



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108337900 B

(45)授权公告日 2020.04.07

(21)申请号 201680036082.2

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

(22)申请日 2016.06.21

利商标事务所 11038

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 秦振

申请公布号 CN 108337900 A

(51)Int.Cl.

G01M 17/02(2006.01)

(43)申请公布日 2018.07.27

G01N 21/956(2006.01)

(30)优先权数据

G06T 7/00(2017.01)

102015000028956 2015.06.30 IT

(56)对比文件

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

CN 104034733 A, 2014.09.10,

2017.12.20

EP 1355142 A3, 2006.02.08,

(86)PCT国际申请的申请数据

US 5311598 A, 1994.05.10,

PCT/IB2016/053680 2016.06.21

CN 102353680 A, 2012.02.15,

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 103168219 A, 2013.06.19,

W02017/001970 EN 2017.01.05

CN 201716009 U, 2011.01.19,

(73)专利权人 倍耐力轮胎股份公司

DD 298158 A5, 1992.02.06,

地址 意大利米兰

CN 102980893 A, 2013.03.20,

(72)发明人 A·吉多蒂·皮奥凡 V·巴拉迪尼

CN 104637067 A, 2015.05.20,

V·波法 F·雷戈利

CN 102288613 A, 2011.12.21,

L·迪斯特法诺

审查员 丁业娇

权利要求书2页 说明书13页 附图15页

(54)发明名称

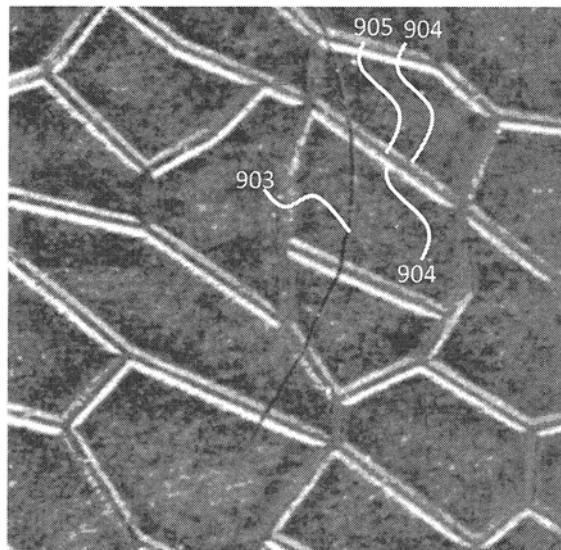
素是否属于建议缺陷。

用于检测轮胎的表面上的缺陷的方法和设备

(57)摘要

用于检测轮胎的表面上的缺陷的方法和相关设备,包括:提供轮胎(200);获取数字图像,其包括结构,所述结构包括代表表面部分中的花纹的线性元件的段以及代表可能的细长缺陷的段,结构的这些段具有相应取向;提供表面部分中的花纹的模型,其中,每个像素与代表像素是否属于花纹段的第一指数相关联并且与代表经过所述像素的花纹段的至少局部取向的第二指数相关联;针对结构的每个像素计算代表经过所述像素的结构段的取向的第三指数;和针对具有属于花纹的花纹模型中的对应像素的结构的每个像素,基于与花纹模型中的对应像素相关联的第二指数和第三指数之间的比较,确定结构的所述像

B
CN 108337900



1. 一种用于检测轮胎的表面上的缺陷的方法,所述方法包括:

-提供具有所述表面的所述轮胎(200),所述表面具有花纹,所述花纹包括一组线性元件或者所述花纹由一组线性元件构成;

-获取所述表面的一部分的至少一个数字图像,所述数字图像包括这样的结构,所述结构包括代表所述表面的所述部分中的花纹的线性元件的结构段以及代表可能的细长缺陷的结构段,所述结构的这些结构段具有相应的至少局部取向;

-提供所述表面的所述部分中的花纹的数字花纹模型,其中每个像素均与代表该像素是否属于所述数字花纹模型中的花纹段的第一指数相关联,并且属于所述数字花纹模型中的花纹段的像素中的每个像素均与代表经过该像素的所述数字花纹模型中的花纹段的至少局部取向的第二指数相关联;

-针对所述数字花纹模型的所述结构的每个像素,计算代表经过该像素的结构段的取向的第三指数;

-对于具有属于所述数字花纹模型中的花纹段中的任何一个花纹段的对应像素的所述结构的每个像素而言,比较与所述数字花纹模型中的所述对应像素相关联的所述第二指数与所述第三指数;

-基于所述比较,确定所述结构的像素是否属于建议缺陷。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一指数是二元的。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,包括识别所述至少一个数字图像的第一像素集和包括所述建议缺陷的第二像素集,所述第一像素集属于所述数字图像的所述结构并且所述第一像素集在所述数字花纹模型中的对应像素不属于所述表面的所述部分中的花纹。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,设置成形成代表所述表面的所述部分的最后图像,其中,对应于所述第一像素集和第二像素集的像素与其余像素被区别开。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,对于所述数字图像的所述结构的每个像素,计算代表经过该像素的结构段的取向的第三指数包括计算该像素的梯度,所述梯度以在所述数字图像中的模量和取向为特征。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述梯度的取向代表由所述梯度相对于参考方向形成的角度,并且所述第三指数代表所述梯度的取向。

7. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,对于所述数字图像的所述结构的每个像素,计算代表经过该像素的结构段的取向的第三指数包括计算该像素的海森矩阵的至少一个特征向量,所述第三指数代表所述至少一个特征向量的取向。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述至少一个特征向量是所述海森矩阵的主特征向量。

9. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述数字花纹模型包含相对于所述表面的所述部分中的花纹扩张的扩张花纹。

10. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,比较所述第二指数与所述第三指数包括:对于具有属于所述数字花纹模型中的花纹段中的任何一个花纹段的对应像素的所述数字图像的所述结构的每个像素而言,计算经过该像素的结构段的至少局部取向与经过该像素的所述数字花纹模型中的对应花纹段的至少局部取向之间的角度差。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,对于具有属于所述数字花纹模型中的花纹段中

的任何一个花纹段的对应像素的所述数字图像的所述结构的每个像素而言,如果所述角度差的绝对值超过 5° ,则确定该像素属于建议缺陷。

12.根据权利要求1或2所述的方法,其中,代表所述表面的所述部分中的花纹的线性元件的结构段是直线分段,所述直线分段彼此互连而形成多边形网络。

13.根据权利要求1或2所述的方法,其中,获取所述至少一个数字图像包括获取第一数字图像,所述第一数字图像的每个像素均与代表对应于所述第一数字图像的所述每个像素的表面点的反射率和/或漫射率和/或颜色的亮度值相关联,所述表面点被用漫射光照射。

14.一种用于在轮胎生产线中分析轮胎的设备,所述设备包括:

- 用于轮胎(200)的支撑件(102),所述支撑件适于绕垂直于所述支撑件的轴线旋转;
- 至少一个源(104),所述源适于发射至少一个光辐射,用于照射轮胎的表面部分(221),当检测系统(105)被设置在所述支撑件上并且在离开所述源的一段距离处时,所述检测系统适于检测由所述表面部分反射和/或漫射的光辐射的光强度;和

- 处理单元(140),所述处理单元构造成执行根据任意一项前述权利要求所述的方法。

15.根据权利要求14所述的设备,其中,所述检测系统包括线性照相机,所述线性照相机具有位于经过所述线性照相机的光学平面(107)上的物镜线(106),其中,所述至少一个源包括第一光源(108)、第二光源(109)和第三光源(110),所述第一光源、第二光源和第三光源分别适于发射第一光辐射、第二光辐射和第三光辐射,用于照射与所述物镜线相重合或者位于所述物镜线附近的线性的所述表面部分(221),其中,所述第一光源和所述第二光源相对于所述光学平面分别位于相对的侧部上,其中,所述第一光源和所述第二光源中的每个均适于用相应的掠射光照射所述物镜线,所述第三光源适于用漫射光照射所述物镜线,并且其中所述设备包括驱动与控制单元,所述驱动与控制单元构造成:

- 以交替顺序激活所述第一光源、所述第二光源和所述第三光源;和

- 驱动所述线性照相机,用于分别获取第一图像、第二图像和第三图像,第一图像、第二图像和第三图像的获取与所述第一光源、所述第二光源和所述第三光源的激活同步。

用于检测轮胎的表面上的缺陷的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及用于检测轮胎的表面上可能存在的缺陷的方法和设备,其中,表面具有花纹,所述花纹包括例如多个段或者所述花纹由多个段构成。

背景技术

[0002] 术语“缺陷”表示与期望状态的任何偏差,无论这种偏差是否导致轮胎性能下降(因此可以丢弃或降级)或者由简单异常(例如,美观方面)构成,所述简单异常不会致使轮胎被丢弃或降级。该缺陷可以例如是具有未硫化复合物、形状改变、切口、胎体中的蠕变、表面上存在的异物等等的部分。

[0003] “轮胎”指的是成品轮胎,即在模制和硫化步骤之后的轮胎。一旦已经制备生轮胎,典型地实施模制和硫化处理,以便通过弹性体成分的交联确定轮胎的结构稳定性以及在轮胎上赋予所需的胎面花纹和在侧壁处赋予任何区别性或信息图形记号。

[0004] 根据典型方法,在模制和硫化步骤期间,适当的囊状物(一般由弹性体复合物构成)插入到轮胎内部并且使其抵靠轮胎的内表面膨胀(例如,气动地),以便将轮胎推靠在外模具上并且确保轮胎适当地粘附到外模具。这种囊状物典型地在外部开有沟槽,形成沟槽花纹,以便有利于其在硫化和模制期间在轮胎的内表面与囊状物的外表面之间局部相互滑动。这种花纹能够有利于使捕获在囊状物与轮胎之间的空气流出和/或在模制和硫化结束时有利于囊状物和轮胎之间的脱离。因此,轮胎的内表面具有对应的“花纹”,典型为凸起形式。典型地,花纹包括沿着周向取向基本周期性分布的一系列直线的且平行的跨距和/或连续几何图形形状的密集网络(术语称作“卵石边缘(pebble edge)”)。

[0005] 在本说明书和权利要求书中,“花纹”更一般地指的是一组线性元件,所述线性元件布置在轮胎的内表面或外表面上,这种线性元件在轮胎的模制和硫化步骤期间产生并且通常为凸起形式,但也能够为浅凸起形式或者为简单二维的,即在与表面的其余部分相同海拔水平处。例如,胎面沟槽落入花纹的定义范围内。这种表面线性元件典型地是连续网络中的互连的直线分段,而且更一般地可以具有任何形状和/或表面分布。与表面的其余部分相比,这种表面线性元件典型地导致颜色改变和/或掠射光的反射/漫射。

[0006] 典型地,用于车辆车轮的轮胎具有绕对称轴线的大体环面结构,所述对称轴线与运转期间轮胎的旋转轴线相重合,并且所述轮胎具有正交于对称轴线的轴向中线平面,所述平面典型地是几何(基本)对称平面(忽略任何微小的不对称,例如,胎面花纹和/或内部结构的部分)。

[0007] 轮胎的“内表面”指的是在所述环面结构内部从一个胎圈延伸到另一个胎圈的表面(换言之,在将轮胎与相应安装轮辋相联接之后不再可见的表面)。

[0008] 内表面上典型属于弹性体材料层,通常称作“衬里”,其具有优化的不透气特性。内表面上的某些缺陷,例如切口、开口的接合部、蠕变等等,可能有损轮胎的不透气性。

[0009] 在用于车辆车轮的轮胎的制造过程的背景下,已经认识到需要对成品实施质量检查,旨在防止有缺陷的轮胎投放市场和/或逐步调节所使用的设备和机器以便改进和优化

在制造过程中实施的操作的执行。

[0010] 这些质量检查包括例如由操作人员实施的质量检查,操作人员使用固定时间对轮胎实施视觉和触觉检查;如果操作人员根据自己的经验和敏感性怀疑轮胎不符合某些质量标准,则该轮胎将通过更详细的人工检查和/或通过适当的设备受到进一步的检查,以便深化任何结构和/或定性缺陷的评估。

[0011] 文献W02013/045594A1描述了一种分析轮胎的内表面上的凸起形式的元件的快速方法,其包括以下步骤:获取表面的三维图像,赋予图像的每个像素灰度水平值,以便获得起始图像,所述灰度水平值与该点的地形海拔成比例;在正交参照系(OXY)中转换所获取的图像,在所述正交参照系中,横轴(OX)代表周向值,而纵轴(OY)代表径向值;赋予表面上的每个像素一海拔梯度值($f(p)$);比较其海拔与布置在经过相应像素(p)且沿着周向取向指向的直线上的少量离散点的海拔。

