



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104599636 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201510070021. 5

(22) 申请日 2015. 02. 10

(71) 申请人 西安诺瓦电子科技有限公司

地址 710075 陕西省西安市高新区科技二路
68号西安软件园秦风阁D区401

(72) 发明人 杨城 赵星梅 韩周

(51) Int. Cl.

G09G 3/32(2006. 01)

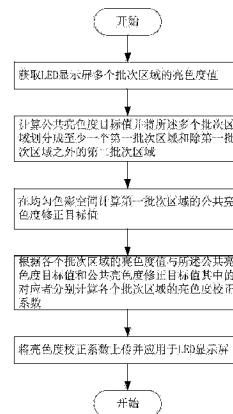
权利要求书3页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

LED 显示屏亮色度校正方法及亮色度校正系数生成装置

(57) 摘要

本发明涉及基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法以及亮色度校正系数生成装置。所述方法根据各个批次区域的亮色度值和设定的公共亮色度目标值的相对大小关系使得 LED 显示屏的多个批次区域被划分成至少一个第一批次区域和除第一批次区域之外的第二批次区域,之后在均匀色彩空间对第一批次区域的公共亮色度目标值进行修正得到公共亮色度修正目标值,最后第一和第二批次区域分别利用公共亮色度修正目标值和公共亮色度目标值作为各自的亮色度校正目标值生成亮色度校正系数。本发明在均匀色彩空间调整部分亮色度差异过大批次的校正目标值,在保证多批次亮度和颜色鲜艳度牺牲比例基础上能尽量缩小或消除批次间亮色度差异。



1. 一种基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法, 其特征在于, 包括步骤:

(a) 获取 LED 显示屏的多个批次区域分别对应的多组亮色度值;

(b) 计算所述多组亮色度值的公共亮色度目标值、并根据所述多个批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值之间的相对大小关系使所述多个批次区域被划分成至少一个第一批次区域和除所述第一批次区域之外的第二批次区域;

(c) 利用所述公共亮色度目标值和每个所述第一批次区域的所述亮色度值在均匀色彩空间上计算每个所述第一批次区域的公共亮色度修正目标值;

(d) 将所述公共亮色度修正目标值作为相对应的第一批次区域的亮色度校正目标值并结合所述相对应的第一批次区域的所述亮色度值计算所述相对应的第一批次区域的亮色度校正系数; 以及

(e) 将所述公共亮色度目标值作为每个所述第二批次区域的亮色度校正目标值并结合相对应的所述亮色度值计算每个所述第二批次区域的亮色度校正系数。

2. 如权利要求 1 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法, 其特征在于, 所述步骤 (a) 包括:

(a1) 获取所述 LED 显示屏的所述多个批次区域分别对应的在非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值; 以及

(a2) 将所述多组亮色度测量值分别转换成在所述均匀色彩空间上的所述多组亮色度值。

3. 如权利要求 2 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法, 其特征在于, 所述步骤 (c) 包括:

当所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值大于所述第一批次区域的所述亮色度值中的亮度值时, 在所述均匀色彩空间上将所述第一批次区域的所述亮度值作为所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值中的亮度值; 以及

当所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于所述第一批次区域的所述亮色度值中的色度值对应的批次色域三角形外时, 找出所述批次色域三角形的边上与所述公共色域三角形相对应顶点之距离最小的色坐标点以得到所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值中的色度值。

4. 如权利要求 1 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法, 其特征在于, 在所述步骤 (a) 中, 所述多组亮色度值为所述多个批次区域分别对应的在非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值。

5. 如权利要求 4 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法, 其特征在于, 所述步骤 (c) 包括:

将所述第一批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值分别转换成在所述均匀色彩空间上的转换后亮色度值和转换后公共亮色度目标值;

利用所述转换后公共亮色度目标值和每个所述第一批次区域的所述转换后亮色度值在所述均匀色彩空间上计算每个所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值。

6. 如权利要求 5 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法, 其特征在于, 所述步骤 (d) 包括:

将所述公共亮色度修正目标值转换成在所述非均匀色彩空间上的亮色度值后作为所

述相对应的第一批次区域的亮色度校正目标值并结合所述相对应的第一批次区域的所述亮色度值计算所述相对应的第一批次区域的所述亮色度校正系数。

7. 如权利要求 2 至 6 任意一项所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法,其特征在于,所述非均匀色彩空间为 CIE-XYZ 色彩空间,所述均匀色彩空间为 CIE-Lab 色彩空间。

8. 如权利要求 1 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法,其特征在于,所述步骤 (b) 包括:

将所述多个批次区域的所述亮色度值中的亮度值的平均值牺牲一定百分比后得到的亮度值作为所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值;以及

将所述多个批次区域的多个颜色各自的平均色坐标点到预设白场色坐标点连线上缩减一定距离后的色坐标值作为所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值。

9. 如权利要求 1 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法,其特征在于,在所述步骤 (b) 中,所述第二批次区域的数量大于所述第一批次区域的数量。

10. 如权利要求 1 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法,其特征在于,每一个所述第一批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值之间的相对大小关系满足:所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值大于所述第一批次区域的所述亮色度值中的亮度值、和/或所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于所述第一批次区域的所述亮色度值中的色度值对应的批次色域三角形外。

11. 如权利要求 1 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法,其特征在于,每一个所述第一批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值之间的相对大小关系满足:所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于所述第一批次区域的所述亮色度值中的色度值对应的批次色域三角形外。

12. 如权利要求 1 所述的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法,其特征在于,还包括步骤:

(f) 将所述第一批次区域的亮色度校正系数和所述第二批次区域的亮色度校正系数上传并应用至所述 LED 显示屏。

13. 一种亮色度校正系数生成装置,适于应用于一种基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法,其特征在于,所述亮色度校正系数生成装置包括:

亮色度值获取模块,用于获取 LED 显示屏的多个批次区域分别对应的多组亮色度值;

公共亮色度目标值设定模块,用于计算所述多组亮色度值的公共亮色度目标值、并根据所述多个批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值之间的相对大小关系使所述多个批次区域被划分成至少一个第一批次区域和除所述第一批次区域之外的第二批次区域;

公共亮色度修正目标值计算模块,用于利用所述公共亮色度目标值和每个所述第一批次区域的所述亮色度值在均匀色彩空间上计算所述第一批次区域的公共亮色度修正目标值;

第一亮色度校正系数计算模块,用于将所述公共亮色度修正目标值作为相对应的第一批次区域的亮色度校正目标值并结合所述相对应的第一批次区域的所述亮色度值计算所

述相对应的第一批次区域的亮色度校正系数；以及

第二亮色度校正系数计算模块,用于将所述公共亮色度目标值作为每个所述第二批次区域的亮色度校正目标值并结合相对应的所述亮色度值计算每个所述第二批次区域的亮色度校正系数。

14. 如权利要求 13 所述的亮色度校正系数生成装置,其特征在于,所述亮色度值获取模块包括:

亮色度测量值获取模块,用于获取所述 LED 显示屏的所述多个批次区域分别对应的在非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值;以及

色彩空间转换模块,用于将所述多组亮色度测量值分别转换成在所述均匀色彩空间上的所述多组亮色度值。

15. 如权利要求 14 所述的亮色度校正系数生成装置,其特征在于,所述公共亮色度修正目标值计算模块具体用于:

当所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值大于所述第一批次区域的所述亮色度值中的亮度值时,在所述均匀色彩空间上将所述第一批次区域的所述亮度值作为所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值中的亮度值;以及

当所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于所述第一批次区域的所述亮色度值中的色度值对应的批次色域三角形外时,在所述均匀色彩空间上找出所述批次色域三角形的边上与所述公共色域三角形相对应顶点之距离最小的色坐标点以得到所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值中的色度值。

16. 如权利要求 13 所述的亮色度校正系数生成装置,其特征在于,当所述多组亮色度值为所述多个批次区域分别对应的在非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值时,所述公共亮色度修正目标值计算模块具体用于:

将所述第一批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值分别转换成在所述均匀色彩空间上的转换后亮色度值和转换后公共亮色度目标值;以及

利用所述转换后公共亮色度目标值和每个所述第一批次区域的所述转换后亮色度值在所述均匀色彩空间上计算每个所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值。

17. 如权利要求 13 所述的亮色度校正系数生成装置,其特征在于,所述公共亮色度目标值设定模块包括:

公共亮度目标值计算模块,用于将所述多个批次区域的所述亮色度值中的亮度值的平均值牺牲一定百分比后得到的亮度值作为所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值;以及

公共色度目标值计算模块,用于将所述多个批次区域的多个颜色各自的平均色坐标点到预设白场色坐标点连线上缩减一定距离后的色坐标值作为所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值。

LED 显示屏亮色度校正方法及亮色度校正系数生成装置

技术领域

[0001] 本发明涉及 LED 显示校正技术领域,特别涉及一种 LED 显示屏亮色度校正方法以及一种亮色度校正系数生成装置。

背景技术

[0002] 目前 LED 显示屏行业存在不少多批次 LED 混合拼装显示屏的现象,所谓多批次是指多种不同生产批次 LED 灯,这些 LED 灯根据生产批次差异性的不同存在着不同程度亮色度差异(国内 LED 生产工艺较低,使得相同批次 LED 亮度可能有 40%~50%变化,色度可能有 15~20nm 变化,而不同批次 LED 亮色度差异更为明显),这些亮色度差异对人眼视觉来说是非常显著的,若直接将这些 LED 灯拼装成显示屏(通常称之为多批次 LED 显示屏)是不能达到较好显示效果的。

[0003] 行业内针对这种多批次 LED 显示屏的常用校正手段是通过高精度测量设备(如色度仪等)采集待校正显示屏各批次 LED 的准确亮色度作为各批次 LED 校正原始值,然后计算出待校正显示屏的公共亮色度目标值,通过各批次 LED 校正原始值和公共亮色度目标值在 CIE-XYZ 色彩空间上实现多批次 LED 校正,从而消除多批次 LED 间的亮色度差异。

[0004] 然而这种通用校正方法也存在一定的不足,若待校正显示屏中的部分批次亮色度差异过大就会导致计算出的公共亮色度目标值非常不合理,即公共亮度过低或公共色域范围过小(如图 1 虚线三角形所示),换句话说就是多批次 LED 校正后虽然可消除批次间的亮色度差异,但是大部分批次将会因亮色度牺牲过多导致颜色鲜艳度下降(亮色度严重失真),这对于待校正多批次 LED 显示屏的显示效果来说是不太理想的。

[0005] 有鉴于此,有必要提供一种校正方法,其既能有效保证待校正显示屏的亮度和颜色鲜艳度牺牲比例较为合理,同时也能够尽可能缩小或消除多批次间的亮色度差异,使 LED 显示屏达到最佳显示效果。

发明内容

[0006] 因此,基于现有技术中多批次 LED 亮色度校正中存在的上述问题,本发明提供一种基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法以及一种亮色度校正系数生成装置。

[0007] 具体地,本发明实施例提供的一种基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法,包括步骤:(a) 获取 LED 显示屏的多个批次区域分别对应的多组亮色度值;(b) 计算所述多组亮色度值的公共亮色度目标值、并根据所述多个批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值之间的相对大小关系使所述多个批次区域被划分成至少一个第一批次区域和除所述第一批次区域之外的第二批次区域;(c) 利用所述公共亮色度目标值和每个所述第一批次区域的所述亮色度值在均匀色彩空间上计算每个所述第一批次区域的公共亮色度修正目标值;(d) 将所述公共亮色度修正目标值作为相对应的第一批次区域的亮色度校正目标值并结合所述相对应的第一批次区域的所述亮色度值计算所述相对应的第一批次区域的亮色度校正系数;以及 (e) 将所述公共亮色度目标值作为每个所述第二批次区域

的亮色度校正目标值并结合相对应的所述亮色度值计算每个所述第二批次区域的亮色度校正系数。

[0008] 在本发明的一个实施例中,上述步骤(a)包括:(a1)获取所述LED显示屏的所述多个批次区域分别对应的在非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值;以及(a2)将所述多组亮色度测量值分别转换成在所述均匀色彩空间上的所述多组亮色度值。

[0009] 在本发明的一个实施例中,上述步骤(c)包括:当所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值大于所述第一批次区域的所述亮色度值中的亮度值时,在所述均匀色彩空间上将所述第一批次区域的所述亮度值作为所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值中的亮度值;以及当所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于所述第一批次区域的所述亮色度值中的色度值对应的批次色域三角形外时,找出所述批次色域三角形的边上与所述公共色域三角形相对应顶点之距离最小的色坐标点以得到所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值中的色度值。

[0010] 在本发明的一个实施例中,在上述步骤(a)中,所述多组亮色度值为所述多个批次区域分别对应的在非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值。

[0011] 在本发明的一个实施例中,上述步骤(c)包括:将所述第一批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值分别转换成在所述均匀色彩空间上的转换后亮色度值和转换后公共亮色度目标值;利用所述转换后公共亮色度目标值和每个所述第一批次区域的所述转换后亮色度值在所述均匀色彩空间上计算每个所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值。

[0012] 在本发明的一个实施例中,上述步骤(d)包括:将所述公共亮色度修正目标值转换成在所述非均匀色彩空间上的亮色度值后作为所述相对应的所述第一批次区域的亮色度校正目标值并结合所述相对应的所述第一批次区域的所述亮色度值计算所述相对应的所述第一批次区域的所述亮色度校正系数。

[0013] 在本发明的一个实施例中,上述非均匀色彩空间为CIE-XYZ色彩空间,上述均匀色彩空间为CIE-Lab色彩空间。

[0014] 在本发明的一个实施例中,上述步骤(b)包括:将所述多个批次区域的所述亮色度值中的亮度值的平均值牺牲一定百分比后得到的亮度值作为所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值;以及将所述多个批次区域的多个颜色各自的平均色坐标点到预设白场色坐标点连线上缩减一定距离后的色坐标值作为所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值。

[0015] 在本发明的一个实施例中,在上述步骤(b)中,所述第二批次区域的数量大于所述第一批次区域的数量。

[0016] 在本发明的一个实施例中,上述每一个所述第一批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值之间的相对大小关系满足:所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值大于所述第一批次区域的所述亮色度值中的亮度值、和/或所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于所述第一批次区域的所述亮色度值中的色度值对应的批次色域三角形外。

