



(45) 授权公告日 2016.05.11

权利要求书2页 说明书9页 附图6页

1. 一种毛发处理设备,包括用于检测接近皮肤表面的毛发的光基检测器,所述光基检测器包括:

- 光源,用于朝向所述皮肤表面发射至少第一波长的并具有入射偏振的光辐射,
- 光传感器,用于检测在所述皮肤表面处反射的光,所述光传感器能够分别检测具有所述入射偏振的所述反射光以及具有不同偏振的反射光,并且用于提供表示具有所述入射偏振的所述检测的光的 PP 值,以及表示具有所述不同偏振的所述检测的光的 CP 值,以及
- 处理器,被耦合至所述光传感器并且是可操作的以:
 - 基于校准步骤,将所述 CP 值和所述 PP 值缩放至各自的动态范围,以便分别获得缩放后的 CP 值和缩放后的 PP 值,
 - 通过选择所述缩放后的 CP 值和所述缩放后的 PP 值的最低值确定所述 CP 值和所述 PP 值的集合的最小强度投影 MIP 值,以及
 - 基于所述 MIP 值在所述皮肤表面和所述毛发之间进行辨别。

2. 根据权利要求 1 所述的毛发处理设备,其中,基于涉及背景测量和漫射标准的校准步骤确定所述各自的动态范围。

3. 根据权利要求 1 所述的毛发处理设备,其中针对所述 PP 值的所述动态范围为针对所述 CP 值的所述动态范围的三倍宽。

4. 根据权利要求 1 所述的毛发处理设备,其中所述处理器进一步可操作以计算所述缩放后的 CP 值和所述缩放后的 PP 值的比率,并且进一步基于所述计算出的比率在所述皮肤表面和所述毛发之间进行辨别。

5. 根据权利要求 4 所述的毛发处理设备,其中所述处理器进一步可操作以使用辨别函数用来进一步处理所述计算出的比率,所述辨别函数是具有陡斜坡的 S 形函数。

6. 根据权利要求 5 所述的毛发处理设备,其中所述辨别函数包括所述计算出的比率的双曲正切或者所述计算出的比率的线性函数的双曲正切。

7. 根据权利要求 1 所述的毛发处理设备,其中所述光基检测器进一步包括控制单元,用于控制所述光源在接近所述皮肤表面的多个位置处发射所述光辐射,并且使用所述光传感器在每个位置处检测所述反射的光,所述处理器进一步可操作以提供针对每个位置指示相应的 MIP 值的 MIP 地图。

8. 根据权利要求 7 所述的毛发处理设备,其中所述多个位置形成一维扫描线。

9. 根据权利要求 8 所述的毛发处理设备,其中多个一维扫描线一起形成 2D 扫描面。

10. 根据权利要求 7 所述的毛发处理设备,所述处理器进一步可操作以

- 通过针对每个位置确定相应的所述 CP 值对所述 PP 值的比率计算比率地图,
- 将梯度过滤器应用至所述比率地图以便获得针对每个位置指示所述毛发的边缘出现的概率的边缘概率地图,以及
- 结合所述边缘概率地图和所述 MIP 地图以生成指示毛发预期位置的二元地图。

11. 根据权利要求 1 所述的毛发处理设备,其中:

- 所述光源被布置为进一步发射第二波长的光辐射,
- 所述光传感器被布置用于针对所述第一波长和所述第二波长提供独立的 CP 值和 PP 值,以及
- 所述处理器进一步可操作以针对所述第一波长和所述第二波长结合所述 CP 值和 PP

值,并且基于结合的针对所述第一波长和所述第二波长的所述 CP 和 PP 值确定所述 MIP 值。

12. 根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的毛发处理设备,进一步包括毛发切除激光源和另一个处理器,所述另一个处理器被耦合至所述光基检测器,其中所述另一个处理器被布置为在接近所述皮肤表面的位置激活所述毛发切除激光源,在所述接近所述皮肤表面的位置,所述光基检测器检测到毛发的存在。

13. 一种用于检测接近皮肤表面的毛发的方法,所述方法包括:

- 朝向所述皮肤表面发射至少第一波长的并具有入射偏振的光辐射,
- 检测在所述皮肤表面处反射并且具有所述入射偏振的光,以及提供表示具有所述入射偏振的检测的光的 PP 值,
- 检测在所述皮肤表面处反射并且具有不同偏振的光,以及提供表示具有所述不同偏振的检测的光的 CP 值,
- 基于校准步骤,将所述 CP 值和所述 PP 值缩放至各自的动态范围以便分别获得缩放后的 CP 值和缩放后的 PP 值,
- 通过选择所述缩放后的 CP 值和所述缩放后的 PP 值的最低值确定所述 CP 值和所述 PP 值的集合的最小强度投影 MIP 值,以及
- 基于所述 MIP 值在所述皮肤表面和所述毛发之间进行辨别。

具有光基毛发检测器的毛发处理设备

技术领域

[0001] 本发明涉及毛发处理设备,包括用于检测接近皮肤表面的毛发的光基检测器,该光基检测器包括用于向该皮肤表面发射至少第一波长和具有入射偏振的光辐射的光源,包括用于检测在该皮肤表面反射的光的光传感器,该光传感器能够分别检测具有该入射偏振和具有不同偏振的该反射的光,该光传感器用来提供表示具有该入射偏振的经检测的光的 PP 值以及表示具有该不同偏振的经检测的光的 CP 值,以及该光基检测器还包括处理器,被耦合至该光传感器并且可操作以根据该 CP 值和该 PP 值在该皮肤表面和该毛发之间进行辨别。

[0002] 本发明还涉及用于检测接近皮肤表面的毛发的方法,以及涉及用于检测接近皮肤表面的毛发的计算机程序产品。

背景技术

[0003] 如起始段落中所提及的用于毛发检测设备的光基检测器由例如公开号 W02010 / 106480A1 的国际专利申请已知。该专利申请描述了具有光毛发检测单元的剃毛设备。毛发检测单元利用两个光源以用于发射两种不同波长和一个入射偏振的光。光被聚焦在用户皮肤上的位置。图像单元检测在用户皮肤散射的或反射的光。当光不被表皮细胞反射而是被构成双折射对象的毛发反射时,偏振被改变。由毛发引致偏振改变的量取决于波长。图像单元分别检测具有不同偏振状态的反射光和具有不同波长的反射光。在不同波长通道的偏振改变的差异被用来辨别毛发和皮肤表面。

[0004] 毛发检测单元的主要的性能参数是灵敏性和专一性。灵敏性是针对毛发实际上被检测到的机会的测量值。专一性对在毛发和其它结构特别是皮肤之间进行辨别而言是重要的。为了进一步改进已知的毛发检测单元,具有高灵敏性和专一性的光基检测器是合意的。此外,由于使用了多个波长,已知的毛发检测单元是具有多个光学元件的相当复杂的设备,其必须被完美地对准以便获得检测单元的良好工作。

[0005] 发明目的

[0006] 本发明的目的是提供一种在起始段落提及种类的毛发处理设备,其具有用于检测接近皮肤表面毛发的光基检测器,其中光基检测器具有改进的灵敏性和专一性。

发明内容

[0007] 根据本发明的第一方面,该目的通过在起始段落中提及种类的毛发处理设备实现,其中该光基检测器包括被耦合至该光传感器的处理器,该处理器可操作以基于校准步骤将该 CP 值和该 PP 值缩放至各自的动态范围以便分别获得缩放后的 CP 值和缩放后的 PP 值,通过选择该缩放后的 CP 值和该缩放后的 PP 值的最低值确定该 CP 值和该 PP 值的集合的最小强度投影 (MIP) 值,以及基于该 MIP 值在该皮肤表面和该毛发之间进行辨别。

