

發明專利說明書

200707608

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：94127381

※ 申請日期：94.8.11 ※IPC 分類：H01L 21/66 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

監控薄膜厚度變化之方法/METHOD FOR MONITORING THIN  
FILM THICKNESS

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文) ID : 46804706

國立交通大學/NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文) 張俊彥/CHANG, CHUNYEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

NO.1001 UNIVERSITY Road, Hsinchu CITY 300-10, Taiwan(R.O.C)

國籍：(中文/英文) 中華民國 R.O.C

## 三、發明人：(共 5 人)

姓名：(中文/英文)

1. 趙于飛 CHAO, YUFAYE
2. 王夢偉 WANG, MENGWEI
3. 郭俊儀 KUO, CHUNYI
4. 柳克強 LEOU, KEHCHYANG
5. 林滄浪 LIN, TSANGLANG

國籍：(中文/英文)

1. 中華民國 ROC
2. 中華民國 ROC
3. 中華民國 ROC
4. 中華民國 ROC
5. 中華民國 ROC

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 五、中文發明摘要：

本發明係揭露一種監控薄膜厚度變化之方法，係用於一相位調變式橢圓儀。此方法包含經由相位調變式橢圓儀及一訊號擷取系統獲得一薄膜之一直流訊號、一倍頻及一二倍頻訊號，並將前述之訊號傳遞至一電腦裝置。再經由電腦裝置之一如儀控程式之程式以換算前述之訊號得到一橢圓參數。接著，引入橢圓參數以計算薄膜之一厚度週期解，並利用一數據化之一二維厚度表示法即時監控薄膜之厚度週期解的變化。同時，透過程式呈現此方法之一監控畫面於電腦裝置之一顯示單元上。

## 六、英文發明摘要：

This invention discloses a method for monitoring thin film thickness that is used as a phase modulated ellipsometry. The method comprises acquiring a direct current signal, a first harmonic frequency signal, and a second harmonic frequency signal from a thin film by the phase modulated ellipsometry and a signal intercepting system. The phase modulated ellipsometry transmits the foregoing signals to a computer apparatus. The computer apparatus calculate the foregoing signals to get ellipsometric parameters by a program like an instrumentation program. The ellipsometric parameters are introduced to calculate the thin film of a thickness periodic solution. This method is used a digitization of a two dimensional thickness map to monitor the thin film of the thickness periodic solution. Furthermore, through the program displays a monitoring image of the method on a

display unit of the computer apparatus.

**七、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第(三)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S31～S35：步驟流程。

**八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

display unit of the computer apparatus.

**七、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第(三)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S31～S35：步驟流程。

**八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係揭露一種監控薄膜厚度變化之方法，用於一相位調變式橢圓儀，特別是關於利用二維厚度表示法進行薄膜厚度變化的即時監控。

### 【先前技術】

在 CMOS 的製作是半導體製程和目前國內積極發展的液晶顯示器產業中相當重要的一環，於製作過程中，更多次使用到電漿蝕刻與薄膜沈積的製程。同時，隨著元件的線寬的縮小以及鍍膜厚度越薄的趨勢下，於蝕刻或沈積過程中監測樣品表面上薄膜厚度的變化，就成為一個重要的研究課題。

目前習知技藝對於蝕刻中晶圓的檢測皆採線外 (ex situ) 方式，意即在蝕刻過程中取出樣品做物理性量測 (physical measurement)。常用的光電量測方法如原子力顯微鏡 AFM (atomic force microscope)、掃描式電子顯微鏡 SEM (scanning electron microscope)、穿透式電子顯微鏡 TEM (transmission electron microscope)，其共同特色主要為破壞性量測，並無法有效達到即時監控的能力。

除了上述量測方法之外，尚有以橢圓偏光儀 (Ellipsometry) 對於材料光學參數 (如薄膜厚度、折射率等) 之量測方法，具有靈敏程度高、校正容易的優點，且體積小易於架設。橢圓偏光儀的原理是利用光的偏振狀態經過待測物反射後的改變，來瞭解厚度的變化情況，由於具有非常高的靈敏度和非破壞性，使其在許多方面的用途上成為一個非常有力的檢測工具。

請參閱第一圖，係為習知技藝之相位調變式橢圓儀之示意圖。相位調變式橢圓儀包含一光源 11、一偏光片 12(Polarizer)、一光彈調變器 13 (Photoelastic Modulator, PEM)、一待測物 14 (Sample)、一析光片 15 (Analyzer) 及一偵測器 16 (Detector)。其中，光源 11 可為一單波長光源(波長為 635nm)或多波長光源，經由偏光片 12 成為一已知偏振態之線性偏極光。接著，再由光彈調變器 13 利用光彈效應對線性偏極光某一分量之相位進行調變相位延遲，使線性偏極光成為橢圓偏極光。此光彈調變器 13 之優點為非轉動光學元件，故可避免因機械轉動而造成的寄生誤差 (parasitic error)，且由於其高速相位調變能力更可提高取樣效率。而橢圓偏極光則以與法線夾角 60 度為入射角入射至待測物 14。接著，析光片 15 分析自待測物反射的橢圓偏極光，再由偵測器 16 接收穿透析光片 15 之訊號。此相位調變式橢圓儀又可稱為光彈調變式橢圓偏光儀。

請參閱第二圖，係為習知技藝之訊號擷取系統之示意圖。圖中包含一光彈調變器 13、一偵測器 16、一光彈調變控制器 21、一訊號放大器 22 及二台鎖相放大器 23。訊號放大器 22 將偵測器 16 之訊號放大後，將該訊號之直流訊號(即低通濾波訊號)及交流訊號分別傳遞至鎖相放大器 23。同時，光彈調變控制器 21 提供光彈調變器 13 之參考訊號給鎖相放大器 23，以擷取交流訊號中所含之一倍頻訊號及二倍頻訊號之大小與相位。

另外，於習知技藝中，對於監測薄膜厚度變化的方面，提出透過遞迴運算求得薄膜變化，然而運算時間則受到遞迴次數的影響。更提出以挑選橢圓參數變化最明顯的波長作為判斷蝕刻終點的依據，然，其並非直接以厚度進行判斷。亦提出以模擬計算與實驗的量測進行擬合始求出厚度等參數，因而獲得各項數據較為

耗時。

上述所提出的各項方式仍無法滿足即時監測薄膜厚度變化的需求。本發明人基於多年從事研究與諸多實務經驗，經多方研究設計與專題探討，遂於本發明提出一種監控薄膜厚度變化之方法以作為述期望一實現方式與依據。

### 【發明內容】

有鑑於上述課題，本發明之目的為滿足即時監測薄膜厚度變化的需求揭露一種監控薄膜厚度變化之方法，用於一相位調變式橢圓儀，特別是關於利用二維厚度表示法進行薄膜厚度變化的即時監控。