[0017] 在本发明的一个实施例中,上述每一个所述第一批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值之间的相对大小关系满足:所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值

对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于所述第一批次区域的所述亮色度值中的色度值对应的批次色域三角形外。

[0018] 在本发明的一个实施例中,上述基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法还包括步骤:(f) 将所述第一批次区域的亮色度校正系数和所述第二批次区域的亮色度校正系数上传并应用至所述 LED 显示屏。

[0019] 此外,本发明实施例提供一种亮色度校正系数生成装置,适于应用于一种基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法。所述亮色度校正系数生成装置包括:亮色度值获取模块,用于获取 LED 显示屏的多个批次区域分别对应的多组亮色度值;公共亮色度目标值设定模块,用于计算所述多组亮色度值的公共亮色度目标值、并根据所述多个批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值之间的相对大小关系使所述多个批次区域被划分成至少一个第一批次区域和除所述第一批次区域之外的第二批次区域;公共亮色度修正目标值计算模块,用于利用所述公共亮色度目标值和每个所述第一批次区域的所述亮色度值在均匀色彩空间上计算每个所述第一批次区域的公共亮色度修正目标值;第一亮色度校正系数计算模块,用于将所述公共亮色度修正目标值作为相对应的第一批次区域的亮色度校正目标值并结合所述相对应的第一批次区域的所述亮色度值计算所述相对应的第一批次区域的亮色度校正系数;以及第二亮色度校正系数计算模块,用于将所述公共亮色度目标值作为每个所述第二批次区域的亮色度校正目标值并结合相对应的所述亮色度值计算每个所述第二批次区域的亮色度校正系数。

[0020] 在本发明的一个实施例中,上述亮色度值获取模块包括:亮色度测量值获取模块,用于获取所述 LED 显示屏的所述多个批次区域分别对应的在非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值;以及色彩空间转换模块,用于将所述多组亮色度测量值分别转换成在所述均匀色彩空间上的所述多组亮色度值。

[0021] 在本发明的一个实施例中,上述公共亮色度修正目标值计算模块具体用于:当所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值大于所述第一批次区域的所述亮色度值中的亮度值时,在所述均匀色彩空间上将所述第一批次区域的所述亮度值作为所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值中的亮度值;以及当所述公共亮色度目标值中的公共色度目标值对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于所述第一批次区域的所述亮色度值中的色度值对应的批次色域三角形外时,在所述均匀色彩空间上找出所述批次色域三角形的边上与所述公共色域三角形相对应顶点之距离最小的色坐标点以得到所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值中的色度值。

[0022] 在本发明的一个实施例中,当所述多组亮色度值为所述多个批次区域分别对应的在非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值时,所述公共亮色度修正目标值计算模块具体用于:将所述第一批次区域的所述亮色度值和所述公共亮色度目标值分别转换成在所述均匀色彩空间上的转换后亮色度值和转换后公共亮色度目标值;以及利用所述转换后公共亮色度目标值和每个所述第一批次区域的所述转换后亮色度值在所述均匀色彩空间上计算每个所述第一批次区域的所述公共亮色度修正目标值。

[0023] 在本发明的一个实施例中,上述公共亮色度目标值设定模块包括:公共亮度目标值计算模块,用于将所述多个批次区域的所述亮色度值中的亮度值的平均值牺牲一定百分比后得到的亮度值作为所述公共亮色度目标值中的公共亮度目标值;以及公共色度目标值

计算模块,用于将所述多个批次区域的多个颜色各自的平均色坐标点到预设白场色坐标点连线上缩减一定距离后的色坐标值作为所述公共亮度目标值中的公共色度目标值。

[0024] 因此,本发明上述实施例能够针对目前多批次校正常用方法可能因部分批次亮度差异过大导致 LED 显示屏亮度和颜色鲜艳度过低问题,通过在均匀色彩空间调整部分亮度差异过大批次的校正目标值,在保证多批次亮度和颜色鲜艳度牺牲比例基础上尽可能缩小或消除批次间亮度差异,生成接近人眼感知校正系数,从而实现多批次 LED 显示屏的亮度校正。

[0025] 通过以下参考附图的详细说明,本发明的其它方面和特征变得明显。但是应当知道,该附图仅仅为解释的目的设计,而不是作为本发明的范围的限定,这是因为其应当参考附加的权利要求。还应当知道,除非另外指出,不必要依比例绘制附图,它们仅仅力图概念地说明此处描述的结构和流程。

附图说明

[0026] 下面将结合附图,对本发明的具体实施方式进行详细的说明。

[0027] 图 1 为现有技术中的公共色度目标值设定原理图。

[0028] 图 2 为本发明实施例提供了一种基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮度校正方法的流程图。

[0029] 图 3 为本发明实施例提供了一种公共色度目标值设定原理图。

[0030] 图 4a 至图 4d 为本发明实施例提供的其他各种公共色度目标值设定原理图。

[0031] 图 5 为本发明实施例提供了一种计算公共亮度修正目标值的原理图。

[0032] 图 6 为本发明实施例提供了一种亮度校正系数生成装置的功能模块示意图。

[0033] 图 7 为本发明实施例提供的另一种亮度校正系数生成装置的功能模块示意图。

具体实施方式

[0034] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0035] 【第一实施例】

[0036] 请参见图 2,其为本发明实施例提供了一种基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮度校正方法的流程图。本实施例针对目前常用的多批次 LED 显示屏(也即采用多个批次 LED 的 LED 显示屏)校正方法可能导致 LED 显示屏亮度和颜色鲜艳度下降过多的问题,通过基于 CIE-Lab 色彩空间计算生成更接近人眼感知的亮度校正系数。下面将结合图 2 对其具体实现方式详细说明如下:

[0037] (1) 获取 LED 显示屏多个批次区域的亮度值。本实施例中,各个批次区域的亮度值的获取方式可以是:利用相机或色度仪采集 LED 显示屏各批次区域的亮度信息并提取得到在 CIE-XYZ 非均匀色彩空间上的亮度测量值、再通过将在 CIE-XYZ 非均匀色彩空间上的亮度测量值转换成在 CIE-Lab 均匀色彩空间上的亮度值作为所述各个批次区域的亮度值。

[0038] 其中,相机采集方式可以是:拍摄得到红、绿、蓝单色图像,通过人眼识别或数学聚类等手段确定各批次区域在图像上的分布位置,再利用数字图像处理技术提取各批次区域

的亮度测量值；

[0039] 色度仪采集方式可以是：点亮 LED 屏体直接通过人眼视觉观察判断 LED 显示屏不同批次区域的分布位置，利用色度仪对不同批次区域进行采集并计算得到各批次区域的亮度测量值；

[0040] 在此值得一提的是，通常每个批次区域给定一组亮度测量值，且该组亮度测量值可以是该批次区域内每一种颜色所有 LED 灯点的亮度测量值的平均值，也可以是该批次区域内指定区域中的每一种颜色 LED 灯点的亮度测量值的平均值，也可以是该批次区域内多个不同位置的每一种颜色 LED 灯点的亮度测量值的平均值，诸如此类，本发明在此不作限制。

