



(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 I540648 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：100136918

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 10 月 12 日

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

H01L29/778 (2006.01)

(30)優先權：2010/10/20 美國

12/908,458

(71)申請人：國家半導體公司 (美國) NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION (US)
美國(72)發明人：巴爾 山蒂普 Bahl, SANDEEP (US)；布魯西亞 康史坦丁 BULUCEA,
CONSTANTIN (US)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

(56)參考文獻：

TW 200605349

TW 201030848

審查人員：邱智強

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：16 共 29 頁

(54)名稱

具有增加的緩衝崩潰電壓之三族氮化物 HEMT

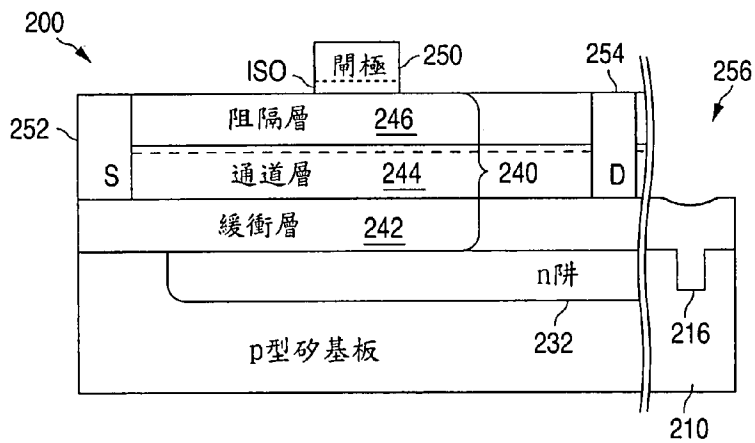
GROUP III-N HEMT WITH AN INCREASED BUFFER BREAKDOWN VOLTAGE

(57)摘要

藉由形成 n 型的阱在 p 型的矽基板中以直接位在三族氮化物 HEMT 的金屬汲極區域下方，則在 p 型矽基板上的三族氮化物 HEMT 的緩衝崩潰是顯著增加的。n 阱形成在崩潰期間變為反向偏置的 pn 接面，從而藉由 pn 接面的反向偏置崩潰電壓來增加緩衝崩潰，並且允許基板接地。三族氮化物 HEMT 的緩衝層也可以 n 型和 p 型雜質佈植，其與 pn 接面排列以最小化在基板和緩衝層之間的接面處的任何漏電流。

The buffer breakdown of a group III-N HEMT on a p-type Si substrate is significantly increased by forming an n-well in the p-type Si substrate to lie directly below the metal drain region of the group III-N HEMT. The n-well forms a p-n junction which becomes reverse biased during breakdown, thereby increasing the buffer breakdown by the reverse-biased breakdown voltage of the p-n junction and allowing the substrate to be grounded. The buffer layer of a group III-N HEMT can also be implanted with n-type and p-type dopants which are aligned with the p-n junction to minimize any leakage currents at the junction between the substrate and the buffer layer.

指定代表圖：



256 · · · 開口

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：/66136918

※申請日：100.10.12

※IPC 分類：

H01L 21/336 · 2006.01

H01L 29/778 · 2006.01

一、發明名稱：(中文/英文)

具有增加的緩衝崩潰電壓之三族氮化物 HEMT

GROUP III-N HEMT WITH AN INCREASED BUFFER
BREAKDOWN VOLTAGE

二、中文發明摘要：

藉由形成 n 型的阱在 p 型的矽基板中以直接位在三族氮化物 HEMT 的金屬汲極區域下方，則在 p 型矽基板上的三族氮化物 HEMT 的緩衝崩潰是顯著增加的。n 阱形成在崩潰期間變為反向偏置的 pn 接面，從而藉由 pn 接面的反向偏置崩潰電壓來增加緩衝崩潰，並且允許基板接地。三族氮化物 HEMT 的緩衝層也可以 n 型和 p 型雜質佈植，其與 pn 接面排列以最小化在基板和緩衝層之間的接面處的任何漏電流。

三、英文發明摘要：

The buffer breakdown of a group III-N HEMT on a p-type Si substrate is significantly increased by forming an n-well in the p-type Si substrate to lie directly below the metal drain region of the group III-N HEMT. The n-well forms a p-n junction which becomes reverse biased during

breakdown, thereby increasing the buffer breakdown by the reverse-biased breakdown voltage of the p-n junction and allowing the substrate to be grounded. The buffer layer of a group III-N HEMT can also be implanted with n-type and p-type dopants which are aligned with the p-n junction to minimize any leakage currents at the junction between the substrate and the buffer layer.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 5。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

200	三族氮化物 HEMT
210	基板
216	對準標記
232	n 阱
240	疊層區域
242	緩衝層
244	通道層
246	阻隔層
250	金屬閘極區域
252	金屬源極區域
254	金屬汲極區域
256	開口

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】

本發明涉及三族氮化物 HEMT，更特別的，涉及具有增加的緩衝崩潰電壓的三族氮化物 HEMT。

【先前技術】

由於三族氮化物較寬的能帶隙和高的電子飽和速度，三族氮化物的高電子遷移率電晶體（HEMT）展現出對於功率電子的潛在優勢。這些材料的特性轉化為高崩潰電壓、低導通電阻和快速切換。三族氮化物 HEMT 還可以工作在比矽基電晶體還高的溫度。這些特性使得三族氮化物 HEMT 非常適合用於高效率的功率調節應用，如照明設備和車輛控制。

圖 1 顯示了常規的三族氮化物 HEMT 100 的橫截面視面。如圖 1 所示，三族氮化物 HEMT 100 包括基板 110 和形成在該基板 110 的頂部表面上的疊層區域 112。反過來，疊層區域 112 包括在頂部的阻隔層 114、在中間的通道層 116 和在底部且位於基板 110 和通道層 116 之間的緩衝層 118。阻隔層 114、通道層 116 和緩衝層 118 通常每個以一個或多個連續的三族氮化物層或者以包括一個或多個 In、Ga 和 Al 的三族氮化物來實施。例如，阻隔層 114 通常由 AlGa_N 形成，而通道層 116 通常是由 Ga_N 形成。

在 Mishra 等人於 2002 年 6 月 6 號發表在 IEEE 第 90 卷第 1022 至 1031 頁的 “AlGa_N/Ga_N HEMT - An Overview

of Device Operation and Applications” 所述，HEMT 的通道層和阻隔層有不同的偏振特性和能帶隙，其促使位在該通道層的頂部處的二維電子氣（2DEG）形成。具有高濃度電子的 2DEG 是相似於在常規的場效應電晶體（FET）中的通道。

自然的三族氮化物基板是不容易可利用的，所以疊層區域 112 係使用磊晶沉積技術而常規地增成長在基板 110 上，如有機金屬化學氣相沉積（MOCVD）及分子束磊晶（MBE）。緩衝層 118 提供了在基板 110 和通道層 116 之間的過渡層，以解決在晶格常數的差異，並提供了錯位最小化的成長表面。

基板 110 通常以 SiC 來實施，因為 SiC 具有合理地低的晶格不匹配（ $\sim 3\%$ ）和高導熱。但 SiC 基板是價格昂貴，而且尺寸有限。因為矽的成本低，基板 110 通常也以 SiC 實施而作為矽處理的下部結構。但是，由於壓力和隨後的晶圓彎曲，Si 基板限制了在 6 英寸基板上的緩衝層 118 的厚度為 2-3 微米。

