



(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 I836293 B

(45) 公告日：中華民國 113 (2024) 年 03 月 21 日

(21) 申請案號：110142440

(22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 11 月 15 日

(51) Int. Cl. : **H01J3/20 (2006.01)**

(30) 優先權：2020/11/15	美國	63/198,817
2020/11/21	美國	63/198,915
2021/11/12	美國	17/525,698

(71) 申請人：美商艾爾維公司 (美國) ELVE INC. (US)
美國

(72) 發明人：道爾提 戴安娜 DAUGHERTY, DIANA GAMZINA (US)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

TW	201511065A	CN	108682605A
US	2005/0023984A1	US	2016/0260595A1

審查人員：王志成

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：13 共 42 頁

(54) 名稱

真空電子裝置

(57) 摘要

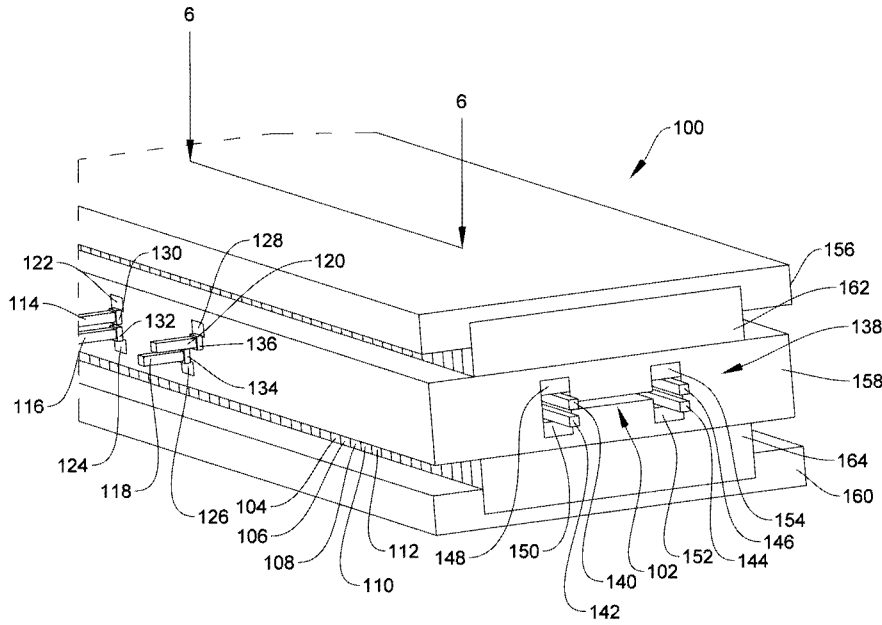
製造具有複數個各種材料之二維層的真空電子裝置(VED)，這些層被接合在一起以同時形成一或多個 VED。二維材料層被加工成包括裝置操作所需的特徵，使得當組裝和接合成三維結構時，形成三維模型特徵。使用銅焊、擴散接合、輔助擴散接合、固態接合、冷焊、超聲波焊接等將二維層接合在一起。該等製造程序能夠結合金屬、磁性、及 VED 製造所需的陶瓷材料，同時維持所需位置準確度及每批次多個裝置的能力。如此產生的 VED 包括用於電子束控制的磁性和靜電透鏡的組合。

Vacuum electron devices (VEDs) are produced having a plurality of two-dimensional layers of various materials that are bonded together to form one or more VEDs simultaneously. The two-dimensional material layers are machined to include features needed for device operation so that when assembled and bonded into a three-dimensional structure, three-dimensional features are formed. The two-dimensional layers are bonded together using brazing, diffusion bonding, assisted diffusion bonding, solid state bonding, cold welding, ultrasonic welding, and the like. The manufacturing process enables incorporation of metallic, magnetic, and ceramic materials required for VED fabrication while maintaining required positional accuracy and multiple devices per batch capability. The VEDs so produced include a combination of magnetic and electrostatic lenses for electron beam control.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100:VED
- 102:軸
- 104,106,108,110,112,114,116,118,120,140,142,144,146:端子
- 122,124,126,128:絕緣體
- 130,132,134,136:導體
- 138:總成
- 150,152,154:絕緣體件
- 156,162,164,166:元件



【圖 1】



I836293

【發明摘要】**【中文發明名稱】**

真空電子裝置

【英文發明名稱】

VACUUM ELECTRON DEVICES

【中文】

製造具有複數個各種材料之二維層的真空電子裝置 (VED)，這些層被接合在一起以同時形成一或多個 VED。二維材料層被加工成包括裝置操作所需的特徵，使得當組裝和接合成三維結構時，形成三維模型特徵。使用銅焊、擴散接合、輔助擴散接合、固態接合、冷焊、超聲波焊接等將二維層接合在一起。該等製造程序能夠結合金屬、磁性、及 VED 製造所需的陶瓷材料，同時維持所需位置準確度及每批次多個裝置的能力。如此產生的 VED 包括用於電子束控制的磁性和靜電透鏡的組合。

【 英文 】

Vacuum electron devices (VEDs) are produced having a plurality of two-dimensional layers of various materials that are bonded together to form one or more VEDs simultaneously. The two-dimensional material layers are machined to include features needed for device operation so that when assembled and bonded into a three-dimensional structure, three-dimensional features are formed. The two-dimensional layers are bonded together using brazing, diffusion bonding, assisted diffusion bonding, solid state bonding, cold welding, ultrasonic welding, and the like. The manufacturing process enables incorporation of metallic, magnetic, and ceramic materials required for VED fabrication while maintaining required positional accuracy and multiple devices per batch capability. The VEDs so produced include a combination of magnetic and electrostatic lenses for electron beam control.

【指定代表圖】圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

100:VED

102:軸

104,106,108,110,112,156,158,160,162,164:元件

114,116,118,120,140,142,144,146:端子

122,124,126,128:絕緣體

130,132,134,136:導體絕緣體

138:總成

150,152,154:絕緣體件

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

真空電子裝置

【英文發明名稱】

VACUUM ELECTRON DEVICES

【技術領域】

【0001】本揭露大致上係有關於一種用於製造具有複數個各種材料的二維層之真空電子裝置(VED)的製造程序，這些層被接合在一起以同時形成一或多個VED。二維材料層被加工成包括裝置操作所需的特徵，使得當組裝和接合成三維結構時，形成三維模型特徵。使用銅焊、擴散接合、輔助擴散接合、固態接合、冷焊、超聲波焊接等將二維層接合在一起。該等製造程序能夠結合金屬、磁性、及VED製造所需的陶瓷材料，同時維持所需位置準確度及每批次多個裝置的能力。如此產生的VED包括用於電子束控制的磁性和靜電透鏡的組合。

相關申請聲明 及優先權請求

【0002】本申請基於以下請求主張優先權：(1)美國臨時專利申請案第63/198,817號於2020年11月15日申請，以發明人Diana Gamzina Daugherty的名義並共同擁有，標

題為「Multi-layered multi-material manufacturing process for vacuum electronic devices」，其內容以引用方式併入本文中，如同在本文完整闡述一樣；以及(2)美國臨時專利申請案第 63/198,915 號於 2020 年 11 月 21 日申請，以發明人 Diana Gamzina Daugherty 的名義並共同擁有，標題為「Electronic magneto-electrostatic sensing, focusing, and steering of electron beams in microwave, millimeter wave, and near-terahertz vacuum electronic devices」其內容以引用方式併入本文中，如同在本文完整闡述一樣。

【0003】本申請可被視為與另一項專利申請有關：美國專利申請案第 17/525,658 號於 2021 年 11 月 12 日申請，標題為「Multi-Layer Vacuum Electron Device and Method of Manufacture」，以發明人 Diana Gamzina Daugherty 的名義並共同擁有，其基於下述請求優先權：(1)美國臨時專利申請案第 63/198,817 號於 2020 年 11 月 15 日以發明人 Diana Gamzina Daugherty 的名義並共同擁有，標題為「Multi-layered multi-material manufacturing process for vacuum electronic devices」；以及(2)美國臨時專利申請案第 63/198,915 號於 2020 年 11 月 21 日以發明人 Diana Gamzina Daugherty 的名義並共同擁有，標題為「Electronic magneto-electrostatic sensing, focusing, and steering of electron beams in microwave, millimeter wave, and near-terahertz vacuum electronic devices」。美國專利申請案第 17/525,658 號的內容以引用方式併入本文中，如同在本文

完整闡述一樣。

【先前技術】

【0004】真空電子裝置(VEE)在真空環境下操作，並利用一或多個電子束與在VEE之交互區域中產生的電磁場之間的交互。VEE的構造需要將金屬、陶瓷、磁性和其他材料結合到單一總成中，該總成可以保持或封閉在真空中，以免阻礙真空電子裝置之電子從陰極(電子發射器)到集電極(電子接收器)的傳輸。真空區域亦稱為真空腔體或空腔或隧道或RF交互區域，並且是電子束與電磁波之間發生交互的地方。先前技術中此種VEE的實例包括(但不限於)粒子加速器、速調管、迴旋加速器、迴旋速調管、陀螺放大器、行波管(TWT)、陀螺TWT、後向波振盪器、感應輸出管(IOT)、磁控管、交叉場放大器、自由電子雷射、子電子、微射、二極體、三極體、四極體、五極體等。一些氣體離子雷射雖然不是嚴格地在真空下操作，而是在非常低的壓力下操作，並且通常沒有RF交互區，但以相同方式操作。

【0005】通過VEE之電子束隧道之電子束傳播通常藉由使用磁場或靜電場將電子束包含在電子束隧道內來實現。空間電荷是帶負電的電子在窄束中被壓縮的效果，由於電子都具有相似的電荷，它們往往會相互排斥，從而使束散開。因此，限制技術是必要的，以便將束保持在一起更長的時間和距離，從而可以延長其與交互區域中的RF訊

號的交互，從而提高VED的效率和效能。

【0006】 永久磁體、電磁體、以及永久磁體或電磁體的週期性陣列通常用於將束限制在束隧道。總成VED並準備操作時會遇到兩個挑戰：(1)由於製造和總成的差異，束隧道、磁性中心線和束的注入位置往往不能完全對齊，這在高頻裝置中尤其明顯；(2)磁性材料品質不足以確保單一磁體的磁體域以所需的精度與設計目標一致，從而導致磁場不均勻。因此，在製造VED之後，技術專家通常會花費大量精力來調整或微調VED周圍的磁場，以實現最佳的電子束傳輸。這種微調通常藉由使用黏著劑將微調磁體手動地施加至VED結構的外部來執行。此程序對傳輸最佳化程序的指引輸出有限，同常只將束傳輸與陰極電流進行比較，而在多個位置可以添加額外的微調磁體以最佳化VED效能。此程序很長，可能需要幾個小時到幾週才能完成，具體取決於VED的複雜性。用於片狀電子束VED的週期性尖形磁體總成最近已為此目的結合了四極對準磁體，但它們僅提供對準程序的增量加速，並且仍然不足以滿足近THz裝置的需求。

