



(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 201110375 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：099113686

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 04 月 29 日

(51)Int. Cl. : *H01L31/042 (2006.01)*

H01L31/18 (2006.01)

(30)優先權：2009/05/02 日本

2009-112372

(71)申請人：半導體能源研究所股份有限公司 (日本) SEMICONDUCTOR ENERGY
LABORATORY CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：下村明久 SHIMOMURA, AKIHISA (JP)；井坂史人 ISAKA, FUMITO (JP)；加藤
翔 KATO, SHO (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：39 項 圖式數：18 共 99 頁

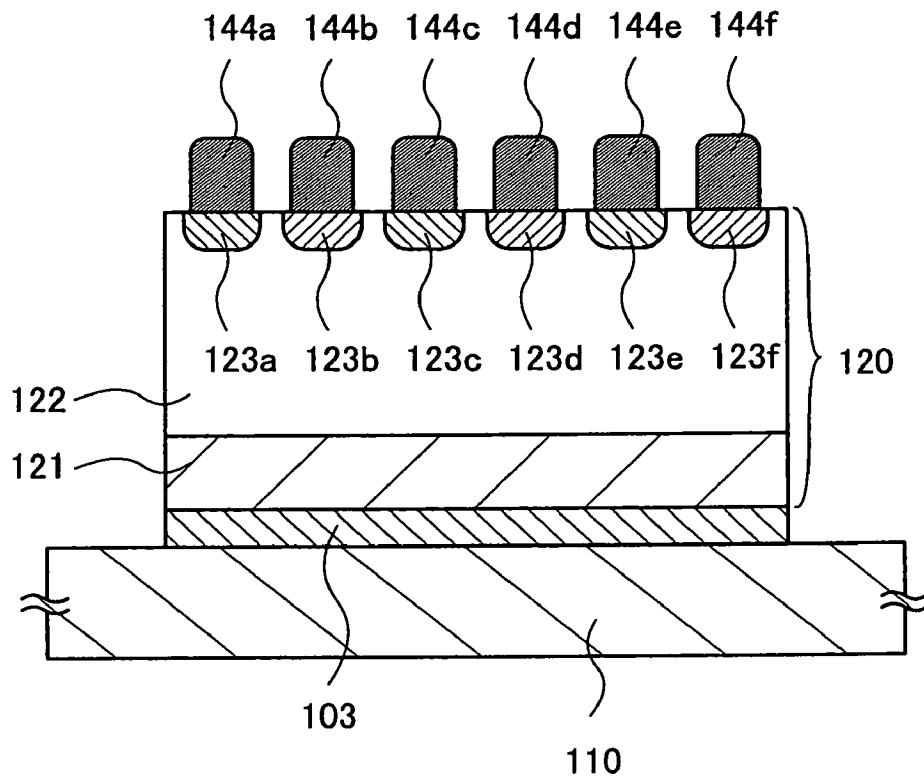
(54)名稱

光電轉換裝置及其製造方法

PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57)摘要

本發明提供一種新的光電轉換裝置及其製造方法。在具有透光性的基礎基板之上形成具有透光性的絕緣層、中間夾著絕緣層而固定的單晶半導體層。在單晶半導體層的表層中或表面上以帶狀的方式設置多個具有一種導電型的第一雜質半導體層，並且以帶狀的方式設置多個具有與該一種導電型相反的導電型的第二雜質半導體層，該第二雜質半導體層與該第一雜質半導體層係彼此不重疊地交替。設置與第一雜質半導體層接觸的第一電極和與第二雜質半導體層接觸的第二電極，藉此，實現背部接觸型元件，獲得到基礎基板一側為受光面的光電轉換裝置。



103：絕緣層

110：基礎基板

120：光電轉換層

121：第一單晶半導體層

122：第二單晶半導體層

123a：第一雜質半導體層

123b：第二雜質半導體層

123c：第一雜質半導體層

123d：第二雜質半導體層

123e：第一雜質半導體層

123f：第二雜質半導體層

144a：第一電極

144b：第二電極

144c：第一電極

144d：第二電極

144e：第一電極

144f：第二電極



(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 201110375 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：099113686

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 04 月 29 日

(51)Int. Cl. : *H01L31/042 (2006.01)*

H01L31/18 (2006.01)

(30)優先權：2009/05/02 日本

2009-112372

(71)申請人：半導體能源研究所股份有限公司 (日本) SEMICONDUCTOR ENERGY
LABORATORY CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：下村明久 SHIMOMURA, AKIHISA (JP)；井坂史人 ISAKA, FUMITO (JP)；加藤
翔 KATO, SHO (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：39 項 圖式數：18 共 99 頁

(54)名稱

光電轉換裝置及其製造方法

PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57)摘要

本發明提供一種新的光電轉換裝置及其製造方法。在具有透光性的基礎基板之上形成具有透光性的絕緣層、中間夾著絕緣層而固定的單晶半導體層。在單晶半導體層的表層中或表面上以帶狀的方式設置多個具有一種導電型的第一雜質半導體層，並且以帶狀的方式設置多個具有與該一種導電型相反的導電型的第二雜質半導體層，該第二雜質半導體層與該第一雜質半導體層係彼此不重疊地交替。設置與第一雜質半導體層接觸的第一電極和與第二雜質半導體層接觸的第二電極，藉此，實現背部接觸型元件，獲得到基礎基板一側為受光面的光電轉換裝置。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明關於一種光電轉換裝置及其製造方法。

【先前技術】

全球暖化形勢嚴峻，正在商討代替石化燃料的能源的利用。其中，尤其是也稱為太陽能電池的光電轉換裝置，作為下一代典型的創造能量的裝置而被認為最有前途。此外，近年來，對該光電轉換裝置進行的研究和開發非常活躍，其市場也正急劇擴大。

光電轉換裝置是將無窮無盡的太陽光作為能源並在發電時不排放二氧化碳的有很大吸引力的發電裝置。然而，其現狀存在每單位面積的光電轉換效率不夠、發電量受日照時間影響等問題，為了收回原始成本需要二十年左右的很長期間。上述問題妨礙了將光電轉換裝置普及到一般住宅，從而要求光電轉換裝置的高效率化、低成本化。

光電轉換裝置可以使用矽類材料、化合物半導體類材料製造，市場上出售的光電轉換裝置主要是塊狀型矽太陽能電池、薄膜型矽太陽能電池等矽類太陽能電池。由單晶矽片、多晶矽片形成的塊狀型矽太陽能電池具有較高的轉換效率。然而，實際上用於光電轉換的區域不過是矽片的厚度方向上的一部分，其他區域僅僅用作具有導電性的支撐體。此外，當從錠塊切出矽片時切出部分的損失、需要研磨加工等也是塊狀型矽太陽能電池的成本無法降低的主

要原因。

另一方面，薄膜型矽太陽能電池可以藉由電漿CVD法等形成必需數量的矽薄膜來構成。此外，薄膜型矽太陽能電池可以容易地藉由雷射加工法、絲網印刷法等集成，與塊狀型太陽能電池相比，在節省資源、擴大面積等方面可以削減製造成本。然而，薄膜型矽太陽能電池的缺點在於其轉換效率低於塊狀型太陽能電池的轉換效率。

爲了在確保高轉換效率的同時謀求實現低成本化，提出了一種太陽能電池的製造方法，其中，在結晶半導體中植入氫離子，藉由熱處理切斷該結晶半導體，從而得到成爲光電轉換層的結晶半導體層(例如，參照專利文獻1)。在該方法中，將以層狀的方式離子植入了預定元素的結晶半導體隔著導電黏合劑貼合到基板上的絕緣層，進行300℃以上且500℃以下的熱處理來固定。接著，藉由500℃以上且700℃以下的熱處理，在結晶半導體中以層狀的方式離子植入了預定元素的區域形成空隙，並且利用熱應變將空隙爲分界來分割結晶半導體，以在基板上形成成爲光電轉換層的結晶半導體層。

此外，作爲將太陽光不浪費地引入光電轉換裝置中的結構，提出了一種在受光面上不形成收集電極並且無陰影損耗的背接觸結構(例如，參照非專利文獻1)。在該背接觸結構中，不僅將形成內部電場的半導體結設置在受光面的背面，而且將電極也都形成在背面。在正面僅形成變形結構或用來防止反射及防止載子複合的鈍化層，由此儘量消

除起因於電池結構的損失，並且得到高轉換效率。

此外，還提出了一種方法，即，將表層為多孔質層的單晶矽片作為種子層，使單晶矽層磊晶生長，並且利用這樣形成的單晶矽層形成光電轉換元件，然後將其貼合到另一個基板上，以與多孔質部分分離(例如，參照專利文獻2)。在藉由使單晶薄片陽極化而形成的多孔質層上，藉由氣相法或液相法使單晶矽磊晶生長。接著，利用包括n型或p型摻雜劑的低電阻材料形成圖案，藉由加熱形成具有一種導電型的雜質層及電極。接著，在利用絕緣層覆蓋整個表面後，在前面形成的電極以外的區域部分地開口，使具有與一種導電型相反的導電型的雜質層液相生長。將如此形成的背接觸型光電轉換裝置用導電黏合劑貼合到另一個基底基板上，以多孔質層為分界進行分離。關於分離後的矽片，藉由重複同樣的製程使用多次。

[專利文獻1] 日本專利申請公開特開平10-335683號公報

[專利文獻2] 日本專利申請公開特開平11-214720號公報

[非專利文獻1] R.A.Sinton, Young Kwark, J.Y.Gan, and Richard M. Swanson, "27.5-Percent Silicon Concentrator Solar Cells", IEEE Electron Device Lett., vol. EDL-7, No.10, pp.567-569, Oct.1986 (R.A.Sinton, Young Kwark, J.Y.Gan, Richard M. Swanson, "27.5%矽聚光型太陽能電池"IEEE電子裝置快報，卷EDL-7，第10篇，第567-569頁，

1986年10月)

現有的使矽片薄層化的光電轉換裝置具有用導電黏合劑黏合成爲支撐體的基板和矽半導體層的結構。在使用該光電轉換裝置構成模組的情況下，因爲物性不同的幾種材料構成疊層體，所以要求對彎曲、扭曲具有耐受性的結構。此外，在環境耐受性方面，尤其是確保對溫度變化所導致的翹曲、彎曲的耐受性也是很重要的課題。

此外，用於導電黏合劑的金屬填料對光電轉換裝置的吸收波長區域幾乎沒有透過率，所以採用將半導體層表面一側用作受光面而不是基底基板一側的結構。這種結構被稱爲基板方式，其中，利用具有透光性的樹脂等密封受光面來完成模組結構。基板結構具有薄型、輕量的特徵，但存在對彎曲、扭曲、推壓等的耐受性低的問題，設置於建築物的屋頂等的光電轉換裝置大多使用將基底基板一側用作受光面的機械強度高的超直結構(super-straight structure)的模組。

另一方面，薄膜型矽太陽能電池容易藉由雷射加工法、絲網印刷法等進行大面積的集成，並且也容易構成機械強度高的超直方式的模組結構。然而，利用與非單晶矽膜同樣的方法形成大面積的光電轉換效率高的單晶矽膜是很難的，成爲很大的問題。

【發明內容】

鑒於上述問題，而本發明的一種方式的目的之一在於

提供一種有效地利用半導體材料的節省資源型的光電轉換裝置。此外，本發明的一種方式的目的之一還在於提供一種機械強度高且光電轉換效率得到提高的光電轉換裝置。

本發明的一種方式是一種光電轉換裝置，其中，在具有透光性的絕緣基板上設置有以單晶半導體層為光吸收層的光電轉換層，並且在具有透光性的絕緣基板一側設置有受光面。此外，要點在於形成一種光電轉換模組，其中，在同一個具有透光性的絕緣基板上設置多個上述光電轉換層，各光電轉換層彼此電連接。

注意，本說明書中的“光電轉換層”包括表示光電效果(內部光電效果)的半導體層，具有用來形成內部電場的半導體結。就是說，光電轉換層是指形成有以pn接面、pin接面等為典型例子的結的半導體層。

首先，說明以形成在具有透光性的絕緣基板上的單晶半導體為光吸收層的光電轉換裝置的結構。在具有透光性的絕緣基板上，形成有具有透光性的絕緣層、中間夾著該絕緣層而固定的單晶半導體層。該單晶半導體層以薄片化的單晶半導體基板為種子層進行磊晶生長，從而增加膜厚。

在該單晶半導體層的表層或者表面上以帶狀方式設置有多個具有一種導電型的第一雜質半導體層。此外，以帶狀方式與第一雜質半導體層不重疊地交替設置有多個具有與一種導電型相反的導電型的第二雜質半導體層。在此，該單晶半導體層、第一雜質半導體層以及第二雜質半導體

層形成光電轉換層。並且，設置有與第一雜質半導體層接觸的第一電極、與第二雜質半導體層接觸的第二電極，從而形成將基礎基板一側用作受光面的光電轉換裝置。

此外，也可以在具有透光性的絕緣基板上形成多個上述光電轉換層，並且設置使相鄰的光電轉換層串聯連接及/或並聯連接的電極層，以形成光電轉換模組。

接著，將說明光電轉換裝置及光電轉換模組的製造方法。準備多個第一導電型的單晶半導體基板，在該單晶半導體基板的表面上形成有具有透光性的絕緣層，並在預定深度的區域中形成有脆化層，並準備成為基礎基板的具有透光性的絕緣基板。藉由使多個單晶半導體基板中間隔著絕緣層，在基礎基板上隔開預定間隔地配置，並且將絕緣層的表面和基礎基板的表面接合在一起，從而將多個單晶半導體基板貼合到基礎基板上。藉由以脆化層為分界，從基礎基板分離多個單晶半導體基板，從而在基礎基板上形成多個層疊有絕緣層及第一單晶半導體層的疊層體。

注意，本說明書中的“脆化層”是指結晶結構局部錯亂而脆化了的區域，包括在分割製程中將單晶半導體基板分割為單晶半導體層和剝離基板(單晶半導體基板)的區域及其附近。

在此，脆化層可以藉由在單晶半導體基板的內部引入氫、氮及/或鹵素來形成。或者，藉由利用發生多光子吸收的雷射光束，將該雷射光束的焦點對準單晶半導體基板的內部來掃描雷射光束，可以形成脆化層。此外，成為基

礎基板的具有透光性的絕緣基板較佳使用玻璃基板。

接著，對隔開預定間隔配置的多個由絕緣層及第一單晶半導體層構成的疊層體進行最表層即第一單晶半導體層的結晶性恢復製程及平坦性恢復製程。當從第一單晶半導體層的上表面一側照射雷射光束時，第一單晶半導體層熔融後固化，所以可以提高第一單晶半導體層的結晶性及平坦性。

作為可應用於該雷射處理的雷射光束，選擇具有能被單晶半導體層吸收的波長的雷射光束。此外，雷射光束的波長可以根據雷射光束的趨膚深度(skin depth)等決定。例如，選擇振盪波長在紫外光區域至可見光區域的範圍內的雷射光束。

接著，形成半導體層，使其覆蓋包括多個由絕緣層及第一單晶半導體層構成的疊層體的基板的整個表面。此時，至少在第一單晶半導體層上形成單晶化了的第二單晶半導體層。此外，對形成在疊層體彼此之間的縫隙的半導體層有選擇地進行蝕刻，以再次分離為每個疊層體。

第二單晶半導體層可以在形成了非單晶半導體層後，藉由利用熱處理的固相外延來形成。或者，可以藉由利用電漿CVD法等氣相磊晶生長來形成。

接著，在第二單晶半導體層的表面或者第二單晶半導體層的表層，以帶狀且不彼此重疊的方式設置多個具有一種導電型的雜質半導體層以及具有與一種導電型相反的導電型的雜質半導體層，在雜質半導體層與第二單晶半導體

層之間或者在第二單晶半導體層的內部形成半導體結。再者，在半導體層上形成分別與該雜質半導體層接觸的第一電極及第二電極，形成背接觸型的光電轉換裝置。

上述將具有一種導電型的雜質半導體層以及具有與一種導電型相反的導電型的雜質半導體層設置在第二單晶半導體層的表層中，是藉由對第二單晶半導體層的表層引入賦予導電型的元素來進行的。此外，將這些雜質半導體層設置在第二單晶半導體層的表面，是藉由在第二單晶半導體層的表面形成包含對半導體賦予導電型的元素的半導體膜來進行的。

接著，在基板上彼此相鄰的光電轉換層中，設置第一連接電極，該第一連接電極連接形成於一個光電轉換層的第一電極和形成於另一個光電轉換層的第二電極。並且，設置第二連接電極，該第二連接電極連接形成於相鄰光電轉換層的各第一電極、以及形成於相鄰光電轉換層的各第二電極。藉由組合如此形成的該第一連接電極及該第二連接電極，形成能夠取出所希望的電壓及電流的模組結構。

該第一連接電極及該第二連接電極較佳與第一電極及第二電極同一層。

在上述結構中，對第一單晶半導體層及第二單晶半導體層的導電型沒有限定。第一單晶半導體層實質上是用來使第二單晶半導體層生長的薄種子層，不管是哪種導電型，其實質上對光電轉換的貢獻都很小。此外，對於第二單晶半導體層，不管其是哪種導電型，只要與具有與之相反

的導電型的半導體層形成結，就可以產生內部電場。

本說明書中的“單晶”是指結晶面、晶軸一致的結晶，是指構成該單晶的原子或分子在空間有規律地排列的結晶。該排列有部分錯亂而包含晶格缺陷的單晶、故意或非故意地具有晶格缺陷的單晶等也包括在內。

此外，在本說明書中，附加有“第一”、“第二”等序數詞的用語是用來方便區別要素，不是用來限制個數，也不是用來限制配置及步驟的順序。

根據本發明的一種方式，可以提供一種將單晶半導體用於光電轉換層並且謀求實現高效率及節省資源的光電轉換裝置。此外，藉由將具有透光性的絕緣基板用作基底基板，在半導體層的表面一側形成半導體結及電極，可以實現在現有技術中難以實現的基板一側光入射的結構，可以得到機械強度高的模組結構。再者，對形成在大面積基板上的多個單晶半導體層，可以藉由成批次處理來製造各光電轉換裝置，可以提供一種容易進行集成化製程的光電轉換裝置的製造方法。

【實施方式】

以下，參照附圖對本發明的實施例方式進行說明。但是，所屬技術領域的普通技術人員可以很容易地理解到：本發明不侷限於以下的說明，其方式及詳細內容在不脫離本發明的宗旨及其範圍內的情況下可以變化為各種各樣的形式。因此，本發明不應當被解釋為僅限定在以下所示的

實施例方式所記載的內容中。注意，在以下說明的本發明的結構中，在不同附圖中共同使用表示相同部分的附圖標記。

實施例 1

本發明的一實施例是具有單晶半導體層的光電轉換裝置。透光性的絕緣基板用作基底基板，在半導體層的表面一側形成半導體結及電極，並且將受光面設置在基底基板一側。

圖 1 示出在基礎基板上設置有光電轉換層的光電轉換裝置的截面圖。對光電轉換層的平面形狀沒有特別的限定，可以採用包括正方形的矩形形狀、多邊形狀或者圓形形狀。

作為基礎基板 110，只要是可耐受本發明的光電轉換裝置的製造工藝並且具有透光性的基板，就沒有特別的限定，例如使用具有透光性的絕緣基板。明確而言，可以舉出石英基板、陶瓷基板、藍寶石基板、在電子工業中使用的各種玻璃基板諸如鋁矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、鋇硼矽酸鹽玻璃等。當使用可以實現大面積化且廉價的玻璃基板時，可以降低成本、提高生產率，所以是較佳的。

在光電轉換裝置中，如圖 1 的截面圖所示，利用在基礎基板 110 上中間夾著絕緣層 103 而固定的單晶半導體層形成光電轉換層 120。然後，在光電轉換層 120 上利用導電材料設置第一電極 144a、144c、144e 以及第二電極 144b、

144d、144f。在此，該電極在以帶狀的方式形成於光電轉換層120的表層中的多個雜質半導體層上選擇性地形成。因為該雜質半導體層的電阻高，所以較佳將該電極也形成為帶狀。

光電轉換層120包括第一單晶半導體層121、第二單晶半導體層122、具有一種導電型的第一雜質半導體層123a、123c、123e以及具有與一種導電型相反的導電型的第二雜質半導體層123b、123d、123f。

在此，形成於第二單晶半導體層122的表層中的該第一及第二雜質半導體層不侷限於作為例子而圖1示的數量，可以根據光電轉換層的尺寸、結晶性進行增減，較佳以帶狀方式在光電轉換層的整個表面上形成多個，且具有同一種導電型的雜質半導體層的間隔為0.1mm以上且10mm以下，較佳為0.5mm以上且5mm以下。此外，較佳將具有一種導電型的第一雜質半導體層和具有與一種導電型相反的導電型的第二雜質半導體層形成為彼此不重疊。

此外，在第二單晶半導體層122具有p型或n型的導電型的情況下，在形成了該第一雜質半導體層附近或者該第二雜質半導體層的區域附近形成pn接面。雖然所例示的該第一雜質半導體層以及該第二雜質半導體層的接合面積是相同的，但是為了儘量不使光激發產生的載子複合而取出，也可以增大pn接面一側的面積。從而，該第一雜質半導體層和該第二雜質半導體層也可以不是相同的數量、相同的形狀。此外，在第二單晶半導體層122的導電型為i型的

情況下，因為電洞的使用壽命短於電子的使用壽命，所以如果使 p 型接面一側的面積增大，則也可以儘量不使載子複合而取出。在此情況下，也與上述 pn 接面的情況相同，也可以不以相同的數量、相同的形狀形成該第一雜質半導體層和該第二雜質半導體層。

第一單晶半導體層 121 由將單晶半導體基板薄片化了的單晶半導體層形成。典型的是，藉由利用將單晶矽基板薄片化了的單晶矽層來形成第一單晶半導體層 121。在本實施例中，將第一單晶半導體層 121 用作使實質上成為光吸收層的第二單晶半導體層 122 生長時的種子層。此外，也可以使用多晶半導體基板（典型的是多晶矽基板）來代替單晶半導體基板。在此情況下，相當於第一單晶半導體層 121 的區域由多晶半導體層（典型的是多晶矽）形成。

第二單晶半導體層 122 藉由固相生長、氣相生長等磊晶生長技術使結晶生長來形成單晶半導體層。將包括第一單晶半導體層 121 和第二單晶半導體層 122 的光電轉換層的厚度設定為 $1\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下，較佳為 $2\mu\text{m}$ 以上且 $8\mu\text{m}$ 以下。