[0012] 在轮胎质量控制领域中,申请人自己已经确立了通过光学获取数字图像以及后续对数字图像进行处理来检测轮胎表面上可能存在的缺陷的问题。申请人发现,为了能够在用于生产轮胎的设备中“在线地”使用质量控制,需要在有限的时间内并且在降低的成本下实施检查自身。在这种背景下,处理算法的计算需求扮演着关键角色,原因在于当处理算法的计算需求过大时,控制时间被不可接受地延长和/或所需的计算能力导致控制不可行。

[0013] “数字图像”或等同的“图像”通常指的是典型地包含在计算文档中的数据集,其中空间坐标的元组(每个元组对应于一像素)的有限集(典型地,二维和矩阵,即N行×M列)的每元组坐标(典型地,每对坐标)与对应的数值集(其可以代表不同的幅值)相关联。例如,在单色图像中(诸如,灰度水平或“灰度级”图像),这种数值集与有限级(通常为256水平或色调)中的单个值构成,该单个值例如代表显示时相应元组的空间坐标的亮度(或强度)水平。另一例子由彩色图像代表,其中,数值集代表多个颜色或通道的亮度水平,通常为原色(例如,在RGB编码中,原色为红色、绿色和蓝色,而在CMYK编码中,原色为青色、品红色、黄色和黑色)。术语“图像”不必意味着图像的真实显示。

[0014] 在本描述和权利要求中,术语“图像”包含:三维图像,其中,每个像素均与表面高度信息相关(诸如,利用激光三角法获得的图像);和二维图像,其中,每个像素均与代表表面的相应点的颜色和/或反射率/漫射率的信息相关,诸如,由普通数字照相机或摄像机(例如,CCD)检测的图像。

[0015] “表面点”指的是具有能够与所获取的表面图像的像素大小相比的小(非零)的延伸的表面部分。

[0016] 在本说明书和权利要求书中,对特定“数字图像”(例如,在轮胎上初始获取的二维数字图像)的任何引用更一般地包括能够通过所述特定数字图像的一种或多种数字处理(例如,滤波、均衡、平滑、二值化、阈值化、形态转换(开孔等等)、导数或积分计算等等)获得的任何数字图像。

[0017] 申请人注意到,在轮胎质量控制中,轮胎表面上存在的花纹会干扰图像和/或其处理,原因在于花纹往往隐藏或掩盖缺陷。

[0018] 当诸如切口的缺陷与花纹的一个或多个段相交时更是如此,原因在于在相交区域中难以通过多次处理来区分花纹段与缺陷,尤其是在缺陷也是细长的情况下。

发明内容

[0019] 因此,在基于工业轮胎生产线中的数字图像的获取和处理的轮胎质量控制(尤其是,用于检测轮胎的表面上的缺陷)的背景中,申请人考虑了开发用于检测轮胎的表面上的缺陷的方法和设备的问题,所述方法和设备能够从表面上存在的花纹的段本身中区分与这些段相交的任何细长表面缺陷,所述方法和设备具有减少的计算成本和计算需求,获得的结果可靠,并且在缺陷检测方面敏感度高。

[0020] 申请人通过本发明的方法和设备解决了上述问题,所述方法和设备使用了细长缺陷和花纹段的相应取向上的不同。

[0021] 在本发明的第一方面中,本发明涉及一种用于检测轮胎的表面上的缺陷的方法,所述方法包括:

[0022] -提供具有所述表面的轮胎,所述表面具有花纹,所述花纹包括一组线性元件或者所述花纹由一组线性元件构成;

[0023] -获取所述表面的一部分的至少一个数字图像,所述数字图像包括这样的结构,所述结构包括代表所述表面部分中的花纹的所述线性元件的段以及代表可能的细长缺陷的段,所述结构的这些段至少局部地具有相应的取向;

[0024] -提供所述表面部分中的花纹的数字模型,其中,每个像素均与代表像素是否属于所述模型中的花纹段的第一指数相关联,并且对于属于所述模型中的花纹的像素而言,每个像素与代表经过所述像素的所述模型中的所述花纹段的至少局部取向的第二指数相关联;

[0025] -针对所述结构的每个像素计算代表经过所述像素的结构段的取向的第三指数;

[0026] -针对具有属于花纹的花纹模型中的对应像素的结构的每个像素,比较与所述花纹模型中的对应像素相关联的所述第二指数与所述第三指数;

[0027] -基于所述比较,确定所述结构的所述像素是否属于建议缺陷。

[0028] 根据申请人,特别地由于识别叠置到花纹模型中的花纹的像素结构(通过第一指数)并且针对这些像素中的每个像素而言由于由该像素经过的结构段的相应取向(用第三指数表示)与由花纹模型的对应像素经过的花纹模型中的对应花纹段的相应取向(用第二指数表示)之间的比较,上述方法允许基于这些缺陷段的取向典型地与花纹模型中的相交花纹段的取向不同的事实来检测与花纹模型中的花纹段相交且叠置在花纹段上的具有细长形状的任何缺陷段。例如,上述方法允许区分开叠置到花纹模型中的花纹上并代表所述至少一个数字图像中的花纹的结构段(因为它们具有与花纹模型中的对应花纹段基本相同的取向)与叠置到花纹模型中的花纹上且代表细长缺陷的结构段(因为它们具有基本不同于花纹模型中的与之相交的花纹段的取向)。

[0029] 优选地,代表像素是否属于所述花纹模型中的花纹段的所述第一指数是二元的。

[0030] 优选地,可以设想的是,识别所述至少一个数字图像的第一像素集,所述第一像素集属于所述结构并且其在花纹模型中的对应像素不属于花纹。有利地,以这种方式,识别位于花纹外部,即属于花纹“背景”的可能缺陷。

[0031] 优选地,可以设想的是,识别包括所述可能缺陷的第二像素集。

[0032] 优选地,可以设想的是,形成代表所述表面部分的最后图像,其中,将对应于所述第一和第二像素集的像素与其余像素区别开来。

[0033] 典型地,获取所述至少一个数字图像包括获取第一数字图像,所述第一图像的每个像素均与代表对应于所述每个像素的表面点的反射率和/或漫射率和/或颜色的亮度值相关联。

[0034] 优选地,用漫射光照射所述表面上的点。

[0035] 在第一实施例中,计算代表经过像素的结构段的取向的所述第三指数包括计算所述像素的梯度,所述梯度以所述数字图像中的模量和取向为特征。

[0036] 典型地,梯度取向代表由梯度向量相对于参照方向形成的角度。优选地,取向被归一化在180°的范围内。

[0037] 典型地,所述梯度是具有两个分量的向量,所述两个分量分别代表沿着两个坐标(典型地相互正交)的所述亮度值的变化。

[0038] 本申请中的术语“梯度”从一般意义上来说用于表示沿着两个坐标的亮度值的变化,并且不必参照微分计算。

[0039] 优选地,所述第三指数代表所述梯度取向。

[0040] 在第二实施例中,计算代表由像素经过的结构段的取向的所述第三指数包括计算像素的海森矩阵的至少一个特征向量。

[0041] 优选地,所述第三指数代表所述至少一个特征向量的取向。

[0042] 优选地,所述至少一个特征向量是海森矩阵的主特征向量。

[0043] 优选地,所述花纹模型包含相对于没有缺陷的至少一个数字图像中的所述花纹的扩张(dilated)花纹。以这种方式,有利地,在确定分析中的图像的像素是否属于花纹时引入一定的公差,例如以考虑分析中的所述图像中的花纹段的可能变化/变形和/或漂移。

[0044] 优选地,比较所述第二指数与所述第三指数包括计算经过像素的结构段的至少局部取向与经过像素的花纹模型中的对应花纹段的至少局部取向之间的角度差。优选地,如果角度差的绝对值超过5°,更优选地超过10°,甚至更优选地超过15°,则确定像素属于可能缺陷。因此有利地引入关于计算得到的差的一定的公差。

[0045] 典型地,代表所述花纹的所述线性元件的所述段是直线分段,这些直线分段更典型地互连而形成多边形网络。

[0046] 优选地,所述表面部分是周向内表面部分,更优选地对应于中心中的一定角度,所述角度大于或等于30°,更优选地大于或等于60°,典型地等于至少一个周角。

[0047] 优选地,所述周向内表面部分在由所述轴线经过的平面中具有宽度,所述宽度大于或等于50mm,更优选地大于或等于80mm,和/或小于或等于200mm,更优选地小于或等于150mm。

[0048] 优选地,通过每次改变所述周向内表面部分使得所有表面部分构成从中线平面延伸至胎圈的至少一个完整内表面半部分来重复该方法。

[0049] 优选地,该方法包括在保持轮胎搁置在侧壁中的一个上的同时实施上述分析。优选地,该方法包括使轮胎倾斜以便将其搁置在相对的侧壁上并且重复上述操作。

[0050] 根据本发明的第二方面,本发明涉及一种用于在轮胎生产线上分析轮胎的设备。

[0051] 所述设备包括:

[0052] -用于轮胎的支撑件,所述支撑件优选地是水平的并且优选地适于绕垂直于其的轴线旋转;

[0053] -至少一个源，其适于发射至少一个光辐射，用于照射轮胎的表面部分，当检测系统被设置在支撑件上并且在离开所述源的一段距离处时，该检测系统适于检测由所述表面部分反射和/或漫射的光辐射的光强度；和

[0054] -处理单元，所述处理单元构造成执行根据本发明的第一方面的方法。

[0055] 优选地，检测系统包括线性照相机，所述线性照相机具有位于由线性照相机经过的光学平面上的物镜线。

[0056] 优选地，所述至少一个源包括第一光源、第二光源和第三光源，所述第一光源、第二光源和第三光源适于分别发射第一、第二和第三光辐射，用于照射所述表面部分，更优选地照射与物镜线相重合或者位于物镜线附近的线性表面。

[0057] 优选地，所述第一光源和第二光源相对于所述光学平面分别位于相对的侧部上。

[0058] 优选地，所述第一和第二光源中的每个均适于用相应的掠射光照射所述物镜线，并且所述第三光源适于用漫射光照射所述物镜线。

[0059] 在一个实施例中，检测系统包括具有反射表面的反射镜，所述反射表面布置在第三光源处，垂直于光学平面并与光学平面相交（典型地在反射镜的中线上相交），以便以大于或等于30°或者小于或等于135°的角度在光学平面中反射所述物镜线。以这种方式，有利地，在检查轮胎的内表面的过程中，线性照相机在带有这些光源的组件靠近内表面工作时保持定位在轮胎的中央区域中。

[0060] 优选地，该设备包括命令与控制单元，所述命令与控制单元构造成：

[0061] -以交替顺序激活所述第一光源、第二光源和第三光源；和

[0062] -驱动所述线性照相机，用于分别与所述第一光源、第二光源和第三光源的激活同步地获取所述第一、第二和第三图像。以这种方式，可以在漫射光中获取一图像并且在掠射光中获取两个图像。

[0063] 优选地，该设备包括：运动构件，所述运动构件适于使所述支撑件绕其旋转轴线旋转，命令与控制单元构造成控制所述运动构件。

附图说明

[0064] 从根据本发明的用于在轮胎生产线中分析轮胎的方法和设备的一些示例性、但非限制性的实施例的详细描述中，进一步的特征和优势将变得更加显而易见。下文中将参照附图进行描述，所述附图仅仅为了说明而非限制性目的而提供，其中：

[0065] 图1以功能块示出了根据本发明的用于分析轮胎表面的设备的示意图；

[0066] 图2示出了根据变型实施例的依照本发明的设备的一部分的示意图；

[0067] 图3至图14示出了使用相应数字图像的视觉表示的方法的一些步骤；

[0068] 图15示出了本发明的方法的流程图。

具体实施方式

[0069] 参照附图，附图标记1整体上表示根据本发明的用于在轮胎生产线中分析轮胎表面的设备。

[0070] 设备1包括支撑件102，所述支撑件适于在侧壁上支撑轮胎200并且使所述轮胎绕旋转轴线201旋转，所述旋转轴线与轮胎的旋转轴线相重合并且典型地依照竖直方向布置。

支撑件102典型地由驱动构件操作,因为驱动构件例如可以为已知类型的,所以在此没有进一步描述。

[0071] 设备1包括:源104,所述源适于发射至少一种光辐射,用于照射安置在支撑件上且在离开所述源的一段距离处的轮胎的表面部分;检测系统105,其适于检测由表面部分反射和/或漫射的光辐射的光强度。

[0072] 检测系统105包括照相机,所述照相机优选地为线性的并且具有位于由线性照相机和旋转轴线201经过的光学平面107上的物镜线106。

[0073] 源104包括第一光源108、第二光源109和第三光源110,所述第一光源、第二光源和第三光源分别适于发射第一、第二和第三光辐射,用于照射与物镜线相重合(例如,当表面部分是平面的时)或者位于物镜线附近(由于轮胎表面的曲线走向)的所述轮胎的线性表面部分211。

