



(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 I486582 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 06 月 01 日

(21) 申請案號：100106272

(22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 02 月 24 日

(51) Int. Cl. : G01N25/72 (2006.01)

H01L21/66 (2006.01)

(30) 優先權：2010/04/28 日本

2010-103876

(71) 申請人：濱松赫德尼古斯股份有限公司 (日本) HAMAMATSU PHOTONICS K.K. (JP)
日本

(72) 發明人：竹島智親 TAKESHIMA, TOMOCHIKA (JP)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

TW 200931023A

TW 200940977A

US 2009/0273991A1

審查人員：劉守禮

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：12 共 53 頁

(54) 名稱

半導體故障解析裝置及故障解析方法

(57) 摘要

一種半導體故障解析裝置 1A，其具備對半導體元件 S 施加偏壓電壓之電壓施加部 14、取得圖像之攝像裝置 18、及進行圖像處理之圖像處理部 30 而構成，攝像裝置 18 係取得各自包含電壓施加狀態下之發熱像之複數個解析圖像、及電壓未施加狀態下之複數個背景圖像。圖像處理部 30 包括：攝像位置算出部 32，其算出解析圖像及背景圖像各自之攝像位置；圖像分類部 33，其根據對攝像位置所準備之區域分割單位而將解析圖像及背景圖像分類為 N 個圖像群；及差分圖像產生部 34，其針對 N 個圖像群個別地產生解析圖像與背景圖像之差分圖像。藉此，實現一種能抑制半導體元件之發熱解析圖像中之攝像位置偏移之影響之半導體故障解析裝置及方法。

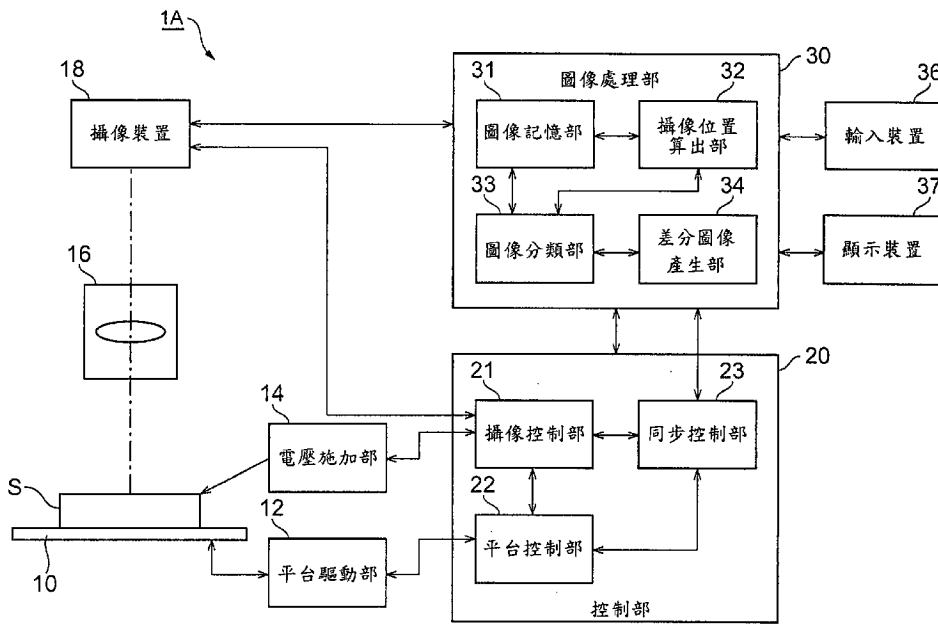


圖1

- 1A . . . 半導體故障解析裝置
- 10 . . . 試樣平台
- 12 . . . 平台驅動部
- 14 . . . 電壓施加部
- 16 . . . 導光光學系統
- 18 . . . 攝像裝置
- 20 . . . 控制部
- 21 . . . 攝像控制部
- 22 . . . 平台控制部
- 23 . . . 同步控制部
- 30 . . . 圖像處理部
- 31 . . . 圖像記憶部
- 32 . . . 攝像位置算出部
- 33 . . . 圖像分類部
- 34 . . . 差分圖像產生部
- 36 . . . 輸入裝置
- 37 . . . 顯示裝置
- S . . . 半導體元件

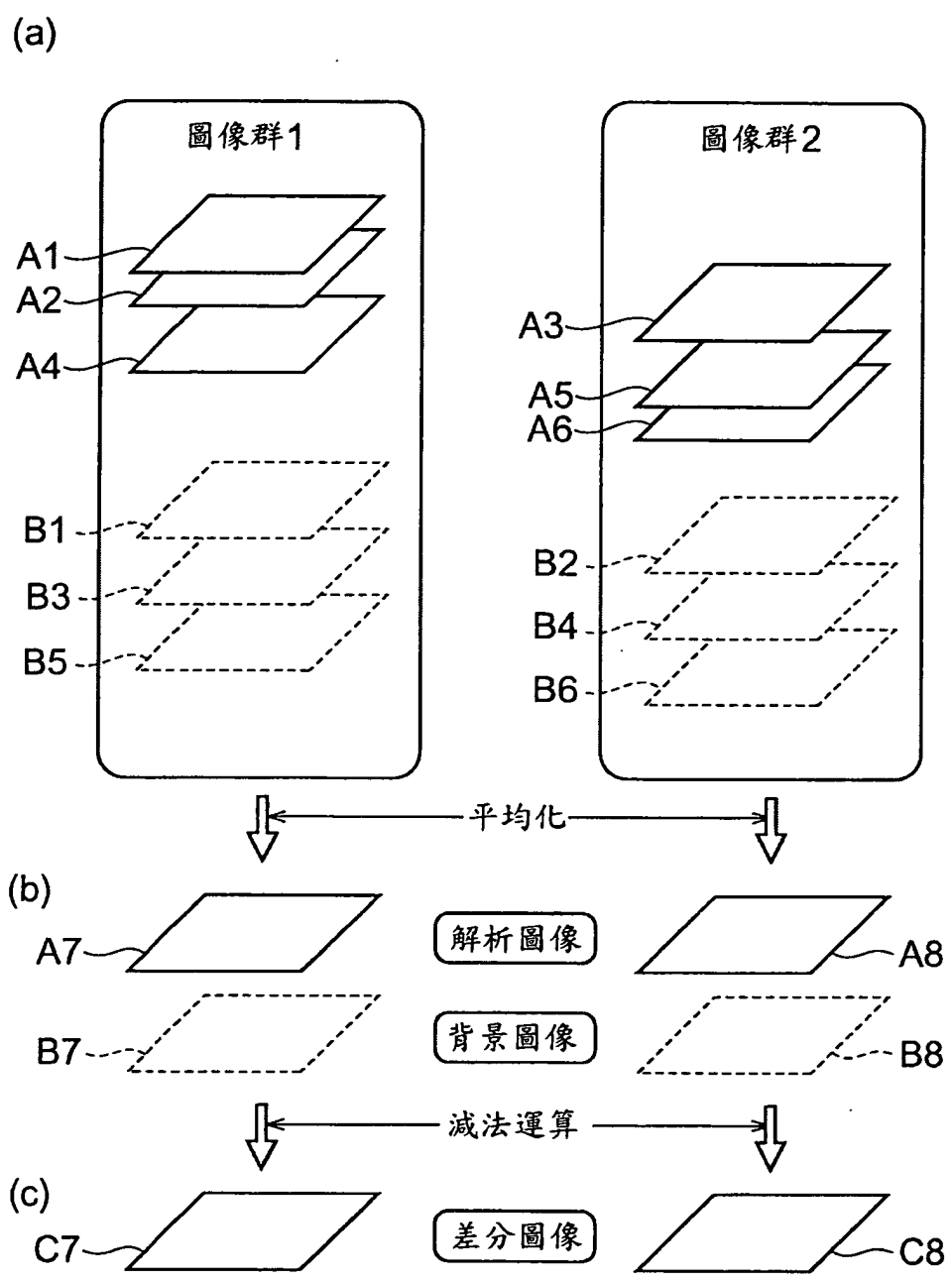


圖3

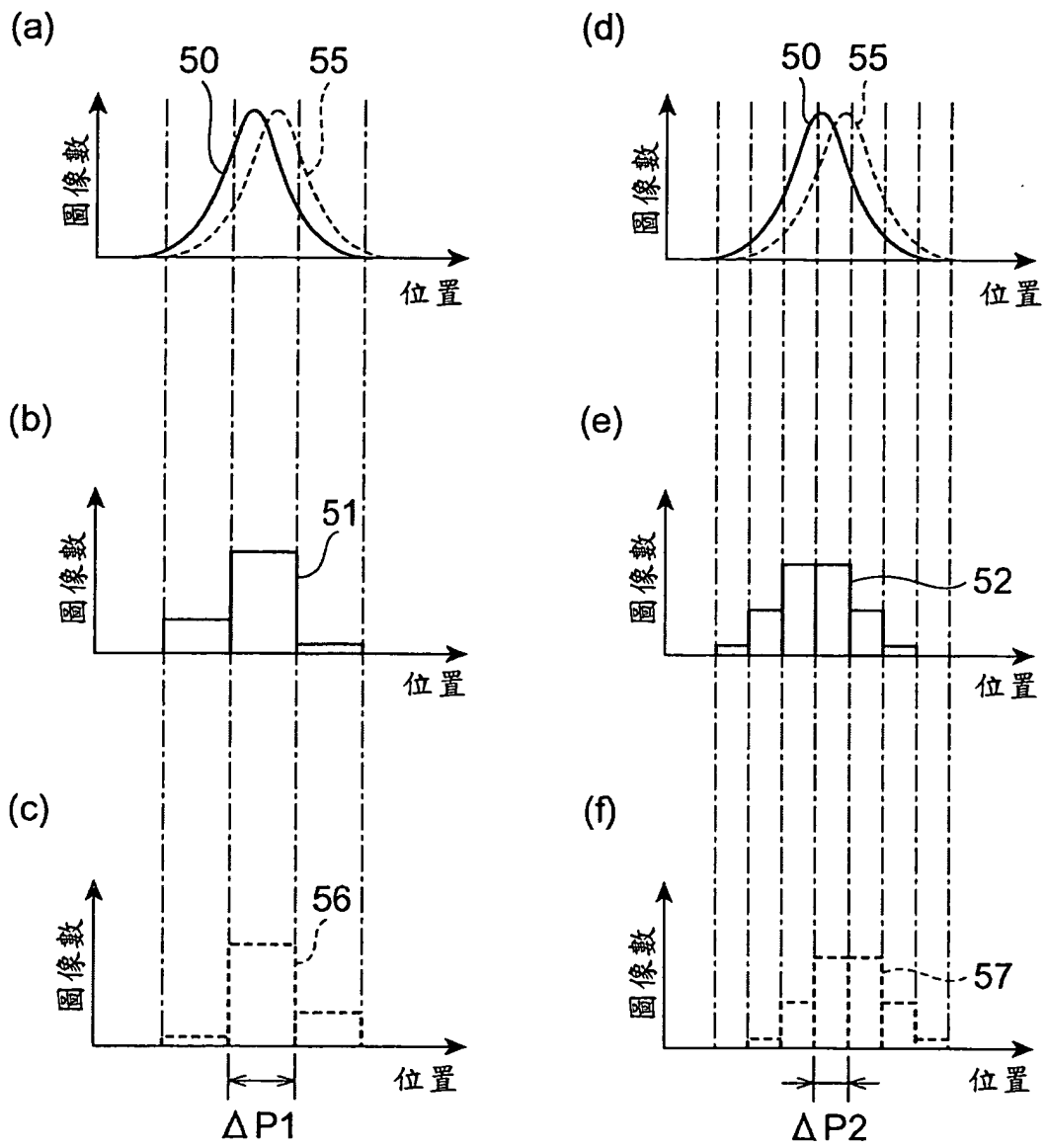
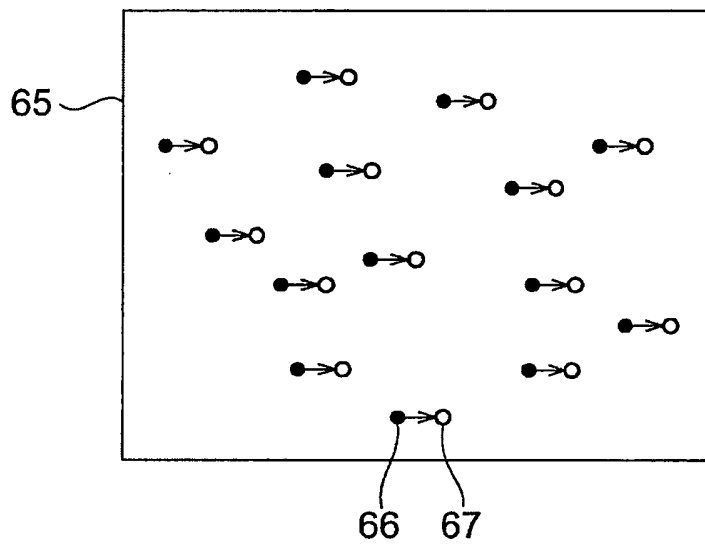


