



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106142560 B

(45)授权公告日 2020.02.18

(21)申请号 201610308897.3

(22)申请日 2016.05.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106142560 A

(43)申请公布日 2016.11.23

(30)优先权数据
2015-097363 2015.05.12 JP

(73)专利权人 佳能株式会社
地址 日本东京都大田区下丸子3-30-2

(72)发明人 佐野利行

(74)专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293
代理人 迟军

(51)Int.Cl.

B29C 64/386(2017.01)

G06T 7/00(2017.01)

G06T 7/60(2017.01)

B33Y 50/00(2015.01)

(56)对比文件

CN 102256044 A, 2011.11.23,

CN 1831519 A, 2006.09.13,

CN 102053807 A, 2011.05.11,

EP 2186625 A2, 2010.05.19,

审查员 谢敏

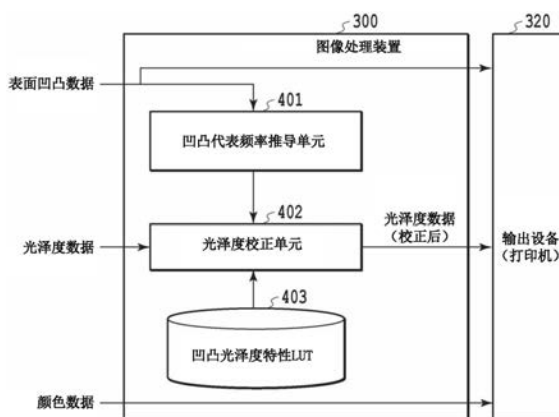
权利要求书2页 说明书12页 附图17页

(54)发明名称

图像处理装置、图像形成装置以及图像处理方法

(57)摘要

本发明提供图像处理装置、图像形成装置以及图像处理方法。使得能够形成具有期望的光泽度的三维成型物品。所述图像处理装置包括：获取单元，其被构造为获取用来形成三维成型物品的用于形成凹凸层的表面凹凸数据和用于形成光泽层的光泽度数据，所述三维成型物品至少包括形成凹凸的所述凹凸层和再现光泽的所述光泽层；推导单元，其被构造为由所获取的表面凹凸数据，推导表征所述凹凸层的凹凸的代表频率；以及校正单元，其被构造为基于所推导出的代表频率以及用来输出所述三维成型物品的图像形成装置的输出特性，校正所述光泽度数据。



1. 一种图像处理装置,所述图像处理装置包括:

获取单元,其被构造为获取用来形成三维成型物品的用于形成凹凸层的表面凹凸数据和用于形成光泽层的光泽度数据,所述三维成型物品至少包括形成凹凸的所述凹凸层和再现光泽的所述光泽层;

推导单元,其被构造为由所获取的表面凹凸数据,推导表征所述凹凸层的凹凸的代表频率;以及

校正单元,其被构造为基于所推导出的代表频率以及由图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性,校正所述光泽度数据,其中由图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性由将各种凹凸频率与光泽度彼此相关联的查找表来表示,所述校正单元通过使用所述查找表求出所述代表频率处的光泽度的改变率,并且通过使用该改变率校正所述光泽度数据。

2. 根据权利要求1所述的图像处理装置,所述图像处理装置还包括:

存储单元,其被构造为存储所述查找表。

3. 根据权利要求2所述的图像处理装置,其中,

所述光泽度数据是包括表面凹凸的影响的数据,

所述查找表包括关于预定频率的信息,在所述预定频率处,由所述图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性改变,并且

在所述代表频率低于所述预定频率的情况下,所述校正单元进行校正以根据所述改变率来增大所述光泽度数据的值。

4. 根据权利要求2所述的图像处理装置,其中,

所述光泽度数据是不包括表面凹凸的影响的数据,

所述查找表包括关于预定频率的信息,在所述预定频率处,由所述图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性改变,并且

在所述代表频率高于所述预定频率的情况下,所述校正单元进行校正以根据所述改变率来减小所述光泽度数据的值。

5. 根据权利要求2所述的图像处理装置,所述图像处理装置还包括:

确定单元,其被构造为确定由所述获取单元获取的所述光泽度数据是否是包括表面凹凸的影响的数据,其中,

所述查找表包括关于预定频率的信息,在所述预定频率处,由所述图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性改变,并且所述校正单元:

在所述确定的结果表示所述光泽度数据是包括表面凹凸的影响的数据的情况下,如果所述代表频率低于所述预定频率,则进行校正以根据所述改变率来增大所述光泽度数据的值;并且

在所述确定的结果表示所述光泽度数据是不包括表面凹凸的影响的数据的情况下,如果所述代表频率高于所述预定频率,则进行校正以根据所述改变率来减小所述光泽度数据的值。

6. 根据权利要求5所述的图像处理装置,所述图像处理装置还包括:

用户界面,其用于输入在光泽度数据中存在/不存在表面凹凸的影响,其中,

所述确定单元基于经由所述用户界面的用户输入,进行所述确定。

7. 根据权利要求3至6中任一项所述的图像处理装置, 其中,

所述图像形成装置是喷墨图像形成装置, 并且,

所述预定频率是: 由于为形成所述凹凸层而喷出的墨的扩散, 因而不再能够形成具有与所述表面凹凸数据相对应的频率分量的表面凹凸的频率。

8. 根据权利要求1至6中任一项所述的图像处理装置, 其中,

所述推导单元通过将由所述表面凹凸数据代表的表面凹凸图像解析成频率分量, 来推导所述代表频率, 并且,

所述代表频率是频率空间中的具有最大振幅值的频率、具有最小振幅值的频率、平均值的频率以及中值频率中的一者。

9. 一种图像形成装置, 所述图像形成装置包括:

获取单元, 其被构造为获取用来形成三维成型物品的用于形成凹凸层的表面凹凸数据和用于形成光泽层的光泽度数据, 所述三维成型物品至少包括形成凹凸的所述凹凸层和再现光泽的所述光泽层;

推导单元, 其被构造为由所获取的表面凹凸数据, 推导表征所述凹凸层的凹凸的代表频率; 以及

校正单元, 其被构造为基于所推导出的代表频率以及由所述图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性, 校正所述光泽度数据, 其中, 由图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性由将各种凹凸频率与光泽度彼此相关联的查找表来表示, 所述校正单元通过使用所述查找表求出所述代表频率处的光泽度的改变率, 并且通过使用该改变率校正所述光泽度数据,

所述图像形成装置包括被构造为通过基于所述表面凹凸数据和所述光泽度数据在打印介质上形成凹凸层和光泽层, 来输出所述三维成型物品的单元。

10. 一种用来形成三维成型物品的图像数据的图像处理方法, 所述图像处理方法包括以下步骤:

获取步骤, 获取用来形成三维成型物品的用于形成凹凸层的表面凹凸数据和用于形成光泽层的光泽度数据, 所述三维成型物品至少包括形成凹凸的所述凹凸层和再现光泽的所述光泽层;

推导步骤, 由所获取的表面凹凸数据, 推导表征所述凹凸层的凹凸的代表频率; 以及

校正步骤, 基于所推导出的代表频率以及由图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性, 校正所述光泽度数据, 其中由图像形成装置输出的与表面凹凸有关的频率响应特性由将各种凹凸频率与光泽度彼此相关联的查找表来表示, 在所述校正步骤中通过使用所述查找表求出所述代表频率处的光泽度的改变率, 并且通过使用该改变率校正所述光泽度数据。

图像处理装置、图像形成装置以及图像处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在三维成型中实现期望的光泽的技术。

背景技术

[0002] 近年来,为了文化财产的保存,试图通过使用3D打印机或利用UV可固化墨的打印机,来复制文化财产。例如,在复制油画时,期望再现绘画颜料的颜色、表示油画的表面的凹凸状态的突起(下文中称为表面凹凸)以及油画的表面的光泽。作为再现技术,已经提出如下的方法:通过使用用于形成表面凹凸的第一打印头、用于形成图像的第二打印头以及用于形成光泽的第三打印头,来独立地形成表面凹凸层、色材层以及光泽层,从而获得三维成型的物品(日本特开2004-299058号公报)。

[0003] 然而,利用日本特开2004-299058号公报中描述的方法,存在无法充分地再现期望的光泽度的情况。使用图1说明其原因。图1是表示在加工同一材料的表面以具有不同的凹凸频率时的表面凹凸频率与光泽度之间的关系的曲线图。如图1中所示,在加工表面以使表面凹凸具有相对低的频率的区域中,表面接近于平滑表面,因此,从物体表面反射的光的反射方向的角度变化小,因此,光泽度变高。另一方面,在表面凹凸具有相对高的频率的情况下,从物体表面反射的光的角度变化由于微细的表面凹凸而变大,因此,光泽度变低。如上所述,表面凹凸的频率分量的大小影响光泽度,但是在日本特开2004-299058号公报中,独立地形成表面凹凸层和光泽层,而没有考虑到表面凹凸的频率的影响。由于这个原因,存在无法在输出的三维成型物品中再现期望的光泽度的情况。

发明内容

[0004] 根据本发明的图像处理装置包括:获取单元,其被构造为获取用来形成三维成型物品的用于形成凹凸层的表面凹凸数据和用于形成光泽层的光泽度数据,所述三维成型物品至少包括形成凹凸的所述凹凸层和再现光泽的所述光泽层;推导单元,其被构造为由所获取的表面凹凸数据,推导表征所述凹凸层的凹凸的代表频率;以及校正单元,其被构造为基于所推导出的代表频率以及用来输出所述三维成型物品的图像形成装置的输出特性,校正所述光泽度数据。

[0005] 通过以下(参照附图)对示例性实施例的描述,本发明的其他特征将变得清楚。

附图说明

[0006] 图1是表示表面凹凸频率与光泽度之间的关系的曲线图;

[0007] 图2A和图2B是各自说明测量物体的镜面光泽度的方式的图;

[0008] 图3是示出图像形成系统的构造示例的图;

[0009] 图4是示出图像处理装置的功能构造的框图;

[0010] 图5是示出图像处理装置中的处理的流程的流程图;

[0011] 图6是示出在获取输入数据时使用的UI画面的示例的图;

- [0012] 图7是示出根据第一实施例的光泽度校正处理的详情的流程图；
- [0013] 图8是示出根据第一实施例的凹凸光泽度特性LUT的示例的图；
- [0014] 图9A和图9B是各自示出第一实施例中的光泽度校正处理的结果的具体示例的图；
- [0015] 图10是示出喷墨打印机的构造的图；
- [0016] 图11是示出三维成型物品的截面的示意图；
- [0017] 图12A是面积率的说明图，图12B是表示面积率与光泽度之间的关系的示例的表；
- [0018] 图13是说明在第一实施例中进行光泽度校正处理的情况下的效果的图；
- [0019] 图14A是表示根据第二实施例的表面凹凸数据的频率与光泽度之间的关系的曲线图，图14B是说明墨扩散的图；
- [0020] 图15是示出根据第二实施例的光泽度校正处理的详情的流程图；
- [0021] 图16是示出根据第二实施例的凹凸光泽度特性LUT的示例的图；
- [0022] 图17是表示根据第三实施例的表面凹凸数据的频率与光泽度之间的关系的曲线图；
- [0023] 图18是示出根据第三实施例的光泽度校正处理的详情的流程图；
- [0024] 图19是示出根据第四实施例的光泽度校正处理的详情的流程图；以及
- [0025] 图20是示出用于输入在光泽度数据中存在/不存在表面凹凸的影响的UI画面的示例的图。

具体实施方式

[0026] 在下文中，参照附图，根据优选实施例详细说明本发明。在以下实施例中示出的构造仅仅是示例性的，并且本发明不限于示意性示出的构造。

[0027] [第一实施例]

[0028] 接下来，说明用于通过图像形成装置获得具有期望的光泽度(已考虑到表面凹凸的频率特性)的三维成型物品的方法。在此，三维成型物品可以是由例如3D打印机形成的三维成型制品、或者是通过由颜料打印机在打印介质的同一区域多次形成颜料色材而形成的三维成型制品。

