

公告本

申請日期	86.2.20.
案 號	86102044
類 別	G01R 31/58

(以上各欄由本局填註)

A4
C4

318209

318209

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	雷射電壓探針方法及裝置
	英 文	LASER VOLTAGE PROBE METHODS AND APPARATUS
二、發明 人	姓 名	1. 克里斯多佛 格拉漢 塔玻特 2. 肯斯 威瑟
	國 籍	均英國
	住、居所	1. 美國加州門羅公園市第十四街658號 2. 美國加州巴洛亞托市艾莫森街1085號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商史蘭寶科技公司
	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國加州聖荷西市科技路1601號
	代 表 人 姓 名	馬丁 海登

318209

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C分類：

A6

B6

本案已向：

美 國 (地 區) 申請專利，申請日期：1996.5.10. 案號：08/644,344，☒有 ☐無主張優先權

有關微生物已寄存於：

，寄存日期：

，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

本發明和使用雷射電壓探針之電路來取得信號資訊之方法及裝置有關。

圖1概略地顯示一先前技術之雷射電壓探針安排100。如一Coherent Antares模式閉鎖YLF雷射、或一YAG雷射之來源105以頻率76 MHz提供35 ps寬之雷射脈衝。光閥110將特定之脈衝傳送給鏡115，然後經過一光束分離器120及光學125至受一積體電路(IC)裝置130之一閘極電極影響之一半導體作用區128。一信號源以 $76 + \Delta f$ MHz之頻率，提供一短任務循環方波信號給該導體，其中 Δf 值很小。該頻率差 Δf 在該雷射脈衝頻率及該提供之方波信號間產生一拍，以便掃描關於該導體上該重覆信號之雷射脈衝。參考圖2，解釋如下，該導體之電壓決定反射到該導體之雷射光有多少會反射，及有多少會被吸收。該反射之光子，經由光束分裂器120至偵測電路135，其中一光二極體140進行偵測。偵測電路135提供一偵測信號給一相敏整流電路145。

一概略地以一光二極體150代表之參考偵測器，偵測光閥110之入射光脈衝及提供一參考信號Ref至相敏整流器145之類比多工器155。相敏整流器產生一波形輸出信號，其經由一類比-至-數位轉換器160供給一顯示器165。該顯示之信號波形為出現在IC 130之導體128上之該方波信號之擴時複製。

圖2-4概略地說明圖1安排之該先前技術操作原理。雷射源105提供波長1053 nm之雷射脈衝，其和在IC 130之閘極電極200之矽能帶間隙能量相連。因為矽對此波長之光是透

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(2)

明的，該脈衝經由IC 130之矽基體205之薄膜區提供給閘電極200。可由該閘電極之電位來改良被該矽基體所吸收光子。在該場強最強處，經該半導體接面之效用最強。反射之光子經該薄膜矽基體及由光束分裂器120傳回，再由光二極體140偵測。

圖3顯示在閘電極200之矽能帶間隙能量(eV)(也就是在該導電帶CB及價電帶VB間之能隙)的二種狀態：當該閘電極在電位V1及當該閘電極在電位V2。當在電位V1，該作用區之能帶間隙能量為 $E_1 = h\nu$ ，略小於該入射光子能量。入射光子由作用區之電子吸收及未吸收之光子會被反射。當閘電極200在電位V2，該作用區之能帶間隙能量為 $E_2 = h(\nu + \Delta\nu)$ ，大於該入射光子能量。因為該電子不能吸收能量少於該能帶間隙BG之光子，該入射光子則由該閘電極之電子反射。該反射光子由基體205及光束分裂器120至光二極體140，其產生一由該閘電極調變之偵測信號。此調變大小在該閘電極電位1伏之變化為每百萬分之1-2(ppm)(正常之電路閘電極電位在1-3伏間)。

雷射源105產生之光子能量範圍在一窄能帶。在此範圍，反射之光子數量和閘電極200之電位有關。既然該閘電極200之電位在V1及V2間調變，該光子反射量將會變化及同樣地將該偵測信號調變。圖4觀念性地說明，在紅外線吸收IR Abs之變化為能量E之函數。更動在V1及V2閘電極200電位，慢慢地移動該矽能帶間隙能級，因此將該光子之吸收調變。這是Franz-Keldysh效用。見，如N. SELIGER et

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(3)

al., MOSFET之雷射探針信號研究，德國 Wuppertal, 1995年8月27-30之第五次歐洲初步處理，電子裝置之電子及光束測試會議。

圖5說明以圖1安排之信號取得雜訊限制。使用了一固定取樣架構。行500顯示在由雷射源105產生一脈衝率76 MHz之35 ps取樣脈衝串列。可有約13 ns之脈衝重覆週期，因為在導體128取樣之信號任務循環長度大約相同。因為該波形有雜訊，該取樣雷射脈衝在較低頻率會被截掉。行505顯示由光閥110產生之該100 kHz截雷射參考，週期為10 ps。行510顯示所得加上雜訊之被截雷射脈衝(未按比例)。相敏整流器145將在該雷射脈衝通過時所得之雷射信號(如在期間520之偵測信號)減掉截掉該雷射時之該偵測信號雜訊(如在期間515之偵測信號)。因為雜訊是隨機的，該雜訊取消是不完全的。圖5之架構對短任務循環(如將 $(76 + \Delta f \text{ MHz})$ 之方波提供到圖1安排之導體128時)之重覆信號取得，可能是可接受的。但是，此簡單之雜訊取消架構將導致以不合理長之信號平均時間來後原IC中之標準波形。

亦有對電路之光電取樣之其它方法。見如 Bloom et al. 之 U.S. 專利 No. 4,681,449、Heinrich et al. 之 U.S. 專利 No. 4,758,092，以及 H.K. HEINRICH et al. 之倒裝片安裝之矽 VLSI 電路之內部信號微微秒，後側光偵測，發表於義大利 Como；積體電路之電子及光束測試第三次歐洲合議之1991年9月9-11日，pp. 261等。

亦有對電子束測試探針信號之雙閘極整合之方法。見

五、發明說明(4)

Takahashi et al.之U.S.專利No. 5,210,487。但是，尚未提出將此等方法用於IC之雷射脈衝取樣。

依照本發明，將一重覆激勵信號用於一積體電路。其產生一雷射脈衝串列，並在該激勵信號之各次重覆中於選定之時間，由該串列選取一雷射脈衝。將該選取之雷射脈衝提供給受一導體電壓影響之該積體電路之半導體作用區。偵測由該半導體作用區反射之光子，以產生一偵測器信號。在將該雷射脈衝偵測器提供給該半導體作用區之同時，將該偵測器信號取樣，以便在和反射光子及雜訊有關之第一開極期間取樣，以及以便在和雜訊有關之第二開極期間取樣。將在該第一開極期間之取樣和在該第二開極期間取樣之相反整合，以產生一代表雜訊補償信號之積分器信號。對脈衝對脈衝雷射功率之變化，在該積分器可做補償。

本發明參照附圖，現在進行描述，其中：

圖1概略地顯示一先前技術之雷射電壓探針安排；

圖2-4說明圖1之安排之操作原理；

圖5說明圖1安排之信號取得雜訊限制；

圖6說明圖5之先前技術架構如何可用於取得較長任務循環之波形；

圖7概略地說明依照本發明一雷射電壓探針系統之主要元件；

圖8說明依照本發明一雙開極積體架構；

圖9顯示如何依照本發明來控制圖8安排之開極電路開

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(5)

