



(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 I567377 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 01 月 21 日

(21)申請案號：101104715

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 14 日

(51)Int. Cl. : G01N21/63 (2006.01)

(30)優先權：2011/02/15 世界智慧財產權組織 PCT/JP2011/53154

(71)申請人：瓦伊系統有限公司 (日本) YSYSTEMS LTD. (JP)

日本

(72)發明人：拉克魯瓦 伊夫 LACROIX, YVES (CA)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

JP 2006-519395A

審查人員：黃俊峰

申請專利範圍項數：32 項 圖式數：31 共 76 頁

(54)名稱

載子壽命之測定方法及測定裝置

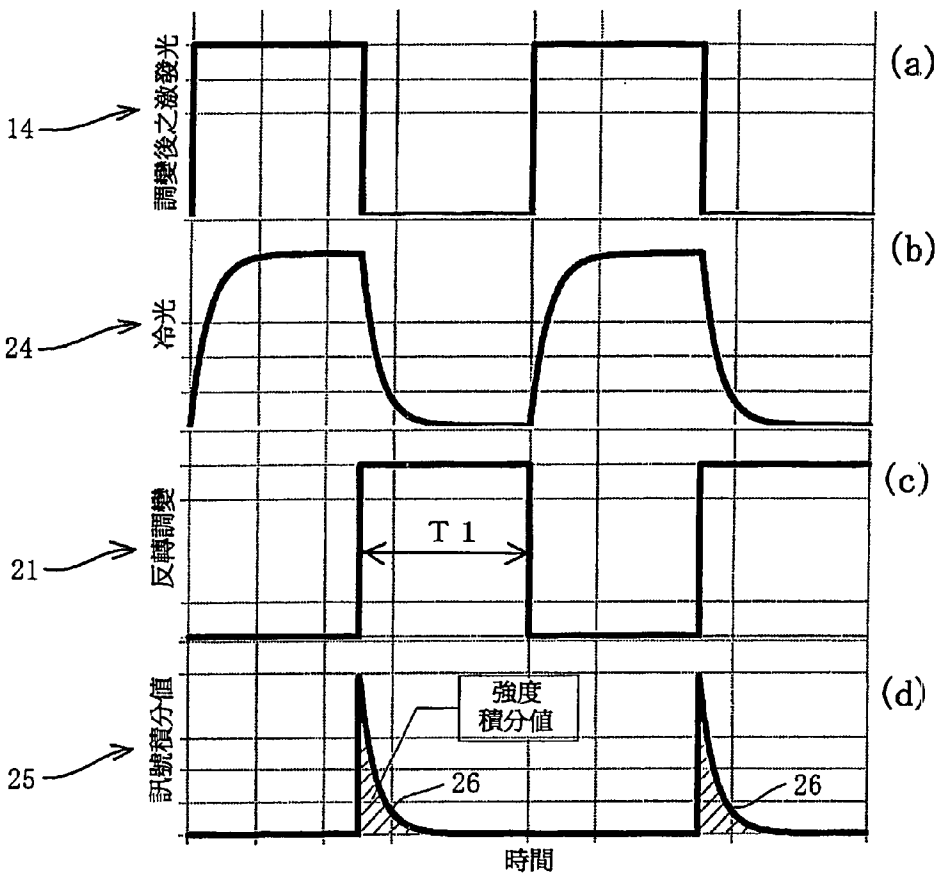
(57)摘要

提供一種：能夠對於半導體等之材料內的載子壽命作測定之載子壽命之測定方法以及測定裝置。將藉由發光雷射所發出之連續光，藉由激發側之調變裝置來作調變，並產生使其之強度以矩形波狀來作變化的激發光(14)，而賦予至半導體材料處。藉由使半導體內之載子被激發並作再結合一事所發出的冷光(24)，係藉由受光側之調變裝置而被作調變，並從在激發時間中所發出之光，而將在激發時間之後所發生之衰減光(26)分離出來。此衰減光(26)，係為包含有材料內之載子壽命的資訊者。衰減光(26)，由於係為在極短的時間內所得到之微小的光，因此，係在 CCD 元件之曝光時間內，將複數之衰減光(26)作積蓄並檢測出來。經由此檢測光之強度，係成為能夠得知載子壽命。

指定代表圖：

圖5

- 符號簡單說明：
- 14 . . . 激發光
  - 21 . . . 調變裝置
  - 24 . . . 冷光
  - 25 . . . 分離光
  - 26 . . . 衰減光



# 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：101104715

※申請日：101 年 02 月 14 日

※IPC 分類：G01N 21/63 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文／英文)

載子壽命之測定方法及測定裝置

## 二、中文發明摘要：

〔課題〕提供一種：能夠對於半導體等之材料內的載子壽命作測定之載子壽命之測定方法以及測定裝置。

〔解決手段〕將藉由發光雷射所發出之連續光，藉由激發側之調變裝置來作調變，並產生使其之強度以矩形波狀來作變化的激發光(14)，而賦予至半導體材料處。藉由使半導體內之載子被激發並作再結合一事所發出的冷光(24)，係藉由受光側之調變裝置而被作調變，並從在激發時間中所發出之光，而將在激發時間之後所發生之衰減光(26)分離出來。此衰減光(26)，係為包含有材料內之載子壽命的資訊者。衰減光(26)，由於係為在極短的時間內所得到之微小的光，因此，係在 CCD 元件之曝光時間內，將複數之衰減光(26)作積蓄並檢測出來。經由此檢測光之強度，係成為能夠得知載子壽命。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(5)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

14：激發光

21：調變裝置

24：冷光

25：分離光

26：衰減光

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，係有關於能夠取得當對於材料賦予激發時所產生之光（冷光）並對於材料內之載子壽命作測定的測定方法及測定裝置。

### 【先前技術】

在半導體或其他的材料領域中，係廣泛進行有：對於從材料而來之發光（冷光）作測定並進行分析，以對於材料中之雜質濃度或者是結晶缺陷的性質或其之分布作評價，再藉由此來進行材料之分析或改善。

作為得到冷光之手段，係存在有：將載子（電子或電洞）電性注入至材料中，並對於被注入之電子和電洞進行再耦合之過程的發光作觀察之電激發光法、或者是經由從雷射等而來之光來激發電子之光激發光法。

被作了注入之電子或者是被激發之電子，係會在以某一機率和時間而與電洞作耦合時發光，並逐漸消滅。將此直到消滅為止的平均性之時間，稱作載子壽命。冷光之特性（發光波長、發光強度、載子壽命等），係依存於結晶中之結晶缺陷或雜質之種類或者是濃度，而能夠藉由冷光來對於材料之狀態作調查。

另一方面，在近年來而急速普及之使用有矽的太陽電池中，係對於發電效率等之性能提昇、品質之安定化或製造成本之降低、大型化等有所要求。因應於此些之要求，

以高產率（製造速度）來製造高品質且大面積之矽結晶一事，係為重要。

作為高品質之太陽電池用的結晶，其之缺陷為少一事係為重要。此係因為，會起因於各種之缺陷，而導致從太陽而來之光能量被吸收且並不會被變換為電性能量。進而，好不容易產生出來的電性能量，亦會被缺陷所捕捉，而被變換為熱或者是產生再發光，並成為無法作為電性能量而取出。所謂在半導體中所產生之電性能量，係指藉由光所激發之激發電子（載子）。如同至此為止所說明一般，經由電激發光法或光激發光法所得到的資訊，係與激發電子有所關連，並成為與太陽電池之動作機構有密切的關聯。特別是載子壽命，係會大幅受到結晶中之缺陷或者是雜質的種類或濃度之影響。

在以下之專利文獻 1 中，係揭示有半導體之檢查方法和檢查裝置。在此文獻中所記載之方法，雖然係實現有高速動作，但是，係並未對於載子壽命作評價，而僅單純地對於偏壓狀態下之冷光的強度分布作比較。此方法，由於係一面對於晶圓上之電極施加偏壓，一面進行冷光評價，因此，係成為需要設置配線，且會成為接觸性評價，故而，並無法以非接觸來進行檢查，而有著對於製造中之晶圓造成污損之虞。

又，作為其他之先前技術例，係如同在專利文獻 2 中所記載一般，存在有經由時間相關單一光子計數法（Time Correlated Single Photon Counting experiments）或者是高

速掃描攝像機法來求取出材料之載子壽命的方法。時間相關單一光子計數法，係為針對單一光子而對於作衰減之波形直接進行測定的方法，但是，由於在直方圖之作成中，係需要長時間，因此，在對於晶圓之複數點進行計測一事上，係有所困難。又，高速掃描攝像機法，則係為非常高價。

〔先前技術文獻〕

〔專利文獻〕

〔專利文獻 1〕 WO2007/128060A1 公報

〔專利文獻 2〕 日本特開 2008-170257 號公報

## 【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

如同至此為止所述一般，在先前技術中，雖然存在有對於冷光作高速評價之方法作了實現的例子，但是，在現狀上，係並無法測定載子壽命，而無法對於根據載子壽命所算出之缺陷的種類或濃度等進行評價。又，在先前技術之進行載子壽命評價的方法中，計測裝置係為非常高價，並且在測定中亦會耗費時間，因此係會耗費大量的測定成本，除此之外，亦無法進行如同測繪（mapping）測定一般之多數點的測定並得到測定資料之分布。

本發明之目的，係在於提供一種：不需與材料作接觸，並藉由對於觀察從材料所發出之光的方法作苦心設計，而能夠以低成本、高速來得到相關於能量載子之壽命的資

訊之載子壽命之測定方法以及測定裝置。

又，本發明之目的，係在於提供一種能夠求取出半導體等之材料內的載子壽命之分布的載子壽命之測定方法以及測定裝置。

〔用以解決課題之手段〕

本發明之載子壽命之測定方法，係為對於材料賦予激發，並檢測出從材料所發出之光的測定方法，其特徵為：以使激發時間空出有間隔並作週期性反覆的方式，來對於材料賦予激發，將從材料所發出之光之中的接續於前述激發時間之終末所發出的衰減光作光學性分離，在包含有複數週期之激發時間的長度之測定時間內，將被分離了的複數之前述衰減光作積蓄並檢測出來，而根據作了積蓄之檢測光的強度，來測定載子之壽命。

本發明之載子壽命之測定方法，係藉由將從材料所發出之光，與激發時間之終末同時地或者是在激發時間之終末後而取得，來將衰減光從在激發時間中所發出之光而分離出來。又，係藉由將從材料所發出之光，從激發時間之途中起而取得，來將在激發時間中所發出之光、和前述光之一部分以及衰減光作分離。

本發明之載子壽命之測定方法，係使從激發源所發出之激發，通過激發側之調變裝置，並以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式，來對於材料賦予激發。或者是，係從激發源而使激發斷續地發生，而以使激發時間空出有間

隔地作反覆的方式，來對於材料賦予激發。

本發明之載子壽命之測定方法，係使從材料所發出之光，通過受光側之調變裝置，並從在激發時間中所發出之光而將衰減光分離，再經由具備有相當於測定時間之曝光時間的受光裝置，來將複數之衰減光作積蓄並檢測出來。或者是，係使用能夠對於從材料所發出之光而間歇性地進行受光之受光裝置，來從在激發時間中所發出之光而將衰減光分離，並且在測定時間內將複數之衰減光作積蓄並檢測出來。

在本發明之載子壽命之測定方法中，前述受光裝置，係為將複數之受光元件作了配列者，並藉由各個的受光元件來將複數之衰減光作積蓄並檢測出來。例如，係可使用將複數之受光元件作了 2 維性配列之受光裝置，並將從材料之一定面積的區域所發出之衰減光，藉由各個受光元件而作同時性取得，以得到相關於在前述區域內之位置和載子壽命之資訊。或者是，係可使用將複數之受光元件作了成列配列之受光裝置，並將從材料所發出之衰減光，藉由複數之受光元件而作同時性取得，且使此取得線作移動，以得到相關於在材料之一定面積的區域內之位置和載子壽命之資訊。

本發明之載子壽命之測定方法，係能夠對於材料賦予複數之頻率的激發，並在各個頻率之激發中而取得將從材料發出的衰減光作了積蓄的檢測光，再根據伴隨著調變頻率之增加而使前述檢測光之強度以非線性而增加的頻率，

而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。進而，係可根據藉由相異頻率之激發所得到的前述檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

或者是，係可在使激發時間空出有間隔地作反覆的方式而對於材料賦予激發時，根據使衰減光作積蓄所得到之檢測光的強度、和將從材料所發出之光連續性檢測出來所得到之檢測光的強度，其兩者間的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

或者是，係可將對於材料所賦予之激發藉由相異之波形而作調變，並在各個調變波形之激發中而取得將從材料發出的衰減光作了積蓄的檢測光，再根據藉由相異波形之調變所得到的檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

又，亦可將從材料所發出之光藉由相位互為相異之波形而作調變，並取得將衰減光作積蓄並檢測出來的檢測光，再根據藉由相異相位之調變所得到的檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

進而，亦可使對於材料賦予激發之間隔和激發時間之間的能率（duty）比、以及當從在激發時間中所發出之光來將衰減光作分離時之分離時間和此分離時間之間隔之間的能率比，成為互為相異，並根據在相異之能率比時而使衰減光作積蓄所得到的檢測光之強度的比，來除去發光強

度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

在本發明之載子壽命之測定方法中，對於材料所賦予之激發，係為激發光。或者是，對於材料所賦予之激發，係為激發電力。

本發明之載子壽命之測定裝置，係為對於材料賦予激發，並檢測出從材料所發出之光的測定裝置，其特徵為，具備有：對於材料而賦予空出有間隔並作週期性反覆之激發的激發裝置；和將從材料所發出之光之中的接續於前述激發時間之終末所發出的衰減光作分離，並在包含有複數週期之激發時間的長度之測定時間內，將被分離了的複數之前述衰減光作積蓄並檢測出來的檢測裝置。

在本發明之載子壽命之測定裝置中，前述激發裝置，係具備有：激發源、和將從激發源所發生之激發，以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式來作調變的激發側之調變裝置。或者是，前述激發裝置，係具備有：以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式來發生激發之激發源。

在本發明之載子壽命之測定裝置中，前述激發源，係為發光源，或者是，前述激發源，係為激發電力之發生源。

在本發明之載子壽命之測定裝置中，前述檢測裝置，係具備有：將從前述材料所發出之光，分離成在激發時間中所發出之光和衰減光的調變裝置；和在相當於測定時間之曝光時間內而將複數之衰減光作積蓄並檢測出來的受光裝置。或者是，前述檢測裝置，係具備有對於從材料所發

出之光而間歇性地進行受光，並從在激發時間中所發出之光而將衰減光分離，並且在測定時間內將複數之衰減光作積蓄並檢測出來之受光裝置。

在本發明之載子壽命之測定裝置中，前述檢測裝置，係藉由將從材料所發出之光，與激發時間之終末同時地或者是在激發時間之終末後而取得，來將衰減光從在激發時間中所發出之光而分離出來。或者是，前述檢測裝置，係藉由將從材料所發出之光，從激發時間之途中起而取得，來將在激發時間中所發出之光、和前述光之一部分以及衰減光作分離。

在本發明之載子壽命之測定裝置中，前述受光裝置，係可構成爲將複數之受光元件作了配列者，並藉由各個的受光元件來將複數之衰減光作積蓄並檢測出來。於此情況，前述受光裝置，係具備有作了 2 維性配列之複數的受光元件，並藉由各個受光元件，來取得從材料之一定面積的區域所發出之衰減光，以得到相關於在前述區域內之位置和載子壽命之資訊。或者是，前述受光裝置，係具備有作了成列配列之複數的受光元件，並具備有使前述受光裝置和材料在與前述列相交叉之方向上而作相對性移動之移送裝置，經由複數之受光元件，而將從材料所發出之衰減光作同時性取得，並且使此取得線作移動，以得到相關於在一定面積的區域內之位置和載子壽命之資訊。

又，本發明之載子壽命之測定裝置，係爲在材料和前述檢測裝置之間設置有波長濾波器者，或者是爲在材料和

前述檢測裝置之間設置有偏光濾波器者。

本發明之載子壽命之測定裝置，係可構成爲：係設置有使賦予至材料之激發的頻率作變化之激發裝置，並設置有：根據在藉由相異之頻率而作了激發時之以前述檢測裝置所取得的檢測光之強度的比，來將發光強度之成分除去，並將載子之壽命成分作定量化而進行測定之判別部。

又，係可構成爲：係設置有：將賦予至材料之激發，使激發時間空出有間隔地作反覆賦予的激發裝置，並且，係設置有：根據在以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式而對於材料賦予激發時所藉由前述檢測裝置而取得之檢測光的強度、和藉由前述檢測裝置而將從材料所發出之光連續性檢測出來的檢測光的強度，其兩者間的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定的判別部。

又，係可構成爲：係設置有：將對於材料所賦予之激發藉由相異之波形而作調變，並在各個調變波形之激發中而取得將從材料發出的衰減光作了積蓄的檢測光之檢測裝置，並且，係設置有：根據藉由相異波形之調變所得到的檢測強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定之判別部。

進而，係可構成爲：係設置有：將從材料所發出之光藉由相位互爲相異之波形而作調變，並將衰減光作積蓄而檢測出來的檢測裝置，並且，係設置有：根據藉由相異相位之調變所得到的檢測強度的比，來除去發光強度之成分

，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定的判別部。

又，係可構成爲：係具備有：使對於材料賦予激發之間隔和激發時間之間的能率（duty）比互爲相異之激發裝置、以及使當將在激發時間中所發出之光和衰減光作分離時之分離時間和此分離時間之間隔之間的能率比互爲相異之檢測裝置，並且，係設置有：根據在相異之能率比時而使衰減光作積蓄所得到的檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定之判別部。

#### 〔發明之效果〕

本發明，係並不需要與材料作接觸，而能夠藉由對於從材料所發出之光作觀察，來得到相關於材料內之載子的壽命之資訊。

又，本發明，係能夠求取出材料之特定區域內的載子壽命之分布。

#### 【實施方式】

本發明，係藉由將從半導體等之材料所發出之光（冷光）檢測出來，而對於該材料進行評價。

在結晶材料中，係存在有以電子之能量作爲基準的傳導帶或非發光中心、雜質準位、缺陷誘發準位等之各種的準位。若是激發電子以非熱平衡狀態而存在於準位中，則會在以某一機率而與電洞再耦合並消滅的過程中，產生載

子壽命。此時，激發電子之能量係會被變換為光或者是成為晶格震動並作為熱而傳導至材料處。此時之發光特性，係為對於結晶特有之電子構造或各種缺陷作了反映者，一般而言，若是結晶缺陷之密度為高，則載子壽命係變短。故而，對於載子壽命作測定一事，在用以得知材料之缺陷狀況或純度上而言，係為重要。