圖5

(a)



(b)

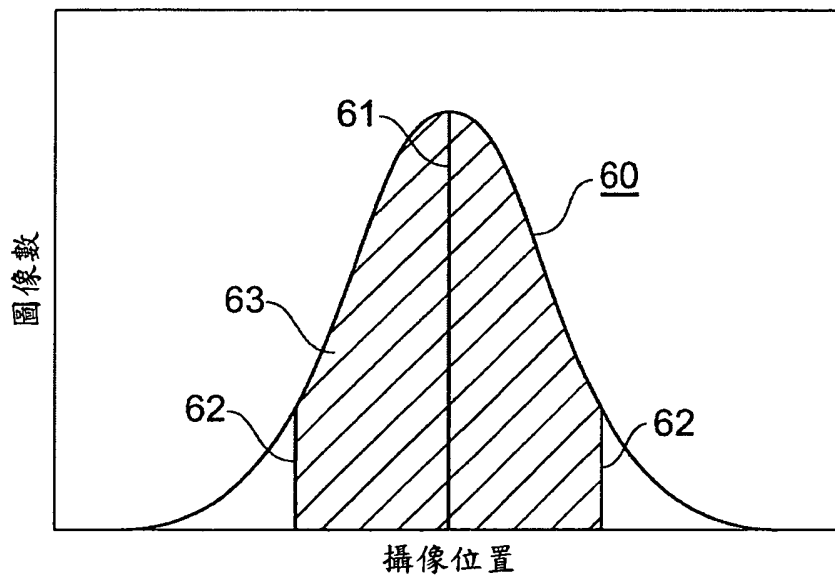


圖6

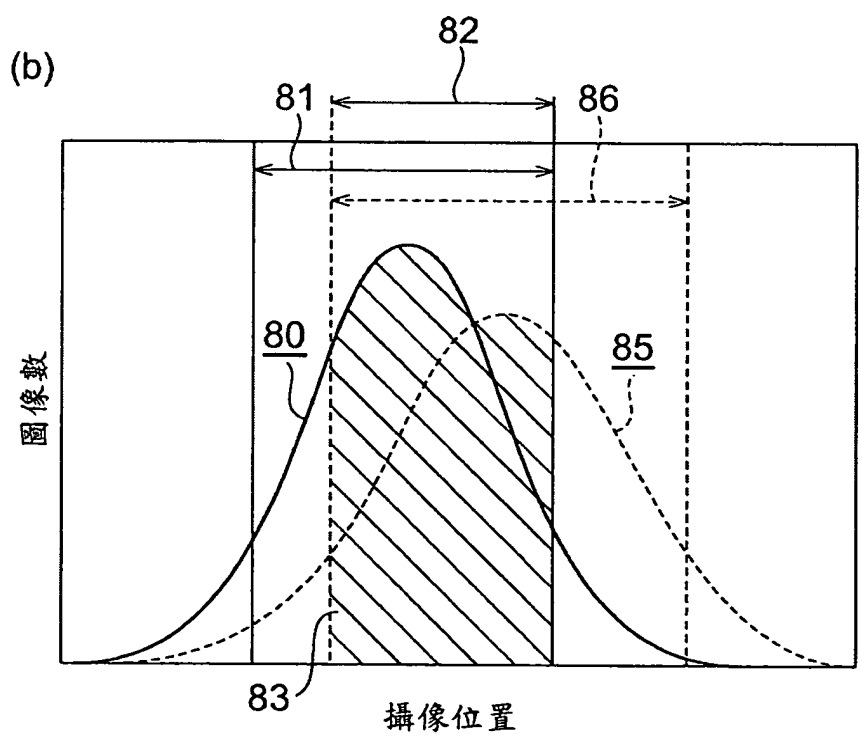
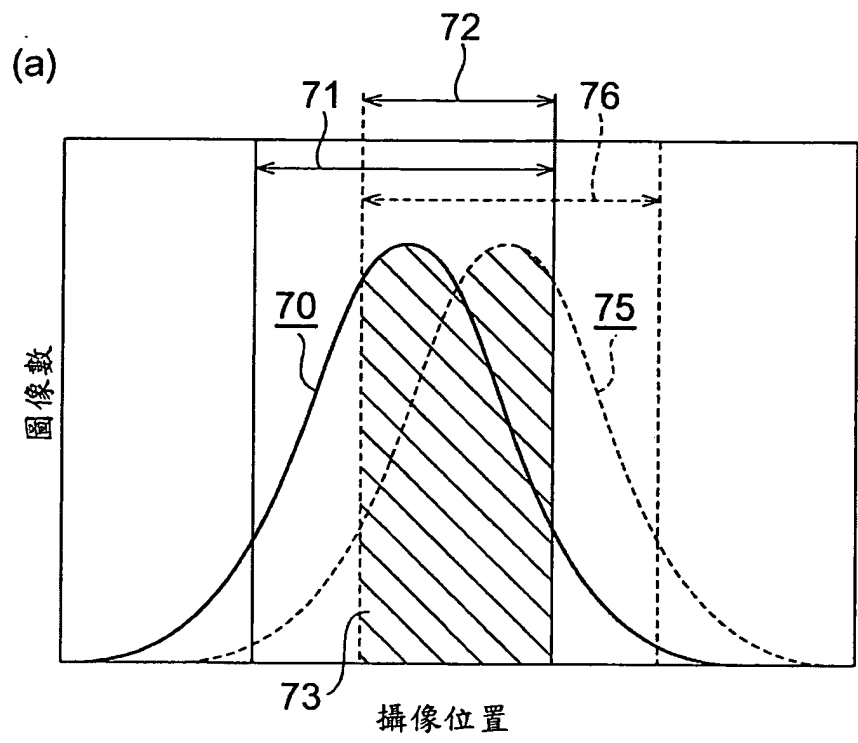


圖7

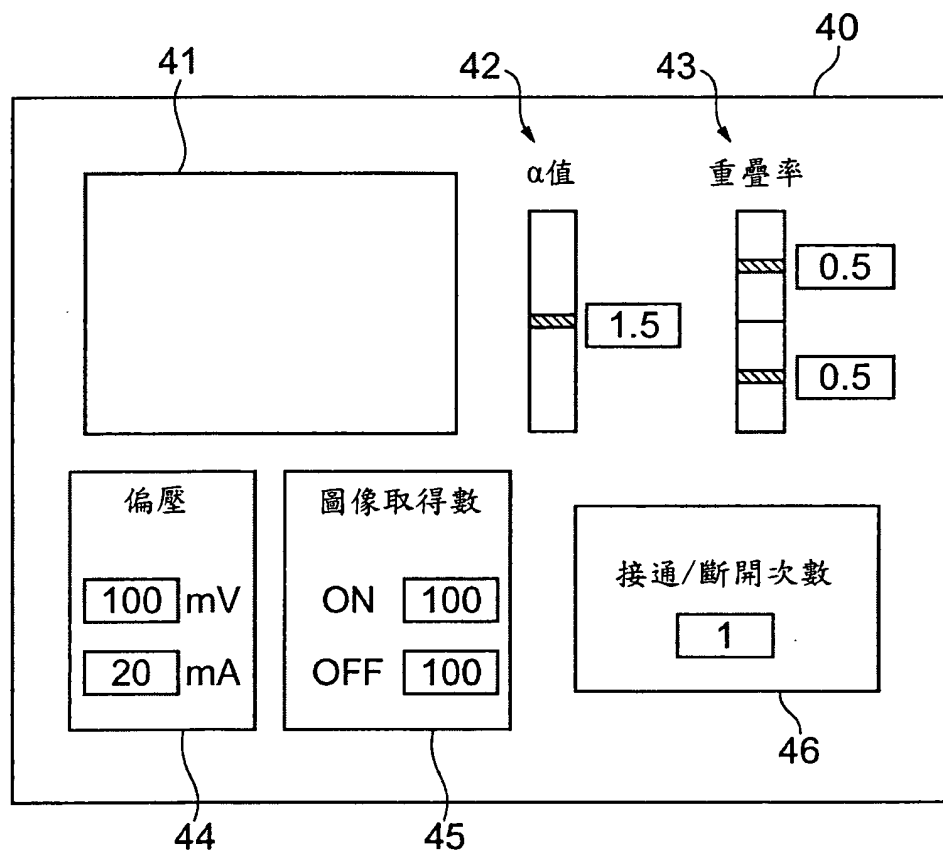


圖8

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種使用半導體元件之發熱像進行故障解析之半導體故障解析裝置、及半導體故障解析方法。

【先前技術】

先前，作為進行半導體元件之故障解析之裝置，使用一種檢測由半導體元件所產生之熱而確定其故障部位之故障解析裝置。於此種故障解析裝置中，例如對半導體元件所包含之電子電路施加偏壓電壓。然後，使用一種於紅外光之波長區域具有感光度之攝像裝置對半導體元件進行攝像以取得發熱像，解析該發熱像，藉此確定半導體元件中之發熱部位(例如，參照專利文獻1~3)。

先行技術文獻

專利文獻

專利文獻1：日本專利第2758562號公報

專利文獻2：日本專利特開平9-266238號公報

專利文獻3：日本專利特開平11-337511號公報

【發明內容】

發明所欲解決之問題

於上述半導體故障解析裝置中，藉由紅外攝像裝置所取得之半導體元件之圖像包含：由半導體元件產生之熱之發熱像、及半導體元件中之電路圖案之圖案像。該情形時，作為自上述圖像中去除圖案像並提取發熱像之方法，考慮有差分法。即，與對半導體元件施加有偏壓電壓之狀態下

之發熱像+圖案像之解析圖像不同地，另外取得未施加偏壓電壓之狀態下之僅圖案像之背景圖像，然後，取得解析圖像與背景圖像之差分，藉此可僅提取發熱像。

此處，於上述方法中，解析圖像及背景圖像通常係分別按時間序列以複數個為單位而取得並被用於故障解析。另一方面，於此種故障解析裝置中，因溫度變化之影響而會產生攝像裝置相對於半導體元件之攝像位置發生變動之溫度漂移。即，於解析圖像及背景圖像按時間序列之取得過程中若發生溫度變化，則構成故障解析裝置之各零件會根據其材質或尺寸之不同等而於不同條件下伸縮從而發生位置變動，由此導致攝像位置偏移。

對於此種由溫度導致之攝像位置偏移而言，裝置本身為熱之產生源，又，亦具有伴隨貨樣出入之外部空氣之出入等，故無法完全排除。而且，若針對產生攝像位置偏移之狀態下所取得之解析圖像及背景圖像而產生與發熱像對應之差分圖像，則半導體元件中之電路圖案之邊緣部分會作為雜訊而呈現於差分圖像中(邊緣雜訊成分)。此種邊緣雜訊成分於使用發熱像進行半導體元件之故障解析方面成為問題。

