



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105636479 B

(45)授权公告日 2018.03.13

(21)申请号 201480056934.5

(22)申请日 2014.10.16

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105636479 A

(43)申请公布日 2016.06.01

(30)优先权数据  
13188914.9 2013.10.16 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.04.15

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/IB2014/065349 2014.10.16

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/056197 EN 2015.04.23

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬市

(72)发明人 E·G·范普滕

B·H·W·亨德里克斯

O·T·J·A·弗梅尤伦

M·T·约翰森 A·J·M·J·拉斯

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

代理人 郑立柱

(51)Int.Cl.

A46B 9/04(2006.01)

A46B 15/00(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

审查员 吕昊鹏

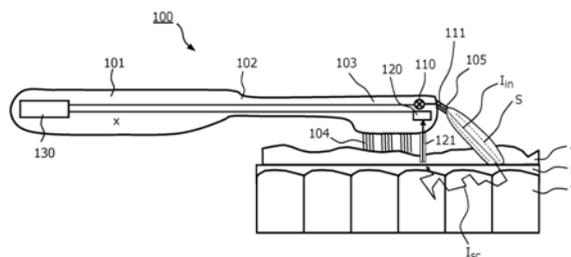
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

用于牙菌斑检测的设备

(57)摘要

本发明涉及用于检测牙齿(T)上的斑块(P)的设备(100)。根据优选实施例,光( $I_{in}$ )被朝向牙齿(T)发射,并且其从牙齿(T)的表面和可能存在于牙齿(T)上的斑块(P)散射的部分被光接收元件(121)再收集。所接收的光( $I_{sc}$ )被提供到用于生成检测信号(x)的光检测器(120),检测信号(x)表示光( $I_{sc}$ )的至少一个性质,通过确定至少一个散射相关的量,检测信号(x)接着就斑块(P)的存在而言被评估。该量可以例如是要从所接收的光( $I_{sc}$ )的光谱或者散斑图案的时间演化计算的比值或者系数。



1. 一种用于牙菌斑检测的设备(400),包括:

-发光装置(411),用于在牙齿(T)的方向上发射光( $I_{in}$ )从而照射所述牙齿(T);

-光接收装置(421sd、421ld),用于在相距所述发光装置(411)的两个不同距离处接收从被照射的牙齿(T)散射的光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ );

-光检测装置(120、520),用于检测由所述光接收装置(421sd、421ld)接收的所述光( $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )并且生成表示所检测的光( $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )的至少一个性质的检测信号(x);以及

-处理装置(130),用于确定所述两个不同距离处的所检测的光( $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )的强度的比值R,其中所述比值R被限定为:

$$R = \frac{I_{ld}(\lambda)}{I_{sd}(\lambda)}$$

其中 $I_{ld}(\lambda)$ 表示在相距所述发光装置(411)相对长的距离处检测的在波长 $\lambda$ 处的光的强度,并且 $I_{sd}(\lambda)$ 表示在相距所述发光装置(411)相对短的距离处检测的在相同波长 $\lambda$ 处的光的强度。

2. 根据权利要求1所述的用于牙菌斑检测的设备(400),其中所述处理装置适于将所述比值R的值与所述比值R的与所述牙齿(T)上不存在斑块(P)关联的预定值进行比较,并且如果发现所述比值R的值相对于所述预定值减少,则确定斑块(P)存在。

3. 一种用于牙菌斑检测的设备(100、200、300、400),包括:

-发光装置(111、211、311、411),用于在牙齿(T)的方向上以波长光谱发射光( $I_{in}$ )从而照射所述牙齿(T);

-光接收装置(121、421sd、421ld),用于接收从被照射的牙齿(T)散射的光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ );

-光检测装置(120),用于检测由所述光接收装置(121、421sd、421ld)接收的所述光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )并且生成表示所检测的光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )的至少一个性质的检测信号(x);以及

-处理装置(130),适于确定作为所述光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )的波长 $\lambda$ 的函数的所检测的光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )的约化散射系数 $\mu'_s(\lambda)$ ,其中所述约化散射系数被限定为:

$$\mu'_s(\lambda) = \alpha \left[ \rho \left( \frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^{-b} + (1-\rho) \left( \frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^{-4} \right]$$

其中 $\lambda_0$ 表示波长归一化值, $\alpha$ 表示在 $\lambda_0$ 处的约化散射幅度, $b$ 表示米氏散射斜率,并且 $\rho$ 表示米氏散射与总散射的约化散射分数。

4. 根据权利要求3所述的用于牙菌斑检测的设备(100、200、300、400),其中所述处理装置(130)适于将所述约化散射系数 $\mu'_s(\lambda)$ 的值与所述约化散射系数 $\mu'_s(\lambda)$ 的与所述牙齿(T)上不存在斑块(P)关联的预定值进行比较,并且如果发现所述约化散射系数 $\mu'_s(\lambda)$ 的值大于所述预定值,则确定斑块(P)存在。

5. 一种用于牙菌斑检测的设备(100、200、300、400),包括:

-发光装置(111、211、311、411),用于在牙齿(T)的方向上以波长光谱发射光( $I_{in}$ )从而照射所述牙齿(T);

-光接收装置(121、421sd、421ld),用于接收从被照射的牙齿(T)散射的光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ );

-光检测装置(120),用于检测由所述光接收装置(121、421sd、421ld)接收的所述光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )并且生成表示所检测的光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )的至少一个性质的检测信号(x);以及

-处理装置(130),适于确定两个不同波长处的所检测的光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ )的强度的比值S,其中所述比值S被限定为:

$$S = \frac{I(\lambda_1) - I(\lambda_2)}{I(\lambda_1) + I(\lambda_2)}$$

其中I表示经归一化的强度, $\lambda_1$ 表示第一波长,并且 $\lambda_2$ 表示第二波长。

6.根据权利要求5所述的用于牙齿斑检测的设备(100、200、300、400),其中所述第二波长大于所述第一波长。

7.根据权利要求5所述的用于牙齿斑检测的设备(100、200、300、400),其中所述两个不同波长的值被选择为以便当所述牙齿(T)上存在斑块(P)时具有所述比值S的负值,且当斑块(P)不存在时具有所述比值S的正值。

8.一种用于牙齿斑检测的设备(500),包括:

-发光装置(511),用于在牙齿(T)的方向上发射光( $I_{in}$ )从而照射所述牙齿(T);

-光接收装置(521),用于接收从被照射的牙齿(T)散射的光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ );

-光检测装置(520),用于检测由所述光接收装置(521)接收的所述光( $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ ),适于在两个不同实例下对牙齿表面处的散斑图案成像;以及

