



(21) 申請案號：103113184 (22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 10 日

(51) Int. Cl. : *H01S5/042 (2006.01)* *H01S5/068 (2006.01)*

(30) 優先權：2013/08/08 美國 61/863,707

(71) 申請人：威盛電子股份有限公司 (中華民國) VIA TECHNOLOGIES, INC. (TW)  
 新北市新店區中正路 533 號 8 樓

(72) 發明人：應振明 YING, CHENG MING (TW)；王維宇 WANG, WEI YU (TW)；王怡然  
 WANG, YI JAN (TW)；陳彥宇 CHEN, YEN YU (TW)

(74) 代理人：洪澄文；顏錦順

(56) 參考文獻：

TW	I228849	JP	60-066886
JP	2006-174403A	JP	2007-287936A
US	5761230A	US	2008/0063018A1
US	2009/0286343A1		

審查人員：王榮華

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：4 共 27 頁

(54) 名稱

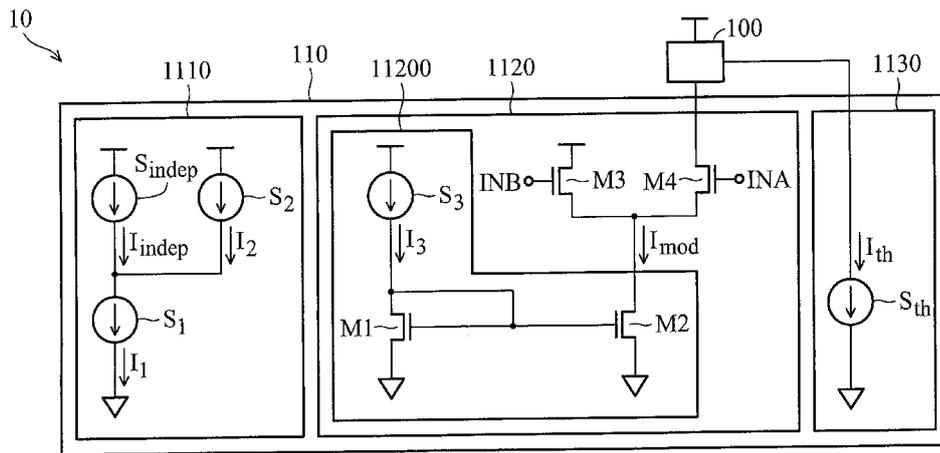
具溫度補償之雷射驅動電路和雷射驅動方法

CIRCUIT AND METHOD FOR DRIVING LASER WITH TEMPERATURE COMPENSATION

(57) 摘要

一種具溫度補償的雷射驅動電路，用以驅動一雷射元件，包括：一溫度補償電路，根據一第一電流以及一溫度非相關之電流產生一第二電流；以及一調變電流產生電路，根據該第二電流產生一調變電流，並根據該調變電流調整該雷射元件的光輸出功率；其中，該第一電流正比於絕對溫度；其中，該第二電流相對於絕對溫度的變化率大於該第一電流相對於絕對溫度的變化率。

A laser driving circuit with temperature compensation, used to drive a laser component, comprising: a temperature compensation circuit, generating a second current according to a first current and a temperature-independent current; and a modulation current generation circuit, generating a modulation current according to the second current and modulating optical output power of the laser component according to the modulation current, wherein the first current is proportional to absolute temperature, and a rate of change of the second current with respect to absolute temperature is larger than that of the first current with respect to absolute temperature.



第 1 圖

- 10 . . . 雷射裝置
- 100 . . . 雷射元件
- 110 . . . 雷射驅動電路
- 1110 . . . 溫度補償電路
- 1120 . . . 調變電流產生電路
- 1130 . . . 偏壓電流產生電路
- 11200 . . . 電流鏡電路
- INA、INB . . . 控制訊號
- $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_{indep}$  . . . 電流
- $I_{mod}$  . . . 調變電流
- $I_{th}$  . . . 偏壓電流
- M1、M2 . . . 電晶體
- M3、M4 . . . 切換電晶體
- $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_{indep}$  . . . 電流源
- $S_{th}$  . . . 偏壓電流源

## 發明摘要

※ 申請案號：103113184

H01S 5/042 (2006.01)

※ 申請日：103. 4. 10

※IPC 分類：H01S 5/068 (2006.01)

**【發明名稱】** 具溫度補償之雷射驅動電路和雷射驅動方法Circuit And Method For Driving Laser With Temperature  
Compensation**【中文】**

一種具溫度補償的雷射驅動電路，用以驅動一雷射元件，包括：一溫度補償電路，根據一第一電流以及一溫度非相關之電流產生一第二電流；以及一調變電流產生電路，根據該第二電流產生一調變電流，並根據該調變電流調整該雷射元件的光輸出功率；其中，該第一電流正比於絕對溫度；其中，該第二電流相對於絕對溫度的變化率大於該第一電流相對於絕對溫度的變化率。

**【英文】**

A laser driving circuit with temperature compensation, used to drive a laser component, comprising: a temperature compensation circuit, generating a second current according to a first current and a temperature-independent current; and a modulation current generation circuit, generating a modulation current according to the second current and modulating optical output power of the laser component according to the modulation current, wherein the first current is proportional to absolute temperature, and a rate of change of the second current



with respect to absolute temperature is larger than that of the  
first current with respect to absolute temperature.

0 1 . 1 . 84

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第 1 圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

10～雷射裝置；

100～雷射元件；

110～雷射驅動電路；

1110～溫度補償電路；

1120～調變電流產生電路；

1130～偏壓電流產生電路；

11200～電流鏡電路；

INA、INB～控制訊號；

$I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_{indep}$ ～電流；

$I_{mod}$ ～調變電流；

$I_{th}$ ～偏壓電流；

M1、M2～電晶體；

M3、M4～切換電晶體；

$S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_{indep}$ ～電流源；

$S_{th}$ ～偏壓電流源。

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

無。

# 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】** 具溫度補償之雷射驅動電路和雷射驅動方法

Circuit And Method For Driving Laser With Temperature  
Compensation

**【技術領域】**

**【0001】** 本發明係有關於雷射驅動電路和方法，且特別有關於具溫度補償之雷射驅動電路和方法。

**【先前技術】**

**【0002】** 隨著光傳輸技術的發展，光纖傳輸在傳輸速率、傳輸距離和抗干擾能力上具有相當優勢，因此光傳輸裝置(optical transmission device)得到了越來越廣泛的應用。在光傳輸裝置中，通常會利用雷射(Light Amplification by Stimulated Emission)元件將電子訊號轉換為光訊號以透過光纖等傳輸媒介傳送光訊號。其中，垂直腔表面發光雷射(Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL)元件常用來當作光傳輸裝置中的雷射光源。VCSEL元件的可靠性高，其可高速驅動、可大規模陣列化並且因為可大量生產而能降低生產成本。除此之外，VCSEL元件還具有很低的雷射臨界電流、單縱模及低分散的雷射光束。因此，VCSEL元件已成為各種光纖通訊與光儲存系統中非常重要的雷射光源，特別是高速長距離的光纖通訊系統。

