

公告本
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：93112947

※ 申請日期：93.5.7

※IPC 分類 H01L 27/12 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

B32B 9/04 (2006.01)

經由整合高溫度氧離子植入分離鍺交互擴散退火的絕緣體上矽鍺之形成
FORMATION OF SILICON-GERMANIUM-ON-INSULATOR (SGOI)
BY AN INTEGRAL HIGH TEMPERATURE SIMOX-Ge
INTERDIFFUSION ANNEAL

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商萬國商業機器公司

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

代表人：(中文/英文)

傑拉德 羅森賽

ROSENTHAL, GERALD

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國紐約州阿蒙市新果園路

NEW ORCHARD ROAD, ARMONK, NY 10504, U. S. A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U. S. A.

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 史蒂芬 W 比利
BEDELL, STEPHEN W.
2. 凱斯 E 佛格
FOGEL, KEITH E.
3. 迪芬達 K 珊達拉
SADANA, DEVENDRA K.
4. 雀凡 G 薛迪
SHAHIDI, GHAVAM G.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

1. 美國紐約州瓦葛瀑布市尼可大道32號
32 NICOLE DRIVE, WAPPINGERS FALLS, NY 12590, U.S.A.
2. 美國紐約州摩根河市露西路4號
4 LUCS LANE, MOHEGAN LAKE, NY 10547, U.S.A.
3. 美國紐約州普里斯山莊市天空大道90號
90 SKY TOP DRIVE, PLEASANTVILLE, NY 10570, U.S.A.
4. 美國紐約州龐德山莊市巴尼吉特路111號
111 BARNEGAT ROAD, POUND RIDGE, NY 10576, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

- 1.-3.均美國 U.S.A.
4. 伊朗 IRAN

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. 美國；2003年05月30日；10/448,947

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 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。

一良好定義並連續埋入的氧化層。高溫度退火兼用於化學形成埋入的氧化層以及經由在矽熔點附近進行退火而消除近表面矽層中存在的任何缺陷。

由於近來使用以矽為主的應變異質結構之高級活動，故需要提供絕緣體上矽鍺(SiGe-on-insulator; SGOI)基板，其中該矽鍺層係實質上放鬆並具有高品質。可使用各種方法(包括例如氧離子植入分離方法)來形成絕緣體上矽鍺基板。在先前技術中，首先將厚度為約1至約5微米的厚矽鍺層沈積於矽晶圓的頂部上，然後執行氧離子植入分離方法。此種先前技術方法受到下列兩個缺點的影響：1) 在形成一連續的氧化層之前鍺趨於擴散進入主體，以及2) 氧頂部附近存在的鍺會制止高品質埋入氧化層的形成，除非鍺的濃度非常低。

鑒於形成絕緣體上矽鍺基板材料之先前技術氧離子植入分離方法的缺陷，需要提供一種新穎且改善的氧離子植入分離方法，該方法降低在形成一連續埋入絕緣層之前鍺擴散進入主體矽的趨勢，並在一埋入絕緣層的頂部上提供一放鬆、高品質矽鍺合金層。

【發明內容】

本發明之一目的係提供一種製造薄型、高品質、實質上放鬆的絕緣體上矽鍺基板材料的方法。

本發明之另一目的係提供一種製造薄型、高品質、實質上放鬆的絕緣體上矽鍺基板材料之方法，該等材料對於進一步缺陷產生例如不匹配以及穿透錯位係穩定的。

本發明之另一目的係提供一種製造薄型、高品質、實質上放鬆的絕緣體上矽鍺基板材料的方法，該方法與CMOS處理步驟相容。

本發明之另一目的係提供一種用以製造薄型、高品質、實質上放鬆絕緣體上矽鍺基板材料之方法，該等材料接著可用作形成應變矽層的晶格失配樣板，即基板。

本發明之另一目的係提供具有高載子遷移率並可用於高性能CMOS應用的應變矽/實質上放鬆的絕緣體上矽鍺結構。

本發明之另一目的係提供一種用於經由組合絕緣體上矽(SOI)之形成與含鍺層之交互擴散之各方面而在一絕緣層上製造一實質上放鬆、高品質矽鍺合金結晶層之方法。

本發明之另一目的係提供一種用於製造一利用氧離子植入分離退火之缺陷消除特性的實質上放鬆、高品質絕緣體上矽鍺基板材料的方法，同時允許在一高度抗鍺擴散的埋入絕緣層上形成一實質上放鬆、高品質矽鍺合金結晶層。

本發明中經由利用一方法來實現此等及其他目的及優點，該方法包括首先將離子例如氧離子植入一含矽基板中以在該含矽基板中形成一植入充足區域。該植入充足區域具有一足夠的離子濃度，以便在一隨後的高溫度退火期間，形成一抗鍺擴散之阻障層。接著，在該含矽基板之一表面上形成一含鍺層，例如矽鍺或純鍺，接著在一允許形成該阻障層之形成以及鍺之交互擴散的溫度下執行一加熱步驟，從而在該阻障層頂部上形成一實質上放鬆的單晶矽

鍺層。應注意，該實質上放鬆的單晶層係由至少該矽鍺或純鍺層以及位於該植入充足區域上的含矽基板之一部分之一均質混合物所組成。

在本發明之此等步驟之後，可在該實質上放鬆的單晶矽鍺層頂部上磊晶生長一應變矽層，以形成一應變矽/放鬆的含矽鍺異質結構，其可用於多種高性能CMOS應用。

本方法亦可涵蓋形成未圖案化的阻障層(即連續的阻障層)或圖案化的阻障層(即經由半導體材料包圍的離散及隔離的阻障區域或島)。

在本發明之另一具體實施例中，在加熱該結構之前，在該含鍺結構之頂部上形成一矽覆蓋層。本發明之此項具體實施例在退火之前更改矽鍺層的熱力穩定性(防止缺陷產生方面)。矽鍺層的厚度為約2000 nm或更薄，厚度為約10至約200 nm則更佳。