-处理装置(130),适于确定两个不同散斑图案的相关C(t),其中所述两个不同散斑图案的所述相关C(t)被计算为:

$$C(t) = \frac{\sum_{x,y} [I(x,y,0) - \overline{I(x,y,0)}][I(x,y,t) - \overline{I(x,y,t)}]}{\sum_{x,y} [I(x,y,0) - \overline{I(x,y,0)}][I(x,y,0+\delta) - \overline{I(x,y,0+\delta)}]}$$

其中x、y表示兴趣区域的像素,I(x,y,0)表示在时间0时所述兴趣区域的测量的强度图像,所述强度图像是参考图像,I(x,y,t)表示在时间t>0时所述兴趣区域的测量的强度图像,I(x,y,0+ $\delta$ )表示在所述参考图像之后立即拍摄的所述兴趣区域的测量的强度图像,并且顶部的线条指示图像的空间平均值。

9.根据权利要求8所述的用于牙齿斑检测的设备(500),其中所述处理装置适于将所述相关C(t)的值与所述相关C(t)的与所述牙齿(T)上不存在斑块(P)关联的预定值进行比较,并且如果发现所述相关C(t)的值相对于所述预定值减少,则确定斑块(P)存在。

10.根据权利要求1、3、5或8中的任一项所述的用于牙齿斑检测的设备(100、200、300、400、500),是电动牙刷,所述电动牙刷适于在流体流(S)或刷洗动作中的至少一个的影响下清洁牙齿(T),其中所述设备(100、200、300、400、500)进一步包括控制装置,所述控制装置适于在所述光检测装置(120、520)的激活期间停用所述牙齿清洁装置。

11.根据权利要求2、4、7或9中的任一项所述的用于牙齿斑检测的设备(100、200、300、400、500),进一步包括用于向所述设备(100、200、300、400、500)的用户提供关于所述牙齿(T)上存在斑块(P)的信息的指示装置。

## 用于牙菌斑检测的设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于牙菌斑检测的设备。

### 背景技术

[0002] US 2011/314618A1公开了如下牙刷,其适合于检测和移除来自口腔内的表面的斑块,已经向该表面应用了能够结合到表面上的斑块的荧光试剂。表面基本上同时被清洁并且用一定波长的光进行辐照,当与所述荧光试剂接触时该光有效提供荧光发射。荧光发射的一部分被收集并且与预定的阈值比较。根据比较的结果,确定设备是否可以被移动到另一区段。假设设备被保持在特定区段中,确定设备何时可以被移动到另一区段。

[0003] US 2011/314618A1公开的是,总体上已知两种用于检测牙菌斑的方法。一种方法使用初级荧光,其中牙菌斑或者其它牙科材料本身的荧光被监测。另一种方法使用次级荧光,其中口腔中被怀疑携带斑块的表面使用荧光标记材料进行处理,并且检测口腔表面上的标记材料的荧光发射以指示牙菌斑的存在。

[0004] 涉及基于荧光的斑块检测的文档的其它示例包括US 6,485,300B1和US 2011/151409A1。

[0005] 应用荧光以用于斑块检测目的的劣势是所包含的成本相对高。除了别的以外,需要昂贵的滤光器以便保证可靠的检测结果。因此,用于斑块检测的设备仅适合于被应用在专业环境中。此外,如上文所解释那样,使用次级荧光的方法包含应用荧光标记材料,这是麻烦的并且需要特殊的使用技巧。这一问题在使用初级荧光的方法的情况下是不存在的,然而,这种方法不是非常可靠,因为它们仅产生微弱的信号。

### 发明内容

[0006] 根据上文,需要另一检测斑块的方法。事实上,需要具有适合于家庭使用的并且能够基于除荧光之外的另一原理可靠地执行其功能的用于检测斑块的设备。

[0007] 这一目的由根据权利要求1的用于牙菌斑检测的设备处理。设备的优选实施例在从属权利要求中公开。

[0008] 根据本发明,提供了用于牙菌斑检测的设备,其特别地包括以下装置:

[0009] -发光装置,用于在牙齿的方向上发射光并且从而照射牙齿;

[0010] -光接收装置,用于接收从被照射的牙齿散射的光;

[0011] -光检测装置,用于检测由光接收装置接收的光,并且生成表示所检测的光的至少一个性质的检测信号;以及

[0012] -处理装置,用于基于检测信号确定所检测的光的至少一个散射相关的量,并且通过评估该至少一个散射相关的量来评定牙齿上是否存在斑块。

[0013] 根据本发明底层的洞悉,斑块存在于牙齿上影响光从牙齿散射的方式。的确,已经发现实际上可能通过检测从牙齿散射的光并且处理这种光来获得对牙齿上存在斑块的可靠指示。因此,在根据本发明的设备中,斑块的存在可以基于光的散射、吸收、和/或散斑性

质确定,光的散射、吸收、和/或散斑性质适合于被用于计算光的散射相关的量。在任何情形下,与本领域已知的相反,不需要依靠荧光找到牙齿的斑块状态。

[0014] “发光装置”可以包括光可以从其被发射到邻近空间中、尤其是发射到用户的嘴中的任何单元或者部件。发光装置通常可以包括光学部件,诸如用于以期望的方式将所发射的光导向和成形的透镜或者光纤。

[0015] “光接收装置”在最简单的情形下可以仅包括光可以穿过的光阑。其通常可以包括光学元件,诸如用于提供光检测步骤的期望行为的透镜。在另一合适的实施例中,光接收装置包括至少一个光纤。

[0016] “光检测装置”可以包括用于生成检测信号的光谱仪、光电二极管、相机等,该检测信号将在确定从被照射的牙齿散射的如由光接收装置接收的光的至少一个散射相关的量的过程中被用作基础。“检测信号”可以是任何种类的信号,优选地是诸如电压之类的电信号。此外,检测信号可以以任何适当的方式解码其信息,例如解码为模拟或者数字值。

[0017] “处理装置”可以例如由耦合到光检测装置的专用电子硬件、由耦合到光检测装置的具有关联的软件的数字数据处理硬件、或者由耦合到光检测装置的两者的混合物来实现。关于牙齿上存在斑块的评定可以是定性的或者定量的。这一评估的结果可以以任何适当的方式被进一步处理。用户可以例如被提供有对应的反馈信号。为了那个目的,根据本发明的设备可以装备有用于向用户提供关于牙齿上存在斑块的信息的指示装置。

[0018] 所描述的设备具有如下优势,即其允许对牙菌斑的经改善的处理。这一优势是因为对从牙齿散射的光的接收和对该光的至少一个量的确定允许实时地自动检测斑块。这一信息可以被以若干方式利用,例如通过向用户提供关联的反馈使得他/她可以优化牙齿的清洁步骤的效率。通过实践本发明,不需要应用标记材料来保证获得有用的信号,这与从其中依靠荧光获得斑块状态信息的领域得知的相反。

