202521440

(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 202521440 A

(43)公開日： 中華民國 114 (2025) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：114103388 (22)申請日： 中華民國 109 (2020) 年 12 月 22 日

(51)Int. Cl.： *B65D65/38 (2006.01)* *B65D81/03 (2006.01)*
B32B3/10 (2006.01)

(30)優先權：2019/12/23 美國 62/952,815
2020/07/29 美國 63/058,084

(71)申請人：美商３Ｍ新設資產公司 (美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US)
美國

(72)發明人：寇瑞根 湯瑪士 瑞查德 強史東 CORRIGAN, THOMAS RICHARD JOHNSTONE (US)；佛雷明 派翠克 路德 FLEMING, PATRICK RUDD (US)；雷格 安德森 戴隆尼 羅格 LANGER-ANDERSON, DELONY LOGAN (US)；米勒 麗莎 瑪格麗特 MILLER, LISA MARGARET (US)；尼爾摩 曼那瓊 NIRMAL, MANOJ (US)

(74)代理人：陳長文；孫寶成；許文亭

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：22 共 0 頁

(54)名稱

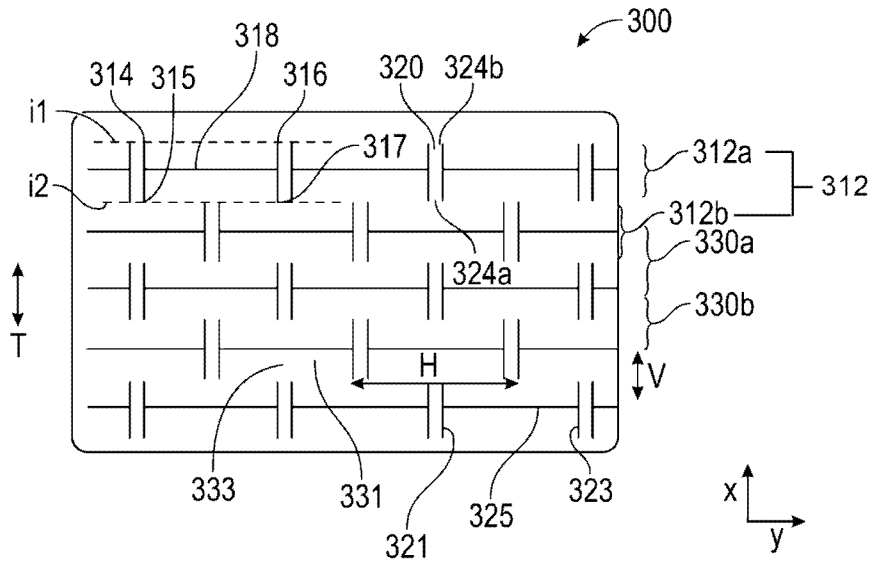
具有複合切縫之膨脹材料、其製備方法與應用及用於形成切縫之模具

(57)摘要

本揭露大致上係關於包括複合切縫圖案的張力活化膨脹物品。在一些實施例中，這些物品係用作緩衝膜及/或包裝材料。本揭露亦關於製作及使用這些張力活化膨脹物品之方法。

The present disclosure relates generally to tension-activated, expanding articles that include compound slit patterns. In some embodiments, these articles are used as cushioning films and/or packaging materials. The present disclosure also relates to methods of making and using these tension-activated, expanding articles.

指定代表圖：



【圖 3A】

符號簡單說明：

300:圖案；材料

312a,312b:列

314:第一終端

315:第二終端

316:第三終端

317:第四終端

318:中點

320:軸向束

321:第一軸向部分

323:第二軸向部分

324a,324b:終端

325:大致上橫向部分

330a,330b:折疊壁區域

331,333:大致上矩形區域

20252月4日
專利案號：114103388
原申請案號：109145404

【發明摘要】

【中文發明名稱】

具有複合切縫之膨脹材料、其製備方法與應用及用於形成切縫之模具

【英文發明名稱】

EXPANDING MATERIAL WITH COMPOUND SLITS, PREPARATION METHOD AND APPLICATIONS THEREOF, AND DIE FOR FORMING SLITS

【中文】

本揭露大致上係關於包括複合切縫圖案的張力活化膨脹物品。在一些實施例中，這些物品係用作緩衝膜及/或包裝材料。本揭露亦關於製作及使用這些張力活化膨脹物品之方法。

【英文】

The present disclosure relates generally to tension-activated, expanding articles that include compound slit patterns. In some embodiments, these articles are used as cushioning films and/or packaging materials. The present disclosure also relates to methods of making and using these tension-activated, expanding articles.

【指定代表圖】

圖 3A

【代表圖之符號簡單說明】

300:圖案；材料

312a, 312b:列

314:第一終端

315:第二終端

316:第三終端

317:第四終端

318:中點

320:軸向束

321:第一軸向部分

323:第二軸向部分

324a, 324b:終端

325:大致上橫向部分

330a, 330b:折疊壁區域

331, 333:大致上矩形區域

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有複合切縫之膨脹材料、其製備方法與應用及用於形成切縫之模具

【英文發明名稱】

EXPANDING MATERIAL WITH COMPOUND SLITS, PREPARATION METHOD AND APPLICATIONS THEREOF, AND DIE FOR FORMING SLITS

【技術領域】

【0001】 本揭露大致上係關於包括複合切縫圖案的張力活化膨脹物品。在一些實施例中，這些物品係用作緩衝膜及/或包裝材料。本揭露亦關於製作及使用這些張力活化膨脹物品之方法。

【先前技術】

【0002】 2016 年，消費者透過線上購買的商品超出在店內購買者。（*Consumers Are Now Doing Most of their Shopping Online,* Fortune Magazine，2016 年 6 月 8 日）。具體而言，消費者有 51%會進行網路購物，且 49%在實體商店購物。*Id.*此消費者行為改變的一個結果是每日郵寄及遞送的包裹數量成長。全世界每年超過 134 億個包裹被遞送至住家或企業（美國郵政局約 52 億、Fed Ex 約 33 億，以及 UPS 約 49 億）。雖然非包裹郵件遞送每年遞減，但包裹遞送以每年約 8%的速率成長。此成長已導致美國郵政局業務之 25%係包裝遞送。（Washington Examiner，「*For every Amazon package it delivers, the Postal Service loses $1.46*」，2017 年 9 月 1 日）。Amazon 一天運送約 3 百萬個包裹，且 Alibaba 一天運送約 1 千 2 百萬個包裹。

【0003】 不只有企業要運送包裹。成長的創客文化建立個人透過像是 Etsy™等網站運送其手作產品至全世界的機會。進一步地，對永續性關注增加引起許多消費者在像是 eBay™等網站轉售用過的產品，而非扔至掩埋場。例如，超過 2 千 5 百萬人在 eBay™上銷售貨品，且超過 1 億 7 千 1 百萬人買這些貨品。

【0004】 運送這些貨品的個人及企業常以運送容器進行運送，該等運送容器一般係包括欲運送產品、緩衝物、及空氣的盒。盒具有許多優點，包括例如盒可直立、輕量、放平儲存、可回收、且相對低成本。然而，標準大小的盒常無法與欲運送之項目的大小匹配，因此使用者必須以大量的填料或緩衝材料填充盒以試圖保護欲運送的項目免於在過大的盒中推擠碰撞並因而受損。

【0005】 包裝緩衝材料在運送期間保護項目。緩衝材料減緩運送及裝載/卸載期間之振動及撞擊震動的效應，以降低產品受損的可能性。緩衝材料常放置在運送容器內，該等緩衝材料在該運送容器中藉由例如屈曲及變形及/或藉由減緩振動或者將震動及振動傳送至緩衝材料而非傳送至欲運送的項目來吸收能量。在其他情況下，包裝材料亦用於除了緩衝以外的功能（諸如，在盒中固定欲運送的項目並使其固定在適當位置）。替代地，包裝材料亦用以填充空隙（諸如，例如當使用明顯大於欲運送項目的盒時）。

【0006】 一些例示性包裝材料包括塑膠 Bubble Wrap™、氣泡膜、緩衝包材、空氣枕、碎紙張、皺紋紙、碎木屑、支架、及波紋氣泡膜。這些包裝材料的許多者並非可回收的。

【0007】 一個例示性包裝材料係顯示於**圖 1A 及圖 1B** 中。膜 100 係以紙片材製成，該紙片材包括複數個切口或切縫 110 的圖案，其常

稱為「跳越切縫圖案(skip slit pattern)」，係一類型的單切縫圖案。當膜 100 經張力活化（沿著實質上垂直於切口或切縫 110 之張力軸(T)拉動時）時，形成複數個束 130。束 130 係介於相鄰同軸切縫列之間的區域。由切縫 110 所形成之束 130 共同經歷某種程度的向上及向下移動（參見例如圖 1B 及圖 1C）。當經張力活化時，此向上及向下移動導致圖 1A 的二維物品（實質上平坦的片材）變成圖 1B 及圖 1D 的三維物品。當使用此膜作為包裝材料時，與二維平坦結構相比，三維結構提供某種程度的緩衝。

【0008】 膜 100 的切口或切縫圖案係顯示於圖 1A 中，並描述於美國專利第 4,105,724 號(Talbot)及第 5,667,871 號（Goodrich 等人）中。圖案包括多個個別線性切縫 110 之複數個實質上平行的列 112。給定的列 112 中之個別線性切縫 110 之各者係與直接相鄰且實質上平行的列 112 中之個別線性切縫 110 之各者異相。在圖 1A 至圖 1C 的特定構造中，相鄰列 112 係異相水平間距的一半。圖案形成切縫 110 及列 112 的陣列，且陣列具有跨陣列之規則重複的圖案。在切縫 110 的直接相鄰列 112 之間形成材料束 130。

【0009】 圖 2A 顯示經旋轉 90°之圖 1A 至圖 1C 的膜 100 之切口或切縫圖案。各線性切縫 110 具有長度(L)，該長度在第一終端 114 與第二終端 116 之間延伸。各線性切縫 110 亦具有中點 118，其係第一終端 114 與第二終端 116 之間的中途。中點 118 係藉由圖 2A 之兩個切縫 110 上的點來顯示。平行且經對準之切縫 110 的中點 118 實質上彼此對準。換言之，沿著張力軸(T)，個別線性切縫 110 的中點 118 實質上與直接相鄰束 130 上之各別線性切縫 110 的中點 118 對準。此類切縫 110 並未直接相鄰於切縫列 112；取而代之地，其等係在交替列 112 上。進

一步地，個別切縫 110 的中點 118 係沿著張力軸(T)介於直接相鄰切縫或切口 110 之終端 114、116 之間。切縫 110 的列 112 中之兩直接相鄰切縫 110 的中心之間的距離係識別為橫向間距(H)。束 130 的厚度或相鄰線性切縫 110 之兩相鄰列 112 之間的距離係識別為軸間距(V)。

【0010】 更具體地，在**圖 2A** 之實施例中，切縫 110A 的中點 118A 與切縫 110B 的中點 118B 軸向地對準，意指中點 118A、118B 沿著在軸向方向上延伸的軸對準。切縫 110B 係在直接相鄰於切縫 110A 位於其上之束 130A 的束 130B 上。同樣地，切縫 110A 的中點 118A 係在切縫 110C 的終端 114C 與切縫 110D 的終端 116D 之間。切縫 110C 及 110D 係軸向地直接相鄰於切縫 110A。圖 2A 亦顯示橫向相鄰的中點 118 之間的橫向節距(H)、軸向節距(V)或束 130 的高度、切縫長度(L)、及張力軸(T)，沿著該張力軸可提供張力以導致束 130 之向上及向下移動。

【0011】 **圖 2B** 顯示沿著張力軸 T 以張力展開包括圖 2A 之切縫圖案的物品時所形成的主要張力線（例如，近似最高拉伸應力路徑的線）。圖 2B 以虛線顯示主要張力線 140，其等係最大拉伸應力將發生之處。張力線係當沿著張力軸 T 施加張力至材料時，承載最大負載之穿過材料的假想路徑。當沿著張力軸(T)施加張力時，主要張力線 140 移動得更靠近與所施加的張力軸對準，導致其中已形成圖案的材料或片材扭曲。當展開單切縫圖案時，沿著主要張力線 140 的張力活化導致圖案的實質上所有區域均經歷某一張力或壓縮（拉伸應力或壓縮應力），並接著從原始二維膜的平面屈曲及彎折。在一些實施例中，當膜經完全展開及/或張力經施加達所欲程度時，實質上膜中不存在維持平行於片材之原始平面的區域。

【發明內容】

【0012】 本揭露之發明者發明新式複合切縫圖案。這些複合切縫圖案可用以形成張力活化膨脹物品。在一些實施例中，該等物品可用於運送及包裝應用。然而，該等物品及圖案亦可用於多種其他用途或應用。因此，本揭露並未打算受限於運送或包裝材料應用，其等僅係一個例示性用途或應用。

【0013】 一些實施例係關於一種膨脹材料，其包含：一材料，其包括複數個複合切縫。

【0014】 在一些實施例中，該材料在一先拉形式下實質上平坦，但其中當沿著張力軸施加張力時，該材料之至少部分旋轉 90 度或更大。在一些實施例中，該等複合切縫包括多於兩個終端，且該等終端中之至少一者係彎曲的。在一些實施例中，該等複合切縫之至少一些包括鉤、圈、正弦波、方波、三角波、交叉切縫、或其他類似特徵中之至少一者。在一些實施例中，切縫圖案實質上延伸至該材料的邊緣之一或多者。在一些實施例中，該材料包括紙、波紋紙、織造或非織造材料、塑膠、一彈性材料、一無彈性材料、聚酯、丙烯酸、聚碸、熱固物、熱塑性塑膠、生物可分解聚合物、及其等之組合中之至少一者。在一些實施例中，該材料係紙且厚度係介於約 0.003 吋(0.076 mm)與約 0.010 吋(0.25 mm)之間。在一些實施例中，該材料係塑膠且厚度係介於約 0.005 吋(0.13 mm)與約 0.125 吋(3.2 mm)之間。在一些實施例中，該材料傳遞本文所述之互鎖測試。在一些實施例中，該等切縫通常垂直於該張力軸。在一些實施例中，該複數個切縫中之該等切縫係在相鄰列中彼此偏移該切縫之該橫向長度的 75%或更少。在一些實施例中，該等切縫具有一切縫形狀及切縫定向，且其中該切縫形狀及/

或定向在一切縫列內變化。在一些實施例中，該等切縫具有一切縫形狀及切縫定向，且其中該切縫形狀及/或定向在相鄰列中變化。在一些實施例中，材料具有介於約 0.001 吋(0.025 mm)與約 5 吋(127 mm)之間的厚度。在一些實施例中，該複數個切縫中之各切縫具有一切縫長度，該切縫長度介於約 0.25 吋與約 3 吋之間。在一些實施例中，該複數個切縫中之各切縫具有一切縫長度，且該材料具有一材料厚度，且其中切縫長度對材料厚度的比率介於約 50 與約 1000 之間。

【0015】 一些實施例係關於能夠形成本文所述之任何複合圖案的一模具。

【0016】 一些實施例係關於由本文所述之任何膨脹材料所形成的一包裝材料。

【0017】 一些實施例係關於一種製造本文所述之任何膨脹材料的方法，其包含：藉由擠製、模製、雷射切割、水射、機械加工、立體微影、或其他 3D 列印技術、雷射剝蝕、微影蝕刻、化學蝕刻、旋轉模切、衝壓、其他合適的負性或正性處理技術、或其等之組合中的至少一者而在該材料中形成該複合切縫圖案。

【0018】 一些實施例係關於一種使用本文所述之任何膨脹材料的方法，其包含：沿著一張力軸施加張力至該膨脹材料，以導致該材料膨脹。在一些實施例中，該施加張力導致(1)該等切縫形成開口及/或(2)相鄰於該等切縫的該材料形成波紋之一或多者。在一些實施例中，張力係藉由手或以機器施加。在一些實施例中，沿著該張力軸施加張力至該膨脹材料導致該材料從一二維結構變化至一三維結構。

【圖式簡單說明】

【0019】 結合隨附圖式來考量本揭露之各種實施例的下述實施方式可更完全瞭解本揭露。

〔**圖 1A**〕係一例示性單切縫圖案的俯視線圖。

〔**圖 1B**〕係用以形成圖 1A 之包裝材料之切縫圖案的俯視線圖。

〔**圖 1C**〕係圖 1B 之圖形之一部分的放大圖。

〔**圖 2A**〕係經旋轉 90 度之用以形成圖 1A 及圖 1B 之包裝材料之切縫圖案的俯視線圖。

〔**圖 2B**〕顯示圖 2A 所示之切縫圖案的主要張力線。

〔**圖 3A**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 3B**〕顯示經暴露至張力時之圖 3A 的複合切縫圖案中之主要張力線。

〔**圖 4A**〕**至**〔**圖 4C**〕係顯示在圖 3A 之切縫圖案已形成至其中的材料經暴露至張力時之材料移動的俯視示意圖。

〔**圖 4D**〕係圖 3A 之切縫圖案已形成至其中的材料經暴露至張力時之一部分材料的透視側視示意圖。

〔**圖 4E**〕係圖 3A 之切縫圖案已形成至其中的材料經暴露至張力時之材料的透視側視示意圖。

〔**圖 4F**〕**至**〔**圖 4I**〕係顯示在圖 3A 之切縫圖案已形成至其中的材料經暴露至張力時之材料的影像。圖 4F 係來自照片之接近側視圖；圖 4G 係來自照片之俯視圖；圖 4H 係接近透視圖照片，且圖 4I 係來自照片之俯視圖。

〔**圖 5A**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 5B**〕**至**〔**圖 5D**〕係由顯示經切割成材料並沿著張力軸展開之圖 5A 的圖案之照片所產生的線圖，分別從接近側視圖、透視圖、及接近俯視圖顯示。

〔**圖 6**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 7**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 8**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 9**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 10A**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 10B**〕**至**〔**圖 10E**〕係由顯示經切割成材料並沿著張力軸展開之圖 10A 的圖案之照片所產生的線圖，分別從透視圖、接近側視圖、透視圖、及接近俯視圖顯示。

〔**圖 11**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 12**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 13**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 14**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 15**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 16**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 17A**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 17B**〕**至**〔**圖 17D**〕係來自顯示經切割成材料並沿著張力軸展開之圖 17A 的圖案之照片的線圖，分別從接近俯視圖、俯視圖、及接近側視圖顯示。

〔**圖 18A**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 18B**〕**至**〔**圖 18C**〕係來自照片之線圖而〔**圖 18D**〕**至**〔**圖 18E**〕係顯示經切割成材料並沿著張力軸展開之圖 18A 的圖案之照片，分別從透視圖、從與張力軸對準之橫向偏離大約 45 度的視圖、接近俯視圖、及接近側視圖顯示。

〔**圖 19**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 20**〕係一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。

〔**圖 21A**〕**及**〔**圖 21B**〕分別係一例示性複合切縫圖案之俯視示意圖及四分之三示意圖。

〔**圖 21C**〕**至**〔**圖 21E**〕分別係材料經暴露至張力時之圖 21A 至圖 21B 之切縫圖案已形成至其中之片材的一部分之四分之三視圖、前視圖、側視圖、及由上而下視圖。

〔**圖 22**〕係一實例系統，其用於製作與本文所揭示之技術一致的材料。

【實施方式】

【0020】 本揭露的各種實施例係關於複合切縫圖案及包括複合切縫圖案的物品。「切縫(slit)」在本文中係定義為形成至少一線之穿過物品的窄切口，其可係筆直或彎曲的，具有至少兩終端。本文所述之切縫係離散的，意指個別切縫並未與其他切縫相交。切縫通常並非切斷，其中「切斷(cut-out)」經定義為當切縫本身相交時從片材移除的片材之表面區域。然而，實際上，許多成形技術導致片材之某一表面區域的移除，其並未被認為是為了本申請案的目的而「切斷」。具體地，許多切割技術製造出「截口(kerf)」或具有某一實體寬度的切口。

例如，雷射切割器將消熔片材的某一表面區域以產生切縫，起槽機將切除材料的某一表面區域以產生切縫，且甚至牽切在材料邊緣上產生一些變形，其跨材料表面區域形成實體間隙。此外，模製技術需要切縫相對面之間的材料，在切縫處產生間隙或截口。在各種實施例中，切縫的間隙或截口將小於或等於材料厚度。例如，經切割成.007”厚的紙之切縫圖案可具有的切縫具有大約.007”或更小的間隙。然而，應瞭解，切縫寬度可增加至大於材料厚度的許多倍，並與本文所揭示之技術一致。

【0021】 如本文中所使用，用語「單切縫圖案(single slit pattern)」係指形成各別列之個別切縫的圖案，該等列之各者跨片材橫向地延伸，其中該等列沿著片材的軸向長度形成個別列的重複圖案，且各列中的切縫圖案不同於直接相鄰列中的切縫圖案。例如，一列中的切縫與直接相鄰列中的切縫可軸向地偏移或異相。

【0022】 用語「多切縫圖案(multi-slit pattern)」在本文中係定義為個別切縫的圖案，該等切縫跨片材的橫向方向 y 形成第一組相鄰列，其中第一組相鄰列內的個別切縫係在橫向方向 y 上對準。在多切縫圖案中，第一組相鄰列沿著片材的軸向長度偕同至少第二列形成重複圖案，其中第一組相鄰的完全相同列中之切縫在橫向方向 y 上從第二列中的切縫偏移。用語「多切縫圖案(multi-slit pattern)」包括雙切縫圖案、三切縫圖案、四切縫圖案等。

【0023】 如本文中所使用，用語「複合切縫(compound slit)」係指具有多於兩個終端的切縫，其與在本文中經定義為具有恰好兩終端的切縫之「簡單切縫(simple slit)」有所區別。複合切縫具有至少兩個切縫區段，其具有至少一個區段相交。因此，「複合切縫圖案

(compound slit pattern)」係一圖案，其包括複數個個別切縫，其至少一些係複合切縫。在一些實施例中，圖案包括彼此相位偏移之複數個切縫列。在一些實施例中，切縫實質上垂直於張力軸(T)。

【0024】 當沿著張力軸經暴露至張力時，複合切縫圖案可經組態以產生明顯多於單切縫圖案的面外旋轉。材料的此面外旋轉對許多應用而言具有極大價值。例如，當部分的材料經放置為彼此相鄰或捲繞在一起時，經旋轉區域產生面外材料，其可與面外材料的其他區域互鎖。因此，複合切縫圖案固有地互鎖及/或包括互鎖特徵。一旦以張力活化，這些特徵及圖案互鎖並將材料實質上固持在適當位置。

【0025】 材料是否互鎖可藉由下列測試方法來判定。得到測得 36 吋(0.91 m)長及 7.5 吋(19 cm)寬的樣本。樣本係在無撕裂的情況下完全展開，並接著放置為直接相鄰於平滑 PVC 管（例如，具有 3.15 吋(8 cm)外徑(OD)及 23 吋(58.4 cm)長度的 PVC 管），確保樣本在輥軋期間維持完全展開。將樣本捲繞在管上，確保各連續層直接放置在先前層上方，且樣本（沿著長度）經放置在管中心處。相同將提供最少兩次完全捲繞管。在所有樣本捲繞管時，鬆開樣本並觀察樣本是否舒展/打開。若樣本在等待 1 分鐘之後並未舒展/打開，使樣本自管滑落至平滑表面（諸如桌面）上。接著從後緣舉升樣本以看看其是否鋪展/打開或保持其形狀。

【0026】 若樣本在被鬆開的一分鐘內、在使其自管滑落的期間、或在從後緣舉升時開展/打開，則將樣本視為「未互鎖」。若樣本在使其自管滑落的期間及之後且在從後緣舉升時保持其管狀形狀，則將其視為「互鎖」。針對各樣本重複測試 10 次。

【0027】 面外旋轉亦產生極剛性的結構，因此其等可抵抗顯著的力。該等結構可以類彈簧方式吸收能量而無顯著塑性變形，且亦可藉由塑性地變形來屈曲及吸收能量。當複合切縫圖案經切割成二維物品（諸如，例如紙）並沿著張力軸(T)對物品施加張力時，部分的二維物品旋轉並移至 z 軸（垂直於二維物品之原始平面的軸）中，導致形成三維物品。與圖 1A 至圖 2B 之先前技術的切縫形狀及/或定向相比，在一些實施例中，本文所述之切縫形狀實現材料或物品的面外動作。在一些實施例中，複合切縫圖案經形成至其等中的材料實質上係不可延伸的。在一些實施例中，複合切縫圖案在無停止或改變的情況下持續穿過材料的至少一邊緣並由該至少一邊緣截斷。所得之材料及/或物品提供廣泛多樣的優點。

【0028】 **圖 3A** 係一例示性複合切縫圖案 300 的俯視示意圖。複合切縫圖案可與單切縫圖案或多切縫圖案一致。在此實例中，圖案 300 包括切縫列 312（例如，312a 及 312b）中之複數個切縫 310。各切縫 310 包括第一軸向部分 321；第二軸向部分 323，其係與第一軸向部分 321 相間隔並大致上平行於該第一軸向部分；及大致上橫向部分 325，其連接第一軸向部分 321 及第二軸向部分 323。各切縫 310 包括四個終端：第一終端 314、第二終端 315、第三終端 316、及第四終端 317。各切縫 310 具有中點 318。

【0029】 第一終端 314 及第二終端 315 係切縫 310 之第一軸向部分 321 的相對終端。第三終端 316 及第四終端 317 係切縫 310 之第二軸向部分 323 的相對終端。第一終端 314 係沿著軸向方向 *x* 上的軸（其在當前實例中平行於第一軸向部分 321）與第三終端 316 對準，且第三終端 316 係沿著軸向方向上的軸（其在當前實例中平行於第二軸向部

分 323）與第四終端 317 對準。第一終端 314 係沿著橫向方向 *y* 上的軸 *i1* 與第三終端 316 對準，且第二終端 315 係沿著橫穿方向上的軸 *i2* 與第四終端 317 對準。介於列 312a、312b 中之直接相鄰切縫 310 之間的空間可稱為軸向束 320。當經暴露至張力時，介於列 312a、312b 中之相鄰切縫 310 之間的軸向束 320 變為非旋轉束 320（可見於圖 3C 至圖 3E 及圖 3G）。扣除非旋轉束 320，由大致上橫向部分 325 定界的空間界定折疊壁區域 330a、330b。

【0030】 折疊壁區域 330a、330b 可進一步描述為具有兩個大致上矩形區域 331 及 333，其中矩形區域 331 係藉由(1)切縫 310 之直接相鄰的大致上橫向部分 325（其等垂直於張力軸）及(2)直接相鄰之相對切縫 310 上的相鄰軸向部分 321 及 323 來定界。軸向束 320 係介於單列 312a、312b 中之相鄰切縫 310 之間，更具體地，介於相鄰軸向部分 321 與 323 之間。直接相鄰於束 320 的係區域 333，其係折疊壁區域 330a、330b 中的剩餘材料，該等折疊壁區域在軸向方向上藉由束 320 及大致上橫向部分 325 來定界，且在橫向方向上藉由兩大致上矩形區域 331，更具體地藉由相鄰軸向部分 321 及 323 之軸向延伸來定界。切縫 310 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0031】 在圖 3A 之實施例中，張力軸 T 實質上係平行於軸向方向 *x*，且實質上係垂直於橫向方向 *y*。張力軸 T 大致上係垂直於切縫 310 之列 312a、312b 的方向。「大致上垂直(generally perpendicular)」在本文中係定義為含括在 5 度誤差邊限內或在 3 度誤差邊限內的角度。張力軸 T 係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 300 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0032】 在當前實例中，不同於其他實例，沒有在橫向方向 y 上跨材料片材寬度延伸的橫向束。而是，在當前實例中，有沿著材料 300 之片材的軸向長度交替之跨材料 300 的橫向寬度界定之折疊壁區域 330a、330b。類似於一些其他實例，在當前實例中，材料片材中的切縫圖案界定第一列 312a 及第二列 312b，其等沿著材料 300 之片材的軸向長度交替。在材料片材中的複數個切縫 310 界定束的行及束的列，其中軸向束 320 之各者從第一折疊壁區域 330a 延伸至相鄰的第二折疊壁區域 330b。此外，軸向束 320 之各者界定兩終端 324a、324b，其等對應於列中之相鄰切縫的終端。