本發明另一方面係關於利用上述處理步驟形成的絕緣體上矽鍺基板材料。明確地說，所發明之基板材料包括含矽基板、一位於含矽基板頂部上抗鍺擴散的絕緣區域與一位於絕緣區域頂部上之實質上放鬆的矽鍺層，其中該實質上放鬆矽鍺層的厚度為約2000 nm或以下。所發明絕緣體上矽鍺基板材料的一性能特徵係其具有當代絕緣體上矽鍺材料的典型缺陷密度。明確地說，本發明之絕緣體上矽鍺基板材料具有一約 $5 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 或以下的測量缺陷密度。

本發明之另一方面係關於一種包括至少上述基板材料的異質結構。明確地說，本發明之異質結構包括一含矽基板、

一位於含矽基板頂部上抗錯擴散的絕緣區域與一位於絕緣區域頂部上之實質上放鬆矽鍍層，其中該實質上放鬆矽鍍層的厚度約為2000 nm或以下；且在實質上放鬆矽鍍層頂部上形成一應變矽層。

本發明的其他方面係關於超晶格結構以及其他晶格失配結構之樣板，其包括至少本發明之絕緣體上矽鍍基板材料。

【實施方式】

本發明提供一種用以製造薄型、高品質、實質上放鬆絕緣體上矽鍍基板材料之方法，該等材料可用作晶格失配樣板，用於隨後磊晶矽之過度生長，現將參考本專利申請案之附圖予以更詳細之描述。附圖中，相同及/或對應元件以相同參考數字表示。

首先參考說明本發明之基本處理步驟之圖1A至1D。明確地說，圖1A顯示本發明之第一處理步驟，其中將離子12植入一含矽基板10以在該含矽基板10中形成一植入充足區域14。如圖所示，植入充足區域14係位於含矽基板10之一表面層之下方。本文所用之術語「含矽」表示包括至少矽的半導體基板。說明性範例包括但不限於：矽、矽鍍、矽碳、矽鍍碳、矽/矽、矽/矽碳、矽/矽鍍碳，及預製的絕緣體上矽，其中可包括任何數量的埋入氧化物(連續的、不連續的或連續與不連續的混合物)區域。

在本發明之此步驟植入含矽基板10的離子12係任何當接受一隨後的加熱步驟時能夠形成一抗錯擴散之阻障層之離子。此類離子的說明性範例包括但不限於：氧離子、氮離

子、NO離子、惰性氣體及其混合物。在本發明之此步驟植入含矽基板10的較佳離子12係氧離子。

使用足以在含矽基板中形成一植入充足區域14的濃度將離子12植入含矽基板10。在本發明之此步驟形成的植入充足區域14具有一離子濃度，該離子濃度足以使得當接受一隨後的加熱步驟時，在該含矽基板中形成一抗鍺擴散的阻障層。一般而言，在本發明之此步驟形成的植入充足區域14具有一為約 1×10^{22} 個原子/cm³或更大的離子濃度。

在含矽基板10的上表面下形成植入充足區域14，以便含矽材料之一表面層位於植入充足區域14之頂部上。一般而言，在含矽基板10之上表面下約5 nm或更大距離處形成植入充足區域14。

植入離子12係使用熟習此項技術者所熟知的傳統氧離子植入分離方法與條件，以及以下申請案及專利中所提及的各種氧離子植入分離方法與條件：2001年5月21日申請的共同讓渡美國專利申請案第09/861,593號；2001年5月21日申請的09/861,594；2001年5月21日申請的09/861,590；2001年5月21日申請的09/861,596；以及2001年6月19日申請的09/884,670以及頒予Sadana等人的美國專利第5,930,634號，各申請案及專利的全部內容以引用的方式併入本文中。植入可為圖1A所示的覆毯式植入或可採用如圖2A所示的圖案化植入。圖案化植入可包括直接形成於含矽基板10之上表面上的遮罩，或可採用與含矽基板10之上表面相距一定距離的遮罩。

方法能夠(i)生長一熱力穩定的(在臨界厚度以下)矽鍺合金或純鍺層，(ii)生長一平穩且不含缺陷即不匹配以及TD錯位的矽鍺合金或純鍺層，或(iii)生長一部分或全部放鬆的矽鍺層，放鬆的範圍係由生長溫度、鍺濃度、厚度或矽覆蓋層的存在來控制。能夠滿足條件(i)、(ii)或(iii)的此類磊晶生長方法之說明性範例包括但不限於：低壓化學汽相沈積(LPCVD)、超高真空化學汽相沈積(UHVCVD)、大氣壓化學汽相沈積(APCVD)、分子束(MBE)磊晶及電漿增強化學汽相沈積(PECVD)。

在本發明之此步驟形成的含鍺層16的厚度可變動，但一般而言，含鍺層16的厚度為約10至約500 nm，約20至約200 nm的厚度更佳。

在本發明的替代性具體實施例中，參見圖3A至3B，在執行本發明之加熱步驟之前，於含鍺層16之頂部上形成可選覆蓋層18。本發明中所採用之可選覆蓋層包含任何矽或含矽材料，包括但不限於：磊晶矽(epi-Si)、磊晶矽鍺(epi-SiGe)、非晶矽(a:Si)、非晶矽鍺(a:SiGe)、單晶或多晶矽或包括多層之任何其組合。在一項較佳具體實施例中，覆蓋層18包含磊晶矽。應注意，層16與18可以在或可以不在同一反應室中形成。

當存在時，可選覆蓋層18的厚度為約1至約100 nm，厚度為約1至約30 nm更佳。使用任何熟知的沈積方法(包括上述磊晶生長方法)來形成可選覆蓋層18。

在本發明之一項具體實施例中，較佳係在含矽基板10之

表面上形成厚度為約1至約2000 nm的純鍺或矽鍺合金(15至20原子百分比鍺)層16，然後在鍺或矽鍺層頂部上形成一厚度為約1至約100 nm的矽覆蓋層18。

在植入的含矽基板之頂部上形成含鍺層16(以及可選覆蓋層18)之後，接著在一允許鍺遍佈表面含矽層、含鍺層16以及可選矽封蓋18(若存在該封蓋的話)而交互擴散的溫度下加熱(即退火)該基板，從而在阻障層22(亦在加熱步驟期間形成)之頂部上形成實質上放鬆的單晶矽鍺層20。圖1C說明在執行本發明之加熱步驟之後所得到的結構。應注意，在加熱步驟期間，在層20頂部形成氧化層24。在加熱步驟後，一般但並不總是使用傳統濕式蝕刻程序從結構中移除該氧化層，其中蝕刻程序使用化學蝕刻劑，如HF，與有矽鍺相比，其移除氧化物時具有高度選擇性。

