



(21)申請案號：101131931

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 08 月 31 日

(51)Int. Cl. : H01L33/00 (2010.01)

H01S5/00 (2006.01)

(30)優先權：2011/09/02 美國

61/573,316

(71)申請人：量子電鍍光學系統有限公司(馬來西亞) QUANTUM ELECTRO OPTO SYSTEMS SDN. BHD. (MY)

馬來西亞

(72)發明人：瓦特爾 賈柏瑞 WALTER, GABRIEL (MY) ; 林葆蓮 LAM, POH LIAN (MY)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：36 項 圖式數：13 共 37 頁

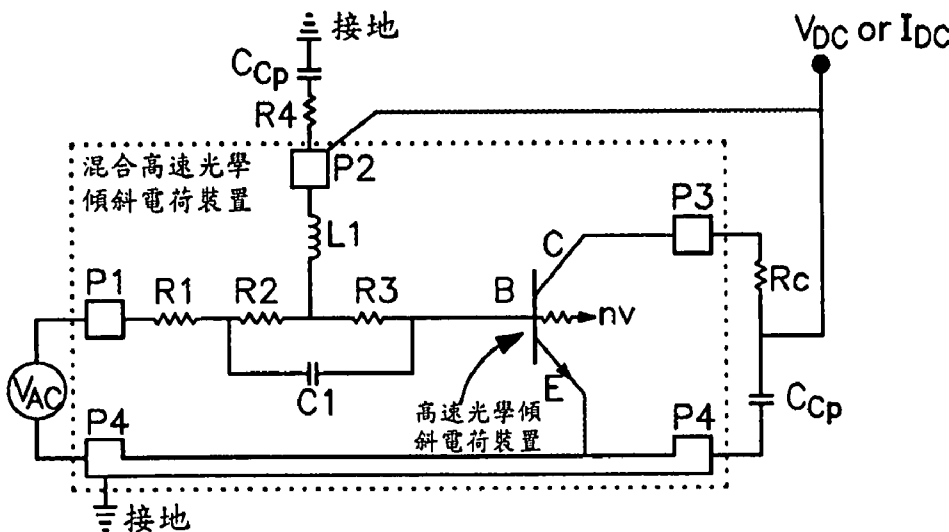
(54)名稱

光電電路及技術

OPTO-ELECTRONIC CIRCUITS AND TECHNIQUES

(57)摘要

一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之混合電路，其包含：一傾斜電荷發光裝置，其具有一電輸入埠及一光學輸出埠，該裝置具有隨輸入頻率而變之一光學輸出回應；及一輸入介面電路，其與該裝置之該電輸入埠耦合且具有與該裝置之該光學輸出回應之一倒數實質上成比例之一轉移函數；藉此該等電激勵信號至該輸入介面電路之施加起作用以自該裝置之該輸出光學埠產生光學信號。該輸入介面電路包含具有由增加振幅對頻率之一區域表徵之一轉移函數之一被動 RLC 電路。



B：基極區域

C：電容

C_{CP}：耦合電容器/耦合直流阻隔電容器

C1：電容器/被動組件

E：射極區域

HS-OTCD：高速光學傾斜電荷裝置

I_{DC}：電流

L1：電感器/被動組件

P1：墊

P3：端子墊

P4：接地端子墊

R1：輸入電阻器/被動組件

R2：電阻器/被動組件

R3：電阻器/被動組件

R4：可變電阻器

Rc：電阻器

V_{DC}：偏壓



(21)申請案號：101131931

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 08 月 31 日

(51)Int. Cl. : H01L33/00 (2010.01)

H01S5/00 (2006.01)

(30)優先權：2011/09/02 美國

61/573,316

(71)申請人：量子電鍍光學系統有限公司(馬來西亞) QUANTUM ELECTRO OPTO SYSTEMS SDN. BHD. (MY)

馬來西亞

(72)發明人：瓦特爾 賈柏瑞 WALTER, GABRIEL (MY) ; 林葆蓮 LAM, POH LIAN (MY)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：36 項 圖式數：13 共 37 頁

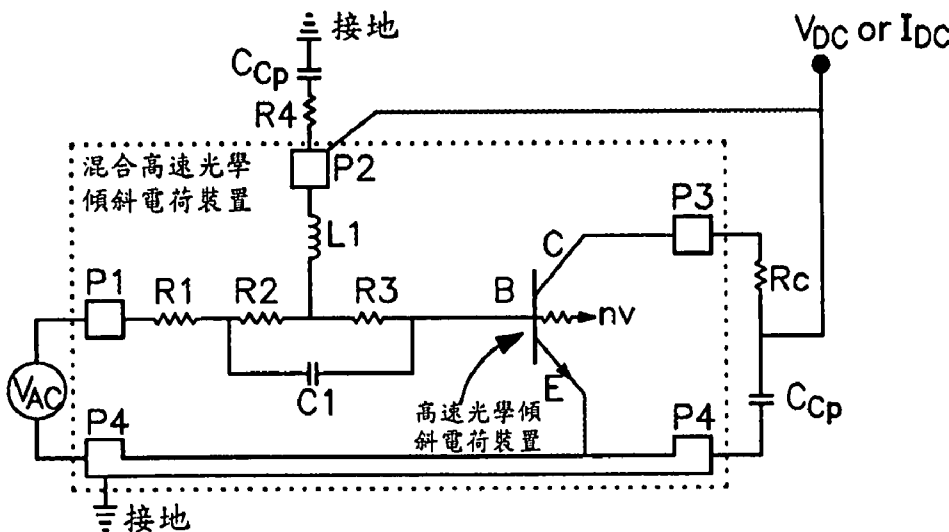
(54)名稱

光電電路及技術

OPTO-ELECTRONIC CIRCUITS AND TECHNIQUES

(57)摘要

一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之混合電路，其包含：一傾斜電荷發光裝置，其具有一電輸入埠及一光學輸出埠，該裝置具有隨輸入頻率而變之一光學輸出回應；及一輸入介面電路，其與該裝置之該電輸入埠耦合且具有與該裝置之該光學輸出回應之一倒數實質上成比例之一轉移函數；藉此該等電激勵信號至該輸入介面電路之施加起作用以自該裝置之該輸出光學埠產生光學信號。該輸入介面電路包含具有由增加振幅對頻率之一區域表徵之一轉移函數之一被動 RLC 電路。



B：基極區域

C：電容

C_{CP}：耦合電容器/耦合直流阻隔電容器

C1：電容器/被動組件

E：射極區域

HS-OTCD：高速光學傾斜電荷裝置

I_{DC}：電流

L1：電感器/被動組件

P1：墊

P3：端子墊

P4：接地端子墊

R1：輸入電阻器/被動組件

R2：電阻器/被動組件

R3：電阻器/被動組件

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 101131931

※申請日： 101. 8. 31

※IPC 分類：H01L 33/00 (2010.01)

H01S 5/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

光電電路及技術

OPTO-ELECTRONIC CIRCUITS AND TECHNIQUES

二、中文發明摘要：

一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之混合電路，其包含：一傾斜電荷發光裝置，其具有一電輸入埠及一光學輸出埠，該裝置具有隨輸入頻率而變之一光學輸出回應；及一輸入介面電路，其與該裝置之該電輸入埠耦合且具有與該裝置之該光學輸出回應之一倒數實質上成比例之一轉移函數；藉此該等電激勵信號至該輸入介面電路之施加起作用以自該裝置之該輸出光學埠產生光學信號。該輸入介面電路包含具有由增加振幅對頻率之一區域表徵之一轉移函數之一被動RLC電路。

三、英文發明摘要：

A hybrid circuit for producing optical signals in response to electrical energizing signals, including: a tilted charge light-emitting device having an electrical input port and an optical output port, the device having an optical output response which is a function of input frequency; and an input interface circuit coupled with the electrical input port of the device, and having a transfer function substantially proportional to an inverse of the optical output response of the device; whereby application of the electrical energizing signals to the input interface circuit is operative to produce optical signals from the output optical port of the device. The input interface circuit includes a passive RLC circuit having a transfer function characterized by a region of increasing amplitude versus frequency.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