【0007】 先前的VED通常使用單獨的二維和三維子組件製造，將子組件形成總成，將總成接合到外殼以提供結構支撐和真空外殼，然後進行習知真空處理和密封程序以產生功能正常的VED。取決於裝置的複雜性，此種程序可能需要數週或更長的時間才能完成單一裝置，並使用大量高技能的手工勞動和大型無塵室來執行這些程序。現今，

隨著無線高帶寬資料通訊需求從地球站到衛星再到手機訊號塔和本地 WIFI 系統和地面骨幹系統的爆炸式增長，對大量成本較低的此種裝置存在巨大需求。

【發明內容】

【0008】本文敘述的發明標的大致係關於利用平行的材料片製造真空電子裝置(VED)，這些平行片係以堆疊組裝並且接合在一起以形成三維 VED。此種方案的優點係可以在相同結構中同時製造複數個 VED，並在完成時簡單地切開以單獨使用，就像在半導體裝置製造中通常所做的那樣，因此顯著降低每個裝置的製造成本。如此產生的 VED 包括用於電子束控制的磁性和靜電透鏡的組合。

【0009】上述概述為摘要，因此可能包含簡化、概括和省略細節；因此，所屬技術領域中具有通常知識者應理解到該概述僅是說明性的並且不旨在以任何方式進行限制。

【圖式簡單說明】

【0010】併入並構成本說明書一部分的附圖繪示一或多個例示性實施例，並且與例示性實施例的敘述一起用於解釋本發明的原理和實施方式。

【0011】在圖式中：

[圖 1]係根據實施例之 VED 的前右側透視圖。

[圖 2]係根據實施例之圖 1 之 VED 的左後側透視圖。

[圖 3]係根據實施例之圖 1 之 VED 的右側視圖。

[圖 4]係根據實施例之圖 1 之 VED 的前右側部分剖視圖。

[圖 5]係根據實施例之圖 1 之 VED 的內部前右側部分剖視圖。

[圖 6]係根據實施例之圖 1 的 VED 之內部的一部分沿線 6-6 截取的橫截面視圖。

[圖 7]係根據實施例之從總成切割的一個 VED 的前右側透視圖。

[圖 8]係根據實施例之 VED 之內部的一部分的橫截面視圖。

[圖 9]係根據實施例之圖 8 之 VED 之內部的部分剖面前左側透視圖。

[圖 10]係根據實施例之 VED 之內部的部分剖面前左側透視圖。

[圖 11]係根據實施例之圖 10 之 VED 之區域 11 之內部的分解部分剖面前左側透視圖。

[圖 12A、12B、12C 和 12D]係繪示根據實施例可用於提供束轉向和聚焦功能的各種控制板的圖。

[圖 13]係繪示根據本發明實施例之用於製造真空電子裝置的程序或方法的流程圖。

【實施方式】

【0012】本文在諸如 TWT 的 VED 之上下文中敘述了例

示性實施例。所屬技術領域中具有通常知識者將理解到以下敘述僅是說明性的並且不旨在以任何方式進行限制。受益於本揭露，這些具有通常知識者將容易地想到其它實施例。現在將詳細參考在附圖中所示之例示性實施例的實施方式。在整個圖式和以下敘述中，將盡可能使用相同的元件編號來指相同或相似的物件。

【0013】 為了清楚起見，並未示出和敘述本文敘述之實施方式的所有常規特徵。當然，可以理解的是，在任何此類實際實施方式的開發中，必須做出許多特定於實施方式的決定，以實現開發人員的特定目標，諸如遵守與應用和業務相關的約束，並且這些具體目標會因一實施方式而異，也因開發人員而異。此外，應理解到此種開發工作可能是複雜且耗時的，但是對於受益於本揭露的具通常知識者而言仍然是例行工作。

【0014】 本文對「一個實施例」或「一實施例」或「一個實施方式」或「一實施方式」等的引用意味著結合例示性實施例敘述的特定特徵、結構、部分、功能或特性可以包括在至少一個例示性實施例中。在本說明書的不同地方出現之諸如「在一個實施例中」或在「在一個實施方式中」等短語的出現不一定都指相同的實施例或實施方式，單獨的替代實施例也不一定與其他實施例相互排斥。

【0015】 根據本揭露，在不脫離本文揭露之發明構思的範圍和精神的情況下，可以使用各種技術來實施本文敘述的組件和程序步驟。

【0016】本文所敘述的包括本發明實施例的實例。當然，不可能為了敘述所要求保護的發明標的而敘述組件或方法的每個可能的組合，但是應當理解到標的創新的許多進一步的組合和排列是可能的。因此，要求保護的發明標的旨在涵蓋落入所附申請專利範圍內的所有這樣的改變、修改和變化。此外，本主體揭露之繪示的實施例的上面敘述，包括摘要中敘述的內容，並不旨在是窮盡的或將本發明限制於所揭露的精確形式。儘管本文出於說明性目的敘述特定實施例、實例、及實施方式，但是如那些所屬技術領域中具有通常知識者將了解到在這些實施例和實例的範圍內考慮的各種修改是可能的。

【0017】特定是關於由上述組件、裝置、系統等執行各種功能，除非另有說明，否則對於執行所敘述的組件的指定功能的任何組件(例如，功能均等物)，即使在結構上不同於執行所請求保護之發明標的在此說明的例示性態樣中的功能的所揭露的結構，也可以使用。

【0018】此外，雖然本發明之特定特徵已針對幾種實施方式中的一種揭露，但此種特徵可以與其它實施方式中的一或多種其它特徵組合，如對於任何給定或特定應用可能是需要和有利的。此外，在詳細敘述或請求項中使用之用語「包括(include)」、「包括(including)」、「具有(has)」、「含有(contains)」、其變形、和其它類似詞語的範圍內，這些用語旨在以類似於作為開放過渡詞的用語「包含(comprising)」的方式具有包容性，而不排除任何

額外或其他元件。

【0019】此外，字詞「實例」或「例示性」於此使用來意味作為實例、例子或例證。於本文敘述為「例示性」態樣或設計並不必然用以理解為在其它態樣或設計之上是較佳的或有益的。相反的，使用字詞「實例」或「例示性」係打算以具體的方式提出概念。如在此應用中所使用的，用語「或」係意味著包含(inclusive)「或」而非互斥(exclusive)「或」。亦即，除非另外明定，或從上下文清楚得知，「X包括A或B」係意味自然包含的排列中之任一者。亦即，若X採用A；X採用B；或X採用A及B兩者，則「X採用A或B」係在任何前述實例之下均滿足。此外，如在此應用及所附申請專利範圍中使用的冠詞「一(a)」及「一(an)」應一般地被理解為意味「一或更多」，除非另外明定或從上下文清楚得知是涉及單數形式。

【0020】在圖式中，其中不只一個圖式使用元件編號或參考編號時，其旨在指代相同或相似的部分、組件、或步驟，除非從本揭露內容中清楚地表明並非如此。

【0021】本文所述之裝置和方法可用於使用筆束、片狀束、矩形束、橢圓形束、空心束、分佈式束和多個束的VED。

【0022】雖然下面的大部分敘述都是針對從電子束下方到電子束上方的層中構建VED的，並且板平行於電子束排列，但亦可考慮到此種裝置可以按照這裡的教示以相對簡單的方式構造成與電子束正交。如果需要，此種裝置亦

可與電子束成任意角度構造，例如在分佈式束裝置中。

【0023】本發明的一個主要優點是它能夠允許在一批次中同時製造複數個VED，然後將它們切割成單一組件，儘管使用本發明製造甚至單一原型裝置已被證明比現有技術更具成本效益。

【0024】一般而言，磁體係用以在VED中提供至少一些電子束形成和瞄準功能。如果電子束沒有正確地從陰極引導到陽極，它可能會撞擊VED結構的其他部分，從而造成損壞並污染真空區域。結合多種磁體材料類型的能力有利於VED的總成。霍爾巴赫(Hallbach)、或四極陣列通常用於聚焦電子束，就像在電子束周圍部署在距電子束一定距離處的螺線管一樣。本發明的另一個主要優點是它能夠為給定的磁體(電磁螺線管或固定的)在電子束處提供更高強度的磁場，因為本發明允許使磁體更靠近電子束，而無需將它們放置在真空腔體。由於來自磁體的磁場隨著距磁體距離的平方而減小，藉由本發明的構件可以使磁體更靠近並且變得更小。可以藉由實際磁體的構件以及磁體和磁敏材料的組合來執行磁轉向，這些材料與磁體一起在VED內建立所需的磁場以正確地控制電子束。由於磁性材料及/或含鐵和含鎳的材料不是良好的電導體，因此電磁電路通常由諸如銅(或用於螺旋型裝置的鎢)之類的材料製成，使聚焦結構遠離電子束。磁體及/或含鐵和含鎳的材料可以用高導電材料(例如銅)電鍍並用於緩解這個問題，然而此種配置可能會給VED帶來潛在的真空純度問題，因為這

種材料會隨著時間的在 VED 中退化。

【0025】靜電聚焦亦可用以在 VED 中提供一些電子束形成和瞄準功能。本發明將電導體引入真空結構的能力現在允許藉由在圍繞電子束設置的兩或多個板之間施加電壓來在真空結構內使用精確的靜電聚焦。如果需要或特定應用需要時，可採用數組此種板。

【0026】本文所述之製造方案可採用來製造各種頻率的 VED，但其對操作在約 25 GHz 和約 1 THz 之間的 VED 尤其有益。由於特徵尺度小(在某些情況下為微米到毫米)，使用習知手動裝置組裝製造此類裝置具有挑戰性。