[0041] 从 CIE-XYZ 到 CIE-Lab 的色彩空间转换可以采用如下公式：

$$\begin{cases}
 L = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 \dots\dots\dots (Y/Y_0 > 0.008856) \\
 L = 903.3Y/Y_0 \dots\dots\dots (Y/Y_0 \leq 0.008856) \\
 a = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \dots\dots\dots (X/X_0 > 0.008856) \\
 a = 3893.5[X/X_0 - Y/Y_0] \dots\dots\dots (X/X_0 \leq 0.008856) \\
 b = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \dots\dots\dots (Z/Z_0 > 0.008856) \\
 b = 1557.4[Y/Y_0 - Z/Z_0] \dots\dots\dots (Z/Z_0 \leq 0.008856)
 \end{cases}$$

[0043] 其中，(X, Y, Z) 为不同批次区域 XYZ 三刺激值，(X₀, Y₀, Z₀) 为标准光源照射在全漫反射体上反射到观察者眼中的白色 XYZ 三刺激值，例如是 D65 光源下白场 XYZ 值 (95.0167, 100, 108.8423)，而 D65 光源是指标准人工光源，其色温为 6500K，白场 LXY 值为 (100, 0.3127, 0.3291)。

[0044] (2) 在 CIE-Lab 均匀色彩空间上计算公共亮度目标值并将所述多个批次区域划分成至少一个第一批次区域和除第一批次区域之外的第二批次区域。本实施例中，首先利用不同批次区域的所述亮度值中的亮度值设定一定亮度牺牲百分比的方式计算公共亮度目标值，具体可为：将平均亮度值牺牲一定百分比的亮度值作为公共亮度目标值，即 $T_L = (1-k) * \text{avg}(L_i)$ ，其中 T_L 为公共亮度目标值，k 为亮度牺牲百分比， L_i 为不同批次区域的亮度值；或者直接以用户手动设定的亮度值作为公共亮度目标值。

[0045] 其次，利用不同批次区域的所述亮度值中的色坐标值计算公共色度目标值，计算时，可设定各批次区域的色坐标值向其色域三角形内部缩减时缩减距离小于一设定的牺牲阈值，具体方式之一例如为：将所有批次区域红、绿、蓝各自的平均色坐标点到 D65 白场色坐标点连线上缩减一定距离的色坐标值作为公共色度目标值，如图 3 所示 R、G、B 为红、绿、蓝各自的平均色坐标点，O 为 D65 白场色坐标点，R'、G'、B' 为红、绿、蓝色各自的公共色度目标值。其中， $RR' \leq \text{threshold}_R$ ， $GG' \leq \text{threshold}_G$ ， $BB' \leq \text{threshold}_B$ ， threshold_R 为设定的 R 基色允许缩减的牺牲阈值， threshold_G 为设定的 G 基色允许缩减的牺牲阈值， threshold_B 为设定的 B 基色允许缩减的牺牲阈值。又或者，直接以用户手动设定的色坐标值作为公共色度目标值，例如图 4 中的虚线三角形所示。不论是通过缩减距离计算还是手动设定都可以达到基本相同的效果。

[0046] 进一步地，在设定好 LED 显示屏的所述多个批次区域的公共亮度目标值后，多

个批次区域将被划分成至少一个第一批次区域和除第一批次区域之外的第二批次区域；本实施例中，公共亮度目标值和各个第一批次区域的亮度值满足关系：公共亮度目标值中的公共亮度值大于第一批次区域的亮度值、和 / 或公共亮度目标值中的公共色度值所对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于第一批次区域的色度值所对应的色域三角形外。以图 4a 为例，色域三角形 C1, C2 所对应的批次区域为第二批次区域，色域三角形 C3 所对应的批次区域为第一批次区域，而图 4a 中的虚线三角形为公共色域。此外，比较图 4a 和图 1 可以发现，图 4a 中的公共色域范围会相对较大，因而最终呈现的颜色鲜艳度会更好。此外，图 4b、图 4c 及图 4d 还示出第一批次区域所对应的色域三角形 C3 和公共色域三角形（虚线三角形）的几种可能情形。此处值得一提的是，在公共亮度目标值的设定原则优选为第二批次区域的数量大于第一批次区域的数量，也即大部分批次区域为第二批次区域，少部分批次区域为第一批次区域。

[0047] (3) 在 CIE-Lab 均匀色彩空间上计算第一批次区域的公共亮度修正目标值。本实施例中，首先，调整低于公共亮度目标值中的公共亮度目标值的第一批次区域而得到其公共亮度修正目标值，即 $T'_L = L_i$ ，其中 T'_L 为公共亮度修正目标值， L_i 为第一批次区域的亮度值；

[0048] 其次，调整满足条件“公共色坐标（公共色度值）对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于第一批次区域对应的色域三角形外”的第一批次区域而得到公共色度修正目标值；由于在 CIE-Lab 均匀色彩空间上的距离能够反映出人眼感知色差的尺度，故分别通过红、绿、蓝公共色坐标点向内部色域三角形（对应第一批次区域的色域三角形）的三条边或其延长线上引垂线，垂足即就是第一批次区域的色域三角形的边上距离红、绿、蓝公共色坐标点最近的色坐标点。以红色公共色坐标点为例，图 5 中的 a1, a2, a3, a4 及 a5 为红色 (R) 公共色坐标点的可能位置，若垂足位于内部色域三角形的边上即可计算得到相对应的第一批次区域的公共色度修正目标值（如图 5 中的 a1、a3 所引垂线的垂足），若垂足位于内部色域三角形的外部（如图 5 中的 a2、a4、a5 所引垂线的垂足），则将相对应的第一批次区域的色度值直接作为其公共色度修正目标值，也即该相对应的第一批次区域将维持原始色度值。前述所获得的公共亮度修正目标值和公共色度修正目标值构成相对应的第一批次区域的公共亮度修正目标值。

[0049] (4) 根据各个批次区域的亮度值与上述公共亮度目标值和公共亮度修正目标值其中的对应者分别计算各个批次区域的亮度校正系数。本实施例中，对于各个第一批次区域，则将其所对应的公共亮度修正目标值作为其亮度校正目标值并结合其原始的亮度值来计算其亮度校正系数；对于各个第二批次区域，则将上述公共亮度目标值作为其亮度校正目标值并结合其原始的亮度值来计算其亮度校正系数；也即第一批次区域和第二批次区域所采用的亮度校正目标值不同。另外，对于第一批次区域和第二批次区域的亮度校正系数计算，均可采用计算公式： $coef = target * original^{-1}$ ，其中，coef 为亮度校正系数，target 为亮度校正目标值，original 为原始的亮度值。因为亮度校正系数的计算为现有技术，在此不做详细描述。

[0050] 另外，值得一提的是，亮度校正系数的计算可以在 CIE-Lab 色彩空间上，也可以在 CIE-XYZ 色彩空间上；只要各个批次区域的亮度校正系数是在同一色彩空间上计算得到的即可。

[0051] (5) 最后,在获得各个批次区域(包括第一批次区域和第二批次区域)的亮度校正系数后,可进一步地将计算得到的亮度校正系数上传并应用于所述 LED 显示屏,所谓应用于 LED 显示屏则通常是指利用所上传的亮度校正系数更新 LED 显示屏的原有亮度校正系数。

