一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
美國 US	2002/11/27	10/305,516	有

二、□主張專利法第二十五條之一第一項優先權:

申請案號:

無

日期:

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項□第一款但書或□第二款但書規定之期間

日期:

四、□有關微生物已寄存於國外:

寄存國家:

寄存機構:

無

寄存日期:

寄存號碼:

□有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構):

寄存機構:

寄存日期:

無

寄存號碼:

□熟習該項技術者易於獲得,不須寄存。

五、發明說明（1）

一、【發明所屬之技術領域】

本發明係關於高速光資料傳輸，更具體而言，係關於一具有垂直共振腔面射型雷射（Vertical Cavity Surface Emitting Laser，VCSEL）二極體互補金氧半導體驅動器以及高性能矽光偵測器之資料通道（data channel）。

二、【先前技術】

一般而言，當處理器的時鐘率（clock rate）往每秒高達數個十億位元（Gbps）的範圍前進時，先進的資訊處理系統需要聚集通訊頻寬每秒高達兆位元（Terrabit/sec）以上。而典型的資料連結介質，銅連線，就無法適用於這樣的高頻寬。同樣面臨這個問題，電信以及資料通訊產業已經大量轉向光學系統。因此，光學系統預期會被廣泛地應用在高性能系統，例如光學通道以及匯流排。在這些高性能系統當中，光學介質將會取代電介質，無論是與高性能伺服器的溝通、或者是伺服器本身之內的框次配件（frame subassembly）之間的溝通、個別主機板之間的溝通、甚至是同一個主機板上或相同模組中晶片之間的溝通。然而，大部分最先進的光學通道都需要昂貴、高性能的光學驅動器以及接收器於複合半導體（compound semiconductors）中，也就是III-V族半導體，例如砷化鎵（GaAs）、磷化銦（InP）、砷化銦鎵（InGaAs）等。

一般而言，大部分目前技藝（state of the art）的

五、發明說明（2）

高性能系統都是使用互補式絕緣閘極場效電晶體（FET）矽技術，一般稱做互補金氧半導體（CMOS）。在大部分的情況下，在高性能通訊裝置中所達到的性能，會在將高性能（快且靈敏）複合半導體元件（即雷射二極體或光偵測器）連接到互補金氧半導體驅動器或接收器時喪失掉。因此，除了包括複合半導體元件的成本以外，目前技藝雷射二極體驅動器或光接收器（也就是一光偵測器驅動一接收器）於連接元件到電路中損失許多性能上的優點。於結合這些技術（即，整合複合半導體裝置與互補金氧半導體電路在相同晶片上）所做的努力尚未見到任何廣泛性的成功，並且，這些技術都相當昂貴。因此，雖然擁有優異的性能優勢，目前這些複合半導體光偵測器以及光接收器的應用有限。

因為矽的間接帶隙（indirect bandgap）特性，目前技藝矽光偵測器技術的應用同時也受到限制。這個特性導致量子產率（quantum yield）（轉換10-20%的光子為光電流）比直接帶隙複合半導體（偵測超過90%）低許多。而且，矽的載子遷移率（carrier mobilities）比複合半導體還低。因此，對於目前技藝高性能（快且靈敏）光偵測器與雷射二極體，例如垂直共振腔面射型雷射（VCSEL）二極體，雖然複合半導體一般而言比矽還要貴許多，依然被用在10 Gbps與更高速度的操作上。

雖然不是在實用的水平上，但是高性能垂直共振腔面射型雷射二極體驅動器已經以一複雜的元件達成了，也就

五、發明說明 (3)

是業界所知的同軸射頻偏壓-T（coaxial radio frequency (RF) bias-T）。典型的同軸射頻偏壓-T是一個體積龐大且昂貴的元件，可以被用來驅動單一、分離的垂直共振腔面射型雷射二極體。本質上，同軸射頻偏壓-T會隨著驅動一並聯輸出電感的一輸入串聯電容器而反應。施加一偏壓或偏移電壓（offset voltage）到電感的一端，一驅動器驅動電容器的一端以及在電感的共通連接點的輸出，且電容器驅動雷射二極體。因此，藉由施加一偏移偏壓（offset bias voltage）到電感，此雷射二極體可以被偏壓在恰巧啟動或超過啟動所需。一輸入閘極訊號通過電容器且被疊加上一直流偏壓。實驗性地，這樣的由同軸射頻偏壓-T所驅動之分離的垂直共振腔面射型雷射二極體已經達到10 Gbps資料速率。因此，雖然同軸射頻偏壓-T可能可以提供一實驗室解決方案用以驅動少數光學訊號，但是它們對於光學匯流排而言並不實用。因為所需垂直共振腔面射型雷射二極體的數目，和所需通道數目對應，可能要高達32、64、128或者甚至高達1024。所以，由於它們的昂貴以及體積龐大，在實驗室以外，特別是在寬通道的應用上，使用同軸射頻偏壓-T是不切實際的。

因此，有需要提供高速度低成本的光學通道、以及特別是互補金氧半導體垂直共振腔面射型雷射二極體驅動器、以及高速度高量子產率的矽光偵測器與光接收器。這些可以形成在低成本矽，以及特別是形成在互補金氧半導體或矽在絕緣層上（SOI）晶片上，以便應用在便宜、簡

五、發明說明（4）

單、高頻寬的光學連接與應用上。

三、【發明內容】

本發明的目的之一是改進低成本的資料通量（throughput）。

本發明是一高速光學通道，包括一光學驅動器、一光偵測器以及互補金氧半導體光接收器。此光學通道驅動器包括一場效電晶體驅動器電路（可以是一互補金氧半導體驅動器）驅動一積體被動元件（例如，一積體迴圈電感或電容器）、以及一垂直共振腔面射型雷射二極體。此垂直共振腔面射型雷射二極體由一偏壓供應器提供偏壓。此積體被動元件可以被集成在與場效電晶體驅動器及垂直共振腔面射型雷射二極體之一/二者相同的積體電路晶片上。光偵測器是一半導體（矽）層，其可以是位於一絕緣層上，也就是SOI。一個或多個超薄金屬電極（<20nm）位於該矽層上形成一蕭基能障（Schottky barrier）二極體接面（junction）。其接下來形成一二維量子井包含一二維電子氣（electron gas）於超薄金屬電極與蕭基能障二極體接面之間。光偵測器驅動一互補金氧半導體接收器--例如一反相器。

四、【實施方式】

現在請參考圖式，圖1顯示一較佳實施例短波長（850nm）垂直共振腔面射型雷射二極體100的光強度-電

五、發明說明 (5)

流/電壓（LI-IV）特性圖之範例，例如可以藉由根據本發明較佳實施例之互補金氧半導體驅動器而被驅動在每秒10G位元（Gbps）及以上。垂直共振腔面射型雷射二極體100具有一由曲線102所表現的類似任何典型二極體的電流對應電壓（I/V）特性。而且，然而，垂直共振腔面射型雷射二極體100的光放射特性是由光強度對應電流（LI）曲線104所表示。垂直共振腔面射型雷射二極體在1.6伏特或稍微高一點的時候開始傳導電流，並且在1.7伏特與一毫安培，也就是它的臨界電壓（threshold voltage）（V_{th}）與臨界啟動電流（threshold on current）（I_{th}），開始放射。然而，在任何可察覺的水平它並未開始放出雷射。一直到106，在那裡它達到驅動電壓1.8至2.0伏特與裝置電流（device current）4至8毫安培，並且發射3至3.5毫瓦特（3-3.5mW）的光學功率，此接近垂直共振腔面射型雷射二極體100之連續波（CW）放射的最大功率。對於像是0.8至1.5伏特互補金氧半導體般典型的低壓驅動器而言，要達到2伏特通過垂直共振腔面射型雷射二極體並不是一件容易的事。本發明的低壓（互補金氧半導體）驅動器高性能地驅動垂直共振腔面射型雷射二極體100的一端，使得即使是在高資料速率時，通過垂直共振腔面射型雷射二極體的電壓達到其驅動電壓1.8至2.0伏特。

藉由以低壓驅動器將其驅動到總二極體電壓為1.8至2.0伏特，而被偏壓在V_{th}而啟動，垂直共振腔面射型雷二極體100的性能得到提昇。正向偏壓的半導體接面裝置，例如

五、發明說明（6）

垂直共振腔面射型雷射二極體100，對於電壓改變的反應比在關閉或者是負向偏壓時還要快許多。這性能的差異被稱做啟動時間（turn on time）或者啟動延遲（turn on delay）。啟動延遲--有時候可能非常明顯--可以藉由將垂直共振腔面射型雷射二極體100予以偏壓，例如在1.7伏特與2毫安培，而避免。然後，此被偏壓的垂直共振腔面射型雷射二極體100以更高的光學切換速率（optical switching rate）被切換發射。

所以，垂直共振腔面射型雷射二極體100由一低電壓驅動器電路驅動而啟動與關閉，較佳者是由一互補金氧半導體驅動器。如同上述所說明，垂直共振腔面射型雷射二極體100的發射點（emission point）使得低電壓驅動器無法獨自驅動到足夠高的水平以便讓垂直共振腔面射型雷射二極體100產生發射。也就是，低電壓驅動器供應電壓（V_{dd}）低於臨界電壓V_{th}，而在一些實施例中，V_{dd}幾乎只有V_{th}的一半。不像偏壓電壓將垂直共振腔面射型雷二極體100予以偏壓在--或者低於--發射點般，低電壓驅動器提供足夠額外的驅動力來好好將垂直共振腔面射型雷射二極體100驅動至發射。一個或多個被動元件防止垂直共振腔面射型雷射二極體100在互補金氧半導體驅動器未驅動的時候關閉。較佳者，被動元件--可以是電抗（reactive）或電阻（resistive）或二者皆是--是一高Q值電抗元件，也就是，有最小的阻值。因此被動元件可為一高Q電感或電容，或一低阻值電阻。被動元件維持通過垂直共振腔面射型雷

五、發明說明（7）

射二極體的電流在或者稍微低於它的發射電流，且互補金氧半導體驅動器選擇性地驅動垂直共振腔面射型雷射二極體使其發射。

圖2顯示一單一較佳被動元件、一高Q積體電感110或微電感（micro-inductor）的範例，其可以被集成在驅動器晶片上、垂直共振腔面射型雷射二極體晶片上、或者是在連接到驅動器與垂直共振腔面射型雷射二極體晶片的中間晶片（intermediate chip）上。同樣地，微電感110可以被包括在一包含驅動器與垂直共振腔面射型雷射二極體二者這樣的晶片上。實質上，這個實施例可以在任何積體電路技術中實施，特別是標準晶片上互連（on-chip interconnects）有6至8層金屬層的互補金氧半導體中。在這個範例中，微電感110包括5個迴圈：112、114、116、118、以及120在五個鄰接的佈線層（wiring layer），例如銅佈線上，並且源自/結束於接觸墊122、124。再者，每個迴圈112、114、116、118、以及120，雖然例示是正方形，仍可以是任何適當的形狀，例如六角形、八角形及其它等等，縱使較佳的圓形是不實際的。這個例子的正方形迴圈112、114、116、118、120的每一邊是200至250微米（μm），或者是每個迴圈112、114、116、118及120的長度大約是一毫米（mm）長。電感阻值視製程而定而有所不同，但是一般是25至50歐姆，使得在2毫安培時，電感的壓降大約是50毫伏特，亦即可略。選擇性地，當多個微電感110在單一的一個晶片上時，它們可以共享單一的一個共用

五、發明說明（8）

偏壓墊122或124，例如，墊124可能連接到與迴圈112在相同佈線平面的一共用埋藏偏壓線（未顯示）。

因此，藉由這樣建構多圈電感，總電感是以指數正比於迴圈數目（n），也就是，正比於n^2。因此，雖然1毫米長線圈的個別電感大約是1奈亨利（nanoHenry，nH），但是6圈或6迴圈電感的電感值卻是遠高於每圈個別電感1 nH的6倍。相反地，由於電感圈的相互感應，總電感是6 x 6 x 1nH = 36 nH。而典型的晶片黏貼技術，例如，佈線接合（wire bonding），在每個晶片輸入/輸出（I/O）插入1至2nH，而這遠低於本發明的微電感110所達到的25至50nH範圍。因此，使用一積體被動元件可以達到實用的電感，否則，先前技術的選擇是無法達到的（在這個例子要不就是提供36毫米（14"）佈線，要不就是每邊200微米的6迴圈線圈），也因此就變得不實際而無法使用。

圖3顯示一單一晶片130的例子，其中，根據本發明的較佳實施例，驅動器裝置132、134、被動元件（微電感110）以及垂直共振腔面射型雷射二極體136可以包含在一單一晶片上。垂直共振腔面射型雷射二極體136在它的陰極被一外部負壓電源138施加偏壓，例如-1.6伏特。在這個例子中，驅動器裝置132、134是互補金氧半導體反相器的構造，且P型場效電晶體（P-type FET或PFET）132介於一普通1.5伏特供應電壓以及垂直共振腔面射型雷射二極體136的陽極（也就是反相器的輸出）之間。選配的N型場效電晶體（NFET）134與微電感110並聯，且介於垂直共振腔面射

五、發明說明（9）

型雷射二極體136以及接地之間。

在直流偏壓情況，保持反相器輸入140在高位，在垂直共振腔面射型雷射二極體136陽極的反相器輸出是處於接地狀態（零伏特），且偏壓電流（在2毫安培的等級）是從微電感110流出並且經過微電感110，經過垂直共振腔面射型雷射二極體136到偏壓供應器138的負極端。所以，在垂直共振腔面射型雷射二極體136陽極的輸出是在低位，實質上是在接地狀態，藉此將垂直共振腔面射型雷射二極體136偏壓在或者接近發射。當反相器輸入140是被驅動在低位，N型場效電晶體134（如果有包括的話）關閉，而P型場效電晶體132啟動，將垂直共振腔面射型雷射二極體136的陽極拉到更高位，直到它進入發射。因此，P型場效電晶體132的尺寸被控制到供應足夠的電流以保持微電感110中的2毫安培，以及通過垂直共振腔面射型雷射二極體136的3+毫安培。再者，通過微電感110的電流保持在實質上2毫安培。使用基本的一般熟知電路分析技術可以證實，在100億鮑（10Gbaud）的信號、資料週期為100微微秒（100ps）的情況下，微電感110的電感值在25至50奈亨利（nH）且微電感電壓在0.2至0.4伏特。最後，再次將反相器輸入140驅動到高位，使得P型場效電晶體132關閉，且電流持續從微電感110流通過垂直共振腔面射型雷射二極體136，且微電感電流回復到它在發射前的水平。如果包括選配的N型場效電晶體134在內，當P型場效電晶體132關閉時，N型場效電晶體134會啟動，並且藉由鉗緊（clamp）使垂直共振腔面射型