本發明係為解決以上之問題而完成者，其目的在於提供一種能抑制半導體元件之發熱解析圖像中之攝像位置偏移之影響的半導體故障解析裝置、故障解析方法、及故障解析程式。

解決問題之技術手段

為達成上述目的，本發明之半導體故障解析裝置之特徵在於，其係使用半導體元件之發熱像而進行故障解析者，且具備：(1)電壓施加機構，其對成為解析對象之半導體元件施加偏壓電壓；(2)攝像機構，其取得半導體元件之圖像；及(3)圖像處理機構，其對藉由攝像機構所取得之圖像進行半導體元件之故障解析所必要之圖像處理；(4)攝像機構取得各自包含對半導體元件施加有偏壓電壓之狀態下之發熱像之複數個解析圖像、及未施加偏壓電壓之狀態下之複數個背景圖像，並且(5)圖像處理機構包含：攝像位置算出機構，其針對複數個解析圖像及複數個背景圖像之各個而算出其攝像位置；圖像分類機構，其對於複數個解析圖像及複數個背景圖像各自之攝像位置，準備參照攝像位置之位置頻度分佈而設定之區域分割單位，根據攝像位置屬於按區域分割單位所分割之 N 個區域(N 為2以上之整數)之哪個區域，而將複數個解析圖像及複數個背景圖像分類為 N 個圖像群；及差分圖像產生機構，其對經分類之 N 個圖像群個別產生用於故障解析之解析圖像與背景圖像之差分圖像。

又，本發明之半導體故障解析方法之特徵在於，其係使用半導體元件之發熱像而進行故障解析者，且包括：(1)電壓施加步驟，其係對成為解析對象之半導體元件施加偏壓電壓；(2)攝像步驟，其係取得半導體元件之圖像；及(3)圖像處理步驟，其係對藉由攝像步驟所取得之圖像進行半導體元件之故障解析所必要之圖像處理；(4)攝像步驟取得各自包含對半導體元件施加有偏壓電壓之狀態下之發熱像

之複數個解析圖像、及未施加偏壓電壓之狀態下之複數個背景圖像，並且(5)圖像處理步驟包括：攝像位置算出步驟，其係針對複數個解析圖像及複數個背景圖像之各個而算出其攝像位置；圖像分類步驟，其係對於複數個解析圖像及複數個背景圖像各自之攝像位置，準備參照攝像位置之位置頻度分佈而設定之區域分割單位，根據攝像位置屬於按區域分割單位所分割之N個區域(N為2以上之整數)之哪個區域，將複數個解析圖像及複數個背景圖像分類為N個圖像群；及差分圖像產生步驟，其係對經分類之N個圖像群個別產生用於故障解析之解析圖像與背景圖像之差分圖像。

又，本發明之半導體故障解析程式之特徵在於，其係適用於半導體故障解析裝置，且(c)使電腦對藉由攝像機構所取得之圖像執行半導體元件之故障解析所必要之圖像處理者，上述半導體故障解析裝置具備(a)對成為解析對象之半導體元件施加偏壓電壓之電壓施加機構，及取得半導體元件之圖像之攝像機構，而使用半導體元件之發熱像進行故障解析，並且(b)攝像機構取得各自包含對半導體元件施加有偏壓電壓之狀態下之發熱像之複數個解析圖像、及未施加偏壓電壓之狀態下之複數個背景圖像；該程式使電腦執行如下處理：(d)攝像位置算出處理，其係針對複數個解析圖像及複數個背景圖像之各個而算出其攝像位置；(e)圖像分類處理，其係對於複數個解析圖像及複數個背景圖像各自之攝像位置，準備參照攝像位置之位置頻度分佈而設定之區域分割單位，根據攝像位置屬於按區域分割單位所分

割之 N 個區域(N 為2以上之整數)之哪個區域，而將複數個解析圖像及複數個背景圖像分類為 N 個圖像群；及(f)差分圖像產生處理，其係對經分類之 N 個圖像群個別產生用於故障解析之解析圖像與背景圖像之差分圖像。

於上述之半導體故障解析裝置、方法、及程式中，分別按時間序列取得各複數個以下圖像：對半導體元件施加有偏壓電壓之狀態下之發熱像+圖案像之解析圖像；及未施加偏壓電壓之狀態下之僅圖案像之背景圖像。然後，針對其等解析圖像及背景圖像之各個而算出攝像位置，並且對於攝像位置之變動而準備區域分割單位，使用按區域分割單位予以分割之 N 個區域將解析圖像及背景圖像分類為 N 個圖像群，而產生提取出發熱像之差分圖像。

於上述構成中，根據攝像位置偏移之位置偏移量，將複數個解析圖像及複數個背景圖像分類為 N 個圖像群，並針對分類後之每一個圖像群而產生差分圖像。根據此種構成，藉由適當設定區域分割單位，可降低攝像位置偏移之影響，從而能抑制半導體元件之故障解析所使用之差分圖像中因攝像位置偏移而導致之邊緣雜訊成分等之雜訊的產生。

再者，關於針對 N 個圖像群之每一個圖像群所進行的解析圖像與背景圖像之差分圖像之產生，亦可為如下構成：根據半導體元件之故障解析之具體方法等，針對 N 個圖像群之各個而產生差分圖像，從而取得 N 個差分圖像。或者亦可為如下構成：針對 N 個圖像群之至少1個而產生差分圖像。

發明之效果

根據本發明之半導體故障解析裝置、方法、及程式，相對於解析對象之半導體元件，以複數個為單位而取得施加有偏壓電壓之狀態下之解析圖像、及未施加偏壓電壓之狀態下之背景圖像，針對解析圖像及背景圖像之各個而算出攝像位置，並且對於攝像位置之變動而準備區域分割單位，使用按區域分割單位所分割之N個區域將解析圖像及背景圖像分類為N個圖像群，產生與發熱像對應之差分圖像，藉此能抑制半導體元件之發熱解析圖像中之攝像位置偏移之影響。

【實施方式】

以下，連同圖式對本發明之半導體故障解析裝置、故障解析方法、及故障解析程式之較佳實施形態進行詳細說明。再者，於圖式之說明中，對於相同要素標註有相同符號，省略重複之說明。又，圖式之尺寸比率未必與所說明者相一致。

圖1係概略表示本發明之半導體故障解析裝置之一實施形態之構成的方塊圖。該裝置1A係使用半導體元件S之發熱像而進行故障解析之故障解析裝置。圖1所示之半導體故障解析裝置1A具備試樣平台10、電壓施加部14、攝像裝置18、控制部20、及圖像處理部30而構成。

成為解析對象之半導體元件S被載置於使用有於X軸方向、Y軸方向(水平方向)、及Z軸方向(垂直方向)分別可驅動之XYZ平台的試樣平台10上。該平台10藉由平台驅動部12

而於X、Y、Z方向可驅動地構成，藉此，進行相對於半導體元件S之攝像之焦點對準、攝像位置之位置對準等。於平台10之上方，設置有取得半導體元件S之2維圖像之攝像機構即攝像裝置18。作為攝像裝置18，為了取得半導體元件S之發熱像之圖像，宜使用一種於之波長區域具有感光度之攝像裝置，例如於紅外光之波長區域具有感光度之紅外攝像裝置。

於平台10與攝像裝置18之間之光軸上，設置有將半導體元件10之像導引至攝像裝置18之導光光學系統16。又，相對於平台10上之半導體元件S而設置有電壓施加部14。電壓施加部14係於進行發熱像之故障解析時對半導體元件S之電子電路施加必要之偏壓電壓的電壓施加機構，其包含電壓施加用之電源而構成。再者，對於導光光學系統16，若有必要亦設置XYZ平台等之驅動機構。

於此種構成中，攝像裝置18分別以複數個為單位而按時間序列取得藉由電壓施加部14對半導體元件S施加有偏壓電壓之狀態下之解析圖像、及未施加偏壓電壓之狀態下之背景圖像。電壓施加狀態下所取得之解析圖像係包含半導體元件S之發熱像、及半導體元件S中之電路圖案之圖案像的圖像。另一方面，電壓未施加狀態下所取得之背景圖像係包含半導體元件S之僅圖案像的圖像。

於圖1所示之故障解析裝置1A中，相對於該等平台10、平台驅動部12、電壓施加部14、導光光學系統16、及攝像裝置18，設置有控制其等動作之控制部20。本實施形態之控

制部20含有攝像控制部21、平台控制部22、及同步控制部23而構成。

攝像控制部21係藉由控制電壓施加部14之偏壓電壓之施加動作、及攝像裝置18之圖像取得動作而控制半導體元件S之解析圖像及背景圖像之取得。又，平台控制部22控制XYZ平台10及平台驅動部12之動作(平台10上之半導體元件S之移動動作)。又，同步控制部23進行用以取得攝像控制部21及平台控制部22、與對攝像裝置18所設置之圖像處理部30之間必要之同步的控制。

圖像處理部30係對藉由攝像裝置18所取得之圖像進行半導體元件S之故障解析所必要之圖像處理的圖像處理機構。本實施形態之圖像處理部30含有圖像記憶部31、攝像位置算出部32、圖像分類部33、及差分圖像產生部34而構成。由攝像裝置18所取得之半導體元件S之圖像被輸入至圖像處理部30，並視需要而記憶、儲存於圖像記憶部31。

攝像位置算出部32針對由攝像裝置18所取得之半導體元件S之複數個解析圖像及複數個背景圖像之各個，算出其水平面內(XY面內)之攝像位置。此處，於故障解析裝置1A之圖像取得中，因溫度變化之影響而導致相對於半導體元件S之攝像位置發生變動(溫度漂移)。又，因裝置1A之振動等亦會導致攝像位置發生變動。攝像位置算出部32針對每一個圖像而求出上述變動之攝像位置，並評價該位置偏移量。此處，此種攝像位置之變動水平通常係小於攝像裝置18之像素尺寸之水平。

圖像分類部33對於複數個解析圖像及複數個背景圖像各自之攝像位置，準備由參照其位置頻度分佈而設定之區域分割單位。然後，將攝像位置之分佈按區域分割單位而分割成N個區域(N為2以上之整數)，根據攝像位置屬於已分割之N個區域中之哪個區域，將解析圖像及背景圖像分類為N個圖像群。此處，如上所述於攝像位置之變動小於像素尺寸之情形時，將圖像分類所使用之區域分割單位設定為小於像素尺寸，圖像之分群以小於像素尺寸之位置精度進行。

差分圖像產生部34針對由圖像分類部33所分類之N個圖像群而個別產生用於故障解析之解析圖像與背景圖像之差分圖像。此處，解析圖像係如上所述包含發熱像與圖案像之圖像，背景圖像係僅包含圖案像之圖像。因此，取得其等之差分之差分圖像成為僅提取故障解析所必要之發熱像之圖像。然後，藉由特定該差分圖像中之發熱部位而進行半導體元件之故障解析。

上述圖像處理部30例如使用電腦而構成。又，針對該圖像處理部30連接有輸入裝置36及顯示裝置37。輸入裝置36例如由鍵盤或滑鼠等構成，其用於本裝置1A之圖像取得動作、故障解析動作之執行所必要之資訊、指示的輸入等。又，顯示裝置37例如由CRT(Cathode Ray Tube, 陰極射線管)顯示器或液晶顯示器等構成，其用於本裝置1A之圖像取得及故障解析所相關之必要之資訊的顯示等。

再者，針對於該圖像處理部30，亦可為與控制部20一同藉由單一之控制裝置(例如單一之電腦)而實現之構成。又，

對於連接於圖像處理部30之輸入裝置36及顯示裝置37，亦同樣地可為如下構成：作為不僅對圖像處理部30而且對控制部20之輸入、顯示裝置而發揮功能。

參照圖2及圖3，針對圖像處理部30中所執行之將解析圖像及背景圖像分類為N個圖像群、及產生差分圖像進行概略說明。此處，圖2、圖3係模式性表示圖1所示之半導體故障解析裝置1A中所執行之故障解析方法的圖。此處，為簡單起見，於按時間序列取得複數個解析圖像(發熱像+圖案像)及複數個背景圖像(僅圖案像)時(電壓施加步驟、攝像步驟)，考慮因溫度漂移或裝置之振動等之影響而導致攝像裝置18之對半導體元件S之攝像位置按時間序列而變動為P1、P2之2個位置的情形，對該情形時所執行之圖像處理進行說明(圖像處理步驟)。

