



(21) 申請案號：112148175 (22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 12 月 11 日
 (51) Int. Cl. : *H01L21/30 (2006.01)* *H01L21/20 (2006.01)*
H01L21/302 (2006.01) *H01L21/677 (2006.01)*
 (30) 優先權：2022/12/12 歐洲專利局 22212687.2
 (71) 申請人：芬蘭商康普泰克解決方案有限公司 (芬蘭) COMPTEK SOLUTIONS OY (FI)
 芬蘭
 (72) 發明人：馬凱拉 賈克寇 MAKELA, JAAKKO (FI)；嵐 傑可 LANG, JOUKO (FI)；安倫
 索 維森堤卡歐 ALONSO, VICENTE CALVO (ES)
 (74) 代理人：何秋遠
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：7 共 47 頁

(54) 名稱

鈍化切割後的半導體結構的方法

(57) 摘要

公開了一種鈍化切割半導體結構(202)以用作邊發射激光器件的方法(100)和系統(200)。該方法(100)包括提供具有第一腔室(206)和第二腔室(208)的外殼結構(204)、用於接收和傳送給定結構(202)的傳送臂(224)以及用於將給定結構安裝在第二腔室中的固定裝置(226)。該方法(100)還包括將界定了第一小面(202A)的切割半導體結構裝載到第一腔室中的傳送臂上，使用傳送臂傳送切割半導體結構，將切割半導體的第一小面(202A)暴露在清潔源(214)的清潔束下，以及將裂切割半導體結構的第一小面暴露在氧化源(218)的氧化劑下，以在切割半導體結構的第一小面上形成有序氧化物層(236)。

Disclosed is a method (100) and a system (200) of passivating a cleaved semiconductor structure (202) for utilization as an edge-emitting laser device. The method (100) comprises providing an enclosure (204) having a first chamber (206) and a second chamber (208), a transfer arm (224) to receive and transfer a given structure (202), and a fixture (226) to mount the given structure thereon in the second chamber. The method (100) further comprises loading the cleaved semiconductor structure defining a first facet (202A), in the first chamber, onto the transfer arm therein, transferring the cleaved semiconductor structure using the transfer arm, exposing the first facet (202A) of the cleaved semiconductor structure to a cleaning beam from a cleaning source (214), and exposing the first facet of the cleaved semiconductor to an oxidation agent from an oxidizing source (218) to form an ordered oxide layer (236) on the first facet of the cleaved semiconductor structure.

指定代表圖：

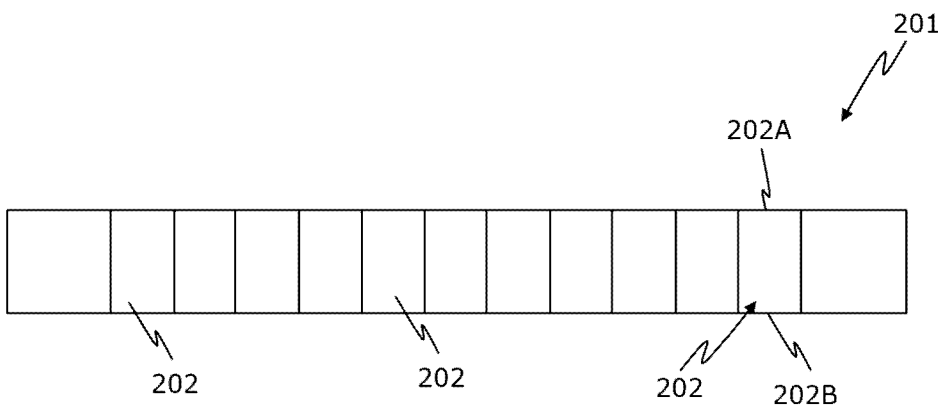
符號簡單說明：

201:半導體條

202:切割半導體結構

202A:第一小面

202B:第二小面



【圖2A】

【發明摘要】

【中文發明名稱】 鈍化切割後的半導體結構的方法

【英文發明名稱】 METHOD OF PASSIVATING CLEAVED

SEMICONDUCTOR STRUCTURE

【中文】公開了一種鈍化切割半導體結構(202)以用作邊發射激光器件的方法(100)和系統(200)。該方法(100)包括提供具有第一腔室(206)和第二腔室(208)的外殼結構(204)、用於接收和傳送給定結構(202)的傳送臂(224)以及用於將給定結構安裝在第二腔室中的固定裝置(226)。該方法(100)還包括將界定了第一小面(202A)的切割半導體結構裝載到第一腔室中的傳送臂上，使用傳送臂傳送切割半導體結構，將切割半導體的第一小面(202A)暴露在清潔源(214)的清潔束下，以及將裂切割半導體結構的第一小面暴露在氧化源(218)的氧化劑下，以在切割半導體結構的第一小面上形成有序氧化物層(236)。

【英文】Disclosed is a method (100) and a system (200) of passivating a cleaved semiconductor structure (202) for utilization as an edge-emitting laser device. The method (100) comprises providing an enclosure (204) having a first chamber (206) and a second chamber (208), a transfer arm (224) to receive and transfer a given structure (202), and a fixture (226) to mount the given structure thereon in the second chamber. The method (100) further comprises loading the cleaved semiconductor structure defining a first facet (202A), in the first chamber, onto the transfer arm

therein, transferring the cleaved semiconductor structure using the transfer arm, exposing the first facet (202A) of the cleaved semiconductor structure to a cleaning beam from a cleaning source (214), and exposing the first facet of the cleaved semiconductor to an oxidation agent from an oxidizing source (218) to form an ordered oxide layer (236) on the first facet of the cleaved semiconductor structure.

【指定代表圖】 圖2A

【代表圖之符號簡單說明】

201：半導體條

202：切割半導體結構

202A：第一小面

202B：第二小面

【發明說明書】

【中文發明名稱】 鈍化切割後的半導體結構的方法

【英文發明名稱】 METHOD OF PASSIVATING CLEAVED

SEMICONDUCTOR STRUCTURE

【技術領域】

【0001】 本發明係關於半導體器件的鈍化。更具體地說，本發明關於鈍化用作邊發射激光器件的切割後的半導體結構的方法。

【先前技術】

【0002】 半導體激光器或二極管激光器是可在多種應用中實現將電能轉換為光的電光器件。尤其是基於III-V族半導體化合物的半導體激光器，其被廣泛應用於高速光記錄、高速列印、各種網路和傳輸、多普勒光學雷達、光訊號處理、高速光學微波源以及其他固態激光器的泵浦源、光纖放大器、醫療應用等。

【0003】 這種具有多種可控特性和多樣化應用的二極管激光器產生了對所發射光的一種或多種期望特性和/或裝置的可靠性的適當改進的持續需求。例如，在高功率應用中，需要最大輸出功率來運行。然而，輸出功率往往受到設備本身逐漸損壞的限制。其中高功率半導體激光器故障的主要原因被稱為災變性光學鏡損壞(COMD)，這種現象會損害高功率邊發射激光器晶片的最大輸出。COMD故障的根本原因是激光晶片輸出端面的表面缺陷。部分半導體激光器發射的光被表面吸收，缺陷在此充當非輻射複合中心，使得那部分被吸收的光激發電荷載流子的複合，從而導致熱量產生增加。通常，當溫度升高時，半導體材料的有效帶隙會減小，這將導

致更多的吸收和非輻射複合。另一方面，溫度的升高也會導致分子鍵的重新分佈，這通常會在缺乏強而有序的分佈的界面處產生更高的缺陷密度。此外，在高輸出功率下的長時間操作會產生大量的熱量，這導致在半導體激光器的一個或多個小面上的一個或多個反射鏡的退化。

【0004】 由於退化原因造成的反射鏡損毀會縮短半導體激光器的壽命，以至於需要頻繁更換激光器，從而增加運營成本。此外，一旦超過 COMD 的光功率閾值水平，這種效應會阻止正反饋循環並引起小面發生快速微爆。在典範場景中，已觀察到含鋁 (Al) 的化合物半導體激光器對 COMD 最敏感，因為它們與氧相互作用的傾向極高，而氧又是許多情況下產生缺陷態的原因。除了鋁(Al)和氧(O)鍵具有形成缺陷態的自然傾向外，同時由於其熱力學穩定性，減少此類缺陷也存在著顯著的困難。因此，絕大多數已知的避免表面上的 Al-O 鍵的方法是在塗層之前防止小面暴露於氧氣。

【0005】 到目前為止已經進行了一些嘗試來解決上述問題。在一些示例中，使用氬(Ar)離子束蝕刻(正離子束蝕刻或負離子束蝕刻)、遠程等離子體蝕刻或氬原子氧化物還原來去除表面氧化物層，隨後進行矽、氮化矽(SiN_x)、氫化矽(SiH)，或結晶 ZnSe 沉積，以降低缺陷態密度並鈍化表面，並保護刻小面免受進一步氧化。在其他示例中，通過配置超高真空(UHV)系統進行一般的清潔方法，隨後沉積至少 10nm 厚的晶體鈍化層，例如 ZnSe。此外，在這裡，諸如樣品的裝載、清潔、沉積和翻轉等步驟是在系統的不同腔室中完成的。儘管如此，系統在任何步驟之間都沒有任何真空狀態中斷(或暴露於周圍環境)；然而，與可以在單個腔室中執行的過程和/或系統相比，它仍然非常複雜並且速度較慢。另外，在一些示例中，ZnSe 結晶層被用作保護/鈍化塗層。在這裡，利用原子氬蝕刻作為清潔方法以避

免蝕刻本身產生缺陷。對於非Al化合物半導體，通過該方法可以形成高質量界面；然而，原子氫本身可能無法有效去除Al-O鍵。此外，在一些示例中，利用低能氫等離子體進行清潔，隨後用氫化非晶矽(α -Si:H)進行塗層，利用低能Ar⁺離子束或等離子體去除表面原生氧化物，隨後進行矽塗層。

