



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114867666 B

(45) 授权公告日 2024.07.16

(21) 申请号 202080089082.5  
 (22) 申请日 2020.12.16  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 114867666 A  
 (43) 申请公布日 2022.08.05  
 (30) 优先权数据  
 62/952,778 2019.12.23 US  
 63/058,116 2020.07.29 US  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2022.06.21  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/IB2020/062065 2020.12.16  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02021/130616 EN 2021.07.01  
 (73) 专利权人 3M创新有限公司  
 地址 美国明尼苏达州

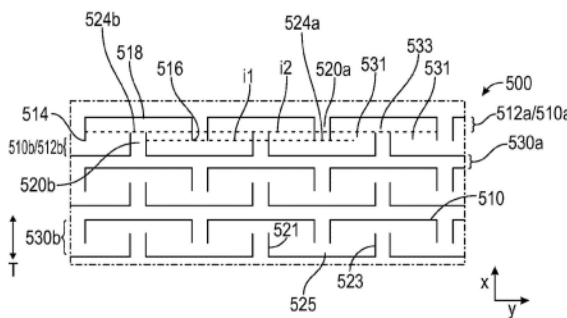
(72) 发明人 托马斯·R·科里根  
 帕特里克·R·弗莱明  
 迪伦·T·科斯格罗夫  
 德洛尼·L·兰格-安德森  
 莉萨·M·米勒 马诺吉·尼玛尔  
 (74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
 公司 11021  
 专利代理师 陈明 张澜  
 (51) Int.Cl.  
 B32B 3/10 (2006.01)  
 B32B 3/24 (2006.01)  
 B32B 5/04 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 US 3655501 A, 1972.04.11  
 CN 107843946 A, 2018.03.27  
 US 3958751 A, 1976.05.25  
 审查员 王萌  
 权利要求书2页 说明书25页 附图31页

(54) 发明名称

张力激活的扩展片材

(57) 摘要

本公开整体涉及张力激活的扩展制品、膜和片材。在一些实施方案中,这些制品、膜和/或片材用作缓冲膜和/或包装材料。本公开还涉及制备和使用这些张力激活的扩展制品、膜和片材的方法。



1. 一种扩展材料,所述扩展材料包括:  
片材,所述片材限定具有轴向方向和横向方向的平面;和  
多个狭缝,所述多个狭缝穿过所述片材,  
其中所述多个狭缝限定在所述轴向方向上延伸的第一多个梁,  
其中所述第一多个梁形成在所述轴向方向上横跨所述片材延伸的第一列,  
其中所述多个狭缝包括第一组狭缝,第一组狭缝中的每个狭缝具有在所述第一多个梁中的梁之间轴向地定位的横向部分和连接到所述横向部分并且大致平行于所述轴向方向的至少一个轴向部分,  
其中所述多个狭缝限定在所述轴向方向上延伸的第二多个梁,  
其中所述第二多个梁形成在所述轴向方向上横跨所述片材延伸的第二列,并且所述第二多个梁在所述横向方向上与所述第一多个梁间隔开,  
其中所述多个狭缝包括第二组狭缝,第二组狭缝中的每个狭缝具有在所述第二多个梁中的梁之间轴向地定位的横向部分和连接到所述横向部分并且大致平行于所述轴向方向的至少一个轴向部分,并且其中所述第一多个梁中的每个梁具有终端,所述终端沿着横向轴线与所述第二多个梁中的梁的终端对准;  
当沿着所述轴向方向向所述片材施加阈值量的张力时,所述片材的多个区域相对于预张紧平面旋转至 $90^\circ$ 以承受在法向轴上施加的负载而不被压碎。
2. 根据权利要求1所述的扩展材料,其中所述第一组狭缝中的每个狭缝的轴向部分限定所述第二多个梁。
3. 根据权利要求1所述的扩展材料,所述扩展材料还包括所述多个狭缝中的第一多个狭缝,其中所述第一多个狭缝形成在所述横向方向上横跨所述片材延伸的第一排,并且其中所述第一多个梁中的第一梁包括在所述第一排中的相邻狭缝之间的材料。
4. 一种用于增强缓冲的包装材料,所述包装材料包括根据权利要求1至3中任一项所述的扩展材料。
5. 根据权利要求4所述的包装材料,其中所述扩展材料具有卷构型。
6. 根据权利要求4所述的包装材料,所述包装材料还包括包封件,所述包封件使所述扩展材料设置在所述包封件中。
7. 一种制造根据权利要求1至3中任一项所述的扩展材料中的任一种扩展材料的方法,所述方法包括:  
通过挤压、激光切割、水冲洗、激光烧蚀、光刻、化学蚀刻、旋转模切、冲压或其组合中的至少一者形成所述材料中的狭缝。
8. 一种制造根据权利要求1至3中任一项所述的扩展材料中的任一种扩展材料的方法,所述方法包括:  
通过模制、立体光刻或其组合中的至少一者形成所述材料中的狭缝。
9. 一种制造根据权利要求1至3中任一项所述的扩展材料中的任一种扩展材料的方法,所述方法包括:  
通过机械加工形成所述材料中的狭缝。
10. 一种使用根据权利要求1至3中任一项所述的扩展材料中的任一种扩展材料的方法,所述方法包括:

沿着张力轴线向所述扩展材料施加张力以使所述材料扩展。

## 张力激活的扩展片材

### 技术领域

[0001] 本公开整体涉及张力激活的扩展制品、膜和片材。在一些实施方案中,这些制品、膜和/或片材用作缓冲膜和/或包装材料。本公开还涉及制备和使用这些张力激活的扩展制品、膜和片材的方法。

### 背景技术

[0002] 2016年,消费者在网上购买的产品多于商店。《财富》杂志于2016年6月8日提到,消费者现在大部分都在网上购物)。具体地讲,消费者在网上购物占51%,在实体商店购物占49%。同样出于上述杂志。消费者行为的这种变化的一个结果是每天邮寄和递送包裹数量的不断增长。每年有超过134亿件包裹被递送到全世界的家庭和企业(美国邮政服务约52亿件,联邦快递约33亿件,美国联合包裹运送服务公司(UPS)约49亿件)。尽管非包裹邮件的递送每年减少,但包裹递送以每年约8%的比率增长。这种增长导致美国邮政服务25%的业务为包裹递送。《华盛顿观察家报》于2017年9月1日提到,“每递送一个亚马逊包裹,邮政服务就会损失1.46美元”。亚马逊每天装运约300万个包裹,阿里巴巴每天装运约1200万个包裹。

[0003] 不仅仅是商业装运包裹。不断发展的制造商文化为个体创造了通过像Etsy™的网站将他们的手工产品装运到世界各地的机会。此外,对可持续性的日益关注使得许多消费者在eBay™等网站上转售二手产品,而不是将它们扔到垃圾填埋场。例如,超过2500万人在eBay™上出售货物,并且超过1.71亿人购买这些货物。

[0004] 装运这些货物的个体和企业通常用装运容器装运它们,装运容器通常是包括要装运的产品、缓冲物和空气的箱。箱具有许多优点,包括例如箱可直立、重量轻、平放储存、可回收并且成本相对较低。然而,箱的标准尺寸通常与被装运物品的尺寸不匹配,因此用户必须用大量的填充物或缓冲材料填充箱,以试图保护被装运物品不在过大的箱中来回推挤并且变得损坏。

[0005] 包裹缓冲材料在装运期间保护物品。装运和装载/卸载过程期间的振动和冲击的影响被缓冲材料减轻,以减少产品损坏的机会。缓冲材料通常放置在装运容器内部,在装运容器内缓冲材料通过例如屈曲和变形以及/或者通过衰减振动或将冲击和振动传递到缓冲材料而不是被装运的物品来吸收能量。在其他情况下,包装材料还用于除缓冲以外的功能,诸如将待装运的物品固定在箱中并将其安放在适当的位置。另选地,包装材料还用于填充空隙,诸如当使用显著大于待装运物品的箱时。

[0006] 一些示例性包装材料包括塑料Bubble Wrap™、气泡膜、缓冲缠绕物、空气枕头、碎纸、皱纹纸、碎杨木、蛭石、吊架和波纹气泡膜。这些包装材料中的许多包装材料是不可回收的。

[0007] 一种示例性的包装材料如图1A至图1C所示。膜100由包括多个切缝或狭缝110的图案的纸片制成,该图案通常被称为“跳跃狭缝图案”,是一种单狭缝图案。当膜100被张力激活时(沿着基本上垂直于切缝或狭缝110的张力轴线(T)牵拉),形成多个梁130。梁130是相

邻的同轴狭缝排之间的区域。由狭缝110形成的梁130共同经受一定程度的向上和向下移动(例如,参见图1B和图1C)。这种向上和向下移动导致图1A的二维制品(基本上平坦的片材)在张力激活时变成图1B和图1C的三维制品。当这种膜用作包装材料时,与二维平面结构相比,该三维结构提供了一定程度的缓冲。

[0008] 膜100的切缝或狭缝图案如图1A所示,并在美国专利4,105,724(Talbot)和5,667,871(Goodrich等人)中有所描述。该图案包括多个单独的线性狭缝110的多个基本上平行的排112。给定排112中的每个单独的线性狭缝110与直接相邻且基本上平行的排112中的每个单独的线性狭缝110异相。在图1A至图1C的具体构造中,相邻排112的相位相差竖直(相对于图1A)间距的一半。该图案形成狭缝110和排112的阵列,并且该阵列在整个阵列上具有规则的重复图案。在狭缝110的直接相邻的排112之间形成材料的梁130。

[0009] 图2A示出了旋转90°的图1A的膜100的切缝或狭缝图案。每个线性狭缝110具有在第一末端114与第二末端116之间延伸的长度(L)。每个线性狭缝110还具有位于第一末端114和第二末端116中间的中点118。中点118由图2A的每个狭缝110上的小圆点示出。平行且对准的狭缝110的中点118基本上彼此对准。换句话说,单独的线性狭缝110的中点118基本上与沿着张力轴线(T)的直接相邻的梁130上的单独的线性狭缝110的中点118对准。此类狭缝110不在直接相邻的狭缝排112中;相反,它们在交替排112上。此外,单独狭缝110的中点118位于沿着张力轴线(T)直接相邻的狭缝(或切缝)110的末端114、116之间。狭缝110的排112中两个直接相邻的狭缝110的中心之间的距离被标识为横向间距(H),其是相对于图2A的水平间距。梁130的厚度或相邻线性狭缝110的两个相邻排112之间的距离被标识为轴向间距(V),其是相对于图2A的竖直间距。

[0010] 更具体地,在图2A的实施方案中,狭缝110A的中点118A与狭缝110B的中点118B轴向对准(在相对于图的竖直方向上),这意味着中点118A、118B与在轴向方向上延伸的轴线对准。狭缝110B在与狭缝110A所在的梁130A直接相邻的梁130B上。另外,狭缝110A的中点118A位于狭缝110C的末端114C和狭缝110D的末端116D之间。狭缝110C和110D与狭缝110A轴向直接相邻。图2A还示出了横向相邻中点118之间的水平节距(H)、轴向节距(V)或梁130的高度、狭缝长度(L)和张力的轴线(T),沿着该张力轴线可以提供张力以引起梁130的向上和向下移动。

[0011] 图2B示出了当包括图2A的狭缝图案的制品以沿着张力轴线T的张力展开时形成的主张力线(例如,接近最高张应力路径的线)。图2B以虚线示出了主张力线140,其是将出现最大张应力的地方。张力线是当张力沿着张力轴线T施加到材料上时承载最大负载的穿过材料的假想路径。当沿着张力轴线T施加张力时,主张力线140移动得更接近与所施加的张力轴线对准,从而导致图案已经形成在其中的材料或片材扭曲。当单狭缝图案被展开时,沿着主张力线140的张力的激活导致图案的基本上所有区域经受一些张紧或压缩(张应力或压缩应力),然后屈曲并弯出原始二维膜的平面。在一些实施方案中,当膜被完全展开和/或将张力施加到期望程度时,膜中基本上不存在保持平行于片材的原始平面的区域。

[0012] 另一个示例性单狭缝图案在美国专利8,613,993(Kuchar)中公开,并且在图3中示出。在该单狭缝图案300中,狭缝310在中心弯曲以形成称为“波浪符”的形状。

## 发明内容

[0013] 本公开的发明人发明了新颖的狭缝图案,当暴露于沿着张力轴线的张力时,该狭缝图案移动到正交于原始片材的平面的位置。本公开描述了在展开或张力激活时材料的部分旋转到z轴的各种实施方案(基本上90°或正交于处于其预张紧状态的材料的原始平面)。另外,这些实施方案中的一些实施方案相对于其他图案化结构可以承受在法向轴上施加的更大负载而不被压碎。这意味着它们可以为例如正在被装运的包裹和其他应用提供增加的或增强的保护。

[0014] 这些狭缝图案可用于形成张力激活的扩展制品。在一些实施方案中,制品可用于装运和包装应用。然而,制品和图案也可以用于多种其他用途或应用。因此,本公开不意味着局限于装运或包装材料应用,这仅仅是一种示例性的用途或应用。

## 附图说明

[0015] 结合附图来考虑本公开的以下各个实施例的详细描述可以更全面地理解本公开。

[0016] 图1A是用于形成图1B和图1C的包装材料的狭缝图案的顶视线条图。

[0017] 图1B是现有技术包装材料的顶视图。

[0018] 图1C是图1B的一部分的放大视图。

[0019] 图2A是用于形成旋转90度的图1A和图1B的包装材料的狭缝图案的顶视线条图。

[0020] 图2B示出了图2A所示的狭缝图案的主张力线。

[0021] 图3是另一个单狭缝图案的现有技术顶视图。

[0022] 图4A是示例性单狭缝图案的顶视图示意图。

[0023] 图4B是形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的图4A所示图案的透视图。

[0024] 图4C是图4B的制品在暴露于沿着张力轴线的张力时的近似顶视图。

[0025] 图4D是图4B所示制品的侧视图。

[0026] 图5A是示例性单狭缝图案的顶视图示意图。

[0027] 图5B是形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的图5A所示图案的透视图。

[0028] 图5C是图5B的制品在暴露于沿着张力轴线的张力时的近似顶视图。

[0029] 图5D是图4B所示制品的侧视图。

[0030] 图6A是示例性双狭缝图案的顶视图示意图。

[0031] 图6B是形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的图6A的双狭缝图案的近似顶视图。

[0032] 图6C是形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的图6A的双狭缝图案的近似侧视图。

[0033] 图7A是示例性双狭缝图案的顶视图示意图。

[0034] 图7B是形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的图7A所示图案的透视图。

[0035] 图7C是形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的图7A的双狭缝图案的近似顶视图。

[0036] 图7D是形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的图7A的双狭缝图案的近似侧视图。

[0037] 图8A是示例性复合狭缝图案的顶视图示意图。

- [0038] 图8B示出了当图8A的复合狭缝图案暴露于张力时该复合狭缝图案中的主张力线。
- [0039] 图8C至图8E示出了当材料暴露于张力时,图8A的狭缝图案已经形成在其中的材料的移动的顶视图示意图。
- [0040] 图8F是当材料暴露于张力时,图8A的狭缝图案已经形成在其中的材料的一部分的透视侧视图示意图。
- [0041] 图8G是当材料暴露于张力时,图8A的狭缝图案已经形成在其中的材料的透视侧视图示意图。
- [0042] 图8H和图8I是图8A的形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的复合狭缝图案。图8H是近似侧视图,并且图8I是近似顶视图。
- [0043] 图8J是对应于图8I的面向视图。
- [0044] 图9A是示例性复合狭缝图案的顶视图示意图。
- [0045] 在图9B至图9D描绘了图9A的复合狭缝图案已被切割到其中并且通过施加沿着张力轴线的张力而展开的材料。图9B是顶部透视图,图9C是近似顶视图,并且图9D是大约45度角的视图。
- [0046] 图10A是示例性复合狭缝图案的顶视图示意图。
- [0047] 图10B至图10D示出了切割到材料中并沿着从透视图示出的张力轴线展开的图10A的图案,分别是与张力轴线对准的轴向方向成大约45度的视图、近似顶视图和近似侧视图。
- [0048] 图11至图19是用于制造实施例中讨论的材料和/或制品的示意图。
- [0049] 图20A和图20B分别是示例性复合狭缝图案的顶视图和四分之三视图示意图。
- [0050] 图20C至图20E分别是当材料暴露于张力时图8A的狭缝图案已经形成在其中的片材的一部分的四分之三视图、正视图、侧视图和自顶向下视图。
- [0051] 图21是与本文公开的技术一致的用于制造材料的示例性系统。

### 具体实施方式

[0052] 在以下详细说明中,可参考形成本说明一部分的一组附图,并且其中通过图示示出多个具体实施方案。应当理解,在不脱离本公开的范围或实质的情况下,能够设想并作出其他实施方案。

[0053] 本公开的各种实施方案涉及单狭缝图案并且涉及包括单狭缝图案的制品。“狭缝”在本文中定义为穿过制品形成至少一条线的窄切缝,该至少一条线可以是直的或弯曲的,其具有至少两个末端。本文描述的狭缝是分立的,这意味着单独狭缝不与其他狭缝相交。狭缝通常不是切口,其中“切口”被定义为当狭缝与其自身相交时从片材上去除的片材的表面区间。然而,实际上,许多成形技术导致去除片材的一些表面区间,该表面区间对于本申请的目的而言不被认为是“切口”。特别地,许多切割技术产生“切槽”或具有一定物理宽度的切缝。例如,激光切割器将烧蚀片材的一些表面区域以产生狭缝,刨刨机(router)将切除材料的一些表面区域以产生狭缝,甚至挤压切割在材料的边缘上产生一些变形,这种变形在材料的表面区域上形成物理间隙。此外,模制技术需要狭缝相对面之间的材料,从而在狭缝处产生间隙或切槽。在各种实施方案中,狭缝的间隙或切槽将小于或等于材料的厚度。例如,切入0.007”厚的片材的狭缝图案可具有间隙大约为0.007”或更小的狭缝。然而,应当理

解,狭缝的宽度可以增加至材料厚度的许多倍,并且与本文公开的技术一致。

[0054] 如本文所用,术语“单狭缝图案”是指形成单独排的单狭缝的图案,每个排横向延伸穿过片材,其中这些排沿着片材的轴向长度形成单独排的重复图案,并且每个排中狭缝的图案不同于直接相邻的排中狭缝的图案。例如,一个排中的狭缝可以与直接相邻的排中的狭缝轴向偏移或异相。在一些实施方案中,与图1A和图1B的现有技术的狭缝形状相比,本文所述的狭缝、翼片和/或折叠壁形状放大了材料或制品的平面外运动。

[0055] 与图1A和图1B的现有技术的狭缝/翼片形状相比,材料离开材料的片材的平面的增强旋转有利地产生了互锁特征部。材料是否互锁可通过以下测试方法确定。

[0056] 获得长36英寸(0.91m)和宽7.5英寸(19cm)的样品。样品完全展开而不撕裂,然后直接放置在外径(OD)为3.15英寸(8cm)和长度为23英寸(58.4cm)的光滑的PVC管附近,从而确保样品在滚动期间保持完全展开。将样品缠绕在管上,确保每个连续层直接放置在前一层上,并且样品放置在管的中心(沿长度)。将样品缠绕在管周围至少两次。在所有样品都缠绕在管周围之后,释放样品并观察样品是否展开/解缠。如果样品在1分钟等待后没有展开/解开,样品从管滑落到平滑的表面(诸如桌面)上。然后通过后缘提升样品,以观察其是否铺开/解缠或保持其形状。

[0057] 如果样品在释放后的一分钟内打开/解缠,在样品从管滑落期间,或者当被后缘提升时,样品被认为“没有互锁”。如果样品在样品从管滑落期间和之后以及被后缘提升时保持其管状形状,则样品被认为是互锁的。针对每个样品重复10次测试。

[0058] 图4A示意性地示出了材料400中的单狭缝图案的示例性实施方案。材料400是限定平面的片材,该平面具有平行于张力轴线T的轴向方向x(其是相对于附图的垂直方向)和正交于轴向方向x的横向方向y(其是相对于附图的水平方向)。材料400在预张紧状态下限定x-y平面;也就是说,在沿着张力轴线T施加张力之前。图4A的单狭缝图案包括第一组排412a,该第一组排包括在横向方向y上横跨片材延伸的第一多个狭缝410a,其中第一多个狭缝410a具有第一形状和位置。第一多个狭缝410a是狭缝的重复图案。第一组排412a与第二组排412b沿着片材的轴向长度交替。第二组排412b中的每个排由在横向方向y上横跨片材延伸的第二多个狭缝410b限定。第二多个狭缝410b是狭缝的重复图案。第二组排412b包括具有相同狭缝形状的狭缝,但是狭缝410被不同地定位(在这种情况下,倒置且轴向偏移)。狭缝410各自包括第一末端414、第二末端416和中点418。

[0059] 第一多个狭缝410a中的每个狭缝的第一末端414a由第一末端区段421(在当前示例中是第一轴向部分421)限定。第一多个狭缝410a中的每个狭缝的第一末端区段421与连接第二多个狭缝410b中的第一狭缝的末端414b、416b的假想线i相交。第一多个狭缝410a中的每个狭缝的第一末端414a在轴向方向和横向方向中的每一者上位于第二多个狭缝410b中的第一狭缝的末端414b、416b之间。在该特定示例中,第一多个狭缝410a中的每个狭缝的第一末端414a与假想线i对准。换句话说,第一多个狭缝410a中的每个狭缝的第一末端414a与第二多个狭缝410b中的第一狭缝的末端414b、416b沿着在横向方向y上延伸的轴线(假想线i重叠)对准。

[0060] 第一多个狭缝410a中的每个狭缝的第二末端416a由第二末端区段423(在当前示例中是第二轴向部分423)限定。第一多个狭缝410a中的每个狭缝的第二末端区段423与连接第二多个狭缝410b中的第二狭缝的末端414b、416b的假想线i对准。在该示例中,第一多

个狭缝410a中的每个狭缝的第二末端416a在轴向方向和横向方向中的每一者上位于第二多个狭缝410b中的狭缝的末端414b、416b之间。特别地,第一多个狭缝410a中的每个狭缝的第二末端416a在轴向方向和横向方向中的每一者上与第二多个狭缝410b中的狭缝的末端414b、416b对准。在各种实施方案中,第二多个狭缝410b中的第一狭缝和第二狭缝是相邻的狭缝。

[0061] 多个单独狭缝410对准以形成大致垂直于张力轴线T的排412。“大致垂直”在本文中被定义为包含5度误差范围内或3度误差范围内的角度。材料420存在于排412中的相邻狭缝410之间,从而形成大致轴向延伸的梁420。狭缝410的直接相邻的排412之间的材料形成横向梁430a和折叠壁区域430b。每个轴向梁420轴向延伸穿过与轴向梁420相交的每个横向梁430a。狭缝410不是直线(如图1A和图2A的狭缝图案的狭缝110),而是包括两个大致轴向部分421、423,所述两个大致轴向部分大致平行于张力轴线T并连接到大致垂直于张力轴线T的大致横向部分425。第一末端414沿着第一轴向部分421,并且第二末端416沿着第二轴向部分423。狭缝410大致为u形,在两个大致轴向部分421、423和大致横向部分425之间具有大致垂直的交叉角度。折叠壁450通常是由狭缝410的路径和末端414和416之间的假想线i包围的区间。虽然在当前示例中,轴向部分421、423和横向部分425中的每一者都是直线区段,但是在各种实施方案中,这样的部分中的一者或多者可以是弯曲线、锯齿形等。

[0062] 当狭缝410在直接相邻的排中相对于彼此倒置时,这为它们彼此对准创造了机会,使得狭缝410的末端414、416中的一个或多个末端沿着横向轴线i(其与假想线i共线)与直接相邻的排中的狭缝410的末端414、416对准。这些独特的图案产生独特的梁宽度、尺寸和形状。因为直接相邻排412a和412b中的狭缝410的末端414、416对准以近似垂直于张力轴线T的假想的、基本上直的单线,所以梁的尺寸和形状与本文先前描述的实施方案不同。大致横向部分(其基本上垂直于张力轴线)之间的连续横向区域形成第一梁430a。该梁仅在每两组横向对准的直接相邻的排412a和412b之间出现一次。横向对准的直接相邻的排412a和412b被布置成使得在直接相邻的横向对准的排中的狭缝410的末端414、416之间不存在连续的横向区域。具有横向对准的末端414、416的狭缝410延伸进入的材料400的区间限定折叠壁区域430b,该折叠壁区域具有横跨片材延伸以在横向方向y上形成排的折叠壁450。折叠壁区域430b可进一步描述为具有两个大致矩形的区域431,每个区域由以下项界定:(1)相对狭缝410的垂直于张力轴线T的直接相邻的大致横向部分425,以及(2)直接相邻的相对狭缝410上的相邻轴向部分421和423。形成轴向延伸的梁420的材料存在于单排412中的相邻狭缝410之间。直接邻近梁420的是区域433,该区域是折叠壁区域430b中在轴向方向上由梁420和大致横向部分425界定,并且在横向方向上由两个大致矩形的区域431界定的剩余材料。

[0063] 穿过片材400的多个狭缝410限定多个轴向延伸的梁420,所述多个轴向延伸的梁横跨片材的轴向长度成列布置。由于具有平行于材料的张力轴线T的延伸部,轴向延伸的梁420通常被构造成在沿着张力轴线T向材料400的片材施加张力时传递张力。尽管多个梁420中的每个梁在当前示例中被描绘为大致矩形形状,但是在各种实施方案中,多个梁中的一些或全部梁可以具有替代形状。在一些实施方案中,多个梁中的每个梁具有不规则形状。

[0064] 多个狭缝410形成第一多个轴向梁420a,第一多个轴向梁形成第一列402a。在轴向方向x上的每个梁420a之间是多个狭缝410中的狭缝的横向部分425。当沿张力轴线T施加张

