



(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 I599062 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：098113348

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 04 月 22 日

(51)Int. Cl. : H01L31/04 (2014.01)

H01L31/18 (2006.01)

(30)優先權：2008/04/25 日本

2008-116079

(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：山崎舜平 YAMAZAKI, SHUNPEI (JP)；鳥海聰志 TORIUMI, SATOSHI (JP)；橫井
智和 YOKOI, TOMOKAZU (JP)；古野誠 FURUNO, MAKOTO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 309663

TW 200717824A

US 5810945A

審查人員：徐孝倫

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：22 共 93 頁

(54)名稱

光電轉換裝置和其製造方法

PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(57)摘要

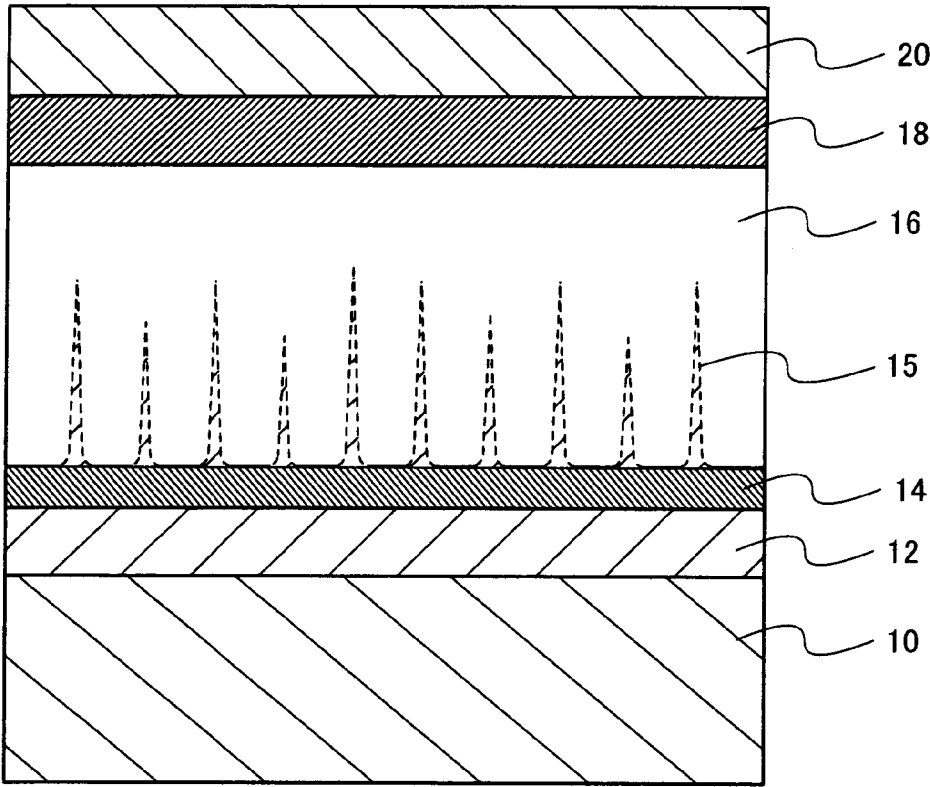
本發明的目的在於提供一種光電轉換特性提高且具有高成本競爭力的光電轉換裝置。一種包括半導體接面的光電轉換裝置，具有在雜質半導體層上針狀結晶成長了的半導體層。該雜質半導體層由微晶半導體形成並包含一種導電型的雜質。在微晶半導體層上，在沉積膜時將稀釋氣體的流量(代表為氫)設定為半導體材料氣體(代表為矽烷)的 1 倍以上且 6 倍以下形成非晶半導體層。在膜的沉積方向上，即從微晶半導體層向非晶半導體層的方向使具有漸細的三維形狀的結晶成長。

To provide a photoelectric conversion device with improved photoelectric conversion characteristics and cost competitiveness. A photoelectric conversion device including a semiconductor junction has a semiconductor layer in which a needle-like crystal is made to grow over an impurity semiconductor layer. The impurity semiconductor layer is formed of a microcrystalline semiconductor and includes an impurity imparting one conductivity type. An amorphous semiconductor layer is deposited on a microcrystalline semiconductor layer by setting the flow rate of a dilution gas (typically silane) to 1 time to 6 times the flow rate of a semiconductor source gas (typically hydrogen) at the time of deposition. Thus, a crystal with a three-dimensional shape tapered in a direction of the deposition of a film, i.e., in a direction from the microcrystalline semiconductor layer to the amorphous semiconductor layer is made to grow.

指定代表圖：

圖1

- 符號簡單說明：
- 10 . . . 基板
 - 12 . . . 第一電極
 - 14 . . . 第一半導體層
 - 15 . . . 針狀結晶
 - 16 . . . 第二半導體層
 - 18 . . . 第三半導體層
 - 20 . . . 第二電極



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：098113348

※申請日：98 年 04 月 22 日

※IPC 分類：H01L 31/04 (2014.01)
H01L 31/18 (2006.01)

一、發明名稱：(中文／英文)

光電轉換裝置和其製造方法

Photoelectric conversion device and method for manufacturing the same

二、中文發明摘要：

本發明的目的在於提供一種光電轉換特性提高且具有高成本競爭力的光電轉換裝置。一種包括半導體接面的光電轉換裝置，具有在雜質半導體層上針狀結晶成長了的半導體層。該雜質半導體層由微晶半導體形成並包含一種導電型的雜質。在微晶半導體層上，在沉積膜時將稀釋氣體的流量（代表為氫）設定為半導體材料氣體（代表為矽烷）的1倍以上且6倍以下形成非晶半導體層。在膜的沉積方向上，即從微晶半導體層向非晶半導體層的方向使具有漸細的三維形狀的結晶成長。

三、英文發明摘要：

To provide a photoelectric conversion device with improved photoelectric conversion characteristics and cost competitiveness. A photoelectric conversion device including a semiconductor junction has a semiconductor layer in which a needle-like crystal is made to grow over an impurity semiconductor layer. The impurity semiconductor layer is formed of a microcrystalline semiconductor and includes an impurity imparting one conductivity type. An amorphous semiconductor layer is deposited on a microcrystalline semiconductor layer by setting the flow rate of a dilution gas (typically silane) to 1 time to 6 times the flow rate of a semiconductor source gas (typically hydrogen) at the time of deposition. Thus, a crystal with a three-dimensional shape tapered in a direction of the deposition of a film, i.e., in a direction from the microcrystalline semiconductor layer to the amorphous semiconductor layer is made to grow.

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：

10：基板

12：第一電極

14：第一半導體層

15：針狀結晶

16：第二半導體層

18：第三半導體層

20：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

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明關於具有半導體接面的光電轉換裝置及其製造方法。

【先前技術】

以太陽能電池為代表的光電轉換裝置如住宅用太陽光發電系統等作為應對近年的地球環境問題的對策，其市場不斷擴大。利用光電轉換效率高的單晶矽或多晶矽的塊狀光電轉換裝置已經實用化。利用單晶矽或多晶矽的光電轉換裝置藉由從大型矽錠分割出來而製造。然而，製造大型矽錠需要很長時間，所以生產率不高。並且，由於矽原材料的供應量本身受到限制，所以不能應付市場的擴大，而處於供應不足的狀態。

如上述那樣矽原材料不足明顯，利用非晶矽薄膜或微晶矽薄膜的薄膜光電轉換裝置引人注目。一般來說，由於利用化學或物理的各種成長法在支撐基板上形成矽薄膜，因此與塊狀光電轉換裝置相比薄膜光電轉換裝置可以實現省資源化、低成本化。

此外，目前對於利用藉由電漿CVD法可製造的微晶矽薄膜的光電轉換裝置正在進行開發（例如，參照專利文獻1）。

對藉由電漿CVD法製造的結晶矽膜以及利用其的光電轉換裝置來說，已經有利用具有不同於非晶半導體及結晶

半導體的半非晶或半結晶結構的半非晶半導體的光電轉換裝置的報告（例如，參照專利文獻2、3）。

[專利文獻1] 日本專利申請公開第2000-277439號公報

[專利文獻2] 日本專利公告公報（Publication of Examined Applications）平2-53941號公報

[專利文獻3] 日本專利公告公報（Publication of Examined Applications）昭62-62073號公報

然而，利用非晶矽薄膜的光電轉換裝置不能解決被稱為斯特博勒-朗斯基效應（Staebler-Wronski Effect）的光退化的問題、其光電轉換效率低於塊狀光電轉換裝置的光電轉換效率等的問題，其普及率達不到塊狀光電轉換裝置的普及率。

【發明內容】

鑒於上述問題，本發明的目的之一在於提高薄膜光電轉換裝置的光電轉換特性。

本發明的一個方式是一種包括半導體接面的光電轉換裝置，包括在由微晶半導體形成的一種導電型的雜質半導體層上具有向膜的表面漸細的三維形狀的結晶（針狀結晶）成長了的半導體層。此外，進行光電轉換的區域的主要部分由具有漸細的三維形狀的結晶（針狀結晶）成長了的半導體層構成。

在微晶半導體層上將能夠產生非晶半導體的混合比的

半導體材料氣體（代表性的是矽烷）和稀釋氣體（代表性的是氫）作為反應氣體引入到反應空間內，並且產生電漿，而沉積膜。此時，藉由在沉積膜初期步驟中將稀釋氣體的流量設定為半導體材料氣體的1倍以上且6倍以下沉積膜，在微晶半導體層上形成非晶半導體層，並且在該非晶半導體層中使具有在膜的沉積方向上漸細的三維形狀的結晶成長。換言之，在微晶半導體層上使在要形成的膜的沉積方向上延伸的結晶（針狀結晶）成長。

此外，將能夠產生微晶半導體的混合比的半導體材料氣體和稀釋氣體作為反應氣體引入到反應空間內，並且產生電漿，而沉積膜來形成微晶半導體層。在微晶半導體層上與用於形成該微晶半導體層的反應氣體相比，使相對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量比減小地沉積膜，而在微晶半導體層上形成包括具有在膜的沉積方向上漸細的三維形狀的結晶（針狀結晶）的非晶半導體層。

本發明的一個方式是一種光電轉換裝置，包括：設置在第一電極上並包含賦予一種導電型的雜質元素的第一半導體層；設置在第一半導體層上的第二半導體層；設置在第二半導體層上並包含賦予與第一半導體層相反的導電型的雜質元素的第三半導體層；設置在第三半導體層上的第二電極，其中第二半導體層包括具有從與第一半導體層的介面向與第三半導體層的介面漸細的三維形狀的結晶。

在上述結構中，第一半導體層為p型半導體，第二半導體層為i型半導體，第三半導體層為n型半導體。

此外，在上述結構中，第一半導體層為微晶半導體，第二半導體層在非晶半導體中存在結晶半導體的針狀結晶。

本發明的一個方式是一種光電轉換裝置的製造方法，包括如下步驟：在基板上形成第一電極；在第一電極上將包含能夠產生微晶半導體的混合比的半導體材料氣體和稀釋氣體的反應氣體引入到反應室內，並且產生電漿，而沉積膜，來形成由包含賦予一種導電型的雜質元素的微晶半導體層形成的第一半導體層；在第一半導體層上使相對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量比減小地沉積膜，而形成包括具有在膜的沉積方向上漸細的三維形狀的結晶的第二半導體層；在第二半導體層上形成包含賦予與第一半導體層相反的導電型的雜質元素的第三半導體層；以及在第三半導體層上形成第二電極。

本發明的一個方式是一種光電轉換裝置的製造方法，包括如下步驟：在基板上形成第一電極；在第一電極上形成包含賦予一種導電型的雜質元素的微晶半導體的第一半導體層；在第一半導體層上將能夠產生非晶半導體的混合比的半導體材料氣體和稀釋氣體引入到反應室內，並產生電漿，而沉積膜，並且在沉積膜初期步驟中將稀釋氣體的流量設定為半導體材料氣體的1倍以上且6倍以下沉積膜，來形成包括具有在膜的沉積方向上漸細的三維形狀的結晶的第二半導體層；在第二半導體層上形成包含賦予與第一半導體層相反的導電型的雜質元素的第三半導體層；以及

在第三半導體層上形成第二電極。

在上述結構中，作為半導體材料氣體，可以使用氫化矽氣體、氟化矽氣體或氯化矽氣體，並且作為稀釋氣體可以使用氫氣體。

注意，本說明書中的“光電轉換層”是指除了進行光電轉換的層以外，還包括為形成內部電場而接合的包含賦予一種導電型的雜質元素的半導體層的層。

本發明的一個方式藉由形成具有針狀結晶的非晶半導體層作為進行光電轉換的層，可以提高光電轉換特性。此外，藉由控制反應氣體的稀釋量在微晶半導體層上形成非晶半導體層，可以使具有漸細的三維形狀的結晶成長，再者，由於進行光電轉換的主要部分由非晶半導體層形成，因此可以實現高生產率、低成本化以及省資源化。從而，可以提供具有高成本競爭力的光電轉換裝置。

【實施方式】

下面，參照附圖將說明本發明的實施例模式。但是，本發明不局限於如下的說明，所屬技術領域的普通技術人員可以很容易地理解一個事實就是其方式和詳細內容在不脫離本發明的宗旨及其範圍下可以被變換為各種各樣的形式。因此，本發明不應該被解釋為僅限定在以下所示的實施例模式所記載的內容中。在以下說明的本發明的結構中，在不同附圖中共同使用同一附圖標記來表示同一部分。

實施例模式 1

圖 1 示出本實施例模式的光電轉換裝置的結構。圖 1 所示的光電轉換裝置由設置在基板 10 上的第一電極 12、設置在該第一電極 12 上的第一半導體層 14、設置在該第一半導體層 14 上的第二半導體層 16、設置在該第二半導體層 16 上的第三半導體層 18 以及設置在該第三半導體層 18 上的第二電極 20 構成。第二半導體層 16 夾在第一半導體層 14 和第三半導體層 18 之間。第一半導體層 14 的極性和第三半導體層 18 的極性相反，其中一方為 p 型半導體，另一方為 n 型半導體。第二半導體層 16 為 i 型半導體。藉由採用這種結構，光電轉換裝置包括至少一個半導體接面。此外，第一半導體層 14 為微晶半導體，並且設置在第一半導體層 14 上的第二半導體層 16 為非晶半導體。第三半導體層 18 可以利用微晶半導體或非晶半導體。在本實施例模式中示出第一半導體層 14 為 p 型微晶半導體，第二半導體層 16 為 i 型非晶半導體，第三半導體層 18 為 n 型微晶半導體的例子。

第二半導體層 16 是形成在第一半導體層 14 上的半導體層。在第二半導體層 16 中存在著針狀結晶 15。存在於第二半導體層 16 中的針狀結晶 15 是從由微晶半導體形成的第一半導體層 14 進行晶體成長的結晶半導體。第二半導體層 16 在非晶半導體的區域中存在結晶半導體的針狀結晶，並且該針狀結晶或柱狀結晶從第一半導體層 14 進展晶體成長。

在此，在第二半導體層 16 中，針狀結晶 15 具有三維形狀或平面形狀，這些形狀從與微晶半導體的第一半導體層

14的介面向第二半導體層16的表面（與第三半導體層18的介面一側）漸細。針狀結晶15的起點在第一半導體層14一側，並且以在與結晶的成長方向垂直的面內方向上漸細的方式成長。

在第一半導體層14上形成第二半導體層16。具體而言，藉由使用能夠產生非晶半導體的混合比的半導體材料氣體和稀釋氣體作為反應氣體，將該反應氣體引入到反應空間內，並以維持預定的壓力的方式產生電漿，代表性地產生輝光放電電漿。由此，放在反應空間內的基板（形成有第一半導體層14的基板10）上沉積膜（第二半導體層16）。在此，在第二半導體層16的沉積膜初期步驟中，將稀釋氣體的流量設定為半導體材料氣體的1倍以上且6倍以下（換言之，半導體材料氣體：稀釋氣體=1：1至6（sccm））。藉由將第二半導體層16的沉積膜初期的反應氣體設定為稀釋氣體的流量為半導體材料氣體的1倍以上且6倍以下，並沉積膜，從微晶半導體的第一半導體層14向形成第二半導體層16的方向，針狀結晶15成長。在微晶半導體層上藉由控制反應氣體的稀釋量並形成非晶半導體層，可以使針狀結晶成長。

此外，可以確認到在形成第二半導體層16的情況下，與用於形成微晶半導體的第一半導體層14的反應氣體相比，藉由使相對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量比減小地沉積膜，在微晶半導體層上可以形成包括在膜的沉積方向上成長的針狀結晶的非晶半導體層（第二半導體層16）

。具體而言，可以確認到稀釋氣體的流量為半導體材料氣體的大概10倍，或當10倍以上時也可以形成包括針狀結晶的非晶半導體層。另外，可以確認到藉由形成微晶半導體層，並一邊形成該微晶半導體層的對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量為分步驟地減少一邊沉積膜，可以形成包括在膜的沉積方向上成長的針狀結晶的非晶半導體層。

形成第二半導體層16的非晶半導體由非晶矽或非晶鍺等形成。具體而言，採用使用以氫為代表的稀釋氣體稀釋以矽烷為代表的半導體材料氣體的反應氣體，並使用電漿CVD裝置可以形成第二半導體層16。作為半導體材料氣體，可以使用以矽烷、乙矽烷為代表的氫化矽。此外，可以使用 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 等的氯化矽或 SiF_4 等的氟化矽代替氫化矽。氫是稀釋氣體的例子，除了使用氫化矽及氫之外，還可以使用選自氫、氫、氫、氫中的一種或多種稀有氣體元素進行稀釋，來形成第二半導體層16。作為第二半導體層16，在沉積膜初期步驟中氫的流量為氫化矽的1倍以上且6倍以下沉積膜。另外，在針狀結晶成長的沉積膜初期步驟中，將稀釋氣體的流量設定為半導體材料氣體的1倍以上且6倍以下即可，作為以後的反應氣體，以能夠產生非晶半導體的混合比使用半導體材料氣體和稀釋氣體，形成第二半導體層16即可。

此外，第二半導體層16由包括針狀結晶15的i型半導體形成。注意，在本說明書中的i型半導體是指如下半導體：該半導體所包含的賦予p型或n型的雜質元素的濃度為

$1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以下，並且氧及氮的濃度為 $9 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下，並且相對於暗導電率的光導電率為 100 倍以上。該 i 型半導體也可以添加有 1 ppm 至 1000 ppm 的硼。換言之，i 型半導體當意圖性地不添加以價電子控制為目的的雜質元素時會呈現弱 n 型的導電性，所以當應用於第二半導體層 16 時，較佳的在沉積膜的同時或沉積膜之後添加賦予 p 型的雜質元素。作為賦予 p 型的雜質元素，代表性的是硼，並且較佳的以 1 ppm 至 1000 ppm 的比例將 B_2H_6 、 BF_3 等雜質氣體混入在半導體材料氣體中。並且，較佳的將硼的濃度設定為例如 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ 至 $6 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。

此外，在圖 1 中示出存在於第二半導體層 16 中的針狀結晶 15 從與第一半導體層 14 的介面開始成長直到第二半導體層 16 的沉積膜方向的中間左右的例子。例如，在第二半導體層 16 的沉積膜初期步驟中將稀釋氣體的流量設定為半導體材料氣體的 1 倍以上且 6 倍以下沉積膜，來使針狀結晶 15 成長，在針狀結晶 15 成長得適當的步驟中，減少稀釋氣體量或停止稀釋氣體供給，因此可以停止針狀結晶 15 的晶體成長。如圖 4 所示那樣，也可以從與第一半導體層 14 的介面到與第三半導體層 18 的介面貫穿地使針狀結晶 15 成長。

此外，可以確認到在形成第二半導體層 16 的情況下，藉由一邊與用於形成第一半導體層 14 的反應氣體相比，對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量為分步驟地減少一邊沉積膜，可以直到第二半導體層 16 的中間使針狀結晶 15 成

長。例如，可以確認到藉由固定用於反應氣體的稀釋氣體的流量，並分步驟地增加半導體材料氣體的流量，可以使針狀結晶成長。

在第二半導體層16中，由於非晶半導體（具體為非晶矽）的區域為直接遷移型並且其光吸收係數高，與針狀結晶15相比優先地產生光產生載流子。在第二半導體層16中，非晶半導體（非晶矽）的區域的帶隙為1.6eV至1.8eV，而針狀結晶15的帶隙為1.1eV至1.4eV。考慮到上述關係，在第二半導體層16中產生的光產生載流子流過針狀結晶15。根據這種結構，降低光產生載流子被第二半導體層16的缺陷能級俘獲的概率，此外，即使產生光致缺陷（photoinduced defect），光產生載流子也流過針狀結晶15，所以可以維持高光電轉換特性。換言之，可以減少現有的問題的因光退化而引起的特性變動。

第一半導體層14是包含賦予一種導電型的雜質元素的雜質半導體層。在形成在基板10上的第一電極12上形成第一半導體層14。作為賦予一種導電型的雜質元素，使用賦予n型的雜質元素（代表性的是元素週期表中第15族的磷、砷或銻）、或者賦予p型的雜質元素（代表性的是元素週期表中第13族的硼或鋁）。此外，第一半導體層14由微晶半導體形成，由微晶矽、微晶矽鍺或微晶鍺等形成。在本實施例模式中，第一半導體層14由包含賦予p型的雜質元素的硼的微晶矽形成。

本實施例模式所示的微晶半導體包括具有非晶體和晶

體結構（包括單晶、多晶）的中間結構的半導體的層。微晶半導體是具有在自由能上穩定的第三狀態的半導體。舉個例子，微晶半導體是包括其晶粒徑為2nm以上且200nm以下，較佳的為10nm以上且80nm以下，更佳的為20nm以上且50nm以下的半導體的層。作為微晶半導體的代表實例的微晶矽的拉曼光譜偏移到低於顯示單晶矽的520/cm的波數一側。即，在顯示單晶矽的520/cm和顯示非晶矽的480/cm之間有微晶矽的拉曼光譜的峰值。此外，使該微晶矽包含至少1原子%或更多的氫或鹵素，以便飽和懸空鍵。進而，藉由還包含氮、氬、氫、氖等的稀有氣體元素，進一步促進其晶格畸變，可以提高穩定性而獲得良好的微晶半導體。這種微晶半導體具有晶格畸變，並且由於該晶格畸變，光學特性從單晶矽的間接遷移型變成直接遷移型。當至少有10%的晶格畸變時，光學特性變成直接遷移型。注意，藉由使晶格畸變在局部存在，也可以呈現直接遷移和間接遷移混在一起的光學特性。例如在美國專利4,409,134號中公開有關於上述微晶半導體的記載。注意，在本發明中，微晶半導體的概念不局限於上述的晶粒徑。此外，只要具有同等的物性值則可以使用其他半導體材料。