求出各圖像之攝像位置後(攝像位置算出步驟)，對於關於攝像位置之變動所得之位置頻度分佈，如圖2(a)所示，圖像分類部33設定出成為分類後的各圖像群中之攝像位置之變動之容許範圍的區域分割單位 ΔP 。然後，按該區域分割單位 ΔP ，將攝像位置之分佈區域分割成複數個區域，於本例中分割成第1區域R1及第2區域R2之2個區域。此時，於圖2(a)之例中攝像位置P1屬於區域R1，攝像位置P2屬於區域R2。

藉此，如圖2(b)、(c)所示，將屬於區域R1之位置P1之攝像位置之圖像分類為圖像群1，又，將屬於區域R2之位置P2之攝像位置之圖像分類為圖像群2(圖像分類步驟)。於圖2

所示之例中，按時間序列所取得之解析圖像A1~A6、背景圖像B1~B6中，將解析圖像A1、A2、A4及背景圖像B1、B3、B5分類為圖像群1。又，將解析圖像A3、A5、A6及背景圖像B2、B4、B6分類為圖像群2。

將解析圖像及背景圖像分類為圖像群後，如圖3所示，差分圖像產生部34針對每一個圖像群而產生差分圖像(差分圖像產生步驟)。首先，如圖3(a)、(b)所示，藉由分類為圖像群1之解析圖像A1、A2、A4之平均而產生平均解析圖像A7，又，藉由背景圖像B1、B3、B5之平均而產生平均背景圖像B7。同樣地，藉由分類為圖像群2之解析圖像A3、A5、A6之平均而產生平均解析圖像A8，又，藉由背景圖像B2、B4、B6之平均而產生平均背景圖像B8。

然後，如圖3(c)所示，針對圖像群1，取解析圖像A7與背景圖像B7之差分而產生第1差分圖像C7(=A7-B7)。同樣地，針對圖像群2，取解析圖像A8與背景圖像B8之差分而產生第2差分圖像C8(=A8-B8)。該等每個圖像群之差分圖像C7、C8，或者對差分圖像C7、C8進行加法運算、平均、選擇等之處理所得之差分圖像，實質上僅包含發熱像而成為用於故障解析之發熱解析圖像。

與圖1所示之故障解析裝置1A之圖像處理部30中所執行之故障解析方法相對應之處理，可藉由用以使電腦執行對藉由攝像裝置18所取得之圖像進行半導體元件S之故障解析所必要之圖像處理之半導體故障解析程式而實現。例如，圖像處理部30可藉由使圖像處理所必要之各軟體程式

動作之CPU(Central Processing Unit, 中央處理單元)、記憶有上述軟體程式等之ROM(Read Only Memory, 唯讀記憶體)、及於程式執行過程中暫時記憶資料之RAM(Random Access Memory, 隨機存取記憶體)而構成。於此種構成中, 由CPU執行特定之故障解析程式, 藉此可實現上述之圖像處理部30及故障解析裝置1A。

又, 用以藉由CPU使故障解析之圖像處理執行之上述程式係可記錄於電腦可讀取記錄媒體中並分發。此種記錄媒體中, 包含例如硬碟及軟碟等之磁氣媒體、CD-ROM(Compact Disk Read Only Memory, 緊密光碟-唯讀記憶體)及DVD-ROM(Digital Video Disc-Read Only Memory, 數位多功能光碟-唯讀記憶體)等之光學媒體、軟磁光碟(floptical disk)等之磁光學媒體、或者以執行或儲存程式指令之方式特別配置之例如RAM、ROM、及半導體非揮發性記憶體等之硬體元件等。

對本實施形態之半導體故障解析裝置1A、半導體故障解析方法、及半導體故障解析程式之效果進行說明。

於圖1~圖3所示之半導體故障解析裝置1A、故障解析方法、及故障解析程式中, 分別按時間序列以複數個為單位, 取得對半導體元件S藉由電壓施加部14而施加有偏壓電壓之狀態下之包含發熱像+圖案像的解析圖像、及未施加偏壓電壓之狀態下之僅包含圖案像的背景圖像。然後, 針對其等解析圖像及背景圖像之各個, 於攝像位置算出部32中算出攝像位置, 並且於圖像分類部33中, 針對攝像位置之變

動準備區域分割單位，使用按區域分割單位所分割之 N 個區域將解析圖像及背景圖像分類為 N 個圖像群，產生提取發熱像之差分圖像。

於上述構成中，如圖2及圖3所示，根據攝像位置偏移之位置偏移量，將複數個解析圖像及複數個背景圖像分類為 N 個圖像群，並針對分類後之每一個圖像群而產生差分圖像。根據此種構成，藉由於圖像分類部33中適當設定區域分割單位而可降低因溫度漂移或裝置之振動等所導致的攝像位置偏移之影響，從而能抑制半導體元件 S 之故障解析所使用之差分圖像中之因攝像位置偏移而導致的邊緣雜訊成分等之雜訊之產生。

參照圖4，對解析圖像與背景圖像之差分圖像中所產生之邊緣雜訊成分、及其抑制進行說明。圖4(a)表示先前之故障解析方法之差分圖像之產生方法。又，圖4(b)表示上述實施形態之故障解析方法之差分圖像之產生方法。又，於圖4中，標註符號 D 之矩形圖案係表示由攝像裝置18取得之2維圖像中之1像素(像素尺寸)，又，標註符號 E 之直線係表示半導體元件 S 中之電路圖案之邊緣部分。

於圖4(a)所示之例中，取得作為偏壓電壓施加時之解析圖像之圖像 $A1$ 、 $A2$ ，又，取得作為偏壓電壓未施加時之背景圖像之圖像 $B1$ 、 $B2$ 。於該等圖像中，取得圖案邊緣 E 之像作為根據像素 D 之像素尺寸而決定之解析度下的濃淡圖案。又，於解析圖像 $A1$ 與 $A2$ 、背景圖像 $B1$ 與 $B2$ 中，因攝像位置偏移而導致相對於像素結構之圖案邊緣 E 之位置發生

變動，其結果為，各圖像中獲得之像素之濃淡圖案成為不同者。

對上述圖像資料求出作為圖像A1、A2之平均之解析圖像A0，並求出作為圖像B1、B2之平均之背景圖像B0，針對其等進行減法運算處理A0-B0以產生差分圖像C0。此時，解析圖像A0中雖不包含發熱部位，但由於解析圖像A0與背景圖像B0之間之攝像位置偏移之影響而導致圖案邊緣E之雜訊圖像的產生。根據圖4(a)可理解，此種邊緣雜訊成分即便為攝像位置偏移小於像素尺寸者，亦會藉由像素之對比度圖案偏移而產生雜訊。

相對於此，於圖4(b)所示之例中，針對解析圖像A1、A2及背景圖像B1、B2，根據攝像位置而分類為圖像群之後，產生差分圖像。例如，於圖4(b)中，解析圖像A2與背景圖像B1之攝像位置為大致相同，於圖像之分群中被分類為相同之圖像群。因此，使該等圖像A2、B1於其圖像群中之解析圖像為A0=A2，背景圖像為B0=B1，針對其等進行減法運算處理A0-B0，藉此可獲得去除圖案邊緣E之雜訊後之差分圖像C0。又，針對解析圖像A1、背景圖像B2，亦可於其他圖像群中進行相同之圖像處理。

此處，於圖2及圖3所示之例中，如上所述假定攝像位置於P1、P2之2個位置發生離散變動，但實際上，攝像位置以連續之位置頻度分佈而變動。具體而言，若可獲得充分張數之圖像，則因裝置之振動而導致的攝像位置偏移會產生為常態分佈狀。又，因該振動而導致的攝像位置偏移之標

準偏差 σ 通常例如為攝像裝置18之像素尺寸之1/10以下的水平。

又，關於因溫度漂移而導致的攝像位置偏移，一般而言，於電壓施加部14之電源接通時較大，於電源斷開時變小。因此，電壓施加狀態下取得之解析圖像、與電壓未施加狀態下取得之背景圖像中，位置偏移量不一致，常態分佈狀之位置頻度分佈之中心位置於兩者中成為不同之狀態。

圖5係表示攝像位置之位置頻度分佈及區域分割單位之圖。於該圖5中，圖5(a)、(b)、(c)表示將區域分割單位設定為稍大之分割單位 $\Delta P1$ 之情形時的將解析圖像及背景圖像分類為圖像群之例。又，圖5(d)、(e)、(f)表示將區域分割單位設定為稍小之分割單位 $\Delta P2$ 之情形時的將解析圖像及背景圖像分類為圖像群之例。又，於該等圖中，圖5(a)、(d)表示分類前之解析圖像之攝像位置之位置頻度分佈(圖像數分佈)50、及背景圖像之攝像位置之位置頻度分佈55。該等位置頻度分佈50、55成為中心偏移之常態分佈狀之頻度分佈。

相對於此，圖5(b)表示按分割單位 $\Delta P1$ 進行分類後之解析圖像之位置頻度分佈(每一個圖像群之圖像數分佈)51，圖5(c)表示相同分類後之背景圖像之位置頻度分佈56。又，圖5(e)表示按分割單位 $\Delta P2$ 進行分類後之解析圖像之位置頻度分佈52，圖5(f)表示相同分類後之背景圖像之位置頻度分佈57。於區域分割單位 ΔP 之設定中，如下所述，較佳為考慮與各圖像群中之圖像數對應之統計的平均效果、及區域

分割中之位置再現性等而適當設定。

再者，關於針對已分類之N個圖像群之每一個圖像群所進行的解析圖像與背景圖像之差分圖像之產生，亦可為如下構成：根據故障解析之具體方法等，針對N個圖像群之各個而個別產生差分圖像，從而全體地取得N個差分圖像。或者亦可為如下構成：針對N個圖像群中之進行故障解析所必要之至少1個圖像群而產生差分圖像。

又，關於最終的用於半導體元件S之故障解析之差分圖像之產生，可使用如下構成：例如，對針對N個圖像群之各個所求得之N個差分圖像而進行基於屬於各個圖像群之圖像數之加權，以此產生用於故障解析之差分圖像。又，作為該情形時之具體的加權方法，例如可使用對各差分圖像加權並進行加法運算之方法、對各差分圖像加權並取得加法運算平均之方法等。

或者，關於差分圖像之產生，可使用如下構成：相對於針對N個圖像群之各個所求得之N個差分圖像，根據屬於各個圖像群之圖像數，選擇用於故障解析之差分圖像。作為該情形時之具體的選擇方法，例如可使用選擇N個圖像群中之圖像數最多之圖像群的差分圖像之方法。或者亦可使用選擇圖像數較多之2個以上之圖像群之差分圖像，由其等之差分圖像進行加法運算、平均等藉以算出最終的差分圖像的方法。根據對該等差分圖像進行加權、圖像之選擇等之構成，可適當導出最終的用於半導體元件S之故障解析之差分圖像。

又，於差分圖像產生部34中進行之差分圖像之產生中，亦可使用可切換2個以上之解析模式之構成。作為此種構成，可舉出例如可切換第1解析模式與第2解析模式之構成，上述第1解析模式係對針對N個圖像群各自之N個差分圖像而進行基於屬於各個圖像群之圖像數之加權，以此產生用於故障解析之差分圖像，上述第2解析模式係根據屬於各個圖像群之圖像數而選擇用於故障解析之差分圖像。

如此，根據差分圖像產生部34中之可切換解析模式之構成，藉由自動或操作者手動地選擇解析模式亦可適當導出實際上用於半導體元件S之故障解析之提取發熱像的差分圖像。該情形時，具體而言，較佳為如下構成：於顯示裝置37中顯示解析模式選擇畫面，操作者參照其顯示內容並經由輸入裝置36而選擇解析模式。或者亦可為如下構成：差分圖像產生部34參照實際之圖像之位置頻度分佈等而自動地設定或切換解析模式。