為達上述目的，依本發明之監控薄膜厚度變化之方法，係用於一相位調變式橢圓儀。此方法包含經由相位調變式橢圓儀及一訊號擷取系統獲得一薄膜之一直流訊號及至少一組如一倍頻與二倍頻之倍頻訊號，並將前述之訊號藉由設置於一電腦裝置之一般用途界面匯流排（GPIB）傳遞至電腦裝置。再經由電腦裝置之一如儀控程式之程式以換算前述之訊號得到一橢圓參數。接著，引入橢圓參數以計算薄膜之一厚度週期解，並利用一數據化之一二維厚度表示法監控薄膜之厚度週期解。

承上所述，因依本發明之監控薄膜厚度變化之方法，更透過一如 LabVIEW 之儀控程式呈現此方法之一監控畫面於電腦裝置之一顯示單元上。同時，此方法更包含提供一數據化之二維厚度表示法，該表示法係由光波波長相位變化之週期性係推算出，以表示一厚度週期及一週期數目，並藉由此表示法可預測薄膜之一厚度變化的起點及終點，其中，厚度變化則由厚度週期及週期數目表示之。另外，於此方法中更提供一實際厚度表示圖，即轉換薄



膜之厚度週期解以時間對應厚度的方式呈現，更可放大此圖之一厚度解析度以提昇一監控準確率。

緣是，本發明之監控薄膜厚度變化之方法更可應用於一如電漿源蝕刻或鍍膜之製程機台進行監控，且透過一如 LabVIEW 之儀控程式以程式之一自動控制或手動控制對製程機台進行控制。

茲為使 貴審查委員對本發明之技術特徵及所達成之功效有更進一步之瞭解與認識，下文謹提供較佳之實施例及相關圖式以為輔佐之用，並以詳細之說明文字配合說明如後。

### 【實施方式】

以下將參照相關圖式，說明依本發明較佳實施例之一種監控薄膜厚度變化之方法，其中相同的元件將以相同的參照符號加以說明。

請參閱第三圖，係為本發明之監控薄膜厚度變化之方法之流程圖。此流程由開始展開，經由相位調變式橢圓儀及一訊號擷取系統獲得一薄膜之一直流訊號及至少一組如一倍頻與二倍頻之倍頻訊號 S31，並傳遞前述之訊號至一電腦裝置 S32，例如：透過一般用途界面匯流排傳遞。接著，經由電腦裝置之一程式以換算前述之訊號以得到一橢圓參數 S33，藉由引入橢圓參數以計算薄膜之一厚度週期解 S34。同時，利用一數據化之一二維厚度表示法以監控薄膜之厚度週期解 S35。最後，結束整個流程。

請參閱第四圖，係為本發明之儀控程式監控畫面之示意圖。此圖係由相位調變式橢圓儀及訊號擷取系統於製程機台運作過程中，取得相關訊號顯示於電腦裝置之一顯示單元上。於圖中包含有一控制按鈕 41、一起始修正參數設定 42、一終點厚度設定 43、一原始訊號狀況 44、一即時橢圓參數變化圖 45、一厚度週期解即

時變化圖 46、一理論橢圓參數變化圖 47 及一二維厚度表示法之變化圖 48。其中，控制按鈕 41 係控制製程機台開始或結束運作，且起始修正參數設定 42 係輸入相關量測之校正參數，儀控程式利用校正參數進行相位調變式橢圓儀及訊號擷取系統之控制，使儀控程式監控之準確度更為精準。終點厚度設定 43 為設定欲得到的薄膜厚度以供儀控程式結束製程機台運作。原始訊號狀況 44 則是顯示由訊號擷取系統擷取出的直流訊號及一倍頻與二倍頻訊號，以供直接觀察訊號狀況。即時橢圓參數變化圖 45，係由所得到的直流訊號及一倍頻與二倍頻訊號藉下列式子推出  $\Delta$  及  $\Psi$  的橢圓參數：

$$\Delta = \tan^{-1} \left[ \frac{I_{1F}}{J_1(\sigma)} \bigg/ \frac{I_{2F}}{J_2(\sigma)} \right]$$

$$\Psi = \frac{1}{2} \sin^{-1} \left\{ \left[ \frac{I_{1F}}{J_1(\sigma)I_{DC}} \right]^2 + \left[ \frac{I_{2F}}{J_2(\sigma)I_{DC}} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

而， $I_{1F}$  為一倍頻訊號、 $I_{2F}$  為二倍頻訊號、 $J_1(\sigma)$  與  $J_2(\sigma)$  為貝索函數 (Bessel function) 及  $I_{DC}$  為直流訊號，亦可經由各個元件光學係數的理論值以相同式子得到理論橢圓參數變化圖 47。接著，厚度週期解即時變化圖 46 為由二層薄膜反射模型中導出厚度解如下式：

$$d_1 = \frac{\lambda}{4\pi} \frac{i \ln \eta}{(n_1^2 - n_0^2 \sin^2 \phi_0)^{\frac{1}{2}}}$$

圖中，厚度週期解即隨前述之量測訊號週期相位變化而產生一週期變化，亦此相同式子由理論值求得的橢圓參數推算出二維厚度表示法之變化圖 48。

請參閱第五圖，係為本發明之二維厚度表示法之流程圖。此流程係由開始展開，提供各個元件光學係數的理論值以計算橢圓參數 S51，將計算出的橢圓參數進一步的用於推算厚度解 S52，藉

著隨週期變化的厚度解得到二維厚度表示法 S53，最後，結束整個流程。如此，即為由光波波長相位變化之週期性推算出二維厚度表示法，透過厚度週期及週期數目可預測厚度變化，同時，亦可預測厚度變化的起點及終點，更有利於製程過程中對起點及終點的監控。藉此可建立起數據化的二維厚度表示法以作為薄膜厚度監控的依據。

請參閱第六圖，係為依據本發明之監控薄膜厚度變化之一實施例之示意圖。圖中，包含有一厚度週期解即時變化圖 61 及一二維厚度表示法之變化圖 62，其中，厚度週期解即時變化圖 61 具有一起點 A 及一終點 B，分別對應於二維厚度表示法之變化圖 62 之一起點 A' 及一終點 B'。由二維厚度表示法之變化圖 62 中，可預測從起點 A' 至終點 B' 有六個厚度週期的線段，藉此可監控厚度週期解即時變化圖 61。由起點 A 開始，當同樣經過六個厚度週期的線段後，即可對應於二維厚度表示法之變化圖 62 之終點 B' 停止於終點 B。