[0029] 在本实施例中，假设采用镜面光泽度作为光泽度数据。图2A和图2B是各自说明测量物体的镜面光泽度的方式的图。在图2A中，在 60° 方向入射的、来自测量光源201的光被从具有微细凹凸的物体的试样表面(specimen surface) 203反射，并且光接收器202在 60° 方向上接收反射光。在图2B中，类似地在 60° 方向入射的、来自测量光源201的光被从基本上平滑的试样表面204反射，并且光接收器202在 60° 方向上接收反射光。由于从微细表面凹凸反射的光的方向的变化大，所以试样表面203的光泽度小，因此，在 60° 方向上出射的光的量变小(图2A)。由于这个原因，试样表面203的光泽度表示比通过从平滑表面的反射获得的光泽度更小的值。如图2A所示，本实施例中的光泽度是指表面上具有微细凹凸的物体的 60° 入射角处的光泽度，因此，光泽度数据包括表面凹凸的影响。

[0030] <图像形成装置的概略构造>

[0031] 图3是示出根据本实施例的图像形成系统的构造示例的图。图像形成系统包括图像处理装置300、输入设备310、输出设备320、硬盘驱动器(HDD) 330、通用驱动器340以及显示器350。此外，图像处理装置300包括CPU 301、ROM 302、RAM 303、通用接口I/F 304、串行

ATA (SATA) I/F 305以及视频卡 (VC) 306,并且这些单元经由系统总线307彼此连接。

[0032] CPU 301通过使用RAM 303作为工作存储器,执行ROM 302或HDD330中存储的操作系统 (OS) 和各种程序,来控制整个图像形成系统。CPU 301执行的程序包括稍后所述的用于图像处理的程序。通用I/F 304例如是串行总线接口 (例如USB),并且输入设备310 (例如鼠标和键盘) 和输出设备320 (例如打印机) 等连接到通用I/F 304。HDD 330和进行各种存储介质的读取和写入的通用驱动器340连接到SATAI/F 305。CPU301将HDD 330和安装在通用驱动器340上的各种存储介质用作数据的存储区域,以进行读取和写入。VC 306是视频接口,并且显示器350连接到VC 306。CPU 301在显示器350上显示由程序提供的用户界面 (UI) 画面,并且经由输入设备310接收包括来自用户的指令的用户输入。

[0033] <图像处理装置的功能构造>

[0034] 图4是示出根据本实施例的图像处理装置300的功能构造的框图。图像处理装置300包括凹凸代表频率推导单元401、光泽度校正单元402以及凹凸光泽度特性LUT 403。向图像处理装置300输入3种用于在打印介质上形成三维成型物品的图像数据,具体为,表面凹凸数据、光泽度数据以及颜色数据。在这些数据当中,表面凹凸数据被发送到凹凸代表频率推导单元401和输出设备320。光泽度数据被发送到光泽度校正单元402。颜色数据被按原样发送到输出设备320。

[0035] 凹凸代表频率推导单元401分析输入的表面凹凸数据,并推导在三维成型物品中表征表面凹凸的代表频率 (下文中称为凹凸代表频率)。关于所推导出的凹凸代表频率的信息被发送到光泽度校正单元402。

[0036] 光泽度校正单元402基于由表面凹凸数据推导出的凹凸代表频率和输出设备320 (打印机) 的输出特性,校正光泽度数据。在此,打印机的输出特性是指输出的表面凹凸的频率响应特性。然后,作为表示输出特性的,使用将各种凹凸频率与光泽度彼此相关联的查找表 (凹凸光泽度特性LUT 403)。校正后的光泽度数据被发送到输出设备320。

[0037] 然后,作为输出设备320的打印机通过使用输入的表面凹凸数据、校正后的光泽度数据以及颜色数据,进行打印处理,并且输出三维成型物品。

[0038] 图5是示出图像处理装置300中的处理的流程的流程图。通过CPU301在将ROM 302或HDD 330中存储的程序加载到RAM 303之后,执行程序,来实现一系列处理。

[0039] 在步骤501中,获取与作为要再现的物体的三维成型制品有关的上述3种图像数据 (表面凹凸数据、光泽度数据、颜色数据)。在此获取的表面凹凸数据,是以二维分布描述相对于基准面的高度的数据。在本实施例中,假设表面凹凸数据是灰度图像 (下文中称为“表面凹凸图像”) 的数据,在灰度图像中,各个像素位置处的高度 (相对于基准面的0mm至1mm的高度) 被转换成从0至255的8位值。此外,光泽度数据是在图2A和图2B中的测量系统中获得的、分别描述60度的入射角和60度的出射角处的镜面光泽度的二维分布的数据。在本实施例中,由 G_{in} 表示灰度图像的数据,在灰度图像的数据中,利用从0至255的8位值 (像素值) 替代作为输出设备320的打印机能够输出的、在60度处的7.7至85.2 (测量值) 的镜面光泽度。另外,颜色数据是表示要由RGB值再现的三维成型物品的各个位置处的颜色的数据,并且由sRGB转换公式根据CIELab值求出。图6是示出在获取输入数据时使用的用户界面 (UI) 画面的示例的图。在UI画面600上,输入区域601是输入指定关于要打印的物体的颜色信息的数据的文件名的区域。输入区域602是输入指定关于要打印的物体的光泽信息的数据的文件

名的区域。输入区域603是输入指定关于要打印的物体的表面凹凸信息的数据的文件名的区域。在按下执行按钮604的情况下,从HDD 330或通用驱动器340,获取与输入到各个输入区域601至603的各个文件名相对应的上述3种数据。在按下取消按钮605的情况下,处理结束而不获取数据。

[0040] 在步骤502中,凹凸代表频率推导单元401分析所获取的表面凹凸数据,并且推导上述凹凸代表频率。具体而言,通过下面所示的方法,推导表面凹凸图像 $H(x,y)$ 的代表频率 f_{rep} 。

[0041] 首先,通过使用下面的式(1)的、公知的快速傅立叶变换将表面凹凸图像 $H(x,y)$ 解析成频率分量,并且求出频率图像 $A(u,v)$ 。

[0042] $A(u,v) = \text{FFT}(H(x,y)) \cdots$ 式(1)

[0043] 在上述式(1)中, u 和 v 分别是水平频率和垂直频率。仅需要将表面凹凸图像解析成频率分量,因此,也能够使用其他解析方法(例如小波变换)。

[0044] 接下来,通过使用由频率解析获得的频率图像 $A(u,v)$,推导表征表面凹凸图像的代表频率 f_{rep} 。在本实施例中,提取在频率图像 $A(u,v)$ 中值最大的像素 (u,v) ,并且通过使用下面的式(2),推导在频率空间中具有最大振幅值的频率 f_{max} ,作为表征凹凸的频率。

[0045] $f_{max} = \arg \max_f (A(f))$ 在此, $f = \sqrt{u^2 + v^2} \cdots$ 式(2)

[0046] 在上述式(2)中, $\arg \max$ 是求出使函数 $A(f)$ 最大化的变量 f 的函数。在本实施例中,如上所述,取在频率空间中具有最大振幅值的频率,作为表征表面凹凸的代表频率 f_{rep} ,但频率并不限于此。例如,相反地,如在本实施例中,还能够取在频率空间中具有最小振幅值的频率作为凹凸代表频率,或者考虑到噪声等,还能够取在频率空间中的其他统计值(例如平均值或中值)作为凹凸代表频率。如此推导出的凹凸代表频率 f_{rep} 被发送到光泽度校正单元402。

[0047] 在步骤503中,光泽度校正单元402通过使用推导出的凹凸代表频率 f_{rep} ,校正光泽度数据。详细而言,进行如下处理(光泽度校正处理):推导与凹凸代表频率相对应的光泽度的改变量并且根据推导出的改变量校正光泽度数据。图7是示出根据本实施例的光泽度校正处理的详情的流程图。

[0048] 在步骤701中,从HDD 330等读取凹凸光泽度特性LUT 403(下文中被简称为“LUT”)。图8是示出根据本实施例的凹凸光泽度特性LUT的示例的图,并且指定了与表面凹凸的各个频率 f 相对应的光泽度 G 。能够通过由输出设备320(打印机)以预定的光泽度(例如, $G=255$)输出具有不同频率和振幅的方波形的表面凹凸数据,并通过测量获得的三维图像的光泽度,来获得这种LUT。

[0049] 在步骤702中,通过使用所读取的LUT,推导在上述的步骤502中推导出的凹凸代表频率 f_{rep} (在此, f_{max})的光泽度的改变率 ΔG 。该处理能够被表示为依据凹凸的频率来估计平滑表面的光泽度 G_{max} (像素值:255)的改变量(在此为减小)的处理。能够通过例如下面的式(3)来求出光泽度的改变率 ΔG (在此为减小率)。

[0050]
$$\Delta G = \frac{1}{G_{max}} \times \frac{(f_{n+1} - f_{max})G_n + (f_{max} - f_n)G_{n+1}}{f_{n+1} - f_n} \cdots$$
 式(3)

[0051] 在上述式(3)中, f_n 和 f_{n+1} 是在LUT中指定的频率,并且 f_n 是在低于 f_{max} 的频率当中的

最大值, f_{n+1} 是在高于或等于 f_{\max} 的频率当中的最小值。此外, G_{\max} 是在LUT中指定的光泽度当中的最大光泽度, 并且 G_n 和 G_{n+1} 分别是在LUT内的第 n 个和第 $(n+1)$ 个光泽度, 分别具有与频率 f_n 和 f_{n+1} 相对应的值。在下文中, 通过使用数值示例来说明具体的过程。首先, 假设凹凸代表频率 f_{\max} 为1.5。根据图8中所示的LUT, 这种情况下的频率 f_n 和 f_{n+1} 分别为 $f_n=1.0$ 和 $f_{n+1}=2.0$ 。接下来, 作为与频率 $f_n=1.0$ 和 $f_{n+1}=2.0$ 相对应的光泽度, 从图8中所示的LUT获取 $G_n=178$ 和 $G_{n+1}=104$ 。然后, 通过下面的式(3'), 获得凹凸代表频率 $f_{\max}=1.5$ 处的估计的光泽度 $G=141$ 。

$$[0052] \quad \tilde{G} = \frac{(f_{n+1} - f_{\max})G_n + (f_{\max} - f_n)G_{n+1}}{f_{n+1} - f_n} \quad \cdots \text{式(3')}$$

[0053] 最后, 计算上述估计的光泽度 G 与 G_{\max} 的比。在此, 所述比是估计的光泽度 $G=141$ 与 $G_{\max}=255$ 的比, 因此, $\Delta G=0.55$ 。

[0054] 在本实施例中, 凹凸代表频率 f_{rep} 处的光泽度的减小率 ΔG , 被推导为简单的线性和, 但是该方法并不限于此。例如, 能够使用任意加权系数, 或通过使用非线性运算(例如伽马运算)来推导。

[0055] 在步骤703中, 通过使用在步骤702中推导出的光泽度的减小率 ΔG , 通过使用下面的式(4), 来求出针对在上述步骤501中获取的光泽度数据中的输入值 G_{in} 的校正值 G' 。

$$[0056] \quad G' = G_{\text{in}} / \Delta G \quad \cdots \text{式(4)}$$

[0057] 根据上述式(3), ΔG 的值在 $0 \leq \Delta G \leq 1$ 的范围中, 因此, 此处的光泽度校正处理是增大输入值 G_{in} 的处理。然而, 在 $\Delta G=0$ 的情况下, 取 G' 为 G_{in} ($G'=G_{\text{in}}$)。图9A和图9B是示出本实施例中的光泽度校正处理的结果的具体示例的图。图9A中所示的校正前的光泽度数据中的各个输入值 G_{in} , 对应于图9B中所示的校正后的光泽度数据中的、通过将输入值 G_{in} 除以在步骤702中求出的光泽度的减小率 $\Delta G=0.55$ 而获得的值, 因此, 输入值 G_{in} 增大。

[0058] 说明返回到图5中的流程图。在步骤504中, 表面凹凸数据、校正后的光泽度数据以及颜色数据被输出到作为输出设备320的打印机。然后, 在打印机中进行使用这些数据的打印处理, 并且作为结果, 输出具有根据表面凹凸校正的光泽度的三维成型物品。

