



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106796381 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201580053650.5

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

(22)申请日 2015.10.01

代理人 陈长会

(30)优先权数据

62/059,370 2014.10.03 US

(51)Int.Cl.

G02F 1/25(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

A61C 7/20(2006.01)

2017.03.31

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/053576 2015.10.01

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/054427 EN 2016.04.07

(71)申请人 3M创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 D·J·斯卡姆塞 P·P·玛科维茨

S·H·空

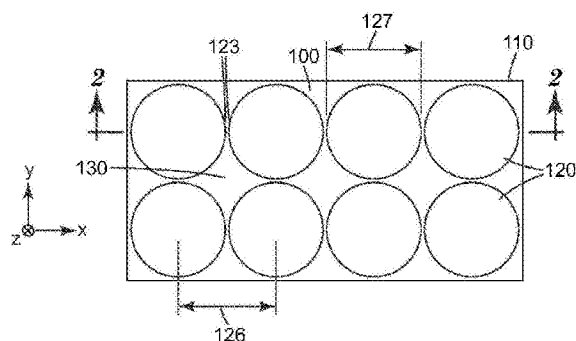
权利要求书2页 说明书26页 附图11页

(54)发明名称

用于管理入射光的散射的方法和由其产生的制品

(57)摘要

本公开提供了表现出减小的镜面反射和光泽度,同时仍然在多个入射角提供高强度的反射光的工程化表面。结构化金属表面包括增加漫反射的工程化形貌,引起以多个视角感知的更大的光强度。专注于此类表面的观察者可能感知到入射光的更强的“白色”反射,以及美学外观的改善,具体是在正畸口腔应用和其它口腔应用中。还公开了产生工程化表面的方法和结合有工程化表面的正畸制品。



1. 一种正畸器具,包括:
包括金属的外表面;和
在所述外表面上的多个工程化特征部,并且其中包括所述多个特征部的所述表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少20的最小L*值,如通过漫射散射测试所测量的。
2. 根据权利要求1所述的正畸器具,其中所述工程化特征部包括在所述外表面中的多个凹陷部。
3. 根据权利要求2所述的正畸器具,其中所述多个凹陷部的平均深度为至少0.5微米并且不大于20微米。
4. 根据权利要求2所述的正畸器具,其中相邻凹陷部之间的间距为至少15微米并且不大于60微米。
5. 根据权利要求4所述的正畸器具,其中所述凹陷部以具有横向轴线和纵向轴线的阵列进行布置,并且其中沿着所述横向轴线的相邻凹陷部之间的所述间距大于沿着所述纵向轴线的相邻凹陷部之间的间距。
6. 根据权利要求5所述的正畸器具,其中横截面尺寸包括直径,所述直径为至少25微米并且不大于35微米,并且其中所述间距为至少25微米并且不大于35微米。
7. 根据权利要求2所述的正畸器具,其中所述多个凹陷部以周期性阵列进行布置,并且其中所述表面包括阵列中任何两个凹陷部之间的间隙空间,并且其中凹陷部之间的所述间隙空间包括一个或多个突起特征部。
8. 根据权利要求2所述的正畸器具,其中至少一个凹陷部包括在所述凹陷部的底表面上的突起特征部。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的正畸器具,其中所述器具是弓丝。
10. 根据前述权利要求中任一项所述的器具,其中在没有任何美观涂层的情况下,所述表面表现出至少0.4的漫射 $L^*_{min70}/max15$ 比。
11. 一种器具,包括:
包括金属的外表面;
限定在所述表面中的多个凹陷部,每个凹陷部具有距所述表面至少0.5微米的深度,其中所述凹陷部以重叠阵列进行布置,使得大多数所述凹陷部在边界区域处与相邻凹陷部重叠。
12. 根据权利要求11所述的器具,其中所述多个凹陷部中的所述至少一个凹陷部布置在具有至少一个其它凹陷部的单元格中,并且其中所述单元格中的凹陷部之间的所述间距为至少20微米并且不大于50微米。
13. 根据权利要求11所述的器具,其中所述重叠边界区域包括所述表面中的一系列离散的突起特征部。
14. 根据权利要求2至13中任一项所述的器具,其中至少一个凹陷部包括约10微米的深度。
15. 一种用于改善制品的美学外观的方法,所述方法包括:
提供具有外表面的制品,所述表面包括金属;
消融所述表面的至少一部分以在其上产生多个特征部,使得所述表面表现出通过所述

漫射散射测试所测量的至少0.2的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中所述多个特征部包括所述表面中的多个凹陷部。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中所述凹陷部中的至少一些重叠以形成突起特征部。

18. 根据权利要求15至17中任一项所述的方法,其中消融所述表面的至少一部分包括产生凹陷部的第一图案,所述第一图案在所述阵列中的相邻凹陷部之间具有至少10微米并且不大于100微米的间距。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中所述凹陷部以具有横向轴线和纵向轴线的阵列进行布置,并且其中沿着所述横向轴线的相邻凹陷部之间的所述间距大于沿着所述纵向轴线的相邻凹陷部之间的间距。

20. 根据权利要求15至19中任一项所述的方法,其中消融所述表面的一部分还包括根据第二图案产生一系列凹陷部,其中所述第二图案基本上类似于所述第一图案。

21. 根据权利要求15所述的方法,其中所述特征部包括离散凹陷部,每个离散凹陷部包括凹面透镜状结构,并且其中所述凹陷部包括靠近所述透镜的顶点的离散突起特征部。

22. 根据权利要求15至21中任一项所述的方法,其中消融所述表面包括在所述表面的至少一部分上方以第一阵列产生特征部的第一图案,以及破坏所述第一图案的一部分,使得所述第一图案的至少两个凹陷部的几何尺寸被改变。

23. 根据权利要求22所述的方法,其中破坏所述第一图案的一部分包括在第二阵列中产生特征部的第二图案,其中特征部的所述第二图案从所述第一图案偏移,并且其中所述第二阵列的所述特征部与所述第一阵列的特征部至少部分地重叠。

24. 根据权利要求15至23中任一项所述的方法,其中所述表面在0度的入射角和70度的视角表现出至少0.2的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比和至少20的最小 L^* 值,如通过漫射散射测试所测量的,并且其中在没有任何美观的金属或聚合物涂层的情况下,所述表面表现出漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比。

25. 根据权利要求15至24中任一项所述的方法,其中所述表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少20的最小 L^* 值,如通过漫射散射测试所测量的。

26. 一种正畸器具,包括:

包括金属的外表面;和在所述外表面上的电镀金属涂层,并且其中所述表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少20的最小 L^* 值,如通过漫射散射测试所测量的。

27. 根据权利要求26所述的正畸器具,其中所述器具是正畸弓丝。

28. 根据权利要求26或27所述的正畸器具,其中所述电镀金属涂层包括铝和铯中的至少一种。

29. 根据权利要求26至28所述的正畸器具,其中所述表面包括多个工程化凹陷部,并且其中所述电镀金属涂层设置在所述多个凹陷部上。

30. 根据权利要求29所述的器具,其中所述多个凹陷部中的至少一个凹陷部布置在具有至少两个其它凹陷部的单元格中,并且其中所述单元格中的凹陷部之间的间距为至少20微米并且不大于50微米。

用于管理入射光的散射的方法和由其产生的制品

背景技术

[0001] 正畸治疗是关于错误定位的(或弯曲的)牙齿的监督治疗的牙科专业领域。通常,此类治疗涉及使用一个或多个正畸器具将轻的连续力适当地施加到牙齿。这些力刺激周围骨结构的变化,从而逐渐将牙齿引导至其在口腔中的正确位置。正畸治疗可提供许多益处,包括易于保持卫生,改善的面部外观,以及改善的咬合功能。

[0002] 固定器具或“矫正器”代表一种类型的正畸治疗,其中称为托槽的微小狭槽形器具附接到牙齿。然后将弹性的U形(即,抛物线)弓丝放置到托槽的狭槽中。当结扎到托槽时,弓丝起到在治疗过程期间将牙齿朝向其正确位置引导的轨道的作用。在治疗开始时,弓丝趋向于具有小的横截面尺寸,以便于结扎,并且还在牙齿解开时使传递到牙齿的力保持相对较低。在治疗的后期阶段,牙齿接近其目标位置,允许逐渐更大(和更硬的)丝线用来改善医生对相关联的牙齿的控制。

[0003] 正畸托槽可以由一系列不同的材料制成,诸如金属(例如,不锈钢)、塑料(例如,聚碳酸酯)和陶瓷材料,诸如单晶和多晶氧化铝。弓丝还可由一系列金属或金属材料制成,所述合金材料包括不锈钢、钛和形状记忆合金,诸如镍-钛和铜-镍-钛的合金。

发明内容

[0004] 至少部分地由于金属光泽度和与患者釉质的颜色(白色或其它颜色)可识别的对比度,许多正畸器具,特别是金属弓丝,在美学上保持对某些患者和从业者不具吸引力。在最近几十年,使用美观正畸托槽的兴趣增加,这些托槽倾向于使口腔中的金属的外观最小化。例如,现在已经开发了半透明的并且采取下面的牙齿的颜色的陶瓷正畸托槽。半透明塑料托槽和牙色塑料托槽也是已知的。

[0005] 美观正畸托槽的使用可在口腔中呈现显著改善的外观。通常,弓丝是容易可见的唯一金属部件。因此,期望减小或消除这种最后剩余的金属外观的来源。

[0006] 在过去已经提出了涂覆有非金属美观层的正畸弓丝。例如,美国专利号5,454,716 (Banerjee等人)和国际公布号W0 97/29712 (Sjoegren)描述了涂覆有与牙齿颜色匹配的薄着色层的正畸弓丝。在美国专利号4,050,156 (Chasanoff等人)和3,504,438 (Anthony等人)中描述了其它涂覆的正畸弓丝。美国专利号4,731,018 (Adele等人)描述了一种具有金属部件和塑料部件的弓丝,其被布置成使得塑料部件面向唇侧方向。

[0007] 改善金属正畸物品的外观的先前尝试还具有将美观金属沉积到或引入到制品的一个或多个表面上的特征。美国专利号8,778,444 (Kim)描述了在用金属或其它保护性组合物涂覆表面以赋予白色或象牙色之前对金属丝表面进行物理或化学蚀刻。弓丝随后用透明的聚对二甲苯膜进行涂覆,表面上,使得可防止透明的金属材料在丝和牙齿之间的变色和粘合性。类似地,美国专利号8,726,510 (Voudouris)报道了在自结扎托槽夹具上使用大规模激光产生的凹坑,以产生粗糙的表面纹理,用于增强的美观涂层粘附。

[0008] 美国专利号5,882,193 (Wool)提出了一种用于将辅助部件附接到弓丝的装置,由此弓丝的表面首先通过用酸还原剂处理而被去氧化。然后将清洁的表面镀上贵金属,例如

金、铂、铑和钯。镀覆表面可提供一些美观改善,同时主要提供用于辅助附接的可焊接或可钎焊的表面。

[0009] 通过主要依赖于由涂层材料赋予的影响,此类方法产生在外观上仍然是明显金属的正畸器具,特别是牙弓的相对取向在言语、咀嚼和头部的其它运动期间改变。因此,需要一种在最小化金属光泽度的同时在宽视角范围内基本上保持牙齿颜色外观的器具。

[0010] 本公开提供了表现出减小的镜面反射和光泽度,同时仍然以多个入射角提供高强度的反射光的工程化结构的金属表面。结构化金属表面包括增加漫反射的工程化形貌,导致以多个视角感知的光的更大强度。专注于此类表面的观察者可能感知到入射光的更强的“白色”反射,以及美学外观的改善,具体是在正畸口腔应用和其它口腔应用中。

[0011] 在一个方面,本公开提供了一种包括外表面的正畸器具,所述外表面包括金属;以及在外表面中的多个凹陷部,并且其中包括多个凹陷部的表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少20的最小L*值。

[0012] 在另一个方面,本公开提供了一种包括外表面的正畸器具,所述外表面包括金属;以及在外表面中的多个工程化特征部,并且其中包括多个工程化特征部的表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少20的最小L*值。

[0013] 在另一个方面,本公开提供一种器具,其包括主体,该主体具有包括金属的外表面和在该表面上的多个工程化特征部。工程化表面在0度的入射角和70度的视角表现出在小于14的总CIE色度、至少20的最小L*值处的至少0.2的漫射 $L^*_{min70/max15}$ 比,如通过漫射散射测试所测量的。

[0014] 在另一个方面,本公开提供一种器具,其包括外表面,所述外表面包括金属和限定在表面中的多个凹陷部。凹陷部具有距表面至少0.5微米的平均深度,并且以重叠阵列进行布置,使得大多数凹陷部在边界区域处与相邻凹陷部重叠。

[0015] 在另一个方面,本公开提供了一种用于改善制品的美学外观的方法,所述方法包括提供具有外表面的制品,所述表面包括金属,并且消融表面的至少一部分以在其上产生多个特征部,使得表面表现出至少0.2的漫射 $L^*_{min70/max15}$ 比。

[0016] 如本文所用,“几何形状”指工程化特征部的尺寸和形状。

[0017] 如本文所使用的,“特征部”为具有可识别的几何形状的结构或特征部,所述可识别的几何形状由突出表面的基准面的体积或突入表面中的凹进体积限定。

[0018] 如本文所使用的,“工程化微结构”和“工程化特征部”将意指有意形成到表面中并与表面成一体的结构。工程化微结构或工程化特征部不同于通过将颗粒通过喷涂,粘合剂粘结等随机施加到表面而产生的结构。

[0019] 如本文所使用的,术语“工程化表面”和“结构化表面”通常用来指包括工程化特征部的表面。

[0020] 如本文所使用的,术语“间距”意指工程化表面上的相邻结构(例如,凹陷部)之间的平均质心到质心距离。

[0021] 如本文所使用的,术语“高度”、“基部”和“顶部”仅用于说明目的,并且不一定限定表面和微结构之间的取向或关系。例如,突入到表面中的特征部的“高度”可被认为与所产生的凹陷部的“深度”,并且所述凹陷部的“顶部”和“底部”相同。因此,术语“高度”和“深度”,以及“顶部”和“底部”应该被认为是可互换的。

[0022] 术语“包括”及其变型形式在说明书和权利要求中出现这些术语的地方不具有限制的含义。

[0023] 词语“优选的”和“优选地”是指在某些情况下可提供某些有益效果的本发明的实施方案。但是,在相同的情况下或其它情况下,其它实施方案也可以是优选的。此外,对一个或多个优选实施方案的表述并不暗示其他实施方案是不可用的,且并非旨在将其他实施方案排除在本发明范围之外。

[0024] 如本文所述,应该将所有数字视为由术语“约”修饰。

[0025] 如本文所使用的,“一个/种(a)”、“一个/种(an)”、“该”、“至少一个(种)”以及“一个(种)或多个(种)”可互换使用。因此,例如,包括凹陷部的“一个”图案的工程化表面可被解释为包括“一个或多个”图案的工程化表面。

[0026] 另外,在本文中,通过端点表述的数值范围包括该范围内所含的所有数值(例如,1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.80、4、5等)。

[0027] 如本文所用,作为对特性或属性的修饰语,除非另外具体地定义,否则术语“大致”意指该特性或属性将能容易被普通技术人员识别,而不需要绝对精确或完美匹配(例如,对于可计量特性,在 $\pm 20\%$ 内)。除非另外具体地定义,否则术语“基本上”意指高逼近程度(例如,在可定量特性的 $\pm 10\%$ 内),但同样不需要绝对精确或完美匹配。诸如相同、相等、均匀、恒定、严格地等的术语被理解为在通常公差内,或在适用于特定情况的测量误差内,而非需要绝对精确或完全匹配。

[0028] 本公开的上述发明内容不旨在描述本发明的每个公开的实施方案或每个实施方式。以下描述更为具体地举例说明了示例性实施方案。在本申请的全文的若干处,通过示例列表提供了指导,这些示例能够以各种组合使用。在每种情况下,所表述的列表只是作为代表性的组类,不应解释为穷举性的列表。

附图说明

[0029] 将参考附图进一步描述本公开,其中在所有若干个视图中,对应的参考符号指示对应的部分,并且在附图中:

[0030] 图1示出根据本公开的一个实施方案的表面上工程化凹陷部的布置;

[0031] 图2是图1的工程化表面的横截面图;

[0032] 图3是工程化结构的示意性侧视图;

[0033] 图4是根据本公开的另一个实施方案的工程化凹陷部的图案的光学显微图;

