

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04N 1/60 (2006.01)

H04N 9/11 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580008516. X

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 100521729C

[22] 申请日 2005.3.17

审查员 胡雅琴

[21] 申请号 200580008516. X

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

[30] 优先权

代理人 王波波

[32] 2004.3.19 [33] EP [31] 04364022.6

[86] 国际申请 PCT/US2005/008918 2005.3.17

[87] 国际公布 WO2005/094059 英 2005.10.6

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.18

[73] 专利权人 彩色电影公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 雷蒙德·杨

权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 7 页

[56] 参考文献

US5805213A 1998.9.8

US2002/0163676A1 2002.11.7

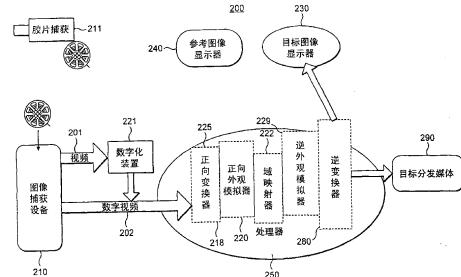
US2002/0180892A1 2002.12.5

US6243133B1 2001.6.5

颜色管理系统和方法

[57] 摘要

一种颜色处理系统，包括用于捕获景物以及提供代表该景物的第一彩色图像数据的图像捕获设备。颜色空间变换器连接到该图像捕获设备，用于将第一彩色图像数据变换为第二彩色图像数据。第一显示设备连接到该颜色变换器。第一显示设备显示如第二彩色图像数据所代表的景物。该颜色变换器包括处理器，该处理器被编程为通过从包括预先计算值的查找表(LUT)中选择矩阵元素来对第一彩色图像数据执行矩阵运算。



1. 一种颜色系统，包括：图像捕获设备，用于捕获景物及提供代表该景物的第一彩色图像数据；连接到图像捕获设备的颜色变换器，用于将第一彩色图像数据变换为第二彩色图像数据；第一显示设备，用于接收颜色变换器的输出，并显示由第二彩色图像数据所代表的景物；该系统的特征在于，颜色变换器包括处理器，该处理器被编程为通过从包括预先计算值的查找表中选择矩阵元素，来对第一彩色图像数据执行矩阵运算，所述预先计算值与第一显示设备相关联，使得通过对第一彩色图像数据进行调整来提供在第一显示设备上的显示所用的第二彩色图像数据，以便模拟第一彩色图像数据。

2. 根据权利要求 1 所述的颜色系统，其中所述颜色变换器的特征进一步在于，按照以下关系对第一彩色图像数据 R、G、B 进行操作，以便提供第二彩色图像数据 R'、G'、B'：

$$R' = M_{rr} * L_r(R) + M_{rg} * L_g(G) + M_{rb} * L_b(B)$$

$$G' = M_{gr} * L_r(R) + M_{gg} * L_g(G) + M_{gb} * L_b(B)$$

$$B' = M_{br} * L_r(R) + M_{bg} * L_g(G) + M_{bb} * L_b(B)$$

其中，R 是所述第一彩色图像的红色值，G 是所述第一彩色图像的绿色值，B 是所述第一彩色图像的蓝色值，M 是矩阵运算，并且 L 是对红色、绿色和蓝色执行的查找表操作。

3. 根据权利要求 2 所述的颜色系统，其中，所述颜色变换器的特征进一步在于，R、G 和 B 值在最小和最大数字值之间变化。

4. 根据权利要求 2 所述的颜色系统，其中，所述颜色变换器的特征进一步在于， $L_r(R)$ 、 $L_g(G)$ 和 $L_b(B)$ 值在最大和最小数字值之间变化。

5. 根据权利要求 1 所述的颜色系统，其中，所述变换的特征进一步在于，处理器被编程为按照以下关系对 R、G 和 B 值进行操作，以提供变换后的值 R'、G' 和 B'：

$$R' = M_{rr}(L_r(R)) + M_{rg}(L_g(G)) + M_{rb}(L_b(B))$$

$$G' = M_{gr}(L_r(R)) + M_{gg}(L_g(G)) + M_{gb}(L_b(B))$$

$$B' = M_{br}(L_r(R)) + M_{bg}(L_g(G)) + M_{bb}(L_b(B))$$

其中，M是矩阵运算，Lr(R)是红色查找值，Lg(G)是绿色查找值，Lb(B)是蓝色查找值。

6. 根据权利要求1所述的颜色系统，其中，所述处理器的特征进一步在于3×3矩阵运算。

7. 根据权利要求1所述的颜色系统，其特征在于：

第一存储器，用于存储至少一幅参考图像，该至少一幅参考图像具有与在参考显示器上显示所述参考图像时的第一颜色外观相对应的颜色特性；

第二存储器，用于存储至少一幅重现图像，该至少一幅重现图像具有与在目标显示器上显示所述重现图像时的第二颜色外观相对应的颜色特性；以及

所述处理器连接到所述第一和第二存储器，所述处理器能够使用矩阵运算来自动修改所述重现图像的颜色特性，以致对于选定的目标显示器，所述第二颜色外观基本上匹配所述第一颜色外观。

8. 一种方法，包括：

捕获景物及提供代表该景物的第一彩色图像数据；

将第一彩色图像数据变换为第二彩色图像数据；

接收第一显示设备上的颜色变换器的输出；以及

显示由第二彩色图像数据所代表的景物；

其中，所述变换步骤包括：通过从包括预先计算值的查找表中选择矩阵元素，来对第一彩色图像数据执行矩阵运算，所述预先计算值与第一显示设备相关联，使得通过对第一彩色图像数据进行调整来提供在第一显示设备上的显示所用的第二彩色图像数据，以便模拟第一彩色图像数据。

9. 根据权利要求8所述的方法，其中，按照以下关系对第一彩色图像数据R、G、B进行操作，以便提供第二彩色图像数据R'、G'、B'：

$$R' = M_{rr} * Lr(R) + M_{rg} * Lg(G) + M_{rb} * Lb(B)$$

$$G' = M_{gr} * Lr(R) + M_{gg} * Lg(G) + M_{gb} * Lb(B)$$

$$B' = M_{br} * Lr(R) + M_{bg} * Lg(G) + M_{bb} * Lb(B)$$

其中，R是所述第一彩色图像的红色值，G是所述第一彩色图像的绿色值，B是所述第一彩色图像的蓝色值，M是矩阵运算，并且L是对红色、绿色和蓝色执行的查找表操作。

10. 根据权利要求9所述的方法，其中，R、G和B值在最小和最大数字值之间变化。

11. 根据权利要求9所述的方法，其中， $Lr(R)$ 、 $Lg(G)$ 和 $Lb(B)$ 值在最大和最小数字值之间变化。

12. 根据权利要求8所述的方法，其中，按照以下关系对R、G和B值进行操作，以提供变换后的值R'、G'和B'：

$$R' = Mrr(Lr(R)) + Mrg(Lg(G)) + Mrb(Lb(B))$$

$$G' = Mgr(Lr(R)) + Mgg(Lg(G)) + Mgb(Lb(B))$$

$$B' = Mbr(Lr(R)) + Mbq(Lg(G)) + Mbb(Lb(B))$$

其中，M是矩阵运算， $Lr(R)$ 是红色查找值， $Lg(G)$ 是绿色查找值， $Lb(B)$ 是蓝色查找值。

13. 根据权利要求8所述的方法，其中，所述矩阵运算是 3×3 矩阵运算。

颜色管理系统和方法

技术领域

本发明涉及用于颜色管理的系统和方法。

背景技术

胶片是典型优选的产生运动画面的记录媒体。这种优选有几种原因。首先，由于生胶片（film stock）的色感应特性，胶片提供高级的视觉印象。其次，当胶片素材（filmed material）通过电影放映机投影到屏幕上时，观众熟悉由胶片素材而产生的外观。这种胶片“外观”是多种因素的产物。这些因素包括和胶片关联的光化学过程，用于投影图像的电影放映机的质量和标定，在上面投影图像的屏幕的特性以及观看环境中的环境照明条件。