[0008] 由于改进的检测算法,能够以高灵敏性和高专一性检测到构成双折射结构的毛发。非双折射材料保留了光的原始的入射偏振状态。光或者测量高 PP (平行偏振) 值和低

CP(正交偏振)值。当光被构成双折射对象的毛发反射时,偏振变化,并且光基检测器将测量相对低的PP值(具有未改变的入射偏振状态的光)和相对高的CP值(具有经改变并因此不同的偏振状态的光)。

[0009] 如果CP值和PP值被适当地缩放,取两个值的最小值返回针对毛发的高值和针对皮肤表面区域的低值。大多数情况下,对于单独的CP值就已经是这种情况,然而,在一些实例中当涉及非毛发结构时,CP值可以是高的并且PP值是低的。因此,MIP方法提出了在皮肤和毛发之间进行更加鲁棒的辨别。

[0010] 实验显示了MIP值的使用是针对检测构成双折射对象的毛发的非常灵敏并且高度专一的测量。诸如确定CP值和PP值之间的差或绝对差或者将该绝对差除以两值之和之类的其它选择在辨别毛发和皮肤中显示出不那么成功。改进的检测算法甚至被证明如此成功以致于使用仅具有一个波长的光就足够了。虽然使用附加的发射第二波长的光的光源仍可能改进光基检测器的有效性,其并非必要。因此改进的算法实现了不那么复杂、较便宜以及更鲁棒的光基检测器。

[0011] CP信号和PP信号的动态范围取决于各种情况。例如,动态范围可以根据皮肤和毛发类型变化,或根据光基检测器到测试的皮肤表面的接近度和角度而变化。不同设备的动态范围也不同。因此,CP值和PP值优选地在计算出比率之前被缩放至相应的预定义范围。优选地,该相应的动态范围基于涉及背景测量和漫射标准的校准步骤被确定。该背景测量可以例如通过将光聚焦在水中的预定深度或者在已知不包括双折射材料的皮肤的一部分上而完成。该漫射标准可以例如是在受控深度和位置的毛发,或者具有已知光学特性的强散射漫射介质。

[0012] 当光基检测器用于毛发检测时,使用针对CP值的预定义动态范围大约三倍宽的针对PP值的预定义动态范围显示出优势。例如所有PP值被缩放至[0,300]并且所有CP值被缩放至[0,100]。具有这些动态范围,针对漫射标准的CP值和PP值是相似的。针对其它光基检测器,最佳动态范围可以是不同的。

[0013] 在根据本发明的毛发处理设备的另一实施例中,该处理器还可操作以计算该缩放后的CP值与该缩放后的PP值的比率并且进一步基于该计算出的比率对该皮肤表面和该毛发进行辨别。当光被非双折射皮肤材料反射时,保留了光的原始的入射偏振状态。光传感器测量高PP(平行偏振)值和低CP(正交偏振)值。因此产生的CP/PP比率非常小。当光被构成双折射对象的毛发反射时,偏振改变并且光基检测器将测量相对低的PP值(具有未改变的入射偏振状态的光)和相对高的CP值(具有经改变的并因此具有不同偏振状态的光)。当光被毛发反射时,CP/PP比率被显著地增加。实验显示了使用CP/PP比率是针对检测构成双折射对象的毛发的非常灵敏以及高度专一的措施。

[0014] 在所有PP值被缩放至[0,300]并且所有CP值被缩放至[0,100]的示例中,CP/PP比率针对皮肤接近于零以及针对毛发大约为1。因此,可以使用CP/PP比率作为某种概率值。

[0015] 优选地,使用辨别函数来处理该CP/PP比率(在对CP值和PP值缩放后或不在缩放后而获得)。优选地,该辨别函数是具有陡斜坡的S形函数。将该辨别函数进行应用的结果是获得了从双折射到非双折射的更锐利过渡。因此,非双折射皮肤表面和双折射毛发之间的对比度将会被增强。例如,CP/PP比率的双曲正切或者CP/PP比率的线性函数

的双曲正切可以用于该辨别函数。

[0016] 在优选的实施例中,该光基检测器还包括控制单元,用于控制该光源在接近该皮肤表面的多个位置处发射该光辐射并且使用该光传感器在每个位置处检测该经反射的光,该处理器还可操作以提供针对每个位置指示该相应 MIP 值的 MIP 地图。该多个位置可以形成一维扫描线。多个一维扫描线可以一起形成二维扫描面。要注意的是,该 MIP 地图不必是在某些位置处具有升高的 MIP 值的表面区域的 2D 图形表示。优选地,该 MIP 地图是针对多个位置的具有 MIP 值的列表或数组。

[0017] 在根据本发明的毛发处理设备的优选实施例中,该处理器还可操作以通过针对每个位置确定相应的该 CP 值对该 PP 值的比率而计算比率地图,以将梯度过滤器应用至该比率地图以便获得针对每个位置指示该毛发边缘的出现概率的边缘概率地图,以及结合该边缘概率地图和该 MIP 地图以生成指示毛发预期位置的二元地图。例如,梯度过滤器可以是一阶高斯导数过滤器。将合适的梯度过滤器应用到比率地图造成在具有稳定 CP / PP 比率区域的低值。例如,CP / PP 比率在没有任何邻近毛发的皮肤部分是相对稳定的。在双折射毛发 和非双折射皮肤表面之间的过渡处或接近双折射毛发和非双折射皮肤表面之间的过渡处,梯度过滤器产生较高值。因此,将梯度过滤器应用至比率地图的结果是一个新的地图,其指示具有包括双折射毛发边缘的较高概率的位置。

[0018] 当 MIP 地图提供可靠的指示哪里预期有双折射毛发而哪里没有的概率地图的同时,边缘概率地图示出了找到双折射毛发边缘的位置。结合边缘概率地图导致甚至更加可靠地对双折射毛发和非双折射皮肤材料之间进行区分。进一步地,可以使用边缘概率信息以用于确定检测到的双折射毛发的形状。这使得可能进行对不同种类双折射对象之间的可靠区分。当使用根据本发明的光基检测器以用于检测毛发时,所提出的检测算法可以被用来辨别毛发和也可能是双折射的空气泡。

[0019] 在根据本发明的毛发处理设备的进一步实施例中,该光源被布置为进一步发射第二波长的光辐射,该光传感器被布置为用来针对该第一波长和该第二波长提供独立的 CP 值和 PP 值,以及该处理器还可操作以针对该第一波长和该第二波长结合该 CP 值和 PP 值,并且基于该结合的针对该第一波长和该第二波长的 CP 和 PP 值确定该 MIP 值。例如,该结合的 CP 和 PP 值可以通过取针对不同波长的相应值之间的差或者比率而获得。可替换地,该结合的 CP 和 PP 值可以是针对不同波长的相应值之差与相应值之和的比率。

[0020] 根据本发明的毛发处理设备的进一步实施例还包括毛发切除激光源和被耦合至该光基检测器的进一步的处理器,其中该进一步的处理器被布置为在接近该皮肤表面的位置激活该毛发切除激光源,在该接近该皮肤表面的位置该光基检测器检测到毛发的存在。在该实施例中,毛发处理设备是所谓的基于激光的剃毛设备。其它毛发处理设备也在本发明的范围之内,例如基于光的脱毛设备,其中光能用于永久或临时地损坏发根以便获得永久或临时的脱毛,或染发设备。通常,本发明覆盖任何在其中使用或可以使用基于光的检测器以用于检测接近皮肤表面的毛发的存在的毛发处理。

