



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201225111 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：100131975

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 09 月 05 日

(51)Int. Cl. : **G21G1/02 (2006.01)**

G21C3/04 (2006.01)

(30)優先權：2010/09/10 美國

12/879,612

(71)申請人：奇異日立核能美國有限公司 (美國) GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS
LLC (US)

美國

(72)發明人：海根斯 羅素 派崔克 HIGGINS, RUSSELL PATRICK (US)；密爾斯 維儂 W
MILLS, VERNON W. (US)；史密斯 大衛 葛瑞 SMITH, DAVID GREY (US)；
路凱諾 傑洛德 安東尼 LUCIANO, GERALD ANTHONY (US)；凡斯萊凱 羅
傑 霍華德 VAN SLYKE, ROGER HOWARD (US)；羅素 威廉 伊爾 二世
RUSSELL, WILLIAM EARL, II (US)；布洛奎斯特 布雷德利 D BLOOMQUIST,
BRADLEY D. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：23 項 圖式數：15 共 55 頁

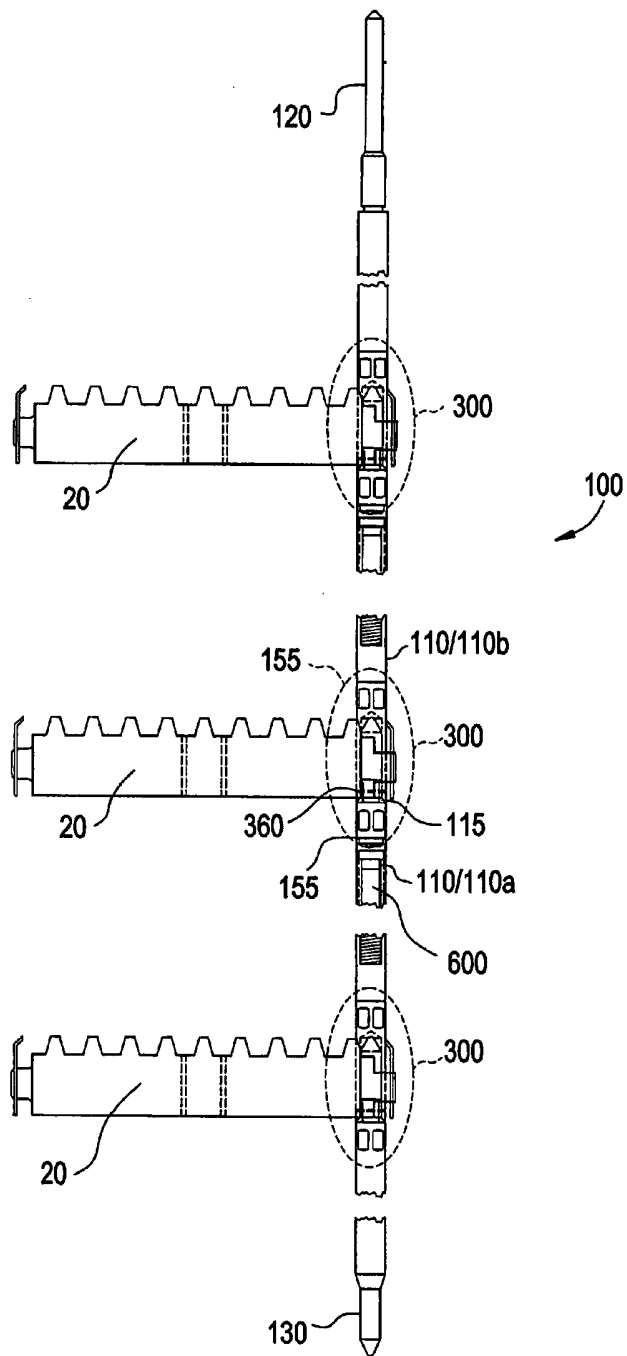
(54)名稱

核反應器之棒總成

ROD ASSEMBLY FOR NUCLEAR REACTORS

(57)摘要

一實施例提供一種包含複數個棒區段之多區段棒。該等棒區段係於一軸向方向上經由配合結構可移除地彼此配合。一幅照目標佈置於該等棒區段之至少一者內，且至少一配合結構之至少一部分包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。



- 20：間隔物
- 100：棒總成
- 110：棒區段
- 110a：棒區段
- 110b：棒區段
- 115：連接點
- 120：上端部件
- 130：下端部件
- 155：熔接接頭
- 300：配合結構
- 360：虛線
- 600：容器總成



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201225111 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：100131975

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 09 月 05 日

(51)Int. Cl. : **G21G1/02 (2006.01)**

G21C3/04 (2006.01)

(30)優先權：2010/09/10 美國

12/879,612

(71)申請人：奇異日立核能美國有限公司 (美國) GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS
LLC (US)

美國

(72)發明人：海根斯 羅素 派崔克 HIGGINS, RUSSELL PATRICK (US)；密爾斯 維儂 W
MILLS, VERNON W. (US)；史密斯 大衛 葛瑞 SMITH, DAVID GREY (US)；
路凱諾 傑洛德 安東尼 LUCIANO, GERALD ANTHONY (US)；凡斯萊凱 羅
傑 霍華德 VAN SLYKE, ROGER HOWARD (US)；羅素 威廉 伊爾 二世
RUSSELL, WILLIAM EARL, II (US)；布洛奎斯特 布雷德利 D BLOOMQUIST,
BRADLEY D. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：23 項 圖式數：15 共 55 頁

(54)名稱

核反應器之棒總成

ROD ASSEMBLY FOR NUCLEAR REACTORS

(57)摘要

一實施例提供一種包含複數個棒區段之多區段棒。該等棒區段係於一軸向方向上經由配合結構可移除地彼此配合。一幅照目標佈置於該等棒區段之至少一者內，且至少一配合結構之至少一部分包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明大致係關於核反應器及更特定言之本發明係關於一種用於一核反應器之棒總成。

【先前技術】

用於(例如)一沸水反應器之正常生產燃料束內之同位素之產生之當前組態包含將一多區段棒置於該燃料棒位置之至少一者中。該多區段棒之至少一區段包含目標同位素。其他區段亦可包含目標同位素，但可替代地包含核燃料。連接點存在於軸向鄰接區段之間及不可將同位素或核燃料置於該等連接點處。因此，鄰接此等多區段棒之燃料棒於該等連接點之高度處經歷一相對能量增加。目前係藉由限制該等鄰接燃料棒中之濃縮度以處理此。該濃縮度限制可造成此等燃料棒之核性能降低。

【發明內容】

本發明之例示性實施例係關於一種用於一核反應器之一燃料束之棒總成。

一實施例提供包含複數個棒區段之一多區段棒。該等棒區段係於一軸向方向上經由配合結構可移除地彼此配合。一幅照目標佈置於該等棒區段之至少一者內及至少一配合結構之至少一部分包含中子吸收材料之一個或多個組合。

該中子吸收材料並非係核燃料且可為與用作一幅照目標相同之材料或一不同材料。藉由於該配合結構中包含一中子吸收材料，可減小及/或消除棒區段之間之該等連接點

之高度處之一相對能量峰或能量增加。因此，無需調整該等相鄰之燃料棒中之濃縮度且可減輕及/或消除核性能之降低。

另一實施例提供於一核反應器中使用的一燃料束。該燃料束包含複數個棒及該等棒之至少一者為如上所述之一多區段棒。

另一實施例係關於一種製造一多區段棒之方法。該方法包含將至少一幅照目標置於複數個棒區段之至少一者內並將該複數個棒區段於一軸向方向上經由配合結構彼此配合以形成該多區段棒。至少一配合結構之至少一部分包含中子吸收材料之一個或多個組合。

又一實施例係關於一種製造一燃料束之方法。該方法包含形成複數個棒，其中該等棒之至少一者為一多區段棒。此形成步驟包含將至少一幅照目標置於複數個棒區段之至少一者內，並將該複數個棒區段於一軸向方向上經由配合結構彼此配合以形成該多區段棒。至少一配合結構之至少一部分包含中子吸收材料之一個或多個組合。該方法進一步包含藉由將複數個棒置於該至少一間隔物中使得各間隔物沿著該多區段棒之軸向長度僅僅與該等配合結構直接接觸而形成包含至少一間隔物及複數個棒之一燃料束。

【實施方式】

藉由詳細描述其之例示性實施例並參考附圖將更清楚地明白本發明，其中相同元件由相同參考數字表示，該等參考數字僅僅經由繪示而給定及因此並不限制本發明之例示

性實施例。

圖 1A 繪示諸如一 BWR 之一核反應器之一例示性燃料束。燃料束 10 可包含環繞一上繫板 14 及下繫板 16 之一外通道 12。複數個全長度燃料棒 18 及/或部分長度燃料棒 19 可配置於該燃料束 10 內之一矩陣中並穿過複數個間隔物(亦稱為間隔物網格)20，該複數個間隔物 20 垂直地彼此相隔以保持該等棒 18、19 於其之給定矩陣中。

具有至少一對水棒 22 及 24 之燃料棒 18 及 19 可藉由設置於該燃料束 10 中之不同軸向位置處之複數個間隔物 20 而彼此相隔地保持於該燃料束 10 中以界定該燃料束 10 中之燃料棒 18、19 之間之反應器冷卻液流之通道。通常，沿著該燃料束 10 之整個軸向長度存在五個至八個之間相隔的間隔物 20 用於將該等燃料棒 18、19 保持於其之所需陣列中。間隔物 20 可具體化為任何類型之間隔物，例如，套筒型間隔物或美國專利第 5,209,899 號中描述及繪示之類型之間隔物。

在圖 1A 中，該矩陣可為一 10×10 陣列，然而該說明性燃料束 10 可具有一不同之棒 18、19 矩陣陣列，諸如一 9×9 陣列。該棒束 10 可包含所有全長度燃料棒 18 及/或全長度燃料棒 18 與部分長度燃料棒 19 之一組合，如已知。該等全長度燃料棒 18 及部分長度燃料棒 19 之各者係包層的，如此項技術中已知。該等水棒 22 及 24 (圖中顯示為兩個，在棒束 10 中可能存在更多或更少的水棒) 可分散於該下繫板 16 與該上繫板 14 之間之棒束 10 中之該等燃料棒 18、19 中。該等水棒 22、24 用以將流體從該核燃料束 10 之下區域轉移至該

上區域，其中該水係通過位於該等水棒之頂部處之開口疏散，如圖中所示。

圖1B繪示圖1A之燃料束10中之一間隔物至棒之位置。特定而言，圖1B繪示一給定燃料棒18與間隔物20之間之例示性碎屑捕獲區域50a至50d以顯示碎屑可被捕獲或挾帶從而加劇侵蝕問題之處。

圖1C繪示圖1A之燃料束10中之一間隔物至水棒之位置及一給定水棒22、24與間隔物20之間之例示性碎屑捕獲區域50a至50e以顯示嵌於或挾帶碎屑以潛在地導致一鄰接棒18、19侵蝕之處。該等水棒22及24受一間隔物20限制。間隔物20受位於該間隔物20之相對側邊上之一對徑向引導凸緣或突片34及36限制以於所需之高度處保持該間隔物。在反應器能量操作期間，碎屑可藉由該反應器冷卻液承載並可嵌於棒束10內之該等水棒22、24及間隔物20之圓周中及周圍。間隔物20及該等水棒22、24處挾帶之碎屑之間之反復相互作用可導致存在對於該等鄰接棒18、19及/或該等水棒22、24上述之侵蝕磨損及潛在損害。

圖2A繪示根據本發明之一例示性實施例之用於一燃料束10之一棒總成100。為了提供經設計之一無侵蝕棒以實質上消除如一習知技術中所述之侵蝕磨損，文中描繪包含複數個部分或包層棒區段110之一棒總成100(偶爾亦稱為一多區段棒或多部分棒)。如圖2A中所示，一棒總成100可於一上端部件120與下端部件130之間包含複數個棒區段110(如110a及110b所示之兩個鄰接棒區段)。如已知，該上

端部件120及該下端部件130可包含螺紋以與該燃料束10之下繫板及上繫板(未顯示)配合。鄰接棒區段110a、110b可經由一配合結構300(圖2A之虛線圓圈內大致顯示)而彼此相互連接。該等配合結構亦可稱為配接器子總成。圖2A中僅僅顯示一個棒總成100，應瞭解可將圖2A中所示之該等棒總成100之一者或多者插入諸如圖1A中所示之燃料束10之一燃料束中。

可將棒區段110彼此附接於上端部件120及下端部件130之間以形成該棒總成100之整個軸向長度。在一實例中，可藉由沿著該棒總成100之軸向長度之連接點處(其中該棒總成與間隔物20接觸)之配合結構300連接一棒區段110a、一棒區段110b及該上端部件120及下端部件130之各一者。雖然為了簡潔起見，圖2A中僅僅顯示了三個間隔物20及配合結構300，但應瞭解該燃料束10可包含一個或更多棒總成100，各者具有藉由於任意數量之間隔物20位置處之配合結構300連接之至少一棒區段110a及至少一棒區段110b。該等棒區段110a、110b可為固定長度或可變之區段。