[0059] 以上是在根据本实施例的图像处理装置300中的处理的内容。如上所述, 在本实施例中, 通过推导出相对于表面凹凸图像的频率分量的光泽度的减小率, 并且通过将输入的光泽度乘以推导出的光泽度的减小率的倒数, 来推导考虑到由表面凹凸导致的光泽度的减小量的光泽度。由于这个原因, 能够获得顺利再现表面上具有凹凸的物体的光泽度的三维成型物品。

[0060] 接下来, 说明在将使用UV可固化墨的喷墨打印机用作输出设备320的情况下的三维成型物品的打印处理。

[0061] 首先, 说明喷墨打印机中的打印操作。图10是示出喷墨打印机的构造的图。图11是示出由喷墨打印机形成的、表面上具有凹凸的三维成型物品的截面的示意图。头盒1001具有包括多个喷出口的打印头以及向打印头供给墨的墨盒, 并且还配设有用于接收驱动打印头的各喷出口的信号等的连接器。彼此独立地配设针对共五种类型的墨的盒, 一种针对于形成凹凸层1101和光泽层1103的紫外线(UV)可固化无色透明液态树脂墨, 其他针对于形成颜色显影层1102的青色、品红色、黄色和黑色的各个颜色墨。头盒1001在被定位在滑架

1002上之后,以可更换的方式安装在滑架1002上,滑架1002配设有连接器保持器,连接器保持器用于经由连接器将驱动信号等发送到头盒1001。此外,在滑架1002上,安装有紫外光照射设备1010,并且紫外光照射设备1010被控制为将喷出的可固化墨固化并定影到打印介质1008上。滑架1002被设计为能够沿导轨1003往复运动。具体而言,通过使用主扫描电机1004作为驱动源,经由驱动机构(例如电机轮1005、从动轮1006以及同步带1007),来驱动滑架1002,同时,控制滑架1002的位置和移动。沿滑架1002的导轨1003的移动被称为“主扫描”并且移动的方向被称为“主扫描方向”。打印介质1008被放置在支撑件1009上。安装在滑架1002上的头盒1001被保持为使得喷出口表面从滑架1002向下突出并且变得平行于打印介质1008。控制单元1020包括CPU、存储单元等,接收表面凹凸数据、光泽度数据以及颜色数据,并且基于各个数据控制打印机的各个零件的操作。在本实施例中,通过使用UV可固化喷墨打印机作为输出设备320的示例给出了说明,但是打印机并不限于该示例,只要配设为打印机包括无色透明液态树脂墨和色材即可。例如,还能够使用固态墨代替紫外线可固化墨,或者使用电子照相打印机。

[0062] 随后,对直到在上述的打印机中形成具有包括凹凸层1101、颜色显影层1102和光泽层1103的表面凹凸的三维成型物品为止的各个处理进行说明。

[0063] 首先,通过使用表面凹凸数据,在打印介质1008上形成作为最下层的凹凸层1101。在本实施例中,通过墨量来控制高度。在形成凹凸层1101时通过100%的墨量形成基本均匀的层的情况下,凹凸层1101具有根据喷出的墨的体积的特定厚度(高度)。例如,在由100%的墨量形成的层具有20 μ m的厚度的情况下,为了再现100 μ m的厚度,有必要通过大约5次以100%的墨量来形成层。换言之,喷出到要求100 μ m的高度的位置的墨量为约500%。根据这样的思维方式,首先基于由表面凹凸数据表示的表面凹凸图像的浓度,形成凹凸层1101。

[0064] 接下来,通过使用颜色数据,在凹凸层1101上形成颜色显影层1102。例如,基于指定了根据由RGB值表示的图像的像素值而转换的像素值的各个CIELab值与青色、品红色、黄色和黑色中的各个颜色的浓度值之间的关系的表等,确定要喷出的各个墨量,由此形成颜色显影层1102。

[0065] 然后,通过使用校正后的光泽度数据,在颜色显影层1102上形成作为最上层的光泽层1103。在本实施例中,通过根据最上表面的状态控制面积率,来控制光泽。在此,面积率是指在单位面积中喷出墨的像素的比率。换言之,通过控制点的开/关(on/off),来控制表面的平滑性,并且例如,在100%的面积率的情况下,针对所有像素形成开点(on-dot),因此,打印物的表面接近平滑表面。然后,随着面积率降低,在形成开点的位置与未形成开点的位置之间发生更多凹凸,因此,打印物的表面变得不平滑。在本实施例中,假设作为输出设备320的打印机是针对各个像素控制墨的开/关的二进制打印机,并且在单位面积中所有像素处于开点的状态被处理为100%的墨量。在这种情况下,仅100%或0%能够由单个像素来表示,因此,由多个像素的组来表现半色调。图12A是面积率的说明图,例如,代替由25%的浓度表现半色调,在面积方面通过将墨喷出到4 \times 4像素(共16个像素)中的4个像素,来实现4/16=25%的表现。对于50%、75%和100%的各个色调水平也是同样的。然后,通过改变面积率,来改变在最上表面形成的点图案的凹凸/细度。图12B是表示面积率与光泽度之间的关系的示例的表,并且分别表示了与面积率在30%至100%之间改变的情况相对应的光泽度。随着面积率变小,在最上表面上形成的点图案变得粗疏(每单位面积的开点的数量变

小),而随着面积率变大,在最上表面上形成的点图案变得细密(每单位面积的开点的数量变大)。例如,在图9B中所示的校正后的光泽度数据中,左下角的像素值为145,这意味着在这种情况下利用83%的面积率来形成点。

[0066] 综上所述,在形成具有小面积率的点图案的情况下,在打印介质上形成不规则的表面凹凸,并且这对应于使表面粗疏。作为这样的结果,能够再现低光泽强度。此外,在形成具有高面积率的点图案的情况下,在打印介质上形成的表面凹凸变得细密,这对应于使表面平滑。作为这样的结果,能够再现高光泽强度。

[0067] 在面积率变得小于固定值的情况下,存在打印介质上的表面凹凸暴露并且因此光泽度反而变得更高的可能性。由于这个原因,期望将光泽控制在面积率高于固定值的范围中。这是在前述的图12B中所示的表中,将面积率的最小值设置为30%的原因。然而,固定值依据墨的特性而改变。

[0068] 图13是说明在进行本实施例中的光泽度校正处理的情况下的效果的图。在此,假设如下的情况:在具有6.0周/毫米(cycle/mm)的频率的表面凹凸上,形成期望再现的光泽度的值(测量值)为34.0的光泽层。在进行光泽度校正处理的情况下,获得等于期望再现的光泽度的光泽度。与此相反,在不进行光泽度校正处理的情况下,已知仅获得低于期望再现的光泽度的光泽度。

[0069] 在本实施例中,说明了针对表面凹凸图像一致地进行光泽度的校正的情况。然而,并非必须要针对表面凹凸图像一致地进行光泽度的校正处理。例如,也能够通过将表面凹凸图像分割成多个区域,通过针对各个分割的图像应用本实施例,来部分地校正光泽度。

[0070] 如上所述,根据本实施例,在形成表面上具有凹凸的三维成型物品的情况下,能够通过根据随着表面凹凸频率增大而减小的光泽的改变量,校正光泽度数据,从而再现期望的光泽。

[0071] [第二实施例]

[0072] 在第一实施例中,鉴于输入的光泽度数据包括表面凹凸的影响,基于表面凹凸的频率分量与光泽度的关系,考虑到随着表面凹凸频率增大而减小的光泽的改变量,来校正光泽度数据。然而,在通过使用喷墨打印机来形成具有高频表面凹凸形状的三维成型物品的情况下,存在通过第一实施例的光泽度校正处理无法获得期望的光泽度的可能性。图14A是表示表面凹凸数据的频率与输入到输出设备320的光泽度之间的关系的曲线图。虚线1401对应于前述的图1中的实线,并且表示存在所获得的光泽度随着表面凹凸的频率增大而减小的倾向。另一方面,实线1402表示在通过使用喷墨打印机形成具有不同频率的表面凹凸,并且在由此形成的凹凸表面上,利用对应于由虚线1401表示的光泽度的比,来再现光泽的情况下测量的光泽度。已知的是,在频率低于 f_{th} 的频率区域中,凹凸被考虑两次,因此,光泽度变得低于由虚线1401所表示的,并且在频率高于 f_{th} 的频率区域中,未形成想要的凹凸,因此,获得与由虚线1401所表示的基本相同的光泽度。在此,在喷墨打印机的情况下,详细说明如由实线1402所表示的特性的原因。

[0073] 第一个原因是,利用喷墨打印机,即使在试图形成高频表面凹凸的情况下,由于墨扩散,表面仍变为基本平滑的表面。图14B是说明墨扩散的图,并且示出了未获得具有想要的频率的表面凹凸。

[0074] 第二个原因是,输入的光泽度数据包括凹凸的影响(光泽度数据是通过测量实际

再现的物体的光泽度而获得的数据)。前提是,基于表面凹凸数据形成凹凸层,并且在凹凸层上,基于光泽度数据形成光泽层,因此,在按原样输出输入到打印机的、包括凹凸的影响的光泽度数据的情况下,结果,凹凸被考虑两次。

[0075] 由于上述原因,在使用喷墨打印机的情况下,需要如下的措施。

[0076] 首先,对于凹凸频率低于 f_{th} 的部分(凹凸被考虑两次的部分),有必要如在第一实施例中,根据与频率相对应的光泽度的改变率(减小率),来校正光泽度。另一方面,对于凹凸频率高于或等于 f_{th} 的部分,由于表面因墨扩散而变为基本平滑的表面,所以仅通过按原样输出输入的光泽度数据,即获得期望的光泽度(虚线1401与实线1402彼此重合),因此,没有必要校正光泽度数据。在频率高于或等于 f_{th} 的频率区域中校正光泽度数据的情况下,校正将为过度校正,因此,反而无法获得期望的光泽度。

[0077] 因此,在本实施例中,按照输出特性改变的预定的凹凸频率 f_{th} ,来确定是否要应用光泽度校正处理。

[0078] 省略或简化与第一实施例共同的部分的说明,并且在下文中,主要说明不同点。

[0079] 图15是示出根据本实施例的光泽度校正处理的详情的流程图。

[0080] 在步骤1501中,从HDD 330等读取凹凸光泽度特性LUT 403。图16是示出根据本实施例的凹凸光泽度特性LUT的示例的图,并且指定了与表面凹凸的各个频率 f 相对应的光泽度 G 。如在第一实施例中,能够通过由输出设备320(打印机)以预定的光泽度(例如, $G=255$)输出具有不同频率和振幅的方波形状的表面凹凸数据,并且通过测量所获得的三维图像的光泽度,来获得LUT。在本实施例的情况下,在频率高于或等于预定频率 f_{th} 的频率区域中,由于墨扩散未形成具有目标频率的表面凹凸,并且表面变得接近平滑表面。因此,在本实施例中,有必要通过使用下面的式(5)由所获得的LUT来推导与拐点相对应的频率 $f_n(=f_{th})$,并且预先确定用作基准的预定频率 f_{th} 。

[0081] $G(f_{n-1}) > G(f_n)$ 且 $G(f_n) < G(f_{n+1}) \cdots$ 式(5)

[0082] (在此, $f_{n-1} < f_n < f_{n+1}$)

[0083] 在本实施例中,满足上述式(5)的拐点,被取为用作基准的预定频率 f_{th} ,但是预定频率 f_{th} 不限于拐点。例如,还能够由所获得的LUT推导光泽度的改变率,并且由阈值之间的大小关系确定作为基准的预定频率 f_{th} 。如图16中所示,在本实施例中使用的LUT是包括关于用作基准的频率 f_{th} 的信息的LUT。

[0084] 在步骤1502中,比较在图5中的流程中的步骤502中推导出的凹凸代表频率 f_{rep} (在此,具有最大振幅值的频率 f_{max})、与在步骤1501中读取的LUT中包括的用作基准的频率 f_{th} 。然后,确定凹凸代表频率 f_{max} 是否低于用作基准的频率 f_{th} 。在确定的结果表示凹凸代表频率 f_{max} 低于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,处理进行到步骤1503,然后校正光泽度数据。另一方面,在凹凸代表频率 f_{max} 高于或等于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,按原样使用输入的光泽度数据,并且本处理终止。

