



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 99807848.4

[45] 授权公告日 2005 年 7 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 1210672C

[22] 申请日 1999. 6. 10 [21] 申请号 99807848.4

[30] 优先权

[32] 1998. 6. 23 [33] US [31] 09/102875

[86] 国际申请 PCT/US1999/013163 1999. 6. 10

[87] 国际公布 WO1999/067738 英 1999. 12. 29

[85] 进入国家阶段日期 2000. 12. 25

[71] 专利权人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 E·J·巴沃莱克 小 L·A·波斯

C·科鲁姆 W·P·库恩

审查员 邹 斌

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

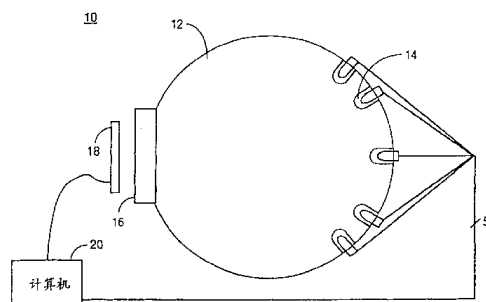
代理人 吴立明 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 7 页

[54] 发明名称 利用发光二极管或其它光谱光源的
成像设备颜色校准的方法

[57] 摘要

公开了对一个成像设备进行颜色校准的一个方法和设备。该成像设备(18)承受多个光源(14)。从该成像设备获得颜色通道反应,并决定颜色校准系数。



1. 一种对成像设备进行颜色校准的方法，该方法包括步骤：
从多个辐照光源辐射光线，多个辐照光源具有相互不同的各自的光谱辐照特性，并具有已知的颜色值；
5 用顺序光线照射成像设备，以便响应该照射反应从成像设备产生一组颜色通道反应输出值；以及
 从该组颜色通道反应和已知的颜色值决定所述成像设备的颜色校准系数。
2. 根据权利要求1的方法，其中多个辐照光源为不少于三个，而
10 该组颜色通道反应的数目为不少于三个并且不多于所述多个辐照光源。
3. 根据权利要求1或2的方法，包含将颜色校准系数存储在成像设备中的进一步步骤。
4. 根据前述权利要求1的方法，其中从多个辐照光源辐射光线的
15 步骤包含从至少三个发光二极管辐射光线。
5. 根据前述权利要求1的方法，其中从多个辐照光源辐射光线的步骤包含从峰值波长分别为 430nm、470nm、545nm、590nm 和 660nm 的五个发光二极管辐射光线。
6. 一种校准成像设备反应的方法，包含：
20 提供多个辐照光源；
 响应由多个辐照光源产生的顺序光线，从成像设备产生第一组反应输出值；
 通过将成像设备暴露于多个辐照光源，产生第二组反应；并且
 从第一组反应和第二组反应决定校准系数。
- 25 7. 根据权利要求6的方法，其中提供多个辐照光源包含提供至少三个发光二极管，其中每个发光二极管具有相互不同的各自的光谱辐照特性，并在人类视觉系统的光谱敏感性之内。
8. 根据权利要求7的方法，其中提供至少三个发光二极管包含提供峰值波长分别为 430nm、470nm、545nm、590nm 和 660nm 的五个发
30 光二极管。
9. 根据权利要求6的方法，其中产生第一组反应包含将如红、绿和蓝值的第一组反应映射为多个 XYZ 三色值。

10. 根据权利要求 6 的方法, 其中根据多个辐照光源产生第一组反应包含将分光光度计暴露于多个辐照光源。

11. 根据权利要求 6 的方法, 其中将成像设备暴露于多个辐照光源包含使用辐照光源的每一个顺序地照射该成像设备。

5 12. 一种对成像设备进行校准的方法, 包括:

(1) 提供 N 个成像设备, 其中 N 表示成像设备的预定数目;

(2) 将第一 ($N=1$) 成像设备暴露于一个目标, 以便响应将第一成像设备暴露于该目标而产生第一组目标结果输出值;

(3) 从第一组目标结果输出值计算第一组校准系数;

10 (4) 将第一成像设备暴露于由多个辐照光源产生的顺序光线, 以便响应将成像设备暴露于该顺序光线而产生第一组光源结果输出值, 其中第一组校准系数和第一组光源结果输出值形成一对结果;

(5) 通过在步骤 (2) 到 (4) 的每次重复期间使用不同的成像设备, 来重复步骤 (2) 到 (4) $N-1$ 次; 以及

15 (6) 通过使用每对结果来决定在 N 个成像设备之间的关系。

13. 根据权利要求 12 的方法, 其中将第一 ($N=1$) 成像设备暴露于一个目标包含提供一个代表人类视觉系统的光谱敏感性的目标。

20 14. 根据权利要求 13 的方法, 其中提供一个代表人类视觉系统的光谱敏感性的目标包含提供一个 Macbeth Colorchecker® 颜色再现图表。

15. 根据权利要求 12 的方法, 每个辐照光源具有相互不同的各自的光谱辐照特性。

25 16. 根据权利要求 12 的方法, 其中将第一成像设备暴露于多个辐照光源包含提供峰值波长分别为 430nm、470nm、545nm、590nm 和 660nm 的五个发光二极管。

17. 根据权利要求 12 的方法, 其中通过使用每对结果来决定在 N 个成像设备之间的关系包含使用多项回归式。

30 18. 根据权利要求 12 的方法, 其中通过使用每对结果来决定在 N 个成像设备之间的关系包含为每组校准系数推导独一无二的一组相关系数。

19. 根据权利要求 18 的方法, 其中为每组校准系数推导独一无二的一组相关系数包含使用统计分析程序。

20. 根据权利要求 12 的方法, 还包含:

将成像设备暴露于从一个物体反射的光线, 以便产生由将成像设备暴露于反射光线得到的一组物体反应输出值; 以及

将相关系数应用到该组物体反应, 以便产生成像产品。

5 21. 一种模拟至少一个目标颜色的方法, 包含:

提供用于辐射光线的装置;

通过将一个成像设备和一个分光光度计二者之一暴露于来自用于辐射光线的装置的顺序光线, 来产生一组反应输出值,

10 提供包含至少一个目标颜色的目标, 该至少一个目标颜色包含一个反射波长;

将该反射波长表示为一个值; 和

从该组反应输出值和至少一个目标颜色的值来决定至少一个加权因子。

15 22. 根据权利要求 21 的方法, 其中提供用于辐射光线的装置包含提供多个辐照光源。

23. 根据权利要求 22 的方法, 其中提供多个辐照光源包含提供至少三个发光二极管, 其中每个发光二极管具有相互不同的各自的光谱辐照特性。

20 24. 根据权利要求 23 的方法, 其中提供至少三个发光二极管包含提供峰值波长分别为 430nm、470nm、545nm、590nm 和 660nm 的五个发光二极管。