第六圖之實施例是以相同速率的厚度變化為例。接續請參閱第七圖，係為依據本發明之監控薄膜厚度變化之另一實施例之示意圖。此圖之厚度變化具有不同速率的厚度變化，圖中包含有一厚度週期解即時變化圖 71 及一二維厚度表示法之變化圖 72。同樣地，厚度週期解即時變化圖 71 具有一起點 C 及一終點 D，分別對應於二維厚度表示法之變化圖 72 之一起點 C' 及一終點 D'。由二維厚度表示法之變化圖 72 中，可預測從起點 C' 至終點 D' 有八個半的厚度週期的線段，藉此可監控厚度週期解即時變化圖 71。進一步地觀察厚度週期解即時變化圖 71，於第三個厚度週期的線段時，a 點至 b 點的厚度變化是減緩，而於第六個厚度週期的線段時，c 點至 d 點的厚度變化亦是減緩。同時，在第八個厚度週期的線段時，e 點至 f 點的厚度變化亦是減緩，最後，停止

於終點 D。由此可知，即便於厚度變化具有不同速率時，厚度變化的起點與終點亦可精準的監控應用於一製程機台，更包含透過儀控程式之一自動控制或一手動控制以控制製程機台的運作速率。

請參閱第八圖，係為本發明之實際厚度表示圖。此圖係轉換薄膜之厚度週期解以時間對應厚度的方式呈現，圖中包含了一實際厚度表示圖 81 及其放大圖 82，其中，放大圖 82 係為放大實際厚度表示圖之厚度解析度以提昇一監控準確率。當關閉偏壓電源產生器時，減緩了厚度的變化，因此於實際厚度表示圖 81 上具有一轉折點 X。當關閉製程機台電源產生器時，使厚度停止變化，因此在實際厚度表示圖 81 上具有一轉折點 Y。放大圖 82 即為轉折點 Y 之放大圖 82，因此，可驗證在監控過程下達到精確的控制終點厚度在 1 奈米 (nm) 範圍之內。是故，此監控薄膜厚度變化之方法具有可靠性以及可重複性的實用價值，可應用於電漿源蝕刻機台或鍍膜機台。

以上所述僅為舉例性，而非為限制性者。任何未脫離本發明之精神與範疇，而對其進行之等效修改或變更，均應包含於後附之申請專利範圍中

### 【圖式簡單說明】

- 第一圖係為習知技藝之相位調變式橢圓儀之示意圖；
- 第二圖係為習知技藝之訊號擷取系統之示意圖；
- 第三圖係為本發明之監控薄膜厚度變化之方法之流程圖；
- 第四圖係為本發明之儀控程式監控畫面之示意圖；
- 第五圖係為本發明之二維厚度表示法之流程圖；
- 第六圖係為依據本發明之監控薄膜厚度變化之一實施例之示意圖；

第七圖係為依據本發明之監控薄膜厚度變化之另一實施例之示意圖；  
以及  
第八圖係為本發明之實際厚度表示圖。

【主要元件符號說明】

- |                |                  |
|----------------|------------------|
| 11：光源；         | 47：理論橢圓參數變化圖；    |
| 12：偏光片；        | 48：二維厚度表示法之變化圖；  |
| 13：光彈調變器；      | S51～S53：步驟流程；    |
| 14：待測物；        | 61：厚度週期解即時變化圖；   |
| 15：析光片；        | 62：二維厚度表示法之變化圖；  |
| 16：偵測器；        | A 及 A'：起點；       |
| 21：訊號放大器；      | B 及 B'：終點；       |
| 22：鎖相放大器；      | 71：厚度週期解即時變化圖；   |
| S31～S35：步驟流程；  | 72：二維厚度表示法之變化圖；  |
| 41：控制按鈕；       | C 及 C'：起點；       |
| 42：起始修正參數設定；   | D 及 D'：終點；       |
| 43：終點厚度設定；     | a、b、c、d、e 及 f：點； |
| 44：原始訊號狀況；     | 81：實際厚度表示圖；      |
| 45：即時橢圓參數變化圖；  | 82：放大圖；以及        |
| 46：厚度週期解即時變化圖； | X 及 Y：轉折點。       |