力时,这种构型有利地允许材料400轴向扩展。张力通过轴向梁420并围绕相邻轴向梁420之间的每个狭缝410传递,从而引起狭缝410中的每个狭缝的轴向扩展。

[0065] 在各种实施方案中,多个狭缝具有第一组狭缝440a,每个狭缝具有轴向地在第一多个梁420a中的每个梁之间的横向部分425a。多个狭缝410限定在轴向方向x上延伸的第二多个梁420b。第二多个梁420b形成在轴向方向x上横跨片材400延伸的第二列402b。第二多个梁420b在横向方向y上与第一多个梁420a间隔开。在轴向方向x上的每个梁420b之间是多个狭缝410的第二组狭缝440b中的狭缝的横向部分425。多个狭缝410可以类似地限定第三多个梁420c、第四多个梁等。

[0066] 在当前示例中,第一多个梁420a和第二多个梁420b在轴向方向和横向方向上交错。然而,第一多个梁420a的每个梁具有沿着横向轴线i与第二多个梁420b的梁的终端424b对准的终端424a。梁的“终端”是由限定该梁的相邻狭缝的末端限定的梁的端部。在一些替代实施方案中,第一多个梁420a中的每个梁延伸穿过由第二多个梁420b的梁的终端424b限定的轴线。在当前示例中,第一组狭缝440a中的每个狭缝具有限定第二多个梁420b中的梁的轴向部分421(第二轴向部分423)。多个狭缝410的第二组狭缝440b中的每个狭缝具有轴向部分423(第一轴向部分421),该轴向部分限定第一多个梁420a中的梁。

[0067] 在当前示例中,第一多个狭缝410a在第一多个梁420a中形成梁420a/c。特别地,梁420a/c由第一排中的相邻狭缝之间的材料限定。实际上,第一多个狭缝410a限定横跨第一排412a的多个梁,所述多个梁可以被称为第三多个梁420c。第三多个梁420c中的每个梁在轴向方向x上延伸。第三多个梁420c中的每个梁由第一排中相邻狭缝410a之间的材料限定。

[0068] 另外,在当前示例中,第二多个狭缝410b在第二多个梁420b中形成梁420b/d。特别地,梁420b/d由第二排412b中的相邻狭缝410b之间的材料限定。此外,第二多个狭缝限定横跨第二排412b的第四多个梁420d,其中梁中的每个梁在轴向方向x上延伸。第四多个梁420d中的每个梁由第二排412b中的相邻狭缝410b之间的材料限定。

[0069] 在该示例性实施方案中,狭缝具有两个末端。直的假想线在这些末端之间延伸并连接这些末端。在该实施方案中,在第一狭缝的末端之间延伸并连接该第一狭缝的末端的直的假想线与在直接相邻排的末端之间延伸并连接该直接相邻排的末端的假想线基本上共线。在该示例性实施方案中,在排中的狭缝末端之间延伸并连接狭缝末端的所有直的假想线大致共线。

[0070] 本领域的技术人员将理解,可以对图案进行许多改变,同时仍然落入本公开的范围。本领域技术人员将理解,形状和狭缝长度可以变化。另选地,狭缝长度、排尺寸或形状以及梁尺寸或形状可以变化。此外,图案可以2排、3排、4排等交替。另选地,排尺寸或形状以及梁尺寸或形状可以变化。此外,偏移程度或相位偏移可与图中所示不同。更进一步地,本文的许多示例描绘和描述了具有以约90°角与横向部分相交以形成拐角的轴向部分的狭缝。然而,在各种实施方案中,狭缝的轴向部分可以与横向部分相交以形成圆角。在一些其他实施方案中,在轴向部分和横向部分之间没有可辨别的过渡,诸如在狭缝限定半圆的情况下。

[0071] 图4B至图4D示出了在纸的片材上形成并暴露于沿张力轴线T的张力的图4A的图案。当材料400沿张力轴线T被张力激活或展开时,材料400的部分经受张紧和/或压缩,该张紧和/或压缩导致材料以其非张紧形式移出材料400的原始平面。当暴露于沿张力轴线的张

力时,横向梁430a和折叠壁区域430b发生两件事情。横向梁430a弯曲成起伏的形状,以使相邻狭缝之间的梁420在横向方向y上更靠近同一排中的相邻梁420,同时保持末端414和416近似处于单个平面中,该平面平行于处于其预张紧状态的材料400的原始平面。折叠壁区域430b旋转并折叠成类似手风琴的形状,使得所有两个大致矩形区域431和区域433名义上是平坦的,在所有相邻的大致矩形区域431和区域433之间具有折叠,并且所有平坦表面名义上垂直于处于其预张紧状态的材料400的原始平面。排412中相邻狭缝410之间的轴向梁420主要经受与张力轴线T对准的张力,因此该区域或区间倾向于随着第一梁430a弯曲。材料400中的这些移动形成两个不同的区域,即折叠壁区域430b,该折叠壁区域正交于张力轴线和处于其预张紧状态的材料400的原始平面,如图4D所示。另一个区域是横向梁430a,该横向梁相对于处于其预张紧状态的材料400的原始平面成一定角度地起伏和倾斜,如图4D所示。

[0072] 类似于图4A至图4D的具体实施方式的实施方案具有独特的益处。例如,图4A至图4D例示了一组实施方案,其中当展开或张力激活时,材料的部分旋转至法向轴(基本上 $90^\circ$ 或正交于处于其预张紧状态的材料400的原始平面)。另外,这些实施方案中的一些实施方案相对于其他单狭缝图案化结构可以承受在法向轴上施加的更大负载而不被压碎。这意味着它们可以为例如正在被装运的包裹和其他应用提供增加的或增强的保护。类似于图4A至图4D所示的具体实施方式的单狭缝图案的另一个优点是,在一些实施方案中,一旦该构造处于其展开(经由施加张力)位置,即使不再施加张力,该构造也基本上保持在其伸展/张紧位置。此特征可以提供更稳定的构造。这些益处中的一些益处是折叠壁几何形状的结果。折叠壁或手风琴形壁或旋转/折叠梁在展开的制品(经由施加张力或力展开)中具有较大面积惯性矩(也称为面积矩或第二惯性矩),其中面积惯性矩在原始片材的平面中。相对于不具有折叠的直的竖直壁,面积惯性矩增加。

[0073] 当张力激活材料400缠绕在制品周围或直接邻近其本身放置时,手风琴式折叠的折叠壁区域430b或起伏的第一梁430a可彼此互锁和/或与开口部分422互锁,以产生互锁结构。互锁可以按照上述互锁测试中的说明进行测量。

[0074] 图5A示意性地示出了材料500的片材中的单狭缝图案的另一示例性实施方案。图5A的图案类似于图4A至图4D的图案,并且因此图4A至图4D的描述通常适用于当前的描述,除了在图4A中,直接相邻的排彼此对准,使得狭缝的末端中的一个或多个末端沿着横向轴线i与直接相邻的排中的狭缝的末端对准。相反,在图5A中,相邻排中的狭缝嵌套在一起或重叠,这意味着一排中狭缝的第一末端区段延伸穿过连接第二相邻排中第一狭缝的末端的假想线。类似地,狭缝的第二末端区段延伸穿过连接第二相邻排中的第二狭缝的末端的假想线。当沿着张力轴线T施加阈值量的张力时,这种构型影响材料的梁宽度、尺寸和形状。

[0075] 更具体地,图5A的单狭缝图案包括第一组排512a和第二组排512b,第一组排包括具有第一形状和位置的第一组多个狭缝510a,第二组排具有第二多个狭缝510b,所述第二多个狭缝包括相同的狭缝形状但狭缝被不同地定位(在这种情况下,倒置)。第一多个狭缝510a限定第一多个轴向梁520a,所述第一多个轴向梁是狭缝510a之间的材料。第二多个狭缝510b限定狭缝510b之间的第二多个轴向梁520b。第一组排512a和第二组排512b两者中的狭缝形状、总体构型和可能的替代方案与图4A中的相似,在此重复上述说明。

[0076] 然而,在当前示例中,第二多个狭缝510b与直接相邻排中的另一狭缝510嵌套或重

叠,在当前示例中具体地与第一多个狭缝510a嵌套或重叠。第二多个狭缝510b中的狭缝中的每个狭缝延伸穿过第一假想线i1,该第一假想线连接第一多个狭缝510a中的狭缝的末端。类似地,第一多个狭缝510a中的每个狭缝延伸穿过第二假想线i2,该第二假想线连接第二多个狭缝510b中的狭缝的末端。此外,第一多个梁520a中的每个梁520具有终端524a,该终端延伸穿过由第二多个梁520b的梁的终端524b限定的横向轴线(与第二假想线i2重叠)。类似地,第二多个梁520b中的每个梁520具有终端524b,该终端延伸穿过由第一多个梁520a的梁的终端524a限定的横向轴线(与第一假想线i1重叠)。这种嵌套或重叠为创造独特的梁宽度、尺寸和形状创造了机会。

[0077] 因为直接相邻的排512a和512b中的狭缝510的末端514、516重叠,使得单线(名义上是横向的)将穿过重叠的排512a和512b中的所有狭缝510的所有轴向部分521和523的一部分,所以梁的尺寸和形状不同于在此先前描述的实施方案。大致横向部分(其基本上垂直于张力轴线T)之间的连续横向区域形成第一梁530a。该梁仅在每两组重叠排512a和512b之间出现一次。重叠排512a和512b被布置成使得在直接相邻的重叠排中的狭缝510的末端514、516之间没有连续的横向区域。狭缝512a和512b的重叠排包括折叠壁区域530b。折叠壁区域可进一步描述为具有两个大致矩形区域531,所述两个大致矩形区域在轴向方向上由折叠壁区域530b的相对侧上的相邻大致横向部分525界定且在横向方向上由折叠壁区域530b的相对侧上的邻近轴向部分521和523界定。轴向梁520(例如,轴向梁520a和520b)存在于单排512中的相邻狭缝510之间。直接邻近梁520的是区域533,该区域是折叠壁区域530b中在轴向方向上由梁520和大致横向部分525界定,并且在横向方向上由两个相邻的大致矩形的区域531界定(更具体地由相邻轴向部分521和523的轴向延伸部界定)的剩余材料。

[0078] 类似于以上对图4A至图4D的讨论,在当前示例中,轴向梁520被布置成延伸材料500的片材的轴向长度的列。轴向梁520轴向延伸穿过每个横向梁530a的与轴向梁520相交的相邻部分。狭缝510的横向部分525大致布置在每个相应列中的轴向梁520中的每个轴向梁之间,使得列内的轴向梁520通过狭缝的横向部分525彼此分开。

[0079] 本领域的技术人员将理解,可以对图案进行许多改变,同时仍然落入本公开的范围。本领域技术人员将理解,形状和狭缝长度可以变化。例如,在一些实施方案中,形状是u形的,具有比图5A中所示更多的倒圆边缘。另选地,狭缝长度、排尺寸或形状以及梁尺寸或形状可以变化。此外,图案可以2排、3排、4排等交替。另选地,排尺寸或形状以及梁尺寸或形状可以变化。此外,偏移程度或相位偏移可与图中所示不同。

[0080] 图5B至图5D示出了在纸的片材上形成并暴露于沿张力轴线T的张力的图5A的图案。当材料500沿张力轴线T被张力激活或展开时,材料500的部分经受张紧和/或压缩,该张紧和/或压缩导致材料以其非张紧形式移出材料500的原始平面。当暴露于沿张力轴线的张力时,两种不同类型的梁530a和530b会发生两件事。第一梁530a弯曲成起伏的形状,以使相邻狭缝510之间的轴向梁520更靠近同一排中的相邻梁520,同时保持末端514和516近似处于单个平面中,该平面平行于处于其预张紧状态的材料500的原始平面。折叠壁区域530b旋转并折叠成类似手风琴的形状,使得所有大致矩形的区域531和区域533名义上是平坦的,在两个大致矩形的区域531和区域533之间具有折叠,并且具有从处于其预张紧状态的材料500的原始平面旋转至少90度的单个公共轴线(其在平坦状态下是轴向轴线)。当公共轴线的旋转被认为是所有末端514和516被拉入同一平面的附加结果时,也可以理解甚至计算公

共轴线的旋转。材料500的这些移动形成一系列两个不同的折叠梁,其中一个折叠梁至少正交于张力轴线和处于其预张紧状态的材料500的原始平面旋转,如图5D所示。

[0081] 类似于图5A至图5D的具体实施方式的实施方案具有独特的益处。例如,图5A至图5D例示了一组实施方案,其中当展开或张力激活时,材料的部分旋转至或超过法向轴,或基本上 $90^\circ$ 或正交于处于其预张紧状态的材料500的原始平面。另外,这些实施方案中的一些实施方案相对于其他单狭缝图案化结构可以承受在法向轴上施加的更大负载而不被压碎。这意味着它们可以为例如正在被装运的包裹和其他应用提供增加的或增强的保护。类似于图5A至图5D所示的具体实施方式的单狭缝图案的另一个优点是,在各种实施方案中,一旦该构造处于其展开(经由施加张力)位置,即使不再施加张力,该构造也基本上保持在其展开/伸展/张紧位置。此特征可以提供更稳定的构造。

[0082] 由于图5A至图5D的实施方式旋转超过 $90^\circ$ ,所以与图4A至图4D的实施方式相比,其在折叠中的一些折叠中产生额外的应力,该应力倾向于使材料塑性变形(或起皱),使得即使不再施加张力,该材料也更有可能会保持在其展开位置。这些益处中的一些益处是折叠壁几何形状的强度增加的结果。折叠壁或手风琴形壁或旋转/折叠梁在展开的制品(经由施加张力或力展开)中具有较大面积惯性矩(也称为面积矩或第二惯性矩),其中面积惯性矩在原始片材的平面中。相对于不具有折叠的直的竖直壁,面积惯性矩增加。

[0083] 当张力激活材料500缠绕在制品周围或直接邻近其本身放置时,手风琴式折叠的折叠壁区域530b或起伏的第一梁530a可彼此互锁和/或与开口部分522互锁,以产生互锁结构。以通过下文描述的“互锁测试方法”来测量互锁。

[0084] 例如转让给本受让人的美国专利申请62/952,789中示出了另外的单狭缝图案,该专利申请的全部内容并入本文。

#### [0085] 多狭缝图案

[0086] 本公开的各种实施方案涉及多狭缝图案并且涉及包括这些多狭缝图案的制品。术语“多狭缝图案”在本文中被定义为单独狭缝的图案,其形成横跨片材横向方向y的第一组相邻排,其中第一组相邻排内的单独狭缝在横向方向y上对准。在多狭缝图案中,第一组相邻排与沿着片材的轴向长度的至少第二排形成重复图案,其中第一组相邻的相同排中的狭缝在横向方向y上与第二排中的狭缝偏移。术语“多狭缝图案”包括双狭缝图案、三狭缝图案、四狭缝图案等。双狭缝图案是其中狭缝形成沿片材的轴向长度以排的图案重复的一组两个相同的排,三狭缝图案是其中狭缝形成以排的图案重复的三个相同的排,等等。对准的多狭缝的末端基本上对准意味着如果在相邻排中的狭缝的两个末端之间画一条假想线,则该假想线相对于对准轴线(垂直于片材的平面中的排的轴线)的角度不大于 $\pm 20^\circ$ 。在一些实施方案中,形成多狭缝的每个狭缝的长度相差不超过最长狭缝或最短狭缝的总长度的 $\pm 20\%$ 。在一些实施方案中,在狭缝是线性的情况下,它们基本上彼此平行。在狭缝不是线性的一些实施方案中,对准的多狭缝都基本上在 $\pm 20^\circ$ 内平行于张力轴线对准。

[0087] 如本文所用,术语“双狭缝图案”是指多个单独狭缝的图案。多个狭缝中的每个狭缝可以由自身不交叉或相交的单个连续切缝形成。该图案包括狭缝的多个排,并且第一排中的单独狭缝与直接相邻的第二排中的单独狭缝基本上对准。双狭缝由第一排中的狭缝构成,该狭缝与第二排中的狭缝基本上对准。这两个基本上对准的狭缝一起形成双狭缝。

[0088] 双狭缝图案、三狭缝图案、四狭缝图案或多狭缝图案在暴露于沿张力轴线的张力

时与单狭缝图案相比产生显著更多的平面外起伏。这种材料的平面外起伏对于许多应用具有很大的价值。例如,这些平面外起伏区间产生平面外的材料或环,当材料的部分彼此相邻放置或缠绕在一起时,该平面外材料或环可与平面外材料或环的其他区间互锁。因此,多狭缝图案固有地互锁和/或包括互锁特征部。一旦张力激活,这些特征部和图案互锁并将材料基本保持在适当的位置。互锁可以如上所述进行测量。

[0089] 该起伏还产生可以类似弹簧的方式吸收能量而没有显著塑性变形的结构。当双狭缝图案被切割成二维制品(诸如纸)并且张力沿着张力轴线T被施加到制品上时,二维制品的部分波动或移动到z轴(垂直于二维制品的原始预张紧的平面的轴线)中,从而导致三维制品的形成。在一些实施方案中,与图1A至图2B的现有技术狭缝或翼片形状和/或取向相比,本文所述的狭缝或折叠壁形状放大了材料或制品的平面外运动。在一些实施方案中,双狭缝图案形成在其中的材料是基本上不可延展的。在一些实施方案中,双狭缝图案连续通过并被材料的至少一个边缘截断,而不停止或改变。所得的材料和/或制品提供了各种各样的优点。

[0090] 图6A是示例性双狭缝图案的示意图。图案600包括狭缝612的排中的多个狭缝610。每个狭缝610包括在第一末端614与第二末端616之间的中点618。狭缝610的第一排612a和狭缝610的第二排612b各自包括彼此间隔开的多个狭缝610。排612中直接相邻的狭缝610之间的空间可以被称为排612中相邻狭缝610之间的材料620。直的假想线在末端614、616之间延伸并且连接该末端。在该示例性实施方案中,在第一狭缝的末端之间延伸并连接该第一狭缝的末端的直的假想线与在同一排中直接相邻的第二狭缝的末端之间延伸并连接该第二狭缝的末端的假想线基本上共线。在该示例性实施方案中,在单排中的狭缝末端之间延伸并连接狭缝末端的所有直的假想线大致共线。

[0091] 狭缝610的排612a、612b一起形成横向梁630。横向梁630由狭缝610横向地界定。重叠梁636与每个横向梁630a、630b直接相邻,并且在该实施方案中,在每个横向梁的两侧上。重叠梁636由未对准的狭缝界定。形成横向梁630的边缘或侧面的每个直接相邻的排612a、612b中的狭缝基本上彼此对准,使得它们基本上平行,并且它们的末端614、616基本上垂直于该排的轴线对准并且彼此等距。在一些实施方案中,对准的狭缝具有基本上相同的狭缝长度和节距(节距相对于张力轴线)。

[0092] 更具体地,材料600包括狭缝610a、610b、610c、610d。狭缝610a和610b一起形成双狭缝。另外,狭缝610c和610d一起形成另一个双狭缝。狭缝610a和610b形成第一横向梁630a的一部分的侧面或边缘。狭缝610b和610c形成重叠梁636的一部分的侧面或边缘。狭缝610c和610d形成第二横向梁630b的一部分的侧面或边缘。横向梁630a直接邻近重叠梁636。重叠梁636直接邻近横向梁630b。狭缝610a和610b基本上彼此对准。狭缝610c和610d基本上彼此对准。狭缝610b和610c彼此不对准。相反,狭缝610b和610c彼此相位分离或间隔开。在图6A的实施方案中,狭缝610基本上垂直于张力轴线T。

[0093] 横向梁630的由两个平行且基本上对准的狭缝610界定的每个区段包括中点632,该中点:(1)在形成横向梁630的侧面的狭缝610的第一末端614和第二末端616之间的中点(横向地),以及(2)在形成横向梁630的侧面的两个狭缝610之间的中点(轴向地)。横向梁630a的第一区段的中点632a与直接相邻的横向梁630b的直接相邻的区段的中点632b异相。在图6A的实施方案中,横向梁630a的第一区段的中点632a与横向梁630c(其是横向梁630a

的第二直接相邻的横向梁)的第一区段的中点632c基本上轴向对准。

[0094] 图6A还示出了在图6A的实施方案中基本上平行于轴向方向x并且基本垂直于横向方向y以及狭缝的排的方向的张力轴线(T)。张力轴线(T)是这样的轴线,沿着该轴线可以提供张力以展开图案600已经形成在其中的材料,这产生横向梁630的向上移动和向下移动以及重叠梁636的旋转。

[0095] 图6B和图6C示出了当暴露于沿张力轴线T的张力时包括图6A的狭缝图案的材料。当材料600沿着张力轴线T被张力激活或展开时,材料600的部分经受张紧和/或压缩,这导致材料600以其非张紧形式移出材料600的原始平面。当暴露于沿张力轴线的张力时,末端614、616经受压缩并被拉向彼此,从而导致材料600的翼片区域650相对于处于其预张紧状态(图6A)的材料600的水平平面向上移动或屈曲,从而产生翼片624。横向梁630的部分从处于其预张紧状态(图6A)的材料600的原始平面起伏出,从而形成环,同时保持名义上平行于张力轴线。排612中的相邻狭缝610之间的材料620保持基本上平行于处于其预张紧状态(图6A)的材料600的原始平面。重叠梁636屈曲并旋转出原始材料或片材的平面。翼片区域650的运动与横向梁630的起伏相结合产生开口部分622。

[0096] 本领域的技术人员将理解,可以对图案和材料进行许多改变,同时仍然落入本公开的范围。例如,在一些实施方案中,多狭缝图案将是三狭缝、四狭缝或其他多狭缝而不是双狭缝图案。另选地,狭缝长度、狭缝尺寸、狭缝厚度、狭缝形状、排尺寸或形状、横向梁尺寸或形状和/或重叠梁尺寸或形状可以变化。此外,偏移程度或相位偏移可与图中所示不同。狭缝、排或梁节距可以变化。张力轴线和狭缝之间的角度可以变化。这些变化中的许多变化可以改变展开图案。

[0097] 当张力激活材料600缠绕在制品周围或直接邻近本身放置时,横向梁630和/或翼片624彼此互锁和/或与开口部分622互锁,以产生互锁结构。互锁可以按照上述互锁测试中的说明进行测量。

[0098] 图7A示意性地示出了材料700的片材中的另一个双狭缝图案的一个示例性实施方案。材料700的片材限定轴向方向x和横向方向y,其中轴向方向平行于张力轴线T。图7A的狭缝图案示出不同排可具有不同定位的狭缝。具体参考将该一般概念实现为实施例,图7A的单狭缝图案包括第一组排712a和第二组排712b,该第一组排包括具有第一形状和位置的狭缝710,第二组排包括相同的狭缝形状,但是狭缝710被不同地定位(在这种情况下,倒置)并且在轴向方向x上偏移。第一组排712a和第二组排712b两者中的狭缝形状除了倒置之外基本上相同。除了被不同地定位之外,图7A的狭缝被嵌套,使得相邻排中的狭缝710的末端沿着横向轴线对准,或者一个排中的狭缝710延伸超过由相邻排中的狭缝710的末端限定的轴线,从而产生嵌套布置。

[0099] 双狭缝图案形成于材料700中并且包括多个狭缝710,所述多个狭缝各自包括第一末端714、第二末端716和中点718。多个单独狭缝710对准以形成大致垂直于张力轴线T的排712。形成轴向梁720的材料存在于排712中的相邻狭缝710之间。轴向梁720延伸穿过相邻横向梁730a、730b。在图7A的示例性实施方案中,狭缝710不是离散的直线(如图6A的狭缝图案的狭缝610),而是包括两个大致轴向部分721、723,所述两个大致轴向部分大致平行于张力轴线T并且连接到大致垂直于张力轴线T的大致横向部分725。在该实施方案中,狭缝710大致为u形,并且轴向部分721、723和大致横向部分725的交叉点大致彼此垂直。

[0100] 穿过片材700的多个狭缝710限定多个轴向延伸的梁720,所述多个轴向延伸的梁沿着片材的轴向长度成列布置。多个狭缝710形成第一多个轴向梁720a,第一多个轴向梁形成第一列702a。多个狭缝710的狭缝的横向部分725轴向设置在梁720a之间。与先前描述的示例不同,在该示例中,每个梁不由狭缝710的横向部分725分离。相反,第一列702a中的每个系列的两个梁720a与该列中对应狭缝710的一系列两个横向部分725交替。因此,第一列702a具有第一组狭缝740a,每个狭缝具有轴向地在第一多个梁720a中的梁之间的横向部分725a。

[0101] 多个狭缝710还限定在轴向方向x上延伸的第二多个梁720b。第二多个梁720b形成在轴向方向x上横跨片材700延伸的第二列702b。第二多个梁720b在横向方向y上与第一多个梁720a间隔开。在轴向方向x上的梁720b之间是多个狭缝710的第二组狭缝740b中的狭缝的横向部分725。类似于第一列702a,在该示例中,在第二列702b中有一系列两个连续梁720b,这两个连续梁沿着列702b的长度与狭缝的两个连续横向部分725交替。

[0102] 第一多个梁720a和第二多个梁720b在轴向方向和横向方向上交错。在当前示例中,第一组狭缝740a中的每个狭缝具有限定第二多个梁720b中的梁的轴向部分721(第一轴向部分721)。多个狭缝710的第二组狭缝740b中的每个狭缝具有轴向部分723(第二轴向部分723),该轴向部分限定第一多个梁720a中的梁。第一多个梁720a的每个梁与由第二多个梁720b的梁的终端724b限定的轴线(例如,i1)对准。

[0103] 在当前实施方案中,材料700的片材限定多个狭缝710,所述多个狭缝限定第一列702a中的第一多个梁720a和第二列702b中的第二多个梁720b。第一列702a和第二列702b在横向方向y上横跨片材的宽度交替。换句话讲,第一多个梁720a和第二多个梁720b横跨材料700的片材的横向宽度形成重复的梁图案。在一些实施方案中,多个狭缝710可以类似地限定第三多个梁,该第三多个梁限定第三列,该第三列与第一列702a和第二列702b横跨片材的宽度交替。在一些实施方案中,多个狭缝710可以类似地限定第四多个梁,该第四多个梁限定第四列,该第四列与第一列702a、第二列702b和第三列横跨片材的宽度交替。

