

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020年3月19日 (19.03.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/052555 A1

- (51) 国际专利分类号:
G09G 5/10 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/105161
- (22) 国际申请日: 2019年9月10日 (10.09.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811051290.7 2018年9月10日 (10.09.2018) CN
- (71) 申请人: 京东方科技集团股份有限公司
(BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) [CN/CN];
中国北京市朝阳区酒仙桥路10号, Beijing
100015 (CN)。 京东方智慧物联科技有
限公司 **(BOE INTELLIGENT IOT TECHNOLOGY**

CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市北京经济技术
开发区西环中路12号1号楼3层3-057
号, Beijing 100176 (CN)。

(72) 发明人: 肖向春 **(XIAO, Xiangchun)**; 中国北京市
北京经济技术开发区地泽路9号, Beijing 100176
(CN)。 邸贺亮 **(DI, Heliang)**; 中国北京市北京经
济技术开发区地泽路9号, Beijing 100176 (CN)。
贾旭光 **(JIA, Xuguang)**; 中国北京市北京经济技术
开发区地泽路9号, Beijing 100176 (CN)。

(74) 代理人: 北京市柳沈律师事务所 **(LIU, SHEN &
ASSOCIATES)**; 中国北京市海淀区彩和坊路10
号1号楼10层, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

(54) **Title:** METHOD FOR MODULATING BRIGHTNESS-GRAYSCALE CURVE OF DISPLAY DEVICE, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法及电子设备

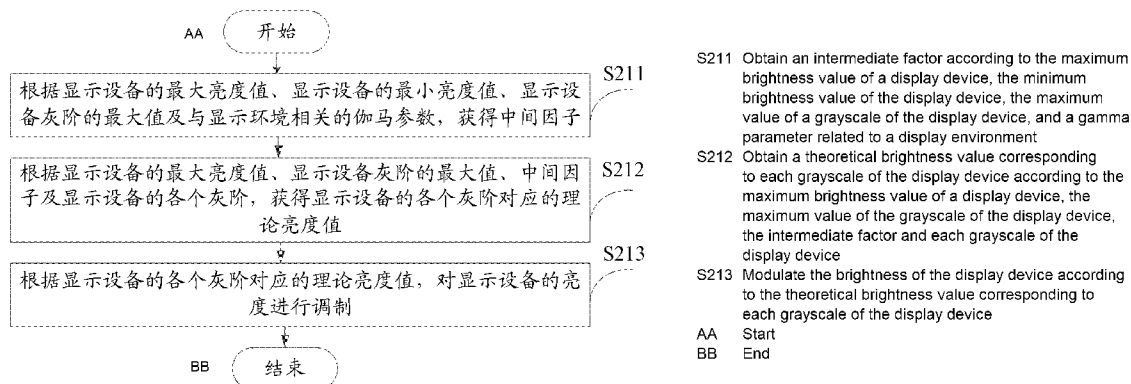


图 3

(57) **Abstract:** A method for modulating a brightness-grayscale curve of a display device, and an electronic device. The method comprises: determining a human eye perception brightness-grayscale application standard curve (S711); obtaining a theoretical brightness value corresponding to each grayscale in a display device based on at least one of a factor of changes in the pupil of a human eye, an environmental factor and a factor related to a display device and the human eye perception brightness-grayscale application standard curve (S712); and modulating the brightness of the display device according to the theoretical brightness value corresponding to each grayscale in the display device (S713). The method solves the problems of unclear low-grayscale details, back-lighting of a picture, high-grayscale saturation, and unsmooth color transition, etc., and solves the problem that a visible grayscale in a dim link can no longer be distinguished in a bright environment, and proposes a quantitative modulation control standard.

(57) **摘要:** 一种显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法及电子设备。该方法包括: 确定人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线 (S711); 基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线, 获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值 (S712); 根据显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值, 对显示设备的亮度进行调制 (S713)。该方法解决了低灰阶细节不清, 画面逆光化, 高灰阶饱和及色彩过度不平滑等问题, 解决了在昏暗环节下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题, 提出了一种量化的调制控制标准。

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法及电子设备

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2018 年 9 月 10 日提交的中国专利申请第 201811051290.7 的优先权，该中国专利申请的全文通过引用的方式结合于此以作为本申请的一部分。

技术领域

本公开涉及显示技术领域，更具体地，本公开涉及一种显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法及电子设备。

背景技术

显示技术领域中，在将显示面板制备完成后，通常会采用伽马曲线对各个灰阶的亮度进行调制，尽量使得显示图像时，显示面板能够对图像中不同亮度进行准确的还原性显示。

如何让显示面板对图像中的不同亮度进行更加准确的显示是显示技术研究领域的重要课题。

发明内容

有鉴于上述情况，本公开提供了一种显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法、装置及电子设备。

第一方面，根据本公开实施方式，提供了一种显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法，包括：根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、与显示环境相关的伽马参数，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值；根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制。

根据本公开实施例，根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值及与显示环境相关的伽马参数，获得中间因子；根据显示设备的最大亮度值、显示设备灰阶的最大值、中间因子，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值。

根据本公开实施例，根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、与显示环境相关的伽马参数确定特定伽马曲线；根据所述特定伽马曲线，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，其中，所述特定伽马曲线的中间因子是根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值及与显示环境相关的伽马参数确定的。

根据本公开实施例，根据下式确定所述中间因子：

$$n_0 = \frac{n_{\max}}{\left(\frac{L_{\text{物max}}}{L_{\text{物min}}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$$

其中， $L_{\text{物max}}$ 为显示设备的最大亮度值， $L_{\text{物min}}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{\max} 为显示设备灰阶的最大值， γ 为与显示环境相关的伽马参数， n_0 为中间因子。

根据本公开实施例，根据下式获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值：

$$L_{\text{物}}(n) = L_{\text{物max}} * \left(\frac{n+n_0}{n_{\max}+n_0}\right)^{\gamma}$$

其中， $L_{\text{物max}}$ 为显示设备的最大亮度值， n_{\max} 为显示设备灰阶的最大值， n_0 为中间因子， n 为显示设备的各个灰阶， $L_{\text{物}}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， γ 为与显示环境相关的伽马参数。

此外，根据本公开实施例，其中所述伽马参数的取值范围为 2.0 至 2.4。

此外，根据本公开实施例，其中所述伽马参数基于环境因子的值来确定，包括：当环境因子的值的属于第一环境参数范围时，伽马曲线参数的值属于第一伽马曲线参数范围；当环境因子的值的属于第二环境参数范围时，伽马曲线参数的值属于第二伽马曲线参数范围；其中，第一环境参数范围内的值均大于第二环境参数范围内的值，第一伽马曲线参数范围内的值均小于第二伽马曲线参数范围内的值。

根据本公开实施例，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值满足第一范围、和/或获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值满足第二范围。

此外，根据本公开实施例，其中所述第一范围包括 1-15% 至 1+15%，所

述第二范围包括 1-30%至 1+30%。

此外，根据本公开实施例，其中获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的标准差满足第三范围、或者获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的最大偏差满足第四范围。

此外，根据本公开实施例，其中所述人眼瞳孔变化的因子包括与当前环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小与预定义环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小的比值相对应的值。

另一方面，根据本公开实施例，提供了一种显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法，包括：确定人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线；基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个以及所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值；根据显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制。

又一方面，根据本公开实施例，提供了一种电子设备，该电子设备包括显示设备、存储器和处理器，该处理器分别于该存储器与该显示设备耦合，该存储器中存储指令，当该指令由该处理器执行时以使该处理器执行上述方法的操作。

再一方面，根据本公开实施例，提供了一种非瞬时性计算机可读记录介质，其上已记录用于执行上述方法的程序。

根据本公开实施方式的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法、装置及电子设备，其通过确定人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线；基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个以及所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值；根据显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制。上述方法解决了采用理想伽马曲线对显示设备进行调制所造成的低灰阶细节不清，画面逆光化，高灰阶饱和及色彩过度不平滑等问题，并且考虑到环境因子对人眼感知力的影响，解决了采用理想伽马曲线调制对显示设备进行调制会造成在昏暗环节下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题，而且提出了一种可量化的标准，弥补了显示领域中对于标准的空缺。

要理解的是，前面的一般描述和下面的详细描述两者都是示例性的，并

且意图在于对提供要求保护的技术的进一步说明。

附图说明

为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本公开的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

图 1a 是示出根据本公开实施例的第一种伽马曲线的示意图；

图 1b 是示出根据本公开实施例的第二种伽马曲线的示意图；

10 图 1c 是示出根据本公开实施例的一种实测的人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线示意图；

图 2 是示出根据本公开实施例的一种电子设备的结构框图；

图 3 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的流程图；

15 图 4 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的一种具体实施方式的流程图；

图 5 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置的功能模块示意图；

20 图 6 是示出采用传统伽马曲线进行调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值的曲线；

图 7 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的流程图；

25 图 8 是示出根据本公开实施例的通过显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法调制后的获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值的曲线；

图 9 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法调制后的获得的显示设备中各个灰阶对应的亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值的曲线；

30 图 10 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置

的功能模块示意图；

图 11 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的流程图；

5 图 12 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置的功能模块示意图；

图 13 示出了包括电子设备在内的实测环境图；

图 14 示出了根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的详细流程图。

10 具体实施方式

下面将结合本公开实施例中附图，对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本公开一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本公开实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。因此，以下对在附图中提供的本公开实施
15 例的详细描述并非旨在限制要求保护的本公开的范围，而是仅仅表示本公开的选定实施例。基于本公开实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。

应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义
20 和解释。同时，在本公开的描述中，术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

视频信息的传播经过三个阶段：一、摄制阶段，在这个阶段中，要把光学信息转化为电信号，然后加以保存或传播；二、传输阶段，在这个阶段的传输方法主要有两种：以模拟的方式传输，或者以数字的方式传输；三、显示
25 阶段，接收到电信号的显示装置，将电信号转换为光学信号进行视觉呈现。

在这三个阶段中，人们制定了一些标准，以使用户能够观察到正确的图像。在显示阶段，为了在显示设备中正确地显示出拍摄的视频信号，已经制定了一系列的行业标准，它决定在将电信号转化为显示设备中显示的光学信号时，不同的灰阶等级与显示的光学信号的亮度值的对应关系，这种对应关系
30 通常被称为电光转换函数（EOTF）。虽然显示设备的选材与设计原理各不

相同，但是应用电光转换函数后，便能将灰阶等级统一地转换为光学信号的亮度值，使得所有的显示设备能够显示统一标准的画面亮度值。

通常，容易忽视以下几个问题：1、人眼对图像的感知是受到环境影响的，比如过高或过低的环境光，会干扰人眼对灰阶的分辨能力，导致对画面的感知不同；2、显示设备是否有能力全面地展示欲表现的画面。这种展示能力通常体现在最低亮度、最高亮度、色域三个方面。其中的最低亮度也往往被人们所忽视。

另外，光电转换函数（OETF）和电光转换函数（EOTF）是函数和反函数的关系，但由于显示设备和使用环境的不同，再采用这种简单的通用公式已经不能很好地满足不同用户的需求。相对于影院模式和 CRT 时代，显示设备和观看场所已经发生了很大的变化。

具体地，请参见图 1a，图 1a 是示出根据本公开实施例的理想伽马曲线的示意图，对于理想伽马曲线而言，当灰阶等级为 0 时，其对应的亮度值也为 0。但实际上，显示设备在灰阶等级为 0 时，其对应的亮度值不为 0，若仍沿袭 CRT 传统，而忽略显示设备在灰阶等级为 0 时，其对应的亮度值不为 0 的情况时，采用理想伽马曲线对显示设备进行调制会造成低灰阶细节不清，画面逆光化，高灰阶饱和及色彩过度不平滑等问题。因此，我们需要一种如图 1b 中所示的伽马曲线，其能满足当灰阶等级为 0 时，其对应的亮度值不为 0。

并且，当忽略环境亮度对人眼感知力的影响时，采用现有理想电光转换曲线对显示设备进行调制会造成在昏暗环境下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题。

另外，在现有产业分工的情况下，视频信号从拍摄、传输到显示的所有环节都必须保证数据的完整性才能使得最后的显示效果得到保证。液晶显示屏作为众多厂家终端产品的显示设备，需要有固定且可量化的标准，但是现在却没有这种标准，这对于显示技术领域而言是不够的。为此，本公开提出了三个层次的标准，分别对应三种曲线，具体如下：

一、人眼感知亮度-灰阶曲线绝对标准，对应于人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线，该曲线来源于对人眼图像感知能力的生理物理测量结果。

具体地，根据人眼生理测试结果，建立人眼在典型舒适环境下，瞳孔大小不发生变化的状态下的人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线。人眼感知亮度-

灰阶绝对标准曲线是建立在标准环境下的生理物理测量基础上的，因此，这个标准是一个绝对标准。也就是说每个灰阶所对应的人眼感知亮度是一个绝对值，这个灰阶为绝对灰阶，它所对应的亮度称为绝对感知亮度。该标准的建立有助于保证标准的客观性、唯一性、与人眼感受的直接相关性和显示数据的最少的特点。

5 作为一个实施例，在标准舒适环境下，按照国家标准：照度 200lx，照明功率密度：7W/m²，在舒适下人眼瞳孔直径：Φ₀=4mm。对人眼灰阶感知能力进行测量，获得人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线。该曲线的亮度为绝对亮度，涵盖该瞳孔直径下，所能感知的最高亮度和最低亮度范围，如图 1c 所示，横轴坐标为横轴坐标为人眼感知亮度 L_n (nit)，纵轴坐标为灰阶 n，该曲线的表现形式为：

$$L_n = F(n)$$

其中，L_n表示人眼感知亮度，n表示灰阶，F()表示函数。

15 二. 人眼感知亮度-灰阶曲线应用标准，对应于人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，该曲线是在人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线的基础上，考虑下列至少一个因素：数字信息传输条件、过往标准的历史情况和显示设备的一般能力，如色深、清晰度等所确定的曲线，其具有兼容性。