【0033】 **圖 3B** 顯示沿著張力軸 T 以張力展開包括圖 3A 之切縫圖案的物品時所形成的主要張力線 340（例如，近似最高拉伸應力路徑的線）。圖 3B 以虛線顯示主要張力線 340，其等係最大拉伸應力將發生之處。張力線係當沿著張力軸 T 施加張力至材料時，承載最大負載之穿過材料的假想路徑。當沿著張力軸(T)施加張力時，主要張力線 340 移動得更靠近與所施加的張力軸對準，導致片材扭曲。張力線 340 係集中在相同列中的相鄰切縫之間的軸向束 320。當經暴露至張力時，這些束 320 變為非旋轉束 320。在圖 3A 之實施例中，這些非旋轉束 320 大致上係平行於張力軸。在圖 3A 之實施例中，這些非旋轉束 320 大致上係軸向的。當沿著張力軸 T（在此實施例中，其係標稱地平行於非旋轉束 320 的軸）施加張力時，則張力（或由該張力所導致之最高應力濃度）頗為均勻地存在於所有非旋轉束 320 上，但跨折疊壁區域 330a、330b 的截面，如虛線所示。

【0034】 **圖 4A 至圖 4E** 係顯示包括圖 3A 之切縫圖案的材料在沿著張力軸 T 施加張力時如何於空間中移動的俯視示意圖。當展開複合

切縫圖案時，沿著主要張力線 340 的張力活化導致圖案的實質上全部區域經歷某一張力或壓縮（拉伸應力或壓縮應力），且區域中的一些從原始二維膜的平面旋轉及/或彎折。穿行過折疊壁區域 330 之張力導致束同時旋轉及折疊以將非旋轉束 320 移動得更靠在一起以變得與張力軸 T 更加對準。在圖 4A 中，非旋轉束 320 係表示為間斷的，並以力向量（箭頭）連接。此幫助視覺化不同區域中之力的交互作用，以闡明材料的動作。因為經歷力的材料 300 係相對薄，折疊壁區域 330 將回應於張力施加而面外旋轉並在非旋轉束 320 的基底處折疊。具體地，圖 4A 顯示具有作用於折疊壁區域 330 上之力向量的非旋轉束 320。此行動導致材料 300 移動至圖 4B 所示意顯示的位置中，其中折疊壁區域 330a、330b 已由於圖 4A 所示之力向量的結果而旋轉。如圖 4C 所示，折疊壁區域 330 亦回應於圖 4A、4B、4C 所示之力向量而折疊或彎折。折疊或彎折的程度將取決於許多因素而變化，包括例如材料之勁度或模數、張力之量值、元件之尺寸及尺度、非旋轉束之寬度、非旋轉束之間的跨距等。

【0035】 **圖 4B** 係折疊壁區域 330 之俯視示意圖，其僅顯示從圖 4A 之俯視透視圖的旋轉。圖 4C 係顯示經完全拉張及展開時之經旋轉及彎折兩者的旋轉束之俯視圖的示意圖。從俯視圖看來，一旦經旋轉，折疊壁區域 330 形成經手風琴狀折疊的垂直壁，該等垂直壁可抗 Z 軸（正交於 *x*-*y* 平面）上的顯著壓縮力。使折疊壁屈曲所耗費的能量係可由結構吸收的能量以防止受捲繞的物品損壞。非旋轉束 320 連接折疊壁區域 330。圖 3A 之複合切縫圖案導致非旋轉束 320 交錯，其進一步在經展開時貢獻材料強度。非旋轉束 320 及折疊壁區域 330a、330b 之動作產生開放區域 322，其等可見於圖 4E 至圖 4I。

【0036】 回到圖 3A，大致上矩形區域 333 具有等於非旋轉束 320 之寬度或橫向尺寸的寬度或橫向尺寸。在一些實施例中，較佳的是相對於矩形區域 331 之寬度或橫向尺寸，使此寬度係小的。當相對於矩形區域 331 的橫向寬度，矩形區域 333 係小橫向寬度時，則矩形區域 333 在經展開時將實質上起皺痕，且無法清楚獨立地與折疊壁區域 330a、330b 的剩餘部分有所區別，如圖 4D 的圖式所近似且如可見於圖 4G 者。具體地，與可在前視圖中更清楚地看見開口 322 的形狀係八邊形之圖4I的模型圖相比，在圖4G的材料前視圖（頂部或底部）中，開口 322 的形狀看起來係大致六邊形。若矩形區域 333 足夠寬，則另一個平坦垂直區段將存在於圖 4I 所示之旋轉/折疊束的折痕處。視覺上，此意謂開口 322 將類似於八邊形，而非六邊形。

【0037】 **圖 4F 至圖 4I** 係顯示經形成或切割成紙片材並接著沿著張力軸 T 暴露至張力的圖 3A 之複合切縫圖案的相片及來自照片之圖式。這些圖式視覺上顯示上述原理如何在材料上操作。圖 4F 係來自照片之接近側透視圖；圖 4G 係來自照片之接近俯視圖；圖 4H 係透視圖照片，且圖 4I 係來自照片之俯視圖。

【0038】 在一些實施例中，可較佳的係使經彎折壁區段（或矩形區域 331）的高度及寬度標稱地相等以在折疊壁中產生正方形區段。在不受理論束縛的情況下，針對一給定截面面積，一正方形板將具有最大屈曲抗性。

【0039】 在一些實施例中，在折疊壁中之尖銳的折疊以及壁與非旋轉束之間的介面傾向產生夠高的應力（無裂縫），以使其中已形成有切縫圖案的材料塑性變形（或起皺痕）。因此，一旦經展開，該結構傾

向於保持在具有非常小張力的經展開（蜂巢）形狀，使其更容易在許多情況下捲繞物體。

【0040】 如圖 3A 至圖 4I 之特定實施方案之實施例具有獨特效益。例如，圖 3A 至圖 4I 例示一組實施例，其中當經展開或以張力活化時，部分的材料旋轉至 z 軸（實質上 90°或正交於材料 300 處於其先拉狀態下的原始平面）。此外，相對於其他圖案化結構，這些實施例中的一些可耐受暴露至在法向軸上施加的較大負載而無壓損。此意指其等可為如同欲運送之包裝或其他應用的東西提供增加或增強的保護。這些效益中的一些係折疊壁幾何之增加強度的結果。折疊壁、或手風琴狀壁、或旋轉/折疊壁在經展開的物品（經由施加張力或力而展開）中具有大面積慣性矩（亦稱為面積矩或第二慣性矩），其中面積慣性矩係在原始片材的平面中而相對彎折軸係垂直於張力軸且平行於列之軸。相對於無折痕的筆直垂直壁，面積慣性矩係增加的。

【0041】 當以張力活化之材料 300 捲繞物品或放置為直接相鄰於自身，旋轉/折疊壁區域 330 彼此互鎖及/或與開口部分 322 互鎖以建立互鎖結構。可如在上文說明之互鎖測試中所陳述般測量互鎖。

【0042】 **圖 5A** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其切縫在旋轉束 530 區域中以一重疊距離 535 彼此重疊以外，該例示性複合切縫圖案與圖 3A 之複合切縫圖案實質上相同。具體地，圖案 500 包括切縫列 512 中之複數個切縫 510。各切縫 510 包括第一軸向部分 521；第二軸向部分 523，其係與第一軸向部分 521 相間隔並大致上平行於該第一軸向部分；及大致上橫向部分 525，其連接第一軸向部分 521 及第二軸向部分 523。各切縫 510 包括四個終端 514、515、516、及 517 以及一中點 518。第一終端 514、515 係第一軸向部分 521

之終端。終端 516、517 係第二軸向部分 523 之終端。介於列 512 中之直接相鄰切縫 510 之間的空間係形成列 512 中之相鄰切縫 510 之間的軸向束 520 之材料。當經暴露至張力時，介於列 512 中之相鄰切縫 510 之間的軸向束 520 變為非旋轉束 532（顯示於圖 5B 至圖 5D）。扣除非旋轉束 532，由大致上橫向部分 525 定界的空間界包含旋轉/折疊壁 530。旋轉/折疊壁 530 可進一步描述為具有兩個大致上矩形區域 531 及 533，其中矩形區域 531 係藉由(1)切縫 510 之直接相鄰的大致上橫向部分 525（其等垂直於張力軸）及(2)直接相鄰之相對切縫 510 上的相鄰軸向部分 521 及 523 來定界。軸向束 520 係出現在單列 512 中之相鄰切縫 510 之間，更具體地，介於相鄰軸向部分 521 與 523 之間。直接相鄰於軸向束 520 的係區域 533，其係旋轉/折疊壁 530 中的剩餘材料，該旋轉/折疊壁在軸向軸上藉由軸向束 520 及大致上橫向部分 525 來定界，且在橫向軸上藉由兩個大致上矩形區域 531，更具體地藉由相鄰軸向部分 521 及 523 之軸向延伸來定界。切縫 510 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0043】 在圖 5A 之實施例中，張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 510 之列 512 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 500 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0044】 **圖 5B 至圖 5D** 係由顯示經形成或切割成材料並接著沿著張力軸 T 暴露至張力之圖 5A 的複合切縫圖案之照片所產生的圖式。材料實質上如上文針對圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。重疊距離 535 的存在對經展開材料貢獻至少兩個改善：1)其允許旋轉/折疊壁 530 從先拉材料 500 之平面旋轉超過 90 度，及 2)其增加在非旋轉束 532 與旋轉/

折疊壁 530 之連接處的塑性變形，允許經展開材料在移除外張力時保持更完全展開。

【0045】 **圖 6** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其顯示非旋轉束之軸向對稱的一例示性變化以外，該複合切縫圖案與圖 3A 之複合切縫圖案實質上相同。更具體而言，大致上橫向部分 625 並未分別定位於終端 614、615 及 616、617 的各者之間的中間處。而是，大致上橫向部分 625 係定位於比終端 614、616 更接近終端 615、617。

【0046】 更具體地，圖案 600 包括切縫列 612 中之複數個切縫 610。各切縫 610 包括第一軸向部分 621；第二軸向部分 623，其係與第一軸向部分 621 相間隔並大致上平行於該第一軸向部分；及大致上橫向部分 625，其連接第一軸向部分 621 及第二軸向部分 623。各切縫 610 包括四個終端 614、615、616、及 617 以及一中點 618。第一終端 614、615 係第一軸向部分 621 之終端。終端 616、617 係第二軸向部分 623 之終端。介於列 612 中之直接相鄰切縫 610 之間的空間形成列 612 中之相鄰切縫 610 之間的軸向束 620。當經暴露至張力時，介於列 612 中之相鄰切縫 610 之間的軸向束 620 變為非旋轉束。扣除軸向束 620，由大致上橫向部分 625 定界的空間界包含旋轉/折疊壁 630。旋轉/折疊壁 630 可進一步描述為具有兩個大致上矩形區域 631 及 633，其中矩形區域 631 係藉由(1)切縫 610 之直接相鄰的大致上橫向部分 625（其等垂直於張力軸）及(2)直接相鄰之相對切縫 610 上的相鄰軸向部分 621 及 623 來定界。軸向束 620 係出現在單列 612 中之相鄰切縫 610 之間，更具體地，介於相鄰軸向部分 621 與 623 之間。直接相鄰於軸向束 620 的係區域 633，其係旋轉/折疊壁 630 中的剩餘材料，該旋轉/

折疊壁在軸向軸上藉由軸向束 620 及大致上橫向部分 625 來定界，且在橫向軸上藉由兩個大致上矩形區域 631，更具體地藉由相鄰軸向部分 621 及 623 之軸向延伸來定界。切縫 610 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0047】 在圖 6A 之實施例中，張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 610 之列 612 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 600 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0048】 材料實質上如上文針對圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。非旋轉束相對於大致上橫向部分 625 的對稱變化造成非旋轉束旋轉，因為一個端將較高地連接在一個旋轉/折疊壁 630 上及較低地在相鄰旋轉/折疊壁 630，同時維持平行於橫向軸（或垂直於張力軸的線）。

【0049】 **圖 7** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其顯示彎曲的終端以外，該複合切縫圖案與圖 3A 之複合切縫圖案實質上相同。彎曲的終端係切縫的端區域，其形成具有相異於該切縫之相鄰部分的曲率半徑之該切縫的終端。端區域可小於切縫之總長度的 10%，其中切縫的長度延伸在橫向方向上。

【0050】 更具體地，圖案 700 包括切縫列 712 中之複數個切縫 710。各切縫 710 包括第一軸向部分 721；第二軸向部分 723，其係與第一軸向部分 721 相間隔並大致上平行於該第一軸向部分；及大致上橫向部分 725，其連接第一軸向部分 721 及第二軸向部分 723。各切縫 710 包括四個終端 714、715、716、及 717 以及一中點 718。各軸向部分 721 及 723 包括相鄰於終端的彎曲部分。第一終端 714、715 係第一軸向部分 721 之終端。終端 716、717 係第二軸向部分 723 之終端。介

於列 712 中之直接相鄰切縫 710 之間的空間形成列 712 中之相鄰切縫 710 之間的軸向束 720。當經暴露至張力時，介於列 712 中之相鄰切縫 710 之間的軸向束 720 變為非旋轉束 732。扣除非旋轉束 732，由大致上橫向部分 725 定界的空間界包含旋轉/折疊壁 730。旋轉/折疊壁 730 可進一步描述為具有兩個大致上矩形區域 731 及 733，其中矩形區域 731 係藉由(1)切縫 710 之直接相鄰的大致上橫向部分 725（其等垂直於張力軸）及(2)直接相鄰之相對切縫 710 上的相鄰軸向部分 721 及 723 來定界。軸向束 720 係出現在單列 712 中之相鄰切縫 710 之間，更具體地，介於相鄰軸向部分 721 與 723 之間。直接相鄰於軸向束 720 的係區域 733，其係旋轉/折疊壁 730 中的剩餘材料，該旋轉/折疊壁在軸向軸上藉由軸向束 720 及大致上橫向部分 725 來定界，且在橫向軸上藉由兩個大致上矩形區域 731，更具體地藉由相鄰軸向部分 721 及 723 的終端 714、715、716、及 717 之軸向延伸來定界。切縫 710 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0051】 在圖 7A 之實施例中，張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 710 之列 712 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 700 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0052】 材料實質上如上文針對圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。在軸向部分 721 及 723 上添加彎曲的終端 714、715、716、及 717 增加材料在撕裂前可經歷的最大力，但其並未顯著地改變材料的展開。

【0053】 **圖 8** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其顯示一例示性變化（其中有兩個形成在介於列 812 非旋轉束中的相鄰切縫 810 之間的材料中之多束切縫 880）以外，該複合切縫圖案與圖

3A 之複合切縫圖案實質上相同。「多束切縫(multi-beam slit)」界定為形成在單切縫或多切縫圖案中的兩個相鄰切縫之間的一或多個簡單切縫（意指該切縫具有不多於兩個終端），其中該等兩個相鄰切縫係在相同列或相鄰列中。當在其中形成圖案的材料經張力展開時，多束切縫 880 產生三個多束 882。

【0054】 更具體地，圖案 800 包括切縫列 812 中之複數個切縫 810。各切縫 810 包括第一軸向部分 821；第二軸向部分 823，其係與第一軸向部分 821 相間隔並大致上平行於該第一軸向部分；及大致上橫向部分 825，其連接第一軸向部分 821 及第二軸向部分 823。各切縫 810 包括四個終端 814、815、816、及 817 以及一中點 818。第一終端 814、815 係第一軸向部分 821 之終端。終端 816、817 係第二軸向部分 823 之終端。介於列 812 中之直接相鄰切縫 810 之間的空間形成列 812 中之相鄰切縫 810 之間的軸向束 820。當經暴露至張力時，介於列 812 中之相鄰切縫 810 之間的軸向束 820 變為非旋轉束 832，其包括三個多束 882。在此實施例中，兩個多束切縫 880 係形成在列 812 中的相鄰切縫 810 之間的軸向束 820 中。多束切縫 880 之長度稍短於位於其間的直接相鄰切縫 810 之大致上軸向切縫 821、823。多束切縫 880 之中點通常與大致上軸向切縫部分 821、823 以及與大致上橫向切縫部分 825 對準。當在其中形成圖案的材料經張力展開時，多束切縫 880 產生三個多束 882。

【0055】 扣除非旋轉束 832，由大致上橫向部分 825 定界的空間界包含旋轉/折疊壁 830。旋轉/折疊壁 830 可進一步描述為具有兩個大致上矩形區域 831 及 833，其中矩形區域 831 係藉由(1)切縫 810 之直接相鄰的大致上橫向部分 825（其等垂直於張力軸）及(2)直接相鄰之

相對切縫 810 上的相鄰軸向部分 821 及 823 來定界。軸向束 820 係出現在單列 812 中之相鄰切縫 810 之間，更具體地，介於相鄰軸向部分 821 與 823 之間。直接相鄰於軸向束 820 的係區域 833，其係旋轉/折疊壁 830 中的剩餘材料，該旋轉/折疊壁在軸向軸上藉由軸向束 820 及大致上橫向部分 825 來定界，且在橫向軸上藉由兩個大致上矩形區域 831，更具體地藉由相鄰軸向部分 821 及 823 之軸向延伸來定界。切縫 810 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0056】 在圖 8 之實施例中，張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 810 之列 812 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 800 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0057】 材料實質上如上文針對圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。在非旋轉束 832 中之三個多束 882 允許材料在無撕裂下經歷較大張力。這是因為多束 882 產生額外的路徑及隅角，以分散張力負載而減小可能起始撕裂的峰值應力。

【0058】 **圖 9** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其顯示一例示性變化（其中有一個形成在介於列 912 非旋轉束中的相鄰切縫 910 之間的軸向束 920 中之多束切縫 980）以外，該複合切縫圖案與圖 8 之複合切縫圖案實質上相同。當在其中形成圖案的材料經張力展開時，多束切縫 980 產生兩個多束 982。

【0059】 更具體地，圖案 900 包括切縫列 912 中之複數個切縫 910。各切縫 910 包括第一軸向部分 921；第二軸向部分 923，其係與第一軸向部分 921 相間隔並大致上平行於該第一軸向部分；及大致上橫向部分 925，其連接第一軸向部分 921 及第二軸向部分 923。各切縫

910 包括四個終端 914、915、916、及 917 以及一中點 918。第一終端 914、915 係第一軸向部分 921 之終端。終端 916、917 係第二軸向部分 923 之終端。介於列 912 中之直接相鄰切縫 910 之間的空間形成列 912 中之相鄰切縫 910 之間的軸向束 920。當經暴露至張力時，介於列 912 中之相鄰切縫 910 之間的軸向束 920 變為非旋轉束 932，其包括兩個多束 982。在此實施例中，多束切縫 980 係形成在列 912 中的相鄰切縫 910 之間的軸向束 920 中。多束切縫 980 之長度稍長於位於其間的直接相鄰切縫 910 之大致上軸向切縫 921、923。多束切縫 980 之中點通常與大致上軸向切縫部分 921、923 以及與大致上橫向切縫部分 925 對準。當在其中形成圖案的材料經張力展開時，多束切縫 980 產生兩個多束 982。

【0060】 扣除非旋轉束 932，由大致上橫向部分 925 定界的空間界包含旋轉/折疊壁 930。旋轉/折疊壁 930 可進一步描述為具有兩個大致上矩形區域 931 及 933，其中矩形區域 931 係藉由(1)切縫 910 之直接相鄰的大致上橫向部分 925（其等垂直於張力軸）及(2)直接相鄰之相對切縫 910 上的相鄰軸向部分 921 及 923 來定界。軸向束 920 係出現在單列 912 中之相鄰切縫 910 之間，更具體地，介於相鄰軸向部分 921 與 923 之間。直接相鄰於軸向束 920 的係區域 933，其係旋轉/折疊壁 930 中的剩餘材料，該旋轉/折疊壁在軸向軸上藉由軸向束 920 及大致上橫向部分 925 來定界，且在橫向軸上藉由兩個大致上矩形區域 931，更具體地藉由相鄰軸向部分 921 及 923 之軸向延伸來定界。切縫 910 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0061】 在圖 9 之實施例中，張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 910 之列 912 的方向。張力軸

(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 900 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0062】 材料實質上如上文針對圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。在非旋轉束 932 中之兩個多束 982 允許材料在無撕裂下經歷較大張力。這是因為多束 982 產生額外的路徑及隅角，以分散張力負載而減小可能起始撕裂的峰值應力。

【0063】 **圖 10A** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其多束切縫 1080 具有如大致上軸向切縫 1021、1023 的相同長度以外，該複合切縫圖案與圖 9 之複合切縫圖案實質上相同。

【0064】 更具體地，圖案 1000 包括切縫列 1012 中之複數個切縫 1010。各切縫 1010 包括第一軸向部分 1021；第二軸向部分 1023，其係與第一軸向部分 1021 相間隔並大致上平行於該第一軸向部分；及大致上橫向部分 1025，其連接第一軸向部分 1021 及第二軸向部分 1023。各切縫 1010 包括四個終端 1014、1015、1016、及 1017 以及一中點 1018。第一終端 1014、1015 係第一軸向部分 1021 之終端。終端 1016、1017 係第二軸向部分 1023 之終端。介於列 1012 中之直接相鄰切縫 1010 之間的空間形成列 1012 中之相鄰切縫 1010 之間的軸向束 1020。當經暴露至張力時，介於列 1012 中之相鄰切縫 1010 之間的軸向束 1020 變為非旋轉束 1032，其包括兩個多束 1082（顯示在圖 10B 至圖 10D 中）。在此實施例中，多束切縫 1080 係形成在列 1012 中的相鄰切縫 1010 之間的軸向束 1020 中。多束切縫 1080 具有如位於其間的直接相鄰切縫 1010 之大致上軸向切縫 1021、1023 的大約相同長度。同時，多束切縫 1080 之中點通常與大致上軸向切縫部分 1021、1023

以及與大致上橫向切縫部分 1025 之中點對準。當在其中形成圖案的材料經張力展開時，多束切縫 1080 產生兩個多束 1082。

【0065】 扣除非旋轉束 1032，由大致上橫向部分 1025 定界的空間界包含旋轉/折疊壁 1030。旋轉/折疊壁 1030 可進一步描述為具有兩個大致上矩形區域 1031 及 1033，其中矩形區域 1031 係藉由(1)切縫 1010 之直接相鄰的大致上橫向部分 1025（其等垂直於張力軸）及(2)直接相鄰之相對切縫 1010 上的相鄰軸向部分 1021 及 1023 來定界。材料 1020 係出現在單列 1012 中之相鄰切縫 1010 之間，更具體地，介於相鄰軸向部分 1021 與 1023 之間。直接相鄰於軸向束 1020 的係區域 1033，其係旋轉/折疊壁 1030 中的剩餘材料，該旋轉/折疊壁在軸向軸上藉由軸向束 1020 及大致上橫向部分 1025 來定界，且在橫向軸上藉由兩個大致上矩形區域 1031，更具體地藉由相鄰軸向部分 1021 及 1023 之軸向延伸來定界。切縫 1010 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0066】 在圖 10 之實施例中，張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 1010 之列 1012 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 1000 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0067】 **圖 10B 至圖 10E** 係來自顯示經形成或切割成材料並接著沿著張力軸 T 暴露至張力之圖 10A 的複合切縫圖案之照片的圖式。材料實質上如上文針對圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。在非旋轉束 1032 中之兩個多束 1082 允許材料在無撕裂下經歷較大張力。這是因為多束 1082 產生額外的路徑及隅角，以分散張力負載而減小可能起始撕裂的峰值應力。

【0068】 **圖 11 及圖 12** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其大致上橫向部分 1125、1225 包括互鎖結構或特徵以外，該複合切縫圖案與圖 3A 之複合切縫圖案實質上相同。當材料經放置為相鄰於材料的另一層時及/或當材料捲繞項目時，這些特徵可增加材料互鎖。進一步地，這些特徵可軟化材料邊緣。在圖 11 中，大致上橫向部分 1125 具有波狀或 v 形波形狀。波的「v 形」部分產生互鎖特徵。在圖 12 中，大致上橫向部分 1225 具有交叉切縫結構。交叉切縫部分產生互鎖特徵。

【0069】 在圖 11 及圖 12 之實施例中，張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫之列的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 1100、1200 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0070】 材料實質上如上文針對圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。當材料的多個層接觸時（諸如當捲繞物體時），則互鎖特徵允許該等層彼此更強力地及/或以不同方式互鎖。

【0071】 **圖 21A 至圖 21B** 描繪類似於圖 11 之圖案的材料片材 2100 中之複合切縫圖案，除了其互鎖結構或特徵具有稍微不同的形狀以外。切縫之各者的橫向部分 2125 界定曲線。具體地，列 2112 中之切縫的橫向部分 2125 大致上界定波動波或正弦波，其係藉由切縫 2110 的各者之間的軸向束 2120 來中斷。**圖 21C 至圖 21E** 顯示材料在張力軸上置於張力下之後膨脹時之具有圖 21A 至圖 21B 之複合切縫圖案的材料片材。

【0072】 **圖 13** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其介於大致上橫向切縫部分 1325 與兩個大致上軸向切縫部分 1321、

1323之間的相交係圓滑的或具有圓隅角以外，該複合切縫圖案與圖3A之複合切縫圖案實質上相同。這些特徵可藉由移除使用者在使用材料期間可能遭遇的尖銳隅角來軟化材料的邊緣。在此實施例中，張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫之列的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案1300之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。材料實質上如上文針對圖3A至圖4I所述般地展開。

【0073】 **圖 14** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。圖案1400包括切縫列1412中之複數個切縫1410。各切縫1410包括大致上橫向部分1425，其係在四個終端1414、1415、1416、及1417終止且具有一中點1418。終端1414、1415、1416、及1417各稍微遠離橫向部分1425而彎曲。介於列1412中之直接相鄰切縫1410之間的空間形成列 1412 中之相鄰切縫 1410 之間的軸向束 1420。當經暴露至張力時，介於列1412中之相鄰切縫1410之間的軸向束1420變為非旋轉束1432。

【0074】 扣除非旋轉束 1432，由大致上橫向部分 1425 定界的空間界包含旋轉/折疊壁1430。旋轉/折疊壁1430可進一步描述為具有兩個大致上矩形區域 1431 及 1433，其中矩形區域 1431 係藉由(1)切縫1410 之直接相鄰的大致上橫向部分 1425（其等垂直於張力軸）及(2)直接相鄰之相對切縫 1410 上的相鄰軸向部分（其係各別地通過終端1414、1415及1416、1417的假想軸向線）來定界。軸向束1420係出現在單列 1412 中之相鄰切縫 1410 之間，更具體地，介於相鄰軸向部分 1421 與 1423 之間。直接相鄰於軸向束 1420 的係區域 1433，其係旋轉/折疊壁 1430 中的剩餘材料，該旋轉/折疊壁在軸向軸上藉由軸向

束 1420 及大致上橫向部分 1425 來定界，且在橫向軸上藉由兩個大致上矩形區域 1431，更具體地藉由相鄰軸向部分 1421 及 1423 之軸向延伸來定界。切縫 1410 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0075】 張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 1410 之列 1412 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 1400 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0076】 材料係與圖 3A 至圖 4I 不同地展開，因為軸向部分 1421 及 1423 並未軸向地延伸夠遠以對準或重疊。因為其等並未對準或重疊，所以旋轉/折疊壁 1430 將不能夠相對於先拉片材 1400 之原始平面而旋轉 90 度。而是，旋轉/折疊壁將稍微屈曲並旋轉。若軸向部分 1421 及 1423 相對於軸向節距非常短，則該材料將更類似於圖 1A 至圖 1C 之簡單切縫圖案來展開。軸向部分 1421 及 1423 之彎曲端將增加材料在無裂縫下可經歷的最大張力。一種用於測量最大張力之測試方法係描述於轉讓予本受讓人之 62/953042 美國臨時專利申請案第 62/953042 號中，其全文以引用方式併入本文中。最大張力（例如，撕裂力）係隨著樣本經拉伸而藉由負載框架所測量的最大力。此一般僅在材料開始撕裂之前。