以能夠產生微晶半導體的混合比使用半導體材料氣體和稀釋氣體作為反應氣體來形成第一半導體層14。具體而言，將利用氫等稀釋以矽烷為代表的半導體材料氣體的反應氣體引入到反應空間內，以維持預定的壓力的方式產生電漿，代表性地產生輝光放電電漿，在放在反應空間內的

被處理體的形成有第一電極12的基板10上，形成作為膜的第一半導體層14。半導體材料氣體及稀釋氣體可以使用與第二半導體層16的形成同樣的材料，可以使用以矽烷、乙矽烷為代表的氫化矽、氟化矽或氯化矽，以氫為代表的稀釋氣體，再者，除了半導體材料氣體及氫以外，還可以使用選自氦、氬、氖、氬中的一種或多種稀有氣體元素。將稀釋氣體（例如氫）的流量設定為半導體材料氣體（例如氫化矽）的5倍以上且200倍以下，較佳的為50倍以上且150倍以下，更佳的為100倍地形成第一半導體層14。例如，在電漿CVD裝置的反應室內，利用氫等稀釋以矽烷為代表的半導體材料氣體，並利用輝光放電電漿來可以形成第一半導體層14。藉由施加1MHz至20MHz，代表性的是13.56MHz的高頻電力，或者大於20MHz且到120MHz左右的高頻電力，代表性的是27.12MHz或60MHz，產生輝光放電電漿。此外，也可以施加頻率為1GHz以上的高頻電力。另外，也可以在半導體材料氣體中，混入 CH_4 、 C_2H_6 等的碳化物氣體、 GeH_4 、 GeF_4 等的鍺化氣體，並將能帶幅度調節為1.5eV至2.4eV、或者0.9eV至1.1eV。

第三半導體層18是形成在第二半導體層16上並包含賦予一種導電型的雜質元素的雜質半導體層。第三半導體層18包含賦予與第一半導體層14相反的導電型的雜質元素，由微晶半導體或非晶半導體形成。在本實施例模式中，第三半導體18由包含賦予n型的雜質元素的磷的微晶矽形成。

作為基板 10，可以使用在市場上出售的各種各樣的玻璃諸如藍板玻璃、白板玻璃、鉛玻璃、強化玻璃、陶瓷玻璃等。此外，可以使用：鋁矽酸鹽玻璃、鋇硼矽酸鹽玻璃等的稱為無鹼玻璃基板的基板；石英基板；不銹鋼等金屬基板。當將基板 10 用作光入射面（主受光面）時，作為基板 10 使用具有透光性的基板。當將基板 10 用作主受光面時，第一電極 12 由氧化銦、氧化銦錫合金（ITO）、氧化鋅等透明導電材料形成，並且第二電極 20 由鋁、銀、鈦、鉭等導電材料形成，較佳的由能夠形成反射電極的金屬材料形成。當將第二電極 20 一側用作主受光面時，第一電極 12 由鋁、銀、鈦、鉭等導電材料形成，並且第二電極 20 由透明導電材料形成。當第一電極 12 由鋁、銀、鈦、鉭等金屬材料形成並將其用作反射電極時，較佳的在與第一半導體層 14 接觸一側的表面上形成凹凸以提高反射率。

此外，作為形成第一電極 12 或第二電極 20 的透明導電材料，可以使用導電高分子材料（也稱為導電聚合物）代替氧化銦、氧化銦錫、氧化鋅等氧化金屬。作為導電高分子材料，可以使用 π 電子共軛類導電高分子。例如，可以舉出聚苯胺及 / 或其衍生物、聚吡咯及 / 或其衍生物、聚噻吩及 / 或其衍生物、以及它們中的兩種以上的共聚物等。

圖 1 示出由第一半導體層 14、第二半導體層 16 以及第三半導體層 18 的疊層結構構成 pin 接面的結構作為光電轉換層的結構，但是作為構成光電轉換層的半導體接面，除了該 pin 接面以外，還可以使用 pi 接面、in 接面、pn 接面。

在此，在圖2中示出用於構成根據本實施例模式的光電轉換裝置的半導體層的形成的電漿CVD裝置的示意圖。

圖2所示的電漿CVD裝置621連接於氣體供應單元610及排氣單元611。

圖2所示的電漿CVD裝置621具備反應室601、載物台602、氣體供應部603、簇射板604、排氣口605、上部電極606、下部電極607、交流電源608、以及溫度控制部609。

反應室601由具有剛性的材料形成，並且構成爲能夠進行其內部的真空排氣。在反應室601中具備有上部電極606和下部電極607。注意，在圖2中示出電容耦合型（平行平板型）的結構，但是只要是藉由施加兩種以上的不同高頻電力可以在反應室601內部產生電漿的結構，就可以採用電感耦合型等其他結構。

當利用圖2所示的電漿CVD裝置進行處理時，從氣體供應部603供應預定的氣體。將所供應的氣體經過簇射板604引入到反應室601。藉由利用連接於上部電極606和下部電極607的交流電源608，施加高頻電力並使反應室601內的氣體激發，而產生電漿。此外，藉由利用連接於真空泵的排氣口605，排氣反應室601內的氣體。另外，藉由利用溫度控制部609可以一邊加熱被處理物一邊進行電漿處理。

氣體供應單元610由填充反應氣體的汽缸612、壓力調節閥613、停止閥614、以及質量流量控制器615等構成。在反應室601內具有在上部電極606和下部電極607之間加

工為板狀並設有多個細孔的簇射板604。供應給上部電極606的反應氣體經過內部的空心結構，然後從該細孔供應給反應室601內。

連接於反應室601的排氣單元611包括如下功能：在進行真空排氣或流過反應氣體的情況下，將反應室601內控制為保持預定的壓力。作為排氣單元611的結構包括蝶閥616、導氣閥617、渦輪分子泵618、乾燥泵619等。在並聯配置蝶閥616和導氣閥617的情況下，藉由關閉蝶閥616而使導氣閥617工作，可以控制反應氣體的排氣速度而將反應室601的壓力保持為預定的範圍。另外，藉由使傳導率高的蝶閥616開啓，可以進行高真空排氣。

此外，在將反應室601內直到低於 10^{-5} Pa的壓力進行超高真空排氣的情況下，較佳的並用低溫泵620。另外，在直到作為最終真空度的超高真空進行排氣的情況下，也可以對反應室601的內壁進行鏡面加工，並且設置焙燒用加熱器，以便減少從內壁釋放的氣體。

此外，如圖2所示那樣，藉由進行預塗處理以覆蓋反應室601的整體內壁地沉積膜，可以防止附著在反應室內壁的雜質元素、或者構成反應室內壁的雜質元素混入到元件中。

圖2所示的電漿CVD裝置可以採用如圖3所示那樣的多室結構。圖3所示的裝置具有如下結構：在公共室407周圍具有裝載室401、卸載室402、反應室（1）403a、反應室（2）403b、反應室（3）403c、以及備用室405。反應室

(1) 403a是用來形成p型半導體層的反應室，反應室(2) 403b是用來形成i型半導體層的反應室，反應室(3) 403c是用來形成n型半導體層的反應室。被處理體經過公共室407搬出入於各反應室中。在公共室407和各室之間設置有閘閥408，以避免在各反應室中進行的處理彼此干擾。基板被裝在裝載室401、卸載室402分別具有的盒子400中，並且被公共室407中的搬送機構409搬運到反應室(1) 403a、反應室(2) 403b、反應室(3) 403c。在該裝置中，可以按每個形成的膜的種類分別分配反應室，並可以連續形成多個不同膜而不使它們暴露於大氣。

在圖2、圖3所示那樣的結構的電漿CVD裝置的反應室(反應空間)內，引入反應氣體並產生電漿，來可以形成第一半導體層14至第三半導體層18。

在形成包括pin接面的光電轉換裝置的情況下，較佳的將對應於形成p層、i層、以及n層的各半導體層的反應室設置在電漿CVD裝置中。

在此情況下，首先，將形成有第一電極12的基板10用作被處理體，在搬入該被處理體的反應室(1)中引入第一反應氣體並產生電漿，在形成在基板10上的第一電極12上形成第一半導體層14(p型雜質半導體層)。其次，不使形成有第一半導體層14的基板10暴露於大氣地將其從反應室(1)搬出，將該基板10移動到反應室(2)，在該反應室(2)中引入第二反應氣體並產生電漿，在第一半導體層14上形成第二半導體層16(i型半導體層)。然後，

不使形成有第二半導體層 16 的基板 10 暴露於大氣地將其從反應室 (2) 搬出，將該基板 10 移動到反應室 (3)，在該反應室 (3) 中引入第三反應氣體並產生電漿，在第二半導體層 16 上形成第三半導體層 18 (n 型雜質半導體層)。在圖 3 中示出考慮到層疊的層的數量 (第一半導體層 14、第二半導體層 16、以及第三半導體層 18)，將反應室的數量設定為 3 個的情況。

例如，在作為光電轉換層形成 pi 接面、in 接面、pn 接面的情況下，形成半導體層的反應室只有兩個即可。此外，在應用使一種導電型的雜質濃度不同的層結構如 pp⁻n 接面、p⁺pp⁻n 接面的情況下，也可以將反應室設定為四個，但是控制引入到反應室中的包含雜質元素的氣體的濃度即可，因此有兩個反應室也可以應對的情況。

實施例模式 2

在本實施例模式中，對於所謂整合型光電轉換裝置的例子進行說明，該整合型光電轉換裝置在同一基板上形成多個單元元件，使多個單元元件串聯連接並對光電轉換裝置進行整合化。以下對整合型光電轉換裝置的製程及結構的概略進行說明。

在圖 5A 中，在基板 101 上設置第一電極層 102。或者，準備具有第一電極層 102 的基板 101。第一電極層 102 由氧化銦、氧化銦錫合金、氧化鋅、氧化錫、氧化銦錫-氧化鋅合金等透明導電材料構成，並且其厚度為 40nm 至 200nm

(較佳的為50nm至100nm)。將第一電極層102的片電阻設定為 $20\Omega/\square$ 至 $200\Omega/\square$ 左右即可。

此外，第一電極層102可以由導電高分子材料(也稱為導電聚合物)形成。在使用導電高分子材料形成薄膜作為第一電極層102的情況下，其薄膜中的片電阻較佳的為 $10000\Omega/\square$ 以下，並且其波長為550nm中的透光率較佳的為70%以上。此外，第一電極層102所包含的導電高分子的電阻率較佳的為 $0.1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下。作為導電高分子，可以使用所謂 π 電子共軛類導電高分子。例如，可以舉出聚苯胺及/或其衍生物、聚吡咯及/或其衍生物、聚噻吩及/或其衍生物、以及它們中的兩種以上的共聚物等。

作為共軛類導電高分子的具體例子，可以舉出聚吡咯、聚(3-甲基吡咯)、聚(3-丁基吡咯)、聚(3-辛基吡咯)、聚(3-癸基吡咯)、聚(3,4-二甲基吡咯)、聚(3,4-二丁基吡咯)、聚(3-羥基吡咯)、聚(3-甲基-4-羥基吡咯)、聚(3-甲氧基吡咯)、聚(3-乙氧基吡咯)、聚(3-辛氧基吡咯)、聚(3-羧基吡咯)、聚(3-甲基-4-羧基吡咯)、聚N-甲基吡咯、聚噻吩、聚(3-甲基噻吩)、聚(3-丁基噻吩)、聚(3-辛基噻吩)、聚(3-癸基噻吩)、聚(3-十二烷基噻吩)、聚(3-甲氧基噻吩)、聚(3-乙氧基噻吩)、聚(3-辛氧基噻吩)、聚(3-羧基噻吩)、聚(3-甲基-4-羧基噻吩)、聚(3,4-乙烯二氧噻吩)、聚苯胺、聚(2-甲苯胺)、聚(2-辛基苯胺)、聚(2-異丁基苯胺)、聚(3-異丁基苯胺)、聚(2-苯胺磺

酸）、聚（3-苯胺磺酸）等。

既可以將上述導電高分子單獨地作為導電高分子材料使用於第一電極層102，又可以對該導電高分子添加有機樹脂而使用以調整導電高分子材料的性質。

作為調整上述導電高分子材料的性質的有機樹脂，只要能夠與導電高分子互相溶化或混合分散，就可以使用選自熱固性樹脂、熱可塑性樹脂、光固性樹脂中的任一種。例如，可以舉出：聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚對苯二甲酸丁二醇酯、聚萘二甲酸乙二醇酯等聚酯類樹脂；聚醯亞胺、聚醯胺-醯亞胺等聚醯亞胺類樹脂；聚醯胺6、聚醯胺66、聚醯胺12、聚醯胺11等聚醯胺樹脂；聚偏二氟乙烯、聚氟化乙烯、聚四氟乙烯、乙烯-四氟乙烯共聚物、聚含氯三氟乙烯等氟樹脂；聚乙烯醇、聚乙烯醚、聚乙烯醇縮丁醛、聚乙酸乙烯、聚氯乙烯等乙烯樹脂；環氧樹脂；二甲苯樹脂；芳族聚醯胺（aramid）樹脂；聚氨基酯類樹脂；聚脲類樹脂；蜜胺樹脂；酚醛類樹脂；聚醚；丙烯酸類樹脂；以及由這些構成的共聚物等。

再者，為了調整第一電極層102的導電率，也可以藉由對導電高分子材料添加成為受主的雜質或成為施主的雜質，使共軛類導電高分子的共軛電子的氧化還原電位變化。

作為成為受主的雜質，可以使用鹵素化合物、路易士酸（Lewis acid）、質子酸（protonic acid）、有機氟化合物、有機金屬化合物等。作為鹵素化合物，可以舉出氯、

溴、碘、氯化碘、溴化碘、氟化碘等。作為路易士酸，可以舉出五氟化磷、五氟化砷、五氟化銻、三氟化硼、三氯化硼、三溴化硼等。作為質子酸，可以舉出：鹽酸、硫酸、硝酸、磷酸、硼氟化氫酸、氟化氫酸、過氯酸等無機酸；以及有機羧酸、有機磺酸等有機酸。作為有機羧酸以及有機磺酸，可以使用所述羧酸化合物以及磺酸化合物。作為有機氰化合物，可以使用在共軛鍵中包括兩個以上的氰基的化合物。例如，可以舉出四氰基乙烯、四氰基乙烯氧化物、四氰基苯、四氰基對醌二甲烷、四氰基氮雜萘（*tetracyanoazanaphthalene*）等。

作為成為施主的雜質，可以舉出鹼金屬、鹼土金屬、叔胺化合物等。

可以藉由使導電高分子溶解於水或有機溶劑（醇類溶劑、酮類溶劑、酯類溶劑、烴類溶劑、芳香類溶劑等）並且利用濕法，來形成成為第一電極層102的薄膜。對使導電高分子溶解的溶媒沒有特別的限制，使用上述導電高分子及有機樹脂等高分子樹脂化合物溶解的溶媒即可。例如，將水、甲醇、乙醇、丙烯酸碳酸酯、N-甲基吡咯烷酮、二甲基甲醯胺、二甲基乙醯胺、環己酮、丙酮、甲乙酮、甲異丁酮、或甲苯等單獨溶劑或者混合溶劑作為溶媒來使導電高分子溶解，即可。

可以在上述那樣使導電高分子材料溶解於溶媒中之後，藉由利用塗布法、塗敷法、液滴噴射法（也稱為噴墨法）、印刷法等濕法，使用導電高分子材料而沉積膜。當要

使溶媒乾燥時，既可以進行熱處理，又可以在減壓下進行熱處理。此外，當添加到導電高分子材料中的有機樹脂是熱固性時，還進行加熱處理，而當有機樹脂是光固性時，進行光照射處理，即可。

此外，第一電極層102可以由複合材料，即透明導電材料形成，該複合材料包含有機化合物、以及對於該有機化合物顯示電子接收性的無機化合物。藉由在該複合材料中，使第一有機化合物、以及對於該第一有機化合物顯示電子接收性的第二有機化合物複合化，可以使電阻率成為 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下。注意，“複合”不意味著僅僅將多種材料混在一起，而意味著藉由混合成為在多種材料之間能夠進行電荷的授受的狀態。

作為用於複合材料的有機化合物，可以使用各種化合物諸如芳香胺化合物、吡啶衍生物、芳烴、高分子化合物（低聚物、樹狀聚合物、聚合物等）等。注意，作為用於複合材料的有機化合物，較佳的使用電洞傳輸性高的有機化合物。具體而言，較佳的使用具有 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vsec}$ 以上的電洞遷移率的物質。但是，只要是其電洞傳輸性高於其電子傳輸性的物質，就可以使用這些以外的物質。

具體而言，作為可以用於複合材料的有機化合物，可以應用以下例示的有機化合物。例如，可以舉出4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯胺]聯苯（縮寫：NPB）、4,4'-雙[N-(3-甲基苯)-N-苯胺]聯苯（縮寫：TPD）、4,4',4''-三(N,N-二苯胺)三苯胺（縮寫：TDATA）、4,4',4''-三[N-(

3-甲基苯)-N-苯胺]三苯胺(縮寫:MTDATA)等。

此外,作為有機化合物可以藉由使用下面所示的有機化合物,獲得在450nm至800nm的波長區域中沒有吸收峰的複合材料。另外,可以將電阻率設定為 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下,典型設定為 $5 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 至 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

作為在450nm至800nm的波長區域中沒有吸收峰的複合材料,可以舉出N,N'-二(對-甲苯基)-N,N'-二苯基-對-苯二胺(縮寫:DTDPPA)、4,4'-雙[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]聯苯(縮寫:DPAB)、4,4'-雙(N-{4-[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基)聯苯(縮寫:DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(縮寫:DPA3B)等的芳香胺化合物。

此外,作為在450nm至800nm的波長區域中沒有吸收峰的複合材料,可以具體地舉出3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(縮寫:PCzPCA1)、3,6-雙[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(縮寫:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(縮寫:PCzPCN1)等的咔唑衍生物。此外,還可以使用4,4'-二(N-咔唑基)聯苯(縮寫:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(縮寫:TCPB)、9-[4-(N-咔唑基)]苯基-10-苯基蒽(縮寫:CzPA)、2,3,5,6-三苯基-1,4-雙[4-(N-咔唑基)苯基]苯等的咔唑衍生物。

此外，作為在 450nm 至 800nm 的波長區域中沒有吸收峰的複合材料，例如可以舉出 9,10-二（萘-2-基）-2-叔-丁基蒽（縮寫：t-BuDNA）、9,10-二（萘-1-基）-2-叔-丁基蒽、9,10-雙（3,5-二苯基苯基）蒽（縮寫：DPPA）、9,10-二（4-苯基苯基）-2-叔-丁基蒽（縮寫：t-BuDBA）、9,10-二（萘-2-基）蒽（縮寫：DNA）、9,10-二苯基蒽（縮寫：DPAAnth）、2-叔-丁基蒽（縮寫：t-BuAnth）、9,10-二（4-甲基萘-1-基）蒽（縮寫：DMNA）、2-叔-丁基-9,10-二（萘-1-基）蒽、9,10-雙[2-（萘-1-基）苯基]蒽、9,10-雙[2-（萘-1-基）苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二（萘-1-基）蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二（萘-2-基）蒽、9,9'-二蒽基、10,10'-二蒽基、9,9'-二蒽基、10,10'-雙[（2,3,4,5,6-戊苯）苯基]-9,9'-二蒽基、蒽、並四苯、紅熒烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四（叔-丁基）二萘嵌苯等的芳烴。此外，還可以使用並五苯、暈苯等。另外，更佳的使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vsec}$ 以上的電洞遷移率且碳數為 14 至 42 的芳烴。

此外，可以用於在 450nm 至 800nm 的波長區域中沒有吸收峰的複合材料的芳烴還可以具有乙烯基骨架。作為具有乙烯基骨架的芳烴，例如可以舉出 4,4'-雙（2,2-二苯基乙烯基）聯苯（縮寫：DPVBi）、9,10-雙[4-（2,2-二苯基乙烯基）苯基]蒽（縮寫：DPVPA）等。

此外，還可以使用高分子化合物諸如聚{4-[N-（4-二苯氨基苯）-N-苯基]氨基苯乙烯}（縮寫：PStDPA）、聚

{4-[N-(9-吡啶-3-基)-N-苯基氨基]苯乙烯} (縮寫：PStPCA)、聚(N-乙炔基吡啶) (縮寫：PVK)、聚(4-乙炔基三苯胺) (縮寫：PVTPA) 等。

此外，作為用於複合材料的無機化合物，較佳的使用過渡金屬氧化物。另外，較佳的使用屬於元素週期表中的第4族、第5族、第6族、第7族以及第8族的金屬元素的氧化物。具體而言，較佳的使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉬、氧化鉻、氧化鈿、氧化鎢、氧化錳以及氧化銻，因為它們具有高電子接收性。特別較佳的使用氧化鉬，因為它在大氣中也穩定且其吸濕性低，容易使用。

注意，使用複合材料的第一電極層102的製造方法可以使用濕法和乾法中的任何方法。例如，可以藉由共蒸鍍上述的有機化合物和無機化合物，來製造使用複合材料的第一電極層102。注意，在使用氧化鉬形成第一電極層102的情況下，從製造過程的方面來看，較佳的使用蒸鍍法，因為氧化鉬在真空中容易蒸發。此外，還可以藉由塗敷含有上述有機化合物和金屬醇鹽的溶液並進行焙燒，來製造第一電極層102。作為塗敷方法，可以採用噴墨法、旋塗法等。

藉由選擇用於第一電極層102的複合材料所包含的有機化合物的種類，可以獲得在450nm至800nm的波長區域中沒有吸收峰的複合材料。因此，可以不吸收來自太陽光等的光且有效地透過光，所以可以提高光收集效率(light collection efficiency)。此外，在使用複合材料形成第一

