



(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 I534908 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：101116851

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 11 日

(51)Int. Cl. : H01L21/336 (2006.01)

H01L21/205 (2006.01)

(30)優先權：2011/05/19 日本

2011-112837

(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：肥塚純一 KOEZUKA, JUNICHI (JP)；佐藤裕平 SATO, YUHEI (JP)；山崎舜平
YAMAZAKI, SHUNPEI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

US 2010/0051938A1

US 2010/0051949A1

US 2011/0068335A1

審查人員：王順德

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：20 共 153 頁

(54)名稱

半導體裝置之製造方法

METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

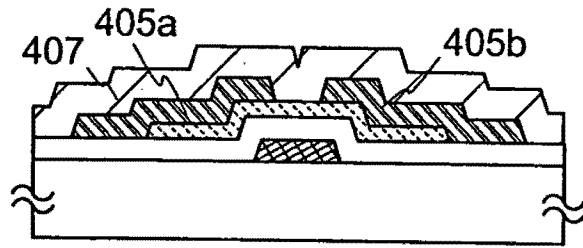
(57)摘要

本發明揭示一種半導體裝置的製造方法。向包括氧化物半導體膜的半導體裝置提供穩定的電學特性和高可靠性。在製造包括氧化物半導體膜的電晶體的過程中，形成非晶形氧化物半導體膜，向所述非晶形氧化物半導體膜添加入氧，以便形成含過量氧的非晶形氧化物半導體膜。然後，在所述非晶形氧化物半導體膜之上形成氧化鋁膜，對其進行熱處理，以使至少部分的非晶形氧化物半導體膜結晶，因而形成晶體氧化物半導體膜。

Stable electrical characteristics and high reliability are provided to a semiconductor device including an oxide semiconductor. In a process of manufacturing a transistor including an oxide semiconductor film, an amorphous oxide semiconductor film is formed, and oxygen is added to the amorphous oxide semiconductor film, so that an amorphous oxide semiconductor film containing excess oxygen is formed. Then, an aluminum oxide film is formed over the amorphous oxide semiconductor film, and heat treatment is performed thereon to crystallize at least part of the amorphous oxide semiconductor film, so that a crystalline oxide semiconductor film is formed.

指定代表圖：

圖 1D



符號簡單說明：

405a . . . 源極電極
層

405b . . . 汲極電極
層

407 . . . 絕緣膜

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：101116851

※申請日：101 年 05 月 11 日

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文／英文)

半導體裝置之製造方法

Method for manufacturing semiconductor device

H01L21/336-2006.01

H01L21/205-2006.01

二、中文發明摘要：

本發明揭示一種半導體裝置的製造方法。向包括氧化物半導體膜的半導體裝置提供穩定的電學特性和高可靠性。在製造包括氧化物半導體膜的電晶體的過程中，形成非晶形氧化物半導體膜，向所述非晶形氧化物半導體膜添加入氧，以便形成含過量氧的非晶形氧化物半導體膜。然後，在所述非晶形氧化物半導體膜之上形成氧化鋁膜，對其進行熱處理，以使至少部分的非晶形氧化物半導體膜結晶，因而形成晶體氧化物半導體膜。

三、英文發明摘要：

Stable electrical characteristics and high reliability are provided to a semiconductor device including an oxide semiconductor. In a process of manufacturing a transistor including an oxide semiconductor film, an amorphous oxide semiconductor film is formed, and oxygen is added to the amorphous oxide semiconductor film, so that an amorphous oxide semiconductor film containing excess oxygen is formed. Then, an aluminum oxide film is formed over the amorphous oxide semiconductor film, and heat treatment is performed thereon to crystallize at least part of the amorphous oxide semiconductor film, so that a crystalline oxide semiconductor film is formed.

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1D)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

405a：源極電極層

405b：汲極電極層

407：絕緣膜

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】

本發明係有關一種半導體裝置和製造所述半導體裝置的方法。

在本說明書中，半導體裝置通常表示可以利用半導體特性而起作用的裝置，電光裝置、半導體電路和電子裝置都是半導體裝置。

【先前技術】

人們已經關注使用在具有絕緣表面的基板之上形成的半導體薄膜來形成電晶體（也稱為薄膜電晶體（TFT））的技術。所述電晶體被廣泛應用於電子裝置，諸如積體電路（IC）或影像顯示裝置（顯示器）。矽類半導體材料作為可使用於電晶體的半導體薄膜材料是眾所周知的。氧化物半導體作為另一種材料正在引起人們的注目。

例如，揭示其活性層包括電子載流子濃度小於 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的含銦（In）、鎵（Ga）和鋅（Zn）的非晶形氧化物電晶體（見專利文獻1）。

[參考文獻]

[專利文獻1]日本公開專利申請案第2006-165528號

【發明內容】

但是，在形成氧化物半導體之薄膜的過程中，當與化

學計量關係組成發生偏差時，或者形成電子供體的氫或水分進入所述氧化物半導體時，氧化物半導體的導電率發生變化。這種現象導致包括氧化物半導體的電晶體的電學特性發生變化。

考慮到上述問題，本發明的一個目的在於向包括氧化物半導體的半導體裝置提供穩定的電學特性和高可靠性。

在製造包括氧化物半導體膜的電晶體的過程中，形成非晶形氧化物半導體膜，向所述非晶形氧化物半導體膜添加氧，以便形成含過量氧的非晶形氧化物半導體膜。然後，在所述非晶形氧化物半導體膜之上形成氧化鋁膜，對其進行熱處理，以使至少部分的非晶形氧化物半導體膜結晶，以便形成包括晶體的氧化物半導體膜（也稱為晶體氧化物半導體膜）。

可以使用離子植入方法、離子摻雜方法、電漿浸入的離子植入方法或電漿處理等作為向非晶形氧化物半導體膜來添加氧（包括氧自由基、氧原子和氧離子的至少其中一種）的方法。

晶體氧化物半導體膜是包括晶體並且具有結晶性的氧化物半導體膜。晶體氧化物半導體膜中的晶體可以具有在任意的方向上或在某一方向上取向的晶軸。

在說明書所揭示之本發明的一個實施例中，對包含添加的氧並且被氧化鋁膜所覆蓋的非晶形氧化物半導體膜進行加熱處理，以使至少部分的非晶形氧化物半導體膜結晶，從而可以形成包括具有實質上垂直於表面的 c-軸的晶體

的氧化物半導體膜（晶體氧化物半導體膜）。

包括具有實質上垂直於表面的 c-軸的晶體的氧化物半導體膜既不具有單一的晶體結構，也不具有非晶形結構，它是 c-軸配向的晶體氧化物半導體（也稱為 CAAC-OS）膜。

CAAC-OS 表示包括晶體的氧化物半導體，所述晶體具有 c-軸配向，且從 a-b 平面、表面或介面方向來予以觀察，所述晶體具有三角形或六邊形原子排列。在晶體中，金屬原子以層疊方式來予以排列，或者金屬原子或氧原子以層疊方式沿 c-軸來予以排列，a-軸或 b-軸的方向在 a-b 平面（或表面，或介面）中不同（晶體繞著 c-軸而旋轉）。

從廣義來說，CAAC-OS 表示非單晶材料，從垂直於 a-b 平面的方向來予以觀察時，其包括具有三角形、六邊形、規則三角形或規則六邊形原子排列的相，從與 c-軸方向垂直的方向來予以觀察，其中，金屬原子以層疊方式來予以排列或者金屬原子和氧原子以層疊方式來予以排列。

應注意 CAAC-OS 不是單晶，但這不表示 CAAC-OS 僅由非晶形成分所組成。雖然 CAAC-OS 包括晶體部分（結晶部分），在一些情況下，一種晶體部分和另一種晶體部分之間的界限不明顯。

CAAC-OS 中包括的部分氧可以被氮所取代。CAAC-OS 中包括的獨立的晶體部分的 c-軸可以在一個方向（例如，垂直於其之上係形成有 CAAC-OS 膜的基板之表面、CAAC-OS 膜的表面或 CAAC-OS 膜的介面的方向）上配向

。或者，CAAC-OS 中包括的獨立的晶體部分的 a-b 平面的法線可以在一個方向（例如，垂直於其之上係形成有 CAAC-OS 膜的基板之表面、CAAC-OS 膜的表面或 CAAC-OS 膜的介面的方向）上配向。

由於可見光或紫外光輻射被進一步抑制，晶體氧化物半導體膜能使電晶體的電學性質發生變化，從而可以提供高度可靠的半導體裝置。

由於氧的添加入，氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜和晶體氧化物半導體膜）具有這樣的區域，其包含的氧超過晶體狀態的氧化物半導體的化學計量比。在這種情況下，氧含量係高於氧化物半導體的化學計量組成中的氧含量。或者，所述氧含量高於單一晶體狀態時氧化物半導體中的氧含量。在一些情況下，氧存在於氧化物半導體的晶格之間。這種氧化物半導體的組成可以被表示為 $\text{InGaZn}_m\text{O}_{m+3x}$ ($x>1$)。例如，假設 $m=1$ ，在含過量氧的情況下， InGaZnO_{1+3x} ($x>1$) 中 $1+3x$ 的值大於 4。

如果從氧化物半導體膜中消除氧，則在其中形成氧缺乏。在不具有過量氧的氧化物半導體中，這種氧缺乏不能被其他氧所填充。相反地，由於根據本發明所揭示之一個實施例的晶體氧化物半導體膜是含過量氧的晶體氧化物半導體膜（例如，CAAC-OS 膜），所述膜中包含的過量氧（較佳超過化學計量比）可以立刻起作用，以填充晶體氧化物半導體膜中的氧缺乏。

在氧化物半導體膜之上設置的氧化鋁膜具有同時阻止

氧和雜質如氫、水分、羥基和氫化物（也稱為氫化合物）滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中或之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜並且防止氧化物半導體的主要組成材料氧從氧化物半導體膜中被釋放出。

此外，由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜被氧化鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理，可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜中被釋放出。因此，得到的晶體氧化物半導體膜可以保持所述非晶形氧化物半導體膜的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於氧化鋁膜可以防止雜質如氫和水分進入所述晶體氧化物半導體膜並且防止過量的氧從所述晶體氧化物半導體膜中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜具有高純度，並且具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜用於電晶體，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變（ ΔV_{th} ）。

在形成氧化鋁膜之前，較佳對非晶形氧化物半導體膜進行脫水或脫氫熱處理，從而有意地從氧化物半導體膜中去除氫原子、含氫原子的雜質如水等。

透過從氧化物半導體中去除氫來高度純化所述氧化物半導體，從而儘量不包含雜質，並且透過填充其中的氧缺乏，可以將所述氧化物半導體轉變成 i-型（本徵）氧化物半導體或實質上為 i-型（本徵）的氧化物半導體。換言之，高度純化的 i-型（本徵）氧化物半導體或與其接近的氧化物半導體可以透過儘量去除雜質如氫和水並填充氧缺乏來予以獲得。這使得氧化物半導體的費米能階（ E_f ）與本徵費米能階（ E_i ）可以處於同一位準。

本說明書中所揭示之本發明的一個實施例是半導體裝置的製造方法，其包括以下步驟：形成絕緣膜、氧化鋁膜和位於所述絕緣膜與所述氧化鋁膜之間的非晶形氧化物半導體膜；以及對所述非晶形氧化物半導體膜進行熱處理，以使至少部分的非晶形氧化物半導體膜結晶並形成包括晶體的氧化物半導體膜。作為向其中添加氧的結果，所述非晶形氧化物半導體膜具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

本說明書中所揭示之本發明的一個實施例是半導體裝置的製造方法，其包括以下步驟：形成絕緣膜；在所述絕緣膜之上形成非晶形氧化物半導體膜；向所述非晶形氧化物半導體膜中添加氧；在包含添加氧的非晶形氧化物半導體膜之上形成氧化鋁膜；以及對所述包含添加氧的非晶形氧化物半導體膜進行熱處理，以使至少部分的非晶形氧化物半導體膜結晶，從而形成包括晶體的氧化物半導體膜。所述包含添加氧的非晶形氧化物半導體膜具有含氧量超過

晶體狀態時氧化物半導體中化學計量比的區域。

本說明書中所揭示之本發明的一個實施例是半導體裝置的製造方法，其包括以下步驟：形成絕緣膜；在所述絕緣膜之上形成非晶形氧化物半導體膜；在所述非晶形氧化物半導體膜之上形成氧化鋁膜；透過所述氧化鋁膜而向所述非晶形氧化物半導體膜添加氧；以及對包含添加氧的非晶形氧化物半導體膜進行熱處理，以使至少部分的非晶形氧化物半導體膜結晶，從而形成包括晶體的氧化物半導體膜。所述包含添加氧的非晶形氧化物半導體膜具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體中化學計量比的區域。

根據本發明的一個實施例，可以製作包括電晶體的半導體裝置，所述電晶體具有多種結構，例如頂部閘極結構、底部閘極結構以及其交錯型和平面型結構。在向所述非晶形氧化物半導體膜添加氧的步驟中，可以直接向暴露狀態的非晶形氧化物半導體膜添加氧，或者可以透過在所述非晶形氧化物半導體膜之上形成的另一種膜而向所述非晶形氧化物半導體膜添加氧。在製作半導體裝置的過程中，根據電晶體結構，可以向暴露狀態的非晶形氧化物半導體膜添加氧或者透過絕緣膜（閘極絕緣膜、絕緣膜（包括氧化鋁膜）、閘極絕緣膜和絕緣膜（包括氧化鋁膜）的層疊體）或者在非晶形氧化物半導體膜之上形成的閘極絕緣膜和閘極電極層的層疊體添加氧。

在上述實施方式中，包含採用熱處理結晶化而得到的晶體的氧化物半導體膜較佳是包括具有實質上垂直於表面

的 c-軸晶體的晶體氧化物半導體 (CAAC-OS) 膜。

此外，與所述非晶形氧化物半導體膜相接觸的絕緣膜的區域較佳具有表面糙度減小的表面。具體地說，所述絕緣膜的平均表面糙度較佳等於或小於 1 納米、更佳等於或小於 0.3 納米，更較佳等於或小於 0.1 納米。在表面糙度減少的絕緣膜表面上形成氧化物半導體膜時，所述氧化物半導體膜可以具有穩定和令人滿意的結晶性。

在上述實施方式中，可以在閘極電極層與氧化鋁膜之間形成氧化物絕緣膜。此外，可以在形成氧化鋁膜之前先形成具有覆蓋閘極電極層側面的側壁結構的側壁絕緣層。

在上述實施方式中，在添加氧和形成氧化鋁膜的步驟之前，對所述非晶形氧化物半導體膜進行釋放氫或水分的熱處理。

包括這種含填充氧缺乏的過量氧的高度純化晶體氧化物半導體膜的電晶體的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。因此，可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有高可靠性和穩定的電學特性。

在晶體氧化物半導體膜之上設置氧化鋁膜以使氧化物半導體膜中包含的過量氧不會透過熱處理而被釋放出，由此可以防止在所述晶體氧化物半導體中、以及在所述晶體氧化物半導體膜和與其相接觸的上覆層或下覆層之間的任何介面上產生和增加缺陷。亦即，所述晶體氧化物半導體膜中包含的過量氧係用來填充氧缺乏缺陷，從而可以提供具有穩定的電學特性的高度可靠的半導體裝置。

相應地，根據本發明所揭示之一個實施例，可以製作具有穩定的電學特性的電晶體。

根據本發明所揭示之另一個實施例，可以製作具有令人滿意的電學特性的高度可靠的半導體裝置。

【實施方式】

以下將參照附圖來詳細地描述本發明說明書中所揭示的實施例。應注意本說明書中所揭示的發明不限於以下描述，本領域技術人員容易理解可以以多種方式來對本發明的方法和細節進行改良。此外，不應將本說明書所揭示的發明理解為受到以下實施例的描述的限制。注意，“第一”和“第二”之類的序數是出於方便的目的，並不是用來表示步驟的順序或層的疊置順序。另外，在本說明書中的序數並不表示本發明所述的任何特定名稱。

[實施例 1]

本實施例中，將參照圖 1A-1E 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的一個實施例。在本實施例中，描述包括氧化物半導體膜的電晶體作為所述半導體裝置的一個實施例。

對電晶體的結構沒有具體限制；例如，可以使用具有頂部閘極結構或底部閘極結構的交錯型電晶體或平面型電晶體。所述電晶體可以具有其中形成有一個通道成形區域的單閘極結構、其中形成有兩個通道成形區域的雙閘極結

構，或其中形成有三個通道成形區域的三閘極結構。或者，所述電晶體可以具有包括位於通道成形區域上方和下方的兩層閘極電極層和在其間設置的閘極絕緣膜的雙重閘極結構。

如圖 1E 所示，電晶體 410 包括位於具有絕緣表面的基板 400 之上的閘極電極層 401、閘極絕緣層 402、晶體氧化物半導體膜 403、源極電極層 405a 和汲極電極層 405b。在電晶體 410 之上形成絕緣膜 407。

絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。在該實施例中，使用氧化矽膜來形成閘極絕緣膜 402，使用氧化鋁膜來形成絕緣膜 407。

晶體氧化物半導體膜 403 是包括晶體的氧化物半導體膜。晶體氧化物半導體膜 403 較佳是 a-b 平面實質上平行於晶體氧化物半導體膜表面並且包括 c-軸實質上垂直於所述表面的晶體的氧化物半導體膜。此外，晶體氧化物半導體膜 403 較佳既不具有單晶結構，也不具有非晶形結構，是 c-軸配向的晶體氧化物半導體（CAAC-OS）膜。由於可見光或紫外光輻射被進一步抑制，晶體氧化物半導體膜能使電晶體 410 的電學性質發生變化，從而可以提供高度可靠的半導體裝置。

圖 1A-1E 示出製作電晶體 410 的方法的一個實例。

首先，在具有絕緣表面的基板 400 之上形成導電膜，然後透過第一微影步驟形成閘極電極層 401。應注意，可以用噴墨法來製備抗蝕掩模。透過噴墨法製備抗蝕掩模無

需光罩；從而，可以降低製造費用。

雖然對可以使用的基板沒有具體限制，但所述基板至少需要具有足夠的耐熱性，以耐受得起稍後進行的熱處理。例如，可以使用硼矽酸鋇玻璃或鋁硼矽酸鹽玻璃等的玻璃基板，陶瓷基板、石英基板或藍寶石基板等。或者，可以使用由矽或碳化矽等製備的單晶半導體基板或多晶半導體基板，由鍺矽等製備的化合物半導體基板或 SOI 基板等作為基板 400。再或者，可以使用進一步設置有半導體元件的任意基板作為基板 400。

可以使用可撓性基板作為基板 400 來製作所述半導體裝置。為了製造可撓性半導體裝置，可以直接在可撓性基板之上形成包括晶體氧化物半導體膜 403 的電晶體 410。或者，可以在成形基板（formation substrate）之上形成包括晶體氧化物半導體膜 403 的電晶體 410，然後，可以分離電晶體 410 並將其轉移至可撓性基板之上。應注意為了將電晶體與所述成形基板分離並轉移至所述可撓性基板，可以在成形基板和包括所述氧化物半導體膜的電晶體之間設置分離層。

可以在基板 400 與閘極電極層 401 之間設置用作為基底膜的絕緣膜。所述基底膜具有防止雜質元素從基板 400 擴散出的功能，可以透過單層結構或者使用一種或多種的氮化矽膜、氧化矽膜、氮氧化矽膜和氧氮化矽薄膜的疊層結構來形成所述基底膜。

閘極電極層 401 可以使用金屬材料如鉬、鈦、鉕、鎢

、鋁、銅、鈹或鈳或者包含這些材料中的任一種作為主成分的合金材料透過電漿 CVD 法或濺射法等而以單層結構或疊層結構來予以形成。

也可以使用透光性導電材料如氧化銦錫、含氧化錫的氧化銦、含氧化錫的氧化銦鋅、含氧化鈦的氧化銦、含氧化鈦的氧化銦錫、氧化銦鋅、或其中添加有氧化矽的氧化銦錫，或者透光性導電材料的氮化物形成閘極電極層 401。所述閘極電極層 401 也可以具有上述透光性導電材料和上述金屬材料的堆疊結構。

所述閘極電極層 401 可以具有疊層結構。可以使用 In-Sn-O 類金屬氧化物、In-Sn-Zn-O 類金屬氧化物、In-Al-Zn-O 類金屬氧化物、Sn-Ga-Zn-O 類金屬氧化物、Al-Ga-Zn-O 類金屬氧化物、Sn-Al-Zn-O 類金屬氧化物、In-Zn-O 類金屬氧化物、Sn-Zn-O 類金屬氧化物、Al-Zn-O 類金屬氧化物、In-O 類金屬氧化物、Sn-O 類金屬氧化物或 Zn-O 類金屬氧化物形成所述疊層結構中的一個層。較佳所述閘極電極層 401 具有疊層結構，並使用包含高功函的材料銦、鎵和鋅的氧氮化物膜（也稱為 IGZON 膜）作為疊層結構中的一個層。含銦、鎵和鋅的氧氮化物膜在包含氬和氮的混合氣體氛圍中被形成。

例如，所述閘極電極層 401 可以具有其中之銅膜、鎢膜和含銦、鎵和鋅的氧氮化物膜（IGZON 膜）從基板 400 側依次堆疊的疊層結構，或者具有其中之鎢膜、氮化鎢膜、銅膜和鈦膜從基板 400 側依次被堆疊的疊層結構。

接著，透過電漿 CVD 法或濺射法等，在閘極電極層 401 之上形成閘極絕緣膜 402。可以使用氧化矽膜、氧化鎵膜、氧化鋁膜、氮化矽膜、氧氮化矽膜、氧氮化鋁膜或氮氧化矽膜來形成閘極絕緣膜 402。

當使用高-k 材料如氧化鈣、氧化釔、矽酸鈣 (HfSi_xO_y ($x>0, y>0$))、其中添加氮的矽酸鈣 (HfSi_xO_y ($x>0, y>0$))、鋁酸鈣 (HfAl_xO_y ($x>0, y>0$)) 或氧化釧來形成閘極絕緣膜 402 時，可以降低閘極漏電流。

閘極絕緣膜 402 可以具有單層結構或疊層結構；較佳使用氧化物絕緣膜作為與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸的膜。在本實施例中，使用氧化矽膜作為閘極絕緣膜 402。

閘極絕緣膜 402 與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸，因此所述膜（的大部分）中較佳包含大量至少超過化學計量比的氧。在至少部分的閘極絕緣膜 402（包括其介面）中存在這種含過量氧的區域（氧過量區域）。例如，在使用氧化矽膜作為閘極絕緣膜 402 的情況下，組成通式是 $\text{SiO}_{2+\alpha}$ ($\alpha>0$)。

與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸的氧化矽膜包含大量氧，從而適合用作為向所述氧化物半導體膜供應氧的來源。

使用這種膜作為閘極絕緣膜 402，可以向晶體氧化物半導體膜 403 供應氧，而得到令人滿意的特性。透過向晶體氧化物半導體膜 403 供應氧，可以填充所述膜中的氧缺乏。

設置包含大量（過量）氧的閘極絕緣膜 402 作為氧供應源而與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸時，可以從閘極絕緣膜 402 向晶體氧化物半導體膜 403 供應氧。例如，當晶體氧化物半導體膜 403 和閘極絕緣膜 402 以至少部分彼此相接觸的狀態而進行加熱步驟時，可以向晶體氧化物半導體膜 403 供應氧。

為了儘量避免閘極絕緣膜 402 和在閘極絕緣膜 402 之上形成的氧化物半導體膜包含氫、羥基和水，較佳在形成氧化物半導體膜之前在濺射設備的預加熱室中對設置有閘極電極層 401 的基板 400 或者還在該元件上設置有閘極絕緣膜 402 的基板 400 進行預加熱，從而從所述室中消除並排出基板 400 上吸收的雜質如氫或水分。較佳低溫泵作為設置在預熱室中的抽氣單元。應注意可以省略該預熱處理。可以在絕緣膜 407 形成之前，在元件上還設置有源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 的基板 400 上以類似的方式進行該預熱步驟。

應注意，在透過濺射法形成非晶形氧化物半導體膜 491 之前，較佳透過引入氫氣並產生電漿的反向濺射以將附著在閘極絕緣膜 402 表面上的粉末物質（也稱為顆粒或粉塵）去除。所述反向濺射是在氫氣氛圍中使用 RF 供電向基板側而非靶材側施加電壓，並且在基板附加產生電漿以使表面改變性質的方法。應注意除氫氣氛圍之外，可以使用氮氣氛圍、氬氣氛圍或氧氣氛圍等。

接下來，在閘極絕緣膜 402 之上形成厚度為 2-200 納

米，較佳 5-30 納米的非晶形氧化物半導體膜 491（見圖 1A）。

可以透過濺射法、分子束外延（MBE）法、CVD 法、脈衝雷射沈積法、原子層沈積（ALD）法或其他合適的方法來形成非晶形氧化物半導體膜 491。可以使用濺射設備來形成非晶形氧化物半導體膜 491，所述濺射設備以多個基板的表面實質上垂直於濺射靶材之表面的狀態來進行膜形成，所述濺射設備是所謂的柱狀電漿（CP）濺射系統。

用於非晶形氧化物半導體膜 491 的氧化物半導體較佳至少包含銦（In）或鋅（Zn）。具體地說，較佳包含 In 和 Zn。較佳另外包含鎵（Ga）作為降低包括氧化物半導體的電晶體電學特性變化的穩定劑。較佳包含錫（Sn）作為穩定劑。較佳包含鈦（Hf）作為穩定劑。較佳包含鋁（Al）作為穩定劑。

可以包含一種或多種選自鐳（La）、鈾（Ce）、鐳（Pr）、釹（Nd）、釷（Sm）、鎳（Eu）、釷（Gd）、鉕（Tb）、鐳（Dy）、鈾（Ho）、鉕（Er）、鎳（Tm）、鐳（Yb）和鐳（Lu）的鐳系元素作為另一種穩定劑。

例如，可以使用氧化銦，氧化錫，氧化鋅，二種成分的金屬氧化物如 In-Zn 類氧化物、Sn-Zn 類氧化物、Al-Zn 類氧化物、Zn-Mg 類氧化物、Sn-Mg 類氧化物、In-Mg 類氧化物、In-Ga 類氧化物，三種成分的金屬氧化物如 In-Ga-Zn 類氧化物（也稱為 IGZO）、In-Al-Zn 類氧化物、In-Sn-Zn 類氧化物、Sn-Ga-Zn 類氧化物、Al-Ga-Zn 類氧

化物、Sn-Al-Zn 類氧化物、In-Hf-Zn 類氧化物、In-La-Zn 類氧化物、In-Ce-Zn 類氧化物、In-Pr-Zn 類氧化物、In-Nd-Zn 類氧化物、In-Sm-Zn 類氧化物、In-Eu-Zn 類氧化物、In-Gd-Zn 類氧化物、In-Tb-Zn 類氧化物、In-Dy-Zn 類氧化物、In-Ho-Zn 類氧化物、In-Er-Zn 類氧化物、In-Tm-Zn 類氧化物、In-Yb-Zn 類氧化物或 In-Lu-Zn 類氧化物，四種成分的金屬氧化物如 In-Sn-Ga-Zn 類氧化物、In-Hf-Ga-Zn 類氧化物、In-Al-Ga-Zn 類氧化物、In-Sn-Al-Zn 類氧化物、In-Sn-Hf-Zn 類氧化物或 In-Hf-Al-Zn 類氧化物作為氧化物半導體。

應注意本文中，例如“In-Ga-Zn 類氧化物”表示含 In, Ga 和 Zn 作為主要成分的氧化物，對 In:Ga:Zn 的比例沒有限制。此外，可以包含除 In, Ga 和 Zn 之外的金屬元素。

或者，可以使用由 $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$ ，其中， m 不是整數) 表示的材料作為氧化物半導體。應注意 M 表示一種或多種選自 Ga, Fe, Mn 和 Co 的金屬元素。或者，可以使用由 $\text{In}_2\text{SnO}_5(\text{ZnO})_n$ ($n > 0$ ，其中， n 是整數) 表示的材料作為氧化物半導體。

例如，可以使用 In:Ga:Zn 原子比 = 1:1:1 (=1/3:1/3:1/3) 或 In:Ga:Zn 原子比 = 2:2:1 (=2/5:2/5:1/5) 的 In-Ga-Zn 類氧化物，或原子比接近上述原子比的氧化物。或者，可以使用 In:Sn:Zn 原子比 = 1:1:1 (=1/3:1/3:1/3)、In:Sn:Zn 原子比 = 2:1:3 (=1/3:1/6:1/2) 或 In:Sn:Zn 原子比 = 2:1:5 (=1/4:1/8:5/8) 的 In-Sn-Zn 類氧化物，或原子比接近上述

原子比的氧化物。

但是，不限於上述組成，可以根據必要的半導體特徵（例如，遷移性、閾值電壓和偏差）使用具有合適組成的材料。爲了得到必要的半導體特徵，較佳適當地設置載流子濃度、雜質濃度、缺陷密度、金屬元素與氧的原子比、原子間距離、密度等。

例如，使用 In-Sn-Zn 類氧化物，可以相對容易地獲得高遷移性。

應注意，例如，“以 $\text{In:Ga:Zn}=a:b:c$ ($a+b+c=1$) 的原子比包括 In, Ga 和 Zn 的氧化物組成與以 $\text{In:Ga:Zn}=A:B:C$ ($A+B+C=1$) ”的原子比包括 In, Ga 和 Zn 的氧化物組成接近”的表述表示 a, b 和 c 滿足以下關係： $(a-A)^2+(b-B)^2+(c-C)^2 \leq r^2$ ，例如， r 可以是 0.05。對其他氧化物同樣適用。

在包括晶體氧化物半導體的晶體氧化物半導體膜 403 中，可以進一步減少體積中的缺陷，當表面平整度得到改進時，可以得到比非晶形氧化物半導體高的遷移性。爲了改進表面平整度，較佳在平整表面上形成氧化物半導體。具體地說，可以在平均表面糙度 (R_a) 小於或等於 1 納米、較佳小於或等於 0.3 納米、更佳小於或等於 0.1 納米的表面上形成氧化物半導體。

應注意， R_a 是透過對可以施用於表面的由 JIS B 0601 限定的中心線平均糙度進行三維膨脹而被得到的。 R_a 可以表示爲“參照表面對特定表面的偏差絕對值的平均值”，定義爲下式：

[式 1]

$$Ra = \frac{1}{S_0} \int_{y_1}^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} |f(x, y) - Z_0| dx dy$$

應注意，式中 S_0 表示測量表面的面積（由座標 (x_1, y_1) ， (x_1, y_2) ， (x_2, y_1) 和 (x_2, y_2) 表示的 4 個點限定的矩形區域）， Z_0 表示測量表面的平均高度。可以適用原子力顯微鏡（AFM）測量 R_a 。

因此，可以在與晶體氧化物半導體膜 403（圖 1A 中的非晶形氧化物半導體膜 491）相接觸的閘極絕緣膜 402 的區域上進行平坦化處理。平坦化處理可以是，但不限於，拋光處理（諸如，化學機械拋光（CMP））、乾式蝕刻處理或電漿處理。

可以進行引入氬氣並產生電漿的反向濺射作為電漿處理。

可以多次進行拋光處理、乾式蝕刻處理或電漿處理，或者組合進行這些處理作為平坦化處理。在組合處理的情況下，對步驟順序沒有特別限制，可以根據閘極絕緣膜 402 的表面糙度來予以適當設置。

在本實施例中，使用 In-Ga-Zn 類金屬氧化物靶材透過噴濺法來形成非晶形氧化物半導體膜 491。此外，可以用噴濺法在稀有氣體氛圍（通常為氬氣）、氧氣氛圍、或者包含稀有氣體和氧氣的混合氛圍中形成非晶形氧化物半導體膜 491。