25 25. 根据权利要求 21 的方法, 其中提供一个目标包含提供一个代表人类视觉系统的光谱敏感性的目标。

26. 根据权利要求 25 的方法, 其中提供一个代表人类视觉系统的光谱敏感性的目标包含提供一个 Macbeth Colorchecker®颜色再现图表。

27. 根据权利要求 21 的方法, 其中产生一组反应输出值包含为辐射光线的装置决定 XYZ 三色值一个辐射组, 其中提供包含至少一个目标颜色的一个目标包括提供包含 24 个颜色的一个目标, 该目标的每个颜色包含一个反射波长, 其中将该反射波长表示为一个值包含为 24 个颜色决定 XYZ 三色值一个反射组。

30

利用发光二极管或其它 光谱光源的成像设备颜色校准的方法

5

技术领域

本发明一般涉及颜色的确认和校准以及对成像设备的矫正性调整。

背景技术

色彩主要是人类视觉系统在接受物体反射回的不同波长的光线时察觉到的。这种色彩认识能力已知为人类视觉系统的光谱敏感性。为了数字化地表达觉察的色彩，已经开发了许多方法，其中之一是 XYZ 三色值，它由“Commission Internationale de l’Eclairage” (CIE) 这一国际组织提出的。XYZ 三色值根据这样的理论，即人类视觉系统具有对三种基本色彩红绿蓝的感受器，并且所有察觉的色彩是这三种基本色彩的混合。

15

图 1 示出根据 XYZ 三色值对应人类视觉系统的光谱敏感性。理想上，如果成像设备反映通道精确复制 XYZ 三色值，在理论上，成像设备能够精确复制视觉系统看到的颜色。然而，由于生产这样的—个成像设备所涉及的复杂性，精确复制 XYZ 三色值是不现实的。

20

图 2 示出一个成像设备的示范性的红绿蓝反应。希望转换反应使之尽可能近的相关于 XYZ 三色值，使得成像设备可以分通道输出，近似对应人类视觉系统所看到的颜色。这就是执行在成像设备上的颜色校准的功能。

25

颜色校准的功能是找到色彩校准矩阵（如，3x3 矩阵），它使得图像感应器的反应尽可能（如最少的平方误差）靠近 XYZ 三色值。决定颜色校准 3x3 矩阵的示范性方法是取已知的 XYZ 三色值的几个反射颜色目标，如 Macbeth Colorchecker®目标，它从位于纽约的 New Windsor 的 Macbeth/Kollmorgen 仪器公司处获得，代表 24 种颜色，并且一般在不同的颜色空间区描述颜色。通过取得由图像识别生成的对应红绿蓝（RGB）值，找到近似代表该目标的 XYZ 三色值的校准矩阵。从数学上，转换可以表示如下：

30

使用要校准的成像设备，24 色目标通过生成对应的 RGB 值的成像器读取。注意到，颜色目标的每个 XYZ 三色值是已知的。标准 RGB

值被装入标准数据矩阵（MEAS），例如：

目标 0	R_0	G_0	B_0
目标 1	R_1	G_1	B_1
目标 2	R_2	G_2	B_2
目标 3	R_3	G_3	B_3
..			
目标 22	R_{22}	G_{22}	B_{22}
目标 23	R_{23}	G_{23}	B_{23}

RGB 值和 XYZ 三色值的关系能用下面方程表示：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [3 \times 3] \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

5 3x3 颜色校准矩阵能进一步描述为：

$$[3 \times 3] = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix}$$

其中 $M_{11}, \dots, M_{33}$ 是颜色校准矩阵的颜色校准系数。

因此，计算颜色校准系数如下：

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} M_{11} \\ M_{12} \\ M_{13} \end{bmatrix} &= (MEAS^T \cdot MEAS)^{-1} \cdot MEAS^T \begin{bmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \vdots \\ X_{23} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} M_{21} \\ M_{22} \\ M_{23} \end{bmatrix} &= (MEAS^T \cdot MEAS)^{-1} \cdot MEAS^T \begin{bmatrix} Y_0 \\ Y_1 \\ \vdots \\ Y_{23} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} M_{31} \\ M_{32} \\ M_{33} \end{bmatrix} &= (MEAS^T \cdot MEAS)^{-1} \cdot MEAS^T \begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ \vdots \\ Z_{23} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

在上述表达式中， $MEAS^T$ 指 MEAS 矩阵的转置矩阵。 $()^{-1}$ 表示逆阵。而且， x_n, Y_n, Z_n 是各自的目标 n 的 XYZ 三色值。

从上面，选择颜色校准系数提供最小的平方误差，它对应于最适合将成像设备的 RGB 值映射为颜色目标的 XYZ 三色值。为什么通过该方法获得的系数能提供最小的平方误差，可能不是显而易见的，它的进一步讨论能在 Box, Hunter 和 Hunter 的“实验者统计”（Hohn Wiley 和 Sons 出版，纽约，1978）一书中 498-502 页找到。希望能以最少三位有效精确位来计算和保存系数值。注意到，只要有适当的亮度，系数的大小不是重要的，但系数之间的比例是重要的。因此，根据他们的颜色校准精度，矩阵

$$M = \begin{pmatrix} 16.645 & 7.013 & 1.253 \\ 6.997 & 17.706 & -1.881 \\ 0.386 & -4.826 & 23.327 \end{pmatrix} \quad \text{和} \quad M = \begin{pmatrix} 33.29 & 14.026 & 2.506 \\ 13.994 & 35.411 & -3.762 \\ 0.772 & -9.652 & 46.655 \end{pmatrix}$$

是对等的。

同时该方法在步骤上是基本正确的，实现大量生产是繁琐的。例如，多个颜色目标，一般为 24 个，需要将已测试的成像设备对 Macbeth Colorchecker® 的反应集中起来。换句话说，为每个在校准的成像设备连续成像 24 种颜色目标。这种技术需要充分的时间量，它妨碍生

产流，因此增加了生产成本。一般地，假设在生产过程中产生的每个成像设备有它自己的对应RGB反映中的变化的颜色校准矩阵，因此，单独地校准每个成像设备。而且，在校准过程中目标经常变化，在处理过程中该目标有可能被玷污，导致不准确校准。再者，目标长时间暴露在光线下可能褪色，在不用和经常变换时需要特别保存。而且，由于反射的颜色目标的颜色随着照明光的变化而变化，提供了对应CIE D65照明的参考光源，它需要经常检查色温和色度。而且，在使用颜色目标时，必须分配一个相当大的生产区域，以便在要校准的图像感应器中存在有适当的目标距离关系。这样，需要的是一种方法和设备，它能产生颜色校准系数或颜色校准矩阵，而没有与反射的颜色目标有关的问题。

发明内容
公开了对成像设备进行颜色校准的一种方法和设备。成像设备承受多个光源。从成像设备获得颜色通道反应，决定颜色校准系数。

附图说明
本发明的方法和设备的目的，特性和优点从下面描述中将显而易见，其中，

图1说明根据XYZ三色值对应人类眼睛的光谱敏感性；

图2说明一个成像设备的红绿蓝反应的一个实例；

图3描述本发明一个示范性的实施例，说明校准仪器的；

图4说明本发明的一个示范性的实施例；

图5说明本发明使用统计关系的的一个示范性的实施例；

图6说明一个示范性表格，用作关联成像设备反应；

图7说明使用加权因子集的本发明一个示范性的实施例；

图8说明使用加权因子集的本发明的另一个示范性的实施例。

具体实施方式
本发明使用一套发光二极管(LED)或其它光源来给成像设备提供一个刺激物来生成一个颜色校准矩阵。由于这样，克服了使用反射颜色目标的许多缺点。可以理解，LED的一个区别特征是LED有高度的光输出稳定性。也可以理解，光源被理解为一般的原始光源。还可以理解，本发明能实践于CMOS和CCD设备以及其它成像设备。还可以理解，在根据红绿蓝(RGB)反应描述示范性实施例的同时，它不应解释为一种限制。其它的颜色系统也是同样可用的，例如，其中有青紫黄(CMY)颜色系统和青紫黄绿(CMYG)颜色系统。相应地，不同的颜色系统的反应被称为颜色通道反应。而且，可以理解，根据3x3