[0019] 基本上,所发射的光与牙齿表面的相互作用提供了关于牙齿上存在斑块的有用信息。具体而言,这一相互作用包括所发射的光的散射。在这一上下文中,术语“散射”应该照例表示如下过程,其中光(通常随机地)由一些散射材料反射和/或折射。所提及的散射过程通常将在斑块中和在(清洁的)牙齿中有区别地发生,使得散射过程的出现和强度提供关于牙齿上存在或者不存在斑块的信息。

[0020] 一般地,所接收的光的提供关于存在斑块的期望信息的任何性质都可以被利用。这种性质的一个重要示例是所接收的光的光谱。另一重要示例是光的散斑性质(即,由被散射的相干光的干涉造成的牙齿表面的图像的散斑外观)。

[0021] 为了利用来自所检测的光的光谱的信息,光检测装置可以优选地包括光谱仪。附加地或者备选地,光检测装置可以包括一个或者多个特定光谱滤波器以选择光谱的一个或者多个相关部分。优选地,在这一情形下提供了具有关联的滤波器的检测器的集。附加地或者备选地,光检测装置可以包括相机,使用该相机可以生成图像。通常,相机将被设计并且调节为使得其可以生成牙齿表面的图像。这种图像可以例如被用于确定上述散斑量。

[0022] 所发射的光可以可选地具有宽带光谱,例如覆盖从大约350nm到大约2000nm的波长的光谱。具有宽带光谱的光通常可以被用于上述情形中,其中所接收的光的光谱将会被检测。附加地或者备选地,多个单色光源可以被用于发射在感兴趣的特定波长处的光。附加地或者备选地,所发射的光可以具有高相干性,例如来自相干激光源的光。相干光可以特别

地被用于测量光的散斑图案。

[0023] 处理装置可以适于将所检测的光的至少一个散射相关的量的实际值与散射相关的量的参考值进行比较。参考值可以例如对应于在之前的实验中确定的平均值。

[0024] 根据另一选项,对所检测的光的散射相关的量的确定可以特别地包括对这一量的时间演化的评估。这一方法利用了如下事实,即牙菌斑在某些环境下(例如当其环境从干燥到潮湿或者从潮湿到干燥改变时)可以示出其光学性质的特征时间行为。时间演化可以例如通过确定相应性质在所观察的时间段内的时间相关性来发现。

[0025] 光接收装置可以可选地包括针对光的第一入口和针对光的第二入口,使得所发射的光可以在两个不同的位置处被收集(在光从牙齿表面散射之后)。对所接收的光的这些部分的比较可以在一些情况下提供关于存在斑块的信息。如果针对光的第一入口和第二入口被布置在与发光装置相距不同距离处,则情形可以特别地就是这样。在与发光装置相距短距离处接收的光的光谱和在与发光装置相距更大距离处接收的光的光谱可以例如由于所发射的光的这些分量已经穿过斑块行进的不同路径长度而不同。已经在更大距离上行进的光通常还已经穿过材料行进得更深。

[0026] 从发光装置发射的光通常可以源自任何适当的源,包括设备外部的光源(以及甚至自然光)。然而,在优选实施例中,设备包括用于生成所发射的光的光源。该光源可以例如是被并入到设备中的LED或者激光器。假设设备是牙刷,则光源可以可选地被布置在牙刷的头部中。因为牙刷(特别地电动牙刷)的头部通常是一次性的,然而实际上使用例如光纤传输光以具有在牙刷的手柄中的光源(并且通常还有光检测装置)。另一方面,可能期望具有设置在牙刷的头部中的发光装置和/或光接收装置,使得可以获得立即来自当前被处理的位置的关于斑块的信息。

[0027] 为了完整性,注意,照例“牙刷”将会表示用于手动或者电动地清洁(人类用户或者动物的)牙齿的设备。牙刷通常包括经由颈部连接到手柄的头部,头部承载用于清洁牙齿的装置,例如具有刷毛的刷子。电动牙刷可以附加地包括如下元件,诸如电池和用于移动刷子的马达。

[0028] 通常,根据本发明的设备可以装备有牙齿清洁装置,用于使将要就其斑块状态被评估的牙齿受到清洁动作。例如,设备可以包括注入器,用于注入流体流,诸如气体(例如空气)和/或流体(例如水)的流。通过注入适当的流体,可以协助检测和/或处理斑块的过程。水流可以例如移除可能削弱所发射的光对牙齿的照射的牙膏,或者空气流可以将斑块暴露于干燥环境使得特定的时间行为被触发。

[0029] 上述注入器可以优选地包括流动通道,流体流被引导穿过该流动通道,其中流动通道和发光装置可以关于彼此按如下方式定位,使得被注入的流体流和所发射的光可以在基本上相同的方向上离开设备。流体流接着可以建立用于与光相关的测量的可再现条件。

[0030] 通常,清洁步骤的参数(诸如机械清洁强度、清洁剂的递送等)可以基于对牙齿的斑块状态的评定通过合适的控制装置被自动控制/适配。

[0031] 发光装置和/或光接收装置可以优选地包括诸如光纤之类的光导。这允许在最佳位置处发射和/或接收光,该最佳位置可以分别独立于光生成和/或光检测的位置来选择。

[0032] 在另一优选实施例中,根据本发明的设备可以是如早前提及的牙刷,其中发光装置可以位于牙刷的刷毛中。这种发光装置可以例如通过上述种类的光纤实现。光因此可以

直接被发射到牙齿表面上。

[0033] 根据本发明的设备的所描述的操作通常将在计算设备(例如设备中的微处理器或者FPGA)的帮助下实现。因此,本发明进一步包括计算机程序产品,当在计算设备上执行时其提供期望的功能。

[0034] 此外,本发明包括数据载体,例如软盘、硬盘、EPROM、紧凑盘(CD-ROM)、数字化通用盘(DVD)、或者USB棒,数据载体以机器可读的形式存储计算机程序产品,并且当存储在数据载体上的程序在计算设备上被执行时,数据载体操作根据本发明的设备的各种装置以在牙菌斑检测的过程中执行各种装置的功能。数据载体可以特别地适合于存储先前段落中提及的计算设备的程序。

[0035] 如今,这种软件通常被提供在互联网或者公司内联网上以用于下载,因此本发明还包括在局域网或者广域网上传输根据本发明的计算机产品。

## 附图说明

[0036] 本发明的各种方面将从下文中描述的实施例中显而易见,并且参照下文中描述的实施例来阐述。

[0037] 在附图中:

[0038] 图1示意性地图示了根据本发明的第一实施例的牙刷的应用;

[0039] 图2示意性地图示了具有中空芯体的注入器,流体流可以穿过该中空芯体被注入;

[0040] 图3示意性地图示了具有围绕芯体的通道的注入器,流体流可以穿过该通道被注入;