[0074] 检测系统105适于获取由第一、第二和第三光辐射中的至少一个光辐射照射的表面的线性表面部分的相应二维数字图像。

[0075] 典型地,该设备包括机器人臂(未示出),第一、第二和第三光源以及检测系统安装在所述机器人臂上。

[0076] 优选地,第一光源108和第二光源109均由单个相应子源111和112构成。优选地,第三光源110由四个相应子源113构成,所述四个相应子源分布在光学平面107的两侧上并且关于该光学平面对称。

[0077] 每个子源111至113均具有相应的主延伸方向,所述主延伸方向平行于光学平面107并且因而平行于物镜线106延伸。

[0078] 每个子源典型地包括多个LED光源,所述LED光源沿着主延伸方向排列布置。

[0079] 在图2中,光子源参照它们的相应发射表面(例如矩形形状)示意性地示出,所述发射表面可以例如与透明保护玻璃和/或漫射玻璃相重合。举例来说,子源沿主延伸方向的尺寸等于6cm,沿正交于主延伸方向的方向的尺寸等于大约1cm。

[0080] 优选地,子源111和112相对于光学平面分别位于相对的侧部上并且与所述光学平面等距。

[0081] 优选地,第三光源的子源113与光学平面107的距离小于所述第一光源和第二光源的每个子源与光学平面之间的距离。

[0082] 优选地,第三光源110适于用漫射光照射物镜线(例如,相应角度等于大约80°,所述相应角度具有在物镜线的每个点处的顶点、位于正交于物镜线的平面中并且对着第三光源)。

[0083] 在尤其适用于检查轮胎的内表面的设备的实施例中,例如如图2所示,检测系统包括反射镜150(典型地也安装在机器人臂上),所述反射镜具有平坦的反射表面,所述反射表面布置在第三光源处、垂直于光学平面并且在反射镜的中线上与光学平面相交,以便以例如等于90°的角度在光学平面中反射物镜线。

[0084] 优选地,包括命令与控制单元140,所述命令与控制单元构造成以交替顺序激活第一、第二和第三光源,并且控制线性照相机,用于分别与第一、第二和第三光源的激活同步地获取相应的第一、第二和第三图像。

[0085] 命令与控制单元典型地构造成还控制支撑件102的操纵构件。

[0086] 设备包括处理单元(例如,集成在命令与控制单元140中或者与其通讯或者与检测系统105通讯,用于接收所获取的图像),所述处理单元构造成实施根据本发明的方法。

[0087] 在操作中,将轮胎200放置在支撑件102上并且使其绕其对称轴线201旋转(优选地旋转一整圈),以便检测内表面部分的二维数字图像,优选地沿着整个周向延伸检测内表面部分的二维数字图像。

[0088] 在旋转期间,命令与控制单元以快速交替顺序周期性地激活所述第一、第二和第三光源,并且激活线性照相机,以分别与第一、第二、第三光源的激活同步地获取相应线性表面部分的相应二维线性数字图像(彩色或单色)。举例来说,每一个线性数字图像在单色照相机的情况下包括 1×2048 个像素,或者在RGB彩色或双线性照相机的情况下包括 2×2048 个像素。

[0089] 举例来说,第一和第二线性图像的获取之间的时滞、第二和第三线性图像的获取之间的时滞以及周期地第一和第三线性图像的获取之间的时滞小于0.2毫秒。

[0090] 一旦已经执行完轮胎的所期望的旋转以扫描所期望的表面部分(优选地旋转至少一整圈以便获取所有圆形延伸),就获得了唯一的数字图像,所述唯一的数字图像由线性部分的序列的所有线性数字图像制成,每个所述线性部分均用这三个光源照射。

[0091] 处理单元从检测系统接收这种图像并且从其分离出整个所期望的表面部分的对应的第一、第二和第三图像。

[0092] 这些图像可以是一个像素一个像素地大体叠置的,不过由于轮胎同时进行旋转,与单个线性图像相关联的真实线性表面部分没有准确地对应于这三个图像。然而,线性图像的获取频率和旋转速度被选择成使得三个线性图像相互交错并且因而能够一个像素一个像素地比较。

[0093] 图3示出了用漫射光照射的轮胎的内表面部分的所述第一图像(即二维数字图像)的示例的灰度级示例性视觉表示,所述第一图像在可见频率范围内获取(总体上与普通黑白照片类似)。轮胎的周向方向沿着图中的水平方向(直线300)布置。

[0094] 在图3的示例中,数字图像的每个像素均与255级水平中的标量值(灰度水平或灰度级)相关联,所述标量值直接表示对应于所考虑的像素的内表面点的反射率和/或漫射率和/或颜色。

[0095] 本发明还可以应用于其中每个像素均与向量值相关联的数字图像,例如数字彩色图像。例如,可以针对每个通道/颜色或其组合或者针对所选择的通道(例如绿色,所述绿色有利地提供了更好的图像质量)实施在此描述的方法。

[0096] 针对其实施在此描述的方法的数字图像可以与由检测系统直接检测的数字图像相符,或者更加优选地可以在实施在此描述的方法之前接受预处理以提高其质量。所述预处理可以包括例如本领域中已知的滤波、均衡、降噪、平滑中的一种或多种。在下文中,认为这种预处理不会改变图像的二维数字性质,使得每个像素均与代表内表面的反射率和/或漫射率和/或颜色的亮度(或色调)值相关联。

[0097] 如图3可见,轮胎的内表面开有沟槽,多个凸起形成了“花纹”。凸起的存在使得由照相机检测的内表面的反射率发生变化。本发明还能够应用于低凸起或简单二维花纹,即,仅仅颜色和/或反射率变化而没有深度。典型地,花纹包括:一系列直线段301,所述直线段基本相互平行并且典型地沿着周向方向基本周期性地分布;和由基本直线分段302构成的

致密网络(术语称作“卵石边缘”),所述基本直线分段以基本连续的网络互连,所述花纹的典型特征为其沿着周向方向基本周期性。注意,花纹在轮胎的内表面上延伸,其设置有自己的曲率。

[0098] 优选地,花纹由连接到彼此的闭合虚线(多边形)构成。

[0099] 典型地,花纹由彼此毗邻的多边形构成(例如,没有隔离的多边形)。

[0100] 花纹具有这样的组织结构,所述组织结构在沿着周向方向分布的多个位置大体相同地重复,所述多个位置典型地具有大体周向周期性(例如,具有局部周期变化,局部周期变化的绝对值处于针对整个图像计算的平均周期的5%内),更典型地具有沿着整个数字图像的连续性。在示出的示例中,卵石边缘具有等于来复线的周期的两倍的周向周期,其中,花纹的整个周期等于卵石边缘的周期。

[0101] 如上所述,凸起301、302是由气动囊状物留下的印记。在实践中,所述组织结构典型地沿着周向方向在周期性和/或形状和/或方向和/或轴向位置方面略微变化地重复,同时保持基本相同,这种变化的原因例如是由于囊状物膨胀和/或定位的不均匀性和/或印在囊状物本身上的花纹的小扭曲和/或图像检测过程中的扭曲现象(例如,由于错误定中轮胎的旋转轴线,轮胎不是正圆形等等)。

[0102] 为了更加清晰,图3示出了周向数字图像部分,所述周向数字图像部分沿着方向300较长并且仅为花纹周期的2.5倍;然而,典型地,处理过的数字图像对应于包括至少重复8至10次的所述组织结构的周向内表面部分。优选地,经处理的周向内表面部分覆盖轮胎的整个周向内部延伸。

[0103] 典型地,处理过的数字图像对应于内表面的这样的部分,所述部分的轴向方向(垂直于图3中的方向300的方向)上的长度至少为5cm,优选地等于轮胎胎冠的整个轴向延伸的至少一半。

[0104] 图3示出了示例性缺陷303(在图3a中放大示出,该图示出了图3的旋转细节),所述示例性缺陷由穿过花纹的至少一个分段的切口构成。

[0105] 优选地,该方法提供:通过数字图像处理导出代表花纹周期的值,例如通过寻找数字图像(有足够的尺寸,例如,周向长度大于周期并且小于周期的三倍)的给定部分(术语称作“支撑件”)与数字图像的多个另外的部分之间的自相关函数的最大值(例如,针对与图像的像素相关联的值计算的皮尔逊(Pearson)相关系数),所述多个另外的部分的尺寸等于图像的所述给定部分的尺寸并且布置在周向分布的位置上。优选地,关于多个不同支撑件重复计算周向自相关,旨在选择最为可靠的自相关峰值以识别花纹周期,所述多个不同支撑件沿着图像的轴向方向部分地重叠并且具有相同的尺寸。可替代地,设置成获取周期的预定值,例如从测量值和/或从囊状物的规格获取周期的预定值。

[0106] 该方法包括识别对应于组织结构的子部分的数字图像的第一区域304,例如,所述第一区域的周向延伸小于组织结构的整个周向延伸(在示例中,所述第一区域的周向延伸等于组织结构的周向延伸的大约三分之一并且与所述周期相符)。第一区域的尺寸有利地与所寻找的缺陷的典型预期尺寸相符。

[0107] 还设置成,识别同源于第一区域304并且沿着周向方向分布的数字图像的相应多个区域305、306。每个同源区域均包含相应组织结构子部分,所述相应组织结构子部分与第一区域的组织结构子部分基本相同。为此,计算第一区域与数字图像的其余部分中的一部

分之间的相关函数(例如,皮尔逊相关系数)。优选地,首先通过计算第一区域304与具有等于第一区域的尺寸并且布置在数字图像的与第一区域周向间隔开等于周期P的距离的点的附近的多个区域之间的相关函数来识别第一同源区域305。例如,如果第一区域304的中心的坐标为 x_0, y_0 ,则首先识别具有相等尺寸的区域,该区域的中心处的坐标为 x_0, y_0+P 。然后,计算第一区域与具有相同尺寸的所有区域之间的相关函数,所述具有相同尺寸的所有区域的中心位于坐标 $x_0 \pm \Delta x, y_0+P \pm \Delta y$ 附近,其中 $\Delta x, \Delta y$ 等于适当的像素数量,例如,5至10个像素。中心处的坐标为 x_1, y_1 的区域被识别为第一同源区域305,在所述中心处相关函数具有最大值(至少局部最大值)。

[0108] 从第一同源区域305开始重复该算法并且寻找坐标 $x_1 \pm \Delta x, y_1+P \pm \Delta y$ 附近的相关性最大值,以便定位第二同源区域306(其中心处的坐标为 x_2, y_2),如此迭代,以便连续地识别一序列的同源区域。特别地,计算对应于同源区域的元组的中心(或任何其它参考点)的坐标元组 x_n, y_n 。

[0109] 在在此描述的示例中,通过处理数字图像和识别这种坐标元组获取代表花纹周期的值是针对漫射光下的图像(图3中示出的类型)执行的。

[0110] 然而,本申请人已经证实,如果针对差分图像实施周期的计算操作和/或这种元组的识别(例如,通过自相关识别同源区域),则甚至能够获得更为可靠的结果,在所述差分图像中,每个像素均与代表在掠射光下获得的第二和第三图像的对应亮度值的差的值相关,如上所述。

[0111] 然后在漫射光下在第一区域上显示该坐标元组,以便识别所述第一图像中的对应的第一区域和对应的多个同源区域。

[0112] 还设置成,计算组织结构子部分的模型,在所述组织结构子部分的模型中,每个像素均和与具有所述每个像素相同坐标的第一图像的第一区域的像素及相应同源区域的像素相关联的值的平均值相关联。

[0113] 为此,为了解释目的,图4示出了区域堆叠307的3D图形表示,所述区域堆叠通过使漫射光下的第一图像的第一区域(例如,在堆叠的基部处)和所有其相应的同源区域重叠而获得。如图可见,堆叠基部处的每个像素均对应于位于对应竖列上的统计数值集(标量或灰度级)。这种统计集由于上述变形而具有内在变化。

[0114] 优选地,考虑针对堆叠基部的每个像素的对应统计集的中值计算与第一区域304相关联的组织结构子部分(图5示出)的数字模型308。因此产生了模型308,所述模型在每个相关的坐标像素(i, j)中具有中值(例如,灰度水平),该中值基于第一区域和同源区域的集的所有相关的坐标像素(i, j)计算所述中值。如在图5中可见,由此计算的模型除了呈现高图像质量(例如,在噪音和/或锐度方面)之外不包括来自任何缺陷的贡献。

[0115] 优选地,根据上述内容针对多个第一区域计算相应组织结构子部分的数字模型,每个第一区域均包括相应组织结构子部分。这些第一区域形成了连接的数字图像部分,所述连接的数字图像部分具有大约等于周期的周向延伸。以这种方式,针对构成花纹的整个组织结构计算数字模型。优选地,这些第一区域沿着轴向方向和/或沿着周向方向相互局部重叠,以便提高方法的可靠性。

