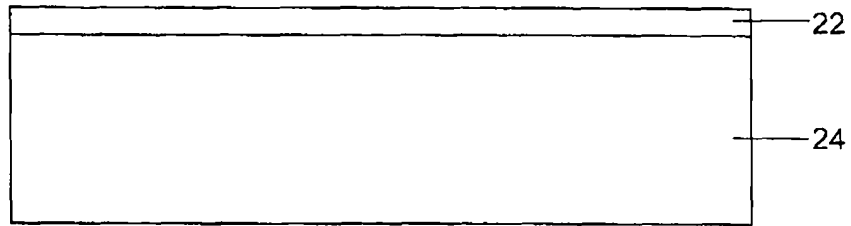
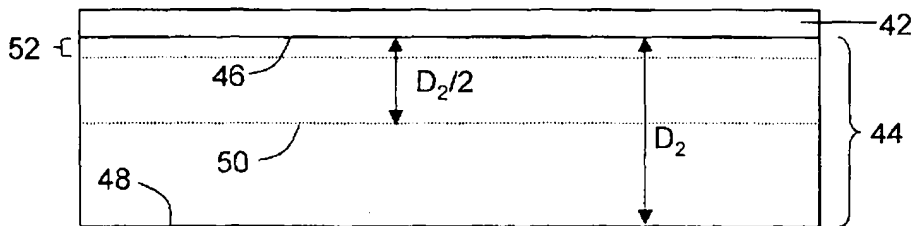


20

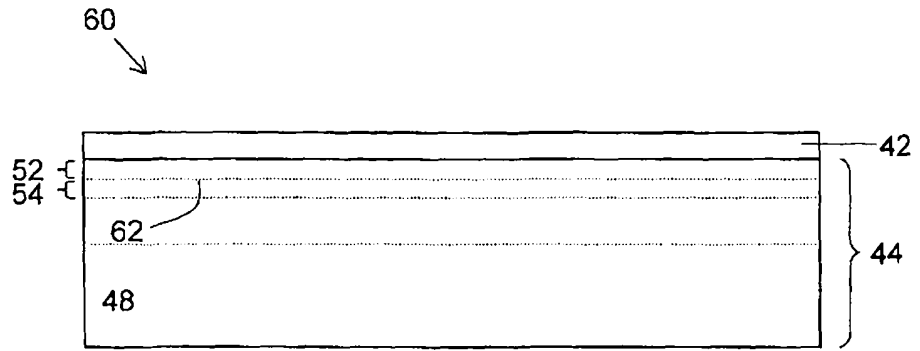


第一圖

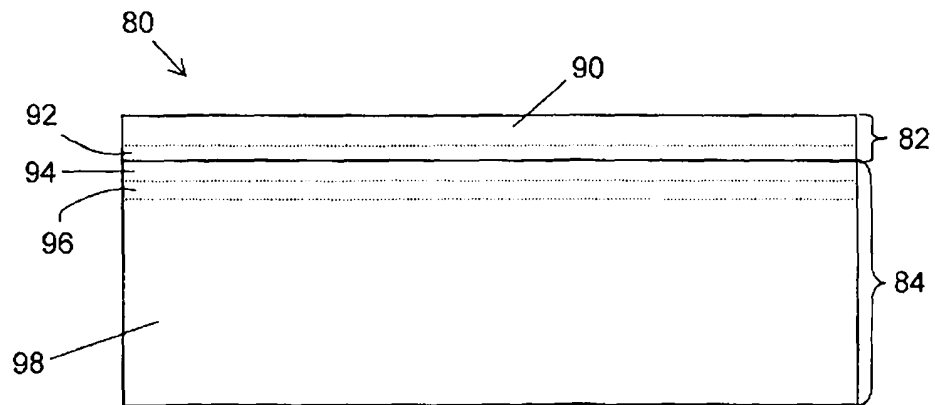
40



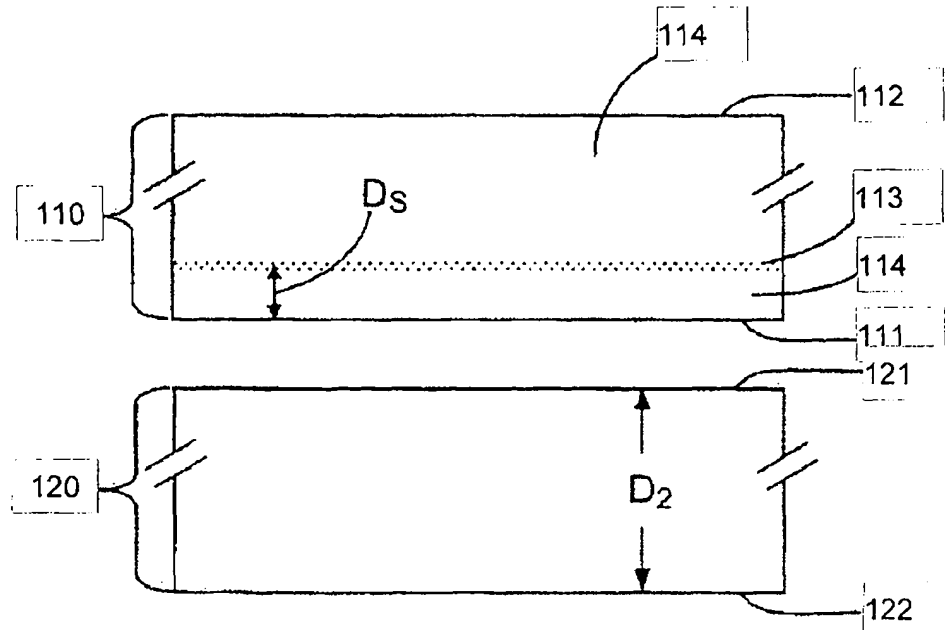
第二圖



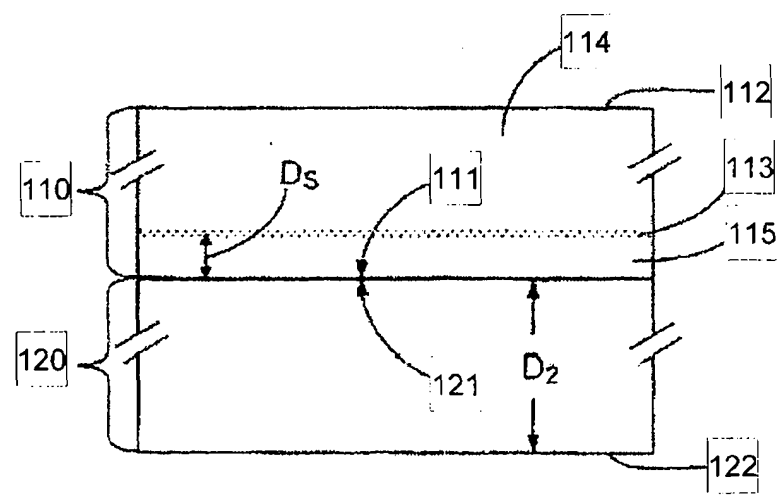
第三圖



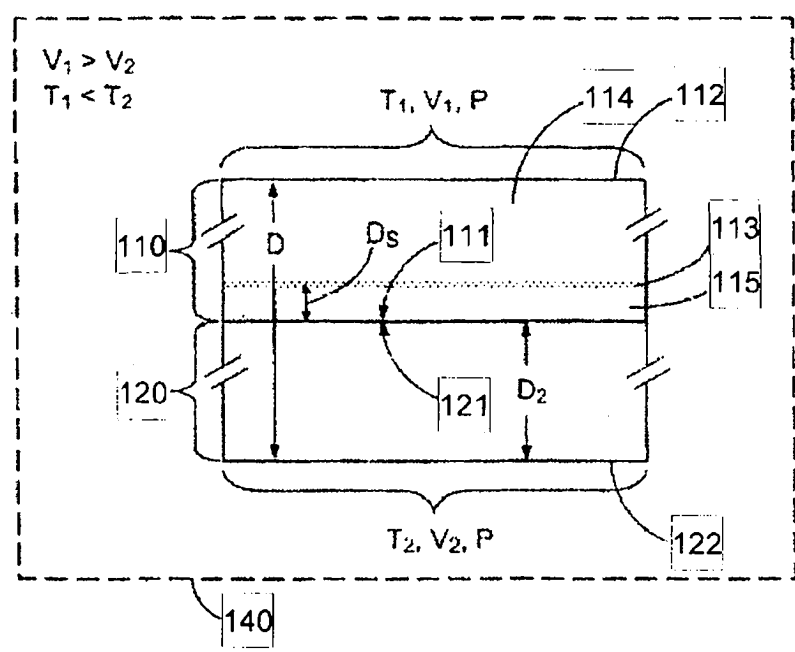
第四圖



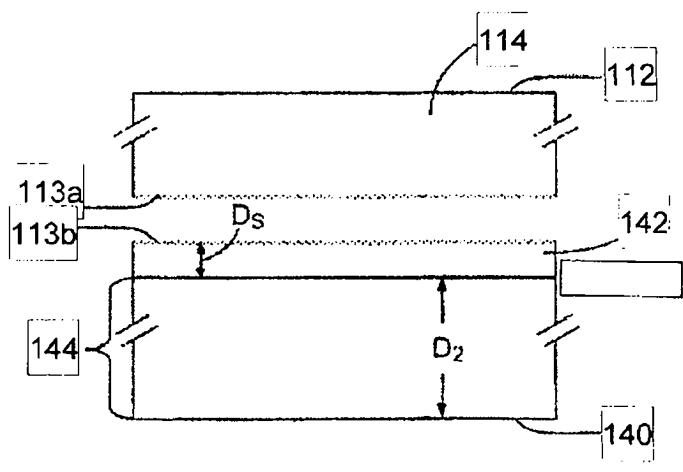
第五圖



第六圖



第七圖



第八圖

公告本

修正替換本 (全份)
10年5月4日 不含圖式

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：94128338

※ 申請日期：94.8.18 ※IPC 分類：C03C³/083, 3/097, 2/00,

一、發明名稱：(中文/英文) -

H01L²/96

含有絕緣體上半導體結構之高應變玻璃/玻璃陶瓷

High Strain Glass/Glass-Ceramic Containing Semiconductor-On-Insulator Structures

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

康寧公司

Corning Incorporated

代表人：(中文/英文) 馬克羅認司克 Mark W. Lauroesch

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國紐約州康寧區豪頓園區

SP-TI-3-1

Corning, NY 14831 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. 布思卡迪艾肯 Bruce Gardiner Aitken
2. 卡夏普魯坦葛喀 Kishor Purushottam Gadkaree
3. 林達魯平克尼 Linda Ruth Pinckney
4. 馬叔強代尼卡 Matthew John Dejneka

國籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 美國 U.S.A.
3. 美國 U.S.A.
4. 美國 U.S.A.