近来，有多种显示设备和技术可用于利用不同于胶片的媒体，即非胶片媒体，来向观众显示电影。和这些非胶片技术关联的难题之一是，维持由胶片色感应所提供的整体视觉印象。显示设备所产生的颜色取决于该设备的特性，例如设备相关颜色空间，而且也取决于要显示图像的环境。而且，不同彩色成像设备使用不同的颜色空间，并且这些颜色空间经常不同于显示设备的颜色空间。

因此，颜色技术的主要任务是，为了以一种保持作为图像源的原始景物的颜色属性所固有的艺术意图的方式来捕获、显示和重现图像，而将色标（color specification）从一种颜色空间转变到另一种颜色空间。

例如，电视使用红、绿、蓝（R、G、B）颜色空间，且打印机使用减色系统（青、品红和黄）（或四分色系统（青、品红、黄、黑））颜色空间。另一个颜色空间例子是“ $u'v'L^*$ ”空间。“ $u'v'L^*$ ”空间是由参数 u' 、 v' 和 L^* 定义的三维颜色空间。该颜色空间中的每种颜色的色度由参数 u' 和 v' 均匀地表征。第三参数 L^* 表示感觉上均匀的颜色亮度变化（例如 $L^*=0$ 为黑， $L^*=100$ 为白）。为了处理“ $u'v'L^*$ ”颜色空

间中的彩色图像，颜色处理器只是将颜色空间中的每一点 $u'.sub.0$ 、 $v'.sub.0$ 和 $L*.sub.0$ 映射为新点 $u'.sub.1$ 、 $v'.sub.1$ 和 $L*.sub.1$ 。

在该颜色空间中，可以调节图像颜色，以补偿房间的照明条件、图像显示器的特性及其它变量。例如，为补偿照明条件，可选择的变换将每一点 $u'.sub.0$ 、 $v'.sub.0$ 和 $L*.sub.0$ 映射为具有相同的 $u'.sub.0$ 、 $v'.sub.0$ 值，但具有更大的亮度值 $L*.sub.1$ 的新点。

除设备相关颜色空间以外，国际照明委员会（CIE）利用色度学开发了一系列的颜色空间，来为所有颜色给出定量的度量。CIE 规范是和成像设备不相关的。在 CIE 出版物 15.2 中定义了 CIE 颜色空间。

本发明使设备颜色空间（打印机、投影仪、专业阴极射线管）之间的图像处理和变换变得容易。本发明的多个实施例提供了用于模拟设备特定颜色和颜色空间的方法和设备。即，本发明的实施例允许在第一设备上观看在第一设备上得不到的颜色表示。这允许第一设备模拟第二设备的外观。由于许多原因，这种模拟是所希望的。在示例实施例中，通过数字手段捕获或显示电影，并进行处理，以便获得在胶片上捕获或显示的外观。在本发明另一实施例中，把最初为高清晰投影电视而设计的数字投影仪用作数字媒介（媒体）的预览系统。此外，本发明提供了使数字数据能够像被转印到胶片上并被投影那样，在显示器上进行显示的设备标定系统和方法。

此外，本发明提供具有高动态范围、且能够精确模拟胶片输出的系统和方法。这些属性与发起工作的设备无关地提供，并恢复一致的颜色体验。此外，本发明的实施例允许，随时间的过去以及当显示技术变化时，观众获得一致的颜色体验。

发明内容

本发明提供一种颜色系统，包括：图像捕获设备，用于捕获景物及提供代表该景物的第一彩色图像数据；连接到图像捕获设备的颜色变换器，用于将第一彩色图像数据变换为第二彩色图像数据；第一显示设备，用于接收颜色变换器的输出，并显示由第二彩色图像数据所代表的景物；该系统的特征在于，颜色变换器包括处理器，该处理器

被编程为通过从包括预先计算值的查找表中选择矩阵元素，来对第一彩色图像数据执行矩阵运算，所述预先计算值与第一显示设备相关联，使得通过对第一彩色图像数据进行调整来提供在第一显示设备上的显示所用的第二彩色图像数据，以便模拟第一彩色图像数据。

本发明还提供一种方法，包括：捕获景物及提供代表该景物的第一彩色图像数据；将第一彩色图像数据变换为第二彩色图像数据；接收第一显示设备上的颜色变换器的输出；以及显示由第二彩色图像数据所代表的景物；其中所述变换步骤包括：通过从包括预先计算值的查找表中选择矩阵元素，来对第一彩色图像数据执行矩阵运算，所述预先计算值与第一显示设备相关联，使得通过对第一彩色图像数据进行调整来提供在第一显示设备上的显示所用的第二彩色图像数据，以便模拟第一彩色图像数据。

附图说明

图 1 是根据本发明实施例的颜色管理系统的框图。

图 2 是描述根据本发明实施例的方法的步骤的过程图。

图 3 所示为根据本发明实施例的查找表操作的示意图。

图 4 是根据本发明替换实施例的颜色管理系统的框图。

图 5 所示为根据本发明实施例的系统的详细框图。

图 6 所示为根据本发明替换实施例的系统的框图。

具体实施方式

术语和定义。定义在此所使用的如下术语。术语“设备相关”指的是用于在设备控制层面对设备特定数字数据进行编码的颜色空间。诸如线性 RGB 和 CMYK（青、品红、黄、黑）的颜色空间分别可用于图像扫描设备和图像打印设备，因为颜色空间的每个参数都紧密地对应于这些设备借以度量和产生颜色的物理机制。

由于多种原因，设备相关颜色空间在某些情况下不适于处理彩色图像。例如，R、G 和 B 三个参数定义了三维线性颜色空间，颜色空间中的每一点都对应于唯一颜色。在该颜色空间中的各个点，参数值

的选定变化可能不造成感觉颜色的相称变化。例如，在该颜色空间中的一个位置，使参数 R 增大 n 个单位几乎不产生感觉颜色的变化。然而，在该颜色空间中的另一点，使 R 增大相同的 n 个单位产生了感觉颜色的显著变化。因此，操作者可能难以操纵 R、G、B 三原色来获得期望的颜色变化。

术语“设备无关”指的是视觉上非均匀的颜色空间，即考虑了人的感觉如配色能力的颜色空间。已提出了多种合适的基于感觉的颜色空间，用于用更加紧密地对应于人感觉颜色的方式的参数、来定义颜色。最著名的基于感觉的颜色表示标准整体被称为 CIE 系统。

术语“色域映射”一般是指作用于颜色空间以便将一种颜色空间的色域变换到另一颜色空间的色域的技术。术语“颜色空间变换”是指在图像获取、显示和再现期间变换颜色信息的过程。

可适用标准。ISO TC42 22028-1 在此通过参考而被引入。

表 1 定义了商业上可得到的、适于实施本发明各个实施例的测量设备（分光光度计、密度计、光度计、色度计）。

表 1

— GretagMacbeth	— FilmLight (以前的 CFC)
• X-rite 密度计	— Discreet Logic (incl. 5D)
• Spectroscan	— TI-Texas 仪器—光学组件电子仪器 w/色晶格变形
— PhotoResearch	• 标定设备
• Metadata (元数据)	— Sequel
— CXF—色彩交换格式	— Spectrolino
• 颜色变换设备	— Xrite
— Digital Audio Video (DAV) (数字音频视频)	— Praxisoft
— Astro 系统	— Kodak
— FilmLight (以前的 CFC)	— Barco
— Quantel	— Graphic Technology
• 颜色校正/标定	— Telecine (HD 或 2K/4K)
— Pandora-Pogle	— Viper FilmStream camera

— DaVinci — 2K — ColorFront — Clossus film grading & finishing (Clossus 胶片 分等与修正)	
--	--

图 1 所示为根据本发明实施例的颜色管理系统 200 的框图。系统 200 包括参考图像子系统，该参考图像子系统包括参考图像捕获设备 211 和参考图像显示器 240。在本发明的实施例中，图像捕获设备 211 是一种能够在胶片上捕获图像的电影摄影机。在图 5 的 711、712 和 714 及图 6 的 812 中，进一步示出了适用于本发明的参考图像捕获设备的示例实施例。在本发明的一个实施例中，参考图像显示器 240 是图像捕获设备 211 所捕获的图像将要投影在上面的屏幕。在本发明一个实施例中，系统 200 包括用于存储要用作参考图像子系统的参考图像数据的存储器（未示出）。

