



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105874591 A

(43)申请公布日 2016.08.17

(21)申请号 201480052344.5

(22)申请日 2014.09.25

(30)优先权数据

13306340.4 2013.09.27 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.03.23

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2014/002115 2014.09.25

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/044773 EN 2015.04.02

(71)申请人 阿尔卡特朗讯

地址 法国布洛涅-比扬古

(72)发明人 R·S·肯珀斯 P·阿埃伦

A·M·莱昂斯 A·罗宾逊

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 林斯凯

(51)Int.Cl.

H01L 23/373(2006.01)

H01L 23/42(2006.01)

H01L 23/433(2006.01)

B21D 22/04(2006.01)

B21D 28/24(2006.01)

F28F 13/00(2006.01)

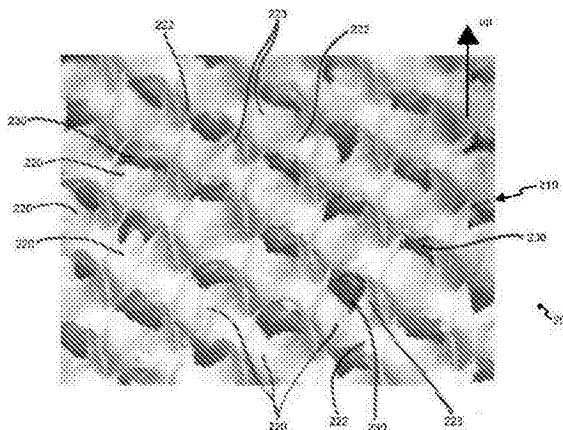
权利要求书1页 说明书8页 附图8页

(54)发明名称

热传递界面结构及其制造方法

(57)摘要

本发明揭示一种热传递界面结构及其制造方法。衬底具有在所述衬底的至少一个表面上形成的多个凸起特征。所述凸起特征在压缩力下可变形并且在末端部分具有对应开口。凸起特征在其所述末端部分的厚度小于所述凸起特征在所述凸起特征的中间部分的厚度。



1. 一种导热热传递界面结构,其包含具有第一表面和第二表面的衬底;和在所述衬底的所述第一表面和所述第二表面中的至少一者上形成的多个凸起特征,所述凸起特征在压缩力下可变形,其中一些所述凸起特征在其对应末端部分具有开口;以及

其中凸起特征在所述末端部分的厚度小于所述凸起特征在所述凸起特征的中间部分的厚度。

2. 根据权利要求1所述的热传递界面结构,其中一或多个凸起特征各自包含对应于其所述末端部分上的第一位置的第一高度和对应于其所述末端部分上的第二位置的第二高度,其中高度是由所述衬底界定的平面到穿过末端部分上的位置的平行平面的距离。

3. 根据权利要求所述的热传递界面结构,其中凸起特征具有壁并且所述壁在其外表面上包含粗糙度。

4. 一种设备,其包含能够产生热量的电气组件、散热器组件以及根据权利要求1到3中任一权利要求所述的热传递界面结构,所述热传递界面结构位于所述电气组件与所述散热器组件之间。

5. 一种方法,其包含:

将导热材料的可变形薄片放置在两个模具之间,每个模具在对应表面上包含凸部和凹部中的至少一者,其中凸部具有与凹部匹配的形状和尺寸;

使一个模具朝向另一个模具移动,使得凸部嵌套入对应的相对凹部内并且使得压缩力施加到位于所述凸部与所述凹部之间的所述可变形薄片以在所述可变形薄片产生凸起特征,所述凸起特征在其对应末端部分具有开口;

其中凸起特征在所述末端部分的厚度小于所述凸起特征在所述凸起特征的中间部分的厚度。

6. 根据权利要求5所述的方法,其包含:

由凸部施加力到所述可变形薄片上,使所述可变形薄片在所述凸部与所述可变形薄片之间的接触点附近经历变形,其中

所述变形是通过在所述接触点处在所述可变形薄片引起材料屈变以使凸起特征在所述末端部分的所述厚度变得小于所述凸起特征在所述凸起特征的中间部分的厚度来产生。

7. 根据权利要求6所述的方法,其进一步包含使所述可变形薄片破裂以在所述凸起特征的所述末端部分中产生开口。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述模具在其对应外表面上具有粗糙度,这种粗糙度被配置成在所述可变形薄片变形时将与其上所述粗糙度相关联的不均匀性转移到所述凸起特征的表面。

## 热传递界面结构以及其制造方法

[0001] 本申请主张2013年9月27日申请并且标题为“热传递界面结构以及其制造方法”的欧洲专利申请第13306340.4号的优先权,其内容以全文引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及热传递装置。

### 背景技术

[0003] 电气组件和电子组件通常在操作期间产生热量。为了减少热量,通常使用如散热片的散热组件,其通常定位成与产热组件物理接触以从后者吸收并且耗散热量。然而,当在两个组件(例如,IC和散热片)之间传导热量时,横跨部件的界面的温差可能是明显的。这种温度下降通常归因于因表面粗糙度效应所致热接触电阻,因为这类表面粗糙度效应在接合在一起的两个组件的表面之间产生间质性空隙。为匹配显得相对光滑并且平坦的表面,在这两个部件之间进行的接触通常在相对较少点发生。这些接触点之间的空隙通常用一定类型的流体(通常空气)填充。在这种情况下,存在两个热传递路径,一个是经由固体组件在其接触点热传导,而另一个是经由空气(其是相对不佳导体)的界面层热传导。类似地,不佳物理接触还可以产生过高的电接触电阻,其在经由接触接合点而导电或接地是重要的某些系统中也可以是一个问题。

[0004] 作为改进两个组件之间的热传递的补救措施,一种已知方法是用更导电的热界面材料(TIM)代替空气,由此改进用于两个组件之间的热传递的路径

### 发明内容

[0005] 一些实施例提供一种导热热传递界面结构,其包含具有第一表面和第二表面的衬底;和在衬底的第一表面和第二表面中的至少一者上形成的多个凸起特征,凸起特征在压缩力下可变形,其中一些凸起特征在其对应末端部分具有开口;以及

[0006] 其中凸起特征在所述末端部分的厚度小于凸起特征在凸起特征的中间部分的厚度。

[0007] 根据一些特定实施例,一或多个凸起特征各自包含对应于其末端部分上的第一位置的第一高度和对应于其末端部分上的第二位置的第二高度,其中高度是由衬底界定的平面到通过末端部分上的位置的平行平面的距离。

[0008] 根据一些特定实施例,凸起特征具有壁并且壁在其外表面上包含粗糙度。

[0009] 一些实施例提供包含能够产生热量的电气组件、散热器组件以及如本文所揭示的热传递界面结构的设备,所述热传递界面结构位于电气组件与散热器组件之间。

[0010] 一些实施例提供一种方法,其包含:

[0011] -将导热材料的可变形薄片放置在两个模具之间,每个模具在对应表面上包含凸部和凹部中的至少一者,其中凸部具有与凹部匹配的形状和尺寸;

[0012] -使一个模具朝向另一个模具移动,使得凸部嵌套入对应的相对凹部内并且使得

压缩力施加到位于凸部与凹部之间的可变形薄片以在可变形薄片产生凸起特征,凸起特征在其对应末端部分具有开口;

[0013] 其中凸起特征在所述末端部分的厚度小于凸起特征在凸起特征的中间部分的厚度。

[0014] 根据一些特定实施例,所述方法进一步包含:

[0015] 由凸部施加力到可变形薄片上,使可变形薄片在凸部与可变形薄片之间的接触点附近经历变形,其中

[0016] 所述变形是通过在所述接触点在可变形薄片引起材料屈变以使凸起特征在所述末端部分的厚度变得小于凸起特征在凸起特征的中间部分的厚度。

[0017] 根据一些特定实施例,所述方法进一步包含使可变形薄片破裂以在凸起特征的末端部分中产生开口。

[0018] 根据一些特定实施例,模具在其对应外表面上具有粗糙度,这种粗糙度被配置成在可变形薄片变形时将与其上粗糙度相关联的不均匀性转移到凸起特征的表面。

[0019] 出于说明而不是限制的目的,借助于附图,在以下描述中以及在权利要求书中更详细描述本发明的这些和其它特征和优点。

## 附图说明

[0020] 图1是已知热传递界面结构的简化示例性图示。

[0021] 图2是根据一些实施例的热传递界面结构的示例性示意图。

[0022] 图3是图2的热传递界面结构在压缩后的示例性示意图。

[0023] 图4A是图2的热传递界面结构在截面视图中的一部分的图示,并且图4B是图4A中所展示部分的截面的详细视图

[0024] 图5A、5B、5C、5D以及5E是在图2的热传递界面结构上进行的压缩操作的各种实例的截面视图中的示例性示意图。

[0025] 图6是位于两个模具之间的热传递界面结构在压缩操作之前的示例性示意图。

[0026] 图7A和7B说明根据一些实施例制造凸起特征的实例。

[0027] 图8是根据一些实施例适合用于热传递界面结构的制造操作的示例性模具的一部分的俯视图。

[0028] 出于说明而不是限制的目的,借助于附图,在以下描述中以及在权利要求书中更详细描述本发明的这些和其它特征和优点。

## 具体实施方式

[0029] 常规热界面材料(TIM)通常是分散于隔热有机基质(例如,粘合剂或润滑脂)中的导热粒子的复合材料。这类复合材料的导热率受粒子的相对较低浓度(因为通常需要用于确保适当粘度)和粒子间接触的热阻限制。另外,具有不佳导热率的填充有空气的空隙可以积累在有机基质中,由此降低TIM的总导热率。软金属(如铜)或其它软材料(如石墨)有时还用作热界面材料。虽然这些材料的导热率比复合材料高,但是其符合非平面或不规则表面的能力有限。这些软材料中的一些易受腐蚀,并且可以具有低熔点。所有这些局限性可以限制可靠性、适用性以及装配选项。

[0030] 解决上述缺点的方法已描述于US20090315173中,其内容以全文引用的方式并入本文中。US20090315173揭示可以根据每个特定用途的特定要求使用的包含具有多种形状和配置的可变形凸起特征的热传递结构的各种实施例。

[0031] 图1展示已知界面结构100的简化实例。虽然图1中所展示的图式类似于如上述引用的文献中所揭示的实施例,但是图1仅是出于说明的目的和更好地理解本发明而提供,并且不应解释为必定包括所引用的US20090315173的实施例的所有特征、局限性和/或变化形式。

[0032] 图1的界面结构100意图用作组件130与132之间的具有对应界面表面125、127的热传递界面结构。界面表面125、127具有表面不均匀性(或不规则性或粗糙度)。结构100包含具有凸起特征120的衬底110。凸起特征120被设计成物理接触两个表面125、127,而不管表面125、127是否是共面或一个或两个或表面125、127是否弯曲或者非平面。凸起特征120可以是金属和可变形的,并且被配置成与预变形的形状相比在至少一个维度上被压缩。在至少一个维度上的压缩可以通过使凸起特征的形状弯曲或屈曲或通过改变凸起特征形状的其他模式来发生。压缩方向可以是沿箭头A1或A2或两者的方向。

[0033] 凸起特征120可以位于并且在一些情况下直接形成于衬底的一或多个表面上。如图1的实例中所展示,凸起特征120位于平面衬底100的第一侧和相对第二侧的两个表面上。在一些情况下,衬底本身是可变形金属衬底。

[0034] 本发明从类似于上文提及的图1的实例的配置出发,并且进一步提供如下文进一步详细描述的结构和制造技术。

[0035] 图2是根据一些实施例的热传递界面结构200(在本文中还被称作界面结构)的示例性示意图。

[0036] 在这个实施例中,界面结构200包含衬底210和多个凸起特征220。凸起特征220优选地是中空的,并且可以位于第一侧(例如,由向上箭头(UP)展示的图2结构的上方)和相对第二侧(例如,在图中不可见的图2结构的下方)的两个表面上,或凸起特征可位于仅其一侧上。在这点上,术语“凸起”理解为不仅指从衬底210的表面向上出现的特征,而且指从其向下出现的特征。凸起特征220具有基底部分222(其是接近于衬底210主体的部分)和与基底部分相对并且与衬底210呈一定距离或一定高度的末端部分223。

[0037] 凸起特征220优选地以包含连续多个这类凸起特征的二维阵列形式(例如,相对于衬底210表面的长度乘以宽度)提供。

[0038] 根据本发明,凸起特征220在其末端部分223具有开口230。开口优选地通过截短凸起特征的末端部分223(即,相对于凸起特征的高度横向切断末端部分)制成。

[0039] 在图2中,凸起特征220是以截短圆顶形式展示;然而,还可以制成其它形状,如(但不限于)截短圆锥或截短多面棱锥。

[0040] 所提出的凸起特征的形状与已知不具有这类并行的开口的凸起特征的形状相比提供某些优点,因为其减小特征的硬度,因此对压缩呈现较小阻力并且在压缩整个结构时使金属流动。实际上,具有开口230的凸起特征可以在需要施加于其上的相对较低压力下弯曲或屈曲(与不具有这类开口的凸起特征相比)。

[0041] 具有开口230的凸起特征220可以阵列形式提供,如图2中所展示,包含随机或周期性地或根据任何适合模式位于衬底210上的多个这类特征。与不具有开口230的凸起特征的

已知结构相比,所述阵列可以显著降低材料符合表面不规则性所需的压力并且因此提供较低热接触电阻。

[0042] 现参看图3,提供图2的热传递界面结构在这种结构已经经历压缩之后的示例性示意图。在图3中,相同元件已经给出与图2的元件相同的参考数字。

[0043] 如图3的压缩结构中可以看出,结构的各个元件已经经历变形。可容易观察到凸起特征已经经历大规模压缩塑性变形(包括弯曲和屈曲模式),导致在图中未展示的装配体(例如,电子组件和散热片)之间形成连续路径的相对更平坦结构。所述平坦结构可以包括可以与压缩表面紧密接触的区域。

[0044] 举例来说,可以考虑图中的凸起结构220-1,其中展示末端部分223-1已经被朝向基底部分222-1压缩,例如弯曲或屈曲,由此导致与已知结构相比相对更平坦结构。在本实施例中,凸起特征的开口因此允许获得匹配组件之间的高效热路径和电路径。

[0045] 在高效情况下,所有压缩的凸起特征可以弯曲或屈曲,使得所有开口可以由于这种压缩和衬底上的凸起特征塌陷而关闭,由此占据开放空间。然而,在许多实际情况下,可能发生的是并非所有凸起特征在压缩后实际上关闭开口,由此使结构上的一些区域仍保留有开口230,如图3中所展示。在压缩后这类开口的存在可以通过涂覆润滑脂或粘合剂来补救,如下文将进一步描述。

[0046] 图4A和4B表示图2的界面结构的一部分的截面视图。明确地说,图4B进一步详细说明图4A的结构200的部分200-1。在这些图中,相同元件已经被提供与图2的元件相同的参考数字。

[0047] 如图4A和4B中说明性地展示,凸起特征220具有基底部分222和末端部分223。凸起特征呈具有侧或壁224的截短圆顶的形状,每个壁具有厚度 $t$ 。