在此例示性實施例中，該等棒區段及相關聯之配合結構係由為抗腐蝕並與其他反應器組件相容之一材料構造而成。一例示性材料可為一鋳合金(例如)。

期望地，各間隔物20之一部分於該等配合結構300之各者處接觸該棒總成100以實質上覆蓋棒區段110之間之配合結構300及/或連接點115或實質上覆蓋連接一給定棒區段

110及該上端部件120及下端部件130之一者之一配合結構300或連接點115。相應地，可消除一給定間隔物20內之此等點115及/或配合結構300處之棒總成100之侵蝕之結果。雖然侵蝕仍然可發生，但該棒總成100上之侵蝕磨損會發生於該配合結構300上而非一區段110a、110b上。相應地，這可消除自一給定棒區段110內至該反應器冷卻液之內容物之潛在釋放。

如圖13中所示，其繪示圖2A之多區段燃料棒100。該多區段燃料棒100被拆成許多區段110a、110b、110c、110d、110e、110f及110g，其等經由連接點115(如先前所示)處之一對應配合結構300而彼此連接以形成一連續多區段燃料棒100'(如圖13中點連接線111顯示)。圖13亦繪示該多區段棒100之區段110a、110c、110e、110f及110g之各者中該目標容器600之截面放大圖I-VII。

圖I及圖II顯示棒100內之複數個圍阻結構600，該等圍阻結構600容置多個不同目標，如一單一棒區段110A內一液體、固體及一氣體目標620所示。此外，放大圖I及II繪示可置於一給定棒區段110a、110c、110e等等內之圍阻結構600上之標記650。如圖所示，該標記650可指示該目標是否為固態、液體或氣態並亦可提供(例如)由於輻照而產生之目標同位素之名稱及/或該同位素之名稱(為清晰起見圖13中未顯示)。

例如，如放大圖III及IV中所示，棒區段110b及110d顯示包含核燃料660。當然在一替代實施方案中，多區段棒100

可由複數個棒區段110構成，在該複數個棒區段110中不存在包含核燃料之區段110，如先前所述。棒區段110e之放大圖V繪示包含處於氣態之一目標之一容器總成600。棒區段110f之放大圖VI繪示包含處於液體之一目標620之該棒區段110f內之一容器總成600。棒區段110g之放大圖VII繪示包含一固體目標620之一容器總成600，如Co-59 BBs之一單一柱所示，其可經輻照以產生所需之同位素(在此例中)為Co-60。由此，該等容器總成600之各者可與處於固態、液態或氣態之目標620同位素材料預包裝用於插入該多區段棒100之一對應棒區段110中(例如)。

此外，由於該等容器總成600之各者係由於一端612處之端塞630及於該第一端611處之外螺紋601及一O型環602密封(如先前圖6A、圖6D及圖6E中所示)，所以將於其連接點115處(即，兩區段110之間之連接點115處之配合結構300之非連接處)之一特定區段110移除將不會導致會將該輻照目標620暴露於該反應器冷卻液的一破裂口。因此，該容器總成600'與該棒區段110之外包層一起提供用於輻照目標620之一雙壁圍阻。其他實例輻照目標材料包含：鈷Co-59、鉬-99、鉻-50、銅-63、鎢-164、鉕-168、鈦-165、銦化物-130、銥-191、鐵-58、鎳-176、鈮-102、磷-31、鉀-41、銻-185、鈰-152、硒-74、鈉-23、鋁-88、鎳-168、鎳-176、鈷-89及氫-132。通常，此等材料具有大於3之一原子量及可分別產生以下同位素：鈷-60、鎢-99m、鉻-51、銅-64、鎢-165、鉕-169、鈦-166、銦化物-131、

銥 -192、鐵 -59、鎢 -177、鈮 -103、磷 -32、鉀 -42、
 銻 -186、鈺 -153、硒 -75、鈉 -24、鋁 -90、鎳 -169、
 鎳 -177、鈮 -90及氫 -133。

圖 2A 係顯而易見且詳細地繪示鄰接棒區段 110a 與 100b 之間之一例示性配合結構或配接器子總成 300 (即，虛線繪示棒區段 110 及/或配接器子總成 300 內之組件) 以顯示一鄰接棒區段 110b 與該配接器子總成 300 之一部分之間之熔接點 155。圖 2A 亦繪示 (以虛線) 設置於該等棒區段 110 之一者或多者內之一選擇性容器總成 600 用於下文詳細描述之應用。該等棒區段於其中可或可不包含一容器總成 600。額外地，在圖 2A 中繪示有一下切部分或凹入虛線 360。如下文將更詳細地描述，該凹入虛線 360 提供一替代位置以打斷一特定配接器子總成 300/棒區段 110 以將一特定棒區段 110 從該棒總成 100 中移除，從而可期望減小運輸之長度等等 (例如)。

圖 2B 繪示圖 2A 之一部分之一分解圖以進一步詳細地繪示該棒總成。圖 2B 之部分亦係以虛線 (點線) 顯示以指示一棒區段 110a、110b 或子總成 300 之內部之組件。該配接器子總成 300 可包含一凸型配接器塞 330，其經由熔接接頭 155 處之一熔接部而附接至一棒區段 110a。類似地，該配接器子總成 300 可包含一凹型配接器塞 350，其可於一端處經由熔接接頭 155 處之一熔接部而附接至一棒區段 110b。該凸型及凹型配接器塞 330、350 兩者可包含圍繞其之一外圓周之複數個螺母狀凹口 357。通常，該等凹口 357 可有助

於(例如)在檢修停機期間藉由一適當工具移除/拆卸一給定棒區段110、上端部件120或下端部件130。

在圖2B中，該等凹口357可於其之相對端處包含凹入成角度之表面(諸如成角度之邊緣380)以防止在將該棒總成100插入或組裝至該反應器之燃料束10中期間損壞該間隔物20。此外，如以點線形式所示，該凸型配接器塞330及凹型配接器塞350之各者可包含熔接對準部件355以有助於將對應的配接器塞330及350插入一給定棒區段110之一端中用於將塞330/350於該熔接接頭155處熔接至區段110。

圖3A及圖3B係繪示根據本發明之一例示性實施例用於該棒總成之一配接器子總成之部分之透視及側視輪廓。如圖3A及圖3B中所示，可將凸型配接器塞330於一第一端332處附接(諸如，藉由一熔接)至棒區段110。可將凸型配接器塞330之一第二端334插入該凹型配接器塞350之一對應腔室或空腔中。該凸型配接器塞330可包含上述之作為一圓柱區段333之部分之熔接對準部件335，其包含環繞其之周邊具有成角度之邊緣380之凹口357。一中間部件339將該圓柱區段333連接至一細長區段338。該細長區段338可係帶螺紋的，如圖3A中所示。該細長區段338於該凸型配接器塞第二端334處逐漸變窄成一大致錐形端336。該錐形端336表現出有助於將該凹型配接器塞350連接至該凸型配接器塞330作為一單一配接器子總成300的一自動對準。

該凸型配接器塞330可由抗腐蝕性並與其他反應器組件相容之一材料(諸如，一鋁合金)製成，如此項技術中已

知。

圖4A及圖4B係繪示根據本發明之一例示性實施例之配接器子總成之另一部分之透視及側視輪廓。如圖4A及圖4B中所示，凹型配接器塞350具有用於附接至一給定棒區段110(未顯示)之一第一端352及用於將該凸型配接器塞330之錐形端336及細長部件338接收於其中之一第二端354。凹型配接器塞350可包含熔接對準部件355及一大致圓柱區段353，其於該第一端352處具有複數個環繞該周邊具有成角度之邊緣380之螺帽狀357凹口以有助於移除該凹型配接器塞350及/或移除一鄰接棒區段。

該凹型配接器350包含一內空腔358。該空腔358之一表面可包含用於接收該凸型配接器塞330之細長區段338上之對應螺紋(見圖3A)之複數個配合螺紋356。該空腔358於其一端可具有一凹型成角度部分359，其係可組態為有助於接收該錐形端336以將凸型配接器塞330連接於該凹型配接器塞350內之一自動對準。

如圖4B中所示，該凹型配接器塞350之圓柱區段353於第二端354處可包含一凹入虛線360。例如，亦可將該凹入虛線360稱為一下切區段。可設計下切至該等配接器子總成300之各者中使得藉由切段及/或切割一區段而無須旋鬆圖2B之連接接頭115便可安全地拆下一給定棒區段110。此將在下文中進一步詳細繪示。

在另一態樣中，當該細長區段338之螺紋接合於該凹型配接器塞350之空腔358內之對應配合螺紋356時，該凹入

虛線360與該凸型配接器塞330之中間部件339對齊。由於該中間部件339之直徑小於該圓柱區段333之一直徑，所以此表示有助於於此位置處切割、切段或折斷圖2B之配接器子總成300的一「減弱區域」。在圖2B之區段110替換、圖2B之配接器子總成300替換發生時，該凹入虛線360因此可為切割圖3B之一配接器子總成330之處提供一視覺識別。

圖5A及圖5B係繪示根據本發明之一例示性實施例之棒總成之一例示性下端部件之透視及側視輪廓。如圖5A或圖5B中所示，圖2A之上端部件120及下端部件130之一者或兩者可形成為一實心端部件總成500。該實心端部件總成可由一實心金屬材料(例如)製成。端部件總成500可於其一端處包含一端塞部分505及可於其另一端處具有一一體式端部件配接器子總成530用於與圖4B之一對應凹型配接器區段350螺紋接合於圖2B之一鄰接棒區段110內。

該端部件總成500可由固體Zircaloy(鋁合金)製造而成且無需具有裝載於其中之任何核燃料(濃縮鈾)或中子吸收劑(鈳)，因為一燃料束(諸如圖1A之燃料束10)之頂部及底部附近之軸通量通常實質上低於圖2A之上端部件120及下端部件130(例如)之間之軸通量。因此，圖5A及圖5B可繪示一可再用端塞(可作為一上端部件或下端部件之任一者而再用)，在一預定檢修停機期間可相對容易地將該可再用端塞從圖2A之棒總成100之圖2B之一鄰接區段110中移除。

圖6A至圖6E係繪示根據本發明之一例示性實施例具有

經調適用於插入圖2A之棒總成100之一給定棒區段中110中之內容物之一例示性容器總成之視圖。

在本發明之一例示性實施例中，該等棒區段110之各者可於其中包含一容器總成600，如先前圖2B中所示。在一實例中，該容器總成600可容置或包含經選定之內容物。此等內容物之一實例可為一個或多個輻照目標，當包含該棒總成100之一燃料束於該反應器之芯體中輻照時該等輻射目標可產生一個或多個所需同位素。該棒總成100之一個或多個棒區段110皆可包含相同目標、不同目標或多個輻照目標(例如)。

參考圖2A及2B，在本發明之一例示性態樣中，棒總成100之該等棒區段110之至少一者於其中包含一容器總成600及棒總成100之其餘棒區段110(端部件120、130之任一者)皆不包含任何核燃料/中子吸收劑。在另一態樣中，棒總成100之該等棒區段110之一者或多者可包含所需之鈾濃縮及/或氧化鈾濃度。該等位置及濃度可針對一計畫能量循環(例如)而基於該棒束10之所需特徵。包含一輻照目標之一棒區段110亦可不包含核燃料，然而鄰接之棒區段110可於其中包含核燃料。

現參考圖6A至圖6E，起初於圖2A及圖2B中以虛線顯示之該容器總成600可包含一容器610，該容器610於其中容置一輻照目標620。該容器610於一端611處係閉合的，於另一端612處係打開的並可包含一密封件613以藉由一適合端帽630閉合該容器，如圖6D中所示，然而可在兩端處設

置端帽630。雖然容器610顯示為具有一實質上圓柱形狀，但是只要該容器610之形狀的最大直徑小於棒區段110之內徑，則容器610便可呈任何幾何形狀而定向。容器610可由諸如鋁合金(例如)之一適合材料製成。

容器610可容置一個或多個輻照目標620。如圖6B中所示之輻照目標620係以一實質上圓柱形狀繪示。然而，該輻照目標620可以一固體、液體及/或氣體而具體實體並可採用任何幾何形狀，只要該幾何形狀之直徑足夠小以配合於一給定棒區段110內之該容器610(小於該容器610之一內徑)內。因此，當該輻照目標620處於該棒區段110內之適當位置內時，該容器610(與其包層棒區段110耦合)為該輻照目標620提供一雙壁圍阻。