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：
美國 08/18/2004 60/602,781

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。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於半導體結構，以及特別是關於半導體在絕緣體上結構以及製造半導體在絕緣體上結構之方法。

至目前，半導體在絕緣體結構中最常使用半導體材料為矽。該結構在文獻中係指矽在絕緣體上結構以及簡稱為"SOI"。本發明一般係關於半導體在絕緣體上結構，包含矽在絕緣體上結構。

為了易於表示，下列說明全部係關於矽在絕緣體上結構。參考該特別形式半導體在絕緣體上結構將使本發明說明變為容易以及並不期望以及在任何情況並不作為限制本發明範圍。

在此所使用 SOI 簡寫通常係指半導體在絕緣體上結構，其包含非限制性之矽在絕緣體上結構。同樣地，所使用 SOG 通常係指半導體在玻璃上結構，其包含非限制性矽在玻璃上結構。SOG 簡稱亦包含半導體在玻璃陶瓷上結構，其包含非限制性之矽在玻璃陶瓷上結構。簡稱 SOI 包含 SOG。

【先前技術】

矽在絕緣體上結構技術對高性能薄膜電晶體，太陽能電池，以及顯示器例如主動陣列顯示器逐漸變為重要。矽在絕緣體上結構晶片包含一薄層單晶質矽(通常厚度為 0.1-0.3 微米，一些情況厚達 5 微米)於絕緣材料上。

多種得到該晶片之方法包含外延成長 Si 於相匹配基板之晶格上；單晶體矽晶片黏附至另外一矽晶片，其中 SiO₂ 氧化層成長於該晶片上，接著藉由拋光或蝕刻頂部晶片向下達到例如 0.1 至 0.3 微米單晶體矽層；或以離子植入法，其中植入氫或氧離子以形成埋嵌氧化層於頂部矽晶片，在氧離子植入情況中埋嵌矽氧化層，或在氫離子植入情況中分離(片狀剝離)薄 Si 層以以氧化層黏接至另外一 Si 晶片。這三

種以離子植入為主方法已發現更能商業化實施。特別地，氬離子植入方法具有優點優於氧離子植入處理過程，其中所需要植入能量為小於氧離子植入所需要能量之 50% 以及所需要劑量約降低約 100 倍。

氬離子植入法之層狀剝離最初揭示於例如 Bister 等人之 "Ranges of the 0.3-2 MeV H^+ and 0.7-2 MeV He^+ Ions in Si and Ge", *Radiation Effects*, 1982, 59: 199-202, 以及更進一步由 Michel Bruel 所證明。參閱 Bruel 之美國第 5374564 號專利; M. Bruel *Electronic Lett.* 31, 1995 pp 1201-1202; 以及 L. Diciiccio, Y. Letice, F. Letertre, C. Jaussad and M. Bruel, *Electronic Lett.* 32, 1996, pp 1144-1145。每一上述參考文獻在此加入作為參考之用。

該方法通常包含下列步驟。熱氧化層成長於單晶體矽晶片上。氬離子再植入該晶片以產生基板裂縫。植入能量決定所產生裂縫以及量劑決定裂縫密度。該晶片在室溫下再放置於與另一矽晶片(支撐基板)接觸以形成暫時性之黏接。晶片再作熱處理至 $600^\circ C$ 以促使次基板裂縫成長以由 Si 晶片分離矽薄層。所形成組件再加熱至溫度高於 $1000^\circ C$ 以完全地將具有 SiO_2 下層之 Si 薄膜黏接至支撐基板, 即去植入 Si 晶片。該處理過程因而形成矽在絕緣體上結構具有一薄膜矽黏接至另一矽晶片, 其具有氧化物絕緣層在其中間。

對於 SOI 結構商業化應用重要考慮因素為費用。至目前, 該結構費用主要部份為矽晶片之費用, 該晶片支撐氧化層, 頂部為 Si 薄膜, 即主要費用為支撐基板。在說明支撐基本中, 一些上述說明參考文獻已提及石英玻璃, 玻璃, 以及玻璃陶瓷。列於這些參考文獻中其他支撐基板包含鑽石, 藍寶石, 碳化矽, 氮化矽, 陶瓷, 金屬, 以及塑膠。雖然使用

石英作為支撐基板已在先前多個專利提及(參閱美國第 614 0209, 6211041, 6309950, 6323108, 6335231 及 6391740 號專利), 石英本身為相當昂貴的材料。

如本發明所發現, 並非單純地在 SOI 結構中以較不昂貴材料替代矽晶片以製造出晶片。特別地, 難以大量低價格製造出玻璃或玻璃陶瓷以替代矽晶片, 即難以製造價格競爭性之 SOG 結構。此由於在本發明之前並無實際使用玻璃或玻璃陶瓷作為在半導體在絕緣體上結構中支撐基板之技術。

為了實施該需求, 本公司另一第 10/779582 專利申請案揭示出 SOI 結構, 其具有一個或多個區域, 其由一層單晶體半導體(例如摻雜矽)所構成單晶體半導體連接至氧化物玻璃或氧化物玻璃陶瓷所構成之支撐基板上。氧化物玻璃或氧化物玻璃陶瓷優先地為透明的以及優先地具有應變點為小於 1000°C , 在 250°C 下電阻為小於或等於 $10^{16}\ \Omega\text{-cm}$, 以及含有正離子(例如為鹼金屬或鹼土金屬離子), 其能夠移動於玻璃或玻璃陶瓷以在提高溫度下(例如 $300\text{-}1000^{\circ}\text{C}$)對電場產生反應。

雖然這些氧化物玻璃或氧化物玻璃陶瓷為主之 SOI 結構具有改良而優於先前所提及 SOI 結構, 使用於該氧化物玻璃或氧化物玻璃陶瓷為主之 SOI 結構無法承受使用於高性能顯示器或電子應用之高溫處理過程中而不會使基板產生變形; 例如使用高溫熱閘氧化物之成長, 其能夠使高性能 TFT 製造於矽薄膜上。

人們了解能夠使用高純度熔融矽石或熔融石英作為高性能顯示器應用之 SOI 基板, 不過如先前所提及這些材料處理過程為昂貴的以及某些程度尺寸受到限制。除此, 這些熔融矽石/石英為主之基板呈現出熱膨脹係數遠低於矽之熱膨脹係數, 其通常產生顯著的熱膨脹不相匹配以及後續

矽薄膜剝離以及因而更進一步限制裝置之尺寸。

本發明提供新穎的 SOI 結構, 其能夠使用於高性能顯示器或電子應用中, 其製造費用顯著地低於先前技術矽石/石英為主之 SOI 結構, 因而至目前為止能滿足高性能顯示器或低價格 SOI 結構之電子領域以及最終裝置。

【發明內容】

本發明一項實施例係關於半導體在絕緣體上結構, 其包含第一及第二層, 其直接地或經由一層或多層中間層彼此連接, 其中第一層包含單晶體半導體材料; 第二層包含玻璃或玻璃陶瓷; 以及玻璃或玻璃陶瓷應變點等於或大於 800 °C。高應變點玻璃或玻璃陶瓷優先地呈現出應變點等於或大於 850°C 以及包含鋁磷矽酸鹽玻璃, 鋁矽酸鹽玻璃或透明矽酸鹽為主玻璃陶瓷, 其具有尖晶石為主之晶相。

本發明半導體在絕緣體上結構以及製造半導體在絕緣體上結構之方法具有一些優點優於先前技術。當與熔融矽石或石英為主 SIO 結構比較時, 本發明滿足長時期低價格基板之需求以使用於高性能以及電子應用中。更特別地, 包含高應變點玻璃或玻璃陶瓷能夠使 SIO 晶片施以高溫處理過程例如熱開氧化物而不會產生變形, 該變形在先前技術低溫應變點玻璃預期發生。除此使用這些高應變點玻璃或玻璃陶瓷作為 SIO 結構之基質材料將產生最小之基板密實(即尺寸變化), 其在 TFT 製造處理過程中將在低應變點基板材料發生。

本發明其他特性及優點將詳細地揭示出下列說明中, 其部份立即地為熟知此技術者了解或藉由實施詳細說明及申請專利範圍及附圖所揭示內容而明瞭。

人們了解先前一般說明及下列詳細說明只作為本發明之範例, 以及在於提供概念或架構以了解申請專利範圍所揭示之本發明原理及特性。

所包含附圖在於提供更進一步了解本發明,以及在此加入構成說明書之一部份。附圖並不按照比例,以及各個元件尺寸可加以改變以更清楚地顯示。附圖顯示出本發明一個或多個實施例,以及連同說明書作為解釋本發明之原理及操作。

【實施方式】

本發明一項實施例示意性斷面圖顯示於圖 1 中。半導體在絕緣體上結構 20 包含第一層 22, 以及第二層 24。第一層 22 及第二層 24 直接地或經由一層或多層中間層彼此黏附在一起,如圖 1 所示。假如存在一層或多層中間層夾於第一層 22 及第二層 24 之間,則第一層 22 及第二層 24 需要地分離不超過 100nm 距離。第一層 22 由單晶體半導體材料所構成,以及第二層 24 由應變點等於或大於 800°C 之玻璃或玻璃陶瓷所構成。