五、發明說明（10）

雷射二極體的陽極實質上接地，來防止垂直共振腔面射型雷射二極體136的陽極，在微電感110回復到發射前水平時被微電感110拉到稍微負值。

如上所述，微電感110可以由一單一的低阻值（200至400歐姆）電阻所取代，連同一相對應的改變，要不改變偏壓電壓、要不就是改變P型場效電晶體132的尺寸，以便補償所需要的電流，將電阻拉到足夠的高位去驅動垂直共振腔面射型雷射二極體136至發射。再者，雖然在這個例子當中顯示，讓垂直共振腔面射型雷射二極體136由負壓電源138提供偏壓、且由P型場效電晶體132拉到發射，但這只是用於例示說明而已。本發明可以應用到任何適當的電路變化也能達到相同的結果。例如，將垂直共振腔面射型雷射二極體136的陽極偏壓到高於V_{dd}以上，且將它的陰極拉低以產生發射等等。

圖4A-B顯示在圖3之單一晶片130範例上的多晶片變化，相似的元件以相似的元件符號標示。在圖4A的範例中，驅動器裝置132、134與微電感110是在一第一晶片150上，例如一光學匯流排驅動器晶片。而垂直共振腔面射型雷射二極體136是包含在一第二晶片152上，例如一垂直共振腔面射型雷射二極體陣列晶片，並具有連接到每個垂直共振腔面射型雷射二極體136陰極的外加負電壓源138（例如在-1.6伏特），通常整個陣列是連接到一單一的連接點。一單一的跳線154將每個驅動器輸出與於晶片墊156的它的相對應微電感110，連接到於墊158的相對應垂直共振

五、發明說明（11）

腔面射型雷射二極體136的陽極。相較之下，於圖4B中的例子，驅動器裝置132、134是在第一晶片160上，且微電感110與垂直共振腔面射型雷射二極體136二者皆是包含在第二晶片162上。這二個變化的操作與圖3的實施例實質上相同，只是跳線154增加1至3nH導致微電感110的效能稍微降低。

圖5A-B顯示圖4A-B的多晶片範例上的更加變化，類似的元件以類似的元件符號標示。這些特別的實施例變異是有效的，其互補金氧半導體電路供應電壓（V_{dd}）比發射電壓，例如0.8伏特，還要低。在驅動器晶片172中包含一個隔離/促進電容器（isolation/boost capacitor）170，介於驅動器裝置132、134與相對應微電感110之間，並且連接晶片墊174。而且，一偏壓供應電壓176施加到微電感110的一邊，而非接地。而垂直共振腔面射型雷射二極體136的陰極的陰極是接地的，也就是，偏壓供應器138是設為0伏特。個別的跳線154將每個驅動器輸出174連接到於第二晶片178上的墊158的垂直共振腔面射型雷射二極體136的陽極。相反地，在圖5B的範例中，驅動器裝置132、134是位在第一晶片180上，且隔離/促進電容器170與微電感110二者是與垂直共振腔面射型雷射二極體136包含在第二晶片182上。跳線184連接在墊186驅動器輸出與在墊188的隔離/促進電容器170的負（低）端。

圖5A-B的這些變化與圖3和4A-B的實施例操作上稍微有些不同，主要是因為隔離/促進電容器170。例如圖4A中範

五、發明說明（12）

例在直流電偏壓的情況下，垂直共振腔面射型雷射二極體136在1.6伏特偏壓時啟動，通過2毫安培等級的電流，而這電流也流過微電感110。當施加一輸入到驅動器裝置132與134時，電荷蓄積在隔離/促進電容器170上，使得連接到微電感110的這邊相對於另一邊是正的。再者，驅動器裝置132、134被選擇使得操作在，例如在100億鮑（10Gbaud），電容器既不顯著充電也不顯著放電。

剛開始，一個高電壓被施加到輸入140，隔離/促進電容器170被實質上充電到1.6伏特。當輸入140轉接到低值時，N型場效電晶體134關閉且P型場效電晶體132啟動，促使隔離/促進電容器的負極上升。然而，垂直共振腔面射型雷射二極體136在微電感110持續通過2毫安培時，鉗緊隔離/促進電容器170的正極到大約2.0伏特。當隔離/促進電容器170的一邊被鉗緊到2.0伏特，在電容器170低邊的反向器輸出上升，剛開始到大約0.4伏特，然後以一個由P型場效電晶體132所決定的速率向上朝V_{dd}衰退（當電容器170放電時），而這是根據設計時所選擇的。再次，較佳地，根據設計，對於單一一個位元的100微微秒（或更少）的發射只有非常小的衰退。儘管在一個具有幾個位元的串列（string）可能會有更多的衰退，這額外的衰退仍然是不重要的，除非這個串列是如此的長以至於變成一個瑣細/不可察覺的串列。相反地，當輸入再次轉到高時，隔離/促進電容器170的負端再次被拉低朝接地接近，而這也將正端--視衰退的幅度而定--稍微拉低。當隔離/促進電容器170重

五、發明說明（13）

新充電，輸出墊174接近1.6伏特。圖5B的操作實質與圖5A相類似。

必須瞭解的是，雖然偏壓供應器138在這裡圖面顯示的是在晶片上的可變電壓源或電池，但是它也可能只是一個連接點，外接到負（-1.6伏特）外部供應器或任何適合的偏壓源。再者，在晶片上的電壓產生器對於互補金氧半導體積體電路而言是業界所熟知的。因此，電壓供應源138、176與可能是這樣的一個在晶片上的電壓產生器或任何其它適合的電壓源，是在晶片上或不在晶片上。

有了這樣以上所描述的高性能、高速光學資料信號驅動器，需要適當的光學偵測器/接收器來利用這個更高性能的優勢。因此，光學通道的一個較佳實施例包括了一高性能光偵測器，較佳者係一矽光偵測器，與一感測電路製作在一互補金氧半導體晶片上。較佳的高性能光偵測器具有一超薄的（例如，50埃）金屬量子井結構以便有加強的內部光發射，且具有表面電漿加強（surface plasmon enhanced）的帶隙激發（bandgap excitation），以及，特別是有柵格（grating）與邊緣（edge）相助的表面電漿激發。

為了方便瞭解光偵測器的較佳實施例，圖6A-B顯示在矽當中的直接帶隙激發（由向量200所代表）以及間接帶隙激發（由向量202所代表）、以及相對應吸收係數（absorption coefficient）的機制。特別是，必須知道直接帶隙激發200與間接帶隙激發202二者物理起源的差

五、發明說明 (14)

異，以便瞭解這些激發是如何影響剖面中的光激發，以及，更特別的是，影響光偵測器的靈敏度（sensitivity）。所以，對於直接帶隙激發200而言，起始狀態204與最終狀態206相隔躍遷能（transition energy）（ΔE），對於矽而言是3.5電子伏特激發，矽具有高吸收剖面。起始與最終狀態204、206二者的電子動量（electron momentum）分別是相同的，因此，躍遷的動量變化（Δk）是零。由於在光激發過程中Δk=0，光子只需要提供足夠的能量以便從起始狀態躍遷到最終狀態。因此，對於直接帶隙激發200而言，能量守恆定律以及動量守恆定律可以簡化為能量守恆，因為動量並沒有改變。

相對地，間接帶隙激發202同時具有能量成分208與另外的動量成分210（也就是Δk>0）。所以，最終狀態206與起始狀態204間隔某個能量成分（ΔE>0）。由於光子只能夠提供能量成分208而無法提供非零的動量成分210，就如同由相對應的吸收係數所代表的，1.1電子伏特間接帶隙激發202的激發剖面212比3.5電子伏特直接帶隙激發200的激發剖面214的大小還要低幾個數量級。因此，通常850nm（~1.5eV）光子可以穿透到大約10微米於（間接帶隙）矽中，相較於直接帶隙半導體中的100奈米吸收長度（absorption length）（或者穿透深度（penetration depth）），超越兩個數量級。

本發明的光偵測器藉由使用間接帶隙特性來提昇激發，以解決矽的間接帶隙特性的性能限制障礙。因此，光

五、發明說明（15）

偵測器的一較佳實施例是一簡單、不貴的高速與高靈敏度互補金氧半導體相容光偵測器，其可以製造在傳統的矽晶圓上，也可以製造在矽在絕緣體上（SOI）基質（substrate）上。再者，本發明可以應用在大多數其它半導體技術以製造更靈敏與比較不昂貴的簡單光偵測器於其它高電子遷移率電晶體（High Electron Mobility Transistor，HEMT）基質上，包括鍺化矽（SiGe）。

圖7顯示一較佳實施例光偵測器於一金屬-矽-金屬結構220的範例，其中從本身蕭基能障二極體的內部光發射促進了光偵測。內部光發射已知是發生在蕭基能障且已經被用來測量在金屬-半導體介面之蕭基能障位能的高度，以及於某些現在的高速矽與砷化鎵光偵測器。實質上，光子激發在金屬-半導體蕭基能障介面以上的金屬電子。當施加一偏壓到金屬電極222、224以形成電場跨於蕭基能障時，被激發的電子漂移（drift）通過半導體價電帶（valence band）到正偏壓的金屬集極（collector）電極224。

光子引發的從起始狀態Ψi到最終狀態Ψf的狀態躍遷，可以躍遷矩陣（transition matrix）$<\Psi f|\Delta\cdot A|\Psi i>$表示，其中A是向量位能（vector potential）。所以，躍遷機率被起始狀態向量與最終狀態向量二者束縛，其說明了起始與最終狀態的局部密度。因此，金屬電子光激發到蕭基能障以上狀態的機率，會隨著在費米能階（Fermi level）之起始狀態$n(\varepsilon)$的高密度而增加。所以，從接近費米能階狀態，而非從更深能階，被激發到超過蕭基能障

五、發明說明（16）

的載子會增加光載子密度。

因此，如果最終狀態與位能向量對齊，則躍遷機率與起始狀態的密度會成正比。因此，在費米能階有較高的載子密度也就意味著有比較高的載子激發機率以及得到較高的偵測器量子產率（quantum yield）。本發明藉由最大化通過超薄金屬層蕭基能障的光電流產率（photocurrent yield）而得到較高的偵測器靈敏度，而此金屬層的厚度是在量子井範圍中，100埃或10奈米。

因此，根據本發明，在矽上面的超薄金屬層形成一金屬量子井活動層（active layer）於矽表面上，提昇了在金屬-半導體介面的內部光發射。光偵測器的超薄活動層（例如，10至300埃，且較佳者為小於100埃）不僅提昇光子吸收，同時也提高光載子的產生，因此大幅度改進光激發過程。因此，一位於超薄金屬層中準二維（quasi-two-dimensional）電子氣被一位能井（potential well）所包圍。為了要讓位能井的寬度（也就是超薄層的厚度）達到電子德布羅意波長（electron de Broglie wavelength）的尺度，量子井活動層的厚度要在10奈米或更少的尺度。

圖8顯示位於矽230與矽在絕緣體上（SOI）232之較佳實施例超薄金屬層量子井的金屬-矽蕭基接觸（Schottky contact）之限制位能的一個圖示範例。在偵測器主體側（bulk-side）之金屬-矽接面的蕭基能障形成一個空間上隔絕的阻障（也就是在矽內），以及由位在矽表面或偵測器前表面上的超薄金屬層之真空位能（vacuum

五、發明說明（17）

potential）所形成的其它隔絕阻障。如果有介電層覆蓋在金屬層上，則此介電層的帶隙形成隔絕位能，而非真空位能來形成。

圖9顯示量子井層厚度可以如何被調整以調整於不同能量範圍中的區域電狀態密度，有效地操縱電狀態。這個結構可以做成使量子井狀態的高密度是在費米能階（EF）。T.C. Chang在"於薄膜中之量子井狀態的光發射研究"（"Photoemission Studies of Quantum Well States in Thin Films"）Surface Science Reports, 39 (2000), 第181-235頁當中，教示使用光電子光譜以觀察QW電子狀態以及操縱狀態形成的密度。再者，光電子光譜已經顯示，將超薄金屬層一層接一層沉積在不同基質上，量子井電子狀態會有顯著的出現與遞變（evolution）。因此，經由調整適當的金屬厚度，可以在費米能階形成電子狀態的高密度。此金屬量子井直接且顯著地提昇量子產率，並且因此提昇光偵測器性能。

已知的是，在這樣微觀（microscopic）的金屬結構，例如次波長尺寸的金屬結構，顯示出在光學頻率特殊的電性與光學特性。這些特殊的性質一點也不像金屬在較大體積的性質。例如，雖然在正常厚度時金屬層幾乎是理想的反射體，而且，因為能量守恆，幾乎既不吸收也不傳導光。然而，相反地，具有微觀不規則（irregularities）或週期性的金屬層結構會出現強烈的光吸收，而這個由金屬微觀特性所產生的強烈光吸收是由於表面電漿激發的結

五、發明說明（18）

果。

表面電漿是被引發的表面電荷密度震盪（surface charge density oscillations），也就是遵循馬克士威爾方程式（Maxwell's equations）的表面電磁波。在光頻率低於電漿共振頻率時，金屬的介電常數的實數部分是負的。然而，在介電質或真空中，金屬的介電常數卻是正的。所以，在金屬/介電質界面相反邊的介電常數實數部分是正負相反的。所以，光線可以激發表面電漿與表面電磁波於獨立的金屬膜、以及在半導體表面上的超薄金屬膜，例如圖8的結構230與232。在電磁共振（resonance），也就是，當入射光的能量與平面內動量（in-plane momentum）符合金屬膜的表面電漿模式，會發生強烈的光學吸收。

電磁共振會導致區域電磁場的共振累積（resonance-buildup）於及接近金屬膜處。區域電磁場的增加能夠以10^2到10^6的倍數超過入射光學場。這樣強的區域電磁場具有一般稱做巨大效應（giant effect）於非線性光學程序中（例如，表面加強拉曼光譜（surface enhanced Raman spectroscopy）、第二諧波產生（second harmonic generation）、和頻產生（sum frequency generation）），以及於線性程序中像電漿加強光發射。一個類似的巨大區域場效應（giant local field effect）也發生在光偵測器帶隙激發中。因此，根據本發明，這樣的在矽上超薄金屬膜中的電漿共振，提供了高靈

