

97年11月7日修正補寫頁

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 97138559

※申請日期： 97.10.7

※IPC 分類
H01L21/20 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於製備化合物半導體基底的方法

METHOD FOR PREPARING COMPOUND SEMICONDUCTOR
SUBSTRATE

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

希爾創股份有限公司/SILTRON INC.

代表人：(中文/英文) 朴永龍/ PARK, YOUNG-YONG

住居所或營業所地址：(中文/英文)

大韓民國 730-724 慶尚北道 龜尾市 臨洙洞 274

274 IMSU-DONG, GUMI-SI, GYEONGSANGBUK-DO, 730-724

REPUBLIC OF KOREA

國籍：(中文/英文) 韓國/KR

電話/傳真/手機：

E-MAIL：

三、發明人：(共5人)

姓名：(中文/英文) ID：

1. 李浩準/ LEE, HO-JUN
2. 金容進/ KIM, YONG-JIN
3. 李東鍵/ LEE, DONG-KUN
4. 金杜洙/ KIM, DOO-SOO
5. 金知勳/ KIM, JI-HOON

國 籍：（中文/英文）1-5. 韓國/KR

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，
其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 韓國；2007/10/24；10-2007-0107090

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明是有關一種用於製備化合物半導體基底的方法。所述方法包含：在基底上塗覆多個球體；在塗覆有球體的基底上生長化合物半導體磊晶層，同時使得在球體下方形成孔隙；以及冷卻上面生長化合物半導體磊晶層的基底，使得基底和化合物半導體磊晶層沿著孔隙自動分離。球體處理可減少錯位產生。另外，因為通過自動分離來分離基底和化合物半導體磊晶層，所以不需要雷射剝離過程。

六、英文發明摘要：

Provided is a method for preparing a compound semiconductor substrate. The method includes coating a plurality of spherical balls on a substrate, growing a compound semiconductor epitaxial layer on the substrate coated with the spherical balls while allowing voids to be formed under the spherical balls, and cooling the substrate on which the compound semiconductor epitaxial layer is grown so that the substrate and the compound semiconductor epitaxial layer are self-separated along the voids. The spherical ball treatment can reduce dislocation generations. In addition, because the substrate and the compound semiconductor epitaxial layer are separated through the self-separation, there is no need for laser lift-off process.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 3。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10：基底

20：球體

30：化合物半導體磊晶層

35：孔隙

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及一種由氮化鎵 (gallium nitride, GaN) 或鎵和其它金屬的氮化物形成的化合物半導體層和一種用於形成所述化合物半導體層的方法。本發明還涉及一種用於製備在製造包含化合物半導體層的電子或光電裝置 (photo-electronic devices) 中所使用的基底的方法。本發明關於用於在基底上形成高質量化合物半導體層的技術領域，且更明確地說，關於用於通過將基底與化合物半導體層分離來製備獨立式化合物半導體基底的技術領域。

【先前技術】

基於 III 族元素或 V 族元素的氮化物的半導體材料已經在電子和光電領域中佔有重要地位，其將越來越重要。實際上，基於氮化物的半導體材料可用於廣泛範圍的領域，從雷射二極體 (laser diode, LD) 到在高頻率和高溫下操作的電晶體。基於氮化物的半導體材料還可用於紫外光檢測器 (ultraviolet photo-detectors)、表面聲波檢測器 (surface acoustic wave detectors) 和發光二極體 (light emitting diodes)。

舉例來說，雖然氮化鎵以其在藍色發光二極體和高頻高溫電晶體中的可用性著稱，但還正對其進行廣泛研究以用於微電子裝置。如本文中所使用，氮化鎵包含氮化鎵合金，例如氮化鋁鎵 (aluminum gallium nitride, AlGaN)、氮化銦鎵 (indium gallium nitride, InGaN) 和氮化鋁銦鎵 (aluminum indium gallium nitride, AlInGaN)。

生長具有低缺陷密度的氮化鎵層在製造氮化鎵微電子裝置中較為重要。已知上面生長氮化鎵的基底是缺陷的一個原

因。然而，難以製備沒有缺陷的氮化鎵基底或用於生長氮化鎵的基底。因為氮化鎵難以熔化，所以例如丘克拉斯基（Czochralski）方法等典型方法（其中從熔化物生長晶體）不能用於生產用於所述基底的氮化鎵單晶體。當然，氮化鎵可在極高壓力下熔化，然而由於低生產率的緣故，這在當前不可用於商業用途。