[0104] 材料700包括第一狭缝710a、第二狭缝710b、第三狭缝710c和第四狭缝710d,每个狭缝各自相应地形成对应的第一排712a、第二排712b、第三排712c和第四排712d。狭缝的每个排在横向方向y上横跨材料700的片材的宽度延伸。第一排712a、第二排712b、第三排712c和第四排712d沿着材料700的片材的轴向长度形成重复的排图案。在当前示例中,第二狭缝710b与第三狭缝710c嵌套,并且第一狭缝710a与第四狭缝710d嵌套。因此,限定第二多个狭缝710b中的每个狭缝的第一末端714的第一末端区段(对应于第一轴向部分721)与连接第三多个狭缝710c中的狭缝的末端714、716的假想线i1相交。更特别地,第二多个狭缝710b中的每个狭缝的第一末端714与连接第三多个狭缝710c中的狭缝的末端714、716的假想线i1对准。类似地,限定第一多个狭缝710a中的每个狭缝的第一末端714的第一末端区段(对应于第一轴向部分721)与连接第四多个狭缝710d中的狭缝的末端714、716的假想线i2相交。特别地,第一多个狭缝710a中的每个狭缝的第一末端714与连接第四多个狭缝710d中的狭缝的末端714、716的假想线i2对准。

[0105] 第一狭缝710a和第二狭缝710b形成第一横向梁730a的一部分的横向侧面或边缘。第一横向梁730a横跨材料700的横向宽度延伸。第一横向梁730a横跨材料宽度的长度不被居间狭缝中断。第二狭缝710b和第三狭缝710c形成折叠壁区域736。第三狭缝710c和第四狭

缝710d形成第二横向梁730b的一部分的横向侧面或边缘。横向梁730a直接邻近折叠壁区域736。折叠壁区域736直接邻近第二横向梁730b。折叠壁区域通常包括由第二狭缝710b和第三狭缝710c包围的所有区间,该区间排除相邻狭缝710b、710c之间的轴向梁720。横向梁730a和730b直接邻近折叠壁区域736。特别地,折叠壁区域736在第一横向梁730a和第二横向梁730b之间。狭缝710a和710b基本上彼此对准。狭缝710c和710d基本上彼此对准。狭缝710b和710c彼此不对准。相反,狭缝710b和710c彼此相位分离或间隔开。在图7A的实施方案中,狭缝710基本上垂直于张力轴线T。

[0106] 当狭缝710在直接相邻的排中相对于彼此倒置时,这为它们彼此对准或移动经过彼此创造了机会,使得狭缝710的末端714、716中的一个或多个末端沿着横向轴线T与直接相邻的排中的狭缝710的末端714、716对准。这些独特的图案产生独特的梁宽度、尺寸和形状。因为直接相邻排712a和712b中的狭缝710的末端714、716横向地对准以近似垂直于张力轴线T的假想的、基本上直的单线,所以梁的尺寸和形状与本文先前描述的实施方案不同。大致横向部分725(其基本上垂直于张力轴线T)之间的连续横向区域形成横向梁730。该梁仅在每两组横向对准的直接相邻的排712a和712b之间出现一次。横向对准的直接相邻的排712a和712b被布置成使得在直接相邻的横向对准的排中的狭缝710的末端714、716之间不存在连续的横向区域。材料700的具有横向对准的末端714、716的狭缝710延伸到其中的区间(减去相邻狭缝710之间的轴向梁720)包括折叠壁区域736。折叠壁区域736可以进一步描述为具有两个大致矩形的区域731和733,其中矩形区域731由以下项界定:(1)狭缝710的垂直于张力轴线的直接相邻的大致横向部分725,以及(2)直接相邻的相对狭缝710上的相邻轴向部分721和723。轴向梁720存在于单排712中的相邻狭缝710之间。直接邻近轴向梁720的是区域733,该区域是折叠壁区域736中在轴向方向x上由梁720和大致横向部分725界定,并且在横向方向y上由两个大致矩形的区域731界定(更具体地由相邻轴向部分721和723的轴向延伸部界定)的剩余材料。

[0107] 在该示例性实施方案中,狭缝具有两个末端。直的假想线在这些末端之间延伸并连接这些末端。在该实施方案中,在第一狭缝的末端之间延伸并连接该第一狭缝的末端的直的假想线与在直接相邻排的末端之间延伸并连接该直接相邻排的末端的假想线基本上共线。在该示例性实施方案中,在单排中的狭缝末端之间延伸并连接狭缝末端的所有直的假想线大致共线。

[0108] 图7B至图7D示出了当暴露于沿张力轴线T的张力时包括图7A的狭缝图案的材料。当材料700沿着张力轴线T被张力激活或展开时,材料700的部分经受张紧和/或压缩,这导致材料以其非张紧形式移出材料700的原始平面。当暴露于沿张力轴线的张力时,横向梁730弯曲成起伏的形状,以使相邻狭缝之间的轴向梁720更靠近同一排中的相邻梁720,同时保持末端714和716近似处于单个平面中,该平面平行于处于其预张紧状态的材料700的原始平面。起伏的横向梁730平行于张力轴线,具体地在预张紧状态下在横向梁730上平行于张力轴线绘制的任何线在张紧状态下仍将基本上平行于张力轴线。换句话讲,每个起伏狭缝表面基本上是沿着张力轴线延伸的单条弯曲线。折叠壁区域736旋转并折叠成类似手风琴的形状,使得所有两个大致矩形区域731和区域733名义上是平坦的,在所有相邻的大致矩形区域731和区域733之间具有折叠,并且所有平坦表面名义上垂直于处于其预张紧状态的材料700的原始平面。排712中的相邻狭缝710之间的轴向梁720主要经受与张力轴线T对

准的张力,该张力由邻接同一横向梁730的相邻梁720平衡,因此该区域或区间趋于保持平坦并平行于处于其预张紧状态的材料700的原始平面。材料700中的这些移动形成两个不同的折叠梁:1)平行于张力轴线的起伏梁730;以及2)正交于处于其预张紧状态的材料700的原始平面的折叠梁736,如图7D所示。

[0109] 类似于图7A至图7D的具体实施方式的实施方案具有独特的益处。例如,图7A至图7D例示了一组实施方案,其中当展开或张力激活时,材料的部分旋转至法向轴(基本上 $90^\circ$ 或正交于处于其预张紧状态的材料700的原始平面)。另外,这些实施方案中的一些实施方案相对于其他多狭缝图案化结构可以承受在法向轴上施加的更大负载而不被压碎。这意味着它们可以为例如正在被装运的包裹和其他应用提供增加的或增强的保护。类似于图7A至图7D所示的具体实施方式的多狭缝图案的另一个优点是,一旦该构造处于其展开(经由施加张力)位置,即使不再施加张力,该构造也基本上保持在其伸展/张紧位置。此特征可以提供更稳定的构造。这些益处中的一些益处是折叠壁几何形状的结果。折叠壁或手风琴形壁或旋转/折叠梁在展开的制品(经由施加张力或力展开)中具有较大面积惯性矩(也称为面积矩或第二惯性矩),其中面积惯性矩在原始片材的平面中。相对于不具有折叠的直的竖直壁,面积惯性矩增加。

[0110] 本领域的技术人员将理解,可以对图案和材料进行许多改变,同时仍然落入本公开的范围。例如,一排狭缝的末端可以移动经过相邻排狭缝的末端,而不是与相邻排狭缝的末端共线,从而产生嵌套或重叠的狭缝图案。在一些实施方案中,多狭缝图案将是三狭缝、四狭缝或其他多狭缝而不是双狭缝图案。另选地,狭缝长度、狭缝尺寸、狭缝厚度、狭缝形状、排尺寸或形状、横向梁尺寸或形状和/或重叠梁尺寸或形状可以变化。弯曲程度和狭缝长度可以变化。此外,偏移程度或相位偏移可与图中所示不同。狭缝、排或梁节距可以变化。此外,图案可以2排、3排、4排等交替。张力轴线和狭缝之间的角度可以变化。这些变化中的许多变化可以改变展开图案。

[0111] 当张力激活材料700缠绕在制品周围或直接邻近本身放置时,起伏梁730和/或折叠壁区域736彼此互锁和/或与开口部分722互锁,以产生互锁结构。互锁可以按照上述互锁测试中的说明进行测量。

[0112] 在例如转让给本受让人的美国专利申请62/952815和62/058084中示出了另外的多狭缝图案,所述专利申请的全部内容并入本文。

#### [0113] 复合狭缝图案

[0114] 图8A是示例性复合狭缝图案800的顶视图示意图。“复合狭缝”在本文中被定义为具有多于两个末端的狭缝,其与“简单狭缝”形成对比,所述“简单狭缝”在本文中被定义为具有恰好两个末端的狭缝。复合狭缝图案可以与单狭缝图案或多狭缝图案一致。在该示例中,图案800包括狭缝812的排中的多个狭缝810。每个狭缝810包括第一轴向部分821、与第一轴向部分821间隔开并且大致平行于第一轴向部分的第二轴向部分823、以及连接第一轴向部分821和第二轴向部分823的大致横向部分825。每个狭缝810包括四个末端:第一末端814、第二末端815、第三末端816和第四末端817。每个狭缝810具有中点818。

[0115] 第一末端814和第二末端815是狭缝810的第一轴向部分821的相对的末端。第三末端816和第四末端817是狭缝810的第二轴向部分823的相对的末端。第一末端814和第二末端815沿着轴向方向x上的轴线(在当前示例中平行于第一轴向部分821)对准,并且第三末

端816与第四末端817沿着轴向方向上的轴线(在当前示例中平行于第二轴向部分823)对准。第一末端814和第三末端816沿着横向方向y上的轴线i1对准,并且第二末端815和第四末端817沿着横向方向上的轴线i2对准。排812a、812b中直接相邻的狭缝810之间的空间可称为轴向梁820。当暴露于张力时,排812a、812b中的相邻狭缝810之间的轴向梁820变成非旋转梁820(在图8C至图8E和图8G中可见)。由大致横向部分825减去非旋转梁820所界定的空间限定折叠壁区域830a、830b。

[0116] 折叠壁区域830a、830b可进一步描述为具有两个大致矩形的区域831和833,其中矩形区域831由以下项界定:(1)狭缝810的垂直于张力轴线的直接相邻的大致横向部分825,以及(2)直接相邻的相对狭缝810上的相邻轴向部分821和823。轴向梁820在单排812a、812b中的相邻狭缝810之间,更具体地,在相邻轴向部分821和823之间。直接邻近梁820的是区域833,该区域是折叠壁区域830a、830b中在轴向方向上由梁820和大致横向部分825界定,并且在横向方向上由两个大致矩形的区域831界定(更具体地由相邻轴向部分821和823的轴向延伸部界定)的剩余材料。狭缝810的直接相邻的排彼此相位偏移。

[0117] 在图8A的实施方案中,张力轴线T基本上平行于轴向方向x,并且基本上垂直于横向方向y。张力轴线T大致垂直于狭缝810的排812a、812b的方向。张力轴线T是这样的轴线,沿着该轴线可以提供张力以展开图案800已经形成在其中的材料,这产生材料部分的旋转和向上和向下移动。

[0118] 在当前示例中,与先前的示例不同,没有横向梁在横向方向y上横跨片材的宽度延伸。相反,在当前示例中,存在横跨材料800的横向宽度限定的折叠壁区域830a、830b,所述折叠壁区域沿着材料800的片材的轴向长度交替。类似于一些先前示例,在当前示例中,材料的片材中的狭缝图案限定沿着材料800的片材的轴向长度交替的第一排812a和第二排812b。材料的片材中的多个狭缝810限定了类似于已经讨论过的梁的列和梁的行。然而,在当前示例中,轴向梁820中的每个轴向梁从第一折叠壁区域830a延伸到相邻的第二折叠壁区域830b。此外,轴向梁820中的每个轴向梁限定对应于排中的相邻狭缝的末端的两个终点824a、824b。

[0119] 图8B示出了当包括图8A的狭缝图案的制品被沿着张力轴线T的张力展开时形成的主张力线840(例如,接近最高张应力路径的线)。图8B以点划线示出了主张力线840,其是将出现最大张应力的地方。张力线是当张力沿着张力轴线施加到材料上时承载最大负载的穿过材料的假想路径。当沿着张力轴线(T)施加张力时,主张力线840移动得更接近与所施加的张力轴线对准,从而导致片材扭曲。张力线840聚焦在同一排中的相邻狭缝之间的轴向梁820中。当暴露于张力时,这些梁820变成非旋转梁820。在图8A的实施方案中,这些梁820或非旋转梁820大致平行于张力轴线。在图8A的实施方案中,这些梁820或非旋转梁820是大致轴向的。当沿着张力轴线T(在该实施方案中是名义上平行于非旋转梁的轴线)施加张力时,张力(或由该张力引起的最高应力集中)稍微均匀地存在于所有非旋转梁820上,但是穿过折叠壁区域830a、830b的截面,如虚线所示。

[0120] 图8C至图8G是顶视图示意图,示出了当沿着张力轴线T施加张力时,包括图8A的狭缝图案的材料如何在空间中移动。当展开复合狭缝图案时,沿主张力线840的张力的激活导致图案的基本上所有区域经受一些张紧或压缩(张应力或压缩应力),并且区域中的一些区域旋转和/或弯曲出原始二维膜的平面。穿过折叠壁区域830a、830b的张力导致梁同时旋转

和折叠,以将非旋转梁820移动得更靠近在一起,从而变得与张力轴线T更加对准。在图8C至图8E中,非旋转梁820被表示为断开并与力矢量(箭头)连接。这有助于可视化不同区域中的力的相互作用以阐明材料的运动。由于经受力的材料800相对薄,所以折叠壁区域830a、830b将响应于张紧力的施加而旋转出平面并在非旋转梁820的基部处折叠。具体地,图8C示出了具有作用在折叠壁区域830a、830b上的力矢量的非旋转梁820。此动作致使材料800移动到图8D示意性地示出的位置中,其中折叠壁区域830a、830b由于图8D所示的力矢量而旋转。如图8E所示,折叠壁区域830a、830b也响应于图8C至图8E所示的力矢量折叠或弯曲。折叠或弯曲程度将根据许多因素而变化,包括例如材料的刚度或模量、张紧力的量值、元件的尺寸和比例、非旋转梁的宽度、非旋转梁之间的跨度等。

[0121] 图8D是折叠壁区域830a、830b的顶视图示意图,仅示出了从图8C的顶视透视图的旋转。图8E是示出当完全张紧和展开时同时旋转和弯曲的旋转梁的顶视图的示意图。从顶视图看,折叠壁区域830a、830b一旦旋转,就形成可抵抗Z轴(正交于x-y平面)上的显著压缩力的手风琴式折叠竖直壁。使折叠壁屈曲所需的能量是该结构可以吸收以防止损坏其所缠绕的物体的能量。非旋转梁820连接折叠壁区域830a、830b。图8A的复合狭缝图案导致非旋转梁820交错,这进一步有助于材料在展开时的强度。非旋转梁820和折叠壁区域830a、830b的运动产生在图8G至图8J中可见的开口区域822。

[0122] 返回图8A,大致矩形的区域833具有等于非旋转梁820的宽度或横向尺寸的宽度或横向尺寸。在一些实施方案中,优选地,该宽度相对于矩形区域831的宽度或横向尺寸较小。当矩形区域833的横向宽度相对于矩形区域831的横向宽度较小时,则矩形区域833在展开时将基本上起皱,并且不能与折叠壁区域830的其余部分清楚地独立地区分开,如图8F的图所示,并且如图8G和图8H中可见的。特别地,在图8I的材料的面向视图(顶视图或底视图)中,开口822的形状看起来是大致六边形的,与图8J中的模型视图形成对比,其中在面向视图中更清楚地看到开口822的形状为八边形。如果矩形区域833足够宽,则另一平坦的竖直区段将存在于图8J所示的旋转/折叠梁的折叠部处。视觉上,这将使六边形看起来像八边形。

[0123] 图8H和图8I是从形成在纸片中并暴露于沿张力轴线的张力的图8A的复合狭缝图案的照片得到的线条图。图8H是透视侧视图,并且图8I是近似顶视图,并且图8J是对应于图8I的示意图。

[0124] 图9A是示例性复合狭缝图案,其基本上与图8A的复合狭缝图案相同,除了大致横向部分925是Z字形图案。Z字形图案可以有利地改善材料900的互锁功能。当特征部被放置在材料的另一层附近时和/或当被缠绕在物品周围时,这些特征部可以增加材料的互锁。此外,这些特征部可以有利地软化材料的边缘。在图9A中,大致横向部分925具有波浪或v波形状。波浪的“v”形部分增加互锁特征部。张力轴线(T)基本上平行于轴向方向x,并且基本上垂直于横向方向y和狭缝的排的方向。张力轴线T是这样的轴线,沿着该轴线可以提供张力以展开图案900已经形成在其中的材料,这产生材料部分的旋转和向上和向下移动。如图9B至图9D所示,材料基本上如上文关于图8A至图8I所述展开。当材料的多个层接触时(诸如当缠绕在物体周围时),则互锁特征部允许层更强地和/或以不同方式彼此互锁。

[0125] 材料2000的片材中的又一复合狭缝图案描绘在图20A至图20B中,其类似于图9A的图案,除了互锁结构或特征部具有稍微不同的形状。狭缝中的每个狭缝的横向部分2025限

定弯曲线。特别地,排2012中的狭缝的横向部分2025大致限定被狭缝2010中的每个狭缝之间的轴向梁2020中断的起伏波或正弦波。图20C至图20E示出了当材料在被置于沿着张力轴线的张力之下扩展时,具有图20A至图20B的复合狭缝图案的材料的片材。

[0126] 图10A是材料1000的片材中的另一示例性复合狭缝图案的顶视图示意图,除了横向狭缝部分1025累积地限定振荡波形式之外,该复合狭缝图案基本上类似于图8A的复合狭缝图案。图10B至图10D示出了图10A的复合狭缝图案被形成或切割到材料中然后暴露于沿着张力轴线T的张力。该材料基本上如上面参考图8A至图8I所述的那样展开。

[0127] 多个狭缝1010限定沿着材料1000的轴向长度交替的狭缝1012的排。每个狭缝1010具有第一轴向部分1021、在横向方向y上与第一轴向部分1021间隔开的第二轴向部分1023。连接第一轴向部分1021和第二轴向部分1023的是大致横向部分1025。每个狭缝1010包括四个末端:第一末端1014、第二末端1015、第三末端1016和第四末端1017。每个狭缝1010具有中点1018。

[0128] 第一末端1014和第二末端1015是狭缝1010的第一轴向部分1021的相对的末端。第三末端1016和第四末端1017是狭缝1010的第二轴向部分1023的相对的末端。第一末端1014和第二末端1015沿着在轴向方向上延伸的轴线(其与轴向部分1021共线)对准,并且第三末端1016与第四末端1017沿着轴向方向上的轴线(其与轴向部分1023共线)对准。第一末端1014与第三末端1016沿横向方向y上的轴线对准,类似于前面描述的示例。第二末端1015与第四末端1017沿着横向方向上的轴线对准,也类似于前面已经描述的。排1012中直接相邻的狭缝1010之间的空间可以被称为排1012中相邻狭缝1010之间的轴向梁1020。当暴露于张力时,排1012中相邻狭缝1010之间的梁1020是非旋转梁1020(在图10B和图10D中可见)。由大致横向部分1025减去非旋转梁1020所界定的空间限定折叠壁区域1030a、1030b。

[0129] 与前面的实施方案不同,折叠壁区域1030不是大致矩形区域的组合。相反,折叠壁区域是两个区域的组合,第一区域1031通常由(1)狭缝1010的直接相邻的大致弯曲的横向部分1025和(2)直接相邻的相对狭缝1010上的相邻轴向部分1021和1023界定。轴向梁1020在单排1012中的相邻狭缝1010之间,更具体地,在相邻轴向部分1021和1023之间。直接邻近梁1020的是第二区域1033,该第二区域是折叠壁区域1030中的在轴向方向上由梁1020的终端和大致横向部分1025界定的剩余区域。第二区域1033在横向方向上由相邻轴向部分1021和1023的端部界定。狭缝1010的直接相邻的排1012在横向方向y上彼此偏移。

[0130] 在图10A的实施方案中,张力轴线T基本上平行于轴向方向x,并且基本上垂直于横向方向y。张力轴线大致垂直于狭缝1010的排1012的方向。张力轴线是这样的轴线,沿着该轴线可以提供张力以展开图案1000已经形成在其中的材料,这产生材料部分的旋转和向上和向下移动。

[0131] 在该示例中,没有横向梁在横向方向y上横跨材料的片材的宽度延伸。相反,在当前示例中,存在横跨材料1000的横向宽度限定的折叠壁区域,所述折叠壁区域沿着材料1000的片材的轴向长度交替,类似于一些先前实施方案。

[0132] 在例如转让给本受让人的美国专利申请62/952,815中示出了另外的复合狭缝图案,该专利申请的全部内容并入本文。

[0133] 本文示出或描述的实施方案中的任一个可以与本文示出或描述的其他实施方案组合,包括本文所示或描述的任何特定特征、形状、结构或概念可以与本文所示或所述的任

何其他特定特征、形状、结构或概念组合。本领域技术人员将理解,可对复合狭缝图案进行许多改变、将图案形成到材料中以及这些材料的展开,同时仍然落入本公开的范围。例如,在示出双狭缝图案的实施方案中,图案可以是三狭缝、四极狭缝或其他多狭缝图案而不是双狭缝图案。另选地,狭缝长度、狭缝尺寸、狭缝厚度、狭缝形状、排尺寸或形状、横向梁尺寸或形状和/或重叠梁尺寸或形状可以变化。此外,偏移程度或相位偏移可与图中所示不同。狭缝、排或梁节距可以变化。张力轴线和狭缝之间的角度可以变化。图案相对于张力轴线和/或材料的侧面的对准可以变化。这些变化中的一些变化可以改变展开图案。

[0134] 本文所示的大多数狭缝图案具有被描述为在施加张力时相对于片材的原始平面向上或向下移动或屈曲的区域。向上运动和向下运动之间的区别是为了清楚起见基本上与附图匹配而使用的任意描述。样品可以全部翻转,从而将向下运动变成向上运动,反之亦然。另外,在样品的区域将翻转使得在先前区域中已经向上移动的类型特征部现在向下移动并且反之亦然的情况下,偶尔发生反转是正常的和期望的。这些反转可以发生在小到单狭缝的区域,或者材料的大部分。这些反转是随机的和自然的,它们是材料、制造和所施加的力自然变化的结果。尽管做了一些努力来产生没有倒置的材料区域,但所有样品都在这些自然变化存在的情况下进行了测试,并且相信倒置的数量或位置对性能没有显著影响。

[0135] 本文所示的所有狭缝图案均显示为大致垂直于张力轴线。虽然在许多实施方案中,这可以提供优异的性能,但是本文所示或所述的狭缝图案中的任一者都可以相对于张力轴线旋转某个角度。优选与张力轴线的角度小于45度。

[0136] 此外,本文所示的所有狭缝图案包括彼此相位相差大约为直接相邻狭缝之间的横向间距的一半(或横向间距的50%)的单狭缝。然而,图案相位相差可为任何期望的量,包括例如横向间距的三分之一、横向间距的四分之一、横向间距的六分之一、横向间距的八分之一等。在一些实施方案中,相位偏移小于排中直接相邻的狭缝的横向间距的1倍或小于3/4,或小于1/2。在一些实施方案中,相位偏移是排中的直接相邻狭缝的横向间距的多于1/50,或多于1/20,或多于1/10。

[0137] 在一些实施方案中,最小相位偏移使得交替排中的狭缝的末端与穿过相邻排中的狭缝的末端的平行于张力轴线的线相交。在一些实施方案中,最大相位偏移通过产生连续的材料路径类似地限制。如果正交于张力轴线的狭缝的宽度对于所有狭缝都是恒定的并且具有值 $w$ ,并且正交于张力轴线的狭缝之间的间隙是恒定的并且具有值 $g$ ,那么最小相位偏移和最大相位偏移是:

$$[0138] \quad \text{最小相位偏移} = \frac{g}{w+g}, \text{最大相位偏移} = \frac{w}{w+g}$$

[0139] 本公开还涉及包括本文所述的任何狭缝图案的一种或多种制品或材料。本文所述的狭缝图案可以形成在其中的一些示例性材料包括例如纸(包括硬纸板、瓦楞纸、涂覆或未涂覆纸、牛皮纸、棉纱纸、回收纸);塑料;织造和非织造材料和/或织物;弹性材料(包括橡胶诸如天然橡胶、合成橡胶、丁腈橡胶、硅橡胶、聚氨酯橡胶、氯丁橡胶、乙烯乙酸乙烯酯或EVA橡胶);非弹性材料(包括聚乙烯和聚碳酸酯);聚酯;丙烯酸类树脂;以及聚砜。制品可以是例如材料、片材、膜或任何类似的构造。

[0140] 本文所用的“纸”是指由纤维素(特别是纤维素的纤维(无论是天然的还是人工衍生的))制成的或以其他方式能够从植物来源诸如木材、玉米、草、大米等的纸浆中衍生的织

造或非织造片材状产品或织物(其可以折叠,并且可以具有各种厚度)。纸包括由传统和非传统造纸工艺两者制成的产品,以及上述类型的具有嵌入在片材中的其他类型纤维(例如增强纤维)的材料。纸可以在片材上或在纤维本身上具有涂层。在本公开的上下文中为“纸”的非传统产品的示例包括以商品名TRINGA购自芬兰艾斯堡的PAPTIC (PAPTIC, Espoo, Finland)的材料和以商品名SULAPAC购买的片材形式的材料。

[0141] 可以使用热塑性材料的示例可包括以下所述中的一者或多者:聚烯烃(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)、线型低密度聚乙烯(LLDPE)、金属聚乙烯等,以及它们的组合)、聚丙烯(例如,无规和间规聚丙烯))、聚酰胺(例如,尼龙)、聚氨酯、聚缩醛(诸如迭尔林)、聚丙烯酸酯和聚酯(诸如聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚对苯二甲酸乙二酯乙二醇(PETG)和诸如聚乳酸的脂肪族聚酯)、氟塑料(诸如,购自明尼苏达圣保罗的3M公司(3M company, St. Paul, MN)的THV)及其组合。热固性材料的实例可包括聚氨酯、硅酮、环氧化物、三聚氰胺、酚醛树脂以及它们的组合中的一个或多个。可生物降解的聚合物的示例可包括聚乳酸(PLA)(如本文所用,其旨在涵盖聚(乳酸)和聚(丙交酯)两者)、聚乙醇酸(PGA)(如本文所用,其旨在涵盖聚(乙醇酸)和聚(乙交酯)两者)、聚(己内酯)、丙交酯和乙交酯的共聚物、聚(乙烯琥珀酸酯)、聚羟基丁酸酯、乳酸、乙醇酸和己内酯中的两种或更多种的共聚物、聚羟基链烷酸酯、聚酯型聚氨酯、可降解的脂肪族-芳香族共聚物、聚(羟基丁酸酯)、羟基丁酸酯和羟基戊酸酯的共聚物、聚(酯酰胺)及其组合中的一者或多者。