[0021] 本发明还涉及一种用于检测接近皮肤表面的毛发的方法,该方法包括步骤:向该皮肤表面发射至少第一波长并具有入射偏振的光辐射,检测在该皮肤表面所反射并且具有该入射偏振的光,以及提供表示具有该入射偏振的检测的光的 PP 值,检测在该皮肤表面所反射并且具有不同偏振的光,以及提供表示具有该不同偏振的检测的光的 CP 值,基于校准

步骤,将该 CP 值和该 PP 值缩放至各自的动态范围以便分别获得缩放后的 CP 值和缩放后的 PP 值,通过选择该缩放后的 CP 值和该缩放后的 PP 值的最低值确定该 CP 值和该 PP 值的集合的最小强度投影 MIP 值,以及基于所述 MIP 值在该皮肤表面和该毛发之间进行辨别。

[0022] 本发明还涉及一种用于检测接近皮肤表面的毛发的计算机程序产品,所述程序可操作以使得处理器执行根据本发明的用于检测接近皮肤表面的毛发的方法。

附图说明

[0023] 在附图中:

[0024] 图 1 示意性地示出了在根据本发明的毛发处理设备中使用的用于检测构成双折射对象的毛发的光基检测器,

[0025] 图 2 示出了根据本发明的检测作为双折射对象的毛发的方法的流程图,

[0026] 图 3 示意性地示出了根据本发明的在毛发处理设备中使用两种不同波长用于检测构成双折射对象的毛发的光基检测器,

[0027] 图 4-6 示出了图示根据本发明的毛发检测算法中不同阶段的图像,以及

[0028] 图 7 示出了根据本发明的示例性毛发处理设备。

具体实施方式

[0029] 图 1 示意性地示出了根据本发明的在毛发处理设备中使用的用于检测构成双折射对象的毛发的光基检测器 10。光基检测器 10 适于检测人类或动物皮肤 12 上的毛发 11。毛发检测在基于强脉冲光 (IPL) 或基于激光的毛发切除 (剃毛) 或毛发移除装置中可能是有用的。

[0030] 图 1 的光基检测器 10 包括用于发射激光光束的激光源 13,其用于发射优选在光谱的近红外或红外部分的激光光束。例如,可以使用波长为 785 或 850nm 的光。偏振器 19 用来提供具有明确定义的入射偏振状态的光束。该入射偏振状态可以是线性的或椭圆偏振状态。光学元件 18 将该偏振的光束聚焦到皮肤 12 上。耦合到激光源 13 和 / 或 (部分) 光学元件 18 的控制单元 16 控制激光束的确切光学路径以便控制在针对双折射毛发 11 的出现而被测试的皮肤 12 上的确切位置并且允许对皮肤 12 的线或 2D 区域进行扫描。

[0031] 当光在皮肤表面 12 被反射,该反射的光保留了其原始的入射偏振状态。与双折射毛发相互作用的光改变了光的偏振状态。因此,在皮肤 / 毛发样本处经反射的光可能与入射光束部分平行的偏振 (PP) 和部分正交的偏振 (CP)。该经反射的光的 CP 分量是针对光已经击中了双折射毛发的可能性的测量。在图 1 的光基检测器 10 中,光学元件 18 使得在皮肤表面 12 处反射的光导向偏振分光器 17。例如,偏振分光器 17 可以使用法拉第旋转器 (Faraday rotator)。偏振分光器 18 将反射的光束分成随后聚焦在第一光传感器 14a 上的 PP 光束和聚焦在第二光传感器 14b 上的 CP 光束。

[0032] 处理器 15 被耦合至光传感器 14a、14b 以接收 CP 和 PP 信号并且使用那些信号用来辨别毛发和皮肤。处理器 15 也可以被耦合至激光源 13 和控制单元 16 用来控制入射激光光束以及扫描皮肤表面 12。

[0033] 可选地 (见图 3),使用附加的发射不同波长光的第二激光源。就像 W02010 / 106480 中,可以利用在不同波长通道中偏振变化的差异来辨别毛发和皮肤表面。当使用多

个激光源和不同波长时,需要附加的光传感器以用于分别检测不同波长反射的光。需要附加的光学元件以用于将不同光束(不同波长和/或不同偏光状态)向皮肤表面和适当的光传感器结合、分光和聚焦。附加的光学元件可以包括二向色光束分光器以用于将多色光束分光为单独的单色光束。

[0034] 图2示出了根据本发明的检测双折射毛发的方法的流程图。该方法开始于光发射步骤21。在该步骤光源13发射至少第一波长的光并且偏振器19使得光具有明确定义的入射偏振状态。在控制单元16的影响下,光学元件18将所发射的光束聚焦在皮肤表面12上经挑选的位置上。

[0035] 当所发射的光达到皮肤12时,它部分地被反射回到光基检测器10。光学元件18使得经反射的光导向偏振分光器17,在该处光被分成PP信号和CP信号。在PP检测步骤22,第一光传感器14a检测具有未被改变的(PP)偏振的光并且提供了表示具有入射偏振的经检测的光的PP值。在CP检测步骤23,第二光传感器14b检测具有经改变的(CP)偏振的光并且提供了表示具有不同偏振的经检测的光的CP值。

[0036] 光传感器14a和14b被耦合至处理器15,其处理所获得的PP值和CP值以便检测双折射毛发。在MIP步骤24,对PP值和CP值的处理至少包括选择CP值和PP值中的最低值作为最小强度投影(MIP)值。此外,可以计算CP值对PP值的比率。实验显示了CP/PP比率是用于检测双折射毛发11的非常灵敏并且高度专一的测量。诸如确定CP值和PP值之间的差或绝对差或者将该绝对差除以两值之和之类的其它选择在辨别毛发11和皮肤12中显示出不那么成功。

[0037] 在辨别步骤25,处理器15决定光束是否被双折射毛发所反射。该决定可以是二元是/否决定或者可以导致在测试位置找到双折射毛发的概率(通常是0到1之间的值)。如果光基检测器10仅在一个皮肤12位置进行测量,该决定可以仅基于所测试位置的MIP值,例如通过将MIP值与阈值比较。在实际中,光基检测器10将扫描皮肤12的一块区域。优选地,当确定在所测试位置找到双折射毛发的概率时,处理器15也将附近位置的MIP值纳入考虑。

[0038] 此外,可以使用CP/PP比率作为在所测试位置找到双折射毛发的概率的输出值。可以使用阈值来做出二元是/否决定以用于辨别毛发11和皮肤12。在更先进版本的辨别算法中,还对所获得的CP信号和PP信号执行其它数据处理操作。这样的进一步数据处理操作的示例由图4-6中的图像所图示。接下来对(部分)毛发检测算法的一些示例进行描述以用于在毛发/皮肤样本中检测毛发。其中使用具体的算法和确切的数值参数,应当注意的是,函数和参数两者均可以在不同情况进行不同地选择。例如,当寻找其它类型的双折射对象时,至少应当改变参数。然而,在以下描述的检测方法背后的核心原则还可以被用于需要将双折射材料和非双折射材料进行辨别的其它状况。

[0039] 图3示意性地示出了使用两种不同波长以用于检测构成双折射对象的毛发的光基检测器。为该目的,提供第二光源33以用于发射不同波长的光。该光基检测器可以使用例如785和850nm的波长。当使用彼此不那么接近的波长时获得较高的对比度。例如可以使用785和1400nm的光。提供附加的光传感器34a、34b以用于针对第一波长和第二波长测量各自的CP值和PP值。处理器可操作以结合针对第一波长和第二波长的CP值和PP值并且基于结合的针对第一波长和第二波长的CP和PP值确定MIP值。例如,结合的CP和