圖6E繪示容器總成600之一透明前視圖或側視圖以顯示於其中容置輻照目標620並藉由該端塞630密封於位置613處之容器610。該容器610之一內部可選擇地包含一彈簧640以當由端塞630密封時抵著輻照目標620提供一對抗力。該端塞630可藉由適當之附接構件(即，熔接、螺紋接合、摩擦連接等等)附接至該容器610。

在另一態樣中，該容器600於其中容置輻照目標620，其具有一第一端611，該第一端611具有用於在輻照之後移除該輻照目標620之一導孔603。該第一端611可包含外螺紋601及一O型環602，在將容器600插入設備之一部件中時該O型環602可用於密封容器600。導孔603具有內螺紋以有助於將容器600從該棒區段110中移除。

該輻照目標620可為選自包括鎘、鈷、鉍、鎳、鉈、銩同位素(例如)或任何其他具有大於3但小於90之原子序數之同位素之一者或多者之同位素之群之一目標。即，該輻照目標620並非係核燃料。期望地，一給定區段110及/或容器總成600可於其上包含標記或指示符以指示裝載於該棒區段110/容器600(例如)之輻照目標620中及/或將從該標靶中產生之同位素。

圖7繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之一燃料束之一棒總成。圖7繪示根據本發明之另一例示性實施例之一棒總成100'。在圖7中，為清晰起見僅僅顯示了該棒總成100'之若干棒區段110，應瞭解該棒總成100'可包含額外棒區段110及間隔物20。在一實例中，該燃料束10可包含八個具有各種大小(不同長度)棒區段110之間隔物20，該等棒區段110係利用附接於該上端部件120上之一膨脹彈簧125附接至該上端部件120及下端部件130，如此項技術中已知。

與圖2A不同，在圖7中可於各種位置中設置各種大小之配接器「微型子總成」300a使得兩鄰接棒區段110之間之連接點不會出現於該間隔物位置處(即，間隔物20處)。圖7亦進一步詳細地繪示一下切區段160(圖2B中之區段虛線360)以及一容器總成600'。由於期望具有額外位置以更容易地移除於其中包含一容器總成600'之棒區段110(用於移除該容器總成600'並運送至一所需的客戶)，所以該棒總成100'可包含不同長度之配接器子總成300(諸如微型子總成

300a及延伸子總成)以於不同長度之鄰接棒區段110(例如)之間使用。可將圖7中所示之該等棒總成100'之一者或多者插入一燃料束(諸如圖1A中所示之燃料束10)中。額外地，一棒總成100或100'可於間隔物20位置處具有配接器子總成300以及於間隔物20之間具有一個或多個微型子總成300a用於連接鄰接棒區段110及/或用於將一棒區段110連接至一上端部件120或下端部件130之一者(圖2A中所示)或如圖7中所示一上端部件總成1000及一下端部件總成1100之一者。

亦如圖7中所示，一給定棒區段110可於其中包含多個容器總成600'。在圖7中，該容器總成600'可包含複數個呈「BB」形式之輻照目標，其為用於根據本發明之輻照目標之另一替代形式。

相應地，如圖7中所示，除了可使用圖2A中所述之固定大小之配接器子總成300之外，該棒總成100'亦可包含各種大小之配接器微型子總成300a。此可產生具有多個用途之一單一多接頭棒總成100'。此利用該反應器中中子通量之變化位準以變化該目標中同位素產生之程度。

作為一實例，該棒總成100'可於不同大小之棒區段110內之各種位置處包含複數個輻照目標並仍然保持圖1A之一燃料束10內之一標準全長度燃料棒18或部分長度棒19之相同長度及/或提供具有如(例如)圖1A之燃料束10內之一部分長度棒相同之長度的一棒總成100'。沿著該棒總成100'之軸向長度於不同連接點處可移除及/或重新連接該棒總成100'

之不同棒區段110。可藉由於(例如)其連接點處或下切區段160處旋鬆、切斷及/或切段或折斷一特定區段移除一給定棒區段110及/或配接器微型子總成300a。

額外地，如圖7中所示，可將輻照目標620置於預包裝容器總成600'中，該預容器總成600'可有助於從該反應器所在場所直接運送至該接收客戶。此預包裝容器600'可包含不同輻照目標材料，而不管該等目標同位素是否處於固態、液態或氣態及是否處於一棒區段110內。

圖8A至圖8B係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一配接器子總成之視圖；及圖9A及圖9B進一步詳細地繪示該微型子總成300a。圖8A顯示一凸型配接器塞330'及將該凸型配接器塞330'插入該凹型配接器塞350'中之一方向。圖8B繪示凸型配接器塞330'及凹型配接器塞350'之間的連接接合作為一例示性配接器子總成300'之部分。

圖8A及圖8B繪示具比圖3A至圖3B及圖4A至圖4B中或圖9A至圖9B中所示之配接器子總成更長之長度的一配接器子總成300'。例如，若出現需求，則該更長凸型配接器區段330'之較長細長區段338A可提供實現連接棒區段110之一較小長度區段的一配接器子總成300'以可與一更長/更重棒區段110互換。在圖8A中，該較長細長區段338A之長度被標示為「 $y \cdot n$ 」以將其與圖9A之微型子總成300a中較短細長區段338B之長度相區分。類似地，圖8B中之配接器子總成300'之整體長度可比圖9B中之對應微型子總成300a

長一整數倍 n 或一整數 n 與圖9B中之微型子總成300a之長度「 x 」之一加合。

可將圖9A至圖9B之較小兩件微型子總成300a用於間隔物20位置之間以產生愈加小之棒區段110之子總成。可將圖9B之較小兩件配接器微型子總成300a用於如(例如)圖8B中所示之較大兩件配接器子總成300'之相同棒總成100'中。

圖10A至圖10B係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一上端部件配接器之視圖。圖11A至圖11B係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一下端部件配接器之視圖。

圖10A至圖11B繪示圖5A及圖5B中所示之端部件總成500之替代實施例。圖10A及圖10B繪示一上端部件總成1000。該上端部件總成1000可於一端處包含一上端部件配接器子總成1330及於另一端處包含連接至此之上端部件1310(其可包含螺紋)。與圖5A及圖5B中所示之一體式端部件總成500不同，在圖10A及圖10B中，該上端部件1310附接於類似於如圖4A及圖4B中所述之凹型配接器塞350之一凹型配接器塞1350。可將該凹型配接器塞1350接合於諸如先前上文所述之圖3A至圖3B中之凸型配接器塞1330。該上端部件子總成1000允許藉由將棒區段110之不同長度混合及匹配至該棒總成100'之相同軸向長度內之不同連接點而建立從其上端部件1310向下至其底端部件2310之一全長度棒。

類似地，在圖 11A 及圖 11B 中，一下端部件總成 1100 可包含連接至該下端部件 2310 之一下端部件配接器子總成 2300。特定言之，該下端部件 2310 附接於該凸型配接器塞 2330，該凸型配接器塞 2330 與附接至一鄰接棒區段 110 (例如) 之一凹型配接器塞 2350 配合。在一態樣中，可在移除一棒區段 110 之一下區段之後使用下端部件使得該棒總成 100' 之剩餘軸向長度可使用該可拆卸下端部件總成 1100 而保持於棒束 10 內用於額外之循環。

相應地，該上端部件總成 1000 及下端部件總成 1100 提供可再用及可移除下端部件及上端部件，其等可有助於快速修理或移除該棒總成 100' 內之指定棒區段 110。

圖 12A 至圖 12C 係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一配接器子總成之視圖。通常而言，可將配接器子總成 300b 理解為具有一凸型連接器 330'' 之一推扣鎖定機構，該凸型連接器 330'' 接合一對應凹型連接器 350'' 以將兩棒區段 110 或一棒區段 110 與圖 2A 之上端部件 120 及下端部件 130 之一者連接。該凸型連接器 330'' 可於其一端處包含一擴展部件及該凹型連接器 350'' 可包含終止於一接收器中之一內空腔，該內空腔係經調適以接收該擴展部件。

圖 12A 及圖 12B 繪示一凸型連接器 330'' 及凹型連接器 350'' 及該兩連接器 330''、350'' 之間之連接接合方向。如圖 12B 中所示，該凸型連接器 330'' 可包含一熔接對準部件 355 (諸如圖 2B 中所示) 以幫助將該凸型連接器 330'' 對準於

其對應棒區段110之內部中。該凸型連接器330''之另一端可包含用於連接接合於一內部空腔358''內之一彈簧塞卡口1205以一旦完全接合於該凹型連接器350''之一對應球及插口接頭裝配件1210內便中斷。

圖12A繪示具有內部空腔358''之一凹型連接器350''，該內部空腔358''可經定形以接收該對應球及插口接頭裝配件1210內之彈簧塞卡口1205，如圖12A中所示。圖12C繪示連接器子總成300b之凹型連接器350''及凸型連接器330''之間的連接接合。相應地，一旦將該可擴展卡口塞彈簧夾頭1205不動地固定於該凹型連接器350''之該球及插口接頭裝配件1210內，該等棒區段110便可完全安裝於一單一棒總成100/100'中。

相應地，圖12A、圖12B及圖12C中之配接器子總成300b繪示一推扣機構以連接該棒總成100/100'之鄰接棒區段100並可減小如圖2A、圖2B及圖7中所示使用螺紋接合會發生之黏著可能性。這可導致快速組裝及/或拆卸各種棒區段110而無須折斷、切段或切分該等區段110(例如)。

如先前所述，該等棒區段110之各者可於其上具有識別標示或標記，該等識別標示或標記可識別此特定棒區段110內之內容物。或者，可將該識別標示標記於一給定棒區段110(例如)內之容器總成600、600'上。

在另一態樣中，一給定凸型配接器塞330上之圖8A至圖8B及圖9A至圖9B之該等細長區段338/338A/338B之螺紋螺桿長度可係充分長使得一給定棒區段在一反應器操作期間

不會變得旋鬆。如一實例，該等細長區段338/338A/338B之螺紋螺桿長度可係充分長使得其無法分離。此可有助於確保一給定棒長度在反應器操作期間不會變得旋鬆。

在另一態樣中，凸型配接器塞330及330'及/或凸型連接器330'可以相同方向定向以便於抽取一給定棒區段110。例如，具有凸型配接器塞330、330'及/或330''之區段110都可被安裝及/或配置於一給定棒總成100/100'中使得該區段100之該等凸型配接器塞/連接器330、330'、330''可朝向棒束10之頂端向上垂直延伸以有助於藉由用於移除、安裝(例如)之一適合工具抓住。當發生棒區段110掉落時，其具有凹型配接器塞350、350'及/或350''之側邊會朝向下而落地以減小該凸型端切段或折斷之機會。

相應地，具有連接至其之多個棒區段之例示性棒總成可提供一全長度或部分長度棒。該棒總成100可包含配接器子總成300，該等配接器子總成300於間隔物20位置處連接鄰接棒區段110以消除目前在習知之燃料總成之全長度及部分長度棒中普遍存在之侵蝕問題。在一態樣中，在一全長度100棒總成或部分長度棒總成100'中使用多個棒區段110可允許將多個輻照目標裝載於該棒總成100/100'之不同區段及不同軸向位置處。若該反應器經組態僅僅用於產生同位素及/或用於產生同位素及提供能量產生則此可允許在一反應器之各燃料束中產生多個同位素，及亦使其能沿著一給定燃料束內之棒之軸向長度將輻照目標置於所需之通量位置處。

圖 14A 至圖 15C 繪示根據本發明之配合結構或配接器子總成之額外實例實施例。此等實施例之各者將作為配合鄰接棒區段 110a 及 110b 而進行描述。然而，應瞭解可將此等配合結構用以配合任何兩個鄰接區段。

如圖 14A 中所示，該等區段 110a 及 110b 包含各自之凸型連接部件 1406 及 1402。該等凸型連接部件 1406 及 1402 可通過生產一單一區段或藉由(例如)將該等凸型連接部件 1406、1402 熔接至其等之各自區段 110a 及 110b 而與其等之各自區段 110a 及 110b 構成一整體。該等凸型連接部件 1406、1402 可為實心的及/或包含至少一中空部分。

該配合結構 300 進一步包含一凹型連接部件 1404，該凹型連接部件 1404 經組態以於任一端處接收凸型連接部件 1406 及 1402。該凹型連接部件 1404 可為一中空圓柱體或套筒，其中該套筒之一外表面之直徑配合該等區段 110a 及 110b 之外表面之直徑。以此方式，該等區段 110a、110b 及配合結構 300 於軸向方向形成一連續包層。

在一實施例中，該凸型連接部件 1402 及 1406 及該凹型連接部件 1404 係由與該等區段 110a、110b 相同之材料製成。然而，在另一實施例中，該等凸型連接部件 1402 及 1406 係由中子吸收材料之一個及/或多個組合製成及/或包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。替代地及或額外地，該凹型連接部件 1404 係由中子吸收材料之一個及/或多個組合製成及/或包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。