應注意，較佳膜形成過程中非晶形氧化物半導體膜 491 在包含大量氧的條件下形成（例如，在 100% 的氧氣氛

圍中透過濺射法來予以形成)，從而成為含大量氧的膜（較佳具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域）。

對於透過濺射法而形成氧化物半導體膜的靶材，例如，使用組成比為 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{ZnO}=1:1:2$ [摩爾比] 的氧化物靶材形成 In-Ga-Zn-O 膜。對上述靶材的材料和組成沒有限制，例如，可以使用組成比為 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{ZnO}=1:1:1$ [摩爾比] 的金屬氧化物靶材。

所述金屬氧化物靶材的填充因數大於或等於 90% 且小於或等於 100%，較佳大於或等於 95% 且小於或等於 99.9%。使用具有高填充因數的金屬氧化物靶材，可以形成緻密的氧化物半導體膜。

較佳使用其中雜質如氫、水、羥基或氫化物減少的高純度氣體作為用以形成氧化物半導體膜的濺射氣體。

所述基板固定在保持為減壓條件的沈積室中。然後，將其中氫和水減少的濺射氣體引入沈積室中，從所述沈積室中去除殘留水分，使用上述靶材而在基板 400 之上形成非晶形氧化物半導體膜 491。為了去除殘留在沈積室中的水分，較佳使用捕集真空泵，如低溫泵、離子泵或鈦昇華泵。抽氣單元可以是提供有冷阱的渦輪分子泵。例如，用低溫泵對沈積室抽氣，從上述沈積室中去除氫原子、含氫原子的化合物如水（ H_2O ）等（較佳地，還包括含有碳原子的化合物）；從而可以降低在沈積室中所形成的非晶形氧化物半導體膜 491 中的雜質濃度。

較佳依次連續形成閘極絕緣膜 402 和非晶形氧化物半導體膜 491，而不與空氣接觸。當連續形成閘極絕緣膜 402 和非晶形氧化物半導體膜 491 而不與空氣接觸時，可以防止雜質如氫和水分被所述閘極絕緣膜 402 的表面吸附。

此外，可以對非晶形氧化物半導體膜 491 進行熱處理，以去除過量的氫（包括水和羥基）（從而進行脫水或脫氫）。在非晶形氧化物半導體膜不發生結晶的溫度下進行熱處理，所述溫度通常高於或等於 250℃ 並低於或等於 400℃，較佳低於或等於 300℃。

這種脫水或脫氫的熱處理可以在製造電晶體 410 的過程中的任意時間進行，只要是在形成非晶形氧化物半導體膜 491 與向非晶形氧化物半導體膜 491 添加氧的步驟之間進行即可。

由於可以防止閘極絕緣膜 402 中包含的氧透過熱處理而被釋放出，脫水或脫氫的熱處理較佳在將非晶形氧化物半導體膜 491 加工成島狀之前進行。

應注意所述熱處理中，較佳氮氣或稀有氣體如氦氣、氖氣或氬氣中不包含水和氫等。或者，引入熱處理設備的氮氣或稀有氣體如氮氣、氖氣或氬氣的純度較佳設定為等於或大於 6N（99.9999%），更佳等於或大於 7N（99.99999%）（亦即，雜質濃度等於或小於 1 ppm，較佳等於或小於 0.1 ppm）。

此外，透過熱處理而對非晶形氧化物半導體膜 491 進行加熱之後，可以向同一爐內引入高純度氧氣、高純度

N_2O 氣或極乾空氣（用露點儀使用光腔衰蕩雷射光譜法（cavity ring down laser spectroscopy）（CRDS）來測定時，水分含量小於或等於 20 ppm（相當於露點為 -55°C ），較佳小於或等於 1 ppm、更較佳小於或等於 10 ppb）。較佳氧氣或 N_2O 氣中不包含水和氫氣等。向熱處理設備中引入的氧氣或 N_2O 氣的純度較佳大於或等於 6N，更較佳大於或等於 7N（亦即，氧氣或 N_2O 氣中的雜質濃度較佳小於或等於 1 ppm，更佳小於或等於 0.1 ppm）。氧氣或 N_2O 氣用來供應氧，所述氧是非晶形氧化物半導體的主要組成材料並且在脫水或脫氫去除雜質的步驟中減少，因此所述非晶形氧化物半導體膜可以是高度純化的電 i-型（本徵）非晶形氧化物半導體膜。

接下來，向所述非晶形氧化物半導體膜 491 添加氧 431（包括氧自由基、氧原子和氧離子的至少其中一種）；從而向所述非晶形氧化物半導體膜 491 供應氧。可以透過離子植入法、離子摻雜法、等離子浸入的離子植入方法或電漿處理等來添加氧。

本實施例中製造電晶體 410 的過程中，添加氧的步驟係在形成非晶形氧化物半導體膜 491 之後，形成氧化鋁膜作為絕緣膜 407 之前進行。上述脫水或脫氫熱處理在添加氧的步驟之前進行。在添加氧的步驟中，可以直接向非晶形氧化物半導體膜添加氧，或者透過另一種膜例如閘極絕緣膜或絕緣膜向非晶形氧化物半導體膜添加氧。在透過另一種膜而向非晶形氧化物半導體膜添加氧的情況下，可以

使用離子植入法、離子摻雜法或電漿浸入的離子植入法等，而在本實施例中在暴露狀態下直接向非晶形氧化物半導體膜 491 添加氧的情況下，也可以使用電漿處理等。

在本實施例中，透過離子植入法而向非晶形氧化物半導體膜 491 添加氧 431。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 491 轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 441（見圖 1B）。

例如，較佳在非晶形氧化物半導體膜 441 中，透過添加氧 431 的步驟而增加的氧濃度係大於或等於 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 並且小於或等於 $3 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 。至少部分的非晶形氧化物半導體膜 441（包括其介面）中存在這種氧過量的區域。因此，透過添加氧 431，在閘極絕緣膜 402、非晶形氧化物半導體膜 441 和絕緣膜 407 的堆疊中，所述閘極絕緣膜 402 和非晶形氧化物半導體膜 441 之間的介面、非晶形氧化物半導體膜 441 的內部、以及非晶形氧化物半導體膜 441 與絕緣膜 407 之間的介面中的至少其中一個包含氧。

所述非晶形氧化物半導體膜 441 具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體中化學計量比的區域。在這種情況下，氧含量高於氧化物半導體的化學計量組成中的氧含量。或者，所述氧含量高於單一晶體狀態時氧化物半導體中的氧含量。在一些情況下，氧存在於氧化物半導體的晶格之間。這種氧化物半導體的組成可以被表示為 $\text{InGaZn}_m\text{O}_{m+3x}$ （ $x > 1$ ）。例如，假設 $m=1$ ，在含過量氧的情況下， InGaZnO_{1+3x}

($x > 1$) 中 $1 + 3x$ 的值係大於 4。

非晶形氧化物半導體膜 441 中氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 441 的氧 431 所填充。

應注意添加氧 431 可能使得非晶形氧化物半導體膜 441 具有更均勻的非晶形狀態。

在氧化物半導體中，氧是主要組成材料的其中之一。因此，很難透過一種方法如二次離子質譜法 (SIMS) 而精確估計氧化物半導體膜的氧濃度。換言之，難以確定是否向氧化物半導體膜中有意地添加了氧。

已知存在氧的同位素如 ^{17}O 和 ^{18}O ，自然界的所有氧原子中 ^{17}O 和 ^{18}O 的比例分別約為 0.037% 和 0.204%。也就是說，可以透過一種方法如 SIMS 來測量氧化物半導體膜中這些同位素的濃度；因此，可以透過測量這些同位素的濃度而更精確地估算氧化物半導體膜中氧的濃度。因此，可以測量同位素的濃度以確定是否向氧化物半導體膜中有意地添加了氧。

可以使用包含大量氧的膜作為與非晶形氧化物半導體膜 441 相接觸的絕緣膜（例如，閘極絕緣膜 402 或絕緣膜 407），可以直接向非晶形氧化物半導體膜 441 中添加入氧 431；多種氧供應方法可以採用這種方式進行。在本實施例中直接向非晶形氧化物半導體膜 441 添加入氧 431 的情況下，不一定使用這種包含大量氧的膜作為與非晶形氧化物半導體膜 441 相接觸的絕緣膜（例如，閘極絕緣膜 402 或絕緣膜 407）。

接著，在第二微影步驟中將非晶形氧化物半導體膜 441 加工成島狀的非晶形氧化物半導體膜 443（見圖 1C）。可以透過噴墨法來形成用以形成島狀非晶形氧化物半導體膜 443 的抗蝕掩模。透過噴墨法來製備抗蝕掩模無需光罩；從而，可以降低製造費用。

根據本發明所揭示的一個實施例，氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜、晶體氧化物半導體膜）可以被加工成如同本實施例所述的島狀或者可以保持未加工的模式。

在閘極絕緣膜 402 中形成接觸孔的情況下，形成接觸孔的步驟可以與加工所述非晶形氧化物半導體膜 443 同時進行。

應注意，所述非晶形氧化物半導體膜 441 的蝕刻可以是乾式蝕刻、濕式蝕刻或者並用乾式蝕刻與濕式刻。例如，可以使用磷酸、乙酸和硝酸的混合溶液等作為用於非晶形氧化物半導體膜 441 之濕式蝕刻的蝕刻劑。此外，可以使用 ITO-07N（係由關東化學公司（KANTO CHEMICAL CO., INC 所生產）。

接著，在閘極絕緣膜 402 和非晶形氧化物半導體膜 443 之上形成成為源極電極層和汲極電極層的導電膜（包括使用與源極電極層和汲極電極層同樣的層形成的導線）。使用能耐受後續步驟中熱處理的材料來形成導電膜。可以使用例如含選自 Al, Cr, Cu, Ta, Ti, Mo 和 W 的元素的金屬膜、包含任意這些元素作為其組成的金屬氮化物膜（

氮化鈦膜、氮化鉬膜或氮化鎢膜)等作為用以形成源極電極層和汲極電極層的導電膜。或者，可以在金屬膜如 Al 膜或 Cu 膜上方或/和下方形成高熔點金屬(諸如，Ti, Mo 或 W)膜或其金屬氮化物膜(例如，氮化鈦膜、氮化鉬膜或氮化鎢膜)。再或者，可以使用導電金屬氧化物來形成用以形成源極電極層和汲極電極層的導電膜。作為導電金屬氧化物，可以使用氧化銦(In_2O_3)、氧化錫(SnO_2)、氧化鋅(ZnO)、氧化銦-氧化錫($\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$)、氧化銦-氧化鋅($\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$)、或者任意含氧化矽的金屬氧化物材料。

透過第三微影法，在導電膜之上形成抗蝕掩模，透過選擇性蝕刻形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b，然後去除抗蝕掩模。

為了降低微影過程中的所使用的光罩的數量以及微影的步驟數，可以使用由多色調掩模(multi-tone mask)所形成的抗蝕掩模來進行蝕刻，所述多色調掩模是光曝照掩模，光穿透多色調掩模以便具有各種光強度。由於使用多色調掩模所製備的抗蝕掩模具有各種厚度且可以透過蝕刻而進一步改變形狀；因此，所述抗蝕掩模可被使用於各種蝕刻步驟，從而被加工成不同的式樣。因此，透過使用一個多色調掩模，可以形成與至少兩種不同的式樣相對應的抗蝕掩模。從而，可以減少光曝照掩模的數量，並且相應的微影步驟的數量也可以減少，從而可以實現製造過程的簡化。

應注意較佳對蝕刻條件進行優化，從而在蝕刻導電膜時，不會蝕刻並劃裂所述非晶形氧化物半導體膜 443。但是，很難得到僅蝕刻導電膜並且完全不蝕刻非晶形氧化物半導體膜 443 的條件。因此，在一些情況下，在蝕刻導電膜的同時，僅將部分非晶形氧化物半導體膜 443 蝕刻成具有凹槽（凹陷部分）的氧化物半導體膜。

在本實施例中，使用 Ti 薄膜作為導電膜，使用 In-Ga-Zn 類的氧化物半導體作為非晶形氧化物半導體膜 443，因此使用氨-過氧化氫混合物（氨、水和過氧化氫的混合物）作為蝕刻劑。

接著，形成與部分非晶形氧化物半導體膜 443 相接觸的絕緣膜 407（見圖 1D）。絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。

絕緣膜 407 中包括的氧化鋁膜厚度大於或等於 30 納米並且小於或等於 500 納米，較佳大於或等於 50 納米且小於或等於 200 納米。可以根據適當情況使用濺射法等形成絕緣膜 407，從而可以防止雜質如水或氫進入絕緣膜 407。當絕緣膜 407 包含氫時，可能發生氫進入氧化物半導體膜，或者透過氫從所述氧化物半導體膜中提取氧，在這種情況下所述氧化物半導體膜中的背通道（back channel）可具有較低的電阻（成為 n-型），因而可以形成寄生通道（parasitic channel）。因此，重要的是採用不使用氫的形成方法，因此絕緣膜 407 包含盡可能少的氫。

所述氧化鋁膜較佳具有含氧量超過晶體狀態時氧化鋁

的化學計量比的區域。在這種情況下，所述氧含量高於氧化鋁的化學計量組成中的氧含量。或者，所述氧含量高於單一晶體狀態時氧化鋁中的氧含量。在一些情況下，氧存在於氧化鋁的晶格之間。假設組成用 AlO_x ($x > 0$) 來予以表示，較佳使用這樣的氧化鋁膜，其具有 x 超過 $3/2$ 的氧過量區域。至少部分的氧化鋁膜（包括其介面）中存在這種氧過量的區域。

在本實施例中，透過濺射法而形成厚度為 100 納米的氧化鋁膜作為絕緣膜 407。可以在稀有氣體（通常為氬氣）氛圍、氧氣氛圍、或者稀有氣體和氧氣的混合氛圍中透過噴濺法而形成氧化鋁膜。

與形成氧化物半導體膜的情況相同，較佳使用捕集真空泵（例如，低溫泵）來去除殘留在用以形成絕緣膜 407 的沈積室中的水分。在使用低溫泵進行抽氣的沈積室中形成絕緣膜 407 時，可以降低絕緣膜 407 中的雜質濃度。可以使用設有冷阱的渦輪分子泵作為抽氣單元來去除在用以形成絕緣膜 407 的沈積室中殘留的水分。

較佳使用其中之雜質如氫、水、羥基或氫化物減少的高純度氣體作為用以形成絕緣膜 407 的濺射氣體。

絕緣膜 407 可以具有包括氧化鋁膜和無機絕緣膜（通常如氧化矽膜、氧氮化矽膜、氧氮化鋁膜或氧化鎵膜）的疊層結構。圖 10A 示出電晶體 410a 作為電晶體 410 的一個實例，其中，絕緣膜 407 具有絕緣膜 407a 和 407b 的疊層結構。

如圖 10A 所示，在晶體氧化物半導體膜 403、源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之上形成絕緣膜 407a，在絕緣膜 407a 之上形成絕緣膜 407b。絕緣膜 407a 較佳是具有包含過量氧的區域的氧化物絕緣膜，因此可以將氧氣從氧化物絕緣膜供應至晶體氧化物半導體膜 403。例如，在本實施例中，絕緣膜 407a 是具有含氧量超過晶體狀態時氧化矽的化學計量比的區域的氧化矽膜，絕緣膜 407b 是氧化鋁膜。

接著，對非晶形氧化物半導體膜 443 進行熱處理，從而使至少部分非晶形氧化物半導體膜 443 結晶，以便形成包括晶體的晶體氧化物半導體膜 403。在本實施例中，晶體氧化物半導體膜 403 包括其中 c-軸實質上垂直於表面的晶體。

在非晶形氧化物半導體膜 443 之上設置的用作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫或水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中和之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止能引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）並防止氧（氧化物半導體的主要組成材料）從氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜 443 的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜 443 被作為絕緣膜 407 的氧化

鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜 443 中被釋放出。因此，得到的晶體氧化物半導體膜 403 可以保持所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

如果從晶體氧化物半導體膜 403 中消除氧，則在其中形成氧缺乏。在不具有過量氧的氧化物半導體中，這種氧缺乏不能被其他氧所填充。相反地，由於根據本發明所揭示之一個實施例的晶體氧化物半導體膜 403 是含過量氧的晶體氧化物半導體膜（在本實施例中是包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體的半導體膜（CAAC-OS 膜）），所述膜中包含的過量氧（較佳超過化學計量比）可以立刻用來填充晶體氧化物半導體膜 403 中的氧缺乏。

相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜 403 使用於電晶體 410，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體 410 閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變（ ΔV_{th} ）。

使至少部分非晶形氧化物半導體膜 443 結晶的熱處理可以在高於或等於 250℃ 且低於或等於 700℃ 的溫度下進行，較佳高於或等於 400℃，更較佳高於或等於 500℃，更較佳高於或等於 550℃。

例如，向熱處理設備之一的電爐中引入基板，在氧氣氛圍中 450℃ 條件下對氧化物半導體膜熱處理 1 小時。

應注意，熱處理設備不限於電爐，也可以使用透過諸如電阻加熱元件等加熱元件的熱傳導或熱輻射而對物體進

行加熱的設備。例如，可以使用諸如氣體快速熱退火（GRTA）設備或者照明快速熱退火（LRTA）設備的快速熱退火（RTA）設備。LRTA 設備是透過燈發射的光輻射（電磁波）對物體進行加熱的設備，所述燈例如鹵素燈、金屬鹵素燈、氙弧燈、碳弧燈、高壓鈉燈或者高壓汞燈。GRTA 設備是使用高溫氣體進行熱處理的設備。可以使用熱處理時不與待處理物起反應的惰性氣體，例如氮氣或者稀有氣體（諸如，氬氣）作為高溫氣體。

例如，可以按照以下方式來進行 GRTA 作為熱處理。將基板放入加熱至 650-700°C 高溫的惰性氣體中，加熱幾分鐘，再從惰性氣體中取出。

應注意，可以採用透過雷射、燈光等的光輻射進行的熱處理作為用以結晶的熱處理。例如，可以透過用雷射輻射來結晶所述非晶形氧化物半導體膜，所述雷射具有可被非晶形氧化物半導體膜吸收的波長。

可以在氮氣、氧氣、極乾空氣（水含量等於或小於 20 ppm，較佳等於或小於 1 ppm，更佳等於或小於 10 ppb 的空氣）或稀有氣體（氬或氦等）氛圍下進行熱處理。應注意較佳氮氣、氧氣、極乾空氣或稀有氣體中不包含水和氬氣等。引入熱處理設備的氮氣或稀有氣體的純度較佳被設定為等於或大於 6N（99.9999%），更佳等於或大於 7N（99.99999%）（亦即，雜質濃度等於或小於 1 ppm，較佳等於或小於 0.1 ppm）。

雜質如氬和水已經從其氧缺乏被填充的高純度化晶體

氧化物半導體膜 403 中予以充分地去除，晶體氧化物半導體膜 403 中氫的濃度係等於或小於 $5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ ，較佳等於或小於 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。應注意，透過二次離子質譜法（SIMS）來測定晶體氧化物半導體膜 403 中氫的濃度。

晶體氧化物半導體膜 403 中載流子的數量極少（接近零），載流子濃度係低於 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ 、較佳低於 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ 、更佳低於 $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ 。

透過上述方法，以形成電晶體 410（見圖 1E）。電晶體 410 包括高度純化的包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 410 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

根據使用高度純化之其中氧缺乏被過量氧所填充的晶體氧化物半導體膜 403 的實施例所形成的電晶體 410 中，可以將每單元通道寬度（ $1 \mu\text{m}$ ）之處於關閉態的電流值（關閉態電流值）降至室溫條件下小於或等於 $100 \text{ zA}/\mu\text{m}$ （ 1 zA （仄普托安培）是 $1 \times 10^{-21} \text{ A}$ ），較佳小於或等於 $10 \text{ zA}/\mu\text{m}$ ，更佳小於或等於 $1 \text{ zA}/\mu\text{m}$ ，更較佳小於或等於 $100 \text{ yA}/\mu\text{m}$ 。

如上所述，可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有穩定的電學特性。相應地，可以提供具有高可靠性的半導體裝置。

本實施例可以與任一其他實施例適當組合地予以實施。

[實施例 2]

本實施例中，將參照圖 2A-2E 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的另一個實施例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

本實施例描述的是根據本發明所揭示之一個實施例來製造半導體裝置的方法中，透過設置在電晶體 410 之上的絕緣膜向非晶形氧化物半導體膜添加氧的實例。

圖 2A-2E 示出本實施例中製作電晶體 410 的方法的一個實例。

在具有絕緣表面的基板 400 之上形成導電膜，然後形成閘極電極層 401。

接著，透過電漿 CVD 法或濺射法等，在閘極電極層 401 之上形成閘極絕緣膜 402。

接下來，在閘極絕緣膜 402 之上形成厚度為 2-200 納米，較佳 5-30 納米的非晶形氧化物半導體膜 491（見圖 2A）。

此外，可以對非晶形氧化物半導體膜 491 進行熱處理，以去除過量的氫（包括水和羥基）（從而進行脫水或脫氫）。

接著，在微影步驟中將非晶形氧化物半導體膜 491 加工成島狀的非晶形氧化物半導體膜 492（見圖 2B）。

接著，在閘極絕緣膜 402 和非晶形氧化物半導體膜

492 之上形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b。

接著，形成與部分之非晶形氧化物半導體膜 492 相接觸的絕緣膜 407（見圖 2C）。絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。

在本實施例中，透過濺射法而形成厚度為 100 納米的氧化鋁膜作為絕緣膜 407。

接下來，向所述非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431（包括氧自由基、氧原子和氧離子的至少其中一種）；從而向所述非晶形氧化物半導體膜 492 供應氧。

在本實施例中，在絕緣膜 407 形成之後，採用離子植入法透過絕緣膜 407 而向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 被轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443（見圖 2D）。

非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

應注意，透過絕緣膜向非晶形氧化物半導體膜添加氧時，根據添加氧的條件，部分絕緣膜（在絕緣膜與非晶形氧化物半導體膜之間的介面處）也可以包括氧。例如，在絕緣膜具有氧化物絕緣膜（例如，氧化矽膜）和氧化鋁膜的疊層結構的情況下，向非晶形氧化物半導體膜中添加氧時，與所述非晶形氧化物半導體膜相接觸並位於非晶形氧化物半導體膜與氧化物絕緣膜之間的介面處的氧化物絕緣膜也可以包含氧；相應地，可以在非晶形氧化物半導體膜

和氧化物絕緣膜的堆疊中形成氧過量區域。

接著，對非晶形氧化物半導體膜 443 進行熱處理，從而使至少部分的非晶形氧化物半導體膜 443 結晶，以便形成晶體氧化物半導體膜 403。

在本實施例中，形成包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體的晶體氧化物半導體膜 403 作為晶體氧化物半導體膜 403。

在非晶形氧化物半導體膜 443 之上設置用作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫或水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中和之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止能引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）並防止氧（氧化物半導體的主要組成材料）從氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜 443 的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜 443 被作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜 443 中被釋放出。因此，得到的晶體氧化物半導體膜 403 可以保持所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於氧化鋁膜可以防止雜質如氫和水分進入所

述晶體氧化物半導體膜 403 並且防止過量的氧從所述晶體氧化物半導體膜 403 中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜 403 具有高純度，並且具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

如果從晶體氧化物半導體膜 403 中消除氧，則在其中形成氧缺乏。在不具有過量氧的氧化物半導體中，這種氧缺乏不能被其他氧所填充。相反地，由於根據本發明所揭示之一個實施例的晶體氧化物半導體膜 403 是含過量氧的膜（在本實施例中，CAAC-OS 膜包含過量氧），所述膜中包含的過量氧（較佳超過化學計量比）可以立刻被用來填充晶體氧化物半導體膜 403 中的氧缺乏。

透過上述方法，以形成電晶體 410（見圖 2E）。電晶體 410 包括高度純化的包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 410 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

如上所述，可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有穩定的電學特性。相應地，可以提供具有高可靠性的半導體裝置。

本實施例可以與任一其他實施例適當組合地予以實施。

[實施例 3]

本實施例中，將參照圖 3A-3E 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述

實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

圖 3A-3E 所示的電晶體 430 是底閘極電晶體的一個實例。

電晶體 430 在具有絕緣表面的基板 400 之上包括閘極電極層 401、閘極絕緣膜 402、源極電極層 405a、汲極電極層 405b 和晶體氧化物半導體膜 403。形成絕緣膜 407 以便覆蓋電晶體 430。

圖 3A-3E 示出製作電晶體 430 的方法的一個實例。

首先，在具有絕緣表面的基板 400 之上形成閘極電極層 401（見圖 3A）。

在閘極電極層 401 之上形成閘極絕緣膜 402。在本實施例中，使用氧化矽膜作為閘極絕緣膜 402。

與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸的氧化矽膜較佳具有含氧量超過晶體狀態時氧化矽的化學計量比的區域。

與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸的氧化矽膜包含大量氧，從而適合用作為向所述氧化物半導體膜供應氧的來源。

接著，在閘極絕緣膜 402 之上形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b。

然後，在閘極絕緣膜 402、源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之上形成非晶形氧化物半導體膜，將所述非晶形氧化物半導體膜加工成島形，以形成非晶形氧化物半導體

體膜 492 (見圖 3B)。

在本實施例中，使用 In-Ga-Zn 類氧化物靶材透過濺射法而形成 In-Ga-Zn 類氧化物膜作為非晶形氧化物半導體膜 492。

此外，可以對非晶形氧化物半導體膜 492 進行熱處理，以去除過量的氫（包括水和羥基）（從而進行脫水或脫氫）。在非晶形氧化物半導體膜 492 不發生結晶的溫度下進行熱處理，所述溫度通常係高於或等於 250℃ 並低於或等於 400℃，較佳低於或等於 300℃。

脫水或脫氫熱處理可以在被加工成島形非晶形氧化物半導體膜 492 之前進行。

接下來，向所述非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431（包括氧自由基、氧原子和氧離子的至少其中一種）；從而向所述非晶形氧化物半導體膜 492 供應氧。

在本實施例中，透過離子植入法而向暴露狀態的非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443（見圖 3C）。

非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

然後，在非晶形氧化物半導體膜 443 之上形成絕緣膜 407（見圖 3D）。絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。

絕緣膜 407 中包括的氧化鋁膜厚度係大於或等於 30 納米並且小於或等於 500 納米，較佳為大於或等於 50 納米且小於或等於 200 納米。

所述氧化鋁膜較佳具有含氧量超過晶體狀態時氧化鋁的化學計量比的區域。

在本實施例中，透過濺射法而形成厚度為 100 納米的氧化鋁膜作為絕緣膜 407。

接著，對非晶形氧化物半導體膜 443 進行熱處理，從而使至少部分的非晶形氧化物半導體膜 443 結晶，以便形成晶體氧化物半導體膜 403。

使至少部分的非晶形氧化物半導體膜 443 結晶的熱處理可以在高於或等於 250°C 且低於或等於 700°C 的溫度下進行，較佳高於或等於 400°C，更佳高於或等於 500°C，最佳高於或等於 550°C。

在本實施例中，形成包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體的晶體氧化物半導體膜 403 作為晶體氧化物半導體膜 403。

在非晶形氧化物半導體膜 443 之上設置用作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫或水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中和之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止能引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）並防止氧（氧化物半導體的主要組成材料）從

氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜 443 的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜 443 被作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜 443 中被釋放出。因此，得到的晶體氧化物半導體膜 403 可以保持所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於氧化鋁膜可以防止雜質如氫和水分進入所述晶體氧化物半導體膜 403 並且防止過量的氧從所述晶體氧化物半導體膜 403 中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜 403 具有高純度，並且具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

如果從晶體氧化物半導體膜 403 中消除氧，則在其中形成氧缺乏。在不具有過量氧的氧化物半導體中，這種氧缺乏不能被其他氧所填充。相反地，由於根據本發明所揭示之一個實施例的晶體氧化物半導體膜 403 是含過量氧的膜（在本實施例中，CAAC-OS 膜包含過量氧），所述膜中包含的過量氧（較佳超過化學計量比）可以立刻用來填充晶體氧化物半導體膜 403 中的氧缺乏。

相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜 403 使用於電晶體 430，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體 430 閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變（ ΔV_{th} ）。

透過上述方法，以形成電晶體 430（見圖 3E）。電晶體 430 包括高度純化的包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 430 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

根據使用高度純化之其中氧缺乏被過量氧所填充的晶體氧化物半導體膜 403 的實施例形成的電晶體 430 中，可以將每單元通道寬度（ $1\ \mu\text{m}$ ）的處於關閉態的電流值（關閉態電流值）降至在室溫條件下小於或等於 $100\ \text{zA}/\mu\text{m}$ （ $1\ \text{zA}$ （仄普托安培）是 $1 \times 10^{-21}\ \text{A}$ ），較佳為小於或等於 $10\ \text{zA}/\mu\text{m}$ ，更佳為小於或等於 $1\ \text{zA}/\mu\text{m}$ ，最佳為小於或等於 $100\ \text{yA}/\mu\text{m}$ 。

如上所述，可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有穩定的電學特性。相應地，可以提供具有高可靠性的半導體裝置。

本實施例可以與任一其他實施例適當組合地予以實施。

[實施例 4]

本實施例中，將參照圖 4A-4E 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的另一個實施例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

本實施例描述的是根據本發明所揭示之一個實施例製

造半導體裝置的方法中，透過設置在電晶體 430 之上的絕緣膜而向非晶形氧化物半導體膜添加氧的實例。

圖 4A-4E 所示的電晶體 430 是底部閘極電晶體的一個實例。圖 4A-4E 示出製作電晶體 430 的方法的一個實例。

首先，在具有絕緣表面的基板 400 之上形成閘極電極層 401（見圖 4A）。

在閘極電極層 401 之上形成閘極絕緣膜 402。在本實施例中，使用氧化矽膜作為閘極絕緣膜 402。

與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸的氧化矽膜較佳具有含氧量超過晶體狀態時氧化矽的化學計量比的區域。

與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸的氧化矽膜包含大量氧，從而適合用作為向所述氧化物半導體膜供應氧的來源。

接著，在閘極絕緣膜 402 之上形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b。

然後，在閘極絕緣膜 402、源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之上形成非晶形氧化物半導體膜，將所述非晶形氧化物半導體膜加工成島形，以形成非晶形氧化物半導體膜 492（見圖 4B）。

在本實施例中，使用 In-Ga-Zn 類氧化物靶材透過濺射法而形成 In-Ga-Zn 類氧化物膜作為本實施例中的非晶形氧化物半導體膜 492。

此外，可以對非晶形氧化物半導體膜 492 進行熱處理，以去除過量的氫（包括水和羥基）（從而進行脫水或脫

氫)。在非晶形氧化物半導體膜 492 不發生結晶的溫度下進行熱處理，所述溫度通常高於或等於 250℃ 並低於或等於 400℃，較佳低於或等於 300℃。

脫水或脫氫熱處理可以在被加工成島形非晶形氧化物半導體膜 492 之前進行。

然後，在非晶形氧化物半導體膜 492 之上形成絕緣膜 407（見圖 4C）。絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。

絕緣膜 407 中包括的氧化鋁膜厚度係大於或等於 30 納米並且小於或等於 500 納米，較佳為大於或等於 50 納米且小於或等於 200 納米。

所述氧化鋁膜較佳具有含氧量超過晶體狀態時氧化鋁的化學計量比的區域。

在本實施例中，透過濺射法而形成厚度為 100 納米的氧化鋁膜作為絕緣膜 407。

接下來，向所述非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431（包括氧自由基、氧原子和氧離子中的至少一種）；從而向所述非晶形氧化物半導體膜 492 供應氧。