因此，在此類裝置中，最常用於生長氮化鎵層的是異質基底，例如藍寶石基底（sapphire substrate）、碳化矽（silicon carbide, SiC）基底和矽基底。然而，由於此類基底材料與氮化鎵之間的晶格失配和熱膨脹係數差異的緣故，可能在基底上所生長的氮化鎵層中產生大量錯位（dislocations），從而造成氮化鎵層破裂和彎曲。因此，通常在上面生長氮化鎵層之前，在所述基底上形成多種緩衝層，或者使用磊晶橫向過生長（epitaxial lateral overgrowth, ELO）方法以減少錯位產生。

在典型的 ELO 方法中，使用條帶狀二氧化矽（silicon dioxide, SiO₂）罩幕以減少基底與氮化鎵層之間的晶格失配和熱膨脹系統差異所造成的應力。下文將參看圖 1 描述所述典型的 ELO 方法，圖 1 是根據典型的 ELO 方法在上面生長氮化鎵層的基底的剖面圖。

在典型的 ELO 方法中，在熔爐中在基底 1 上生長氮化鎵層 2，且接著從熔爐中取出基底 1。將所述基底放置在沉積設備中，使得在氮化鎵層上沉積二氧化矽（silicon dioxide, SiO₂）層，且接著從沉積設備中取出基底 1。使用光刻技術（photolithography technique）對二氧化矽層進行圖案化，以在氮化鎵層上形成二氧化矽罩幕 3，且接著再次將基底 1 放置在熔爐中，使得在氮化鎵層 2 上生長 ELO 氮化鎵層 4。

ELO 氮化鎵層 4 的在二氧化矽罩幕 3 上方橫向生長的一部分與縱向生長的部分相比具有相對較高的質量。這是因為例如錯位等缺陷不能傳播穿過橫向生長部分。因此，通過在 ELO 氮化鎵層 4 的在二氧化矽罩幕 3 上方橫向生長的那部分中形成裝置，可獲得優良特性。

然而，所述 ELO 方法需要上述複雜過程，例如用於形成二氧化矽罩幕的額外外部過程，從而增加了加工時間和加工成本。另外，最近，隨著使用多個二氧化矽罩幕來改進並放大 ELO 的功能，用於形成二氧化矽罩幕和生長氮化鎵層的過程的數目也相應增加。因此，這可能導致加工成本、過程複雜性、時間損耗和經濟損耗增加，且因此導致降低的加工產量。

第 2004-0078208 號韓國專利特許公開案揭示一種用於通過形成凹槽以減少藍寶石基底與氮化鎵層之間的接觸面積來製備氮化鎵基底的方法來代替所述 ELO 方法。根據所述方法，在藍寶石基底的上表面和下表面上分別生長氮化鎵磊晶層。具體地說，在熔爐中在藍寶石基底的上表面上生長第一氮化鎵磊晶層。將所述藍寶石基底從熔爐中取出，將其倒置，且接著再次放置在所述熔爐中，使得在另一表面（即，藍寶石基底的下表面）上生長第二氮化鎵磊晶層。接下來，使用光刻工藝對下表面執行罩幕圖案化，且蝕刻第二氮化鎵磊晶層以形成多個凹槽。此後，向其施加雷射束以蝕刻第一氮化鎵磊晶層的對應於所述多個凹槽部分的部分。因而，在藍寶石的上表面上形成孔隙狀凹槽。通過使用這些凹槽，生長第三氮化鎵磊晶層。

根據上述方法，所述凹槽防止藍寶石基底與用於生長第三氮化鎵磊晶層的氮化鎵層接觸。如此，可減少在所述凹槽上方在氮化鎵層中產生錯位，且減少當溫度從生長溫度降低到室

溫時由熱膨脹係數差異造成的裂縫和彎曲。然而，所述方法需要額外過程，例如分別在藍寶石基底的上表面和下表面上生長氮化鎵層，對氮化鎵層執行罩幕圖案化，以及施加雷射束以在藍寶石基底的上表面上形成凹槽。這可導致加工時間和加工成本增加。

另外，當在藍寶石基底上生長氮化鎵磊晶層之後移除藍寶石基底以將所述氮化鎵磊晶層用作獨立式氮化鎵基底時，將藍寶石基底與氮化鎵磊晶層分離需要額外過程，例如雷射剝離（laser lift-off）。這還可能增加加工成本並減少加工產量，因為用以將藍寶石基底與氮化鎵磊晶層分離所施加的熱量可能造成多種缺陷，例如氮化鎵磊晶層中的裂縫和彎曲。如果基底由矽形成，那麼可易於通過拋光或化學蝕刻來將其移除。然而，矽基底還受到限制，即難以在其上形成高質量氮化鎵磊晶層。