[0142] 单狭缝图案形成在其中的材料可以具有任何期望的厚度。在一些实施方案中,该材料具有在约0.001英寸(0.025mm)和约5英寸(127mm)之间的厚度。在一些实施方案中,该材料具有在约0.01英寸(0.25mm)和约2英寸(51mm)之间的厚度。在一些实施方案中,该材料具有在约0.1英寸(2.5mm)和约1英寸(25.4mm)之间的厚度。在一些实施方案中,厚度大于0.001英寸、或0.01英寸、或0.05英寸、或0.1英寸、或0.5英寸、或1英寸、或1.5英寸、或2英寸、或2.5英寸、或3英寸(76.2mm)。在一些实施方案中,厚度小于5英寸或4英寸,或3英寸(76.2mm),或2英寸,或1英寸,或0.5英寸,或0.25英寸(6.35mm),或0.1英寸。

[0143] 在一些实施方案中,在材料为纸的情况下,厚度在约0.003英寸(0.076mm)和约0.010英寸(0.25mm)之间。在材料为塑料的一些实施方案中,厚度在约0.005英寸(0.13mm)和约0.125英寸(3.2mm)之间。

[0144] 在一些实施方案中,狭缝或切缝图案延伸穿过片材、膜或材料的边缘中的一个或多个边缘(诸如材料的轴向边缘)。在一些实施方案中,这允许该材料具有无限的长度并且还通过张力展开,特别是当用不可延伸的材料制成时。边缘材料的量是包围而不包括单狭缝图案的材料的面积。在一些实施方案中,边缘材料或纵维(down-web)边界的量可以被定义为矩形的宽度,该矩形的长轴平行于张力轴线并且是无限长的,并且可以在基底上被拉伸而不重叠或接触任何狭缝。在一些实施方案中,边缘材料的量小于0.010英寸(0.25mm)或小于0.001英寸(0.025mm)。在一些实施方案中,纵维边界的宽度小于0.010英寸(0.25mm)或小于0.001英寸(0.025mm)。在一些实施方案中,边缘材料的量小于基底厚度的5倍。在一些实施方案中,纵维边界的宽度小于基底厚度的5倍。

[0145] 横维平板(slab)可被定义为矩形区域,该矩形区域具有这样的矩形,该矩形的长轴垂直于张力轴线并且是无限长的,并且该矩形的宽度是某个有限数,并且可以在基底上

被拉伸而不重叠或接触任何狭缝或切缝。在一些实施方案中,任何宽度的横维平板可能已经作为图案的整体部分存在于制品内。在一些实施方案中,可以将任何宽度的横维平板添加到有限长度制品的端部,以使制品更容易展开。在一些实施方案中,任何宽度的横维平板可以间歇地添加到连续图案化的制品上。

[0146] 在一些实施方案中,单狭缝的最远间隔末端之间的距离(也称为狭缝长度)在约0.25英寸(6.35mm)长和约3英寸(76.2mm)长之间,或者在约0.5英寸和约2英寸之间,或者在约1英寸和约1.5英寸之间。在一些实施方案中,单狭缝的末端之间的最远距离(也称为狭缝长度)在基底厚度的50倍和基底厚度的1000倍之间,或在基底厚度的100倍与500倍之间。在一些实施方案中,狭缝长度小于基底厚度的1000倍,或小于基底厚度的900倍,或小于基底厚度的800倍,或小于基底厚度的700倍,或小于基底厚度的600倍,或小于基底厚度的500倍,或小于基底厚度的400倍,或小于基底厚度的300倍,或小于基底厚度的200倍,或小于基底厚度的100倍。在一些实施方案中,狭缝长度大于基底厚度的50倍,或大于基底厚度的100倍,或大于基底厚度的200倍,或大于基底厚度的300倍,或大于基底厚度的400倍,或大于基底厚度的500倍,或大于基底厚度的600倍,或大于基底厚度的700倍,或大于基底厚度的800倍,或大于基底厚度的900倍。

[0147] 本文所述的狭缝图案和制品可以多种不同方式制成。例如,狭缝图案可以通过挤压、模制、激光切削、水冲法、机械加工、立体光刻或其他3D打印技术、激光烧蚀、光刻、化学蚀刻、旋转模切、冲压、其他合适的负或正处理技术或它们的组合来形成。特别地,参考图21,纸或另一个片材材料30可以被馈送到由旋转模具20和砧座10组成的辊隙中。在该示例中,材料30以卷构型储存,其中材料围绕中心轴线卷绕,该中心轴线可以包括或可以省略中心芯。旋转模具20在其上具有切割表面22,该切割表面对应于期望切割到片材材料30中的狭缝图案。模具20在期望的位置切割穿过材料30并形成本文所述的狭缝图案。相同的过程可与平坦模具和平坦砧座一起使用。

[0148] 本文所述的制品和材料可以多种方式使用。在一个实施方案中,二维片材、材料或制品具有沿着张力轴线施加的张力,这使得狭缝形成本文所述的开口和/或折叠壁和/或运动。在一些实施方案中,手动或使用机器施加张力。

[0149] 本公开描述了以平坦片材开始但在施加力/张力时展开成三维构造的制品。在一些实施方案中,此类构造形成能量吸收结构。本文所述的图案、制品和构造具有大量潜在用途,其中至少一些在本文中描述。

[0150] 一个示例性的用途是为了装运或储存而保护物体。如上所述,现有的装运材料具有各种缺点,包括例如在使用前储存时它们占据太多的空间(例如,气泡缠绕物、包装花生),从而增加了装运成本;它们需要特殊的制造设备(例如,可充气气囊);它们并不总是有效的(例如,揉皱纸);以及/或者它们不是广泛可回收的(例如,气泡缠绕物、包装花生、可充气气囊)。本文所述的张力激活的扩展膜、片材和制品可以用于在装运期间保护物品,而不具有任何上述缺点。当由可持续材料制成时,本文所述的制品是有效的且可持续的。因为本文所述的制品在制造、装运、销售和储存时是平的,并且只有当由用户用张力/力激活时才变成三维的,所以这些制品在最佳利用储存空间和最小化装运/运输/包装成本方面更有效和高效。零售商和用户可以使用相对较小的空间来存放将扩展至其原始尺寸的10倍、20倍、30倍、40倍或更多倍的产品。此外,本文所述的制品简单且使用起来非常直观。用户仅将产

品从卷中拉出或取产品的平坦片材,沿张力轴线在制品上施加张力(这可以用手或用机器进行),然后将产品缠绕在待装运的物品周围。在许多实施方案中,不需要胶带,因为互锁特征部使得产品能够与其自身的另一层互锁。

[0151] 在一些实施方案中,本文所述的狭缝图案产生包装材料和/或缓冲膜,其提供优于现有产品的优点。例如,在一些实施方案中,本公开的包装材料和/或缓冲膜提供增强的缓冲或产品保护。在一些实施方案中,当与现有产品相比时,本公开的包装材料和/或缓冲膜提供类似或增强的缓冲或产品保护,但是与现有产品相比是可回收的和/或更可持续的或环境友好的。在一些实施方案中,当与现有产品相比时,本公开的包装材料和/或缓冲膜提供类似或增强的缓冲或产品保护,但是可以被展开并包裹在待装运的物品周围。一旦施加张力就能保持其形状的构造可能是优选的,因为对于许多应用来说,它们可以不需要胶带来将材料保持在适当的位置。

[0152] 以下实施例描述了一些示例性构造以及在本申请的范围内构造各种实施方案的方法。以下实施例旨在为例示性的,但不旨在限制本申请的范围。

#### [0153] 实施例

##### [0154] 压缩能量测试:

[0155] 压缩能量测试用于测量根据下述实施例或比较例制备的样品的能量吸收能力。对于压缩测试,获得包括期望狭缝图案的36英寸(0.91m)长和7.5英寸(19cm)宽的样品。使用粘合胶带将样品的一端固定在平坦表面诸如桌面上。然后,将样品拉伸到其完全展开伸长。样品的完全展开伸长被定义为样品可以被拉伸而不撕裂并且具有任何翼片区域和/或折叠壁区域相对于材料平面的最大平面外旋转的长度。然后,将拉伸样品的非胶带端固定在6英寸(15.24cm)宽、8英寸(20.32cm)长的矩形框架的长边缘中的一个长边缘上,将样品沿其长轴卷绕在框架周围。样品的卷绕通过使框架朝向样品的固定端向前一端在另一端上(即使框架一次围绕其长轴旋转180度)“行进”来完成。当框架已经行进到固定端时,小心地移除材料的向下绕带(taped-down)区段,同时保持测试样品的完全展开伸长。拆卸并移除框架以形成测试样品。如本文所述制备的测试样品通常呈“枕头”状。

[0156] 压缩能量测试使用MTS负载框架[MTS标准型号C43 104E,来自明尼苏达州伊甸草原的机械测试系统公司(MTS Criterion Model C43 104E,Mechanical Testing Systems Corporation,Eden Prairie,MN)]执行。将测试样品(“枕头”)放置在足够大以容纳样品的底部压板上,使用1.50英寸(3.81cm)直径的支脚从顶部压缩样品。压缩速度为1.0mm/s,并且最大力为1000lbs[4450N]。以每秒100个数据点的速率记录力相对位移信息以及每个数据点的时间戳。测试每个实施例/比较例的两个样品。通过对每个样品的力相对位移的数据进行积分,计算压碎每个实施例/比较例的样品所需的平均压缩能量(即平均吸收总能量),并且记录两个样品的平均值。

##### [0157] 比较例1

[0158] 比较例1是从Amazon.com以商品名“GEAMI WRAPPK EX”获得的装运包装材料。将包括狭缝图案的牛皮纸部分用作比较例1。“GEAMI WRAPPK EX”被认为是由俄亥俄州佩恩斯维尔的Ranpak公司(Ranpak Corporation,Painesville,OH)制造的。比较例1的狭缝图案如图1A所示。

##### [0159] 比较例2

[0160] 比较例2是从康涅狄格州博茨福德的HexcelPack有限公司(HexcelPack LLC., [Botsford,CT])以商品名“HEXCELWRAP”获得的装运包装材料。

[0161] 比较例3-4和实施例1

[0162] 通过在基底上激光切割狭缝图案来制备比较例3-4和实施例1样品。基底是从伊利诺伊州莱克福里斯特的博伊西纸业(Boise Paper, Lake Forest, IL)获得的白纸。该纸由100%原生纤维制成,其具有在根据测试方法TAPPI T410 om-13测量时的约82g/m<sup>2</sup>的基重,在根据测试方法TAPPI T411 om-10测量时的约0.0048英寸(0.12mm)的厚度,在根据测试方法T414 om-12测量时的纵向约50g/ply、横向约60g/ply的撕裂强度。上述所提及的测试方法由佐治亚州亚特兰大的纸浆和造纸业技术协会(Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI), Atlanta, GA)提供。激光切割方法涉及使用XLS 10.150D型激光切割器(从亚利桑那州斯科茨代尔的优利激光公司(Universal Laser Systems, Inc., Scottsdale, AZ)获得)以80%-100%的功率切割,其中z高度设置为0。使用“连续浇注压克力”的默认设置。

[0163] 图11中所示的狭缝图案用于形成比较例3。比较例3的狭缝图案是比较例1的狭缝图案的复制。图12中所示的狭缝图案用于形成比较例4。比较例4的狭缝图案是美国专利8,613,993(授予David M.Kuchar)的图8D中所示的狭缝图案。图13中所示的狭缝图案用于形成实施例1。

[0164] 实施例2-实施例6

[0165] 通过在基底上激光切割狭缝图案来制备实施例2-6样品。基底是从威斯康星州普莱森特普雷里的Uline(Uline, Pleasant Prairie, WI)以商品名“S-7051”获得的牛皮纸。其由100%回收纸制成,其具有在根据测试方法TAPPI T410 om-13测量时的约125g/m<sup>2</sup>的基重,在根据测试方法TAPPI T411 om-10测量时的约0.0075英寸(0.19mm)的厚度,在根据测试方法T414om-12测量时的纵向约100g/ply、横向约135g/ply的撕裂强度。激光切割方法涉及使用XLS 10.150D型激光切割器(从亚利桑那州斯科茨代尔的优利激光公司(Universal Laser Systems, Inc., Scottsdale, AZ)获得)以80%-100%的功率切割,其中z高度设置为0。使用“连续浇注压克力”的默认设置。

[0166] 图14中所示的狭缝图案用于形成实施例2。图15中所示的狭缝图案用于形成实施例3。图16中所示的狭缝图案用于形成实施例4。图17中所示的狭缝图案用于形成实施例5。图18中所示的狭缝图案用于形成实施例6。

[0167] 实施例7

[0168] 通过旋转模具在基底上切割狭缝图案来制备实施例7样品。基底是上面实施例2-6中描述的牛皮纸。旋转模具切割方法涉及使用专门针对此狭缝图案制造的定制的柔性旋转模具。模具具有74.00度的刀片角度和0.0240英寸(0.61mm)的圆柱形底切。将柔性模具安装在磁性圆柱体上,保持在框架中,并用足够的力压靠落料模(blank die),以完全切割纸。

[0169] 图19中所示的狭缝图案用于形成实施例7。

[0170] 根据上面提供的压缩能量测试来测试比较例1-4和实施例1-7样品。比较例1-4和实施例1-7中的每一者的平均压缩能量总结在下表1中。

[0171] 表1. 压缩能量测试结果

[0172] 

	平均压缩能量(焦耳)
--	------------

比较实施例1	1.86
比较实施例2	1.39
比较实施例3	1.66
比较实施例4	1.49
实施例1	3.13
实施例2	4.76
实施例3	4.05
实施例4	2.28
实施例5	4.79
实施例6	2.49
实施例7	3.65

[0173] 在本文档中,术语“一个”或“一种”在专利文献中是通用的,以包括一个或多个,独立于“至少一个”或“一个或多个”的任何其他实施例或用法。”在本文档中,除非另外指明,术语“或”用于指非排他性的,或者使得“A或B”包括“A但不是B”、“B但不是A”以及“A和B”。在本文档中,术语“包括”和“其中”用作相应术语“包含”和“其中”的纯中文等同物。另外,在以下权利要求中,术语“包括”和“包含”是可广泛解释的,即系统、装置、制品、组合物、配制物或过程,其包括除了在权利要求中的此类术语仍然被认为落入该权利要求的范围内之后列出的那些元件之外的元件。此外,在以下权利要求中,术语“第一”、“第二”和“第三”等仅用作标签,并且不旨在将数字要求强加在对应的对象上。

[0174] 上面的描述旨在为例示性的而非限制性的。例如,上述实施方案(或其一个或多个方面)可彼此结合使用。提供摘要以符合37C.F.R. §1.72(b),从而让读者快速确定技术公开的性质。认为其不会用来解释或限制权利要求的范围或含义。再者,在上面的具体实施方式中,可将各种特征分组在一起以简化本公开。这不应被理解为旨在表示未要求保护的公开的特征对于任何权利要求都是必不可少的。相反,本发明主题可在于少于特定公开实施方案的所有特征。因此,在此将以下权利要求并入具体实施方式中作为实施例或实施方案,其中每个权利要求其自身作为单独的实施方案,并且预期此类实施方案可在各种组合或排列中彼此组合。本发明的范围可参考所附的权利要求连同所赋予此类权利要求的等同物的全部范围来确定。

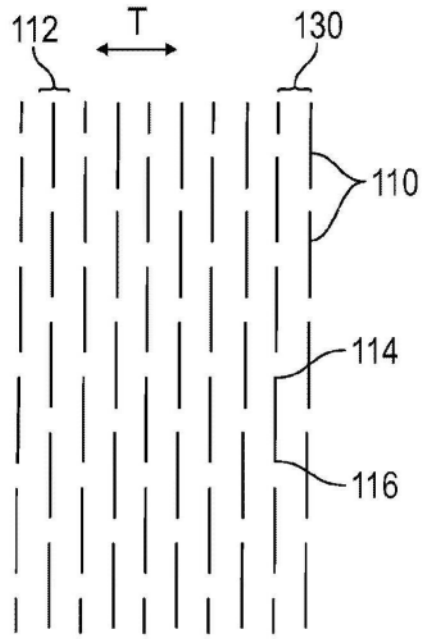
[0175] 通过端点的所有数值范围的表述旨在包括归入该范围内的所有数字(即,1至10的范围包括例如1、1.5、3.33、和10)。

[0176] 说明书和权利要求书中的术语第一、第二、第三等用于区分相似元件,并且不一定用于描述顺序或时间顺序。应当理解,如此使用的术语在适当的情况下是可互换的,并且本文描述的本发明的实施方案能够以不同于本文所述或所示的其它顺序操作。

[0177] 此外,说明书和权利要求书中的术语顶部、底部、之上、之下等用于描述的目的并且不一定用于描述相对位置。应当理解,如此使用的术语在适当的情况下是可互换的,并且本文描述的本发明的实施方案能够以不同于本文所述或所示的其它取向操作。

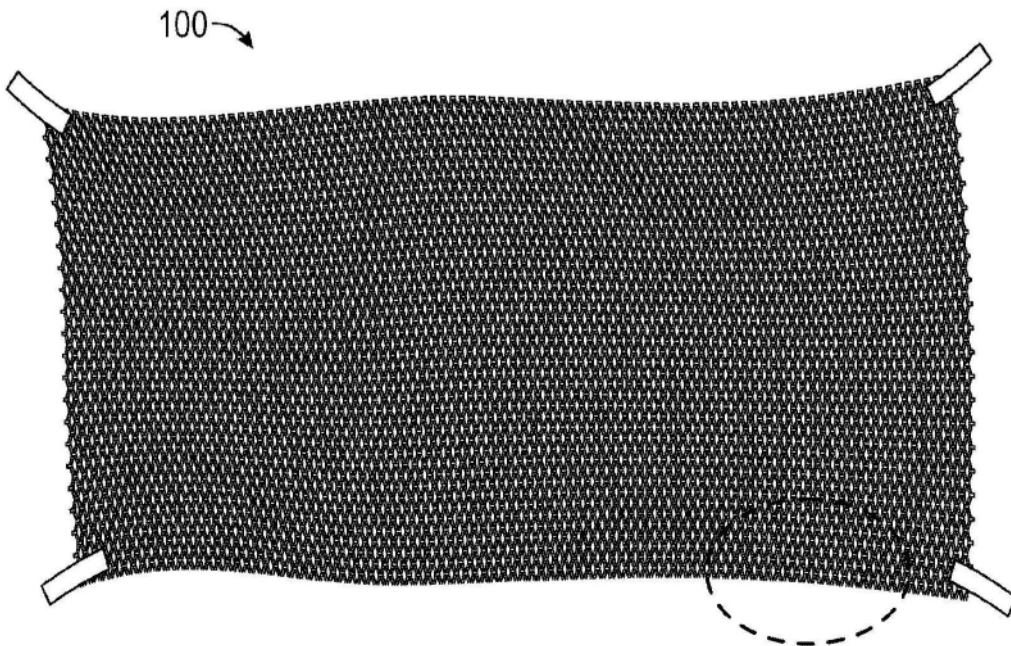
[0178] 本领域中的技术人员将会知道,可在不脱离本公开基本原理的前提下对上述实施方案和具体实施的细节做出许多改变。另外,在不脱离本公开的实质和范围的前提下,对本公开的各种修改和更改对本领域技术人员将是显而易见的。因此,本申请的范围应当仅由

以下权利要求书及其等同物所确定。



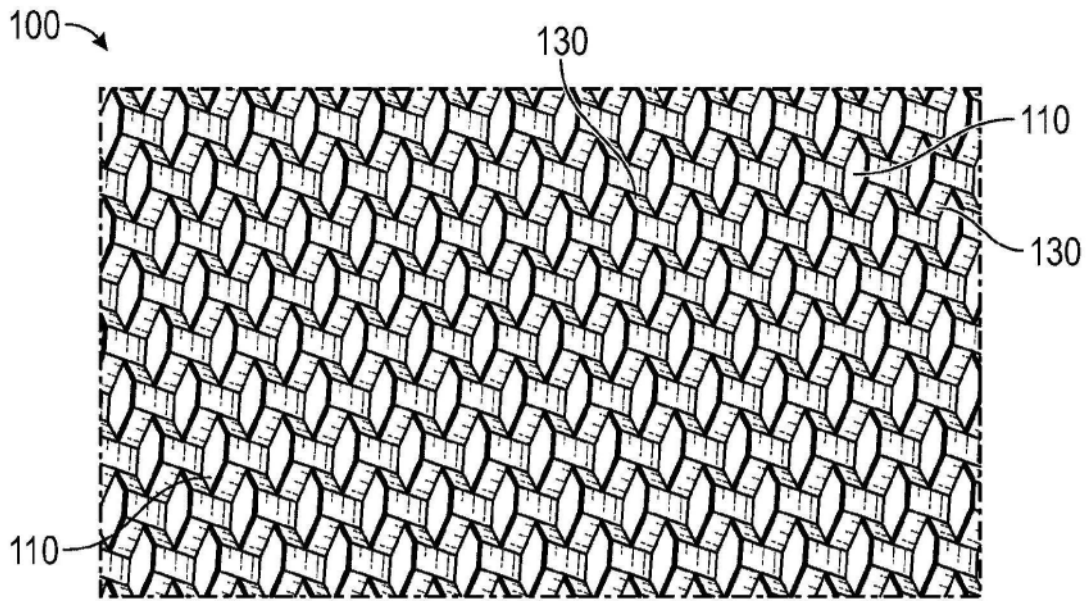
(现有技术)

图1A



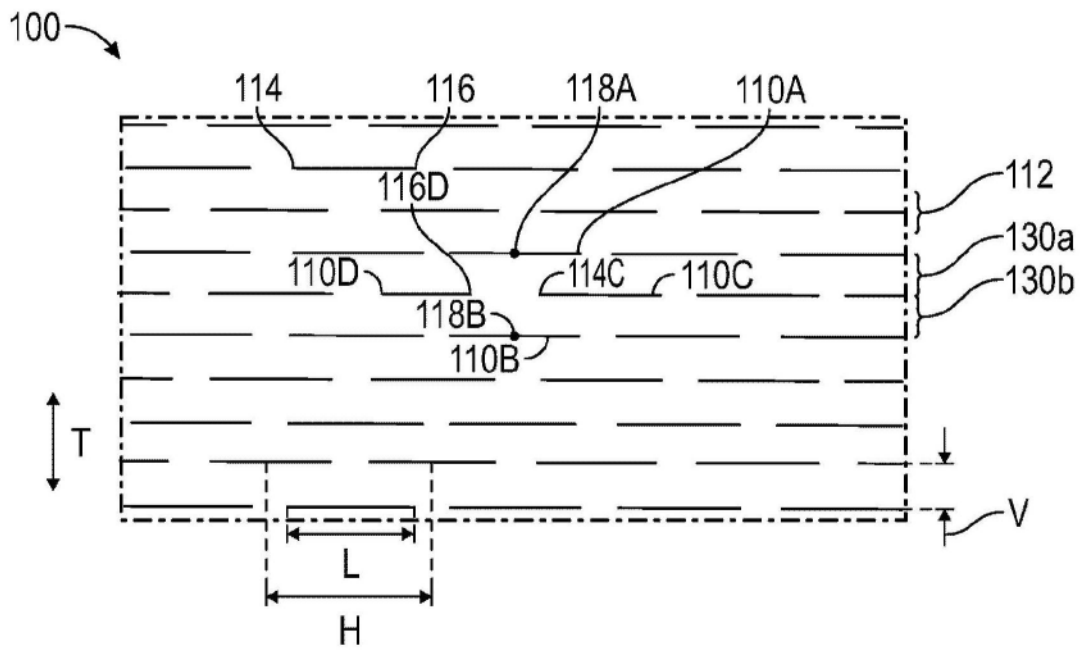
(现有技术)

图1B



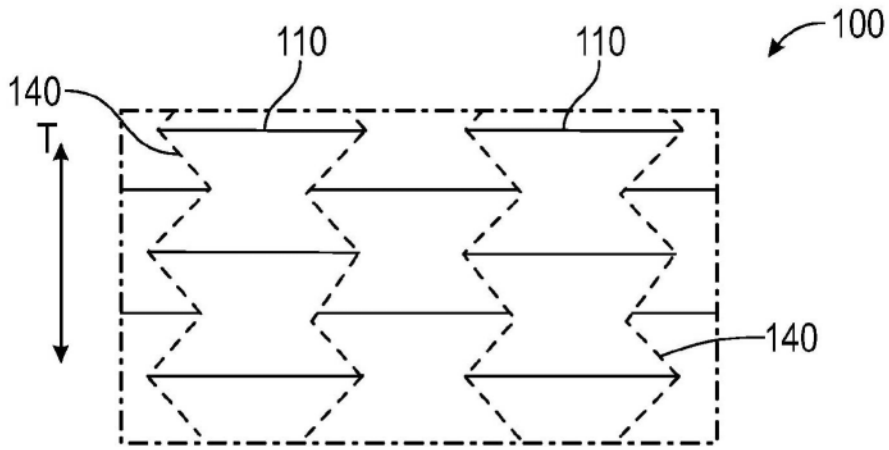
(现有技术)