在本實施例中，在絕緣膜 407 形成之後，採用離子植入法透過絕緣膜 407 而向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443（見圖 4D）。

非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應

至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

接著，對非晶形氧化物半導體膜 443 進行熱處理，從而使至少部分的非晶形氧化物半導體膜 443 結晶，以便形成晶體氧化物半導體膜 403。

使至少部分的非晶形氧化物半導體膜 443 結晶的熱處理可以在高於或等於 250℃ 且低於或等於 700℃ 的溫度下進行，較佳高於或等於 400℃，更佳高於或等於 500℃，最佳高於或等於 550℃。

在本實施例中，形成包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體的晶體氧化物半導體膜 403 作為晶體氧化物半導體膜 403。

在非晶形氧化物半導體膜 443 之上設置用作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫或水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中和之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止能引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）並防止氧（氧化物半導體的主要組成材料）從氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜 443 的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜 443 被作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜 443 中被釋放出。因此，得到

[實施例 5]

本實施例中，將參照圖 5A-5F 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的另一個實施例。在本實施例中，描述包括氧化物半導體膜的電晶體作為所述半導體裝置的一個實例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

圖 5A-5F 所示的電晶體 440 是頂部閘極電晶體的一個實例。

如圖 5F 所示，電晶體 440 在具有絕緣表面並設置有絕緣膜 436 的基板 400 之上包括源極電極層 405a、汲極電極層 405b、晶體氧化物半導體膜 403、閘極絕緣膜 402 和閘極電極層 401。在電晶體 440 之上形成絕緣膜 407。

絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。在本實施例中，使用氧化鋁膜作為絕緣膜 407。

晶體氧化物半導體膜 403 是具有結晶性的氧化物半導體膜，並且在本實施例中，c-軸配向的晶體氧化物半導體（CAAC-OS）膜的 a-b 平面實質上與晶體氧化物半導體膜的表面平行，它包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體，既不是單晶結構，也不是非晶形結構。由於可見光或紫外光輻射被進一步抑制，晶體氧化物半導體膜能使電晶體的電學性質發生變化，從而可以提供高度可靠的半導體裝置。

圖 5A-5F 示出製作電晶體 440 的方法的一個實例。

首先，在具有絕緣表面的基板 400 之上形成絕緣膜 436。

使用氧化矽、氧氮化矽、氧化鋁、氧氮化鋁、氧化鉛、氧化鎵、氮化矽、氮氧化矽、氮化鋁、氮氧化鋁或其混合材料透過電漿 CVD 法或濺射法等來形成絕緣膜 436。

絕緣膜 436 可以具有單層結構或疊層結構；較佳使用氧化物絕緣膜作為與晶體氧化物半導體膜 403 相接觸的膜。使用透過濺射法所形成的氧化矽膜作為本實施例中的絕緣膜 436。

然後，在絕緣膜 436 之上形成非晶形氧化物半導體膜 491（見圖 5A）。

絕緣膜 436 與非晶形氧化物半導體膜 491 相接觸，因此較佳包含大量至少超過所述膜（的大部分）中化學計量比的氧。例如，在使用氧化矽膜作為絕緣膜 436 的情況下，組成通式是 $\text{SiO}_{2+\alpha}$ （ $\alpha > 0$ ）。使用這種膜作為絕緣膜 436，可以向非晶形氧化物半導體膜 491 供應氧，以獲得令人滿意的特性。透過向非晶形氧化物半導體膜 491 供應氧，可以填充所述膜中的氧缺乏。

例如，設置包含大量（過量）氧的絕緣膜 436 作為氧供應源與非晶形氧化物半導體膜 491 相接觸時，可以從絕緣膜 436 向非晶形氧化物半導體膜 491 供應氧。當非晶形氧化物半導體膜 491 和絕緣膜 436 以至少部分彼此相接觸的狀態進行加熱步驟時，可以向晶體氧化物半導體膜 403

供應氧。

此外，與晶體氧化物半導體膜 403（在圖 5A 的步驟中，非晶形氧化物半導體膜 491）相接觸的絕緣膜 436 的區域較佳具有表面糙度減少的表面。具體地說，所述絕緣膜 436 的平均表面糙度較佳等於或小於 1 納米、更佳等於或小於 0.3 納米，最佳等於或小於 0.1 納米。在表面糙度降低的表面上形成晶體氧化物半導體膜 403（在圖 5A 的步驟中，非晶形氧化物半導體膜 491）時，晶體氧化物半導體膜 403 可以具有穩定且令人滿意的結晶性。

因此，可以在與晶體氧化物半導體膜 403（圖 5A 步驟中的非晶形氧化物半導體膜 491）相接觸的絕緣膜 436 的區域上進行平坦化處理。平坦化處理可以是，但不限於，拋光處理（諸如，化學機械拋光（CMP））、乾式蝕刻處理或電漿處理。

可以進行引入氬氣並產生電漿的反向濺射作為電漿處理。所述反向濺射是在氬氣氛圍中使用 RF 來供電而向基板側施加電壓，並且在基板附加產生電漿以使表面改變性質的方法。應注意除氬氣氛圍之外，可以使用氮氣氛圍、氦氣氛圍或氧氣氛圍等。可以透過反向濺射以去除附著在絕緣膜 436 的表面的粉末物質（也稱為顆粒或粉塵）。

可以多次進行拋光處理、乾式蝕刻處理或電漿處理，或者組合來進行這些處理作為平坦化處理。在組合處理的情況下，對步驟順序沒有特別限制，可以根據絕緣膜 436 的表面糙度來予以適當地設置。

爲了在形成非晶形氧化物半導體膜 491 的步驟中盡可能地防止非晶形氧化物半導體膜 491 含氫或水，較佳在形成非晶形氧化物半導體膜 491 之前，在濺射設備的預加熱室中對設置有絕緣膜 436 的基板進行預加熱，以使基板和絕緣膜 436 上吸附的雜質如氫或水分從所述室中去除並排出。較佳低溫泵作爲設置在預熱室中的排氣單元。

非晶形氧化物半導體膜 491 的厚度可以是 1-200 納米（較佳 5-30 納米），可以透過濺射法、分子束外延（MBE）法、CVD 法、脈衝雷射沈積法或原子層沈積（ALD）法等而被適當地形成。

此外，可以對非晶形氧化物半導體膜 491 進行熱處理，以去除過量的氫（包括水和羥基）（從而進行脫水或脫氫）。在非晶形氧化物半導體膜不發生結晶的溫度下進行熱處理，所述溫度通常高於或等於 250℃ 並低於或等於 400℃，較佳低於或等於 300℃。

可以在減壓條件下、氮氣氛圍等條件下進行熱處理。例如，向熱處理設備之一的電爐中引入基板，在氮氣氛圍中 450℃ 條件下對氧化物半導體膜進行 1 小時的加熱步驟。透過熱處理對非晶形氧化物半導體膜 491 進行加熱之後，可以將高純度氧氣、高純度 N_2O 氣或極乾空氣引入同一爐中。氧氣或 N_2O 氣被用來供應氧，所述氧是非晶形氧化物半導體的主要組成材料，透過脫水或脫氫去除雜質的步驟而去除所述氧。

由於可以防止絕緣膜 436 中包含的氧透過熱處理而被

釋放出，脫水或脫氫的熱處理較佳在將非晶形氧化物半導體膜 491 加工成島狀的非晶形氧化物半導體膜 492 之前進行。

應注意，非晶形氧化物半導體膜 491 可以被加工成島形或者可以保持未加工的膜形式。此外，可以設置使用絕緣膜所形成的元件隔離區域，從而將非晶形氧化物半導體膜 491 與各元件隔離開。

在本實施例中，在微影步驟中將非晶形氧化物半導體膜 491 加工成島狀的非晶形氧化物半導體膜 492。

應注意，所述非晶形氧化物半導體膜 491 的蝕刻可以是乾式蝕刻、濕式刻刻或者並用乾式蝕刻與濕式蝕刻。例如，可以使用磷酸、乙酸和硝酸的混合溶液等作為用於非晶形氧化物半導體膜 491 濕式蝕刻的蝕刻劑。此外，可以使用 ITO-07N（係由關東化學公司（KANTO CHEMICAL CO., INC 所生產的））。

然後，形成覆蓋非晶形氧化物半導體膜 492 的閘極絕緣膜 442（見圖 5B）。

爲了提高閘極絕緣膜 442 對非晶形氧化物半導體膜 492 的覆蓋率，也可以在非晶形氧化物半導體膜 492 的表面上進行上述平坦化處理。較佳非晶形氧化物半導體膜 492 的表面平整度高，特別是在使用薄絕緣膜作為閘極絕緣膜 442 的情況下。

閘極絕緣膜 442 的厚度爲 1-100 納米，可以採用濺射法、MBE 法、CVD 法、脈衝雷射沈積法或 ALD 法等來予

以適當地形成。可以使用濺射設備來形成閘極絕緣膜 442，所述濺射設備以多個基板的表面實質上垂直於濺射靶材之表面的狀態進行膜形成，所述濺射設備是所謂的柱狀電漿（CP）濺射系統。

可以使用氧化矽膜、氧化鎵膜、氧化鋁膜、氮化矽膜、氧氮化矽膜、氧氮化鋁膜或氮氧化矽膜來形成閘極絕緣膜 442。與非晶形氧化物半導體膜 492 相接觸的部分閘極絕緣膜 442 較佳包含氧。具體地說，閘極絕緣膜 442 較佳包含大量至少超過所述膜（的大部分）中化學計量比的氧。例如，在使用氧化矽膜作為閘極絕緣膜 442 的情況下，組成通式是 $\text{SiO}_{2+\alpha}$ （ $\alpha > 0$ ）。在本實施例中，使用 $\text{SiO}_{2+\alpha}$ （ $\alpha > 0$ ）的氧化矽膜作為閘極絕緣膜 442。使用這種氧化矽膜作為閘極絕緣膜 442，可以向非晶形氧化物半導體膜 492 供應氧，以獲得到令人滿意的特性。此外，較佳考慮要形成的電晶體尺寸和閘極絕緣膜 442 的段差覆蓋性（step coverage）來形成閘極絕緣膜 442。

當使用高-k材料如氧化鈣、氧化釷、矽酸鈣（ HfSi_xO_y （ $x > 0, y > 0$ ））、其中添加氮的矽酸鈣（ HfSi_xO_y （ $x > 0, y > 0$ ））、鋁酸鈣（ HfAl_xO_y （ $x > 0, y > 0$ ））或氧化鑷來形成閘極絕緣膜 442 時，可以降低閘極漏電流。此外，閘極絕緣膜 442 可以具有單層結構或疊層結構。

接下來，向所述非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431（包括氧自由基、氧原子和氧離子的至少其中一種）；從而向所述非晶形氧化物半導體膜 492 供應氧。可以透

過離子植入法、離子摻雜法、等離子浸入的離子植入方法或電漿處理等而添加氧。

本實施例中製造電晶體 440 的過程中添加氧的步驟係在形成非晶形氧化物半導體膜 491 之後，形成氧化鋁膜作為絕緣膜 407 之前進行。上述脫水或脫氫熱處理在添加氧的步驟之前進行。在添加氧的步驟中，可以直接向非晶形氧化物半導體膜添加氧，或者透過另一種膜例如閘極絕緣膜或絕緣膜向非晶形氧化物半導體膜添加氧。在透過另一種膜而向非晶形氧化物半導體膜添加氧的情況下，可以使用離子植入法、離子摻雜法或電漿浸入的離子植入法等，而在暴露狀態下直接向非晶形氧化物半導體膜添加氧（例如，形成非晶形氧化物半導體膜 491 之後，或形成非晶形氧化物半導體膜 492 之後）的情況下，也可以使用電漿處理等。

在本實施例中，採用離子植入法透過閘極絕緣膜 442 而向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 被轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443（見圖 5C）。

應注意添加氧 431 可能使得非晶形氧化物半導體膜 443 具有更均勻的非晶形狀態。

例如，較佳在非晶形氧化物半導體膜 443 中，透過添加氧 431 的步驟增加的氧濃度係大於或等於 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 並且小於或等於 $3 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 。至少部分的非晶形氧化物半導體

體膜 443 (包括其介面) 中存在這種氧過量的區域。因此，隨著添加氧 431，在絕緣膜 436 與非晶形氧化物半導體膜 443 之間的介面、非晶形氧化物半導體膜 443 內部和非晶形氧化物半導體膜 443 與閘極絕緣膜 442 之間的介面中的至少其中一個包含氧。

所述非晶形氧化物半導體膜 443 具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體中化學計量比的區域。在這種情況下，氧含量係高於氧化物半導體的化學計量組成中的氧含量。或者，所述氧含量高於單一晶體狀態時氧化物半導體中的氧含量。在一些情況下，氧存在於氧化物半導體的晶格之間。這種氧化物半導體的組成可以被表示為 $\text{InGaZn}_m\text{O}_{m+3x}$ ($x>1$)。例如，假設 $m=1$ ，在含過量氧的情況下， InGaZnO_{1+3x} ($x>1$) 中 $1+3x$ 的值係大於 4。

非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

可以使用包含大量氧的膜作為與非晶形氧化物半導體膜相接觸的絕緣膜，並且可以直接向非晶形氧化物半導體膜添加氧；以這樣的方式，可以進行多種氧供應方法。如本實施例中直接向非晶形氧化物半導體膜添加氧的情況下，不一定使用這種包含大量氧的膜作為與非晶形氧化物半導體膜相接觸的絕緣膜。

接著，在閘極絕緣膜 442 之上形成閘極電極層 401。可以使用金屬材料如鉬、鈦、鉭、鎢、鋁、銅、鉻、釹或銦，或包含任意這些材料作為主要成分的合金材料形成閘

極電極層 401。或者，可以使用以摻雜有雜質元素如磷的多晶矽膜或矽化膜如矽化鎳膜為代表的半導體膜作為閘極電極層 401。閘極電極層 401 可以具有單層結構或疊層結構。

也可以使用導電材料如氧化銦錫、含氧化鎢的氧化銦、含氧化鎢的氧化銦鋅、含氧化鈦的氧化銦、含氧化鈦的氧化銦錫、氧化銦鋅、或其中添加氧化矽的氧化銦錫形成閘極電極層 401。所述閘極電極層 401 也可以具有上述導電材料和上述金屬材料的堆疊結構。

可以使用含氮的金屬氧化物，具體為含氮的 In-Ga-Zn-O 膜、含氮的 In-Sn-O 膜、含氮的 In-Ga-O 膜、含氮的 In-Sn-O 膜、含氮的 In-Ga-O 膜、含氮的 In-Zn-O 膜、含氮的 Sn-O 膜、含氮的 In-O 膜或金屬氮化物（InN 或 SnN 等）膜作為與閘極絕緣膜 442 相接觸的閘極電極層 401 的其中一層。這些膜各自的功函係高於或等於 5 eV、較佳高於或等於 5.5 eV，它們用作為閘極電極層時可以使電晶體的閾值電壓為正值。相應地，可以設置所謂的常閉式切換元件（normally off switching element）。

在閘極電極層 401 的側表面上形成側壁絕緣層 412a 和 412b，並形成閘極絕緣膜 402。可以透過形成絕緣膜來覆蓋閘極電極層 401，然後採用反應性離子蝕刻（RIE）法透過各向異性蝕刻而對所述絕緣膜進行加工，以自對準的方式在閘極電極層 401 的側表面上形成側壁絕緣層 412a 和 412b。對絕緣膜沒有特別限制；例如，可以使用具有令

人滿意的段差覆蓋性的氧化矽膜，它透過原矽酸四乙酯（TEOS）或矽烷等與氧氣或一氧化二氮進行反應而形成。可以透過熱 CVD 法、電漿 CVD 法、大氣壓 CVD 法、偏壓 ECRCVD 法或濺射法等來形成絕緣膜。也可以使用透過低溫氧化（LTO）法所形成的氧化矽膜。

可以使用閘極電極層 401 和側壁絕緣層 412a 和 412b 作為掩模透過蝕刻閘極絕緣膜 442 以形成閘極絕緣膜 402。

在本實施例中，在蝕刻絕緣膜的過程中，去除閘極電極層 401 之上的絕緣膜以暴露出閘極絕緣層 401；或者，可以形成具有使絕緣膜留在閘極電極層 401 之上的形狀的側壁絕緣層 412a 和 412b。此外，在後續的步驟中可以在閘極電極層 401 之上形成保護膜。以這種方式來保護閘極電極層 401，可以防止蝕刻過程中閘極電極層的膜減少。對於蝕刻可以使用多種蝕刻方法如乾式蝕刻法和濕式蝕刻法。

接著，在部分側壁絕緣層 412a 和 412b 以及非晶形氧化物半導體膜 443 之上形成成為源極電極層和汲極電極層的導電膜（包括使用與源極電極層和汲極電極層同樣的層所形成的導線）。使用能耐受後續步驟中熱處理的材料來形成導電膜。可以使用例如含選自 Al, Cr, Cu, Ta, Ti, Mo 和 W 的元素的金屬膜、包含任意這些元素作為其組成的金屬氮化物膜（氮化鈦膜、氮化鉬膜或氮化鎢膜）等作為用於形成源極電極層和汲極電極層的導電膜。或者，可以在金屬膜如 Al 膜或 Cu 膜上方或/和下方形成高熔點金屬

(諸如，Ti, Mo 或 W) 膜或其金屬氮化物膜 (例如，氮化鈦膜、氮化鉬膜或氮化鎢膜)。又或者，可以使用導電金屬氧化物來形成用以形成源極電極層和汲極電極層的導電膜。作為導電金屬氧化物，可以使用氧化銦 (In_2O_3)、氧化錫 (SnO_2)、氧化鋅 (ZnO)、氧化銦-氧化錫 ($\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$)、氧化銦-氧化鋅 ($\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$)、或者任意含氧化矽的金屬氧化物材料。

透過微影步驟，在導電膜之上形成抗蝕掩模，透過選擇性蝕刻而形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b，然後去除抗蝕掩模 (見圖 5D)。

接著，在閘極電極層 401、側壁絕緣層 412a 和 412b、源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之上形成絕緣膜 407 (見圖 5E)。絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。

絕緣膜 407 中包括的氧化鋁膜厚度係大於或等於 30 納米並且小於或等於 500 納米，較佳大於或等於 50 納米且小於或等於 200 納米。可以根據適當情況而使用濺射法等形成絕緣膜 407，從而可以防止雜質如水或氫進入絕緣膜 407。當絕緣膜 407 包含氫時，可能發生氫進入氧化物半導體膜，或者透過氫從所述氧化物半導體膜中提取出氧，在這種情況下所述氧化物半導體膜可具有較低的電阻 (成為 n-型)，從而可以形成寄生通道。因此，重要的是採用不使用氫的形成方法，使得絕緣膜 407 包含盡可能少的氫。

所述氧化鋁膜較佳具有含氧量超過晶體狀態時氧化鋁的化學計量比的區域。在這種情況下，所述氧含量高於氧化鋁的化學計量組成中的氧含量。或者，所述氧含量高於單一晶體狀態時氧化鋁中的氧含量。在一些情況下，氧存在於氧化鋁的晶格之間。假設組成用 AlO_x ($x > 0$) 來予以表示，較佳使用這樣的氧化鋁，其具有 x 超過 $3/2$ 的氧過量區域。至少部分的氧化鋁膜（包括其介面）中存在這種氧過量的區域。

在本實施例中，透過濺射法而形成厚度為 100 納米的氧化鋁膜作為絕緣膜 407。可以在稀有氣體（通常為氬氣）氛圍、氧氣氛圍、或者稀有氣體和氧氣的混合氛圍中透過噴濺法形成氧化鋁膜。

與形成氧化物半導體膜的情況相同，較佳使用捕集真空泵（例如，低溫泵）來去除殘留在用以形成絕緣膜 407 的沈積室中的水分。在使用低溫泵排氣的沈積室中形成絕緣膜 407 時，可以降低絕緣膜 407 中的雜質濃度。可以使用設置有冷阱的渦輪分子泵作為抽氣單元來去除在用以形成絕緣膜 407 的沈積室中殘留的水分。

較佳使用其中雜質如氫、水、羥基或氫化物減少的高純度氣體作為用以形成絕緣膜 407 的濺射氣體。

絕緣膜 407 可以具有包括氧化鋁膜和無機絕緣膜（通常如氧化矽膜、氧氮化矽膜、氧氮化鋁膜或氧化鎵膜）的疊層結構。圖 10B 示出電晶體 440a 作為電晶體 440 的一個實例，其中，絕緣膜 407 具有絕緣膜 407a 和 407b 的疊

層結構。

如圖 10B 所示，在閘極電極層 401、側壁絕緣層 412a 和 412b、源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之上形成絕緣膜 407a，在絕緣膜 407a 之上形成絕緣膜 407b。例如，在本實施例中，使用具有含氧量超過晶體狀態時氧化矽的化學計量比的區域的氧化矽膜作為絕緣膜 407a，使用氧化鋁膜作為絕緣膜 407b。

接著，對非晶形氧化物半導體膜 443 進行熱處理，從而使至少部分的非晶形氧化物半導體膜 443 結晶，便形成包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體的晶體氧化物半導體膜 403。

在非晶形氧化物半導體膜 443 上設置用作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫和水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中和之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止能引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）並防止氧（氧化物半導體的主要組成材料）從氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜 443 的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜 443 被作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜 443 中被釋放出。因此，得到

的晶體氧化物半導體膜 403 可以保持所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於氧化鋁膜可以防止雜質如氫和水分進入所述晶體氧化物半導體膜 403 並且防止過量的氧從所述晶體氧化物半導體膜 403 中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜 403 具有高純度，並且具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

如果從晶體氧化物半導體膜 403 中消除氧，則在其中形成氧缺乏。在不具有過量氧的氧化物半導體中，這種氧缺乏不能被其他氧所填充。相反地，由於根據本發明所揭示之一個實施例的晶體氧化物半導體膜 403 是含過量氧的膜（在本實施例中，CAAC-OS 膜包含過量氧），所述膜中包含的過量氧（較佳超過化學計量比）可以立刻被用來填充晶體氧化物半導體膜 403 中的氧缺乏。

相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜 403 使用於電晶體 440，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體 440 閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變（ ΔV_{th} ）。

使至少部分非晶形氧化物半導體膜 443 結晶的熱處理可以在高於或等於 300°C 且低於或等於 700°C 的溫度下進行，較佳高於或等於 450°C 且低於或等於 650°C，更佳高於或等於 500°C，最佳高於或等於 550°C。

例如，向熱處理設備的其中之一的電爐中引入基板，在氧氣氛圍中 450°C 條件下對氧化物半導體膜熱處理 1 小

時。

雜質如氫和水已經從其氧缺乏被填充的高度純化晶體氧化物半導體膜 403 中被充分地去除，晶體氧化物半導體膜 403 中氫的濃度係等於或小於 $5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ ，較佳為等於或小於 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。

晶體氧化物半導體膜 403 中載流子的數量極少（接近零），載流子濃度係低於 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ 、較佳為低於 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ 、更佳為低於 $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ 。

透過上述方法，以形成電晶體 440（見圖 5F）。電晶體 440 包括高度純化的包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 440 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

根據使用高度純化的其中氧缺乏被過量氧所填充的晶體氧化物半導體膜 403 的實施例形成的電晶體 440 中，可以將每單元通道寬度（ $1 \mu\text{m}$ ）的處於關閉態的電流值（關閉態電流值）降至在室溫條件下小於或等於 $100 \text{ zA}/\mu\text{m}$ （ 1 zA （仄普托安培）是 $1 \times 10^{-21} \text{ A}$ ），較佳小於或等於 $10 \text{ zA}/\mu\text{m}$ ，更佳小於或等於 $1 \text{ zA}/\mu\text{m}$ ，最佳小於或等於 $100 \text{ yA}/\mu\text{m}$ 。

如上所述，可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有穩定的電學特性。相應地，可以提供具有高可靠性的半導體裝置。

[實施例 6]

本實施例中，將參照圖 6A-6E 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的另一個實施例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

本實施例描述的是根據本發明所揭示之一個實施例製造半導體裝置的方法中，在形成閘極電極層之後，透過閘極絕緣膜向非晶形氧化物半導體膜中添加氧。

圖 6A-6E 示出本實施例中製作電晶體 440 的方法的一個實例。

首先，在基板 400 之上形成絕緣膜 436。然後，在絕緣膜 436 之上形成非晶形氧化物半導體膜 492。形成閘極絕緣膜 442 以覆蓋非晶形氧化物半導體膜 492。

接著，在閘極絕緣膜 442 之上形成閘極電極層 401（見圖 6A）。

此外，可以對非晶形氧化物半導體膜 492 進行熱處理，以去除過量的氫（包括水和羥基）（從而進行脫水或脫氫）。

接下來，向所述非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431（包括氧自由基、氧原子和氧離子的至少其中一種）；從而向所述非晶形氧化物半導體膜 492 供應氧。

在本實施例中，在閘極電極層 401 形成之後，採用離子植入法透過閘極絕緣膜 442 而向非晶形氧化物半導體膜

492 添加氧 431。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 被轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443（見圖 6B）。

由於閘極電極層 401 用作為掩模，雖然存在不直接向非晶形氧化物半導體膜 492 與閘極電極層 401 重疊的區域直接添加氧 431 的情況，由於閘極電極層 401 的寬度小（例如，以亞微米等級），透過對非晶形氧化物半導體膜 443 而進行結晶的熱處理，向非晶形氧化物半導體膜 443 添加的氧也可以被擴散到非晶形氧化物半導體膜 443 與閘極電極層 401 重疊的區域。

非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

在閘極電極層 401 的側表面上形成側壁絕緣層 412a 和 412b，並形成閘極絕緣膜 402。

可以使用閘極電極層 401 和側壁絕緣層 412a 和 412b 作為掩模透過蝕刻閘極絕緣膜 442 以形成閘極絕緣膜 402。

接著，在部分的側壁絕緣層 412a 和 412b 以及非晶形氧化物半導體膜 443 之上形成成為源極電極層和汲極電極層的導電膜（包括使用與源極電極層和汲極電極層同樣的層所形成的導線）。

透過微影步驟，在導電膜之上形成抗蝕掩模，透過選擇性蝕刻以形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b，然後去除抗蝕掩模（見圖 6C）。

接著，在閘極電極層 401、側壁絕緣層 412a 和 412b

、源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之上形成絕緣膜 407（見圖 6D）。絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。

在本實施例中，透過濺射法而形成厚度為 100 納米的氧化鋁膜作為絕緣膜 407。

接著，對非晶形氧化物半導體膜 443 進行熱處理，從而使至少部分的非晶形氧化物半導體膜 443 結晶，以便形成晶體氧化物半導體膜 403。同樣採用這種熱處理，氧被擴散到非晶形氧化物半導體膜 443 各處，從而向所述膜各處供應氧。

在本實施例中，形成包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體的晶體氧化物半導體膜 403 作為晶體氧化物半導體膜 403。

在非晶形氧化物半導體膜 443 之上設置用作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫和水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中和之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止能引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）並防止氧（氧化物半導體的主要組成材料）從氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜 443 的熱處理係在所述非晶形氧化物半導體膜 443 被作為絕緣膜 407 的氧

化鋁膜覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜 443 中被釋放出。因此，得到的晶體氧化物半導體膜 403 可以保持所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於氧化鋁膜可以防止雜質如氫和水分進入所述晶體氧化物半導體膜 403 並且防止過量的氧從所述晶體氧化物半導體膜 403 中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜 403 具有高純度，並且具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

如果從晶體氧化物半導體膜 403 中消除氧，則在其中形成氧缺乏。在不具有過量氧的氧化物半導體中，這種氧缺乏不能被其他氧所填充。相反地，由於根據本發明所揭示之一個實施例的晶體氧化物半導體膜 403 是含過量氧的膜（在本實施例中，CAAC-OS 膜包含過量氧），所述膜中包含的過量氧（較佳超過化學計量比）可以立刻被用來填充晶體氧化物半導體膜 403 中的氧缺乏。

相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜 403 使用於電晶體 440，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變（ ΔV_{th} ）。

透過上述方法，以形成電晶體 440（見圖 6E）。電晶體 440 包括高度純化的包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 440 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

根據使用高度純化的其中氧缺乏被過量氧所填充的晶體氧化物半導體膜 403 的實施例所形成的電晶體 440 中，可以將每單元通道寬度（1 μm ）的處於關閉態的電流值（關閉態電流值）降至在室溫條件下小於或等於 100 $\text{zA}/\mu\text{m}$ （1 zA （仄普托安培）是 $1 \times 10^{-21} \text{ A}$ ），較佳小於或等於 10 $\text{zA}/\mu\text{m}$ ，更佳小於或等於 1 $\text{zA}/\mu\text{m}$ ，最佳小於或等於 100 $\text{yA}/\mu\text{m}$ 。

如上所述，可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有穩定的電學特性。相應地，可以提供具有高可靠性的半導體裝置。

[實施例 7]

本實施例中，將參照圖 7A-7E 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的另一個實施例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

本實施例描述的是根據本發明所揭示之一個實施例製造半導體裝置的方法中，透過設置在電晶體之上的絕緣膜向非晶形氧化物半導體膜添加氧的實例。

圖 7A-7E 示出本實施例中製作電晶體 420 的方法的一個實例。

首先，在基板 400 之上形成絕緣膜 436。然後，在絕

緣膜 436 之上形成非晶形氧化物半導體膜 492。形成閘極絕緣膜 442 以覆蓋非晶形氧化物半導體膜 492。

接著，在閘極絕緣膜 442 之上形成閘極電極層 401（見圖 7A）。

在本實施例中，描述未形成側壁絕緣層，閘極絕緣膜 442 未被加工成島形且用作為連續膜的實例。

此外，可以對非晶形氧化物半導體膜 492 進行熱處理，以去除過量的氫（包括水和羥基）（從而進行脫水或脫氫）。

接著，在閘極絕緣膜 442 和閘極電極層 401 之上形成絕緣膜 407（見圖 7B）。絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。

在本實施例中，透過濺射法而形成厚度為 100 納米的氧化鋁膜作為絕緣膜 407。

接下來，向所述非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431（包括氧自由基、氧原子和氧離子的至少其中一種）；從而向所述非晶形氧化物半導體膜 492 供應氧。

在本實施例中，在絕緣膜 407 形成之後，採用離子植入法透過閘極絕緣膜 442 和絕緣膜 407 而向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 被轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443（見圖 7C）。

由於閘極電極層 401 用作為掩模，雖然存在不直接向

非晶形氧化物半導體膜 492 與閘極電極層 401 重疊的區域直接添加氧 431 的情況，由於閘極電極層 401 的寬度小（例如，0.35 微米），所以透過對非晶形氧化物半導體膜 443 進行結晶的熱處理，向非晶形氧化物半導體膜 443 添加的氧也可以被擴散到非晶形氧化物半導體膜 443 與閘極電極層 401 重疊的區域。

非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

接著，對非晶形氧化物半導體膜 443 進行熱處理，從而使至少部分非晶形氧化物半導體膜 443 結晶，以便形成晶體氧化物半導體膜 403（見圖 7D）。同樣採用這種熱處理，氧被擴散到非晶形氧化物半導體膜 443 各處，從而向所述膜各處供應氧。

在本實施例中，形成包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體的晶體氧化物半導體膜 403 作為晶體氧化物半導體膜 403。

在非晶形氧化物半導體膜 443 之上設置用作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫和水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中和之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止能引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）並防止氧（氧化物半導體的主要組成材料）從氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化

物半導體膜 403) 中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜 443 的熱處理係在所述非晶形氧化物半導體膜 443 被作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜 443 中被釋放出。因此，以獲得的晶體氧化物半導體膜 403 可以保持所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於氧化鋁膜可以防止雜質如氫和水分進入所述晶體氧化物半導體膜 403 並且防止過量的氧從所述晶體氧化物半導體膜 403 中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜 403 具有高純度，並且具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