太陽電池用的結晶，其之缺陷為少一事係為必要。若是缺陷密度為高，則經由太陽光之照射所發生了的激發電子（電性能量）係會被缺陷準位所捕捉，而被變換為熱或者是產生再發光，並成為無法作為電性能量而取出。又，太陽電池，雖然若是藉由其之受光部所發生了的載子到達電極處，便會產生發電，但是，若是在基於載子壽命所能夠作傳導之擴散距離之內並不存在有電極，則會變得無法發電。故而，若是載子壽命越長，則越能夠將電極之配置密度減少，並成為能夠增大受光面積。

若是能夠以非接觸來高速地對於晶圓全面之載子壽命分布作測定，則在太陽電池之製造工程中，亦能夠於製造受光部（發電部）自身並進行加工之工程中、或者是每一工程處之檢查工程中，來逐次得知太陽電池之特性。例如，雖係有必要將成為受光部之  $pn$  接合以高品質來形成，但是，經由對於離子植入、退火或者是導電性結晶之成長等的無法進行再處理之製造工程，而於一完成製造後立即對於晶圓全面來進行載子壽命的測定，係成為能夠在全部工程結束之前便對於其之作為太陽電池的品質進行評價。

此時，藉由以分布示意圖來對於載子壽命之評價結果作表現，不僅是能夠明確得知在製造中所侵入之不良的原因以及其之場所，並減少製造上的損失，亦成為能夠對於良率作提昇或者是對於生產性作改善。

本發明之測定方法以及測定裝置，係為能夠以非接觸來對於冷光（從材料而來之發光）作測定，並以高速、低成本來求取出材料之載子壽命者。因此，係具備有下述特徵：亦即是，係對於激發中之發光和激發後之發光作區別或者是作分離地，來進行計測。進而，係具備有下述特徵：亦即是，係反覆將所分離了的發光作積蓄並作記錄。

以下之實施形態，係藉由光激發光來對於載子壽命進行評價。光激發光，係為當經由光所激發出之激發電子與電洞作再結合時而發光的過程之概念。但是，在本發明中之激發以及發光，係並不限定於光激發光，亦可經由電激發光等來實施之。

圖 1，係對於當對矽（Si）等之晶圓而賦予作特定時間之連續的激發光時之冷光作展示，橫軸係為時間，縱軸係為發光之大小。理想上，由連續光之激發所得到的冷光之大小，係為  $ACWP$ 。於此， $ACW$  係為激發強度， $P$  係為發光機率（頻度）。圖 1 中之附加有陰影線的面積，係相當於將時間  $T_m$  作為測定時間並且將發光之大小藉由測定時間來作了積分的值  $ACWPT_m$ 。在此積分值中，雖然應該亦包含有相關於載子壽命之資訊，但是，係並無法從積分值而單獨抽出載子壽命之資訊。

圖 2，係對於當對矽等之半導體材料而賦予激發光時之發光、和載子壽命，其兩者間的關係作展示，橫軸係為時間，縱軸係為發光之大小。

若是在材料內而吸收有 1 個的激發光之光子，則在經過了依據材料之特性所決定的特性時間  $\tau$  之後，更低之能量的光子，係以機率  $P$  而作再發光。若是相對於材料，而持有相同能量之無限數量的光子被作吸收並藉由前述之程序而依序作再發光，則發光之機率分布係成為指數函數性之衰減曲線。理想上，若將激發光設為振幅  $A\delta$  之  $\Delta$  函數，則發光機率之衰減曲線，係被表現為  $APe^{-t/\tau}$ （ $e$  為自然數）。前述  $\tau$ ，係為載子壽命之參數。亦即是，係能夠將初期之發光的大小減少至  $1/e$  為止所需要的時間  $\tau$ ，作為載子壽命之參數來作評價。

但是，若是想要對於前述時間  $\tau$  作測定，則係需要使用非常高速且作了極為良好的同步之高感度檢測器，來對於多數之光子進行測定並作平均化。進而，由於前述時間  $\tau$ ，係為奈秒尺度之非常短的時間，因此，為了進行光子之平均化，係成為需要非常長的測定時間。進而，由於係需要將極弱的光檢測出來，因此，在通常之檢測器的雜訊準位或者是裝置全體之背景準位下，此測定在實質性上係為困難。

圖 3，係對於當對材料賦予了陡峻之脈衝的激發光時之從材料而來之發光的大小和時間之間的關係作展示。

在圖 3 中，係以粗實線來代表發光之大小的變化。若

是陡峻之脈衝狀的激發光上揚，則發光之大小係因應於時間而展現有曲線性之上揚特性，在激發光之下挫後，發光之大小係因應於時間而展示有曲線性之衰減特性。身為將發光之大小作了時間積分的積分值之圖 3 的陰影線區域之面積，若是將激發光之脈衝的時間寬輻射為  $TP$ ，並將振幅設為  $AP$ ，則發光之積分值係成為  $PTPAP$ 。此時之發光，係成為使發光機率（頻度） $P$  和載子壽命無法相互區別地而作了混合存在的狀態，前述積分值，係並非為僅將載子壽命之資訊作了抽出者。

但是，在圖 3 中，於激發光之脈衝的下挫後之發光的衰減曲線，係具備有圖 2 中所示之  $APe^{-t/\tau}$  的卷積（convolution）特性，而為包含有載子壽命之參數  $\tau$  者。

本發明，係為藉由將在圖 3 中之接續於激發脈衝的下挫而衰減之衰減光作分離並取得，來進行載子壽命之評價者。但是，在脈衝之下挫後的發光之衰減時間，由於係為極短，因此，為了僅取得所分離出來之衰減光，係成為需要能夠以極高速來作回應的受光裝置。並且，由於衰減光係為微弱，因此，為了取得此衰減光，係成為需要使用以高速作回應之受光裝置，來反覆取得許多次之衰減光，而成為需要極為高度性之受光技術。

圖 4，係對於能夠對材料賦予激發並將從材料所發出之光中的衰減光分離出來且取得作了分離之複數的衰減光之本發明的基本實施形態之測定方法和測定裝置作展示。

圖 4 所示之測定裝置 1，係具備有激發裝置 10 和檢測

裝置 20。激發裝置 10，係具備有激發源 11 和激發側之調變裝置 12。檢測裝置 20，係具備有受光側之調變裝置 21 和濾波器 22 以及受光裝置 23。激發源 11，係為連續振盪型之半導體雷射，激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21，係為音響光學元件。受光裝置 23，係為在特定之曝光時間中而積蓄光並檢測出來之積分型的受光裝置，並例如為具備有多數之 CCD 元件的受光裝置。濾波器 22，係為波長濾波器或者是偏光濾波器。

圖 5 (a)，係對於在將從激發源 11 所連續發光之連續光 13 藉由激發側之調變裝置 12 而作了調變後之激發光 14 的波形作展示。作為調變裝置 12 而使用之音響光學元件，係為藉由超音波頻率來對於晶格常數作控制，並對於通過之連續光 13 而以高速來切換折射率者。故而，係能夠將通過了調變裝置 12 之激發光 14 的大小，如同圖 5 (a) 中所示一般，將上揚和下挫調變為略接近於矩形波的特性。圖 5 (a) 中所示之激發光 14 的照射（激發）和週期之間的能率比，係為 50%。

圖 5 (b)，係對於當將激發光 14 對矽等之半導體材料 30 作了賦予時，從半導體材料 30 所發出之冷光 24 的強度變化作展示。如圖 3 中所示一般，冷光 24 之大小，係追隨於激發光 14 之陡峻的上揚而因應於時間作曲線性增加，並接續於激發光 14 之陡峻的下挫而作曲線性衰減。

圖 5 (c)，係對於由受光側之調變裝置 21 所致的調

變波形作展示。此調變波形，係設定為與圖 5 ( a ) 中所示之激發光 14 的下挫同步地而上揚，並與激發光 14 之上揚同步地而下挫。激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21，係同樣藉由音響光學元件所構成，激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21，係經由相同頻率且互為相反相位之控制訊號而動作。

圖 5 ( d )，係對於在將從半導體材料 30 所發出之冷光 24 藉由受光側之調變裝置 21 而作了調變後之分離光 25 作展示。藉由受光側之調變裝置 21 的調變，於圖 5 ( b ) 所示之冷光 24 中，在被照射有激發光 14 之激發時間中的光係並不會被取得，而僅有接續於激發光 14 之終末（激發時間之終末）後的衰減光 26 會被取出。

如圖 5 ( d ) 中所示一般，為了從冷光 24 中而僅將衰減光 26 分離並取出，係只要藉由圖 5 ( c ) 中所示之受光時的調變，來與激發光 14 之終末（激發時間之終末）同時地或者是於其之後地而取得冷光 24 即可。

另外，圖 5 ( b )，係為對於從半導體材料 30 之其中一點的區域所發出之冷光 24 的強度變化作展示，圖 5 ( d ) 之分離光 25，係為從由該一點的區域所發出之冷光 24 而將衰減光 26 作了分離者。此一點的區域，係為藉由受光裝置 23 所檢測出之 1 個的像素，並定義為能夠藉由 1 個的身為受光元件之 CCD 元件來進行受光的區域。

圖 5 ( d ) 中所示之分離光 25，係藉由通過濾波器 22，而使包含有衰減光 26 之光成分被作抽出，並被受光裝

置 23 所受光。被設置在受光裝置 23 處之 CCD 元件，係具備有在從開始進行光的受光時起直到將檢測輸出移行至記憶體處為止的期間中而將光作積蓄的曝光時間，但是，係將圖 5 ( a ) 、 ( c ) 中所示之調變週期，相對於此曝光時間而設為充分短。此曝光時間，係成為將圖 5 ( d ) 中所示之複數的分離光 25 作積蓄 ( 積分 ) 並檢測出來的測定時間。

如圖 2 和圖 3 中所示一般，接續於激發光 14 之終末而發出的衰減光 26，係為包含有載子壽命之參數  $\tau$  者，將複數之衰減光 26 作了積蓄的檢測光，係成為包含有載子壽命之資訊者。

接續於激發光 14 之終末而發光的衰減光 26，雖係身為微弱的光，但是，藉由將圖 5 ( a ) 、 ( c ) 中所示之調變波形設為較高之頻率，係能夠在受光裝置 23 之曝光時間內而將多數之衰減光 26 作積蓄 ( 積分 ) 並檢測出來，其結果，檢測光之強度，係能夠作為相較於受光裝置 23 之檢測雜訊或者是其他雜訊而為充分高之準位的輸出，來取出之。

圖 6，係對於激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21 的調變頻率，以及受光裝置 23 之 CCD 元件處的將衰減光 26 作積蓄並作了光的檢測光之強度，其兩者間的關係作展示。橫軸之對數軸，係為調變頻率，縱軸，係為檢測光之強度。圖 6，係為在將曝光時間 ( 積分時間 ) 設為了一定時，對於載子壽命以「50nsec」、 「70nsec」、

「100nsec」、「150nsec」、「200nsec」、「300nsec」、「500nsec」而作階段性變化的材料作想定，而對於檢測光之強度變化作了模擬的結果。

如圖 6 中所示一般，當調變頻率為低，調變週期相較於身為載子壽命之參數的時間  $\tau$  而為充分長時，在曝光時間中所積蓄之衰減光 26 的光量，係僅有些許，將衰減光 26 作了積蓄之檢測光的強度，係成為略為 0。若是逐漸使調變頻率增加，則由於與該增加成正比地，在曝光時間中所積蓄之衰減光 26 的數量係增加，因此，將衰減光 26 作了積蓄之檢測光的強度，係略直線性地上升。

進而，若是調變頻率變高，而圖 5 (c) 中所示之冷光 24 的取得時間  $T1$  接近於時間  $\tau$ ，則半隨著調變頻率之增加，檢測光之強度係以非線性而增加。若是調變頻率更進而變高，則在取得時間  $T1$  內所積蓄之衰減光 26 的光量係飽和，如圖 6 中所示一般，檢測光之強度係飽和。

當由激發側之調變裝置 12 所致的激發調變之能率比為 50%，而由受光側之調變裝置 21 所致的受光調變之能率比為 50%時，飽和了的檢測光之強度的理論值，係為圖 1 中所示之冷光的發光強度（發光機率）ACWP 之  $1/4$ 。

於圖 6 中，係將檢測光之強度成為飽和值之 50%的準位，以虛線之橫線來作展示。飽和值成為 50%之準位，亦即是各個實線和虛線間之交點，係位置在對於各個的載子壽命之材料所測定到的檢測光之強度相對於調變頻率之對數性增加而成略直線變化的區域處。

根據圖 6 之模擬結果，可以得知，若是使用任一之單一的調變頻率（測定頻率）並進行圖 5（a）中所示之激發光的調變和圖 5（c）中所示之受光的調變而取得檢測光之強度，則若是檢測光之強度越高，載子壽命係越長，若是檢測光之強度越低，則載子壽命係越短。此時之調變頻率（測定頻率），較理想，係使用在圖 6 中，檢測光之強度為相對於橫軸之對數性增加而略直線性上升的區域。

又，若是將複數之測定點的發光強度（發光機率）ACWP 為相同之材料作為試料，並使用單一之調變頻率（測定頻率），而取得從各個測定點而來之檢測光的強度，則在相同材料內，載子壽命為長之場所的檢測光之強度係為高，載子壽命為短之場所的檢測光之強度係變低，而能夠將從材料而來之檢測光的強度，作為與載子壽命之長短相對應的濃淡之資料而作掌握。

接著，圖 7 所示之線圖，係為根據圖 6 中所示之模擬來對於公稱載子壽命和圖 5（a）、（c）中之調變頻率間的比例關係作了求取者。橫軸，係為公稱載子壽命，縱軸，係為  $1/\text{調變頻率}$ ，亦即是代表調變週期。圖 7 之圖中的實線之直線，係相當於將在圖 6 中所示之各個的載子壽命之材料的特性曲線（實線）與虛線間之交點作了連結的線。亦即是，圖 7 之圖中的實線，係代表當檢測光之強度成為飽和值之 50% 時的調變週期、和該材料之公稱載子壽命，其兩者間的關係作展示。

根據圖 7 之模擬結果，可以證明，當檢測光之強度成

爲飽和值之 50%時的調變週期（調變頻率），係相對於載子壽命而成正比地變化，其之比例常數  $K$ ，係爲 0.13。也就是說，只要得知檢測光之強度成爲飽和值之 50%的調變頻率  $F$ ，即可根據  $F = 0.13 / \tau_x$  來求取出載子壽命  $\tau_x$ 。另外，圖 7 中所示之比例關係，係並非一定爲被限定於載子壽命爲 50nsec ~ 500nsec 的範圍內者。

另外，上述之成爲載子壽命之指標的調變頻率，係並非一定需要爲飽和值之 50%，只要是檢測光之強度爲相對於調變頻率而成直線性變化的區域，則亦可根據檢測光之強度成爲飽和值之例如 60%或 40%時的頻率，來求取出載子壽命。

在將材料作激發時所得到的檢測光之強度的變化中，係包含有起因於該材料之發光強度（發光機率）ACWP 的強度成分和載子壽命的強度成分之雙方。但是，如同根據圖 5 以及圖 6 所說明一般，經由對於調變頻率作掃描，係成爲能夠將載子壽命定量性地而以良好精確度求取出來。

進而，若是對於材料之一點而求取出載子壽命之定量值，則於此之後，係成爲能夠藉由使用 2 個的作了固定之調變頻率來測定出將衰減光 26 作了積蓄（積分）的檢測光，並求取出藉由相異之調變頻率所得到之 2 個的檢測光之強度的比，來將發光強度（發光機率）相互抵消，並將載子壽命之強度成分作爲絕對性之測定值而抽出。藉由此測定方法，就算是並不恆常地對於調變頻率作掃描，亦能夠高速地將載子壽命定量性地求取出來。以下，針對此測

定方法作說明。

圖 9 乃至圖 11，係對於會依存於材料之場所而使發光強度（發光機率）和載子壽命變動的材料作想定，並對於從材料之各個場所而將載子壽命之資訊單獨地抽出的測定方法之模擬結果作展示。

如圖 9 中所示一般，在此模擬中，係想定為發光強度（發光機率）和載子壽命會依存於場所而以互為相異之特性作變動的材料。圖 9 之橫軸，係代表在材料處之 X 方向的座標位置。此材料，其發光強度（發光機率）係隨著朝向 X 座標之右方移動而逐漸降低，載子壽命係伴隨著 X 座標之變化而以波浪狀作增減。

圖 10（A），係對於在圖 9 中所示之材料的 X 座標上之某一點的區域處，而將激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21 的各別之調變特性設為互為相反之相位且將調變頻率設為 1MHz 時的波形作展示。圖 10（A）之波形的種類，係與圖 5 相同，（a）係為激發側之調變波形，（b）係為從材料所發出之冷光的強度波形，（c）係為受光側之調變波形，（d）係為使衰減光作了分離之分離波形。

藉由將在圖 10（A）之（d）中而作了分離的分離光，於相當於 CCD 元件之曝光時間內的測定時間中而作積分，來得到檢測光的強度。於圖 11 中，係在 X 座標上之複數之點處，而將調變頻率為 1MHz 時之檢測光的強度求取出來，並以二點鏈線，來展示將該些點作了連結的變化

曲線 31。

圖 10 (B)，係為當將激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21 的各別之調變特性設為互為相反之相位且將調變頻率設為 10MHz 時之波形，與圖 10 (A) 相同的，(a) 係為激發側之調變波形，(b) 係為從材料所發出之冷光的強度波形，(c) 係為受光側之調變波形，(d) 係為使衰減光作了分離之分離波形。將圖 10 (B) 之 (d) 中之分離了的衰減光藉由與 1MHz 的情況時相同之測定時間來作了積分者，係成為在調變頻率 10MHz 的情況時之檢測光的強度。於圖 11 中，係在 X 座標上之複數之點處，而將調變頻率為 10MHz 時之檢測光的強度求取出來，並以實線，來展示將該些強度作了連結的線 32。

在圖 11 中，係求取出將調變頻率為 1MHz 時的檢測光之強度作了連結之變化曲線 31、和將調變頻率為 10MHz 時的檢測光之強度作了連結之線 32，其兩者間的比值，並對於將此些之比值作了連結的線，以實線之曲線 33 來作展示 ( $1\text{MHz}/10\text{MHz}$ )。此曲線 33 之變動特性，係與圖 9 中所示之載子壽命之變動曲線極為近似，可以理解到，前述比值，係為基於將載子壽命單獨地作了抽出的資訊者。