半導體材料能夠為矽為主之半導體材料,或能夠為任何其他適當形式之半導體材料,例如為 III-V 半導體, II-IV 半導體, II-IV-V 半導體, 或 IV 半導體。適合使用作為第一層半導體材料之矽為主半導體材料範例包含矽(例如未摻雜矽, n-摻雜矽, p-摻雜矽); 摻雜鍺之矽(SiGe); 以及碳化矽(SiC)。能夠使用於第一層中其他半導體材料之範例包含 Ge-, GeAs-, GaP-, 及 InP- 為主材料。第一層實際上可為任何適當之厚度。例如, 第一層厚度能夠高達 1 微米, 以及需要地在 10nm 及 500nm 之間, 在 10nm 至 150nm 範圍內厚度為特別優先的。第一層半導體材料具有廣泛範圍之熱膨脹係數, 其決定於材料。例如第一層半導體材料 25°C 之熱膨脹係數在 $20 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 及 $70 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之間。

第一層半導體材料實質上為單晶體材料形式。實質上係指第一層考慮半導體材料正常地含有至少一些內部或表面缺陷, 其為本質上或刻意地加入其中, 例如晶格缺陷或一

些紋理邊界。"實質上"亦反應某些摻雜劑可變化或影響整體半導體材料之晶體結構。

第二層玻璃或玻璃陶瓷需要矽石為主之玻璃或玻璃陶瓷。需要地,存在於玻璃或玻璃陶瓷中 SiO_2 濃度至少為 30 莫耳%。更需要地,存在於玻璃或玻璃陶瓷中 SiO_2 濃度至少為 40 莫耳%。適合使用於本發明中玻璃陶瓷能夠包含任何結晶相,例如為莫來石,堇青石,尖晶石, β -石英,或 β -鋰輝石。在本發明特定實施例中,第二層玻璃陶瓷結晶相為尖晶石, β -石英,或 β -鋰輝石。玻璃陶瓷之玻璃相需要充份的以能夠在底下製造半導體在絕緣體上結構所說明方法之步驟(C)過程中使正離子移動離開第一層及第二層間之界面。

在實施本發明中能夠使用非矽石為主玻璃及玻璃陶瓷,但是通常為較不需要,因為較高價格及/或較差性能所致。在本發明特定實施例中例如半導體在絕緣體上結構),玻璃或玻璃陶瓷需要為氧化物之玻璃或氧化物玻璃陶瓷。不過,作為一些應用,例如對於採用並非矽為主之半導體材料的 SOI 結構,並非氧化物為主例如非氧化物玻璃之第二層為需要的,但是通常為較高價格。

作為特定應用例如為顯示器應用,玻璃或玻璃陶瓷在可見光,接近紫外線,及/或接近紅外線波長範圍需要為透明的。例如,玻璃或玻璃陶瓷需要在 350nm 至 2 微米波長範圍內為透明的。

第二層玻璃或玻璃陶瓷能夠使用熟知此技術者熟悉的技術由傳統原料製造出,以及能夠使用底下所說明方法以及本公司美國第 10/779,582 號專利申請案專利名稱為 "Glass-Based SOI Structure" 之方法連接至第一層。

在本發明特定實施例中,玻璃或玻璃陶瓷需要地包含至少一些正離子,其在下列所說明及美國第 10/779582 號專

利所說明方法之步驟(C)過程中能夠朝著施加電場方向移動,即遠離黏接之第一層及第二層間之界面以及朝向第二層後側。鹼金屬離子例如為 Li^+ , Na^+ ,及/或 K^+ 離子為該用途之適當正離子,因為其通常具有較高移動性大於包含於玻璃及玻璃陶瓷中之其他形式正離子。不過,並不具有鹼金屬離子之玻璃及玻璃陶瓷能夠使用於本發明中。例如,具有其他移動性離子例如為鹼土金屬離子(例如為 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+})或其他正離子例如為 Ag^+ , Cu^+ , Zn^{2+} 以及各種過渡金屬離子能夠使用於本發明半導體在絕緣體上結構之第二層中,雖然後面所提及離子會不想要地減小光學透射度,特別是在紫外線透射度。

在本發明玻璃或玻璃陶瓷含有鹼金屬或鹼土金屬離子之實施例中,鹼金屬及鹼土金屬離子之濃度能夠在寬廣範圍內變化,代表性濃度以氧化物為基準為0.1及40重量%之間。所需要鹼金屬及鹼土金屬離子濃度以氧化物為基準為0.1-10重量%之間。許多標稱不含鹼金屬之玻璃具有數十至數百ppm鹼金屬污染物,其在下列所說明方法之步驟(C)過程中會移動。

雖然單一玻璃或玻璃陶瓷所構成之基板為優先的,假如需要情況下能夠使用疊層結構。當使用疊層結構時,最靠近於第一層之疊層應該具有在此所說明第二層由單一玻璃或玻璃陶瓷材料所構成之特性。遠離第一層之層優先地亦具有這些特性,但是可具有較緩和特性,因為其並不直接地與最先基板相互作用。在後者情況中,當第二層特定之特性不再令人滿意時,第二層視為終止。

延續這些相同的情況,存在中間層在第一層與第二層之間。例如,在底下所說明黏接處理過程中,第一基板及/或第二基板能夠包含表面層於所有或部份外側表面上,例如半導體上氧化物層。當存在時,該表面層應該具有組成

份及/或厚度將防止在第一及第二層之間形成強烈黏接。特別地,在半導體基板上具有厚度 100nm 之氧化層會導致弱化或不黏接玻璃或玻璃陶瓷。假如第一層及第二層之間存在一層或多層中間層,其需要之合併厚度為小於 100nm。中間層合併厚度更需要地小於 50nm,以及甚至於需要小於 30 nm。

雖然預期並不受到任何特別的操作理論限制,人們相信具有較厚之氧化層對電流提供較高電阻以及因而消除在第一及第二基板間之界面處電解形式之反應作用,人們相信底下所說明之方法將提供所需要強固之黏附。因而,當氧化層存在於第一基板黏接表面上而相對於絕緣層時,其功能主要作為不起化學作用之層。同樣地,任何形成於第二基板黏接表面上之氧化層不應干擾電流以及將需要地使厚度小於 100nm。當表面層存在於第一及第二基板黏接表面上時,其變為半導體在絕緣體上結構第一層及第二層間之中間層。

使用作為本發明玻璃之需要玻璃系列包含鋁矽酸鹽玻璃,硼酸鹽玻璃,鋁硼矽酸鹽玻璃,以及稀土族鋁矽酸鹽玻璃。適當高應變點玻璃組成份之範例以莫耳%表示列出於底下表 1 中。熟知此技術者能夠使用標準方法製造出這些及其他適當玻璃組成份。例如列於底下之玻璃能夠藉由混合組成份氧化物,鹵化物(例如 $AlCl_3$),磷酸鹽(例如 $Al(PO_3)_3$ 或 $AlPO_4$)及/或碳酸鹽($CaCO_3$)粉末於球研磨器中歷時 1 小時以製造出 1kg 原料。混合原料能夠再置入 Pt 坩堝以及加以熔融於 $1650^\circ C$ 球形高溫爐至第二天,在該時間後熔融玻璃倒在不鏽鋼板上以及在 $850^\circ C$ 及 $950^\circ C$ 之間退火以釋除應力。這些玻璃能夠由熟知此技術者藉由改變組成份而特別地設計出。例如,應變點能夠藉由提高 SiO_2 含量以及 Al_2O_3 與 RE_2O_3 比值以及藉由改變 RE_2O_3 特性而提高,其中 RE 為稀

土族金屬以及包含 Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)。例如, 以 Y_2O_3 替代 La_2O_3 將提高應變點以及降低熱膨脹係數。熟知此技術者能夠添加少量(例如高達數個百分比)鹼金屬或鹼土金屬離子至下列不含鹼土金屬及鹼金屬組成份以得到玻璃更適合使用於下列所說明黏接方法中。

表 1

範例	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Al ₂ Cl ₆	CaO	La ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	應變點 (°C)	退火溫度 (°C)
1A	78	15.4	0	0	2.6	0	0	4	837	894
1B	79.62	7.47	0.12	12.80	0	0	0	0	783	835
1C	81.23	8.34	0.12	9.82	0.20	0.29	0	0	808	863
1D	82.92	9.26	0.12	6.71	0.41	0.58	0	0	826	883
1E	84.70	10.22	0.13	3.44	0.62	0.90	0	0	840	900
1F	86.57	11.22	0.13	0	0.85	1.23	0	0	908	982
1G	86.24	11.18	0.13	0	0	2.45	0	0	914	994
1H	86.89	11.27	0.13	0	1.71	0	0	0	896	966
1I	89.98	7.44	0.12	0	0.81	0	1.65	0	887	964
1J	89.70	7.41	0.12	0	0.71	0	2.06	0	890	965
1K	76	12.1	0.5	11.4	0	0	0	0	812	867
1L	75.75	13.2	0.5	8.55	1	1	0	0	804	858
1M	75.5	14.3	0.5	5.7	2	2	0	0	808	859
1N	75.25	15.4	0.5	2.85	3	3	0	0	819	867
1O	75	16.5	0.5	0	4	4	0	0	831	876
1P	75	16.5	0.5	0	8	0	0	0	812	860
1Q	82	11.5	0.5	0	4	0	2	0	867	929
1R	82	11.5	0.5	0	3.5	0	2.5	0	876	943
1S	80	10.5	0.5	9	0	0	0	0	818	875
1T	80	12.5	0.5	4.5	1.25	1.25	0	0	820	870
1U	80	13.5	0.5	2.25	1.875	1.875	0	0	830	881
1V	80	14.5	0.5	0	2.5	2.5	0	0	854	905
1W	81	10.75	0.5	6.75	0.5	0.5	0	0	814	869
1X	82	11	0.5	4.5	1	1	0	0	820	876
1Y	83	11.25	0.5	2.25	1.5	1.5	0	0	843	901
1X	84	11.5	0.5	0	2	2	0	0	893	959