關：

圖10顯示依照本發明一具有雷射雜訊清除之雙閘極積體架構：以及

圖11顯示依照本發明一具有雷射雜訊清除之替代雙閘極積體架構。

現在參照圖式，圖6說明如何可用圖5之先前技術架構來取得如分析一標準IC所面臨之較長任務週期之波形。在此情形，所獲得該信號之任務循環大小為10 μ s至100 μ s，通常約10 μ s。如行600之脈衝所代表，此波形已知點在此時間取樣一次。若如行605所示，以頻率100 kHz截掉該取樣雷射脈衝，在每10 μ s取樣時間僅取一個樣本。行610顯示在一取樣時間620產生之單一樣本脈衝信號，以及該雜訊之一代表。若相敏整流器145將在該雷射脈衝通過時得到之該雷射信號(如在期間630之該偵測器信號)，減掉在截掉該雷射時(如在期間625之該偵測器信號)時之偵測信號雜訊，則雜訊多而信號小。以該很低之信號功率進行此長任務循環之取得，要得到可接受之信號雜訊比之足夠數量之此種服務平均，將需要不能容許之長時間。在圖6之範例，對每10 ps之週期取樣，將需要平均幾千秒來獲得一可用之信號雜訊比。以此種架構，由一標準之IC導體獲得完整之波形是不實際的。

圖7概略地說明依照本發明一雷射電壓探針系統700之主要元件。該系統有效地使用如圖2所示之雷射脈衝取樣，同時加上一改良之信號取得技術。一IC待測裝置(DUT)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(6)

705置於一載板710，其和一傳統測試系統720之測試頭715相連。由測試系統720提供一信號模型給DUT 705。一雷射子系統725產生光脈衝OP，其經一光顯微鏡730及紅外線(IR)目標735，提供給DUT 705中想要之區域。該脈衝可經DUT 705後側，供給705之一閘極、導體或其它構造，特別是，若DUT 705為構造上對前側存取限制之正反器設計。

由DUT 705反射之光子，傳到一光二極體745，其提供一對應偵測信號給一電子子系統750之信號處理器SP部份。電子子系統750包含一數位時基DT部份，其由雷射子系統725接收一時間參考信號TR，以將測試系統720和該雷射脈衝串列同步。一電子子系統750之系統控制SC部份控制雷射子系統725之操作，例如，雷射子系統可包含一如Pokel cell之脈衝檢波器，用以選擇性地傳送光脈衝給光顯微鏡730。一電荷耦合裝置(CCD)可由光顯微鏡730觀看DUT 705及傳送一影像信號VID至一在電子子系統750間之畫框抓取器FG，來獲取DUT 705之影像。可使用一具有一顯示螢幕760之電腦工作站755來顯示該影像。一由該光二極體偵測信號產生之波形，亦可顯示於顯示螢幕760。光顯微鏡730安裝在一X-Y載物台765，其是由電子子系統750之載物台控制器StC部份控制。可利用在顯示螢幕760觀看視訊影像將光顯微鏡730相對於DUT 705來置放。所示之顯示螢幕760分為幾個視窗。個別之視窗可用來顯示DUT 705之一視訊影像、以該雷射光脈衝取樣所得到之DUT 705中一導體之波形、DUT 705之CAD佈置資料、DUT 705之一電路架構

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(7)

等。

圖8說明依照本發明之一雙閘極積體架構。此架構可在具有圖7構造之一系統實施。為將說明簡化，一完整系統之控制線及其它特徵未在圖8顯示。

一自激模式閉鎖產生器800產生如在76 MHz之重覆頻率及35 ps之週期下，1053 nm之脈衝。一光電脈衝檢波器805對應於一系統控制器，容許選定之雷射脈衝通過，以進行IC 705取樣。該選定之脈衝經一反射器810、光束分裂器815及光學820供給IC 705。由IC 705反射之光子經光學820及光束分裂器815，至一具有如一光二極體830和一電阻835串聯之偵測電路825。偵測電路825為以下敘述之目的，提供一偵測信號給閘極電路840。閘極電路840是由一時間參考信號T Ref控制，其具有一如在845概略地顯示之可調式延遲。該可調式延遲是用來將閘極脈衝在時間上和該偵測脈衝對準。來自閘極電路840之信號在一積分器850平均。該積分器850之波形輸出視所需可再行平均及顯示，以及當需要時，利用操作開關890將該積分器重新設定。來自雷射產生器800之一時間參考信號T Ref提供給一控制測試系統720激勵源860時間之時基電路855。激勵源860由負載板710驅動IC 705。

閘極電路840有一第一可控制開關865，在其關閉時，由放大器870傳送具有一合適正向增益+G之該偵測信號，至積分器850。閘極電路840有一第二可控制開關875，在其關閉時，由放大器880傳送具有一合適反向增益-G之該偵測信

五、發明說明(8)

號至積分器850。開極電路840有一第三可控制開關885，在其關閉時，傳送一零信號至積分器850。

在操作時，以來自激勵源860和產生器800之雷射脈衝同步之一重覆測試信號模型來實行DUT 705。一檢波器控制信號選擇由脈衝檢波器805通過之雷射脈衝，來進行DUT 705之一導體取樣。由DUT 705反射之光子將由偵測電路825傳送至開極電路840之偵測信號調變。

開極開關865、875及885之控制示於圖9。行900顯示當想一雷射取樣脈衝時，將開關865關閉C一段短暫期間950、955等，來以一增益+1傳送該偵測信號至積分器850。否則開關865維持開路O。在開關865關閉之時間，傳送給積分器850之該偵測器信號包含信號資訊以及雜訊。行905顯示為補償此雜訊，在一可比較期間960、965等，將開關875關閉C，因此該偵測信號僅含雜訊之一部分，以-1增益傳送給積分器850。行910顯示在行900及905之該取樣期間，關閉開關885將送至積分器850之輸入歸零。在取樣期間950、955、960、965等，打開開關885 O以傳送該偵測信號至積分器850。將該取樣期間適當地定時，將實質上消除雜訊。例如，若期間960、965分別緊緊跟隨在期間950及955後，由該取樣信號-加-雜訊減掉之該取樣雜訊，和該取樣信號-加-雜訊之雜訊元件緊密匹配。圖9該雙開極架構和如US專利No. 5,210,487之一電子束探針系統之雙開極架構(見專利圖9相關描述)比較。當然亦可使用其它取樣關係，如對參考U.S. 專利No. 5,210,487之圖10及12之電子束探針系統所描

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(9)

述之該閘極架構。在U.S.專利No. 5,210,487之圖12架構，該雜訊取樣期間間隔和該信號加雜訊取樣期間間隔不同，並提供一增益來補償該差異。

為將說明簡化，圖8概略地以一類比電路表示積分器850。利用適當控制重設開關及偵測信號取樣期間，可使用此一電路來將一波形取樣。也就是，當將在DUT 705該重覆波形之一已知點所取足夠之偵測信號樣本整合完成時，將該量測結果送至一類比至數位轉換器，及再儲存以進行顯示，及/或另外之數位信號平均。該量測過程在該重覆波形之各點重覆。