在本发明的实施例中，参考子系统提供要和被处理图像的颜色特性匹配的“理想（ideal）”颜色特性，以重新生成好像是由参考子系统捕获的图像外观。在本发明的实施例中，实时地或者在制作或后期制作期间，通过硬件和软件部件来模拟，即提供参考图像子系统的特性。本发明的替换实施例不依赖于实际的硬件和软件参考系统，而是包括与参考图像子系统特性相对应的“插件”库。图 6 示出了和示例颜色校正系统配置一起使用的插件库的一个示例实施例。在图 6 的 837 中进一步示出了适用于本发明各个实施例的“插件”库的例子。如图 6 所示，插件库 837 包括示例胶片型插件 840、示例染料转印插件 835 和示例负片冲洗插件 832。因而，本发明的实施例提供多种可选择的参考图像。所选择的参考图像取决于目标图像的期望外观。

对于给定的显示装置，当在视频监视器上观看时，当对相同照明条件下拍摄的电影和视频起源图像进行比较时，存在这样的常数，该常数定义胶片图像和非胶片设备如 viper 数字图像捕获设备所产生的图像之间的显示单元（阴极射线管中的像素或液晶显示器中的其它物等）响应的变化。因此，本发明的某些实施例采用拍摄信息的组合，

因为它可以在监视器上重现，以便在总体上维持“胶片外观”。在本发明的实施例中，使用了与胶片起源图像的每个像素对应的分离颜色分量组合，并且视频起源图像使用该分离颜色分量组合，尽管响应不同的摄影激励（photographic stimulus）。

系统 200 进一步包括目标图像子系统，该目标图像子系统包括至少一个图像捕获设备 210 和处理器子系统 250。图像捕获设备 210 捕获并产生包括景物如电影景物的彩色图像的电子表示。在本发明一个实施例中，图像捕获设备 210 提供数字视频图像。在本发明的实施例中，捕获设备 210 所提供的电子图像包括二维像元（像素）阵列。用多种颜色空间的任一种来表示每个像素的颜色。例如，RGB 颜色空间和 CMYK 颜色空间是合适的。

在本发明的替换实施例中，通过输入设备 210 来提供模拟视频。在这种情况下，数字化转换器 221 把图像捕获设备 210 所提供的模拟图像转换成数字表示。因此，本发明的实施例能够通过多种装置来提供视频图像的数字表示。在本发明一个实施例中，直接通过数字设备如数码相机或特技（SFX）系统来提供数字表示。作为选择，借助于数字化过程来生成被捕获彩色图像的数字化表示。在本发明一个实施例中，捕获设备 210 包括胶片扫描仪。在扫描仪实施例的例子中，捕获设备 210 对参考图像（胶片）捕获设备 211 的输出执行一种形式的浓度测定。在本发明的实施例中，利用透过捕获设备 211 所提供的胶片的光，来确定扫描仪的 RGB 值。

在本发明一个实施例中，从包括模拟摄像机、数字摄像机、电视电影设备、胶片扫描仪和高清晰胶片图像捕获设备的组中，选择图像捕获设备 210。图 5 进一步示出了合适的图像捕获设备的例子，例如广播电视摄影机 714、数字电影摄影机 712 和胶片摄影机。在图 5 的 724 中示出了适用于本发明实施例的原始扫描仪捕获设备的例子。在本发明的实施例中，借助于标准的电视电影“飞点扫描仪（flying spot scanner）”转印，来从胶片图像生成视频图像。

由电视电影转印而产生的视频数据用视频来定义胶片图像。所得的视频图像适于用阴极射线管（CRT）、液晶显示器（LCD）或根据

本发明实施例的其它显示设备进行显示。图 5 示出了通过应用本发明的方法和设备以提供适于用各种显示设备进行显示的视频图像版本、而提供的显示环境的例子。这些环境包括但不限于数字电视电影、常规电影、网络电视和各种格式的封装媒体，包括但不限于数字通用盘（DVD）和家用录像系统（VHS）。

在本发明的实施例中，捕获设备提供被捕获图像的设备相关颜色空间表示。设备相关颜色空间提供了使用、数字表示和计算的方便性。然而，设备相关颜色空间通常和颜色的客观定义不相关，或者和人眼观看颜色的方式不相关。因此，本发明的一个实施例包括正向变换器 218。正向变换器 218 接收设备相关颜色空间中的被捕获图像数字表示，并将该图像的数字表示从设备相关颜色空间变换到设备无关颜色空间，如图 4 的 310 更详细说明的。在本发明的实施例中，正向设备变换器 218 将比色（设备特定）颜色空间变换到感觉颜色空间。在本发明的某些实施例中，设备变换器 118 基于用于在选定特定环境中精确高效地重现色彩的元数据和测度。例如，设备变换器 118 实施并利用显示器的颜色配置文件和实际模拟以及环境的分布格式。

另外，本发明的实施例进一步包括正向外观模拟器 220。正向外观模拟器 220 将外观模型应用于来自正向变换器 218 的数字表示。即，正向外观模拟器 220 处理来自正向变换器 218 的数字表示，以便提供与观众的感觉特性一致的图像表示。在本发明的实施例中，颜色外观模拟器 220 提供用于将三色激励值变换为感觉属性相关值以及/或者将感觉属性相关值变换为三色激励值的观看条件特定方法。在具体的 CIECAM02 中概述了适用于本发明实施例的一种颜色外观模型。

在本发明的实施例中，可以从系统 200 的存储器中选择多种颜色外观模型。在一个实施例中，操作者选择要应用于图像表示的期望颜色外观模型。在本发明实施例中，颜色处理器 250 包括至少一个用于存储预定义的可重新调节设备特定标定数据的存储器，该设备特定标定数据包括非线性颜色空间变换模型。在本发明的实施例中，处理器 250 在存储器中进一步存储用于解释色值的其它信息，如图像状态、参考图像观看环境等。

在本发明一个实施例中，把正向外观模拟器 220 所提供的图像表示提供给域映射器 222。域映射器 222 将图像输入颜色空间的色域映射到显示图像输出颜色空间的色域。域映射器 222 的输出被提供给逆外观模拟器 229。逆外观模拟器 229 的输出被提供给逆变换器 280。在本发明实施例中，逆变换器 280 说明了显示器特定特性。

在本发明的实施例中，正向变换器 225、正向外观模拟器 220、域映射器 222、逆外观模拟器 229 和逆变换器 280 是用至少一个被编程为执行系统 200 这些部件的各自功能的处理器 250 来实施的。在一个实施例中，用单个处理器来实施这些功能。本发明的替换实施例包括分布式处理器，即嵌入和/或分布于系统 200 全部硬件部件中的处理器。

处理器 250 把经过处理的图像提供给至少一个目标图像显示器 230。在那种配置下，经过处理的图像被显示在目标图像显示器 230 上，以便和参考图像显示器 240 上所显示的参考图像进行比较。本发明的实施例包括从以下组中选择的目标图像显示设备 230，该组包括但不限于：高清晰电视显示器 233，标准清晰电视显示器 231，数字电影显示器 232，液晶二极管（LCD）显示器 234（包括硅上液晶 LCoS 显示器），以及投影电视显示器。图 6 示出了包括目标和参考图像显示设备的更多示例实施例。图 6 示出了颜色校正组合中所包括的数字投影仪 851 和高清晰（HD）监视器 852。

本发明的实施例包括用户可操作的颜色调节控制，例如如图 3 的查找表（LUT）节点所示的。

在本发明的实施例中，处理器 250、目标图像显示器 230 和参考图像显示器 240 包括数字电影制作系统 200。在本发明的一个实施例中，目标图像显示器 230 包括数字电影放映机，例如 Christie Digital（以前为 Electrohome）的 Texas 仪器公司(TI)的数字光处理（DLP）电影放映机。数字电影放映机和灯箱一起照亮电影屏幕，以提供目标图像显示。例如，在本发明的实施例中采用 10 英尺高、24 英尺宽的电影屏幕。在本发明的实施例中，数字电影放映机是 DLP 放映机。在本发明的实施例中，数字电影目标图像投影仪和参考图像显示器 240 并排放置。在本发明的实施例中，参考图像显示器 240 包括放映室中