電極層 102 的情況下，可以耐受彎曲。從而，在使用撓性基板來製造光電轉換裝置的情況下，較佳的使用複合材料形成第一電極層 102。

從第一電極層 102 的低電阻化的觀點來看，使用 ITO 很適合。在此，為避免 ITO 的退化而在 ITO 上形成 SnO_2 膜、 ZnO 膜是很有效的。此外，包含 1wt% 至 10wt% 的鎵的 ZnO ($\text{ZnO}:\text{Ga}$) 膜的透過率高，從而是適合在 ITO 膜上層疊的材料。作為其組合的一個例子，當將 ITO 膜形成為 50nm 至 60nm 的厚度，並且在其上形成厚度為 25nm 的 $\text{ZnO}:\text{Ga}$ 膜而形成第一電極層 102 時，可以獲得良好的透光性。在上述 ITO 膜和 $\text{ZnO}:\text{Ga}$ 膜的疊層膜中，可以獲得 $120\Omega/\square$ 至 $150\Omega/\square$ 的片電阻。

光電轉換層 103 由藉由電漿 CVD 法製造的微晶半導體或非晶半導體構成。作為微晶半導體的典型例子，具有使用利用氫氣體稀釋 SiH_4 氣體的反應氣體而製造的微晶矽，除此以外還應用微晶矽鍺、微晶碳化矽。此外，作為非晶半導體的典型例子，具有將 SiH_4 氣體用作反應氣體而製造的非晶矽，除此以外還應用非晶碳化矽、非晶鍺。光電轉換層 103 包括 pin 接面、pi 接面、in 接面、pn 接面中的任何半導體接面。

圖 5A 表示作為光電轉換層 103 從第一電極層 102 一側層疊有由 p 型微晶半導體形成的第一半導體層 103a、由 i 型非晶半導體形成的第二半導體層 103b、由 n 型微晶半導體形成的第三半導體層 103c 的結構的一個例子。光電轉換層

103的厚度為 $0.5\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ ，較佳的為 $1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 。此外，在光電轉換層103中，可以將第一半導體層103a的厚度設定為 10nm 至 20nm ，而將第三半導體層103c的厚度設定為 20nm 至 60nm 。

在形成在第一半導體層103a上的第二半導體層103b中，從與第一半導體層103a的介面向與第三半導體層103c的介面一側存在成長的針狀結晶104。第一半導體層103a由微晶半導體形成，在第二半導體層103b的沉積膜初期的反應氣體中，將稀釋氣體的流量設定為半導體材料氣體的1倍以上且6倍以下，來形成非晶半導體，從而可以從第一半導體層103a向形成第二半導體層103b的方向使針狀結晶104成長。

此外，可以確認到在形成第二半導體層103b中，與用於形成第一半導體層103a的反應氣體相比，使相對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量比減小地沉積膜，可以形成具有從第一半導體層103a向形成第二半導體層103b的方向成長的針狀結晶104的非晶半導體層。另外，可以確認到與用於形成第一半導體層103a的反應氣體相比，並一邊分步驟地減少對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量一邊沉積膜，由此可以形成具有從第一半導體層103a向形成第二半導體層103b的方向成長的針狀結晶104的非晶半導體層。

在層疊有第一半導體層103a、第二半導體層103b、以及第三半導體層103c的狀態下、或者在層疊有第一半導體

層 103a 以及第二半導體層 103b 的步驟中，也可以進行對這些半導體層照射雷射光束提高結晶性的處理。作為對上述半導體層照射的雷射光束，可以使用紫外光、可見光、或者紅外光。作為可以振盪紫外光、可見光、或者紅外光的雷射振盪器，可以使用 KrF、ArF、XeCl、Xe 等受激準分子雷射振盪器；He、He-Cd、Ar、He_me、HF 等氣體雷射振盪器；利用在 YAG、GdVO₄、YVO₄、YLF、YAlO₃ 等結晶中摻雜有 Cr、Nd、Er、Ho、Ce、Co、Ti 或 T_m 的結晶的固體雷射振盪器；GaN、GaAs、GaAlAs、InGaAsP 等半導體雷射振盪器；二極體雷射等。典型地使用從受激準分子雷射器發射的波長為 400nm 以下的雷射光束、YAG 雷射的二次諧波或三次諧波。例如，利用重複頻率為 10Hz 至 1000Hz 左右的脈衝雷射器，且利用光學系統將從該脈衝雷射器發射的雷射光束聚焦為 100mJ/cm² 至 500mJ/cm²，並且以 90% 至 95% 的重疊率進行照射，而對上述半導體層表面進行掃描，即可。另外，較佳的利用能夠連續振盪的固體雷射器，並且應用二次諧波、三次諧波、或四次諧波。典型地，應用 Nd:YVO₄ 雷射器（基波為 1064nm）的二次諧波（532nm）或三次諧波（355nm），即可。當利用連續振盪的雷射器時，例如利用非線形光學元件將從輸出功率為 10W 的連續振盪的 YVO₄ 雷射器發射的雷射光束轉換為高次諧波。此外，還有如下方法：將 YVO₄ 結晶和非線形光學元件放在共振器中，來發射高次諧波。另外，較佳的的是，藉由光學系統在照射面將雷射光束形成為矩形或橢圓

形，而對被處理體的半導體層進行照射。需要 $0.01\text{MW}/\text{cm}^2$ 至 $100\text{MW}/\text{cm}^2$ 左右（較佳的為 $0.1\text{MW}/\text{cm}^2$ 至 $10\text{MW}/\text{cm}^2$ ）的能量密度。並且，以 $10\text{cm}/\text{s}$ 至 $2000\text{cm}/\text{s}$ 左右的速度對於雷射光束相對地使被處理體的半導體層移動而進行照射，即可。

如圖5B所示，藉由利用雷射加工法形成貫穿光電轉換層103和第一電極層102的開口 C_0 至 C_n ，以便在同一基板上形成多個單元元件。開口 C_0 、 C_2 、 C_4 、 $\cdots C_{n-2}$ 、 C_n 是絕緣分離用的開口，其為形成元件分離的多個單元元件而設置。此外，開口 C_1 、 C_3 、 C_5 、 $\cdots C_{n-1}$ 是用來形成與在分離了的第一電極和光電轉換層103上後面形成的第二電極連接的開口。藉由形成開口 C_0 至 C_n ，將第一電極層102分割成第一電極 T_1 至 T_m ，而將光電轉換層103分割成光電轉換層 K_1 至 K_m 。對在形成開口的雷射加工法中使用的雷射器的種類沒有限制，但是較佳的使用Nd-YAG雷射器、受激準分子雷射器等。不管使用任何雷射器，藉由在層疊有第一電極層102和光電轉換層103的狀態下進行雷射加工，可以防止當加工時第一電極層102從基板101剝離。

如圖5C所示地形成填充開口 C_0 、 C_2 、 C_4 、 $\cdots C_{n-2}$ 、 C_n ，並且覆蓋開口 C_0 、 C_2 、 C_4 、 $\cdots C_{n-2}$ 、 C_n 的上端部分的絕緣樹脂層 Z_0 至 Z_m 。絕緣樹脂層 Z_0 至 Z_m 藉由絲網印刷法利用具有絕緣性的樹脂材料諸如丙烯酸類、酚醛類、環氧類、聚醯亞胺類等來形成即可。例如，藉由絲網印刷法利用樹脂組成物以填充開口 C_0 、 C_2 、 C_4 、 $\cdots C_{n-2}$ 、 C_n 的方式形成

絕緣樹脂圖案，該樹脂組成物是在苯氧基樹脂中混合環己胺、異佛爾酮、高阻碳黑、氧相二氧化矽、分散劑、防沫劑、以及均化劑而形成的。在形成絕緣樹脂圖案之後，在設定為 160°C 的烘箱中進行二十分鐘的熱固化，而獲得絕緣樹脂層 Z_0 至 Z_m 。

接著，形成圖6所示的第二電極 E_0 至 E_m 。第二電極 E_0 至 E_m 由導電材料形成。第二電極 E_0 至 E_m 也可以藉由濺射法或真空蒸鍍法形成由鋁、銀、鉬、鈦、鉻等構成的導電層，但是也可以利用可噴射形成的導電材料而形成。在利用可噴射形成的導電材料形成第二電極 E_0 至 E_m 的情況下，也可以藉由絲網印刷法、噴墨法（液滴噴射法）、分配器方法等直接形成預定的圖案。例如，可以使用以Ag（銀）、Au（金）、Cu（銅）、W（鎢）、Al（鋁）等金屬導電粒子為主要成分的導電材料形成第二電極 E_0 至 E_m 。在利用大面積基板製造光電轉換裝置的情況下，較佳的使第二電極 E_0 至 E_m 低電阻化。從而，作為金屬的粒子，使用將電阻率低的金、銀、銅中的任何一種粒子，較佳的使用比電阻低的銀、銅溶解或分散於溶媒中的導電材料。此外，較佳的使用導電粒子的平均粒徑為 5nm 至 10nm 的奈米膏，以便將導電材料充分填充到受到雷射加工的開口 C_1 、 C_3 、 C_5 、 $\cdots C_{n-1}$ 。

此外，也可以藉由噴射形成包含導電材料的周圍被其他導電材料覆蓋的導電粒子的導電材料，來形成第二電極 E_0 至 E_m 。例如，也可以使用如下導電粒子，在利用Ag覆蓋

Cu的周圍的導電粒子中，在Cu和Ag之間設置由Ni或NiB（硼化鎳）構成的緩衝層。作為溶媒，使用醋酸丁酯等酯類、異丙醇等醇類、丙酮等有機溶劑等。藉由調整溶液的濃度並添加表面活性劑等，適當地調整噴射形成的導電材料的表面張力和粘度。

較佳的的是，將噴墨法中使用的噴嘴的直徑設定為 $0.02\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ （較佳的為 $30\mu\text{m}$ 以下），並且將從該噴嘴噴射的導電材料的噴射量設定為 0.001pl 至 100pl （較佳的為 10pl 以下）。作為噴墨法，有兩種方式即按需（on-demand）型和連續型，可以使用其中的任何一種方式。再者，作為在噴墨法中使用的噴嘴，有兩種方式即利用壓電體的因電壓施加而變形的性質的壓電方式、以及利用設置在噴嘴中的加熱器使噴射物（在此為導電材料）沸騰來噴射該噴射物的加熱方式，可以使用其中的任何一種方式。為了將液滴滴落在所希望的地方，較佳的使被處理體和噴嘴的噴射口之間的距離盡可能接近，較佳的設定為 0.1mm 至 3mm （較佳的為 1mm 以下）左右。噴嘴和被處理體一邊保持其相對距離，其中的一方一邊移動而可以形成所希望的圖案。

也可以在減壓下進行噴射導電材料的製程。這是因為如下緣故：藉由在減壓下進行導電材料的噴射製程，在噴射導電材料而到達被處理體的過程中，包含在該導電材料中的溶媒揮發，而可以省略或縮短後面的乾燥和焙燒製程。此外，藉由在包含導電材料的組成物的焙燒製程中，積

極地使用以 10% 至 30% 的分壓比混合有氧的氣體，可以降低形成第二電極 E_0 至 E_m 的導電層的電阻率，並且可以謀求實現該導電層的薄膜化及平滑化。

在噴射形成第二電極 E_0 至 E_m 的組成物之後，藉由採用雷射光束照射、快熱退火（RTA）、加熱爐等，在常壓或減壓下進行乾燥和焙燒製程中的一方或雙方。乾燥和焙燒都是加熱處理製程，例如，乾燥是在 100°C 下進行 3 分鐘，焙燒是在 200°C 至 350°C 下進行 15 分鐘至 120 分鐘。根據本製程，藉由使組成物中的溶媒揮發或者化學性地去掉組成物中的分散劑，來使周圍的樹脂硬化收縮，而加速熔合和熔接。在氧氣氛、氮氣氛、或者大氣氣氛中進行乾燥和焙燒的處理。但是，較佳的在氧氣氛中進行該處理，因為溶解或分散有導電粒子的溶媒容易被去掉。

奈米膏包含分散或溶解在有機溶劑中的其粒徑為 5 nm 至 10 nm 的以奈米粒子為代表的導電粒子，還包含分散劑、稱為粘合劑的熱固性樹脂。粘合劑具有避免當焙燒時發生裂縫或不均勻焙燒的功能。藉由乾燥製程或者焙燒製程，同時進行有機溶劑的蒸發、分散劑的分解除去、以及藉由使用粘合劑而實現的硬化收縮，使奈米粒子彼此熔合以及/或者熔接而硬化。藉由乾燥製程或者焙燒製程，奈米粒子生長到幾十 nm 至一百幾十 nm 。藉由使鄰近的奈米粒子的生長粒子彼此熔合以及/或者熔接而互相鏈結，來形成金屬鏈鎖體（metal hormogone）。另一方面，留下的有機成分的大部分（大約 80% 至 90%）被擠出到該金屬鏈鎖體

的外部，結果形成包含該金屬鏈鎖體的導電層、以及覆蓋其外面的由有機成分構成的膜。藉由當在包含氮和氧的氣氛中焙燒奈米膏時，使包含在氣體中的氧與包含在由有機成分構成的膜中的碳、氫等起反應，可以去掉由有機成分構成的膜。此外，當在焙燒氣氛中不包含氧時，可以另行利用氧電漿處理等來去掉由有機成分構成的膜。如此，藉由在包含氮和氧的氣氛中焙燒或乾燥奈米膏之後進行氧電漿處理，可以去掉由有機成分構成的膜。所以可以謀求實現留下的包含金屬鏈鎖體的導電層的平滑化、薄膜化以及低電阻化。注意，由於藉由在減壓下噴射包含導電材料的組成物而使組成物中的溶媒揮發，因此也可以縮短後面的加熱處理（乾燥或焙燒）時間。

第二電極 E_0 至 E_m 與構成光電轉換層 103 的第三半導體層 103c 接觸。藉由將第二電極 E_0 至 E_m 與第三半導體層 103c 的接觸設定為歐姆接觸，可以降低接觸電阻。此外，第三半導體層 103c 由微晶半導體形成，並且將該第三半導體層 103c 的厚度設定為 30nm 至 80nm，從而可以進一步降低接觸電阻。

將各第二電極 E_0 至 E_m 形成為在開口 C_1 、 C_3 、 C_5 、 $\dots$ C_{n-1} 中分別與第一電極 T_1 至 T_m 連接。換言之，將與第二電極 E_0 至 E_m 相同材料填充到開口 C_1 、 C_3 、 C_5 、 $\dots$ C_{n-1} 中。藉由如此，例如第二電極 E_1 可以與第一電極 T_2 電連接，而第二電極 E_{m-1} 可以與第一電極 T_m 電連接。換言之，第二電極可以與靠近的第一電極電連接，而各光電轉換層 K_1 至 K_m 可

以串聯電連接。

密封樹脂層 105 由環氧樹脂、丙烯酸樹脂、矽酮樹脂形成。在第二電極 E_0 和第二電極 E_m 上的密封樹脂層 105 中形成開口部 106、開口部 107，以便能夠在該開口部 106、開口部 107 與外部佈線連接。

藉由如此，在基板 101 上形成由第一電極 T_1 、光電轉換層 K_1 、以及第二電極 E_1 構成的單元元件 U_1 、... 由第一電極 T_m 、光電轉換層 K_m 、以及第二電極 E_m 構成的單元元件 U_m 。第一電極 T_m 在開口 C_{n-1} 中與靠近的第二電極 E_{m-1} 連接，而可以製造 m 個單元元件串聯電連接的光電轉換裝置。注意，第二電極 E_0 成為單元元件 U_1 中的第一電極 T_1 的取出電極。

圖 7A 至 7C 以及圖 8 表示根據本實施例模式的光電轉換裝置的另一個方式。在圖 7A 中，與上述同樣地製造基板 101、第一電極層 102、光電轉換層 103。並且，藉由印刷法在光電轉換層 103 上形成第二電極 E_1 至 E_q 。

如圖 7B 所示，藉由雷射加工法形成貫穿光電轉換層 103 和第一電極層 102 的開口 C_0 至 C_n 。開口 C_0 、 C_2 、 C_4 、... C_{n-2} 、 C_n 是用來形成單元元件的絕緣分離用開口，而開口 C_1 、 C_3 、 C_5 、... C_{n-1} 是用來形成夾著光電轉換層 103 的第一電極和第二電極 E_1 至 E_q 的連接的開口。藉由形成開口 C_0 至 C_n ，將第一電極層 102 分割成第一電極 T_1 至 T_m ，而將光電轉換層 103 分割成光電轉換層 K_1 至 K_m 。當進行雷射加工時，有可能在開口的周邊留下渣滓。該渣滓是被加工物的飛

沫。透過雷射光束加熱到高溫的飛沫本來不是較佳的，因為附著到光電轉換層 103 的表面的飛沫會引起該膜的損傷。為防止飛沫的附著，藉由按照開口圖案形成第二電極，然後進行雷射加工，至少可以防止對光電轉換層 103 的損傷。

如圖 7C 所示，藉由印刷法比如絲網印刷法形成填充開口 C_0 、 C_2 、 C_4 、 $\cdots C_{n-2}$ 、 C_n 且覆蓋開口 C_0 、 C_2 、 C_4 、 $\cdots C_{n-2}$ 、 C_n 的上端部分的絕緣樹脂層 Z_0 至 Z_m 。

接著，如圖 8 所示，以填充開口 C_1 、 C_3 、 C_5 、 $\cdots C_{n-1}$ 的方式，利用絲網印刷法形成連接到第一電極 T_1 至 T_m 的佈線 B_0 至 B_m 。佈線 B_0 至 B_m 由與第二電極相同材料形成，而使用熱固型碳膏。注意，佈線 B_m 形成在絕緣樹脂層 Z_m 上，而用作取出佈線。藉由如此，例如第二電極 E_1 可以與第一電極 T_2 電連接，而第二電極 E_{q-1} 可以與第一電極 T_m 電連接。換言之，第二電極可以與靠近的第一電極電連接，而各光電轉換層 K_1 至 K_m 可以串聯電連接。

最後，藉由印刷法形成密封樹脂層 105。在密封樹脂層 105 中，在佈線 B_0 和 B_m 上分別形成開口部 106、107，以便在開口部分與外部電路連接。藉由如此，在基板 101 上形成由第一電極 T_1 、光電轉換層 K_1 、以及第二電極 E_1 構成的單元元件 U_1 、 $\cdots$ 形成由第一電極 T_m 、光電轉換層 K_m 、以及第二電極 E_{q-1} 構成的單元元件 U_m 。並且，第一電極 T_m 在開口 C_{n-1} 中與靠近的第二電極 E_{q-2} 連接，而可以製造 m 個單元元件串聯電連接的光電轉換裝置。注意，佈線 B_0 成為單

元元件 U_1 中的第一電極 T_1 的取出電極。

在根據本實施例模式的光電轉換裝置中，由於形成光電轉換層的第二半導體層中存在針狀結晶，因此可以獲得提高光電轉換特性的光電轉換裝置。此外，可以獲得幾乎沒有光退化所引起的特性降低的光電轉換裝置。

實施例模式 3

本實施例模式示出作為光電轉換裝置的另一個方式的光傳感裝置的例子。

圖 9 示出根據本實施例模式的光傳感裝置的一個例子。圖 9 所示的光傳感裝置在受光部分中具有光電轉換層 225，並且具有在由薄膜電晶體 211 構成的放大電路中放大其輸出而輸出的功能。在基板 201 上設置有光電轉換層 225 以及薄膜電晶體 211。作為基板 201，可以使用具有透光性的基板例如玻璃基板、石英基板、陶瓷基板等中的任何一種。

藉由濺射法或電漿 CVD 法在基板 201 上設置有絕緣層 202，該絕緣層 202 由選自氧化矽、氮氧化矽、氮化矽、氧氮化矽中的一種或多種構成。絕緣層 202 是為了緩和壓力並防止雜質污染而設置的。在絕緣層 202 上設置有構成薄膜電晶體 211 的結晶半導體層 203。在結晶半導體層 203 上設置有閘極絕緣層 205、閘極電極 206 來構成薄膜電晶體 211。

在薄膜電晶體 211 上設置有層間絕緣層 207。層間絕緣

層 207 既可以由單層絕緣層形成，又可以由不同材料的絕緣層的疊層膜形成。在層間絕緣層 207 上形成電連接到薄膜電晶體 211 的源區以及汲區的佈線。在層間絕緣層 207 上還形成有電極 221、電極 222 以及電極 223，該電極 221、電極 222 以及電極 223 藉由與該佈線相同材料及相同製程形成。電極 221 至電極 223 由金屬膜比如低電阻金屬膜形成。作為這種低電阻金屬膜，可以使用鋁合金、或者純鋁等。此外，作為由低電阻金屬膜和高熔點金屬膜構成的疊層結構，也可以採用依次層疊鈦膜、鋁膜、鈦膜而形成的三層結構。也可以利用單層導電層而代替由高熔點金屬膜和低電阻金屬膜構成的疊層結構來形成電極 221、電極 222 以及電極 223。作為這種單層導電層，可以使用如下單層膜：由選自鈦、鎢、鉭、鉬、釹、鈷、鎳、鋅、鈮、鈹、鐵、銱、鉑中的元素、或者以上述元素為主要成分的合金材料或化合物材料構成的單層膜；或者由這些的氮化物例如氮化鈦、氮化鎢、氮化鉭、氮化鉬構成的單層膜。

對層間絕緣層 207、閘極絕緣層 205、以及絕緣層 202 進行蝕刻加工，以使它們的端部成為錐形狀。藉由將層間絕緣層 207、閘極絕緣層 205、以及絕緣層 202 的端部加工為錐形狀，取得如下效果：形成在這些膜上的保護層 227 的覆蓋率提高，而不容易使水分、雜質等進入。

在層間絕緣層 207 上形成第一半導體層 103a、第二半導體層 103b、第三半導體層 103c。注意，以至少使第一半導體層 103a 的一部分與電極 222 接觸的方式設置第一半導體

體層 103a。此外，第一半導體層 103a 由微晶半導體層形成，在該第一半導體層 103a 上，在沉積膜初期步驟中將稀釋氣體（代表性的是氫）的流量設定為半導體材料氣體（代表性的是矽烷）的 1 倍以上且 6 倍以下，來形成針狀結晶成長的第二半導體層 103b。針狀結晶從與第一半導體層 103a 的介面向第二半導體層 103b 的表面成長。具體而言，第一半導體層 103a、第二半導體層 103b、第三半導體層 103c 與圖 5A 至圖 8 所說明的同樣。保護層 227 例如由氮化矽形成，並且被形成在光電轉換層 225 上。藉由利用保護層 227，可以防止水分、有機物等雜質混入到薄膜電晶體 211 和光電轉換層 225 中。在保護層 227 上設置有由聚醯亞胺、丙烯酸等有機樹脂材料形成的層間絕緣層 228。在層間絕緣層 228 上形成有電連接到電極 221 的電極 231、經由形成在層間絕緣層 228 以及保護層 227 中的接觸孔電連接到光電轉換層 225 的上層（第三半導體層 103c）以及電極 223 的電極 232。作為電極 231 以及電極 232，可以使用鎢、鈦、鉭、銀等。