PP 值可以通过取针对不同波长的相应值之差 ($CP[\lambda_1]-CP[\lambda_2]$, $PP[\lambda_1]-PP[\lambda_2]$) 或比率 ($CP[\lambda_1] / CP[\lambda_2]$, $PP[\lambda_1] / PP[\lambda_2]$) 所获得。可替换地, 结合的 CP 和 PP 值可以是针对不同波长的相应值之差与相应值之和的比率 ($(CP[\lambda_1]-CP[\lambda_2]) / (CP[\lambda_1]+CP[\lambda_2])$, $(PP[\lambda_1]-PP[\lambda_2]) / (PP[\lambda_1]+PP[\lambda_2])$)。在图 3 的实施例中, 法拉第旋转器 17 被用于对不同偏振的光进行分光以及将光转向至相应的 CP 通道和 PP 通道。二向色滤光片 35 被用来对不同波长的光进行分光, 使得独立的光传感器 14a / b、34a / b 可以检测针对不同波长的 CP 和 PP 值。

[0040] 图 4-6 示出了图示根据本发明的毛发检测算法中不同阶段的图像。要注意的是, 所示的图像仅具有说明功能。针对光基检测器 10, 只有由图像表示的值是重要的。虽然光基检测器 10 可以具有用于显示图像中的一些图像的显示器, 这当然并非必须的。在毛发切除 (剃毛) 设备中, 例如, 可以使用概率值以用于决定何时移除毛发, 并且不需要对这样的概率值进行可视化。

[0041] 在图 4 中, 在左边的图像 51、52 示出了由对包括三根毛发的皮肤区域的扫描所获得的 CP 值 (顶部图像 51) 以及 PP 值 (底部图像 52)。CP 值 51 针对普通的非双折射皮肤部分是低的, 以及针对双折射毛发是高的。PP 值 52 针对普通非双折射皮肤部分是高的, 以及针对双折射毛发是低的。

[0042] 来自光传感器 14a、14b 的信号的范围可以根据皮肤和毛发类型以及例如刀片关于皮肤和毛发的接近度和角度而改变。进一步地, 传感器信号可能被传感器噪声所污染。为了能够应付大动态范围, 信号被数字化并且被预处理至预定义的范围。这可以通过控制光传感器 14a、14b 和处理器 15 之间的放大器或者通过处理器 15 本身完成。比例可以基于例如检测到的值的移动平均值、最近的最小值和 / 或最近的最大值。在以下示例中, CP 值被缩放至范围 [0, 100]。皮肤示出了低强度信号 (例如 42) 和毛发表示出了高强度信号 (例如 99)。PP 值被缩放至范围 [0, 300]。皮肤的特征为高强度 (例如 175) 并且毛发的特征为较低强度 (例如 95)。其它预定义范围可以在其它情况中更加有用, 例如当寻找其它类型的双折射对象时。

[0043] 在 CP 图像 51 中, 多个双折射区域被圈出。那些区域中的三个 (由实线圈出) 包括毛发。两个区域包括空气泡 (由虚线圈出)。两个其它区域 (也由虚线圈出) 包括其它非毛发结构。在 PP 图像 52 中, 仅有一个毛发是清晰可见的, 而其它两个并不清晰可见。气泡也是清晰可见的。根据本发明, CP 值 51 和 PP 值 52 被用来在扫描区域针对所有测试点计算 CP / PP 比率。针对 CP 值和 PP 值进行缩放使用上述示例性范围的一个优点在于, 针对毛发, CP 值和 PP 值不会相差太多并且针对毛发的 CP / PP 比率接近 1。针对皮肤区域, CP 值是低的并且 PP 值是高的, 导致非常低的 CP / PP 比率。以该方法获得的皮肤和毛发的高对比度改进了光基检测器的灵敏性。

[0044] 在图 4 的 CP / PP 图像 53 中, 三根毛发清晰可见并且两个非毛发结构也可见。然而, 在 CP 图像 51 和 PP 图像 52 中所示的气泡已经消失。因此, CP / PP 图像 53 示出了比起原始的 CP 图像 51 或 PP 图像 52 具有改进的专一性。

[0045] 在图 5 中, 示出了用于进一步处理 CP / PP 比率值 53 的两个步骤。首先, 辨别函数被用来进一步改进双折射材料和非双折射材料之间的对比度。被应用到 CP / PP 比率的辨别函数是 S 形函数, 具有表示双折射材料和非双折射材料之间的过渡的 CP / PP 比率值

之间的陡斜坡（在该示例中，在约 0.5 和约 0.8 之间）。例如，以下函数可以被使用：

[0046] $50(1+\tanh(3r-2))$ ，针对 $0 < r < 0.8$

[0047] $50(1+\tanh(3r-0.4))$ ，针对 $0.8 < r < 3$

[0048] 0，针对 $r > 3$

[0049] 其中 r 是 CP / PP 比率值。

[0050] 使用这种具有陡斜坡的辨别函数的效果是获得了从双折射材料到非双折射材料的较锐利过渡。因此，非双折射皮肤表面和双折射毛发之间的对比度将得以增强。第二图像 62 示出了将辨别函数应用至 CP / PP 比率值 53 的结果。

[0051] 在将辨别函数应用之后，可以将梯度过滤器应用至经处理的 CP / PP 数据 62。梯度过滤器确定 CP / PP 比率关于位置的变化。针对每个测试位置，梯度过滤器提供了输出，该输出取决于相比较于附近位置的 CP / PP 比率的 CP / PP 比率的变化率。在双折射毛发的边缘，变化率是高的。从边缘进一步远离，变化率是低的。

[0052] 示例的梯度过滤器的输出值被用来获得图 5 的第三图像 63 所示的数据。通过将一阶的高斯导数过滤器应用至第二图像 62 的经处理的 CP / PP 比率数据而获得该示例。结果是边缘概率地图 63，针对每个位置指示其包括双折射毛发边缘的机率。由于该梯度处理，毛发的两个毛发边缘具有相反的符号。

[0053] 可以执行例如使用有限脉冲响应 (FIR) 过滤器的进一步的过滤步骤以用于保证在边缘的高强度连贯性并且移去诸如非常窄的细长结构（例如毫毛）之类的非毛发异常值。为获得图 5 的边缘概率地图 63，使用 10- 滤光片来覆盖 $40\ \mu\text{m}$ 的延展长度。这保证了薄而细长的非毛发结构和毫毛均不被误检测。在进一步可选的数据处理步骤中，所有大于选定的 g_c 的绝对值被设为 100 并且剩余的值被缩放至范围 $[-100, 100]$ 。得出的边缘概率地图 63 在图 5 中示出。在该边缘概率地图 63 中，三根毛发（圈出）清晰可见。

[0054] 要注意的是，虽然该示例中的梯度过滤器被应用至图 5 中的第二图像的经处理的 CP / PP 数据 62，也可能将梯度过滤器直接应用至 CP / PP 比率数据 53。