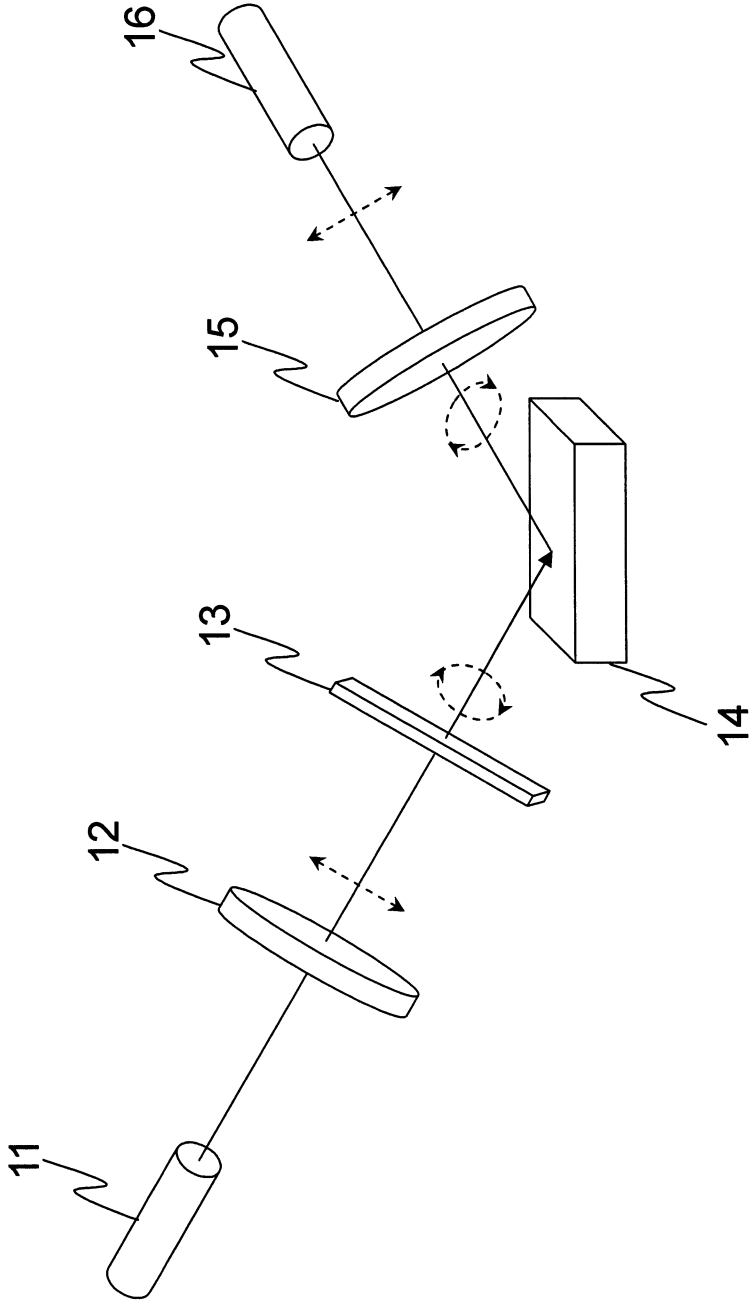
## 十、申請專利範圍：

- 1、一種監控薄膜厚度變化之方法，係用於一相位調變式橢圓儀，該方法至少包含：
  - 經由該相位調變式橢圓儀及一訊號擷取系統獲得一薄膜之一直流訊號及至少一組倍頻訊號；
  - 傳遞該直流訊號及該倍頻訊號至一電腦裝置；
  - 經由該電腦裝置之一程式以換算該直流訊號及該倍頻訊號以得到一橢圓參數；
  - 引入該橢圓參數以計算該薄膜之一厚度週期解；以及
  - 利用一數據化之一二維厚度表示法係監控該薄膜之該厚度週期解。
- 2、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含透過該程式係呈現該方法之一監控畫面於該電腦裝置之一顯示單元上。
- 3、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一光波波長相位變化之週期性係推算出該數據化之該二維厚度表示法，以表示一厚度週期及一週期數目。
- 4、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含利用該數據化之該二維厚度表示法以預測一厚度變化之一起點及一終點。
- 5、如專利範圍第 3 項及第 4 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含利用該厚度週期及該週期數目係表示該厚度變化。
- 6、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一實際厚度表示圖，係轉換該薄膜之該厚度週期解以時間對應厚度的方式呈現。
- 7、如專利範圍第 6 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中

更包含藉由放大該實際厚度表示圖之一厚度解析度以提昇一監控準確率。

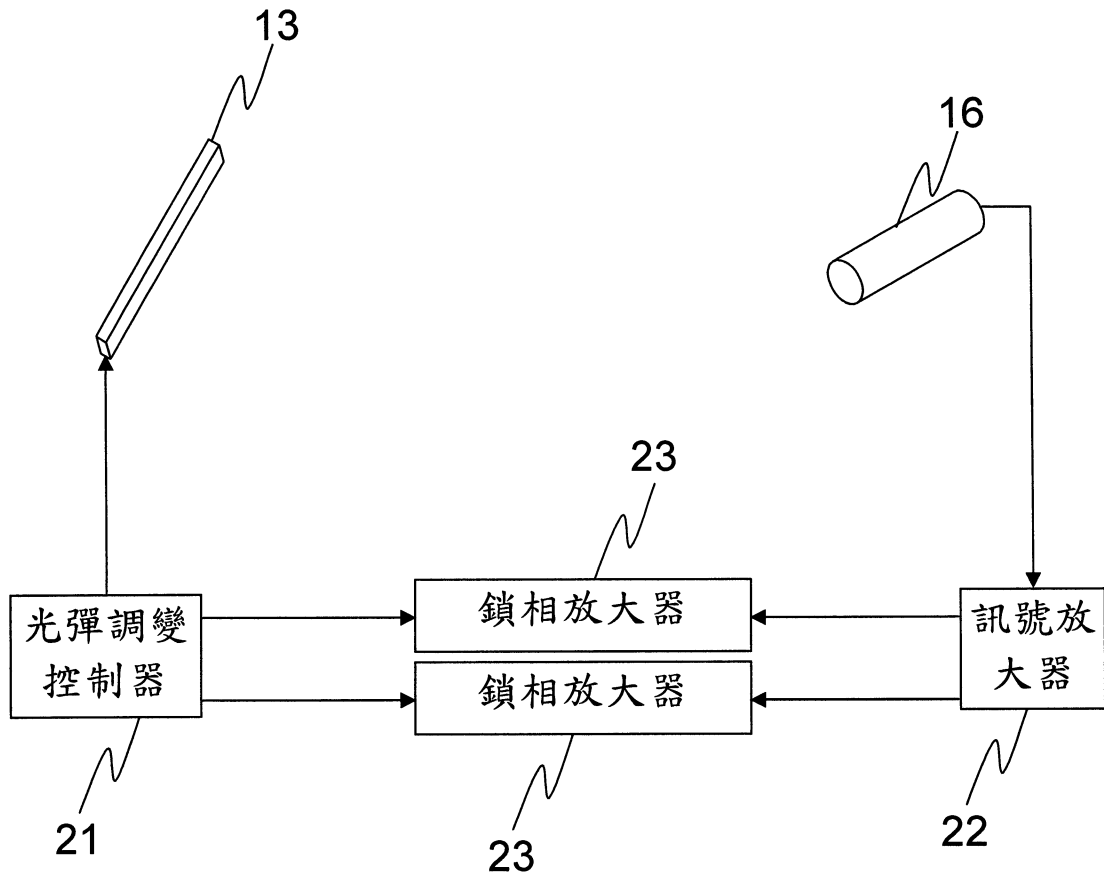
- 8、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一製程機台以利用該監控薄膜厚度變化之方法進行監控。
- 9、如專利範圍第 8 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含透過該程式之一自動控制或一手動控制以控制該製程機台。
- 10、如專利範圍第 8 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一電漿源蝕刻機台作為該製程機台。
- 11、如專利範圍第 8 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一鍍膜機台作為該製程機台。
- 12、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一一般用途界面匯流排（GPIB）於該電腦裝置中，以連接該訊號擷取系統作為傳遞該直流訊號及該倍頻訊號之界面。
- 13、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一儀控程式作為該程式。
- 14、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一倍頻訊號作為該倍頻訊號。
- 15、如專利範圍第 1 項所述之監控薄膜厚度變化之方法，其中更包含提供一二倍頻訊號作為該倍頻訊號。