2-3 微米的緩衝厚度的限制之一是薄的緩衝層排定了裝置的崩潰電壓上的限制。這是因為緩衝崩潰電壓是相當低的。例如，2 μm 厚的緩衝崩潰在 300V。增加緩衝崩潰電壓的方法之一是浮接基板。藉由浮接基板，緩衝崩潰電壓加倍至 600V，因為電壓是由兩個緩衝層厚度所支持。

例如，如圖 1，當 Si 基板是浮接的並且汲極-到-源極 (drain-to-source) 崩潰，崩潰電流依循從汲極到源極的路

徑，其包括崩潰路徑段 A、B 和 C。崩潰路徑段 A 和 C 每個具有約 300V 的崩潰電壓，而崩潰路徑 B 是歐姆。因此，為了實現完整的崩潰電壓（600V），基板 110 必須能夠向上浮接到一半的崩潰電壓（300V）。

然而，由於裝置之間的電容耦合，對於浮接基板的要求構成了對於串擾的重大關切。此外，浮接基板導致了封裝的主要問題。如果使用傳統的封裝，三族氮化物 HEMT 使用非傳導環氧樹脂所附著。然而，非傳導環氧樹脂具有比導熱傳導環氧樹脂還差的導熱。這將導致一個嚴重的問題，由於三族氮化物裝置的目的是為了功率應用，並且需要有良好的散熱。

具有提高散熱的封裝，其使用具有像 AlN 的高導熱的中間絕緣層。然而，這些價格昂貴，而且還具有比直接與傳導環氧樹脂附著還低的導熱係數。浮接基板的電壓也沒有明確說明，因為基板不直接接觸。紊亂電壓在電路設計中是不理想的。因此，需要替代方法以形成三族氮化物 HEMT。

【發明內容】

本發明的態樣是一種增加緩衝崩潰的電晶體。該電晶體包括第一傳導型的基板和位於基板中的第二傳導型的阱(well)。基板以及阱每個具有頂部表面。電晶體進一步包括：緩衝層，其觸及基板的頂部表面和阱的頂部表面；和通道層，其觸及緩衝層的頂部表面。緩衝層和通道層，每

個都有頂部表面，而通道層包括三族氮化物。該電晶體進一步包括：阻隔層，其觸及通道層的頂部表面；和分離的金屬源極和汲極區域，其連接通道層。阻隔層包括三族氮化物。金屬汲極區域直接位在阱上方。

本發明的另一個態樣是一種形成增加緩衝崩潰的電晶體的方法。該方法包括形成了第一傳導型的基板，在基板中形成第二傳導型的阱。基板以及阱每個具有頂部表面。該方法進一步包括：形成緩衝層以觸及基板的頂部表面和阱的頂部表面，以及形成通道層以觸及緩衝層的頂部表面。緩衝層和通道層每個都有頂部表面，而通道層包括三族氮化物。該方法進一步包括形成阻隔層以觸及通道層的頂部表面，並且分離的金屬源極和汲極區域連接通道層。阻隔層包括三族氮化物。金屬汲極區域直接位在阱上方。

【實施方式】

圖 2-6 是說明按照本發明來形成三族氮化物 HEMT 200 的方法的例子的一系列橫截面視圖。在下文作更詳細的描述，本發明的方法形成在汲極下的矽基板中的 pn 接面，以形成接面隔離阻隔，其與緩衝崩潰電壓串聯，並且從而增加緩衝崩潰電壓。

如圖 2 所示，本發明的方法是利用傳統地形成的、單晶的、輕微摻雜的、p 型 Si 半導體基板 210(例如，<111>)。如同圖 2 的進一步顯示，本發明的方法藉由形成圖案化的光阻層 212 在基板 210 的頂部表面上來開始。

圖案化的光阻層 212 是以傳統方式來形成，其中包括：沉積一層光阻；透過作為遮罩而知的圖案化的黑色/透明玻璃板來投影光，以形成圖案化的影像在該層光阻上而軟化藉由光所暴露的光阻區域；並且移除經軟化的光阻區域。在形成圖案化的光阻層 212 後，基板 210 的暴露區域被蝕刻以形成中間 HEMT 結構 214，其包括對準標記 216。然後移除圖案化的光阻層 212。

如圖 3 所示，隨著圖案化的光阻層 212 的移除，圖案化的光阻層 220 是以傳統的方式來形成在基板 210 的頂部表面上。在圖案化的光阻層 220 已形成後，如磷和/或砷的 n 型摻雜物透過在圖案化的光阻層 220 中的開口而被佈植到基板 210。退火是在下一步進行以擴散和激活該佈植，從而形成中間 HEMT 結構 230，其包括在基板 210 中的 n 阱 232。然後移除圖案化的光阻層 220。

如圖 4 所示，一旦圖案化的光阻層 220 已被移除時，疊層區域 240 是形成在基板 210 上。反過來，疊層區域 240 包括緩衝層 242、通道層 244 和阻隔層 246。緩衝層 242、通道層 244 和阻隔層 246 每個都可以一個或多個連續的三族氮化物層來實現，其中三族包括一個或多個 In、Ga 和 Al。例如，緩衝層 242 可以 AlN（熱穩定的材料）、AlGa_N 和 Ga_N 的連續層來實現。此外，通道層 244 可以例如 Ga_N 來實現，並且阻隔層 246 可以例如 AlGa_N 來實施。

疊層區域 240 可以傳統方式來形成，如藉由配置中間 HEMT 結構 230 在 MOCVD 反應器中，並且將緩衝層 242

磊晶成長在基板結構 210 的頂部表面上，通道層 244 磊晶成長在緩衝層 242 的頂部表面上，以及阻隔層 246 磊晶成長在通道層 244 的頂部表面上。

如圖 5 所示，隨著疊層區域 240 的傳統形成，該方法完成三族氮化物 HEMT 200 的形成，藉由以傳統方式來形成金屬閘極區域 250、金屬源極區域 252 和金屬汲極區域 254，除了對準標記 216 是用來直接定位位在 n 阱 232 上方的金屬汲極區域 254。

金屬閘極區域 250 是被形成以達成蕭特基接觸，而金屬源極區域 252 和金屬汲極區域 254 係形成以與通道層 244 達成歐姆接觸。另外，由圖 5 中虛線所示，閘極 250 可以藉由絕緣層 ISO 而與阻隔層 246 隔離。

此外，該方法藉由移除阻隔層 246 和通道層 244 而隔離相鄰的裝置，其位在對準標記 216 和非裝置區域上。當阻隔層 246 和通道層 244 是從對準標記 216 和非裝置區域移除時，該移除形成了開口 256，此處的開口 256 的底部暴露了部分緩衝層 242，並且開口 256 的側牆暴露了部分通道層 244 和阻隔層 246。

另外，如圖 6 所示，該方法可以藉由佈植如氮的隔離物種到阻隔層 246 和通道層 244 的區域而隔離相鄰的裝置，其中阻隔層 246 和通道層 244 的區域位在對準標記 216 和非裝置區域上方。（佈植也驅動隔離物種部分方式到緩衝層 242。）當阻隔層 246 和通道層 244 被佈植時，佈植形成位於緩衝層 242 上的佈植隔離區域 258，並且觸及和橫向