【0006】 以上所述鈍化方法都需要在鈍化處理之前或同時去除原生氧化物。另一種完全避免激光面上存在Al-O鍵的技術，被稱為E2技術。E2技術涉及全程防止器件的面暴露於周圍環境，直到器件從處理後的晶圓上切下，以避免在表面形成氧化物。這種切割在超高真空中“原位”進行，之後在器件上塗上矽(Si)、鍺(Ge)或銻(Sb)中任何一種的薄層，其中表面塗層需要具有吸收邊緣，以促進光能夠傳播出器件，同時保護有效區域界面不與周圍的氧氣相互作用。然而，E2方法的主要缺點之一是需要UHV內將加工後的晶圓切割成條狀，這是一個實施和執行起來非常複雜的過程，產量非常低，並且需要非常昂貴的設備。可以理解的是如果激光棒被“異位”(即，在UHV之外)切割，則激光端面的氧化是不可避免的，將導致激光端面上存在天然氧化物產生缺陷態。

【發明內容】

【0007】 本發明旨在提供一種鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器件的方法和系統。本發明還旨在提供一種通過此方法形成的邊發射激光器器件。本發明的目的是提供一種至少部分地克服現有技術中所遇到問題的解決方案。

【0008】 一方面，本發明的實施例提供了一種用於鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器器件的方法，該方法包括：

【0009】 提供一個外殼結構其中有第一腔室和第二腔室、用於接收給定結構並將其從第一腔室傳送到第二腔室的傳送臂、以及第二腔室中用於安裝給定結構的固定裝置，並且第一腔室和第二腔室滿足其內部提供真空條件；

【0010】 將界定第一小面的切割後的半導體結構安裝到第一腔室的傳送臂上

【0011】 使用傳送臂將切割後的半導體結構從第一室傳送至第二室，以將切割後的半導體結構安裝到第二腔室中的固定裝置上

【0012】 通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一小面暴露在與第一小面相對的清潔源發出的清潔束下，以去除可能在切割後的半導體結構的第一小面上形成的原生氧化層；

【0013】 通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一面暴露在與第一小面相對的加熱源發出的熱能下，以加熱切割後的半導體結構的第一小面；和

【0014】 通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一面暴露在與第一面相對的氧化源釋放的氧化劑下，以在切割後的半導體結構的第一小面上形成有序的氧化物層。

【0015】 另一方面，本發明的實施例提供了一種用於鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器器件的系統，該系統包括：

【0016】 具有第一腔室和第二腔室的外殼結構；

【0017】 被用來在第一腔室和第二腔室內部產生真空條件的泵；

【0018】 安裝在第二腔室中的清潔源；

【0019】 安裝在第二腔室中的加熱源；

【0020】 安裝在第二腔室中的氧化源；

第4頁，共 32 頁(發明說明書)

【0021】 被用來接收已界定第一小面的切割後的半導體結構，並將其從第一腔室傳送到第二腔室的傳送臂； 和

【0022】 第二腔室中用來安裝給定結構的固定裝置，其中該固定裝置被用來作以下行為：

【0023】 通過將第二腔室中切割後的半導體結構的第一小面調整到與清潔源相對的位置，將第一小面暴露在清潔源的清潔束下，

【0024】 通過將第二腔室中的切割後的半導體結構的第一小面調整到與熱源相對的位置，將第一小面暴露在加熱源的熱能下，以及

【0025】 通過將第二腔室中的切割後的半導體結構的第一小面調整到與氧化源相對的位置，將第一小面暴露在氧化源的氧化劑下。

【0026】 另一方面，本發明還提供了一種採用上述方法形成的邊發射激光器件，其中，所述邊發射激光器件包括：

【0027】 具有能夠產生指定波長光的多量子阱結構的切割後的半導體結構； 和

【0028】 至少有一個小面由沿半導體結構結晶方向的切割而界定，該小面包括形成於其上的有序原生氧化物層。

【0029】 本發明的實施例基本上消除或至少部分地解決了現有技術中的上述問題，並且提供了一種用於鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器器件的改進方法。

【0030】 根據結合所附請求項解釋的附圖和說明性實施例的詳細描述，本發明的附加方面、優點、特徵和目的將變得很明顯。

【圖式簡單說明】

【0031】 參考下圖，現將僅通過示例的方式描述本發明的實施例，其中：

圖1A是根據本發明的實施例列出的鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器器件方法中所涉及步驟的流程圖；

圖1B是根據本發明的實施例列出的鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器器件方法中所涉及步驟的代表性流程圖；

圖2A是根據本發明的實施例的其中包含多個半導體結構的示例性半導體切割條的代表圖；

圖2B是圖1的半導體條的切割半導體結構之一的代表圖。圖2A，根據本發明的實施例；

圖2C是根據本發明的實施例的用於鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器器件的系統的示例性示意圖；

圖3A是根據本發明的一個或多個實施例，在清潔第一小面之前的示例性切割半導體結構的代表圖；

圖3B是根據本發明的一個或多個實施例，在清潔第一小面之後的示例性切割半導體結構的代表圖；

圖3C是根據本發明的一個或多個實施例，第一小面被有序氧化層鈍化後的示例性切割半導體結構的代表圖；

圖4A是根據本發明的一個或多個實施例的系統的示例性堆疊夾具的示意圖；

圖4B是根據本發明的一個或多個實施例的持有多個切割半導體結構的示例性夾具的詳細視圖；

圖5是根據本發明的一個或多個實施例的用於鈍化切割半導體結構的示例性第二腔室的示意圖；

圖6是根據本發明的實施例的以距加熱源的距離為量度的切割半導體結構中的溫度變化的圖示；和

圖7是根據本發明的實施例的相對於切割半導體結構中電壓的微分掃描隧道光譜IV曲線的圖示。

【實施方式】

【0032】 下面的詳細描述給出了本發明的實施例以及其執行方法。

【0033】 儘管執行本發明的一些方式已被披露，但是本領域技術人員將認識到，本發明用於執行或實踐的其他實施例也是可能的。

【0034】 一方面，本發明的實施例提供了一種鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器器件的方法，該方法包括：

【0035】 提供具有第一腔室和第二腔室的外殼、用於接收給定半導體結構並將其從第一腔室傳送到第二腔室的傳送臂、以及第二腔室中用於安裝給定結構的固定裝置，並且第一腔室和第二腔室滿足其內部提供真空條件；

【0036】 將已界定第一小面的切割半導體結構裝載到第一腔室中的傳送臂上；

【0037】 使用傳送臂將切割後的半導體結構從第一腔室傳送至第二腔室，以將切割後的半導體結構安裝到第二腔室中的固定裝置上；

【0038】 通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一小面暴露在與第一小面相對的清潔源發出的清潔束下，以去除可能在切割後的半導體結構的第一小面上形成的原生氧化層；

【0039】 通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一面暴露在與第一小面對的加熱源發出的熱能下，以加熱切割後的半導體結構的第一小面；和

【0040】 通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一面暴露在與第一面對的氧化源釋放的氧化劑下，以在切割後的半導體結構的第一小面上形成有序的氧化物層。

【0041】 本文使用的術語“鈍化”是指被用來保護半導體器件內部結構免受污染和氧化的鈍化層的製造(或形成)過程。污染和氧化會導致原子級的缺陷，從而降低半導體器件的功率效率，並可能引起可靠性問題，導致成品率低，從而增加成本。

【0042】 因此，鈍化可以將表面缺陷密度降低到前所未有的水平，從而提高 III-V 族半導體器件的效率和成品率。鈍化層可以是，比如，在半導體結構上形成的氧化物層和/或氮化物層。

【0043】 術語“半導體結構”是指製造或附著半導體器件的元件上或內部的材料層或塊。通常，半導體結構可以是任何金屬、非金屬、半導體材料層或金屬、非金屬和半導體材料的組合、沉積在支撐襯底或支撐結構本身上的任何材料層。在本示例中，半導體結構、半導體晶片可以是適合形成邊發射激光器件的砷化鎵(GaAs)或磷化銦(InP)基結構，以及其他高電子遷移率晶體管(HEMT)和金屬半導體場效應晶體管(MESFET)結構。然而，根據本發明，半導體結構可以由需要在其上產生所需圖案(例如，亞微米)的任何材料形成。

【0044】 可以使用多種常規技術，集成電路或待形成的電子結構來形成半導體結構，包括諸如分子束外延或金屬有機化學氣相沉積的技術。可以理解的是，在形成半導體結構後，通過傳統技術將半導體結構條劈開，

並通過本發明的方法作進一步處理，以用作邊緣發射激光器件。值得讚賞的是多個切割後的半導體結構、激光器晶片可能是單個半導體條的一部分，並且可以在給定時間處理整個半導體條，或者最好是在給定時間處理多個這樣的堆疊半導體條，用於批量生產，提高本發明的方法和系統的效率。

【0045】 通過實施本發明的方法，使用切割後的半導體結構來製造邊發射激光器器件，從而實現本發明的所有特徵和優點。可選地，在切割的半導體結構上製造的邊發射激光器器件適於提供目標激光發射特性，這裡術語“激光發射特性”指的是由半導體器件產生的激光的光譜發射特徵和/或特性。半導體器件的目標激光發射特性可以通過改變諸如輸入電流、電壓、功率、腔空間的輸入等實施情況進行調整，以提供半導體器件的期望的激光發射作用。

【0046】 該方法包括提供具有第一腔室和第二腔室的外殼結構、用於接收給定半導體結構並將其從第一腔室傳送到第二腔室的傳送臂、以及第二腔室中用於安裝給定結構的固定裝置，並且第一腔室和第二腔室滿足其內部提供真空條件；“外殼”是指包括用於惰性儲存給定半導體結構並防止暴露於周圍環境的多腔室系統的外部主體。這裡，外殼結構包括第一腔室，其中可以裝載或傳送給定的半導體結構(即，切割的半導體結構)，以及傳送臂，其被配置為將給定的半導體結構傳送到第一腔室或第二腔室或從第一腔室或第二腔室接收給定的半導體結構。此外，外殼結構還包括將給定結構(在被轉移時)安裝到第二腔室的固定裝置。