[0052] 【第二实施例】

[0053] 请参见图 2,本实施例针对目前常用的多批次 LED 显示屏(也即采用多个批次 LED 的 LED 显示屏)校正方法可能导致 LED 显示屏亮度和颜色鲜艳度下降过多的问题,通过基于 CIE-Lab 色彩空间计算生成更接近人眼感知的亮度校正系数。下面将结合图 2 对其具体实现方式详细说明如下:

[0054] (1) 获取 LED 显示屏多个批次区域的亮度值。本实施例中,各个批次区域的亮度值为在 CIE-XYZ 非均匀色彩空间上的亮度测量值,其获取方式可以是:利用相机或色度仪采集 LED 显示屏各批次区域的亮度信息并提取得到在 CIE-XYZ 非均匀色彩空间上的亮度测量值。

[0055] 其中,相机采集方式可以是:拍摄得到红、绿、蓝单色图像,通过人眼识别或数学聚类等手段确定各批次区域在图像上的分布位置,再利用数字图像处理技术提取各批次区域的亮度测量值;

[0056] 色度仪采集方式可以是:点亮 LED 屏体直接通过人眼视觉观察判断 LED 显示屏不同批次区域的分布位置,利用色度仪对不同批次区域进行采集并计算得到各批次区域的亮度测量值;

[0057] 在此值得一提的是,通常每个批次区域给定一组亮度测量值,且该组亮度测量值可以是该批次区域内每一种颜色所有 LED 灯点的亮度测量值的平均值,也可以是该批次区域内指定区域中的每一种颜色 LED 灯点的亮度测量值的平均值,也可以是该批次区域内多个不同位置的每一种颜色 LED 灯点的亮度测量值的平均值,诸如此类,本发明在此不作限制。

[0058] (2) 在 CIE-XYZ 非均匀色彩空间上计算公共亮度目标值并将所述多个批次区域划分成至少一个第一批次区域和除第一批次区域之外的第二批次区域。本实施例中,首先,利用不同批次区域的亮度测量值中的亮度值设定一定亮度牺牲百分比的方式计算公共亮度目标值,具体可为:将平均亮度值牺牲一定百分比的亮度值作为公共亮度目标值,即 $T_L = (1-k) * \text{avg}(L_i)$,其中 T_L 为公共亮度目标值, k 为亮度牺牲百分比, L_i 为不同批次区域的亮度值;或者直接以用户手动设定的亮度值作为公共亮度目标值。

[0059] 其次,利用不同批次区域的所述亮度测量值中的色坐标值计算公共色度目标值,计算时,可设定各批次区域的色坐标值向其色域三角形内部缩减时缩减距离小于一定设定的牺牲阈值,具体方式之一例如为:将所有批次区域红、绿、蓝各自的平均色坐标点到 D65 白场色坐标点连线上缩减一定距离的色坐标值作为公共色度目标值,如图 3 所示 R、G、B 为红、绿、蓝各自的平均色坐标点, O 为 D65 白场色坐标点, R' 、 G' 、 B' 为红、绿、蓝色各自的公共色度目标值。其中, $RR' \leq \text{threshold}_R$, $GG' \leq \text{threshold}_G$, $BB' \leq \text{threshold}_B$, threshold_R 为设定的 R 基色允许缩减的牺牲阈值, threshold_G 为设定的 G 基色允许缩减的牺牲阈值, threshold_B 为设定的 B 基色允许缩减的牺牲阈值。又或者,直接以用户手动设定的色坐标值作为公共色度目标值,例如图 4 中的虚线三角形所示。不论是通过缩减

距离计算还是手动设定都可以达到基本相同的效果。

[0060] 进一步地,在设定好 LED 显示屏的所述多个批次区域的公共亮色度目标值后,多个批次区域将被划分成至少一个第一批次区域和除第一批次区域之外的第二批次区域;本实施例中,公共亮色度目标值和各个第一批次区域的亮色度值满足关系:公共亮色度目标值中的公共亮度值大于第一批次区域的亮度值、和/或公共亮色度目标值中的公共色度值所对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于第一批次区域的色度值所对应的色域三角形外。以图 4a 为例,色域三角形 C1, C2 所对应的批次区域为第二批次区域,色域三角形 C3 所对应的批次区域为第一批次区域,而图 4a 中的虚线三角形为公共色域。此外,比较图 4a 和图 1 可以发现,图 4 中的公共色域范围会相对较大,因而最终呈现的颜色鲜艳度会更好。此外,图 4b、图 4c 及图 4d 还示出第一批次区域所对应的色域三角形 C3 和公共色域三角形(虚线三角形)的几种可能情形。此处值得一提的是,在公共亮色度目标值的设定原则优选为第二批次区域的数量大于第一批次区域的数量,也即大部分批次区域为第二批次区域,少部分批次区域为第一批次区域。

[0061] (3) 在 CIE-Lab 均匀色彩空间计算第一批次区域的公共亮色度修正目标值。本实施例中,首先将各个第一批次区域的亮色度测量值和上述公共亮色度目标值分别从 CIE-XYZ 非均匀色彩空间转换成 CIE-Lab 均匀色彩空间上的转换后亮色度值和转换后公共亮色度目标值;其中,从 CIE-XYZ 到 CIE-Lab 的色彩空间转换可以采用如下公式:

$$[0062] \left\{ \begin{array}{l} L = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 \dots\dots\dots (Y/Y_0 > 0.008856) \\ L = 903.3Y/Y_0 \dots\dots\dots (Y/Y_0 \leq 0.008856) \\ a = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \dots\dots\dots (X/X_0 > 0.008856) \\ a = 3893.5[X/X_0 - Y/Y_0] \dots\dots\dots (X/X_0 \leq 0.008856) \\ b = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \dots\dots\dots (Z/Z_0 > 0.008856) \\ b = 1557.4[Y/Y_0 - Z/Z_0] \dots\dots\dots (Z/Z_0 \leq 0.008856) \end{array} \right.$$

[0063] 其中, (X, Y, Z) 为不同批次区域 XYZ 三刺激值, (X_0, Y_0, Z_0) 为标准光源照射在全漫反射体上反射到观察者眼中的白色 XYZ 三刺激值,例如是 D65 光源下白场 XYZ 值 (95.0167, 100, 108.8423), 而 D65 光源是指标准人工光源,其色温为 6500K, 白场 LXY 值为 (100, 0.3127, 0.3291)。

[0064] 之后,调整低于转换后公共亮色度目标值中的公共亮度目标值的第一批次区域以得到其公共亮度修正目标值,即 $T'_L = L_i$, 其中 T'_L 为公共亮度修正目标值, L_i 为第一批次区域的转换后亮度值;

[0065] 其次,调整满足条件“公共色坐标(转换后公共色度值)对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于第一批次区域对应的色域三角形”的第一批次区域以得到其公共色度修正目标值;由于在 CIE-Lab 均匀色彩空间上的距离能够反映出人眼感知色差的尺度,故分别通过红、绿、蓝公共色坐标点向内部色域三角形(对应第一批次区域的色域三角形)的三条边或其延长线上引垂线,垂足即就是第一批次区域的色域三角形的边上距离红、绿、蓝公共色坐标点最近的色坐标点。以红色公共色坐标点为例,图 5 中的 a1, a2, a3, a4 及 a5 为红色 (R) 公共色坐标点的可能位置,若垂足位于内部色域三角形的边上即可计算得到相对