位於通道層 244 和阻隔層 246 的區域之間。

圖 7A 及 7B 說明按照本發明的三族氮化物 HEMT 200 的操作的橫截面視圖。圖 7A 顯示單一三族氮化物 HEMT 200 的操作。如圖 7A 所示，當汲極-到-源極崩潰時，崩潰電流依循由金屬汲極區域 254 至金屬源極區域 252 的路徑，其包括崩潰路徑段 A、B 和 C。

然而，在 p 基板 210 中的 n 阱 232 的形成與耗盡區域 260 形成了中斷路徑段 B 的 pn 接面。崩潰路徑 A 是仍然激活的，但事實證明，它反向偏置該 pn 接面，從而關閉崩潰路徑 B 和 C。因為它是增加緩衝崩潰電壓的 pn 接面的反向偏置崩潰電壓，用於形成 n 阱 232 的摻雜濃度係被選擇以最大化反向偏置崩潰電壓。

因此，本發明的優點之一是藉由形成 pn 接面在金屬汲極區域 254 下方，當薄的緩衝層（如，2-3 微米厚）是成長在 Si 基板上，該緩衝崩潰電壓能是實質上增加。反過來，改進的緩衝崩潰電壓提供了作為三族氮化物 HEMT 200 的更高的崩潰電壓。

圖 7B 顯示一對肩並肩的三族氮化物 HEMT 200 的操作。如圖 7B 所示，三族氮化物 HEMT 200 的每個汲極 254 集中在相應的 n 阱 232 上方。反過來說，n 阱 232 可以向左橫向延伸直到三族氮化物 HEMT 200 的源極 252，並且向右延伸到具有等效距離的一個點，如圖 7B 所示，約與三族氮化物的 HEMT 200 的一對相鄰的閘極之間的中點一致。

n 阱 232 的寬度是實驗地決定，以確保任何崩潰電流已

經下降到大約相當於 n 阱 232 的反向偏置崩潰電壓的電壓，其中從汲極 254 流動到緩衝層 242 的任何至基板 210 的崩潰電壓，從而行經相應的 n 阱 232 的 pn 接面周圍。由於三族氮化物 HEMT 200 是側向高的電壓電晶體，其具比橫向尺寸相對較小的縱向尺寸，電晶體具足以容納 n 阱 232 的寬度的橫向尺寸。

進一步如圖 7B 所示，pn 接面允許 n 阱 232 電性浮動，並且允許 p 型基板 210 是被電性接地。因此，本發明的另一個優點是，接地 p 型基板 210 以減少在相鄰裝置之間的串擾。此外，接地 p 型基板 210 以允許傳導環氧樹脂，其提供了比非傳導環氧樹脂更好的導熱性，以用來連接三族氮化物 HEMT 200 以封裝。

圖 8-12 是說明根據本發明的第一替代實施例來形成三族氮化物 HEMT 800 的方法的例子的一系列橫截面視圖。形成三族氮化物 HEMT 800 的方法是與透過圖案化光阻層 212 的移除來形成三族氮化物 HEMT 200 的方法相同，因此，採用相同的參考數字來指示兩種方法中的常見的結構。

如圖 8 所示，一旦圖案化的光阻層 212 已被刪除，第一緩衝層 810 係形成，例如，藉由配置中間 HEMT 結構 214 在 MOCVD 反應器中，並且以傳統的方式來將第一緩衝層 810 磊晶成長在基板 210 的頂部表面上。第一緩衝層 810 的成長(實質上比緩衝層 242 更薄)形成了中間 HEMT 結構 812。第一緩衝層 810 可以一個或多個連續的三族氮化物層來實現，其中三族包括一個或多個 In、Ga 和 Al。第一緩衝

層 810 最好以熱穩定的物質來實施，如 AlN 或是與具有高 Al 組成的頂層（例如，50% 以上）的一個或多個三族氮化物的材料的序列。

如圖 9 所示，在第一緩衝層 810 已經形成後，中間 HEMT 結構 812 是從反應器移除，並且圖案化的光阻層 814 係以傳統的方式來形成在第一緩衝層 810 的頂部表面上。在圖案化的光阻層 814 已經形成後，如磷和/或砷的 n 型摻雜物透過在圖案化的光阻層 814 中的開口並且透過第一緩衝層 810 而佈植以形成 n 型佈植區域在基板 210 中。佈植的摻雜濃度可以被選擇以約等於用於形成 n 阱 232 的形成摻雜濃度。

在此之後，如 Si 的 n 型摻雜物透過在圖案化的光阻層 814 中的開口而被佈植到第一緩衝層 810，以形成在第一緩衝層 810 中的 n 型佈植區域。佈植的摻雜濃度可以被選擇以約等於用於形成 n 阱 232 的摻雜濃度。然後圖案化的光阻層 814 被移除以形成中間 HEMT 結構 816。

如圖 10 所示，一旦圖案化的光阻層 814 已被移除，中間 HEMT 結構 816 被返回到反應器，並執行退火以擴散和激活被佈植的摻雜物，從而在基板 210 中形成 n 阱 820，並且在位於和觸及 n 阱 820 的第一緩衝層 810 中形成 n 型區域 822。

（n 阱 820 和 n 型區域 822 可以交替地使用分離的遮罩來形成。例如，在第一緩衝層 810 使用如圖 3 所示的圖案化的光阻層 220 而已經形成時，n 阱可被形成，使得如圖 9

說明的圖案化的光阻層 814 不僅被用於形成 n 型區域 822)。

隨著退火，第二緩衝層 824 是以傳統的方式藉由磊晶成長第二緩衝層 824 在第一緩衝層 810 的頂部表面上。第一緩衝層 810 的厚度和第二緩衝層 824 的厚度約等於緩衝層 242 的厚度。

一旦第二緩衝層 824 已經形成，通道層 826 以傳統的方式被磊晶成長在第二緩衝層 824 上，並且阻隔層 828 以傳統的方式被磊晶成長在通道層 826 上。第二緩衝層 824、通道層 826 和阻隔層 828 都可以一個或多個連續的三族氮化物層來實施，其中三族包括一個或多個 In、Ga 和 Al。

例如，第二緩衝層 824 可以 AlGa_N 和 Ga_N 的連續層來形成，通道層 826 可從 AlGa_N 而形成，並且阻隔層 828 可從 AlGa_N 而形成。第一緩衝層 810、第二緩衝層 824、通道層 826 和阻隔層 828 形成了疊層區域 830。

如圖 11 所示，隨著阻隔層 828 的傳統的形成，方法以傳統的方式藉由形成金屬閘極區域 840、金屬源極區域 842 和金屬汲極區域 844 來完成了三族氮化物 HEMT 800 的形成，除了對準標記 216 是用來直接定位在 n 阱 820 和 n 型區域 822 中的金屬汲極區域 844。

金屬閘極區域 840 係形成以達到蕭特基接觸，而金屬源極區域 842 和金屬汲極區域 844 係與通道層 826 形成以達到歐姆接觸。另外，由圖 11 中虛線所示，金屬閘極區域 840 可藉由絕緣層 ISO 與阻隔層 828 隔離。