【0047】 在這裡，術語“傳送臂”是指被配置為將給定半導體結構和/或固定裝置傳送或重新定向到外殼結構內的期望位置或方向的手動制動臂或自動制動臂或機器臂。通常，傳送臂在外殼結構的第一腔室和第二腔室之間是可移動且可延伸的，並且在保持真空完整性的情況下，將一個腔

室中的半導體結構/固定裝置通過精確(線性)運動將其傳送到另一個腔室，或在一個腔室中移動。

【0048】 術語“固定裝置”指的是定制的支撐裝置，其被配置為牢牢地定位、支撐和安裝切割的半導體結構，並使得能夠在外部對其進行操縱。在一個示例中，固定裝置可以是一種夾具(例如，堆疊夾具、板夾具、通道夾具等)。在另一示例中，固定裝置可以是被配置為安裝多個切割的半導體結構的金屬框架。可選地，固定裝置可以具有開口，通過該開口暴露每個切割的半導體結構的至少一個小面以進行後續處理。此外，值得稱讚的是，該固定裝置可以與其他已經安裝堆疊切割半導體結構的固定裝置一起安裝，從而根據該方法進行結合處理。有利地是由於可以通過該方法在單次並行處理更多數量的半導體結構，通過這種切割半導體結構佈置，實現大規模生產從而提高了該方法的效率。在一些實施例中，具有多個切割半導體結構的半導體條在固定裝置(例如，堆疊夾具)中彼此堆疊。例如，這樣的固定裝置可以包括用來形成半導體棒的5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、70、80、90或100個彼此堆疊的切割(半導體)結構。可選地，這樣的多個半導體條可以通過諸如GaAs結構的間隔結構來分隔，以防止由於其中存在接觸金屬而導致切割半導體結構彼此堆疊。

【0049】 該方法還包括將界定了第一小面的切割半導體結構裝載到第一腔室的傳送臂上。通常，將界定第一小面的切割半導體結構裝載到堆疊裝置(例如，堆疊夾具)上，然後裝載到第一腔室以用於進一步傳送和/或操作。

【0050】 半導體結構通常被安裝到操縱夾具上，能夠在不同腔室之間移動以暴露於不同的處理工藝，甚至可能需要離開外殼結構有暴露於大氣的固有風險。為了克服前述的低效率，本發明提供了一種新穎的方法，實

現了可以在單個腔室中對半導體結構的多個面進行暴露、清潔、加熱、鈍化等。

【0051】 該方法還包括使用傳送臂將切割半導體結構從第一腔室傳送至第二腔室，以將切割半導體結構安裝到第二腔室中的固定裝置上。在一些示例中，在操作期間，切割半導體結構可以先被裝載到堆疊裝置上然後再被裝載到第一室中，接著可以使用傳送臂在不離開外殼結構(因此暴露於大氣)的條件下，將整個堆疊夾具連同切割半導體結構一起從第一腔室傳送到第二腔室內用於進一步處理裝載在其中的切割半導體結構。尤其是將具有多個切割半導體結構的半導體條安裝到固定裝置上，同時處理其中多個切割半導體中的每一個的時候。有利地是可以將多個這樣的半導體棒堆疊在固定裝置中，同時處理切割半導體結構，以達到批量生產和高產量。

【0052】 在此，將切割半導體結構安裝在固定裝置上，並將多個切割半導體結構的第一小面沿相同方向對準，使該方法的處理步驟以相似的方式影響每個第一小面。此外，一旦將切割半導體結構裝載到第一腔室中之後，則將切割半導體結構與堆疊夾具一起傳送到第二腔室，在第二腔室對切割半導體結構的第一小面做進一步清潔和/或鈍化。之後，半導體結構的第二小面將會在第二腔室中進行類似地(通過操縱傳送臂)加熱、清潔和鈍化。有利的方面是在操作期間僅使用一個腔室，比如第二腔室，且在離開外殼的情況下，就可以對兩個小面進行處理，加熱和鈍化，使該方法更快、更高效。

【0053】 在一個或多個實施例中，固定裝置適於耦合到傳送臂，並且相對於傳送臂具有多個操縱自由度，其中切割半導體結構被裝載到堆疊夾具上，然後在第一腔室中將堆疊夾具裝載到傳送臂上。緊接著其上裝有切割半導體結構的堆疊夾具被傳送至第二腔室中的固定裝置上以進行進一步

處理。該固定裝置適於耦合到傳送臂，且該耦合允許相對於傳送臂的多個操縱自由度(DoF)，從而能夠方便且有效地傳送和裝載已切割的半導體結構。在示例中，耦合到傳送臂的固定裝置允許沿著平移軸線x、y、z軸中的一個或多個以及旋轉軸線 α 、 β 和 γ 中的一個或多個方向的完全自由地移動。

【0054】 該方法還包括通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割半導體結構的第一小面暴露在與第一小面相對的清潔源發出的清潔束下，以去除可能在切割半導體結構第一小面上形成的天然氧化物層。值得注意的是給定半導體結構上的污染物可能嚴重影響半導體製造期間激光器件的產量，因此，在半導體結構鈍化期間可能需要從給定半導體結構的小面上去除或清潔這些污染物。因此，當將切割半導體結構轉移至第二腔室時，通過操縱其中的固定裝置，將切割半導體結構的第一小面暴露在清潔源的清潔束下以進行清潔步驟。

【0055】 在這裡，術語“清潔光束”是指來自清潔光束源的照射光束，其被配置為去除(或清潔)切割半導體結構表面(或小面)上的任何可能的氧化物層或其他污染物(例如，灰塵、鐵銹、油脂等)。在示例中，該方法可以採用微脈衝激光器或高功率激光器，即具有高功率的短脈衝激光器，其能夠在不損壞表面的情況下進行清潔，以去除自然氧化層。在這裡，相較於其他類型的激光器，高功率短脈衝激光器可以在更短的持續時間內產生極高的輸入功率(或峰值功率)，因此熱影響區(HAZ)要比其他類型的激光器低，並且清潔過程所需的時間更短。

【0056】 此外，有利的方面是，這種實施方式在整個鈍化方法中僅需要一個或兩個激光器。在另一示例中，該方法可以採用具有不同波長和功率的連續波長激光器。在另一示例中，該方法可以採用離子束來去除可能

的自然氧化物層。在其他示例中，也可以基於具體的實施方式採用連續波長激光器，或者不同波長或功率的脈衝激光器。可以理解是根據實施的需要，可以採用任何清潔源和相應的清潔光束技術，也可以改變基本的激光參數，例如激光強度、波長、脈衝持續時間、脈衝寬度和入射角，以盡可能地改善清潔效果。

【0057】 在進一步處理給定的半導體結構之前，通過這樣的清潔步驟可以去除切割半導體結構第一小面上任何可能的污染物。有利地是，去除這些污染物和原生氧化物對於在其上形成有序氧化物層(也稱為 **Kontrox®** 層，即薄型長距離的有序氧化物層)以及半導體結構頂部沉積和生長其他氧化物膜至關重要。否則可能無法產生長程有序氧化物；就像小面上有污染物一樣，是不會形成長程有序氧化物的。因此，需要去除污染物和自然氧化物。在一些示例中，通過提供預定義的溫度條件促進用於形成長程而有序氧化物的氧的粘附性。

【0058】 在一個或多個實施例中，清潔束至少包括以下中的一種：氫、氫、氫或其混合物的原子束，以及電離稀有氣體和/或氫的離子束。在一些實施例中，本方法所使用的清潔束是包含電離惰性氣體(例如，氦氣、氬氣等)和/或氫氣的離子束，即，將高能離子束射向切割半導體結構，以去除任何可能的污染物。值得注意的是，為了優化清潔過程，電離束的能量水平為 100 電子伏或更低。在其他實施例中，本方法使用的清潔束是包括原子氫、氫、氫或其混合物中的至少一種的原子束，即，將高能原子束射向切割半導體結構，以去除任何可能的污染物。

【0059】 該方法還包括通過操縱第二腔室中的固定裝置將切割半導體結構的第一小面暴露在與第一小面對的加熱源發出的加熱射線下，以加熱切割半導體結構的第一小面。可以理解的是，施加加熱可以發生在氧

化步驟之前、期間和/或者之後。通常，在清潔過程中需要加熱切割半導體結構，但也存在在氧化期間或氧化之後並不總是需要加熱的情況。在這裡，為了均勻地接收(或正對著)來自熱源發出的加熱射線，整個固定裝置是可以被操縱或重新定位的。有利的是，通過操縱固定裝置可以使大量的加熱射線被切割半導體結構暴露的第一小面接收。由於激光輻射具有更高的控制精度和能量效率，因此可以高效、準確地加熱第一面。

【0060】 本文中，術語“加熱射線”是指來自加熱源的輻射射線，該熱源被配置為向指定的位置提供熱能以加熱或清潔切割半導體結構的表面(或小面)上的任何可能的污染物(例如，水分)。在示例中，該方法可以採用微脈衝激光器或高功率激光器，即，具有高功率的短脈衝激光器，其能夠在不損壞表面的情況下進行加熱，以用於加熱切割半導體結構的第一小面。在這裡，相較於其他類型的激光器，高功率短脈衝激光器可以在更短的持續時間內產生極高的輸入功率(或峰值功率)，因此熱影響區(HAZ)要比其他類型的激光器低，並且加熱過程所需的時間更短。在其他示例中，也可以基於具體的實施方式採用連續波長激光器，或者不同波長或功率的脈衝激光器。可以理解是根據實施的需要，可以採用任何熱源和相應的熱射線技術，也可以改變基本的激光參數，例如激光強度、波長、脈衝持續時間、脈衝寬度和入射角，以盡可能地改善加熱效果。在本示例中，加熱源可以是一種激光器，例如固態激光器、氣體激光器等。在一些示例中，加熱源可以將加熱射線對準切割半導體結構的第一小面，以加熱第一小面，以便在作進一步處理之前清潔和/或去除任何可能存在的污染物。例如，加熱可能去除已清潔的第一小面上的任何濕氣、氣體和其他污染物。值得注意的是，與現有系統和工藝相比，由於加熱源提供的加熱射線的局部加熱效應，即，加熱射線僅位於切割半導體結構的暴露的第一小面上，加熱操作過程