[0048] 然而,壁224的厚度随着一者从基底部分222移动到末端部分223而变化。这更清楚地展示于图4B中,其中展示接近基底部分222的厚度 $t_1$ 大于接近末端部分223的厚度 $t_2$ 。

[0049] 从机械的角度来看,壁224厚度的这种特定变化是有利的,因为与较厚基底部分相比,在初始压缩阶段期间较薄末端部分将对压缩呈现较弱阻力,导致凸起特征的更有效弯曲或屈曲过程。壁224的厚度值的非限制性实例可以在约5到约500微米范围内。

[0050] 在一些实施例中,一或多个凸起特征的高度(图4A、4B中的 $z$ 方向)可以在凸起特征的对应开口230周围不同位置变化。在本文中,术语高度可以理解为与由衬底210界定的平面(应理解,衬底一般在凸起特征的基底部分的水平下界定平面)到通过位于凸起特征的末端部分223的点的平行平面的距离相关。这个高度由双头箭头 $h$ 展示于图4A中。

[0051] 这个高度变化可以使特征在其末端部分223的一个部件在同一特征在那一末端部分的另一部件之前进行接触。这可以促进诱导结构本身总体扭转弯曲或屈曲变形。

[0052] 上述特征和其在压缩过程期间的效果更清楚地展示于图5A到5E中。

[0053] 从图5A开始,展示界面结构200位于组件240与250之间,所述组件意图传递彼此之间的热量,其中所述结构充当其间的界面。组件240可以是例如散热片,并且组件250可以是例如在操作期间变热并且需要冷却下来的电子装置。

[0054] 如上文已经描述,界面结构200包含从衬底210的两侧(在图中上下)延伸的凸起特征220。凸起特征具有对应开口230。如在图中可以了解,凸起特征在其对应末端部分223可以具有不同高度。举例来说,考虑凸起特征220-a,可以观察到其在第一位置223-a具有第一

高度并且其在第二位置223-b具有第二高度。如从图5A可以了解,在压缩操作的初始实例下,凸起特征220-a的第一位置223-a比第二位置223-b更早进入接触。

[0055] 图5B、5C、5D及5E展示压缩过程的后续实例,其中如可以观察到,凸起特征弯曲或屈曲由此产生如图3中所展示的变形热界面结构。

[0056] 在一些实施例中,壁(例如图4A和4B中的壁224)可以在其外表面上包含凸块、刻面、波纹形式或任何其它适合的不均匀形式的粗糙度。这些粗糙度在冲压过程期间通过使对应粗糙度存在于模具上来形成,如将参看图8描述。这些粗糙度进一步促进热界面结构的凸起特征的压缩和屈曲。

[0057] 下文参看图6描述一种制造根据本发明的一些实施例的界面结构的方法。

[0058] 界面结构可以从可变形并且优选地平坦薄片610(如金属箔片)开始制造。选择薄片材料以便拥有特定设计和应用所需的热传递、电以及化学特征。

[0059] 为清楚起见,相对于如本文所使用的术语热传递特征或换句话说导热率的使用,提供以下说明。众所周知,许多材料并且甚至从纯理论角度来看任何材料可被认为是导热的(因此具有热传递能力),因为每种材料具有一定导热率水平,即使在一些情况下这个水平非常低。然而,在本发明的上下文内,相关领域的技术人员将能够区分本领域中被认为是导热的材料与不被认为是导热的材料(如热绝缘体)。

[0060] 借助于更进一步说明,应注意在本发明的上下文内,导热率为大于约1W/mK(每米开尔文瓦特)的任何材料可以被认为是导热材料。相反地,导热率为小于约1W/mK的任何材料可以被认为是不导热的。在上文所描述的导热率范围内,大于100W/mK的导热率可以被认为是高导热率值,并且在1到100W/mK范围内的导热率可以被认为是可接受值。

[0061] 下文进一步给出这类材料的一些实例。

[0062] 可变形薄片610随后放置在两个模具620与630之间,如示意性地展示于图6中。模具620和630具有在其对应表面上提供的对应凸部621和631以及凹部622和632。应注意,在一个模具点上的凸部在一个方向上(例如,在图中展示凸部621向上指向)时,另一个(相对)模具点上的凸部在相对方向上(凸部631向下指向)。模具随后以足够的力朝向彼此移动,以便压缩并且冲压在其之间放置的可变形薄片610。

[0063] 凸部621、631以及凹部622、632被配置成使得凸部具有与凹部匹配的形状和尺寸,以这种方式使得当两个模具压缩在可变形薄片610上时,凸部嵌套入对应的相对凹部同时其使在中间的可变形薄片变形,以便实质上根据凸部-凹部嵌套对的形状将其塑形。

[0064] 在模具620和630压缩在一起时,模具的凸部621、631“冲穿”并且挤压可变形薄片610以在可变形薄片610上产生凸起特征以及每个凸起特征上的对应开口,由此产生如图2中所说明的界面结构100。

[0065] 这个制造过程不仅促进产生所需界面材料几何形状,而且其适用于大量低成本的界面结构制造。

[0066] 模具620和630可以使用相关领域的技术人员已知的各种制造技术由一系列材料制造。举例来说,图6的实施例中所展示的模具可以使用3D印刷聚合物制造。下文参看图8提供与模具620和630相关的进一步细节。

[0067] 凸起特征的总尺寸(如高度、纵横比、金属厚度以及特征大小或直径)可以设计成符合特定应用要求,其可以通过(但不限于)不同长度尺度的表面粗糙(形式是在微粗糙度

到波纹或更大误差范围内)和可用的装配压力来确定。凸起特征的所得几何形状可以因此取决于模具的几何形状和可变形薄片的初始厚度,其可以根据每个设计和应用的特定要求而变化。

[0068] 适合于界面结构的一些材料可以包括一系列有延展性并且导电的纯金属或合金。一个实例是锡,因为其低屈服强度以及合理的高导热性和导电性。取决于应用、装配压力或化学考虑因素,较硬、较高导电性或化学替代金属或合金可以是理想的。

[0069] 根据一个实例,施加高于0.5MPa的压力,提供可以展现比石墨垫相对更高效的导热率和低热阻的结构化锡界面材料。另外,由于这种材料的变形范围大,其可以在一系列压力内展现更大顺应性。最后,由于锡界面材料的金属性质,其展现显著更低电阻。界面结构材料相对于一些市售石墨垫来说,这些因素的聚集效应导致使用锡材料的本发明实施例的性能显著改进。

[0070] 在形成界面结构的过程之后或之前,界面结构的材料最初可以包含一或多个附加材料层(呈夹层形式)。

[0071] 另一可能性是使用重叠材料涂层来显著改变界面材料的电、热和/或化学反应或性能。这种涂层可以主要是金属,包括(但不限于)金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)、铂(Pt)、钯(Pa)、铬(Cr)、锌(Zn)、锡(Sn)、镍(Ni)或铑(Rh)。涂层材料可以是纯金属、金属氧化物或含有金属材料的混合物的合金(如金钯)。优选地,软金属可以用抗氧化并且降低匹配表面之间的电接触电阻的导电材料(例如,金)涂布。举例来说,溅涂附加金层对上述使用锡材料的实施例的影响可以提供比未涂布界面材料显著降低的电阻。添加合金覆盖层可以用来密封表面以免随后氧化,允许更长使用寿命。为了提供更高水平的界面结构材料顺应性,可以使用具有较高延展性水平的材料,如钢、锡、镓或铅,由此增加其在压缩期间填充间隙的能力并且允许其在应用层之间粘结或压缩时形成更紧密的密封。

