

(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 12 月 3 日 (03.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/238664 A1

(51) 国际专利分类号:
H04N 9/31 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/090758

(22) 国际申请日: 2020 年 5 月 18 日 (18.05.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910463255.4 2019年5月30日 (30.05.2019) CN

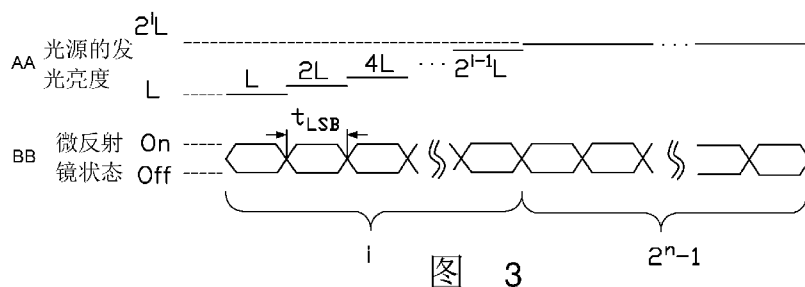
(71) 申请人: 深圳光峰科技股份有限公司 (APPOTRONICS CORPORATION LIMITED)
[CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 20-22 楼, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 陈晨 (CHEN, Chen); 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 20-22 楼, Guangdong 518000 (CN)。 胡飞 (HU, Fei); 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 20-22 楼, Guangdong 518000 (CN)。 余新 (YU, Xin); 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 20-22 楼, Guangdong 518000 (CN)。 郭祖强 (GUO, Zuqiang); 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 20-22 楼, Guangdong 518000 (CN)。 李屹 (LI, Yi); 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 20-22 楼, Guangdong 518000 (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, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: DISPLAY DEVICE

(54) 发明名称: 显示设备



AA Light emission brightness of the light source
BB Micro reflective lens state

(57) Abstract: The display device provided in the present application comprises: a light source; a light modulator, comprising a digital micro-lens array comprising a plurality of micro reflective lenses, being arranged on the light path of the light emitted by the light source, and being used for modulating the light emitted by the light source on the basis of a target image and the light emission brightness of the light source in order to obtain a greyscale image; and a control apparatus, used for controlling a drive current of the light source, such that the light emission brightness of the light source is adjusted in separate time periods within the time of one image frame, and the drive current of the light source is overshoot in at least some of the time periods in order to increase the display bit depth of the greyscale image from n to $n+i$ ($i \geq 1$ and i being an integer), each time period corresponding on a one-to-one basis with a bit plane of the greyscale image.

(57) 摘要: 本发明提供的显示设备包括光源; 光调制器, 包括包含多个微反射镜的数字微镜阵列, 设置在光源的出射光的光路上, 用于根据目标图像及所述光源的发光亮度对所述光源的出射光进行调制, 得到灰度图像; 以及控制装置, 用于控制所述光源的驱动电流, 使得在一帧图像时间内分时段调节所述光源的发光亮度, 并在至少部分时段使所述光源的驱动电流过冲, 以将所述灰度图像的显示位深由 n 增加为 $n+i$ ($i \geq 1$ 且 i 为整数), 且每一所述时段与所述灰度图像的位平面一一对应。

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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

技术领域

本发明涉及显示技术领域，尤其涉及一种显示设备。

背景技术

基于数字微镜阵列（如 DMD，Digital Micromirror Device）的图像显示中，图像的显示位深与 DMD 的翻转时间（crossover time）和切换时间（switching time）相关。翻转时间一般为 1~3 微秒，为微反射镜从一个状态翻转到另外一个状态所需要的时间。切换时间，一般超过 10 微秒，为单个微反射镜从一次状态变化到另外一次连续的变化所需要的时间。切换时间相比翻转时间多出的时间为微反射镜稳定的抖动时间。理论而言，切换时间决定了在一帧图像内单个微反射镜的翻转次数，因而也决定了图像的显示位深。

现有的技术中常用的实现高位深的方法主要有 DMD 的清零操作（clear operation），DMD 的抖动(Dithering)和光源的光强调制。

清零操作可使所有微反射镜无需等待稳定抖动时间即可统一回到“关”（“off”）状态，因此采用清零操作可使得切换时间缩短为翻转时间，以提高图像的显示位深。但由于镜片有效处于“开”（“on”）状态的时间减少，图像显示的最大平均亮度会减弱，且增加的位深越多，图像显示的平均亮度降低得越多。

DMD 的抖动可分为空间抖动和时间抖动。举例而言，空间上相邻的像素，如果在一个显示周期中仅有一半的像素亮，如图 1 所示，编号分别为 1、2、3、4 的四个相邻的像素中，像素 1 和像素 4 亮，或者像素 2 和像素 3 亮，则当像素足够小或者人眼离屏幕距离足够远时，人眼看到的这四个像素的平均亮度是单个像素可以显示的最小亮度的一半。另外，还可利用时间抖动使得 DMD 相邻的像素相互轮转地显

示，例如，使上述四个像素在四个图像帧时间内轮循显示，可在实现更小的亮度单元的同时避免显示画面出现重复的图案。DMD 的抖动是通过降低图像显示的最小亮度单元来提高位深的，同时也牺牲了图像显示的最大平均亮度。

光源的光强调制的原理是在最低有效位（Least Significant Bit, LSB）对应的时间内，降低光源的光强，以实现更低的灰度显示。例如，在 LSB 对应的时间内，若将光源的发光强度调为原来的 $\frac{1}{16}$ ，则 LSB 对应的亮度变为原来的 $\frac{1}{16}$ ，此时图像的位显示深增加了 4 位。光源的光强调制也是以牺牲图像显示的最大平均亮度来实现图像显示位深的增加。

综上所述，现有技术均通过降低最低亮度实现高位深，使得欲显示图像暗部细节得以体现，但是上述方法均导致图像显示的最大平均亮度降低，且在投影系统所处环境光亮度较高时，低亮度区间增加的灰度细节会被环境光所掩盖。

发明内容

本发明提供一种显示设备，能够解决现有显示设备显示位深提高有限，且一帧时间内最大平均显示亮度降低的问题。

本发明采用一个技术方案是：光源；光调制器，包括包含多个微反射镜的数字微镜阵列，设置在光源的出射光的光路上，用于根据目标图像及光源的发光亮度对光源的出射光进行调制，得到灰度图像；以及控制装置，用于控制光源的驱动电流，使得在一帧图像时间内分时段调节光源的发光亮度，并在至少部分时段使光源的驱动电流过冲，以将灰度图像的显示位深由 n 增加为 $n+i$ （ $i \geq 1$ 且 i 为整数），且每一时段与灰度图像的位平面一一对应。

在一种实施方式中，根据目标图像及光源的发光亮度对光源的出射光进行调制包括：灰度图像包括 $n+i$ 个位平面，当显示 $n+i$ 个位平面的任意一个位平面时，光调制器的调制时长与该位平面包含的最低有效位个数相对应。

在一种实施方式中，在一帧图像时间内分时段调节光源的发光亮度，并在至少部分时段使光源的驱动电流过冲包括如下步骤：灰度图像包括 $n+i$ 个位平面，在显示其中的 i 个位平面时，每个位平面只包含 1 个最低有效位，调节光源的驱动电流使得光源的发光亮度与集合 $\{k|k=2^jL, 0 \leq j \leq i-1, j \in Z\}$ 中 k 的 i 个数值一一对应，其中 L 为预设亮度参数；以及在显示其余的 n 个位平面时，每个位平面包含的最低有效位的个数与集合 $\{m|m=2^{j-i}, i \leq j \leq n+i-1, j \in Z\}$ 中 m 的 n 个数值一一对应，调节光源的驱动电流使得光源的发光亮度为 2^iL 。通过光源与光调制器的结合使用，可实现显示设备的显示位深数增加；有利于缩短单帧显示时间，实现高帧率；另外有利于提高一帧时间内可实现的图像显示的最大平均显示亮度。

在一种实施方式中，在一帧图像时间内分时段调节光源的发光亮度，并在至少部分时段使光源的驱动电流过冲包括如下步骤：灰度图像包括 $n+i$ 个位平面，在显示其中 i 个位平面时，每个位平面包含的最低有效位的个数与集合 $\{x|x=2^j, 0 \leq j \leq i-1, j \in Z\}$ 中 x 的 i 个数值一一对应，调节光源的驱动电流使得光源的发光亮度为 L ，其中 L 为预设亮度参数；以及在显示其余的 n 个位平面时，每个位平面包含最低有效位的个数与集合 $\{y|y=2^{j-i}, i \leq j \leq n+i-1, j \in Z\}$ 中 y 的 n 个数值一一对应，调节光源的驱动电流使得光源的发光亮度为 2^iL 。由于光源的发光亮度状态数减少，有利于提高显示设备的稳定性。

在一种实施方式中，控制装置还包括对增加的位深数是否满足光源的预设寿命的判断，步骤包括：对增加的位深数赋予一个初始值；根据增加的位深数和光源的额定电流、额定输出功率、额定电流连续驱动下的工作温度，计算得到电流过冲状态下光源的老化加速因子；根据显示设备的初始位深数和增加的位深数，计算得到光源的发光亮度为 2^iL 的时间占空比；根据额定电流连续驱动状态下光源的统计寿命，及老化加速因子和时间占空比，计算得到电流过冲状态下光源的统计寿命；判断电流过冲状态下光源的统计寿命是否大于等于预设寿命阈值，若是，则输出当前增加的位深数；若否，则使增加的位深数

减少一位。

在一种实施方式中，根据增加的位深数和光源的额定电流、额定输出功率、额定电流连续驱动下的工作温度，计算得到电流过冲状态下光源的老化加速因子，包括如下步骤：根据增加的位深数和光源的额定输出功率，计算得到功率加速因子；根据光源的额定电流和电流过冲状态下光源的驱动电流，计算得到电流加速因子；根据额定电流连续驱动状态下光源的工作温度以及电流过冲状态下光源的工作温度，得到温度加速因子；以及根据功率加速因子、电流加速因子和温度加速因子，得到老化加速因子。

在一种实施方式中，控制装置还用于对灰度图像的各位平面进行排序，包括如下步骤：根据位平面的时间占比和亮度权重的变化规律，判断位平面属于线性位平面还是指数位平面；对线性位平面按照其在线性位平面的排列顺序进行重新标号，并将所有线性位平面按照亮度权重依次递增或递减的方式排列，或按照递增序列与递减序列交错排列的方式排列，得到第一序列；对指数位平面按照其在指数位平面中的排列顺序进行重新标号，并将每个指数位平面中相邻的一个或多个最低有效位分为一个组，并将所有指数位平面的所有组进行排列得到第二序列，其中每个指数位平面的多个组间隔分布于第二序列中；以及根据第一序列和第二序列的组数，将组数较少的一个序列均匀插入到另外一个组数较多的序列中，或根据第一序列和第二序列的组数，若组数相同，则将第一序列和第二序列相互均匀交错排列。通过这种排列方式，使得在一帧时间内位平面及其对应的亮度显示得到较为均匀的分配，有利于避免显示中的闪烁现象。