[0085] 在步骤1503中,通过使用在步骤1501中读取的LUT,推导凹凸代表频率 f_{max} 处的光泽度的减小率 ΔG (对应于图7中的流程中的步骤702)。

[0086] 在步骤1504中,通过使用在步骤1503中推导出的光泽度的减小率 ΔG ,求出针对光泽度数据中的输入值 G_{in} 的校正值 G' (对应于图7中的流程中的步骤703)。

[0087] 上面是根据本实施例的光泽度校正处理的内容。

[0088] 在本实施例中,在如下的假设上给出说明,即,能够由打印机形成具有低于用作基准的频率 f_{th} 的频率分量的表面凹凸。然而,存在如下的情况,即,即使在频率低于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,由于先前描述的墨扩散,不一定获得具有期望的频率的表面凹凸形状。在这种情况下,也可以对具有低于 f_{th} 的频率分量的表面凹凸数据进行预处理(例如MTF校正处理)。

[0089] 如上,根据本实施例,在表面凹凸的频带是难以由喷墨打印机形成的频带的情况下,考虑到表面凹凸形状变得基本平滑,不进行光泽度的校正。由于这个原因,使得能够再现还考虑到墨扩展的期望的光泽度。

[0090] [第三实施例]

[0091] 第一和第二实施例前提是输入的光泽度数据包括表面凹凸的影响。然而,在从中获取输入的光泽度数据的物体具有与要再现的物体中使用的材料相同的材料,并且表面包括基本平滑的材料的情况下,能够认为表面凹凸的影响小到忽略不计。能够认为这种情况包括,例如,要再现的物体是加工后的金属(例如,磨光金属)的情况(例如照相机的框架),以及在从中获取输入的光泽度数据的物体实际上不是加工后的金属,而是加工前的平滑涂布的金属板(在加工前是金属材料)的情况。这意味着,如先前描述的图2B中所示的基本平滑的材料的光泽度的测量值,被用作输入的光泽度数据。接下来,如下的方面被说明为第三实施例,其中,不包括表面凹凸的影响的数据被用作输入的光泽度数据。

[0092] 省略或简化与第一和第二实施例共同的部分的说明,并且在下文中,主要说明不同点。

[0093] 图17是表示表面凹凸数据的频率与输入到输出设备320的光泽度之间的关系的曲线图。虚线1701对应于先前描述的图1中的实线,并且表示所获得的光泽度随着表面凹凸的频率增大而降低的趋势。另一方面,实线1702表示在使用由基本平滑的材料获取的光泽度数据的情况下所获得的光泽度。在频率低于或等于预定的 f_{th} 的频率区域中,特性如下:基本如同虚线1701,随着表面凹凸的频率增大,光泽度降低,并且在这种情况下,能够通过按原样使用输入的光泽度数据,获得期望的光泽度。然而,在频率高于预定频率 f_{th} 的频率区域中,其解析对于喷墨打印机是困难的,如在第二实施例中,表面凹凸的形状由于墨扩散而变为基本平坦的表面,除此之外,由平滑材料获得输入的光泽度数据,因此,光泽度变得比虚线1701极其高,因此,不再获得期望的光泽度。如上所述,在频带高于预定频率 f_{th} 时,基于由平滑的材料获得的、不包括表面凹凸的影响的光泽度数据的光泽层,形成在基本平滑的表面上,因此,光泽度从期望的光泽度大幅偏离。

[0094] 图18是示出根据本实施例的光泽度校正处理的详情的流程图。

[0095] 在步骤1801中,从HDD 330等读取凹凸光泽度特性LUT 403。如在第二实施例中,此处读取的LUT是具有关于用作基准的频率 f_{th} 的信息的LUT(见图16)。

[0096] 在步骤1802中,比较在图5中的流程中的步骤502中推导出的凹凸代表频率 f_{rep} 、与在步骤1801中读取的LUT中包括的用作基准的频率 f_{th} 。然后,确定凹凸代表频率 f_{rep} 是否高于用作基准的频率 f_{th} 。在确定的结果表示凹凸代表频率 f_{rep} 高于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,处理进行到步骤1803,然后校正光泽度。另一方面,在凹凸代表频率 f_{rep} 低于或等于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,按原样使用输入的光泽度数据,并且本处理终止。

[0097] 在步骤1803中,通过使用在步骤1801中读取的LUT,推导凹凸代表频率 f_{rep} 处的光

泽度的改变率(在此为增大率) ΔG (对应于图7中的流程中的步骤702)。

[0098] 在步骤1804中,通过使用在步骤1803中推导出的光泽度的增大率 ΔG ,求出针对光泽度数据中的输入值 G_{in} 的校正值 G' (对应于图7中的流程中的步骤703)。通过使用下面的式(6),求出此时的校正值 G' 。

[0099] $G' = G_{in} \times \Delta G$ • • • 式(6)

[0100] 从上述式(6)将理解的是,该步骤中的校正处理是如下的处理:通过考虑到由于平滑的表面凹凸而导致的光泽度的增大,使得针对喷墨打印机难以再现的高频表面凹凸获得期望的光泽度,来降低输入的光泽度 G_{in} 。以上是根据本实施例的光泽度校正处理的内容。

[0101] 在本实施例中,在如下的假设上给出说明,即,对具有低于预定频率 f_{th} 的频率分量的表面凹凸,不进行光泽度校正处理。然而,存在如下的情况,即,由于先前描述的墨扩散,由喷墨打印机输出的表面凹凸形状不一定变为具有期望的频率的表面凹凸形状。因此,也可以针对具有低于 f_{th} 的频率分量的表面凹凸,类似地使用LUT进行光泽度校正,或者也可以进行预处理(例如MTF校正处理)。

[0102] 此外,在本实施例中,由与要再现的物体的材料相同的、并且表面基本平滑的材料获取测量值被作为输入的光泽度数据,但是输入的光泽度数据并不一定必须是测量值。例如,输入的光泽度数据可以是由双向反射分布函数的模型(例如phong模型)估计的光泽度。

[0103] 如上所述,根据本实施例,在表面凹凸的频率是打印机难以形成的频带的情况下,基于由于平滑的表面凹凸而增大的光泽度的改变率,进行光泽度数据的校正。由于这个原因,使得能够适当地再现期望的光泽度。

[0104] [第四实施例]

[0105] 分别地,在第一和第二实施例中,包括表面凹凸的影响的光泽度数据被取为要输入的数据,并且在第三实施例中,表面凹凸的影响能够被忽略的光泽度数据被取为要输入的数据。然而,还可以假设如下的情况,即,预先不明确输入的光泽度数据是否包括表面凹凸的影响。因此,如下的方面被说明为第四实施例,其中,确定输入的光泽度是否包括表面凹凸的影响,并且根据确定结果切换校正的内容。

[0106] 省略或简化与第一至第三实施例共同的部分的说明,并且在下文中,主要说明不同点。

[0107] 图19是示出根据本实施例的光泽度校正处理的详情的流程图。

[0108] 在步骤1901中,从HDD 330等读取凹凸光泽度特性LUT 403。如在第二和第三实施例中,此处读取的LUT是具有关于用作基准的频率 f_{th} 的信息的LUT(见图16)。

[0109] 在步骤1902中,确定输入的光泽度数据是否是包括表面凹凸的影响的数据。基于例如经由在显示器350上显示的UI画面的用户输入,进行该确定。图20是示出用于输入在光泽度数据中存在/不存在表面凹凸的影响的UI画面的示例的图。用户实际上由打印机产生输出,并视觉地确定在打印物中是否获得期望的光泽,并且在未再现期望的光泽的情况下,确定光泽度数据包括表面凹凸的影响。在确定光泽度数据包括如上所述的表面凹凸的影响的情况下,用户选中单选按钮2001,然后按下执行按钮2003。另一方面,在确定光泽度数据不包括表面凹凸的影响的情况下,用户选中单选按钮2002,然后按下执行按钮2003。例如,在凭经验明确在特定的频带中无法获得期望的光泽度的情况下,除了基于用户输入的确定,还能够通过将该频率保持为阈值来自动地进行确定。在确定光泽度数据包括表面凹凸

的影响的情况下,处理前进到步骤1903。另一方面,在确定光泽度数据不包括表面凹凸的影响的情况下,处理进行到步骤1905。

[0110] 在步骤1903中,如在根据第二实施例的图15中的步骤1502中,比较在图5中的流程中的步骤502中推导出的凹凸代表频率 f_{rep} 、与在步骤1901中读取的LUT中包括的用作基准的频率 f_{th} 。然后,确定凹凸代表频率 f_{rep} 是否低于用作基准的频率 f_{th} 。在确定的结果表示凹凸代表频率 f_{rep} 低于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,处理进行到步骤1904,然后校正光泽度。另一方面,在凹凸代表频率 f_{rep} 高于或等于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,按原样使用输入的光泽度数据,并且本处理终止。

[0111] 在步骤1904中,如在根据第二实施例的图15中的步骤1503中,通过使用在步骤1901中读取的LUT,推导凹凸代表频率 f_{rep} 处的光泽度的减小率 ΔG 。然后,处理前进到步骤1907。

[0112] 在步骤1905中,如在根据第三实施例的图18中的步骤1802中,比较在图5中的流程中的步骤502中推导出的凹凸代表频率 f_{rep} 、与在步骤1901中读取的LUT中的用作基准的频率 f_{th} 。然后,确定凹凸代表频率 f_{rep} 是否高于用作基准的频率 f_{th} 。在确定的结果表示凹凸代表频率 f_{rep} 高于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,处理进行到步骤1906,然后校正光泽度。另一方面,在凹凸代表频率 f_{rep} 低于或等于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,按原样使用输入的光泽度数据,并且本处理终止。

[0113] 在步骤1906中,如在根据第三实施例的图18中的步骤1803中,通过使用在步骤1901中读取的LUT,推导凹凸代表频率 f_{rep} 处的光泽度的增大率 ΔG 。然后,处理前进到步骤1907。

[0114] 在步骤1907中,通过使用在步骤1904中推导出的光泽度的减小率 ΔG 或在步骤1906中推导出的光泽度的增大率 ΔG ,来求出针对光泽度数据中的输入值 G_{in} 的校正值 G' 。换言之,在凹凸代表频率 f_{rep} 低于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,通过使用光泽度的减小率 ΔG 和前述的式(4),进行增大输入值 G_{in} 的校正处理。然后,在凹凸代表频率 f_{rep} 高于用作基准的频率 f_{th} 的情况下,通过使用光泽度的增大率 ΔG 和前述的式(6),进行减小输入值 G_{in} 的校正处理。

[0115] 如上,根据本实施例,通过根据输入的光泽度数据是否包括表面凹凸的影响来切换校正处理的内容,使得能够顺利地再现期望的光泽度。

[0116] [其他实施例]

[0117] 还可以通过读出并执行记录在存储介质(也可更完整地称为“非暂时性计算机可读存储介质”)上的计算机可执行指令(例如,一个或更多个程序)以执行上述实施例中的一个或更多个的功能、并且/或者包括用于执行上述实施例中的一个或更多个的功能的一个或更多个电路(例如,专用集成电路(ASIC))的系统或装置的计算机,来实现本发明的实施例,并且,可以利用通过由系统或装置的计算机例如读出并执行来自存储介质的计算机可执行指令以执行上述实施例中的一个或更多个的功能、并且/或者控制一个或更多个电路以执行上述实施例中的一个或更多个的功能的方法,来实现本发明的实施例。计算机可以包括一个或更多个处理器(例如,中央处理单元(CPU),微处理单元(MPU)),并且可以包括分开的计算机或分开的处理器的网络,以读出并执行计算机可执行指令。计算机可执行指令可以例如从网络或存储介质被提供给计算机。存储介质可以包括例如硬盘、随机存取存储

器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、分布式计算系统的存储器、光盘 (诸如压缩光盘 (CD)、数字通用光盘 (DVD) 或蓝光光盘 (BD)TM)、闪存装置以及存储卡等中的一个或多个。

[0118] 本发明的实施例还可以通过如下的方法来实现,即,通过网络或者各种存储介质将执行上述实施例的功能的软件 (程序) 提供给系统或装置,该系统或装置的计算机或是中央处理单元 (CPU)、微处理单元 (MPU) 读出并执行程序的方法。