視所需，可用一數位積分器來取代積分器850。此時，在整合前先將該偵測信號數位化，及該整合可在一數位電路或可程式數位信號處理器中執行。見如參考圖11之U.S.專利No. 5,210,487所描述之該數位信號處理架構。數位積分可使用知名之多重取樣技術，其在該波形之各重覆對該DUT波形中多個點取樣。經重覆多次在該波形任何已知點取樣後，將之平均，以產生對該點之一量測。多重取樣之優點為利用將該波形之各重覆中該波形各點之取樣整合，可降低獲取波形之時間。

利用一如YLF或YAG源之模式閉鎖雷射脈衝產生器，可使功率在脈衝至脈衝間變化。以該閘極雷射脈衝量測之結果為，在一半導體作用區之光子吸收受到一導體之電位影響。該量測結果很弱及該量測相反地受到脈衝對脈衝之功率變化所影響。可改良圖8之架構來補償此變動。

五、發明說明(10)

圖10顯示依照本發明一具有雷射雜訊取消之雙閘極積分體架構1000。相似之項目以相似之參考數目表示。來自偵測電路825之偵測信號提供給一雙閘極積分器1005，其就像在圖8安排之閘極電路840及積分器850。一光束分裂器1010傳送各雷射脈衝之一部份做為對一偵測電路1015之雷射功率參考。偵測電路1015提供一雷射功率參考信號給一可和雙閘極積分器1005比較之雙閘極積分器1020。如前所述，雙閘極積分器1005及1020是由可調式延遲845之時間參考信號控制。如前所述，雙閘極積分器1005產生一雜訊補償信號。雙閘極積分器1020產生一供給一定比元件1025之雜訊補償雷射功率參考信號L Ref。定比元件1025備有一定比乘法器，其視光二極體及雷射雜訊之特性，在每脈衝或平均在數個脈衝補償雷射脈衝功率之變動。例如，定比元件1025可對各雷射脈衝備有一乘法器，其等於在某些時段之平均雷射脈衝功率除以在目前雷射脈衝之實際雷射脈衝功率。該來自雙閘極積分器1005之雜訊補償信號和在一乘法器1030之定比乘法器相乘。圖11顯示一依照本發明，具有取消雷射雜訊之替代雙閘極積分體架構1100。在此情形，一微分放大器電路1105接受由雙閘極積分器1020產生之該雷射參考信號和由雙閘極積分器1005產生之量測信號間之差。對以一脈衝對脈衝基準之雷射-脈衝-功率變化，該來自微分放大器1105之差信號因此會被補償。

對那些熟於本技巧者會發現，如圖10-11之雷射-功率變化標準化，可實施於硬體或軟體(如在一數位信號處理

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(11)

器)。

該雷射功率參考信號可由各種方式產生。例如，除了傳送到IC進行量測，該雷射脈衝之一較小部份可分出來產生該雷射功率參考。該振幅之差異可由變更該增益來補償。可直接由雷射產生器800(如由在雷射產生器800中之鏡)取代由一分開之光束分裂器810來取得該雷射功率參考。以上本發明該較佳實施例之描述僅是做為說明，而非如以下專利之定義做為本發明之限制。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

四、中文發明摘要(發明之名稱:雷射電壓探針方法及裝置)

本發明揭示一種雷射電壓探針系統，其將一重覆激勵信號用於一積體電路。其產生一雷射脈衝串列，並在該重覆之激勵信號中於選定時間，由該串列選取一雷射脈衝。將該選取之雷射脈衝提供給受一導體電壓影響之該積體電路之半導體作用區。由該半導體作用區反射之光子被偵測並用以產生一偵測器信號。在將該雷射脈衝偵測器提供給該半導體作用區之同時，將該偵測器信號取樣，以便在和反射光子及雜訊有關之第一閘極期間取樣，及在和雜訊有關之第二閘極期間取樣。將在該第一閘極期間之取樣和在該第二閘極期間取樣之反相整合，以產生一代表雜訊補償信號之積分器信號。脈衝對脈衝雷射功率之變化可由該積分器做補償。

英文發明摘要(發明之名稱: LASER VOLTAGE PROBE METHODS AND APPARATUS)

A laser voltage probe system in which a repetitive stimulus signal is applied to an integrated circuit. A train of laser pulses is generated, and a laser pulse is picked from the train at a selected time during each repetition of the stimulus signal. The picked laser pulses are applied to a semiconductor active region of the integrated circuit which is influenced by voltage on a conductor. Photons reflected from the semiconductor active region are detected to produce a detector signal. The detector signal is sampled in synchrony with application of the laser pulses to the semiconductor active region so as to obtain samples during first gating intervals which depend upon reflected photons and noise and so as to obtain samples during second gating intervals which depend upon noise. Samples obtained during the first gating intervals are integrated with the inverse of samples obtained during the second gating intervals to produce an integrator signal representing a noise-compensated signal. The integrator signal can be compensated for pulse-to-pulse laser power variations.

六、申請專利範圍

1. 一種用以量測積體電路中一導體電壓的方法，包含：
 - a) 提供一重覆激勵信號給一積體電路；
 - b) 產生一雷射脈衝串列；
 - c) 在該各重覆激勵信號中，於一選定時間選取一雷射脈衝；
 - d) 提供該選取雷射脈衝給受該導體電壓影響之該積體電路之一半導體作用區；
 - e) 偵測從該半導體作用區反射回來之光子以產生一偵測信號；
 - f) 在提供該雷射脈衝給該半導體作用區之同時，將該偵測信號之取樣，以在和反射光子及雜訊有關之第一閘極期間取樣，以及以在和雜訊有關之第二閘極期間取樣；以及
 - g) 將第一期間之取樣，和第二期間取樣之反相整合，以產生一代表一雜訊補償信號之積分器信號。
2. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中該積體電路有一基體，其中步驟d)包含經由該基體提供該選取雷射脈衝給該半導體作用區。
3. 根據申請專利範圍第1或2項之方法，另外包含在該第一閘極期間及第二閘極期間之間整合一零信號之步驟。
4. 根據申請專利範圍第1，2或3項之方法，另外包含將該積分器信號對雷射脈衝功率之變化進行補償。
5. 根據申請專利範圍第4項之方法，其中補償該積分器信號包含：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

六、申請專利範圍

將雷射脈衝取樣，以產生一雷射-脈衝-功率參考信號，由該雷射-脈衝-功率參考信號準備一定比乘法器，以及將該積分器信號和該定比乘法器相乘。

6. 根據申請專利範圍第4項之方法，其中補償該積分器信號包含：

將雷射脈衝取樣以產生一雷射-脈衝-功率參考信號，以及備有一差信號代表在該積分器信號及該參考信號間之差。

7. 用以量測積體電路中一導體電壓的裝置，包含：

a) 一測試系統，用以提供一重覆激勵信號給一積體電路：

b) 一雷射產生器，用以產生一雷射脈衝串列：

c) 一脈衝選取器，用以在各重覆之該激勵信號中，於一選定時間選取一雷射脈衝：

d) 一雷射-光學行，用以提供該選取雷射脈衝給受該導體電壓影響之該積體電路之一半導體作用區：

e) 一偵測電路用以偵測從該半導體作用區反射回來之光子以產生一偵測信號：

f) 一閘極電路，用以在提供該雷射脈衝給該半導體作用區之同時，將該偵測信號取樣，以在和反射光子及雜訊有關之第一閘極期間取樣，以及以在和雜訊有關之第二閘極期間取樣；以及