另外一種適合使用作為本發明半導體在絕緣體上結構第二層之玻璃為鋁磷矽酸鹽玻璃。廣泛地說明, 該鋁磷矽

酸鹽玻璃具有組成份落於下列範圍內，其依據氧化物為基準由玻璃原料計算出並以莫耳%表示：55-80% SiO_2 ，12-30% Al_2O_3 ，2-15% P_2O_5 ，0-15% RO 。

任何數量助融劑(改良氧化物)可加入原料以產生所需要之特性。然而這些助融劑通常降低原來玻璃之應變點，基於下列一項或全部目的為必需的：提高熱膨脹係數，降低液相線溫度，得到密實之優先應變點，在特定波長下吸收，容易熔融，改變密度，或改變耐久性。特定氧化物具有對玻璃物理特性及化學特性之影響通常為已知的。可加入助融劑數量可高達15%或受到溶解度限制。改良氧化物可由鹼金屬，鹼土金屬，過渡金屬及鑷系氧化物選取出。特定範例包含 Y_2O_3 ， ZrO_2 ， HfO_2 ， MgO ， CaO ， SrO ， BaO ， As_2O_3 ， SnO_2 ， Li_2O ， La_2O_3 ， GeO_2 ， Ga_2O_3 ， Sb_2O_3 ， Na_2O ， K_2O ， Rb_2O ， Cs_2O ， BeO ， Sc_2O_3 ， TiO_2 ， Nb_2O_5 ， Ta_2O_5 ， ZnO ， CdO ， PbO ， Bi_2O_3 ， Gd_2O_3 ， Lu_2O_3 及/或 B_2O_3 。因而，作為本發明使用目的，R 能夠是 Mg，Ca，Y，Sr，Zr，Hf，As，Sn，Li，La，Ge，Ga，Sb 或任何其他適合上述改良劑定義之元素。

這些玻璃具有下列特性：應變點 $>800^\circ\text{C}$ ，熱膨脹係數 $>8 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ ，熔點 $<1650^\circ\text{C}$ ，密度 $>2.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

優先地實施例組成份在上述所標明之範圍內，再次地其以玻璃原料氧化物為計算基準之莫耳%表示：60-70% SiO_2 ，15-25% Al_2O_3 ，3-12% P_2O_5 ， $<7\% \text{RO}_x$ 。

一些有用的鋁磷矽酸鹽玻璃之範例顯示於底下表 2 範例 2A-R，其以氧化物計算基準之莫耳%表示。熟知此技術者能夠使用傳統熔融以及形成處理過程以提供鋁磷矽酸鹽玻璃以使用於本發明中，以及能夠添加少量(例如高達數個百分比)鹼金屬或鹼土金屬離子以列出於底下不含鹼土金屬離子及鹼金屬組成份以得到玻璃更適合使用於下列所說明

黏接方法中。例如，鋁磷矽酸鹽玻璃能夠使用矽石，礬土，鋁偏磷酸鹽(或原磷酸鹽)混合物為原料或任何適當氧化物或碳酸鹽為任何改良劑熔融於 1650°C 之 Pt 坩堝中。玻璃通常在熄火前在 900°C 下退火。鋁磷矽酸鹽玻璃更詳細說明於美國第 60/533765 號專利申請案中，該專利名稱為 "High Strain Point Glasses"，該專利之說明在此加入作為參考。

表 2

範例	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SiO ₂	BaO	Y ₂ O ₃	La ₂ O ₃	MgO	ZrO ₂	Na ₂ O	應變點 (°C)
2A	23	7	70	0	0	0	0	0	0	864
2B	22	9	69	0	0	0	0	0	0	875
2C	23	8	69	0	0	0	0	0	0	860
2D	21.9	7.6	65.5	5	0	0	0	0	0	824
2E	21.3	7.4	63.8	7.5	0	0	0	0	0	812
2F	22.4	7.8	67.3	0	2.5	0	0	0	0	856
2G	21.9	7.6	65.5	0	5	0	0	0	0	841
2H	21.3	7.4	63.8	0	7.5	0	0	0	0	834
2I	21.9	7.6	65.5	0	2.5	0	0	2.5	0	846
2J	21.9	7.6	65.5	0	3.7	0	0	1.3	0	836
2K	22.4	7.8	67.3	0	0	2.5	0	0	0	840
2L	21.9	7.6	65.6	0	0	5	0	0	0	824
2M	21.9	7.6	65.6	0	0	2.5	0	2.5	0	829
2N	21.8	7.92	64.4	0	0	0	0	4.95	0.99	819
2O	22	7	71	0	0	0	0	0	0	865
2P	20	7	68	0	0	0	0	5	0	865
2Q	21	4	70	0	0	0	0	5	0	892
2R	18	7	70	0	0	0	2.5	2.5	0	865

適合使用作為本發明半導體在絕緣體上結構中之第二層鋁矽酸鹽玻璃包含特定稀土族金屬(優先地為鐳)鋁矽酸

鹽玻璃組成份落於下列範圍內，以玻璃原料氧化物為計算基準之莫耳%表示：60-88% SiO_2 ，5-25% Al_2O_3 ，2-15% RE_2O_3 ，0-15% RO，其中稀土族金屬氧化物 RE_2O_3 由下列氧化物選取出：Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu。

如先前對鋁磷矽酸鹽玻璃所說明，任何數量助融劑(改良氧化物)可加入至原料以產生所需要特性。如先前所說明，改良氧化物能夠由鹼金屬，鹼土金屬，以及過渡金屬；可包含高達15%重量比RO。特別範例包含 ZrO_2 , HfO_2 , MgO , CaO , SrO , BaO , As_2O_3 , SnO_2 , Li_2O , Na_2O , GeO_2 , Ga_2O_3 , Sb_2O_3 ，及/或 B_2O_3 。因而作為本發明用途，R 應該為 Mg, Ca, Sr, Zr, Hf, As, Sn, Li, Na, Ge, Ga, Sb 或任何其他適合上述定義之適當改良劑元素。

玻璃通常具有下列特性：應變點為 $>800^\circ\text{C}$ ，熱膨脹係數為 $25-50 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ ，熔點為 $<1650^\circ\text{C}$ ，彈性模數為 $>12 \times 10^6 \text{psi}$ ，液相線黏滯性係數為 >10000 泊。

優先實施例具有組成份在上述所標明範圍內，其以玻璃原料氧化物為計算基準之莫耳%表示為：60-75% SiO_2 ，15-20% Al_2O_3 ，4-15% RE_2O_3 ， $<10\%$ RO。

一些有用的鋁矽酸鹽玻璃範例顯示於底下表 3 範例 3A-S，其以玻璃原料氧化物為計算基準之莫耳%表示。熟知此技術者能夠使用傳統熔融以及形成處理過程以提供稀土族金屬優先地為鋁，鋁矽酸鹽玻璃以使用於本發明中，以及能夠添加少量(例如高達數個百分比)鹼金屬，如組成份 3R 中，或鹼土金屬至底下所列不含鹼土金屬及鹼金屬離子以得到玻璃更適合使用於所說明黏接方法。例如，類似上述所說明鋁磷矽酸鹽玻璃，稀土族金屬/鋁矽酸鹽玻璃能夠熔融於 1650°C 之 Pt 坩堝中，其使用矽石，礬土，鋁偏磷酸鹽(或正磷酸鹽)混合物作為原料以及適當氧化物或碳酸鹽為

改良劑。玻璃通常在冷卻至室溫前在 900°C 下退火。稀土族金屬/鋁矽酸鹽玻璃更詳細地說明另一美國專利申請案中, 該專利名稱為 High Strain Point Glasses, 該專利之說明在此加入作為參考。

表 3

範例	Al ₂ O ₃	La ₂ O ₃	SiO ₂	BaO	SrO	CaO	Y ₂ O ₃	Na ₂ O	應變點 (°C)
3A	17.74	12.24	69.98	0	0	0			805
3B	17.35	11.64	70.47	0.01	0.50	0			806
3C	16.97	11.02	70.96	0.01	1.00	0			805
3D	16.19	9.80	71.97	0.01	2.00	0			804
3E	15.42	8.58	72.94	0.02	3.00	0			804
3F	17.25	11.64	69.92	0.01	1.15	0			802
3G	18.00	11.00	70.00	0	3.0	0			810
3H	17.39	11.60	70.98	0	0	0			804
3I	18.29	12.19	69.48	0	0	0			804
3J	16.97	11.02	70.95	0	0.02	0			802
3K	16.99	11.00	70.97	0.50	0.01	0.5			802
3L	17.82	11.88	69.28	0.99	0	0			803
3M	17.64	11.76	68.60	0	0	0			802
3N	17.90	10.94	69.63	1.49	0	0			805
3O	17.81	9.89	69.26	2.97	0	0			806
3P	17.72	8.86	68.92	4.43	0	0			806
3Q	18.05	12.45	69.50	0	0	0			806
3R	14	3	80	0	0	0	3	0.5	840
3S	14	2.75	80	0	1	0	2.75	0	850

適合使用於本發明中玻璃陶瓷材料能夠使用一些組成份系列, 其包含尖晶石, β -石英, 以及 β -鋰輝石為主之晶相。適合使用於本發明之玻璃陶瓷可包含其他為主之晶相

例如為莫來石, 堇青石, 以及 β -鋰霞石。該組成份一些範例顯示於表 4, 以及說明於美國第 5968857 及 6248678 號專利, 該每一專利之說明在此加入作為參考。能夠使用具有超過 800°C 適當應變點之其他玻璃材料材料(例如主要 β -鋰霞石或 β -石英, 例如鋰鋁矽酸鹽 β -石英玻璃陶瓷)於本發明中。具有必要高應變點之玻璃陶瓷材料能夠使用熟知此技術者熟知的方法製造出。雖然大部份玻璃陶瓷具有一些鹼金屬或鹼土金屬離子, 任何已知低膨脹性不含鹼金屬或鹼土金屬離子之玻璃陶瓷能夠利用少量鹼金屬或鹼土金屬離子加以改良使玻璃陶瓷材料更適合使用於所說明黏接方法中。