[0119] 根据本发明,能够获得具有期望的光泽度的三维成型物品。

[0120] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了描述,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。应当对所附权利要求的范围给予最宽的解释,以使其涵盖所有这些变型例以及等同的结构和功能。

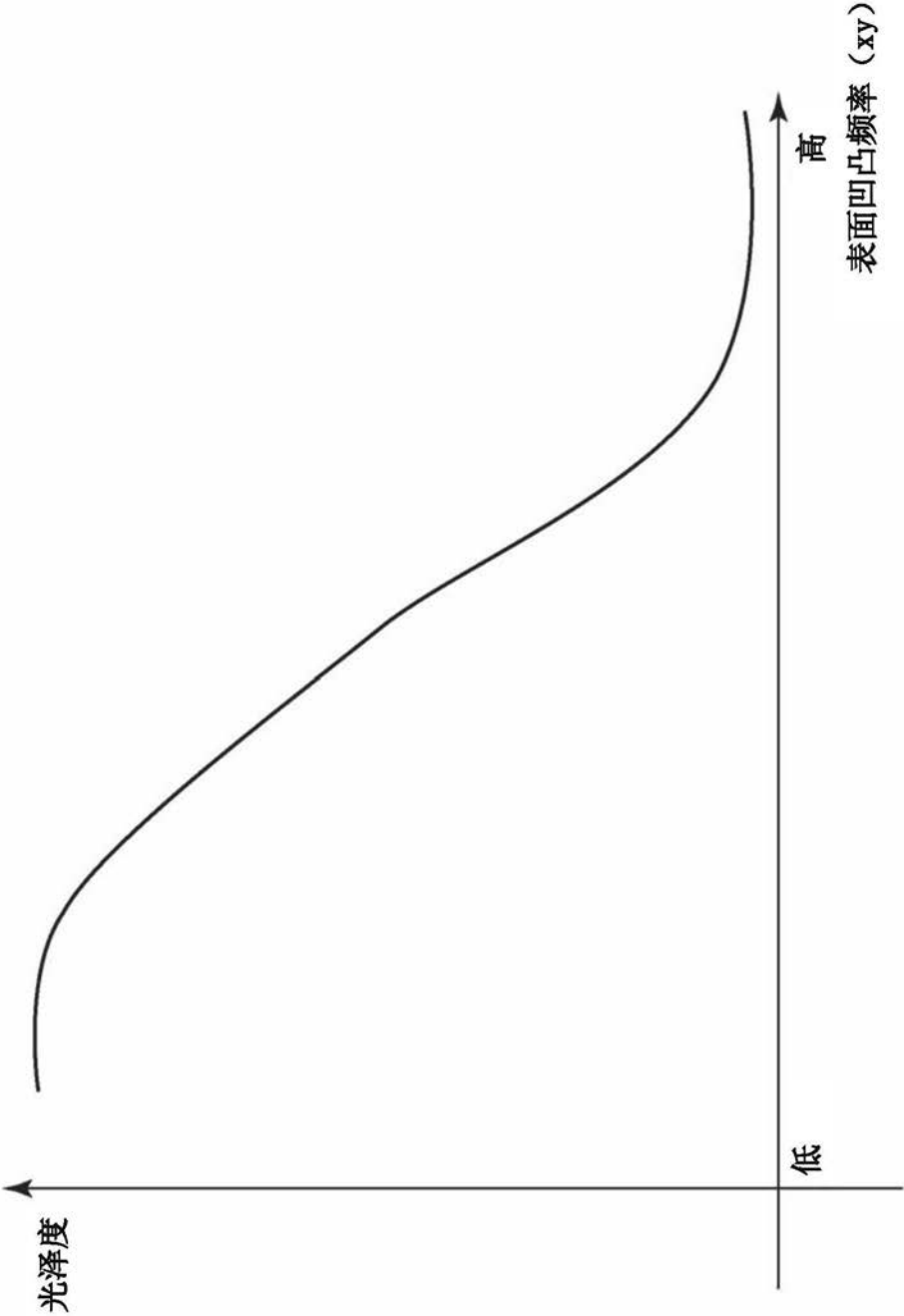


图1

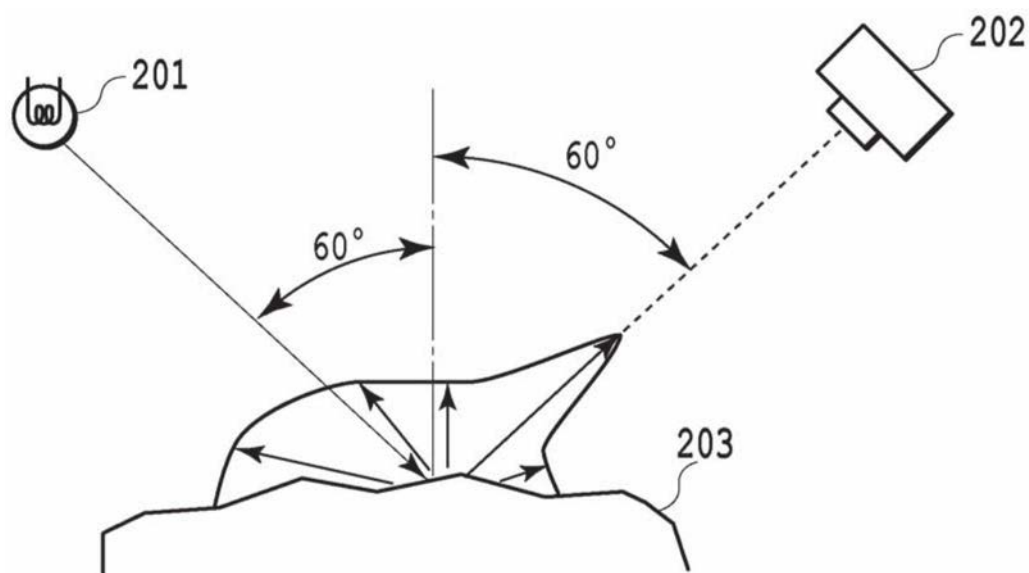


图2A

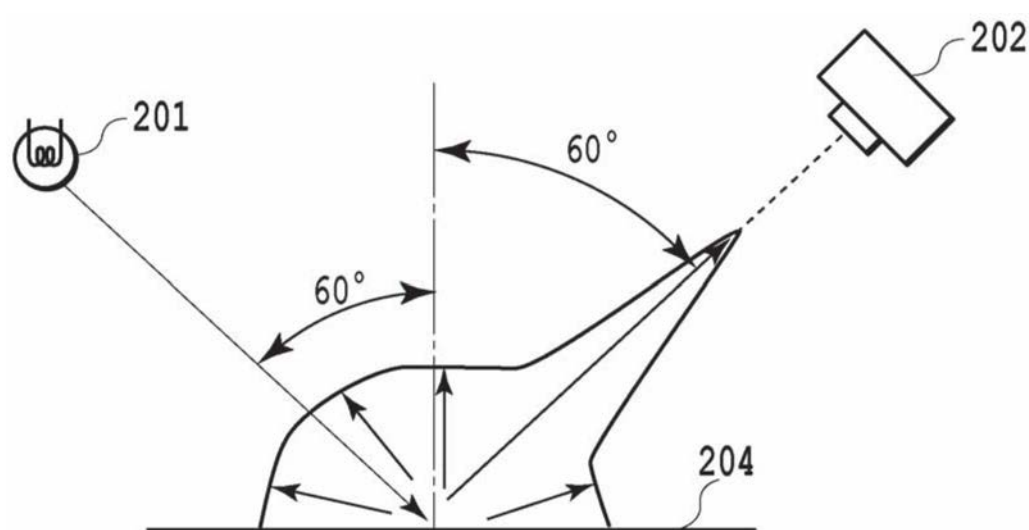


图2B

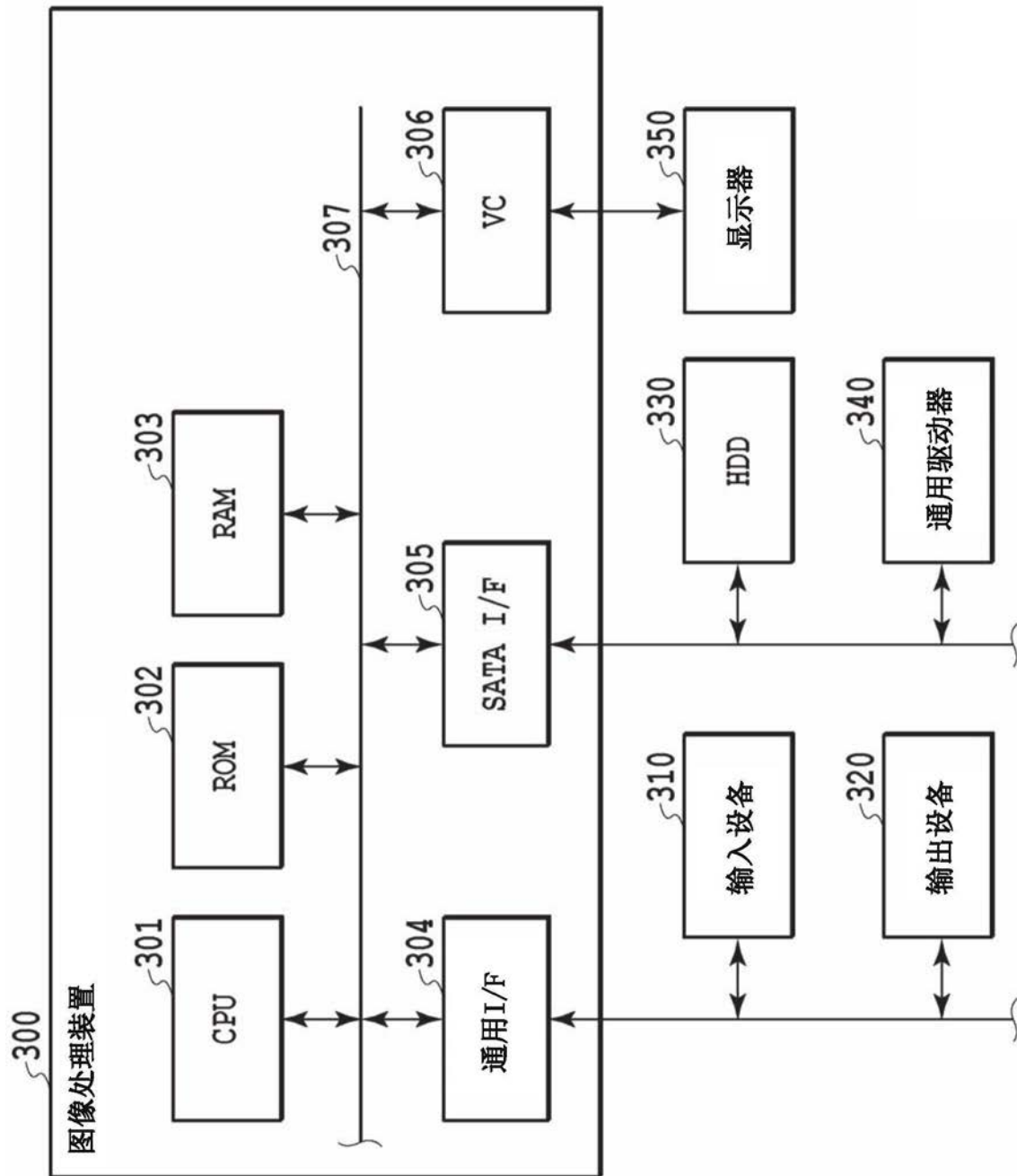


图3

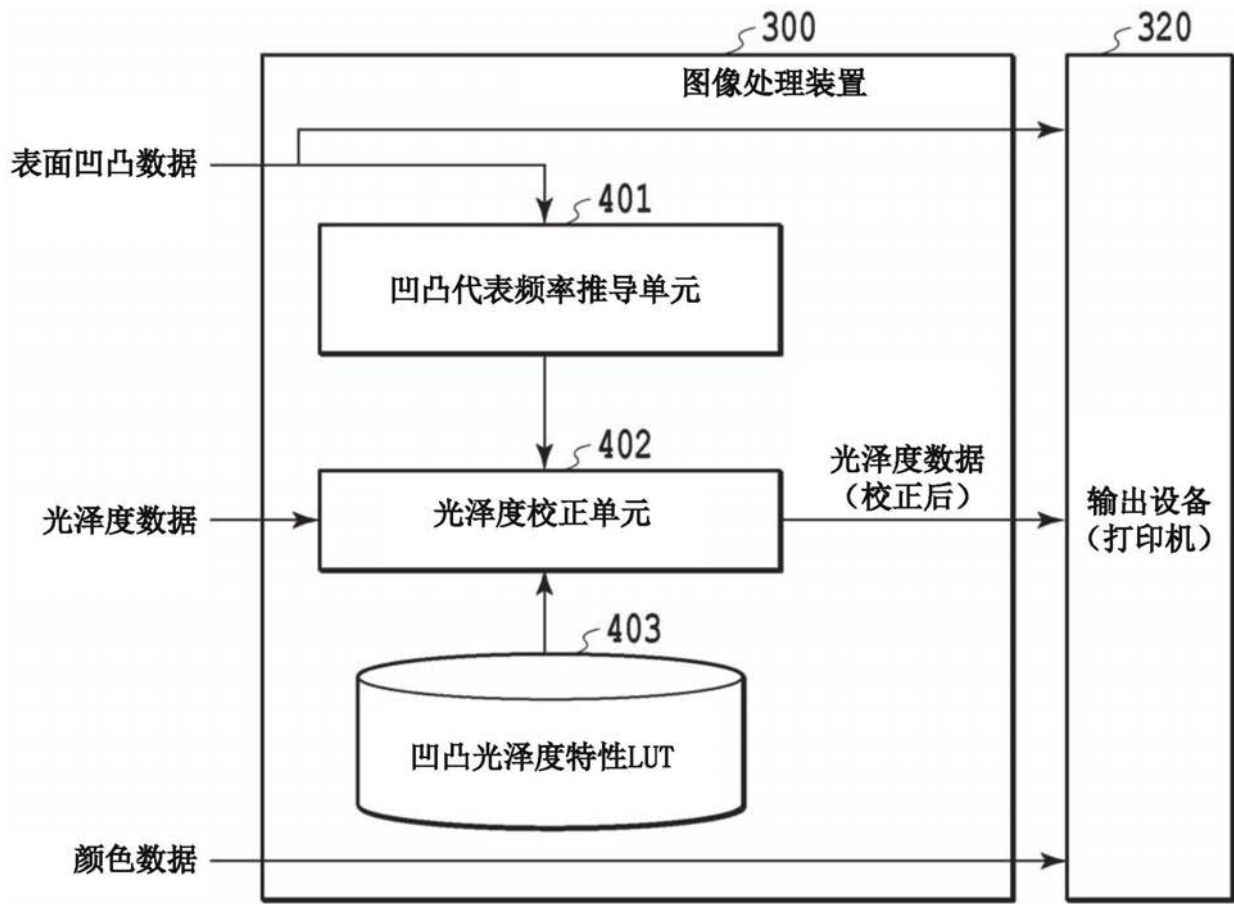