在一种实施方式中，根据位平面的时间占比和亮度权重的变化规律，判断位平面属于线性位平面还是指数位平面，包括：将所有位平面按照亮度权重依次增加的顺序排列，若亮度权重相同，则按照每个位平面的时间占比依次增加的顺序排列，排列后若每个位平面对应的时间长度相比相邻的位平面保持不变或以同一整数增加，则该多个位平面为线性位平面；以及若多个位平面中，每个位平面对应的时间长

度相比相邻的位平面以 2^g 倍增加，其中 g 为正整数，则该多个位平面为指数位平面。

在一种实施方式中，将每个指数位平面中相邻的一个或多个最低有效位分为一个组，包括：当一个指数位平面中最低有效位的数目不为最小时间单元的整数倍时，在指数位平面中添加补充最低有效位以使指数位平面的最低有效位的数目达到最小时间单元的整数倍。

在一种实施方式中，根据第一序列和第二序列的组数，将组数较少的一个序列均匀插入到另外一个组数较多的序列中，或根据第一序列和第二序列的组数，若组数相同，则将第一序列和第二序列相互均匀交错排列之后，还包括：删除所有补充最低有效位，得到第三序列。这种方式有利于避免因引入补充最低有效位之后单帧中需要的最低有效位数目增加导致一帧图像的显示时长增加，同时也有利于避免一帧时间内最大平均显示亮度降低。

在一种实施方式中，补充最低有效位对应的光调制器置于“关”状态。

在一种实施方式中，显示设备还包括：对于所有含有补充最低有效位的组，将每组的补充最低有效位排在该组的同一端；当一个含有补充最低有效位的组所在的位平面标号为奇数时，该含有补充最低有效位的组放在所处的位平面的一端；当一个含有补充最低有效位的组所在的位平面标号为偶数时，该含有补充最低有效位的组放在所处的位平面的另一端。

本发明提供的显示设备利用光源电流过冲的方式来提高显示设备的峰值亮度从而提高显示位深，同时此方式可提高最大平均显示亮度及缩短单帧图像的显示时间，本发明提供的显示设备还综合考虑了位深、亮度和寿命；本发明提供的显示设备还优化了位平面的时间控制，使得在一帧时间内位平面及其对应的亮度显示得到较为均匀的分配，有利于避免显示中的闪烁现象。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例/方式技术方案，下面将对实施例/方式描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例/方式，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的附图。

图 1 为编号为 1 至 4 的像素的排列示意图。

图 2 为位拆分的原理示意图。

图 3 为本发明第一实施例提供的光源及光调制器的调制方式示意图。

图 4 至图 7 为本发明第一实施例提供的光源及光调制器的调制流程图。

图 8 为本发明第二实施例提供的光源及光调制器的调制方式示意图。

图 9 为本发明第二实施例提供的光源及光调制器的调制流程图。

图 10 为本发明第三实施例提供的显示设备在一帧图像时间内的时间控制原理示意图。

图 11 为本发明第四实施例提供的显示设备在一帧图像时间内的时间控制原理示意图。

图 12a 和图 12b 为本发明第五实施例提供的显示设备在一帧图像时间内的时间控制原理示意图。

图 13 为本发明第六实施例提供的显示设备在一帧图像时间内的时间控制原理示意图。

图 14 为本发明第七实施例提供的显示设备在一帧图像时间内的原理示意图。

主要元件符号说明

步骤	S11、S12、S111、S112、S21、 S22、S23、S24、S221、S222、S223、 S224、S31、S32、S33、S34
----	---

如下具体实施方式将结合上述附图进一步说明本发明。

具体实施方式

为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，所描述的实施例仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本发明。

本发明提供的显示设备利用光源电流过冲的方式来提高显示设备的峰值亮度从而提高显示位深，同时此方式可提高最大平均显示亮度及缩短单帧图像的显示时间，本发明提供的显示设备还提出了一种综合考虑位深、亮度和寿命的方案；本发明提供的显示设备还优化了位平面的时间控制，使得在一帧时间内位平面及其对应的亮度显示得到较为均匀的分配，有利于避免显示中的闪烁现象。本发明提出的显示设备可例如为影院投影机、工程投影机、微型投影仪、激光电视等显示产品中。

第一实施例

本发明第一实施例提供一种基于显示设备 10。其中，显示设备 10 包括光源；光调制器，包括包含多个微反射镜的数字微镜阵列，设置在光源的出射光的光路上，用于根据目标图像及光源的发光亮度对光源的出射光进行调制，得到灰度图像；以及控制装置，用于控制光源的驱动电流，使得在一帧图像时间内分时段调节光源的发光亮度，并在至少部分时段使光源的驱动电流过冲，以将灰度图像的显示位深由 n 增加为 $n+i$ ($i \geq 1$ 且 i 为整数)，且每一时段与灰度图像的位

平面一一对应。

本实施例中，光源包括多个激光器，发出激光作为照明光。在其它实施例中，光源还可为发光二极管。具体地，电流过冲（overdrive pulse）指的是利用过冲的脉冲电流提高激光器的亮度，其中所使用的驱动电流超过了激光器的额定电流。其中，额定电流指的是使激光器能够长期稳定地工作所允许通过的最大电流。

光调制器，包括包含多个微反射镜的数字微镜阵列，微反射镜通过设置不同角度，以控制对入射光的反射方向。一般而言，微反射镜的“开”状态对应将光源的出射光进行调制，形成图像光，并投射至显示装置；微反射镜的“关”状态对应将光源的出射光反射至偏离显示装置的区域，此时光源的出射光为非图像光。

除此以外，我们知道计算机之所以能够显示颜色，是采用了一种称作“比特”的记数单位来记录所表示颜色的数据。对于显示位深为8比特的图像而言，最大灰度值为 $2^8 = 256$ 。对一幅用比特表示其灰度值的图像来说，其中的每个比特可看作表示了1个二值的平面，也称位平面。每个位平面包含一个或多个最低有效位，因此位平面对应的时间长度为其所包含的总的最低有效位对应的的时间长度。最低有效位是微反射镜中的一个常用概念，是指微反射镜能够实现的最小灰度单位，举例说明，假设微反射镜对应的显示区域能够实现 $2^8=256$ 种灰度状态，除了全暗的[00000000]状态外，[00000001]为能够调制的最小亮度单元，也是相邻的两个灰阶的灰度差，为实现该亮度，微反射镜处于“开”状态的时长即为最低有效位对应的时长。

具体地，请参阅图3-图7，图3为本发明第一实施例提供的光源及光调制器的调制方式之一的示意图。图4-图7为本发明第一实施例提供的光源及光调制器的调制流程图。

S11：控制装置用于控制光源的驱动电流，使得在一帧图像时间内分时段调节光源的发光亮度并在至少部分时段使光源的驱动电流过冲，包括如下步骤：

S111：灰度图像包括 $n+i$ 个位平面，在显示其中的 i 个位平面时，每个位平面只包含1个最低有效位，调节光源的驱动电流使得光源的

发光亮度与集合 $\{k|k=2^jL, 0 \leq j \leq i-1, j \in Z\}$ 中 k 的 i 个数值一一对应, 其中 L 为预设亮度参数。

S112: 在显示其余的 n 个位平面时, 每个位平面包含的最低有效位的个数与集合 $\{m|m=2^{j-i}, i \leq j \leq n+i-1, j \in Z\}$ 中 m 的 n 个数值一一对应, 调节光源的驱动电流使得光源的发光亮度为 2^iL 。

举例而言, 当显示设备的原显示位深 $n=5$ 且需增加的位深数 $i=3$ 时, 则灰度图像的显示位深由 5 位增加为 8 位, 位平面也从 5 个增加为 8 个。由于每一时段与灰度图像的一个位平面图像数据相对应, 因此控制装置对激光器的发光亮度分成 8 段进行调节。在显示其中 3 个位平面, 这 3 个位平面分别包含 1 个最低有效位, 对应激光器的发光亮度为 L 、 $2L$ 和 $4L$; 其余 5 个位平面, 分别位平面包含 1 个、2 个、4 个、8 个、16 个最低有效位, 对应激光器发光亮度为 $8L$ 。

S12: 光调制器用于根据目标图像及光源的发光亮度对光源的出射光进行调制, 包括:

灰度图像包括 $n+i$ 个位平面, 当显示 $n+i$ 个位平面的任意一个位平面时, 光调制器的调制时长与该位平面包含的最低有效位个数相对应。

举例而言, 当显示设备的原显示位深 $n=5$ 且需增加的位深数 $i=3$ 时, 则灰度图像的显示位深由 5 位增加为 8 位, 位平面也从 5 个增加为 8 个。由于每一时段与灰度图像的一个位平面图像数据相对应, 因此控制装置对激光器的发光亮度分成 8 段进行调节。在显示其中 3 个位平面, 这 3 个位平面分别包含 1 个最低有效位, 对应激光器的发光亮度为 L 、 $2L$ 和 $4L$, 若欲显示亮度为 L , 则控制微反射镜在显示这 3 个位平面时开关状态分别为“开”、“关”、“关”, 微反射镜的调制时长为 1 个最低有效位的时长; 在显示其余 5 个位平面, 分别位平面包含 1 个、2 个、4 个、8 个、16 个最低有效位, 对应激光器发光亮度为 $8L$, 若欲显示 $32L$, 则控制微反射镜在显示这 5 个位平面时开关状态分别为“关”、“关”、“开”、“关”、“关”, 即在该位平面包含的 4 个最低有效位时长内, 保持微反射镜的状态为“开”。

应理解，图 3 仅为本发明实施例 1 的一种特殊情况。本发明不限定位平面的排列方式。

通过光源和光调制器的配合，可以实现灰度值的集合为 $\{0, 1, 2, 3, \dots, 2^{n+i} - 1\}L$ ，微反射镜全关对应像素的灰度值为 0 的情形，微反射镜全开对应像素的灰度值为 $(1 + 2^1 + 2^2 + \dots + 2^{i-1})L + (2^n - 1)2^iL = (2^{n+i} - 1)L$ 的情形。

