



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201411155 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：102118717

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 28 日

(51)Int. Cl. : **G01R31/26 (2006.01)**

(30)優先權：2012/09/06 日本 2012-196349

(71)申請人：島津製作所股份有限公司 (日本) SHIMADZU CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：高見芳夫 TAKAMI, YOSHIO (JP)；坂內尚史 SAKAUCHI, NAOFUMI (JP)

(74)代理人：詹銘文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：9 共 48 頁

(54)名稱

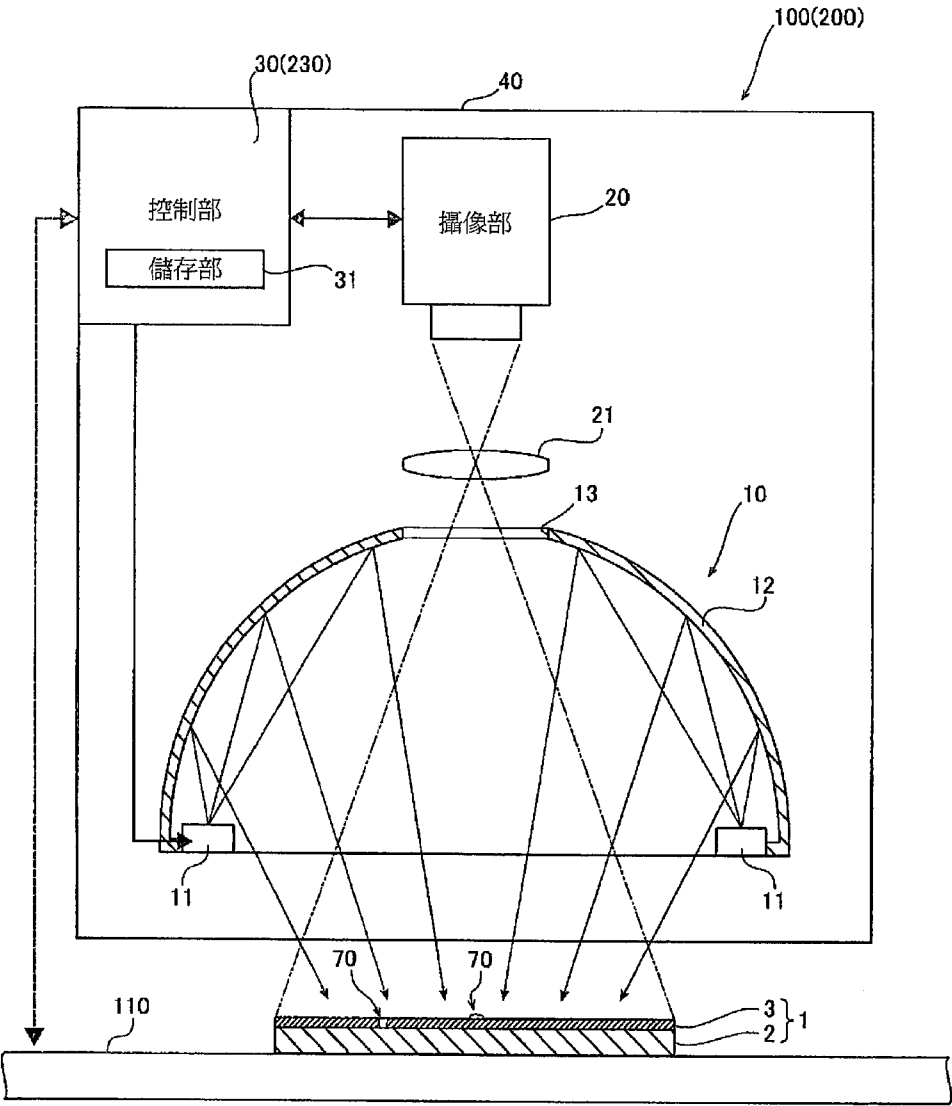
檢查裝置

TESTING DEVICE

(57)摘要

本發明提供一種檢查裝置，即便在抗反射膜的膜厚不均的情形時也可高精度地進行缺陷檢測。該外觀檢查裝置(檢查裝置)包括：照明部，構成為能以具有互不相同的波長區域的多種照明色照射照明光；攝像部，使用照明光拍攝太陽能電池單元；以及控制部，針對多種照明色的每一種而獲得太陽能電池單元的攝像圖像，並且根據太陽能電池單元對各種照明色的照明光的反射強度或抗反射膜的膜厚，而從各種照明色的攝像圖像中選擇用於檢查的圖像，並基於所選擇的攝像圖像對太陽能電池單元進行檢查。

圖式



- 1：太陽能電池單元
- 2：半導體基板(多晶半導體)
- 3：抗反射膜
- 10：照明部
- 11：光源
- 12：保持部
- 13：開口部
- 20：攝像部
- 21：透鏡
- 30：控制部
- 31：儲存部
- 40：框體
- 70：缺陷部
- 100：外觀檢查裝置(檢查裝置)
- 110：搬送機
- 200：外觀檢查裝置(檢查裝置)
- 230：控制部

圖 1



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201411155 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：102118717

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 28 日

(51)Int. Cl. : **G01R31/26 (2006.01)**

(30)優先權：2012/09/06 日本 2012-196349

(71)申請人：島津製作所股份有限公司 (日本) SHIMADZU CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：高見芳夫 TAKAMI, YOSHIO (JP)；坂內尚史 SAKAUCHI, NAOFUMI (JP)

(74)代理人：詹銘文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：9 共 48 頁

(54)名稱

檢查裝置

TESTING DEVICE

(57)摘要

本發明提供一種檢查裝置，即便在抗反射膜的膜厚不均的情形時也可高精度地進行缺陷檢測。該外觀檢查裝置(檢查裝置)包括：照明部，構成為能以具有互不相同的波長區域的多種照明色照射照明光；攝像部，使用照明光拍攝太陽能電池單元；以及控制部，針對多種照明色的每一種而獲得太陽能電池單元的攝像圖像，並且根據太陽能電池單元對各種照明色的照明光的反射強度或抗反射膜的膜厚，而從各種照明色的攝像圖像中選擇用於檢查的圖像，並基於所選擇的攝像圖像對太陽能電池單元進行檢查。

發明摘要

※ 申請案號：102118717

※ 申請日：102. 5. 28

※IPC 分類：G01R 31/26 (2006.1)

【發明名稱】

檢查裝置

TESTING DEVICE

【中文】

本發明提供一種檢查裝置，即便在抗反射膜的膜厚不均的情形時也可高精度地進行缺陷檢測。該外觀檢查裝置（檢查裝置）包括：照明部，構成爲能以具有互不相同的波長區域的多種照明色照射照明光；攝像部，使用照明光拍攝太陽能電池單元；以及控制部，針對多種照明色的每一種而獲得太陽能電池單元的攝像圖像，並且根據太陽能電池單元對各種照明色的照明光的反射強度或抗反射膜的膜厚，而從各種照明色的攝像圖像中選擇用於檢查的圖像，並基於所選擇的攝像圖像對太陽能電池單元進行檢查。

【英文】

A testing device is provided, which processes a defect test with high precision even if the thickness of an antireflective film is ununiform. The appearance testing device (the testing device) includes: an illuminating portion which is configured to emit illuminating light with a plurality of illuminating colors having different wavelength areas; an imaging portion imaging a solar cell

with the illuminating light; and a control portion which obtains imaging photos of the solar cell from each of the plurality of illuminating colors, selects photos for test from the imaging photo of each illuminating color according to the reflective intensity of the solar cell to the illuminating light of each illuminating color or a film thickness of the antireflective film, and then tests the solar cell based on selected imaging photos.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1：太陽能電池單元
- 2：半導體基板（多晶半導體）
- 3：抗反射膜
- 10：照明部
- 11：光源
- 12：保持部
- 13：開口部
- 20：攝像部
- 21：透鏡
- 30、230：控制部
- 31：儲存部
- 40：框體
- 70：缺陷部

with the illuminating light; and a control portion which obtains imaging photos of the solar cell from each of the plurality of illuminating colors, selects photos for test from the imaging photo of each illuminating color according to the reflective intensity of the solar cell to the illuminating light of each illuminating color or a film thickness of the antireflective film, and then tests the solar cell based on selected imaging photos.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1：太陽能電池單元
- 2：半導體基板（多晶半導體）
- 3：抗反射膜
- 10：照明部
- 11：光源
- 12：保持部
- 13：開口部
- 20：攝像部
- 21：透鏡
- 30、230：控制部
- 31：儲存部
- 40：框體
- 70：缺陷部

100、200：外觀檢查裝置（檢查裝置）

110：搬送機

【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】

檢查裝置

TESTING DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明是關於一種檢查裝置，且特別是關於一種太陽能電池單元（cell）的檢查裝置。

【先前技術】

【0002】 以往，太陽能電池單元的檢查裝置為人所周知（例如，參照專利文獻 1）。

【0003】 上述專利文獻 1 中揭示有一種太陽能電池單元的外觀檢查裝置，包括：照明裝置、照射紅外區域的波長的照明光、以及對近紅外區域敏感的電荷耦合器件（charge coupled device，CCD）相機（camera）（攝像部）。從照明裝置照射的紅外光透射過太陽能電池單元，但在太陽能電池單元的內部存在缺陷（裂縫（crack））的情形時，在缺陷部周邊，紅外光因產生折射或繞射而擴散。由此，太陽能電池單元內部的缺陷部分作為利用電荷耦合器件相機的攝像圖像上的信號強度的差（明暗）而被檢測出。

【0004】 此外，為抑制入射至基板（單元）的光的反射來謀求高效化，而在太陽能電池單元的表面上形成有抗反射膜。該抗反射

膜的缺陷（針孔（pin hole）或附著異物）也會影響到太陽能電池單元的特性，因此以往不僅檢測上述內部缺陷，也通過外觀檢查來檢測抗反射膜的缺陷（表面檢查）。在進行抗反射膜的外觀檢查的情形時，照射可見光區域的波長的照明光，並拍攝在太陽能電池單元表面反射的反射光。太陽能電池單元對垂直入射光的反射強度，在薄膜干涉的理論上，相對於由抗反射膜的折射率 n 與膜厚 d 所決定的特定波長 $\lambda = 4nd$ 而為 0。對於結晶系太陽能電池而言，在折射率 n =約 2.0～約 2.1、膜厚 d =約 80 nm 左右的成膜條件下形成有抗反射膜，在 $4nd=640\text{ nm} \sim 672\text{ nm}$ 的紅色區域的波長下的反射強度達到最小。

【0005】 在對形成有該抗反射膜的結晶系太陽能電池單元進行外觀檢查（表面檢查）的情形時，如果使用反射強度達到最小的紅色區域的照明光進行單元表面的拍攝，則照明光幾乎不反射，僅在缺陷（針孔或附著異物）部分反射照明光，因此可將缺陷部作為攝像圖像中的亮點進行檢測。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0006】

[專利文獻 1]日本專利特開 2007-78404 號公報

【發明內容】

發明欲解決的課題

【0007】 然而，因太陽能電池單元的製造步驟中的各種因素導致

抗反射膜的膜厚產生不均。抗反射膜的膜厚（ d ）在與設計上的膜厚相比有變化的情形時，反射強度達到最小的特定波長（ $\lambda = 4nd$ ）也發生變化，因此用於檢查的照明光的波長與反射強度達到最小的特定波長產生偏差，從而照明光在太陽能電池單元上的反射強度增大。因此，如果對抗反射膜的膜厚不均的太陽能電池單元進行外觀檢查，則不僅拍攝到缺陷部的反射光，還一併拍攝到來自缺陷部以外的部位的反射光，其結果，缺陷部的亮點在攝像圖像中難以辨認，由此存在難以根據攝像圖像來檢測抗反射膜的缺陷部的問題。