[0055] 图 6 示出了光基检测器如何可以被处理成不同的可用形式的进一步的示例。在预处理的 CP 数据 51 中（假定强度被缩放至 $[0, 100]$ ），皮肤示出了低强度信号（例如 42）并且毛发表示出了高强度信号（例如 99）。在预处理的 PP 数据 52 中（具有范围 $[0, 300]$ 的强度），皮肤的特征为高强度（例如 175）并且毛发的特征为较低强度（例如 95）。对每个像素的每个数据组取最小值（也被称为最小强度投影或 MIP）返回针对毛发的高强度值和针对皮肤区域的低强度值。通常，对于单独的 CP 数据 51 就已经是这种情况，然而，在一些实例中当含有非毛发结构时，CP 数据 51 可以是高的并且 PP 数据 52 是低的（例如 72 相对于 29）。因此，MIP 方法提出了皮肤和毛发之间更加鲁棒的辨别。取 CP 数据和 PP 数据的最小值的结果显示在图 6 的顶部图像 71 中。就像之前一样，可以使用 FIR 过滤器以用于后处理 MIP 数据 71，保证高强度连贯性并且减小传感器噪声。与图 5 的 CP / PP 比率方法相比，明显该“MIP 地图”71 可用于除去非毛发结构，但在辨别毛发和气泡上不那么成功。

[0056] 在根据本发明的算法的优选实施方式中，结合 MIP 数据 71 和边缘概率地图 63 以产生关于在扫描的皮肤 / 毛发样本中找到毛发的位置的最终决定。如以上讨论的，CP / PP 比率方法导致边缘概率地图在对毛发和空气泡进行辨别方面非常有效，而 MIP 方法在对毛发和其他非毛发结构进行辨别方面有效。将两种方法结合可以导致毛发检测算法具有优

异的灵敏性和专一性。用于将两种方法结合的算法应当寻找具有包括毛发的高概率的点(=MIP 数据 71 中的高值)和在附近位置找到毛发边缘的高概率的点(=针对附近的点在边缘概率地图 63 中的高值)。用于做出这样的结合的示例性算法为:

[0057] 若 $0.7\max(p_g[n-20, \dots, n]) + 0.3p_m[n] > d_r$, $h(n) = 1$, 以及

[0058] 否则, $h(n) = 0$

[0059] 其中 $p_g[n]$ 表示边缘概率值, $p_m[n]$ 表示 MIP 值, 以及 $h(n)=1$ 表示在位置 n 检测到的毛发。 d_r 为实验确定的阈值。该算法寻找具有在前面 20 点中的某处 ($80\mu m$, 如果每个扫描步骤采用 $4\mu m$ 的话) 的第一毛发边缘的毛发位置。该算法也可以适于将第二毛发边缘纳入考虑:

[0060] 若 $0.3\max(p_g[n-20, \dots, n]) + 0.5p_m[n] - 0.2\min(p_g[n, \dots, n+20]) > d_e$, $h(n)=1$, 以及

[0061] 否则, $h(n)=0$

[0062] 其中 $p_g[n]$ 表示边缘概率值, $p_m[n]$ 表示 MIP 值以及 $h(n)=1$ 表示在位置 n 处检测到的毛发。 d_r 为实验确定的阈值。在图 6 的右侧的二元图像 73 示出了 MIP 地图 71 和图 4 的边缘概率地图 63 的结合的成果。在此, 清楚地存在三根毛发并且没有空气泡或其它非毛发结构可见。该结合的方法因此导致了高灵敏和专一的毛发检测算法。

[0063] 图 7 示出了根据本发明的示例性毛发处理设备。该所示的毛发处理设备是用于毛发切除或修短毛发的基于光的毛发切除(剃毛)设备 80。毛发切除设备 80 包括光基检测器以用于检测构成与上面参考图 1 的描述类似的双折射对象的毛发。相同的附图标记对应相似的特征。除了已经在以上讨论的特征之外, 毛发切除设备 80 也可以包括光学或接触窗 83 并且可以施加浸泡液。例如, 液体 84 可以是折射率匹配液, 其具有介于光学窗 83 的折射率和皮肤 12 的折射率之间的折射率。优选地, 所有折射率基本上是相等的。这也降低了来自皮肤 12 的反射。也可以出于冷却皮肤 12 的目的选择液体 84。进一步地, 虽然接触窗 83 是可选的, 但它有助于充当用于确定毛发 11 位置的基准。

[0064] 毛发切除设备 80 可以不仅使用激光源 13 以用于检测毛发 11, 而且也用于剪切它。当激光源 13 被用于剪切时, 激光源 13 可以在与检测毛发时不同的功率水平工作。可替换地, 单独的激光源(未示出)可以被用于对毛发 11 的剪切。

[0065] 对毛发检测和剪切过程的控制可以通过处理器 15 或者通过进一步的处理器(未示出)执行, 该处理器被耦合至光基检测器和毛发切除激光源。处理器 15 或该进一步的处理器被布置为在接近皮肤表面的位置处激活毛发切除激光, 在该位置处基于光的检测器检测或已经检测到毛发的存在。为此目的, 检测和毛发切除激光束可以扫描过整个皮肤表面。为此目的, 本领域技术人员将能够构建合适的扫描装置, 所述扫描装置例如从 W000 / 062700、W02005 / 099607 或者 W02010 / 143108 中已知。

[0066] 将能领会本发明也延伸至计算机程序, 特别是在载体上或在载体中的计算机程序, 适配于实施本发明。该程序可以是源代码、目标代码、诸如部分编译形式的介于源代码和目标代码中间的代码的形式, 或者适于在根据本发明的方法的实施方式中使用的任何其它形式。也将领会到, 这样的程序可以具有许多不同的架构设计。例如, 根据本发明的实施该方法或系统的功能的程序代码可以被细分为一个或多个子程序。在这些子程序中分配功能的许多不同的方式对本领域技术人员而言将是明显的。子程序可以被一起存储在一个可

执行文件中以形成独立程序。这样的可执行文件可以包括计算机可执行指令，例如处理器指令和 / 或解释器指令（例如 Java 解释器指令）。可替换地，一个或多个或全部子程序可以被存储在至少一个外部库文件并与主程序或者静态地或者例如在运行时间动态地链接。主程序包含至少一个对至少一个子程序的调用。此外，子程序可以包括彼此之间的函数调用。有关于计算机程序产品的实施例包括与至少一个所述的方法的每个处理步骤对应的计算机可执行指令。这些指令可以被细分成子程序和 / 或被存储在一个或多个可以被静态地或动态地链接的文件中。另一个与计算机程序产品相关的实施例包括与所述的至少一个系统和 / 或产品的每一个装置相关的计算机可执行指令。这些指令可以被细分成子程序和 / 或被存储在一个或多个可以被静态地或动态地链接的文件中。

[0067] 计算机程序的载体可以为任意能够承载程序的实体或设备。例如，载体可以包括例如 CD ROM 或半导体 ROM、或例如软盘或硬盘的磁记录介质之类的存储介质。进一步地，载体可以是诸如电信号或光信号的可传输载体，其可以经由电导线或光导线或通过无线电或其它手段所传输。当程序体现在这样的信号中时，载体可以由这样的导线或其它设备或装置构成。可替换地，载体可以是嵌入了程序的集成电路，该集成电路适于执行或适于在执行中使用相关的方法。

[0068] 应当注意的是，上述实施例说明而非限制本发明，并且本领域技术人员将能够设计许多可替代实施例而不偏离所附权利要求书的范围。在权利要求书中，任何在括号中的附图标记不应被理解为限制该权利要求书。动词“包括”的使用和其词形变化不排除权利要求中陈列的元素或步骤之外出现的元素或步骤。在元素前的冠词“一”或“一个”（a 或 an）不排除这些元素的复数存在。本发明可以通过包括多个不同元素的硬件实施，以及通过适当编程的计算机的方式而实施。在设备权利要求中列举了若干装置，这些装置中的多个可以被实施为硬件的一个或相同物件。在彼此不同的从属权利要求中引用的某些方法不意味着这些方法的结合不能被用于获益。

