



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113748007 B

(45) 授权公告日 2024.12.13

(21) 申请号 202080031775.9

(22) 申请日 2020.03.13

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113748007 A

(43) 申请公布日 2021.12.03

(30) 优先权数据

- 62/818,051 2019.03.13 US
- 62/830,318 2019.04.05 US
- 62/836,326 2019.04.19 US
- 62/845,230 2019.05.08 US
- 62/854,754 2019.05.30 US
- 16/435,292 2019.06.07 US
- 62/923,274 2019.10.18 US
- 62/956,493 2020.01.02 US
- 62/967,557 2020.01.29 US
- 62/968,106 2020.01.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2021.10.27

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2020/022801 2020.03.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/186234 EN 2020.09.17

(73) 专利权人 数字标记公司

地址 美国俄勒冈州

(72) 发明人 R·K·夏尔马 T·菲勒  
V·霍勒布 O·M·阿拉塔尔  
H·L·布伦克 J·D·洛德  
G·B·罗兹 W·Y·康威尔  
A·M·卡马斯

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322  
专利代理师 龙淳 熊剑

(51) Int.Cl.  
B29C 45/40 (2006.01)  
B41M 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 6390368 B1, 2002.05.21

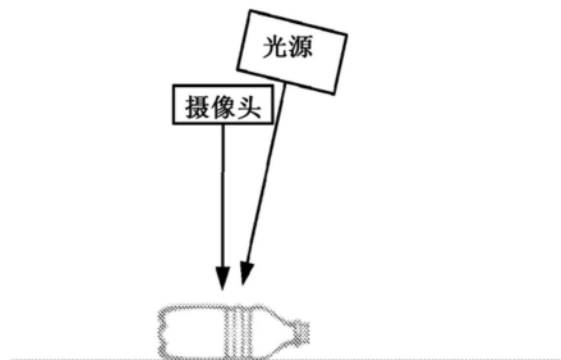
审查员 柯文轩

(54) 发明名称  
回收物品的数字标记

(57) 摘要

塑料物品,如饮料瓶,可传达使用两种不同信令协议编码的两种不同数字水印。第一打印标签水印传达零售有效载荷,包括零售店中的销售点扫描仪使用的全球贸易商品编号(GTIN),以在结账时对物品进行标识和定价。第二塑料纹理水印可传达回收有效载荷,包括标识塑料成分的数据。两种不同信令协议的使用确保销售点扫描仪不会花费其有限时间和计算资源来解码回收水印,其可能缺乏零售结账所需的数据。一些实施例中,回收设备有利地使用两种类型的水印来标识物品的塑料成分(如,使用相关联的数据库将GTIN与塑料类型关联),从而增加正确标识以分类和回收的物品比例。其他实施例中,塑料物品

(或其上标签)仅带有单个水印。还详细介绍了许多其他特征和布置。



1. 一种方法,包括以下行为:

在电子文件中,定义数据模式,所述数据模式包括位于规则2D位置网格内的位置处的间隔开的二元元素,所述模式定义了第一固定参考信号和第一可变数据信号,所述第一固定参考信号促进解码器对所述第一可变数据信号的几何配准和提取,所述第一可变数据信号被呈现为描绘与所述数据模式的物理对应物的摄像头捕获的图像,所述2D位置网格包括 $N \times N$ 位置网格,每个位置网格具有与其对应的第一固定参考信号的灰度或浮点值,所述第一可变数据信号包括 $M \times M$ 位置阵列,其中 $M < N$ ,所述 $M \times M$ 位置阵列中的每个位置具有与其对应的可变数据信号的双调值,所述定义数据模式包括:

内插 $M \times M$ 第一可变数据信号值以产生 $N \times N$ 内插值阵列,并在如此做时,将所述第一可变数据信号从双调形式转换为灰度或浮点形式;

将所述第一固定参考信号和内插的第一可变数据信号的对应值以加权比在 $N \times N$ 位置的每一个处求和,从而产生 $N \times N$ 值的求和阵列;

在具有极值的值的求和阵列中标识所述 $N \times N$ 位置的子集;以及

标记所述位置的子集,从而产生所述二元元素的数据模式;

所述方法进一步包括根据所述数据模式的平滑对应物对模具的3D表面拓扑模式进行成形,所述拓扑模式包括具有平滑横截面的峰或凹陷,以促进模制零件从所述模具中脱模。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述 $N \times N$ 位置的子集包括所述 $N \times N$ 位置的25%或更少。

3. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括使用成形模具对塑料容器进行成形,其中,所述容器的成形塑料传达所述第一可变数据信号。

4. 一种使用权利要求3所述的方法成形的塑料容器。

5. 一种由权利要求1所述的方法生产的模具。

6. 一种方法,包括以下行为:

在电子文件中,定义数据模式,所述数据模式包括位于规则2D位置网格内的位置处的间隔开的二元元素,所述模式定义了第一固定参考信号和第一可变数据信号,所述第一固定参考信号促进解码器对所述第一可变数据信号的几何配准和提取,所述第一可变数据信号被呈现为描绘与所述数据模式的物理对应物的摄像头捕获的图像,其中;

所述2D位置网格定义了 $M$ 个位置,每个位置具有与其对应的第一固定参考信号的值,每个值表示所述参考信号在该位置处的相对暗度;

所述第一可变数据信号包括二进制符号,每个符号与所述规则2D位置网格内的对应位置相关联;

并且所述方法包括通过以下行为生成所述数据模式:

对所述第一固定参考信号的值进行排序以产生 $N$ 个最暗位置的排名;

用 $N$ 个最暗位置的所述排名标识 $P$ 个最暗位置,留下 $Q$ 个其他位置,并用二元元素标记这些 $P$ 个位置中的每一个;以及

根据所述可变数据信号的对应二进制符号是具有第一值还是具有第二值,用二元元素标记或不标记所述 $Q$ 个其他位置中的每一个;

所述方法进一步包括根据所述数据模式的平滑对应物对模具的3D表面拓扑模式进行成形,所述拓扑模式包括具有平滑横截面的峰或凹陷,以促进模制零件从所述模具中脱模。

7. 一种塑料容器,所述塑料容器的表面用 $N \times N$ 数据模式的平滑3D对应物进行成形,所述数据模式包括参考信号和可变数据信号,所述参考信号促进解码器对所述可变数据信号的几何配准和提取,所述可变数据信号被呈现为描绘所述表面的摄像头捕获的图像,所述数据模式包括在容器表面上的 $N \times N$ 位置的规则2D网格内用3D凸块或凹陷标记的位置的选择,标记的位置的选择对应于以下信号的加权求和中的极值的位置:(a)由灰度或浮点值组成的固定 $N \times N$ 参考信号,以及(b)已被内插以产生 $N \times N$ 灰度或浮点值阵列的二进制 $M \times M$ 可变数据信号,其中 $M < N$ 。

8. 根据权利要求7所述的容器,其中,标记有3D凸块或凹陷的位置的选择包括所述 $N \times N$ 位置的25%或更少。

9. 根据权利要求7所述的容器,其中,所述 $N \times N$ 位置中的其他75%或更多位置遵循所述塑料容器的标称轮廓。

10. 根据权利要求7所述的塑料容器,其中,在所述数据模式的边界内,容器表面积的大部分遵循所述容器的标称轮廓。

11. 一种标记容器以传达多符号有效载荷的方法,包括以下行为:

生成对所述有效载荷进行编码的数据模式,所述模式包括在规则2D位置网格内的位置处的间隔开的元素,所述模式定义了固定参考信号和可变数据信号,所述参考信号促进解码器对所述可变数据信号的几何配准和提取,所述可变数据信号被呈现为描绘与所述数据模式的物理对应物的摄像头捕获图像;以及

通过打印或纹理化在所述容器上形成所述模式的物理对应物;

其中,所述2D位置网格定义 $J$ 个位置,每个位置具有与其对应的所述参考信号的值,每个值表示所述参考信号在该位置处的相对暗度,并且所述可变数据信号包括二进制符号,每个符号与所述规则2D位置网格内的对应位置相关联;

其中,生成行为更具体地包括:

对所述参考信号的值进行排序以产生 $K$ 个最暗位置的排名;

用 $K$ 个最暗位置的所述排名标识 $P$ 个最暗位置,留下 $Q$ 个其他位置,并用二元元素标记 $P$ 个位置中的每一个;以及

根据所述可变数据信号的对应二进制符号是具有第一值还是具有第二值,用二元元素标记或不标记所述 $Q$ 个其他位置中的每一个。

12. 一种通过权利要求11所述的方法生产的容器,所述容器通过纹理化传送所述数据模式。

13. 根据权利要求11所述的方法,其中,在所述容器上形成所述模式的物理对应物包括热成型塑料材料。

14. 根据权利要求11所述的方法,其中,在所述容器上形成所述模式的物理对应物包括激光蚀刻。

15. 一种塑料容器,具有表面,所述表面包括多个凸起的凸块和/或凹陷的凹坑标记,所述标记限定多个第一模式块,所述多个第一模式块在所述表面上以重复阵列边对边平铺,每个第一模式块包括定义了 $M = N^2$ 个候选位置的 $N \times N$ 位置阵列,所述凸块和/或凹坑标记能够处于 $M = N^2$ 个候选位置处,其中:

所述凸起和/或凹坑标记位于每个模式块中 $M$ 个候选位置的25%或更少位置处;并且

每个模式块中M个候选位置的75%或更多位置遵循所述塑料容器的标称轮廓并且是平滑的；

其中,所述的塑料容器还包括打印标签,其中所述凸起的凸块和/或凹陷的凹坑标记利用第一信令协议编码第一水印,并且其中所述标签上的打印利用不同于第一信令协议的第二信令协议编码第二水印,并且其中所述第一水印和所述第二水印都用于标识容器的塑料成分。

16. 根据权利要求15所述的塑料容器,其中标记位于每个模式块中M个候选位置的20%或更少位置处,并且每个模式块中M个候选位置的80%或更多位置遵循所述塑料容器的标称轮廓并且是平滑的。

17. 根据权利要求15所述的塑料容器,其中标记位于每个模式块中M个候选位置的10%或更少位置处,并且每个模式块中M个候选位置的90%或更多位置遵循所述塑料容器的标称轮廓并且是平滑的。

18. 根据权利要求15所述的塑料容器,其中容器包括饮料瓶。

19. 根据权利要求15所述的塑料容器,其中每个模式块编码多符号有效载荷和参考信号,所述参考信号包括空间频域中的多个峰值的星座。

20. 一种模具,具有成型为通过模制生产根据权利要求15所述的塑料容器的表面模式。

21. 一种塑料容器,具有表面,所述表面包括多个光散射纹理标记,所述标记限定多个第一模式块,所述多个第一模式块在所述表面上以重复阵列边对边平铺,每个第一模式块包括定义了 $M=N^2$ 个候选位置的 $N \times N$ 位置阵列,所述光散射纹理标记能够处于 $M=N^2$ 个候选位置处,所述光散射纹理标记不干扰容器的标称形状,其中:

所述光散射纹理标记位于每个模式块中M个候选位置的25%或更少位置处;并且

每个模式块中M个候选位置的75%或更多位置遵循所述塑料容器的标称轮廓,并且是平滑的而不是具有光散射纹理;

其中,所述的塑料容器还包括打印标签,其中所述光散射纹理标记利用第一信令协议编码第一水印,并且其中所述标签上的打印利用不同于第一信令协议的第二信令协议编码第二水印,并且其中所述第一水印和所述第二水印都用于标识容器的塑料成分。

## 回收物品的数字标记

[0001] 相关申请数据

[0002] 在美国,本申请是2019年6月7日提交的专利申请16/435,292(公开号为US20190306385)的部分继续申请,并且还要求以下临时专利申请的优先权:2019年3月13日提交的62/818,051;2019年4月5日提交的62/830,318;2019年4月19日提交的62/836,326;2019年5月8日提交的62/845,230;2019年5月30日提交的62/854,754;2019年10月18日提交的62/923,274;2020年1月2日提交的62/956,493;2020年1月29日提交的62/967,557;以及2020年1月30日提交的62/968,106。

### 背景技术

[0003] 迫切需要增加重复使用或回收的塑料物品的百分比。

[0004] 本申请人的文献US20040156529教导了3D对象的塑料表面可以通过热塑性成型进行纹理化,以形成机器可读的数字水印,该水印传达多位有效载荷。

[0005] 本申请人的文献US20040086151教导了如何使用注塑成型(例如,使用真空成型或压力成型)来生产带有数字水印的3D对象。

[0006] 本申请人的文献US20020099943教导了一个对象可以传达两个水印,一个在对象表面的拓扑结构中形成,一个通过打印形成。

[0007] 本申请人的文献US20150016712教导了可以使用水印或图像指纹数据来标识3D对象,并且该标识数据可以链接到对象的回收信息。例如,标识数据可以链接到回收代码,该回收代码指示对象是否由聚对苯二甲酸乙二醇酯、高密度聚乙烯、聚氯乙烯等制成。

[0008] 本申请人的文献US20150302543类似地教导了在塑料对象上形成的水印的有效载荷可以传达或可以链接到对象的回收代码。此外,‘543文献教导了配备有摄像头的废物分拣设备可以基于解码的水印数据对进入的材料流进行分类。FiliGrade B.V.的文献US20180345323也公开了从带水印的塑料瓶中感测回收信息,并根据解码信息分离废物流。

[0009] 本申请人目前的工作改进了上述技术,并提供了许多额外的特征和优点。

### 发明内容

[0010] 一方面,本技术涉及定义包括在规则2D位置网格内的位置处的间隔开的二元元素的数据模式。该模式定义了第一固定参考信号和第一可变数据信号。第一参考信号有助于解码器对第一可变数据信号的几何配准和提取,解码器呈现描绘数据模式的物理对应物的摄像头捕获图像。该布置进一步包括根据数据模式的平滑对应物来成形模具的3D表面拓扑模式。拓扑模式包括具有平滑横截面的峰或凹陷,以促进模制零件从模具中脱模。

[0011] 在特定实施例中,2D位置网格定义二元元素可位于其中的M个候选位置。二元元素位于这M个候选位置的25%、20%、10%或更少。

[0012] 在另一特定实施例中,2D位置网格包括 $N \times N$ 位置网格,每个位置网格具有与其对应的第一参考信号的灰度或浮点值。第一可变数据信号包括 $M \times M$ 位置阵列,其中 $M < N$ ,并且所述 $M \times M$ 位置阵列中的每个位置具有与其对应的可变数据信号的双调值。 $M \times M$ 第一可变数

据信号值被内插以产生 $N \times N$ 内插值阵列。在这样做时,第一可变数据信号从双调形式转换为灰度或浮点形式。第一参考信号和内插的第一可变数据信号的对应值然后在所述 $N \times N$ 位置中的每一个位置处以加权比率求和,从而产生 $N \times N$ 值的求和阵列。对这 $N \times N$ 值的求和阵列应用阈值运算以标识值,然后用二元元素标记 $N \times N$ 网格中与这些极值相对应的位置。

[0013] 在另一特定实施例中,2D位置网格定义 $M$ 个位置,每个位置具有第一参考信号的对应值。每个值表示该位置的参考信号的相对暗度。第一可变数据信号包括二进制符号,每个符号与规则2D位置网格内的对应位置相关联。为了生成数据模式,对第一数据信号的值进行排序以产生 $N$ 个最暗位置的排名。然后在这 $N$ 个最暗位置的排名中标识 $P$ 个最暗位置(留下 $Q$ 个其他位置)。 $P$ 个位置中的每个位置都标有一个二元元素。在剩余的 $Q$ 个位置中,根据可变数据信号的对应二进制符号是具有第一值还是第二值来标记或不标记每个位置(用二元元素)。

[0014] 模具可以使用刚刚描述的布置来生产,并且可以用于成形塑料容器。在这样的容器中,成形塑料传达第一可变数据信号,该信号可由合适的解码器读取,诸如在废物回收设施中。

[0015] 在一些布置中,这种塑料容器还带有标签。标签可以包括定义第二固定参考信号和第二可变数据信号的打印模式。第二参考信号有助于解码器对第二可变数据信号的几何配准和提取,解码器呈现描绘打印模式的摄像头捕获图像。通常,第二固定参考信号不同于第一固定参考信号,和/或第二可变数据信号不同于第一可变数据信号。

[0016] 处理两种不同的此类塑料容器的回收系统可以基于其塑料纹理模式处理一种,而另一种基于其打印的标签模式进行处理。也就是说,这种回收系统的计算机处理器可以使用第一配准信号(在带纹理的塑料模式中)以几何方式配准到第一容器上的第一可变数据信号,提取第一可变数据信号,并基于提取的第一可变数据信号对第一容器进行分类以进行回收。它可以进一步使用第二配准信号(在打印的标签模式中)以几何方式配准到第二容器上的第二可变数据信号,提取第二可变数据信号,并基于提取的第二可变数据信号对第二容器进行分类以进行回收。

[0017] 在另一方面,塑料容器被成形为传达信息。更具体地,容器被成形为在规则的2D位置网格内的位置处传达间隔开的元素的纹理模式。该模式定义了第一固定参考信号和第一可变数据信号。第一参考信号有助于解码器对第一可变数据信号的几何配准和提取,解码器呈现描绘容器的摄像头捕获图像。在这样的容器中,2D位置网格可以定义元素可以位于其中的 $M$ 个候选位置。元素位于这 $M$ 个候选位置的25%、20%、10%或更少。

[0018] 通常,这 $M$ 个候选位置的其他75%、80%、90%或更多遵循塑料容器的标称轮廓,例如,保持平滑并简单地遵循瓶子的圆柱形状。也就是说,在纹理模式的边界内,容器表面积的大部分保持不变。

[0019] 在另一方面,塑料容器传达塑料纹理模式和打印的标签模式。塑料纹理模式包括位于规则2D位置网格内的位置处的间隔开的元素。该塑料模式定义了第一固定参考信号和第一可变数据信号。第一参考信号有助于解码器对第一可变数据信号的几何配准和提取,解码器呈现描绘容器的摄像头捕获图像。类似地,打印的标签模式包括位于规则2D位置网格内的位置处的间隔开的元素。同样,打印的标签模式定义了第二固定参考信号和第二可变数据信号。第二参考信号有助于解码器对第二可变数据信号的几何配准和提取,解码器

呈现描绘容器的摄像头捕获图像。在这种布置中,第二固定参考信号不同于第一固定参考信号,和/或第二可变数据信号不同于第一可变数据信号。

[0020] 在一个特定布置中,第二固定参考信号不同于第一固定参考信号。在另一特定布置中,第二可变数据信号不同于第一可变数据信号。

[0021] 在又一方面,塑料容器传达纹理模式,该纹理模式包括在规则2D位置网格内的位置处的间隔开的元素。该模式定义了第一固定参考信号和第一可变数据信号。第一参考信号有助于解码器对第一可变数据信号的几何配准和提取,解码器呈现描绘容器的摄像头捕获图像。在这种布置中,2D位置网格定义了元素可以位于其的M个候选位置。元素实际上位于这M个候选位置的20%、20%、10%或更少。同样,在M个候选位置中的大多数位置,容器如上所述遵循标称轮廓。

[0022] 另一方面涉及一种标记容器以传达多符号有效载荷的方法。该方法包括生成对有效载荷进行编码的数据模式。该模式包括位于规则2D位置网格内的位置处的间隔开的元素。该模式定义了固定参考信号和可变数据信号。参考信号有助于解码器对可变数据信号的几何配准和提取,解码器呈现描绘该数据模式的物理对应物的摄像头捕获图像。

[0023] 该方法进一步包括通过打印或纹理化在容器上形成与模式的物理对应物。在这种布置中,2D位置网格定义了M个位置,每个位置与参考信号的相应值相关联。每个值表示该位置的参考信号的相对暗度。可变数据信号包括二进制符号,每个符号与规则2D位置网格内的对应位置相关联。

[0024] 更具体地,使用参考信号的排序值生成数据模式星号以产生N个最暗位置的排名。然后标识在这N个最暗位置的排名中的P个最暗位置(留下Q个其他位置)。这些P个位置中的每个位置都标有一个二元元素。根据可变数据信号的对应二进制符号是具有第一值还是第二值,剩余的Q个位置用二元元素标记或不标记。

[0025] 本技术的另一方面涉及包括光学读取器和塑料瓶的回收系统。塑料瓶贴有标签。标签上涂有编码第一标识符的第一数字模式。塑料的纹理带有编码不同的第二标识符的第二数字模式。在这种情况下,光学读取器对任一标识符的解码使回收系统能够按塑料类型对瓶子进行分类。

[0026] 该技术的另一方面涉及回收系统,同样包括光学读取器和塑料瓶。瓶子至少部分地包裹在套筒中。套筒先前印有油墨标记,即以平面形式时。其后将打印的套筒包裹在瓶子上,并通过热收缩紧密贴合在瓶子上。套筒上的油墨标记包括机器可读代码,该代码因热收缩而几何变形,但光学读取器仍可读取该代码以控制塑料瓶的分类以进行回收。

[0027] 该技术的另一方面涉及销售点系统,其可用于零售店中的结账。该系统包括光学读取器和塑料瓶。瓶子带有涂有编码第一标识符的第一数字模式的打印标签,并且塑料被纹理化为编码第二标识符的第二数字模式。光学读取器被配置为解码第一标识符而不是第二标识符。

[0028] 该技术的又一方面涉及一种瓶子,该瓶子包括位于油墨打印的标签下方的塑料容器。油墨打印的标签包括机器可读代码,该机器可读代码可以按塑料类型对下方的塑料容器进行分类。

[0029] 在以下详细描述中详细描述了前述和其他布置,该详细描述参考附图进行。

**附图说明**

- [0030] 图1A-1Q图示了几种不同的形式,塑料表面可以成形为这些形式以传达数字水印数据。
- [0031] 图2A图示了一种形式,塑料表面可以成形为该形式以传达三进制数字水印数据。
- [0032] 图2B示出了另一种形式,塑料表面可以成形为该形式以传达多状态或连续色调数字水印数据。
- [0033] 图3A、3B、3C和3D示出了Voronoi、Delauney、旅行商和砖块模式。
- [0034] 图4示出了在空间频率(傅立叶幅度)域中定义打印数字水印的参考信号的峰值。
- [0035] 图4A示出了图4的放大图,示出了穿过不同峰的径向线。
- [0036] 图5A-5C示出了可与塑料纹理数字水印一起使用的各种参考信号,这些参考信号经过调整以避免与图4的打印水印参考信号发生干扰。
- [0037] 图6A-6C分别示出了图5A-5C的参考信号的空间域(像素域)对应物。
- [0038] 图7示出了一块“蛇”水印模式,用它可以成形塑料瓶的模具。
- [0039] 图8、9、10和11示出了用于在回收设备中捕获传送带上的物品的图像的不同系统。
- [0040] 图12示出了提供可变照明以实现对比度增强的布置。
- [0041] 图13详述了在说明性回收设备中执行的某些处理。
- [0042] 图14提供了关于图13的说明性回收设备的更进一步的细节。
- [0043] 图15示出了在本技术的某些实施例中采用的跨图像帧以重叠方式排列的块。
- [0044] 图16示出了在本技术的某些实施例中,当在块中发现水印信号时每个相邻块被分析的密集簇。
- [0045] 图17在图15的图像帧的上下文中示出了图16的密集簇,其定位在发现块中的一块包括参考信号的地方。
- [0046] 图18示出了在本技术的某些实施例中,当在图像帧中检测到眩光区域时每个相邻块被分析的密集簇。
- [0047] 图19示出了在一种用于触发块分析的方法中使用的子块直方图。
- [0048] 图20帮助图示用于触发块分析的不同方法。
- [0049] 图21A示出了沿着图像帧的入口侧排列的块,以及位于入口块中的一个检测到水印参考信号的相邻块的密集簇,如在本技术的某些实施例中可能发生的。
- [0050] 图21B示出了在图21A帧之后不久捕获的帧,其中分析块的簇已经与传送带运动相对应使帧向下行进。
- [0051] 图21C示出了在图21B帧之后不久捕获的帧,示出了水印参考信号的检测,其产生了第二块簇。
- [0052] 图21D示出了在图21C帧之后不久捕获的帧,示出了根据传送带运动使帧进一步向下行进的分析块的两个簇。
- [0053] 图22图示了水印元素数据的帧内组合。
- [0054] 图23图示了水印元素数据的帧内组合的另一示例。
- [0055] 图24图示了采用光通过塑料物品传输到摄像头的摄像头/照明布置。
- [0056] 图25描绘了部分组装的照明模块。
- [0057] 图26A和26B图示了可以实现漫射照明的替代布置。

- [0058] 图27示意性地图示了使用多个摄像头的布置。
- [0059] 图28示意性地图示了一种布置,其中摄像头具有分割视场,其中一部分被对象的镜面反射占据。
- [0060] 图29示意性地图示了一种布置,其中第一和第二光源被定位并交替操作,以优化从对象反射的镜面光和漫射光的捕获。
- [0061] 图30表示三个重叠的 $32 \times 32$ 水印元素图像补丁,以及所有单个水印元素的描绘。
- [0062] 图31图示了通过在其中检测到水印参考信号的块的位置来确定对象(这里是透明、清晰的饮料瓶)的重心。
- [0063] 图32A和32B图示了包括箱寻址分拣转向器的回收系统。
- [0064] 图33A-33D图示了各种摄像头和光源配置。
- [0065] 图34图示了对应于不同LED通道的水印检测。
- [0066] 图35图示了对应于不同LED通道的水印检测。
- [0067] 图36A和36B图示了箱值确定。
- [0068] 图37图示了一个示例生态系统,其中存在图32A和32B中所示的回收系统。

### 具体实施方式

- [0069] 对塑料物品的高可靠性标识的需求日益增长,例如用于对废物流进行分拣。
- [0070] 数字水印为此目的是有利的,因为它们可以应用于各种类型和形状的材料。此外,水印可以以增强可读性的方式散布在容器和/或其标签上,即使在对象损坏、弄脏或部分被遮挡时也是如此。
- [0071] 数字水印提供2D光学代码信号,该信号使废物分拣系统中的机器视觉成为可能,以弄清每个对象中的材料类型并相应地对废物流进行分拣。经由3D打印模具、激光纹理模具和蚀刻模具给予到容器中的编码的信号(如下所述)可用于在各种回收环境中对容器进行分拣。
- [0072] 根据本技术的一方面,塑料物品被编码有两种不同的水印。一种水印-通常是通过油墨-印在贴在物品上的标签上(或印在物品本身上),一种是通过塑料表面的3D纹理化形成的。
- [0073] 打印水印通常传达零售有效载荷,其主要设计用于销售点终端扫描仪,例如,包含或指向产品名称、价格、重量、有效期、包装日期等,以便在零售结账时标识商品并为其定价。纹理水印通常包括可用于回收的有效载荷,例如,包含或指向与塑料相关的数据。每个水印通常缺少由另一个水印传达的一些或全部信息。
- [0074] 重要的是,在大多数实施例,两个水印(零售和回收)采用不同的信令协议。本申请人已经发现,典型的销售点零售扫描仪在下一图像帧到达用于分析之前读取零售水印的时间间隔非常短。如果零售水印和回收水印描绘在同一图像帧中,它们必须能够快速区分-否则扫描仪可能无法在下一个图像帧到达之前成功解码零售水印。本说明书的一部分教导了如何使两个水印能够易于区分,因此零售扫描仪不会浪费宝贵的毫秒来尝试解码回收水印,从而帮助确保可靠的零售结账操作。
- [0075] 使零售水印和回收水印易于区分的主要方法是通过使用不同的信令协议(包括例如不同的参考信号、不同的编码协议和/或不同的输出格式)。通过这些差异,销售点扫描仪

可以可靠地辨别零售水印,而回收系统可以可靠地辨别回收水印,而没有销售点扫描仪意外花费努力试图从回收水印中解码有效载荷的风险,从而导致混淆。

[0076] 尽管水印信令协议存在差异,但回收系统最好还配置有水印处理模块,该水印处理模块适于读取零售水印(以及回收水印),并从零售水印中辨别可用于塑料回收目的的信息(通常是通过参考将零售水印有效载荷数据与塑料信息相关联的数据库)。因此,无论回收系统从物品中读取哪个水印,系统都会获取信息以控制按塑料类型对物品进行正确分拣。

[0077] 如上所述,两个水印的信令协议可以以多种方式有所不同,例如,包括参考信号和/或使用的编码算法。每个水印的参考信号(有时称为校准信号、同步信号、网格信号或配准信号)用作同步部件,使水印的几何姿势(如在捕获的图像中描绘的)能够被辨别,以便可以正确提取有效载荷。示例性参考信号是空间频域中的多个峰值的星座。两个水印中的第一个可以包括缺少第二个的第一参考信号。(后一个水印可以包括不同的参考信号,例如,由不同频率的峰值、不同的峰值相位和/或不同数量的峰值组成。)

[0078] 编码算法可以在数据编码的过程和/或编码数据的表达格式方面有所不同。例如,打印水印编码算法可以采用一种信令协议,其中,所得的水印格式是一个方块,其边长为0.85英寸,水印元素分辨率为每英寸150,并传达结构为 $128 \times 128$ 元素位置阵列的数据。相比之下,纹理水印编码算法所采用的信令协议可能会产生不同大小的方块(通常一边小于0.85英寸),具有不同于每英寸150的水印元素分辨率,和/或传达结构为不同于 $128 \times 128$ 阵列的数据。在两个水印中采用的两种不同的信令协议可以具有不同的有效载荷容量,例如,一种具有可以传达48位的可变消息部分,而另一种具有可以传达该有效载荷容量的一半或三分之一的可变消息部分。

[0079] 这两种编码算法可以额外或可替代地因所使用的纠错编码方法(如果有)、所采用的冗余率、纠错编码器输出的签名串中的位数、所使用的CRC方法(如果有)、用于对纠错编码器输出的签名串进行加扰以产生加扰签名串的加扰密钥、用于从加扰签名串的每一位产生大量随机化“码片”的扩展密钥、定义在输出水印模式中空间放置这些“码片”中的每一个的散射表数据等而有所不同。解码算法可以相应地不同。

[0080] 一个水印读取器(例如,销售点零售水印读取器)无法读取其他类型的水印(例如,回收水印)可能是由于水印之间的任何刚刚提到的差异,例如,关于它们的几何参考信号、输出格式、信令协议、编码/解码算法等。

[0081] 每个水印有效载荷通常包括固定和可变的消息部分。固定部分通常包括标识所使用的信令协议的数据。可变消息部分通常包括多个字段。对于打印的零售水印,一个字段通常传达全球贸易商品编号(GTIN),而其他字段可以传达GS1定义的应用标识符代码(例如,指示重量、到期日期等)。塑料标识信息可以以这种应用标识符代码的形式在打印的零售水印中传达,尽管这种AI代码目前不是GS1标准的一部分。

[0082] 一些回收系统采用两个水印读取器,第一读取器被配置为应用第一水印读取算法(例如,以读取采用第一信令协议的零售水印)和第二读取器被配置为应用不同的第二读取算法(例如,以采用第二信令协议读取回收水印)。每个这样的读取器都不能读取其他类型的水印。其他回收系统采用被配置为读取两种类型的水印的单个读取器。还有一些系统采用混合布置,其中,某些部件是共享的(例如,执行公共FFT操作),而其他部件专用于一种类

型的水印或另一类型的水印。

[0083] 为了确保可靠地读取水印而不管废物流中的物品的位置如何,水印优选地从多个物品的视点可见的。例如,期望在每个物品的几个表面(包括正面和背面)上形成回收、纹理水印。同样,零售打印水印理想地形成在每个物品的相对侧上,例如在正面和背面标签上。

[0084] 为了最有效地应用水印读取工作,本技术的某些实施例检查图像像素块以寻找暗示存在水印数据的线索。仅对发现此类线索的图像块进行进一步的水印分析。许多这样的线索都很详细,包括检测眩光点(一个像素区域,每个像素的值都高于阈值),检测与水印参考信号相对应的空间图像频率集合,指示像素块可能描绘塑料物品的分类器输出,指示像素块可能没有描绘传送带的分类器输出,基于先前图像的块内大多数子块的像素具有在直方图峰值的1、2、3或4个数字范围内的平均值的确定,检测与传送带标记相关联的信号,检测盐/胡椒粉标记,以及用于将有希望的图像块与其他图像块区分开来的各种其他技术。当标识出一小块有希望的图像时,通常会对其进行分析,以确定是否存在零售水印和回收水印两者。

[0085] 在一些实施例中,当发现一个图像块有希望时,该确定还触发对多个附近图像块的检查。图像的传入帧最初可以以第一密度(例如,具有第一像素间距或重叠)划分为块。当发现有希望的块时,以更大的密度检查其他块,例如,以更小的像素间距或更大的重叠与有希望的块隔开。相关地,当在一帧中发现有希望的块时,可以基于传送带速度和帧捕获率,在下一帧中分析不同位置的水印数据-对应于有希望的块中描绘的物品的预测运动。

[0086] 由于对两种类型水印的图像进行分析,有时会基于对两个不同水印的读取对同一类型对象的两个实例(例如,两个相同的12盎司百事可乐瓶)进行分拣。也就是说,第一个瓶子的塑料类型可以通过其打印水印来标识,而第二个瓶子的塑料类型可以通过其纹理水印来标识。尽管读取了不同的水印,但两者都将被转移到相同的回收目的地。

#### [0087] 特别安排

[0088] 数字水印信息是从描绘废物流中塑料对象的图像数据中读取的。该信息可以指示塑料的类型(例如,聚对苯二甲酸乙二醇酯、高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯等),也可以传达其他对回收有用的信息。自动分拣系统中的转向器和其他机构根据此类水印信息进行控制,以将塑料对象引导至适当的目的地以进行回收或再利用。

[0089] 数字水印(以下简称水印)印在许多产品的包装上,并且通常用于编码全球贸易商品编号或GTIN(很像无处不在的1D UPC条形码),但以一种视觉上非侵入性的方式。零售店中的销售点扫描仪可以检测和解码水印数据,使用它来查找产品的身份和价格,并将其添加到购物者的结账台帐中。水印数据通常被组织成方块,这些方块跨产品上的部分或全部打印被边到边冗余平铺。由于水印数据在空间上是分散的,因此扫描仪可以从产品的不同视图(例如,从饮料瓶的正面和背面视图)读取数据。

[0090] 最典型的是,水印数据被隐藏为构成包装图片的像素的亮度和/或色度的细微变化。有时,水印可以采用不显眼的点模式形式,这些点模式可能会散布,例如,散布在贴在塑料新鲜食品容器上的不干胶标签上。

[0091] 为了降低成本,销售点扫描仪通常使用简单的处理器。此类扫描仪通常将大部分精力用于查找和解码1D条形码;水印读取有时是事后的想法。每秒捕获30帧的扫描仪只需

要33毫秒来处理每一帧,并将大部分时间用于条形码读取。只有几毫秒可用于水印读取。

[0092] 水印读取有两个部分:寻找水印和解码水印。

[0093] 在说明性实现方式中,寻找水印(有时称为水印检测)涉及分析捕获的图像的帧以定位已知参考信号。参考信号可以是2D傅立叶幅度域(也称为空间频域)中峰值的特征星座。在空间(像素)域中,这种参考信号采用跨越水印块的不同空间频率的二维正弦求和的集合的形式。图5A示出了傅立叶幅度域中的说明性参考信号;图6A示出了空间域中的这种相同参考信号。频率最好是整数值,以确保沿水印块边缘的连续性。当在捕获的图像中描绘带有这种已知参考信号的对象时,其特定呈现会揭示也存在于该图像中的水印有效载荷数据的比例、旋转和平移。

[0094] 水印有效载荷数据由占据2D阵列位置的水印元素(“waxels”)-通常大小为 $128 \times 128$ 个元素编码。根据水印是以150还是75水印元素每英寸(WPI)的分辨率形成的,该阵列可以在一边跨越例如0.85或1.7英寸的区域。此类块与参考信号一起平铺在整个包装中的重复阵列中。

[0095] 一旦从对捕获的图像中描绘的参考信号的分析中获知水印的比例、旋转和平移,就可以解码水印有效载荷。解码器在与原始编码的 $128 \times 128$ 数据阵列相对应的位置处对捕获的图像进行采样,并在解码原始水印有效载荷时使用这些采样值。(通常使用卷积编码,例如,将48位有效载荷转换为1024个数据的字符串,然后在 $128 \times 128$ 元素水印块的16,384个位置之间冗余散布。)

[0096] 包括本文确定的专利文件中的水印技术的这些和其他细节是技术人员所熟悉的。

[0097] 在本技术的一个特定实施例中,塑料容器传达两个水印-一个通过标签打印形成,第二个通过塑料表面的纹理化形成,如通过成型。(标签可以包括打印并施加到容器上的基材,或者它可以包括直接施加到容器上的打印。)

[0098] 塑料可以通过各种方式模制,包括吹塑成型、注塑成型、旋转成型、压缩成型和热成型。在每个这样的过程中,加热的塑料树脂根据模具成形。通过在模具表面形成模式,在所得塑料制品的表面上形成相互的模式。如果模具中的模式经过定制(例如,通过CNC铣削、激光蚀刻或3D打印)以具有水印模式的形状(亮度/色度的变化转化为模具高度、深度、角度、反射率、或局部曲率),则所得塑料制品将具有与该水印相对应的表面纹理。塑料表面中的这种模式可以通过下面详述的光学方法来感测。

[0099] 图1A-1Q是代表性表面纹理的图示。

[0100] 大多数描绘的纹理都图示为3D表面的2D截面-仅示出一维调制。为清楚起见,纹理显示在平坦表面上。自然地,大多数塑料容器至少在一个维度上是弯曲的。

[0101] 此外,为了清楚起见,图1A-1Q的大部分图示都示出了只有两种状态的标记。具体示例包括专利公开US20170024840、20190139176和W0/2019/165364中详述的“稀疏”点标记。其他两态标记包括线条艺术模式,诸如Voronoi、Delaunay、旅行商和砖块,如已公开的申请W0/2019/113471和US20190378235中所详述,并分别显示在图3A、3B、3C和3D中。(Voronoi模式是通过形成闪光网格(此处为三角形),其顶点位于与稀疏点阵列相对应的位置来实现的。Delaunay模式是Voronoi模式的对偶,其中,闪光采用不同边数的多边形形式。旅行商模式是通过定义一个旅行商路径来实现的,该路径访问稀疏点阵列中的每个点。砖块模式是通过在稀疏点阵列中的点位置处放置垂直线段,并在中间位置处形成水平线从而