中，第二腔室中測量的溫度可能保持恒定(例如，室溫)。有利地是通過應用這種熱源，使得施加到整個切割半導體結構的熱負載要比現有技術低，其中加熱是從非暴露面進行的，從而防止由於整個結構暴露於高溫而導致相應的高損壞風險。

【0061】 加熱源將加熱射線對準切割半導體結構的第一小面，以加熱第一小面，以便在作進一步處理之前清潔和/或去除任何可能存在的污染物。例如，加熱可能去除已清潔的第一小面上的任何濕氣、氣體和其他污染物。加熱期間第二腔室中測量的溫度在加熱期間保持基本恒定(例如，室溫)，其中僅第一小面暴露在輻射下(IR或激光輻射)，且曝光時間是可以改變或持續不同的時間段的。例如，可以將切割半導體結構的第一小面加熱5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、30分鐘、60分鐘等。本領域技術人員應當理解，壓力、溫度和暴露持續時間可以基於實施方式而改變，而不僅限於本發明的範圍。

【0062】 可選地，加熱射線由激光照射、紅外輻射中的至少一種提供。換句話說，用於提供加熱射線以加熱切割半導體結構第一小面的加熱源是激光源，即通過激光照射(例如，固態激光器、氣體激光器、半導體激光器)，或通過紅外源，即來自紅外(IR)光源(例如IR燈)的輻射。IR光或激光輻射加熱切割半導體結構以去除在切割之後物理吸附到第一小面表面上的濕氣和污染物(例如，吸附的顆粒、N₂、CO₂或O₂，以及其他污染物)。有利的是，激光輻射提供了高準確度和精度控制的熱射線輸出，可以在操作期間對已清潔的第一小面產生最小的變形和/或應力，而紅外輻射由於較低的能量消耗而提高了該方法的效率。

【0063】 在一個或多個實施例中，加熱源安裝在第二腔室的外部，並且該方法還包括提供透明觀察口以允許來自加熱源的加熱射線到達切割半

導體結構上。術語“觀察口”指的是被配置為在清潔和/或氧化工藝之後或期間，允許來自加熱源的加熱射線到達切割半導體結構暴露的第一小面的進入口。應當理解的是基於實施的需要，加熱源和/或光束成形器的位置是可以改變的，即，可以安裝在第二腔室或外殼結構的外部或內部。在一些示例中，該方法所採用的加熱源和/或光束成形器可能位於外殼結構內部，同時安裝到第一和/或第二腔室內部以減少實施的物理占地面積。在本示例中，該方法所採用的加熱源和/或光束成形器可能位於外殼結構內部，第一和/或第二腔室的外部，或者完全位於外殼外部，並且通過入口或檢視口訪問，即透明視口。

【0064】 該方法還包括通過操縱第二腔室中的固定裝置將切割半導體結構的第一的面暴露在與其相對的氧化源發出的氧化劑下，以在切割半導體結構的第一小面上形成長程而有序氧化物層。也就是說，在加熱切割半導體結構的清潔的第一小面期間或之後，該方法還包括通過操縱第二腔室中的固定裝置將加熱的第一小面暴露在來自氧化源的氧化劑下，來形成有序氧化物層。現有方法或系統通常利用產生天然無定形原生氧化物的III-V族材料。然而，已知此類材料可以產生低質量的氧化物的無序天然氧化物，從而導致激光器件質量較差。為了克服上述問題，本方法涉及通過控制各種操作參數(例如壓力、溫度、所用氧化劑的量和施加時間)來控制氧化步驟，即有序氧化物層的形成，以形成長距離且有序氧化物，即有序氧化物層。該方法涉及使用氧化源將半導體結構已清潔的第一小面轉變成呈現長距離且有序的氧化物層。

【0065】 本文中，“有序氧化物層”是指一層薄而有序的氧化物，例如任何天然氧化物或任何其他氧化物，其中氧化物層本質上可能是起到保護性、裝飾性或功能性的作用。有序氧化物層充當切割半導體結構表面上

的鈍化層，並防止其暴露於周圍環境的外部影響(例如腐蝕)。因此，這種有序氧化物層可以提高邊發射激光器件的能量勢壘，可以改善多個切割半導體結構堆疊配置內的載流子限制。在這裡，有序氧化物層的原子位置呈現長程有序或平移週期性；例如有序氧化物層中的III-V原子的位置在空間中以規則陣列重複。此外，有序氧化物層可能是同時具有長距離有序和短距離有序的結晶層，對本發明沒有任何限制。本領域技術人員可以理解是，有序氧化物層是通過氧化切割後的半導體結構的清潔的第一小面而形成的(並非是特別地諸如常規沉積技術沉積的任何附加氧化物)。此外，有序氧化物層的晶體對稱性可以與III-V族半導體材料的晶體結構相同或不同。一些III-V族材料具有不止一種可能的晶體氧化物結構。不同的晶體結構是可以通過在不同的溫度、氧劑量、氧通量、氧分壓和/或處理持續時間的作用下對III-V族半導體表面的轉變來實現。由本發明的切割半導體結構形成的邊發射激光器器件包含有序氧化物層。正如之後詳細討論的那樣，有序氧化物層的引入可以使半導體器件的能帶隙的增加。有利的是，較高的能隙使邊發射激光器器件能夠在更高的溫度下工作，不然能帶隙通常會隨著溫度的升高而減小，這在傳統半導體的工作期間會出現問題。

【0066】 在一個或多個實施例中，氧化劑包括以下中的至少一種：分子氧、氧等離子體、臭氧、 NO_x 、 CO 。基於切割半導體結構的材料、操作條件來選擇氧化劑，以便優化該方法的效率，氧化劑可以根據具體的實施方式而變化，而不限於本發明的範圍。例如，任何其他氧化劑，比如其他含氧氣體(例如二氧化氯、二氧化碳)、其他鹵素(例如氯、氟、溴等)。這裡，氧源可以通過空氣中氧分子的自發氧化(例如，通過紫外線輻射或電暈放電等熱離解氧)或通過在第二腔室內使用氧等離子體進行原子解離產生分子氧和/或臭氧分子。有利的是，這種有序氧化物層形成的過程會產生熱力學穩

定的有效鈍化層，並防止任何進一步的不需要的氧化。結果，缺陷態的數量減少，從而防止進一步的COMD，並提高了器件的壽命，其中，切割半導體結構清潔的第一小面是用來獲得有序氧化物層的高質量單晶生長的。

【0067】 在一個或多個實施例中，該方法進一步包括，在將第一小面暴露在來自氧化源的氧化劑之前，將第二腔室中的切割半導體結構的第一小面暴露在與第一小面對的沉積源釋放III族原子下。通過操縱其中的固定裝置來將III族原子沉積在切割半導體結構的第一小面上。通常，在切割半導體結構加熱的第一小面上形成有序氧化物層之前，該方法還包括沉積III族原子，即在切割半導體結構的第一小面上沉積硼(B)、鋁(Al)、鎵(Ga)、銦(In)和銻(Tl)中的至少一種。有利地是，沉積層充當額外的鈍化層並且進一步防止由於暴露於周圍環境而造成的任何潛在損壞(例如腐蝕、侵蝕等)，從而提高由切割半導體結構形成的邊發射激光器件的壽命。

【0068】 在一個或多個實施例中，該方法還包括在切割半導體結構第一小面上形成的有序氧化物層之上沉一層Si、a-Si:H、SiO₂、SiN_x中的至少一種。通常，當在切割半導體結構的第一小面上形成有序氧化物層時，該方法還包括在有序氧化物層上方沉積非晶矽、或二氧化矽、或氮化矽層。這裡，沉積層充當絕緣層，其被配置為向鈍化層提供更多穩定性，從而防止鈍化層的劣化並為其提供額外的保護。此外，當沉積在有序氧化物層上時，它可以防止由於暴露於外部環境(例如大氣中的濕氣)而導致表面的潛在氧化進而導致的任何進一步氧化，從而消除可能出現的問題。應當理解，沉積層的選擇基於具體實施方式並且可以改變而不局限於本發明的範圍。例如，藍寶石可用於高性能射頻(RF)和輻射敏感應用，二氧化矽可用於減少其他微電子器件中的短溝道效應。

【0069】 在一個或多個實施例中，多個切割半導體結構被裝載在第一腔室中，在其相應的側面處彼此堆疊，其中第一小面與相應的切割半導體結構對應的側面正交，並且該方法還包括通過操縱第二腔室中的固定裝置，將多個切割半導體結構中的每個切割半導體結構的第一小面暴露在清潔源發出一個或多個清潔束下、加熱源發出一個或多個加熱射線下，和氧化源釋放的一種或多種氧化劑下。也就是說，在多個切割半導體結構被裝載在第一腔室中的實施例中，隨後的(除了每個堆疊中的第一個半導體結構)每個切割半導體結構在其各自的側面處彼此堆疊。在這裡，固定裝置被用來安全且準確地定位、牢固地支撐和安裝多個切割半導體結構並且能夠對其進行外部操縱。此外，應當理解，該固定裝置可以與其他具有堆疊切割半導體結構的固定裝置一起安裝，從而通過該方法與半導體結構進行結合處理。有利地是，由於可以通過該方法在單次並行處理更多數量的半導體結構，所以這種切割半導體結構的佈置可以實現大規模生產，從而提高了該方法的效率。在一些實施例中，切割半導體結構彼此堆疊，被安裝在固定裝置(例如，堆疊夾具)上，並提供給第二腔室。例如，這樣的固定裝置可以包含5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、70、80、90或100個彼此堆疊並提供給第二腔室的半導體結構。可選地，切割半導體結構可以由間隔結構(例如GaAs結構)分隔開。此外，該方法包括操縱第二腔室中的固定裝置，即，重新定位和/或再調整已安裝切割半導體結構的固定裝置的位置，以將每個切割半導體結構的第一小面暴露在清潔源發出一個或多個清潔光束下，來自加熱源的加熱射線和來自氧化源的氧化劑下。