B	基極區域
C	電容
C1	電容器/被動組件
C _{CP}	耦合電容器/耦合直流阻隔電容器
E	射極區域
HS-OTCD	高速光學傾斜電荷裝置
I _{DC}	電流
L1	電感器/被動組件
P1	墊
P3	端子墊
P4	接地端子墊
R1	輸入電阻器/被動組件
R2	電阻器/被動組件
R3	電阻器/被動組件
R4	可變電阻器
R _c	電阻器
V _{DC}	偏壓

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】

本發明係關於半導體發光裝置之領域且係關於併入此等裝置之電路及方法。

【先前技術】

本發明之背景中包含與異質接面雙極電晶體(HBT，其係電傾斜電荷裝置)以及發光電晶體、電晶體雷射及傾斜電荷發光二極體(分別係LET、TL及TCLED，所有該等裝置係光學傾斜電荷裝置)相關之技術。一傾斜電荷裝置依據裝置之基極區域中之能量圖特性而得其名，該基極區域近似具有自射極介面至集極(或針對一個兩端子裝置，汲極)介面之一下降斜波形狀。此表示呈動態流(經由集極(或汲極)「快」載流子復合且「慢」載流子退出)之載流子之一傾斜電荷群集。

關於在裝置之基極區域中通常採用一或多個量子大小區域之光學傾斜電荷裝置及技術，可參考(舉例而言)美國專利第 7,091,082、7,286,583、7,354,780、7,535,034、7,693,195、7,696,536、7,711,015、7,813,396、7,888,199、7,888,625、7,953,133、7,998,807、8,005,124、8,179,937 及 8,179,939 號；美國專利申請公開案第 US 2005/0040432、US 2005/0054172、US 2008/0240173、US 2009/0134939、US 2010/0034228、US 2010/0202483、US 2010/0202484、US 2010/0272140、US 2010/0289427、US 2011/0150487 及 US 2012/0068151 號；及 PCT 國際專利公開案第

WO/2005/020287及WO/2006/093883號以及美國專利申請公開案第US 2012/0068151號中所引用之公開案。

一光學傾斜電荷裝置包含一作用區域，該作用區域具有一個極性之內置自由多數載流子，其中另一極性之一單個種類之少數載流子注入至此作用區域之一個輸入中且允許跨越該作用區域漫射。此作用區域具有達成及增強多數載流子之傳導及少數載流子之輻射復合之特徵。在該區域之輸出側上，然後由一單獨及較快機構收集、排出、損耗或復合少數載流子。電觸點耦合至此全功能區域。

在2004年初，一公開案闡述一種光學傾斜電荷裝置，其將一量子井併入於該裝置之基極區域中以便增強輻射復合(參見M. Feng、N. Holonyak Jr.及R. Chan之Quantum-Well-Base Heterojunction Bipolar Light-Emitting Transistor，應用物理第84期，1952，2004)。在彼論文中，表明光學信號以高達1 GHz之速度跟隨正弦電輸入信號。5餘年之後，在進一步研究及基本開發(以及與操作方法、作用區設計及磊晶層結構相關之其他開發)之後，報道了作為自發發光發射體之高速傾斜電荷裝置以4.3 GHz (LET)之頻寬且稍後以7 GHz (TCLED)頻寬操作。(參見G. Walter、C. H. Wu、H. W. Then、M. Feng及N. Holonyak Jr.之Titled-Charge High Speed (7 GHz) Light Emitting Diode，應用物理第94期，231125，2009)。儘管自彼時以來已達成進一步改良，但期望效率及頻寬中之額外進展以供達成商業上可行光電裝置及技術。

達成光學傾斜電荷裝置、電路及技術中之此等進展及改良在本發明之目標當中。

【發明內容】

已發現達成一有效高速光學傾斜電荷裝置之挑戰涉及意外細微區別。舉例而言，使裝置區較小且較窄以產生較小電阻(R)、較小電容(C)及較小電感(L)之一方法未必係有益的。就此而言，僅採用最快HBT裝置(例如，InGaP/GaAs HBT)之設計規則係不足的。儘管其共同源自電晶體技術，但光學傾斜電荷裝置與高速HBT電晶體(一電傾斜電荷裝置)共用極少共同設計特質。舉例而言，在一電晶體之基極中之一量子井之添加不僅引入另一元素或缺陷以幫助復合，且亦引入能夠儲存電荷、橫向輸送及重新熱化所擷取載流子之一結構。此外，在顯著較低電增益(較高基極電流比率)之情形下，放大與基極薄片電阻相關聯之問題(加熱、射極群聚)及與基極電流密度相關聯之問題(可靠性)，且因對在低射極電流密度下之橫向電阻及射極群聚之關注而使基極渡越時間之重要性(HBT之設計中之一大問題)相形見絀。

當設計一高速光學傾斜電荷裝置時，光學提取、光束形狀及光學功率輸出與該裝置之電增益及電頻寬一樣重要。甚至不能利用HBT社群已如此忠實地遵循之設計規則(在於可藉由連續地縮減基極射極接面及基極集極接面之尺寸來增加一HBT之速度)，此乃因此實體尺寸減小導致愈來愈小之輻射復合效率。因此，此等設計規則適合用於一純

電輸入/輸出傾斜電荷裝置但不適合用於亦需要光學輸出之最佳化之一設計(光學傾斜電荷裝置)。

同樣，高速光學傾斜電荷裝置與電荷儲存光發射體(諸如，二極體鐳射或發光二極體)共用極少共同設計特質。舉例而言，儘管兩者皆使用諸如量子井之結構，但一光學電荷儲存裝置之設計規則需要最大化載流子之侷限或儲存(以便改良其中所擷取載流子「等待」由一光子場激發或藉由自發發射復合之受激發射程序之可能性)之方法，而一光學傾斜電荷裝置之設計規則需要用於最小化所儲承载流子(以達成高速操作)之方法。由於強加於傾斜電荷裝置之設計約束(例如，實體尺寸、應用、功率消耗、頻寬及成本)，因此甚至針對電荷儲存裝置中所使用之光提取之設計規則未必適用於傾斜電荷裝置。

一個設計考量係關於成本。由於光學互連件應用達到愈來愈短之範圍，因此需要減小與電轉光轉換相關聯之成本。高速光學傾斜電荷裝置(HS-OTCD)不僅係VCSEL或基於二極體鐳射之電光方法之一替代品，且亦係其中無需電光轉換之便宜得多之傳統銅互連件之一替代品。因此，理想地，改良速度特性之設計不應增加成本。

另一設計考量係關於功率消耗。高速互連件之密度及數目連續增加以用於較新應用。低功率消耗係一嚴格設計考量以便減小相關聯之冷卻成本且亦簡化設計架構。稱為功率對頻寬比率 r_{pb} 之一參考量測矩陣用於指示裝置功率效率，其中一較低值指示一較功率有效裝置。

$$r_{pb} = \frac{\text{總體功率消耗}}{\text{光學 3 dB 頻寬}}$$

又一設計考量係關於輻射量子效率。對於具有一既定磊晶層設計及裝置尺寸之一光學傾斜電荷裝置，當在最低電流密度下操作時達成最大光學內部量子效率。可自光(L)對復合電流(I_R)曲線之斜率導出量子效率值。在圖1中，展示(舉例而言)具有近似 $20 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ 之一作用射極台面區域之一個三端子光學傾斜電荷裝置(發光電晶體)隨復合電流而變之非線性光輸出特性。在 I_R 增加時，曲線之斜率減低，此指示每單位復合電流產生較少光。偏壓點 $I_R \sim 0 \text{ mA}$ 處之 $L-I_R$ 曲線之斜率表示可由此特定裝置設計達成之最高內部量子效率之一參考點。然後，可使在較高 I_R 偏壓下之內部量子效率(斜率)之後續改變正規化且將其參考至此初始狀態斜率，以便產生HS-OTCD之經正規化內部量子效率 η_{nqc} 曲線。圖2展示隨復合而變之經正規化內部量子效率。對於此特定裝置，將可期望在 $\sim I_R = 2 \text{ mA}$ ($\eta_{nqc} \sim 70\%$) 下操作該裝置。