應注意，當移除氧化層時，可在層20頂部上形成一單晶矽層，並且本發明之上述處理步驟可重複任何次數，以產生一多層放鬆矽鍺基板材料。

在本發明之加熱步驟之後形成的氧化層24具有可變的厚度，範圍為約10至約1000 nm，厚度為約20至約500 nm更佳。

明確地說，本發明之加熱步驟係退火步驟，在約900°C至約1350°C的高溫度下執行，約1200°C至約1335°C的溫度更佳。而且，在包括至少一含氧氣體例如O₂、NO、N₂O、臭氧、空氣及其它類似含氧氣體的一氧化環境中實施本發明之加熱步驟。含氧氣體可相互混合(例如O₂與NO之混合物)，或可以惰性氣體例如He、Ar、N₂、Xe、Kr或Ne來稀

釋該氣體。

加熱步驟可實施不同時間週期，通常為約10至約1800分鐘，時間週期為約60至約600分鐘更佳。加熱步驟可按單一目標溫度實施，或採用使用各種斜坡率與浸泡時間的各種斜坡或浸泡週期。

加熱步驟係在氧化環境下執行，以獲得表面氧化層，即層24，作為鍺原子擴散的阻障層。因此，一旦在該結構之表面上形成氧化層24，鍺便可捕獲於阻障層22與氧化層24之間。隨著表面氧化物的厚度增加，鍺在層14、16以及視需要在層18中的分佈變為更均勻，但會持續並有效地拒絕其侵佔氧化層。因此當該等(現在均質化的)層在此加熱步驟期間薄化時，鍺的相對餾份增加。當在已稀釋的含氧氣體中，於約1200°C至約1320°C的溫度下實施加熱步驟時，本發明中可實現有效熱混合。

本文中亦涵蓋使用一基於矽鍺層熔點的訂製熱週期。在此種情況下，會將溫度調整到低於矽鍺層的熔點以下。

應注意，若氧化發生得太快，鍺就無法從表面氧化物/矽鍺介面足夠快地擴散，或者穿過氧化層(並損失掉)或者使介面的鍺濃度太高，達到合金的熔點。

本發明之高溫度加熱步驟的作用係(1)在含矽基板中形成一抗鍺擴散的阻障層22；(2)使鍺原子可更快地擴散，從而在退火期間保持一均質的分佈；以及(3)對初始分層的結構進行一熱預算，以便於平衡組態。在已執行此加熱步驟之後，該結構包括一均勻且實質上放鬆的矽鍺合金層，即

層 20，夾入阻障層 22 與表面氧化層 24 之間。

根據本發明，該實質上放鬆的矽鍺層 20 具有一約 2000 nm 或以下的厚度，約 10 至約 100 nm 的厚度更佳。在本發明之退火步驟期間所形成的阻障層 22 具有一約 500 nm 或以下的厚度，約 50 至約 200 nm 的厚度更佳。應注意，本發明中所形成之該實質上放鬆的矽鍺層 20 薄於先前技術矽鍺緩衝層，並具有一小於約 5×10^7 個缺陷/cm² 的缺陷密度，包括不相稱與 TD。此缺陷密度值接近於當代絕緣體上矽鍺材料的報告值。

本發明中所形成之該實質上放鬆的矽鍺層 20 具有約 0.1 至約 99.9 原子百分比的最終鍺含量，約 10 至約 35 的鍺原子百分比更佳。實質上放鬆矽鍺層 20 的另一性能特徵為，其具有一約 1% 至約 100% 的測量晶格放鬆度，約 50% 至約 80% 的測量晶格放鬆度更佳。

如上所述，可在本發明的此步驟剝離表面氧化層 24，以提供絕緣體上矽鍺基板材料，如圖 2D 所示(應注意，基板材料不包括覆蓋層，因為該層已用於形成放鬆的矽鍺層)。

圖 2A 至 2D 顯示形成一圖案化阻障層 22 之本發明一項具體實施例。在本發明之此項具體實施例，執行如圖 2A 所示之一遮罩離子植入步驟。在圖 2A 中，參考數字 15 表示本發明之此項具體實施例中所用之植入遮罩。圖 2A 所示之植入遮罩係使用此項技術中所熟知的傳統技術來形成。雖然在圖 2A 中所示之植入步驟之後，可移除植入遮罩 15，但在含鍺層 16 之形成期間，植入遮罩 15 可保持於該結構上，參見

圖2B。在形成含鋅層16之後，在本發明之此步驟移除遮罩15。使用熟習此項技術者所熟知的傳統剝離方法來實施植入遮罩移除。圖2C顯示在加熱步驟之後的結構並且圖2D顯示移除氧化層24之後的結構。應注意，植入遮罩在整個方法中始終保持於該結構上。

圖4A至B顯示分別在圖1D及2D之矽鋅層20頂部上形成一矽層26之後所獲得的結構。使用此項技術中所熟知的傳統磊晶沈積方法來形成矽層26。磊晶矽層26的厚度可以變化，但通常磊晶矽層26的厚度為約1至約100 nm，厚度從約1至約30 nm更佳。

在某些情況下，可利用上述處理步驟在實質上放鬆的矽鋅層20頂部上形成額外的矽鋅層，接著可形成磊晶矽層26。因為與磊晶層26相比，層20的平面內晶格參數較大，故磊晶層26將會以拉伸的方式發生應變。