定义矩形闪光来实现的。)

[0102] 图1A被标记以显示每个水印元素的二元状态。此处的“1”由相对凸起的片段表示;“0”由塑料表面的标称基线标高表示(与所描绘的“1”状态相比,其可被视为相对压低)。塑料表面的标称标高由虚线示出。

[0103] 图1B与图1A类似,但锐角已被倒圆(例如,通过低通滤波)以帮助成形塑料从模具中脱模。这种倒圆可用于任何实施例中,以平滑锐角。

[0104] 图1C示出了一个实施例,其中,状态之间的过渡是倾斜的,并且连续的“1”值包括短暂返回到相反的标称表面水平。图1D是图1C的变体。倾斜的过渡进一步有助于脱模,并有助于光学检测,这具体取决于照明。

[0105] 在一些实施例中,图1B、1C和1D中的凸起的突起中的每个都可以是圆形隆起,在其峰顶处仅具有小的平坦区域或没有平坦区域。

[0106] 图1E示出“1”状态的特征可以是与表征“0”状态的标称平坦表面不平行的表面。图1F是图1E的变体,示出“1”状态不需要抬高;它可以简单地倾斜。

[0107] 图1G示出了一种布置,其中,“1”和“0”状态各自相对于塑料的标称表面在不同的方向上倾斜。(如图所示,倾斜方向可能相差180度,也可能相差90度。)这种倾斜导致光在不同方向上优先反射,使标记对水印读取器更显眼。

[0108] 虽然图1A-1G已经被描述和图示为包括高于标称表面的片段,但是应当认识到,这样的编码可以类似地(并且可能更常见)包括被压在标称表面以下的片段。(水印编码/读取通常与极性无关-向上或向下。)一个示例是形成图3A-3D和图7的模式中使用的线条。也可以自然地使用标高和凹陷的组合。

[0109] 图1H图示了与曲面相关的有利分散现象。对于摄像头和光源的大多数放置,对于曲面,入射光(由较大的箭头示出)将从表面以不同的角度(由较小的箭头示出)反射,其中,一些会朝向摄像头反射,从而产生明亮的闪光。相比之下,对于平坦的表面,基本上所有的入射照明都会在一个方向上反射-最有可能远离摄像头。因此,平坦表面对于摄像头来说通常会显得很暗,而曲面通常会以明亮的闪光为特征。(如果偶然地,平坦表面反射到摄像头,则会发生“反转”,平坦表面比曲面更亮。)

[0110] 图1I示出了与具有凸块和凹坑的表面相关的分散和聚焦现象。凸块的作用如上所述——将入射光分散到很宽的角度范围内。相反,弯曲的凹坑充当聚焦元件。与由凸块引起的分散相比,由凹坑引起的聚焦会导致更多的光在光源的大致方向上反射。假设摄像头相对靠近光源(例如,从照明表面看的角度在10度以内),在摄像头捕获的图像中,凹坑将比凸块更亮。(虚线示出标称塑料表面。)

[0111] (在这里和其他地方,可以理解,光源和摄像头可以放置在不同于图中所示的位置。它们可以相距很近,例如在个位数度内)或相距更远。光线可以直下(90°入射)或倾斜照射表面,诸如入射角为80°、60°、30°或更小。)

[0112] 图1I的布置可以扩展到三个表面特征、凸块、凹坑和平面,如图1J所示。平坦表面将如结合图1H所述进行反射。因此,图1J的布置是可用于三进制信号编码的表面的示例,不同地反射中等量的光(即,由凸块引起的闪光)、大量的光(即,由凹坑引起的聚焦反射)和一个极值(通常是暗的,但有时是亮的,由平坦区域引起)。

[0113] 图1J还图示了表面成形的另一方面,其可用于任何实施例:突起的尺寸不必与凹

痕相似。在该示例中,凸起的凸块比凹坑的深度要高。相关地,凸起的凸块与凹陷的凹坑相比具有更小的曲率半径。情况也可能相反。

[0114] 图1K图示了调节表面高度对反射的光模式几乎没有影响(如果有的话)。通常重要的是表面高度的过渡,即定义表面高度的函数的导数。

[0115] 在图1K中,从塑料表面上的B点入射的光将以与在D点入射的光相同的方向和强度反射。这两个表面处于不同的标高,但平行。相反,在A点入射的光将以与在C点入射的光不同的强度和方向反射。在A点,表面导数为负(高度随着向右移动的增加而减小)。在C点,表面导数为正。假设摄像头位于光源附近,几乎没有入射光会从A点反射回摄像头,而实际上所有入射光都会从C点反射回摄像头。因此,图1K中横截面所示的平底坑具有三个反射区:一个沿平底的区域,一个具有负导数的区域,以及一个具有正导数的区域。如图所示放置光源(和附近的摄像头),摄像头将感测到来自后一个区域的反射闪光,前两个区域没有反射。

[0116] 类似的现象同样来自平顶升高的凸块,如图1L所示。凸块的最左侧有一个正导数,并将一束闪光反射回摄像头。平顶不会将光线反射回摄像头,凸块的最右侧(及其负导数)也不会。

[0117] (可以理解,所描述的结果取决于位于成形表面左侧的光源。如果灯位于右侧,则某些结果会反转。)

[0118] 自然地,可以定制曲线的形状以优化性能,例如,有利于相对于入射光源的特定方向的反射。

[0119] 一般来说,圆形平面外观的凸块和圆点是首选,因为它们倾向于更全方位地反射光线,而不是具有直边的元件形状。

[0120] 尽管有前一句,表面纹理化的另一种有利方法是采用逆向反射特征,诸如在塑料中的3D角反射器形状的凹痕。3D角反射器的特性是光在很宽的入射角范围内反射回其源。图1M以二维形式示出了此属性;它同样扩展到三个维度。

[0121] 角形压痕可以在塑料表面上形成,其中水印应该具有明亮的外观(例如“1”状态),并且可以在水印应该具有暗外观(例如,“0”状态)的地方省略。压痕最深的“点”可以倒圆;重要的是大多数表面范围彼此垂直。

[0122] 图1N示出了一个正方形 $128 \times 128$ 水印元素水印块的片段,示出了16个水印元素。根据被编码的数据(例如,代表“1”信号),有些是用逆向反射3D角反射器缩进的;其他保持平坦(例如,代表“0”信号)。图10示出了采用三角形水印元素的片段,其组织成六边形阵列。同样,根据被编码的数据,有些是用逆向反射3D角反射器缩进的;其他则不是。

[0123] 在变体实施例中,信号平铺的两种状态不是由角反射器或平坦表面表达的。取而代之的是,在每个水印元素的位置处形成一个角反射器。这两种状态的区别在于对定义凹面反射器的三个正交表面(小平面)的处理。“1”状态的特征在于光滑的表面以相对较少的散射反射光。“0”状态的特征在于纹理化(例如,粗糙或哑光)表面以相对较多的散射反射光。第一种类型的反射器是高效的;第二种类型的反射器效率低下。然而对于人类观察者来说,这两种特征使表面具有均匀的纹理本质上是无法区分的。图1P示出了这种布置(粗糙的角反射器由灰色水印元素显示)。

[0124] 如果在塑料中以每英寸75个的密度形成方形水印元素,则每个水印元素在一侧跨越0.0133英寸的区域。因此,每个角反射器凹痕的宽度等于或小于该值。水印元素密度越

高,尺寸越小。

[0125] 自然地,在逆向反射装置中,摄像头应尽可能靠近光源放置,理想情况下使得两者之间的角距离(从传送带看)小于十度。

[0126] 图1P布置中的一些表面的纹理化可以用在其他布置中,包括其他描绘的布置。也就是说,塑料表面的某些区域可能会被粗糙化或哑光处理以增加散射,而其他区域可以保持光滑以提供更多的镜面光反射。在一些实施例中,塑料表面没有用于编码水印数据的凹陷或标高。相反,编码完全通过不同区域的散射纹理化来实现,而不会以其他方式干扰物品的标称形状。

[0127] 图1Q在3D视图中示出了平面的一小部分片段,标有3个稀疏点-此处采用表面凹陷的形式。

[0128] 虽然许多所示表面可以编码两个信令状态,并且一些可以编码三个状态,但更一般地,可以使用多进制编码。

[0129] 图2A示出了另一种形式的三进制编码,其中,信号由-1、0和1元素组成。“-1”表示一个方向的倾斜,“1”表示另一个方向的倾斜,“0”表示其他两个方向之间的中途倾斜。许多其他这样的形式可以自然地设计,例如,通过包括来自标称塑料表面的凹陷,该凹陷反映了图1A-1F的突起。可以使用连续90度角的四种不同的表面倾斜来实现四进制编码。可以通过使用正交编码的四个倾斜以及作为塑料标称表面的第五个状态来实现五进制编码。通过扩展倾斜集可以实现更高阶的多进制编码。

[0130] (与其他图中一样,图2A中的表面可以进行粗糙化处理,例如,采用哑光或磨砂饰面,以将一些光散射到非纯反射方向。)

[0131] 除了多进制编码之外,本技术还适用于所谓的“连续色调”水印,其在两个极值之间具有多种中间状态。通常,参考信号是连续赋值的(或由一组大的量化步长赋值),并且这种参考信号与多进制有效载荷模式表示的总和产生连续色调水印。这些标记中水印元素的连续值可以用局部化表面高度或倾斜度来表示。图2B概念性地图示了这样的标记。

[0132] 刚刚讨论的模式表明,形状延伸到塑料介质的两个表面,例如顶部和底部(或瓶内和瓶外)。有时,仅对一个表面(例如外侧)进行整形,而另一个表面是光滑的。

[0133] 虽然使用成型模具的塑料纹理化最常见,但也可以使用其他成型方法。激光或化学蚀刻就是一个例子,并导致表面标有对应于(通过幅度或倾斜)水印信号的空间变化的凹陷。(激光蚀刻非常适合序列化-其中物品的每个实例都以不同的方式编码。)

[0134] 在一些实施例中,塑料表面被局部处理以呈现哑光或磨砂饰面,而不是有光泽的饰面。在这种情况下,水印本身可以形成为由哑光和有光泽的水印元素组成的模式。哑光纹理是通过对表面进行模塑或以其他方式处理来实现的,以获得表面粗糙度的量度,例如十分之一微米或半微米或更大数量级的垂直变化。

[0135] 在示例性实施例中,塑料水印被定制以避免被销售点扫描仪混淆。如上所述,此类扫描仪的处理能力有限,提取水印标识符的时间有限。可以采取多种措施来帮助防止销售点扫描仪尝试读取塑料水印——这种努力会浪费宝贵的处理时间,并且可能会阻止扫描仪从同一帧中描绘的产品标签中解码产品GTIN。

[0136] 帮助避免销售点扫描仪混淆的一种措施是在塑料水印中使用一个参考信号,该信号不太可能被误认为是打印标签水印中使用的参考信号。这样的参考信号可以通过随机生

成多个候选信号(例如,通过在空间频域中挑选一组随机峰值位置并为每个信号分配随机相位)并测试每个候选信号以评估销售点水印读取器将这种信号误认为是打印标签水印参考信号的可能性来实验开发。然后使用具有最低混淆可能性的候选参考信号。

[0137] 另一种方法是类似的,但涉及在数学上计算一个理论混淆(相关)度量,该度量指示不同候选随机参考信号和打印标签参考信号之间的相似性,并挑选具有最低相关性的候选。

[0138] 本申请人更倾向第一种方法,因为正如一位智者曾经打趣过的那样,理论上理论与实践之间没有区别,但在实践中却有区别。

[0139] 为塑料水印寻找候选参考信号的过程可以通过在信号生成或选择过程中应用不同的约束来辅助。一个是,理想地,塑料参考信号中的任何峰值都不应与打印标签参考信号中的任何峰值相同。可以丢弃具有这种属性的任何随机生成的候选塑料参考信号。

[0140] 图4示出了打印标签水印参考信号在2D傅立叶幅度域中的峰值。塑料水印的参考信号最好没有共同的峰值位置。

[0141] 相关地,在打印标签参考信号中,每个频率峰值落在距原点不同的径向线上。在图4A的放大图中示出了一些频率峰值。希望塑料参考信号中没有峰值位于这些径向线上的任何一条上。(根据查看带水印对象的比例,参考信号峰值同心移向和远离原点,在这些径向线上行进-如果两个参考信号在同一径向线上都有峰值,则可能有混淆的风险。)

[0142] 在这种布置中,可能希望塑料参考信号中没有峰值位于空间频率平面的垂直轴线或水平轴线31、32上。捕获图像的许多其他特征可能具有沿这些轴线集中的信号能量,因此最好避免沿这些轴线出现峰值。

[0143] 打印标签的参考信号是四边对称的-围绕垂直和水平频率轴线镜像,并且出于检测器效率的原因,这种布置可用于塑料参考信号。然而,这不是必需的,并且不表现出该属性的塑料水印的参考信号可能具有较小的混淆风险。

[0144] 虽然最好避免沿垂直和水平轴线的峰值,但通常希望塑料参考信号的峰值以不同的角度放置在径向线上。在四边对称参考信号的每个象限中,四分之一到三分之一的峰值可能在位于水平轴线30度内的不同径向线上,四分之一到三分之一可能在位于垂直轴线30度内的不同径向线上,三分之一到一半可能在位于这两个范围之间的不同径向线上。

[0145] 同样希望塑料参考信号的峰值与原点的距离不同。不喜欢低频点(例如,每块低于20或25个周期),因为缩放可能会导致它们移动到水印读取软件没有寻找峰值的位置(因此是图4中心的空白区域),并且对于高频(例如,每块超过50或60个周期),则互逆。但是在中间的甜甜圈带(图4中的虚线圆圈所示)内,可以使用分配峰值的空间预算,如前一段所述,以确保大致均匀的分布。

[0146] 另一种帮助避免销售点扫描仪混淆的措施是在塑料水印中使用一个参考信号,该参考信号的峰值数量少于打印标签水印中的参考信号。峰值的数量越少,被误认为打印标签水印中的峰值的可能性就越小。

[0147] 一个必然的好处是,在具有较少峰值的塑料水印参考信号中,每个峰值都可以用更多的能量进行编码,因为可用的信号能量预算分布在较少的特征中。由较少强峰值组成的塑料参考信号比由更多和更弱峰值组成的参考信号不太可能导致混淆。

[0148] 进一步防止打印水印和塑料水印混淆的方法是形成不同比例的标记。如上所述,

打印水印通常以每英寸75或150个水印元素形成(即1.7或0.85平方英寸的水印块)。塑料水印可以不同的分辨率形成,诸如每英寸200、250或300个水印元素(即0.64、0.51和0.43平方英寸)。因此,这样做也有助于从弯曲的容器表面检测它们,因为水印模式由于曲率而导致的明显边缘失真随着较小的水印块尺寸而减小。

[0149] 一种用于生成候选塑料参考信号的算法是对要避免混淆的标签参考信号进行傅立叶幅度图,并添加两个外接圆(如图4所示)来定义所有点应居于其中的一个环形空间。然后添加从绘图中心通过每个标签参考信号峰值延伸到外圆的径向线,类似于图4A。最后,在环形空间内进行三角测量,使用标签参考信号峰值作为顶点,以定义不包含任何其他峰值的最大三角形。然后标识环中距离最近的直线(即径向线、三角剖分线以及水平轴线和垂直轴线)最远的一个点,并将其添加到一组候选点中。重复直到标识了所需数量的点。

[0150] 通过对每个候选信号应用不同的随机失真,诸如倾斜、旋转和缩放,以及加性高斯噪声,并确定参考信号检测阶段销售点水印读取器将失真信号误认为是标签水印的参考信号的频率,可以测试不同的候选塑料参考信号与标签参考信号的潜在混淆。在每个候选参考信号都经过数百种不同失真的测试后,一个候选信号通常会优于其他候选信号。(此信号可能会在空间域中由人工审查员进行检查,以检查它是否没有主观上令人反感的属性,但也可以跳过此类审查。)

[0151] 几个候选塑料水印参考信号通过它们的傅立叶幅度图在图5A、5B和5C中示出。图6A、6B和6C示出了它们对应的空间域表示。

[0152] 随着塑料参考信号的空间域表示的“平坦”,与打印标签水印参考信号的混淆趋于减少。因此,根据本技术的另一方面,通过尝试对傅立叶幅度图中不同峰值的不同相位分配,改变塑料水印的每个候选参考信号,以标识最小化空间域表示中的像素的标准偏差的一组相位分配。这是一项非常适合计算机自动化的任务,尝试了十万或一百万组不同的相位分配,以发现产生具有最小标准偏差的空间域模式的一组。

[0153] 虽然图5A-5C(和6A-6C)的参考信号模式是通过实验生成的,例如,使用上面详述的技术,但检查它们与打印标签水印参考模式的相关性发现非常小的相关度 $r$ ,其最大值为 $0.2 > r > -0.2$ (在某些情况下为 $0.1 > r > -0.1$ ),当在整个仿射变换范围内使用打印标签参考模式进行混淆测试时,即在0.5至2.0之间的范围内以0.02为增量,在-90度到+90度之间的旋转范围内以1度为增量,以及在可能平移的每个像素上。

[0154] 两幅图像 $f_1$ 和 $f_2$ (均为 $P \times P$ 像素大小)的相关性可以表示为:

$$[0155] \quad r = \frac{1}{P^2} \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P \hat{f}_1(x, y) \hat{f}_2(x, y)$$

[0156] 应当理解,详细参考信号由等幅的正弦波组成。在其他实施例中,正弦波可以具有不同的幅度,从而为其空间域表示产生更显眼的“编织”状模式。

[0157] 如上所述,参考信号是水印信号的两个元素中的一个,另一个是有效载荷消息的编码表示。这种表示可以通过对有效载荷消息的符号进行卷积编码以生成更长的符号串(例如,1024位)(这可以称为签名)来生成。签名可以通过与相同长度的加扰密钥进行异或来随机化。冗余地表示每个加扰签名位的码片在空间上随机散布在方形阵列,例如 $128 \times 128$ (16,384)个元素中的位置之间,以形成签名阵列。

[0158] 可以通过缩放空间域参考信号来生成连续色调水印,因此其平均像素值为128,然后在每个分量像素值上加上或减去一个偏移值,该偏移值取决于分配给该位置的码片是否为1或0。

[0159] 可以通过各种方法生成稀疏水印,这些方法通常涉及产生间隔点的输出模式。在引用的文件中详细描述了几种方法,并且在下面标题为“示例性水印方法的回顾”的部分中进行了讨论。

[0160] 如上所述和图3A-3D所示,可以将稀疏模式转换成各种基于双调线的表示。另一种这样的模式,称为蛇,如图7所示。它是根据使用Adobe Photoshop和Illustrator执行的以下算法从连续色调水印生成的:

[0161] 具有白色背景的300DPI的单色(灰度)块填充有50%的灰色,并用连续色调水印(参考和有效载荷信号)进行编码。然后使用控件“调整→曝光:默认/曝光:1.05/偏移:-0.075/伽马校正:0.3”对图像进行Photoshop调整。接下来,使用Photoshop控件“过滤→模糊→高斯模糊:半径:3像素;然后过滤→风格化→风力:方法=风力/方向:向右或向左(无关紧要)”应用过滤。然后通过Photoshop控件“图像→调整→阈值:阈值等级:140(+/-5)”对图像进行阈值处理。保存所得的文件,然后在Adobe Illustrator中打开。从图层内部选择刚刚编辑的图像。单击Illustrator用户界面主上部框中的“图像跟踪”按钮,在预览出现后,单击显示“默认”下拉框旁边的“图像跟踪面板”。从图标的顶行,单击“大纲”按钮。呈现预览后,单击显示“跟踪结果”的下拉框旁边的“展开”按钮。这呈现了UI,可以使模式中的笔划大小变得更粗或更细。应用了一些粗体以产生类似于图7的模式。

[0162] 可以看出,这样的模式由多个弯曲段组成(许多段是复合弯曲的,即沿着它们的长度有多个转弯),分散在一个区域中,一些段与其他段相交,而其他段是独立的,并不与其他段相交。

[0163] 现在转向更大的系统,根据本技术的一个实施例的回收设备采用一个或多个摄像头和光源来捕获描绘在废物流中的传送带上行进的带水印的塑料容器的图像。根据实现方式,由摄像头系统成像的传送带区域(即其视场)可能小至约2×3英寸,或大至约20×30英寸或更大,这主要取决于摄像头传感器分辨率和透镜焦距。在一些实现方式中,采用多个成像系统来捕获共同跨越传送带的宽度的图像。(在大量进料系统中,传送带的宽度可能高达5英尺或2米。单选进料系统(一次将一个物品计量到传送带上)更窄,例如12英寸或50厘米宽。1-5米/秒的传送带速度很常见。)

[0164] 图8示出了一种简单的布置,其中,摄像头和光源基本上位于同一位置;也就是说,照明来自距离摄像头观察轴线投影到废物流传送带(即摄像头目标)不到10度的位置。在另一种布置中,光源被定位成倾斜地照射摄像头目标,即,光源被定向在远离摄像头透镜轴线的取向超过50度的方向上,如图9所示。在又一种布置中(图10),采用了相反的照明。也就是说,光源的轴线取向与摄像头透镜的取向相差超过140度。在后一种布置中,表面纹理化会导致塑料表面上的局部阴影,例如,每个塑料突起阻挡光,导致相邻区域以比光入射的区域相对较低的亮度成像。

[0165] 图8-10中的每一个中的摄像头和光源的位置可以互换。在其他实施例中,可以使用多个光源。当然,曝光间隔应该足够短以避免运动模糊。频闪光源有助于避免模糊。光源可以在下方通过物品尺寸允许的情况下尽可能靠近传送带,也可以间隔更大的距离,例

如两英尺或四英尺。

[0166] 图11示出了一种布置,其中,两种不同颜色的光源(红色和蓝色)从摄像头的相对两侧照射摄像头目标-在此示例中为倾斜角度(>50度)。绿色光源与摄像头位于同一位置。图11中的摄像头是RGB摄像头,包括一个2D CMOS传感器,上面覆盖着拜耳模式的滤色器。其原始输出包括红色过滤像素、绿色过滤像素和蓝色过滤像素。因此,三个不同的单色(灰度)图像由来自传感器阵列的对应像素形成,一个在可见光谱的红色部分中描绘废物流,一个在光谱的蓝色部分中描绘废物流,一个在光谱的绿色部分中描绘废物流。

[0167] 图11的布置示出了沿传送带(废物流)运动方向排列的光源。在替代实施例中,光源跨过传送带移动方向而不是与传送带移动方向成一直线。在其他实施例中,第一对红色/蓝色光源沿着传送带运动方向(如图所示)定位,而第二对穿过运动方向定位。光源对被激活用于由摄像头捕获图像的交替帧(其可以是捕获帧,例如,以每秒60或150帧)。一帧由直线排列的红/蓝光源照亮,下一帧由交叉红/蓝光源等照亮。每一帧由绿光源照亮。

[0168] 分析每个所得图像帧的水印数据,从而寻找打印标签水印和塑料水印。在一些实施例中,通过计算每个拜耳单元中的红色和蓝色像素值之间的差异来产生第四图像帧。所得的差值可以被分成两半,并用128的偏移值求和,以确保差值图像的元素在0-255范围内。该差值图像也经过处理以解码任何存在的打印标签或塑料水印。这种布置如图13所示。

[0169] 虽然图13中示出了八个不同的水印读取系统,但某些图像处理可以合并,结果在标签和塑料读取水印系统之间共享。例如,每个红色数据帧都可以由一个公共FFT阶段进行FFT,结果用于标签和塑料读取(同步)。然而,如果两个水印的分辨率不同(例如,150和250WPI),则可能优选完全独立的处理路径。

[0170] 在一个特定实施例中,图像是用 $f/8$ 透镜曝光间隔为20微秒捕获的。设置成像距离,使每个捕获的像素对应于位于传送带上方3英寸处的焦点区域中约1/150英寸的区域。因此,每个像素对应于150WPI的单个水印元素。调整摄像头增益(或从光源到传送带的距离),以使用捕获的8位像素值250描绘传送带上的纯白色物品。

[0171] 成像系统的有效动态范围可以通过采用不同照明强度的区域来扩展。可以像刚才描述的那样照亮正常强度区域,以便白色目标产生250的摄像头像素值。相邻的高强度区域可以以两倍或更高的强度照亮。这样做会使亮区过度曝光,但可以通过更好的亮度等级(即对比度增强)分辨暗的物品。例如,深色打印标签上的水印模式在前面的照明条件下可能显示为5-10范围内的像素值,但在后面的照明条件下可能会出现扩展范围,诸如10-20(或甚至50-100)。

[0172] 在一种特定实现方式中,这种照明变化是单个光源上的透镜的设计参数。例如,LED的线性阵列可能配备线性透镜,该透镜投射出不同强度的模式,其中高强度区位于中心,两侧是正常强度区。当传送带将物品移动通过投射光时,物品上的每个点首先穿过正常强度区,然后穿过高强度区,然后再穿过另一个正常强度区。根据传送带速度、帧速率和照明区域,物品上的每个点在穿过这些区域中的每个区域时可能会成像一次、两次或更多次。

[0173] 在另一种布置中,可以采用两个或更多个不同的光源来提供具有类似效果的较高和较低强度的光区。

[0174] 在图12中描绘的又一布置中,设计成在其照明区域上输出基本上均匀的强度的线性光源120(以侧视图示出)相对于传送带122倾斜,因此从光到传送带的不同区域的长度是

不同的。在这种情况下,照明随距离的衰减产生渐变效果,其中,最靠近光的传送带的区域124被强烈照明,而更远离的区域126被逐渐减弱照明。

[0175] 在一个特定实施例中,捕获的图像帧跨越传送带上更亮和更暗的照明区域。在第一单帧中,物品上的明亮区域将过度曝光,而暗的区域将对比度增强。在另一单帧中,明亮区域会适当曝光,而暗的区域会相对曝光不足。解码器往往会忽略一个或多个过度曝光的区域,因为它没有可以作为选择要分析的补丁的线索的像素值的变化,因此不会分析这样的补丁。解码器同样倾向于忽略一个或多个太暗的区域,因为也缺乏像素变化。因此,在描绘单个物品通过可变照明时的一系列帧中,将倾向于从一个帧(当它落在较亮的照明中时)而不是在另一帧中(当它落在较暗的照明中时)分析较暗的区域。类似地,较亮的区域将倾向于在一帧中进行分析(当它落在较暗的照明中时)而不是在另一帧中(当它落在较亮的照明中时)进行分析。

[0176] 在另一种布置中,使用红光和白光光源。一个或多个红色光源和一个或多个白色光源可以照亮公共区域,或者它们可以照亮重叠或相邻的区域。所有这些照明区域都可以在普通成像摄像头的视场内。

[0177] 在其他布置中,偏振光用于照明。附加地或可替代地,可以在图像传感器处使用一个或多个偏振滤光器,以衰减正交偏振的光。

[0178] 在许多应用中,眩光(来自表面的光的镜面反射)是一种障碍。相反,在本技术的某些实施例中,这种镜面反射在用信号发送水印信息中可能很重要。除了滤除眩光外,还可以使用偏振滤光器来强调信号传达眩光。

[0179] 本技术的一些实施例采用具有偏振滤光器阵列的新颖图像传感器。一个例子是Sony Polarsens图像传感器。像素阵列覆盖有空间对应的偏振器阵列,其由四个不同角度的偏振器(90°、45°、135°和0°)组成。可以分析仅由来自90°偏振传感器的数据组成的图像帧的水印数据。同样,对于其他三个偏振态中的每一个进行图像帧分析。此外,可以计算例如90°“图像”和45°“图像”等之间的差异,并且同样可以分析此类差异图像的水印数据。

[0180] 这款Sony传感器有多种配置可供选择。IMX250MZR是说明性的。它是一个具有2464×2056像素的单色CMOS传感器。彩色对应物是Sony IMX250MYR。

[0181] 人类视觉的敏感性在绿色光谱中特别敏锐,因此如果目标是不可察觉的话,数字数据不太可能在绿色通道中编码。更好的是经过优化以感测数字数据的摄像头使用远离绿色的波长,例如蓝色和红色(在某些情况下延伸到紫外线和红外线)。

[0182] 我们的专利10,455,112详细介绍了一种针对数字水印检测(在非绿色可见波长中)优化的传感器。该专利中详述的一个特定实施例在单色传感器上使用滤色器阵列,其中,每个绿色滤光光电管具有三个品红色滤光光电管。

[0183] 一旦标识出塑料物品,就可以将其从传送带传递到适当的容器中,或通过已知方式传递到其他传送带上,诸如螺线管操作的柱塞、步进电机控制的臂、强制空气喷射器等。示例性分离和分拣机构是技术人员已知的,例如,从专利公开US5,209,355、US5,485,964、US5,615,778、US20040044436、US20070158245、US20080257793、US20090152173、US20100282646、US20120168354和US20170225199中已知。这些机构在这里被称为“分拣转向器”,或简称为“转向器”,它们的操作根据标识的塑料类型进行控制。

[0184] 图14更具体地详述了所涉及的一些数据。

[0185] 在所描绘的实施例中,每个塑料水印传达32位的有效载荷。这个有效载荷可以被分割成不同的字段。一个字段按类别标识塑料类型(例如,ABS、EPS、HDLPE、HDPE、HIPS、LDPE、PA、PC、PC/ABS、PE、PET、PETG、PLA、PMMA、POM、PP、PPO、PS、PVC等)。另一种标识塑料的子类型,例如通过其平均分子量、溶液粘度值或推荐的溶剂,或者通过塑料是用作食品容器还是非食品容器。第三个字段标识塑料的颜色。(有时可以通过光学方式感知颜色。然而,塑料消费品包装越来越多地在容器上印制收缩套,以隐藏其颜色。)第四个字段标识塑料的制造日期,例如按月和年。第五个标识制造国。第六个标识制造公司。自然可以使用更多或更少的字段。其他字段包括是否包装食品(与非食品)、是否多层(与单层)以及是否可堆肥(与仅可回收)。某些字段传达索引或标志(是/否)值。如果需要,可以通过引用数据结构(诸如表或数据库)将每个索引值解析为文字文本、日期字符串或值(或值范围)。

[0186] 在一个说明性实施例中,分拣转向器响应于数据的前三个字段,用于按类型、子类型和颜色分离塑料。记录所有解码的水印数据以提供有关正在处理的废物流的统计数据。

[0187] 打印的标签有效载荷通常传达更长的有效载荷,例如48或96位。内容可能因物品而异,但每个内容通常以GTIN开头,并且可能后跟一个或多个应用程序标识符键值对(例如,指示到期日期、批号、物品重量等)。在一些布置中,没有一个有效载荷表示物品容器中使用的塑料类型。

[0188] 为了确定塑料类型,可以使用数据结构121,诸如表格或数据库。它用于将物品GTIN与有关用于物品容器的塑料的对应信息相关联。也就是说,使用从打印标签水印有效载荷解码的GTIN标识符来查询数据结构,并且系统由此访问标识具有该GTIN的产品的塑料类型、子类型和颜色(如果可用)的先前存储的数据。这种塑料材料信息被提供给控制分拣转向器的逻辑,就像塑料水印的数据一样。

[0189] 从上文中,应当认识到现有技术的技术问题是确保在这种环境的有限时间和处理约束内可靠地读取呈现给销售点扫描仪的产品包装上的GTIN标签水印。详细布置的技术效果是使这种包装能够传达第二水印,以促进回收,而不会由于两个水印中使用的信令协议不同而影响销售点扫描仪对GTIN标签水印的可靠读取。

[0190] 另一个技术问题是确保从快速移动的废物流中的物品中可靠地光学读取水印数据。在一些实施例中,可靠性通过用于捕获废物流中的物品的描绘的成像设备而增强。在一些实施例中,可靠性通过应用于废物流内塑料容器表面的纹理标记的形状而增强。

[0191] 应当认识到,本技术可用于由Pellenc ST、MSS公司、Bulk Handling Systems、National Recovery Technologies公司、Rofin Australia PTY公司、Green Machine Sales公司、Eagle Vizion、BT Wolfgang Binder公司、RTT Steinert公司、S+S Separation and Sorting Technology公司和Tomra Systems ASA销售的废物分拣系统中。这种机器中采用的光学分拣(例如,基于近红外或可见光谱,基于不同塑料的不同吸收光谱等)可以用本技术代替,或者本技术可以结合这些其他方法使用。

#### [0192] 块分析

[0193] 在一个说明性实施例中,传送带由摄像头阵列跨越,每个摄像头以每秒150个的速率提供图像帧。每帧测量1280×1024像素,并跨越测量传送带上约8×6英寸的视场。分析块排列在每个捕获的图像上,并且分析每个块的水印线索,诸如水印参考信号。如果发现水印参考信号,则使用它来标识传送带上带水印的对象的姿势(例如,使用专利US9,959,587和

US10,242,434中详述的技术)。使用姿势信息,图像在检测到参考信号的区域中被重新采样,以提取水印元素数据,然后将其提供给寻求提取水印有效载荷的解码器。

[0194] 尽管本说明书通常涉及处理测量为 $128 \times 128$ 像素(或水印元素)的图像块或补丁,但本申请人发现,通过处理较小的数据集,诸如 $96 \times 96$ 、 $88 \times 88$ 、 $80 \times 80$ 、 $64 \times 64$ 等,通常可以更好地提供详细的布置。(由于废物流中物品的弯曲和压碎,没有多少平面。然而几何同步通常基于平面性假设进行。这被认为是处理小图像补丁可以产生出色结果的原因,即物理失真的非平面影响最小化。)因此,读者应该理解,与水印读取操作相关的对 $128 \times 128$ 的引用仅是示例性的,并且考虑较小的数据集并且通常是优选的。(相比之下,水印编码仍然可以在 $128 \times 128$ 块大小的基础上执行,但解码可以从对较小图像块的分析中提取水印有效载荷。或者编码同样可以基于较小的块进行。)

[0195] 跨每个图像帧排列用于水印读取的分析块可以均匀地或随机地间隔开,或者边到边平铺,或者重叠(例如,每个块与其直接相邻的块重叠20%-80%)。图15示出了示例性块模式,其中,使用 $96 \times 96$ 像素块分析 $1280 \times 1024$ 图像帧,每个块与其相邻块重叠25%。一些块以粗体显示,因为平铺模式使单个块的边界不明确。

[0196] 在一些实施例中,如果在分析块中的一个中发现水印参考信号或其他线索(例如,如下详述),则在同一邻块中检查更密集的分析块集群以获取参考信号,并且如果成功,然后分析有效载荷数据。图16示出了一个示例。原始块在中心以粗线显示。更多的块以75%的重叠围绕它排列(省略在原始块位置阵列中分析的块位置)。同样,为了清楚起见,一些块以粗虚线显示。图17在图15的帧中示出了上下文中更密集放置的块的该区域-位于在最初检查的块中发现水印参考信号或其他线索的地方。

[0197] 在某些回收系统中,传送带的某些地方是空的,摄像头视场中没有任何物品。可以检测有关此类间隙是否存在的线索,从而使处理资源能够应用于更有前景的图像。类似地,仅当对图像的快速评估发现表明可能存在塑料(或表明描绘了传送带以外的东西)的线索时,才可以触发捕获的图像的水印处理。

[0198] 塑料通常以镜面反射或眩光区域为特征,因为塑料表面将入射照明镜面反射到摄像头。这种眩光可以被感知,并且可以作为激活(触发)水印处理的线索。例如,输入图像帧序列(例如,每秒150帧)中的多个块可以分别针对 $2 \times 2$ 像素区域进行分析,其中,像素大小位于传感器的前5%、10%或20%输出范围内(或在描绘传送带该区域的先前块的历史感测像素的类似百分位数内)。任何符合该标准的帧都被分析以获取水印数据。(理想情况下,不仅仅是分析眩光附近的图像片段,因为塑料可能会远远超出该点。)

[0199] 在一个特定实施例中,在检测到眩光像素之前不处理帧的任何部分。发生此事件时,不会触发全帧分析。而是,基于眩光点定位重叠像素块的 $7 \times 7$ 阵列,并分析这些块中的每一个是否存在水印参考信号。块可以重叠其宽度的50%或更多,即比通常的块重叠更多。图18示出了一个示例,其中,块重叠了其宽度的75%。眩光点由密集重叠块中间的“+”标记标识。同样,一些块由粗虚线特别标识,因为部件块的边界不清晰。

[0200] 此外或可替代地,采用除眩光之外的度量来确定图像可能值得进行水印处理。

[0201] 一种称为块触发方法的方法提供了一种线索,该线索可基于传入像素值与历史标称值的比较来帮助区分传送带的空部分和非空部分。

[0202] 一种特定的块触发算法在许多捕获的图像帧上编译从分析块内的子块(诸如图15

中的粗体块中的一个内)中选择的像素值的直方图。每个块可以是 $96 \times 96$ 水印元素(像素,比例为1)。该块在逻辑上被划分为 $4 \times 4$ 子块阵列,每个子块的一侧有24个水印元素(即每块16个子块,每个子块包含 $24^2$ 或576个像素)。来自每个子块的随机选择但静态的25个像素的值被一起平均,以产生每个子块的一个平均像素值(即,在8位灰度中具有介于0至255之间的值)。为每一帧产生一个新的这样的子块平均像素值。

[0203] 特定子块的256个这些平均像素值最终被编译为直方图(即超过256帧)。这些值示出了与空传送带的平均像素值相对应的紧峰值,在与该特定子块(及其特定照明)相对应的传送带位置。

[0204] 当捕获新帧时,将再次计算块内16个子块的值。每个值都根据该块的直方图进行判断。如果新值在直方图显示其尖峰的像素值的几个数字数(例如,1、2、3或4)内,则这算作对子块图像描绘空传送带的结论的投票。为该块的16个子块计算由此产生的16票。如果阈值票数(例如,16个中的11个)得出子块图像描绘空传送带的结论,则该块被推断为描绘空传送带。在这种情况下,将跳过对块的分析。否则,分析块的水印数据。

[0205] 对于每一帧,对摄像头视图内的所有块(例如,图15中所示的所有块)执行此过程。

[0206] (如果图像以更精细的分辨率捕获,即每个水印元素超过1个像素,则可以通过子采样确定每个子块的25个值,例如,通过对靠近25个静态位置的四个或九个更精细像素的值求平均值。可替代地,可以采用最接近25个静态位置中的每一个的单个精细像素的值。)

[0207] 图19示出了在处理了219帧之后一个示例性子块的说明性直方图。x轴显示不同帧的平均像素值,针对该子块计算。y轴显示该子块具有不同平均像素值的帧的计数(“箱计数”)。直方图在20处达到峰值。在相关部分,不同平均像素值的相关bin计数如下:

	平均像素值	帧数
	...	...
	17	4
	18	2
[0208]	19	42
	20	53
	21	35
	22	4
	23	2
	...	...