应的第一批次区域的公共色度修正目标值（如图 5 中的 a1、a3 所引垂线的垂足），若垂足位于内部色域三角形的外部（如图 5 中的 a2、a4、a5 所引垂线的垂足），则将相对应的第一批次区域的色度值直接作为其公共色度修正目标值，也即该相对应的第一批次区域将维持原始色度值。前述所获得的公共亮度修正目标值和公共色度修正目标值构成相对应的第一批次区域的公共亮度修正目标值。

[0066] (4) 根据各个批次区域的亮度值与上述公共亮度目标值和公共亮度修正目标值其中的对应者分别计算各个批次区域的亮度校正系数。本实施例中，对于各个第一批次区域，则将其所对应的公共亮度修正目标值从 CIE-Lab 均匀色彩空间上转换至 CIE-XYZ 非均匀色彩空间上之后作为其亮度校正目标值并结合其原始的亮度值来计算其亮度校正系数；对于各个第二批次区域，则将上述公共亮度目标值作为其亮度校正目标值并结合其原始的亮度值来计算其亮度校正系数；也即第一批次区域和第二批次区域所采用的亮度校正目标值不同。另外，对于第一批次区域和第二批次区域的亮度校正系数计算，均可采用计算公式： $\text{coef} = \text{target} * \text{original}^{-1}$ ，其中，coef 为亮度校正系数，target 为亮度校正目标值，original 为原始的亮度值。因为亮度校正系数的计算为现有技术，在此不做详细描述。

[0067] 另外，值得一提的是，前述的第一批次区域和第二批次区域的亮度校正系数计算都是在 CIE-XYZ 色彩空间上进行；当然也可以都在 CIE-Lab 色彩空间上，只是色彩空间转换的数据量会相对比较大。

[0068] (5) 最后，在获得各个批次区域（包括第一批次区域和第二批次区域）的亮度校正系数后，可进一步地将计算得到的亮度校正系数上传并应用于所述 LED 显示屏，所谓应用于 LED 显示屏则通常是指利用所上传的亮度校正系数更新 LED 显示屏的原有亮度校正系数。

[0069] 再者，请参见图 6，其为本发明实施例提供的一种亮度校正系数生成装置。在图 6 中，亮度校正系数生成装置 60 可以是由安装在计算机系统上的亮度校正系数软件来实现且适于应用于本发明上述第一实施例的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮度校正方法。具体地，亮度校正系数生成装置 60 包括：亮度值获取模块 61、公共亮度目标值设定模块 63、公共亮度修正目标值计算模块 65、第一亮度校正系数计算模块 67 以及第二亮度校正系数计算模块 69。其中，

[0070] 亮度值获取模块 61 用于获取 LED 显示屏的多个批次区域分别对应的多组亮度值；

[0071] 公共亮度目标值设定模块 63 用于计算所述多组亮度值的公共亮度目标值、并使所述多个批次区域被划分成至少一个第一批次区域和除所述第一批次区域之外的第二批次区域，其中所述公共亮度目标值和每一个所述第一批次区域的亮度值满足条件：所述公共亮度目标值中的公共亮度值大于所述第一批次区域的亮度值、和 / 或公共亮度目标值中的公共色度值所对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于第一批次区域的色度值所对应的色域三角形外；

[0072] 公共亮度修正目标值计算模块 65 用于利用所述公共亮度目标值和每个所述第一批次区域的所述亮度值在 CIE-Lab 均匀色彩空间上计算每个所述第一批次区域的公共亮度修正目标值；

[0073] 第一亮色度校正系数计算模块 67 用于将所述公共亮色度修正目标值作为相对应的第一批区域亮色度校正目标值并结合所述相对应的第一批区域的所述亮色度值计算所述相对应的第一批区域的亮色度校正系数；以及

[0074] 第二亮色度校正系数计算模块 69 用于将所述公共亮色度目标值作为每个所述第二批区域的亮色度校正目标值并结合相对应的所述亮色度值计算每个所述第二批区域的亮色度校正系数。

[0075] 此外，上述亮色度值获取模块 61 可以进一步细化为包括：亮色度测量值获取模块 612 和色彩空间转换模块 614。其中，亮色度测量值获取模块 612 用于获取所述 LED 显示屏的所述多个批次区域分别对应的在 CIE-XYZ 非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值；以及色彩空间转换模块 614 用于将所述多组亮色度测量值分别转换成在所述 CIE-Lab 均匀色彩空间上的所述多组亮色度值。再者，公共亮色度目标值设定模块 63 可以细化为包括公共亮度目标值计算模块和公共色度目标值计算模块，以用于分别计算所述多个批次区域的公共亮度目标值和公共色度目标值。

[0076] 另外，值得一提的是，亮色度校正系数生成装置 60 的各个功能模块的具体执行内容可参考前述第一实施例中的相对应步骤，在此不再赘述。并且，需要指出的是，对亮色度校正系数生成装置 60 中各个功能模块进行简单合并或进一步细化而得到的变更方案均应包含在本发明的保护范围。

[0077] 请参见图 7，其为本发明实施例提供的另一种亮色度校正系数生成装置。在图 7 中，亮色度校正系数生成装置 70 可以是由安装在计算机系统上的亮色度校正系数软件来实现且适于应用于本发明上述第二实施例的基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法。具体地，亮色度校正系数生成装置 70 包括：亮色度值获取模块 71、公共亮色度目标值设定模块 73、公共亮色度修正目标值计算模块 75、第一亮色度校正系数计算模块 77 以及第二亮色度校正系数计算模块 79。其中，亮色度值获取模块 71 包括亮色度测量值获取模块 712；公共亮色度修正目标值计算模块 75 包括色彩空间转换模块 752。

[0078] 亮色度值获取模块 712 用于获取 LED 显示屏的多个批次区域分别对应的多组亮色度值，这些组亮色度值分别为 CIE-XYZ 非均匀色彩空间上的多组亮色度测量值；

[0079] 公共亮色度目标值设定模块 73 用于计算所述多组亮色度测量值的公共亮色度目标值、并使所述多个批次区域被划分成至少一个第一批区域和除所述第一批区域之外的第二批区域，其中所述公共亮色度目标值和每一个所述第一批区域的亮色测量值满足条件：所述公共亮色度目标值中的公共亮度值大于所述第一批区域的亮度测量值、和/或公共亮色度目标值中的公共色度值所对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于第一批区域的色度测量值所对应的色域三角形外；

[0080] 公共亮色度修正目标值计算模块 75 用于利用色彩空间转换模块 752 将所述第一批区域的所述亮色度测量值和所述公共亮色度目标值分别转换成在 CIE-Lab 均匀色彩空间上的转换后亮色度值和转换后公共亮色度目标值，以及利用所述转换后公共亮色度目标值和每个所述第一批区域的所述转换后亮色度值在所述 CIE-Lab 均匀色彩空间上计算每个所述第一批区域的公共亮色度修正目标值；之后，再利用色彩空间转换模块 752 将所述公共亮色度修正目标值从 CIE-Lab 色彩空间转换至 CIE-XYZ 色彩空间。