[0041] 图4示意性地图示了在相距发光元件不同距离处的散射光的收集;

[0042] 图5示出了测得的来自部分覆盖有斑块的牙齿的反射光谱(虚线)和来自部分被清洁的牙齿的反射光谱(实现),其中上图示出了使用短距离探头测量的光谱,中图示出了使用长距离探头测量的光谱,并且下图示出了这两个光谱之间的比值;

[0043] 图6示出了针对清洁牙齿上的12次测量的光谱的特定部分的斜率(右边的条“N”)和针对覆盖有斑块的牙齿上的12次测量的光谱的特定部分的斜率(左边的条“P”)的柱状图;

[0044] 图7图示了基于散斑检测的斑块检测;并且

[0045] 图8是示出了测得的从清洁牙齿(“N”)和从斑块覆盖的牙齿(“P”)散射的光的散斑图案的随时间的相关的图。

[0046] 相同的附图标记或者相差100的整数倍的附图标记在图中指代相同或者相似的部件。

## 具体实施方式

[0047] 牙菌斑在临床上被限定为结构化的、弹性的、灰黄色的物质,其顽固地附着于口内硬表面,该硬表面包括可移除的和固定的修复体。其是口腔生物膜,其特征在于其有组织的结构由大量填充了细菌和流体的通道组成,特别地由唾液糖蛋白和细胞外多糖的基体中的细菌组成。

[0048] 基于其在牙齿表面上的位置,牙菌斑可以被分类为龈上斑块或者龈下斑块。根据

嘴中的位置、年龄、时间、口腔环境、以及其它因素,口腔斑块的成熟是非常多变的。虽有这一多变性,口腔斑块根据可再生模式演化。

[0049] 本发明总体上涉及口腔保健,具体而言,涉及用于支持牙齿卫生和健康并且帮助用户从其牙齿清洁掉斑块的技术。

[0050] 上述目的可以特别地通过告诉用户他们是否真正将斑块从其牙齿移除和他们是否已经完全移除了斑块来实现,从而既使他们放心又使他们养成良好习惯。有利地,这种信息在刷洗期间被实时地提供。例如,可以有用的是,如果当用户正在刷洗的位置是清洁的时,牙刷给他们信号(例如音响信号),因此他们可以移动到下一牙齿。这可以减少他们的刷洗时间,但是还将产生更好的、更有意识的刷洗常规。

[0051] 根据上文,提出了使用光照射牙齿;通过测量该光或者光从牙齿散射的部分,则可能确定斑块存在或不存在。这提供了在刷洗常规期间实时地检测斑块的方式。特别地,这一方法的实施例可以由包括以下内容的设备组成:

[0052] -光源,用于照射牙齿的表面;

[0053] -光学检测器,用于检测从牙齿返回的光,光学检测器可以例如是具有滤波器的传感器、光谱仪、相机、或者组合;以及

[0054] -处理器,用于分析所检测的光,其中斑块的存在基于光的散射、吸收、和/或散斑性质确定。

[0055] 图1示意性地图示了根据上述通用原理设计的牙刷100的应用。牙刷100包括:手柄101,用户可以在这里拿住牙刷;和头部103,具有包括刷毛104的刷子,其中手柄101和头部103通过细长的颈部部分102连接。牙刷被图示为在其应用于由斑块P覆盖的牙齿T期间和在同时应用牙膏A期间。

[0056] 为了提供对斑块的期望的检测和监测,牙刷100进一步包括以下部件:

[0057] -光源110,用于可控地生成光,其可以例如是LED或者激光器。

[0058] -出口元件105,所示的由光源110生成的光 $I_{in}$ 以及空气流和/或水流S可以经由出口元件105被朝向牙齿T发射。为此,出口元件105包括发光元件,这里发光元件以光导元件111的形式,例如将光从光源110引导到出口元件105的端部的光纤。此外,流动通道被提供在出口元件105中,空气流/水流S可以穿过该流动通道被注入到用户嘴中。

[0059] -光接收元件121,这里由被布置在牙刷100的刷毛104当中的光纤实现。光接收元件121接收已经在牙齿T的表面上被散射和/或被斑块P散射的光 $I_{sc}$ 并且将这一光引向光检测器。

[0060] -上述光检测器120,其可以例如是光电二极管或者相机。光检测器120生成指示所接收的光 $I_{sc}$ 的性质的检测信号x。

[0061] -评估单元130,例如集成到牙刷100的手柄101中的微处理器,该评估单元130连接到光检测器120和光源110,以用于控制它们并且用于接收(和评估)检测信号x。如稍后将解释的,对信号x的评估包含对合适的散射相关的量的计算。

[0062] 所描述的设置允许光 $I_{in}$ 发射到牙齿T的表面上,即发射到斑块P上(如果这样的斑块存在的话)。光接着将被散射并且其一部分将被光接收元件121捕捉并且被推送到检测器120用于评估。

[0063] 在实际测试期间,已经发现,该步骤在没有牙膏时工作得最好。因此优选的是,对

斑块P的检测与(暂时)移除牙膏A的方法一起完成。这可以例如通过可以被发射穿过所描述的出口元件105的内建空气丝(air floss)、水射流、和/或空气射流来实现。

[0064] 另一选项将是采用光纤递送光并且直接从牙齿T的表面检测光。这一光纤可以与表面直接接触以保证没有牙膏A存在或者存在很少的牙膏A。

[0065] 进一步优选的实施例是将空气/水射流导向到上述光纤的末端。空气/水可以使用例如沿着光纤的长度平行定位的中空芯体被导向。

[0066] 这个的一个可能的非限制性实施例在涉及牙刷200的图2中示出。用于光和空气流/水流的组合式出口元件205包括空气流或者水流S可以流动穿过的中空芯体205a和围绕中空芯体的光导部分211。

[0067] 图3涉及牙刷300并且示出了备选实施例,其中光被引导穿过芯体311处的光纤,并且其中空气流或者水流S在围绕芯体311的部分中空的区域305a中流动。

[0068] 图2和图3中的出口元件205、305进一步包括出口覆盖物205b、305b。图1中的出口元件105可以可选地也以这一方式来设计。

[0069] 图4图示了牙刷400的备选实施例(仅示出了相关部件),牙刷400使用具有多个光纤的光学探头406照射牙齿T并且检测在相距照射点多个距离处被散射的光。光的光谱在其传播穿过牙齿T时改变。这些由于吸收和散射的光谱改变(除其它之外)依赖于斑块P的存在或不存在。