此外，可以確認到在形成第二半導體層 103b 中，與用於形成第一半導體層 103a 的反應氣體相比，使相對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量比減小地沉積膜，可以形成具有從第一半導體層 103a 向形成第二半導體層 103b 的方向成長的針狀結晶的非晶半導體層。另外，可以確認到與用於形成第一半導體層 103a 的反應氣體相比，一邊分步驟地減少對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量一邊沉積膜，

由此可以形成具有從第一半導體層103a向形成第二半導體層103b的方向成長的針狀結晶的非晶半導體層。

在層間絕緣層228上藉由絲網印刷法或噴墨法利用環氧樹脂、聚醯亞胺、丙烯酸、酚醛樹脂等有機樹脂材料設置有層間絕緣層235。在層間絕緣層235中，在電極231以及電極232上設置有開口部。在層間絕緣層235上比如藉由印刷法利用鎳膏設置有電連接到電極231的電極241、以及電連接到電極232的電極242。

由於構成進行光電轉換的層的主要部分的第二半導體層103b具有針狀結晶，因此圖9所示的用作光傳感裝置的光電轉換裝置可以獲得與現有的使用非晶矽薄膜的光電轉換裝置相比優越的光電轉換特性。注意，雖然圖9示出在受光部分中具有光電轉換層225並且在由薄膜電晶體211構成的放大電路中放大其輸出而輸出的光傳感裝置，但是如果省略放大電路的結構，則可以用作光感測器。

實施例模式4

本實施例模式對與上述實施例模式不同的結構的光電轉換裝置進行說明。

圖10示出根據本實施例模式的光電轉換裝置的結構。藉由以由p型半導體的第一半導體層14和n型半導體的第三半導體層18夾住的方式設置i型半導體的第二半導體層16，光電轉換裝置至少包括一個半導體接面。第一半導體層14由微晶半導體形成，在該第一半導體層14上至少在沉積

膜初期步驟中將稀釋氣體（代表性的的是氫）的流量設定為半導體材料氣體（代表性的的是矽烷）的1倍以上且6倍以下，來形成第二半導體層16。在第二半導體層16中，從第一半導體層14向形成第二半導體層16的方向針狀結晶15成長。另外，第一半導體層14可以由n型半導體形成，並且第三半導體層18可以由p型半導體形成。

此外，在圖10所示的光電轉換裝置中在第一半導體層14和第二半導體層16之間設置p-型半導體層13。p-型半導體層13是賦予p型的雜質濃度低於第一半導體層14的半導體層。藉由在第一半導體層14和第二半導體層16之間具有p-型半導體層13，改善半導體接面介面上的載流子傳輸性。在此情況下，藉由使p-型半導體層13中的p型雜質濃度成為從第一半導體層14到第二半導體層16樓梯狀地或者連續性地減少的分佈，進一步改善載流子傳輸性。此外，藉由採用該結構，降低介面態密度且提高擴散電位，而增高光電轉換裝置的開路電壓。具有這種結構的p-型半導體層13由微晶半導體形成，代表性地由微晶矽形成。由於接觸於第二半導體層16地形成微晶半導體的p-型半導體層13，因此可以在第二半導體層16中使針狀結晶成長。

作為基板10可以使用實施例模式1所示的各種玻璃板。當將基板10用作光入射面時，作為第一電極12使用實施例模式1所示的氧化銮、氧化銮錫、氧化鋅等透明導電材料。另一方面，當將第一電極12用作反射電極時，使用實施例模式1所示的鋁、銀、鈦、鉕等金屬材料。此外，將

第一電極用作反射電極時，較佳的在其電極的表面上形成凹凸以提高反射率。

與實施例模式1同樣，第一半導體層14由包含作為賦予一種導電型的雜質元素的硼的微晶半導體（代表性的微晶矽）形成。

與實施例模式1同樣，第二半導體層16是實際上的本徵半導體，由非晶半導體（代表性的非晶矽）形成，存在針狀結晶15。在第二半導體層16中，從第一半導體層14向形成第二半導體層16的方向針狀結晶15成長。

與實施例模式1同樣，微晶半導體或非晶半導體的形成方法如下步驟：將利用以氫為代表的稀釋氣體稀釋以矽烷為代表的半導體材料的氣體用作反應氣體，在反應空間內引入反應氣體並使其電漿化，來可以沉積膜。此外，至少在沉積膜初期步驟中將稀釋氣體的流量設定為半導體材料氣體的1倍以上且6倍以下，在微晶半導體的第一半導體層14上形成第二半導體層16的非晶半導體。藉由控制形成第二半導體層16時的反應氣體，具體地控制稀釋氣體的稀釋量，可以從第一半導體層14在形成第二半導體層16的方向上使針狀結晶成長。

與實施例模式1同樣，第三半導體層18由作為賦予一種導電型的雜質元素包含磷的微晶半導體或非晶半導體形成。第三半導體層18上的第二電極20使用與實施例模式1同樣的金屬材料。注意，當從第二電極20一側入射光時，由透明導電材料形成。

此外，將在圖 10 所示的第一半導體層 14 和第二半導體層 16 之間設置 p-型半導體層 13 的結構，即第一半導體層 14、p-型半導體層 13、第二半導體層 16、以及第三半導體層 18 的疊層體可以應用於圖 5A 至圖 9 所示的整合型光電轉換裝置或光傳感裝置。

實施例模式 5

對與上述實施例模式不同的結構的整合型光電轉換裝置的例子進行說明。以下，對根據本實施例模式的整合型光電轉換裝置的製程的概略進行說明。

圖 11A 和 11B 以及圖 12A 和 12B 示出在具有絕緣表面的基板上設置多個單元元件且在基板上使各單元元件串聯連接的光電轉換裝置的製程。在圖 11A 中，在基板 10 上形成第一電極 12。第一電極 12 由開口 M_0 至 M_n 絕緣分離為多個。藉由在基板 10 的整個表面上預先形成導電層，並且按照開口圖案蝕刻去掉該導電層，或者利用雷射光束等能量射束直接加工該導電層，來形成開口 M_0 至 M_n 。

在對形成在基板 10 上的導電層、半導體層以及絕緣層進行雷射加工，較佳的利用光學系統聚焦雷射光束而進行。這是因為需要細微加工的緣故。此外，當如上所述那樣地效率高地加工大面積基板時，將雷射光束聚焦為線狀並且藉由一次或多次脈衝雷射光束的照射來形成長邊形狀的開口圖案是有效的。

圖 13A 和 13B 示出加工導電層、半導體層以及絕緣層等

的薄膜的雷射照射裝置的結構。作為成為光源的雷射振盪器，可以使用受激準分子雷射器（XeCl、KrF、ArF等各種受激準分子雷射器）、固體雷射器（YAG、YVO₄、YLF等各種固體雷射器）。在如光電轉換裝置那樣層疊多個層的情況下，較佳的使用照射紫外線的受激準分子雷射器。此外，當控制加工深度時，也可以使用飛秒（femtosecond）雷射器。藉由適當地設定照射能量、脈衝間隔，可以控制加工深度。

圖13A和13B所示的雷射照射裝置具有光學系統，該光學系統用於將雷射光束的照射面的截面形狀加工為線狀。該光學系統被設計為不僅具有將雷射光束的截面形狀轉換為線狀的功能，而且具有實現在照射面的雷射光束的能量均勻化的功能。圖13A示出用於說明光學系統的結構的側視圖，圖13B示出俯視圖。首先，說明圖13A的側視圖。

來自雷射振盪器301的雷射光束被柱面透鏡陣列302a以及柱面透鏡陣列302b在垂直於雷射光束的前進方向（以下，將該方向稱為縱方向）上分割。圖13A例示出四分割的結構。分割了的雷射光束由柱面透鏡304聚焦。並且，由柱面透鏡305在被處理體309上集中為一條雷射光束。然後，在反射鏡307上折彎其前進方向，並且利用雙合柱面透鏡308在載物台310上的被處理體309上聚焦為線狀。雙合柱面透鏡是指由兩片柱面透鏡構成的透鏡。由此，實現線狀雷射光束的在寬度方向上的能量均勻化並且決定寬度方向的長度。

接著，說明圖 13B 的俯視圖。來自雷射振盪器 301 的雷射光束被柱面透鏡陣列 303 在垂直於雷射光束的前進方向且垂直於縱方向（以下，將該方向稱為橫方向）上分割。圖 13B 例示七分割的結構。此後，在柱面透鏡 304 上雷射光束被合成。由此，實現線狀雷射光束的在長邊方向上的能量均勻化並且決定長度。藉由使利用上述結構而加工的線狀雷射光束移動在其雷射光束的寬度方向，可以加工整個基板。當形成開口時，使雷射器的輸出脈衝與載物台 310 的工作聯動，即可。當形成一個開口時，對照射脈衝雷射光束的位置照射多次脈衝雷射光束，即可。

在圖 11A 中，在第一電極 12 中形成開口 M_0 至 M_n 之後，形成光電轉換層。圖 11A 例示從第一電極 12 一側形成第一半導體層 14（p 型雜質半導體層）、第二半導體層 16（i 型半導體層）、第三半導體層 18（n 型雜質半導體層）的情況（圖 1 所示的結構）。作為光電轉換層的結構，可以應用圖 4 和圖 10 所示的結構，而代替該結構。

在圖 11B 中，在光電轉換層中形成開口 C_0 至 C_n 。開口 C_0 至 C_n 是貫穿第一半導體層 14、第二半導體層 16、第三半導體層 18 的開口，並且將它們加工為使第一電極 12 的表面或者側面露出。以預定間隔且與開口 M_0 至 M_n 靠近地形成開口 C_0 至 C_n 。也可以藉由利用雷射加工而進行該製程。

在圖 12A 中，形成第二電極 20。第二電極 20 由開口 S_0 至 S_n 分離，並且具有利用開口 C_0 至 C_n 與第一電極 12 電連接的結構。以預定間隔且與開口 C_0 至 C_n 靠近地形成開口 S_0 至

S_n。也可以藉由利用雷射加工而進行該製程。在進行雷射加工的情況下，當使用鉻作為第二電極20時容易進行選擇加工，因為鉻具有昇華性。

由此，形成在第一電極12和第二電極20之間具有光電轉換層的多個單元元件，而可以獲得各單元元件與靠近的單元元件串聯連接的整合型結構。

圖12B示出在第二電極20上設置取出電極22，由保護膜24覆蓋，且設置保護薄膜25的結構。保護薄膜25具有三層結構，並且EVA（乙烯-醋酸乙烯酯）26是當加熱時熔解的粘合劑的層。鋁箔27是用來防濕的層，也是用來遮斷從外部進入的水蒸氣的層。外表面膜28由PET（聚對苯二甲酸乙二醇酯）等形成。據此，可以獲得在基板10上連接有多個單元元件的光電轉換裝置。

實施例1

在本實施例中，以下示出層疊由微晶矽形成的第一半導體層以及由非晶矽形成的第二半導體層的樣品的製程以及觀察所製造的樣品的結果。

首先，說明樣品的製造方法。將被處理基體搬入到電漿CVD裝置的反應室內，並在該被處理基體上形成第一半導體層及第二半導體層。

將被處理基體搬入到電漿CVD裝置的反應室內，在該被處理基體上作為第一半導體層形成厚度為30nm的微晶矽層。在此，在RF電源頻率為60MHz，RF電源的電力為15W

，沉積膜溫度為 280°C ，矽烷流量：氫流量的比例為1：50，壓力為 100Pa 的條件下，形成微晶矽層。

接著，從反應室搬出形成有第一半導體層的被處理基體，不接觸於大氣地將被處理基體移動到電漿CVD裝置的別的反应室中，在第一半導體層上，作為第二半導體層形成厚度為 80nm 的非晶矽層。在此，在RF電源頻率為 27MHz ，RF電源的電力為 30W ，沉積膜溫度為 280°C ，矽烷流量：氫流量的比例為1：6，壓力為 66.6Pa 的條件下，形成非晶矽層。

利用掃描型透射電子顯微鏡（Scanning Transmission Electron Microscope；STEM）（日立高新技術公司製造“日立超薄膜評價裝置HD-2300”）觀察如上那樣製造的樣品的截面。圖14示出利用STEM將樣品的截面拍攝的截面STEM圖像。此外，圖15示出利用透射電子顯微鏡（Transmission Electron Microscope；TEM）將樣品的截面拍攝的截面TEM圖像。

在第一半導體層1001上，形成第二半導體層1003。此外，可以確認到在第二半導體層1003中形成有從與第一半導體層1001的介面向第二半導體層1003的表面方向延伸的針狀結晶1005。

實施例2

在本實施例中，以下示出觀察利用與上述實施例1不同的製造方法而製造的樣品的結果。

對本實施例的樣品的製造方法進行說明。將被處理基體搬入到電漿CVD裝置的反應室中，在基板上形成第一半導體層及第二半導體層。

將被處理基體搬入到電漿CVD裝置的反應室中，在該被處理基體上，作為第一半導體層形成厚度為20nm的微晶矽層。在此，在RF電源頻率為13.56MHz，RF電源的電力為60W，沉積膜溫度為280℃，矽烷流量：氫流量的比例為1：150，壓力為280Pa的條件下，形成微晶矽層。

接著，從反應室搬出形成有第一半導體層的被處理基體，不接觸於大氣地將被處理基體移動到電漿CVD裝置的別的反应室中，作為第二半導體層形成厚度為40nm的非晶矽層。在此，在RF電源頻率為13.56MHz，RF電源的電力為60W，沉積膜溫度為280℃，矽烷流量：氫流量的比例為14：15，壓力為170Pa的條件下，形成非晶矽層。

利用STEM（日立高新技術公司製造“日立超薄膜評價裝置HD-2300”）觀察如上那樣製造的樣品的截面。圖16示出利用STEM將樣品的截面拍攝的截面STEM圖像。

在第一半導體層1201上，形成第二半導體層1203。此外，可以確認到在第二半導體層1203中形成有從與第一半導體層1201的介面向第二半導體層1203的表面方向成長的結晶1205。

實施例3

在本實施例中，以下示出觀察利用與上述實施例1、2

不同的製造方法而製造的樣品的結果。

對本實施例的樣品的製造方法進行說明。將被處理基體搬入到電漿CVD裝置的反應室中，在基板上形成第一半導體層及第二半導體層。

將被處理基體搬入到電漿CVD裝置的反應室中，在該被處理基體上，作為第一半導體層形成厚度為20nm的微晶矽層。在此，在RF電源頻率為60MHz，RF電源的電力為15W，沉積膜溫度為320℃，100ppm的磷化氫（氫稀釋）流量：矽烷流量：氫流量的比例為3：4：400，壓力為100Pa的條件下，形成包含磷的微晶矽層。

接著，從反應室搬出形成有第一半導體層的被處理基體，不接觸於大氣地將被處理基體移動到電漿CVD裝置的別的反应室中，作為第二半導體層形成厚度為50nm的非晶矽層。在此，在RF電源頻率為27MHz，RF電源的電力為30W，沉積膜溫度為280℃，矽烷流量：氫流量的比例為1：6，壓力為66.6Pa的條件下，形成非晶矽層。使用對非晶矽層塗鉑（Pt塗層）的樣品，從非晶矽層一側進行測定。

利用STEM（日立高新技術公司製造“日立超薄膜評價裝置HD-2300”）觀察如上那樣製造的樣品的截面。圖17示出利用STEM將樣品的截面拍攝的截面STEM圖像。

在第一半導體層1301上，形成第二半導體層1303。此外，可以確認到在第二半導體層1303中從與第一半導體層1301的介面向第二半導體層1303的表面方向針狀結晶1305

成長。此外，可以確認到向第二半導體層1303的表面方向針狀結晶1305傾斜地延伸。

此外，利用二次離子質譜分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectroscopy）測定上述樣品的矽濃度及磷濃度。注意，對上述樣品的非晶矽層（第二半導體層1303）表面塗鉑（Pt塗層），從非晶矽層（第二半導體層1303）一側進行測定。圖18示出上述樣品的SIMS分佈。從圖18來可以確認到在深度20nm附近磷濃度成為用於SIMS測定的裝置的檢出下限。由於上述樣品形成厚度50nm的非晶矽層（第二半導體層1303），所以在非晶矽層中磷濃度成為用於SIMS測定的裝置的檢出下限，由此磷不進入到非晶矽層內，所以可知針狀結晶不包含磷。

實施例4

在本實施例中，以下示出觀察利用與上述實施例1至實施例3不同的製造方法而製造的樣品的結果。首先，對在本實施例中觀察的樣品的製造方法進行說明。

將被處理基體的玻璃基板搬入到電漿CVD裝置的反應室中，在玻璃基板上形成半導體層。在此，在RF電源頻率為60MHz，RF電源的電力為15W，沉積膜溫度為200℃或250℃，壓力為100Pa的條件下，作為反應氣體使用矽烷（ SiH_4 ）和氫（ H_2 ）。將反應氣體的流量設定為當沉積膜開始時設定矽烷：氫=6：400（sccm），分步驟地增加矽烷的流量，在各個步驟中將沉積膜時間設定為5分鐘。每個

步驟中矽烷的流量增加 2sccm。換言之，反復進行矽烷的流量增加 2sccm 並進行 5 分鐘的沉積膜的步驟直到矽烷的流量從 6sccm 增加到 42sccm 為止，而形成半導體層。具體而言，在當沉積膜開始時矽烷的流量為 6sccm，並且氫的流量為 400sccm 的條件下，進行 5 分鐘的沉積膜，接著，在矽烷的流量增加 2sccm 而使矽烷的流量成為 8sccm，並且氫的流量為 400sccm 的條件下，進行 5 分鐘的沉積膜，…，在矽烷的流量為 40sccm，並且氫的流量為 400sccm 的條件下，進行 5 分鐘的沉積膜，在矽烷的流量為 42sccm，並且氫的流量為 400sccm 的條件下，進行 5 分鐘的沉積膜，而形成半導體層。

利用 STEM（日立高新技術公司製造“日立超薄膜評價裝置 HD-2300”）觀察如上那樣製造的樣品的截面。圖 19A 示出利用 STEM 將在沉積膜溫度為 200℃ 的條件下製造的樣品的截面拍攝的截面 STEM 圖像，圖 19B 示出在沉積膜溫度為 250℃ 的條件下製造的樣品的截面 STEM 圖像。

從圖 19A 來看，可以確認到在玻璃基板 4100 一側形成由微晶半導體構成的區域 4101，並且在膜的沉積方向上形成由非晶半導體構成的區域 4103。另外，可以確認到形成有在膜的沉積方向上延伸並向膜的表面（區域 4103 的表面）傾斜地延伸的針狀結晶 4105。可以確認到針狀結晶 4105 延伸大概 420nm。

此外，從圖 19B 來看，可以確認到在玻璃基板 4200 一側形成由微晶半導體構成的區域 4201，並且在膜的沉積方

向上形成由非晶半導體構成的區域4203。另外，可以確認到形成有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶4205。可以確認到針狀結晶4205延伸大概500nm。另外，可以確認到針狀結晶4205的頂端變細的形狀與上述圖19A中的針狀結晶4105的頂端變細的形狀不同。

如上所述，可以確認到將能夠產生微晶半導體的混合比的半導體材料氣體（在此為矽烷）和稀釋氣體（在此為氫）用作反應氣體，一邊將對於該反應氣體的半導體材料氣體的稀釋氣體的流量分步驟地減少一邊沉積膜，來可以形成具有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶的非晶半導體區域。此外，可以確認到在稀釋氣體的流量為半導體材料氣體的大概10倍以上的情況下，也可以形成針狀結晶，並且可以確認到與用於形成微晶半導體區域的反應氣體相比，使相對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量比減小地沉積膜，因此可以形成具有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶的非晶半導體區域。

實施例5

在本實施例中，對利用SIMS測定在與上述實施例4同樣的條件下製造的樣品的氫濃度的結果進行說明。在玻璃基板上當沉積膜開始時設定矽烷：氫=6：400（sccm），沉積膜結束時設定矽烷：氫=42：400（sccm），將氫的流量固定為定量並直到矽烷的流量從6sccm增加到42sccm為止，反復進行矽烷的流量增加2sccm並進行5分鐘的沉積膜

的步驟，而形成半導體層。具體而言，在當沉積膜開始時，矽烷的流量 6sccm，並且氫的流量為 400sccm 的條件下，進行 5 分鐘的沉積膜，接著，在矽烷的流量增加 2sccm 而成為 8sccm，並且氫的流量為 400sccm 的條件下，進行 5 分鐘的沉積膜，．．．，在矽烷的流量為 40sccm，並且氫的流量為 400sccm 的條件下，進行 5 分鐘的沉積膜，在矽烷的流量為 42sccm，並且氫的流量為 400sccm 的條件下，進行 5 分鐘的沉積膜，而形成半導體層。在此採用如下條件：RF 電源頻率為 60MHz，RF 電源的電力為 15W，沉積膜溫度為 250℃，壓力為 100Pa。

圖 20 示出根據本實施例的樣品的 SIMS 分佈。從圖 20 來看，可知由於在膜的沉積方向上氫濃度增加，因此在膜的沉積方向上從微晶半導體區域到非晶半導體區域形成的半導體層的結晶性變化。

實施例 6

在本實施例中，以下示出觀察具有與上述實施例 1 至實施例 4 不同的結構的樣品的結果。首先，對在本實施例中觀察的樣品的製造方法進行說明。

在玻璃基板上，利用濺射法形成鋁及矽的合金層（Al-Si 層）。接著，將被處理基體的形成有 Al-Si 層的玻璃基板搬入到電漿 CVD 裝置的反應室中，在該玻璃基板上夾著 Al-Si 層形成半導體層。在此，採用 RF 電源頻率為 60MHz，RF 電源的電力為 15W，沉積膜溫度為 200℃，壓