图4

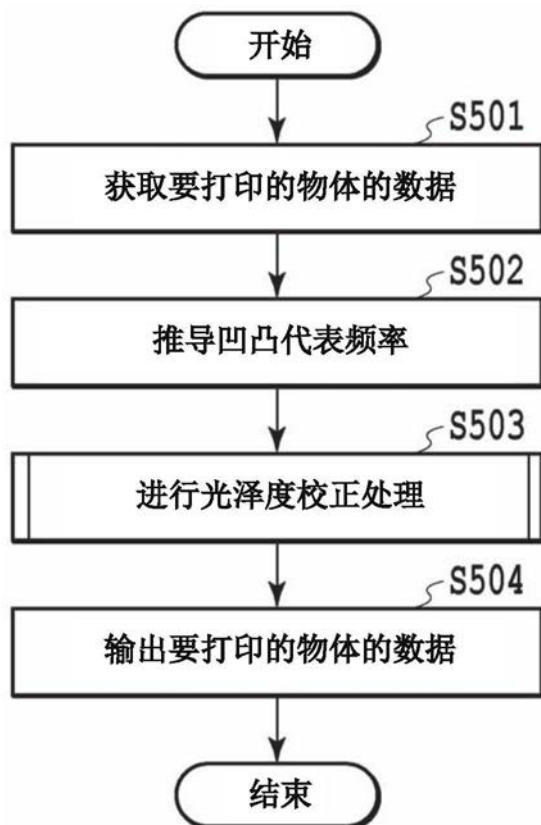


图5

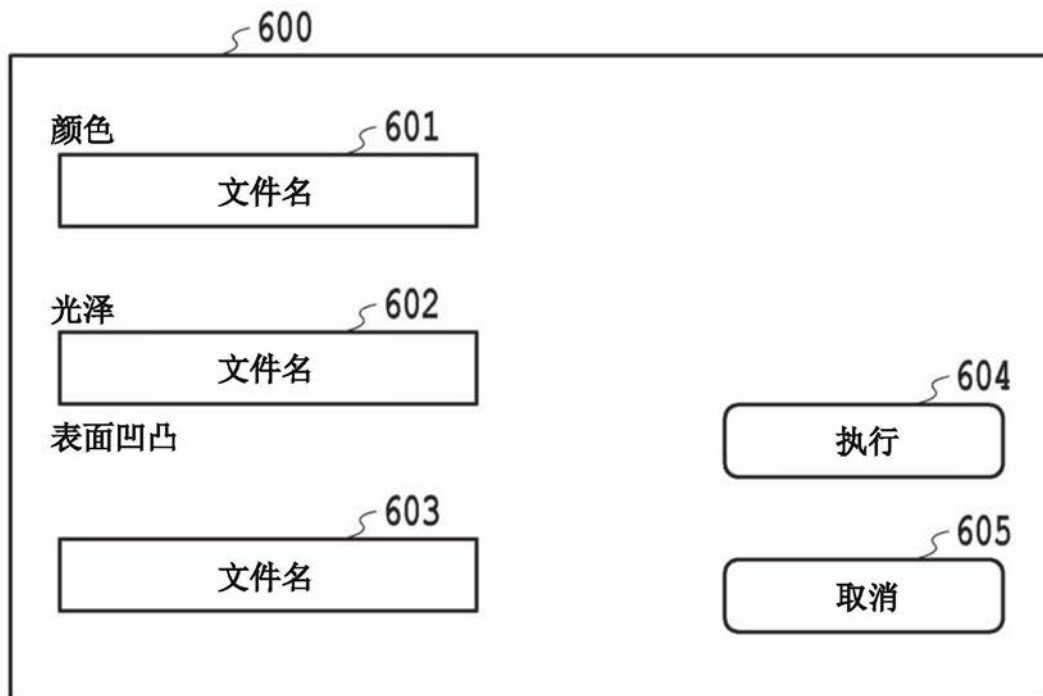


图6

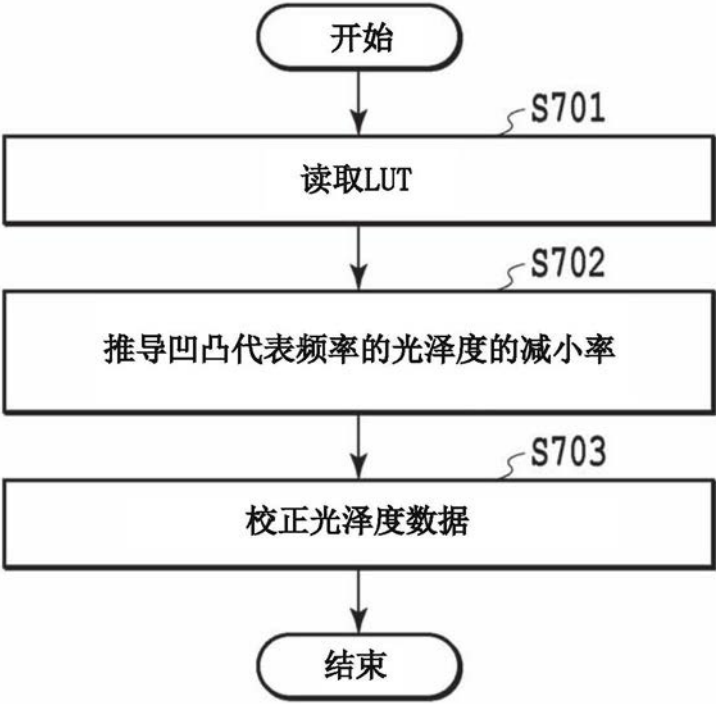


图7

频率f (周/毫米)	光泽度G
0.25	240
0.50	235
1.00	178
2.00	104
4.00	59
8.00	18

图8

校正前的光泽度数据

100	95	50	70	25
90	60	70	12	15
95	55	115	40	30
60	35	40	30	15
80	25	35	20	12

图9A

校正后的光泽度数据

181	172	90	127	45
163	109	127	22	27
172	99	208	72	54
109	63	72	54	27
145	45	63	36	22