十一、圖式：

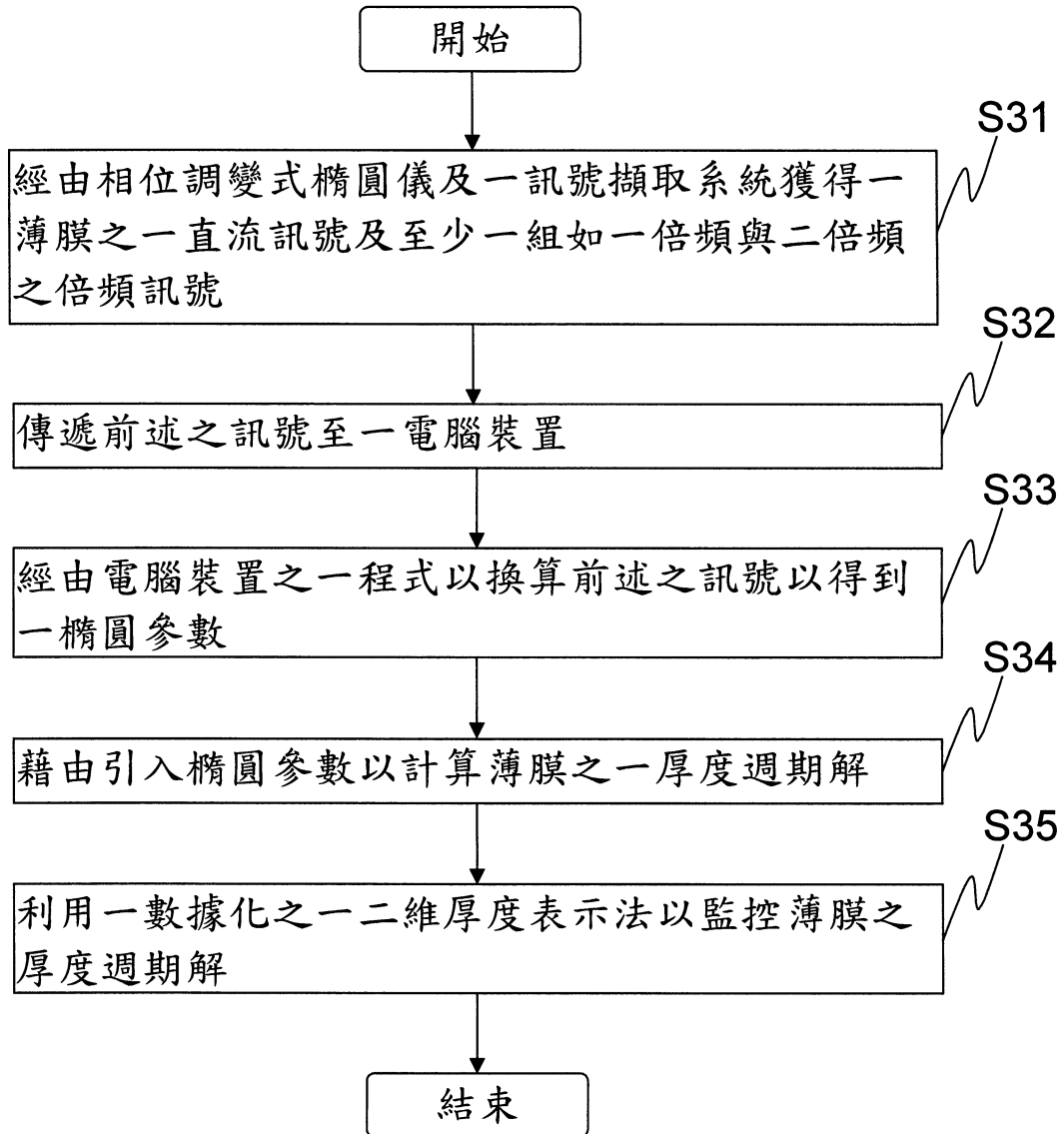


第一圖

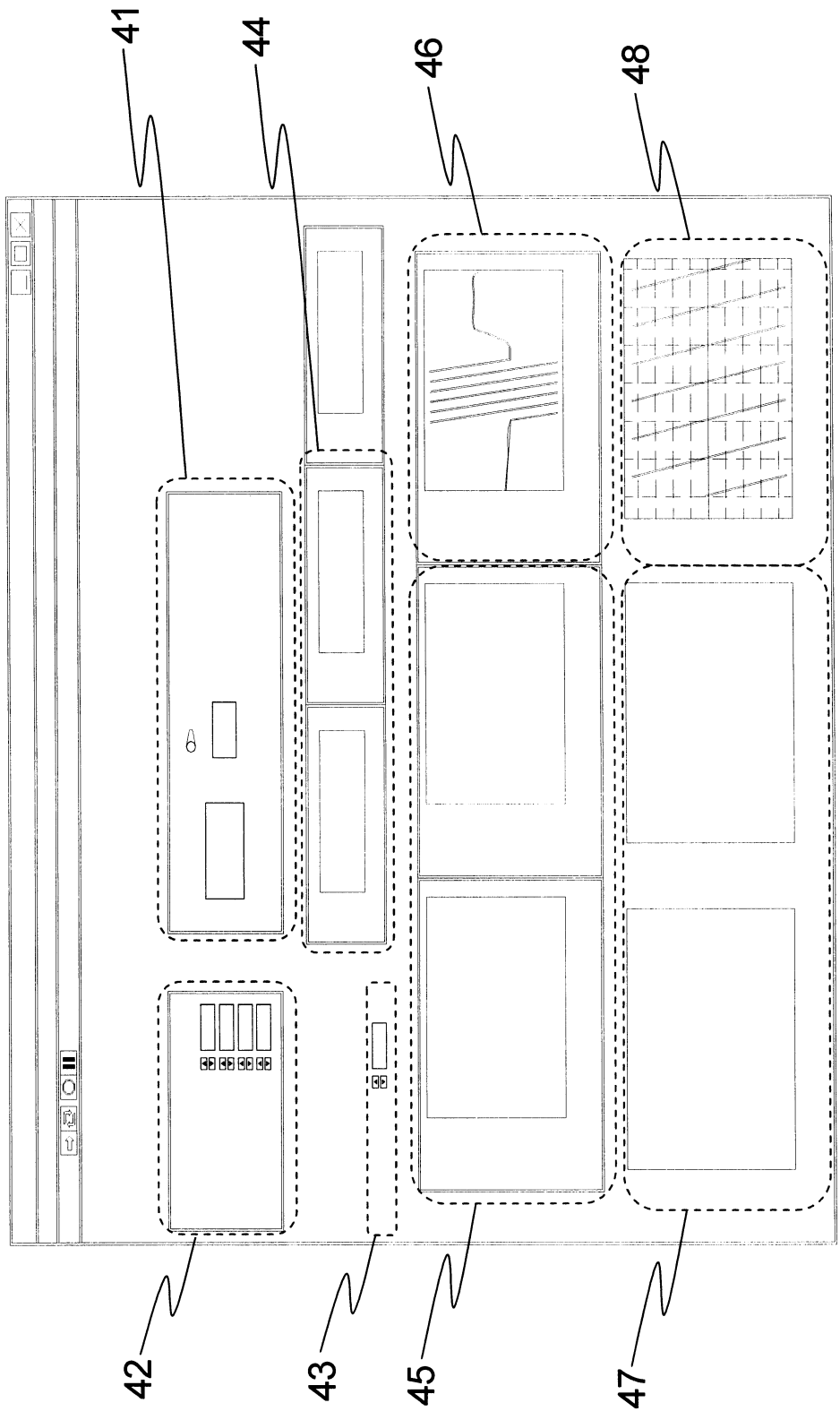