五、發明說明（19）

敏度且高速的金屬-矽-金屬光偵測器。

圖10顯示表面電漿激發的例子，根據本發明一較佳實施例，比較以下二者的表現：一延伸平坦金屬膜240，與形成在相同金屬膜且在光子波長λ或更小尺度之線性維度（linear dimensions）的圖形（features）242。S-偏極光子244無法耦合到延伸平坦金屬膜240，因為它無法引發在等位能（equipotential）傳導表面的電荷。再者，動量守恆使得p-偏極光子246無法耦合到延伸平坦金屬膜240。相較而言，p-偏極光子耦合到一金屬條242，此金屬條的寬度接近或小於λ。因此，光子能夠在由驅動光子場所引發之光子頻率（ω），在λ大小圖形中激發電荷密度震盪。然而，被引發的震盪的相位與振幅視 $\omega-\omega_0$ 而定，其中 ω_0 是電漿共振頻率。

圖11顯示光線250的及表面電漿252的色散關係（dispersion relations），每個都是電磁震盪頻率與其動量之間的相關（correlation）。$\omega=ck$ 光線（lightline）254顯示光子的波向量（k）與其頻率之間的線性關係。非線性表面電漿色散曲線252位在光線254的右下方。這表示，對於相同能量的光子與電漿而言（也就是，具有相同的ω），電漿動量一直會高於光子動量。因此，單只光子不可能激發表面電漿。例如，在（$\omega p_- \Delta\omega$）頻率，$k_L < k_p$，也就是，光子動量小於表面電漿的動量。

然而，藉由選擇在矽上適當的空間金屬膜結構（例如，柵格），可以將光子轉移到表面電漿。在被選擇的結

五、發明說明（20）

構或柵格中，高空間頻率傅立葉部分提供電漿激發所需要的任何額外動量。所以，結構的選擇是根據對其柵格耦合、邊緣耦合以及表面粗糙度耦合的表面電漿激發反應來決定。結構的進一步限制是金屬膜必須表現在入射光子能量的電漿共振。表面電漿共振隨著微觀金屬結構的大小而往下移動，也就是，較薄的膜會有較低的電漿共振頻率。

在或接近共振頻率的光子激發表面電漿提供進一步電子激發所需的動量，包括在矽中的間接帶隙激發。再者，在電漿共振頻率的 +/- Δω之內，電漿動量可以是一個任意大的值以提供動量來符合任何動量守恆方案（scenario）。因此，本發明提供矽中之間接帶隙激發的一個新的有效用法。電漿同時提供能量與動量，使間接帶隙激發能夠達到與直接帶隙激發可相比較的躍遷機率。

圖12A顯示一鎢/矽（W/Si）光偵測器260的光電流（也就是光激發的效率）與金屬膜厚度的關係圖。雖然幾乎可以使用任何金屬，鎢在這裡只是作為範例之用，來形成包括一正光偵測器電極262與一負光偵測器電極264於一矽層266上的金屬柵格（grate）。在這個範例中，2000埃（200nm）的金屬網柵（grid）262、264以過氧化氫（H202）薄化，並且暴露於從垂直共振腔面射型雷射二極體而來的3毫瓦特光功率，也就是1.5電子伏特於850nm。由於將金屬柵格從2000埃薄化到400埃只有極小的可量測反應--如果有的話--這個資料就從圖上省略。然而，在低於400埃時，電流反應的改變就可觀了，在大約100埃時達到高峰。特別

五、發明說明（21）

是，這個在100埃的高光電流發生在當金屬（鎢）膜的邊緣區域暴露於雷射光時。相較之下，將雷射導引到乾淨的矽，例如到鎢膜以外的區域、或者到一延伸平坦鎢膜（例如圖10中的240）的中央區域，會產生明顯較少可偵測到的光電流。因此，藉由為特定金屬選擇適當厚度，可以讓電漿共振回應垂直共振腔面射型雷射二極體。

圖12B顯示圖12A的鎢/矽光偵測器260沿著B-B的剖面圖。藉由交替電極262、264的個別薄金屬（鎢）手指268、270，形成與矽層266之表面272的淺蕭基能障二極體接面。

圖13圖示一較佳實施例光偵測器（例如，260）於兩個手指268、270之間的操作。根據本發明，內部光發射被矽上超薄金屬膜柵格（手指268、270）的量子井本質所提昇，由電漿調節的區域場提昇間接帶隙激發。在矽（圖12中的266）上的超薄金屬柵格（268、270）形成一高區域密度的電子狀態，接近費米能階。表面電漿增加高效率間接帶隙激發所需的能量與動量。而且，電漿共振使得從金屬膜柵格邊緣到矽界面產生很大的區域場提昇（filed enhancement）。由於這個很大的場提昇，帶隙激發發生在接近空乏區的邊緣以及接近蕭基界面（Schottky interface），以光產生（photogenerate）電洞與電子對。蕭基能障的強位能場導致電洞--通常電洞的遷移率小-立刻被掃到負偏壓金屬。同時，遷移率高許多的電子在蕭基位能與偵測器偏壓位能的結合場中漂移到正電極。

有利的是，這個在超薄柵格的異常好情況，提供了非

五、發明說明（22）

常高的量子產率與較高的偵測器速度。特別是，一個像是圖12A-B與13所例示的光偵測器範例，具有相當於大約30%量子產率的反應率（responsivity）。因此，可以從在矽上、節距（pitch）2μm的13鎢手指268、270（每個25μm長），得到0.2mA（200μA）/mW光學功率大小的電流。因此，既然如上所述的一個850nm垂直共振腔面射型雷射提供3mW光功率，將這個功率導引通過一典型的目前技藝光學連結（optical link）會分1mW的光學功率給光偵測器，藉此引發0.2mA電流通過光偵測器。這個電流可以直接被提供到一或多個場效電晶體的閘極，使得幾乎任何類型的電路都可以作為接收器。

圖14A-B是較佳實施例光接收器280、290的範例。在第一實施例中，13手指25μm光偵測器282附加於供應電壓，例如Vdd以及一互補金氧半導體反向器286的輸入284之間，而此反相器286是N型場效電晶體286N與P型場效電晶體286P的閘極。一預充電通路閘極（precharge pass gate）288連接到反相器輸入284，並且由一時脈（clock）所控制。較佳地，為了有更快的反應，預充電電壓小於Vdd的一半，且更較佳者，小於Vdd的1/3，也就是，等於或小於V_T。在反相器輸入284的總節點電容是在20千萬億分之一法拉第（femtoFarads，fF）的大小。當時脈在高點時，通路閘極288啟動，將反相器輸入284放電到預充電電壓。時脈回到低點時，通路閘極288關閉，反相器輸入284保持在預充電電壓且反相器輸出在高點。當1mW雷射光打到光偵測器

五、發明說明（23）

282，其通過200微安培，而將反相器輸入予以充電。由於Q = CV且I = C*ΔV/Δt，一個到光偵測器282的100ps雷射脈衝，相當於10Gbps，提供足夠的電流來將反相器輸入284充電到1V，而這電壓足以切換反相器。當光線停止，反相器輸入284返回它的預充電狀態。

圖14B顯示一跨阻抗放大器（Trans Impedance Amplifier，TIA）光接收器290的範例，其包括三個反相器292、294、296以及回饋阻抗或電阻器298。在這個實施例中，13手指25μm光偵測器282是附加於供應電壓，例如V ，與輸入節點300之間，在偏壓電阻器298處接到一個反相器292。偏壓電阻器298被用來保持使這三個反相器不會震盪，且保持穩定在穩態平衡電壓（steady state equilibrium voltage），使得不會有光線到光偵測器282。當有光線被提供到光偵測器282時，光偵測器282通過電流以將輸入節點300拉到高點。作為回應，反相器292將它的輸出，也就是到反相器294的輸入，驅動到低點。藉由偏壓此三個反相器292、294、296在平衡狀態，跨阻抗放大器290相較於圖14A的簡單實施例280，具有快許多的反應時間（response time）。因此，圖14A-B的光接收器280、290是高性能互補金氧半導體光接收器，能夠形成在單一一個互補金氧半導體積體電路上。再者，要了解的是，如果需要更多電荷，例如來驅動較大的反相器286，則可以藉由加入手指264、266、藉由增加手指長度、或者二者皆增加，而增加光偵測器282。

五、發明說明（24）

而且，由於超薄金屬膜量子井的電性與光學性質，主要是由空間範圍的本質--亦即膜厚與位能井的高度和形狀--所決定，本發明具有寬廣的應用。雖然是以金屬位在矽上作為描述，本發明可以應用到幾乎任何金屬和半導體、或其複合物，藉由調整量子井膜以達到上述的高量子產率和高操作速度（operating speed）。

再者，藉由結合一較佳實施例高速驅動器，例如於圖3-5B中所示、以及一較佳實施例超薄金屬位於矽上蕭基能障光偵測器，例如柵格光偵測器282、以及一適當光學傳播媒體，此較佳實施例提供一低成本、高性能的光學資料通道。因此，光學傳播媒體可以因應不同應用而做選擇，也就是，對於短距離選用開放空氣，其中對準（alignment）不是一個問題；或者對於遠距離選用光纖。再者，藉由如圖3中的單一晶片驅動器以及圖12的柵格光偵測器260驅動位於標準互補金氧半導體晶片上的標準互補金氧半導體感測放大器（sense amplifier），一較佳資料通道組就不會如同先前技術資料通道在連接元件時所遭遇到的缺點般那麼令人頭痛。

圖15A-B顯示先前技術光接收器/驅動器與一較佳實施例範例的比較。圖15A顯示一基質310，例如，於一多晶片模組中，以及一個別垂直共振腔面射型雷射二極體312、二極體驅動器314、通用互補金氧半導體積體電路（例如一微處理器）316、一複合半導體光偵測器318與一接收器晶片320。光偵測器318驅動接收器320，而此接收器320是附加

五、發明說明（25）

到互補金氧半導體積體電路316。互補金氧半導體積體電路316驅動二極體驅動器314，而此二極體驅動器314驅動垂直共振腔面射型雷射二極體312。相較之下，較佳實施例基質330上的晶片數降低為二個，其中互補金氧半導體積體電路332提供包括二極體驅動器334、通用互補金氧半導體電路336、以及矽光接收器338的所有功能，都在單一個整合的互補金氧半導體晶片332中。在這個實施例中，只有垂直共振腔面射型雷射二極體312是在另一個晶片上，並且連接到互補金氧半導體積體電路332。

有利的是，由於晶片數減少，同時功率、基質大小與模組所需要的基板面積也能夠減少。而且，所有、或者大部分以前在昂貴複合半導體中的功能，都能夠包含在一個單一的互補金氧半導體積體電路上。因此，本發明的光偵測器、光接收器、以及垂直共振腔面射型雷射二極體驅動器可以得到顯著的性能提昇以及成本的降低。

雖然以上用數個（範例）較佳實施例來說明本發明，熟知技藝人士會瞭解在本發明的精神與後附申請專利範圍內，本發明可以經過修改後實施。

五、【圖式簡單說明】

本發明前述以及其他目的、面向、與優點可以從發明例示實施例的詳細說明配合圖式而得到更加的瞭解，其中：

圖1顯示一較佳實施例短波長垂直共振腔面射型雷射二極體的光強度-電流/電壓（LI-IV）特性圖之範例；

圖2顯示一單一較佳被動元件、一高Q積體電感或微電感的範例；

圖3顯示一較佳實施例垂直共振腔面射型雷射的範例，包括根據本發明一較佳實施例之一高Q微電感；

圖4A-B顯示在圖3上之範例的變化；

圖5A-B顯示在圖4A-B上之範例的進一步變化；

圖6A-B顯示於矽當中直接帶隙激發（direct bandgap excitation）與間接帶隙激發相關於吸收係數的機制；

圖7顯示金屬-矽-金屬結構在蕭基能障二極體的內部光發射範例；

圖8顯示位於矽與矽在絕緣體（SOI）上之較佳實施例超薄金屬層量子井的金屬-矽蕭基接觸（Schottky contact）之限制位能（confining potential）的一個範例；

圖9顯示量子井層厚度可以如何被調整用以調整於不同能量範圍中的區域電狀態密度；

圖10顯示表面電漿激發的例子，比較一延伸平坦金屬膜、與形成在相同金屬膜且在光子波長λ或更小尺度之線性

圖式簡單說明

維度的圖形，二者的表現；

圖11顯示光線與表面電漿的色散（dispersion）關係；

圖12A顯示鎢的光激態程序效率；

圖12B顯示圖12A的鎢/矽光偵測器沿著B-B的剖面圖；

圖13圖例顯示圖12A-B之光偵測器的操作；

圖14A-B係較佳實施例光接收器的範例；

圖15A-B顯示先前技術光接收器/驅動器與一較佳具體實施範例的比較。

圖式元件符號說明

100 垂直共振腔面射型雷射二極體　102 曲線

104 曲線　110 高Q積體電感

112~120 迴圈　122, 124 接觸墊

130 單一晶片　132, 134 驅動器裝置

136 垂直共振腔面射型雷射二極體　138 外部負壓電源

140 反相器輸入　150 第一晶片

152 第二晶片　154 跳線

156 晶片墊　158 墊

160 第一晶片　162 第二晶片

170 隔離/促進電容器　172 驅動器晶片

174 晶片墊　176 偏壓供應電壓

178 第二晶片　180 第一晶片

182 第二晶片　184 跳線

圖式簡單說明

186, 188 墊
200 向量
202 向量
204 起始狀態
206 最終狀態
208 能量成分
210 動量成分
212, 214 激發剖面
220 金屬-矽-金屬結構
222, 224 金屬電極
224 金屬電極
230 矽
232 絕緣層上矽
240 金屬膜
242 圖形
244S-偏極光子
246P-偏極光子
250 光線
252 表面電漿
254 光線
260 光偵測器
262 正光偵測器電極
264 負光偵測器電極
266 矽層
268, 270 薄金屬（鎢）手指
280 光接收器
282 光偵測器
284 輸入
286 互補金氧半導體反向器
288 預充電通路閘極
290 光接收器
292~296 反相器
298 回饋阻抗或電阻器
300 輸入節點
310 基質
312 垂直共振腔面射型雷射二極體
314 二極體驅動器
316 互補金氧半導體積體電路
318 複合半導體光偵測器
320 接收器晶片
330 基質
332 互補金氧半導體積體電路
334 二極體驅動器