如上文所述，雖然用於製造良好質量的氮化鎵基底的罩幕圖案化工藝可有效減少錯位，但其可能增加加工時間和加工成本。

【發明內容】

本發明的目的在於，克服現有的製備化合物半導體基底的方法存在的缺陷，而提供一種新的用於製備化合物半導體基底的方法，所要解決的技術問題是使其更簡單且更經濟，其與典型的罩幕圖案化工藝相比，同等有效或更有效地減少錯位。

本發明的目的及解決其技術問題是採用以下技術方案來實現的。為達到上述目的，根據示範性實施例，一種用於製備化合物半導體基底的方法包含：在基底上塗覆多個球體；在塗覆有球體的基底上生長化合物半導體磊晶層，同時使得在所述

球體下方形成孔隙；以及冷卻上面生長化合物半導體磊晶層的基底，使得基底和化合物半導體磊晶層沿著所述孔隙自動分離。

所述方法可進一步包含在冷卻所述基底之後移除所述球體。

本發明的目的及解決其技術問題還採用以下的技術方案來實現。為達到上述目的，根據另一示範性實施例，一種用於製備化合物半導體基底的方法包含：在基底上塗覆多個球體；在塗覆有球體的基底上生長第一化合物半導體磊晶層到達小於所述球體的尺寸的厚度；通過從上面生長第一化合物半導體磊晶層的基底移除球體而形成多個孔隙；在具有孔隙的第一化合物半導體磊晶層上生長第二化合物半導體磊晶層；以及冷卻上面生長第一和第二化合物半導體磊晶層的基底，使得第一化合物半導體磊晶層和第二化合物半導體磊晶層沿著孔隙自動分離。

球體可以是矽石球、藍寶石球、氧化鋯球或氧化鈮-氧化鋯球。化合物半導體可包含氮化鎵(gallium nitride, GaN)、氮化鋁(aluminum nitride, AlN)、氮化銦(indium nitride, InN)或其組合($\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{In}_{1-z}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x, y, z \leq 1$)。基底可由藍寶石(Al_2O_3)、碳化矽(silicon carbide, SiC)或矽(Si)形成。

本發明與現有技術相比具有明顯的優點和有益效果。借由上述技術方案，本發明用於製備化合物半導體基底的方法至少具有下列優點及有益效果：

如上文所述，在基底上塗覆球體，且在其上生長化合物半導體磊晶層。球體減少錯位產生，從而提高所生長的化合物半導體磊晶層的質量。在從生長溫度冷卻化合物半導體磊晶層

的同時，位於球體下方的孔隙使得半導體磊晶層與基底自動分離。因此，可在不需要例如雷射剝離等額外分離過程的情況下製備具有良好質量的化合物半導體基底。因而，與相關技術相比，可通過簡單過程減少加工時間和加工成本，並增加加工產量。

綜上所述，本發明有關一種用於製備化合物半導體基底的方法。所述方法包含：在基底上塗覆多個球體；在塗覆有球體的基底上生長化合物半導體磊晶層，同時使得在球體下方形成孔隙；以及冷卻上面生長化合物半導體磊晶層的基底，使得基底和化合物半導體磊晶層沿著孔隙自動分離。球體處理可減少錯位產生。另外，因為通過自動分離來分離基底和化合物半導體磊晶層，所以不需要雷射剝離過程。

為了讓本發明的上述和其他特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉其實施例，並配合附圖作詳細說明。提供附圖的目的是想要說明實施例，因此不應曲解為限定申請專利範圍。除非特別註明，否則不可將附圖視為依實際比例繪示。

【實施方式】

下文將參看附圖詳細描述具體實施例。然而，本發明可以不同形式實施且不應解釋為限於本文所陳述的實施例。而是，提供這些實施例以使得本發明將為徹底且詳盡的，並且將本發明的範圍全面傳達給所屬領域的技術人員。在附圖中，為了清楚說明而誇示元件的形狀，且相同參考數字始終指代相同元件。所屬領域的技術人員將瞭解，當本文中將例如層等元件稱為位於其它元件“上方/下方”時，所述元件可直接位於其它元件上方/下方，且也可存在一個或一個以上介入元件。

本發明的實施例主要集中在基底上的球體處理。與典型

的單幕圖案化工藝相比，所述球體處理同等有效或更有效地減少錯位。另外，球體可在基底與化合物半導體磊晶層之間產生孔隙，使得所述基底和所述化合物半導體磊晶層沿著所述孔隙自動分離。

(實施例)