【0027】本文所敘述的實施例一般而言係有關於 VED 內之改善的電子束電流感測、電子束聚焦、及電子束轉向。具體地，實施例繪示用於藉由利用電導體(電極)在電子束附近的近距離處將靜電場施加至電子束上之電子感測及控制限制在磁場內的電子束傳播的新機制。電極可用於詳細感測沿 VED 電路結構的束傳輸和損失，以及在電子束周圍區域施加電位來聚焦束(藉由使用靜電透鏡-通常為單電位元件)或轉向束(藉由使用靜電偏轉器-通常為兩或四個電位元件)。然後能夠採用習知設計的電子控制系統來感測來自感測器的電流，從而調節各電極上的電位，以相對直接的方式使通過電子束的電流最大化並最小化流入 VED 本體的電流，這比先前方案消耗更少的時間。

【0028】現在轉向附圖，圖 1 係根據實施例之 VED 100 的前右側透視圖。圖 1 之 VED 100 可為(例如)片狀束 TWT。

根據一實施例，圖 1 之 VED 100 可被製造成數個堆疊並接合在一起的層。這些層可平行配置，使得它們平行於電子(片狀)束軸(其軸的一端表示為 102)、或者它們可以垂直於該軸配置、或者如果需要以某個其它角度配置。根據圖 1，內部包含元件 104、106、108、110 及 112 的重複圖案，其中元件 108 係被元件 106 和 110 夾在兩側的永久磁體，元件 106 和 110 可以是永久磁體或可由諸如鐵或鎳之磁性材料形成。完成夾層的是元件 104 和 112，它們是電絕緣體(例如，鋁)。在端子 114、116、118、及 120 上傳送諸如控制板偏壓訊號(下文更詳細討論)及/或 RF 輸入和輸出訊號的電訊號。如圖所示，那些端子分別藉由絕緣體 122、124、126 及 128 及導體絕緣體 130、132、134 及 136 與結構的其餘部分絕緣。4 極(四極)靜電轉向/聚焦總成 138 顯示在 VED 100 的右端。總成 138 包括四個端子 140、142、144 及 146，其分別藉由絕緣體件 149、150、152 及 154 與 VED 100 的結構絕緣。形成 VED 100 的外部本體的元件 156、158 及 160 由諸如銅的電導體形成。這種靜電四極聚焦方案對於片狀束和筆束 VED 特別有用。元件 162、164 係有助於限制和聚焦沿軸 102 行進之電子束的磁體。VED 的磁性總成或磁性電路位於元件 156 和 160 之間，其可以是以下一或多種類型：週期性尖形、週期性永久、擺動器、霍爾巴赫、螺線管、永久、電磁體、電永磁體等。

【0029】 圖 2 係根據實施例之圖 1 之 VED 100 的左後側透視圖。元件 166、168 係有助於限制和聚焦沿軸 102 行進

之電子束的磁體。在端子 170、172、174、176、178 及 180 上傳送諸如控制板偏壓訊號(下文更詳細討論)及/或 RF 輸入和輸出訊號的電訊號。如圖所示，那些端子分別藉由導體絕緣體 182、184、186、188、190 及 192 與結構的其餘部分絕緣。

【0030】圖 3 係根據實施例之圖 1 之 VED 100 的右側視圖。其顯示了總成 138 的細節。這裡還示出了電端子 194、196，其藉由導體絕緣體 198、200 與元件 158 絕緣。

【0031】圖 4 係根據實施例之圖 1 之 VED 100 的前右側部分剖視圖。根據此實施例，元件 156a 和 160a 由絕緣材料而不是像圖 1、2 和 3 中的元件 156 和 160 所示的那些導電材料形成的。元件 158 在圖 4(和圖 5)中顯示為具有兩個部分 158a 和 158b。在剖面圖中，電子片狀束隧道 202 可被看作為耦接腔體類型結構。

【0032】圖 5 係根據實施例之圖 1 之 VED 100 的內部前右側部分剖視圖。

【0033】圖 6 係根據實施例之圖 1 的 VED 100 之內部的的一部分沿線 6-6 截取的橫截面視圖。在端子 204、206、208、210、212 及 214 上傳送諸如控制板偏壓訊號(下文更詳細討論)及/或 RF 輸入和輸出訊號的電訊號。如圖所示，那些端子分別藉由絕緣體 216、218、220、222、224 及 226 與結構的其餘部分絕緣。元件 228 係外部導電蓋並且元件 230 係由(例如)銅形成的導電板部分。

【0034】圖 7 係根據實施例之從總成 702 切割的一個

VED 700的前右側透視圖。根據此實施例，VED 700包含複數個平行的材料片狀704、706、708、710、714、716，其中至少706、708、710、712和714包含導電材料(諸如，銅)並且704和716可由諸如鐵或鎳的磁性材料。層702、704、706、708、710、712、714、716被接合在一起。交互區域718包含層708、710、712，並且係VED 700之電子束與RF訊號交互的地方。此種RF訊號可被引入交互區域718，例如經由導體720，並經由導體722被提取。在製造之後，總成702被切割(例如，雷射切割或水刀切割)以釋放諸如VED 700的單一組件，留下間隙724。

【0035】圖8係根據實施例之VED 800之內部的一部分的橫截面視圖。VED 800可以由接合的層之總成形成，這些接合的層可以與裝置的電子束軸802水平或正交。電子束隧道交互區域係在804顯示。VED 800包含一組重複的方塊806，其包含元件808、810和812。元件808和812係永久磁體，其用於幫助限制VED 800的電子束。元件810可為一塊諸如鐵或鎳之磁性材料的永久磁體。元件814、816、818、820、822及824係導電元件，VED 800的電子束穿過它們。絕緣體826、828、830、832、834、836、838、840和842將各種控制板844、846、848、850和852與VED 800之本體的導電部分分隔開。控制板854、856和858可(例如)用於藉由向它們施加各種電偏壓(DC電壓)來聚焦電子束。例如，控制板860包含3個絕緣體838、840和842以及兩個導電板850、852，並且其可(例如)用於藉由向板

850、852(例如，一個可為正，一個可為負)施加各種電偏壓(DC電壓)來施加兩軸靜電束轉向(每個板一個軸)。元件862可為一塊諸如鐵或鎳之磁性材料的永久磁體。元件864、866、868及870係導電元件，VED 800的電子束穿過它們。

【0036】 如果需要「打孔」或「預聚束」電子束以提高效率，可以為一個電極靜電透鏡提供脈衝或調製電壓訊號而不是連續DC電壓訊號。

【0037】 圖9係根據實施例之圖8之VED 800之內部的部分剖面前左側透視圖。

【0038】 圖10係根據實施例之圖8之VED 800之內部的部分剖面前左側透視圖。

【0039】 圖11係根據實施例之圖10之VED 800之區域11之內部的分解部分剖面前左側透視圖。

【0040】 圖12A、12B、12C和12D係繪示根據實施例可用於提供束感測(電流)轉向(偏轉)和聚焦(偏壓)功能的各種控制板或靜電透鏡1200、1202、1204和1206的圖。例如，可以在電子束周圍的完全導電板上部署單一電壓來實現束聚焦。這在圖12A中示出。板1200可由諸如銅或其他適合真空之材料的導體形成。電子束穿過板1200中的孔1208，並且電壓(正或負)被施加到端子1210。帶負電的電子將在某種程度上被帶電板1200吸引或排斥，從而提供聚焦功能。

【0041】 圖12B繪示由諸如氧化鋁(Al_2O_3)的絕緣體形

成的類似板 1202。如所屬技術領域中具有通常知識者已知的氧化鋁容易銅焊。在圖 12B 所示的實例中，形成了兩個電極 1212 和 1214 (位於 12 點鐘和 6 點鐘) (如藉由電鍍或電沉積或其他等效方法)。藉由向電極 1212 和 1214 之一或兩者施加正或負電壓，可以稍微轉向或移動電子束。例如，電極 1212 和 1214 之一者可以是正偏壓的，而另一個可以是負偏壓的。替代地，可以完全省略電極 1212 和 1214 之一，而將電壓簡單地施加到其餘電極。

【 0042 】 圖 12C 繪示與圖 12B 之板 1202 相似的板 1204，但是以不同的角度定向 (這裡在 3 點鐘和 9 點鐘方向偏離 90 度)。如果需要四電極控制，則板 1202 和 1204 可以彼此靠近但彼此絕緣以藉由添加板 1204 的電極 1216 和 1218 來提供這種控制。

【 0043 】 圖 12D 繪示剛剛敘述但在具有四個電極 1220、1222、1224 和 1226 的單一板中實施的概念。注意，如果需要，可以提供更多電極並且可以使用不同的角位置。電極上的淨電壓可以提供聚焦效應，以及不平衡電壓可以提供電子束偏轉效應。

【 0044 】 圖 12A、12B、12C 和 12D 繪示根據實施例之可用於電子束感測、聚焦和轉向 (以及如果需要的話，還包括束加速/減速) 的控制板。例如，在圖 8 中，它們可用於元件 854、856、858 和 860。本文提到的 VED 裝備有磁體以將電子束限制在交互區域內的電子束隧道區域。磁體可以是圍繞 VED 的螺線管類型，或者如本文所示，它們可以

是結合到 VED 結構中的固定類型，以便將它們放置得更靠近(並且更有效地)電子束。如果沒有某種限制力，電子束會像軟管中的水一樣擴散。磁約束的作用就像一個磁透鏡，將光束沿其路徑限制，以使其保持狹窄並且不會直接撞擊到 VED 的結構上，其中這將會損壞 VED 並浪費其能量。

【0045】 控制板係靜電透鏡。沿電子束週期性部署的靜電透鏡轉向和聚焦電子束，並結合在電子束周圍(它們的中心是空心的，以允許電子束通過)傳播路徑，沿固定磁場施加電場。這些控制板可具有一或多個電連接。它們可以彼此靠近堆疊。靜電透鏡可以沿著 VED 的磁性結構整合，偶爾中斷它，允許磁性結構更靠近光束隧道，從而在光束軸上實現更高的磁強度。

【0046】 此外，在沿著電子束隧道的不同位置處結合靜電透鏡元件允許沿電子束隧道及/或電路增量測量電子束損失，從而有助於識別磁性總成的問題區域或電子束對準。靜電透鏡可以定向成在某個軸向位置沿著電子束隧道連續運行，它們可以定向成圍繞電子束，或者它們可以沿著電子束放置在某些離散位置和固定軸向位置。

【0047】 靜電透鏡(單一導體)可用於感測沿電子束的每一感測器位置處的電子電流密度。它們可用於藉由調整它們的電位以最小化沉積在電極和 VED 結構上的電子束電流來電子束聚焦或轉向。這種技術特別有利於在毫米波和近 THz 頻率下操作的 VED，以補償此種裝置中常見的磁場