表 4

組成份 (wt %)	範例 4A	範例 4B	範例 4C	範例 4D
SiO ₂	71.6	68.8	68.8	68.8
Al ₂ O ₃	12.7	19.2	19.2	19.2
ZnO	4.4	1.0	1.0	1.0
MgO	2.1	1.8	1.8	1.8
BaO	1.2	0.8	0.8	0.8
Li ₂ O	0	2.7	2.7	2.7
Na ₂ O	0	0	0	0
K ₂ O	0	0	0	0
TiO ₂	5.0	2.7	2.7	2.7
ZrO ₂	3.0	1.8	1.8	1.8
熱處理	1000 蛭, 2h	920 蛭, 0.5h	1050 蛭, 0.5h	1100 蛭, 0.5h
晶相	尖晶石	β -石英	β -石英+ β -鋰 輝石	β -鋰輝石
應變點 (蛭)	938	870	1001	1018

使用於本發明半導體在絕緣體上結構中優先之玻璃陶瓷包含相鄰下列系列透明之玻璃陶瓷材料, 其以玻璃原料

氧化物為計算基準之重量%表示為:45-75% SiO_2 , 10-28% Al_2O_3 , 3-13% ZnO , 0-8% MgO , 0-10% TiO_2 , 0-10% ZrO , 0-15% Cs_2O , 0-5% BaO , ZnO_2+MgO 共同地大於或等於6%, 以及 $\text{TiO}_2 +\text{ZrO}_2$ 共同地大於約4%。

優先玻璃陶瓷材料包含尖晶石為主要晶相。所謂主要晶相係指該晶相存在至少75%體積比, 優先地至少85%, 以及最優先地至少95%之全部晶相。本發明玻璃陶瓷至少為20%重量比晶相分佈於玻璃態基質內。

優先地, 這些玻璃陶瓷呈現出25-300°C溫度範圍內之熱膨脹係數為 $22-42 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$, 更優先地在 $30-42 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$, 及最優先地在 $35-40 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$, 提供與矽相匹配之熱膨脹係數。所謂透明係指本發明玻璃陶瓷1.1mm厚之片狀物在可見光(400nm至700nm範圍內)頻譜呈現出大於85%透明度。優先地對於特定應用, 亦需要這些片狀物在接近紫外線350-400nm範圍內呈現出透射度大於50%。

含有尖晶石為主要晶相之透明玻璃陶瓷材料說明於美國第6197429號專利中, 該專利名稱為"Method for Making Transparent Glass-Ceramics with High Temperature Dimensional Stability", 該專利說明在此加入作為參考。

表 5

組成份 (wt %)	範例 5A	範例 5B	範例 5C	範例 5D	範例 5E	範例 5F	範例 5G
SiO ₂	59.4	59.8	59.9	58.3	57.0	57.0	68.7
Al ₂ O ₃	19.1	19.1	19.1	20.2	18.0	21.8	14.1
ZnO	9.0	9.0	9.0	8.4	14.0	14.0	5.2
MgO	2.5	2.5	2.5	4.2	0	0	2.6
BaO	0	0	0	0	0	2.1	1.4
Cs ₂ O	0	0	0	0	4.0	0	0
Na ₂ O	0.8	1.6	0	0	0	0	0
K ₂ O	1.2	0	2.4	0	0	0	0
TiO ₂	5.0	5.0	5.0	5.0	0	5.2	5.0
ZrO ₂	3.0	3.0	3.0	3.0	7.0	0	3.0
As ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
晶相	尖晶石	尖晶石	尖晶石	尖晶石	尖晶石	尖晶石	尖晶石
應變點 (°C)	829	824	850	945	928	935	902

如熟知此技術者了解, 在玻璃或玻璃陶瓷及所黏附半導體層間之黏接強度為半導體在絕緣體上結構之主要特性。高黏接強度及耐久性為非常重要的以確保半導體在絕緣體上結構能夠承受薄膜電晶體以及結構內其他裝置製造之相關處理過程。更需要地, 第一層與第二層間之黏接強度需要至少為 8 J/m²。更需要地, 第一層與第二層間之黏接強度需要至少為 10 J/m²。在本發明特別實施例中, 第一層與第二層間之黏接強度需要至少為 15 J/m²。黏接能量能夠使用刻痕量測決定出, 其能夠使用 Nano Indenter II (MTS Systems Corporation, Eden Prairie, MN) 裝置 Berkovich 鑽石刻痕器。如熟知此技術者了解, 能夠使用其他儀器進行刻痕量測。所進行刻痕涵蓋一個範圍負載, 以及圍繞著刻痕之區域加以檢視以查看是否存在分層。依據 D. B.

Marshall and A.G. Evans, "Measurement of Adherence of Residually Stressed Films by Indentation. I. Mechanics of Interface Delamination", J. Appl. Phys, 56[10] 2632-2638 (1984)文獻進行黏接能量計算, 該文獻相關部份在此加入作為參考之用。黏接能量測定更進一步說明可參考美國第 10/779582 號專利。

本發明另外一個實施例示意性斷面圖顯示於圖 2 中。半導體在絕緣體上結構 40 包含第一層 42 及第二層 44, 其如同上述對圖 1 實施例說明。第二層 44 具有第一表面 46, 以及與第二表面 48 分隔距離 D_2 , 第一表面 46 實質平行於第二表面, 以及比第二表面 48 更接近第一層 42。表面為"實質平行"係說明兩個表面間可能存在些微地相交角度(例如高達數度)。
"實質平行"亦包含一個或多個表面可能為不完全平坦的。第二層 44 亦包含參考表面 50, 其中第二層 44 實質地平行於第一表面 46, 以及與第一表面 46 分隔 $D_2/2$ 距離。第二層 44 包含一種或多種陽離子, 每一正離子在參考表面 50 處具有參考濃度 $C_{i/Ref}$ 。第二層亦具有正離子耗盡區域 52, 其起始於第一表面以及朝向參考表面延伸, 其中至少一種正離子濃度相對於參考濃度 $C_{i/Ref}$ 耗盡。耗盡離子可為移動性正離子, 例如鹼金屬離子或鹼土金屬離子。正離子耗盡區域達成可採用下列所說明方法及美國第 10/779582 號專利申請案所說明方法藉由在步驟(C)中正離子移動形成。

依據本發明另外一項實施例, 其示意性斷面顯示於圖 3 中, 半導體在絕緣體上結構 60 正離子耗盡區域 52(其實質上已對圖 2 加以說明)具有末端邊緣 62。第二層 44 更進一步包含堆積區域 54 靠近於末端邊緣 62。在堆積區域 54 中, 至少一種正離子濃度為相對於該離子之 $C_{i/Ref}$ 增加。增加之離子例如為移動性離子例如為鹼金屬離子或鹼土金屬離子,

以及需要地與正離子耗盡區域 52 之耗盡離子相同。堆積區域能夠以下列所說明及美國第 10/779582 號專利所說明方法藉由在步驟(C)中引導正離子而形成。

本發明另外一項實施例示意性斷面顯示於圖 4 中。半導體在絕緣體上結構 80 包含第一層 82 及第二層 84。半導體在絕緣體上結構 80 依序地包含半導體材料 90; 具有增加氧含量之半導體材料 92; 具有至少一種正離子濃度減小之玻璃或玻璃陶瓷 94, 具有至少一種正離子濃度增加之玻璃或玻璃陶瓷 96, 以及玻璃或玻璃陶瓷 98。該結構能夠使用後面所說明方法及美國第 10/799582 號專利所說明方法製造出。

在本發明特定需要之實施例中, 第二層之玻璃或玻璃陶瓷具有相當低濃度之鹼金屬離子。需要地, 玻璃或玻璃陶瓷中以氧化物為基準之鋰, 鈉及鉀總濃度為小於 2% 重量比。更需要地, 玻璃或玻璃陶瓷中以氧化物為基準之鋰, 鈉及鉀總濃度為小於 1% 重量。在本發明特別需要實施例中, 玻璃或玻璃陶瓷中以氧化物為基準之鋰, 鈉及鉀總濃度為小於 0.1% 重量比。

說明於後面及美國第 10/779582 號專利之方法能夠使熟知此技術者製造出應變大尺寸之半導體在絕緣體上結構。例如依據本發明一項實施例, 所說明半導體在絕緣體上結構具有最大尺寸不小於 10 公分。

本發明半導體在絕緣體上結構能夠實質地製造出任何所需要厚度之層。例如第一層需要具有 1 微米之厚度。在特定需要實施例中, 第一層厚度為 10nm 及 500nm。第二層厚度需要在 0.5mm 及 1mm 之間。對於一些半導體在絕緣體上結構之應用, 絕緣層厚度為大於或等於 1 微米為需要的以避免寄生電容效應, 當具有矽/SiO₂/矽構造之標準半導體在絕緣體上結構操作於高頻率下將產生該效應。過去, 該厚度

為難以達成。依據本發明一項實施例，絕緣層厚度大於1微米之半導體在絕緣體上結構能夠簡單地使用厚度不小於1微米之第二層立即地達成。第二基板厚度優先低限值為1微米。

通常，第二層厚度相當厚足以支撐第一層通過本發明處理步驟，以及後續在SOI結構上進行處理過程。雖然，第二基板厚度理論上並無上限值，超過支撐功能所需要或最終SOI結構之厚度通常並非優先的，因為第二基板厚度越厚，本發明方法步驟(C)過程中施加相同電壓差值在基板內電場強度越低。

斷面示意圖顯示於圖5-8中之本發明另外一項實施例係關於製造半導體在絕緣體上結構之方法，特別是SOG結構。在方法步驟(A)顯示於圖5，其顯示第一及第二基板(110, 120)，其中：