g) 一積分器，用將第一期間之取樣和第二期間取樣之反相整合，以產生一代表一雜訊補償信號之積分器信

六、申請專利範圍

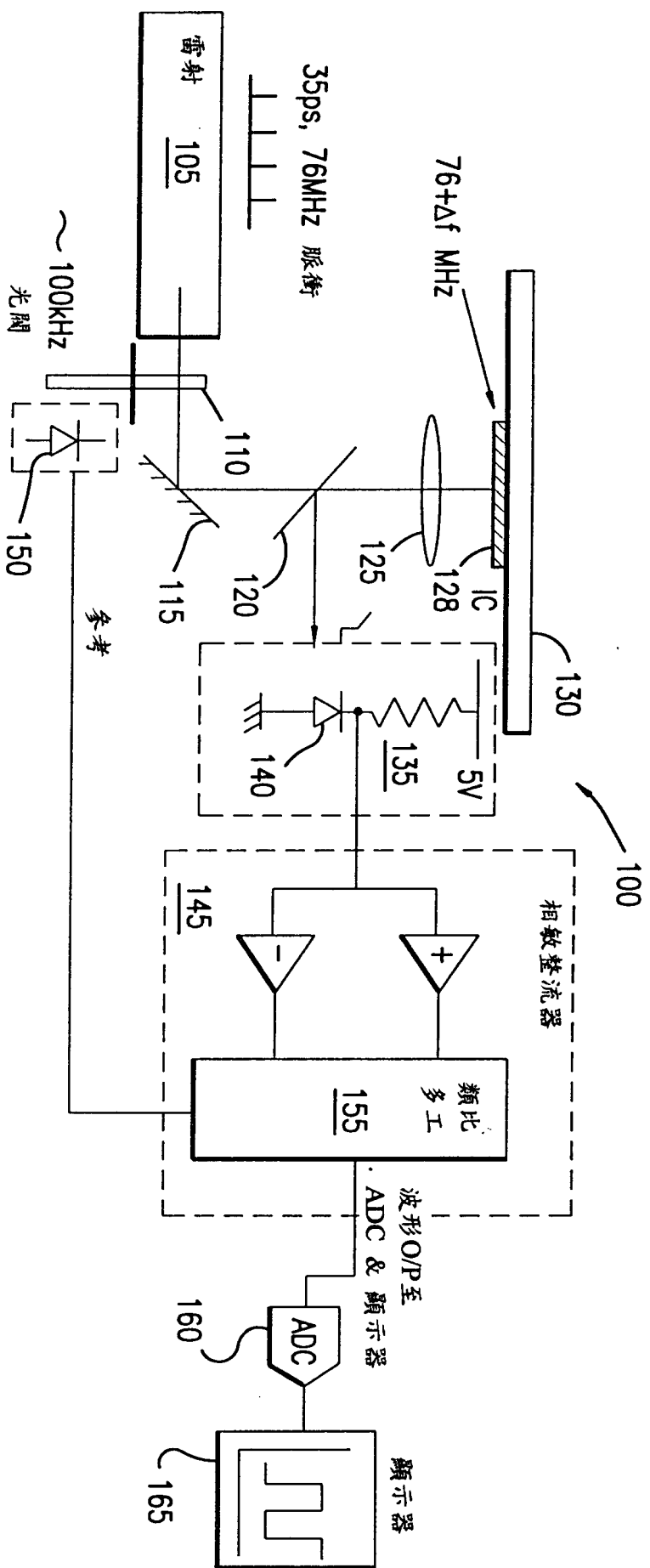
號。

8. 根據申請專利範圍第7項之裝置，另外包含一補償器，用以補償雷射脈衝功率變化。
9. 根據申請專利範圍第8項之裝置，其中該補償器包含一偵測器，用以將雷射-脈衝取樣以產生一雷射-脈衝-功率參考信號，一定比器，對應於該雷射脈衝功率參考信號以備給一定比乘法器，以及一乘法器，用以將該積分器信號和該定比乘法器相乘。
10. 根據申請專利範圍第8項之裝置，其中該補償器包含一偵測器，用以將雷射脈衝取樣以產生一雷射-脈衝-功率參考信號，以及一差異器，備有一差信號，代表該積分器信號及該參考信號間之差。

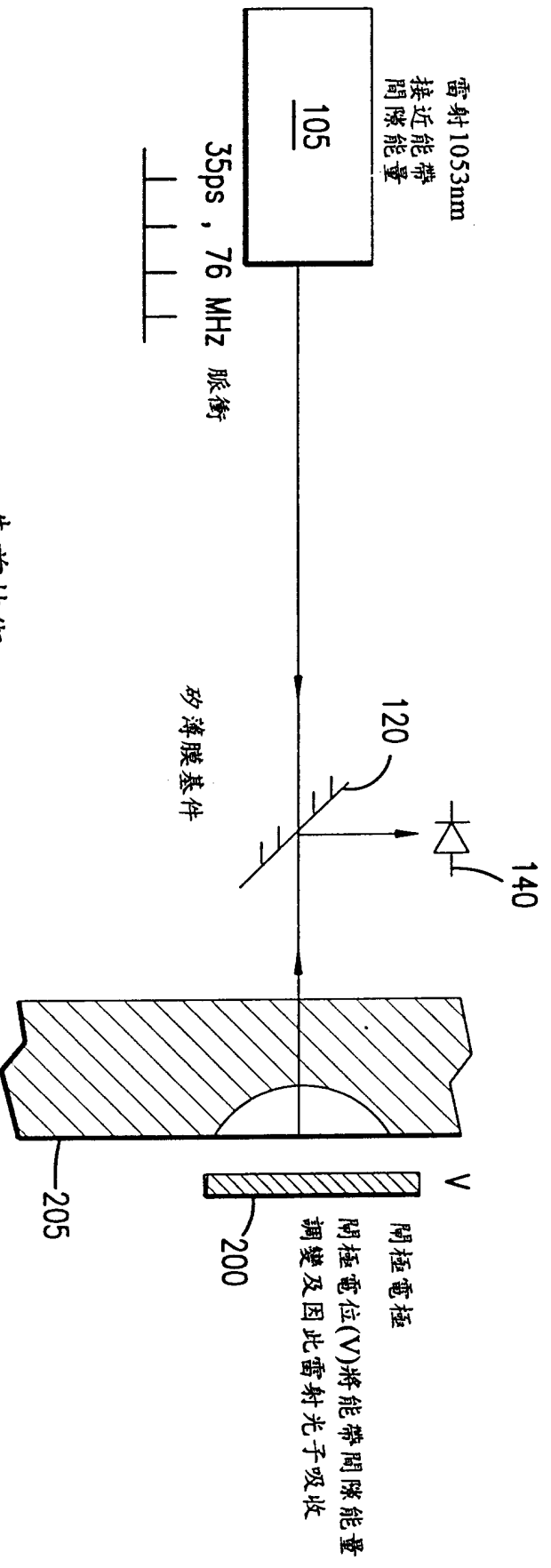
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