【0008】 本發明是為解決上述問題而完成的，本發明的目的之一是提供一種檢查裝置，其即便在抗反射膜的膜厚不均的情形時也可高精度地進行缺陷檢測。

解決課題的手段

【0009】 為達成上述目的，本發明的一形態的檢查裝置是形成有抗反射膜的太陽能電池單元的檢查裝置，包括：照明部，構成為能以具有互不相同的波長區域的多種照明色照射照明光；攝像部，使用照明光拍攝太陽能電池單元；以及控制部，針對多種照明色的每一種而獲得太陽能電池單元的攝像圖像，並且根據太陽能電池單元對各種照明色的照明光的反射強度或抗反射膜的膜厚，而從各種照明色的攝像圖像中選擇用於檢查的圖像，並基於所選擇的攝像圖像而對太陽能電池單元進行檢查。

【0010】 本發明的一形態的檢查裝置如上所述般設置有：照明

部，構成爲能以具有互不相同的波長區域的多種照明色照射照明光；以及控制部，針對多種照明色的每一種而獲得太陽能電池單元的攝像圖像，並且根據太陽能電池單元對各種照明色的照明光的反射強度或抗反射膜的膜厚，而從各種照明色的攝像圖像中選擇用於檢查的圖像，並基於所選擇的攝像圖像而對太陽能電池單元進行檢查，由此即便在抗反射膜的膜厚不均的情形時，也可從使用波長區域不同的多種顏色的照明光拍攝的攝像圖像中選擇圖像，該圖像是利用與太陽能電池單元的反射強度或抗反射膜的膜厚對應的波長區域（照明色）的照明光攝像的圖像。由此，可選擇使用能高精度地檢測缺陷部的照明色（波長）的照明光來拍攝的攝像圖像進行外觀檢查，因此即便在抗反射膜的膜厚不均的情形時，也可高精度地進行缺陷檢測。

【0011】 上述一形態的檢查裝置中，較佳的是控制部構成爲：從各種照明色的多個攝像圖像中，基於反映反射強度的各種照明色的攝像圖像的信號強度來選擇攝像圖像，或基於抗反射膜的膜厚來選擇攝像圖像。如果以此方式構成，則因膜厚的不均而引起太陽能電池單元對每個波長的反射強度發生變化，結果，通過各顏色的照明光拍攝的攝像圖像的信號強度（明暗）產生差異，因此可基於攝像圖像的信號強度而容易地選擇能高精度地檢測缺陷部的照明色的攝像圖像。此外，如上所述太陽能電池單元的反射強度達到最小的波長，由具有規定的折射率的抗反射膜的膜厚決定，因此可基於抗反射膜的膜厚而容易地選擇能高精度地檢測缺

陷部的照明色的攝像圖像。

【0012】 該情形時，較佳的是多種照明色至少包含紅色及藍色。在如上所述以約 80 nm 左右的成膜條件（ n =約 2.0）形成有抗反射膜的情形時，作為應考慮的膜厚範圍的下限值（容許範圍）可設為 60 nm 左右。該情形時，在膜厚為比較厚的 80 nm 時紅色光的反射強度達到最小，另一方面，在膜厚薄而為 60 nm 左右且不均的情形時， $\lambda=480\text{ nm}\sim 504\text{ nm}$ 的藍色光的反射強度變小。因此，根據本發明，通過照明色中至少包含紅色及藍色，可根據實際上可能產生的膜厚不均的範圍，而至少從膜厚厚的情形時的紅色光的攝像圖像與膜厚薄的情形時的藍色光的攝像圖像中，選擇適於缺陷部的檢測的攝像圖像。

【0013】 在上述多種照明色至少包含紅色及藍色的構成中，較佳的是控制部構成為：從各種照明色的多個攝像圖像中選擇信號強度比較低的攝像圖像，或選擇與抗反射膜的膜厚對應的照明色的攝像圖像。如果以此方式構成，則信號強度比較低的攝像圖像為接近反射強度變小的特定波長的照明色（波長）的攝像圖像，因此通過選擇該圖像而可容易地選擇適於缺陷部的檢測的攝像圖像。此外，如果使抗反射膜的膜厚與攝像圖像的照明色建立關聯，則可通過選擇與膜厚對應的照明色的圖像，而容易地選擇適於缺陷部的檢測的攝像圖像。

【0014】 上述一形態的檢查裝置中，較佳的是控制部構成為：使用與所選擇的攝像圖像的照明色對應的判定閾值，對形成於太陽

能電池單元上的抗反射膜進行缺陷檢查。如果以此方式構成，則攝像圖像中的信號強度的不均、或作為缺陷部顯現的亮點的信號強度的強弱、平均信號強度的等級（level）等根據照明色發生變化，由此通過使用與照明色對應的判定閾值，不管在選擇何種照明色的攝像圖像的情形時，均可高精度地進行缺陷檢測。

【0015】 上述一形態的檢查裝置中，較佳的是控制部構成爲：對太陽能電池單元的多個部位而分別獲得各種照明色的部位圖像，且針對太陽能電池單元的每個部位而選擇用於檢查的部位圖像、並基於所選擇的部位圖像進行檢查。如果以此方式構成，則即便在太陽能電池單元的每個部位上的抗反射膜的膜厚不均的情形時，也可針對每個部位來選擇適於缺陷檢測的照明色的攝像圖像而進行缺陷檢測，因此可精度更高地進行缺陷檢測。尤其如果太陽能電池單元的尺寸變大，則每個部位上的抗反射膜的膜厚易於不均，從而本發明適於大型的太陽能電池單元的檢查。

【0016】 在上述控制部選擇信號強度比較低的攝像圖像、或與抗反射膜的膜厚對應的照明色的攝像圖像的構成中，較佳的是控制部構成爲：對多個攝像圖像的信號強度的平均值或中值進行比較，並選擇平均值或中值最低的照明色的攝像圖像。如果以此方式構成，則無須算出抗反射膜的膜厚，僅通過比較不同照明色的多個攝像圖像的信號強度的平均值（或中值）便可容易地選擇適於缺陷檢測的攝像圖像。

【0017】 在上述控制部選擇信號強度比較低的攝像圖像、或與抗

反射膜的膜厚對應的照明色的攝像圖像的構成中，較佳的是控制部構成爲：通過照明光波長及太陽能電池單元的反射強度與理論曲線的擬合（fitting），而獲得與各種照明色的攝像圖像的信號強度對應的抗反射膜的膜厚，並選擇與包含所獲得的抗反射膜的膜厚的規定的膜厚範圍對應的照明色的攝像圖像。如果以此方式構成，則可通過針對每個膜厚算出的理論曲線與從各攝像圖像獲得的信號強度的曲線（實測值）的擬合而高精度地獲得抗反射膜的膜厚。而且，通過預先設定膜厚範圍與適於該膜厚範圍內的缺陷檢測的照明色，而可根據所獲得的膜厚選擇適於缺陷檢測的攝像圖像。

【0018】 在上述控制部選擇信號強度比較低的攝像圖像、或與抗反射膜的膜厚對應的照明色的攝像圖像的構成中，較佳的是控制部構成爲：使用將各種照明色的反射強度與抗反射膜的膜厚建立關聯的基準資料（data），獲得與攝像圖像的信號強度對應的抗反射膜的膜厚，並選擇與包含所獲得的抗反射膜的膜厚的規定的膜厚範圍對應的照明色的攝像圖像。如果以此方式構成，則通過預先創建將各種照明色的反射強度與抗反射膜的膜厚建立關聯的基準資料，可從根據各攝像圖像獲得的信號強度的實測值而容易地獲得抗反射膜的膜厚。此外，通過預先設定膜厚範圍與適於該膜厚範圍內的缺陷檢測的照明色，可從所獲得的膜厚容易地選擇適於缺陷檢測的攝像圖像。

【0019】 上述一形態的檢查裝置中，較佳的是多種照明色包含紅

色、藍色及綠色。如上所述，對於折射率 $n=2.0$ 左右的抗反射膜而言，在膜厚為 80 nm 時紅色光的反射強度達到最小，在膜厚為 60 nm 左右時，藍色光的反射強度變小，而在膜厚為 70 nm 左右時，綠色光的反射強度變小。因此，根據本發明，通過照明色中包含紅色、藍色及綠色，可根據實際上可能產生的膜厚不均的範圍而選擇適於缺陷部的檢測的攝像圖像。此外，可通過紅色、藍色及綠色的三原色的信號強度比來特定抗反射膜的膜厚，因此可容易地進行選擇適於缺陷部的檢測的攝像圖像。

【0020】 上述一形態的檢查裝置中，較佳的是太陽能電池單元包含多晶半導體，且抗反射膜為氮化矽（silicon nitride）膜。該多晶型太陽能電池單元中，在與反射強度達到最小的波長（照明色）不同的照明色的攝像圖像中明確地顯現出結晶晶界，缺陷部淹沒於晶界像中而無法檢測。此外，該多晶型太陽能電池單元大多使用氮化矽膜作為抗反射膜。本發明的檢查裝置可較佳地用於形成有氮化矽膜的多晶型太陽能電池單元的外觀檢查。

發明的效果

【0021】 根據本發明，如上所述，即便在抗反射膜的膜厚不均的情形時也可高精度地進行缺陷檢測。

【圖式簡單說明】

【0022】

圖 1 是表示本發明的第 1 實施方式及第 2 實施方式的外觀檢查裝置的整體構成的示意圖。

圖 2 是示意性地表示本發明的第 1 實施方式及第 2 實施方式的外觀檢查裝置的攝像部及照明部的構成的立體圖。

圖 3 (a)、圖 3 (b)、圖 3 (c) 是表示攝像部的攝像圖像的示例的圖。

圖 4 是表示用以說明攝像圖像的第 2 選擇方法的反射率（反射強度）-波長曲線的圖。

圖 5 是表示用以說明攝像圖像的第 3 選擇方法的反射率（反射強度）-膜厚曲線的圖。

圖 6 (a)、圖 6 (b) 是用以說明本發明的第 1 實施方式及第 2 實施方式的外觀檢查裝置的缺陷檢查處理的圖。

圖 7 是用以說明本發明的第 1 實施方式的外觀檢查裝置的檢查時的控制部的控制處理的流程圖。

圖 8 是表示用於本發明的第 2 實施方式的外觀檢查裝置的檢查處理的部位圖像的示例的圖。

圖 9 是用以說明本發明的第 2 實施方式的外觀檢查裝置的檢查時的控制部的控制處理的流程圖。

【實施方式】

【0023】 以下，基於圖式對使本發明具體化的實施方式進行說明。

【0024】

（第 1 實施方式）

首先，參照圖 1 對本發明的第 1 實施方式的外觀檢查裝置 100 的整體構成進行說明。第 1 實施方式中，說明將本發明應用於對

形成在太陽能電池單元的表面上的抗反射膜的缺陷（太陽能電池單元的表面缺陷）進行檢查的外觀檢查裝置 100 的示例。

【0025】 第 1 實施方式的外觀檢查裝置 100 是在太陽能電池單元 1 的生產步驟中設置在生產線上且線上（in line）進行檢查的檢查裝置。太陽能電池單元 1 包括：半導體基板 2（以下稱作基板 2）；以及抗反射膜 3，形成在基板 2 的表面（受光面）上。另外，圖 1 中，方便起見，將太陽能電池單元 1 的厚度放大而示意性地表示各層（基板 2 及抗反射膜 3）。抗反射膜 3 為實質上不吸收可見光區域的光的電介質（絕緣體）膜，使用具有所需的折射率且能以所需的膜厚形成的材料。第 1 實施方式中，基板 2 例如為多晶矽半導體基板，抗反射膜 3 為 SiN 膜（折射率 n =約 2.0~2.1）。另外，在太陽能電池單元 1 的表面形成有規定圖案（pattern）的表面電極（未圖示）。利用外觀檢查裝置 100 對抗反射膜進行的缺陷檢查，也可在表面電極的形成步驟前後的任一步驟實施。