不規則性。

【0048】控制板可適於提供圍繞電子束的複數個電極，以幫助特徵化其在束隧道內的位置及其同心度(如果為圓形)。

【0049】磁靜電聚焦設計藉由本文敘述的多層多材料製造方案來實現。根據此方案，金屬、磁性、及陶瓷材料被採用來製造聚焦/轉向/感測系統。

【0050】此方法可用於諸如片狀束、空心束、筆形束、分佈式束、多束裝置等的束類型。

【0051】藉由向可用的靜電透鏡施加電位來最佳化電子束傳播，感測的電子束電流可用於最佳化沿電子束隧道的電子束傳播，從而減少對技術專家總成和微調。

【0052】為了完全聚焦和定位電子束以獲得最佳效能，可以藉由對VED周圍的磁場和沿電子束部署的各種控制板的靜電電壓輸入進行調整，可以監測和最小化從束流向地但不流向集電極的電流。

【0053】圖13係繪示根據本發明實施例之用於製造真空電子裝置的程序或方法1300的流程圖。結合圖13敘述的程序步驟可以按順序執行，或者它們可以一次執行一些或全部。

【0054】在方塊1302係第一步驟：由非磁導電材料形成第一平面非磁導體板。

【0055】在方塊1304係第二步驟：由非磁導電材料形成第二平面非磁導體板。

【0056】在方塊 1306 係第三步驟：由相互平行配置的複數個導電非磁交互結構形成板形成交互結構，使得該交互區域含有電子束隧道，該交互結構含有具有至該交互結構外部之至少一導電路徑的至少一靜電透鏡元件，該導電路徑與該交互結構電絕緣，使得施加至該導電路徑的電壓將被傳導到該靜電透鏡元件。

【0057】在方塊 1308 係第四步驟：將該第一平面非磁導體板、該交互結構、及該第二平面非磁導體板堆疊設置，使得該第一平面非磁導體板和該第二平面非磁導體板為於該堆疊之外側。

【0058】在方塊 1310 係第五步驟：將該第一平面非磁導體板、該交互結構、及該第二平面非磁導體板接合在一起。

【0059】在方塊 1312 係第六步驟：用至至少一磁體圍繞該電子束隧道區域，該至少一磁體配置以將電子束限制在該電子束隧道內。

【0060】在方塊 1314 係第七可選的步驟：形成至少一靜電透鏡元件，使其係組態以遞送設置在靜電透鏡元件上的至少一電絕緣導體上提供的電偏壓訊號。

【0061】在方塊 1316 係第七可選的步驟：形成該至少一靜電透鏡元件，使其係組態以遞送設置在該靜電透鏡元件上的至少兩個分開的電絕緣導體上提供的至少兩個分開的電偏壓訊號。

【0062】在方塊 1318 係第七可選的步驟：形成至少一

靜電透鏡元件，使其係組態以遞送設置在靜電透鏡元件上的至少四個分開的電絕緣導體上提供的至少四個分開的電偏壓訊號。

【0063】所屬技術領域中具有通常知識者在將理解到這些步驟可以以最便於製造的順序執行並且不需要以鎖定步驟執行。例如：接合步驟可以一次進行；可以預先進行成形步驟以製造用於稍後總成的部件；等。

【0064】在將二維片體接合在一起時，可使用以下程序：銅焊、擴散接合、輔助擴散接合、固態接合、冷焊、超聲波焊接、前述中一或多種的組合等。兩個相鄰片狀之間形成的接頭應保持大於 1×10^{-6} Torr 的真空環境。接合應在非反應性環境中進行，諸如：氫、氮、真空等。在接合之前，應清潔或電漿蝕刻各別層以去除表面氧化物層，並在接合之前包持在真空環境中以幫助形成良好的密封接合。在需要時，各別層可以用真空兼容材料塗覆(濺射、電鍍、金屬化及/或塗漆)，以增強在兩個各別層(可以是不同的材料)之間形成真空兼容介面。所述塗層可包括下列中的一或多者：鎳、金、銀、鉬-錳、銅、銅-金、銅-銀、鈦-鎳、金-銅-鈦、銅-銀-鈦、銅-銀-鈦-鋁、鈦-鎳-銅、金-銅-鈦-鋁、銀-銅-銮-鈦、銅-鍺、鈮-鎳-銅-銀、金-鈮-錳、銀-鈮、金-銅-鎳、金-銅-銮、銀-銅-銮、金-鎳、金-鎳-鉻等。以此方式，接合的層形成高強度總成，從而產生相對高之高功率處理能力和高梯度能力的 VED。

【0065】這些層也可以用電絕緣或導電材料塗覆(濺

鍍、電鍍、金屬化及/或塗漆)以管理 VED 中的電壓電位以及熱流。塗層亦可包括設計用於導熱的材料(例如，鑽石膜、鑽石傳導通道、冷卻通道、熱管等)，以便更好地管理 VED 內部和離開 VED 的熱流。層可以由絕緣體(例如， Al_2O_3)製成，然後鍍上導電路徑以形成電極及用於偏壓電極的電路徑。

【0066】可以使用諸如銑削、車削、放電銑削、微影、蝕刻、雷射切割、電子束切割、水射流切割等技術在 VED 的導電片狀中形成切口或袋。如此形成的切口和袋可以由諸如陶瓷材料、真空窗、電路伺服器材料(用於提高裝置穩定性的衰減器)、電子發射材料、真空泵材料、吸氣材料、磁體、鐵片、屏蔽材料、隔離材料、導體線、連接器、波導、耦合器等成分填充。

【0067】陶瓷材料的加入可以在 VED 內添加靜電束形成透鏡或區域，以幫助聚焦、傳播、引導、轉向、打孔，並最終改善陰極和集電極之間的電子束傳播。藉由將這種能力構建到 VED 本身中，而不是將其提供在 VED 的真空區域之外，可以對電子束進行更精細和更低功耗的控制。

【0068】在製造程序期間材料之相鄰層或片狀與 VED 中的對準可以使用對準特徵 112 來完成。此種特徵可以是對準孔、對準接腳、矩形特徵、它們的組合、適用於機器人總成技術的光學(可見)標記，如本文別處所討論的，等。片狀的總成可藉由手動總成、機器人總成、平移台、自動平移、機器人置放、微米至奈米視頻對準、游標尺等

來實現。

【0069】儘管已經示出並敘述了例示性實施例及應用，但是對於受益於本揭露之所屬技術領域中具有通常知識者顯而易見的是，在不脫離由所附申請專利範圍所界定之本發明之範圍的情況下，可以對本文所述的各種例示性實施例進行上面未具體提及的數種修改、變化和調整。

【符號說明】

【0070】

11:區域

100,700,800:VED

102:軸

104,106,108,110,112,156,156a,158,160,160a,162,164,166,
168,228,230,808,810,812,814,816,818,820,822,824,862,864
,866,868,870:元件

114,116,118,120,140,142,144,146,170,172,174,176,178,180
,204,206,208,210,212,214,1210:端子

122,124,126,128,216,218,220,222,224,226,826,828,830,832
,834,836,838,840,842:絕緣體

130,132,134,136,182,184,186,188,190,192,198,200:導體絕
緣體

138:總成

149,150,152,154:絕緣體件

158a,158b:部分

194,196:電端子

202:電子片狀束隧道

702,704,706,708,710,712,714,716:層

718:交互區域

720,722:導體

724:間隙

802:電子束軸

806,1302,1304,1306,1308,1310,1312,1314,1316,1318:方塊

844,846,848,850,852,854,856,858,860:控制板

1200,1202,1204,1206:控制板或靜電透鏡

1208:孔

1212,1214,1216,1218,1220,1222,1224,1226:電極

1300:方法

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種真空電子裝置，用於射頻(RF)放大器或振盪器，其包含：

第一非磁導體板；

第二非磁導體板；

複數個非磁交互結構形成板，其設置在該第一非磁導體板與該第二非磁導體板之間，該複數個非磁交互結構形成板一起形成容納電子束隧道區域的 RF 交互結構，

該第一非磁導體板、該第二非磁導體板、及該複數個非磁交互結構形成板係接合在一起；

被配置於該電子束隧道區域周圍的永久磁體，用以施加 RF 交互以將電子束限制在該電子束隧道區域；以及

與該 RF 交互結構電絕緣的至少一控制板，該至少一控制板耦接至配置以穿過該 RF 交互結構並與該 RF 交互結構電絕緣的至少一電絕緣導體，該至少一電絕緣導體組態以施加修正轉向或聚焦力於該電子束隧道區域內的該電子束上。

【請求項 2】如請求項 1 之真空電子裝置，其中該至少一控制板係組態以遞送設置在該控制板上的至少一個電絕緣導體上提供的電偏壓訊號。

【請求項 3】如請求項 1 之真空電子裝置，其中該至少一控制板係組態以遞送設置在該控制板上的至少兩個分開的電絕緣導體上提供的至少兩個分開的電偏壓訊號。

【請求項 4】如請求項 1 之真空電子裝置，其中該至少

一控制板係組態以遞送設置在該控制板上的至少四個分開的電絕緣導體上提供的至少四個分開的電偏壓訊號。

【請求項 5】如請求項 1 之真空電子裝置，其中該至少一電絕緣導體更組態以感測電子電流密度。

【請求項 6】一種真空電子裝置，用於射頻 (RF) 放大器或振盪器，其包含：

交互結構之複數個導電部分，其容納電子束隧道，該電子束隧道具有平行於該交互結構的縱軸，該電子束隧道被至少一磁體圍繞，該磁體配置以施加 RF 交互以將電子束限制在該電子束隧道區域；

該複數個導電部分由在沿著該電子束隧道的第一位置處的第一電絕緣體對與由在沿著該電子束隧道的第二位置處的第二電絕緣體對隔開，該第一電絕緣體對與該第二電絕緣體對之各者將至少一靜電透鏡元件夾在中間，該靜電透鏡元件正交於該縱軸設置；以及

每一靜電透鏡元件設置有至該交互結構之外部的至少一導電路徑，該導電路徑與該交互結構電絕緣，使得施加至該導電路徑的電壓將被傳導至該靜電透鏡元件，以施加修正轉向或聚焦力於該電子束隧道區域內的該電子束上。