力為100Pa的條件，並使用矽烷（ SiH_4 ）和氫（ H_2 ）作為反應氣體。反應氣體的流量與上述實施例4同樣的條件下（沉積膜開始時設定矽烷：氫=6：400（sccm），沉積膜結束時設定矽烷：氫=42：400（sccm），將氫的流量固定為定量並直到矽烷的流量從6sccm增加到42sccm為止，反復進行矽烷的流量增加2sccm並進行5分鐘的沉積膜的步驟）形成半導體層。具體而言，在當沉積膜開始時矽烷的流量為6sccm，並且氫的流量為400sccm的條件下，進行5分鐘的沉積膜，接著，在矽烷的流量增加2sccm而矽烷的流量成為8sccm，並且氫的流量為400sccm的條件下，進行5分鐘的沉積膜，…，在矽烷的流量為40sccm，並且氫的流量為400sccm的條件下，進行5分鐘的沉積膜，在矽烷的流量為42sccm，並且氫的流量為400sccm的條件下，進行5分鐘的沉積膜，而形成半導體層。

利用STEM（日立高新技術公司製造“日立超薄膜評價裝置HD-2300”）觀察如上那樣製造的樣品的截面。圖21示出利用STEM將樣品的截面拍攝的截面STEM圖像。

從圖21來看，可以確認到在玻璃基板4300一側夾著Al-Si層4304形成由微晶半導體構成的區域4301，並且在膜的沉積方向上形成由非晶半導體構成的區域4303。另外，可以確認到形成有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶4305。

如上所述，可以確認到將能夠產生微晶半導體的混合比的半導體材料氣體（在此為矽烷）和稀釋氣體（在此為

氫) 用作反應氣體，一邊將對於該反應氣體的半導體材料氣體的稀釋氣體的流量分步驟地減少一邊沉積膜，來可以形成具有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶的非晶半導體區域。此外，可以確認到在稀釋氣體的流量為半導體材料氣體的大概10倍以上的情況下，也可以形成針狀結晶，並且可以確認到與用於形成微晶半導體區域的反應氣體相比，使相對於半導體材料氣體的稀釋氣體的流量比減小地沉積膜，因此可以形成具有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶的非晶半導體區域。再者，可以確認到在可用作電極的包含鋁的導電層（在此為Al-Si層）上可以形成微晶半導體區域及具有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶的非晶半導體區域。

實施例 7

在本實施例中，示出在各條件下製造的6種樣品（樣品A至樣品F）中的光導電率（ σ_{photo} ）和暗導電率（ σ_{dark} ）的測定結果。各樣品的結構及製造方法為如下。

樣品 A

在玻璃基板上形成厚度為100nm的非晶半導體層，並在該非晶半導體層上形成厚度為100nm的鋁層。非晶半導體層的沉積膜條件為如下：利用電漿CVD裝置，RF電源頻率為27MHz，RF電源的電力為170W，沉積膜溫度為280℃，壓力為33.33Pa，使用矽烷（ SiH_4 ）作為反應氣體，該矽

烷的流量為100sccm。

樣品 B

在玻璃基板上形成厚度為100nm的微晶半導體層，並在該微晶半導體層上形成厚度為100nm的鋁層。微晶半導體層的沉積膜條件為如下：利用電漿CVD裝置，RF電源頻率為60MHz，RF電源的電力為30W，沉積膜溫度為280℃，壓力為100Pa，使用矽烷（SiH₄）和氫（H₂）作為反應氣體，將流量比設定為矽烷：氫=4：400（sccm）。

樣品 C

在玻璃基板上其厚度目標設定為250nm並形成半導體層C，並在該半導體層C上形成厚度為100nm的鋁層。半導體層C的沉積膜條件為如下：利用電漿CVD裝置，RF電源頻率為60MHz，RF電源的電力為15W，沉積膜溫度為280℃，壓力為100Pa，使用矽烷（SiH₄）和氫（H₂）作為反應氣體。反應氣體的沉積膜開始時的流量為矽烷：氫=6：400（sccm），沉積膜結束時的流量為矽烷：氫=24：400（sccm），對於一定的流量的氫將其流量固定於2sccm地添加矽烷而分步驟地增加，在各步驟中進行5分鐘的沉積膜來形成半導體層C。

樣品 D

在玻璃基板上其厚度目標設定為500nm並形成半導體

層 D，並在該半導體層 D 上形成厚度為 100nm 的鋁層。反應氣體的沉積膜開始時的流量為矽烷：氬 = 6：400 (sccm)，沉積膜結束時的流量為矽烷：氬 = 30：400 (sccm)，對於一定的流量的氬將其流量固定於 2sccm 地添加矽烷而分步驟地增加，在各步驟中進行 5 分鐘的沉積膜來形成半導體層 D。其他沉積膜條件與樣品 C 一樣。

樣品 E

在玻璃基板上其厚度目標設定為 750nm 並形成半導體層 E，並在該半導體層 E 上形成厚度為 100nm 的鋁層。反應氣體的沉積膜開始時的流量為矽烷：氬 = 6：400 (sccm)，沉積膜結束時的流量為矽烷：氬 = 36：400 (sccm)，對於一定的流量的氬將其流量固定於 2sccm 地添加矽烷而分步驟地增加，在各步驟中進行 5 分鐘的沉積膜來形成半導體層 E。其他沉積膜條件與樣品 C 一樣。

樣品 F

在玻璃基板上其厚度目標設定為 1000nm 並形成半導體層 F，並在該半導體層 F 上形成厚度為 100nm 的鋁層。反應氣體的沉積膜開始時的流量為矽烷：氬 = 6：400 (sccm)，沉積膜結束時的流量為矽烷：氬 = 42：400 (sccm)，對於一定的流量的氬將其流量固定於 2sccm 地添加矽烷而分步驟地增加，在各步驟中進行 5 分鐘的沉積膜來形成半導體層 F。其他沉積膜條件與樣品 C 一樣。

圖 22A 示出樣品 A、樣品 B 的測定結果，圖 22B 示出樣品 C、樣品 D、樣品 E、樣品 F 的測定結果。

根據圖 22A 可以確認樣品 A 的光導電率 (σ_{photo}) 為 $1\text{E}-5$ (S/cm) 左右，暗導電率 (σ_{dark}) 為 $1\text{E}-10$ (S/cm) 左右。此外，可以確認樣品 B 的光導電率 (σ_{photo}) 為 $1\text{E}-3$ (S/cm) 左右，暗導電率 (σ_{dark}) 為 $1\text{E}-6$ (S/cm) 左右。樣品 A 的半導體層為非晶半導體，並且樣品 B 的半導體層為微晶半導體。從這些結果來可以確認藉由使半導體層微晶化，提高光導電率以及暗導電率。

根據圖 22B 可以確認樣品 C、樣品 D、樣品 E、樣品 F 的光導電率 (σ_{photo}) 為 $1\text{E}-4$ (S/cm) 左右，暗導電率 (σ_{dark}) 為 $1\text{E}-5$ (S/cm) 至 $1\text{E}-6$ (S/cm) 左右。根據圖 22B 可以確認樣品 C 至樣品 F 示出與具有微晶半導體層的樣品 B 相同的特性。

樣品 C 至樣品 F 的半導體層的沉積膜條件與上述實施例 4 同樣，可以確認到將能夠產生微晶半導體的混合比的矽烷和氫用作反應氣體，一邊將對於該反應氣體的矽烷的氫的流量比分步驟地減少一邊沉積膜。藉由上述那樣一邊將對於矽烷的氫的流量比分步驟地減少一邊沉積膜，形成微晶半導體區域和該微晶半導體區域上的具有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶的非晶半導體區域。如上所述，可以確認到具有微晶半導體區域以及具有在膜的沉積方向上延伸的針狀結晶的非晶半導體區域的疊層結構的半導體層示出與微晶半導體同樣的導電率特性。

【圖式簡單說明】

在附圖中：

圖 1 是示出根據本發明的一個方式的光電轉換裝置的圖；

圖 2 是可應用於根據本發明的一個方式的光電轉換裝置的製造的電漿 CVD 裝置的圖；

圖 3 是示出具備多個反應室的多室電漿 CVD 裝置的結構的圖；

圖 4 是示出根據本發明的一個方式的光電轉換裝置的另一個方式的圖；

圖 5A 至 5C 是示出整合型光電轉換裝置的製程的截面圖；

圖 6 是示出整合型光電轉換裝置的製程的截面圖；

圖 7A 至 7C 是示出整合型光電轉換裝置的製程的截面圖；

圖 8 是示出整合型光電轉換裝置的製程的截面圖；

圖 9 是示出使用根據本發明的一個方式的光電轉換層的光傳感裝置的圖；

圖 10 是示出根據本發明的一個方式的光電轉換裝置的圖；

圖 11A 和 11B 是示出整合型光電轉換裝置的製程的截面圖；

圖 12A 和 12B 是示出整合型光電轉換裝置的製程的截面

圖 ；

圖 13 A 和 13 B 是 示 出 加 工 薄 膜 的 雷 射 照 射 裝 置 的 結 構 的
圖 ；

圖 14 是 示 出 截 面 STEM 圖 像 的 圖 ；

圖 15 是 示 出 截 面 TEM 圖 像 的 圖 ；

圖 16 是 示 出 截 面 STEM 圖 像 的 圖 ；

圖 17 是 示 出 截 面 STEM 圖 像 的 圖 ；

圖 18 是 示 出 SIMS 分 佈 的 圖 ；

圖 19 A 和 19 B 是 示 出 截 面 STEM 圖 像 的 圖 ；

圖 20 是 示 出 SIMS 分 佈 的 圖 ；

圖 21 是 示 出 截 面 STEM 圖 像 的 圖 ； 以 及

圖 22 A 和 22 B 是 示 出 光 導 電 率 以 及 暗 導 電 率 的 圖 。

【 主 要 元 件 符 號 說 明 】

10：基板

12：第一電極

14：第一半導體層

16：第二半導體層

18：第三半導體層

20：第二電極

15：針狀結晶

621：電漿 CVD 裝置

610：氣體供應單元

611：排氣單元

- 601：反應室
- 602：載物台
- 603：氣體供應部
- 604：簇射板
- 605：排氣口
- 606：上部電極
- 607：下部電極
- 608：交流電源
- 609：溫度控制部
- 612：汽缸
- 613：壓力調節閥
- 614：停止閥
- 615：質量流量控制器
- 616：蝶閥
- 617：導氣閥
- 618：渦輪分子泵
- 619：乾燥泵
- 401：裝載室
- 402：卸載室
- 403a：反應室（1）
- 403b：反應室（2）
- 403c：反應室（3）
- 407：公共室
- 408：閘閥

400：盒子

409：搬運機構

405：備用室

101：基板

102：第一電極層

103：光電轉換層

103a：第一半導體層

103b：第二半導體層

103c：第三半導體層

104：針狀結晶

105：密封樹脂層

106：開口部

107：開口部

225：光電轉換層

211：薄膜電晶體

201：基板

202：絕緣層

203：結晶半導體層

205：閘極絕緣層

206：閘極電極

207：層間絕緣層

221：電極

222：電極

223：電極

227：保護層

228：層間絕緣層

231：電極

232：電極

235：層間絕緣層

241：電極

242：電極

13：p⁻型半導體層

301：雷射振盪器

302a：柱面透鏡陣列

302b：柱面透鏡陣列

304：柱面透鏡

305：柱面透鏡

309：被處理體

307：反射鏡

308：雙合柱面透鏡

310：載物台

22：取出電極

24：保護膜

25：保護膜

26：EVA層

27：鋁箔

28：外表面膜

1001：第一半導體層

1003：第二半導體層

1005：針狀結晶

1201：第一半導體層

1203：第二半導體層

1205：針狀結晶

1301：第一半導體層

1303：第二半導體層

1305：針狀結晶

4101：區域

4100：玻璃基板

4103：區域

4105：針狀結晶

4201：區域

4200：玻璃基板

4203：區域

4205：針狀結晶

4301：區域

4300：玻璃基板

4303：區域

4305：針狀結晶

七、申請專利範圍：

1.一種光電轉換裝置的製造方法，包含：

在基板上形成第一電極；

在該第一電極上藉由將包括能夠形成微晶半導體的混合比的半導體材料氣體和稀釋氣體相混合而得的反應氣體引入到反應室內，並且產生電漿來沉積膜，而形成包括賦予一種導電型的雜質元素的該微晶半導體的第一半導體層；

在該第一半導體層上，藉由與用於該第一半導體層的反應氣體相比，使該稀釋氣體對於該半導體材料氣體的流量比減小，來形成包括具有在膜的沉積方向上漸細的三維形狀的結晶的第二半導體層；

在該第二半導體層上形成包含賦予與該第一半導體層相反的導電型的雜質元素的第三半導體層；以及

在該第三半導體層上形成第二電極。

2.如申請專利範圍第1項的光電轉換裝置的製造方法，

其中該半導體材料氣體係選自氫化矽氣體、氟化矽氣體、和氯化矽氣體所組成之群，以及

其中作為該稀釋氣體使用氫。

3.一種光電轉換裝置的製造方法，包含：

在基板上形成第一電極；

在該第一電極上形成包括賦予一種導電型的雜質元素的微晶半導體的第一半導體層；

在該第一半導體層上藉由引入能夠形成非晶半導體的

混合比的半導體材料氣體和稀釋氣體，並產生電漿而沉積膜，其中在沉積的初期步驟中將該稀釋氣體的流量設定為該半導體材料氣體的 1 倍至 6 倍，來形成包括具有在膜的沉積方向上漸細的三維形狀的結晶的第二半導體層；

在該第二半導體層上形成包含賦予與該第一半導體層相反的導電型的雜質元素的第三半導體層；以及

在該第三半導體層上形成第二電極。

4. 如申請專利範圍第 3 項的光電轉換裝置的製造方法，

其中該半導體材料氣體係選自氫化矽氣體、氟化矽氣體、和氯化矽氣體所組成之群，以及

其中作為該稀釋氣體使用氫。

5. 如申請專利範圍第 3 項的光電轉換裝置的製造方法，其中在形成該第二半導體層時，該稀釋氣體對該半導體材料氣體的流量逐漸降低。

6. 一種光電轉換裝置的製造方法，包含：

在基板上形成第一電極；

在該第一電極上形成包括賦予一種導電型的雜質元素的微晶半導體的第一半導體層；

以可形成非晶半導體的混合比混合半導體材料氣體和稀釋氣體；

在該第一半導體層上，在沉積的初期步驟中將該稀釋氣體的流量設定為該半導體材料氣體的 1 倍至 6 倍，以產生電漿以沉積包括具有在膜的沉積方向上漸細的三維形狀的結晶的第二半導體層；