【0026】 外觀檢查裝置 100 主要包括：照明部 10，對太陽能電池單元 1 照射照明光；攝像部 20，使用由照明部 10 照射的照明光對太陽能電池單元 1 進行拍攝；以及控制部 30，基於所拍攝的攝像圖像來實施缺陷檢查處理。所述各部分收納在框體 40 內，該框體 40 在檢查太陽能電池單元 1 時用以遮蔽來自外部的光。

【0027】 如圖 2 所示，照明部 10 以位於配置在檢查位置上的太陽能電池單元 1 的上方的方式設置。照明部 10 包括：多個光源 11（11a~11c）；以及拱狀（dome）的保持部 12，在內壁下端部呈圓

周狀（環狀）保持多個光源 11。

【0028】 各光源 11 例如包含發光二極體（light emitting diode，LED），光照射方向朝向上方（保持部 12 的內壁方向）。此等多個光源 11 包含紅色（red，R）光源 11a、綠色（green，G）光源 11b 及藍色（blue，B）光源 11c 的 3 種照明色的發光二極體，以沿圓周方向按此順序重複的方式並排排列。各照明色例如分別是中心波長為約 627 nm（紅色）、約 530 nm（綠色）、及約 470 nm（藍色）。如圖 1 所示，各光源 11 由控制部 30 按照各種照明色來控制發光。由此，照明部 10 構成爲可照射具有互不相同的波長區域的多種照明色（R、G 及 B）的照明光。

【0029】 如圖 2 所示，在拱狀保持部 12 的內壁設置有擴散反射板（未圖示）。來自朝向內壁照射的光源 11 的光在保持部 12 的內壁進行擴散反射，並作爲均一的照明光照射至配置在下方位位置的太陽能電池單元 1 的整個表面。此外，在保持部 12 的頂上部分，形成有用於向攝像部 20 導光的開口部 13。

【0030】 如圖 1 及圖 2 所示，攝像部 20 配置在照明部 10 的上方位置，接收通過保持部 12 的開口部 13 及透鏡（lens）21 的太陽能電池單元 1 的反射光來拍攝太陽能電池單元 1。攝像部 20 例如由單色（monochrome）500 萬圖元（約 2000×2500 圖元）的電荷耦合器件相機構成。另外，太陽能電池單元 1 的整體是例如使用一邊爲約 156 mm 的正方形狀且焦距=約 25 mm 的透鏡 21 來拍攝的。

【0031】 控制部 30 對包含照明部 10 及攝像部 20 的外觀檢查裝置 100 的整體進行控制處理。在控制部 30 中設置有儲存部 31，該儲存部 31 儲存攝像部 20 的攝像圖像 60（參照圖 3（a）、圖 3（b）、圖 3（c））、或用於太陽能電池單元 1 的檢查的各種資料（後述的閾值 Th 或判定條件等）。此外，控制部 30 構成爲可與組裝入太陽能電池單元 1 的生產線中的搬送機（conveyor）110 進行通信，基於來自搬送機 110 的太陽能電池單元 1 已被定位在規定的檢查位置上的情況的通信而實施檢查處理。第 1 實施方式中，控制部 30 針對 3 種（R、G、B）照明色的每一種均獲得太陽能電池單元 1 的攝像圖像 60（參照圖 3（a）、圖 3（b）、圖 3（c）），並且根據太陽能電池單元 1 對各顏色的照明光的反射強度或抗反射膜 3 的膜厚 d ，而從各種照明色的攝像圖像 60 中選擇用於檢查的圖像。然後，控制部 30 構成爲基於所選擇的攝像圖像 60 來對太陽能電池單元 1 進行表面缺陷檢查。太陽能電池單元 1 的表面缺陷檢查，具體而言爲圖 1 所示的單元表面的抗反射膜 3 的缺陷部 70 的檢查，抗反射膜 3 的缺陷部 70 例如爲形成在抗反射膜 3 上的針孔或附著在抗反射膜 3 上的異物等。

【0032】 其次，參照圖 3（a）、圖 3（b）、圖 3（c）～圖 6（a）、圖 6（b）對太陽能電池單元 1 的檢查處理的詳情進行說明。

【0033】 形成有抗反射膜 3 的太陽能電池單元 1 中，依照薄膜干涉理論，與抗反射膜 3 的折射率 n 及膜厚 d 對應的特定波長 $\lambda = 4nd$ 的光的反射強度顯著降低（在理論上反射強度成爲 0）。第 1 實施

方式中，抗反射膜 3 的膜厚 d （在設計上）設定為約 80 nm。該情形時，對於形成有 d =約 80 nm 的抗反射膜 3（ $n=2.0\sim 2.1$ ）的太陽能電池單元 1 而言，特定波長 λ （ $=4nd$ ）=640 nm $\sim$ 672 nm 的波長域的紅色光的反射強度降低，其結果，在外觀上看起來為帶有藍色的色調。

【0034】 如果使用紅色（約 627 nm）的照明光對該太陽能電池單元 1 進行拍攝，則可獲得圖 3（a）所示的攝像圖像 60（60a）。即，由於紅色光的反射強度極小，所以太陽能電池單元 1 的大致整體的信號強度低，其圖像成為暗圖像。此時，在抗反射膜 3 上存在針孔或附著異物等的缺陷的情形時，缺陷部 70（圖 3（a）、圖 3（b）、圖 3（c）中以白點圖示）上的反射強度不降低，由此缺陷部 70 在攝像圖像 60a 中是作為信號強度高的區域（亮點）顯現。在使用圖 3（a）所示的攝像圖像 60a 進行缺陷檢查的情形時，缺陷部 70 的亮點與缺陷部 70 以外的部分的信號強度的差非常大，因此可高精度地進行缺陷檢查。

【0035】 然而，如果因太陽能電池單元 1 的生產步驟上的各種因素而導致各個單元的抗反射膜 3 的膜厚 d 產生不均，則反射強度降低的特定波長 λ 也對應於膜厚 d 而變化。例如，在膜厚 $d=60$ nm 的情形時，特定波長 $\lambda=480$ nm $\sim$ 504 nm 的波長域的藍色光的反射強度降低。該情形時，如果使用相同的紅色（約 627 nm）的照明光進行拍攝，則紅色光的反射強度不降低，因此如圖 3（c）所示獲得其中明確地顯現出作為抗反射膜 3 的基底的基板 2 的結晶

晶界的明亮的攝像圖像 60 (60c)。該攝像圖像 60c 中，缺陷部 70 的亮點在晶界像中難以辨認，信號強度的差表現不明確，從而難以識別缺陷部 70。此外，在與紅色的波長極其接近的綠色的波長域成為特定波長 λ 的情形時 ($4nd=530$ nm 左右)，使用紅色光的攝像圖像成為圖 3 (b) 所示的攝像圖像 60a 與攝像圖像 60c 的中間程度的信號強度的攝像圖像 60 (60b)。如上述般，因膜厚 d 的不均而導致特定波長 λ 變化，因此對於只是單一的紅色光的攝像圖像 60，無法高精度地進行缺陷檢查。

【0036】 由此，第 1 實施方式中，控制部 30 針對多種 (R、G、B) 照明色的每一種均獲得太陽能電池單元 1 的攝像圖像 60，並根據太陽能電池單元 1 對各顏色的照明光的反射強度或抗反射膜 3 的膜厚 d ，而從各種照明色的攝像圖像 60 中選擇用於檢查的圖像。攝像圖像 60 的選擇方法從下述的第 1 選擇方法～第 3 選擇方法中採用適當的選擇方法即可。

【0037】 第 1 選擇方法為如下方法，即基於反映反射強度的各種照明色的攝像圖像 60 的信號強度來選擇攝像圖像 60。控制部 30 從各種照明色的 3 個 (R、G、B) 攝像圖像 60 中，選擇信號強度比較低的攝像圖像 60。更具體而言，控制部 30 對 3 個攝像圖像 60 的信號強度的平均值或中值進行比較，且選擇平均值或中值最低的照明色的攝像圖像 60。由此，如上所述般在特定波長 $\lambda=640$ nm～672 nm (膜厚 $d=80$ nm) 的情形的示例中，紅色光的攝像圖像成為圖 3 (a) 的攝像圖像 60a，綠色光的攝像圖像成為圖 3 (b)

的攝像圖像 60b，藍色光的攝像圖像成為如圖 3 (c) 般的攝像圖像 60c。信號強度的平均值（中值）最低的圖像成為紅色光的攝像圖像 60，因此選擇適於缺陷檢查的紅色光的攝像圖像 60（60a）。另外，如果為特定波長 $\lambda = 480 \text{ nm} \sim 504 \text{ nm}$ （膜厚 $d = 60 \text{ nm}$ ）的情形，則藍色光的攝像圖像是如圖 3 (a) 的攝像圖像 60a 般拍攝，因此選擇藍色光的圖像作為信號強度的平均值（中值）最低的圖像。

【0038】 第 2 選擇方法及第 3 選擇方法為如下方法，即基於抗反射膜 3 的膜厚 d 來選擇攝像圖像 60。如上所述，如果使折射率 n 為固定，則使太陽能電池單元 1 的反射強度降低的特定波長 λ 取決於抗反射膜 3 的膜厚 d 。因此，如果可獲得膜厚 d ，則可決定特定波長 λ 。而且，如果從 3 個攝像圖像 60 中選擇使用最接近特定波長 λ 的波長（照明色）的照明光的攝像圖像 60，則可選擇出適於缺陷檢查的攝像圖像 60a。

【0039】 第 2 選擇方法中，控制部 30 通過照明光波長及太陽能電池單元 1 的反射強度與理論曲線的擬合，而獲得抗反射膜 3 的膜厚 d 。反射強度是基於考慮到干涉條件的菲涅耳 (Fresnel) 的公式，並通過反射率 $= f(\lambda, \theta, n, k, d, n_{si}, k_{si})$ 之類的各種變數的函數來表現。此處， λ 、 θ 、 n 、 k 、 d 、 n_{si} 及 k_{si} 分別為照明光的波長、入射角、抗反射膜的折射率、抗反射膜的消光係數 (extinction coefficient)、膜厚、矽基板的折射率及消光係數。根據抗反射膜 3 及基板 2 的物性， N 、 k 、 n_{si} 、 k_{si} 分別為已知，只要設定膜厚 d

及入射角 θ ，則可獲得以波長為變數的反射率（反射強度）。如果針對各種膜厚 d 進行此設定，則可獲得圖 4 所示的各個膜厚 d 下的反射率（反射強度）-波長曲線 C_f ($d=d_1$ 、 d_2 、 $d_3\cdots$)。

【0040】 控制部 30 根據 3 種顏色的攝像圖像 60，將各波長下的反射強度（即攝像圖像 60 的信號強度）繪圖（plot）於圖 4 上，並進行連接所得的 3 點的近似曲線 A_c 與各膜厚 d 下的反射率-波長曲線 C_f 的曲線擬合（curve fitting）。其結果，例如通過最小平方方法，可決定近似曲線 A_c 最為一致的反射率-波長曲線 C_f 的膜厚作為抗反射膜 3 的膜厚 d 。此外，在控制部 30 的儲存部 31 中預先設定膜厚範圍與照明色的對應關係（例如，如果為 $d=70\text{ nm}\sim 90\text{ nm}$ 則進行紅色照明，如果為 $60\text{ nm}\sim 65\text{ nm}$ 則進行藍色照明，如果為 $65\text{ nm}\sim 70\text{ nm}$ 則進行綠色照明等）。如果獲得膜厚 d ，則可基於預先設定的膜厚範圍與照明色的對應關係，而選擇與所獲得的膜厚 d 所屬的膜厚範圍對應的照明色的攝像圖像 60。