於圖1所示之故障解析裝置1A中，作為取得半導體元件S之圖像之攝像裝置18，具體而言，可使用例如於紅外光之波長區域(例如波長 $3.7\ \mu\text{m}\sim 5.2\ \mu\text{m}$)具有感光度之像素數為 320×240 、攝像尺寸為 $9.6\ \text{mm}\times 7.2\ \text{mm}$ 、圖框率為 $140\ \text{Hz}$ 之紅外InSb(銻化銻)相機。又，於使用有此種紅外相機之構成中，於光學系統16中使用0.8倍物鏡之情形時，全體之視場尺寸之概算為 $X=11923\ \mu\text{m}$ ， $Y=8931\ \mu\text{m}$ ，每1像素之尺寸為 $37\ \mu\text{m}$ 。又，於使用4倍物鏡之情形時，視場尺寸為 $X=2379\ \mu\text{m}$ ， $Y=1788\ \mu\text{m}$ ，像素尺寸為 $7.4\ \mu\text{m}$ 。又，於使用15倍物

鏡之情形時，視場尺寸為 $X=629\ \mu\text{m}$ ， $Y=474\ \mu\text{m}$ ，像素尺寸為 $2\ \mu\text{m}$ 。

又，關於電壓施加狀態下之解析圖像(接通圖像)、及電壓未施加狀態下之背景圖像(斷開圖像)之取得圖像數，可視需要而設定，但通常進行1秒以上之圖像取得，因此例如於使用有上述圖框率為140 Hz之攝像裝置之情形時，各自之圖像數成為140以上。

關於該圖像數，若圖像數較多則位置頻度分佈接近於常態分佈，因此需要某種程度之圖像數。考慮此點後認為，例如將解析圖像及背景圖像各自之圖像取得時間設定為4秒~8秒(圖像數為560~1120)左右為宜。另一方面，若圖像數變多且圖像取得時間變長，則有可能使因溫度漂移而導致的攝像位置偏移變大。考慮此點後認為，將解析圖像及背景圖像各自之圖像取得時間設定為10秒以下為宜。

該情形時，作為圖像取得時間之設定之一例，考慮於半導體元件S中之發熱較弱之情形時設定為上述之8秒左右，於發熱較強之情形時設定為4秒左右，於發熱特強且有溢出之可能性之情形時設定為1秒左右。又，關於解析圖像及背景圖像之取得動作之重複次數(接通/斷開次數)，通常執行1次圖像取得動作，即，於電壓施加狀態下以特定之時間取得複數個解析圖像，繼而於電壓未施加狀態下以特定之時間取得複數個背景圖像，但考慮發熱之強度或取得圖像數等，若有必要亦可為重複2次以上而執行圖像取得動作之構成。

又，於此種構成之故障解析裝置1A中，成為攝像位置之

變動之原因的溫度漂移係藉由例如金屬之膨脹、收縮之應變、裝置中之非對稱機構、重心平衡之不均勻等而產生。又，裝置之振動係藉由例如紅外相機之史特靈循環冷卻器 (Stirling Cycle Cooler) 等之冷卻機構、外來之振動引起之共振、顯微鏡光學系統、光學系統平台、試樣平台等而產生。

對故障解析裝置 1A 之圖像處理部 30 中所執行之圖像處理進行更具體地說明。最初，說明藉由攝像位置算出部 32 對各圖像進行的攝像位置之算出。圖 6 係表示由攝像裝置 18 所取得之半導體元件 S 之圖像中的由攝像位置之變動所得之位置頻度分佈之導出方法的圖。解析圖像及背景圖像之各圖像之攝像位置之算出係可利用通常之圖像識別技術進行。作為具體的算出方法，例如有使用有由光流 (optical flow) 識別之圖像之平均值的方法、相位相關法、模板匹配之方法等。

對使用有光流之攝像位置之算出方法之一例進行說明。光流本身亦有各種方式，可使用例如 Lucas-Kanade 演算法之方式。首先，如圖 6(a) 之圖像 65 中模式性所示，針對第 1 張圖像藉由 Harris 算子而識別其特徵點 (角隅) 66。關於特徵點 66 之點數，例如對由攝像裝置 18 所取得之解像度為 320×240 之圖像提取 200 點之特徵點。又，使所提取之特徵點得以子像素化。

其次，針對第 2 張圖像同樣地藉由 Harris 算子而識別其特徵點 67，並使所提取之特徵點得以子像素化。然後，如圖 6(a) 中箭頭所示，於第 1 張與第 2 張之圖像間，測量特徵點

66、67間之距離(圖像間之位置偏移量)。此處，求出200點之特徵點各自之特徵點間之距離，但於存在有無法取得對應之點之情形時，所獲得之距離資料會變得少於200點。

然後，求出其等特徵點間之距離資料之平均值，藉此算出以第1張圖像之攝像位置作為基準位置0時之第2張圖像之攝像位置。對複數個解析圖像及背景圖像之各個進行上述處理，藉此如圖6(b)之圖表所示，求出各圖像之攝像位置、及各攝像位置之位置頻度分佈60。再者，關於成為特徵點之角隅檢測之演算法，具體而言，除上述之Harris以外，亦可使用例如Moravec、SUSAN等其他之方法。

圖6(b)所示之位置頻度分佈60與圖5同樣地成為相對於中心位置61之常態分佈狀之頻度分佈。關於相對於此種位置頻度分佈之區域分割單位之設定、及取決於該設定之圖像之分群，較佳為於圖像分類部33中，求出解析圖像及背景圖像各自之攝像位置之位置頻度分佈，並且根據解析圖像之位置頻度分佈下的平均位置 μ_1 及分佈寬度 w_1 、及背景圖像之位置頻度分佈下的平均位置 μ_2 及分佈寬度 w_2 來設定區域分割單位 ΔP 。根據此種構成，可根據攝像位置偏移之實際發生狀況而適當設定區域分割單位，以將解析圖像及背景圖像適當分類為N個圖像群。再者，關於位置頻度分佈之分佈寬度 w ，可使用標準偏差 σ 、半頻寬等之值。

對用以進行圖像分類之區域分割單位 ΔP 之設定進行具體說明。於區域分割單位之設定中，(1)為了提高平均效果之S/N比，較佳為各圖像群之圖像數較多，因此需使分割單位

ΔP 變寬。另一方面，(2)考慮提高邊緣雜訊成分之去除效果，較佳為區域分割中之位置再現性較高，因此需使分割單位 ΔP 變窄。因此，關於區域分割單位 ΔP ，較佳為考慮條件(1)、(2)之平衡而進行設定。

又，例如於進行基於各圖像群中之圖像數之加權而求出最終的用於故障解析之差分圖像之情形時，於圖6(b)所示之常態分佈狀之位置頻度分佈60中，包含中心之平均位置61之圖像群對最終的差分圖像最有影響。考慮此點後，認為適當設定用於包含該平均位置61之圖像群之分割範圍最為重要。

自常態分佈之特性而言，若將標準偏差 σ 提供作為位置頻度分佈60之分佈寬度 w ，則於自平均位置 μ (圖6(b)中之位置61)起的位置偏移為 $\pm 1\sigma$ 以內之範圍內包含有攝像位置之概率為68.3%，於 $\pm 1.5\sigma$ 以內之範圍內包含攝像位置之概率為86.6%，於 $\pm 2\sigma$ 以內之範圍內包含攝像位置之概率為95.4%。實際上，所取得之圖像數有限，而且因雜訊而會產生攝像位置之識別偏差、識別精度不足等。因此，若將區域分割單位 ΔP 之位置範圍廣泛設定於 $\pm 2\sigma$ 左右，則於自平均位置 μ 離開 $\pm 2\sigma$ 之位置處獲得圖像之頻度減少，且亦有可能成為雜訊成分。具體而言，若將平均位置 μ 處之頻度設為100%，則位置 $\mu \pm 2\sigma$ 處之頻度為13.5%。

考慮該等常態分佈之特性等，此處，採用位置範圍 $\mu \pm 1.5\sigma$ 作為標準的區域分割單位 ΔP 。於圖6(b)中，左右之攝像位置62表示自平均位置61離開 $\pm 1.5\sigma$ 之位置。該情形時，若將

平均位置 $61(=\mu)$ 處之頻度同樣地設為 100%，則位置 $62(=\mu\pm 1.5\sigma)$ 處之頻度為 32.5%。又，於圖 6(b) 中，自平均位置 μ 起的位置偏移為 $\pm 1.5\sigma$ 以內之範圍 63 內所包含之圖像數相對於全體圖像數而為 86.6%。

圖 7 係表示參照解析圖像及背景圖像各自之位置頻度分佈而設定區域分割單位之情形之設定方法的圖。此處，如結合圖 5 之以上所述，解析圖像與背景圖像中，通常其位置頻度分佈成為中心相互偏移之常態分佈狀之頻度分佈。該情形時，於區域分割單位 ΔP 之設定中，較佳為一同考慮其等 2 個位置頻度分佈。作為此種設定方法，具體而言可使用如下方法：求出解析圖像之區域單位及背景圖像之區域單位，並將其等區域單位之共通範圍(區域單位重複之範圍、區域單位之積集合)設定為區域分割單位 ΔP 。

於圖 7(a) 所示之例中，於解析圖像之位置頻度分佈 70 及背景圖像之位置頻度分佈 75 中，與其分佈寬度 w_1 、 w_2 對應之標準偏差 σ_1 、 σ_2 成為相同之值 σ 。又，其平均位置 μ_1 、 μ_2 於位置偏移量 $=\sigma$ 處成為不同的位置。

又，於圖 7(a) 之圖表中，解析圖像之區域單位 71 表示自位置頻度分佈 70 之平均位置 μ 起的 $\pm 1.5\sigma$ 之範圍。同樣地，背景圖像之區域單位 76 表示自位置頻度分佈 75 之平均位置 μ_2 起的 $\pm 1.5\sigma$ 之範圍。對該等區域單位 71、76，區域分割單位 ΔP 藉由其共通範圍 72 而設定。又，此時，按區域分割單位 ΔP 所分割之區域之成為中心區域之範圍 73 內所包含的圖像數相對於全體圖像數而為 52.4%。

於圖 7(b)所示之例中，於解析圖像之位置頻度分佈 80 及背景圖像之位置頻度分佈 85 中，與其分佈寬度 w_1 、 w_2 對應之標準偏差 σ_1 、 σ_2 不同，成為 $\sigma_2 = 1.2 \times \sigma_1$ 。又，其平均位置 μ_1 、 μ_2 於位置偏移量 $= \sigma_1$ 處成為不同的位置。

又，於圖 7(b)之圖表中，解析圖像之區域單位 81 表示自位置頻度分佈 80 之平均位置 μ_1 起的 $\pm 1.5\sigma_1$ 之範圍。同樣地，背景圖像之區域單位 86 表示自位置頻度分佈 85 之平均位置 μ_2 起的 $\pm 1.5\sigma_2$ 之範圍。對該等區域單位 81、86，區域分割單位 ΔP 藉由其共通範圍 82 而設定。又，此時，按區域分割單位 ΔP 所分割之區域之成為中心區域之範圍 83 內所包含的圖像數相對於全體圖像數而為 56.9%。

又，於上述之區域分割單位之設定例中，將位置範圍 $\mu \pm 1.5\sigma$ 作為標準的區域分割單位 ΔP 而設定，但針對相對該標準偏差 σ (一般而言為分佈寬度 w) 決定分割單位之係數 1.5，亦可作為自動或由操作者手動而可變更之調整係數 α 。該情形時，具體而言，可使用如下構成：於圖像分類部 33 中，設定用以調整區域分割單位 ΔP 之調整係數 α ，並且求出解析圖像之區域單位 $\mu_1 \pm \alpha \times w_1$ 、及背景圖像之區域單位 $\mu_2 \pm \alpha \times w_2$ ，將其等區域單位之共通範圍作為區域分割單位 ΔP 而設定。又，關於區域分割單位 ΔP 之設定方法，並不限於此種構成，亦可使用各種構成。