【0070】 在一個或多個實施例中，進一步在切割半導體結構中界定第二小面，並且該方法還包括操縱第二腔室中的固定裝置，在不離開外殼結構的情況下將切割半導體結構的第二小面暴露在清潔源發出一個或多個

清潔光束下、來自加熱源的加熱射線和來自氧化源的氧化劑下。在一些實施方式中，最好是在切割半導體結構的兩個相對的面(即第一小面和第二小面)上形成鈍化層，以防止在其處形成污染物和非晶氧化物層。在這裡，為了在第二小面上形成鈍化層，可以通過操縱第二腔室中的固定裝置來調整切割半導體結構的取向，使得第二小面可以暴露在第二腔室中清潔源發出的的一個或多個清潔束下，加熱源發出的加熱射線和氧化劑源發出的氧化劑下。與傳統技術相比，傳送臂和固定裝置的配置，在不需要從外殼結構中移除半導體結構的情況下，就可以實現將第二小面暴露於所述工藝。

【0071】 可選地，該方法還包括操縱固定裝置以暴露堆疊半導體結構的第二小面，

【0072】 其中操縱固定裝置涉及在第二室內將固定裝置(已裝載切割半導體結構)從第一取向重新定向或重新定位到不同取向，以便第二小面作進一步處理。有利的是，鈍化為切割半導體結構的兩個小面提供了更高水平的保護，因此有效地防止了污染物沉積在清潔的小面上並阻止了非晶氧化物層的重新形成。另外，鈍化切割半導體結構的兩個小面提高了承受高溫的耐受性，從而提高了激光器件的壽命。

【0073】 本發明還提供了一種用於鈍化切割半導體結構以用作邊發射激光器的系統。上面公開的各種實施例和變體經過必要的修改可以應用於本系統而且沒有任何限制。

【0074】 該系統包括具有第一腔室和第二腔室的外殼，以及被用來在第一腔室和第二腔室內部產生真空條件的泵。

【0075】 本文所用的“泵”是指被配置為從封閉空間(例如，外殼、第一室、第二室)抽吸氣體分子以產生部分真空(在所述室內部產生真空條

件)的真空泵。例如，泵可以選自但不限於正排量泵、再生泵、截留泵中的至少一種。

【0076】 該系統還包括安裝在第二腔室中的清潔源和氧化源。具體來說，該系統包括用於在第二腔室中安裝清潔源的第一端口和用於安裝氧化源的第二端口。術語“端口”指的是延伸穿過外殼壁的孔或開口，其中端口的形狀、尺寸和曲率可以根據實施的具體要求而改變。在一個或多個實施例中，清潔源至少包括射頻(RF)等離子體源、離子濺射源中的一種，其中，根據實施情況來選擇清潔源，以優化該方法。在一種或多種實施方式中，氧化源包括射頻(RF)等離子體源。應當理解，也可以使用其他氧化源，包括但不限於質量流量控制器、真空洩漏閥等，而不僅限於本發明的範圍。

【0077】 在一個或多個實施例中，該系統還包括安裝在第二腔室中的加熱源。具體來說，該系統包括用於在第二腔室中安裝加熱源的第三端口。在這裡，通過將第一小面調整到與加熱源相對，將切割半導體結構的第一小面暴露在加熱源發出的加熱射線下。合理的規劃第二或第三端口的尺寸以更有效地容納加熱源或氧化源。在一個或多個實施例中，加熱源包括以下中的至少一種：激光器、紅外燈。可以基於切割半導體結構的材料及其條件來選擇加熱源，以便有效且高效地執行加熱步驟。在本實施例中，被配置的加熱源通過激光照射、紅外輻射中的至少一種來提供定向加熱射線。

【0078】 在一個或多個實施例中，該系統還包括安裝在第二腔室中的沉積源。具體來說，該系統包括用於在第二腔室中安裝沉積源的第四端口，在將切割半導體的第一小面暴露於來自氧化源的氧化劑之前，通過操縱第二腔室中固定裝置將切割半導體的第一小面調整為與沉積源相對，將第一小面暴露在來自沉積源的III族原子下。“沉積源”指的是被配置為在切割半導體結構的小面上沉積一層薄薄的材料(例如，III族原子)的系統或裝置。

例如，沉積源可以是熱蒸發源。在一個或多個實施例中，沉積源包括以下中的至少一種：噴射室、電子束蒸發器、氣體分配單元(例如，用於諸如分子金屬有機化學氣相沉積 (MOCVD) 和原子層沉積 (ALD) 等技術中使用的氣體前體)。這裡，在將第一小面暴露在來自氧化源的氧化劑之前，通過操縱固定裝置將第一小面調整為與沉積源相對，以便有效地在第一小面上沉積III族原子。

【0079】 在一個或多個實施例中，該系統還包括安裝在第二腔室中的監測設備。具體來說，該系統包括用於在第二腔室中安裝監測設備的第五端口，通過操縱第二腔室中的固定裝置將第一小面調整為與監控設備相對，暴露第二腔室中的切割半導體結構的第一小面，以允許檢測設備監測第一小面表面上的晶體結構。通常，為了監測和分析表面的晶體結構，該系統包括被配置為將監測設備安裝在第二腔室中的第五端口，通過操縱其中的固定裝置調整切割半導體結構的第一小面與監測設備相對，以進行有效的監測和分析。

【0080】 在一個或多個實施例中，監測設備包括以下中的至少一種：高能電子衍射(RHEED)設備、低能電子衍射(LEED)設備、俄歇電子能譜(AES)設備、殘餘氣體分析(RGA)設備。一般而言，該方法可以採用任何合適的監測技術或設備，例如成像設備(例如，高清相機、光檢測和測距設備、高光譜成像設備等)、衍射設備(例如，LEED)、光譜設備(例如AES)等以有效的方式監測表面晶體結構。這種監測設備可以提供對小面的詳細分析，使系統能夠得出有意義的觀察結果，以便優化系統和方法。例如，監測溫度對切割半導體結構或邊發射激光器件性能的影響。

【0081】 該系統還包括傳送臂和固定裝置，傳送臂被用來接收界定第一小面的切割半導體結構並將其從第一腔室傳送到第二腔室，固定裝置被

用來在第二腔室中安裝並固定給定結構，通過操縱第二腔室中的固定裝置將切割半導體結構的第一小面調整為與清潔源相對，在第二腔室中使得第一小面暴露在來自清潔源的清潔束下，通過將第一小面調整為與加熱源相對，在第二腔室中使得第一小面暴露在來自加熱源的加熱射線下，以及通過將第一小面調整為與氧化源相對，將第二腔室中的切割半導體結構的第一小面暴露在來自氧化源的氧化劑下。

【0082】 該系統還包括控制外殼結構內部條件的閘閥和被配置為操縱固定裝置和通過向每個傳送臂和夾具傳送命令訊號來控制傳送臂和夾具移動和/或位置，以將半導體結構從第一腔室傳送到第二腔室的控制器。所述控制器可以聯接至閘閥、傳送臂和/或固定裝置。這裡，閘閥被配置為維持外殼的內部狀態，除非控制器發送命令訊號來打開閘閥以將半導體結構從第一腔室轉移到第二腔室。

【0083】 本文使用的術語“控制器”指的是包含可編程和/或不可編程部件的結構和/或模塊，其被配置為儲存、處理和/或共享用於控制傳送臂和/或固定裝置的訊息和/或訊號。控制器可能包含一些元件，比如，顯示器、控制按鈕或操縱桿、處理器、儲存器等。

【0084】 本發明還提供了一種利用前面段落中描述的方法和/或系統鈍化的半導體結構的邊發射激光器。該邊發射激光器包括切割半導體結構，該半導體結構能夠產生指定波長的光的多量子阱結構以及至少有一面是通過沿其結晶方向切割界定的，且該小面包含其上形成有序氧化物層。

【0085】 在一個或多個實施例中，切割半導體結構由III-V族化合物半導體材料構成，並且在其上的有序氧化物層包含形成長程且有序結構的III族和V族氧化物鍵。在一個或多個實施例中，有序氧化物層的厚度小於10nm。

【0086】 附圖詳細說明

【0087】 參照圖1，示出了根據本發明的實施例的鈍化切割半導體結構以用作邊發射激光器器件的方法100中所涉及步驟的流程圖。如圖所示，方法100包括步驟102、104、106、108和110。所列出的步驟102、104、106、108和110可以不按照一定順序執行。

【0088】 在步驟102，方法100包括提供具有第一腔室和第二腔室的外殼、用於接收給定結構並將其從第一腔室傳送到第二腔室的傳送臂、以及第二腔室中用於將給定結構安裝在其上的固定裝置。並且第一腔室和第二腔室中滿足在其內部提供真空條件。在這裡，在第一腔室和第二腔室中的每一個內部提供真空條件(例如，通過泵)，是為了防止在加工和/或處理切割半導體結構期間暴露於外部環境，防止其損壞(例如，由 COMD、腐蝕導致的損壞)。

【0089】 在步驟104中，方法100還包括將界定第一小面的切割半導體結構裝載到第一腔室中的傳送臂上。

【0090】 在步驟106中，方法100還包括使用傳送臂將切割半導體結構從第一腔室傳送至第二腔室，以使切割半導體結構安裝到第二腔室中的固定裝置上。在裝載切割半導體結構時，方法100還包括通過傳送臂將切割半導體結構從第一腔室傳送到第二腔室，從而將切割半導體結構安裝到第二腔室中的固定裝置上以作進一步處理和/或加工。

【0091】 在步驟108中，方法100還包括通過操縱其中的固定裝置將第二腔室中的切割半導體結構的第一小面暴露在與第一小面對的清淨源發出的清淨束下，以去除可能在切割半導體結構第一小面上形成的自然氧化層。當將切割半導體結構轉移到第二腔室中時，方法100還包括清淨切割半導體結構的第一小面，通過操縱其中的固定裝置將第一小面調整為與清