圖 8，係關於在公稱載子壽命之參數  $\tau_1$  為 130nsec 的材料中，載子壽命的參數為在  $\tau_1/5 \sim 2\tau_1$  之間而有所參差的材料，來藉由在前述之圖 9 乃至圖 11 中所說明之模擬，而對於當調變頻率為 1MHz 時對於衰減光 26 作積

蓄（積分）所得到之檢測光的強度、和當調變頻率為 10MHz 時對於衰減光 26 作積蓄（積分）所得到之檢測光的強度，其兩者間的比值作了求取的結果。圖 8 之橫軸，係為載子壽命之參數  $\tau$ ，縱軸，係為（1MHz 時之檢測光的強度）／（10MHz 時之檢測光的強度）之比值。

在圖 8 中，可以得知，藉由 2 個的調變頻率所得到之檢測光的比值、和公稱載子壽命，係略直線性地成正比。故而，可以得知，經由求取出藉由互為相異之調變頻率所得到的檢測光之強度的比值，係能夠將載子壽命作為與該比值之增減成正比的定量性之值而作掌握。此事，係代表著，就算是材料之發光強度（發光機率）ACWP 為相異，而圖 6 中所示之檢測光的強度之飽和值為相異，藉由求取出前述比值，亦能夠將相關於載子壽命之資訊單獨作抽出。

圖 12，係如同（a）中所示一般，對於並不使激發光作調變地而對於材料賦予連續之激發光的例子作展示。此時，由於如同（b）中所示一般，係從材料而得到連續之冷光，並且，如同（c）中所示一般，並不使從材料而來之光調變，因此，如同（d）中所示一般，在受光裝置之 CCD 元件處係檢測到連續之冷光。

於圖 1.1 中，係以虛線，來展示求取出藉由相當於 CCD 元件之曝光時間的測定時間而將圖 12（d）中所示之連續光作積分所得到的檢測光之強度的  $1/4$  並且將在 X 座標之各場所處所得到的（強度／4）作了連結之線 34。

此線 34，係與將經由 10MHz 之調變所得到的檢測光之強度作了連結之線 32 極為近似。故而，若是將代表調變頻率為 1MHz 時之檢測光的強度之變化曲線 31、和代表當賦予了連續之激發光時所得到的檢測光之（強度／4）的線 34，其兩者間之比值求取出來，則此比值之變動係與曲線 33 略一致。

故而，就算是藉由將對於激發光和冷光作調變所得到之檢測光的強度、和藉由連續之激發光所得到之檢測光的強度，其兩者間之比值求取出來，亦能夠將載子壽命之資訊單獨地取出。

在上述實施形態中，係將「由激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21 所致的光之調變特性為依循於陡峻地上揚並陡峻地下挫之矩形波」一事作為前提，並且將「激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21 為完全同步地動作」一事作為前提，而作了說明。但是，亦會有由於調變裝置之能力或者是雜訊等之影響而導致調變特性不會成為正確之矩形波特性的情況，又，亦會有在激發側之調變裝置 12 的調變動作和受光側之調變裝置 21 的調變動作之間產生時間差等的可能性。

但是，本發明之測定方法和測定裝置，就算是調變特性並非為正確之矩形波，或者是在激發側之調變和受光側之調變間存在有時間性偏差，亦能夠發揮其特徵，而能夠將相關於載子壽命之資訊單獨地取出。

在圖 13 所示之例中，於（a）中所展示之由激發側之

調變裝置 12 所致的調變特性，係成為梯形波形。因此，從材料係發出有在 (b) 中所展示之特性的冷光 24。在 (c) 中所示之由受光側之調變裝置 21 所致的調變特性，亦係為梯形波形。於 (a) 中所示之激發側的梯形波形之調變、和於 (c) 中所示之受光側的梯形波形之調變，係互為相反相位，並且以相同之頻率而相互作同步。在使冷光 24 受到 (c) 中所示之特性的調變後，其結果，在受光裝置 23 處，係檢測到 (d) 中所示之分離光 25。

於 (c) 中所示之受光側的調變特性，由於係為梯形波形，因此，在藉由 (d) 中所示之分離光 25 而得到的光成分 26a 中，係不僅是包含有接續於激發時間後而發光之衰減光，而亦包含有在激發時間中所發出之光的成份之一部分。

對於與圖 9 中所示者具備有相同之發光強度（發光機率）和載子壽命之變動特性的材料作想定，並藉由模擬，來求取出經由圖 13 中所示之調變波形所得到的檢測光之強度。

將圖 13 (a)、(c) 中所示之調變頻率設為 1MHz，並求取出將在 X 座標之各個場所處所得到的分離光 25 藉由相當於 CCD 元件之曝光時間的測定時間來作了積分的檢測光之強度，再於圖 14 中，藉由二點鏈線來對於該變化曲線 31a 作展示。又，將圖 13 (a)、(c) 中所示之調變頻率設為 10MHz，並求取出將在 X 座標之各個場所處所得到的分離光 25 藉由前述測定時間來作了積分的檢測光

之強度，再於圖 14 中，藉由實線來對於將該些強度作了連結的線 32a 作展示。

對於在調變頻率為 1MHz 時所得到的檢測光之強度、和在調變頻率為 10MHz 時所得到的檢測光之強度，而求出其兩者之比值，此係為曲線 33a。此曲線 33a，係與圖 9 中所示之載子壽命的增減之特性極為近似。亦即是，就算是根據圖 13 中所示之調變特性，來求取出藉由相異之調變頻率所得到的檢測光之強度的比值，亦能夠得到將載子壽命單獨地作了抽出的資訊。

圖 15，係對於在圖 13 中所示之調變特性中而藉由 1MHz 之調變頻率所求取出的檢測光之強度、和藉由 10MHz 之調變頻率所求取出的檢測光之強度，而求出兩者之比值，並將強度之比值的變化和公稱載子壽命之間的關係作展示。圖 15，係為與圖 8 進行了相同之評價者。如圖 15 中所示一般，前述比值，係相對於公稱載子壽命而略直線性地變化，可以得知，若是根據圖 13 中所示之調變特性，來求取出藉由相異之調變頻率所得到的檢測光之強度的比值，則此比值係與載子壽命之長短成正比性的對應。

進而，於圖 14 中，係將在與圖 12 (B) 相同的而對於材料賦予連續之激發光時所得到的檢測光之強度的  $1/4$  求取出來，並以虛線來對於將在 X 座標上之複數的場所處所求取出之前述強度作了連結的線 34 作展示。此線 34，和代表藉由梯形波形且以 10MHz 來作了調變時的檢測光之強度的線 32a，係略一致。故而，就算是根據以圖 13 中

所示之梯形波形的調變特性作調變所得之檢測光的強度、和對於材料而連續作了激發時所得之檢測光的強度，其兩者間之比值，亦能夠將載子壽命之資訊單獨地抽出。

在圖 16 所示之模擬中，（a）中所示之激發側的調變特性，係成為近似於三角函數之波形，從材料，係發出有（b）中所示之特性的冷光 24。在（c）中所示之受光側的調變特性，亦係為近似於三角函數之波形。於（a）中所示之激發側的三角函數波形之調變、和於（c）中所示之受光側的三角函數波形之調變，係以成為相同頻率且互為相反相位的方式而作同步。於（d）中，係對於將從材料所發出之冷光 24 作了調變的分離光 25 之強度變化作展示。

（b）中所示之特性的冷光 24，由於係受到（c）中所示之三角函數波形的調變，因此，在（d）中所示之分離光 25 中所包含的光成分 26b 中，不僅是包含有在激發時間之後所發出之衰減光的成分，而亦包含有在激發時間中所發出的光之成分的一部分。

於圖 17 中，係展示有：藉由圖 16 所示之三角函數波形且藉由 1MHz 之調變頻率所得到的檢測光之強度的變化曲線 31b、和代表藉由三角函數波形且藉由 10MHz 之調變頻率所得到的檢測光之強度的變動之線 32b、以及將變化曲線 31b 和線 32b 之比值求取出來的曲線 33b。此曲線 33b，係與圖 9 中所示之材料的載子壽命之變動曲線近似，可以得知，係抽出有相關於載子壽命之資訊。

又，根據圖 17 中所示之變化曲線 31b、和代表藉由連續之激發光所得到的冷光之強度的  $1/4$  之變化的線 34，其兩者之比值，亦能夠得到與前述曲線 33b 同等之特性。

圖 18，係相當於圖 15，並為對於藉由圖 16 中所示之三角函數波形而藉由 1MHz 之調變頻率所得到的檢測光之強度和藉由三角函數波形而 10MHz 之調變頻率所得到的檢測光之強度的比值，和公稱載子壽命，其兩者之間的關係作展示。根據圖 18，可以得知，就算是在藉由三角函數波形而作了調變時，亦能夠藉由將以相異之頻率所得到的檢測光之強度的比值求取出來，而得到與載子壽命之成分成正比的資訊。

另外，將發光強度之成分除去並將載子壽命成分定量化之測定方法，除了使用如同前述一般之由相異之調變頻率所得到的檢測光之強度的比值乃至於使用由連續光所得到的檢測光的強度之  $1/4$  之值以外，亦可使用下述一般之測定方法。

圖 19 中所示之模擬，係展示有：對於圖 9 中所示之特性的材料作想定，並藉由求取出當使調變波形有所相異時所得到的檢測光之強度的比值，而能夠將相關於載子壽命之資訊單獨地作抽出。

圖 19 (A)，係為與圖 10 (A) 之波形相同，於 (a) 中所示之激發側的調變波形，係為矩形波，於 (c) 中所示之受光側的調變波形，亦為矩形波。於 (a) 中所示之激發側的調變波形和於 (c) 中所示之受光側的調變波形

，係以相同之 1MHz 的頻率且互為相反相位的方式而作同步。將於 (d) 中所得之分離光藉由相當於 CCD 之曝光時間的測定時間而作了積分者，係為檢測光之強度。在圖 20 中，係對於藉由矩形波之調變所得到的檢測光之強度的 X 座標上之分布，藉由二點鏈線之變化曲線 31c 來作了展示。

圖 19 (B)，係為與圖 16 相同之波形，於 (a) 中所示之激發側的調變波形，和於 (c) 中所示之受光側的調變波形，係為近似於三角函數之曲線。(a) 之調變波形和 (c) 之調變波形，係為相同之頻率，且相位係成為偏差了 180 度之逆相位。又，在圖 19 (A) 之 (a)、(c) 中所示之矩形波、和於圖 19 (B) 之 (a)、(c) 中所示之三角函數波形，係互為相同頻率，而為 1MHz。在圖 20 中，係對於藉由三角函數波形之調變所得到的檢測光之強度的 X 座標上之分布，藉由實線之變化曲線 32c 來作了展示。

在圖 20 中，係展示有：對於藉由矩形波之調變所得到的檢測光之強度的變化曲線 31c、和藉由三角函數波形之調變所得到的檢測光之強度的變化曲線 32c，而求取出兩者之比值的曲線 33c。此曲線 33c，係與圖 9 中所示之載子壽命的變動曲線近似，可以得知，係反映有載子壽命之資訊。

在圖 21 中，係對於 (由矩形波之調變所得之檢測光的強度) / (由三角函數波形之調變所得之檢測光的強度

的比值，和公稱載子壽命，其兩者間的關係作展示。根據圖 21，可以理解到，由矩形波之調變所得之檢測光的強度和由三角函數波形之調變所得之檢測光的強度的比值之大小，係略追隨於載子壽命之大小的變化。

圖 22 中所示之模擬，係展示有：對於圖 9 中所示之特性的材料作想定，並藉由求取出當使激發側之調變波形和受光側之調變波形間的相位差有所相異時所得到的 2 種類之檢測光之強度的比值，而能夠將相關於載子壽命之資訊單獨地作抽出。

圖 22 (A) 中所示之波形，係與圖 10 (A) 以及圖 19 (A) 相同，於 (a) 中所示之激發側的調變波形，和於 (c) 中所示之受光側的調變波形，係為同樣是 1MHz 之頻率而相位差為 180 度的矩形波。將於 (d) 中所得之分離光藉由相當於 CCD 之曝光時間的測定時間來作了積分者，係為檢測光之強度，在圖 23 中，係將此檢測光之強度的在 X 座標上之分布，藉由二點鏈線之變化曲線 31d 來作展示。

圖 22 (B) 中，於 (a) 中所示之激發側的調變波形，和於 (c) 中所示之受光側的調變波形，係為矩形波，而激發側和受光側之間的相位差，係為 0 度。在圖 22 (A) 之 (a)、(c) 中所示之矩形波、和於圖 22 (B) 之 (a)、(c) 中所示之矩形波，係均為能率比 50%，而頻率係均為 1MHz。在圖 23 中，係對於藉由圖 22 (B) 之調變所得到的檢測光之強度的 X 座標上之分布，藉由實線之線

32d 來作了展示。

在圖 23 中，係展示有：對於藉由圖 22 (A) 之波形之調變所得到的檢測光之強度的變化曲線 31d、和藉由圖 22 (B) 之波形之調變所得到的檢測光之強度的變化曲線 32d，而求取出兩者之比值的曲線 33d。此曲線 33d，係與圖 9 中所示之載子壽命的變動曲線近似，可以得知，係反映有載子壽命之資訊。

在圖 24 中，係對於（由圖 22 (A) 之調變所得之檢測光的強度）／（由圖 22 (B) 之調變所得之檢測光的強度）的比值，和公稱載子壽命，其兩者間的關係作展示。根據圖 24，可以得知，藉由將以相異之相位差的矩形波所作了調變的 2 種類之檢測光之強度的比值求取出來，係能夠得到與載子壽命之成分成正比的資訊。

圖 25 乃至圖 27 中所示之模擬，係展示有：對於圖 9 中所示之特性的材料作想定，並藉由求取出當使調變波形之能率比有所相異時所得到的 2 種類之檢測光之強度的比值，而能夠將相關於載子壽命之資訊單獨地作抽出。

圖 25 (A) 中所示之波形，係與圖 10 (A) 和圖 19 (A) 以及圖 21 (A) 相同，於 (a) 中所示之激發側的調變波形，和於 (c) 中所示之受光側的調變波形，係為同樣是 1MHz 之頻率而相位互為相反的矩形波。圖 25 (B) 中所示之波形中，於 (a) 中所示之激發側的調變波形，和於 (c) 中所示之受光側的調變波形，係為 1MHz 之頻率而相位相反的矩形波。但是，圖 25 (A) 中，調變波形之

能率比係為 50 : 50，相對於此，圖 25 ( B ) 中，能率比係為 90 : 10。

在圖 26 中，係藉由二點鏈線，而對於代表藉由圖 25 ( A ) 之調變所得到的檢測光之強度的在 X 座標上之分布的變化曲線 31f 做展示，並藉由實線，來對於代表藉由圖 25 ( B ) 之調變所得到的檢測光之強度的在 X 座標上之分布的變化曲線 32f 作展示。又，係對於求取出變化曲線 31f 和變化曲線 32f 之間的比值之曲線 33f 作展示。此曲線 33f，係與圖 9 中所示之載子壽命的變動曲線近似，可以得知，係反映有載子壽命之資訊。

在圖 27 中，係對於（由圖 25 ( A ) 之調變所得之檢測光的強度）／（由圖 25 ( B ) 之調變所得之檢測光的強度）的比值，和公稱載子壽命，其兩者間的關係作展示。根據圖 26 和圖 27，可以得知，根據使能率比互為相異所作了測定的檢測光之強度的比值，可以將載子壽命之資訊抽出。

在上述之各實施形態中，係針對以下之例而作了說明。

（1）求取出藉由相異頻率之調變所得到的 2 種類之檢測光的強度之比值。

（2）求取出藉由間歇性之激發所得到的檢測光之強度和藉由連續之激發所得到的檢測光之強度，其兩者間的比值。

（3）藉由矩形波以外之波形來進行激發側之調變或受光

側之調變。

(4) 求取出藉由波形互為相異之調變所得到的 2 種類之檢測光的強度之比值。

(5) 求取出使激發側之調變和受光側之調變間的相位差互為相異所得到的 2 種類之檢測光的強度之比值。

(6) 求取出藉由相異能率比之調變所得到的 2 種類之檢測光的強度之比值。

上述之條件，係可相互作組合。

例如，就算是對於藉由在圖 28 (A) 中所示之例如 1MHz 的矩形波之調變所得到的檢測光之強度、和藉由圖 28 (B) 中所示之身為近似於三角函數之波形且頻率為較矩形波更高之例如 10MHz 之調變所得到的檢測光之強度，而求取出兩者之比值，亦能夠將相關於載子壽命之資訊獨立地抽出。

又，在圖 5 或圖 10 (A) 所示之例中，係經由將於 (a) 中所示之激發側的調變和於 (c) 中所示之受光側的調變設為能率比均為 50% 而相位相反之矩形波，來將接續於對於材料賦予激發的激發時間之終末所發出的衰減光從激發中之光而作分離。相對於此，在圖 29 所示之例中，於 (a) 中所示之激發側的調變和於 (c) 中所示之受光側的調變，均係為依據能率比為 40% 之矩形波者，在激發側之調變和受光側之調變間，相位係作 144 度之偏移。就算是經由此構成，亦能夠與對於材料賦予激發之激發時間的終末相同步地來將衰減光從激發中之光而作分離。如此這般

，激發側之調變和受光側之調變，係並不被限定於相位差  $180^\circ$  以及能率比 50% 者，只要是能夠將衰減特性作分離之調變波形即可。

於圖 30 中，係對於最適於實現至此為止所說明了的測定方法之測定裝置 40 作展示。

與圖 4 中所示之基本構造的測定裝置 1 相同地，激發裝置 10，係具備有激發源 11 和激發側之調變裝置 12。激發源 11，係為連續發光之半導體雷射，調變裝置 12，係為音響光學元件。以激發源 11 所發出之連續光 13，係藉由調變裝置 12 而被作調變，並成為激發光 14。

在調變裝置 12 之前方，係被設置有透鏡 41，被作了調變之激發光 14，係被作光學性調變，並被賦與至材料 30 之表面的特定面積之區域處。透鏡 41，係為準直透鏡、或者是焦點比為大之凸透鏡或凹透鏡、又或是此些之組合，並以使被賦與至材料 30 之特定面積的區域處之光量的差成為最小的方式來構成之。

檢測裝置 20，係具備有受光側之調變裝置 21 和受光裝置 23。調變裝置 21，係為音響光學元件。在材料 30 和調變裝置 21 之間，係被設置有集光透鏡 42。從材料 30 之特定區域所發出的冷光 24，係藉由集光透鏡 42 而被集光，並被賦與至調變裝置 21 處，藉由調變裝置 21 所分離出的分離光 25，係藉由受光裝置 23 而被受光。受光裝置 23，係為將複數之 CCD 元件作了配列的受光元件陣列，於其前方，係被設置有將分離光 25 集光於受光元件陣列處