張

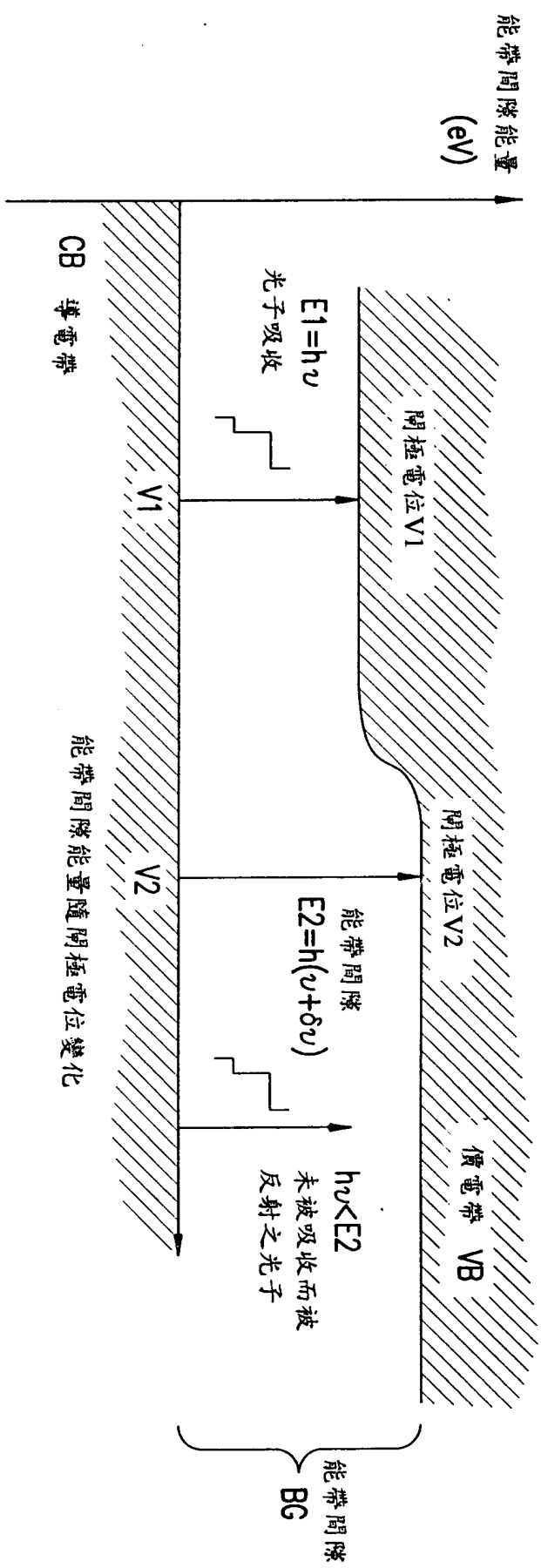
訂



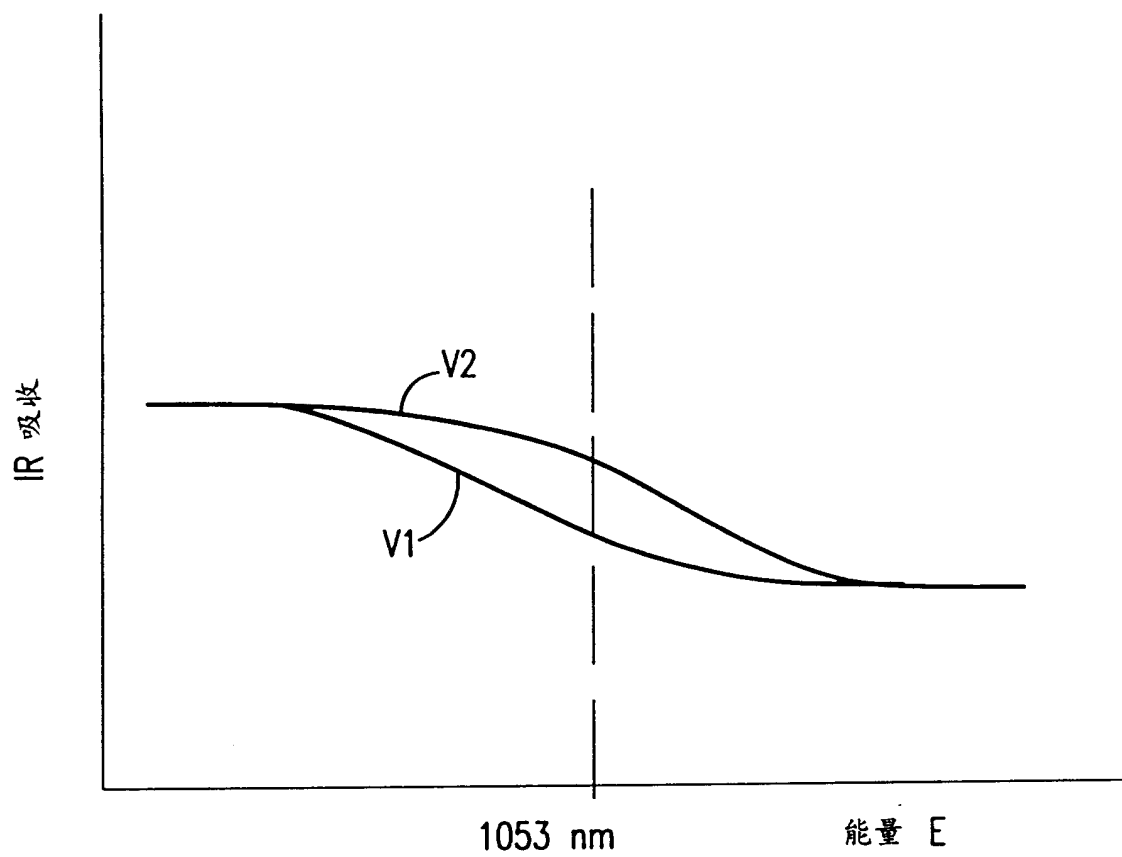
先前技術
圖 1