图1C



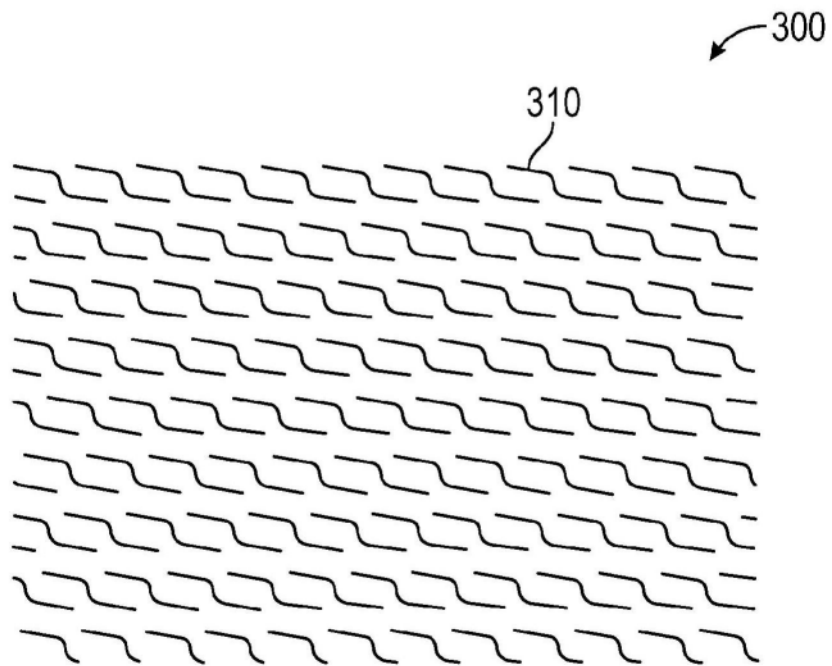
(现有技术)

图2A



(现有技术)

图2B



(现有技术)