圖式簡單說明

336 通用互補金氧半導體電路　　338 矽光接收器

四、中文發明摘要 （發明名稱：包含一互補金氧半導體垂直共振腔面射型雷射驅動器及一高性能光偵測器與互補金氧半導體光接收器的高速資料通道）

一高速光學通道包括一光學驅動器與一光學偵測器於一互補金氧半導體光接收器中。此光學通道驅動器包括一場效電晶體驅動器電路驅動一被動元件（例如一積體迴圈電感）與一垂直共振腔面射型雷射二極體。垂直共振腔面射型雷射二極體是由一偏壓供應器所提供偏壓。積體迴圈電感可以互補金氧半導體技術集成，且與場效電晶體驅動器與垂直共振腔面射型雷射二極體之一/二者位於相同的積體電路晶片上。光偵測器位於一半導體（矽）層中，而其可位於一絕緣層上，也就是矽位於絕緣層上。一或多個位於此矽層上的超薄金屬電極（小於2000埃）形成一蕭基能障二極體接面，而其接下來形成一量子井。此量子井包括一二維電子氣介於此超薄金屬電極與蕭基能障二極體接面之間。

五、英文發明摘要 （發明名稱：HIGH SPEED DATA CHANNEL INCLUDING A CMOS VCSEL DRIVER AND A HIGH PERFORMANCE PHOTODETECTOR AND CMOS PHOTORECEIVER）

A high speed optical channel including an optical driver and a photodetector in a CMOS photoreceiver. The optical channel driver includes a FET driver circuit driving a passive element (e.g., an integrated loop inductor) and a vertical cavity surface emitting laser (VCSEL) diode. The VCSEL diode is biased by a bias supply. The integrated loop inductor may be integrated in CMOS

四、中文發明摘要 （發明名稱：包含一互補金氧半導體垂直共振腔面射型雷射驅動器及一高性能光偵測器與互補金氧半導體光接收器的高速資料通道）

五、英文發明摘要 （發明名稱：HIGH SPEED DATA CHANNEL INCLUDING A CMOS VCSEL DRIVER AND A HIGH PERFORMANCE PHOTODETECTOR AND CMOS PHOTORECEIVER）

technology and on the same IC chip as either/both of the FET driver and the VCSEL diode. The photodetector is in a semiconductor (silicon) layer that may be on an insulator layer, i.e., SOI. One or more ultrathin metal electrodes (<2000 angstrom) on the silicon layer forms a Schottky barrier diode junction which in turn forms a quantum well containing a two dimensional electron gas between

四、中文發明摘要 （發明名稱：包含一互補金氧半導體垂直共振腔面射型雷射驅動器及一高性能光偵測器與互補金氧半導體光接收器的高速資料通道）

五、英文發明摘要 （發明名稱：HIGH SPEED DATA CHANNEL INCLUDING A CMOS VCSEL DRIVER AND A HIGH PERFORMANCE PHOTODETECTOR AND CMOS PHOTORECEIVER）

the ultrathin metal electrode and the Schottky barrier diode junction.

六、指定代表圖

（一）、本案代表圖為：圖15B

（二）、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

312 垂直共振腔面射型雷射二極體　330 基質

332 互補金氧半導體積體電路　334 二極體驅動器

336 通用互補金氧半導體電路　338 矽光接收器

六、申請專利範圍

申請專利範圍

1. 一高速積體光學驅動器，包含：

一場效電晶體驅動器電路；

一被動元件，該被動元件之一端連接到該場效電晶體驅動器電路的一輸出；

一垂直共振腔面射型雷射（vertical cavity surface emitting laser，VCSEL）二極體，該垂直共振腔面射型雷射二極體之一個電極連接到該被動元件；以及

一偏壓連接（bias connection），連接到該垂直共振腔面射型雷射二極體的一電極。

2. 如申請專利範圍第1項的高速積體光學驅動器，其中該一個電極是該垂直共振腔面射型雷射二極體的陽極（anode），且該偏壓連接是在該垂直共振腔面射型雷射二極體的陰極（cathode）。

3. 如申請專利範圍第2項的高速積體光學驅動器，其中該輸出係接到該垂直共振腔面射型雷射二極體的陽極。

4. 如申請專利範圍第3項的高速積體光學驅動器，其中該被動元件與該場效電晶體驅動器係位於相同的積體電路晶片上。

5. 如申請專利範圍第3項的高速積體光學驅動器，其中該被動元件與該垂直共振腔面射型雷射二極體係位於相同的積體電路晶片上。

6. 如申請專利範圍第3項的高速積體光學驅動器，其中該被動元件係複數個堆疊迴圈形成一積體迴圈電感

六、申請專利範圍

（integrated loop inductor）。

7. 如申請專利範圍第6項的高速積體光學驅動器，其中該複數個堆疊迴圈為至少五個迴圈。

8. 如申請專利範圍第7項的高速積體光學驅動器，其中該複數個堆疊迴圈的每一個係為矩形的且每邊至少200微米（μm）。

9. 如申請專利範圍第6項的高速積體光學驅動器，其中該迴圈電感的電感值為至少25至40nH。

10. 如申請專利範圍第3項的高速積體光學驅動器，其中該場效電晶體驅動器係一互補金氧半導體驅動器。

11. 如申請專利範圍第10項的高速積體光學驅動器，更包含一偏壓供應器（bias supply）連接至該偏壓連接。

12. 如申請專利範圍第11項的高速積體光學驅動器，其中該偏壓供應器的大小（magnitude）超過該互補金氧半導體供應電壓。

13. 一高速積體光偵測器，包含：

一半導體層；

一超薄金屬圖案（pattern）於該半導體層上，該超薄金屬圖案具有一厚度低於2000埃（angstrom）且形成一蕭基能障二極體接面（Schottky barrier diode junction）於該半導體層中；以及

一量子井（quantum well），形成於該半導體層中且介於該超薄金屬圖案與該蕭基能障二極體接面之間。

14. 如申請專利範圍第13項的高速積體光偵測器，其中該超

六、申請專利範圍

薄金屬圖案係一第一光偵測器電極於該半導體層的一第一表面上，該高速積體光偵測器更包含：

一第二金屬電極於該半導體層的一相對表面上。

15. 如申請專利範圍第13項的高速積體光偵測器，其中一二維電子氣（electron gas）包含於該量子井中。

16. 如申請專利範圍第13項的高速積體光偵測器，其中該半導體層係一矽層。

17. 如申請專利範圍第16項的高速積體光偵測器，更包含：

一絕緣層，其中該矽層係一表面層（surface layer）位於該絕緣層上。

18. 如申請專利範圍第17項的高速積體光偵測器，其中該超薄金屬圖案係10至300埃厚。

19. 如申請專利範圍第18項的高速積體光偵測器，其中該超薄金屬圖案的厚度小於100埃。

20. 如申請專利範圍第19項的高速積體光偵測器，其中該超薄金屬圖案係50埃厚。

21. 如申請專利範圍第19項的高速積體光偵測器，其中該超薄金屬圖案包含一對光偵測器電極。

22. 如申請專利範圍第21項的高速積體光偵測器，其中該對光偵測器電極係安排於該矽層的一表面上的一柵格（grate）中。

23. 如申請專利範圍第22項的高速積體光偵測器，其中該柵格係複數個25微米（μm）長的鎢手指（tungsten fingers）且節距（pitch）為2微米。

六、申請專利範圍

24. 一互補金氧半導體光接收器（CMOS photoreceiver），包含如申請專利範圍第23項的一高速積體光偵測器驅動一互補金氧半導體反相器（CMOS inverter）。

25. 一互補金氧半導體光接收器，包含如申請專利範圍第13項的一高速積體光偵測器驅動一互補金氧半導體反相器。

26. 一高速資料通道（channel）包括一個或多個光學通道，該高速資料通道包含：

一高速積體光學驅動器，包含：

一場效電晶體驅動器電路於一積體電路晶片上；

一被動元件，其一端連接到該場效電晶體驅動器電路的一輸出；

一垂直共振腔面射型雷射二極體，其一個電極連接到該被動元件；以及

一偏壓供應器提供該垂直共振腔面射型雷射二極體偏壓；

一光學媒介，其一端藉由該高速積體光學驅動器所驅動；以及

一高速積體光偵測器，包含：

一半導體層；

一超薄金屬電極於該半導體層上，該超薄金屬圖案具有一厚度低於2000埃且形成一蕭基能障二極體接面於該半導體層中；以及

一量子井形成於該半導體層中，且介於該超薄金屬圖案與該蕭基能障二極體接面之間，該量子井包含一二

六、申請專利範圍

維電子氣。

27. 如申請專利範圍第26項的高速資料通道，其中該積體電路晶片是一互補金氧半導體晶片。

28. 如申請專利範圍第27項的高速資料通道，其中該偏壓供應器的大小超過該互補金氧半導體積體電路晶片供應電壓。

29. 如申請專利範圍第28項的高速資料通道，其中該被動元件係連接到該垂直共振腔面射型雷射二極體的陽極，且該偏壓供應器係連接到該垂直共振腔面射型雷射二極體的陰極。

30. 如申請專利範圍第29項的高速積體光學驅動器，其中該被動元件係複數個堆疊迴圈形成一積體迴圈電感。

31. 如申請專利範圍第30項的高速資料通道，其中該複數個堆疊迴圈係至少五個矩形迴圈，每一個的每一邊至少200微米。

32. 如申請專利範圍第31項的高速資料通道，其中該迴圈電感的電感值係至少25至40nH。

33. 如申請專利範圍第32項的高速資料通道，其中該積體迴圈電感係集成（integrated）在該積體電路晶片上。

34. 如申請專利範圍第32項的高速資料通道，其中該積體迴圈電感與該垂直共振腔面射型雷射二極體係位於一第二積體電路晶片上。

35. 如申請專利範圍第27項的高速資料通道，其中該半導體層係一矽層。

六、申請專利範圍

36. 如申請專利範圍第35項的高速資料通道，其中該超薄金屬電極係位於該半導體層的一第一表面上，該高速積體光偵測器更包含：

一第二金屬電極於該半導體層的一相對表面上。

37. 如申請專利範圍第35項的高速資料通道，其中該矽層係一表面層位於一絕緣層上。

38. 如申請專利範圍第37項的高速資料通道，更包含一第二超薄金屬電極於該矽層上。

39. 如申請專利範圍第38項的高速資料通道，其中每一該超薄金屬電極係10至300埃厚。

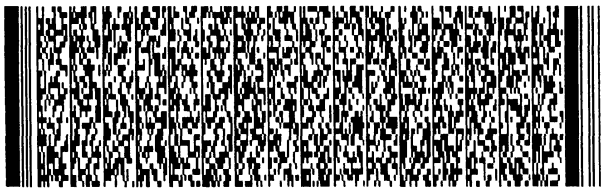
40. 如申請專利範圍第39項的高速資料通道，其中該每一超薄金屬電極的厚度小於100埃。

41. 如申請專利範圍第40項的高速資料通道，其中該每一超薄金屬電極係50埃厚。

42. 如申請專利範圍第40項的高速資料通道，其中一對該每一超薄金屬電極形成一鎢柵格於該矽層的一表面上。

43. 如申請專利範圍第42項的高速資料通道，其中該柵格係複數個25微米長的鎢手指且節距（pitch）為2微米。

44. 如申請專利範圍第43項的高速資料通道，更包含一互補金氧半導體反相器形成於該矽層中，該高速積體光偵測器驅動該互補金氧半導體反相器，該高速積體光偵測器與該互補金氧半導體反相器形成一互補金氧半導體光偵測器。



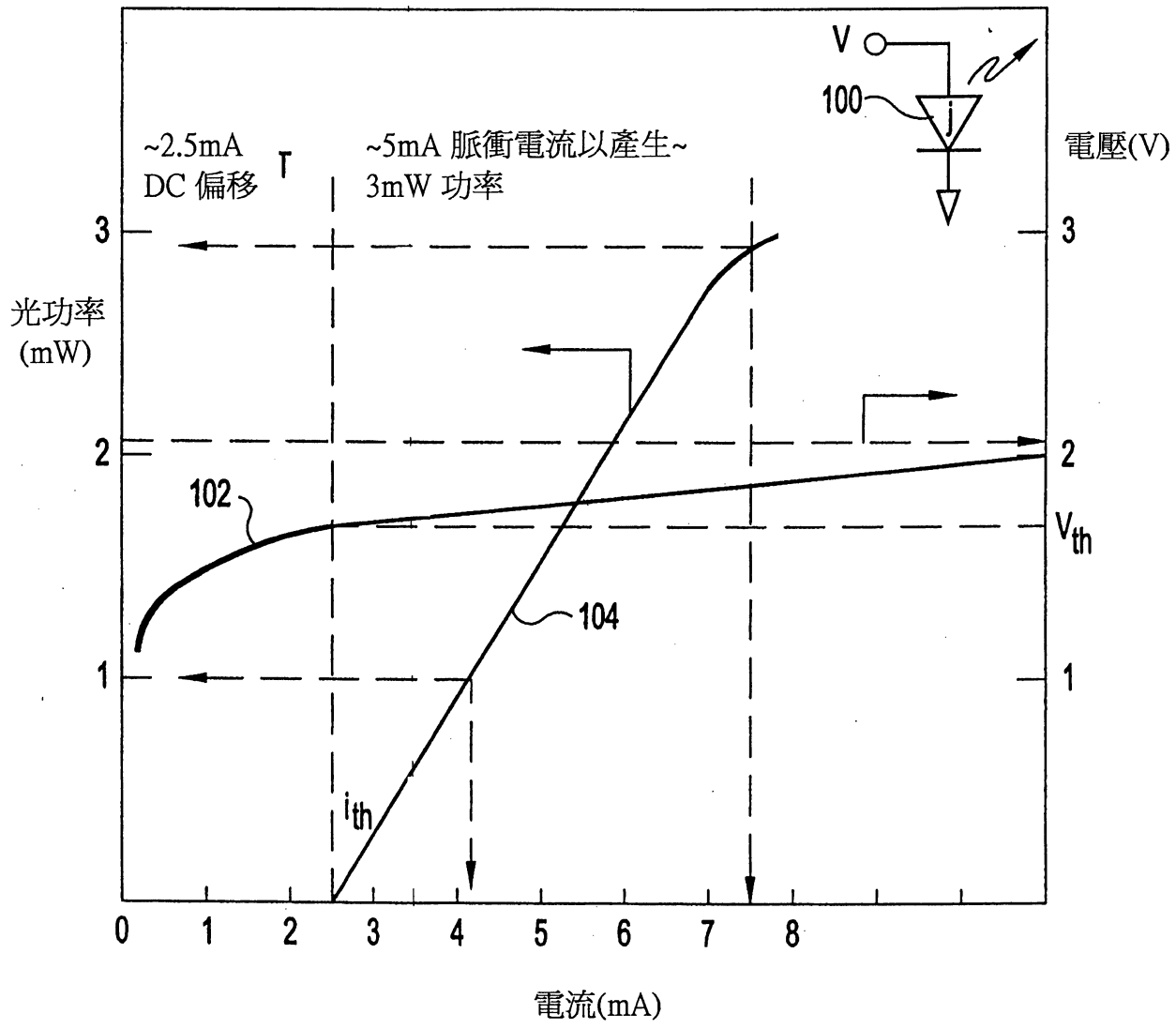

V
100
~2.5mA
DC 偏移
~5mA 脈衝電流以產生~
3mW 功率
電壓(V)
光功率
(mW)
3
2
1
102
104
V_{th}
i_{th}
0
1
2
3
4
5
6
7
8
電流(mA)