矩阵描述示范性实施例的同时，其它矩阵也可以使用，例如， $3 \times n$ 矩阵或 $m \times n$ 矩阵，其中 m, n 为整数，依赖于颜色校准的属性。

图 3 示出了本发明的一个示范性实施例。该校准设备 10 包括有孔 16 的空腔 12，使得要校准的成像设备 18 能进入空腔的内部。在空腔内配备有多个 LED 或其它光源 14，来给成像设备提供刺激物。LED 或其它光源 14 按照描述的示范性方式，可以由计算机 20 控制。计算机 20 还可以接收 RGB 成像设备的输出并使用这些输出值，运行一颜色校准程序为成像设备生成一个 3×3 颜色校准矩阵。生成的 3×3 颜色校准矩阵可以保存在成像设备内的，诸如只读存储器之类的内存设备中，并随后使用，将读取的 RGB 值映射成对应的 XYZ 三色值。通过使用校准设备 10 来校准不同的成像设备，不再需要反射的颜色目标。特别地，通过使用 LED 或其它光源 14，能获得与颜色目标一样的校准结果。一般地，使用 5 个 LED，尽管根据将要覆盖的颜色区域可以使用多于 5 个 LED 或低至 3 个 LED。在使用 5 个 LED 时，波长在 430, 470, 545, 590 和 660nm 处的峰值发射用来提供刺激，它如同通过用对应 Macbeth Colorchecker® 目标的反射颜色目标的校准方式一样给出结果。然而，应当注意到，根据要实现的特别需要的结果，可以使用其它的峰值波长。在这种情况下，已选择特殊的峰值波长来会合商业上可得到的 LED 的波长，同时也用颜色校准矩阵的颜色系数提供强校准。下面列出了二极管的中心波长（用 nm 表示）和制造商名：

430nm, Cree 实验室, Durham, 北卡罗那

450nm, Nichia 美国公司, Mountville, 宾西法尼亚

470nm, 微电子公司, Santa Clara, 加州

481nm, 惠普, Palo Alto, 加州

25 544nm, 东芝美国电子元件公司, Irvine, 加州

562nm, 东芝美国电子元件公司, Irvine, 加州

590nm, 东芝美国电子元件公司, Irvine, 加州

592nm, 惠普, Palo Alto, 加州

612nm, 东芝美国电子元件公司, Irvine, 加州

30 615nm, 惠普, Palo Alto, 加州

637nm, 惠普, Palo Alto, 加州

644nm, 惠普, Palo Alto, 加州,

东芝美国电子元件公司, Irvine, 加州

660nm, 东芝美国电子元件公司, Irvine, 加州

注意到, 通过使用有宽带(如, 峰值波长正负 50nm)的频带扩展的 LED, 相对于使用窄宽(如, 峰值波长正负 5nm)的 LED, 用颜色校准矩阵可以获得较好的校准。

对于剩下的数字, 产生 3x3 颜色校准矩阵的不同的示范性方法现在将按照 5 个 LED 集来描述, 这不应解释为限制。

图 4 示出了本发明的一个示范性实施例。在该例中, 产生 3x3 颜色校准矩阵的颜色校准直接应用于由 5 个 LED 产生的 RGB 值。通过直接应用, 有这样一个假设, 即 LED 的光足够定义在颜色空间的不同区域中的颜色。因而, 本实施例根据校准要求, 并不通过用 Macbeth Colorchecker®目标校准来校准, 可能足够提供合适的颜色精确度。方法如下:

块 41 示出了决定 LED 的 XYZ 三色值的步骤。这可以通过分光光度计来进行。5 个 LED 表示如下:

X_{D1} , Y_{D1} , Z_{D1} 是 LED # 1 的 XYZ 三色值

X_{D2} , Y_{D2} , Z_{D2} 是 LED # 2 的 XYZ 三色值

X_{D3} , Y_{D3} , Z_{D3} 是 LED # 3 的 XYZ 三色值

X_{D4} , Y_{D4} , Z_{D4} 是 LED # 4 的 XYZ 三色值

X_{D5} , Y_{D5} , Z_{D5} 是 LED # 5 的 XYZ 三色值

块 42 示出正在校准的成像设备由 5 个 LED 顺序照明和记录的 RGB 反应。设定记录的 RGB 反应是:

R_{D1} , R_{D1} , R_{D1} 是成像器对 LED # 1 的 RGB 反应

R_{D2} , R_{D2} , R_{D2} 是成像器对 LED # 2 的 RGB 反应

R_{D3} , R_{D3} , R_{D3} 是成像器对 LED # 3 的 RGB 反应

R_{D4} , R_{D4} , R_{D4} 是成像器对 LED # 4 的 RGB 反应

R_{D5} , R_{D5} , R_{D5} 是成像器对 LED # 5 的 RGB 反应

块 43 示出了已记录的 RGB 反应正在调入 MEAS 矩阵:

$$MEAS = \begin{bmatrix} R_{D1} & G_{D1} & B_{D1} \\ R_{D2} & G_{D2} & B_{D2} \\ R_{D3} & G_{D3} & B_{D3} \\ R_{D4} & G_{D4} & B_{D4} \\ R_{D5} & G_{D5} & B_{D5} \end{bmatrix}$$

块 44 示出 3x3 矩阵的颜色校准系数（如，M11，…，M33）由下面关系式决定：

$$\begin{bmatrix} M_{11} \\ M_{12} \\ M_{13} \end{bmatrix} = (MEAS^T \cdot MEAS)^{-1} \cdot MEAS^T \begin{bmatrix} X_{D1} \\ X_{D2} \\ \vdots \\ X_{D5} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_{21} \\ M_{22} \\ M_{23} \end{bmatrix} = (MEAS^T \cdot MEAS)^{-1} \cdot MEAS^T \begin{bmatrix} Y_{D1} \\ Y_{D2} \\ \vdots \\ Y_{D5} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_{31} \\ M_{32} \\ M_{33} \end{bmatrix} = (MEAS^T \cdot MEAS)^{-1} \cdot MEAS^T \begin{bmatrix} Z_{D1} \\ Z_{D2} \\ \vdots \\ Z_{D5} \end{bmatrix}$$