進而，關於調整係數 α 之具體的數值設定，較佳為根據標準偏差 σ_1 、 σ_2 而求出解析圖像之位置頻度分佈下的分佈寬度 w_1 、以及背景圖像之位置頻度分佈下的分佈寬度 w_2 ，並

且將調整係數 α 之上述 $\alpha=1.5$ 作為中心值，於滿足條件 $1 \leq \alpha \leq 2$ 之範圍內可變地設定。將相對於標準偏差 σ_1 、 σ_2 之調整係數 α 之數值範圍按如上所述而設定，藉此可相對於由攝像位置之變動所得之位置頻度分佈而適當設定區域分割單位 ΔP 。又，於調整係數 α 之設定、變更中，較佳為考慮上述之提高S/N比之條件(1)、及提高邊緣雜訊成分之去除效果之條件(2)的平衡。

又，於區域分割單位 ΔP 之設定中使用有調整係數 α 之構成中，可使用根據具體的故障解析條件等而於圖像分類部33中自動設定調整係數 α 之構成。或者，亦可使用根據由操作者經由輸入裝置36所輸入之係數值而手動設定調整係數 α 之構成。於此種手動設定之構成中，可根據攝像位置偏移之實際發生狀況、及考慮半導體元件之具體解析條件等之操作者之判斷而適當設定區域分割單位 ΔP 。

圖8係表示關於調整係數 α 之設定而顯示於顯示裝置37中之操作畫面之一例的圖。該操作畫面40中，於其上方部分，設置有圖像顯示區域41、 α 值設定區域42、及重疊率設定區域43。圖像顯示區域41係於顯示對半導體元件S所取得之解析圖像、背景圖像、及差分圖像等之圖像時使用。又，亦可構成為：於圖像顯示區域41中，若有必要，除顯示本裝置1A中所取得之發熱解析圖像外，亦顯示半導體元件S之通常之圖案圖像、或者包含半導體元件S之設計資訊在內的佈局圖像等。

α 值設定區域42係用於設定區域分割單位 ΔP 時所使用之

調整係數 α 之手動的設定、變更。圖8所示之例中，於設定區域42內，設置有將1.5作為標準值而於 $1.0 \leq \alpha \leq 2.0$ 之範圍內用以設定調整係數 α 之值的設定鈕。又，重疊率設定區域43係用於圖像顯示區域41中對發熱解析圖像重疊顯示通常之圖案圖像及佈局圖像時所使用之重疊率之設定、變更。圖8所示之例中，於設定區域43內，設置有用以設定圖案圖像、佈局圖像之重疊率之2個設定鈕。又，於該等設定區域42、43中，分別成為亦可進行設定數值之手動輸入之構成。

又，於操作畫面40之下方部分，進而設置有偏壓設定區域44、圖像取得數設定區域45、及接通/斷開次數設定區域46。偏壓設定區域44係於設定自電壓施加部14之電源向半導體元件S所供給之偏壓電壓、偏壓電流之值時使用。又，圖像取得數設定區域45係於設定於電壓施加狀態(電源接通)下所取得之解析圖像之圖像數、及電壓未施加狀態(電源斷開)下所取得之背景圖像之圖像數時使用。又，接通/斷開次數設定區域46係於設定執行幾次電源接通狀態下之複數個解析圖像之取得、及電源斷開狀態下之複數個背景圖像之取得的圖像取得動作時使用。

對使用上述實施形態之半導體故障解析裝置1A及故障解析方法所取得之發熱解析圖像與其具體例一同進行說明。圖9係表示成為解析對象之半導體元件S之通常之圖案圖像的圖。此種圖案圖像例如係使用攝像裝置18或與攝像裝置18不同之另外設置之攝像系統而取得。此處，針對上述電路圖案之半導體元件S藉由電壓施加部14而以電壓100

mV、電流 20 mA 施加偏壓，取得其發熱像。

圖 10~圖 12 係分別表示解析圖像與背景圖像之差分圖像 (發熱解析圖像) 之例的圖。再者，以下之圖 10~圖 12 所示之圖像皆表示進行平滑化處理後之圖像。

圖 10(a) 表示未根據攝像位置進行解析圖像及背景圖像之分類之先前之方法中所產生的差分圖像。比較該差分圖像與圖 9 所示之圖案圖像後可知，先前方法之差分圖像中，藉由解析圖像與背景圖像之間的攝像位置偏移之影響而會產生半導體元件 S 之圖案邊緣之邊緣雜訊成分。

又，分別求出 X 軸方向、Y 軸方向上此時之解析圖像中之平均位置 μ_1 、標準偏差 σ_1 、及背景圖像中之平均位置 μ_2 、標準偏差 σ_2 ，其等為，

平均位置： $\mu_{1X}=0.025$ ， $\mu_{1Y}=0.010$ ；

標準偏差： $\sigma_{1X}=0.040$ ， $\sigma_{1Y}=0.029$ ；

平均位置： $\mu_{2X}=0.026$ ， $\mu_{2Y}=0.021$ ；

標準偏差： $\sigma_{2X}=0.025$ ， $\sigma_{2Y}=0.018$ 。

再者，上述之平均位置及標準偏差之各數值係使用 4 倍物鏡作為導光光學系統 16 之物鏡而取得圖像時之像素偏移量。例如，解析圖像與背景圖像之間的 Y 軸方向之像素偏移量為 $\mu_{2Y}-\mu_{1Y}=0.011$ 像素，但若將其作為位置偏移量，則相當於約 $0.08 \mu\text{m}$ 。

圖 10(b) 表示藉由將解析圖像及背景圖像根據攝像位置進行分類之上述實施形態之方法所產生的差分圖像。該差分圖像係於上述具體之方法中於以下條件下而求得者：將

調整係數設為 $\alpha=1$ ，根據 1σ 而設定區域分割單位 ΔP ，並且將區域分割數設為 $N=9$ 。如此可知，於使用將解析圖像及背景圖像分類為圖像群之方法而獲得之差分圖像中，攝像位置偏移之影響得以降低，先前方法之差分圖像中所產生之邊緣雜訊成分被去除，從而可明確地確認半導體元件S之故障解析所使用之發熱像。

又，此種邊緣雜訊成分之去除效果藉由改變區域分割單位 ΔP 而變化。圖11(a)表示將調整係數設為 $\alpha=1.5$ ，並且將區域分割數設為 $N=5$ 之條件下所求得之差分圖像。又，圖11(b)表示將調整係數設為 $\alpha=2$ ，並且將區域分割數設為 $N=5$ 之條件下所求得之差分圖像。於該等差分圖像中，越是加大調整係數 α 之值以擴大區域分割單位 ΔP ，則邊緣雜訊成分之去除效果越會減少。但是，如上所述，相反若使區域分割單位 ΔP 變窄，則S/N比會變差，故於區域分割單位 ΔP 之設定中，需考慮其等條件之平衡。

又，關於將解析圖像及背景圖像分類後之圖像群之操作，有如下構成：將N個圖像群全部用於差分圖像產生之構成；及選擇N個圖像群中圖像數較多之一部分(1個或複數個)圖像群並用於差分圖像產生之構成。一般而言，為了提高平均效果之S/N比，使用全部圖像群之方法為有利。另一方面，為了提高邊緣雜訊成分之去除效果，選擇一部分圖像群而使用之方法為有利。因此，使用該等方法之任一者皆需考慮其等條件之平衡。

於將複數個解析圖像、背景圖像分類為N個圖像群之情形

時，針對圖像群所含之圖像數而言，含有平均位置 μ 之圖像群所含之圖像數最多，隨著自平均位置 μ 之離開，圖像數減少(參照圖5~圖7)。該情形時，自平均位置離開之位置之圖像群中，因圖像數較少而容易產生位置偏離，並且取得差分時容易產生邊緣雜訊成分。因此，有時根據所取得之圖像數、S/N比、具體的攝像條件等選擇一部分而非全部圖像群進行使用之構成更可取得良好之結果。

圖12(a)表示將調整係數設定為 $\alpha=1.5$ ，區域分割數設定為 $N=5$ ，並且使用所有5個圖像群而求得之差分圖像。又，圖12(b)表示同樣將調整係數設定為 $\alpha=1.5$ ，區域分割數設定為 $N=5$ ，並且僅使用包含平均位置之1個圖像群而求得之差分圖像。該等差分圖像中，僅使用有包含平均位置之圖像群之差分圖像更可提高邊緣雜訊成分之去除效果。

本發明之半導體故障解析裝置、故障解析方法、及故障解析程式並非限於上述之實施形態及構成例，可進行各種變形。例如，關於用於半導體元件S之圖像取得之平台10、電壓施加部14、導光光學系統16、及攝像裝置18等之構成，除上述構成以外，具體而言亦可使用各種構成。

上述實施形態之半導體故障解析裝置係使用半導體元件之發熱像而進行故障解析者，其使用有具備如下部分之構成，即，(1)電壓施加機構，其對成為解析對象之半導體元件施加偏壓電壓；(2)攝像機構，其取得半導體元件之圖像；及(3)圖像處理機構，其對藉由攝像機構所取得之圖像進行半導體元件之故障解析所必要之圖像處理；(4)攝像機構取

得各自包含對半導體元件施加有偏壓電壓之狀態下之發熱像之複數個解析圖像、及未施加偏壓電壓之狀態下之複數個背景圖像，並且(5)圖像處理機構包含：攝像位置算出機構，其針對複數個解析圖像及複數個背景圖像之各個而算出其攝像位置；圖像分類機構，其對於複數個解析圖像及複數個背景圖像各自之攝像位置，準備由參照攝像位置之位置頻度分佈而設定之區域分割單位，根據攝像位置屬於按區域分割單位所分割之 N 個區域(N 為2以上之整數)之哪個區域，將複數個解析圖像及複數個背景圖像分類為 N 個圖像群；及差分圖像產生機構，其對已分類之 N 個圖像群個別產生用於故障解析之解析圖像與背景圖像之差分圖像。

又，上述實施形態之半導體故障解析方法係使用半導體元件之發熱像而進行故障解析者，其使用有包括如下步驟之構成，即，(1)電壓施加步驟，其係對成為解析對象之半導體元件施加偏壓電壓；(2)攝像步驟，其係取得半導體元件之圖像；及(3)圖像處理步驟，其係對藉由攝像步驟所取得之圖像進行半導體元件之故障解析所必要之圖像處理；(4)攝像步驟取得各自包含對半導體元件施加有偏壓電壓之狀態下之發熱像之複數個解析圖像、及未施加偏壓電壓之狀態下之複數個背景圖像，並且(5)圖像處理步驟包括：攝像位置算出步驟，其係針對複數個解析圖像及複數個背景圖像之各個而算出其攝像位置；圖像分類步驟，其係對於複數個解析圖像及複數個背景圖像各自之攝像位置，準備由參照攝像位置之位置頻度分佈而設定之區域分割單位，

根據攝像位置屬於按區域分割單位所分割之N個區域(N為2以上之整數)之哪個區域，將複數個解析圖像及複數個背景圖像分類為N個圖像群；及差分圖像產生步驟，其係對已分類之N個圖像群個別產生用於故障解析之解析圖像與背景圖像之差分圖像。

此處，對於將解析圖像及背景圖像分類為N個圖像群，較佳為求出複數個解析圖像及複數個背景圖像各自之攝像位置之位置頻度分佈，並且根據複數個解析圖像之位置頻度分佈下的平均位置 μ_1 及分佈寬度 w_1 、以及複數個背景圖像之位置頻度分佈下的平均位置 μ_2 及分佈寬度 w_2 而設定用於分類之區域分割單位。根據此種構成，可根據半導體元件之圖像取得中之攝像位置偏移之實際發生狀況而適當設定區域分割單位，並將複數個解析圖像及複數個背景圖像適當分類為N個圖像群。