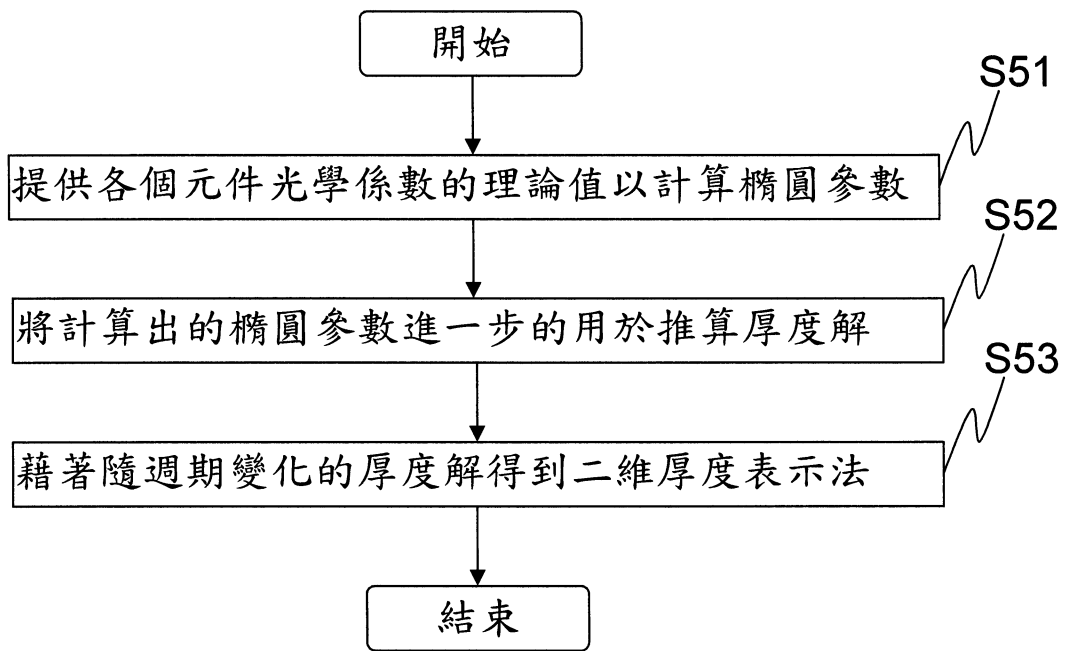
第二圖



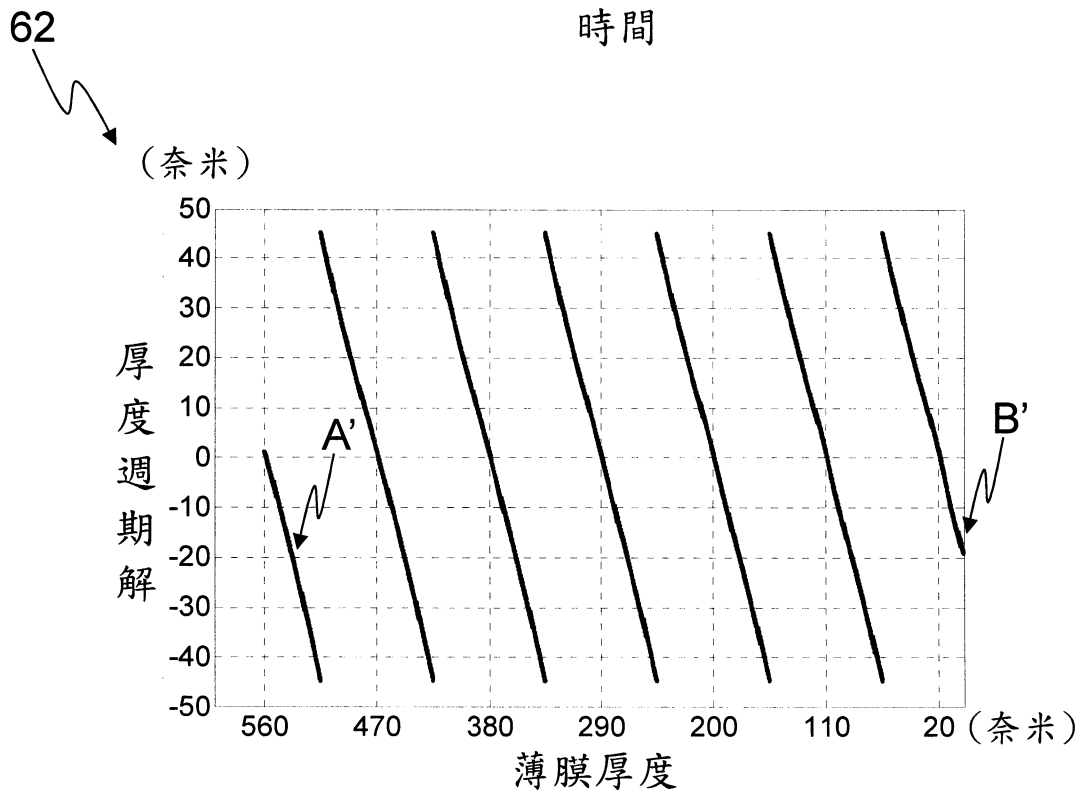
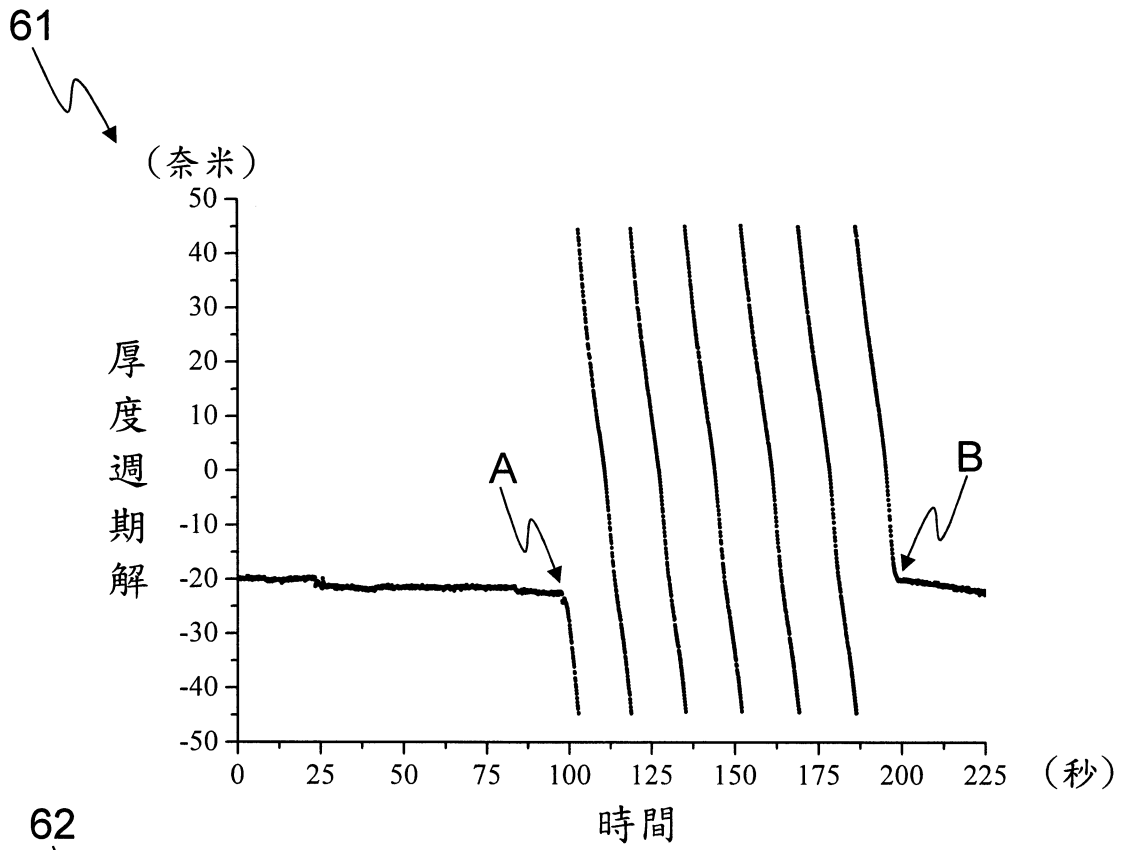
第三圖