【請求項 7】如請求項 6 之真空電子裝置，其中該至少一靜電透鏡元件係組態以遞送設置在該靜電透鏡元件上的至少一個電絕緣導體上提供的電偏壓訊號。

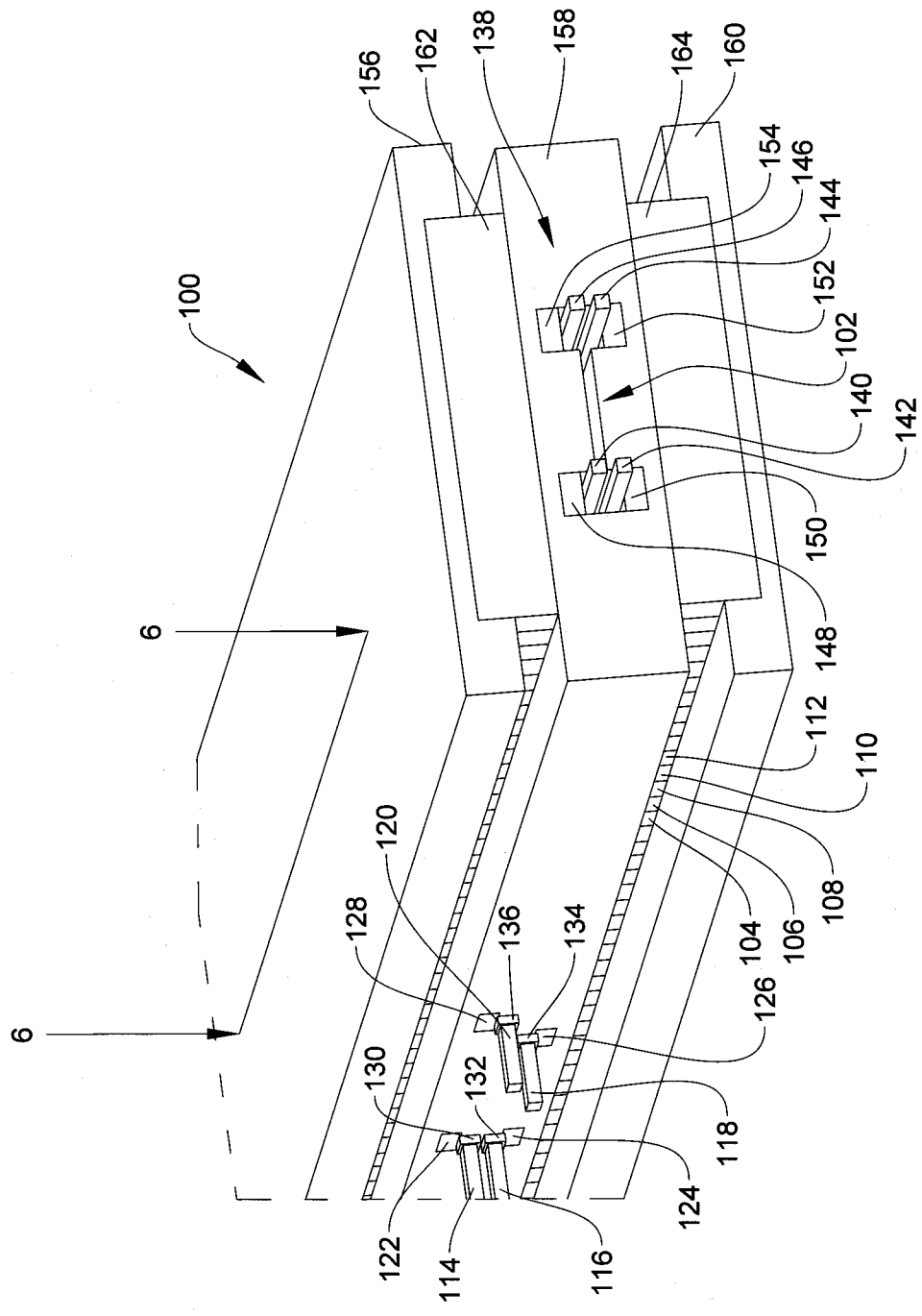
【請求項 8】如請求項 6 之真空電子裝置，其中該至少一靜電透鏡元件係組態以遞送設置在該靜電透鏡元件上的

至少兩個分開的電絕緣導體上提供的至少兩個分開的電偏壓訊號。

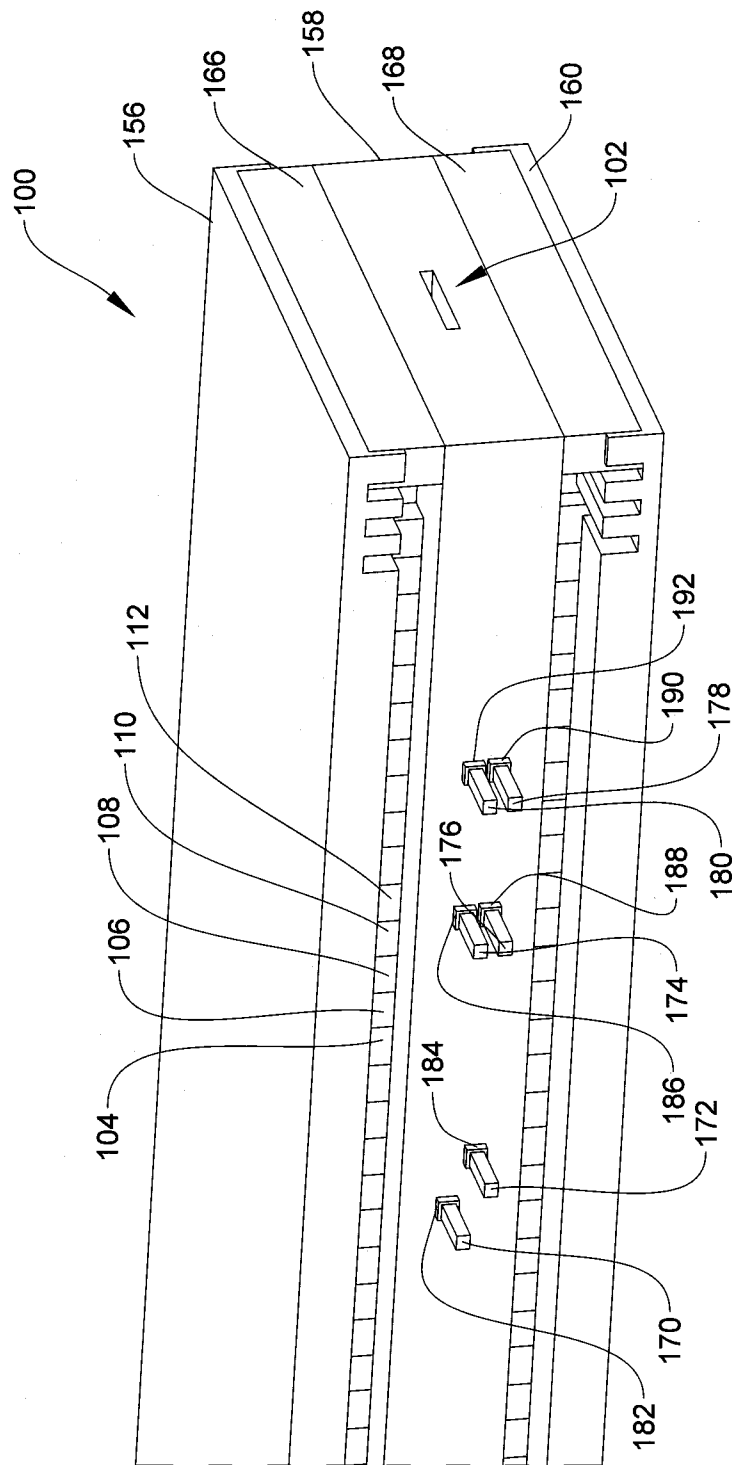
【請求項 9】如請求項 6 之真空電子裝置，其中該至少一靜電透鏡元件係組態以遞送設置在該靜電透鏡元件上的至少四個分開的電絕緣導體上提供的至少四個分開的電偏壓訊號。