再一設計考量係關於操作AC電壓。對於大多數應用及標準(乙太網路、光纖通道、Infiniband)，在每一單端差動線上供應0.5伏之一最小峰值至峰值信號電壓(V_{pp})及一最大1 V_{pp} 。若該裝置設計有50歐姆之一典型輸入阻抗，則0.5 V_{pp} 能夠驅動至少10 mA之峰值至峰值電流。

又一設計考量係關於頻寬。理想地，最小HS-OTCD頻寬應係資料速率之至少50%。因此，舉例而言，一10 Gbp資

料速率將需要HS-OTCD具有至少5 GHz之一最小光學操作頻寬。然而，如上文所處理，用以增加一HS-OTCD之頻寬之現有方法取決於減小尺寸及增加操作電流密度，如已闡釋，其往往不利於對最大化輻射量子效率之設計考量。因此，本發明之一特徵涉及用於實質上增加操作光學頻寬而不違背其他所列設計考量之技術。

根據本發明之一特徵，陳述若干種用於功率有效高速光學傾斜電荷裝置(HS-OTCD)之操作之技術。使用此等技術，可將一HS-OTCD之操作頻寬(光學3 dB頻寬)改良達約一數量級，將射極電流密度及功率消耗對頻寬比率保持為相對低(例如， $<20,000 \text{ A/cm}^2$ 且 $<3 \text{ mW/GHz}$)且將經正規化量子效率 η_{nqe} 保持為高(例如， $>60\%$)。

根據本發明之一形式，提供一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之混合電路，其包括：一傾斜電荷發光裝置，其具有一電輸入埠及一光學輸出埠，該裝置具有隨輸入頻率而變之一光學輸出回應；及一輸入介面電路，其與該裝置之該電輸入埠耦合且具有與該裝置之該光學輸出回應之一倒數實質上成比例之一轉移函數；藉此該等電激勵信號至該輸入介面電路之施加起作用以自該裝置之該輸出光學埠產生光學信號。在本發明之此形式之一實施例中，該輸入介面電路包括具有由增加振幅對頻率之一區域表徵之一轉移函數之一被動RLC電路。在此實施例中，進一步提供一積體電路媒體(integrated circuit medium)，且該傾斜電荷發光裝置及該輸入介面電路安置於該媒體上。該傾

斜電荷發光裝置可包括(舉例而言)一發光電晶體或一傾斜電荷發光二極體。

根據本發明之另一形式，提供一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之方法，該方法包含以下步驟：提供具有一電輸入埠及一光學輸出埠之一傾斜電荷發光裝置；判定隨輸入頻率而變的該裝置之該光學輸出回應；提供一輸入介面電路，該輸入介面電路與該電輸入埠耦合、具有與該所判定回應成反比之一轉移函數；且經由該輸入介面電路將該等電激勵信號施加至該裝置以產生該等輸出光學信號。在本發明之此形式之一實施例中，提供一輸入介面之該步驟包括：給一RLC電路提供具有操作以對該等電激勵信號實施一相移之一串聯LC分支。在此實施例中，該等電激勵信號包括具有一過量輸入電壓峰值至峰值振幅之AC信號，且該輸入介面電路操作以使用該過量輸入電壓之一實質部分。

在本發明之另一形式中，陳述一種用於在一第一位置與一第二位置之間建立一高頻寬通信鏈路之方法，其包含以下步驟：在該第一位置處提供表示待傳遞之資料之電激勵信號；提供具有至少一個電輸入埠及一光學輸出埠之一傾斜電荷發光裝置；將該傾斜電荷發光裝置之該光學輸出埠耦合至一光學波導；在該第二位置處提供一接收器電路，該接收器電路包含與該光學波導耦合之一光偵測器；該傾斜電荷發光裝置、該光學波導及該接收器電路各自具有隨頻率而變之一內在轉移函數；及提供將該電激勵信號耦合

至該傾斜電荷發光裝置之一輸入介面電路，該輸入介面電路具有使用該傾斜電荷發光裝置以及該光學波導及該接收器電路中之至少一者之該等轉移函數之一乘積來判定之一頻率相依轉移函數。在本發明之此形式之一實施例中，提供一傾斜電荷發光裝置之該步驟包括：提供自其光學輸出埠產生自發發光之一裝置。亦在此實施例中，提供電激勵信號之該步驟包含：提供經由具有隨頻率而變之一內在轉移函數之一傳輸線來傳輸該等電激勵信號之一傳輸器，且提供將該電激勵信號耦合至該傾斜電荷發光裝置之一輸入介面電路之該步驟包括：提供該輸入介面電路作為具有使用該傳輸線、該傾斜電荷發光裝置、該光學波導及該接收器電路之該等轉移函數之一乘積來判定之一頻率相依轉移函數。

當與隨附圖式一起時，依據以下詳細說明，本發明之其他特徵及優勢將變得更加顯而易見。

【實施方式】

一般而言，針對至半導體光發射體之峰值至峰值輸入電壓 V_{pp} 之標準係 0.5 伏之一最小值。本發明之高速光學傾斜電荷裝置 (HS-OTSD) 經設計以藉助實質上小於 0.5 V 之標準最小 V_{pp} 信號之一 V_{pp} 信號操作。較小所需操作 V_{pp} 信號與標準最小 V_{pp} 信號之間的淨差導致存在一過量供應電壓 (過量能量)。舉例而言，此可藉由在 50 歐姆之一輸入負載之情形下在共同射極模式下操作該裝置來達成。然後，該裝置經設計以使得光學應用需要約 ~ 2 mA 或 ~ 2 mA 以下之一

峰值至峰值(RF)基極復合電流 I_{pp} 。舉例而言，對於在980 nm及100%內部量子效率下操作之一裝置，每一毫安之復合電流可產生足夠用於最高速應用之 ~ 1.26 mW之光學功率。在約 ~ 2 mA之復合電流、50歐姆輸入負載之情形下且在共同射極模式中，所需 V_{pp} 供應係僅 ~ 0.1 V。基於0.5 V之一最小供應 V_{pp} 信號，此導致0.4 V之一過量供應電壓。在本文中審慎地使用此過量供應電壓。

對高速光學傾斜電荷裝置之研究已指示對裝置之光學頻寬之約束受與在較高頻率下使復合電流轉向而遠離基極復合區域之基極復合區域並聯之一頻率相依短路路徑之強烈影響。在頻率增加時此導致光輸入之減小。

在本發明之一實施例中，在高頻率下之復合電流之此損失藉由與因短路路徑所致之損失大體成比例地增加輸入信號電壓強度至而得到補償。所需額外信號電壓強度自如本文中所闡述所產生之過量供應電壓導出。在本發明之另一實施例中，控制輸入信號電壓強度以補償沿一整個光學鏈路的光學頻寬之損失，該光學鏈路包含(舉例而言)傳輸器元件、一光學波導及接收器元件。同樣，自過量供應電壓導出必需額外能量。

最初，考量呈一發光電晶體形式之一現有HS-OTCD之光學操作頻寬回應，該發光電晶體在其高度摻雜基極區域中具有一量子井並且具有尺寸為 ~ 20 $\mu\text{m} \times 4$ μm 、在共同射極模式下以5 mA射極電流輸入加偏壓之一作用射極台面。在 $I_E = 5$ mA(~ 2 mA復合電流)下，近似平均作用射極電流密度

係 6250 A/cm^2 且經正規化量子效率 η_{nqe} 係 $\sim 70\%$ 。圖 3 展示該裝置具有近似 439 Mhz 之 -3 dB 頻寬，該頻寬比用於 10 Gbp 操作之一期望之 5 GHz 頻寬之所需最小值低得多。此外，儘管該裝置消耗僅 $\sim 7.5 \text{ mW}$ 之功率，但慮及先前所闡述之準則， $\sim 17 \text{ mW/GHz}$ 之功率對頻寬比率 r_{pb} 實際上過高。