【0077】 **圖 15** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。圖案 1500 包括切縫列 1512 中之複數個切縫 1510。各切縫 1510 包括大致上橫向部分 1525，其在兩個終端 1514、1516 終止；具有一中點 1518；且包括複數個交叉切縫 1590，其係切穿並相交大致上橫向部分 1525 且大致上平行於張力軸 T。各交叉切縫 1590 可解讀為產生兩個額外終端。因此，可將圖 15 之實施例解讀為具有 30 個終端（來自 14 交叉切

縫的 14×2 = 28 終端+在大致上橫向部分 1525 上之 2 終端）。交叉線切縫額外地提供增強的互鎖特徵。材料 1520 存在於列 1512 中的相鄰切縫 1510 之間。切縫 1510 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0078】 張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 1510 之列 1512 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 1500 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0079】 材料實質上如上文針對圖 1A 至圖 1C 所述般地展開。當材料的多個層接觸時（諸如當捲繞物體時），則交叉切縫允許該等層彼此互鎖而同時直切縫（諸如圖 1A 至圖 1C）不互鎖。

【0080】 **圖 16** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其切縫係雙切縫以外，該複合切縫圖案實質上類似於圖 15 之複合切縫圖案。如本文中所使用，用語「雙切縫圖案(double slit pattern)」係指複數個個別切縫的圖案。圖案包括複數個切縫列，且第一列中的個別切縫實質上係與直接相鄰之第二列中的各別切縫對準。雙切縫包含第一列中的切縫，其實質上與第二列中的切縫對準。這兩個實質上對準的切縫共同形成雙切縫。直接相鄰列的雙切縫係（直接相鄰軸向）彼此相位偏移。關於雙切縫圖案的更多資訊可見於（例如）美國臨時專利申請案第 62/952806 號，其全文內容係併入本文中。

【0081】 張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 1610 之列 1612 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 1600 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0082】 當沿著張力軸 T 以張力活化或展開材料 1600 時，部分的材料 1600 經歷張力及/或壓縮，其導致材料 1600 移出材料 1600 處於其未拉張格式中的原始平面。當沿著張力軸經暴露至張力時，終端 1614、1616 經歷壓縮並朝彼此牽引，導致材料 1600 之襟翼區域 1650 相對於材料 1600 處於其先拉狀態下之平面向上移動或屈曲，產生襟翼。襟翼區域 1650 包括交叉切縫之一部分，其包括交叉切縫終端之一部分。部分的橫向束 1630 波動離開材料 1600 處於其先拉狀態下的原始平面而形成圈，同時保持標稱地平行於張力軸。波動的橫向束 1630 之部分包括交叉切縫之一部分，其包括交叉切縫終端之一部分。列 1612 中之相鄰切縫 1610 之間的軸向束 1620 實質上保持平行於材料 1600 處於其先拉狀態下的原始平面。重疊束 1636 從原始材料或片材的平面屈曲及旋轉。襟翼區域 1650 的動作結合橫向束 1630 的波動產生開放部分 1622。此展開程序實質上類似於關於美國臨時專利申請案第 62/952806 號之圖 5A 至圖 5C 所描述的程序，其專利申請案全文係併入本文中。

【0083】 **圖 17A** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了大致上橫向切縫部分 1725 具有波形式或結構以外，該圖案實質上類似於圖 3A 的複合切縫圖案。此一切縫圖案產生大及小壁區段（相應壁將具有高及短區段）。

【0084】 張力軸(T)實質上係平行於軸向方向，且實質上係垂直於橫向方向及切縫 1710 之列 1712 的方向。張力軸(T)係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 1700 之材料的軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0085】 **圖 17B 至圖 17D** 係來自顯示經形成或切割成材料並接著沿著張力軸 T 暴露至張力之圖 17A 的複合切縫圖案之照片的圖式。材料實質上如上文針對圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。當材料的多個層接觸時（諸如當捲繞物體時），則旋轉/折疊壁 1730 之變化高度可允許該等層彼此更強力地及以不同方式互鎖。

【0086】 **圖 18A** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，除了其在橫向切縫部分 1725 中之波的振盪變化以外，該圖案實質上類似於圖 17A 的複合切縫圖案。

【0087】 **圖 18B 至圖 18E** 係顯示經形成或切割成材料並接著沿著張力軸 T 暴露至張力之圖 18A 的複合切縫圖案之照片及來自照片的圖式。材料實質上如上文針對圖 17A 至圖 17D 及圖 3A 至圖 4I 所述般地展開。

【0088】 **圖 19** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖。圖案 1900 包括切縫列 1912 中之複數個切縫 1910。切縫 1910 具有三個終端 1914、1915、1916，其係在三個直部分 1921、1922、1923 之端上。所有直部分 1921、1922、1923 在點 1918 處相交。介於列 1912 中之直接相鄰切縫 1910 之間的空間形成列 1912 中之相鄰切縫 1910 之間的軸向束 1920。切縫 1910 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0089】 切縫 1910 之獨特幾何允許材料回應於超過一個張力軸。具體而言，當實質上垂直於由三個主要張力軸（T1、T2、T3）表示之三個直部分的任一者而施加張力時，其可膨脹。主要張力軸（T1、T2、T3）係可沿著其提供張力以展開在其中已形成圖案 1900 之材料的主要軸，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。因為

主要軸在所有平面角度中均具有分量，所以在任何方向上的張力將引起材料的一些展開。

【0090】 **圖 20** 係另一例示性複合切縫圖案的俯視示意圖，該複合切縫圖案類似於圖 19 中所示之圖案。圖案 2000 包括切縫列 2012 中之複數個切縫 2010。切縫 2010 具有三個終端 2014、2015、2016，其係在三個直部分 2021、2022、2023 之端上。直部分 2021 及 2022 係共線的。所有直部分 2021、2022、2023 在點 2018 處相交。介於列 2012 中之直接相鄰切縫 2010 之間的空間形成列 2012 中之相鄰切縫 2010 之間的軸向束 2020。切縫 2010 的直接相鄰列係彼此相位偏移。

【0091】 切縫 2010 之獨特幾何允許材料回應於超過一個張力軸。具體而言，當實質上垂直於由兩個張力軸（T1、T2）表示之兩個直部分的任一者而施加張力時，其可膨脹。張力軸（T1、T2）係主要張力軸。因為主要張力軸係正交於，所以在任何軸中的張力將導致其中已形成圖案 2000 之材料的展開，其產生部分材料的旋轉以及向上及向下移動。

【0092】 本文所示或所述的實施例之任何者可與本文所示或所述的其他實施例組合，包括本文所示或所述的任何特定特徵、形狀、結構、或概念可與本文所示或所述的其他特定特徵、形狀、結構、或概念之任何者組合。所屬技術領域中具有通常知識者將理解，可對複合切縫圖案、圖案形成為材料、及該等材料的展開作出許多變化，同時仍屬於本揭露之範疇。例如，在顯示雙切縫圖案的實施例中，圖案可係三切縫、四切縫、或其他多切縫，而非雙切縫圖案。替代地，切縫長度、切縫大小、切縫厚度、切縫形狀、列大小或形狀、橫向束大小或形狀、及/或重疊束大小或形狀可變化。此外，偏移或相位偏移的程

度可不同於所顯示者。切縫、列、或束節距可變化。張力軸與切縫之間的角度可變化。相對於材料之張力軸及/或側的圖案對準可變化。這些變化中的一些可改變展開圖案。

【0093】 本文所示之大多數切縫圖案具有經描述為在施加張力時相對於片材的原始平面向上或向下移動或屈曲的區域。向上與向下動作之間的區別係為了闡明而使用的任意描述，以實質上匹配隨附圖式。可將樣本全部翻轉，使向下動作轉為向上動作且反之亦然。此外，在樣本區域將翻轉處發生偶發倒置，使得在先前區域中已向上移動的類似特徵現為向下移動且反之亦然係常態且在預期之中。這些倒置可發生在小如單切縫的區域或者材料的大部分。這些倒置係隨機且天然的，其等係材料的天然變異、製造、及施加力的結果。雖然對無倒置的材料之照片區域作出一些努力，所有樣本均在存在這些天然變異的情況下進行測試，且倒置的數目或位置並未顯著地影響性能。

【0094】 本文所示之所有切縫圖案係顯示為大致上垂直於張力軸。雖然在許多實施例中，此可提供優越的性能，本文所示或所述之切縫圖案的任何者可以與張力軸成一角度旋轉。離張力軸小於 45 度的角度係較佳的。

【0095】 進一步地，本文所示之所有切縫圖案包括切縫，其等係彼此異相達大約直接相鄰切縫之間的橫向間距的一半（或橫向間距的50%）。然而，圖案可異相達任何所欲的量，包括例如橫向間距的三分之一、橫向間距的四分之一、橫向間距的六分之一、橫向間距的八分之一等。在一些實施例中，相位偏移係小於1、或小於列中的直接相鄰切縫之橫向間距的四分之三、或小於該橫向間距的一半。在一些實施例中，相位偏移係大於列中的直接相鄰切縫之橫向間距的五十分之

一、或大於該橫向間距的二十分之一、或大於該橫向間距的十分之一。

【0096】 在一些實施例中，最小相位偏移係使得交替列中的切縫之終端與穿過相鄰列中的切縫之終端之平行於張力軸的線相交。在一些實施例中，最大相位偏移係類似地受限於材料之連續路徑的產生。若正交於張力軸之切縫的寬度對所有切縫均係恆定並具有值 w，且正交於張力軸的切縫之間的間隙係恆定並具有值 g，則最小相位偏移及最大相位偏移係：

$$\text{最小相位偏移} = \frac{g}{w+g}\text{、最大相位偏移} = \frac{w}{w+g}$$

【0097】 **物品。**本揭露亦關於一或多個物品或材料，其等包括本文所述之切縫圖案的任何者。本文所述之切縫圖案可形成至其中的一些例示性材料包括例如紙（包括卡紙板、波紋紙、經塗佈或未經塗佈的紙、牛皮紙、棉搭接、回收紙）；塑膠；織造及非織造材料及/或織品；彈性材料（包括橡膠，諸如天然橡膠、合成橡膠、腈橡膠、聚矽氧橡膠、胺甲酸酯橡膠、氯丁二烯橡膠、乙烯乙酸乙烯酯或 EVA 橡膠）；非彈性材料（包括聚乙烯及聚碳酸酯）；聚酯；丙烯酸；及聚碸。物品可係例如材料、片材、膜、或任何類似構造。

【0098】 可使用之熱塑性材料的實例包括下列之一或多者：聚烯烴（例如聚乙烯（高密度聚乙烯(HDPE)、中密度聚乙烯(MDPE)、低密度聚乙烯(LDPE)、線性低密度聚乙烯(LLDPE)）、茂金屬聚乙烯、及類似者、及其組合）、聚丙烯（例如雜排及對位性聚丙烯））、聚醯胺（例如尼龍）、聚胺甲酸酯、聚縮醛（諸如 Delrin）、聚丙烯酸酯、及聚酯（諸如聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、聚對苯二甲酸乙二醇酯

(PETG)、及脂族聚酯（諸如聚乳酸））、氟塑膠（諸如來自 3M company, St. Paul, MN 的 THV）、以及其組合。熱固性材料之實例可包括聚胺甲酸酯、聚矽氧、環氧化物、三聚氰胺、酚醛樹脂、及其組合之一或多者。生物可分解聚合物之實例可包括下列之一或多者：聚乳酸(PLA)、聚乙醇酸(PGA)、聚(己內酯)、乳酸交酯及乙醇酸之共聚物、聚(丁二酸乙二醇酯)、聚羥基丁酯、及其組合。

【0099】 如本文中所使用，「紙(paper)」係指織造或非織造的片狀產品或織品（其可折疊並可具有各種厚度），其等係由纖維素（具體來說係纖維素之纖維（無論天然或人工衍生者））製成或者可以其他方式衍生自植物來源（諸如木、玉米、草、米、及類似者）的漿泥。紙包括由傳統及非傳統製紙程序兩者所製成的產品以及具有上述類型的材料，該等材料具有埋置於片材中之其他類型的纖維（例如，強化纖維）。紙可在片材上或在纖維本身上具有塗層。在本揭露之背景下為「紙」之非傳統產品的實例包括可以商標名稱 TRINGA 購自 PAPTIC (Espoo, Finland)之材料以及可以商標名稱 SULAPAC 購自 SULAPAC (Helsinki, Finland)之材料的片材形式。

【0100】 單切縫圖案經形成至其中的材料可具有任何所欲厚度。在一些實施例中，材料具有介於約 0.001 吋(0.025 mm)與約 5 吋(127 mm)之間的厚度。在一些實施例中，材料具有介於約 0.01 吋(0.25 mm)與約 2 吋(51 mm)之間的厚度。在一些實施例中，材料具有介於約 0.1 吋(2.5 mm)與約 1 吋(25.4 mm)之間的厚度。在一些實施例中，厚度係大於 0.001 吋(.025 mm)、或 0.01 吋(.25 mm)、或 0.05 吋(1.3 mm)、或 0.1 吋(2.5 mm)、或 0.5 吋(13 mm)、或 1 吋(25 mm)、或 1.5 吋(38 mm)、或 2 吋(51 mm)、或 2.5 吋(64 mm)、或 3 吋(76 mm)。在一些實

施例中，厚度係小於 5 吋(127 mm)、或 4 吋(101 mm)、或 3 吋(76 mm)、或 2 吋(51 mm)、或 1 吋(25 mm)、或 0.5 吋(13 mm)、或 0.25 吋(6.3 mm)、或 0.1 吋(2.5 mm)。

【0101】 在材料係紙的一些實施例中，厚度係介於約 0.003 吋(0.076 mm)與約 0.010 吋(0.25 mm)之間。在材料係塑膠的一些實施例中，厚度係介於約 0.005 吋(0.13 mm)與約 0.125 吋(3.2 mm)之間。

【0102】 在一些實施例中，切縫或切口圖案實質上延伸至片材、膜、或材料的邊緣之一或多者。在一些實施例中，此允許材料具有不受限的長度且亦藉由張力來展開，具體係在以不可延伸的材料製成時。「不可延伸(non-extensible)」材料通常定義為一種材料，該種材料在內聚性、無摻雜組態（缺乏切縫）時具有 25%以下、小於或等於 10%的最終伸長值、或在一些實施例中之小於或等於 5%的最終伸長值。邊緣材料的量係由單切縫圖案環繞而不包括單切縫圖案的材料區域。在一些實施例中，邊緣材料（或順幅邊界）的量可定義為矩形的寬度，該矩形的長軸平行於張力軸且係無限長，並可在無重疊或觸碰任何切縫的情況下於基材上拖拉。在一些實施例中，邊緣材料的量係小於.010 吋(.25 mm)或小於.001 吋(.025 mm)。在一些實施例中，順幅邊界的寬度係小於.010 吋(.25 mm)或小於.001 吋(.025 mm)。在一些實施例中，邊緣材料的量係小於基材厚度的 5 倍。在一些實施例中，順幅邊界的寬度係小於基材厚度的 5 倍。

【0103】 可將橫幅板材界定為矩形區域，其所具有的矩形之長軸垂直於張力軸且係無限長，且其寬度係某一有限數並可在無重疊或觸碰任何切縫或切口的情況下於基材上拖拉。在一些實施例中，具有任何寬度的橫幅板材可已作為圖案的整體部分而存在於物品內。在一些

實施例中，可將具有任何寬度的橫幅板材加到有限長度物品之末端，以使物品更容易展開。在一些實施例中，可間歇地將具有任何寬度的橫幅板材加到經連續圖案化的物品。

【0104】 在一些實施例中，單切縫之相隔最遠的終端之間的距離（亦稱為切縫長度）係介於約 0.25 吋(001 mm)長與約 3 吋(76 mm)長之間、或介於約 0.5 吋(13 mm)與約 2 吋(51 mm)之間、或介於約 1 吋(25 mm)與約 1.5 吋(38 mm)之間。在一些實施例中，單切縫的終端之間的最遠距離（亦稱為切縫長度）係介於基材厚度的 50 倍與基材厚度的 1000 倍之間或介於基材厚度的 100 倍與 500 倍之間。在一些實施例中，切縫長度係小於基材厚度的 1000 倍、或小於 900 倍、或小於 800 倍、或小於 700 倍、或小於 600 倍、或小於 500 倍、或小於 400 倍、或小於 300 倍、或小於 200 倍、或小於基材厚度的 100 倍。在一些實施例中，切縫長度係大於基材厚度的 50 倍、或大於 100 倍、或大於 200 倍、或大於 300 倍、或大於 400 倍、或大於 500 倍、或大於 600 倍、或大於 700 倍、或大於 800 倍、或大於基材厚度的 900 倍。

【0105】 **製作方法。**本文所述之切縫圖案及物品可以若干種不同方式製作。例如，切縫圖案可藉由擠製、模製、雷射切割、水射、機械加工、立體微影、或其他 3D 列印技術、雷射剝蝕、微影蝕刻、化學蝕刻、旋轉模切、衝壓、其他合適的負性或正性處理技術、或其等之組合來形成。具體地，參照圖 22，可將紙或另一片材材料 30 饋入至由旋轉模具 20 及砧座 10 所組成的夾具中。在此實例中，材料 30 係以卷組態儲存，其中材料係卷繞可包括或可省略中央核心的中央軸。旋轉模具 20 在其上具有切割表面 22，該等切割表面對應於所欲切割成片材

材料 30 的圖案。模具 20 在所欲位置切穿材料 30 並形成本文所述之切縫圖案。相同程序可與平模及平坦砧座併用。

【0106】 **使用方法。**本文所述之物品及材料可以各種方式使用。在一實施例中，二維片材、材料、或物品具有沿著張力軸施加的張力，其導致切縫形成本文所述之開口及/或襟翼及/或動作。在一些實施例中，張力係藉由手或以機器施加。

【0107】 **用途。**本揭露描述始於平坦片材但一經施加力/張力即展開成三維構造的物品。在一些實施例中，此類構造形成能量吸收結構。本文所述之圖案、物品、及構造具有大量潛在用途，其等之至少一些係描述於本文中。

【0108】 一種例示性用途係保護用於運送或儲存之物體。如上文所述，現存的運送材料具有各種缺點，包括例如，在使用前儲存時佔據太多空間（例如，氣泡緩衝材、包裝花生）且因此增加運送成本；其等需要特殊器材來製造（例如膨脹的空氣袋）；其等並非總是有效（例如折皺紙）；及/或其等並非可廣泛可回收（例如，氣泡緩衝材、包裝花生、膨脹的空氣袋）。本文所述之以張力活化之膨脹膜、片材、及物品可用以在運送期間保護項目而無任何上述缺點。當以永續材料製成時，本文所述之物品係有效且具永續性的。由於本文所述之物品在製造、運送、販售、及儲存時係平坦的，且僅在使用者以張力/力活化時變成三維，這些物品在最佳利用儲存空間及最小化運送/運輸/包裝成本方面係更有效且有效率的。零售商及使用者可使用相對小的空間以容納將膨脹至其原始大小之 10、或 20、或 30、或 40、或更多倍的產品。進一步地，本文所述之物品在使用上係簡單且高度直覺性的。使用者僅將產品從卷拉下或取用平坦的產品片材，沿著張力軸跨物品

施加張力（其可由手或以機器達成），並接著將產品捲繞於欲運送的產品。在許多實施例中，不需要膠帶，因為互鎖特徵使產品能夠與本身的另一層互鎖。

【0109】 在一些實施例中，本文所述之切縫圖案產生包裝材料及/或緩衝膜，其等提供優於現有市售品的優點。例如，在一些實施例中，本揭露的包裝材料及/或緩衝膜提供增強的緩衝或產品保護。在一些實施例中，當與現有市售品相比時，本揭露的包裝材料及/或緩衝膜提供類似或增強的緩衝或產品保護，但係可回收及/或比現有市售品更具永續性或對環境友善。在一些實施例中，當與現有市售品相比時，本揭露的包裝材料及/或緩衝膜提供類似或增強的緩衝或產品保護，但可經膨脹並捲繞欲運送的項目。一旦施加張力即保持形狀的構造可係較佳的，因為其等可排除許多應用為了將材料保持在適當位置而對膠帶之需求。

【0110】 在本文件中，如專利文件中所常見的，所用之用語「一（a 或 an）」包括一個或多於一個，獨立於任何其他情況或「至少一個(at least one)」或「一或多個(one or more)」之用法。在本文件中，除非另外指示，否則用語「或(or)」用於指代非排他的或，使得「A 或 B (A or B)」包括「A 但非 B (A but not B)」、「B 但非 A (B but not A)」、及「A 及 B (A and B)」。在本文件中，用語「包括(including)」及「其中(in which)」用作各別用語「包含(comprising)」及「其中(wherein)」之白話英語均等詞。另外，在以下請求項中，用語「包括」及「包含」係開放式的，即，包括除請求項中此類用語之後所列舉的要素之外的要素的系統、裝置、物品、組成物、配方、或程序仍視為落在該申請專利範圍之範疇內。此外，在以下申請專利範圍中，

用語「第一(first)」、「第二(second)」、及「第三(third)」等僅用作標號，且不意欲對其等目標加諸數值要求。

【0111】 以上描述意欲為描述性而非係限制性的。例如，上文所述之實施例（或其一或多個態樣）可彼此組合使用。為了符合 37 C.F.R. §1.72(b)而提供摘要，以允許讀者快速確定本技術揭露之本質。提交摘要時已理解其將不會被用於解讀或限制申請專利範圍之範疇或含義。另外，在上文實施方式中，可將各種特徵分組在一起以簡化本揭露。此不應解讀為以下意圖：未主張的所揭示特徵對任一請求項係必要的。反而是，發明標的可存在於少於具體揭示實施例之所有特徵。因此，以下申請專利範圍特此作為實例或實施例併入實施方式中，其中各請求項獨立地作為單獨的實施例，且設想此等實施例可依各種組合或排列彼此組合。本發明之範疇可參考隨附申請專利範圍而連同此申請專利範圍享有的均等物之全部範疇來判定。

【0112】 由端點表述的所有數字範圍旨在包括在該範圍之內包含的所有數字（即，範圍 1 至 10 包括例如 1、1.5、3.33、及 10）。

【0113】 本說明書及申請專利範圍中之用語「第一(first)」、「第二(second)」、「第三(third)」及類似者係用於區分相似的元件，而不一定係用於描述一次序(sequential)或時序(chronological)之順序。應了解到，如此使用的用語在適當的情況下係可互換的，且本文中所描述的本發明實施例係能夠以非在本文所描述或繪示的其他次序操作。

【0114】 此外，本說明書及申請專利範圍中之用語「頂部(top)」、「底部(bottom)」、「上方(over)」、「下方(under)」及類似者係用於描述之用途，而不一定係用於描述相對位置。應了解到，如此使用

的用語在適當的情況下係可互換的，且本文中所描述的本發明實施例係能夠以非在本文所描述或繪示的其他定向操作。

【0115】 所屬技術領域中具有通常知識者將理解，可對上述的實施例及實施方案而做出許多變化，而不偏離其等之基本原則。此外，本揭露之各種修改與變更對於所屬技術領域中具有通常知識者將為顯而易見且不悖離本揭露之精神及範疇。因此，本申請案之範疇應僅由下列之申請專利範圍及其均等物判定。

【符號說明】

【0116】

10:砧座

20:旋轉模具；模具

22:切割表面

30:片材材料；材料

100:膜

110:切口或切縫

110A, 110B, 110C, 110D:切縫

112:列

114:第一終端；終端

114C:終端

116:第二終端；終端

116D:終端

118, 118A, 118B:中點

130, 130A, 130B:束

140:主要張力線

300:圖案；材料

310:切縫

312:切縫列

312a, 312b:列

314:第一終端；拳終端

315:第二終端

316:第三終端

317:第四終端

318:中點

320:軸向束；非旋轉束；束

321:軸向部分；第一軸向部分

322:開放區域；開口；開口部分

323:軸向部分；第二軸向部分

324a, 324b:終端

325:大致上橫向部分

330, 330a, 330b:折疊壁區域

331:大致上矩形區域；矩形區域

333:大致上矩形區域；區域

340:主要張力線；張力線

500:圖案；材料

510:切縫

512:切縫列；列

514, 515, 516, 517:終端

518:中點

520:軸向束

521:軸向部分

523:軸向部分

525:大致上橫向部分

530:旋轉/折疊壁；旋轉束

531:大致上矩形區域；矩形區域

532:非旋轉束

533:大致上矩形區域；區域

535:重疊距離

600:圖案

610:切縫

612: 切縫列；列

614, 615, 616, 617:終端

618:中點

620:軸向束

621:軸向部分

623:軸向部分

625:大致上橫向部分

630:旋轉/折疊壁

631:大致上矩形區域；矩形區域

633:大致上矩形區域；區域

700:圖案

710:切縫

712: 切縫列；列

714, 715, 716, 717:終端

718:中點

720:軸向束

721:軸向部分

723:軸向部分

725:大致上橫向部分

730:旋轉/折疊壁

731:大致上矩形區域；矩形區域

732:非旋轉束

733:大致上矩形區域；區域

800:圖案

810:切縫

812: 切縫列；列

814, 815, 816, 817:終端

818:中點

820:軸向束

821:軸向部分；大致上軸向切縫；大致上軸向切縫部分

823:軸向部分；大致上軸向切縫；大致上軸向切縫部分

825:大致上橫向部分

830:旋轉/折疊壁

831:大致上矩形區域；矩形區域

832:非旋轉束

833:大致上矩形區域；區域

880:多束切縫

882:多束

900:圖案

910:切縫

912:切縫列；列

914, 915, 916, 917:終端

918:中點

920:軸向束

921:軸向部分；大致上軸向切縫；大致上軸向切縫部分

923:軸向部分；大致上軸向切縫；大致上軸向切縫部分

925:大致上橫向部分；大致上橫向切縫部分

930:旋轉/折疊壁

931:大致上矩形區域；矩形區域

932:非旋轉束

933:大致上矩形區域；區域

980:多束切縫

1000:圖案

1010:切縫

1012:切縫列；列

1014, 1015, 1016, 1017:終端

1018:中點

1020:軸向束；材料

1021:軸向部分；大致上軸向切縫；大致上軸向切縫部分

1023:軸向部分；大致上軸向切縫；大致上軸向切縫部分

1025:大致上橫向部分；大致上橫向切縫部分

1030:旋轉/折疊壁

1031:大致上矩形區域；矩形區域

1032:非旋轉束

1033:大致上矩形區域；區域

1080:多束切縫

1082:多束

1100:圖案

1125:大致上橫向部分

1200:圖案

1225:大致上橫向部分

1300:圖案

1321, 1323:大致上軸向切縫部分

1325:大致上橫向切縫部分

1400:圖案；片材

1410:切縫

1412:切縫列；列

1414, 1415, 1416, 1417:終端

1418:中點

1420:軸向束

1421, 1423:軸向部分

1425:橫向部分

1430:旋轉/折疊壁

1431:大致上矩形區域；矩形區域

1432:非旋轉束

1433:大致上矩形區域；區域

1500:圖案

1510:切縫

1512:切縫列；列

1514, 1516:終端

1518:中點

1525:大致上橫向部分

1590:交叉切縫

1600:圖案；材料

1610:切縫

1612:列

1614, 1616:終端

1620:軸向束

1630:橫向束

1700:圖案

1710:切縫

1712:列

1725:橫向切縫部分

1730:旋轉/折疊壁

1900:圖案

1910:切縫

1912:切縫列；列

1914, 1915, 1916:終端

1918:點

1920:軸向束

1921, 1922, 1923:直部分

2000:圖案

2010:切縫

2012:切縫列

2014, 2015, 2016:終端

2018:點

2020:軸向束

2021, 2022, 2023:直部分

2100:片材

2110:切縫

2112:列

2120:軸向束

2125:橫向部分

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種膨脹材料，其包含：

界定呈先拉形式(pretensioned form)之平面且具有軸向方向及正交於該軸向方向的橫向方向的材料片材，該材料片材具有配置在複數個切縫列中之複數個切縫，各切縫具有垂直於張力軸之彎曲的橫向長度，其中在一列中之該等切縫的各者在橫向方向與在該列中之直接相鄰切縫相間隔以形成一軸向束，其中該軸向束在相鄰列中的切縫之間延伸，其中該複數個切縫包括複合切縫之重複圖案。