【請求項 10】如請求項 6 之真空電子裝置，其中至少一導電路徑係組態以感測電子電流密度。

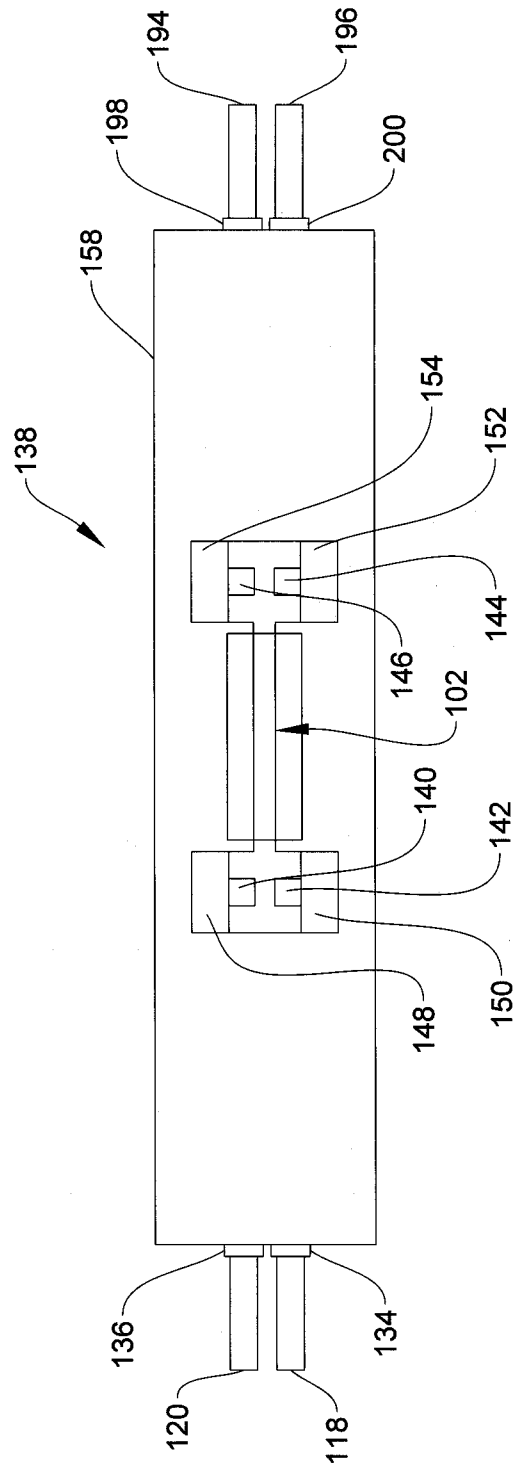
【發明圖式】



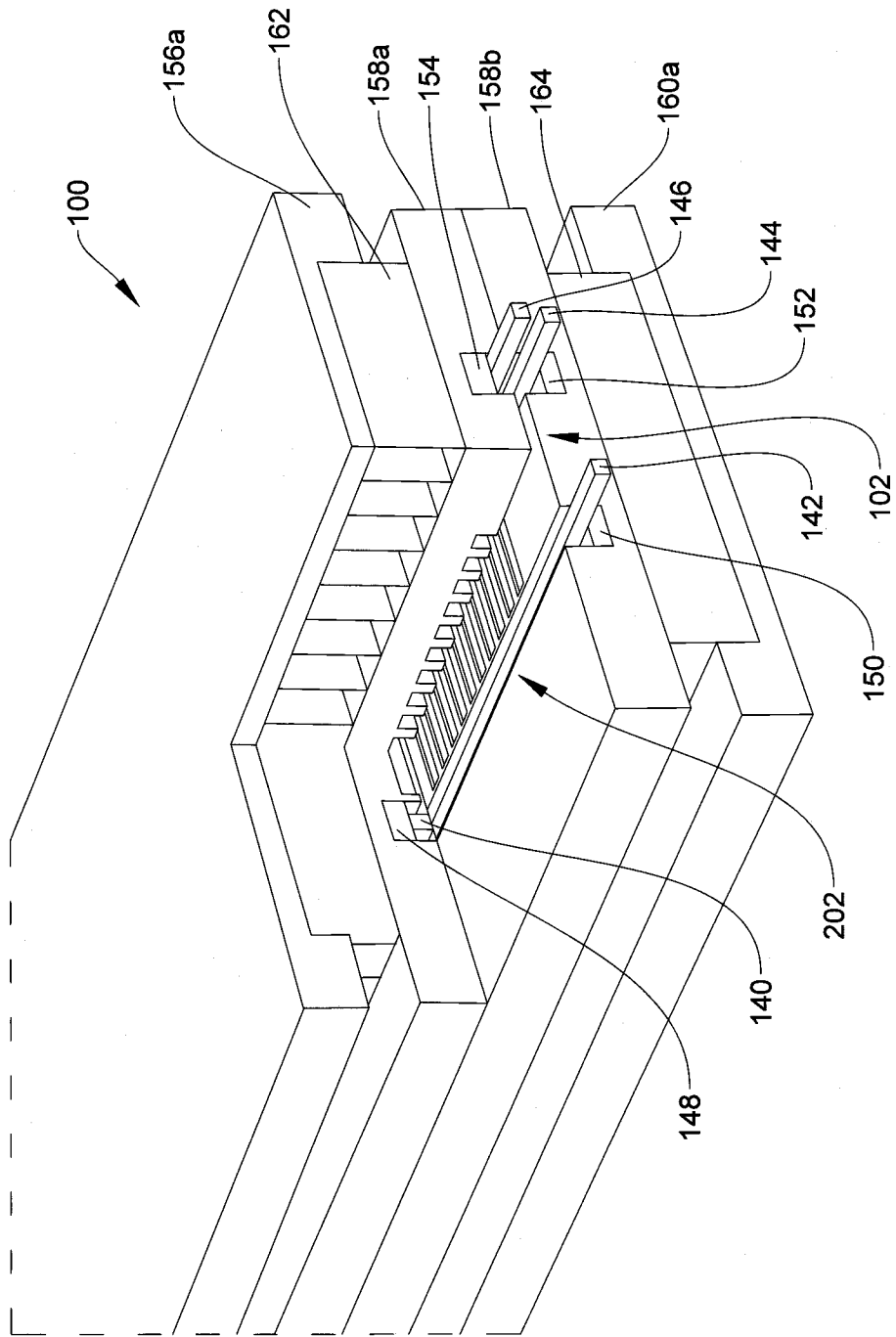
【圖1】



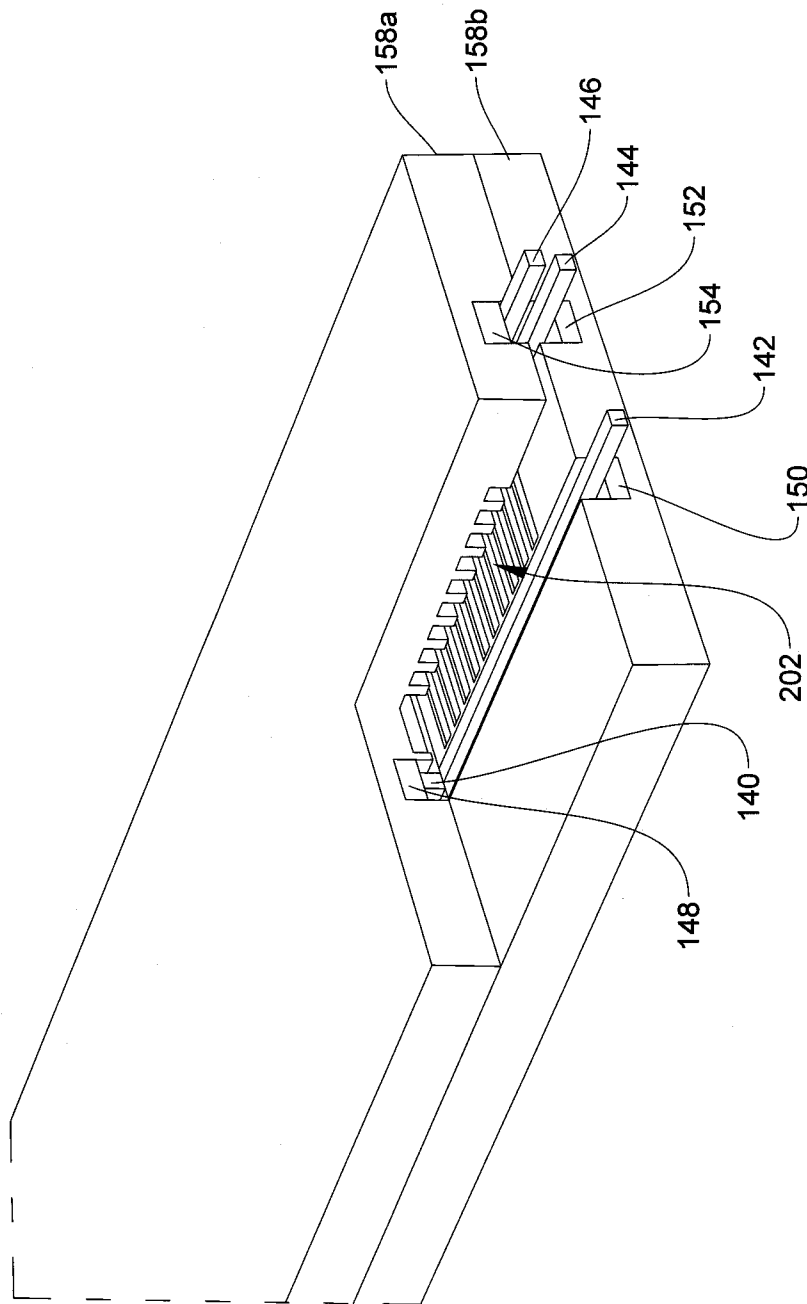
【圖 2】



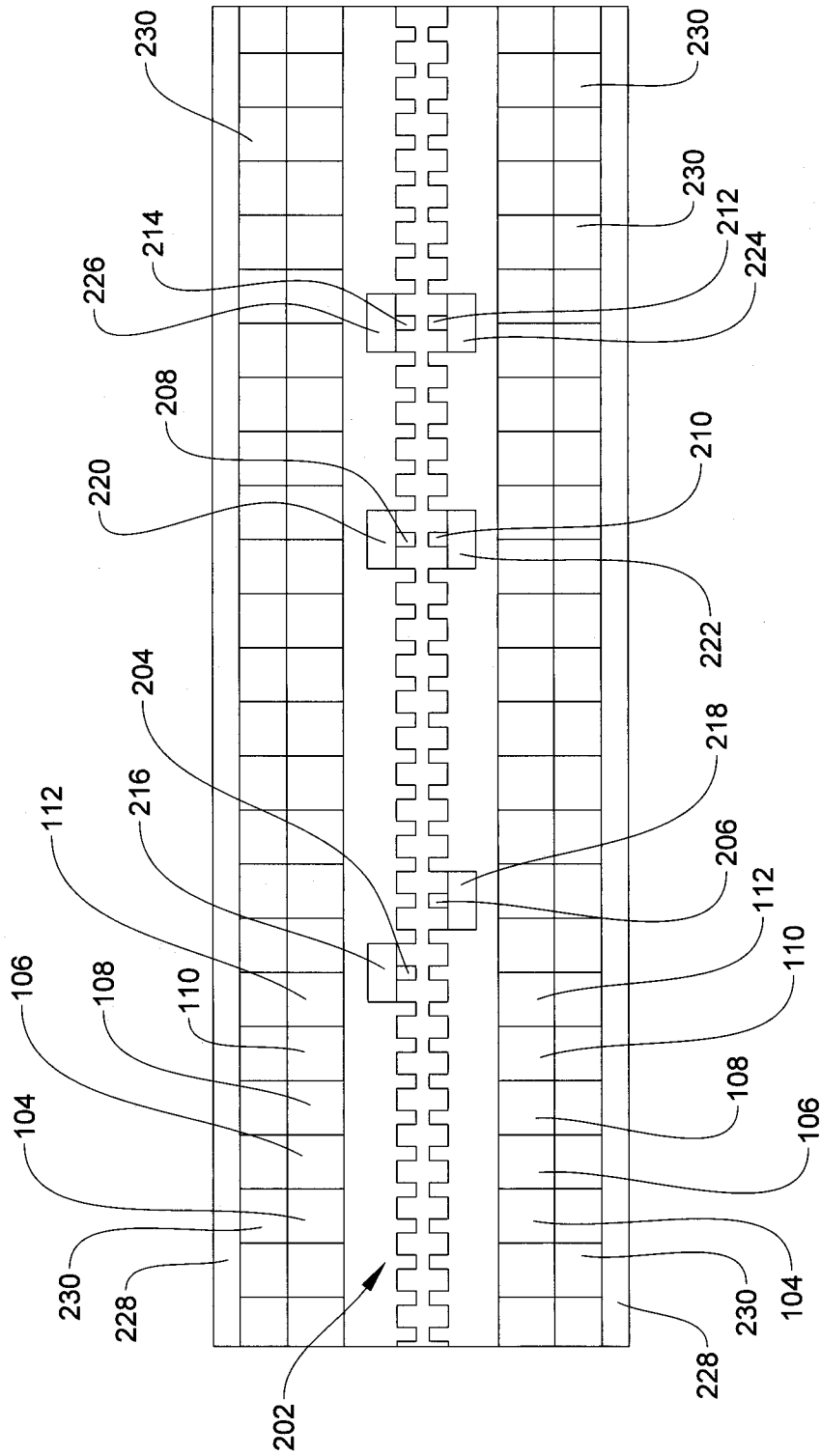
【圖 3】