本实施例中通过电流过冲方式来提高显示设备的峰值亮度从而提高显示位深，另一方面，额定电流连续驱动模式下实现 $n+i$ 位显示所需的时间为 $(2^{n+i} - 1)t_{LSB}$ ，其中 t_{LSB} 为显示单个最低有效位时长，本发明实施例提供的显示设备实现 $n+i$ 位显示所需时长为 $(2^n + i - 1)t_{LSB}$ ，所需的时间约为额定电流连续驱动模式时的 $1/2^i$ 。因此，本发明实施例提供的显示设备有利于缩短单帧显示时长。缩短单帧显示时间带来的有益效果包括：可实现高帧率，在相同的时间内可以看到画面更多的中间状态，使运动的画面更流畅自然；进一步地，在单片或双片显示芯片的系统中，高帧率意味着可使不同颜色的轮转变得更快，因此，彩虹现象可得到较大缓解；除此以外，由于单帧显示时间缩短，原来显示单帧的时间可用于显示不同视角的图像，从而实现 3D 光场。

除此以外，相比传统的降低显示的最低亮度来提高显示位深的方法，本实施例中一帧时间内可实现的图像显示的最大平均显示亮度为：

$$L_{\text{mean}} = \frac{(1 + 2^1 + 2^2 + \dots + 2^{i-1})L + (2^n - 1)2^iL}{i + 2^n - 1} = \frac{2^{n+i} - 1}{2^n + i - 1}L \approx 2^iL > L$$

由此可见，本实施例中激光器的发光亮度为额定电流连续驱动下的 2^i 倍，有利于提高显示设备的最大平均显示亮度。

随着增加的位深数 i 的取值的增大，激光器处于电流过冲的时间也随之增加，激光器的寿命可能会受到一定的影响，因此在考虑应用时，需要综合考虑位深的增加、亮度的提升以及寿命的影响几个方面，进一步确定增加的位深数 i 的取值。具体地，请参阅图 6，本发明提供的控制装置还包括对增加的位深数是否满足光源的预设寿命的判断，步骤包括：

S21: 对增加的位深数 i 赋予一个初始值。

S22: 根据增加的位深数 i 和光源的额定电流 I_{norm} 、额定输出功率 P_{norm} 、额定电流连续驱动下的工作温度 T_{norm} ，计算得到电流过冲状态下光源的老化加速因子 π 。

具体地，对于毫秒量级的长脉冲，使用 N 倍（约 5 倍）额定驱动电流对于激光器寿命的影响主要来自于渐变老化，值得指出的是，电流过冲驱动的限制主要在激光器的散热。在保持激光器结温低于最高工作温度的情况下，若将激光器与散热器之间的热阻减半，原则上 N 可以更大。老化加速状态相比于额定电流连续驱动状态存在一个老化加速因子 π ，即在老化加速条件下，激光器统计寿命约为额定电流连续驱动状态下的 $1/\pi$ 。一般情况下，老化加速因子 π 会受到激光器的工作温度（发光腔体的温度） T_{LD} 、激光器的输出功率 P_{LD} 和激光器的驱动电流 I_{LD} 的影响，即 $\pi = \pi(T_{\text{LD}}, P_{\text{LD}}, I_{\text{LD}})$ 。其中 $\pi(T_{\text{LD}}, P_{\text{LD}}, I_{\text{LD}})$ 可表示为温度加速因子 π_T 、功率加速因子 π_P 和电流加速因子 π_I 的乘积，即 $\pi = \pi(T_{\text{LD}}, P_{\text{LD}}, I_{\text{LD}}) = \pi_T \pi_P \pi_I$ 。请参阅图 7，步骤 S22 还包括步骤 S221、步骤 S222 和步骤 S223。

S221: 根据增加的位深数 i 和光源的额定输出功率 P_{norm} ，计算得到功率加速因子 π_P 。

具体地，根据增加的位深数 i 和激光器的额定输出功率 P_{norm} ，可计算得到电流过冲状态下激光器输出功率 P_{LD} 。本实施例中， $P_{\text{LD}} = 2^i P_{\text{norm}}$ 。根据额定电流连续驱动状态下激光器输出功率 P_{norm} 和电流过冲状态下激光器输出功率 P_{LD} ，可计算得到功率加速因子 π_P ，本实施例中， $\pi_P = \left(\frac{P_{\text{LD}}}{P_{\text{norm}}} \right)^\beta$ ，其中 β 称为减少指数（derating exponent），与激光器的材料有关。

S222: 根据光源的额定电流 I_{norm} 和电流过冲状态下激光器的驱动电流 I_{LD} ，计算得到电流加速因子 π_I 。

本实施例中， $\pi_I = \left(\frac{I_{\text{LD}}}{I_{\text{norm}}} \right)^x$ ，由于激光器的驱动电流与输出功率和

激光器温度直接相关，一般 x 取值为 0，因此 π_I 一般取值为 1。在一种实施例中，步骤 S222 可省略以减少计算量，并直接给电流加速因子 π_I 赋值为 1。

S223：根据额定电流连续驱动状态下光源的工作温度 T_{norm} 以及电流过冲状态下光源的工作温度 T_{LD} ，得到温度加速因子 π_T 。

具体地，根据 $\pi_T(T_{\text{LD}}) = \exp[-\frac{E_A}{k_B}(\frac{1}{T_{\text{LD}}} - \frac{1}{T_{\text{norm}}})]$ 可计算得到温度加速因子 π_T ，其中 E_A 是热激活能（thermal activation energy）一般取值为 0.2 eV 到 0.7 eV， k_B 是玻尔兹曼常数。

S224：根据功率加速因子 π_P 、电流加速因子 π_I 和温度加速因子 π_T ，得到老化加速因子 $\pi = \pi(T_{\text{LD}}, P_{\text{LD}}, I_{\text{LD}}) = \pi_T \pi_P \pi_I$ 。

S23：请再参阅图 6，根据显示设备的初始位深数 n 和增加的位深数 i ，计算得到光源的发光亮度为 $2^i L$ 的时间占空比。

本实施例中，计算得到光源的发光亮度为 $2^i L$ 的时间占空比 $D_{\text{on}} = \frac{2^n - 1}{i + 2^n - 1}$ 。

S24：根据额定电流连续驱动状态下光源的统计寿命 λ_{norm} 、老化加速因子 π 和时间占空比 D_{on} ，计算得到电流过冲状态下光源的统计寿命 λ_{LD} 。

S25：判断电流过冲状态下光源的统计寿命 λ_{LD} 是否大于等于预设寿命阈值。

若是，则输出当前增加的位深数 i ；若否，则使 $i = i - 1$ ，即使增加的位深数 i 减少一位，再重复执行步骤 S22-步骤 S25，直至电流过冲状态下激光器的统计寿命 λ_{LD} 大于等于预设寿命阈值。

为方便理解上述步骤，下面举一个例子来具体说明：

假设正常的额定电流照明情况下通过控制光调制器可以实现 $n=8$ 位显示，激光器在额定电流连续驱动状态下能使用的统计寿命为 30000 小时，现在需要通过使用激光器电流过冲的方法尽可能提高显

示位深，而且产品要求寿命（预设寿命阈值）不小于 5000 小时。

现考虑将显示设备的显示位深由 n 位增加至 $n+2$ 位，即增加的位深数 $i=2$ ，可以初步考虑提高激光器电流过冲状态下的驱动电流 I_{LD} 以使得激光器的输出功率 P_{LD} 变为额定电流连续驱动状态下激光器的输出功率 P_{norm} 的 $2^i = 2^2 = 4$ 倍。假设减少指数 $\beta = 2$ ，则可计算得到功率加速因子 $\pi_P = \left(\frac{P_{LD}}{P_{norm}}\right)^\beta = 16$ 。

另外一方面，由于激光器的散热基板之间存在热阻，输出功率的增大会导致产热的增多，进而导致激光器温度由额定电流连续驱动状态下的工作温度 $T_{norm} = 273 + 35 = 308K$ 升高到 $T_{LD} = 273 + 55 = 328 K$ ，假设热激活能 $E_A = 0.3 eV$ ，则温度加速因子 $\pi_T(T_{LD}) = \exp\left[-\frac{E_A}{k_B}\left(\frac{1}{T_{LD}} - \frac{1}{T_{norm}}\right)\right] = \exp(0.6892) \approx 2$ ，因此老化加速因子 $\pi = \pi(T_{LD}, P_{LD}, I_{LD}) = \pi_T \pi_P \pi_I = 2 \times 16 \times 1 = 32$ 。

由于 $n=8, i=2$ ，计算得到光源的发光亮度为 $2^i L$ 的时间占空比 $D_{on} = \frac{2^8 - 1}{2 + 2^8 - 1} = 0.9922$ ，则电流过冲状态下激光器的统计寿命 $\lambda_{LD} = \frac{30000}{32 \times 0.9922} = 944.87 h < 5000 h$ ，因此电流过冲会使得激光器的统计寿命低于产品要求寿命（预设寿命阈值）。

为了提高电流过冲状态下激光器的统计寿命 λ_{LD} ，现将增加的位深数减少一位，即 $i=1$ ，提高激光器在电流过冲状态下的驱动电流 I_{LD} 以使得激光器的输出功率变为额定电流连续驱动状态下激光器的额定输出功率的 $2^1 = 2$ 倍，则功率加速因子 $\pi_P = \left(\frac{P_{LD}}{P_{norm}}\right)^\beta = 4$ 。激光器的工作温度由额定电流连续驱动状态下的温度 $T_{norm} = 273 + 35 = 308K$ 升高到 $T_{LD} = 273 + 45 = 318 K$ ，则可计算得到温度加速因子 $\pi_T(T_{LD}) = \exp\left[-\frac{E_A}{k_B}\left(\frac{1}{T_{LD}} - \frac{1}{T_{norm}}\right)\right] = \exp(0.3555) \approx 1.43$ ，老化加速因子 $\pi =$

$\pi(T_{LD}, P_{LD}, I_{LD}) = \pi_T \pi_P \pi_I = 1.43 \times 4 \times 1 = 5.72$, 在电流过冲状态下的时间

占空比 $D_{on} = \frac{2^8-1}{1+2^8-1} = 0.9961$, 电流过冲状态下激光器的统计寿命为

$\frac{30000}{5.72 \times 0.9961} = 5265 \text{ h} > 5000 \text{ h}$, 故增加的位深数 $i=1$ 时激光器的统计寿命可以满足产品的寿命要求, 因此可以通过电流过冲的方式实现 $8+1=9$ 位的显示位深且激光器满足大于 5000h 的使用寿命。举例仅为说明方便, 本发明不限定增加的位深数。

第二实施例

由于本发明第一实施例提供的显示设备需要对激光器亮度进行阶梯式调节, 例如在第一个 LSB 的时间将激光器亮度调节为 L , 第二个 LSB 的时间将激光器亮度调节为 $2L$, 第三个 LSB 的时间将 LSB 调节为 $4L$, 激光器需要在短时间内进行多种亮度调节, 且激光器在运行的过程中可能由于温度等环境因素导致其电流-亮度响应曲线发生漂移, 使得激光器出现亮度显示不稳定的问题。本发明第二实施例中在一帧时间内采用较少亮度状态 (如 L 、 $4L$ 两种显示状态), 而无需在短时间内频繁调节激光器的发光亮度, 这种作法更有利于激光器的发光亮度的稳定性。