注意，雖然對第一單晶半導體層 121 的導電型沒有限定，但是在此採用將 p 型單晶矽基板薄片化了的單晶半導體層。此外，對第二單晶半導體層 122 的導電型也沒有限定，但是在此採用 i 型單晶半導體層。另外，在由不同於本方式的導電型的組合構成光電轉換層的情況下，可以例舉使用將 n 型單晶矽基板薄片化了的第一單晶半導體層 121

、包含成為摻雜劑的雜質元素而沉積的第二單晶半導體層122。

接著，在第二單晶半導體層122的表層中設置n型及p型雜質半導體層，形成半導體接面。作為賦予n型的雜質元素，典型的可以舉出屬於元素週期表中的第15族元素的磷、砷或銻等。作為賦予p型的雜質元素，典型的可以舉出屬於元素週期表中的第13族元素的硼或鋁等。

在本方式中，將p型單晶半導體基板薄片化，來形成p型第一單晶半導體層121，利用磊晶生長技術來形成i型第二單晶半導體層122。此外，在第二單晶半導體層122的表層中形成包括賦予n型及p型的雜質元素的半導體層。在此，對作為第一雜質半導體層的123a、123c、123e賦予n型的導電性，對作為第二雜質半導體層的123b、123d、123f賦予p型的導電性。從而，在本方式的光電轉換層120中，在第二單晶半導體層122與作為第一雜質半導體層的123a、123c、123e及作為第二雜質半導體層的123b、123d、123f之間形成nip(或pin)接面。

注意，雖然在此是在第二單晶半導體層122的表層中以使雜質擴散的方式形成呈現n型及p型的導電性的雜質半導體層，但是也可以在第二單晶半導體層122的表面上以成膜的方式形成該雜質半導體層。

在第一雜質半導體層123a、123c、123e及第二雜質半導體層123b、123d、123f的上部分別設置用來取出電流的第一電極144a、144c、144e及第二電極144b、144d、144f

。電極使用包含鎳、鋁、銀、焊料等金屬的材料。明確而言，可以使用鎳膏、銀膏等藉由絲網印刷法來形成。

此外，在基礎基板 110 上設置多個光電轉換層，形成用來連接形成於相鄰的一個光電轉換層的第一電極和形成於另一個光電轉換層的第二電極的第一連接電極，並且形成用來連接形成於相鄰光電轉換層的第一電極彼此以及用來連接形成於相鄰光電轉換層的第二電極彼此的第二連接電極，從而也可以形成能夠取出所希望的電壓及電流的模組結構。

從具有透光性的基礎基板 110 一側照射的光使得第一單晶半導體層 121 及實質上作為光吸收層的第二單晶半導體層 122 中產生載子。所產生的載子由於第一雜質半導體層 123a、123c、123e 與第二雜質半導體層 123b、123d、123f 之間形成的內部電場而移動，從而可以從第一電極 144a、144c、144e 及第二電極 144b、144d、144f 作為電流而取出。在具有透光性的基礎基板 110 與第一單晶半導體層 121 之間，只隔著具有透光性的絕緣層 103，從而可以製造沒有因收集電極的陰影而導致損失的高效率的光電轉換裝置。

如上所述，根據本方式的光電轉換裝置可以將高效率的單晶半導體層用於光電轉換層，同時節省資源。再者，由於光電轉換裝置採用背接觸結構，所以在受光面一側不需要設置收集電極，從而可以實現沒有陰影損耗的高效率的光電轉換裝置。此外，因為在具有透光性的基礎基板一

側具有受光面，所以可以應用與薄膜光電轉換裝置同樣的效率好的集成化製程，並且可以以機械強度高的結構的超直方式形成模組。

注意，本實施例方式可以與其他實施例方式適當地組合。

實施例 2

本發明的一種方式是具有單晶半導體層的光電轉換裝置。其特徵在於，將具有透光性的絕緣基板用作基底基板，在半導體層的表面一側形成半導體接面及電極，在基底基板一側設置受光面。

在本方式中，參照附圖詳細說明光電轉換模組的製造方法。

注意，在本說明書中，光電轉換模組是指一種光電轉換裝置，並且是指使多個光電轉換層串聯連接或並聯連接以得到所希望功率的結構。

圖 2 是在具有絕緣表面的同一個基板上隔開預定間隔配置多個光電轉換層的例子。在幾個光電轉換層中形成電極而串聯連接成集合體，並使該集合體並聯連接，並且設置從串聯連接及並聯連接的光電轉換層取出功率的正負極端子。注意，設置於基板上的光電轉換層的個數、光電轉換層的面積、各光電轉換層的連接方法、從光電轉換模組取出功率的方法等都是任意的，實施者根據所希望的功率、設置地點等適當地設計即可。

在本方式中，示出在基礎基板 110 上隔開預定間隔配置光電轉換層 140a、光電轉換層 140b、光電轉換層 140c、光電轉換層 140d、光電轉換層 140e、光電轉換層 140f 的例子。在此，示出如下例子：相鄰光電轉換層電連接，並配置兩組由三個光電轉換層串聯連接形成的集合體，這兩組光電轉換層的集合體並聯連接。

作為基礎基板 110，只要是可耐受本發明的光電轉換裝置的製造製程並且具有透光性的基板，就沒有特別的限定，例如使用透光性絕緣基板。明確而言，可以舉出石英基板、陶瓷基板、藍寶石基板、在電子工業中使用的各種玻璃基板諸如鋁矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、鋇硼矽酸鹽玻璃等。當使用可以實現大面積化且廉價的玻璃基板時，可以降低成本、提高生產率，所以是較佳的。

準備單晶半導體基板 101(參照圖 3A)。

作為單晶半導體基板 101，典型的是應用單晶矽基板。此外，還可以應用周知的單晶半導體基板，例如可以應用單晶鍺基板、單晶矽鍺基板等。此外，也可以應用多晶半導體基板來代替單晶半導體基板 101，典型的是可以應用多晶矽基板。因此，在應用多晶半導體基板來代替單晶半導體基板的情況下，以下說明中的“單晶半導體”可以替換成“多晶半導體”。

作為單晶半導體基板 101，可以使用 n 型單晶半導體基板或者 p 型單晶半導體基板。例如，p 型單晶半導體基板的雜質濃度為 $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 以上且 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下左

右，比電阻為 $1 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上且 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下左右。在本方式中，示出使用p型單晶半導體基板作為單晶半導體基板101的例子。

單晶半導體基板101的尺寸(面積、平面形狀以及厚度等)由實施者根據製造裝置的規格、模組的規格決定即可。例如，作為單晶半導體基板101的平面形狀，可以應用普遍流通的圓形、或加工為所希望形狀的形狀。

對該光電轉換層的平面形狀沒有特別的限定，可以採用包括正方形的矩形形狀、多邊形狀或者圓形形狀。例如，採用大約為 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 的面狀。

在此，說明單晶半導體基板101的加工例子。例如，可以應用圖11A至11D所示的單晶半導體基板101。

如圖11A所示，也可以就這樣應用圓形單晶半導體基板101。此外，如圖11B、11C所示，也可以從圓形的基板切割出近似四邊形的單晶半導體基板101而使用。

圖11B示出以使其尺寸在內接於圓形單晶半導體基板101的尺寸中最大的方式切割出四邊形的單晶半導體基板101的例子。單晶半導體基板101的角部頂點的角度大約為 90° 。

圖11C示出以其對邊的間隔比圖11B的長的方式切割出單晶半導體基板101的例子。單晶半導體基板101的角部頂點的角度不是 90° ，單晶半導體基板101不是四邊形而是多邊形狀。

另外，如圖11D所示，也可以切割出六邊形的單晶半

導體基板 101。圖 11D 示出以使其尺寸在內接於圓形單晶半導體基板 101 的尺寸中最大的方式切割出六邊形的單晶半導體基板 101 的例子。藉由將單晶半導體基板切割成六邊形，與切割成四邊形時相比，可以減少基板端部的切掉量。

注意，雖然在此示出從圓形的單晶半導體基板切割出具有所希望的形狀的基板的例子，但是本發明的一種方式不侷限於此，也可以從圓形以外的基板切割成所希望的形狀。藉由將單晶半導體基板加工成所希望的形狀，容易應用於在光電轉換裝置的製造製程中使用的製造裝置。此外，當構成光電轉換模組時，可以容易使光電轉換層彼此連接。

單晶半導體基板 101 可以採用普遍流通的具有按照 SEMI 標準的厚度的基板。此外，也可以在從錠塊切割出時適當地調整其厚度。如果在從錠塊切割出時增加所切割出的單晶半導體基板的厚度，則可以減少多餘的切出份兒，所以是較佳的。

另外，作為單晶半導體基板 101，也可以使用大面積的基板。作為單晶矽基板，普遍流通直徑大約為 100mm(4 英寸)、直徑大約為 150mm(6 英寸)、直徑大約為 200mm(8 英寸)、直徑大約為 300mm(12 英寸)等尺寸，近年來直徑大約為 400mm(16 英寸)的大面積基板也開始流通。另外，也期待今後實現 16 英寸以上的大口徑，並已經將直徑大約為 450mm(18 英寸)的大口徑預測為下一代基板。藉由應用大

面積的單晶半導體基板 101，可以從一個基板形成多個光電轉換層，並且可以縮小由於將多個光電轉換層排列而產生的間隙(非發電區域)的面積。此外，還可以提高生產率。

在距離單晶半導體基板 101 的一個表面預定深度的區域中形成脆化層 105(參照圖 3B)。

脆化層 105 在後面的分割製程中成為將單晶半導體基板 101 分割為單晶半導體層和剝離基板(單晶半導體基板)的分界及其附近。考慮到後面要分割的單晶半導體層的厚度而決定形成脆化層 105 的深度。

作為形成脆化層 105 的方法，採用照射由電壓加速的離子的離子植入法或離子摻雜法、或者利用多光子吸收的方法等。

例如，可以對單晶半導體基板 101 的內部引入氫、氮及/或鹵素，以形成脆化層 105。圖 3B 示出從單晶半導體基板 101 的一個表面一側照射由電壓加速的離子，以在單晶半導體基板 101 的預定深度區域中形成脆化層 105 的例子。明確而言，藉由對單晶半導體基板 101 照射由電壓加速的離子(典型為氫離子)，將該離子或構成該離子的元素(若是氫離子則為氫)引入單晶半導體基板 101 中，從而使單晶半導體基板 101 的一部分區域的結晶結構錯亂而發生脆化，以形成脆化層 105。

在本說明書中，“離子植入”是指對由源氣體產生的離子進行品質分離並將它照射到物件物，來添加構成該離子

的元素的方式。此外，“離子摻雜”是指對由源氣體產生的離子不進行品質分離地照射到物件物，來添加構成該離子的元素的方式。脆化層105可以藉由利用進行品質分離的離子植入裝置或者不進行品質分離的離子摻雜裝置來形成。

根據要照射的離子的加速電壓及/或傾角(基板的傾斜角度)等，可以控制將脆化層105形成在單晶半導體基板101中的深度(在此是指從單晶半導體基板101的照射表面一側到脆化層105的膜厚方向的深度)。從而，考慮到藉由薄片化而得到的單晶半導體層的所希望的厚度來決定使離子加速的電壓及/或傾角。

作為要照射的離子，較佳採用由包含氫的源氣體生成的氫離子。藉由對單晶半導體基板101照射氫離子，將氫引入該單晶半導體基板101中，以在單晶半導體基板101的預定深度區域中形成脆化層105。例如，藉由利用包含氫的源氣體生成氫電漿，並且利用電壓使該氫電漿中生成的離子加速並進行照射，可以形成脆化層105。另外，也可以利用由包含以氫為代表的稀有氣體或者鹵素的源氣體生成的離子來代替氫或者與氫一起利用，來形成脆化層105。注意，藉由照射特定的離子，容易使單晶半導體基板101中相同深度的區域集中脆化，所以是較佳的。

例如，對單晶半導體基板101照射由氫生成的離子，形成脆化層105。藉由調整要照射的離子的加速電壓、傾角及劑量，可以在單晶半導體基板101的預定深度區域中

形成作為高濃度的氫摻雜區域的脆化層105。在利用由氫生成的離子的情況下，較佳使成為脆化層105的區域包含當換算成氫原子時其峰值為 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上的氫。局部的作為氫高濃度摻雜區域的脆化層105失去結晶結構，成為形成了微小空洞的多孔質結構。藉由對這種脆化層105進行較低溫（大約為 700°C 以下）的熱處理使微小空洞的體積發生變化，從而可以沿著脆化層105或該脆化層的附近分割單晶半導體基板101。

注意，較佳在單晶半導體基板101的受到離子照射的表面上形成保護層，以防止單晶半導體基板101的表層受到損傷。圖3B示出在單晶半導體基板101的至少一個表面上形成絕緣層103用作保護層，並且從形成有該絕緣層的表面一側照射由電壓加速的離子的例子。對絕緣層103照射離子，並且將穿過該絕緣層的離子或構成離子的元素引入單晶半導體基板101中，以在該單晶半導體基板的預定深度區域中形成脆化層105。

將單晶半導體基板101的表面的平均面粗糙度(Ra值)設定為 0.5 nm 以下，較佳為 0.3 nm 以下。當然，Ra值越低越好。藉由使單晶半導體基板101的表面的平坦性優良，後面可以將其優良地貼合到基礎基板110。本說明書中的平均面粗糙度(Ra值)是指將JIS B0601所定義的中心線平均粗糙度擴展到三維以使它能夠應用於平面的平均表面粗糙度。

用作保護層的絕緣層103也用作與基礎基板110的接合

層。但是，也可以在離子照射製程中失去其平坦性的情況下除去絕緣層103，再次形成絕緣層(參照圖3C)。

作為絕緣層103，可以形成單層結構或兩層以上的疊層結構。此外，較佳的是，後面貼合到基板110而形成接合的面(接合面)的平坦性優良，更較佳的是，具有親水性。明確而言，藉由形成接合面的平均面粗糙度(Ra值)為0.5nm以下、較佳為0.3nm以下的絕緣層103，可以優良地進行與基礎基板110的貼合。無須置言，平均面粗糙度(Ra值)越小越好。

例如，作為形成絕緣層103的接合面的層，形成氧化矽層、氮化矽層、氧氮化矽層或氮氧化矽層等。

作為具有平坦性並可形成親水表面的層，較佳採用熱氧化矽層、藉由使用有機矽烷氣體並利用電漿CVD法形成的氧化矽層。藉由使用這種氧化矽層，可以牢固地與基板接合。作為有機矽烷氣體，可以使用四乙氧基矽烷(TEOS：化學式為 $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)、四甲基矽烷(TMS：化學式為 $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$)、四甲基環四矽氧烷(TMCTS)、八甲基環四矽氧烷(OMCTS)、六甲基二矽氮烷(HMDS)、三乙氧基矽烷($\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$)、三(二甲氨基)矽烷($\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$)等含矽化合物。

此外，作為具有平坦性並可形成親水性表面的層，可以採用藉由使用矽烷、乙矽烷、丙矽烷等矽烷氣體且利用電漿CVD法形成的氧化矽、氧氮化矽、氮化矽、氮氧化矽。例如，作為形成絕緣層103的接合面的層，可以應用藉

由將矽烷和氮用作源氣體且利用電漿CVD法形成的氮化矽層。注意，既可以對矽烷和氮的源氣體加入氫，又可以對源氣體加入一氧化二氮來形成氮氧化矽層。對於形成絕緣層103的至少一層，採用含氮的矽絕緣層，具體採用氮化矽層、氮氧化矽層，可以防止雜質從後面貼合的基礎基板110擴散。

注意，氧氮化矽層是指組成中氧的含量比氮的含量多的層。明確而言，是指如下的層：在利用盧瑟福背散射光譜學法(RBS：Rutherford Backscattering Spectrometry)以及氫前方散射法(HFS：Hydrogen Forward Scattering)進行測量的情況下，作為濃度範圍，包含50原子%以上且70原子%以下的氧、0.5原子%以上且15原子%以下的氮、25原子%以上且35原子%以下的矽、0.1原子%以上且10原子%以下的氫。另外，氮氧化矽層是指組成中氮的含量比氧的含量多的層。明確而言，它是指如下層：在利用RBS及HFS進行測量的情況下，作為濃度範圍，包含5原子%以上且30原子%以下的氧、20原子%以上且55原子%以下的氮、25原子%以上且35原子%以下的矽、10原子%以上且30原子%以下的氫。但是，當將構成氧氮化矽或氮氧化矽的原子的總計設定為100原子%時，氮、氧、矽及氫的含有比率包含在上述範圍內。

在任何情況下，只要是其接合面具有平坦性並且其接合面的平均面粗糙度(Ra值)為0.5nm以下，較佳為0.3nm以下的具有平坦性的絕緣層，就可以應用包含矽的絕緣層以

外的層。注意，在絕緣層103具有疊層結構的情況下，形成接合面的層以外的層不侷限於此。此外，在本方式中，需要將絕緣層103的成膜溫度設定為形成在單晶半導體基板101中的脆化層105不發生變化的溫度，較佳將它設定為350℃以下。

如此形成脆化層105，並且使形成有絕緣層103的單晶半導體基板101的一個表面一側和基礎基板110的一個表面一側相對並彼此重疊地貼合。在本發明的一種方式中，為了製造在同一個基板上設置有多個光電轉換層的光電轉換模組，將多個單晶半導體基板101隔開預定間隔地配置並貼合到基礎基板110。圖8示出在一個基礎基板110上隔開預定間隔地配置有六個單晶半導體基板101a至101f的例子。

此外，圖4A相當於圖8中的切斷線XY的截面圖，其中，示出貼合到基礎基板110的單晶半導體基板101a和單晶半導體基板101d。將彼此相鄰的單晶半導體基板(例如，單晶半導體基板101a和單晶半導體基板101d)的間隔大體上設定為1mm(參照圖4A、圖8)。

注意，說明本說明書中的製造製程的截面圖示出了相當於圖2中的切斷線XY、圖8中的切斷線XY的截面圖的面。

使單晶半導體基板101(單晶半導體基板101a至101f)一側的接合面和基礎基板110一側的接合面接觸，並使范德華力、氫鍵起作用來形成接合。例如，藉由推壓重疊的多

個單晶半導體基板101分別與基礎基板110重疊的區域的一部分，可以使范德華力或氫鍵覆蓋接合面的整個區域。在接合面的一方或兩者具有親水性表面的情況下，羥基、水分子用作黏合劑。並且，藉由後面進行熱處理，使水分子擴散，並且殘留成分形成矽烷醇基(Si-OH)，由氫鍵形成接合。再者，該接合部藉由使氫脫離來形成矽氧烷鍵(O-Si-O)，從而成爲共價鍵，實現更牢固的接合。

將單晶半導體基板101一側的接合面及基礎基板110一側的接合面的平均面粗糙度(Ra值)分別設定爲0.5nm以下，較佳爲0.3nm以下。此外，將單晶半導體基板101一側的接合面及基礎基板110一側的接合面的平均面粗糙度(Ra值)之和設定爲0.7nm以下，較佳爲0.6nm以下，更較佳爲0.4nm以下。此外，將單晶半導體基板101一側的接合面及基礎基板110一側的接合面各自與純水的接觸角分別設定爲20°以下，較佳爲10°以下，更較佳爲5°以下。此外，將單晶半導體基板101一側的接合面及基礎基板110一側的接合面與純水的接觸角的和設定爲30°以下，較佳爲20°以下，更較佳爲10°以下。當接合面滿足這些條件時，可以進行優良的貼合，可以形成牢固的接合。

注意，較佳在將單晶半導體基板101和基礎基板110貼合在一起之前，對單晶半導體基板101和基礎基板110的接合面分別進行表面處理。藉由進行表面處理，可以提高單晶半導體基板101和基礎基板110的接合介面的接合強度。

作爲表面處理，可以舉出濕處理、乾處理、或者它們

的組合。此外，還可以採用不同濕處理的組合、不同乾處理的組合。

作為濕處理，可以舉出使用臭氧水的臭氧處理(臭氧水清洗)、兆頻超聲波清洗、二流體清洗(與氮等載氣一起噴上純水、含氫水等功能性水的方法)等。作為乾處理，可以舉出紫外線處理、臭氧處理、電漿處理、施加偏壓電漿處理、自由基處理等。藉由進行這種表面處理，可以提高被處理體表面的親水性及清潔性。其結果，可以提高基板之間的接合強度。

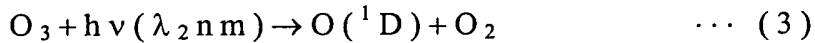
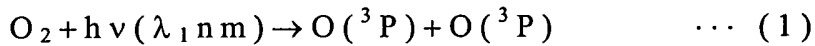
濕處理對於除去附著在被處理體表面的大塵土等時是有效的。此外，乾處理對於除去或分解附著在被處理體表面的有機物等的微小塵土時是有效的。就是說，藉由對被處理體進行紫外線處理等乾處理後，進行清洗等濕處理，可以促進被處理體表面的清潔化以及親水化。並且，也可以抑制在被處理體的表面上產生浮水印(watermark)。

此外，作為乾處理，較佳進行利用臭氧或單重氧等處於活性狀態的氧的表面處理。可以利用臭氧或單重氧等處於啟動狀態的氧來有效地除去或分解附著在被處理體表面的有機物。此外，藉由利用臭氧或單重氧等處於活性狀態的氧和包含低於200nm波長的光進行表面處理，可以進一步有效地除去附著在被處理體表面的有機物。下面，進行具體說明。

例如，藉由在含氧的氛圍下照射紫外線，對被處理體進行表面處理。藉由在含氧的氛圍下照射包含低於200nm

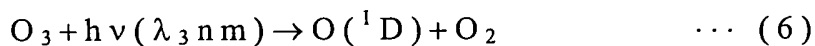
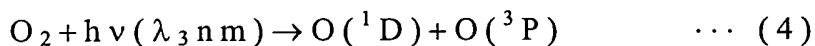
波長的光和包含 200nm 以上波長的光，可以生成臭氧及單重氧。此外，藉由照射包含低於 180nm 波長的光，可以生成臭氧及單重氧。