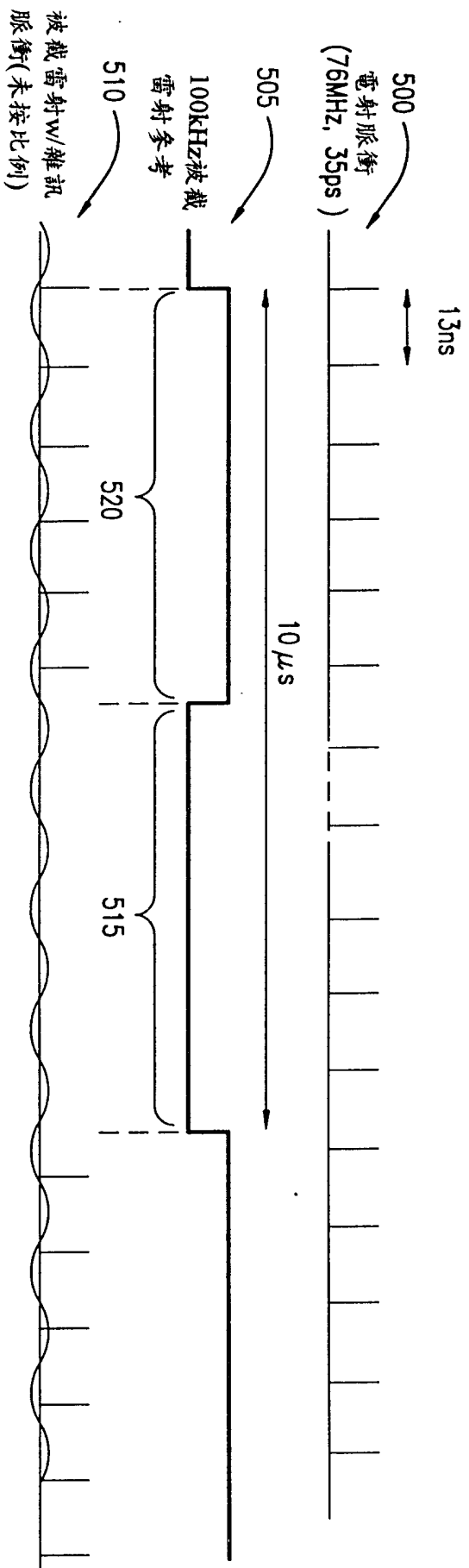
先前技術
圖 2



先前技術
圖 3



先前技術
圖 4



先前技術
圖 5

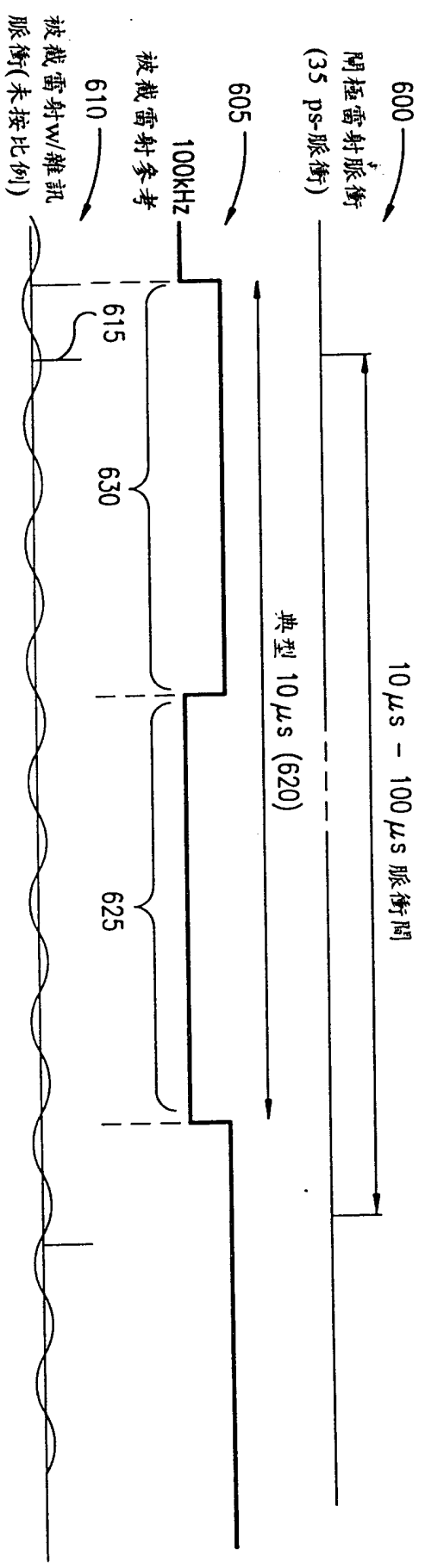


圖 6

