該 p 摻雜區域 105 靠近該左金屬接點 142 具有一很低之折射率，且水平地延伸至該波導器。同樣地，該 n-摻雜區域 103 靠近該右金屬接點具有一低折射率 165，且水平地延伸至該波導器。兩低折射率區域延伸進入該波導器，使該 n-摻雜區域之低折射率區域向上延伸進入該中心隆起部及環繞著該 p 摻雜區域。

在該波導器之中心，大約為一高折射率區域 167。該折射率迅速地跌落，如藉由中介折射率區域 169 所顯示。

以所施加之電壓，該等電洞被迅速地空乏，且如能藉由比較圖 2A 及 2B 所看見，該高折射率區域顯著地成長，將該低及很低折射率區域 163、165 推出該波導器，且減少該中介折射率區域 169 之尺寸。如所示，載子濃度中之變化主要係在行進經過該波導器的光學模 121 之中心。

圖 2A 及 2B 之輪廓圖不顯示該折射率之實際值。代替地，該等折射率之可能範圍已被正規化成由 0 至 1 之刻度。這顯示使該電荷空乏層增加該折射率。如能在該等圖示中看見者，與對於 0V 之輪廓圖作比較，對於 0.9V 之輪廓圖顯示由於電荷空乏而具有較高折射率之波導器的一較大區域。大部份此變化係靠近該波導器中心。

圖 1 之調變器的暫態響應亦可被建立模型。該等模型顯示大約 30 微微秒之上昇時間及下降時間。再者，波導器幾何形狀的修改及該等電極的配置能夠使此裝置按比例增減速率至超過 20GHz。對於 10Gbps 操作，諸如以 10GbE（十億位元乙太網路），此調變器被估計以 <1V 之施加電壓消耗 ~10mW 之電功率。調變器性能之此組合使得此裝置特別適用於高速、低損失、及低功率應用、諸如會聚式輸入/輸出。

圖 3 顯示包括光學發送器 181 及光學接收器 189 之系統的一具體實施例之方塊圖，該系統具有一包括根據本發明之具體實施例的光學相位調變器之光學裝置 185。特別是，圖 3 顯示一包括光學發送器 181 及光學接收器 189 之光學系統 180。該光學系統包括一光學地耦接於該發送

{ 5 }

器及該接收器之間的光學裝置 185。該發送器傳輸一光束 183、譬如一被該光學裝置 185 所接收之連續波光束。該光學裝置包括一相位調變器 101，諸如圖 1 之相位調變器，以回應於一外部驅動電壓 V_D 191 改變該光束 183 之相位。於所說明之範例中，一光纖 187 係光學地耦接於該光學裝置 185 及該光學接收器 189 之間。該輸出光學波導器包括在該光學裝置中之錐體，以改善至該輸出 183 之光學耦接。

一以半導體為基礎之光學振幅調變器能以充分整合之解決方法被提供在單一積體電路晶片上，該晶片包括一光學裝置、諸如圖 3 所示的光學裝置 185。於圖 3 之範例中，該光學相位調變器 101 被包括在該光學裝置的二支臂之一中。其係光學地耦接於設置在半導體材料中之 Mach-Zehnder 干涉儀 (MZI) 組構的級聯式 Y 分支耦接器之間。在操作中，該光束 183 被引導進入該光學裝置的一輸入，其如所示被引導進入該 MZI 組構。該光束被分割，以致該光束之第一部份被引導經過該 MZI 組構的支臂之一，且該光束之第二部份被引導經過該 MZI 組構的支臂之另一者。如在該描述具體實施例中所示，該 MZI 組構的支臂之一包括該光學移相器或相位調變器，其回應於該外部驅動電壓 V_D 調整該光束的第一及第二部份間之相對相位差。

該光束之第一及第二部份係接著併入該半導體基板，使得該光束係由於建設性或破壞性之干涉結果而在該 MZI

組構之輸出處調變。理想地，輸出至該接收器之光線被以該驅動電壓中之變化所打開及關閉。於所敘述之具體實施例中，該相位調變器能足夠迅速地回應於電壓改變，以在充分用於 GbE（十億位元乙太網路）、USB3（通用序列匯流排、第 3 版）、顯示埠、及其他高速資料介面之速率切換該光束。