[0034] 图5是根据本公开的另一个实施方案的重叠的工程化凹陷部的布置的图示;

[0035] 图6是详细示出在基材的表面上产生工程化凹陷部的图案的方法的框图。

[0036] 图7是根据本公开的实施方案的激光消融系统的示意图。

[0037] 图8A是根据本公开的实施方案的线性系列的离散凹陷部的光学显微图。

[0038] 图8B是根据本公开的实施方案的离散凹陷部的第一图案的光学显微图。

[0039] 图9是根据本公开的实施方案的激光图案相对于第一特征部图案和第二特征部图案之间的表面的取向的变化的图示。

[0040] 图10是正畸弓丝的俯视图;

[0041] 图11是图10的弓丝的横截面视图;

[0042] 图12至图21是根据本公开的各种实施方案通过工程化表面的共聚焦显微镜获得的激光强度图像。

[0043] 在某些所描绘的实施方案中的层仅为了进行示意性的说明,并且不旨在绝对地限定任何部件的厚度、相对位置或其它方式的位置或绝对位置。虽然上述附图示出了本公开的若干实施方案,但正如说明书中所指出的,还可以想到其它的实施方案。在所有情况下,本公开示例性而非限制性地呈现本发明。应当理解,本领域的技术人员可以设计出大量其它修改形式和实施方案,这些修改形式和实施方案落在本发明的范围之内并符合本发明原理的实质。

具体实施方式

[0044] 工程化表面

[0045] 本公开提供了表现出减小的镜面反射和光泽度,同时仍然在宽范围的入射角提供高强度的反射光的工程化、结构化的金属表面。结构化金属表面包括增加漫反射的工程化形貌,引起在宽范围的视角感知的更大的光强度。专注于此类表面的观察者可能感知到入射光的强烈的“白色”反射,以及美学外观的改善,具体是在正畸口腔应用和其它口腔应用中。有利地,根据下面的方法和概念的结构的产生消除或基本上减少了对基材或包含基材的制品的机械性能的任何有害影响。

[0046] 结构化表面区域通常沿着正交平面内方向延伸,其可用来限定局部笛卡尔 $x-y-z$ 坐标系。结构化表面区域的形貌然后能够以沿着相对于处在平行于结构化表面的参考平面($x-y$ 平面)的厚度方向(z 轴)的偏差表示。基材的工程化或结构化表面区域也可通常以平均高度进行描述。结构化表面区域的平均高度可被定义为与其相关联的假想表面,i) 缺乏突起特征部或侵入特征部,以及ii) 平行于结构化表面区域中的基材的主表面轮廓。基材的主表面轮廓可被称为基材表面的表面的形状,无关于结构化表面区域的突起特征部和侵入特征部的形状如何。结构通常在沿着两个正交的平面内方向的尺寸上受到限制,即,当在平面图中看到结构化表面时,单个结构通常不沿着任何平面内方向以线性方式无限延伸。本公开的工程化表面区域包括侵入特征部,并且在某些实施方案中包括突起特征部。工程化表面区域的突起特征部可通常描述为具有位于结构化表面区域的平均高度以上的表面点的特征部。结构化表面区域的侵入特征部(如凹陷特征部)可通常描述为具有位于结构化表面区域的平均高度以下的表面点的特征部。在本文的一些上下文中,突起特征部和侵入特征部是通常称为形貌特征部的特征部。

[0047] 具有侵入特征部的工程化表面或表面区域可称为凹陷特征部或凹陷部。例如,凹陷特征部可被称为凹陷部、凹井、腔体、凹面、凹坑、通道等。凹陷特征部可具有带有尺寸诸如直径、半径、深度、长度和宽度的体积。凹陷特征部的基部通常可指具有最接近平均高度的点的凹陷特征部内的位置,而距平均高度最远的凹陷部的表面或区域被认为是顶点。在一些实施方案中,凹陷特征部可通过相邻的突起特征部与另一个凹陷特征部分开。

[0048] 每个形貌特征部的基部可包括多种横截面形状,所述横截面形状包括但不限于平行四边形、具有圆角的平行四边形、矩形、方形、圆形、半圆形、椭圆形、半椭圆形、三角形、梯形、星形、其它多边形(例如六边形)等,以及它们的组合。对于不规则形状的基部(例如,不是平行四边形或圆形的基部),相关的横截面尺寸将被理解为等效面积的圆的直径。

[0049] 结构化表面区域的突起特征部可为表示背离或偏离另外的平坦表面区域的特征部。在一些目前期望的实施方案中,突起结构分离凹陷特征部。在一些实施方案中,可将结构化表面区域的几何形状描述为分层的。例如,在结构化表面区域内,凹陷特征部可具有设置在凹陷特征部的表面或壁上,凹陷特征部的凸起区域上,以及凹陷特征部内的随机的、部分随机的或精确间隔的特征部。凹陷特征部的表面可包括在相比于凹陷特征部本身的特征部的较短的高度或较窄的宽度尺度上的突起特征部。

[0050] 在一些实施方案中,形貌特征部作为周期性阵列横越结构化表面区域(例如,一维阵列或二维阵列,例如正方形阵列,六边形或其它的规则阵列)分布。在一些实施方案中,结构化表面包括凹陷部的布置图案。“凹陷部的布置图案”是布置在预定位置处,以某种程度的规则性布置,或以任何期望的方式布置的多个凹陷部。例如,凹陷部的布置图案可包括布置的行图案,布置的网格图案,诸如布置的正方形网格图案,布置的锯齿形图案或布置的放射状图案。凹陷部的布置图案不需要在整个表面上均匀地形成,而是可形成在制品表面的仅仅一部分中。凹陷部的图案可在制品的任何部分上变化或保持相同。例如,在同一平面内可使用相似或不同的图案。图案内的凹陷部可具有相似的尺寸和形状,或者可具有不同的尺寸和形状。

[0051] 在一些实施方案中,结构化表面区域的特征部可以基于规则重复,随机等或其组合而存在。在其它实施方案中,特征部可存在于结构化表面区域的整个区域的一部分上,或存在于结构化表面区域的整个区域上。在一些实施方案中,特征部可存在于结构化表面区域的凹陷特征部中,存在于结构化表面区域的突起特征部上等,或它们的组合。

[0052] 无论是突出部还是凹陷部,该结构在一些情况下也可密集堆积,即,布置成使得许多或大多数相邻结构的边界的至少部分基本上相交、重合、基本上重叠。结构可不规则地或不均匀地分散在结构化表面上。在一些情况下,一些、大多数或基本上所有(例如>90%,或>95%,或>99%)的结构可以是弯曲的,或者包括圆形或以其它方式弯曲的基部表面。给定结构的尺寸可在平面图中以等效圆直径(ECD)表示,并且结构化表面的结构可具有例如小于70微米,或小于60微米,或在从5微米至50微米的范围内的平均ECD。结构化表面区域和结构也可用如本文其它地方所讨论的其它参数来表征,例如通过深度或高度与特征横向尺寸,诸如ECD的纵横比。

[0053] 根据本公开的一个实施方式的工程化表面110在图1至图2中示出,并且包括突入到金属基材100的至少一部分中的多个离散工程化凹陷部120。金属基材100可以是平面的,基本上平面的,或者包括不同的形貌(例如,起伏)。用作基材的合适的金属包括但不限于不锈钢合金、铬-钴-钼合金、钛合金、锆合金、形状记忆镍钛合金、超弹性镍钛合金、铝合金、铜合金及其组合。根据工程化表面的所需应用,可使用另外的金属。基材100的厚度可根据工程化表面的预期用途而变化。有利地,工程化特征部通常由与基材相同的材料制成,如下面进一步描述的。

[0054] 工程化凹陷部120以在相邻凹陷部120之间具有限定的间隔或间距的阵列进行布置。选择任何给定区域中的凹陷部的配置,使得间距126(即,相邻特征部之间的平均质心到质心距离)为至少5微米,在其它实施方案中为至少15微米,在其它实施方案中为至少20微米,在其它实施方案中为至少25微米,并且在其它实施方案中为至少30微米。在某些实施方案中,间距126不大于70微米,在一些实施方案中不大于60微米,在一些实施方案中不大于

50微米,并且在某些实施方案中不大于45微米。根据凹陷部的横截面尺寸,具有在该范围之外的特征部间距的工程化表面可导致不足以减少镜面反射,或不提供足够的形貌层次的形貌,从而导致光泽或金属外观。不希望受理论束缚,当间距太大时,感知的亮度和光泽度将比工程化结构更依赖于非图案化表面,特别是当特征部几何形状(例如直径、高度)为小时。如果根据下述方法通过引入激光能量产生凹陷部,则低于5微米的间距可导致在高重复率下在给定表面区域上引入过量的热能。这种过度的热能引入可在某些情况下氧化金属,并且/或者可使晶粒结构变形,潜在地改变工程化表面和随之而来的制品的机械性能。

[0055] 为了参考目的,笛卡尔x-y-z坐标系包括在图1中。基材大致平行于x-y平面延伸,并且系统的光轴可对应于z轴。工程化凹陷部120的网格阵列包括大致沿着x轴的横向方向和大致沿着y轴的纵向方向。阵列或图案中的相邻凹陷部之间的间距在横向方向和纵向方向上可相同。在其它潜在有利的实施方案中,沿着纵向方向的间距小于沿着横向方向的间距,反之亦然。沿着横向方向的间距和沿着纵向方向的间距之间的比率在本文中被定义为间隔比。在某些情况下,特别是当根据下面描述的方法覆盖多个图案时,间隔比优选地可不是1:1,因为1:1的间隔比可产生在表面上可感知的可见莫尔条纹图案,并且潜在地偏离所期望的美学外观。在一些实施方案中,间隔比为0.7:1,在一些实施方案中为0.9:1,在一些实施方案中为1.1:1,在一些实施方案中为1.3:1,并且在其它实施方案中为1.5:1。

[0056] 如图1中所示,在所示实施方案中的工程化凹陷部120被布置成立方体阵列,其中相邻凹陷部120的边界区域123直接相邻或略微重叠(即,凹陷部的离散直径可在非重叠区域中进行计算)。工程凹陷部120基本上是离散的,并且包括在相邻凹陷部120之间的间隙空间130。在该实施方式中,间隙空间130是未图案化的,因为它通常缺少任何形貌特征部或分层特征部。不受理论的束缚,相邻凹陷部之间的未图案化裸金属基材在一些情况下可有害地影响基材或制品的外观,因为未图案化区域允许入射光的更多镜面反射(即,光泽度)。

[0057] 但是,在密集堆积的阵列中,可减小或甚至最小化未图案化的表面区域的效果。如图4的光学显微图像中所示,工程化表面可包括六边形密集堆积阵列中的凹陷部的布置,以进一步最小化相邻凹陷部之间的间隙空间。

[0058] 由于平坦金属表面引起入射光的镜面反射并增加光泽度的趋势,包含在多个凹陷部内的工程化表面的面积通常显著大于在间隙空间内界定的面积。在一些实施方案中,工程化表面的75%的区域包含在凹陷部内,在一些实施方案中,至少80%的区域包含在凹陷部内,在一些实施方案中,至少85%的区域包含在凹陷部内,在一些实施方案中,至少90%的区域包含在凹陷部内,并且在另外的实施方案中,至少95%的区域包含凹陷部内。

[0059] 通常,凹陷部120包括邻近工程化表面110的基部121,以及与基部121分开深度124的底表面或顶点122。凹陷部120通常包括球形表面或凹面,使得靠近周边或边界的深度小于靠近中心的深度。如本文所使用的,术语“球形表面”意指该表面可被认为是球体的一部分,或者该表面具有大致球形曲率。一些球形表面可以视为是圆顶形的或半球形的。其它球形表面可覆盖比半球形更小的球的部分。在某些实施方式中,凹陷部120的球形曲率大体是连续的,使得凹陷部缺少与工程化表面正交或基本正交(例如,80度至89度)的侧壁。在此类实施方式中的大致球形曲率可被认为独立于凹陷部内的分层突起特征部。

[0060] 每个工程化凹陷部120的基部121可包括多种横截面形状,所述横截面形状包括但不限于平行四边形、具有圆角的平行四边形、矩形、方形、圆形、半圆形、椭圆形、半椭圆形、

三角形、梯形、星形、其它多边形(例如六边形)等,以及它们的组合。不管横截面形状如何,每个工程化特征部包括在基部121处的最大横截面尺寸。在目前优选的实施方式中,基部121的最大横截面尺寸可不大于80微米,在一些实施方案中不大于70微米,并且在一些实施方案中不大于60微米。最大横截面尺寸可为至少10微米,在一些实施方案中为至少15微米,并且在一些实施方案中为至少20微米。如将在下面的实施例中所述,具有在该范围之外的最大横截面尺寸的凹陷部可以是肉眼可感知的,并且/或者可导致基材表面的不充分的改性。

[0061] 凹陷部120通常包括不大于间距或最大横截面尺寸127的深度,但是在某些实施方案中,凹陷部深度显著小于间距或横截面尺寸。通常,多个凹陷部中的每个凹陷部具有至少0.5微米的深度。在一些实施方案中,凹陷部具有至少1微米的深度,在其它实施方案中具有至少1.5微米的深度,在其它实施方案中具有至少2微米的深度,在其它实施方案中具有至少3微米的深度,并且在其它实施方案中具有至少5微米的深度。在某些实施方案中,凹陷部深度不大于30微米,在一些实施方案中不大于25微米,在一些实施方案中不大于20微米,并且在某些实施方案中不大于15微米。具有大于30微米的深度的凹陷部可捕获某些波长的光,导致较小的可用强度,用于使表面看起来足够白。但是,可注意到,并非多个凹陷部中的所有凹陷部都需要落入上面列出的深度范围内。

[0062] 多个凹陷部中的每个凹陷部120包括特定的纵横比。对于在基本上整个微结构高度上包括规则(例如,欧几里德)和不规则(例如,非欧几里德)横截面形状的凹陷部,纵横比在本文被定义为高度与基部处的最大横截面尺寸(例如,宽度、长度、直径)的比。对于不规则形状的基部(不是平行四边形或圆形的基部),最大横截面尺寸将被理解为等效面积的圆的直径。不管凹陷部几何形状如何,多个凹陷部中的每个凹陷部通常包括不大于0.75和至少0.08的纵横比。

[0063] 如上文简要提及的,多个凹陷部120中的某些凹陷部可包括其上或其中的分层突起特征部。突起特征部通常是亚微米尺度,或者至少包括明显小于凹陷部120的横截面尺寸127或深度124的高度和横截面尺寸。在某些实施方案中,作为用来产生凹陷部120的方法的结果来产生这些分层特征部,特别是如下面进一步描述的那些以激光消融为特征的方法。在其它实施方式中,在通过用于在表面上设置微米级和纳米级结构的已知方法产生凹陷部之后可添加突起特征部。突起特征部可增强光的漫反射,并且可干扰以其它方式可感知的特征部图案,其可以以其它方式减损工程化表面110的美学外观。

[0064] 本公开的工程化表面可例如通过附带的工程化特征部的斜率分布和表面粗糙度来表征。使用共聚焦扫描激光显微镜(50X-150X物镜),可表征工程化表面的代表性部分。图3是包括工程化表面的制品的一部分的示意性侧视图。具体地,图3示出具有横越特征部的表面的斜率分布的工程化特征部160。例如,微结构在位置166处具有斜率 θ ,其中 θ 为在位置166处垂直于工程化特征部表面的法线164($\alpha=90^\circ$)与在相同位置处与特征部表面相切的切线168之间的角度。斜率 θ 也是切线168和制品170的平面主表面之间的角度。

[0065] 结构化表面的斜率可沿着x方向,然后沿着y方向截取,使得:

[0066] 公式1: $X - \text{斜率} = \frac{\Delta H(x,y)}{\Delta x}$, 以及

[0067] 公式2: $Y - \text{斜率} = \frac{\Delta H(x,y)}{\Delta y}$

[0068] 其中 $H(x, y)$ = 表面的高度轮廓。

[0069] 围绕每个像素以1.65微米间隔评估平均 x -斜率和 y -斜率。在不同的实施方案中,可选择较大的间隔,诸如2微米或3微米,只要使用恒定的间隔。以0.5度的面元大小产生 x 和 y 斜率分布。根据 x -斜率和 y -斜率数据,有可能确定梯度大小。这可以理解成:

[0070] 公式3: 梯度大小 = $\sqrt{\left(\frac{\Delta H(x, y)}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H(x, y)}{\Delta y}\right)^2}$

[0071] 然后平均梯度大小能够在以每个像素为中心的 $1.65\mu\text{m} \times 1.65\mu\text{m}$ 框中进行评估。以0.5度的面元大小产生梯度大小分布。应当理解,为了得到 x 倾斜度、 y 倾斜度的角度值以及对应于上述值的梯度大小角度,应取公式1、2和3中的这些值的反正切。梯度大小对应于 x -斜率和 y -斜率的组合,因此,梯度大小可理解为总斜率大小。

[0072] 在一些情况下,诸如当工程化特征部具有高斯或正斜率分布时, x -斜率分布和 y -斜率分布之间的最小半高全宽(FWHM)为至少10度,在其它实施方案中为至少20度,并且在其它实施方案中为至少30度。至少20度的最小FWHM表现出倾向于增大漫反射光的强度的各种特征部。其它示例性的斜率分布包括洛伦兹分布、抛物线分布和不同分布的组合。

[0073] 除了斜率分布的最小FWHM和斜率大小之外,工程化表面的表面粗糙度还可影响光反射性质。不言而喻,表面粗糙度是表面的粗糙度的量度。表面粗糙度可使用诸如可分辨微米范围内的特征部的共聚焦显微镜的技术来进行测量。当描述表面粗糙度时,可使用平均粗糙度(R_a)或均方根粗糙度(R_q),尽管 R_q 是目前优选的。 R_q 是从平均图像数据平面获取的高度偏差的均方根平均值,表示为:

[0074] 公式4: $R_q = \sqrt{\frac{\sum H_i^2}{N}}$

[0075] 其中 N 是点的总数,并且 H 是每个点的高度(相对于平均高度)。

[0076] 原始数据的傅立叶分析可用来检查工程化表面的粗糙度,同时使来自噪声和表面波纹的贡献最小化。高空间频率滤波器可用来去除波纹度。另选地,可使用低通空间频率滤波器,以去除由测量仪器引入的噪声。当使用低通空间频率滤波器时,可结合低通滤波器使用高通空间频率滤波器,以去除样品的表面高度图中的波动和噪声(即,带通滤波器)。高斯傅立叶滤波器窗口通常用来避免本领域中已知的振铃伪像。参见,例如ASME标准B46.1-2009:“表面纹理:表面粗糙度,波度和铺层”与ISO 25178-2:2012。本领域普通技术人员应当理解,粗糙度测量通常应该在没有碎屑或缺陷(例如,无意的气泡、凹坑、划痕等)的样品的区域中进行,以具有意义。可使用软件程序,诸如可从加利福尼亚州圣克拉拉的布鲁克公司(Bruker Corp., Santa Barbara, CA)购得的商品名为“VISION”的软件程序,或者可使用数据处理软件,诸如从马萨诸塞州纳提克的MathWorks公司(MathWorks, Natick, MA)购得的商品名为“MATLAB”的那些程序。

[0077] 在一个实施方案中,使用高斯傅里叶滤波器,工程化表面的 R_q 值大于0.5微米、0.8微米、1微米、1.5微米或甚至2微米。在目前优选的情况下,工程化表面的 R_q 值为至少1微米。

[0078] 根据本公开的另一个实施方案的工程化表面210在图4的光学显微图中示出。工程化表面210包括在凹陷部基部234处具有改变的横截面尺寸的被破坏的凹陷部220的布置。根据本公开的破坏的凹陷部220可以是相邻凹陷部之间的边界区域的重叠的结果。为了产生这种重叠,基于大于间距230的预期直径产生破坏的凹陷部220。如本文所使用的“预期直

径”是指根据在产生工程化表面中所使用的所选方法和工艺参数在单个凹陷部的基部处的直径或ECD。例如,根据下述方法通过激光消融形成的凹陷部220可具有40微米的预期直径。如果多个凹陷部220沿着金属表面的横向方向以30微米的间距布置,则在相邻的凹陷部220之间将存在大约10微米的重叠。附加的重叠区域也可通过在纵向方向上的相邻凹陷部产生。重叠区域可引起在离散的凹陷部之间产生突起或侵入的特征部,并且另选地可作为凹陷部的一部分或作为间隙空间可以被肉眼看到。

[0079] 在图5中进一步示出破坏的凹陷部的概念。图5示出具有预期直径334的多个球形凹陷部320。凹陷部以线性的网格阵列进行布置,使得未设置在工程化表面310的边缘区域350上的任何凹陷部320将在x方向和y方向上具有一个或多个相邻的凹陷部320。阵列内的某些凹陷部320包括多个相邻凹陷部之间的多个重叠边界区域323,产生由多个重叠边界区域限定的离散内部凹陷部321。因此,离散内部凹陷部321包括小于预期直径的横截面尺寸。经由相邻凹陷部之间的实质重叠的破坏可改变凹陷部的一个或多个特性,包括但不限于基部处的深度、体积、曲率、斜率分布和横截面尺寸。

[0080] 至少部分地由于表面粗糙度的增加,本公开的工程化表面可在正入射照明下在70度视角表现出至少20的最小L*值。当在本文中使用时,相对于样品法线(即,图3中的线164)测量视角(即,散射角)。白度是位于颜色空间的相对小的区域中的高光反射率和低纯度的颜色的属性。亮度根据颜色的明暗程度描述颜色的总体强度。在国际照明委员会L*a*b*评分系统下,白色由其高亮度区分,并且具有完全白色外观的表面具有100(或者如果仅在特定视角测量,则更大)的L*。尽管通常不认为是白色的,但是当借助垂直入射光在基本上正交于表面的角度观察时,许多金属具有相对高的L*值。但是,当视角垂直偏移超过10度时,则亮度减小,导致显示的L*值显著减小。相反,根据本公开的工程化表面的L*值可保持在50以上,甚至当视角从垂直改变时。在一些实施方案中,在30度的散射角的L*值大于60,在一些实施方案中大于75,并且在其它实施方案中大于80。

[0081] 在某些实施方式中,与不锈钢相比,本公开的工程化表面在正交于表面的入射角处具有减小的L*值。但是,值得注意的是,由本公开的工程化表面提供的反射强度基本上不随着视角变化而减小,从而有助于相对高的L比。如本文所使用的,“L比”或“L*比”是在70度视角的最小L*值与在15度视角的最大L*值之间的L*值。当入射光的视角或角度相对于基本上正交的视图旋转时,特别是当表面不是黑色时,表现出低的或不可计算的L比的表面可产生明显的亮度变化。例如,未蚀刻的和以其它方式未纹理化的不锈钢可表现出为0的L比。具有中等至高的L比的表面表现出作为视角的函数的更均匀的亮度(即L*)。在一些实施方式中,即使没有美观涂层,本公开的工程化表面可表现出至少0.1的L比值,在一些实施方案中,为至少0.2的L比值,在一些实施方案中,为至少0.3的L比值,在其它实施方案中,为至少0.4的L比值,在其它实施方案中,为至少0.6的L比值,如下面的实施例所述。

[0082] 在另一个方面,本公开提供了一种用于使用激光能量在表面中产生微米级工程化特征部的图案的方法。该过程的流程图在图6中示出。在步骤500中,提供具有金属表面的制品,并且相对于激光源或扫描器对其进行取向。根据本领域公知的方法,金属表面上的污染物可在这一点被除去。在步骤510中,定义与第一特征部图案相关的激光图案参数,以控制表面上的消融产生的特征部的初始位置、间隔和尺寸。相关图案参数包括:1)在x方向和y方向两者上的目标位置(即,用于接收激光能量的表面上的目标位点)之间的距离(即,间隔);

2) 将包括工程化特征部的金属表面的部分或范围;3) 激光功率和/或波长;4) 激光束相对于基材的焦点位置;和5) 指向表面的激光能量(脉冲)的重复率。第一特征部图案可包括但不限于笛卡尔网格阵列、六边形阵列和其它结构化和非结构化阵列。接下来,在步骤520中,激光束在预定的行进路径处移动越过制品的表面。在其它实施方式中,表面可相对于激光束移动。在该步骤520期间,激光源根据所确定的第一特征部图案参数以预定的时间间隔释放激光能量(即,产生脉冲),从而在表面上产生第一特征部图案的第一部分。根据第一特征部图案和基材表面上的第一特征部图案的期望取向,第一部分可以是特征部的大致水平、垂直、对角线的、正弦曲线的、螺旋的或其它线性的或非线性的系列。一旦产生了特征部的初始线或系列,过程前进到步骤530,其中激光束根据第一图案参数(例如,间距)从第一系列偏移,并且激光束再次前进,以激光束和基材之间的相同的相对取向横穿表面,以产生第一特征部图案的第二随后部分。重复产生图案部分的这个过程,直到在金属表面的期望部分上产生工程化特征部的第一图案。

[0083] 可选地,步骤500至步骤530中概述的过程可用来产生如步骤540至步骤560中所述的与第一特征部图案至少部分重叠的附加的特征部图案。在目前优选的情况下,在步骤540中选择的附加特征部图案保持或近似于第一特征部图案的激光图案参数中的至少一些。但是,激光图案相对于表面的取向可在特征部图案之间或之中被修改。在某些实施方案中,激光束的行进路径相对于表面的位置可旋转,这引起激光图案的旋转。在图9中所示的一个示例性过程中,激光束在产生第一特征部图案910中在y方向上行进越过表面,产生大致沿着纵向线920的一系列特征部。但是,在产生第二特征部图案930之前,修改图案参数,使得激光束的预期行进路径旋转90度。如图9中所示,在产生第二特征部图案930,从而沿着横向线940将表面暴露于激光能量中,该旋转确保光束将在x方向上行进越过表面。如果第一特征部图案参数和第二特征部图案参数在图案旋转之前在x方向上包括相同的间距并且在y方向上包括相同的间距,则x方向和y方向上的第二特征部图案的间距将与第一特征部图案的x方向和y方向间距相反。换句话说,如果第一特征部图案中的特征部之间的间距在x方向上为20微米,以及在y方向上为25微米,则激光图案旋转90度将引起第二特征部图案包括在x方向上的25微米的间距,以及在y方向上的20微米的间距。在替代实施方式中,表面可相对于激光束旋转,例如90度,以实现图案参数和/或特征部间隔中的相同区别。

[0084] 另选地,第二特征部图案可包括第一特征部图案的镜像,例如,其中第二图案在x方向上的间距与第一图案在y方向上的间距相同。

[0085] 第一图案和第二图案的间距的修改可导致工程化特征部的显著破坏。在某些实施方式中,这种破坏是由超过预期横截面尺寸(通常为直径)的特征部的重叠边界区域引起的。经由相邻特征部之间的实质重叠的破坏可改变特征部的一个或多个特征,包括但不限于基部处的深度、体积、曲率、斜率、斜率分布和横截面尺寸。此外,凹陷部的破坏可在间隙空间中和凹陷部内产生突起特征部。如在图14和图21中所示,并且根据相邻特征部之间的重叠区域的程度,无论所选择的第一特征部图案的任何周期性特性如何,所得到的工程化表面可看起来包括非周期性特征。有利地,特征部的破坏可减小金属表面的光泽度和其它预期的光学特征,因为突起特征部和侵入特征部引起更大程度的漫反射。在某些实施方式中,破坏的结构仍然可通过参考平面中的等效圆直径(ECD),以及借助相对于平均高度的平均高度来表征。

[0086] 在其它实施方案中,以在相同的消融周期内使用增加的激光能量实现实质性破坏。例如,第一特征部图案中的凹陷部可在2.25W的平均功率下基本上不重叠。如果其它图案参数保持恒定并且功率增加到例如3.9W,则由于在基材表面处的较高能量,相邻的凹陷部将在边界区域处基本上重叠。增加的能量导致具有较大预期横截面尺寸的凹陷部。

[0087] 如果根据下面描述的方法在工程化特征部的表面上包括金属或其它涂层,则有利的是将预期的横截面尺寸增加到大于在最终状态下期望的尺寸。在某些情况下,涂层的厚度可导致某些凹陷部或特征部的填充,通过减小特征部的深度和其它特性来基本上平坦化表面。通过调整激光图案以增加工程化特征部的尺寸,可抵消或以其它方式适应这种行为。

[0088] 考虑到涂层厚度,在沉积厚度(t)的涂层之后,工程化特征部的初始宽度(w_i)与最终宽度(w_f)的关系可至少粗略地如下确定,假设球形工程化特征部为圆形段的一部分,其特征部宽度限定形成中心角 θ 的弦:

$$[0089] \quad w_i = 2(R+t) \sin(0.5\theta) \quad w_f = 2R \sin(0.5\theta)$$

$$[0090] \quad w_i = (R+t) w_f / R \text{ 其中 } R = \text{最终工程化特征部的半径。}$$

[0091] 在沉积厚度(t)的涂层之后,工程化特征部的初始深度(d_i)与最终深度(d_f)的关系为

$$[0092] \quad R = d_f + 0.5 w_f \cot(0.5\theta) \quad R+t = d_i + 0.5 w_i \cot(0.5\theta) \quad d_f = R - 0.5(4R^2 - w_f^2)^{0.5}$$

$$[0093] \quad d_i = R+t - (R-d_f) w_i / w_f = R+t - (R-d_f) (R+t) / R$$

[0094] 例如,如果工程化凹陷部的期望最终宽度和半径分别为30微米和20微米,具有10微米厚的涂层,则工程化凹陷部的初始宽度应为45微米。如果工程化特征部的最终深度为6.78微米,则对应的初始深度为10.17微米。

[0095] 在该方法的一些实施方案中,使用激光源,例如光纤激光器产生激光能量。使用如图7中所示的激光系统可进行制品表面700的激光消融。在一些实施方案中,系统600包括激光源602、激光束传输光纤604和控制器608。激光源602被构造成用于产生激光能量的脉冲。通常为光学扫描器的可移动扫描器605被构造成用于相对于目标位置定位激光束610。激光束传输光纤604光学耦合到激光源602,并且被构造成用于将由激光源602产生的激光能量610引导通过扫描器605到达目标基材。控制器608被构造成用于基于来自图案化软件的输出信号或用户对扫描器或基材位置的直接操纵来控制激光源602和扫描器605。激光源602可包括用来产生激光能量的一个或多个激光源。系统600还可包括常规部件,诸如光束扩展器614,以产生具有期望的焦斑尺寸的激光束。在一些实施方案中,激光能量具有大约532nm的波长(绿色)。也可使用其它波长的激光能量610,诸如具有大约400nm至475nm(蓝色)、大约355nm(近UV)的波长的激光能量,或者具有大约1000nm至1100nm(近IR)的波长的激光能量。根据要在基材表面中产生的凹陷部或其它特征部的几何形状,这些和其它波长可用于激光束610。

[0096] 在一些实施方案中,由激光源602产生的激光束610光学耦合到配备有常规光隔离器612的激光束传输光纤604。激光束传输光纤604还可包括任何常规的光学部件以成形和传输激光束。激光光纤604的远端可包括光学部件,以沿着激光光纤604的轴线(即,端射激光器)横向(即,侧射激光器)或以另一种常规的方式释放激光能量610。在所示的实施方式中,如所示,当光隔离器612基本上垂直于端口620的轴线进行取向时,从光隔离器612的远

端616释放的激光束610可经由面镜618被引导到扫描器端口620中。在某些情况下,此类构造可保护光学隔离器612免于与系统的其它部件的无意碰撞。在另选的实施方式中,光束610可平行于端口620的轴线释放。

[0097] 可使用控制器608进行调整的相关激光源参数包括功率级设置、脉冲宽度设置、脉冲重复率设置和其它激光源设置。在一些实施方案中,控制器包括或具有经由网络访问软件程序,以控制扫描参数(例如,速度、角度等)。例如,控制器可包括可从伊利诺伊州圣查尔斯的SCANLAB美国公司(SCANLAB America, St. Charles, IL)购得的LaserDESK[®]软件程序。

[0098] 再次转到步骤520至步骤530,根据所选择的初始间隔沿着金属表面的至少一部分(例如,在横向方向上)制造特征部的第一系列。通过保持表面固定并修改激光束的位置可产生该系列,反之亦然。在典型的情况下,根据扫描速度和激光器的重复率,产生一系列小凹陷部,其具有连续凹陷部之间的距离。

[0099] 公式5: $d = v/f = \left[\frac{m}{s} \right] / \left[\frac{1}{s} \right] = [m]$