【0041】 第 3 選擇方法中，控制部 30 使用將各種照明色的反射強度與抗反射膜 3 的膜厚 d 建立關聯的基準資料（標準曲線（standard curve））來獲得抗反射膜 3 的膜厚 d 。在與第 2 選擇方法相同的理論計算中，通過使波長 λ 為固定且使膜厚 d 採取變數，可計算出圖 5 所示的各種照明色的波長 λ （ 627 nm （紅色）、 530 nm （綠色）、及 470 nm （藍色））下的反射率（反射強度）-膜厚曲線 C_s （R、G、B）。如果將 3 種顏色的攝像圖像 60 的信號強度適用作各個反射率-膜厚曲線 C_s 的對應的反射率的值，則可獲得膜厚 d 。或者，圖 5

中在約 60 nm～約 100 nm 的範圍內藍色的反射率-膜厚曲線 Cs(B) 成直線狀，因此也可根據藍色光的攝像圖像 60 的信號強度來獲得對應的膜厚 d。在獲得膜厚 d 之後，與上述第 2 選擇方法同樣地，控制部 30 基於預先設定於儲存部 31 中的膜厚範圍與照明色的對應關係來選擇攝像圖像 60。

【0042】 通過使用以上第 1 選擇方法～第 3 選擇方法中的任一方法，控制部 30 選擇用於檢查的圖像。由此，即便在膜厚 d 不均的情形時，通過選擇與該太陽能電池單元 1 上的抗反射膜 3 的膜厚 d 對應的攝像圖像 60，可如圖 3(a) 般使用與缺陷部 70 的亮點的信號強度差大的攝像圖像 60a 來實施檢查。

【0043】 其次，參照圖 6(a)、圖 6(b) 對使用所選擇的攝像圖像 60(60a) 的缺陷檢查的一例進行說明。

【0044】 圖 6(a) 所示的攝像圖像 60a 中，設橫向為 X 軸，且設縱向為 Y 軸，將 Y 座標 Ya 上的 X 軸方向的信號強度分佈示於圖 6(b) 的實線。另外，圖 6(a) 中一併圖示有太陽能電池單元 1 的 Ya 座標的截面圖，且圖示抗反射膜 3 的針孔作為缺陷部 70 的示例。如圖 6(b) 所示，在存在缺陷部 70 的情形時，在其 X 座標 Xa 上形成有信號強度的大峰值 (peak)。另一方面，在缺陷部 70 以外的區域中，雖然信號強度有輕微變動，但整體上成為大致固定的低信號強度。因此，設定考慮到信號強度的輕微變動量的判定閾值 Th，控制部 30 將位置 (Xa) 判定為缺陷部 70，該位置 (Xa) 相對於攝像圖像 60(60a) 整體的信號強度的平均值 (或

中值) I_a 而存在比判定閾值 T_h 大的信號強度的峰值。

【0045】 通過遍及 Y 座標整體進行該缺陷部 70 的檢測，而對太陽能電池單元 1 的整體進行表面缺陷檢查。缺陷檢查中，不僅獲得攝像圖像 60 (60a) 中的缺陷部 70 的個數，還根據信號強度比判定閾值 T_h 大的圖元區域的集合而獲得各個缺陷部 70 的大小 (面積) 等。

【0046】 另外，第 1 實施方式中，判定閾值 T_h 是根據所選擇的攝像圖像 60 的照明色而單獨設定。即，根據照明色的不同，也存在信號強度易於變高且偏差比較大的情形 (參照圖 6 (b) 的虛線)。因此，考慮各種照明色的信號強度或偏差的大小，來設定與照明色對應的適當的判定閾值 T_h 。此外，也可針對各種照明色而變更缺陷檢查處理的運算法則 (algorithm) 自身。

【0047】 其次，參照圖 1、圖 6 (a)、圖 6 (b) 及圖 7 對第 1 實施方式的外觀檢查裝置 100 的檢查時的控制部 30 的控制處理進行說明。

【0048】 首先，步驟 (step) S1 中，通過搬送機 110 (參照圖 1)，從生產線的上游步驟搬入作為檢查物件的太陽能電池單元 1。當接收到來自搬送機 110 的太陽能電池單元 1 已配置在規定的檢查位置上的情況的通信時，控制部 30 開始檢查處理動作。

【0049】 步驟 S2 中，獲得使用紅色 (R) 的照明光的攝像圖像。即，控制部 30 使照明部 10 中的紅色 (R) 光源 11a 打開 (on)，並且通過攝像部 20 對太陽能電池單元 1 進行拍攝。在執行拍攝

後，將紅色（R）光源 11a 關閉（off）。

【0050】 同樣地，步驟 S3 中，獲得使用綠色（G）的照明光的攝像圖像。控制部 30 依序執行綠色（G）光源 11b 的打開、拍攝、及綠色（G）光源 11b 的關閉。繼而，步驟 S4 中，獲得使用藍色（B）的照明光的攝像圖像。控制部 30 依序執行藍色（B）光源 11c 的打開、拍攝、及藍色（B）光源 11c 的關閉。通過該步驟 S2～步驟 S4，獲得分別使用 3 種顏色的照明光的 3 個攝像圖像 60。另外，各顏色的攝像圖像 60 的拍攝順序（步驟 S2～S4 的順序）為任意。

【0051】 步驟 S5 中，控制部 30 使用上述第 1 選擇方法～第 3 選擇方法中的任一方法，從紅色（R）、綠色（G）及藍色（B）的攝像圖像 60 中選擇用於檢查的攝像圖像 60（60a）。

【0052】 步驟 S6 中，控制部 30 從儲存部 31 中讀出並選擇與所選擇的照明色對應的判定閾值 Th （在檢查運算法則也根據照明色而變更的情形時為判定閾值 Th 及檢查運算法則）。

【0053】 然後，步驟 S7 中，控制部 30 遍及攝像圖像 60（60a）的整體實施圖 6（a）、圖 6（b）所示的缺陷檢查處理。由此控制部 30 獲得檢測出的缺陷部 70 的個數、各個缺陷部 70 的大小（面積）等。

【0054】 其次，步驟 S8 中，判斷檢查結果是否符合用以判別合格品或不合格品的規定的判定條件。

【0055】 判定中也可使用 1 個或多個判定條件。作為判定條件例

如設定有如下等，即“判斷缺陷部 70 的個數是否為設定的閾值（N1 個）以上，在為 N1 個以上時判定為不合格”，“判斷缺陷部 70 的總面積是否為太陽能電池單元 1 的整體的 N2%以上，在為 N2%以上時判定為不合格”，“針對各個缺陷部 70，在面積 P1（例如 1 mm²）以上的缺陷部 70 為 N3 個（例如 10 個）以上的情形時，或面積 P2（例如 5 mm²）以上的大型缺陷部 70 為 N4 個（例如 1 個）以上的情形時，判定為不合格”。控制部 30 將以上的判定條件的 1 個或多個組合使用來進行合格與否的判定。

【0056】 控制部 30 在判定的結果為符合判定條件（判定為不合格的條件）的情形時，進入步驟 S9，判定作為檢查物件的太陽能電池單元 1 不合格。此外，控制部 30 在判定的結果為不符合判定條件（判定為不合格的條件）的情形時，進入步驟 S10，判定作為檢查物件的太陽能電池單元 1 為合格品。

【0057】 其後，進入步驟 S11，控制部 30 判斷預定檢查（預定生產）的所有單元的檢查是否已結束，在所有單元的檢查未結束的情形時，返回步驟 S1，執行下一太陽能電池單元 1 的檢查。在控制部 30 判定為所有單元的檢查已結束的情形時，結束檢查。

【0058】 第 1 實施方式中，如上所述通過設置：照明部 10，構成為能以具有互不相同的波長區域的 3 種顏色的照明色（R、G、B）照射照明光；以及控制部 30，針對各種照明色而獲得太陽能電池單元 1 的攝像圖像 60，並且根據太陽能電池單元 1 對各種照明色的照明光的反射強度或抗反射膜 3 的膜厚 d，而從各種照明色的攝

像圖像 60 中選擇用於檢查的圖像，並基於所選擇的攝像圖像 60（60a）來對太陽能電池單元 1 進行檢查，由此即便在抗反射膜 3 的膜厚 d 不均的情形時，也可從使用波長區域不同的 3 種顏色的照明光拍攝的攝像圖像 60 中，選擇與太陽能電池單元 1 的反射強度或抗反射膜 3 的膜厚 d 對應的波長區域（照明色）的照明光的攝像圖像 60a。由此，可選擇使用能高精度地檢測缺陷部 70 的照明色（接近特定波長 λ 的波長的照明色）的照明光拍攝的攝像圖像 60a 來進行外觀檢查，因此即便在抗反射膜 3 的膜厚 d 不均的情形時，也可高精度地進行缺陷檢測。

【0059】 第 1 實施方式中，如上所述以如下方式構成控制部 30，即從各種照明色的 3 個攝像圖像 60 中，基於反映反射強度的攝像圖像 60 的信號強度來選擇攝像圖像 60a，或基於抗反射膜 3 的膜厚 d 來選擇攝像圖像 60a。由此，因膜厚 d 的不均而引起太陽能電池單元 1 對每個波長的反射強度發生變化，結果，通過各顏色的照明光拍攝的攝像圖像 60 的信號強度（明暗）產生差異，由此可基於攝像圖像 60 的信號強度而容易地選擇能高精度地檢測缺陷部 70 的照明色的攝像圖像 60a。此外，太陽能電池單元 1 的反射強度達到最小的特定波長 λ ，由具有規定的折射率 n 的抗反射膜 3 的膜厚 d 決定，因此可基於抗反射膜 3 的膜厚 d 而容易地選擇能高精度地檢測缺陷部 70 的照明色的攝像圖像 60a。

【0060】 第 1 實施方式中，如上所述以如下方式構成控制部 30，即，使用與所選擇的攝像圖像 60 的照明色對應的判定閾值 Th ，

對形成於太陽能電池單元 1 上的抗反射膜 3 進行缺陷檢查。由此，攝像圖像 60 中的信號強度的不均、或作為缺陷部 70 顯現的亮點的信號強度的強弱、平均信號強度的等級等根據照明色而變化，由此可通過使用與照明色對應的判定閾值 Th 來高精度地進行缺陷檢測。

【0061】 第 1 實施方式中，以如下方式構成控制部 30，即如在攝像圖像 60 的上述第 1 選擇方法中所說明般，對多個攝像圖像 60 的信號強度的平均值或中值進行比較，且選擇平均值或中值最低的照明色的攝像圖像 60。如果以此方式構成，則無須算出抗反射膜 3 的膜厚 d ，僅對照明色不同的 3 個攝像圖像 60 的信號強度的平均值（或中值）進行比較便可容易地選擇適於缺陷檢測的攝像圖像 60。

【0062】 第 1 實施方式中，以如下方式構成控制部 30，即如在攝像圖像 60 的上述第 2 選擇方法中所說明般，通過與反射率-波長曲線 Cf 的擬合而獲得抗反射膜 3 的膜厚 d ，並選擇與包含所獲得的膜厚 d 的規定的膜厚範圍對應的照明色的攝像圖像 60。如果以此方式構成，則可通過針對每個膜厚算出的反射率-波長曲線 Cf 與從各攝像圖像 60 獲得的信號強度的曲線（實測值）的擬合，而高精度地獲得抗反射膜 3 的膜厚 d 。

【0063】 第 1 實施方式中，以如下方式構成控制部 30，即如攝像圖像 60 的上述第 3 選擇方法中所說明般，使用將各種照明色的反射強度與抗反射膜 3 的膜厚 d 建立關聯的反射率（反射強度）-膜