於所說明之範例中，僅只該 MZI 組構的支臂之一包括一光學相位調變器。另一選擇係，該 MZI 組構的支臂之兩者可包括一光學相位調變器。例如，用於一具體實施例，插入 MZI 組構之兩支臂的光學相位調變器係能夠在該輸出使用一推挽驅動方案提供大於 12 分貝之消光比。

於前面之詳細敘述中，已參考其特定之示範具體實施例敘述本發明之方法及設備。然而，其將為明顯的是可對其作成各種修改及變化，而不會由本發明之更寬廣的精神及範圍脫離。本說明書及圖式係據此被當作說明性而非限制性。

【圖式簡單說明】

本發明係藉由範例所說明，且不被限制於所附圖式中。

圖 1 係按照本發明之教導的相位調變器之一具體實施例的橫截面視圖。

圖 2A 係按照本發明之教導的圖 1 相位調變器中之折射率在施加 0 伏特（V）的輪廓圖。

圖 2B 係按照本發明之教導的圖 1 相位調變器中之折射率在施加 0.9 V 的輪廓圖。

圖 3 係一圖式，說明一包括具有光學相位調變器之光學裝置的系統，以用於按照本發明之教導的具體實施例之調變一光束。

【主要元件符號說明】

- 101：調變器
- 103：pn 二極體設計
- 105：pn 二極體設計
- 107：被埋入氧化物層
- 109：矽層
- 117：金屬接點
- 119：金屬接點
- 121：光學模
- 123：絕緣材料
- 127：波導器
- 129：中心隆起部
- 131：扁塊區域
- 133：空乏區
- 141：摻雜區域
- 142：金屬墊
- 143：摻雜區域
- 144：金屬墊



- 145 : 射頻來源
- 147 : pn 接合面
- 151 : 通孔
- 153 : 通孔
- 155 : 行波信號
- 163 : 區域
- 165 : 區域
- 167 : 區域
- 180 : 光學系統
- 181 : 光學發送器
- 183 : 光束
- 185 : 光學裝置
- 187 : 光纖
- 189 : 光學接收器
- 191 : 驅動電壓

七、申請專利範圍：

1. 一種使用 PN 二極體之高速矽光學調變的設備，包括：

一具有肋條區域及扁塊區域之光學波導器，該光學波導器進一步具有相反摻雜型式之第一及第二摻雜的半導體區域，該第一及第二摻雜的半導體區域在一接合面彼此毗連，該接合面在沿著該光學波導器之該肋條區域中的該光學波導器之兩周邊側面的二不同方向中延伸；

在該光學波導器的光學路徑外側之第一較高摻雜的半導體區域，該第一較高摻雜區域之內部毗連及耦接至該光學波導器之第一摻雜區域，該第一較高摻雜區域具有比該光學波導器的光學路徑內之摻雜濃度較高之摻雜濃度；及

在該光學波導器的光學路徑外側之第二較高摻雜的半導體區域，該第二較高摻雜區域之內部毗連及耦接至該光學波導器之第二摻雜區域，該第二較高摻雜區域具有比該光學波導器的光學路徑內之摻雜濃度較高之摻雜濃度。

2. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該光學波導器具有一扁塊區域及一肋條區域，且其中該接合面於二不同方向之一中延伸越過該扁塊區域、及在該二不同方向之另一方向中進入該肋條區域。

3. 如申請專利範圍第 2 項之設備，其中該第一摻雜的半導體區域實質上充填該光學波導器。

4. 如申請專利範圍第 2 項之設備，其中該二不同方向係水平及垂直地經過該光學波導器，其中水平係針對該光

學波導器所形成於其上之基板的表面而界定。

5.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該二不同方向係彼此垂直。

6.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該接合面圍繞至少兩側面上之該光學波導器的周邊。

7.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該接合面延伸越過該光學波導器的一頂部及一側面。

8.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該接合面係 Z 字形。

9.如申請專利範圍第 1 項之設備，另在該第一及第二摻雜區域間之介面包括一於該光學波導器內之空乏區，該光學波導器之第一及第二摻雜區域具有個別之摻雜濃度，使得該空乏區存在為沒有一從外部施加至該光學波導器之驅動電壓。