圖 2A 到圖 5 說明根據示範性實施例的用於製備化合物半導體基底的方法。圖 2A 和圖 3 到圖 5 是剖面圖，且圖 2B 是平面圖。

參看圖 2A 和 2B，在基底 10 上塗覆多個球體 20。

基底 10 可由藍寶石、碳化矽 (silicon carbide, SiC)、矽或適合於生長化合物半導體磊晶層的任何其它典型的半導體材料形成。舉例來說，基底 10 可由砷化鎵 (gallium arsenide, GaAs) 單晶體、尖晶石單晶體、磷化銦 (indium phosphide, InP) 單晶體、碳化矽 (silicon carbide, SiC) 單晶體或氮化鎵 (gallium nitride, GaN) 單晶體形成。另外，可在這些單晶體上形成氮化鎵 (gallium nitride, GaN) 的緩衝層。因為所有所述材料均分別具有優點和弱點，所以可根據要求恰當地選擇用於基底的材料。舉例來說，當需要大面積時，基底可由矽形成。

球體 20 可由金屬氧化物形成，例如矽石 (SiO₂)、藍寶石 (Al₂O₃)、氧化鋯 (ZrO₂) 和氧化釔-氧化鋯 (Y₂O₃-ZrO₂)。優選的是，球體 20 可由基於穩定氧化物的材料形成，所述穩定氧化物即使在化合物半導體磊晶層的生長溫度下也不會與基底 10 和化合物半導體磊晶層 30 反應，這將在稍後描述。球體 20 可由多種材料形成，且也可購得。球體 20 可具有較廣範圍的尺寸，從幾納米到幾十微米。鑒於尺寸和製造與移除的簡易性，球體優選由矽石形成。在 2005 年 3 月 9 日申請的第

2005-0019605 號韓國專利申請案中描述一種用於生產矽石球的方法。

在將球體 20 散佈在合適溶劑中之後，可使用例如投放 (dropping)、浸漬塗覆 (dip coating) 和旋轉塗覆 (spin coating) 等簡單方法來將球體 20 塗覆在基底 10 上。如果有必要的話，可執行乾燥以蒸發溶劑。可使用球體在溶劑中的裝載密度 (loading density)、塗覆厚度、塗覆次數等來控制基底 10 上的球體的密度。

接下來，如圖 3 所示，將塗覆有球體 20 的基底 10 放置在熔爐中，使得在基底 10 上生長化合物半導體磊晶層 30。將化合物半導體磊晶層 30 生長到大於球體 20 的尺寸的厚度。也就是說，將化合物半導體磊晶層 30 生長為完全覆蓋球體 20。將化合物半導體磊晶層 30 生長到足夠用於最終化合物半導體基底的厚度。

可使用金屬有機化學汽相沉積 (metal-organic chemical vapor deposition, MOCVD)、分子束磊晶 (molecular beam epitaxy, MBE) 或氮化物汽相磊晶 (hydride vapor phase epitaxy, HVPE) 來生長化合物半導體磊晶層 30。化合物半導體磊晶層 30 可由氮化鎵 (gallium nitride, GaN)、氮化鋁 (aluminum nitride, AlN)、氮化銦 (indium nitride, InN) 或其組合 ($\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{In}_{1-z}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x, y, z \leq 1$) 形成。也就是說，化合物半導體磊晶層 30 可由氮化鎵合金形成，例如氮化鋁鎵 (aluminum gallium nitride, AlGaN)、氮化銦鎵 (indium gallium nitride, InGaN) 和氮化鋁銦鎵 (aluminum indium gallium nitride, AlInGaN)。

舉例來說，為了使用 MOCVD 生長氮化鎵磊晶層，可向

基底 10 的表面施加包含鎵 (gallium, Ga) 的金屬有機 (metal organic, MO) 源, 例如三甲基鎵 (trimethyl gallium, TMGa)、三乙基鎵 (triethyl gallium, TEGa) 和氯化鎵 (gallium chloride, GaCl₃), 以及含氮氣體, 例如氮氣 (nitrogen, N₂)、氨氣 (ammonia, NH₃) 和叔丁胺 (tertiary butyl amine, N(C₄H₉)₃)。為了使用 HVPE 生長氮化鎵磊晶層, 將含有鎵的容器放置在熔爐中且接著在容器周圍通過加熱器加熱以熔化所述鎵。熔化的鎵與氯化氫 (hydrogen chloride, HCl) 反應, 以產生氯化鎵 (gallium chloride, GaCl) 氣體。所述氯化鎵氣體與氨氣 (ammonia, NH₃) 反應以形成氮化鎵。