[0072] 以这种方式,使整体TIM的热特性和电特性提高。

[0073] 在一些实施例中,可能需要限制导电性同时维持热接触电阻。在这些情况下,电绝缘涂层(如聚合物)可以用于获得所需结果。聚合物材料通常是良好的电绝缘体并且可以应用于顺应性的薄连续涂层。可以在冲压之前或之后施加介电涂层。在冲压之前施加涂层是优选的,因为其可以更容易并且更便宜达成,同时可以使用各种涂布技术。然而,如果需要确保所有表面是绝缘的,那么介电层可以优选地在冲压操作之后施加以确保在压缩和冲压期间产生的暴露表面边缘被涂布。有效方法的一个实例是使用聚合物聚对二甲苯涂布冲压膜。这种聚合物介电质可以气相沉积,确保均匀厚度在所有暴露表面上的保形涂布。为了进行涂布工艺,可以使用市售涂布设备。

[0074] 这类涂层可以包含仅一个附加层,或夹层型配置的数个层。所述层之间的界面可以是离散和界限分明的,或其可以由材料的组成和形态逐渐变化的金属间层组成。

[0075] 涂层可以通过多种方法施加,包括(但不限于):原位化学氧化;通过使用直流电流溅涂;通过磁阻;通过在电镀浴中电镀或无电电镀;或通过使用金属有机前体、物理蒸气或等离子体增强方法进行气相沉积。

[0076] 可压缩的固体界面结构还可以与润滑脂或粘合剂的互穿连续相组合使用以进一步改进材料在压缩后的热、电或机械特性。在压缩期间,凸起特征允许流体流动以便填充可能在这类压缩期间形成的间隙。举例来说,在压缩并且粘合剂固化之后,可以去除外部夹紧

或装配压力,并且界面材料的热和电输运能力将通过粘合剂的粘结效果维持。

[0077] 如先前所提及,在压缩后可能发生的是并非所有凸起特征实际上关闭对应开口,由此使结构上的一些区域保留有开口。这种开口阵列准许润滑脂或粘合剂在上界面与下界面之间均匀流动,由此消除截留的空气,并且形成热性能改进并且在粘合剂的情况下机械粘结强度改进的界面。

[0078] 此外,开口阵列还可以准许润滑脂或粘合剂在界面结构的上表面与下表面之间流动,在不显著增加装配所需的施加压力的情况下形成均匀厚度的材料。

[0079] 相关领域的技术人员将了解,在没有开口情况下,空气、润滑脂或粘合剂或这些材料的组合可能变得截留到凹穴中。这些截留凹穴将增加热阻并且增加所需的装配压力。

[0080] 如上文参看图4A和4B所提及,凸起特征的壁的厚度随着一者从凸起特征的基底部分移动到末端部分而变化。这种效果可以在制造过程期间由于模具的凸部对可变形薄片作用来达成。

[0081] 图7A和7B说明可以观察到上述效果的压缩过程的两个实例。首先参看图7A,在第一实例中展示可变形薄片710的一部分与模具的凸部721和721-1进入初始接触。应理解,可变形薄片710实际上是热界面结构的衬底,如上文已经参看先前各图所论述。

[0082] 虽然在图中没有明确展示,凸部721和721-1分别形成类似于图6中所展示的配置的相对模具的一部分。

[0083] 为简单起见,在下文中,凸部721对可变形薄片710的作用描述为前者沿箭头C方向对后者施加力,同时应理解,作为凸部721-1沿与箭头C方向相对的箭头C'方向施加到可变形薄片的力的结果,产生类似效果。

[0084] 假定在凸部721的尖端725与可变形薄片710之间接触的初始实例下,后者具有初始厚度 $t_i$ 。

[0085] 现参看图7B,展示一个实例,其中作为凸部721施加到可变形薄片710上的力的结果,可变形薄片在凸部721的尖端725与可变形薄片之间的接触点附近经历变形。这种变形是通过以在可变形片中引起材料屈变或流动的形式沿与箭头C平行的方向拉伸可变形薄片来产生,由此形成具有基底部分722、末端部分711以及壁724的凸起特征720。这种由于材料屈变而变形的结果是凸起特征720的壁724的厚度随着一者从凸起特征的基底部分722移动到末端部分711而减小。因此,凸起特征在所述末端部分的厚度 $t_e$ 变得小于凸起特征在凸起特征的中间部分的厚度 $t_s$ 。

[0086] 随着凸部721施加到可变形薄片710上的力继续施加,到达一个实例,其中可变形薄片在凸部721的尖端725与可变形薄片之间的接触点附近破裂(未展示),由此产生类似于参看图2到6所描述的开口的开口,使得凸起特征在开口所位于的末端部分的厚度小于凸起特征在凸起特征的中间部分的厚度。

[0087] 如上文所提及,在一些实施例中,凸起特征可以包含其壁的粗糙外表面。这些粗糙外表面可以使用具有对应粗糙或者不均匀形状的模具制造。

[0088] 图8是适合用于热传递界面结构的制造操作的示例性模具的一部分的侧视图照片,其中模具被设计成在制造过程期间在凸起特征的外表面上产生粗糙度。如在这个图中可以看出,模具800在其第一侧上包含凸部821(为简单起见,仅展示模具的一侧)。凸部821在其外表面上具有多个粗糙度。在图8中,一些粗糙度以凸块822形式展示。

[0089] 在冲压界面结构的操作(即,使两个相对模具与位于其间的界面集合在一起)期间,在形成凸起特征时,凸部821上的粗糙表面将与其上粗糙度相关联的不均匀性转移到凸起特征的表面。

[0090] 以这种方式,产生在其外表面上具有粗糙度的凸起特征。

[0091] 因此,所提出的解决方案提供比常规界面材料改进的热性能和电性能。另外,本文所描述的制造技术是常规界面技术的低成本替代方案。添加替代金属涂层到界面材料进一步提高其电特性,使其成为用于热界面和电界面应用的理想解决方案。

[0092] 本发明的各种实施例可以组合,只要这种组合是相容和/或互补的就行。

[0093] 进一步应注意,对应于所主张的装置的结构列表不是穷尽性的,并且所属领域的技术人员应理解,在不脱离本发明的范围的情况下,可以用等效结构来取代所陈述的结构。