示出藉由在含氧的氛圍下照射包含低於 200nm 波長的光和包含 200nm 以上波長的光引起的反應例子。



首先，藉由在含氧(O_2)的氛圍下照射包含低於 200nm 波長($\lambda_1 \text{ nm}$)的光($h\nu$)，生成處於基態的氧原子($\text{O}({}^3\text{P})$)(反應式 1)。接著，處於基態的氧原子($\text{O}({}^3\text{P})$)和氧(O_2)反應，生成臭氧(O_3)(反應式 2)。然後，藉由在包含所生成的臭氧(O_3)的氛圍下照射包含 200nm 以上波長($\lambda_2 \text{ nm}$)的光，生成處於激發態的單重氧 $\text{O}({}^1\text{D})$ (反應式 3)。藉由在含氧的氛圍下照射包含低於 200nm 波長的光，生成臭氧，並且，藉由照射包含 200nm 以上波長的光，分解臭氧，生成單重氧。上述表面處理可以藉由例如在含氧的氛圍下照射低壓汞燈($\lambda_1 = 185 \text{ nm}$ ， $\lambda_2 = 254 \text{ nm}$)來進行。

此外，示出藉由在含氧的氛圍下照射包含低於 180nm 波長的光引起的反應例子。



首先，藉由在含氧(O_2)的氛圍下照射包含低於 180nm

波長 ($\lambda_3\text{nm}$) 的光，生成處於激發態的單重氧 $\text{O}(^1\text{D})$ 和處於基態的氧原子 ($\text{O}(^3\text{P})$) (反應式 4)。接著，處於基態的氧原子 ($\text{O}(^3\text{P})$) 和氧 (O_2) 反應，生成臭氧 (O_3) (反應式 5)。然後，藉由在包含所生成的臭氧 (O_3) 的氛圍下照射包含低於 180nm 波長 ($\lambda_3\text{nm}$) 的光，生成處於激發態的單重氧和氧 (反應式 6)。藉由在含氧的氛圍下照射紫外線中包含低於 180nm 波長的光，生成臭氧，並且分解臭氧或氧，生成單重氧。上述表面處理可以藉由例如在含氧的氛圍下照射 Xe 準分子 UV 燈來進行。

利用包含低於 200nm 波長的光，可以切斷附著在被處理體表面的有機物等的化學鍵，並且利用臭氧或單重氧可以對該有機物進行氧化分解來除去。藉由進行上述表面處理，可以進一步提高被處理體表面的親水性及清潔性，可以優良地進行接合。

此外，也可以在對接合面照射了原子束或離子束後，或對接合面進行了電漿處理或自由基處理之後，進行貼合。藉由進行上述那樣的處理，可以使接合面活化，從而可以優良地進行貼合。例如，可以照射氬等惰性氣體中性原子束或惰性氣體離子束來使接合面活化。也可以藉由使接合面暴露於氧電漿、氮電漿、氧自由基或氮自由基來進行活化。藉由謀求實現接合面的活化，即使是絕緣層和玻璃基板等那樣以不同材料為主要成分的基體之間，也可以利用低溫處理 (例如為 400°C 以下) 形成接合。另外，也可以藉由使用含氧水、含氬水、或純水等對接合面進行處理，使

接合面具有親水性並增加該接合面的羥基，從而形成牢固的接合。

在本方式中，在一個基礎基板110上配置多個單晶半導體基板101。雖然可以在基礎基板上逐個配置單晶半導體基板，但是，例如當利用淺盤等保持單元時，可以一齊配置多個單晶半導體基板。更較佳的是，爲了在基礎基板上隔開預定間隔地配置，將所希望個數的單晶半導體基板保持在保持單元中，從而一齊配置。若預先使保持單元的形狀等對應於此，則容易使單晶半導體基板和基礎基板的位置對準，所以是較佳的。當然，也可以在逐個對準位置的同時，將單晶半導體基板配置在基礎基板上。作爲單晶半導體基板的保持單元，可以舉出淺盤、保持用基板、真空吸盤(vacuum chuck)、靜電吸盤(electrostatic chuck)等。

較佳的是，在將多個單晶半導體基板101和基礎基板110重疊之後，進行熱處理及/或加壓處理。藉由進行熱處理及/或加壓處理，可以提高接合強度。當進行熱處理時，將溫度範圍設定爲基礎基板110的應變點溫度以下且形成在單晶半導體基板101中的脆化層105的體積不發生變化的溫度，較佳爲200℃以上且低於410℃。該熱處理較佳在將單晶半導體基板101和基礎基板110重疊的製程後接著進行。在進行加壓處理的情況下，考慮到基礎基板110及單晶半導體基板101的耐受性，以在垂直於接合面的方向上施加壓力的方式進行。此外，也可以在進行用來提高接合

強度的熱處理後，接著進行後面所述的以脆化層105為分界分割單晶半導體基板101的熱處理。

另外，也可以在基礎基板110一側形成絕緣層諸如氧化矽層、氮化矽層、氧氮化矽層或氮氧化矽層等，並且中間夾著該絕緣層貼合到單晶半導體基板101。此時，也可以貼合到形成在單晶半導體基板101一側的絕緣層。

接著，以脆化層105為分界分割單晶半導體基板101，在基礎基板110上形成薄片化了的單晶半導體層(參照圖4B)。如圖8所示，在一個基礎基板110上配置單晶半導體基板101a至101f，並且對應於該單晶半導體基板的配置，在基礎基板110上形成多個依次層疊有絕緣層103、以及第一單晶半導體層121的疊層體。

如本方式所示，較佳藉由熱處理來以脆化層105為分界分割單晶半導體基板。熱處理可以藉由利用快速熱退火(RTA; Rapid Thermal Anneal)、爐(furnace)、由高頻產生裝置產生的微波、毫米波等高頻引起介電加熱等的熱處理裝置來進行。作為熱處理裝置的加熱方式，可以舉出電阻加熱式、燈加熱式、氣體加熱式、電磁波加熱式等。此外，也可以進行雷射光束的照射、熱電漿噴射的照射。RTA裝置可以進行快速加熱處理，並且可以加熱到單晶半導體基板101的應變點附近或者稍微高於單晶半導體基板101的應變點(或者基礎基板110的應變點附近或者稍微高於基礎基板110的應變點)的溫度。用來分割單晶半導體基板101的較佳熱處理溫度為410℃以上且低於單晶半導體基板101

的應變點溫度(並且低於基礎基板110的應變點溫度)。藉由至少進行410℃以上的熱處理，形成在脆化層105中的微小空洞的體積發生變化，從而可以以該脆化層或該脆化層附近為分界分割單晶半導體基板101。

例如，可以將從單晶半導體基板101分離的第一單晶半導體層121的厚度設定為20nm以上且1000nm以下，較佳為40nm以上且300nm以下。當然，藉由調整當形成脆化層時的加速電壓等，可以從單晶半導體基板101分離上述厚度以上的單晶半導體層。

藉由以脆化層105為分界分割單晶半導體基板101，從該單晶半導體基板分離一部分的單晶半導體層，形成第一單晶半導體層121。此時，可以得到從單晶半導體基板101分離了一部分單晶半導體層的剝離基板155。該剝離基板155可以在進行再生處理後反復利用。剝離基板155既可以用作製造光電轉換裝置的單晶半導體基板，又可以用於其他用途。藉由利用剝離基板155作為用於本發明的一種方式的單晶半導體基板，並重複該迴圈，可以從一個原料基板製造多個光電轉換裝置。

此外，藉由以脆化層105為分界分割單晶半導體基板101，有時在薄片化了的單晶半導體層(在此為第一單晶半導體層121)的分割面(分離面)上產生凹凸。這種凹凸面由於離子損傷而使得結晶性、平坦性被破壞，所以為使該第一單晶半導體層用作後面進行磊晶生長時的種子層，較佳恢復其表面的結晶性及平坦性。當恢復結晶性、除去損傷

層時，可以利用雷射處理、蝕刻製程，並且可以同時恢復平坦性。

接著，說明藉由雷射處理來謀求實現結晶性的恢復及平坦化的例子。此外，如圖4B所示，以如下例子進行說明：使單晶半導體基板101薄片化，在基礎基板110上形成隔開預定間隔配置的單晶半導體層（在此是第一單晶半導體層121）。

例如，如圖17所示，對配置在基礎基板110上的單晶半導體層（在此是第一單晶半導體層121），從該單晶半導體層的上面一側照射雷射光束160，使單晶半導體層熔融固化，從而可以恢復單晶半導體層的結晶性及平坦性。

利用雷射光束160的照射使單晶半導體層熔融，可以是部分熔融，也可以是完全熔融，但是更較佳的是只有上層（表層一側）熔融成為液相的部分熔融。在部分熔融中，可以將單晶的固相部分為種子進行結晶生長。注意，在本說明書中，完全熔融是指單晶半導體層熔融到下部介面附近而成為液相狀態的情況。部分熔融是指單晶半導體層的一部分（例如是上層部）熔融成為液相，其他（例如是下層部）不熔融而維持固相的情況。

作為可以應用於根據本方式的雷射處理的雷射光束160，選擇具有可被單晶半導體層吸收的波長的雷射光束。此外，雷射光束的波長可以考慮到雷射光束的趨膚深度（skin depth）等決定。例如，選擇其振盪波長在紫外光區域至可見光區域的範圍內的雷射光束，具體地，其波長在

250nm以上且700nm以下的範圍內。作為雷射光束160的具體例子，可以舉出以YAG雷射器及YVO₄雷射器為代表的固體雷射器的二次諧波(532nm)、三次諧波(355nm)、四次諧波(266nm)或者XeCl準分子雷射器的(308nm)、KrF準分子雷射器的(248nm)。此外，作為發射雷射光束160的雷射振盪器，可以使用連續振盪雷射器、準連續振盪雷射器以及脈衝振盪雷射器。為了實現部分熔融，較佳使用其重複頻率為1MHz以下且脈衝寬度為10納秒以上且500納秒以下的脈衝振盪雷射器。例如，可以使用其重複頻率為10Hz以上且300Hz以下且脈衝寬度大約為25納秒並且波長為308nm的XeCl準分子雷射器。

此外，照射到單晶半導體層的雷射光束的能量考慮到雷射光束的波長、雷射光束的趨膚深度以及作為被照射體的單晶半導體層的厚度等而決定。可以將雷射光束的能量例如設定為300mJ/cm²以上且800mJ/cm²以下的範圍內。例如，在單晶半導體層的厚度為120nm左右，並將脈衝振盪雷射器用作雷射振盪器，並且雷射光束的波長為308nm的情況下，可以將雷射光束的能量密度設定為600mJ/cm²以上且700mJ/cm²以下。

雷射光束160的照射較佳在稀有氣體或氮等惰性氣體氛圍下或者真空狀態下進行。當在惰性氣體氛圍下或者真空狀態下照射雷射光束160時，與在大氣氛圍下照射時相比，可以抑制作為被照射體的單晶半導體層產生裂縫。例如，為了在惰性氣體氛圍下照射雷射光束160，而在具有

氣密性的反應室內，將反應室內的氛圍替換為惰性氣體氛圍照射雷射光束160。在不使用反應室的情況下，藉由對雷射光束160的被照射面(在圖17中相當於第一單晶半導體層121)噴上氮氣體等惰性氣體，實質上可以實現惰性氣體氛圍。

較佳利用光學系統使雷射光束160的能量分佈均勻並且使其照射面的光束形狀為線狀。藉由如上所述利用光學系統對雷射光束160的形狀進行調節，可以處理能力好地對被照射面進行均勻照射。藉由使雷射光束160的光束長度長於基礎基板110的一邊，可以以一次掃描對形成在基礎基板110上的所有單晶半導體層照射雷射光束160。此外，在雷射光束160的光束長度短於基礎基板110的一邊的情況下，可以以多次掃描對形成在基礎基板110上的所有單晶半導體層照射雷射光束160。

注意，藉由與雷射處理組合進行熱處理，也可以高效地謀求實現結晶性、損傷的恢復。至於熱處理，較佳的是，利用加熱爐、RTA等，與用來以脆化層105為分界分割單晶半導體基板101的熱處理相比，以更高的溫度及/或更長的時間進行。當然，以不超過基礎基板110的應變點程度的溫度進行熱處理。

此外，也可以採用藉由蝕刻去除損傷層的方法來代替雷射處理。在此情況下，如圖18B所示，使第一單晶半導體層121薄膜化。

藉由從表層蝕刻使單晶半導體基板薄片化而形成的單

晶半導體層，可以去除由於形成脆化層或分割單晶半導體基板而產生的損傷部分，實現平坦化。在此，說明如下例子：藉由蝕刻如圖18A所示的第一單晶半導體層121的表層，去除由於形成脆化層或分割單晶半導體基板而產生的損傷部分。

實施者可以適當地設定使單晶半導體層薄膜化的厚度(蝕刻的厚度)。例如，使單晶半導體基板薄片化而形成厚度為300nm左右的單晶半導體層，並且從表層對該單晶半導體層蝕刻200nm左右，從而形成除去了損傷部分的膜厚100nm左右的單晶半導體層。

單晶半導體層(在此是第一單晶半導體層121)的薄膜化可以藉由乾蝕刻或濕蝕刻進行，較佳使用乾蝕刻。

例如，進行反應離子蝕刻(RIE: Reactive Ion Etching)法、ICP(Inductively Coupled Plasma: 感應耦合電漿)蝕刻法、ECR(Electron Cyclotron Resonance: 電子迴旋共振)蝕刻法、平行平板型(電容耦合型)蝕刻法、磁控管電漿蝕刻法、雙頻率電漿蝕刻法、螺旋波電漿蝕刻法等乾蝕刻。作為蝕刻氣體，例如可以舉出：氯、氯化硼、氯化矽(包含四氯化矽)等氯類氣體；三氟甲烷、氟化碳、氟化氮、氟化硫等氟類氣體；溴化氫等溴類氣體等。此外，還可以舉出：氮、氬、氫等惰性氣體；氧氣；氫氣等。

注意，如圖18B所示，也可以在使單晶半導體層薄膜化後，對該單晶半導體層照射雷射光束，以進一步謀求提高單晶半導體層的結晶性。

藉由使單晶半導體層薄膜化而形成的單晶半導體層由於形成脆化層或分割單晶半導體基板,其結晶性下降。因此,藉由如上所述進行雷射光束的照射、蝕刻,可以恢復第一單晶半導體層121的表面的結晶性。因為單晶半導體層用作進行磊晶生長時的種子層,所以藉由恢復其結晶性,可以提高藉由磊晶生長而得到的半導體層的結晶性。

將恢復了結晶性的第一單晶半導體層121用作使成為實際上的光吸收層的第二單晶半導體層122生長時的種子層。此外,也可以使用多晶半導體基板(典型為多晶矽基板)而代替單晶半導體基板。在此情況下,第一單晶半導體層121由多晶半導體(典型為多晶矽)形成。

接著,在第一單晶半導體層121上形成第二單晶半導體層122(參照圖5A)。雖然可以藉由使單晶半導體基板薄片化來分離具有所希望厚度的單晶半導體層,但是較佳藉由利用固相生長(固相磊晶生長)、氣相生長(氣相磊晶生長)等磊晶生長技術來謀求實現單晶半導體層的厚膜化。

在藉由利用離子植入法或離子摻雜法來使單晶半導體基板薄片化的情況下,為了使要分離的單晶半導體層厚,需要提高加速電壓。然而,對離子植入裝置或離子摻雜裝置的加速電壓有裝置上的限制,並且,提高加速電壓有可能產生射線等,在安全上成為問題。此外,在現有的裝置中,難以在提高加速電壓的同時照射大量離子,為了得到預定的植入量需要很長時間,從而節拍時間變長。

當利用磊晶生長技術時,可以避免如上所述的安全上

的問題。此外，因為可以將作為原料的單晶半導體基板留下得較厚，所以增加可以反復利用的次數，從而可以有助於節省資源。

因為作為單晶半導體的典型例子的單晶矽是間接遷移型的半導體，所以其光吸收係數低於直接遷移型的非晶矽。由此，為了充分吸收太陽光，較佳具有利用非晶矽的光電轉換裝置的至少幾倍以上的厚度。在此，較佳將第一單晶半導體層 121 的厚度及第二單晶半導體層 122 的厚度的總計設定為 $5\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下，更較佳為 $10\mu\text{m}$ 以上且 $100\mu\text{m}$ 以下。

說明第二單晶半導體層的形成方法。首先，以覆蓋多個疊層體上及相鄰的疊層體之間的縫隙地在基板的整個表面上形成非單晶半導體層。在基礎基板 110 上隔開預定間隔地配置多個疊層體，並且覆蓋其上層地形成非單晶半導體層。藉由進行熱處理，以第一單晶半導體層為種子層，使非單晶半導體層進行固相磊晶生長，形成第二單晶半導體層 122。

如上所述，該非單晶半導體層可以藉由以電漿 CVD 法為典型的化學氣相生長法來形成。在電漿 CVD 法中，藉由改變各種氣體的流量、投入的功率等成膜條件，可以形成微晶半導體或非晶半導體。例如，藉由將稀釋氣體（例如是氫）的流量設定為半導體材料氣體（例如是矽烷）的流量的 10 倍以上且 2000 倍以下，較佳為 50 倍以上且 200 倍以下，可以形成微晶半導體層（典型是微晶矽層）。此外，藉由使

稀釋氣體的流量設定為低於半導體材料氣體的流量的10倍，可以形成非晶半導體層(典型是非晶矽層)。此外，也可以藉由將反應氣體與摻雜氣體混合，形成n型或p型的非單晶半導體層，並且進行固相生長，形成n型或p型的單晶半導體層。

進行固相生長的熱處理可以藉由利用上述RTA、爐、高頻發生裝置等熱處理裝置來進行。在利用RTA裝置的情況下，較佳將處理溫度設定為500℃以上且750℃以下，並且將處理時間設定為0.5分鐘以上且10分鐘以下。在利用爐的情況下，較佳將處理溫度設定為500℃以上且650℃以下，並且將處理時間設定為1小時以上且4小時以下。

此外，也可以藉由利用電漿CVD法的氣相磊晶生長，以第一單晶半導體層121為種子層而形成第二單晶半導體層122。

促進氣相磊晶生長的電漿CVD法的條件根據構成反應氣體的各種氣體的流量、施加的功率等而變化。例如，藉由在包含半導體材料氣體(矽烷)及稀釋氣體(氫)的氛圍下將稀釋氣體的流量設定為半導體材料氣體的流量的6倍以上，較佳為50倍以上進行，可以形成第二單晶半導體層122。藉由將上述反應氣體與摻雜氣體混合，可以使n型或p型的單晶半導體層進行氣相生長。此外，也可以在形成第二單晶半導體層122的過程中，改變稀釋氣體的流量。例如，藉由在剛開始成膜後採用其流量為矽烷的150倍左右的氫形成薄的半導體層後，繼續採用其流量為矽烷的6

倍左右的氫形成厚的半導體層，由此形成第二單晶半導體層122。藉由在剛開始成膜後以利用稀釋氣體稀釋半導體材料氣體的稀釋率高的條件形成薄的半導體層，然後，以利用稀釋氣體稀釋半導體材料氣體的稀釋率低的條件形成厚的半導體層，可以在防止膜剝落的同時，提高沈積速度，以進行氣相生長。

此外，在基礎基板110上隔開預定間隔配置多個疊層體（絕緣層103和第一單晶半導體層121），並且在相鄰的疊層體之間沒有種子層。本方式的第二單晶半導體層122至少在疊層體（絕緣層103和第一單晶半導體層121）上進行結晶生長即可，並且對形成在相鄰的疊層體之間的半導體層的結晶狀態沒有特別的限定。

注意，對第一單晶半導體層121的導電型沒有限定，但是，在此採用使p型單晶矽基板薄片化而得到的單晶半導體層。此外，對第二單晶半導體層122的導電型也沒有限定，但是在此採用i型單晶半導體層。注意，當利用與本方式不同的導電型的組合來構成光電轉換層時，有在形成第一單晶半導體層121時使用導電型不同的母材的方法、在形成第二單晶半導體層122時引入賦予不同導電型的雜質元素的方法。

形成在相鄰疊層體之間的半導體層使相鄰的疊層體單一化，並且妨礙後面的集成化，所以再次分離為多個疊層體（參照圖5B）。

作為分離方法，可以採用雷射照射、蝕刻，並且可以

採用與在上述恢復第一單晶半導體層121的表面的結晶性時使用的方法相同的方法。在採用雷射照射的情況下，藉由適當地提高能量密度，對相鄰的疊層體之間進行照射來進行加工。此外，在採用蝕刻的情況下，只在各疊層體上形成保護層，延長蝕刻時間來進行加工。但是，不需要都去除形成在相鄰疊層體之間的半導體層，各疊層體以高電阻的狀態分離即可。

接著，在第二單晶半導體層122的表層設置成為n型半導體及p型半導體的雜質的擴散區域，形成半導體接面。作為賦予n型的雜質元素，可以典型舉出屬於元素週期表中的第15族元素的磷、砷或銻等。作為賦予p型的雜質元素，可以典型舉出屬於元素週期表中的第13族元素的硼或鋁等。

在第二單晶半導體層122上設置用作保護層的具有用來形成第一雜質半導體層的開口的光致抗蝕劑132，並且藉由離子摻雜法或離子植入法引入賦予n型導電型的磷離子130。在剝離光致抗蝕劑132後，再次設置用作保護層的具有用來形成第二雜質半導體層的開口的光致抗蝕劑133，並且藉由離子摻雜法或離子植入法引入賦予p型導電型的硼離子131(參照圖6A和6B)。

例如，利用對所生成的離子不進行品質分離而由電壓加速並將離子流照射到基板的離子摻雜裝置，並且以磷化氫為源氣體引入磷離子130。此時，也可以對作為源氣體的磷化氫添加氫或氘。當利用離子摻雜裝置時，可以增大

離子束的照射面積，並且可以高效地進行處理。例如，形成超過基礎基板110的一邊尺寸的線狀離子束，並且將該線狀離子束從基礎基板110的一端照射至另一端，以此方式進行處理時，可以以均勻深度對第二單晶半導體層122的表層引入雜質。

接著，對在圖7A所示的狀態下引入雜質的區域進行活化。活化是指恢復由於引入雜質而受到損傷的區域的結晶性，使雜質原子和半導體原子成鍵並賦予導電性，它藉由熱處理或雷射照射進行。

作為熱處理的方法，可以採用如下方法：將上述形成有脆化層105的單晶半導體基板101貼合到基礎基板110，以脆化層105為分界進行分割。此外，在採用雷射照射的情況下，可以採用上述能用於恢復第一單晶半導體層121的表面的結晶性的方法。