如上所述，本發明亦涵蓋超晶格結構及晶格失配結構，其至少包括本發明之絕緣體上矽鋅基板材料。若為超晶格結構，該等結構將至少包括本發明之實質上放鬆絕緣體上矽鋅基板材料，及在基板材料的實質上放鬆矽鋅層頂部形成的交替矽層與矽鋅層。

若為晶格失配結構，則本發明之絕緣體上矽鋅基板材料的實質上放鬆矽鋅層頂部將形成GaAs、GaP或其他類似化合物。

圖5係一使用本發明之方法所形成之實質上放鬆絕緣體上矽鋅基板材料之實際SEM(表面氧化物已被剝離)。特定言

之，經由使用上述範圍內的植入條件而首先將氧離子植入含矽晶圓中來製備圖5所示之絕緣體上矽鍺基板材料。然後在已植入的含矽基板頂部上生長一600 Å-17%矽鍺合金層，接著在1320°C的Ar-O₂環境中實施單一退火/氧化。在該影像中，頂部(黑色)區域係樣本之上的區域(SEM室)。第一淺灰色的層係絕緣體上矽鍺層，該層的下面係一更暗的灰帶，其係高溫度步驟期間所形成的埋入氧化層(BOX)。BOX之下的淺灰色層係矽基板。X射線繞射顯示矽鍺層(94.2 nm)包含4個原子%鍺，並且放鬆92%。埋入氧化物的厚度為約47.10 nm，連續而狀態良好。

概述而言，本發明在一整合方法中形成該絕緣體上矽鍺基板材料，該整合方法組合高溫度氧離子植入分離退火之好處與用於形成絕緣體上矽鍺之鍺擴散及分隔方法之簡化。

雖然已經參考較佳的具體實施例對本發明進行特別顯示及說明，不過熟習此項技術者將會瞭解在不脫離本發明的精神與範疇下有可能對前述及其它部分進行形式及細節的改變。因此，本發明的目的並不限於所說明及圖示的確切形式及細節，而應以隨附申請專利範圍的範疇為主。

【圖式簡單說明】

圖1A至1D係顯示本發明在製造一薄型、高品質、實質上放鬆絕緣體上矽鍺基板材料時所採用的基本處理步驟之圖示(透過斷面圖)。在此等圖式中，形成一連續、即未圖案化的抗鍺擴散阻障層。

圖 2A 至 2D 係顯示本發明之一替代性具體實施例在製造一薄型、高品質、實質上放鬆絕緣體上矽鍺基板材料時所採用的基本處理步驟之圖示（透過斷面圖）。在此等圖式中，形成一圖案化的抗鍺擴散阻障層。

圖 3A 至 3B 係顯示本發明之一替代性具體實施例之圖示（透過斷面圖），其中在圖 1B 所示結構或圖 2B 所示結構上所形成的一含鍺層之頂部上形成一矽覆蓋層。

圖 4A 至 4B 係顯示分別在圖 1D 與圖 2D 之薄型、高品質、實質上放鬆的絕緣體上矽鍺基板材料上形成一應變矽層之圖示（透過斷面圖）。

圖 5 係一使用本發明之處理步驟所形成之絕緣體上矽鍺基板材料之 SEM。

【主要元件符號說明】

10	含矽基板
12	離子
14	植入充足區域
15	植入遮罩
16	含鍺層
18	可選覆蓋層
20	矽鍺層
22	阻障層
24	氧化層
26	磊晶矽層

五、中文發明摘要：

本發明係揭示一種使用氧離子植入分離與鍺交互擴散來形成一實質上放鬆、高品質絕緣體上矽鍺基板材料之方法。該方法包括首先將離子植入一含矽基板以在該含矽基板中形成一植入充足區域。該植入充足區域具有一足夠的離子濃度，以便在一隨後的高溫度退火期間，形成一抗鍺擴散之阻障層。接著，在該含矽基板之一表面上形成一含鍺層，然後在一允許該阻障層之形成以及鍺之交互擴散的溫度下執行一加熱步驟，從而在該阻障層之頂部上形成一實質上放鬆的單晶矽鍺層。

六、英文發明摘要：

A method of forming a substantially relaxed, high-quality SiGe-on-insulator substrate material using SIMOX and Ge interdiffusion is provided. The method includes first implanting ions into a Si-containing substrate to form an implant rich region in the Si-containing substrate. The implant rich region has a sufficient ion concentration such that during a subsequent anneal at high temperatures a barrier layer that is resistant to Ge diffusion is formed. Next, a Ge-containing layer is formed on a surface of the Si-containing substrate, and thereafter a heating step is performed at a temperature which permits formation of the barrier layer and interdiffusion of Ge thereby forming a substantially relaxed, single crystal SiGe layer atop the barrier layer.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4A, 4B)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10 含矽基板

20 矽鍺層

22 阻障層

26 磊晶矽層

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：

此申請案與2002年1月23日所申請的共同待審及共同讓渡之美國專利申請案第10/055,138號有關，該相關申請案之名稱爲「產生用於應變矽CMOS應用之高品質放鬆絕緣體上矽鍺之方法」，其全部內容以引用的方式併入本文。

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種製造一半導體基板材料之方法，更特定言之，係關於一種經由組合絕緣體上矽(SOI)之形成與含鍺層之交互擴散之各方面而在一絕緣層之上製造一實質上放鬆、高品質矽鍺合金結晶層之方法。本發明之該方法提供實質上放鬆、高品質絕緣體上矽鍺基板材料，該等材料可用作一晶格失配樣板，用於經由隨後的矽磊晶過度生長而於其上產生一應變矽層。此類應變矽層具有高度的載子遷移率，用於高性能互補式金屬氧化物半導體(complementary metal oxide semiconductor; CMOS)應用。本發明亦係關於絕緣體上矽鍺基板材料以及包括至少絕緣體上矽鍺基板材料的結構。

【先前技術】

在半導體工業中，可使用在此項技術中稱為氧離子植入分離(separation by ion implantation of oxygen; SIMOX)的方法形成絕緣體上矽基板。在一傳統氧離子植入分離方法中，以高劑量(5×10^{16} 個原子/cm²或更大之等級)的氧植入矽晶圓，然後在極高的溫度(例如約1300°C或更大之等級)下對該矽晶圓進行退火及氧化，以在矽晶圓之表面下形成