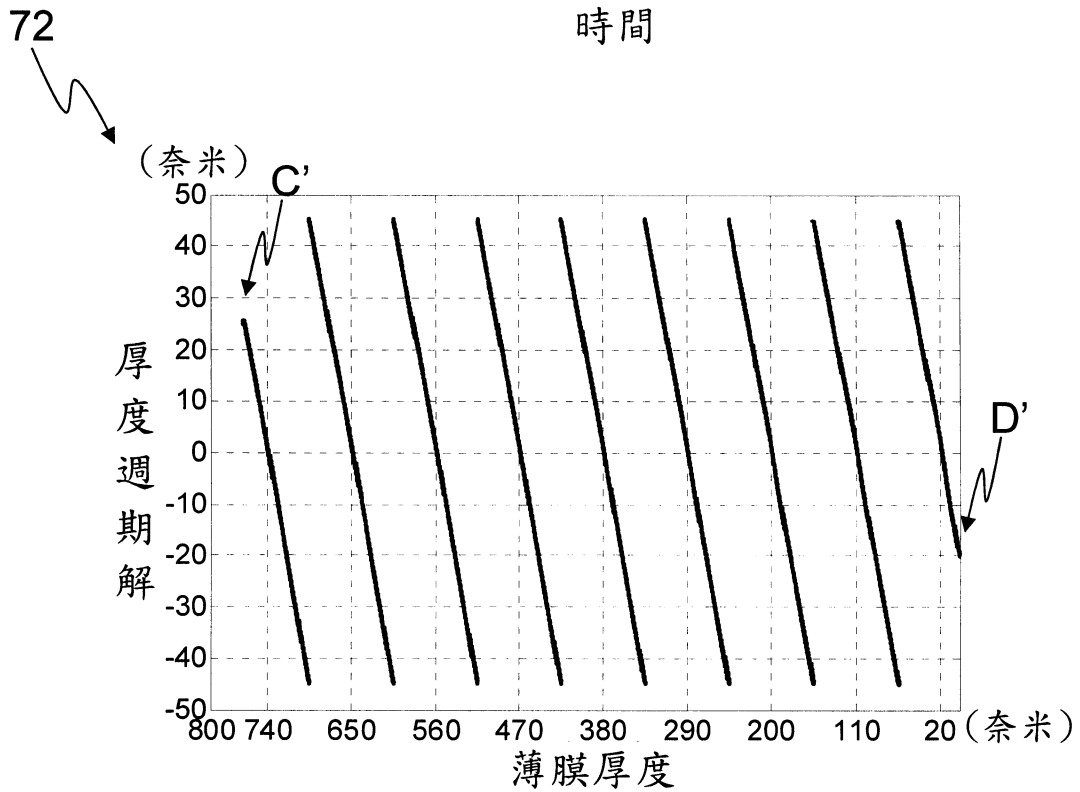
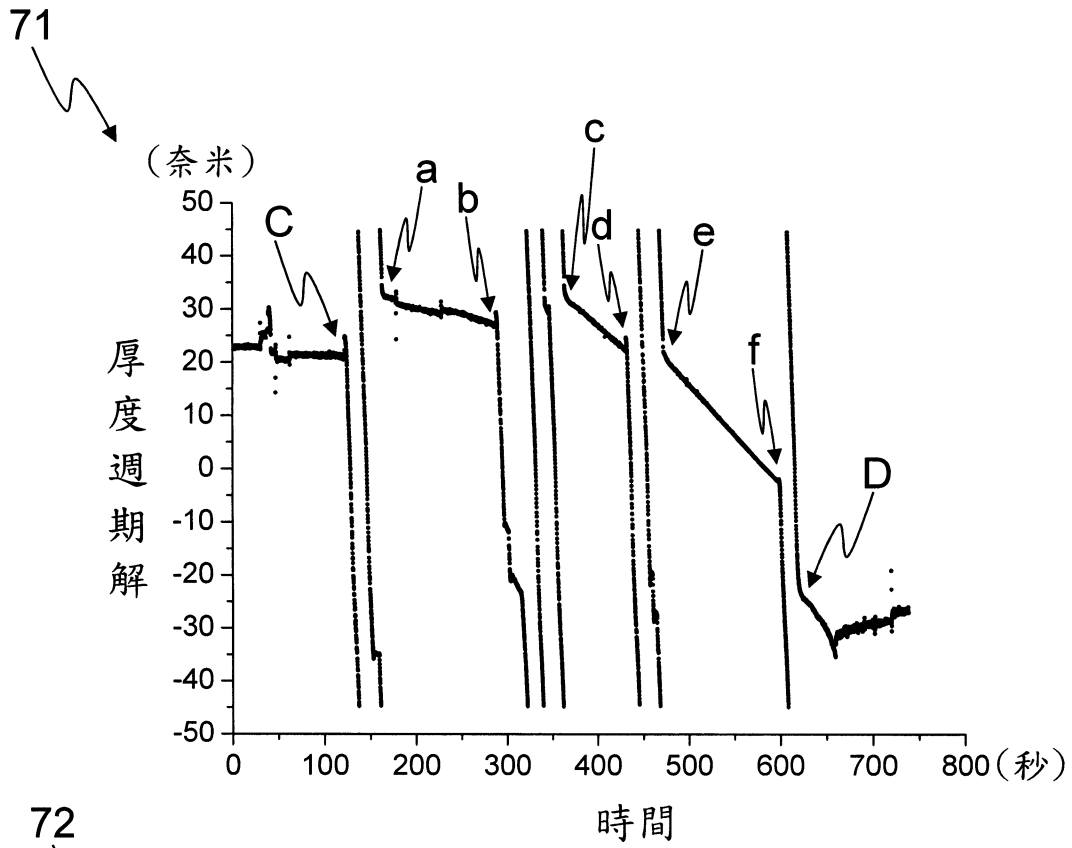
第四圖