10.如申請專利範圍第 9 項之設備，其中在該光學波導器的第一及第二區域間之介面處，該空乏區之大小係回應於一從外部施加至該光學波導器之驅動電壓而增加至更完全地充填該光學波導器。

11.如申請專利範圍第 1 項之設備，另包括第一緩衝器，其沿著該光學波導器設置及毗連該第一較高摻雜區域之外部，第一接點具有一毗連該第一緩衝器之外部，其中該第二較高摻雜區域之外部毗連該第一緩衝器，且該第一接點具有一毗連該第一緩衝器之外部。

12.如申請專利範圍第 1 項之設備，另包括：

第一接點，其具有一毗連及耦接至該第一較高摻雜區域之內部；及

第二接點，其具有一毗連及耦接至該第二較高摻雜區域之內部。

13. 一種使用 PN 二極體之高速矽光學調變的方法，包括：

經過一具有肋條區域及扁塊區域之光學波導器投射一光束，該光學波導器進一步具有相反摻雜型式之第一及第二摻雜的半導體區域，該第一及第二摻雜的半導體區域在一接合面彼此毗連，該接合面在沿著該光學波導器之該肋條區域中的該光學波導器之兩周邊側面的二不同方向中延伸；

經過該光學波導器的光學路徑外側之第一較高摻雜的半導體區域，該第一較高摻雜區域之內部毗連及耦接至該光學波導器之第一摻雜區域，該第一較高摻雜區域具有比該光學波導器的光學路徑內之摻雜濃度較高之摻雜濃度，及在該光學波導器的光學路徑外側之第二較高摻雜的半導體區域，該第二較高摻雜區域之內部毗連及耦接至該光學波導器之第二摻雜區域，該第二較高摻雜區域具有比該光學波導器的光學路徑內之摻雜濃度較高之摻雜濃度，而驅動該第一及第二摻雜的半導體區域以調變經過該光學波導器的光束之相位。

14. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其中該光學波導器具有一肋條區域及一扁塊區域，且其中該接合面於一方

向中水平地延伸越過該肋條區域、及在另一方向中垂直地延伸進入該扁塊區域。

15.如申請專利範圍第 14 項之方法，其中該二不同方向包括水平及垂直地經過該光學波導器，其中水平係針對該光學波導器所形成於其上之基板的表面而界定。

16.如申請專利範圍第 13 項之方法，其中驅動包括施加一驅動電壓，以在該第一及第二摻雜區域間之介面造成一空乏區之大小為交替地較完全或較不完全充填該光學波導器，該光學波導器之第一及第二摻雜區域具有個別之摻雜濃度，使得該空乏區存在為沒有一從外部施加至該光學波導器之驅動電壓。

17.一種使用 PN 二極體之高速矽光學調變的系統，包括：

一光學發送器，以產生一光束；

一光學接收器，其光學地耦接以接收該光束；

一光學裝置，其光學地耦接於該光學發送器及該光學接收器之間，該光學裝置包括光學地耦接至一光纖之光學相位調變器，以調變該光束之相位，該光學相位調變器包括：

一具有肋條區域及扁塊區域之光學波導器，該光學波導器具有毗連的第一及第二摻雜的半導體區域，該第一及第二摻雜的半導體區域具有相反之摻雜型式，該第一摻雜區域在沿著該光學波導器之該肋條區域中的該光學波導器之兩周邊側面的二不同方向中延伸，以經過該光學波導器

形成一載子空乏區；

一在該光學波導器的光學路徑外側之第一較高摻雜的半導體區域，該第一較高摻雜區域之內部毗連及耦接至該光學波導器之第一摻雜區域，該第一較高摻雜區域具有比該光學波導器的光學路徑內之摻雜濃度較高之摻雜濃度；

一在該光學波導器的光學路徑外側之第二較高摻雜的半導體區域，該第二較高摻雜區域之內部毗連及耦接至該光學波導器之第二摻雜區域，該第二較高摻雜區域具有比該光學波導器的光學路徑內之摻雜濃度較高之摻雜濃度。