該中子吸收材料並非係核燃料及可為與用作一幅照目標

之材料相同或不同之材料。藉由在該配合結構300中包含中子吸收材料之一個及/或多個組合，可減小及/或消除於棒區段之間之連接點之高度處之一相對能量峰或一能量增加。因此，無需調整鄰接燃料棒中之濃縮度及可減輕及/或消除核性能之降低。實例中子吸收材料包含任何先前提及之輻照目標材料。

如將瞭解，本發明之諸實施例並非限於圖14A中所示之配合結構。代替地，許多替代結構係容許的。例如，圖14B繪示該凹型連接部件1404'可包含一實心區段1408，該實心區段包含一中子吸收材料。

另外，圖14C繪示該凸型連接部件1402及1406除了該等凸型連接器外之部分可分別包含中子吸收材料部分1410及1412之一個及/或多個組合。例如，在圖14C之實施例中，該凹型連接部件1404可包含一中子吸收部分1416及/或由中子吸收材料之一個及/或多個組合形成。該部分1416可為旋入適當位置、摩擦配合、熔接等等之一圓柱塞。該凸型連接部件1402、1404可由與該等區段110a、110b相同之材料形成；但分別包含中子吸收材料部分1410及1412之一個及/或多個組合。另外，應瞭解藉由該配合結構300連接之該等區段110a及110b之端可被認為包含中子吸收部分之一個及/或多個組合。

如圖15A中所示，該等區段110a及110b包含各自之凹型連接部件1504及1502。該等凹型連接部件1504及1502可通過生產一單一區段或藉由(例如)將該等凹型連接部件

1504、1502熔接至其等之各自區段110a及110b而與其等之各自區段110a及110b構成一整體。該等凹型連接部件1504及1502包含至少中空圓柱部分。

該配合結構300進一步包含一雙頭凸型連接部件1506，其經組態以於任一端處被該等凹型連接部件1504及1502接收。該凸型連接部件1506可為實心的並具有一圓柱形狀。

在圖15A之實施例中，該凸型連接部件1506變成由該等凹型連接部件1504及1502完全封圍，該等凹型連接部件1504及1502最終彼此抵靠。此外，各凹型連接部件1504及1502之一外表面之一直徑配合區段110a及110b之外表面直徑。以此方式，該等區段110a、110b及該配合結構300於軸向方向上形成一連續包層。

在一實施例中，該等凹型連接部件1504及1502及該凸型連接部件1506係由與該等區段110a、110b相同之材料製成。然而，在另一實施例中，該等凹型連接部件1502及1504或其之至少中空圓柱部分係由中子吸收材料之一個及/或多個組合製成及/或包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。替代地及或額外地，該凸型連接部件1506係由中子吸收材料之一個及/或多個組合製成及/或包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。

與圖14A至圖14C之實施例相同，該中子吸收材料並非係核燃料及可為與用作一輻照目標之材料相同或一不同之材料。藉由在該配合結構300中包含中子吸收材料之一個及/或多個組合，可減小及/或消除於棒區段之間之連接點

之高度處之一相對能量峰或一能量增加。因此，無需調整鄰接燃料棒中之濃縮度及可減輕及/或消除核性能之降低。

如將瞭解，本發明之諸實施例並非限於圖15A中所示之配合結構。代替地，許多替代結構係容許的。例如，圖15B繪示該凹型連接部件1506'可具有一中心部分1508，該中心部分1508具有比插入各自之凹型連接部件1502及1504中之凸型部分1507更大的一直徑。在此實施例中，該中心部分1508之外表面之直徑配合該等區段110a、110b之外表面之直徑以於軸向方向上建立一連續包層。

另外，圖15C繪示該凸型連接部件1502及1504除了該等中空圓柱部分外之部分可分別包含中子吸收材料部分1510及1512之一個及/或多個組合。例如，在圖15C之實施例中，該凸型連接部件1506可包含中子吸收材料之一個及/或多個組合及/或由中子吸收材料之一個及/或多個組合形成，及該等凹型連接部件1502及1504可由與該等區段110a、110b相同之材料形成；但分別包含中子吸收材料部分1510及1512之一個及/或多個組合。另外，應瞭解藉由該配合結構300連接之該等區段110a及110b之端可被認為包含中子吸收部分之一個及/或多個組合。

此外，在該配合結構中使用中子吸收之一個及/或多個組合亦可適用於先前所述之配合結構。例如，參考圖3A及圖3B，圓柱部分333、中間部件339、細長區段338等等之一者或多者可包含中子吸收材料之一個及/或多個組合或

由中子吸收材料之一個及/或多個組合製成。參考他4A及圖4B，圓柱形部分353等等之一者或多者可包含中子吸收材料之一個及/或多個組合或由中子吸收材料之一個及/或多個組合製成。可對圖8A至圖8B及圖9A至圖9B之實施例進行相同修改。另外，參考圖10A至圖10B、圖11A至圖11B及圖12A至圖12C，該凸型連接器330"及該凹型連接器350"之一者或多者或部分可包含中子吸收材料之一個及/或多個組合或由中子吸收材料之一個及/或多個組合製成。

因此，應明白所描述之本發明之例示性實施例可以許多方式變化。此等變化並不被認為脫離本發明之例示性實施例之精神及範疇及熟習此項技術者將明白之所有此等修改意欲包含於以下申請專利範圍之範疇內。

【圖式簡單說明】

圖1A繪示一核反應器之一例示性燃料束。

圖1B繪示該燃料束內之一間隔物至棒接觸區域，其顯示碎屑可嵌於或挾帶於圖1A之燃料束內之處。

圖1C繪示約束於一凸片式水棒之凸片之間之一間隔物及一間隔物內碎屑可嵌於或挾帶於圖1A之燃料束內之接觸區域。

圖2A繪示根據本發明之一例示性實施例之用於一燃料束之一棒總成。

圖2B繪示圖2A之一部分之一分解圖以更詳細地繪示該棒總成。

圖 3A 及圖 3B 係繪示用於根據本發明之一例示性實施例之棒總成之凸型配接器子總成之透視及側視輪廓。

圖 4A 及圖 4B 係繪示根據本發明之一例示性實施例之凹型配接器子總成之透視及側視輪廓。

圖 5A 及圖 5B 係繪示根據本發明之一例示性實施例之該棒總成之一例示性下端部件之透視及側視輪廓。

圖 6A 至圖 6E 係繪示根據本發明之一例示性實施例之具有經調適用於插入該棒總成之一給定棒區段中之內容物之一例示性容器總成之視圖。

圖 7 繪示根據本發明之另一例示性實施例之用於一燃料束之一棒總成。

圖 8A 及圖 8B 係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一配接器子總成之視圖。

圖 9A 及圖 9B 係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一微型子總成之視圖。

圖 10A 及圖 10B 係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一上端塞配接器之視圖。

圖 11A 及圖 11B 係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一下端塞配接器之視圖。

圖 12A 及圖 12C 係繪示用於根據本發明之另一例示性實施例之棒總成之一配接器子總成之視圖。

圖 13 係一實例實施例區段棒之一詳細視圖。

圖 14A 及圖 15C 繪示額外之實例實施例配合結構。

【主要元件符號說明】

10	燃 料 束
14	上 繫 板
16	下 繫 板
18	全 長 度 燃 料 束
19	部 分 長 度 燃 料 束
20	間 隔 物
22	水 棒
24	水 棒
34	凸 緣 或 突 片
36	凸 緣 或 突 片
50a	碎 屑 捕 獲 區 域
50b	碎 屑 捕 獲 區 域
50c	碎 屑 捕 獲 區 域
50d	碎 屑 捕 獲 區 域
50e	碎 屑 捕 獲 區 域
100	棒 總 成
110、110a、110b	棒 區 段
100'	棒 總 成
110	棒 區 段
111	點 連 接 線
115	連 接 點
120	上 端 部 件
125	膨 脹 彈 簧
130	下 端 部 件

155	熔接接頭
160	下切區段
300	配接器子總成
300'	配接器子總成
300a	微型子總成
300b	配接器子總成
330	配合結構/凸型配接器塞
330'	配接器子總成
332	第一端
333	圓柱區段
334	第二端
336	錐形端
338	細長區段
338A	較長細長區段
338B	較短細長區段
339	中間部件
350	凹型配接器塞
350'	凹型配接器區段
350''	凹型連接器
352	第一端
353	圓柱區段
354	第二端
355	熔接對準部件
356	配合螺紋

358	空腔
359	凹型成角度部分
360	虛線
380	成角度之邊緣
500	端部件總成
505	端塞部分
530	端部件配接器子總成
600	容器總成
600'	容器總成
601	外螺紋
602	O型環
603	導孔
610	容器
611	端
612	端
613	密封件
620	輻照目標
630	端塞
640	彈簧
650	標記
660	核燃料
1000	上端部件總成
1100	下端部件總成
1205	彈簧塞卡口

1210	插口接頭裝配件
1310	上端部件
1330	凸型配接器塞
1350	凹型配接器塞
1402	凸型連接部件
1404	凹型連接部件
1406	凸型連接部件
1408	實心區段
1410	中子吸收材料部分
1412	中子吸收材料部分
1416	中子吸收部分
1502	凹型連接部件
1504	凹型連接部件
1506	凸型連接部件
1507	凸型部分
1508	中心部分
1510	中子吸收材料部分
1512	中子吸收材料部分
2300	下端部件配接器子總成
2310	下端部件
2330	凸型配接器塞
2350	凹型配接器塞

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：100131975 G21G 1/02 (2006.01)

※申請日：100.9.5 ※IPC 分類：G21C 3/04 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

核反應器之棒總成

ROD ASSEMBLY FOR NUCLEAR REACTORS

二、中文發明摘要：

一實施例提供一種包含複數個棒區段之多區段棒。該等棒區段係於一軸向方向上經由配合結構可移除地彼此配合。一輻照目標佈置於該等棒區段之至少一者內，且至少一配合結構之至少一部分包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。

三、英文發明摘要：

One embodiment provides a multi-segment rod that includes a plurality of rod segments. The rod segments are removably mated to each other via mating structures in an axial direction. An irradiation target is disposed within at least one of the rod segments, and at least a portion of at least one mating structure includes neutron absorbing material.

七、申請專利範圍：

1. 一種多區段棒，其包括：

複數個棒區段，該等棒區段係於一軸向方向上經由配合結構可移除地彼此配合；

一幅照目標，其佈置於該等棒區段之至少一者內；及
至少一配合結構之至少一部分，其包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。

2. 如請求項1之棒，其中中子吸收材料之該一個及/或多個組合並非係核燃料。

3. 如請求項1之棒，其中中子吸收材料之該一個及/或多個組合包含與該幅照目標相同之一材料。

4. 如請求項1之棒，其中中子吸收材料之該一個及/或多個組合並不包含與該幅照目標相同之一材料。

5. 如請求項1之棒，其中中子吸收材料之該一個及/或多個組合以平衡於該幅照目標材料之一速率吸收中子。

6. 如請求項1之棒，其中中子吸收材料之該一個及/或多個組合具有大於3之一原子量。

7. 如請求項1之棒，其中該複數個棒區段至少包含可移除地配合至一第二棒區段之一第一棒區段，該第一棒區段具有一凸型連接部件及該第二棒區段具有接收該凸型連接部件之一凹型連接部件。

8. 如請求項7之棒，其中該第一棒區段之該凸型連接部件包含中子吸收材料之該一個及/或多個組合。

9. 如請求項8之棒，其中該凹型連接部件之一部分包含與

該凸型連接部件相同及/或不同中子吸收材料之該一個及/或多個組合。

10. 如請求項7之棒，其中該第二棒區段之該凹型連接部件包含中子吸收材料之該一個及/或多個組合。

11. 如請求項10之棒，其中該凸型連接部件之一部分包含與該凹型連接部件相同及/或一不同中子吸收材料之該一個及/或多個組合。

12. 如請求項1之棒，其中該複數個棒區段至少包含：可移除地配合於一第二棒區段之一第一棒區段，該第一棒區段具有一第一凸型連接部件，該第二棒區段具有一第二凸型連接部件；及一套筒部件，其具有一第一凹型連接部件及一第二凹型連接部件，該第一凹型連接部件接收該第一凸型連接部件及該第二凹型連接部件接收該第二凸型連接部件。