雖然本發明中可採用各種植入條件，但以下提供用於在含矽基板 10 中形成一植入充足區域 14 的一般植入條件：

I. 高劑量離子植入：本文所用術語「高劑量」表示約 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ 或更大之一離子劑量，約 4×10^{17} 至約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-2}$ 的離子劑量更佳。除使用高離子劑量之外，通常會在一離子植入裝置內實施此植入，該離子植入裝置在約 0.05 至約 500 毫安 cm^{-2} 的束電流密度以及約 150 至約 1000 keV 的能量下運作。更佳地，使用約 150 至約 210 keV 的能量來實施此植入。

此植入稱為一基本離子植入，可在約 200°C 至約 800°C 的溫度、約 0.05 至約 500 mA cm^{-2} 之束電流密度下實施此植入。更佳地，可在約 200°C 至約 600°C 的溫度、約 5 至約 10 mA cm^{-2} 的束電流密度下實施該基本離子植入。

若需要，可在該基本離子植入步驟之後，使用約 1×10^{14} 至約 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 的離子劑量實施一第二氧植入，約 1×10^{15} 至約 $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 的離子劑量更佳。可在約 40 keV 或更大的能量下實施第二離子植入，約 120 至約 450 keV 的能量更佳。

在約 4K 至約 200°C 的溫度下以約 0.05 至約 10 mA cm^{-2} 的束電流密度執行此第二植入。更佳地，可在約 25°C 至約 100°C 的溫度、約 0.5 至約 5.0 mA cm^{-2} 的束電流密度下執行該第二離子植入。

應注意，第二離子植入在該基本離子植入步驟所引起的損壞區域下形成一非晶區域。在本發明之隨後的加熱步驟

期間，非晶與損壞區域變成一抗錯擴散之阻障層的一部分。

II. 低劑量離子植入：本文用於本發明之此項具體實施例的術語「低劑量」表示約 $4E17\text{ cm}^{-2}$ 或以下之離子劑量，約 $1E16$ 至約 $3.9E17\text{ cm}^{-2}$ 的離子劑量更佳。在約 40 至約 10000 keV 的能量執行此低劑量植入，約 40 至約 210 keV 的植入能量更佳。

此植入可稱為一基本離子植入，在約 100°C 至約 800°C 的一溫度下實施該植入。更佳地，可在約 200°C 至約 650°C 的溫度、約 0.05 至約 $500\text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ 的束電流密度下實施該基離子植入。

若需要，可在該基本植入步驟之後，使用上述條件實施一第二離子植入。

再次強調，上述類型的植入條件係示範性條件，絕非限制本發明之範疇。相反，本發明涵蓋傳統氧離子植入分離方法中通常所採用的全部傳統離子植入。

圖 1B 說明在含矽基板 10 之上表面頂部形成一含鍺層 16 之後形成的結構。在本發明之此步驟形成的含鍺層 16 可為一矽鍺合金層或純鍺層。術語「矽鍺合金層」包括含有高達 99.99 原子百分比鍺的矽鍺合金，而純鍺包括含有 100 原子百分比鍺之層。當採用矽鍺合金層時，矽鍺合金層中的鍺含量較佳為約 0.1 至約 99.9 原子百分比，約 10 至約 35 的鍺原子百分比更佳。

根據本發明，使用熟習此項技術者所熟知的任何傳統磊晶生長方法在含矽基板 10 的上表面頂部形成含鍺層 16，該

十、申請專利範圍：

1. 一種產生一實質上放鬆、高品質絕緣體上矽鍺基板材料之方法，其包含：

將離子植入一塊狀含矽基板，以形成一離子植入充足區域，該含矽基板的一表面層位於該離子植入充足區域上；

直接在含有該離子植入充足區域之該塊狀含矽基板之該表面層上，並完全遍及於含有該離子植入充足區域之該塊狀含矽基板之該表面層上形成一含鍺層；以及

在一溫度下對該含鍺層及含有該離子植入充足區域之該塊狀含矽基板進行一單一加熱步驟，該溫度(i)轉換該離子植入充足區域為一擴散阻障層，以及(ii)使鍺交互擴散於該含鍺層與該塊狀含矽基板之位於該離子植入充足區域上的該表面層，從而在該擴散阻障層之頂部上形成一實質上放鬆的矽鍺層。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該等植入離子包含氧離子、氮離子、NO離子、惰性氣體或其混合物。
3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該等植入離子包含氧離子。
4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該植入包含一覆毯式植入方法或一遮罩植入方法。
5. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該植入包含一使用約 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ 或更大的一離子劑量來執行的高劑量離子植入方法。

100年2月9日修(次)正替換頁

6. 如申請專利範圍第5項之方法，其中該高劑量離子植入係於一離子植入裝置中實施，該裝置運作在一約0.05至約500毫安 cm^{-2} 的束電流密度以及一約150至約1000 keV的能量下。
7. 如申請專利範圍第5項之方法，其中該高劑量離子植入方法係於一約200°C至約800°C之一溫度下實施。
8. 如申請專利範圍第5項之方法，其中該高劑量離子植入方法包含一基本離子植入步驟，並繼之以一在約4K至約200°C之一溫度下執行的第二離子植入步驟。
9. 如申請專利範圍第8項之方法，其中該第二離子植入步驟係使用一約 $1\text{E}14$ 至約 $1\text{E}16 \text{ cm}^{-2}$ 的離子劑量、一約40 keV或更大的能量，以約0.05至約10毫克 cm^{-2} 的束電流密度來實施。
10. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該植入包含一使用約 $4\text{E}17 \text{ cm}^{-2}$ 或更小的一離子劑量來執行的低劑量離子植入方法。
11. 如申請專利範圍第10項之方法，其中該低劑量離子植入係於一離子植入裝置中實施，該裝置運作在一約0.05至約500毫安 cm^{-2} 的束電流密度以及一約40至約10000 keV的能量下。
12. 如申請專利範圍第10項之方法，其中低劑量離子植入方法係於一約100°C至約800°C之一溫度下實施該。
13. 如申請專利範圍第10項之方法，其中該低劑量離子植入方法包含一基本離子植入步驟，並繼之以一在約4K至約