球體 20 充當典型的罩幕圖案, 因為其不覆蓋基底 10 的整個表面。也就是說, 開始在基底 10 的暴露表面上發生化合物半導體磊晶層 30 的若干部分的成核和生長。此後, 由於磊晶橫向過生長 (epitaxial lateral overgrowth, ELO) 的緣故, 橫向生長前端在球體 20 上方彼此接合, 且接著, 化合物半導體磊晶層 30 進一步向上延伸。因而, 由於球體 20, 錯位經彎曲, 進而改進化合物半導體磊晶層 30 的光學特性和結晶特性。另外, 在球體 20 下方形成孔隙 35。

在約 1000°C 的高溫下生長化合物半導體磊晶層 30。為了將上面生長化合物半導體磊晶層 30 的基底 10 從熔爐中取出, 不可避免地將基底 10 冷卻到較低溫度, 例如室溫。在冷卻期間, 應力集中在孔隙處以形成脆弱界面。因而, 可易於沿著孔隙 35 分離基底 10 和化合物半導體磊晶層 30。即使在冷卻之後沒有立即將其完全分離, 其也處於易於僅被非常小的機械力 (例如, 由工人施加) 分離的狀態。如上文所述, 因為基底 10 和化合物半導體磊晶層 30 可通過自動分離而分離, 所以不需

要額外的雷射剝離過程。

此處，球體 20 不僅可與化合物半導體磊晶層 30 分離，而且可與基底 10 分離。然而，還可能的是，某些球體 20 保留在基底 10 上，且其它球體保留在化合物半導體磊晶層 30 上。另外，還可能的是，所有球體 20 均保留在化合物半導體磊晶層 30 上。因此，在化合物半導體磊晶層 30 本身用作化合物半導體基底的情況下，可能需要移除保留在化合物半導體磊晶層 30 上的球體 20。可使用例如超聲波清潔和兆聲波清潔等機械方法或化學蝕刻容易地分離或移除球體 30，因為它們並未堅固地附接到其。具體地說，如果球體由矽石製成，那麼可通過將化合物半導體磊晶層 30 浸沒在 HF 稀釋液中而容易地以化學方式將其蝕刻掉。在移除球體 20 之後，化合物半導體磊晶層 30 的表面是不平坦的。因此，可執行恰當的拋光以製備最終的化合物半導體基底 30'，如圖 5 所示。舉例來說，當氮化鎵生長為化合物半導體磊晶層 30 時，可獲得氮化鎵基底，且當氮化鋁生長為化合物半導體磊晶層 30 時，可獲得氮化鋁基底。

如上文所述，與典型的罩幕圖案化工藝相比，簡單的球體處理可減少加工時間和加工成本。同時，簡單的球體處理可在氮化鎵生長期間減少在內部產生線性錯位。此外，可省略用於將氮化鎵與基底分離的分離過程。

可重複執行塗覆球體 20 和生長化合物半導體磊晶層 30 的循序過程，以改進化合物半導體磊晶層 30 的質量。也就是說，可在圖 3 的化合物半導體磊晶層 30 上再次執行球體 20 的塗覆和化合物半導體磊晶層 30 的生長。球體 20 的多個層可使得錯位在化合物半導體磊晶層 30 中初次且再次彎曲。

圖 6 是上面兩次執行球體塗覆的樣本的穿透式電子顯微鏡 (transmission electron microscope, TEM) 圖像。也就是說，通過在藍寶石基底 10a 上塗覆矽石球 20a、生長氮化鎵磊晶層 30a、再次在氮化鎵磊晶層 30a 上塗覆矽石球 20a 且接著進一步生長氮化鎵層 30a 來獲得所述樣本。

如圖 6 所示，在矽石球 20a 下方形成孔隙 35a。因此，可通過球體 20a 彎曲錯位 40，且藍寶石基底 10a 和氮化鎵磊晶層 30a 處於易於沿著孔隙 35a 分離的狀態。

圖 7A 到圖 10 說明根據另一示範性實施例的用於製備化合物半導體基底的方法。圖 7A、8A、9 和 10 是剖面圖，且圖 7B 和 8B 分別是圖 7A 和 8A 的上表面的掃描電子顯微鏡 (scanning electron microscope, SEM) 圖像。

如上文參看圖 2 所描述，在基底 10 上塗覆多個球體。

接下來，如圖 7A 和 7B 所示，將基底 10 放置在熔爐中，使得在基底 10 上生長第一化合物半導體磊晶層 50。第一化合物半導體磊晶層 50 生長到小於球體 20 的尺寸的厚度。也就是說，第一化合物半導體磊晶層 50 不完全覆蓋球體 20 以在後續過程中移除球體 20。