[0116] 一旦已经构造成相应子部分的模型,则通过在所述第一图像中用每个第一区域以及相应的同源区域替换相应组织结构子部分的所述模型来获得花纹模型。通过上述自学习

程序,获得了图像,所述图像是没有缺陷的表面部分的全局模型并且易于与真实图像进行比较。

[0117] 为了进行比较,有利地是使用下文描述的梯度模量和取向。

[0118] 在一个实施例中,对于基于第一图像计算的亮度值形式的花纹模型的每个像素,可以设想的是,计算与像素相关联的亮度值的梯度的模量值和取向值,从而分别获得梯度模量值和梯度取向值形式的花纹模型。为了减少计算资源的使用,优选的是基于每个组织结构子部分模型以亮度值形式计算梯度模量值和梯度取向值,然后继续执行通过取代来替换获得花纹模型的上述操作。

[0119] 在替代和优选实施例中,针对基于第一图像计算的亮度值形式的梯度模量值和梯度取向值执行用于识别同源区域和计算相应组织结构子部分模型(优选地通过使用基于差分图像识别的坐标元组)的上述的操作。在这种情况下,基于第一图像计算亮度值形式的花纹模型并不是严格必须的。

[0120] 为了计算梯度模量值和取向值的目的,沿着图像的两个水平和竖直坐标针对每个数字图像像素计算亮度值的梯度,从而获得具有两个分量的向量:数字图像中的模量(例如,两个分量的平方和的根)和取向(例如,向量相对于水平方向形成的角度),该取向归一化为[0—180°]或[-90°—+90°]的范围内。

[0121] 为了计算梯度模量值和取向值,例如按如下进行:输入图像的每个像素为 $I(x, y)$ (在不需要时省略符号 (x, y)),计算如下:

[0122] • $I_x = I * K_x$,其中,‘*’是卷积算子, K_x 是用于计算 x 的一阶导数的适当的核(例如, $K_x = [1 - 1]$);

[0123] • $I_y = I * K_y$,其中,‘*’是卷积算子, K_y 是用于计算 y 的一阶导数的适当的核(例如, $K_y = [1; -1]$);

[0124] • 梯度 $(x, y) = [I_x; I_y] = I(x, y)$ 的梯度

[0125] • 梯度模量=开平方根($(I_x)^2 + (I_y)^2$)

[0126] • 梯度取向=反正切(I_y / I_x)

[0127] 图6示出了对应于图3中的图像的中央部分的表面子部分的示例性可视化表示,其中,每个像素均与代表所考虑的像素(例如,光像素对应于高梯度模量,反之亦然)中的梯度模量的灰度水平相关联(例如,成比例)。

[0128] 图7示出了图6中的相同表面子部分的示例性可视化表示,其中,每个像素均与唯一代表所考虑的像素中的梯度取向的灰度水平相关联。

[0129] 图6和图7之间的比较显示,花纹外的低梯度模量区域的特征在于没有明显取向值(是无序变化的)。

[0130] 如上所述,通过对如图6和图7所示的数字图像执行以下操作:识别多个第一区域;针对每个第一区域,识别相应多个同源区域;和计算相应模型,分别获得梯度模量值和梯度取向值形式的花纹模型。

[0131] 此时,扩张(dilation)所形成的花纹模型(以亮度值和/或模量值和/或梯度取向值形式)以引入公差,所述公差考虑了花纹中的组织结构的扭曲和/或漂移。

[0132] 在第一优选实施例中,首先二值化梯度模量值形式的花纹模型(例如,通过利用单阈值或双阈值阈值化),以获得花纹的二元模型。

[0133] 扩张花纹的二元模型(例如,通过形态学处理操作),以便获得扩张的花纹二元模型,其中,像素具有相关联的第一二元指数,所述第一二元指数的值表示像素是否属于扩张的花纹(以便通过与该扩张的二元模型进行比较而从第一图像中的属于扩张的花纹的像素中区分开属于背景的像素)。

[0134] 而且,优选地还扩张花纹模型的梯度取向值。优选地,属于扩张的花纹的扩张花纹二元模型的每个像素均与第二指数相关联,所述第二指数的值代表由像素经过的扩张花纹段的取向:例如,可以选择这样的像素的梯度取向值,所述像素在所述花纹模型中的所述每个像素的预定附近区域中(例如,半径等于5至10个像素)具有最大梯度模量值。

[0135] 在第二替代实施例中,首先扩张花纹模型的梯度模量值和梯度取向值两者。例如,扩张花纹模型的每个像素均被分配为梯度模量值和梯度取向值,所述梯度模量值是花纹模型中的所述像素的预定附近区域中的梯度模量的最大值(所述附近区域例如具有等于5至10个像素的半径),所述梯度取向值与具有所述最大梯度模量值的像素相关联。继而,基于梯度模量值二值化由此获得的花纹模型,从而获得所述第一指数的值。

[0136] 图8示出了因两个实施例中的所述操作获得的花纹模型的示例。用黑色示出了图8中图像的不属于扩张花纹、但属于花纹背景的每个像素(例如,所述第一指数具有等于零的值)。属于扩张花纹的每个像素(例如,所述第一指数具有等于1的值)用除黑色外的灰度水平示出,其中,每个灰度水平一一对应于代表由所考虑的像素经过的扩张花纹的对应分段的取向的第二指数的值。如图可见,扩张花纹的外部的像素(黑色像素)不具有相关联的第二指数的有效值。

[0137] 在对在漫射光下获取的轮胎的第一图像和如上所获得的扩张花纹进行亮度值方面的比较之前,有利的是处理该第一图像,以便高亮图像的其余部分的可能缺陷。

[0138] 为了支持对用于高亮可能缺陷的方法的描述,将参照图9至图12。

[0139] 图9示例性示出了第一图像的一部分的另一示例的灰度级视觉表示,其性质与图3和图3a中示出的性质类似,示出了用漫射光照射的轮胎的另外的内表面部分,在所述另外的内表面部分中存在缺陷903,所述缺陷由穿过花纹的一些分段的切口构成。在图9的表面部分上,存在在囊状物中使用的脱模剂的痕迹,特别是在花纹分段的壁上。因为该脱模剂高度反射,所以图像中的花纹分段的壁产生了一对非常亮的平行线904。在两条亮的平行线之间存在较暗的线905,该较暗的线对应于花纹分段的“顶部”,所述顶部被脱模剂弄脏程度较小。在这种情况下,原则上,分段905可能会与切口903混淆,原因在于它们都具有类似的亮度特征。

[0140] 为了从图像的其余部分高亮可能缺陷,可以设想的是,针对亮度值形式的第一图像的每个像素计算表示所述像素中的海森矩阵的主特征值(或最大特征值)的值。

[0141] 举例来说,海森矩阵计算如下。如上所述,输入图像的每个像素为 $I(x,y)$,计算如下:

[0142] • $I_{xx} = I * K_{xx}$,其中,‘*’是卷积算子, K_{xx} 是用于计算x的二阶导数的适当的核(例如, $K_{xx} = [1 - 2 \ 1]$ 行向量);

[0143] • $I_{yy} = I * K_{yy}$,其中,‘*’是卷积算子, K_{yy} 是用于计算y的二阶导数的适当的核(例如, $K_{yy} = [1; -2; 1]$ 列向量);

[0144] • $I_{xy} = I_{yx} = I * K_{xy}$,其中,‘*’是卷积算子, K_{xy} 是计算混合导数的适当的核(例

如,矩阵 $K_{xy} = [1 \ 0-1; 0 \ 0 \ 0; -1 \ 0 \ 1]$,其中";"是行分隔符)。

[0145] 由此获得海森 $H = [I_{xx} \ I_{xy}; I_{yx} \ I_{yy}]$ 。

[0146] 由海森矩阵 H 计算特征向量和特征值,例如通过算法EVD(特征值/向量分解)。

[0147] 优选地,通过与第一阈值比较来二值化主特征值,以便识别建议的缺陷像素,如其相关联的最大特征值高于该第一阈值的那些像素一样。

[0148] 图10示出了基于主特征值二值化的基本对应于图9所示的第一图像部分的示例性可视化表示。注意,所述二值化增强了属于切口903的像素和壁904(更精确地说花纹背景和壁904之间的过渡区域的壁)处的像素以及花纹分段905的中央区域905的像素,在所述中央区域处最大特征值高。

[0149] 为了从由此获得的建议缺陷中至少消除花纹背景和花纹分段的壁之间的过渡区域中的像素以及其它伪像素,可以设想的是,比较基于第一图像的亮度值计算的梯度模量值与第二阈值并且将梯度模量值小于该第二阈值的像素识别为建议缺陷。

[0150] 图11基本示出了图9中的相同图像部分,其中,已经基于梯度模量二值化了像素(可选地,利用适当的边缘平滑操作)。白色像素是具有低梯度模量值的像素,即梯度模量值小于第二阈值的像素。注意,花纹分段的边缘处的像素904具有高梯度值。

[0151] 图12基本示出了与图10相同的图像部分,其中,白色像素是利用所述两个阈值并行阈值化获得的建议缺陷(即,图10和图11两者中的白色像素)。应当注意的是,一些像素905作为建议缺陷保持在一些花纹段的中心处,而这些花纹段的边缘处的几乎所有像素都已经被基本标准过滤。

[0152] 为了进一步选择建议缺陷,优选地基于在漫射光中获取的图像中的亮度值提供了第三选择标准,所述第三选择标准优选地结合所述另外两个标准一起使用。特别地,比较该亮度值与第三阈值,并且选择如上识别的所有建议缺陷像素,所述建议缺陷像素的亮度值低于第三阈值。

[0153] 此时,可以比较由此选择的建议缺陷像素与没有如上所计算的缺陷的扩张花纹模型,以便根据该比较检测表面部分中的任何缺陷。

[0154] 优选地,在所述建议缺陷像素中识别第一像素集,以识别位于花纹外部的缺陷(或缺陷部分),即属于花纹“背景”的缺陷,对于所述第一像素集,扩张花纹模型中的对应像素不属于扩张花纹(例如,参照图8,黑色“背景”区域)。

[0155] 优选地,可以设想的是,在所述建议缺陷像素中识别第二像素集,所述第二像素集具有属于花纹的花纹模型中的对应像素(例如,图8中的除黑色外的灰度水平形式的像素),对于所述第二像素集,由所述扩张花纹模型(由所述第二值代表,例如,扩张梯度的取向值)经过的花纹段的至少局部取向与由所述建议缺陷形成并由所述像素经过的花纹段的取向显著不同(例如,差大于 20°)。在这种情况下,由所述像素经过的这种建议缺陷段有可能是具有与所述扩张花纹模型的花纹段相交的部分的切口。

[0156] 在第一实施例中,由所述建议缺陷形成并由所述像素经过的段的取向通过如上所述基于漫射光下的第一图像中的亮度值计算得到的所述像素的梯度取向值表示。

[0157] 在第二实施例中,由所述建议缺陷形成并由所述像素经过的段的取向通过如上所述由基于漫射光下的第一图像中的亮度值计算得到的所述像素的海森矩阵的主特征向量的取向表示。

[0158] 优选地,可以设想的是,合并(以OR逻辑)第一和第二像素集形成代表所述表面部分的最终图像(典型为二元图像),其中,对应于所述第一和第二像素集的像素与其余像素是不同的,如图13举例所示,其中可见,已经识别了花纹背景处的切口部分和扩张花纹处的切口部分。

[0159] 优选地,能够基于所述像素实施适当的形态学处理,以便舍弃伪建议缺陷。例如,消除不能与所寻找的缺陷相容的隔离的像素块或连接的像素区域(“blob”);特别地,能够通过面积和/或长度进行选择。图14示出了在图13的图像上实施的这种处理的最终结果。

[0160] 图15示出了根据本发明的实施例的方法的流程图,其中,操作1010代表提供具有表面的轮胎的操作,所述表面具有花纹,所述花纹带有一组线性元件。

[0161] 操作1020代表获取该表面的一部分的至少一个数字图像的操作,所述数字图像包括这样的结构,所述结构包括代表所述表面部分中的花纹的所述线性元件的段以及代表可能的细长缺陷的段,所述结构的这些段至少局部地具有相应的取向。

[0162] 操作1030代表提供所述表面部分中的花纹的数字模型的操作,其中,每个像素均与代表像素是否属于所述模型中的花纹段的第一指数相关联,并且对于属于所述模型中的花纹的像素而言,每个像素与代表经过该像素的所述模型中的所述花纹段的至少局部取向的第二指数相关联。