本发明第二实施例提供的显示设备与第一实施例的主要区别在于: 本实施例中激光器的发光亮度仅包括两种数字状态 (L 和 $2^i L$)。

请参阅图 8, 图 8 为本发明第二实施例提供的光源及光调制器的调制方式示意图。相比于第一实施例, 控制装置在一帧图像时间内分时段调节光源的亮度并在至少部分时段使光源的驱动电流过冲包括如下步骤: 灰度图像包括 $n+i$ 个位平面, 在显示其中 i 个位平面时, 每个位平面包含的最低有效位的个数与集合 $\{x|x=2^j, 0 \leq j \leq i-1, j \in Z\}$ 中 x 的 i 个数值一一对应, 调节光源的驱动电流使得光源的发光亮度为 L , 其中 L 为预设亮度参数; 以及在显示其余的 n 个位平面时, 每个位平面包含最低有效位的个数与集合 $\{y|y=2^{j-i}, i \leq j \leq n+i-1, j \in Z\}$ 中 y 的 n 个数值一一对应, 调节光源的驱动电流使得光源的发光亮度为 $2^i L$ 。

光调制器, 用于根据目标图像及光源的发光亮度对光源的出射光

进行调制包括如下步骤：灰度图像包括 $n+i$ 个位平面，当显示 $n+i$ 个位平面的任意一个位平面时，光调制器的调制时长与该位平面包含的最低有效位个数相对应。

本实施例中一帧时间内可实现的图像显示的最大平均显示亮度为：

$$L_{\text{mean}} = \frac{(2^i - 1)L + (2^n - 1)2^i L}{2^i - 1 + 2^n - 1} = \frac{2^{n+i} - 1}{2^n + 2^i - 2} L > L$$

即本实施例中激光器的最大平均显示亮度较额定电流连续驱动下激光器最大平均显示亮度有所提高，而完成 2^{n+i} 位灰度显示所需要的时间也由原来的 $(2^{n+i} - 1)t_{\text{LSB}}$ 变为现在的 $(2^n + 2^i - 2)t_{\text{LSB}}$ ，同样也缩短了单帧显示时间。

另外，光源的发光亮度为 $2^i L$ 的时间占空比时间占比为 $D_{\text{on}} = (2^n - 1)/(2^i - 1 + 2^n - 1)$ 。

应理解，图 8 所示的光源及光调制器的调制方式为本发明第二实施例的一个特例，本发明不限制位平面的排列方式。

第三实施例

若时间上某一时段内 DMD 的微反射镜处于“关”状态的时间较长时，人眼在较长的时间间隔内接收不到光会导致图像显示出现闪烁（flickering）的现象，例如在相邻的两个图像帧内，当像素依次显示 [10000] 和 [01111] 两个灰度值时，“0”在前一帧的后半帧和后一帧的前半帧在时间上连在一起而占据显示整个帧所需的时间，当人眼看到的显示图像上会出现明显的闪烁感，而实际上两帧的灰度只相差一个 LSB。

因此,针对上述闪烁问题，一种优化的位拆分（bit split）算法是将每个位平面（bit plane）中的包含的最低有效位拆分成若干个小的时间单元，均匀地分散到一帧时间中，如图 2 所示的第一行序列，在位深为 5 的图像显示中含有 5 个位平面，图中对该 5 个位平面依次编号为 0,1,2,3,4。位平面 0 在时间上只显示一个最低有效位的时间，其余的位平面都要显示至少 2 个 LSB 的时间。考虑到 DMD 中单个微反射镜

操作时装载内存 (load memory) 时间及切换时间, 将高位位平面内部的最小时间单元 (time segment) 定为 2 个 LSB 的时间, 这里我们称为组 (group)。具体来讲, 位深为 n 的显示系统, 单帧中可以显示 $2^n - 1$ (奇数) 个 LSB, 将中间的一个 LSB 使用位平面 0 的数据幅值, 剩余 $2^n - 2$ 个 LSB, 因此可以显示 $2^{n-1} - 1$ 个组, 将其中 2^{n-2} 个组用于显示位平面 $n-1$, 即每 2^1 个组中用一个组来显示位平面 $n-1$; 将其中的 2^{n-3} 个组来显示位平面 $n-2$, 即每 2^2 个组中用一个组来显示位平面 $n-2$; 将其中的 2^0 个组来显示位平面 1, 即每 2^{n-1} 个组中用一个组来显示位平面 1。图 2 中的第二行序列和第三行序列分别为 [01111] 和 [11010] 在位拆分算法优化后的序列, 其中虚线表示的位平面对应二进制中的“0”, 此时光调制器处于“关”状态; 实线表示的位平面对应二进制中的“1”, 此时光调制器处于“开”状态。

然而, 该位拆分算法是针对光源的发光亮度恒定情况下对位平面的分布做优化, 因此不适用于光源的发光亮度变化的情况。此外, 该位拆分算法中不同的位平面的时间占比是按照指数形式变化 (如位平面 0 的时长对应 2^0 个 LSB, 位平面 1 的时长对应 2^1 个 LSB), 也不能直接应用于位平面的时间占比同时包含线性形式变化 (如位平面 0 至位平面 i 中每个位平面都对应 1 个 LSB) 和指数形式变化的情形。

本发明第三实施例提供的显示设备与第一实施例的主要区别在于: 第一实施例中位平面排列顺序是任意的, 在第一实施例的一种特殊的位平面的排列方式 (如图 3) 可能导致人眼观测画面出现闪烁的情况, 在第一实施例提出的显示设备的基础上, 本发明第三实施例对位平面的时间控制分配进行优化, 使得在一帧时间内位平面及其对应的亮度显示得到较为均匀的分配, 减少可能导致人眼观测画面出现闪烁的可能性。具体地, 请参阅图 9, 本实施例提供的显示设备的控制装置的控制方法包括如下步骤:

S31: 根据位平面的时间占比和亮度权重的变化规律, 判断位平面属于线性位平面还是指数位平面, 包括:

根据位平面的时间占比和亮度权重的变化规律, 判断位平面属于

线性位平面还是指数位平面，包括：将所有位平面按照亮度权重依次增加的顺序排列，若亮度权重相同，则按照每个位平面的时间占比依次增加的顺序排列，排列后若每个位平面对应的时间长度相比相邻的位平面保持不变或以同一整数增加，则该多个位平面为线性位平面；以及若多个位平面中，每个位平面对应的时间长度相比相邻的位平面以 2^g 倍增加，其中 g 为正整数，则该多个位平面为指数位平面。

举例而言，当显示设备的原显示位深 $n=5$ 且需增加的位深数 $i=3$ 时，则灰度图像的显示位深由5位增加为8位，位平面也从5个增加为8个。在显示其中3个位平面，这3个位平面分别包含1个最低有效位，对应激光器的发光亮度为 L 、 $2L$ 和 $4L$ ；其余5个位平面，分别位平面包含1个、2个、4个、8个、16个最低有效位，对应激光器发光亮度为 $8L$ 。将所有位平面按照亮度权重依次增加的顺序排列，则按照激光器的发光亮度为 L 、 $2L$ 和 $4L$ 对3个位平面按照发光亮度依次增加的顺序进行排列；若亮度权重相同，则按照每个位平面的时间占比依次增加的顺序排列，因此其余的5个位平面，对应激光器发光亮度为 $8L$ ，按照位平面包含最低有效位个数从少到多对位平面进行排序。最终排序结果如图3所示。

针对线性位平面执行步骤S32，针对指数位平面执行步骤S33。

S32：对线性位平面按照其在线性位平面的排列顺序进行重新标号并将所有线性位平面按照亮度权重依次递增或递减的方式排列，或按照递增序列与递减序列交错排列的方式排列，得到第一序列。

可以理解，若亮度权重保持不变，则第一序列可由所有线性位平面按任意顺序排列所得到。

S33：对指数位平面按照其指数位平面中的排列顺序进行重新标号并将每个指数位平面中相邻的一个或多个最低有效位分为一个组，并将所有指数位平面的所有组进行排列得到第二序列，其中每个指数位平面的多个组间隔分布于第二序列中。

举例而言， n 个位平面为指数位平面，则将同一个指数位平面中的相邻的 m 个LSB放在一个组，得到第二序列，优选地， $1 \leq m \leq n$ 且

m 为整数，例如，当 $n=4$ 时，m 可例如为 1、2、3 或 4。应理解，举例仅为说明方便，本发明不限定一组中 LSB 的个数

S34：根据第一序列和第二序列的组数，将组数较少的一个序列均匀插入到另外一个组数较多的序列中或根据第一序列和第二序列的组数，若组数相同，则将第一序列和第二序列相互间隔插入。

本实施例中，由于第二序列的组数多于第一序列的组数，因此在组数较多的第二序列中每隔 $\left\lfloor \frac{\text{第二序列组数}}{\text{第一序列组数}} \right\rfloor$ 个组依次插入组数较少的第一序列中的一个组，其中 $\lfloor X \rfloor$ 是对实数 X 的向下取整函数，但由于在某些情况下，如第二序列中某些组中含有的 LSB 数目低于设置的最小时间单元，因此在统计第二序列组数时，含有的 LSB 数目低于设置的最小时间单元的组数不纳入计算。

举例而言，增加的位深数 $i=3$ ，显示设备的原显示位深 $n=5$ ，指数位平面中每个组的 LSB 数目（即最小时间单元） $m=2$ ，因此本实施例中存在 3 个线性位平面，对线性位平面按照其在线性位平面的排列顺序进行重新标号，分别标记为(0)、(1)、(2)，该 3 个线性位平面按亮度权重递增的方式排列，组成第一序列；在其他实施例中，所有线性位平面还可按亮度权重递减或按亮度权重的高低交错排列。在一种实施例中，若多个线性位平面的亮度权重相同，则第一序列中该多个线性位平面可任意排列。

本实施例中存在 5 个指数位平面，对指数位平面按照其指数位平面中的排列顺序进行重新标号，分别标记为 0、1、2、3、4，组成第二序列；指数位平面内每个组包括 2 个相邻的 LSB。

请参阅图 10，5 个指数位平面中，位平面 0 含有一个 LSB，该一个 LSB 单独成为一个组；位平面 1 含有 2 个 LSB，2 个 LSB 组合为一个组，与位平面 0 对应的组相邻排列；位平面 2 含有 4 个 LSB，可组成 2 个组，将位平面 0 和位平面 1 组合而成的组作为整体插入到位平面 2 的 2 个组之间，形成一个含有 3 个组的序列（位平面 0 和位平面 1 视为 1 组）；位平面 3 含有 8 个 LSB，可组成 4 个组，将位平面 2、