**【0003】** VCSEL元件的光輸出功率大小與其驅動電流大小正相關，但同時也會隨著其操作溫度變化而不同。一般而言，當操作溫度較高時，則VCSEL元件的驅動電流必須增大才能達

到與操作溫度較低時相同的光輸出功率。因此，需要一種溫度補償機制以隨著操作溫度改變而對應調整驅動電流。傳統溫度補償機制可能藉由偵測操作溫度進而對應調整驅動電流，然而此種作法使得驅動電流無法即時且連續性地隨著操作溫度不同而有所調整。除此之外，在傳統溫度補償機制中，電流對溫度的變化量可能不足夠大，而使得補償效果和效率有限。

### 【發明內容】

【0004】 有鑑於此，本發明利用一正比於絕對溫度之電流以及一溫度非相關之電流產生用以驅動雷射元件的調變電流，以即時且連續性地隨著操作溫度不同而調整雷射元件之驅動電流，藉此達到溫度補償，並藉由同步偏移正比於絕對溫度之電流以及溫度非相關之電流的大小調整雷射元件之電流對溫度的變化斜率。

【0005】 本發明一實施例提供一種具溫度補償的雷射驅動電路，用以驅動一雷射元件，包括：一溫度補償電路，根據一第一電流以及一溫度非相關之電流產生一第二電流；以及一調變電流產生電路，根據該第二電流產生一調變電流，並根據該調變電流調整該雷射元件的光輸出功率；其中，該第一電流正比於絕對溫度；其中，該第二電流相對於絕對溫度的變化率大於該第一電流相對於絕對溫度的變化率。

【0006】 本發明另一實施例提供一種具溫度補償的雷射驅動方法，用以驅動一雷射元件，包括：根據一第一電流以及一溫度非相關之電流產生一第二電流，其中，該第一電流正比於絕對溫度；根據該第二電流產生一調變電流，並根據該調變電

流調整該雷射元件的光輸出功率；其中，該第二電流相對於絕對溫度的變化率大於該第一電流相對於絕對溫度的變化率。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0007】

第1圖所示為根據本發明一實施例之雷射裝置的電路圖；

第2圖所示為在不同條件下電流源之供應電流與操作溫度的關係示意圖；

第3圖所示為根據本發明另一實施例之電流產生電路的電路圖；

第4圖所示為根據本發明另一實施例之包括雷射元件以及具溫度補償之雷射驅動電路的雷射裝置的電路圖。

### 【實施方式】

【0008】 以下說明為本發明的實施例。其目的是要舉例說明本發明一般性的原則，不應視為本發明之限制，本發明之範圍當以申請專利範圍所界定者為準。

【0009】 值得注意的是，以下所揭露的內容可提供多個用以實踐本發明之不同特點的實施例或範例。以下所述之特殊的元件範例與安排僅用以簡單扼要地闡述本發明之精神，並非用以限定本發明之範圍。此外，以下說明書可能在多個範例中重複使用相同或類似的元件符號或文字。然而，重複使用的目的僅為了提供簡化並清楚的說明，並非用以限定多個以下所討論之實施例以及/或配置之間的關係。此外，以下說明書所述之一個特徵連接至、耦接至以及/或形成於另一特徵之上等的描述，實際可包含多個不同的實施例，包括該等特徵直接接觸，

或者包含其它額外的特徵形成於該等特徵之間等等，使得該等特徵並非直接接觸。

【0010】 在垂直腔表面發光雷射(Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL)元件激發雷射的操作過程中，由於隨著操作溫度不同，VCSEL元件的臨界電流(threshold current)也跟著不同，因此若每次導通VCSEL元件皆重新啓動VCSEL元件，則每次啓動VCSEL元件的啓動電流也會不同。為避免此種狀況，通常一偏壓電流(bias current)會流經VCSEL元件，使VCSEL元件處於激發區的邊緣或功率對電流線性變化區的邊緣但發出非常微弱的光，相當於邏輯「0」。偏壓電流之電流根據VCSEL元件的特性設定，其大小可等於或稍大於VCSEL元件的臨界電流。當驅動VCSEL元件時，除偏壓電流外更加上一調變電流(modulation current)一起流經VCSEL元件時，使VCSEL元件發出比只有偏壓電流時具有更顯著亮度的光，相當於邏輯「1」，而調變電流的大小即改變VCSEL元件的光輸出功率，調變電流越大則光輸出功率越大。

【0011】 第1圖所示為根據本發明一實施例之雷射裝置10的電路圖。此雷射裝置10包括雷射元件100以及具溫度補償之雷射驅動電路110。雷射驅動電路110包括溫度補償電路1110、調變電流產生電路1120以及偏壓電流產生電路1130。溫度補償電路1110可根據一第一電流 $I_1$ 以及一溫度非相關之電流 $I_{indep}$ 產生一第二電流 $I_2$ 。調變電流產生電路1120則可根據第二電流 $I_2$ 產生一調變電流 $I_{mod}$ ，並根據調變電流 $I_{mod}$ 調整雷射元件100的光輸出功率。上述的第一電流 $I_1$ 的電流值正比於絕對溫度，且

第二電流  $I_2$  相對於絕對溫度的變化率大於第一電流  $I_1$  相對於絕對溫度的變化率。偏壓電流產生電路 1130 則可由一偏壓電流源  $S_{th}$  產生一偏壓電流  $I_{th}$  流經雷射元件 100，以提供處於邏輯「0」的狀態時導通雷射元件 100。在此實施例中，雷射元件 100 為用於主動型光纖纜線 (Active Optical Cable, AOC) 之一垂直腔表面發光雷射 (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL) 元件。