厚曲線 Cs，來獲得抗反射膜 3 的膜厚 d，並選擇與包含所獲得的膜厚 d 的規定的膜厚範圍對應的照明色的攝像圖像 60。如果以此方式構成，可通過預先創建各種照明色的反射率（反射強度）-膜厚曲線 Cs（R、G、B），而根據從各攝像圖像 60 獲得的信號強度的實測值容易地獲得抗反射膜 3 的膜厚 d。

【0064】 第 1 實施方式中，如上所述，多種照明色包含紅色（R）、藍色（B）及綠色（G）。如上所述，對於折射率 $n=2.0$ 左右的抗反射膜 3 而言，在膜厚 $d=80\text{ nm}$ 時，紅色光（R）的反射強度達到最小，在 $d=60\text{ nm}$ 左右時，藍色光（B）的反射強度變小，而在 $d=70\text{ nm}$ 前後時，綠色光（G）的反射強度變小。因此，通過照明色包含紅色、藍色及綠色，可根據實際上可能產生的膜厚不均的範圍而選擇適於缺陷部 70 的檢測的攝像圖像 60。

【0065】 第 1 實施方式中，如上所述，太陽能電池單元 1 包含多晶半導體，且抗反射膜 3 為氮化矽膜（SiN）。對於該多晶型太陽能電池單元 1 而言，在與反射強度達到最小的特定波長 λ 不同的照明色的攝像圖像 60 中，如圖 3(c) 般結晶晶界明確地顯現出來，缺陷部 70 淹沒於晶界像中而無法檢測。此外，對該多晶型太陽能電池單元 1 大多使用氮化矽膜（SiN）作為抗反射膜 3，第 1 實施方式的外觀檢查裝置 100，可較佳地用於形成有氮化矽膜（SiN）作為抗反射膜 3 的多晶型太陽能電池單元 1 的外觀檢查。

【0066】

（第 2 實施方式）

其次，參照圖 1、圖 6 (a)、圖 6 (b) ～圖 9 對本發明的第 2 實施方式的外觀檢查裝置 200 進行說明。第 2 實施方式中對以如下方式構成的示例進行說明，即除上述第 1 實施方式的構成以外，還針對攝像圖像的每個部分圖像進行缺陷檢查。另外，第 2 實施方式中，裝置構成與上述第 1 實施方式的外觀檢查裝置 100 相同，因此省略說明。另外，外觀檢查裝置 200 為本發明的“檢查裝置”的一例。

【0067】 如圖 8 所示，第 2 實施方式的外觀檢查裝置 200 (參照圖 1) 的控制部 230 (參照圖 1)，針對太陽能電池單元 1 的多個部位分別獲得各種照明色的部位圖像 80。而且，控制部 230 構成爲針對太陽能電池單元 1 的每個部位，選擇用於檢查的部位圖像 80、並基於所選擇的部位圖像 80 進行檢查。

【0068】 具體而言，控制部 230 將所獲得的攝像圖像 60 分割爲多個部位圖像 80，並針對每個部位圖像 80 單獨地選擇用於檢查的圖像。圖 8 的例中表示如下示例，即對於攝像圖像 60 (例示 60c)，獲得在 X 軸及 Y 軸的各方向上分割爲 4 份 (X1～X4 及 Y1～Y4) 的合計 16 個行列狀的部位圖像 80。由此，針對各個部位均獲得 R、G、B 的 3 種顏色的部位圖像 80。

【0069】 部位圖像 80 的選擇方法與上述第 1 實施方式相同，控制部 230 採用第 1 選擇方法～第 3 選擇方法中的任一方法，針對每個部位來選擇用於檢查的部位圖像 80。由此，即便例如在太陽能電池單元 1 的尺寸大，且每個部位上的抗反射膜 3 的膜厚 d 不均

的情形時，也可針對每個部位而選擇適當的部位圖像 80。

【0070】 第 2 實施方式的外觀檢查裝置 200 的其他構成與上述第 1 實施方式相同。

【0071】 其次，參照圖 7～圖 9，對第 2 實施方式的外觀檢查裝置 200 的檢查時的控制部 230 的控制處理進行說明。

【0072】 步驟 S21～S24 與圖 7 的步驟 S1～S4 相同。步驟 S25 中，控制部 230 將所獲得的 3 種顏色（R、G、B）的攝像圖像 60 分別分割為多個（圖 8 的例中為 16 個部位）部位圖像 80。

【0073】 步驟 S26 中，控制部 230 選擇進行檢查的部位。例如，圖 8 中，從 X1Y1 的部位沿 X 方向（至 X4Y1）進行檢查，並逐行（Y 座標）依次實施該處理等，基於預先設定的順序，選擇進行檢查的部位（例如 X1Y1）。

【0074】 步驟 S27 中，控制部 230 從紅色（R）、綠色（G）及藍色（B）的部位圖像 80 中，通過上述的選擇方法選擇用於檢查的部位圖像 80。步驟 S28 中，控制部 230 從儲存部 31 中讀出並選擇與所選擇的照明色對應的判定閾值 Th （及檢查運算法則）。

【0075】 然後，步驟 S29 中，控制部 230 對所選擇的部位圖像 80 實施圖 6（a）、圖 6（b）所示的缺陷檢查處理。其次，步驟 S30 中，判斷對所有（16 個部位）檢查部位的缺陷檢查是否已結束，並在所有部位的缺陷檢查未結束的情形時，返回步驟 S25，轉移至下一部位（例如 X2Y1）的檢查。通過對所有部位重複步驟 S25～步驟 S30，來對太陽能電池單元 1（攝像圖像 60）的整體實施缺陷

檢查。

【0076】 當所有部位的缺陷檢查結束時，進入步驟 S31，判斷檢查結果是否符合用以判別合格品或不合格品的規定的判定條件。至於判定處理，可使之與將針對各個部位（部位圖像 80）的缺陷檢查的結果加以匯總來對攝像圖像 60 整體進行該處理時相同。步驟 S31 以下至步驟 S34 的處理，與圖 7 的步驟 S8～步驟 S11 相同，因此省略說明。

【0077】 第 2 實施方式中，如上所述以如下方式構成控制部 230，即對太陽能電池單元 1 的多個部位（X1Y1～X4Y4）分別獲得各種照明色的部位圖像 80，並針對太陽能電池單元 1 的每個部位選擇用於檢查的部位圖像 80、並基於所選擇的部位圖像 80 進行檢查。由此，即便在太陽能電池單元 1 的每個部位上的抗反射膜 3 的膜厚 d 不均的情形時，也可針對每個部位而選擇適於缺陷檢測的照明色的攝像圖像（部位圖像 80）來進行缺陷檢測，因此可精度更高地進行缺陷檢測。尤其，當太陽能電池單元 1 的尺寸變大時，每個部位上的抗反射膜 3 的膜厚 d 易於變得不均，因此第 2 實施方式的外觀檢查裝置 200 適於大型太陽能電池單元 1 的檢查。

【0078】 第 2 實施方式的其他效果與上述第 1 實施方式相同。

【0079】 另外，當認為此次揭示的實施方式在所有方面僅為例示而非限制性者。本發明的範圍不是通過上述實施方式的說明，且還包含與其範圍均等的意思及範圍內的所有變更。

【0080】 例如，上述第 1 實施方式及第 2 實施方式中，表示了將

本發明應用於設置在太陽能電池單元的生產線上且線上進行檢查的檢查裝置的示例，但本發明並不限定於此。也可將本發明應用於獨立於生產線而設置且用以進行太陽能電池單元的抽樣檢查的檢查裝置。

【0081】 此外，上述第 1 實施方式及第 2 實施方式中，表示了設置有可照射紅（R）、綠（G）及藍（B）的 3 種照明色的照明光的照明部的示例，但本發明並不限定於此。本發明中，照明色數也可不為 3 種顏色。例如，也可為紅及藍的 2 種顏色。抗反射膜的膜厚的不均的範圍有限定，因此實際上只要至少具有紅及藍的 2 種顏色便可高精度地進行缺陷檢查。此外，照明色也可為 4 種顏色以上。該情形時，設為何種顏色（波長）的照明色將考慮到相對於設計值而可能產生的膜厚的不均，且在所能設想的不均範圍內可進行適當的缺陷檢測的照明色是較佳的。

【0082】 此外，上述第 1 實施方式及第 2 實施方式中，表示了在照明部設置有紅（R）、綠（G）及藍（B）的各顏色的光源 11（11a～11c）的示例，但本發明並不限定於此。例如，也可構成爲對包含白色發光二極體等的光源，使用與照明色對應的多個彩色濾光器（color filter）以使之能照射多種顏色的照明光。此外，作爲光源，也可使用發光二極體以外的其他光源。

【0083】 此外，上述第 1 實施方式及第 2 實施方式中，表示了將各顏色的光源 11（11a～11c）在照明部的保持部以 RGB 的順序呈圓周狀排列的示例，但例如也可使各光源爲同心圓狀的 3 圈光源

列，來單獨地設置紅色（R）光源 11a 的圈、綠色（G）光源 11b 的圈、及藍色（B）光源 11c 的圈。此外，上述第 1 實施方式及第 2 實施方式中表示了將光源呈圓周狀並排配置的示例，但也可呈四邊形的邊狀排列光源。該情形時，保持部的擴散反射板的形狀形成四角錐（pyramid）形狀，且在四角錐的上部的頂角部設置有用以向攝像部導光的開口部。

【0084】此外，上述第 1 實施方式及第 2 實施方式中，表示了採用第 1 選擇方法～第 3 選擇方法中的任一方法來選擇用於檢查的攝像圖像的示例，但本發明並不限定於此。本發明中，也可使用與第 1 選擇方法～第 3 選擇方法不同的方法來選擇用於檢查的攝像圖像。例如，也可另行設置專用的膜厚計來獲得抗反射膜的膜厚，並基於膜厚計的測定結果來選擇攝像圖像。

【0085】此外，在如上述第 1 實施方式及第 2 實施方式般使用紅（R）、綠（G）及藍（B）的光源的情形時，此等 3 種顏色構成所謂的光的三原色，因此可根據 RGB 各顏色的攝像圖像的信號強度的比來獲得太陽能電池單元的表面的色調。如上所述，單元表面的色調是作為取決於抗反射膜的膜厚的特定波長 λ 的顏色的反射強度達到最小的結果來表現，由此可基於 RGB 各顏色的攝像圖像的信號強度的比來算出反射強度達到最小的特定波長 λ 及抗反射膜的膜厚。也可基於根據 3 種顏色的信號強度的比所獲得的特定波長 λ 的值或抗反射膜的膜厚，來選擇攝像圖像。

【0086】此外，上述第 2 實施方式中，表示了將攝像圖像 60 分割

爲 16 個部位圖像 80 的示例，但本發明並不限定於此。本發明中，也可使部位圖像的分割數爲 16 以外的分割數。部位（部位圖像）的個數，只要爲根據太陽能電池單元的尺寸與每個部位的膜厚不均的程度而可獲得所需的檢查精度的部位（部位圖像）數即可。

【0087】 此外，上述第 2 實施方式中，表示了對攝像圖像進行分割而獲得各個部位圖像的示例，但本發明並不限定於此。本發明中，也可利用攝像部對太陽能電池單元的每個部位進行拍攝。即，在太陽能電池單元的尺寸大的情形時，也可通過按照每個部位來對單元整體進行多次拍攝而獲得部位圖像。此外，例如也可將 1 個太陽能電池單元分割爲 4 份來進行 4 次拍攝，進而將該等的攝像圖像分割爲 4 份而獲得 16 個部位的部位圖像等。

【0088】 此外，上述的具體數值（太陽能電池單元的尺寸、膜厚、各顏色的光源的中心波長等）僅爲一例，本發明並不限定於此。太陽能電池單元的尺寸、防反射膜的膜厚或光源的中心頻率也可爲與上述的具體值不同的值。