[0209] 当下一图像帧被捕获时,如果从该子块中的25个静态像素位置计算的平均值等于18、19、20、21或22(即20的峰值, $\pm 2$ ),则子块被视为描绘空传送带。如果该块的16个子块中的另外10个一致,则这被视为该块描绘空传送带的线索。因此,不会对该块执行水印处理。可替代地,如果不存在这样的一致,则这作为块可以描绘塑料物品的线索,并且触发进一步处理。

[0210] 每个直方图都通过定期丢弃数据来保持新鲜,以便为更多数据腾出空间。例如,当与直方图相关联的帧计数器指示已经处理了256个帧,并且子块的256个平均值填充直方图

时,直方图内容将被细化一半,为128个值。这可以通过将直方图中每个平均像素值的箱计数除以二(向下取整)来完成。帧计数器相应地重置,即,重置为128帧。然后在直方图中记录下128帧的平均像素值计数,此时重复细化。通过这种布置,历史像素值的重要性呈指数衰减,从而允许直方图反映最近的数据。

[0211] 对于每个新捕获的帧,该块触发方法为帧中的每个块位置提供关于是否触发水印读取操作的线索。从新捕获的帧导出的平均像素值用于更新对应的直方图,以用于评估后续图像帧中的块。

[0212] (应当认识到,如果足够多的子块具有高于(更亮)和/或低于(更暗)直方图峰值(即,最近的传送带亮度)的平均像素值,则可以触发水印读取。也就是说,塑料对象可以包括暗像素区域以及亮像素区域。两者都帮助告知触发决定。)

[0213] 相关技术进行类似的过程,但基于颜色分布的统计,而不是亮度分布的统计。

[0214] 在块触发算法的一种特定实现方式中,如果对块的进一步分析被触发,并且该分析检测到来自该块的水印参考信号(或解码水印有效载荷),则该块的平均子块像素值数据不会添加到它们各自的直方图中(或者,如果较早添加,则移除此类计数)。这样,直方图就不会受到已知不会描绘空传送带的图像数据的影响。

[0215] 许多回收系统对每帧处理期间可以分析的图像块数量设置了限制-处理预算。例如,限制可以是200个块。可以保留该总数的一小部分,诸如50-75个块,以用于分析密集放置在从中检测到水印参考信号或其他线索的任何块周围的块(例如,如上面结合图15-17所讨论的)。如果从多个块中检测到线索,使得进一步分析块的密集放置将超过200个块的限制,则可以根据线索的值(例如检测到的水印参考信号的强度)分配更多块,其中,这些块看起来最有希望获得相邻分析块的最大分配。

[0216] 如果不是每帧分析所有200个块,电力消耗就会下降,并且一个或多个计算机处理器的热量输出(通常必须由空调抵消的热量输出)也会下降。

[0217] 在变体块触发方法中,每帧花费全部处理预算(例如,150个块分析)。一些块分析如上所述被触发,即,因为16个子块中的11个(或更一般地说,L个子块中的K个)具有在它们各自直方图峰值的几个数字内的平均像素值(超过25个,或更一般地说N个选定像素)。然后根据在块的所有16个子块上求和的各个直方图的所指出的平均子块像素值和峰值之间的差来分配任何剩余的分析块。那些具有最小聚合差异的块被触发进行水印分析,直到达到150个分析块的全部预算。

[0218] 当传送带上的材料负载超过某个阈值时,一些系统会自动或手动启用这种变体方法。在极端情况下,传送带可能几乎完全被遮蔽-在数百个连续帧的间隔内-通过覆盖对象。在这种情况下,与背景传送带亮度相关联的突出峰值将不会从直方图中出现。但是每个直方图仍然会在某处有一个峰值。这种变体块触发方法将采用上述过程将分析块的全部预算分配给图像帧。实际上,这会导致大量随机选择块以用于进行分析。但由于传送带明显挤满了对象,这并不是一个不合理的块选择策略。

[0219] 用于辨别图像可能值得进行水印处理的其他线索采用图像统计,诸如均值、标准偏差和/或方差。

[0220] 图20通过大矩形示出了跨越传送带的图像帧视场。虚线矩形示出了同样跨越传送带的线性LED光源的位置。由于光源或其透镜(或反射器)的取向,照明具有空间强度分布,

如紧靠左侧的图表所示,其显示灯区域的最大强度,在一个方向上急剧下降,而另一个则不那么急剧(在0-100的范围内)。

[0221] 沿传送带行进方向排列的是多条图像补丁,每个条带的大小例如为 $128 \times 128$ 像素。图中只示出了两行,但类似的条带跨越了图像帧。由于灯的照明分布,相邻的条带通常以不同的方式照明。

[0222] (虽然图20中的块不相邻且不重叠,但这是为了说明清楚。在实际实践中,这些块通常是相邻或重叠的。)

[0223] 从每个条带中的这些块中的每一个导出度量,并用作确定图像块与描绘空传送带的图像的相似性的线索。

[0224] 在一个说明性实施例中,为每个块计算特征值 $f$ 并用于标识值得进一步水印分析的区域。通常, $f(\cdot)$ 是块中每个像素的函数。初始化阶段在传送带移动但为空时执行,例如,当分拣系统最初通电时。对多个帧上的每个块计算特征值 $f$ ,并且这些值按条带分组。对于每个条带,从在多个帧上获得的对应样本特征值组估计总体平均值和标准偏差。

[0225] 当此后捕获新图像帧时,为新帧中的每个块计算特征值。对于每个特征值,使用先前估计的包含计算特征值的块的条带的平均值和标准偏差值来计算归一化特征值。归一化特征值计算为

$$[0226] \quad f_N = \left| \frac{f - \mu}{\sigma} \right|,$$

[0227] 其中, $\mu$ 和 $\sigma$ 分别是估计的平均值和标准偏差。如果特征值对于包含传送带的区域具有高斯或广义高斯分布,则归一化特征将具有单调递减的概率分布;较小的值比较大的值更有可能。这些归一化的特征值产生指示新块与该区域中的空传送带数据的相似(或不同)程度的第一度量。较小的值指示与空传送带数据的相似度更高。较大的值指示更多的不同。最大值指示最适合水印读取的块,因为它们与空传送带最不相似。

[0228] 归一化特征度量值被排序,从最大到最小,以标识具有描绘水印对象的最佳前景的块。这建立了水印读取的优先顺序。如果系统处理预算允许每帧分析150个块,则来自具有最高第一度量的150个块的数据被路由用于水印处理。

[0229] 可以使用不同的底层特征 $f$ ,在水印处理中产生不同的效果。说明性实施例包括块均值和块标准偏差。

[0230] 特定特征在区分包含仅包含传送带像素的图像块与其他图像块方面的有效性取决于这两类块的特征的条件分布。对于一些非传送带图像块,特征 $f_A$ 可能无法用于区分块和传送带块,而特征 $f_B$ 可以很好地区分块。对于其他非传送带块,情况可能相反, $f_A$ 可能是首选特征。这导致使用多个特征的另一类实施例。

[0231] 在多个特征实施例中,在初始化阶段为每个特征计算独立的均值和标准偏差估计集合,并且为新图像帧中每个块的每个特征计算对应的归一化特征值。使用组合函数将归一化特征值组合成单个度量值。所得的组合度量值被排序,并且度量值的排序列表形成用于水印处理的优先级列表。

[0232] 组合函数的一个例子是归一化特征值的总和。其他实施例包括更复杂的函数,例如,从传送带块和非传送带块两类的归一化特征分布的统计分析导出。在一些实现方式中使用组合特征值的多项式方程。附加实施例可具有随图像条带而变化的组合函数,以利用

不同图像条带可产生不同归一化特征分布的事实。

[0233] 应当认识到,刚刚描述的布置总是充分利用整个系统处理预算。如果系统预算允许每帧分析150个块,则每帧分析150个块。(和以前一样,可能会有额外块的预留预算,可以基于前150个块的处理结果进行分配。)

[0234] 前述布置可被视为分类器的种类,即分类图像是否可能描绘传送带(或来自塑料的眩光)。许多其他种类的分类器可用于提供控制水印处理的线索。

[0235] 一个这样的替代方案采用神经网络,该神经网络被训练将图像帧(或部分)分类为(a)仅描绘传送带,或(b)不只是传送带,通过用大量标记图像训练网络,以各种方式显示一类或另一类的图像。合适的网络和训练方法在专利公开20160063359、20170243085和20190019050以及Krizhevsky等人在“Advances in Neural Information Processing Systems 2012(神经信息处理系统进展2012)”第1097-1105页的“Imagenet classification with deep convolutional neural networks(利用深度卷积神经网络的图像网络分类)”中有详细说明。其他信息在2017年10月5日提交的共同未决申请15/726,290中有详细说明。

[0236] 如果确定图像或图像补丁可能仅描绘传送带,则不会对此类图像进行进一步分析。(相反,释放的处理器周期可以用于进一步处理其他图像,例如,通过分析附加块,通过尝试使用不同的候选仿射变换进行解码等)。

[0237] 不同的布置提供了对描绘空传送带的图像进行分类的线索,并通过感测特征性的传送带标记将此类图像与其他图像区分开来。例如,传送带通常具有沿传送带行进轴线(传送带方向)拉长的疤痕、污渍和其他条纹模式。在图像中检测到的这种标记主要是低频的。捕获的图像可以进行低通滤波以减少高频噪声,然后可以分析所得的图像以评估不同方向的边缘强度(例如,通过Canny或Sobel算法)。

[0238] 在一个特定实施例中,对 $128 \times 128$ 图像块进行低通滤波,然后用Canny边缘检测器进行检查以评估沿传送带方向运行的梯度强度,以及跨传送带方向运行的梯度强度(例如,通过对垂直和水平图像方向的梯度值求和)。如果补丁描绘了一条传送带,则前一个梯度的总和将大大大于后一个梯度的总和。通过将图像补丁分类为描绘传送带或不描绘传送带,训练逻辑回归器以响应两个强度值。如果它描绘了一条传送带,则不会对此类块进行进一步分析;如果它没有描绘传送带,则可以开始对该块进行进一步的水印分析。

[0239] 在其他实施例中,计算两个累加梯度度量之间的简单比率,并将该值与阈值进行比较,以确定图像块是否描绘了传送带。

[0240] 分拣机有时配备激光系统来检测对象的存在。例如,激光束可以使用旋转镜布置在传送带的广阔区域上扫过,并且用于触发沿另一侧的线性光电检测器阵列的元件的检测。只要每个光电检测器检测到激光束,就知道扫过区域的传送带是空的。这种检查可用于抑制对捕获图像块的分析。

[0241] 可以触发进一步水印分析的另一类线索基于盐中的胡椒粉(或胡椒粉中的盐)模式度量,该度量指示块描绘稀疏点水印的可能性。接下来描述用于计算这种度量的示例性算法。

[0242] 如有必要,输入图像块会被下采样,因此它的比例为1。也就是说,每个水印元素都用一个像素的大小来描绘。我们正在寻找光场中的暗像素-像素异常值。然而,图像对比度

可能大或小,并且整个块的照明可能会有所不同。理想地,计算的度量应该对这些变量具有鲁棒性。为此,我们计算了一个检查像素邻域的度量,并且还考虑了传感器采集噪声。

[0243] 捕获图像中存在的采集噪声是像素值的函数,较高的像素值具有较高的噪声值。多项式函数或参考表可以为每个像素值提供0到255之间的噪声标准偏差值。为了标识具有异常值的像素(例如,在相对较亮像素的区域中相对最暗的像素),针对坐标 $(i, j)$ 处并具有值 $x$ 的主题像素周围的像素邻域通过以下方程计算量度西格玛:

$$[0244] \quad \sigma_{(i,j)} = \frac{x_{(i,j)} - \overline{N_{(i,j)}}}{S(N_{(i,j)})}$$

[0245] 其中,基于多项式或参考表数据, $\overline{N}$ 项是邻域上的平均像素值, $S$ 项是邻域采集噪声的标准偏差。(可以启发式地确定最佳邻域大小。对于一个 $128 \times 128$ 块大小,邻域可以小到 $4 \times 4$ ,或大到 $64 \times 64$ 。一个 $8 \times 8$ 的邻域就是一个例子。可替代地,邻域可以是时间性的,包括在一系列先前捕获的帧(例如,数十个或数百个)中在坐标 $(i, j)$ 处的单个像素的值)。

[0246] 对于比邻域平均值更暗的像素,该西格玛值为负。为了将其视为稀疏标记点,我们设置了西格玛值必须满足,例如 $\sigma_{i,j} < -3$ 的暗度阈值。我们生成一个过滤的图像块,其中,仅包含那些对应的西格玛值满足此测试的像素。所有其他像素被移除(例如,设置为白色,像素值=255)。

[0247] 到目前为止,该过程标识最暗的点,但这样做还包括形成最暗边缘的像素(例如,包括暗文本)。为了仅将我们的水印提取工作集中在稀疏标记点上,我们希望过滤掉未与其他像素分离的像素(形态过滤的形式)。各种技术可用于此任务。一种简单的技术是访问每个暗像素,检查以该图像位置为中心的 $5 \times 5$ 像素区域,并计数该区域中暗像素的数量。如果 $5 \times 5$ 区域中有两个以上的暗像素,则移除中心像素(例如,改为白色)。所得的处理块然后完全由孤立的暗点组成。

[0248] 最后,检查这个处理过的块以计数块边界内剩余的暗点数。该计数用作指示块包含稀疏水印的可能性的度量。

[0249] 可以比较该度量以查看它是否超过凭经验确定的阈值 $K$ (例如, $K=500$ )以标识可能描绘稀疏水印数据的帧。可替代地,帧内的块可以基于它们关联的稀疏度量进行排序,然后可以进一步分析具有最高稀疏度的那些块的水印数据,直到块处理预算限制。

[0250] 可以对该特定算法进行各种简化和修改。例如,一个更简单的过程只是标识块中的一组最暗的像素。(例如,可以标识块中最暗的10%或30%的像素。)该过程然后应用上述形态过滤和计数操作以产生稀疏度量。

[0251] 另一种变体布置通过从先前图像帧中收集的学习来区分潜在的稀疏点和非稀疏点。

[0252] 对于一系列过去的帧,示例性学习过程分析来自例如每帧中的10个块的采样的像素值。每个块被分成子块,例如 $5 \times 8$ 像素的子块。对于每个分析的子块,平均像素值和最小像素值都被确定。

[0253] 在某些子块中,最小像素值将是暗稀疏点的像素值。其他子块不包括稀疏点,因此最小像素值将只是图像内容中非稀疏点(例如,背景图像,用连续色调水印而不是用稀疏水印标记的物品等)中的最低值的像素。

[0254] 从这些收集的统计数据中,我们标识出每个相关联的子块平均值的最小像素值中的最大值(“最大值-最小值”)。例如,如果我们考虑平均像素值为151的所有子块,我们可能会发现在分析的一系列帧中遇到的最小像素值中的最大值是145。在平均值为151的子块中,任何大于145的像素值肯定不是稀疏标记点。因此该值和其他类似观察到的值可以帮助建立阈值以将潜在的稀疏标记点(异常值)与非潜在的稀疏点区分开来。

[0255] 在一个特定实施例中,我们通过最佳拟合线描述所有这些点的集合,该最佳拟合线的特征在于斜率和偏移,例如:

$$[0256] \quad \tau_{\text{Outlier}} = 0.96 * \mu - 1.6$$

[0257] 其中, $\mu$ 是子块的平均像素值。

[0258] 此后,当接收到新的图像帧时,我们计算每个 $5 \times 8$ 像素子块的平均值,并通过最佳拟合线方程确定适用的异常阈值。子块中具有小于该阈值的值的任何像素被标识为候选稀疏点。(例如,如果一个子块的平均像素值为82,我们将该子块中像素值为77及以下的所有像素视为候选稀疏点。)然后我们在块上应用形态过滤器以丢弃连接的点,如前所述,然后计数块中剩余的点数,从而产生稀疏度量。和以前一样,可以针对阈值测试该度量以标识值得进行水印处理的块。可替代地,可以根据该度量对帧中的所有块进行排序,并在此基础上选择进行处理,直到达到块处理预算。

[0259] 在替代实施例中,可以改变上述详细过程以基于暗场中的亮像素(即,胡椒粉中的盐)生成度量。一种这样的改变在执行上述算法中的一个之前简单地反转图像块,用暗代替亮。

[0260] 一些回收系统可能会寻找多种线索来决定对哪些块进行水印分析。例如,可以首先为图像帧中的所有块获得块触发线索,以标识仅描绘传送带的块。然后可以评估每个剩余块以确定稀疏度量,如刚才所述,以评估哪些非传送带描绘块最有希望用于水印分析。

[0261] 当物品由回收系统传送带移动时,它们以线性方式通过一个或多个摄像头,从摄像头传感器的一侧进入视场,并从另一侧离开。一旦在一帧中感测到指示描绘非空传送带的图像块的线索,例如,如上所述,则不仅可以在当前帧中分析图像,还可以在后面的N帧中分析描绘在摄像头视场中连续位移区域的图像。N是摄像头帧速率、传送带速度和摄像头视场跨度的函数。例如,如果摄像头的视场为15英寸,并且传送带以每秒10英尺的速度移动,那么传送带上的任何物品在穿过摄像头的视场时都应该在八分之一秒内可见。如果摄像头每秒捕获60帧,则N可以设置为6(即分析总共七个帧中的对应块)。

[0262] 在一个特定实施例中,重叠分析块的阵列沿着对象首先进入的摄像头视场的一侧定位,并且这些块中的每一个块在每一帧中分析水印参考信号。如果在这些块中的任何一个内发现参考信号或其他线索,则这种检测造成如前所述,以检测块为中心对重叠块簇的进一步分析。根据传送带的速度,该簇在视场中逐帧前进。

[0263] 图21A-21D图示了这种布置。在每个图像帧的物品输入侧分析一行块。(通常不会分析帧内部的块。)在这些边缘块中的一个(以粗体显示)中辨别出水印参考信号或其他线索,在这种情况下,可以针对水印参考信号分析该附近的一簇重叠块。如果检测到水印参考信号,则分析继续尝试从使用从参考信号中提取的仿射参数获得的水印元素数据中恢复水印有效载荷。在连续帧中,在连续位置分析对应的块簇,直到检测到的对象不再在摄像头的视场内。

[0264] 如果前进簇中的一个块检测到水印参考信号或其他线索(例如,图21C中的粗体块),则可以产生以检测块为中心的分析块的补充簇(以虚线显示)。与传送带运动同步,这个补充簇同样可以在原始簇的视场中前进。同时,排列在摄像头视场入口侧的原始块带继续检查每个新图像帧以获取水印参考信号或其他线索。

#### [0265] 优化

[0266] 如上所述,经输送用于标识/分拣塑料物品的传送带以相对较高的速度移动。为了确保足够的照明和景深,需要较小的光圈和较长的曝光时间。这可能会导致运动模糊。

[0267] 该技术的一些实施例在尝试读取水印之前对捕获的图像应用去模糊。可以采用不同的技术,包括通过逆滤波、通过Wiener滤波或通过Richardson-Lucy算法进行解卷积。可以使用经典方法为1D运动估计合适的点扩散函数(PSF)。(PSF本质上表征了在静态曝光期间来自场景中单个点的光对摄像头的每个像素进行曝光的能量大小。)

[0268] 可以采用更复杂的方法,例如,利用颤动快门技术在不同时间、不同间隔对场景进行采样,并使用所得的图像来推导出对未模糊场景的更精确估计。(参见,例如,专利公开US20090277962。)

[0269] 在一个说明性实施例中,在傅立叶域中执行去模糊,其中图像的傅立叶变换除以模糊核的傅立叶变换。在其他实施例中,这样的操作可以在空间(像素)域中执行。

[0270] 在水印有效载荷的卷积解码中,可以采用列表解码。列表解码不是输出单个解码的有效载荷,而是输出一个可能性列表,其中,一个是正确的。这允许处理比唯一解码所允许的更多的错误。然后可以使用CRC数据或有效载荷本身内的约束(例如,已知数据的某个字段的值仅从可能值的子集中提取)来评估列出的多个有效载荷,以标识出正确解码的有效载荷。

[0271] 如上所述,与其试图表征 $128 \times 128$ 水印元素补丁的姿势,不如分析较小的补丁,例如 $96 \times 96$ 水印元素。(如果像在优选实施例中一样,选择摄像头传感器、透镜和成像距离,以便以每个像素大致对应于单个水印元素的面积的比例描绘带水印的对象,则 $96 \times 96$ 水印元素补丁对应于 $96 \times 96$ 像素补丁。)大小为 $128 \times 128$ 的FFT是通过零填充或通过使用方形或高斯窗口处理相邻像素图像以聚焦于中心区域的方式对此补丁执行的。如上所述,专利US9,959,587和US10,242,434中详述的方法用于表征旋转和缩放。然后可以使用'587专利的相位偏差方法确定平移。总的来说,旋转、缩放和平移(仿射参数)描述了原始水印如何在捕获的图像中呈现。

[0272] 相位偏差方法提供指示所分析的图像补丁内检测到的参考信号的强度的度量,即每个参考信号的测量相位和预期相位之间的相位偏差的总和。如果该相位偏差度量低于阈值(度量越低越好),则得出图像补丁包含可读水印的结论。然后进行插值操作-在辨别的仿射参数的指导下,在对应于水印元素位置的点处对图像进行采样,以生成用于有效载荷解码的数据。

[0273] 如上所述,如果断定一个图像补丁包含可读水印,则检查相邻的补丁以确定它们是否也包含可读水印,例如,使用刚刚描述的过程。对于每个这样的补丁,确定一组对应的仿射参数。(通常,每个补丁都由一组不同的仿射参数来表征。)再次进行插值操作,从而生成更多用于有效载荷解码的水印元素数据。

[0274] 和以前一样,相邻的补丁可以是边缘相邻的,或者可以重叠任意数量的水印元素。

[0275] 如果分析小于 $128 \times 128$ 的图像补丁(例如, $96 \times 96$ 或 $64 \times 64$ 水印元素),则并非所有 $128 \times 128$ 水印元素编码位置都可以在每个补丁中描绘(取决于缩放)。尽管如此,在分析的补丁之间标识出对应的位置(使用仿射参数),并且它们的采样水印元素数据被组合(例如,平均或求和)。从而产生一些或所有 $128 \times 128$ 编码位置的水印元素数据的组合计数,并提供给Viterbi解码器以用于提取编码的水印有效载荷。

[0276] 这在图22中示意性地示出。在小图像补丁141(此处仅示为 $8 \times 8$ 水印元素)中检测到参考信号,这导致在相邻的小图像补丁142和143中搜索和发现参考信号。每个都有不同的仿射姿势。水印信号块(未特别示出)跨越的区域比任何补丁都大。

[0277] 对于水印信号块中的一些水印元素,诸如水印元素144,来自单个图像补丁的内插数据被提供给解码器。对于其他水印元素,诸如水印元素145,可以从两个重叠补丁中的每一个获得内插数据。这两个内插值被平均(或求和)并提供给解码器。对于其他水印元素,诸如水印元素146,来自三个补丁的数据被平均(求和)并提供给解码器。对于其他水印元素,诸如水印元素147,没有数据可用于解码器。

[0278] 有时,可以从两个不同(但通常相邻)的 $128 \times 128$ 水印元素水印块中获得特定水印元素的数据。图23以实线示出了两个这样的块。还示出了如上所述进行处理的以虚线表示的两个 $96 \times 96$ 水印元素补丁。根据为这些补丁确定的仿射姿势参数,已知左补丁中圆圈表示的水印元素与右补丁中的圆圈表示的水印元素在空间上对应。两者都传达相同的签名信息码片。在这种情况下,将两个水印元素值求和,以提交给解码器。

[0279] 解码器处理任何可用数据并生成提取的有效载荷(或候选有效载荷的列表)。

[0280] 在一些实施例中,根据关联参考信号的强度度量对由每个图像补丁贡献的水印元素数据进行加权。在其他实施例中,可以采用不同的度量,例如,如专利US10,506,128(其中,它们被称为参考模式强度和线性参考模式强度)中详述的。可替代地,如专利US7,286,685中详述的,可以根据对应的消息强度因子对每个水印元素数据进行加权。

[0281] 刚刚描述的来自图像帧中多个补丁的水印元素数据的累积可以称为帧内签名组合。另外或可替代地,可以使用来自不同图像帧中描绘的补丁的相同或对应水印元素位置的水印元素数据的累积,这可以被称为帧间签名组合。

[0282] 一旦知道补丁的仿射参数(描述补丁中水印的外观),则有效载荷读取可以通过有效载荷相关技术而不是Viterbi解码进行。如果不同的有效载荷的数量很少,例如几十个或几百个,这将特别有用。如果唯一关注的有效载荷是塑料类型数据,并且可能遇到的塑料类型数量有限,则可能会出现这种情况。

[0283] 在一个特定的布置中,产生一组模板,每个模板表达与一种特定类型的塑料相关的水印元素编码。可以从模板中省略所有塑料类型(或大部分,诸如30%)中常见的水印元素,以减少混淆的机会。图像数据与不同的模板相关,以标识与其最强烈对应的一种模式。由于图像已经被确定为包括参考信号(例如,塑料纹理水印的),那么应该存在有限数量的水印元素模式中的一个,使得相关性成为辨别有效载荷的高可靠性方法。

[0284] 塑料瓶越来越多地不再直接打印,而是包裹在经过打印和热收缩以符合瓶子形状的塑料套中。这带来了困难,因为热缩材料通常主要在一个方向(圆周方向)上收缩。打印在这种套筒上的任何水印模式然后通过热收缩而不同地缩放,从而阻碍水印读取。

[0285] 为了解决这个问题,作为迭代搜索的起点以确定水印的仿射变换的一个或多个

“种子”线性变换(在专利US9,959,587和US10,242,434中有详细说明)被初始化为包括差分尺度分量。当从热收缩塑料套筒检测水印时,这允许迭代过程更快地达到对仿射失真的更好估计。

[0286] 有时水印不会从标记的物品中读取,它会在传送带上行进而不会被标识为类型。同时,其他物品会从传送带上弹出,例如放入ABS、HDPE、PET、PETg等的箱中,只留下不明物品。

[0287] 这些不明的物品可能会被收集到它们自己的箱中,并在以后重新处理。读取失败是不寻常的,通常通过改变物品呈现给照明和摄像头的姿势来纠正。通过收集这些物品并进行再加工,它们将在第二次以不同的姿势呈现,然后很可能被标识出来。

[0288] 可替代地,代替收集和重新处理,物品可能翻滚(例如,从一个传送带掉落到另一个传送带上),或碰撞/拖曳(例如,传送带可能穿过悬挂障碍物的帘子)以改变物品的姿势,然后第二个摄像头/照明系统可以收集额外的图像进行分析。

[0289] 在一些实施例中,捕获的图像是通过物品的光透射的函数,而不是简单地来自物品的光反射。图24示意性地图示了这样一种布置,其中,物品短暂地从在一个传送带“飞”到另一个传送带上,向另一侧的一个或多个光源呈现穿过物品的摄像头视图。这种方法可以与之前描述的任何摄像头/照明系统一起使用。基于传送带检测的“线索”同样可以基于此类飞越的零背景检测。

[0290] 用于确定比例和旋转变换以表征图像中水印外观的直接最小二乘法通过连续筛选和细化大量候选变换进行操作,直到只剩下一个。然后是引用的相位偏差过程,从而在图像中建立水印模式的x和y平移。在本技术的某些实施例中,直接最小二乘法不将候选变换降为一;相反,输出两个或更多的顶级候选。相位偏差过程应用于每个候选,从而产生多个候选仿射姿势。选择最佳姿势,该姿势产生每个参考信号的测量相位和预期相位之间的相位偏差的最小总和。通过这种布置,更少的物品在第一次通过设备时未被读取,从而最大限度地减少了再处理的需要。

[0291] 有时,纹理化表面补丁-特别是透明塑料瓶的反射光模式可能会出现颠倒:暗为亮,亮为暗。此外,当从底面读取透明纹理表面时,模式可能会出现翻转(镜像)。因此,在建立比例和旋转之后(无论是通过直接最小二乘法、相关性还是其他方法),图像的多个版本被提交以通过确定x和y平移的过程进行分析(无论是通过相位偏差,还是相关性)。一个版本是颠倒的——白为黑(浅为深)。另一个版本是镜像的(右为左)。另一个是原始图像。其中,只有一个版本将与确定平移的参考信号峰值的已知相位特性正确同步;不会发现为其他版本匹配。同样,这种措施有助于最大限度地增加第一次通过设备时读取的塑料物品的数量,从而最大限度地减少再处理的需要。

[0292] (在一些实施例中,解码器被配置为测试在每个子图块中编码的消息码片的极性(例如,32乘32水印元素,每图块有16个子图块)以评估消息码片是否被反转。这种解码器通过关联子图块的水印信号以检查它是否具有正相关峰或负相关峰来执行测试。负峰值指示信号被反转,并且解码器在将它们与其他子图块的码片聚合之前反转来自这样的反转的子图块的码片。可以与水印信号的已知或固定部分进行相关。)

[0293] 本申请人已经发现有时用不同的成像参数来捕获帧是有利的-每个成像参数都描绘了传送带的公共区域。例如,单个摄像头可以在连续帧中在较短和较长的曝光间隔之间

交替,例如20和100微秒。或者两个摄像头可以捕获传送带公共区域的图像,一个摄像头具有相对较大的光圈(例如, $f/4$ ),另一个摄像头具有相对较小的光圈(例如, $f/8$ )。或者使用不同的曝光间隔。所捕获图像中的所得变化有助于确保与水印编码相关的微小变化很容易检测到,尽管从被成像的物品反射的亮度范围很广。

[0294] 当塑料材料被模制时,材料的第一表面通常与成形模具表面相邻,而相对的第二表面则不是。尽管如此,这个相对的表面仍可以成形,如当真空将材料的第一表面吸入模具中时,第二表面跟随。但是第二表面的物理定义没有那么好;它缺乏高频细节。然而,第二表面可以是由摄像头成像的表面(例如,可能发生在包装肉的炭黑塑料托盘上,该托盘可以自上而下或自下而上地呈现给摄像头)。为了解决这个问题,可以处理一些或所有捕获的帧(或片段)以突出高频细节。

[0295] 在一个示例性实施例中,如果在所分析的块中没有发现参考信号,则该块由反锐化掩模过滤器处理,并且重复分析,期望这样的处理将有助于检测从模制塑料背面描绘的水印参考信号。在另一个示例性实施例中,如果在块中检测到参考信号,但是有效载荷提取失败,则该块由非锐化掩模过滤器处理,并且重新尝试有效载荷提取操作。

[0296] 示例性照明系统由电路板模块250构成,电路板模块250中的一个在图25中示出。每个模块的宽度为10cm,且被配置为可容纳75个Cree XP-E2系列的LED。该系列中的白光LED额定提供220至280流明的光输出,驱动电流为1A,因此75个LED的模块可以产生16,000-21,000流明的输出通量。这些模块是在考虑并排使用的情况下设计的。例如,要跨越1米宽的传送带,可以采用10个或更多这样的模块,从而表明总光输出为160,000-200,000流明或更多。

[0297] 电路板模块被配置为例如通过三组最接近的焊盘252a、252b、252c以三重方式安装LED。每个这样的三重LED适于接收透镜组件254,以将光输出聚焦到传送带的成像区域上。理想地,透镜具有椭圆输出,光在一维上比在垂直维上散布得更多。合适的透镜组件是Carclo Technical Plastics(UK)零件号10510,它将来自Cree LED的输出聚焦成具有45度乘16度的半高全宽光束。宽尺寸沿传送带的宽度定向,而窄尺寸沿传送带的长度(行进方向)定向。通常基于LED模块和带之间的距离以及沿着传送带长度的成像视场范围来选择后一种测量。

[0298] 光照越强,曝光间隔越短(景深越大)。如果曝光间隔为100微秒,并且以每秒150帧的速率捕获帧,则摄像头传感器每秒仅收集0.015秒聚集的光。如果照明系统仅在摄像头捕获曝光的间隔期间运行(频闪),则照明系统以1.5%的占空比运行。在这种情况下,可以在远高于标称指定值1A的驱动电流下运行LED。例如,可以使用3A的驱动电流。通过这样做,光输出进一步增加,例如达到每米带宽300,000流明的数量级。(应当认识到流明是一种基于人类视觉系统灵敏度的度量。通常,在机器视觉中更有用的是以瓦特为单位的照度。流明被用作量度只是因为它对某些人来说更熟悉。)

[0299] LED的光输出会随着温度的上升而减弱。因此,希望保持LED相对冷却。为了帮助实现这一目标,电路板模块可以具有铝或铜基板,并且模块可以使用合适的导热膏热粘合到铝或铜散热器上。散热器可以带有翅片以增加其表面积并增加向环境空气的被动热传递。可替代地或另外地,散热器可以通过强制空气或强制水流来冷却。

[0300] 在一些实施例中,LED都是白色的。在其他情况下,LED都是红色的(例如,Cree零件

号XPEBPR-L1-0000-00D01,其峰值发射在650至670nm之间)。在又一实施例中,模块250包括具有不同光谱的LED。然后提供控制电路以独立地或以不同的组合驱动不同颜色的LED(有时是不同等级的LED)。

[0301] 在一个这样的实施例中,图25中所示的“三元组”中的每一个包括红色LED、绿色LED和蓝色LED。它们分为三个“等级”A、B和C,如图所示。A级红色LED串联切换,A级绿色LED和A级蓝色LED也是如此。同样,B级和C级也是如此。任何一组LED颜色和等级都可以在曝光间隔期间运行-单独或与任何其他一组或多组LED颜色和一个或多个等级组合。这种布置允许在不同光谱下捕获不同的图像帧。例如,可以使用全红色照明捕获一帧,而可以使用绿色或红色+绿色+蓝色(~白色)照明捕获下一帧。

[0302] 在另一个这样的实施例中,并非所有等级都具有相同类型的LED。例如,A级和C级可能具有刚刚描述的红色/绿色/蓝色LED,而B级可能仅具有白色LED,或仅具有红色LED。

[0303] 在另一种布置中,模块250配备有多达九种不同光谱的LED。等级A可以由具有光谱1、光谱2和光谱3的LED占据。等级B可以由具有光谱4、光谱5和光谱6的LED占据。等级C可以由具有光谱7、光谱8和光谱9的LED占据。其中,这些光谱中的一些光谱可能在可见光范围之外,延伸到紫外或红外波长。这允许获取可通过其光谱特征标识对象的数据,如例如本申请人的“光谱ID”专利公开20140293091和2020年1月2日提交的未决专利申请62/956,845中详细说明的。

[0304] 如果摄像头传感器是彩色传感器,例如,彩色滤光片阵列覆盖在单色传感器上,则不同颜色的光电检测器可以捕获不同波长的图像。如果在帧曝光期间红色和蓝色LED都通电,则红色滤光光电检测器将感测660nm附近的图像,蓝色滤光光电检测器将感测465nm附近的图像。从红色中减去蓝色图像会产生一个图像,其中,某些编码标记可能特别容易检测(例如,由于在打印标签图稿中调制以实现编码的颜色通道)。同样,与其他颜色组合。

[0305] 由于塑料表面可能有光泽,因此镜面反射并不少见。也就是说,来自给定位置的光可能主要从表面补丁反射到单个位置。除非摄像头位于该位置,否则表面补丁可能会被成像为暗色,因此难以分析编码的信息。因此,希望从多个方向照亮表面。由并排安装的多个模块250组成的细长灯条在传送带上延伸,在传送带上具有广泛的光分散(45度,使用上述示例中引用的透镜),从而有助于实现这种空间多样性。通过具有两个或更多个这样的灯条,从沿其长度的不同位置照亮传送带,进一步有助于多样性。

[0306] 其他实施例采用光学漫射器布置,如图26A和26B所示。图26A示出了大致圆柱形反射器261的横截面,其轴线延伸穿过传送带的宽度。照明模块的线性阵列262a,如上面讨论的模块250,沿着反射器的一个边缘延伸——向上指向以照亮反射器表面。类似的照明阵列262b同样来自反射器的相对边缘。因此,对于一米宽的传送带,可以实现超过五十万流明的照明。

[0307] 反射器261的表面通常是白色的,但也可以使用镜面或彩色表面。可以在每个照明阵列262a、262b上使用漫射器以将来自LED的照明分散到反射器上。可替代地,可以使用透镜布置,通常具有比前面引用的16度更广泛的散布。例如,可以使用90-120度的散布,以提供反射器的广泛照明。虽然反射器261以横截面示为圆的一部分,但可以使用不同的形状,定制成将来自两个线性照明阵列的光聚焦到延伸穿过传送带的光带263上,以增加摄像头264正在成像的区域的照明。