【0012】 溫度補償電路 1110 包括電流源  $S_1$ 、 $S_2$  以及  $S_{indep}$ 。電流源  $S_{indep}$  為一溫度非相關 (temperature independent) 之電流源，可根據能隙電壓 (bandgap voltage) 以及內部電阻 (internal resistance) 產生一溫度非相關之電流  $I_{indep}$ 。一般來說，能隙電壓理論上不隨溫度不同而改變，雖然內部電阻的電阻大小可能會受溫度影響，但由於正比於絕對溫度之電流源的電路也會受到內部電阻係數的影響，可視為互相抵銷影響，因此在適當的操作溫度範圍下，溫度非相關之電流  $I_{indep}$  被視為不隨溫度變化而影響電流大小。電流源  $S_1$  為一正比於絕對溫度 (Proportional To Absolute Temperature, PTAT) 之電流源，可產生一正比於絕對溫度之電流，也就是說，隨著絕對溫度的上升，第一電流  $I_1$  的電流值也隨之變大。如第 1 圖所示，溫度非相關之電流源  $S_{indep}$  以及第二電流源  $S_2$  透過第一電流源  $S_1$  耦接一接地端。由電流源  $S_1$ 、 $S_2$  以及  $S_{indep}$  的配置方式可得知，電流源  $S_2$  之第二電流  $I_2$  等於電流源  $S_1$  之第一電流  $I_1$  減去電流源  $S_{indep}$  之電流  $I_{indep}$ ，也就是  $I_2 = I_1 - I_{indep}$ 。

【0013】 調變電流產生電路 1120 包括電流鏡電路 11200 以

及切換電晶體 M3 和 M4。切換電晶體 M3 和 M4 可分別由互為反相的控制訊號 INB 和 INA 控制。當切換電晶體 M3 為導通而切換電晶體 M4 為截止時，調變電流  $I_{mod}$  不流經雷射元件 100，只有偏壓電流  $I_{th}$  流經雷射元件 100，相當於雷射元件 100 處於邏輯「0」之狀態。當切換電晶體 M3 為截止而切換電晶體 M4 為導通時，調變電流  $I_{mod}$  加上偏壓電流  $I_{th}$  流經雷射元件 100，相當於雷射元件 100 處於邏輯「1」之狀態，激發雷射元件 100 發光。此時，調變電流產生電路 1120 可根據調變電流  $I_{mod}$  之電流大小調整雷射元件 100 光輸出功率。

【0014】 電流鏡電路 11200 包括第三電流源  $S_3$ 、一第一電晶體 M1 以及至少一第二電晶體 M2。第三電流源  $S_3$  可鏡射 (mirror) 或複製 (copy) 第二電流  $I_2$  而產生第三電流  $I_3$ 。第一電晶體 M1 以及第二電晶體 M2 可根據一電流增益產生調變電流  $I_{mod}$ ，進而調整雷射元件 100 的光輸出功率。

【0015】 在一實施例中，上述第一電晶體 M1 以及第二電晶體 M2 為 N 型金屬氧化物半導體場效電晶體 (NMOS)，且第一電晶體 M1 與第二電晶體 M2 的通道寬長比相同 (channel width length (W/L) ratio)。第一電晶體 M1 的汲極耦接第一電晶體 M1 的閘極 (即二極體連接方式 diode connect)，用以導通第三電流  $I_3$  至接地端。第一電晶體 M1 的閘極耦接至第二電晶體 M2 的閘極，用以將第三電流  $I_3$  耦合至各第二電晶體 M2。值得注意的是，上述的電流增益與第二電晶體 M2 的數量有關。舉例而言，當僅有單一個第二電晶體 M2 時，調變電流  $I_{mod}$  等於第三電流  $I_3$ 。當有  $n$  個第二電晶體 M2 時，調變電流  $I_{mod}$  等於  $n$  倍第三電流

$I_3$ 。也就是說第二電晶體 M2 數量可用以控制調變電流  $I_{mod}$  與第三電流  $I_3$  之間的關係。因此用多個開關(圖中未示)來選擇性的導通多個第二電晶體 M2 以設定上述的電流增益。

**【0016】** 電流鏡電路 11200 之電流增益係根據雷射元件 100 的特性以及製程邊界(process corner)預先設定，例如典型(Typical-Typical, TT)製程邊界、快速(Fast-Fast, FF)製程邊界以及慢速(Slow-Slow, SS)製程邊界。電流鏡電路之電流增益與溫度無關，並可在將電流增益設定至理想狀態後不再改變。

**【0017】** 調變電流產生電路 1120 可將第二電流  $I_2$  鏡射(mirror)或複製(copy)至電流源  $S_3$  的電流  $I_3$ 。由於  $I_2 = I_1 - I_{indep}$ ，其中溫度非相關之電流  $I_{indep}$  不受溫度影響而電流  $I_1$  隨著溫度上升而變大，因此，第二電流  $I_2$  為正溫度係數電流。同樣地，第三電流  $I_3$  和調變電流  $I_{mod}$  也是正溫度係數電流，使得雷射元件 100 隨著操作溫度不同而可藉由根據正比於絕對溫度之第一電流  $I_1$  和溫度非相關之電流  $I_{indep}$  所產生的調變電流  $I_{mod}$  得到補償。由於第一電流  $I_1$  是即時且連續性地隨著操作溫度不同而變化，因此調變電流  $I_{mod}$  也是即時且連續性地隨著操作溫度不同而變化，也就是說，雷射元件 100 的溫度補償是即時且連續的。此外，第二電流  $I_2$  相對於絕對溫度的變化率大於第一電流  $I_1$  相對於絕對溫度的變化率。以下將詳述第一電流  $I_1$  與第二電流  $I_2$  相對於絕對溫度的變化率。

**【0018】** 第 2 圖所示為在不同條件下電流源之供應電流與操作溫度的關係示意圖，其根據下列表 1、表 2 和表 3 繪製。下列表 1、表 2 和表 3 分別為不同條件下，第二電流  $I_2$  相對於溫度的

電流值。對應於表1的設定條件為：(1)溫度非相關之電流  $I_{indep}$  設定為  $0 \mu A$ ；以及(2)在典型製程邊界 TT 下，操作溫度為  $70^\circ C$  時將對應於典型製程邊界 TT 的第一電流  $I_1$  設定為  $100 \mu A$  ( $\mu A$ )。接著以不同的操作溫度分別在典型製程邊界 TT、慢速製程邊界 SS 和快速製程邊界 FF 的狀況下，得到的第二電流  $I_2$  的電流值大小。由於溫度非相關之電流  $I_{indep}$  為  $0 \mu A$ ，且溫度非相關之電流  $I_{indep}$  不隨操作溫度變化而改變，所以在各操作溫度下溫度非相關之電流  $I_{indep}$  皆為  $0 \mu A$ ，相當於直接以第一電流源  $S_1$  當作第二電流源  $S_2$ 。也就是說，雖然表1對應的是第二電流  $I_2$ ，但典型製程邊界 TT 下的  $I_{indep}$  皆為  $0 \mu A$ ，因此典型製程邊界 TT 下的第二電流  $I_2 =$  第一電流  $I_1 = 100 \mu A$ 。而當操作溫度降至  $20^\circ C$  時，典型製程邊界 TT 下的第二電流  $I_2 =$  第一電流  $I_1 = 84.1 \mu A$ 。也就是說，從  $70^\circ C$  至  $20^\circ C$ ，第二電流  $I_2$  的電流值大小僅減少了約  $15.9\%$ 。相對的，第一電流  $I_1$  的電流值從  $70^\circ C$  至  $20^\circ C$  也下降比例也是  $15.9\%$ 。