[0094] 还应注意,如在对应权利要求书中所描述和陈述的本发明方法的步骤的顺序不限于如所呈现和描述的顺序,并且在不脱离本发明的范围的情况下可以变化。

[0095] 所属领域的技术人员应了解,本文中的任何框图表示体现本发明的原理的说明性电路的概念视图。

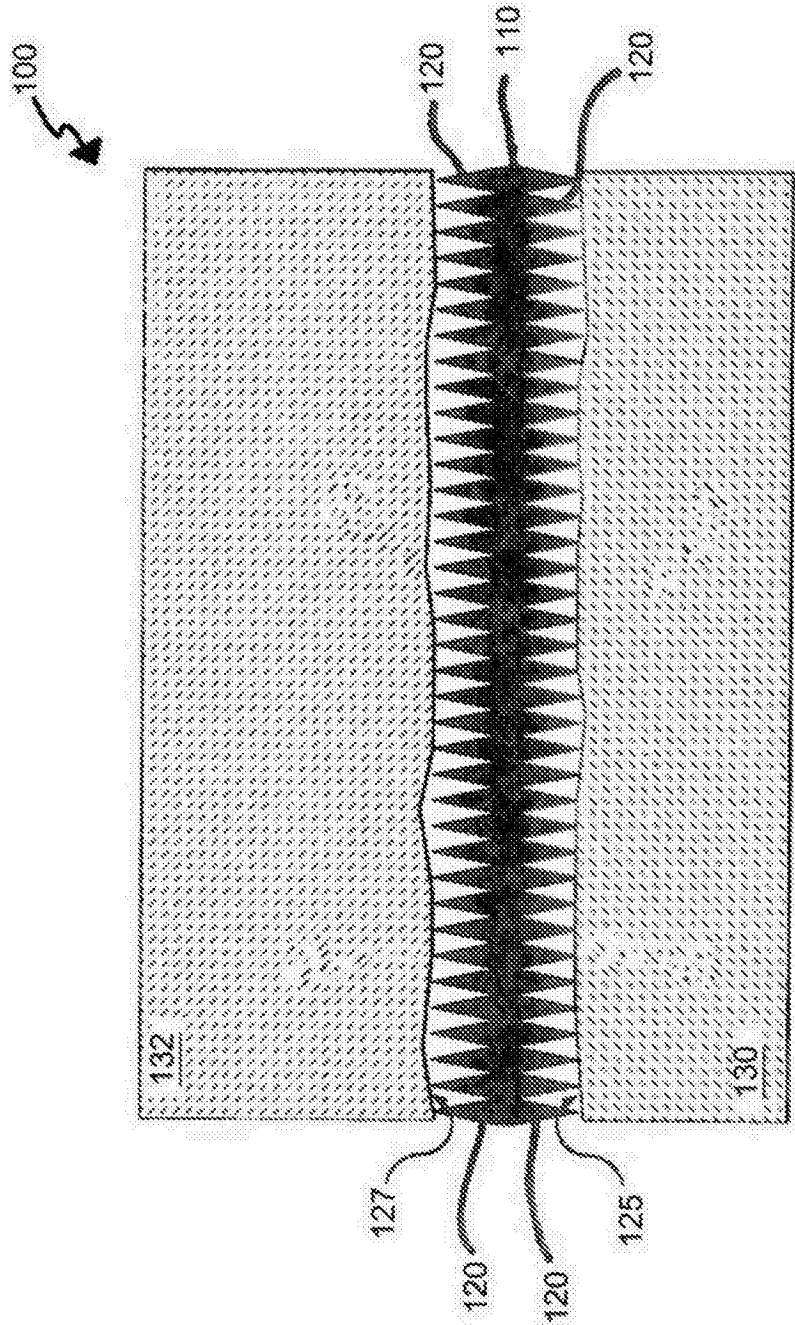


图1

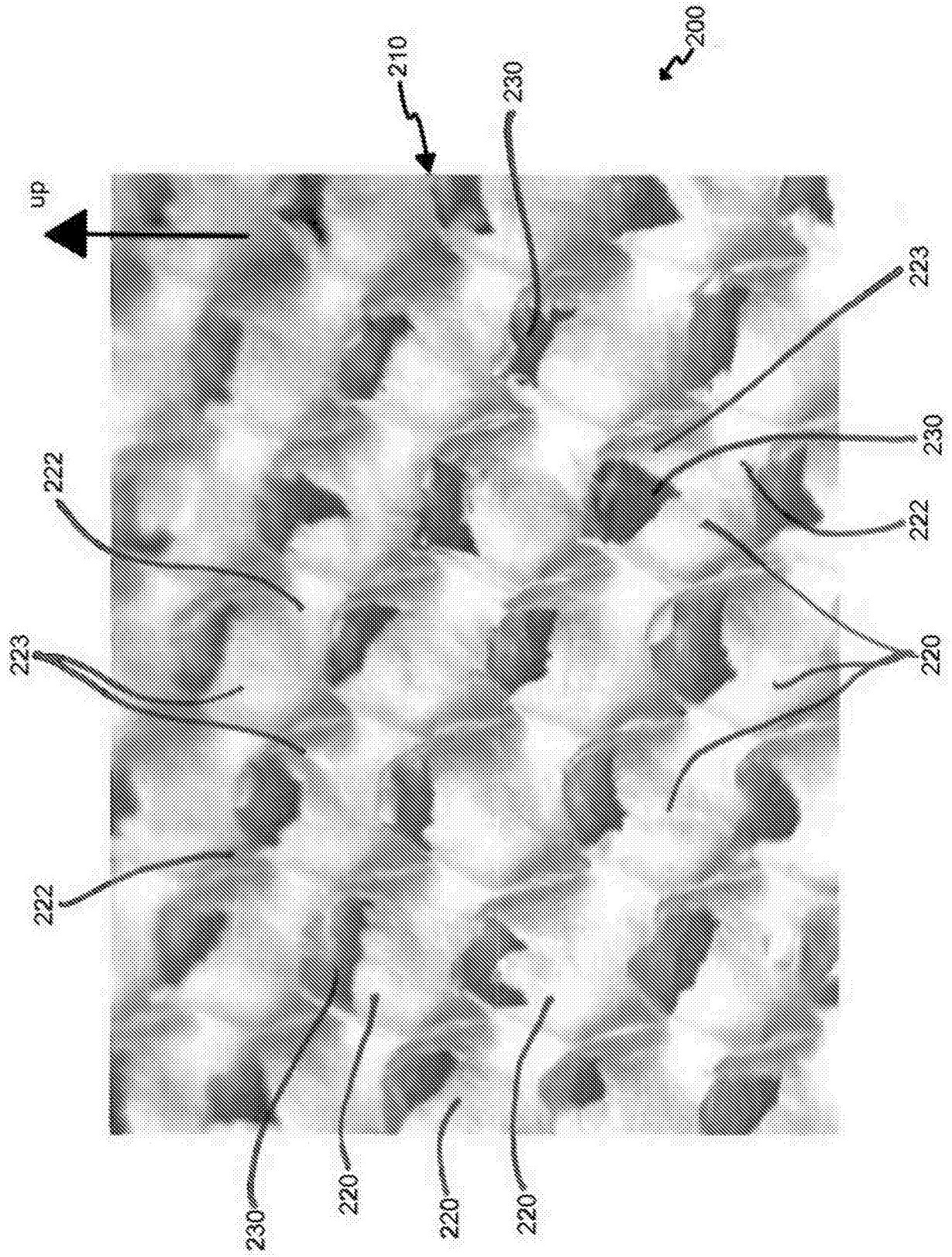