20 作为一种实施方式，可以根据显示设备所能表达的色深能力的能力及输出最大最小亮度的能力，采用插值法将人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线的灰阶分的更细以满足数字化信息传输的要求，进而形成不同的人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线。例如：8位色深的256灰阶的人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线、10位色深的1024灰阶的人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线等。

25 作为一个具体的实施例，接上例，在人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线 L_n=F(n)的基础上，考虑8位色深数据传输的二进制特点，在0~300nit范围内采用256灰阶进行图像表达。各灰阶间亮度差小于人眼感知亮度-灰阶绝对标准，从而获得人眼感知亮度-灰阶(256)应用标准曲线，表现形式为：

$$L_n = F_{256}(n) \quad (0 \leq n < 256)$$

其中，L_n表示人眼感知亮度，n表示8位色深数据所表达的灰阶，0 ≤ n < 256，F₂₅₆()表示函数。

30 作为另一种实施方式，考虑到历史原因以及对过往图像内容的播放，也

可以牺牲一点图像质量，形成兼容性的人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线。

三. 设备亮度-灰阶曲线标准 (SEOTF)，对应于显示设备的亮度-灰阶曲线，该标准在显示设备拟采用的人眼感知亮度-灰阶曲线应用标准的基础上，
5 基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个，
获得显示设备的亮度-灰阶曲线，按照该显示设备的亮度-灰阶曲线在其指定的
环境下显示该图，以使输出的图像信息在人眼视网膜上形成尽可能贴近传播
意图的图像信息。

考虑到不同的显示设备显示能力的不同及人眼感知图像的特点（对相对
亮度不敏感），在不超过人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线的亮度差的精度要
10 求的情况下，显示设备可以采用相对亮度（小于亮度差的精度要求的亮度差）
来进行图像显示。

其次，本公开采用上述三个层次的标准（对应三种曲线）对显示设备的
调制过程进行改进，具体如下：

1. 根据标准环境下的测试结果确定人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线；
15 2. 根据数字信息传输条件、显示设备的状况、过往标准的历史情况和人
眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线等，确定不同级别的人眼感知亮度-灰阶应用标
准曲线；

3. 基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至
少一个以及所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，确定显示设备的理论亮度
20 -灰阶曲线（即获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值）；

4. 根据显示设备的理论亮度-灰阶曲线，对显示设备的亮度进行调制；

5. 确认经实际调制后的设备亮度-灰阶曲线与其遵循的理论亮度-灰阶曲
线的偏差在调试标准的范围内，即确认获得的显示设备中各个灰阶对应的理
论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值满
25 足第一范围、和/或获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得
的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值满足第二范围等。

并且，本公开还对图像（或视频）信息的摄制、传输过程及显示过程进
行改进，具体如下：

一、摄制阶段，在该阶段中，采用拍摄装置拍摄图像，并采用人眼感知
30 亮度-灰阶应用标准曲线确定图像的各个灰阶。

二、传输阶段，以数字的方式将图像各像素点的灰阶传输至显示设备。

三、显示阶段，显示设备接收该图像的各个灰阶，基于该显示设备的亮度-灰阶曲线在其指定的环境下显示该图像，经人眼屈光体作用后，在视网膜上形成符合人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线的图像；也就是说，尽可能让一个拟呈现人眼感知亮度为 L 的像素，经过数字化处理、传输、在显示设备环境下显示后，通过屈光体在视网膜上形成人眼感知亮度为 L 的视觉体验。在具体介绍之前，首先对后续涉及到的几个概念进行解释。

$L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，各个灰阶当物理亮度曲线和各个灰阶 n 确定时， $L_{物}(n)$ 的值确定。后续文中可以将 $L_{物}(n)$ 和 $L_{物}$ 等同理解。

10 $L_{测}(n)$ ：是指实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值，这个亮度值为实测的物理亮度值。由于显示设备自身的一些限制，因此， $L_{测}(n)$ 的大小与 $L_{物}(n)$ 的大小可能不一致，但是希望它们的值尽量保持一致，以使得调制效果更好。

其中， $L_{感}(n)$ 是指显示设备调制完成后，人眼感受到的以光学亮度为单位的亮度，各个灰阶当人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线和各个灰阶 n 确定时， $L_{感}(n)$ 的值确定。后续文中可以将 $L_{感}(n)$ 和 $L_{感}$ 等同理解。由于人眼的特殊性（环境会对其产生影响）及显示设备自身的一些限制， $L_{感}(n)$ 的大小与 $L_{物}(n)$ 的大小可能不一致，但是希望调制后使得在当前环境下人眼感受到的图像亮度 $L_{感}(n)$ 能够与显示设备调制的亮度 $L_{物}(n)$ 尽量保持一致。

20 因此，本申请中，通过使用人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，并结合人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个确定显示设备的物理亮度-灰阶曲线。根据此曲线调制的物理亮度-灰阶曲线经人眼屈光系统之后可在视网膜上形成还原性较好的图像。下面对人眼瞳孔及感光过程进行简单介绍。眼睛的外形是一个直径大约为 23mm 的球体，瞳孔直径可在 2~8mm 间变化。杆状细胞不能感色，但感光灵敏度极高是锥状细胞的 10000 倍。锥状细胞既能感光又能感色。强光作用下，主要由锥状细胞起作用，称为明视觉。弱光主要由杆状细胞起作用，称为暗视觉。锥状细胞和杆状细胞经过双极细胞与视神经相连，视神经细胞经过视神经纤维通向大脑。

感光过程大致分为四个步骤：

30 第一步：经水晶体成光像于视网膜。锥体细胞和杆状细胞中的感光色素

分别是视紫蓝质和视紫红质，它们受光照后发生化学变化，化学变化向相反方向进行。

第二步：上述光学变化使视网膜上点产生与光照度成正比的电位，将视网膜上的光像变为电位像；

5 第三步：视网膜上各个点的电位分别促使各个对应的视神经放电，放电电流是振幅恒定而频率随视网膜电位大小变化的电脉冲。

第四步：视觉皮质通常接收到 200 万个频率编码的电脉冲信号，首先将他们分别存入视网膜光敏细胞相对应的细胞特殊表面中，然后进行综合的图像信息处理使人产生视觉，看到景物图像。

10 人眼在高亮环境和低亮环境下，瞳孔的大小有所不同，经过人眼屈光系统以后投射到视网膜上的亮度也就有所不同，人眼感知的图像像素亮度与瞳孔的直径的平方成正比。不妨假设人眼瞳孔在舒适区所感知的亮度与物体的物理亮度一致。所谓舒适环境下我们定义为普通客厅的环境，作为一种实施方式，按照国家标准：照度 200lx，照明功率密度：7W/m²，在舒适下人眼瞳
15 孔直径：Φ₀=4mm。当然，并不局限于此。

假设根据生理物理学的测试结果，当在某个环境下，人眼的瞳孔直径为 Φ 时，人眼的感知亮度 L_感 和显示设备的理论物理亮度值 L_物 关系如下：

$$L_{感} = F_1(g(\Phi, \Phi_0), L_{物}) \quad (1)$$

其中，g(Φ, Φ₀) 被称之为亮度感知因子函数，F₁() 表示函数，Φ₀ 表示在
20 舒适下人眼通孔直径，Φ 表示在某个环境下人眼的通孔直径。

通常，当人眼处于舒适环境下时，可以认为人眼屈光体传递函数：MTF=1，此时，瞳孔大小对视觉细胞的感知能力没有影响，则此时进入眼底的入光通量等于光强度*瞳孔的面积，所以它会和瞳孔的直径的平方成正比。在成像不变的情况下，人眼感知的图像某点的亮度 L_感，也与瞳孔面积成正比，将光强
25 度近似看作 L_物，此时，L_感 与 L_物 之间的关系可以为：

$$L_{感} = g(\Phi, \Phi_0) * L_{物} \quad (2)$$

进一步的，瞳孔面积大小可以由公式 πR²，R 为瞳孔的半径，可以发现，当人眼瞳孔的半径发生变化时，入光通量的变化与瞳孔的半径的平方成正比，为了简化计算，并且可以令：

30
$$g(\Phi, \Phi_0) = (\Phi / \Phi_0)^2 \quad (3)$$

其中， Φ_0 为在初始环境下的瞳孔的直径，例如，舒适环境下， $\Phi_0=4\text{mm}$ ； Φ 表示当环境发生变化导致瞳孔直径发生改变后的瞳孔的直径。

于是就有：

$$L_{\text{感}}=g(\Phi, \Phi_0)*L_{\text{物}}=(\Phi / \Phi_0)^2 * L_{\text{物}} \quad (4)$$

5 进一步的，在理想情况下，可以将人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线分三个部分，同理，人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线也分为分三个部分（人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线是采用插值法将人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线的灰阶进行细分，因此曲线的基本形状不会改变）。一个是暗视区，一个是舒
10 适明视区，一个是超亮区。因为三个区域的对比度灵敏度阈值，或者说韦伯-费赫涅尔系数 $\Delta L/L=C$ 各个不相同。

在边缘区域，由于接近视细胞的感应极限，细胞的感知力下降，需要亮度差变大。这是调节亮度曲线特别应该加以注意的。

根据生理物理测试结果，得出人眼在舒适区域的人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线。然后根据人眼在不同区域的-韦伯-费赫涅尔系数(对比度最小阈值)
15 要求，可以获得在舒适区域的人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线。

$$L_{\text{感}}=H(n) \quad (5)$$

其中：

$$H(n)=\left\{ \begin{array}{l} H_1(n), 0 \leq n \leq N_1(\text{暗视区}) \\ H_2(n), N_1 < n \leq N_2(\text{明视区}) \\ H_3(n), N_2 < n \leq N_{\text{max}}(\text{超亮区}) \end{array} \right\} \quad (6)$$

20 下面对 $L_{\text{感}}$ 的分段曲线以一个示例进行说明。

请参阅图 1c，图 1c 示出了表示实测的人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线示意图，其中，横轴坐标为 $\lg(L_{\text{感}})$ ，纵轴坐标为灰阶 n 。从图 1c 中，可以看出，人眼感知亮度的变化值 $\Delta L_{\text{感}}$ ，与灰阶的变化值 Δn 近似存在下述关系：

$$\Delta n=k*(\Delta L_{\text{感}}/L_{\text{感}}) \quad (7)$$

25 当 $\Delta n=1$ 时， $(\Delta L_{\text{感}}/L_{\text{感}})=1/k$ ，按照韦伯定律（即 $\Delta L_{\text{感}}/L_{\text{感}}=\text{常数}$ ），在人眼舒适区 $1/k$ 为常数，用 C 表示，灰阶 n 的函数表达式经过多次测量可以为：

$$n=k*\ln(L_{\text{感}})+C \quad (8)$$

其中， $\ln()$ 表示自然对数，即以 e 为底的对数。

实际上，请参阅图 1c，在整个区间上， $1/k$ 并不为常数，韦伯定律适用的范围在 1~1000nit。在亮度低于 1nit，高于 1000nit 的区间， k 较小，也就是说 $1/k$ 较大，为 2.6%以上。而在 1~1000nit 区间， k 较大。

可以理解的是，上述是对人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线进行描述，人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线只需对其进一步进行变换可得，不再赘述。

对于在瞳孔调节边缘的情况（例如，亮度很低或者很高的情况），由于瞳孔的调节能力变弱，人眼感知亮度 $L_{感}$ 主要与显示设备亮度 $L_{物}$ 正相关，可以用下述曲线表示：

$$L_{感} = c_1 * L_{物} + c_2 \tag{9}$$

另外，要实现人眼对传播图像的还原性感受，首先要保证图像的所有灰阶能够在人眼中展示出来。即，从感受到的最低亮度到最高亮度之间，各个灰阶能够无阶梯地在人眼的感受中平滑地连接起来。

从图像传输的角度来讲，又希望这些数据尽可能地少，所以显示设备的各个灰阶的物理亮度差要尽量接近人眼可识别的亮度差。在人眼舒适区域，根据韦伯定律：

$$(\Delta L_{物} / L_{物}) = C \tag{10}$$

其中 C 为常数，那么就有：

$$L_{物}(n+1) = L_{物}(n) * (1+C) \tag{11}$$

如果： $L_{物}(0) = L_{物min}$ (12)

则：

$$L_{物}(n) = L_{物min} * (1+C)^n \tag{13}$$

$$L_{物max} = L_{物min} * (1+C)^{n_{max}} \tag{14}$$

从而可以得到：

$$n_{max} = Lg(L_{物max} / L_{物min}) / Lg(1+C) \tag{15}$$

其中， $L_{物}(n)$ 表示灰阶为 n 时显示设备的亮度， $L_{物}(n+1)$ 表示灰阶为 $n+1$ 时显示设备的亮度， $Lg()$ 表示以 10 为底的对数， $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值， $L_{物min}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值。因此，在舒适区内的灰阶数至少应该大于 n_{max} 。

例如，普通显示设备的显示亮度在 0.3~300nit 之间，常数 $C=3\%$ ，这时

$n_{\max} = 233$ 。这种情况下,采用 256 灰阶的亮度显示已经可以满足其显示要求。

基于上述分析,在设置显示设备的物理亮度-灰阶曲线时,可以考虑以下几个原则:

$$(1) L_{物} = L_{感} * (\Phi_0 / \Phi)^2 \quad (16)$$

- 5 (2)根据显示设备的最低最高亮度,确定人眼能感知的最低最高亮度;
- (3)根据人眼能感知的最低最高亮度,确定需要的 n_{\max} 的最小值;
- (4)特别注意在暗视区(<1nit)和超亮区(>1000nit)要保证足够的亮度梯度,否则容易造成低灰阶过饱和和高灰阶饱和的现象;
- (5)显示设备所能达到的最低物理亮度应作为标准曲线最低灰阶的起点,
- 10 而不是以 0 亮度作为标准曲线的起点;
- (6)兼顾实际应用中的其他情况。