18.如申請專利範圍第 17 項之系統，其中該空乏區之大小係回應於施加至該第一及第二摻雜區域之外部驅動電壓作調整。

圖 1

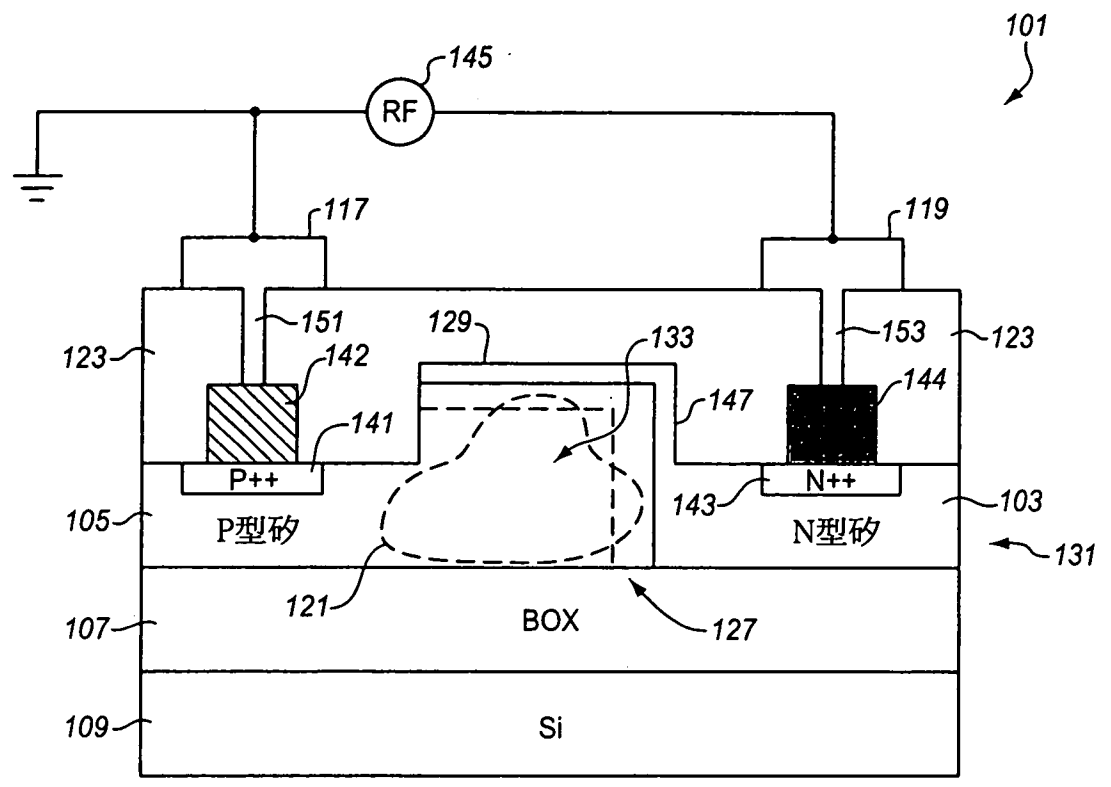