13. 如請求項12之棒，其中該第一凸型連接部件及該第二凸型連接部件之至少一者包含中子吸收材料之該一個及/或多個組合。

14. 如請求項13之棒，其中該第一凸型連接部件及該第二凸型連接部件之至少一者包含含有相同及/或一不同中子吸收材料之該一個及/或多個組合之分離部分。

15. 如請求項12之棒，其中該套筒部件包含中子吸收材料之該一個及/或多個組合。

16. 如請求項15之棒，其中該第一凸型連接部件及該第二凸型連接部件之至少一者之一部分包含與該凹型連接部件

相同及/或一不同中子吸收材料之該一個及/或多個組合。

17. 如請求項1之棒，其中該等棒區段係個別包層的，當於該軸向方向配合時，該等棒區段形成於該軸向方向具有連續包層之一連續多區段棒。

18. 如請求項1之棒，其中該輻照目標並非係核燃料。

19. 如請求項1之棒，其中

至少一棒區段包含至少一容器總成，該容器總成包括：

一第一端，

一第二端，

該輻照目標，及

一端帽，其經組態以附接至該第一端及該第二端之

至少一者以將該輻照目標密封於該容器總成之內部。

20. 如請求項1之棒，其中該輻照目標包含鈷Co-59、鉬-99、鉻-50、銅-63、鎢-164、鉕-168、鈦-165、銦化物-130、銥-191、鐵-58、鎳-176、鈮-102、磷-31、鉀-41、銻-185、鈐-152、硒-74、鈉-23、鋇-88、鎧-168、鎧-176、釷-89及氫-132之一者。