综合上述的几个原则,在获得的显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值 $L_{物}$ 时,可以根据下述公式:

(1) 当确定 $L_{感} = Y_1(n_0, n, L_{物\max}, L_{物\min})$ 时:

$$15 \quad L_{物} = g(\Phi, \Phi_0) * Y_1(n_0, n, L_{物\max}, L_{物\min}) \quad (17)$$

由于 $Y_1(n)$ 是个实验曲线,所以,更概括的一个公式可以表述为:

$$L_{物} = Y_2(n_0, n, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi, \Phi_0) \quad (18)$$

其中, n_0 表示中间因子,

$$当 n=0 时, L_{物\min} = Y_2(n_0, 0, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi, \Phi_0) \quad (19)$$

$$20 \quad 当 n=n_{\max} 时, L_{物\max} = Y_2(n_0, n_{\max}, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi, \Phi_0) \quad (20)$$

并且当 $\Phi = \Phi_0$, 即瞳孔直径未发生变化时, $L_{感} = L_{物}$, 此时

$$L_{感} = L_{物} = Y_2(n_0, n, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi_0, \Phi_0) \quad (21)$$

(2) 进一步的,当在理想情况下, $L_{感}$ 取三段曲线时,对应的 $L_{物}$ 也是三段曲线。

25

$$L_{物} = \left\{ \begin{array}{l} Y_3(n_0, n, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi, \Phi_0), 0 \leq n \leq N_1(\text{暗视区}) \\ Y_4(n_0, n, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi, \Phi_0), N_1 < n \leq N_2(\text{明视区}) \\ Y_5(n_0, n, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi, \Phi_0), N_2 < n \leq N_{\max}(\text{超亮区}) \end{array} \right\} \quad (22)$$

其中,

当 $n=0$ 时,

$$在暗视区: L_{物\min1} = Y_3(n_0, 0, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi, \Phi_0) \quad (23)$$

$$30 \quad 在明视区: L_{物\min2} = Y_4(n_0, 0, L_{物\max}, L_{物\min}, \Phi, \Phi_0) \quad (24)$$

在超亮区: $L_{物\ min3} = Y_5(n_0, 0, L_{物\ max}, L_{物\ min}, \Phi, \Phi_0)$ (25)

当 $n = n_{max}$ 时,

在暗视区: $L_{物\ max1} = Y_3(n_0, n_{max}, L_{物\ max}, L_{物\ min}, \Phi, \Phi_0)$ (26)

在明视区: $L_{物\ max2} = Y_4(n_0, n_{max}, L_{物\ max}, L_{物\ min}, \Phi, \Phi_0)$ (27)

5 在超亮区: $L_{物\ max3} = Y_5(n_0, n_{max}, L_{物\ max}, L_{物\ min}, \Phi, \Phi_0)$ (28)

且并且当 $\Phi = \Phi_0$, 即瞳孔直径未发生变化时, $L_{感} = L_{物}$, 此时:

$$L_{感} = L_{物} = \left\{ \begin{array}{l} Y_3(n_0, n, L_{物\ max}, L_{物\ min}, \Phi_0, \Phi_0), 0 \leq n \leq N_1(\text{暗视区}) \\ Y_4(n_0, n, L_{物\ max}, L_{物\ min}, \Phi_0, \Phi_0), N_1 < n \leq N_2(\text{明视区}) \\ Y_5(n_0, n, L_{物\ max}, L_{物\ min}, \Phi_0, \Phi_0), N_2 < n \leq N_{max}(\text{超亮区}) \end{array} \right\} \quad (29)$$

其中, $L_{感}$ 可以为幂函数曲线、对数曲线、感知量化曲线等, $Y_1()$ 、 $Y_2()$ 、 $Y_3()$ 、 $Y_4()$ 、 $Y_5()$ 表示伽马函数。

10 其中, 伽马曲线 (如下所示) 是一种幂函数曲线, 其可以作为在明视区的 $L_{感}$ 。如果要显示更为宽广的区域, 那么韦伯定律就不再适用了。经验上, 我们把 $0 \sim 0.1nit$, 以及大于 $1000nit$ 的亮度区域认为是非舒适区。作为另一种实施方式, 杜比曲线 (PQ 曲线) 是一种感知量化曲线, 它也可以作为 $L_{感}$ 的一种实施方式。

15 具体的实施方式, 会在后续的实施方式及实施例中进行详细描述。

图 2 是示出根据本公开实施例的一种电子设备的结构框图。电子设备包括存储器 110、处理器 120 以及显示设备 130。

存储器 110 可用于存储软件程序以及模块, 如本公开实施例中的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法及装置对应的程序指令/模块, 处理器 120 通过
20 运行存储在存储器 110 内的软件程序以及模块, 从而执行各个种功能应用以及数据处理, 即实现本公开实施例中的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法。存储器 110 可包括高速随机存储器, 还可包括非易失性存储器, 如一个或者多个磁性存储装置、闪存、或者其他非易失性固态存储器等。进一步地, 上述存储器 110 内的软件程序以及模块还可包括: 操作系统 111 以及服务模
25 块 112。其中操作系统 111, 例如可为 LINUX、UNIX、WINDOWS 等, 其可包括各个种用于管理系统任务 (例如内存管理、存储设备控制、电源管理等) 的软件组件和/或驱动, 并可与各个种硬件或软件组件相互通讯, 从而提供其他软件组件的运行环境。服务模块 112 运行在操作系统 111 的基础上, 并通

过操作系统 111 的网络服务监听来自网络的请求，根据请求完成相应的数据处理。

5 显示设备 130 可以用于显示图像，显示设备 130 可以包括二维显示器和三维显示器等等。进一步的，二维显示器又可以包括 CRT (Cathode Ray Tube, 阴极射线管) 显示器和 LCD (Liquid Crystal Display, 液晶显示器) 显示器等，当然，并不局限于此。

可以理解，图 2 所示的结构仅为示意，电子设备还可包括比图 2 中所示更多或者更少的组件，或者具有与图 2 所示不同的配置。图 2 中所示的各个组件可以采用硬件、软件或其组合实现。

10 下面将结合附图对本公开实施例中的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法及装置进行更详细的描述。

根据本公开实施例，首先，根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、与显示环境相关的伽马参数，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值；然后，根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制。应了解，所述的显示设备灰阶的最大值反映了显示设备所能表达的色深能力的的能力，所述的显示设备的最大亮度值和最小亮度值反映了显示设备输出最大最小亮度的能力。

20 图 3 示出了根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的流程图，请参阅图 3，本实施例描述的是当在舒适环境下人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线（对应的是 $L_{感}(n)$ ）确定为伽马曲线时，该方法包括：

步骤 S211，根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值及与显示环境相关的伽马参数，获得中间因子。

作为一种实施方式，步骤 S211 中的所述中间因子可以根据下述公式进行计算：

25
$$n_0 = \frac{n_{max}}{\left(\frac{L_{物max}}{L_{物min}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1} \quad (30)$$

其中， $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值， $L_{物min}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值， γ 为伽马曲线的与显示环境相关的伽马参数， n_0 为中间因子。

其中， $L_{物max}$ 和 $L_{物min}$ 的值可以通过测量获得。例如，可以在输入最大灰阶

的情况下，测量 $L_{物max}$ ，以及在输入最小灰阶的情况下，测量 $L_{物min}$ 。并且，当待调制的显示设备制造后， $L_{物max}$ 、 $L_{物min}$ 、及 n_{max} 的值确定。并且，具体的， n_{max} 的取值范围可以例如是63、125、255、511、1023等，当然，并不局限于此。

5 可以理解的是，获得中间因子的实施方式并不局限于上述公式，也可以根据其它公式或者上述的公式的变化获得。

进一步的，作为示例，伽马参数的取值范围可以为2.0至2.4。在另一示例中，伽马曲线参数的取值范围可以为2.18至2.4。在另一示例中，例如，伽马曲线参数的值可以是1.8、2.0、2.1、2.2、2.3、2.4等等。通过将伽马曲线参数的值设置在此取值范围内，使得显示设备的显示效果得到优化。

进一步的，考虑到环境因子对人眼感知力的影响，作为另一示例，该伽马参数可以基于环境因子的值来确定。

其中，环境因子可以包括：环境的亮度值等。例如，可以根据环境因子判断出当前环境是明亮（办公）环境还是昏暗（暗室）环境等。

15 作为示例，当环境因子的值的属于第一环境参数范围时，伽马曲线参数的值的范围可以属于第一伽马曲线参数范围；当环境因子的值的属于第二环境参数范围时，伽马曲线参数的值的范围可以属于第二伽马曲线参数范围；其中，第一环境参数范围内的值大于第二环境参数范围内的值，第一伽马曲线参数范围内的值小于第二伽马曲线参数范围内的值。

20 例如，若环境因子的值为环境的亮度值时，当环境的亮度值属于明亮（办公）环境对应的亮度值范围时，则伽马曲线参数的值的可以为2.2，当环境的亮度值属于昏暗（暗室）环境对应的亮度值范围时，则伽马曲线参数的值的范围可以为2.4。当然，当前数值仅为示例，还可采用其他数值，例如与当前示例数值接近的其他数值。

25 由此，当环境因子的值较小时（昏暗环境），则伽马曲线参数较大，当环境因子的值较大时（明亮环境），则伽马曲线参数较小，通过这种方式进行调制，使得显示设备显示进一步得到优化。

上述方式，考虑到环境因子对人眼感知力的影响，解决了采用理想伽马曲线调制对显示设备进行调制会造成在昏暗环节下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题。

当然，除了考虑到环境因子对人眼感知力的影响，还可以考虑其他因子对人眼瞳孔变化的影响。例如，但不限于，与显示设备相关的因子、及与人体相关的因子等。

其中，与显示设备相关的因子可以包括：显示设备屏幕的尺寸、显示设备的亮度、显示设备与用户的距离中的至少一个。具体的，显示设备的亮度又可以包括显示设备的平均使用亮度、最大亮度、最小亮度等，但并不局限于此。可以理解的是，由于显示设备屏幕的尺寸以及显示设备与人体的距离也可能影响到显示设备在人眼中的立体角度，因此，与显示设备相关的因子也可以包括：显示设备在人眼中的立体角。

考虑到显示设备屏幕的尺寸、显示设备的亮度、显示设备与人体的距离中的至少一个均会对瞳孔的变化产生影响，因此采用这些参数作为与显示设备相关的因子，使得对显示设备进行调制更加准确。

其中，与人体相关的因子可以包括：人眼的瞳孔尺寸等。

由此，将与人体相关的因子具体到人眼的瞳孔尺寸，使得对伽马曲线对显示设备进行调制更加准确，能够缓解不同显示亮度带来的影响。

具体地，获取影响人眼瞳孔变化的因子的方式也有很多种，例如，可以通过光传感器获取到环境的亮度值，也可以通过检测设备检测与显示设备相关的因子或者直接从显示设备中读取显示设备屏幕的尺寸等参数，还可以通过眼部检测仪器测量出人眼的瞳孔尺寸等，并不局限与此。通过考虑到上述影响人眼瞳孔变化因子，可以进一步的对该伽马参数进行调制，从而进一步优化调制的结果。

返回图 3，图 3 所示的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法还包括步骤 S212，根据显示设备的最大亮度值、显示设备灰阶的最大值、中间因子及显示设备的各个灰阶，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值。

作为一种实施方式，步骤 S212 可以根据下述公式进行计算：

$$L_{物}(n) = L_{物max} * \left(\frac{n+n_0}{n_{max}+n_0} \right)^{\gamma} \quad (31)$$

其中， $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值， n_0 为中间因子， n 为显示设备的某个灰阶， $L_{物}(n)$ 为显示设备的某个灰阶对应的理论亮度值， γ 为伽马曲线的与显示环境相关的伽马参数。

具体的, $L_{\text{物max}}$ 和 $L_{\text{物min}}$ 的值可以通过测量获得。 n_{max} 的取值范围可以例如是 63、125、255、511、1023 等, 即 n_{max} 的取值可以为 2 的次方减 1, 当然, 并不局限于此。 n_{max} 的取值取决于两个相邻灰阶间的亮度差要保持小于或接近于人眼可感知的最小亮度差, 同时 n_{max} 的取值又要尽可能小, 以减轻图像数据的传输量。作为一种实施方式, 在中等尺寸、亮度较高的显示设备上, n_{max} 的值可以为 255。在更高亮度的显示设备上, n_{max} 的值可以为 1023。

通过步骤 S211 求解得到 n_0 , 因此, 当显示设备的各个灰阶 n 确定时, 即可求出对应的显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值 $L_{\text{物}}(n)$ 。通过上述公式, 合理且可执行提出了一种可量化的标准, 弥补了液晶显示领域中对于可量化的转换控制标准的空缺。

可以理解的是, 获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值的实施方式并不局限于上述公式, 也可以根据其它公式或者上述的公式的变化获得。

返回图 3, 图 3 所示的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法还包括步骤 S213, 根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值, 对显示设备的亮度进行调制。

请参阅图 4, 图 4 给出一种显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的具体实施方式。

步骤 S311, 根据下面公式, 获得中间因子。

$$n_0 = \frac{n_{\text{max}}}{\left(\frac{L_{\text{物max}}}{L_{\text{物min}}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$$

其中, $L_{\text{物max}}$ 为显示设备的最大亮度值, $L_{\text{物min}}$ 为显示设备的最小亮度值, n_{max} 为显示设备灰阶的最大值, γ 为与显示环境相关的伽马参数, n_0 为中间因子。