在本發明之實施例中，自 HS-OTCD 或光學鏈路提取 S 參數及光學回應。然後，識別短路路徑強度或隨頻率而變之光學鏈路損失。然後，一定製數位信號處理 (DSP) 電路經設計且耦合至 HS-OTCD 裝置，且使得過量供應電壓之利用能夠對抗隨頻率而變之損失。

圖 4 中展示調節過量峰值至峰值輸入電壓 (輸入 V_{pp}) 之 DSP 電路之一實施例。在此實施例中，該電路包括具有與電阻器 R2 及 R3 耦合之輸入電阻器 R1 之一被動 RLC 組態，電阻器 R2 及 R3 與一電容器 C1 並聯。電阻器 R2 與電阻器 R3 之間的一端子點經由電感器 L1、可變電阻器 R4 及耦合 (DC 阻隔) 電容器 C_{cp} 而耦合至 AC 接地。在本實施例中，經特別調節之輸出峰值至峰值電壓 V_{ppout} 耦合至一 HS-OTCD 之基極區域 (B)，在此情形中該 HS-OTCD 係在其高度摻雜基極區域中具有一或多個量子大小區域之一發光電晶體 (LET) (可參考 (舉例而言) 本發明之背景部分中之上文所引用之專利文件)。對於此組態，射極區域 (E) 接地，且集極區域經由端子墊 P3 及電阻器 R_c 耦合至偏壓 V_{DC} 或電流 I_{DC} 。另一耦合 (DC 阻隔) 電容器 C_{cp} 提供耦合至接地端子墊 P4 之一 AC。

在操作中，施加DC電壓或DC電流以接通HS-OTCD。經由墊P1施加一AC信號(通常，一數位信號)以調變裝置之光學輸出 $h\nu$ 。在一項實例中，R1、R2、R3及R4分別係3歐姆、35歐姆、85歐姆及8歐姆，C1係0.9微微法拉且L1係0.99奈亨利。將一4.25 Gbp信號施加至電路，且使用亦耦合至一數位示波器之一2.5 GHz頻寬PIN-TIA/LA光接收器來量測所得經調變光學輸出。一所得眼圖指示在4.25 Gbp下之成功數位傳輸。

圖5A係圖4電路圖之虛線矩形部分中之混合電路之一俯視攝影圖。圖5B係圖5A之其插圖(a)中之部分之一放大。如所展示，數位信號處理器輸入電路與HS-OTCD一起整合於晶片上以形成混合HS-OTCD。圖5B中之插圖(a)展示圖4電路之被動組件(包含R1、R2、R3、C1及L1)及HS-OTCD之佈局。在此實施例中，可變電阻器R4在外部以達成DSP轉移函數之微調能力。當藉助小於2 mA之一基極電流加偏壓且不具有本發明之DSP時，HS-OTCD展現小於600 MHz之一光學頻寬。然而，當與DSP組合時，所得混合HS-OTCD展現超過5 GHz之一光學頻寬(約一數量級之一改良)。圖6中展示過量供應電壓調整器頻率回應(DSP)。依據該圖，可看出DSP使得能夠在較高頻率下利用過量電壓以補償因短路路徑所致之損失。

圖7進一步展示藉由利用在高頻率下之過量 V_{pp} 以補償因頻率相依短路路徑所致之損失，HS-OTCD之操作頻寬自439 MHz增加至約5.6 GHz(~13倍改良)而不消耗額外功率

(功率消耗固定在 ~ 7.5 mW處)。因此，功率對頻寬比率自 17 mW/GHz減小至 1.34 mW/GHz。

在普通情形下，出於任何目的使用所添加外部電路(例如，DSP電路)可存在若干種挑戰。首先，其將引入與因製造變量(裝置規格公差、補償、焊接接頭、良率等)所致之不一致相關之耦合複雜性。第二，其可添加測試成本，此乃因一旦DSP與HS-OTCD耦合在一起即僅可測試裝置高速效能。第三，其可添加組件及庫存成本。此等因素通常可造成一高得多之成本高速光發射體總成。然而，在本發明之實施例中，用以形成一混合HS-OTCD之DSP與HS-OTCD之晶片上整合消除所指示製造及成本問題。此整合之一達成態樣係使用用於DSP功能之HBT鑄造相容製程及組件。如圖4及圖5中所展示，當僅利用被動組件來構造DSP時，進一步達成該混合設計。一DC電壓調整器亦可有利地嵌入於混合HS-OTCD晶片中。

本發明之另一實施例利用相位效應來達成對操作性頻寬之甚至進一步改良。在一AC系統中，相對相位在判定該系統之各種態樣(包含穩定性)中起重要作用。藉由操縱該系統之相位態樣，可引入包含諧振效應(其中疊加波之相位完全相同或 180 度非同相)之效應。當藉助相同輸入加偏壓時，某些組件(諸如電容器及電感器)產生相對於彼此自然地 180 度非同相之相對輸出(例如，當串聯放置時，一電容器及電感器之電壓輸出 180 度非同相)。在某些系統中，可將延遲引入於一路徑中以使得已將到達信號相位移位達

(舉例而言)180度。舉例而言，相位效應實施方案可包括將一電感器串聯地添加至一現有電容器(參見圖8)。當電感器及電容器量值相等時，出現諧振頻率。然而，由於其相位相對於彼此180度非同相，因此電感器使電容器效應彼此抵消，從而導致抗阻處於其最小值且電流處於其最大值。

在圖8之實例中，電感器L具有0.6奈亨利之一電感及2.2歐姆之一電阻組件，且電容器C具有0.8微微法拉之一電容。此電路利用相位效應來誘發處於7.257 GHz之諧振。在7.257 GHz下，阻抗處於最小值(2.2歐姆)且跨越分支之電流處於其最大值。此在展示圖8電路之電壓轉移函數之圖9中可見，其中m1標示在7.257 GHz之一頻率下出現之最大頻率回應。

圖10展示經修改以併入如圖8中之相位效應的圖4之電路之一部分。具體而言，電感器L2與電容器C1串聯地放置。在此電路之一實例中，R1、R2、R3及R4分別係3歐姆、38歐姆、50歐姆及6歐姆，L1係1.6奈亨利、具有3歐姆之一電阻元件，L2係0.6奈亨利、具有2.2歐姆之一電阻元件，且C1係0.8微微法拉。此外，耦合電容器C2係17.2微微法拉。

圖11展示處於7.257 GHz下之諧振效應(參考圖9)將操作頻寬自5.6 GHz增強至約6.5 GHz。具體而言，在圖11中，點m1處於1.006 GHz之一頻率處於-20.33 dB之一光學功率回應，且點m2處於6.523 GHz之一頻率處於-23.33 dB(亦即，向下3 dB)之一光學功率回應。此實施例之相位效應

增強混合HS-OTCD之一開放眼圖表明在10 Gbp下之成功操作。

在本發明之又一實施例中，輸入介面電路之轉移函數計及一整個光學鏈路中之某些或全部之頻率相依特性。圖12展示一數位傳輸鏈路，該數位傳輸鏈路包含一串列化器(電數位信號傳輸器)10、一傳輸器子系統傳輸線15、用於產生用於傳輸之經調變光學信號之一高速光學傾斜電荷裝置(HS-OTCD)20、一光纖光學波導50、一電子光學接收器60、一接收器子系統傳輸線75及一解串列化器(電數位信號接收器)90。在鏈路組件上方在頻域中描繪(以一般化形式)鏈路組件之轉移函數。此等轉移函數如下：

$H(\omega)_a$ =串列化器轉移函數

$H(\omega)_b$ =傳輸器傳輸線轉移函數

$H(\omega)_c$ =高速光學傾斜電荷裝置轉移函數

$H(\omega)_d$ =光纖光學/波導轉移函數

$H(\omega)_e$ =光電接收器轉移函數

$H(\omega)_f$ =接收器傳輸線轉移函數

$H(\omega)_g$ =總鏈路轉移函數

$H(\omega)_g = [H(\omega)_a] [H(\omega)_b] [H(\omega)_c] [H(\omega)_d] [H(\omega)_e] [H(\omega)_f]$