在本方式中，使單晶半導體基板薄片化，來形成第一單晶半導體層121，並且藉由以第一單晶半導體層121為種子層的磊晶生長技術形成i型的第二單晶半導體層122。此外，在第二單晶半導體層122的表層中形成包含賦予n型的雜質元素的半導體層以及包含賦予p型的雜質元素的半導體層。在此，對第一雜質半導體層123a、123c、123e賦予n型導電型，對第二雜質半導體層123b、123d、123f賦予p型導電型。從而，在本方式的光電轉換層120中，在第二單晶半導體層122、第一雜質半導體層123a、123c、123e及第二雜質半導體層123b、123d、123f之間形成nip(或

pin) 接面。

在藉由活化形成的第一雜質半導體層 123a、123c、123e 的上部設置成為負極的第一電極 144a、144c、144e。此外，同樣地，在藉由活化形成的第二雜質半導體層 123b、123d、123f 的上部設置成為正極的第二電極 144b、144d、144f。該電極用包含鎳、鋁、銀、鉛錫(焊料)等金屬的材料形成。明確而言，可以藉由使用鎳膏、銀膏等由絲網印刷法形成(參照圖 7B)。

此外，用來使相鄰光電轉換層串聯連接的第一連接電極 146 及用來使相鄰光電轉換層並聯連接的第二連接電極 147 由與第一電極 144a、144c、144e 及第二電極 144b、144d、144f 相同的層形成(參照圖 2)。在此，雖然形成在各光電轉換層中的該電極和該連接電極是形成為一體的，但是，為方便起見，分別附加不同的名稱來進行說明。當然，也可以由與該電極不同的層形成該連接電極。

藉由上述製程，在基礎基板上以第一單晶半導體層為種子層進行磊晶生長形成第二單晶半導體層，並且將在其表層中設置半導體接面來形成的多個光電轉換層集成，從而可以製造光電轉換模組。

此外，因為由不使用黏合劑而中間夾著絕緣層來直接接合在基礎基板上的單晶半導體層構成光電轉換層，所以可以提供轉換效率高且機械強度高的光電轉換模組。

此外，雖然在本方式中示出第一雜質半導體層 123a、123c、123e 為 n 型半導體且第二雜質半導體層 123b、123d

、123f為p型半導體的例子，但是當然可以掉換n型半導體和p型半導體來形成。

此外，雖然在本方式中示出將磊晶生長的第二單晶半導體層122形成為具有i型的導電型從而得到pin接面型的例子，但是也可以將第二單晶半導體層122形成為具有n型或p型從而得到pn接面型。此時，具有與第二單晶半導體層122相同導電型的雜質半導體層較佳由高濃度地包含摻雜劑的層形成。

注意，本實施例方式可以與其他實施例方式適當地組合。

實施例3

在本實施例方式中，將說明與實施例方式2不同的光電轉換裝置的製造方法的一例。注意，省略或者部分簡化與上述實施例方式重複部分的說明。

根據實施例方式2，如圖5B所示，在基礎基板110上形成由絕緣層103、第一單晶半導體層121及第二單晶半導體層122構成的疊層體。

在該疊層體的上部形成如下結構：第一雜質半導體層230a、230c、230e和第二雜質半導體層230b、230d、230f不重疊而以帶狀的方式交替地形成。此外，在該雜質半導體層上形成第一電極240a、240c、240e及第二電極240b、240d、240f，從而完成光電轉換裝置(參照圖14A至14C、圖16A)。

在塊型光電轉換裝置中，在具有一種導電型的塊內形成具有相反導電型的雜質半導體層，並且在生成於pn接面介面的耗盡層內形成載子移動所需要的內部電場。另一方面，也可以與薄膜型光電轉換裝置同樣地藉由成膜形成雜質半導體層，並且藉由形成pn接面或pin接面，可以在p型半導體層及n型半導體層之間形成內部電場。

將說明具體製造方法的一例。形成圖5B所示的結構，在第二單晶半導體層122的上部形成以具有預定間隔且帶狀的方式設置有開口的光致抗蝕劑210，然後在其上部的整個表面上形成第一雜質半導體層220(參照圖14A)。藉由剝離法(lift-off method)去除剩餘的膜，形成第一雜質半導體層230a、230c、230e，在形成有第一雜質半導體層230a、230c、230e的第二單晶半導體層122的上部形成具有與光致抗蝕劑210不同的帶狀開口部的光致抗蝕劑211。並且，在其上部的整個表面上形成第二雜質半導體層221(參照圖14B)。再次藉由剝離法去除剩餘的膜，得到在疊層體的上部以彼此不重疊且帶狀的方式交替形成有第一雜質半導體層230a、230c、230e和第二雜質半導體層230b、230d、230f的結構(參照圖14C)。最後，形成第一電極240a、240c、240e及第二電極240b、240d、240f，完成光電轉換裝置(參照圖16A)。

在本方式中，第二單晶半導體層122具有i型的導電型，作為第一雜質半導體層220，藉由電漿CVD法且使用矽烷和包含賦予n型的雜質元素(例如是磷)的磷化氫作為源氣

體形成非單晶半導體層。此外，作為第二雜質半導體層221，藉由電漿CVD法且使用矽烷和包含賦予p型的雜質元素(例如是硼)的乙硼烷形成非單晶半導體層，並且形成pin界面。

注意，在藉由電漿CVD法等形成第一雜質半導體層220、第二雜質半導體層221之前，除去形成在第二單晶半導體層122上的自然氧化層等與半導體不同的層。自然氧化層可以藉由使用氫氟酸的濕蝕刻、或者乾蝕刻來除去。此外，在形成第一雜質半導體層220、第二雜質半導體層221時，在引入半導體材料氣體之前使用氫和稀有氣體的混合氣體諸如氫和氮的混合氣體或者氫、氮和氬的混合氣體進行電漿處理，從而可以除去自然氧化層、大氣氛圍元素(氧、氮或碳)。

在本方式中，也可以藉由熱處理、雷射照射提高形成在第二單晶半導體層122上的第一雜質半導體層220及第二雜質半導體層221的結晶性，使其活化。注意，也可以藉由熱處理、雷射照射，使包含在該雜質半導體層中的雜質擴散到第二單晶半導體層122的表層，在單晶層中形成半導體界面，從而得到良好的接合介面。

此外，雖然在本方式中例示了利用光致抗蝕劑的剝離法，但是也可以藉由進行雜質半導體層的成膜製程、光刻製程、蝕刻製程等來形成圖14C所示的結構。

此外，如圖16B所示的結構，也可以在雜質半導體層上形成用作鈍化層的保護膜180，對該保護膜進行部分開

口，設置第一電極240a、240c、240e及第二電極240b、240d、240f。

此外，雖然在本方式中例示了第一雜質半導體層230a、230c、230e為n型半導體並且第二雜質半導體層230b、230d、230f為p型半導體的情況，但是當然可以掉換n型半導體和p型半導體地形成。

此外，雖然在本方式中示出了將第二單晶半導體層122形成為具有i型的導電型以得到pin接面型的例子，但是也可以將第二單晶半導體層122形成為具有n型或p型，以得到pn接面型。此時，具有與第二單晶半導體層122相同導電型的雜質半導體層較佳由高濃度地包含摻雜劑的層形成。

如此，藉由在基礎基板上按照絕緣層、第一單晶半導體層、第二單晶半導體層的順序構成的疊層體的上部選擇性地形成包含摻雜劑的半導體層，可以提供以單晶半導體層的表面上形成有多個具有不同導電型的雜質半導體層的基礎基板一側為受光面的光電轉換裝置。

注意，本實施例方式可以與其他實施例方式適當地組合。

實施例4

在本實施例方式中，將說明與上述實施例方式不同的光電轉換裝置的製造方法的一例。注意，省略或者部分簡化與上述實施例方式重複部分的說明。

根據實施例方式2，如圖7A所示，在基礎基板110上形成由絕緣層103、第一單晶半導體層121、第二單晶半導體層122、第一雜質半導體層123a、123c、123e、第二雜質半導體層123b、123d、123f構成的疊層體。

在形成該疊層體的基礎基板110的上表面一側的整個表面上形成用作鈍化層的保護膜180。並且，利用光致抗蝕劑190設置對由該保護膜180覆蓋的雜質半導體層上的一部分進行開口的掩模，蝕刻開口部中的保護膜180，以露出雜質半導體層表面的一部分。然後，形成第一電極144a、144c、144e及第二電極144b、144d、144f，完成光電轉換裝置(參照圖12A至12C)。

因為半導體的表面處於也稱為晶格缺陷的狀態且其表面能級多，並且載子在表面附近複合，所以其使用壽命比半導體內部的短。從而，也在光電轉換裝置中，當半導體層的表面露出時，由光電效應產生的載子在表面複合而消失，成為轉換效率降低的主要因素。當想要減少表面複合時，形成鈍化層並且形成良好的介面是有效的，並且還得到阻斷雜質從外部混入的效果。

作為用作鈍化層的保護膜，除了使用熱氧化膜以外，例如還使用氧化矽層、氮化矽層、氧氮化矽層、氮氧化矽層等。它們可以藉由電漿CVD法、光CVD法、熱CVD法(也包括減壓CVD法、常壓CVD法)等CVD法來形成。

在本方式中，保護膜180使用藉由電漿CVD法形成的厚度為100nm的氮化矽膜。

注意，也可以在用作鈍化層的保護膜180的表層上形成凹凸。可以賦予所謂的光密封效果：即，從半導體層透過來的光在半導體層與該電極的介面上漫反射，並且在由該疊層體構成的介面上反覆反射(參照圖13)。

舉出在保護膜180的表層上形成凹凸的方法的一例。首先，作為保護膜180，藉由CVD法形成厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下，較佳為 $1\mu\text{m}$ 以上且 $3\mu\text{m}$ 以下的氧化矽層。接著，藉由噴砂法(sandblast method)在該保護膜180的表面上形成凹凸部200。下面，利用參照圖12B及12C說明的上述方法，形成圖13所示的結構。

此外，作為形成凹凸部200的其他方法，可以使用利用藥品的蝕刻、利用磨粒的磨削、利用雷射照射的燒蝕等。

如此，根據本發明的一種方式的光電轉換裝置具有如下結構：在由絕緣層、第一單晶半導體層、第二單晶半導體層以及雜質半導體層構成的疊層體的表面上設置有用作鈍化層的保護膜，並且在雜質半導體層與電極接觸的一部分區域中設置有保護膜的開口。藉由形成該保護膜，減少半導體表面上載子的複合，從而提高轉換效率。此外，藉由在該保護膜的表面上設置凹凸，可以得到光密封效果，進一步提高轉換效率。

注意，本實施例方式可以與其他實施例方式適當地組合。

實施例 5

在本實施例方式中，將說明與上述實施例方式不同的光電轉換裝置的製造方法的一例。明確而言，將說明利用多光子吸收在單晶半導體基板中形成成為脆化層的變質區域(modified region)的方法。注意，省略或者部分簡化與上述實施例方式重複部分的說明。

如圖 15 所示，從形成有絕緣層 203 的表面一側對單晶半導體基板 101 照射雷射光束 250，並且利用光學系統 204 將光聚焦於該單晶半導體基板中。並且，藉由對單晶半導體基板 101 的整個面內照射雷射光束 250，在單晶半導體基板 101 的預定深度區域中形成變質區域 205。作為雷射光束 250，應用發生多光子吸收的雷射光束。作為變質區域 205，形成與上述脆化層 105 相同的狀態。

多光子吸收是指如下現象：物質同時吸收多個光子，與在吸收光前相比，該物質所具有的能量提高到高能級。作為發生多光子吸收的雷射光束 250，應用從飛秒雷射器發射的雷射光束。已知多光子吸收是飛秒雷射器所引起的非線性相互作用之一。因為多光子吸收可以在焦點附近集中引起反應，所以可以在所希望的區域中形成變質區域。例如，藉由照射發生多光子吸收的雷射光束 250，可以形成包括數 nm 左右的空洞的變質區域 205。

注意，在利用多光子吸收形成變質區域 205 的製程中，根據雷射光束 250 的焦點位置(單晶半導體基板 101 中雷射光束 250 的焦點的深度)而決定形成在單晶半導體基板

101中的變質區域205的深度。實施者可以藉由利用光學系統204容易地調整雷射光束250的焦點位置。

如本方式所示，藉由利用多光子吸收來形成變質區域205，可以防止變質區域205以外的區域受到損傷或產生結晶缺陷。因此，以變質區域205為分界進行薄片化，可以形成結晶性等特性良好的單晶半導體層。

注意，較佳採用如下結構：在單晶半導體基板101上形成由氧化矽層、氮化矽層等氧化層構成的絕緣層203，並且藉由該絕緣層203照射雷射光束250。再者，較佳的是，將雷射光束250的波長設定為 $\lambda(\text{nm})$ ，將絕緣層203在波長 $\lambda(\text{nm})$ 處的折射率設定為 n ，並且將絕緣層203的厚度設定為 $d(\text{nm})$ ，滿足下面的算式(1)。

$$d = \frac{\lambda}{4n \times (2m+1)} \quad [\text{算式(1)}]$$

(m 為0以上的整數)

藉由滿足上面的算式(1)地形成絕緣層203，可以抑制雷射光束250在被照射體(單晶半導體基板101)的表面反射。其結果，可以有效地在單晶半導體基板101的內部形成變質區域205。

在形成變質區域205後，可以根據其他實施例方式製造光電轉換裝置。

注意，單晶半導體基板101的薄片化可以藉由施加外力代替進行熱處理來實現。明確而言，藉由物理性地施加外力，可以以變質區域205為分界分割單晶半導體基板101。例如，藉由利用人手或工具，可以分割單晶半導體基板

101。變質區域205經雷射光束250的照射形成空洞等而脆化。因此，可以藉由對單晶半導體基板101施加物理力量(外力)，使變質區域205的空洞等脆化部分成為起點或開端，以變質區域205為分界，分割單晶半導體基板101。注意，也可以組合熱處理和外力的施加，以分割單晶半導體基板101。藉由施加外力來分割單晶半導體基板101，可以縮短薄片化所需要的時間。因此，可以提高生產率。

注意，本實施例方式可以與其他實施例方式適當地組合。

實施例 6

在本實施例方式中，將說明與上述實施例方式不同的光電轉換裝置的製造方法的一例。注意，省略或者部分簡化與上述實施例方式重複部分的說明。

根據實施例方式2，如圖3C所示，形成如下單晶半導體基板101：在預定深度的區域中形成有脆化層105，並且在一個表面上形成有絕緣層103。

接著，對形成在單晶半導體基板101上的絕緣層103的表面進行利用電漿處理的平坦化處理。

明確而言，對處於真空狀態的反應室引入惰性氣體(例如是Ar氣體)及/或反應氣體(例如是O₂氣體、N₂氣體)，對被處理體(在此是形成有絕緣層103的單晶半導體基板101)施加偏置電壓來照射電漿。電漿中存在電子、Ar陽離子，並且Ar陽離子在陰極方向(形成有絕緣層103的單晶半

導體基板 101 一側)上被加速。被加速了的 Ar 陽離子衝撞到絕緣層 103 的表面，使得絕緣層 103 的表面受到濺射蝕刻。此時，從絕緣層 103 的表面的凸部優先進行濺射蝕刻，可以提高絕緣層 103 的表面的平坦性。此外，當引入反應氣體時，可以修補由於絕緣層 103 的表面受到濺射蝕刻而產生的缺損。

藉由進行利用電漿處理的平坦化處理，可以使絕緣層 103 的表面的平均面粗糙度 (Ra 值) 在 5nm 以下，較佳在 0.3nm 以下。此外，也可以使最大高低差 (P-V 值) 在 6nm 以下，較佳在 3nm 以下。

作為上述電漿處理的一例，可以採用如下條件：處理功率為 100W 以上且 1000W 以下，壓力為 0.1Pa 以上且 2.0Pa 以下，氣體流量為 5sccm 以上且 150sccm 以下，並且偏置電壓為 200V 以上且 600V 以下。

在進行平坦化處理後，如圖 4A 所示，將形成在單晶半導體基板 101 上的絕緣層 103 的表面和基礎基板 110 的表面接合在一起，從而將單晶半導體基板 101 貼合到基礎基板 110 上。在本方式中，因為謀求提高絕緣層 103 的表面的平坦性，所以可以形成牢固的接合。

本方式所說明的平坦化處理也可以對基礎基板 110 一側進行。明確而言，藉由對基礎基板 110 施加偏置電壓來進行電漿處理，可以謀求提高平坦性。

注意，本實施例方式可以與其他實施例方式適當地組合。

實施例 7

在本實施例方式中，將說明與上述實施例方式不同的光電轉換裝置的製造方法的一例。注意，省略或者部分簡化與上述實施例方式重複部分的說明。

根據實施例方式 2，如圖 5B 所示，在基礎基板 110 上形成由絕緣層 103、第一單晶半導體層 121 及第二單晶半導體層 122 構成的疊層體。

將以該疊層體為上表面的基礎基板 110 放在配置有雷射照射用視窗 151 及基板加熱用加熱器 152 的真空反應室 150 中，將真空反應室 150 中的氛圍替換為摻雜氣體，選擇性地照射雷射光束 160，從而形成雜質半導體區域(參照圖 9A 和 9B)。

當對單晶半導體層照射具有被單晶半導體層吸收的波長的雷射光束時，發生其表面附近熔融固化的現象。該熔融固化的製程大大受到氛圍的影響，有時會對熔融的半導體層引入包括在氛圍中的元素作為雜質。在該現象中，當引入到半導體層中的雜質元素是第 13 族元素或第 15 族元素時，可以改變導電型。從而，當利用該方法時，即使不使用離子摻雜裝置或離子植入裝置等特別的裝置，也可以將雜質引入到半導體層中。

注意，作為使半導體層的導電型成為 n 型的雜質，可以舉出作為第 15 族元素的磷 (P)、砷 (As)、銻 (Sb)。此外，作為使半導體層的導電型成為 p 型的雜質，可以舉出作為第 13 族元素的硼 (B)、鋁 (Al)、鎵 (Ga)。

此外，作為包含上述雜質元素的化合物氣體，在第15族元素中，可以使用磷化氫(PH_3)、三氟化磷(PF_3)、三氯化磷(PCl_3)、砷化氫(AsH_3)、三氟化砷(AsF_3)、三氯化砷(AsCl_3)、銻化氫(SbH_3)、三氯化銻(SbCl_3)等。在第13族元素中，可以使用乙硼烷(B_2H_6)、三氟化硼(BF_3)、三氯化硼(BCl_3)、三氯化鋁(AlCl_3)、三氯化鎵(GaCl_3)等。

此外，作為該包含雜質元素的化合物氣體，也可以採用由氫、氮及/或稀有氣體稀釋的混合氣體，以便調整引入半導體層中的雜質的濃度。此外，也可以在減壓下採用該混合氣體。

在將最初形成的雜質半導體層的導電型為n型的情況下，利用由氫稀釋作為n型摻雜劑氣體的磷化氫而得到的混合氣體替代真空反應室150中的氛圍，對半導體層以帶狀的方式照射雷射光束，從而形成第一雜質半導體層123a、123c、123e。接著，利用由氮稀釋作為p型摻雜劑氣體的乙硼烷而得到的混合氣體替代真空反應室150中的氛圍，對半導體層以帶狀的方式照射雷射光束160，從而形成第二雜質半導體層123b、123d、123f，形成如圖7A所示的結構。

作為可以在本方式中使用的雷射及照射方法，可以採用在實施例方式2中可以應用於恢復第一單晶半導體層121的表面的結晶性的方法。

此外，作為促進照射雷射時的熔融固化製程的方法，也可以利用基板加熱用加熱器152來加熱基板。藉由加熱

基板，得到如下效果：降低照射雷射時的熔融臨界值能量，並且延長固化所需要的時間，從而提高雜質的活化率。作為基板溫度，可以採用不超過基礎基板的應變點的溫度。

雖然在本方式中以 n 型、p 型的順序形成雜質半導體層，但是也可以使該順序相反。此外，為了有效地進行作業，也可以採用如下製程：對多個基板連續進行一種導電型的雜質半導體層的形成，然後，對多個基板連續進行與一種導電型相反的導電型的雜質半導體層的形成。

之後，可以根據其他實施例方式製造光電轉換裝置。

如此，藉由在包含成為摻雜劑的雜質的氣體氛圍中，對基礎基板上由絕緣層、第一單晶半導體層、第二單晶半導體層構成的疊層體選擇性地照射雷射光束，可以在單晶半導體層的表層中形成多個具有不同導電型的雜質半導體層。此外，因為藉由選擇性地照射雷射，可以決定形成雜質半導體層的位置，所以不需要光致抗蝕劑或保護膜等定位單元 (positioning means)，從而可以製造低成本且高生產率的光電轉換裝置。

注意，本實施例方式可以與其他實施例方式適當地組合。

實施例 8

在本實施例方式中，將說明與上述實施例方式不同的光電轉換裝置的製造方法的一例。注意，省略或者部分簡

化與上述實施例方式重複部分的說明。

根據實施例方式2，如圖5B所示，在基礎基板110上形成由絕緣層103、第一單晶半導體層121及第二單晶半導體層122構成的疊層體。

對該疊層體的上表面塗敷包含對半導體賦予一種導電型的雜質的藥液170以及包含對半導體賦予與一種導電型相反的導電型的雜質的藥液171，選擇性地照射雷射光束，從而形成雜質半導體層(參照圖10A和10B)。

當對單晶半導體層照射具有被單晶半導體層吸收的波長的雷射光束時，發生其表面附近熔融固化的現象。該熔融固化的製程大大受到附著在表面的雜質的影響，從而對熔融的半導體層引入附著在表面的雜質元素。在該現象中，當引入到半導體層中的雜質元素是第13族元素或第15族元素時，可以改變導電型。從而，當採用這種方法時，即使不使用離子摻雜裝置或離子植入裝置等的特別的裝置，也可以將雜質引入到半導體層中。

注意，作為使半導體層的導電型變為n型的雜質，可以典型舉出作為第15族元素的磷(P)、作為第13族元素的硼(B)。

此外，作為包含上述雜質元素的藥液，可以使用：磷酸水溶液、磷酸三甲基、磷酸三乙基、磷酸三-n-戊基、磷酸二苯基-2-乙基己基、磷酸鉍水溶液；或者硼酸水溶液、硼酸三甲基、硼酸三乙基、硼酸三異丙酯、硼酸三丙基、硼酸三-n-辛基、硼酸鉍水溶液等等。