步骤 S312, 根据下面公式, 获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值。

$$L_{\text{物}}(n) = L_{\text{物max}} * \left(\frac{n+n_0}{n_{\text{max}}+n_0}\right)^{\gamma}$$

其中, $L_{\text{物max}}$ 为显示设备的最大亮度值, n_{max} 为显示设备灰阶的最大值, n_0 为中间因子, n 为显示设备的各个灰阶, $L_{\text{物}}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值, γ 为与显示环境相关的伽马参数。

步骤 S313, 根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值, 对显示设备的亮度进行调制。例如, 对于每个灰阶, 将显示设备的输出亮度调整到与该灰

阶对应的理论亮度值，或者调整到与该理论亮度值相差在预定误差范围内的亮度值。

下面将具体给出五种不同的具体示例对获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值的情况进行说明。

5 【示例一】

对于液晶显示设备，例如是 SDR 的液晶显示设备，如果其显示设备的最低灰阶的值对应的亮度值为 0，那么根据 CRT 显示器的伽马曲线，如果其应用场景为一般办公环境（明亮环境），例如，环境照度 200lx，照明功率密度 7W/m²，显示设备的最大亮度值为 250nit，则所选择的与显示环境相关的伽马曲线参数 γ 为 2.2，根据公式计算出中间因子 n_0 为 0，且：

$$L_{物}(n) = L_{物max} * \left(\frac{n}{255} \right)^{2.2}$$

其中， $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值， n 为显示设备的各个灰阶。

【示例二】

15 对于液晶显示设备，例如是 SDR 的液晶显示设备，如果其显示设备的最低灰阶的值对应的亮度值不为 0，而是 $L_{物min}$ ，那么根据 CRT 显示器的伽马曲线，如果其应用场景为一般办公环境（明亮环境），例如：显示设备的最大亮度值为 250nit，环境照度：200lx，照明功率密度：7W/平方米，显示设备灰阶的最大值为 255，则所选择的与显示环境相关的伽马曲线参数 γ 为 2.2，根据
20 下面公式进行计算：

$$n_0 = \frac{n_{max}}{\left(\frac{L_{物max}}{L_{物min}} \right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$$

$$L_{物}(n) = L_{物max} * \left(\frac{n+n_0}{255+n_0} \right)^{2.2}$$

$$L_{物min} = L_{物max} * \left(\frac{n_0}{255+n_0} \right)^{2.2}$$

其中， $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， $L_{物max}$ 为显示

设备的最大亮度值, n 为显示设备的各个灰阶, n_0 为中间因子, $L_{物min}$ 为显示设备的最小亮度值, n_{max} 为显示设备灰阶的最大值。

【示例三】

5 对于液晶显示设备, 例如是 SDR 的液晶显示设备, 如果其显示设备的最低灰阶的值对应的亮度值不为 0, 而是 $L_{物min}$, 那么根据 CRT 显示器的伽马曲线, 如果其应用场景为专业暗室/影院环境 (昏暗环境), 例如显示器最高亮度为 250nit, 环境照度 5lx, 显示设备灰阶的最大值为 255, 则所选择的与显示环境相关的伽马曲线参数 γ 为 2.4, 根据下面公式进行计算:

$$n_0 = \frac{n_{max}}{\left(\frac{L_{物max}}{L_{物min}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$$

$$10 \quad L_{物}(n) = L_{物max} * \left(\frac{n+n_0}{255+n_0}\right)^{2.4}$$

$$L_{物min} = L_{物max} * \left(\frac{n_0}{255+n_0}\right)^{2.4}$$

其中, $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值, $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值, n 为显示设备的各个灰阶, n_0 为中间因子, $L_{物min}$ 为显示设备的最小亮度值, n_{max} 为显示设备灰阶的最大值。

15 **【示例四】**

对于液晶显示设备, 例如是 SDR 的液晶显示设备, 如果其显示设备的最低灰阶的值对应的亮度值不为 0, 而是 $L_{物min}$, 那么根据 CRT 显示器的伽马曲线, 如果其应用场景为一般办公环境 (明亮环境), 例如环境亮度为 55nit, 显示器最高亮度为 250nit, 不妨设当中间灰阶 L_{127} 也为 55nit 时, 为最舒适的
20 观看显示效果, 显示设备灰阶的最大值为 255, 则所选择的与显示环境相关的伽马曲线参数为 γ 且值约为 2.18, 并且根据下面公式进行计算:

$$n_0 = \frac{n_{max}}{\left(\frac{L_{物max}}{L_{物min}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$$

$$L_{物}(n) = L_{物max} * \left(\frac{n+n_0}{255+n_0} \right)^\gamma$$

$$L_{物min} = L_{物max} * \left(\frac{n_0}{255+n_0} \right)^\gamma$$

$$L_{物}(127) = 55$$

其中， $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值， n 为显示设备的各个灰阶， n_0 为中间因子， $L_{物min}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值。当然。也可以根据人眼感知亮度-灰阶绝对标准来进行计算。

【示例五】

对于液晶显示设备，例如是 LCD 的液晶显示设备，如果其显示设备的最低灰阶的值对应的亮度值不为 0，而是 $L_{物min}$ ，那么根据 LCD 显示器的伽马曲线，如果其应用场景为影院模式，假设舒适环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小 Φ_0 ，并假设在该影院模式下的人眼瞳孔的直径大小 Φ ，将瞳孔直径大小对人眼感知亮度的影响通过设置与显示环境相关的伽马曲线参数 γ 的大小来体现，由于在舒适环境下 γ 取 2.2 以及 CRT 光电转换函数的指数值为 2.4，因此这里 γ 的取值可以为 2.4，则根据下面公式进行计算：

$$L_{物}(n) = L_{物max} * \left(\frac{n+n_0}{255+n_0} \right)^{2.4}$$

$$L_{物min} = L_{物max} * \left(\frac{n_0}{255+n_0} \right)^{2.4}$$

其中， $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值， n 为显示设备的各个灰阶， n_0 为中间因子， $L_{物min}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值。

通过本公开实施例提供的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法，通过根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值及与显示环境相关的伽马参数，获得中间因子，并且进一步的根据显示设备的最大亮度值、显示设备灰阶的最大值、中间因子及显示设备的各个灰阶，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，从而解决了采用理想伽马曲线

对显示设备进行调制所造成的低灰阶细节不清，画面逆光化，高灰阶饱和及色彩过度不平滑等问题，并且考虑到环境因子对人眼感知力的影响，解决了采用理想伽马曲线调制对显示设备进行调制会造成在昏暗环节下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题，而且提出了一种可量化的标准，弥补了

5 显示领域中对于标准的空缺。

图 5 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 400 的功能模块示意图。当在舒适环境下人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线(对应的是 $L_{\text{感}}(n)$) 确定为伽马曲线时，根据本公开实施例的调制装置 400 执行本公开实施例的调制方法。

10 该显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 400 运行于电子终端中。该显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 400 可以包括第一获得模块 410、第二获得模块 420、及调制模块 430。

15 第一获得模块 410，用于根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值及与显示环境相关的伽马参数，获得中间因子。

作为示例，所述第一获得模块 410，具体用于获得

$$n_0 = \frac{n_{\text{max}}}{\left(\frac{L_{\text{物max}}}{L_{\text{物min}}} \right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$$

20 其中， $L_{\text{物max}}$ 为显示设备的最大亮度值， $L_{\text{物min}}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值， γ 为与显示环境相关的伽马参数， n_0 为中间因子。

进一步的，作为示例，所述伽马参数的取值范围为 2.0 至 2.4。

进一步的，作为示例，所述伽马参数基于环境因子的值来确定。

25 具体的，作为示例，所述伽马参数基于环境因子的值来确定包括：当环境因子的值的属于第一环境参数范围时，伽马曲线参数的值属于第一伽马曲线参数范围；当环境因子的值的属于第二环境参数范围时，伽马曲线参数的值属于第二伽马曲线参数范围；其中，第一环境参数范围内的值均大于第二环境参数范围内的值，第一伽马曲线参数范围内的值均小于第二伽马曲线参数范围内的值。

第二获得模块 420，用于根据显示设备的最大亮度值、显示设备灰阶的

最大值、中间因子及显示设备的各个灰阶，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值。

作为示例，所述第二获得模块 420，具体用于获得

$$L_{\text{物}}(n) = L_{\text{物max}} * \left(\frac{n+n_0}{n_{\text{max}}+n_0} \right)^{\gamma}$$

- 5 其中， $L_{\text{物max}}$ 为显示设备的最大亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值， n_0 为中间因子， n 为显示设备的各个灰阶， $L_{\text{物}}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， γ 为与显示环境相关的伽马参数。

调制模块 430，用于根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制。

- 10 作为示例，所述调制模块，具体用于根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值及人眼瞳孔变化的因子，对显示设备的亮度进行调制。

具体地，所述人眼瞳孔变化的因子包括与当前环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小与预定义环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小的比值相对应的值。

- 15 通过本公开实施例提供的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置，通过根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值及与显示环境相关的伽马参数，获得中间因子，并且进一步的根据显示设备的最大亮度值、显示设备灰阶的最大值、中间因子及显示设备的各个灰阶，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，从而解决了采用理想伽马曲线对显示设备进行调制所造成的低灰阶细节不清，画面逆光化，高灰阶饱和及
- 20 色彩过度不平滑等问题，并且考虑到环境因子对人眼感知力的影响，解决了采用理想伽马曲线调制对显示设备进行调制会造成在昏暗环节下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题，而且提出了一种可量化的标准，弥补了显示领域中对于标准的空缺。

- 25 以上各个模块可以由软件代码实现，也同样可以由硬件例如集成电路芯片实现。

请参阅图 6，图 6 示出的是采用传统伽马曲线进行调制后的，理想的显示设备中各个灰阶对应的亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值的曲线。其中，传统伽马曲线可以是

$$\frac{L_{\text{物}}(n)}{L_{\text{物max}}} = \left(\frac{n}{255} \right)^{2.2}。$$

对于采用传统伽马曲线进行调制后，会出现在低阶的时候，显示设备中各个灰阶对应的亮度值（即根据传统伽马曲线计算获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值）与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值较小的情况。如果不加以调整，直接用它来显示画面，在画面的低灰阶就会出现亮度差不足，暗阶细节表现不明显，画面阴影部位发暗的现象。整个图像犹如逆光拍摄的一样。

为了克服这种现象，通常会进行伽马校正。例如，可以通过数据变换，用更高的亮度值来替代那些过低的亮度，也就是说实际上舍弃了某些较低的物理灰阶；通过递推，舍弃的灰阶通常会集中到高亮灰阶上，这时画面的高亮部位细节差就会消失。如果舍弃的灰阶放到中等亮度部位，一些中间灰阶丢失，全色域测试画面的颜色过度就会出现台阶。表现在肤色上，局部肤色色差消失，就像涂了蜡一样，高亮部位就会发白。也可以通过 FRC (Frame Rate Conversion, 帧速率转换)，用高亮度灰阶与低亮度灰阶轮流显示达到让低灰阶亮度提升的视觉效果。但是用那些灰阶轮替，用多少个子像素轮替、轮替的周期是多少，轮替后是否会产生闪烁、网格或波纹，在那些灰阶上轮替都很难协调确定。

为了解决上述问题，请参见图 7，图 7 示出了根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的流程图。当在舒适环境下人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线（对应的是 $L_{物}(n)$ ）为特定伽马曲线时，该方法包括：

步骤 S511，根据特定伽马曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

作为示例，所述特定伽马曲线包括：

$$L_{物}(n) = L_{物max} * \left(\frac{n+n_0}{n_{max}+n_0} \right)^{\gamma}$$

$$n_0 = \frac{n_{max}}{\left(\frac{L_{物max}}{L_{物min}} \right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$$

其中， $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值， $L_{物min}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值， n_0 为中间因子， n 为显示设备的各个灰阶， $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， γ 为与显示环境相关的伽马参数。

进一步的，作为示例，所述伽马参数的取值范围为 2.0 至 2.4。

作为另一示例，所述伽马参数基于环境因子的值来确定。

具体地，所述伽马参数基于环境因子的值来确定包括：当环境因子的值的属于第一环境参数范围时，伽马曲线参数的值属于第一伽马曲线参数范围；
5 当环境因子的值的属于第二环境参数范围时，伽马曲线参数的值属于第二伽马曲线参数范围；其中，第一环境参数范围内的值均大于第二环境参数范围内的值，第一伽马曲线参数范围内的值均小于第二伽马曲线参数范围内的值。

对于该特定伽马曲线及相应的伽马参数的进一步说明，可以参考本申请上述实施例中的描述，此处不再赘述。

10 步骤 S512，根据显示设备中各个灰阶对应的亮度值，对显示设备的亮度进行调制，其中，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值满足第一范围、和/或获得的显示设备中各个灰阶对应的亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值满足第二范围。

15 其中，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值可以根据公式： $\frac{L_{物}(n)}{L_{测}(n)}$ 进行计算，当然计算方式并不局限于此。

其中，获得的显示设备中各个灰阶对应的亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值： $\frac{L_{物}(n)-L_{物}(n-1)}{L_{测}(n)-L_{测}(n-1)}$ 进行计算，当然计

20 算方式并不局限于此。

作为示例，根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制，包括：根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值及人眼瞳孔变化的因子，对显示设备的亮度进行调制。

25 具体地，所述人眼瞳孔变化的因子包括与当前环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小与预定义环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小的比值相对应的值。

作为示例，所述第一范围可以包括 1-15%至 1+15%，当然，并不局限与此，也可以是更小的范围，例如：1-10%至 1+10%、1-8%至 1+8%、1-6%至 1+6%等等；或者，也可以是更大的范围，例如：1-15%至 1+15%、1-18%至 1+18%、1-20%至 1+20%等等。