總鏈路轉移函數 $H(\omega)_g$ 係最高達接收器解串列化器90之輸入之鏈路轉移函數。

根據此實施例之一形式，混合HS-OTCD併入具有一轉移函數 $H(\omega)_h$ 及S參數特性之一輸入介面電路，其中此介面電路轉移函數與 $H(\omega)_g$ 之反轉移函數實質上成比例(亦即，

$H(\omega)_h \propto 1/H(\omega)_g$ 。當與HS-OTCD之轉移函數 $H(\omega)_c$ 耦合時，此導致具有在最大可能3 dB頻率量值下之資料速率之至少一半之一3 dB頻率頻寬之一新總鏈路轉移函數 $H(\omega)_{gy}$ 。在輸出點(2)處，此將提供輸入點(1)處之數位信號之實質上複製。此表示於圖13中，其中除HS-OTCD以外之所有組件對應於圖12中之彼等組件且具有相似元件符號。然而，在圖13中，HS-OTCD係如本文中所闡述之一混合HS-OTCD且標記為20'。如上文所指示：

混合HS-OTCD轉移函數 $H(\omega)_{hy}=[H(\omega)_c] [H(\omega)_h]$

其中， $H(\omega)_h \propto 1/H(\omega)_g$

然後，總鏈路轉移函數 $H(\omega)_{gy}$ 係：

$H(\omega)_{gy}=[H(\omega)_a] [H(\omega)_b] [H(\omega)_{hy}] [H(\omega)_d] [H(\omega)_e] [H(\omega)_f]$

在鏈路組件上方在頻域中，再次描繪(以一般化形式)鏈路組件之轉移函數。將理解，若總鏈路之部分之轉換特性不可用或將經受不同或可變參數，則混合HS-OTCD可經設計以具有計及總鏈路之已知或期望之組件之一反轉換。

【圖式簡單說明】

圖1係針對具有近似 $20 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ 之一作用射極台面區域之一光學傾斜電荷裝置之光輸出(L)對復合電流(I_R)之一圖表。偏壓點 $I_R \sim 0 \text{ mA}$ 處之L- I_R 曲線之斜率表示可由此特定裝置設計達成之最高內部量子效率之一參考點。

圖2係針對具有近似 $20 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ 之一作用射極台面區域之發光電晶體之經正規化量子效率(η_{nqe})對復合電流(I_R)之一圖表。

圖3係在5 mA射極電流輸入下現有HS-OTCD操作頻寬回應之一圖表。點m1在1.449 dB之一光學輸出回應下處於1.0000 MHz之一頻率，且點m2在-1.551 dB之一輸出回應下處於439.0 MHz之一頻率。3 dB頻寬係近似439 MHz。

圖4係根據本發明之一實施例且可用於實踐本發明之方法之實施例之一混合HS-OTCD之一電路圖。

圖5包含圖5A及圖5B。圖5A係整合於一晶片上的圖4之混合HS-OTCD之一俯視攝影圖。可變電阻器R4置於外部以供微調。圖5B係圖5A之插圖(a)之一放大。

圖6係圖5之DSP之輸出電壓頻率回應之一圖表，其展示DSP使得能夠在較高頻率下利用過量電壓。

圖7係展示與使得能夠在較高頻率下利用過量信號電壓之一輸入DSP電路耦合之一HS-OTCD之光學頻率回應之一圖表。此允許操作頻寬在近似未增加功率消耗之情形下自439 MHz增加至5.6 GHz。點m1在1.006 GHz之一頻率及-19.869 dB之一光學輸出處，且點m2在5.588 GHz之一頻率及-22.855 dB之一光學輸出處。

圖8展示利用相位效應來誘發處於7.257 GHz之諧振之一電路。在7.257 GHz下，阻抗處於最小值(2.2歐姆)且跨越分支之電流處於其最大值。

圖9係經設計以誘發處於7.257 GHz之諧振之一相位效應電路之電壓轉移函數之一圖表。

圖10係根據本發明之一實施例且可用於實踐本發明之方法之實施例之一相位效應增強之DSP之一電路圖。

圖 11 係針對圖 10 之電路隨頻率而變之光學功率回應之一圖表，其展示當相位效應增強之 DSP 耦合至 HS-OTCD 時 HS-OTCD 之操作頻寬增強至 6.5 GHz。

圖 12 係包含一高速光學傾斜電荷裝置(HS-OTCD)之一數位傳輸鏈路之一方塊圖。

圖 13 係經修改以與一混合 HS-OTCD 一起利用的圖 12 之數位傳輸鏈路之一方塊圖。

【主要元件符號說明】

10	串列化器/電數位信號傳輸器
15	傳輸器子系統傳輸線
20	高速光學傾斜電荷裝置
20'	混合高速光學傾斜電荷裝置
50	光纖光學波導
60	電子光學接收器
75	接收器子系統傳輸線
90	解串列化器/電數位信號接收器/接收器解串列化器
B	基極區域
C	電容
C1	電容器/被動組件
C2	耦合電容器
C _{CP}	耦合電容器/耦合直流阻隔電容器
E	射極區域
HS-OTCD	高速光學傾斜電荷裝置

I_{DC}	電流
I_R	復合電流
L	電感/電感器/光/光輸出
$L1$	電感器/被動組件
$L2$	電感器
$P1$	墊
$P3$	端子墊
$P4$	接地端子墊
$R1$	輸入電阻器/被動組件
$R2$	電阻器/被動組件
$R3$	電阻器/被動組件
$R4$	可變電阻器
R_c	電阻器
V_{DC}	偏壓
V_{ppIn}	過量峰值至峰值輸入電壓
V_{ppOut}	輸出峰值至峰值信號電壓
η_{nqe}	經正規化內部量子效率/經正規化量子效率

七、申請專利範圍：

1. 一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之混合電路，其包括：
 - 一傾斜電荷發光裝置，其具有一電輸入埠及一光學輸出埠，該裝置具有隨輸入頻率而變之一光學輸出回應；及
 - 一輸入介面電路，其與該裝置之該電輸入埠耦合，且具有與該裝置之該光學輸出回應之一倒數實質上匹配之一轉移函數；藉此該等電激勵信號至該輸入介面電路之施加起作用以自該裝置之該輸出光學埠產生光學信號。
2. 如請求項1之混合電路，其中該輸入介面電路包括一RLC電路。
3. 如請求項1之混合電路，其中該輸入介面電路包括一被動RLC電路。
4. 如請求項2之混合電路，其中該RLC電路具有由增加之振幅對頻率之一區域表徵之一轉移函數。
5. 如請求項1之混合電路，其進一步包括一積體電路媒體，且其中該傾斜電荷發光裝置及該輸入介面電路安置於該媒體上。
6. 如請求項1之混合電路，其中該輸入介面電路包括一數位信號處理器。
7. 如請求項5之混合電路，其中該輸入介面電路包括一數位信號處理器。

8. 如請求項1之混合電路，其中該傾斜電荷發光裝置包括一傾斜電荷發光二極體。
9. 如請求項1之混合電路，其中該傾斜電荷發光裝置包括具有一第二電輸入埠之一發光電晶體。
10. 如請求項1之混合電路，其中該傾斜電荷發光裝置包括具有一第二電輸入埠之一電晶體雷射。
11. 一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之混合積體電路，其包括：
 - 一積體電路媒體；
 - 一傾斜電荷發光裝置，其安置於該媒體上，該裝置具有一電輸入埠及一光學輸出埠；
 - 一輸入介面電路，其安置於該媒體上且具有與該傾斜電荷發光裝置之一光學回應特性相關之一轉移函數；
 - 藉此該等電激勵信號至該輸入介面電路之施加起作用以自該裝置之該輸出光學埠產生光學信號。
12. 如請求項11之混合積體電路，其中該輸入介面電路包括一RLC電路。
13. 如請求項11之混合積體電路，其中該輸入介面電路包括一被動RLC電路。
14. 如請求項12之混合積體電路，其中該RLC電路具有由增加之振幅對頻率之一區域表徵之一轉移函數。
15. 如請求項11之混合積體電路，其中該輸入介面電路包括一數位信號處理器。
16. 如請求項11之混合積體電路，其中該傾斜電荷發光裝置