	TT	SS	FF
$-10^\circ C$	74.7	66.9	84.4
$0^\circ C$	77.8	69.6	87.9
$10^\circ C$	81	72.4	91.5
$20^\circ C$	84.1	75.3	95
$30^\circ C$	87.3	78.1	98.6
$40^\circ C$	90.5	80.9	102
$50^\circ C$	93.6	83.8	106
$60^\circ C$	96.8	86.6	109

70°C	100	89.4	113
80°C	103	92.3	116

表 1

【0019】 對應下列表 2 的設定條件為：(1)溫度非相關之電流  $I_{indep}$  設定為  $150 \mu A$ ；以及(2)在典型製程邊界 TT 下，將對應於典型製程邊界 TT 的第一電流  $I_1$  設定為  $250 \mu A$ 。接著以不同的操作溫度分別在典型製程邊界 TT、慢速製程邊界 SS 和快速製程邊界 FF 的狀況下，得到的第二電流  $I_2$  的電流值大小。當操作溫度為  $70^\circ C$  時，典型製程邊界 TT 下的正比於絕對溫度之第一電流  $I_1$  設定為  $250 \mu A$  且溫度非相關之電流  $I_{indep}$  設定為  $150 \mu A$ ，因此典型製程邊界 TT 下的第二電流  $I_2$  等於第一電流  $I_1$  減去電流  $I_{indep}$  大約等於  $100 \mu A$  (表 2 中為  $99.7 \mu A$ )。此外，根據表 1 可以得知，操作溫度從  $70^\circ C$  降至  $20^\circ C$  後，典型製程邊界 TT 下的第一電流  $I_1$  的電流值為在  $70^\circ C$  時的  $84.1\%$ 。因此，在表 2 中對應於典型製程邊界 TT 下的第一電流  $I_1$  在操作溫度變為  $20^\circ C$  時的電流大小大約為  $250 \mu A \times 84.1\%$ 。而溫度非相關之電流  $I_{indep}$  仍與溫度無關，所以當操作溫度變為  $20^\circ C$  時其電流大小仍為  $150 \mu A$ 。由於  $I_2 = I_1 - I_{indep}$ ，因此在表 2 中，當操作溫度降至  $20^\circ C$  時，對應於典型製程邊界 TT 下第二電流  $I_2$  大約等於  $250 \mu A \times 84.1\% - 150 \mu A = 60.25 \mu A$  (表 2 中為  $61.7 \mu A$ )。也就是說，在操作溫度由  $70^\circ C$  下降至  $20^\circ C$  時，第二電流  $I_2$  的電流大小減少  $39.45 \mu A$  (亦即  $99.7 - 60.25$ )，下降了約  $40\%$ 。因此第二電流  $I_2$  相對於絕對溫度的變化率 ( $40\%$ ) 大於第一電流  $I_1$  相對於絕對溫度的變化率 ( $15.9\%$ )。

	TT	SS	FF
-10°C	39.4	34.5	44.5
0°C	46.8	41	52.8
10°C	54.2	47.7	61.2
20°C	61.7	54.3	69.7
30°C	69.2	61	78.2
40°C	76.8	67.8	86.8
50°C	84.4	74.5	95.4
60°C	92	81.3	104
70°C	99.7	88.2	113
80°C	107	95	121

表 2

【0020】 對應下列表 3 的設定條件為：(1)溫度非相關之電流  $I_{\text{indep}}$  設定為  $275 \mu\text{A}$ ；以及(2)在典型製程邊界 TT 下，將對應於典型製程邊界 TT 的第一電流  $I_1$  設定為  $375 \mu\text{A}$ 。接著以不同的操作溫度分別在典型製程邊界 TT、慢速製程邊界 SS 和快速製程邊界 FF 的狀況下，得到的第二電流  $I_2$  的電流值大小。當操作溫度為  $70^\circ\text{C}$  時，典型製程邊界 TT 下的正比於絕對溫度之第一電流  $I_1$  設定為  $375 \mu\text{A}$  且溫度非相關之電流  $I_{\text{indep}}$  設定為  $275 \mu\text{A}$ ，因此典型製程邊界 TT 下的第二電流  $I_2$  等於第一電流  $I_1$  減去電流  $I_{\text{indep}}$  大約等於  $100 \mu\text{A}$  (表 3 中為  $99.5 \mu\text{A}$ )。此外，根據表 1 可以得知，操作溫度從  $70^\circ\text{C}$  降至  $20^\circ\text{C}$  後，典型製程邊界 TT 下的第一電流  $I_1$  的電流值變為在  $70^\circ\text{C}$  時的 84.1%。因此，在表 3 中對應於的典型製程邊界 TT 下的第一電流  $I_1$  在操作溫度變為  $20^\circ\text{C}$  時的電流

大小大約為  $375 \mu A \times 84.1\%$ 。而溫度非相關之電流  $I_{indep}$  仍與溫度無關，所以當操作溫度變為  $20^\circ C$  時其電流大小仍為  $275 \mu A$ 。由於  $I_2 = I_1 - I_{indep}$ ，因此，在表3中，當操作溫度降至  $20^\circ C$  時，對應於典型製程邊界 TT 下第二電流  $I_2$  大約等於  $375 \mu A \times 84.1\% - 275 \mu A = 40.375 \mu A$  (表2中為  $43 \mu A$ )。也就是說，在操作溫度由  $70^\circ C$  下降至  $20^\circ C$  時，第二電流  $I_2$  的電流值大小減少  $59.125 \mu A$  (亦即  $99.5 - 40.375$ )，下降了約  $60\%$ ，比表1中的  $15.9\%$  以及表2中的  $40\%$  來得大。第二電流  $I_2$  相對於絕對溫度的變化率 ( $60\%$ ) 大於第一電流  $I_1$  相對於絕對溫度的變化率 ( $15.9\%$ )。相較於表2中的第二電流  $I_2$  相對於絕對溫度的變化率，表3的第二電流  $I_2$  相對於絕對溫度的變化率也較大。須注意的是，上列所舉之第一電流  $I_1$  和溫度非相關之電流  $I_{indep}$  的電流數值僅為示例性，並非用以限制本發明，所屬技術領域中具有通常知識者可根據雷射元件110的特性以及操作環境等調整第一電流  $I_1$  和溫度非相關之電流  $I_{indep}$  的電流數值。