30 请参阅图 8，图 8 示出的是根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲

线的调制方法调制后的，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值的曲线，其中，横轴为显示设备的各个灰阶，纵轴为获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值。可以理解的是，图 8 中横轴为 0~255 是取值范围（未完全示出）。

可见，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值的范围可以是 0.88 至 1.03。

通过使得获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值满足第一范围，使得获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的偏离程度更小，即使得通过计算获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值更加接近于实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值，使得调制的效果更佳。

作为示例，所述第二范围包括 1-30%至 1+30%，当然，并不局限与此，也可以是更小的范围，例如：1-20%至 1+20%、1-15%至 1+15%、1-15%至 1+15% 等等；或者，也可以是更大的范围，例如：1-26%至 1+26%、1-28%至 1+28%、1-30%至 1+30% 等等。

请参阅图 9，图 9 示出的是根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法调制后的，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值的曲线，其中，横轴为显示设备的各个灰阶，纵轴为获得的显示设备中各个灰阶对应的亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值。可以理解的是，图 8 中横轴为 0~255 是取值范围（未完全示出）。

可见，获得的显示设备中各个灰阶对应的亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值可以是 0.75 至 1.2。

通过使得获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值满足第二范围，使得调制后的显示设备的色彩波动更小，色彩过度更加平滑。

作为示例，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的标准差满足第三范围、或者获

得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的最大偏差满足第四范围。

其中，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的标准差可以根据下述公式计算：

$$5 \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n_{\max}} \sum_{n=1}^{n_{\max}} \left(\frac{L_{\text{物}}(n) - L_{\text{测}}(n)}{L_{\text{物}}(n)} \right)^2} \quad (32)$$

其中， $L_{\text{物}}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， n_{\max} 为显示设备灰阶的最大值， n 为显示设备的各个灰阶， $L_{\text{测}}(n)$ 为实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值。

10 获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的最大偏差可以根据下述公式进行计算：

$$\text{MAX} = \max \left\{ \left| \frac{L_{\text{物}}(0)}{L_{\text{测}}(0)} - 1 \right|, \left| \frac{L_{\text{物}}(1)}{L_{\text{测}}(1)} - 1 \right|, \dots, \left| \frac{L_{\text{物}}(n)}{L_{\text{测}}(n)} - 1 \right| \right\} \quad (33)$$

当然，计算获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的最大偏差的方法并不局限于此。

15 作为示例，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的标准差的比值可以为2.4%，并且，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的最大偏差可以小于11%。

20 作为示例，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的标准差满足第五范围、或者获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的最大偏差满足第六范围。

其中，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的标准差可以根据下述公式计算：

$$25 \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n_{\max}} \sum_{n=2}^{n_{\max}} \left(\frac{[L_{\text{物}}(n) - L_{\text{物}}(n-1)] - [L_{\text{测}}(n) - L_{\text{测}}(n-1)]}{[L_{\text{物}}(n) - L_{\text{物}}(n-1)]} \right)^2} \quad (34)$$

其中， $L_{\text{物}}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， n_{\max} 为显示设备灰阶的最大值， n 为显示设备的各个灰阶， $L_{\text{测}}(n)$ 为实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值。

获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显

示设备中各个灰阶对应的亮度差的最大偏差可以通过下述公式进行计算:

$$\text{MAX}=\max\left\{\left|\frac{\Delta L_{\text{物}}(0)}{\Delta L_{\text{测}}(0)}-1\right|,\left|\frac{\Delta L_{\text{物}}(1)}{\Delta L_{\text{测}}(1)}-1\right|,\dots,\left|\frac{\Delta L_{\text{物}}(n)}{\Delta L_{\text{测}}(n)}-1\right|\right\} \quad (35)$$

当然, 计算获得的显示设备中各个灰阶对应的亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的最大偏差的方式并不局限于此。

5 作为示例, 获得的显示设备中各个灰阶对应的亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的标准差可以为 7.3%, 其对应的获得的显示设备中各个灰阶对应的亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的最大偏差可以小于 21%。

10 通过本公开实施例提供的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法, 通过获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值进行对比, 和/或将获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差进行对比, 可以定量地得到实际亮度与理想亮度的差异到底有多少, 各个灰阶亮度梯度与理想亮度梯度的差异有多少, 并且使得低灰阶区域不再是工程师调试过程中的盲区, 从而可以精准地控制亮度的准确性以及亮度曲线的平滑性, 即灰阶过度的平滑性。

20 图 10 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 600 的功能模块示意图。当在舒适环境下人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线(对应的是 $L_{\text{感}}(n)$) 确定为伽马曲线时, 该调制装置 600 执行本公开上述实施例的调制方法。该显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 600 运行于电子终端中。该显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 600 可以包括第三获得模块 610 及调制模块 620。

第三获得模块 610, 用于根据特定伽马曲线, 获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

25 作为示例, 所述特定伽马曲线包括:

$$L_{\text{物}}(n)=L_{\text{物max}}*\left(\frac{n+n_0}{n_{\text{max}}+n_0}\right)^{\gamma}$$

$$n_0=\frac{n_{\text{max}}}{\left(\frac{L_{\text{物max}}}{L_{\text{物min}}}\right)^{\frac{1}{\gamma}}-1}$$

其中， $L_{物max}$ 为显示设备的最大亮度值， $L_{物min}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{max} 为显示设备灰阶的最大值， n_0 为中间因子， n 为显示设备的各个灰阶， $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值。

作为示例，所述伽马参数的取值范围为 2.0 至 2.4。

5 作为另一示例，所述伽马参数基于环境因子的值来确定。

具体的，所述伽马参数基于环境因子的值来确定包括：当环境因子的值的属于第一环境参数范围时，伽马曲线参数的值属于第一伽马曲线参数范围；当环境因子的值的属于第二环境参数范围时，伽马曲线参数的值属于第二伽马曲线参数范围；其中，第一环境参数范围内的值均大于第二环境参数范围内的值，第一伽马曲线参数范围内的值均小于第二伽马曲线参数范围内的值。

10 调制模块 620，根据显示设备中各个灰阶对应的亮度值，对显示设备的亮度进行调制；其中，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值满足第一范围、和/或获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值满足第二范围。

作为示例，所述调制模块，具体用于根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值及人眼瞳孔变化的因子，对显示设备的亮度进行调制。

具体地，所述人眼瞳孔变化的因子包括与当前环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小与预定义环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小的比值相对应的值。

20 作为示例，所述第一范围包括 1-15%至 1+15%，所述第二范围包括 1-30%至 1+30%。

25 作为示例，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的标准差满足第三范围、或者获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的最大偏差满足第四范围。

30 通过本公开实施例提供的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置，通过获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值进行对比，和/或将获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差进行对比，可以定量地得到实际亮度与理想亮度的差异到底有多少，各个灰阶亮

度梯度与理想亮度梯度的差异有多少，并且使得低灰阶区域不再是工程师调试过程中的盲区，从而可以精准地控制亮度的准确性以及亮度曲线的平滑性，即灰阶过度的平滑性。

以上各个模块可以是由软件代码实现，也同样可以由硬件例如集成电路芯片实现。

请参阅图 11，图 11 示出了根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的流程图，该方法包括：

步骤 S711，确定人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线。

作为示例，步骤 S711 可以包括：确定人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线；
10 将人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线转换为人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线。

对于人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线的确定方式，以及将人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线转换为人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线的方式已经在前面进行描述，此处不再赘述。

其中，实测的人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线可以为幂函数曲线、对数
15 曲线、感知量化曲线等，因此，转换后得到的该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线也可以为幂函数曲线、对数曲线、感知量化曲线等。其中，伽马曲线（如下所示）是一种幂函数曲线，杜比曲线（PQ 曲线）是一种感知量化曲线，它们都可以作为人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线的实施方式。

步骤 S712，基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因
20 子中的至少一个以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

作为示例，可以基于与显示设备相关的因子以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

其中，所述与显示设备相关的因子可以包括显示设备的最大亮度值、显
25 示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、显示设备的各个灰阶。

具体地，当人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线为伽马曲线时，可以参考上述实施例中的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法的流程图及相关的描述来获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值，此处不再赘述。

作为另一示例，可以基于环境因子、与显示设备相关的因子以及人眼感
30 知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

具体地, 当人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线为伽马曲线时, 可以参考上述实施例中的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法中环境因子对人眼感知力的影响及其相关的描述, 来获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值, 此处不再赘述。

5 作为又一示例, 可以基于人眼瞳孔变化的因子及与显示设备相关的因子以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线, 获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

其中, 所述人眼瞳孔变化的因子可以包括与当前环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小与预定义环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小的比值相对应的值。

10 具体地, 当人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线为杜比曲线 (PQ 曲线), 可以基于人眼瞳孔变化的因子、与显示设备相关的因子以及杜比曲线, 获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。例如, 可以根据下述示例进行计算。

【示例六】

15 对于按照 PQ 曲线进行调制的液晶显示面板, 由于其曲线亮度是按照绝对亮度公式计算的, 以 PQ 曲线为人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线。

$$L_{感}(n)=10000*\{[(v+v_0)^{1/m}-C1]/C2-C3*(v+v_0)^{1/m}\}^{\frac{1}{p}} \quad (36)$$

$$L_{感min}(n)=10000*\{[(v_0)^{1/m}-C1]/C2-C3*(v_0)^{1/m}\}^{\frac{1}{p}} \quad (37)$$

那么, 在实际使用环境中, 如果该环境是人眼的舒适区, 那么显示设备的物理亮度曲线 (对应显示设备中各个灰阶对应的亮度值) 应为:

20

$$L_{物}(n)=10000*\{[(v+v_0)^{1/m}-C1]/C2-C3*(v+v_0)^{1/m}\}^{\frac{1}{p}} \quad (38)$$

$$L_{物min}(n)=10000*\{[(v_0)^{1/m}-C1]/C2-C3*(v_0)^{1/m}\}^{\frac{1}{p}} \quad (39)$$

如果使用环境人眼的瞳孔直径变为 ϕ , 那么显示设备的物理亮度曲线 (对应显示设备中各个灰阶对应的亮度值) 应为:

$$L_{物}(n)=(\phi_0/\phi)^2*10000*\{[(v+v_0)^{1/m}-C1]/C2-C3*(v+v_0)^{1/m}\}^{\frac{1}{p}} \quad (40)$$

25

$$L_{物min}(n)=(\phi_0/\phi)^2*10000*\{[(v_0)^{1/m}-C1]/C2-C3*(v_0)^{1/m}\}^{\frac{1}{p}} \quad (41)$$

其中, $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值, v 为视频信号, $0 < v < 1$, 单位为伏特; $m=78.8438$; $p=0.1593$; $C1=0.8359$; $C2=18.8516$; $C3=18.6875$; v_0 为显示设备的信号噪声值, 该 v_0 与显示设备的最小亮度值相

对应。当用灰阶 n 取代其中的模拟电压 v 时, 可根据相关线性转换公式进行, 并且进行归一化处理。

【示例七】

对于显示满足 HEVC (High Efficiency Video Coding, 高效视频编码) 标准的视频的显示面板, 以对数曲线为人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线:

$$V = \begin{cases} a * \ln(12L_{\text{感}}(n) - b) + c, & 1 \geq L_{\text{感}}(n) > \frac{1}{12} \\ \sqrt{3} * L_{\text{感}}^{0.5}(n), & \frac{1}{12} \geq L_{\text{感}}(n) \geq 0 \end{cases} \quad (42)$$

其中, V 是信号电压, $L_{\text{感}}$ 为相对亮度, 取值范围为 $[0, 1]$, $a = 0.17883277$, $b = 0.28466892$, 以及 $c = 0.55991073$ 。

那么, 在实际使用环境中, 如果该环境是人眼的舒适区, 那么显示设备的物理亮度曲线 (对应显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值) 应为:

$$L_{\text{物}}(n) = L_{\text{感}}(n) \quad (43)$$

如果使用环境人眼的瞳孔直径变为 ϕ , 那么显示设备的物理亮度曲线 (对应显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值) 应为:

$$L_{\text{物}}(n) = (\phi_0 / \phi)^2 * L_{\text{感}}(n) \quad (44)$$

当然, 可以理解的是, 上述取值并不局限于此。

作为再一示例, 可以基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子以及人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线, 获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

具体地, 当用伽马曲线近似代表人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线时, 可以参考上述实施例中的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法中人眼瞳孔变化的因子对人眼感知力的影响及其相关的描述, 获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值, 此处不再赘述。

步骤 S713, 根据显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值, 对显示设备的亮度进行调制。

作为一种详细示例, 请参见图 14, 其具体内容已经在前文进行详细描述, 此处不再赘述。

进一步的，在确定人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线之前，所述方法还包括：接收拍摄端发送的各个灰阶，所述各个灰阶是拍摄端根据所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线及所述拍摄图像的亮度确定；

在对显示设备的亮度进行调制之后，所述方法还包括：在显示设备上显示接收到的各个灰阶对应的亮度值。

在这种方式下，在拍摄端采用拍摄装置对图像进行拍摄，并利用拍摄装置或者单独的处理器根据所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线及所述拍摄图像的亮度确定各个灰阶，并将该各个灰阶传输到显示设备端，由于在传输时只需传输该图像像素电对应的各个灰阶，可节省的传输量，在显示设备端通过调制后的显示设备接收该图像对应的各个灰阶，并利用调制后的显示设备的亮度-灰阶曲线来显示各个灰阶对应的亮度值，提供了一套完整的图像

（或视频）信息的摄制、传输过程及显示标准体系结构，使用范围更广。通过本公开实施例提供的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法，解决了采用理想伽马曲线对最低灰阶亮度不为零的液晶显示设备进行调制所造成的低灰阶细节不清，画面逆光化，高灰阶饱和及色彩过度不平滑等问题，并且考虑到环境因子对人眼感知力的影响，解决了采用理想伽马曲线调制对显示设备进行调制会造成在昏暗环节下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题，而且提出了一种可量化的标准，弥补了显示领域中对于标准的空缺。