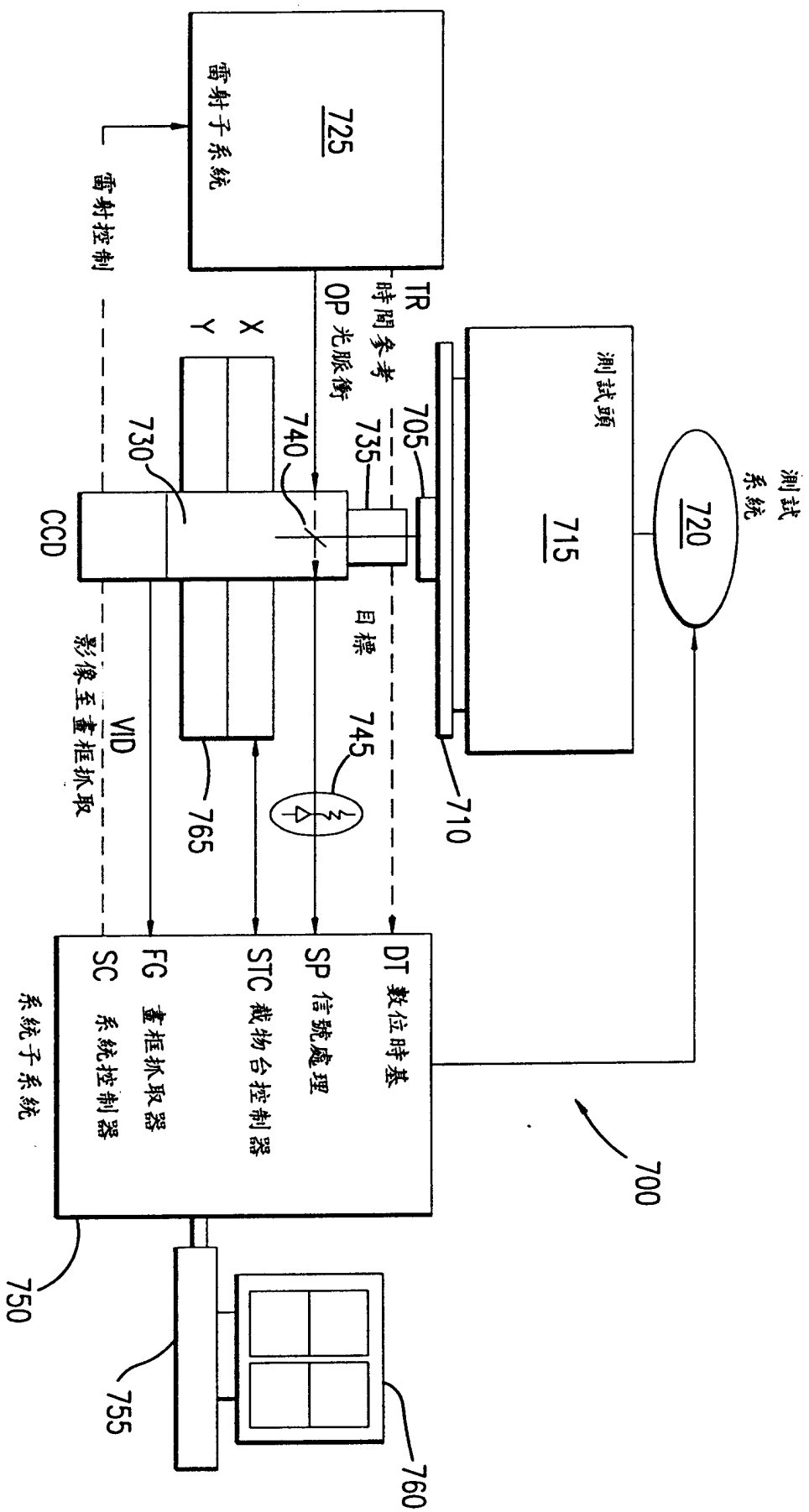


圖 7

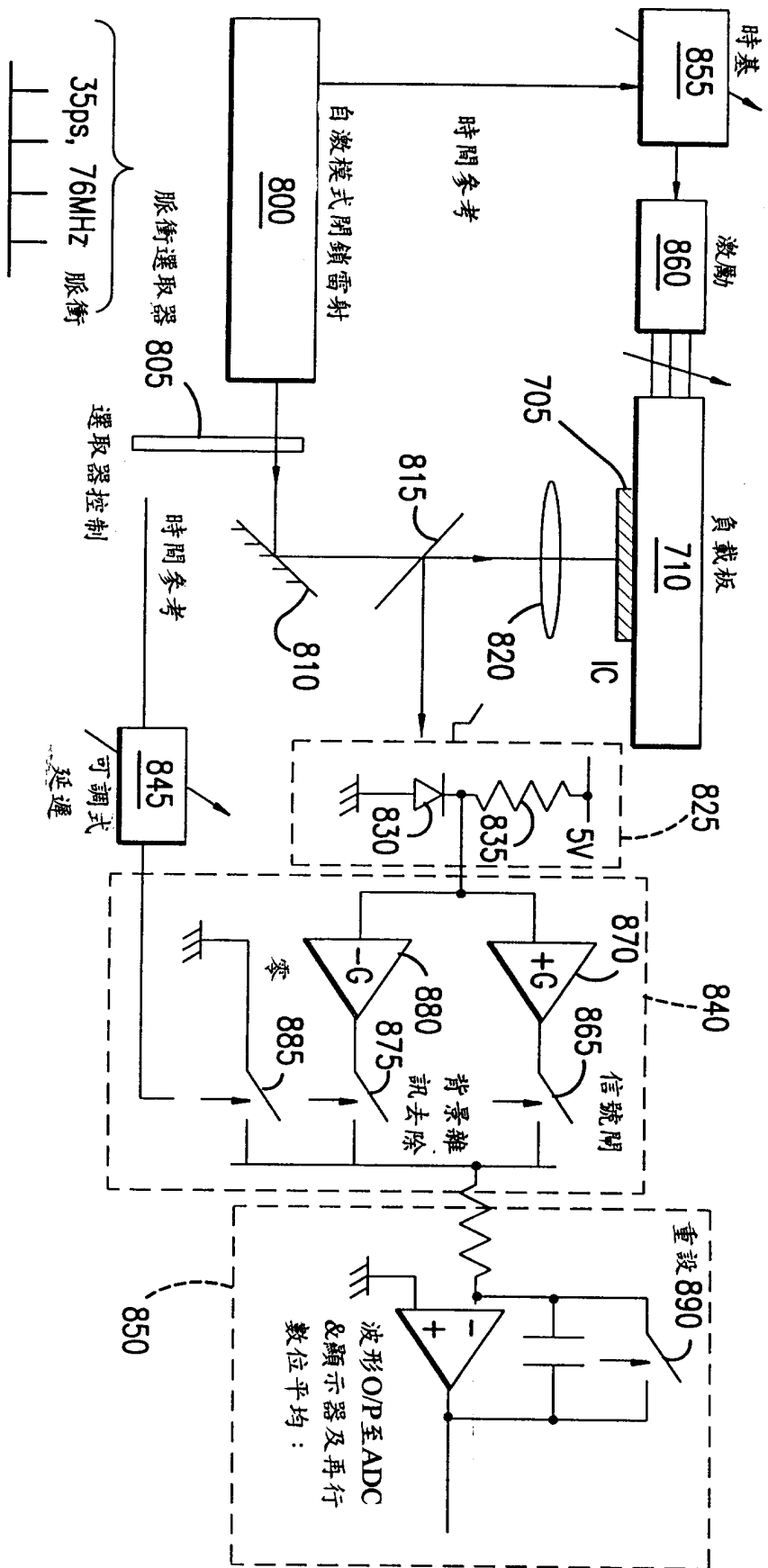


圖 8

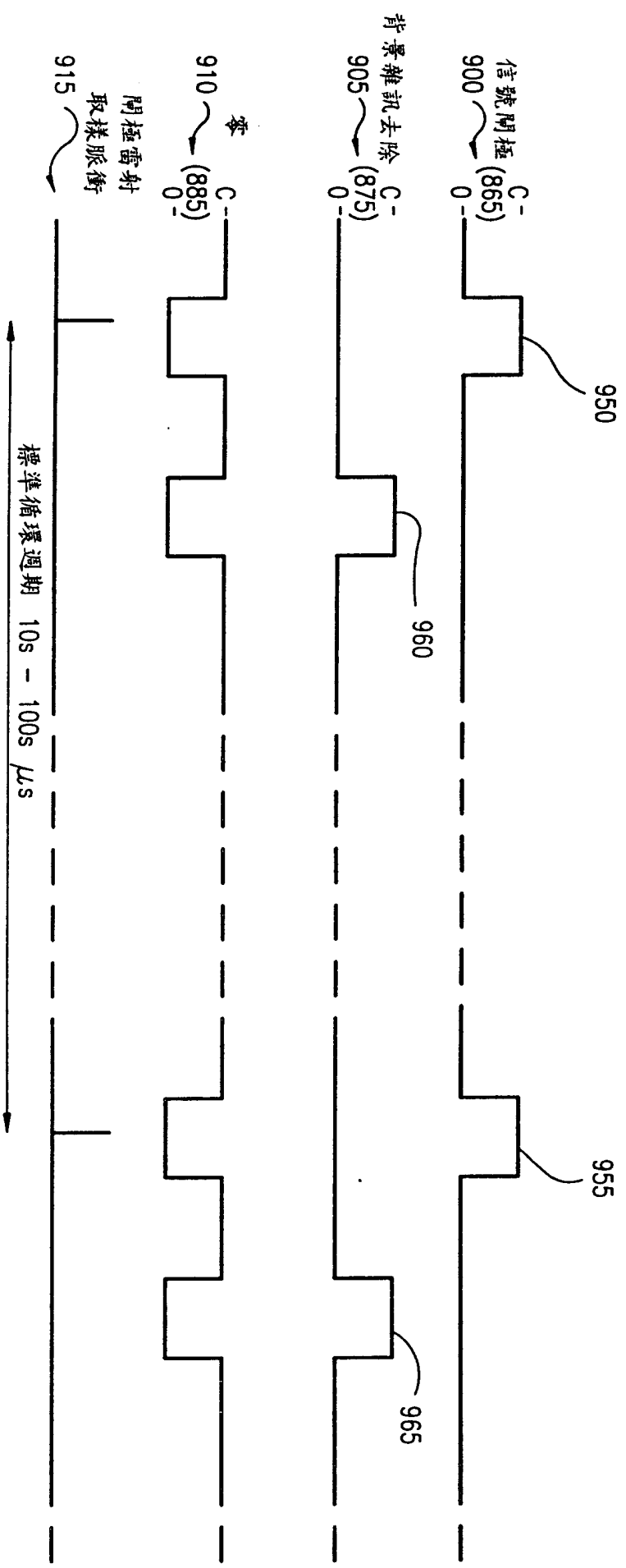