該藥液是鹽的水溶液或者加水分解為鹽和醇的酯化合物，並且不使用特別的清洗液而只使用純水就能容易地清洗。

明確而言，在將最初形成的雜質半導體層的導電型設定為n型的情況下，利用旋塗機、狹縫式塗布機、浸漬塗布機將包含成為n型摻雜劑的元素的磷酸銨水溶液塗敷到基礎基板110及疊層體的表面，進行乾燥。然後，藉由將雷射光束以帶狀的方式照射到半導體層，形成第一雜質半導體層123a、123c、123e。接著，利用旋塗機、狹縫式塗布機、浸漬塗布機將包含成為p型摻雜劑的元素的硼酸銨水溶液塗敷到基礎基板110及疊層體的表面，進行乾燥。然後，藉由將雷射光束以帶狀的方式照射到半導體層，形成第二雜質半導體層123b、123d、123f。再用純水進行清洗，洗掉剩下附著的雜質，得到圖7A所示的結構。

作為可以在本方式中使用的雷射，可以採用在實施例方式2中用於恢復第一單晶半導體層121的表面的結晶性的雷射。

此外，作為促進當照射雷射時的熔融固化製程的方法，也可以利用基板加熱用加熱器來加熱基板。藉由加熱基板，有如下效果：降低照射雷射時的熔融臨界值能量，並且延長固化所需要的時間，從而提高雜質的活化率。作為基板溫度，可以採用不超過基礎基板的應變點的溫度。

雖然在本方式中以n型、p型的順序形成雜質半導體層，但是也可以使該順序相反。此外，為了有效地進行作業

，也可以採用如下製程：對多個基板連續進行一種導電型的雜質半導體層的形成，然後，對多個基板連續進行與一種導電型相反的導電型的雜質半導體層的形成。

之後，可以根據其他實施例方式製造光電轉換裝置。

如此，藉由對基礎基板上由絕緣層、第一單晶半導體層、第二單晶半導體層構成的疊層體塗敷包含成為摻雜劑的雜質的藥液並選擇性地照射雷射，可以在單晶半導體層的表層中形成多個具有不同導電型的雜質半導體層。此外，因為藉由選擇性地照射雷射，可以決定形成雜質半導體層的位置，所以不需要光致抗蝕劑或保護膜等定位單元，從而可以製造低成本且高生產率的光電轉換裝置。

注意，本實施例方式可以與其他實施例方式適當地組合。

本申請案是基於2009年5月2日向日本專利局提出申請的日本第2009-112372號專利申請案，其全部內容於此併入參考。

【圖式簡單說明】

在附圖中：

圖1是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的截面的模式圖。

圖2是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的平面的模式圖。

圖3A至3C是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝

置的製造方法的截面圖。

圖 4A 和 4B 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的截面圖。

圖 5A 和 5B 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的截面圖。

圖 6A 和 6B 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的截面圖。

圖 7A 和 7B 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的截面圖。

圖 8 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的俯視圖。

圖 9A 和 9B 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的截面圖。

圖 10A 和 10B 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的截面圖。

圖 11A 至 11D 是說明從圓形的單晶半導體基板切割出具有預定形狀的單晶半導體基板的例子的圖。

圖 12A 至 12C 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的截面圖。

圖 13 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的截面圖。

圖 14A 至 14C 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的製造方法的截面圖。

圖 15 是示出脆化層的另一個方式的製造方法的截面圖

。

圖 16A 和 16B 是示出根據本發明的一種方式的光電轉換裝置的截面圖。

圖 17 是示出藉由照射雷射來使半導體的表面平坦化的方法的截面圖。

圖 18A 和 18B 是示出藉由蝕刻來使半導體的表面平坦化的方法的截面圖。

【主要元件符號說明】

101：單晶半導體基板

101a：單晶半導體基板

101b：單晶半導體基板

101c：單晶半導體基板

101d：單晶半導體基板

101e：單晶半導體基板

101f：單晶半導體基板

103：絕緣層

105：脆化層

110：基礎基板

120：光電轉換層

121：第一單晶半導體層

122：第二單晶半導體層

123a：第一雜質半導體層

123b：第二雜質半導體層

123c：第一雜質半導體層

123d：第二雜質半導體層

123e：第一雜質半導體層

123f：第二雜質半導體層

130：磷離子

131：硼離子

132：光致抗蝕劑

133：光致抗蝕劑

140a：光電轉換層

140b：光電轉換層

140c：光電轉換層

140d：光電轉換層

140e：光電轉換層

140f：光電轉換層

144a：第一電極

144b：第二電極

144c：第一電極

144d：第二電極

144e：第一電極

144f：第二電極

146：第一連接電極

147：第二連接電極

150：真空反應室

151：雷射照射用窗口

152：基板加熱用加熱器
155：剝離基板
160：雷射光束
170：藥液
171：藥液
180：保護膜
190：光致抗蝕劑
200：凹凸部
203：絕緣層
203a：第一雜質半導體層
203b：第二雜質半導體層
203c：第一雜質半導體層
203d：第二雜質半導體層
203e：第一雜質半導體層
203f：第二雜質半導體層
204a：第一電極
204b：第二電極
204c：第一電極
204d：第二電極
204e：第一電極
204f：第二電極
204：光學系統
205：變質區域
210：光致抗蝕劑

211：光致抗蝕劑

220：第一雜質半導體層

221：第二雜質半導體層

230a：第一雜質半導體層

230b：第二雜質半導體層

230c：第一雜質半導體層

230e：第一雜質半導體層

230d：第二雜質半導體層

230f：第二雜質半導體層

240a：第一電極

240b：第二電極

240c：第一電極

240d：第二電極

240e：第一電極

240f：第二電極

250：雷射光束

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：099113686

※申請日：099 年 04 月 29 日

※IPC 分類：

H01L 31/042 [2006.01]
H01L 31/18 [2006.01]

一、發明名稱：(中文／英文)

光電轉換裝置及其製造方法

Photoelectric conversion device and manufacturing method thereof

二、中文發明摘要：

本發明提供一種新的光電轉換裝置及其製造方法。在具有透光性的基礎基板之上形成具有透光性的絕緣層、中間夾著絕緣層而固定的單晶半導體層。在單晶半導體層的表層中或表面上以帶狀的方式設置多個具有一種導電型的第一雜質半導體層，並且以帶狀的方式設置多個具有與該一種導電型相反的導電型的第二雜質半導體層，該第二雜質半導體層與該第一雜質半導體層係彼此不重疊地交替。設置與第一雜質半導體層接觸的第一電極和與第二雜質半導體層接觸的第二電極，藉此，實現背部接觸型元件，獲得基礎基板一側為受光面的光電轉換裝置。

三、英文發明摘要：

To provide a novel photoelectric conversion device and a manufacturing method thereof. Over a base substrate having a light-transmitting property, a light-transmitting insulating layer and a single crystal semiconductor layer over the insulating layer are formed. A plurality of first impurity semiconductor layers each having one conductivity type is provided in a band shape in a surface layer of the single crystal semiconductor layer or on a surface of the single crystal semiconductor layer, and a plurality of second impurity semiconductor layers each having a conductivity type which is opposite to the one conductivity type is provided in a band shape in such a manner that the first impurity semiconductor layers and the second impurity semiconductor layers are alternately provided and do not overlap with each other. First electrodes in contact with the first impurity semiconductor layers and second electrodes in contact with the second impurity semiconductor layers are provided, and a back contact cell is formed, whereby a photoelectric conversion device provided with a photo acceptance surface on the base substrate side is formed.

七、申請專利範圍：

1. 一種光電轉換裝置，包括：

基礎基板，具有透光性；

絕緣層，具有透光性，在該基礎基板之上；

單晶半導體層，在該絕緣層之上；

多個第一雜質半導體層，各具有一種導電型，以帶狀的方式設置在該單晶半導體層的表層中；

多個第二雜質半導體層，在該單晶半導體層的表層中各具有與該一種導電型相反的導電型，其中，該多個第二雜質半導體層係以帶狀的方式設置，該多個第一雜質半導體層與該多個第二雜質半導體層係交替設置且彼此不重疊；

多個第一電極，與該多個第一雜質半導體層接觸；以及

多個第二電極，與該多個第二雜質半導體層接觸。

2. 如申請專利範圍第1項的光電轉換裝置，其中，保護膜係形成至少在該多個第一雜質半導體層的表面上、該多個第二雜質半導體層的表面上、以及該單晶半導體層的表面上，除了該多個第一雜質半導體層與該多個第一電極間的接合部以及該多個第二雜質半導體層與該多個第二電極間的接合部以外的部分。

3. 如申請專利範圍第2項的光電轉換裝置，其中，該保護膜是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

4. 如申請專利範圍第1項的光電轉換裝置，其中，該基礎基板是選自鋁矽酸鹽玻璃基板、鋁硼矽酸鹽玻璃基板、鉬硼矽酸鹽玻璃基板中的一者。

5. 如申請專利範圍第1項的光電轉換裝置，其中，該絕緣層是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

6. 一種光電轉換裝置，包括：

基礎基板，具有透光性；

絕緣層，具有透光性，在該基礎基板之上；

單晶半導體層，在該絕緣層之上；

多個第一雜質半導體層，各具有一種導電型，以帶狀的方式設置在該單晶半導體層的表面上；

多個第二雜質半導體層，在該單晶半導體層的表面上各具有與該一種導電型相反的導電型，其中，該多個第二雜質半導體層係以帶狀的方式設置，該多個第一雜質半導體層與該多個第二雜質半導體層係交替設置且彼此不重疊；

多個第一電極，與該多個第一雜質半導體層接觸；以及

多個第二電極，與該多個第二雜質半導體層接觸。

7. 如申請專利範圍第6項的光電轉換裝置，其中，保護膜形成至少在該多個第一雜質半導體層的表面上、該多個第二雜質半導體層的表面上、以及該單晶半導體層的表面上，除了該多個第一雜質半導體層與該多個第一電極間

的接合部以及該多個第二雜質半導體層與該多個第二電極間的接合部以外的部分。

8. 如申請專利範圍第7項的光電轉換裝置，其中，該保護膜是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

9. 如申請專利範圍第6項的光電轉換裝置，其中，該基礎基板是選自鋁矽酸鹽玻璃基板、鋁硼矽酸鹽玻璃基板、鋇硼矽酸鹽玻璃基板中的一者。

10. 如申請專利範圍第6項的光電轉換裝置，其中，該絕緣層是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

11. 一種光電轉換模組，包括：

基礎基板，具有透光性；

絕緣層，具有透光性，在該基礎基板之上；

多個單晶半導體層，在該絕緣層之上；

多個第一雜質半導體層，各具有一種導電型，以帶狀的方式設置在該多個單晶半導體層的每一個單晶半導體層的表層中；

多個第二雜質半導體層，在該多個單晶半導體層的每一個單晶半導體層的表層中各具有與該一種導電型相反的導電型，其中，該多個第二雜質半導體層係以帶狀的方式設置，該多個第一雜質半導體層與該多個第二雜質半導體層係交替設置且彼此不重疊；

多個第一電極，與該多個第一雜質半導體層接觸；

多個第二電極，與該多個第二雜質半導體層接觸；

第一連接電極，用來連接用於該多個單晶半導體層之一的該第一電極、和用於與這一個單晶半導體層相鄰的一個單晶半導體層的該第二電極；以及

第二連接電極，用來連接用於該多個單晶半導體層之一的該第一電極與用於與該多個單晶半導體層相鄰的一個單晶半導體層的該第一電極。

12. 如申請專利範圍第11項的光電轉換模組，其中，至少在該多個第一雜質半導體層、該多個第二雜質半導體層、該多個單晶半導體層中的一個的表面上除了該多個第一雜質半導體層和該多個第一電極間的接合部、以及該多個第二雜質半導體層和該多個第二電極間的接合部以外的部分形成保護膜。

13. 如申請專利範圍第12項的光電轉換模組，其中，該保護膜是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

14. 如申請專利範圍第11項的光電轉換模組，其中，該基礎基板是選自鋁矽酸鹽玻璃基板、鋁硼矽酸鹽玻璃基板、鋇硼矽酸鹽玻璃基板中的一者。

15. 如申請專利範圍第11項的光電轉換模組，其中，該絕緣層是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

16. 一種光電轉換模組，包括：

具有透光性的基礎基板；

該基礎基板之上具有透光性的絕緣層；

該絕緣層之上的多個單晶半導體層；

在該多個單晶半導體層的每一個單晶半導體層的表面上以帶狀的方式設置的多個分別具有一種導電型的第一雜質半導體層；

在該多個單晶半導體層的每一個單晶半導體層的表面的多個分別具有與該一種導電型相反的導電型的第二雜質半導體層，其中，該多個第二雜質半導體層係以帶狀的方式設置，該多個第一雜質半導體層與該多個第二雜質半導體層係彼此不重疊地交替設置；

與該多個第一雜質半導體層接觸的多個第一電極；

與該多個第二雜質半導體層接觸的多個第二電極；

用來連接用於該多個單晶半導體層之一的該第一電極、和用於與這一個單晶半導體層相鄰的一個單晶半導體層的該第二電極的第一連接電極；以及

用來連接用於該多個單晶半導體層之一的該第一電極、和用於與這一個單晶半導體層相鄰的一個單晶半導體層的該第一電極的第二連接電極。

17. 如申請專利範圍第16項的光電轉換模組，其中，至少在該多個第一雜質半導體層、該多個第二雜質半導體層、該多個單晶半導體層中的一個的表面上除了該多個第一雜質半導體層和該多個第一電極間的接合部、以及該多個第二雜質半導體層和該多個第二電極間的接合部以外的部分形成保護膜。

18. 如申請專利範圍第17項的光電轉換模組，其中，該保護膜是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

19. 如申請專利範圍第16項的光電轉換模組，其中，該基礎基板是選自鋁矽酸鹽玻璃基板、鋁硼矽酸鹽玻璃基板、鋇硼矽酸鹽玻璃基板中的一者。

20. 如申請專利範圍第16項的光電轉換模組，其中，該絕緣層是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

21. 一種光電轉換模組的製造方法，包括如下步驟：

準備在一個表面上形成有絕緣層並且在預定深度的區域中形成有脆化層的多個單晶半導體基板，並準備基礎基板；

在該基礎基板之上中間夾著該絕緣層隔開預定間隔地配置該多個單晶半導體基板；

藉由將該絕緣層的表面和該基礎基板的表面接合在一起，將該多個單晶半導體基板附著在該基礎基板之上；

藉由以該脆化層為分界來分割該多個單晶半導體基板，在該基礎基板之上形成依次層疊該絕緣層、第一單晶半導體層而成的多個第一疊層體；

對該第一單晶半導體層的表面進行平坦化處理；

形成包括第二單晶半導體層的半導體層，以覆蓋該多個第一疊層體及該多個第一疊層體之間的縫隙，該第二單晶半導體層在該多個第一疊層體之上至少部分單晶化；

在該多個第一疊層體之間的縫隙對該半導體層選擇性地蝕刻，從而在該基礎基板之上隔開預定間隔地形成多個依次層疊該絕緣層、該第一單晶半導體層、該第二單晶半導體層而成的第二疊層體；

在該第二單晶半導體層的表層中形成分別具有一種導電型的多個第一雜質半導體層、分別具有與該一種導電型相反的導電型的多個第二雜質半導體層；

在該多個第一雜質半導體層的表面上形成多個第一電極並且在該多個第二雜質半導體層的表面上形成多個第二電極；

形成用來在相鄰的兩個第二疊層體之間連接該多個第二疊層體之一的該第一電極、和另一個第二疊層體的該第二電極的第一連接電極；以及

形成用來在相鄰的兩個第二疊層體之間連接兩個第一電極的第二連接電極。

22. 如申請專利範圍第21項的光電轉換模組的製造方法，其中，該多個第一雜質半導體層及該多個第二雜質半導體層係分別藉由在包含作為摻雜劑的雜質的氣體氛圍下選擇性地照射雷射光束以及對該第二單晶半導體層的表層引入雜質來予以形成。

23. 如申請專利範圍第22項的光電轉換模組的製造方法，其中，用來形成該多個第一雜質半導體層的包含雜質的化合物氣體是選自磷化氫(PH_3)、三氟化磷(PF_3)、三氯化磷(PCl_3)、砷化氫(AsH_3)、三氟化砷(AsF_3)、三氯化砷

(AsCl_3)、銻化氫(SbH_3)、三氯化銻(SbCl_3)中的一者。

24. 根據權利要求22項的光電轉換模組的製造方法，其中，用來形成該多個第二雜質半導體層的包含雜質的化合物氣體是選自乙硼烷(B_2H_6)、三氟化硼(BF_3)、三氯化硼(BCl_3)、三氯化鋁(AlCl_3)、三氯化鎵(GaCl_3)中的一者。

25. 如申請專利範圍第21項的光電轉換模組的製造方法，其中，該多個第一雜質半導體層及該多個第二雜質半導體層係藉由選擇性地塗敷包含作為摻雜劑的雜質的藥液並照射雷射光束、以及對該第二單晶半導體層的表層引入該雜質來予以形成。

26. 如申請專利範圍第25項的光電轉換模組的製造方法，其中，用來形成該多個第一雜質半導體層的包含雜質的該藥液是選自磷酸三甲基、磷酸三乙基、磷酸三-n-戊基、磷酸二苯基-2-乙基己基中的一者。

27. 如申請專利範圍第25項的光電轉換模組的製造方法，其中，用來形成該多個第二雜質半導體層的包含雜質的該藥液是選自硼酸三甲基、硼酸三乙基、硼酸三異丙酯、硼酸三丙基、硼酸三-n-辛基中的一者。

28. 如申請專利範圍第21項的光電轉換模組的製造方法，其中，該平坦化處理係藉由對該第一單晶半導體層照射雷射光束來予以進行。

29. 如申請專利範圍第21項的光電轉換模組的製造方法，其中，該平坦化處理係藉由蝕刻該第一單晶半導體層的表層來予以進行。

30. 如申請專利範圍第21項的光電轉換模組的製造方法，其中，該絕緣層是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

31. 如申請專利範圍第21項的光電轉換模組的製造方法，其中，該脆化層係藉由對該多個單晶半導體基板的各內部引入氫、氮或鹵素來予以形成。

32. 如申請專利範圍第21項的光電轉換模組的製造方法，其中，該基礎基板是選自鋁矽酸鹽玻璃基板、鋁硼矽酸鹽玻璃基板、鋇硼矽酸鹽玻璃基板中的一者。

33. 一種光電轉換模組的製造方法，包括如下步驟：

準備在一個表面上形成有絕緣層並且在預定深度的區域中形成有脆化層的多個單晶半導體基板，並準備基礎基板；

在該基礎基板之上將該絕緣層插置其間而以預定間隔配置該多個單晶半導體基板；

將該絕緣層的表面和該基礎基板的表面接合在一起，使得該多個單晶半導體基板附著在該基礎基板之上；

以該脆化層為分界來分割該多個單晶半導體基板，使得在該基礎基板之上形成依次層疊該絕緣層、第一單晶半導體層而成的多個第一疊層體；

對該第一單晶半導體層的表面進行平坦化處理；

形成包括第二單晶半導體層的半導體層，以覆蓋該多個第一疊層體及該多個第一疊層體之間的縫隙，該第二單晶半導體層在該多個第一疊層體之上至少部分單晶化；

在該多個第一疊層體之間的縫隙對該半導體層選擇性地蝕刻，從而在該基礎基板之上以預定間隔形成多個依次層疊該絕緣層、該第一單晶半導體層、該第二單晶半導體層而成的第二疊層體；

在該第二單晶半導體層的表面上形成各具有一種導電型的多個第一雜質半導體層、具有與該一種導電型相反的導電型的多個第二雜質半導體層；

在該多個第一雜質半導體層的表面上形成多個第一電極並且在該多個第二雜質半導體層的表面上形成多個第二電極；

形成用來在彼此相鄰的兩個第二疊層體之間連接該多個第一電極之一、和該多個第二電極之一的第一連接電極；以及

形成用來在彼此相鄰的兩個第二疊層體之間連接該兩個第一電極的第二連接電極。

34. 如申請專利範圍第33項的光電轉換模組的製造方法，其中，該多個第一雜質半導體層及該多個第二雜質半導體層係分別藉由利用包含用作摻雜劑的雜質的源氣體的增強式電漿CVD法來予以形成。