[0163] 操作1040代表针对所述结构的每个像素计算代表经过该像素的所述结构的段的取向的第三指数的操作。

[0164] 操作1050代表针对具有属于花纹的花纹模型中的对应像素的结构的每个像素比较与所述花纹模型中的所述对应像素相关联的所述第二指数与所述第三指数的操作。

[0165] 操作1060代表基于所述比较确定所述结构的所述像素是否属于建议缺陷的操作。

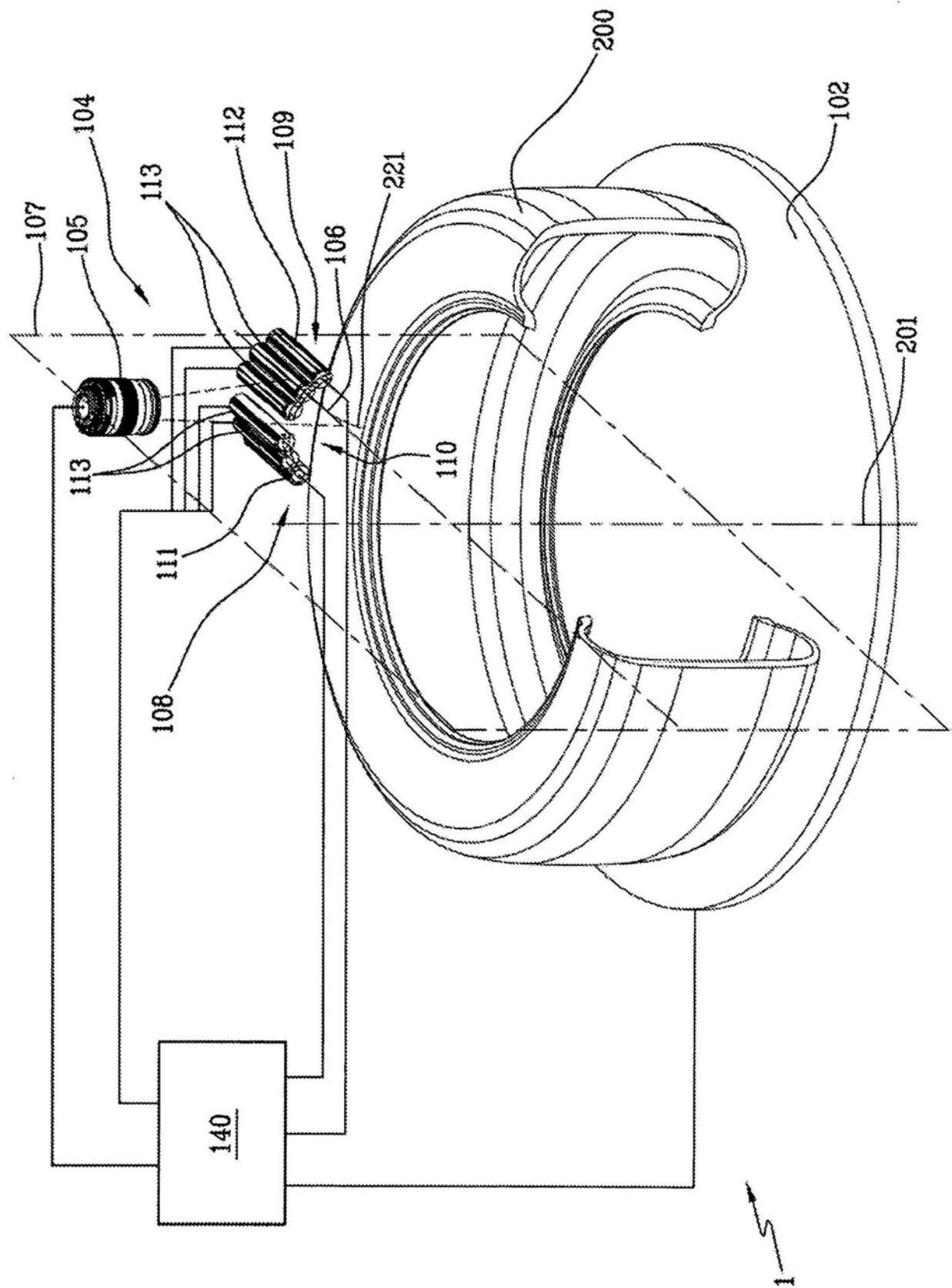