	TT	SS	FF
$-10^\circ C$	10	7.53	11.2
$0^\circ C$	20.9	17.2	23.6
$10^\circ C$	31.9	27	36
$20^\circ C$	43	36.9	48.6
$30^\circ C$	54.2	46.8	61.3
$40^\circ C$	65.4	56.8	74
$50^\circ C$	76.7	66.9	86.8
$60^\circ C$	88.1	77	99.7

70°C	99.5	87.1	113
80°C	111	97.3	126

表 3

【0021】 在先前技術中，通常是直接以正比於絕對溫度之電流(如本發明的中的第一電流 $I_1$ )對於溫度的變化率作為溫度補償的參考值。但當該正比於絕對溫度之電流(如本發明的中的第一電流 $I_1$ )對於溫度的變化率不夠大時，因此可能不足以將雷射元件100的光輸出功率補償至理想狀況。

【0022】 如前所述，第二電流 $I_2$ 的電流大小會影響第三電流 $I_3$ 及調變電流 $I_{mod}$ 的電流值大小，因此，電流 $I_2$ 的電流大小對溫度的變化率會影響電流 $I_{mod}$ 的補償幅度。相較於先前技術，本發明則可透過調整溫度非相關之電流 $I_{indep}$ 以及第一電流 $I_1$ 的數值，進而調整第二電流 $I_2$ 相對於絕對溫度的變化率，而可進行較大範圍的溫度補償。

【0023】 值得注意的是，第1圖中的偏壓電流 $I_{th}$ 可鏡射(mirror)或複製(copy)第二電流 $I_2$ ，再進行特定倍數的縮小後產生。因此偏壓電流 $I_{th}$ 亦可具有溫度補償的特性。

【0024】 第3圖所示為根據本發明另一實施例之溫度補償電路3110的電路圖。溫度補償電路3110的其他細節、溫度補償電路所耦接的驅動電路(如第1圖中的調變電流產生電路1120以及偏壓電流產生電路1130)以及驅動電路所耦接的雷射元件皆與第1圖之實施例相同，因此不再複述。溫度補償電路3110與溫度補償電路1110的差異在於溫度補償電路1110的電流 $I_2$ 為正溫度係數電流，因此可進行雷射元件100的正溫度係數補

償。根據第3圖之溫度補償電路3110，第一電流源 $S_1$ 以及第二電流源 $S_2$ 透過溫度非相關之電流源 $S_{indep}$ 耦接一接地端。第二電流源 $S_2$ 之第二電流 $I_2$ 等於非溫度相關之電流源 $S_{indep}$ 的電流 $I_{indep}$ 減去正比第一電流源 $S_1$ 的第一電流 $I_1$ ，也就是 $I_2=I_{indep}-I_1$ 。因此，溫度補償電路3110的第二電流 $I_2$ 為負溫度係數電流，因此可進行雷射元件100的負溫度係數補償。

【0025】 第4圖為根據本發明另一實施例之包括雷射元件100以及具溫度補償之雷射驅動電路410的雷射裝置40的電路圖。在此實施例中，雷射元件100為用於主動型光纖纜線之一VCSEL元件，且此主動型光纖纜線可用於溝通兩個USB電子裝置(例如一USB主機以及一USB裝置)。

【0026】 雷射驅動電路410與第1圖之雷射驅動電路110的差異在於電流源 $S_4$ 和 $S_c$ ，其餘電晶體M1和M2、切換電晶體M3和M4和偏壓電流源 $S_{th}$ 的操作皆與第1圖之雷射驅動電路110相同，因此不再複述。在雷射驅動電路410中，第四電流源 $S_4$ 為一提供一第四電流 $I_4$ 且溫度非相關之電流源，而電流源為 $S_c$ 正比於絕對溫度之電流源，其產生一溫度非相關之電流 $I_c$ ，電流 $I_c$ 可為正溫度係數電流或負溫度係數電流。如第4圖所示，參考電流 $I_{ref}$ 等於第四電流 $I_4$ 減去電流 $I_c$ ，由於電流 $I_c$ 可為正溫度係數電流或負溫度係數電流，因此參考電流 $I_{ref}$ 可為負溫度係數電流或正溫度係數電流。電流鏡電路41200可根據參考電流 $I_{ref}$ 以及一電流增益產生調變電流 $I_{mod}$ ，並根據該調變電流 $I_{mod}$ 調整雷射元件100的光輸出功率。電流增益係根據雷射元件100的特性以及製程邊界預先設定，例如典型製程邊界、快速製程

邊界以及慢速製程邊界。電流增益與溫度無關，並可在將電流增益設定至理想狀態後不再改變。由於參考電流  $I_{ref}$  可為負溫度係數電流或正溫度係數電流，因此調變電流  $I_{mod}$  也同樣可為負溫度係數電流或正溫度係數電流，使得雷射元件 100 隨著操作溫度不同而可藉由調變電流  $I_{mod}$  進行負溫度係數補償或正溫度係數補償。由於電流  $I_C$  是即時且連續性地隨著操作溫度不同而變化，因此調變電流  $I_{mod}$  也是即時且連續性地隨著操作溫度不同而變化，也就是說，雷射元件 100 的溫度補償是即時且連續的。