请参阅图 12，图 12 是示出根据本公开实施例的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 800 的功能模块示意图。该显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 800 运行于电子终端中。该显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置 800 可以包括：确定模块 810、第四获得模块 820 及调制模块 830。

确定模块 810，用于确定人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线。

具体地，该确定模块 810 具体用于确定人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线；将人眼感知亮度-灰阶绝对标准曲线转换为人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线。

第四获得模块 820，用于基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

作为示例，所述第四获得模块，用于基于与显示设备相关的因子以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度

值。

作为另一示例，所述第四获得模块，用于基于环境因子及与显示设备相关的因子以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

5 作为又一种示例，所述第四获得模块，用于基于人眼瞳孔变化的因子、与显示设备相关的因子以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

10 作为再一种示例，所述第四获得模块，用于基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子、与显示设备相关的因子以及该人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

进一步的，作为示例，所述人眼瞳孔变化的因子包括与当前环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小与预定义环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小的比值相对应的值。

15 具体地，所述与显示设备相关的因子包括显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、显示设备的各个灰阶。

调制模块 830，根据显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制。

20 进一步的，所述装置还可以包括处理模块 840（图中未示出），用于在确定人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线之前，接收拍摄端发送的各个灰阶，所述各个灰阶是拍摄端根据人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线对拍摄图像的亮度获得；在对显示设备的亮度进行调制之后，在显示设备上显示接收到的各个灰阶对应的亮度值。

25 通过本公开实施例提供的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置，解决了采用理想伽马曲线对显示设备进行调制所造成的低灰阶细节不清，画面逆光化，高灰阶饱和及色彩过度不平滑等问题，并且考虑到环境因子对人眼感知力的影响，解决了采用理想伽马曲线调制对显示设备进行调制会造成在昏暗环节下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题，而且提出了一种可量化的标准，弥补了显示领域中对于标准的空缺。

30 以上各个模块可以由软件代码实现，也同样可以由硬件例如集成电路芯片实现。

本公开实施例提供了一种电子设备，该电子设备包括显示设备、存储器和处理器，该处理器分别于该存储器与该显示设备耦合，该存储器中存储指令，当该指令由该处理器执行时以使该处理器执行上述方法的操作。

请参阅图 13，图 13 示出了包括电子设备在内的实测环境图。其中，图中示出电子设备包括显示设备、存储器和处理器，电子设备被放置在支撑架上，并分别于电源、视频信号发生器、及光学测试设备耦合。其中，可以在电子设备的存储器中预先存储人眼感知亮度曲线 $L_{感}$ 或者通过电子设备的处理器确定人眼感知亮度曲线 $L_{感}$ ，并通过视频信号发生将视频信号输入（对应灰阶值）到电子设备中，首先获得该电子设备的显示设备的最大亮度值 $L_{物max}$ （对应灰阶值 $n=n_{max}$ ）和显示设备的最小亮度值 $L_{物min}$ （对应灰阶值 $n=0$ ），并通过不断的改变视频信号输入的灰阶值并结合人眼感知亮度曲线 $L_{感}$ 实现对到显示设备各个灰阶对应的理论亮度值 $L_{物}(n)$ 的调制，并通过光学测试设备获得实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值 $L_{测}(n)$ 。

通过本公开实施例提供的电子设备，解决了采用理想伽马曲线对显示设备进行调制所造成的低灰阶细节不清，画面逆光化，高灰阶饱和及色彩过度不平滑等问题，并且考虑到环境因子对人眼感知力的影响，解决了采用理想伽马曲线调制对显示设备进行调制会造成在昏暗环节下的可见灰阶在明亮环境下不再能够区分的问题，而且提出了一种可量化的标准，弥补了显示领域中对于标准的空缺。

需要说明的是，本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。

本公开实施例所提供的显示设备的亮度-灰阶曲线的调制装置，其实现原理及产生的技术效果和前述方法实施例相同，为简要描述，装置实施例部分未提及之处，可参考前述方法实施例中相应内容。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的装置和方法，也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，附图中的流程图和框图显示了根据本公开的多个实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分，该模块、程

序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现方式中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个连续的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。

5 也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

另外，在本公开各个实施例中的各个功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分，也可以是各个模块单独存在，也可以两个或两个以上模块集成
10 形成一个独立的部分。

所述功能如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用
时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本公开的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，
15 包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本公开各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U盘、移动硬盘、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各个种
可以存储程序代码的介质。需要说明的是，在本文中，诸如第一和第三等之
20 类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方
25 法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

以上所述仅为本公开的实施例而已，并不用于限制本公开，对于本领域的技术人员来说，本公开可以有各个种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本公开的保护范
30

围之内。应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

- 5 以上所述，仅为本公开的具体实施方式，但本公开的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本公开揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本公开的保护范围之内。因此，本公开的保护范围应以所附权利要求及其等同物的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法，包括：

5 根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、与显示环境相关的伽马参数，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值；

根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制。

10 2. 根据权利要求 1 中所述的方法，其中，根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、与显示环境相关的伽马参数，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值包括：

根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值及与显示环境相关的伽马参数，获得中间因子；

15 根据显示设备的最大亮度值、显示设备灰阶的最大值、及中间因子，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值。

20 3. 根据权利要求 1 中所述的方法，其中，根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、与显示环境相关的伽马参数，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值包括：

根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值、与显示环境相关的伽马参数确定特定伽马曲线；

根据所述特定伽马曲线，获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，

25 其中，所述特定伽马曲线的中间因子是根据显示设备的最大亮度值、显示设备的最小亮度值、显示设备灰阶的最大值及与显示环境相关的伽马参数确定的。

4. 根据权利要求 2 或 3 中所述的方法，其中，
根据下式确定所述中间因子：

$$n_0 = \frac{n_{\max}}{\left(\frac{L_{\text{物max}}}{L_{\text{物min}}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$$

其中， $L_{\text{物max}}$ 为显示设备的最大亮度值， $L_{\text{物min}}$ 为显示设备的最小亮度值， n_{\max} 为显示设备灰阶的最大值， γ 为与显示环境相关的伽马参数， n_0 为中间因子。

5

5.根据权利要求 4 中所述的方法，其中，根据下式获得显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值：

$$L_{\text{物}}(n) = L_{\text{物max}} * \left(\frac{n+n_0}{n_{\max}+n_0}\right)^{\gamma}$$

10 其中， $L_{\text{物max}}$ 为显示设备的最大亮度值， n_{\max} 为显示设备灰阶的最大值， n_0 为中间因子， n 为显示设备的各个灰阶， $L_{\text{物}}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， γ 为与显示环境相关的伽马参数。

6.根据权利要求 1-5 中任一项所述的方法中，其中，所述伽马参数基于环境因子的值来确定。

15

7.根据权利要求 1-5 中任一项所述的方法中，其中，至少根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制，包括：

根据显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值及人眼瞳孔变化的因子，对显示设备的亮度进行调制。

20

8.根据权利要求 7 中所述的方法中，其中，所述人眼瞳孔变化的因子包括与当前环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小与预定义环境亮度下的人眼瞳孔的直径大小的比值相对应的值。

25

9. 根据权利要求 1-8 中任一项所述的方法，其中，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的比值满足第一范围、和/或获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度差与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度差的比值满足第

二范围。

10.根据权利要求 1-9 中任一项所述的方法，其特征在于，获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的标准差满足第三范围、或者获得的显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值与实际测得的调制后的显示设备中各个灰阶对应的亮度值的最大偏差满足第四范围。

11.一种显示设备的亮度-灰阶曲线的调制方法，包括：
10 确定人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线；

基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个以及所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值；

15 根据显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值，对显示设备的亮度进行调制。

12.根据权利要求 11 所述的方法，其中，基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个以及所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值，包括：

20 基于人眼瞳孔变化的因子、与显示设备相关的因子以及所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值。

13.根据权利要求 12 所述的方法，其中，与显示设备相关的因子包括显示设备的最小亮度值，基于人眼瞳孔变化的因子、与显示设备相关的因子以及所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线，获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值，包括：

按照公式 $L_{物}(n) = (\Phi_0/\Phi)^2 * 10000 * \{ [(v+v_0)^{1/m} - C1] / [C2 - C3 * (v+v_0)^{1/m}] \}^p$ 或

按照公式 $L_{物}(n) = 10000 * \{ [(v+v_0)^{1/m} - C1] / [C2 - C3 * (v+v_0)^{1/m}] \}^p$ 确定所述理论亮度值；

30 其中， $L_{物}(n)$ 为显示设备的各个灰阶对应的理论亮度值， v 为视频信号，

$0 < v < 1$, 单位为伏特; $m=78.8438$; $p=0.1593$; $C1=0.8359$; $C2=18.8516$; $C3=18.6875$; v_0 为显示设备的信号噪声值, 该 v_0 与显示设备的最小亮度值相对应。

5 14.根据权利要求 11 所述的方法, 其中, 基于人眼瞳孔变化的因子、环境因子及与显示设备相关的因子中的至少一个以及所述人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线, 获得显示设备中各个灰阶对应的理论亮度值, 包括:

按照公式 $L_{物}(n)=(\Phi_0/\Phi)^2 * L_{感}(n)$ 或
按照公式 $L_{物}(n)=L_{感}(n)$ 确定所述理论亮度值;

10 其中, $L_{感}(n)$ 为人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线并满足下述公式:

$$V = \begin{cases} a * \ln(12L_{感}(n) - b) + c, & 1 \geq L_{感}(n) > \frac{1}{12} \\ \sqrt{3} * L_{感}(n)^{0.5}, & \frac{1}{12} \geq L_{感}(n) \geq 0 \end{cases}$$

其中, V 是信号电源, $L_{感}(n)$ 为人眼感知亮度-灰阶应用标准曲线, 其取值范围为 $[0,1]$, $a = 0.17883277$, $b = 0.28466892$, 以及 $c = 0.55991073$ 。

15 15.一种电子设备, 所述电子设备包括显示设备、存储器和处理器, 所述处理器分别于所述存储器与所述显示设备耦合, 所述存储器中存储指令, 当所述指令由所述处理器执行时以使所述处理器执行权利要求 1-14 中任一所述的调制方法。