位平面 1 和位平面 0 组合而成的 3 个组分别间隔地插入位平面 3 的 4 个组之间，形成一个含有 7 个组的序列；位平面 4 含有 16 个 LSB，可组成 8 个组，将位平面 0~位平面 3 组合而成的 7 个组分别间隔地插入位平面 4 的 8 个组之间，形成含有 15 个组的第二序列。将位平面 0 和位平面 1 拆分为 2 个组来看，则第二序列共有 16 组 LSB。

由于第二序列的组数多于第一序列的组数，因此将第一序列均匀插入到第二序列中，其中第二序列每隔 $\left\lfloor \frac{15}{3} \right\rfloor = 5$ 个组按线性位平面的排列顺序插入一个线性位平面，在计算时由于位平面 0 仅含有 1 组，且该组仅包含一个 LSB，低于设置的最小时间单元，因此在进行计算时不将其纳入第二序列组数，且第一序列插入第二序列时，不将位平面 0 单独算作一组。应理解，上述方式不是唯一的线性位平面和指数性位平面的排列方式，排列时主要考虑指数性位平面在时间上应可得到较均匀分配且指数性位平面和线性位平面之间在时间上可得到较均匀分配。本实施例的另一变形实施例中，线性位平面(0)、(1)、(2)分别向前移动 5 个第二序列中的组进行插入(位平面 0 和位平面 1 视为 1 组)。

第四实施例

本发明第四实施例提供的显示设备与第三实施例的主要区别在于：指数位平面所包含的最低有效位的个数更多，因此组的总数目减少了，装载的次数也减少了。

本实施例中，增加的位深数 $i=3$ ，增加前的显示位深 $n=5$ ，指数位平面中每个组的 LSB 数目（最小时间单元） $m=4$ ，因此本实施例中存在 3 个线性位平面，分别标记为(0)、(1)、(2)，组成第一序列；本实施例中存在 5 个指数位平面，分别标记为 0、1、2、3、4，组成第二序列；指数位平面内的 4 个相邻的 LSB 组合成一个组。

请参阅图 11，3 个线性位平面(0)、(1)、(2)依次递增排列；5 个指数位平面中，位平面 0 含有一个 LSB，该一个 LSB 单独成为一个组；排在序列的中间；位平面 1 含有 2 个 LSB，该 2 个 LSB 组合为一个组，考虑到内存装载过程需要的时间，因此将位平面 0 和位平面 1 之

间使用另外一个指数位平面的一个组分开。位平面 2 含有 4 个 LSB，可组成 1 个组，可将位平面 2 对应的 1 个组插入到位平面 0 和位平面 1 之间；位平面 3 含有 2 个组，可将位平面 0~位平面 2 组成的序列作为整体插入至位平面 3 的 2 个组之间，形成一个含有 3 个组的序列（将位平面 0~位平面 2 对应的组视为 1 个组）；位平面 4 含有 4 个组，可将位平面 0~3 对应的 3 个组间隔插入至位平面 4 的 4 个组之间，得到第二序列，将位平面 0、位平面 1 分别视为 1 个组、位平面 2 视为 2 个组来看，则第二序列共有 9 组 LSB。由于第二序列的组数大于第一序列的组数，故将第一序列均匀插入到第二序列中且第二序列每隔

$\left\lceil \frac{7}{3} \right\rceil = 2$ 个组按第一序列的组排列顺序插入一个第一序列的 1 个组，即

对应 1 个线性位平面。由于位平面 0 仅含有 1 组且该组仅包含一个 LSB，低于设置的最小时间单元，同样，位平面 1 仅含有 1 组且该组仅包含 2 个 LSB，低于设置的最小时间单元，因此在进行计算时不将其纳入第二序列组数进行计算。在进行插入时，也不将第二序列中位平面 0 和位平面 1 所包含的组单独作为一组。应理解，上述方式不是唯一的线性位平面和指数性位平面的排列方式，排列时主要考虑指数性位平面在时间上应可得到较均匀分配且指数性位平面和线性位平面之间在时间上可得到较均匀分配。

第五实施例

本发明第五实施例提供的显示设备与第三实施例的主要区别在于：指数位平面中每个组的 LSB 数目（即最小时间单元）为奇数，由于每个指数位平面中一般包含 2^n 个 LSB（ n 为正整数），因此可能出现每个指数位平面的 LSB 个数不能被最小时间单元 m 整除的情况。

本实施例中，增加的位深数 $i=3$ ，原显示位深 $n=5$ ，指数位平面中每个组的 LSB 数目（最小时间单元） $m=3$ ，因此本实施例中存在 3 个线性位平面，分别标记为(0)、(1)、(2)，组成第一序列，本实施例中存在 5 个指数位平面，分别标记为 0、1、2、3、4，组成第二序列；每个指数位平面包括 3 个相邻的 LSB。

请一并参阅图 12a 和图 12b，将 3 个线性位平面(0)、(1)、(2)依次递增排列。5 个指数位平面中，位平面 0 含有一个 LSB，将其排在第二序列的中间，位平面 1 含有 2 个 LSB，放在一起成为一个组，考虑到内存装载过程需要的时间，因此将其与位平面 0 的内存装载分开，将位平面 0 和位平面 1 中间使用另外一个指数位平面的一个组分开。

当一个指数位平面中最低有效位的数目不为最小时间单元的整数倍时，在该指数位平面中添加补充最低有效位以使该指数位平面的最低有效位的数目达到最小时间单元的整数倍。

另外位平面 2、3、4 中分别含有 4 个、8 个和 16 个 LSB，均不能被 3 整除，因此位平面 2 中可增加 2 个补充 LSB 以使位平面 2 的 LSB 数目达到最小时间单元 3 的 2 倍，位平面 3 可增加 1 个补充 LSB 以使位平面 3 的 LSB 数目达到最小时间单元 3 的 3 倍，位平面 4 可增加 2 个补充 LSB 以使位平面 4 的 LSB 数目达到最小时间单元 3 的 6 倍；换句话说，对于每个位平面，均需要补充 2 个或 1 个 LSB 以使得每个位平面中的 LSB 的数目是 3 的整数倍。之后，可按照与实施例 3 的方式对位平面 0~位平面 4 进行排列得到第二序列。

对于补充 LSB 可以有两种方案来处理：

一种方案是将补充最低有效位对应的光调制器置于“关”状态。具体地，将补充 LSB 对应为 DMD 的清除（clear）操作，即将所有微反射镜均置为“关”状态，这样补充 LSB 对应其时间序列上总对应暗状态，因此图 12a 中采用黑色表示补充 LSB。

由于一个位平面中可能会有多个组，因此如何将补充 LSB 在不同组之间和单个组中如何进行分配以及组之间的排列需要进一步的设计：对于所有含有补充最低有效位的组，将每组的补充最低有效位排在该组的同一端（如，末端）。当一个含有补充最低有效位的组所在的位平面被标记为奇数时，该含有补充最低有效位的组放在所处的位平面的一端（如，首端）；当一个含有补充最低有效位的组所在的位平面被标记为偶数时，该含有补充最低有效位的组放在所处的位平面的另一端（如，末端）。如此设计有利于避免清除操作在相邻的两个组中出现。

另外一种方案是，在将组数较少的一个序列均匀插入到另外一个组数较多的序列中之后，删除所有补充最低有效位，得到第三序列，如图 12b 示。换句话说，补充 LSB 无对应的光调制过程。如此设计有利于避免因引入补充 LSB 之后单帧中需要的 LSB 数目增加导致一帧图像的显示时长增加，同时也有利于避免一帧时间内最大平均显示亮度降低。

第六实施例

本发明第六实施例提供的显示设备与第三实施例的主要区别在于：当线性位平面数目与指数性位平面个数相等的时候，按照均匀化的原则，将第一序列和第二序列相互均匀交错排列即可满足要求。

具体地，请参阅图 13，本实施例中，增加的位深数 $i=7$ ，增加前的显示位深 $n=3$ ，指数位平面中每个组的 LSB 数目 $m=1$ ，因此本实施例中存在 7 个线性位平面，分别标记为(0)、(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)，组成第一序列；本实施例中存在 3 个指数位平面，分别标记为 0、1、2，组成第二序列；由于 $m=1$ ，指数位平面内的每个 LSB 独立形成一个组，或者说没有组操作。这种情况下，线性位平面的数目和指数位平面的数目相同，按照均匀化的原则，第一序列和第二序列相互均匀交错排列即可满足要求。

第七实施例

本发明第七实施例提供的显示设备与第二实施例的主要区别在于：在第二实施例的基础上，当两种发光亮度均是采用指数位平面的设计时，第一序列和第二序列都按照位平面分割排列后再相互间隔插入排列。

请参阅图 14，本实施例中，增加的位深数 $i=5$ ，增加前的显示位深 $n=5$ ，指数位平面中每个组的 LSB 数目 $m=2$ 。本实施例中，发光亮度为 $2^i L$ 的显示位深为 5，含有 5 个位平面，分别标记为位平面 0、1、2、3、4，总共 31 个 LSB，因此可以按照传统的位拆分的方法进行组合并排列，如图 14 所示；类似地，发光亮度为 L 的显示位深为 5，含有 5 个位平面，分别标记为位平面(0)、(1)、(2)、(3)、(4)，总共 31 个

LSB，因此可以按照传统的位拆分的方法进行组并排列，略微不同的是将对应单个 LSB 的位平面(0)放在中心偏后的位置，而位平面 0 对应的单个 LSB 放在中心偏前的位置。此步操作是由于考虑到当 $m=2$ 时单个组上装载内存所需的时间可能超过单个 LSB 的时间，因此需要进行“清除”操作，若将线性位平面 0 和指数位平面 0 相邻放置，则使得微反射镜在局部时间处于内“关”状态较多。得到第一序列和第二序列之后，均匀将其交叉混合即可实现均匀化的亮度。

本发明中利用激光器的快速时间响应特性，通过电流过冲提高显示设备的峰值亮度，这样可以通过控制激光器在电流过冲状态下的驱动电流从而将位深调制所需的时间压缩在更少个 LSB 的时间内，通过电流过冲避免了传统技术提高显示位深的同时带来的图像平均亮度降低的问题。需要指出的是，本发明通过调控激光器在电流过冲状态下的驱动电流并合并多个 LSB 来降低对光调制器的时间响应要求，本发明在每个 LSB 对应的时间内调控电流，由于激光器脉冲调制的时间较快，可以在 100kHz 以上甚至更高，现阶段对光调制器的时间响应没有限制，因此可以实现高帧率。