图9B

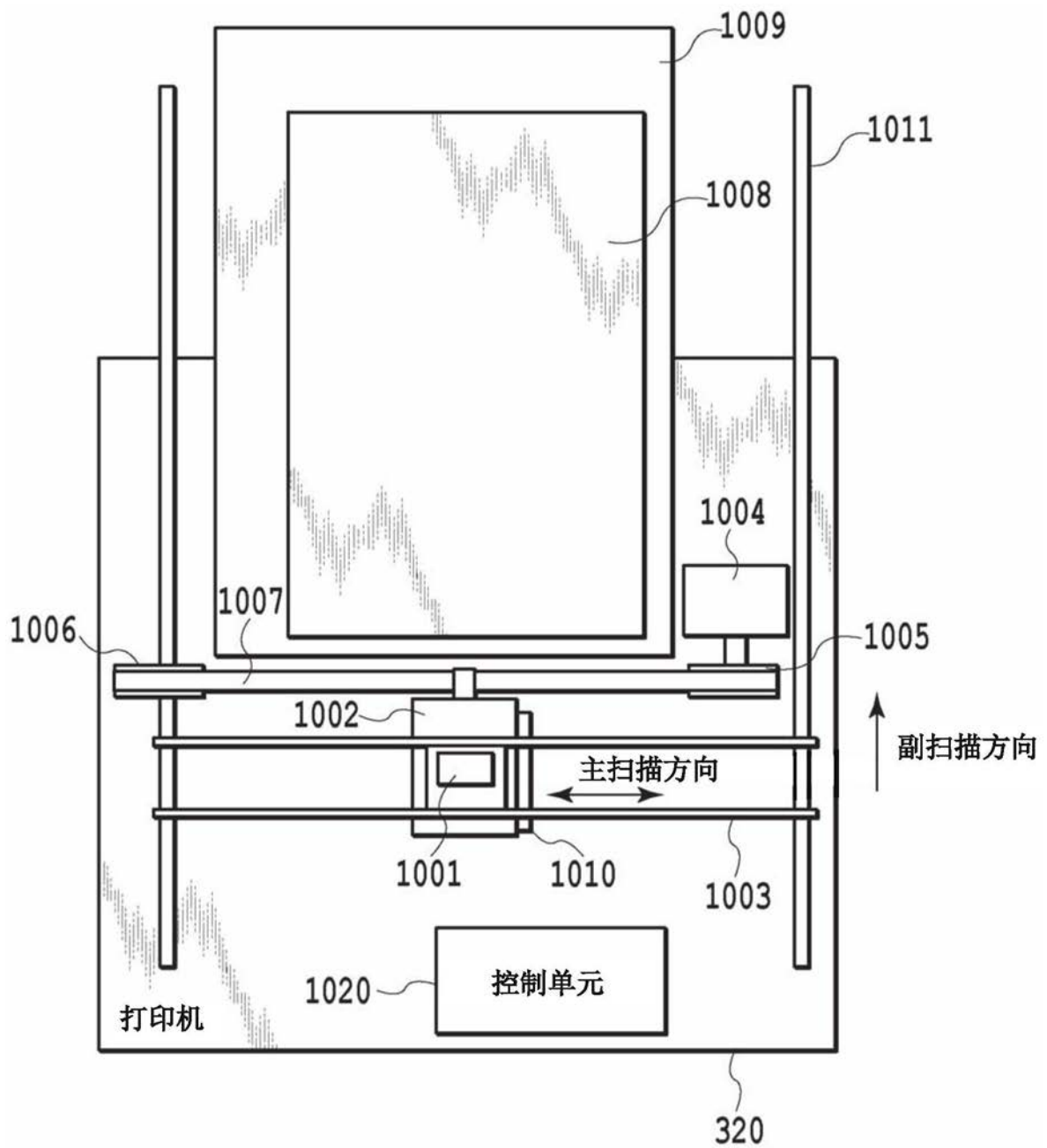


图10

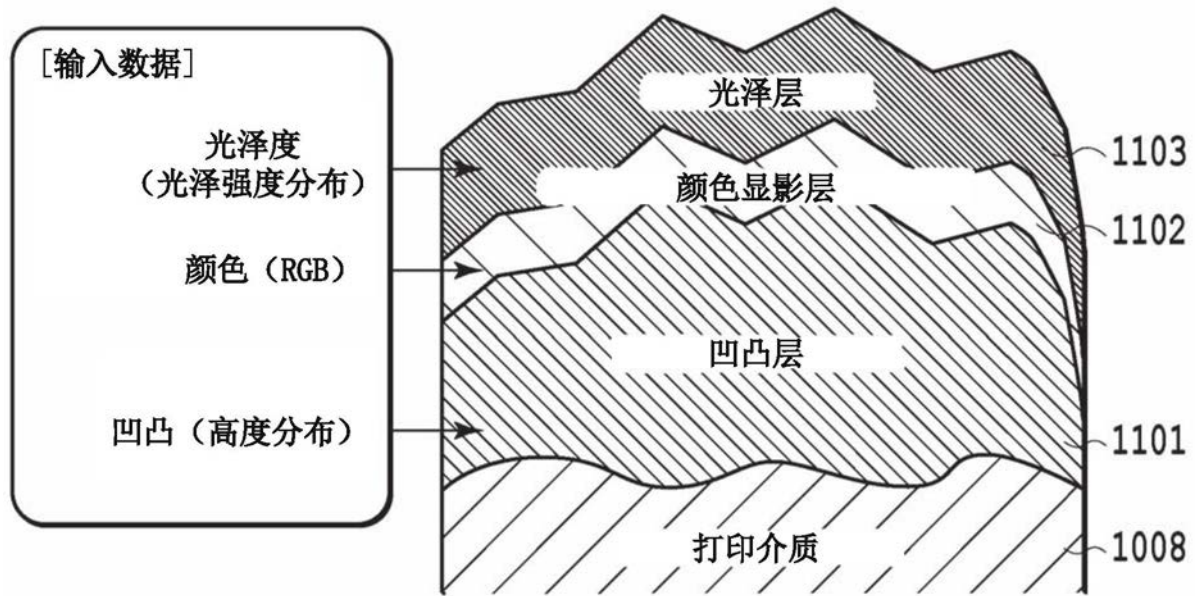


图11

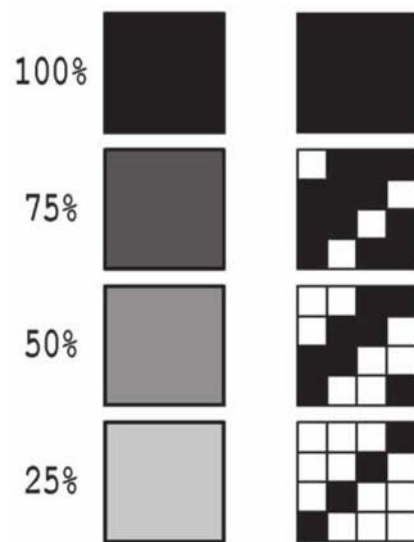


图12A

面积率	光泽度	
	测量值	像素值
30%	7.7	20
48%	25.3	65
83%	57.0	145
100%	85.2	217

图12B

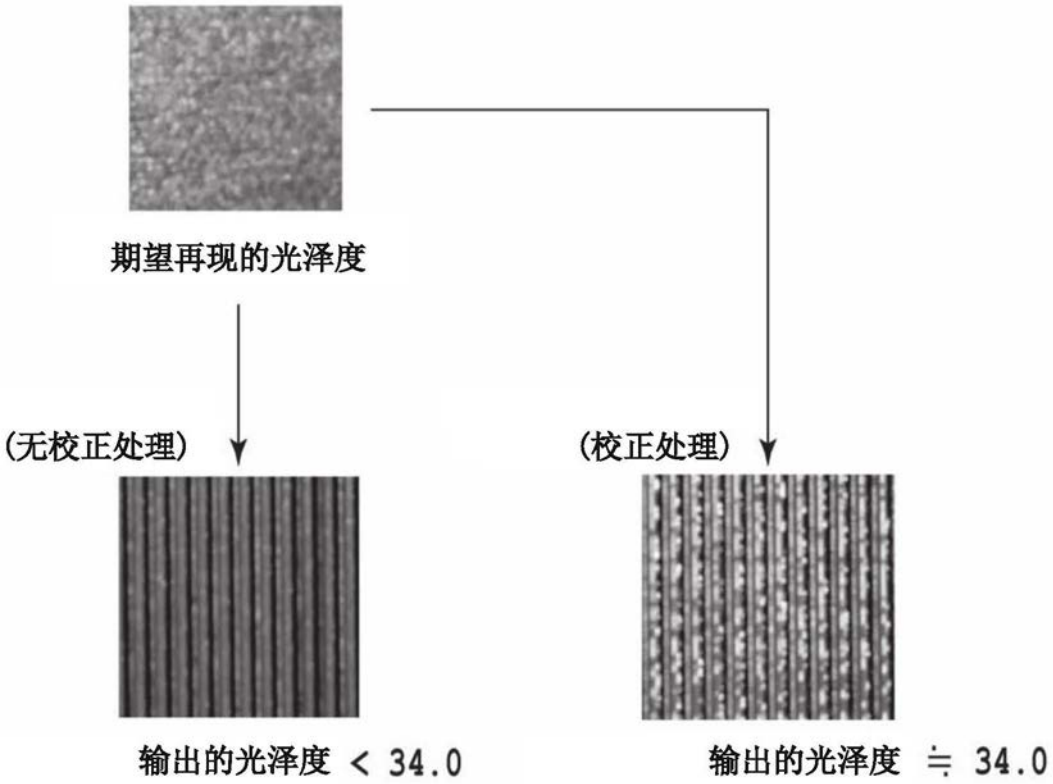


图13

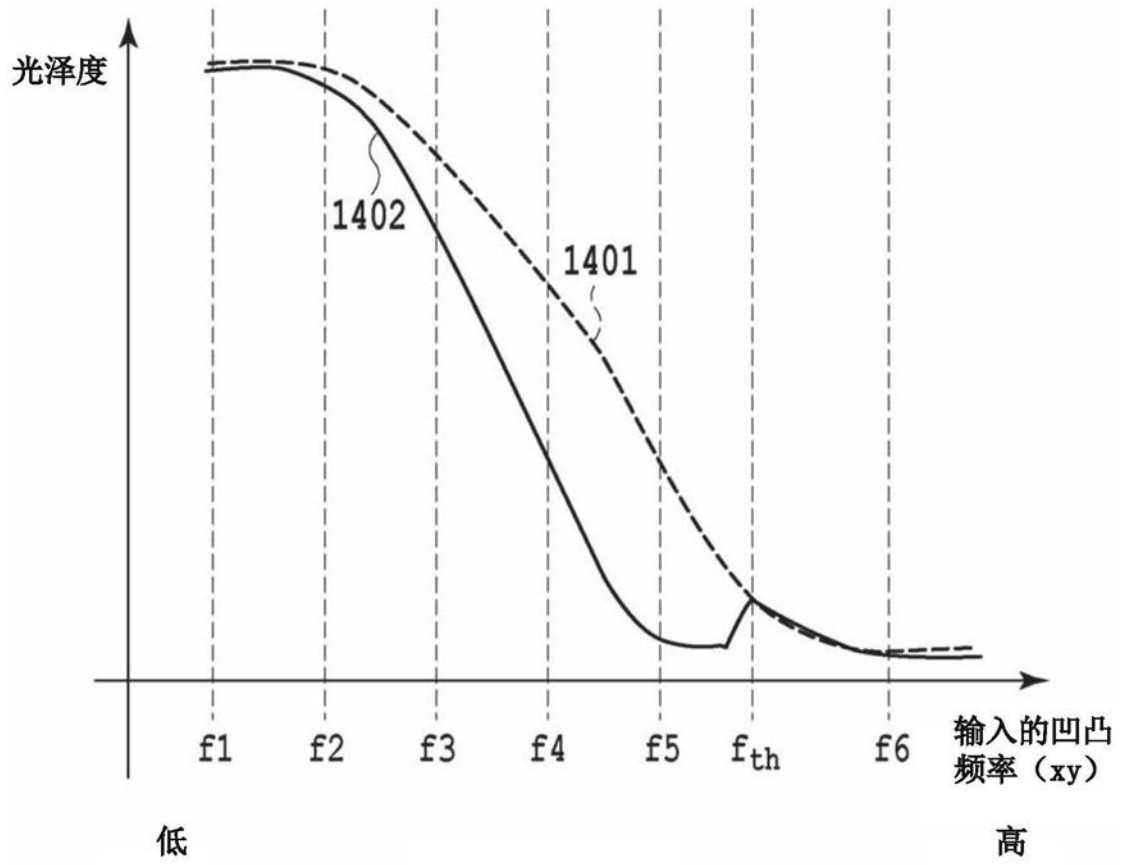


图14A

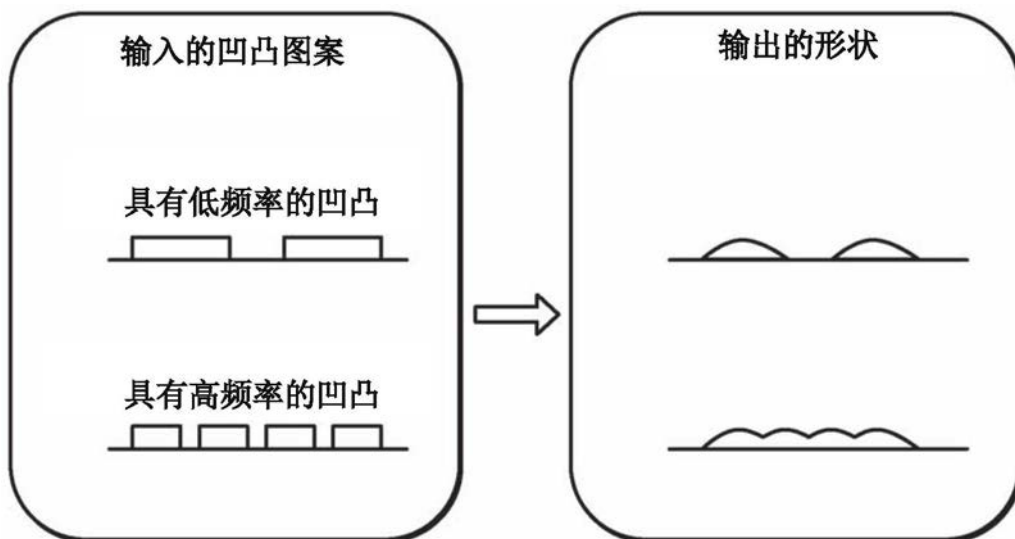


图14B

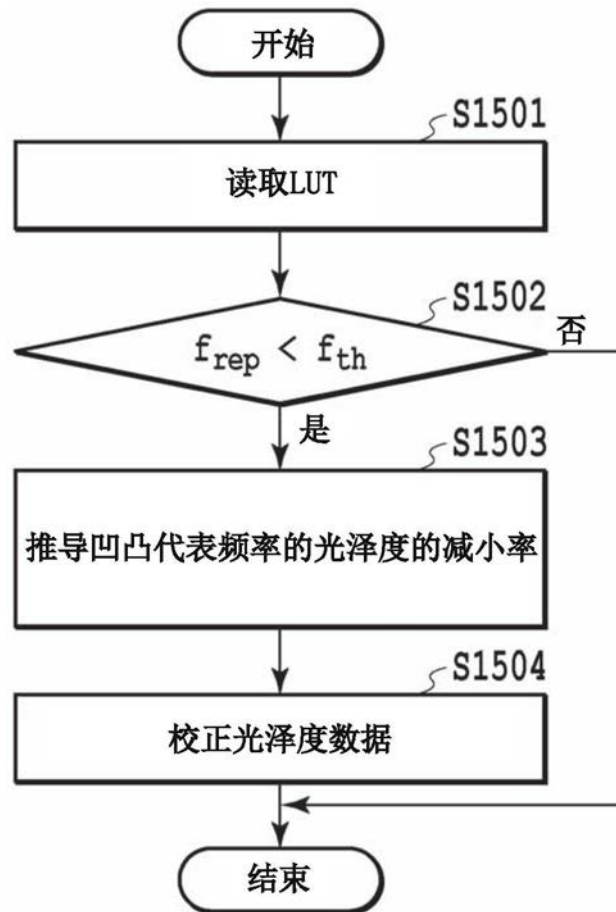


图15

频率f (周/毫米)	光泽度G
0.25	240
0.50	235
1.00	178
2.00	104
4.00	59
8.00 (= f_{th})	18
16.00	188
32.00	204