[0070] 光学探头406包含发光元件411,即来自光源(未示出)的光被引导穿过其并且最终被发射的一个光纤。此外,探头406包含“短距离光接收元件”421sd和“长距离光接收元件”421ld,它们两者也由单个光纤实现,该单个光纤分别被设置为离开发光元件411短距离和长距离。由这两个接收元件421sd、421ld接收的光可以被分开检测,例如因为接收元件421sd、421ld耦合到不同的光检测器,诸如光谱仪(未示出)或者其它更简单的检测器(例如,具有光谱滤波器的两个或者三个光电二极管,这依赖于测量方案)。

[0071] 短距离光接收元件421sd可以收集被发光元件411发射并且通过牙齿T和斑块P散射的光 $I_{sd}$ ,但是仅对于短距离而言,而长距离光接收元件421ld收集已经在更长距离上被散射的光 $I_{ld}$ 。因此,所接收的光的这两个部分的性质是不同的。

[0072] 在使用期间,来自宽带光源的光 $I_{in}$ 被注入穿过发光元件411的光纤。光接收光纤421sd、421ld连接到实现对光谱或者光谱的部分的测量的光谱仪。

[0073] 对于发光元件411和光接收光纤421sd、421ld两者而言优选的是被设置用于直接接触牙齿T的表面,以便将外部影响最小化。在本发明的框架内,可能使用三个光纤411、421sd、421ld用于发射光和接收光,但是其它可能性也是可行的。例如,可以仅使用两个光纤,其中例如,可以使得一个光纤服务用于发射光且另一光纤服务用于接收光,或者一个光纤服务用于发射光和接收光两者且另一光纤仅服务用于接收光。如所提及那样,还可能使用单个光纤用于执行发射光和接收光的两个功能。在具有组合功能的光纤的情形下,适当的是在光纤的存在光源和检测器的一侧使用分光器。在任何情形下,当使用至少一个光纤时,实际选项是使光纤被设置在牙刷400的刷子中。

[0074] 图5示出了来自牙齿T的覆盖有斑块P的部分(虚线,符号“P”)和牙齿T的清洁部分(实线,符号“N”)的典型反射光谱。上图示出了使用短距离光接收元件421sd测量的光谱(为归一化强度 $I_{sd}$ ),中图示出了来自长距离光接收元件421ld的光谱(为归一化强度 $I_{ld}$ ),并且

下图显示了两个光谱之间的比值 ( $I_{1d}/I_{sd}$ )。这些光谱之间有明显的不同,从而允许对斑块P的检测。

[0075] 下面,将更详细地描述从光谱提取斑块P的存在的三个示例性方法。

[0076] 1.在第一方法中,两个光谱之间的比值 ( $I_{1d}/I_{sd}$ ) 如图5的下图中图示的那样确定。使用两个光谱的优势是,可以被假设为在相距发光元件411的两个距离处相同的像检测误差的噪声因素的影响、环境光的影响等可以被平均掉,使得该比值可以被用作对牙齿T的斑块状态的可靠指示器。可以假设的是,当牙齿上存在斑块P时,吸收效应相对小,使得这种效应不阻碍该比值在斑块检测的特定上下文中的实际应用。

[0077] 优选地,该比值在例如700nm的波长处确定,在该波长处与清洁牙齿T关联的比值和与覆盖有斑块P的牙齿T关联的比值之差相对大。通过例如将该比值的实际值和与清洁牙齿T关联的比值的值比较,并且评定第一比值是否相对于第二比值大幅减少,可以确定接受调查的牙齿T上是否存在斑块P。

[0078] 2.在第二方法中,测得的光谱被拟合于散射模型,该散射模型特别适合于找出散射效应和吸收效应之间的区别(参见R.Nachabe等人的“Diagnosis of breast cancer using diffuse optical spectroscopy from 500to 1600nm:comparison of classification methods”,J.Biomedical Optics 16(8),087010(August 2011))。如在这一引用中描述的那样,作为波长的函数的约化散射系数 $\mu'_s(\lambda)$ 由下式建模:

$$[0079] \quad \mu'_s(\lambda) = \alpha \left[ \rho \left( \frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^{-b} + (1-\rho) \left( \frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^{-4} \right]$$

[0080] 其中  $\lambda/\lambda_0$  对应于波长归一化值、 $\alpha$ 是在  $\lambda_0$  处的约化散射幅度,米氏 (Mie) 散射斜率是 $b$ ,并且 $\rho$ 表示米氏散射与总散射的约化散射,假设米氏散射和瑞利 (Rayleigh) 散射为组织中的两种类型的散射,其中注意,米氏散射与相对大的粒子关联且瑞利散射与相对小的粒子关联。下表示出了针对两个牙齿T(有斑块P和无斑块P两者)上的四个不同“短距离”测量的使用这一散射模型提取的参数,其中 $\lambda_0 = 800\text{nm}$ ,并且其中因为选择波长的值使得等于归一化值,所以 $\mu'_s(\lambda) = \alpha$ 。为了完整性,注意,还可能选择波长的值使得偏离归一化值。此外,除了800nm之外的另一值可以关于归一化值被选择。然而,考虑到如下事实,即光从表面被散射的程度还依赖于光的波长相对于如表面上存在的粒子的尺寸的关系,就斑块检测而言,800nm显现为是合适的值。

[0081]

测量	$\mu'_s(\lambda) = \alpha \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	B	$\rho$
牙齿1无斑块	16.21	0.88	1.00
牙齿1有斑块	26.58	0.68	0.79
牙齿2无斑块	18.38	0.33	0.80
牙齿2有斑块	27.47	0.87	0.83

[0082] 结果显示作为可能的斑块区分器的800nm波长处的约化散射系数。包含斑块P的牙齿表面与没有斑块P的牙齿表面相比更加粗糙,导致针对具有斑块P的牙齿T的更高散射,并且相比于没有斑块P的牙齿T,对于具有斑块P的牙齿T而言,约化散射系数更高。因此,当约化散射系数的实际值与约化散射系数的与牙齿T上不存在斑块P关联的预定值比较,并且发

现第一值高于第二值时,可以推断牙齿T上存在斑块P。第二方法的优势是,仅需要单个检测器位置,并且因为移除了吸收的影响,获得非常准确的结果。

[0083] 事实上,可以说, $\alpha$ 提供对光从牙齿表面被散射的程度的指示, $b$ 提供对被散射的光的米氏分量的指示,并且 $\rho$ 提供对被散射的光的瑞利分量的指示。各种值通过测量被散射的光的光谱来确定。根据上文,值 $\alpha$ 适合于被用作对斑块存在的指示器。根据更复杂的选项,还可能使用值 $b$ 和/或值 $\rho$ 。

[0084] 3. 在第三方法中,评估了两个波长处的散射。如可以在图5中的上图中看到那样,近似400nm和550nm之间的斜率在存在斑块P时不同。因此,执行如下测试,其中针对24个不同测量计算以下比值S:

$$[0085] \quad S = \frac{I(\lambda_1) - I(\lambda_2)}{I(\lambda_1) + I(\lambda_2)}$$