之攝像機透鏡 43。另外，在檢測裝置 20 處，係因應於需要而裝備有圖 4 中所示之濾波器 22。

被設置於受光裝置 23 處之受光元件陣列，只要是具備有作了二維性配列之複數的 CCD 元件者，則係成為能夠將從材料 30 之特定面積的區域所發出之冷光 24，藉由各個的 CCD 元件而同時受光。根據經由各個的 CCD 元件所得到之檢測光的強度，係能夠得到一定面積之區域的各個點之載子壽命的資訊。又，藉由對於以各個的 CCD 元件所檢測出之檢測光的強度，而進行如同圖 11 之曲線 33 所示一般之比值的演算，係能夠對於廣泛區域內之各個點，而將相關於載子壽命之資訊抽出。

又，當被設置於受光裝置 23 處之受光元件陣列係為具備有成爲 1 列或者是複數之列的 CCD 元件者的情況時，經由設置使設置有材料 30 之台朝向與前述列相正交之方向而間歇性或連續性地移動的移送裝置 45，係能夠將從材料 30 之廣面積而來的冷光，經由受光裝置 23 之 CCD 元件而依序作取得。此事，若是設定為使設置有材料 30 之台被固定並使測定裝置 40 移動，亦為相同。

圖 30 中所示之測定裝置 40，係具備有調變控制部 46。經由此調變控制部 46，激發側之調變裝置 12 和受光側之調變裝置 21 係被作控制，並如各圖中所示一般，進行激發光之調變和冷光之調變。

在測定裝置 40 處，係被設置有亦作為主控制部而起作用之判別部 47，激發源 11 和調變裝置 12、21 係被作控

制。並且，受光裝置 23 之各個的 CCD 元件的在其之曝光時間中作積蓄所得到的檢測光，係被保持於記憶體中，之後被變換為數位值，並賦予至判別部 47 處。藉由判別部 47，而進行如圖 11 之曲線 33 所示一般的比值之演算，而能夠將各個的 CCD 元件作為像素單位，來得到材料 30 之測定區域的各個點之載子壽命的資訊。

藉由判別部 47 所演算出之材料 30 的各個點之載子壽命的資訊，係可作為特定面積之區域內的比較資訊來使用。例如，係成為可將各個點的載子壽命，作為數字資訊來顯示於顯示裝置上，或者是作為與載子資訊相對應之具備有濃淡的描繪畫像來作顯示等。於此情況，各個 CCD，係成為濃淡之像素單位。

圖 31 中所示之測定裝置 40A，係設置有將從材料 30 所發出之冷光 24 作分離的分光器 51，並將冷光 24 分離成朝向集光透鏡 42 之成分和朝向第 2 攝像機透鏡 52 之成分。而，經過了第 2 攝像機透鏡 52 之光，係並不經由調變裝置地而被賦予至第 2 受光裝置 53 處。在此測定裝置 40A 中，係可藉由一次的測定，來得到將冷光 24 作了調變之檢測光和無調變之檢測光。

或者是，亦可將藉由分光器 51 所分離出之光，經由第 2 調變裝置來作調變，並藉由受光裝置 53 而檢測出來。藉由此，係能夠以一次之測定來得到相異之調變的檢測光。

另外，本發明係並不被限定於上述之實施形態，而可

作各種之變更。

例如，若是作為激發源 11 而使用間歇性發光之脈衝發光雷射，則就算是並不設置調變裝置 12，亦能夠得到調變為各種之能率比的激發光 14。又，若是在受光裝置 23 處，而使用使各個檢測元件對於光作間歇性受光並且能夠將間歇性地受光了的檢測輸出積蓄在記憶體中者，則就算是並不設置調變裝置 21，亦能夠從冷光而將身為載子壽命之成分的衰減光分離出來，並進而將分離出之衰減光在特定之曝光時間中作積蓄。

進而，激發裝置 10，係亦可並非為發出激發光者，而是間歇性地產生電力者，藉由以此電力來激發材料 30 內之載子並作再結合而發光的電激發光，亦能夠對於載子壽命作測定。

進而，身為本案發明之測定方法以及測定裝置的對象之材料，典型而言，係為矽（Si）、磷化銦（InP）、碳化矽（SiC）、砷化鎵（GaAs）、矽鍺合金（SiGe）、鍺（Ge）、黃銅礦型化合物（CuInS<sub>2</sub>）、黃銅礦系多結晶膜（Cu（In，Ga）Se<sub>2</sub>）、富勒碳（C<sub>60</sub>）衍生物系有機半導體等的半導體結晶材料，但是，亦可為此些以外之半導體材料。

進而，只要是經由激發光或激發電力來使內部之載子被激發並活性化，而在電子等之載子的能階準位降低時會發出光者，則亦可為有機材料或高分子材料等。

**【圖式簡單說明】**

〔圖 1〕對於在激發期間中而從材料所發出之光的強度作展示之線圖。

〔圖 2〕對起因於材料內之載子壽命的發光之衰減曲線作展示之線圖。

〔圖 3〕對於在對於材料賦予矩形波之激發時而從材料所發出之光的強度變化作展示之線圖。

〔圖 4〕對於對材料賦予作了調變之激發並將從材料所發出之光藉由與激發相反之相位來作調變而檢測出來之測定方法以及測定裝置作展示之說明圖。

〔圖 5〕對於使用了圖 4 中所示之測定裝置時的賦予至材料處之激發的調變和從材料所發出之光的調變以及作了分離的衰減光之強度變化作展示的線圖。

〔圖 6〕對於賦予至材料處之激發的調變頻率之變化、和將分離了的衰減光作了積蓄之檢測輸出的強度，其兩者間之關係作展示的線圖。

〔圖 7〕對於當將分離了的衰減光作了積蓄之檢測輸出成為其之最大值的 50%時之頻率、和載子壽命，其兩者間之關係作展示的線圖。

〔圖 8〕對於在相異之頻率處所得到之檢測光的比、和載子壽命，其兩者間之關係作展示的線圖。

〔圖 9〕對於身為在模擬中所使用之材料的使發光強度和載子壽命在 X 座標之各別的位置處作變動之材料的特性作展示的線圖。

〔圖 10〕對於在將賦予至材料處之激發的調變頻率和從材料所發出之光的調變頻率作了切換時之賦予至材料處之激發的調變、和從材料所發出之光的調變、以及作了分離的衰減光之強度變化作展示的線圖。

〔圖 11〕將藉由圖 10 中所示之各個頻率的調變所得之檢測光之強度的在 X 座標上之變動特性、和藉由相異之頻率的調變所得到的檢測輸出之比的在 X 座標上之變動特性，其兩者作了對比之線圖。

〔圖 12〕對於在對於材料賦予連續之激發時而從材料所發出之光和連續檢測出來之檢測光的強度作展示之線圖。

〔圖 13〕對於在將激發側之調變和受光側之調變設為梯形波形時，從材料所發出之光的強度變化和作了分離之衰減光的強度變化作展示之線圖。

〔圖 14〕將在相異頻率下並且進行了梯形波形之調變時所得到之檢測光之強度的在 X 座標上之變動特性、和藉由相異之頻率的調變所得到的檢測輸出之比的在 X 座標上之變動特性，其兩者作了對比之線圖。

〔圖 15〕對於藉由梯形波形之調變且在相異之頻率處所得到之檢測光的比、和載子壽命，其兩者間之關係作展示的線圖。

〔圖 16〕對於在賦予展現略三角函數之變化的波形之調變時，從材料所發出之光的強度變化和作了分離之衰減光的強度變化作展示之線圖。

〔圖 17〕將在相異頻率下並且進行了三角函數的波形之調變時所得到之檢測光之強度的在 X 座標上之變動特性、和藉由相異之頻率的調變所得到的檢測輸出之比的在 X 座標上之變動特性，其兩者作了對比之線圖。

〔圖 18〕對於藉由三角函數波形之調變且在相異之頻率處所得到之檢測光的比、和載子壽命，其兩者間之關係作展示的線圖。

〔圖 19〕對於在藉由矩形波而進行了調變時和藉由三角函數波形而進行了調變時，從材料所發出之光的強度變化和作了分離之衰減光的強度變化作展示之線圖。

〔圖 20〕將藉由相異之波形而進行了調變時之檢測光之強度的在 X 座標上之變動特性、和藉由相異之波形的調變所得到的檢測輸出之比的在 X 座標上之變動特性，其兩者作了對比之線圖。

〔圖 21〕對於藉由相異之波形的調變所得到之檢測光的比、和載子壽命，其兩者間之關係作展示的線圖。

〔圖 22〕對於在藉由相異之相位差而進行了調變時，從材料所發出之光的強度變化和作了分離之衰減光的強度變化作展示之線圖。

〔圖 23〕將藉由相異之相位差而進行了調變時之檢測光之強度的在 X 座標上之變動特性、和藉由相異之相位差的調變所得到的檢測輸出之比的在 X 座標上之變動特性，其兩者作了對比之線圖。

〔圖 24〕對於藉由相異之相位差的調變所得到之檢測

光的比、和載子壽命，其兩者間之關係作展示的線圖。

〔圖 25〕對於在藉由使能率比互為相異之波形而進行了調變時，從材料所發出之光的強度變化和作了分離之衰減光的強度變化作展示之線圖。

〔圖 26〕將藉由使能率比互為相異之波形而進行了調變時之檢測光之強度的在 X 座標上之變動特性、和藉由互為相異之能率比的調變所得到的檢測輸出之比的在 X 座標上之變動特性，其兩者作了對比之線圖。

〔圖 27〕對於藉由使能率比互為相異之波形的調變所得到之檢測光的比、和載子壽命，其兩者間之關係作展示的線圖。

〔圖 28〕對於在使頻率和波形之雙方互為相異而進行了調變時，從材料所發出之光的強度變化和作了分離之衰減光的強度變化作展示之線圖。

〔圖 29〕對於在藉由 50%以外之能率比的波形並且使相位作了偏移地而進行了調變時，從材料所發出之光的強度變化和作了分離之衰減光的強度變化作展示之線圖。

〔圖 30〕對於理想性之構成的測定方法以及測定裝置之第 1 實施形態作展示的說明圖。

〔圖 31〕對於理想性之構成的測定方法以及測定裝置之第 2 實施形態作展示的說明圖。

#### 【主要元件符號說明】

1：測定裝置

- 10 : 激發裝置
- 11 : 激發源
- 12 : 調變裝置
- 13 : 連續光
- 14 : 激發光
- 20 : 檢測裝置
- 21 : 調變裝置
- 22 : 濾波器
- 23 : 受光裝置
- 24 : 冷光
- 25 : 分離光
- 26 : 衰減光
- 30 : 半導體材料
- 40 : 測定裝置
- 41 : 透鏡
- 42 : 集光透鏡
- 43 : 攝像機透鏡
- 45 : 移送裝置
- 46 : 調變控制部
- 47 : 判別部
- 51 : 分光器
- 52 : 攝像機透鏡
- 53 : 受光裝置

## 七、申請專利範圍：

1. 一種載子壽命之測定方法，係為對於材料賦予激發，並檢測出從材料所發出之光的測定方法，其特徵為：

以使激發時間空出有間隔並作週期性反覆的方式，來對於材料賦予激發，

將從材料所發出之光藉由受光側之調變裝置來作調變，並將從材料所發出之光之中的接續於前述激發時間之終末所發出的衰減光與前述激發之週期相互同步而作光學性分離，

將被分離了的複數之前述衰減光賦予至作為受光元件而利用 CCD 元件之受光裝置，於前述受光裝置處，在包含有複數週期之激發時間的長度之曝光時間內，將被分離了的複數之前述衰減光作積蓄並檢測出來，而根據在前述曝光時間內所作了積蓄之檢測光的強度，來測定載子之壽命。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係藉由將從材料所發出之光，與激發時間之終末同時地或者是在激發時間之終末後而取得，來將衰減光從在激發時間中所發出之光而分離出來。

3. 如申請專利範圍第 1 項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係藉由將從材料所發出之光，從激發時間之途中起而取得，來從在激發時間中所發出之光而將在前述激發時間中所發出之光之一部分以及接續於其後之衰減光作分離。

4. 如申請專利範圍第 1~3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係使從激發源所發出之激發，通過激發側之調變裝置，並以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式，來對於材料賦予激發。

5. 如申請專利範圍第 1~3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係從激發源而使激發斷續地發生，而以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式，來對於材料賦予激發。

6. 如申請專利範圍第 1~3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，前述受光裝置，係為將複數之受光元件作了配列者，並藉由各個的受光元件來將複數之衰減光作積蓄並檢測出來。

7. 如申請專利範圍第 6 項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係使用將複數之受光元件作了 2 維性配列之受光裝置，並將從材料之一定面積的區域所發出之衰減光，藉由各個受光元件而作同時性取得，以得到相關於在前述區域內之位置和載子壽命之資訊。

8. 如申請專利範圍第 6 項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係使用將複數之受光元件作了成列配列之受光裝置，並將從材料所發出之衰減光，藉由複數之受光元件而作同時性取得，且使此取得線作移動，以得到相關於在材料之一定面積的區域內之位置和載子壽命之資訊。

9. 如申請專利範圍第 1~3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係對於材料賦予複數之頻率的

激發，並在各個頻率之激發中而取得將從材料發出的衰減光作了積蓄的檢測光，再根據藉由相異頻率之激發所得到的前述檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

10. 如申請專利範圍第 1～3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係在使激發時間空出有間隔地作反覆的方式而對於材料賦予激發時，根據使衰減光作積蓄所得之檢測光的強度、和將從材料所發出之光連續性檢測出來所得之檢測光的強度，其兩者間的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

11. 如申請專利範圍第 1～3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係將對於材料所賦予之激發藉由相異之波形而作調變，並在各個調變波形之激發中而取得將從材料發出的衰減光作了積蓄的檢測光，再根據藉由相異波形之調變所得到的檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

12. 如申請專利範圍第 1～3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係將從材料所發出之光藉由相位互為相異之波形而作調變，並取得將衰減光作積蓄並檢測出來的檢測光，再根據藉由相異相位之調變所得到的檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

13. 如申請專利範圍第 1～3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，係使對於材料賦予激發之間隔和激發時間之間的能率（duty）比、以及當從在激發時間中所發出之光來將衰減光作分離時之分離時間和此分離時間之間隔之間的能率比，成為互為相異，並根據在相異之能率比時而使衰減光作積蓄所得到的檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

14. 如申請專利範圍第 1～3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，賦予至材料之激發，係為激發光。

15. 如申請專利範圍第 1～3 項中之任一項所記載之載子壽命之測定方法，其中，賦予至材料之激發，係為激發電力。

16. 一種載子壽命之測定裝置，係為對於材料賦予激發，並檢測出從材料所發出之光的測定裝置，其特徵為，具備有：

對於材料而賦予激發時間空出有間隔並作週期性反覆之激發的激發裝置；和

具備有將從材料所發出之光之中的接續於前述激發時間之終末所發出的衰減光，與前述激發之週期相互同步而作分離之受光側之調變裝置、以及作為受光元件而利用 CCD 元件之受光裝置，並在包含有複數週期之激發時間的長度之曝光時間內，將被分離了的複數之前述衰減光作積

蓄並檢測出來的檢測裝置；和

基於在前述曝光時間內所積蓄並被檢測出來之檢測光的積分強度，來測定載子之壽命之判別部。

17. 如申請專利範圍第 16 項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，前述激發裝置，係具備有：激發源；及將從激發源所發生之激發，以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式來作調變的激發側之調變裝置。

18. 如申請專利範圍第 16 項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，前述激發裝置，係具備有：以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式來發生激發之激發源。

19. 如申請專利範圍第 17 項或第 18 項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，前述激發源，係為發光源。

20. 如申請專利範圍第 17 項或第 18 項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，前述激發源，係為激發電力之發生源。

21. 如申請專利範圍第 16～18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，受光側之前述調變裝置，係藉由將從材料所發出之光，與激發時間之終末同時地或者是在激發時間之終末後而取得，來將衰減光從在激發時間中所發出之光而分離出來。

22. 如申請專利範圍第 16～18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，受光側之前述調變裝置，係藉由將從材料所發出之光，從激發時間之途中起而取得，來從在激發時間中所發出之光而將在前述激發時間中

所發出之光之一部分以及接續於其後之衰減光作分離。

23. 如申請專利範圍第 16~18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，前述受光裝置，係為將複數之受光元件作了配列者，並藉由各個的受光元件來將複數之衰減光作積蓄並檢測出來。

24. 如申請專利範圍第 23 項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，前述受光裝置，係具備有作了 2 維性配列之複數的受光元件，並藉由各個受光元件，來取得從材料之一定面積的區域所發出之衰減光，以得到相關於在前述區域內之位置和載子壽命之資訊。

25. 如申請專利範圍第 23 項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，前述受光裝置，係具備有作了成列配列之複數的受光元件，並具備有使前述受光裝置和材料在與前述列相交叉之方向上而作相對性移動之移送裝置，經由複數之受光元件，而將從材料所發出之衰減光作同時性取得，並且使此取得線作移動，以得到相關於在一定面積的區域內之位置和載子壽命之資訊。

26. 如申請專利範圍第 16~18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，在材料和前述檢測裝置之間，係設置有波長濾波器。

27. 如申請專利範圍第 16~18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，在材料和前述檢測裝置之間，係設置有偏光濾波器。

28. 如申請專利範圍第 16~18 項中之任一項所記載

之載子壽命之測定裝置，其中，

係設置有使賦予至材料之激發的頻率作變化之激發裝置，

前述判別部，係根據在藉由相異之頻率而作了激發時之以前述檢測裝置所取得的檢測光之強度的比，來將發光強度之成分除去，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

29. 如申請專利範圍第 16～18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，係設置有：

將賦予至材料之激發，使激發時間空出有間隔地作反覆賦予的激發裝置，

前述判別部，係根據在以使激發時間空出有間隔地作反覆的方式而對於材料賦予激發時所藉由前述檢測裝置而取得之檢測光的強度、和藉由前述檢測裝置而將從材料所發出之光連續性檢測出來的檢測光的強度，其兩者間的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