優選的是，第一化合物半導體磊晶層 50 由化學性質穩定的材料形成，即具有與用於將在後續過程中生長的第二化合物半導體磊晶層 60 的材料相同或相似的結晶特性的材料。如此，可在第一化合物半導體磊晶層 50 與第二化合物半導體磊晶層 60 之間將結晶差異和隨之的晶體缺陷密度減到最小。也就是說，第一化合物半導體磊晶層 50 由具有與用於第二化合物半導體磊晶層 60 的材料相同或相似的晶格常數和熱膨脹係數的材料形成，使得第一化合物半導體磊晶層 50 充當緩衝層。

可使用 MOCVD、MBE、HVPE 等生長第一化合物半導體磊晶層 50。第一化合物半導體磊晶層 50 可由氮化鎵 (gallium nitride, GaN)、氮化鋁 (aluminum nitride, AlN)、氮化銦 (indium nitride, InN) 或其組合 ($\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{In}_{1-z}\text{N}$, 其中 $0 \leq x, y, z \leq 1$) 形成。

此後，從基底 10 移除球體 20。如上文所述，可使用超聲波清潔、兆聲波清潔或化學蝕刻容易地移除球體 20。如圖 8A 和 8B 所示，在移除球體 20 的地方形成近似球形孔隙 55，以暴露基底 10 的上表面的一部分。因而，具有孔隙 55 的第一化合物半導體磊晶層 50 保留在基底 10 上。

參看圖 9，在第一化合物半導體磊晶層 50 上生長第二化合物半導體磊晶層 60。也可使用 MOCVD、MBE、HVPE 等來生長第二化合物半導體磊晶層 60。第二化合物半導體磊晶層 60 由氮化鎵 (gallium nitride, GaN)、氮化鋁 (aluminum nitride, AlN)、氮化銦 (indium nitride, InN) 或其組合 ($\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{In}_{1-z}\text{N}$, 其中 $0 \leq x, y, z \leq 1$) 形成。第二化合物半導體磊晶層 60 具有充當最終化合物半導體基底的合適厚度。

第二化合物半導體磊晶層 60 在第一化合物半導體磊晶層 50 上生長到所需厚度，且同時，橫向生長前端彼此接合。結果，在其中具有多個空隙 (vacancies) (即，所述多個孔隙 55) 的第一化合物半導體磊晶層 50 上形成連續的第二化合物半導體磊晶層 60。

第二化合物半導體磊晶層 60 的生長溫度為約 $1,000^{\circ}\text{C}$ 。為了將上面生長第二化合物半導體磊晶層 60 的基底 10 從熔爐中取出，不可避免地將基底 10 冷卻到較低溫度。在冷卻期間，應力集中在孔隙 55 處以形成脆弱界面。因此，如圖 10 所示，

第二化合物半導體磊晶層 60 可沿著孔隙 55 而與基底 10 和第一化合物半導體磊晶層 50 分離。即使在冷卻之後沒有立即將其完全分離，其也處於易於僅被非常小的機械力分離的狀態。如上文所述，通過借助於自動分離來分離第二化合物半導體磊晶層 60，可獲得化合物半導體基底。

如上文所述，在基底上塗覆球體，且在其上生長化合物半導體磊晶層。球體減少錯位產生，從而提高所生長的化合物半導體磊晶層的質量。在從生長溫度冷卻化合物半導體磊晶層的同時，位於球體下方的孔隙使得半導體磊晶層與基底自動分離。因此，可在不需要例如雷射剝離等額外分離過程的情況下製備具有良好質量的化合物半導體基底。因而，與相關技術相比，可通過簡單過程減少加工時間和加工成本，並增加加工產量。

以上所述，僅是本發明的較佳實施例而已，並非對本發明作任何形式上的限制，雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然而並非用以限定本發明，任何熟悉本專業的技術人員，在不脫離本發明技術方案範圍內，當可利用上述揭示的技術內容作出些許更動或修飾為等同變化的等效實施例，但凡是未脫離本發明技術方案內容，依據本發明的技術實質對以上實施例所作的任何簡單修改、等同變化與修飾，均仍屬於本發明技術方案的範圍內。

【圖式簡單說明】

圖 1 是根據典型的 ELO 方法在上面生長氮化鎵層的基底的剖面圖。

圖 2A 到圖 5 說明本發明根據示範性實施例的用於製備化合物半導體基底之方法的示意圖。

圖 6 是上面兩次執行球體塗覆的樣本的穿透式電子顯微鏡 (transmission electron microscope, TEM) 圖像。

圖 7A 到圖 10 說明本發明根據另一示範性實施例的用於製備化合物半導體基底之方法的示意圖。

【主要元件符號說明】

- 1、10：基底
- 2：氮化鎵層
- 3：二氧化矽罩幕
- 4：ELO 氮化鎵層
- 10a：藍寶石基底
- 20：球體
- 20a：矽石球
- 30：化合物半導體磊晶層
- 30'：化合物半導體基底
- 30a：氮化鎵磊晶層
- 35、35a、55：孔隙
- 40：錯位
- 50：第一化合物半導體磊晶層
- 60：第二化合物半導體磊晶層