图2

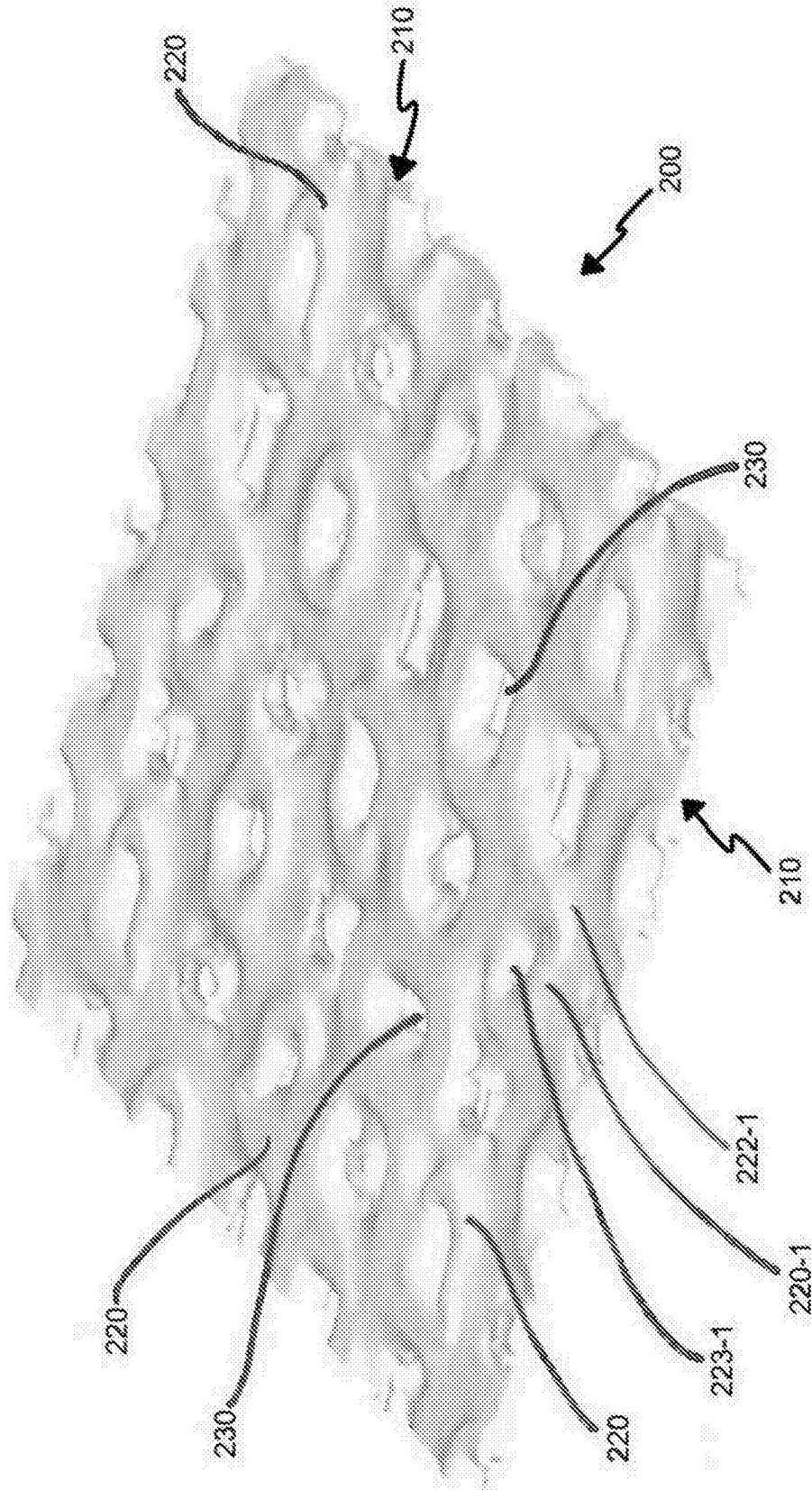


图3

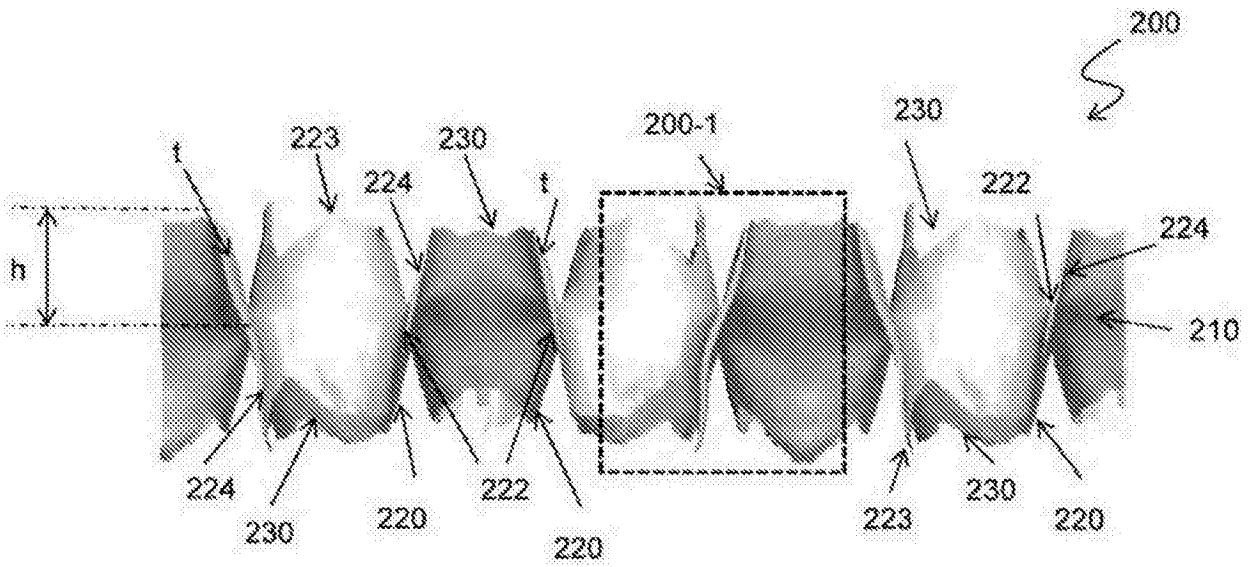


图4A

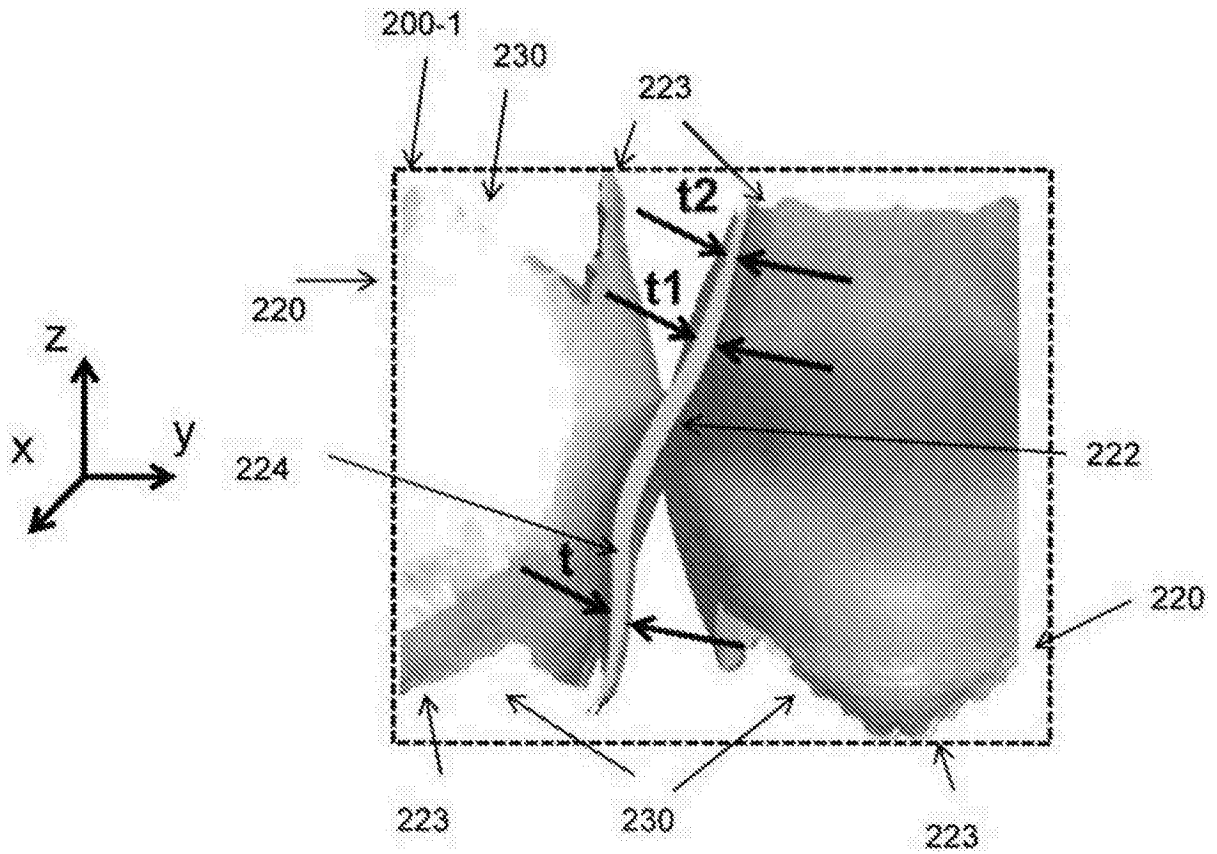


图4B

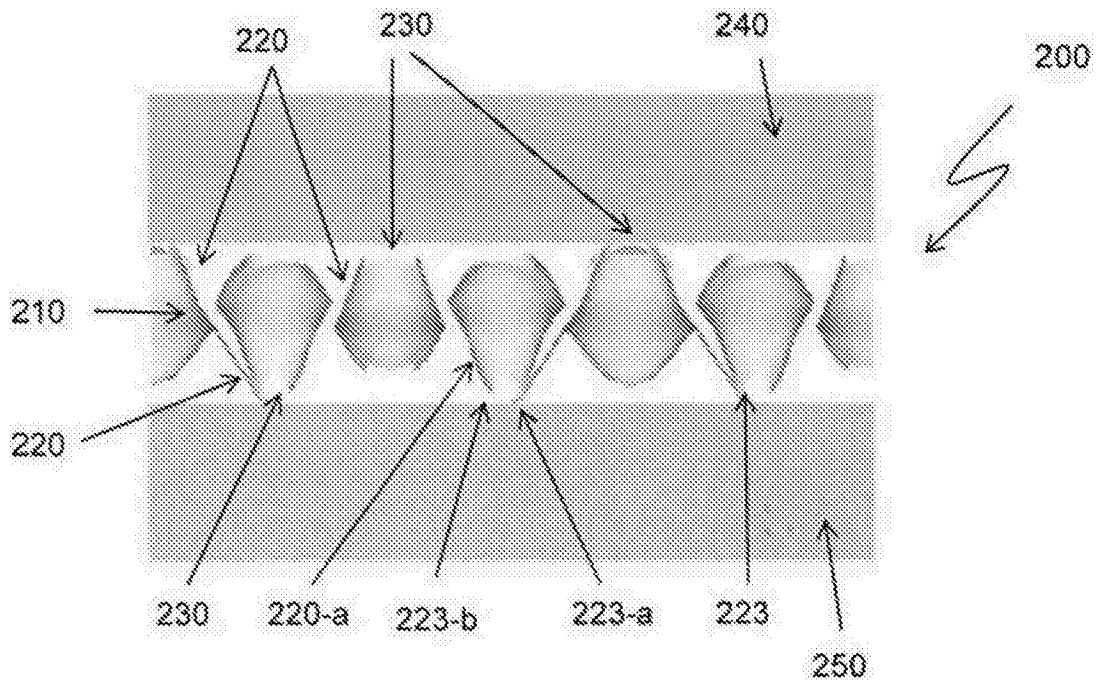