图1

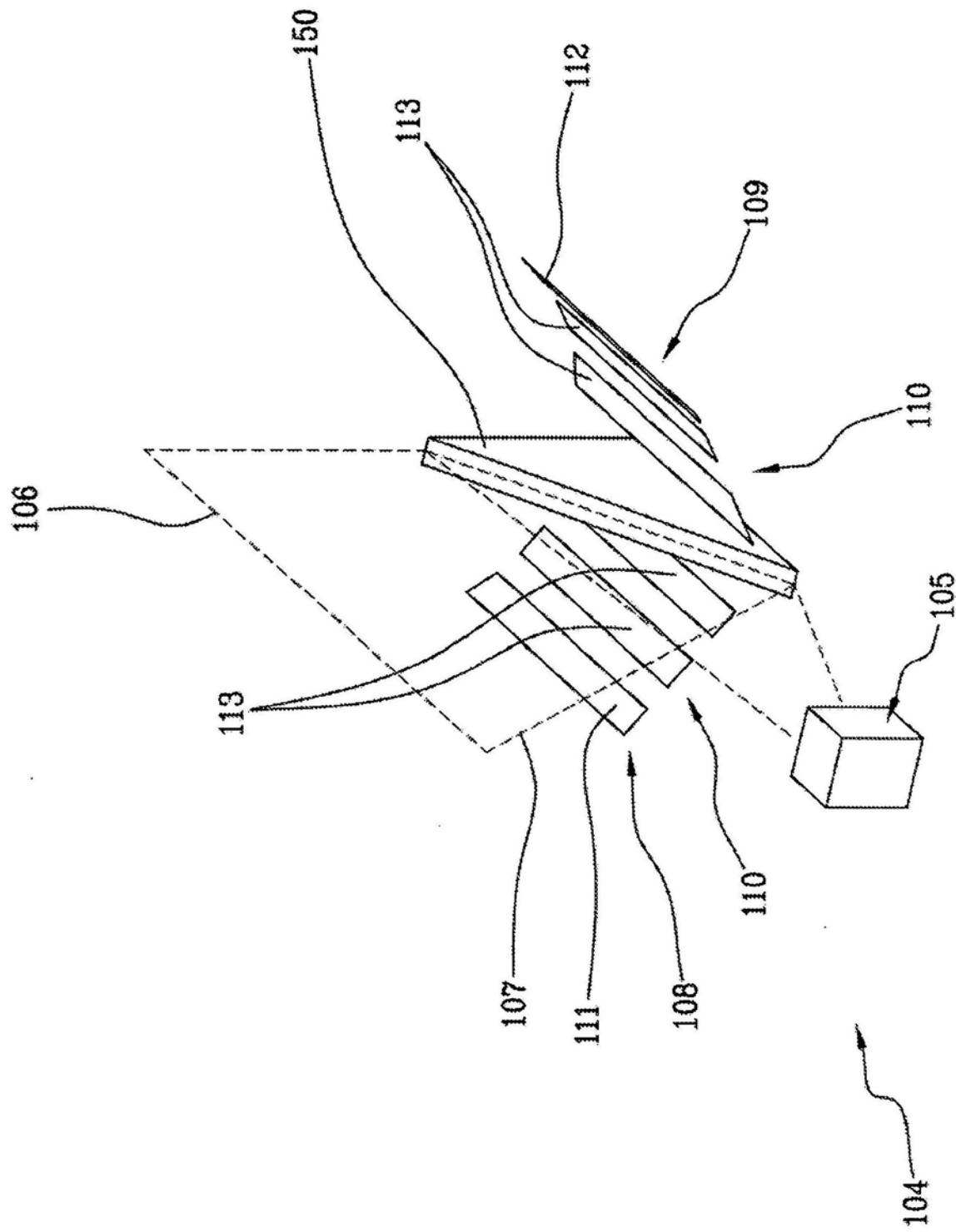


图2

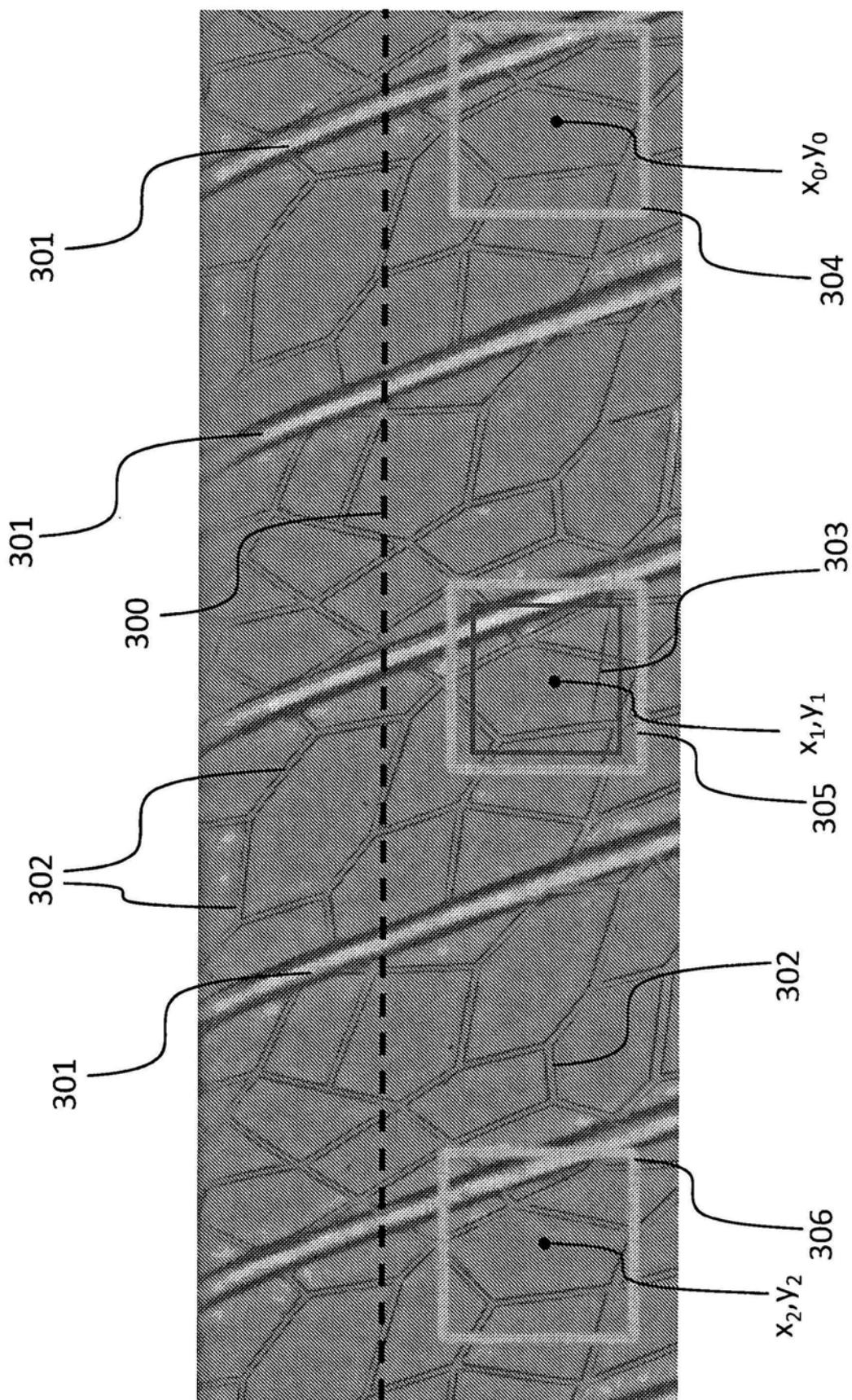


图3

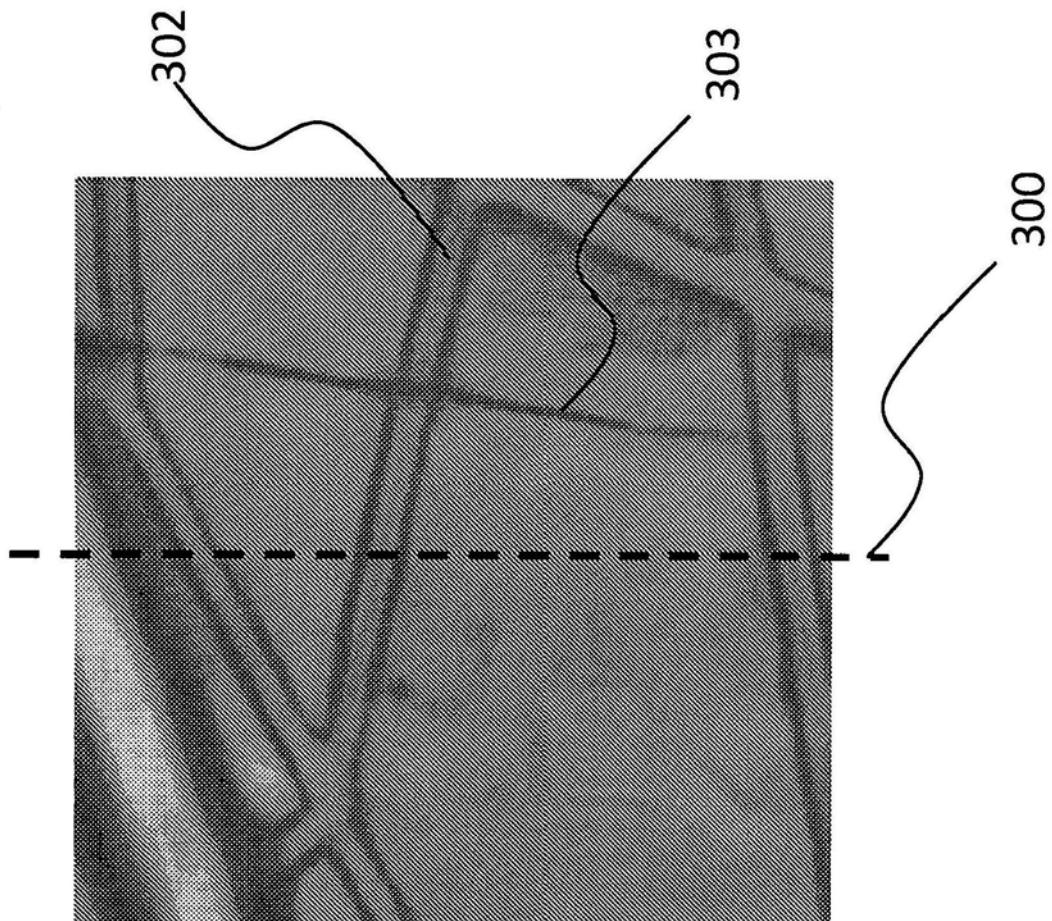


图3a

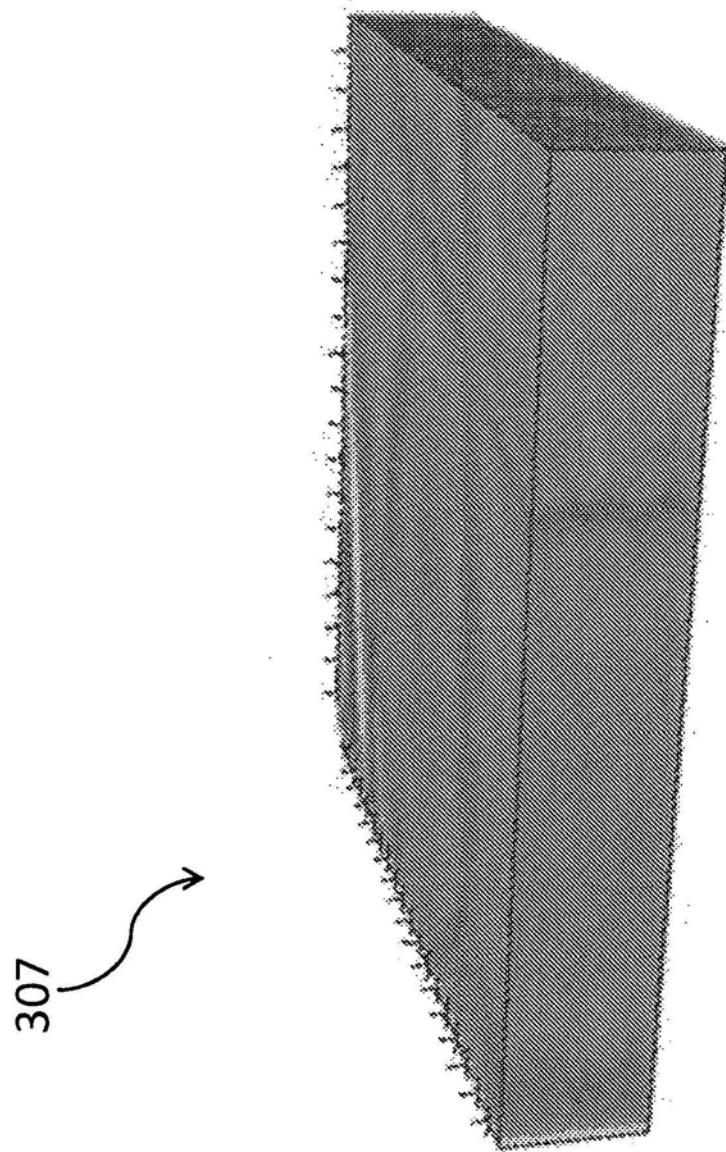


图4

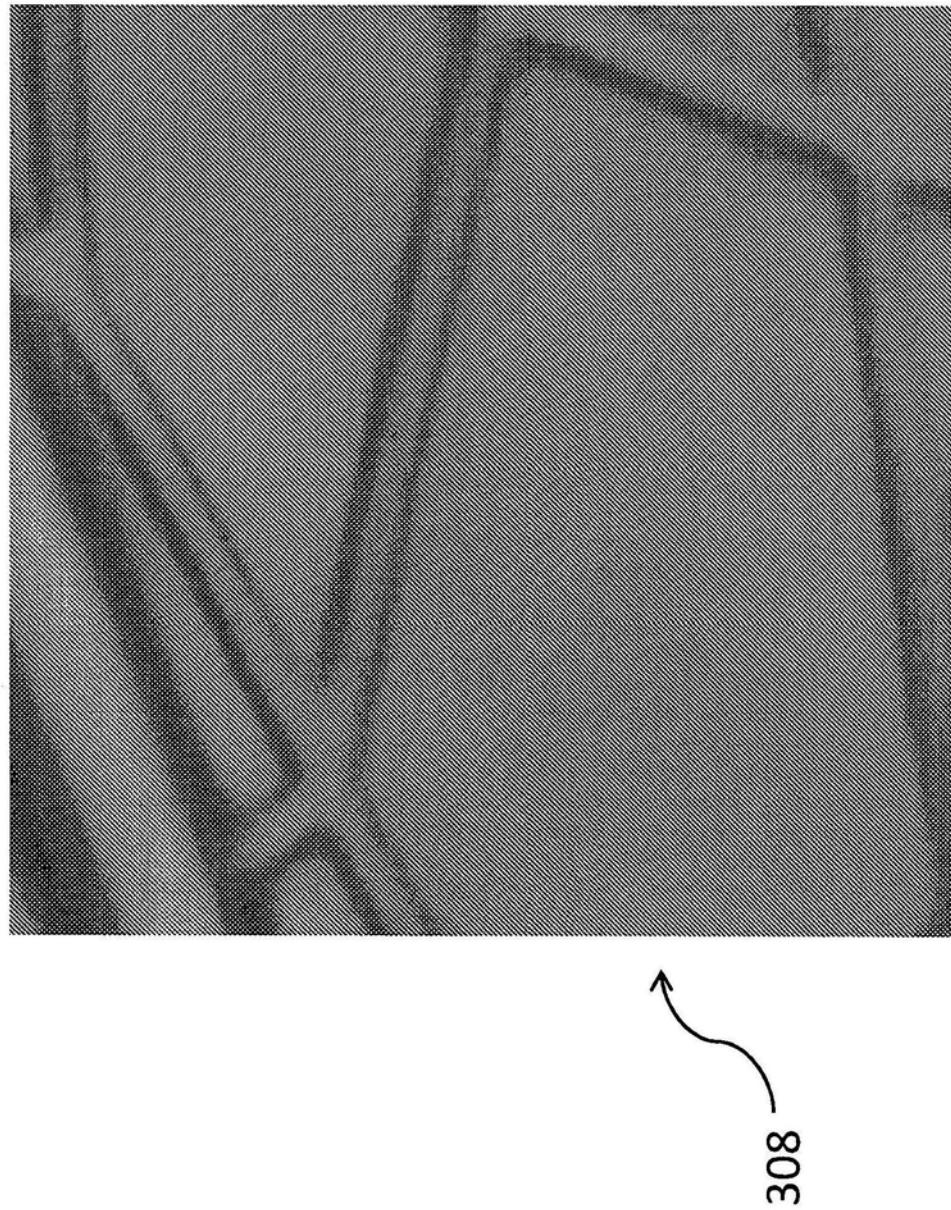