[0100] 其中, v=扫描速度

[0101] d=凹陷部到凹陷部的距离

[0102] f=激光重复率

[0103] 该系列可形成凹陷部的线性阵列(如图8A中所示),其中根据所选择的激光束参数,特别是重复率和扫描速率,阵列中相邻凹陷部之间的间距从初始特征部间隔变化。接下来,产生凹陷部的第二系列,其中每个凹陷部根据在y方向上的预定间距与第一凹陷部间隔开。图8B中示出凹陷部的第三系列的产生。重复附加系列的产生,直到第一特征部图案在基材表面的期望部分上完成。

[0104] 除了线性阵列之外,还可产生其它图案。凹陷部可以以正弦曲线、螺旋、斑点、分形和无数其它图案产生。在其它实施方式中,激光束相对于表面不定期地移动和发射。

[0105] 通常通过修改某些图案参数,在步骤540至步骤560中可产生至少部分地与第一特征部图案重叠的附加特征部图案。尽管图6中所示的激光图案化过程仅设想产生两个重叠特征部图案,但本领域技术人员应当理解,可产生任何数量的重叠图案。例如,有可能用三个、四个、六个和八个重叠的阵列和凹陷部的图案产生表面的实质性破坏。在目前优选的情况下,在产生每个图案之后,修改(例如,旋转)激光图案相对于表面的取向(即,激光束的行进路径的相对位置)。

[0106] 在某些实施方案中,可将激光器的焦点调整到目标基材的表面下方的点。在某些实施方式中,焦点在制品表面下方至少50微米。在其它实施方式中,焦点在表面下方约200微米。在基材的表面下面调整焦点可增加所产生的凹陷部或其它特征部的尺寸。在其它实施方案中,激光器的焦点被调整为处于或稍微高于制品的表面。

[0107] 在辅助气体的存在下可执行微尺度特征部的图案的产生。虽然用来执行消融的生成气体的种类可根据预定的处理条件而变化,但是可使用氩(Ar)、氧(O₂)和氮(N₂)、氦、二氧化碳(CO₂)中的任何一种,或它们中的至少两种的混合气体。在目前优选的情况下,使用惰性气体以最小化消融表面上的氧化物形成。

[0108] 在另选的实施方式中,工程化表面可通过多种方法形成,包括多种微复制方法,包

包括但不限于浇铸、涂覆和/或压缩技术。例如,工程化表面可通过如下方法的至少一种产生:(1)使用具有第一特征部图案的工具浇铸熔融热塑性塑料,(2)将流体涂覆到具有第一特征部图案的工具上,固化流体,并去除所得的膜,(3)使热塑性膜经过压料辊以抵靠具有第一特征部图案的工具进行压缩(即压印),和/或(4)使挥发性溶剂中的聚合物的溶液或分散体与具有第一特征部图案的工具接触,并且例如通过蒸发去除溶剂。可使用本领域技术人员已知的多种技术中的任何一种来形成工具,部分地根据工具材料和期望形貌的特征部选择这些技术。例示性的技术包括蚀刻(例如,化学蚀刻,机械蚀刻,或其它消融方法诸如激光消融、电子束或反应性离子蚀刻等,以及它们的组合)、光刻法、立体光刻、微机械加工、滚花(例如,切滚或酸强化滚)、刻痕、切削等,或它们的组合。

[0109] 形成工程化表面的另选的方法包括热塑性挤出,脉冲电子束消融,可固化流体涂覆方法和压印热塑性层,该热塑性层也可被固化。关于基材材料和用于形成工程化表面110的各种工艺的附加信息可在以下公开中找到,例如Halverson等人的PCT公布号WO 2007/070310和美国公布号US 2007/0134784;美国公布号US 2003/0235677 (Hanschen等人);PCT公布号W02004/000569 (Graham等人);美国专利号6,386,699 (Ylitalo等人);Johnston等人的美国公布号US 2002/0128578和美国专利号US 6,420,622、US 6,867,342、US 7,223,364;以及美国专利号7,309,519 (Scholz等人)。

[0110] 作为最后的可选步骤,美观涂层可施加到本公开的工程化表面,以便进一步改善美观。合适的美观涂层可以是银(Ag)、锌(Zn)、锡(Sn)、铟(In)、铂(Pt)、钨(W)、镍(Ni)、铬(Cr)、铝(Al)、钯(Pd)、金(Au)和铑(Rh)中至少两种的混合物中的一种。在将涂层施加到工程化表面的情况下,其可通过任何适当的涂覆方法施加,诸如电镀、溅射、气相沉积、旋涂、浸涂、辊对辊涂覆或任何其它数量的合适方法。合适的方法包括由国际公布号W02009/045036 (Kim)考虑的那些方法,以及在Lemkuhl等人在电化学科学与工程进展(Advances in Electrochemical Science and Engineering),177-226中的电解铝沉积和在有机铝电解质中溶解的原理和技术(The Principles and Techniques of Electrolytic Aluminum Deposition and Dissolution in Organoaluminum Electrolytes) (3d.ed.,Heinz Gerischer等人,1994)与美国专利号4,101,386和4,948,475 (Dotzer等人)中所论述的铝的电镀方法。在某些情况下,除了或替代正畸器具或其它制品上的工程化特征部,可提供通常根据这些方法沉积的电镀铝。

[0111] 美观的金属涂层通常具有在约0.1微米至50微米范围内,在一些实施方案中在约0.5微米至10微米的范围内,并且在其它实施方案中在约2微米至3微米的范围内的厚度。在另一个实施方案中,美观金属涂层具有约0.1微米至0.3微米的厚度。具有纳米级厚度的涂层在某些情况下可更接近于工程化特征部的轮廓,并且引起所需光学效应的较小破坏。

[0112] 在某些实施方式中,在开始美观涂层(例如,贵金属)沉积工艺之前,通过清洁工艺去除基材上的表面污染物,诸如氧化物或氮化物。离子溅射技术可用于清洁工艺。通过还原剂,诸如强酸盐溶液或酸本身可除去表面上的氧化物。通过盐酸,使某些被动或不可镀覆的表面,诸如不锈钢不含氧化物(活化)。形状记忆合金,诸如镍钛合金可通过还原剂,例如氟化氢铵使其表面活化。

[0113] 一旦处理以除去污染物,整个工程化表面可通过上述技术镀覆,或者工程化表面的特定区域可通过局部刷或小面积镀覆装置进行涂覆。根据本领域已知的方法,一旦设置

在工程化表面上,涂层可被阻挡膜阳极氧化、钝化或保护。

[0114] 本发明的工程化表面适用于在无数的正畸和口腔护理应用中使用。在一个特别有利的实施方式中,正畸弓丝被加工成包括一个或多个工程化表面。在图10中示出了示例性的水平正畸弓丝1000,其包括中心弯曲部分1020与相对于中心弯曲部分1020的相对端延伸的第一端部1030和第二端部1040。

[0115] 图11中示出弓丝1000的横截面视图。在本实施方案中,图11中示出的横截面形状是沿着弓丝1000的整个长度的弓丝1000的横截面形状的典型。弓丝可例如具有大致矩形的横截面形状、圆形横截面形状或卵形横截面形状,但是应当理解,其它横截面配置是可能的。弓丝1000的横截面形状通常沿着其整个长度是基本上均匀的。但是,其它实施方案是可能的,诸如弓丝,其中弓丝的横截面形状沿着弓丝的长度从一个部分到下一个部分变化。

[0116] 如图11中所示的弓丝1000的示例性横截面形状四个侧面1012、1014、1016、1018呈现矩形。咬合侧1014和牙龈侧1018大体上是平坦的并且彼此平行,并且颊唇侧1012和舌侧1016是平坦的并且彼此平行。侧面1014、侧面1018之间的距离通常被选择成匹配地装配在正畸器具诸如托槽或颊面管的弓丝狭槽或通道内。本领域技术人员应当理解,咬合侧和牙龈侧的识别将取决于弓丝是否安装在上牙弓或下牙弓上。

[0117] 在一些实施方案中,所有四个侧面被消融或以其它方式处理以包括工程化表面。在其它实施方式中,仅三个侧面包括美观的工程化表面。例如,只有颊唇1012、咬合面1014和牙龈侧1018可包括工程化表面,其中未处理舌表面1016。在其它实施方式中,仅处理颊侧表面1012以包括本公开的工程化表面。

[0118] 在一些实施方案中,仅中心部分1020包括本公开的工程化表面。在其它实施方案中,中心部分1020和端部1030、端部1040中的一个或两个包括工程化表面。

[0119] 在另一个实施方案中,可在无数的牙齿和正畸部件上产生工程化表面,包括但不限于正畸托槽、颊面管、弓丝狭槽衬件、自结扎夹具和其它门锁、修复物、替换物、镶嵌物、高嵌体、镶盖、完整和部分牙冠、齿桥、植入物、种植体基牙、套筒、前填充物、后填充物和空腔衬件以及牙桥框架。

[0120] 实施方案

[0121] 1. 一种正畸器具,包括:

[0122] 包括金属的外表面;和在所述外表面中的多个凹陷部,并且

[0123] 其中包括所述多个凹陷部的所述表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少20的最小L*值,如通过漫射散射测试所测量的。

[0124] 2. 根据实施方案1所述的正畸器具,其中至少一个凹陷部的形状是凹面。

[0125] 3. 根据实施方案2所述的正畸器具,其中所述多个凹陷部的平均深度为至少0.5微米并且不大于20微米。

[0126] 4. 根据实施方案1所述的正畸器具,其中相邻凹陷部阵列之间的间距为至少15微米并且不大于60微米。

[0127] 5. 根据实施方案4所述的正畸器具,其中阵列内相邻凹陷部之间的所述间距为至少20微米并且不大于40微米。

[0128] 6. 根据实施方案4至5所述的正畸器具,其中所述凹陷部以具有横向轴线和纵向轴线的阵列进行布置,并且其中沿着所述横向轴线的相邻凹陷部之间的所述间距大于沿着所

述纵向轴线的相邻凹陷部之间的间距。

[0129] 7. 根据实施方案1所述的正畸器具,其中所述多个凹陷部中的每个凹陷部包括具有横截面尺寸的基部,并且其中所述尺寸为至少5微米并且不大于60微米。

[0130] 8. 根据实施方案7所述的正畸器具,其中所述横截面尺寸包括直径,并且其中所述直径为至少20微米并且不大于40微米。

[0131] 9. 根据实施方案8所述的正畸器具,其中所述基部的所述直径大于所述间距。

[0132] 10. 根据实施方案8所述的正畸器具,其中所述直径为至少25微米并且不大于35微米,并且其中所述间距为至少25微米并且不大于35微米。

[0133] 11. 根据前述实施方案中任一项所述的正畸器具,其中所述凹陷部的所述平均深度与所述凹陷部的所述基部处的所述平均横截面尺寸之间的比率为至少1:1.5。

[0134] 12. 根据前述实施方案中任一项所述的正畸器具,其中所述凹陷部的所述平均深度与所述凹陷部的所述基部处的所述平均横截面尺寸之间的比率为至少1:2。

[0135] 13. 根据实施方案1所述的正畸器具,其中所述多个凹陷部中的至少两个凹陷部以周期性阵列布置。

[0136] 14. 根据实施方案13所述的正畸器具,其中所述线性阵列中的任何两个凹陷部的边界区域基本上不重叠。

[0137] 15. 根据实施方案14所述的正畸器具,其中所述表面包括阵列中任何两个凹陷部之间的间隙空间。

[0138] 16. 根据实施方案15所述的正畸器具,其中凹陷部之间的所述间隙空间基本上是平面的。

[0139] 17. 根据实施方案15所述的正畸器具,其中凹陷部之间的所述间隙空间包括一个或多个突起特征部。

[0140] 18. 根据实施方案13所述的正畸器具,其中至少一个凹陷部包括在所述凹陷部的底表面上的突起特征部。

[0141] 19. 根据实施方案1所述的正畸器具,其中所述凹陷部以凹井的周期性阵列进行布置,其中每个凹井包括至少部分地由所述表面限定的基部,并且其中每个基部包括至少20微米并且不大于大于50微米的最大尺寸。

[0142] 20. 根据实施方案1所述的正畸器具,其中所述凹面表现出至少30的最小L*值。

[0143] 21. 根据实施方案20所述的正畸器具,其中所述凹面表现出至少50的最小L*值。

[0144] 22. 根据实施方案21所述的正畸器具,其中所述凹面表现出至少60的最小L*值。

[0145] 23. 根据实施方案1所述的正畸器具,其中所述表面包括至少两个阵列,每个阵列包括多个凹陷部,并且其中所述凹陷部不定期地设置在所述表面的一部分上方。

[0146] 24. 根据前述实施方案中任一项所述的正畸器具,其中所述器具是弓丝。

[0147] 25. 根据前述实施方案中任一项所述的正畸器具,其中所述器具包括正畸夹具。

[0148] 26. 根据前述实施方案中任一项所述的正畸器具,其中所述器具包括基部和从所述基部向外延伸的主体,所述主体限定细长狭槽,并且其中所述工程化表面设置在所述主体的至少一部分上。

[0149] 27. 一种器具,包括:主体,其具有包括金属的外表面;以及在所述表面上的多个工程化特征部,所述表面在0度的入射角和70度的视角表现出在小于14的总CIE色度、至少20

的最小 L^* 值处的至少0.2的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比,如通过漫射散射测试所测量的。

[0150] 28.根据实施方案24所述的器具,其中所述表面表现出为至少0.4的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比,如通过漫射散射测试所测量的。

[0151] 29.根据前述实施方案所述的器具,其中所述表面表现出为至少0.5的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比,如通过漫射散射测试所测量的。

[0152] 30.根据前述实施方案中任一项所述的器具,其中所述表面在没有任何美观涂层的情况下表现出漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比。

[0153] 31.一种器具,包括:包括金属的外表面;限定在所述表面中的多个凹陷部,每个凹陷部具有距所述表面至少0.5微米的深度,其中所述凹陷部以重叠阵列进行布置,使得大多数所述凹陷部在边界区域处与相邻凹陷部重叠。

[0154] 32.根据实施方案31所述的器具,其中所述多个凹陷部中的所述至少一个凹陷部布置在具有至少一个其它凹陷部的单元格中,并且其中所述单元格中的凹陷部之间的所述间距为至少20微米并且不大于50微米。

[0155] 33.根据实施方案32所述的器具,其中单元格内相邻凹陷部之间的所述间距为至少25微米并且不大于40微米。

[0156] 34.根据实施方案32所述的器具,其中在单元格中的任何相邻凹陷部之间的所述表面的至少一部分是基本上平面的。

[0157] 35.根据实施方案31所述的器具,其中所述重叠边界区域包括所述表面中的一系列离散的突起特征部。

[0158] 36.根据前述实施方案中任一项所述的器具,其中所述表面表现出为至少0.4的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比,如通过漫射散射测试所测量的。

[0159] 37.根据前述实施方案中任一项所述的器具,其中所述表面表现出为至少0.6的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比,如通过漫射散射测试所测量的。

[0160] 38.根据实施方案26所述的器具,其中所述表面在70度的视角表现出为至少50的最小 L^* 值,如通过漫射散射测试所测量的。

[0161] 39.根据前述实施方案中任一项所述的器具,其中至少一个凹陷部包括约10微米的深度。

[0162] 40.一种用于改善制品的美学外观的方法,所述方法包括:提供具有外表面的制品,所述表面包括金属;消融所述表面的至少一部分以在其上产生多个特征部,使得所述表面表现出为至少0.2的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比,如通过所述漫射散射测试所测量的。

[0163] 41.根据前述实施方案所述的方法,其中所述多个特征部包括所述表面中的多个凹陷部。

[0164] 42.根据实施方案40所述的方法,其中所述凹陷部中的至少一些重叠以形成突起特征部。

[0165] 43.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述凹陷部周期性地布置在所述表面上。

[0166] 44.根据实施方案43所述的方法,其中相邻凹陷部之间的所述表面的区域包括突起特征部。

[0167] 45.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中消融所述表面的至少一部分包

括产生凹陷部的第一图案,所述第一图案在所述阵列中的相邻凹陷部之间具有至少10微米并且不大于100微米的间距。

[0168] 46.根据实施方案45所述的方法,其中所述第一图案包括所述图案中的相邻凹陷部之间的为至少20微米并且不大于60微米的间距。

[0169] 47.根据实施方案45所述的方法,其中所述凹陷部以具有横向轴线和纵向轴线的阵列进行布置,并且其中沿着所述横向轴线的相邻凹陷部之间的所述间距大于沿着所述纵向轴线的相邻凹陷部之间的间距。