[0308] 图26B示出了替代布置的横截面,其中,LED模块262c的多个线性阵列延伸穿过带。这些模块262c与模块250的不同之处在于它们不包括透镜。相反,LED照亮塑料漫射器266。可从Curbell Plastics公司以Optix品牌获得合适的漫射器。通过四个或更多的模块阵列262c延伸穿过传送带,对于一米宽的传送带可以实现超过100万流明的照明。

[0309] 此外,或可替代地,镜面反射的问题可以通过使用多个摄像头来减轻,摄像头不仅定位在传送带的宽度上,而且定位在沿其长度的不同位置。两个或更多个这样的摄像头可以定向为从传送带上的公共焦点区域捕获图像。由于视点不同,一个摄像头系统可以成功地从传送带上的对象解码标识符,而另一个正在对同一对象成像的摄像头则失败。

[0310] 除了捕获对象的不同视图以提高解码可靠性之外,使用多个摄像头查看公共区域还可以使用熟悉的立体原理提取关于传送带上对象的3D信息。这提供了可以标识对象的进一步信息。

[0311] 图27示出了沿传送带的长度采用多个光源和多个摄像头的布置。这是示意图。理想地,使用具有大光圈和漫射器的光源,如上文结合图26B所讨论和说明的。

[0312] 图28示出了一种变体布置,其中,使用了单个摄像头,但其视场的一部分(例如,一半)被传送带的不同视图占据,由镜子系统(由粗线显示)中继。经由镜子的路径长度是没有镜子的路径长度的两倍。因此,视场的镜像一半的分辨率是直视的一半,通常需要更高分辨率的传感器。如果整个图像要输入到公共检测模块,则可以对捕获的图像的直视部分进行下采样以匹配镜像视图的分辨率。可替代地,图像的两半可以提供给两个不同的检测器模块,每个检测器模块针对其所捕获图像的一半的特定分辨率进行优化。在任一情况下,如果路径中有奇数个镜子,则希望注意反转图像的镜像反射,或者以预期这种反射的方式分析图像的反射部分。(同样,可以使用前面描述的光源-包括圆顶反射器和漫射器。)

[0313] 理想地,照明源尽可能靠近传送带,以允许最短的摄像头拍摄间隔。然而,必须提供足够的间隙以使物品能够从传送带下方通过。合适的折衷是15-20cm之间的距离。根据传送带上物品的类型,有时可能需要更大的间隙,最多25cm。

[0314] 如前所述,镜面反射有时是一种帮助(例如,感测黑色塑料的纹理编码),有时则是一种障碍。一种有利的布置采用多个可单独操作的光源,这些光源相对于摄像头以配置成使得一个(或多个)被定位以促进镜面反射而另一个(或多个)被定位以避免镜面反射的方式定位。

[0315] 图29中示意性地示出了示例性实施例。光源A的位置和方向设置成使得来自传送带上方7cm的水平表面(例如,塑料物品顶面的标称位置)的镜面反射(箭头AA)将反射到摄像头的透镜(每个入射角=反射角)。相比之下,光源B的定位和定向设置成使得来自这种表面的镜面反射(箭头BB)不会遇到摄像头的透镜。相反,摄像头感测到的来自光源B的光将是由于漫反射。操作光源A和B以照亮不同的帧捕获,从而生成经过优化以分别描绘镜面反射和漫反射的图像帧。

[0316] 理想地,光源B被定位成使得其镜面反射光线BB穿过距摄像头透镜至少10cm,并且优选地超过15或20cm的距离D。

[0317] (虽然图29示出了光源A沿其中心轴线进入摄像头透镜的镜面反射,因此出现在捕获的图像帧的中心,但这不是必需的。所需要的只是来自光源A的镜面反射位于摄像头视场内的某处。)

[0318] 在另一特定布置中,光源A成45度角(如图29所示),而光源B成直下角。

[0319] 在一些实施例中,光源A和B的颜色不同。例如,前者可以是白色、红色、蓝色、紫外线和/或红外线中的任何一种,而后者可以是不同的这种颜色。

[0320] 从图像补丁中准确提取有效载荷签名数据高度依赖于补丁的准确空间配准,即准确评估补丁的仿射姿势,以便水印元素值可以从图像内的精确的原始编码位置中采样。如别处指出的,说明性实施例中的配准是使用由空间频率(傅立叶)域中的峰值星座构成的参考(网格)信号来执行的。

[0321] 如上所述,配准精度可以通过度量(“网格强度度量”或“线性参考模式强度”)进行评估,该度量将每个预期网格信号频率的傅立叶幅度与其4或8个邻居的幅度进行比较,例如通过前者与后者平均值的比值。然后可以将所有网格点的值求和以产生净网格强度度量。

[0322] 为了确保提取的签名数据的准确性,本申请人使用在别处标识的过程来表征图像补丁的仿射姿势,然后迭代一个或多个姿势参数,同时监视网格强度度量的变化以优化仿射姿势。例如,所确定的仿射姿势的x平移参数可以调整十分之一或四分之一水印元素以确定网格强度度量是否增加。如果是这样,则进行进一步的此类调整。如果度量反而下降,则进行相反方向的调整,等等。对y平移参数遵循相同的过程,直到在网格强度参数函数中发现局部最大值。

[0323] 该过程可以基于大小为 $32 \times 32$ 水印元素的图像补丁,每个这样的补丁的姿势被优化以最大化相关网格强度度量的值。在一个特别优选的实施例中,对由16个水印元素重叠的图像的不同 $32 \times 32$ 水印元素补丁进行这种分析。三个这样的 $32 \times 32$ 重叠补丁,281(以粗体显示)、282和283,如图30所示。在这种重叠布置中,每个水印元素都包含在四个重叠的补丁中。一个例子是图30的水印元素285;它包含在补丁281、282、283中,第四个补丁未示出(以避免混淆图示)。

[0324] 以这种方式重叠能够获取对水印元素284(以及所有其他此类水印元素)的价值的四个估计。其值根据补丁281的仿射姿势参数采样一次;根据补丁282的仿射姿势参数对其进行第二次采样;根据补丁283的仿射姿势参数再次采样;并根据第四个补丁的仿射姿势进行第四次采样。

[0325] 如上所述,每个这样的水印元素数据的值最好根据它所在的图像补丁的网格强度进行加权,以累积一个值以提交给Viterbi解码器。由于每个水印元素是在四个重叠补丁中发现的,因此累积四个加权数据的总和并将其作为水印元素值的置信加权估计提供给解码器。

[0326] 已经发现刚刚提到的布置在成功提取有效载荷数据的图像百分比方面产生明显改善。

[0327] 通过暗帧减法技术可以进一步提高成功提取有效载荷数据的图像百分比。在夜间天文学和其他长时间曝光或高ISO摄影中,通过在透镜盖阻挡传感器照明的同时捕获长图像曝光,然后从稍后捕获的图像中减去对应的模式残留来确定固定模式传感器噪声是很常见的。但是本申请人不知道在像本技术一样的极短曝光、高照度环境中使用的任何此类技术。然而,已经发现该方法在解码性能方面有明显的改进。

[0328] 在一种特定方法中,本申请人在摄像头透镜上盖上盖子,并在传感器“暗”、曝光间

隔和模拟增益设置为预期在正常操作期间使用的值的情况下拍摄100张图像。对帧进行平均以减轻热(散粒)噪声。从而产生残余噪声值矩阵(读取噪声和暗噪声的组合),可以从稍后在操作期间捕获的图像帧中减去该矩阵以减少这种固定传感器噪声。(通过这种方法发现了1到12个数字范围内的暗像素值-在许多边缘情况下干扰解码的噪声模式。)

[0329] 在我们的专利US9,544,516中详细介绍了在水印解码之前表征和去除固定模式噪声的附加信息。

[0330] 当然,传感器越大,它就越灵敏,曝光时间也就越短。理想地,传感器在一侧具有大于3.5微米的像素,并且优选在一侧具有大于5微米的像素。理想情况下,将使用像素尺寸为10或15微米的传感器,但成本是一个因素。(一个例子是来自Princeton Instruments的SOPHIA 2048B-152——像素大小为15微米的2K×2K传感器。)一种替代方法是对更高分辨率的传感器使用“合并”,例如,具有5微米像素的2.5K×2.5K传感器,其中,相邻的2×2组像素合并在一起以产生类似于具有10微米像素的1.25K×1.25K传感器的性能。然而,合并会降低传感器分辨率,因此优选使用以其原始分辨率具有适当灵敏度的传感器。

[0331] 如上所述,可以使用单色或彩色传感器。一些打印标签使用“色度”水印进行编码,例如组合使用青色和品红色油墨。这两种油墨具有不同的光谱反射曲线,当被白色(红-绿-蓝)照明照射时,可以减去红色和蓝色(和/或绿色)通道摄像头响应之间的差异,以生成水印信号被加重的图像。(参见,例如专利US9,245,308。)然而,尽管通过这种技术实现了信号增加,但本申请人已经发现,单独用红光照射这种标签并用单色传感器感测,会产生更强且噪声更少的恢复水印信号。(此外,红色LED比例如绿色和蓝色LED更有效-有时是两倍或更多。这转化为更少的热量,如上所述,进而产生更大的光通量输出。)

[0332] 在其他实施例中,打印标签可以用由黄色油墨形成的机器可读数据(例如,稀疏水印模式)编码,以用于对回收相关数据进行编码。

[0333] 关于塑料成形等的更多

[0334] 以下讨论进一步详述了对塑料容器和标签进行编码以携带机器可读标记的技术。包括克服塑料容器设计和生产中引入的某些信号失真的详细信息。

[0335] 简要回顾一下,水印是光学代码,通常包括通常在一个方块中的代码信号元素的二维模式,可以与其他块边对边平铺以跨越一个表面。每个方形阵列都可以看作是一个编码位置“网格”。在一些实施例中,每个位置被标记为代表两个数据中的一个,例如“-1”或“1”。(在其他实施例中,这两个数据可以是“0”和“1”。)

[0336] 本申请人先前引用的文件20040156529描述了如何通过蚀刻带有数据的模式的模具来施加代码信号。在确定携带所需数据的模式后,该模式用于通过在模具中形成塑料来纹理化塑料的表面。对于注塑成型工艺,模具由计算机驱动的蚀刻设备蚀刻。输出网格(阵列)模式中的每个单元对应于例如模具上的250×250微米补丁。如果特定单元的输出网格模式的值为“1”,则在模具表面的对应补丁中会形成凹陷。如果单元中的输出网格模式的值为“-1”代表“0”,则没有形成凹陷,凹陷的适当深度取决于美学考虑。典型的凹陷深度小于半毫米,并且可以是补丁大小(250微米)或更小。所得的模具点蚀模式是输出网格模式的物理表现。当模具用于形成产品容器的表面时,会产生这种模式的底片,每个凹坑都会在容器上形成一个凸起的点。

[0337] 纹理化区域的大小取决于补丁大小和输出网格模式中的行/列数。纹理化区域越

大,可用于解码的“信号”就越多,读取设备的规格也就越不严格。已发现一侧约一厘米的纹理化区域可提供足够的信号。根据应用要求,可以使用更小(或更大)的纹理化区域。

[0338] 除了计算机控制的蚀刻设备之外的技术可以用于根据输出的网格信号来成形模具。可以使用小型计算机控制的铣床。激光切割设备也是如此。

[0339] 虽然前述方法设想容器上已经形成有纹理,但在其他实施例中,容器可以形成有平坦表面,并且假设包装材料是热塑性的,随后施加纹理,如通过加热的压模。

[0340] 为了增强纹理传达的“信号”,可以对应于输出模式网格中的“1”和“-1”值(而不是仅对应于“1”值,如上所述)进行表面变化。因此,凸起区域形成在对应于取“1”值的输出模式单元的补丁中,并且形成对应于取“-1”值的输出模式单元的凹坑。

[0341] 在其他实施例中,纹理化也可以通过在容器已经形成后以期望的输出模式施加到容器的附加材料层来施加。例如,可以在丝网打印过程中施加粘性油墨。丝网有一个开口,其中,输出网格模式的对应单元格具有“1”值,否则没有开口。当粘性油墨通过丝网施加时,小补丁油墨会沉积在丝网不良开口处,而不是其他地方。

[0342] 在这样的实施例中可以采用大于250微米的补丁,这取决于丝网印刷工艺的分辨率限制。结果又是一个带纹理的表面,凸起区域的模式传达了二进制数据有效载荷。

[0343] 可以施加除油墨之外的各种材料以在容器顶部形成纹理化层。热塑性塑料和环氧树脂只是两种选择。

[0344] 在一些这样的实施例中,使用除打印之外的技术将纹理化层施加到容器。例如,可以使用各种光刻技术。一种技术采用光反应聚合物,将其施加到表面,然后通过对应于输出网格模式的掩模进行光学曝光。暴露的聚合物被显影,从而去除材料补丁。

[0345] 在其他实施例中,输出网格模式以两种对比色(例如,黑色和白色)打印到容器表面上。具有“1”值的单元格可以用一种颜色打印,具有“-1”值的单元格可以用另一种颜色打印。在这样的实施例中,二进制有效载荷不是从纹理模式中辨别出来的,而是从对比色模式中辨别出来的。

[0346] 如优先权申请62/814,567中进一步讨论的,本文确定的本申请人的其他专利文件详细说明了在物品上物理实现2D光学代码的其他程序。

[0347] 为了抵消塑料容器的设计和/或制造过程中的信号失真,可以采用多种方法。

[0348] 在第一实施例中,在模具的3D打印期间将信号编码引入容器模具。模具的内表面与容器的外表面接触,被打印成包括微妙的纹理、模式、图像或设计。纹理、模式、图像或设计携带编码的信号。例如,生成原始稀疏水印信号,例如,如公开文件US20170024840、US20190139176和US20190332840中详述的。我们在这里使用术语“原始”表示稀疏水印信号尚未与宿主图像或表面组合。原始稀疏水印用作模板来指导3D打印模具的内表面。模具的表面包括各种凸块和凹坑,它们共同(往往是冗余的)带有原始稀疏水印。

[0349] 让我们看看工作流程。3维(3D)模具是在CAD软件,诸如AutoCad、Photoshop、Solidworks、Materialise或许多其他软件中设计的。CAD软件定义模具的几何形状。例如,模具可以成形为生产水瓶、酸奶杯或其他容器。生成2D编码的信号(例如,稀疏水印)。此时,需要将2D水印信号映射到模具的3D内表面上,优选地以最小化编码的信号的失真的方式。

[0350] 最小化失真的一种方法利用基于预期容器的相对大小的单向预失真。我们将以沙漏形容器为例。这种容器中间的半径小于顶部和底部的半径。如果将2D矩形水印图块映射

到此容器,则容器中间相对于顶部和底部的缩放比例可能不同。因此,水印图块可以在一个空间维度(x轴)上比在另一个空间维度(y轴)上拉伸得更多。这种类型的失真有时被称为差异化的尺度或剪切。考虑原始水印图块是正方形的示例。由于差异化的尺度,正方形可能会扭曲成不等边的平行四边形。差异化的尺度参数定义了这种拉伸的性质和程度。对于水印、检测器,差异化的尺度可能会引起特定问题。当查看具有x和y坐标且x和y边相等的方形嵌入图块时,在应用时,容器中间的x维的长度会减少,而y维的长度通常保持不变。如果中间半径相对于顶部和底部半径约为.75,则x坐标在映射到表面时会缩小约.75\*x,而y坐标大致保持不变(1\*y)。这导致x和y坐标的差异化的尺度,这就像创建约41度的图像捕获角度一样,使得稀疏水印的检测变得困难。

[0351] 在编码方面,解决方案的一个目标是创建一个编码的信号,该信号一旦呈现到模具表面,就处于解码器可检测到的取向范围内。例如,信号优选地在检测器可以发现的一个尺度、旋转和平移状态内。差异化的尺度特别难以重新配准以进行数据提取。为了解决这个差异化的尺度问题,我们努力让图块的x和y坐标在映射到3D表面后保持彼此相似的维度。因此,我们在嵌入之前在1个方向上预失真图块。特别是,我们在y方向上以与任何x方向失真所预期的相似的量对图块进行预失真。结果,在预失真和映射之后,在x和y边方面是相似的维度,尽管导致较小的嵌入图块。放置在表面上的不同图块的y方向可以由每个嵌入位置处的半径的相对大小单独确定。预失真将基于图块放置在3D表面上的位置在整个模具中发生变化。(同样的失真校正过程可用于将标签贴在容器上,例如将热收缩包装标签贴在弯曲容器上时。嵌入文件的y方向可以更改为在热收缩后包含与x方向相同的预期尺度。)

[0352] 另一种最小化失真的方法是利用所谓的UV纹理化(或映射)。UV纹理化利用构成3D对象的多边形,通过2D图像的表面属性(例如,“UV纹理贴图”)进行纹理化。纹理贴图具有坐标U、V,而3D对象具有坐标X、Y、Z。UV映射将UV纹理贴图上的像素分配给多边形上的表面映射。这可以通过复制UV纹理贴图的三角形部分并将其粘贴到3D对象上的三角形上来实现。UV纹理化是一种替代映射系统,它仅映射到对象的纹理空间中而不是几何空间中。呈现计算使用UV纹理坐标来确定如何排列3维曲面。UV纹理化可用于将2D稀疏水印(或其他2D编码的信号)传达到模具的表面上。这里使用稀疏水印作为UV纹理贴图,用于对模具表面进行纹理处理。UV纹理贴图中不同的灰度级可用于指示模具表面纹理深度或高度。所得模具的纹理化表面带有水印信号。

[0353] 如受让人的专利文件US9,182,778(例如,包括用于在检测器中恢复几何变换的直接最小二乘法)、US9,959,587(例如,使用直接最小二乘法进行透视近似,并在坐标更新和相关度量中使用相位估计)和专利10,373,299(例如,使用直接最小二乘法以改善透视失真(倾斜)性能)和文件US10,242,434(例如,使用混合互补方法进行几何配准的检测器,如用于低倾斜角/弱信号的Log polar和用于更高倾斜角的直接最小二乘法)中所述,当在3D打印之前使用上述1维缩放比例或UV纹理映射或当与检测器内的先进解码技术组合使用时使用激光纹理化,可以实现甚至进一步的检测改进。此类检测技术将有助于恢复在模具创建期间失真和/或在使用此类模具制造的容器的图像捕获期间失真的信号。例如,模具创建可能会引入与2D映射到3D对象的表面相关联的第一失真,并且图像捕获可能会引入倾斜、尺度和/或从摄像头角度相对于容器的关系。

[0354] 在更进一步的实施例中,我们利用在本申请人的专利文件中讨论的失真解决技术

来补偿将2D信号映射到3D模具中。参见例如,专利文献US6,122,403、US6,614,914、US6,947,571、US7,065,228、US8,412,577、US8,477,990、US9,033,238、US9,182,778、US9,349,153、US9,367,770、US9,864,919、US9,959,587、US10,242,434和10,373,299。

[0355] 模具的内表面的表面纹理用于在塑料容器中创建编码的信号。纹理是通过在模具表面产生凸块和/或凹坑而创建的,这会在容器上产生凹坑或凸块。例如,对于稀疏水印图块,每个嵌入位置对应于例如模具上的 $n \times m$ 英寸补丁。如果嵌入位置的值为“1”,则在模具表面的对应补丁中形成凹陷。如果嵌入位置的值为“-1”,则不会形成凹陷(或凹坑)。因此,在对应于取“1”值的嵌入位置的容器中形成凸起区域,并且对应于取“-1”值的嵌入位置形成未改变的区域(或凹坑)。当分析标记的容器的图像时,凸块和凹坑将具有不同的反射特性。可以分析这些差异以对编码的信号进行解码。

[0356] 回到工作流程,改变定义模具的几何形状,生成2D编码的信号(例如,稀疏水印),并将水印信号映射到模具的3D内表面,我们生成对应的3D打印机文件格式(例如,STL、OBJ、AMF或3MF)来控制3D打印机。3D打印机根据编码的信号模式打印模具,包括表面纹理。当然,3D打印机需要能够以适应编码的信号模式的分辨率进行打印。例如,如果编码的信号模式对应于每英寸50或100个点,则打印机需要能够复制这样的模式。

[0357] 在其他实施例中,不是使用稀疏水印来引导表面纹理化,而是可以使用神经网络生成的信号或Voronoi、Delaunay或基于点画半色调的信号。专利公开W0/2019/113471和US20190378235中讨论了此类信号。

[0358] 在其他实施例中,通过激光雕刻、蚀刻、压花或烧蚀将编码引入模具表面。当容器形成时,机器可读标记(由模具内的表面拓扑变化携带)被赋予塑料。使用激光雕刻和工具蚀刻可以实现非常精细的纹理模式。最近,模具的激光纹理化已经发展到可以产生不同深度的程度。可以利用多个不同级别的深度来承载不同的信号信息。例如,在信号值项中,第一深度可以表示“1”,而第二深度可以表示“0”,并且第三深度可以表示“-1”。如上所述,UV纹理映射和/或1方向预失真可用于对抗2D到3D的转换。

[0359] 3D打印模具、激光雕刻模具和蚀刻模具的另一个考虑因素是,容器表面信号必须能够在成形过程中幸存下来,不会降低成品容器的性能(例如,创建太薄的区域),并有助于容器从模具中脱模(例如,不要卡在模具中)。例如,如果模具在容器上产生凸块或凸起区域,则模具中对应的凹痕的形状应便于容器从模具中脱模。例如,如果模具包括尖锐而深的凹坑(对应于容器上的尖锐和高凸块),则容器可能无法从模具中脱模。模坑凸块可以在脱模方向上定向成形,例如泪珠状(或罗氏蒙顿状)。或者,凹坑的形状可以与工具、材料类型和/或零件形状的工具释放拔模角相匹配。

[0360] 对于表面纹理带有水印的烧结金属或陶瓷零件,也应进行类似的考虑。水印纹理化块在烧制前必须不变形地脱模,并且水印纹理在烧结过程中会随着水印纹理化块一起变形。可以通过水印信号的预失真来校正预期的变形。

[0361] 在又一个实施例中,水印纹理可以由通过条带位置调制的线性条纹脊形成。包括这种线性脊的模具可以在空间上移动,和/或在尺寸上增加/减小,以表示水印信号。

[0362] 模具生成详细说明

[0363] 一个特定示例采用稀疏水印信号并在点位置处放置形状或结构。代替标记方形点,3D表面拓扑优选地形成有平滑的草皮、凹坑或峰,例如,形状为高斯或正弦状曲线。另一

个示例形成与连续水印信号的峰和/或谷重合的艺术线条或元素特征(如圆形、线条、椭圆等)。另一示例形成了专利公开W0/2019/113471和US20190378235中描述的信号丰富的艺术设计的3D表面模式,举个例子,包括但不限于Voronoi、点画、Delaunay和旅行商模式。在这样的示例中,拓扑被形成为使得表面峰或凹陷的模式的横截面被平滑(例如,以正弦或高斯横截面的形式)。可实现的横截面取决于标记类型(CNC铣削、激光标记、3D打印),并且应设计为确保从模具中正确释放零件。轮廓的平滑应该解决后一个目标。

[0364] 在以下示例中,讨论了将二维数据承载信号转换为模具的设计目标。

[0365] 在选择信号类型(例如,连续与二进制与稀疏)时,各种因素都会发挥作用,诸如正在模制的塑料类型(PET、PP、PE、HDPE、LDPE等)、制造工艺类型(例如吹塑、注塑、热成型等)、模具类型(金属、陶瓷等)、模具制造工艺(蚀刻、雕刻等)、用于检测的摄像头/照明的美学和属性。尤其是,连续信号通常需要在空间和深度(压花、凹印、蚀刻等)上都有更高的分辨率。二进制信号通常在空间上包括较高的分辨率,但在深度方面的分辨率较低。当可用空间和深度分辨率都较低时,如热成型,可以执行稀疏二进制信号。(与热成型相比,吹塑和注塑可提供更好的精度。)

[0366] 另一个要考虑的因素是参考(同步)信号强度和消息签名强度之间的比率。确保相对于同步信号分量足够强的消息信号强度增强了数字有效载荷恢复的可靠性。对于稀疏和二进制标记,可以基于指定的水印分辨率、图像分辨率、点大小、每图块的点数和有效载荷大小启发式地确定同步信号与消息信号的比率。可以为不同类型的塑料、模具等创建一组不同的启发式方法。例如,塑料的特性(例如,片材级、瓶子级和薄膜级PET的固有粘度)可以决定压花塑料多大程度上有益于携带水印信号的频谱特征(例如,低频与高频)。类似的考虑也适用于连续和二进制信号。

[0367] 另一个要考虑的因素是水印信号分辨率。每个信号块(图块)中的水印信号的分辨率应该足够高以实现所需的美感,同时能够从小图块中读取水印有效载荷,以便对象曲率在每个图块上引入较少的几何变形。在一个示例中,推荐的分辨率是每英寸200个水印单元(水印元素)(WPI)或更高。图块尺寸为128×128水印元素,200WPI图块的图块尺寸则为0.64英寸×0.64英寸。

[0368] 除了改进对具有非矩形几何形状的对象检测之外,更高分辨率的水印能够改进对回收流中发现的压平、压碎、变形或切碎的对象检测。

[0369] 降低每个水印图块内的点密度有多种好处。例如,模制对象上的信号模式的可见度较低,这意味着它对对象的视觉质量和美感的干扰较小。对于透明容器,信号模式对容器内的内容物(例如透明塑料水瓶中的水)的视觉影响较小。此外,由于点在对象表面中被转化为凸块或凹坑/草皮/凹口,点越少意味着点间距越小,从而更容易在模具中形成对应的形状。制作模具表面拓扑结构(例如,凸块或凹坑/草皮/凹口)的技术包括例如激光雕刻、蚀刻、放电加工(例如所谓的“火花腐蚀”)。计算机数控(“CNC”)铣削或3D打印。使用CNC铣刀时,应注意确保足够的分辨率。可以使用具有较大标记宽度的标记设备去除表面材料,留下直径小于钻头宽度的轮廓凸块。可以改变钻头形状以实现所需的点表示,包括例如锥形钻头、三角形钻头、圆形横截面、球磨机。此外,草皮可能不需要很深,但可以使用强度变化。间隔更少、更宽的凸块/草皮也使得在模具中平滑凸块和草皮的轮廓变得更加可行。

[0370] 点密度可以表示为点相对于具有最大点覆盖百分比的图块的百分比。水印信号图

块中每个单元格包含点的二进制模式或无点的点覆盖的最大百分比为50%。这意味着图块中一半的单元格(水印元素)用点(例如,暗值)标记。点密度应优选较低以降低可见度,例如10到35(意味着用点标记的图块的5%到17.5%)。

[0371] 上面提到了点的大小。点大小是控制稀疏信号内基本点结构大小的参数。我们以每英寸点(DPI)中的指定图像分辨率表示点大小,例如,600DPI表示每英寸600像素。点大小是一个整数值,表示在给定图像分辨率下沿一个轴线的点尺寸(以像素为单位)。点大小为1表示该点是一个像素。点大小为2表示该点是两个像素(例如,在像素坐标的二维阵列中排列成行、列或沿对角线排列)。例如,600DPI下的点大小1或2转换为42或84微米的点宽度,具有该点宽度的凹陷可以用更大的钻头尺寸(例如,257微米)制作,因为钻头需要它只是部分地压入了铝制模具的表面。

[0372] 点可以是不同的形状。虽然方形点可以很容易地以像素的形式在图像中表示,但可能有更合适的形状和结构来对物理材料(如塑料或金属)中的信号进行编码。示例包括圆形、椭圆形、线条等。较平滑的形状可能比具有尖锐边缘或拐角的形状更容易生产(例如,因为易于制造模具)。

[0373] 不同类型的塑料、模具和模具制造允许在塑料表面进行不同深度的标记,例如更深或更浅。通常,当可以进行更深的标记时,可以使用较低的点密度,而当标记是浅的时,通常采用较高的点密度。更深的标记更有可能经受住工作流程的变更,诸如表面磨损、压平和压碎。

[0374] 被提供用于转换为模具的3D表面拓扑结构的水印图块的图像信号表示可以是矢量或光栅化图像文件,诸如SVG图像格式。可以采用Adobe Photoshop等图像编辑工具、Adobe Illustrator等设计工具或Math Works的MATLAB等信号处理软件生成文件,例如与本申请人Digimarc Corp.的水印工具插件结合使用。

[0375] 在电子图像文件中,点可以是不同的形状。虽然方形点可以很容易地以像素的形式在图像中表示,但不同的形状和结构通常更适合在诸如塑料或金属等物理材料中对信号进行编码。示例包括圆形、椭圆形、线条等。例如,由于易于制造模具,更平滑的形状比具有尖锐边缘或拐角的形状更容易再现。矢量表示能够根据点形状来定义点,这有利于成品的模制产品的美观和模具的性能。模具的性能考虑因素是草皮或凸块的锥形、平滑或轮廓,以便模制零件从模具中脱模。在一个简单的示例中,点具有圆形形状,这有助于成形为铝模具的表面,例如,使用CNC设备。形状的3D结构在易于制造(例如,释放)以及携带编码水印信号所需的调制的诱导光强度变化中起作用。可以通过将所需形状的对象选择性地放置在点位置和/或通过点位置绘制矢量艺术,从而使矢量艺术高度与点位置处的水印信号相关,创建信号丰富的艺术形式(例如,如US20190378235和WO/2019/113471中所讨论的)。

[0376] 图块图像的分辨率(例如,在DPI中)决定了可以在材料中进行的调制的粒度。使用更高分辨率(例如,600DPI)可以在设计可以压印、凹印、蚀刻、铣削、腐蚀等的特征(例如,点或其他结构)时提供更大的灵活性。使用更高的分辨率还为信号形成提供了更大的灵活性,例如,通过在选择禁止区域、点形状、大小等方面留出更多余地来创建稀疏二进制标记。

[0377] 示例性水印方法的回顾

[0378] 在示例性的水印方法中,将多符号消息有效载荷(例如,48个二进制位,其连同24个相关联的CRC位可以表示产品的全球贸易标识号(GTIN)或塑料回收信息)应用于纠错编

码器。该编码器使用纠错方法将消息有效载荷的符号转换为更长的编码消息元素阵列(例如,二进制或多进制元素)。(合适的编码方法包括块代码、BCH、Reed Soloman、卷积码、turbo码等。)编码器输出可以包括成百上千个二进制位,例如1024个,其可以称为原始签名位。这些位可以通过异或与相同长度的加扰密钥进行加扰,从而产生加扰签名。

[0379] 这些加扰签名位中的每一个都调制长度为16的伪随机噪声调制序列(扩展载波),例如通过异或。因此,每个加扰的签名位产生16个“码片”的调制载波序列,从而产生16,384个元素的放大加扰有效载荷序列。根据散射表中的数据,该序列被映射到具有 $128 \times 128$ 个嵌入位置的方块的元素,从而产生2D有效载荷签名模式。(对于 $128 \times 128$ 块中的四个 $64 \times 64$ 象限中的每一个,分散表为每个加扰的签名位分配4个码片。)  $128 \times 128$ 块中的每个位置都与值0和1或黑色和白色相关联,其中位置的约一半具有每个状态。该双峰信号经常映射为以8位灰度值为128(例如,值为95至161)为中心的较大双峰信号。这些嵌入位置中的每一个可以对应于像素的小区域,诸如称为“凸块”的 $2 \times 2$ 补丁,其产生具有 $256 \times 256$ 个像素的尺寸的水印消息块。

[0380] 如上所述,同步分量通常包含在数字水印中,以帮助辨别水印在解码之前已经经受的任何仿射变换的参数,从而可以正确地解码有效载荷。特定的同步分量采用参考信号的形式,该参考信号由傅立叶域中的十几个或更多的伪随机相位正弦波的幅度峰值组成。该信号以 $256 \times 256$ 块大小(例如,通过逆快速傅立叶变换)转换到空间域, $256 \times 256$ 块大小对应于放大的加扰有效载荷序列映射到的 $256 \times 256$ 块。空间域参考信号可以包括介于-1至1之间的浮点值,其可以缩放到-40至40的范围并与 $256 \times 256$ 像素有效载荷块组合以产生最终的水印信号块,例如,值范围从55(即 $95-40$ )到201(即 $161+40$ )。然后将此信号与宿主图像求和,先按比例缩小以使其不显眼。

[0381] 如果这样的水印信号块以每英寸300点(DPI)的空间分辨率打印,则打印的块约为0.85平方英寸。(由于0.85英寸侧边尺寸对应于128个水印元素,因此计算为每英寸150个水印元素。)这些块可以边到边平铺以标记更大的表面。

[0382] 刚刚描述的水印信号可以被称为“连续色调”水印信号。它通常以多值数据为特征,即不只是开启/关闭(或1/0,或黑/白),因此是“连续”绰号。宿主图像(或宿主图像内的区域)的每个像素与水印信号的一个对应元素相关联。图像(或图像区域)中的大多数像素通过与其对应的水印元素组合来改变值。这些变化通常是正面的和负面的,例如,在一个位置向上改变图像的局部亮度,而在另一个位置向下改变图像的局部亮度。并且变化的程度可能不同,一些像素的变化量相对较小,而其他像素的变化量相对较大。通常,水印信号的幅度足够低,以至于它在图像中的存在不会被不经意的观看者注意到(即,它是隐写的)。

[0383] (由于编码的高度冗余特性,一些实施例可以忽略一个方向或另一个方向上的像素变化。例如,一个这样的实施例仅在正方向上改变像素值。通常会在负方向上改变的像素保持不变。)

[0384] 在变体连续色调水印中,信号不会改变图片像素的局部亮度,而是改变它们的颜色。这种水印被称为“色度”水印(而不是“亮度”水印)。例如,在专利US9,245,308中详细描述了一个示例。

[0385] “稀疏”或“二进制”水印不同于连续色调水印。它们不会改变宿主图像(或图像区域)中的大多数像素值。相反,它们的打印密度(有时可能由用户设置)导致在图像中标记约

5%至45%的像素位置。调整通常都在同一方向上进行,例如,降低亮度。稀疏元素通常是双色调的,例如,要么是白色要么是黑色。尽管稀疏水印可能会形成在其他图像之上,但它们通常呈现在空白或以统一色调着色的图片区域中,在这种情况下,稀疏标记可能与其背景形成对比,使不经意的观看者可以看到标记。尽管稀疏标记可以采用看似随机的点场的形式,但它们也可以采用线条结构的形式,如别处详述。与连续色调水印一样,稀疏水印通常采用跨图像区域平铺的信号块的形式。

[0386] 稀疏水印可以通过阈值处理从连续色调的水印中产生。也就是说,求和的参考信号/有效载荷信号块的最暗元素被复制到输出信号块中,直到实现所需的点密度。

[0387] 专利公开US20170024840详述了各种其他形式的稀疏水印。在一个实施例中,信号发生器以两个 $128 \times 128$ 输入开始。一个是有效载荷信号块,其位置填充有二进制(0/1,黑色/白色)扩展的加扰有效载荷序列,如上所述。另一个是空间域参考信号块,每个位置都分配了一个介于-1与1之间的浮点数。标识出这些参考信号位置中最暗(最负)的“x”%,并设置为黑色;其他设置为白色。将两个块的空间对应元素进行“与”运算以发现两个块之间黑色元素的重合度。这些元素在输出块中设置为黑色;其他元素保持白色。通过将“x”设置得更高或更低,可以使输出信号块变暗或变亮。

[0388] 公开US20190332840详述了附加的稀疏编码实施例。一个实施例使用以相对较高的分辨率(例如, $384 \times 384$ 像素)生成的参考信号,以及跨越相对较低分辨率阵列(例如, $128 \times 128$ )的有效载荷签名。后一个信号只有两个值(即它是双调的);前一个信号具有更多值(即,它是多级的,诸如二进制灰度或由浮点值组成)。有效载荷信号被内插为参考信号的更高分辨率,并在此过程中从双调形式转换为多级形式。两个信号以更高分辨率组合(例如,通过加权比率求和),并对结果应用阈值运算以标识极端(例如,暗)值的位置。这些位置被标记为产生(例如, $384 \times 384$ )的稀疏块。阈值水平确定了所得的稀疏标记的点密度。

[0389] 不同的实施例按值(暗度)对参考信号块中的样本进行排序,从而产生最暗的N个位置(例如,1600个位置)的排名列表,每个具有一个位置(例如,在 $128 \times 128$ 元素阵列内)。这N个位置中最暗的位置始终标记在输出块中(例如,400个位置或P个位置),以确保强烈表达的参考信号。N个位置中的其他位置(即N-P或Q个位置)是否被标记,取决于映射到这些位置的消息信号数据的值(例如,通过编码器中的散射表)。稀疏块中不在N个最暗位置中的位置(即,不在P或Q个位置之中)从未被标记,因此它们被解码器肯定地忽略。通过将数字N设置得更大或更小,产生具有更多或更少点的稀疏标记。(该实施例在早先引用的公开20190332840中被称为“第四实施例”。)

[0390] 在生成稀疏标记时,可以对候选标记位置应用间距约束以防止结块。间距约束可以采用圆形、椭圆形或其他(例如,不规则)形状的禁止区域的形式。禁止区域可以具有两个或更多或更少的对称轴线(或没有)。间距约束的强制执行将暗标记添加到输出块,对应的数据存储标识由于间距约束不再可用于可能的标记的位置的数据结构中。

[0391] 在一些实施例中,通过改变空间频率峰值的相对幅度,可以将参考信号调整为具有非随机的外观,使得它们并非都具有相等的幅度。参考信号的这种变化对稀疏信号的外观有相应的影响。

[0392] 稀疏模式可以用各种术语来呈现。最直接的是看似随机的点模式。但是更多的艺术呈现图是可能的,包括上面讨论和说明的那些。

[0393] 在专利公开US20190139176中详细描述了传达水印数据的其他公开的艺术模式。在一种详细方法中,设计师创建候选图片设计或从设计库中选择一个。在这种方法中,以线条或所需形状的小、离散打印结构形式呈现的矢量艺术效果很好。有效载荷被输入到信号发生器,该信号发生器以二维数据信号元素的形式生成原始数据信号。该方法然后根据那些位置处的数据信号元素在空间位置处编辑图片。当生产出具有所需美学质量和坚固性的图片时,将其应用于对象,例如通过激光标记。