【請求項2】

如請求項1之膨脹材料，其中該材料界定呈先拉形式之平面並界定一張力軸，且其中當沿著該張力軸施加張力時，該材料之至少部分從該平面旋轉45度或更大。

【請求項3】

如請求項1之膨脹材料，其中該等複合切縫包括多於兩個終端，且該等終端中之至少一者係彎曲的。

【請求項4】

如請求項1之膨脹材料，其中該等複合切縫之至少一些包括鉤、圈、正弦波、方波、三角波、及交叉切縫中之至少一者。

【請求項5】

如請求項1之膨脹材料，其中該複數個複合切縫界定延伸穿過該材料之邊緣之一或多者的一切縫圖案。

【請求項6】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該材料包括紙、塑膠、彈性材料、無彈性材料、聚酯、丙烯酸、聚碸、熱固物、生物可分解聚合物、織造材料、非織造材料、及其等之組合中之至少一者。

【請求項 7】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該材料係紙，且具有介於約 0.003 吋(0.076 mm)與約 0.010 吋(0.25 mm)之間的厚度。

【請求項 8】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該材料係塑膠，且具有介於約 0.005 吋(0.13 mm)與約 0.125 吋(3.2 mm)之間的厚度。

【請求項 9】

如請求項 6 之膨脹材料，其中該紙為波紋紙或該塑膠為熱塑性塑膠。

【請求項 10】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該材料通過如下所述之互鎖測試：

得到 36 吋(0.91 m)長及 7.5 吋(19 cm)寬的樣本；

樣本係在無撕裂的情況下完全展開，並接著放置為直接相鄰於平滑 PVC 管，確保樣本在輥軋期間維持完全展開；

將樣本捲繞在管上，確保各連續層直接放置在先前層上方，且樣本（沿著長度）經放置在管中心處；

相同方式將提供最少兩次完全捲繞管；

在所有樣本捲繞管時，鬆開樣本並觀察樣本是否舒展/打開；

若樣本在等待 1 分鐘之後並未舒展/打開，使樣本自管滑落至平滑表面上；

接著從後緣舉升樣本以看看其是否鋪展/打開或保持其形狀；

若樣本在使其自管滑落的期間及之後且在從後緣舉升時保持其管狀形狀，則其通過互鎖測試且視為互鎖。

【請求項 11】

如請求項 2 之膨脹材料，其中該等切縫之各者具有垂直於該張力軸之橫向長度。

【請求項 12】

如請求項 1 之膨脹材料，其中各切縫具有橫向長度，且第一切縫列中之該等切縫係偏移自相鄰切縫列中之切縫達該第一切縫列中之各切縫的該橫向長度之 75%或更少。

【請求項 13】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該等切縫之各者具有切縫形狀及切縫定向，且其中該切縫形狀、該切縫定向、或該切縫形狀與該切縫定向兩者在一切縫列內變化。

【請求項 14】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該等切縫具有切縫形狀及切縫定向，且其中該切縫形狀、切縫定向、或切縫形狀與切縫定向兩者在相鄰列中變化。

【請求項 15】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該材料具有厚度，該厚度介於約 0.001 吋(0.025 mm)與約 5 吋(127 mm)之間。

【請求項 16】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該複數個切縫中之各切縫具有切縫長度，該切縫長度介於約 0.25 吋(6.35 mm)與約 3 吋(76.2 mm)之間。

【請求項 17】

如請求項 1 之膨脹材料，其中該複數個切縫中之各切縫具有切縫長度，且該材料具有材料厚度，且其中切縫長度對材料厚度的比率介於約 50 與約 1000 之間。

【請求項 18】

一種模具，其能夠形成如請求項 1 至 17 中任一項所述之複數個切縫。

【請求項 19】

一種包裝材料，其係由如請求項 1 至 17 中任一項之膨脹材料的任一者所形成。

【請求項 20】

如請求項 19 之包裝材料，其中該膨脹材料係以卷組態儲存。

【請求項 21】

如請求項 19 之包裝材料，其中該膨脹材料係一或多個個別片材。

【請求項 22】

如請求項 21 之包裝材料，其進一步包含包封，該包封具有經設置在該包封中的該膨脹材料。

【請求項 23】

一種製作如請求項 1 至 17 中任一項之膨脹材料中任一者之方法，其包含：

藉由擠製、模製、雷射切割、水射、機械加工、立體微影、雷射剝蝕、微影蝕刻、化學蝕刻、旋轉模切、衝壓、或其等之組合中的至少一者而在該材料中形成該複合切縫圖案。

【請求項 24】

一種使用如請求項 1 至 17 中任一項之膨脹材料中任一者之方法，其包含：

沿著一張力軸施加張力至該膨脹材料，以導致該材料膨脹。

【請求項 25】

如請求項 24 之方法，其中該施加張力導致以下之一或多者：(1)該等切縫形成開口及/或(2)相鄰於該等切縫的該材料形成波紋。

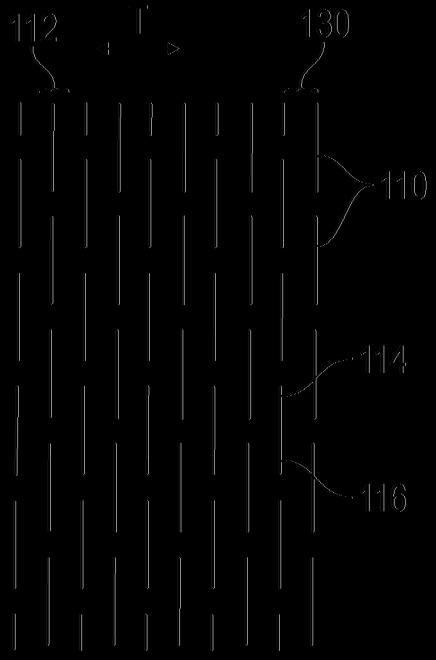
【請求項 26】

如請求項 24 之方法，其中該張力係藉由手或以機器施加。

【請求項 27】

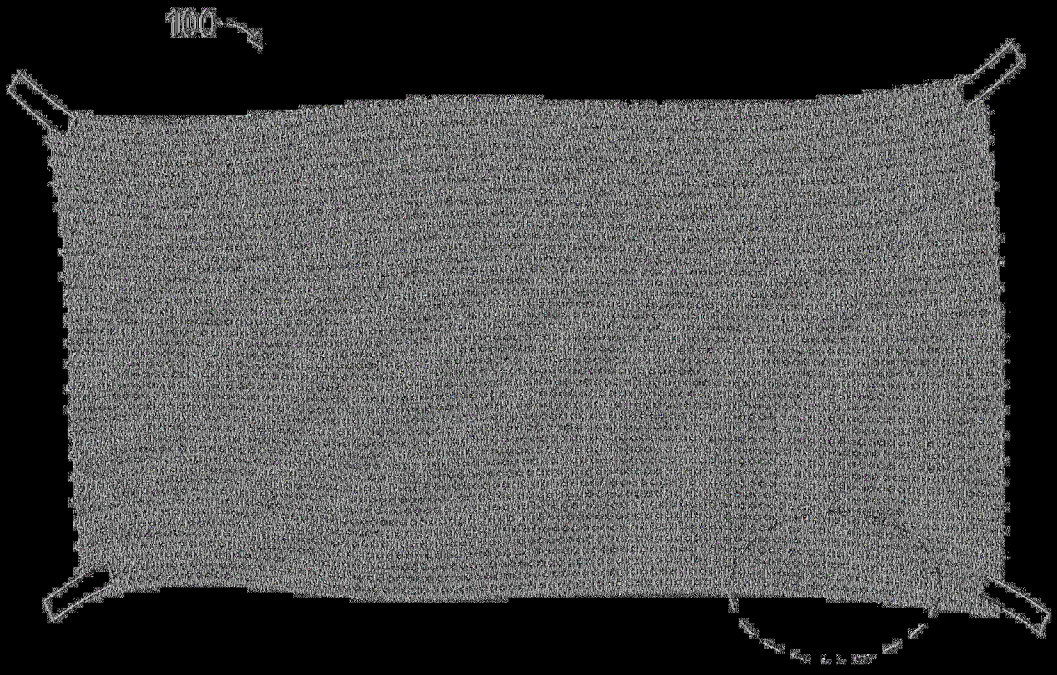
如請求項 24 之方法，其中沿著該張力軸施加張力至該膨脹材料導致該材料從二維結構變化至三維結構。

[(發明圖式)]



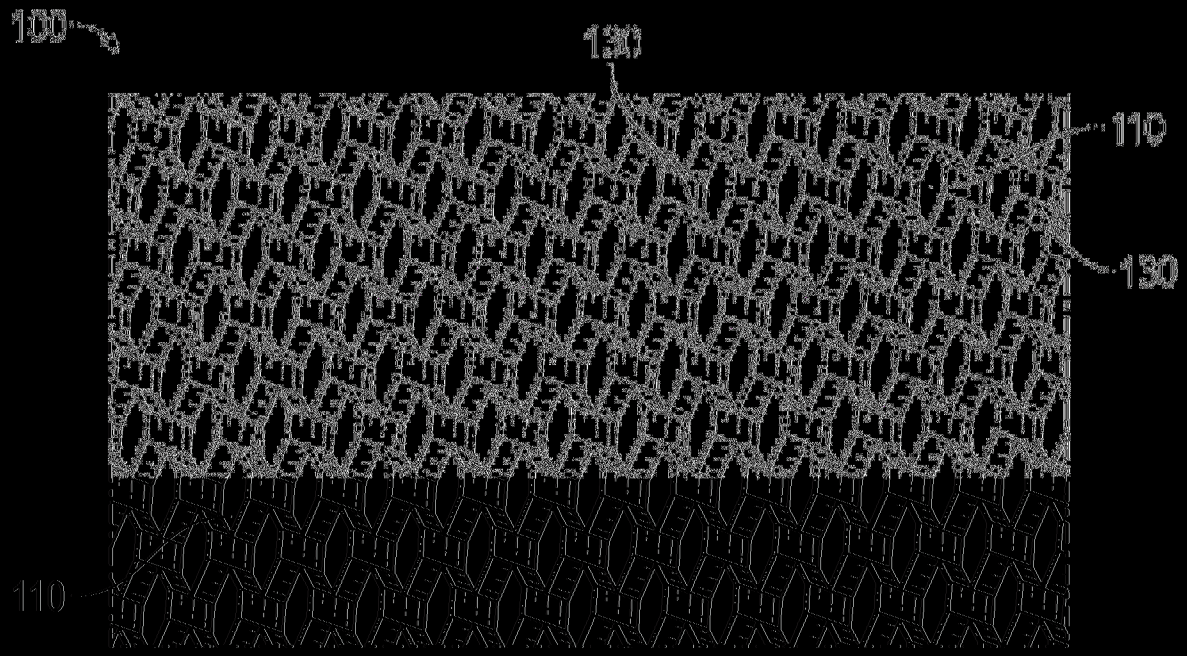
（先前技術）

[(圖 1A)]



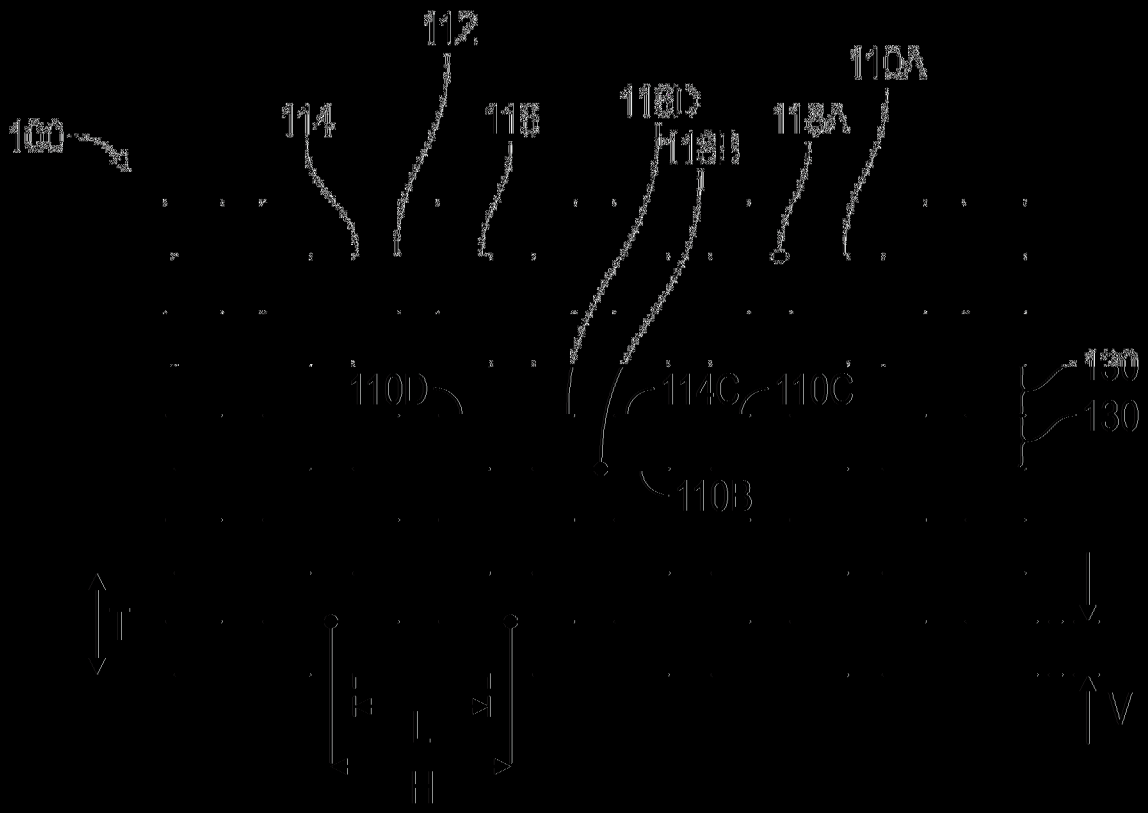
（先前技術）

[(圖 1B)]



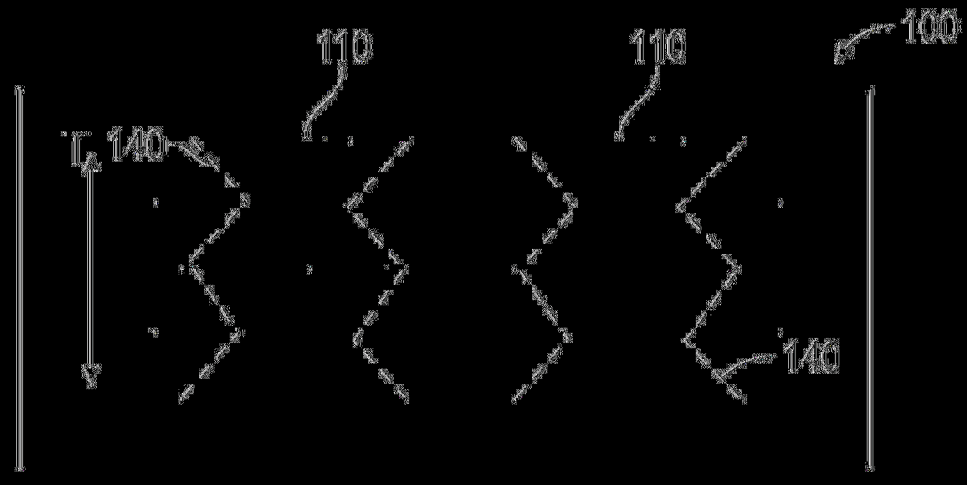
（先前技術）

[圖 1C]



（先前技術）

|（圖 2A）|



（先前技術）

|（圖 2B）|

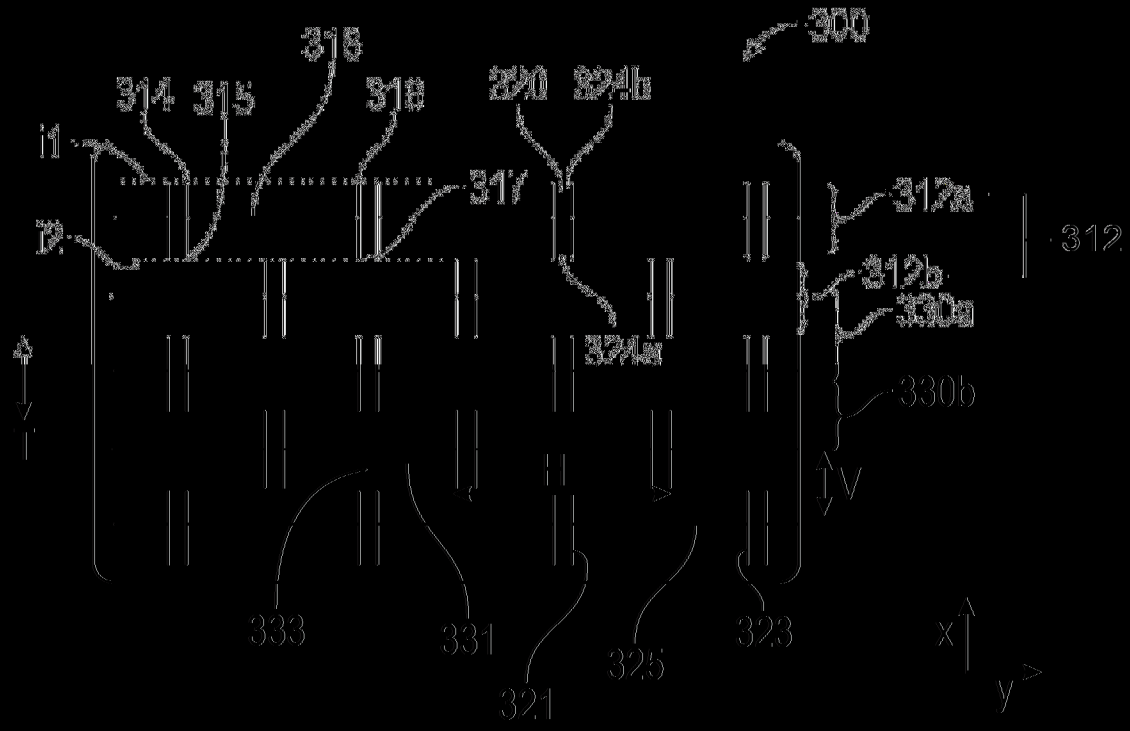

300
316
314
315
318
320
324b
317
312a
312
312b
330a
324a
330b
333
331
325
323
321
x
y