图5A

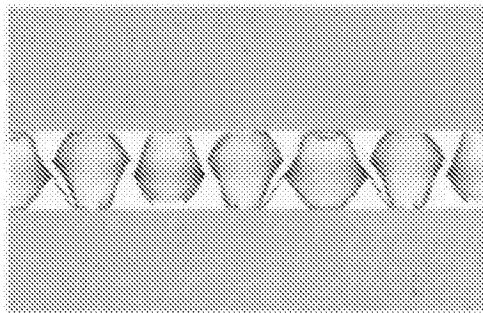


图5B

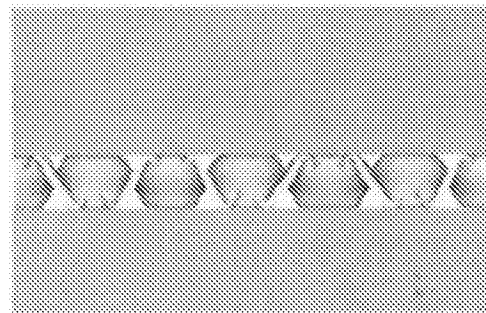


图5C

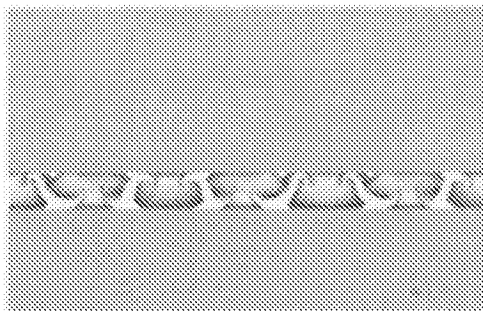


图5D

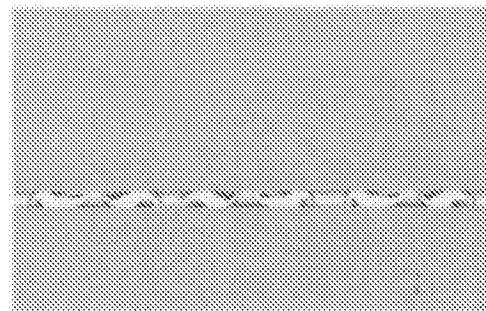