图 5 示出了本发明的另一个示范性实施例。该实例涉及统计关系。为帮助理解本示范方法，图 6 将被使用。图 6 示出了一表格 60，它表示多个被测试的成像设备对 24 个 Macbeth Colorchecker® 反射颜色目标的反应 61，它由用对应的成像设备对 5 个 LED 65 的 RGB 反应构成的 3x3 矩阵 63 的颜色校准系数定义。一旦足够的成像设备被校准，累加数据就用来决定在 5 个 LED 结果和 3x3 矩阵系数之间的统计关系。图 5 现在将更详细地解释这个过程。块 51 解释了要校准的成像设备曝光于对应 Macbeth Colorchecker® 的 24 个反射颜色目标。然而，假设已知该目标的 XYZ 三色值，可以使用其它颜色的目标。而且，目标数可以根据所期望的结果而有所变化。块 52 说明了由读取的 24 个目标的 RGB 值构成的 3x3 颜色校准矩阵。该过程已在上面的

背景信息中先作描述。假定使用颜色目标由颜色校准导致的 3×3 矩阵

$$M_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix}$$

表示如下:

其中, $M_{11}, \dots, M_{33}$ 是颜色校准矩阵的颜色校准系数。

5 块 53 说明了 5 个 LED 系列正在刺激的同一成像设备和已记录的对 5 个 LED 的 RGB 反应。测试中的成像设备顺序地被 5 个 LED 照明, 总共 15 个反应被记录。假设使用的 5 个 LED 为 LED # 1 - LED # 5, R_{D1} 代表成像设备对 LED # 1 的红色通道反应。同样地, 假设 G_{D1} 代表成像设备对 LED # 1 的绿色通道反应, 以此类推。成像设备反应能够表示如下:

10 R_{D1}, G_{D1}, B_{D1} 是成像器对 LED # 1 的 RGB 反应
 R_{D2}, G_{D2}, B_{D2} 是成像器对 LED # 2 的 RGB 反应
 R_{D3}, G_{D3}, B_{D3} 是成像器对 LED # 3 的 RGB 反应
 R_{D4}, G_{D4}, B_{D4} 是成像器对 LED # 4 的 RGB 反应
 R_{D5}, G_{D5}, B_{D5} 是成像器对 LED # 5 的 RGB 反应

15 块 54 说明块 51 至 53 一直重复直到希望数目的成像设备已被校准。从这结合的累加数据, 可以建成象在图 6 中所示的表格。块 55 至 56 说明这样的步骤, 即一旦累加足够的数数据, 可以使用多项回归式来决定颜色目标的结果和 LED 之间的关系。多项回归式是基于这样的理论, 即通过联立方程的使用, 能接近测量的可变反应之间的关系。

20 多项回归式在线性代数中是众所周知的, 在成像设备的上下文中的多项回归式的进一步讨论可以在 Henry R. Kang 的“电子成像设备的颜色技术”一书中 (SPIE 光学工程出版社) 的 55 - 62 页中找到。总之, 使用从多个成像设备获得的数据, 使用回归统计来发现成像设备的 LED 反应, 和使用颜色目标从同一成像设备获得的 3×3 矩阵系数之间的关系。

25 纯粹的结果是下列形式的方程式集:

$$M_{11} = P_0 + P_1 \cdot R_{D1} + P_2 \cdot G_{D1} + P_3 \cdot B_{D1} + P_4 \cdot R_{D2} + P_5 \cdot G_{D2} + P_6 \cdot B_{D2} + P_7 \cdot R_{D3} \\ + P_8 \cdot G_{D3} + P_9 \cdot B_{D3} + P_{10} \cdot R_{D4} + P_{11} \cdot G_{D4} + P_{12} \cdot B_{D4} + P_{13} \cdot R_{D5} + P_{14} \cdot G_{D5} + P_{15} \cdot B_{D5}$$

其中，值 $P_0, \dots, P_{15}$ 表示统计决定的相关系数。相关系数可以通过已知的统计方法或其它方法决定，使用统计分析程序，如商业上可用的 JMP，它是来北卡罗来纳州 Cary 的 SAS Institute 公司。在任何情况下，必须为由块 57 至 58 表示的颜色校准矩阵（如， $M_{11}, M_{12}, \dots, M_{33}$ ）的每个颜色系数决定不同的相关系数集。块 59 说明一旦获得相关 3×3 矩阵的系数的方程集和成像设备对 5 个 LED 的反应，颜色目标不再需要，而且方程集用于后面的成像设备的颜色校准。这种方法的优点是，用“黄金分割”而不是继续使用 Macbeth Colorchecker®，通过非直接的比较决定颜色校准系数。

图 7 说明了本发明的另一个实施例。该例子涉及通过同时照明的 LED 的结合，Macbeth Colorchecker® 颜色的刺激。换句话说，通过使用 LED 光作为基础，根据加权因子集结合同同时供以 LED，在标准 CIE D65 照明下，同时启动的 LED 光的结合得到与 Macbeth Colorchecker® 目标一样的颜色特征。在某一时刻向成像设备呈献模拟颜色并记录相关的 RGB 反应。然后以与使用颜色目标时执行的同样方式进行颜色校准。这种颜色校准过程在上面章节的背景信息中已作描述。图 7 更详细地说明了示范性方法。块 71 说明了决定 LED 的 XYZ 三色值的步骤。这可以通过使用分光光度计来进行。假定 5 个 LED 表示如下：

X_{D1}, Y_{D1}, Z_{D1} 是 LED # 1 的 XYZ 三色值

X_{D2}, Y_{D2}, Z_{D2} 是 LED # 2 的 XYZ 三色值

X_{D3}, Y_{D3}, Z_{D3} 是 LED # 3 的 XYZ 三色值

X_{D4}, Y_{D4}, Z_{D4} 是 LED # 4 的 XYZ 三色值

X_{D5}, Y_{D5}, Z_{D5} 是 LED # 5 的 XYZ 三色值

块 72 说明决定受刺激的 Macbeth 颜色的 XYZ 三色值的步骤，表示如下：

$X_{Mac1}, Y_{Mac1}, Z_{Mac1}$ 是 Macbeth 颜色 #1 的 XYZ 三色值

$X_{Mac2}, Y_{Mac2}, Z_{Mac2}$ 是 Macbeth 颜色 #2 的 XYZ 三色值

...

$X_{Mac24}, Y_{Mac24}, Z_{Mac24}$ 是 Macbeth 颜色 #24 的 XYZ 三色值

块 73 说明决定应用于 LED 来容许 Macbeth 颜色刺激的加权因子集的步骤。这种关系能表示如下:

$$\begin{bmatrix} X_{Mac1} \\ Y_{Mac1} \\ Z_{Mac1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{D1} & X_{D2} & X_{D3} & X_{D4} & X_{D5} \\ Y_{D1} & Y_{D2} & Y_{D3} & Y_{D4} & Y_{D5} \\ Z_{D1} & Z_{D2} & Z_{D3} & Z_{D4} & Z_{D5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{1,1} \\ f_{1,2} \\ f_{1,3} \\ f_{1,4} \\ f_{1,5} \end{bmatrix}$$

其中 $(f_{1,1}, \dots, f_{1,5})$ 是加权因子集。

$$\begin{bmatrix} X_{Mac1} \\ Y_{Mac1} \\ Z_{Mac1} \end{bmatrix} = [M_{LED}] \begin{bmatrix} f_{1,1} \\ f_{1,2} \\ f_{1,3} \\ f_{1,4} \\ f_{1,5} \end{bmatrix}.$$