圖 3A

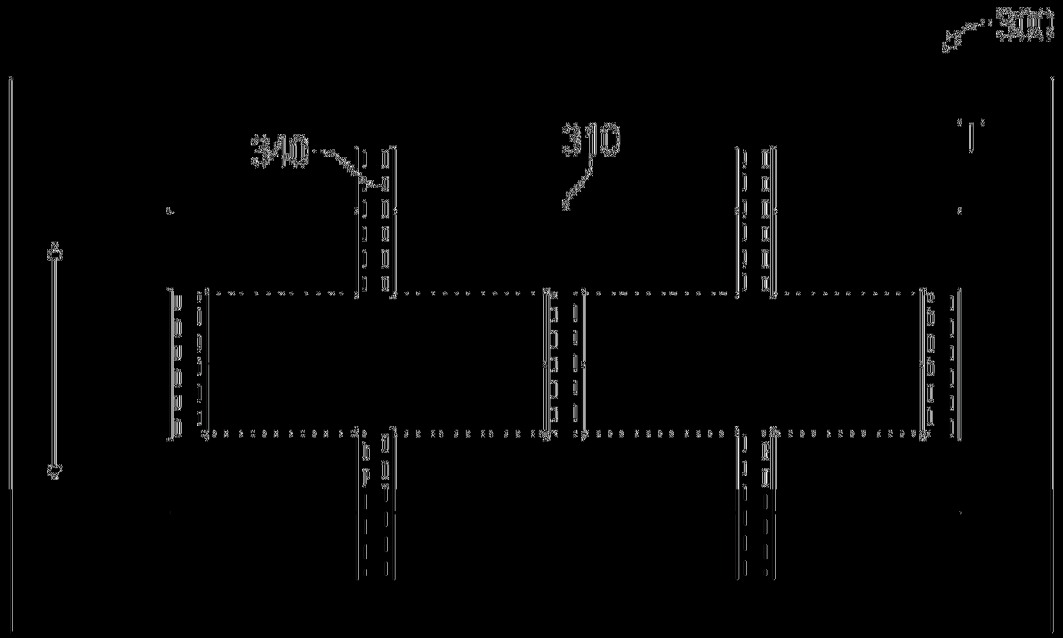

300
340
310

圖 3B

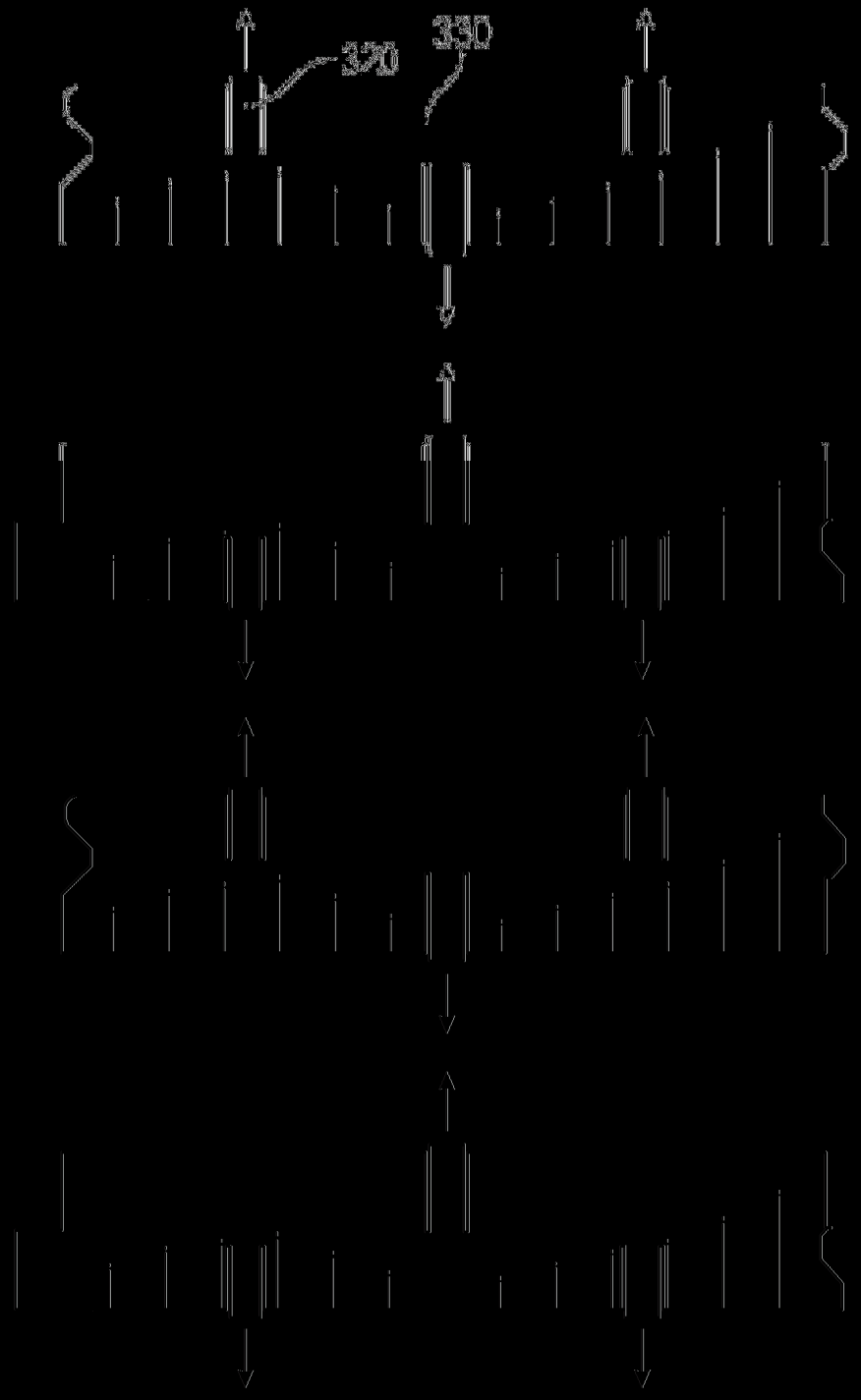


圖 4A

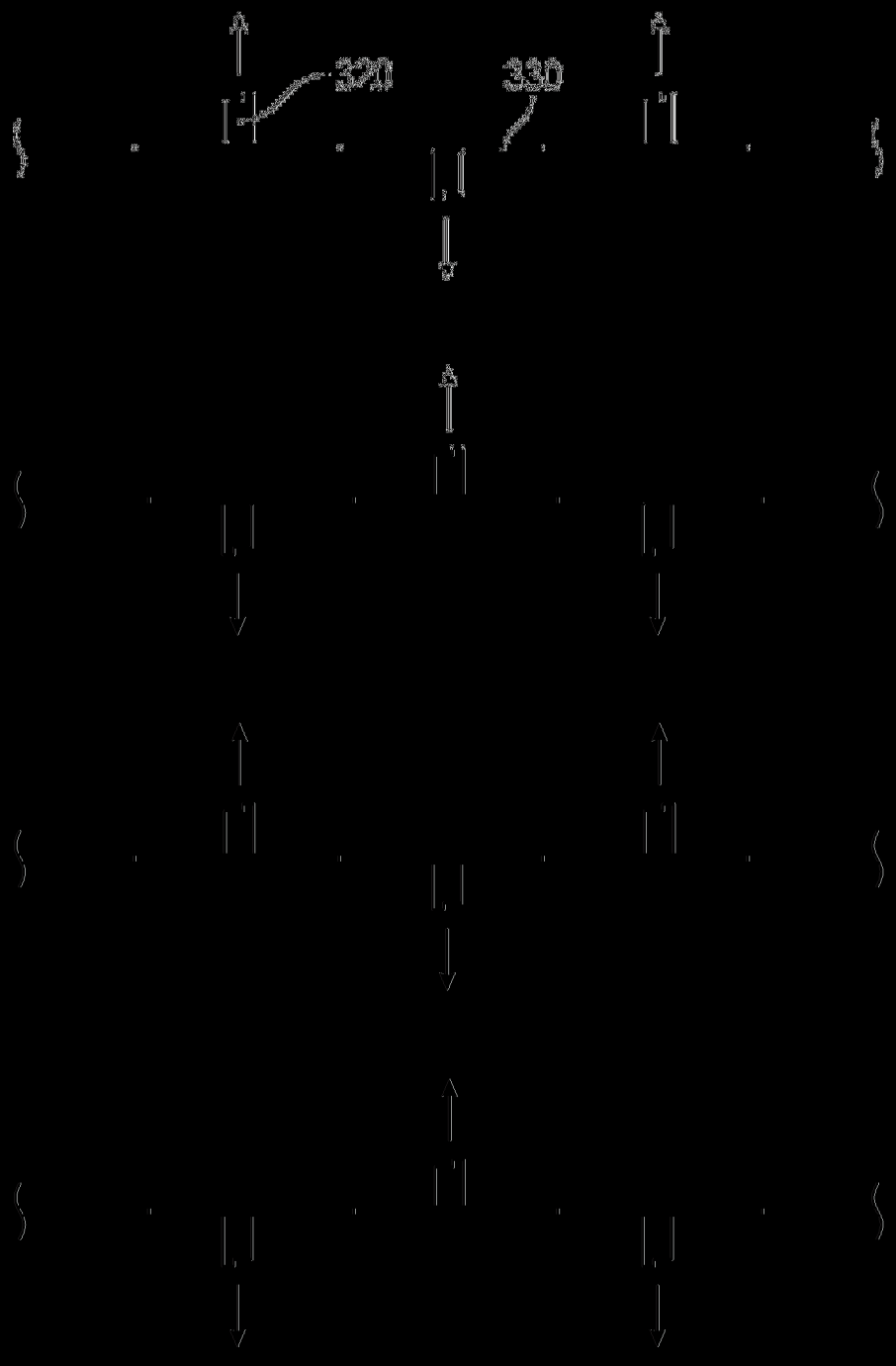


圖 4B

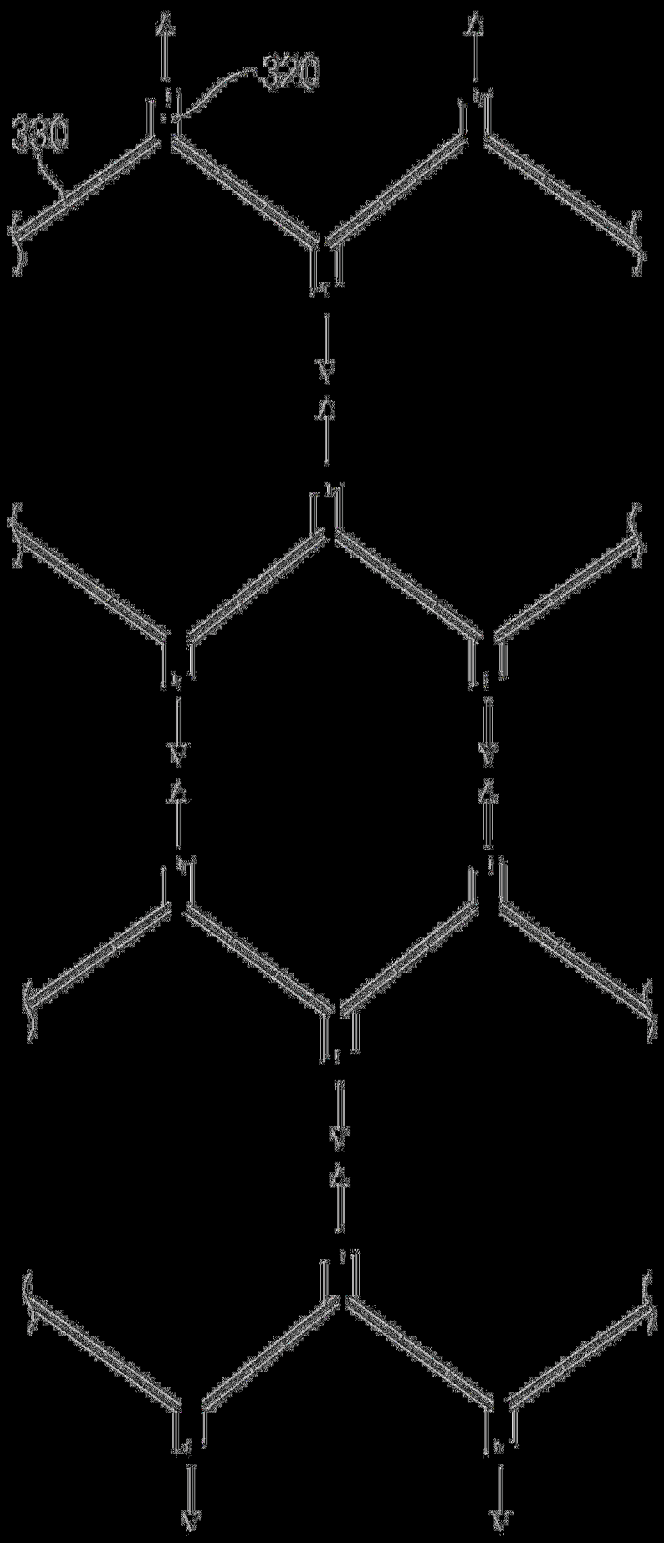


圖 4C

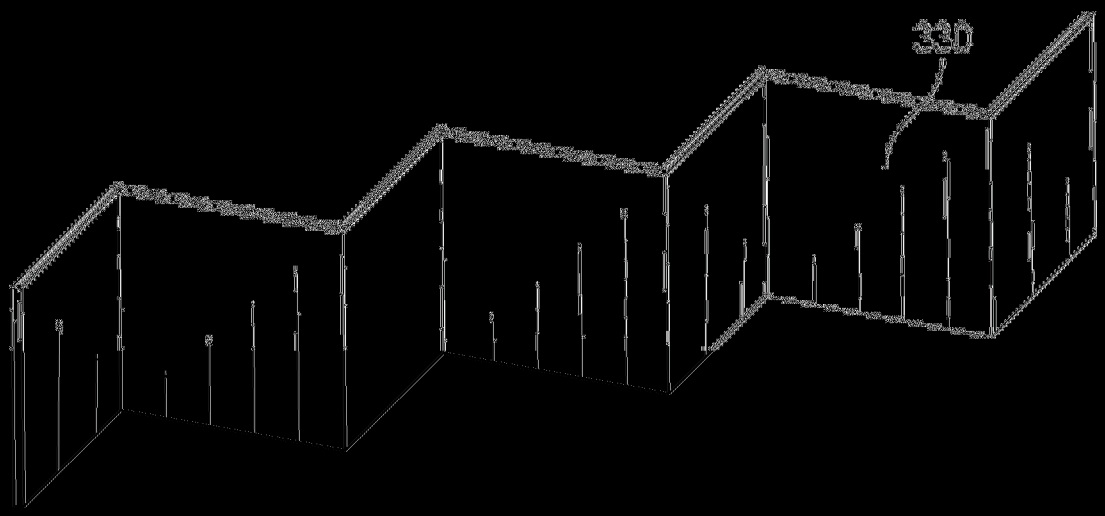


圖 4D

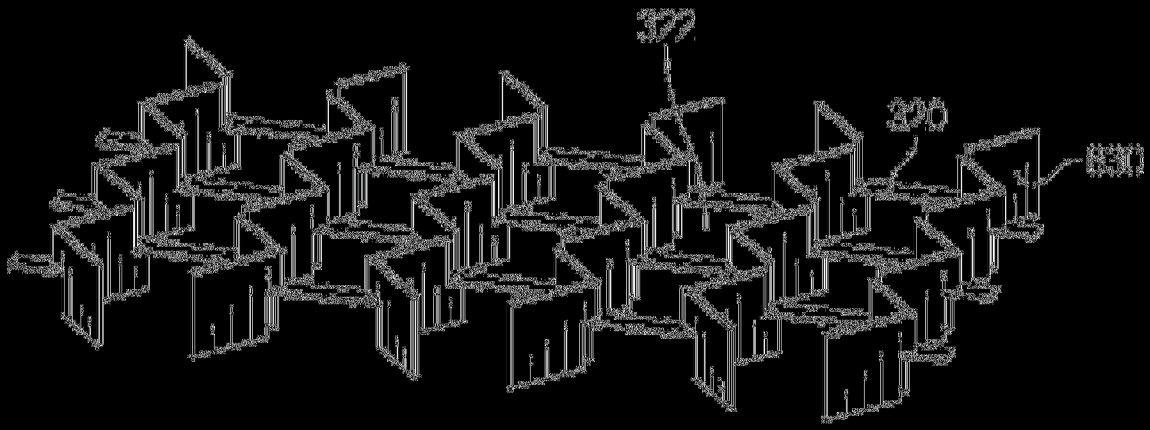
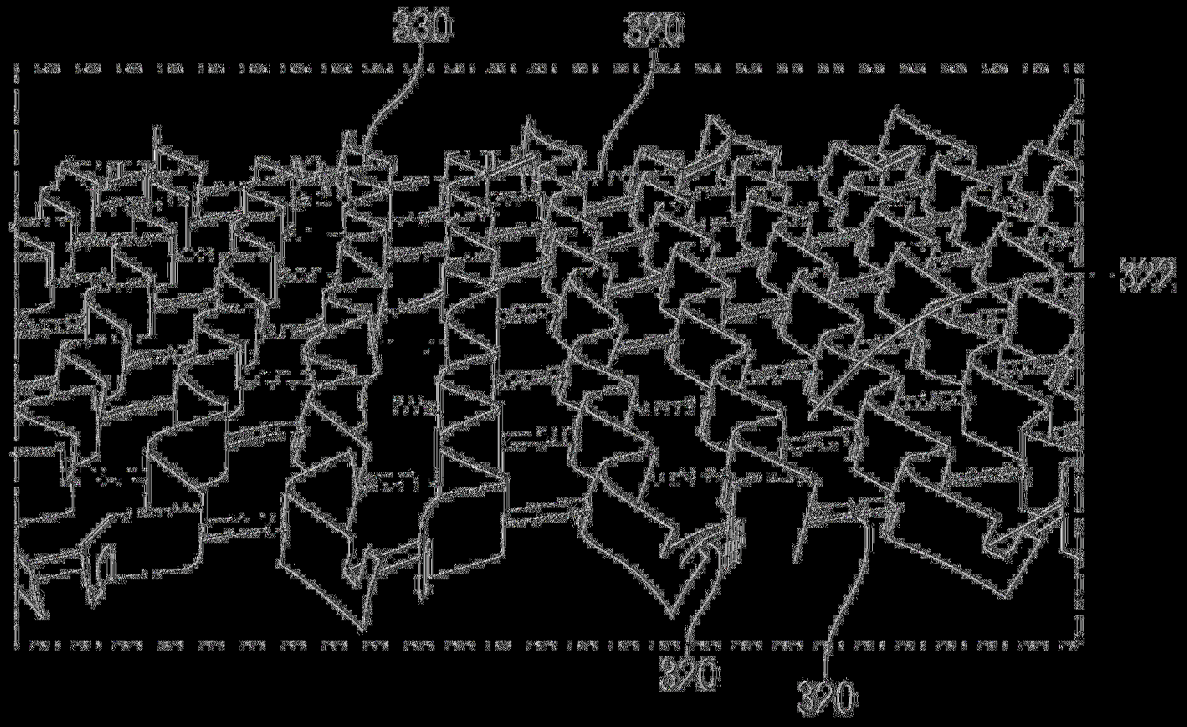
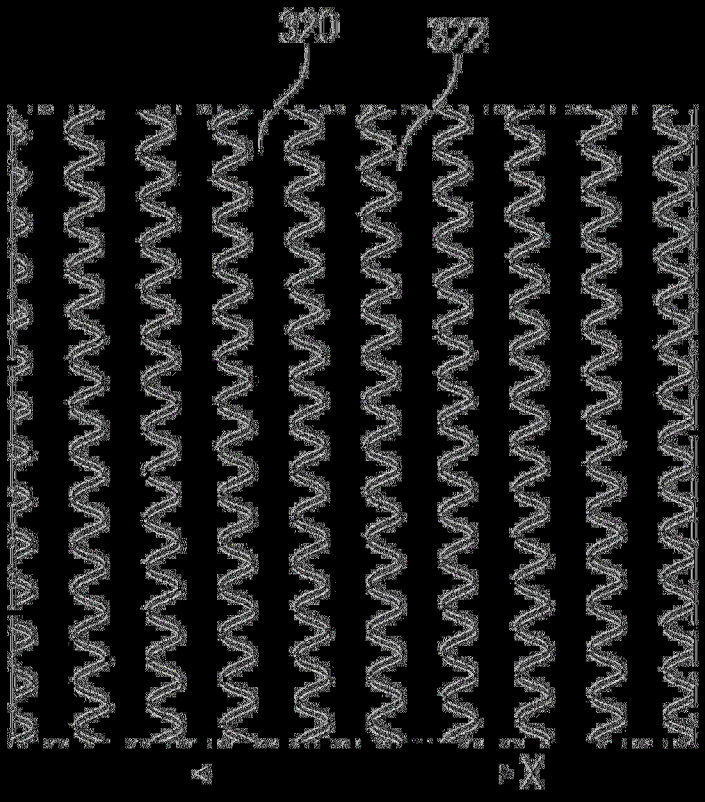