潔源相對，使第一小面暴露在清潔束下，以去除可能在第一小面上形成的自然氧化層。

【0092】 在步驟110中，方法100還包括通過操縱其中的固定裝置將第二腔室中的切割半導體結構的第一小面暴露在與其相對的加熱源發出的加熱射線下，以加熱切割半導體結構的第一小面。在這裡，在清潔切割半導體結構的第一小面期間或之前；和在將第二腔室中的切割半導體結構的第一小面暴露於氧化劑期間或之前，配合氧化過程和/或作進一步處理之前，將第一小面暴露在來自加熱源的加熱射線下以去除任何剩餘的污染物，例如濕氣。

【0093】 在步驟112中，方法100還包括通過操縱其中的固定裝置將第二腔室中的切割半導體結構的第一小面暴露在與其相對的氧化源釋放的氧化劑下，以在切割半導體結構的第一小面上形成有序氧化物層。在加熱切割半導體結構的第一小面上時，方法100還包括在切割半導體的第一小面上形成有序氧化物層，其充當第一小面的鈍化層，以防止暴露於周圍環境造成的潛在的損壞，例如COMD、腐蝕。從而提高邊發射激光器件的壽命和可靠性。

【0094】 參照圖1B，示出了根據本發明的一些實施例的用於鈍化切割半導體結構的方法100的代表性流程圖。如圖所示，加熱步驟，即步驟110可以在方法100的各個階段(或步驟)中執行。具體來說，在將裝載的半導體結構202轉移到第二腔室208上之後，加熱步驟110可以在清潔第一小面202A時(即，在清潔步驟108期間)或者在第一小面上形成有序氧化物層236(氧化步驟112)時同時執行，和/或加熱步驟110可以在清潔第一小面202A之前或之後(即，在清潔步驟108之後)和形成有序氧化物層236之前或之後執行。

【0095】 根據本發明的實施例，圖201中包含多個切割半導體結構202。如圖所示，半導體條201包含彼此相鄰佈置的多個切割半導體結構202。此外，如圖所示，每個切割半導體結構202都有第一小面202A和第二小面202B。在這裡，按照方法100(如上所述)來處理半導體條201，其中，將切割半導體結構202彼此堆疊，以將第一小面202A和/或第二小面202B調整到所描述的曝光工藝下，從而可以均勻地處理切割半導體結構202。換句話說，暴露的第一小面202A可以一直被加熱，即在清潔步驟108和/或氧化步驟112之前、期間或之後。

【0096】 參考圖2B，示出了根據本發明的實施例的示例性切割半導體結構202之一的代表圖。如圖所示，切割半導體結構202給出了第一小面202A和在第一小面對側的第二小面202B。此外，切割半導體結構202包括沉積在第一小面202A和第二小面202B上的鈍化層230(例如，III族原子層)，用於保護小面免受來自COMD、腐蝕等的潛在損害。此外，切割半導體結構202包括沉積在第一小面202A和第二小面202B上的第一層232，其用於增加保護以免小面暴露於周圍環境，從而有效地保護切割半導體結構202免受損壞。例如，沉積的第一層232可以是金屬塗層。在另一個示例中，沉積的第一層232是鏡面塗層。

【0097】 參照圖2C，示出了根據本發明實施例用於鈍化切割半導體結構202(如圖2A和圖2B中所示)以用作邊發射激光器器件的系統200的示例性示意圖。如圖所示，系統200包括外殼204，外殼204具有第一腔室206、第二腔室208和泵(未示出)，泵被配置為在第一腔室206和第二腔室208中的每個腔室內部產生真空條件(例如，超高真空(UHV)水平)。系統200還包括被配置為容納並固定多個切割半導體結構202的堆疊夾具234。系統200還包括用於將清潔源214安裝在第二腔室208中的第一端口212、用於將氧化

源218安裝在第二腔室208中的第二端口 216。系統200還包括用於將第一腔室206與第二腔室208隔離的閘閥238，以防止當打開第一腔室206時第二腔室208中失去超高真空(UHV)水平。通常，閘閥238被配置為當第一腔室206要打開時，將第一腔室206與第二腔室208隔離，以防止第二腔室208中真空水平或條件的損失。當第一腔室206需要打開以裝載有多個切割半導體結構202的半導體條201時，閘閥238 關閉，使得第二腔室208不會失去真空水平或條件。

【0098】 系統200還包括安裝在第二腔室208中的加熱源222。具體來說，如圖所示，系統200包括用於將加熱源222安裝在第二腔室208中的第三端口220。這裡，通過操縱被配置的固定裝置226將第一小面202A調整與熱源222相對，使得第二腔室208中的切割半導體結構202的第一小面202A暴露在來自加熱源222發出的加熱射線下。這裡，加熱源222可能在清潔和/或氧化工藝期間、之前或之後發射加熱射線。如圖所示，加熱源222是安裝在第二腔室208外部的正面照射源，例如激光器。因此，系統200包括透明觀察口221(如圖5所示)以允許來自加熱源222的加熱射線以有效的方式到達切割半導體結構202。此外，系統200包括光束整形器223(如圖5所示)，以將來自加熱源222的加熱射線引導(作相應地變形)到安裝在第二腔室208中的切割半導體結構202暴露出來的面上(如前面段落中詳細討論的)。

【0099】 進一步地，如圖2C所示，系統200進一步包括被配置為接收切割半導體結構202並將其從第一腔室206傳送到第二腔室208的傳送臂224和適用於在第二腔室208中安裝給定結構202的固定裝置226，其中，通過操縱被配置的固定裝置226將第一小面202A和/或第二小面202B調整為與清潔源214相對，將第二腔室208中切割半導體結構202的第一小面202A(如圖2A和圖2B中所示)和/或第二小面202B(如圖2A和圖2B中所示)

暴露在清潔源214發出的清潔束下，和將第一面202A和/或第二小面202B調整為與氧化源218相對，將第二腔室208中切割半導體結構202的第一小面202A和/或第二小面202B暴露在來自氧化源218的氧化劑下。在一些示例中，系統200還包括位於第一腔室206中的安裝夾具或堆疊夾具234，在系統200中，可以首先將切割半導體結構202裝載到安裝夾具或堆疊夾具234上，然後傳送臂224可以將切割半導體結構202從第一腔室206傳送到第二腔室208，以裝載到其中的固定裝置226上。

【0100】 系統200還包括安裝在第二腔室208中的沉積源242。具體來說，如圖所示，系統200包括用於將沉積源242安裝在第二腔室208中的第四端口240。在這裡，通過操縱配置的固定裝置226，在將第一小面202A暴露在來自氧化源218的氧化劑之前，通過將第一小面202A調整為與沉積源242相對，將第二腔室208中的切割半導體結構202的第一小面202A暴露在來自沉積源242的III族原子下。系統200還包括監測設備(未示出)。合理塑性的監測設備被用來提供觀察和/或監測第二腔室208中切割半導體結構202的表面。為此，如圖5所示，系統200還包括透明視口式的第五端口 244，以允許安裝在外部的監測設備觀察第二腔室208內部的切割半導體結構202。

【0101】 參考圖3A，示出了在清潔其第一小面202A之前的示例性切割導體結構202代表圖。如圖所示，第一小面202A上包含晶體層228，其中晶體層228是通過III族和V族原子形成的。另外，第一小面202A上還有污染切割半導體結構202第一小面202A的非晶氧化物層302。因此，在將切割半導體結構202轉移到第二腔室208時，通過操縱固定裝置226將切割半導體結構202的第一小面202A暴露在來自清潔源214發出的清潔束下以去除其非晶氧化物層302。有利地是，在作進一步處理之前，這樣的清潔步驟可以

以快速、準確且有效的方式從切割半導體結構202的第一小面202A上去除非晶氧化物層302。

【0102】 參照圖3B，示出了在清潔其第一小面202A之後的示例性切割半導體結構202代表圖。如圖所示，在清潔切割半導體結構202第一小面202A之後，非晶氧化物層會被從切割半導體結構202的第一面202A去除。並且此後可以根據需要用其他沉積或清潔技術進行處理。

【0103】 參考圖3C，示出了在清潔切割半導體結構202的第一小面202A並且在其上形成的有序氧化物層236之後的示例性切割半導體結構202代表圖。在這裡，氧化源218被用來通過控制氧化過程在形成於第一小面202A上的晶體層228上形成有序氧化物層236，其中通過操縱被配置的固定裝置226將第一小面暴露在來自氧化源218的氧化劑下，以產生有序氧化物層236。

【0104】 參考圖4A，示出了根據本發明的一個或多個實施例的示例性堆疊夾具234的示意圖。如圖所示，堆疊夾具234被配置為在其上持有或堆疊多個切割半導體結構202。堆疊夾具234包含螺釘或彈簧400，螺釘或彈簧400被配置為將夾具402推向彼此，增加適當的壓力以保持多個半導體結構202“夾”在夾具402之間。在參考圖4B中，示出了在第二腔室208中持有多个切割半導體結構202的示例性固定裝置226的詳細視圖。如圖所示，多個切割半導體結構202中的每一個半導體結構都被間隔元件404間隔開，以隔離和保護每個切割半導體結構202的接觸部，使得兩個相鄰的切割半導體結構202的接觸部彼此不直接接觸，因為接觸可能導致熔化等。間隔元件404可以是GaAs、藍寶石等。

【0105】 參照圖5，示出了根據本發明的一個或多個實施例的用於鈍化切割半導體結構202的示例性第二腔室208的示意圖。如圖所示，多個切

割半導體結構202被安裝到第二腔室208中的固定裝置226上。在這裡，通過操縱固定裝置226，將給定面(例如，第一面202A)暴露在清潔源214下，以從切割半導體結構202的暴露面上去除非晶氧化物層(例如，圖3A所示的非晶氧化物層302)。此外，通過操縱固定裝置226，將給定面(例如，第一小面202A)暴露在沉積源242下，以在切割半導體結構202的暴露面上形成鈍化層(例如，圖2B所示的鈍化層230)。此外，通過操縱固定裝置226，將給定面(例如，第一小面202A)暴露在加熱源222下，以加熱切割半導體結構202的暴露面，以輔助上述工藝，比如清潔，沉積等。在這裡，加熱源222可以在清潔和/或氧化工藝之前或之後或期間使用。