100-2-9

200°C之一溫度下執行的第二離子植入步驟。

14. 如申請專利範圍第13項之方法，其中該第二離子植入步驟係使用一約 $1\text{E}14$ 至約 $1\text{E}16\text{ cm}^{-2}$ 的離子劑量、一約40 keV或更大的能量，以約0.05至約10毫克 cm^{-2} 的束電流密度來實施。
15. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該含鋇層係一矽鋇合金層或純鋇。
16. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該含鋇層係一包含高達99.99原子百分比鋇的矽鋇合金層。
17. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該含鋇層係經由一磊晶生長方法形成，該磊晶生長方法係選自由低壓化學汽相沈積、大氣壓化學汽相沈積、超高真空化學汽相沈積、分子束磊晶以及電漿增強化學汽相沈積所組成之群組。
18. 如申請專利範圍第1項之方法，其進一步包含在該加熱之前在該含鋇層之頂部上形成一矽覆蓋層。
19. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該矽覆蓋層包括磊晶矽、磊晶矽鋇、非晶矽、非晶矽鋇、單晶或多晶矽、或其任何組合及其多層結構。
20. 如申請專利範圍第1項之方法，其中一表面氧化層係形成於該加熱期間。
21. 如申請專利範圍第20項之方法，其進一步包含利用一濕式化學蝕刻方法移除該表面氧化層。
22. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該加熱係在一氧化環境中實施，且該環境包括至少一種含氧氣體。

23. 如申請專利範圍第22項之方法，其進一步包括惰性氣體，該惰性氣體係用於稀釋該至少一含氧氣體。
24. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該加熱係於溫度約900°C至約1350°C下執行。
25. 如申請專利範圍第1項之方法，其進一步包含在該實質上放鬆矽鍺層頂部上生長一額外矽鍺層。
26. 如申請專利範圍第25項之方法，其進一步包含在該額外矽鍺層頂部上形成一應變矽層。
27. 如申請專利範圍第1項之方法，其進一步包含在該實質上放鬆矽鍺層頂部上形成一應變矽層。