包括一傾斜電荷發光二極體。

17. 如請求項11之混合積體電路，其中該傾斜電荷發光裝置包括具有一第二電輸入埠之一發光電晶體。

18. 如請求項11之混合積體電路，其中該傾斜電荷發光裝置包括具有一第二電輸入埠之一電晶體雷射。

19. 一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之方法，其包括以下步驟：

提供具有一電輸入埠及一光學輸出埠之一傾斜電荷發光裝置；

判定隨輸入頻率而變的該裝置之該光學輸出回應；

提供一輸入介面電路，該輸入介面電路與該電輸入埠耦合、具有與該所判定回應匹配之一轉移函數；及

經由該輸入介面電路將該等電激勵信號施加至該裝置以產生該等輸出光學信號。

20. 如請求項19之方法，其中提供一輸入介面之該步驟包括：提供一RLC電路。

21. 如請求項20之方法，其進一步包括：給該RLC電路提供一串聯LC分支，該串聯LC分支操作以對該等電激勵信號實施一相移。

22. 如請求項19之方法，其中該等電激勵信號包括具有一過量輸入電壓峰值至峰值振幅之AC信號，且其中該輸入介面電路操作以使用該過量輸入電壓之一實質部分。

23. 一種用於回應於電激勵信號而產生光學信號之方法，其包括以下步驟：

提供具有一電輸入埠及一光學輸出埠之一傾斜電荷發光裝置，該裝置具有隨輸入頻率而變之一光學輸出回應；

提供一輸入介面電路，該輸入介面電路與該裝置之該電輸入埠耦合且具有與該裝置之該光學輸出回應之一倒數實質上匹配之一轉移函數；及

將該等電激勵信號施加至該輸入介面電路以自該裝置之該輸出光學埠產生光學信號。

24. 如請求項23之方法，其中提供一輸入介面電路之該步驟包括：提供一RLC電路。

25. 如請求項24之方法，其中提供一RLC電路之該步驟包括：提供具有由增加振幅對頻率之一區域表徵之一轉移函數之一RLC電路。

26. 如請求項25之方法，其中該等電激勵信號包括具有一過量輸入電壓峰值至峰值振幅之AC信號，且其中該輸入介面電路經操作以使用該過量輸入電壓之一實質部分。

27. 如請求項23之方法，其中提供一傾斜電荷發光裝置之該步驟包括：提供一傾斜電荷發光二極體。

28. 如請求項23之方法，其中提供一傾斜電荷發光裝置之該步驟包括：提供具有一第二電輸入埠之一發光電晶體。

29. 如請求項23之方法，其中提供一傾斜電荷發光裝置之該步驟包括：提供具有一第二電輸入埠之一電晶體雷射。

30. 一種用於回應於電激勵信號而以增強之功率效率及頻寬產生光學信號之方法，該方法包括以下步驟：

提供具有一電輸入埠及一光學輸出埠之一傾斜電荷發光裝置，該裝置具有使復合電流轉向而遠離該裝置之作用區域之一頻率相依短路路徑及隨輸入頻率而變之一所得光學輸出回應；

提供一輸入介面電路，該輸入介面電路與該裝置之該電輸入埠耦合且具有與該裝置之該光學輸出回應之一倒數實質上成比例之一轉移函數；及

將該等電激勵信號施加至該輸入介面電路以自該裝置之該輸出光學埠產生光學信號。

31. 如請求項30之方法，其中該等電激勵信號包括具有一過量輸入電壓峰值至峰值振幅之AC信號，且其中該輸入介面電路操作以使用該過量輸入電壓之一實質部分。
32. 一種用於在一第一位置與一第二位置之間建立一高頻寬通信鏈路之方法，其包括以下步驟：

在該第一位置處提供表示待傳遞之資料之電激勵信號；

提供具有至少一個電輸入埠及一光學輸出埠之一傾斜電荷發光裝置；

將該傾斜電荷發光裝置之該光學輸出埠耦合至一光學波導；

在該第二位置處提供包含與該光學波導耦合之一光偵測器之一接收器電路；

該傾斜電荷發光裝置、該光學波導及該接收器電路各自具有隨頻率而變之一內在轉移函數；及

提供將該電激勵信號耦合至該傾斜電荷發光裝置之一輸入介面電路，該輸入介面電路具有使用該傾斜電荷發光裝置以及該光學波導及該接收器電路中之至少一者之該等轉移函數之一乘積來判定之一頻率相依轉移函數。

33. 如請求項32之方法，其中提供一輸入介面電路之該步驟包含：導出該傾斜電荷發光裝置、該光學波導及該接收器電路之隨頻率而變之該等轉移函數之一乘積以獲得一子系統頻率特性；及將該輸入介面之該頻率相依轉移函數導出為與頻譜之一部分上之該子系統頻率特性實質上成反比。

34. 如請求項33之方法，其中提供一傾斜電荷發光裝置之該步驟包括：提供自其光學輸出埠產生自發發光之一裝置。

35. 如請求項32之方法，其中提供電激勵信號之該步驟包含：提供經由具有隨頻率而變之一內在轉移函數之一傳輸線傳輸該等電激勵信號之一傳輸器，且其中提供將該電激勵信號耦合至該傾斜電荷發光裝置之一輸入介面電路之該步驟包括：提供該輸入介面電路作為具有使用該傳輸線、該傾斜電荷發光裝置、該光學波導及該接收器電路之該等轉移函數之一乘積來判定之一頻率相依轉移函數。

36. 如請求項32之方法，其中提供包含一光偵測器之一接收器電路之該步驟進一步包含：提供經由具有隨頻率而變之一內在轉移函數之又一傳輸線接收該接收器電路之一

輸出之一解序列化器，且其中提供將該電激勵信號耦合至該傾斜電荷發光裝置之一輸入介面電路之該步驟包括：提供該輸入介面電路作為具有使用該傾斜電荷發光裝置、該光學波導、該接收器電路及該又一傳輸線之該等轉移函數之一乘積來判定之一頻率相依轉移函數。