【0106】 參照圖6，示出了根據本發明的實施例的以距加熱源的距離為量度的切割半導體結構202中的溫度變化的圖示600。如圖所示，x 軸和 y 軸分別表示距加熱源的距離(以米為單位)和溫度(以攝氏度為單位)。在這裡，觀察到的溫度與距離呈反比關係，即溫度隨著距離的增加而降低。

【0107】 參照圖7，示出了根據本發明的實施例的使用切割半導體結構202形成的邊發射激光器器件中微分掃描隧道光譜IV曲線相對於電壓的圖示700。如圖所示，x 軸和 y 軸分別表示微分 IV(即 $\Delta I / \Delta V$)和電壓(以伏特為單位)。在這裡，能帶隙在操作期間是被觀測了的。邊發射激光器器件或切割半導體結構202包含有序原生氧化物層236。如所面所述，在半導體器件中，由於有序原生氧化物層(例如，有序原生氧化物層236)的引入會導致能帶隙的增加。較高的能隙使邊發射激光器器件能夠在更高的溫度下工作，因為能帶隙通常會隨著溫度的升高而縮小，這在傳統半導體的使用過程中會出現問題。例如，寬帶隙材料允許邊發射激光器器件切換更大的電壓。

【符號說明】

【0108】

100：方法

102、104、106、108、110、112：步驟

200：系統

201：半導體條

202：切割半導體結構

202A：第一小面

202B：第二小面

204：外殼

206：第一腔室

208：第二腔室

212：第一端口

214：清潔源

216：第二端口

218：氧化源

220：第三端口

221：透明觀察口

222：加熱源

223：光束整形器

224：傳送臂

226：固定裝置

228：晶體層

230：鈍化層

232：第一層

234：堆疊夾具

236：有序氧化物層

238：閘閥

240：第四端口

242：沉積源

244：第五端口

302：非晶氧化物層

400：螺釘或彈簧

402：夾具

404：間隔元件

600：圖示

700：圖示

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種鈍化切割半導體結構以用作邊發射激光器件的方法，其特徵在於，該方法包括：

提供一個外殼結構其中有第一腔室和第二腔室、用於接收給定結構並將其從第一腔室傳送到第二腔室的傳送臂、以及用於在第二腔室中安裝給定結構的固定裝置，並且第一腔室和第二腔室滿足其內部提供真空條件；

將界定第一小面的切割半導體結構安裝到第一腔室的傳送臂上；

使用傳送臂將切割後的半導體結構從第一腔室傳送至第二腔室，以將切割後的半導體結構安裝到第二腔室中的固定裝置上；

通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一小面暴露在與其相對的清潔源發出的清潔束下，以去除可能在切割後的半導體結構的第一小面上形成的原生化層；

通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一小面暴露在與其相對的加熱源發出的熱能下，以加熱切割後的半導體結構的第一小面；和

通過操縱第二腔室中的固定裝置，將切割後的半導體結構的第一小面暴露在與第一面相對的氧化源釋放的氧化劑下，以在切割後的半導體結構的第一小面上形成有序的氧化物層。

【請求項2】 如請求項1所述的方法，進一步包括，在將所述第一小面暴露在來自所述氧化源的氧化劑之前，將所述第二腔室中的切割半導體結構的第一小面暴露在 III 族原子的沉積源下，通過操縱其中的固定裝置使第一小面與其相對，將 III 族原子沉積在切割半導體結構的第一小面上。

【請求項3】 如請求項 1 或 2 中任一項所述的方法，還包括在切割半導體第一小面上形成有序的氧化層之後，再在其之上沉積至少一層 Si、a-Si:H、SiO₂ 或 SiN_x 膜。

【請求項4】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中所述清潔束至少包括以下中的一種：氫原子束、氬原子束、氙原子束或其混合物的原子束，離子束包含電離的稀有氣體和/或氮氣。

【請求項5】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中，由所述加熱源提供的加熱射線至少是以下中的一種：激光輻射、紅外輻射。

【請求項6】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中所述氧化劑至少包括以下中的一種：分子氧、氧等離子體、臭氧、NO_x、CO。

【請求項7】 如前述請求項中任一項所述的方法，其中多個切割半導體結構在其各自側面處彼此堆疊並被裝載在所述第一腔室中，其中切割半導體結構的第一小面與其對應側面形成正交；並且該方法還包括操縱第二腔室中的固定裝置，將多個切割半導體結構中的每個切割半導體結構的第一小面暴露在一種或多種來自清潔源發出的清潔光束、來自加熱源發出的加熱射線和來自氧化源發出的氧化劑下。

【請求項8】 如前述請求項中任一項所述的方法，進一步在所述裂切割半導體結構上界定第二小面，並且該方法還包括操縱所述第二腔室中的固定裝置，在不從外殼結構中移出切割半導體結構的情況下，將切割半導體的第二小面暴露在一種或多種來自清潔源發出的清潔光束、來自加熱源發出的加熱射線和來自氧化源發出的氧化劑下。

【請求項9】 一種用於鈍化切割後的半導體結構以用作邊發射激光器的系統，其特徵在於，該系統包括：

具有第一腔室和第二腔室的外殼結構；

第2頁，共 3 頁(發明申請專利範圍)

被配置為在第一腔室和第二腔室內部產生真空條件的泵；

安裝在第二腔室中的清潔源；

安裝在第二腔室中的氧化源；

安裝在第二腔室中的加熱源；

傳送臂，被配置為接收界定第一小面的切割半導體結構並將其從第一腔室傳送到第二腔室； 和

第二腔室中用來安裝固定給定半導體結構的固定裝置，其中固定裝置被配置為做以下操作：

通過將第二腔室中切割後的半導體結構的第一小面調整到與清潔源相對的位置，將第一小面暴露在清潔源的清潔束下，

通過將第二腔室中的切割後的半導體結構的第一小面調整到與加熱源相對的位置，將第一小面暴露在加熱源的熱能下，以及

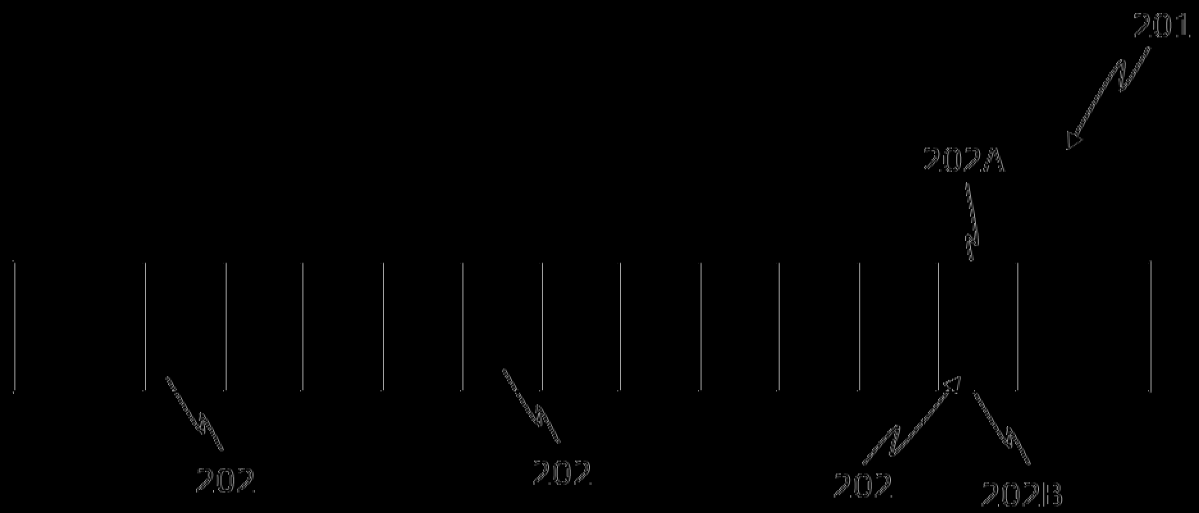
通過將第二腔室中的切割後的半導體結構的第一小面調整到與氧化源相對的位置，將第一小面暴露在氧化源的氧化劑下。

【請求項10】 如請求項 9 所述的系統，其中所述加熱源至少包括以下中的一個：激光器、紅外燈。

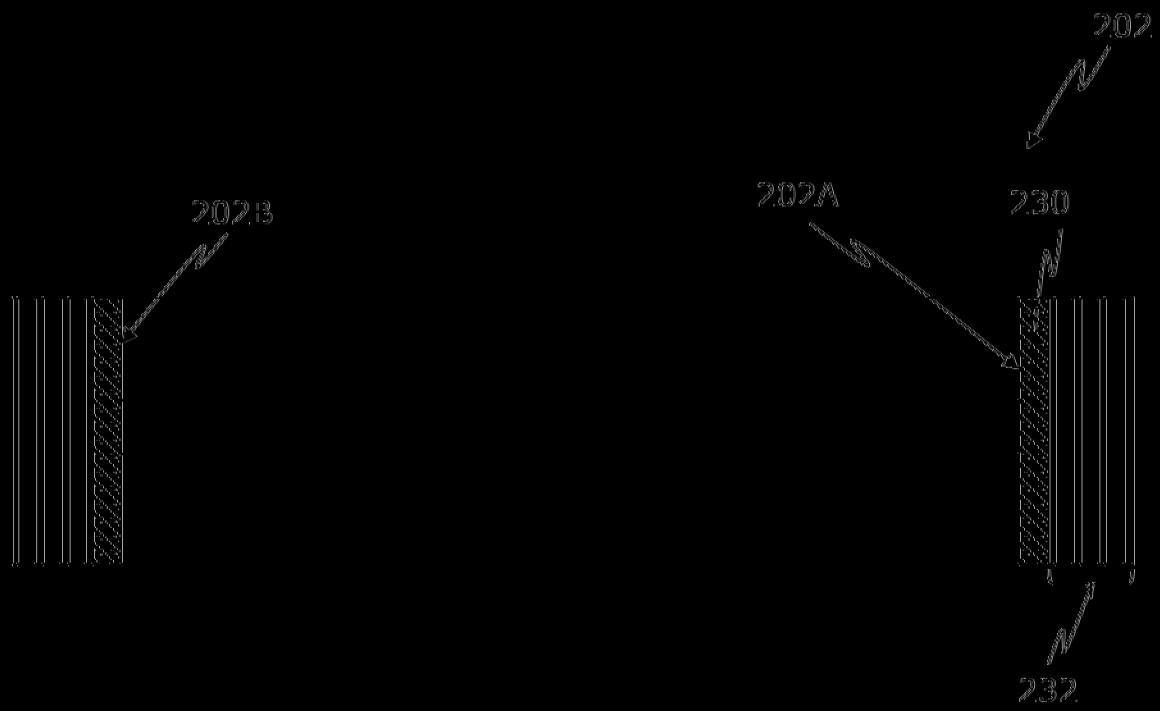
【請求項11】 一種通過請求項 1 至 8 中任一項所述的方法形成的邊發射激光器器件，其特徵在於，該邊發射激光器包括：