[0170] 48.根据任一实施方案44所述的方法,其中所述凹陷部的所述第一图案以网格阵列进行布置,所述网格在相邻凹陷部之间具有垂直和水平间隔,其中所述水平间隔不同于所述垂直间隔。

[0171] 49.根据实施方案47或48所述的方法,其中所述水平间隔大于所述垂直间隔。

[0172] 50.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中消融所述表面的一部分还包括根据第二图案产生一系列凹陷部,其中所述第二图案基本上类似于所述第一图案。

[0173] 51.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中消融所述表面包括将所述表面周期性地暴露于激光束。

[0174] 52.根据实施方案51所述的方法,其中所述激光束具有0.1ns至500ns的脉冲持续时间并且周期性地与所述表面相互作用。

[0175] 53.根据实施方案51所述的方法,其中消融所述表面包括相对于所述表面选择激光的焦点,并且其中所述焦点在所述制品的所述表面的上方或下方。

[0176] 54.根据实施方案53所述的方法,其中所述焦点在所述制品的所述表面下方至少100微米。

[0177] 55.根据实施方案54所述的方法,其中所述焦点在所述表面下方约200微米。

[0178] 56.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述制品是正畸弓丝。

[0179] 57.根据实施方案56所述的方法,其中提供所述制品的步骤包括从卷轴退绕所述弓丝的所述动作。

[0180] 58.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述制品是具有用于接收弓丝的至少一个凹陷部的夹具。

[0181] 59.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述特征部包括离散凹陷部和细长突出部,其中所述突出部不定期地布置在离散凹陷部之间。

[0182] 60.根据实施方案59所述的方法,其中所述离散凹陷部包括凹面透镜状结构,并且其中所述凹陷部包括靠近所述透镜的顶点的离散突起特征部。

[0183] 61.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中消融所述表面包括在所述表面的至少一部分上的第一阵列中产生特征部的第一图案,并且破坏所述第一图案的一部分,使得改变所述第一图案的至少两个凹陷部的所述几何尺寸。

[0184] 62.根据实施方案61所述的方法,其中破坏所述第一图案的一部分包括在第二阵列中产生特征部的第二图案,其中特征部的所述第二图案从所述第一图案偏移,并且其中所述第二阵列的所述特征部与所述第一阵列的特征部至少部分地重叠。

[0185] 63.根据实施方案61所述的方法,其中消融所述表面包括以第一图案取向周期性地所述表面暴露于激光能量;修改相对于所述表面行进的激光路径以限定第二图案取

向;以及以所述第二图案取向周期性地将所述表面暴露于激光能量。

[0186] 64.根据实施方案63所述的方法,其中所述第二取向与所述第一取向正交。

[0187] 65.根据实施方案63所述的方法,其中第二取向表示从所述第一取向的角旋转,并且其中所述角旋转包括倾斜角。

[0188] 66.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中在惰性气体存在的情况下执行消融所述表面。

[0189] 67.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述金属包括不锈钢、铝、钛、 β -钛、镍钛及其合金中的至少一种。

[0190] 68.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述表面在0度的入射角和70度视角表现出至少0.2的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比和至少20的最小 L^* 值,如通过漫射散射测试所测量的。

[0191] 69.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述表面表现出为至少0.4的漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比,如通过漫射散射测试所测量的。

[0192] 70.根据实施方案68或69所述的方法,其中所述表面在没有任何美观的金属或聚合物涂层的情况下表现出漫射 $L^*_{\min 70/\max 15}$ 比。

[0193] 71.根据前述实施方案所述的方法,其中所述表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少20的最小 L^* 值,如通过漫射散射测试所测量的。

[0194] 72.根据实施方案71所述的方法,其中所述表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少50的最小 L^* 值,如通过漫射散射测试所测量的。

[0195] 73.一种正畸器具,包括:

[0196] 包括金属的外表面;和在所述外表面上的电镀金属涂层,并且其中所述被涂覆的表面在0度的入射角和70度的视角表现出不大于14的总CIE色度和至少20的最小 L^* 值,如通过漫射散射测试所测量的。

[0197] 74.根据实施方案73所述的正畸器具,其中所述器具是正畸弓丝。

[0198] 75.根据实施方案73或74所述的正畸器具,其中所述电镀金属涂层包括铝和铑中的至少一种。

[0199] 本公开的优点通过以下实施例进一步说明,但是在这些实施例中列举的特定材料及其量以及其它条件和细节不应被解释为不当地限制本发明。除非另有说明,所有份数和百分比均按重量计。

[0200] 实施例

[0201] 如下面更全面地描述的,对各种金属基材进行激光消融工艺,使得与典型的金属表面相比,激光处理的基材通常表现出白色、不闪耀的外观。虽然不希望受任何特定理论的束缚,但是据信这些期望的光学效应是在激光消融工艺中产生的表面纹理的结果。具体地,纹理化表面显示减小的镜面反射和增加的入射光的漫反射,使得通常用典型的金属表面观察到的“眩光”大大减少,并且表面在更宽的视角范围内明显更白。

[0202] 样品产生

[0203] 激光器设置

[0204] 用在1061nm的波长下操作的40W脉冲光纤激光器(购自英国南安普顿的SPI激光公司(SPI Lasers, Southampton (UK)),零件号SP-40P-0508-001)进行实验,具有为 ~ 3.15 的

光束品质因子 (M^2)。利用安装在光束传输光纤的末端处的法拉第光学隔离器保护激光器免受背反射。诸如功率、脉冲持续时间和重复率的参数是可变的。表1示出40W脉冲光纤激光器的预配置电脉冲持续时间。电脉冲持续时间应该基本上类似于激光器的实际光脉冲。

[0205] 表1

[0206]	波形数, WFM	40W 脉冲激光 电持续时间 (ns)	40W 脉冲激光 重复率 (kHz) / 最大 脉冲能量 (mJ)
	0	~250	30/1.33
	1	~130	47/0.85
	2	~60	76/0.53
	3	~30	145/0.28
	4	~20	230/0.17
	5	~9	250/0.16

[0207] 激光束被引导到配备有100mm远心f- θ 聚焦透镜的可商购获得的2D振镜激光扫描器头 (hurrySCAN[®] 20, 可购自伊利诺伊州内伯威尔市的ScanLab美国有限公司 (ScanLab America, Inc., Naperville, IL))。将扫描器安装到3D龙门架系统 (可购自宾夕法尼亚州匹兹堡市的Aerotech有限公司 (Aerotech, Inc., Pittsburgh, PA))，以使得能够在下面进一步描述的激光图案化过程中沿X方向、Y方向和Z方向定位。使用排气系统 (FA-2, 可购自佐治亚州肯纳索市的Fumex有限公司 (Fumex, Inc., Kennesaw, GA)) 以使具有局部碎屑污染的工作区最小化。在一些情况下, 使用压缩氮气的局部辅助气体 (~140L/min的体积流量) 来防止激光图案化表面的氧化 (特别是在较高激光功率下), 以及防止局部碎屑进入工作区。

[0208] 在进入扫描器之前, 光束用7 $\times$ 光束扩展器进行扩展, 将光束直径从约1.1mm增大到约7.7mm。用能够进行高放大倍数和显微镜测量的显微镜 (VHX-2000, 购自伊利诺伊州艾塔斯卡的基恩士公司 (Keyence Corp., Itasca, IL)) 记录处理的基材的图像。光纤激光器系统的框图如图7中所示。

[0209] 基材

[0210] 304和316不锈钢 (“304SS” 和 “316SS”, 可购自明尼苏达州查哈森的赛莱默有限公司 (Xylem Co., Inc., Chanhassen,)) 的矩形、金属垫片原料试样 (~0.33-0.39mm $\times$ ~12.7mm $\times$ ~50.8mm) 或镍钛诺 (“NiTi”, 加利福尼亚州费利蒙市的镍钛诺装置和部件有限公司 (Nitinol Devices&Components, Inc., Fremont, CA)) 在激光图案化实验中用作为基材。在激光图案化之前, 通过磁性卡盘将基材夹持到处理平台。根据下面列出的参数将试样的小方形部分 (~10mm $\times$ 10mm) 图案化。在图案化之后, 在超声酸浴中清洁基材。

[0211] 激光图案化参数

[0212] I. 单程图案化

[0213] 实施例S1, S3-S7, S10和S12采用NiTi或304SS试样作为基材。使用LaserDESK软件 (ScanLab AG) 用一系列近似平行的“线”激光图案化基材以设计图案, 其中每个“线”由图案

化表面上的线性系列的凹形特征部组成。在制品表面上在横向方向上延伸的此类“线”的图在图8A中示出。在图案化期间,给定“线”内的相邻特征部之间的距离是扫描速度和激光的重复率的函数。激光束的扫描速度,重复率和相邻特征部之间的距离之间的关系在公式5中示出,其中 v 是扫描速度, d 是特征部到特征部的距离, f 是激光重复率。

$$[0214] \quad \text{公式5: } d = v/f = \left[\frac{m}{s} \right] / \left[\frac{1}{s} \right] = [m]$$

[0215] 特征部的尺寸取决于进入聚焦光学器件的光束的直径(f - θ 透镜),光束品质因子和脉冲能量(激光功率)。因此,可容易地改变特征部尺寸。图8A示出使用40W光纤激光器在2.25W处产生的以凹陷部的单个线(即,系列)图案化的304SS表面的1000倍放大图像,其中线扫描速度为1m/s,重复率为30kHz,以及波形为0(脉冲持续时间 $\sim$ 250ns)。根据实验确定的特征部尺寸,评估各种特征部到特征部的距离对图案化表面的光学特性的影响。

[0216] 初步观察显示,在某些参数下,单程图案化提供样品基材,其中表面在期望的宽范围视角不是足够白的。这表明,对于某些应用,可期望进一步的图案化和特征部破坏。

[0217] II. 双程图案化

[0218] 如下所述,在实施例S2、S8、S9、S11和S13的304SS和NiTi试样上产生双程图案。将每个实施例基材的 $\sim 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 部分用一系列平行线图案化,激光图案旋转 90° ,并且在同一 $\sim 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 部分上重复图案化过程。图9示出两程图案化序列,其中激光图案在两程之间旋转 90° (仅示出基材的工程化部分)。第一特征部图案910的初始“线”920在旋转之前在制品表面900上在纵向方向上延伸。当图案旋转 90° 并且行进的激光束路径改变时,第二图案930的一系列“线”940在横向方向上延伸。

[0219] 通常,选择间隔比,并且根据期望的间距和通过乘以公式5中所示的激光器的重复率而达到的扫描速度来计算对应的特征部到特征部距离。在如下所示的计算中使用1.1的间隔比和 $30\mu\text{m}$ 的间距:

$$[0220] \quad \text{公式5: } d = 1.1 \times 30 [\mu\text{m}] = 33 \left[\frac{\mu\text{m}}{\text{脉冲}} \right] \rightarrow v = 33 \left[\frac{\mu\text{m}}{\text{脉冲}} \right] \times 30,000 \left[\frac{\text{脉冲}}{\text{sec}} \right] = 0.99 \left[\frac{m}{s} \right]$$

[0221] 双程激光图案化参数的概述在表2中示出。

[0222] 表2

[0223]

程数	2
程之间的旋转($^\circ$)	90
波形	0
重复率(kHz)	30
能量(W)	3.9
扫描速度(m/s)	1

[0224] 用来控制扫描器的LaserDESK软件包括相关参数,诸如扫描速度、间距、激光延迟和扫描之间的跳跃速度,其中间距和导出的扫描速度作为变量输入。特征部尺寸(例如,直径、ECD和深度)可根据激光器的功率而变化。在某些情况下,相邻特征部被如此密集地堆积,使得明显的干扰(即,重叠特征部边界区域)是显而易见的,收缩有效特征部直径或ECD。

[0225] 表3示出在实验过程中测试的样品S1至样品S21的概述。所有图案化样品包括1.1:1的间隔比。首先在表3中报告第一图案的x方向上的间距。

[0226] 表3:样品S1至样品S18

[0227]

样品	基材	激光图案化?	激光图案参数/ 其它描述	涂层(厚度)	对应图
S1	304SS	是	1程, 33×30μm 间距, 2.25W	无	12
S2	304SS	是	2程, 44×40μm 间距, 3.9W	无	13
S3	304SS	是	1程, 11×10μm 间距, 3.9W	无	14
S4	304SS	是	1程, 22×20μm 间距, 3.9W	无	15
S5	304SS	是	1程, 33×30μm 间距, 3.9W	无	16
S6	304SS	是	1程, 55×50μm 间距, 3.9W	无	17
S7	304SS	是	1程, 77×70μm 间距, 3.9W	无	18
S8	304SS	是	2程, 33×30μm 间距, 3.25W	Rh (~0.4μm)	19
S9	304SS	是	2程, 33×30μm 间距, 3.25W	Rh (~2.0μm)	
S10	304SS	是	1程, 33×30μm 间距, 3.25W	Al (~75nm)	20
S11	304SS	是	2程, 33×30μm 间距, 3.25W	Al (~75nm)	21
S12	304SS	是	1程, 33×30μm 间距, 3.25W	Al (~150nm)	
S13	304SS	是	2程, 30μm 间距, 3.25W	Al (~150nm)	
S14	304SS	否	在 10%铬酸中, 5V,	Al	

[0228]

样品	基材	激光图案化?	激光图案参数/ 其它描述	涂层(厚度)	对应图
	S		2.3A 电流下电蚀 5 分钟, 然后进行 Al 涂覆。	(~150nm)	
S15	哑光镍	否	通过将 Ni 电镀到 SS 基材上, 然后从 SS 基材去除沉积的哑光镍层, 接着进行 Al 涂覆而制备的哑光镍试样 (~1.5mm×~17.8mm×~25.4mm)。	Al (~150nm)	
S16	NiTi	否	在甲醇: 硫酸 (4:1) 中, 5V, 0.3A 电流下电蚀 5 分钟, 然后进行 Al 涂覆。	Al (~150nm)	
S17	304SS	否	—	Al (~150nm)	
S18	人牙 (门牙)	否	—	—	
S19	NiTi	否	用 Al 电镀, 通常根据 US 4,948,475	Al (12μm) AlOx (5μm)	
S20	304SS	否	用 Al 电镀, 通常根据 US 4,948,475	Al (12μm) AlOx (5μm)	
S21	316SS	否	用 Al 电镀, 通常根据 US 4,948,475	Al (20μm)	

[0229] 表面涂层

[0230] 在实施例 S8 至 S17 中, 对图案化的基材进一步进行金属涂覆工艺 (在超声波清洗之后), 以进一步提高光学品质和其它品质。使用电子束/热蒸发器 (宾夕法尼亚州杰弗逊希尔的 K.J. 莱斯克公司 (K.J. Lesker Co., Jefferson Hills, PA)) 将铝 (Al) 涂层 (~75nm 或 ~

150nm厚度)施加到选定的图案化基材(S10至S17)。在不存在外部气体的情况下,在约 3×10^{-5} Torr的室压力下以15埃/秒的速率沉积铝。使用大体描述于Lemkuhl等人在电化学科学与工程进展(Advances in Electrochemical Science and Engineering)177,204-211中的电解铝沉积和在有机铝电解质中溶解的原理和技术(The Principles and Techniques of Electrolytic Aluminum Deposition and Dissolution in Organoaluminum Electrolytes)(3d.ed.,Heinz Gerischer等人,1994),以及美国专利号4,101,386和4,948,475(Dotzer等人)中的电镀方法,将铝(AL)涂层($\sim 5\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 厚度)施加到未图案化的基材(S19至S21)。还经由常规电镀(加利福尼亚州圣克拉拉市Prodigy表面技术公司(Prodigy Surface Tech.,Santa Clara,CA))施加铑(Rh)涂层($\sim 0.4\mu\text{m}$ 至 $2.0\mu\text{m}$ 厚度)。

[0231] 光学测量

[0232] 光泽度测量

[0233] 本文所用的光泽度是表面在镜面方向上反射可见光的能力。光泽度测量使用Novo-Curve光泽度计(英国东萨西克斯的Rhpoint仪器公司(Rhpoint Instruments,East Sussex,UK))在60度的入射角进行,并且符合标准测试方法(ASTM D523、ISO 2813、DIN 67530和JIS Z8741)。报告的结果是给定样品的两次测量的平均值,其中样品在测量之间旋转90度。