在該第二半導體層上形成包括賦予與該第一半導體層相反的導電型的雜質元素的第三半導體層；以及

在該第三半導體層上形成第二電極，

其中在形成該第二半導體層時，該稀釋氣體對該半導體材料氣體的流量逐漸降低。

7.如申請專利範圍第6項的光電轉換裝置的製造方法，

其中該半導體材料氣體係選自氫化矽氣體、氟化矽氣體、和氯化矽氣體所組成之群，以及

其中使用氫作為該稀釋氣體。

8.一種光電轉換裝置，包含：

第一電極上的第一半導體層，該第一半導體層包含賦予一種導電型的雜質元素；

該第一半導體層上的第二半導體層；

該第二半導體層上的第三半導體層，該第三半導體層包含賦予與該第一半導體層相反的導電型的雜質元素；以及

該第三半導體層上的第二電極，

其中該第二半導體層包含具有從與該第一半導體層的介面向與該第三半導體層的介面漸細的三維形狀的結晶，以及

其中該結晶穿透與該第三半導體層的介面。

9.如申請專利範圍第8項的光電轉換裝置，其中該第一半導體層使用p型半導體形成，該第二半導體層使用i型半導體形成，以及該第三半導體層使用n型半導體形成。

10.如申請專利範圍第8項的光電轉換裝置，
其中該第一半導體層為微晶半導體，以及
其中該第二半導體層具有在非晶半導體中存在該漸細
的三維形狀結晶的結構。

11.如申請專利範圍第8項的光電轉換裝置，
其中該第三半導體層是微晶半導體。

12.如申請專利範圍第8項的光電轉換裝置，
其中該第二半導體層的氫濃度從與該第一半導體層的
介面向與該第三半導體層的介面方向增加。

13.一種光電轉換裝置，包含：

第一電極上的第一半導體層，該第一半導體層包含賦
予一種導電型的雜質元素；

該第一半導體層上的第二半導體層；

該第二半導體層上的第三半導體層，該第三半導體層
包含賦予與該第一半導體層相反的導電型的雜質元素；以
及

該第三半導體層上的第二電極，

其中該第二半導體層包含具有從與該第一半導體層的
介面向與該第三半導體層的介面漸細的三維形狀的結晶，
以及

其中該結晶到達與該第三半導體層的介面。

14.如申請專利範圍第13項的光電轉換裝置，其中該第
一半導體層使用p型半導體形成，該第二半導體層使用i型
半導體形成，以及該第三半導體層使用n型半導體形成。

15.如申請專利範圍第13項的光電轉換裝置，
其中該第一半導體層為微晶半導體，以及
其中該第二半導體層具有在非晶半導體中存在該漸細
的三維形狀結晶的結構。

16.如申請專利範圍第13項的光電轉換裝置，
其中該第三半導體層是微晶半導體。

17.如申請專利範圍第13項的光電轉換裝置，
其中該第二半導體層的氫濃度從與該第一半導體層的