圖 1

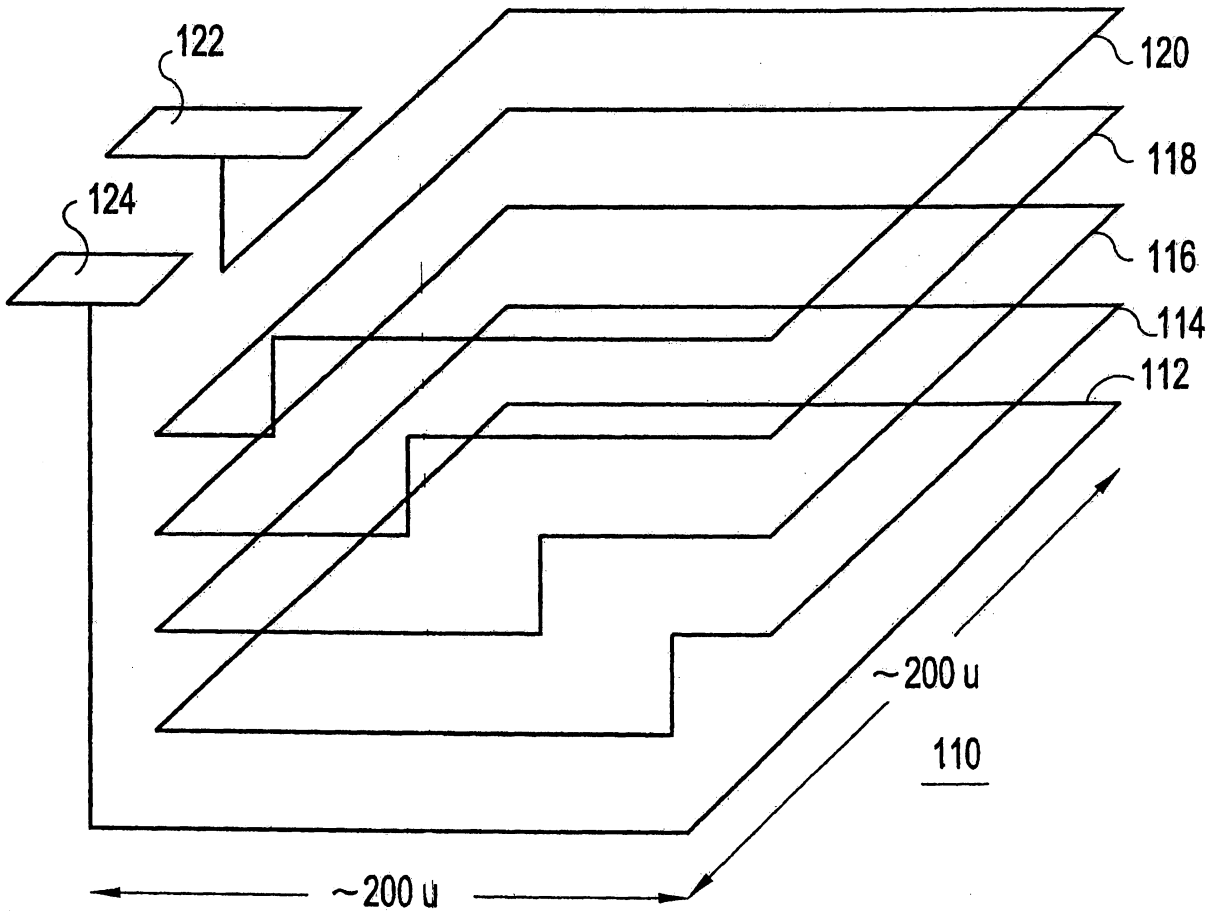


圖 2

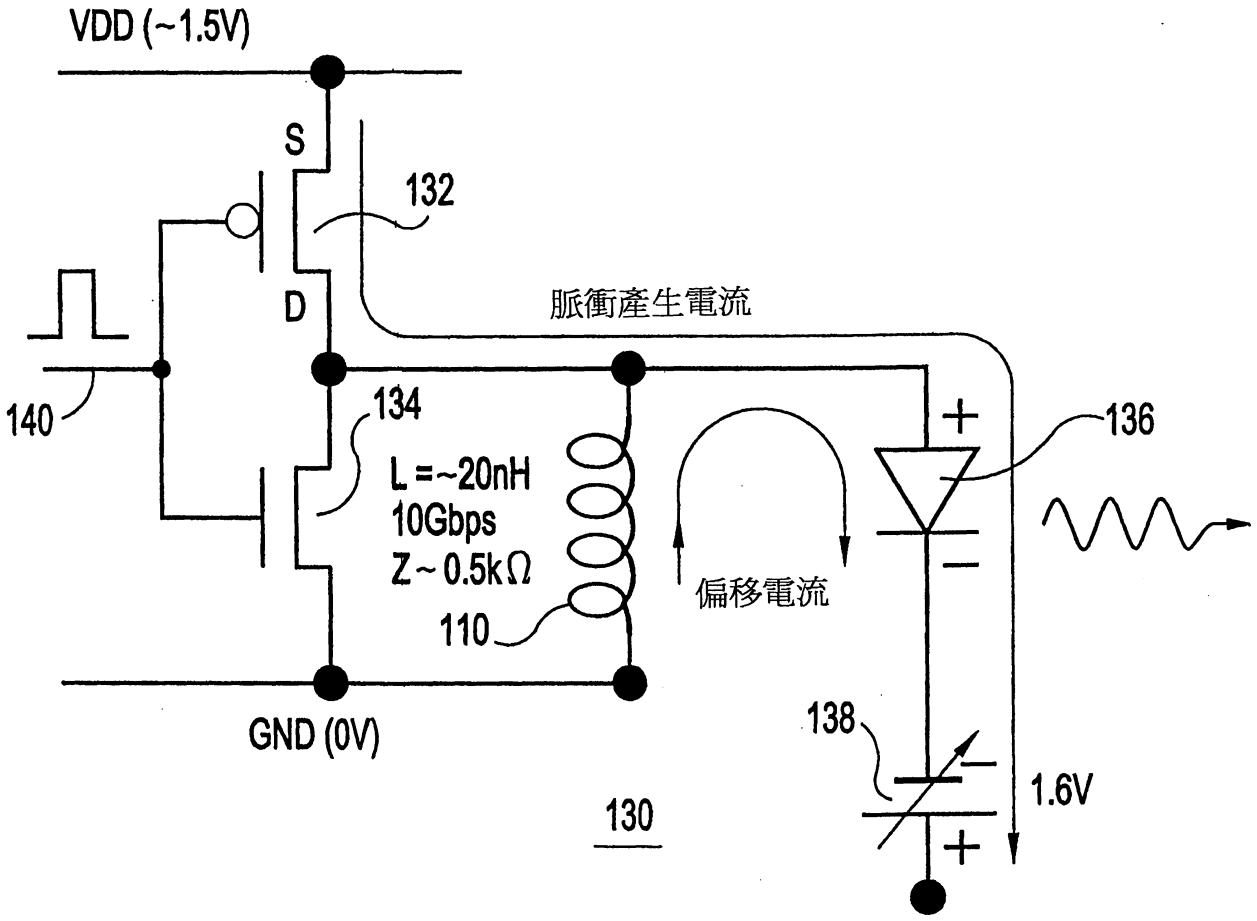

VDD (~1.5V)
S
132
D
脈衝產生電流
140
134
L =~20nH
10Gbps
Z~ 0.5kΩ
110
偏移電流
136
138
1.6V
GND (0V)
130

圖 3

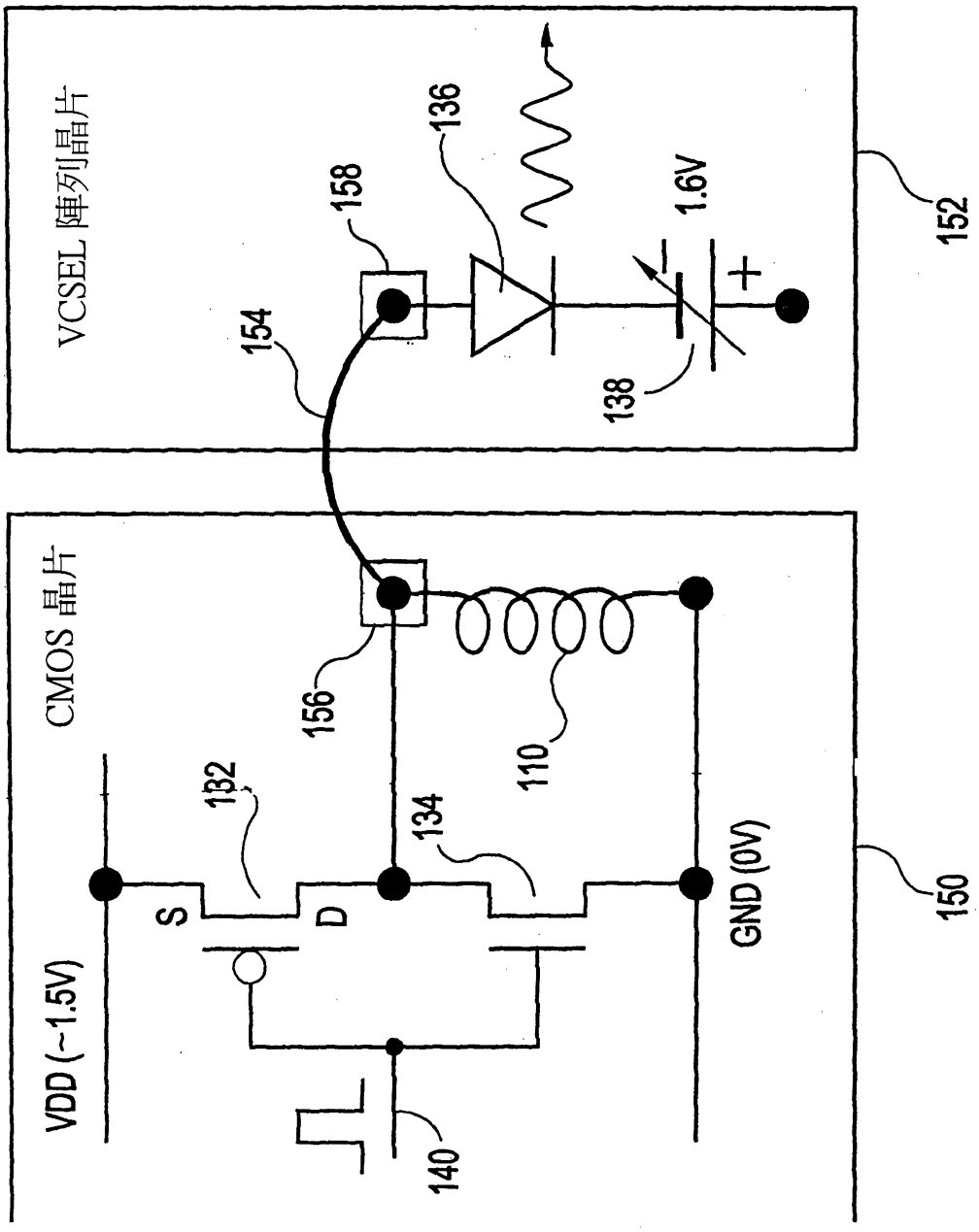

VCSEL 陣列晶片
CMOS 晶片
VDD (~1.5V)
GND (0V)
S
D
1.6V
110
132
134
136
138
140
150
152
154
156
158