[0086] 其中434nm被取作 $\lambda_1$ ,并且537nm被取作 $\lambda_2$ 。图6中示出了结果的柱状图。对包含斑块P(符号“P”)的牙齿T的所有测量都具有负的比值,而对清洁的牙齿T(符号“N”),比值是正的。因此,推断该比值适合于被用作斑块区分器,虽然没有如在第二方法中那样移除吸收的影响。该算法相对简单,考虑到家庭使用和设备成本,这可以是优势。总体上,如果 $\lambda_2$ 被选择为使得在上述斜率方面大于 $\lambda_1$ 则是有利的。

[0087] 图7示意性地图示了备选实施例,其中斑块检测基于散斑相关。再次,仅示出了对应的牙刷500的相关部件。这些部件包括相干光源510,例如激光器,通过某个发光元件511将光 $I_{in}$ 从相干光源朝向牙齿T上的斑块P发射。已经被反射的光由光收集元件521(例如透镜系统)收集,并且被引导到(数码)相机520,表面的图像在相机处生成。

[0088] 由激光器510发射的光 $I_{in}$ 的相干光束照射牙齿T。相机520对可能覆盖有斑块P的牙齿表面处的散斑图案成像。随着时间推移,斑块层P的微观结构由于各种原因(诸如从该层漏出的水)改变。斑块层的改变导致散斑图案的可测量的去相关。如果没有斑块P,则散斑图案在时间上更稳定。

[0089] 相关 $C(t)$ 可以被计算为

$$[0090] \quad C(t) = \frac{\sum_{x,y} [I(x,y,0) - \overline{I(x,y,0)}][I(x,y,t) - \overline{I(x,y,t)}]}{\sum_{x,y} [I(x,y,0) - \overline{I(x,y,0)}][I(x,y,0+\delta) - \overline{I(x,y,0+\delta)}]},$$

[0091] 其中 $I(x,y,t)$ 是时间 $t$ 处测量的强度图像,两个求和在兴趣区域的 $x$ 和 $y$ 像素上进行,并且其中顶部的线条表示图像 $I(x,y,t)$ 的空间平均值。兴趣区域理想地覆盖不止一个可解散斑。相关 $C(t)$ 使用两个图像归一化:参考图像 $I(x,y,0)$ 和另一图像 $I(x,y,0+\delta)$ ,该另一图像在第一图像之后立即拍摄,使得散斑图案尚未被显著去相关。以这一方式,图像中的任何噪声在归一化中正确地平均掉。

[0092] 图8示出了从清洁牙齿(符号“N”)和从斑块覆盖的牙齿(符号“P”)散射的光的散斑图案的测得的相关。就在测量之前,牙齿被从水环境中取出并且被放置在干燥的杯中。斑块覆盖的表面上的散斑图案明显比牙齿的清洁部分上的散斑图案更多并且更快地去相关。因此,对斑块状态的指示可以通过将相关 $C(t)$ 的值与相关 $C(t)$ 的与牙齿上不存在斑块关联的预定值比较而获得,其中如果发现相关 $C(t)$ 的值相对于预定值减少,则推断斑块存在。

[0093] 当牙齿在或多或少干燥的环境中时,测量工作得最好。实际上,这可以通过使用具有内建空气丝系统的牙刷实现。于是空气丝可以就在测量开始之前将牙齿吹干。

[0094] 还为了防止由牙刷移动造成的测量的任何高频率扰动,优选在测量期间禁用刷牙。

[0095] 总之,已经描述了用于检测牙齿T上的斑块P的设备的各种实施例。根据优选实施例,光 $I_{in}$ 被朝向牙齿T发射,并且其从牙齿T的表面和可能存在于牙齿T上的斑块P散射的部分被光接收元件121、421sd、421ld、521再收集。所接收的光 $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ 被提供到用于生成检测信号x的光检测器120、520,检测信号x表示光 $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ 的至少一个性质,通过确定至少一个散射相关的量,检测信号x接着就斑块P的存在而言被评估。该量可以例如是要从所接收的光 $I_{sc}$ 、 $I_{sd}$ 、 $I_{ld}$ 的光谱或者散斑图案的时间演化计算的比值或者系数。

[0096] 虽然已经在附图和以上描述中详细地图示和描述了本发明,这种图示和描述将被认为是说明性或者示例性的而非限制性的;本发明不限于所公开的实施例。对所公开的实施例的其它变化可以由本领域技术人员在实践所要求保护的发明中,从学习附图、公开内容以及所附权利要求中理解和实现。在权利要求中,词语“包括”不排除其它元素或者步骤,并且不定冠词“一(a)”或者“一个(an)”不排除多个。单个处理器或者其它单元可以实现权利要求中记载的若干项/装置的功能。仅凭在互相不同的从属权利要求中记载某些措施的事实不表示这些措施的组合不能被有利地使用。计算机程序可以被存储/分布在合适的介质上,诸如与其它硬件一起提供或者作为其它硬件的一部分的光存储介质或者固态介质,但是还可以以其它形式被分布,诸如经由互联网或者其它有线或者无线远程通信系统。权利要求中的任何附图标记不应该被解释为限制范围。