八、圖式：

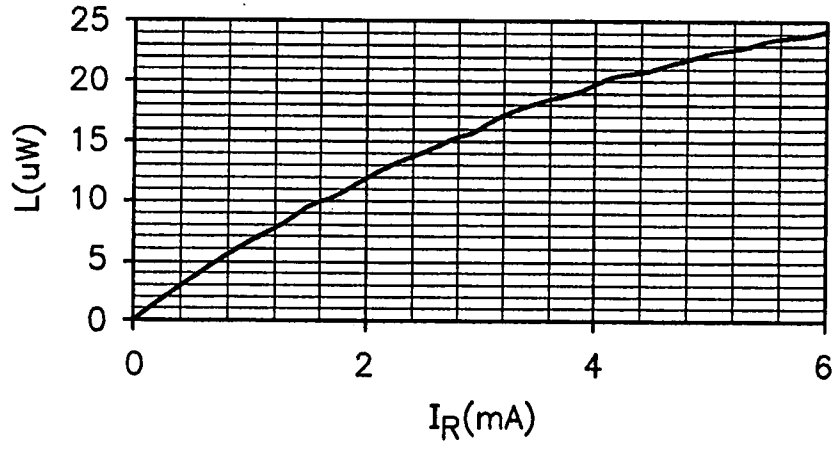


圖1

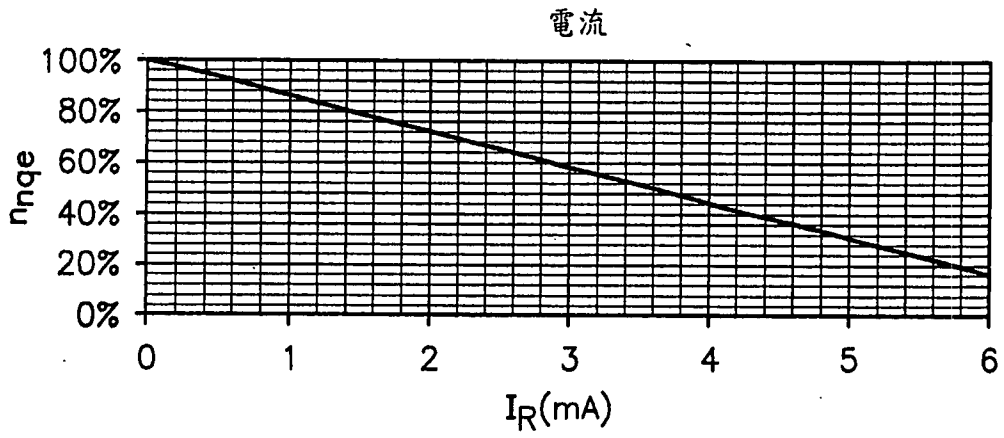


圖2

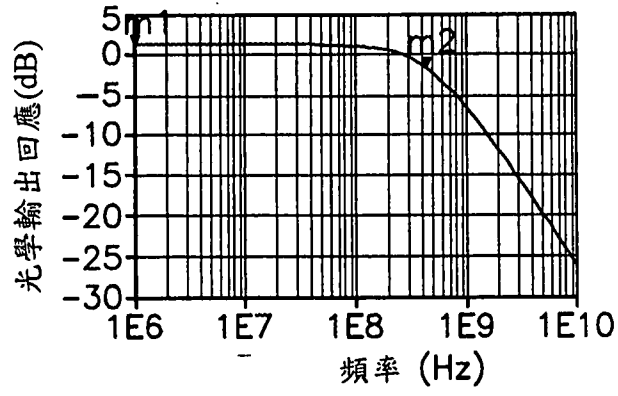


圖3

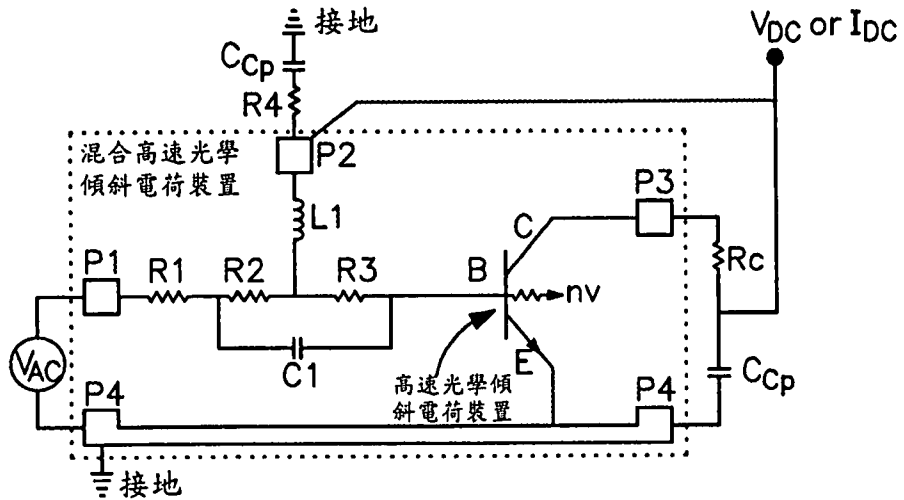


圖4

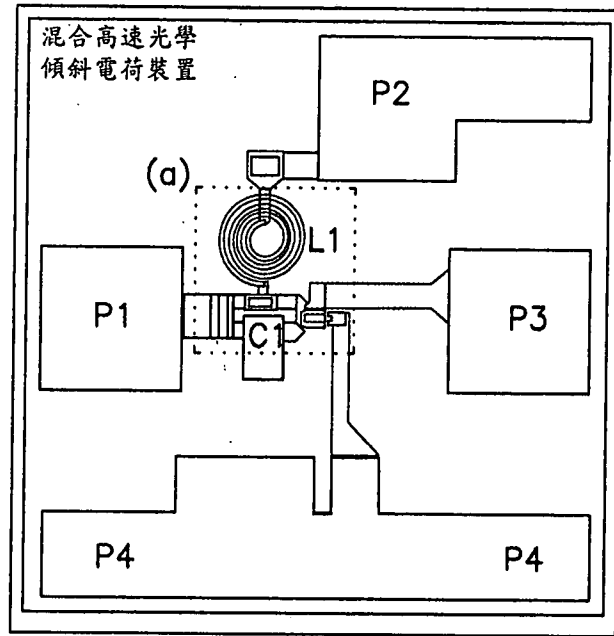


圖5A

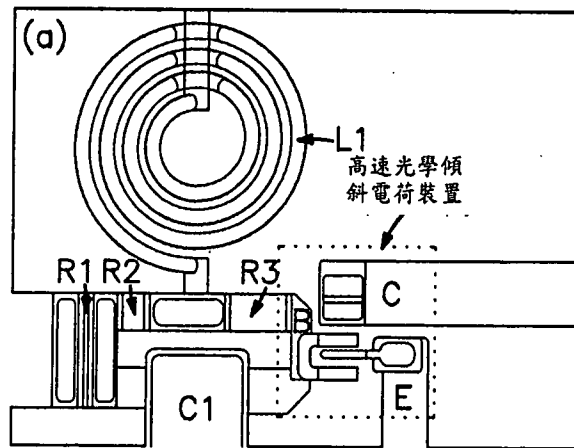


圖5B

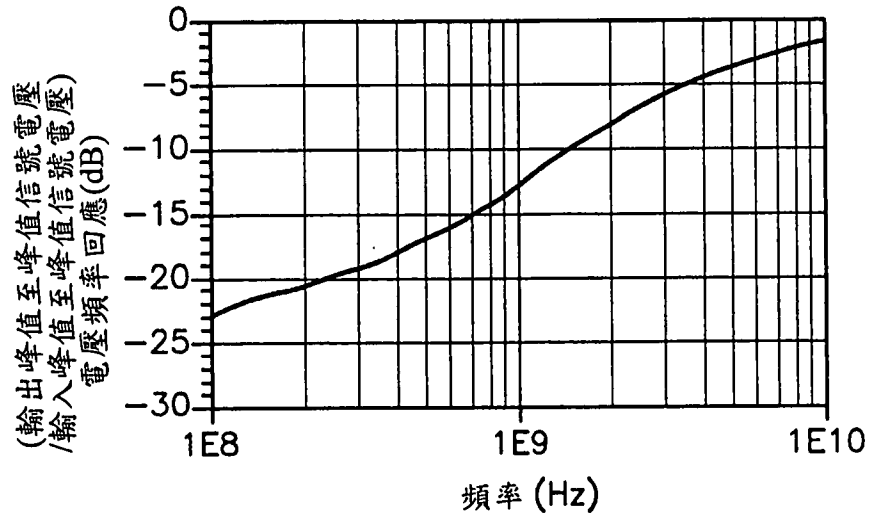


圖 6