關於上述構成中之區域分割單位之設定，具體而言可使用如下構成：設定用以調整區域分割單位之調整係數 α ，並且求出針對複數個解析圖像之區域單位 $\mu_1 \pm \alpha \times w_1$ 、以及針對複數個背景圖像之區域單位 $\mu_2 \pm \alpha \times w_2$ ，將其等區域單位之共通範圍作為區域分割單位而設定。又，關於區域分割單位之設定方法，並不限於此種構成，可使用各種構成。

又，如上所述於區域分割單位之設定中使用有調整係數 α 之構成中，可使用根據具體的故障解析條件等而自動設定調整係數 α 之構成。或者，亦可使用根據由操作者所輸入之係數值而手動設定調整係數 α 之構成。於此種手動設定之構

成中，可根據攝像位置偏移之實際發生狀況、及考慮半導體元件之具體解析條件等之操作者之判斷而適當設定區域分割單位。

進而，關於上述調整係數 α 之具體的設定，較佳為分別根據標準偏差 σ_1 、 σ_2 而求出複數個解析圖像之位置頻度分佈下的分佈寬度 w_1 、以及複數個背景圖像之位置頻度分佈下的分佈寬度 w_2 ，並且將調整係數 α 於滿足條件 $1 \leq \alpha \leq 2$ 之範圍內設定。如上所述設定相對於標準偏差 σ_1 、 σ_2 之調整係數 α 之數值範圍，藉此可相對於由攝像位置之變動所得之位置頻度分佈而適當設定區域分割單位。

關於解析圖像與背景圖像之差分圖像之產生，可使用如下構成：對針對 N 個圖像群之各個所求得之 N 個差分圖像進行基於屬於各個圖像群之圖像數的加權，以此產生用於故障解析之差分圖像。或者可使用如下構成：對針對 N 個圖像群之各個所求得之 N 個差分圖像，根據屬於各個圖像群之圖像數，選擇用於故障解析之差分圖像。根據該等構成，可適當導出最終的用於半導體元件之故障解析之差分圖像。

又，關於差分圖像之產生，亦可為可切換第1解析模式與第2解析模式而構成，上述第1解析模式係對針對 N 個圖像群之各個所求得之 N 個差分圖像而進行基於屬於各個圖像群之圖像數之加權，以此產生用於故障解析之差分圖像，上述第2解析模式係根據屬於各個圖像群之圖像數而選擇用於故障解析之差分圖像。根據此種構成，藉由自動或操作者手動地選擇解析模式而可適當導出最終的用於半導體元

件之故障解析之差分圖像。

產業上之可利用性

本發明係可用作能抑制用於半導體元件之故障解析之發熱解析圖像中之攝像位置偏移之影響的半導體故障解析裝置、故障解析方法、及故障解析程式。

【圖式簡單說明】

圖1係表示半導體故障解析裝置之一實施形態之構成的方塊圖；

圖2(a)~(c)係模式性表示圖1所示之半導體故障解析裝置所執行之故障解析方法的圖；

圖3(a)~(c)係模式性表示圖1所示之半導體故障解析裝置所執行之故障解析方法的圖；

圖4(a)、(b)係表示解析圖像與背景圖像之差分圖像之產生方法的圖；

圖5(a)~(f)係表示攝像位置之位置頻度分佈及區域分割單位之圖；

圖6(a)、(b)係表示由攝像位置之變動所得之位置頻度分佈之導出方法的圖；

圖7(a)、(b)係表示參照位置頻度分佈之區域分割單位之設定方法的圖；

圖8係表示顯示裝置所顯示之操作畫面之一例的圖；

圖9係表示半導體元件之通常之圖案圖像的圖；

圖10(a)、(b)係表示解析圖像與背景圖像之差分圖像之例的圖；

圖 11(a)、(b)係表示解析圖像與背景圖像之差分圖像之例的圖；及

圖 12(a)、(b)係表示解析圖像與背景圖像之差分圖像之例的圖。

【主要元件符號說明】

| | |
|----|-----------|
| 1A | 半導體故障解析裝置 |
| 10 | 試樣平台 |
| 12 | 平台驅動部 |
| 14 | 電壓施加部 |
| 16 | 導光光學系統 |
| 18 | 攝像裝置 |
| 20 | 控制部 |
| 21 | 攝像控制部 |
| 22 | 平台控制部 |
| 23 | 同步控制部 |
| 30 | 圖像處理部 |
| 31 | 圖像記憶部 |
| 32 | 攝像位置算出部 |
| 33 | 圖像分類部 |
| 34 | 差分圖像產生部 |
| 36 | 輸入裝置 |
| 37 | 顯示裝置 |
| 40 | 操作畫面 |
| 41 | 圖像顯示區域 |

| | |
|--|----------------|
| 42 | α 值設定區域 |
| 43 | 重疊率設定區域 |
| 44 | 偏壓設定區域 |
| 45 | 圖像取得數設定區域 |
| 46 | 接通/斷開次數設定區域 |
| 50、51、52、55、 56、57、60、70、 75、80、85 | 位置頻度分佈 |
| 61 | 中心位置 |
| 62 | 攝像位置 |
| 63、83 | 範圍 |
| 65 | 圖像 |
| 66、67 | 特徵點 |
| 71、76、81、86 | 區域單位 |
| 72、82 | 共通範圍 |
| A0~A8 | 解析圖像 |
| B0~B8 | 背景圖像 |
| C0、C7、C8 | 差分圖像 |
| D | 像素 |
| E | 圖案邊緣 |
| P1、P2 | 位置 |
| R1、R2 | 區域 |
| S | 半導體元件 |
| ΔP 、 $\Delta P1$ 、 $\Delta P2$ | 區域分割單位 |

發明專利說明書

中文說明書替換本(104年2月24日)

(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：100106272

※ 申請日：100年2月24日

※IPC 分類：G01N 25/72 (2006.01)
H01L 21/66 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

半導體故障解析裝置及故障解析方法

二、中文發明摘要：

一種半導體故障解析裝置1A，其具備對半導體元件S施加偏壓電壓之電壓施加部14、取得圖像之攝像裝置18、及進行圖像處理之圖像處理部30而構成，攝像裝置18係取得各自包含電壓施加狀態下之發熱像之複數個解析圖像、及電壓未施加狀態下之複數個背景圖像。圖像處理部30包括：攝像位置算出部32，其算出解析圖像及背景圖像各自之攝像位置；圖像分類部33，其根據對攝像位置所準備之區域分割單位而將解析圖像及背景圖像分類為N個圖像群；及差分圖像產生部34，其針對N個圖像群個別地產生解析圖像與背景圖像之差分圖像。藉此，實現一種能抑制半導體元件之發熱解析圖像中之攝像位置偏移之影響之半導體故障解析裝置及方法。

三、英文發明摘要：

七、申請專利範圍：

1. 一種半導體故障解析裝置，其特徵在於：其係使用半導體元件之發熱像而進行故障解析者，且包括：

電壓施加機構，其對成為解析對象之半導體元件施加偏壓電壓；

攝像機構，其取得上述半導體元件之圖像；及

圖像處理機構，其對藉由上述攝像機構所取得之圖像進行上述半導體元件之故障解析所必要之圖像處理；

上述攝像機構係取得各自包含對上述半導體元件施加有上述偏壓電壓之狀態下之發熱像之複數個解析圖像、及未施加上述偏壓電壓之狀態下之複數個背景圖像，並且

上述圖像處理機構包括：

攝像位置算出機構，其針對上述複數個解析圖像及上述複數個背景圖像之各個而算出其攝像位置；

圖像分類機構，其對於上述複數個解析圖像及上述複數個背景圖像各自之上述攝像位置，準備參照上述攝像位置之位置頻度分佈而設定之區域分割單位，根據上述攝像位置屬於按上述區域分割單位所分割之N個區域(N為2以上之整數)之哪個區域，而將上述複數個解析圖像及上述複數個背景圖像分類為N個圖像群；及

差分圖像產生機構，其對經分類之上述N個圖像群個別產生用於故障解析之上述解析圖像與上述背景圖像之差分圖像。

2. 如請求項1之半導體故障解析裝置，其中上述圖像分類機構係求出上述複數個解析圖像及上述複數個背景圖像各自之上述攝像位置之上述位置頻度分佈，並且根據上述複數個解析圖像之上述位置頻度分佈下的平均位置 μ_1 及分佈寬度 w_1 、以及上述複數個背景圖像之上述位置頻度分佈下的平均位置 μ_2 及分佈寬度 w_2 ，而設定上述區域分割單位。
3. 如請求項2之半導體故障解析裝置，其中上述圖像分類機構係設定用以調整上述區域分割單位之調整係數 α ，並且求出針對上述複數個解析圖像之區域單位 $\mu_1 \pm \alpha \times w_1$ 、以及針對上述複數個背景圖像之區域單位 $\mu_2 \pm \alpha \times w_2$ ，而將其等區域單位之共通範圍設定作為上述區域分割單位。
4. 如請求項3之半導體故障解析裝置，其中上述圖像分類機構根據由操作者輸入之係數值而設定上述調整係數 α 。
5. 如請求項3之半導體故障解析裝置，其中上述圖像分類機構根據標準偏差 σ 而分別求出上述複數個解析圖像之上述位置頻度分佈下的上述分佈寬度 w_1 、以及上述複數個背景圖像之上述位置頻度分佈下的上述分佈寬度 w_2 ，並且於滿足條件 $1 \leq \alpha \leq 2$ 之範圍內設定上述調整係數 α 。
6. 如請求項4之半導體故障解析裝置，其中上述圖像分類機構根據標準偏差 σ 而分別求出上述複數個解析圖像之上述位置頻度分佈下的上述分佈寬度 w_1 、以及上述複數個背景圖像之上述位置頻度分佈下的上述分佈寬度 w_2 ，並且於滿足條件 $1 \leq \alpha \leq 2$ 之範圍內設定上述調整係數 α 。

7. 如請求項1至6中任一項之半導體故障解析裝置，其中上述差分圖像產生機構係相對於針對上述N個圖像群之各個而求出之N個上述差分圖像，進行基於屬於各個圖像群之圖像數之加權，藉此產生用於故障解析之差分圖像。
8. 如請求項1至6中任一項之半導體故障解析裝置，其中上述差分圖像產生機構係相對於針對上述N個圖像群之各個而求出之N個上述差分圖像，根據屬於各個圖像群之圖像數而選擇用於故障解析之差分圖像。
9. 如請求項7之半導體故障解析裝置，其中上述差分圖像產生機構係相對於針對上述N個圖像群之各個而求出之N個上述差分圖像，根據屬於各個圖像群之圖像數而選擇用於故障解析之差分圖像。
10. 如請求項1至6中任一項之半導體故障解析裝置，其中上述差分圖像產生機構係構成可切換第1解析模式與第2解析模式，上述第1解析模式係相對於針對上述N個圖像群之各個而求出之N個上述差分圖像，進行基於屬於各個圖像群之圖像數之加權，藉此產生用於故障解析之差分圖像；上述第2解析模式係根據屬於各個圖像群之圖像數而選擇用於故障解析之差分圖像。
11. 一種半導體故障解析方法，其特徵在於：其係使用半導體元件之發熱像而進行故障解析者，且包含：
 - 電壓施加步驟，其係對成為解析對象之半導體元件施加偏壓電壓；
 - 攝像步驟，其係取得上述半導體元件之圖像；及

圖像處理步驟，其係對藉由上述攝像步驟所取得之圖像進行上述半導體元件之故障解析所必要之圖像處理；

上述攝像步驟取得各自包含對上述半導體元件施加有上述偏壓電壓之狀態下之發熱像之複數個解析圖像、及未施加上述偏壓電壓之狀態下之複數個背景圖像，並且

上述圖像處理步驟包含：

攝像位置算出步驟，其係針對上述複數個解析圖像及上述複數個背景圖像之各個而算出其攝像位置；

圖像分類步驟，其係對於上述複數個解析圖像及上述複數個背景圖像各自之上述攝像位置，準備參照上述攝像位置之位置頻度分佈而設定之區域分割單位，根據上述攝像位置屬於按上述區域分割單位所分割之N個區域(N為2以上之整數)之哪個區域，將上述複數個解析圖像及上述複數個背景圖像分類為N個圖像群；及