5 上面关系能重写为:

$$\begin{bmatrix} X_{Mac2} \\ Y_{Mac2} \\ Z_{Mac2} \end{bmatrix} = [M_{LED}] \begin{bmatrix} f_{2,1} \\ f_{2,2} \\ f_{2,3} \\ f_{2,4} \\ f_{2,5} \end{bmatrix} \text{ (etc.)}$$

对于 Macbeth 颜色可以写下相似的表达式:

在上述表达式中, 加权因子 f 的第一下标指匹配的 Macbeth 颜色 (如 1-24)。第二下标指与加权因子相关的 LED (如 1-5)。

为了决定刺激所需的加权因子集, 上面关系能被重写如下:

$$\begin{bmatrix} f_{1,1} \\ f_{1,2} \\ f_{1,3} \\ f_{1,4} \\ f_{1,5} \end{bmatrix} = ([M_{LED}]^T [M_{LED}])^{-1} [M_{LED}]^T \begin{bmatrix} X_{Mac1} \\ Y_{Mac1} \\ Z_{Mac1} \end{bmatrix}$$

其中 $[M_{LED}]^T$ 是 $[M_{LED}]$ 的转置矩阵。选择的 5 个 LED 应该具有能描述所有 Macbeth Colorchecker® 颜色的基础。然而，如果条件不是完全匹配，可以使用十分近似 Macbeth 颜色的替代合成颜色。另外，能够选择不同的光源来更好的跨越所需的颜色空间。在这种情况下，
5 5 个 LED 在 430, 470, 545, 590 和 660 分别有峰值波长。

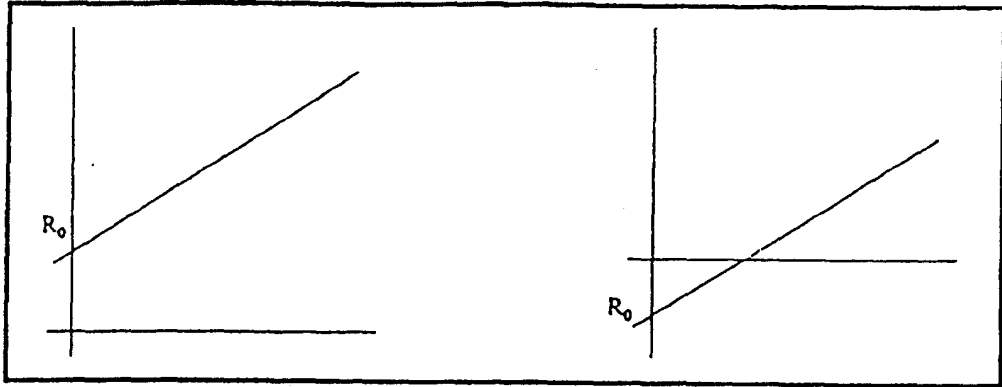
块 74 说明保存从上面获得的加权因子集。块 75 说明重复块 71 至 74，为要被刺激的每个 Macbeth 颜色找到加权因子集。块 76 至 78 说明，一旦对应各自 Macbeth 颜色的 24 个加权因子集已经保存，5 个 LED 同时被用以加权因子表示的比例的驱动电力来照明。颜色的图
10 象被测试的成像设备和记录的 RGB 反应获取，总之，24 个图象被获取，累加整个系统反应为 Macbeth Colorchecker® 的 24 色。块 79 说明，接着反应被颜色校准程序使用来产生 3x3 颜色校准矩阵，该程序在背景信息中已作描述。

该方法的优点是，等效的 Macbeth 颜色是直接合成的，并因此可能由分光光度计来直接测量，决定颜色再现的精确度。这将提供一个方便的验证方式，即校准设备本身在校准（如，提供校准跟踪能力的方法）。
15

图 8 说明了本发明的另一个实施例。在这个示范性方法中，不同于用 LED 合成 Macbeth 颜色，使用系统对 LED 刺激的反应的知识，来决定和预测系统反应对标准 Macbeth 颜色将是什么。接着这种预测将用来在颜色校准中所需的反应数据，来生成 3x3 颜色校准矩阵。该方法是建立在系统反应线性的前提下，并假设 LED 有描述所有 Macbeth Colorchecker® 颜色的基础。如果这种假设不完全符合，可以使用替代颜色。
20

块 81 说明了决定截取被测试的成像设备对零输入的 RGB 反应的步骤。执行该步骤来决定要校准的成像设备的偏差。目的是容许有更准确的对结果的线性修补。作为例子，对于有正偏差的成像设备，偏
25

差的修正可以基本等效于暗框减少（即，偏差对应成像设备对暗色的反应）。



我们将定义偏差 R_0 , G_0 , B_0 。例如，

5

正偏差

负偏差

块 82 说明用 5 个 LED 的每一个照明成像设备并记录成像器对每个 LED 的反应的步骤。假定成像设备对 LED 的反应表示如下：

R_{D1} , G_{D1} , B_{D1} 是成像器对 LED # 1 的 RGB 反应

R_{D2} , G_{D2} , B_{D2} 是成像器对 LED # 2 的 RGB 反应

10

R_{D3} , G_{D3} , B_{D3} 是成像器对 LED # 3 的 RGB 反应

R_{D4} , G_{D4} , B_{D4} 是成像器对 LED # 4 的 RGB 反应

R_{D5} , G_{D5} , B_{D5} 是成像器对 LED # 5 的 RGB 反应

块 83 说明保存上述成像设备对 5 个 LED 的反应。

15

块 84 说明计算与 24 个 Macbeth 色的每个相关的加权因子集的步骤。决定加权因子集的过程参照图 7 已作描述。

块 85 说明应用计算出的成像设备对 5 个 LED 的 RGB 反应的加权因子集，来决定等效的 Macbeth 颜色反应：

例如：

$$\begin{array}{lll}
R_1 = f_{1.1}(R_{D1} - R_0) + R_0 & G_1 = f_{1.1}(G_{D1} - G_0) + G_0 & B_1 = f_{1.1}(B_{D1} - B_0) + B_0 \\
+ f_{1.2}(R_{D2} - R_0) + R_0 & + f_{1.2}(G_{D2} - G_0) + G_0 & + f_{1.2}(B_{D2} - B_0) + B_0 \\
+ f_{1.3}(R_{D3} - R_0) + R_0 & + f_{1.3}(G_{D3} - G_0) + G_0 & + f_{1.3}(B_{D3} - B_0) + B_0 \\
+ f_{1.4}(R_{D4} - R_0) + R_0 & + f_{1.4}(G_{D4} - G_0) + G_0 & + f_{1.4}(B_{D4} - B_0) + B_0 \\
+ f_{1.5}(R_{D5} - R_0) + R_0 & + f_{1.5}(G_{D5} - G_0) + G_0 & + f_{1.5}(B_{D5} - B_0) + B_0 \\
\vdots & \vdots & \vdots
\end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
R_{24} = f_{24.1}(R_{D1} - R_0) + R_0 & G_{24} = f_{24.1}(G_{D1} - G_0) + G_0 & B_{24} = f_{24.1}(B_{D1} - B_0) + B_0 \\
+ f_{24.2}(R_{D2} - R_0) + R_0 & + f_{24.2}(G_{D2} - G_0) + G_0 & + f_{24.2}(B_{D2} - B_0) + B_0 \\
+ f_{24.3}(R_{D3} - R_0) + R_0 & + f_{24.3}(G_{D3} - G_0) + G_0 & + f_{24.3}(B_{D3} - B_0) + B_0 \\
+ f_{24.4}(R_{D4} - R_0) + R_0 & + f_{24.4}(G_{D4} - G_0) + G_0 & + f_{24.4}(B_{D4} - B_0) + B_0 \\
+ f_{24.5}(R_{D5} - R_0) + R_0 & + f_{24.5}(G_{D5} - G_0) + G_0 & + f_{24.5}(B_{D5} - B_0) + B_0
\end{array}$$