的标准 35mm 电影放映机 301。在那种配置下，利用本发明的系统 200 来实现胶片拷贝参考图像和数字目标图像之间的并排比较和匹配。

在本发明的一个实施例中，可以通过用户控制来操作颜色处理器 250，以便例如用户在房中实时灵活地调整目标图像（允许实时改变）。在图 10 的 1001 中说明了这一点。本发明的一个实施例允许相对于观看环境条件（提供给色域映射器 260 的黑暗、昏暗环境照明）来调节颜色空间。

在本发明的实施例中，处理器 250 提供经过颜色处理的图像原版（master）290，以支持媒体分发。当拷贝经过处理的原版图像 290、分发拷贝并在具有类似于选定目标图像显示器 230 的设备特性的显示设备上显示拷贝时，经过颜色处理的图像原版 290 将匹配参考图像 240 的外观。本发明的更多实施例包括用于将计算机生成图像并入数字视频原版中以便分发的装置，如 290 所示。

因此，被捕获图像的彩色重现是这样一种彩色重现，其中颜色以给出期望外观的方式，绝对地或相对于白色而脱离原始图像中那些颜色的外观。

在本发明的实施例中，处理器 250 重新映射被捕获数字图像的颜色特性，以便提供具有胶片外观的变换后图像。本发明的实施例实时执行重新映射步骤。变换后图像被提供给目标图像显示设备 230。目标图像显示设备的例子包括数字电影放映机、高清晰 CRT 监视器、计算机监视器、LCD 和 LCOS 显示器或任何显示设备。

在本发明的实施例中，处理器 250 提供图像数据，用于生成要分发并在目标显示环境如数字电影院中显示的数字原版（用作目标分发媒体）230。

图 2 示出了通过根据本发明一个实施例的图 1 系统 200 所实施的方法的步骤。总之，该方法包括计算绝对设备无关颜色（例如 XYZ）的正向设备变换步骤 310。正向外观模拟步骤 320 计算人眼所看到的（例如 L*a*b*）。色域映射步骤 330 根据输出设备来还原颜色（例如胶片到电视）。逆外观模拟步骤 340 重新计算绝对颜色。逆设备模拟步骤 350 计算设备特定信号（例如 RGB 投影仪、RGB 电视）。

在本发明的实施例中，利用如图 2 的 360 所示的图像捕获设备来捕获彩色图像。被捕获的图像被提供给第一变换器，在该第一变换器中根据正向设备变换来变换图像，如 310 所示。正向设备变换产生与被捕获图像的设备相关图像数据相对应的设备无关输出图像彩色数据。

设备无关输出数据是基于如 320 所示的正向颜色外观模拟所调节的正向外观。该步骤说明了人的感觉特性，以便提供感觉上增强的彩色图像数据。在色域匹配步骤中，根据输出设备的特性对感觉上增强的彩色图像数据进行映射。通过如 330 所示的色域映射步骤来提供这种经过色域映射的图像数据。

对经过色域映射的图像数据执行与 320 所示的正向外观模拟步骤相对应的外观模拟逆步骤 340，以便提供感觉上反转的彩色图像数据。经过外观模型反转的彩色图像数据被提供给如 350 所示的第二设备变换。在本发明的实施例中，第二设备变换包括 310 所示的第一设备变换的逆。第二设备变换步骤 350 提供重现的图像，如 370 所示。

图 3 所示为用于执行由系统 200 所实施的颜色变换步骤的颜色变换器 400 的功能图。本发明的实施例完全用硬件和软件或者用它们的各种组合，来实现算法。在本发明的实施例中，变换器在实时环境中操作。该实时能力支持包括多种颜色管理应用和颜色处理系统设计的实施例。

变换器 400 的一个实施例包括存储在存储器（未示出）中的查找表（LUT），并实施 3×3 矩阵运算（M）。LUT 执行查找操作（L）。在本发明的实施例中，用图 1 的处理器 250 来实施图 3 的颜色变换器 400。在本发明的一个实施例中，通过只采用存储器查找和加法运算来执行算法，而无需更多类型的操作。与需要附加处理操作的算法相比，该方法导致了计算的大大节约。

如图 3 所示，对于具有 R、G、B 值的像素

$$R' = M_{rr} * L_r(R) + M_{rg} * L_g(G) + M_{rb} * L_b(B)$$

$$G' = M_{gr} * L_r(R) + M_{gg} * L_g(G) + M_{gb} * L_b(B)$$

$$B' = M_{br} * L_r(R) + M_{bg} * L_g(G) + M_{bb} * L_b(B)$$

在本发明的实施例中，R、G、B 值及其对应的 LUT 变换值 $Lr(R)$ 、 $Lg(G)$ 、 $Lb(B)$ 介于最小和最大数字值之间。因而，可以从存储器中所存储的预先计算值查找矩阵元素，因为矩阵元素是常数。在本发明的实施例中，通过如下的更一般变换，来实现线性矩阵变换：

$$R' = Mrr(Lr(R)) + Mrg(Lg(G)) + Mrb(Lb(B))$$

$$G' = Mgr(Lr(R)) + Mgg(Lg(G)) + Mgb(Lb(B))$$

$$B' = Mbr(Lr(R)) + Mbg(Lg(G)) + Mbb(Lb(B))$$

因此，在乘以色值以前，每个矩阵元素都可以扩展为曲线。因而，本发明提供“弯曲”颜色空间或相反调制颜色空间的能力。在本发明一个实施例中，用现场可编程门阵列（FPGA）即硬件配置来实施图 3 的变换器。在本发明的实施例中，颜色变换器 400 实时操作，并且能够应用于多种标准输入/输出格式，包括例如高清串行数字接口（HSDSI）和模拟视频图形阵列（VGA）。在本发明的实施例中，颜色变换器 400 对目标显示器如图 1 的目标图像显示器 230 执行比色变换。在那个实施例中，颜色变换器 400 连接在图像捕获设备 210 和目标图像显示器 230 之间，以便当图像数据从图像源传送给显示设备时、对图像表示进行操作。本发明的实施例通过采用一般变换的一阶或二阶或更高阶多项式近似，来获得适于特定应用的精度。

在本发明一个实施例中，颜色变换器 400 将 10 位 RGB 源连接到 10 位显示器。本发明的实施例使用 8 位处理技术。一些实施例对输入信号执行 2 位移位（除以 4）。而且，本发明的某些实施例利用对输出信号执行的 2 位补位操作（乘以 4）。

在图 3 的变换器 400 的一个实施例中，在矩阵乘积操作中用 LUT 来代替标量。在这些实施例中，例如如果 (R、G、B) 是输入三元组，则按照下式来计算输出三元组 (R'、G'、B')：

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{RR}(R) & L_{RG}(G) & L_{RB}(B) \\ L_{GR}(R) & L_{GG}(G) & L_{GB}(B) \\ L_{BR}(R) & L_{BG}(G) & L_{BB}(B) \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

以便实现以下关系：

$$\begin{cases} R' = L_{RR}(R).R + L_{RG}(G).G + L_{RB}(B).B \\ G' = L_{GR}(R).R + L_{GG}(G).G + L_{GB}(B).B \\ B' = L_{BR}(R).R + L_{BG}(G).G + L_{BB}(B).B \end{cases}$$

因为每个乘积都只取决于 R、G 或 B 之一，所以可以用更一般的 LUT L' （记为 $L'_{RR}(R) = L_{RR}(R).R$ 、 $L'_{RG}(G) = L_{RG}(G).G$ 等）来代替它，以便实现以下方程：

$$\begin{cases} R' = L'_{RR}(R) + L'_{RG}(G) + L'_{RB}(B) \\ G' = L'_{GR}(R) + L'_{GG}(G) + L'_{GB}(B) \\ B' = L'_{BR}(R) + L'_{BG}(G) + L'_{BB}(B) \end{cases}$$