此外，該方法藉由移除位在對準標記 216 和非裝置區域上的阻隔層 828 和通道層 826 來隔離相鄰裝置。當阻隔層 828 和通道層 826 是自對準標記 216 和非裝置區域上移除，這個移除形成了開口 846，此處的開口 846 的底部暴露了部分緩衝層 824，並且開口 846 的側面暴露了部分通道層 826 和阻隔層 828。

另外，如圖 12 所示，該方法可以藉由佈植如氮的隔離的物種到位在對準標記 216 和非裝置區域上的阻隔層 828 和通道層 826 的區域而隔離相鄰的裝置。（佈植也驅動了隔離物種部分的方法到緩衝層 824。）當阻隔層 828 和通道層 826 係佈植，該佈植形成了位於緩衝層 824 上的佈植隔離區域 848，並且觸及和橫向位於通道層 826 和阻隔層 828 的區域之間。

因此，本發明的第一交替實施例的優勢之一是直接形成 n 型區域 822 在 n 阱 820 上的第一緩衝層 810 以最小化任何漏電流，其可呈現在基板 210 和緩衝層之間的介面處。否則三族氮化物 HEMT 800 與三族氮化物 HEMT 200 操作相同。

圖 13-16 是說明根據本發明的第二替代實施例來形成三族氮化物 HEMT 1300 的方法的例子的一系列橫截面視圖。形成三族氮化物 HEMT 1300 的方法是與透過圖案化光阻層 814 的移除來形成三族氮化物 HEMT 800 的方法相同，因此，採用相同的參考數字來指示兩種方法中常見的結構。

如圖 13 所示，隨著圖案化光阻層 814 的移除，圖案化

光阻層 1310 係以傳統的方式而形成在第一緩衝層 810 上。在圖案化光阻層 1310 已經被形成之後，如 Mg 的 p 型摻雜物透過在圖案化光阻層 1310 中的開口而被佈植到第一緩衝層 810，以形成經佈植的光阻層在第一緩衝層 810 中。

用來形成佈植區域的摻雜濃度可被選擇成約等於用於形成 p 型基板 210 的摻雜濃度。然後圖案化的光阻層 1310 被移除以形成中間 HEMT 結構 1314。（在圖案化的光阻層 814 係形成之前，圖案化的光阻層 1310 可以有選擇地形成。）

如圖 14 所示，在圖案化的光阻層 1310 已被移除後，中間 HEMT 結構 1314 返回到反應器，並執行退火以擴散和激活經佈植的摻雜，從而在基板 210 中形成 n 阱 820、在位在並觸及 n 阱 820 的第一緩衝層 810 中形成 n 型區域 822，以及在第一緩衝層 810 中形成 p 型區域 1316。隨著擴散，如圖 14 所示，p 型區域 1316 觸及 n 型區域 822，從而在第一緩衝層 810 中形成 pn 接面。

如圖 15 所示，在退火已經完成後，該方法繼續如第一替代的實施例所描述地形成三族氮化物 HEMT 1300，即，藉由形成第二緩衝層 824、通道層 826 和阻隔層 828 以及金屬閘極區域 840、金屬源極區域 842 和金屬汲極區域 844。

因此，本發明的第二替代實施例的優點之一是以 p 型區域 1316 在第一緩衝層 810 中形成 pn 接面，並且 n 型區域 822 進一步最小化可以存在於基板 210 和緩衝層之間的介面的任何漏電流。

另外，如圖 16 所示，圖案化的光阻層 1310 可被定位，

使得在退火後，經擴散的 p 型摻雜沒有延伸以觸及形成 n 型區域 822 的經擴散的 n 型摻雜，從而形成在 p 型區域 1316 和 n 型區域 822 的溝槽 1320。否則，三族氮化物 HEMT 1300 的兩個變化操作與三族氮化物 HEMT 800 相同。

應該了解，上述說明是本發明的例子，並且此處所描述的發明的各種替代方案可以實踐發明而使用。例如，三族氮化物 HEMT 是作為耗盡模式裝置而傳統地形成，但也可作為增強模式裝置而形成。

本發明同樣適用於增強模式裝置，同樣地這些裝置的基板和緩衝層結構是相同的。因此，它意圖就隨後的申請專利範圍來定義本發明的範圍，並且從而涵蓋在這些申請專利範圍和等價物的範疇內的結構和方法。

【圖式簡單說明】

圖 1 是說明常規三族氮化物 HEMT 100 的橫截面視圖。

圖 2-6 是說明按照本發明來形成三族氮化物 HEMT 200 的方法的例子的一系列橫截面視圖。

圖 7A 及 7B 說明按照本發明分別操作單一三族氮化物 HEMT 200 和一對肩並肩的三族氮化物 HEMT 200 的橫截面視圖。

圖 8-12 是說明根據本發明的第一替代實施例來形成三族氮化物 HEMT 800 的方法的例子的一系列橫截面視圖。

圖 13-16 是說明根據本發明的第二替代實施例來形成三族氮化物 HEMT 1300 的方法的例子的一系列橫截面視圖。

【主要元件符號說明】

100	三族氮化物 HEMT
110	基板
112	疊層區域
114	阻隔層
116	通道層
118	緩衝層
200	三族氮化物 HEMT
210	基板
212	圖案化光阻層
214	中間 HEMT 結構
216	對準標記
220	圖案化光阻層
230	中間 HEMT 結構
232	n 阱
240	疊層區域
242	緩衝層
244	通道層
246	阻隔層
250	金屬閘極區域
252	金屬源極區域
254	金屬汲極區域
256	開口

258	佈植隔離區域
260	耗盡區域
800	三族氮化物 HEMT
810	第一緩衝層
812	中間 HEMT 結構
814	圖案化光阻層
816	中間 HEMT 結構
820	n 阱
822	n 型區域
824	第二緩衝層
826	通道層
828	阻隔層
830	疊層區域
840	金屬閘極區域
842	金屬源極區域
844	金屬汲極區域
846	開口
848	佈植隔離區域
1300	三族氮化物 HEMT
1310	圖案化光阻層
1314	中間 HEMT 結構
1316	p 型區域
1320	溝槽

七、申請專利範圍：

1.一種形成電晶體的方法，其包括：

形成第一傳導型的基板，該基板具有頂部表面；

形成在該基板上的第二傳導型的阱，該阱具有頂部表面；

形成緩衝層以觸及該基板的頂部表面和該阱的頂部表面，該緩衝層具有頂部表面；

形成通道層以觸及該緩衝層的頂部表面，該通道層包括三族氮化物並且具有頂部表面；

形成阻隔層以觸及該通道層的頂部表面，該阻隔層包括三族氮化物；以及

形成分離的金屬源極和汲極區域，其連接該通道層，該金屬汲極區域直接位在該阱上方。

2.根據申請專利範圍第 1 項的方法，其中該金屬汲極區域是與該阱分離。

3.根據申請專利範圍第 1 項的方法，進一步包括移除該阻隔層和該通道層的一部分以形成開口，該開口的底部暴露該緩衝層的一部分，該開口的側壁暴露該通道層和該阻隔層的部分。