圖 4E



|(圖 4F)|



|(圖 4G)|

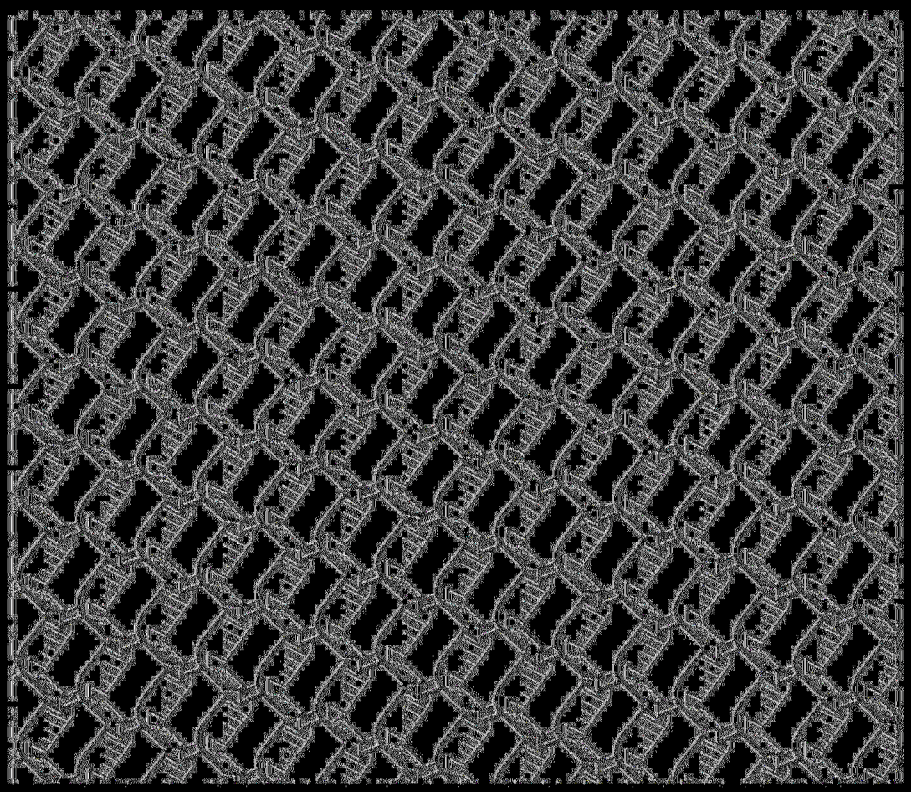


圖 4B

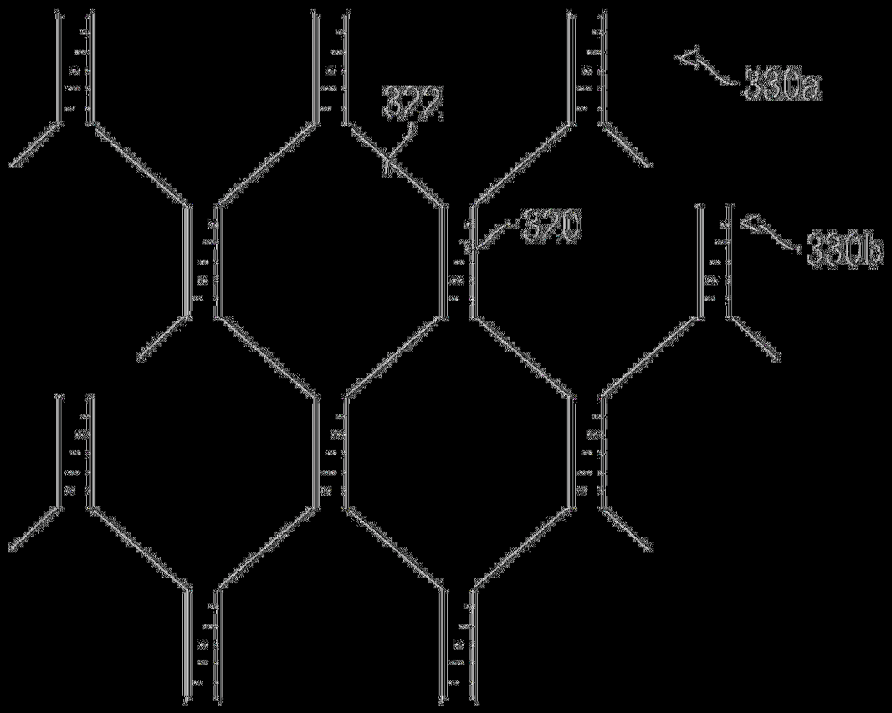


圖 4D

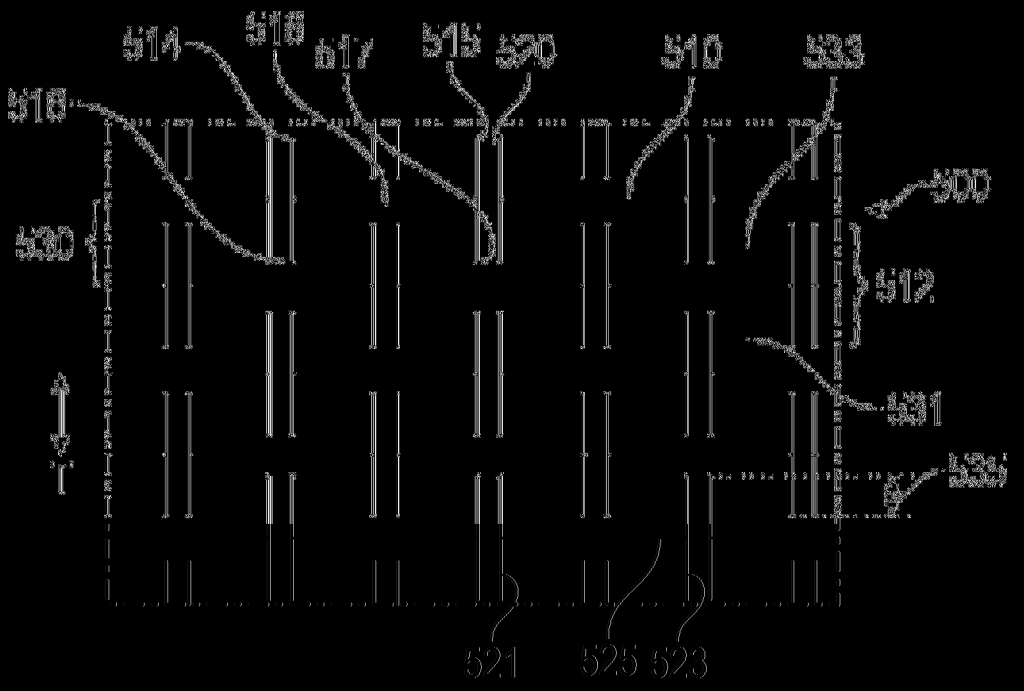

514
518
517
515
520
510
533
516
500
530
512
531
535
521
525
523

圖 5A

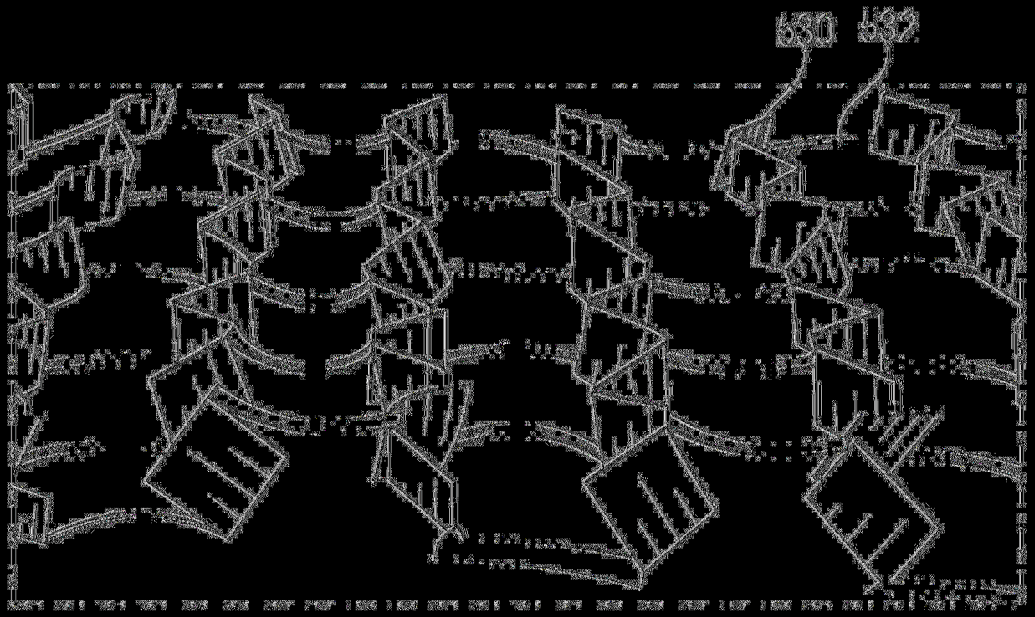

530
532

圖 5B

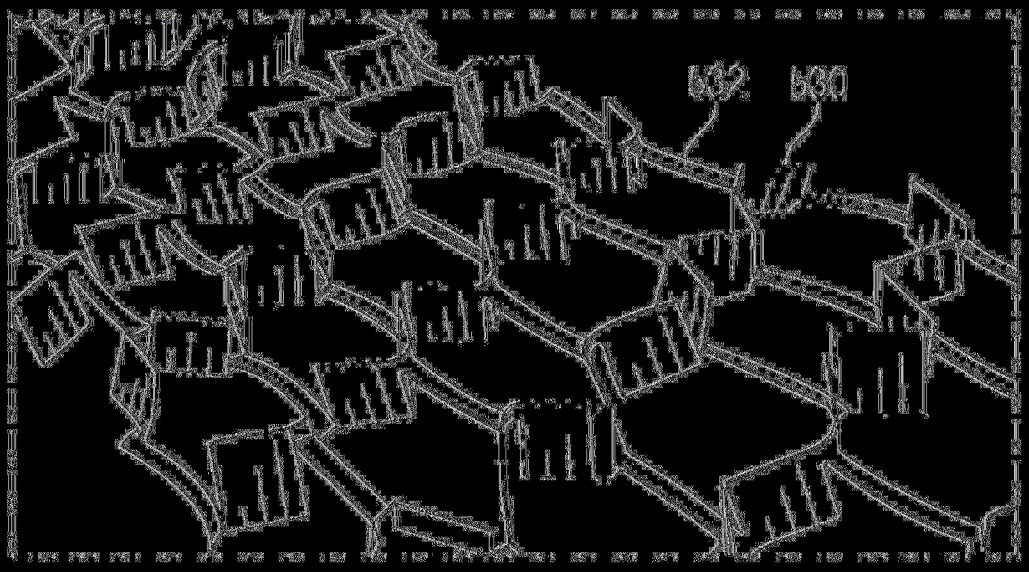


圖 5C

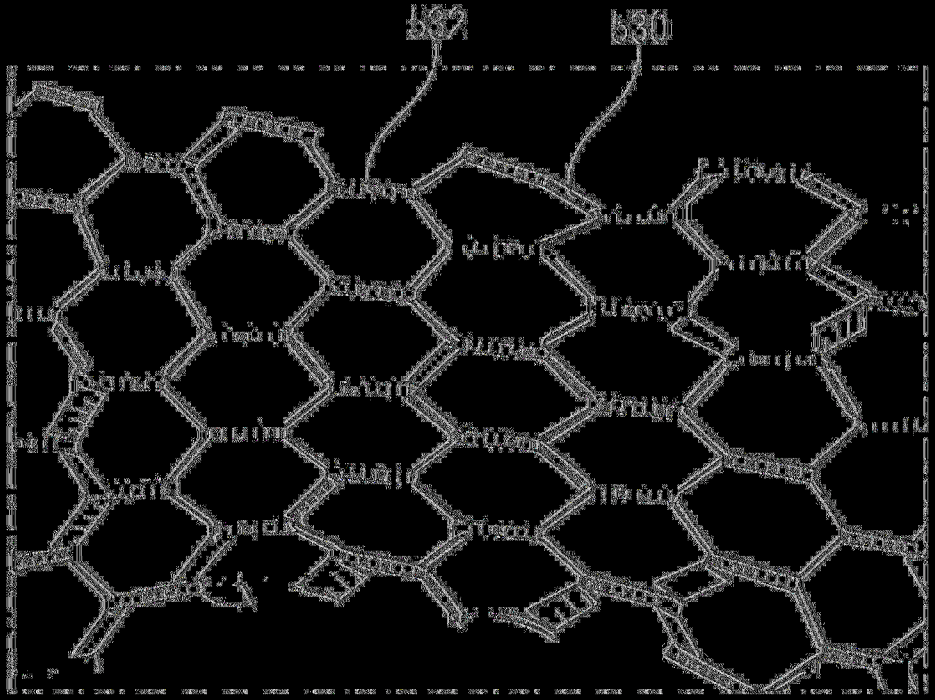


圖 5D

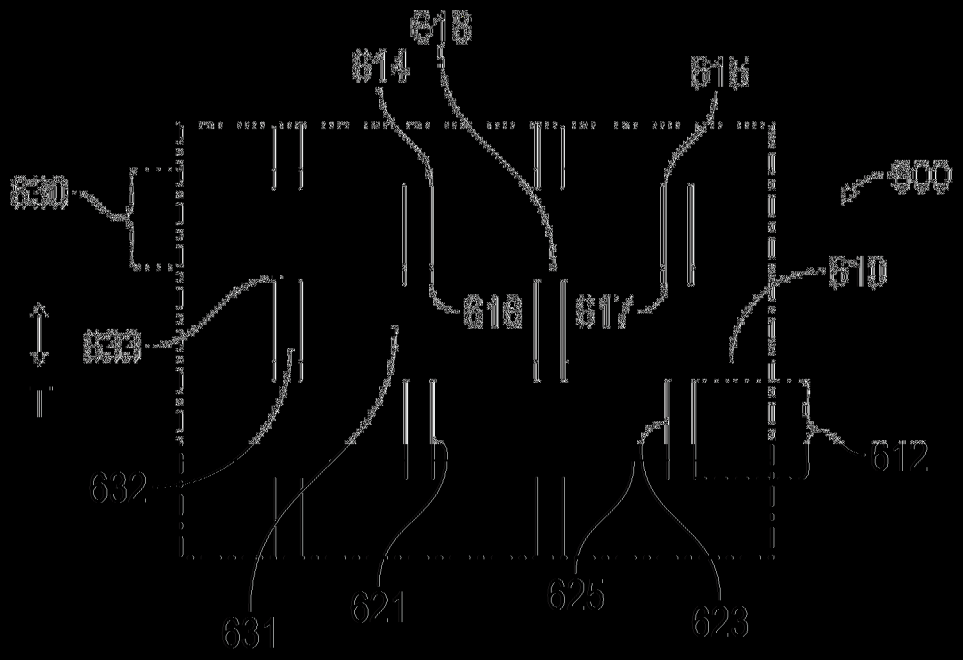

618
614
616
630
600
610
633
617
612
632
631
621
625
623

圖 6

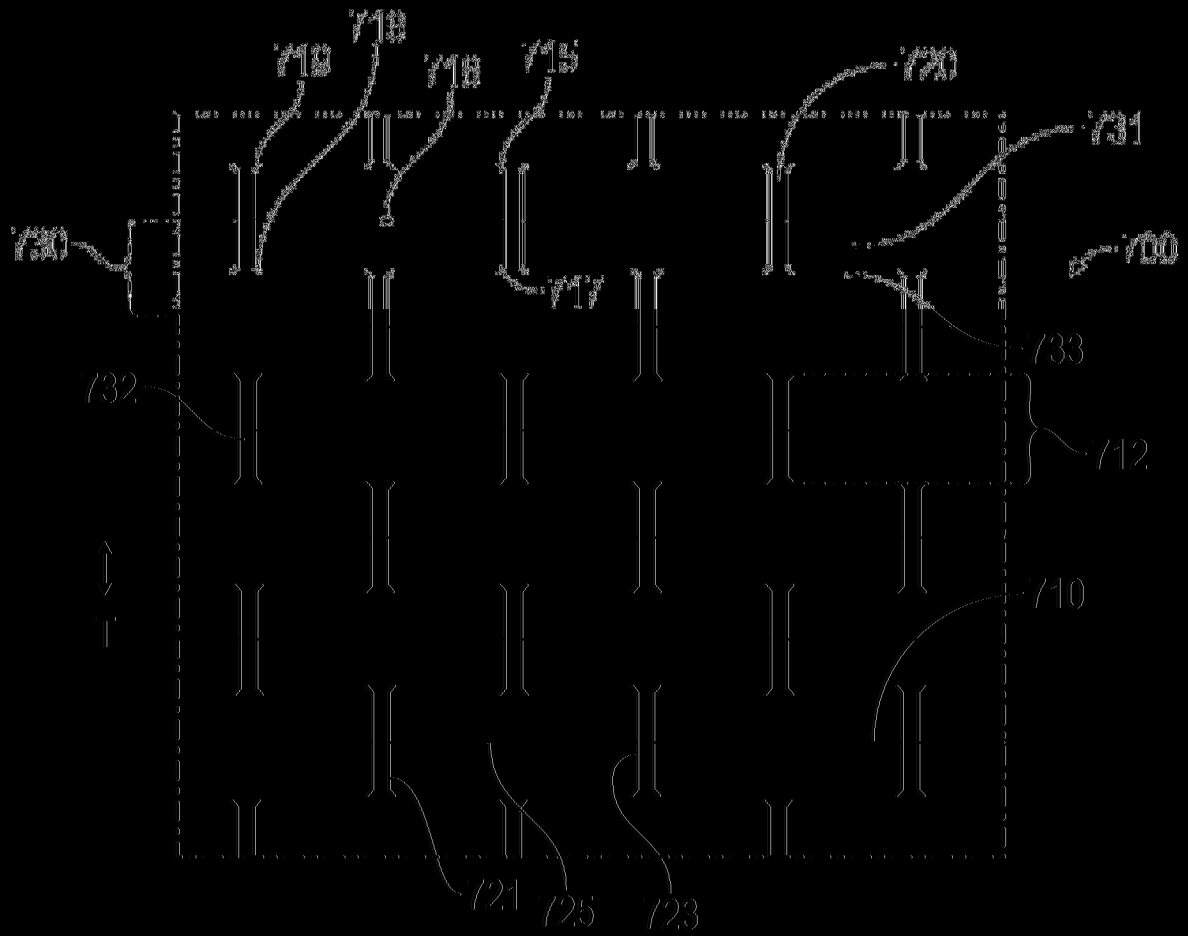

718
715
720
731
730
700
717
733
732
712
710
721
725
723

圖 7

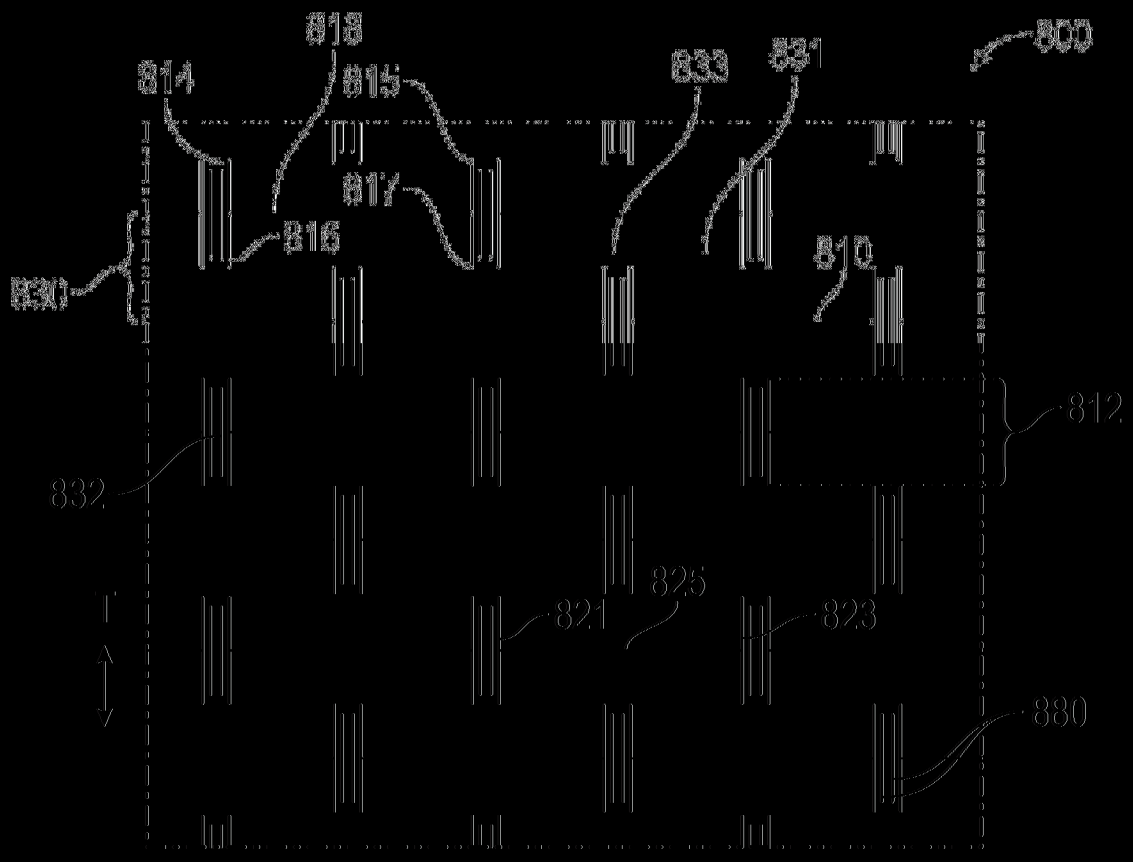

818
814
815
833
831
800
817
816
810
830
812
832
825
821
823
880

圖 8

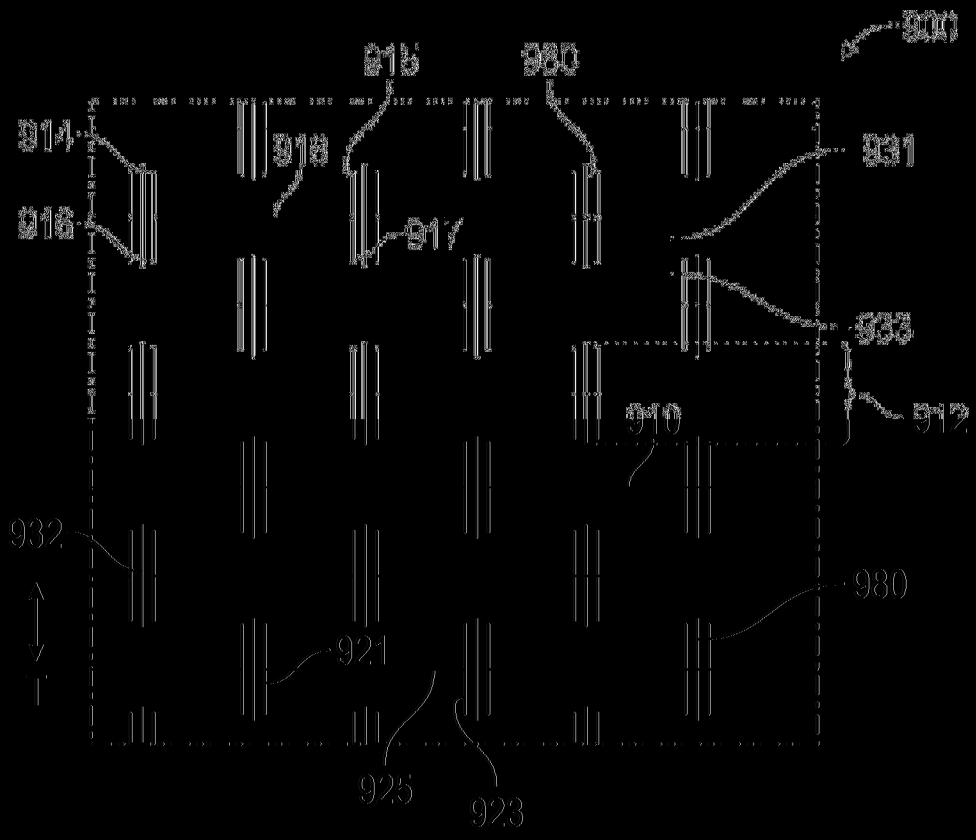

915
930
901
914
918
931
916
917
933
910
912
932
980
921
925
923

圖 9

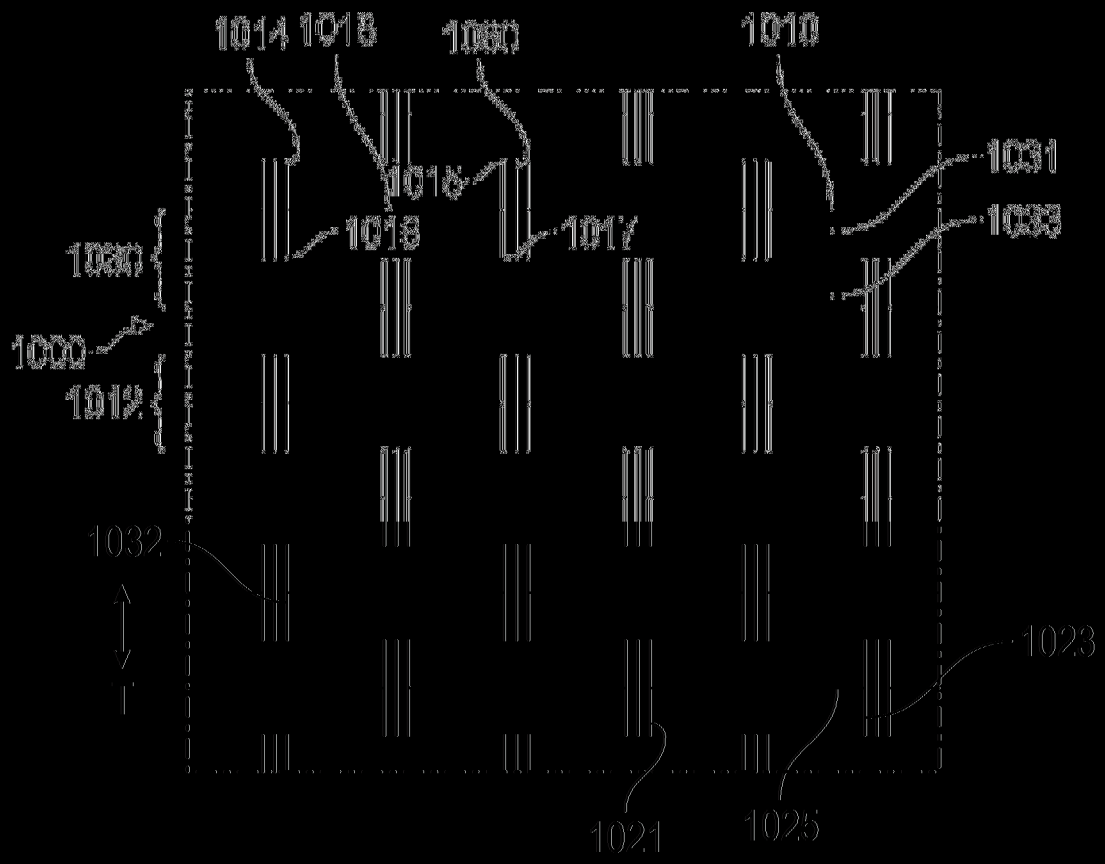

1014
1015
1030
1010
1031
1033
1016
1013
1017
1030
1000
1012
1032
1023
1021
1025

圖 10A

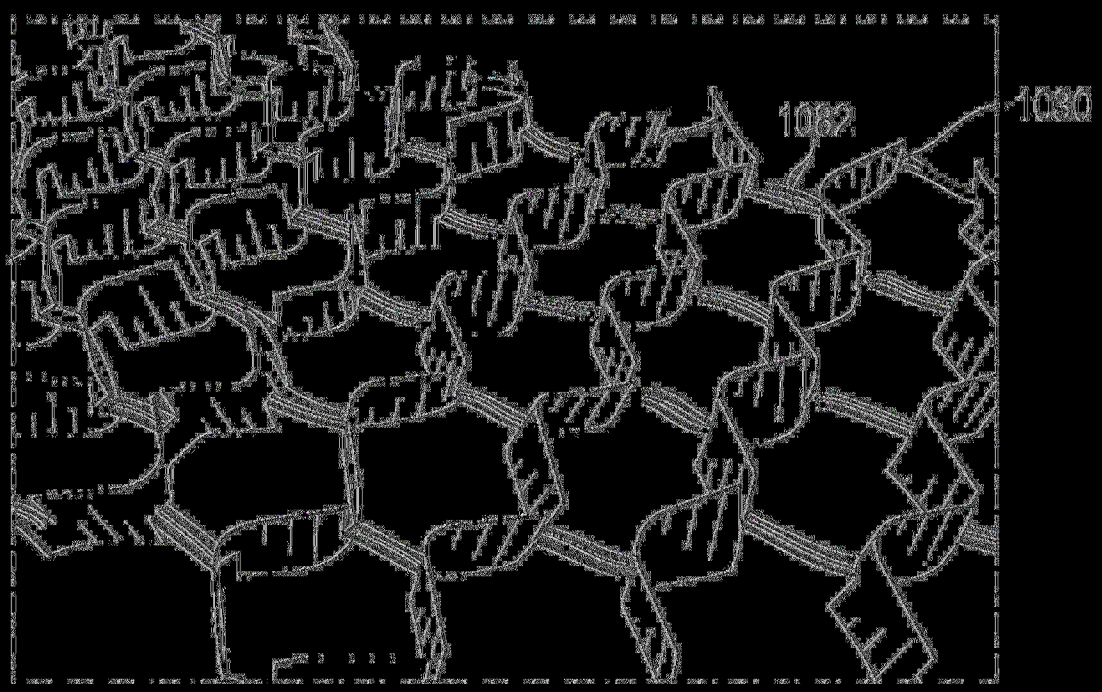
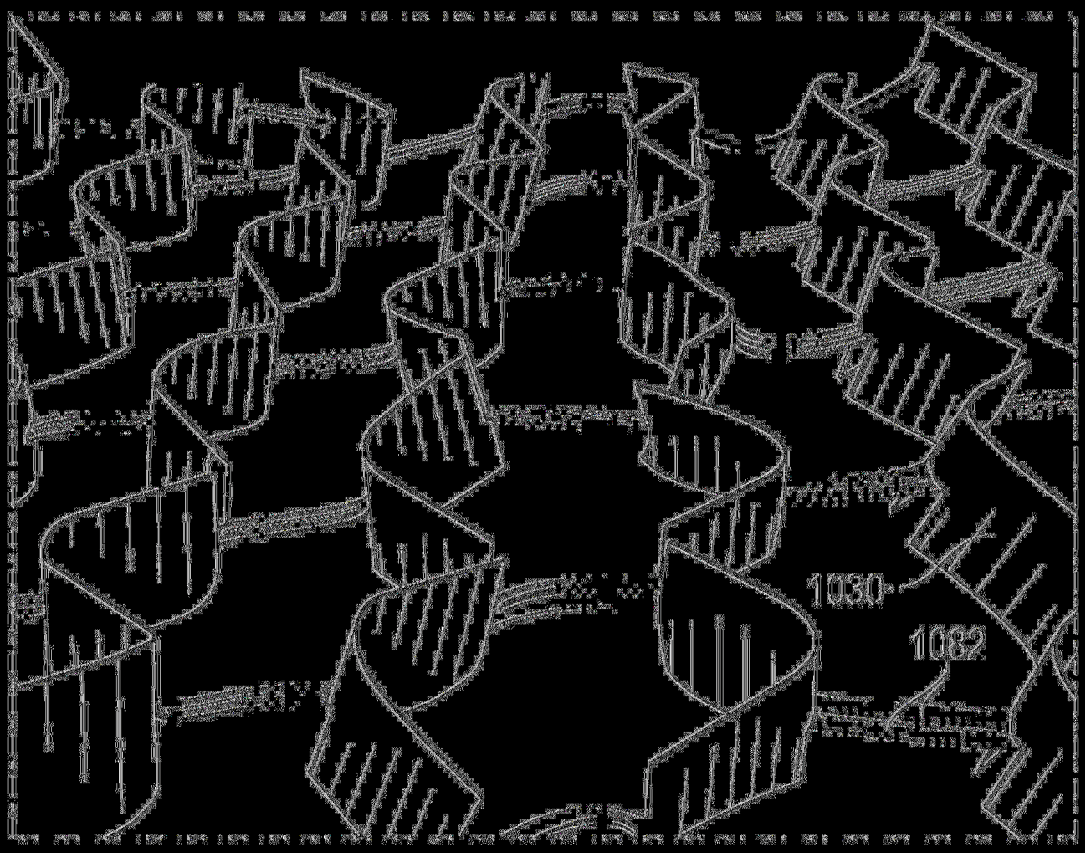

1062
1030

圖 10B



(圖 10C)

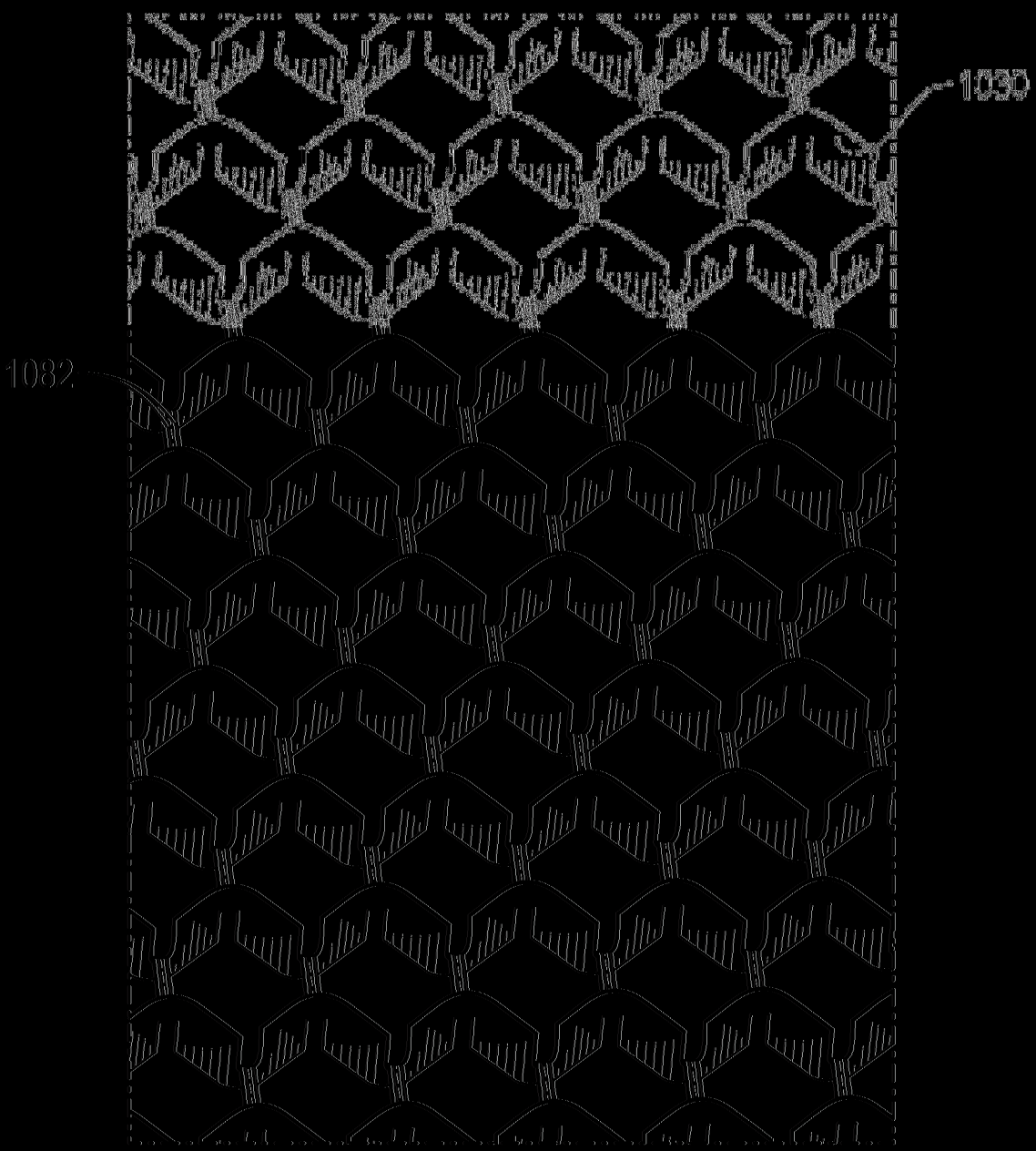
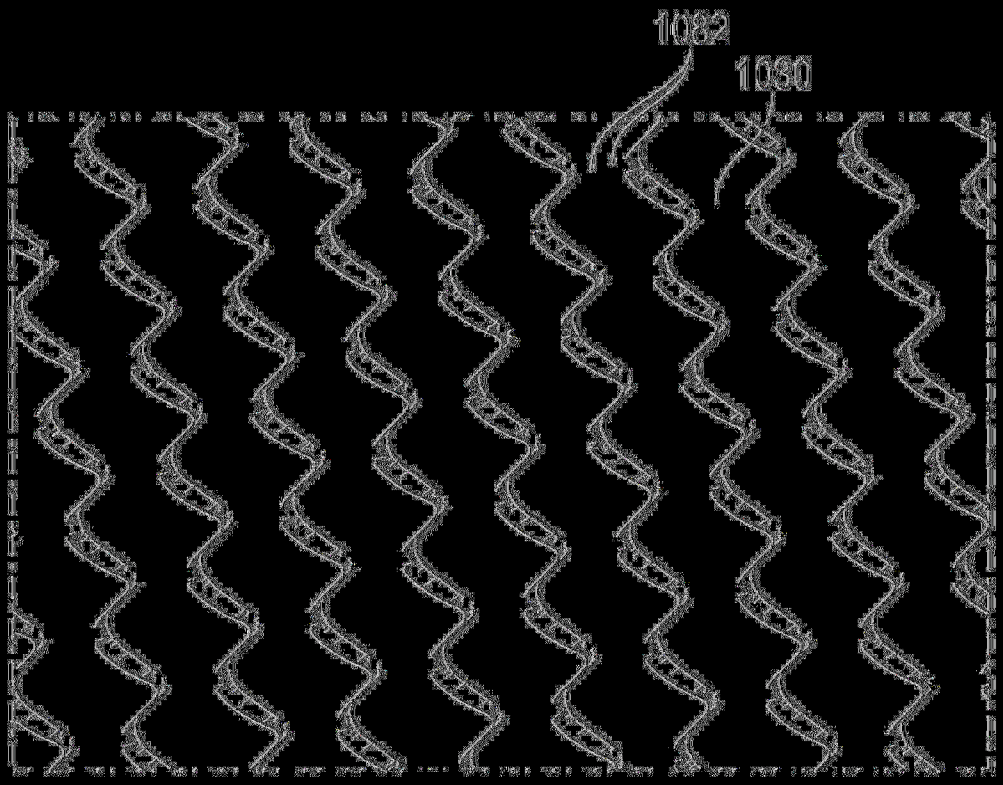


圖 10D



[圖 10E]

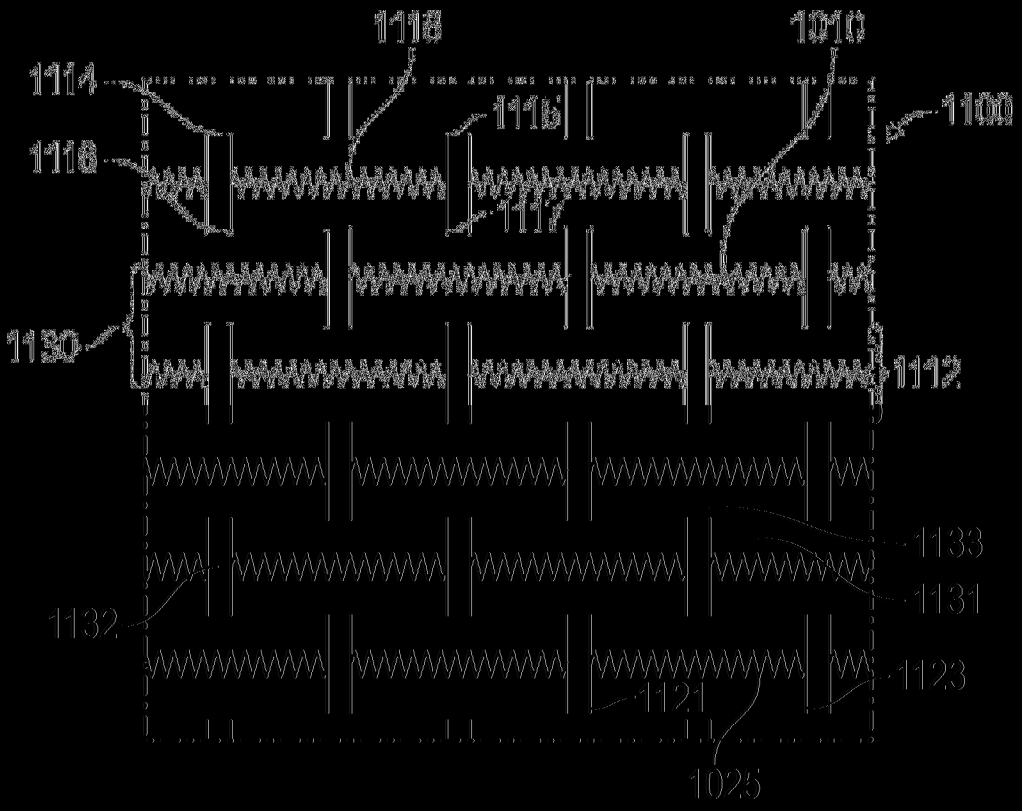

1118
1010
1114
1116
1100
1110
1117
1130
1112
1133
1131
1132
1123
1121
1025

圖 11

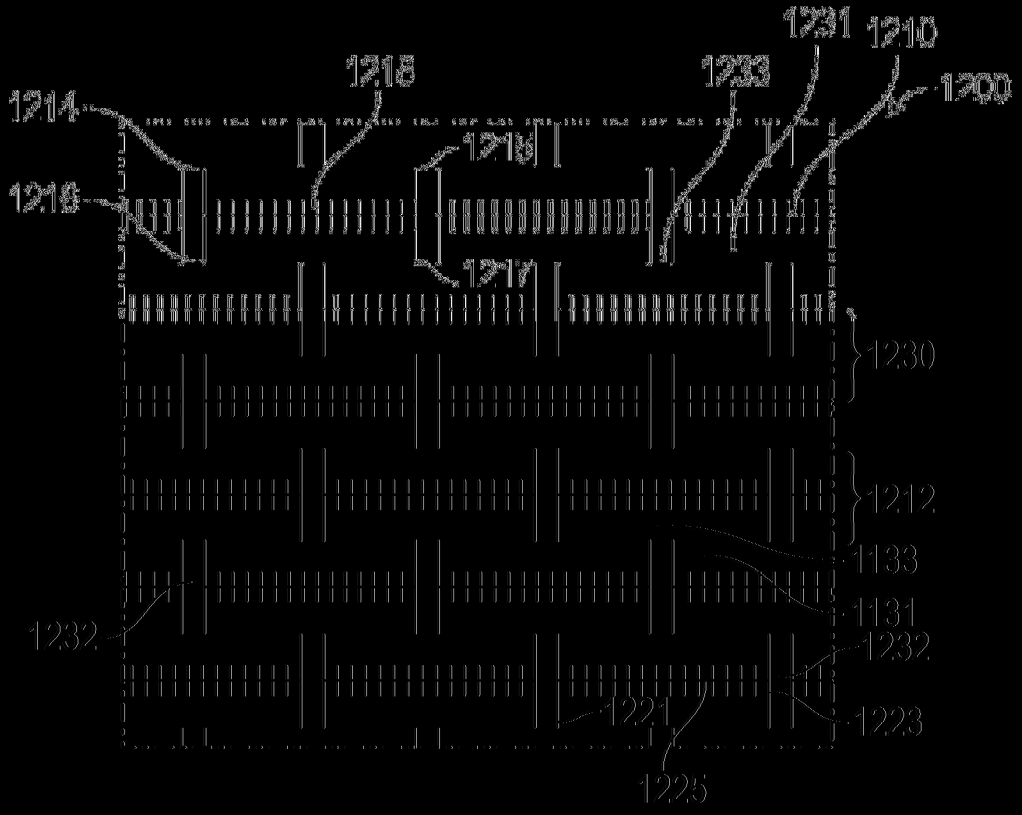

1231
1210
1218
1233
1214
1200
1216
1217
1230
1212
1133
1131
1232
1232
1221
1223
1225