本发明提供的显示设备还综合考虑了位深、亮度和寿命并提高了显示位深；本发明提供的显示设备还通过优化位平面的时间控制，使得在一帧时间内位平面及其对应的亮度显示得到较为均匀的分配，有利于避免显示中的闪烁现象。

对于本领域技术人员而言，显然本发明不限于上述示范性实施例的细节，而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下，能够以其他的具体形式实现本发明。因此，无论从哪一点来看，均应将实施例看作是示范性的，而且是非限制性的，本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定，因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化涵括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。此外，显然“包括”一词不排除其他单元或步骤，单数不排除复数。装置权利要求中陈述的多个装置也可以由同一个装置或系统通过软件或者硬件来实现。第一，第二等词语用

来表示名称，而并不表示任何特定的顺序。

最后应说明的是，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制，尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应当理解，可以对本发明的技术方案进行修改或等同替换，而不脱离本发明技术方案的精神和范围。

权 利 要 求 书

1.一种显示设备，其特征在于，包括：

光源；

光调制器，包括包含多个微反射镜的数字微镜阵列，设置在光源的出射光的光路上，用于根据目标图像及所述光源的发光亮度对所述光源的出射光进行调制，得到灰度图像；以及

控制装置，用于控制所述光源的驱动电流，使得在一帧图像时间内分时段调节所述光源的发光亮度，并在至少部分时段使所述光源的驱动电流过冲，以将所述灰度图像的显示位深由 n 增加为 $n+i$ ($i \geq 1$ 且 i 为整数)，且每一所述时段与所述灰度图像的位平面一一对应。

2.如权利要求 1 所述的显示设备，其特征在于，所述根据目标图像及所述光源的发光亮度对所述光源的出射光进行调制包括：

所述灰度图像包括 $n+i$ 个位平面，当显示 $n+i$ 个位平面的任意一个位平面时，光调制器的调制时长与该位平面包含的最低有效位个数相对应。

3.如权利要求 2 所述的显示设备，其特征在于，所述在一帧图像时间内分时段调节所述光源的发光亮度，并在至少部分时段使所述光源的驱动电流过冲包括如下步骤：

所述灰度图像包括 $n+i$ 个位平面，在显示其中的 i 个位平面时，每个位平面只包含 1 个最低有效位，调节所述光源的驱动电流使得光源的发光亮度与集合 $\{k|k=2^jL, 0 \leq j \leq i-1, j \in \mathbb{Z}\}$ 中 k 的 i 个数值一一对应，其中 L 为预设亮度参数；以及

在显示其余的 n 个位平面时，每个位平面包含的最低有效位的个数与集合 $\{m|m=2^{j-i}, i \leq j \leq n+i-1, j \in \mathbb{Z}\}$ 中 m 的 n 个数值一一对应，调节所述光源的驱动电流使得光源的发光亮度为 2^iL 。

4.如权利要求 2 所述的显示设备，其特征在于，所述在一帧图像时间内分时段调节所述光源的发光亮度，并在至少部分时段使所述光源的驱动电流过冲包括如下步骤：

所述灰度图像包括 $n+i$ 个位平面，在显示其中 i 个位平面时，每个位平面包含的最低有效位的个数与集合 $\{x|x=2^j, 0 \leq j \leq i-1, j \in Z\}$ 中 x 的 i 个数值一一对应，调节所述光源的驱动电流使得所述光源的发光亮度为 L ，其中 L 为预设亮度参数；以及

在显示其余的 n 个位平面时，每个位平面包含最低有效位的个数与集合 $\{y|y=2^{j-i}, i \leq j \leq n+i-1, j \in Z\}$ 中 y 的 n 个数值一一对应，调节所述光源的驱动电流使得光源的发光亮度为 $2^i L$ 。

5.如权利要求 1 所述的显示设备，其特征在于，所述控制装置还包括对增加的位深数是否满足所述光源的预设寿命的判断，步骤包括：

对增加的位深数赋予一个初始值；

根据所述增加的位深数和所述光源的额定电流、额定输出功率、额定电流连续驱动下的工作温度，计算得到电流过冲状态下所述光源的老化加速因子；

根据所述显示设备的初始位深数和增加的位深数，计算得到光源的发光亮度为 $2^i L$ 的时间占空比；

根据额定电流连续驱动状态下所述光源的统计寿命，及所述老化加速因子和所述时间占空比，计算得到电流过冲状态下所述光源的统计寿命；

判断电流过冲状态下所述光源的统计寿命是否大于等于预设寿命阈值，若是，则输出当前增加的位深数；若否，则使增加的位深数减少一位。

6.如权利要求 5 所述的显示设备，其特征在于，根据所述增加的位深数和所述光源的额定电流、额定输出功率、额定电流连续驱动下的工作温度，计算得到电流过冲状态下所述光源的老化加速因子，包括如下步骤：

根据增加的位深数和所述光源的额定输出功率，计算得到功率加速因子；

根据所述光源的额定电流和电流过冲状态下所述光源的驱动电流，

计算得到电流加速因子；

根据额定电流连续驱动状态下所述光源的工作温度以及电流过冲状态下所述光源的工作温度，得到温度加速因子；以及

根据所述功率加速因子、所述电流加速因子和所述温度加速因子，得到所述老化加速因子。

7.如权利要求 1-6 任意一项所述的显示设备，其特征在于，所述控制装置还用于对所述灰度图像的各位平面进行排序，包括如下步骤：

根据位平面的时间占比和亮度权重的变化规律，判断位平面属于线性位平面还是指数位平面；

对线性位平面按照其在线性位平面的排列顺序进行重新标号，并将所有线性位平面按照亮度权重依次递增或递减的方式排列，或按照递增序列与递减序列交错排列的方式排列，得到第一序列；

对指数位平面按照其在指数位平面中的排列顺序进行重新标号，并将每个指数位平面中相邻的一个或多个最低有效位分为一个组，并将所有指数位平面的所有组进行排列得到第二序列，其中每个指数位平面的多个组间隔分布于第二序列中；以及

根据第一序列和第二序列的组数，将组数较少的一个序列均匀插入到另外一个组数较多的序列中，或

根据第一序列和第二序列的组数，若组数相同，则将第一序列和第二序列相互均匀交错排列。

8.如权利要求 7 所述的显示设备，其特征在于，所述根据位平面的时间占比和亮度权重的变化规律，判断位平面属于线性位平面还是指数位平面，包括：将所有位平面按照亮度权重依次增加的顺序排列，若亮度权重相同，则按照每个位平面的时间占比依次增加的顺序排列，排列后若每个位平面对应的时间长度相比相邻的位平面保持不变或以同一整数增加，则该多个位平面为线性位平面；以及若多个位平面中，每个位平面对应的时间长度相比相邻的位平面以 2^g 倍增加，其中 g 为正整数，则该多个位平面为指数位平面。

9.如权利要求 8 所述的显示设备，其特征在于，所述将每个指数

位平面中相邻的一个或多个最低有效位分为一个组，包括：

当一个指数位平面中最低有效位的数目不为最小时间单元的整数倍时，在所述指数位平面中添加补充最低有效位以使所述指数位平面的最低有效位的数目达到最小时间单元的整数倍。

10.如权利要求 9 所述的显示设备，其特征在于，所述根据第一序列和第二序列的组数，将组数较少的一个序列均匀插入到另外一个组数较多的序列中，或根据第一序列和第二序列的组数，若组数相同，则将第一序列和第二序列相互均匀交错排列之后，还包括：

删除所有补充最低有效位，得到第三序列。

11.如权利要求 9 所述的显示设备，其特征在于，所述补充最低有效位对应的光调制器置于“关”状态。

12.如权利要求 9-11 任一项所述的显示设备，其特征在于，所述显示设备还包括：

对于所有含有补充最低有效位的组，将每组的补充最低有效位排在该组的同一端；

当一个含有所述补充最低有效位的组所在的位平面标号为奇数时，该含有所述补充最低有效位的组放在所处的位平面的一端；当一个含有所述补充最低有效位的组所在的位平面标号为偶数时，该含有所述补充最低有效位的组放在所处的位平面的另一端。