【符號說明】

【0089】

- 1：太陽能電池單元
- 2：半導體基板（多晶半導體）
- 3：抗反射膜
- 10：照明部

11：光源

11a：紅色光源

11b：綠色光源

11c：藍色光源

12：保持部

13：開口部

20：攝像部

21：透鏡

30、230：控制部

31：儲存部

40：框體

60、60a、60b、60c：攝像圖像

70：缺陷部

80：部位圖像

100、200：外觀檢查裝置（檢查裝置）

110：搬送機

d：膜厚

Th：判定閾值

Cf：反射率-波長曲線

Ac：近似曲線

Ia：信號強度的平均值（或中值）

Xa：比判定閾值大的信號強度的峰值的位置

201411155

X1、X2、X3、X4、Y1、Y2、Y3、Y4：部位

S1~S11、S21~S34：步驟

申請專利範圍

1、一種檢查裝置，其是形成有抗反射膜的太陽能電池單元的檢查裝置，其特徵在於包括：

照明部，構成爲能以具有互不相同的波長區域的多種照明色來照射照明光；

攝像部，使用所述照明光拍攝所述太陽能電池單元；以及

控制部，針對所述多種照明色的每一種而獲得所述太陽能電池單元的攝像圖像，並且根據所述太陽能電池單元對各種所述照明色的所述照明光的反射強度或所述抗反射膜的膜厚，而從各種所述照明色的所述攝像圖像中選擇用於檢查的圖像，並基於所選擇的所述攝像圖像而對所述太陽能電池單元進行檢查。

2、如申請專利範圍第 1 項所述的檢查裝置，其中所述控制部構成爲從各種所述照明色的多個所述攝像圖像中，基於反映所述反射強度的各種所述照明色的所述攝像圖像的信號強度來選擇所述攝像圖像，或基於所述抗反射膜的膜厚來選擇所述攝像圖像。

3、如申請專利範圍第 2 項所述的檢查裝置，其中所述多種照明色至少包含紅色及藍色。

4、如申請專利範圍第 3 項所述的檢查裝置，其中所述控制部構成爲從各種所述照明色的多個所述攝像圖像中選擇信號強度相對較低的所述攝像圖像，或選擇與所述抗反射膜膜厚對應的所述照明色的所述攝像圖像。

5、如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的檢查裝置，其中所述控制部構成爲使用與所選擇的所述攝像圖像的所述照明色對應的判定閾值，對形成於所述太陽能電池單元上的所述抗反射膜進行缺陷檢查。

6、如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的檢查裝置，其中所述控制部構成爲對所述太陽能電池單元的多個部位分別獲得各種所述照明色的部位圖像，且針對所述太陽能電池單元的每個所述部位而選擇用於檢查的所述部位圖像、並基於所選擇的所述部位圖像進行檢查。

7、如申請專利範圍第 4 項所述的檢查裝置，其中所述控制部構成爲對多個所述攝像圖像的信號強度的平均值或中值進行比較，並選擇平均值或中值最低的所述照明色的所述攝像圖像。

8、如申請專利範圍第 4 項所述的檢查裝置，其中所述控制部構成爲通過所述照明光波長及所述太陽能電池單元的反射強度與理論曲線的擬合，而獲得與各種所述照明色的所述攝像圖像的信號強度對應的所述抗反射膜的膜厚，並選擇與包含所獲得的所述抗反射膜的膜厚的規定的膜厚範圍對應的所述照明色的所述攝像圖像。

9、如申請專利範圍第 4 項所述的檢查裝置，其中所述控制部構成爲使用將各種所述照明色的所述反射強度與所述抗反射膜的膜厚建立關聯的基準資料，獲得與所述攝像圖像的信號強度對應的所述抗反射膜的膜厚，並選擇與包含所獲得的所述抗反射膜的

膜厚的規定的膜厚範圍對應的所述照明色的所述攝像圖像。

10、如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的檢查裝置，其中所述多種照明色包含紅色、藍色及綠色。

11、如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的檢查裝置，其中所述太陽能電池單元包含多晶半導體，且所述抗反射膜為氮化矽膜。

圖式

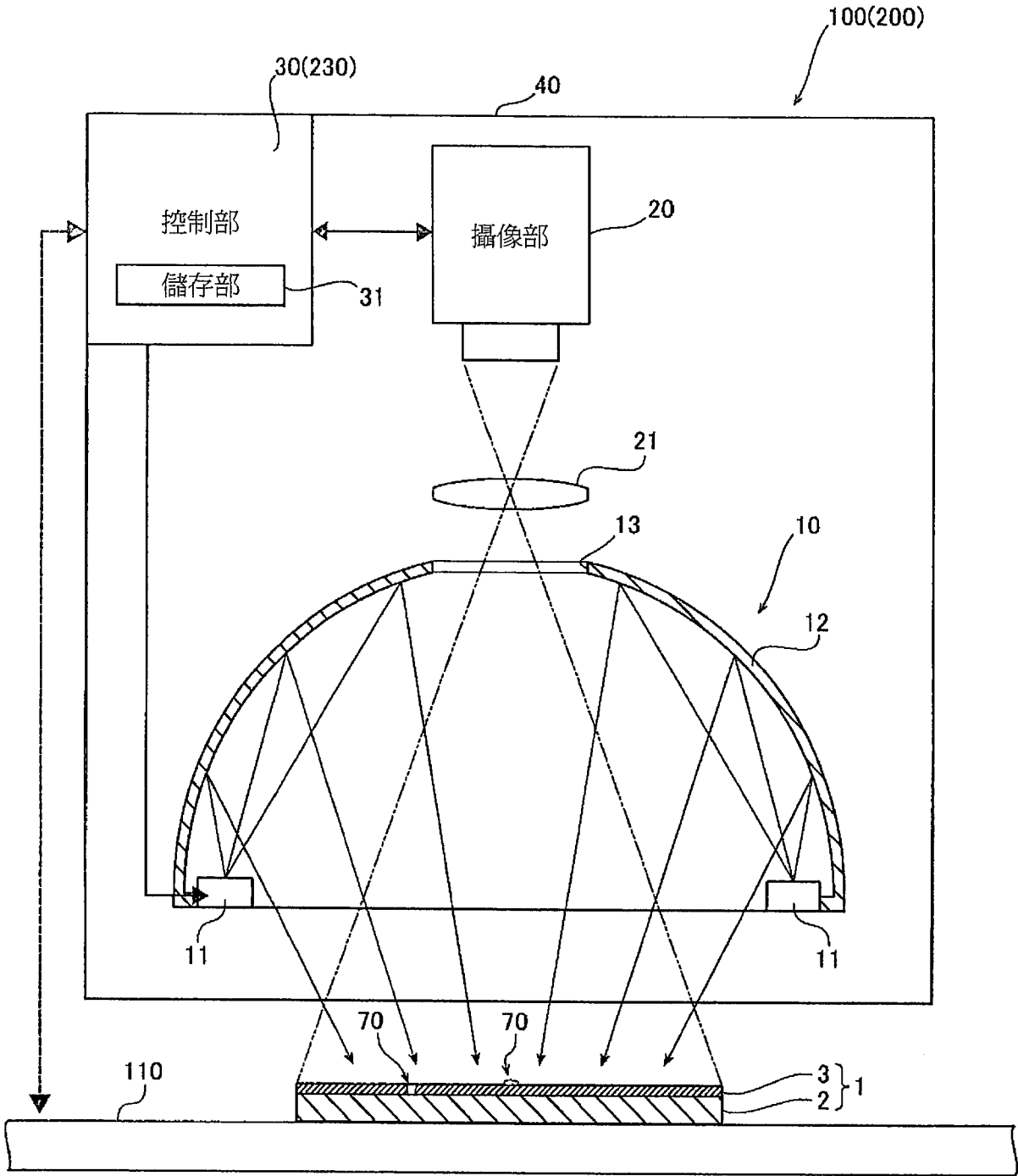


圖 1

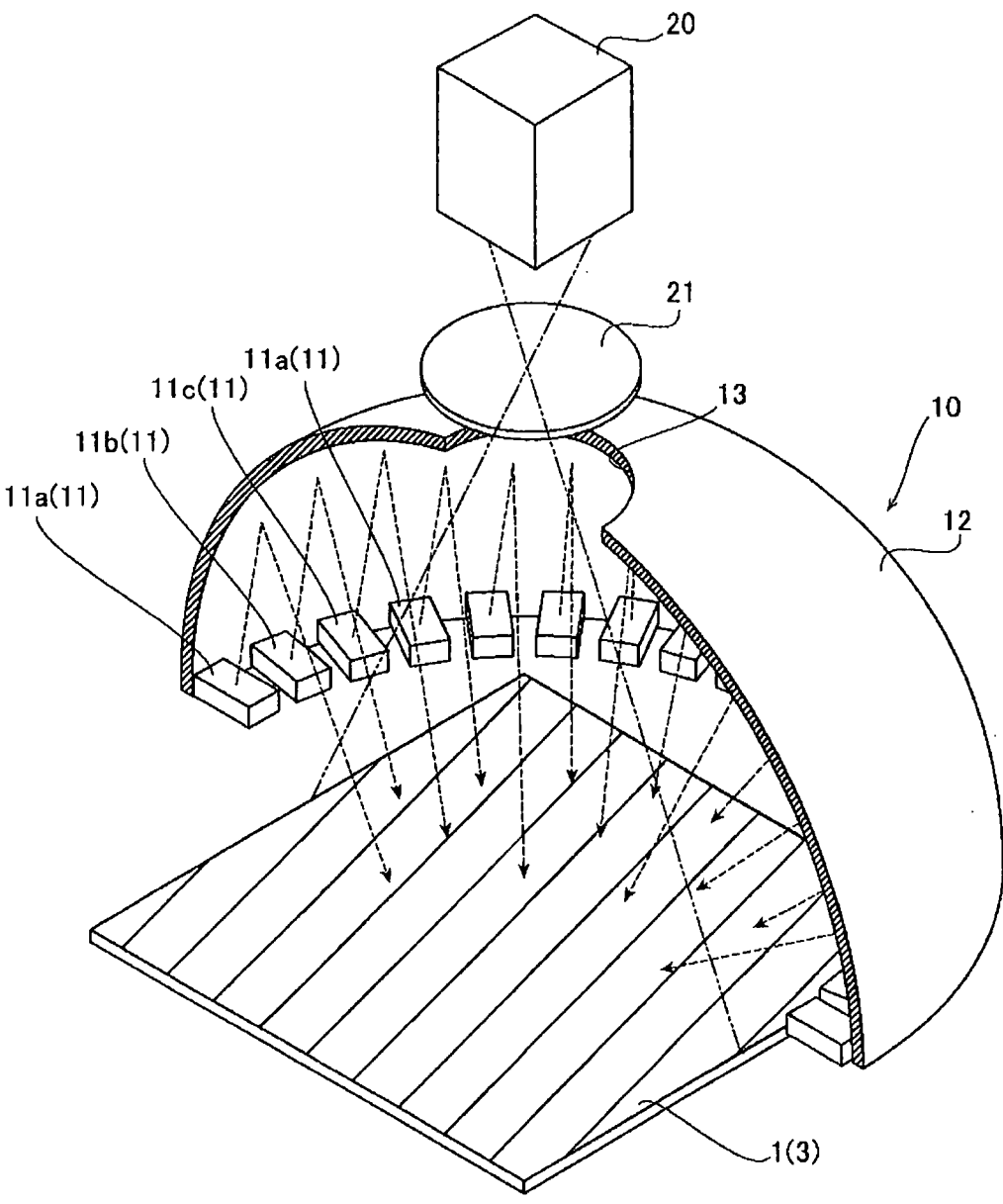


圖 2

攝像圖像的示例

圖 3(a)