4.根據申請專利範圍第 1 項的方法，進一步包括：形成對準標記開口在該基板中。

5.根據申請專利範圍第 1 項的方法，進一步包括形成金屬閘極以觸及該阻隔層，或藉由絕緣層隔開該阻隔層。

6.根據申請專利範圍第 1 項的方法，其中形成該緩衝層

的方法包括：

形成第一緩衝層以觸及該基板的頂部表面和該阱的頂部表面，該第一緩衝層具有頂部表面；

在該第一緩衝層中形成該第二傳導型的區域；以及

形成第二緩衝層以觸及該第一緩衝層的頂部表面，該通道層觸及該第二緩衝層的頂部表面。

7.根據申請專利範圍第 6 項的方法，其中該第一緩衝層比該第二緩衝層更薄。

8.根據申請專利範圍第 6 項的方法，其中在該第一緩衝層中的第二傳導型的區域直接位在該阱上方並且觸及該阱。

9.根據申請專利範圍第 6 項的方法，進一步包括形成第一傳導型的區域在該第一緩衝層中。

10.根據申請專利範圍第 9 項的方法，其中在該第一緩衝層中的第一傳導型的區域觸及在該第一緩衝層中的第二傳導型的區域。

11.一種電晶體，包括：

第一傳導型的基板，該基板具有頂部表面；

位於該基板中的第二傳導型的阱，該阱具有頂部表面；

緩衝層，其觸及該基板的頂部表面和該阱的頂部表面，該緩衝層具有頂部表面；

通道層，其觸及該緩衝層的頂部表面，該通道層包括三族氮化物並且具有頂部表面；

阻隔層，其觸及該通道層的頂部表面，該阻隔層包括

三族氮化物；以及

分離的金屬源極和汲極區域，其連接該通道層，該金屬汲極區域直接位於該阱上方。

12.根據申請專利範圍第 11 項的電晶體，其中該金屬汲極區域是與該阱分離。

13.根據申請專利範圍第 11 項的電晶體，進一步包括佈植隔離區，其觸及該緩衝層，並且橫向位在該通道層和該阻隔層的區域之間。

14.根據申請專利範圍第 11 項的電晶體，進一步包括位於該基板中的對準標記開口。

15.根據申請專利範圍第 11 項的電晶體，進一步包括金屬閘極，其觸及該阻隔層，或藉由絕緣層隔開該阻隔層。

16.根據申請專利範圍第 11 項的電晶體，其中該緩衝層包括：

第一緩衝層，其觸及該基板的頂部表面和該阱的頂部表面；

該第二傳導型的區域，其位於該第一緩衝層中；

第二緩衝層，其觸及該第一緩衝層，該通道層觸及該第二緩衝層的頂部表面。

17.根據申請專利範圍第 16 項的電晶體，其中該第一緩衝層比該第二緩衝層更薄。

18.根據申請專利範圍第 16 項的電晶體，其中位於該第一緩衝層中的第二傳導型的區域直接位於該阱上方並且觸及該阱。

19.根據申請專利範圍第 16 項的電晶體，進一步包括位於該第一緩衝層中的第一傳導型的區域。

20.根據申請專利範圍第 19 項的電晶體，其中位於該第一緩衝層中的第一傳導型的區域觸及位於該第一緩衝層中的第二傳導型的區域。

八、圖式：

(如次頁)