35. 如申請專利範圍第33項的光電轉換模組的製造方法，其中，該平坦化處理係藉由對該第一單晶半導體層照射雷射光束來予以進行。

36. 如申請專利範圍第33項的光電轉換模組的製造方法，其中，該平坦化處理係藉由蝕刻該第一單晶半導體層

的表層來予以進行。

37. 如申請專利範圍第33項的光電轉換模組的製造方法，其中，該絕緣層是選自氧化矽層、氮化矽層、氮氧化矽層、氧氮化矽層中的一者。

38. 如申請專利範圍第33項的光電轉換模組的製造方法，其中，該脆化層係藉由對該多個單晶半導體基板的各內部引入氫、氮或鹵素而被形成。

39. 如申請專利範圍第33項的光電轉換模組的製造方法，其中，該基礎基板是選自鋁矽酸鹽玻璃基板、鋁硼矽酸鹽玻璃基板、鋇硼矽酸鹽玻璃基板中的一者。

圖 1

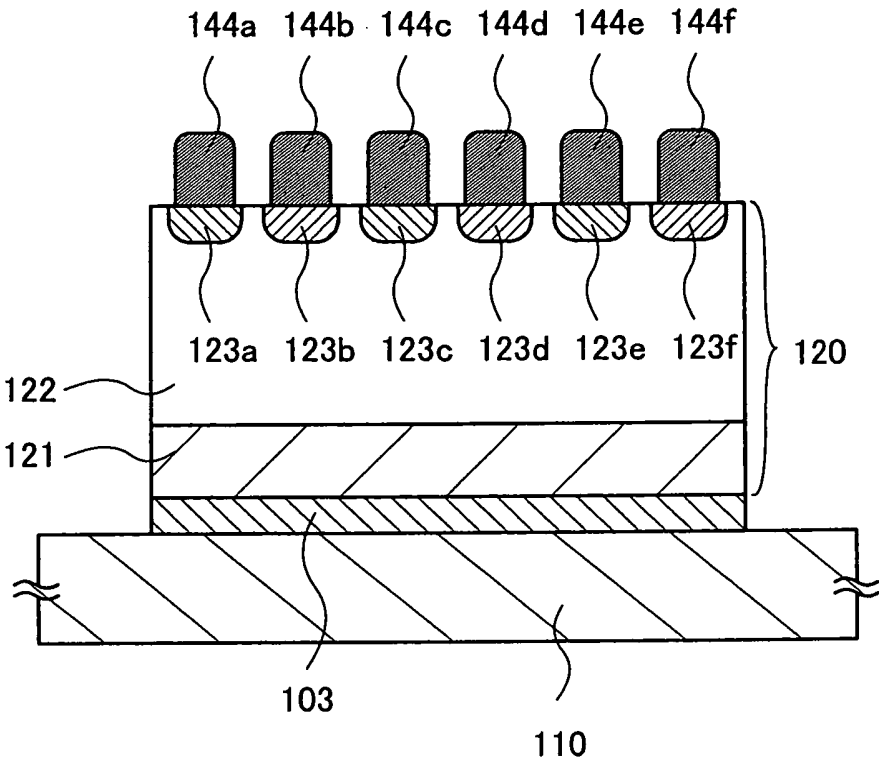


圖2

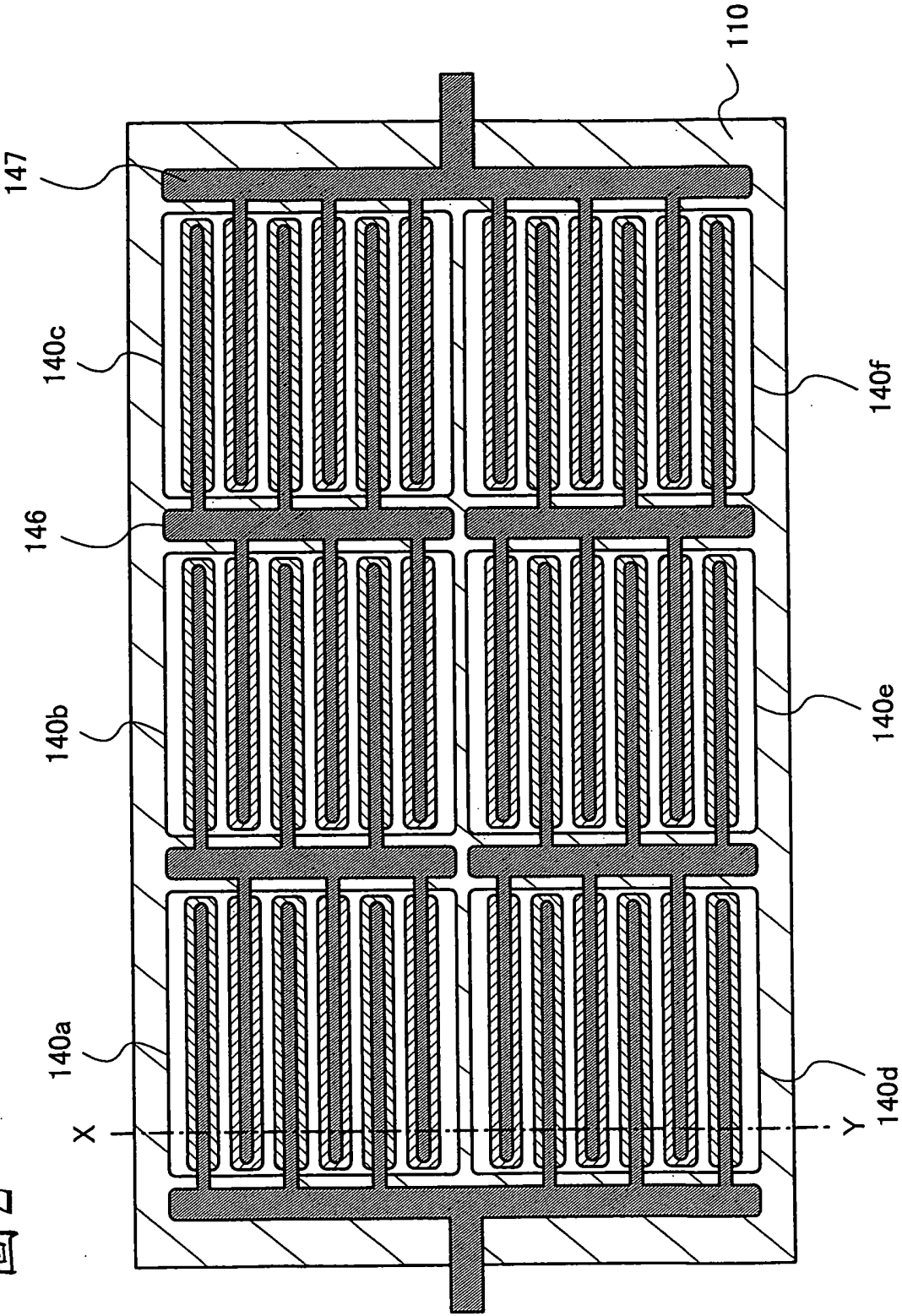


圖 3A

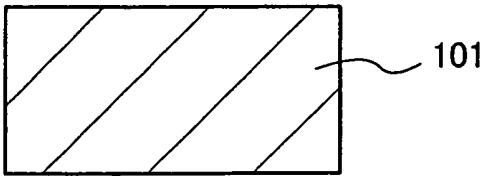


圖 3B

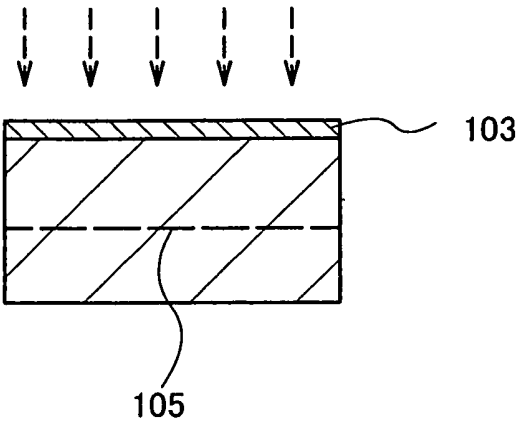


圖 3C

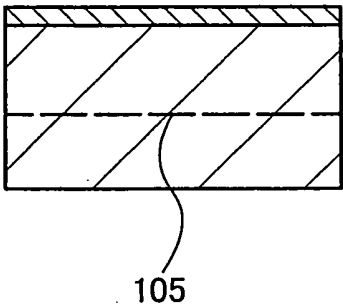


圖 4A

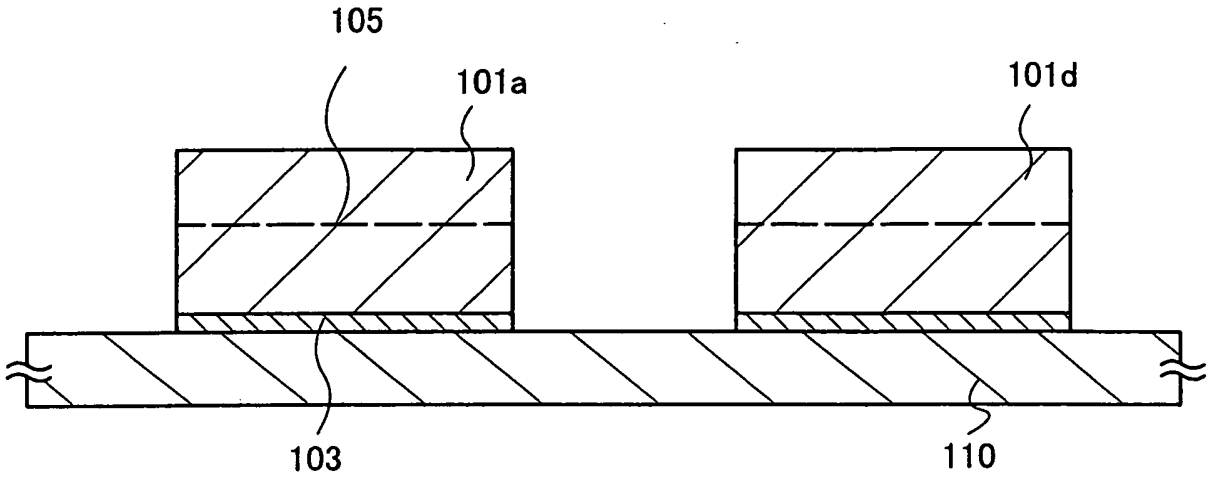


圖 4B

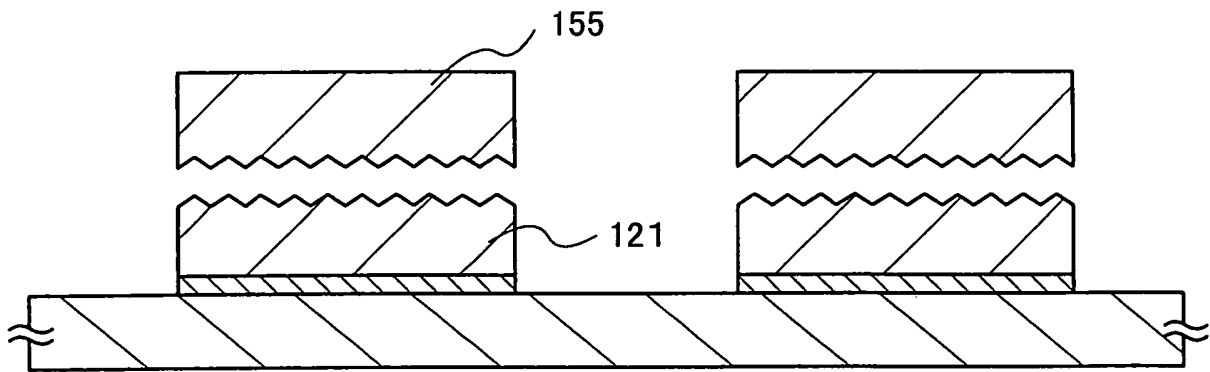


圖5A

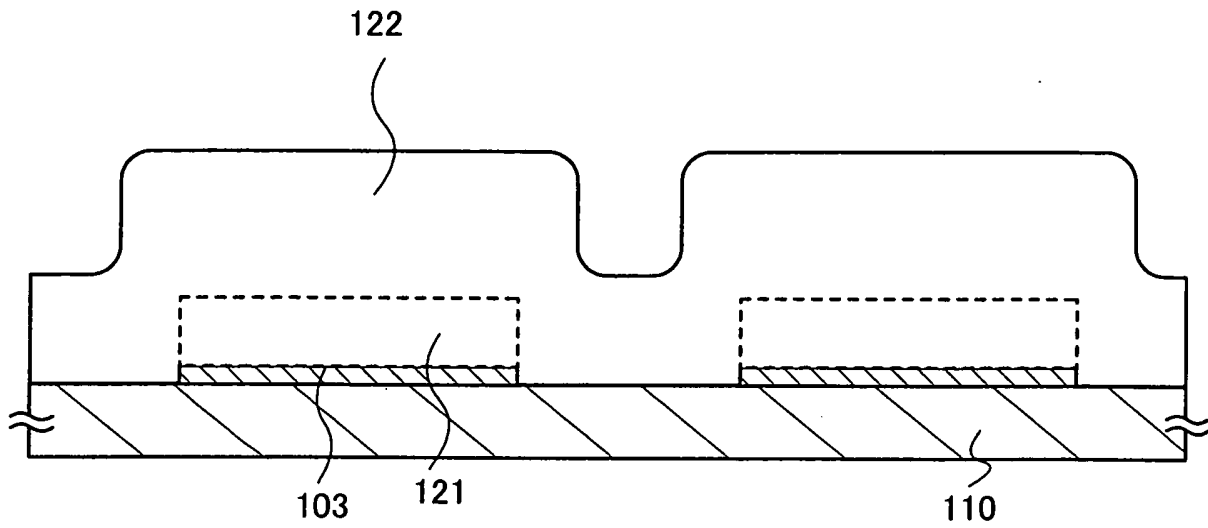


圖5B

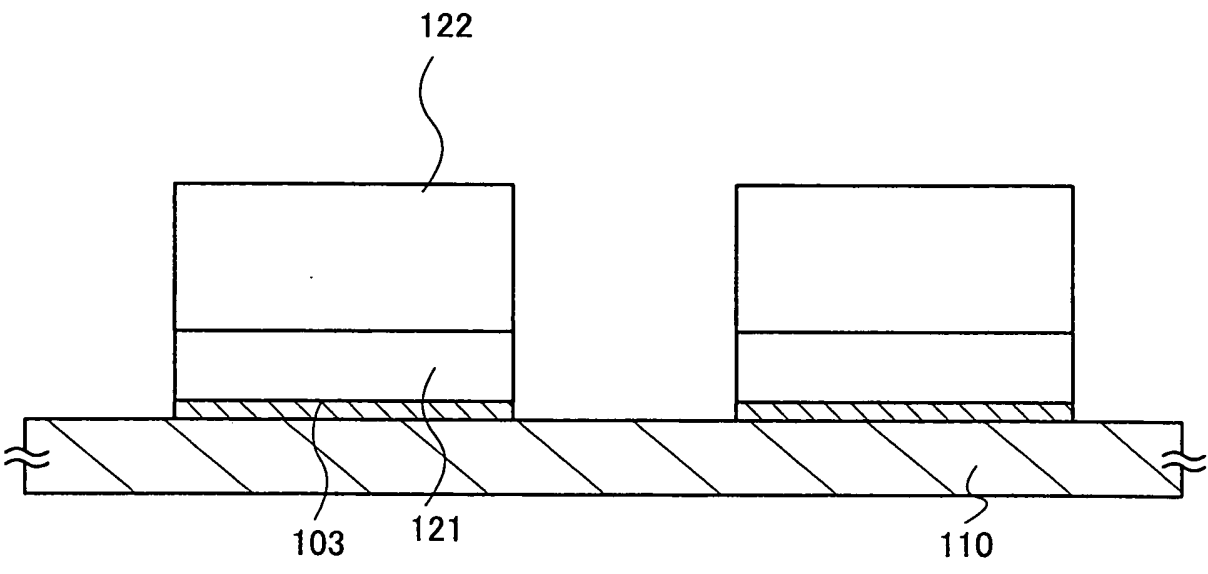


圖 6A