差分圖像產生步驟，其係對經分類之上述N個圖像群個別地產生用於故障解析之上述解析圖像與上述背景圖像之差分圖像。

12. 如請求項11之半導體故障解析方法，其中上述圖像分類步驟係求出上述複數個解析圖像及上述複數個背景圖像各自之上述攝像位置之上述位置頻度分佈，並且根據上述複數個解析圖像之上述位置頻度分佈下的平均位置 μ_1 及分佈寬度 w_1 、以及上述複數個背景圖像之上述位置頻度分佈下的平均位置 μ_2 及分佈寬度 w_2 ，而設定上述區域分割單位。

13. 如請求項12之半導體故障解析方法，其中上述圖像分類步驟設定用以調整上述區域分割單位之調整係數 α ，並且求出針對上述複數個解析圖像之區域單位 $\mu_1 \pm \alpha \times w_1$ 、以及針對上述複數個背景圖像之區域單位 $\mu_2 \pm \alpha \times w_2$ ，而將其等區域單位之共通範圍設定作為上述區域分割單位。
14. 如請求項13之半導體故障解析方法，其中上述圖像分類步驟根據由操作者輸入之係數值而設定上述調整係數 α 。
15. 如請求項13之半導體故障解析方法，其中上述圖像分類步驟根據標準偏差 σ 而分別求出上述複數個解析圖像之上述位置頻度分佈下的上述分佈寬度 w_1 、以及上述複數個背景圖像之上述位置頻度分佈下的上述分佈寬度 w_2 ，並且於滿足條件 $1 \leq \alpha \leq 2$ 之範圍內設定上述調整係數 α 。
16. 如請求項14之半導體故障解析方法，其中上述圖像分類步驟根據標準偏差 σ 而分別求出上述複數個解析圖像之上述位置頻度分佈下的上述分佈寬度 w_1 、以及上述複數個背景圖像之上述位置頻度分佈下的上述分佈寬度 w_2 ，並且於滿足條件 $1 \leq \alpha \leq 2$ 之範圍內設定上述調整係數 α 。
17. 如請求項11至16中任一項之半導體故障解析方法，其中上述差分圖像產生步驟係相對於針對上述N個圖像群之各個而求出之N個上述差分圖像，進行基於屬於各個圖像群之圖像數之加權，藉此產生用於故障解析之差分圖像。
18. 如請求項11至16中任一項之半導體故障解析方法，其中上述差分圖像產生步驟係相對於針對上述N個圖像群之各個而求出之N個上述差分圖像，根據屬於各個圖像群之

圖像數而選擇用於故障解析之差分圖像。

19. 如請求項17之半導體故障解析方法，其中上述差分圖像產生步驟係相對於針對上述N個圖像群之各個而求出之N個上述差分圖像，根據屬於各個圖像群之圖像數而選擇用於故障解析之差分圖像。
20. 如請求項11至16中任一項之半導體故障解析方法，其中上述差分圖像產生步驟係構成可切換第1解析模式與第2解析模式，上述第1解析模式係相對於針對上述N個圖像群之各個而求出之N個上述差分圖像，進行基於屬於各個圖像群之圖像數之加權，藉此產生用於故障解析之差分圖像；上述第2解析模式係根據屬於各個圖像群之圖像數而選擇用於故障解析之差分圖像。

八、圖式：

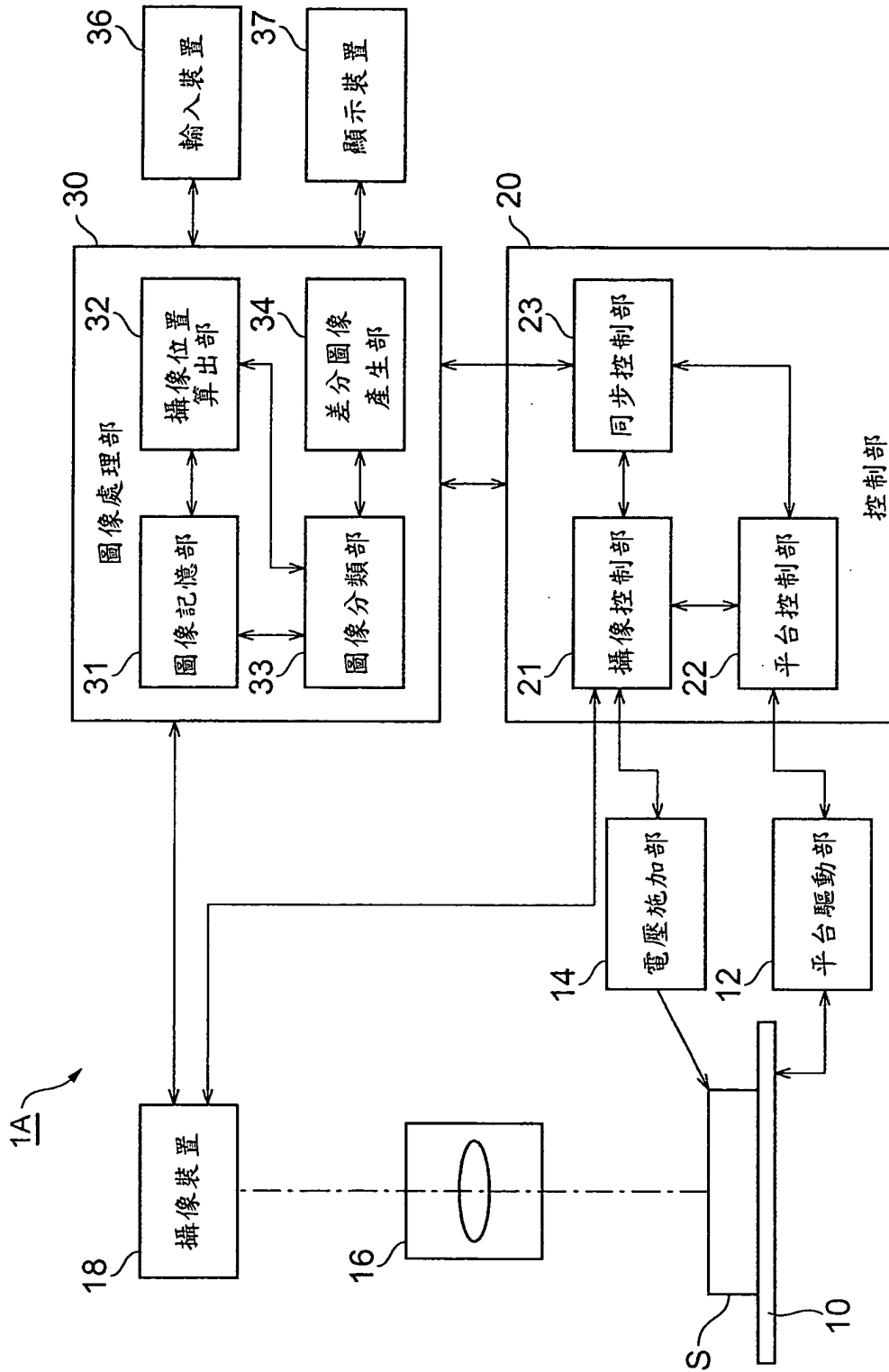


圖1

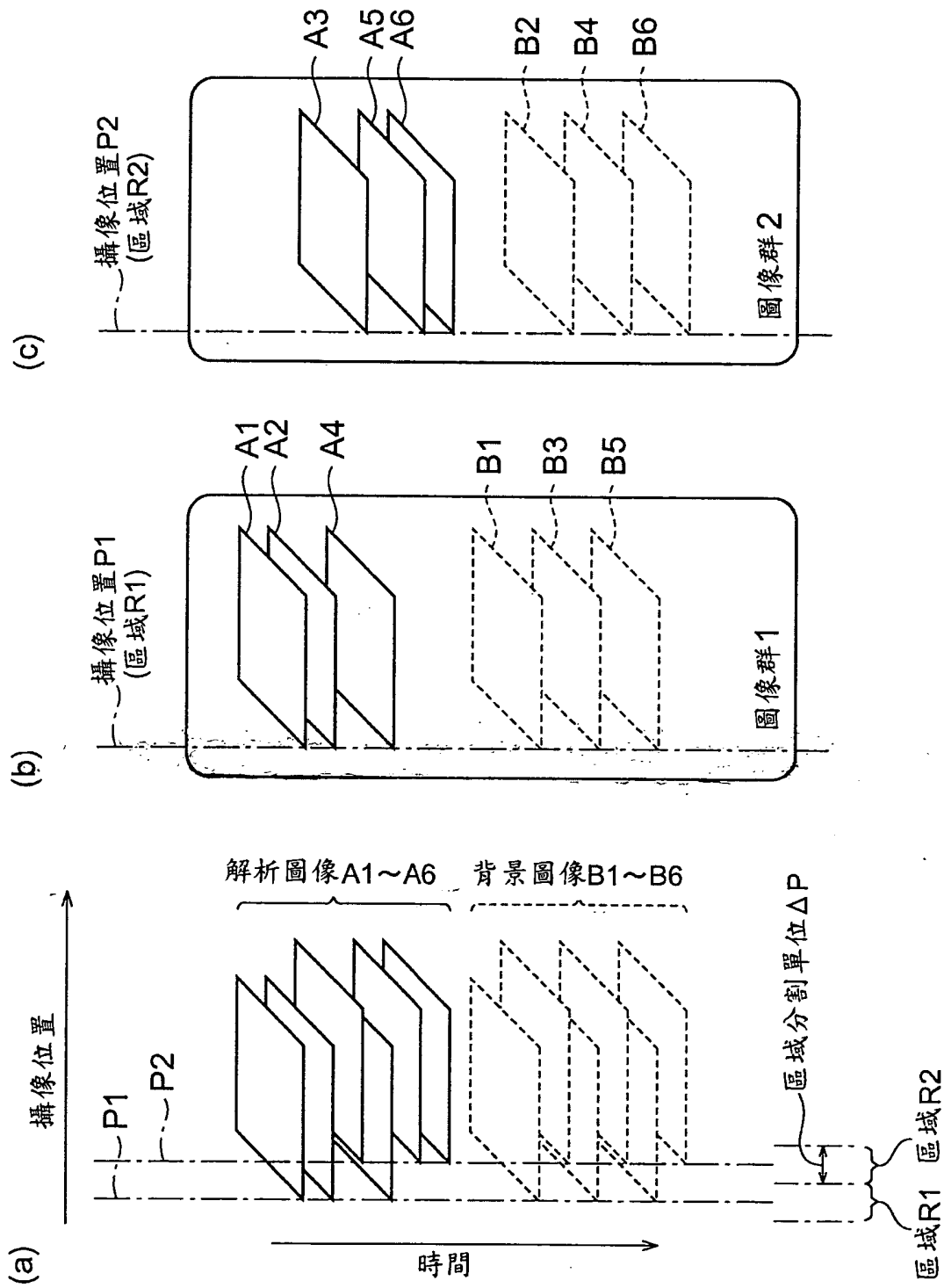


圖2

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

| | |
|----|-----------|
| 1A | 半導體故障解析裝置 |
| 10 | 試樣平台 |
| 12 | 平台驅動部 |
| 14 | 電壓施加部 |
| 16 | 導光光學系統 |
| 18 | 攝像裝置 |
| 20 | 控制部 |
| 21 | 攝像控制部 |
| 22 | 平台控制部 |
| 23 | 同步控制部 |
| 30 | 圖像處理部 |
| 31 | 圖像記憶部 |
| 32 | 攝像位置算出部 |
| 33 | 圖像分類部 |
| 34 | 差分圖像產生部 |
| 36 | 輸入裝置 |
| 37 | 顯示裝置 |
| S | 半導體元件 |

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)