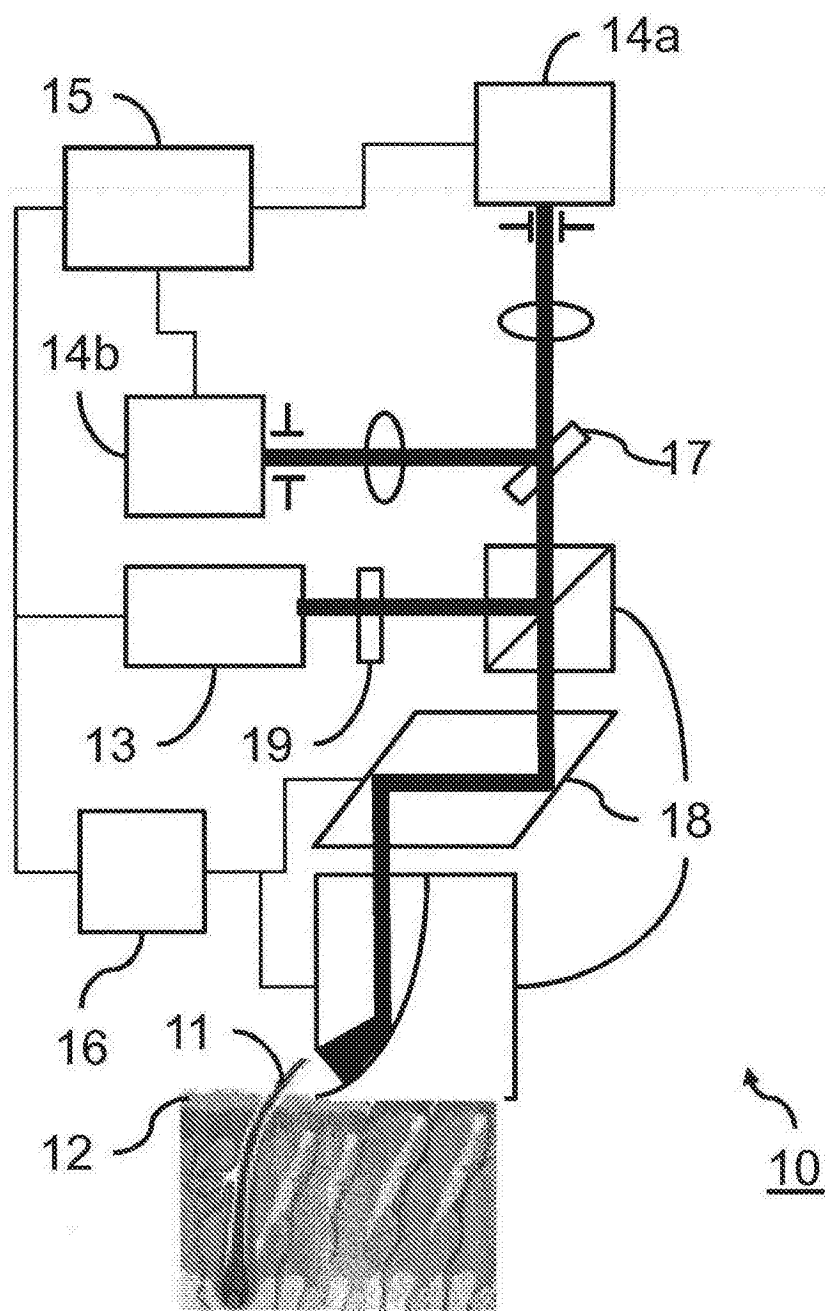


图 1

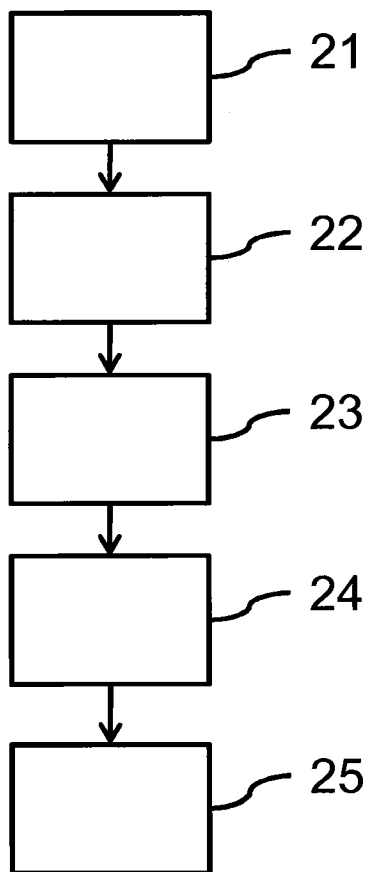


图 2