[0394] 在受让人的专利公开US20190213705和2019年4月30日提交的未决申请62/841,084中详细介绍了用于生成带有稳健数据信号的可见图片的其他技术。在一些实施例中,神经网络被应用于包括机器可读代码的图像,以在保持其机器可读性的同时变换其外观。一种特定方法使用具有各种特征的风格图像来训练神经网络。然后将经过训练的网络应用于对多个符号有效载荷进行编码的输入模式。网络调整来自风格图像的特征来表达输入模式的细节,从而产生来自风格图像的特征有助于多符号有效载荷的编码的输出图像。该输出图像然后可以用作产品包装中的图形分量,诸如背景、边框或模式填充。在一些实施例中,输入模式是水印模式,而在其他实施例中它是先前已加水印的宿主图像。

[0395] 其他此类技术不需要神经网络。相反,水印信号块(即参考加消息信号)被分解为子块。然后分析风格图像以发现与每个水印信号子块具有最高相关性的子块。来自风格图像的子块然后被拼接在一起以产生在视觉上唤起风格图像但具有模仿水印信号块的信号特征的输出图像。

[0396] 除了在别处引用的参考文献之外,在本申请人先前的专利申请中公开了可以包括在本技术的实现方式中的关于水印编码和读取的细节,这些专利申请包括美国专利文献US5,850,481、US6,122,403、US6,590,996、US6,614,914、US6,782,115、US6,947,571、US6,975,744、US6,985,600、US7,044,395、US7,065,228、US7,123,740、US7,130,087、US7,403,633、US7,763,179、US8,224,018、US8,300,274、US8,412,577、US8,477,990、US8,543,823、US9,033,238、US9,349,153、US9,367,770、US9,521,291、US9,600,754、US9,749,607、US9,754,341、US9,864,919、US10,113,910、US10,217,182和US20160364623,以及2019年2月7日提交的未决美国申请16/270,500、2019年3月6日提交的62/814,567、2019年3月19日提交的62/820,755和2019年12月11日提交的62/946,732。

[0397] 虽然刚刚详述的技术通常在打印水印的上下文中描述,但相同的技术可用于基于3D纹理/形状的水印。二进制标记的稀疏点和线元素可以由3D表面中的突起(或凹陷)表示。

[0398] 类似地,与连续色调水印相关联的像素值的正负变化可以通过3D表面高度的空间变化来表示。在一些布置中,表面仅在一个方向上改变,例如通过从表面向上的突起。在其他布置中,表面可以通过从3D表面向上的突起和向下进入3D表面的凹陷(凹坑)在互逆方向上改变。

[0399] 当表面仅在一个方向上改变时,一种实现方式忽略水印值的负变化;表面仅因正变化而改变。另一种实现方式不考虑水印信号中的正变化;表面仅因负变化而改变。在这两种实现方式中,表面变化可以在正的突起方向上,或者在负的凹陷方向上。

[0400] 在其他实现方式中,连续水印信号的最负变化(极值)映射为没有表面变化,而从这个极值开始的越来越正变化映射为越来越大的表面变化(突起或凹陷)。仍在其他实现方式中,连续水印信号的最正变化映射为没有表面变化,而从该值越来越负的变化映射为越

来越大的表面变化(同样,突起或凹陷)。

[0401] 当表面向两个方向变化时,连续色调水印信号的负值可以映射为表面的凹陷(深度取决于负信号值),而水印信号的正值可以映射为表面的突起(高度取决于正信号值)。在其他实施例中,可以切换极性,水印信号的正值映射为表面的凹陷,反之亦然。最深凹陷的深度和最高突起的高度可以相等,但它们不必相等。平均凹陷深度和平均突起高度同上。深度/高度可以是不对称的,就好像对连续色调水印信号应用了DC偏移。

[0402] 在表面在两个方向上改变的情况下,凹陷和突起都期望地传达水印有效载荷信息(与教导仅一个或另一个传达有效载荷信息的US20180345323的布置不同)。

[0403] 参考图32A和32B讨论了包括可单独寻址的分拣箱(或类别)的回收系统。回收系统包括两级,但功能可以合并为一个级或多个级。一个或多个分拣单元包括一个或多个光源、一个或多个图像捕获单元、水印读取器和控制逻辑。分拣单元从描绘废物流中塑料对象的图像数据中读取数字水印信息。该信息可以指示塑料的类型(例如,聚对苯二甲酸乙二醇酯、高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯等),也可以传达其他对回收有用的信息。根据这种数字水印信息控制转向器和其他机构,以将塑料对象引导到适当的目的地以进行回收或再利用。在第一级,如图32A的左侧所示,塑料对象(或其他容器材料)最初以二进制方式分类,例如分类为编码和非编码类别。非编码类别包括没有可检测到的数字水印的塑料。这可能包括最初不包含水印的塑料,以及任何原始数字水印已经恶化到无法检测的塑料。编码类别包括带有可检测到的数字水印的塑料。

[0404] 编码塑料根据第二级进一步加工,如图32A右侧所示。虽然图32A示出了两个单独的处理级,但第一(图左侧)和第二(图右侧)级的功能可以组合为一个或三个或更多个级。

[0405] 参考图32A和32B,编码塑料以例如1-3m/sec的速度,并且甚至更优选地以5-9m/sec的速度,例如以5m/sec的速度,漏斗注入或以其他方式输送到分拣单元下方或经过分拣单元。在一种实现方式中,编码塑料是单件进给的;在其他实现方式中,编码塑料是多件进给的。

[0406] 分拣单元包括一个或多个光源、一个或多个图像捕获单元、一个或多个水印读取器和控制逻辑。例如,一个或多个光源可以包括一个或多个LED,并且图像捕获单元可以包括一个或多个摄像头或图像传感器阵列。水印读取器操作为从代表编码塑料的图像帧中解码水印。水印读取器向控制逻辑提供解码的水印数据,以控制沿流分拣器路径的可单独寻址的分类转向器。

[0407] 图33A的布置示出了分拣单元的一种实现方式,该分拣单元包括沿着传送带(废物流)运动的方向排列的多个光源。在一个替代实施例中,光源跨过传送带移动方向而不是与传送带移动方向成一直线。在其他实施例中,一个或多个光源沿着传送带运动的方向(如图33A所示)定位,并且一个或多个光源横跨运动方向定位。不同的光源可以被激活用于摄像头的图像捕获的交替帧(其可以是捕获帧,例如,以每秒150、300或500帧)。一帧由一个光源照亮,下一帧由另一个光源照亮,等等。或者如果使用多个图像传感器,或者使用具有两个或更多个彩色滤光片的图像传感器,可以同时激活光源,其中用第一传感器捕获对应于第一光源的图像,第二传感器捕获对应于第二光源的图像,等等。

[0408] 在一个特定示例中,图33A中的三个光源包括红色LED(例如,具有在620nm-700nm之间,称为“在660nm处或附近”的峰值照度)、蓝色LED(例如,具有在440nm-495nm之间,称为

“在450nm处或附近”的峰值照度),以及红外线(或远红)LED(例如,具有在700nm-790nm之间,称为“在730nm处或附近”的峰值照度)。在一个更具体的示例中,红色LED具有在650nm-670nm之间例如在660nm处的窄带中心波长,发射的全宽半高(“FWHM”)等于或低于30nm;蓝色LED具有在440nm-460nm之间例如在450nm处的窄带中心波长,FWHM发射等于或低于30nm;以及红外(或远红)LED具有在720nm-740nm之间例如在730nm处的窄带中心波长,发射的FWHM等于或低于40nm。

[0409] 在图33B所示的分拣单元的另一个特定示例中,两个光源包括蓝色LED(例如,具有在440nm-495nm之间,称为“在450nm处或附近”的峰值照度)和红外LED(例如,具有700nm-790nm之间,称为“在730nm或附近”的峰值照度)。在一个更具体的示例中,蓝色LED具有在440nm-465nm之间,例如在450nm处的峰值照度;并且红外LED具有在710nm-740nm之间,例如在730nm处的峰值照度。

[0410] 在分拣单元的另一个特定示例中,环境光用于照亮编码对象。

[0411] 分拣单元的一个或多个图像捕获单元包括一个或多个摄像头或图像传感器阵列,以用于采集对应于不同LED照度的图像或图像帧。摄像头或图像传感器阵列可以相对于在各种位置的LED定位(反之亦然),例如,如本专利文献中所讨论的。

[0412] 在一种替代实现方式中,参考图33C和33D,传送带在FoV内的每个点优选地被漫射光源从多个方向的每种光颜色照亮。LED光优选地由垂直于传送带行进的至少40度FWHM的透镜聚焦。沿着传送带行进,光优选地来自离摄像头轴约10-25度的至少2个方向(例如,2个灯条)。光可以放置在离传送带至少50cm的地方,以尽量减少近场和远场之间的差异。每个光源都可以聚焦以照亮视场(FoV)。此外,建议在LED透镜顶部进行光漫射,并且首选景深(DoF)至少约为10cm。不建议使用摄像头增益(数字或模拟)来最大化SNR。捕获的图像可以是单色的,例如,具有8位动态范围而无需压缩。

[0413] 图像捕获单元可以包括一个或多个单色摄像头,例如,具有高达每秒300-700帧(FPS)的捕获率、8位或更高动态范围。每秒帧数在某种程度上取决于传送带速度。例如,至少300FPS优选用于3m/sec的传送带速度(例如,允许150FPS的红色LED照明帧+150FPS的蓝色LED照明帧)。但至少500FPS优选用于5m/sec的传送带速度(例如,允许250FPS的红色LED帧+250FPS的蓝色LED帧)。建议的最大摄像头曝光时间对于3m/sec的传送带约为60 $\mu$ s,对于5m/sec的传送带约为40 $\mu$ s。具有全局快门的单色区域扫描摄像头可用于最大限度地减少运动伪影。在该替代实现方式中,如图33C所示,摄像头光轴垂直于传送带。摄像头在传送带处50cm距离处的采样分辨率可以以像素为单位进行测量,例如每英寸150-600像素,或者在一个示例中为170-180PPI。优选地,一个或多个摄像头被定位成使得FoV捕获整个传送带的宽度;如果使用多个摄像头,则至少2cm FoV重叠是优选的。至于传送带长度FoV,优选沿传送带行进方向捕获至少14cm的传送带。我们建议使用f/5.6或更小例如f/8的透镜光圈。

[0414] 光源可以是脉冲的并与摄像头同步,并且可以通过不同颜色的LED混合进行循环。例如:通过首先用730nm LED照明,然后用450nm LED照明,产生2帧;或通过首先混合730nm和450nm,然后与660nm混合,产生2帧。

[0415] 在一个说明性实施例中,分拣单元包括水印读取器或解码器,以分析水印数据的所得图像帧,如图34所示寻找打印标签水印和塑料水印;或者,更一般地说,寻找如图35所示的由塑料携带的一个或多个水印。水印有效载荷数据可用作分拣单元控制逻辑(例如,转

向器控制逻辑)的一个或多个输入。在一种实现方式中,水印有效载荷数据被提供给索引相关信息的数据库,并且相关信息被提供给控制逻辑。转向器控制逻辑控制沿图32B中的路径定位的各种分拣转向器,例如,该路径包括一个或多个传送带、辊或自由落体路径。

[0416] 参考图36A,水印读取器(容纳在图32A和32B中所示的分拣单元内或与其通信)从捕获的图像帧解码数字水印。在一个示例中,解码的数字水印包括GTIN(可能还有其他数据)。为了确定BIN VALUE(箱值),可以使用诸如表或数据库的数据结构122。它用于将物品GTIN与有关编码塑料容器的对应信息相关联。也就是说,使用从数字水印解码的GTIN标识符查询数据结构,并且系统由此访问先前存储的用于具有该GTIN的产品的数据标识,例如BIN VALUE(和其他信息,例如塑料类型、子类型和/或颜色)。BIN值信息可以提供给控制分拣转向器的逻辑。这允许沿着回收路径单独寻址箱。

[0417] 返回到图32B,控制逻辑使用BIN VALUE信息来激活沿废物回收路径的一个或多个分拣转向器,以将编码的塑料物品分拣到某个箱中。考虑一个示例:品牌X生产三种不同类型的塑料容器,包括容器A(用GTIN A编码)、容器B(用GTIN B编码)和容器C(用GTIN C编码)。品牌X对回收这些容器以帮助最大限度地降低材料成本非常感兴趣。数据结构122被更新(图36B)以包括与容器A、容器B和容器C的GTIN相关联的箱位置。分拣单元从传送带上的塑料物品解码包括GTIN B的数字水印。分拣单元使用GTIN B查询数据结构122以发现相关联的BIN VALUE,在本例中为“品牌X,箱B”。控制逻辑使用BIN VALUE激活“分拣转向器-品牌X,箱B”以将相应的塑料物品放置在BrandX的箱B中。控制逻辑可以使用与回收系统相关的其他数据,诸如传送带速度和沿路径的品牌X箱B的物理位置,以确定用于激活“分拣转向器-品牌X,箱B”的时机。如果没有BIN VALUE与特定的GTIN相关联,则对应的塑料容器可以根据材料类型、子类型或数据结构122中包括的其他信息进行分类。可以记录解码的水印数据和相关的分类事件,以提供有关正在处理的废物流的统计数据。

[0418] 从上文中,应当认识到技术问题是二进制级排序(例如,编码或未编码)。但是利用目前公开的技术,可以实现N元排序(或可单独寻址的排序)。这种详细的分类水平可以实现特定于容器的回收,这有助于确保材料纯度并减少原始原材料的使用。

[0419] 图37以图形方式总结了包括图32A和32B中所示的回收系统的生态系统。它明确地设置了容器生命周期的要素,包括将分类良好的捆送入专门的复合材料再加工,最终生产回收衍生供应、准备竞争或抵消原始材料供应。

[0420] 图示的回收系统可以增加有关如何设计由复合材料或多层材料制成的产品的再利用和回收(“循环设计”)的知识。另一个好处是增加了对容器整体环境足迹的了解,包括对温室气体排放的净影响,以及改进复合材料和多层材料的分类、分离和回收。

[0421] 结束语

[0422] 已经参考说明性示例描述和图示了我们的创造性工作的原理,应当认识到该技术不受此限制。

[0423] 例如,虽然所描述的实施例涉及使用可见照明捕获的图像,但这不是必需的。可以替代地使用其他形式的照明,诸如紫外线和红外线。

[0424] 尽管塑料瓶被描述为包括打印水印和纹理水印两者,但是应当认识到,当前的某些技术构成了对纹理水印的改进-不管打印水印的存在与否。因此,例如,使用像图中所示的模式编码有回收信息的塑料瓶是对具有回收数据(该标记往往更显眼并且有损包装美

学)的塑料容器的现有技术标记的改进。类似地,其他改进一般适用于水印,诸如区分空传送带和非空传送带的详细线索。

[0425] 尽管在各种详细实施例中的打印的和纹理化的水印采用包括不同空间频率的峰值的参考信号,但这对于避免混淆不是必要的。在其他实施例中,两种水印都采用包括相同空间频率的峰值的参考信号,在这种情况下,可以使用它们协议的其他属性来区分水印(例如,通过POS终端)。例如,在可变数据中编码的版本位串可用于区分打印的标签水印和纹理化的塑料水印。(在示例性信令协议中,1024位的消息串被形成为(a)指示协议版本的100位串,然后是(b)基于47位有效载荷数据的924位串。这些后面的位是通过将47位有效载荷数据与24个对应的CRC位级联起来而形成的。然后将这71位以1/13的比率进行卷积编码以产生924位。因此,指示协议版本的位串代表了将近10%的信号能量。)或者,一个水印的参考信号可以采用空间频率处的峰值,该峰值是另一个水印的参考信号中使用的峰值的子集。

[0426] 如果两个水印的参考信号共享一些或所有的空间频率峰值,则一个参考信号中的峰值可以被分配与另一个参考信号中的峰值不同的相位,以避免混淆。如果通过峰值相位区分两个水印没有产生足够的假阳性行为,则可以进行额外的测试。例如,可以在捕获图像的两个不同对应物上检查相位两次。这些对应物可以是连续的图像帧,或者它们可以是经过处理以产生两个图像的单个图像帧。例如,可以添加高斯噪声以产生第二图像。或者可以通过从第一图像中丢弃偶数行和列的像素数据来生成第二图像。存在许多这样的可能性。只有当来自两个对应物图像的水印信号的两个基于相位的标识一致时,结果才可信。

[0427] 仍在其他实施例中,两个水印采用不同的加扰密钥、或不同的扩展密钥、或不同的散射表,以避免混淆。

[0428] 在两个水印的参考信号共同采用空间频率峰值的实施例中,可以简化处理布置。例如,两个水印的尺度和旋转同步可以由公共处理级执行,因为这种同步涉及一组公共参考信号峰值。例如,在2019年4月15日提交的专利申请62/834,260和2019年4月16日提交的专利申请62/834,657中有详细说明。

[0429] 在一个特定的检测器中,采用了“超网格”参考信号构造,包括来自两个参考信号的所有峰值。通过与这样的复合参考信号同步来确定输入图像的尺度和旋转。一旦实现了这种同步,就可以直接确定输入图像包括一个参考信号还是另一个参考信号,例如通过检查两个参考信号中的一个所特有的峰值或相位。

[0430] 尽管所描述的实施例采用由傅立叶幅度域中的峰值组成的参考信号,但是应当认识到,参考信号可以在不同的变换域中表现出峰值。

[0431] 相关地,数字水印信号不必为了几何同步目的而包括不同的参考信号。有时,水印信号的有效载荷部分本身具有允许几何同步而不依赖单独参考信号的已知方面或结构。

[0432] 术语“水印”通常表示逃避人类注意的标记,即,是隐写的。虽然隐写水印可能是有利的,但它们并不是必不可少的。在本技术的实施例中可以采用形成明显的、人类显眼的模式的水印。

[0433] 虽然来自图13实施例中的标签水印的GTIN有效载荷数据字段用于访问来自数据库的对应塑料类型等信息,但这不是必需的。标签水印的其他字段可用于此目的,例如,详细说明本文引用的各种数据类型。实际上,将数据库与标签水印结合使用并不是必需的;有效载荷可以直接传达塑料数据,诸如在应用标识符键值对中的一个中。

[0434] 类似地,虽然GTIN信息通常仅在标签水印中编码,但在一些实施例中,塑料纹理水印也可以编码该信息。在这种情况下,可以通过使用将GTIN与此类其他信息相关联的数据结构(诸如表121)获得有关塑料部件或目的地分拣箱的信息。

[0435] 尽管该说明书特别描述了2D图像传感器,但2D传感器不是必需的。图像感测可以改为由线性阵列传感器执行,该传感器以适当的高速率捕获线扫描图像。

[0436] 虽然一些图中所示的表面形状主要采用直线,但这在某种程度上是一种制图权宜之计。通常,表面纹理化会影响弯曲的锥形形状。

[0437] 参考了处理水印元素中指定尺寸的捕获图像的补丁。虽然在评估其尺度之前无法确定补丁的确切水印元素大小(例如,使用引用的直接最小二乘法),但系统可能遇到的每个水印的编码尺度是预先知道的,并且成像距离是固定,因此捕获的像素和编码的水印元素之间的尺度对应是大致已知的,这对于目前的目的来说已经足够了。

[0438] 如引用的参考文献中所述,本文所述的图像处理通常对先前已被“八轴”(或“纵横交错”)滤波的数据执行。在说明性实施例中,八轴滤波的数据可以具有在-8至8范围内的任何整数。

[0439] 在一些实施例中,在表征物品姿势的仿射参数已经被辨别之后,从所捕获的图像中减去参考信号的估计,因为随后参考信号仅用作噪声。然后可以将八轴处理应用于剩余的信号。

[0440] 尽管本说明书反复引用了塑料瓶,但应认识到该技术可与任何物品例如托盘、小袋、杯子、运输容器等结合使用。

[0441] 此外,虽然本说明书的重点是回收利用,但应该理解,相同的技术可用于对塑料和其他容器进行分类以供重新使用。例如,饮料生产商可以通过纹理化对其瓶子进行序列化,每个瓶子都有唯一的标识符。当客户退回瓶子以供重复使用时,清洗和重新灌装瓶子的加工线也可以使用本技术感测序列化标识符,并增加一个计数器来跟踪瓶子已被加工供重新使用的次数。当瓶子达到凭经验确定的使用寿命时(例如,使用30次后),它可以转用于回收。

[0442] 为了获得最佳转向器性能,估计检测到的塑料物品的重心,并且该位置用于控制转向器机构的操作(例如,该位置是压缩空气射流的目标)。水印块的每次检测都用作估计重心的数据点。在一个示例中,每个水印块的中心坐标在检测块的图像的坐标系中确定。这些在x和y方向上的坐标分别被平均,以产生对象在该图像帧内的重心。例如,在图31中,这些坐标的平均值指示靶心所显示的位置。摄像头视场和转向器组件之间的空间关系是已知的,传送带的速度也是已知的,这使得转向器能够在瞬间被激活,并瞄准一个计算出最好地从传送带上转移物品的位置。

[0443] (如果传送带上挤满了对象,可以在平均位置之前检查水印块的有效载荷一致性。如果一个水印表示一种塑料,而附近的块表示一种不同类型的塑料,那么它们被称为标记不同的物品,并且它们的坐标不应该用于共同的平均值。)

[0444] 对象图像也可以提交给卷积神经网络,该网络已被训练以将输入图像分类为描绘属于有限数量类别中的一个的对象,诸如瓶子或扁平对象(例如,带衬垫的塑料运输信封)。从空气喷射转向器排出的空气的压力或方向最好根据这种分类进行控制,以帮助确保对象被适当地转向。例如,扁平对象可以用作用于捕获空气的帆,因此用于转移扁平对象的空气

少于用于转移瓶子的空气(其弯曲表面通常会转移瓶子周围的空气)。

[0445] 在物品被一个或多个摄像头成像的时刻和物品被定位以从传送带转移的时刻之间有很短的时间间隔。此间隔通常足以启用云处理。例如,捕获的图像(或此类图像的衍生物)可以发送到远程云计算服务,例如Microsoft Azure、Google Cloud、Amazon AWS。一个或多个云处理器可以执行本文详述的一些或全部处理,并将结果数据返回到废物处理系统,相应及时地控制转向器。

[0446] 同样,在废物流中,某些物品的有效载荷中确实包含塑料回收代码,而其他物品的回收代码必须从数据库中获取(例如,基于从解码的GTIN标识符中查找),转移之前的短時間间隔允许有时间查阅云数据库,以了解后面的物品所需的回收代码。

[0447] 应当认识到采用本技术各方面的回收系统本身不需要传送带。例如,制品可以通过摄像头系统运输到转向系统,诸如通过辊或通过自由落体。所有此类替代方案均应包含在术语“传送带”中。

[0448] 虽然参考了使用非锐化蒙版过滤器处理捕获的图像,但可以类似地使用其他过滤器(线性或非线性)来强调图像的高频分量(或类似地,去强调低频分量)。

[0449] 尽管大多数详细布置使用灰度图像进行操作,但多通道图像的更大维度可以实现某些性能改进(例如,更可靠的空传送带标识和某些水印解码模式)。如前所述,可以使用RGB传感器。然而,RGB传感器中一半的像素通常是绿色过滤的(由于常见的拜耳滤色器的流行)。使用输出四个(或更多)不同数据通道(诸如R/G/B/紫外线,或R/G/B/红外线,或R/G/B/极化,或R/G/B/白色)的传感器可以获得更好的结果。

[0450] 虽然在塑料物品的上下文中进行了描述,但应当认识到本技术的许多方面适用于其他物品,诸如由玻璃或金属制成的物品。

[0451] 类似地,虽然在数字水印的上下文中描述了该技术,但应当认识到可以使用任何其他机器可读标记,诸如DotCode和点针标记(尽管某些好处,诸如从不同角度来看的可读性,可能受损)。文献US8,727,220教导了二十种不同的2D码,它们可以压印或模制到塑料容器的外表面上。

[0452] 如所指出的,分析一些实施例中的图像块以获得暗示块是否描绘传送带的线索。如果不是,则进行进一步分析,诸如分析水印参考信号的块。在其他实施例中,最初针对水印参考信号的存在分析块,并且这种参考信号的检测用作线索。这种参考信号检测触发进一步分析,诸如针对有效载荷数据的块的分析,和/或针对参考信号的邻近块或后续图像帧中的空间位移块的分析。(通常,检测到的参考信号类型指示相关的水印是否可能属于打印或纹理种类,以便可以应用对应的解码算法。)

[0453] 如上所述,本技术的某些实施例所设想的两种水印在三个方面不同:形式、有效载荷和信令协议。为免生疑问,应理解这些属性中的每一个都是不同的。两种水印的形式可能不同(打印的与纹理化的),但在信令协议和有效载荷方面是相同的。同样,两种水印的有效载荷可能不同,但形式和信令协议相同。类似地,两种水印可能在信令协议上不同,但在形式和有效载荷方面是相同的。(信令协议涵盖了水印的所有方面,除了它的形式和有效载荷之外,例如,包括参考信号、编码算法、输出数据格式、有效载荷长度、语法等。)

[0454] 虽然经常提到形状为方形的水印块,但应认识到打印或纹理化的表面同样可以平铺有其他形状的水印块。例如,六边形蜂窝形状可由三角形水印元素组成。

[0455] 尽管参考使用直接最小二乘法和相位偏差方法检测水印同步(参考)信号来描述该技术,但也可以使用其他技术。一个示例是盘绕的全姿势布置,如专利公开20190266749中所详述。另一种选项是使用脉冲匹配的过滤器方法(例如,与由峰值组成的模板相关),如专利文献US10,242,434和US6,590,996中详述。

[0456] 应当认识到,处理表面以实现哑光或磨砂饰面是3D表面成形/纹理化的一种形式,尽管规模很小。通常,任何改变表面双向反射分布函数(BDRF)的无墨处理在本文中都被视为3D成形/纹理化操作。

[0457] 尽管例如图1H-1L中所示的曲面是球体的截面,和/或横截面是对称的,但这两者都不是必需的。可以更普遍地采用椭圆体的截面和更复杂(更高阶)的表面。一些这样的表面,当被垂直于塑料物品的标称表面的平面剖开时,可能具有非对称形状。事实上,一些这样的表面的特征在于它们没有横截面,垂直于对称的标称塑料表面。

[0458] 特别要注意较早引用的申请62/956,845。该申请详述了当前受让人的不同团队的工作,但处理相同的回收等主题。该申请详述了本申请人打算结合到本技术的实施例中的特征、方法和布置。(同样,本申请人打算将本技术的特征、方法和布置结合到‘845技术的实施例中。)因此,例如,使用确定性和概率性方法标识对象、触发对象特定分析例程(例如,污染分析)等在所引用的申请中详细描述并且同样在本技术的实施例中发现该申请。应同时阅读该申请和本申请,以更全面地了解主题技术。(仅在遵守专利法要求说明书必需“简洁”的情况下,此处并未全面复制该申请。)

[0459] 应当理解,上面详述的方法和算法可以使用采用一个或多个处理器、一个或多个存储器(例如RAM)、存储(例如磁盘或闪存)、用户界面(其可以包括例如,键盘、TFT LCD或OLED显示屏、触摸或其他手势传感器,以及用于提供图形用户界面的软件指令)、这些元件之间的互连(例如总线)以及用于与其他设备通信的有线或无线接口的计算机设备执行。

[0460] 上面详述的方法和算法可以在各种不同的硬件处理器,包括微处理器、ASIC(专用集成电路)和FPGA(现场可编程门阵列)中实现。也可以采用这种布置的混合。

[0461] 通过微处理器,本申请人是指一种特定结构,即多用途、时钟驱动集成电路,包括整数和浮点算术逻辑单元(ALU)、控制逻辑、寄存器集合和暂存器存储器(又名高速缓存存储器),其通过固定总线互连进行链接。控制逻辑从外部存储器获取指令代码,并启动ALU执行指令代码所需的一系列操作。指令代码取自有限的指令词汇表,该表可被视为微处理器的本机指令集。

[0462] 上述详细过程中的一个在微处理器上的特定实现方式,诸如从捕获的图像中的水印参考信号中辨别仿射姿势参数,或解码水印有效载荷数据,首先涉及以高级计算机语言定义算法运算的序列,诸如MatLab或C++(有时称为源代码),然后使用商用编译器(诸如英特尔C++编译器)从源代码生成机器代码(即本机指令集中的指令,有时称为目标代码)。(本文中源代码和机器码均被视为软件指令。)然后通过指示微处理器执行编译的代码来执行该过程。

[0463] 许多微处理器现在是几个更简单的微处理器(称为“内核”)的合并。这种布置允许并行执行多个操作。(某些元件,诸如总线结构和高速缓存可能会在内核之间共享。)

[0464] 微处理器结构的示例包括Intel Xeon、Atom和Core-I系列器件,以及来自ARM和AMD的各种型号。在许多应用中,它们都是有吸引力的选择,因为它们是可用的部件。实现方

式无需等待定制设计/制造。

[0465] 与微处理器密切相关的是GPU(图形处理单元)。GPU类似于微处理器,因为它们包括ALU、控制逻辑、寄存器、高速缓存和固定总线互连。然而,GPU的本机指令集通常针对图像/视频处理任务进行了优化,诸如将大块数据移入和移出内存,以及同时对多组数据执行相同的操作。通常还支持其他特殊任务,诸如将顶点数据阵列旋转和平移到不同坐标系以及插值。GPU硬件的领先供应商包括Nvidia、ATI/AMD和Intel。如本文所使用的,本申请人打算提及微处理器也包括GPU。

[0466] 由于正在处理的数据的性质以及并行性的机会,GPU是执行某些详细算法的有吸引力的结构选择。

[0467] 虽然微处理器可以通过合适的软件重新编程,以执行各种不同的算法,但ASIC不能。虽然今天可以对特定的英特尔微处理器进行编程以从水印参考信号中辨别仿射姿势参数,并在明天进行编程以准备用户的纳税申报表,但ASIC结构不具备这种灵活性。相反,ASIC的设计和制造是为了服务于专门的任务。它是专门建造的。

[0468] ASIC结构包括一系列电路,这些电路是定制设计来执行特定功能的。有两大类:门阵列(有时称为半定制)和全定制。在前者中,硬件包括(通常)在扩散层中制造并散布在硅衬底上的数百万个数字逻辑门(例如,XOR和/或AND门)的规则阵列。然后应用定义定制互连的金属化层,其在固定拓扑中永久链接某些门。(这种硬件结构的结果是许多制造的门-通常是大多数-通常未被使用。)

[0469] 然而,在全定制ASIC中,门的排列是定制设计的,以满足预期目的(例如,执行指定的算法)。定制设计更有效地利用可用衬底空间,从而允许更短的信号路径和更高的速度性能。也可以制造全定制ASIC以包含模拟部件和其他电路。

[0470] 一般而言,与采用微处理器的实现方式相比,基于ASIC的水印检测器和解码器的实现方式提供更高的性能,并消耗更少的功率。然而,缺点是设计和制造为一种特定应用量身定制的电路需要大量的时间和费用。

[0471] 使用ASIC(例如,用于从捕获的图像中的水印参考信号中辨别仿射姿势参数或解码水印有效载荷数据)的任何上述过程的特定实现方式再次开始于在源代码诸如MatLab或C++中定义操作序列。然而,源代码不是编译为多用途微处理器的本机指令集,而是使用编译器如HDL Coder(可从MathWorks获得)编译为“硬件描述语言”,如VHDL(一种IEEE标准)。然后将VHDL输出应用于硬件综合程序,诸如Synopsys的Design Compiler、Mentor Graphics的HDL Designer或Cadence Design Systems的Encounter RTL Compiler。硬件综合程序提供指定特定电子逻辑门阵列的输出数据,这些电子逻辑门将以硬件形式实现该技术,以作为专用于此目的的专用机器。然后将此输出数据提供给半导体制造承包商,该承包商使用它来生产定制的硅零件。(合适的承包商包括TSMC、Global Foundries和ON Semiconductors。)

[0472] 可用于执行上述详细算法的第三种硬件结构是FPGA。FPGA是上面讨论的半定制门阵列的表亲。然而,不是使用金属化层来定义通用门阵列之间的固定互连,而是由可以电气配置(和重新配置)为开或关的开关网络定义互连。配置数据存储在外存储器中并从中读取。通过这样的布置,逻辑门的链接,并因此电路的功能可以通过从存储器加载不同的配置指令而随意改变,这些指令重新配置这些互连开关的设置方式。

[0473] FPGA与半定制门阵列的不同之处还在于它们通常不完全由简单的门组成。相反，FPGA可以包括一些配置为执行复杂组合功能的逻辑元件。此外，可以包括存储器元件（例如，触发器，但更典型的是完整的RAM存储器块）。A/D和D/A转换器也是如此。同样，表征FPGA的可重新配置互连使此类附加元件能够合并到更大电路中的所需位置。

[0474] FPGA结构的示例包括Intel的Stratix FPGA和Xilinx的Spartan FPGA。

[0475] 与其他硬件结构一样，在FPGA上实现上述详细过程始于用高级语言描述过程。并且，与ASIC实现方式一样，接下来将高级语言编译为VHDL。但是，互连配置指令是由特定于正在使用的FPGA系列（例如，Stratix/Spartan）的软件工具从VHDL生成的。

[0476] 前述结构的混合也可用于执行详细算法。一种采用集成在衬底上的微处理器作为ASIC的部件。这种布置被称为片上系统(SOC)。类似地，微处理器可以是可用于与FPGA中的其他元件进行可重新配置互连的元件中的一个。这种布置可以被称为可编程芯片上的系统(SORC)。

[0477] 另一种类型的处理器硬件是神经网络芯片，例如Intel Nervana NNP-T、NNP-I和Loihi芯片、Google Edge TPU芯片和Brainchip Akida神经形态SOC。

[0478] 用于在所选硬件上实现详细功能的软件指令可由技术人员编写，无需根据本文提供的描述结合相关数据进行过度实验，例如，用C、C++、Visual Basic、Java、Python、Tcl、Perl、Scheme、Ruby、Caffe、TensorFlow等。

[0479] 软件和硬件配置数据/指令通常存储为一种或多种数据结构中的指令，这些数据结构由诸如磁盘或光盘、存储卡、ROM等可通过网络访问的有形介质传达。一些实施例可以被实现为嵌入式系统，操作系统软件和应用软件对用户来说是不可区分的（例如，在基本蜂窝电话中通常是这种情况）的专用计算机系统。本说明书中详述的功能可以在操作系统软件、应用软件和/或嵌入式系统软件中实现。

[0480] 不同的功能可以在不同的设备上实现。不同的任务可以由一个或另一个设备专门执行，或者可以在设备之间分配执行。同样，对存储在特定设备上的数据的描述也是示例性的；数据可以存储在任意地方：本地设备、远程设备、云端、分布式等。

[0481] 在专利文献US4644151、US5965858、US6390368、US20060070928、US20140305851、US20140365381、US20170225199、US20180056336、US20180065155、US20180349864和US20190030571中教导了其他回收布置。本技术的替代实施例采用来自这些引用文献的特征和布置。

[0482] 本说明书已经讨论了各种实施例。应当理解，结合一个实施例详述的方法、元素和概念可以与结合其他实施例详述的方法、元素和概念进行组合。虽然已经特别描述了一些这样的布置，但是由于排列和组合的数量，许多还没有描述。本申请人类似地认识到并打算将本说明书的方法、元素和概念组合、替换和互换，不仅在它们之中和之间，而且还与从所引用的现有技术中已知的那些组合、替换和互换。此外，应当认识到详细技术可以与其他技术（当前的和即将到来的）一起包含以达到有利的效果。根据本公开中提供的教导，这种组合的实现方式对技术人员来说是直接的。

[0483] 虽然本公开详述了行为的特定顺序和元素的特定组合，但应当认识到，其他设想的方法可以对行为重新排序（可能省略一些并添加其他），并且其他设想的组合可以省略一些元素并添加其他元素等。

[0484] 尽管作为完整系统公开,详细布置的子组合也被单独考虑(例如,省略完整系统的各种特征)。

[0485] 虽然已经参考说明性方法描述了本技术的某些方面,但是应当认识到,被配置为执行这些方法的行为的设备也被预期为本申请人的创造性工作的一部分。同样,其他方面已经参考说明性设备进行了描述,并且由这种设备执行的方法同样在本技术的范围内。更进一步,包含用于配置处理器或其他可编程系统以执行此类方法的指令的有形计算机可读介质也被明确地预期。

[0486] 为了提供全面的公开,同时符合专利法对简洁性的要求,本申请人通过引用并入本文中引用的每个文献。(这些材料被整体并入,即使上面引用了它们的具体教导。)这些参考文献公开了本申请人打算并入本文详述的布置中的技术和教导,并且目前详述的技术和教导被并入其中。