20 16.一种非瞬时性计算机可读记录介质, 其上已记录用于执行权利要求 1-14 中任一所述的调制方法的程序。

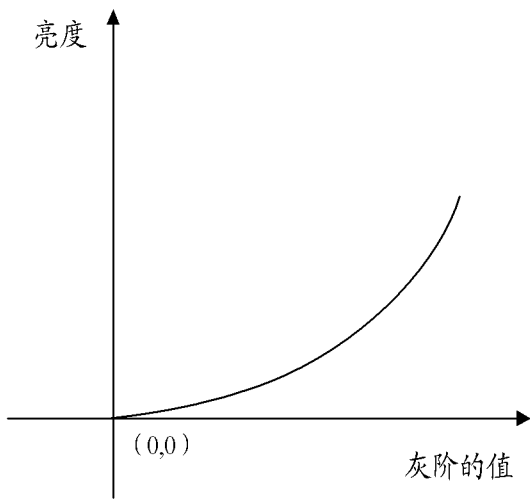


图1a

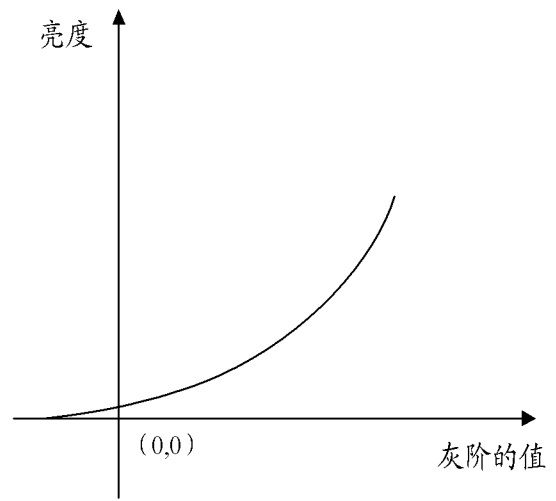


图1b

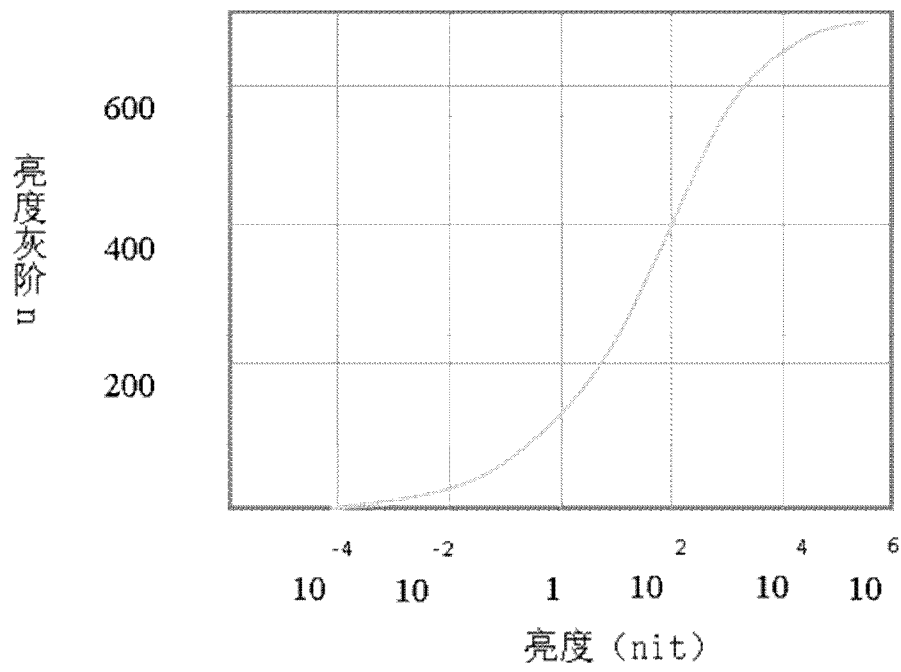


图 1c

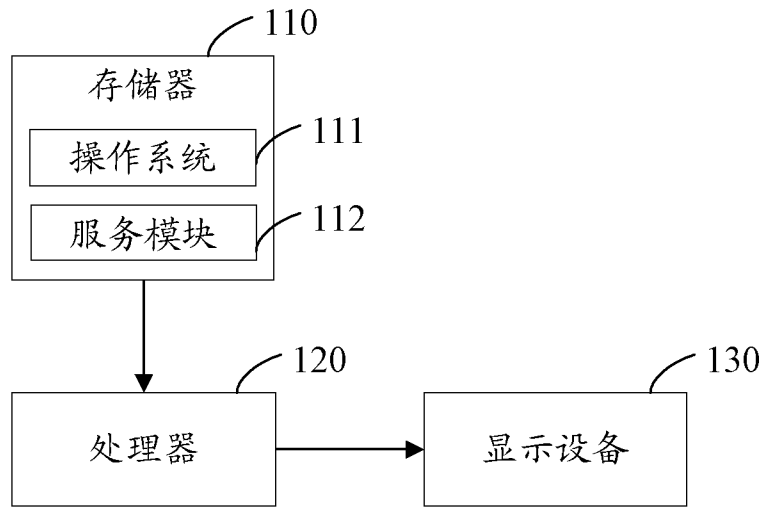


图 2

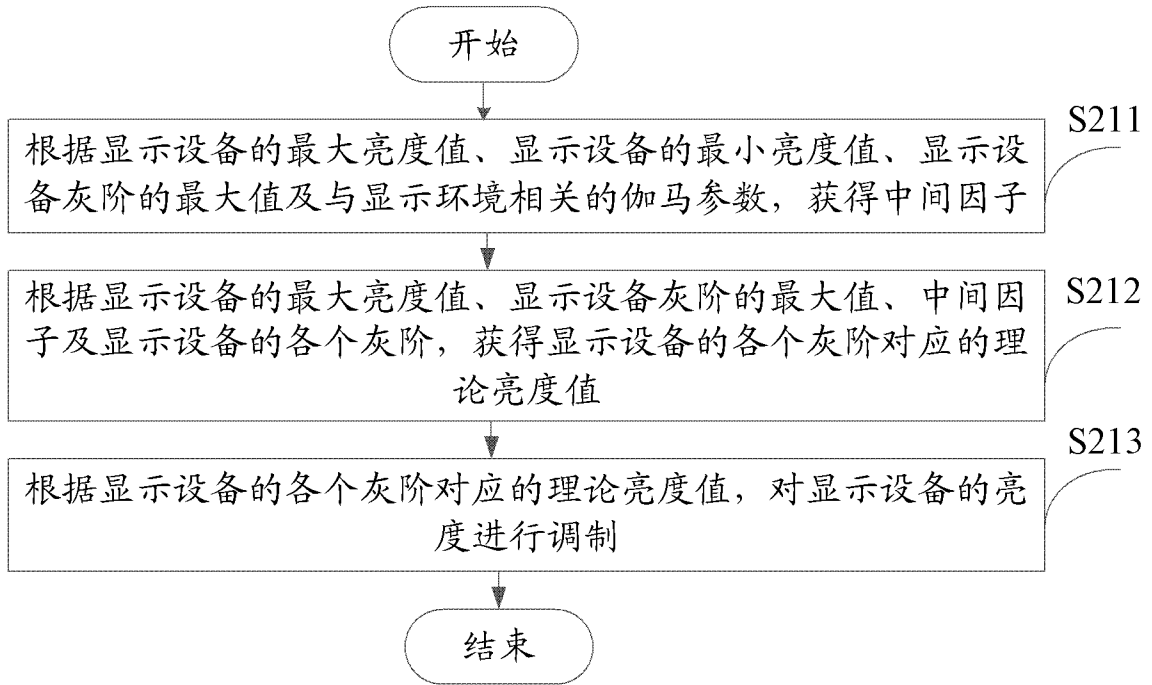


图 3

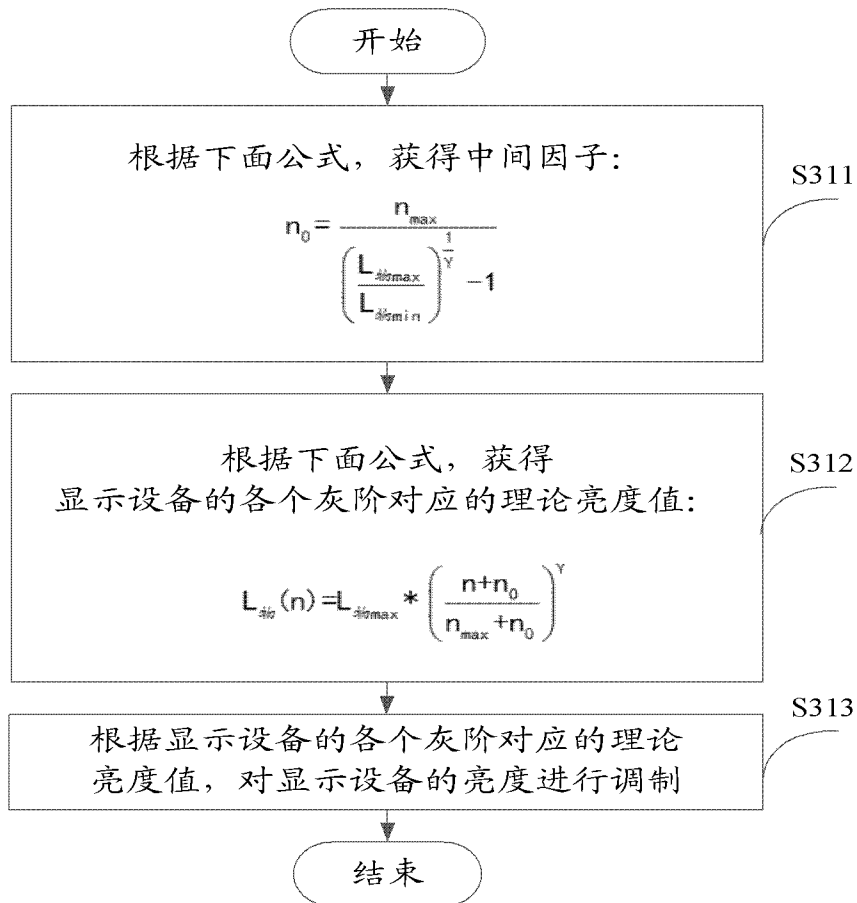


图 4

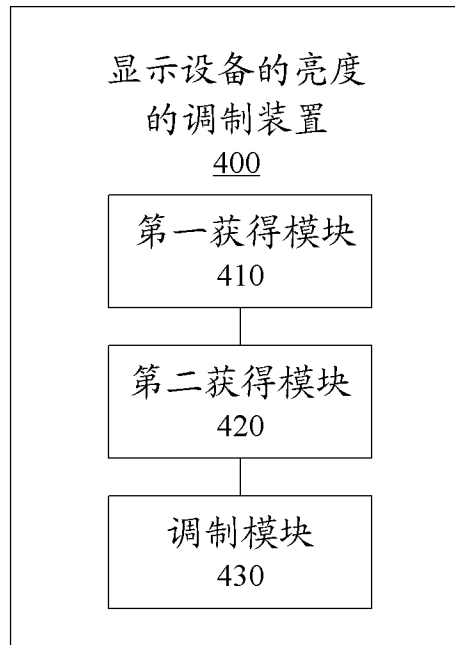


图 5

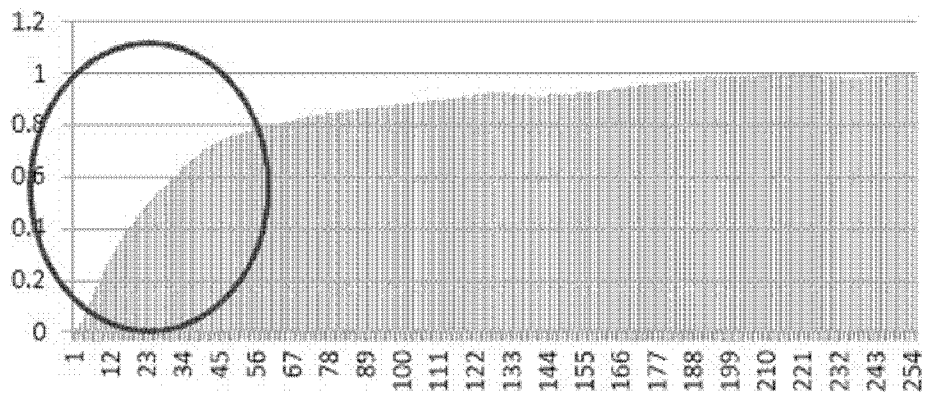


图 6

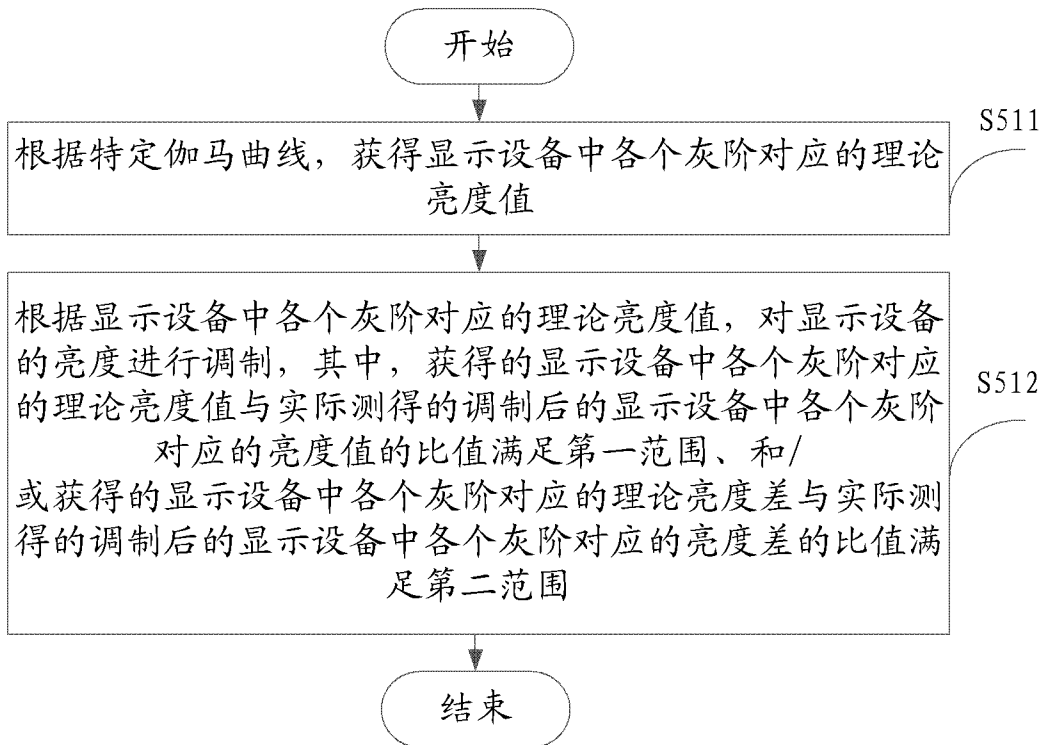


图 7

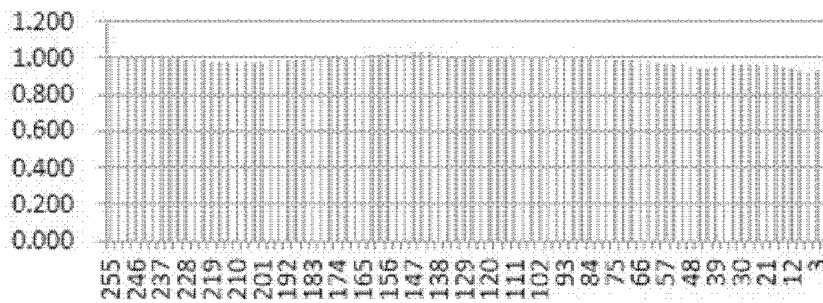


图 8

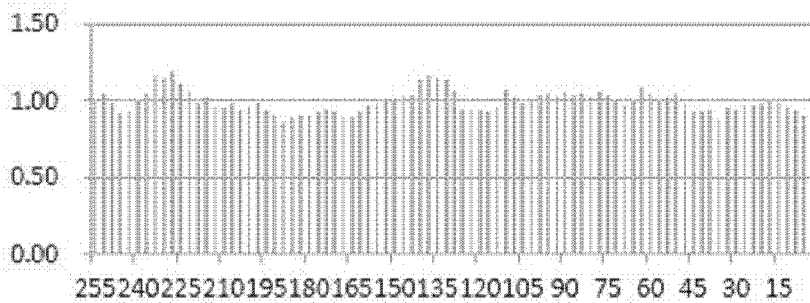


图 9

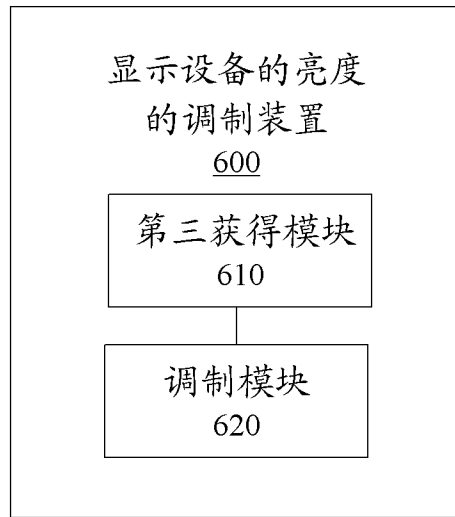


图 10

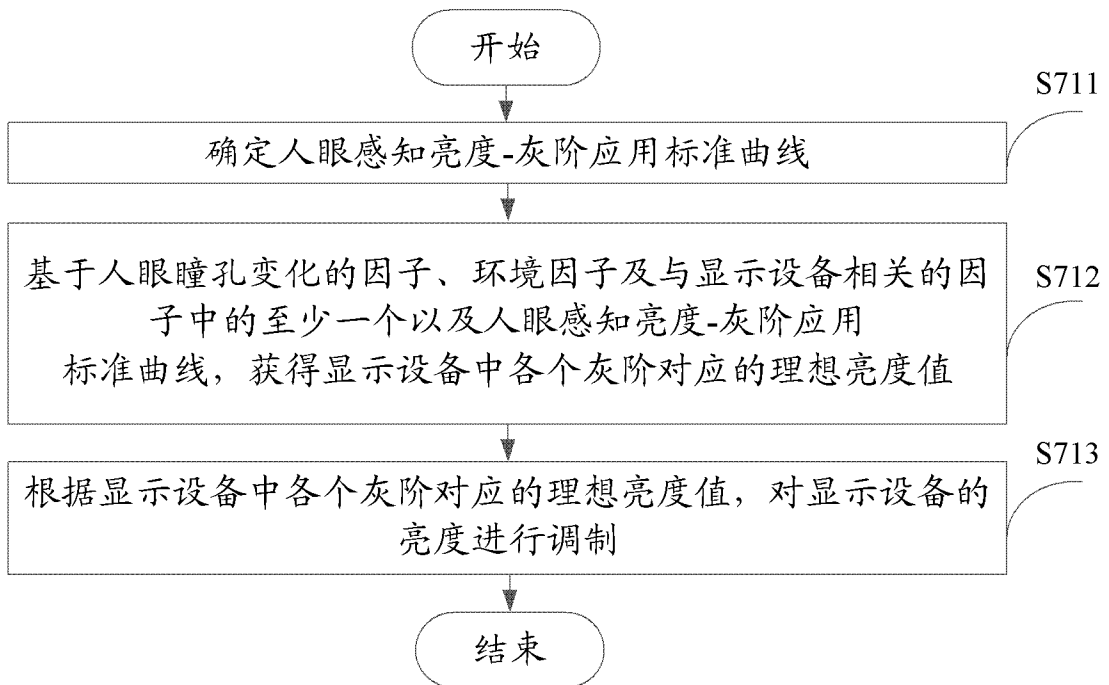


图 11

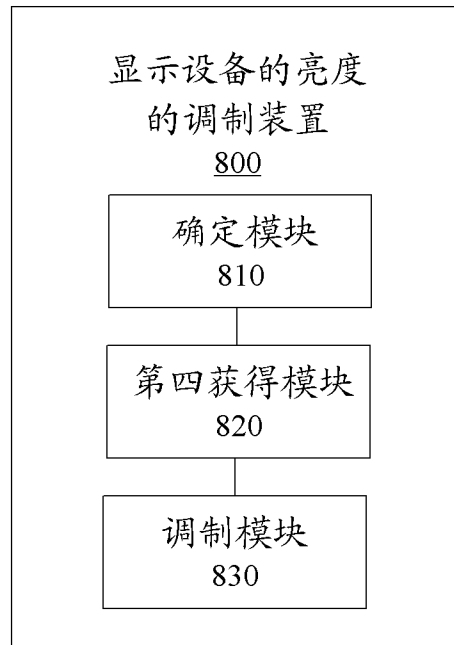


图 12

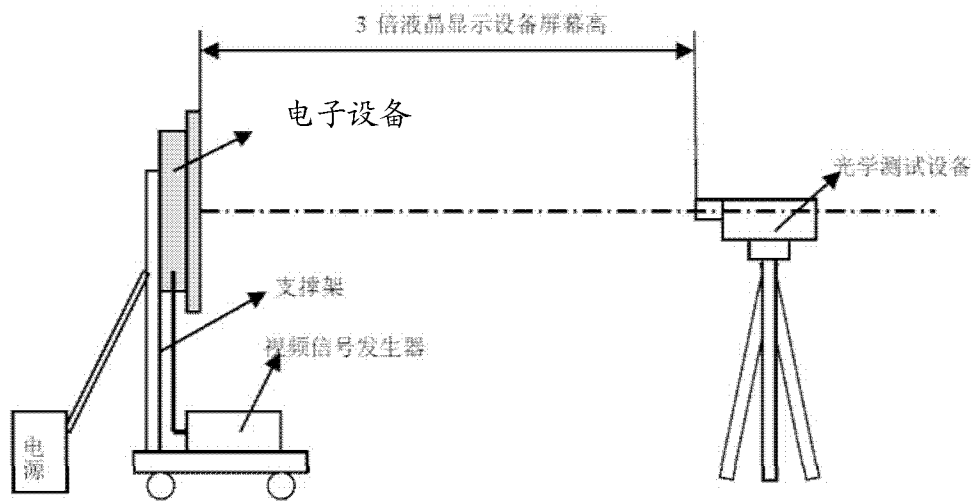


图 13

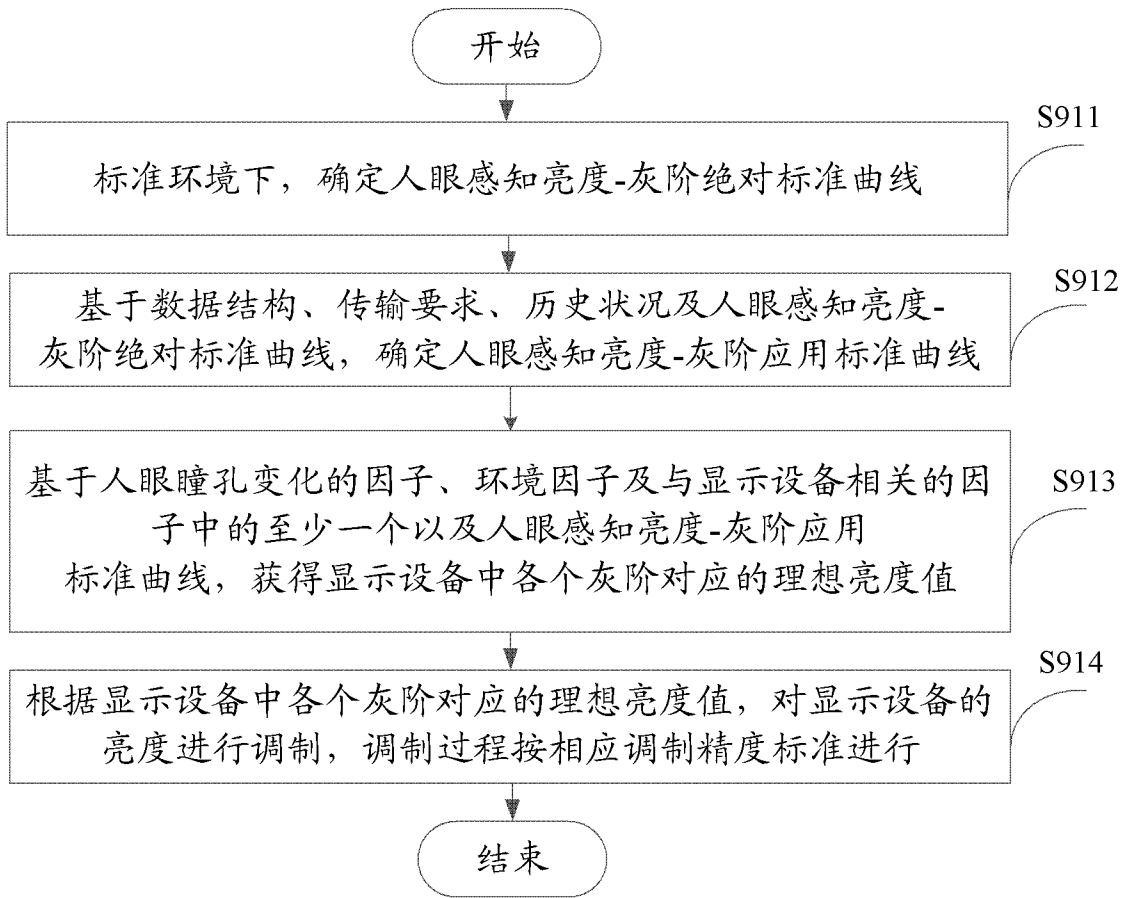


图 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/105161

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G09G 5/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G09G; H04N; G06K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; TWTXT: 亮度, 灰阶, 伽马, 伽玛, 环境, 瞳孔, 人眼, 眼睛, 直径, 视频, 信号, 电源 VEN; USTXT; JPTXT: brightness, lightness, luminance, gray, grey, scale, gamma, environment, eye?, pupil, dia, diameter, video, signal, power

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105632460 A (BEIJING BOE MULTIMEDIA TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 01 June 2016 (2016-06-01) description, paragraphs [0029]-[0055]	1-6, 9, 10, 15, 16
Y	CN 105632460 A (BEIJING BOE MULTIMEDIA TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 01 June 2016 (2016-06-01) description, paragraphs [0029]-[0055]	7, 8, 11, 12
Y	CN 105244008 A (SHENZHEN CHINA STAR OPTOELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 January 2016 (2016-01-13) description, paragraphs [0020]-[0078]	7, 8, 11, 12
A	JP 2008129334 A (NANAO CORPORATION) 05 June 2008 (2008-06-05) entire document	1-16
A	CN 101052110 A (SHENZHEN SKYWORTH RGB ELECTRONICS CO., LTD.) 10 October 2007 (2007-10-10) entire document	1-16
A	CN 103247282 A (TIANJIN SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 14 August 2013 (2013-08-14) entire document	1-16

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 December 2019

Date of mailing of the international search report

20 December 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China**

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/105161

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105632460	A	01 June 2016	US	2018197504	A1	12 July 2018
				WO	2017173863	A1	12 October 2017
				CN	105632460	B	22 September 2017
				US	10192521	B2	29 January 2019
CN	105244008	A	13 January 2016	CN	105244008	B	15 December 2017
JP	2008129334	A	05 June 2008	JP	4870533	B2	08 February 2012
CN	101052110	A	10 October 2007	CN	100463509	C	18 February 2009
CN	103247282	A	14 August 2013	CN	103247282	B	25 March 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/105161