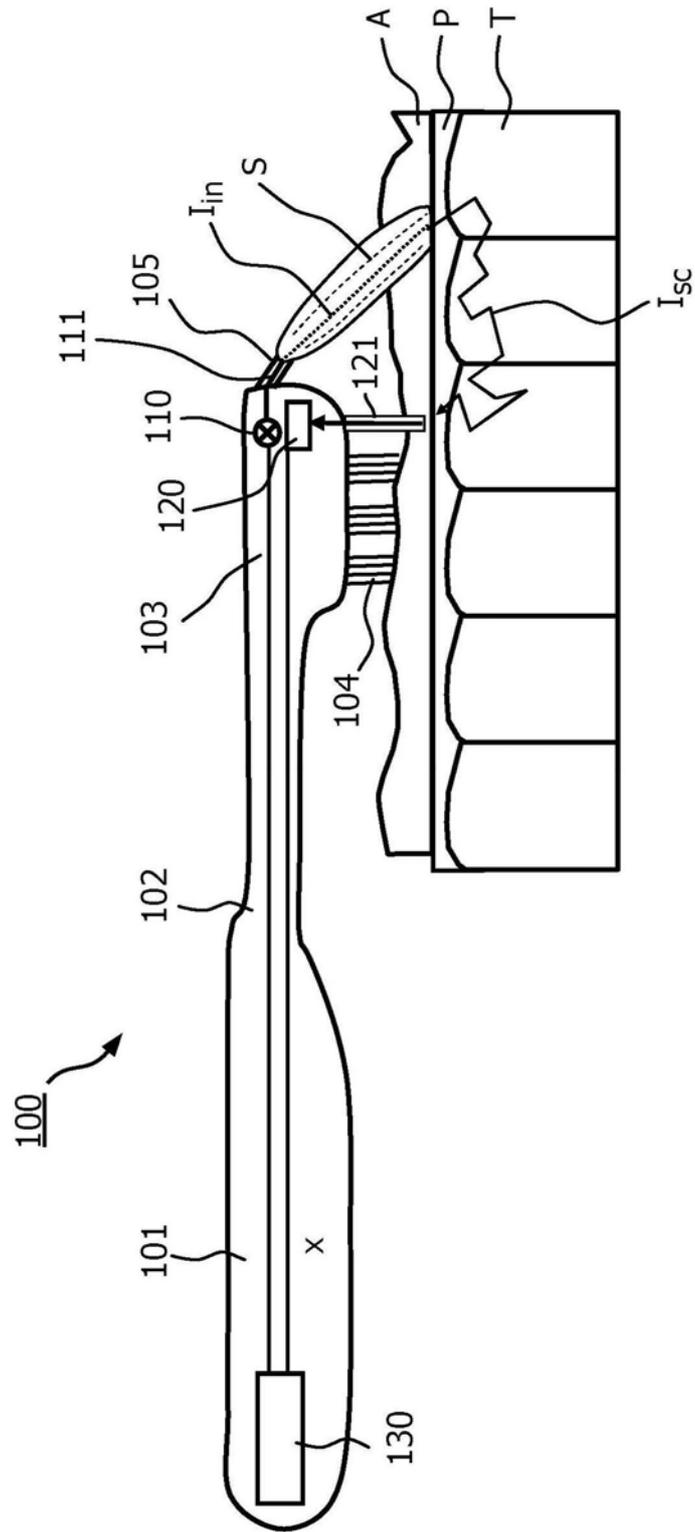


图1

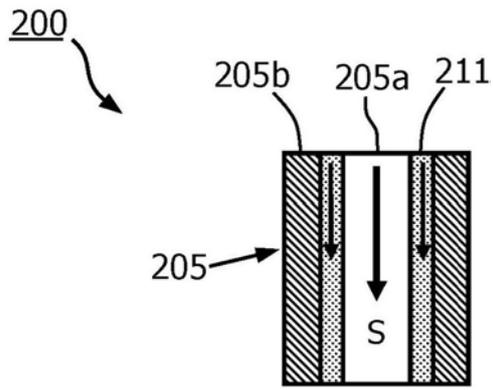


图2

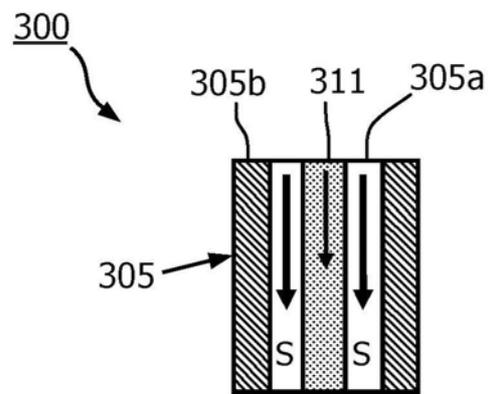


图3

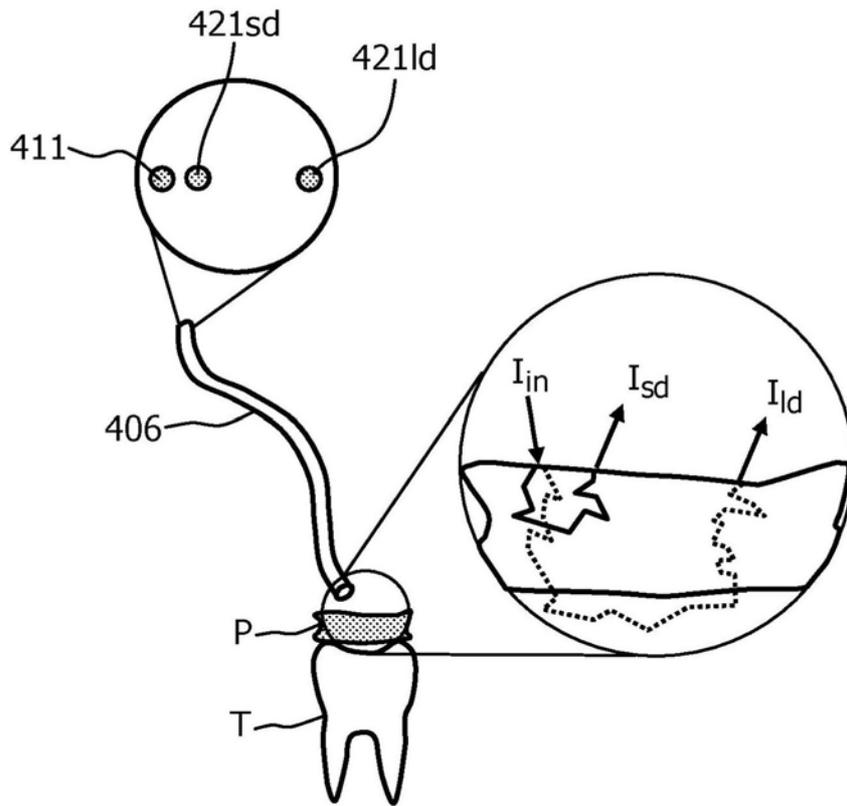


图4