[0487] 鉴于可应用上述原理和特征的多种实施例,显然详述的实施例仅是说明性的,不应视为对本发明的范围的限制。

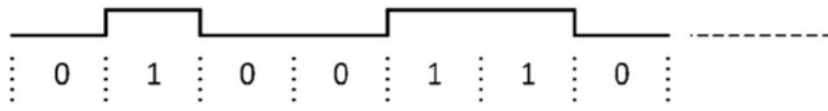


图1A



图1B



图1C

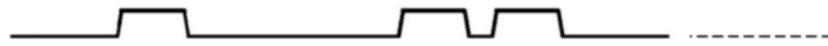


图1D



图1E



图1F



图1G

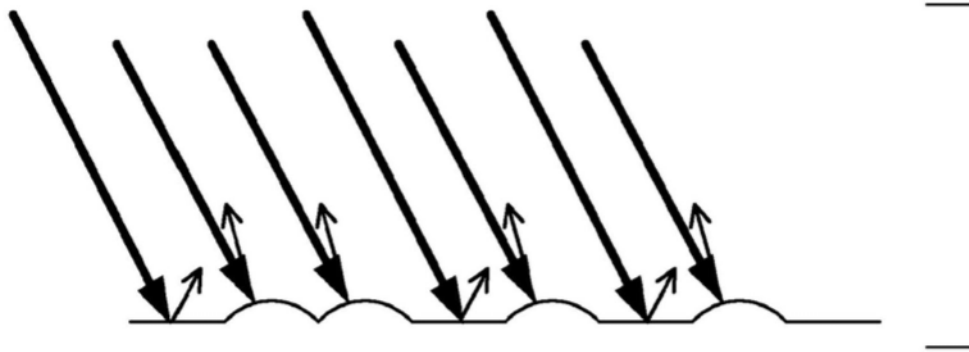


图1H

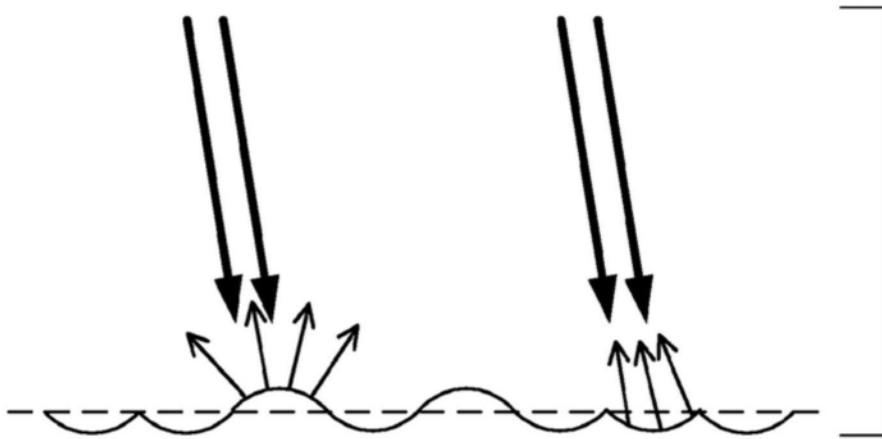


图1I



图1J

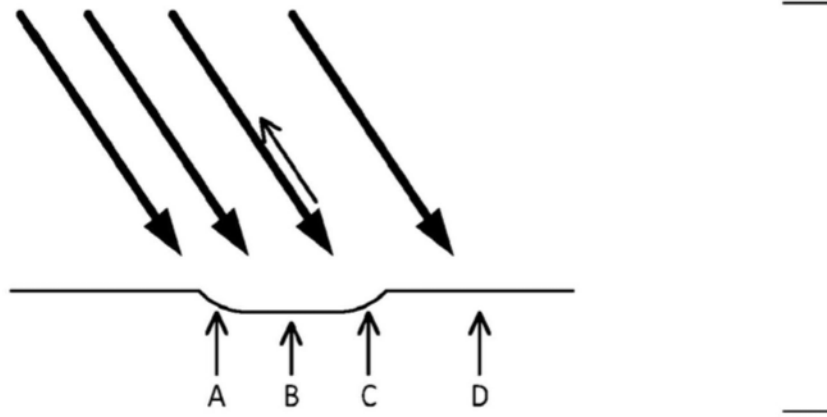


图1K

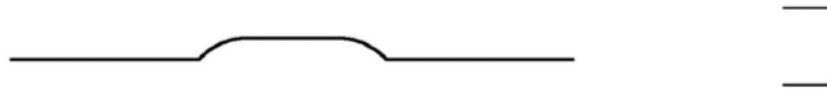


图1L

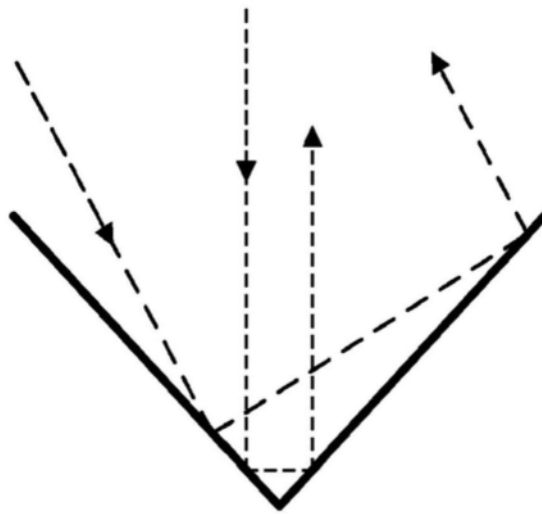


图1M

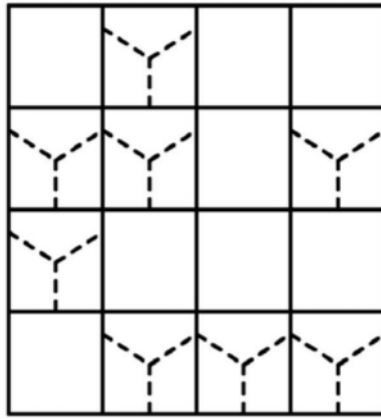


图1N

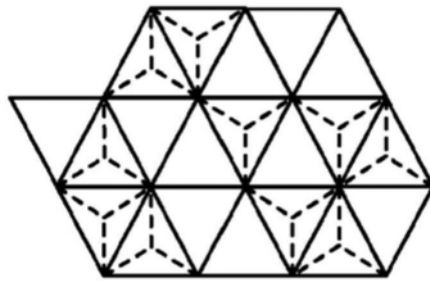


图10

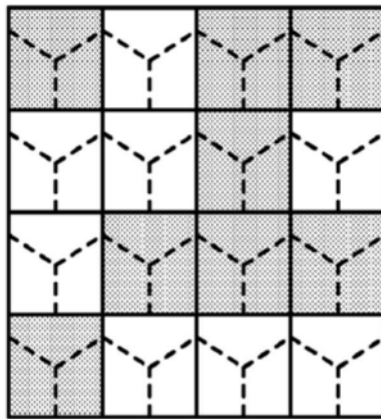


图1P

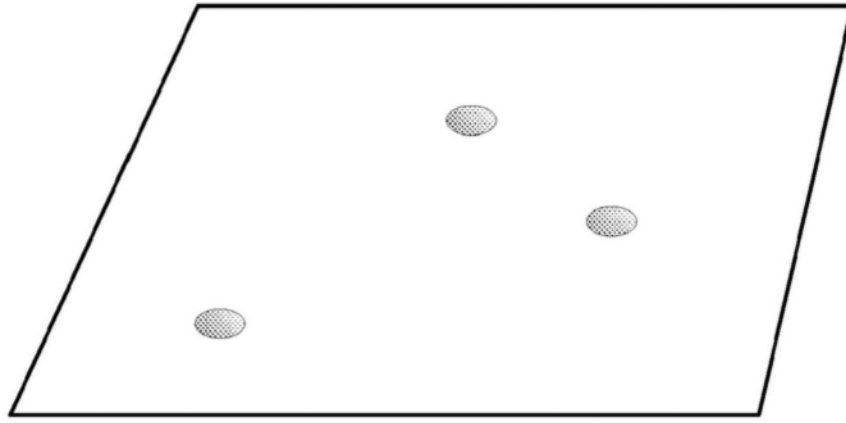


图1Q

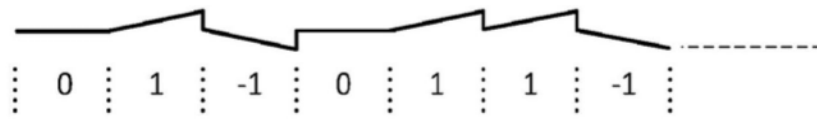


图2A

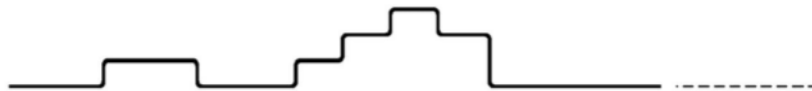


图2B

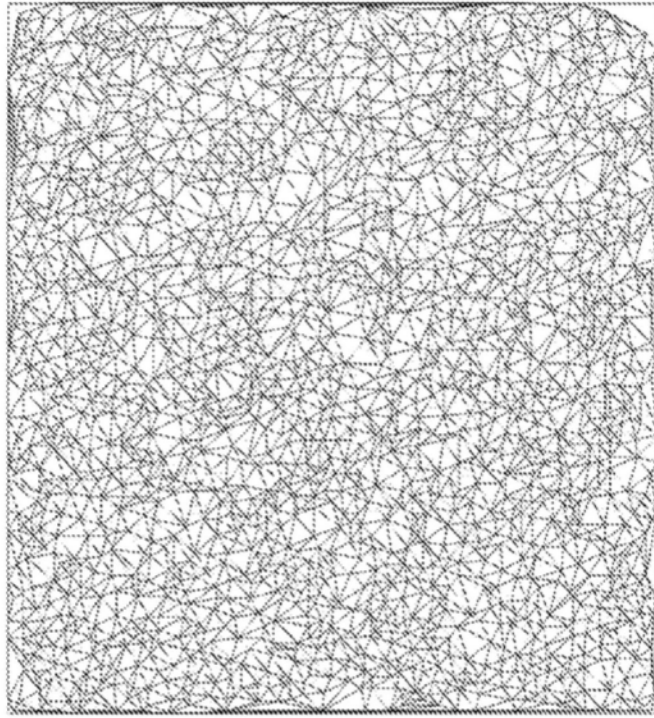


图3A

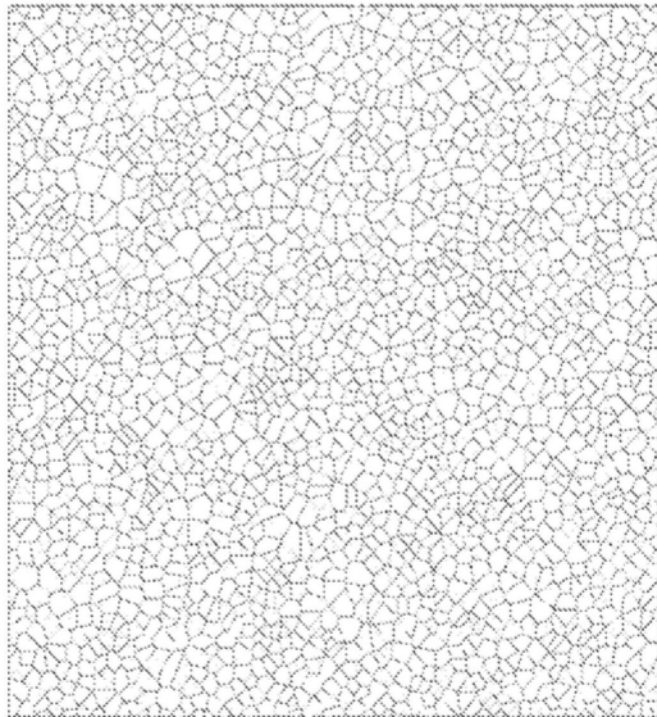


图3B

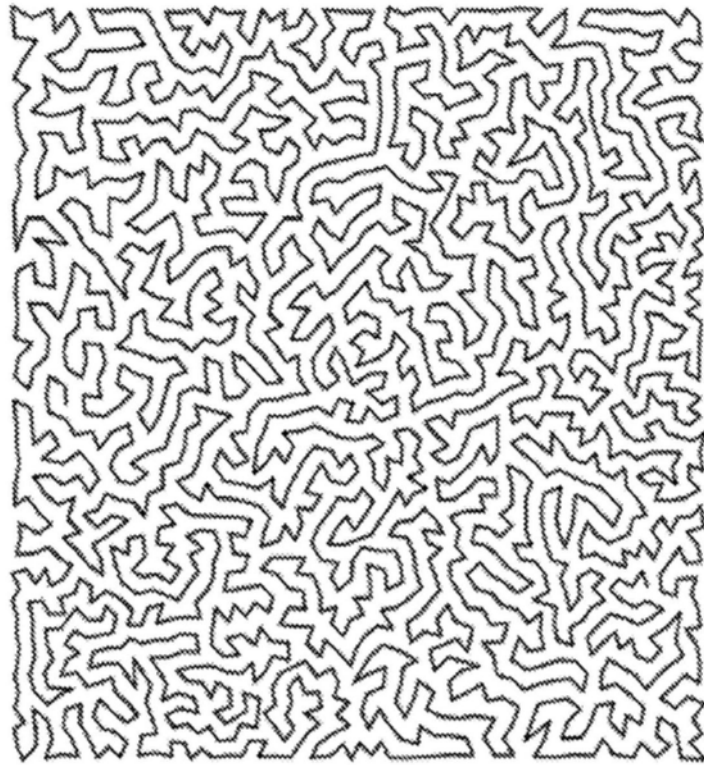


图3C

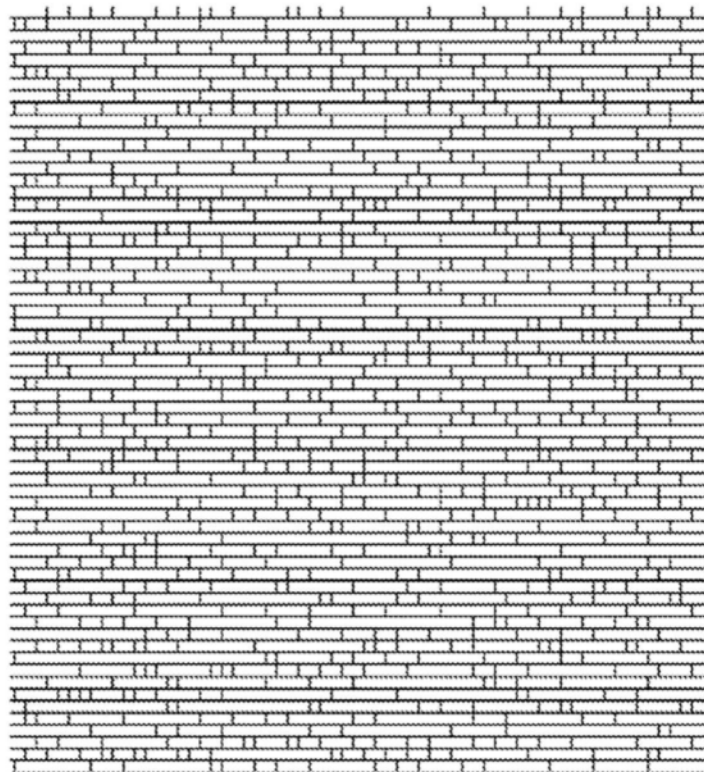


图3D

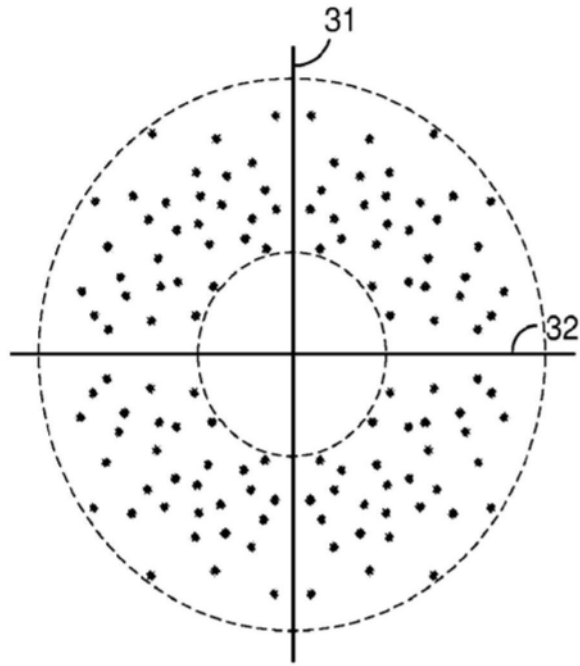


图4

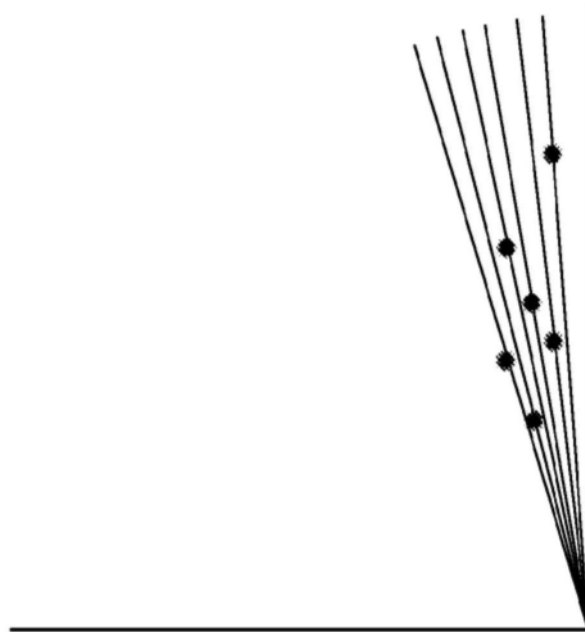


图4A

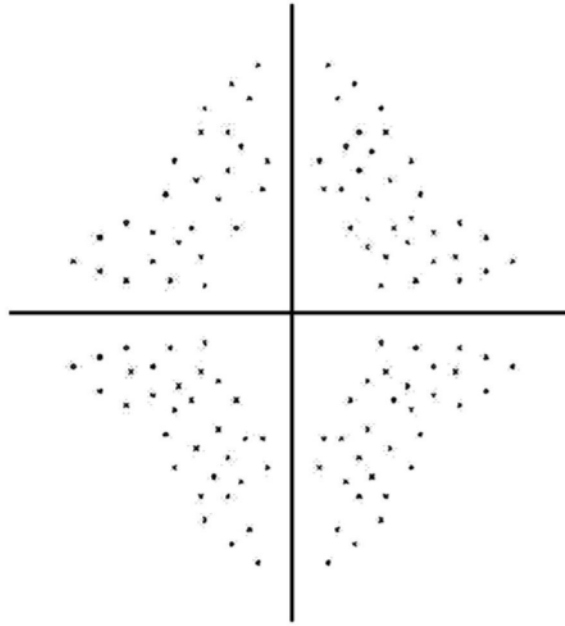


图5A