如果從晶體氧化物半導體膜 403 中消除氧，則在其中形成氧缺乏。在不具有過量氧的氧化物半導體中，這種氧缺乏不能被其他氧所填充。相反地，由於根據本發明所揭示之一個實施例的晶體氧化物半導體膜 403 是含過量氧的膜（在本實施例中，CAAC-OS 膜包含過量氧），所述膜中包含的過量氧（較佳超過化學計量比）可以立刻被用來填充晶體氧化物半導體膜 403 中的氧缺乏。

相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜 403 使用於電晶體 420，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變 (ΔV_{th})。

另外，可以形成平坦化絕緣膜以減少由於電晶體所導

致的表面不平整。可以使用有機材料如聚醯亞胺-、丙烯酸類-或苯並環丁烯-類樹脂作為平坦化絕緣膜。除了這些有機材料之外，也可以使用低介電常數材料（低-k材料）等。應注意，可以透過堆疊多個使用任意上述材料所形成的絕緣膜來形成平坦化絕緣膜。

在本實施例中，在絕緣膜 407 之上形成了平坦化絕緣膜 415。此外，在閘極絕緣膜 442、絕緣膜 407 和平坦化絕緣膜 415 中形成到達晶體氧化物半導體膜 403 的開口，形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b，以透過開口而與晶體氧化物半導體膜 403 電連接。

透過上述方法，形成電晶體 420（見圖 7E）。電晶體 420 包括高度純化之包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 420 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

絕緣膜 407 可以具有包括氧化鋁膜和無機絕緣膜（通常如氧化矽膜、氧氮化矽膜、氧氮化鋁膜或氧化鎵膜）的疊層結構。圖 10C 示出電晶體 420a 作為電晶體 420 的一個實例，其中，絕緣膜 407 具有絕緣膜 407a 和 407b 的疊層結構。

如圖 10C 所示，在閘極絕緣膜 402 和閘極電極層 401 之上形成絕緣膜 407a，在絕緣膜 407a 之上形成絕緣膜 407b。例如，在本實施例中，使用具有含氧量超過晶體狀態時氧化矽的化學計量比的區域的氧化矽膜作為絕緣膜 407a，使用氧化鋁膜作為絕緣膜 407b。

在絕緣膜 407 具有絕緣膜 407a 和 407b 的疊層結構的情況下，可以透過堆疊的絕緣膜 407a 和 407b 而向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧。

根據使用純化的其中氧缺乏被過量氧所填充的晶體氧化物半導體膜 403 的實施例形成的電晶體 420 中，可以將每單元通道寬度（ $1\ \mu\text{m}$ ）的處於關閉態的電流值（關閉態電流值）降至在室溫條件下小於或等於 $100\ \text{zA}/\mu\text{m}$ （ $1\ \text{zA}$ （仄普托安培）是 $1 \times 10^{-21}\ \text{A}$ ），較佳小於或等於 $10\ \text{zA}/\mu\text{m}$ ，更佳小於或等於 $1\ \text{zA}/\mu\text{m}$ ，最佳小於或等於 $100\ \text{yA}/\mu\text{m}$ 。

如上所述，可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有穩定的電學特性。相應地，可以提供具有高可靠性的半導體裝置。

[實施例 8]

本實施例中，將參照圖 8A-8F 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的另一個實施例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

本實施例中描述的是製造電晶體的方法的一個實例，其中，源極電極層與汲極電極層之間的連接結構和晶體氧化物半導體膜與實施例 5 不同。

圖 8A-8F 示出本實施例中製作電晶體 450 的方法的一個實例。

首先，在基板 400 之上形成絕緣膜 436。

接著，在絕緣膜 436 之上形成成為源極電極層和汲極電極層的導電膜（包括使用與源極電極層和汲極電極層同樣的層所形成的導線）。

透過微影步驟，在導電膜之上形成抗蝕掩模，透過選擇性蝕刻以形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b，然後去除抗蝕掩模（見圖 8A）。

然後，在絕緣膜 436、源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之上形成非晶形氧化物半導體膜 492（見圖 8B）。形成閘極絕緣膜 402 以覆蓋非晶形氧化物半導體膜 492（見圖 8C）。

此外，可以對非晶形氧化物半導體膜 492 進行熱處理，以去除過量的氫（包括水和羥基）（從而進行脫水或脫氫）。

接下來，向所述非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431（包括氧自由基、氧原子和氧離子的至少其中一種）；從而向所述非晶形氧化物半導體膜 492 供應氧。

在本實施例中，採用離子植入法透過閘極絕緣膜 402 而向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443（見圖 8D）。

非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

接著，在閘極絕緣膜 402 之上形成閘極電極層 401。

在本實施例描述的實施例中，在閘極電極層 401 的側表面上不設置側壁絕緣層；但是，可以設置側壁絕緣層並且可以將閘極絕緣膜 402 加工成實施例 5 所述的島形。

接著，在閘極絕緣膜 402 和閘極電極層 401 之上形成絕緣膜 407（見圖 8E）。絕緣膜 407 具有單層結構或疊層結構，並且包括氧化鋁膜。

在本實施例中，透過濺射法而形成厚度為 100 納米的氧化鋁膜作為絕緣膜 407。

接著，對非晶形氧化物半導體膜 443 進行熱處理，從而使至少部分非晶形氧化物半導體膜 443 結晶，以便形成晶體氧化物半導體膜 403。

在本實施例中，形成包括 c-軸實質上垂直於表面的晶體的晶體氧化物半導體膜 403 作為晶體氧化物半導體膜 403。

在非晶形氧化物半導體膜 443 之上設置用作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫和水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中和之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止能引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）並防止氧（氧化物半導體的主要組成材料）從

氧化物半導體膜（非晶形氧化物半導體膜 443，晶體氧化物半導體膜 403）中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜 443 的熱處理係在所述非晶形氧化物半導體膜 443 被作為絕緣膜 407 的氧化鋁膜覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜 443 中被釋放出。因此，以獲得的晶體氧化物半導體膜 403 可以保持所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於氧化鋁膜可以防止雜質如氫和水分進入所述晶體氧化物半導體膜 403 並且防止過量的氧從所述晶體氧化物半導體膜 403 中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜 403 具有高純度，並且具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

如果從晶體氧化物半導體膜 403 中消除氧，則在其中形成氧缺乏。在不具有過量氧的氧化物半導體中，這種氧缺乏不能被其他氧所填充。相反地，由於根據本發明所揭示之一個實施例的晶體氧化物半導體膜 403 是含過量氧的膜（在本實施例中，CAAC-OS 膜包含過量氧），所述膜中包含的過量氧（較佳超過化學計量比）可以立刻被用來填充晶體氧化物半導體膜 403 中的氧缺乏。

相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜 403 使用於電晶體 450，可以減少由於氧缺乏所導致的電晶體 450 閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變（ ΔV_{th} ）。

絕緣膜 407 可以具有包括氧化鋁膜和無機絕緣膜（通常如氧化矽膜、氧氮化矽膜、氧氮化鋁膜或氧化鎵膜）的疊層結構。圖 10D 示出電晶體 450a 作為電晶體 450 的一個實例，其中，絕緣膜 407 具有絕緣膜 407a 和 407b 的疊層結構。

如圖 10D 所示，在閘極絕緣膜 402 和閘極電極層 401 之上形成絕緣膜 407a，在絕緣膜 407a 之上形成絕緣膜 407b。例如，在本實施例中，使用具有含氧量超過晶體狀態時氧化矽的化學計量比的區域的氧化矽膜作為絕緣膜 407a，使用氧化鋁膜作為絕緣膜 407b。

透過上述方法，以形成電晶體 450（見圖 8F）。電晶體 450 包括高度純化的包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 450 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

根據使用純化之其中氧缺乏被過量氧所填充的晶體氧化物半導體膜 403 的實施例形成的電晶體 450 中，可以將每單元通道寬度（ $1\ \mu\text{m}$ ）的處於關閉態的電流值（關閉態電流值）降至在室溫條件下小於或等於 $100\ \text{zA}/\mu\text{m}$ （ $1\ \text{zA}$ （仄普托安培）是 $1 \times 10^{-21}\ \text{A}$ ），較佳小於或等於 $10\ \text{zA}/\mu\text{m}$ ，更佳小於或等於 $1\ \text{zA}/\mu\text{m}$ ，最佳小於或等於 $100\ \text{yA}/\mu\text{m}$ 。

如上所述，可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有穩定的電學特性。相應地，可以提供具有高可靠性的半導體裝置。

[實施例 9]

本實施例中，將描述製造半導體裝置的方法的另一個實施例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

在使用電晶體 450c 的本實施例中所描述的是添加氧的步驟的實例，可以向實施例 8 所述的電晶體 450 的製造過程中施用氧。

圖 9A 示出在圖 8B 所示的步驟之後，直接向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431 的實例。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 被轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443。非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。如圖 9A 所示，在暴露狀態下直接向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧的情況下，可以使用電漿處理。

在根據本發明一個實施例所製作的電晶體中，可以對閘極電極層 401 以及源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 進行定位，以使彼此重疊或者彼此部分重疊，閘極絕緣膜 402 係設置在它們之間。

例如，實施例 8 中參照附圖 8A-8F 進行描述的電晶體

450 是源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 以及閘極電極層 401 彼此部分重疊，閘極絕緣膜 402 和晶體氧化物半導體膜 403 係設置在它們中間的結構的實例。

該實施例中參照附圖 9B 和 9C 進行描述的电晶體 450c 是源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 以及閘極電極層 401 彼此部分重疊，且閘極絕緣膜 402 和晶體氧化物半導體膜 403 係設置在它們中間的結構的實例。

圖 9B 示出在閘極絕緣膜 402 之上形成閘極電極層 401 之後，透過閘極絕緣膜 402 而向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431 的實例。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 被轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443。非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

圖 9C 示出在閘極絕緣膜 402 和閘極電極層 401 之上形成絕緣膜 407 之後，透過閘極電極膜 402 和絕緣膜 407 而向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431 的實例。透過添加氧 431，非晶形氧化物半導體膜 492 被轉變成具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量的區域的非晶形氧化物半導體膜 443。非晶形氧化物半導體膜 443 中的氧缺乏可以由被供應至所述非晶形氧化物半導體膜 443 的氧 431 所填充。

如圖 9B 和 9C 所示，在形成閘極絕緣膜 402 和閘極電極層 401 之後進行向非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧

431 的步驟的情況下，閘極電極層 401 以及源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 彼此不重疊的結構能促進向位於閘極電極層 401 以及源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之間的非晶形氧化物半導體膜 492 添加氧 431。

如上所述，可以在其上進行脫水或脫氫之後的任何時間向晶體氧化物半導體膜添加氧。此外，在進行脫水或脫氫處理之後，可以向氧化物半導體膜多次地添加氧。

經過上述步驟所製作的電晶體包括高度純化的包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

可以提供使用氧化物半導體所形成的半導體裝置，它具有穩定的電學特性。相應地，可以提供具有高可靠性的半導體裝置。

本實施例可以與任一其他實施例適當組合地予以實施。

[實施例 10]

本實施例中，將參照圖 11A-11C 來描述半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的另一個實施例。可以用與上述實施例類似的方法來形成與上述實施例相同的部分或與上述實施例功能類似的部分。與上述實施例相同的步驟或與上述實施例功能類似的步驟可以採用與上述實施例類似的方法來進行。因此，在本實施例中不重複對其的描述。

本實施例中描述的是根據本發明所揭示之一個實施例

製作半導體裝置的方法中，在晶體氧化物半導體膜中形成用作爲源極區域和汲極區域的雜質區域的實例。可以透過向晶體氧化物半導體膜中添加用以改變電導率的雜質（也稱爲摻雜劑）來形成用作爲源極區域和汲極區域的雜質區域。

用作爲源極區域和汲極區域的各雜質區域的摻雜劑濃度較佳大於或等於 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 且小於或等於 $1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ 。

所述摻雜劑是第 15 族元素和硼，具體上是一種或多種選自磷、砷、銻和硼的元素。可以使用離子摻雜法或離子植入法作爲向晶體氧化物半導體膜添加摻雜劑的方法。

可以在採用離子摻雜法或離子植入法添加摻雜劑時對基板進行加熱。

向晶體氧化物半導體膜添加摻雜劑可以進行多次，可以使用多種摻雜劑。

添加摻雜劑可以使得部分雜質區域變成非晶形區域。在這種情況下，添加摻雜劑之後，可以對其進行熱處理來恢復結晶性。

圖 11A 示出電晶體 440b，其中，用作爲源極區域的雜質區域 404a 和用作爲汲極區域的雜質區域 404b 係設置在實施例 5 或 6 所述的電晶體 440 的晶體氧化物半導體膜 403 中。在形成源極電極層 405a 和汲極電極層 405b 之前，透過向具有閘極電極層 401 和用作爲掩模的側壁絕緣層 412a 和 412b 的晶體氧化物半導體膜 403 中添加摻雜劑來形成雜質區域 404a 和 404b。

圖 11B 示出電晶體 420b，其中，用作為源極區域的雜質區域 404a 和用作為汲極區域的雜質區域 404b 係設置在實施例 7 所述的電晶體 420 的晶體氧化物半導體膜 403 中。可以透過向具有用作為掩模的閘極電極層 401 的晶體氧化物半導體膜 403 添加摻雜劑來形成雜質區域 404a 和 404b。

圖 11C 示出電晶體 450b，其中，用作為源極區域的雜質區域 404a 和用作為汲極區域的雜質區域 404b 係設置在實施例 8 所述的電晶體 450 的晶體氧化物半導體膜 403 中。可以透過向具有用作為掩模的閘極電極層 401 的晶體氧化物半導體膜 403 添加摻雜劑來形成雜質區域 404a 和 404b。

由於雜質區域用作為源極區域和汲極區域，施加於雜質區域之間的通道形成區域的電場可能減弱。此外，透過雜質區域中電極層與晶體氧化物半導體膜的電連接，可以降低電極層和晶體氧化物半導體膜之間的接觸電阻。因此，可以改進電晶體的電學特性。

本實施例可以與任一其他實施例適當組合地予以實施。

[實施例 11]

可以使用實施例 1-10 所述的任一電晶體實施例來製作具有顯示功能的半導體裝置（也稱為顯示裝置）。此外，可以在形成圖素部分的基板之上形成包括電晶體的部分或全部驅動電路，從而得到系統面板（system-on-panel）。

在圖 13A 中，設置密封劑 4005 以便圍繞設置在第一基板 4001 之上的圖素部分 4002，使用第二基板 4006 來密封圖素部分 4002。在圖 13A 中，在單獨製備的基板之上分別由單晶半導體膜或多晶半導體膜所形成的信號線驅動電路 4003 和掃描線驅動電路 4004 係安裝在第一基板 4001 之上與由密封劑 4005 所圍繞的區域不同的區域中。透過可撓性印刷電路（FPCs）4018a 和 4018b 而向信號線驅動電路 4003、掃描線驅動電路 4004 和圖素部分 4002 輸送各種信號和電位。

在圖 13B 和 13C 中，設置密封劑 4005 以便圍繞圖素部分 4002 和設置在第一基板 4001 之上的掃描線驅動電路 4004。在圖素部分 4002 和掃描線驅動電路 4004 之上設置第二基板 4006。相應地，透過第一基板 4001、密封劑 4005 和第二基板 4006 將圖素部分 4002 和掃描線驅動電路 4004 與顯示元件係密封在一起。在圖 13B 和 13C 中，在單獨製備的基板之上由單晶半導體膜或多晶半導體膜所形成的信號線驅動電路 4003 被安裝在第一基板 4001 之上與被密封劑 4005 所圍繞的區域不同的區域中。在圖 13B 和 13C 中，透過 FPC 4018 而向信號線驅動電路 4003、掃描線驅動電路 4004 和圖素部分 4002 輸送各種信號和電位。

雖然圖 13B 和 13C 分別示出單獨被形成並被安裝在第一基板 4001 之上的信號線驅動電路 4003 的實例，但本發明的實施例不限於此結構。可以單獨形成並且再安裝掃描線驅動電路，或者可以僅單獨形成並且再安裝部分的信號

線驅動電路或部分的掃描線驅動電路。

應注意對連接單獨形成的驅動電路的方法沒有特別限制，可以使用玻璃上晶片（COG）法、打線接合法或卷帶式自動接合（TAB）法等。圖 13A 示出透過 COG 法來安裝信號線驅動電路 4003 和掃描線驅動電路 4004 的實例。圖 13B 示出透過 COG 法來安裝信號線驅動電路 4003 的實例。圖 13C 示出透過 TAB 法來安裝信號線驅動電路 4003 的實例。

顯示裝置包括其中密封有顯示元件的面板和在所述面板之上安裝包括控制器的 IC 等的模組。

應注意本說明書中的顯示裝置表示影像顯示裝置、顯示裝置或光源（包括照明裝置）。此外，所述顯示裝置以其分類還包括以下模組：與連接器如 FPC、TAB 帶或 TCP 相連接的模組；具有 TAB 帶或 TCP 的模組，其末端係設置有印刷配線板；以及透過 COG 法在顯示元件之上直接安裝積體電路（IC）的模組。

設置在第一基板之上的圖素部分和掃描線驅動電路包括多個電晶體；可以使用實施例 1-10 所述的任意電晶體。

可以使用液晶元件（也稱為液晶顯示元件）或發光元件（也稱為發光顯示元件）作為顯示裝置中所設置的顯示元件。所述發光元件以其分類包括亮度由電流或電壓控制的元件，具體包括無機電致發光（EL）元件、有機 EL 元件等。此外，可以使用透過電學效果如電子墨水來改變對比度的顯示媒體。

將參照附圖 13A-13C 以及 14A 和 14B 描述半導體裝置的實施例。圖 14A 和 14B 相當於圖 13B 中沿 M-N 線的橫剖面圖。

如圖 13A-13C 以及圖 14A 和 14B 所示，半導體裝置包括連接端子電極 4015 和端子電極 4016。連接端子電極 4015 和端子電極 4016 透過各向異性導電膜 4019 與 FPC 4018 中包括的終端電連接。

使用與第一電極層 4030 相同的導電膜來形成連接端子電極 4015，使用與電晶體 4010 和 4011 的源極電極層和汲極電極層相同的導電膜來形成端子電極 4016。

設置在第一基板 4001 之上的圖素部分 4002 和掃描線驅動電路 4004 包括多個電晶體。圖 14A 和 14B 示出圖素部分 4002 中包括的電晶體 4010 和掃描線驅動電路 4004 中包括的電晶體 4011 作為實例。在圖 14A 中，在電晶體 4010 和 4011 之上設置絕緣膜 4020 和絕緣膜 4032。在圖 14B 中，進一步設置絕緣膜 4021。應注意，絕緣膜 4023 是用作為基底膜的絕緣層。

實施例 1-10 中所述的任一電晶體可以被使用於電晶體 4010 和電晶體 4011。本實施例描述的是使用具有實施例 1 所述的電晶體 410 類似結構的電晶體的實例。

電晶體 4010 和 4011 各自包括高度純化之包含過量氧的晶體氧化物半導體膜，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 4010 和 4011 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。

相應地，可以透過高度可靠的半導體裝置作為圖 13A-13C 以及圖 14A 和 14B 中本實施例的半導體裝置。

此外，本實施例描述了這樣一個實例，其中，在絕緣膜之上設置導電層，從而與用以驅動電路的電晶體 4011 的晶體氧化物半導體膜中的通道形成區域重疊。透過設置導電層以與晶體氧化物半導體膜中的通道形成區域重疊，可以進一步降低電晶體 4011 透過偏壓溫度壓力測試（BT 測試）導致的閾值電壓變化量。所述導電層可以具有與電晶體 4011 的閘極電極層相同或不同的電位，可以用作為第二閘極電極層。導電層的電位可以是 GND 或 0 V，或者所述導電層可以是浮動狀態。

此外，所述導電層被用來阻隔外部電場，亦即，防止外部電場（特別是防止靜電場）對內部（包括電晶體的電路部分）有影響。導電層的阻隔功能可以防止由於外標電場如靜電場導致的電晶體的電學特性浮動。

設置在圖素部分 4002 中的電晶體 4010 與顯示元件電連接形成顯示面板。可以使用多種顯示元件作為顯示元件，只要可以進行顯示即可。

包括液晶元件作為顯示元件的液晶顯示裝置的一個實例係顯示於圖 14A。在圖 14A 中，液晶元件 4013（顯示元件）包括第一電極層 4030、第二電極層 4031 和液晶層 4008。設置用作為配向膜的絕緣膜 4032 和 4033，以使液晶層 4008 被插入它們之間。在第二基板 4006 側設置第二電極層 4031，第一電極層 4030 和第二電極層 4031 以及插

入它們之間的液晶層 4008 被堆疊在一起。

由附圖標記 4035 表示的柱狀間隔器是透過選擇性蝕刻絕緣膜而被獲得到的，設置柱狀間隔器來控制液晶層 4008 的厚度（單元間隙（cell gap））。或者，可以使用球形間隔器。

使用液晶元件作為顯示元件的情況下，可以使用向溫性液晶、低分子液晶、高分子液晶、聚合物分散液晶、鐵電液晶或抗-鐵電液晶等。根據條件，這種液晶材料（液晶組合物）表現為膽甾晶相、近晶相、立方晶相、手性向列晶相或各向同性晶相等。

或者，無需配向膜之呈現藍色晶相的液晶組合物可以被使用於液晶層 4008。藍色晶相是液晶相的其中一種，在膽甾型液晶的溫度增加時，膽甾晶相即將轉變成各向同性晶相之前產生藍色晶相。可以使用液晶組合物來呈現藍色晶相，所述液晶組合物是液晶和手性試劑的混合物。為了增加呈現藍色晶相的溫度範圍，可以透過向呈現藍色晶相的液晶組合物中添加可聚合單體和聚合引發劑等並進行聚合物穩定處理來形成液晶層。呈現藍色晶相的液晶組合物具有短的回應時間並具有各向同性，這有助於消除配向步驟和減少視角依賴性。此外，由於不需要提供配向膜並且無需磨擦處理，可以防止由磨擦處理導致的靜電放電損害，並且可以減少在製造過程中液晶顯示裝置的缺陷和損壞。因此，可以提高液晶顯示裝置的生產率。使用氧化物半導體膜形成的電晶體存在這樣的可能，由於靜電影響和偏

離設計範圍，電晶體的電學特性可能明顯波動。因此，更有效的是使用呈現藍色晶相的液晶組合物用於包括使用氧化物半導體膜形成的電晶體的液晶顯示裝置。

液晶材料的比電阻係大於或等於 $1 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 、較佳為大於或等於 $1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 、更佳為大於或等於 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 。應注意本說明書中比電阻係在 20°C 條件下所測得的。

考慮圖素部分中設置的電晶體的漏電流等，對液晶顯示裝置中形成的儲存電容器的尺寸進行設定，以將電荷保持預定的一段時間。考慮電晶體的斷態（off-state）電流等對儲存電容器的尺寸進行設定。使用包括高度純化的氧化物半導體膜的電晶體，提供電容量等於或小於各圖素液晶電容的 $1/3$ ，較佳等於或小於各圖素液晶電容的 $1/5$ 的儲存電容器已足夠。

在本實施例中使用的包括高度純化的晶體氧化物半導體膜的電晶體中，可以使斷態時的電流（斷態電流）變小。相應地，電信號如影像信號可以被保持較長的時間，並且可以在接通狀態下將寫入間隔設定得更長。相應地，可以減少刷新操作的頻率，以便得到減少功耗的效果。

本實施例中包括高度純化的氧化物半導體膜的電晶體可以具有相對高的場效應遷移率，因此可以高速操作。例如，使用這種可以高速操作的電晶體使用於液晶顯示裝置時，可以在一種基板上形成圖素部分的開關電晶體和驅動電路部分的驅動電晶體。亦即，由於不再需要矽晶片等形成的半導體裝置作為驅動電路，所述半導體裝置的元件數

可以減少。此外，在圖素部分使用可以高速操作的電晶體，可以提供高品質的影像。

對於液晶顯示器來說，可以使用扭轉向列型（twisted nematic）（TN）模式、平板開關（IPS）模式、邊緣場開關（fringe field switching）（FFS）模式、軸對稱排列微胞（ASM）模式、光學補償雙折射（OCB）模式、鐵電液晶（FLC）模式或抗鐵電液晶（AFLC）模式等。

可以使用常黑（normally black）液晶顯示裝置，如使用垂直配向（VA）模式的透光液晶顯示裝置。給出一些垂直配向模式的例子。例如，可以使用多結構域垂直配向（MVA）模式、影像垂直配向（PVA）模式或超視覺（advanced super view）（ASV）模式。此外，本實施例可以施用於VA液晶顯示裝置。VA液晶顯示裝置是一種液晶顯示面板的液晶分子配向受控的形式。在VA液晶顯示裝置中，不施加電壓時，液晶分子在相對於面板表面的垂直方向配向。此外，可以使用稱為結構域倍增或多結構域設計的方法，其中，圖素被分成一些區域（子圖素），分子在其各自區域中以不同方式來予以配向。

在顯示裝置中，根據適當情況設置黑底（光阻擋層）、光學構件（光學基板）如偏光構件、位相差構件或防反射構件等。例如，可以透過使用偏光基板或位相差基板而得到環形偏光。此外，可以使用背光或側光等作為光源。

可以使用漸進式方法、隔行掃描等方法作為圖素部分中的顯示方法。此外，彩色顯示時圖素中受控的彩色元件

不限於三種顏色：R，G 和 B（R，G 和 B 分別對應於紅色、綠色和藍色）。例如，可以使用 R，G，B 和 W（W 對應於白色）；R，G，B 和黃色、青色和品紅色等的其中一種或多種等。此外，顏色元素的各點之間的顯示區域的尺寸可以不同。應注意本文所揭示之本發明的實施例不限於應用於彩色顯示的顯示裝置；本文所揭示之本發明的實施例也可以應用於單色顯示的顯示裝置。

或者，可以使用電致發光的發光元件作為顯示裝置中包括的顯示元件。利用電致發光的發光元件根據發光材料為有機化合物或無機化合物進行分類。通常，前者被稱為有機 EL 元件，後者被稱為無機 EL 元件。

在有機 EL 元件中，透過向發光元件施加電壓，電子和電洞分別從電極對中注入含發光有機化合物的層中，並有電流流動。載流子（亦即，電子和電洞）重新結合，從而激發所述發光有機化合物。發光有機化合物從激發態回到基態，從而發射光。根據這種機制，這種發光元件被稱為電流激發型發光元件。

無機 EL 元件根據元件的結構而被分成分散型無機 EL 元件和薄膜無機 EL 元件。分散型無機 EL 元件具有發光材料顆粒分散在黏合劑中的發光層，其發光機制是利用施體能階和受體能階的施體-受體再結合型發光。薄膜無機 EL 元件具有發光層插入介電層之間的結構，所述介電層被進一步插入電極之間，其發光機制是利用金屬離子的內殼層電子躍遷的局部型發光。應注意這裏描述有機 EL 元

件的一個例子作為發光元件。

為了從發光元件中提取出發射的光，對電極中的至少其中一個電極具有透光性。在基板之上形成電晶體和發光元件。發光元件可以具有透過與基板相對的表面提取發射光的頂發射結構；透過基板側上的表面提取發射光的底發射結構；或者透過與基板相對的表面和基板側上的表面提取發射光的雙發射結構，可以使用具有任意這些發射結構的發光元件。

包括發光元件作為顯示元件的發光裝置的一個實例係顯示於圖 14B。發光元件 4513 與在圖素部分 4002 設置的電晶體 4010 電連接，所述發光元件 4513 是顯示元件。發光元件 4513 的結構不限於示出的包括第一電極層 4030、電致發光層 4511 和第二發光層 4031 的疊層結構。根據從發光元件 4513 等提取出光的方向，可以適當地改變發光元件 4513 的結構。

可以使用有機絕緣材料或無機絕緣材料來形成分隔壁 4510。特別較佳使用光敏樹脂材料來形成在第一電極層 4030 之上具有開口的分隔壁 4510，使得形成了開口的側壁作為具有連續曲率的傾斜表面。

可以使用單層或多個堆疊層來形成電致發光層 4511。

可以在第二電極層 4031 和分隔壁 4510 之上形成保護膜，以防止氧、氫、水分或二氧化碳等進入發光元件 4513。可以形成氮化矽膜、氮氧化矽膜或 DLC 膜等作為保護膜。此外，在由第一基板 4001、第二基板 4006 和密封劑

4005 所形成的空間中，提供填充物 4514 以用來密封。以這種方式，較佳用氣密性高並且脫氣極少的保護膜（諸如，層合膜或紫外線可固化樹脂膜）或覆蓋材料對發光元件 4513 等進行包裝（密封），以使發光元件 4513 等不與外部空氣接觸。

可以使用紫外線可固化樹脂或熱固性樹脂以及惰性氣體如氮氣或氬氣作為填充物 4514。例如，可以使用聚氯乙烯（PVC）、丙烯酸類樹脂、聚醯亞胺、環氧樹脂、有機矽樹脂、聚乙烯醇縮丁醛（PVB）或乙烯-乙酸乙烯酯（EVA）。例如，使用氮氣作為填充物。

此外，根據需要，可以在發光元件的發光表面上適當設置光學膜（諸如，偏光片、圓形偏光片（包括橢圓形偏光片）、位相差板（四分之一波長片或二分之一波長片）或彩色篩檢程式）。還可以用抗反射膜提供偏光片或圓形偏光片。例如，可以進行防眩光處理，透過表面的凹凸可以分散反射光，從而減少眩光。

此外，可以提供驅動電子墨水的電子紙張作為顯示裝置。電子紙張也稱為電泳顯示裝置（電泳顯示器），優點是它具有與普通紙張相同水準的可讀性，與其他顯示裝置相比功耗較低，可以製作得薄而輕。

雖然電泳顯示裝置可以有多种模式，所述電泳顯示裝置包括多個分散在溶劑或溶質中的微膠囊，微膠囊各自包含帶正電荷的第一顆粒和帶負電荷的第二顆粒。透過向微膠囊施加電場，微膠囊中的顆粒以彼此相對的方向移動，

僅顯示聚集在一側的顆粒的顏色。應注意第一顆粒和第二顆粒各自包含顏料，在沒有電場的情況下不會移動。此外，第一顆粒和第二顆粒具有不同的顏色（可以是無色的）。

因此，電泳顯示裝置是利用所謂的介電泳效應的顯示器，具有高介電常數的物質透過介電泳效應而移動至高電場區域。

上述微膠囊分散在溶劑中的溶液被稱為電子墨水。該電子墨水可以印刷在玻璃、塑膠、棉布或紙等的表面。此外，也可以使用彩色填充物或包括顏料的顆粒來實現彩色顯示。

應注意微膠囊中的第一顆粒和第二顆粒可以分別由選自導電材料、絕緣材料、半導體材料、磁性材料、液晶材料、鐵電材料、電致發光材料、電致變色材料和磁泳材料的單一材料所形成，或者由任意這些材料的複合材料所形成。

使用扭轉球顯示系統的顯示裝置可以用作為電子紙張。扭轉球顯示系統表示顏色分別為黑色和白色的球形顆粒設置在用於顯示元件的第一電極層和第二電極層之間，並在第一電極層和第二電極層之間產生電位差來控制球形顆粒的取向從而進行顯示的方法。

應注意在圖 13A-13C 和圖 14A 和 14B 中，可撓性基板以及玻璃基板可以用作為第一基板 4001 和第二基板 4006。例如，可以使用具有透光性質的塑膠基板等。對於塑膠，可以使用纖維玻璃-強化的塑膠（FRP）片、聚氟乙