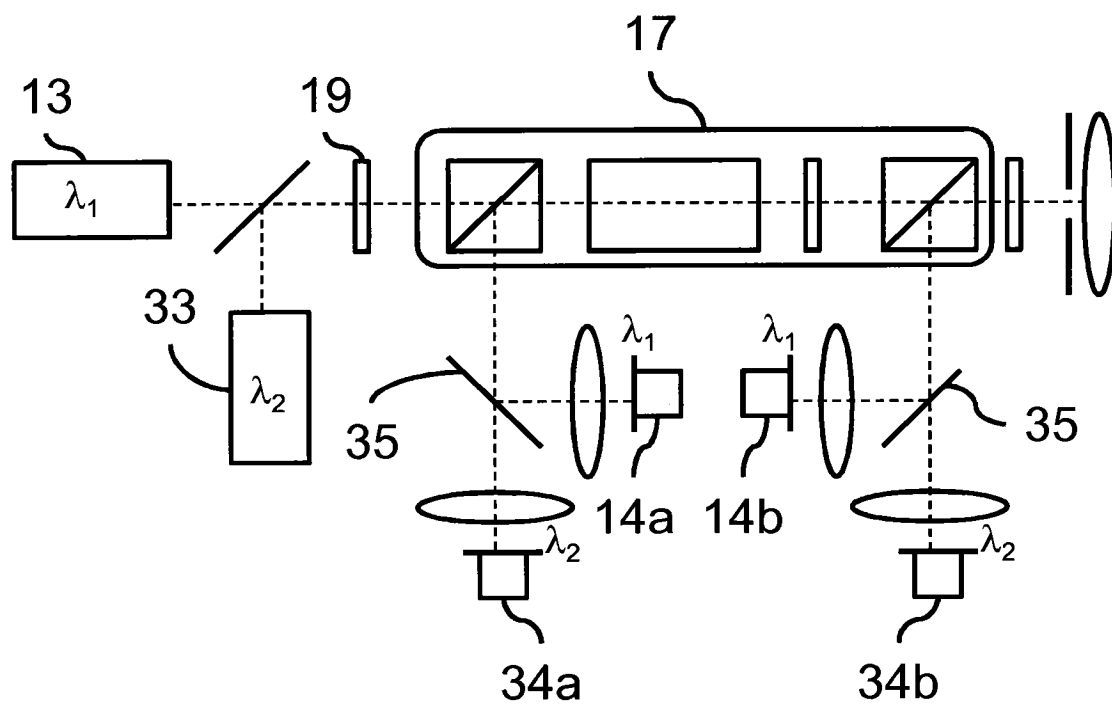


图 3

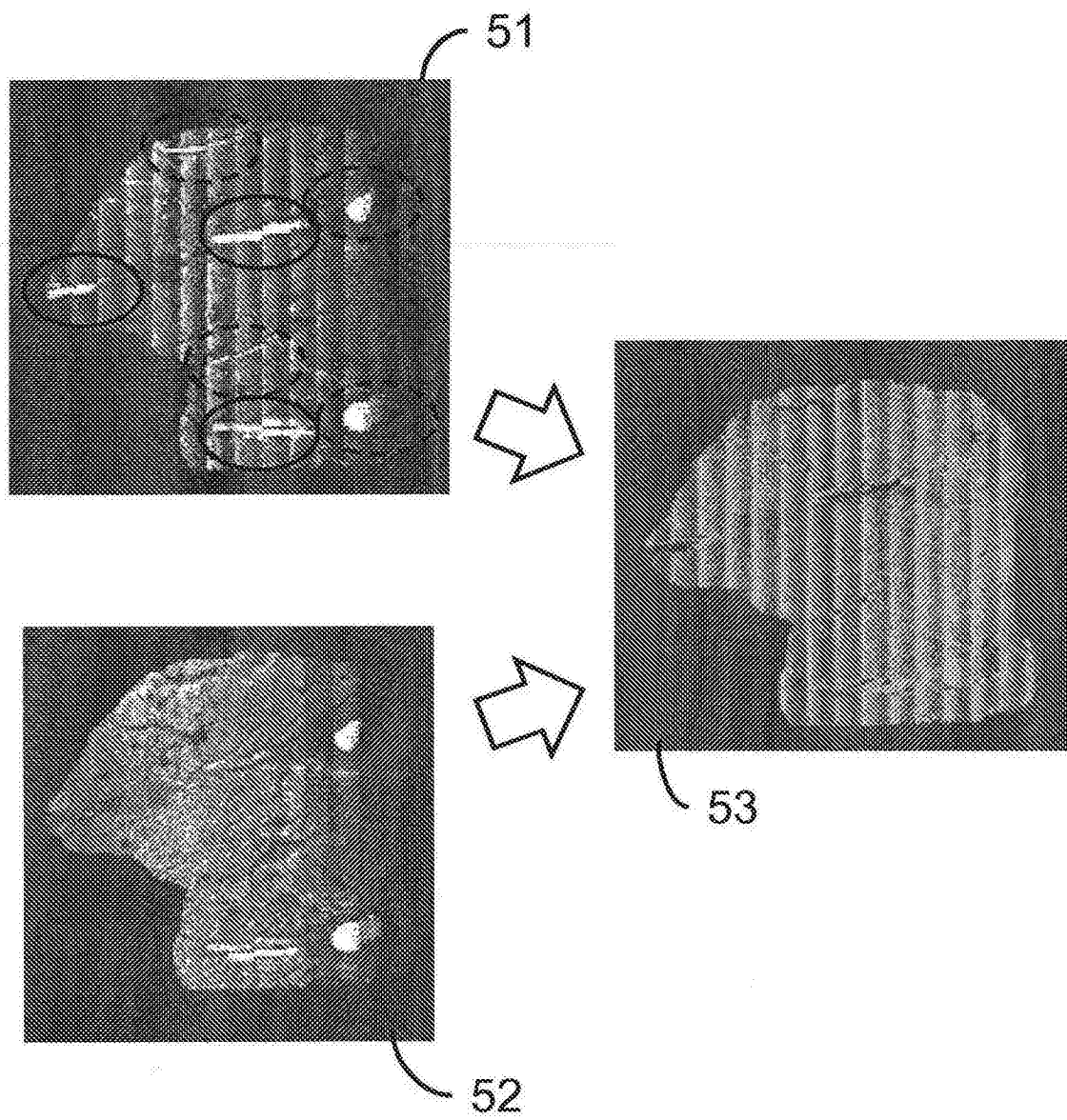


图 4

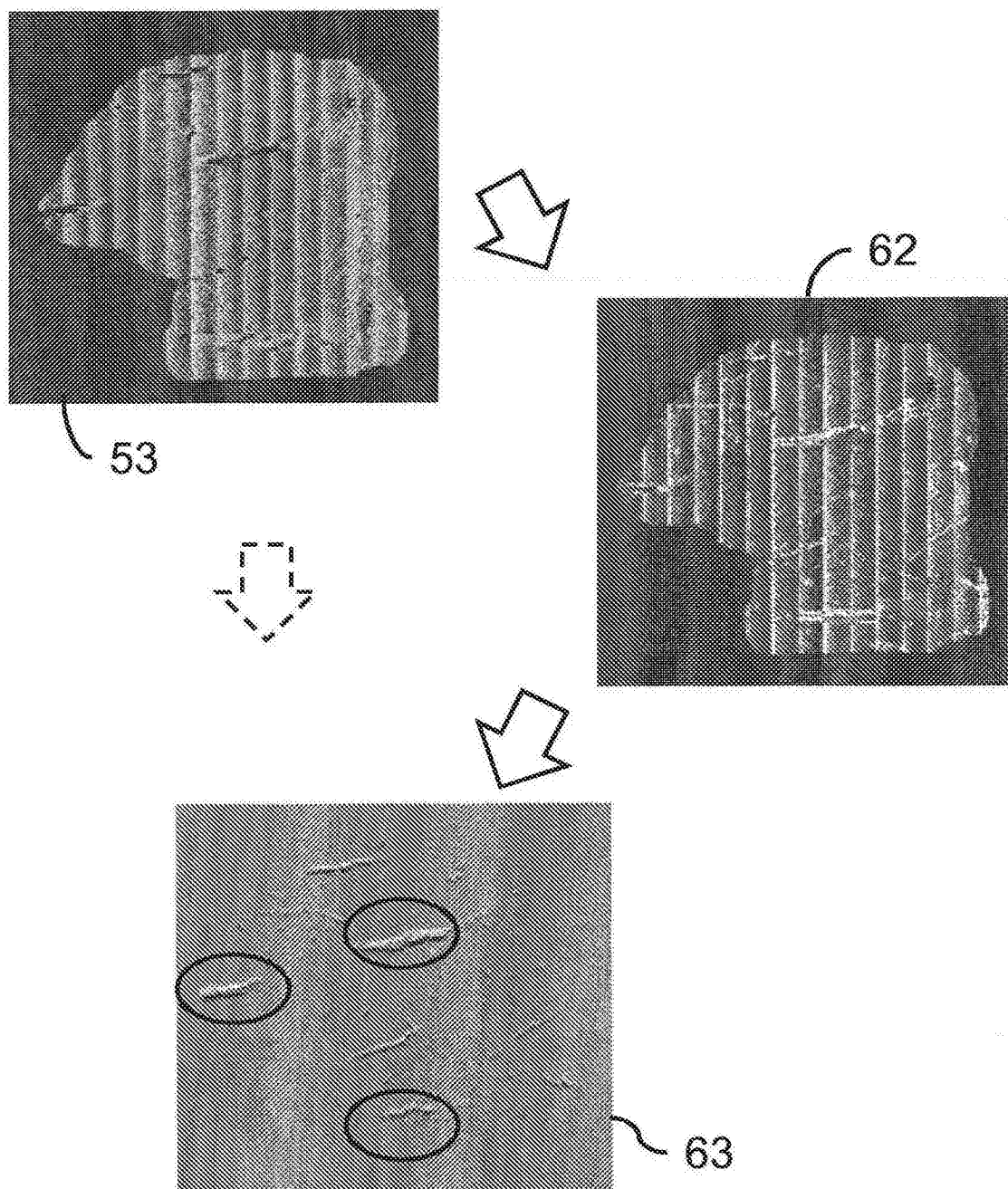