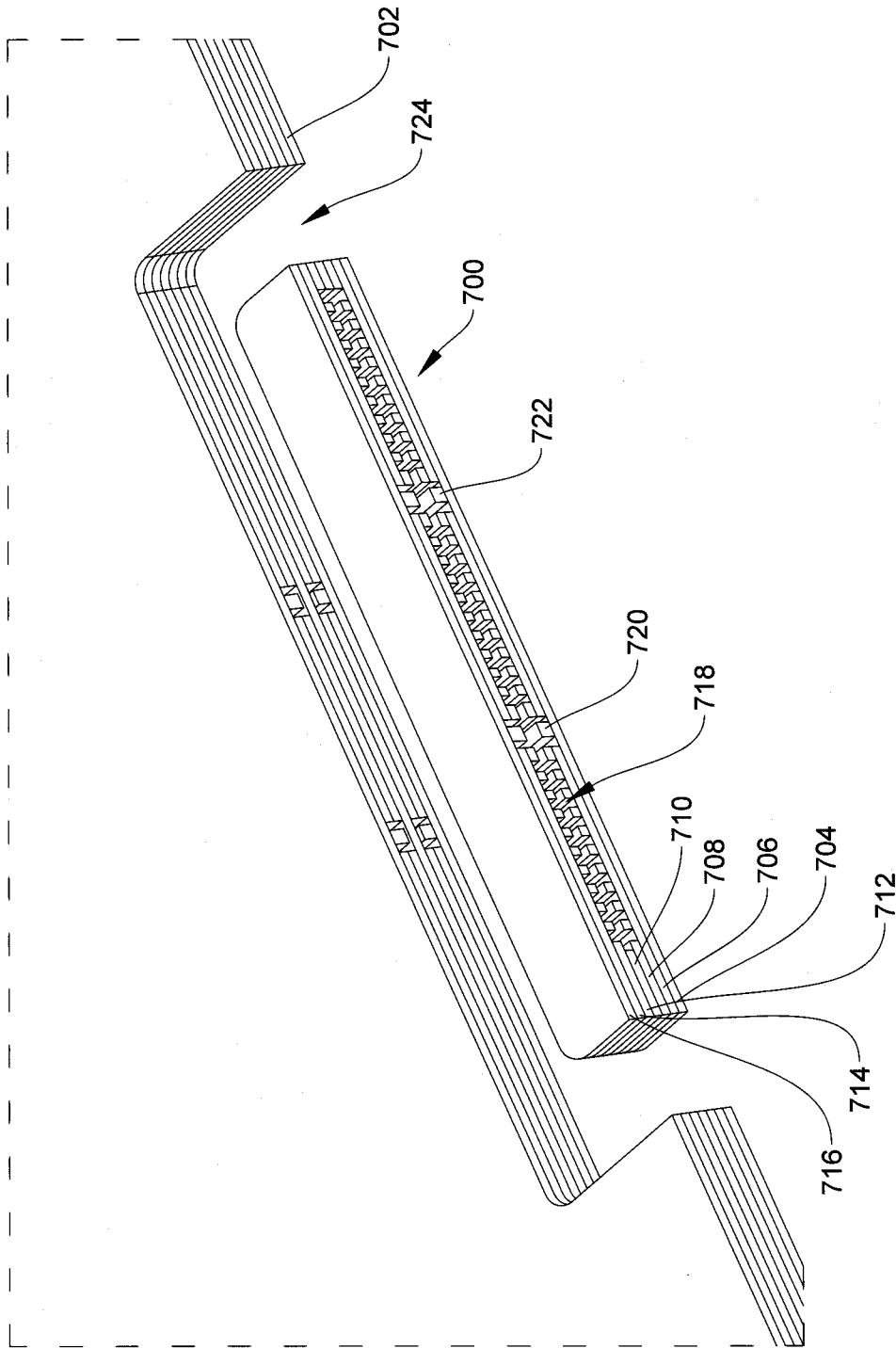
【圖 4】



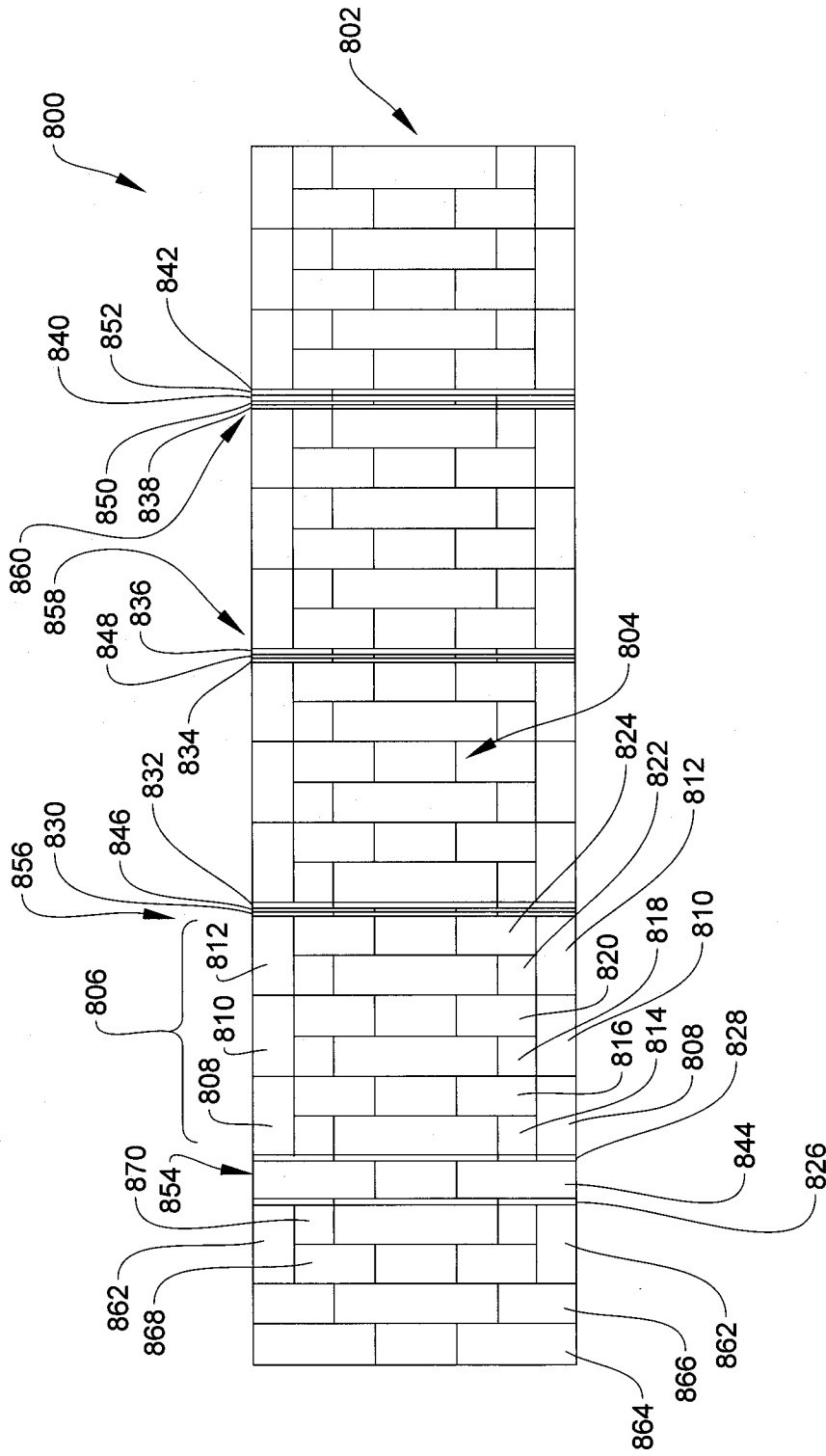
【圖 5】



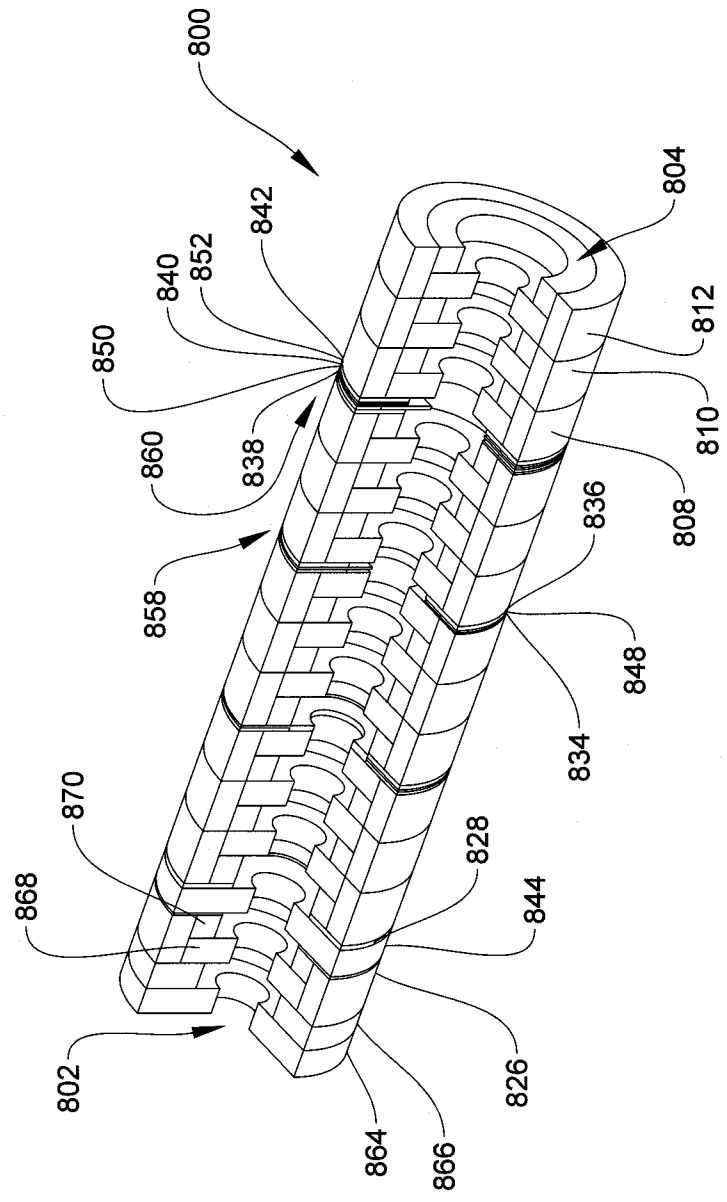
【圖6】



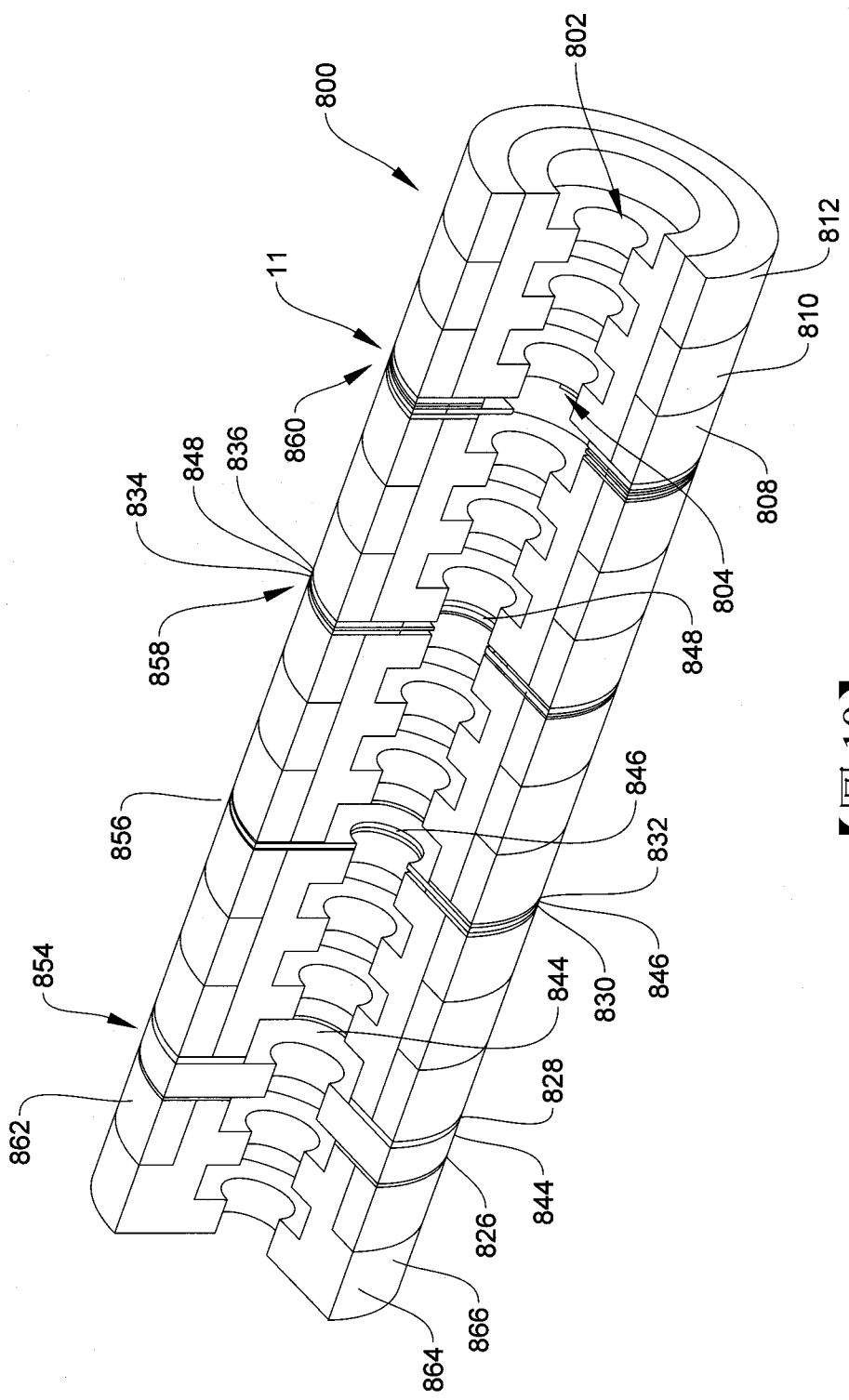
【圖 7】



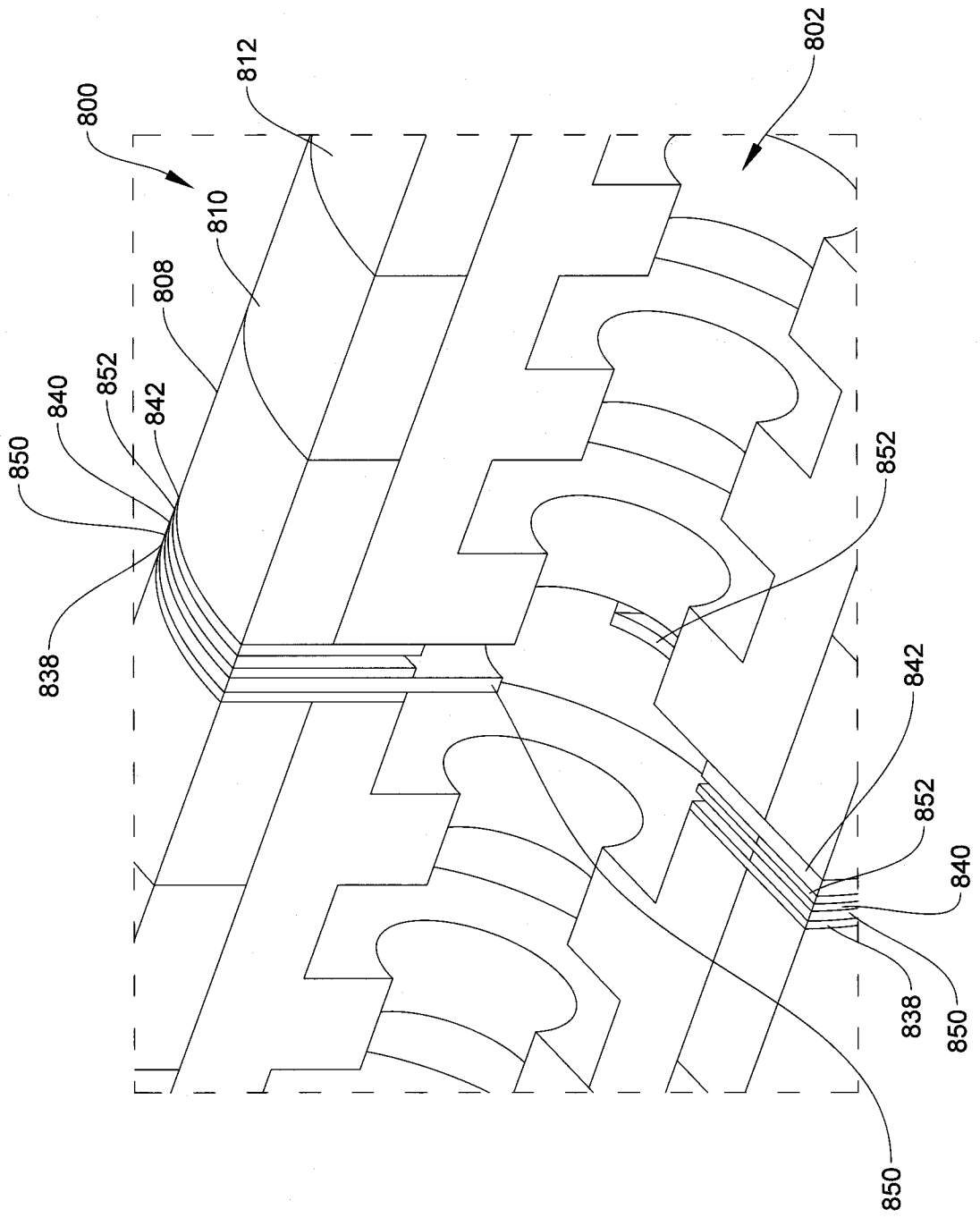
【圖 8】