根据本发明实施例，对于每个输出值（R'、G'或 B'），变换器 400 所执行的处理步骤都包括三次查找操作（一次用于 R、一次用于 G、一次用于 B）、接着是两次加法。在本发明一个实施例中，每个 LUT 表 L'_{XY} 都用 8 位进行编码。对角元素 (L'_{RR} 、 L'_{GG} 、 L'_{BB}) 包括 0 至 255 之间的无符号值。非对角元素 (L'_{RG} 、 L'_{RB} 、 L'_{GR} 、 L'_{GB} 、 L'_{BR} 、 L'_{BG}) 包括 -128 至 +127 之间的有符号值。在本发明一个实施例中，把输出值 R'、G' 和 B' 剪切在 0 至 255 之间（在填补 2 位以转换为 10 位之前）。

在本发明实施例中，将变换器 400 实施为按照图 3 进行编程的、且连接到 1920×1080 10 位输入输出视频接口的 FPGA。

在本发明一个实施例中，通过上载每一个都包括 9 个查找表 L'_{RR} 、 L'_{RG} 、 L'_{RB} 、 L'_{GR} 、 L'_{GG} 、 L'_{GB} 、 L'_{BR} 、 L'_{BG} 和 L'_{BB} （按此顺序）的文件来初始化变换器 400，其中每个查找表都有 256 个值。

系统 200 的实施例（图 1 所示）包括变换器 400（图 3 所示），以便通过把被捕获图像转换为数字域来从捕获设备 210 的捕获提供颜色一致性，如图 1 的 201 和 221 所示。本发明的实施例进一步提供用于在后期制作链的任何步骤恢复初始颜色参数的装置，并提供在任何步骤用于多种可选择目标显示器（图 1 的 230 所示）的无缝视觉控制。那样，在处理的任何步骤，利用一致的颜色基准来跨越设备进行文件交换。

本发明减少了颜色师对每个新版本的高昂劳动。本发明的一个实施例自动适于不同的视觉环境，例如用于全黑环境的剧院版本、具有

景物反差压缩的广播版本（以看到黑暗起居室中的暗景物）。DVD 版本介于广播和剧院版本之间（顾客可能希望减弱起居室内的灯光）。

根据本发明的实施例，标定过程包括提供颜色管理系统 250 的步骤。把计算机如个人计算机编程为向模型应用测量，以计算将驱动系统 250 的变换参数。在本发明的实施例中，利用测量工具和色卡（color patch）来降低成本。

在本发明的实施例中，利用 SGI “便携式” 工作站来实现根据本发明实施例的颜色变换器。对于第一调节步骤，接口使得可以访问三条描述投影仪 RGB 对负片读数的曲线。在本发明的实施例中，在这些曲线上有 21 个控制点可调节，在这些点之间进行线性插值。这等效于从胶片 d.LogE RGB 曲线得到的纯对角矩阵。

在曲线之后，接连对 RGB 应用另外两个矩阵。主矩阵包括色调、饱和度和亮度（HSL）接口（绕亮度轴旋转 + 沿亮度和饱和度轴的乘法系数）。提供调整（tweak）饱和度的能力。本发明所使用的次矩阵具有固定为 1.0 的对角线值，并且可以单独访问其它的 6 个非对角系数（代表串扰）。

在该次矩阵中，把对 6 个非对角系数的每一个的动作实施为 LUT。这使能生成曲线，以取决于输入信号而改变响应。当对 6 个系数执行动作时，将对角值调节为 $1.0 \pm \epsilon$ ，以便保持操作的整体标量一致性。在本发明的实施例中，在次矩阵操作期间向量标量值保持恒定。

本发明的实施例利用次矩阵（secondary matrix）来控制颜色串扰。在本发明的一个实施例中，在以下形式的单个 LUT 矩阵中，对 HSL 控制的主矩阵和基于 LUT 的次矩阵的三个初始 RGB LUT 的组合进行合成：

$$\begin{cases} R' = L'_{RR}(R) + L'_{RG}(G) + L'_{RB}(B) \\ G' = L'_{GR}(R) + L'_{GG}(G) + L'_{GB}(B) \\ B' = L'_{BR}(R) + L'_{BG}(G) + L'_{BB}(B) \end{cases}$$

将同步的 LUT 矩阵（即 9 个 LUT L'_{RR} 、 L'_{RG} 、 L'_{RB} 、 L'_{GR} 、 L'_{GG} 、 L'_{GB} 、 L'_{BR} 、 L'_{BG} 、 L'_{BB} ）上载到变换器，以便对显示屏起作用。

在本发明的实施例中，通过用 PhotoResearch 650¹ 光度计测量 220

一个色卡的色卡集合的光输出，来执行数字投影仪标定。首先对电影放映机进行测量。对数字投影仪执行的测量用于调节数字投影仪的设置，以匹配电影放映机结果。在本发明的一个实施例中，用默认的“电影院”或“剧院”设置来设置数字投影仪。

本发明的一个实施例被自动化并被优化，以便将仿真变为接近实时（即从 Fuji 切换到 Kodak 胶片）。在本发明一个实施例中，利用插件库（图 6 的 837）来提供可选择的仿真参数。在本发明的实施例中，仿真设计基于颜色配置文件结果。

本发明的实施例可以操作，以允许从多种类型的超级原版生成分发原版期间的一致颜色恢复自动化，该多种类型超级原版包括但不限于：高价 premium 电影、SD-HD 电影、SD/DVD、HD/DVD 和电视广播。图 5 示出了示例数字超级原版 750，以及关于分发原版的各种类型分发路径 716、718、720 和 722 的例子。