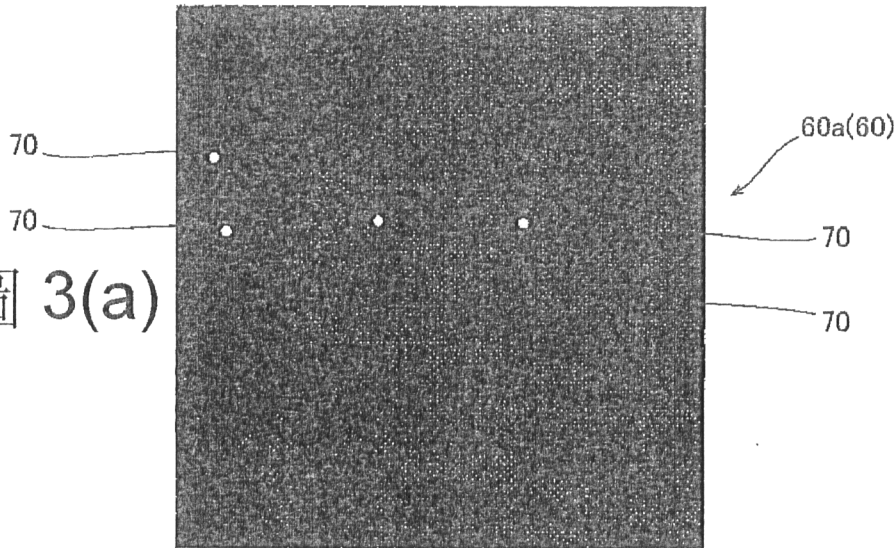


圖 3(b)

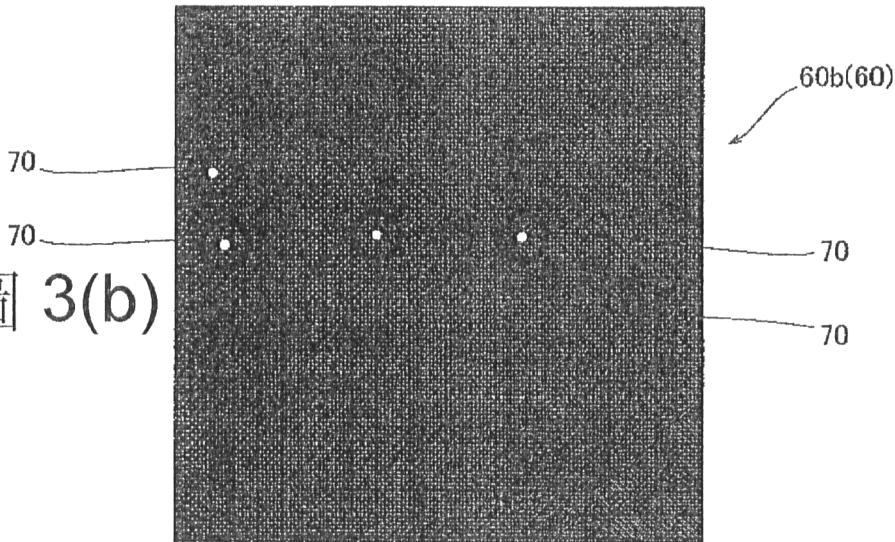
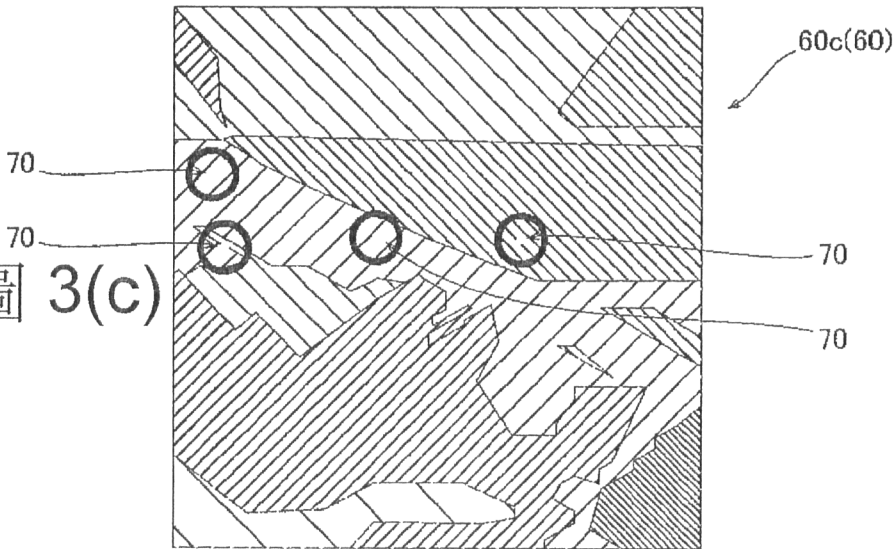


圖 3(c)



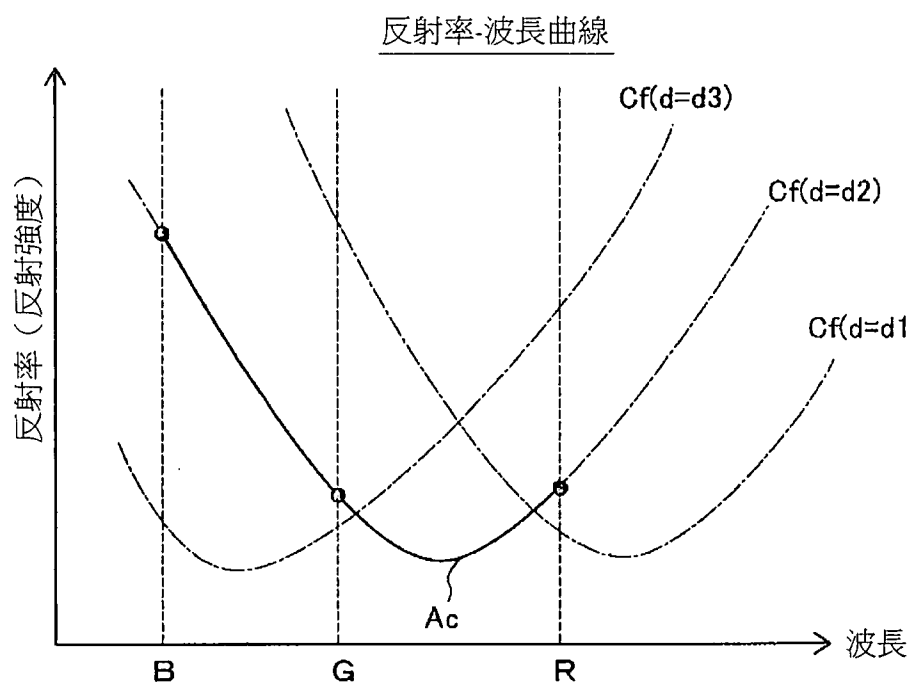


圖 4

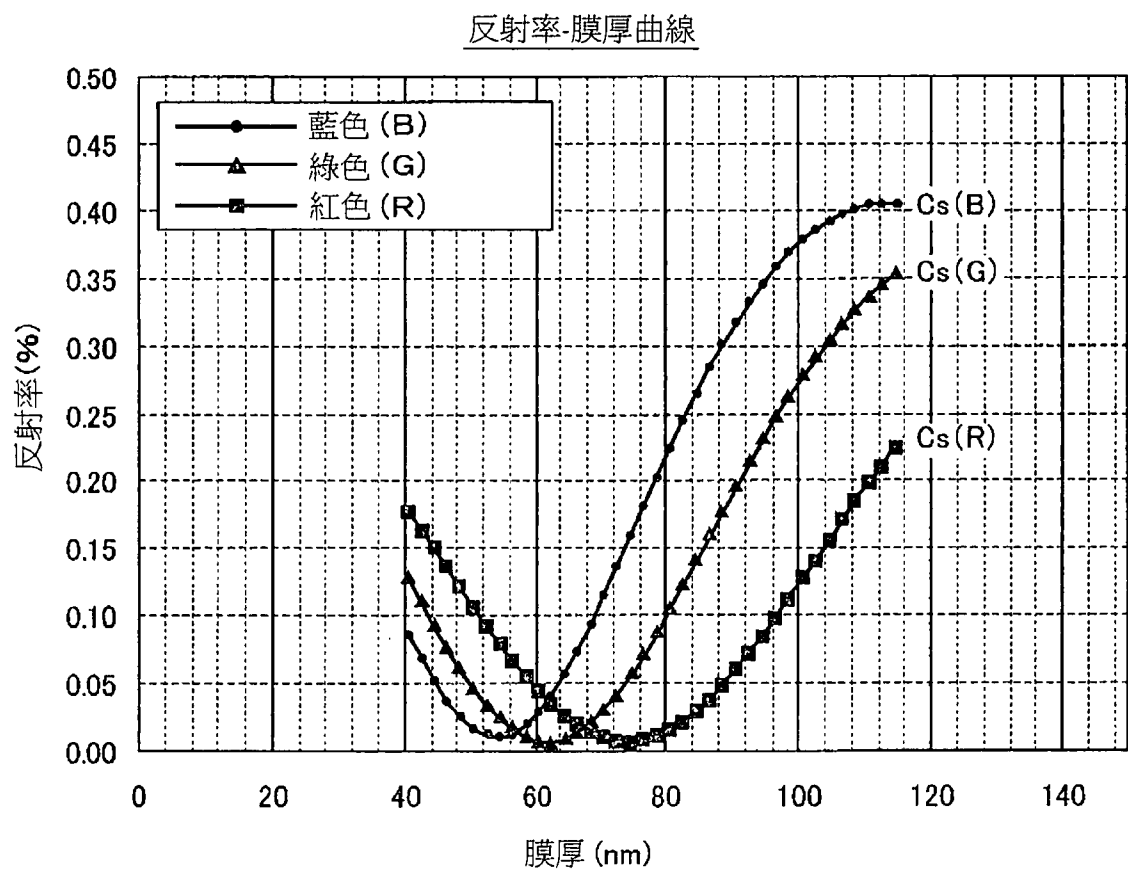
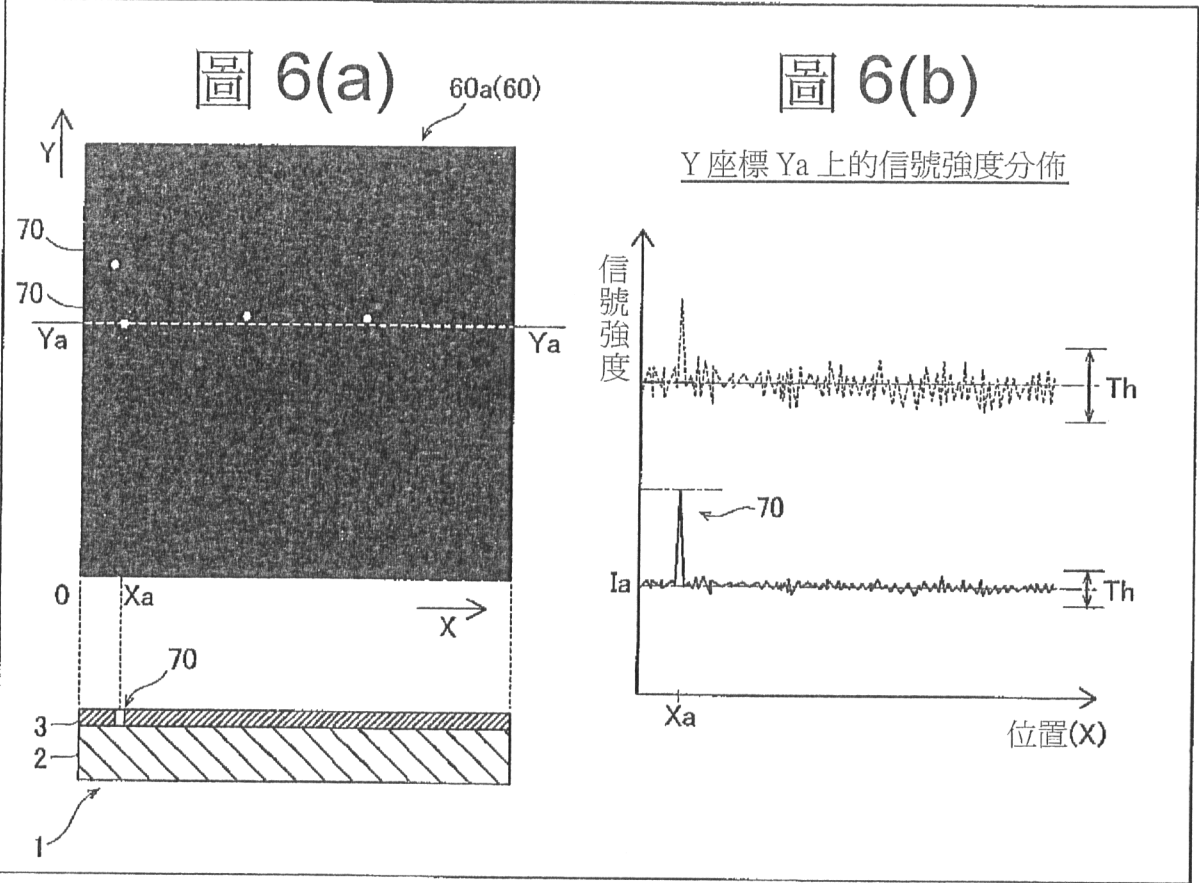