图 5

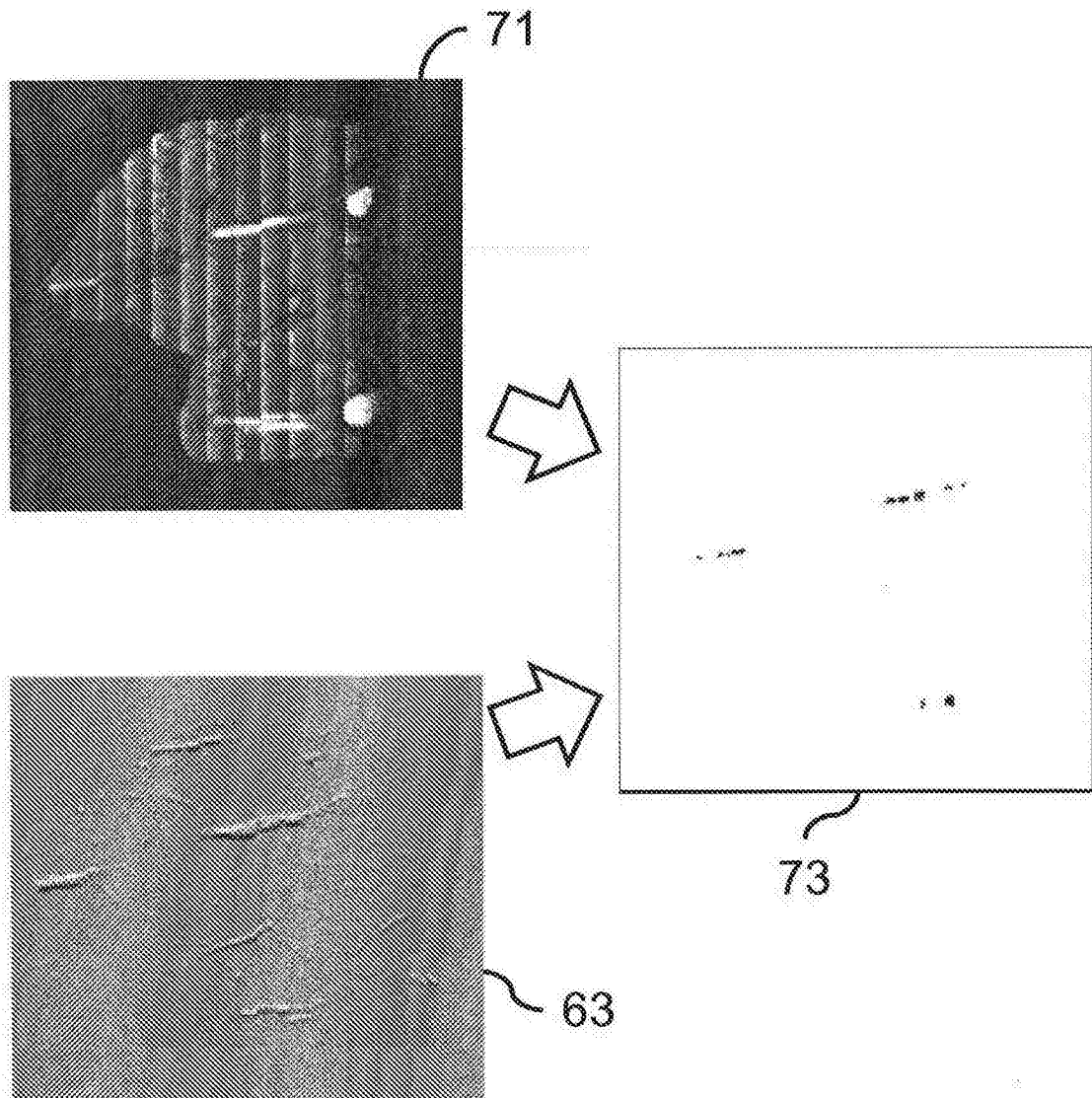


图 6

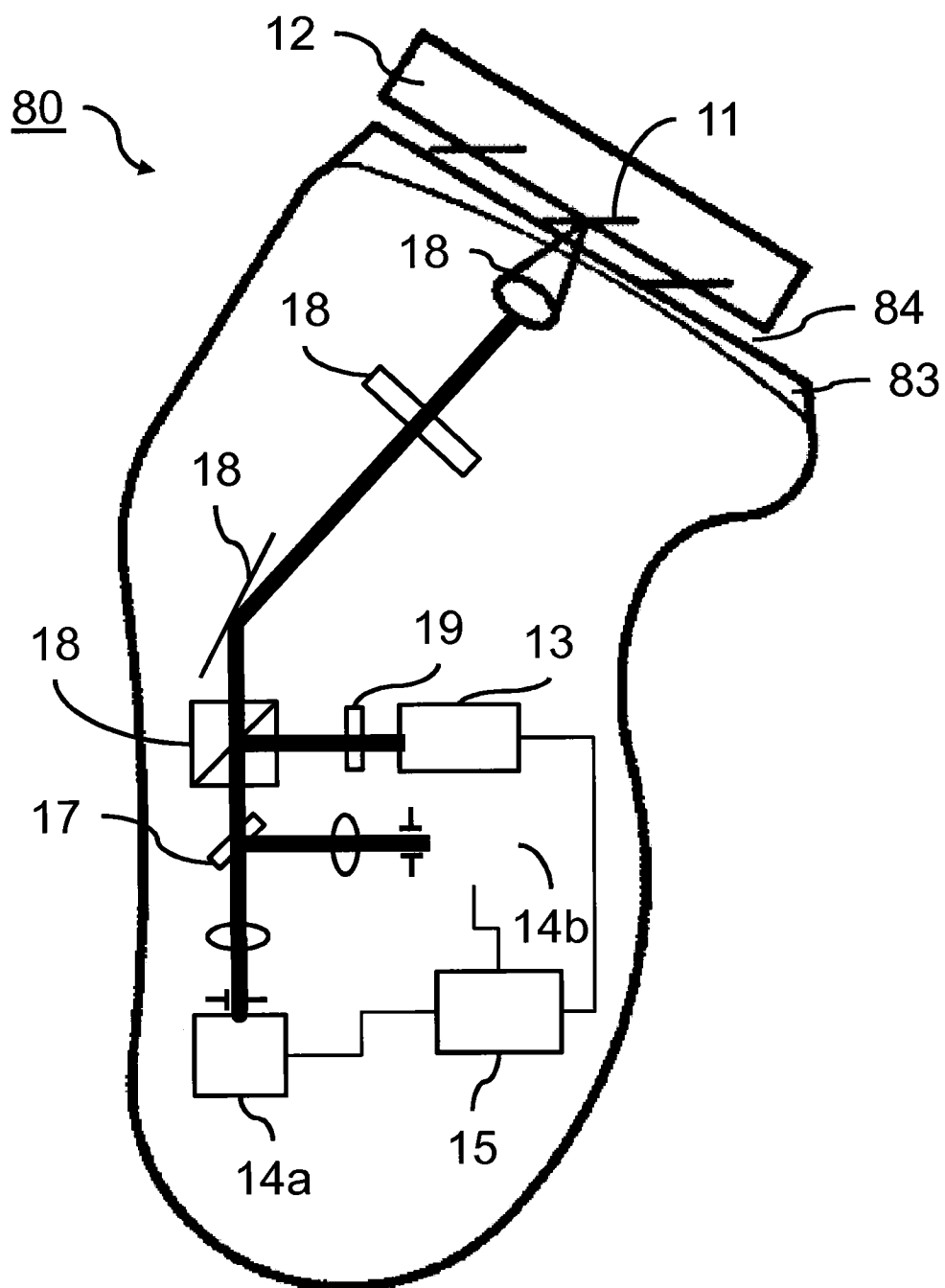


图 7