98年7月8日修(更)正替換本

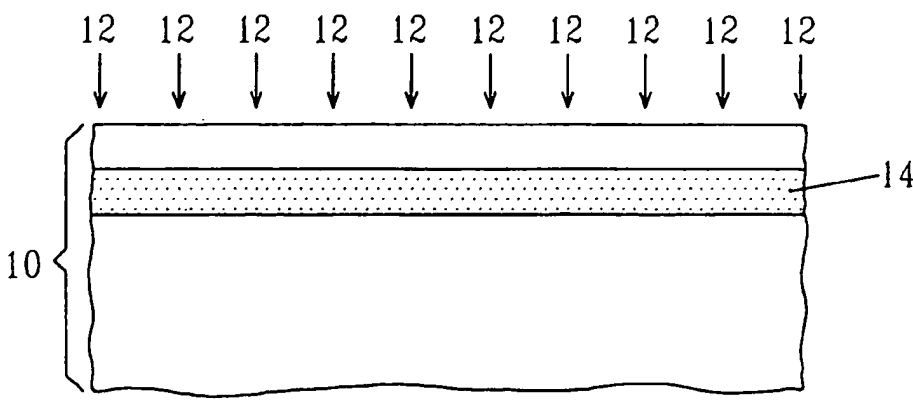


圖 1A

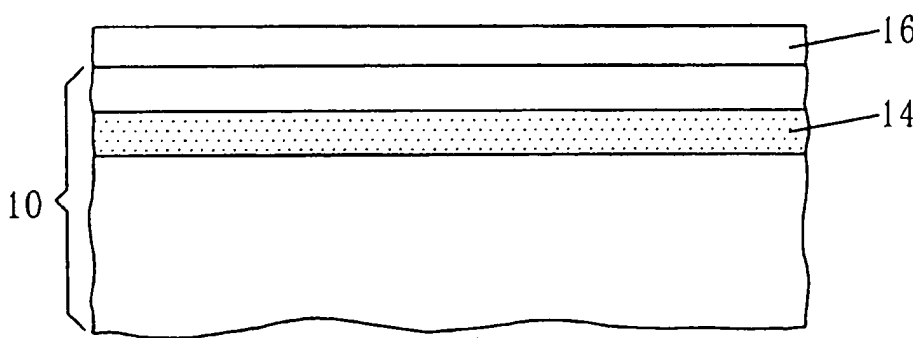


圖 1B

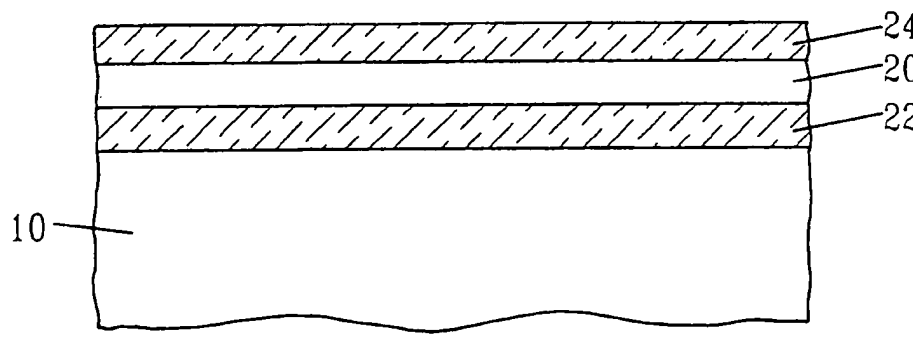


圖 1C

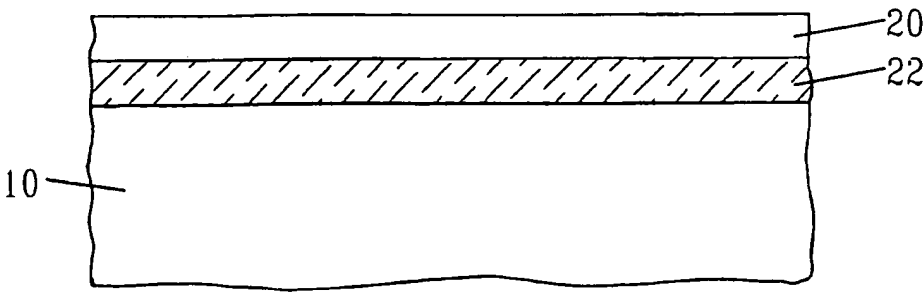


圖 1D

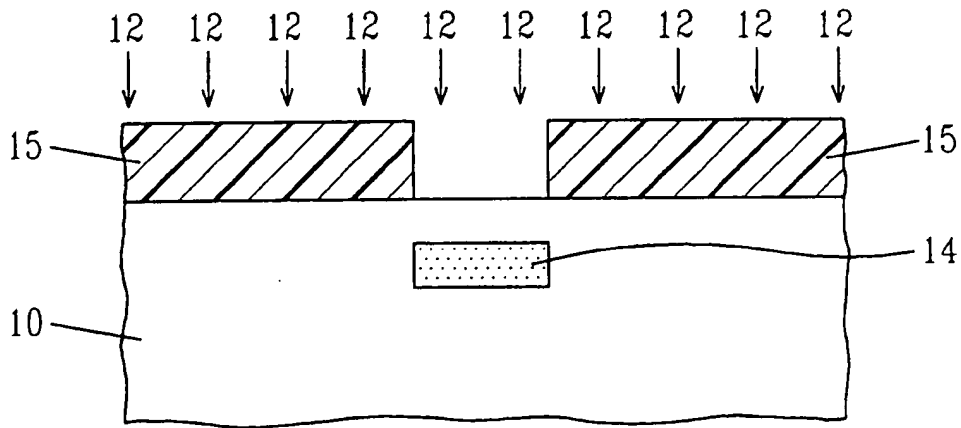


圖 2A

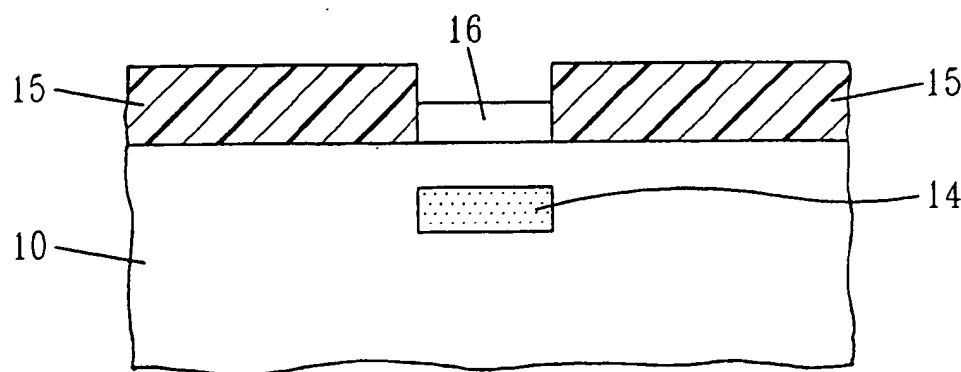


圖 2B