【0027】 本發明另一實施例提供一種具溫度補償的雷射驅動方法，用以驅動一雷射元件，例如第 1 圖之雷射元件 100。在本實施例中，雷射元件為用於主動型光纖纜線之一垂直腔表面發光雷射元件。在此具溫度補償的雷射驅動方法中，根據一第一電流以及一溫度非相關之電流產生一第二電流根據一正比於絕對溫度之一第一電流(例如第 1 圖的電流  $I_1$  或第 4 圖的  $I_C$ ) 以及一溫度非相關之電流(例如第 1 圖的電流  $I_{indep}$  或第 4 圖的  $I_4$ ) 產生一調變電流(例如第 1 圖的電流  $I_{mod}$  或第 4 圖的電流  $I_{mod}$ )，並根據調變電流控制雷射元件的光輸出功率。在此具溫度補償的雷射驅動方法中，更利用一切換電路，根據一控制訊號，決定是否將該調變電流耦接至雷射元件，使該雷射元件處於一導通狀態或一低能耗狀態。例如如第 1 圖所示，根據控制訊號  $INA$  和其反相的控制訊號  $INB$  控制切換電晶體  $M3$  和  $M4$  以使調變電流  $I_{mod}$  流經或不流經雷射元件 100。在調變電流的產生中，利用一電流鏡電路根據該第二電流以及一電流增益產生該調變電

流，以驅動該雷射元件。上述電流鏡電路之電流增益係根據雷射元件的特性以及製程邊界預先設定，與溫度無關，並可在設定至理想狀態後不再改變。

【0028】 綜上所述，本發明根據一正比於絕對溫度之電流以及一溫度非相關之電流產生雷射元件的調變電流，並根據調變電流調整雷射元件的光輸出功率，由於正比於絕對溫度之電流源即時且連續性地隨著操作溫度不同而改變所提供的正比於絕對溫度之電流的電流大小，因此調變電流為即時且連續性地隨著操作溫度不同而變化，藉此可對雷射元件進行即時且連續性的溫度補償。除此之外，藉由正比於絕對溫度之電流源以及溫度非相關之電流源的不同配置，例如第1圖之溫度補償電路1110中電流源 $S_1$ 和 $S_{indep}$ 的配置以及第3圖之溫度補償電路3110中電流源 $S_1$ 和 $S_{indep}$ 的配置，可產生正溫度係數或負溫度係數的調變電流，因此可進行雷射元件的正溫度係數補償或負溫度係數補償。再者，如第2圖所示，藉由正比於絕對溫度之電流以及一溫度非相關之電流數值，可調整調變電流對於溫度的變化率，藉此調整補償範圍，而可增進補償效果和效率。

【0029】 以上所述為實施例的概述特徵。所屬技術領域中具有通常知識者應可以輕而易舉地利用本發明為基礎設計或調整以實行相同的目的和/或達成此處介紹的實施例的相同優點。所屬技術領域中具有通常知識者也應了解相同的配置不應背離本創作的精神與範圍，在不背離本創作的精神與範圍下他們可做出各種改變、取代和交替。說明性的方法僅表示示範性的步驟，但這些步驟並不一定要以所表示的順序執行。可另外

加入、取代、改變順序和/或消除步驟以視情況而作調整，並與所揭露的實施例精神和範圍一致。

### 【符號說明】

#### 【0030】

10、40～雷射裝置；	100～雷射元件；
110、410～雷射驅動電路；	1110、3110～溫度補償電路；
1120～調變電流產生電路；	1130～偏壓電流產生電路；
11200、41200～電流鏡電路；	FF1、FF2、FF3～快速製程邊界；
INA、INB～控制訊號；	$I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ 、 $I_{indep}$ 、 $I_C$ ～電流；
$I_{mod}$ 、 $I_{mod'}$ ～調變電流；	$I_{th}$ ～偏壓電流；
M1、M2～電晶體；	M3、M4～切換電晶體；
$S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$ 、 $S_{indep}$ 、 $S_C$ ～電流源；	$S_{th}$ ～偏壓電流源；
SS1、SS2、SS3～慢速製程邊界；	TT1、TT2、TT3～典型製程邊界。

## 申請專利範圍

1. 一種具溫度補償的雷射驅動電路，用以驅動一雷射元件，包括：  
一溫度補償電路，根據一第一電流以及一溫度非相關之電流產生一第二電流；以及  
一調變電流產生電路，根據該第二電流產生一調變電流，並根據該調變電流調整該雷射元件的光輸出功率；  
其中，該第一電流正比於絕對溫度；  
其中，該第二電流相對於絕對溫度的變化率大於該第一電流相對於絕對溫度的變化率。
2. 如申請專利範圍第1項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，更包括一偏壓電流產生電路，用以產生一偏壓電流流經該雷射元件。
3. 如申請專利範圍第1項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，其中該雷射元件為用於主動型光纖纜線之一垂直腔表面發光雷射元件。
4. 如申請專利範圍第1項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，其中該調變電流產生電路更包括：  
一切換電路，根據一控制訊號決定是否將該調變電流耦接至該雷射元件，使該雷射元件處於一導通狀態或一低能耗狀態。
5. 如申請專利範圍第1項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，其中該調變電流產生電路更包括：  
一電流鏡電路，根據該第二電流以及一電流增益產生該調

變電流，以驅動該雷射元件。

6. 如申請專利範圍第5項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，其中該電流鏡電路更包括：
  - 一第一電晶體，該第一電晶體的汲極耦接該第一電晶體的閘極，該第一電晶體用以導通一第三電流至一接地端，其中該第三電流等於該第二電流；以及
  - 至少一第二電晶體，各該第二電晶體的閘極耦接該第一電晶體的閘極，以產生該調變電流。
7. 如申請專利範圍第5項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，其中該電流增益與溫度無關。
8. 如申請專利範圍第1項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，其中該第二電流為一正溫度係數參考電流或一負溫度係數參考電流。
9. 如申請專利範圍第8項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，其中該溫度補償電路，更包括：
  - 一第一電流源，用以產生該第一電流；
  - 一溫度非相關之電流源，用以產生該溫度非相關之電流；
  - 以及
  - 一第二電流源，用以產生該正溫度係數參考電流；其中，該溫度非相關之電流源以及該第二電流源透過該第一電流源耦接一接地端。
10. 如申請專利範圍第8項所述之具溫度補償的雷射驅動電路，其中該溫度補償電路，更包括：
  - 一第一電流源，用以產生該第一電流；

一溫度非相關之電流源，用以產生該溫度非相關之電流；  
以及

一第二電流源，用以產生該負溫度係數參考電流；

其中，該第一電流源以及該第二電流源透過該溫度非相關之電流源耦接一接地端。

11. 一種具溫度補償的雷射驅動方法，用以驅動一雷射元件，包括：  
根據一第一電流以及一溫度非相關之電流產生一第二電流，其中，該第一電流正比於絕對溫度；  
根據該第二電流產生一調變電流，並根據該調變電流調整該雷射元件的光輸出功率；  
其中，該第二電流相對於絕對溫度的變化率大於該第一電流相對於絕對溫度的變化率。
12. 如申請專利範圍第11項所述之具溫度補償的雷射驅動方法，更包括產生一偏壓電流流經該雷射元件。
13. 如申請專利範圍第11項所述之具溫度補償的雷射驅動方法，其中該雷射元件為用於主動型光纖纜線之一垂直腔表面發光雷射元件。
14. 如申請專利範圍第11項所述之具溫度補償的雷射驅動方法，更包括：  
利用一切換電路，根據一控制訊號決定是否將該調變電流耦接至該雷射元件，使該雷射元件處於一導通狀態或一低能耗狀態。
15. 如申請專利範圍第11項所述之具溫度補償的雷射驅動方