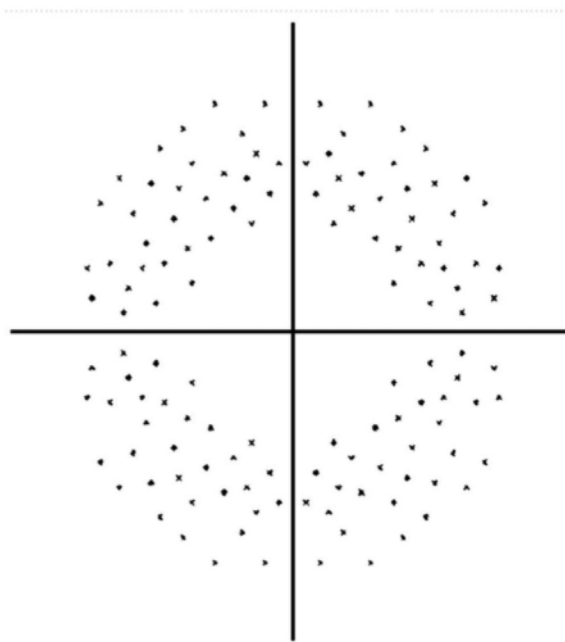


图5B

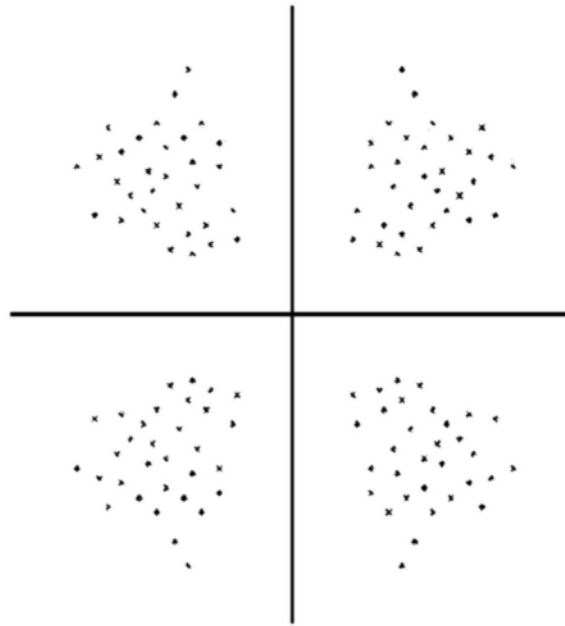


图5C

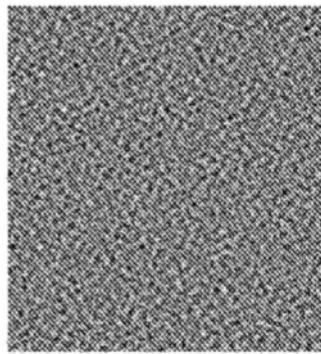


图6A

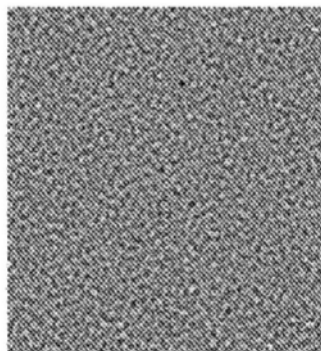


图6B

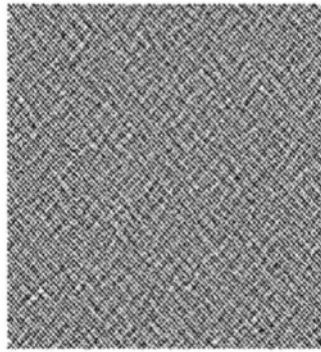


图6C

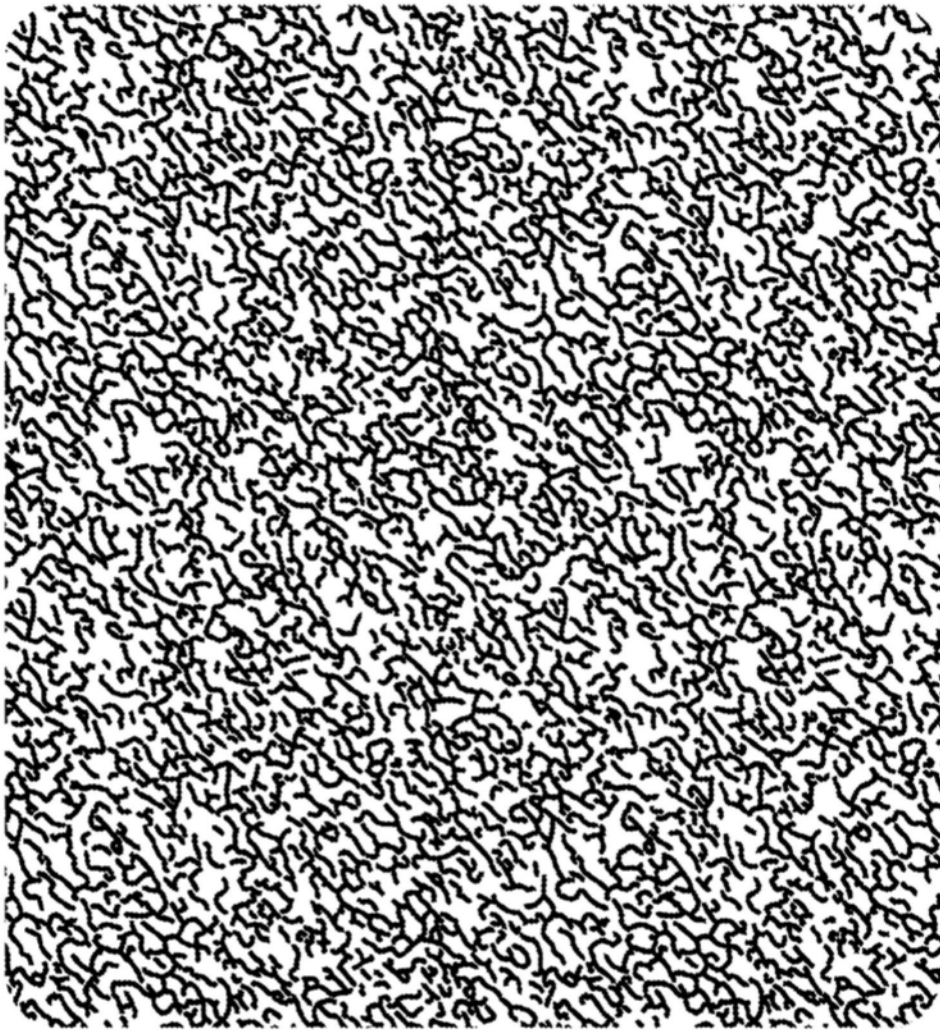


图7

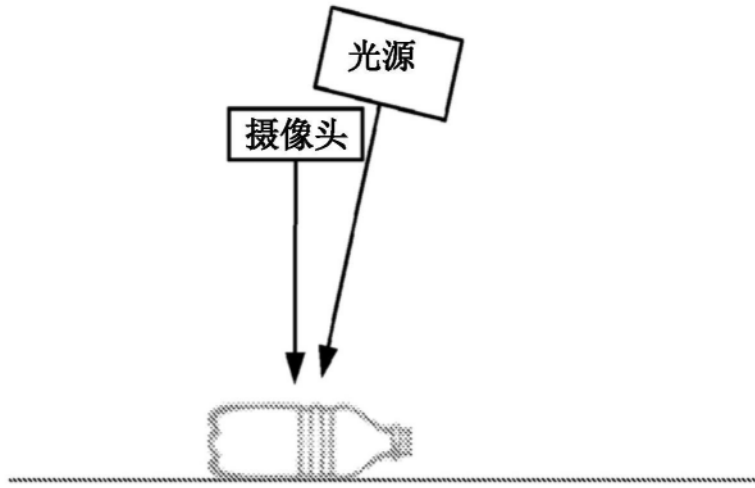


图8

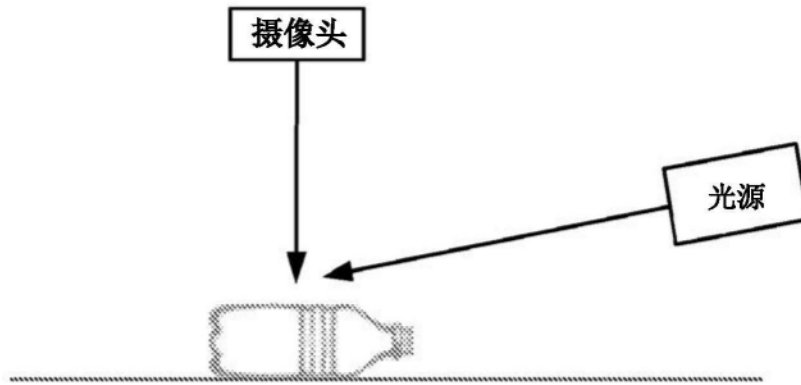


图9

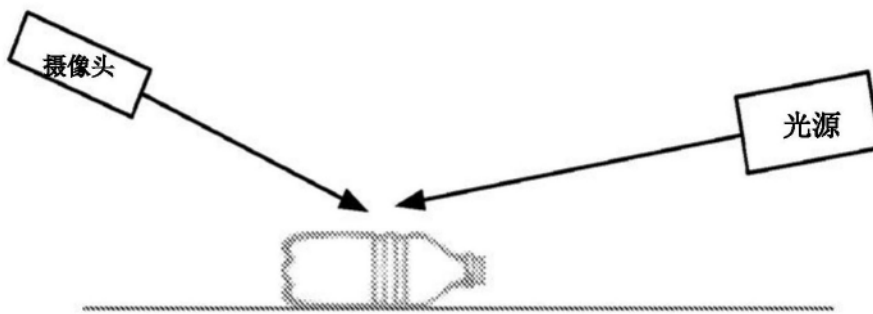


图10

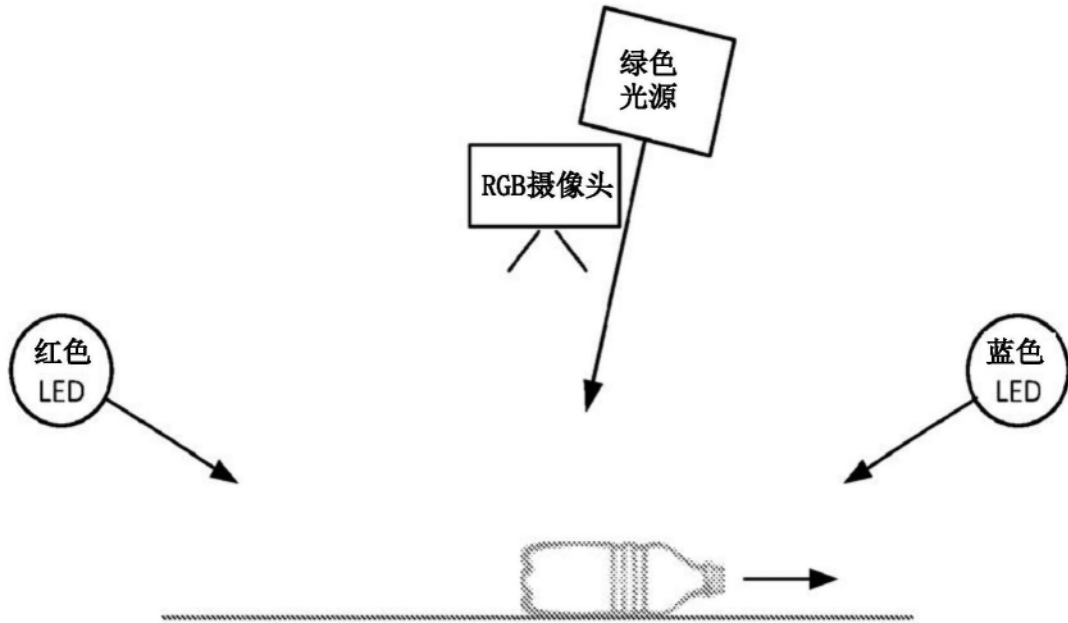


图11

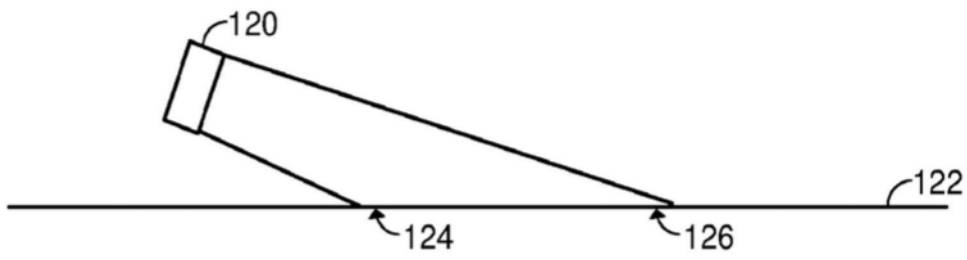


图12

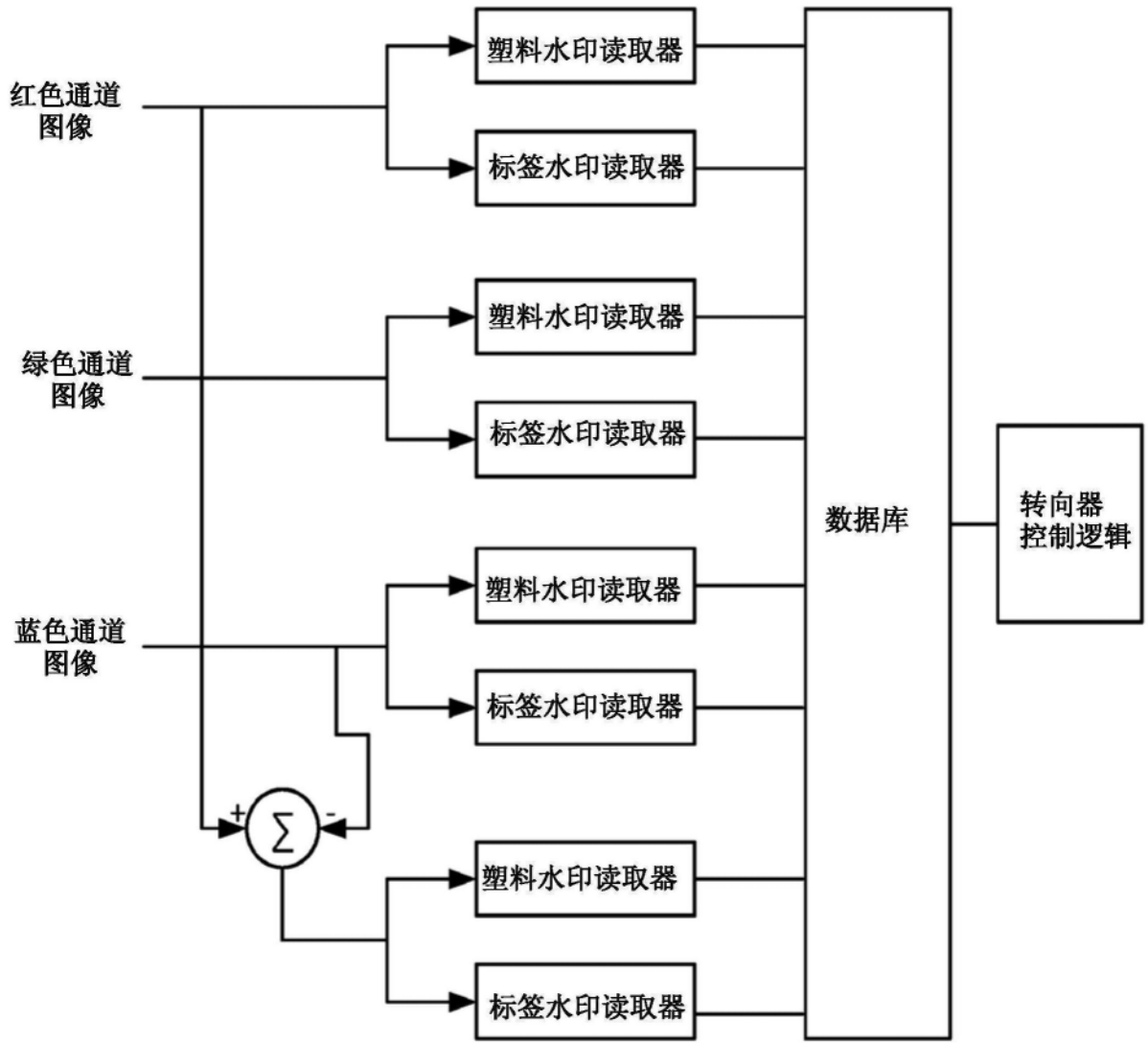


图13

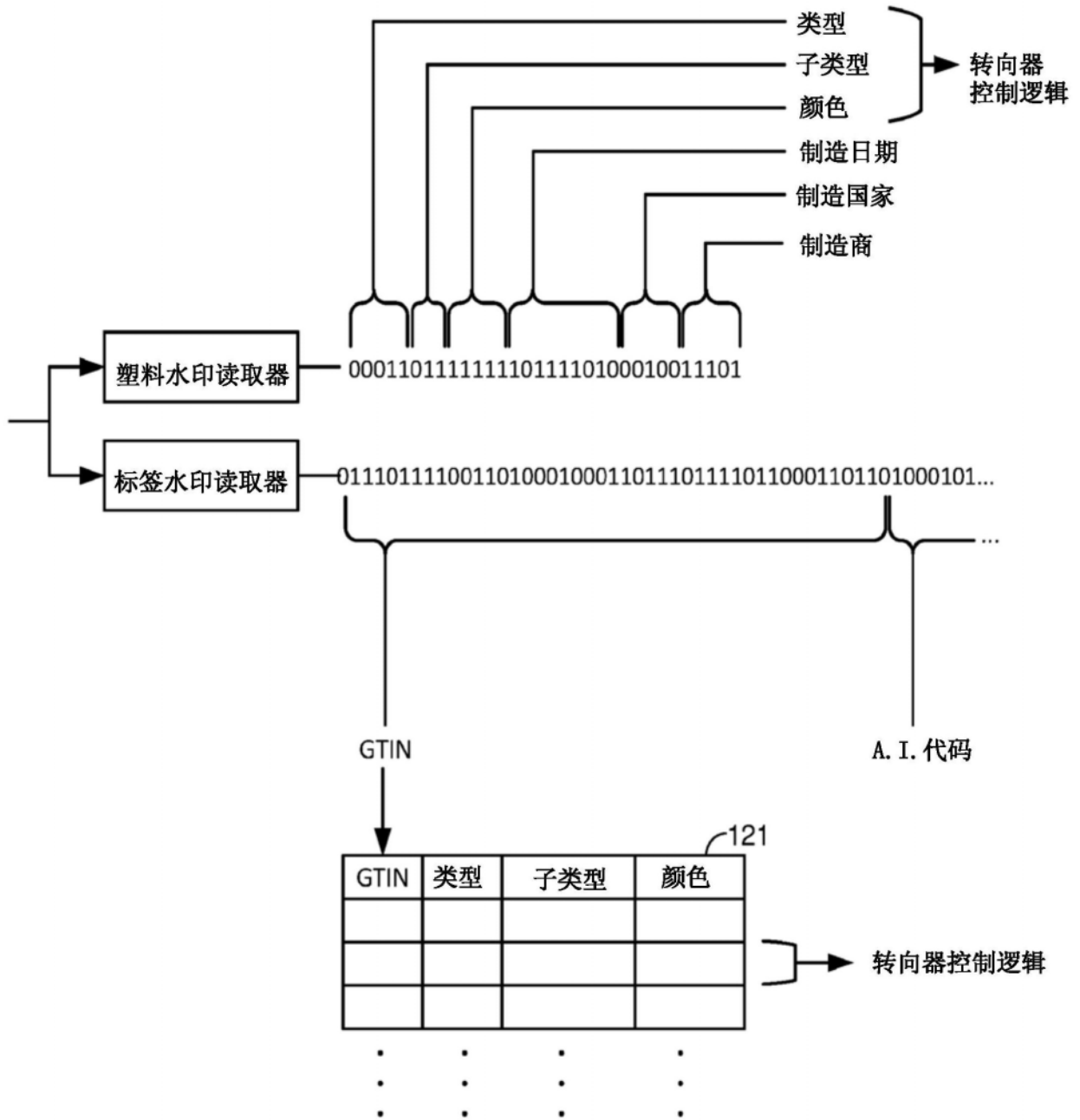


图14

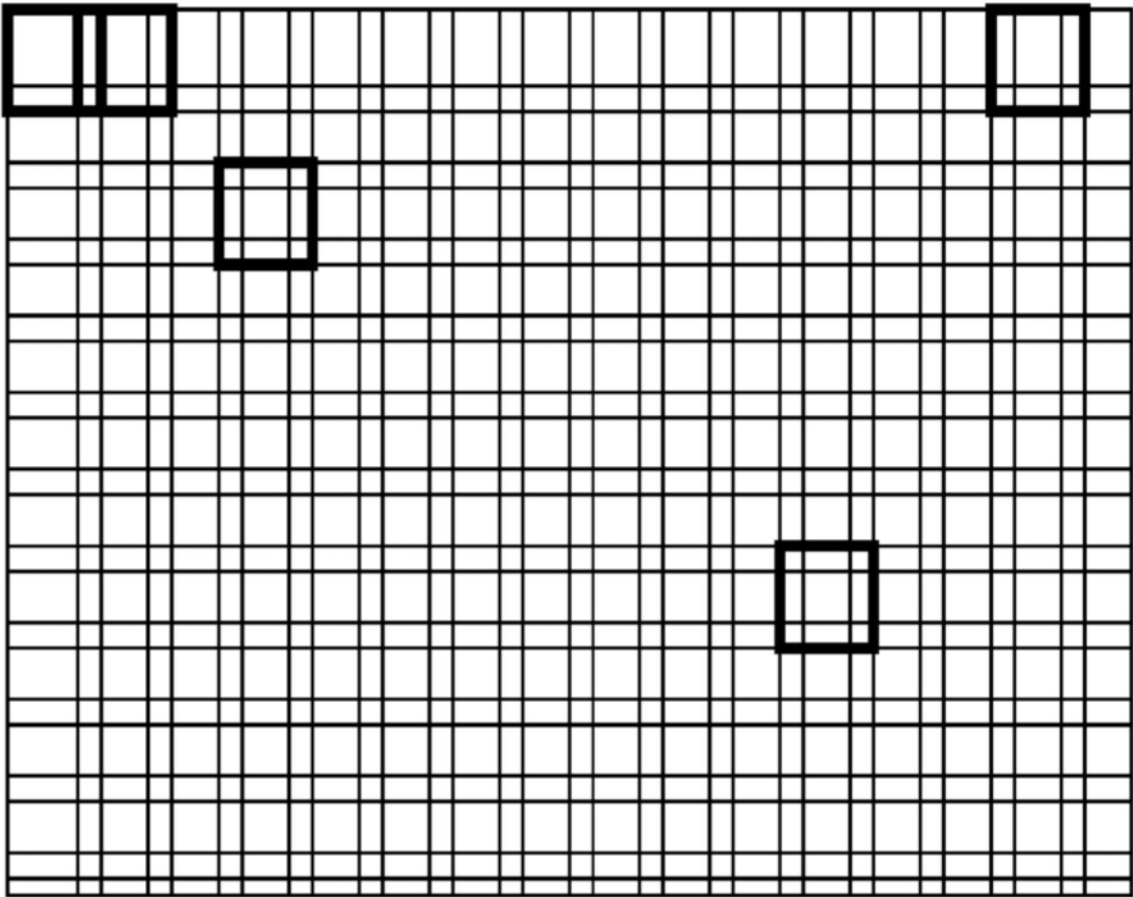


图15

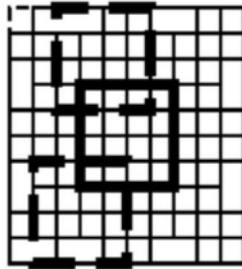


图16

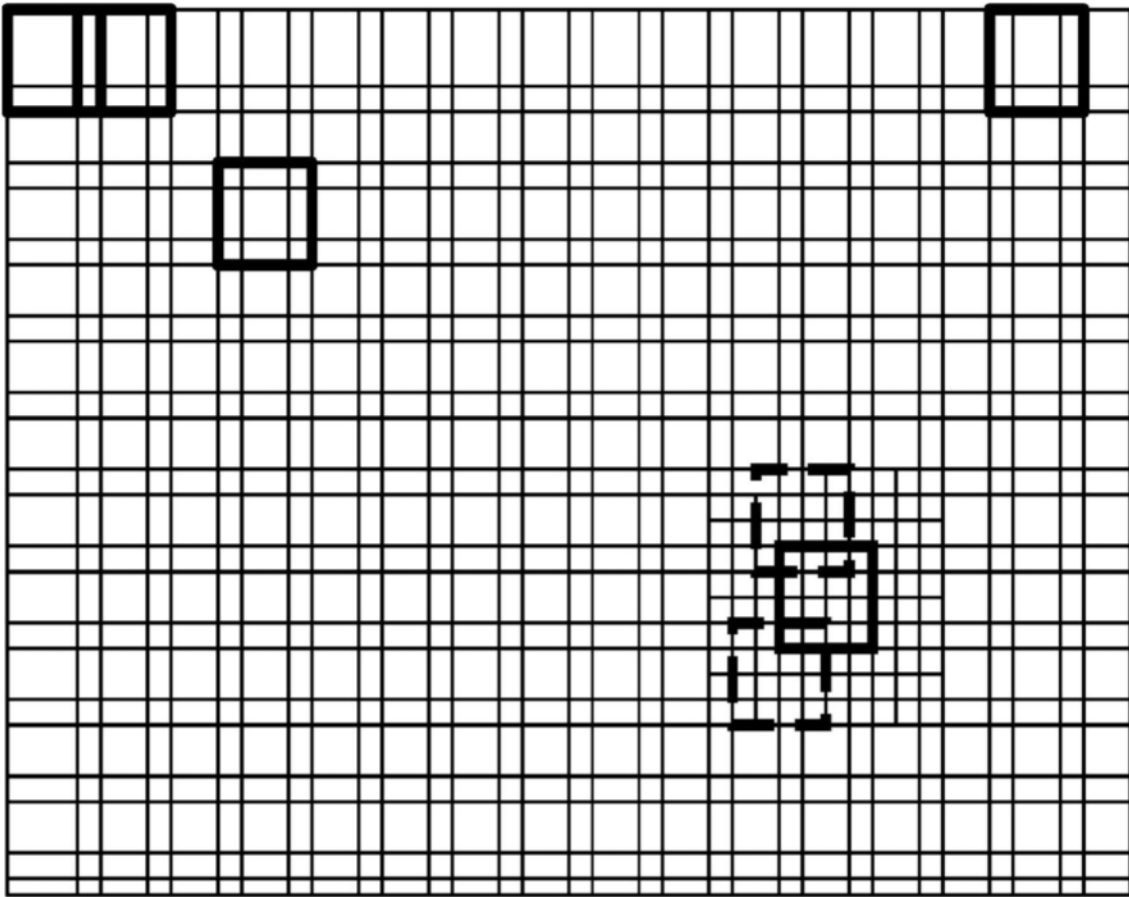


图17

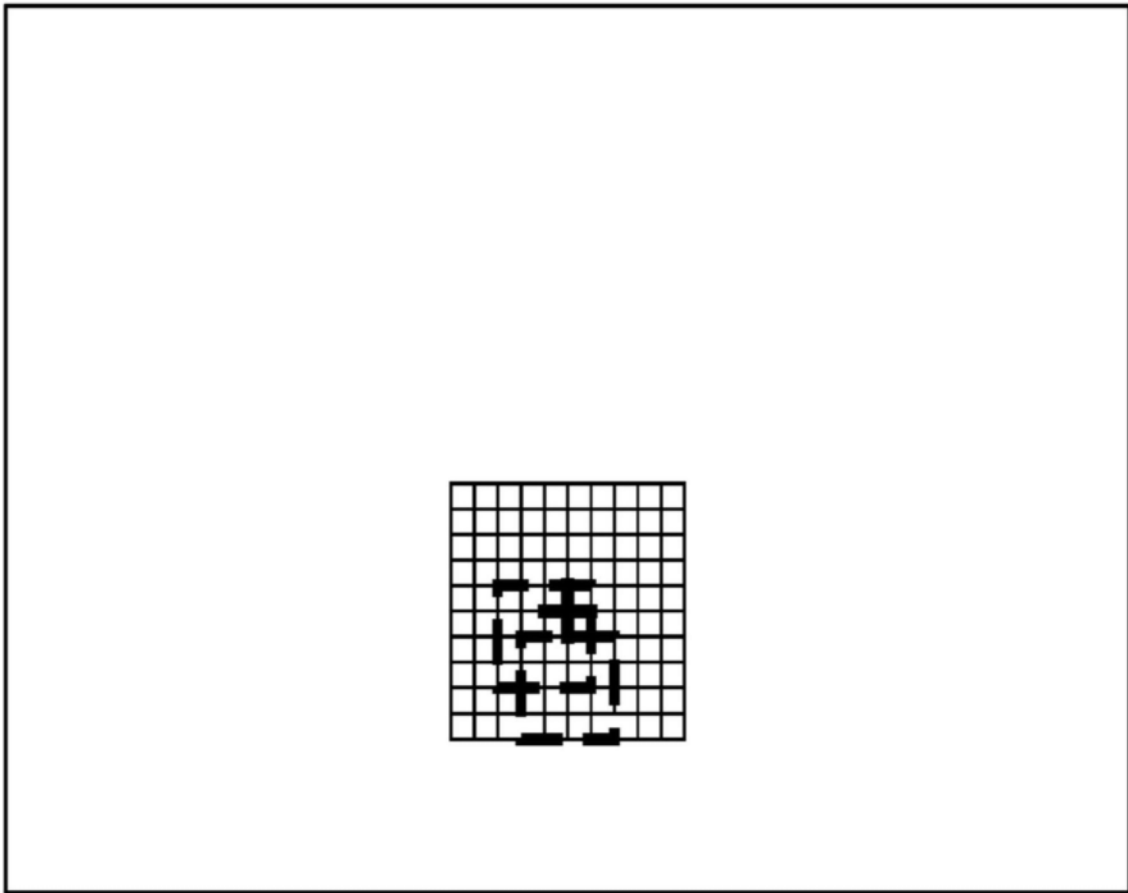


图18

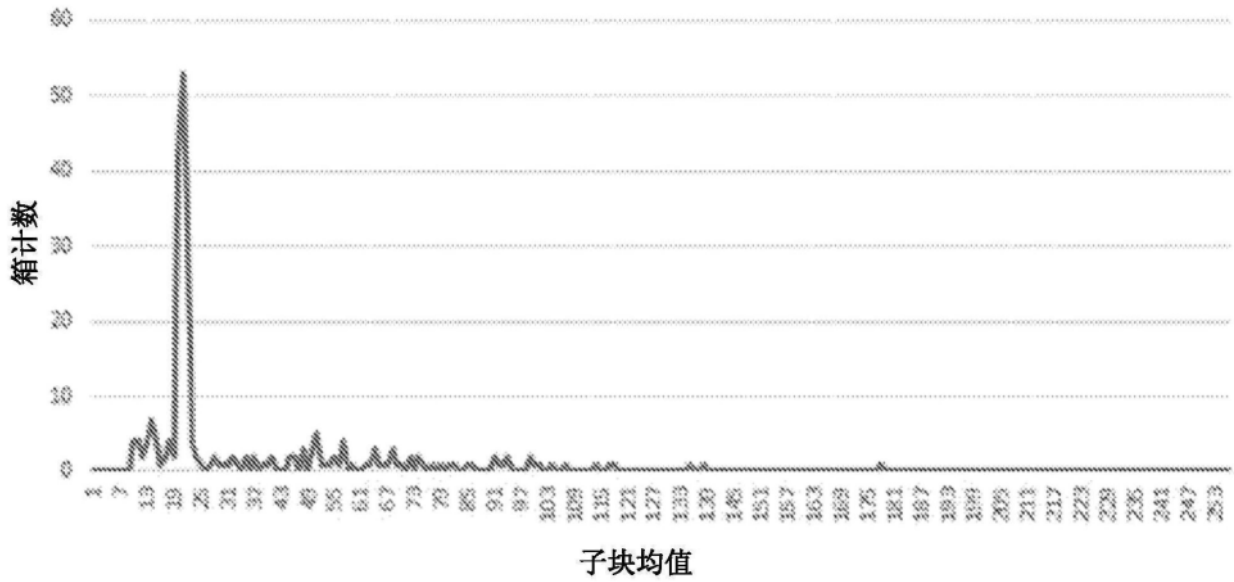


图19

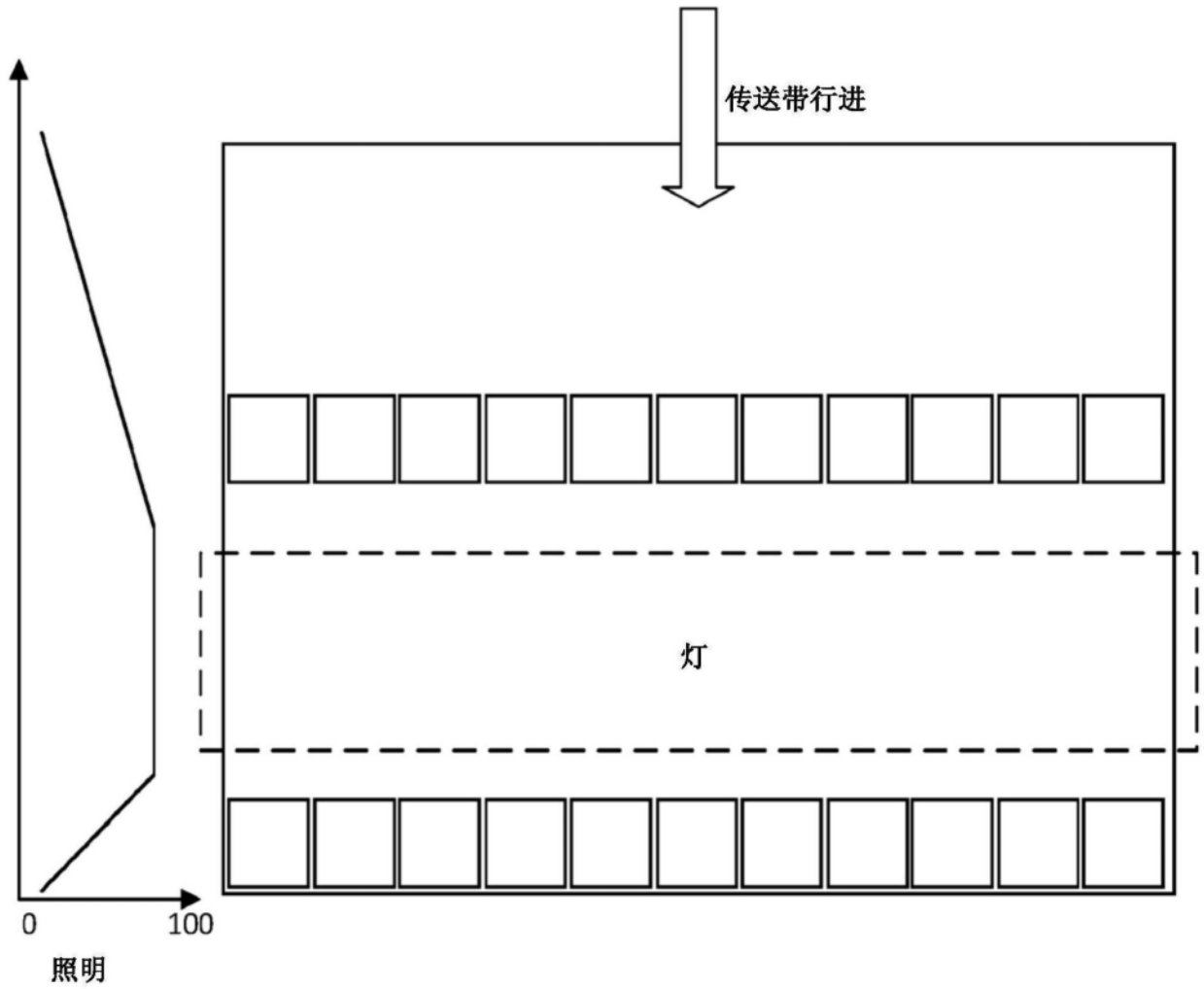


图20

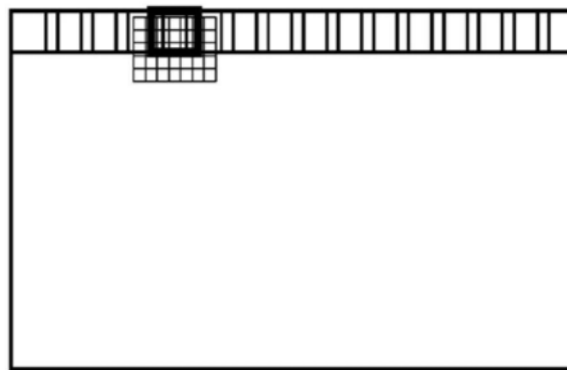


图21A

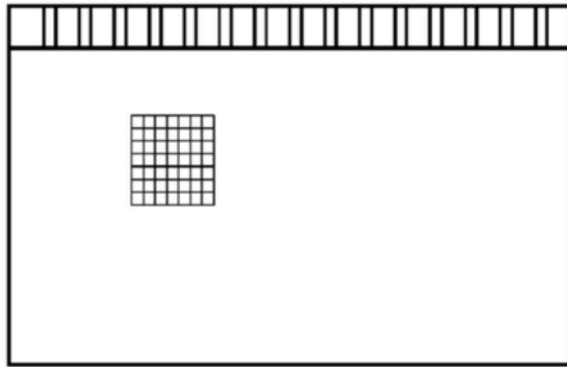


图21B

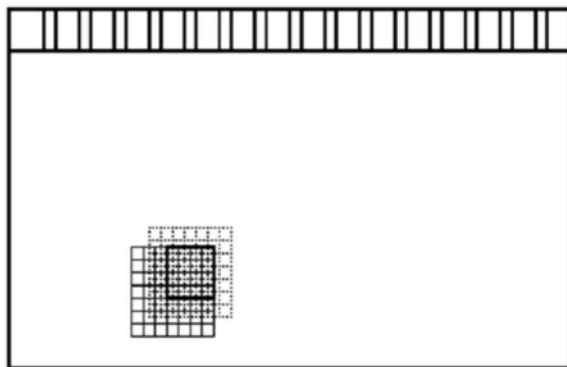


图21C

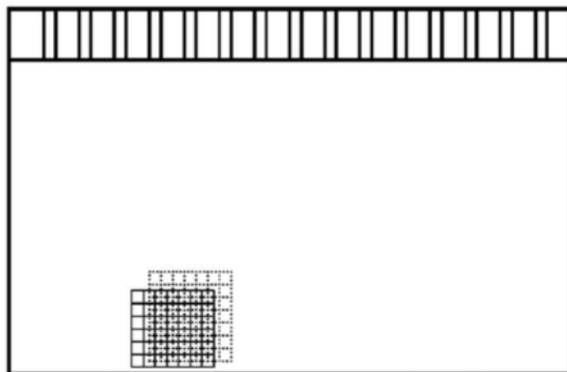