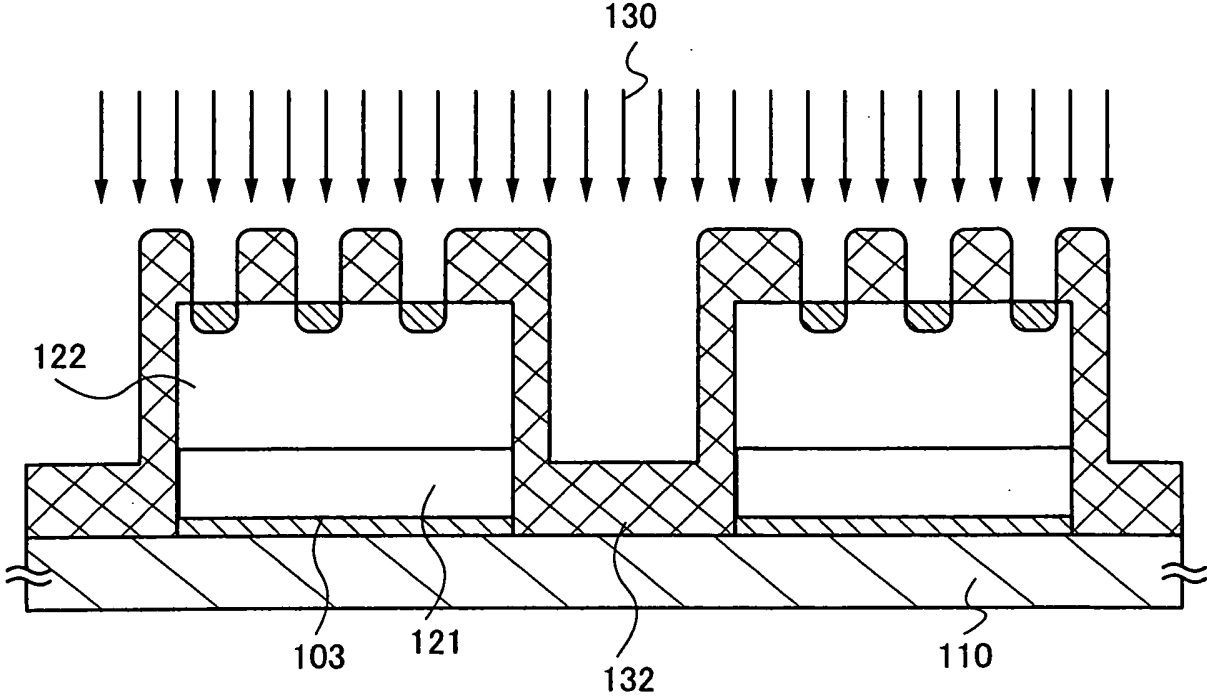


圖 6B

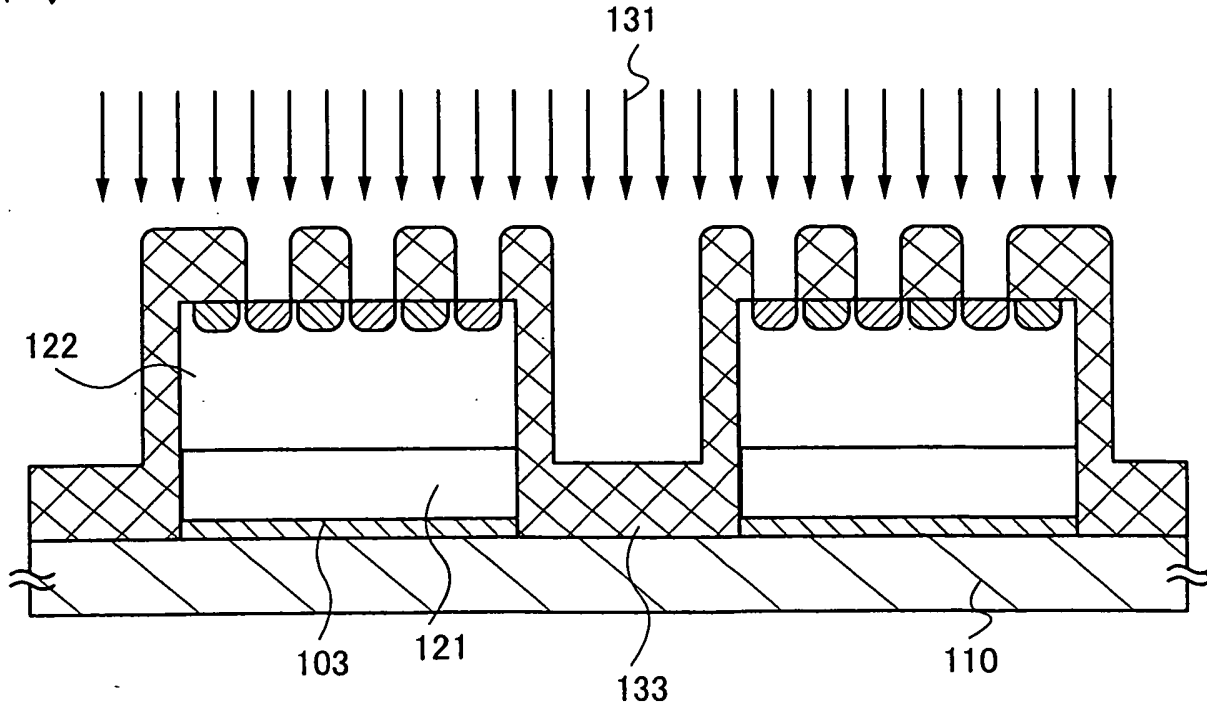


圖 7A

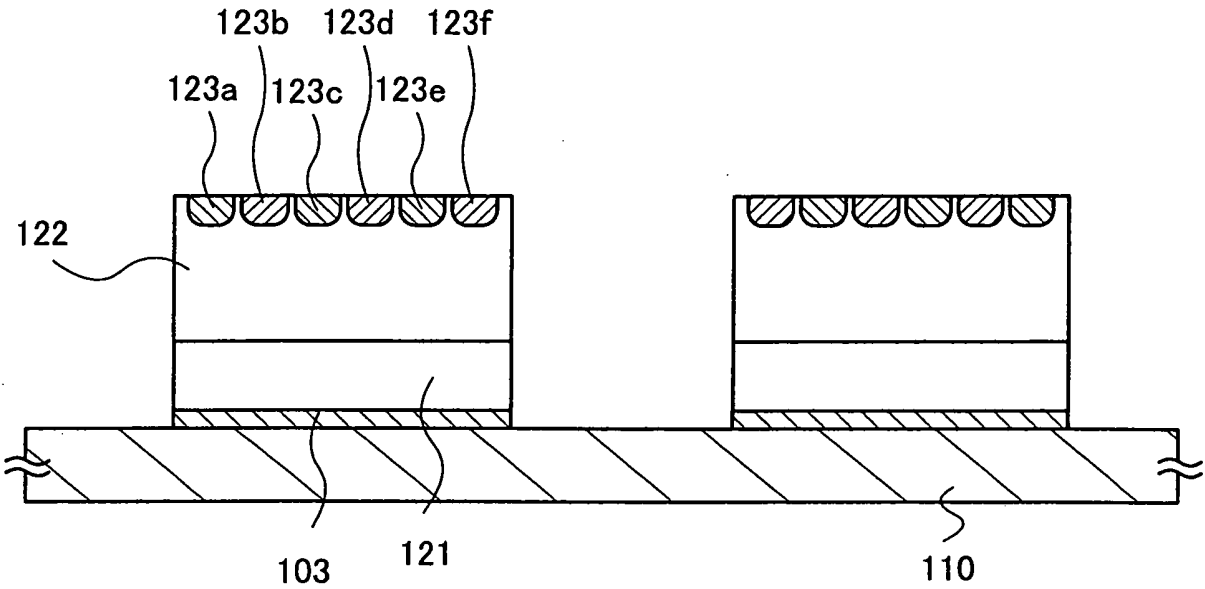


圖 7B

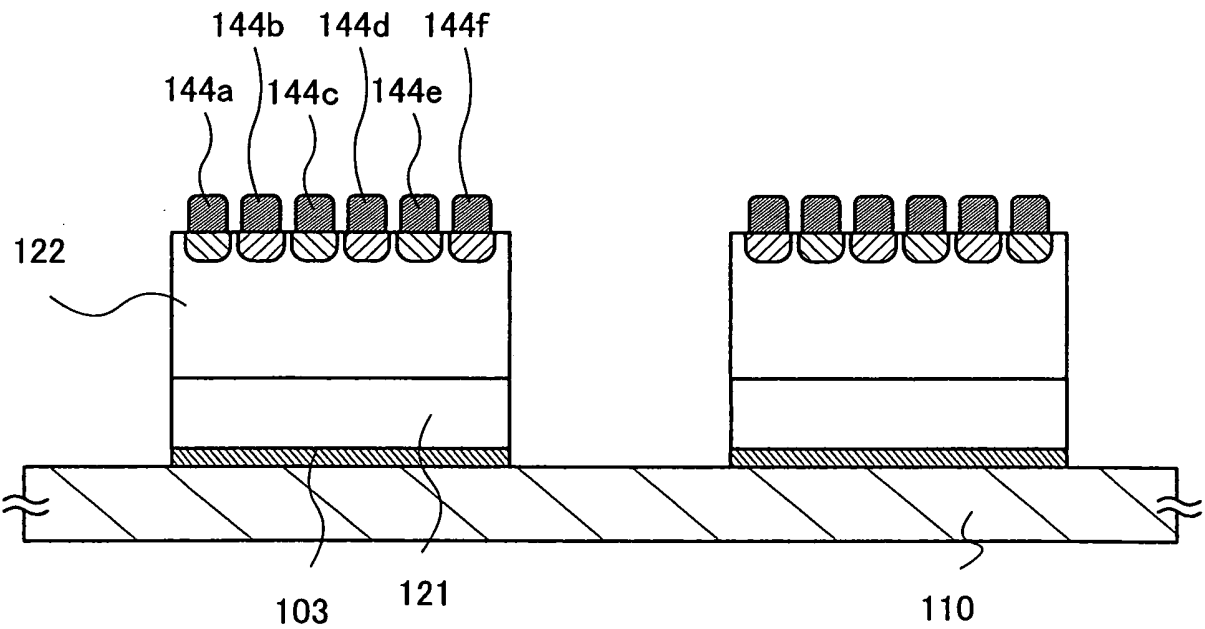


圖8

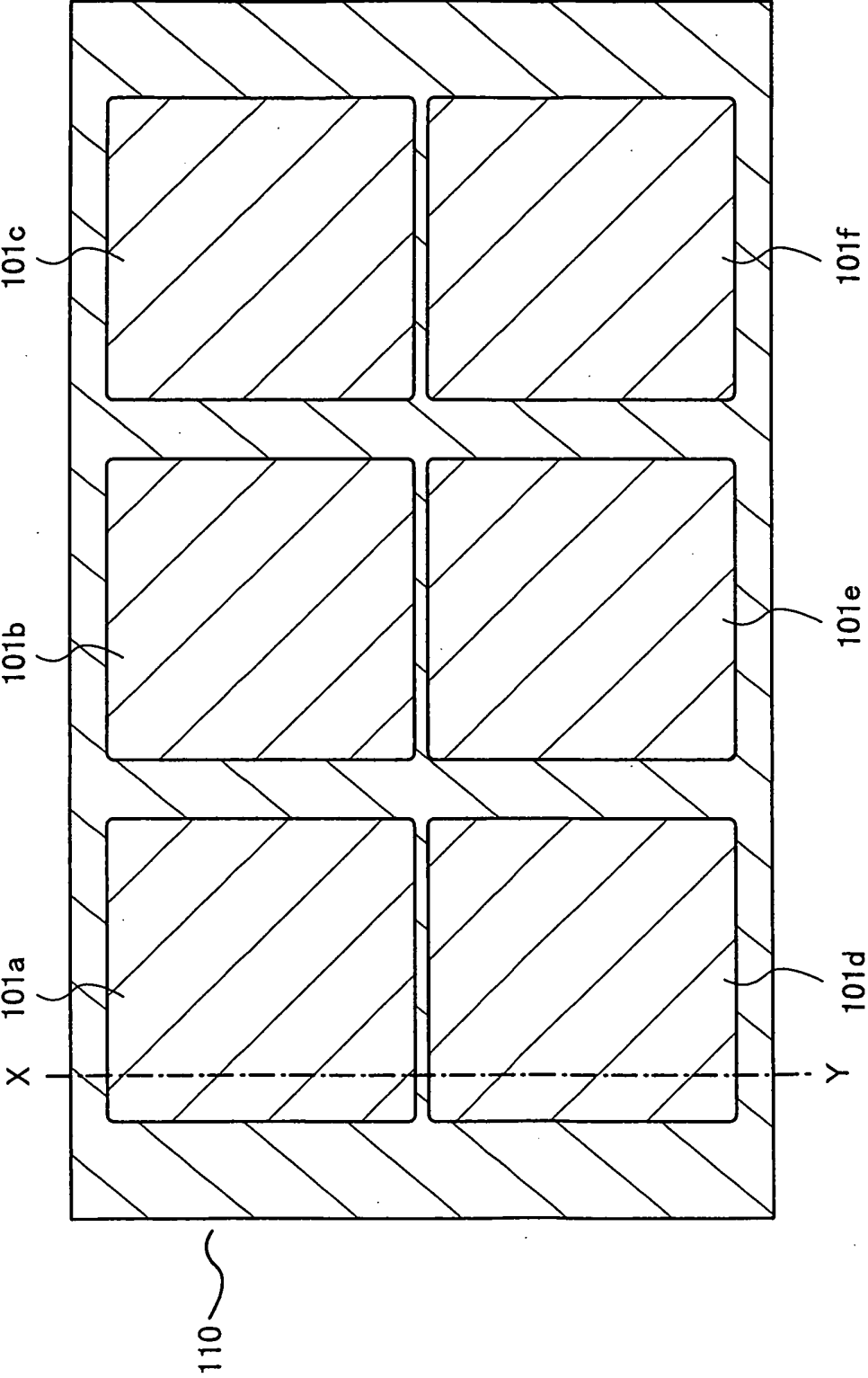


圖 9A

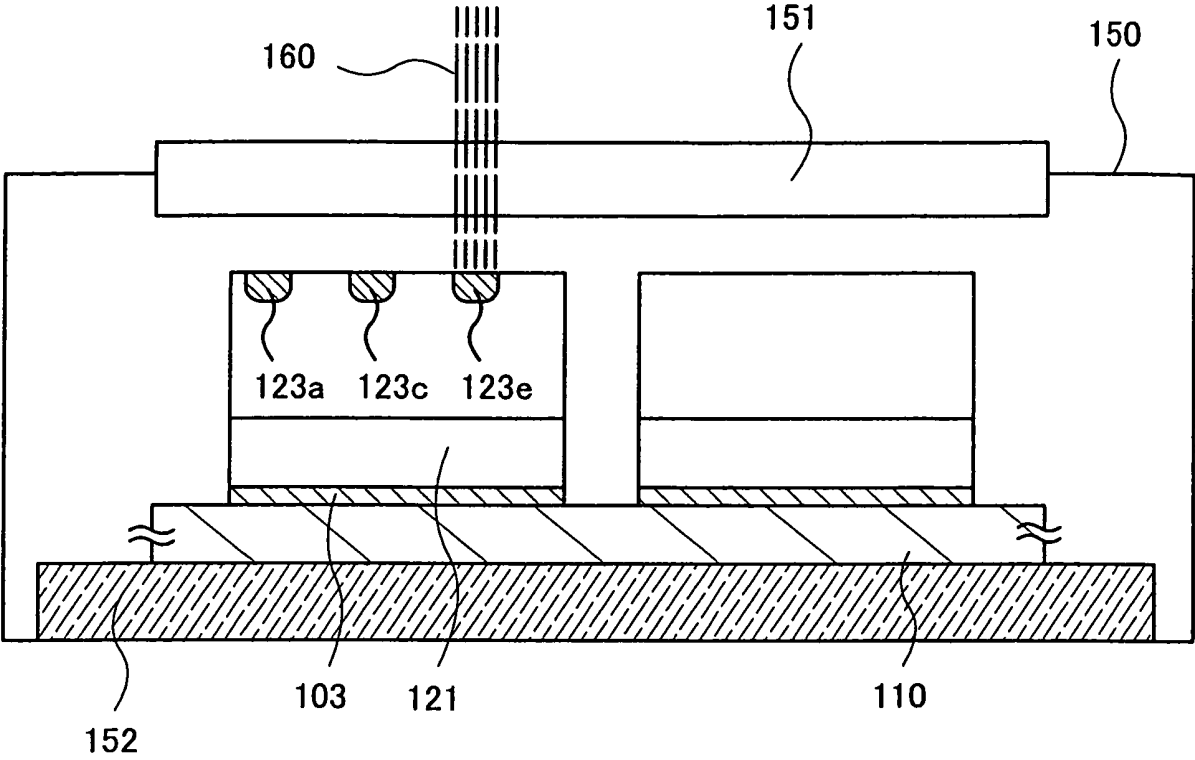


圖 9B

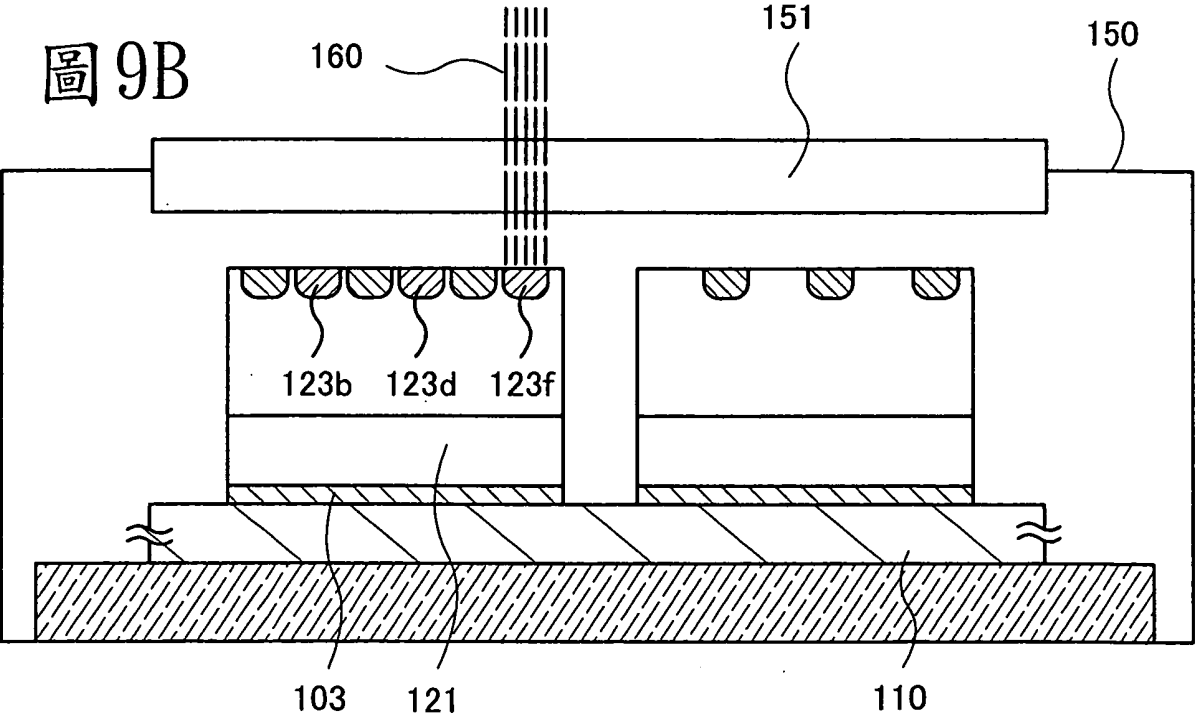


圖 10A

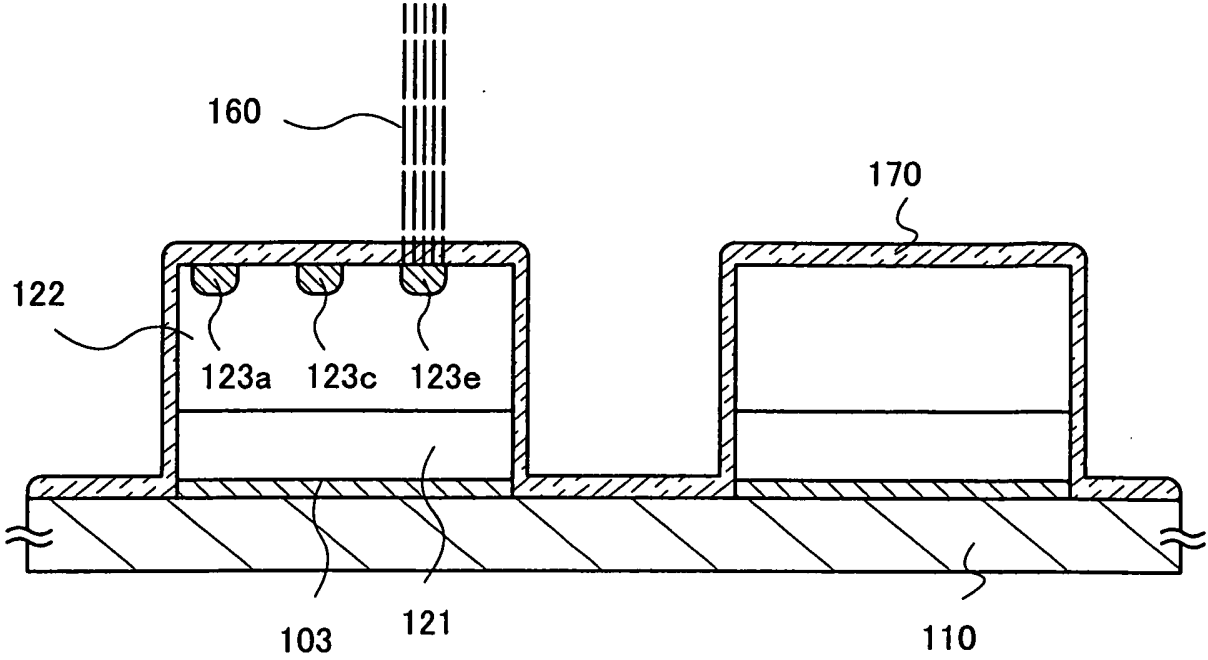


圖 10B

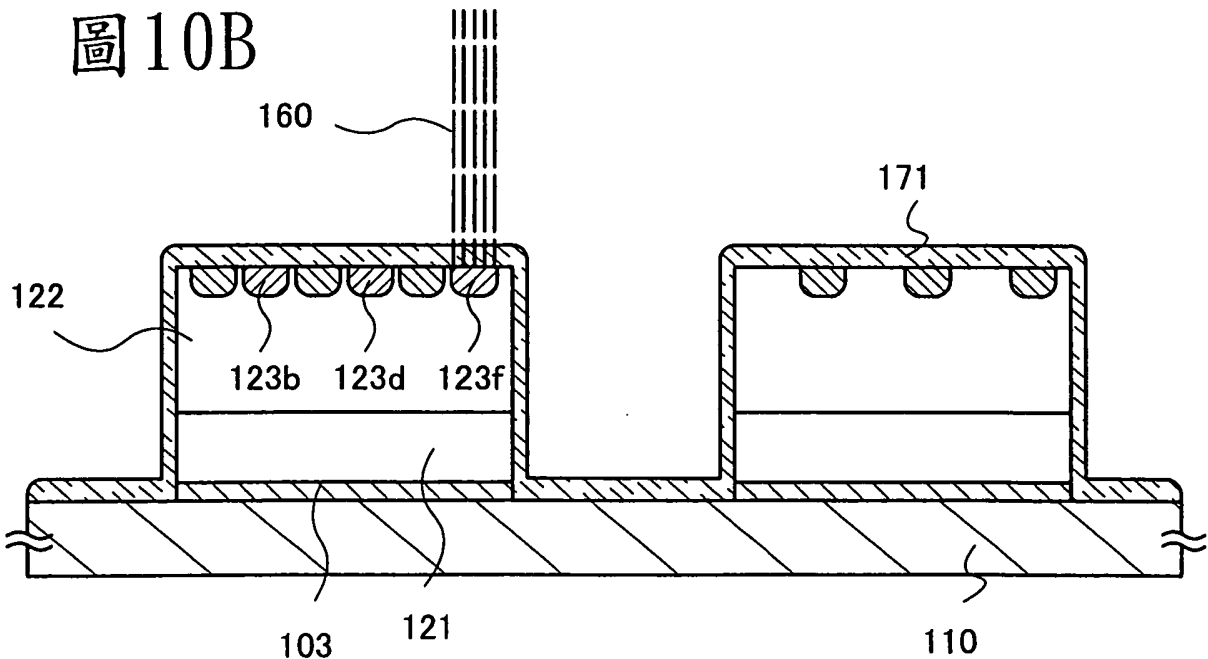


圖 11A

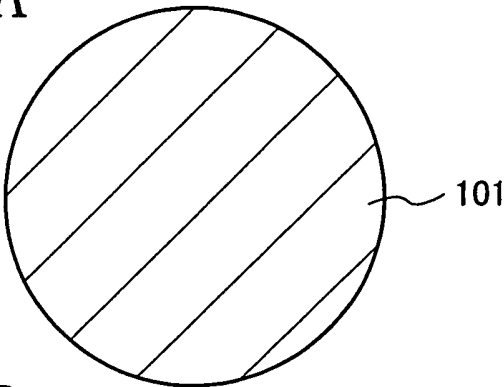


圖 11B

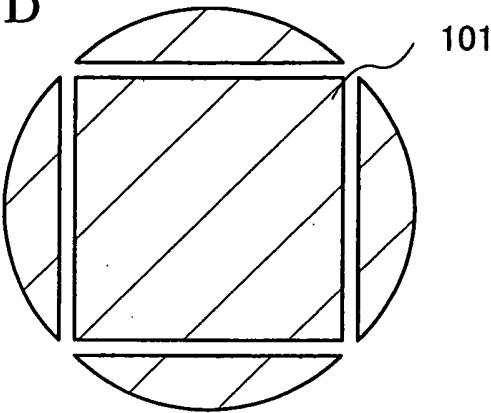


圖 11C

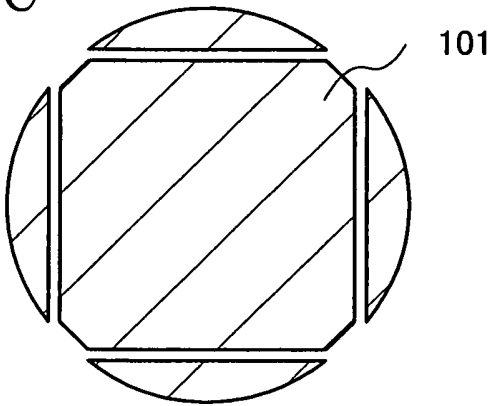


圖 11D

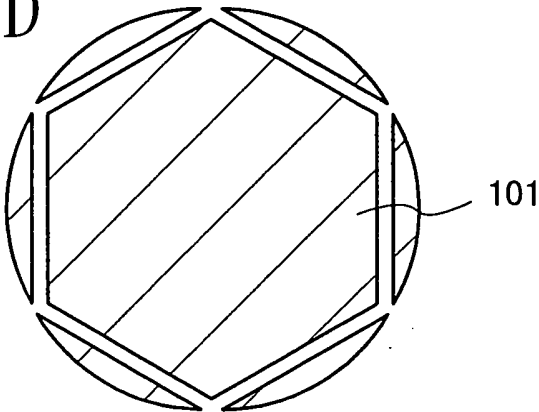


圖 12A

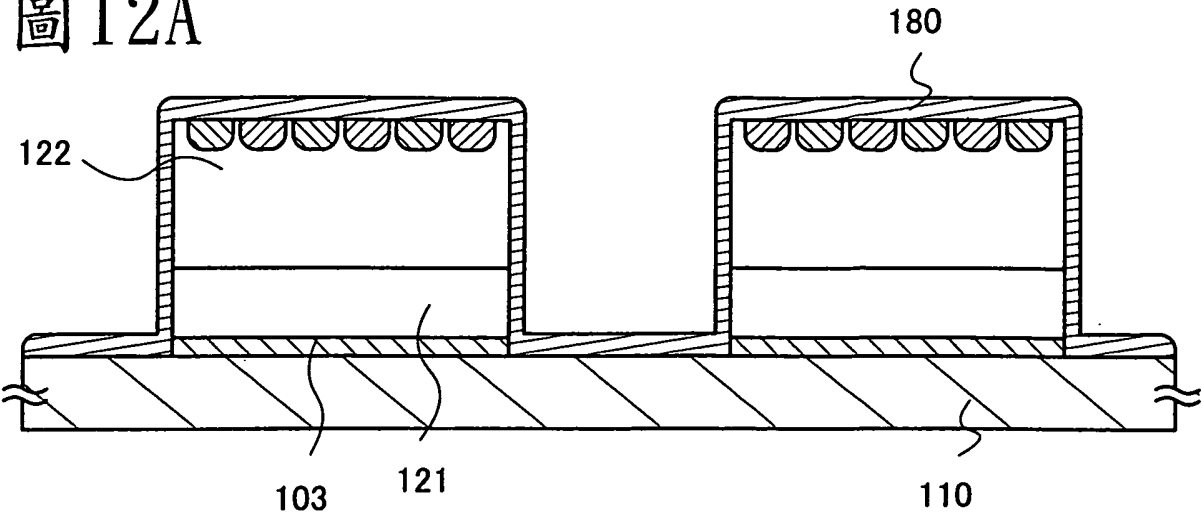


圖 12B

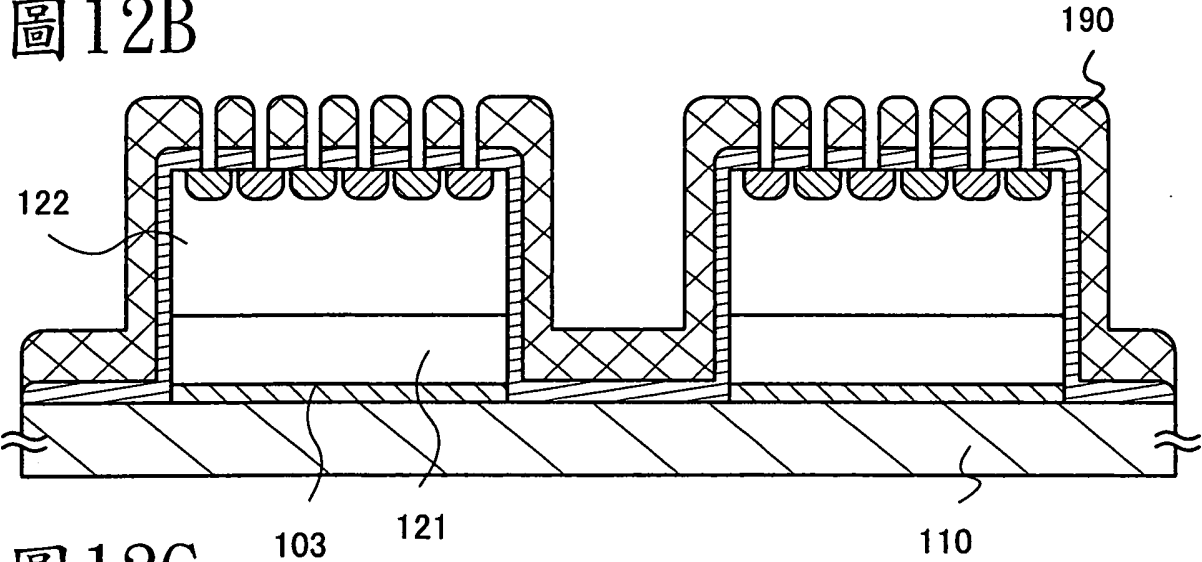


圖 12C

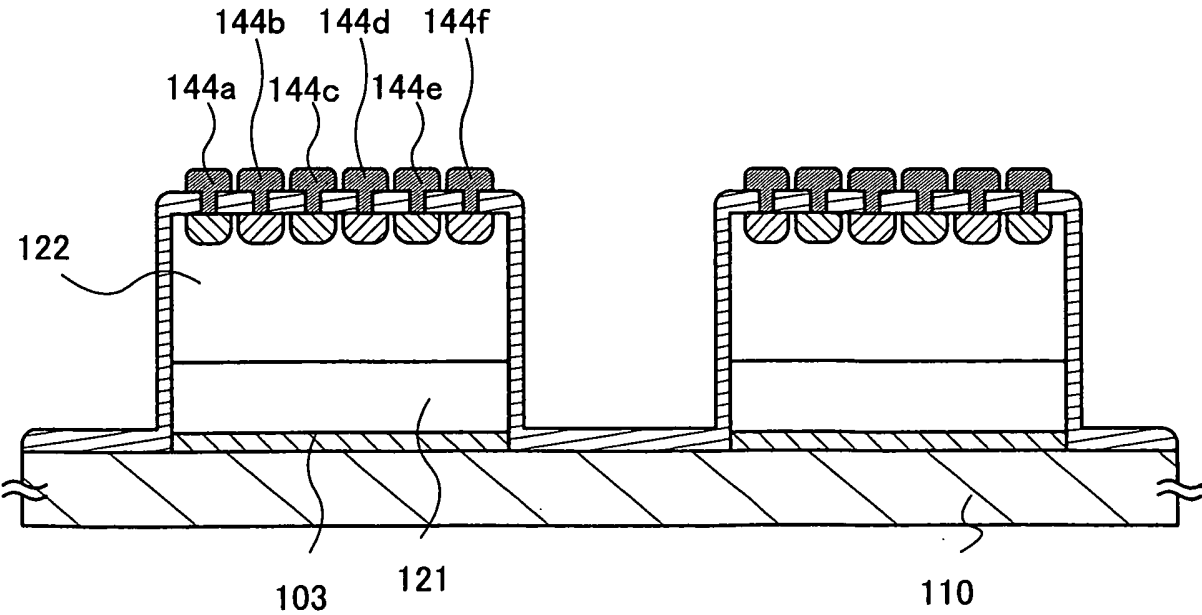


圖 13