图3

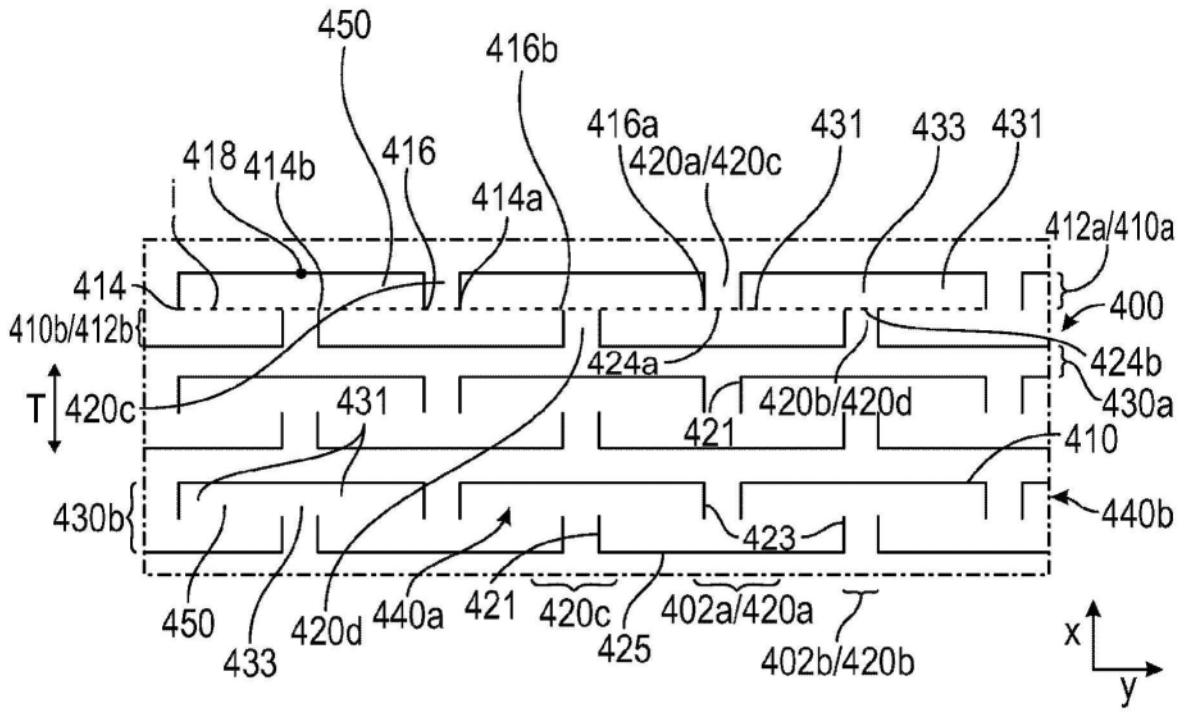


图4A

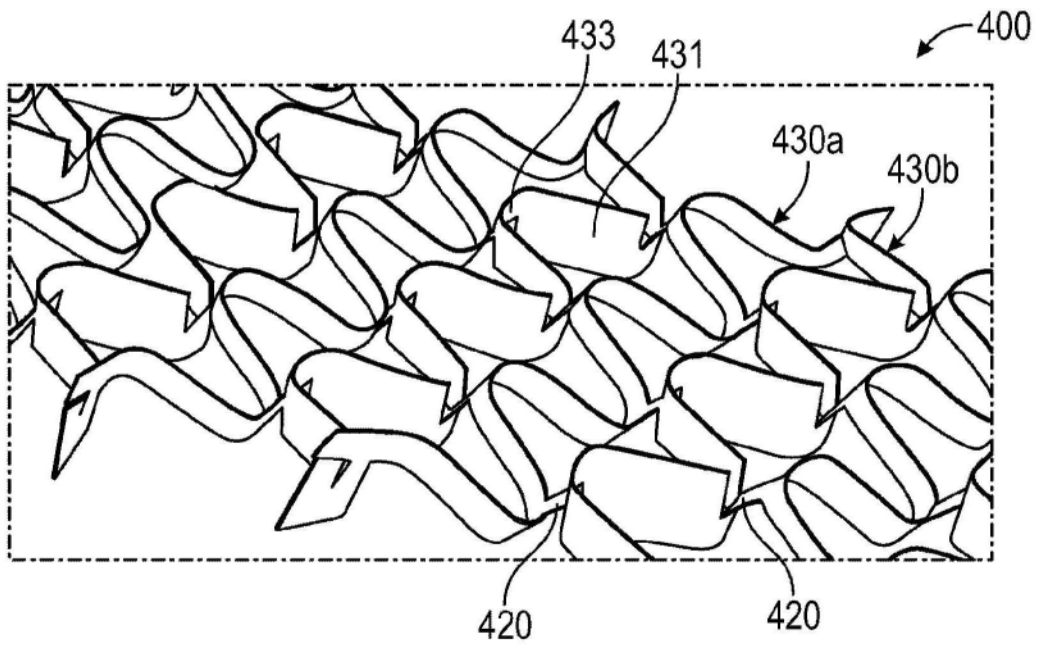


图4B

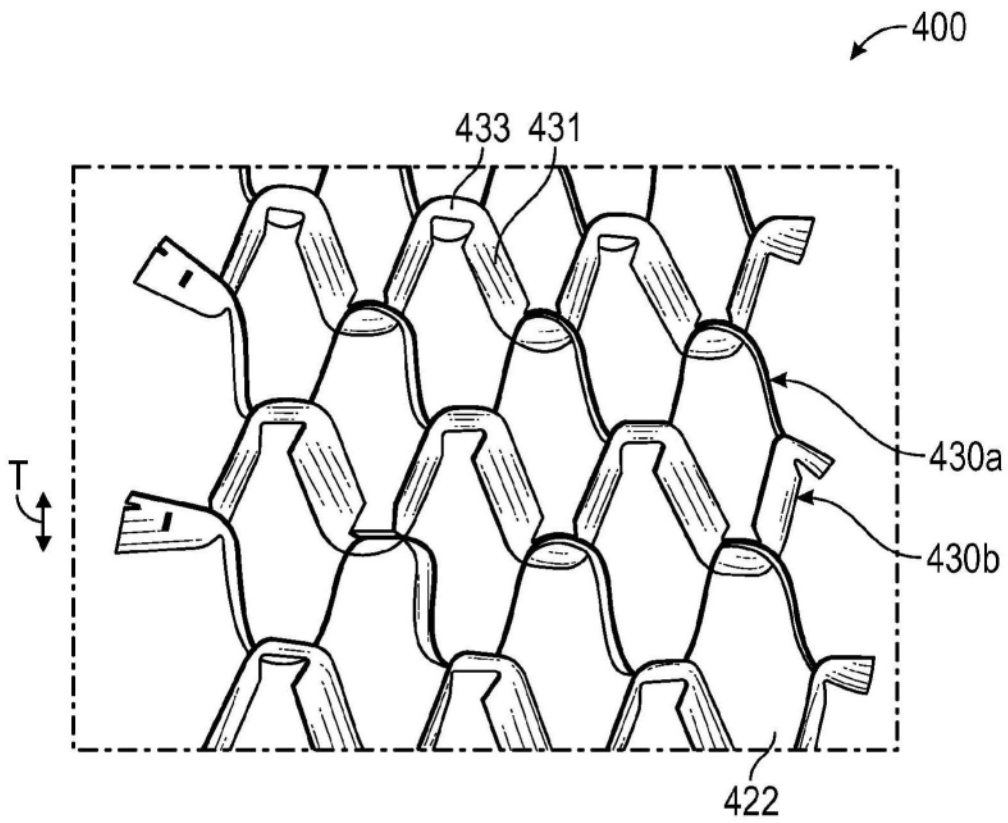


图4C

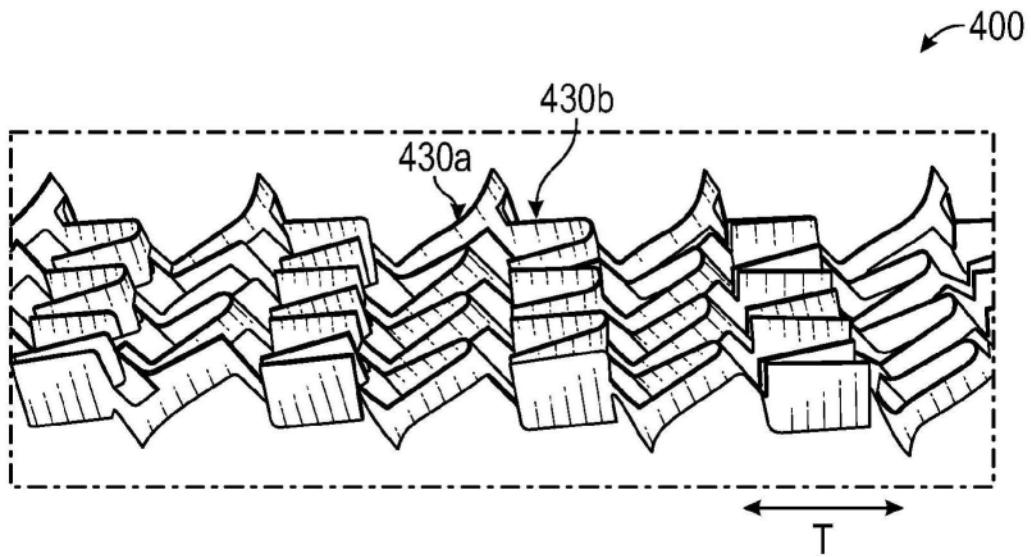


图4D

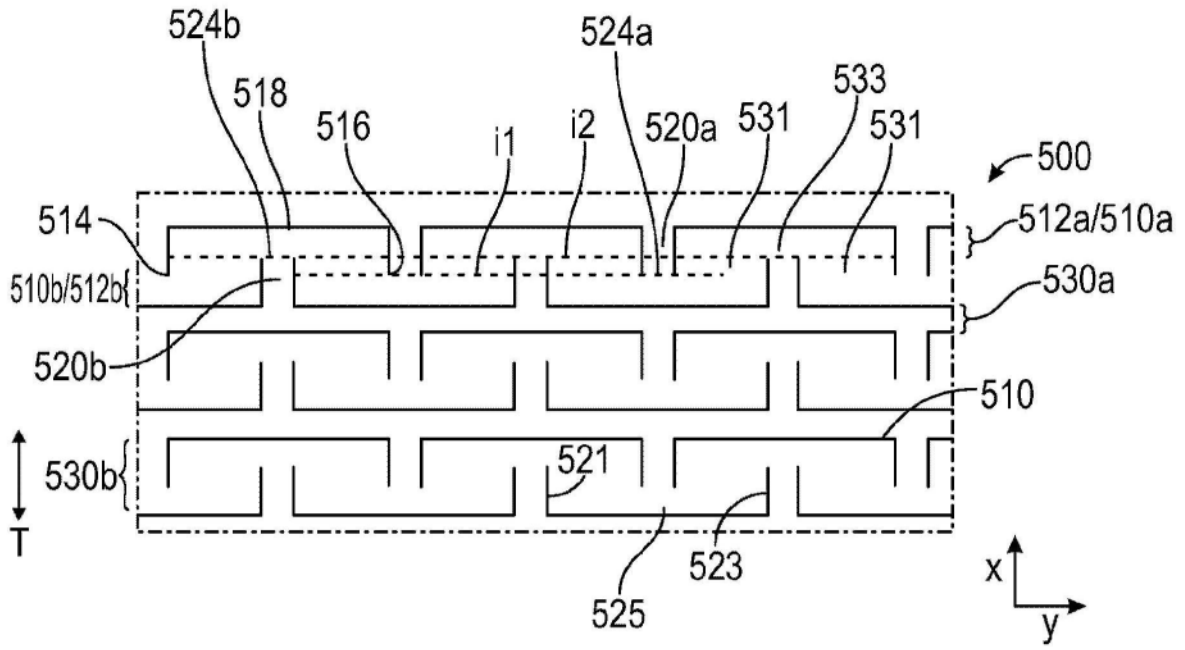


图5A

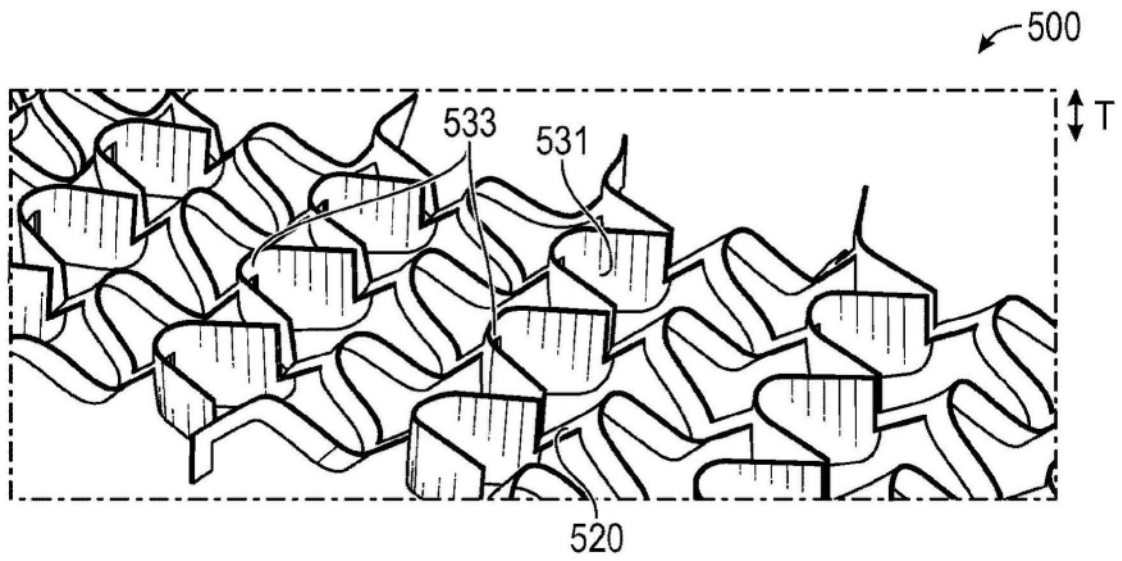


图5B

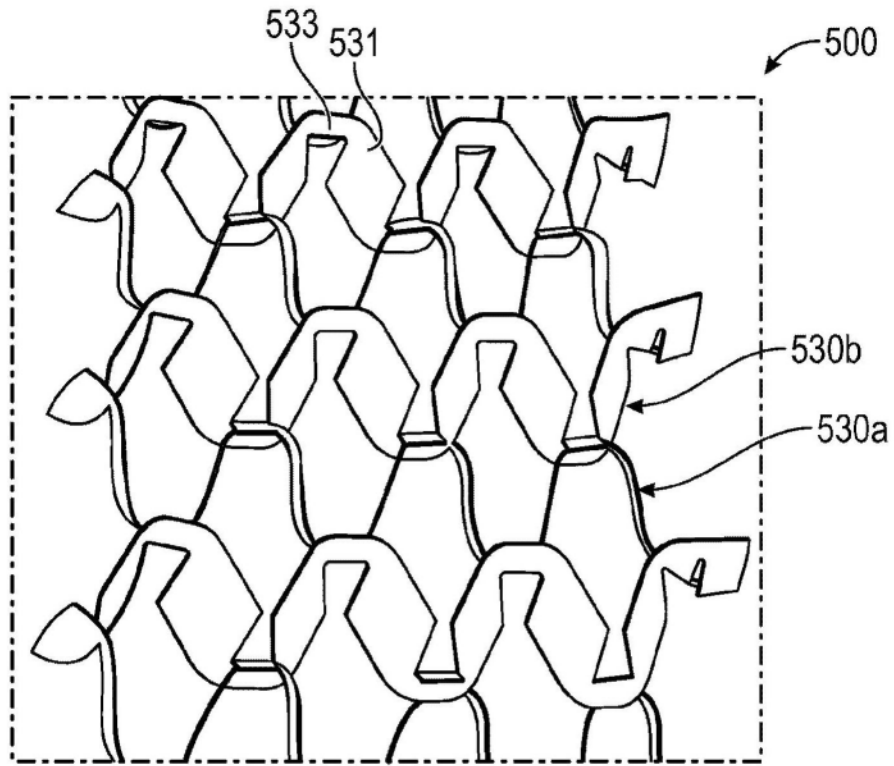


图5C

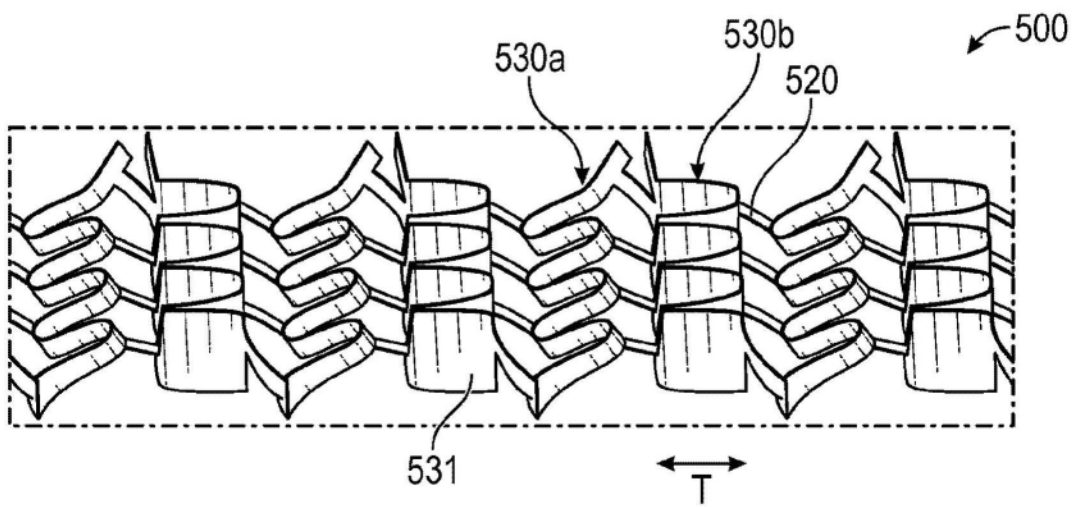


图5D

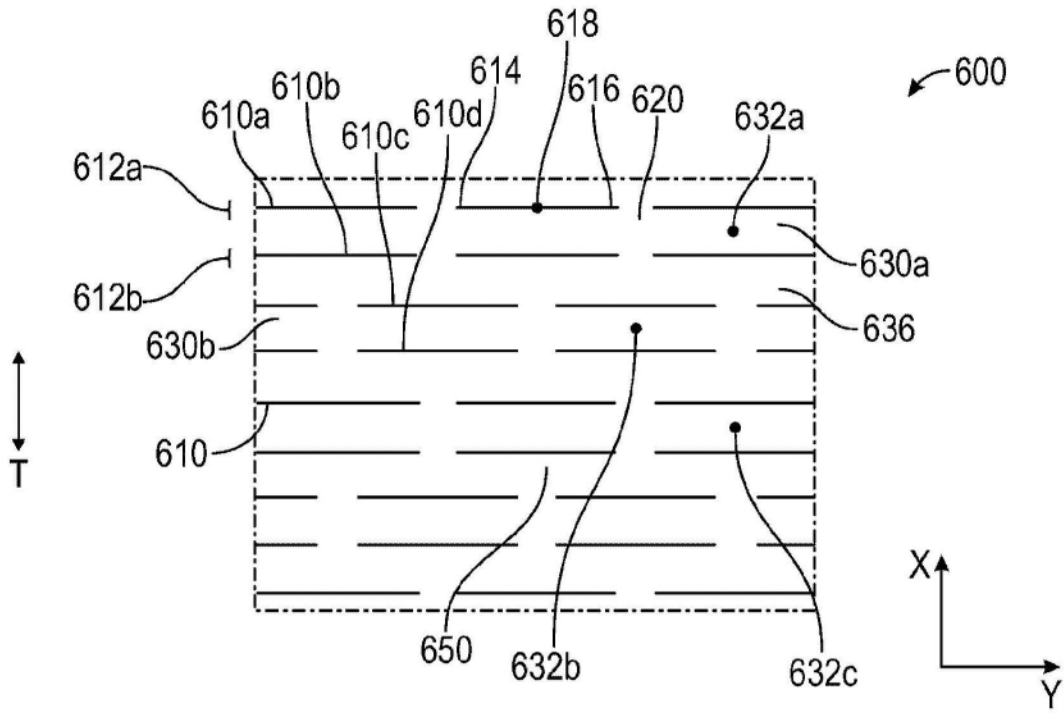


图6A

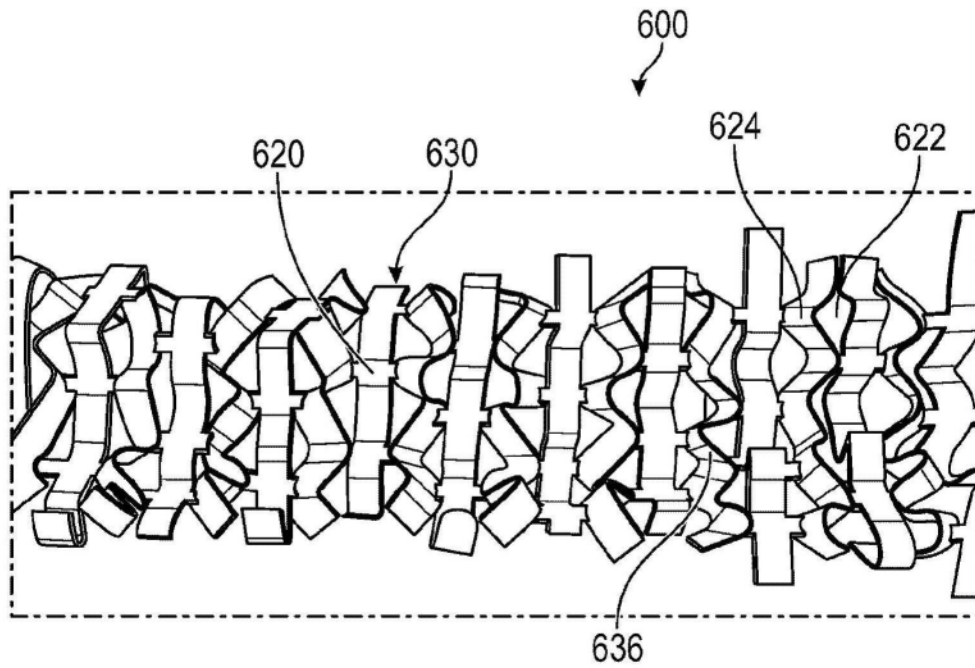


图6B

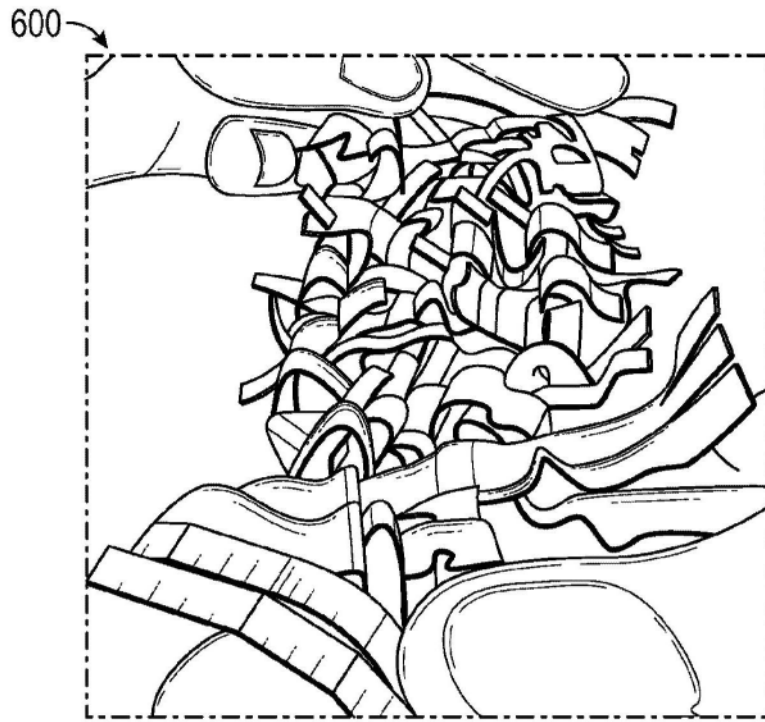


图6C

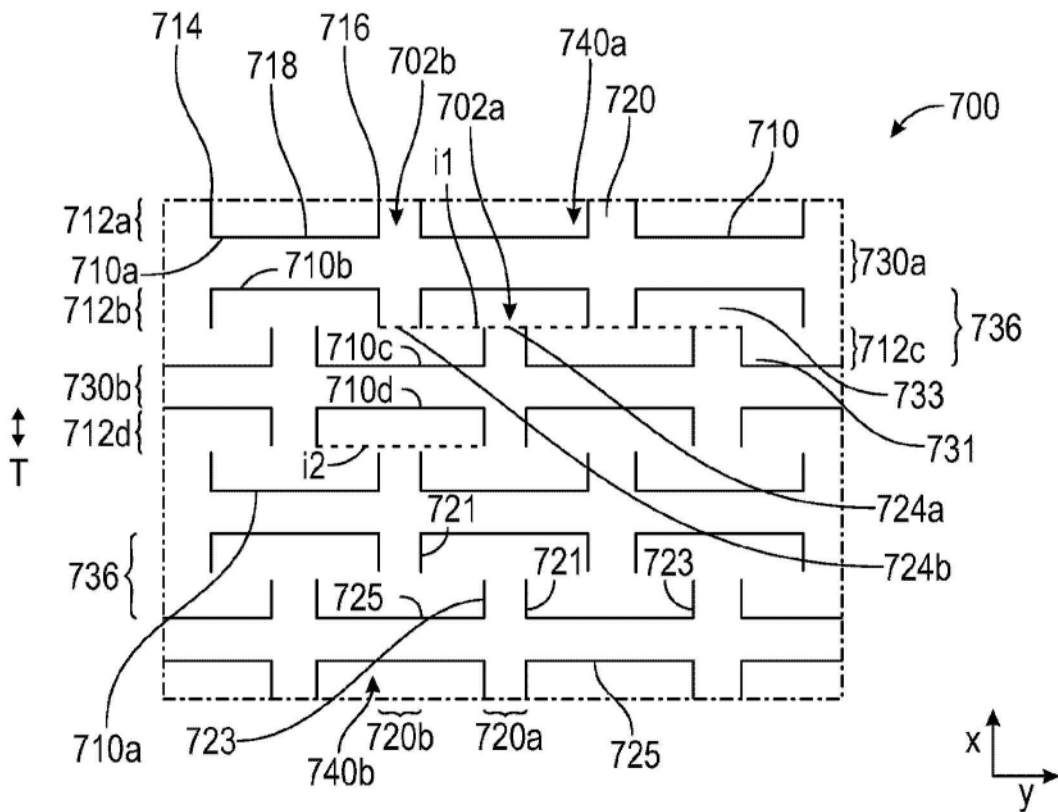


图7A

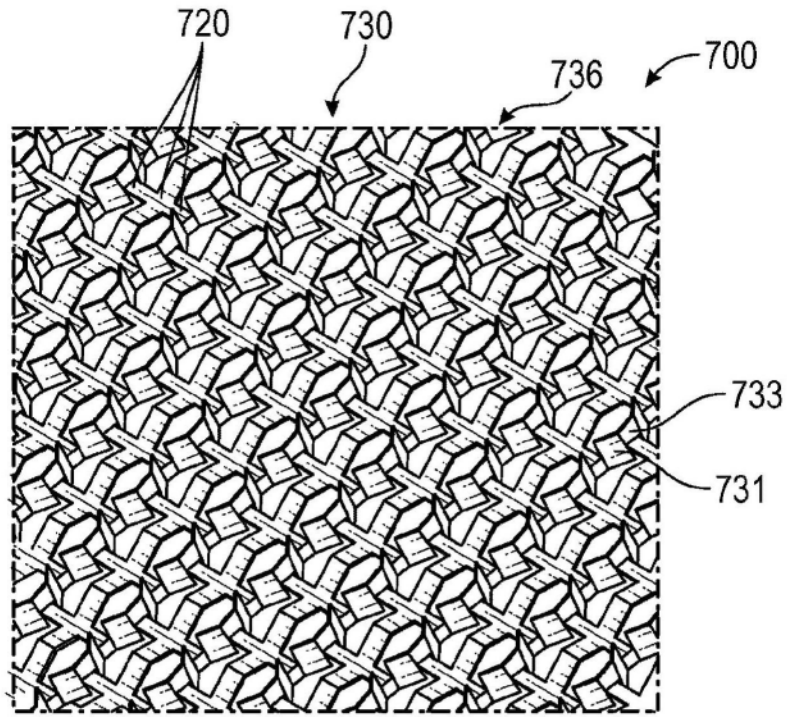


图7B

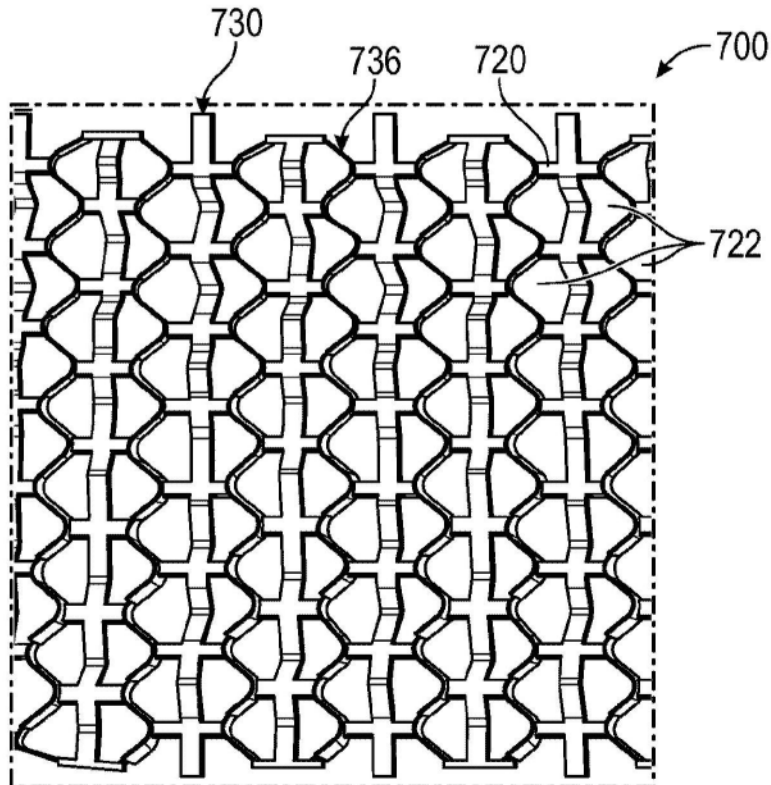


图7C

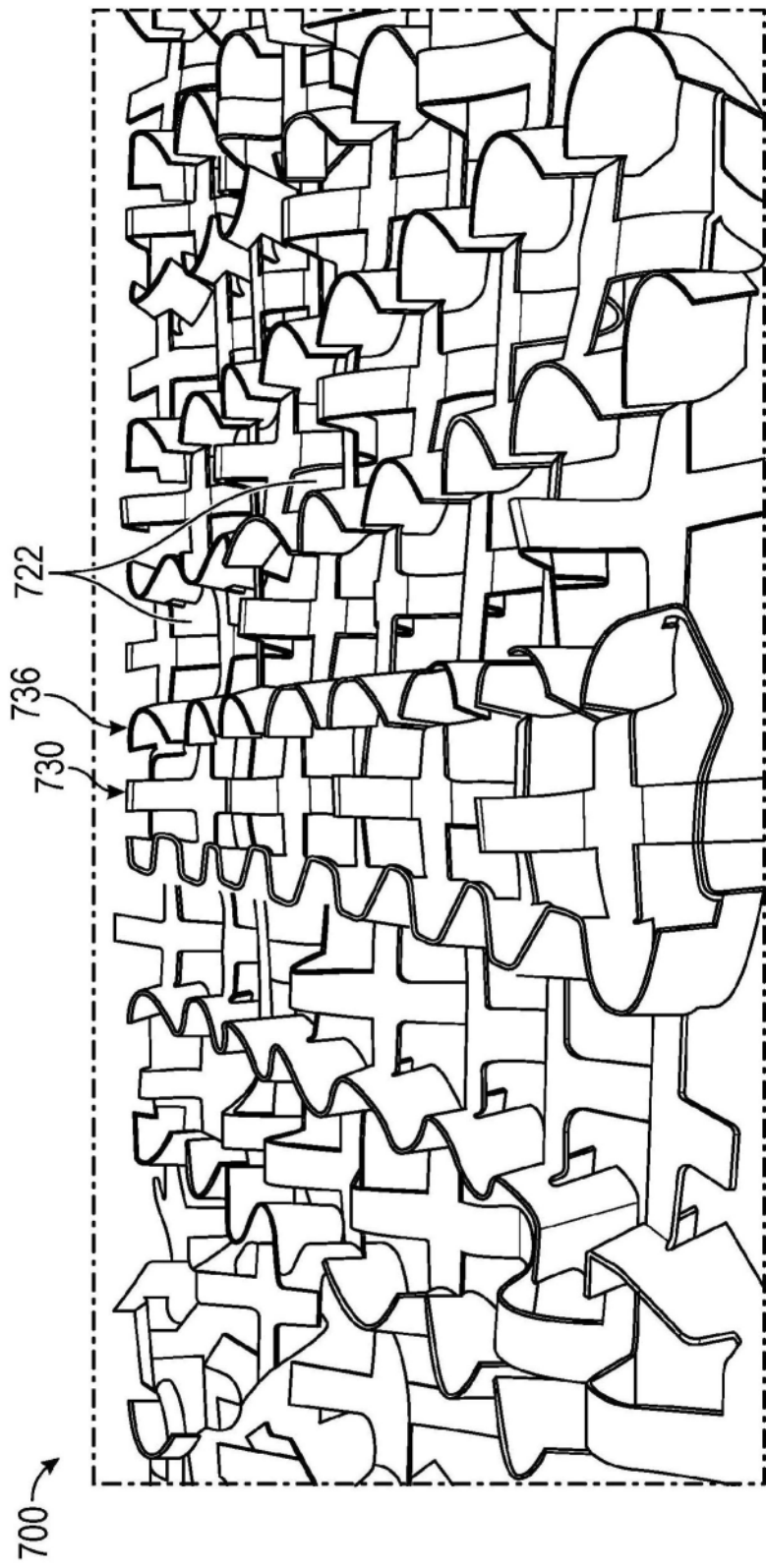


图7D

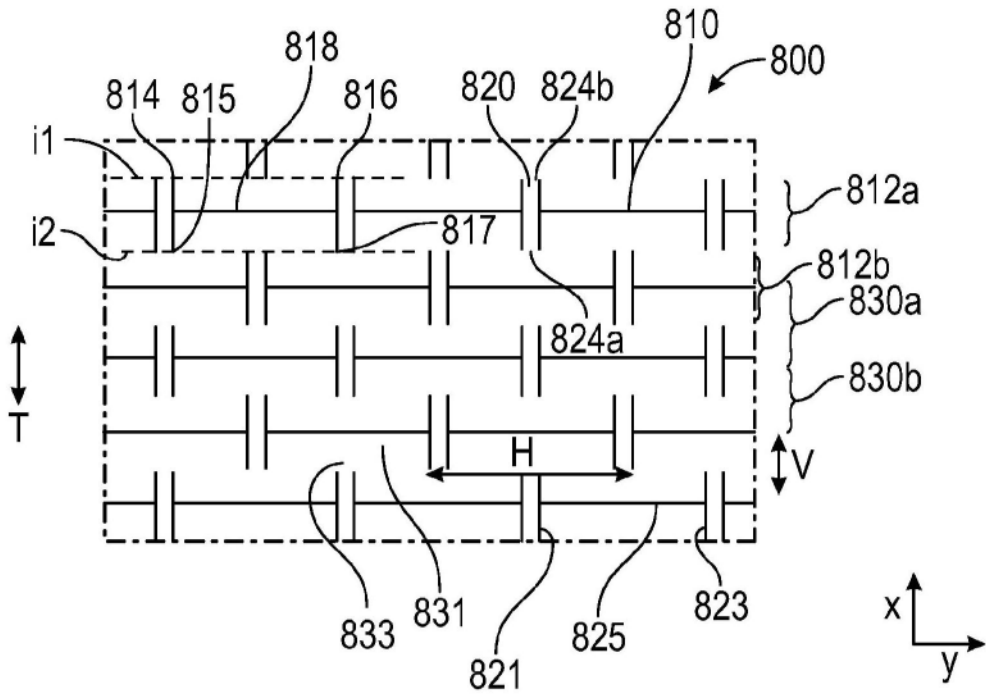


图8A