(1)第一基板110包含第一外部表面111以黏接至第二基板(第一黏接表面)，第二外部表面112以施加力量至第一基板(第一施加力量表面)，以及內部區域113以分離第一基板為第一部份114以及第二部份115(內部區域113在此稱為"分離區域"，其能夠為氫離子植入區域)，其中：(a)第一黏接表面111，第一施加力量表面112，以及分離區域113實質地彼此平行；

(b)第二部份115在分離區域113及第一黏接表面111之間；以及

(c)第一基板110包含單晶體半導體材料；以及

(2)第二基板120包含兩個外部表面121, 122，一個表面黏接至第一基板(第二黏接表面)以及另外一個作為施加力量至第二基板(第二施加力量表面)，其中

(a)第二黏接表面121及第二施加力量表面122實質上彼此平行以及彼此分離距離 D_2 ；以及

(b)第二基板 120 由玻璃或玻璃陶瓷所構成。

顯示於圖 6 中方法之步驟(B)中, 第一及第二黏接表面 111, 121 接觸在一起(一旦接觸, 第一及第二之黏接表面形成第一及第二基板間之界面)。

(1)施加第一力量至第一及第二施加力量表面 112, 122 以緊壓第一及第二黏接表面 111, 112 在一起;

(2)對第一及第二基板 110, 120 施加電場, 其在第一及第二施加力量表面 112, 122 處分別為第一及第二電壓 V_1 及 V_2 , 在這些表面處電壓為均勻的, V_1 高於 V_2 , 使得電場方向為第一基板 110 朝向第二基板 120; 以及

(3)對第一及第二基板 110, 120 加熱, 在第一及第二施加力量表面 112, 122 處分別為第一及第二溫度 T_1 及 T_2 , 在這些表面處溫度為均勻的, 溫度選擇將使得由於冷卻至室溫, 第一及第二基板 110, 120 產生不同的收縮因而使分離區域 113 處之第一基板 110 變為脆弱。

在圖 8 所示方法之步驟(D)中, 黏接第一及第二基板 110, 120 冷卻至一般溫度(例如為室溫之一般溫度); 以及第一及第二部份 114, 115 在分離區域 113a-b 處分離, 因而形成半導體在絕緣體上結構 140 具有第一層 142(來自於第一基板 110)及第二層 144(來自於第二基板 120)。

依據本發明一項實施例, 玻璃或玻璃陶瓷需要具有一種或兩種下列特性:

(i)玻璃或玻璃陶瓷應變點為小於 1000°C 以及包含正離子(例如為鹼金屬或鹼土金屬離子), 其在步驟(C)過程中在第二基板 120 內移動, 其移動方向為離開第二黏接表面 121 以及朝向第二施加力量表面 122; 及/或

(ii)玻璃或玻璃陶瓷包含(a)非橋接性氧以及(b)正離子(例如鹼金屬或鹼土金屬), 其在步驟(C)過程中在第二基板 120 內移動, 其移動方向為離開第二黏接表面 121 以及朝

向第二施加力量表面 122。

如熟知此技術者了解，玻璃中或玻璃陶瓷之玻璃相中非橋接性氧係藉由玻璃非形成網狀結構成份提供於玻璃之氧。例如，在許多玻璃中，非橋接氧包含經由加入鹼土金屬氧化物(例如 MgO , CaO , SrO , 及/或 BaO)於玻璃組成份中之玻璃部份的氧原子。

雖然本發明並不預期受到任何特別操作理論之限制，人們相信電解形式反應作用在步驟(C)過程中發生。特別地，人們相信半導體基板(第一基板)作為電解形式反應之正極以及反應作用之氧產生於第一及第二基板間之界面區域。該氧相信將與半導體材料(例如矽)反應以在原處形成氧化半導體之混合區域(例如矽為主半導體矽氧化物區域)。該混合區域起始於界面處以及延伸進入第一基質。在第二基板之玻璃或玻璃陶瓷中非橋接氧之存在相信對產生氧拌演重要角色，該氧與第一基板半導體材料反應。

人們相信該反應氧之產生以及與半導體材料結合為強烈鍵結之來源，其形成於本發明第一基板半導體材料與第二基板玻璃或玻璃陶瓷之間，即在第一及第二基板間至少部份(以及可能全部)為經過半導體材料與源自於第二基板反應性氧反應。顯著地，不像先前技術，該強烈鍵結並不需要高溫處理即在高於 $1000^{\circ}C$ 溫度下處理達成。

此避免高溫處理之特性能夠使第二基板為能夠以低價格大量地製造。即藉由消除高溫處理過程，本發明消除由昂貴之高溫材料例如矽，石英，鑽石，藍寶石等所構成支撐基板之需求。

為了使黏接變為容易，玻璃或玻璃陶瓷應該至少某種程度為可導電。玻璃或玻璃陶瓷導電性決定於其溫度以及因而在半導體材料與玻璃或玻璃陶瓷之間達成強固鍵結，在下列因素之間為平衡的：1)玻璃或玻璃陶瓷導電性，2)步

驟(C)所使用之溫度(T_1 及 T_2), 3)在步驟(C)中施加於第一及第二基板電場之強度, 以及4)步驟(C)進行之時間。

作為一般準則, 玻璃或玻璃陶瓷在 250°C 下電阻 ρ 優先地為小於或等於 $10^{16}\Omega\text{-cm}$ (即在 250°C 下導電性為大於或等於 $10^{-16}\text{Siemens/cm}$)。更優先地, 在 250°C 下電阻 ρ 為小於或等於 $10^{13}\Omega\text{-cm}$, 以及最優先地為小於或等於 $10^{11.5}\Omega\text{-cm}$ 。人們了解雖然石英在 250°C 下具有所需要之電阻值 $10^{11.8}\Omega\text{-cm}$, 其在步驟(C)中缺乏能夠移動之正離子, 以及其因而導致石英並不適合使用於依據上述步驟製造半導體在絕緣體上結構之第二基板。

作為特定第一基板/第二基板組合, 第一基板110黏接表面111預先處理以減少氫濃度已發現有益於達成第一基板之第二部份115黏接至第二基板120。特別地, 當由植入氫離子之矽晶片轉移矽薄膜至含有鹼土金屬離子之玻璃基板時, 該氫濃度降低發現為特別地重要的。人們相信氫濃度降低對具有高應變點例如在 850°C 至 900°C 範圍內之玻璃或玻璃陶瓷為有益的, 其預期對無線RF應用及其他電子應用為需要的。

特別地, 人們發現在氫離子植入後, 植入矽晶片之表面具有高的氫濃度例如高濃度氫離子。終止於Si表面之氫發現需要的以藉由使用緩和氧化處理以得到有效Si層轉移至先前種類玻璃晶片上而減少植入Si晶片表面上之氫濃度。氫濃度減少將導致使植入矽晶片更為親水性以及能夠使施加電壓及加熱過程中發生黏接。在處理過程中形成強固黏接能夠使Si薄膜均勻地由母晶片分離。

定量地, 已發現不利用氫濃度減少之處理過程只有大約10%玻璃晶片覆蓋Si薄膜以及甚至於在覆蓋表面中Si薄膜傾向為非均勻的。不過, 當在Si表面上氫濃度藉由氧化處理減少時, 均勻的Si薄膜變為黏附至玻璃晶片整個表面

上。

能夠使用各種方法以減少植入晶片表面上氫濃度。優先的方法包含表面之中等氧化處理例如利用氧電漿處理晶片, 利用過氧化氫, 過氧化氫及氨, 過氧化氫及氨接著過氧化氫及酸, 或這些處理過程之組合。利用氧電漿處理為優先的方法, 特別是在商業裝置中。雖然並不預期受到任何特定操作理論之限制, 人們相信在這些處理過程中, 終端表面氫基氧化為氫氧基, 其因而使矽晶片表面為親水性。氧電漿優先地在室溫下進行以及氨+過氧化物或氨+過氧化物接著以酸+過氧化物處理在 25-100°C 進行處理。

雖然先前說明係關於矽晶片, 人們了解氫濃度減少將有益於異於矽半導體材料所構成之氫植入半導體晶片。

參考圖 6, 該圖顯示出本發明處理過程之步驟(B), 其第一及第二基板 110 及 120 促使接觸於黏接表面 111 及 121 處。在本發明優先實施例中, 第一及第二相對兩端及中間區域及第二基板在步驟(B)之前加熱, 例如加熱至施加力量之表面 112 及 122 分別為 T_1 及 T_2 。在該情況下, 在步驟(C)黏接處理過程中第一及第二基板間應避免不同的膨脹。可加以變化, 第一及第二基板在步驟(B)之前並不預先加熱, 但是進行加熱於表面 111 及 121 接觸後以及在步驟(C)開始前及/或發生黏附前步驟(C)初始部份過程中。當進行預先加熱, 黏接表面藉由分隔器分離, 一旦第一及第二基板達到所需要溫度時即移除該分隔器。

示意性地顯示於圖 7 中處理槽 140 能夠具有不同的構造。作為實驗目的, 由 SUSS MICROTEC of Munich, Germany 所銷售之黏接器能夠使用作為處理槽。能夠使用相同的設備作為商業應用, 然而能夠同時地處理多個第一基板/第二基板組件之設備通常為優先的。

由於本發明使用低至中等溫度, 壓力, 電場強度, 以及

真空大小,令人滿意處理槽之規定並不被要求,其為本發明另外一項重要的優點,即本發明能夠利用相當便宜及廣泛可利用或客戶應用容易製造之設備實施。

圖 7 顯示出處理過程之中間步驟,即步驟(C),其中第一及第二基板彼此黏接在一起。步驟(C)進行一段時間足以使第一及第二基板彼此黏接在一起於第一及第二黏接表面處。例如步驟(C)能夠進行歷時 45 至 90 分鐘之間。較短時間通常當然為優先的(例如時間小於 30 分鐘)以及在商業化設定中,預期進行步驟(C)所需要時間能夠減少為 5-15 分鐘或小於整個基本材料,處理溫度及施加電壓最佳化情況。