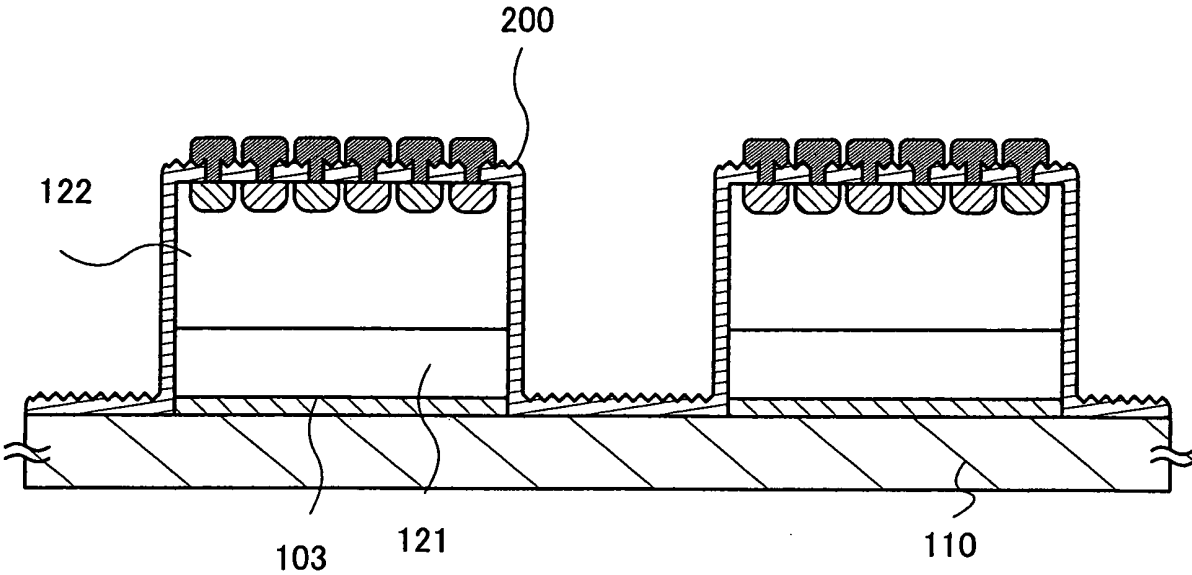


圖14A

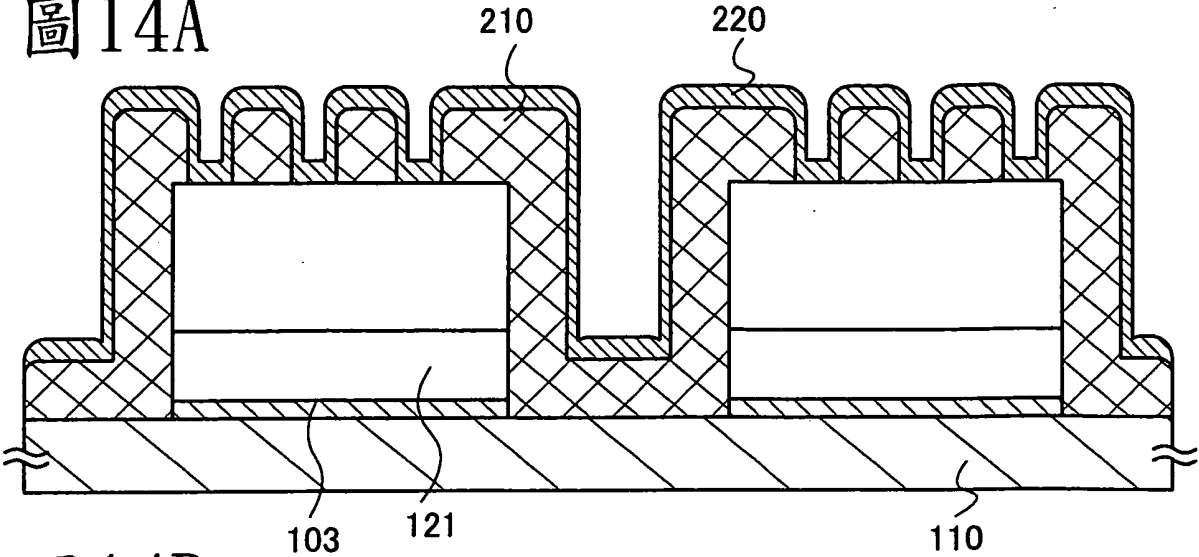


圖14B

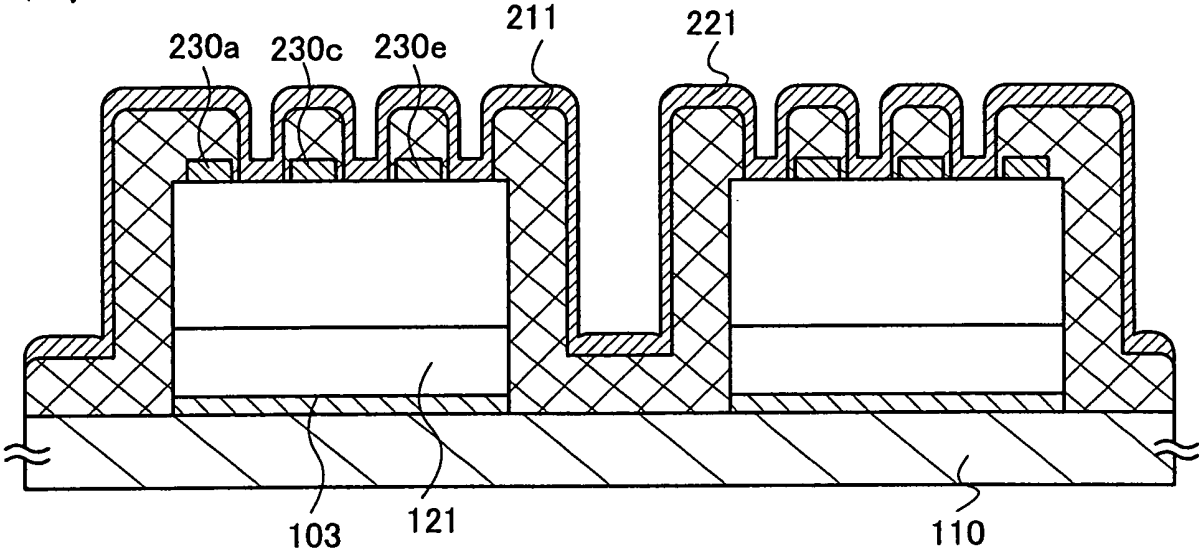


圖14C

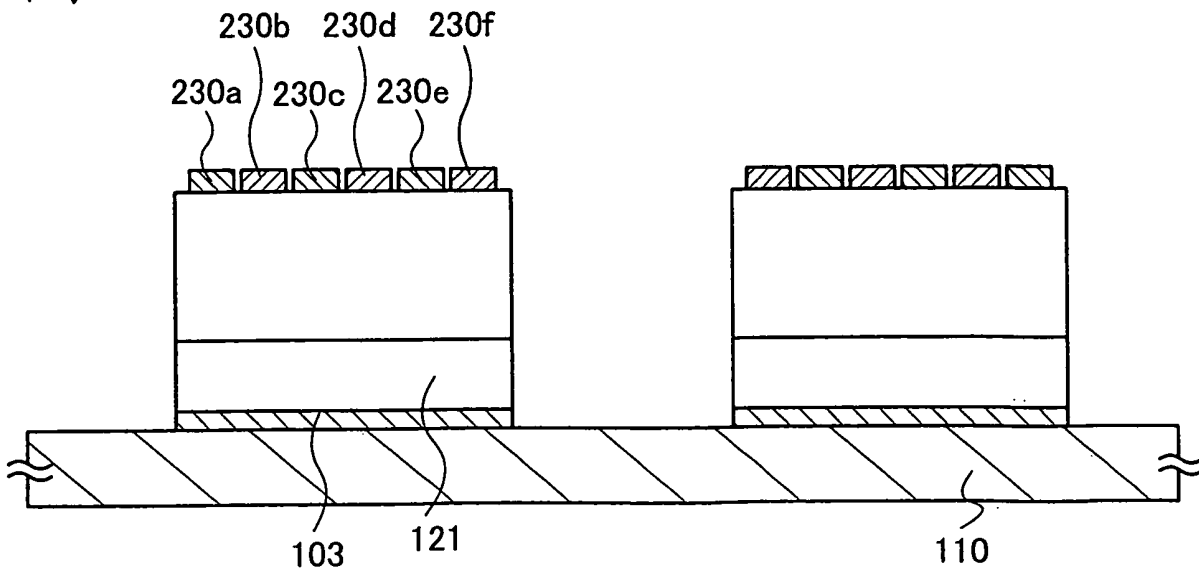


圖 15

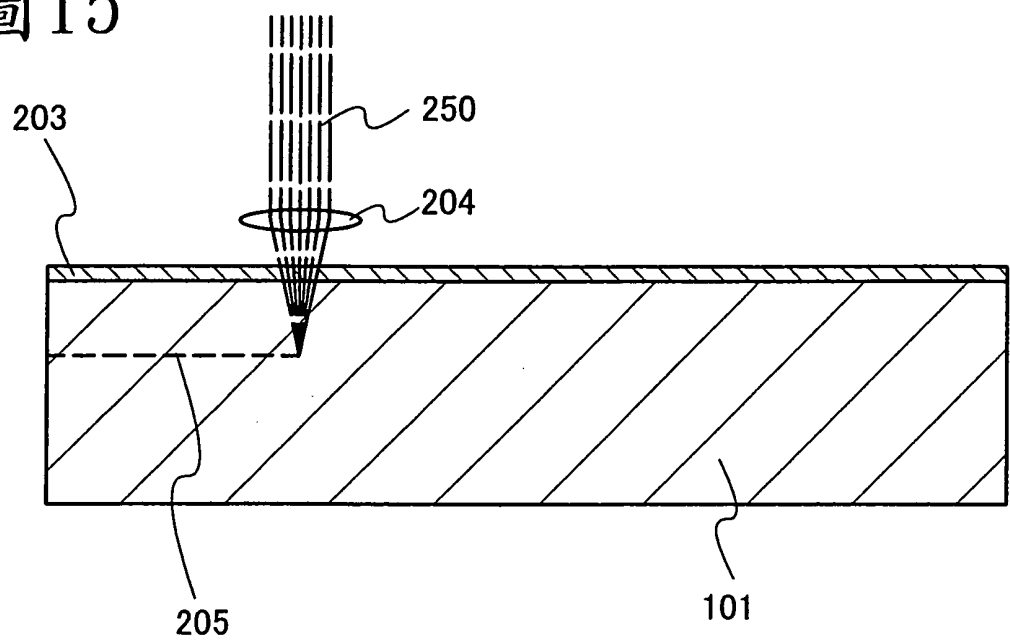


圖 16A

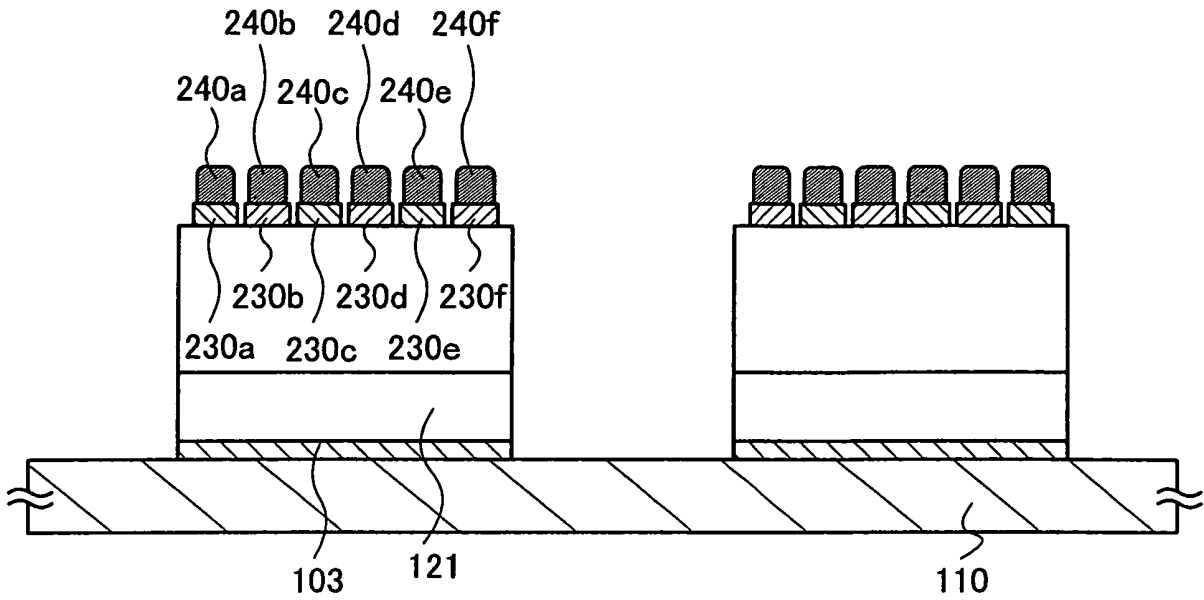


圖 16B

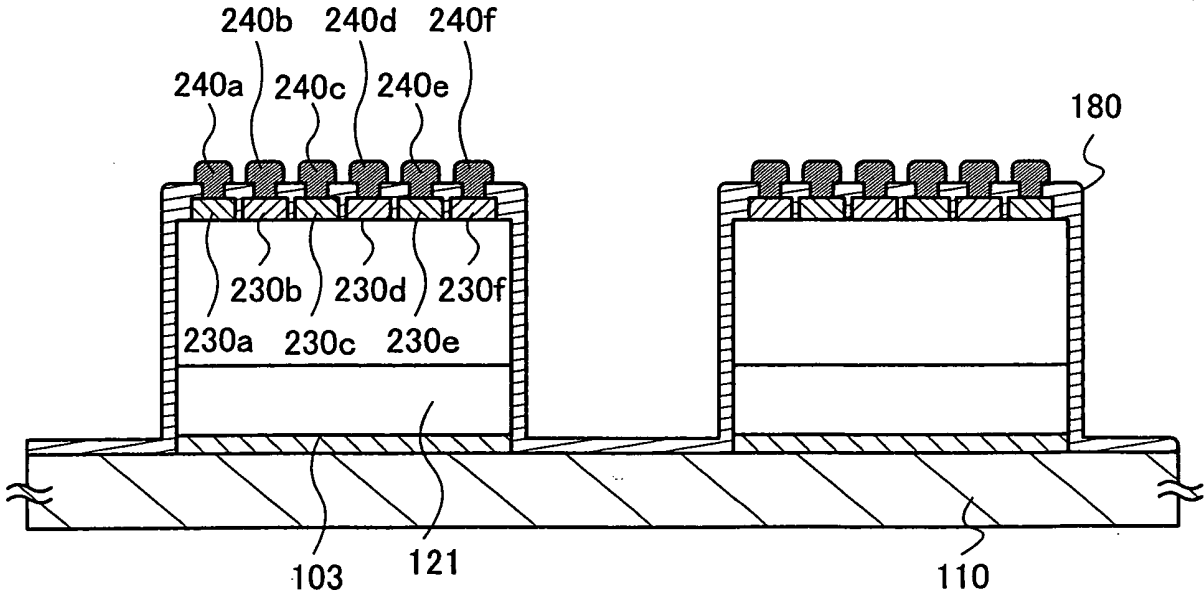


圖17

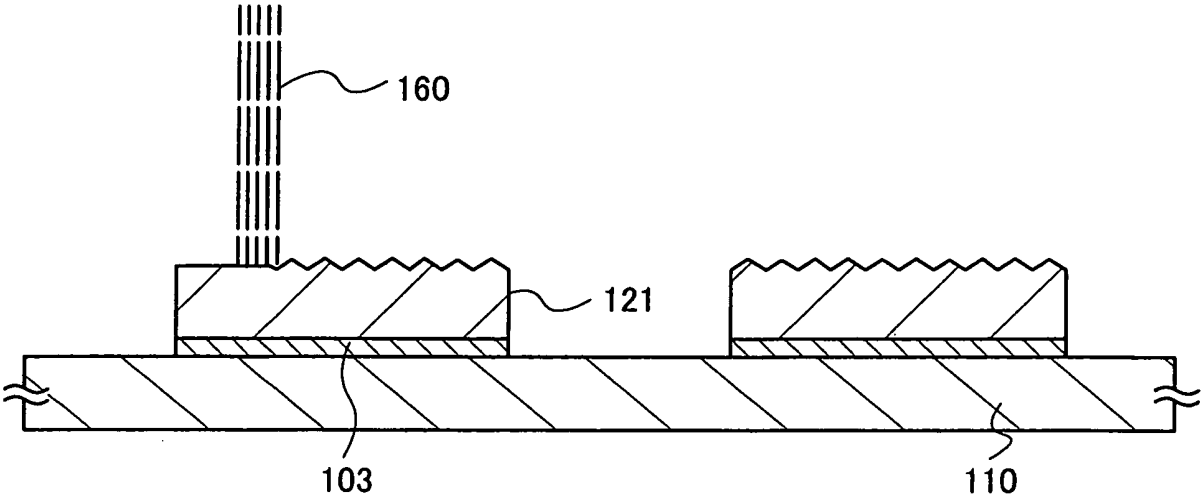


圖 18A

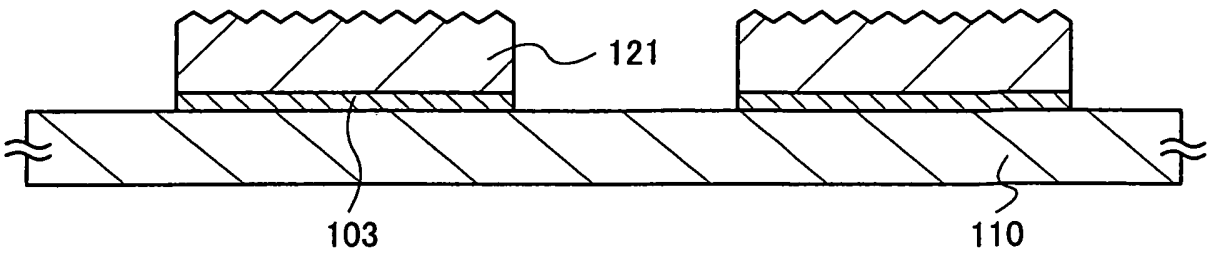
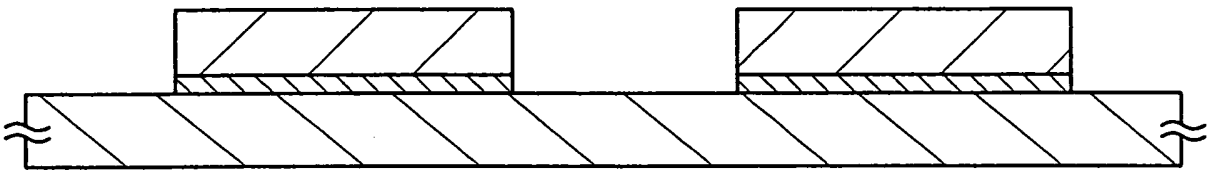


圖 18B



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：

103：絕緣層

110：基礎基板

120：光電轉換層

121：第一單晶半導體層

122：第二單晶半導體層

123a：第一雜質半導體層

123b：第二雜質半導體層

123c：第一雜質半導體層

123d：第二雜質半導體層

123e：第一雜質半導體層

123f：第二雜質半導體層

144a：第一電極

144b：第二電極

144c：第一電極

144d：第二電極

144e：第一電極

144f：第二電極

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