块 86 说明, 使用从上面计算出的等效反应调入在上面章节的背景信息中描述的 MEAS 表, 以及执行的颜色校准程序, 来决定 3x3 颜色校准矩阵。

5 该方法只需要获取 5 个帧 (如每个 LED 一个帧), 然而能决定颜色校准矩阵, 好象使用 24 个反射颜色目标已执行校准一样。

然而, 很明显能在不偏离本发明的广义精髓和范畴的情况下作出各种各样的修改和变化。相应地, 本说明书和附图认为是说明之用而没有限制的意思。

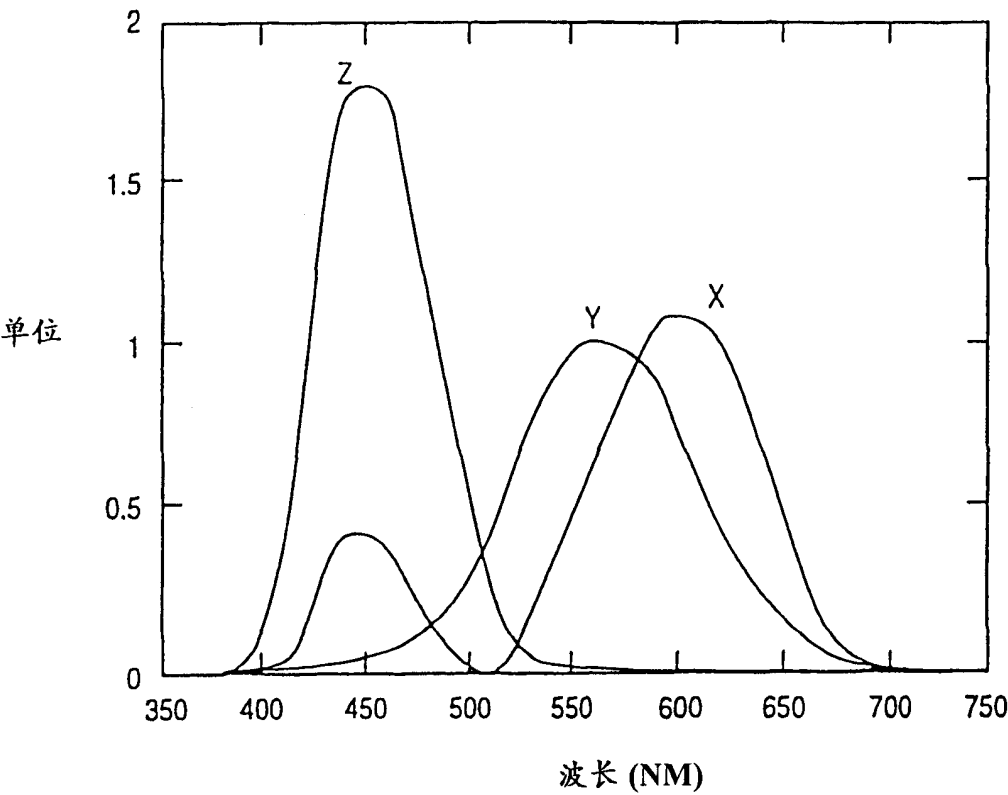


图 1

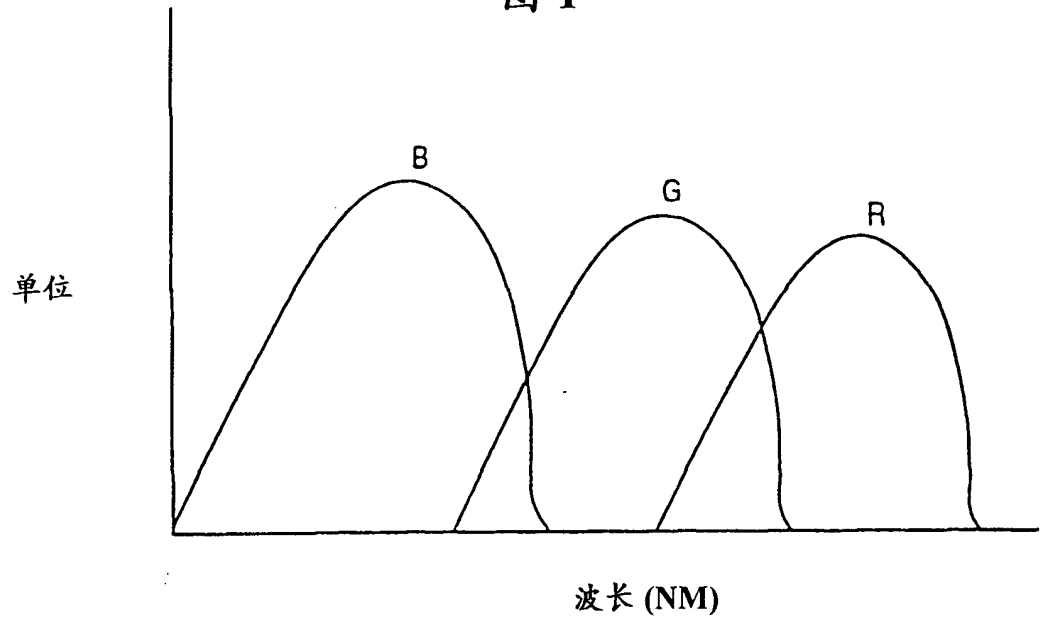


图 2

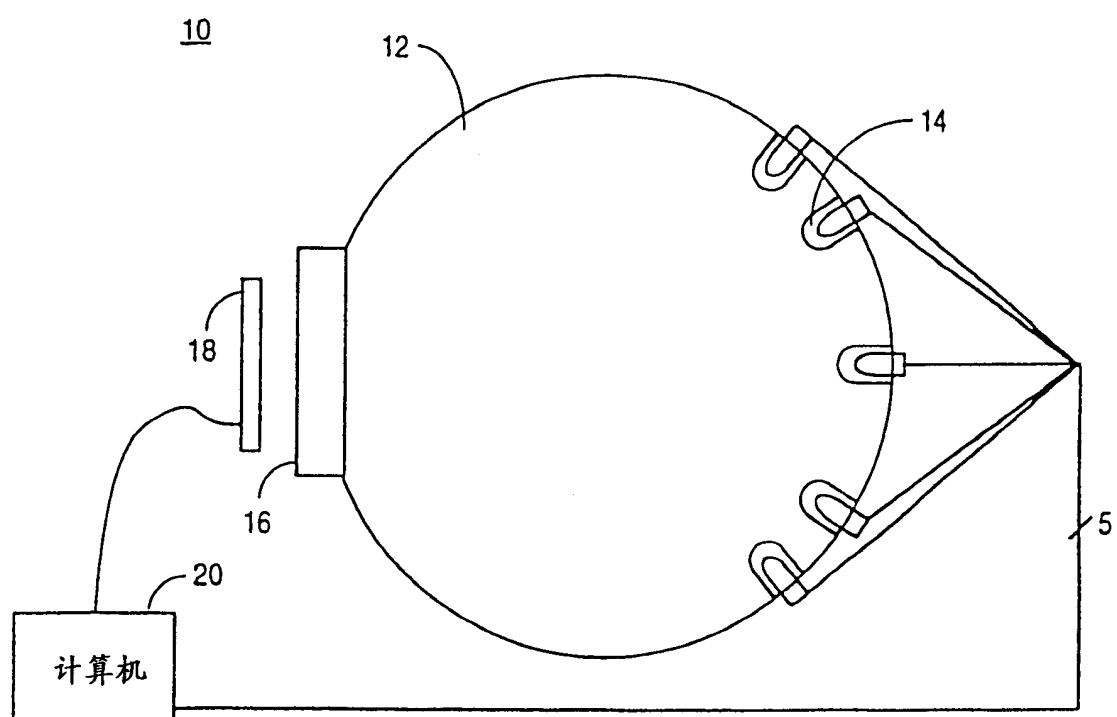


图 3

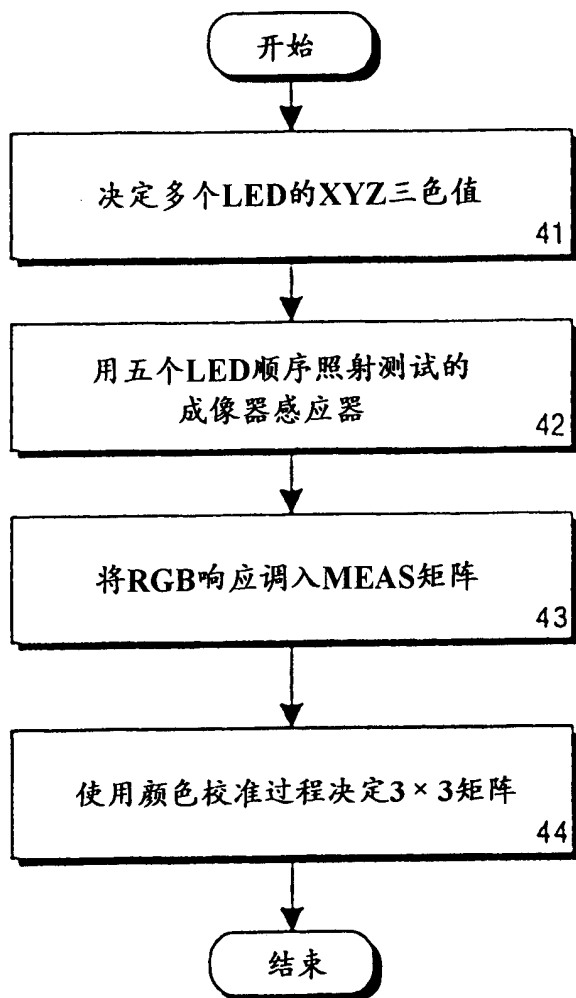