圖 4A

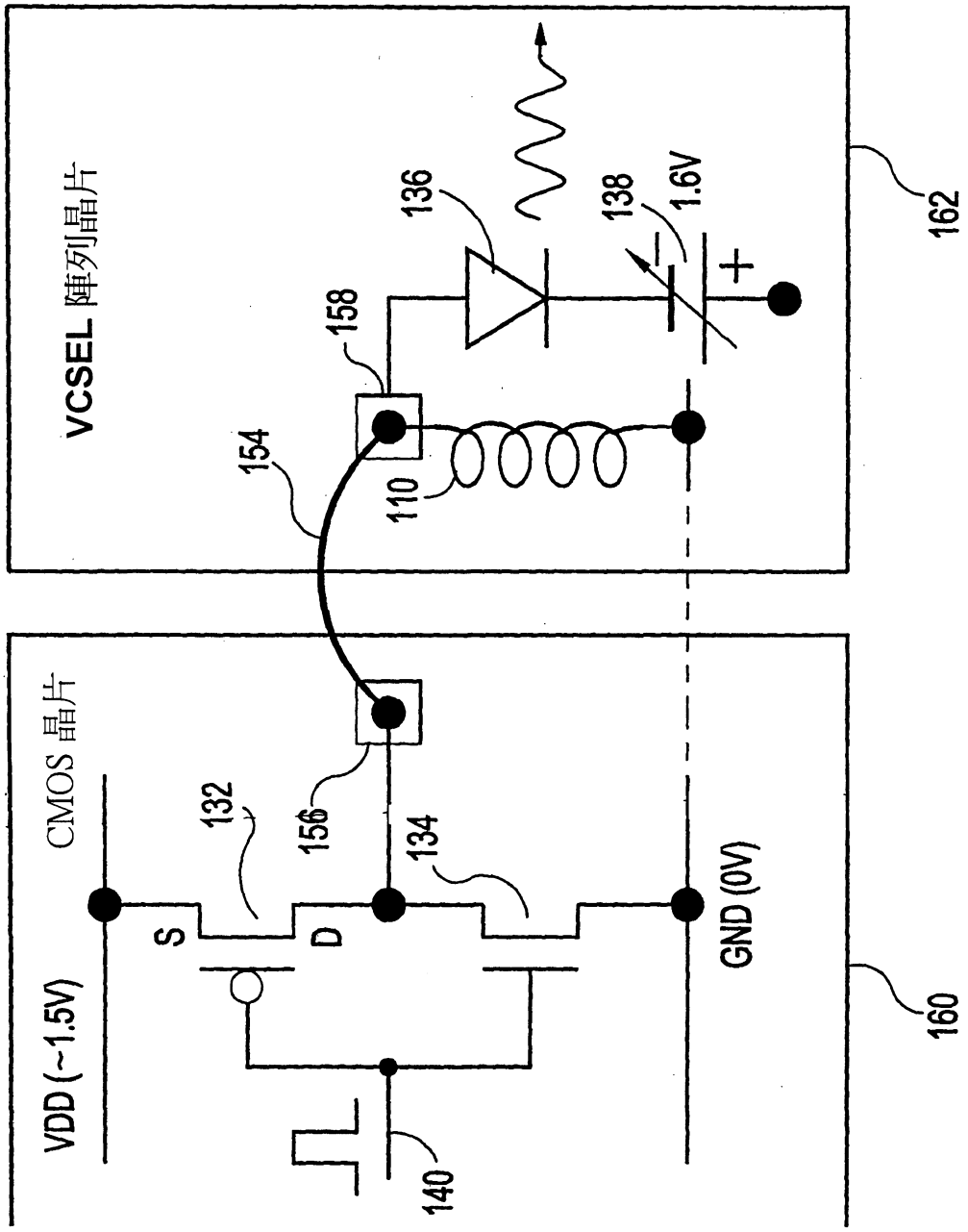

VCSEL 陣列晶片
CMOS 晶片
VDD (~1.5V)
GND (0V)
S
D
132
134
136
138
140
154
156
158
160
162
110
1.6V

圖 4B

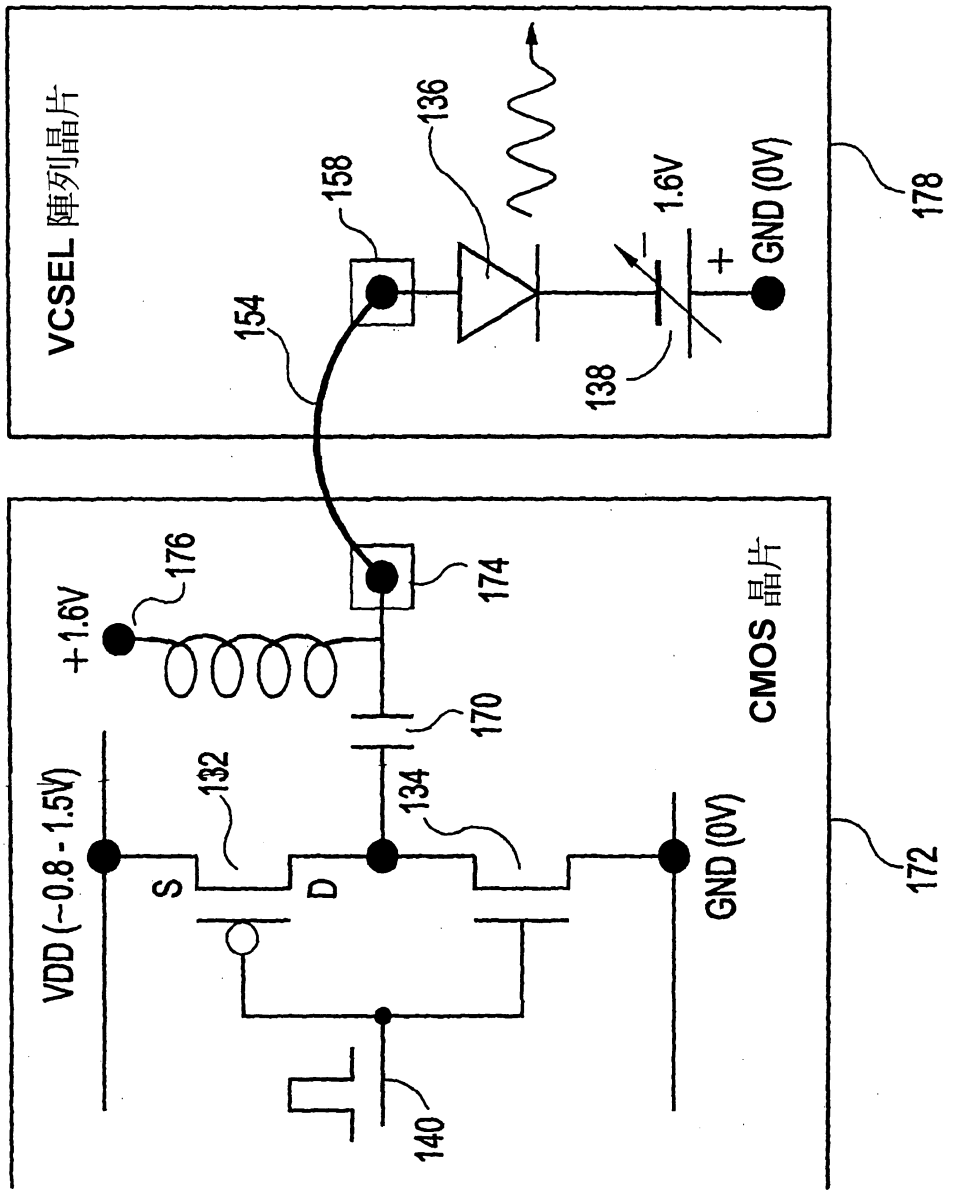

VCSEL 陣列晶片
158
136
154
1.6V
GND (0V)
178
138
+1.6V
176
174
170
CMOS 晶片
VDD (~0.8 - 1.5V)
132
134
S
D
GND (0V)
172
140

圖 5A

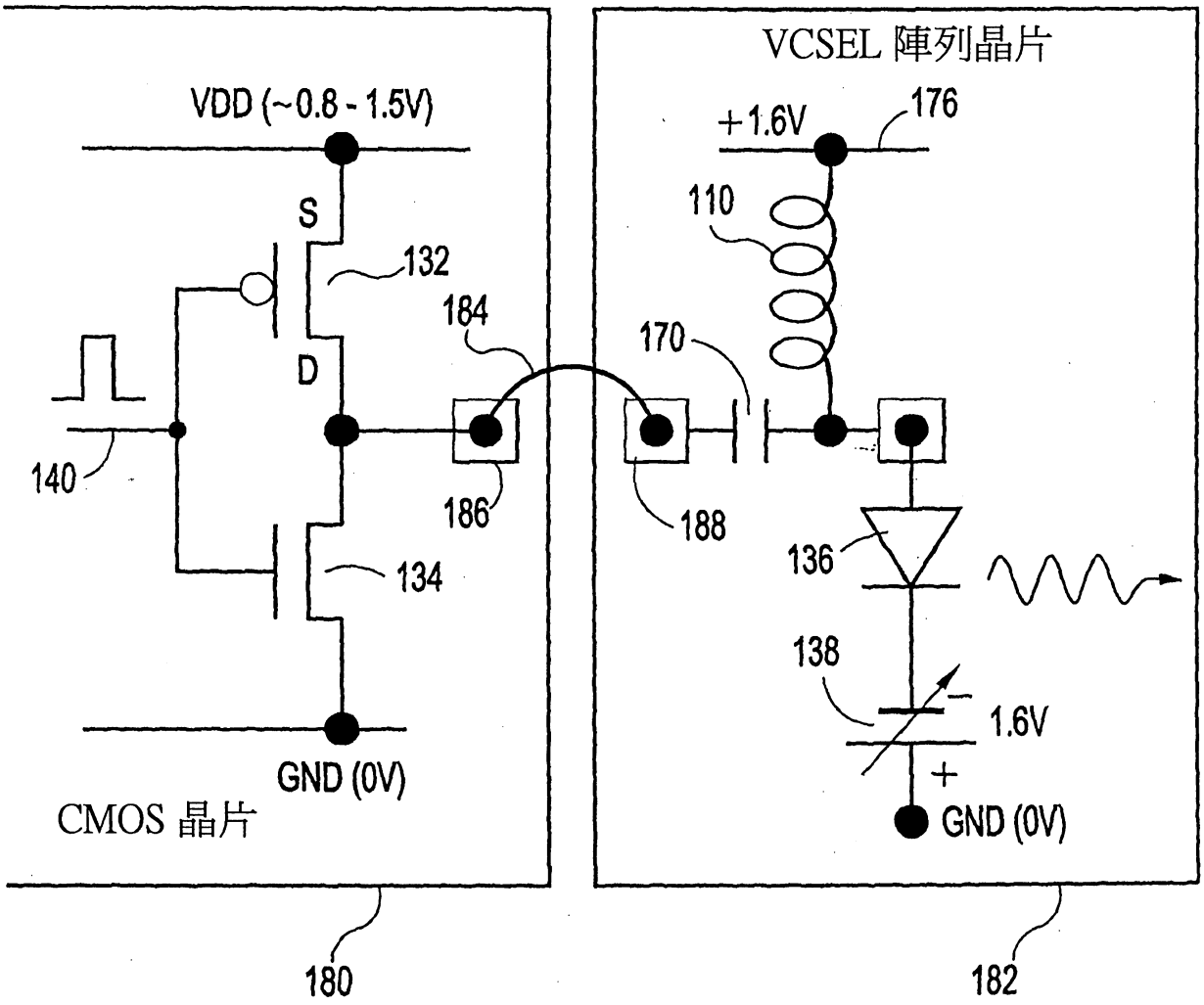

VCSEL 陣列晶片
VDD (~0.8 - 1.5V)
+1.6V
176
110
S
132
184
170
D
140
186
188
136
134
138
1.6V
+
GND (0V)
GND (0V)
CMOS 晶片
180
182

圖 5B

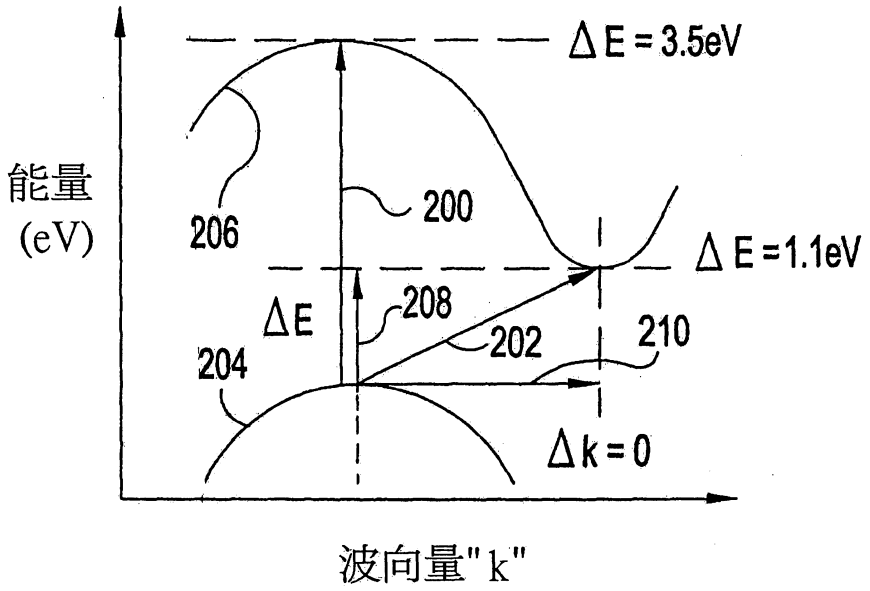

ΔE = 3.5eV
能量
(eV)
206
200
ΔE = 1.1eV
ΔE
208
202
210
204
Δk = 0
波向量"k"

圖 6A

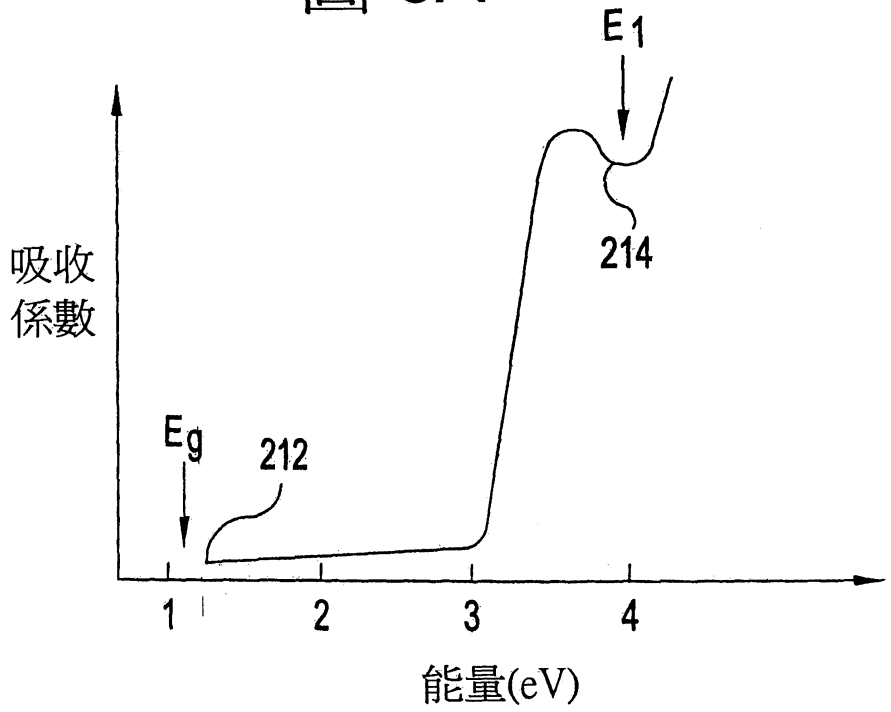

E1
214
吸收
係數
Eg
212
1
2
3
4
能量(eV)