[0081] 第一亮色度校正系数计算模块 77 用于将所述转换后的公共亮色度修正目标值作

为相对应的第一批次区域的亮色度校正目标值并结合所述相对应的第一批次区域的所述亮色度测量值计算所述相对应的第一批次区域的亮色度校正系数；以及

[0082] 第二亮色度校正系数计算模块 79 用于将所述公共亮色度目标值作为每个所述第二批次区域的亮色度校正目标值并结合相对应的所述亮色度测量值计算每个所述第二批次区域的亮色度校正系数。

[0083] 另外，值得一提的是，亮色度校正系数生成装置 70 的各个功能模块的具体执行内容可参考前述第二实施例中的相对应步骤，在此不再赘述。并且，需要指出的是，对亮色度校正系数生成装置 70 中各个功能模块进行简单合并或进一步细化而得到的变更方案均应包含在本发明的保护范围。

[0084] 再者，上述各个实施例中，公共亮色度目标值和第一批次区域的亮色度值的相对大小关系也可仅设置为：公共亮色度目标值对应的公共色域三角形的至少一个顶点位于第一批次区域对应的色域三角形外，而公共亮色度目标值中的公共亮度目标值小于等于第一批次区域对应的亮度值；其同样可以实现将多个批次区域划分成至少一个第一批次区域和除第一批次区域之外的第二批次区域。

[0085] 最后，需要指明的是，本发明上述实施例是以 CIE-XYZ 色彩空间和 CIE-Lab 色彩空间分别作为非均匀色彩空间和均匀色彩空间的举例进行说明，但本发明并不以此为限，其也可以采用其他的均匀或非均匀色彩空间。

[0086] 综上所述，本发明上述实施例能够针对目前多批次校正常用方法可能因部分批次亮色度差异过大导致 LED 显示屏亮度和颜色鲜艳度过低问题，通过在均匀色彩空间调整部分亮色度差异过大批次的校正目标值，在保证多批次亮度和颜色鲜艳度牺牲比例基础上尽可能缩小或消除批次间亮色度差异，生成接近人眼感知校正系数，从而实现多批次 LED 显示屏的亮色度校正。

[0087] 本文中应用了具体个例对本发明基于均匀色彩空间的 LED 显示屏亮色度校正方法和亮色度校正系数生成装置的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制，本发明的保护范围应以所附的权利要求为准。