烯（PVF）膜、聚酯膜或丙烯酸類樹脂膜。在不需要透光性質的情況下，可以使用鋁或不銹鋼等的金屬基板（金屬膜）。例如，可以使用具有在PVF膜或聚酯膜之間插入鋁箔的結構的片材。

在本實施例中，使用氧化鋁膜作為絕緣膜4020。所述絕緣膜4020可以透過濺射法或電漿CVD法來予以形成。

在氧化物半導體膜之上設置用作為絕緣膜4020的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫和水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中或之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜並且防止氧化物半導體的主要組成材料氧從氧化物半導體膜中被釋放出。

電晶體4010和4011各自包括晶體氧化物半導體膜，所述晶體氧化物半導體膜是透過對向其添加氧而得到的包含過量氧的非晶形氧化物半導體膜進行結晶而得到的。由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜被氧化鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜中被釋放出。因此，得到的晶體氧化物半導體膜可以保持所述非晶形氧化物半導體膜的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於雜質如氫和水分不會進入晶體氧化物半導體

體膜，所述晶體氧化物半導體膜可以具有高純度，並且由於氧不能從其中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜可以具有氧含量超過晶體狀態時氧化物半導體中化學計量比的區域。相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜使用於電晶體 4010 和 4011，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體 4010 和 4011 閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變 (ΔV_{th})。

此外，可以使用具有耐熱性的有機材料如丙烯酸類樹脂、聚醯亞胺樹脂或苯並環丁烯類樹脂、聚醯胺樹脂或環氧樹脂形成用作為平坦化絕緣膜的絕緣膜 4021。除了這些有機材料，也可以使用低介電常數材料（低 k 材料）、矽氧烷類樹脂、磷矽酸玻璃（PSG）、磷矽酸硼玻璃（BPSG）等。應注意，可以透過堆疊多個使用任意上述材料形成的絕緣膜來形成絕緣膜。

對形成絕緣膜 4021 的方法沒有特別限制，根據材料可以使用以下方法或工具（設備）：濺射法、SOG 法、旋塗、浸漬、噴塗、液滴排出法（諸如，噴墨法）、印刷法（諸如，絲網印刷或膠版印刷）、刮刀、輥塗布器、簾式塗布機或刮塗器等。

顯示裝置透過透射來自光源或顯示元件的光顯示影像。因此，向透光的圖素部分提供的基板和薄膜如絕緣膜和導電膜具有對可見光波長範圍內的光的透光性。

向顯示元件施加電壓的第一電極層和第二電極層（可以稱為圖素電極層、共同電極層或對電極層等）可以具有透光性或反光性，這取決於光提取的方向、電極層設置的

位置 and 電極層的圖案結構等。

可以使用透光導電材料如含氧化鎢的氧化銦、含氧化鎢的氧化銦鋅、含氧化鈦的氧化銦、含氧化鈦的氧化銦錫、氧化銦錫、氧化銦鋅、或其中添加有氧化矽的氧化銦錫或石墨烯 (graphene) 來形成第一電極層 4030 和第二電極層 4031。

可以使用選自金屬如鎢 (W) 、鉬 (Mo) 、鋯 (Zr) 、鈦 (Hf) 、釩 (V) 、鈮 (Nb) 、鉭 (Ta) 、鉻 (Cr) 、鈷 (Co) 、鎳 (Ni) 、鈦 (Ti) 、鉑 (Pt) 、鋁 (Al) 、銅 (Cu) 或銀 (Ag) ；其合金；及其氮化物的一種或多種物質來形成第一電極層 4030 和第二電極層 4031。

可以使用含導電高分子 (也稱為導電聚合物) 的導電組合物使用於第一電極層 4030 和第二電極層 4031。可以使用所謂的 π -電子共軛導電聚合物作為導電高分子。例如，可以給出聚苯胺或其衍生物、聚吡咯或其衍生物、聚噻吩或其衍生物、苯胺、吡咯和噻吩中的二種或多種的共聚物或其衍生物。

由於靜電等導致電晶體容易損壞，較佳提供用於保護驅動電路的保護電路。保護電路較佳使用非線性元件形成。

使用上述實施例 1-10 所述的任一電晶體，所述半導體裝置可以具有多種功能。

[實施例 12]

可以使用實施例 1-10 所述的任一電晶體來製造具有

讀取物體之資訊的影像感測器功能的半導體裝置。

圖 15A 示出具有影像感測器功能的半導體裝置的一個實例。圖 15A 是光感測器等效電路圖，圖 15B 是顯示部分所述光感測器的橫剖面圖。

光電二極體 602 的其中一個電極與光電二極體重設信號線 658 電連接，光電二極體 602 的另一電極與電晶體 640 的閘極電連接。電晶體 640 之源極和汲極的其中一者與光學感測器參考信號線 672 電連接，電晶體 640 源極和汲極的另一者與電晶體 656 之源極和汲極的其中一者電連接。電晶體 656 的閘極與閘極信號線 659 電連接，其源極和汲極的另一者與光學感測器輸出信號線 671 電連接。

應注意，本發明書中的電路圖中，使用氧化物半導體膜所形成的電晶體用標誌“OS”來予以表示，從而可以確定為使用氧化物半導體膜所形成的電晶體。在圖 15A 中，電晶體 640 和電晶體 656 各自是包括晶體氧化物半導體層的電晶體，可以向它們施用實施例 1-10 所述的任一電晶體。本實施例描述的是使用具有與實施例 1 所述的電晶體 410 類似結構的電晶體的實例。

圖 15B 是光感測器中光電二極體 602 和電晶體 640 的橫剖面圖。在具有絕緣表面的基板 601（TFT 基板）之上設置用作為感測器的光電二極體 602 和電晶體 640。使用黏合層 608 在光電二極體 602 和電晶體 640 之上設置基板 613。

在電晶體 640 之上設置絕緣膜 631、絕緣膜 632、中

間層絕緣膜 633 和中間層絕緣膜 634。在中間層絕緣膜 633 之上設置光電二極體 602。在光電二極體 602 中，在中間絕緣膜 633 之上形成的電極層 641 和中間絕緣膜 634 之上形成的電極層 642 之間，第一半導體膜 606a、第二半導體膜 606b 和第三半導體膜 606c 從中間絕緣膜 633 側依次被堆疊。

電極層 641 與中間絕緣膜 634 之上形成的導電層 643 電連接，電極層 642 透過電極層 641 與導電層 645 電連接。導電層 645 與電晶體 640 的閘極電極層電連接，光電二極體 602 與電晶體 640 電連接。

本文中示出其中堆疊有具有 p-型導電性的半導體膜作為第一半導體膜 606a、高電阻半導體膜（i-型半導體膜）作為第二半導體膜 606b 和具有 n-型導電性的半導體膜作為第三半導體膜 606c 的 pin 光電二極體。

所述第一半導體膜 606a 是 p 型半導體膜，可使用含有具有 p 型導電性的雜質元素的非晶形矽膜來予以形成。利用電漿 CVD 方法，使用含屬於第 13 族的雜質元素（例如，硼（B））的半導體來源氣體來形成所述第一半導體膜 606a。可以使用矽烷（ SiH_4 ）作為半導體來源氣體。或者，可以使用 Si_2H_6 ， SiH_2Cl_2 ， SiHCl_3 ， SiCl_4 ， SiF_4 等。又或者，可以形成不含雜質元素的非晶形矽膜，然後，可以透過擴散法或者離子植入法將雜質元素引入到所述非晶形矽膜中。透過離子植入法等引入雜質元素之後可以進行加熱等，從而分散雜質元素。在此情況下，可以使用 LPCVD

法、氣相沈積法、濺射法等作為形成非晶形矽膜的方法。較佳所述第一半導體膜 606a 的厚度大於或等於 10 納米，且小於或等於 50 納米。

所述第二半導體膜 606b 是 i 型半導體膜（本徵半導體膜），由非晶形矽膜形成。透過電漿 CVD 法使用半導體來源氣體形成非晶形矽膜用以形成第二半導體膜 606b。可以使用矽烷（ SiH_4 ）作為半導體來源氣體。或者，可以使用 Si_2H_6 ， SiH_2Cl_2 ， SiHCl_3 ， SiCl_4 ， SiF_4 等。可以使用 LPCVD 法、氣相沈積法或濺射法等來形成第二半導體膜 606b。較佳形成的所述第二半導體膜 606b 的厚度大於或等於 200 納米，且小於或等於 1000 納米。

所述第三半導體膜 606c 是 n 型半導體膜，使用含有 n 型導電性的雜質元素的非晶形矽膜來形成。利用電漿 CVD 方法，使用含屬於第 15 族的雜質元素（例如磷（P））的半導體來源氣體來形成所述的第三半導體膜 606c。可以使用矽烷（ SiH_4 ）作為半導體來源氣體。或者，可以使用 Si_2H_6 ， SiH_2Cl_2 ， SiHCl_3 ， SiCl_4 ， SiF_4 等。又或者，可以形成不含雜質元素的非晶形矽膜，然後，可以透過擴散法或者離子植入法將雜質元素引入到所述非晶形矽膜中。透過離子植入法等引入雜質元素之後可以進行加熱等，從而分散雜質元素。在此情況下，可以使用 LPCVD 法、氣相沈積法、濺射法等作為形成非晶形矽膜的方法。較佳形成的第三半導體膜 606c 的厚度大於或等於 20 納米，且小於或等於 200 納米。

第一半導體膜 606a、第二半導體膜 606b 和第三半導體膜 606c 不一定使用非晶形半導體來予以形成，可以使用多晶半導體或微晶半導體（半-非晶形半導體：SAS）來形成。

考慮吉布斯自由能，微晶半導體係處於非晶形狀態和單晶狀態之間的亞穩態。也就是說，微晶半導體屬於具有第三狀態的半導體，其自由能穩定且短程有序以及具有晶格畸變。柱狀或針狀晶體在基板表面的法線方向上生長。微晶矽（微晶半導體的一種典型實例）的拉曼光譜位於小於 520 cm^{-1} 的較低波數處， 520 cm^{-1} 波數表示單晶矽的拉曼光譜峰。也就是說，微晶矽的拉曼光譜峰位於表示單晶體矽的 520 cm^{-1} 和表示非晶形矽的 480 cm^{-1} 之間。另外，微晶矽包含至少 1 原子%的氫或鹵素，以終止自由鍵。此外，微晶矽包含稀有氣體元素諸如氦、氬、氪或氙以進一步增加晶格畸變，從而使穩定性增加並且可以得到令人滿意的微晶半導體膜。

該微晶半導體膜可以透過射頻電漿 CVD 方法或微波電漿 CVD 設備形成，射頻電漿 CVD 方法採用大於或等於數十兆赫且小於或等於數百兆赫的頻率，微波電漿 CVD 設備採用大於或等於 1 GHz 的頻率。通常，可以使用用氫氣稀釋的含矽化合物如 SiH_4 ， Si_2H_6 ， SiH_2Cl_2 ， SiHCl_3 ， SiCl_4 或 SiF_4 來形成微晶半導體。除了含矽化合物（例如矽烷）和氫氣之外，可以用其中一種或多種選自氫、氬、氪和氙的稀有氣體元素進行稀釋來形成微晶半導體膜。在

這種情況下，氫氣與含矽化合物（例如，矽烷）的流量比為 5 : 1-200 : 1，較佳 50 : 1-150 : 1，更佳 100 : 1。此外，碳化物氣體如 CH_4 或 C_2H_6 、鍺氣體如 GeH_4 或 GeF_4 或者 F_2 等可以被混入含矽氣體。

光電效應所產生的電洞的移動性係低於電子的移動性。因此，使用 p-型半導體膜上的表面作為光接收平面時，pin 光電二極體具有較好的特性。這裏描述將光電二極體 602 從基板 601 表面接收的光轉變成電信號的實施例，在所述基板 601 上形成 pin 光電二極體。此外，來自光接收平面上半導體膜相對的導電型半導體膜的光是干擾光；因此，較佳使用光阻擋導電膜來形成電極層。應注意 n-型半導體膜側上的表面也可以用作為光接收平面。

利用絕緣材料，可以根據材料使用以下方法或工具（設備）來形成絕緣膜 632、中間層絕緣膜 633 和中間層絕緣膜 634：濺射法、電漿 CVD 法、SOG 法、旋塗、浸漬、噴塗、液滴排出法（諸如，噴墨法）、印刷法（諸如，絲網印刷或膠版印刷）、刮刀、輥塗布器、簾式塗布機或刮塗器。

在本實施例中，使用氧化鋁膜作為絕緣膜 631。所述絕緣膜 631 可以透過濺射法或電漿 CVD 法來予以形成。

在氧化物半導體膜之上設置用作為絕緣膜 631 的氧化鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫和水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中或之後，氧化鋁膜用作為保護

膜，其防止引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜並且防止氧化物半導體的主要組成材料氧從氧化物半導體膜中被釋放出。

本實施例中，電晶體 640 包括透過對包含過量氧的非晶形氧化物半導體膜進行結晶得到的晶體氧化物半導體膜。由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜被氧化鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜中被釋放出。因此，得到的晶體氧化物半導體膜可以保持所述非晶形氧化物半導體膜的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於能防止雜質如氫或水分進入和過量的氧被釋放出，晶體氧化物半導體膜具有高純度，並且具有含氧量超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜使用於電晶體 640，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體 640 閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變 (ΔV_{th})。

使用無機絕緣材料可以形成絕緣膜 632，絕緣膜 632 可以具有單層結構或疊層結構，所述疊層結構包括任意氧化物絕緣膜如氧化矽層、氧氮化矽層、氧化鋁層和氧氮化鋁層；以及氮化物絕緣膜如氮化矽層、氮氧化矽層、氮化鋁層和氮氧化鋁層。

爲了減少表面糙度，較佳使用功能爲平坦化絕緣膜的

絕緣膜作為各中間層絕緣膜 633 和 634。對於中間層絕緣膜 633 和 634，例如，可以使用具有耐熱性的有機絕緣材料如聚醯亞胺、丙烯酸類樹脂、苯並環丁烯類樹脂、聚醯胺或環氧樹脂。除了這些有機絕緣材料，可以使用低介電常數材料（低 k 材料）、矽氧烷類樹脂、磷矽酸玻璃（PSG）或磷矽酸硼玻璃（BPSG）等的單層或疊層。

檢測進入光電二極體 602 的光，可以讀取要被檢測物體的資訊。應注意在讀取要檢測物體的資訊時，可以使用光源如背光。

如上所述，包括這種含填充氧缺乏的過量氧的高度純化的晶體氧化物半導體膜的電晶體，其電學特性變化較小，因此是電學穩定的。因此，使用所述電晶體可以提供高度可靠的半導體裝置。

本實施例可以與任一其他實施例適當組合地予以實施。

[實施例 13]

較佳地可以使用任意實施例 1-10 中所述的實例電晶體使用於半導體裝置，所述半導體裝置包括其中堆疊有多個電晶體的積體電路。在本實施例中，將描述儲存媒體（記憶元件）作為半導體裝置的一個實例。

在本實施例中，製造包括電晶體 140 和電晶體 162 的半導體裝置，其中，電晶體 140 是使用單晶半導體基板所形成的第一電晶體，電晶體 162 是使用半導體膜所形成的第二電晶體，在電晶體 140 的上方設置有位於電晶體 140

與電晶體 162 之間的絕緣膜。較佳地可以使用任意實施例 1-10 所述的電晶體實例作為電晶體 162。本實施例描述的是使用具有與實施例 5 所述的電晶體 440 類似結構的電晶體的實例作為電晶體 162。

堆疊的電晶體 140 和電晶體 162 的半導體材料和結構可以相同或不同。在本實施例中，描述採用合適的材料和結構使用於電晶體儲存媒體（記憶元件）電路的實例。

圖 12A-12C 示出半導體裝置構造的實例。圖 12A 示出半導體裝置的橫剖面，圖 12B 示出半導體裝置的平面圖。這裏，圖 12A 對應於圖 12B 中沿 C1-C2 線和 D1-D2 線的橫剖面。圖 12C 是包括作為記憶元件的半導體裝置的電路圖的實例。圖 12A 和 12B 所示的半導體裝置包括使用第一半導體材料在下部形成的電晶體 140，和使用第二半導體材料在上部形成的電晶體 162。在本實施例中，第一半導體材料是除氧化物半導體之外的半導體材料，第二半導體材料是氧化物半導體。對於除氧化物半導體之外的半導體材料，例如，可以使用矽、鍺、鍺矽、碳化矽或砷化鎵，較佳使用單晶半導體。或者，可以使用有機半導體材料等。使用這種半導體材料形成的電晶體可以容易地高速操作。另一方面，由於其特性，使用氧化物半導體形成的電晶體能長時間地保持電荷。

將參照圖 12A-12C 來描述製造圖 12A-12C 中半導體裝置的方法。

電晶體 140 包括設置在含半導體材料（例如，矽）的

基板 185 中的通道形成區域 116、使通道形成區域 116 位於其間的雜質區域 120，與雜質區域 120 相接觸的金屬化合物區域 124、設置在通道形成區域 116 之上的閘極絕緣膜 108，和設置在閘極絕緣膜 108 之上的閘極電極 110。

可以使用矽或碳化矽等的單晶半導體基板或多晶半導體基板；鍺矽等的化合物半導體基板；或 SOI 基板等作為含半導體材料的基板 185。應注意，雖然術語“SOI 基板”通常表示在絕緣表面之上設置的矽半導體膜的基板，本說明書中術語“SOI 基板”等還包括在絕緣表面之上設置使用除矽之外的材料形成的半導體膜的基板。亦即，“SOI”基板包括的半導體膜不限於矽半導體膜。此外，SOI 基板可以是具有以下結構的基板：其中，在絕緣基板如玻璃基板之上設置半導體膜，絕緣膜係位於它們之間。

可以使用以下任意方法作為形成 SOI 基板的方法：將氧離子植入鏡面拋光的晶片，然後在高溫下進行加熱的方法，從而在距離晶片表面某一深度處形成氧化物層，並消除表面層中的缺陷；因氫離子輻射而形成微孔由於熱處理而生長，利用所述生長現象分離半導體基板的方法；和透過晶體在絕緣表面上生長形成單晶半導體膜的方法等。

例如，透過單晶半導體基板的其中一個表面添加離子，在距離單晶半導體基板表面某一深度處形成脆化層，以及在單晶半導體基板或元件基板表面之上形成絕緣膜。在單晶半導體基板和元件基板透過插入其中的絕緣膜彼此結合的狀態下進行熱處理，以使脆化層中產生裂紋並使單晶

半導體基板沿著脆化層而分離。相應地，與單晶半導體基板分離的單晶半導體膜被形成為元素基板上的半導體膜。較佳地也可以使用透過上述方法形成的 SOI 基板。

元件隔離絕緣層 106 係設置在基板 185 上，以便圍繞電晶體 140。應注意基於高度集成的原因，如圖 12A-12C 所示，較佳電晶體 140 不包括側壁絕緣層。另一方面，在優先考慮電晶體 140 特性的情況下，可以在閘極電極 110 的側表面上設置側壁絕緣層，並且可以設置具有不同雜質濃度的雜質區域 120。

使用單晶半導體基板所形成的電晶體 140 可以高速地操作。因此，使用所述電晶體作為讀取電晶體時，可以高速地讀取資料。形成兩層絕緣膜以覆蓋電晶體 140。作為在形成電晶體 162 和電容器 164 之前進行的處理，對兩層絕緣膜進行 CMP 處理，以形成平坦化的絕緣膜 128 和絕緣膜 130，且同時暴露出閘極電極 110 的上表面。

通常，可以使用無機絕緣膜如氧化矽膜、氧氮化矽膜、氧化鋁膜、氧氮化鋁膜、氮化矽膜、氮化鋁膜、氮氧化矽膜或氮氧化鋁膜作為各絕緣膜 128 和絕緣膜 130。可以透過電漿 CVD 法或濺射法等來形成絕緣膜 128 和絕緣膜 130。

或者，可以使用有機材料如聚醯亞胺-、丙烯酸類-或苯並環丁烯類樹脂。除了這些有機材料之外，也可以使用低介電常數材料（低-k 材料）等。使用有機材料的情況下，可以透過濕式法如旋塗法或印刷法來形成絕緣膜 128 和

絕緣膜 130。

應注意在絕緣膜 130 中，使用氧化矽膜作為與半導體膜相接觸的膜。

本實施例中，透過濺射法形成 50 納米後的氧氮化矽膜作為絕緣膜 128，透過濺射法形成 550 納米厚的氧化矽膜作為絕緣膜 130。

在絕緣膜 130 之上形成半導體膜，所述絕緣膜 130 經 CMP 而被處理得充分平坦化。本實施例中，透過濺射法使用 In-Ga-Zn 類氧化物靶材來形成非晶形氧化物半導體膜作為半導體膜，從而具有含氧量大於晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比的區域。

接著，對非晶形氧化物半導體膜進行選擇性蝕刻，以形成島狀非晶形氧化物半導體膜，向所述非晶形氧化物半導體膜添加氧。在非晶形氧化物半導體膜之上，形成閘極絕緣膜 146、閘極電極層 148 和側壁絕緣層 136a 和 136b。

可以透過電漿 CVD 法或濺射法等來形成氧化矽膜、氮化矽膜、氧氮化矽膜、氮氧化矽膜、氧化鋁膜、氮化鋁膜、氧氮化鋁膜、氮氧化鋁膜、氧化鉛膜或氧化鎵膜作為閘極絕緣膜 146。

可以透過在閘極絕緣膜 146 之上形成導電層並選擇性地蝕刻導電層以形成閘極電極層 148。

接著，在閘極電極 110、絕緣膜 128、絕緣膜 130 等之上形成導電層，並選擇性地蝕刻，從而形成源極或汲極電極 142a 和源極或汲極電極 142b。

可以透過 PVD 法如濺射法或 CVD 法如電漿 CVD 法來形成導電層。此外，可以使用選自 Al, Cr, Cu, Ta, Ti, Mo 和 W 的元素，包含任意上述元素為成分的合金等作為導電層的材料。可以使用 Mn, Mg, Zr, Be, Nd 和 Sc 中的任一種或包含任意這些元素組合的材料。

導電層可以具有單層結構或者兩層或多層的疊層結構。例如，導電層可以具有鈦膜或氮化鈦膜的單層結構，含矽鋁膜的單層結構，其中之鈦膜被堆疊在鋁膜之上的雙層結構，其中之鈦膜被堆疊在氮化鈦膜之上的雙層結構，或者其中之鈦膜、鋁膜和鈦膜依次被堆疊的三層結構。應注意具有鈦膜或氮化鈦膜單層結構的導電層的優點在於它可以容易地加工成具有錐形的源極或汲極電極 142a 和源極或汲極電極 142b。

接著，在非晶形氧化物半導體膜、閘極絕緣膜 146、閘極電極層 148 和側壁絕緣層 136a 和 136b 之上形成包括氧化鋁膜的絕緣膜 150。在絕緣膜 150 具有疊層結構的情況下，可以透過電漿 CVD 法或濺射法等來形成氧化鋁膜和氧化矽膜、氮化矽膜、氧氮化矽膜、氮氧化矽膜、氮化鋁膜、氧氮化鋁膜、氮氧化鋁膜、氧化鉛膜或氧化鎵膜的堆疊。

接著，透過熱處理對非晶形氧化物半導體膜進行至少部分結晶，從而形成晶體氧化物半導體膜 144，它包括 c-軸實質上垂直於晶體氧化物半導體膜 144 表面的晶體。

在氧化物半導體膜之上設置用作為絕緣膜 150 的氧化

鋁膜具有同時防止氧和雜質如氫和水分滲透的高遮蔽效應（阻隔效應）。

因此，在製造過程之中或之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜並且防止氧化物半導體的主要組成材料氧從氧化物半導體膜中被釋放出。

由於用來結晶非晶形氧化物半導體膜的熱處理在所述非晶形氧化物半導體膜被作為絕緣膜 150 的氧化鋁膜所覆蓋的狀態下進行，透過所述熱處理可以防止氧從所述非晶形氧化物半導體膜中被釋放出。因此，得到的晶體氧化物半導體膜 144 可以保持所述非晶形氧化物半導體膜的氧含量，因而具有這樣的區域，所述區域包含的氧超過晶體狀態時氧化物半導體的化學計量比。

因此，由於雜質如氫和水分不會進入晶體氧化物半導體膜 144，所述晶體氧化物半導體膜可以具有高純度，並且由於氧不能從其中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜可以具有氧含量超過晶體狀態時氧化物半導體中化學計量比的區域。相應地，使用所述晶體氧化物半導體膜 144 用於電晶體 162，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體 162 閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變（ ΔV_{th} ）。

使至少部分非晶形氧化物半導體膜結晶的熱處理可以在高於或等於 250℃ 且低於或等於 700℃ 的溫度下進行，較佳高於或等於 400℃，更佳高於或等於 500℃，最佳高於或等於 550℃。

在絕緣膜 150 之上，在與源極或汲極電極 142a 重疊的區域中形成電極層 153。

接著，在電晶體 162 和絕緣膜 150 之上形成絕緣膜 152。所述絕緣膜 152 可以透過濺射法或 CVD 法等來予以形成。可以使用包括無機絕緣材料如氧化矽、氧氮化矽、氮化矽、氧化鈣或氧化鋁的材料來形成絕緣膜 152。

接著，在閘極絕緣膜 146、絕緣膜 150 和絕緣膜 152 中形成到達源極或汲極電極 142b 的開口。使用掩模等透過選擇性蝕刻以形成所述開口。

之後，在所述開口中形成與源極或汲極電極 142b 相接觸的導線 156。應注意，圖 12A-12C 未示出導線 156 和源極或汲極電極 142b 彼此相連的部分。

以採用 PVD 法如濺射法或諸如電漿 CVD 法的 CVD 法形成導電層，然後對導電層進行蝕刻的方式以形成導線 156。此外，可以使用選自 Al, Cr, Cu, Ta, Ti, Mo 和 W 的元素，包含任意上述元素為成分的合金等作為導電層的材料。可以使用 Mn, Mg, Zr, Be, Nd 和 Sc 中的任一種或包含任意這些元素組合的材料。具體上與源極或汲極電極 142a 等的材料類似。

透過上述步驟，以製成電晶體 162 和電容器 164。電晶體 162 包括高度純化的包含過量氧的晶體氧化物半導體膜 144，其中，氧缺乏被過量氧所填充。因此，電晶體 162 的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。電容器 164 包括源極或汲極電極 142a、晶體氧化物半導體膜 144

、閘極絕緣膜 146 和電極層 153。

應注意圖 12A-12C 的電容器 164 中，採用晶體氧化物半導體膜 144 和閘極絕緣膜 146 的堆疊結構，可以充分確保源極或汲極電極 142a 與電極層 153 之間的絕緣。無需多言，可以使用不含晶體氧化物半導體膜 144 的電容器 164 而得到足夠的電容量。或者，可以使用包括其他絕緣膜的電容器 164。再或者，在不需要電容器的情況下可以省略電容器 164。

圖 12C 是包括作為記憶元件的半導體裝置的電路圖的實例。在圖 12C 中，電晶體 162 的源極電極和汲極電極的其中一個、電容器 164 的其中一個電極和電晶體 140 的閘極電極彼此電連接。第一導線（第一線，也稱為源極線）與電晶體 140 的源極電極電連接。第二導線（第二線，也稱為位線）與電晶體 140 的汲極電極電連接。第三導線（第三線，也稱為第一信號線）與電晶體 162 的源極電極和汲極電極中的另一個電連接。第四導線（第四線，也稱為第二信號線）與電晶體 162 的閘極電極電連接。第五導線（第五線，也稱為字線）與電晶體 164 的其他電極電連接。

使用氧化物半導體所形成的電晶體 162 具有極小的斷態電流；因此，當電晶體 162 係處於斷態時，電晶體 162 的源極電極和汲極電極的其中一個、電容器 164 的其中一個電極和電晶體 140 的閘極電極彼此電連接的節點（以下稱為節點 FG）電位可以保持極長時間。電容器 164 有助於保持施用於節點 FG 的電荷和讀取儲存資料。

在半導體裝置中儲存資料（寫入）時，第四導線的電位係設定為打開電晶體 162 時的電位，從而將電晶體 162 打開。因此，向節點 FG 供應第三導線的電位，在節點 FG 處累積預定量的電荷。此時，施加兩種不同電位位準的電荷（以下稱為低位準電荷和高位準電荷）。之後，第四導線的電位設定為關閉電晶體 162 時的電位，從而將電晶體 162 關閉。因此，在節點 FG 處保持預定的電荷。在節點 FG 處累積並保持預定量的電荷，因此儲存單元可以儲存資料。

由於電晶體 162 的斷態電流極小，可以長時間保持施用於節點 FG 的電荷。因此，刷新操作變得不必要，或者可以極大地減少刷新操作的頻率，使得功耗明顯降低。此外，即使不供電時，也可以長時間保持儲存資料。

當讀出（讀取）儲存資料時，向第一導線供給預定電位（固定電位），向第五導線供給適當的電位（讀取電位），根據節點 FG 保持的電荷量，電晶體 140 改變其狀態。這通常是由於電晶體 140 是 n-通道電晶體時，節點 FG 處保持高位準電荷的情況下電晶體 140 的表觀閾值（*apparent threshold value*） V_{th_H} 低於節點 FG 處保持低位準電荷的情況下電晶體 140 的表觀閾值 V_{th_L} 。本文中，表觀閾值表示打開電晶體 140 所需的第五導線的電位。因此將第五導線的電位設定為 V_{th_H} 和 V_{th_L} 之間的電位 V_0 ，可以確定節點 FG 保持的電荷。例如，在向導線施加高位準電荷的情況下，將第五導線的電位設定為 V_0 ($>V_{th_H}$)

）時，電晶體 140 被打開。在向導線施加低位準電荷的情況下，即使將第五導線的電位設定為 $V_0 (< V_{th_L})$ 時，電晶體 140 仍保持斷態。以這樣的方式，透過控制第五導線的電位和確定電晶體是否處於打開狀態或斷態（讀取第二導線的電位），可以讀取儲存資料。

此外，為了重新寫入儲存資料，向保持上述寫入步驟中施加的預定量電荷的節點 FG 供應新電位，以使節點 FG 中保持新資料的電荷。具體地說，第四導線的電位設定為打開電晶體 162 時的電位，從而將電晶體 162 打開。因此，向節點 FG 供應第三導線的電位（用於新資料的電位），在節點 FG 處累積預定量的電荷。之後，第四導線的電位設定為關閉電晶體 162 時的電位，從而將電晶體 162 關閉。因此，在節點 FG 處保持新資料的電荷。換言之，節點 FG 處保持第一寫入步驟中施加的預定量電荷時，進行與第一寫入步驟同樣的操作（第二寫入），從而可以改寫儲存資料。

使用高度純化的並包含過量氧的氧化物半導體膜作為晶體氧化物半導體膜 144 可以明顯地降低本實施例所述的電晶體 162 的斷態電流。此外，使用這種電晶體，可以獲得能保持極長時間儲存資料的半導體裝置。

如上所述，包括這種含填充氧乏的過量氧的高度純化的晶體氧化物半導體膜的電晶體的電學特性變化較小，因此是電學穩定的。因此，使用所述電晶體可以提供高度可靠的半導體裝置。

本實施例中所述的構造和方法等可以適當地與其他實施例中所述的構造和方法等結合使用。

[實施例 14]

根據本說明書所揭示之發明製造的半導體裝置可以應用於多種電子裝置（包括娛樂機）。電子裝置的例子有電視機裝置（也稱為電視機或電視接收機），電腦監視器等，照相機如數位照相機或數位攝像機，數位相框，手持式移動電話（也稱為移動式電話或移動式電話設備），攜帶型遊戲機，攜帶型資訊終端，音響播放裝置，大型遊戲機如彈球盤機等。以下將描述分別包括上述實施例所述的半導體裝置的電子裝置的實施例。