能夠產生指定波長的光的多量子阱結構的切割半導體結構； 和

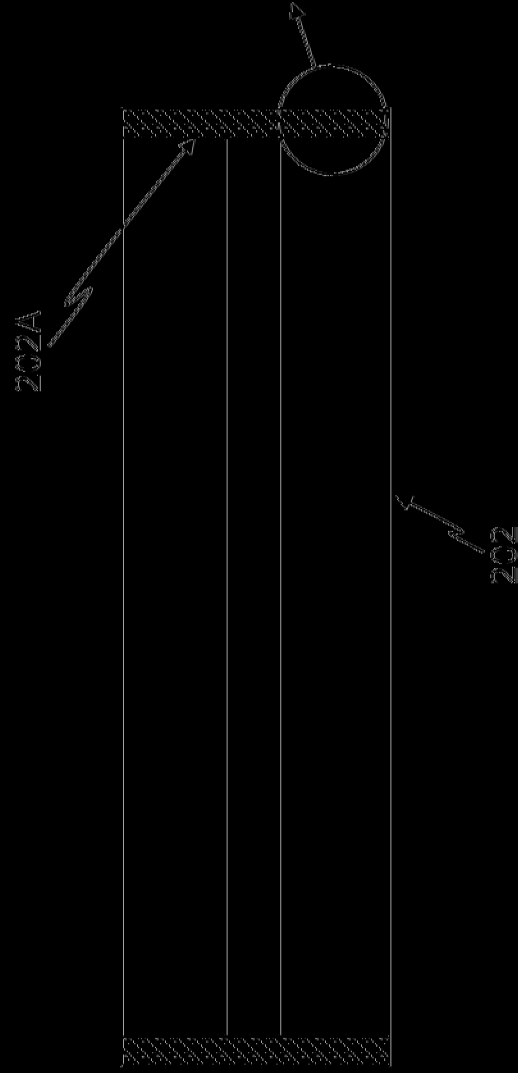
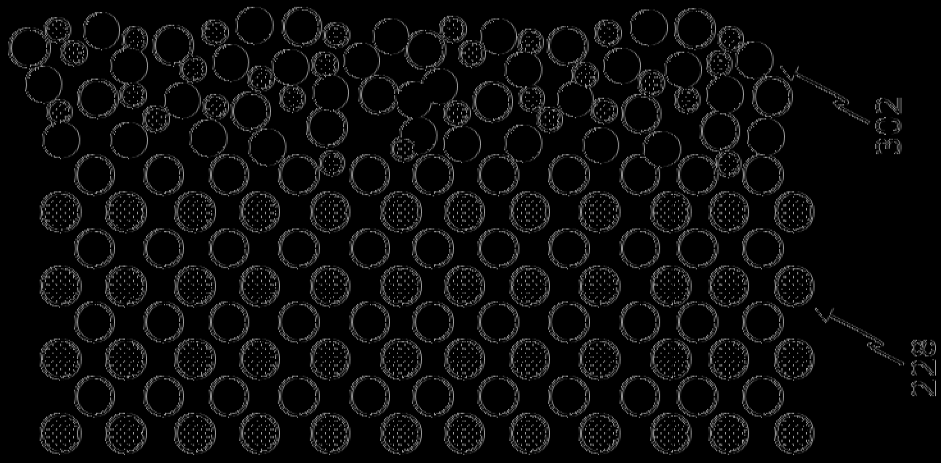
其中至少一個小面是通過沿著半導體結構結晶方向的切割界定的，至少一個小面包含形成於其上的有序氧化物層。



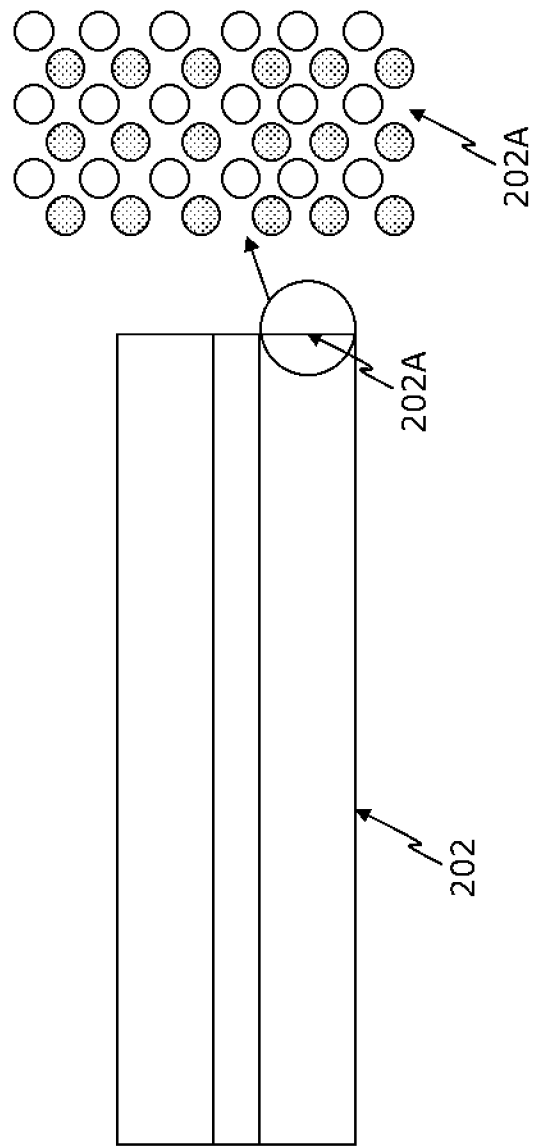
[(同)2.A]



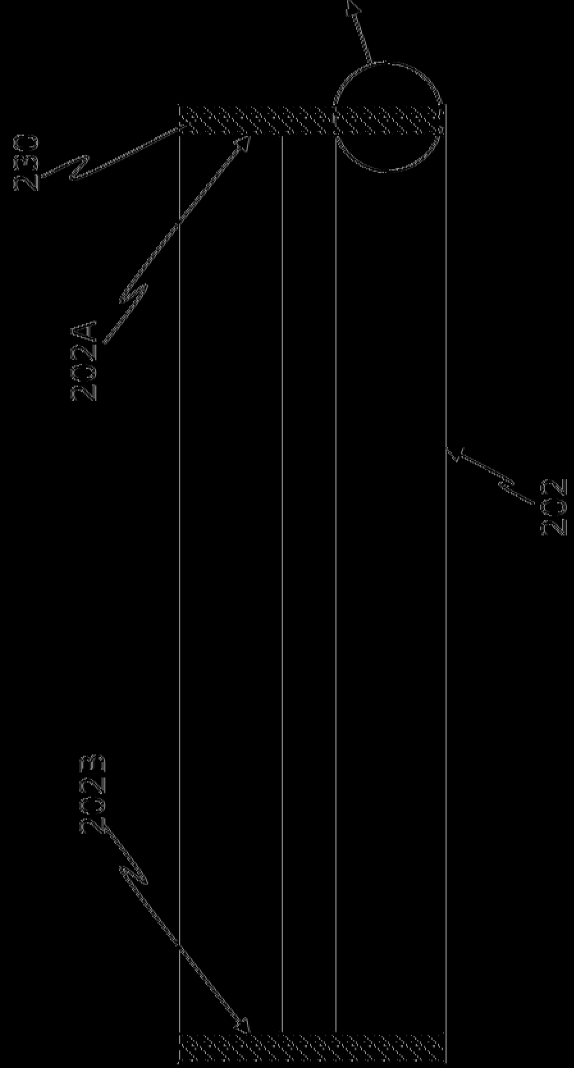
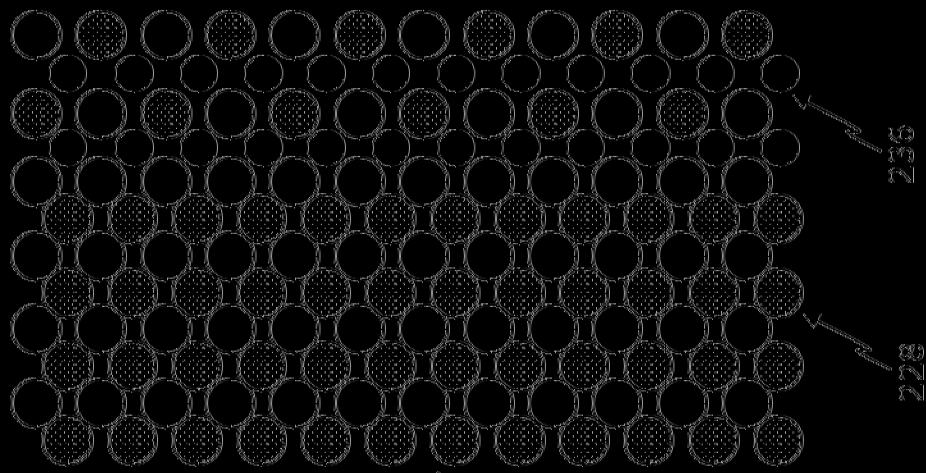
[(同)2.B]



|(同)3A|



【圖 3B】



|(圖)3C|