圖 5



檢查時的控制部的控制處理流程（第 1 實施方式）

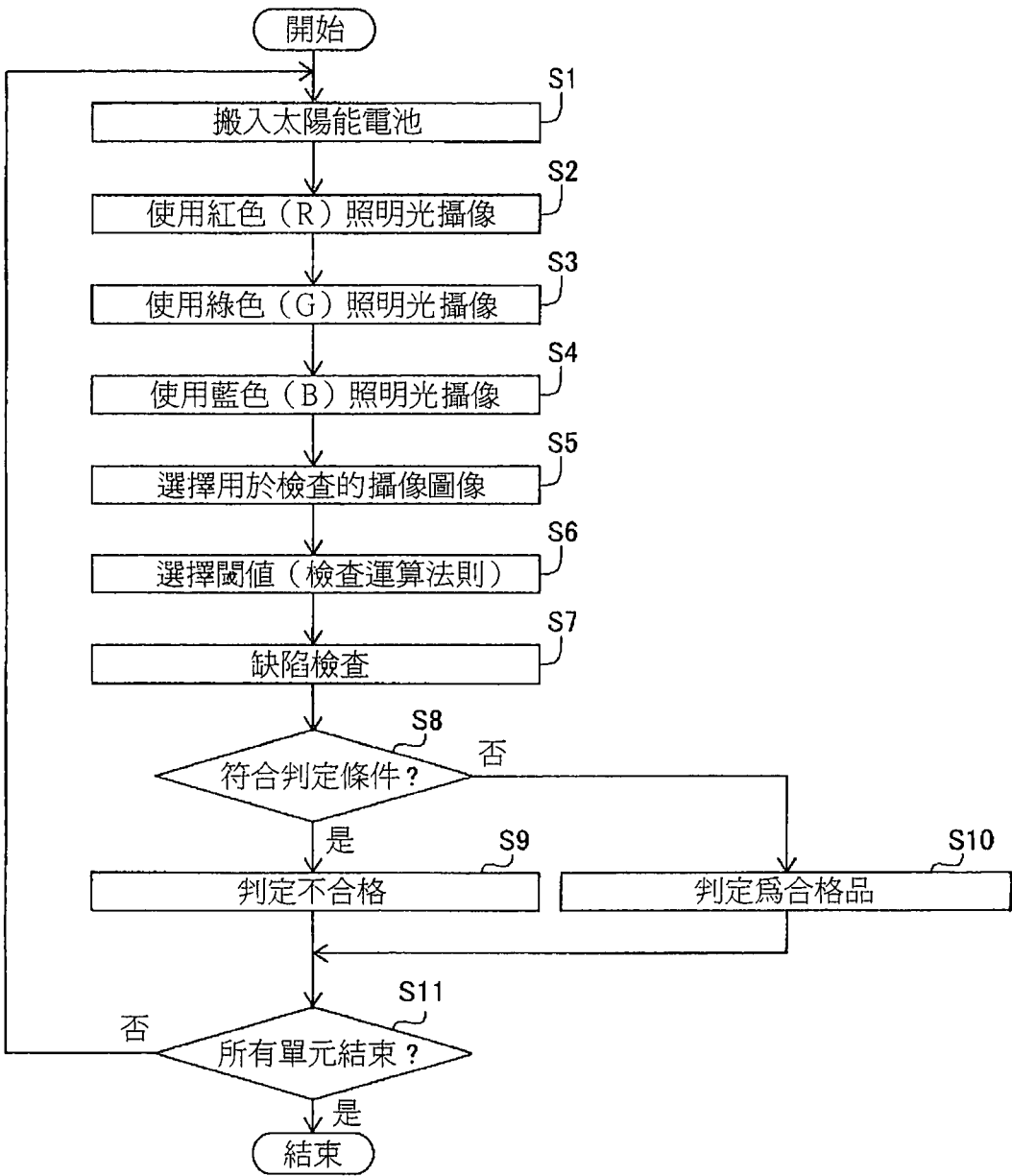


圖 7

(第 2 實施方式)

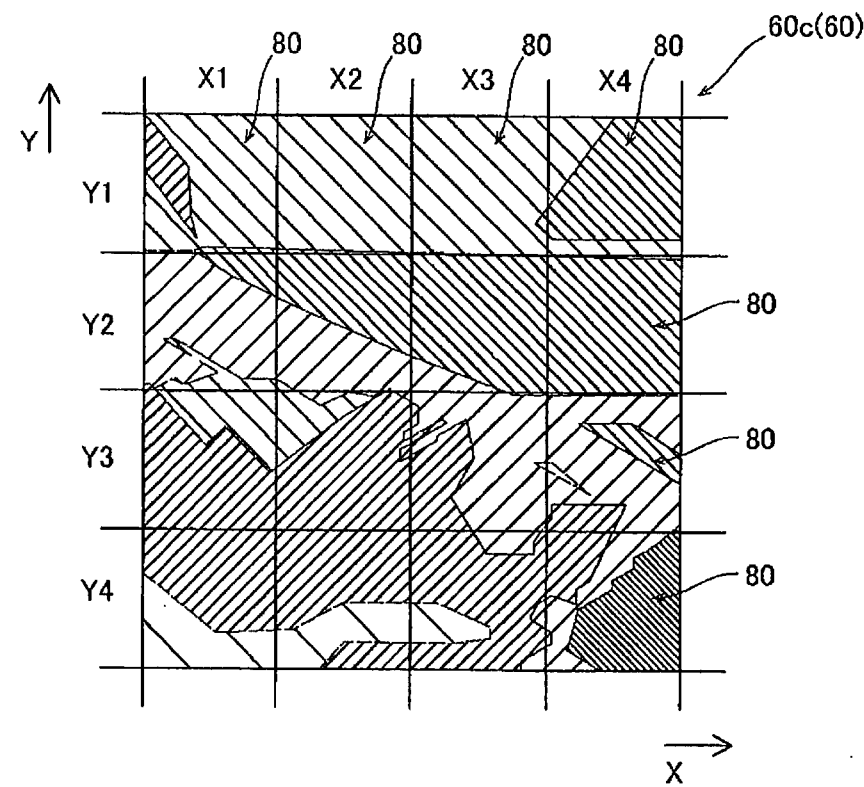


圖 8

檢查時的控制部的控制處理流程（第 2 實施方式）

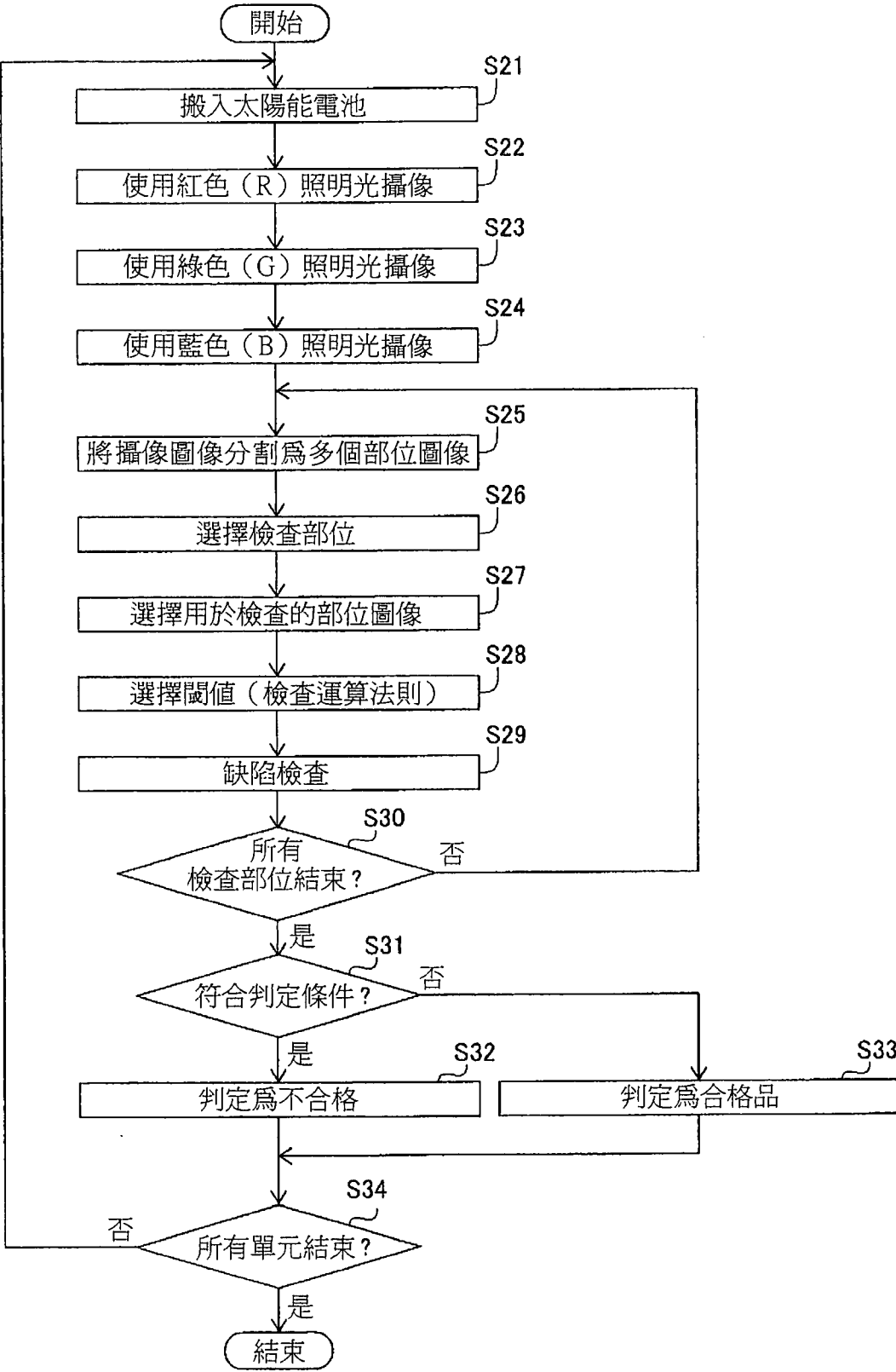


圖 9