介面向與該第三半導體層的介面方向增加。

圖1

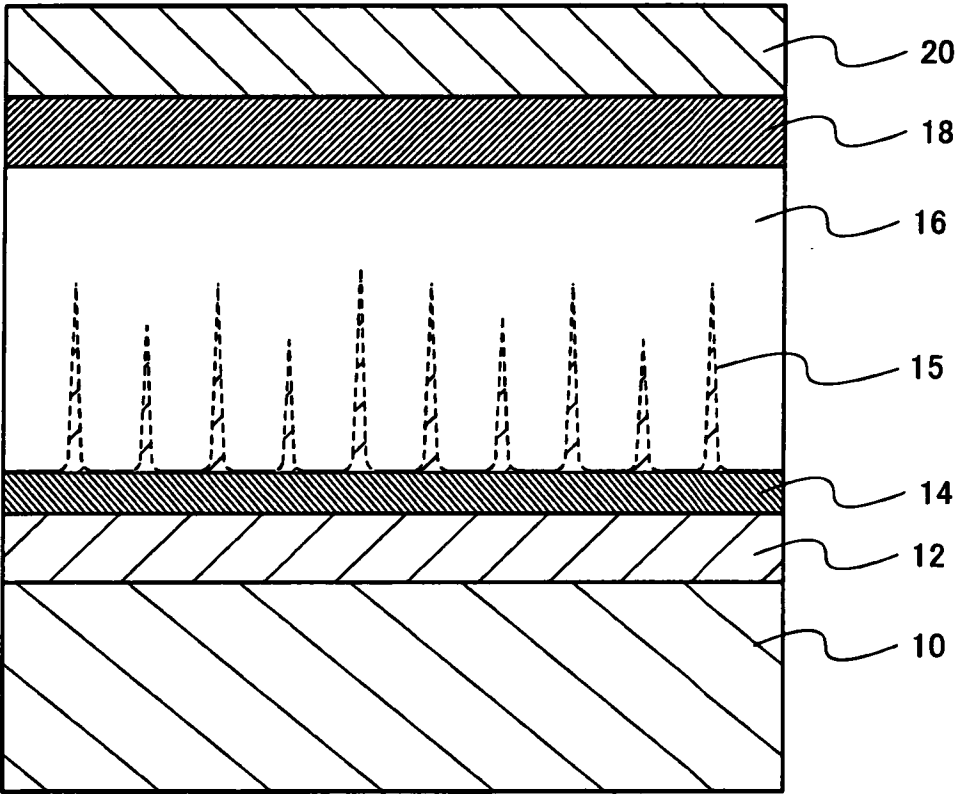


圖 2

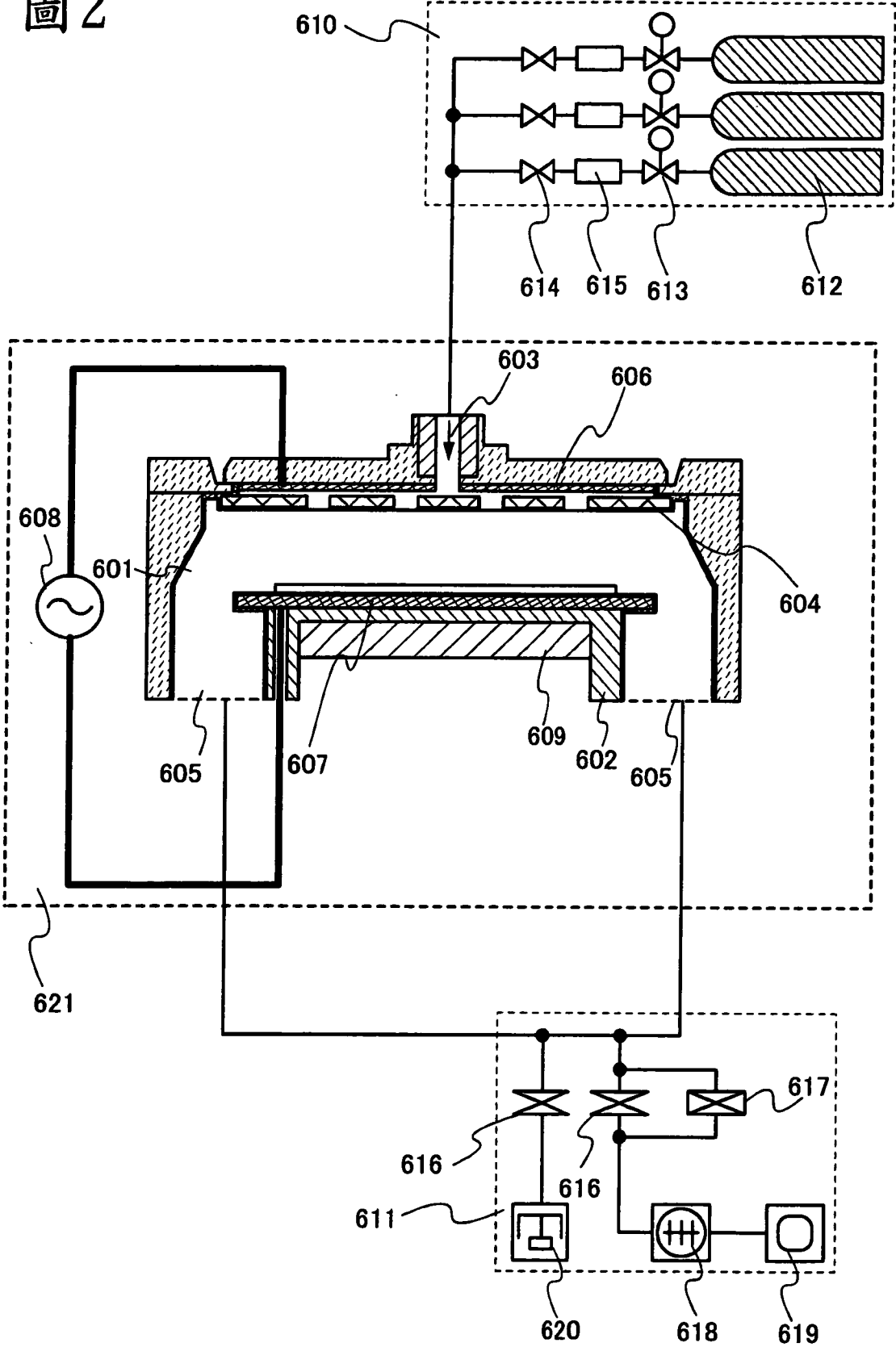


圖3

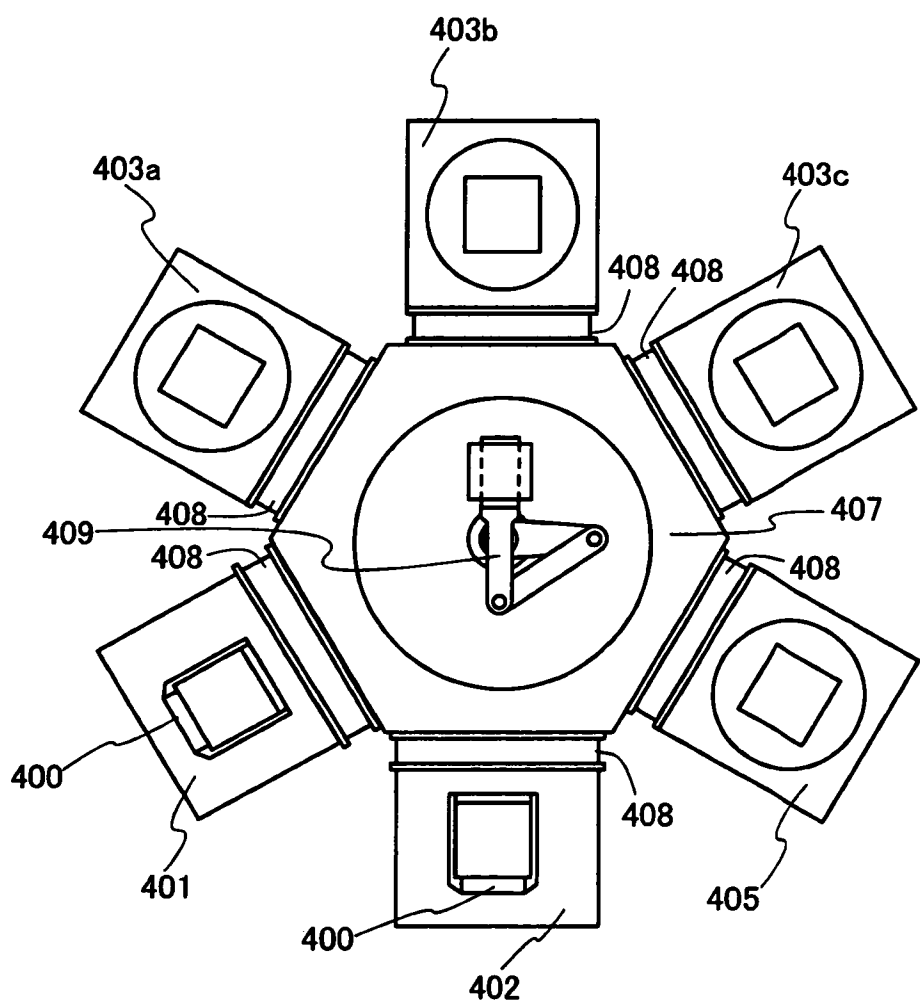


圖 4

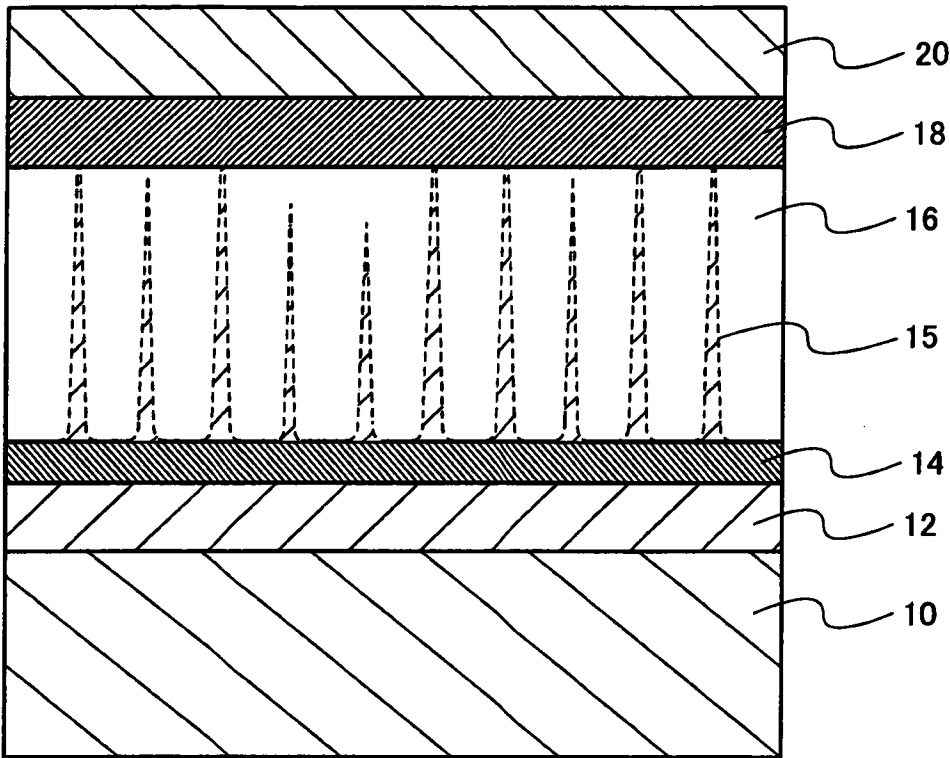


圖 5A

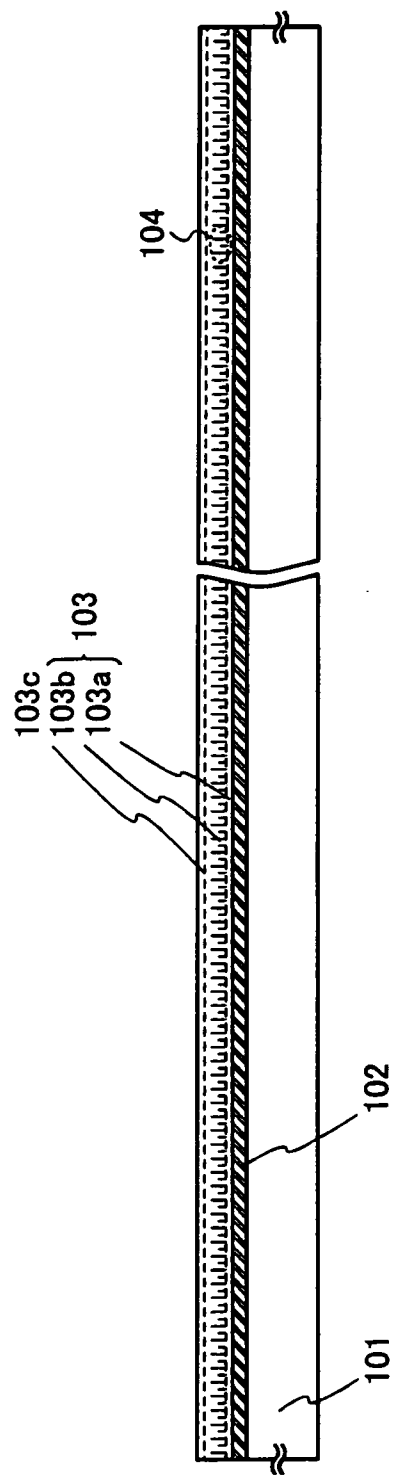


圖 5B

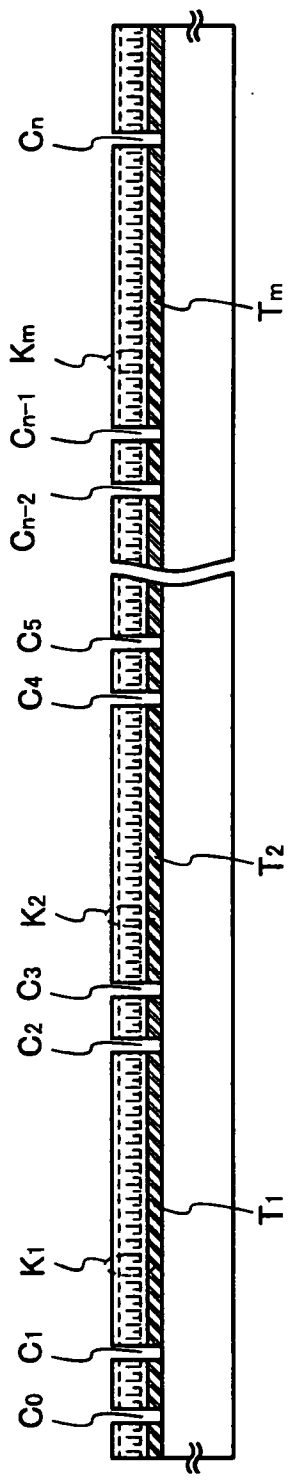


圖 5C

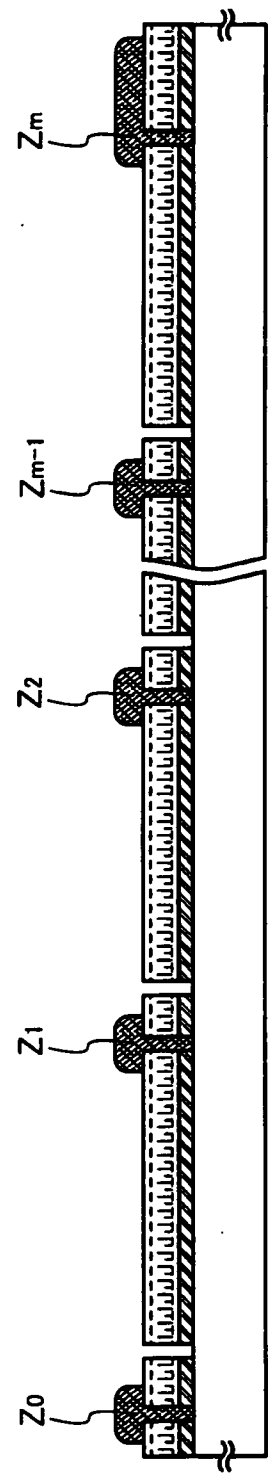


圖6

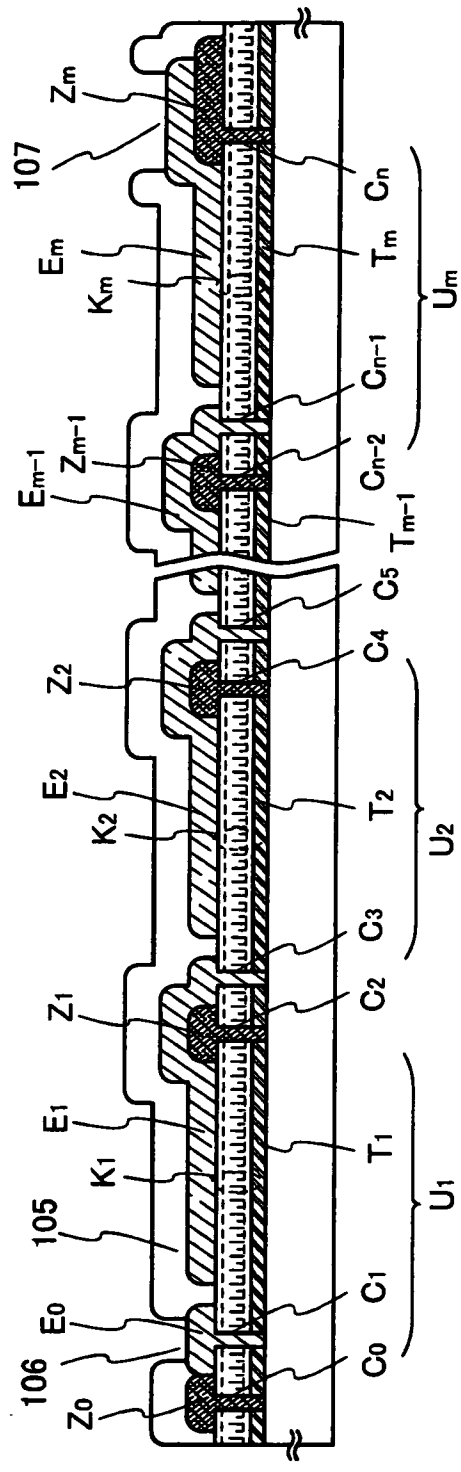


圖 7A

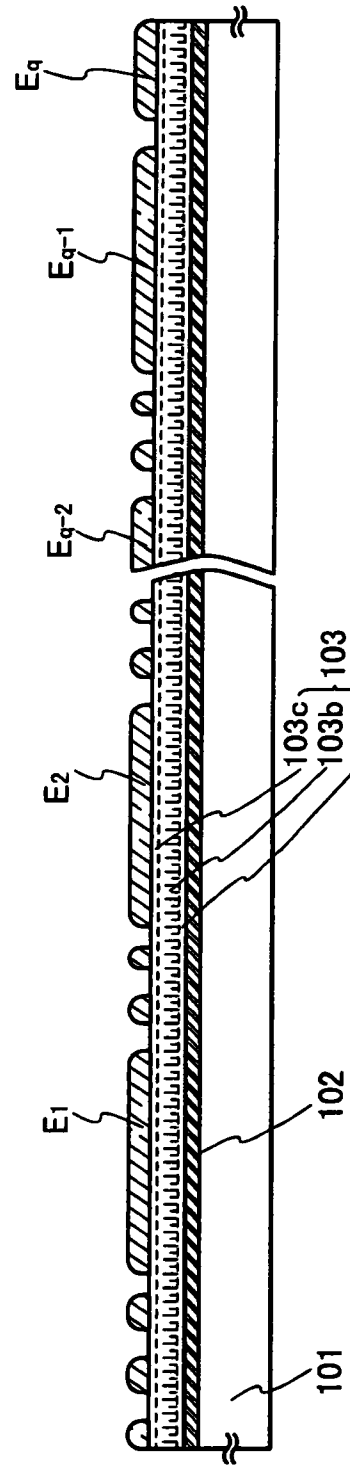


圖 7B

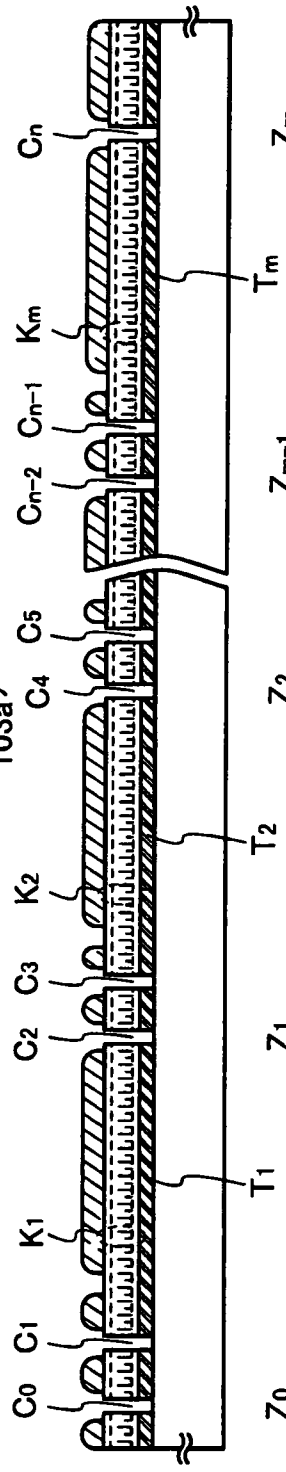


圖 7C

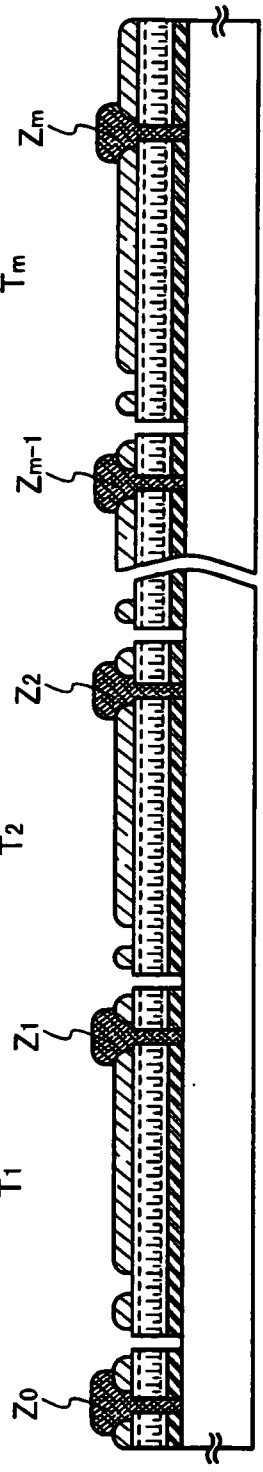


圖8

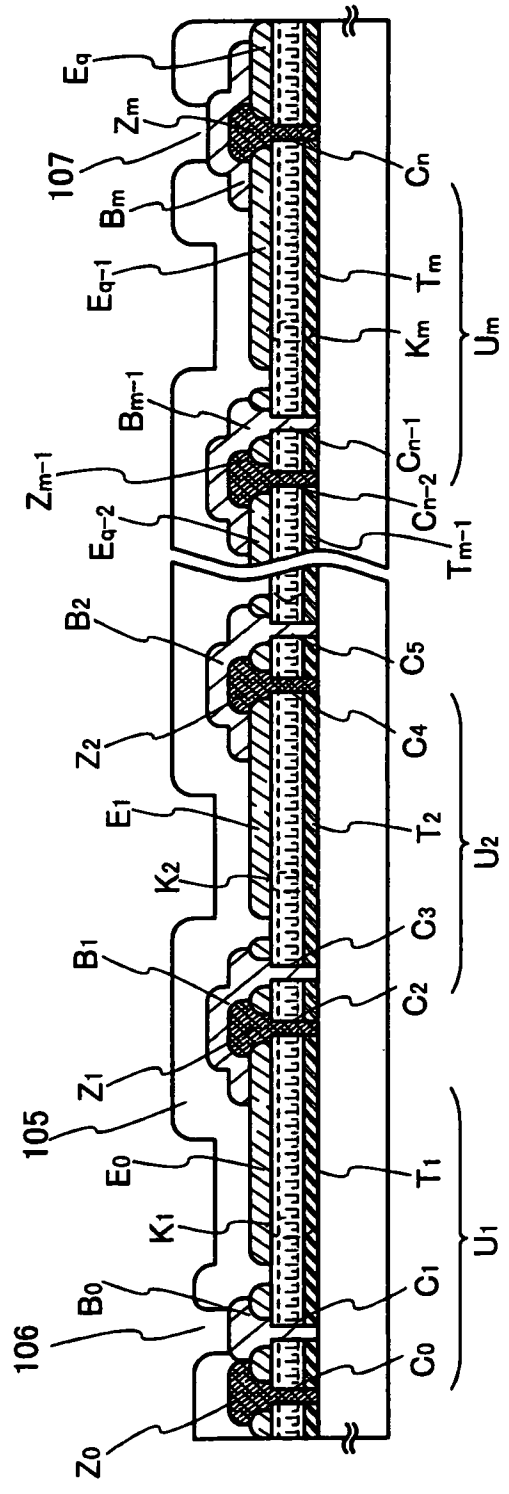


圖9

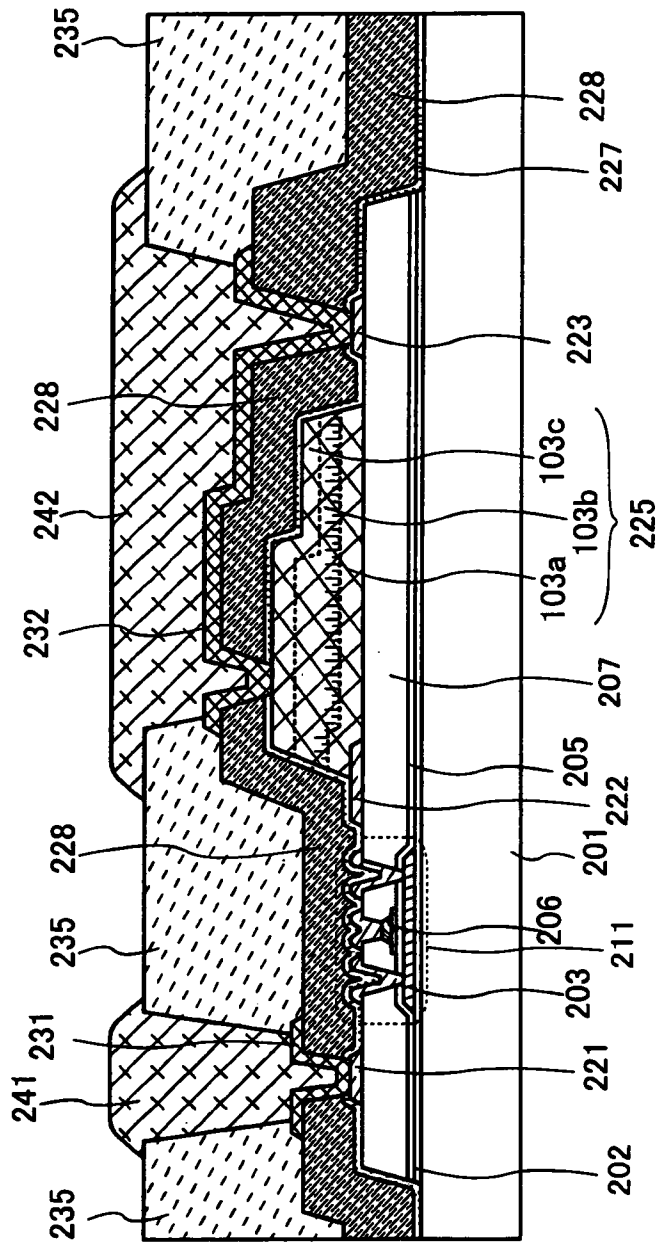


圖 10

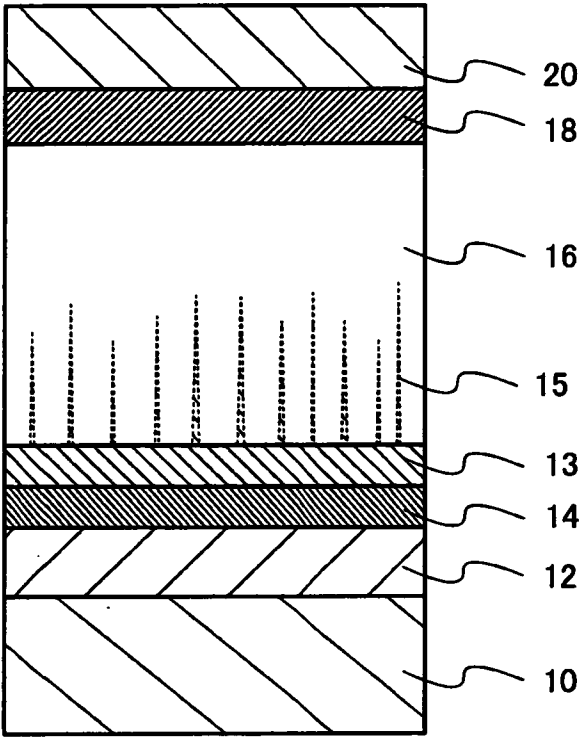


圖11A

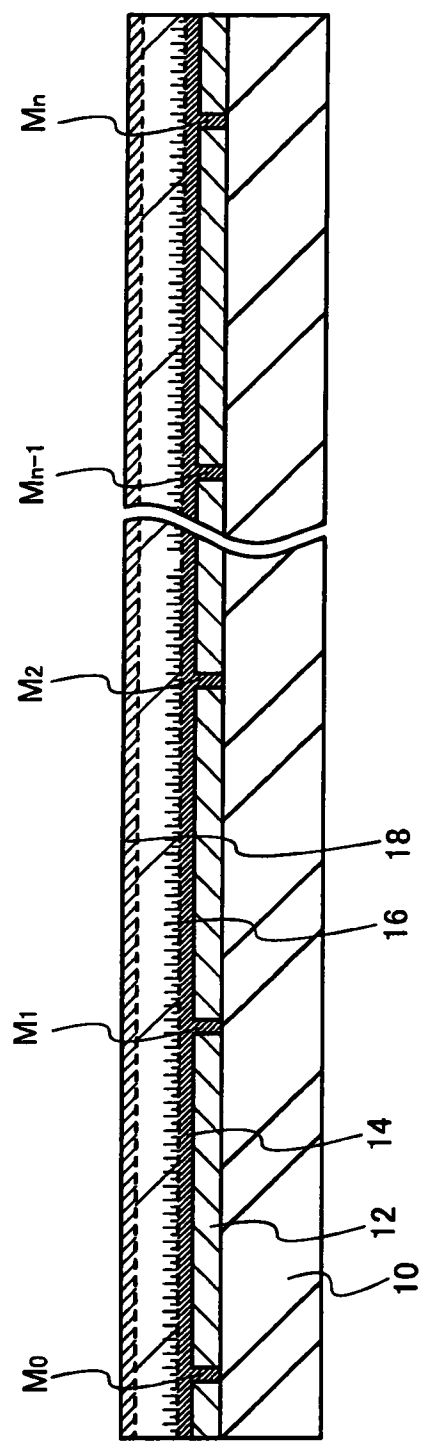


圖11B

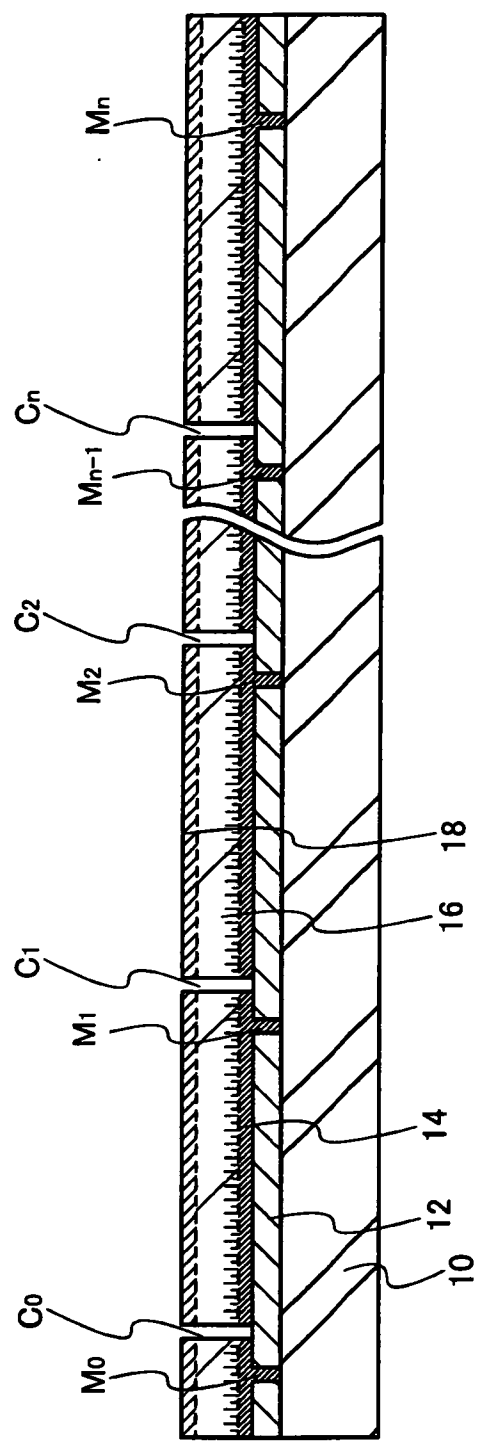


圖12A

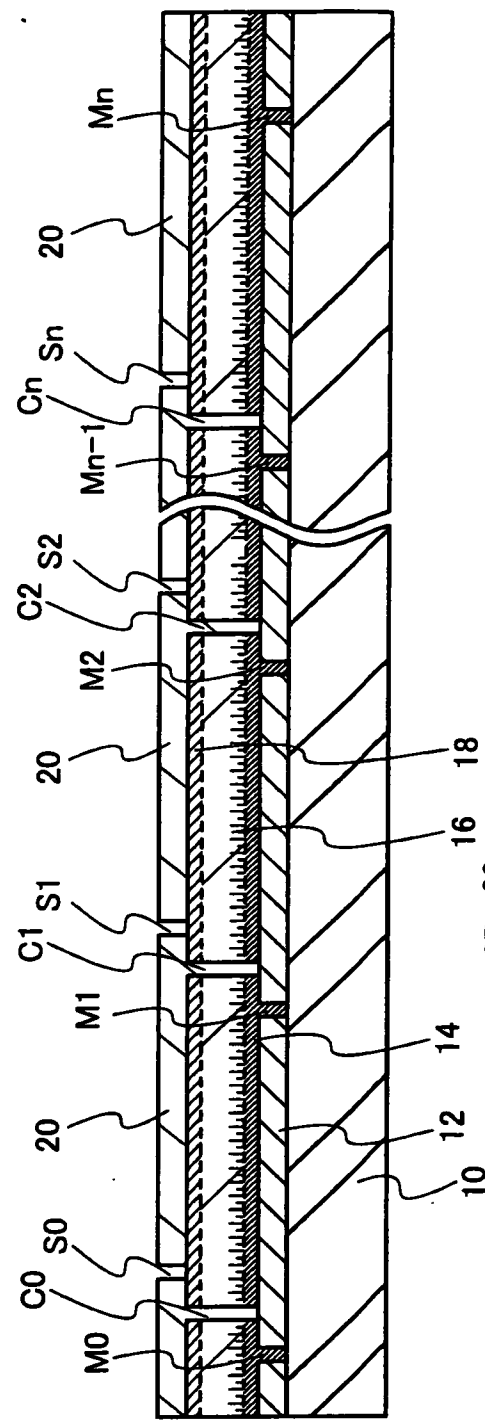


圖12B

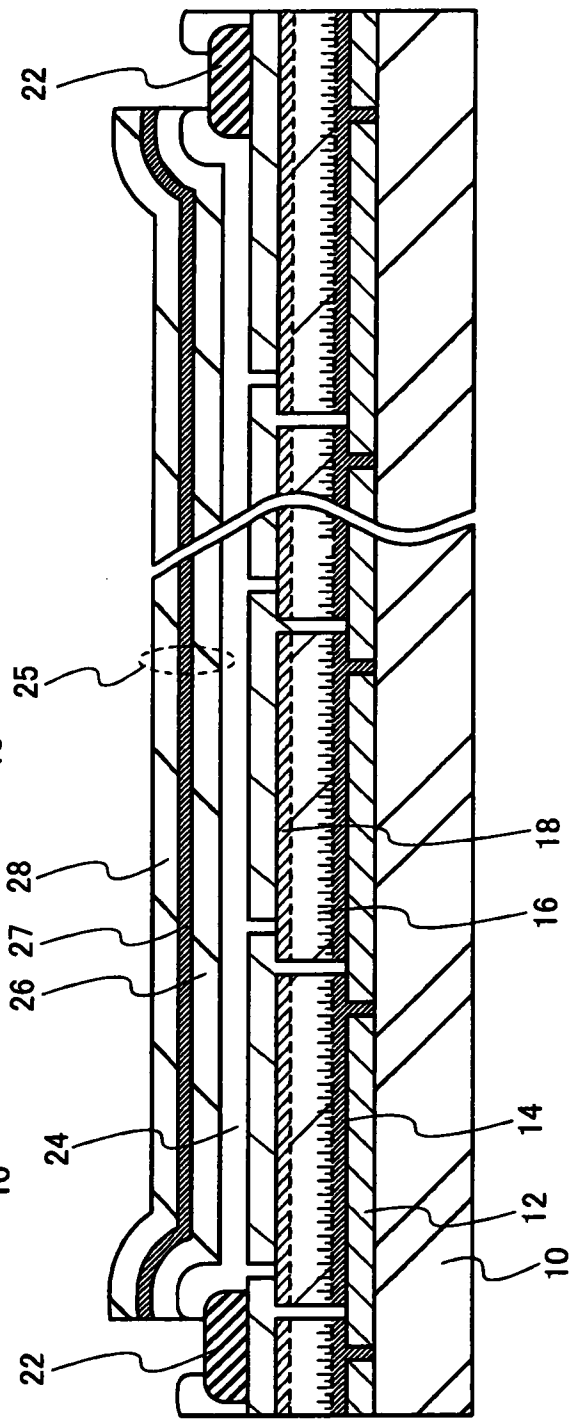


圖 13A

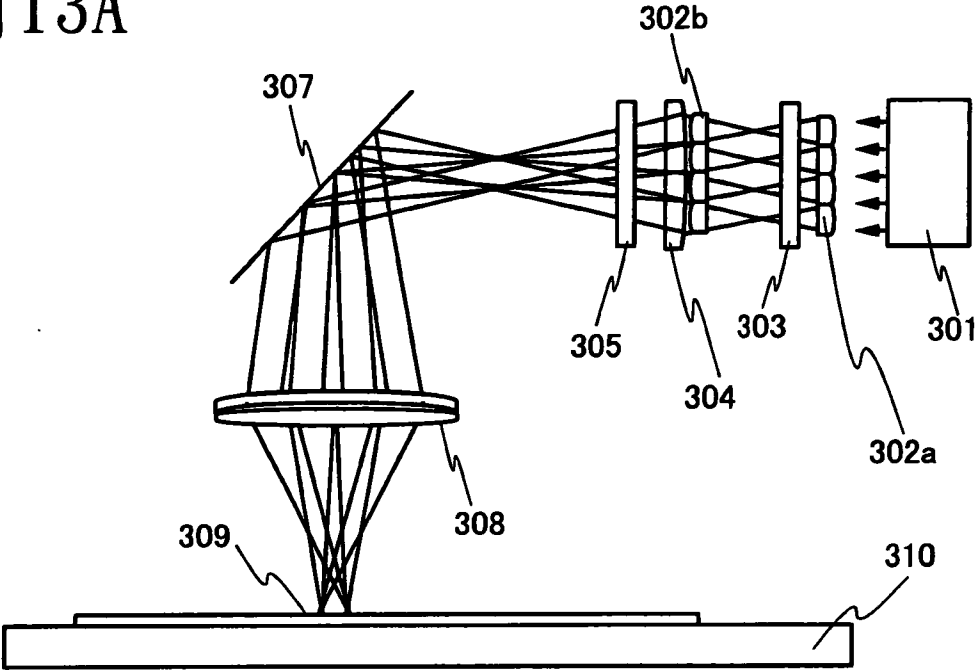


圖 13B

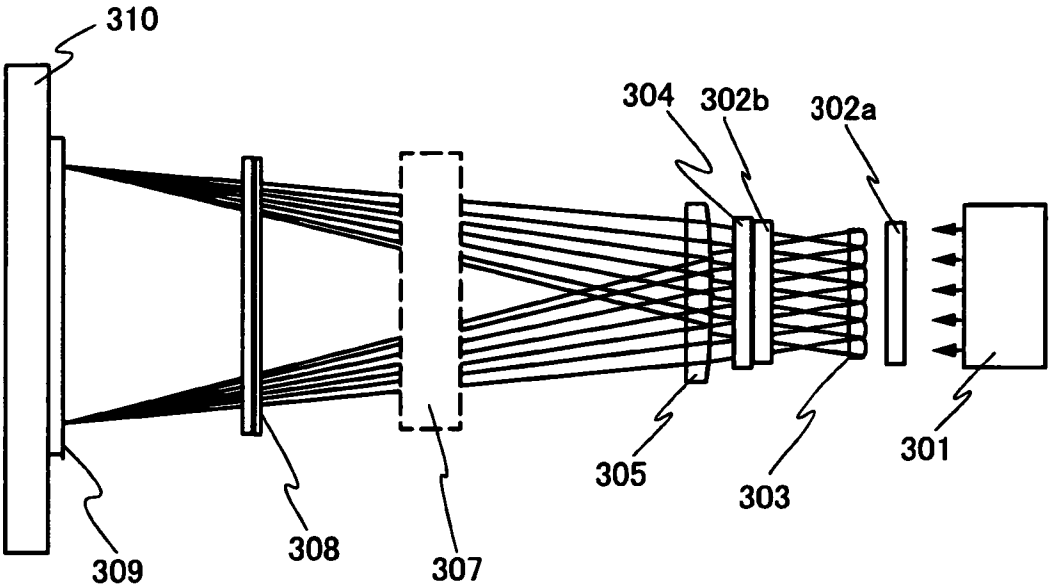


圖14

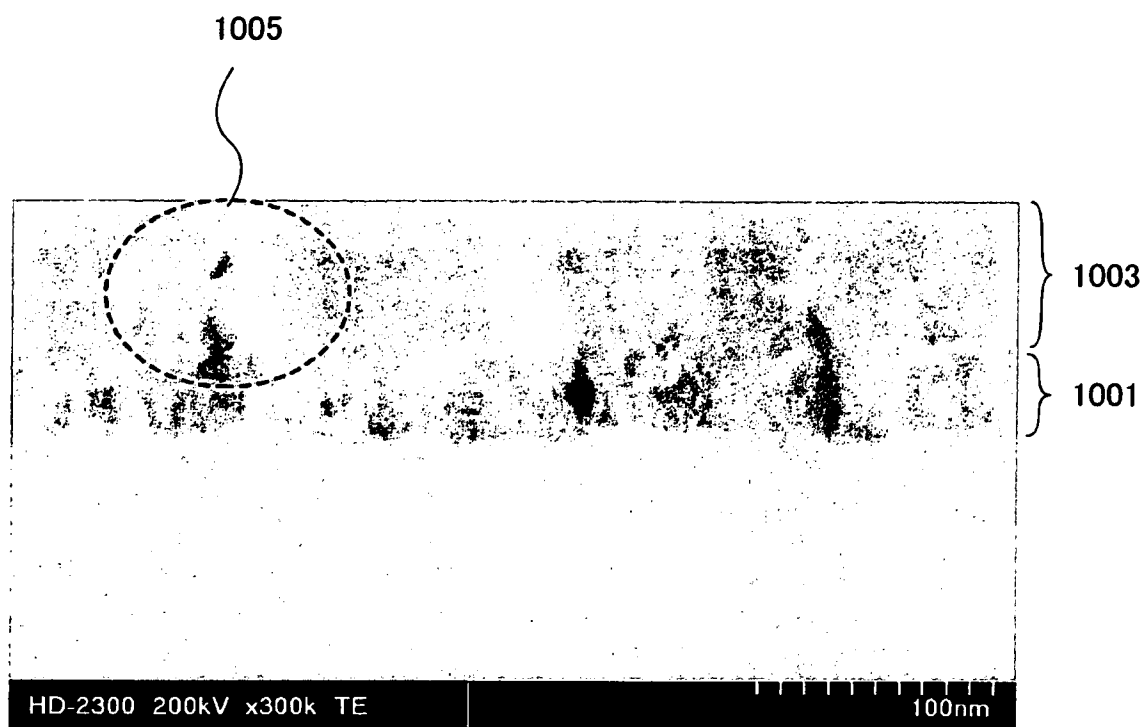


圖 15

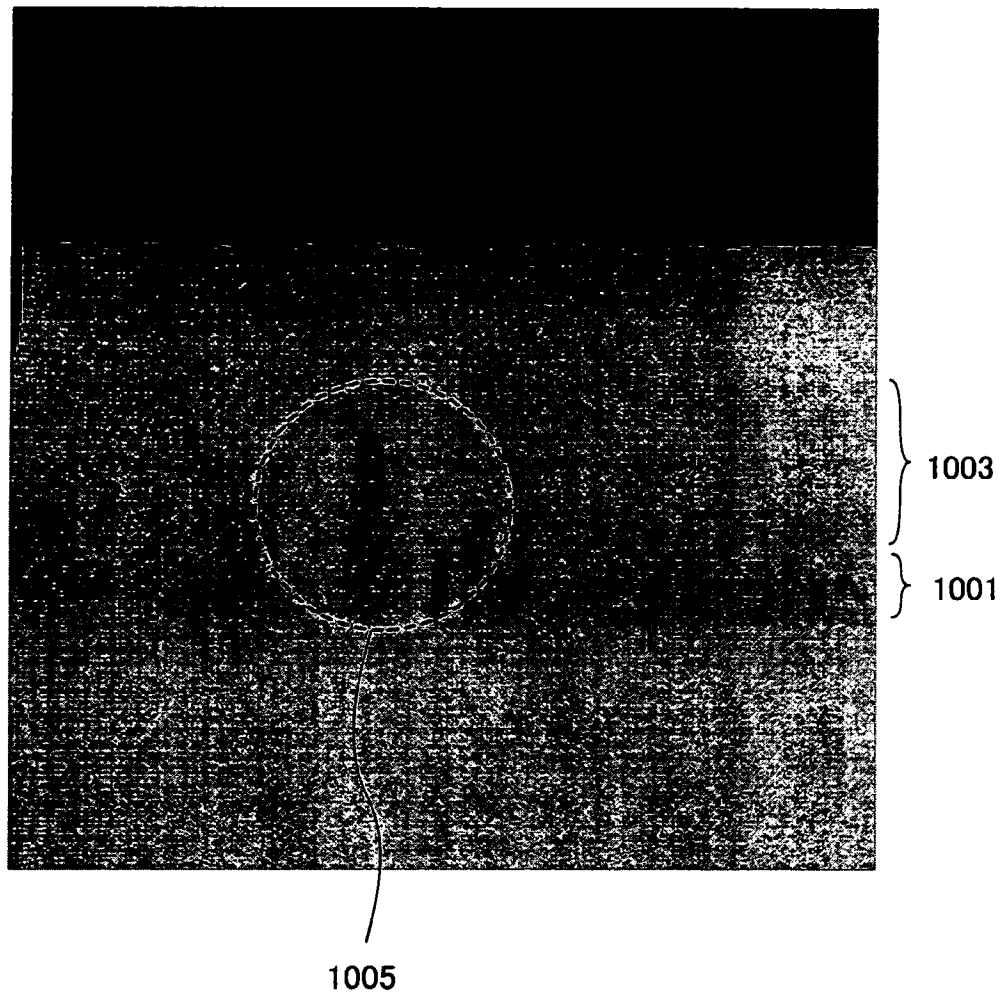
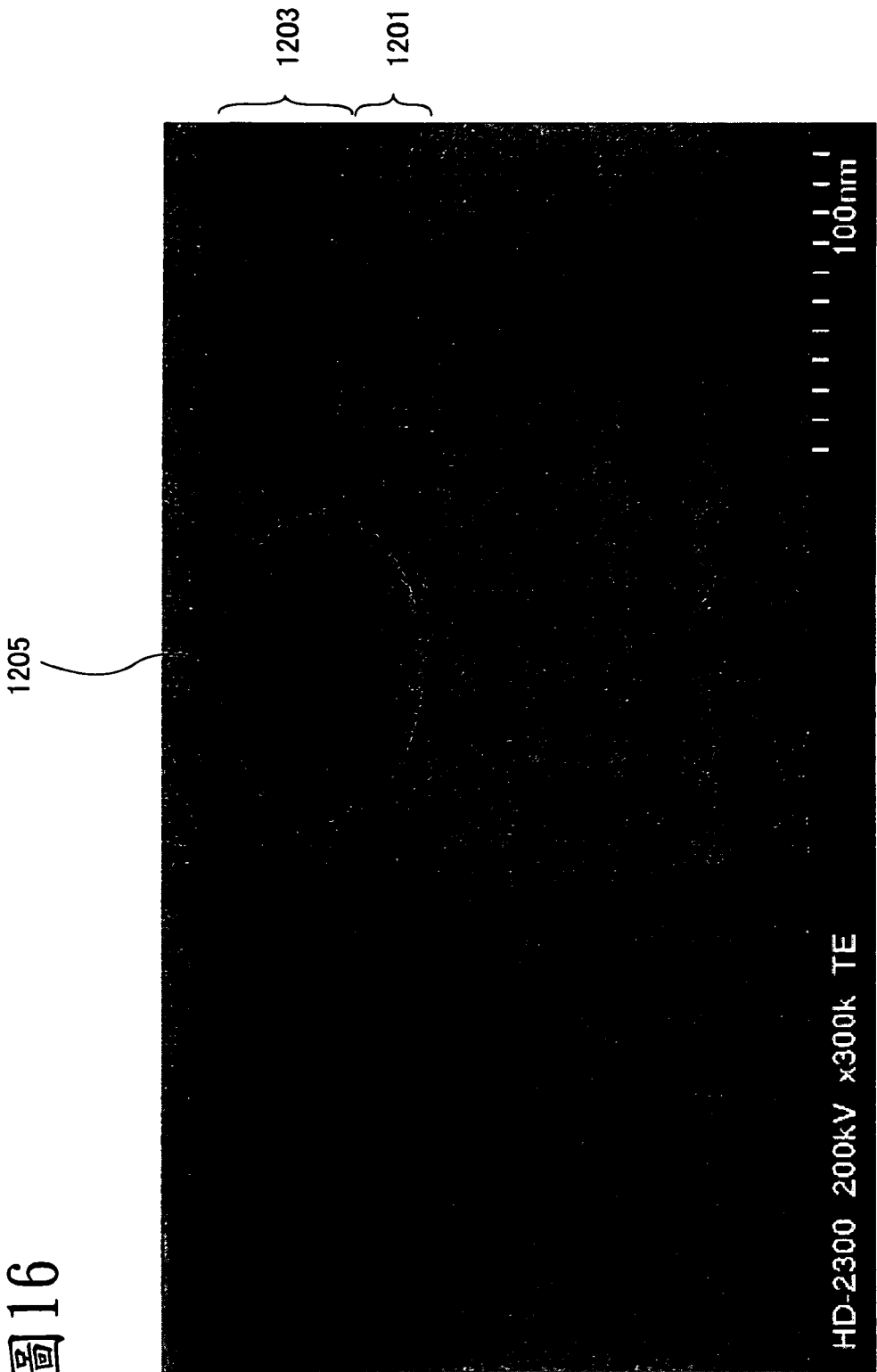