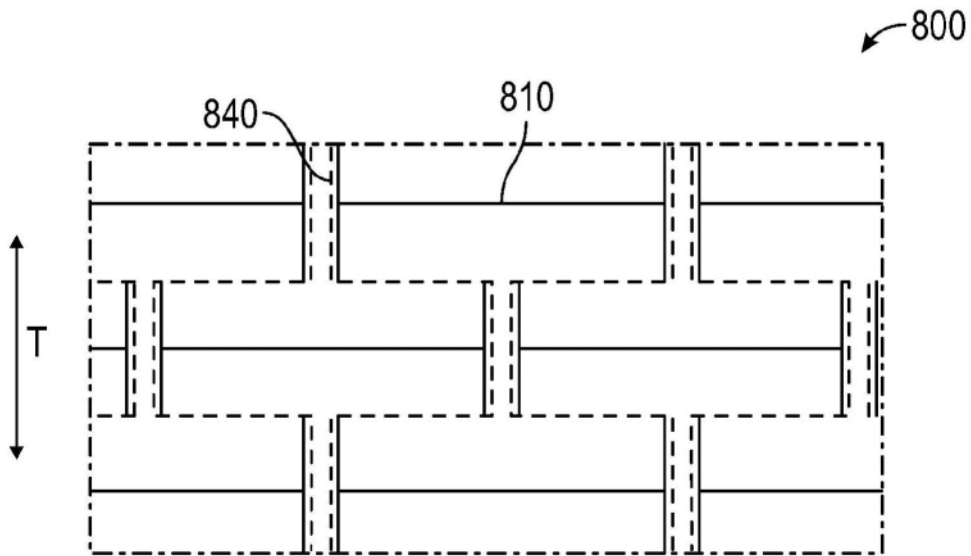


图8B

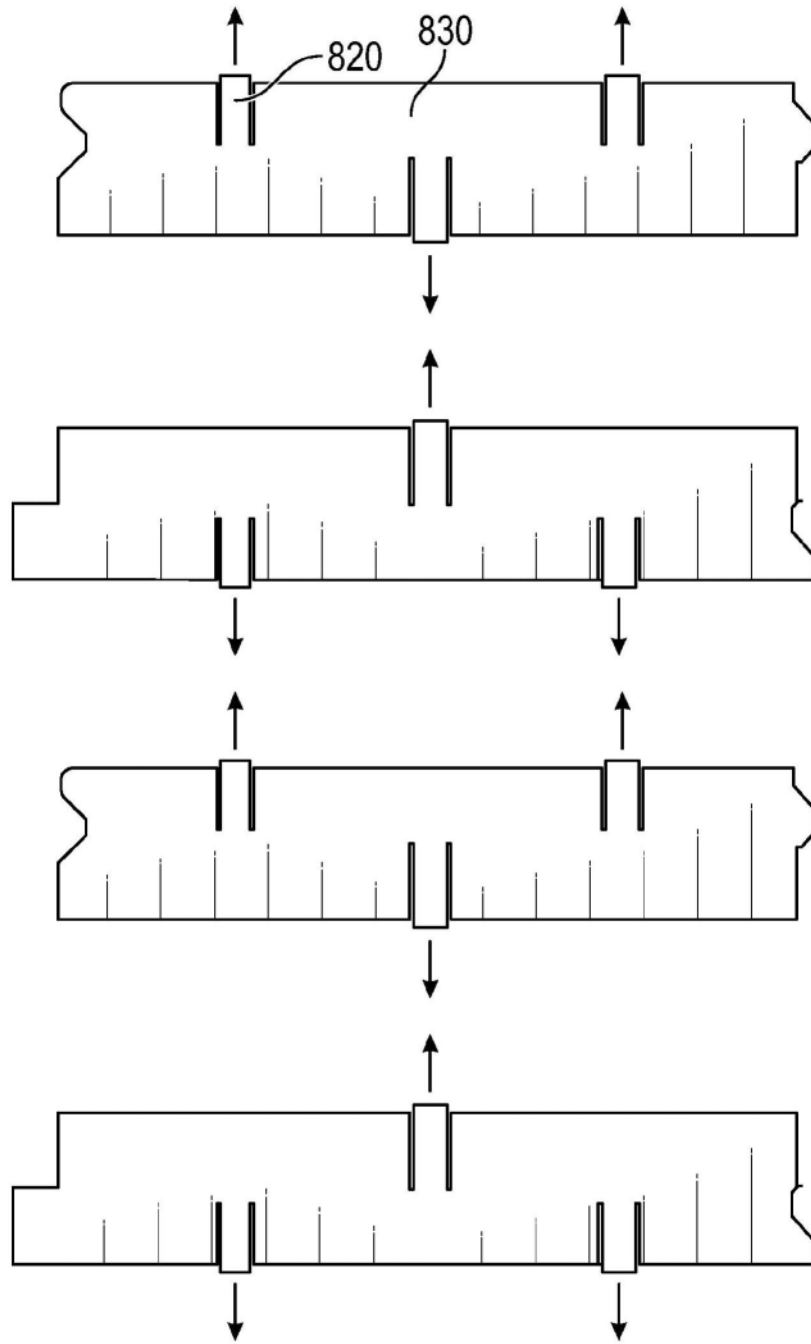


图8C

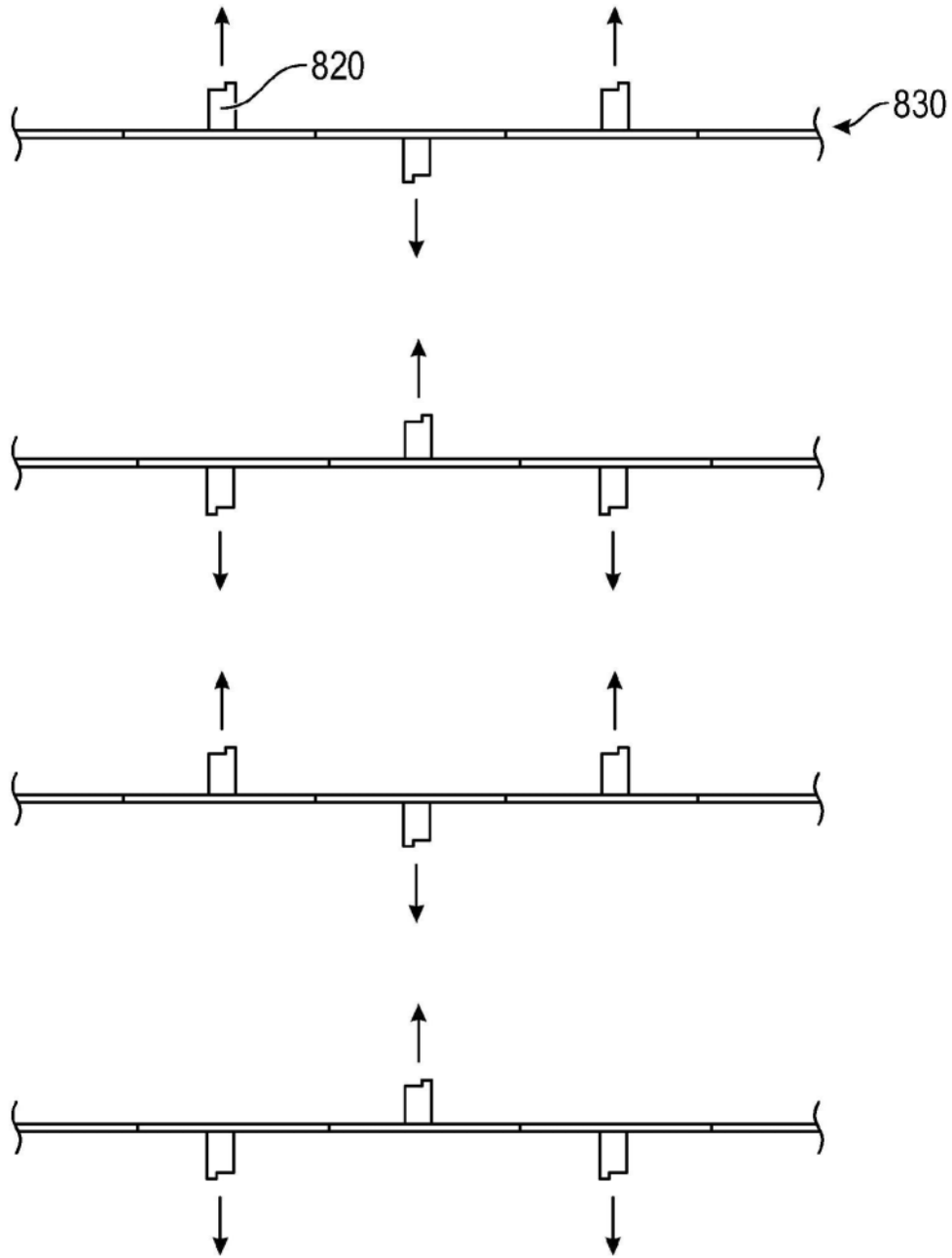


图8D

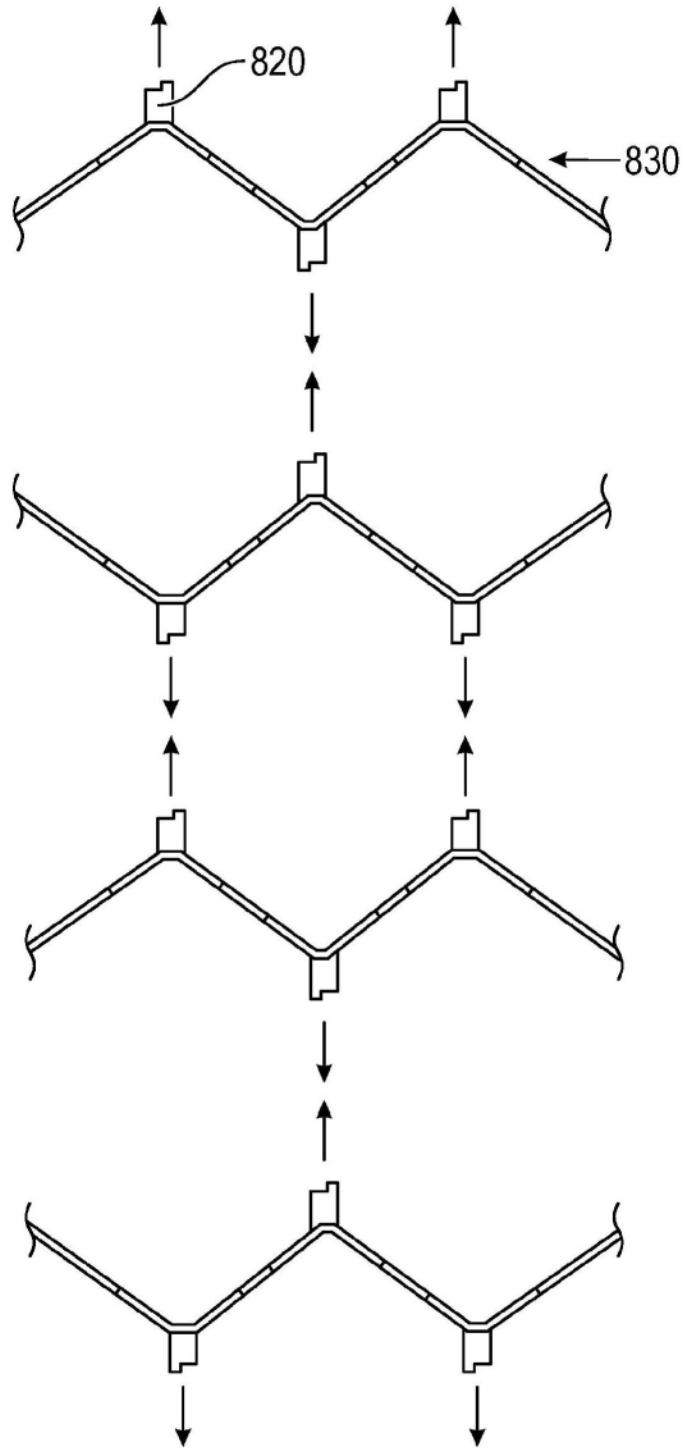


图8E

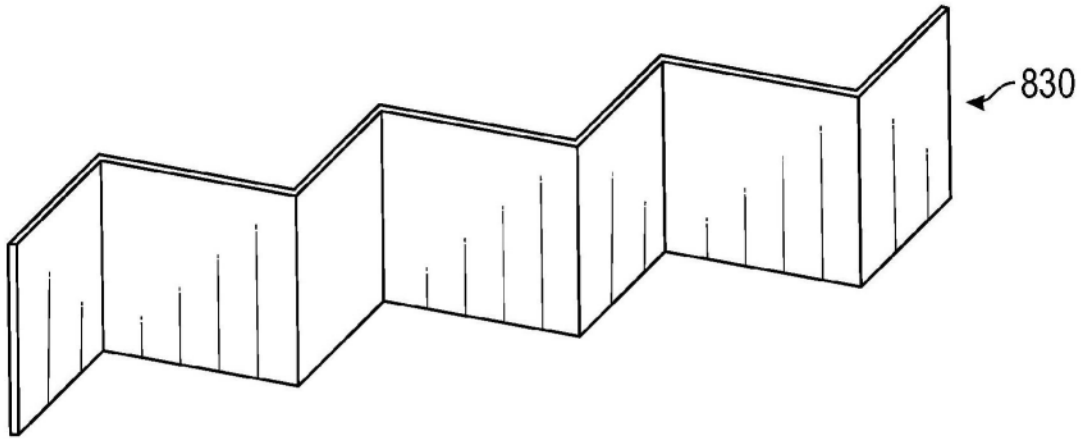


图8F

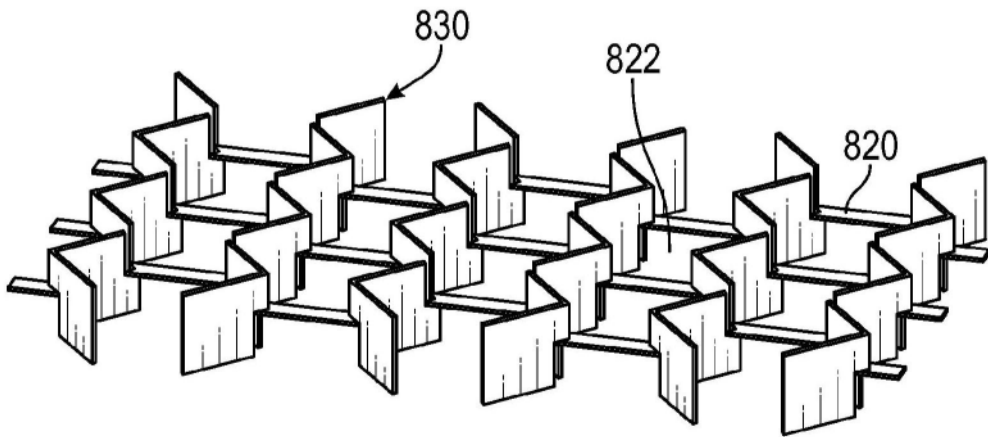


图8G

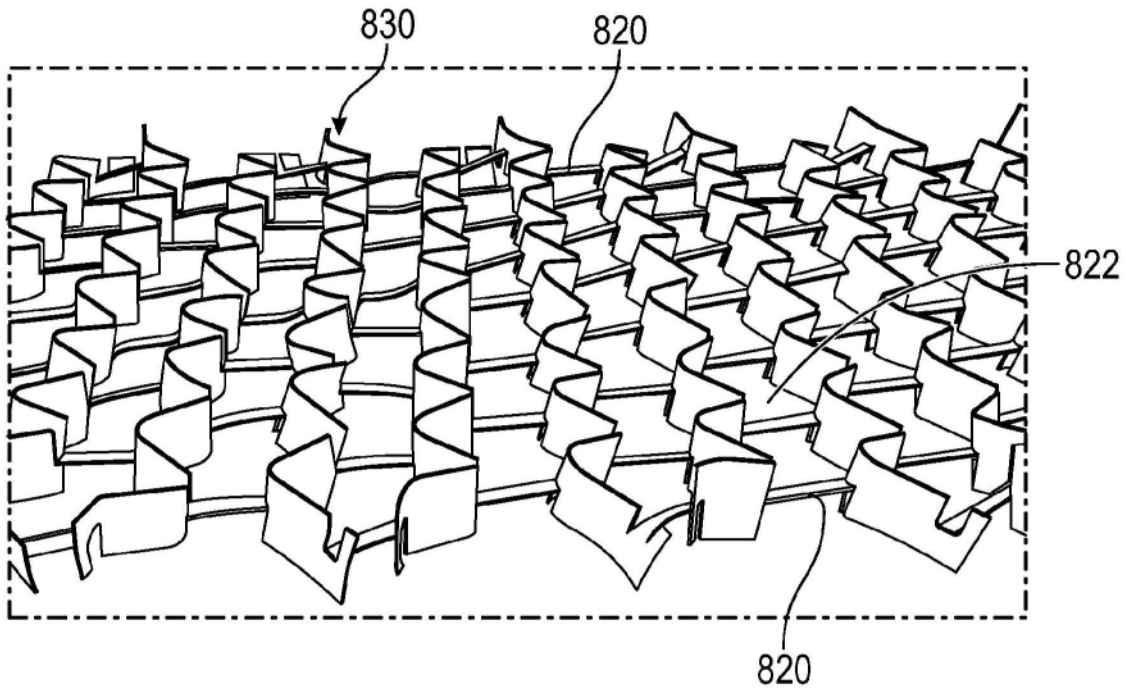


图8H

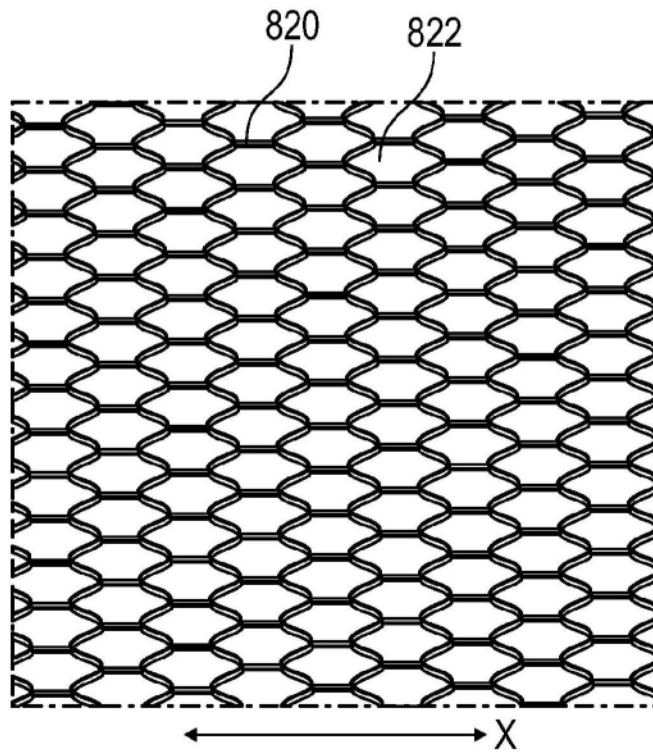


图8I

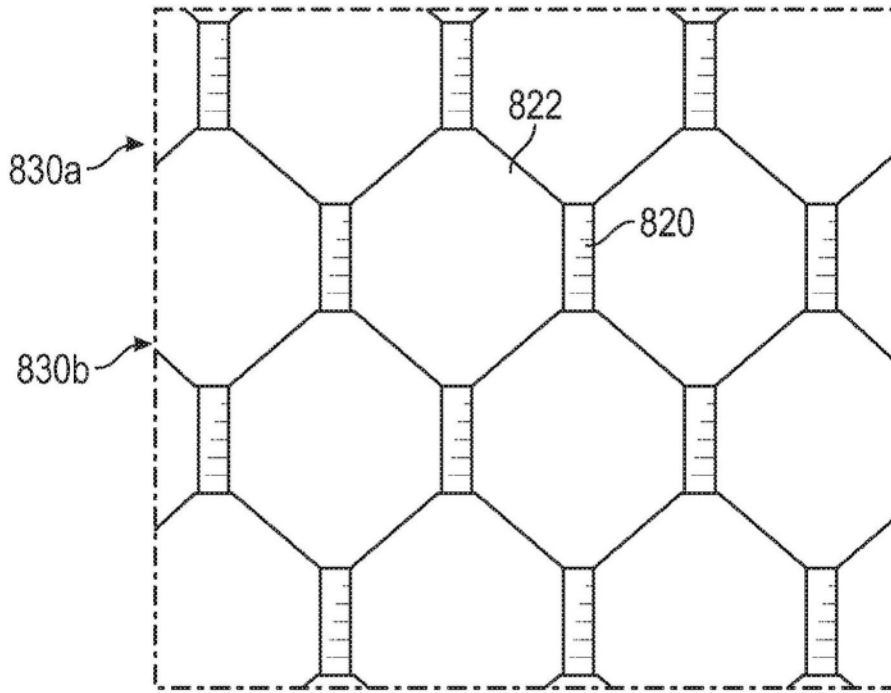


图8J

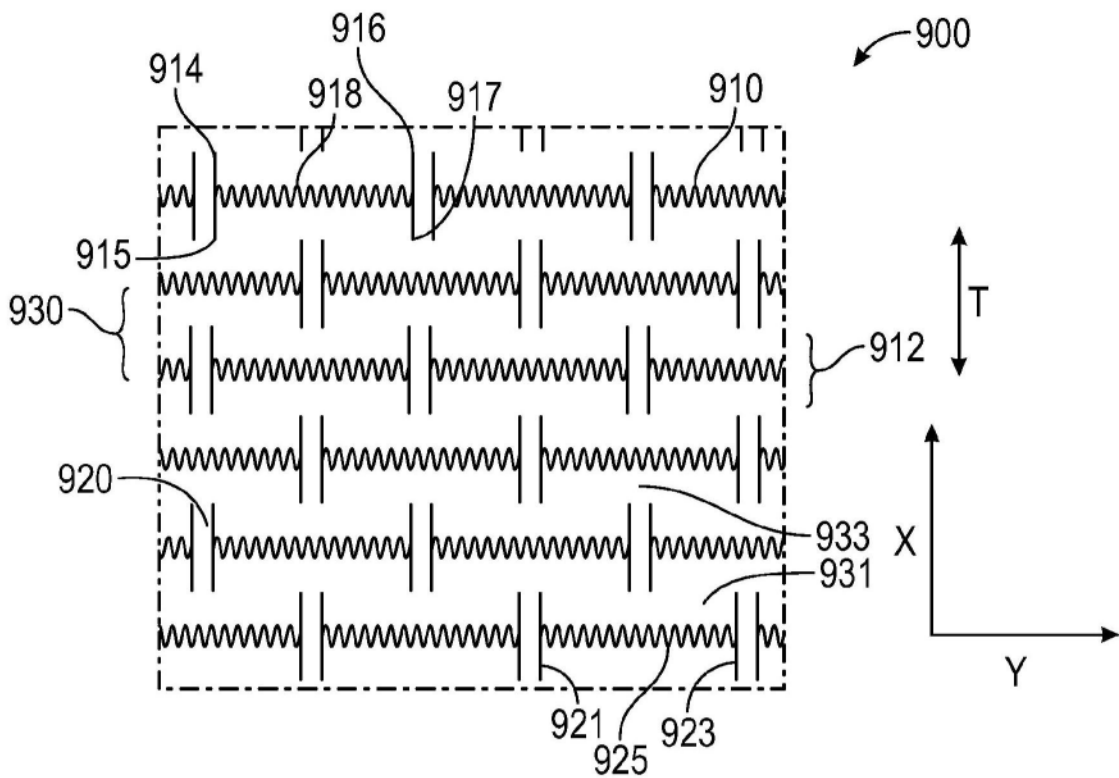


图9A

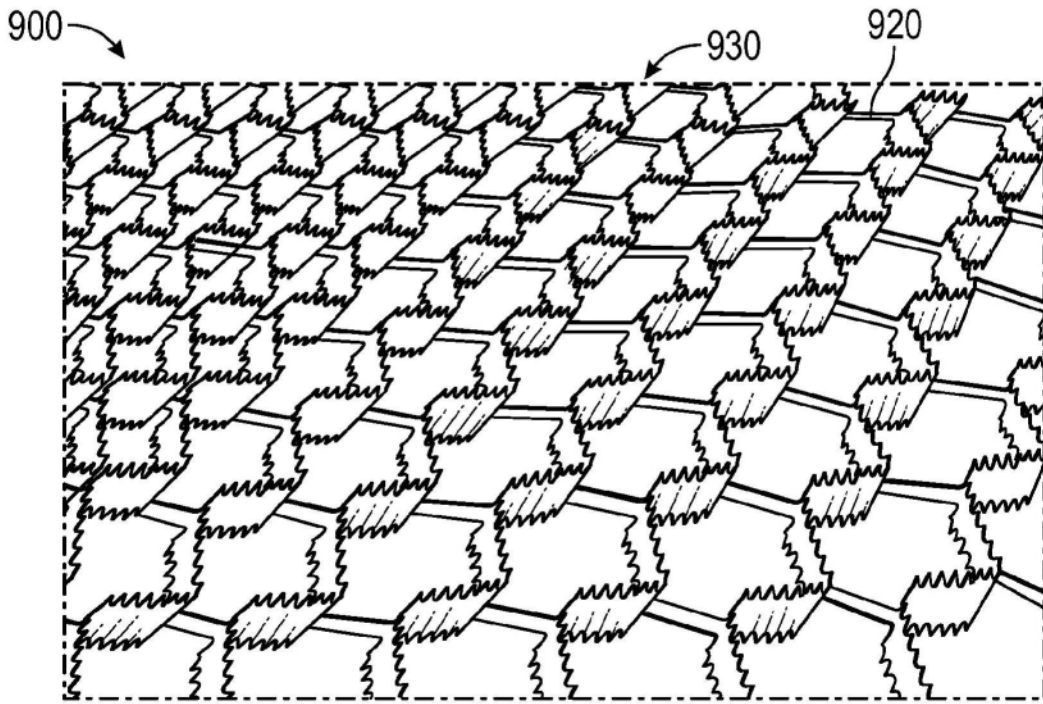


图9B

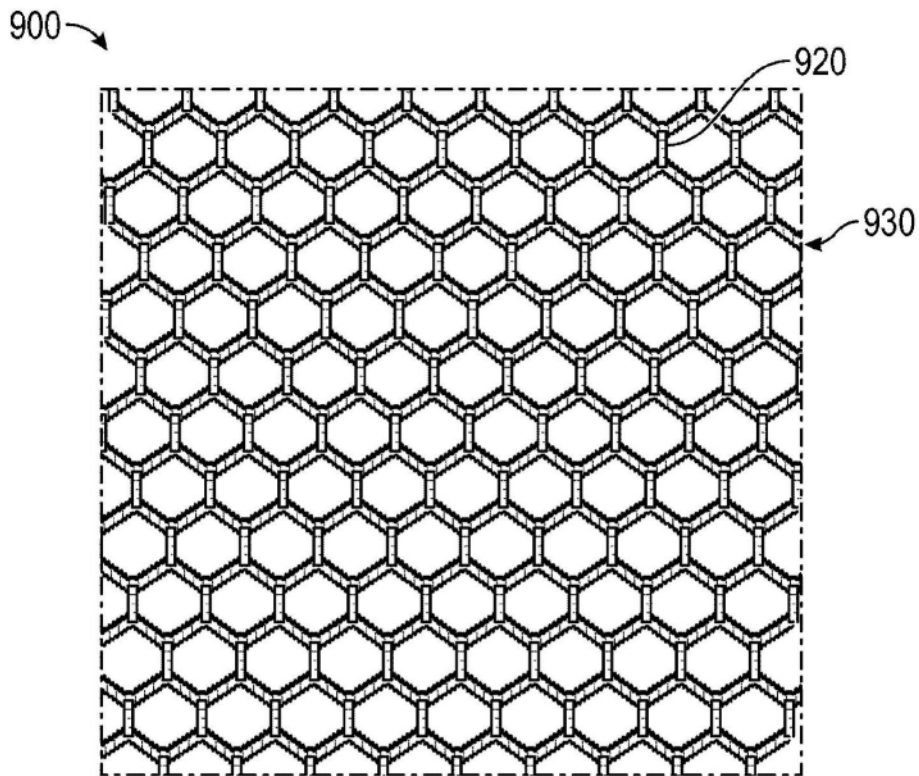


图9C

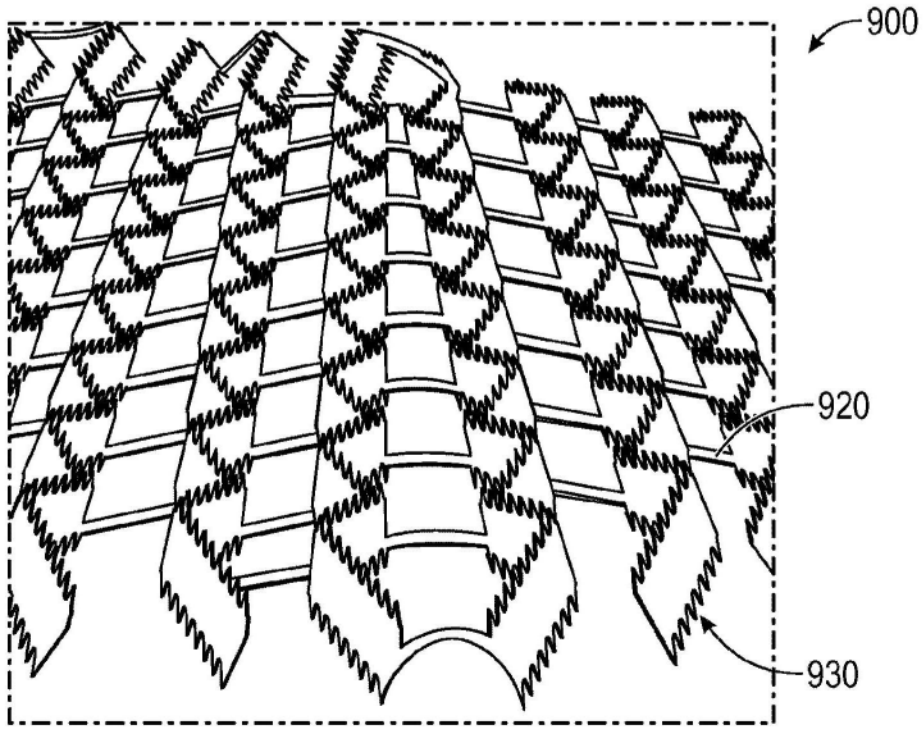


图9D

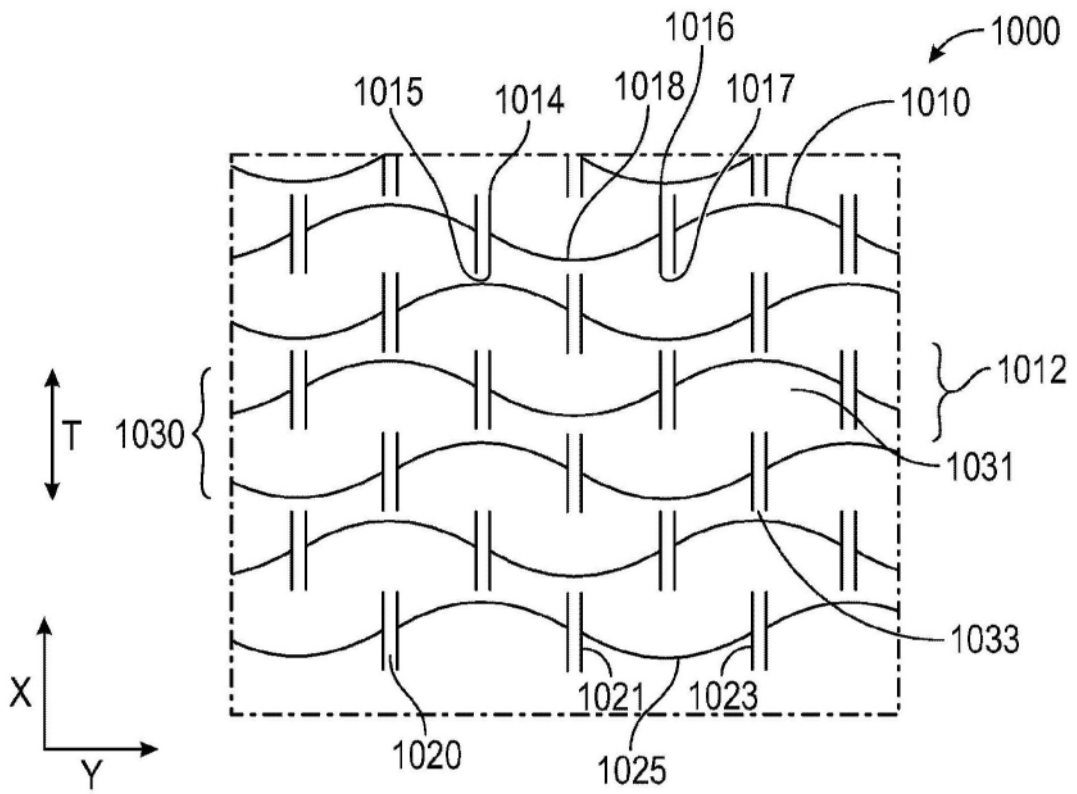


图10A

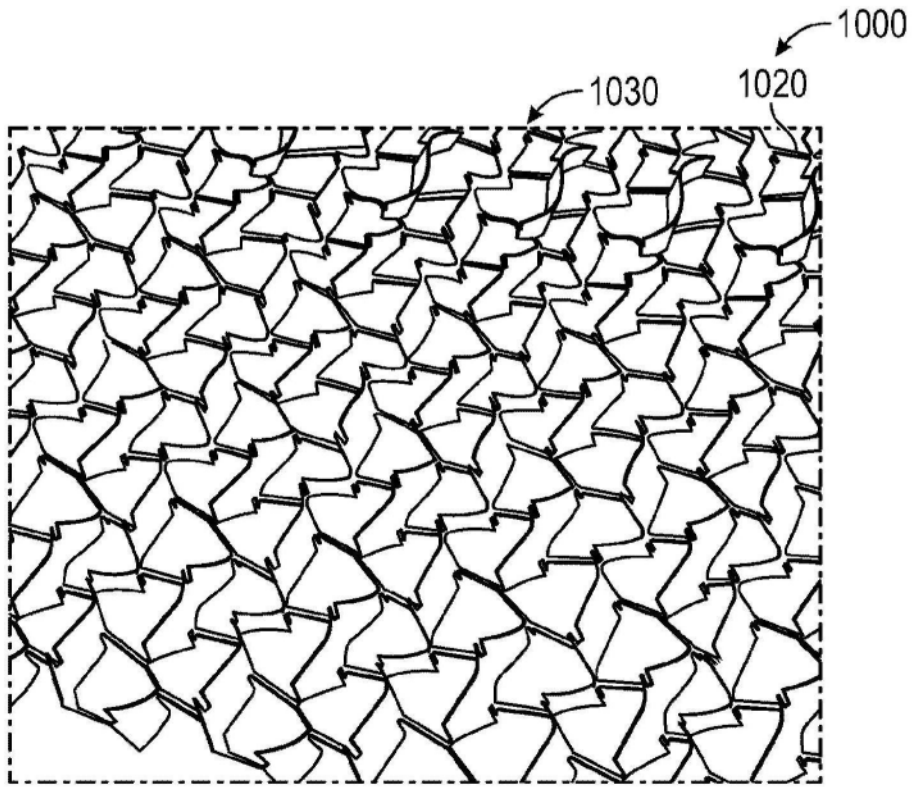


图10B

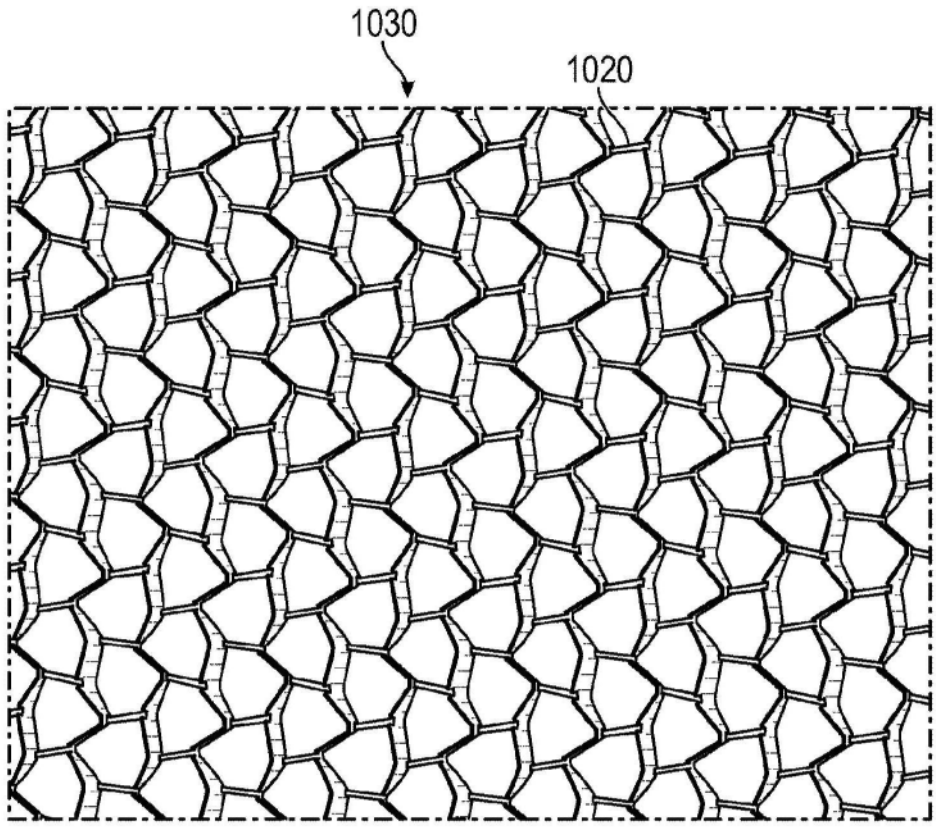


图10C