圖 12

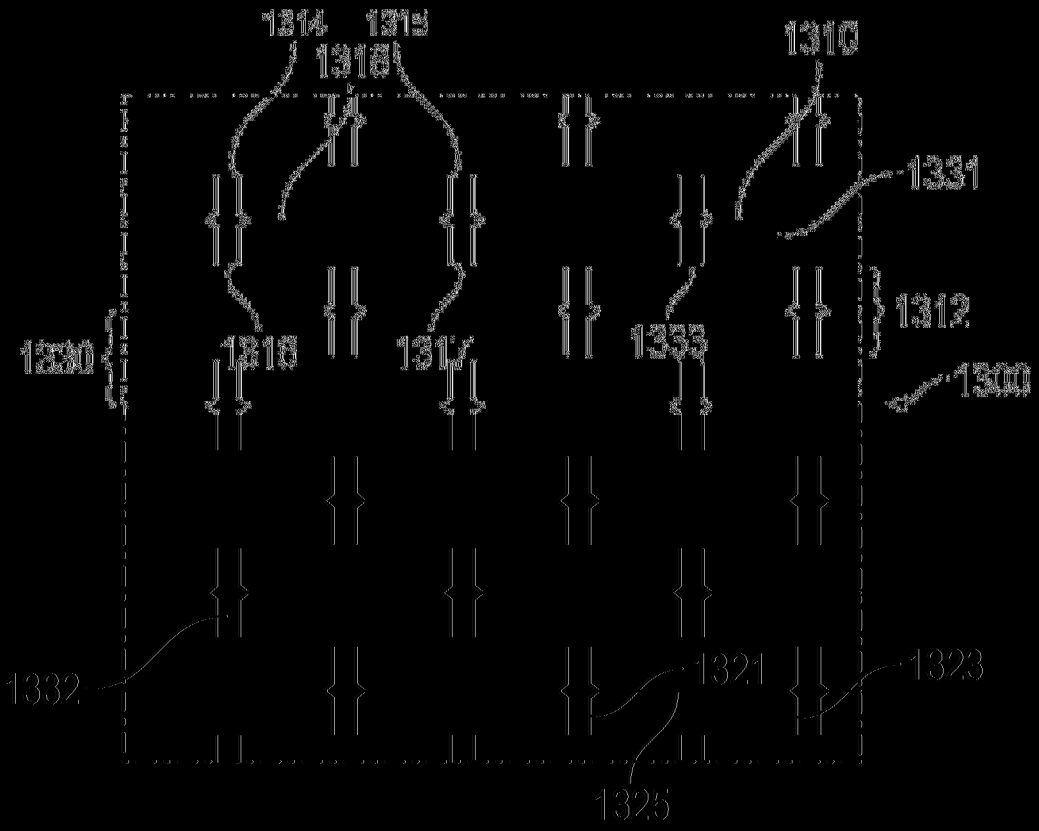

1314
1315
1316
1310
1331
1312
1330
1313
1317
1333
1300
1332
1321
1323
1325

圖 13

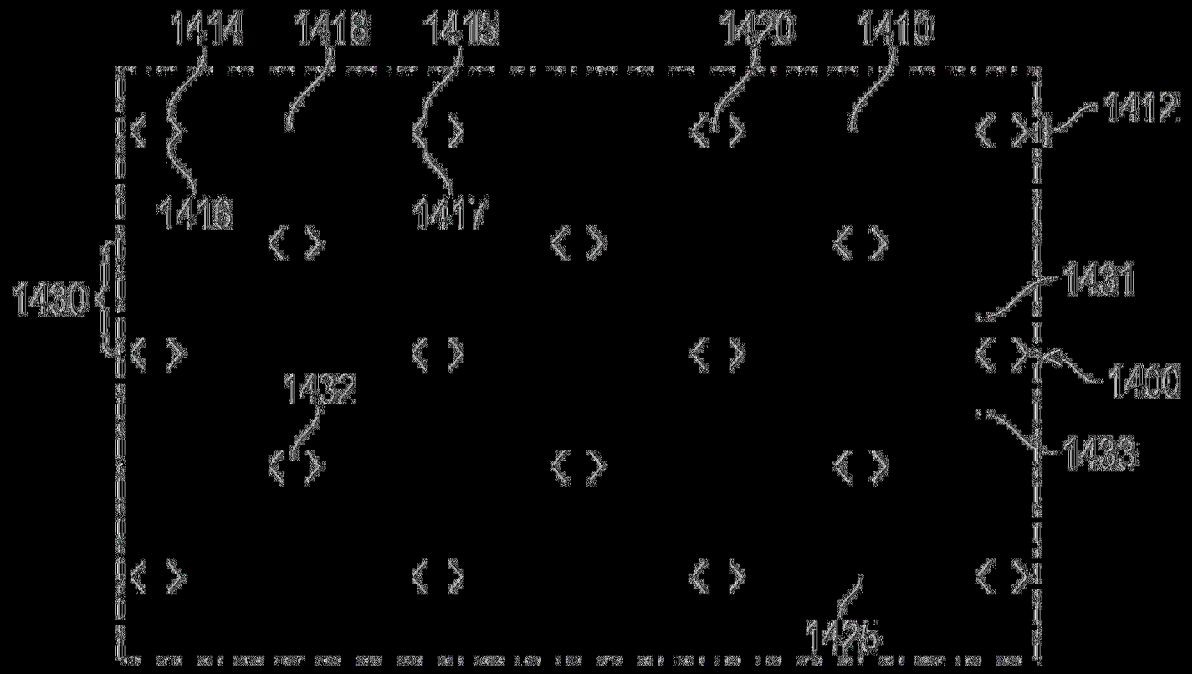

1414
1418
1419
1420
1410
1412
1416
1417
1430
1431
1400
1432
1433
1425

圖 14

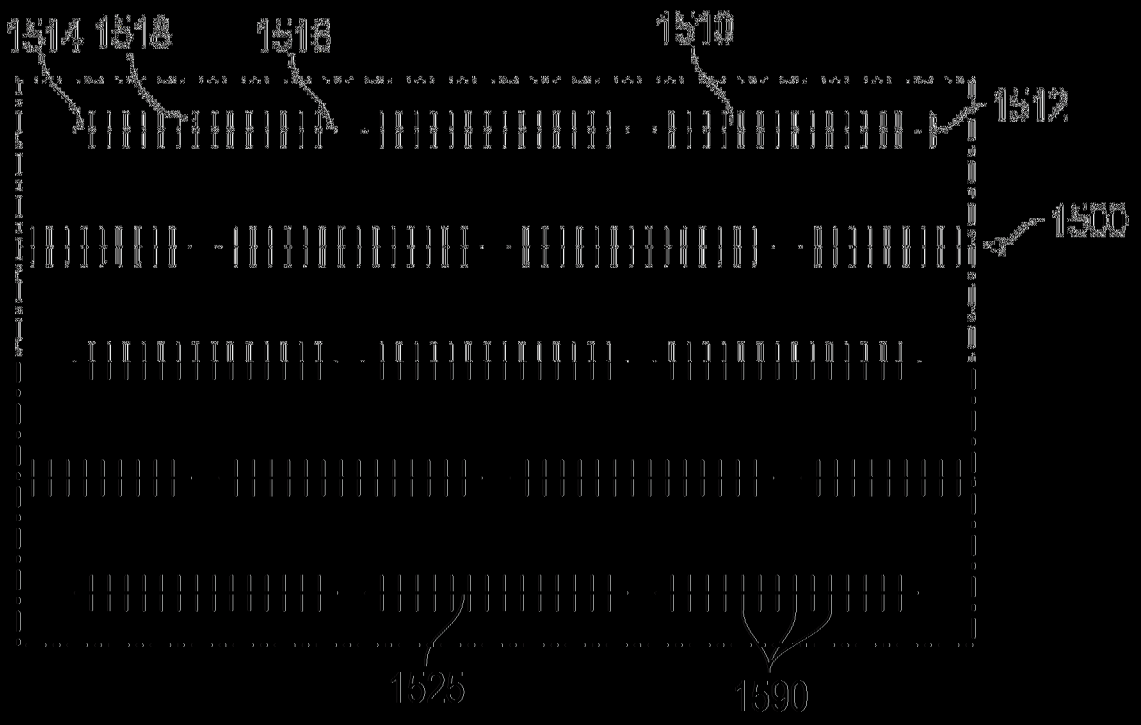

1514
1518
1516
1510
1512
1500
1525
1690

圖 15

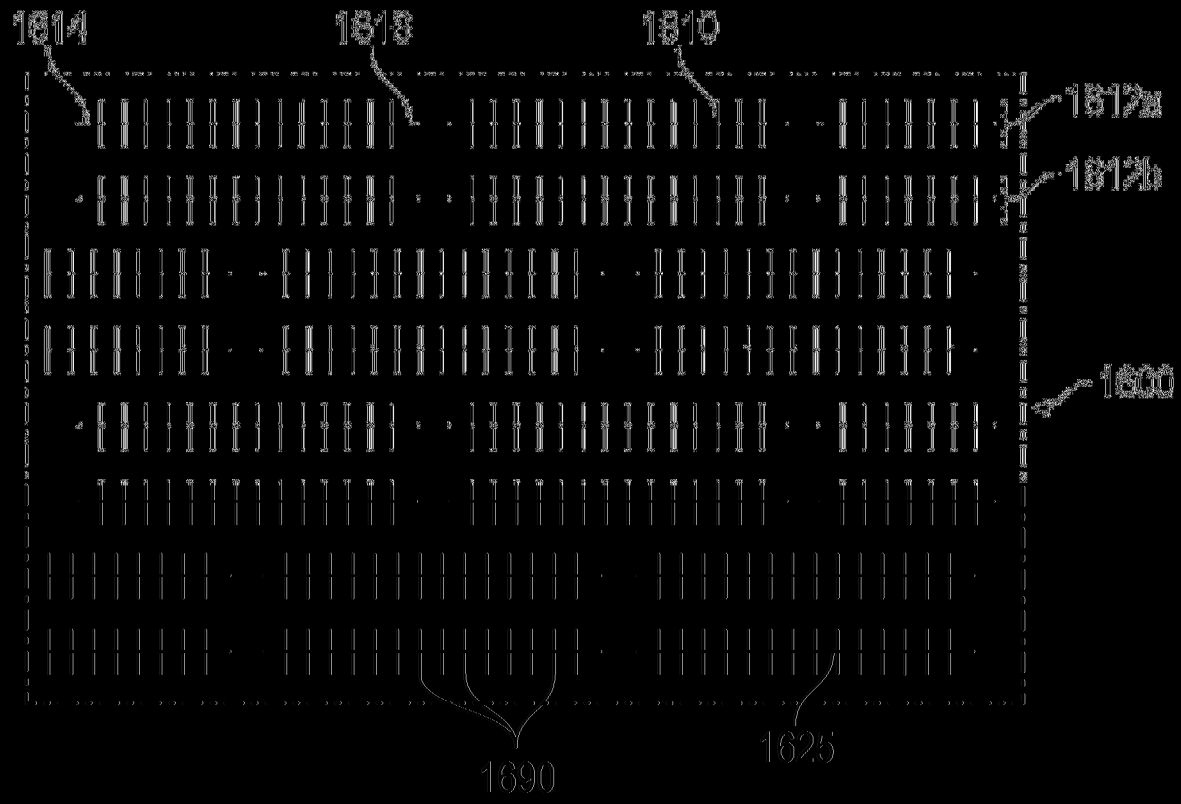

1614
1618
1610
1612a
1612b
1600
1690
1625

圖 16

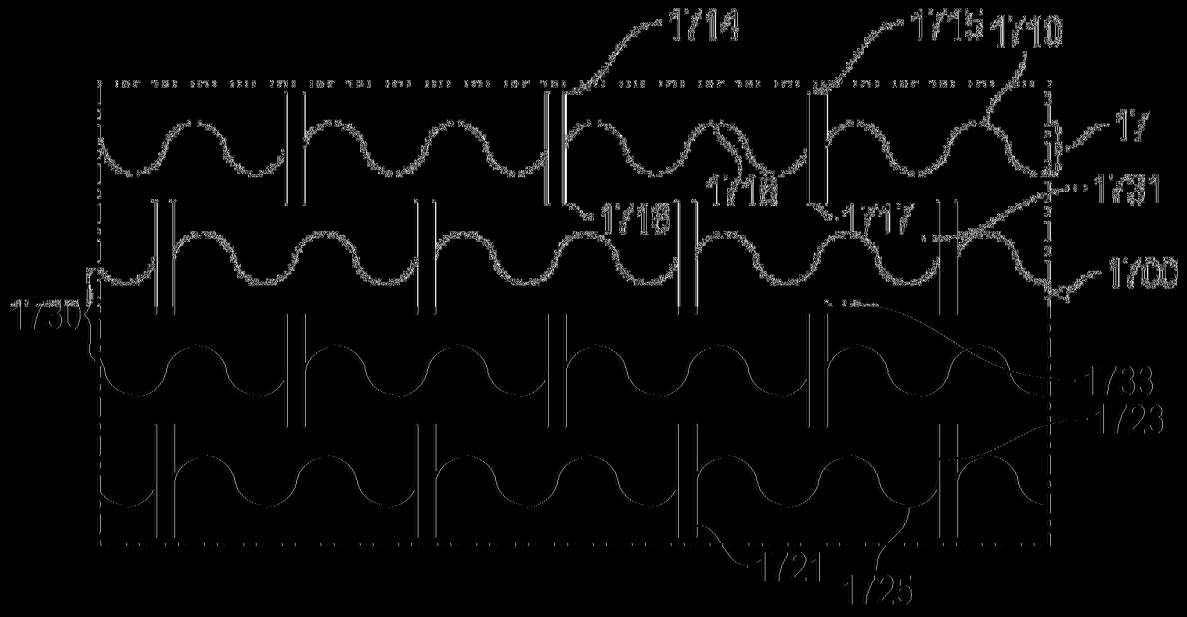

1714
1715
1710
17
1731
1716
1718
1717
1700
1730
1733
1723
1721
1725

圖 17A

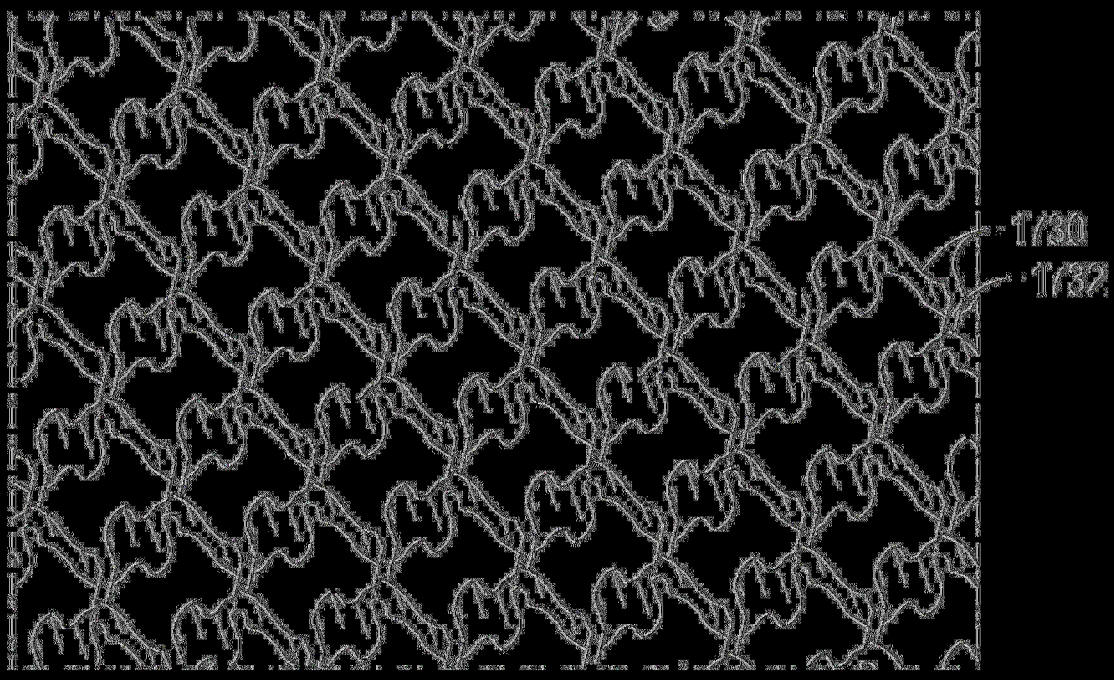

1730
1732

圖 17B

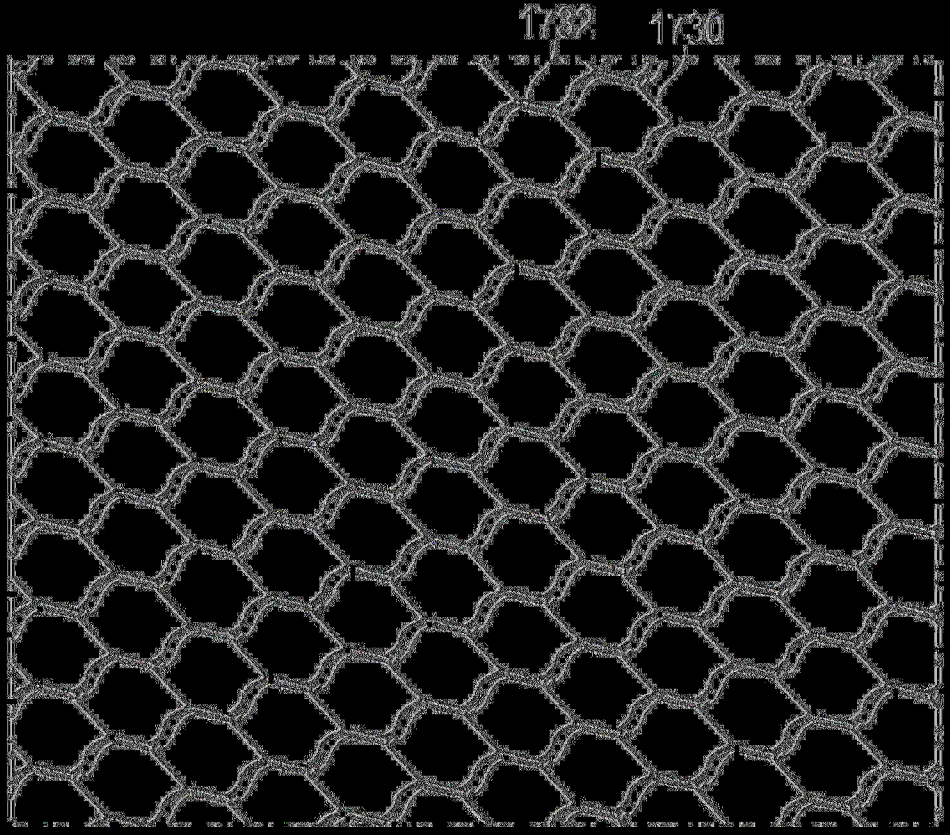


圖 17C

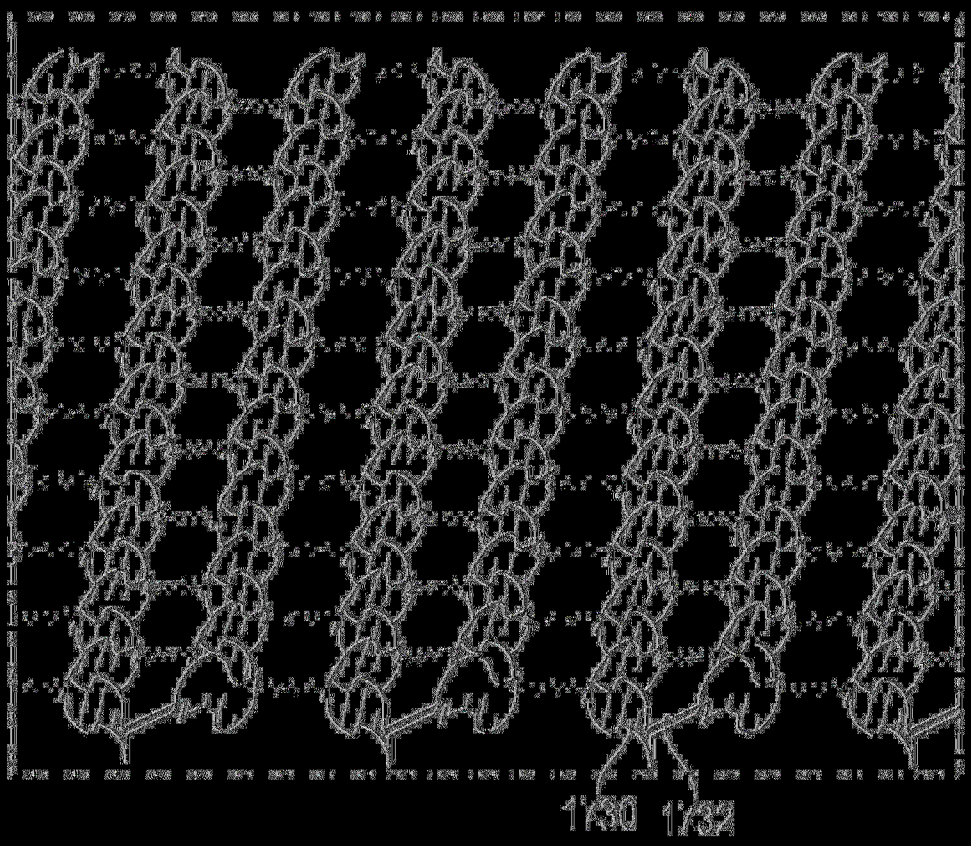


圖 17D

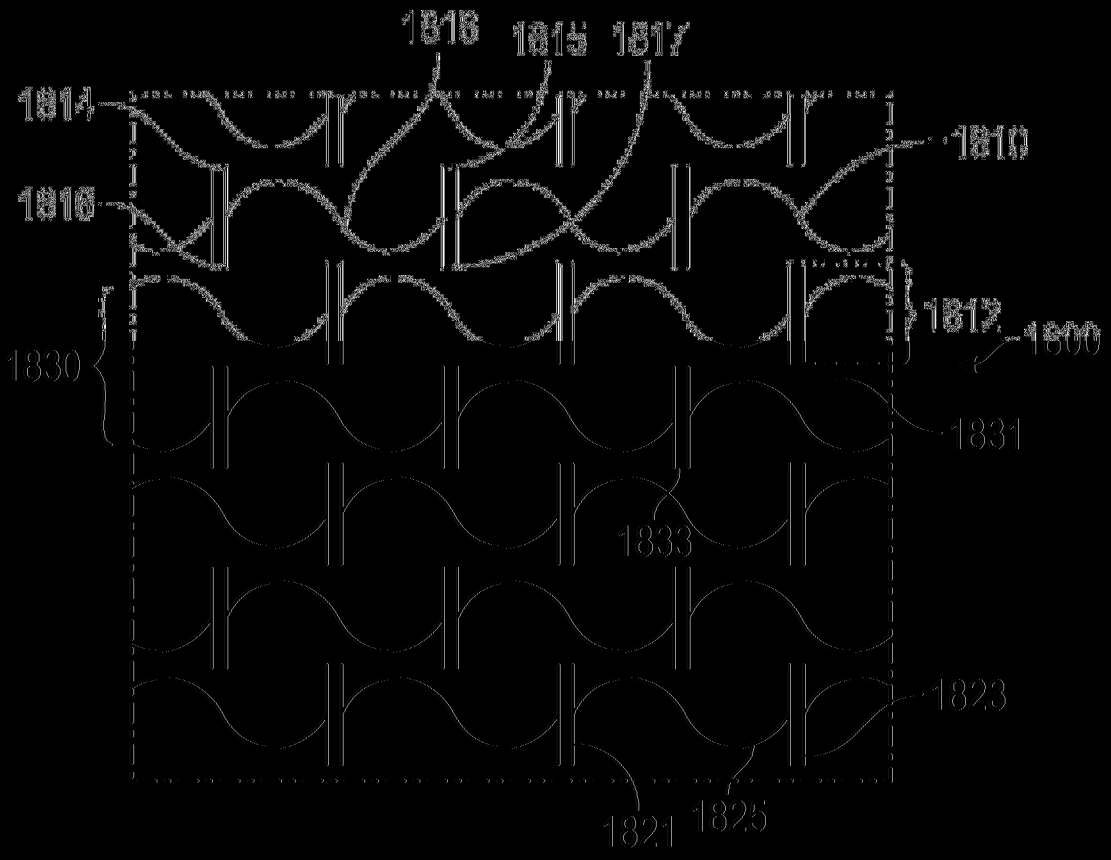

1816
1815
1817
1814
1810