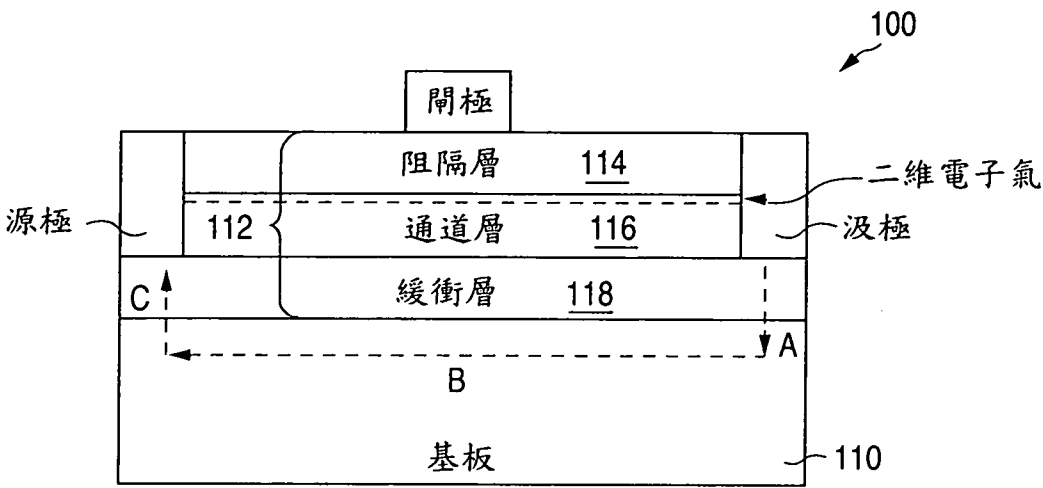


圖 1

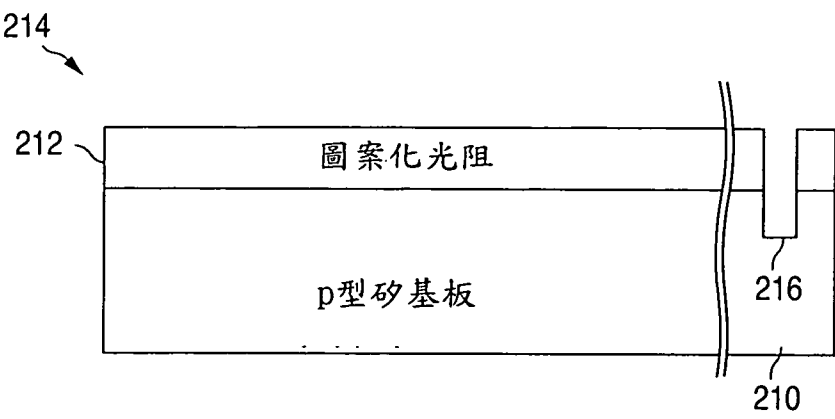


圖 2

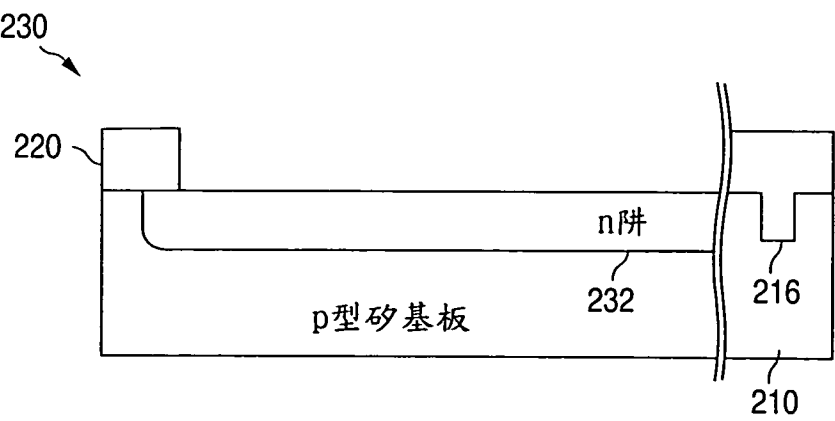


圖 3

圖4

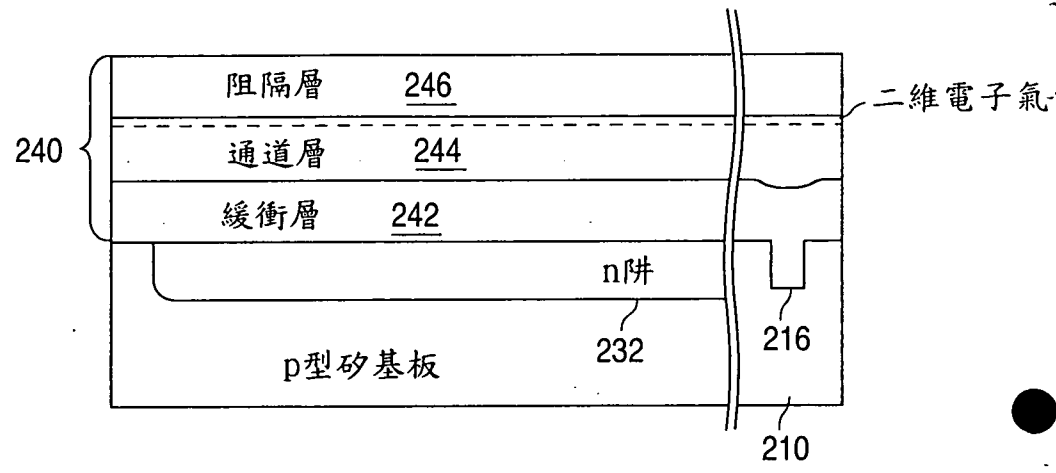


圖5

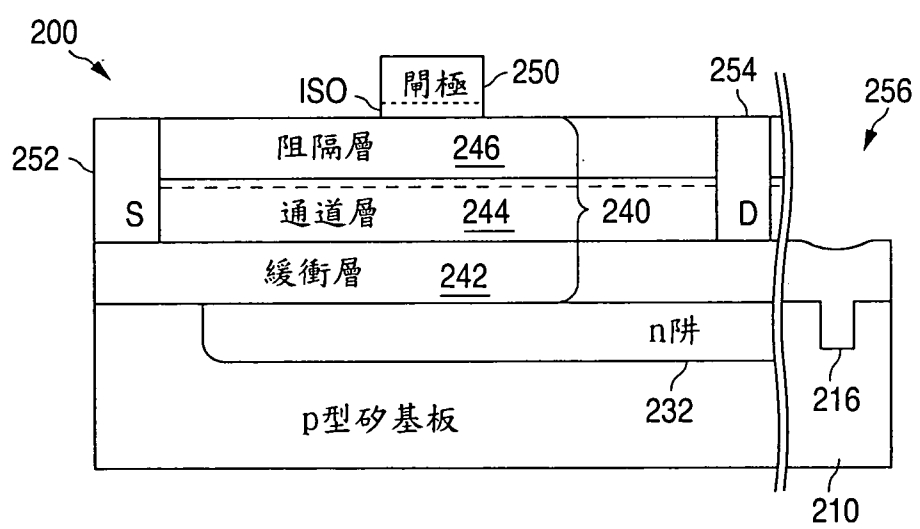


圖6

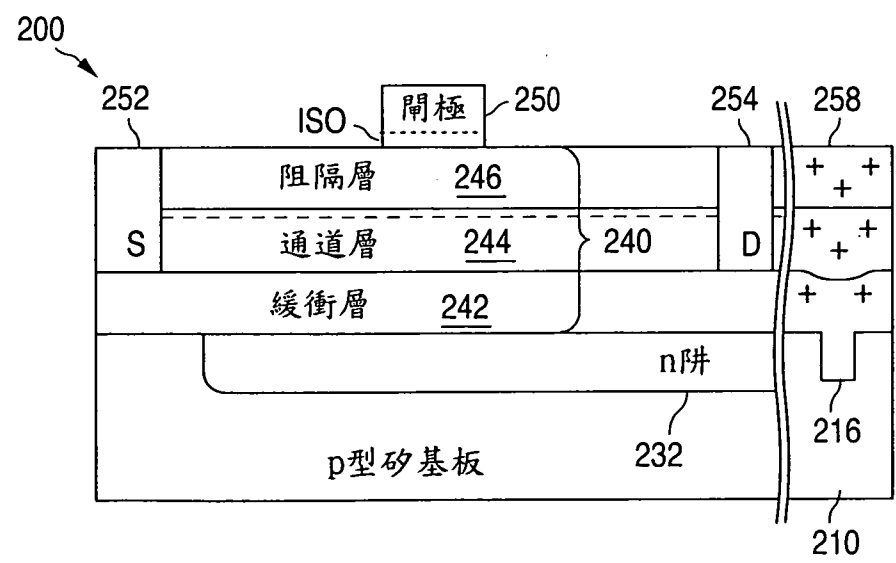


圖7A

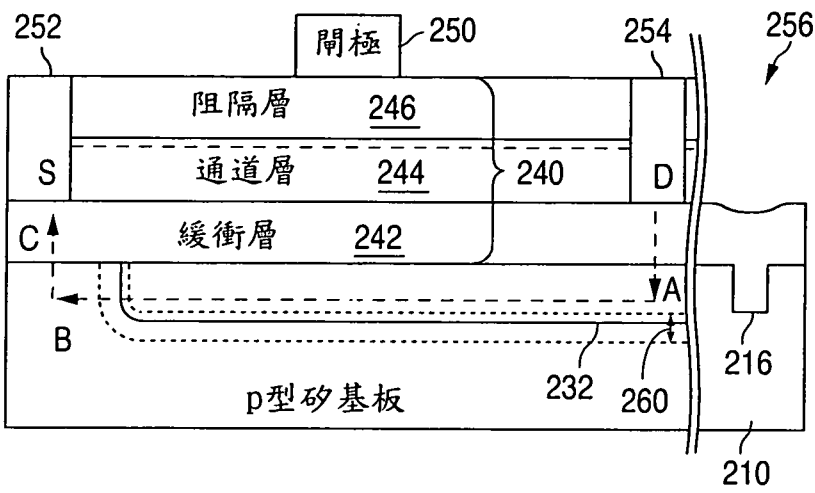


圖8

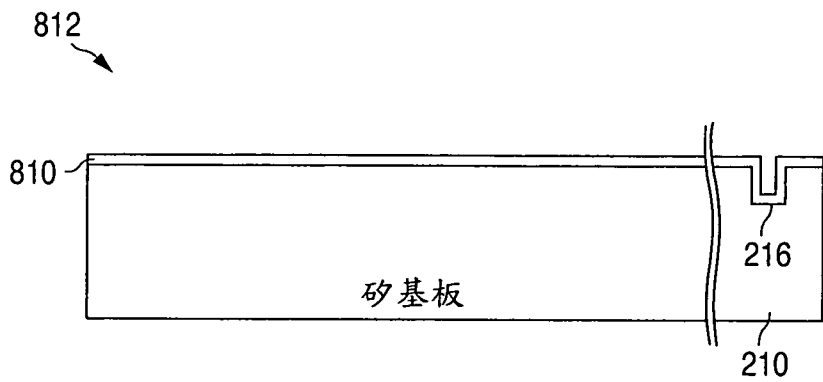
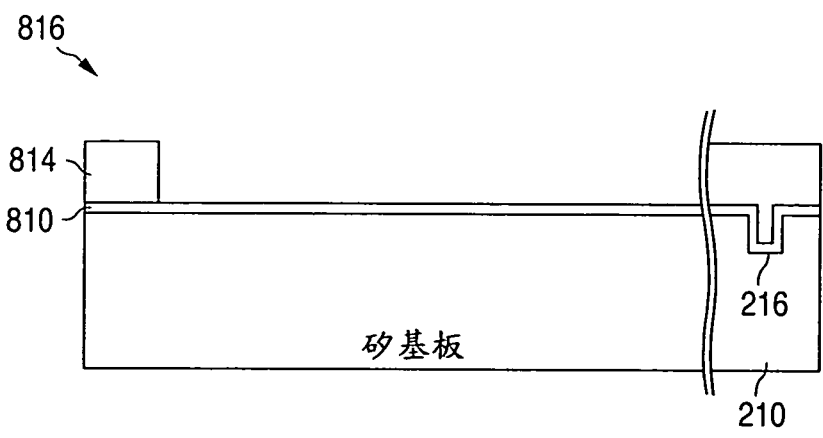