圖 16A 示出個人筆記型電腦，它包括主體 3001、外殼 3002、顯示部分 3003、鍵盤 3004 等。將任意實施例 1-13 所述的半導體裝置應用於顯示部分 3003，從而可以提供高度可靠的個人筆記型電腦。

圖 16B 是個人數位助理（PDA），它的主體 3021 中包括顯示部分 3023、外部介面 3025、操作按鈕 3024 等。提供觸筆 3022 作為操作配件。將任意實施例 1-13 所述的半導體裝置應用於顯示部分 3023，從而可以提供高度可靠的個人數位助理（PDA）。

圖 16C 示出電子書的一個實例。例如，電子書包含兩個外殼，外殼 2701 與外殼 2703。所述外殼 2701 與外殼 2703 透過絞鏈 2711 而相連接，這樣所述電子書可以使用

絞鏈作為軸而打開並關閉。透過該結構，可以像紙質書一樣地操作電子書。

顯示器部分 2705 係結合在外殼 2701 中，顯示器部分 2707 係結合在外殼 2703 中。顯示部分 2705 與顯示部分 2707 可以顯示同一影像或者不同影像。例如，當顯示部分顯示不同影像時，可以在右邊顯示部分（圖 16C 中的顯示部分 2705）顯示文字而在左邊顯示部分（圖 16C 中的顯示部分 2707）顯示影像。將任意實施例 1-13 所述的半導體裝置應用於顯示部分 2705 和顯示部分 2707，從而可以提供高度可靠的電子書。使用半透射（transflective）或反射液晶顯示裝置作為顯示部分 2705 的情況下，可以在比較明亮的環境下使用電子書；因此，可以提供太陽能電池，這樣的太陽能電池可以產生電力並由電池充電。使用鋰離子電池作為電池時，具有減少尺寸等優點。

此外，圖 16C 示出設置有操作部分等的外殼 2701 的實例。例如，所述外殼 2701 係設置有電源開關 2721、操作鍵 2723 以及揚聲器 2725 等。可以透過操作鍵 2723 來翻頁。應注意，可以在外殼中顯示部分的同側設置鍵盤、指向裝置等。此外，可以在外殼的後表面或側表面上設置外部連接終端（例如，耳機終端、USB 終端）、記錄媒體插入部分等。此外，電子書可起到電子詞典的功能。

此外，所述電子書可以構造成能無線發送並接收資訊。電子書可以具有從電子書服務商無線購買並下載所希望的書本資料的結構。

圖 16D 示出移動式電話，它包括兩個外殼，外殼 2800 和外殼 2801。外殼 2801 包括顯示面板 2802，揚聲器 2803，麥克風 2804，指向裝置 2806，鏡頭 2807 和外部連接終端 2808 等。此外，外殼 2800 包括具有對移動式電話充電的太陽能電池 2810 和外部記憶體插槽 2811 等。此外，外殼 2801 中結合有天線。將任意實施例 1-13 所述的半導體裝置應用於顯示面板 2802，從而可以提供高度可靠的移動式電話。

此外，顯示面板 2802 包括觸控面板。圖 16D 中虛線表示顯示影像的多個操作鍵 2805。應注意還包括升壓電路，透過升壓電路而使太陽能電池 2810 輸出的電壓增大至足以用於各個電路。

顯示面板 2802 根據應用模式適當改變顯示的方向。此外，在顯示面板 2802 的同一側設置攝像頭 2807，這樣的移動式電話可以用作為可視電話。揚聲器 2803 和麥克風 2804 可以使用於可視電話呼叫、記錄和播放聲音等，以及聲訊呼叫。此外，如圖 16D 所示，外殼 2800 和 2801 被開發成可以滑動的狀態，以使彼此重疊。因此，可以減小移動式電話的尺寸，使得移動式電話適於攜帶。

外部連接終端 2808 可以與 AC 轉接器和多種線纜如 USB 線纜相連接，可以透過個人電腦等進行充電並與個人電腦資料通信。此外，透過向外部記憶體插槽 2811 插入記錄媒體，移動式電話可以儲存並傳送大量資料。

此外，除了上述功能之外，可以提供紅外通信功能，

電視接收功能等。

圖 16E 示出數位攝像機，它包括主體 3051、顯示部分 (A) 3057、目鏡 3053、操作開關 3054、顯示部分 (B) 3055 和電池 3056 等。將任意實施例 1-13 所述的半導體裝置應用於顯示部分 (A) 3057 和顯示部分 (B) 3055，從而可以提供高度可靠的攝像機。

圖 16F 顯示電視機裝置的一個例子。在電視機裝置中，顯示器部分 9603 被安裝在外殼 9601 之內。所述顯示器部分 9603 可以顯示影像。這裏，所述外殼 9601 藉由支架 9605 來予以支撐。將任意實施例 1-13 所述的半導體裝置應用於顯示部分 9603，從而可以提供高度可靠的電視機裝置。

可以用外殼 9601 的操作開關或者獨立的遙控器操縱所述電視機裝置。另外，可以在所述遙控器上提供顯示器部分，用來顯示從遙控器輸出的顯示資料。

注意，電視機裝置係設置有接收器、數據機等。使用接收器，電視機裝置可以接收一般的電視廣播。另外，當透過數據機而將電視機裝置與有線或無線通信網路連接的時候，可以進行單向（從發送者到接收者）、或雙向（在發送者與接收者之間，在接收者之間）資訊通訊。

本實施例可以與任一其他實施例適當組合地予以實施。

[實例]

本實例中，對在根據本發明所揭示之一個實施例的半

導體裝置中用作爲阻隔膜的氧化鋁膜性質進行評估。結果係顯示於圖 17A1, 17A2, 17B1 和 17B2, 圖 18A1, 18A2, 18B1 和 18B2, 圖 19A-19D 以及圖 20A-20D 中。使用二次離子質譜法 (SIMS) 和熱解吸譜 (TDS) 作爲評估方法。

首先, 描述透過 SIMS 分析的評估。對於比較實例, 以透過濺射法在玻璃基板之上形成厚度爲 100 納米的氧化矽膜的方式而得到比較樣品 A。對於實例, 透過濺射法而在玻璃基板之上形成厚度爲 100 納米的氧化矽膜, 並透過濺射法在氧化矽膜之上形成厚度爲 100 納米的氧化鋁膜的方式而得到實例樣品 A。

對於各比較樣品 A 和實例樣品 A, 在以下條件下形成氧化矽膜: 使用氧化矽 (SiO_2) 靶材作爲靶材, 玻璃基板與靶材之間的距離爲 60 毫米, 壓力爲 0.4 帕, 功率爲 1.5 kW, 氛圍爲氧氣氛圍 (氧氣流速爲 50 sccm) 以及基板溫度爲 100°C 。

對於實例樣品 A, 在以下條件下形成氧化鋁膜: 使用氧化鋁 (Al_2O_3) 靶材作爲靶材, 玻璃基板與靶材之間的距離爲 60 毫米, 壓力爲 0.4 帕, 功率爲 1.5 kW, 氛圍爲包含氫氣和氧氣的混合氛圍 (氫氣流速爲 25 sccm 且氧氣流速爲 25 sccm) 以及基板溫度爲 250°C 。

比較樣品 A 和實例樣品 A 各自進行高壓爐測試 (PCT)。在本實例的 PCT 中, 比較樣品 A 和實例樣品 A 在以下條件下保持 100 小時: 溫度爲 130°C , 濕度爲 85%, 氛圍爲 H_2O (水) : D_2O (重水) = 3:1 的氛圍, 氣壓爲 2.3

atm (0.23 MPa) 。

對於 SIMS 分析，使用基板側深度分佈 (SSDP) SIMS 測量在 PCT 之前和之後比較樣品 A 和實例樣品 A 的 H 原子和 D (氘) 原子濃度。應注意，D (氘) 原子是氫的一種同位素，由化學符號 ^2H 來予以表示。

圖 17A1 顯示在 PCT 之前比較樣品 A 的 H 原子和 D 原子濃度分佈，圖 17A2 顯示在 PCT 之後比較樣品 A 的 H 原子和 D 原子濃度分佈，均採用 SIMS 分析而得到。在圖 17A1 和 17A2 中，D-原子預期濃度分佈是，基於 D 原子的豐度比為 0.015% 的假設，由 H-原子濃度分佈計算得到的自然界中存在的 D-原子濃度分佈。因此，透過 PCT 混入樣品的 D 原子量等於 PCT 之後測得的 D-原子濃度和 PCT 之後 D-原子預期濃度之差。圖 17B1 顯示 PCT 之前的 D-原子濃度分佈，它透過從測量的 D-原子濃度中減去 D-原子預期濃度而得到，圖 17B2 顯示 PCT 之後的 D-原子濃度分佈，它透過從測量的 D-原子濃度中減去 D-原子預期濃度而得到。

以類似的方式，圖 18A1 顯示在 PCT 之前實例樣品 A 的 H 原子和 D 原子濃度分佈，圖 18A2 顯示在 PCT 之後實例樣品 A 的 H 原子和 D 原子濃度分佈，均採用 SIMS 分析而得到。此外，圖 18B1 顯示 PCT 之前的 D-原子濃度分佈，它透過從測量的 D-原子濃度中減去 D-原子預期濃度得到，圖 18B2 顯示 PCT 之後的 D-原子濃度分佈，它透過從測量的 D-原子濃度中減去 D-原子預期濃度而得到。

應注意本實例中 SIMS 分析的所有結果使用氧化矽膜的標準樣品來進行定量。

如圖 17A1, 17A2, 17B1 和 17B2 所示，當 PCT 之前的測得的 D-原子濃度分佈與 D-原子預期濃度分佈重疊時，PCT 之後測得的 D-原子濃度明顯增加；相應地，發現 D 原子混入氧化矽膜。因此，確認比較樣品的氧化矽膜對外部水分（ H_2O 和 D_2O ）的阻隔性低。

相反地，如圖 18A1, 18A2, 18B1 和 18B2 所示，對於氧化鋁膜被堆疊在氧化矽膜之上的實例樣品 A，發現僅少量 D 原子透過 PCT 進入氧化鋁膜的表面，並且 D 原子沒有進入深度約 30 納米或更深的氧化鋁膜，也沒有進入氧化矽膜。因此，確認氧化鋁膜對外部水分（ H_2O 和 D_2O ）的阻隔性高。

以下示出透過 TDS 分析的評估。對於實例樣品，透過濺射法而在玻璃基板之上形成厚度為 100 納米的氧化矽膜，並透過濺射法而在氧化矽膜之上形成厚度為 20 納米的氧化鋁膜的方式而得到實施例樣品 B。此外，對於比較實例，在透過 TDS 分析對實例樣品 B 進行測量之後，去除氧化鋁膜，僅留氧化矽膜在玻璃基板之上，透過這種方式而製造比較樣品 B。

對於各比較樣品 B 和實例樣品 B，在以下條件下形成氧化矽膜：使用氧化矽（ SiO_2 ）靶材作為靶材，玻璃基板與靶材之間的距離為 60 毫米，壓力為 0.4 帕，功率為 1.5 kW，氛圍為氧氣氛圍（氧氣流速為 50 sccm）以及基板溫

度為 100°C 。

對於實例樣品 B，在以下條件下形成氧化鋁膜：使用氧化鋁 (Al_2O_3) 靶材作為靶材，玻璃基板與靶材之間的距離為 60 毫米，壓力為 0.4 帕，功率為 1.5 kW，氛圍為包含氬氣和氧氣的混合氛圍（氬氣流速為 25 sccm 且氧氣流速為 25 sccm）以及基板溫度為 250°C 。

進一步分別在 300°C 、 450°C 和 600°C 條件下進行熱處理來製造其他三種比較樣品 B 和實例樣品 B。在氮氣氛圍下對各樣品進行熱處理 1 小時。

對在四種不同條件（不採用熱處理， 300°C 熱處理、 450°C 熱處理和 600°C 熱處理）下製得的四種比較樣品 B 和四種實例樣品 B 進行 TDS 分析。圖 19A 顯示未進行熱處理的比較樣品 B 的 TDS 結果，圖 19B 顯示在 300°C 進行熱處理的比較樣品 B 的 TDS 結果，圖 19C 顯示在 450°C 進行熱處理的比較樣品 B 的 TDS 結果，圖 19D 顯示在 600°C 進行熱處理的比較樣品 B 的 TDS 結果，各自均在 $M/z=32$ (O_2) 條件下進行。此外，圖 20A 顯示未進行熱處理的實例樣品 B 的 TDS 結果，圖 20B 顯示在 300°C 進行熱處理的實例樣品 B 的 TDS 結果，圖 19C 顯示在 450°C 進行熱處理的實例樣品 B 的 TDS 結果，和圖 19D 顯示在 600°C 進行熱處理的實例樣品 B 的 TDS 結果，各自均在 $M/z=32$ (O_2) 的條件下進行。

如圖 19A-19D 所示，圖 19A 中可以看出氧從未經熱處理的比較樣品 B 的氧化矽膜中被釋放出，但圖 19B 中在

300℃進行熱處理的比較樣品 B 的氧釋放量明顯減少，變成小於或等於圖 19C 中在 450℃進行熱處理的比較樣品 B 和圖 19D 中在 600℃進行熱處理的比較樣品 B 的 TDS 測試的背景位準。

圖 19A-19D 的結果顯示氧化矽膜中包含的等於或大於 90%的過量氧透過 300℃熱處理而被釋放到氧化矽膜外，實質上氧化矽膜中包含的所有過量氧透過 450℃和 600℃熱處理而被釋放到氧化矽膜外。因此，確認氧化矽膜相對於氧具有低的阻隔性。

相反地，如圖 20A-20D 所示，無論是否進行熱處理還是在 300℃、450℃和 600℃進行熱處理，每種實例樣品 B 的氧釋放量實質上相同，所述實例樣品 B 中在氧化矽膜之上形成氧化鋁膜。

圖 20A-20D 的結果顯示，在氧化矽膜之上形成氧化鋁膜時，氧化矽膜中包含的過量氧不容易透過熱處理而被釋放到外部，並且有效地保持氧化矽膜中包含過量氧的狀態。因此，確認氧化鋁膜相對於氧具有高的阻隔性。

上述結果確認氧化鋁膜同時具有對氫和水分的高阻隔性和對氧的高阻隔性，適合用作為對氫、水分和氧的阻隔膜。

因此，在包括氧化物半導體膜的電晶體的製造過程之中或之後，氧化鋁膜用作為保護膜，其防止引起特性變化的雜質如氫或水分進入氧化物半導體膜並且防止氧化物半導體的主要組成材料氧從氧化物半導體膜中被釋放出。

因此，由於雜質如氫和水分不會進入晶體氧化物半導體膜，所述晶體氧化物半導體膜具有高純度，並且由於氧不能從其中被釋放出，所述晶體氧化物半導體膜具有氧含量超過晶體狀態時氧化物半導體中化學計量比的區域。相應地，透過將所述晶體氧化物半導體膜用於電晶體，可以減少由於氧缺乏導致的電晶體閾值電壓 V_{th} 的偏差和閾值電壓的改變 (ΔV_{th})。

此申請案係基於 2011 年 5 月 19 日向日本專利局提出申請的日本專利申請案第 2011-112837 號，其整個內容透過引用而被結合於此。

【圖式簡單說明】

圖 1A-1E 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 2A-2E 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 3A-3E 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 4A-4E 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 5A-5F 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 6A-6E 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 7A-7E 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 8A-8F 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 9A-9C 示出半導體裝置和製作所述半導體裝置的方法的一個實施例。

圖 10A-10D 示出半導體裝置的實施例。

圖 11A-11C 示出半導體裝置的實施例。

圖 12A-12C 示出半導體裝置的一個實施例。

圖 13A-13C 示出半導體裝置的實施例。

圖 14A 和 14B 示出半導體裝置的實施例。

圖 15A-15B 示出半導體裝置的一個實施例。

圖 16A-16F 示出電子裝置。

圖 17A1, 17A2, 17B1 和 17B2 示出比較實例樣品 A 的 SIMS 測試結果。

圖 18A1, 18A2, 18B1 和 18B2 示出比較實例樣品 A 的 SIMS 測試結果。

圖 19A-19D 示出比較實例樣品 B 的 TDS 測試結果。

圖 20A-20D 示出比較實例樣品 B 的 TDS 測試結果。

【主要元件符號說明】

400：基板

401：閘極電極層

402：閘極絕緣層

- 403：晶體氧化物半導體膜
- 404a：用作為源極區域的雜質區域
- 404b：用作為汲極區域的雜質區域
- 405a：源極電極層
- 405b：汲極電極層
- 407：絕緣膜
- 410：電晶體
- 410a：電晶體
- 407a：絕緣膜
- 407b：絕緣膜
- 412a：側壁絕緣層
- 412b：側壁絕緣層
- 415：平坦化絕緣膜
- 420：電晶體
- 420a：電晶體
- 430：電晶體
- 431：氧
- 436：絕緣膜
- 440：電晶體
- 440a：電晶體
- 440b：電晶體
- 441：氧化物半導體膜
- 442：閘極絕緣膜
- 443：非晶形氧化物半導體膜

- 450：電晶體
- 450a：電晶體
- 450b：電晶體
- 450c：電晶體
- 491：非晶形氧化物半導體膜
- 492：島狀的非晶形氧化物半導體膜
- 106：元件隔離絕緣層
- 108：閘極絕緣膜
- 110：閘極電極
- 116：通道形成區域
- 120：雜質區域
- 124：金屬化合物區域
- 128：平坦化的絕緣膜
- 130：絕緣膜
- 136a：側壁絕緣層
- 136b：側壁絕緣層
- 140：電晶體
- 142a：源極或汲極電極
- 142b：源極或汲極電極
- 144：晶體氧化物半導體膜
- 146：閘極絕緣膜
- 148：閘極電極層
- 150：絕緣膜
- 152：絕緣膜

- 153：電極層
- 156：導線
- 162：電晶體
- 164：電容器
- 185：基板
- 4001：第一基板
- 4002：圖素部分
- 4003：信號線驅動電路
- 4004：掃描線驅動電路
- 4005：密封劑
- 4006：第二基板
- 4008：液晶層
- 4010：電晶體
- 4011：電晶體
- 4013：液晶元件
- 4015：連接端子電極
- 4016：端子電極
- 4018：可撓性印刷電路（FPC）
- 4018a：可撓性印刷電路（FPC）
- 4018b：可撓性印刷電路（FPC）
- 4019：各向異性導電膜
- 4020：絕緣膜
- 4023：絕緣膜
- 4035：柱狀間隔器

- 4030：第一電極層
- 4031：第二發光層
- 4032：絕緣膜
- 4033：絕緣膜
- 4510：分隔壁
- 4511：電致發光層
- 4513：發光元件
- 4514：填充物
- 601：基板
- 602：光電二極體
- 606a：第一半導體膜
- 606b：第二半導體膜
- 606c：第三半導體膜
- 608：黏合層
- 613：基板
- 631：絕緣膜
- 632：絕緣膜
- 633：中間層絕緣膜
- 634：中間層絕緣膜
- 640：電晶體
- 641：電極層
- 642：電極層
- 643：導電層
- 645：導電層

656 : 電 晶 體
 658 : 光 電 二 極 體 重 設 信 號 線
 659 : 閘 極 信 號 線
 671 : 光 學 感 測 器 輸 出 信 號 線
 672 : 光 學 感 測 器 參 考 信 號 線
 3001 : 主 體
 3002 : 外 殼
 3003 : 顯 示 部 分
 3004 : 鍵 盤
 3021 : 主 體
 3022 : 觸 筆
 3023 : 外 殼
 3024 : 操 作 按 鈕
 3025 : 外 部 介 面
 2701 : 外 殼
 2703 : 外 殼
 2705 : 顯 示 器 部 分
 2707 : 顯 示 器 部 分
 2711 : 絞 鏈
 2721 : 電 源 開 關
 2723 : 操 作 鍵
 2725 : 揚 聲 器
 2800 : 外 殼
 2801 : 外 殼

- 2802：顯示面板
- 2803：揚聲器
- 2804：麥克風
- 2805：操作鍵
- 2806：指向裝置
- 2807：鏡頭
- 2808：外部連接終端
- 2810：太陽能電池
- 2811：外部記憶體插槽
- 3051：主體
- 3053：目鏡
- 3054：操作開關
- 3055：顯示部分（B）
- 3056：電池
- 3057：顯示部分（A）
- 9601：外殼
- 9603：顯示部分
- 9605：支架

七、申請專利範圍：

1.一種半導體裝置的製造方法，其包括以下步驟：

形成絕緣膜；

在該絕緣膜之上形成非晶形氧化物半導體膜；

對該非晶形氧化物半導體膜進行第一熱處理；

在該非晶形氧化物半導體膜之上形成閘極絕緣膜；

在該第一熱處理之後，藉由離子植入方法、離子摻雜方法、或電漿浸入的離子植入方法而將氧添加入該非晶形氧化物半導體膜中，其中，經由該閘極絕緣膜而向該非晶形氧化物半導體膜添加該氧；

在含有添加之氧的非晶形氧化物半導體膜之上形成氧化鋁膜；和

對該含有添加之氧的非晶形氧化物半導體膜進行第二熱處理，以形成包括晶體的氧化物半導體膜，

其中，該非晶形氧化物半導體膜藉由添加該氧之該步驟而具有更均勻的非晶形狀態。

2.一種半導體裝置的製造方法，其包括以下步驟：

形成絕緣膜；

在該絕緣膜之上形成非晶形氧化物半導體膜；

對該非晶形氧化物半導體膜進行第一熱處理；

在該非晶形氧化物半導體膜之上形成氧化鋁膜；

在該第一熱處理之後，藉由離子植入方法、離子摻雜方法、或電漿浸入的離子植入方法，透過該氧化鋁膜而將氧添加入該非晶形氧化物半導體膜中；和

對該含有添加之氧的非晶形氧化物半導體膜進行第二熱處理，以形成包括晶體的氧化物半導體膜，

其中，該非晶形氧化物半導體膜藉由添加該氧之該步驟而具有更均勻的非晶形狀態。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之半導體裝置的製造方法，其中，該氧化物半導體膜中所包括的該晶體具有實質上垂直於表面的 c-軸。

4.如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之半導體裝置的製造方法，另包括在該非晶形氧化物半導體膜之上形成閘極絕緣膜的步驟，

其中，透過該閘極絕緣膜而向該非晶形氧化物半導體膜添加氧。

5.如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之半導體裝置的製造方法，另包括以下步驟：

在該閘極絕緣膜之上形成閘極電極層，

其中，透過該閘極絕緣膜而向該非晶形氧化物半導體膜添加該氧。

6.如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之半導體裝置的製造方法，另包括在添加氧之前，對該非晶形氧化物半導體膜進行熱處理的步驟，以使氫或水分從該非晶形氧化物半導體膜中被釋放出。

7.如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之半導體裝置的製造方法，其中，使用離子植入法而向該非晶形氧化物半導體膜添加氧。

8.如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之半導體裝置的製造方法，另包括在該非晶形氧化物半導體膜與該氧化鋁膜之間形成氧化物絕緣膜的步驟。