21. 一種於一核反應器中使用之燃料束，該燃料束包括：

複數個棒，該等棒之至少一者為一多區段棒，各多區段棒包含，

複數個棒區段，該等棒區段於一軸向方向上經由配合結構可移除地彼此配合；

一輻照目標，其佈置於該等棒區段之至少一者內；及
至少一配合結構之至少一部分，其包含中子吸收材料之一個及/或多個組合；及

複數個間隔物，各間隔物於該軸向方向上與其他間隔物相隔開，各間隔物沿著該多區段棒之軸向長度與該等配合結構之僅僅一者直接接觸。

22. 一種製造一多區段棒之方法，該方法包括：

將至少一輻射目標置於複數個棒區段之至少一者內，

將該複數個棒區段於一軸向方向上經由配合結構彼此配合以形成該多區段棒，至少一配合結構之至少一部分包含中子吸收材料之一個及/或多個組合。

23. 一種製造一燃料束之方法，該方法包括：

形成複數個棒，該等棒之至少一者為一多區段棒，該至少一多區段棒之該形成包括，

將至少一輻照目標置於複數個棒區段之至少一者內，

將該複數個棒區段於一軸向方向上經由配合結構彼此配合，至少一配合結構之至少一部分包含中子吸收材料之一個及/或多個組合；

藉由將該複數個棒置於該至少一間隔物中使得各間隔物沿著該多區段棒之軸向長度僅僅與該等配合結構之一者直接接觸而形成包含至少一間隔物及該複數個棒之一燃料束。

八、圖式：

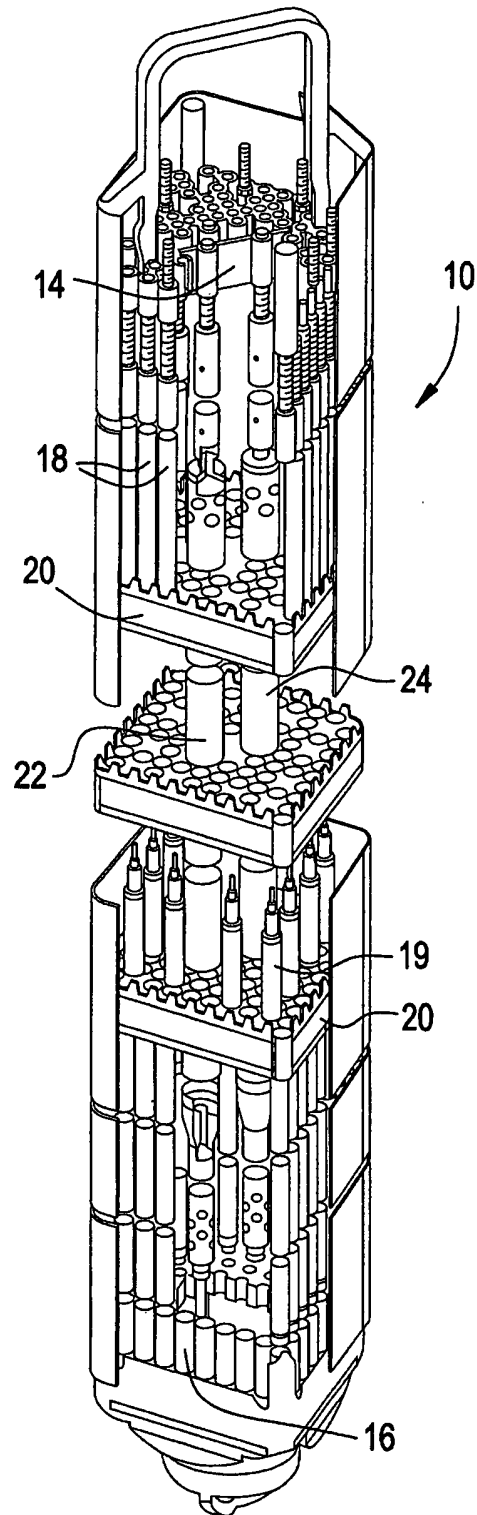


圖 1A

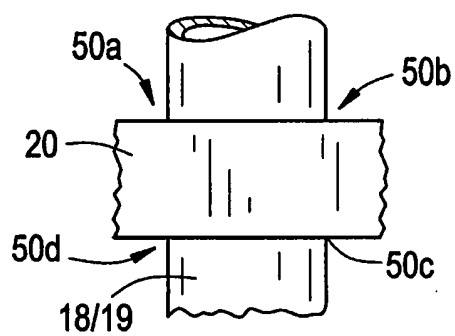


圖 1B

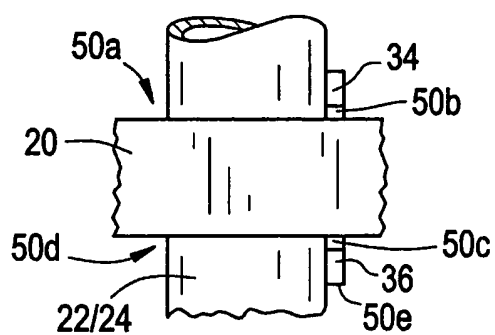


圖 1C

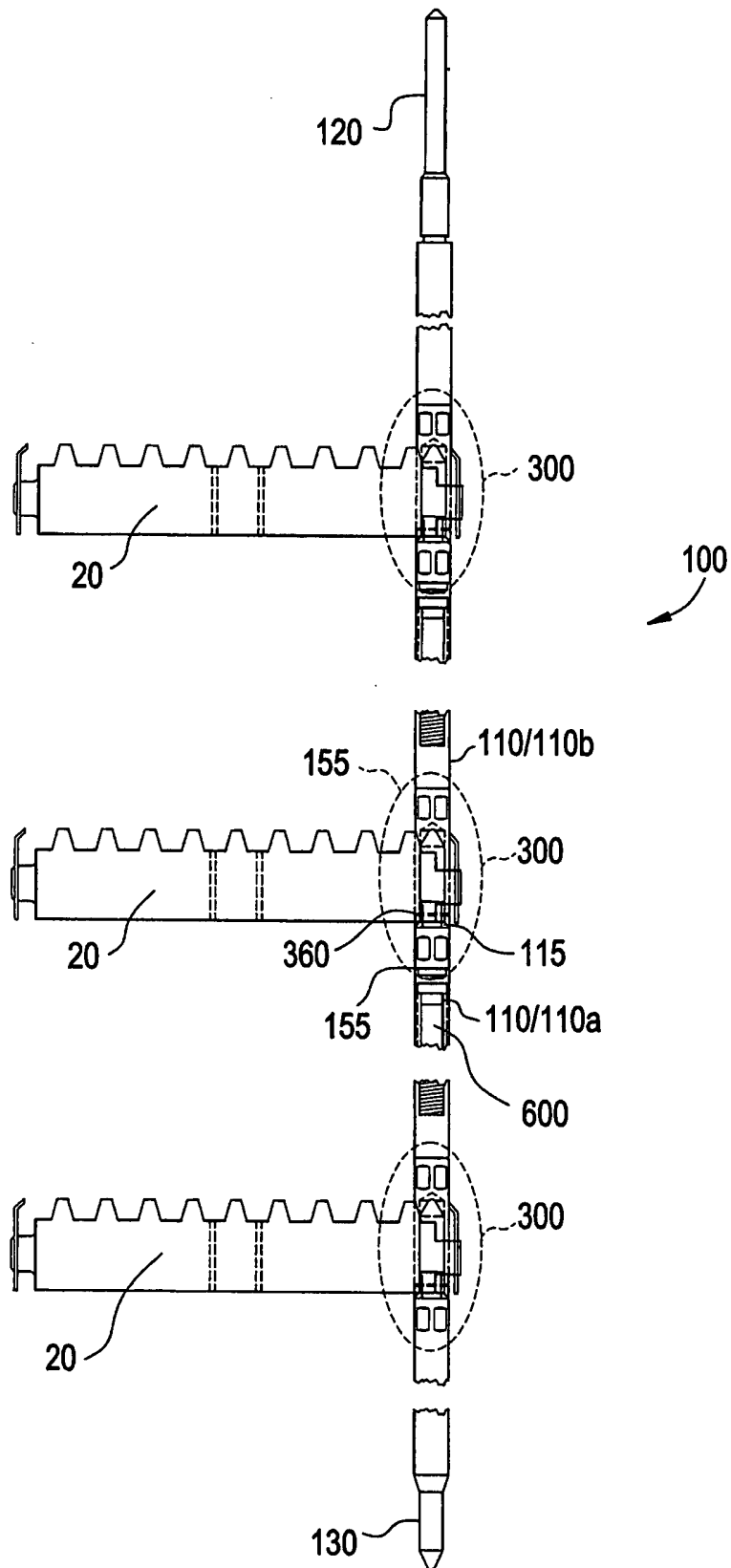


圖 2A

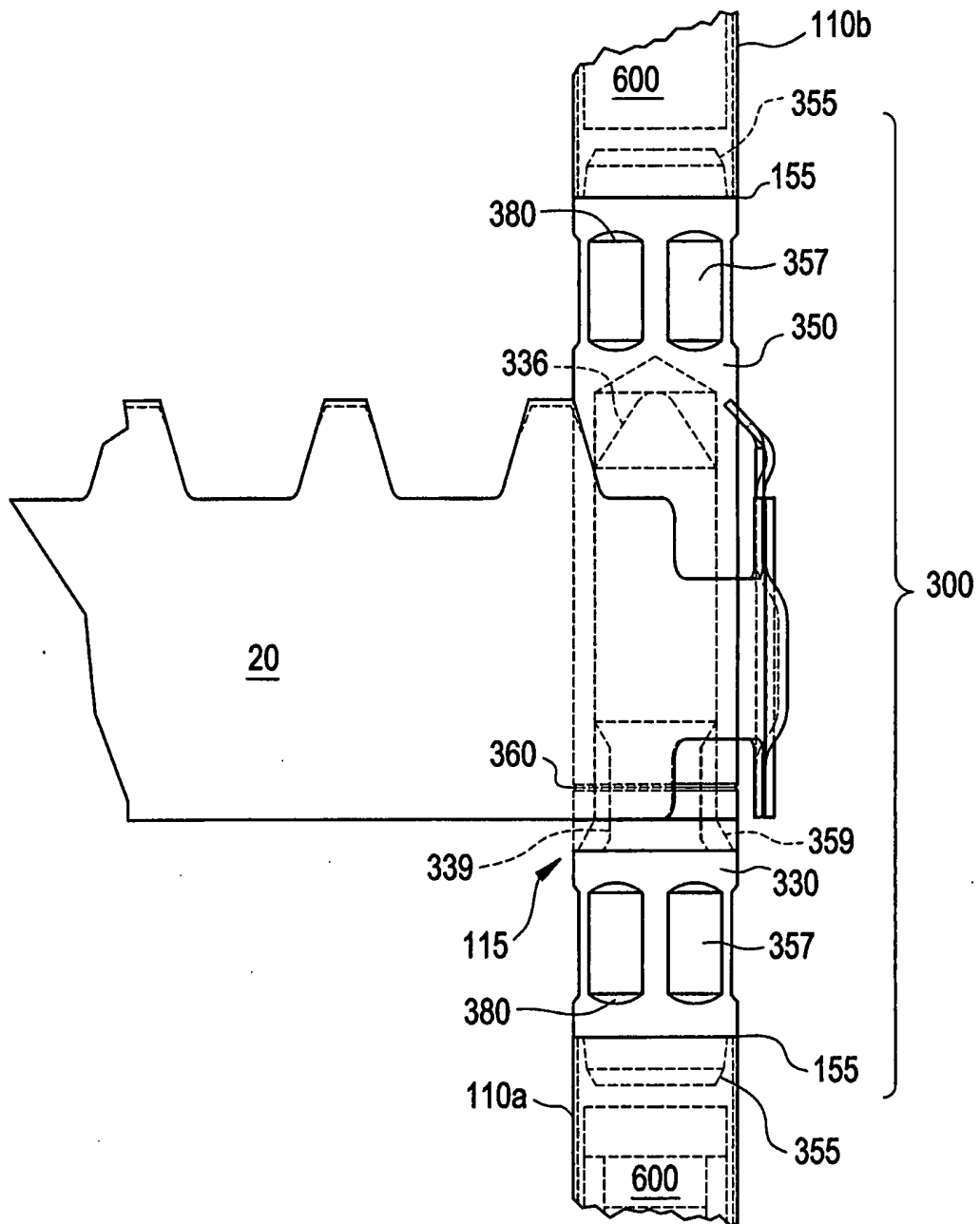


圖 2B

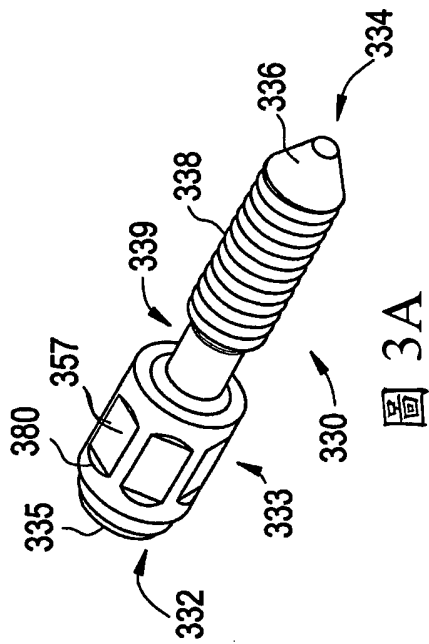


圖 3A

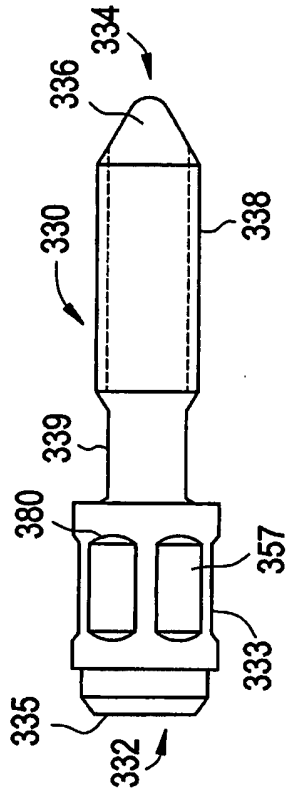


圖 3B

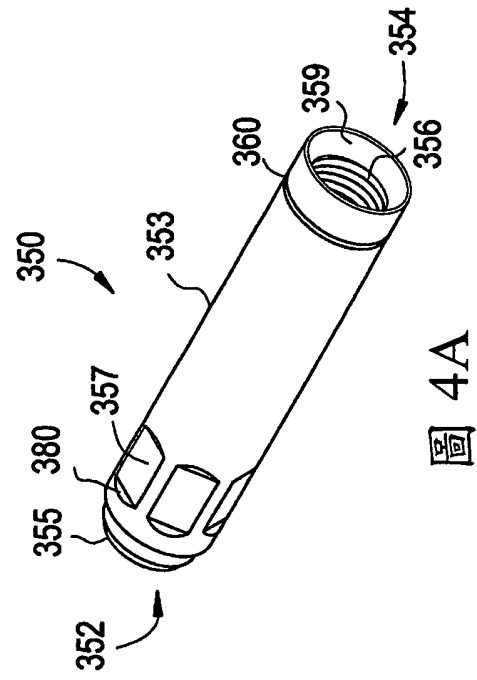


圖 4A

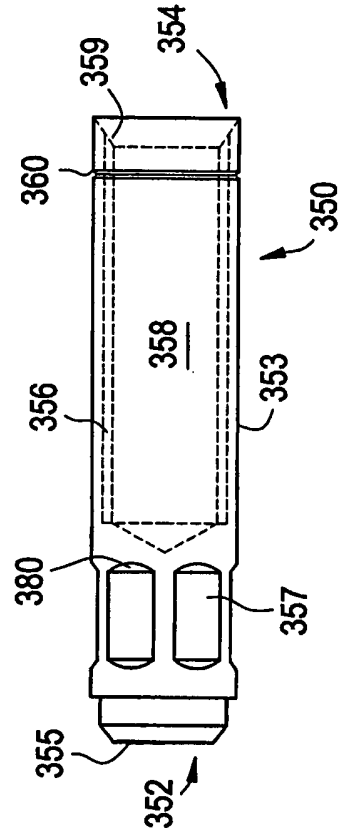


圖 4B

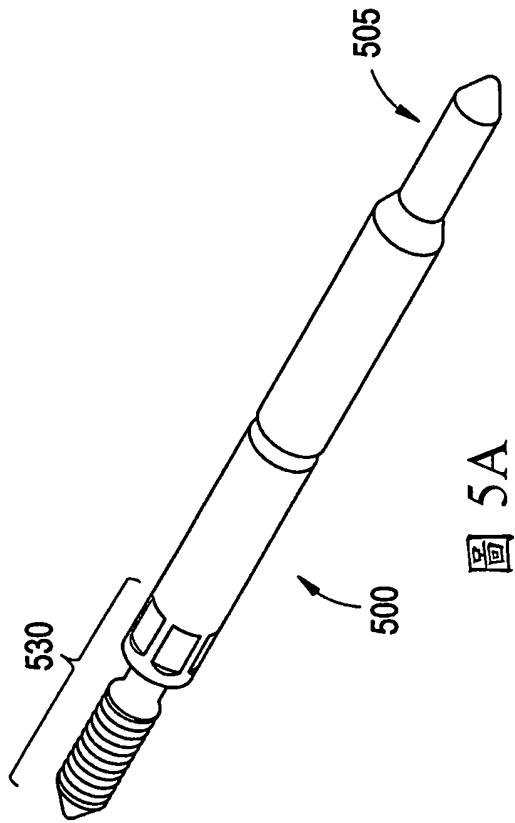


圖 5A

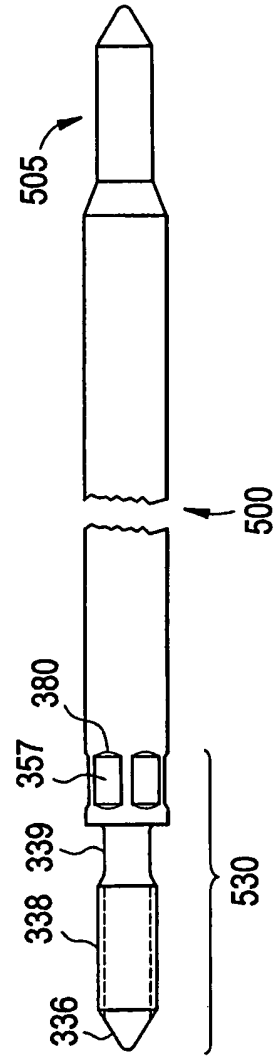
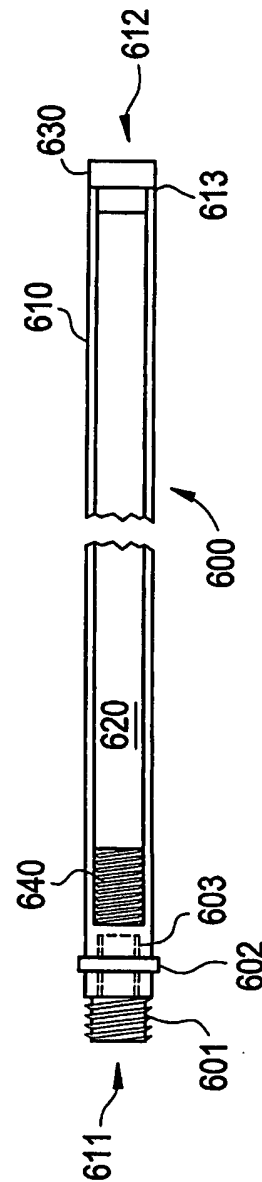
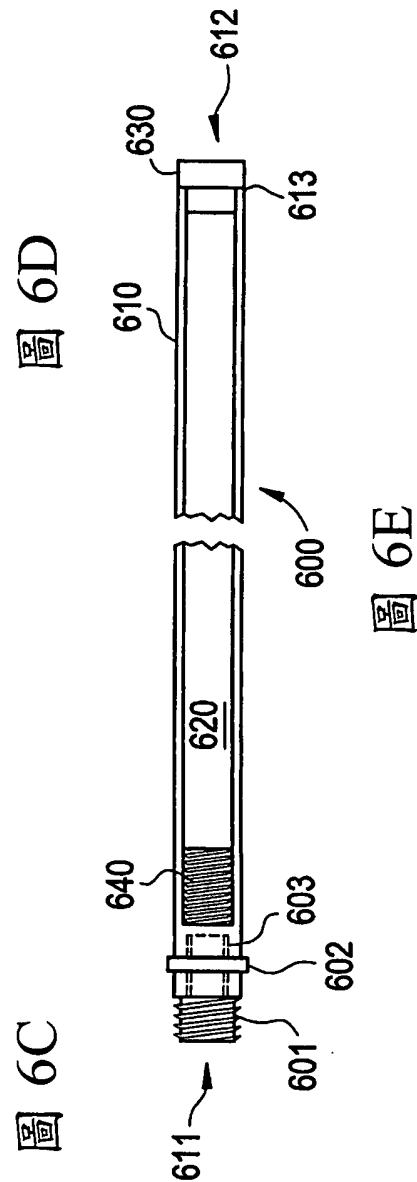
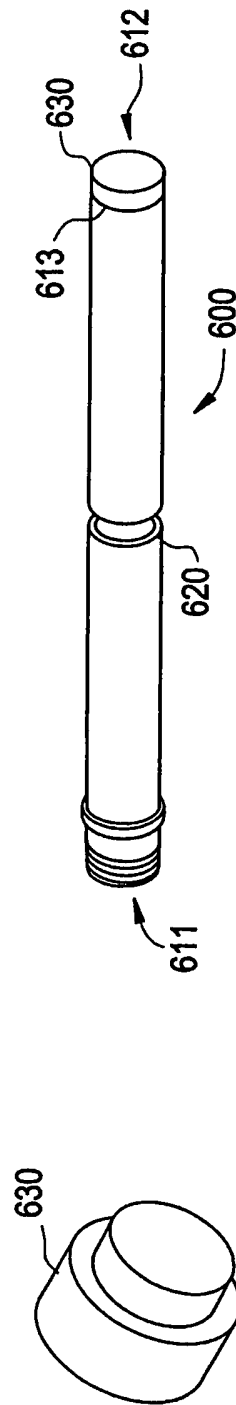
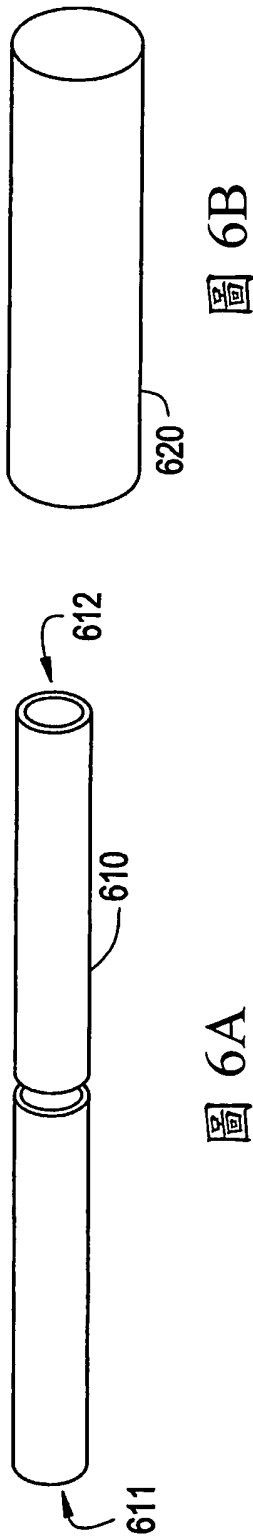