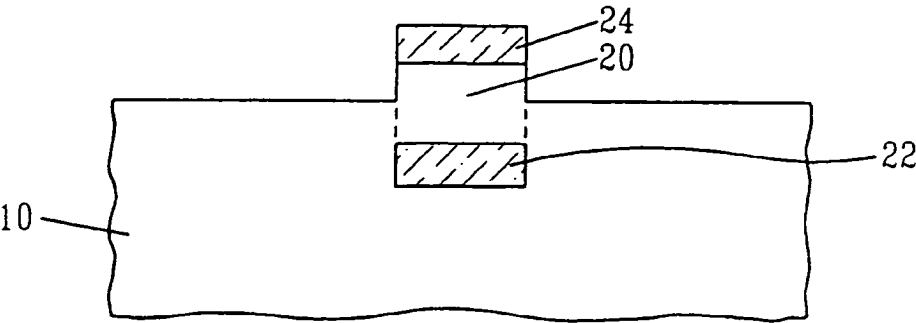


圖 2C

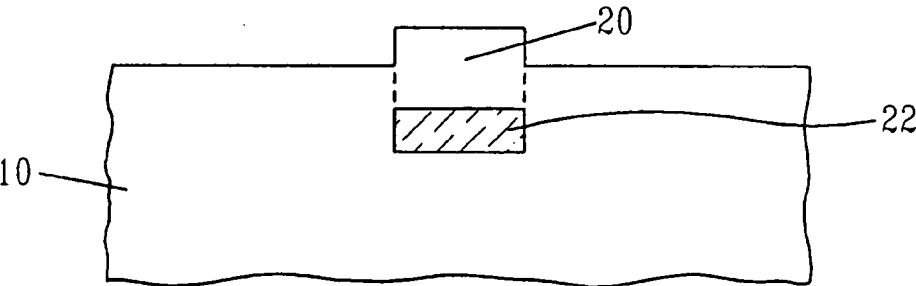


圖 2D

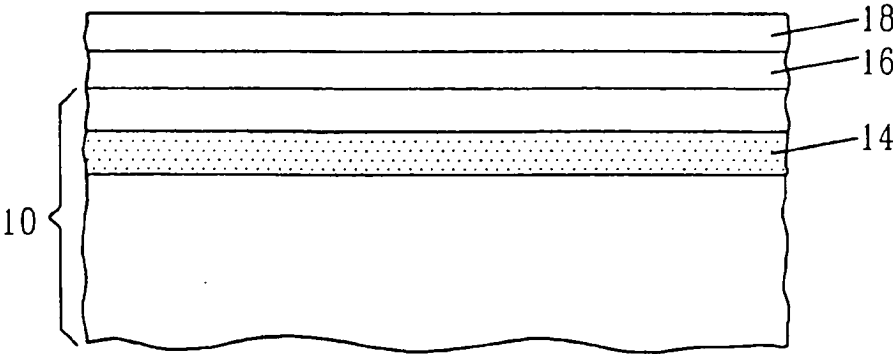


圖 3A

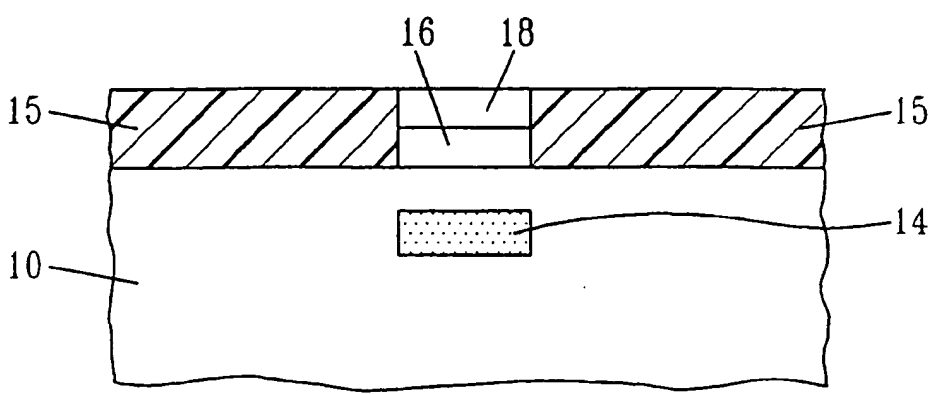


圖 3B

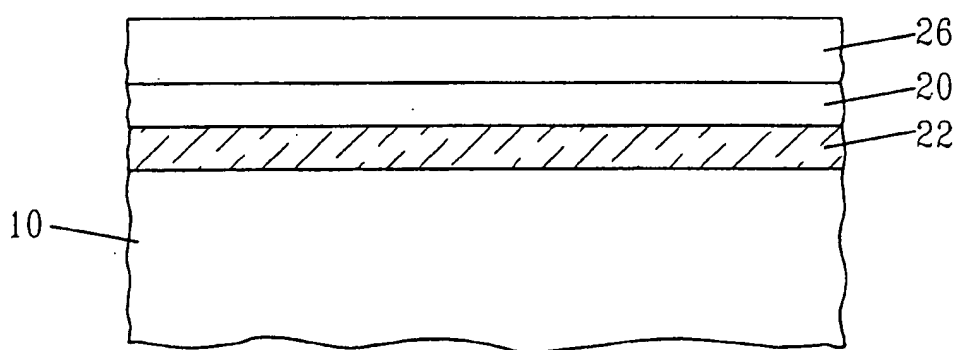


圖 4A

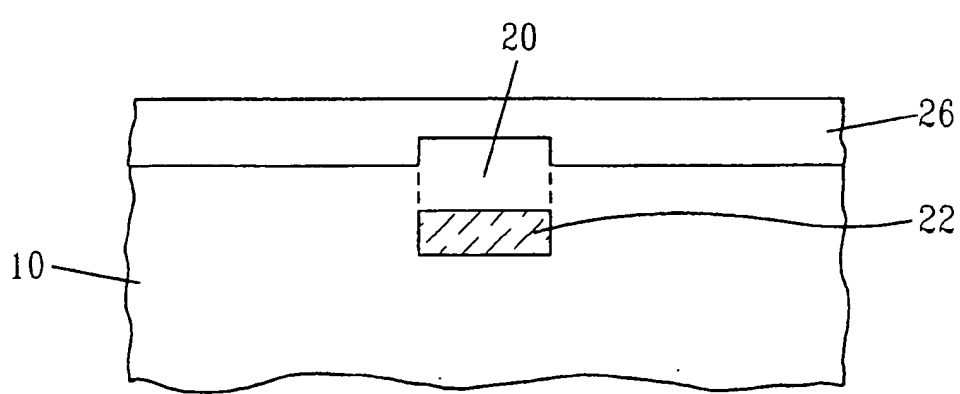


圖 4B

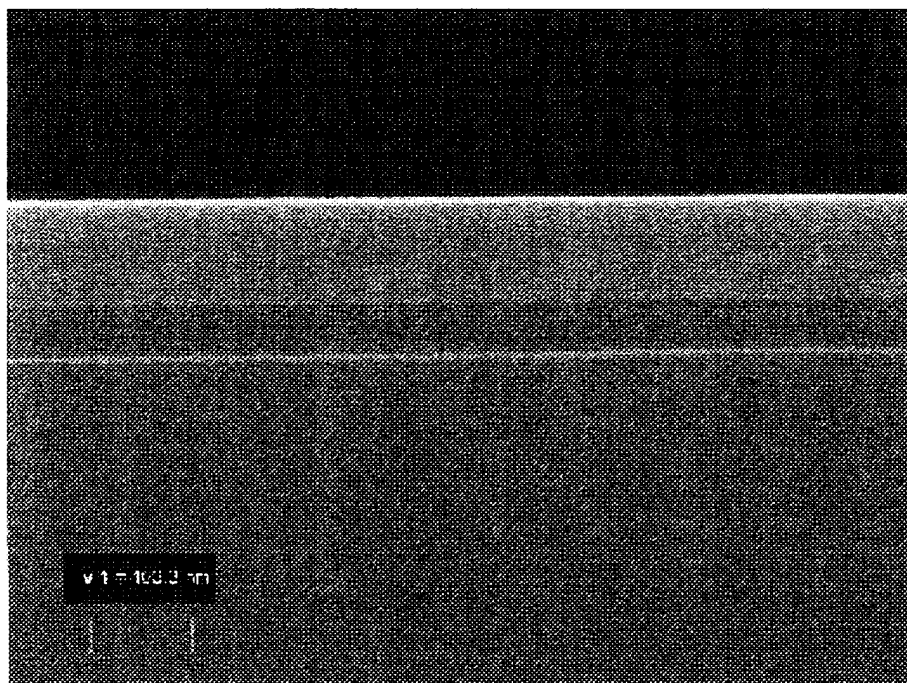


圖 5