30. 如申請專利範圍第 16～18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，

係設置有：將對於材料所賦予之激發藉由相異之波形而作調變，並在各個調變波形之激發中，將從材料發出的衰減光作了積蓄並檢測出來之檢測裝置，

前述判別部，係根據藉由相異波形之調變所得到的檢測強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成

分作定量化並進行測定。

31. 如申請專利範圍第 16～18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，

係設置有：將從材料所發出之光藉由相位互為相異之波形而作調變，並將衰減光作積蓄而檢測出來的檢測裝置，

前述判別部，係根據藉由相異相位之調變所得到的檢測強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

32. 如申請專利範圍第 16～18 項中之任一項所記載之載子壽命之測定裝置，其中，

係具備有：使對於材料賦予激發之間隔和激發時間之間的能率（duty）比互為相異之激發裝置、以及使當將在激發時間中所發出之光和衰減光作分離時之分離時間和此分離時間之間隔之間的能率比互為相異之檢測裝置，

前述判別部，係根據在相異之能率比時而使衰減光作積蓄所得到的檢測光之強度的比，來除去發光強度之成分，而將載子之壽命成分作定量化並進行測定。

圖 1

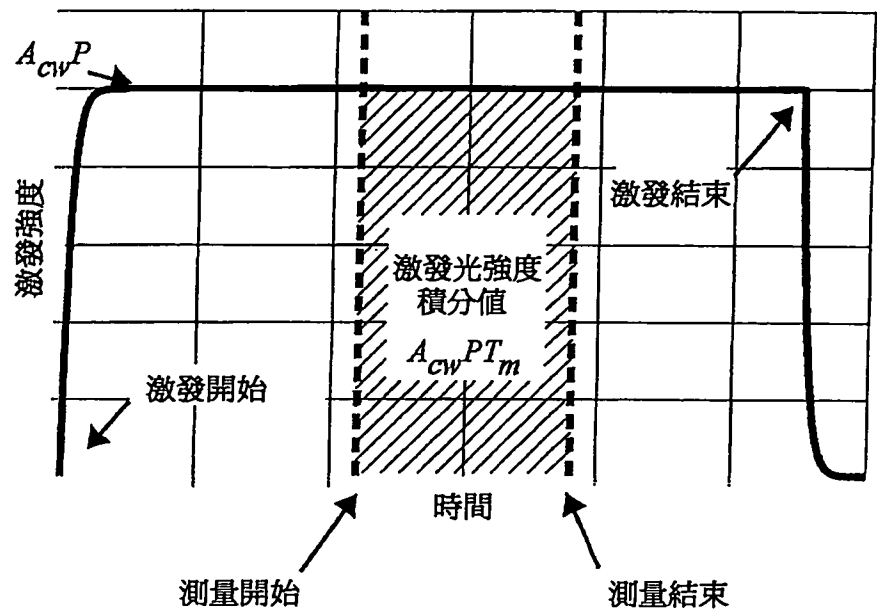
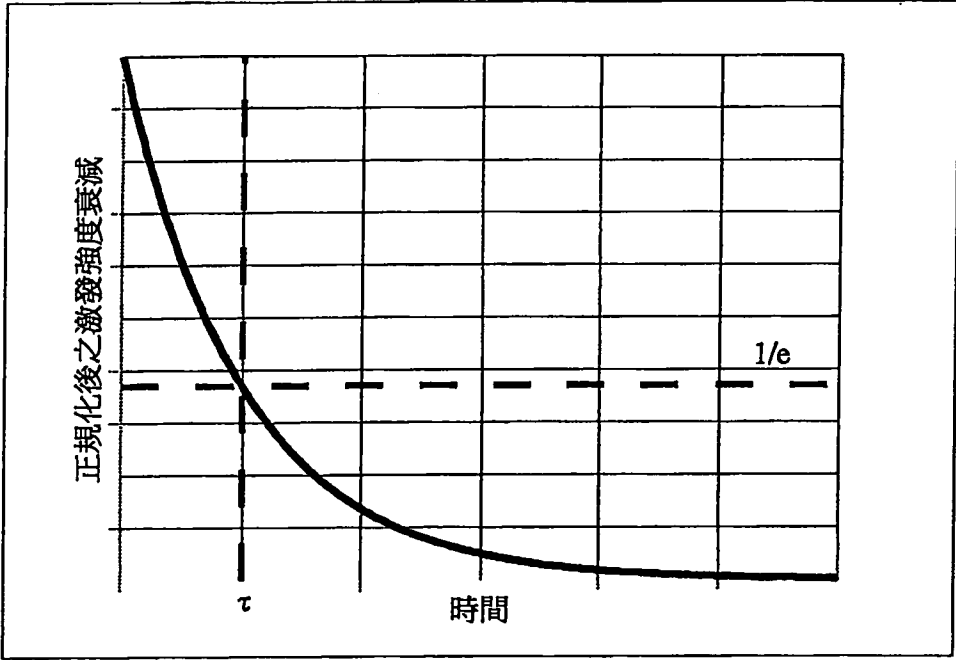