圖16



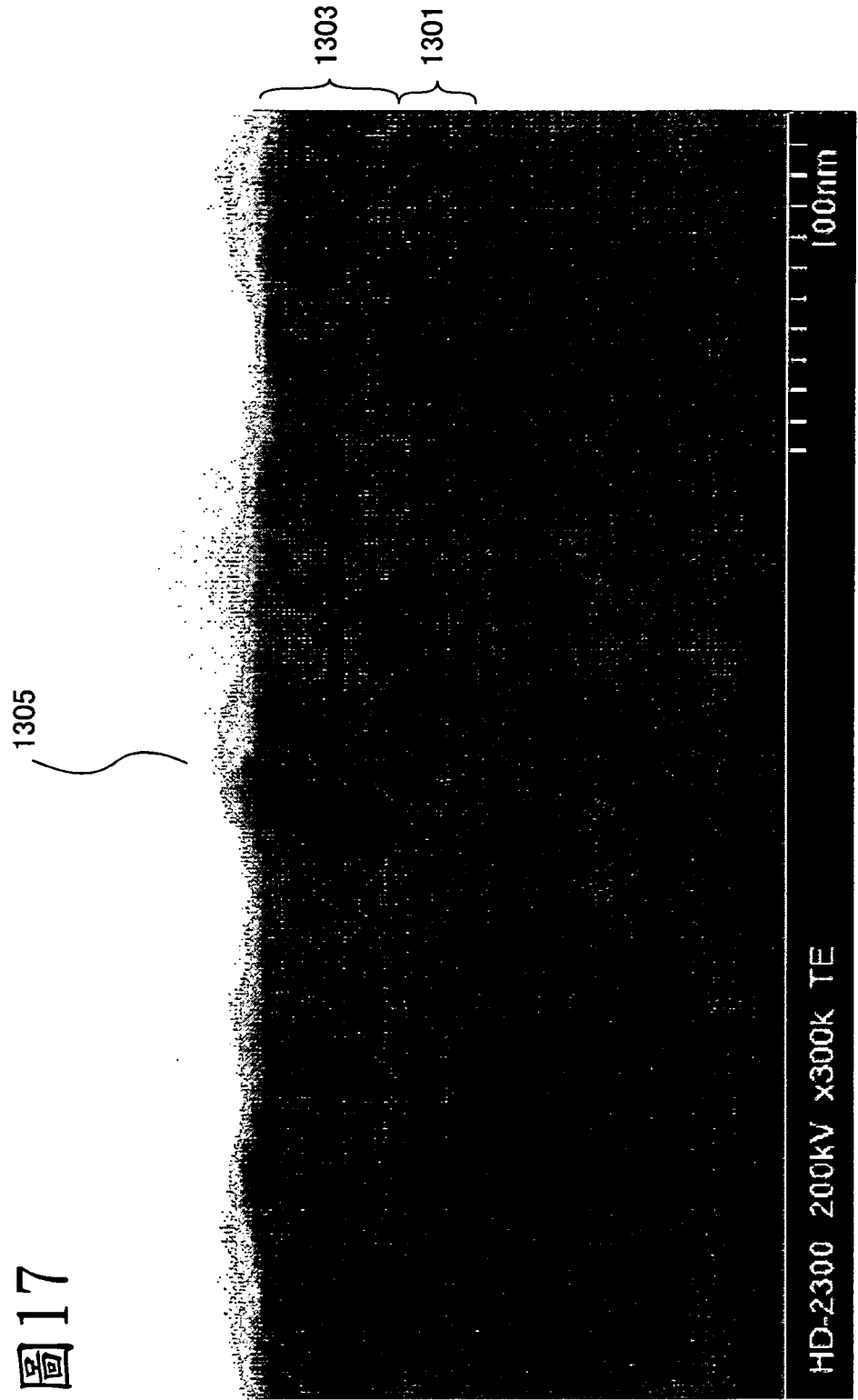


圖18

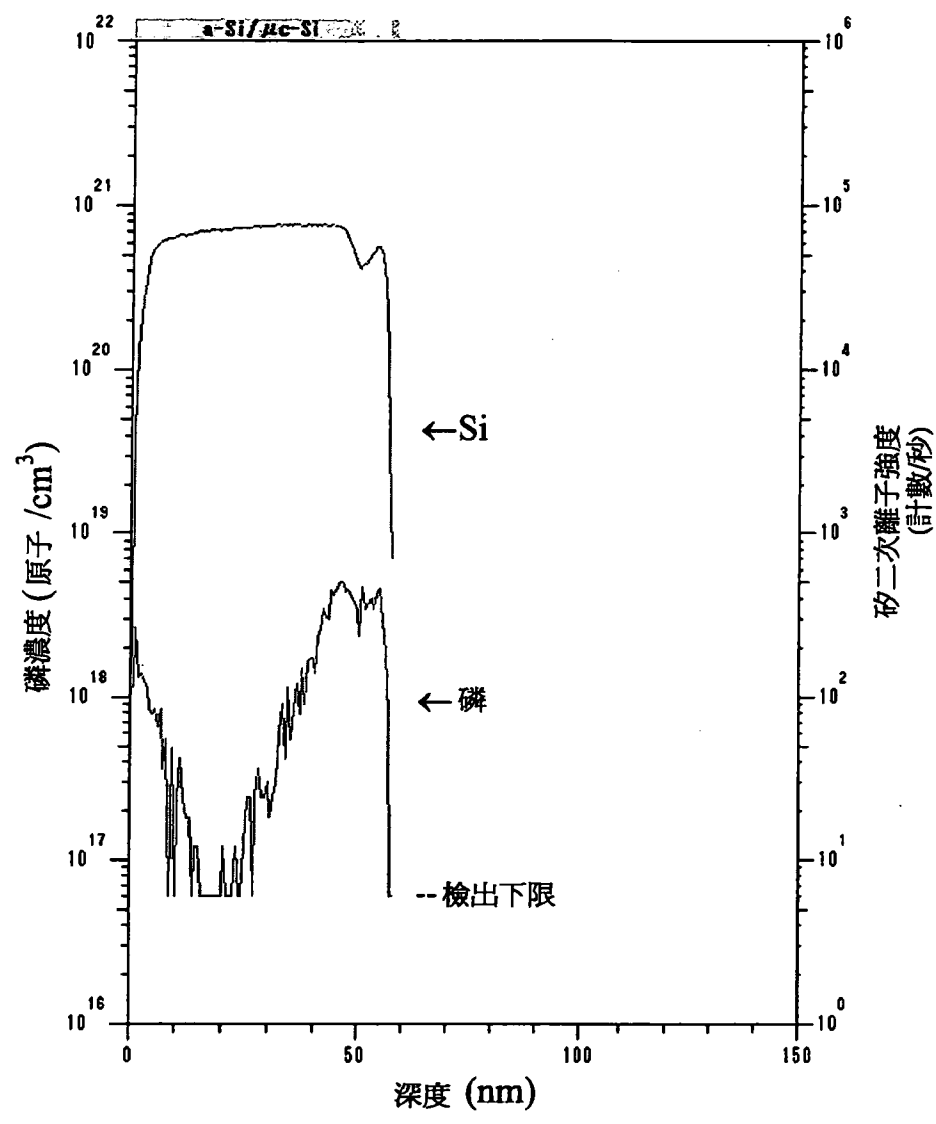


圖 19A

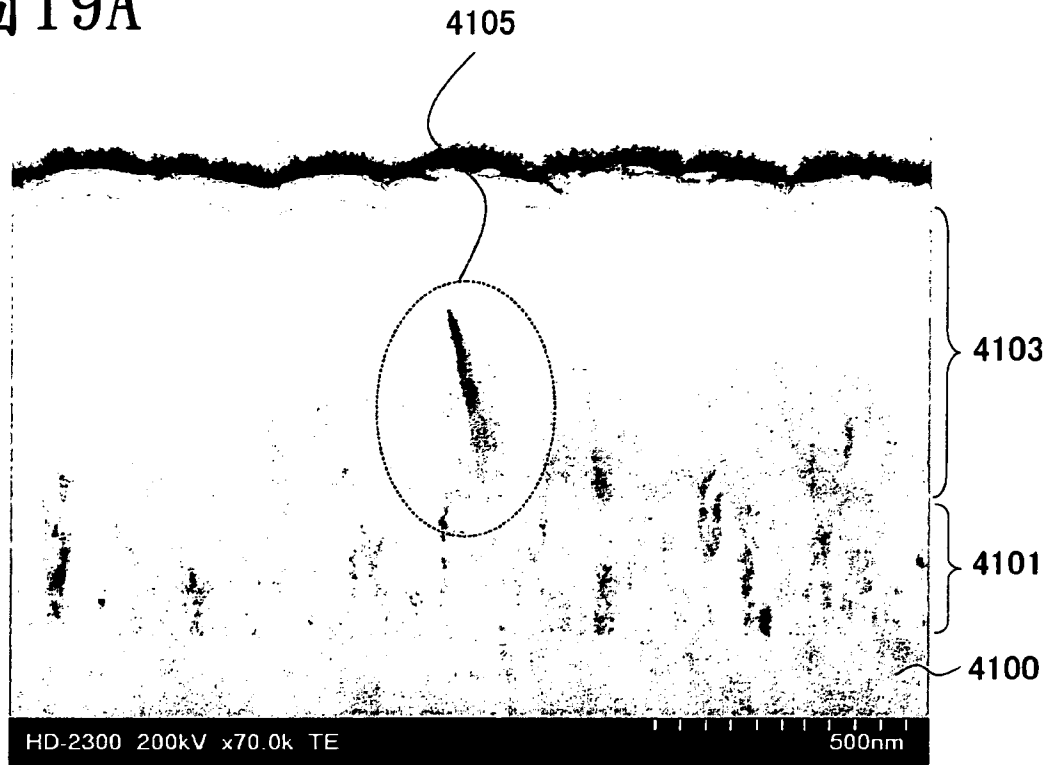


圖 19B

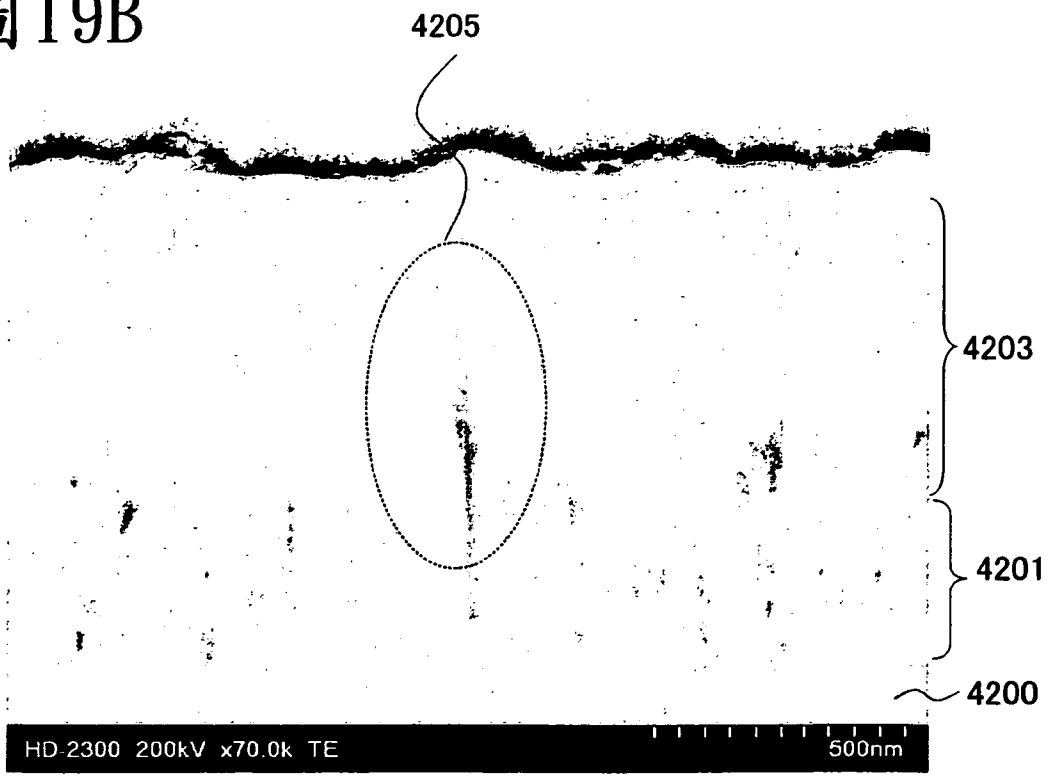


圖 20

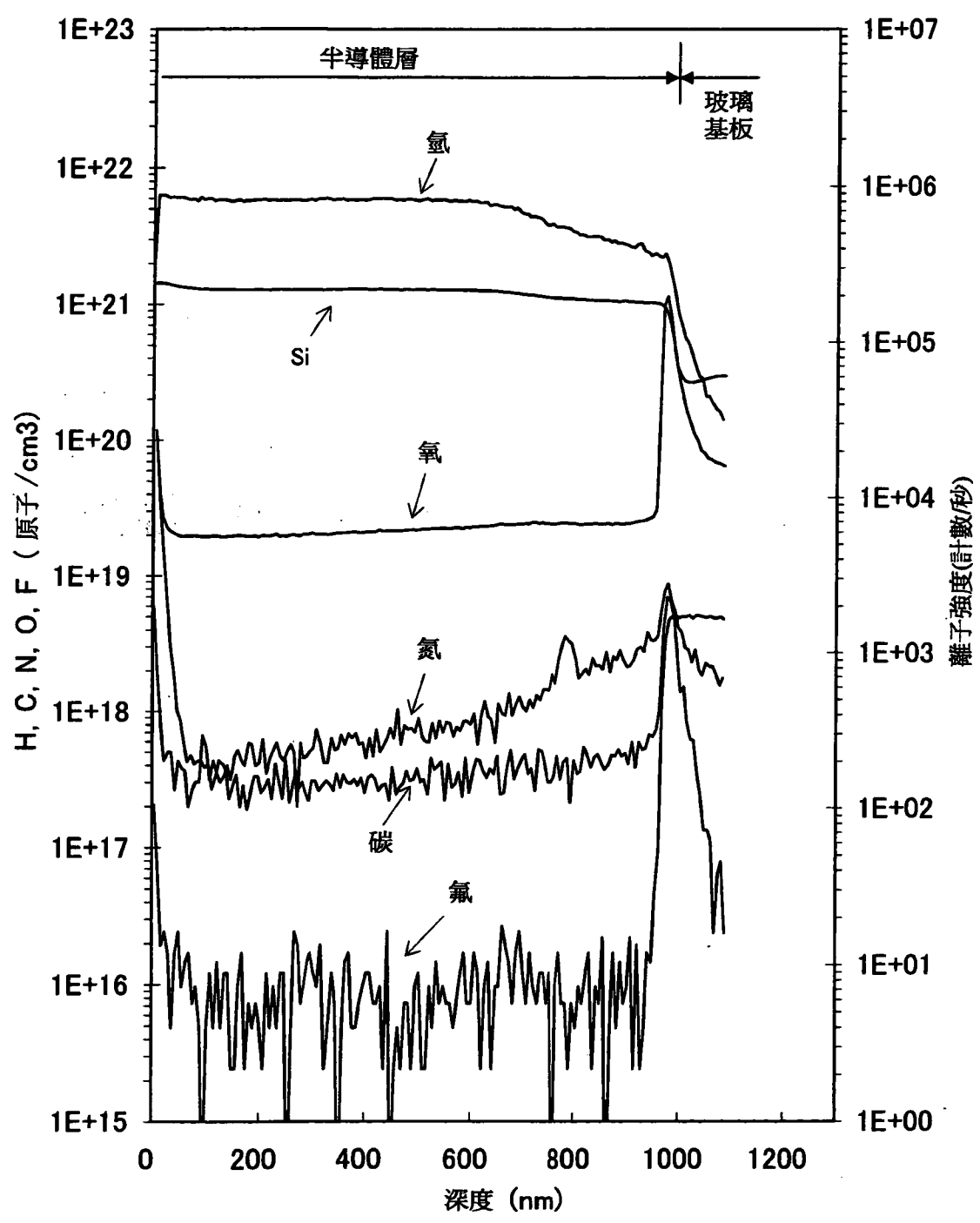


圖21

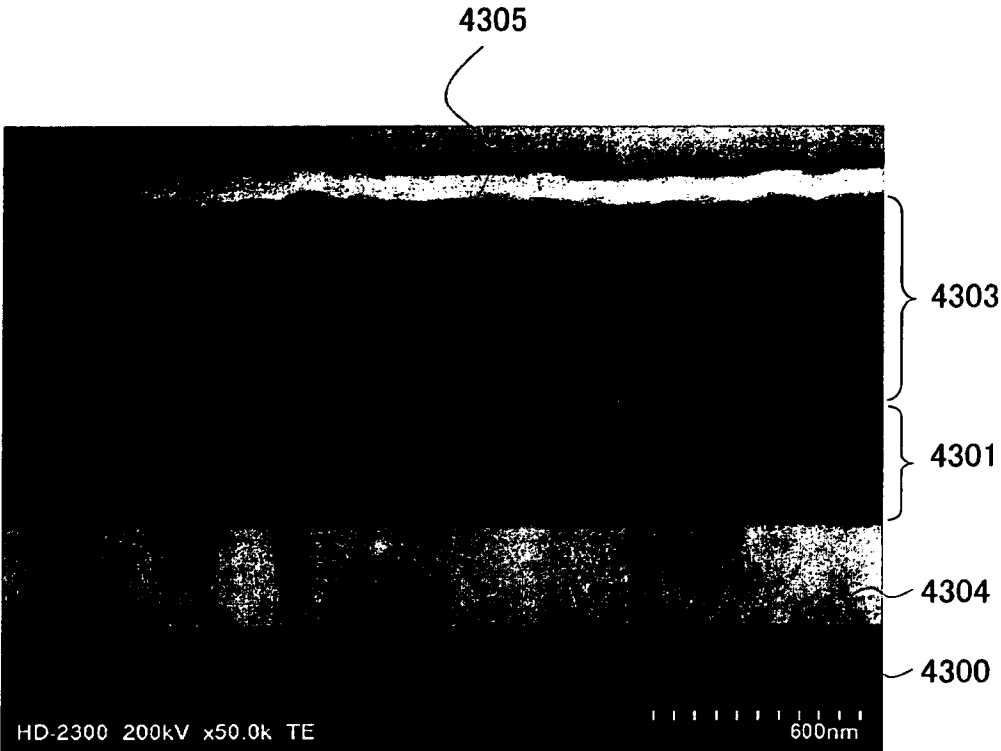


圖 22A

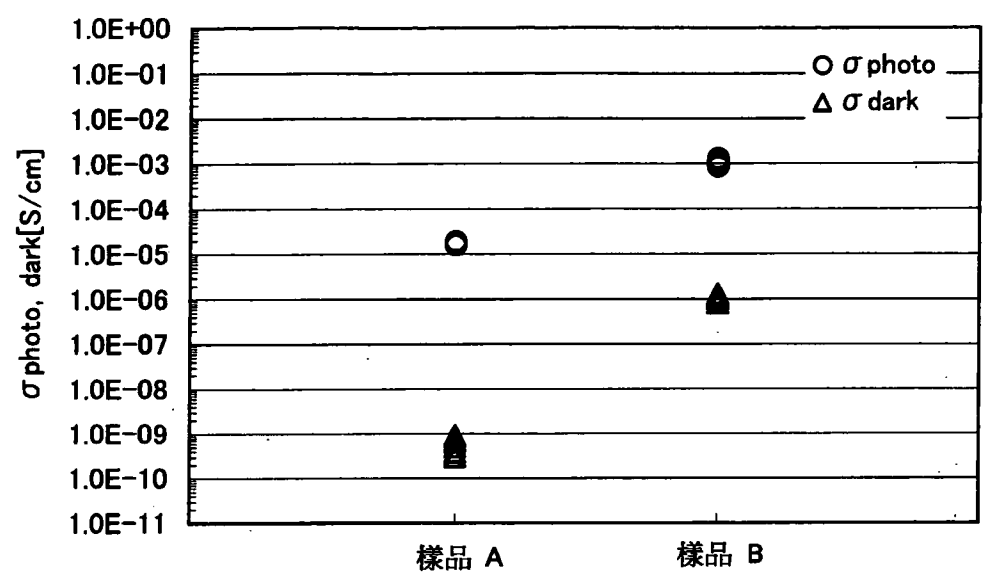


圖 22B