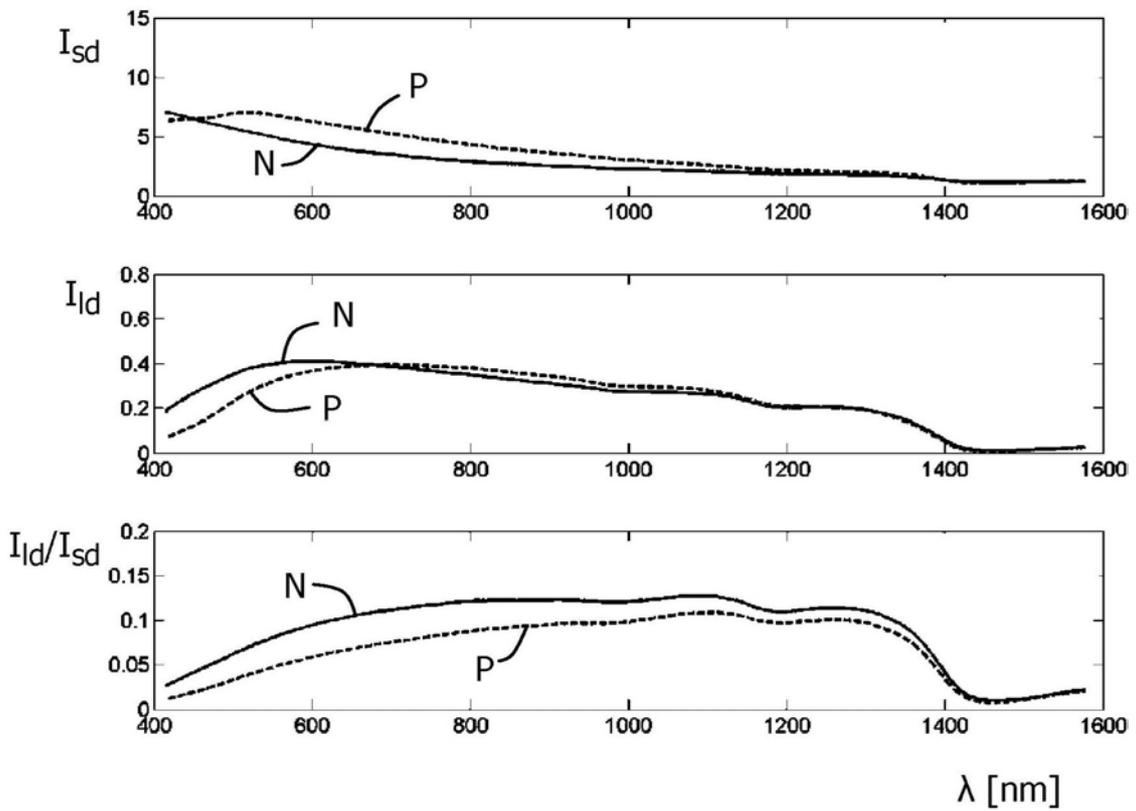


图5

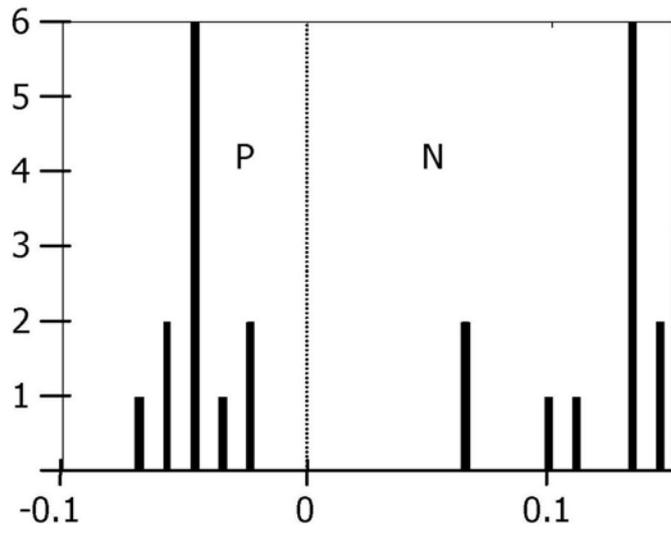


图6

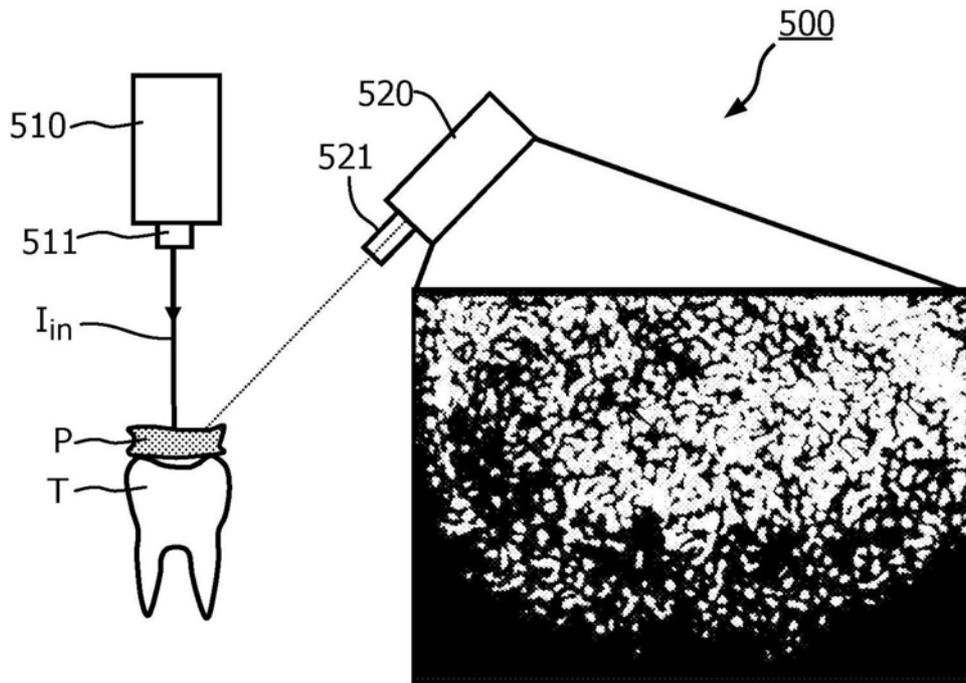


图7

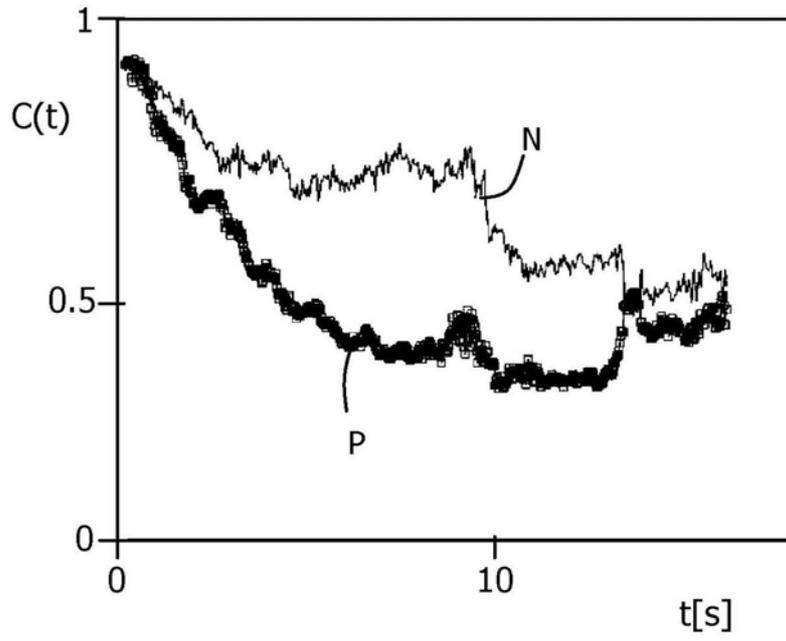


图8