圖9



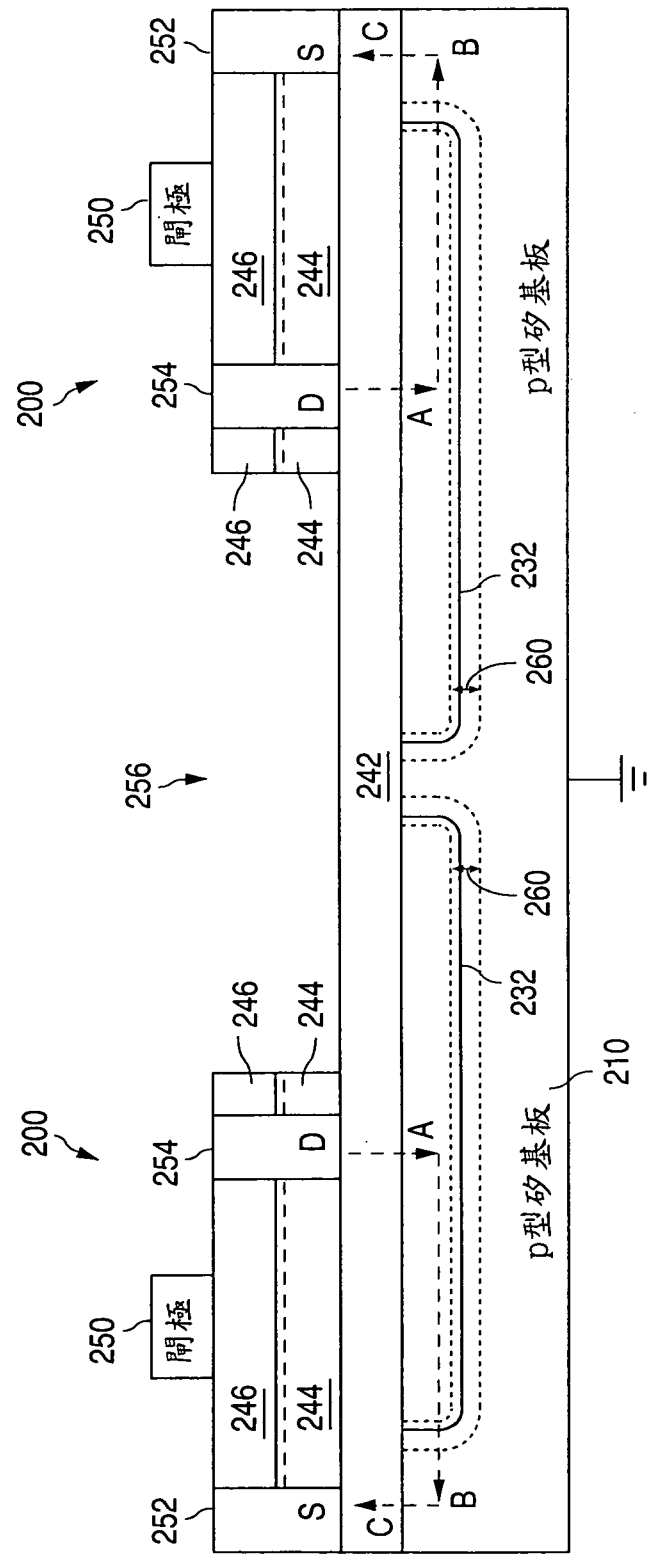


圖7B

圖 10

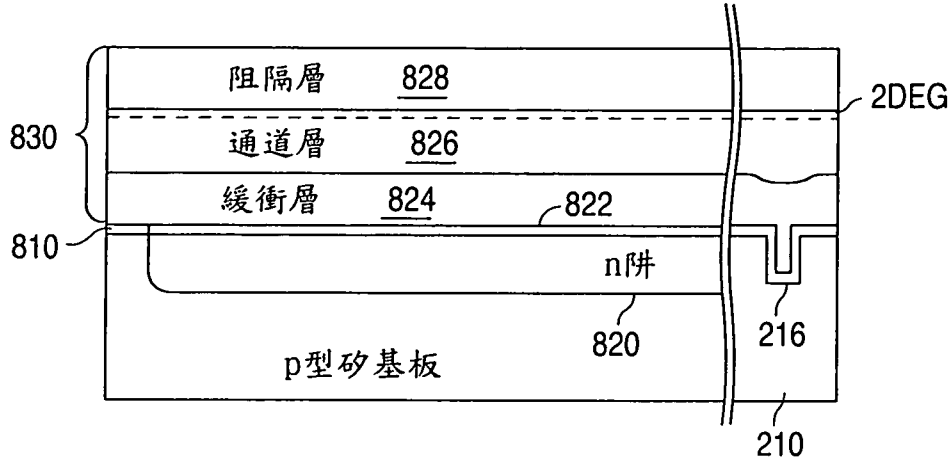


圖 11

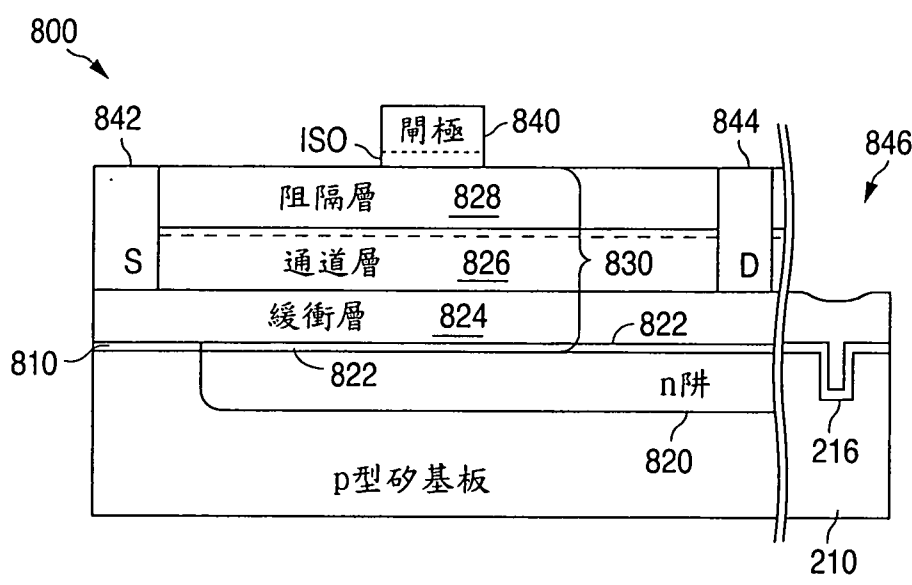
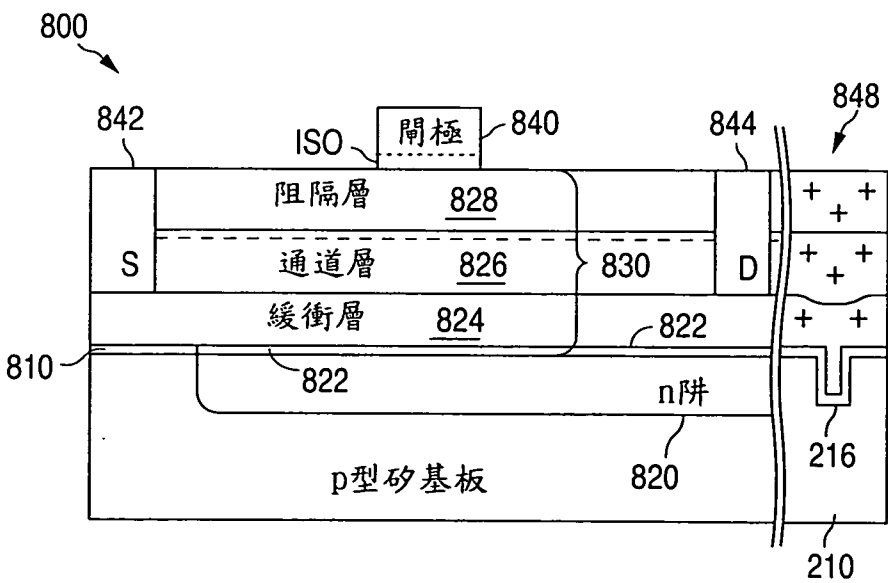