步驟(C)優先地在中等真空情況下進行,即槽 40 在進行步驟(C)時施以真空抽除。優先地槽中壓力為小於或等於 1 毫巴,以及最優先地小於或等於 10^{-3} 毫巴。可加以變化,步驟(C)能夠在惰性氣體中例如氫氣,氮氣等進行。

對於任何一組特定第一及第二基板,熟知此技術者能夠立即地由本發明揭示出內容決定出步驟(C)之適當時間,溫度以及電場組合。特別地,熟知此技術者能夠選擇這些參數組合,其能夠在半導體及玻璃或玻璃陶瓷間產生黏接,該黏接劑對半導體在絕緣體上結構非常強固足以承受更進一步處理過程及/或使用過程所暴露之各種力量及外界環境條件。

電壓 V_1 及 V_2 需要滿足下列關係: $100\text{V}/\text{cm} \leq (V_1 - V_2)/D \leq 40\text{kV}/\text{cm}$, 其中 D 為第一及第二基板之厚度。

除了上述黏接角色,在步驟(C)施加之電場亦移動正離子(陽離子)於第二基板內,其方向為由第二基板黏接表面(第二黏接表面)朝向其施加力量表面(第二施加力量表面)。該移動優先地形成正離子耗盡區域 123,其起始於第一及第二基板間之界面以及延伸進入第二基板,即正離子耗盡區域起始於第二黏接表面以及延伸進入第二基板持續至第

二施加力量表面。

當玻璃或玻璃陶瓷含有鹼金屬離子例如為 Li^+ , Na^+ , 及/或 K^+ 時, 該正離子耗盡區域形成為特別需要的, 因為該離子已知為干擾半導體裝置之操作。鹼土金屬離子例如為 Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , 及/或 Ba^{2+} 亦會干擾半導體裝置之操作以及因而正離子耗盡區域亦優先地具有這些離子為減少濃度的。

明顯地, 人們發現一旦形成之正離子耗盡區域長時間為穩定的, 甚至於半導體在絕緣體上結構加熱至較高溫度, 或甚至於某些程度地高於步驟(C)所使用之溫度。在高溫下形成, 正離子耗盡區域在半導體在絕緣體上結構正常操作及形成溫度下為特別穩定的。這些考慮確保在使用或更進一步裝置處理過程中鹼金屬及鹼土金屬離子無法由玻璃或玻璃陶瓷擴散回到半導體在絕緣體上結構之半導體內, 其為重要的優點, 該優點來自於在步驟(C)部份黏接處理過程使用電場。

利用選擇操作參數以達成強固黏接, 所需要達成正離子耗盡區域為所需要寬度及所需要減少正離子濃度之操作參數能夠由熟知此技術者利用本發明所揭示內容立即地決定出, 其中正離子為所有所關切的正離子。當存在時, 正離子耗盡區域為依據本發明方法所製造出半導體在絕緣體上結構之主要特性。

除了正離子耗盡區域, 施加電場亦能夠產生包含於玻璃或玻璃陶瓷中一種或多種移動性正離子之堆積區域。當存在時, 該區域位於或接近離第一及第二基板間界面最遠處之耗盡區域側邊(邊緣)。在堆積區域內, 正離子濃度高於其主體濃度。例如, 當以原子百分比量測時, 在堆積區域中正離子尖峰濃度能夠高達大於主體濃度5倍。類似正離子耗盡區域, 該堆積區域存在時為本發明方法所製造半導

體在絕緣體上結構之主要特徵。

在步驟(C)過程第一及第二基板之溫度,即選擇 T_1 及 T_2 數值以達成在分離區域處使半導體基板(第一基板)弱化(例如破裂)重要的功能,第二部份被黏接至第二基板。

雖然並不預期受到任何特定操作理論之限制,人們相信由於黏附之第一及第二基板在步驟(C)後冷卻至室溫,半導體基板弱化主要發生於分離區域處。藉由適當選擇 T_1 及 T_2 (參閱底下),該冷卻將導致第一及第二基板不同地收縮。該不同收縮將施加應力於第一基板,其將顯示為在分離區域處之第一基板發生弱化/破裂。如上述所說明,不同收縮將使得第一基板收縮超過第二基板。

在步驟(C)過程中 T_1 及 T_2 數值將決定於第一及第二基板之相對熱膨脹係數,選擇這些數值之目標在於確保基板,優先地第一基板,收縮較大程度而大於另外一個基板(優先地為第二基板)以施加壓力以及因而在冷卻過程中使分離區域變為脆弱。作為本發明任何特定應用(例如任何特定半導體材料及任何特定玻璃或玻璃陶瓷),熟知此技術者能夠依據本發明所揭示內容立即地選取出 T_1 及 T_2 數值,其產生不同的收縮足以使分離區域變為脆弱,使得第一基板之第一及第二部份能夠彼此加以分離以製造出所需要之 SOI 結構。在本發明所需要實施例中,玻璃或玻璃陶瓷 T_1, T_2 以及應變點 T_s 滿足下列關係:

$$T_s - 350^\circ\text{C} \leq T_1 \leq T_s + 350^\circ\text{C}; \text{ 以及}$$

$$T_s - 350^\circ\text{C} \leq T_2 \leq T_s + 350^\circ\text{C}。$$

需要地, T_1 及 T_2 在 300°C 及 1000°C 之間。在本發明特定實施例中, T_1 及 T_2 均在 300°C 及 800°C 之間。

如底下對圖 8 更進一步詳細說明中,在分離區域處第一及第二部份之分離導致每一部份在發生分離處具有剝離表面。如先前技術所知,由於初始形成即在任何後續表面處

理之前,該分離表面特徵在於表面粗糙度通常至少為 0.5nm RMS,例如為 1-100nm,以及決定於處理過程條件,其通常具有使用來形成分離區域植入離子例如氫之濃度,高於存在於第一及第二部份物體中之濃度。由於初始形成,剝離表面主要特徵在於扭曲結晶結構,如 TEM 所看到。在一般應用中,剝離表面在使用前加以拋光使得其 RMS 表面粗糙度減少至 1nm 或更小例如至 RMS 表面粗糙度約為 0.1nm 以作為電子應用。在此所說明所謂"剝離表面"包含最初形成表面及在任何後續處理後之表面。

分離區域 113 使用熟知此技術者熟知之植入/剝離或未來可發展出之技術形成。目前,分離區域優先地使用上述所說明氫離子植入技術形成。亦能夠使用其他目前已知之技術以形成分離區域例如共同植入氫與氦或氫與硼離子。所選擇技術將在步驟(D)過程中使第一基板在分離區域處分離為第一及第二部份。因而,分離區域需要藉由對熱處理/冷卻處理過程變為脆弱而產生反應,使得第一基板能夠分離為第一及第二部份。

在步驟(C)過程中施加於第一及第二基板之壓力確保當經歷熱處理以及施加電場步驟時這些基板緊密地接觸。在該情況下,能夠在基板間達成強固的黏接。

通常,半導體基板(第一基板)能夠承受較高壓力大於玻璃或玻璃陶瓷(第二基板)情況。因而,選擇壓力以提供基板間緊密接觸而不會使第二基板受損。

能夠使用廣泛範圍壓力。例如分別施加於第一及第二基板之第一以及第二施加力量表面的壓力分別滿足下列關係: $1\text{psi} \leq P \leq 100\text{psi}$; 以及最優先地為: $1\text{psi} \leq P \leq 50\text{psi}$ 。

再次地,任何本發明特定應用所使用特別壓力值能夠被熟知此技術者由本發明內容立即地決定出。

本發明能夠使用單一第一基板及單一第二基板達成。

可加以變化, 能夠使用本發明方法以形成超過一個 SOI 結構於單一第二基板上。

例如, 能夠使用步驟(A)至(D)以形成第一 SOI 結構, 其並未覆蓋第二基板整個面積。因而, 能夠重複步驟(A)至(D)以形成第二 SOI 結構, 其覆蓋全部第一 SOI 結構所未覆蓋之全部或部份面積。第二 SOI 結構可與第一 SOI 結構相同或不同, 例如第二 SOI 結構能夠使用單晶體半導體材料所構成之第一基板製造出, 該材料與製造第一 SOI 結構中所使用第一基板之半導體材料相同或不同。

更優先地, 多個 SOI 結構同時地形成於單一第二基板上, 其藉由在步驟(A)中提供多個(即兩個或更多)第一基板, 在步驟(B)中使所有這些第一基板與單一第二基板接觸, 以及在所形成多個第一基板/單一第二基板組件上進行步驟(C)及(D)。步驟(A)中所提供多個第一基板能夠全部為相同的, 全部為不同的, 或一些為相同及一些為不同的。

不論使用那一方法, 在單一玻璃或玻璃陶瓷基板上形成之多個 SOI 結構能夠為連續性的或為分離的而適合於本發明特定之應用。假如需要情況下, 全部或部份相鄰結構間之間隙填充例如半導體材料以得到一種或多種連續性半導體層於所需要尺寸之玻璃或玻璃陶瓷上。

範例:

本發明更進一步由下列非限制性範例加以說明。

範例 1:

表 2 玻璃 2N 之 100mm 直徑, 1mm 厚度晶片加以精細研磨以及拋光, 該玻璃含有氧化物為計算基準之 1% 莫耳比 Na_2O 摻雜劑。厚度為 525 微米之矽晶片在 100keV 下植入氫, 利用清潔劑及蒸餾水在 8×10^{16} 離子/ cm^2 離子量劑下進行清洗, 再利用 10% 硝酸清洗, 以及在 SUSS MICROTEC 黏接器中與玻璃晶片接觸。玻璃晶片在 450°C 下以及矽晶片在 400°C 真空中