图5E

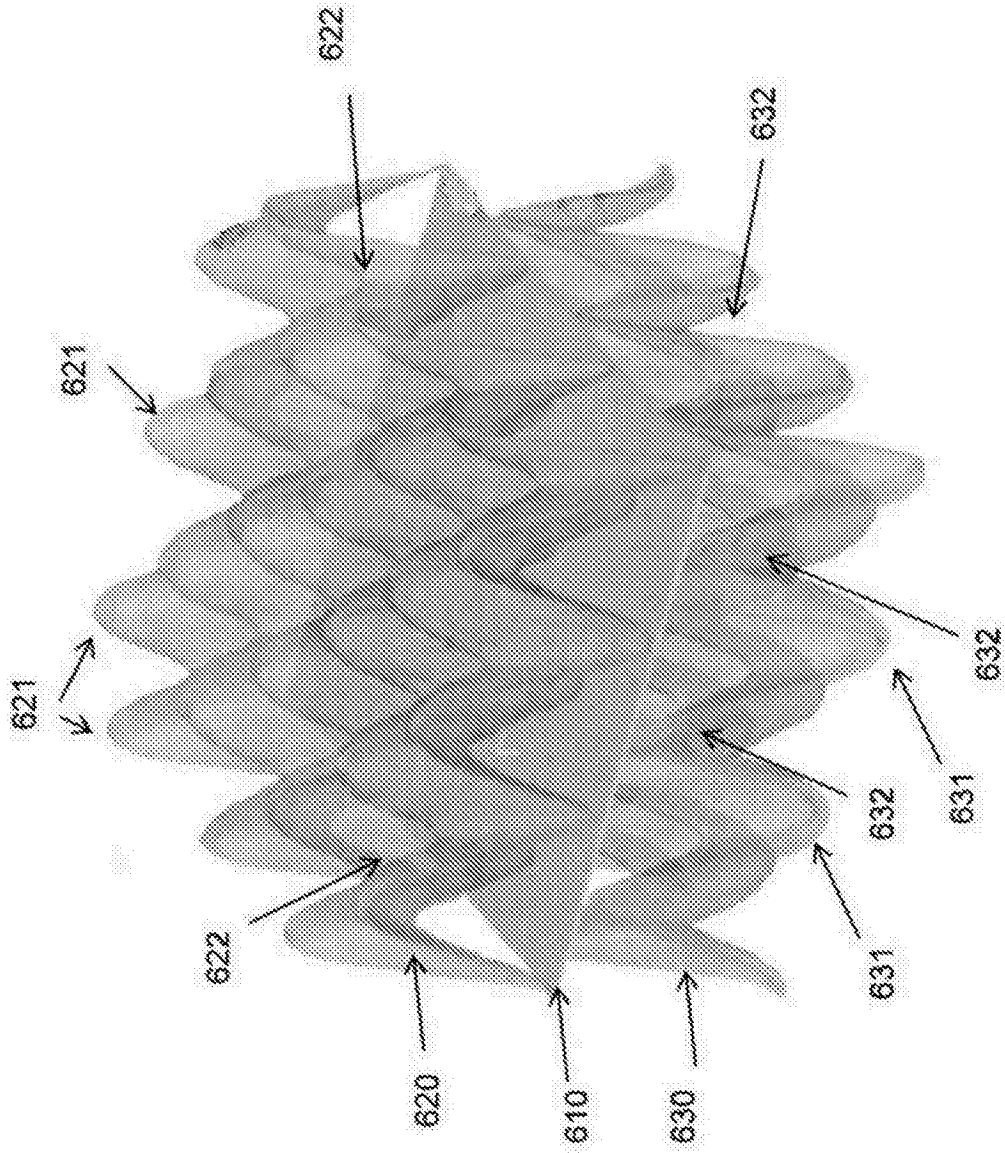


图6

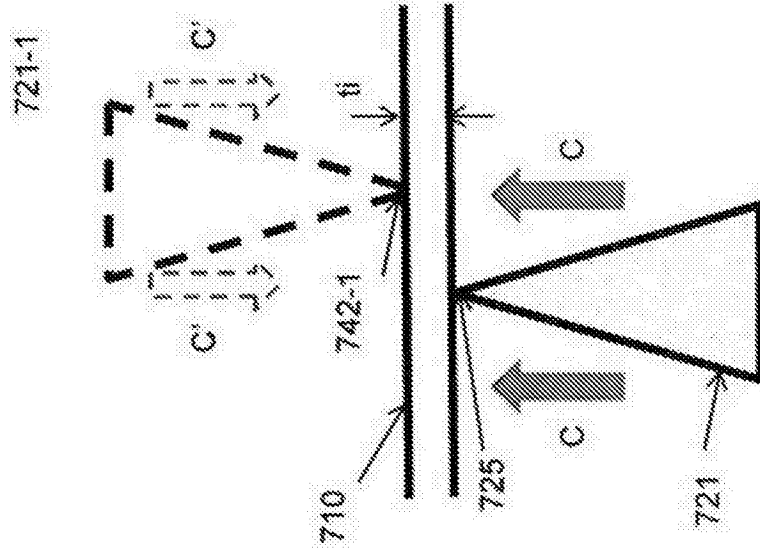


图7A

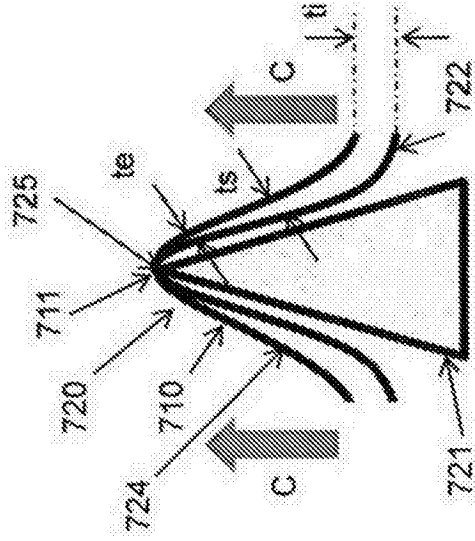


图7B

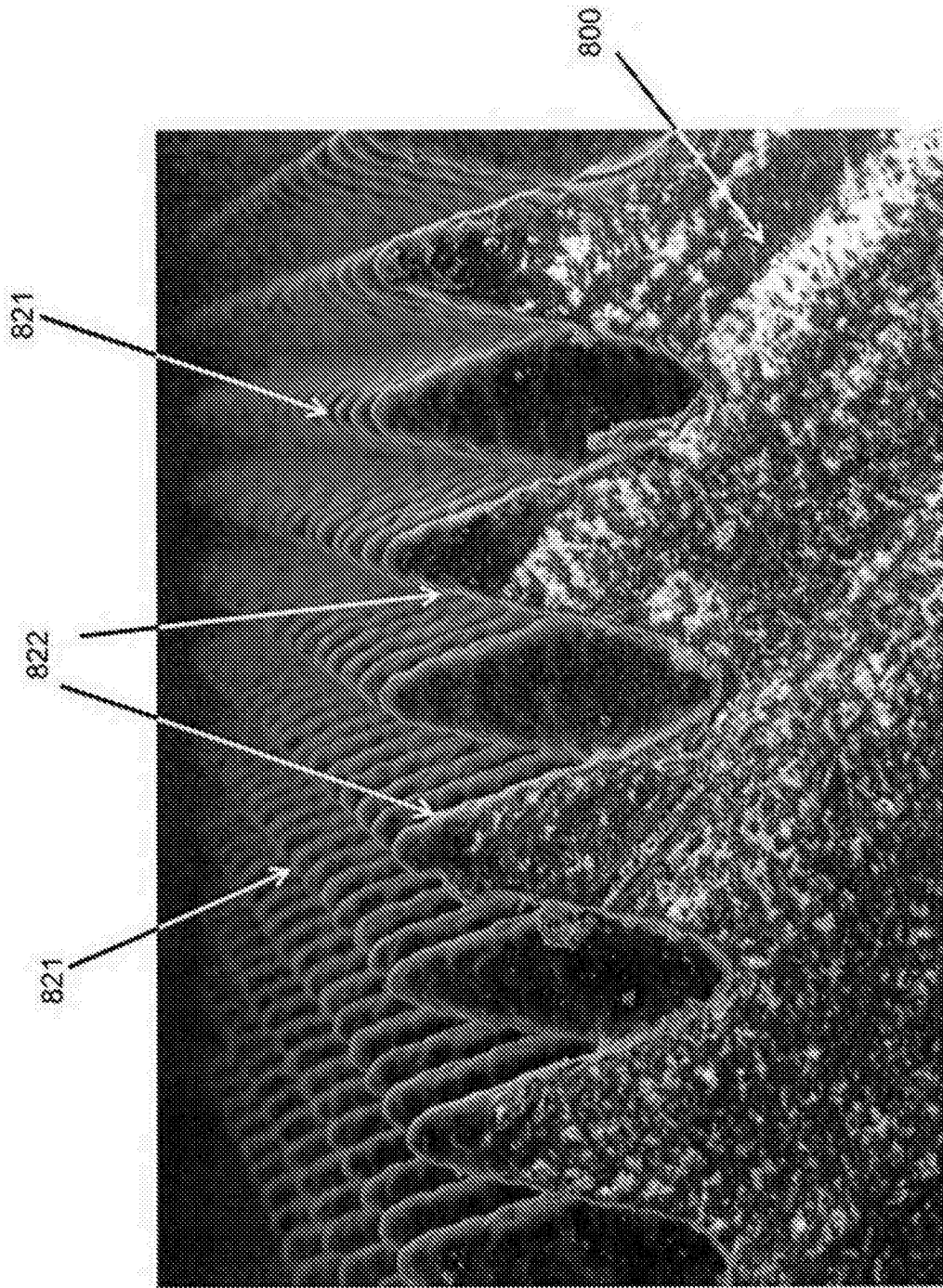


图8