圖 12



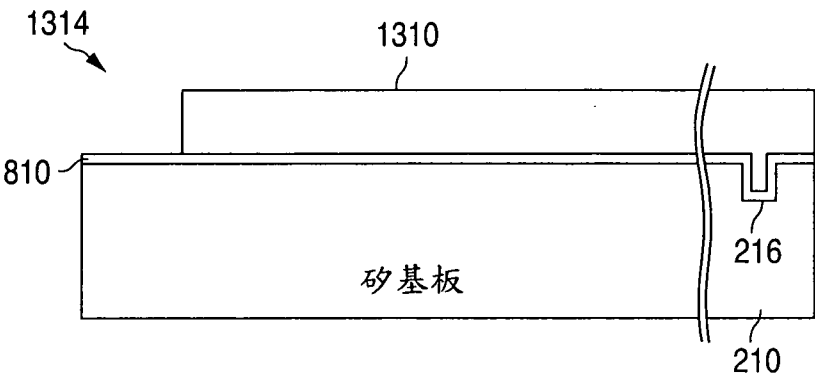


圖13

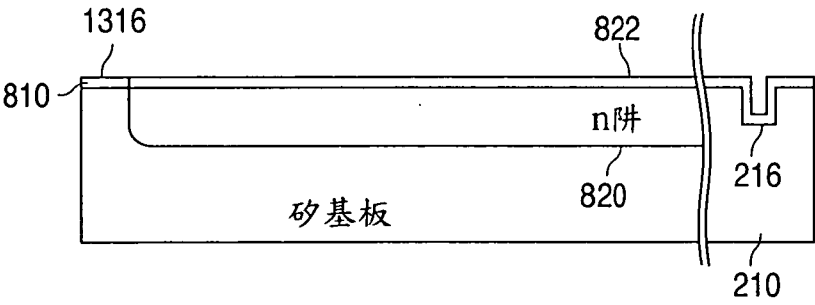


圖14

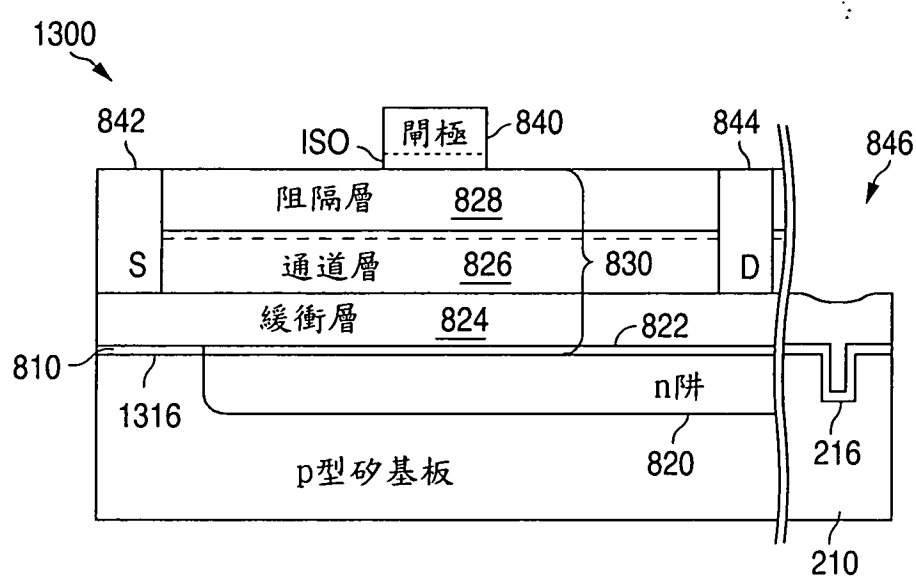


圖 15

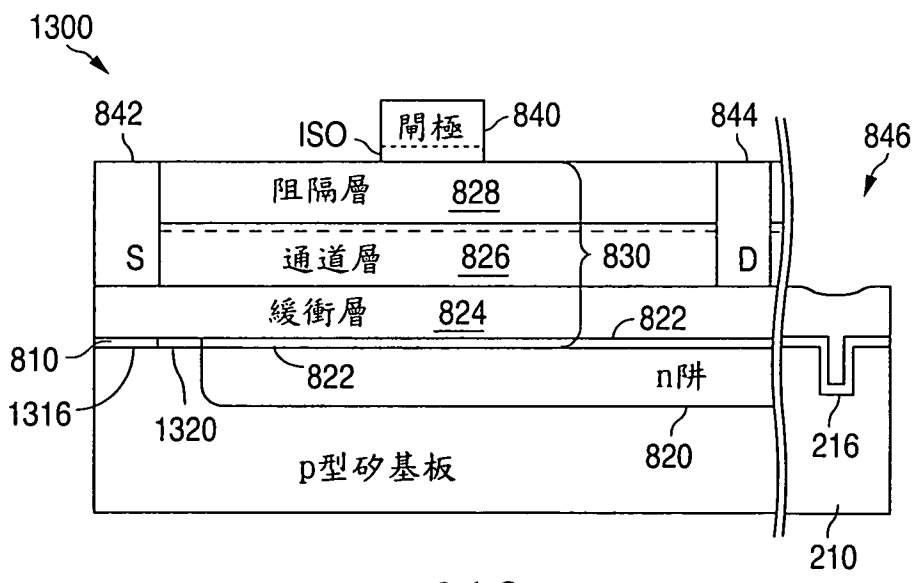


圖 16