图16

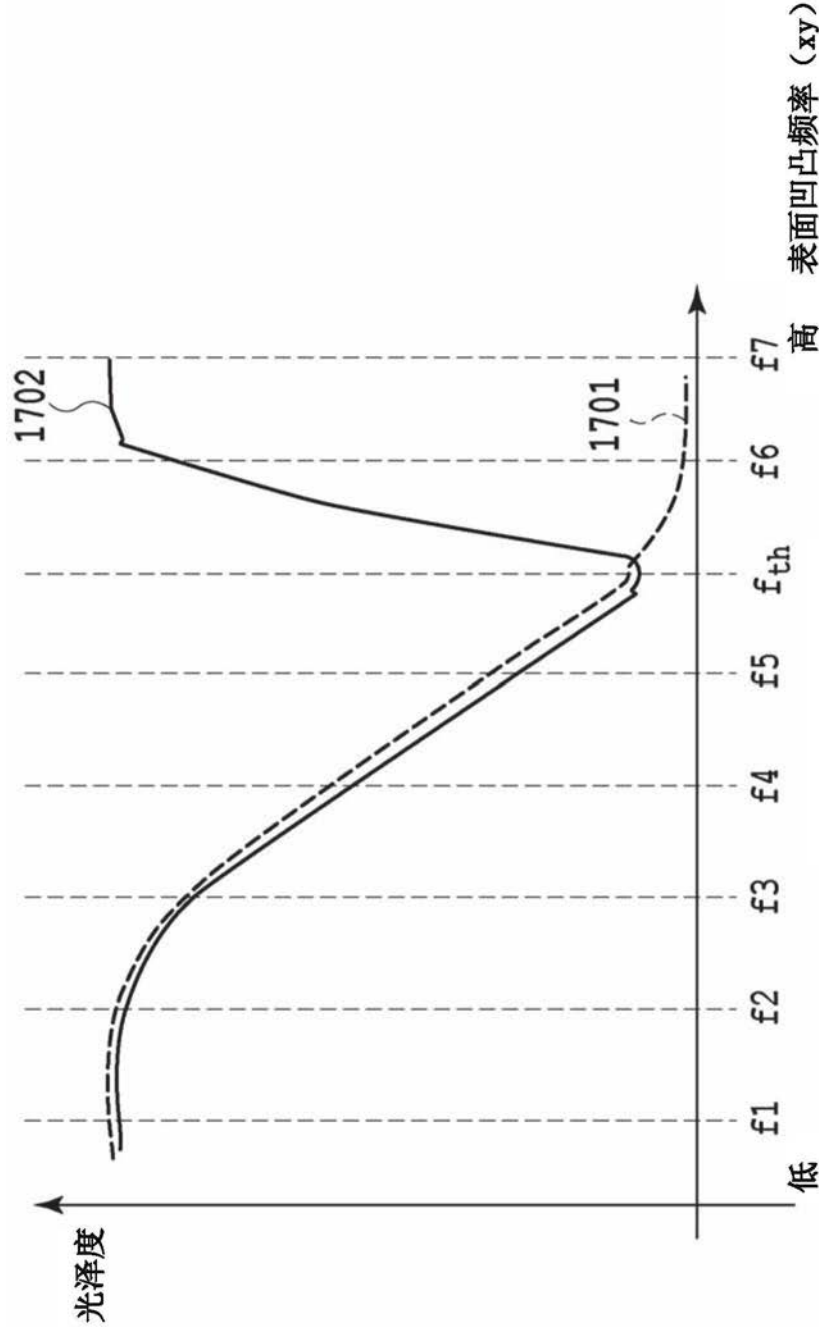


图17

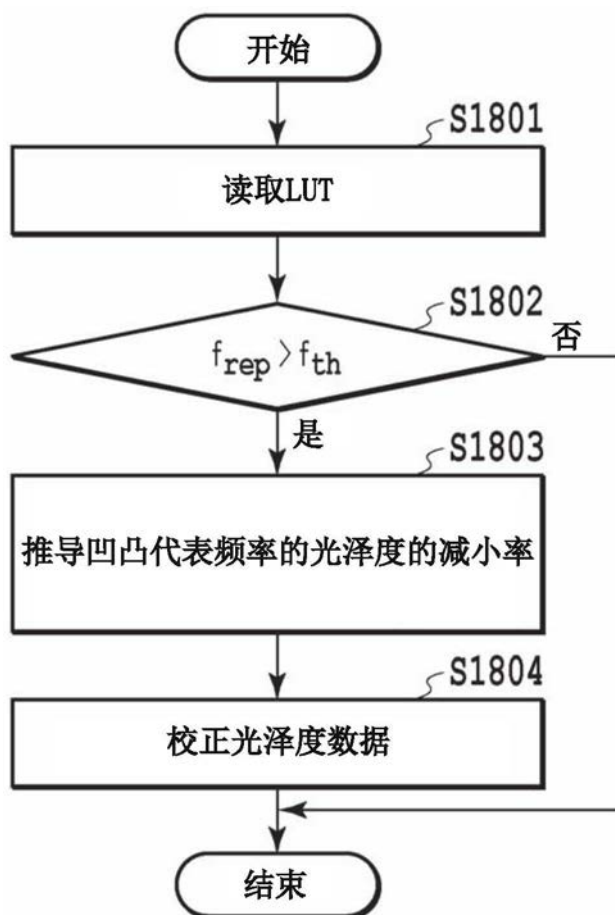


图18

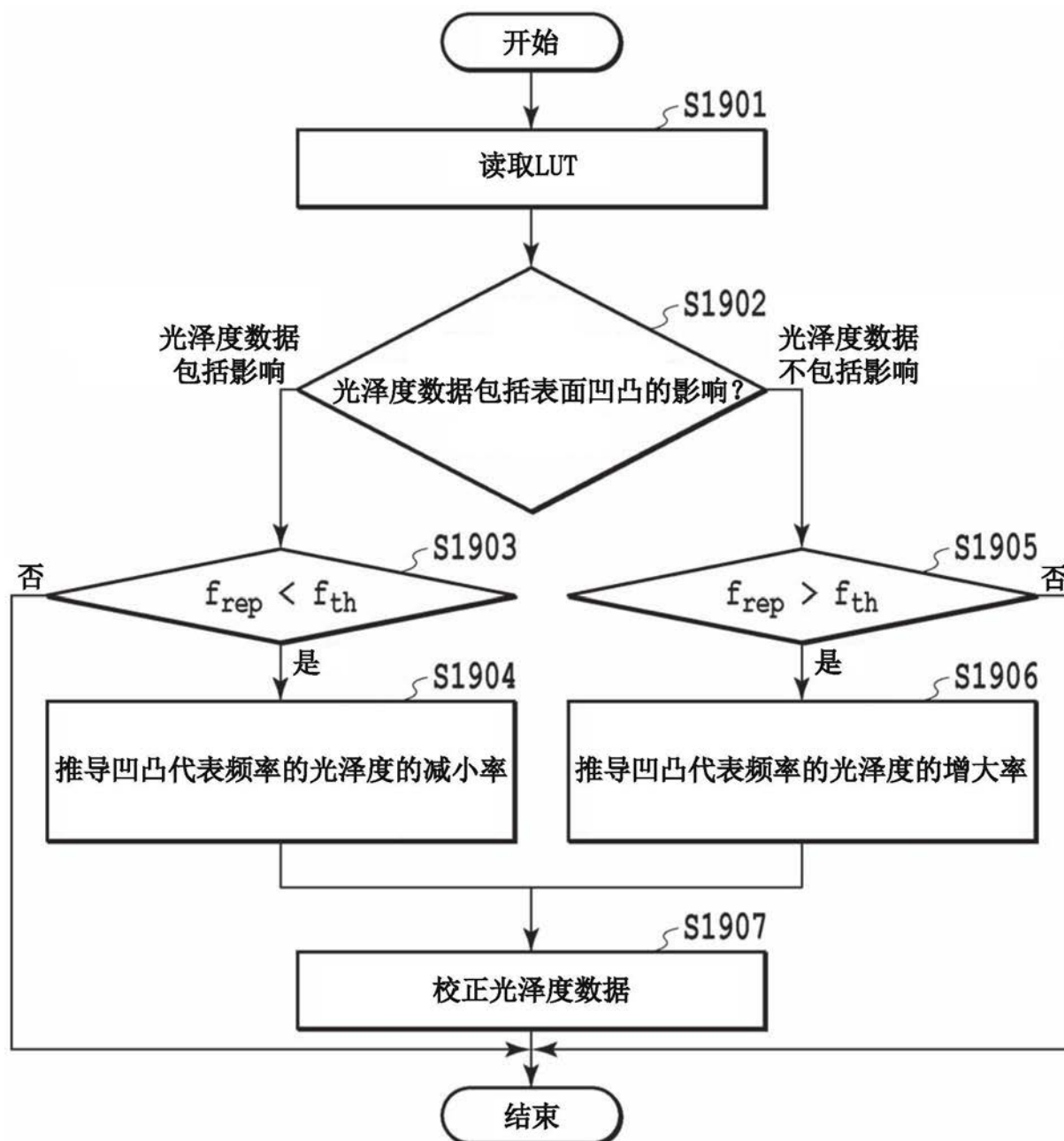


图19

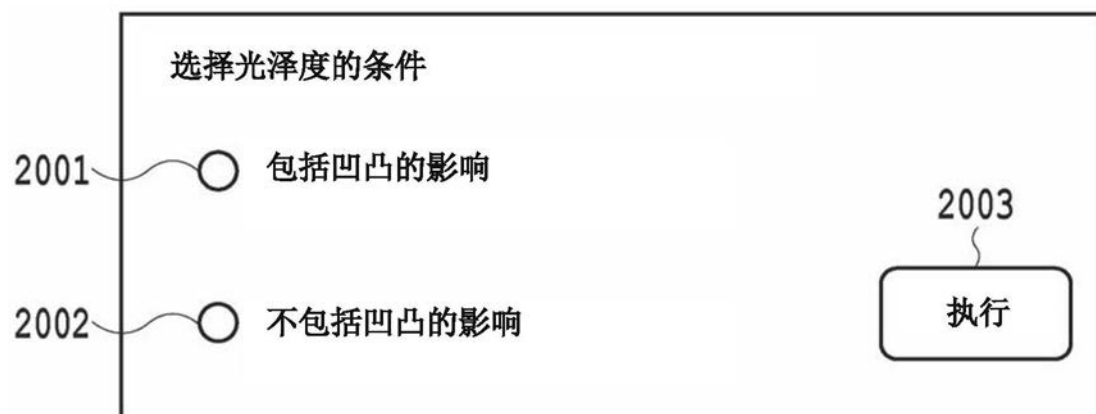


图20