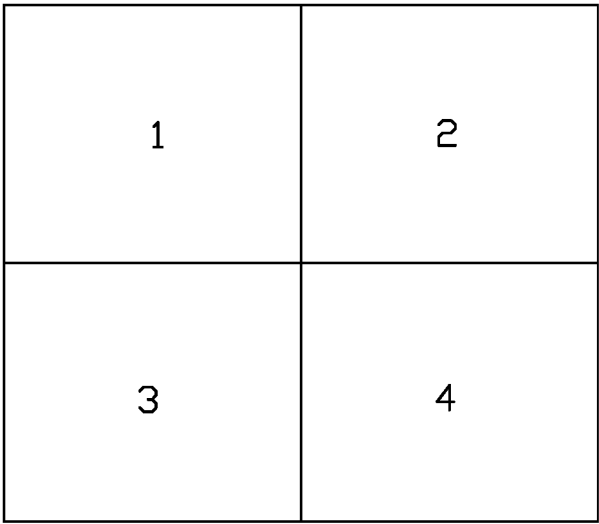


图 1

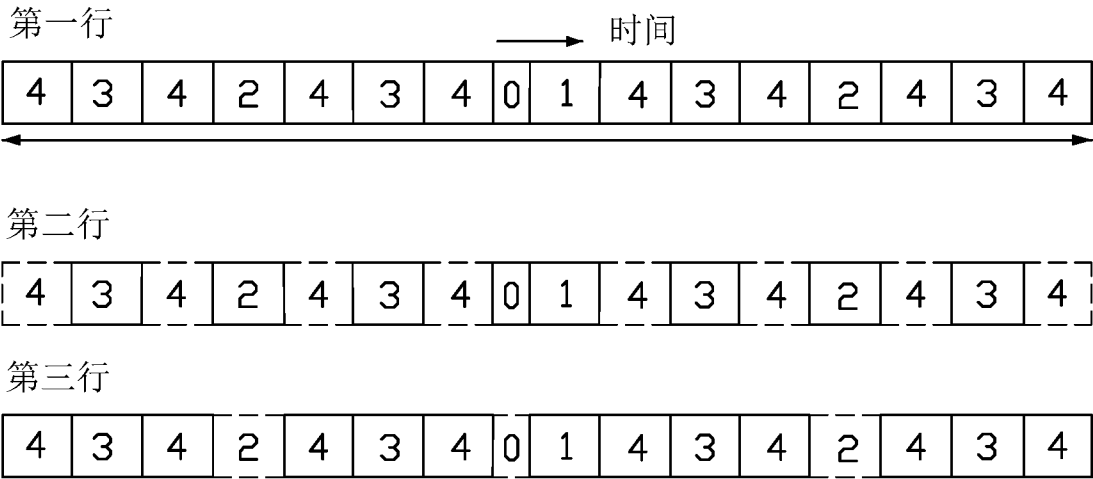


图 2

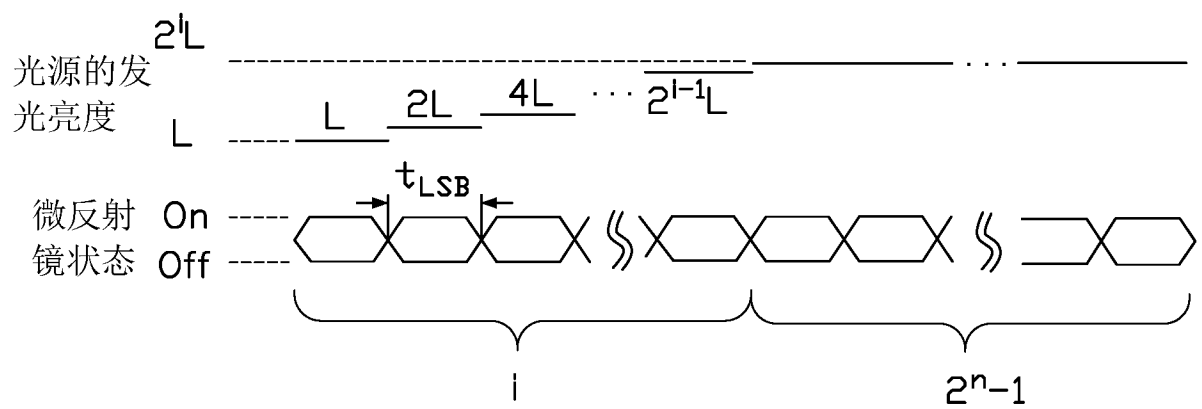


图 3

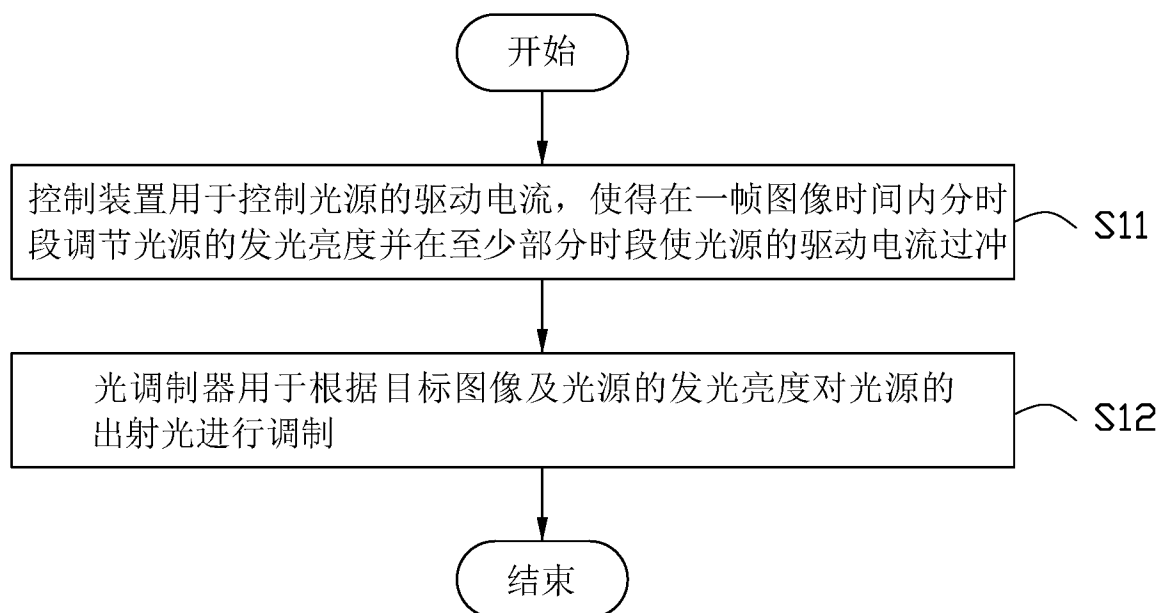


图 4

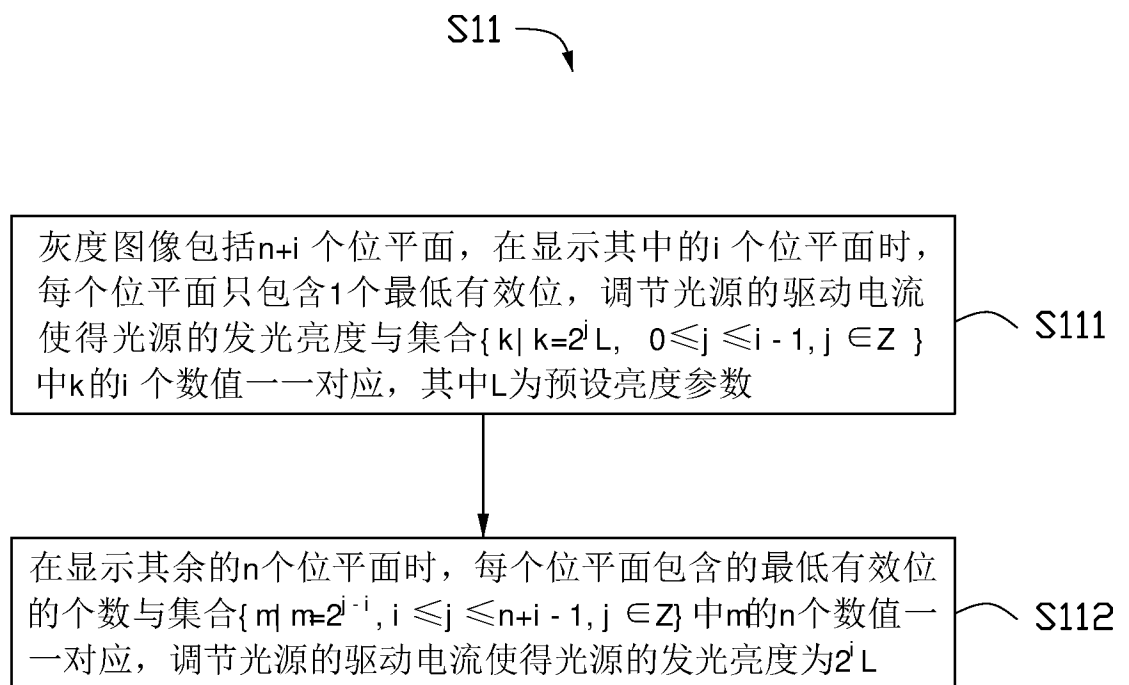


图 5

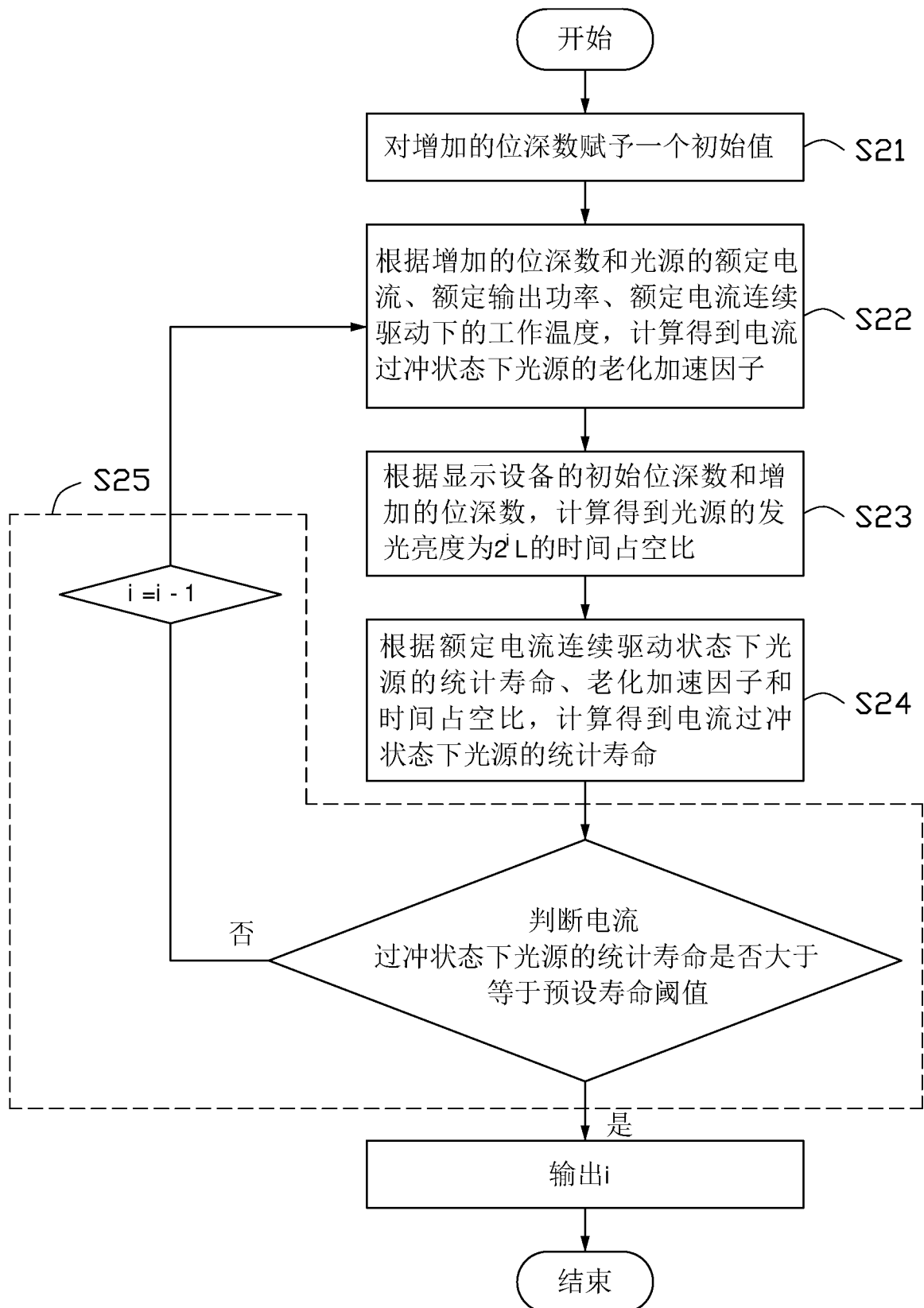