圖 2A

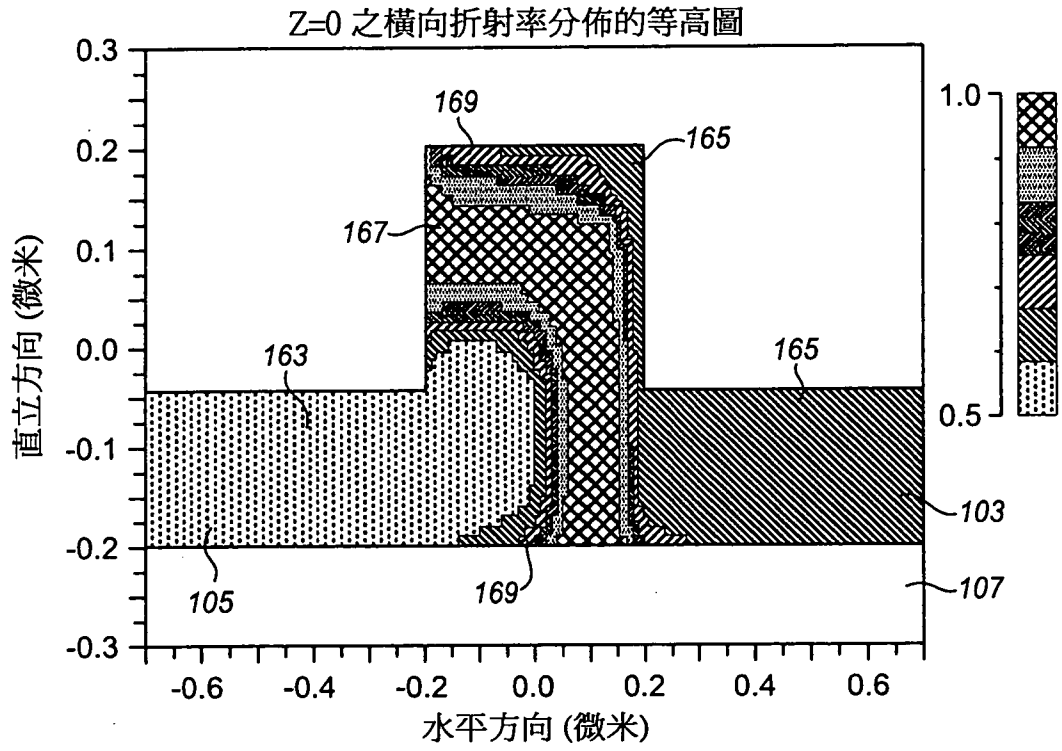


圖 2B

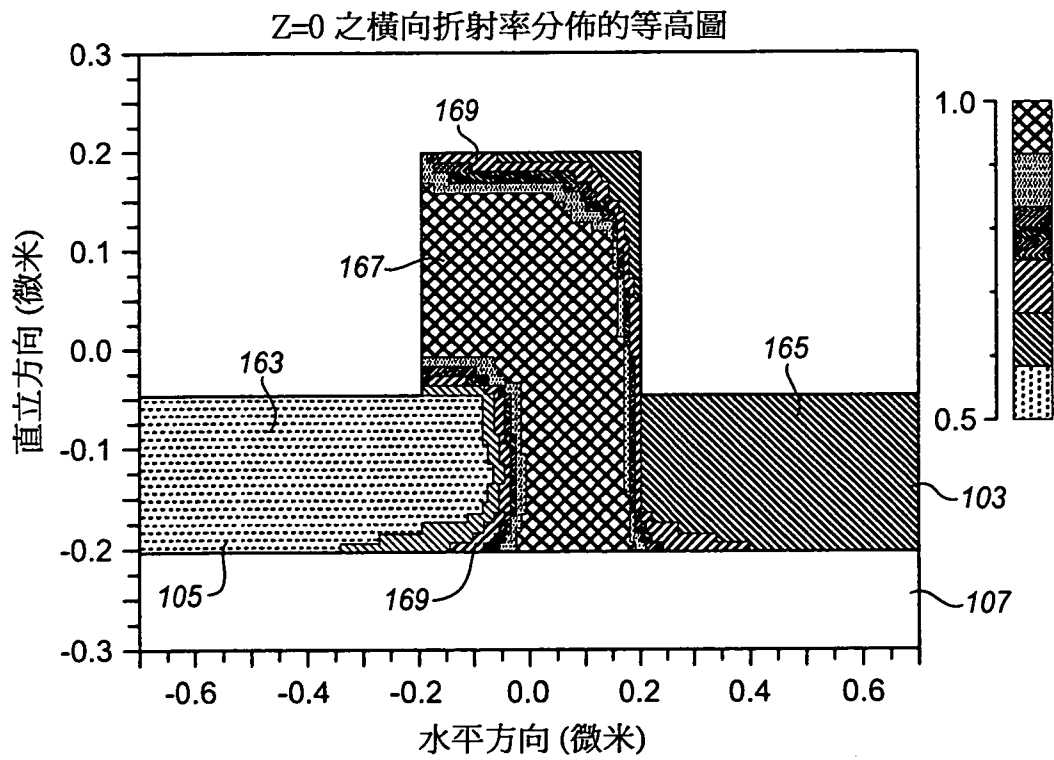


圖3

180