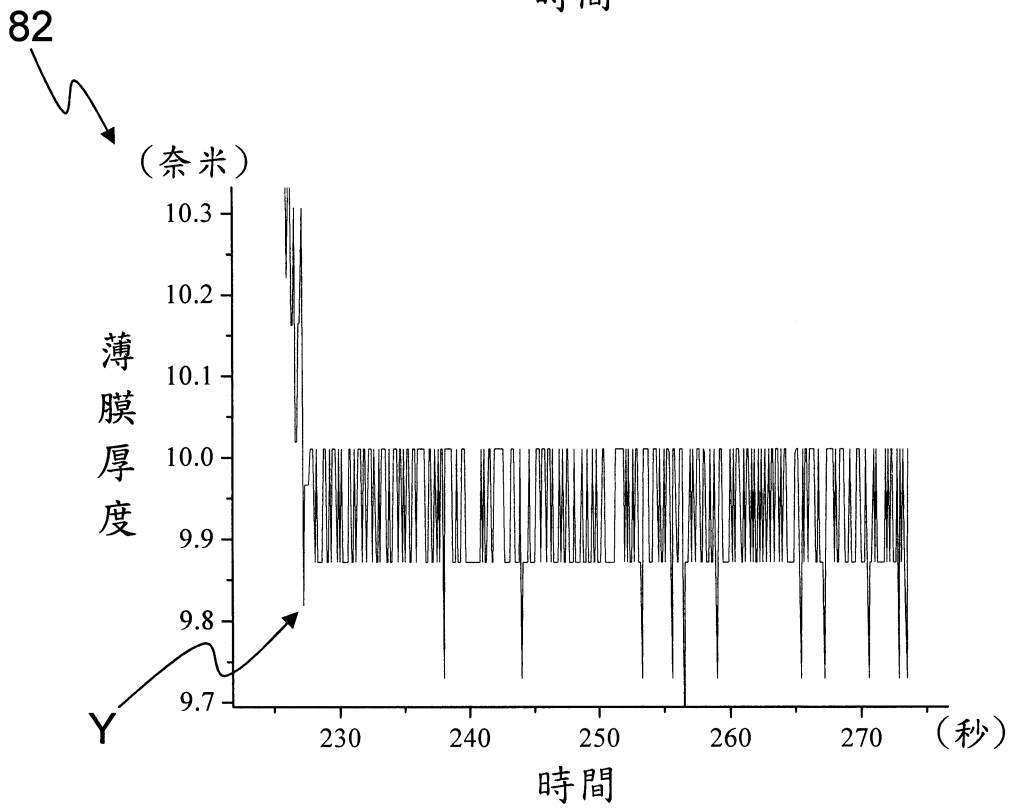
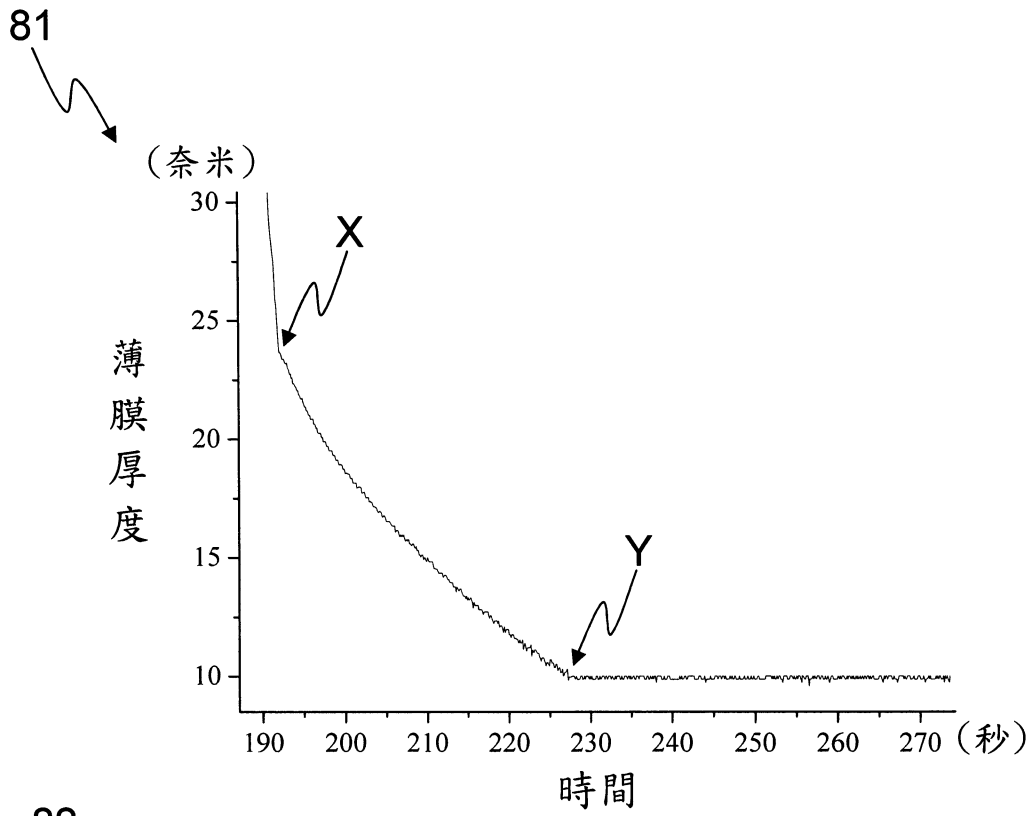
第五圖



第六圖



第七圖



第八圖