十、申請專利範圍：

1.一種用於製備化合物半導體基底的方法，包括：

在基底上塗覆多個球體；

在塗覆有所述球體的所述基底上生長化合物半導體磊晶層，同時使得在所述球體下方形成孔隙；以及

冷卻上面生長所述化合物半導體磊晶層的所述基底，使得所述基底和所述化合物半導體磊晶層沿著所述孔隙自動分離。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，更包括在所述基底的所述冷卻之後移除所述球體。

3.如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，其中所述球體是矽石球、藍寶石球、氧化鋯球或氧化鈮-氧化鋯球。

4.如申請專利範圍第 2 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，其中所述球體是矽石球，且通過化學蝕刻移除。

5.如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，其中所述化合物半導體磊晶層包括氮化鎵、氮化鋁、氮化銦或其組合。

6 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，其中所述基底由藍寶石、碳化矽或矽形成。

7.一種用於製備化合物半導體基底的方法，包括：

在基底上塗覆多個球體；

在塗覆有所述球體的所述基底上生長第一化合物半導體磊晶層到達小於所述球體的尺寸的厚度；

通過從上面生長所述第一化合物半導體磊晶層的所述基

底移除所述球體來形成多個孔隙；

在具有所述孔隙的所述第一化合物半導體磊晶層上生長第二化合物半導體磊晶層；以及

冷卻上面生長所述第一化合物半導體磊晶層和所述第二化合物半導體磊晶層的所述基底，使得所述第一化合物半導體磊晶層和所述第二化合物半導體磊晶層沿著所述孔隙自動分離。

8.如申請專利範圍第 7 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，其中所述球體是矽石球、藍寶石球、氧化鋁球或氧化鈮-氧化鋁球。

9.如申請專利範圍第 7 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，其中所述球體是矽石球，且通過化學蝕刻移除。

10.如申請專利範圍第 7 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，其中所述第一化合物半導體磊晶層和所述第二化合物半導體磊晶層包括氮化鎵、氮化鋁、氮化銦或其組合。