圖 2



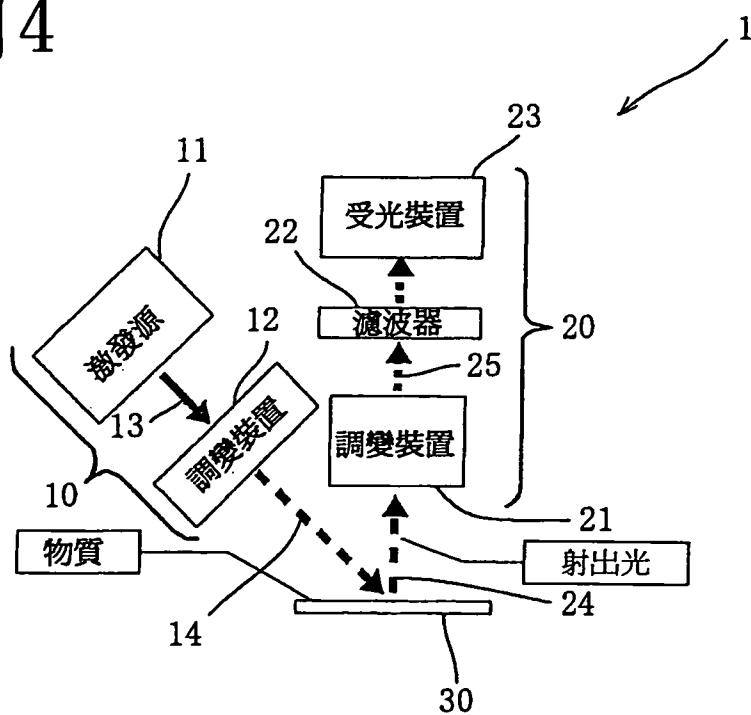


圖5

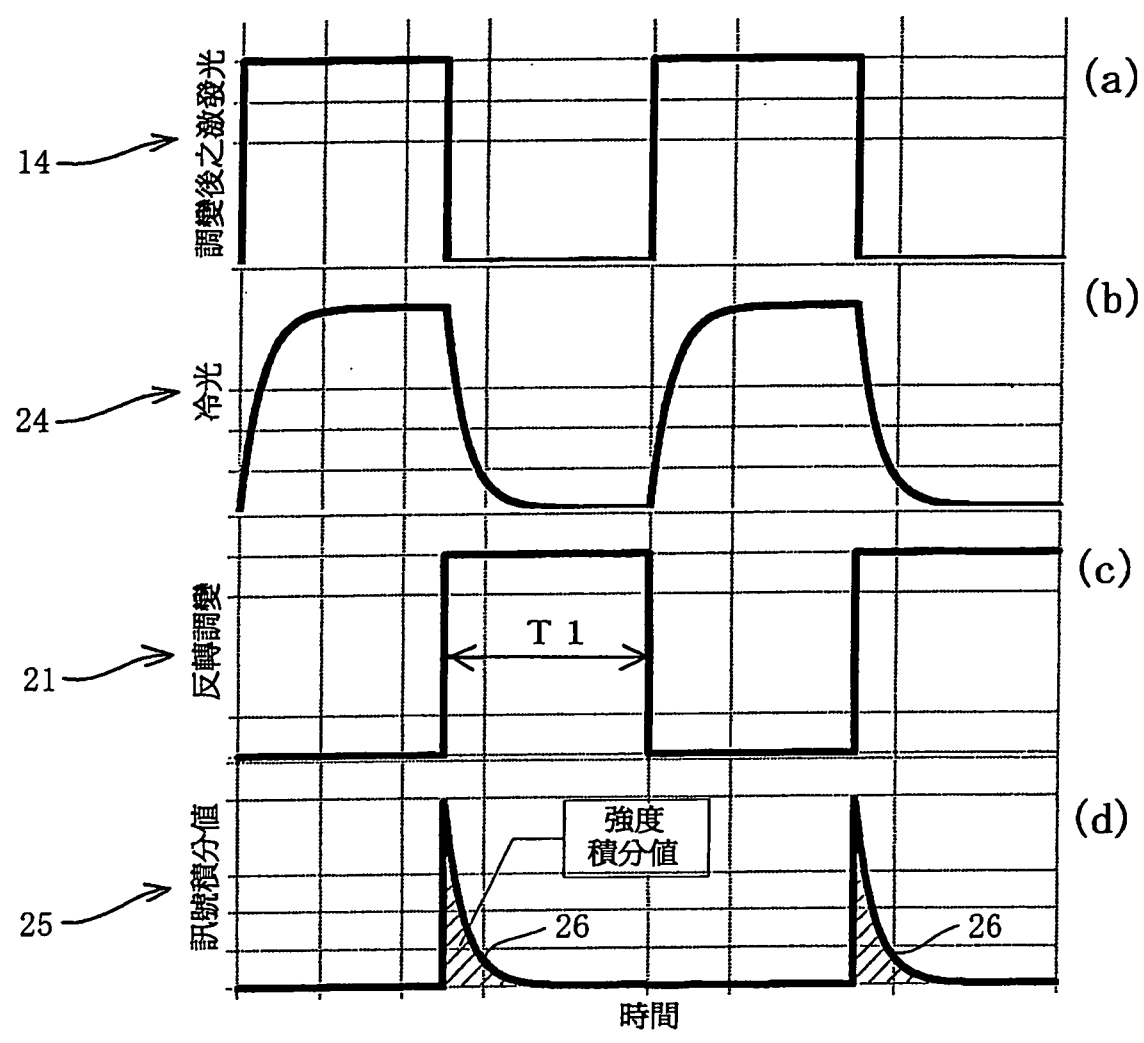


圖6

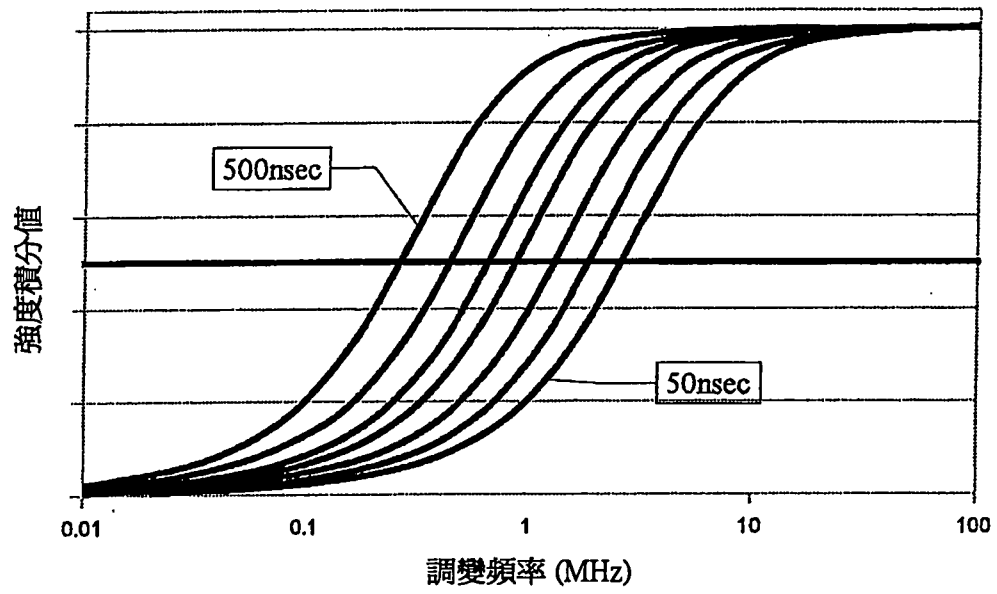


圖7

最大強度積分值之50%和壽命之相關

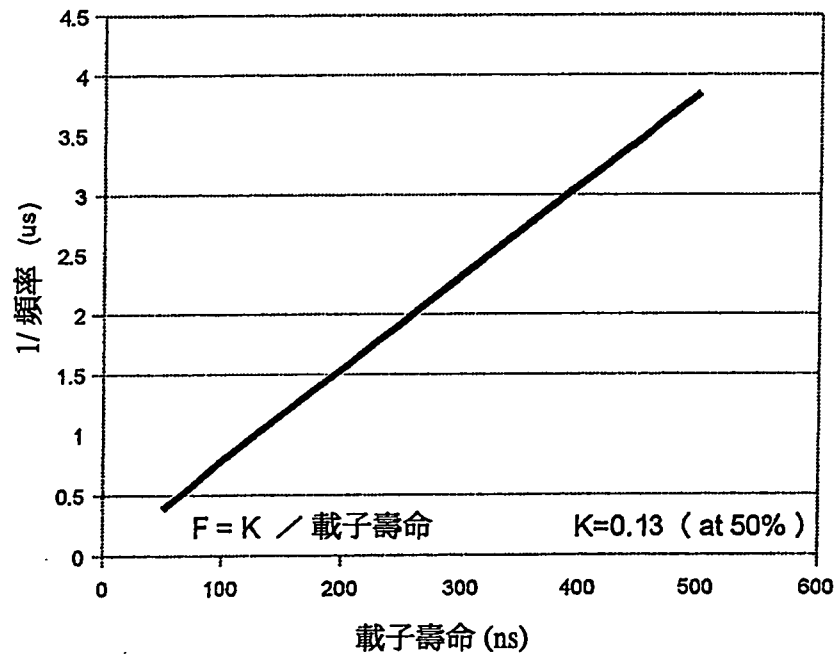


圖 8

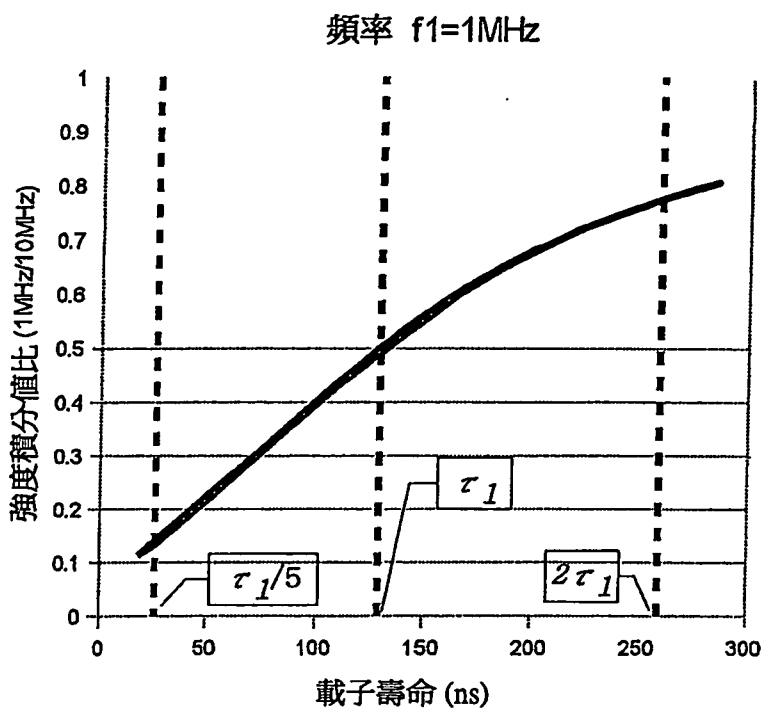


圖 9

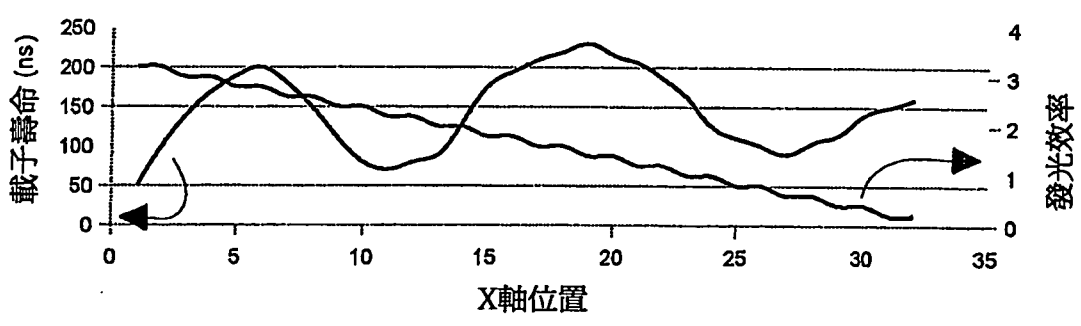


圖10

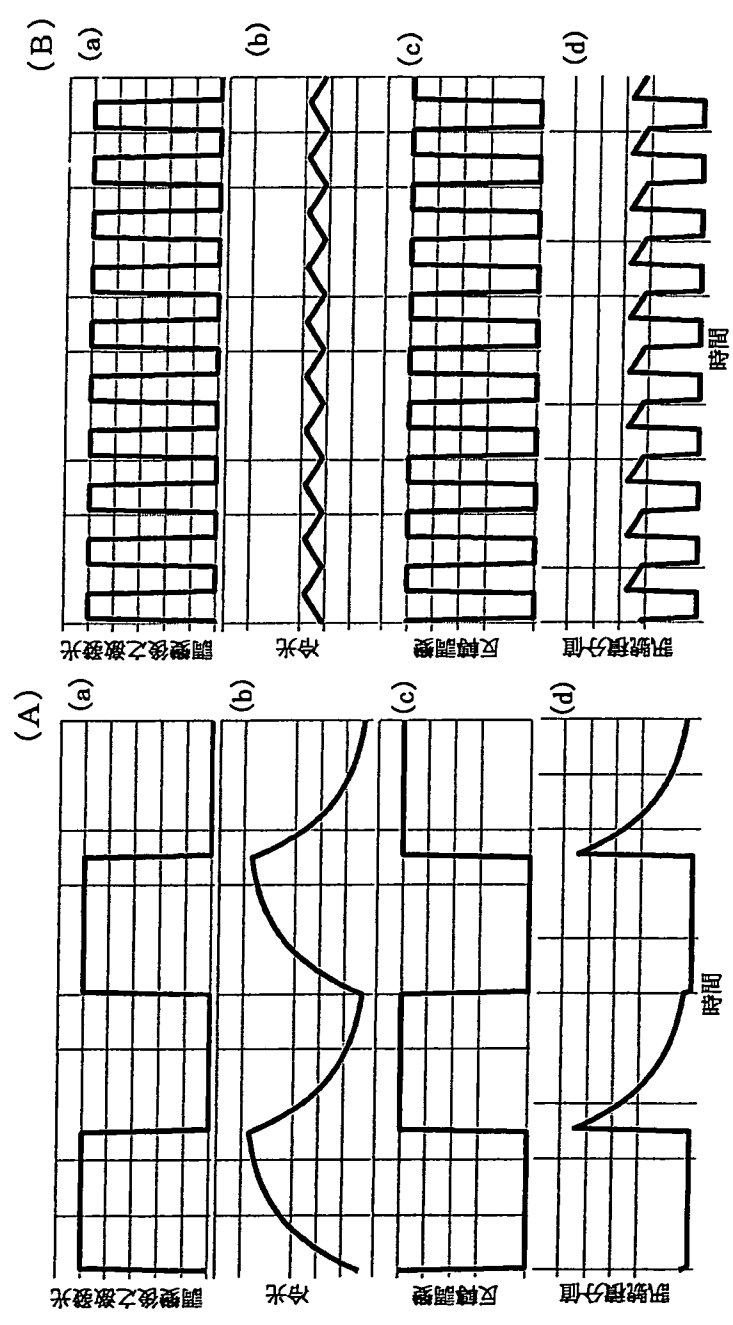


圖 11

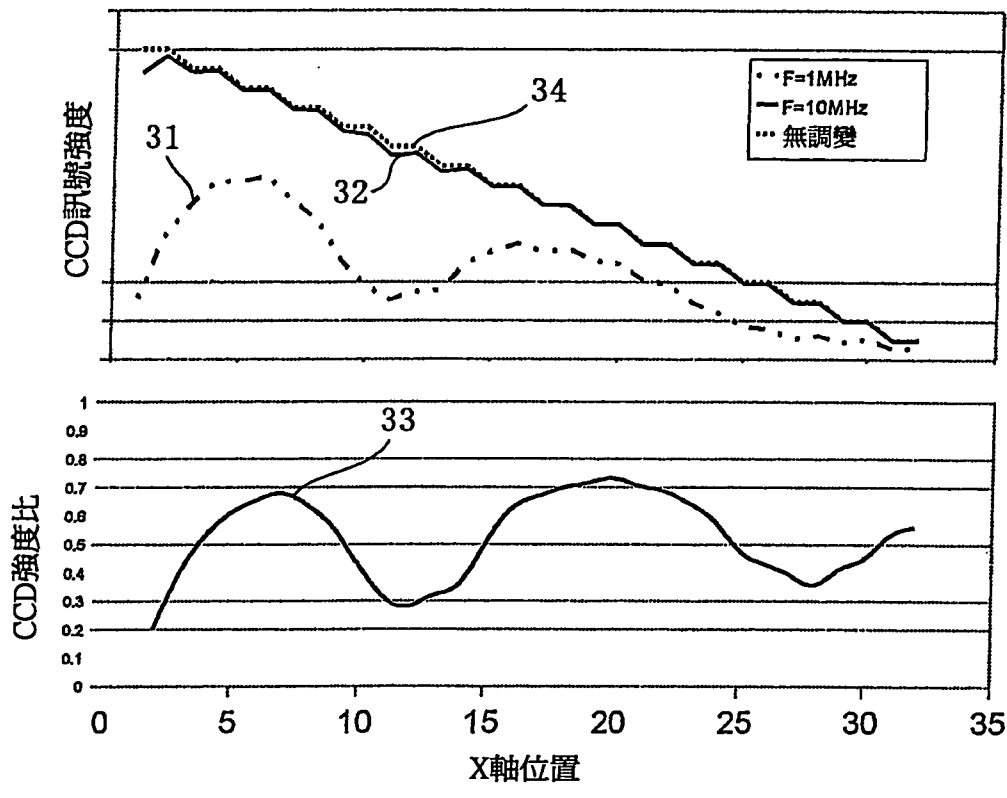


圖 12

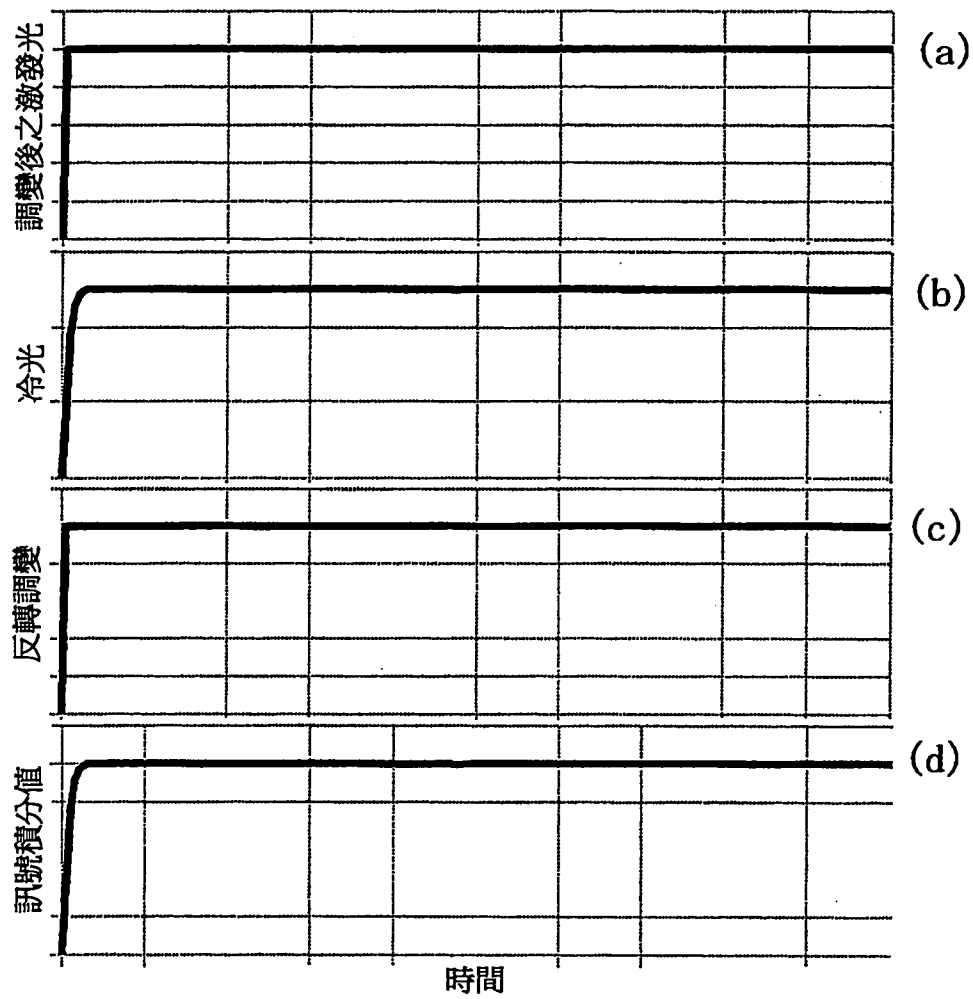