[0234] 漫射散射测试

[0235] 使用IS-SA成像球(可购自华盛顿州雷德蒙德市瑞淀光学系统公司(Radiant Vision Systems,Redmond,WA))使用以下设置获得颜色双向散射分布函数(BRDF)测量:入射角: 0° ;合并:1x1;颜色:XYZ颜色;ND滤光片:100%;光圈:(6mm S1至S18,10mm S19至S21);光束尺寸:最小设置;孔填充:开;强力暗曝光:开;曝光设置:亮点;饱和:75%;数据导出分辨率: 2° 将样品固定到光圈。

[0236] 在所有情况下,对于每个样品,在 0° 的入射角测量BRDF,排除镜面光。基于国际照明委员会L*a*b*评分系统进行颜色测量。沿 0° 入射BRDF的垂直和水平横截面计算CIE L*和总CIE色度。总CIE色度等于总CIE a*和总CIE b*的均方根,并且是颜色空间与L*轴的距离。它表示颜色饱和度;零色度没有颜色。选择完美的朗伯反射器作为参考白色,其对于所有入射角和散射角(即,视角)具有等于 $1/\pi$ 的BRDF。根据导出的数据,最小和最大CIE L*也计算为视角的函数。CIE L*可作为方位角的函数而变化。因此,对于每个给定视角,在所有方位角上计算最小和最大CIE L*。需注意,因为测量的CIE L*仅针对特定视角,所以其可能大于100。由于散射图案的不对称性,将最小和最大CIE L*视为视角的函数而不是总累积值是有指导意义的。

[0237] 共聚焦扫描激光显微镜(CSLM)

[0238] 使用共聚焦扫描激光显微镜(50X物镜)表征代表性样品。使用以下设置,Keyence VK-9710(可购自伊利诺伊州伊塔斯卡的基恩士美国公司(Keyence Corporation of America,Itasca,IL))用于样品S1至样品S17:真实峰值检测(RPD):开模式:表面轮廓;区域:平面;质量:超细;物镜:50X和150X;光学变焦:1.0X;平铺: 2×2 。对于样品S19至样品S21,以相同的设置使用KeyenceVK-X200。对于每个样品获得两个高度轮廓。只要有可能,选择视野以给出形貌的良好取样。将斜率分析应用于表面高度轮廓。使用MATLAB软件(马萨诸

塞州纳提克的MathWorks公司(MathWorks,Natick,MA))以计算斜率分布。

[0239] 围绕每个像素以1.65微米间隔评估平均x-斜率和y-斜率。梯度大小从x斜率数据和y斜率数据确定,并且在以每个像素为中心的 $1.65\mu\text{m} \times 1.65\mu\text{m}$ 框中评估。在0.5度的面元大小内产生梯度大小分布,以及x-斜率分布和y-斜率分布。

[0240] 结果

[0241] 表4示出总CIE色度,以及70°的散射角的最小L*(Lmin70),以及70°的散射角的最小L*与15°的散射角的最大L*之比(Lmin70/Lmax15)(对于样品S1至样品S21,每个均在0°的入射角)。

[0242] 表4

[0243]

样品	Lmin70	Lmin70/Lmax15 (L 比)	总 CIE 色 度
S1	27.55	0.169	4.173
S2	53.17	0.425	2.077
S3	46.93	0.466	6.762
S4	53.12	0.444	2.675
S5	44.80	0.280	2.175
S6	41.54	0.230	3.81
S7	29.54	0.137	2.403
S8	74.86	0.793	4.504
S9	76.43	0.893	7.825
S10	52.36	0.245	2.869
S11	66.07	0.524	0.959
S12	53.16	0.254	2.22
S13	65.96	0.518	0.952
S14	28.55	0.128	5.408
S15	71.89	0.702	2.816
S16	53.22	0.356	0.716
S17	-	-	4.151
S18	57.84	0.818	0.084
S19	57.76	0.442	1.841
S20	55.40	0.422	2.042
S21	55.47	0.375	1.741

[0244] 表5示出样品S1至样品S17和样品S19至样品S21的x-斜率分布和y-斜率分布的均方根表面粗糙度(Rq)、半高全宽之间的最小值,以及斜率的模式和平均的梯度大小($\Delta x = 1.5$ 波长)。

[0245] 表5

[0246]

样品	Rq (μm)	最小值 (x 斜 率 FWHM, y 斜率 FWHM)。	斜率的梯 度大小, 模式 (度)	斜率的梯度 大小, 平均 (度)
S1	0.48	4.90	2.250	8.470
S2	1.68	21.38	9.750	19.574
S3	1.10	28.11	14.750	25.924
S4	1.26	26.06	10.250	24.105

[0247]

S5	1.17	17.99	6.750	18.082
S6	0.94	2.77	1.500	12.491
S7	0.65	1.78	1.250	7.438
S8	1.98	35.75	17.000	25.946
S9	2.06	44.83	21.500	25.690
S10	1.30	13.79	6.500	18.870
S11	1.67	23.65	10.750	21.844
S12	1.32	15.68	6.750	18.913
S13	1.61	24.88	10.750	21.656
S14	0.26	4.59	2.500	4.388
S15	1.98	33.53	14.500	19.246
S16	0.49	12.44	7.250	11.133
S17	0.20	1.79	1.250	2.730
S18	-	-	-	-
S19	0.55	15.03	7.00	9.23
S20	0.28	14.15	6.00	7.59
S21	0.28	11.42	4.75	7.31

[0248] 表6示出样品S1至样品S9与样品S12至样品S18的光泽度测量。

[0249] 表6

[0250]

样品	光泽度单位
S1	128.4
S2	17.3
S3	5.4
S4	8.8
S5	24.9
S6	79.3
S7	198.3
S8	6.1
S9	4.1

S12	28.2
S13	16.9
S14	265.3
S15	9.0
S16	32.2
S17	483.4
S18	12.1

[0251] 激光图案化的正畸弓丝

[0252] 激光图案化的304SS和NiTi正畸弓丝原型如下进行制备。将类似长度的直矩形丝(304SS或NiTi, $0.46\text{mm} \times 0.64\text{mm} \times \sim 180\text{mm}$ 至 250mm)联结在一起,并且附接到平坦的基材,使得相邻丝的侧壁接触。矩形丝被取向成使得用于每个丝的要被图案化的每个表面相对于激光束的焦斑位置处于相同的高度(换句话说,待图案化的联结的矩形丝的集合表面是基本上平坦的)。以如前所述的类似方式,联结的丝组件的表面的 $\sim 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 部分以2程、 $30\mu\text{m}$ 间距和 3.25W (在两程之间以 90° 旋转图案)进行激光图案化。然后移动(平移)联结的丝组件,并且在相邻的未图案化区域上重复激光图案,使得相邻的 $\sim 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的图案重叠 $\sim 40\mu\text{m}$ 。通过从平坦的基材移除丝,将丝旋转 90° 以暴露新表面,重新联结丝,将联结的丝重新附接到平坦的基材,以及重复图案化,对矩形弓丝的附加表面进行简单地图案化。图案化的矩形304SS丝被用手成形为用于正畸弓丝的合适的弓形。使用常规的方法,图案化的矩形NiTi线可在升高的温度下成形为弓形。最后,以与用于NiTi矩形丝所述类似的方式制备完全 360° 图案化的NiTi圆形丝(0.46mm),除了将丝旋转 $\sim 120^\circ$ 以暴露新的未图案化的表面(并且重复图案化)。

[0253] 本文引用的专利、专利文献和公布的全部公开内容均全文以引用方式并入本文,如同每个文件都单独并入一样。在不脱离本发明的范围和实质的情况下,本发明的各种修改和改变对于本领域技术人员来说将变得显而易见。应当理解,本发明并非意图不当地限制于本文所示出的示例性实施方案和实施例,并且上述实施例和实施方案仅以举例的方式提出,而且本发明的范围旨在仅受下面本文所示出的权利要求书的限制。