圖 9

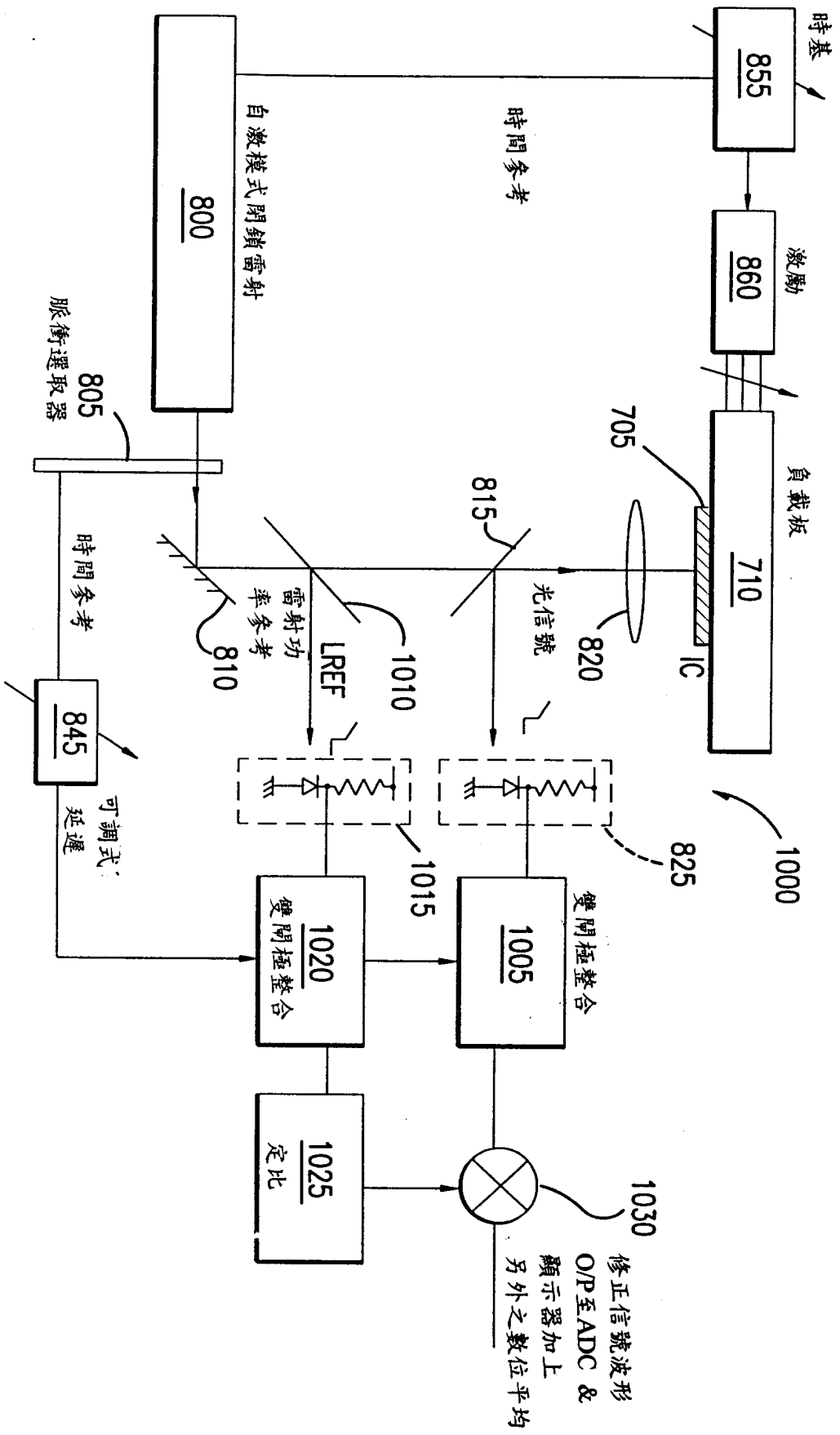


圖 10

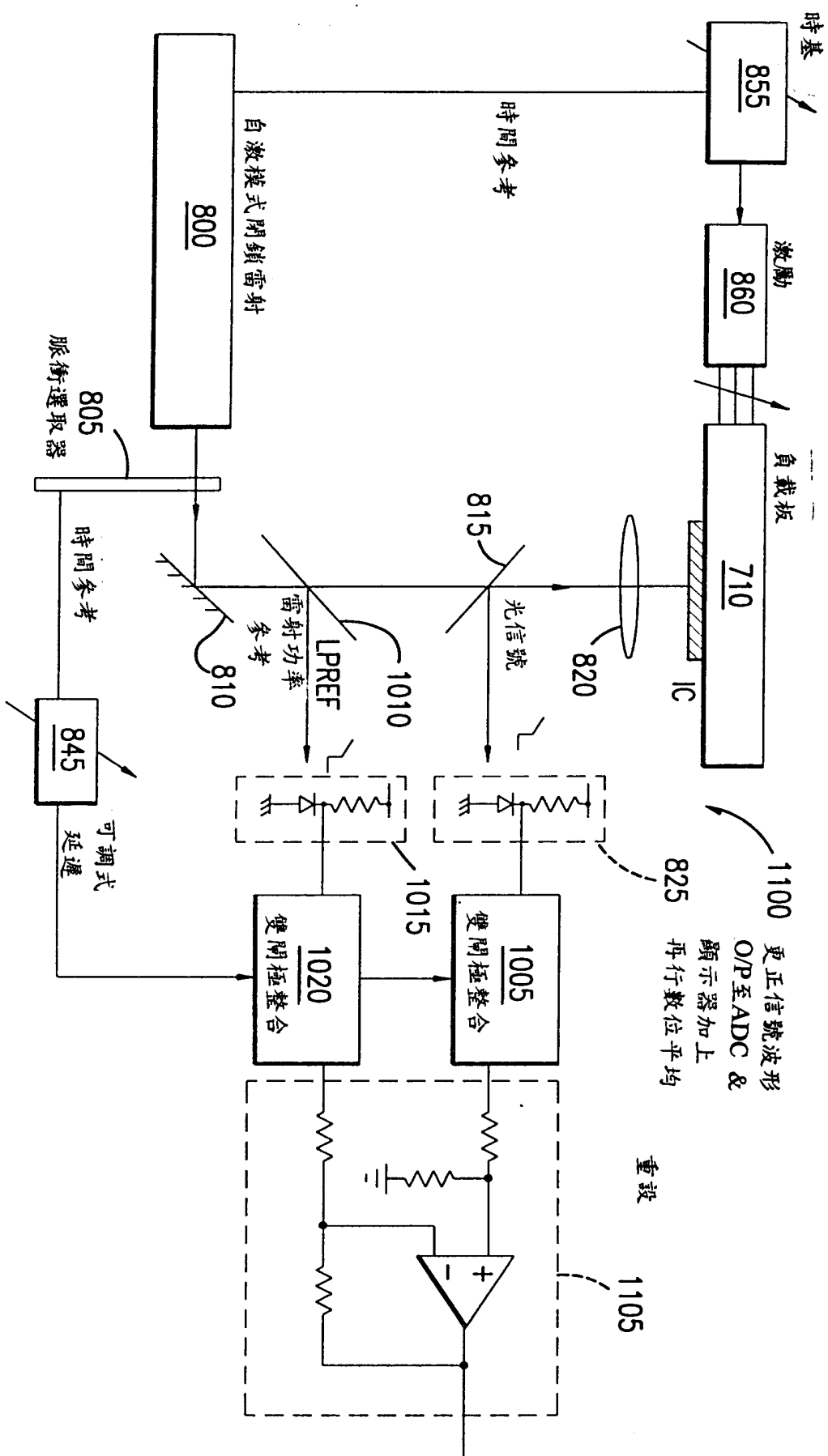


圖 11