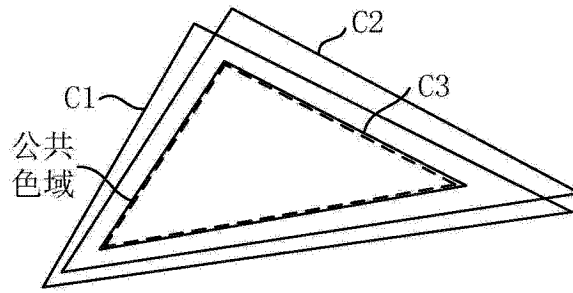


图 1

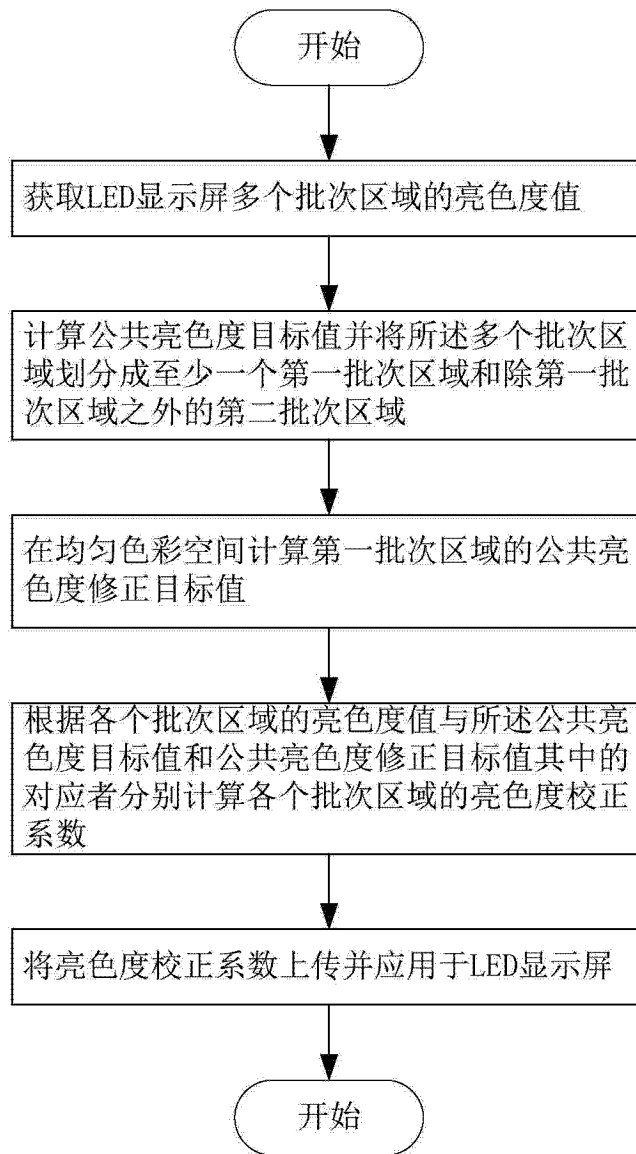


图 2

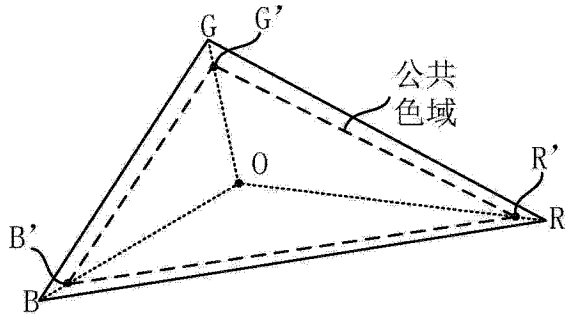


图 3

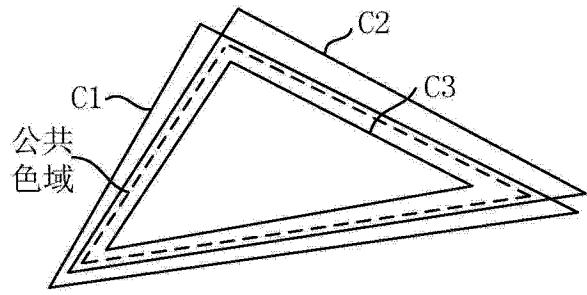


图 4a

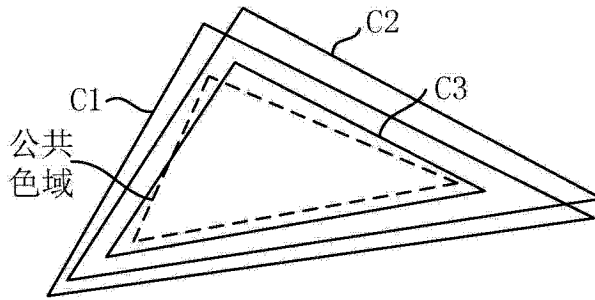


图 4b

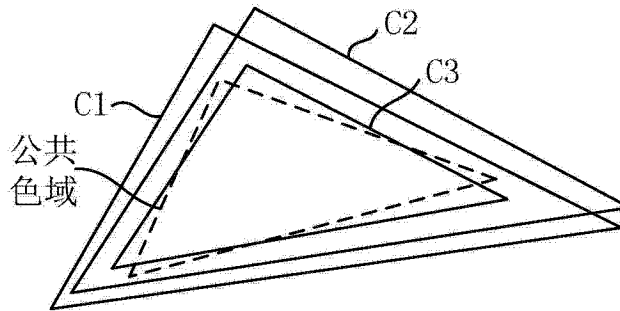


图 4c

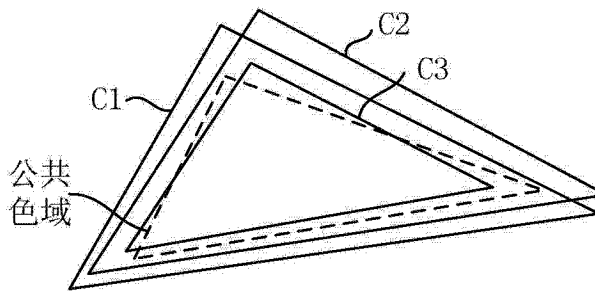


图 4d

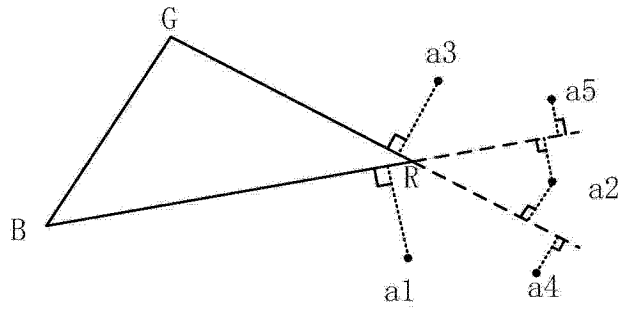


图 5

60

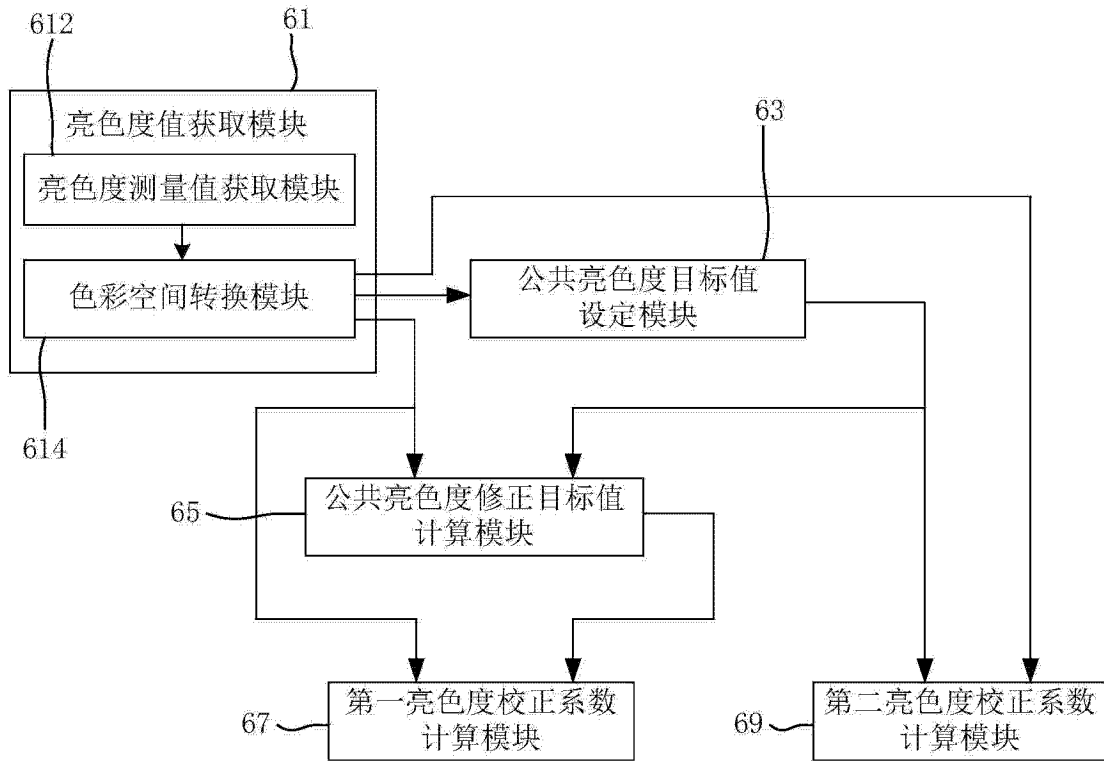


图 6

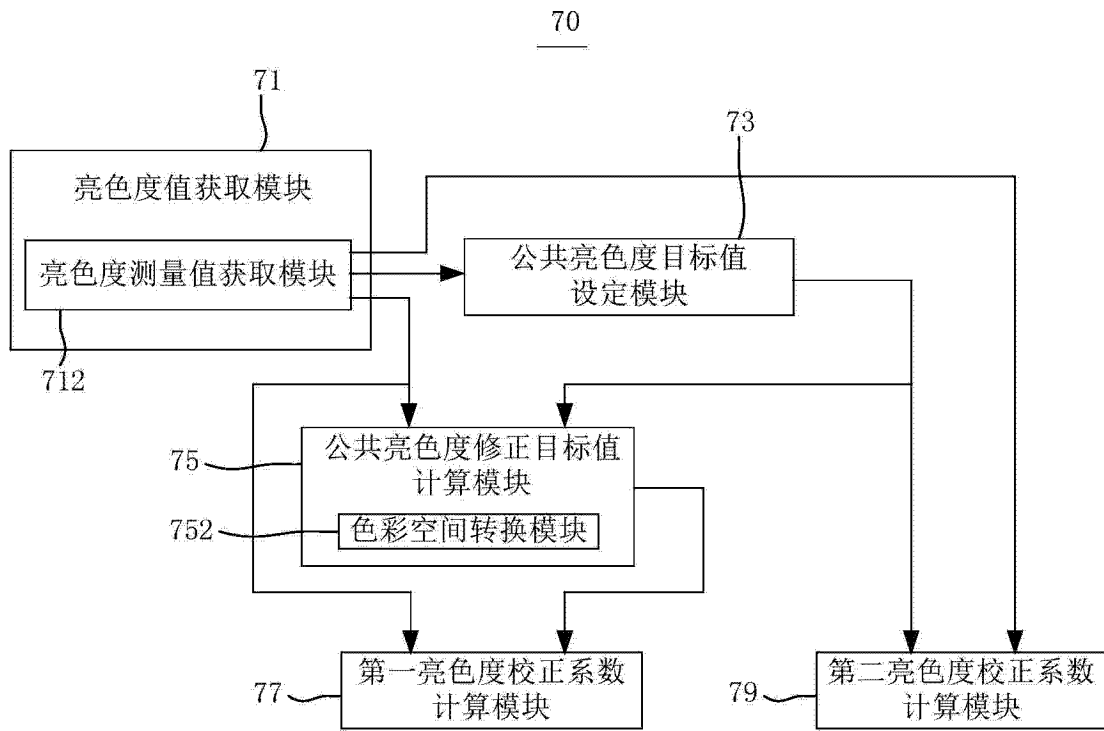


图 7