圖13

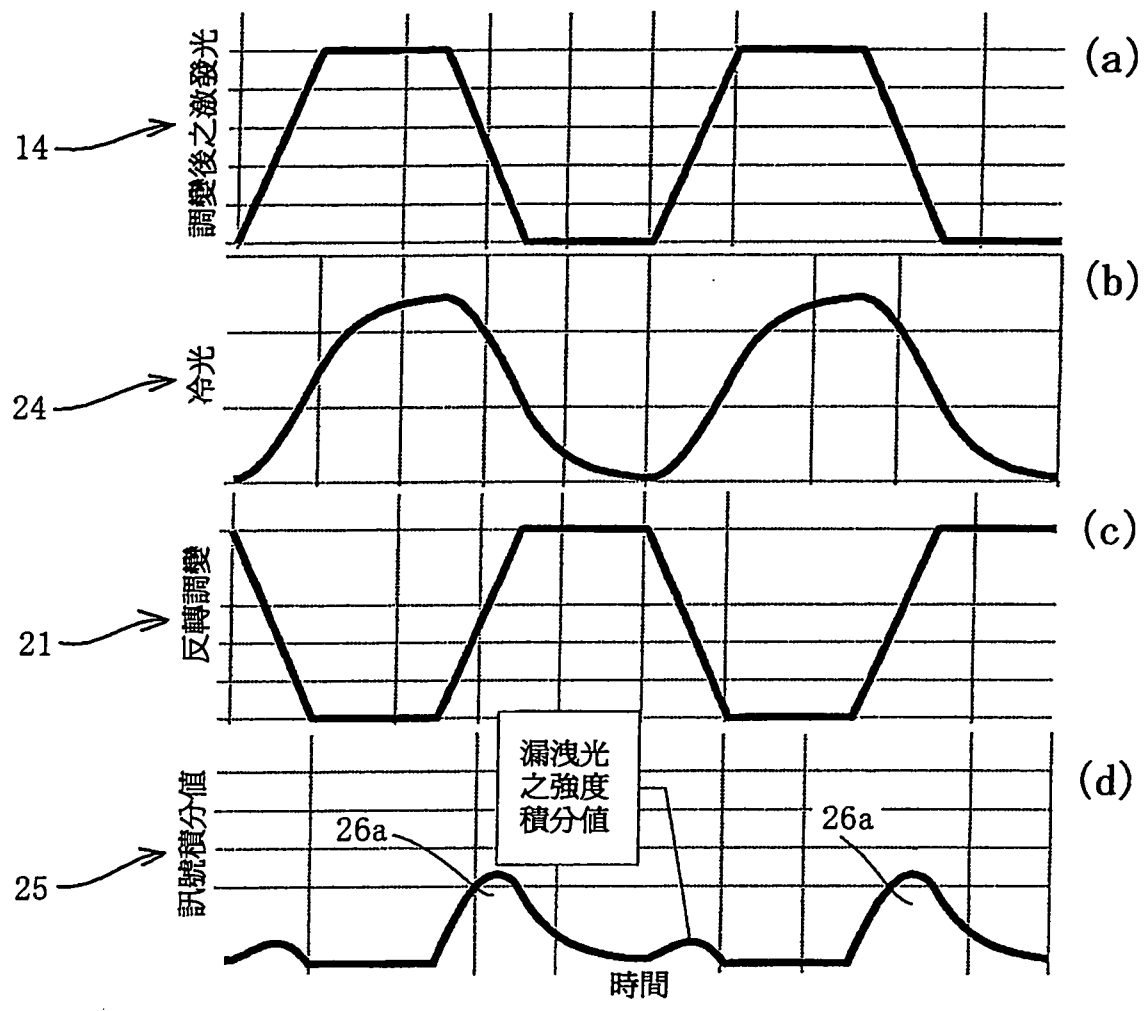


圖 14

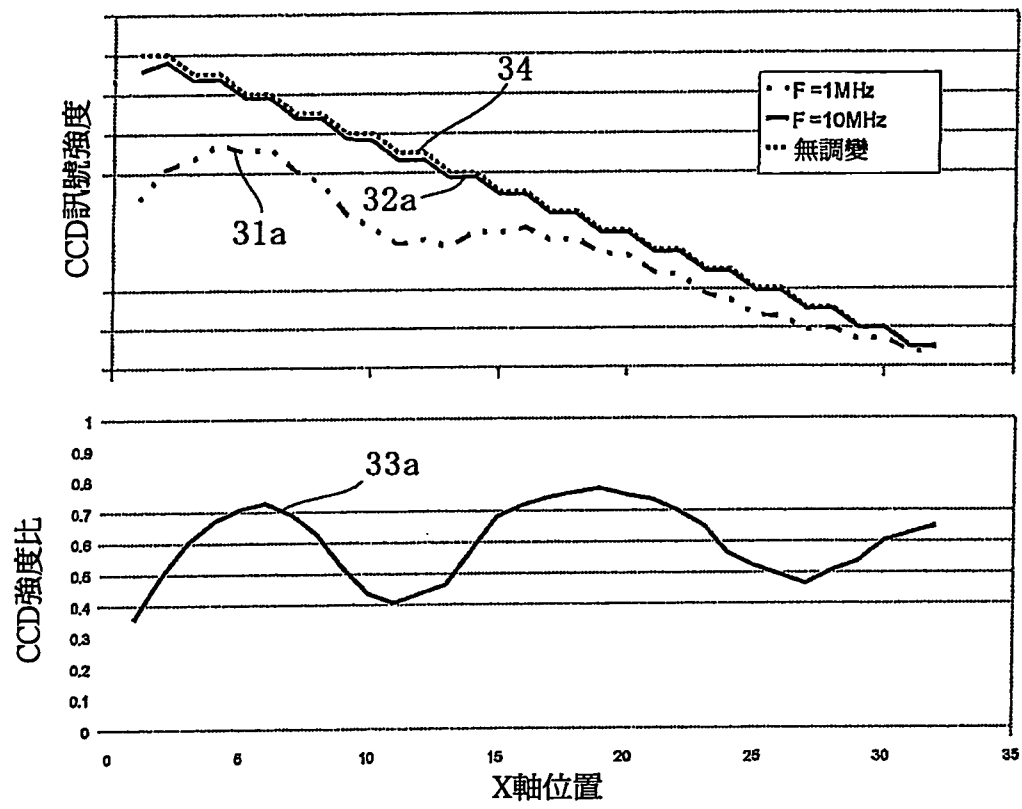


圖 15

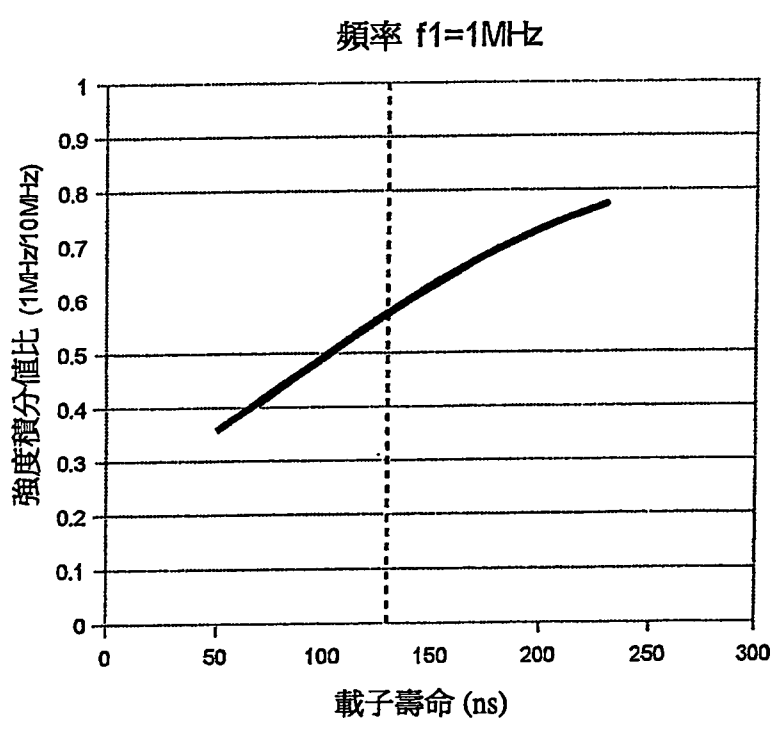


圖 16

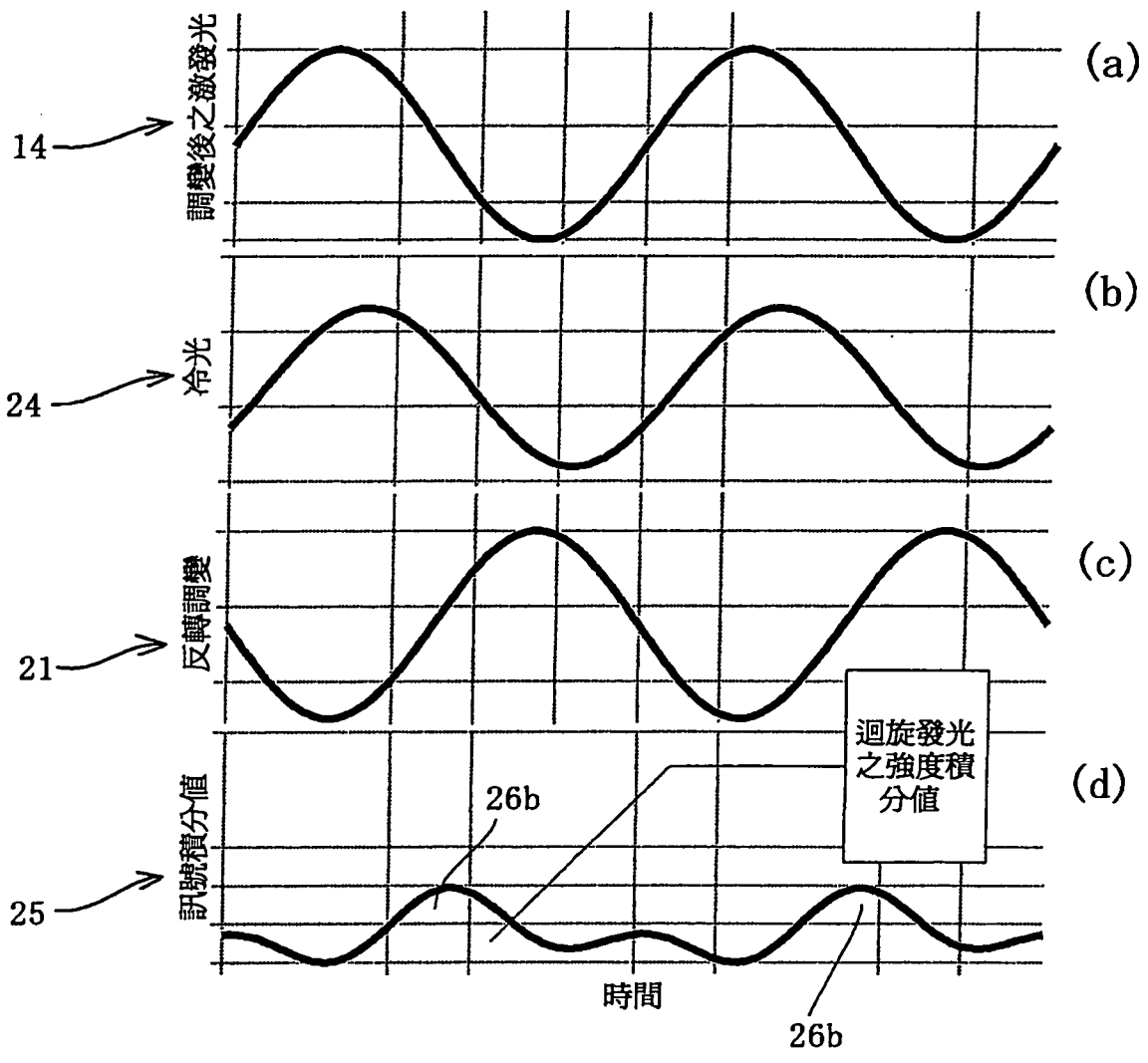


圖 17

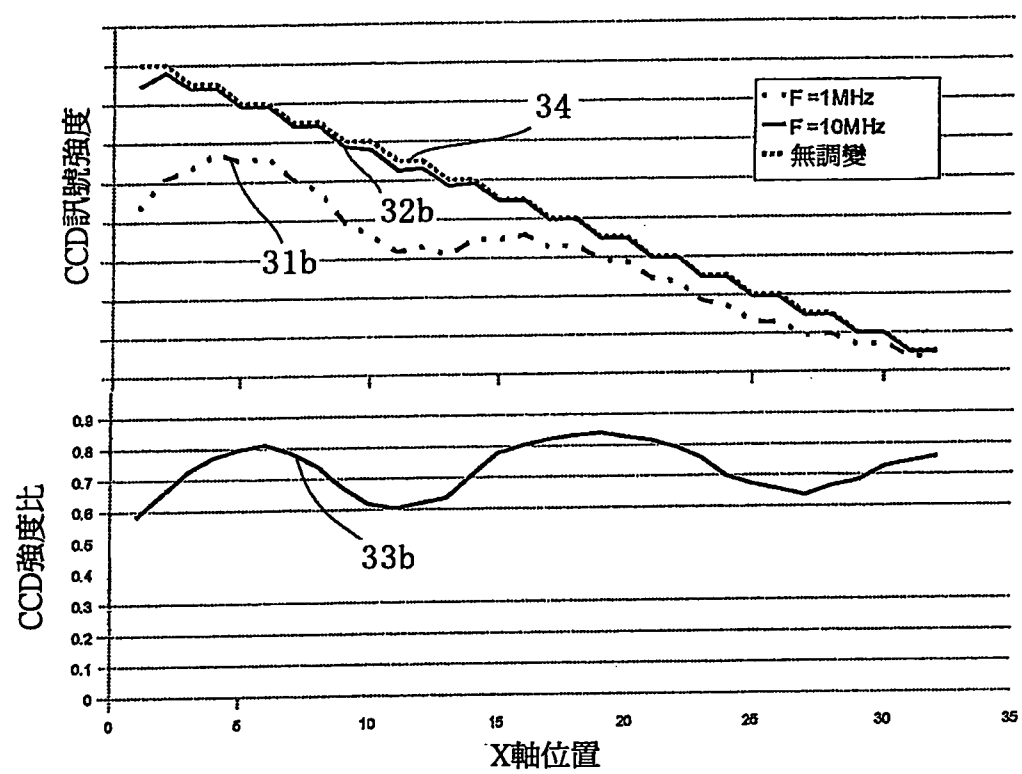


圖 18

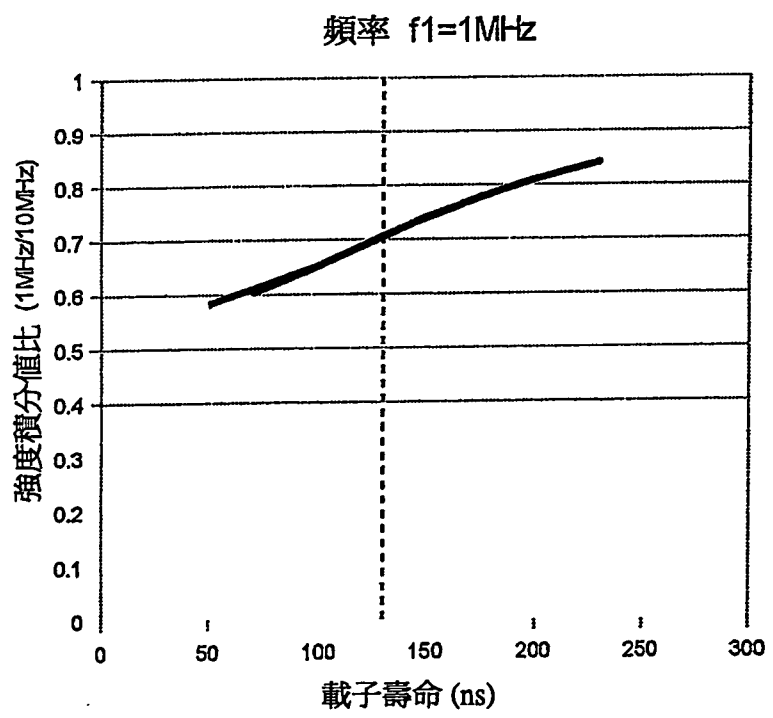


圖19

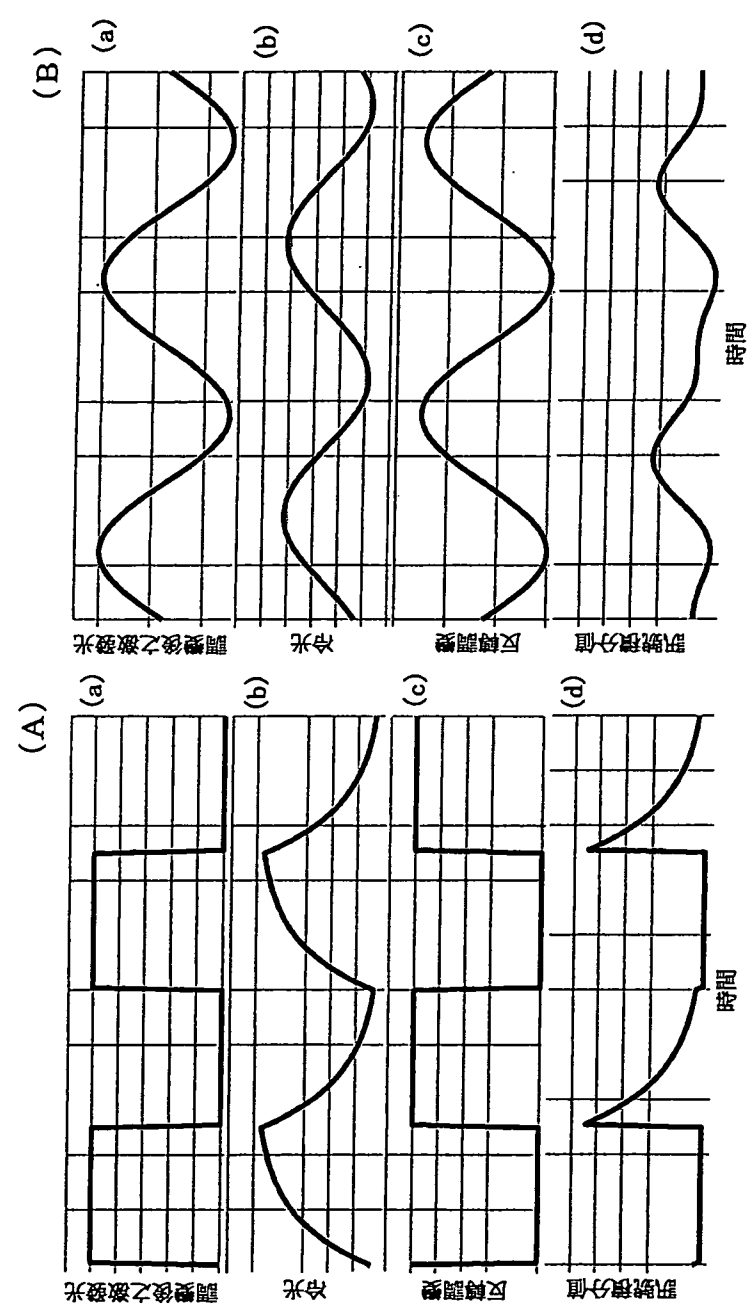


圖 20

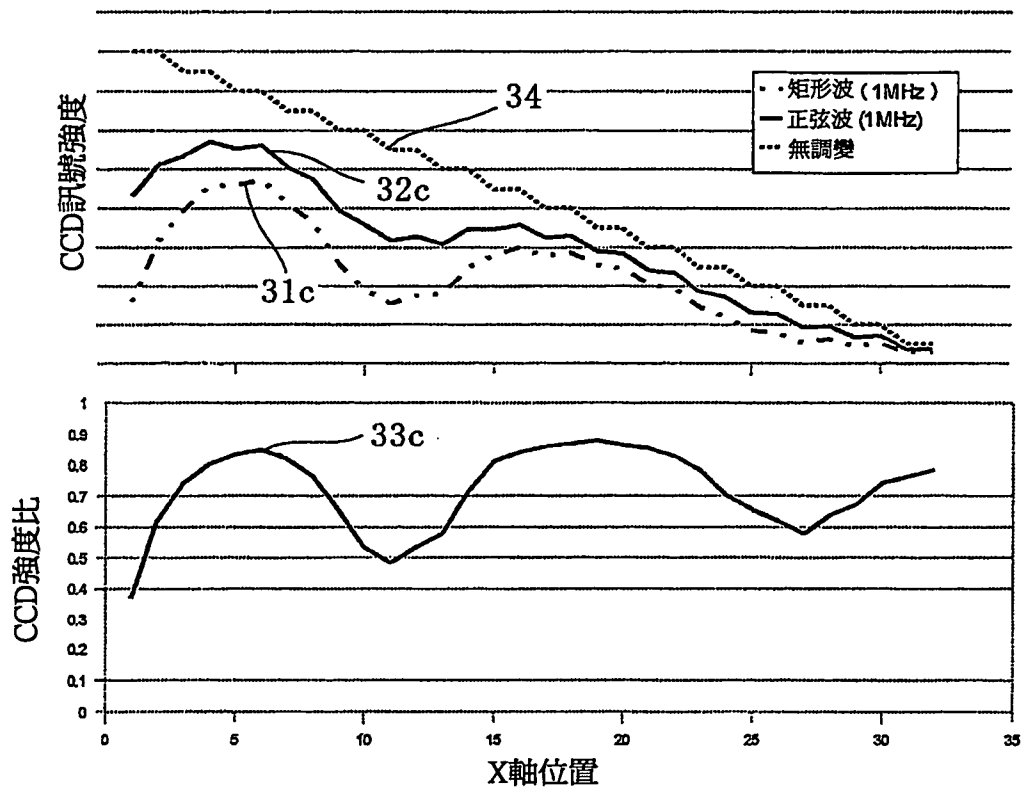


圖 21

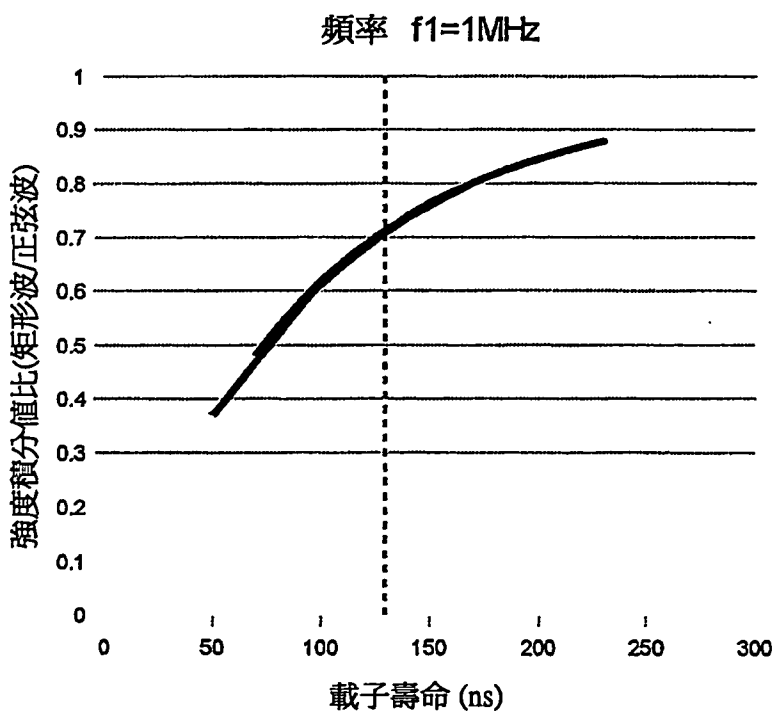