图21D

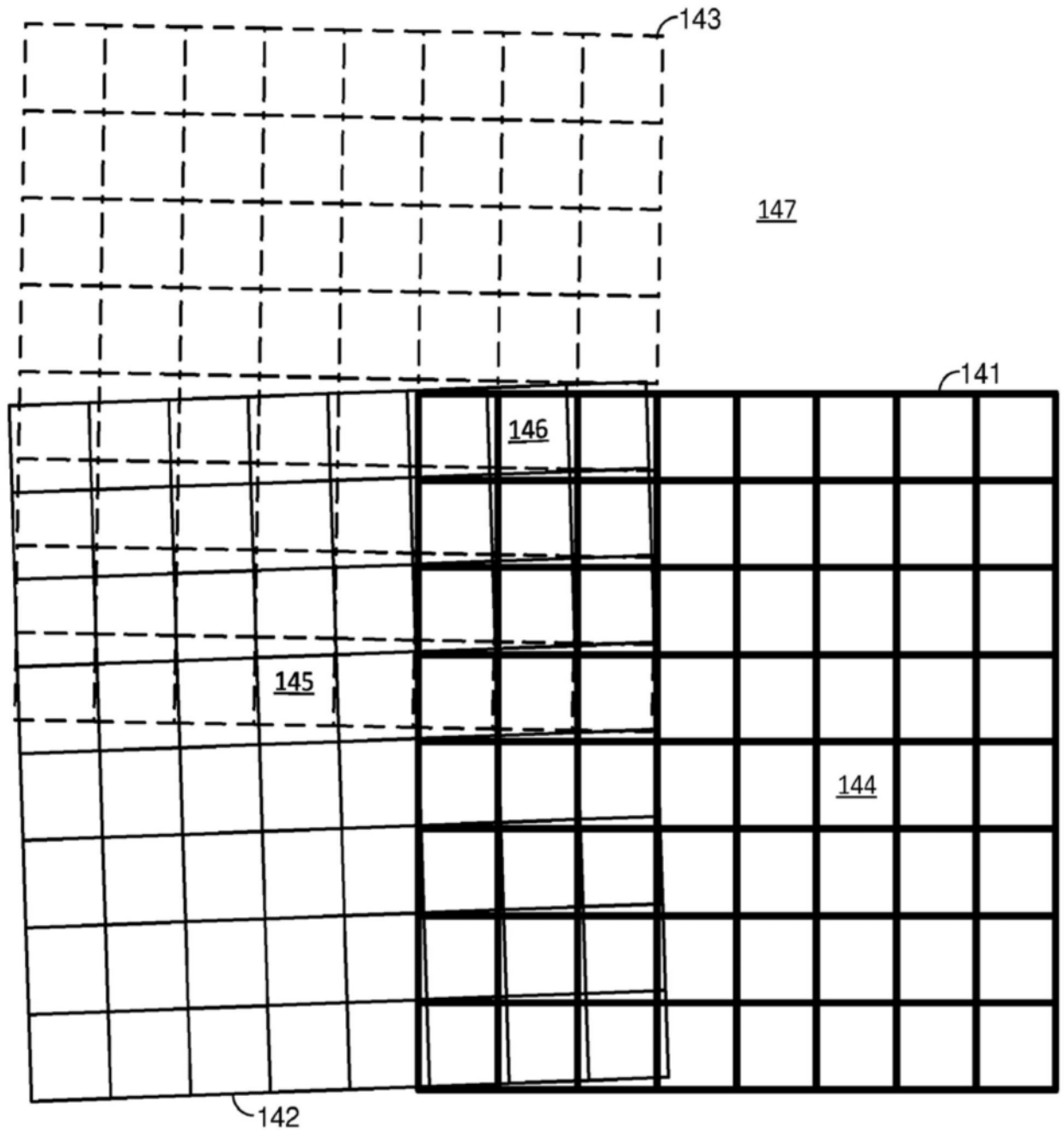


图22

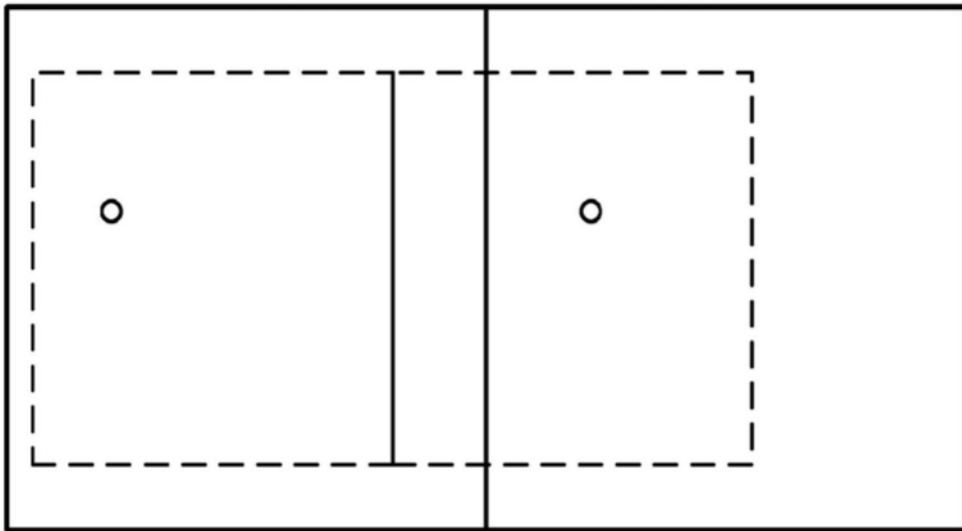


图23

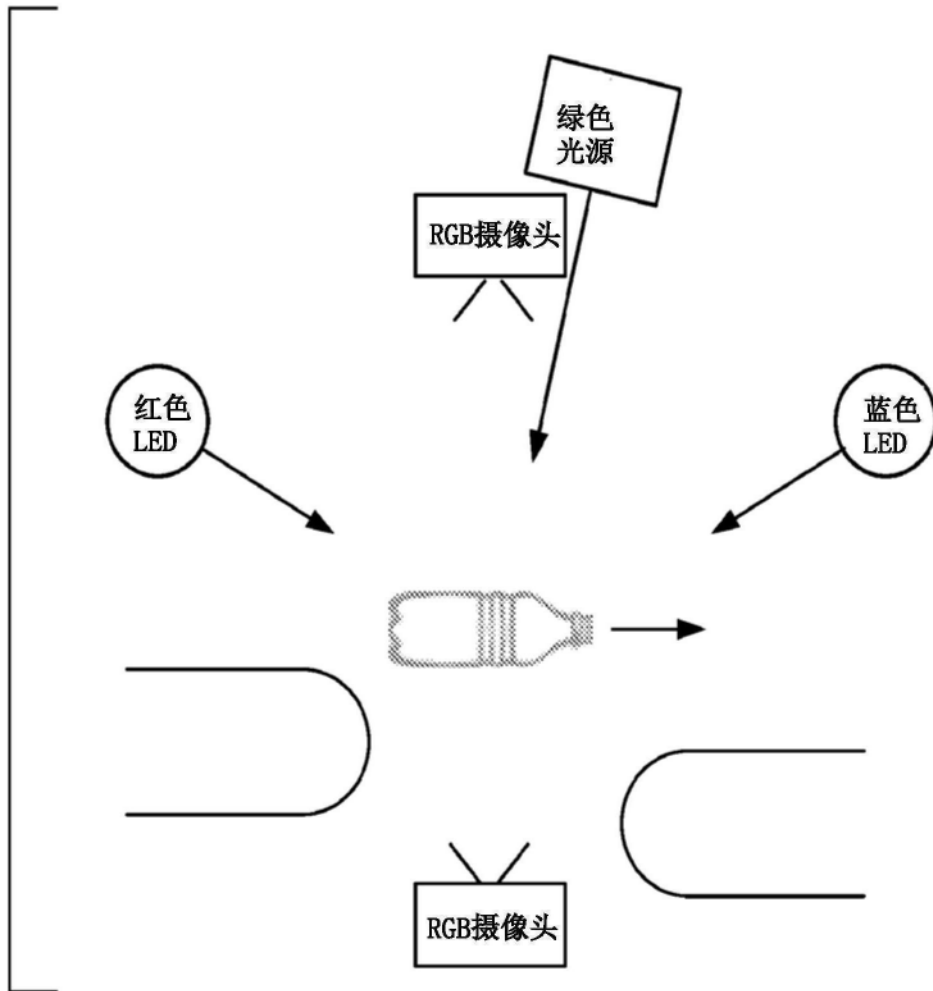


图24

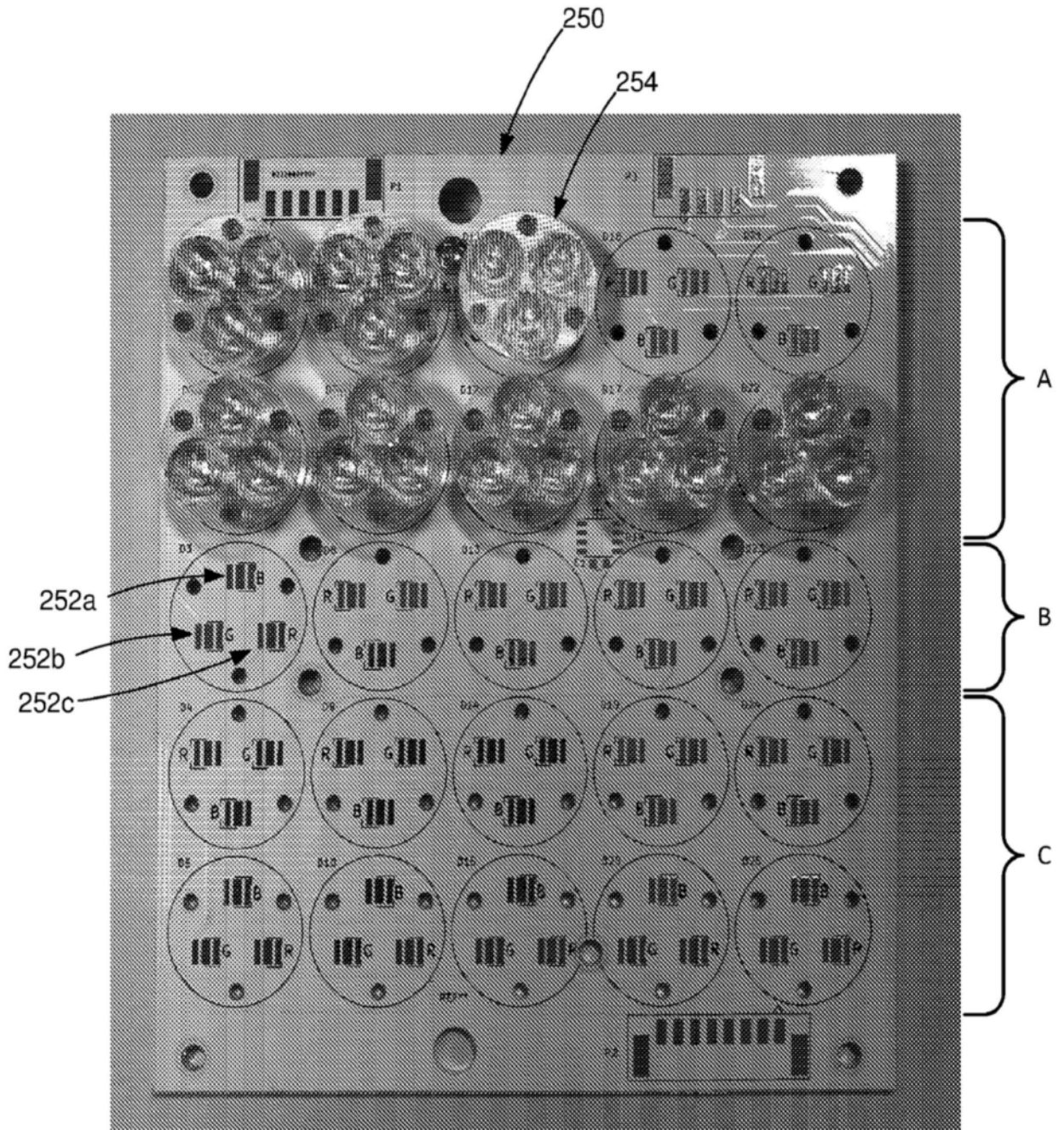


图25

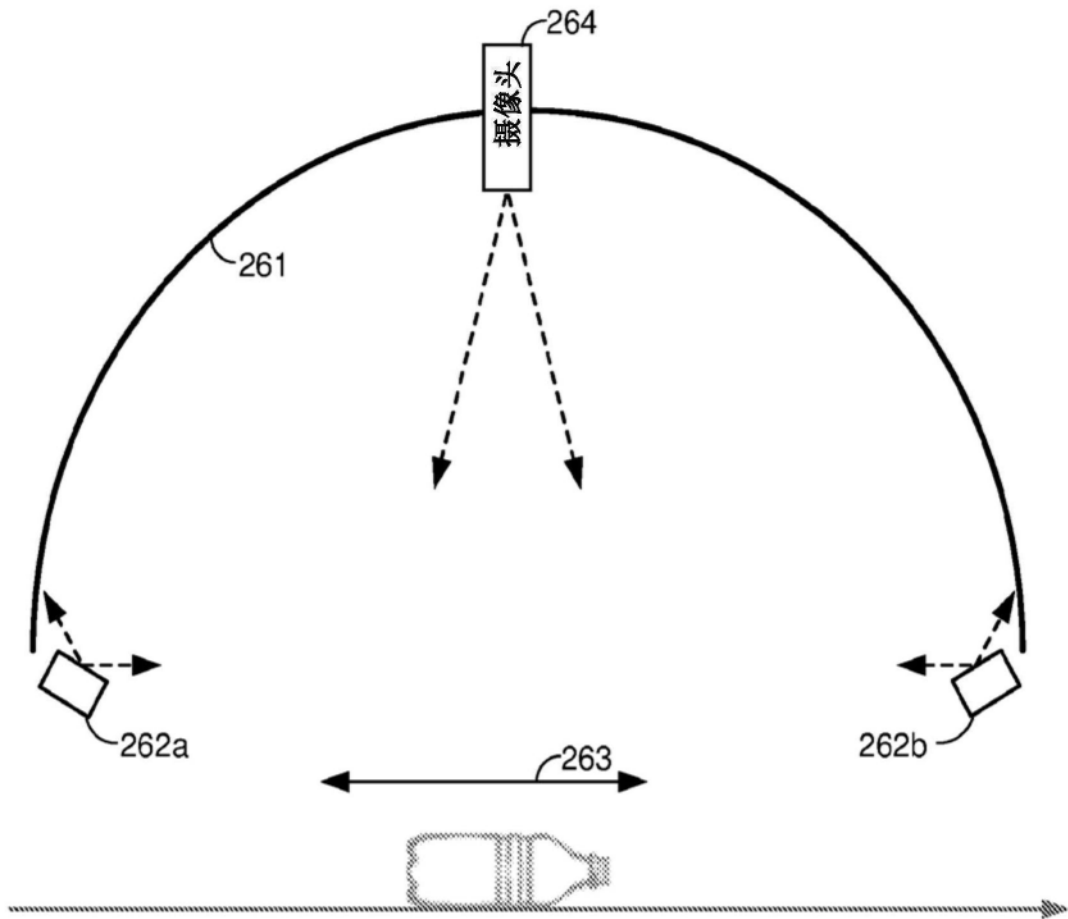


图26A

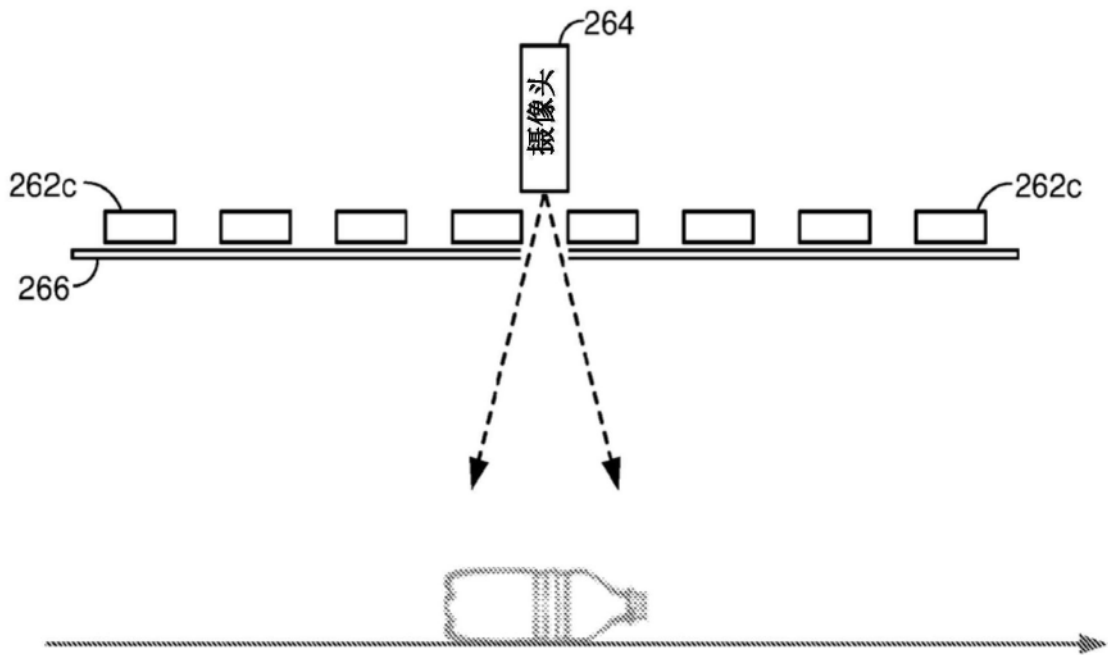


图26B

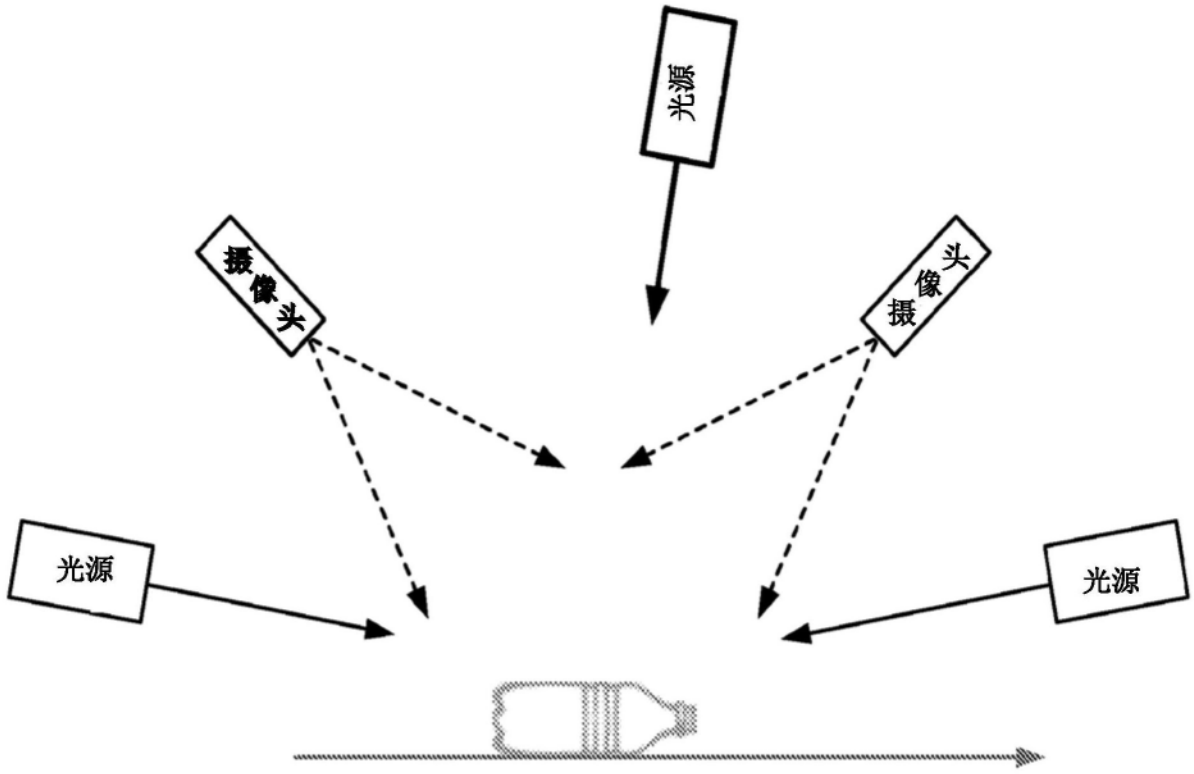


图27

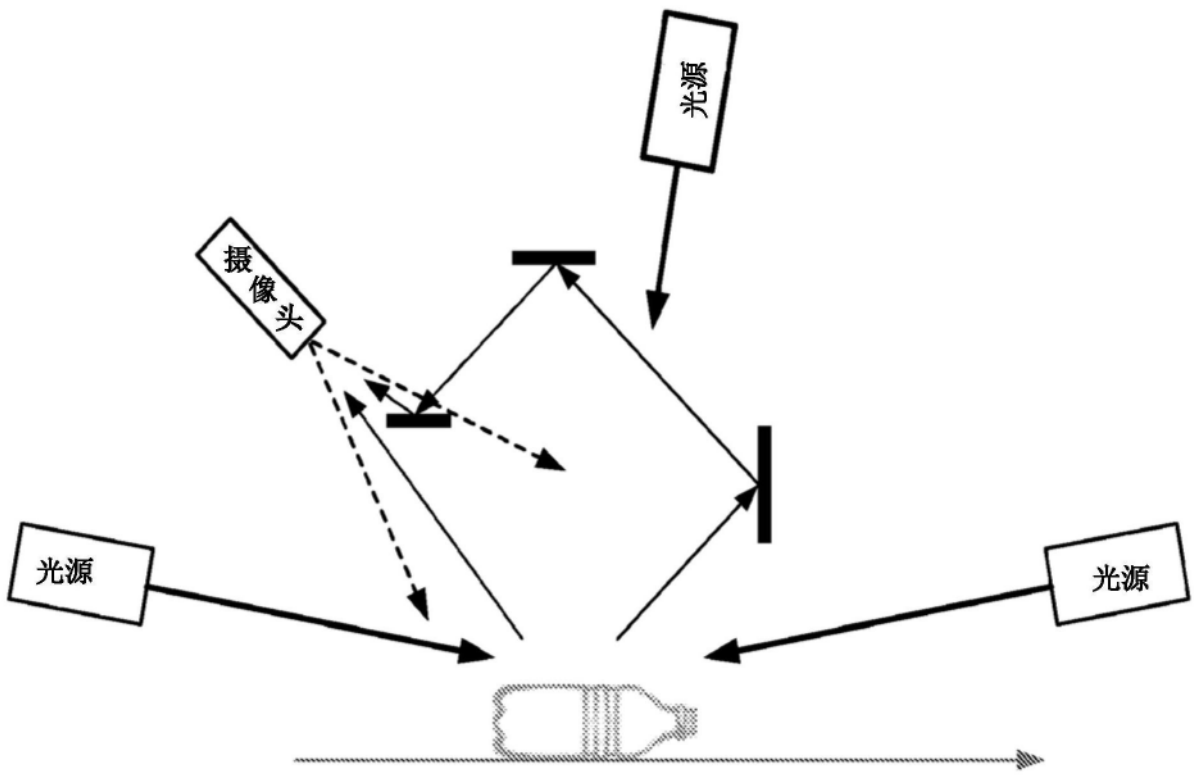


图28

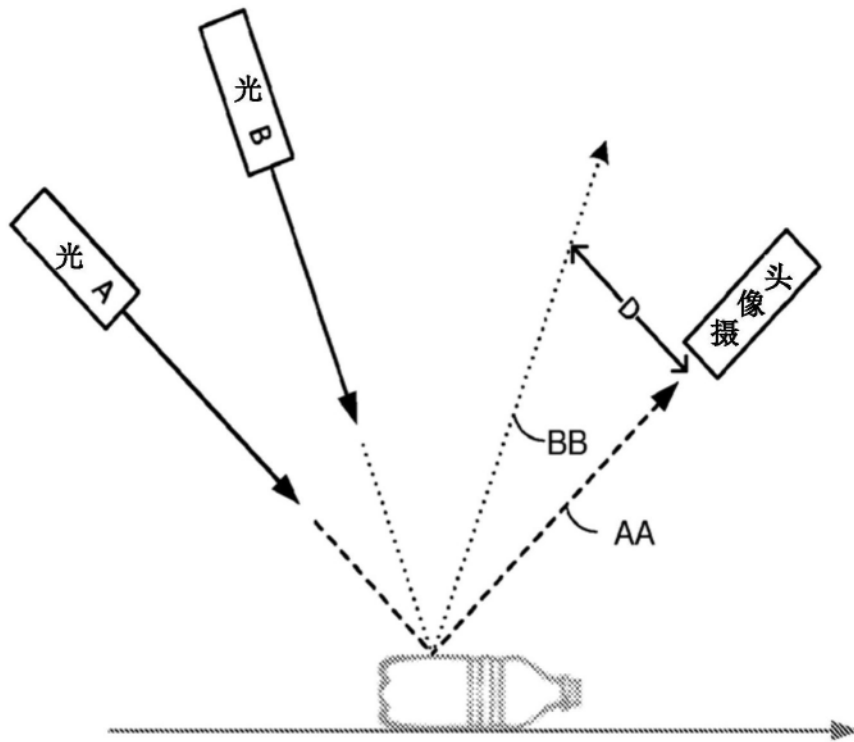


图29

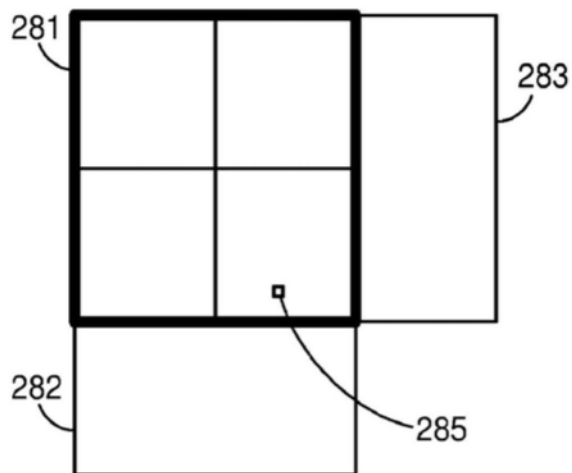


图30

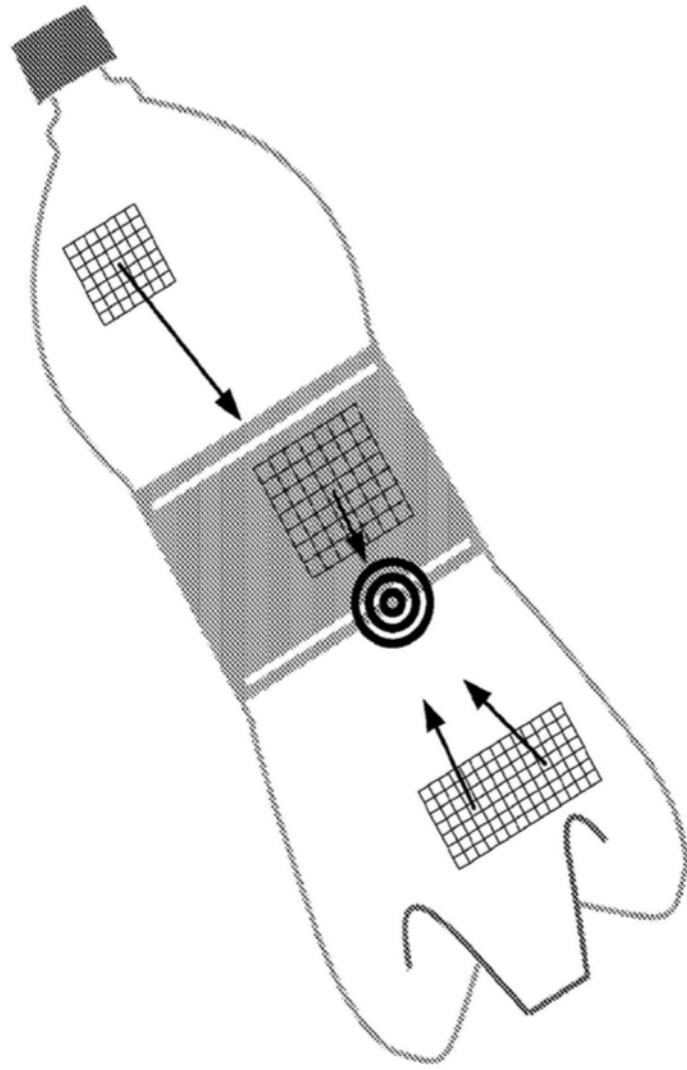


图31

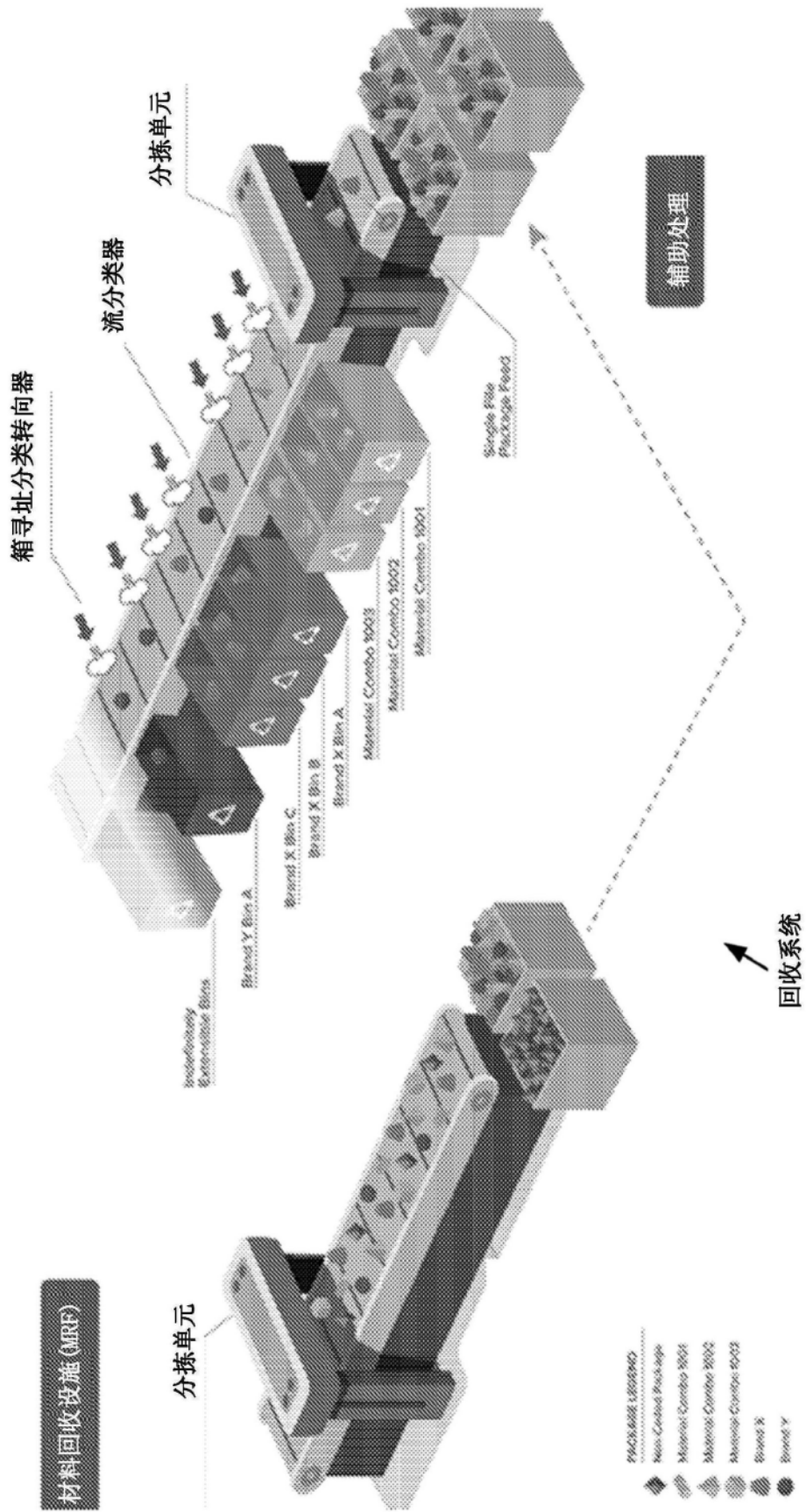


图32A

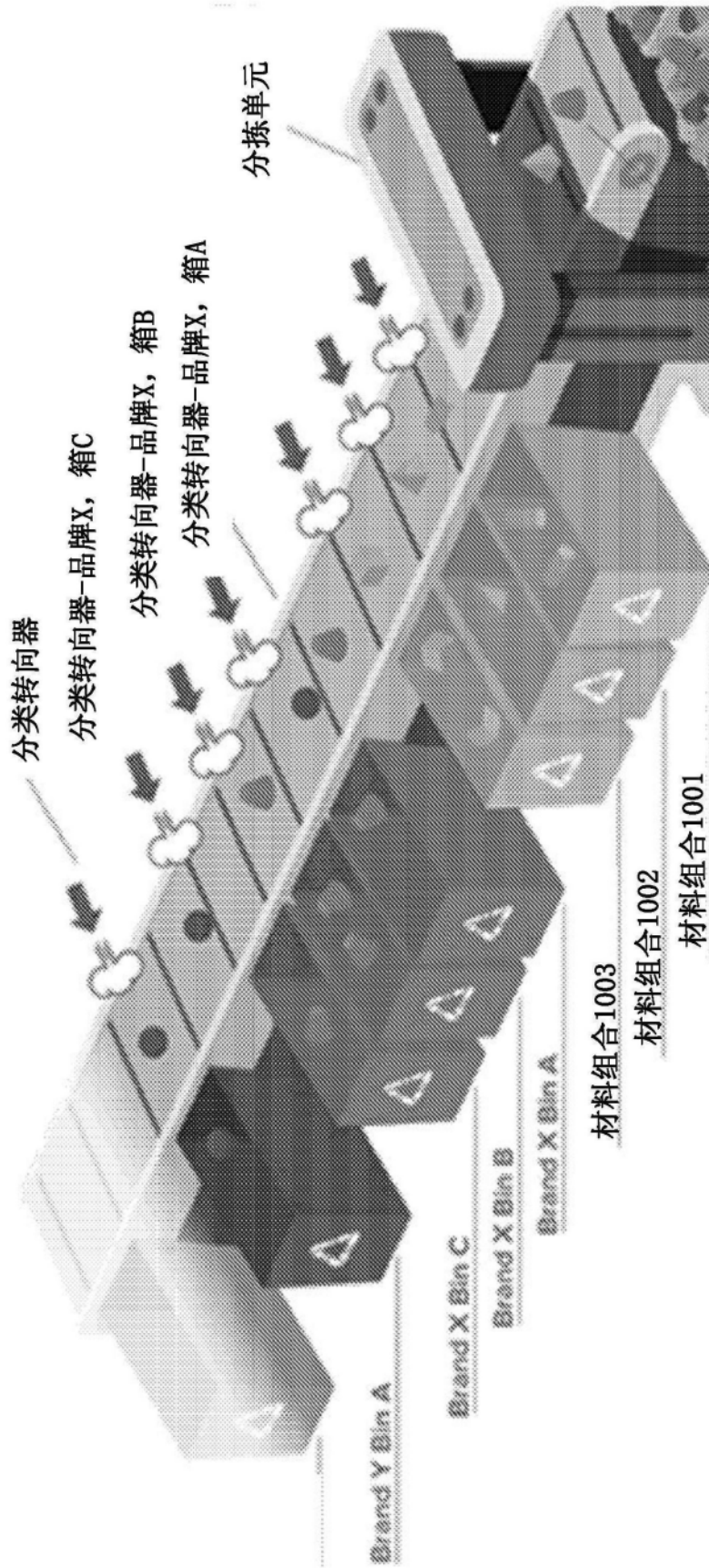


图32B

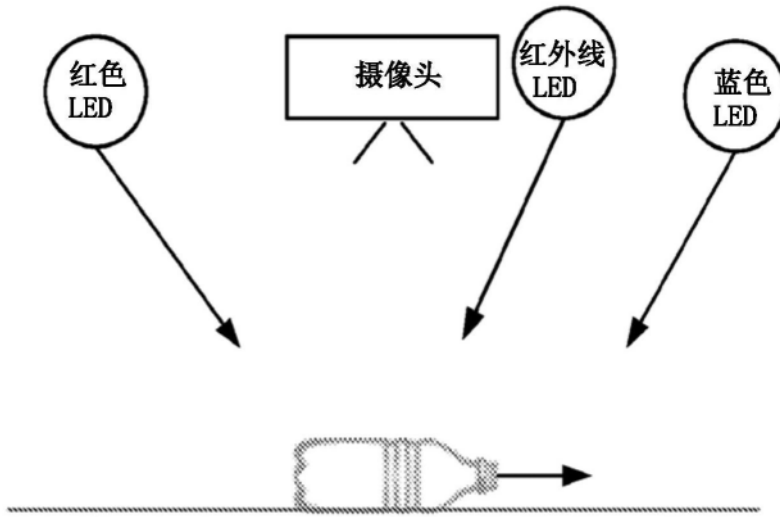


图33A

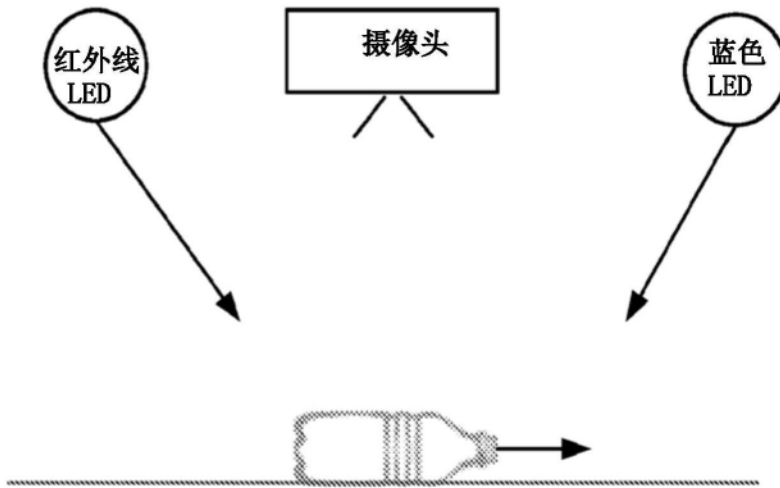


图33B

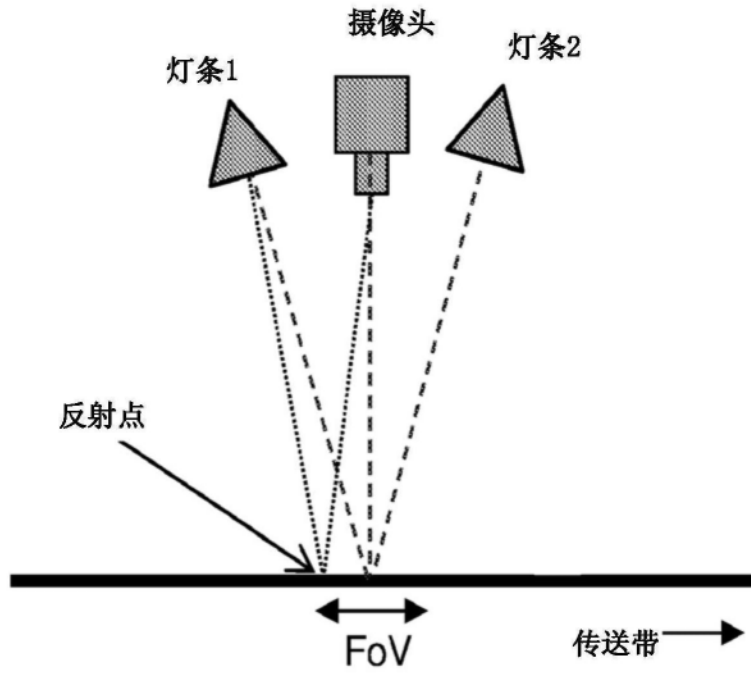


图33C

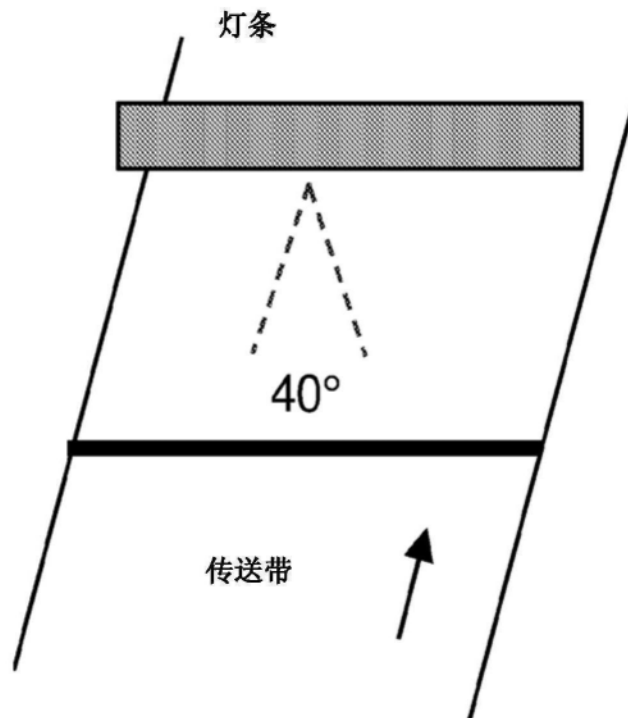


图33D

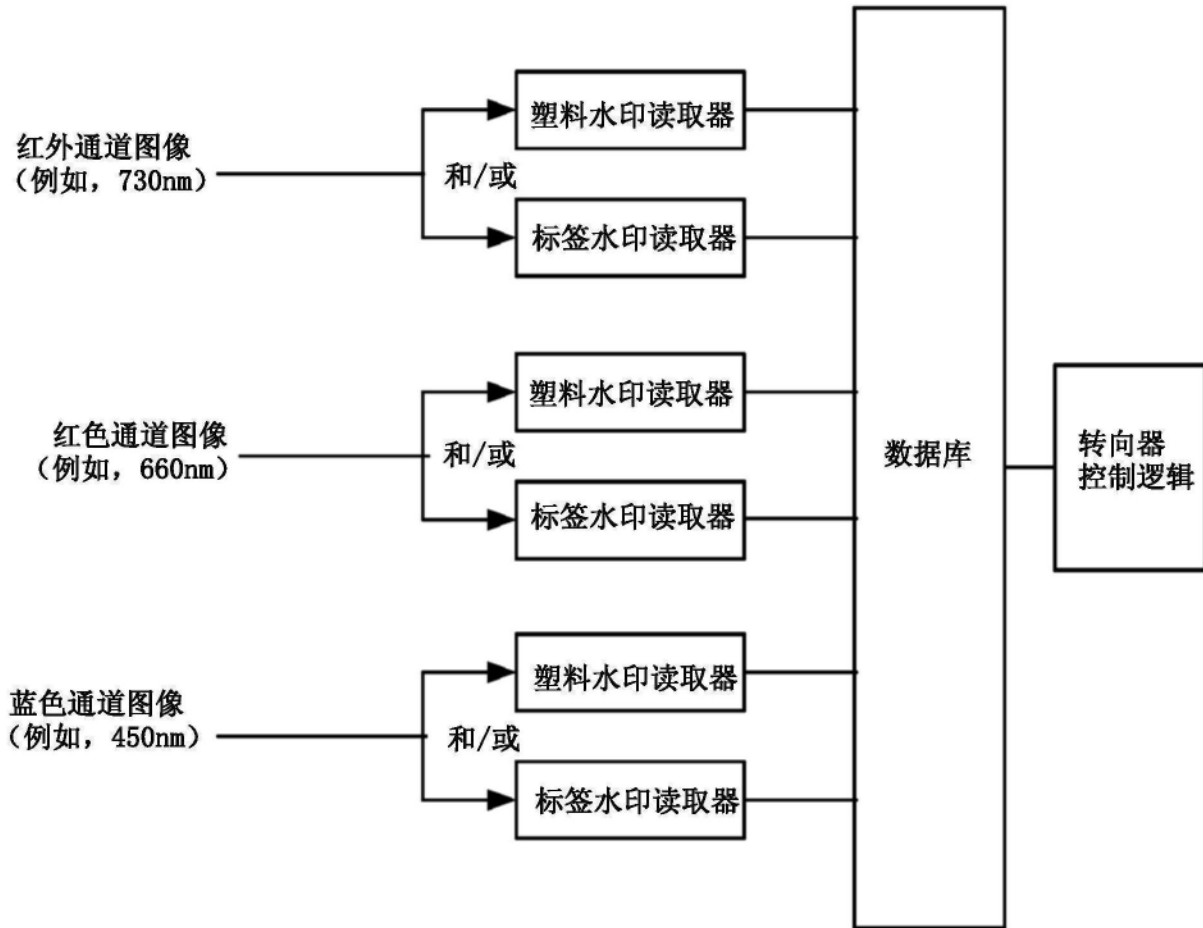


图34

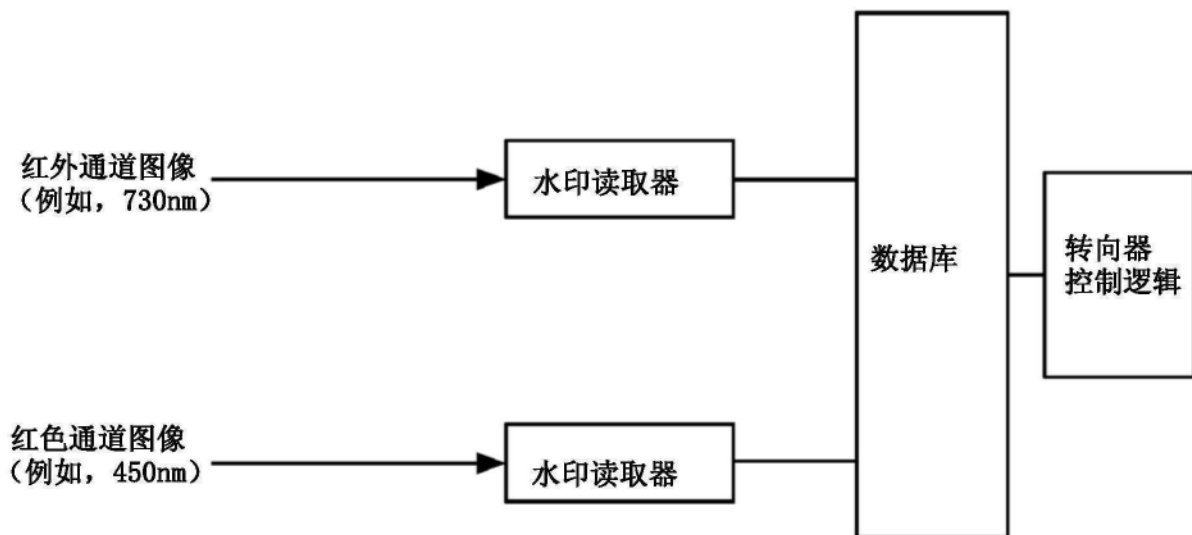


图35

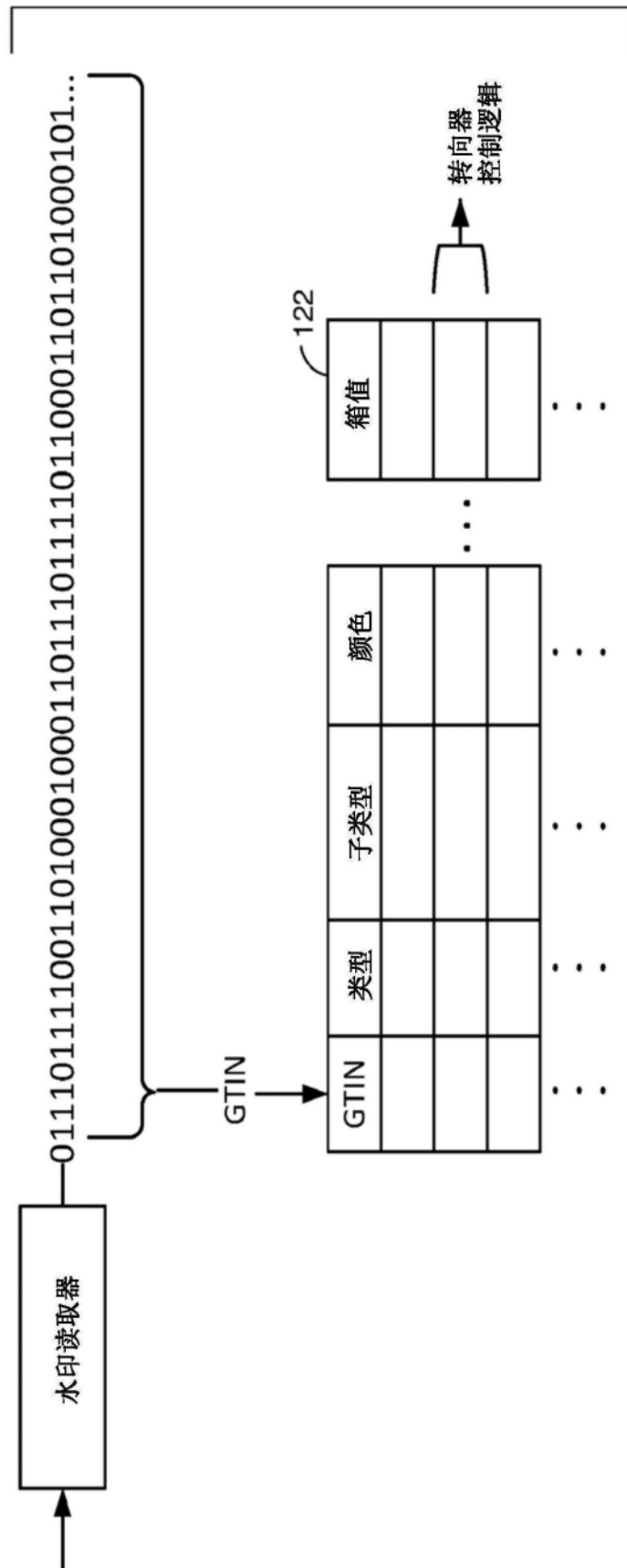


图36A

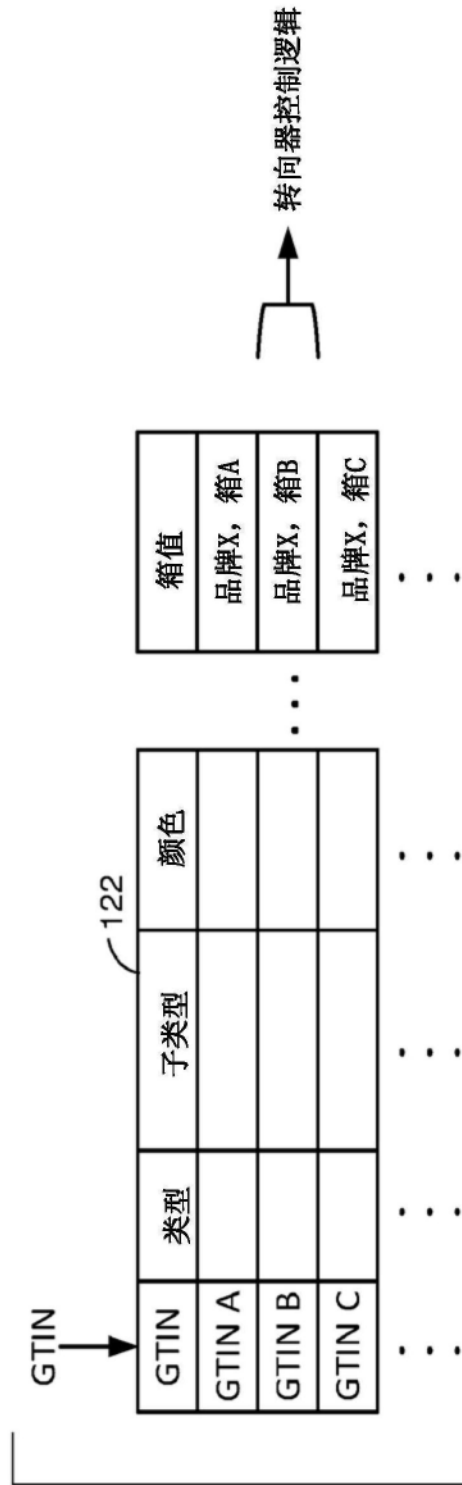


图36B

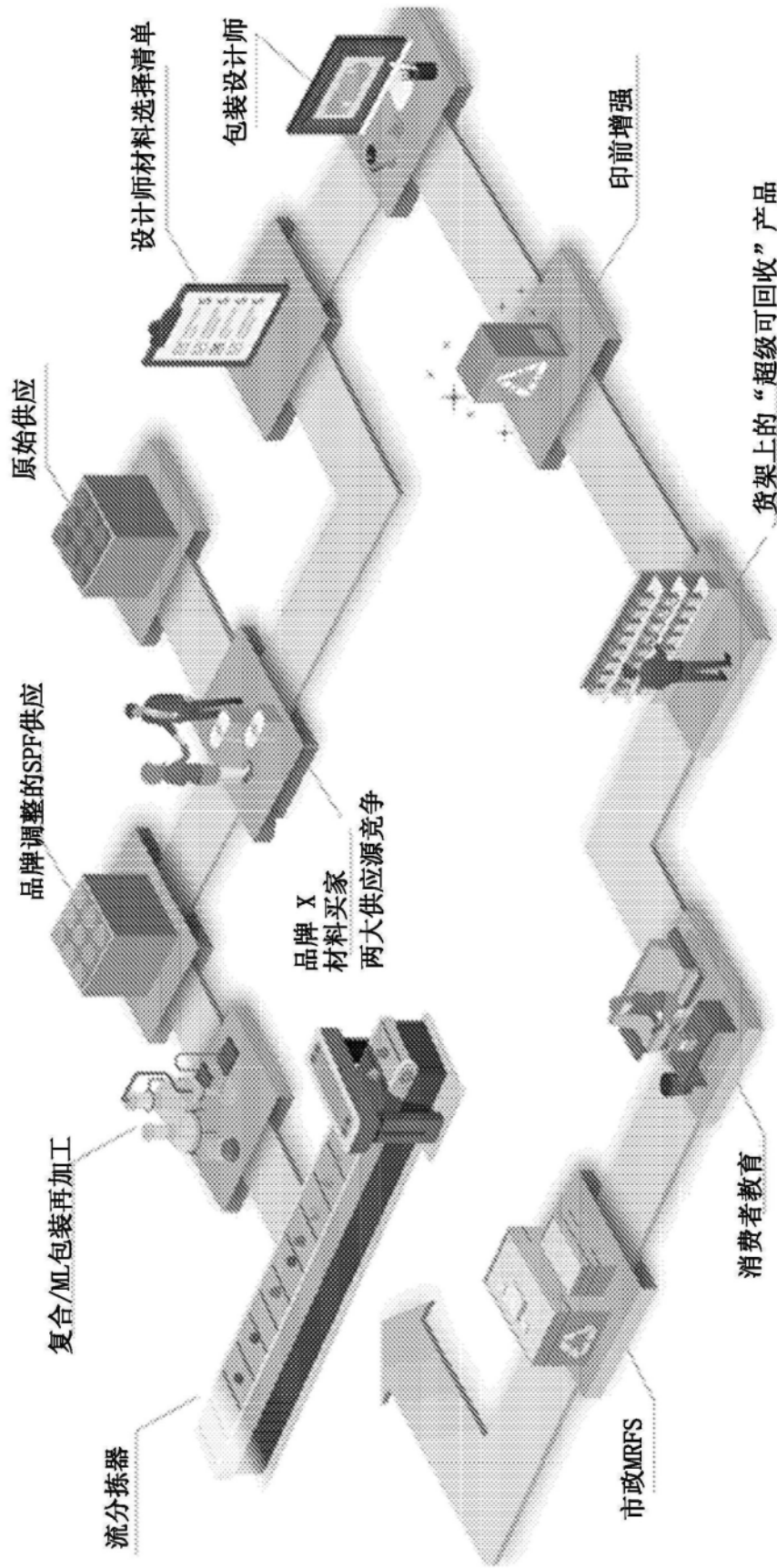


图37