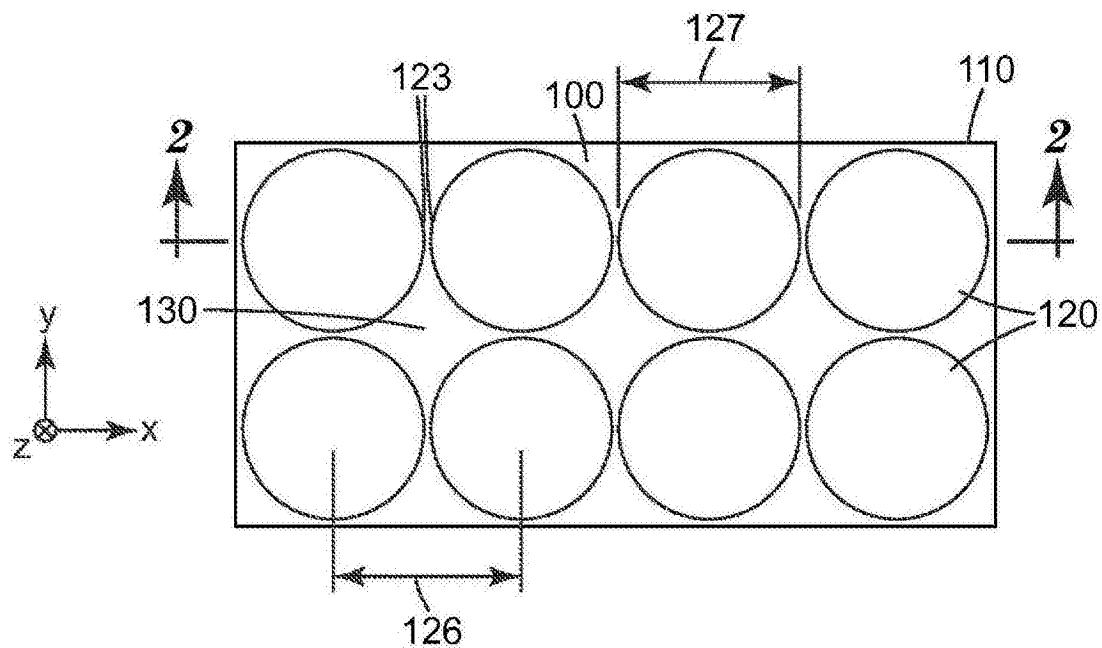


图1

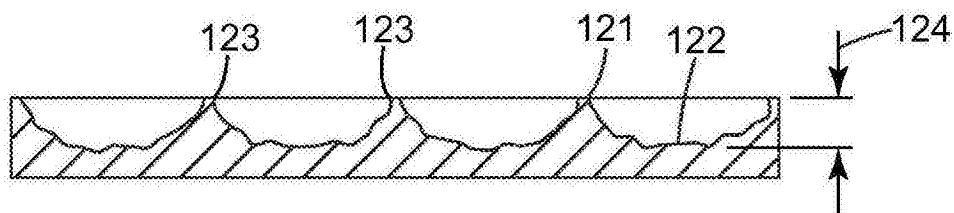


图2

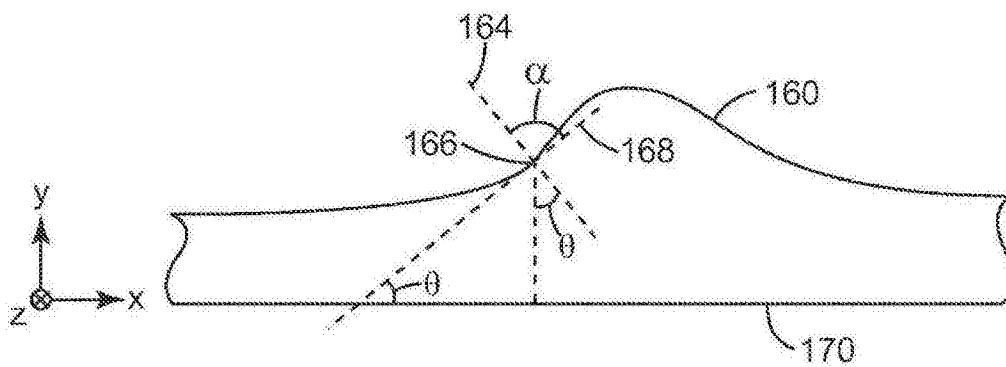


图3

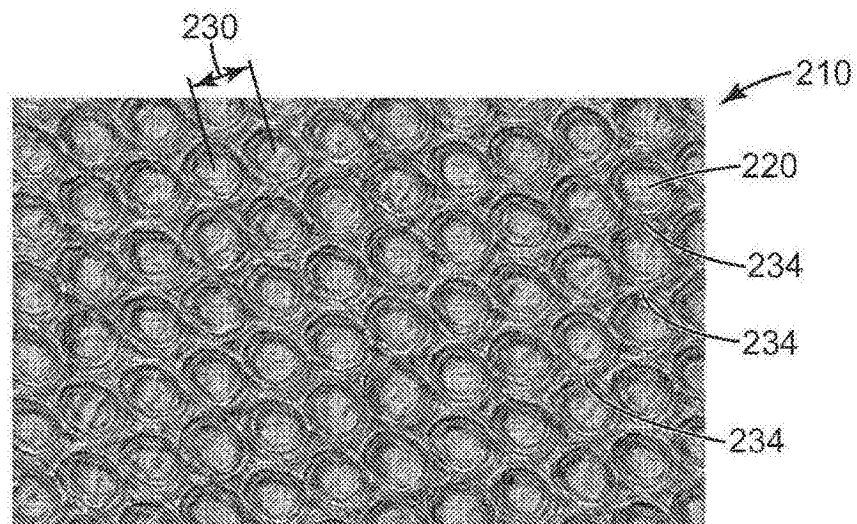


图4

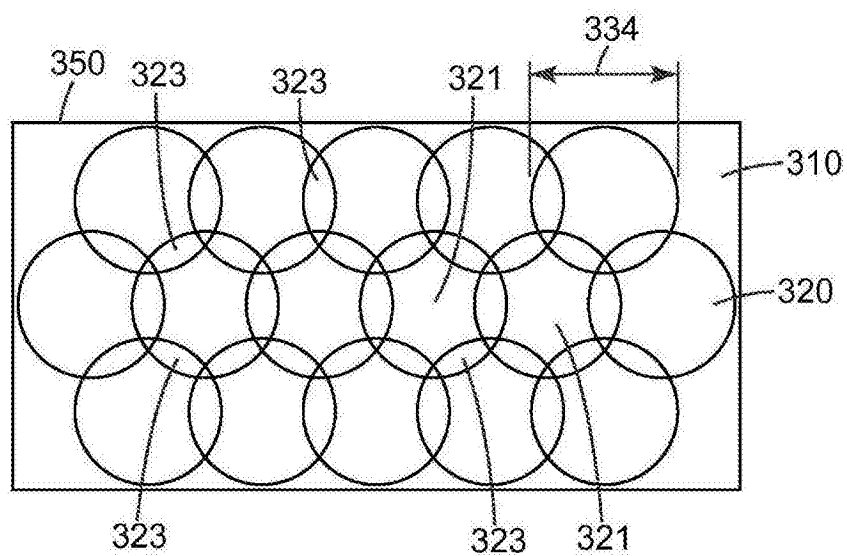


图5

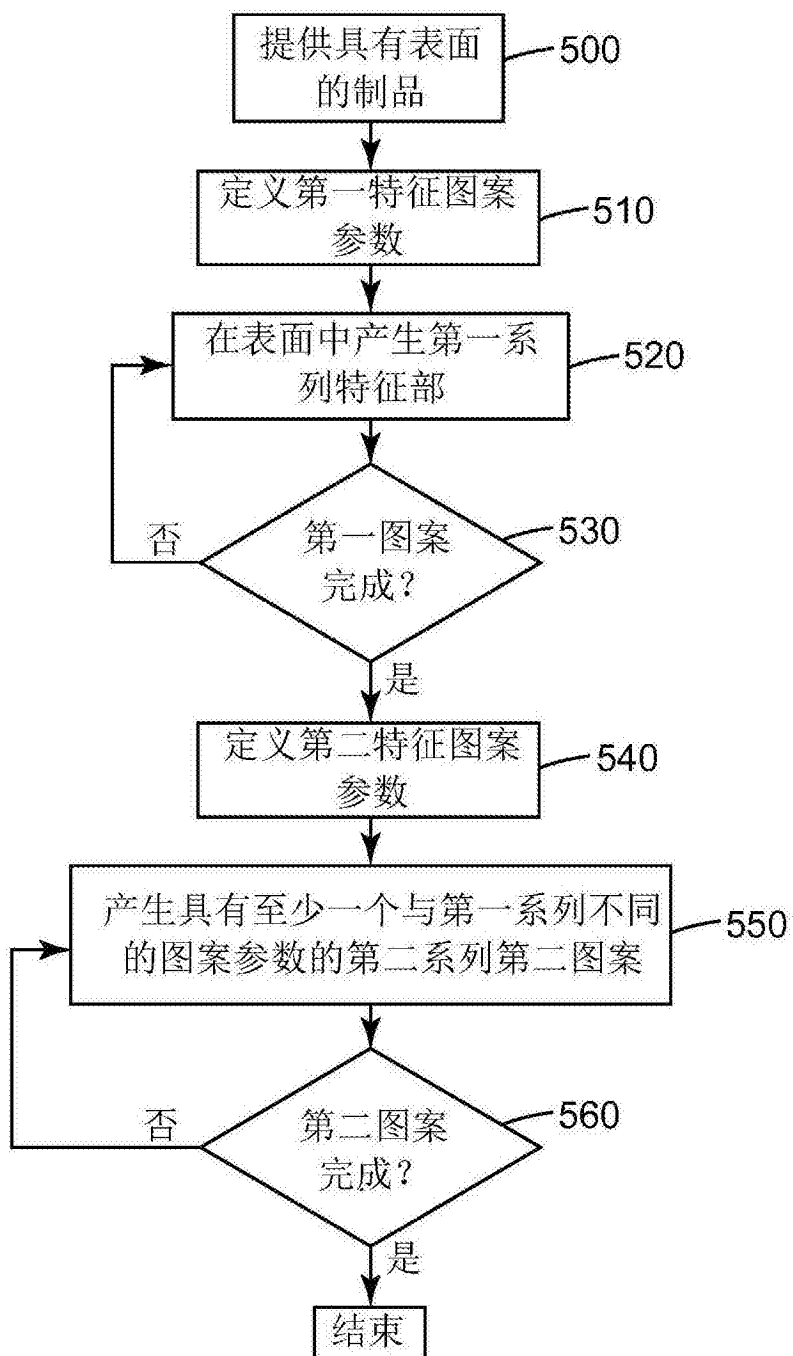


图6

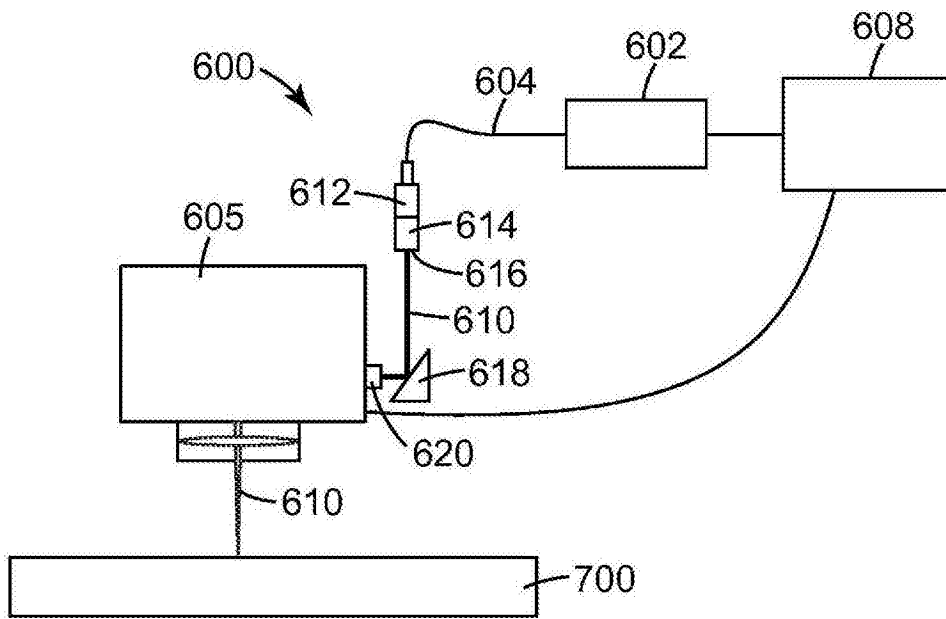


图7

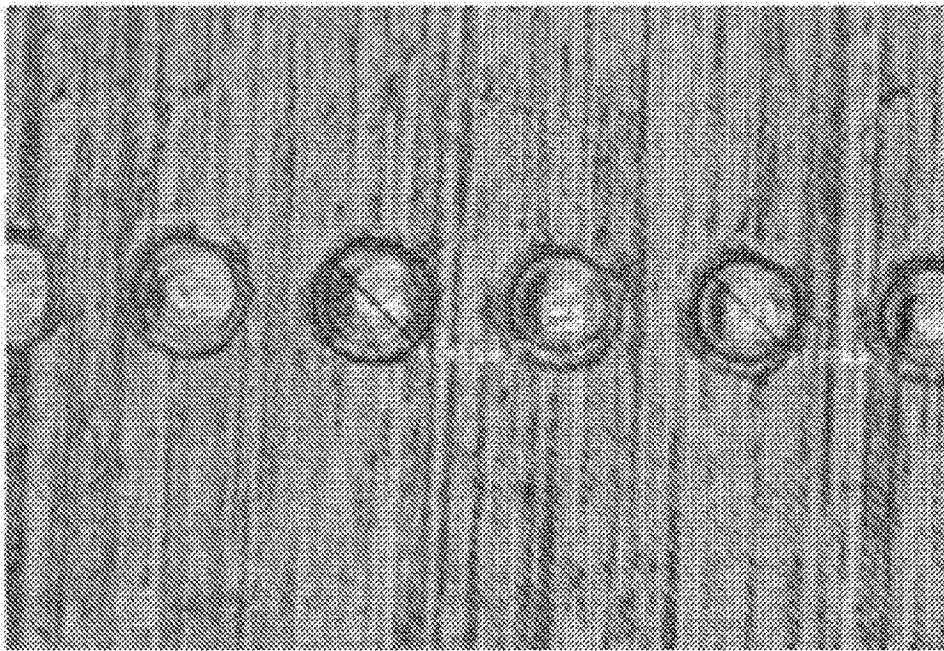


图8A

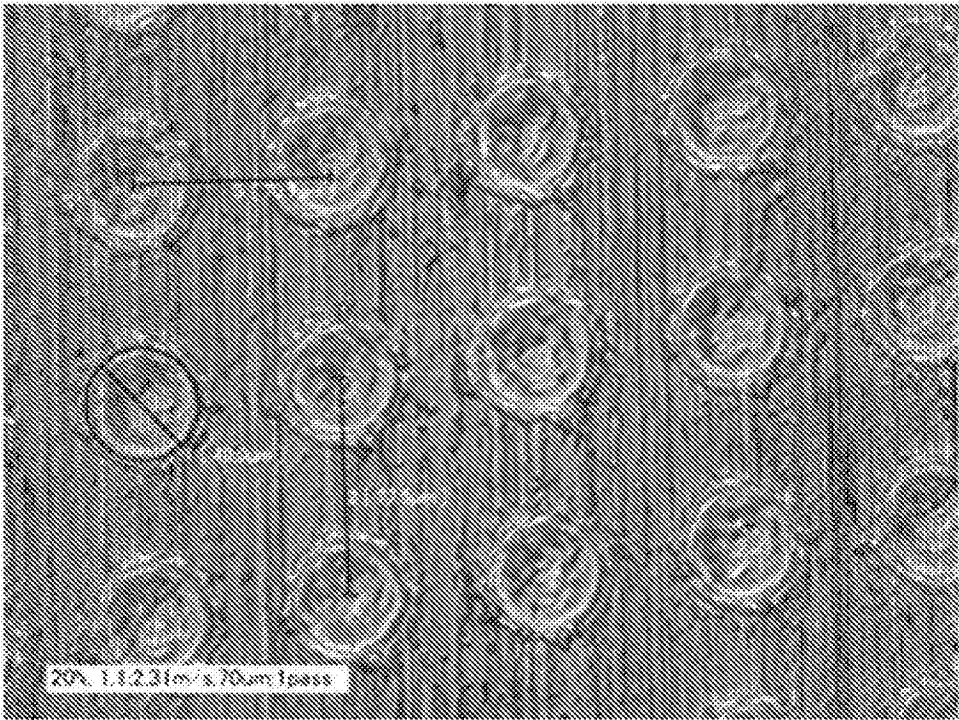


图8B

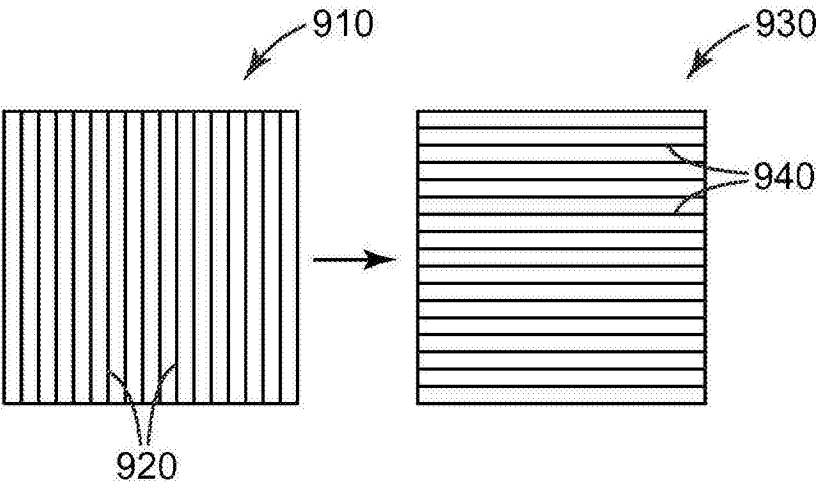


图9

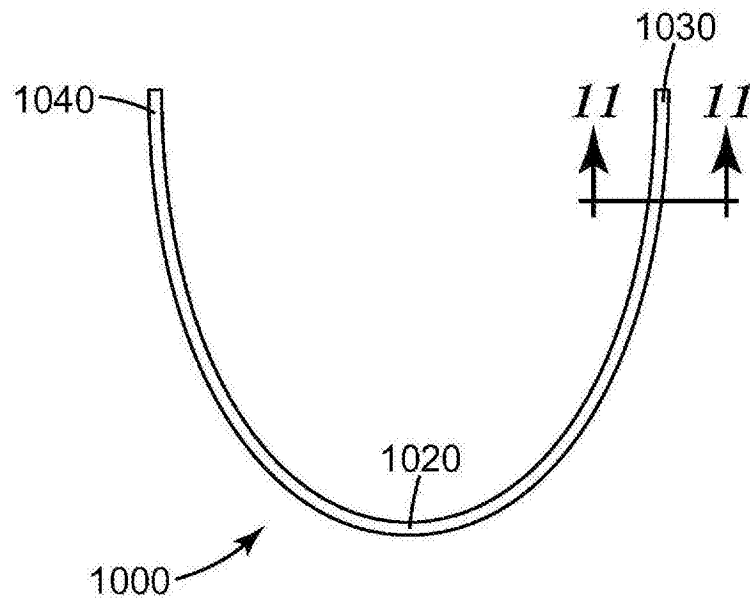


图10