圖 5B



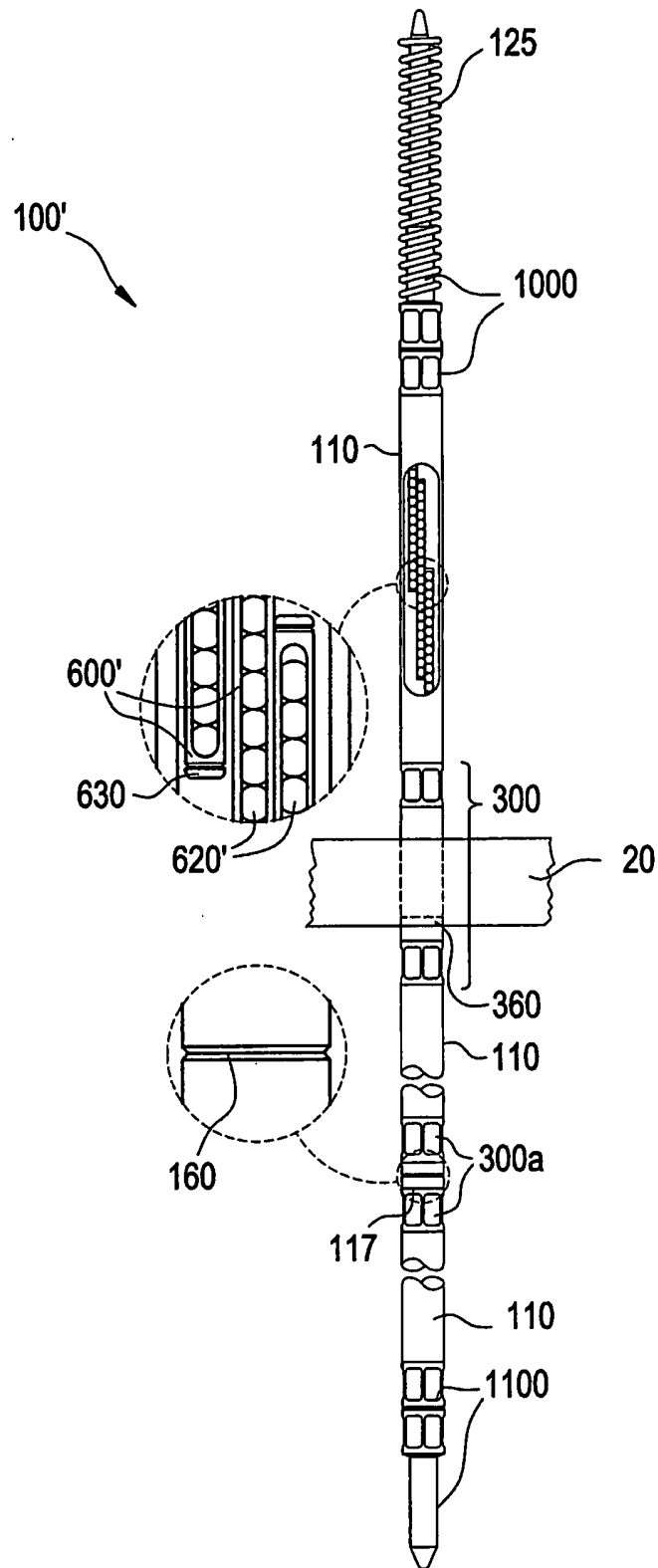


圖 7

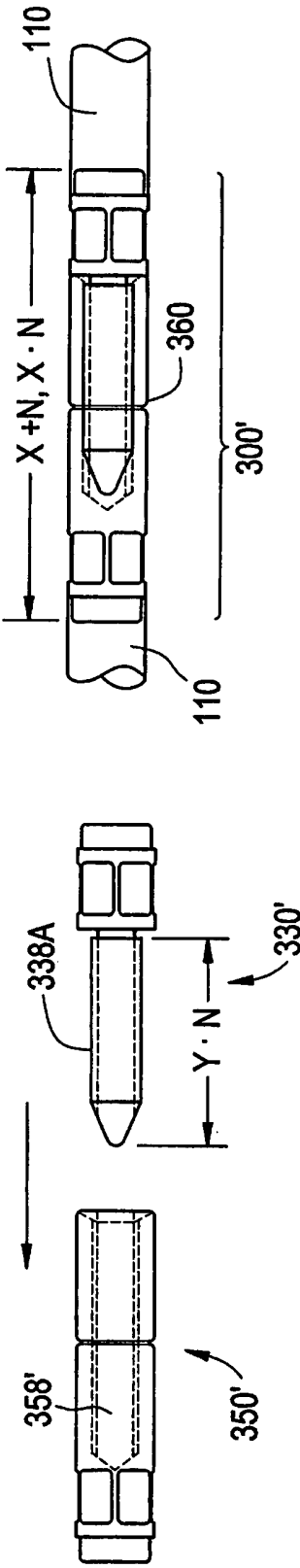


圖 8A

圖 8B

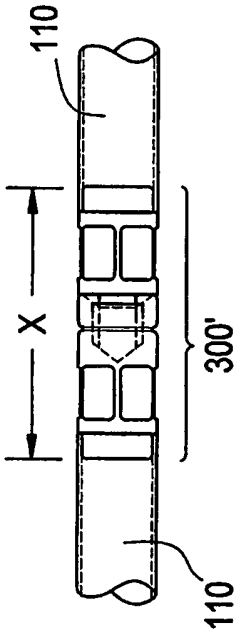


圖 9A

圖 9B

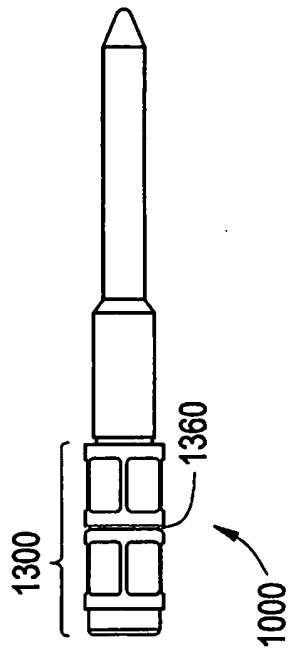


圖 10B

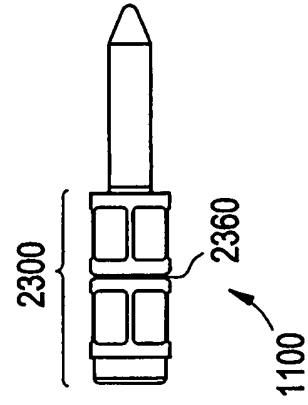


圖 11B

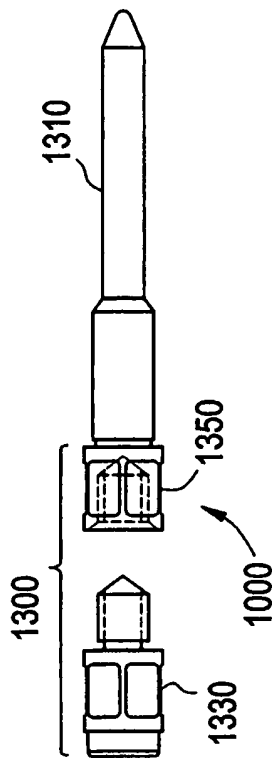


圖 10A

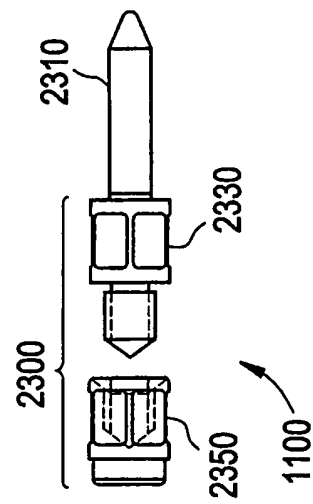


圖 11A

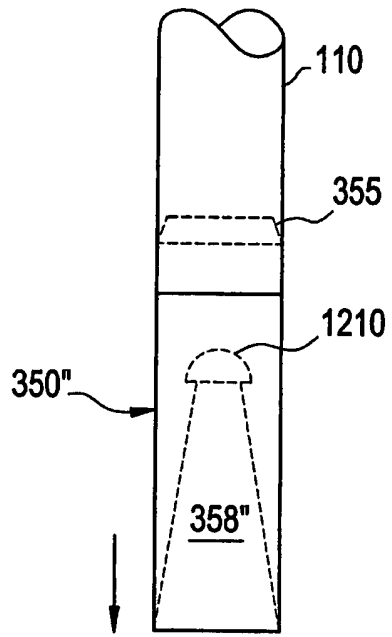


圖 12A

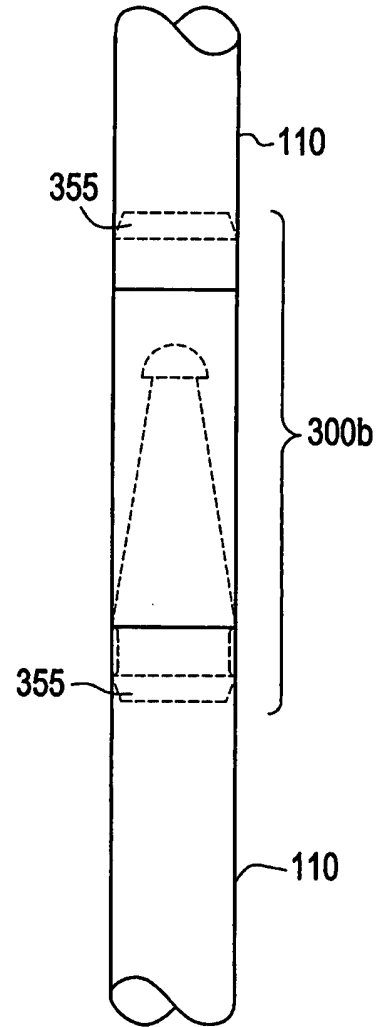


圖 12C

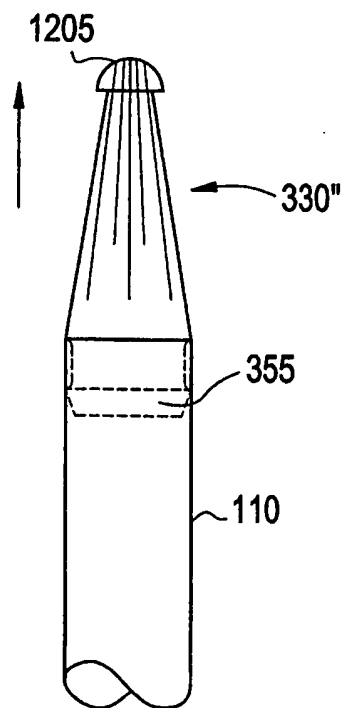