法，更包括：

利用一電流鏡電路根據該第二電流以及一電流增益產生該調變電流，以驅動該雷射元件。

16.如申請專利範圍第15項所述之具溫度補償的雷射驅動方法，其中該電流增益與溫度無關。

17.如申請專利範圍第11項所述之具溫度補償的雷射驅動方法，其中第二電流為一正溫度係數參考電流或一負溫度係數參考電流。

18.如申請專利範圍第17項所述之具溫度補償的雷射驅動方法，更包括：

利用一第一電流源產生該第一電流；

利用一溫度非相關之電流源，產生該溫度非相關之電流；  
以及

將該第一電流減去該溫度非相關之電流以產生該正溫度係數參考電流。

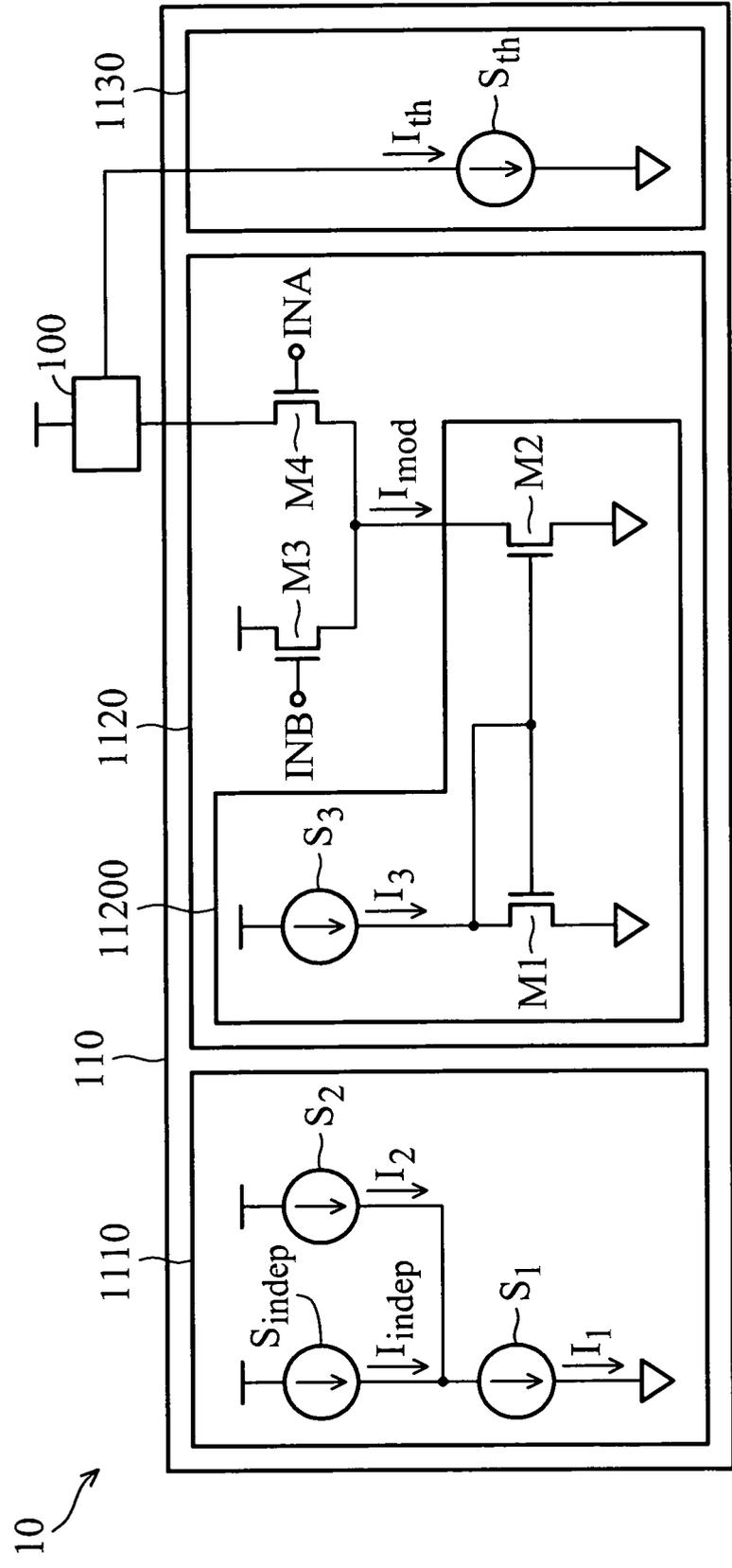