图5

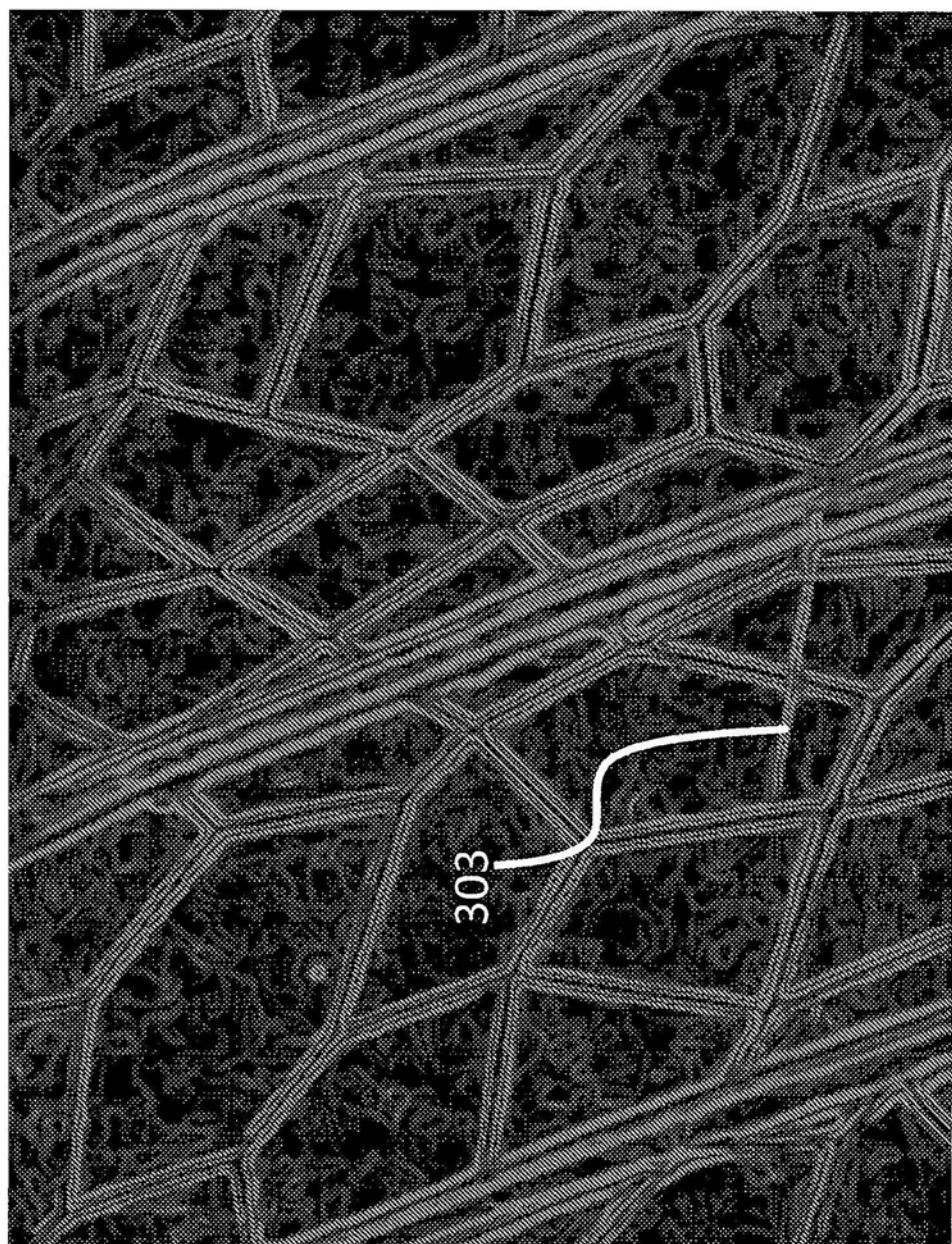


图6

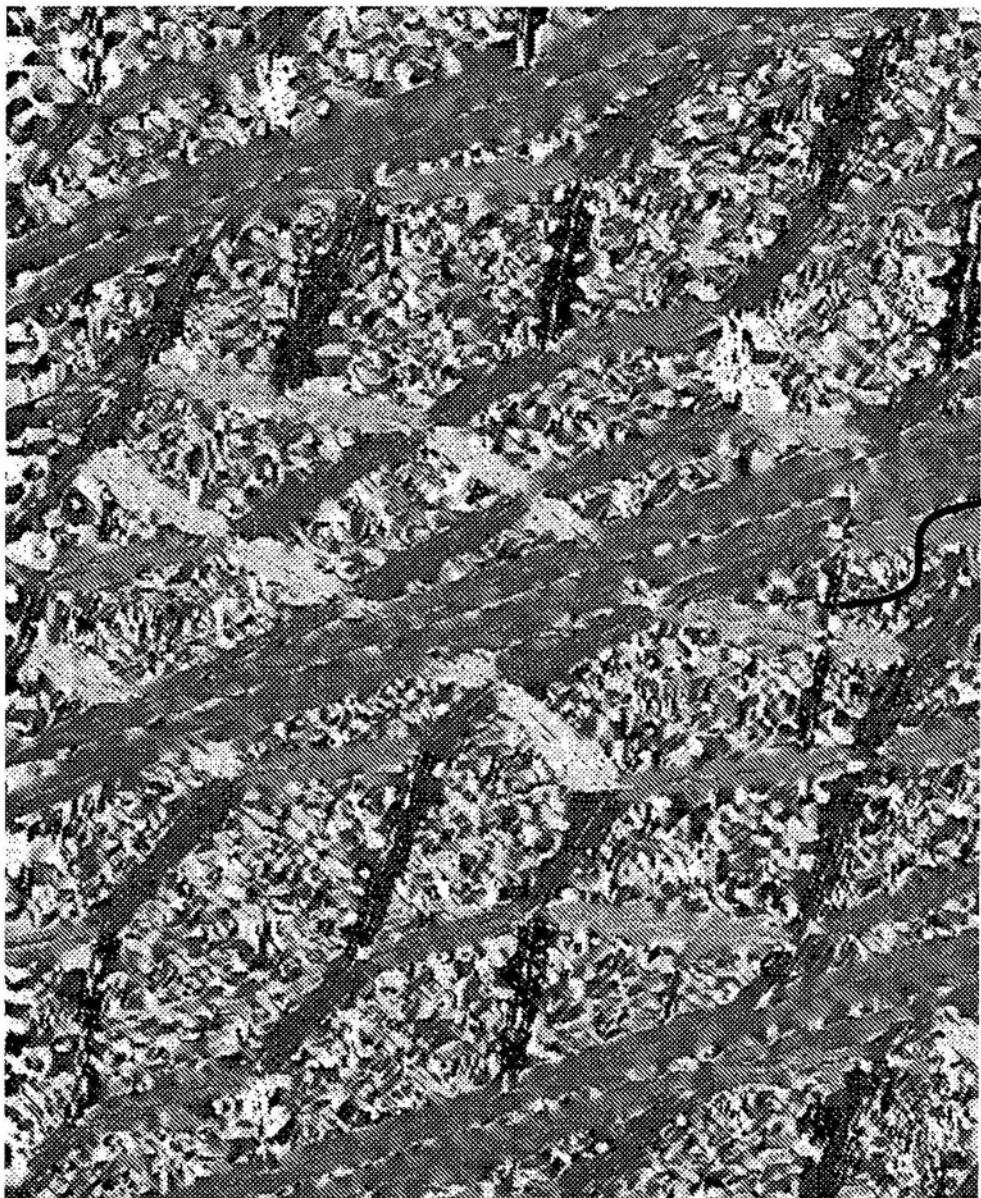


图7

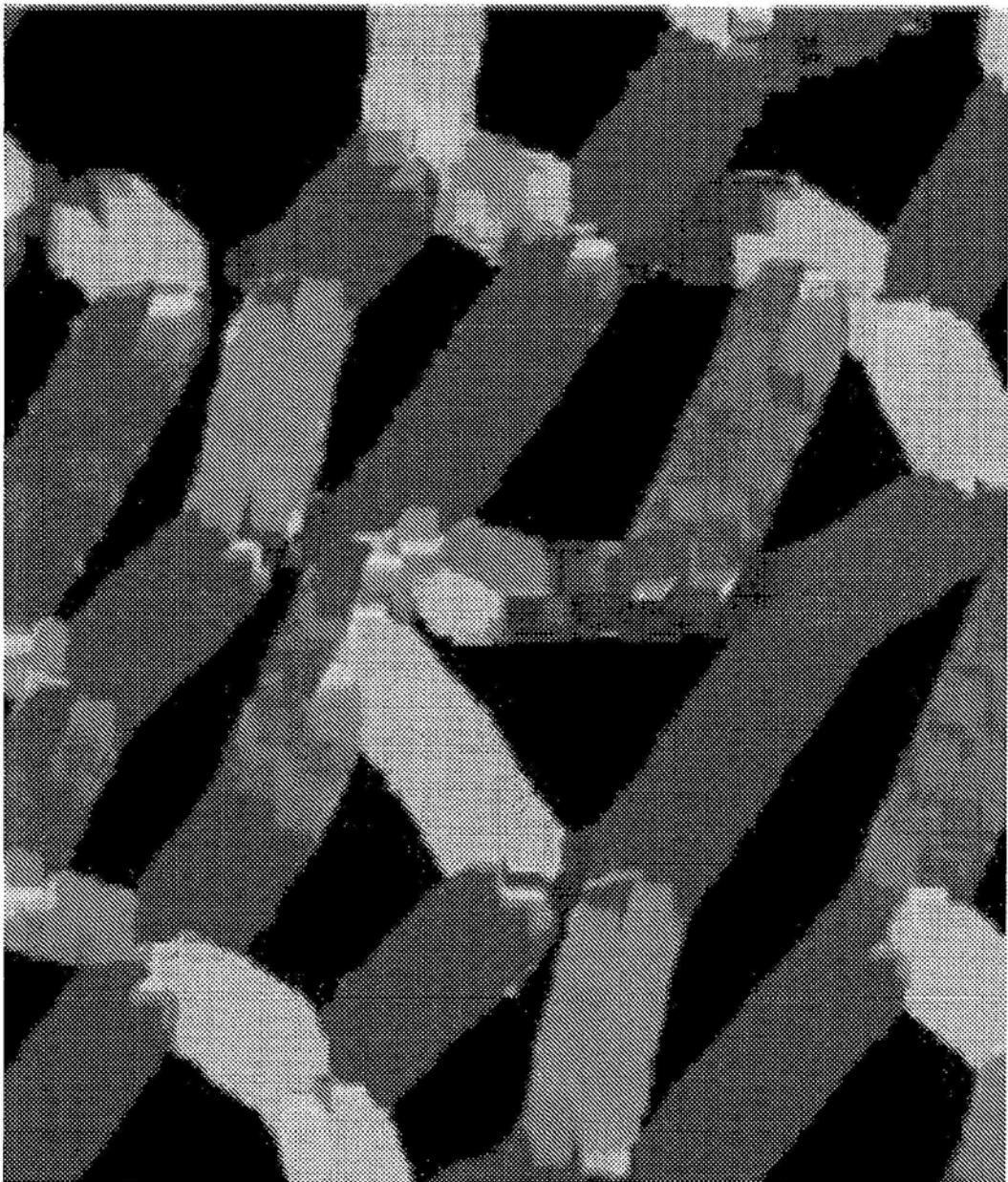


图8

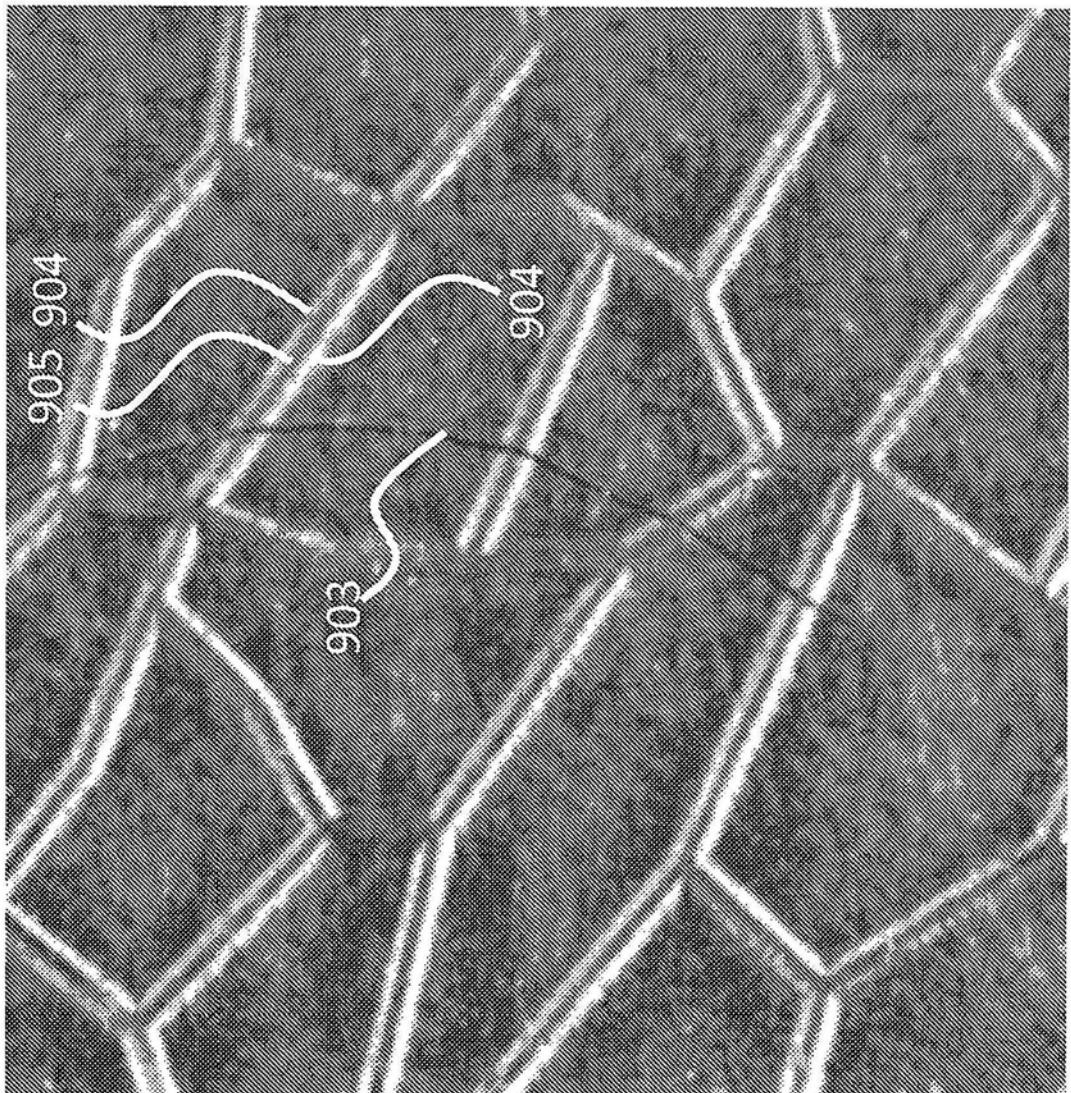


图9