圖 12B

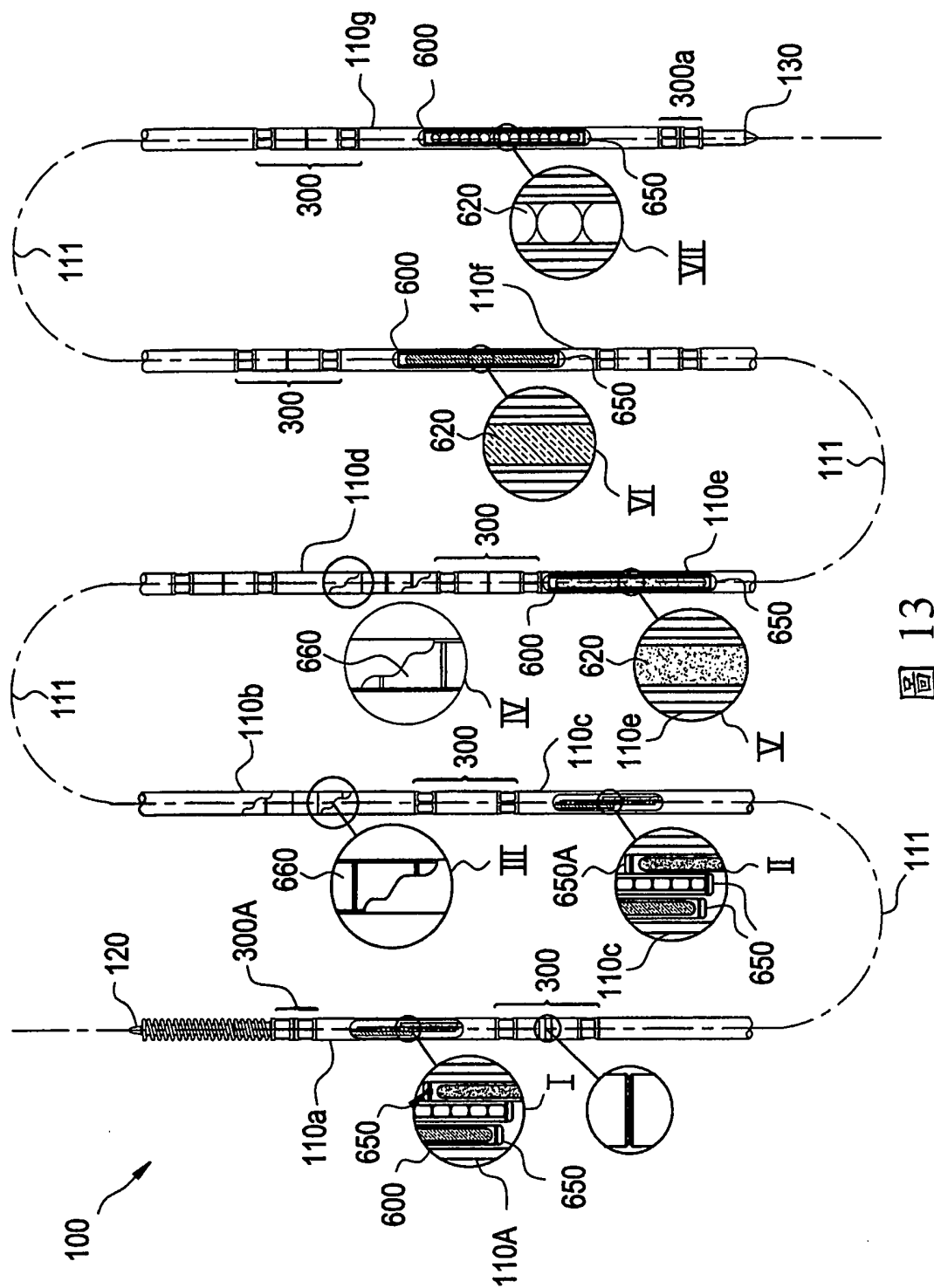


圖 13

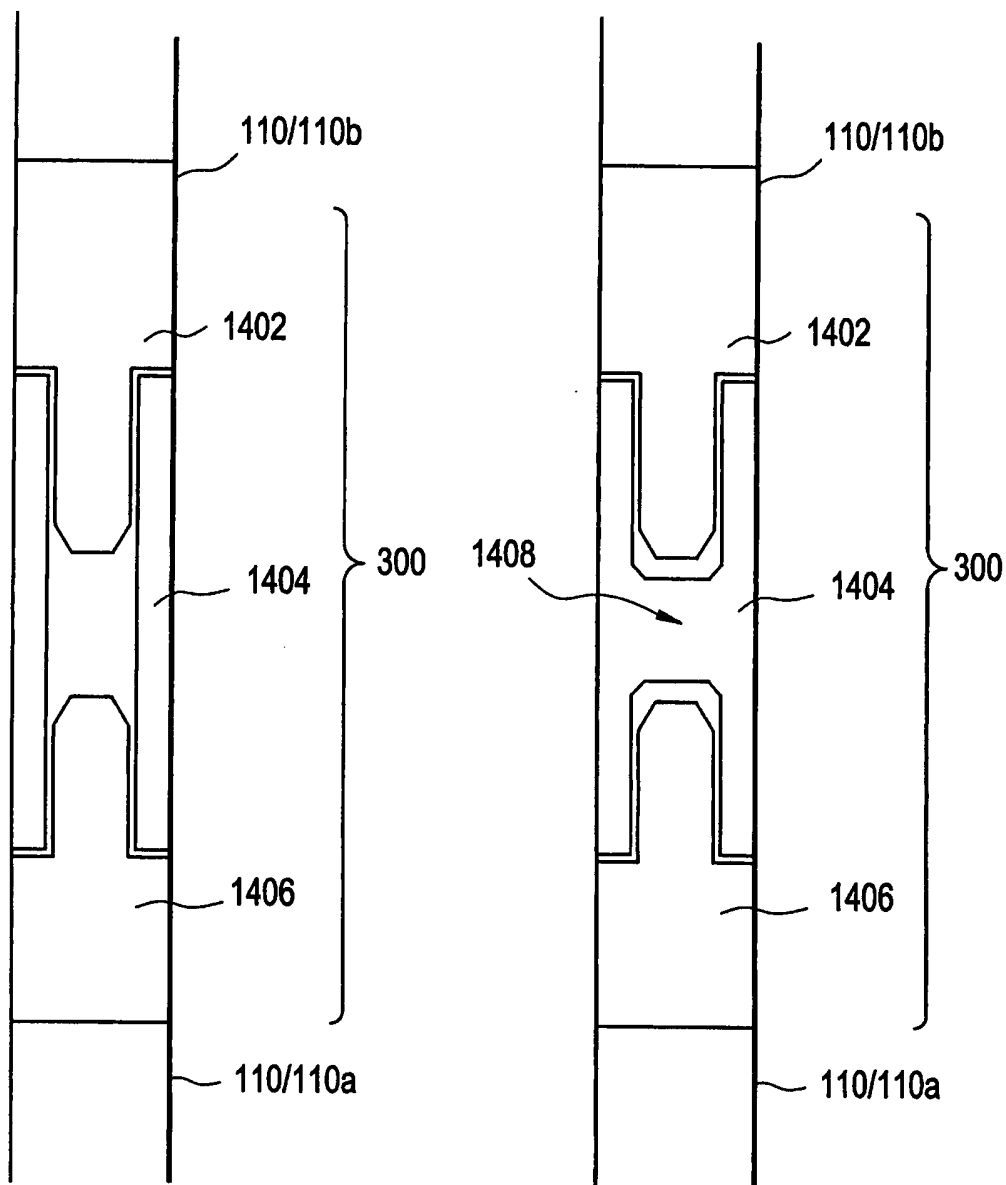


圖 14A

圖 14B

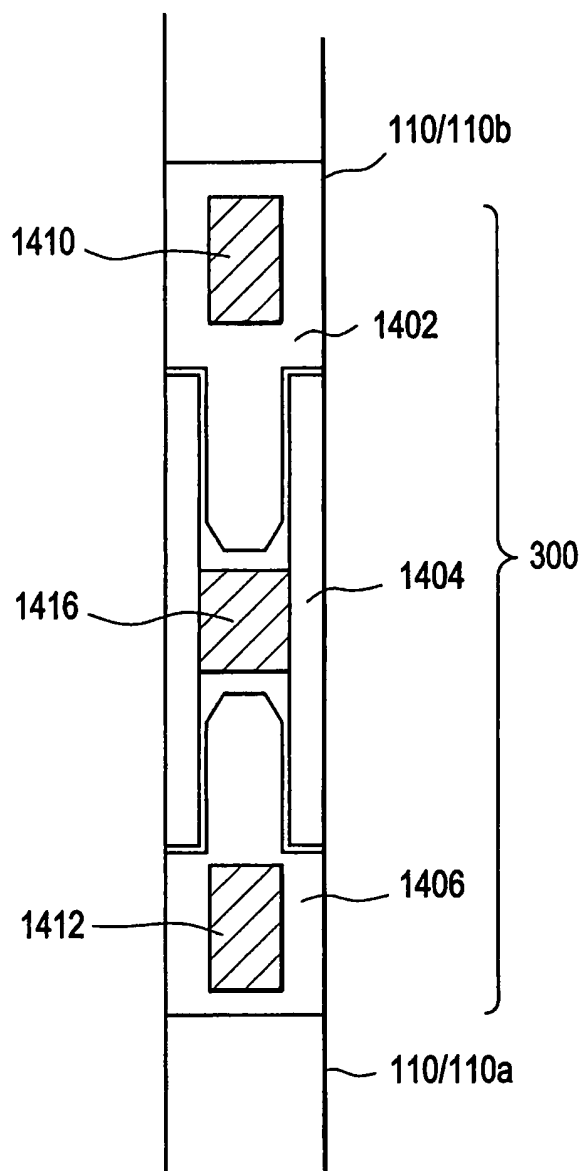


圖 14C

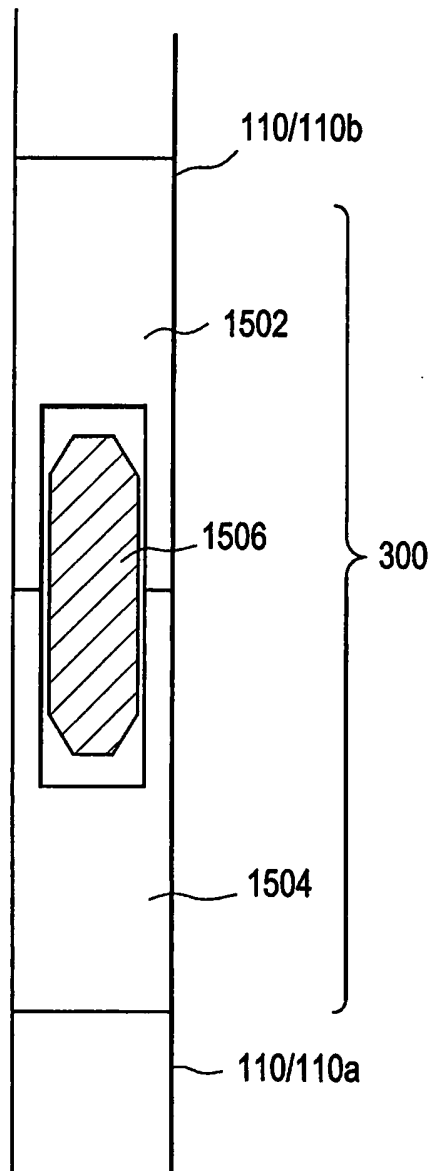


圖 15A

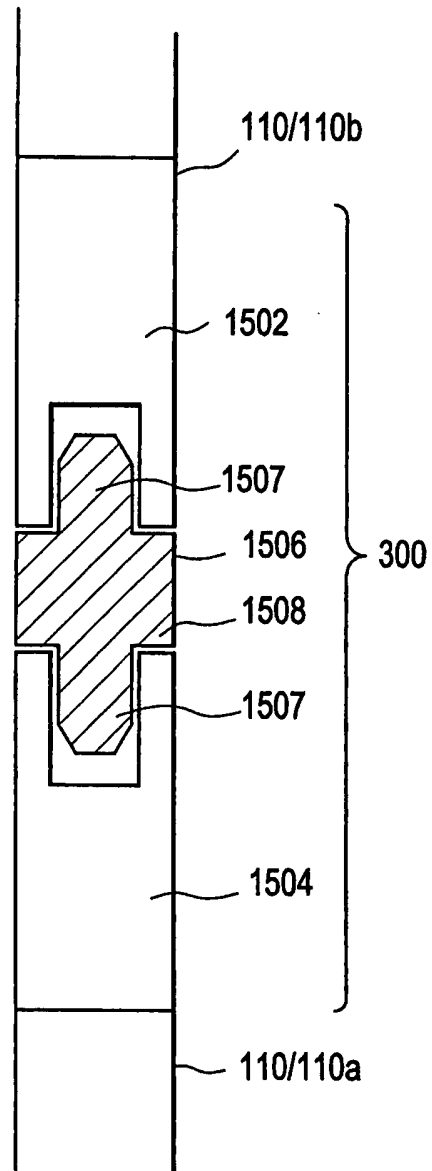


圖 15B

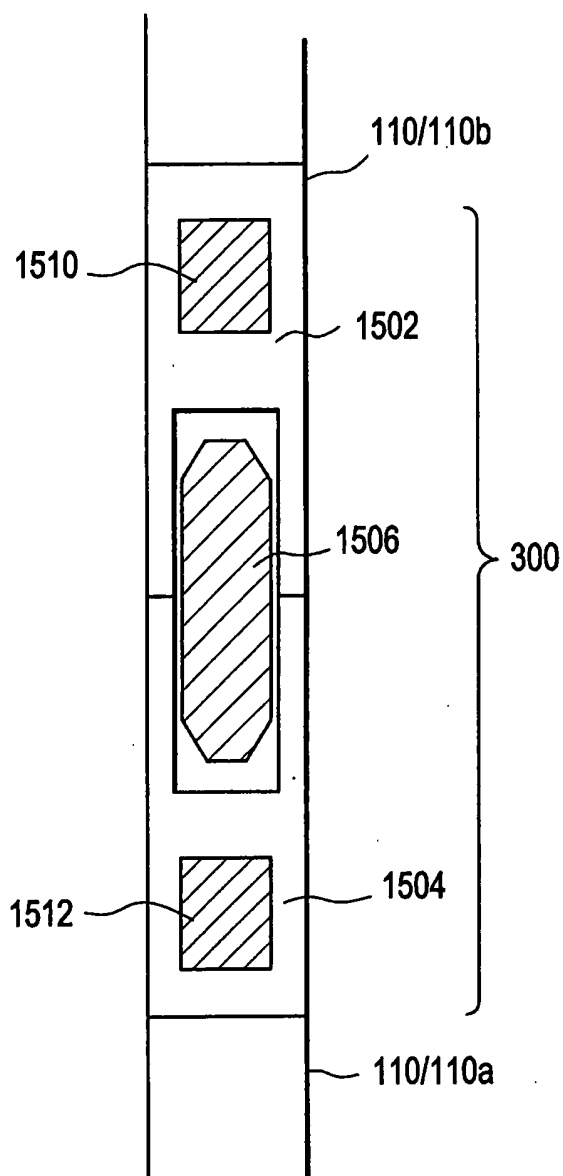


圖 15C

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

20	間隔物
100	棒總成
110、110a、110b	棒區段
115	連接點
120	上端部件
130	下端部件
155	熔接接頭
300	配合結構
360	虛線
600	容器總成

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)