19.如申請專利範圍第17項所述之具溫度補償的雷射驅動方法，更包括：

利用一第一電流源產生該第一電流；

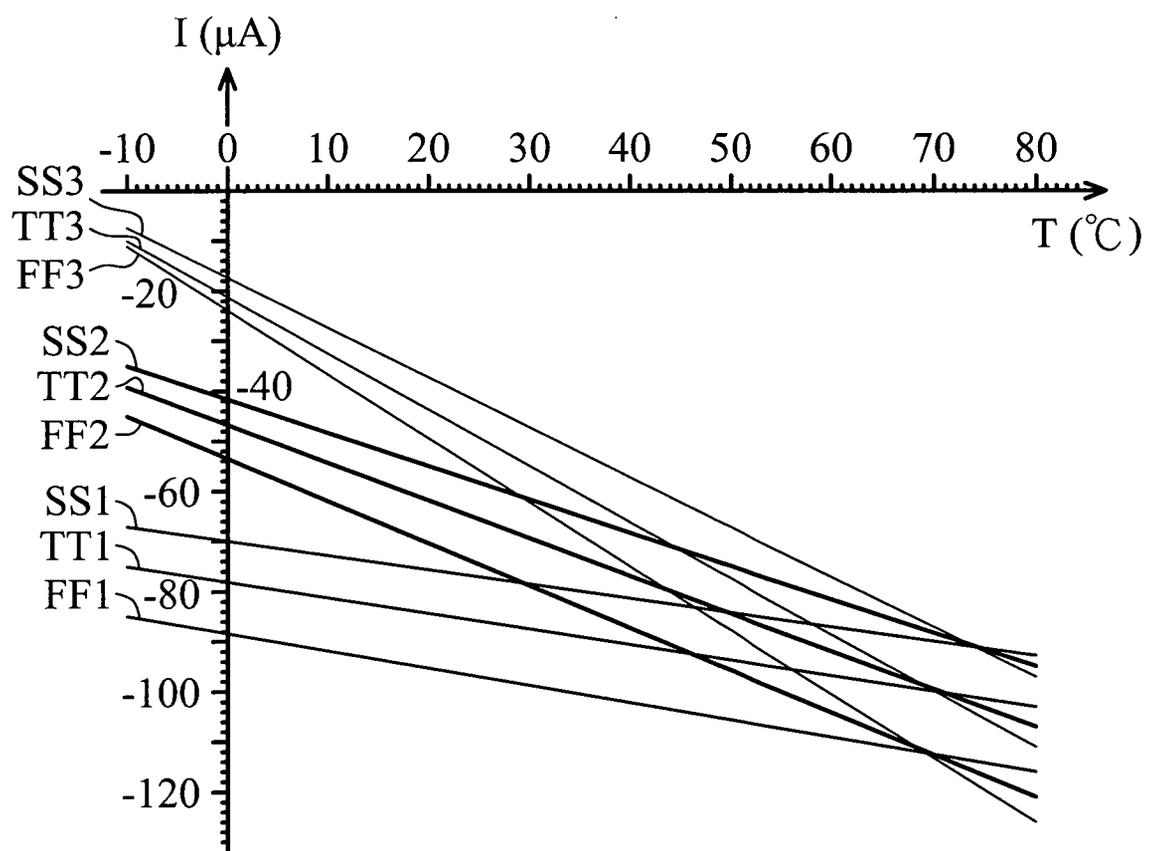
利用一溫度非相關之電流源，產生該溫度非相關之電流；  
以及

將該溫度非相關之電流減去該第一電流以產生該負溫度係數參考電流。

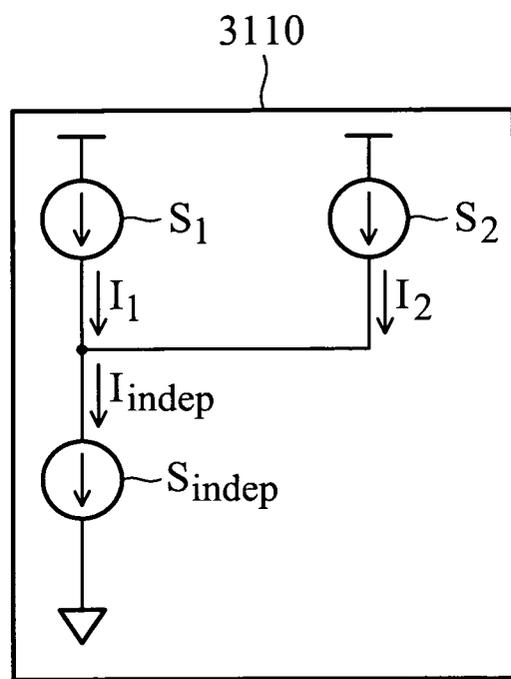
圖式



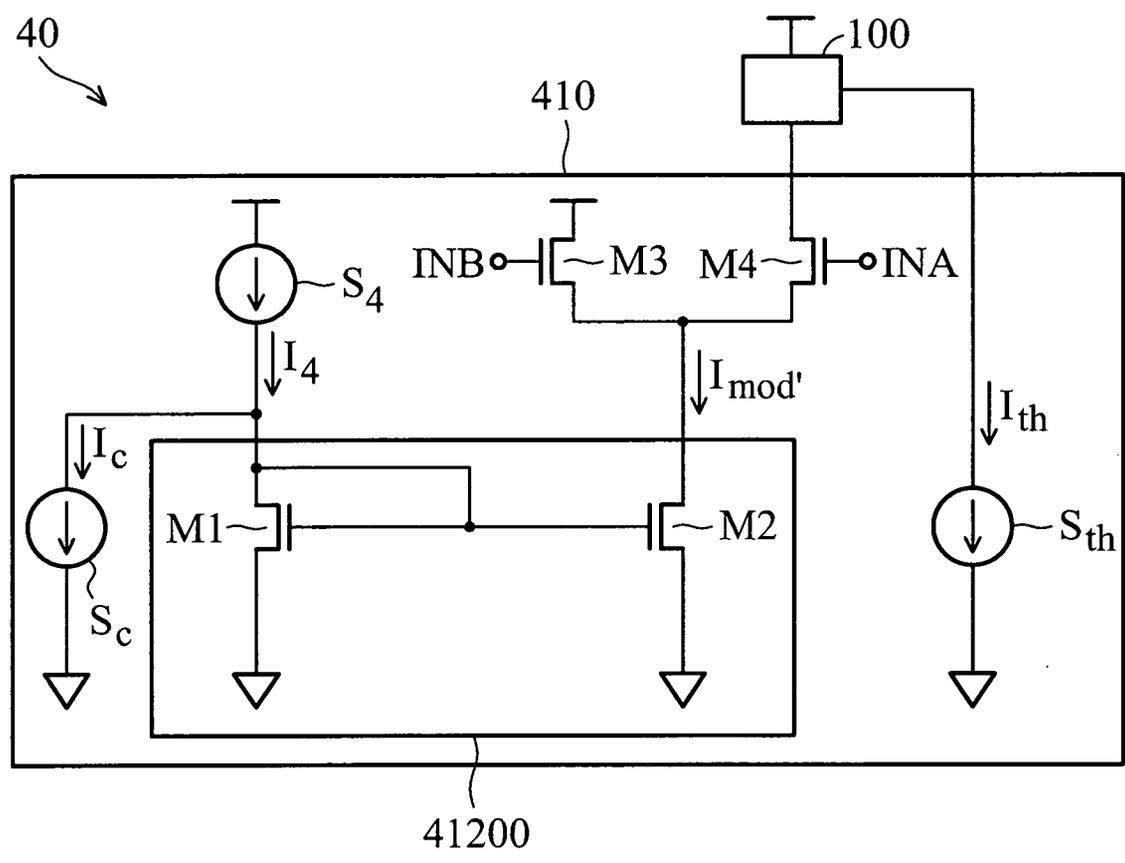
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