图 4

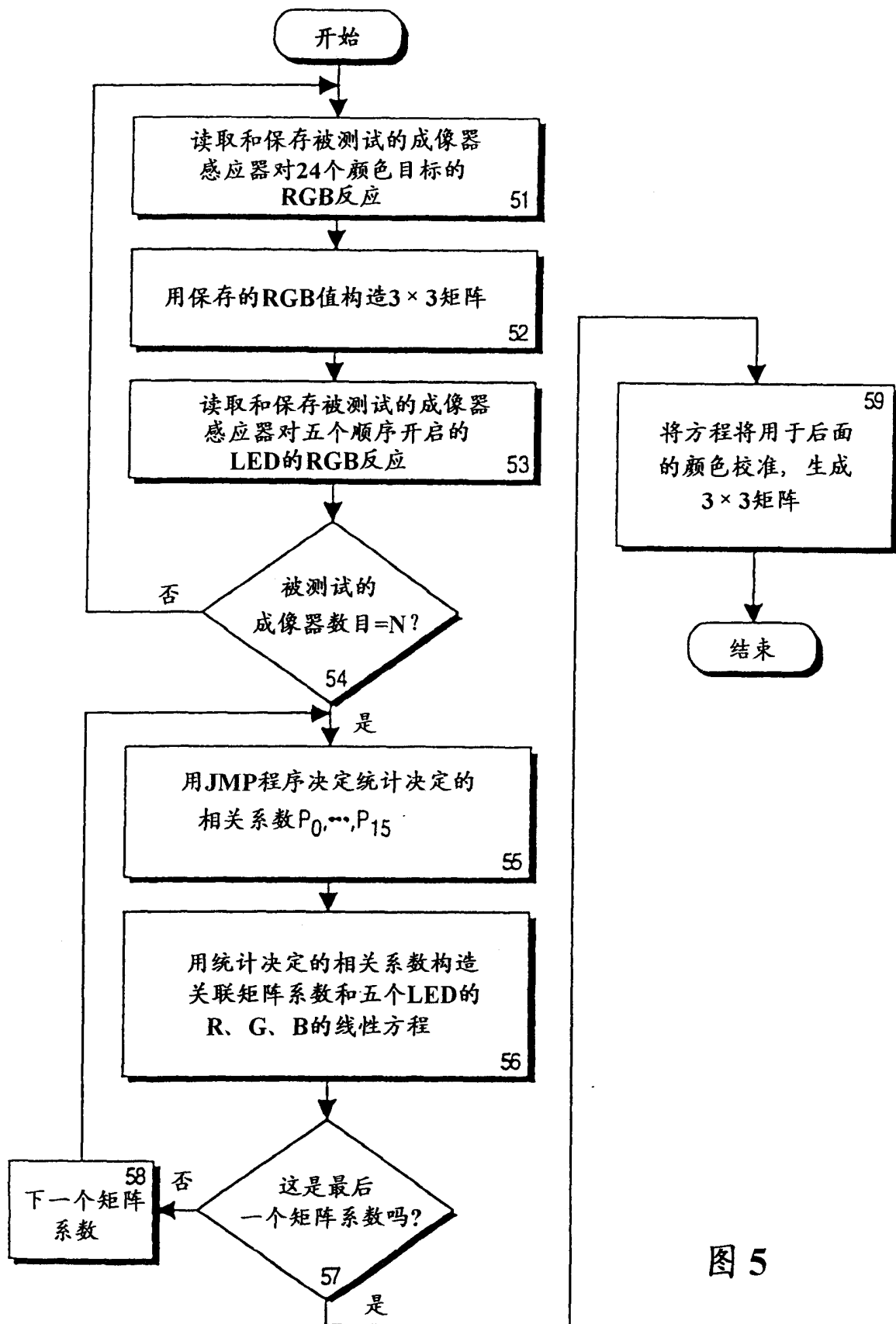


图 5

60													
65										63			
LED 反应										3 × 3 矩阵系数			
被测试的 成像器	R _{D1}	...	R _{D5}	G _{D1}	...	G _{D5}	B _{D1}	...	B _{D5}	M ₁₁	M ₁₂	...	M ₃₃
61													
1													
2													
3													
•													
•													
•													
•													
•													
•													
n													