八、圖式：

圖 1A

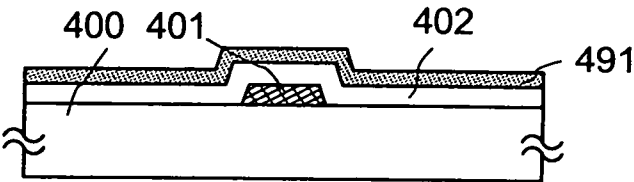


圖 1B

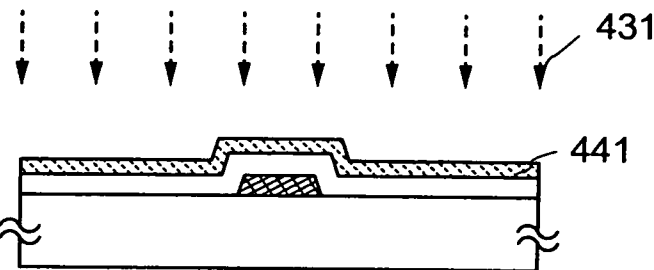


圖 1C

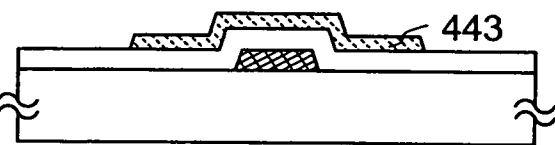


圖 1D

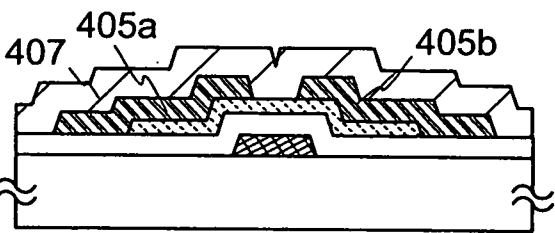


圖 1E

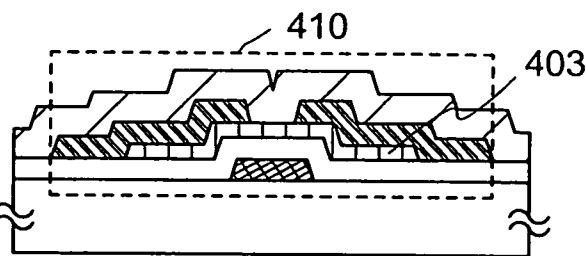


圖 2A

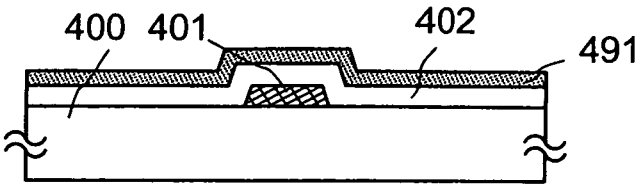


圖 2B

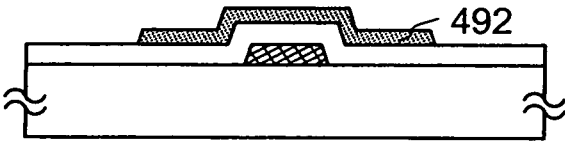


圖 2C

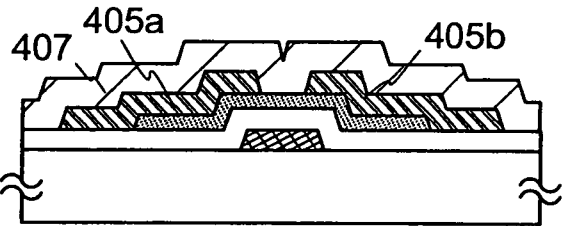


圖 2D

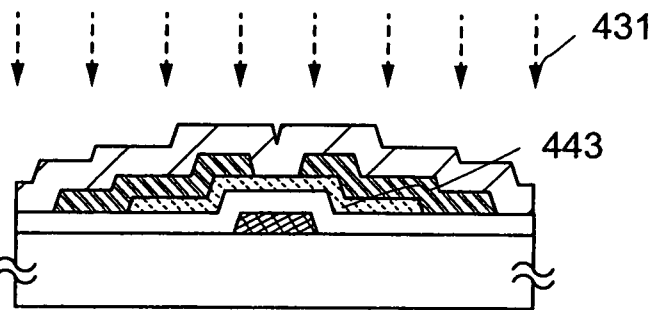


圖 2E

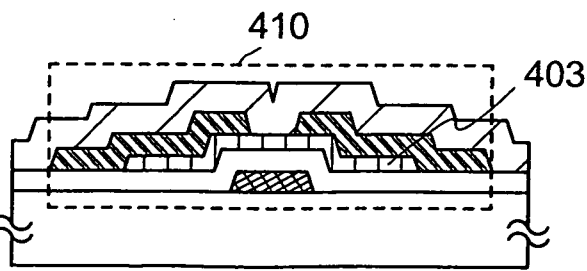


圖 3A

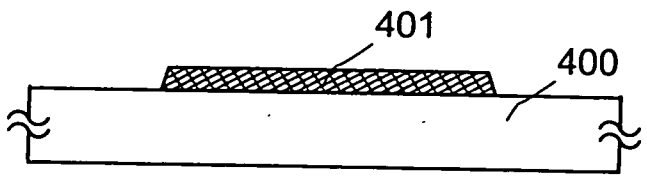


圖 3B

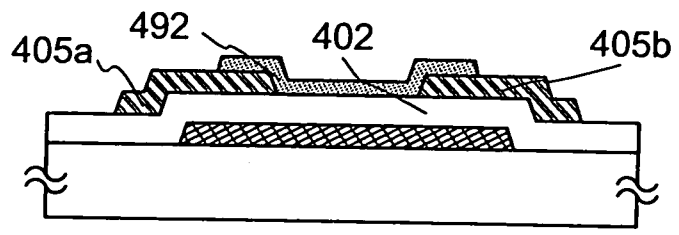


圖 3C

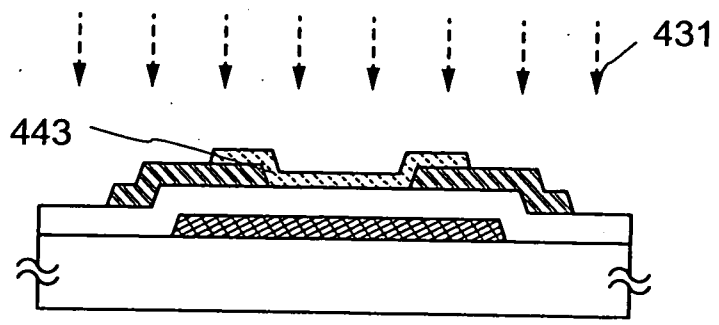


圖 3D

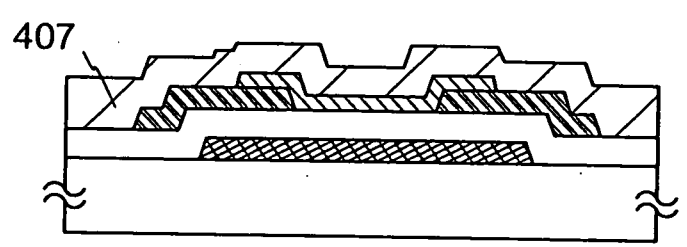


圖 3E

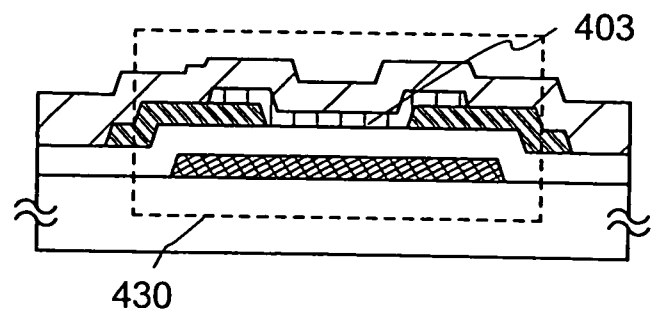


圖 4A

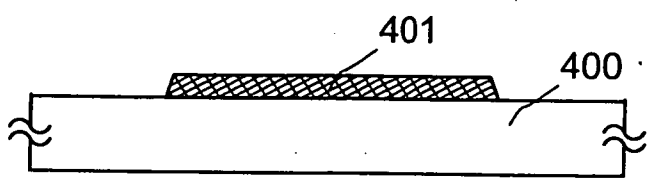


圖 4B

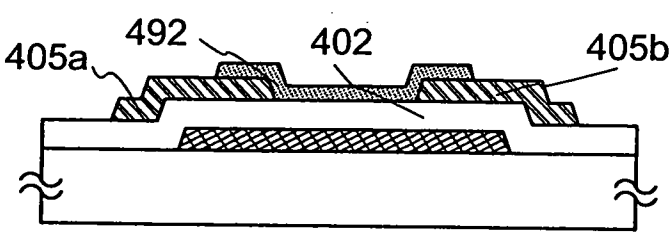


圖 4C

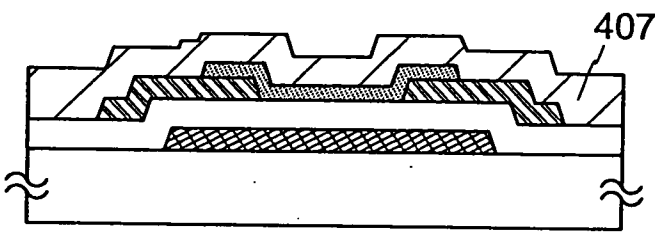


圖 4D

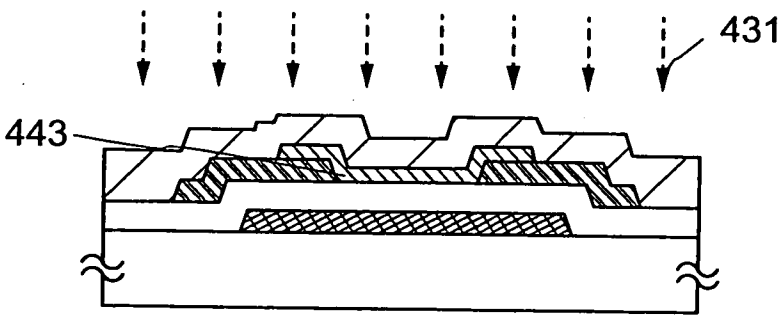


圖 4E

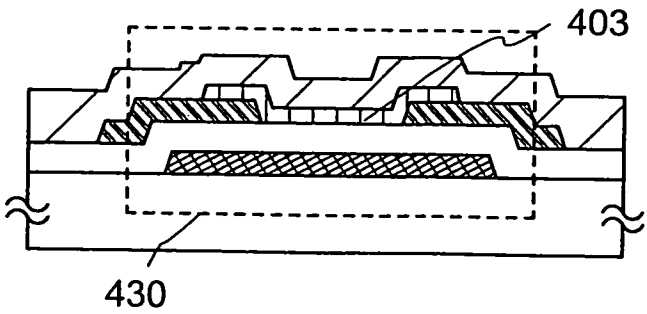


圖 5A

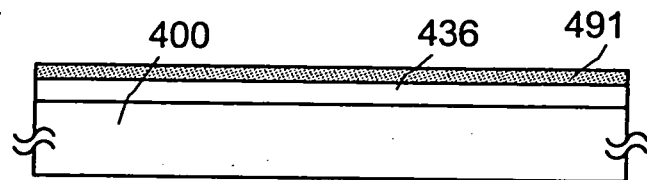


圖 5B

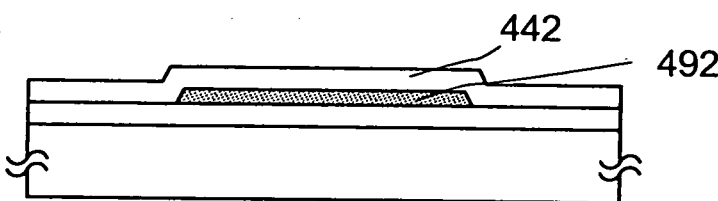


圖 5C

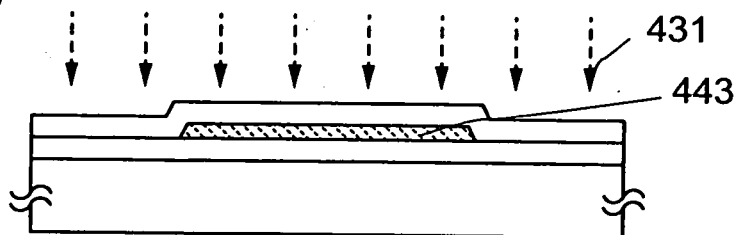


圖 5D

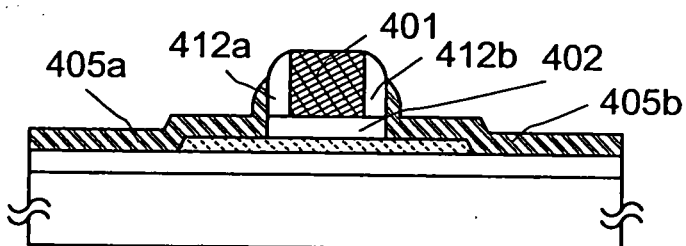


圖 5E

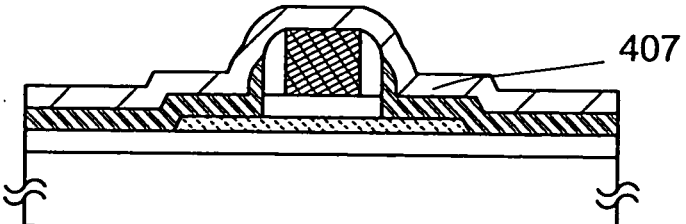


圖 5F

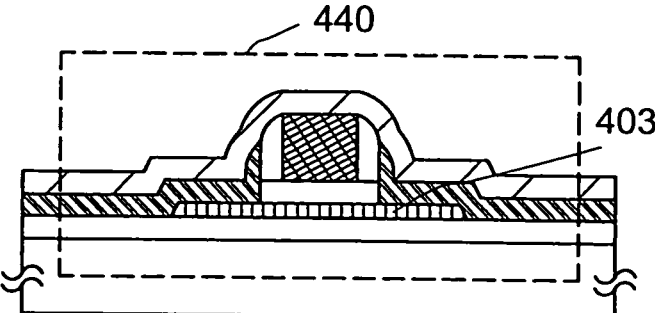


圖 6A

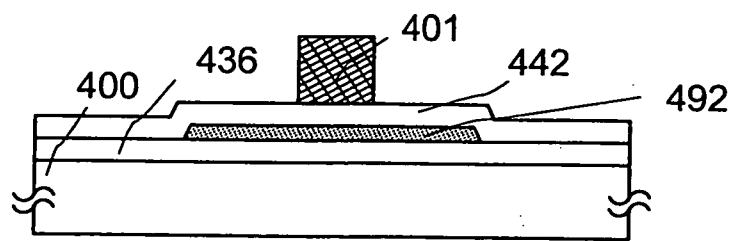


圖 6B

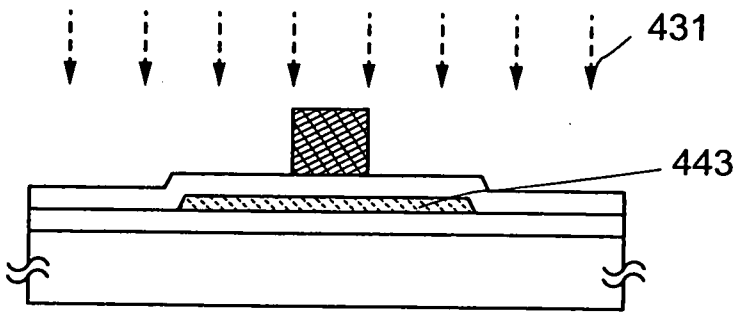


圖 6C

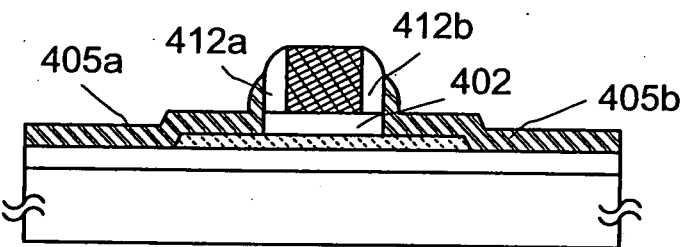


圖 6D

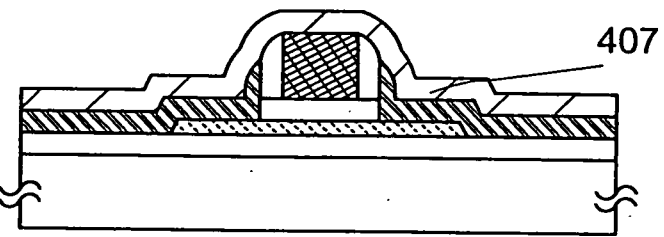


圖 6E

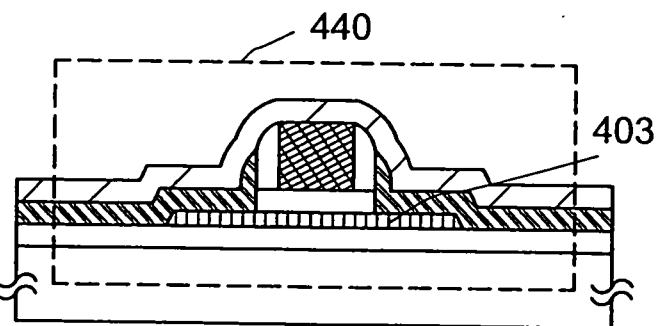


圖 7A

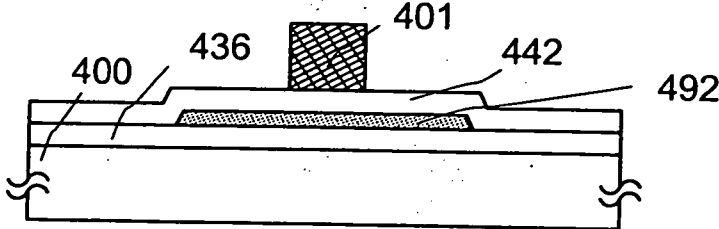


圖 7B

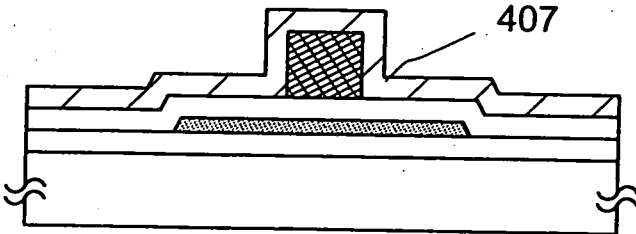


圖 7C

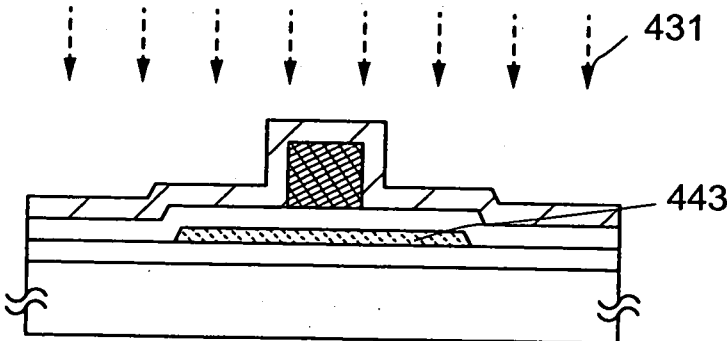


圖 7D

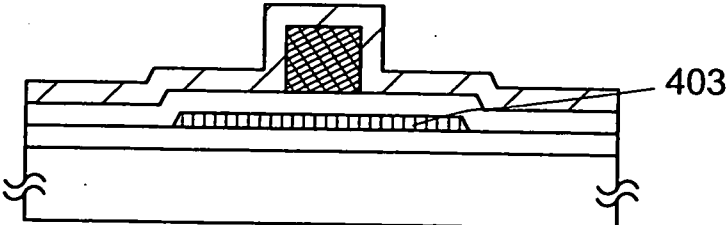


圖 7E

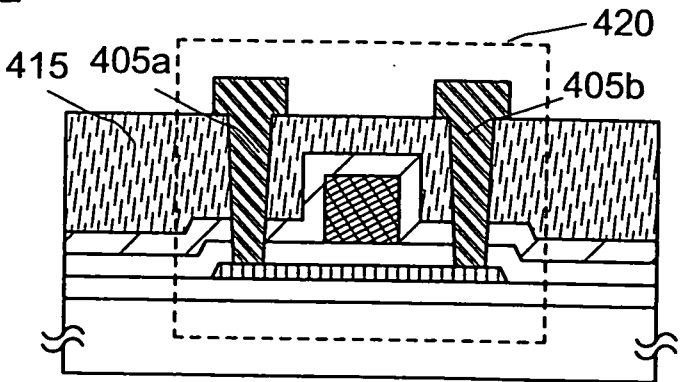


圖 8A

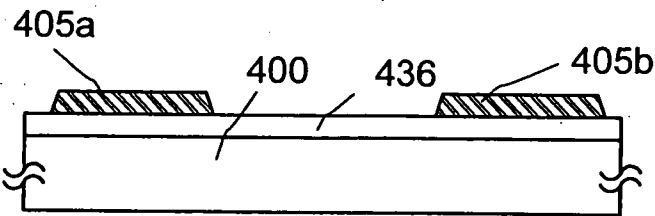


圖 8B

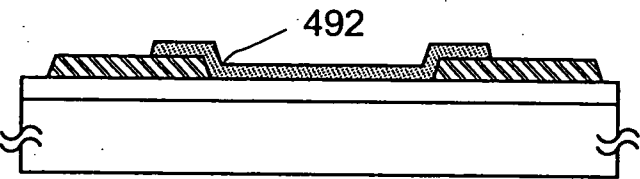


圖 8C

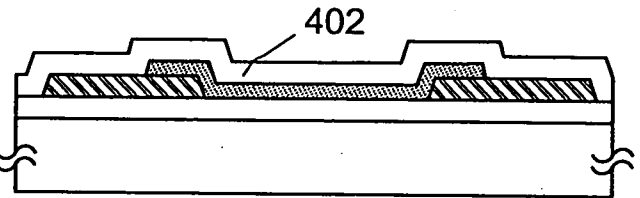


圖 8D

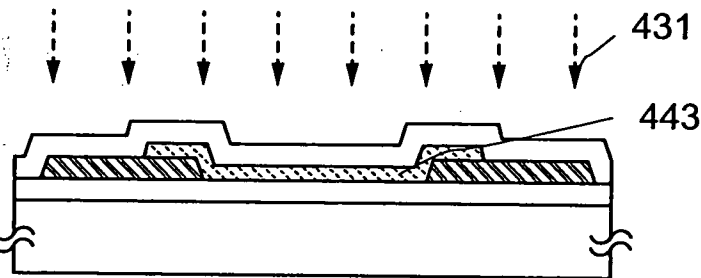


圖 8E

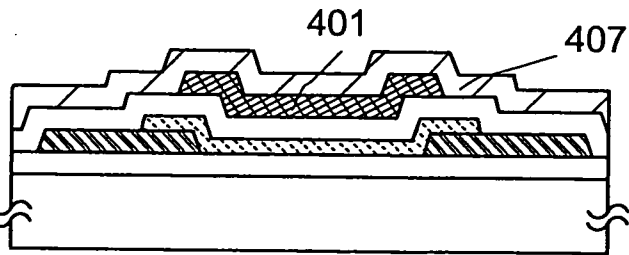


圖 8F

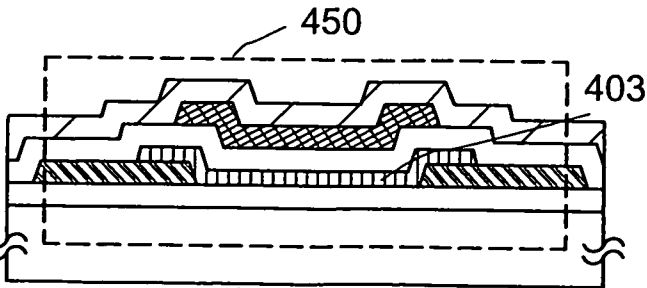


圖 9A

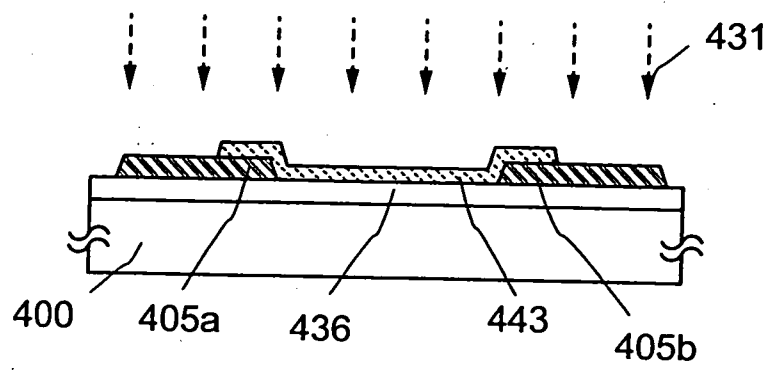


圖 9B

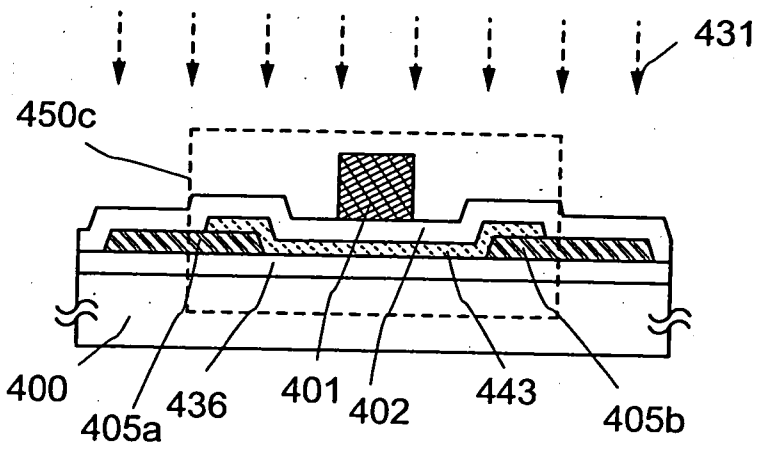


圖 9C

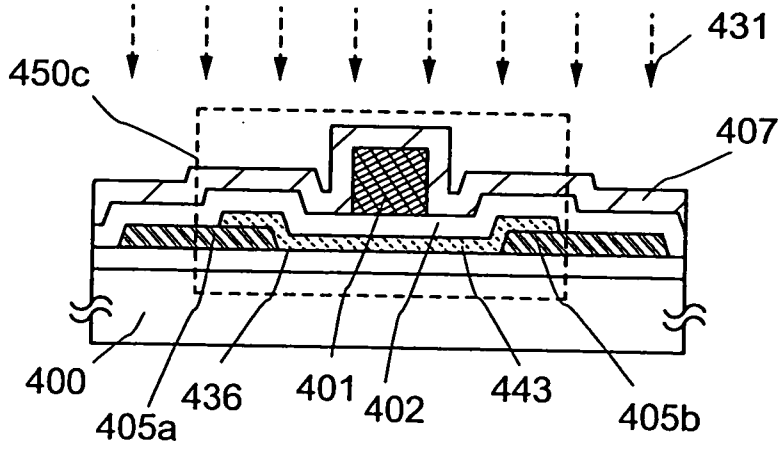


圖 10A

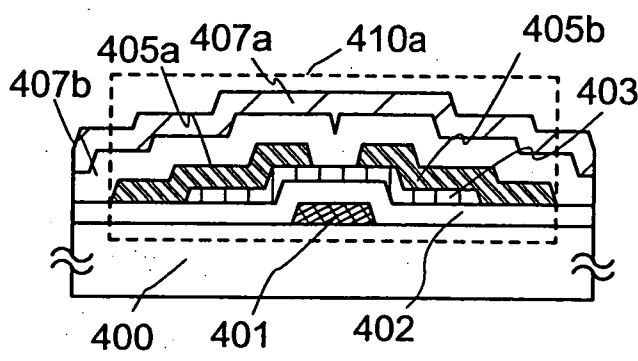


圖 10B

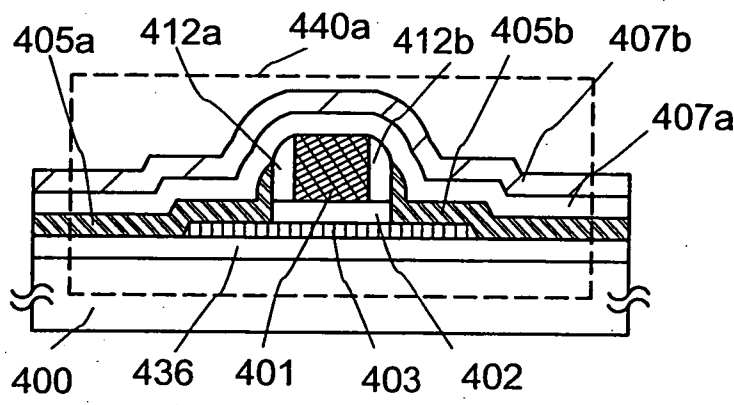


圖 10C

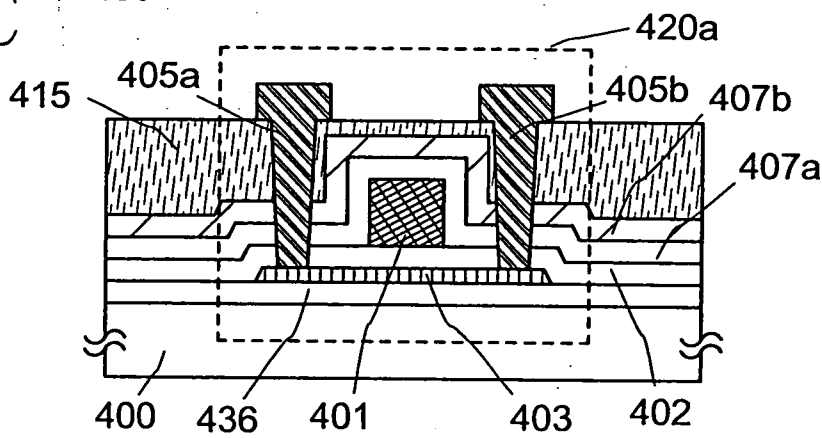


圖 10D

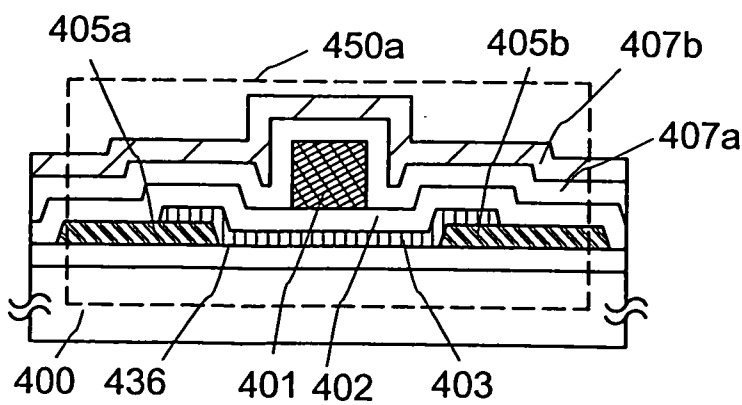


圖 11A

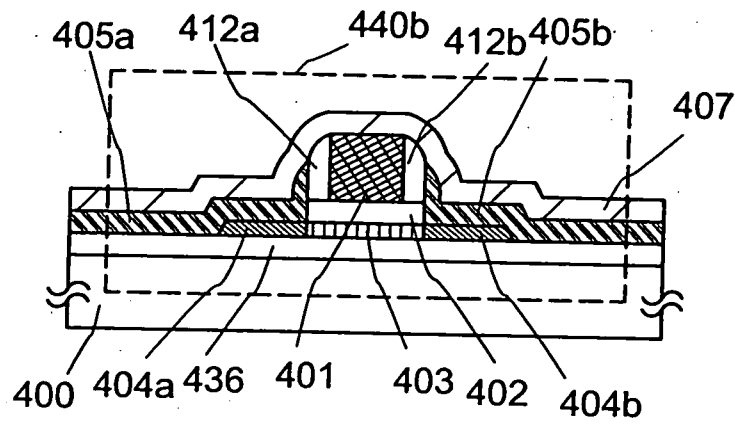


圖 11B

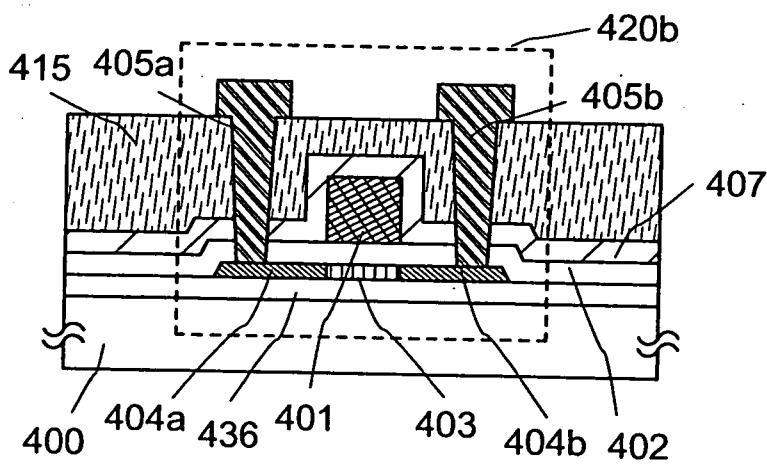
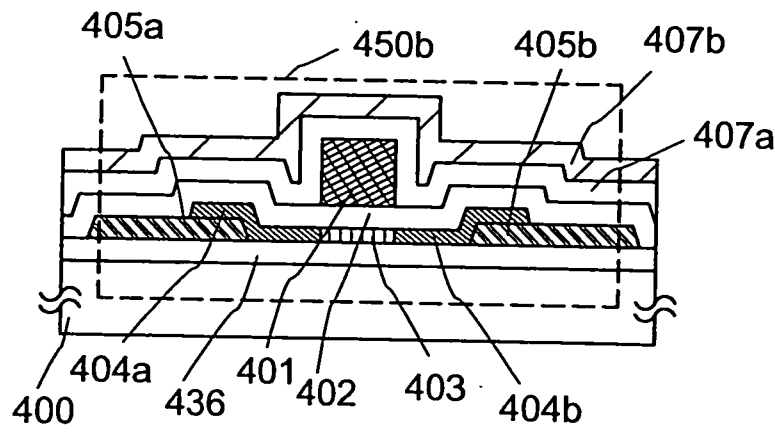


圖 11C



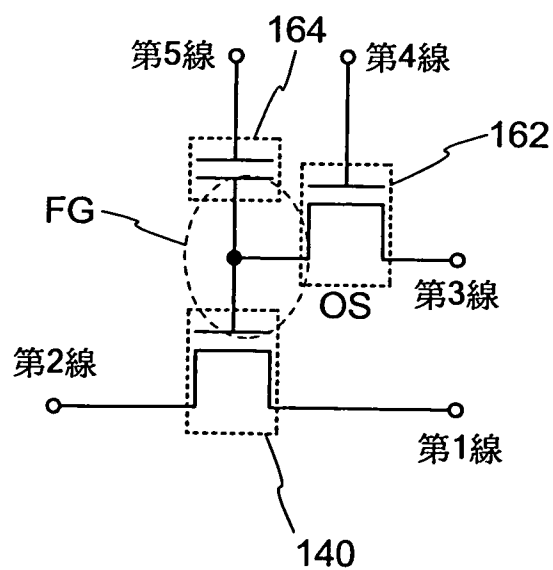
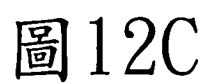
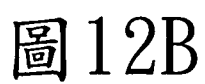