图 4 所示为颜色处理系统 200 的实施例的更详细框图。

图 5 所示为根据本发明实施例的颜色管理系统的框图。

图 6 所示为根据本发明实施例的颜色管理系统 900 的框图。

虽然以上说明针对本发明的优选实施例，但是可以设计本发明的其它和更多实施例，而不脱离本发明基本范围，并且本发明的范围由以下的权利要求来确定。

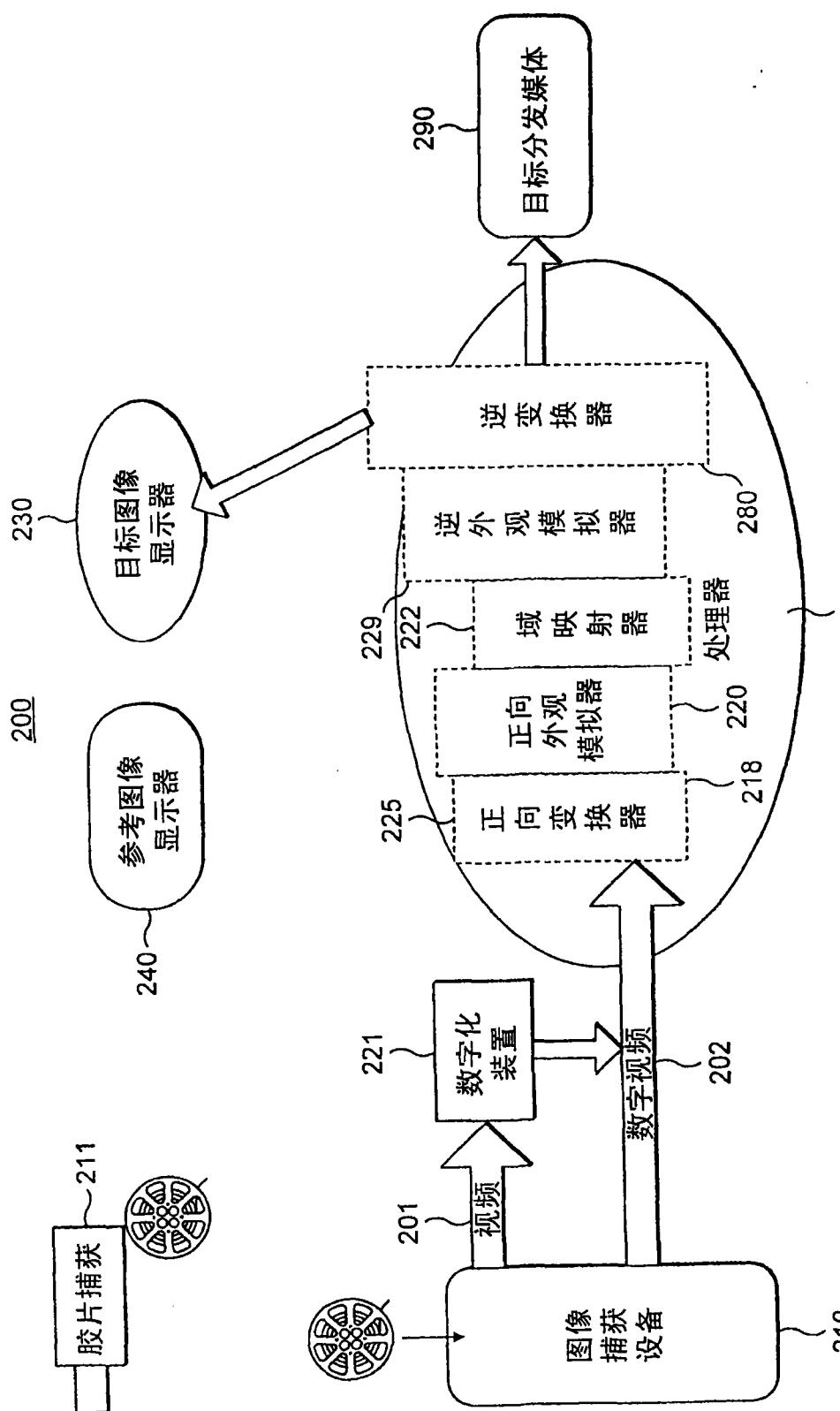


图 1

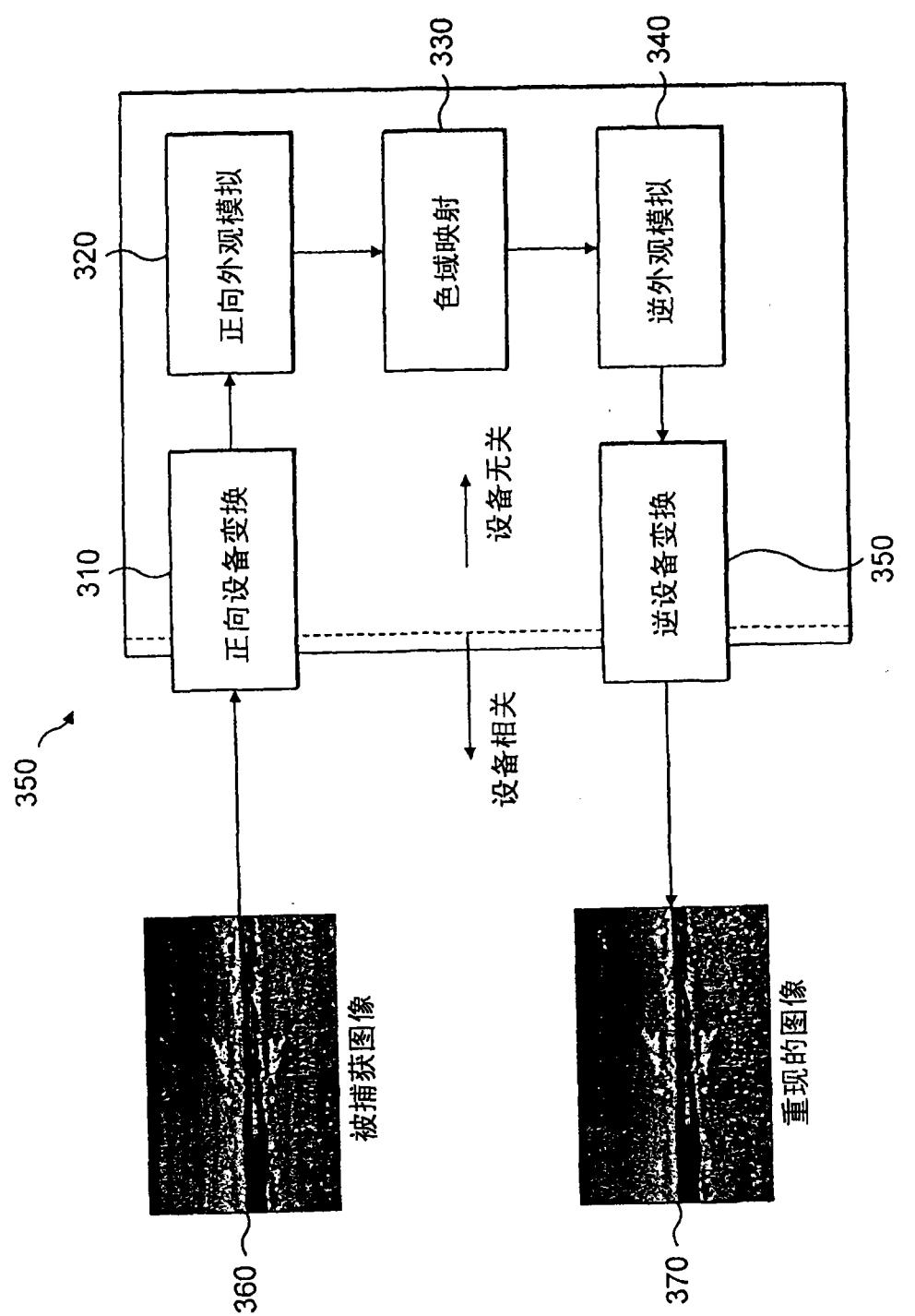


图 2

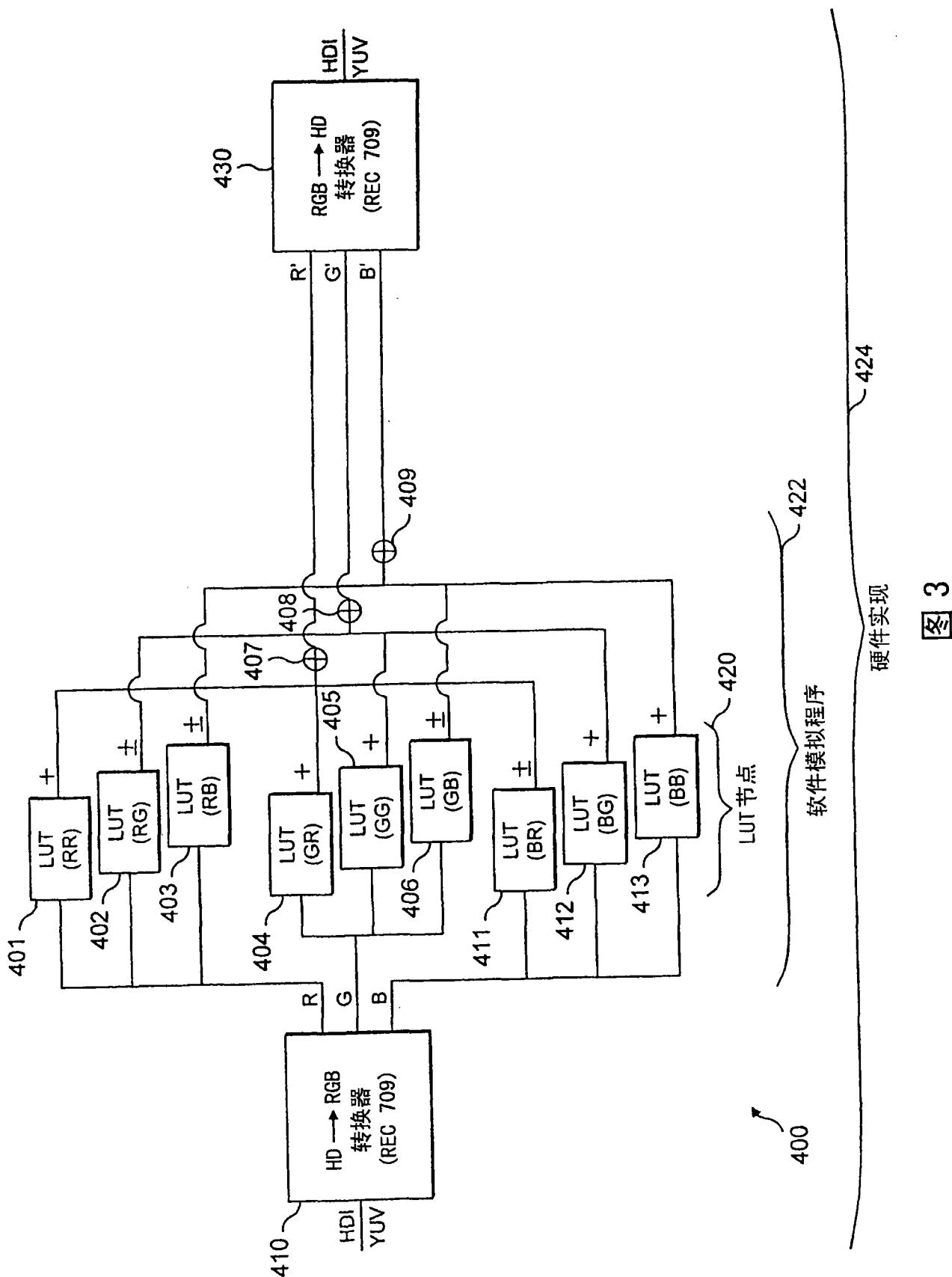


图 3

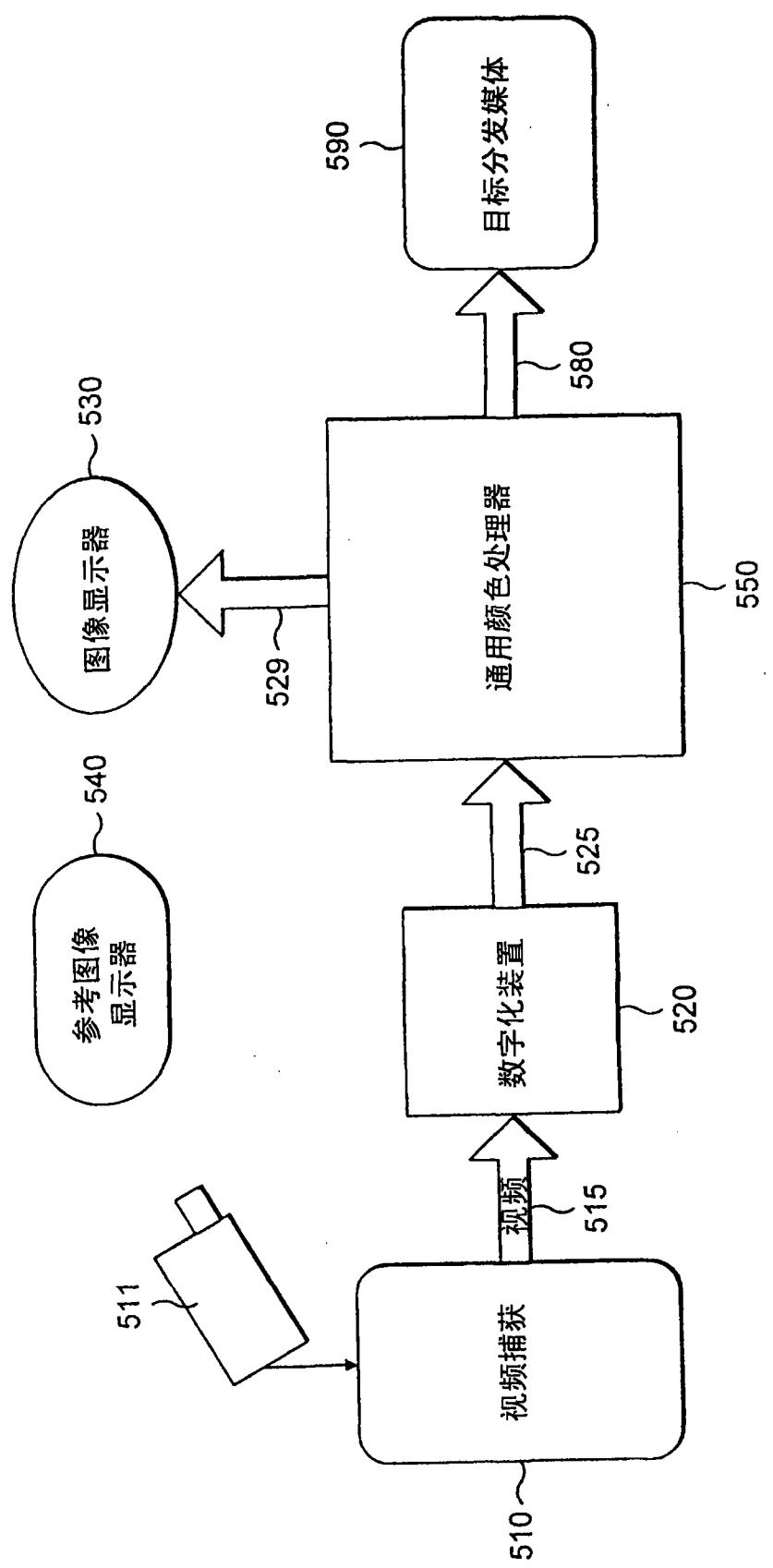