图 6

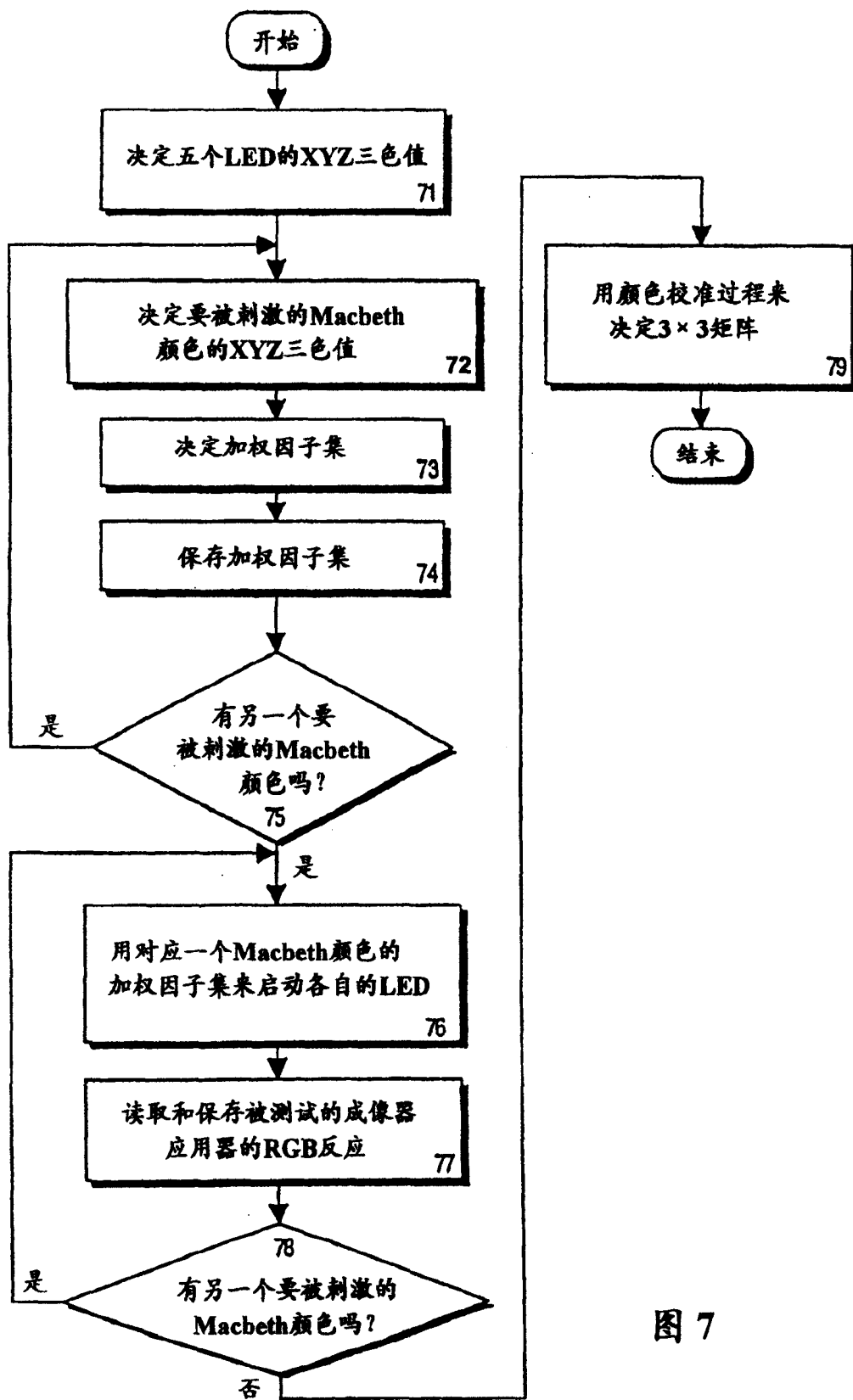


图 7

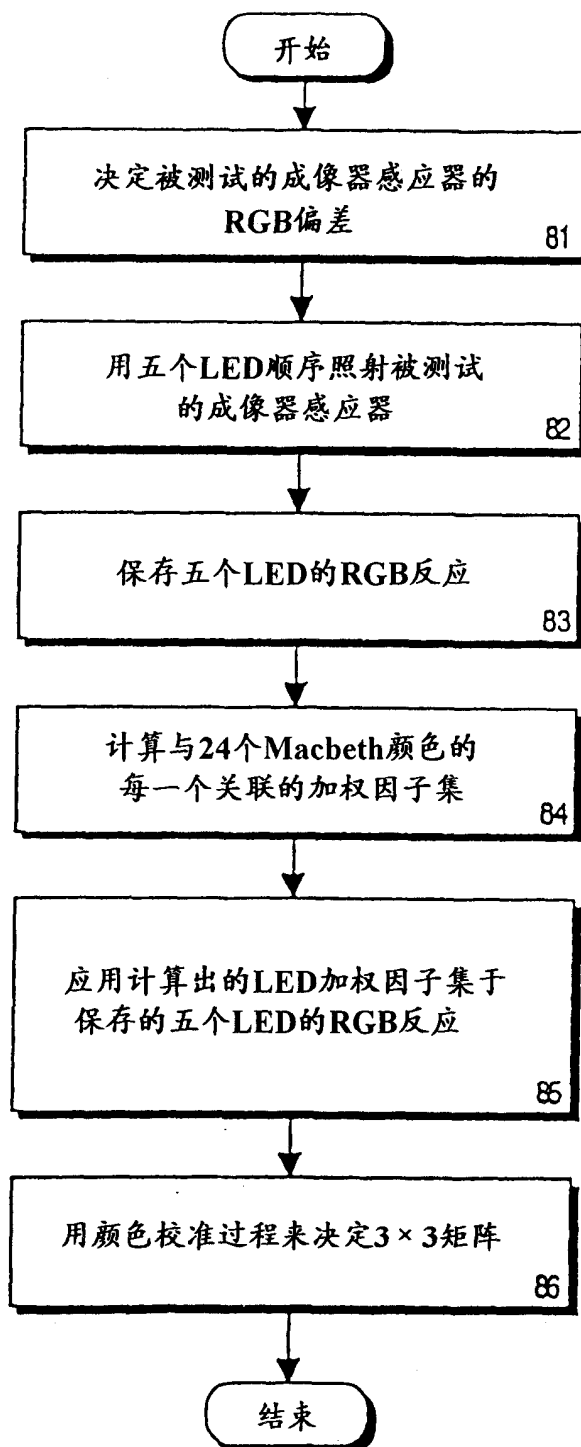


图 8