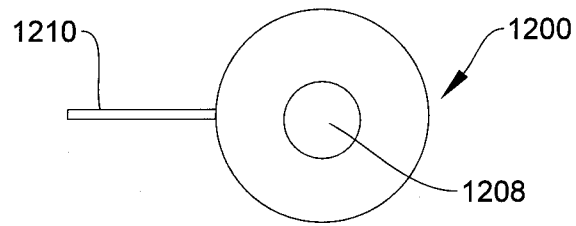
【圖 9】



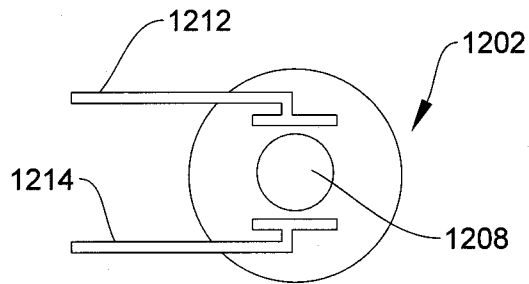
【圖 10】



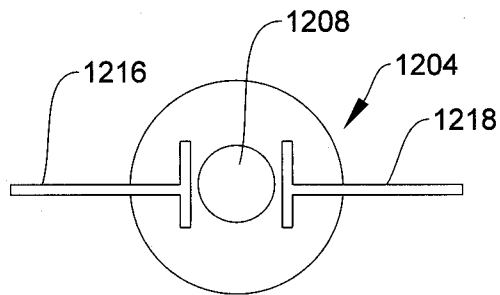
【圖 11】



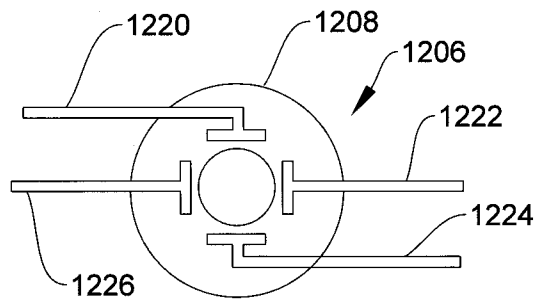
【圖 12A】



【圖 12B】



【圖 12C】



【圖 12D】



【圖 13】