圖 13A

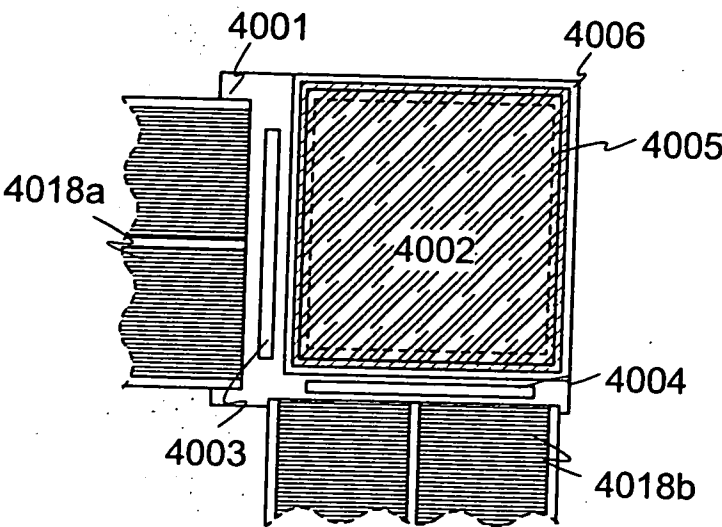


圖 13B

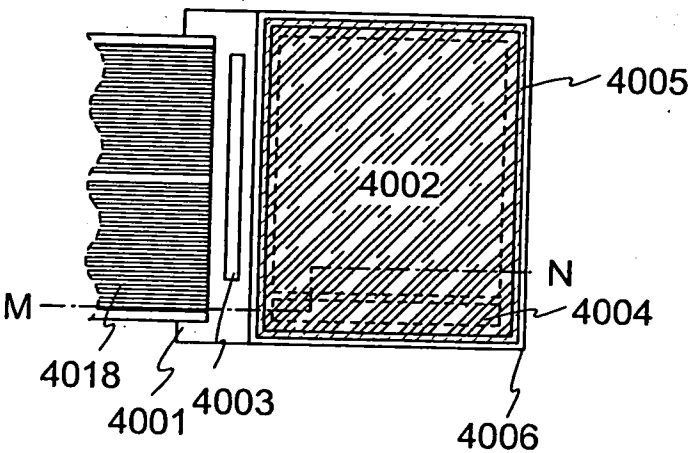


圖 13C

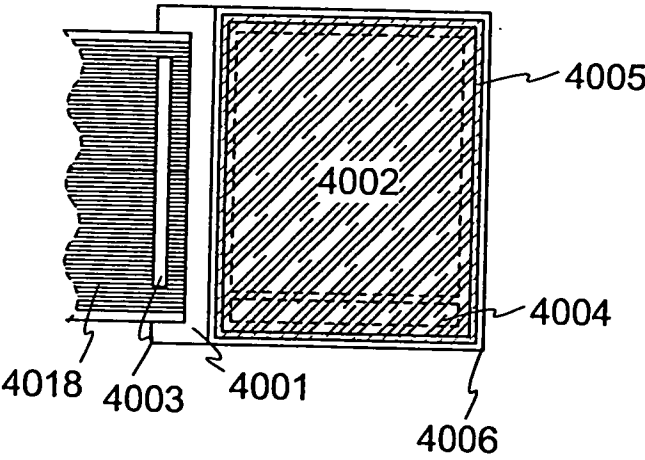


圖14A

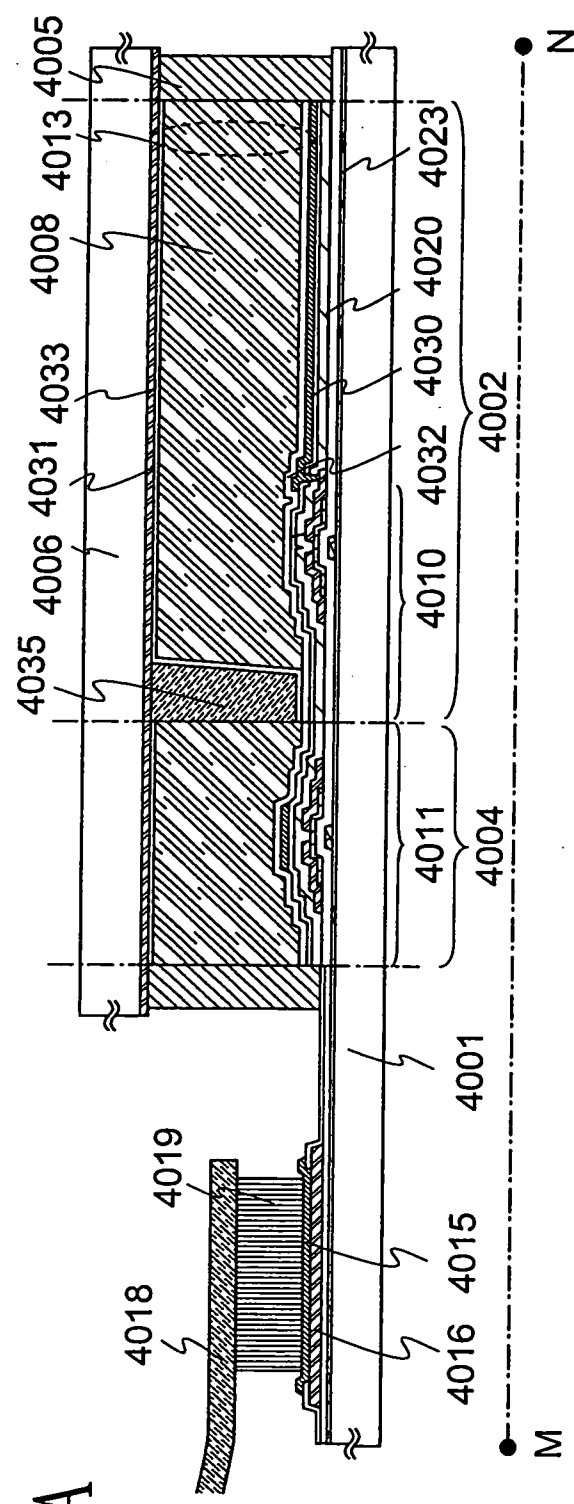


圖14B

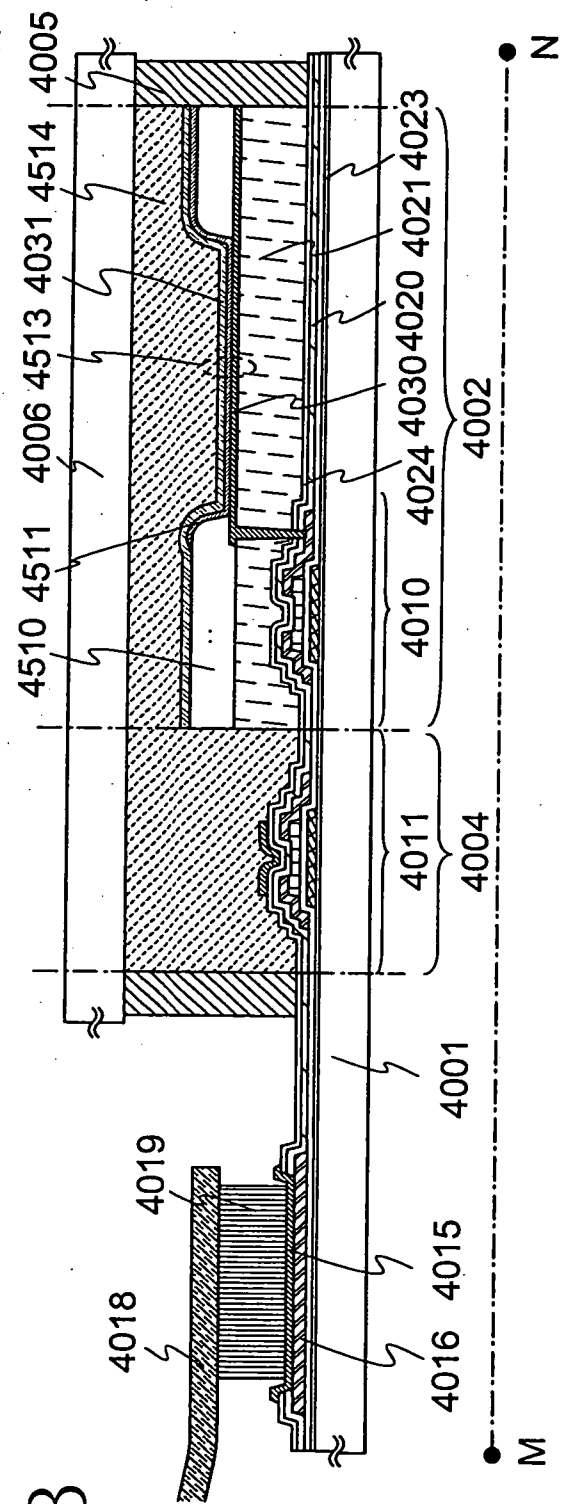


圖15A

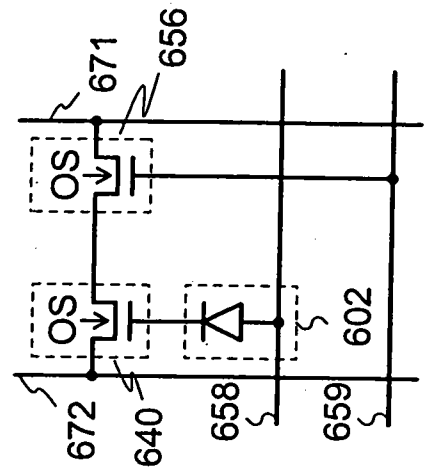


圖15B

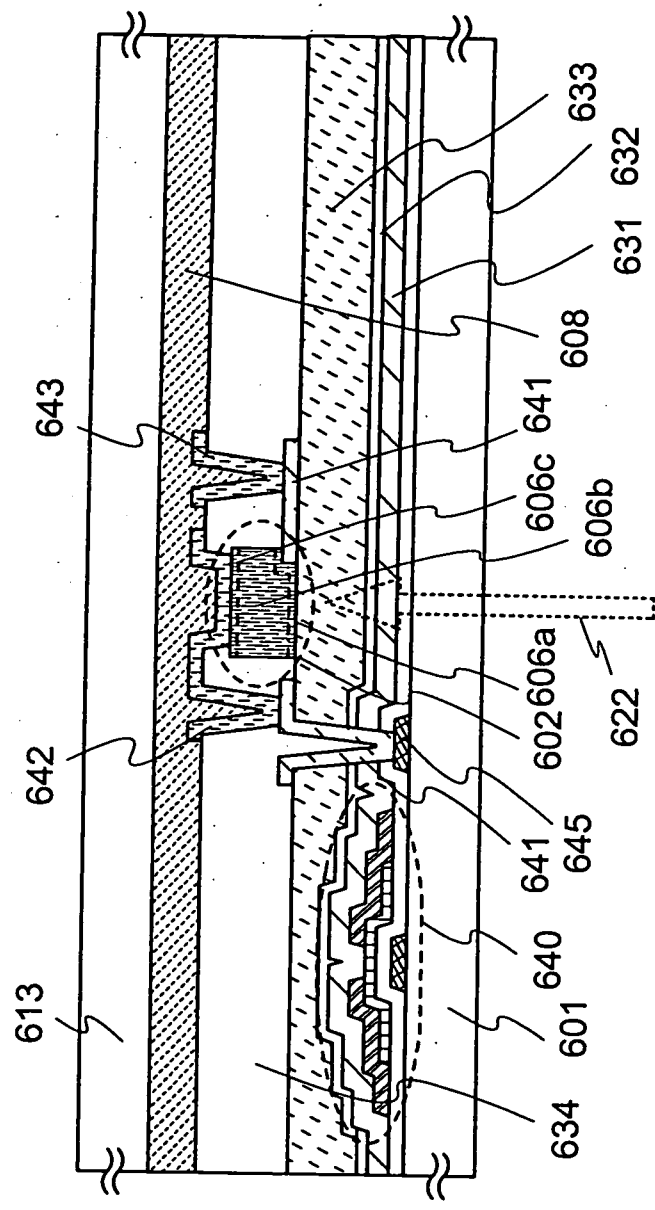


圖 16A

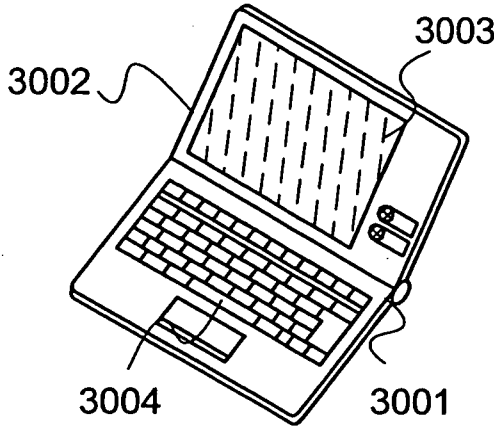


圖 16B

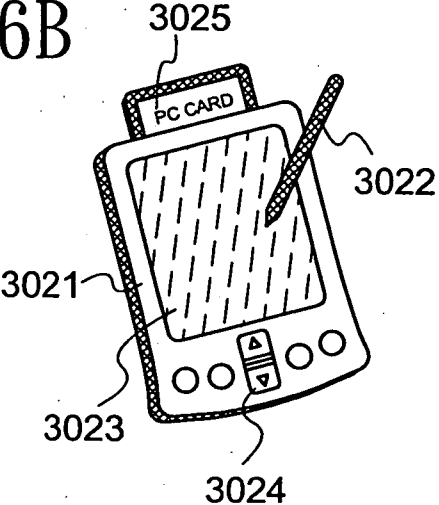


圖 16C

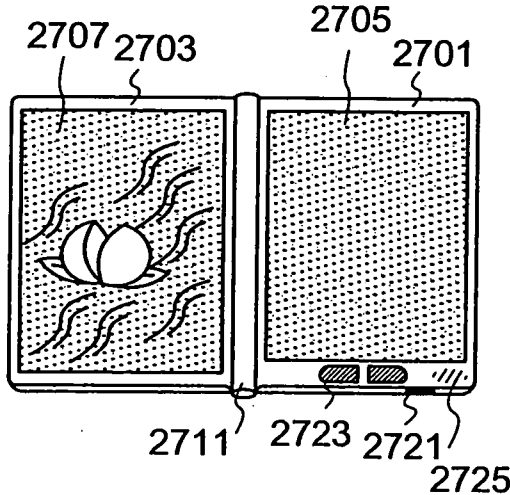


圖 16D

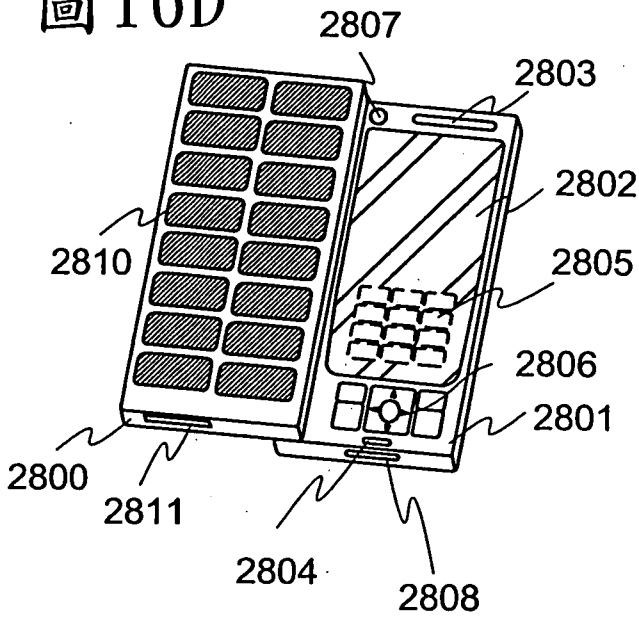


圖 16E

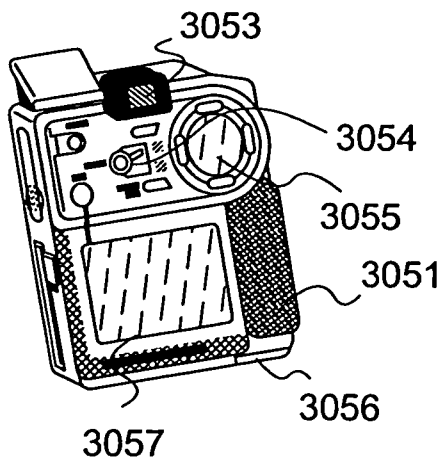


圖 16F

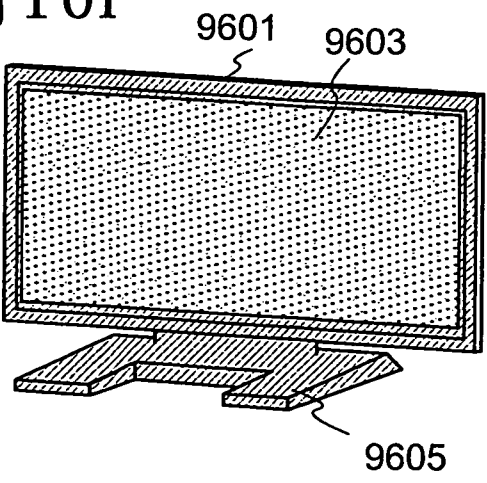


圖 17A1

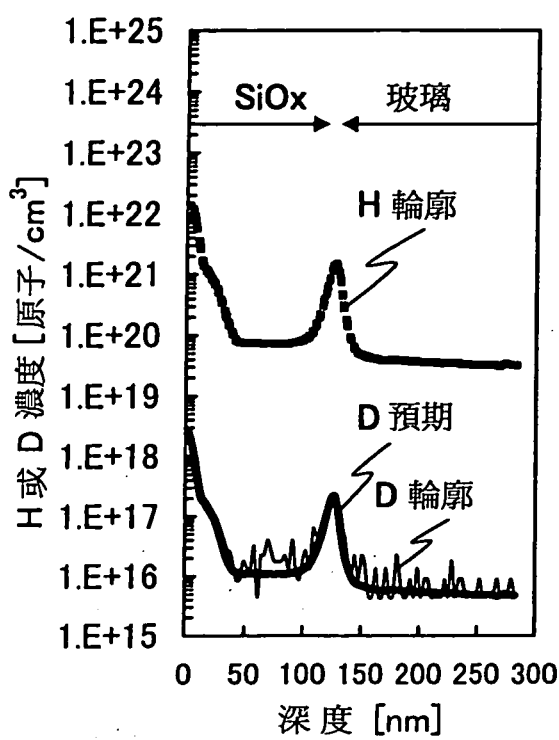


圖 17A2

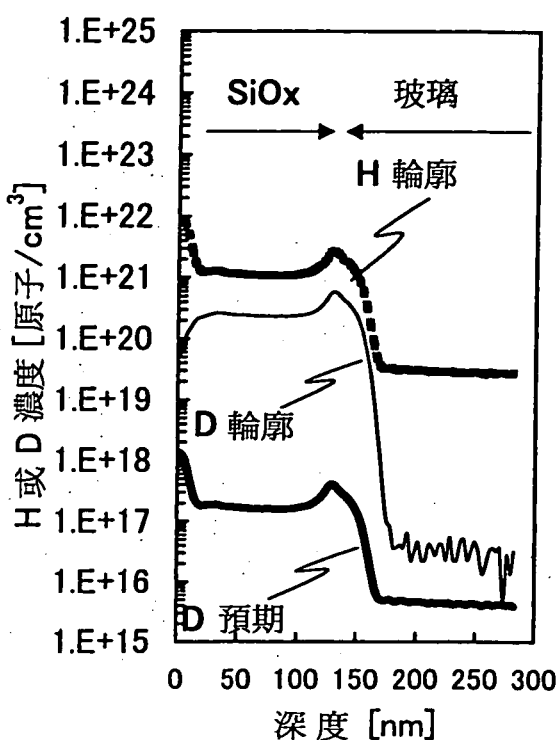


圖 17B1

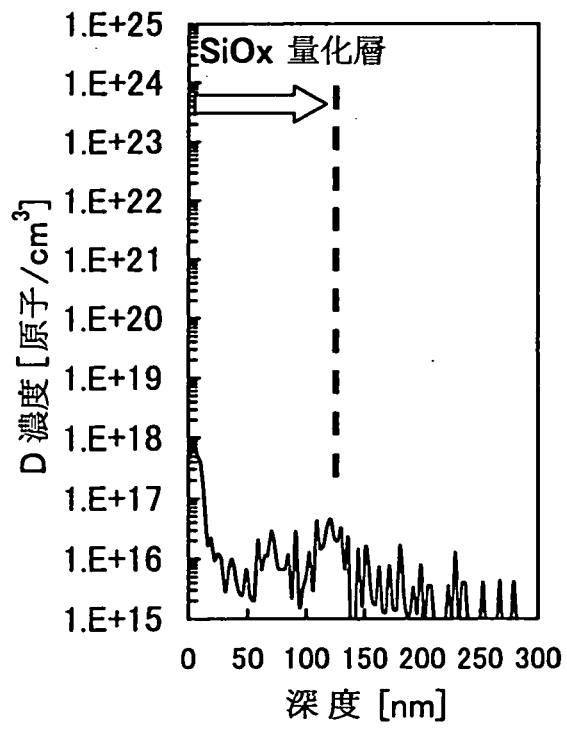


圖 17B2

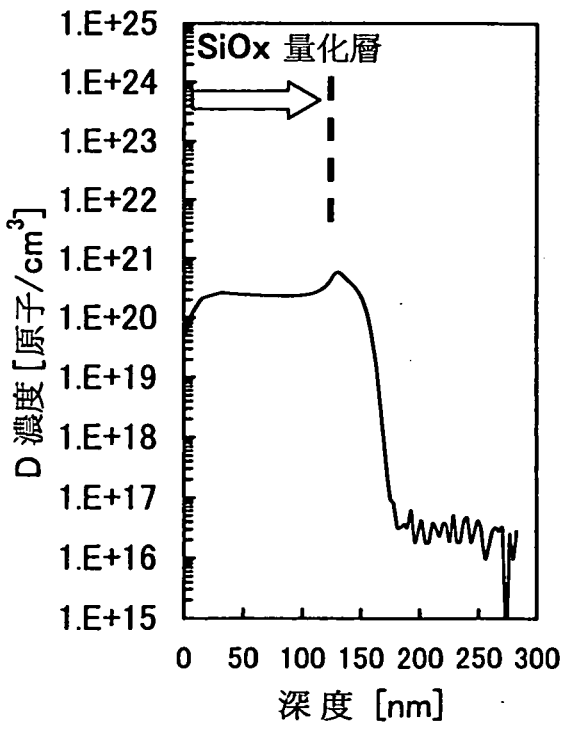


圖 18A1

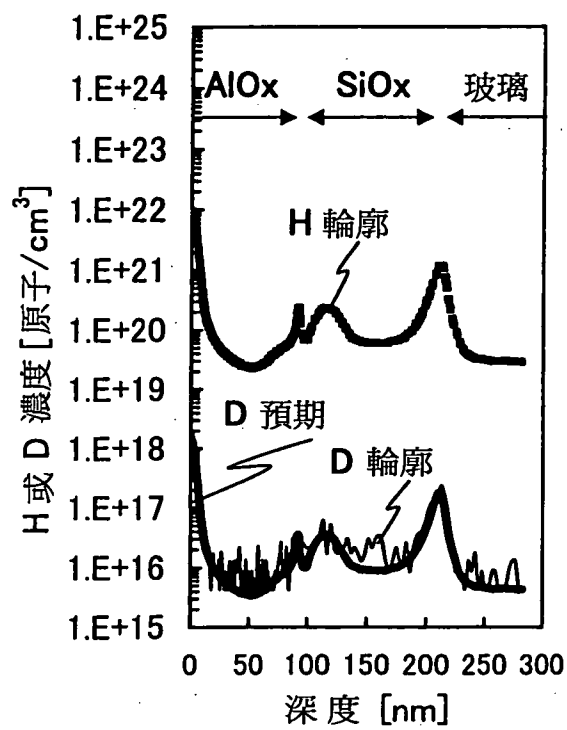


圖 18A2

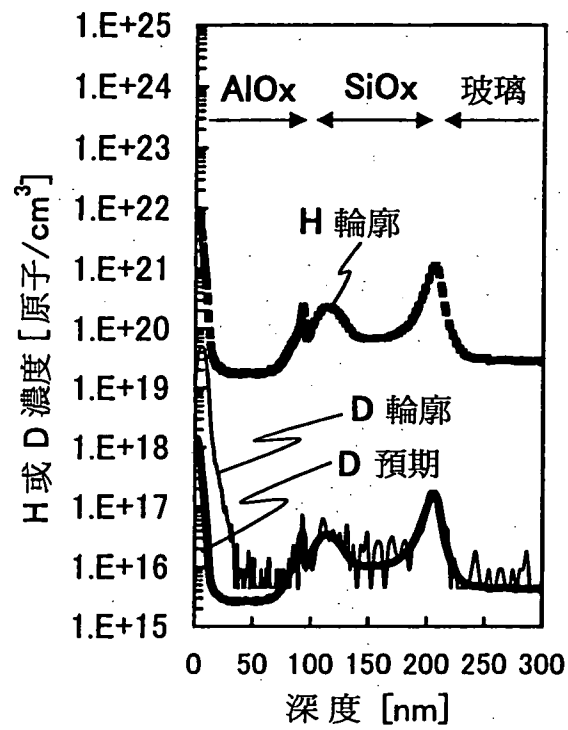


圖 18B1

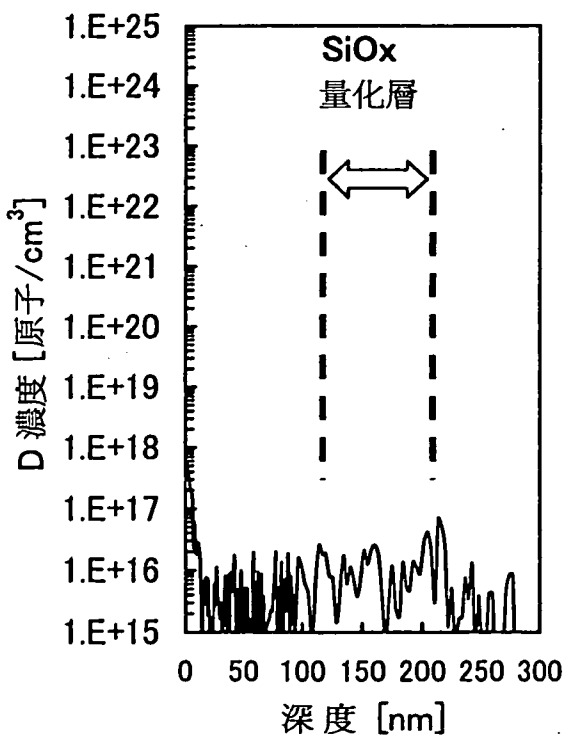


圖 18B2

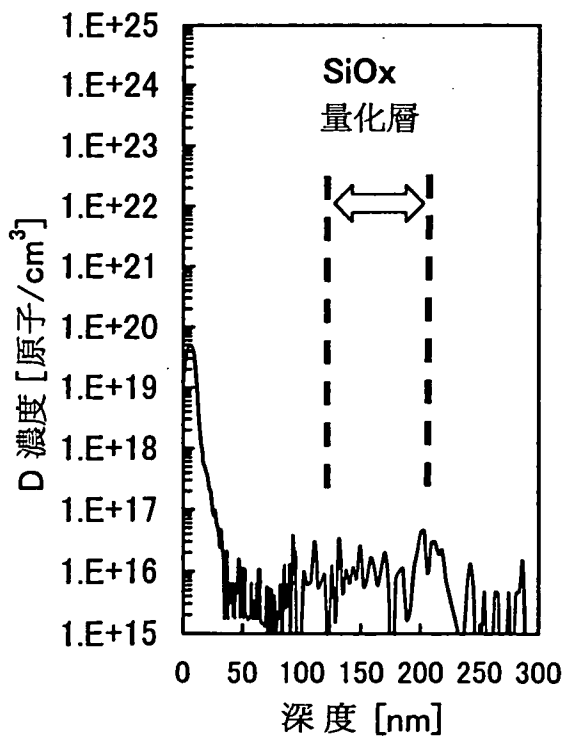


圖 19A

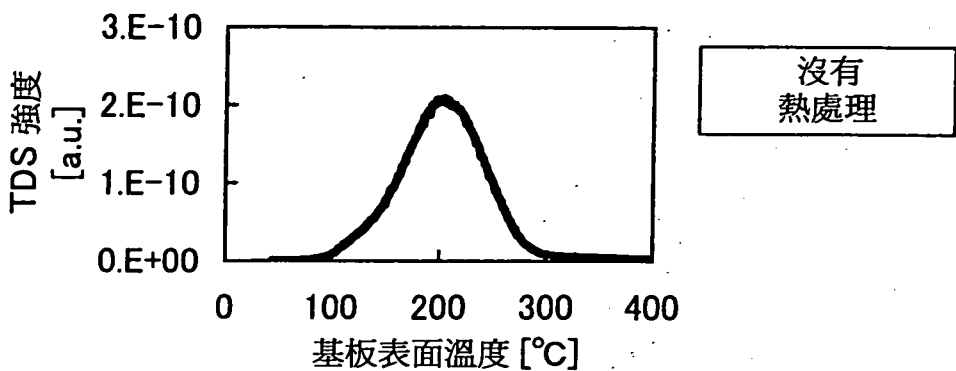


圖 19B

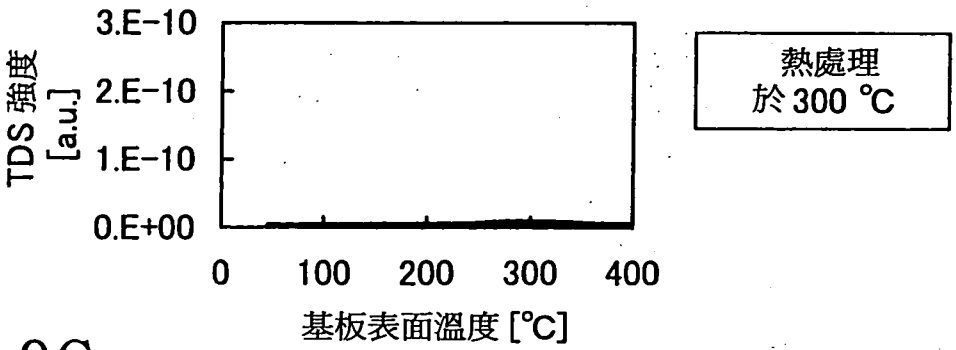


圖 19C

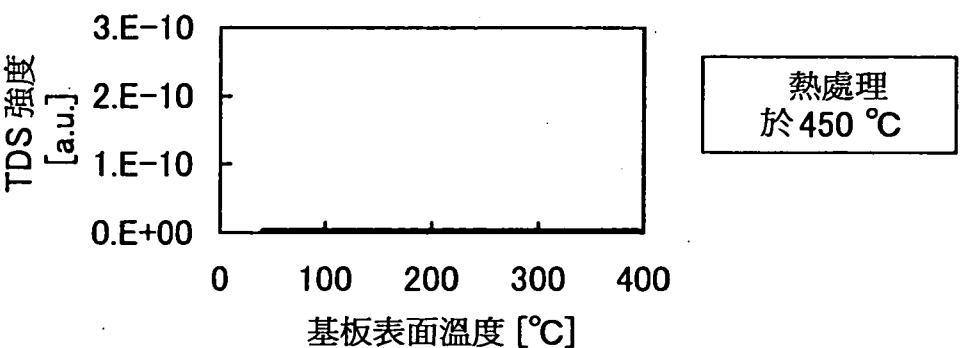


圖 19D

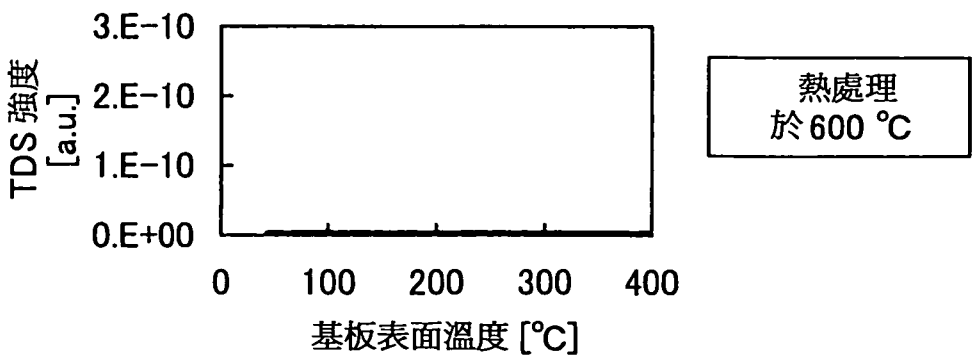


圖 20A

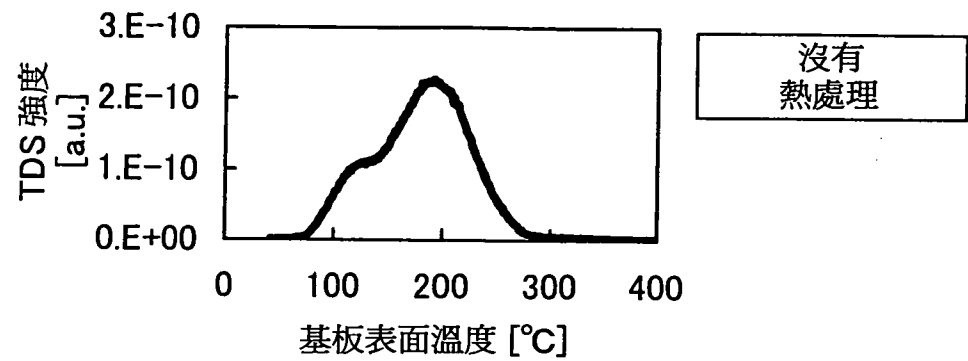


圖 20B

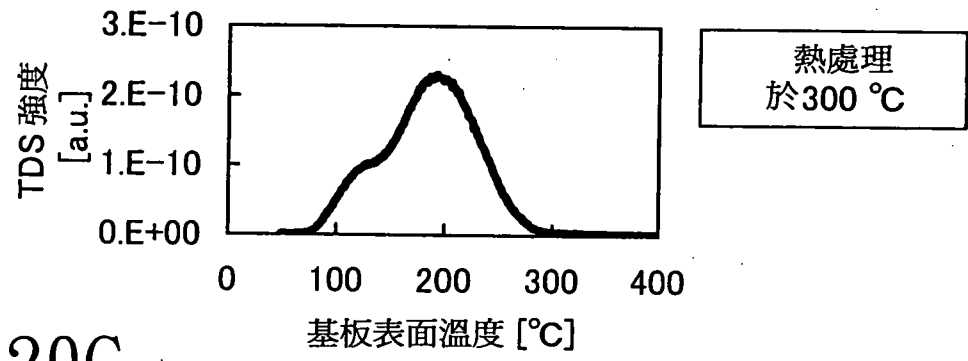


圖 20C

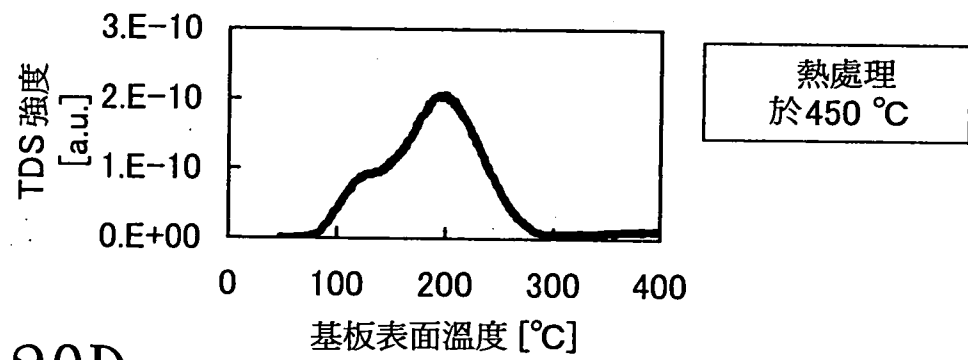


圖 20D