加熱, 以及施加 10psi 壓力以及 1750 伏特電壓差(玻璃為接地, 矽晶片為 1750V)歷時 5 分鐘。在相同的電壓差及壓力下, 玻璃晶片在 575°C 加熱以及矽晶片在 525°C 下加熱歷時 10 分鐘, 而後移除電壓差以及壓力, 以及讓黏附之晶片冷卻。冷卻晶片分離為具有矽薄膜之矽在玻璃上晶片, 以及矽晶片。在玻璃上矽層具有薄的受損頂層, 以及未受損單晶體矽底層。薄的受損層能夠加以拋光或蝕刻掉以得到所需要矽在玻璃上之晶片。

範例 2:

表 4 玻璃陶瓷 4A 之 100mm 直徑, 1mm 厚度晶片加以精細研磨以及拋光, 該玻璃陶瓷含有氧化物為計算基準之 0.9% 莫耳比 Na₂O 摻雜劑。厚度為 525 微米之矽晶片在 100keV 下植入氬及利用清潔劑及蒸餾水在 8×10^{16} 離子/cm² 離子量劑下進行清洗, 再利用 10% 硝酸清洗, 以及在 SUSS MICROTREC 黏接器中與玻璃晶片接觸。玻璃晶片在 450°C 下以及矽晶片在 400°C 真空中加熱, 以及施加 10psi 壓力以及 1750 伏特電壓差(玻璃為接地, 矽晶片為 1750V)歷時 5 分鐘。在相同的電壓差及壓力下, 玻璃晶片在 575°C 加熱以及矽晶片在 525°C 下加熱歷時 10 分鐘, 而後移除電壓差以及壓力, 以及讓黏附之晶片冷卻。冷卻晶片分離為具有矽薄膜之矽在玻璃上晶片, 以及矽晶片。如範例 1, 在玻璃上矽層具有薄的受損頂層, 以及未受損單晶體矽底層。薄的受損層能夠加以拋光或蝕刻掉以得到所需要矽在玻璃上之晶片。

熟知此技術者了解本發明能夠作各種變化及改變而並不會脫離本發明之精神及範圍。因而本發明各種變化及改變均涵蓋於下列申請專利範圍及同等物範圍內。

【圖式簡單說明】

第一圖為依據本發明一項實施例之半導體在絕緣體上結構的示意性斷面圖。

第二圖為依據本發明另一項實施例具有正離子耗盡區域之半導體在絕緣體上結構的示意性斷面圖。

第三圖為依據本發明另一項實施例具有堆積區域之半導體在絕緣體上結構的示意性斷面圖。

第四圖為依據本發明另一項實施例之半導體在絕緣體上結構之示意性斷面圖。

第五圖至第八圖為依據本發明另一項實施例製造半導體在絕緣體上結構方法各步驟之示意性斷面圖。

附圖元件數字符號說明：

半導體在絕緣體上結構 20；第一層 22；第二層 24；半導體在絕緣體上結構 40；第一層 42；第二層 44；第一表面 46；第二表面 48；參考表面 50；正離子耗盡區域 52；堆積區域 54；末端邊緣 62；半導體在絕緣體上結構 80；第一層 82；第二層 84；半導體材料 90；增加氧含量之半導體材料 92；正離子濃度減小之玻璃或玻璃陶瓷 94；正離子濃度增加之玻璃或玻璃陶瓷 96；玻璃或玻璃陶瓷 98；第一基板 110；第一外部表面 111；第二外部表面 112；內部區域 113, 113a, 113b；第一部份 114；第二部份 115；第二基板 120；外部表面 121, 122；半導體在絕緣體上結構 140；第一層 142；第二層 144。

五、中文發明摘要：

本發明係關於具有變形半導體層之半導體在絕緣體上結構。依據本發明一項實施例，半導體在絕緣體上結構具有包含半導體材料之第一層黏接至包含玻璃或玻璃陶瓷之第二層，玻璃或玻璃陶瓷應變點為等於或大於 800°C。

六、英文發明摘要：

The present invention relates to semiconductor-on-insulator structures having strained semiconductor layers. According to one embodiment of the invention, a semiconductor-on-insulator structure has a first layer including a semiconductor material, attached to a second layer including a glass or glass-ceramic, with the strain point of the glass or glass-ceramic equal to or greater than about 800°C.

修正替換本
100年5月4日

十、申請專利範圍：

1. 一種半導體在絕緣體上結構，其包含：

第一層，實質上由單晶半導體材料構成；以及

第二層，由玻璃或玻璃陶瓷構成，其中：

玻璃或玻璃陶瓷應變點等於或大於 800°C ，

第一層及第二層直接地或經由一層或多層中間層彼此連接，玻璃或玻璃陶瓷包含：(i) 正離子耗盡區域相鄰於實質上單晶半導體材料之第一層，正離子耗盡區域具有減少正離子濃度，其中實質上並不存在正離子，以及(ii) 堆積區域相鄰於正離子耗盡區域以及堆積區域正離子具有增強濃度，該正離子包含至少一種鹼土金屬離子。

2. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構，其中玻璃或玻璃陶瓷具有應變點為等於或大於 900°C 。

3. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構，其中玻璃或玻璃陶瓷具有應變點為等於或大於 1050°C 。

4. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構，其中半導體材料為矽為主之半導體材料。

5. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構，其中玻璃或玻璃陶瓷由鋁矽酸鹽玻璃，硼矽酸鹽玻璃，鋁硼矽酸鹽玻璃，以及稀土族金屬鋁矽酸鹽玻璃選取出。

6. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構，其中玻璃或玻璃陶瓷為鋁磷矽酸鹽玻璃。

7. 依據申請專利範圍第 6 項之半導體在絕緣體上結構，其中玻璃或玻璃陶瓷為鋁磷矽酸鹽玻璃，其組成份依原料氧化

物為計算基準以莫耳%表示包含:55-80% SiO_2 , 12-30% Al_2O_3 , 2-15% P_2O_5 。

8. 依據申請專利範圍第 6 項之半導體在絕緣體上結構, 其中玻璃或玻璃陶瓷為鋁磷矽酸鹽玻璃, 其組成份依原料氧化物為計算基準以莫耳%表示包含:50-70% SiO_2 , 15-25% Al_2O_3 , 5-10% P_2O_5 。

9. 依據申請專利範圍第 6 項之半導體在絕緣體上結構, 其中玻璃或玻璃陶瓷為鋁矽酸鹽玻璃, 其組成份依原料氧化物為計算基準以莫耳%表示包含:60-88% SiO_2 , 5-25% Al_2O_3 , 2-15% RE_2O_3 , RE 由 Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu 以及其混合物選取出。

10. 依據申請專利範圍第 6 項之半導體在絕緣體上結構, 其中玻璃或玻璃陶瓷為鋁矽酸鹽玻璃, 其組成份依原料氧化物為計算基準以莫耳%表示包含:60-75% SiO_2 , 15-20% Al_2O_3 , 及 4-15% RE_2O_3 。

11. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中玻璃或玻璃陶瓷包含鹼金屬離子或鹼土金屬離子。

12. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中玻璃或玻璃陶瓷為具有尖晶石, β -石英, 或 β -鋰輝石結晶相。

13. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中玻璃或玻璃陶瓷為透明矽酸鹽為主之玻璃陶瓷, 其具有尖晶石結晶相, 其組成份依原料氧化物為計算基準以重量

百分比表示包含： $45-70\% \text{SiO}_2$, $14-28\% \text{Al}_2\text{O}_3$, $4-13\% \text{ZnO}$, $0-8\% \text{MgO}$, $0-10\% \text{TiO}_2$, $0-10\% \text{ZrO}$, $0-15\% \text{Cs}_2\text{O}$, $0-5\% \text{BaO}$, $\text{ZnO}+\text{MgO}$ 共同地大於或等於 8% , 以及 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$ 共同地大於 4% 。

14. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中第一及第二層間之黏接強度為至少 8 J/m^2 。

15. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中第二層

(i) 具有分離距離為 D_2 之第一及第二平行的表面, 第一表面比第二表面更靠近於第一層;

(ii) 具有參考表面, 該參考表面 1) 在第二層內, 2) 與第一表面平行, 及 3) 與第一表面分隔距離為 $D_2/2$;

(iii) 包含一種或多種正離子, 每一種正離子在參考表面處具有參考濃度 $C_{i/Ref}$; 以及

(iv) 具有一區域(正離子耗盡區域), 其起始於第一表面處以及延伸朝向參考表面, 其中至少一種正離子濃度相對於該離子參考濃度 $C_{i/Ref}$ 為耗盡的。

16. 依據申請專利範圍第 15 項之半導體在絕緣體上結構, 其中起始於第一表面及延伸朝向參考表面之區域具有遠端邊緣, 以及其中第二層更進一步具有

(i) 一區域(堆積區域)於遠端邊緣附近, 其中至少一種正離子濃度相對於該離子之 $C_{i/Ref}$ 為增加的。

17. 依據申請專利範圍第 15 項之半導體在絕緣體上結構, 其中玻璃或玻璃陶瓷包含一種或多種正離子, 以及正離子耗

盡區域為耗盡一種或多種鹼金屬離子以及鹼土金屬離子。

18. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中玻璃或玻璃陶瓷包含一種或多種正離子, 以氧化物為基準在玻璃或玻璃陶瓷中鋰, 鈉及鉀離子總和為小於 2% 重量比。

19. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中第一層最大尺寸為大於 10 公分。

20. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中至少部份結構依序地包含:

半導體材料;

具有增加氧含量之半導體材料;

至少一種正離子為減少正離子濃度之玻璃或玻璃陶瓷材料;

至少一種正離子為增加正離子濃度之玻璃或玻璃陶瓷材料; 以及

玻璃或玻璃陶瓷。

21. 依據申請專利範圍第 1 項之半導體在絕緣體上結構, 其中第一層厚度不大於 10 微米。

七、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第 (一) 圖。

指定代表圖附圖元件說明：

半導體在絕緣體上結構 20; 第一層 22。

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：