11.如申請專利範圍第 7 項所述之用於製備化合物半導體基底的方法，其中所述基底由藍寶石、碳化矽或矽形成。

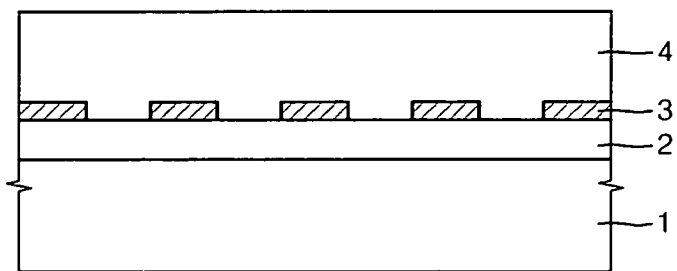


圖 1

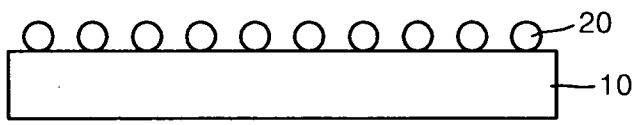


圖 2A

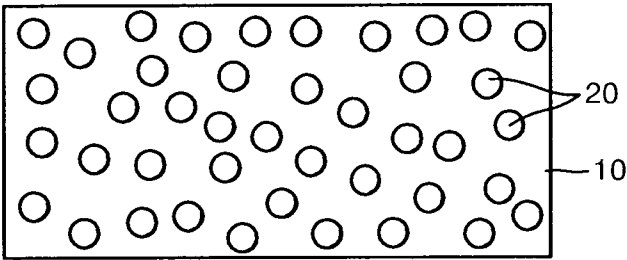


圖 2B

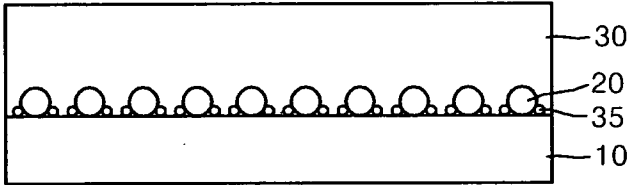


圖 3

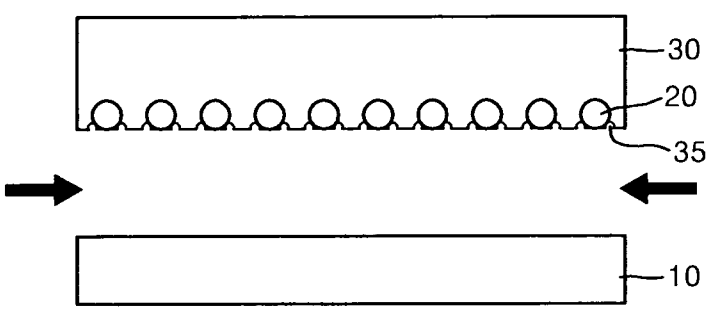


圖 4

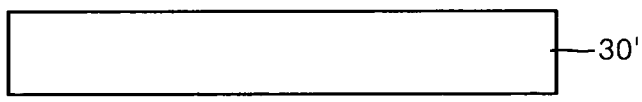


圖 5

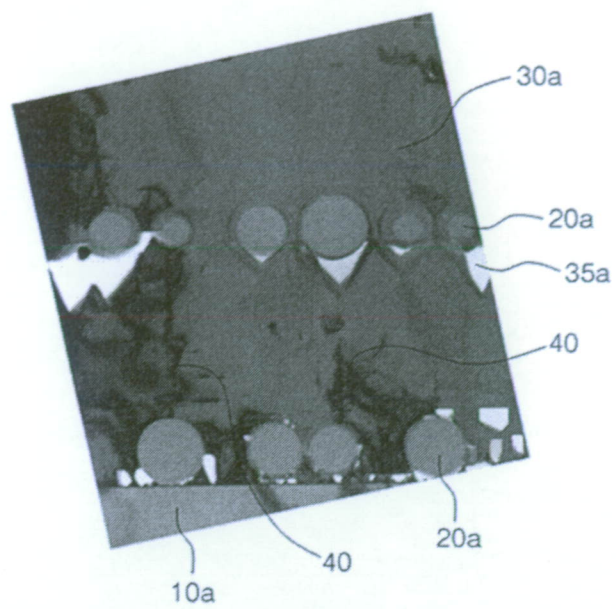


圖 6



圖 7A

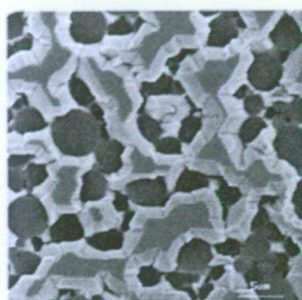


圖 7B

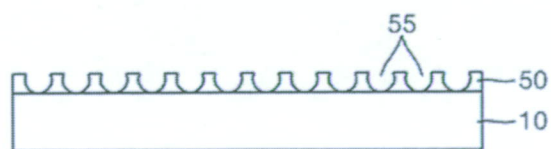


圖 8A

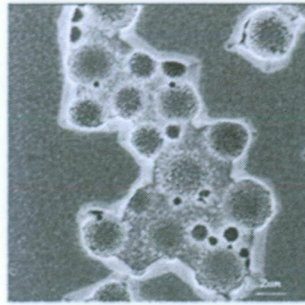


圖 8B

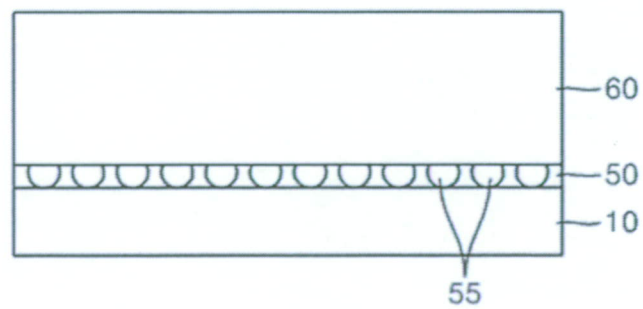


圖 9

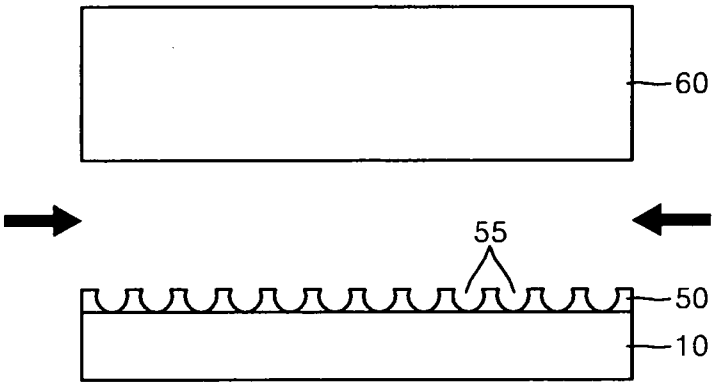


圖 10