圖22

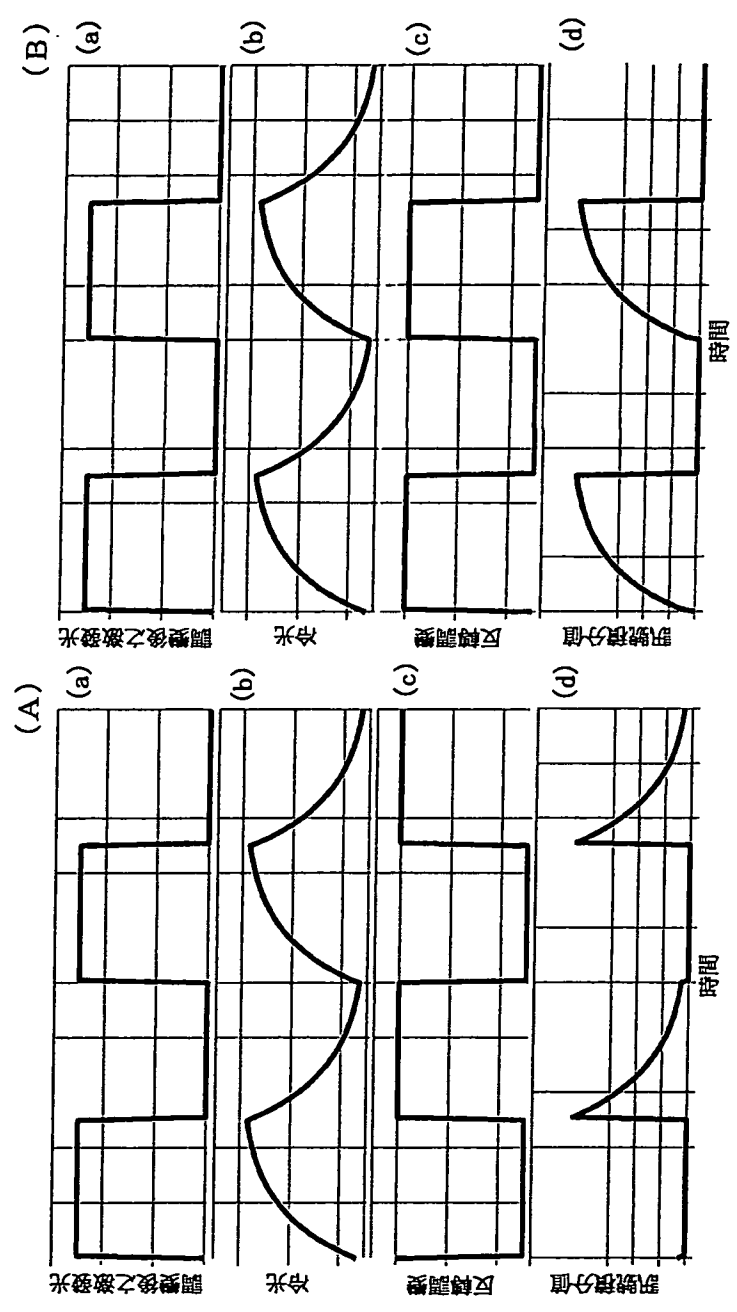


圖 23

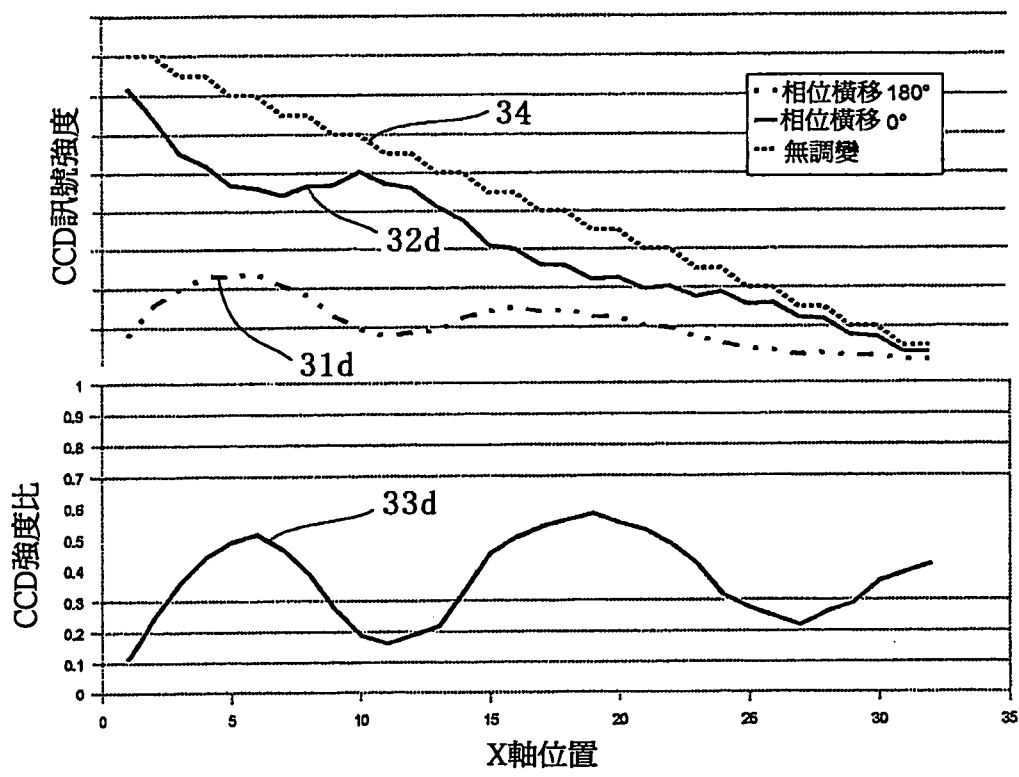


圖 24

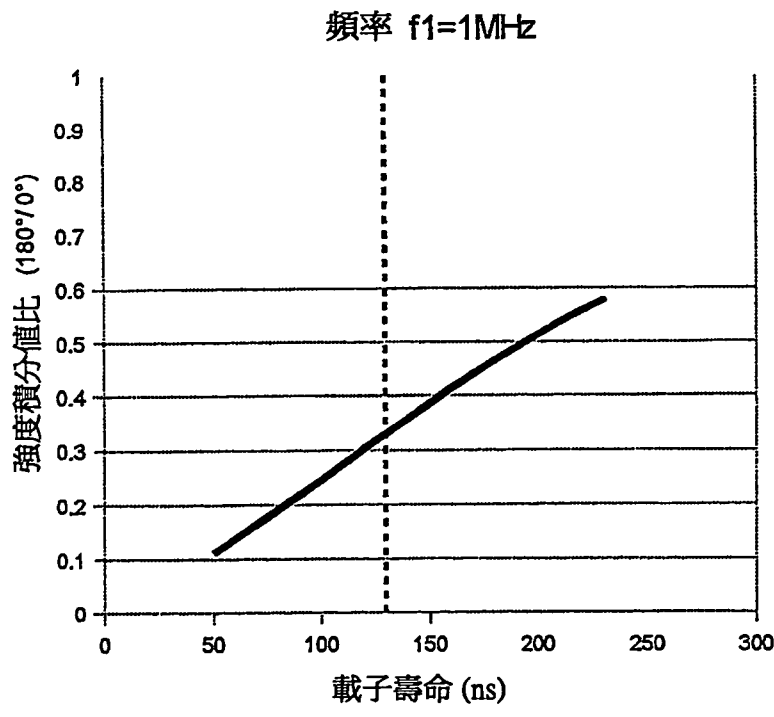


圖25

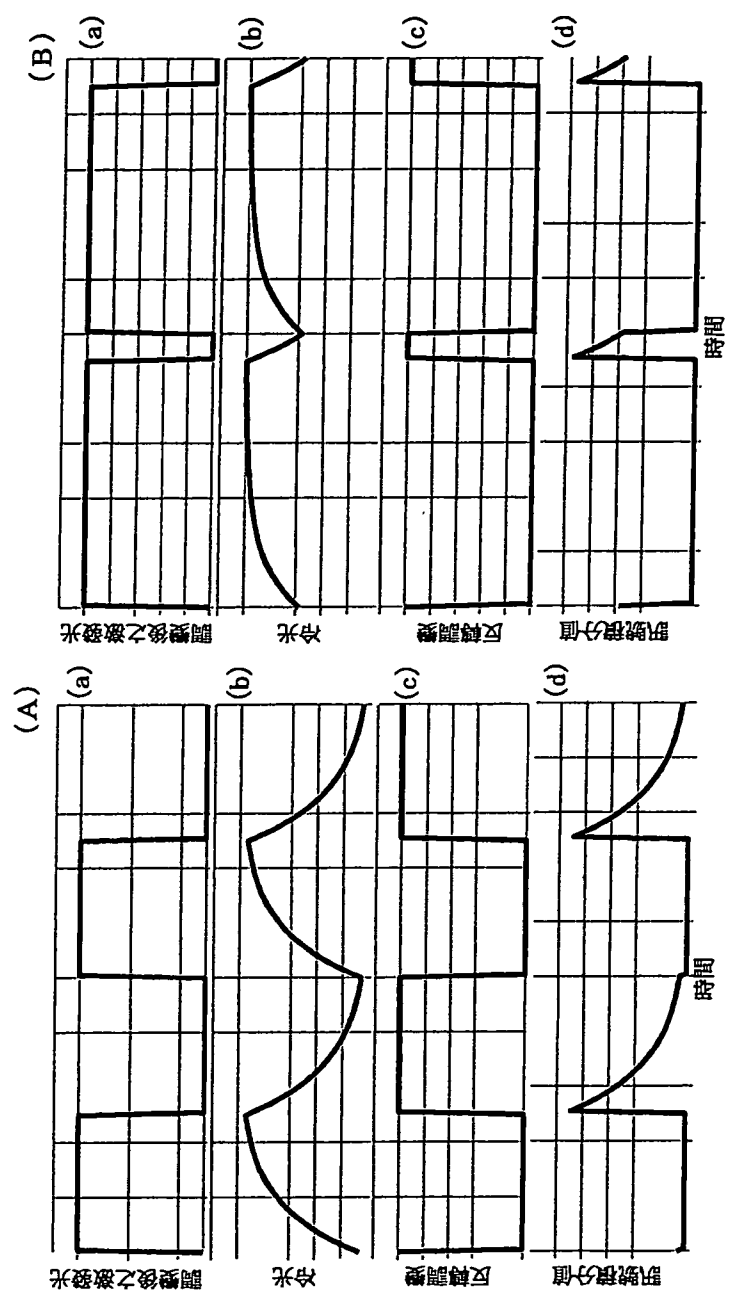


圖 26

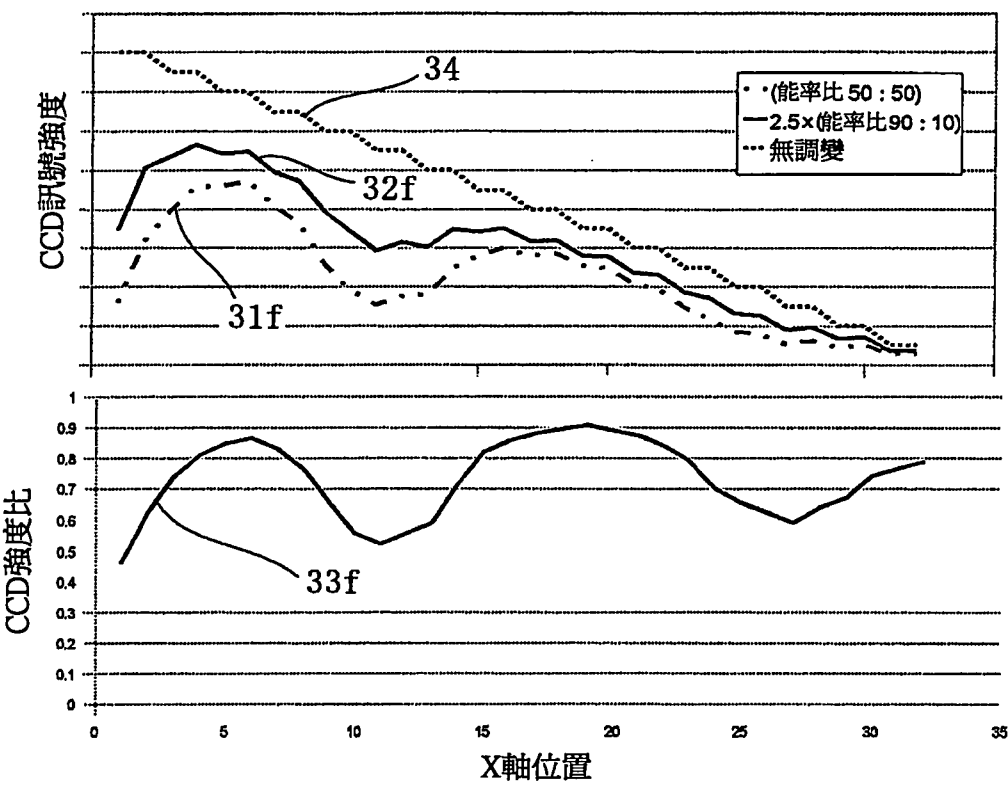


圖 27

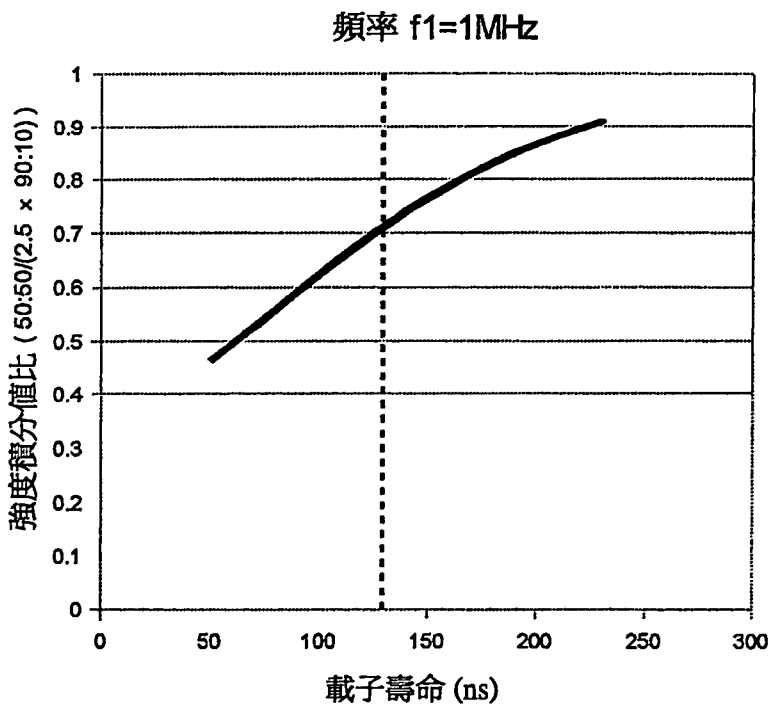


圖28

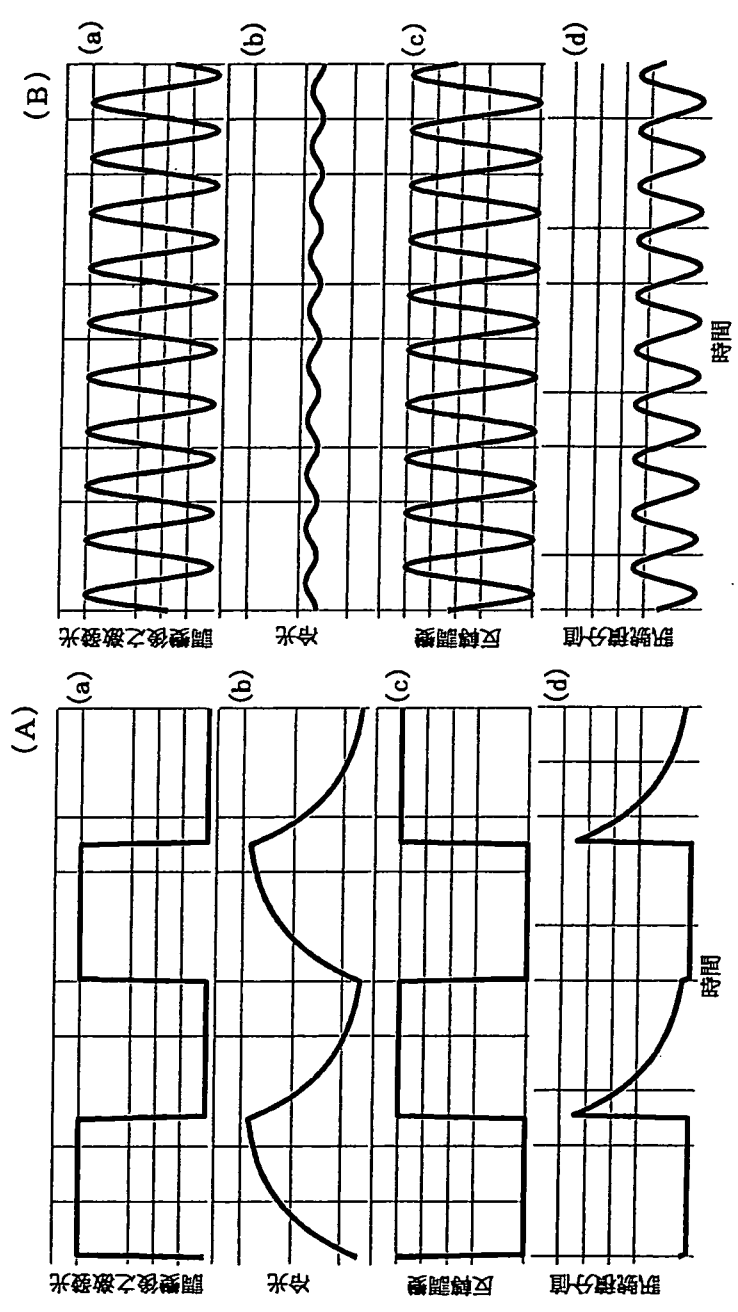


圖 29

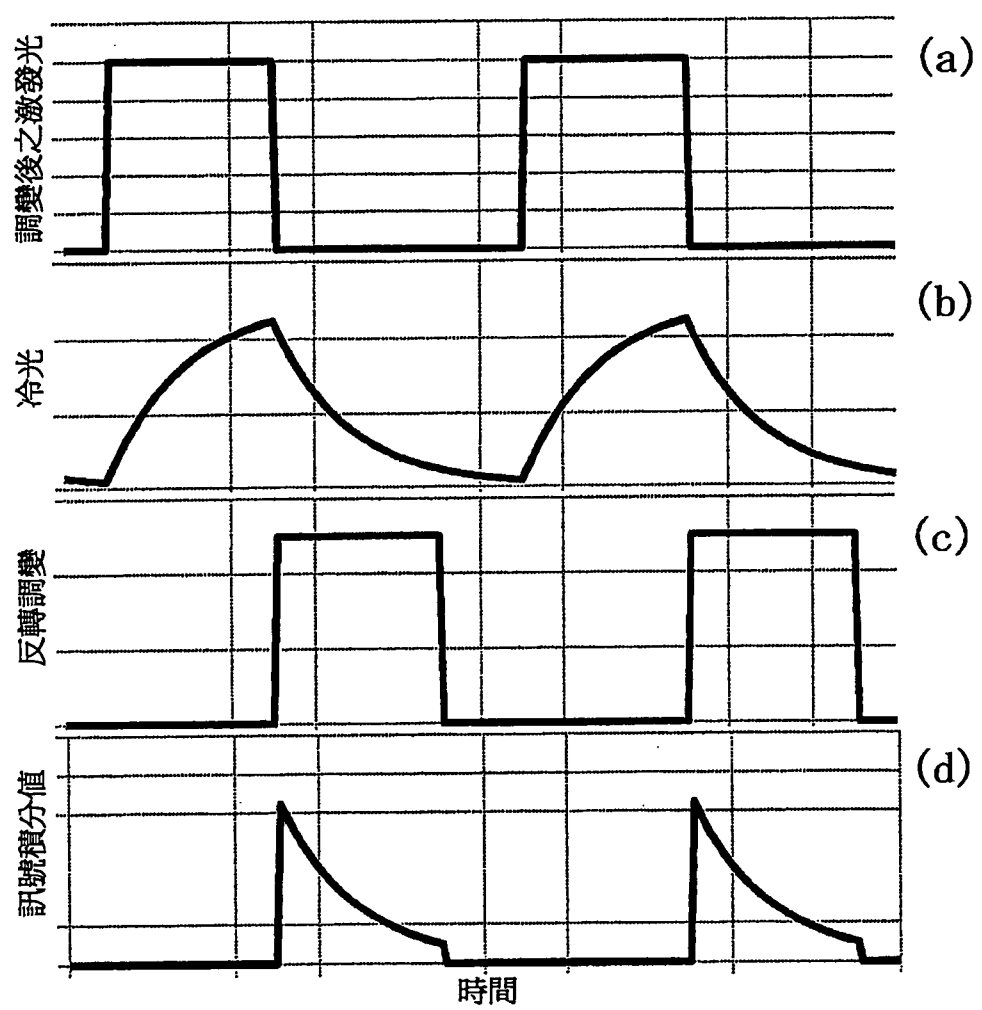


圖 30

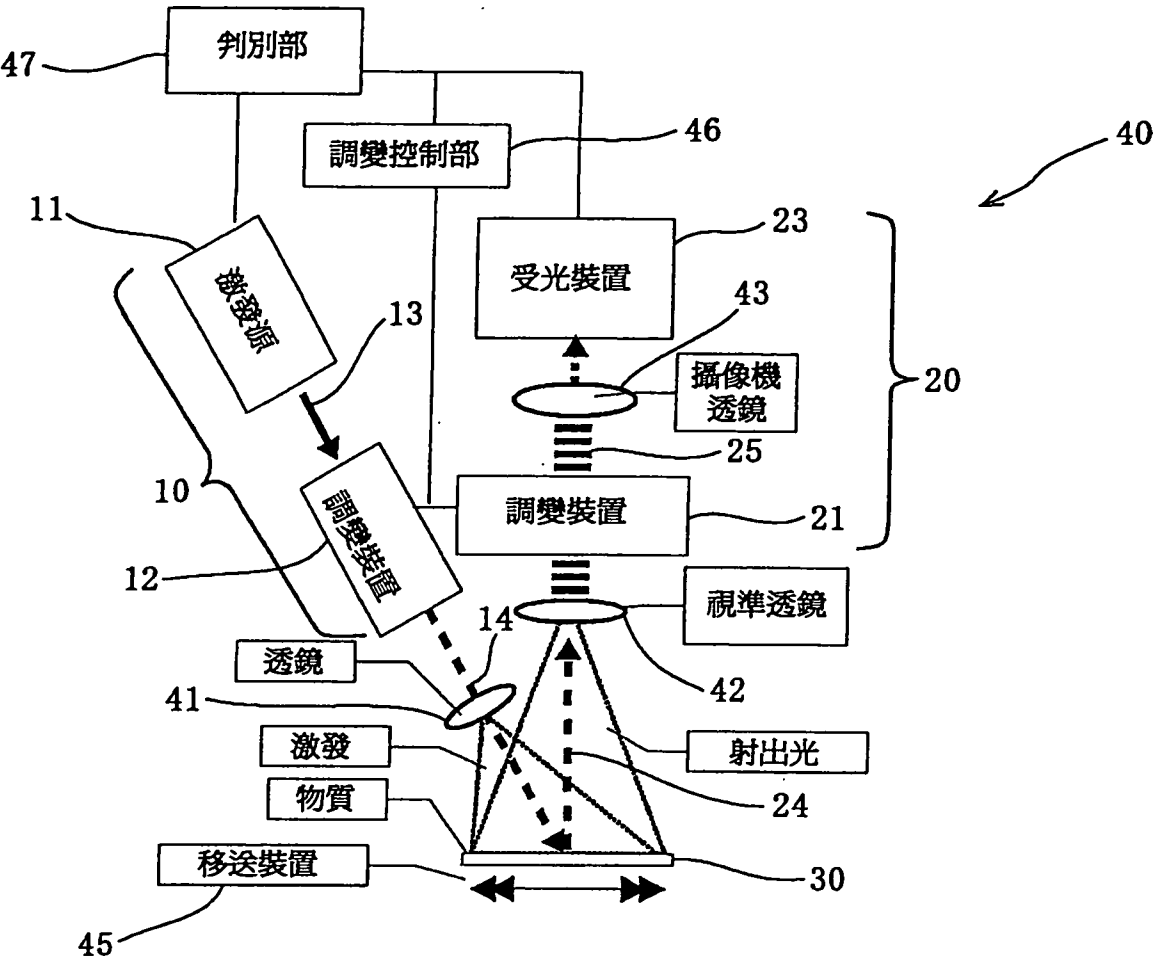


圖 31