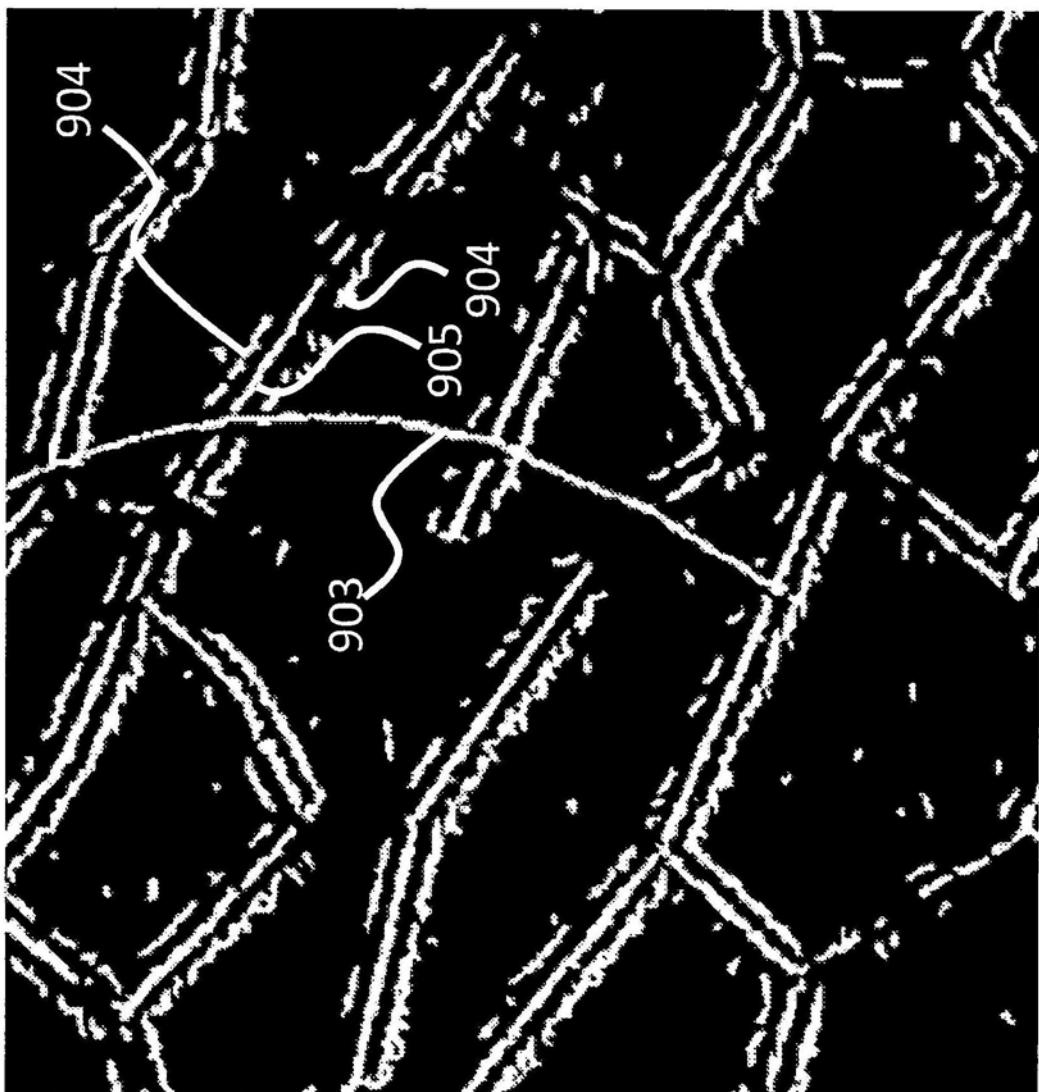


图10



图11

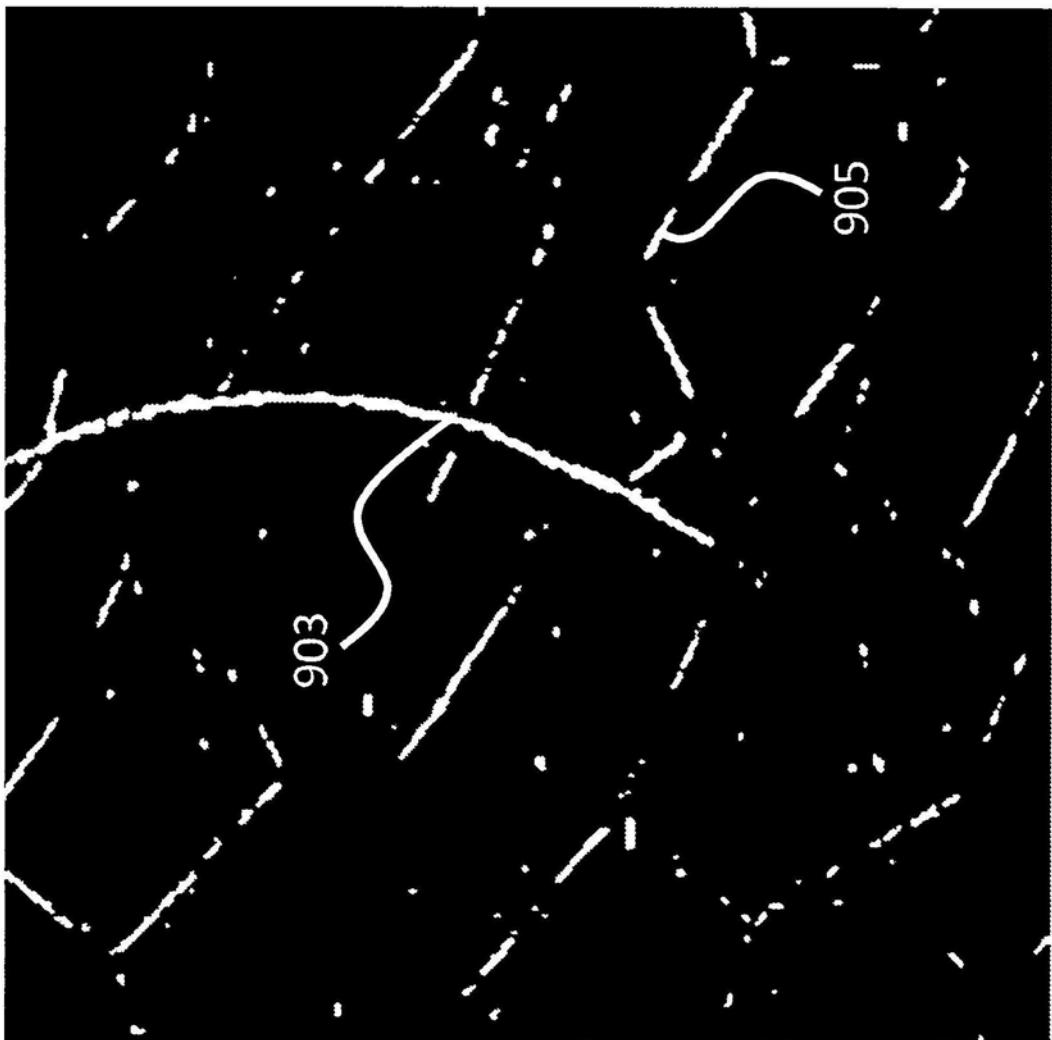


图12

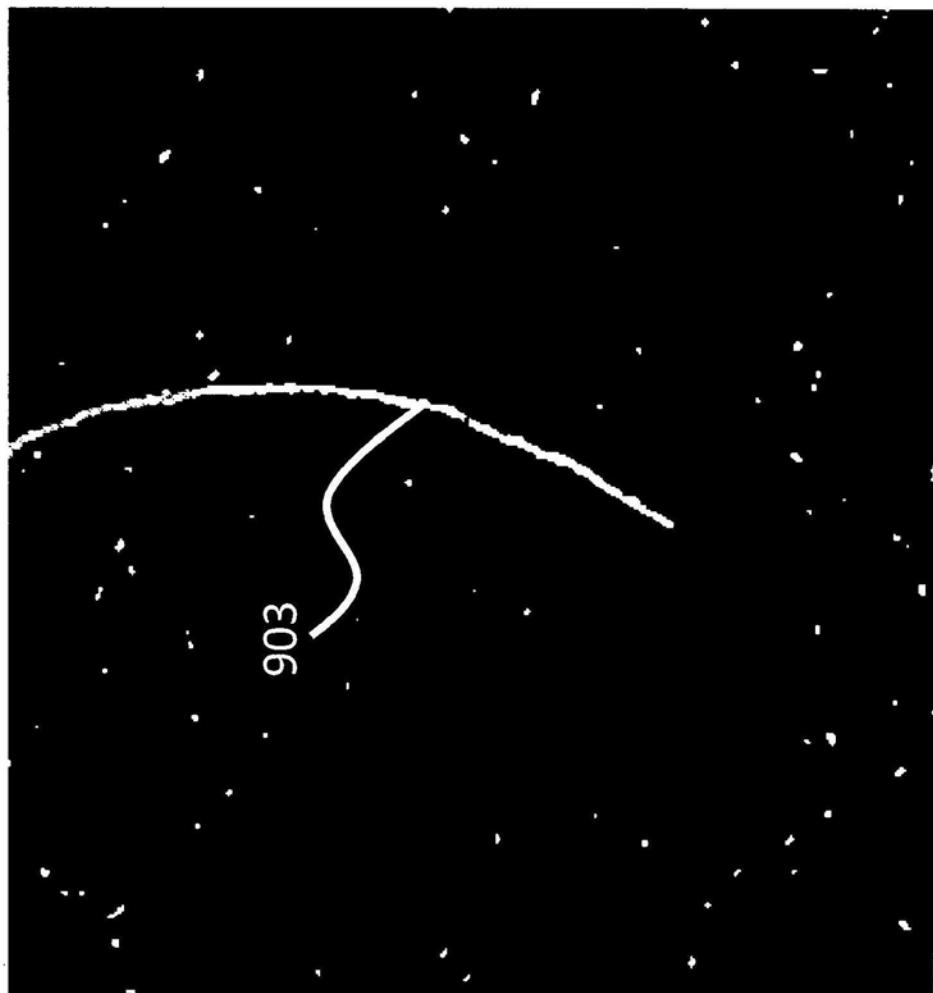


图13

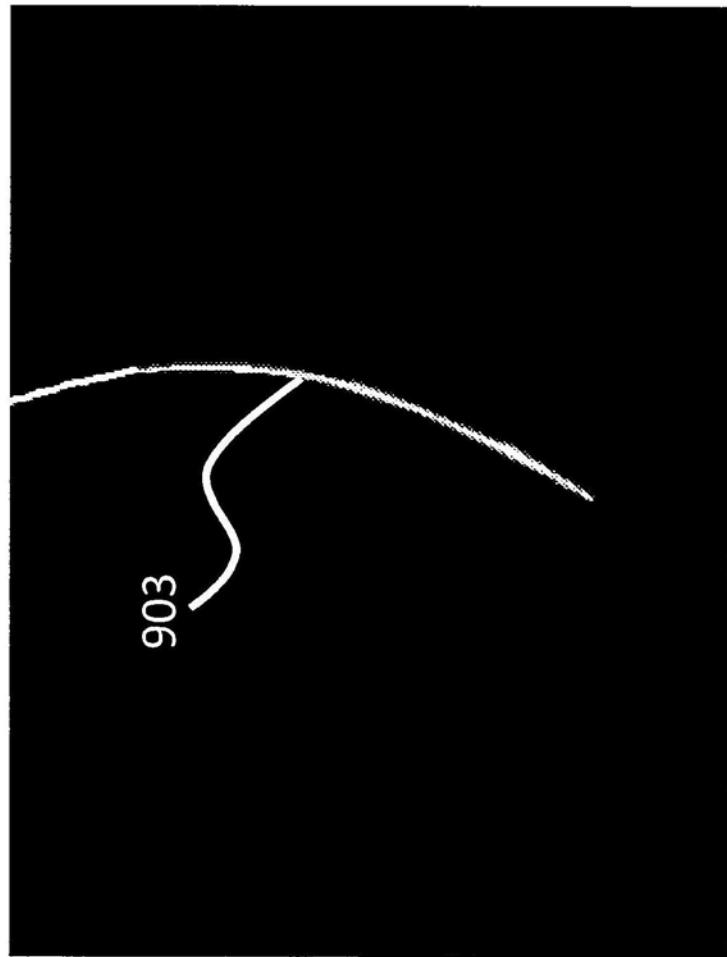


图14

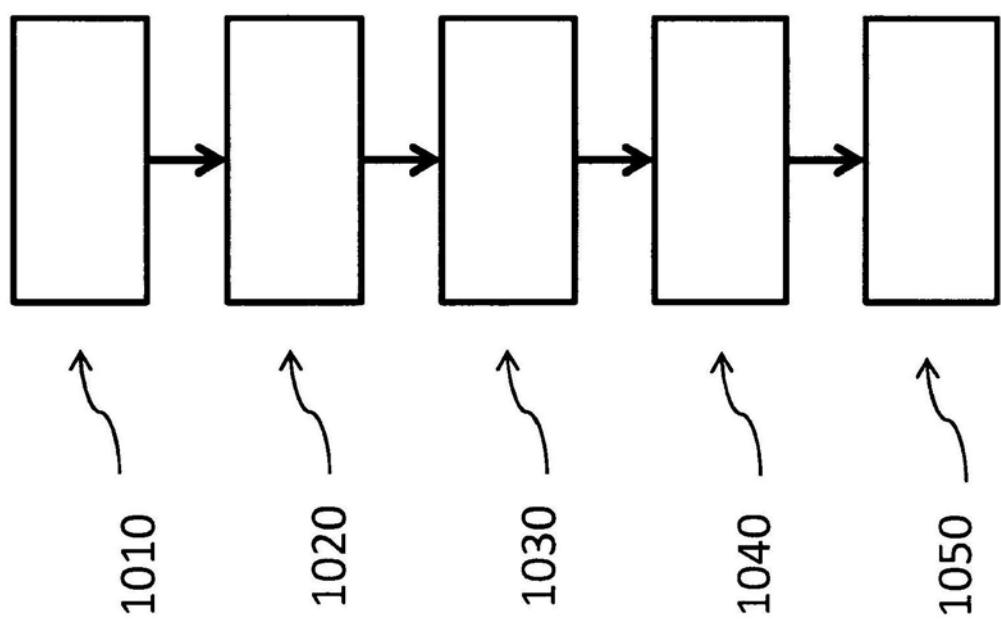


图15