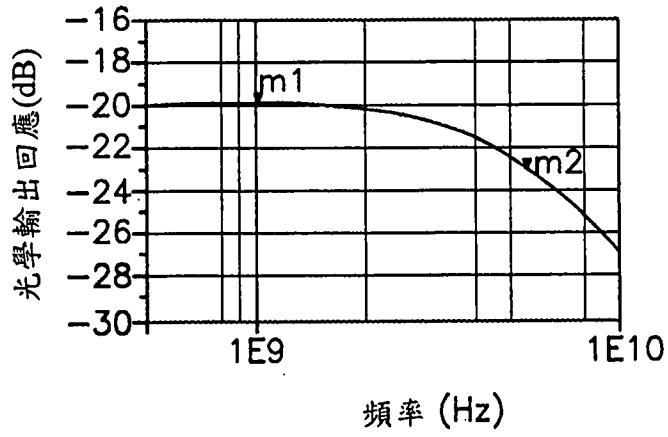


圖 7

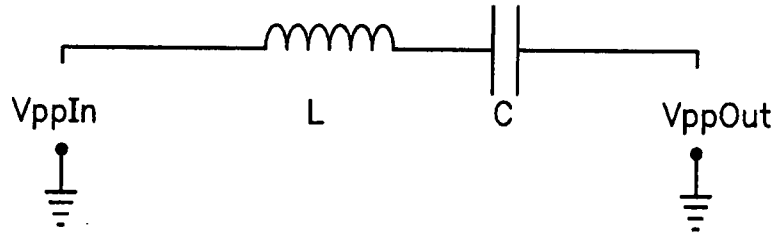


圖8

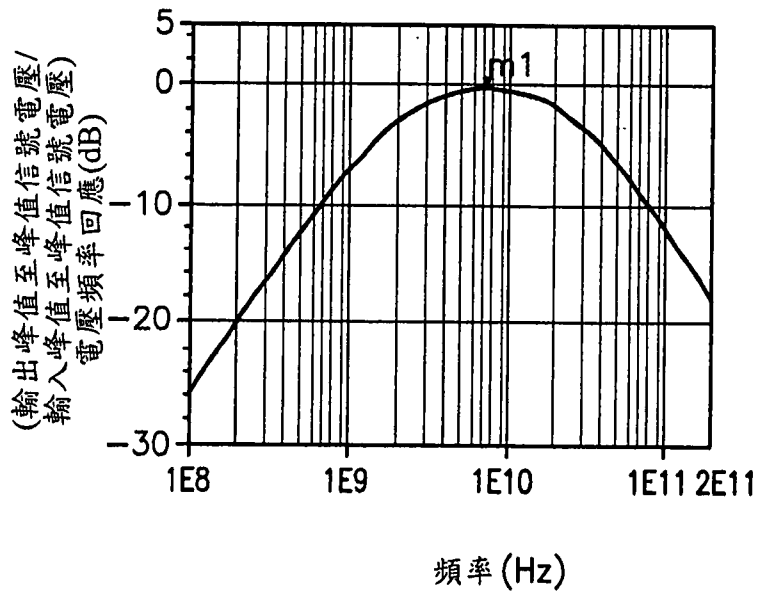


圖9

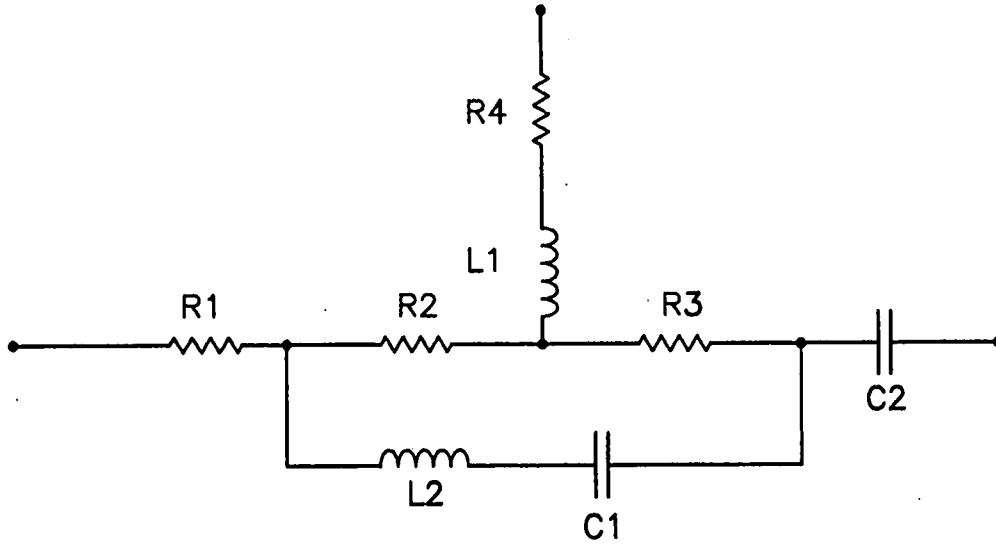


圖 10

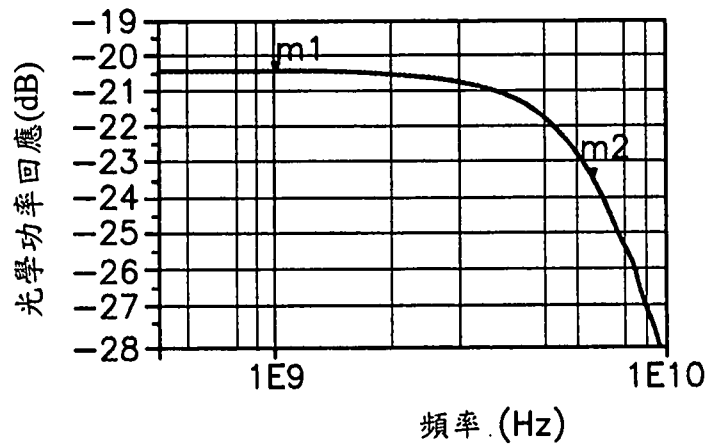


圖 11

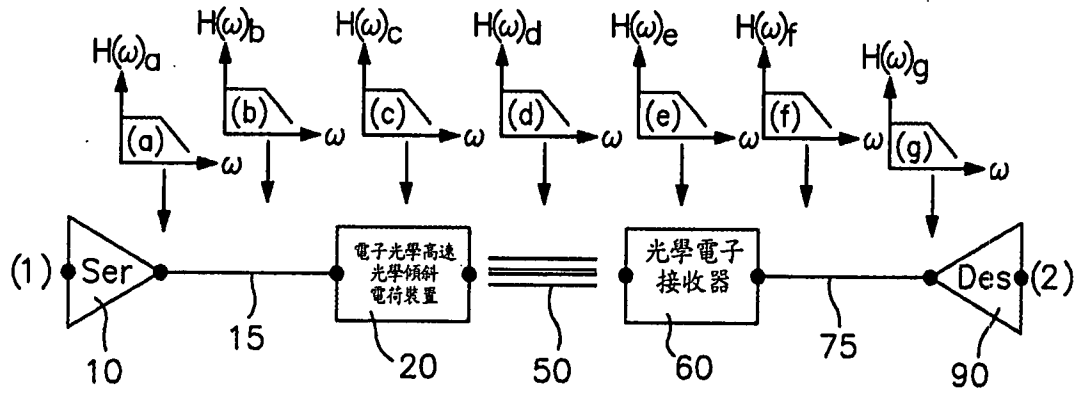


圖 12

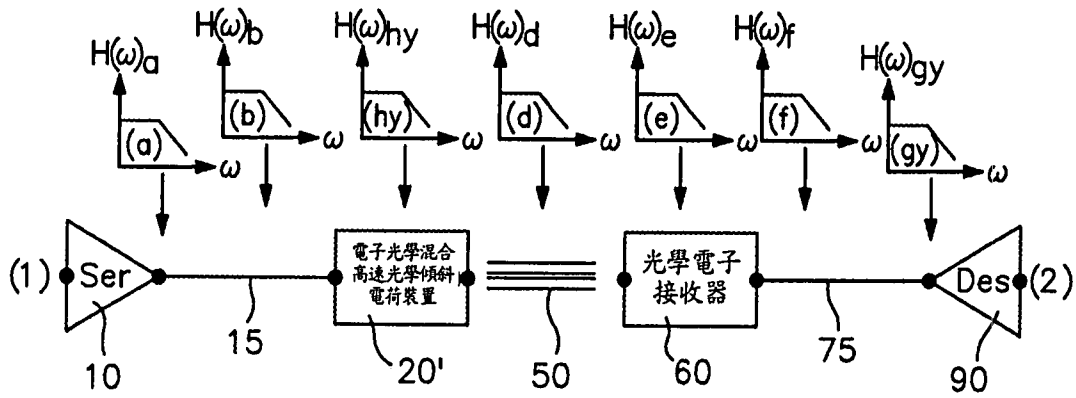


圖 13