1816
1812
1800
1830
1831
1833
1823
1821
1825

圖 18A

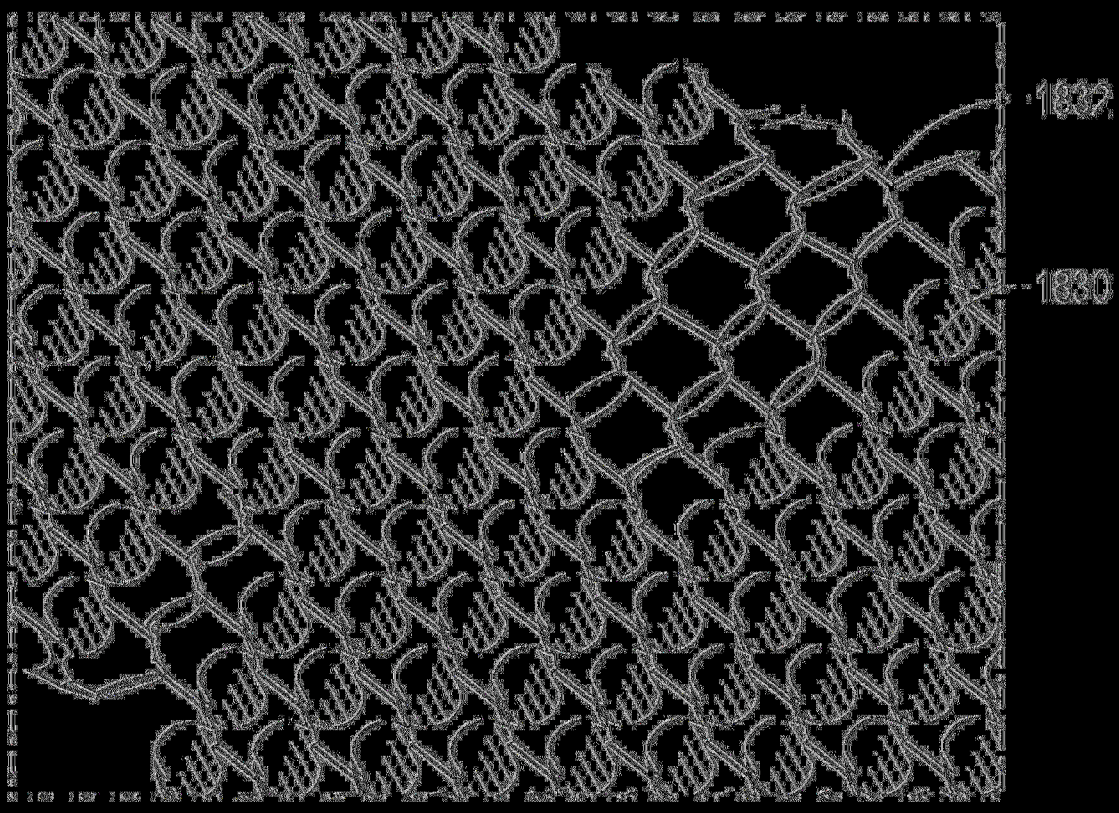

1832
1830

圖 18B

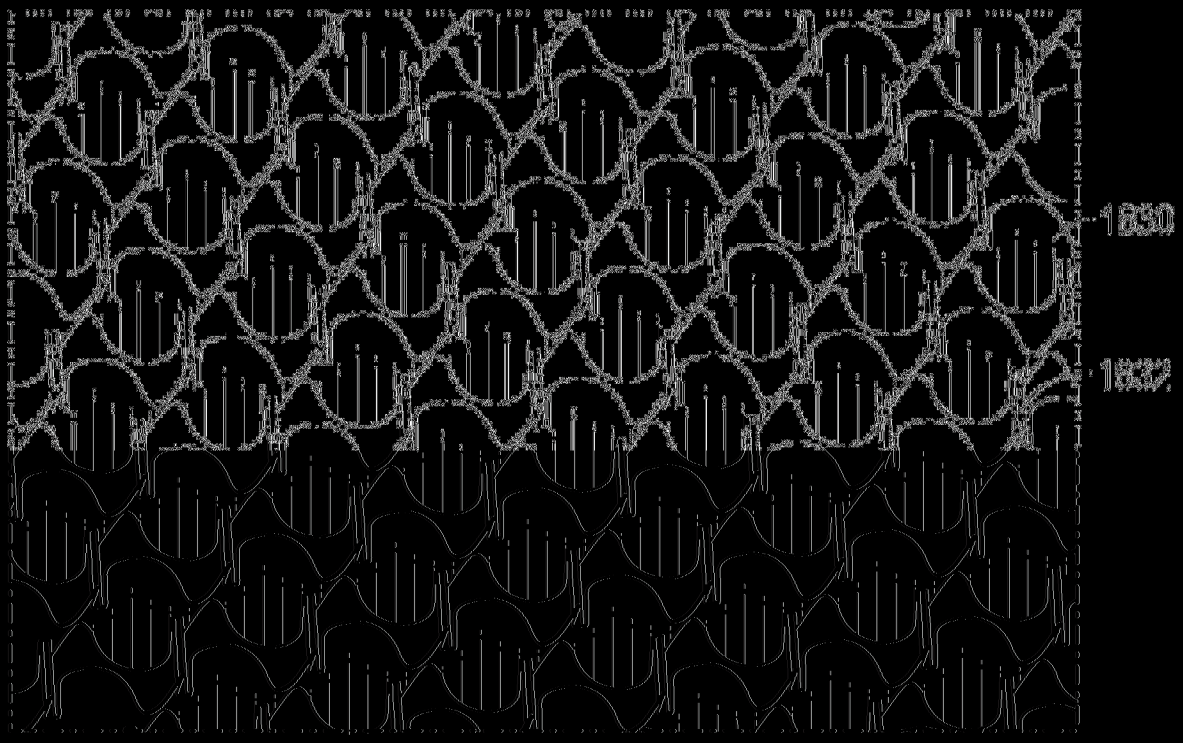


圖 18C

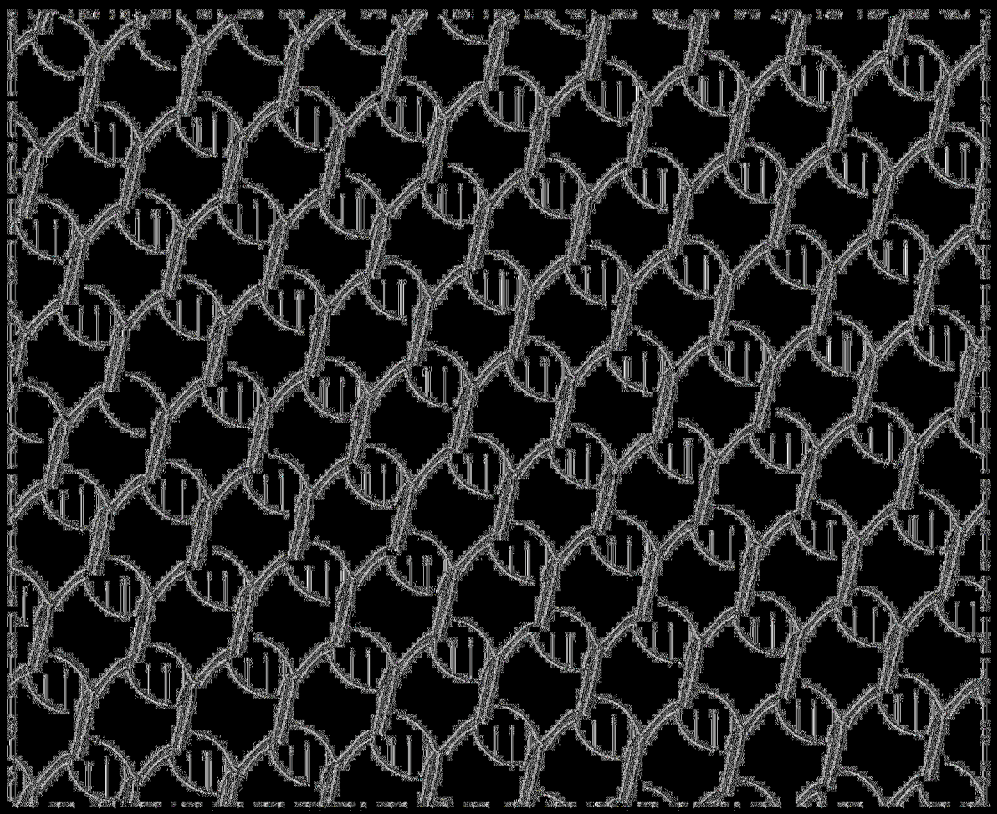


圖 18D

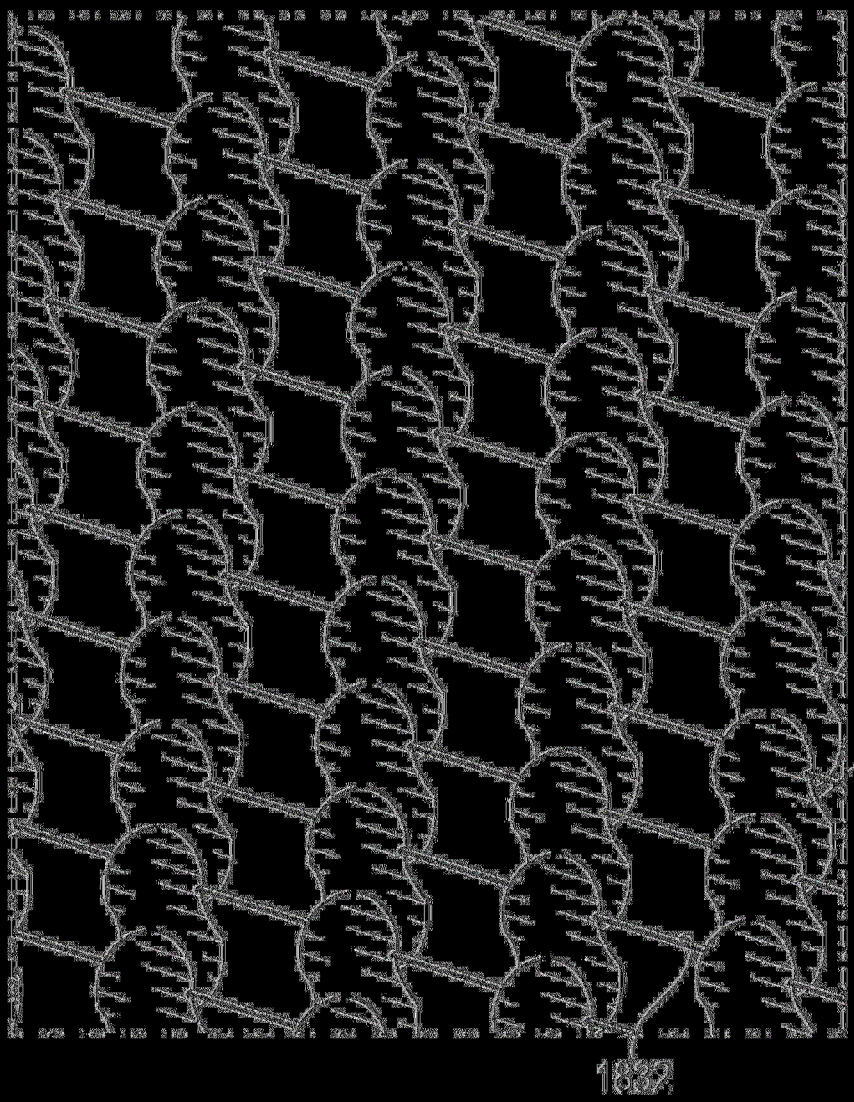


圖 18E

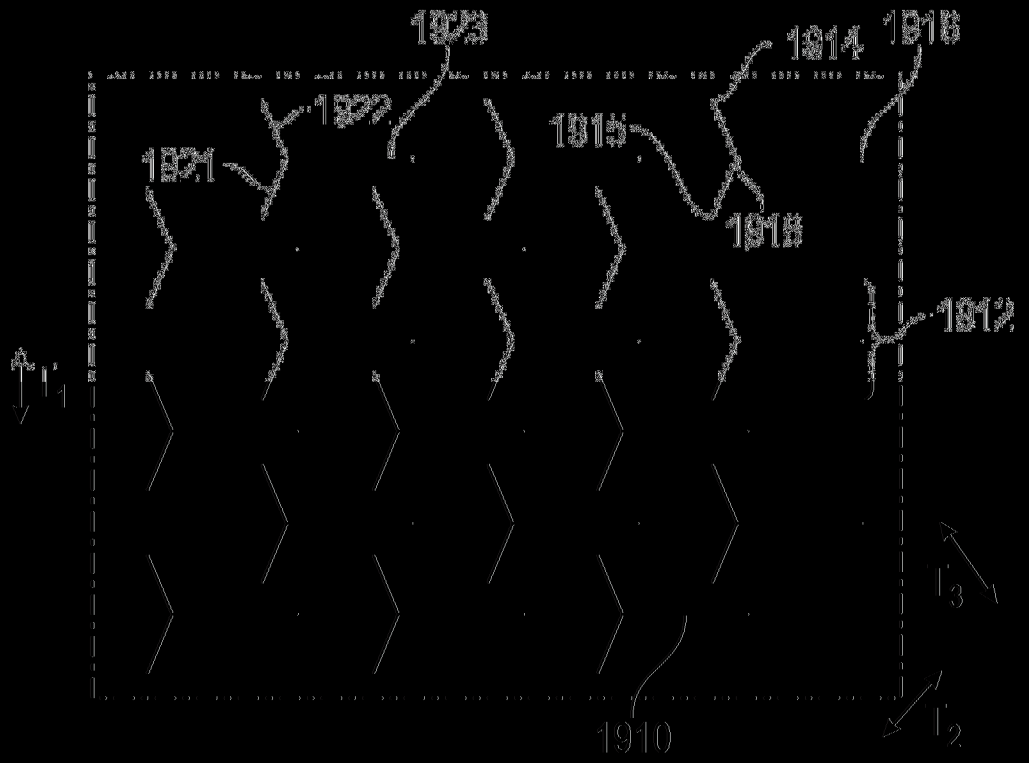

1913
1914
1916
1912
1911
1915
1918
1917
1910
T1
T2
T3

圖 19

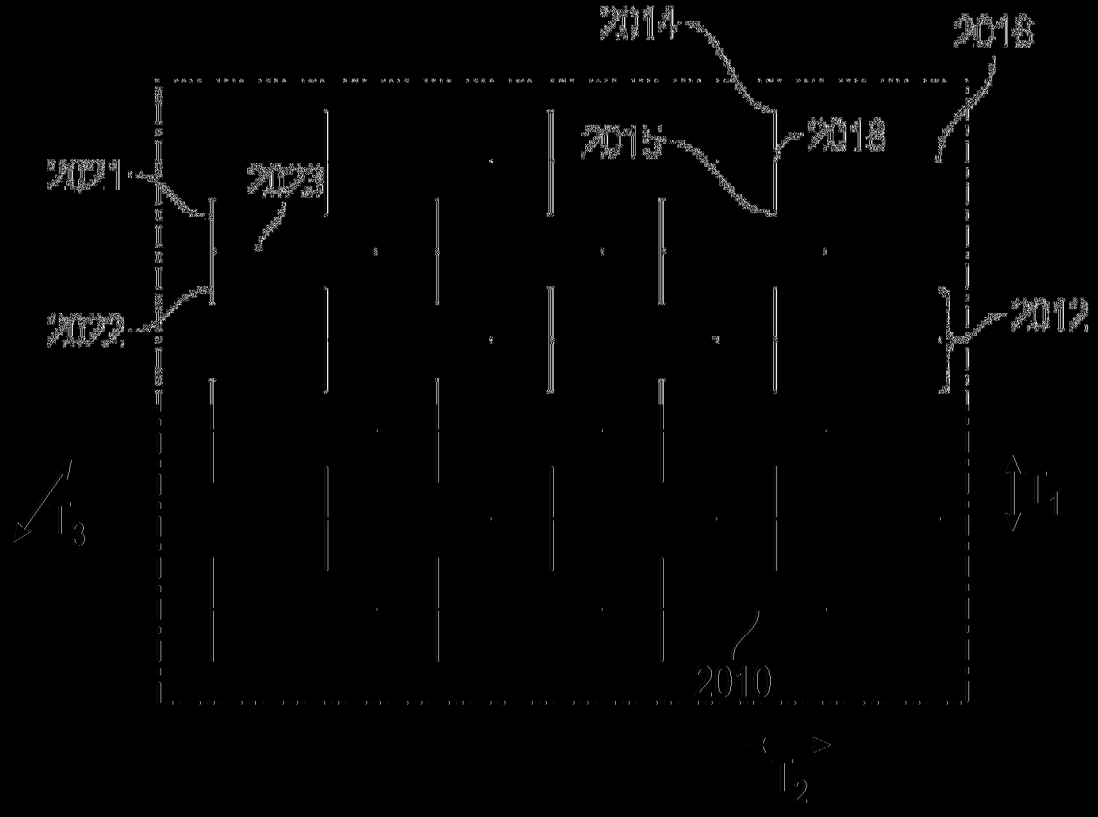
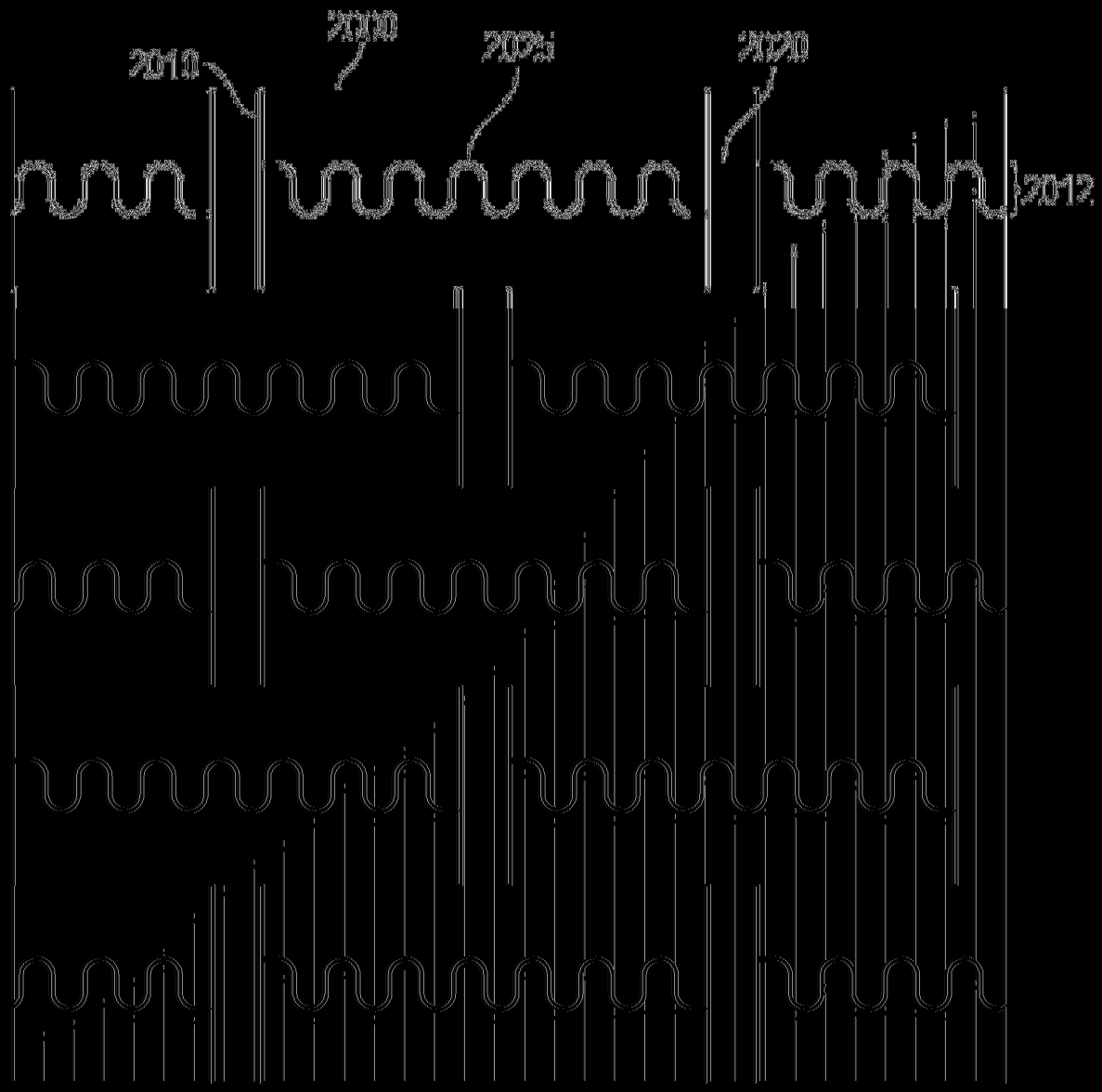
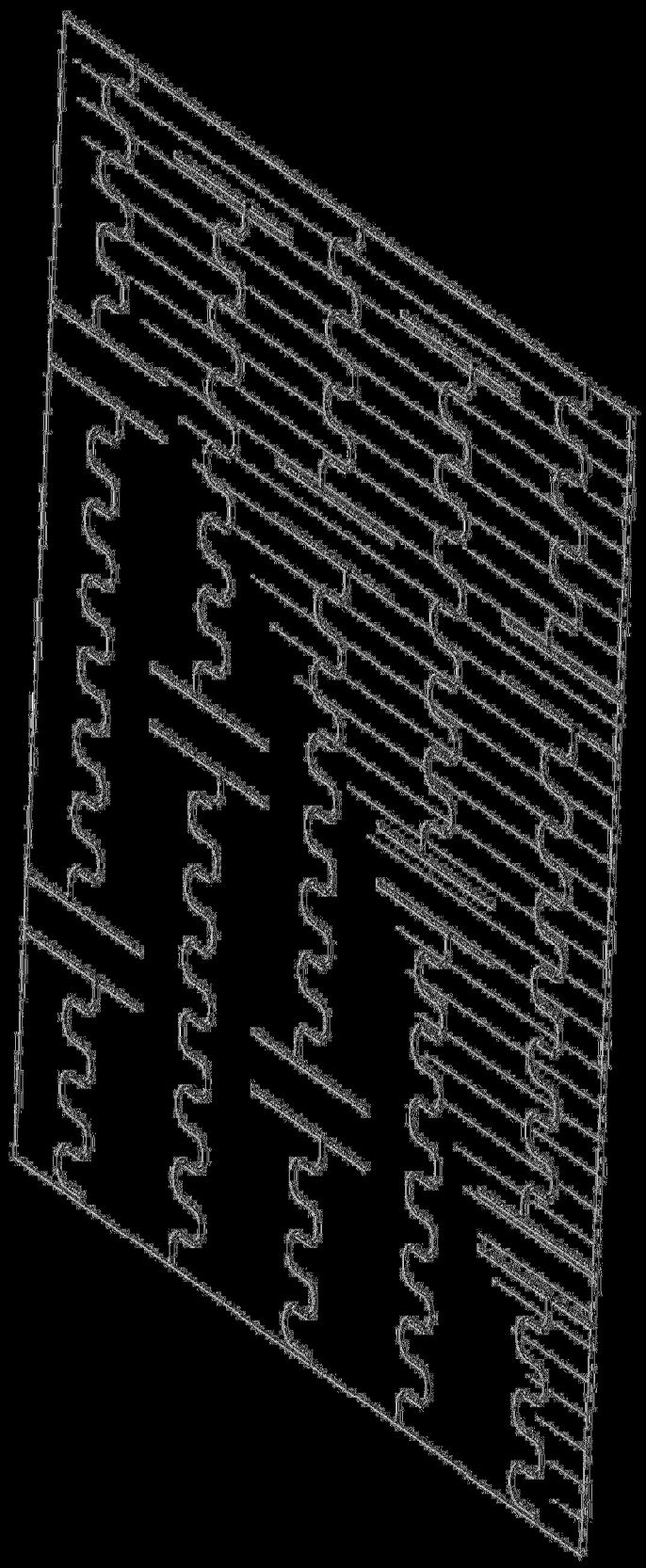

2014
2016
2015
2018
2011
2013
2012
2017
2010
T1
T2
T3

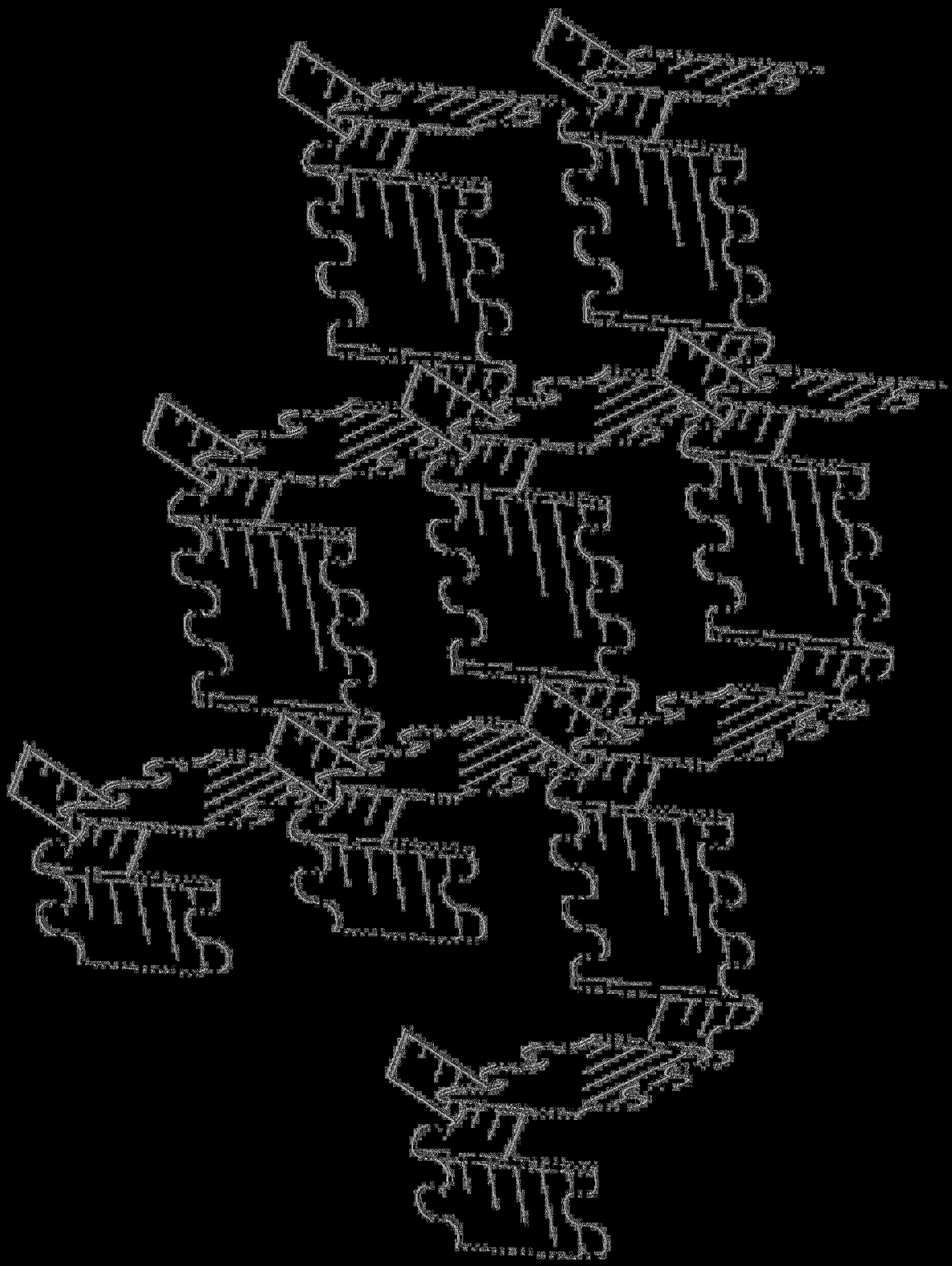
圖 20



（圖 21A）



|(圖 21B)|



|(圖 21C)|

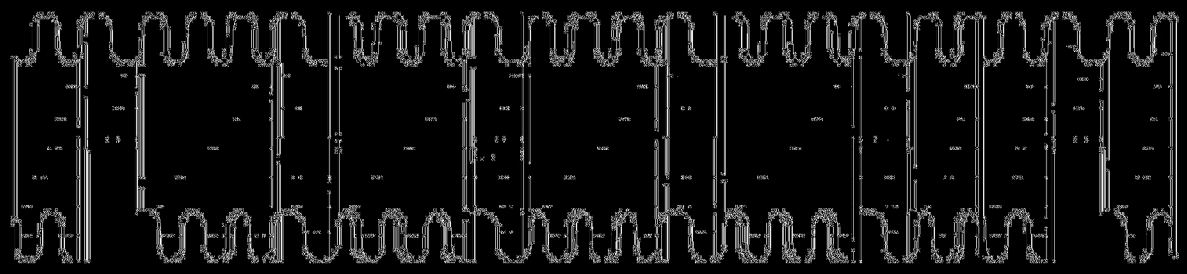


圖 21D

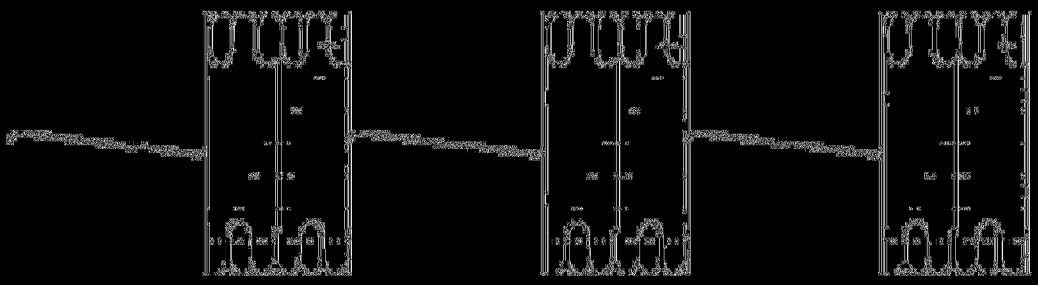


圖 21E

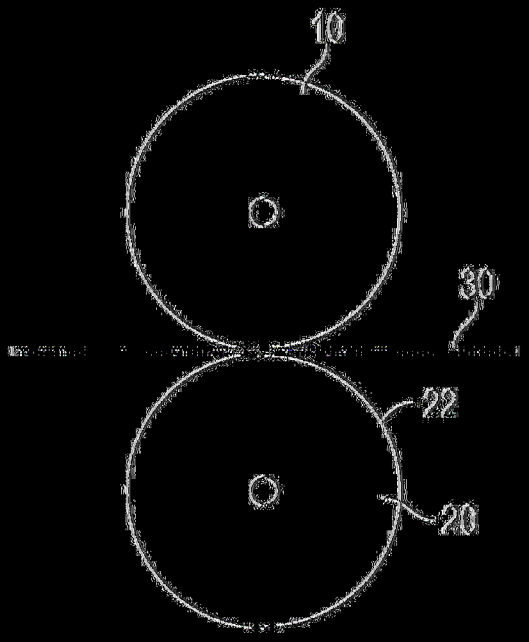


圖 22