图 4

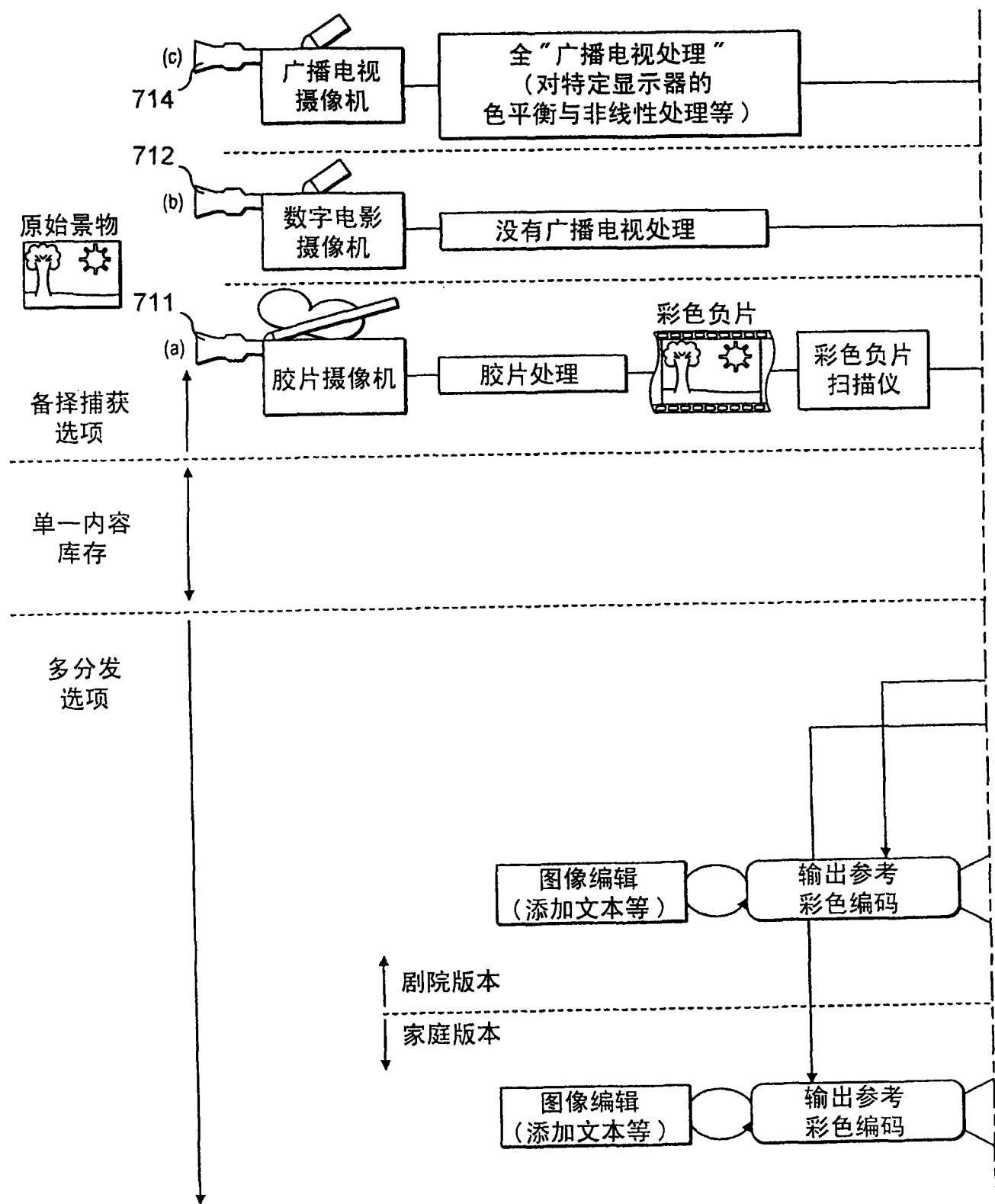


图 5

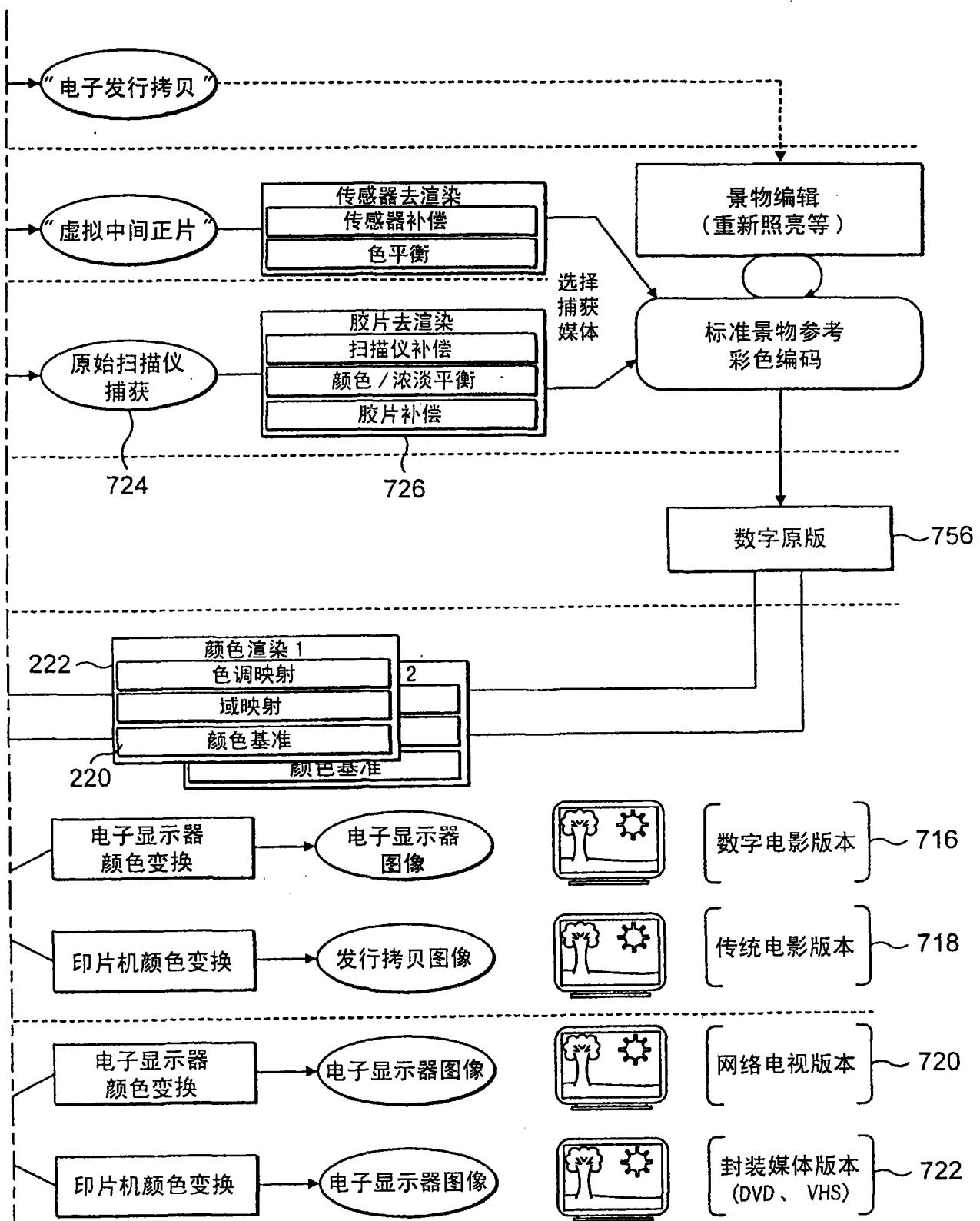


图 5(续)

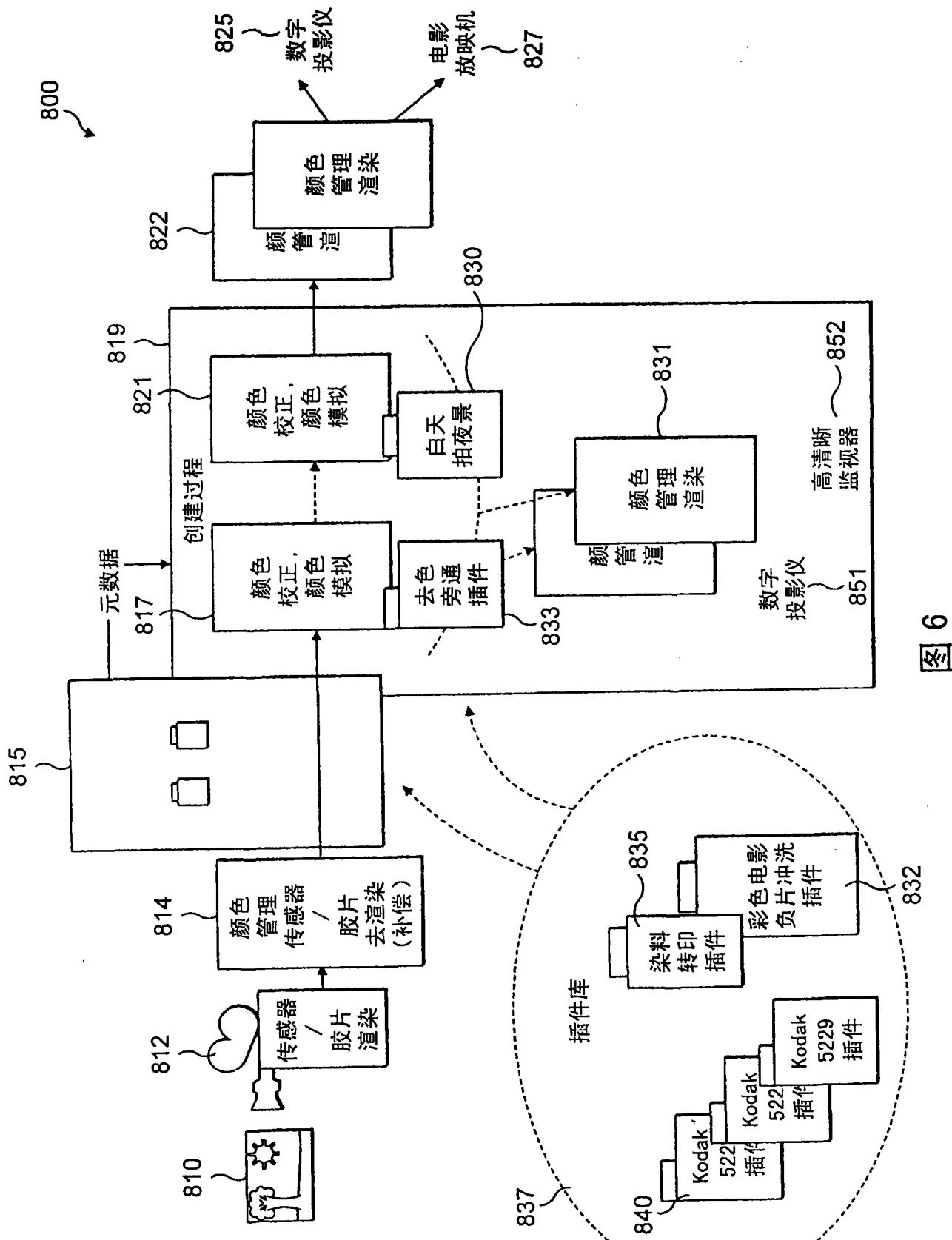


图 6