<p>A. 主题的分类 G09G 5/10(2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G09G; H04N; G06K</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS; CNTXT; CNKI; TWTXT: 亮度, 灰阶, 伽马, 伽玛, 环境, 瞳孔, 人眼, 眼睛, 直径, 视频, 信号, 电源 VEN; USTXT; JPTXT: brightness, lightness, luminance, gray, grey, scale, gamma, environment, eye?, pupil, dia, diameter, video, signal, power</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 105632460 A (北京京东方多媒体科技有限公司等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第0029-0055段</td> <td>1-6, 9-10, 15-16</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105632460 A (北京京东方多媒体科技有限公司等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第0029-0055段</td> <td>7-8, 11-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105244008 A (深圳市华星光电技术有限公司) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 说明书第0020-0078段</td> <td>7-8, 11-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2008129334 A (NANA O CORP) 2008年 6月 5日 (2008 - 06 - 05) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101052110 A (深圳创维一RGB电子有限公司) 2007年 10月 10日 (2007 - 10 - 10) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103247282 A (天津三星电子有限公司等) 2013年 8月 14日 (2013 - 08 - 14) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 105632460 A (北京京东方多媒体科技有限公司等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第0029-0055段	1-6, 9-10, 15-16	Y	CN 105632460 A (北京京东方多媒体科技有限公司等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第0029-0055段	7-8, 11-12	Y	CN 105244008 A (深圳市华星光电技术有限公司) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 说明书第0020-0078段	7-8, 11-12	A	JP 2008129334 A (NANA O CORP) 2008年 6月 5日 (2008 - 06 - 05) 全文	1-16	A	CN 101052110 A (深圳创维一RGB电子有限公司) 2007年 10月 10日 (2007 - 10 - 10) 全文	1-16	A	CN 103247282 A (天津三星电子有限公司等) 2013年 8月 14日 (2013 - 08 - 14) 全文	1-16
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 105632460 A (北京京东方多媒体科技有限公司等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第0029-0055段	1-6, 9-10, 15-16																					
Y	CN 105632460 A (北京京东方多媒体科技有限公司等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第0029-0055段	7-8, 11-12																					
Y	CN 105244008 A (深圳市华星光电技术有限公司) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 说明书第0020-0078段	7-8, 11-12																					
A	JP 2008129334 A (NANA O CORP) 2008年 6月 5日 (2008 - 06 - 05) 全文	1-16																					
A	CN 101052110 A (深圳创维一RGB电子有限公司) 2007年 10月 10日 (2007 - 10 - 10) 全文	1-16																					
A	CN 103247282 A (天津三星电子有限公司等) 2013年 8月 14日 (2013 - 08 - 14) 全文	1-16																					
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																						
2019年 12月 5日	2019年 12月 20日																						
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																						
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	申丽娟																						
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(010)-62089905																						

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/105161

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105632460	A	2016年 6月 1日	US	2018197504	A1	2018年 7月 12日
				WO	2017173863	A1	2017年 10月 12日
				CN	105632460	B	2017年 9月 22日
				US	10192521	B2	2019年 1月 29日
CN	105244008	A	2016年 1月 13日	CN	105244008	B	2017年 12月 15日
JP	2008129334	A	2008年 6月 5日	JP	4870533	B2	2012年 2月 8日
CN	101052110	A	2007年 10月 10日	CN	100463509	C	2009年 2月 18日
CN	103247282	A	2013年 8月 14日	CN	103247282	B	2015年 3月 25日