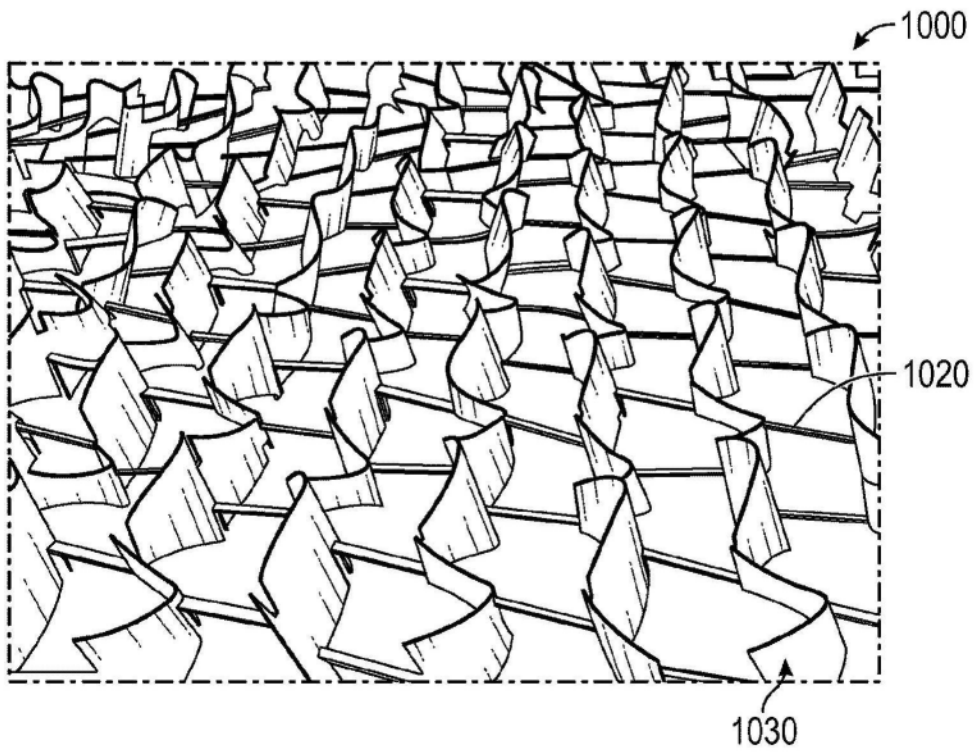


图10D

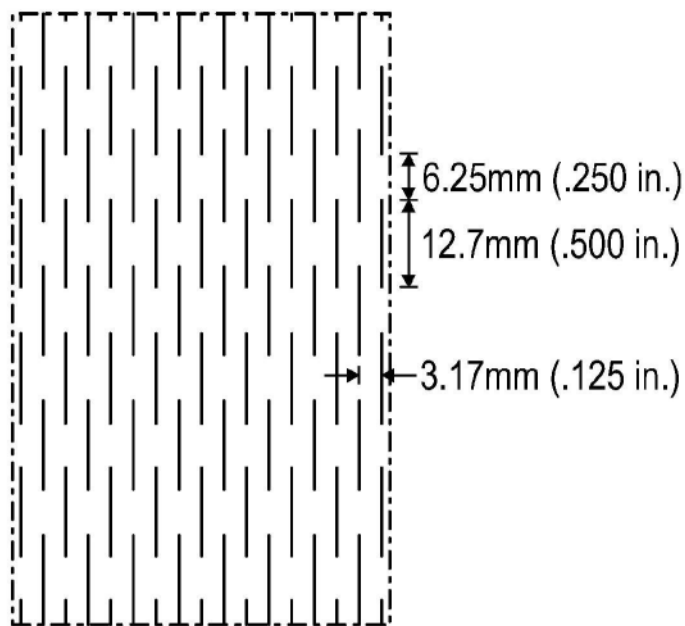


图11

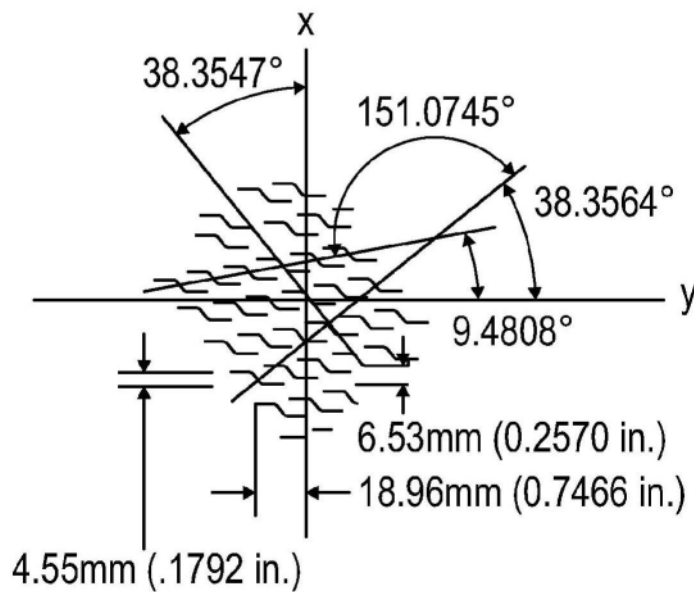


图12

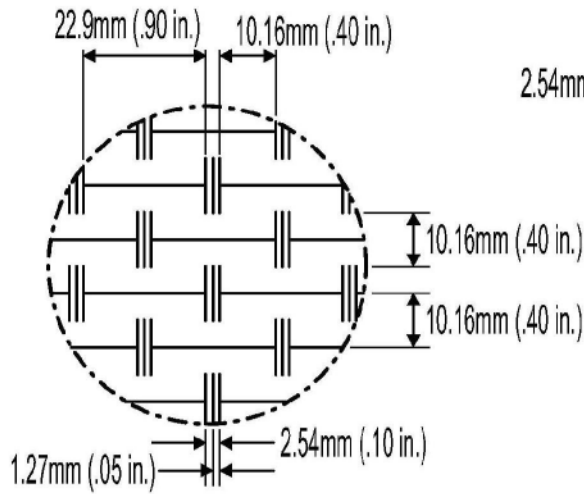


图 13

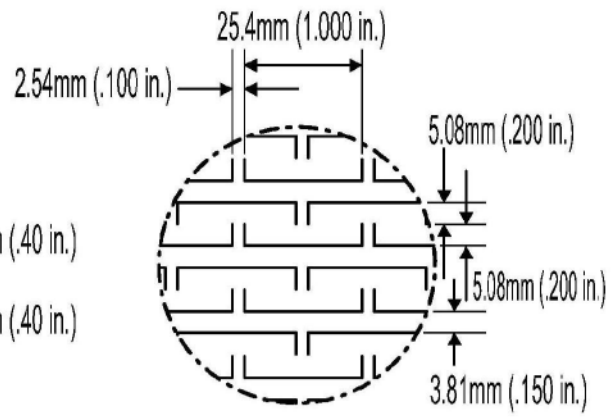


图 14

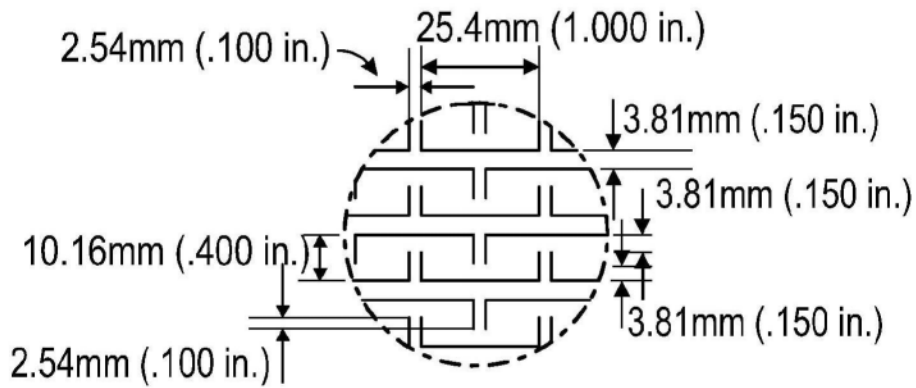


图15

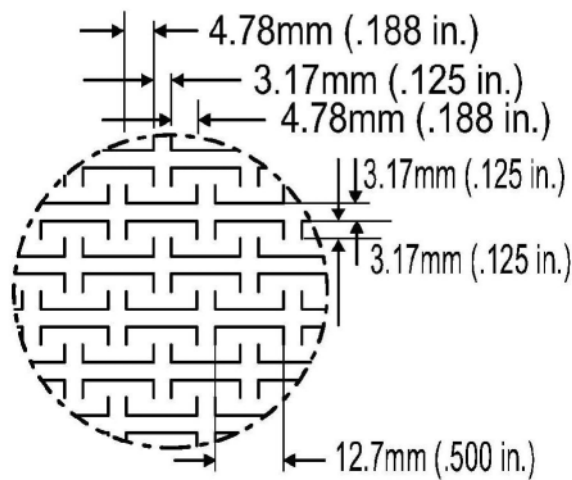


图16

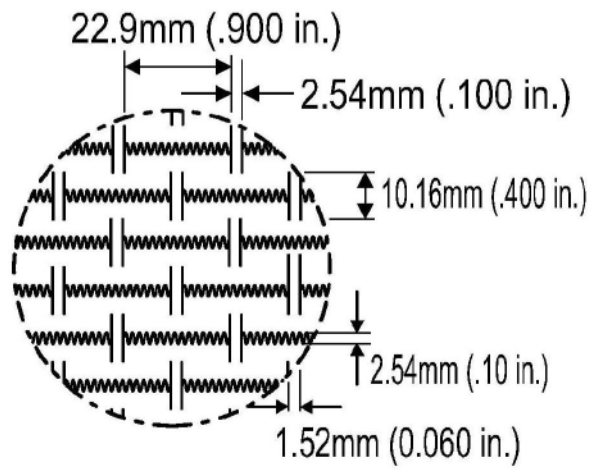


图17

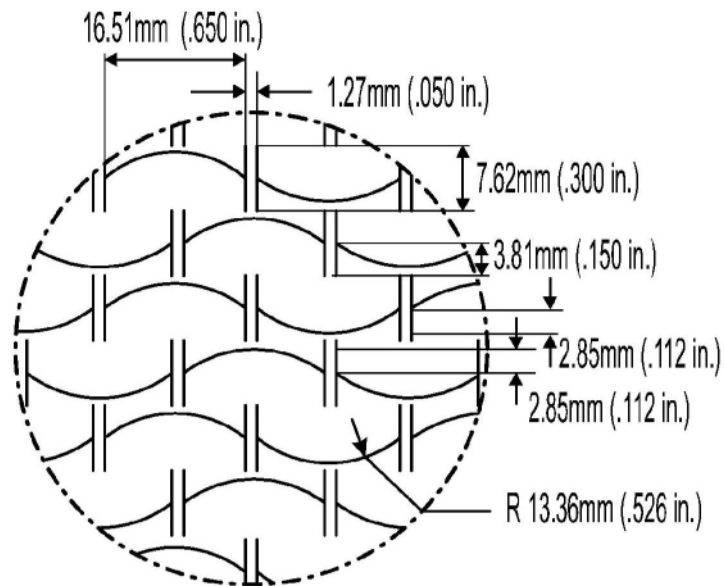


图18

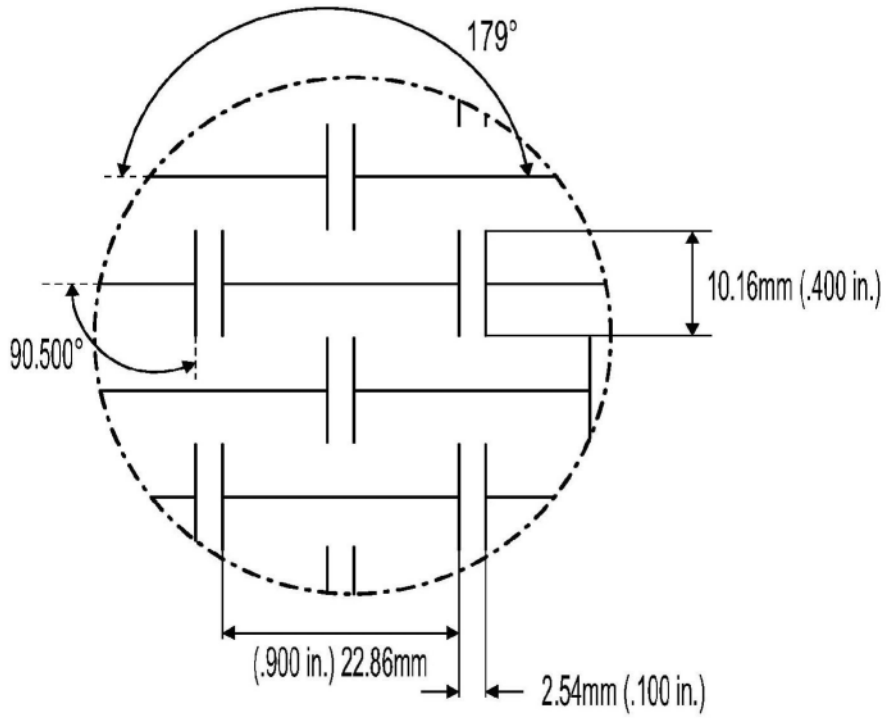


图19

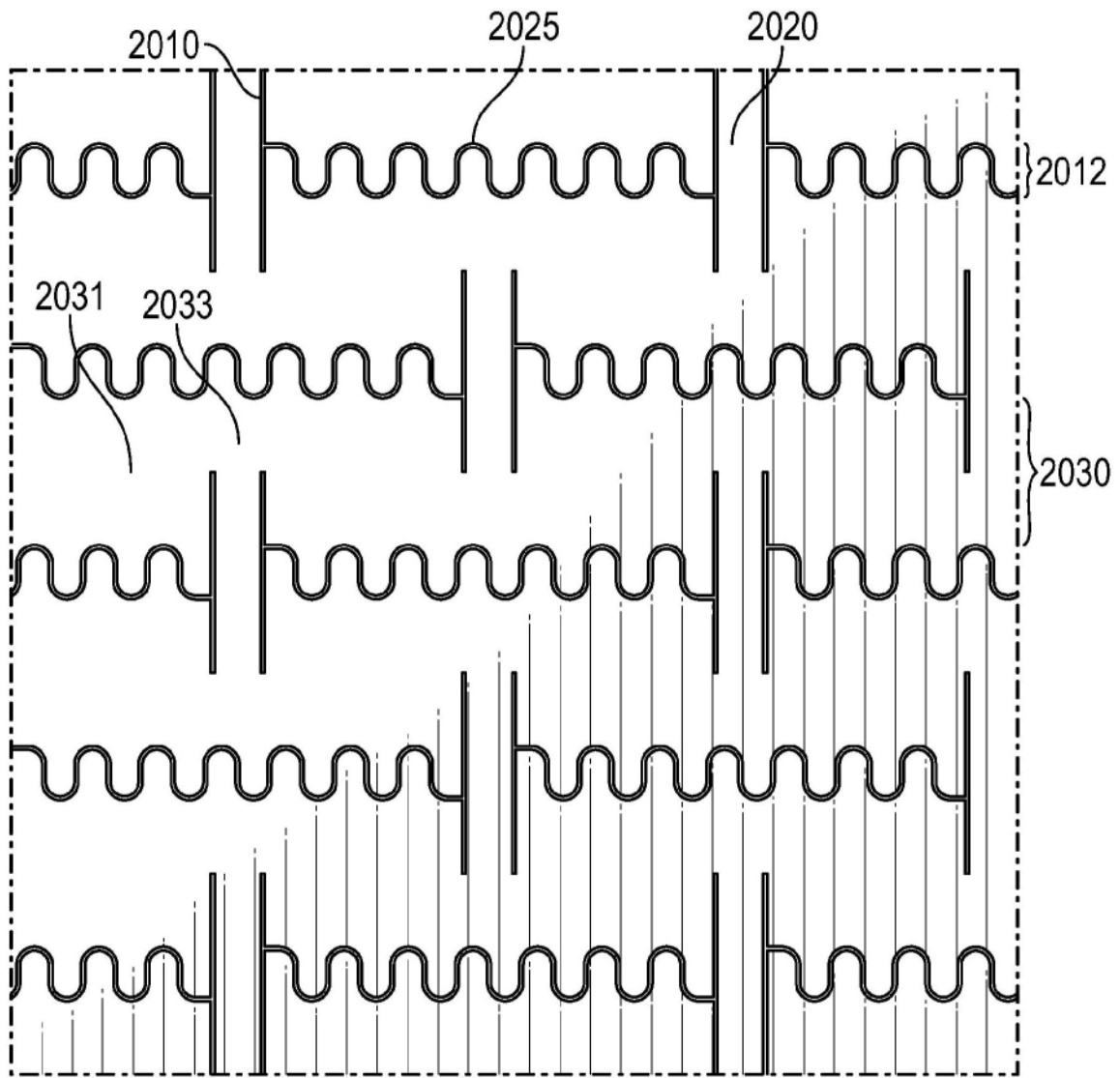


图20A

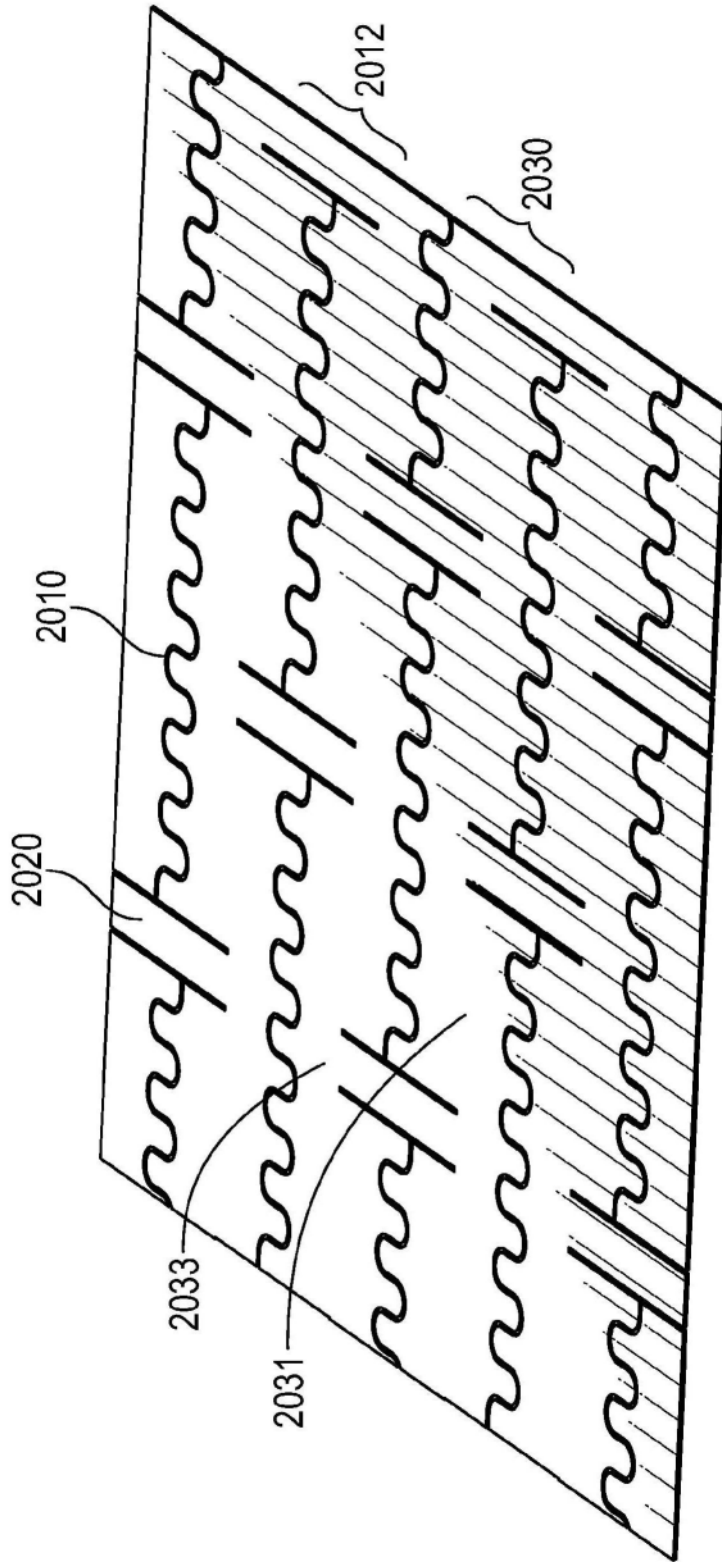


图20B

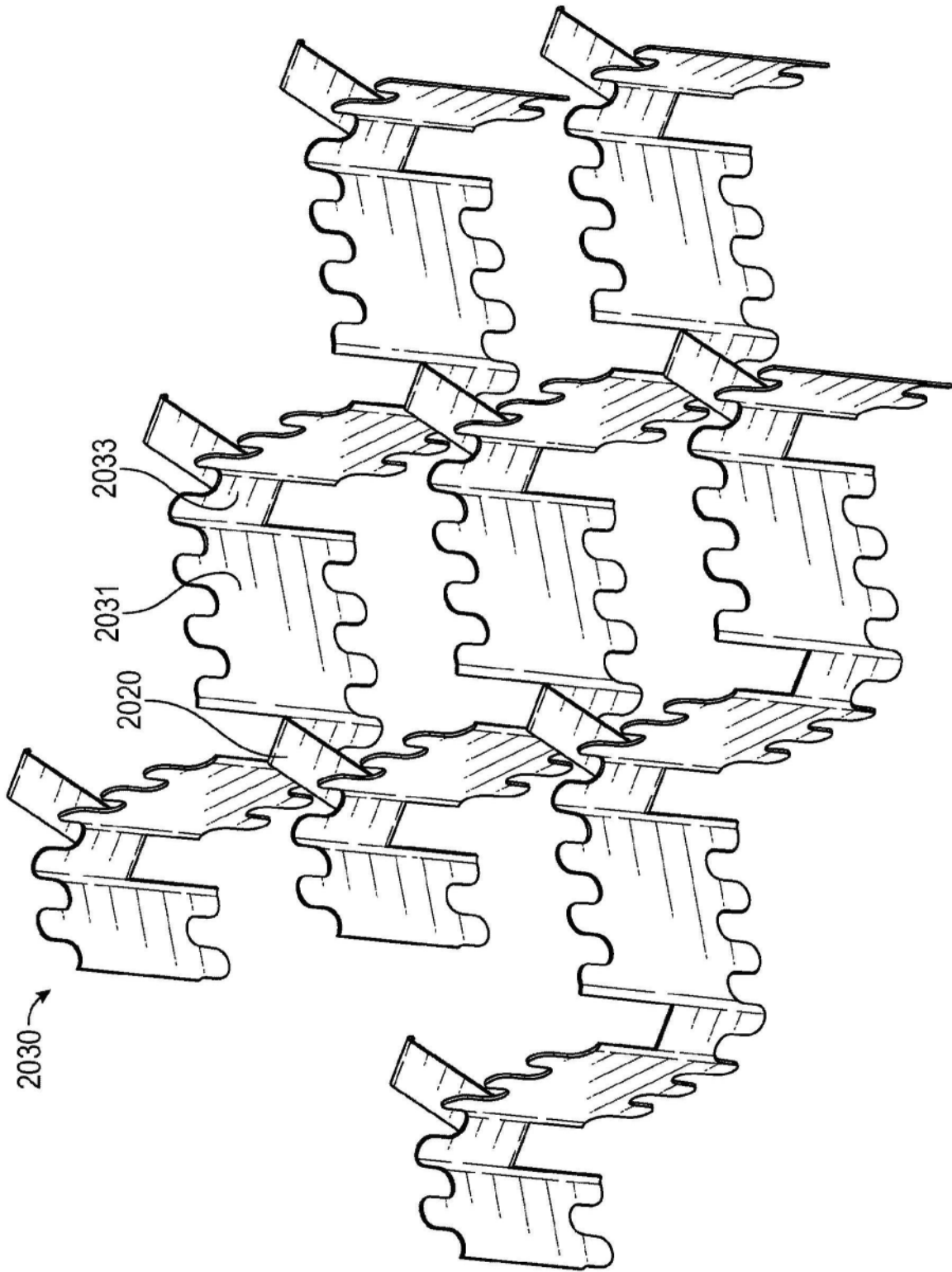


图20C

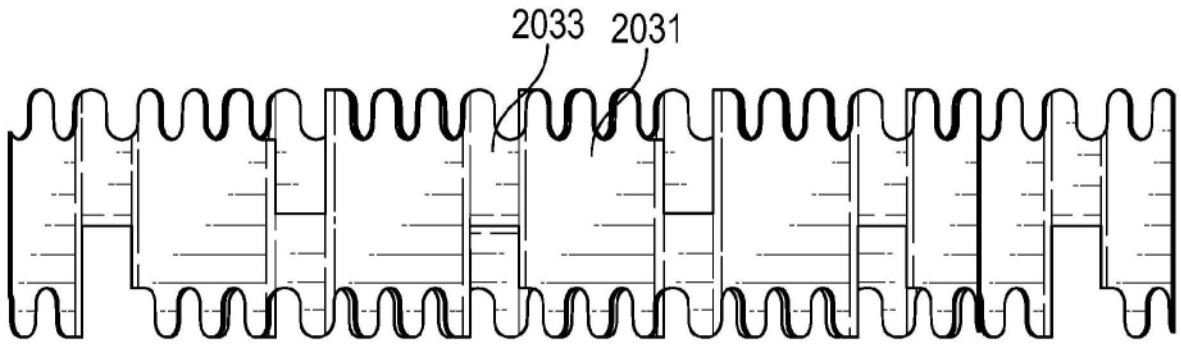


图20D

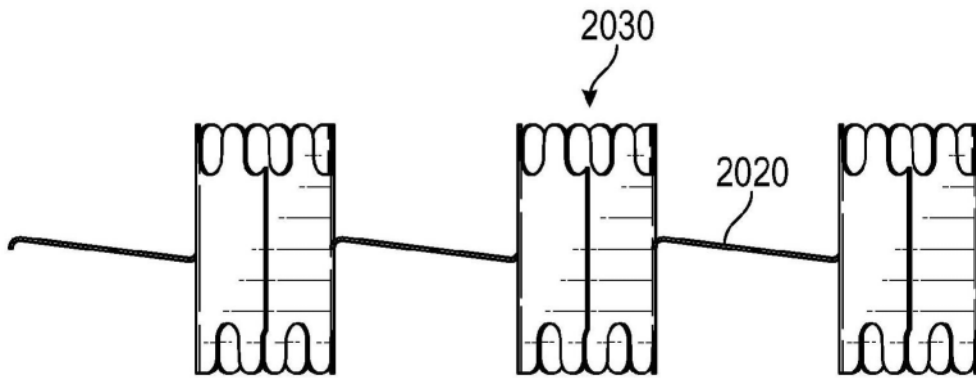


图20E

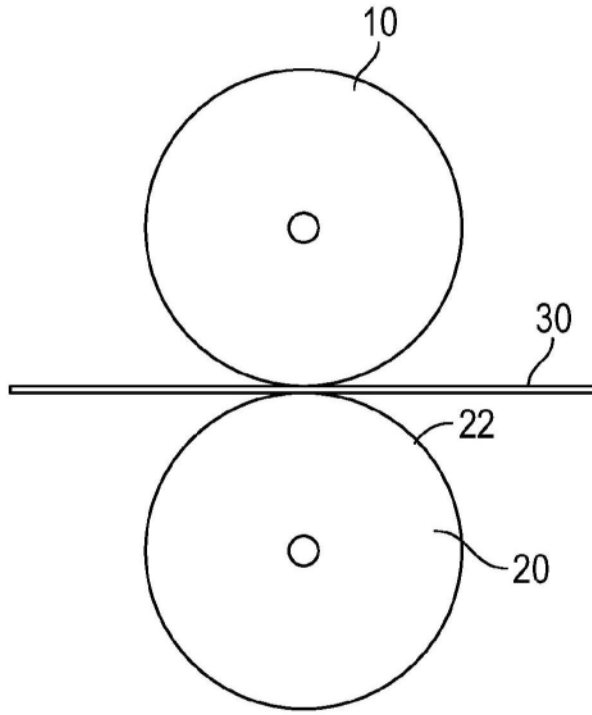


图21