圖 6B

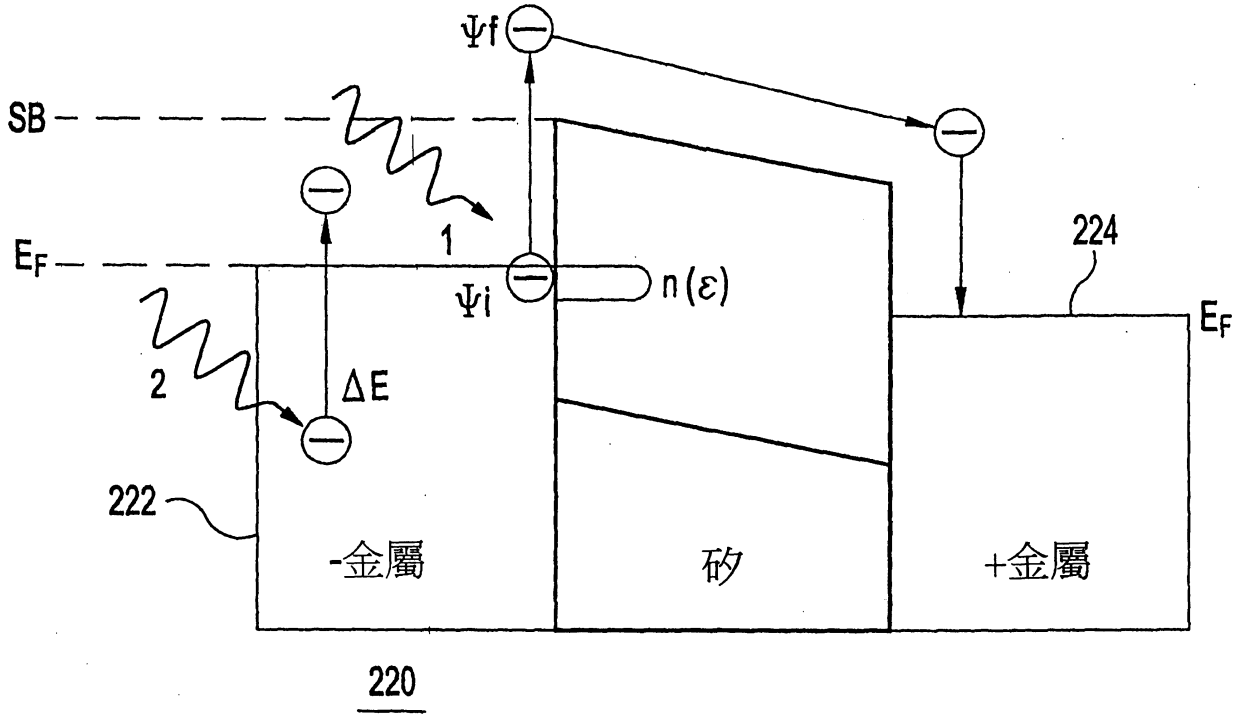


圖 7

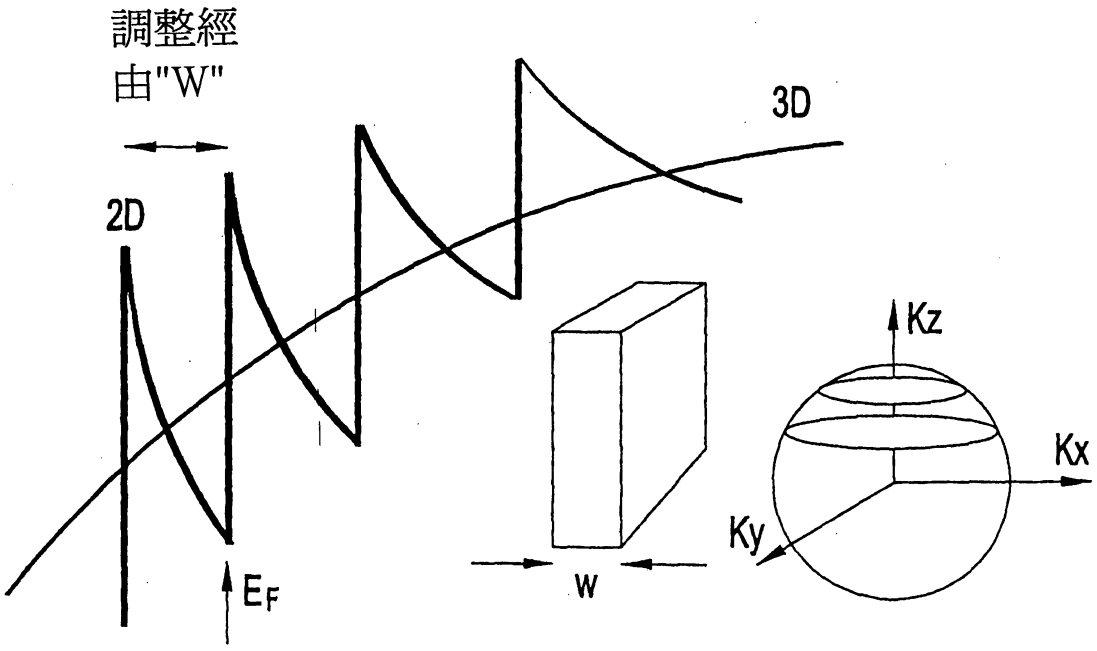


圖 9

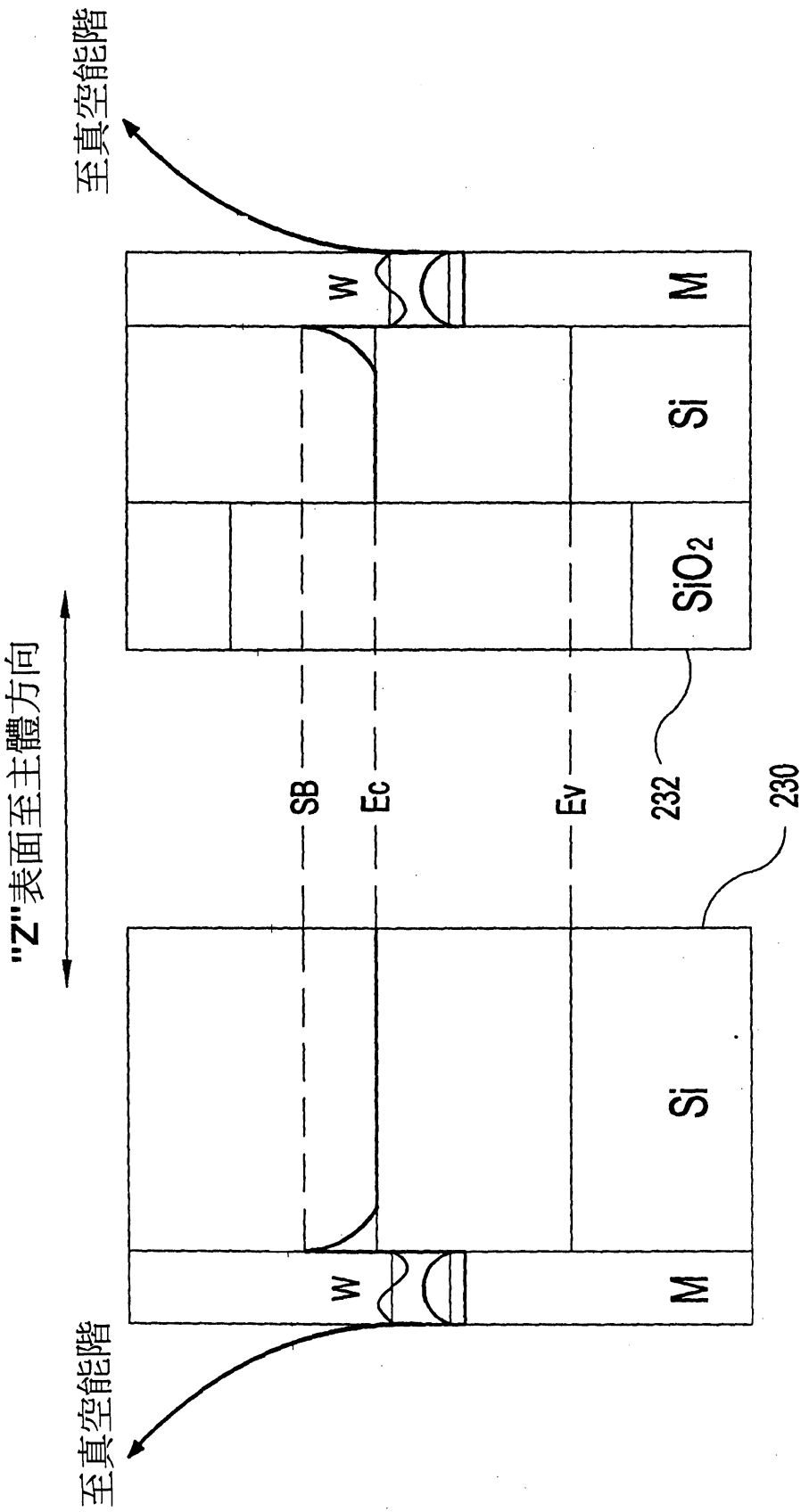


圖 8

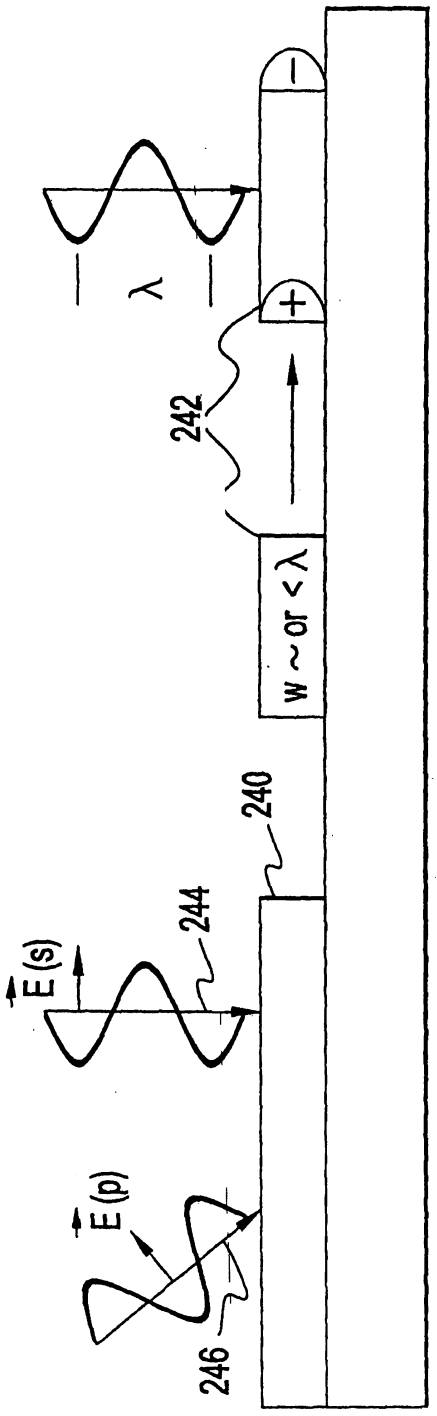


圖 10

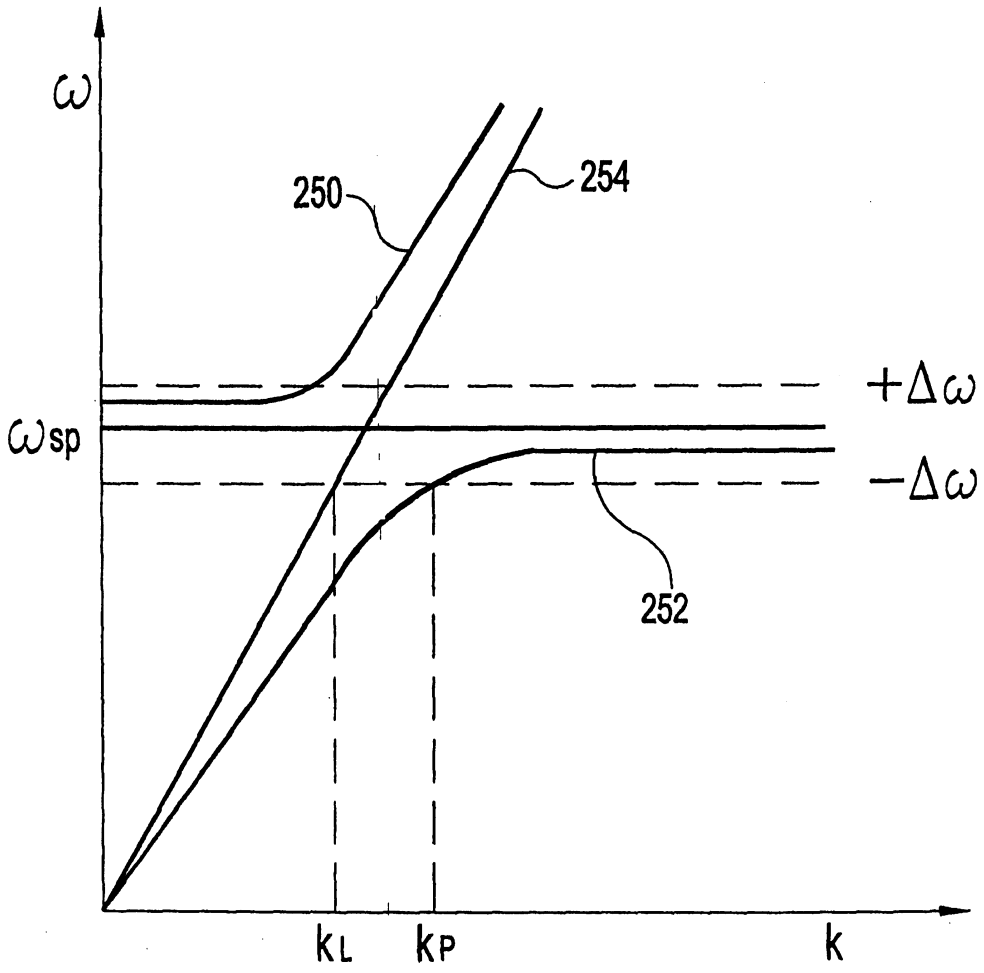


圖 11

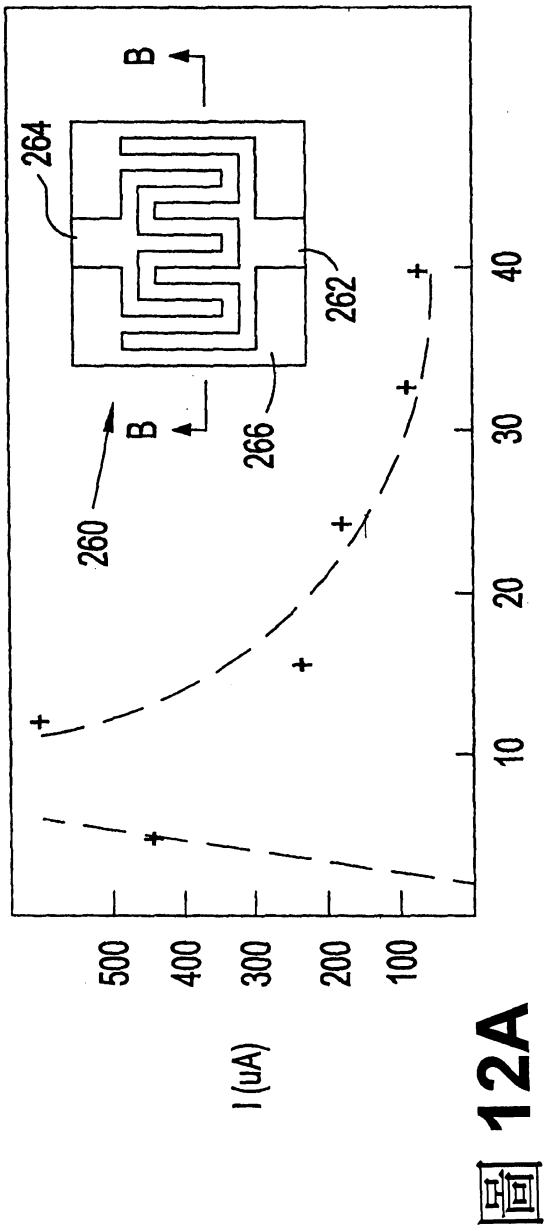

264
B
B
260
266
262
500
400
300
200
100
I (uA)
10
20
30
40
膜厚度(nm)

圖 12A

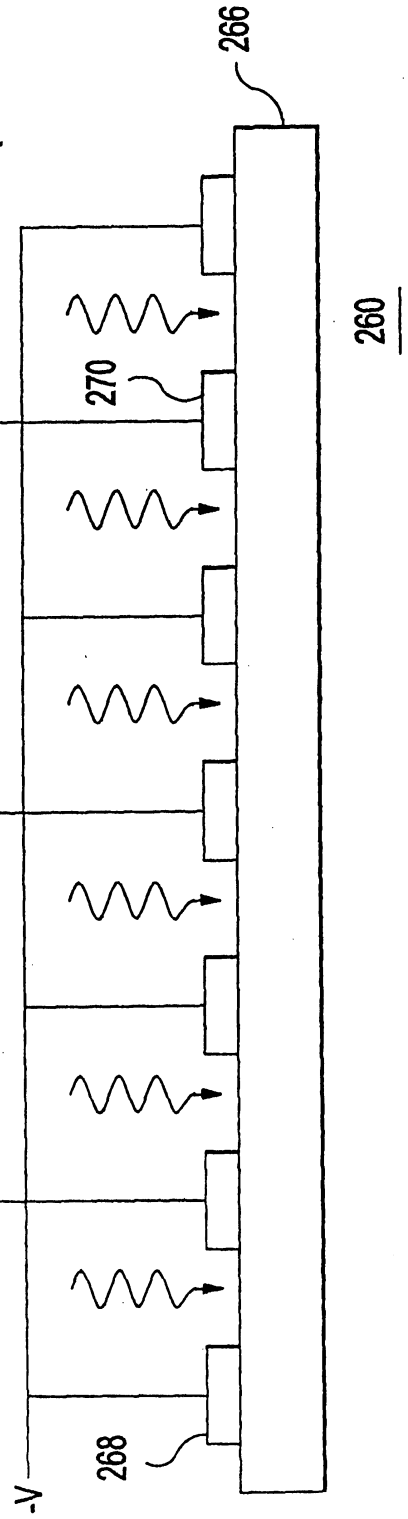

+V
-V
266
270
268
260

圖 12B

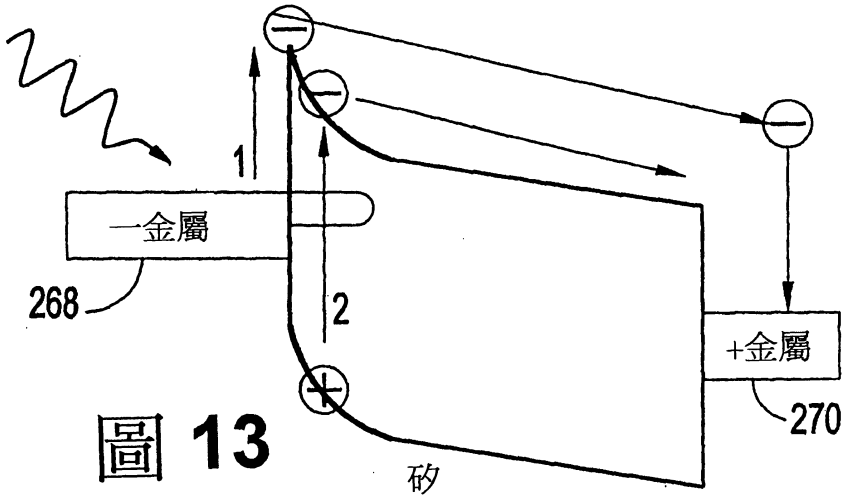


圖 13

圖 14A

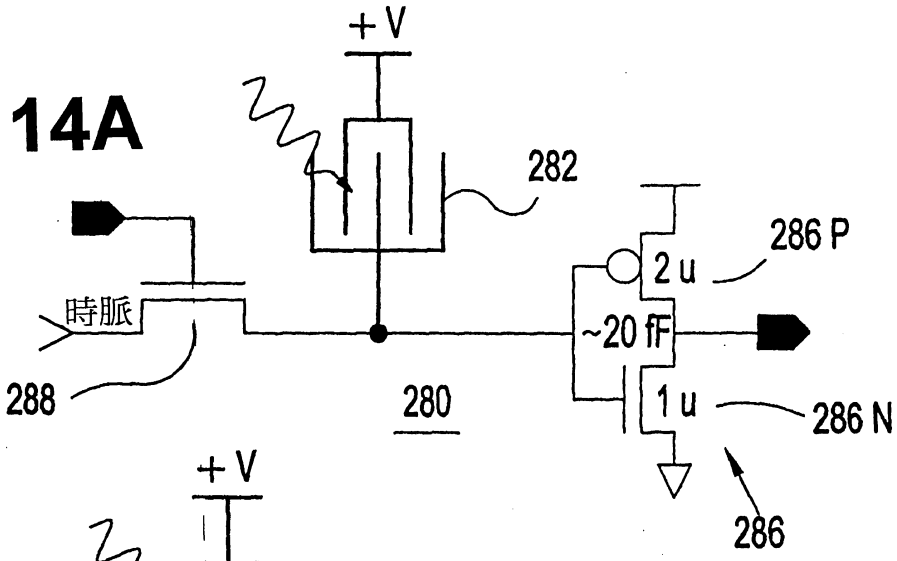
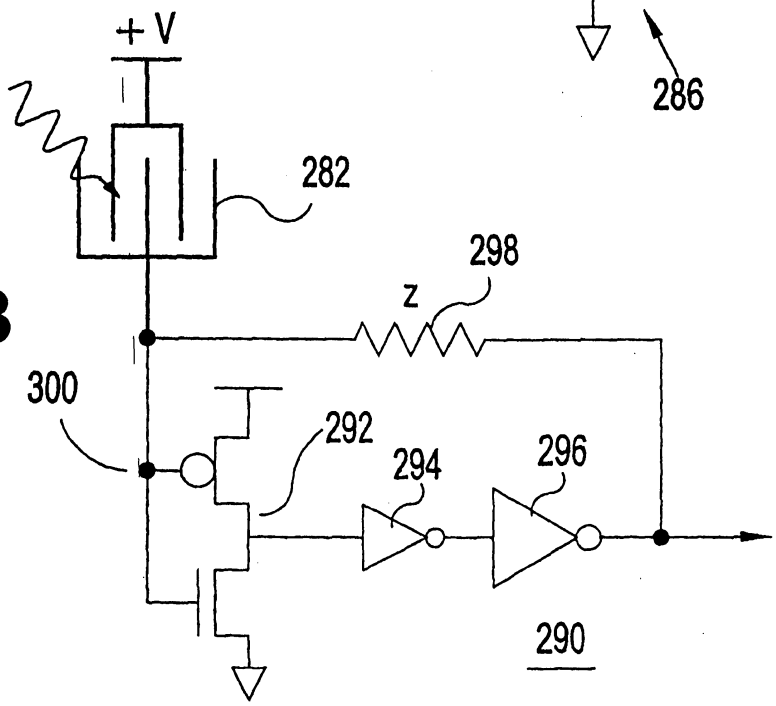


圖 14B



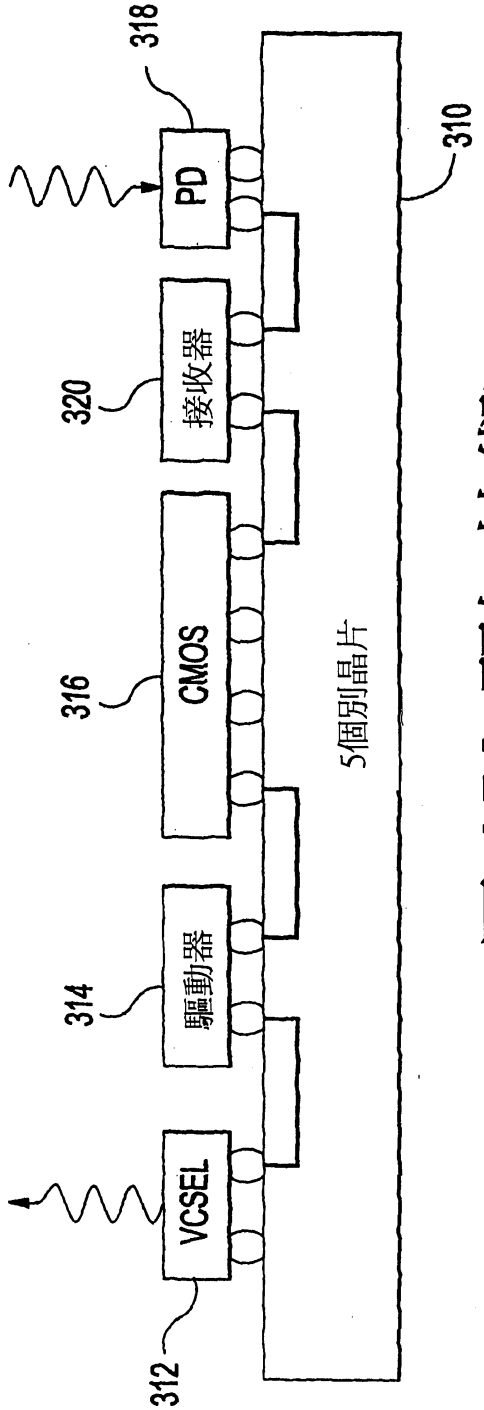


圖 15A(習知技術)

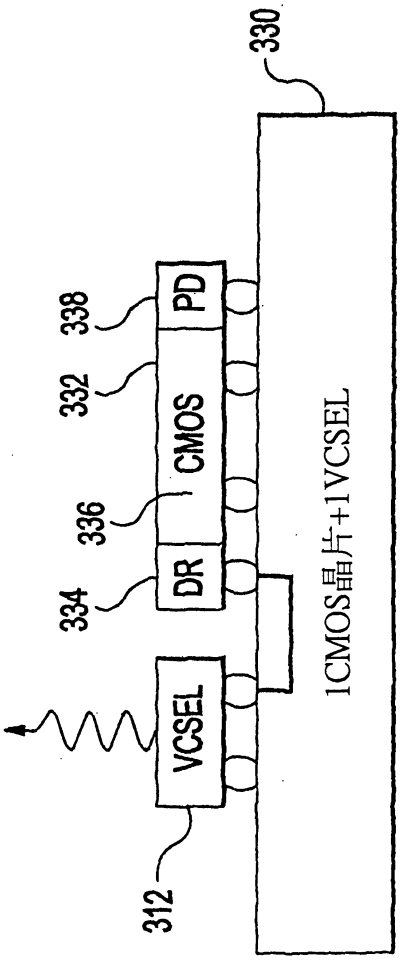


圖 15B

公告本

修正替換頁
~~更~~
94年1月21日

I232623

申請日期： 92.10.29	IPC分類 H01S 5/183, H01L 31/108