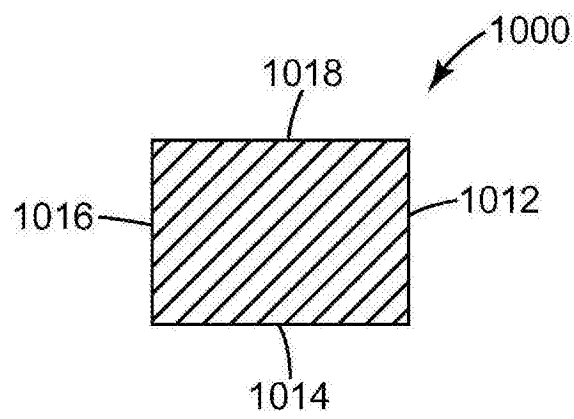


图11

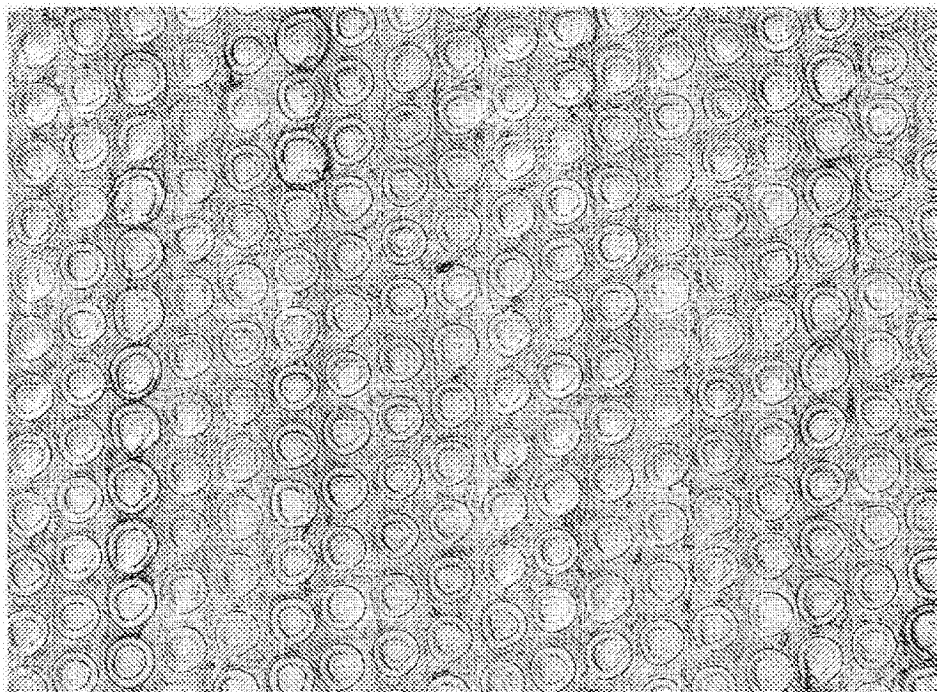


图12

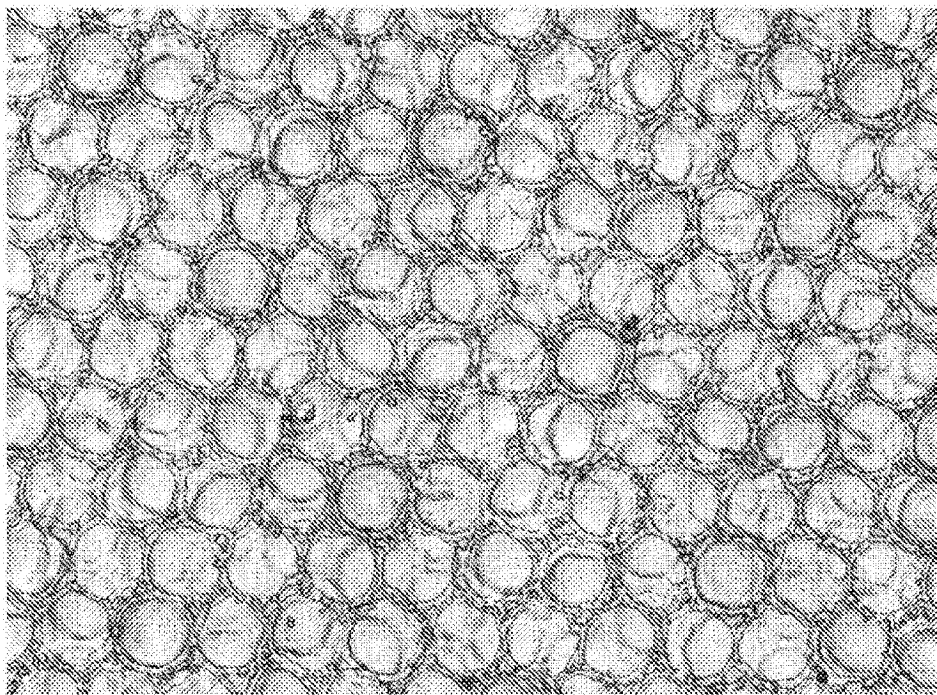


图13

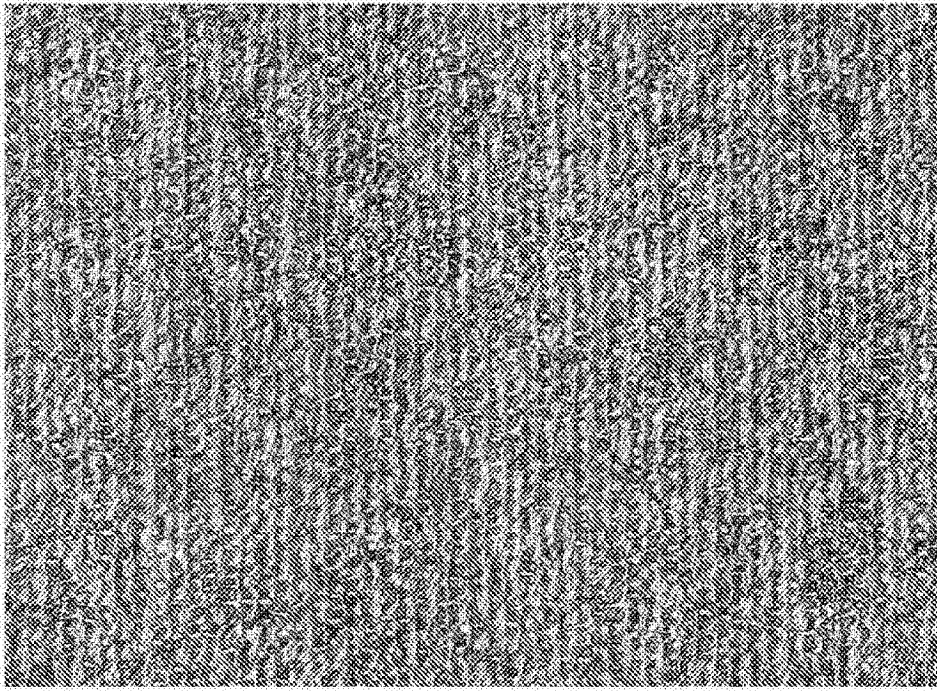


图14

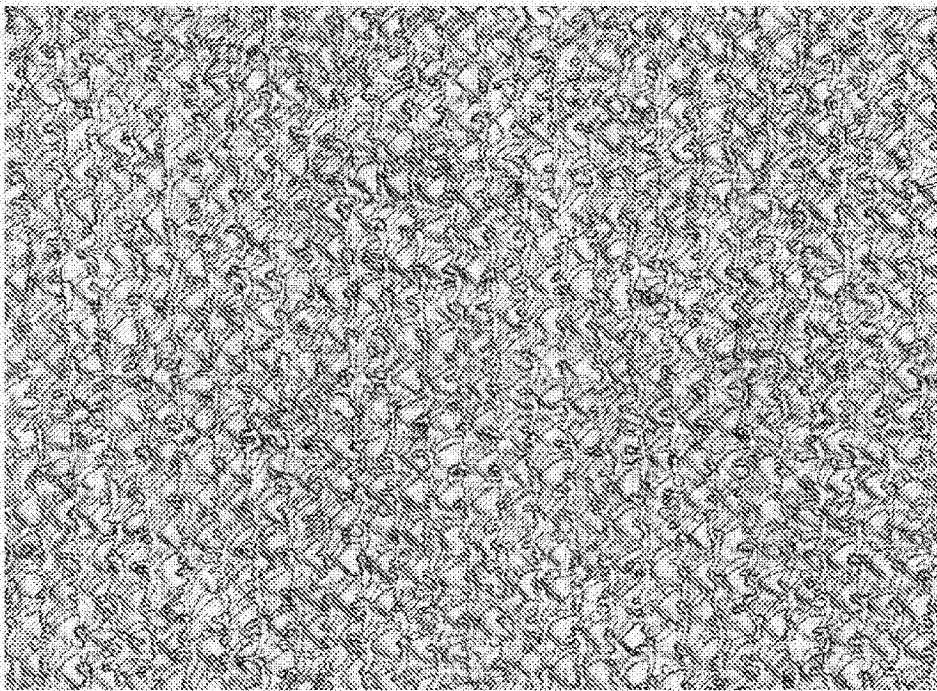


图15

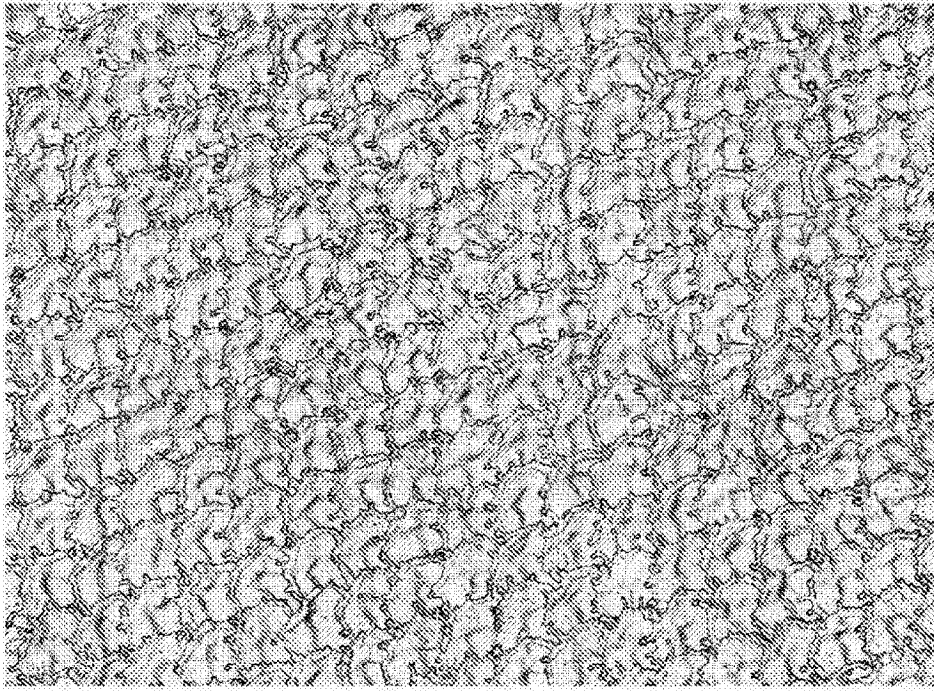


图16

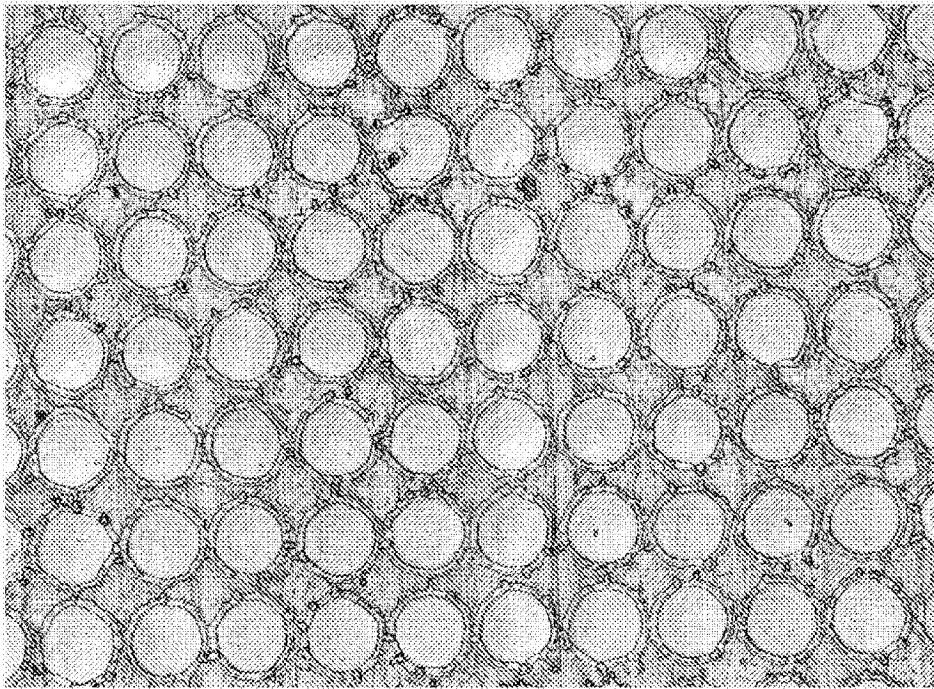


图17

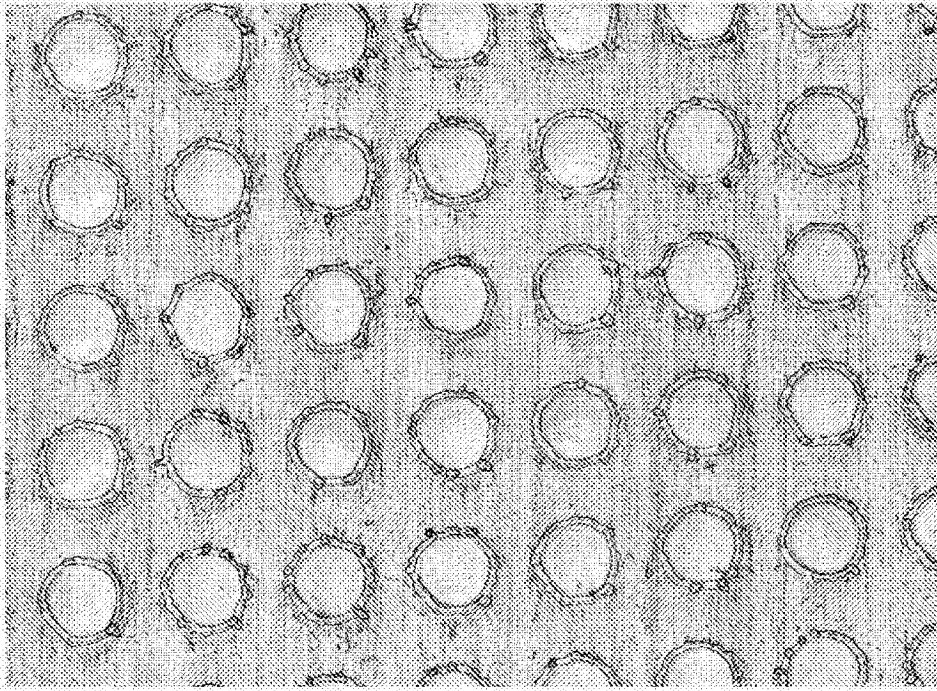


图18

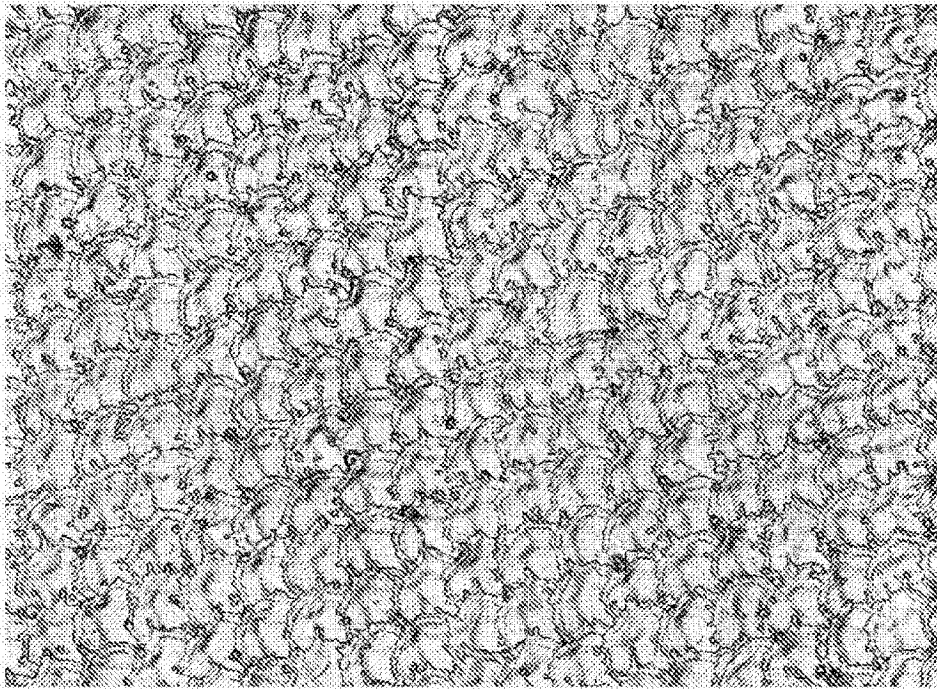


图19

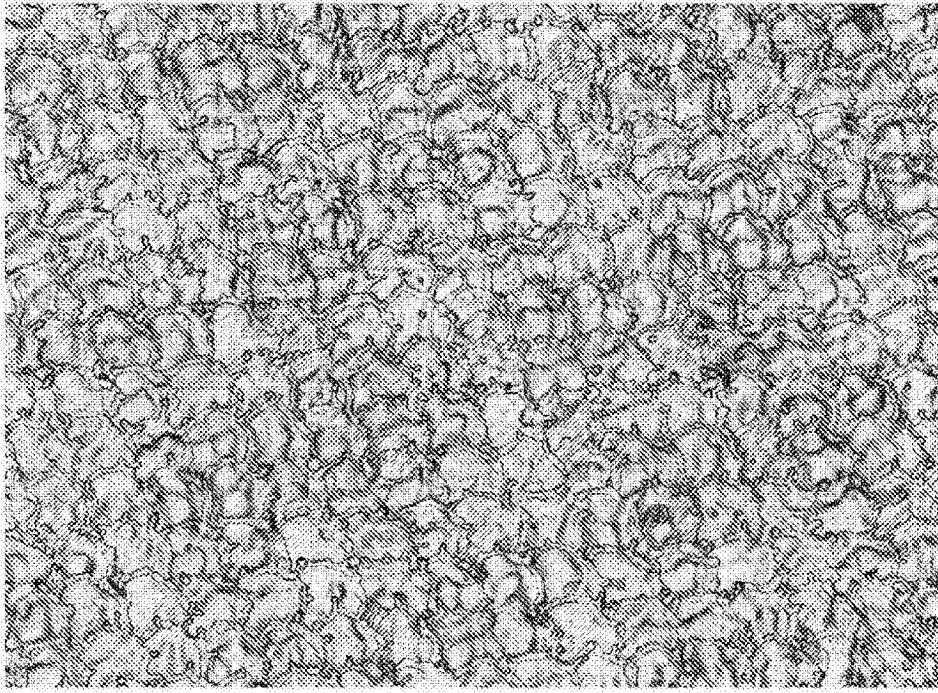


图20

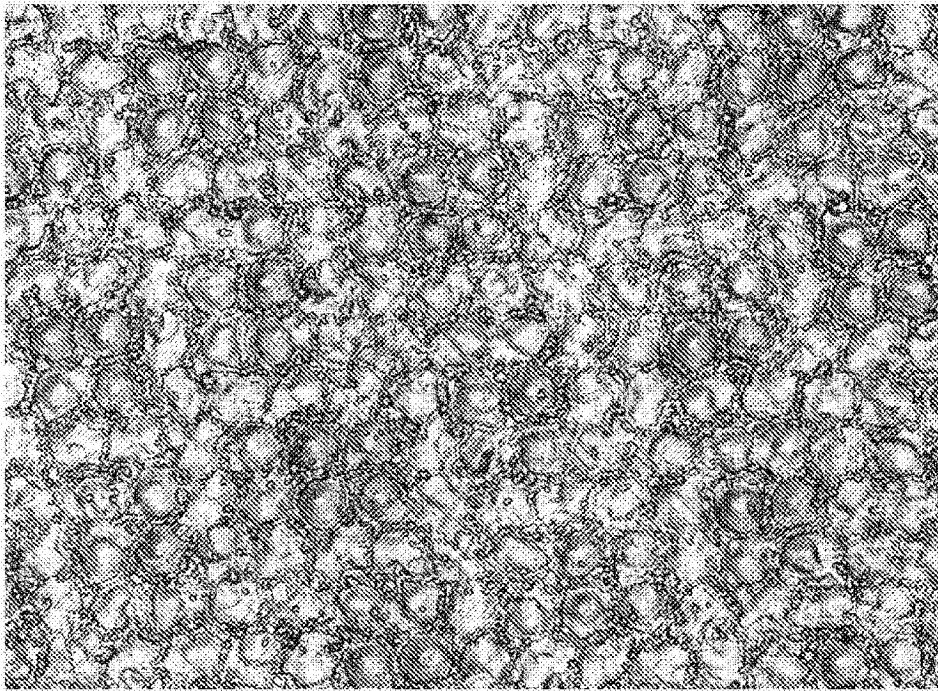


图21