申請案號： 92130038	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明名稱	中 文	包含一互補金氧半導體垂直共振腔面射型雷射驅動器及一高性能光偵測器與互補金氧半導體光接收器的高速資料通道
	英 文	HIGH SPEED DATA CHANNEL INCLUDING A CMOS VCSEL DRIVER AND A HIGH PERFORMANCE PHOTODETECTOR AND CMOS PHOTORECEIVER
二、發明人(共2人)	姓 名(中文)	1.法蘭克 M 玻索 2.菲力浦 G 艾瑪
	姓 名(英文)	1.BOZSO, FERENC M. 2.EMMA, Phillip G.
	國 籍(中英文)	1.美國 US 2.美國 US
	住居所(中 文)	1.美國康乃迪克州06877里吉菲德市塔可拉小徑200號 2.美國康乃迪克州06811丹伯立市狐狸窩路28號
	住居所(英 文)	1.200 Tackora Trail, Ridgefield, CT 06877 USA 2.28 Fox Den Road, Danbury, CT 06811 USA
三、申請人(共1人)	名稱或姓 名(中文)	1.萬國商業機器公司
	名稱或姓 名(英文)	1.INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
	國 籍(中英文)	1.美國 US
	住居所(營業所)(中 文)	1.美國紐約州10504亞芒克市新奧爾察德路 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所(營業所)(英 文)	1.New Orchard Road, Armonk, NY 10504, USA
	代表人(中文)	1.傑羅 羅森梭
	代表人(英文)	1.Gerald Rosenthal