图 6

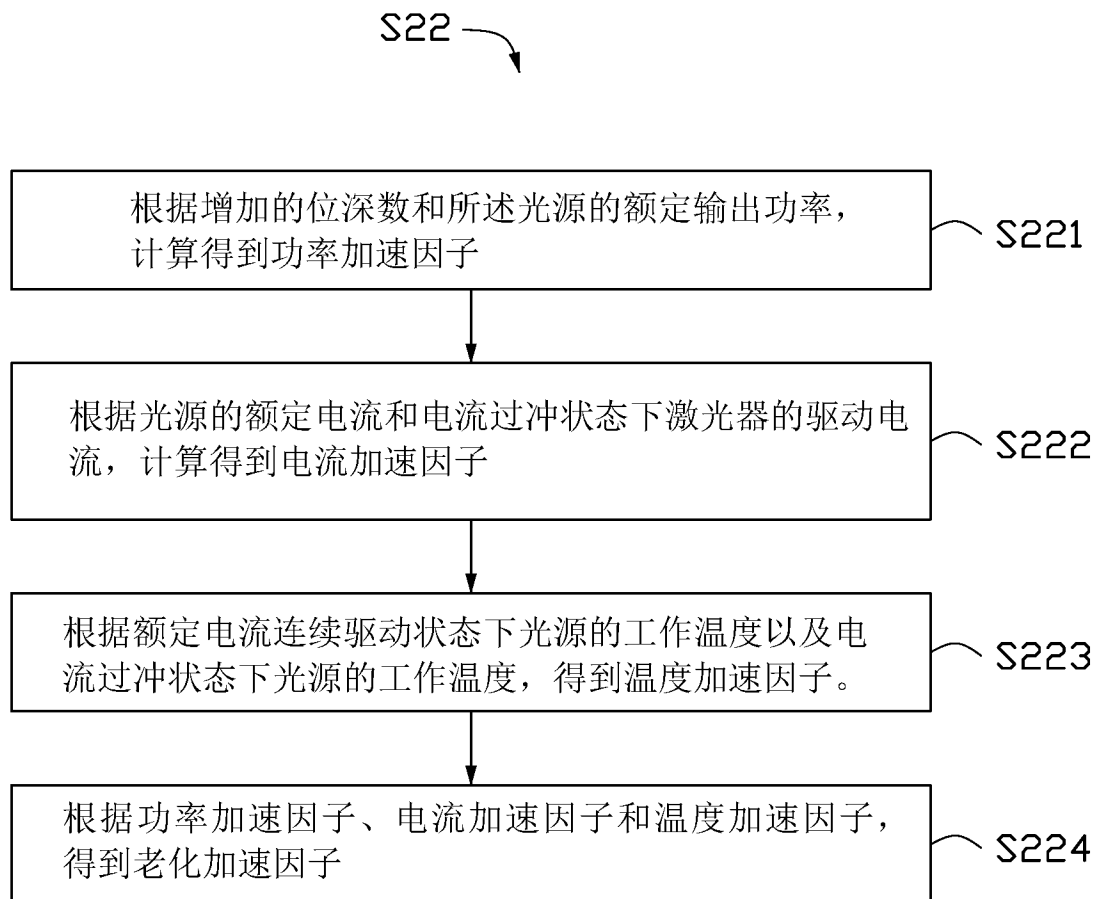


图 7

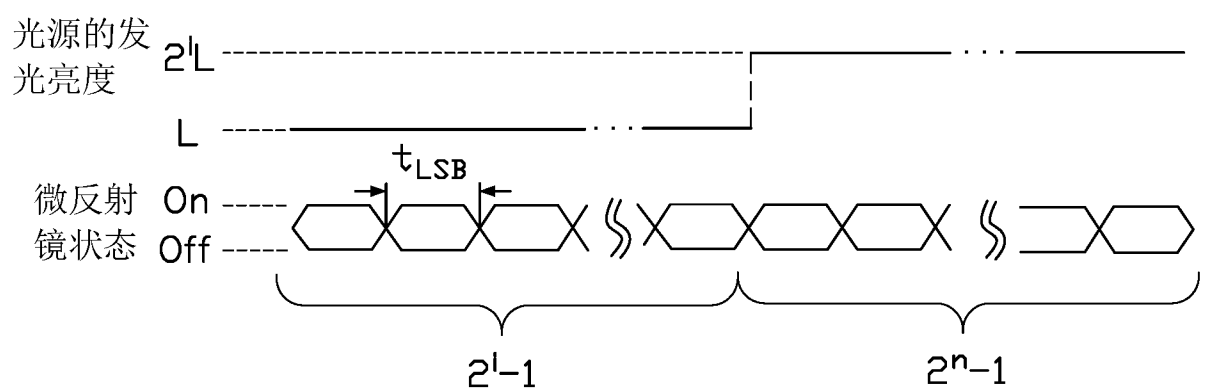


图 8

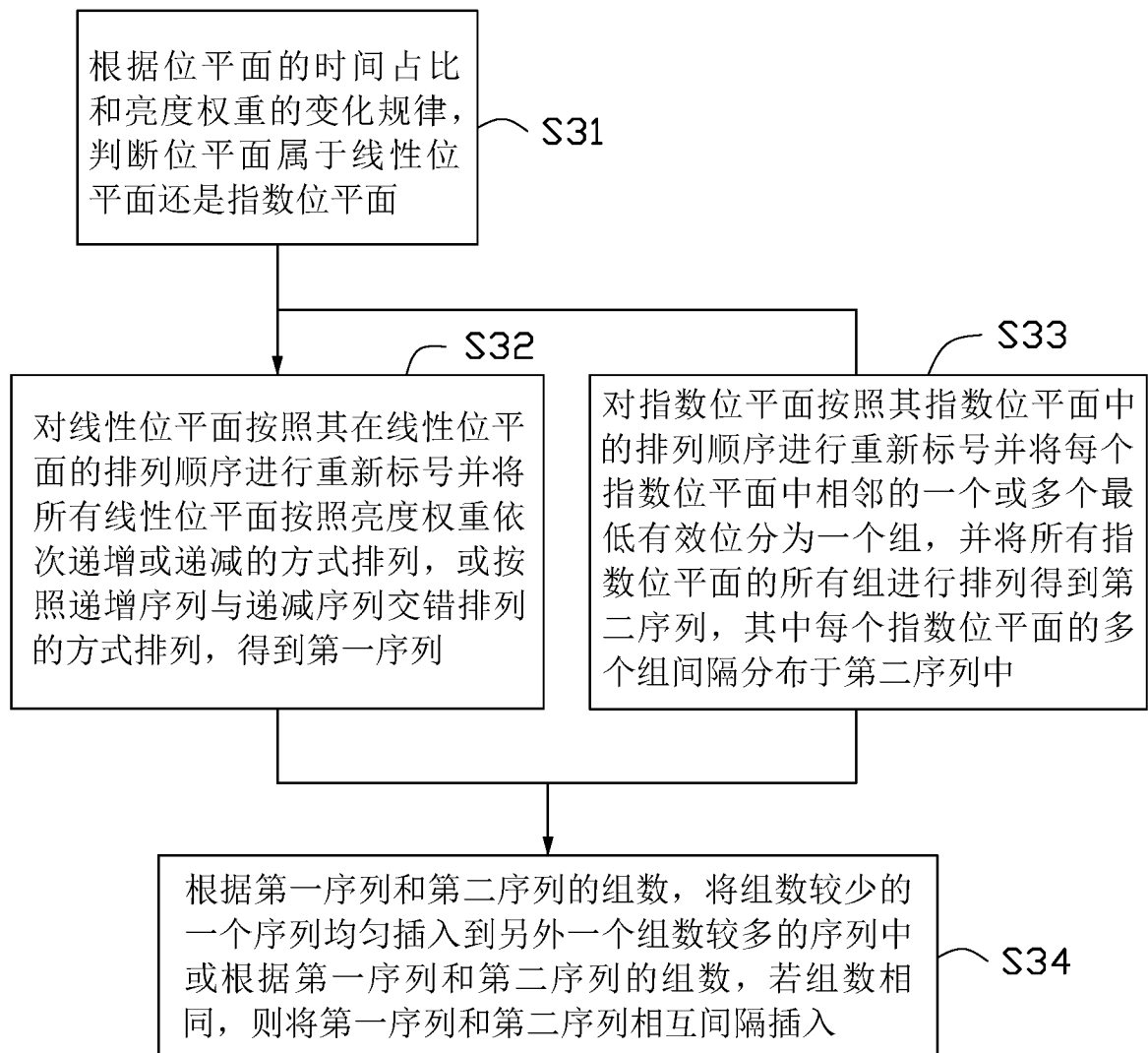


图 9

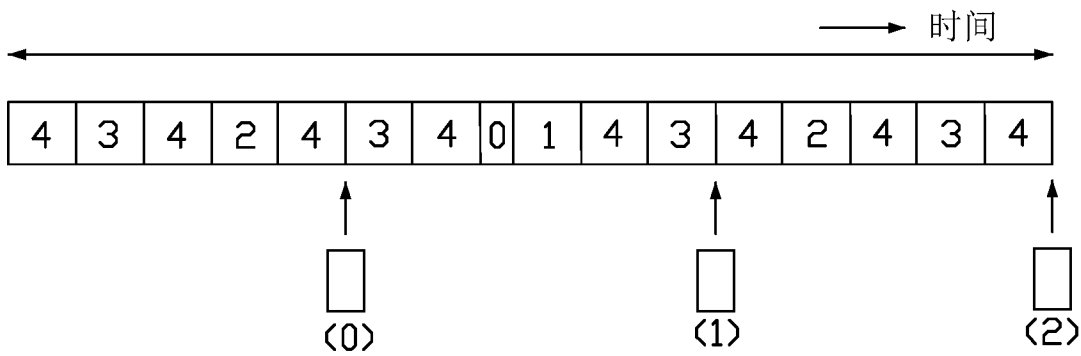


图 10

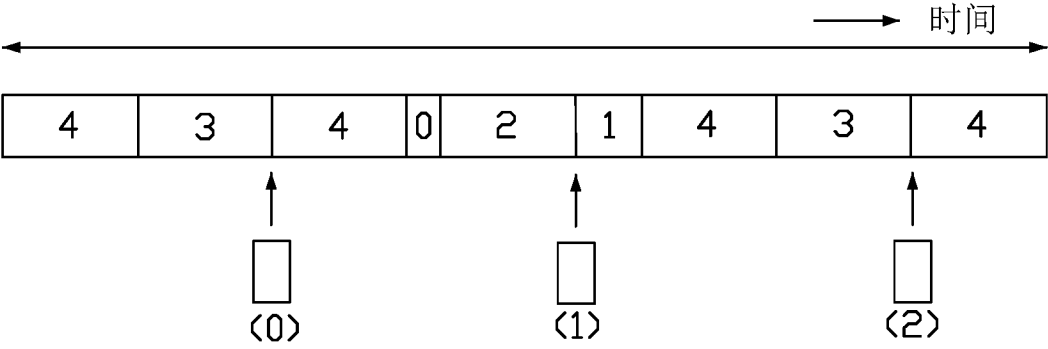


图 11

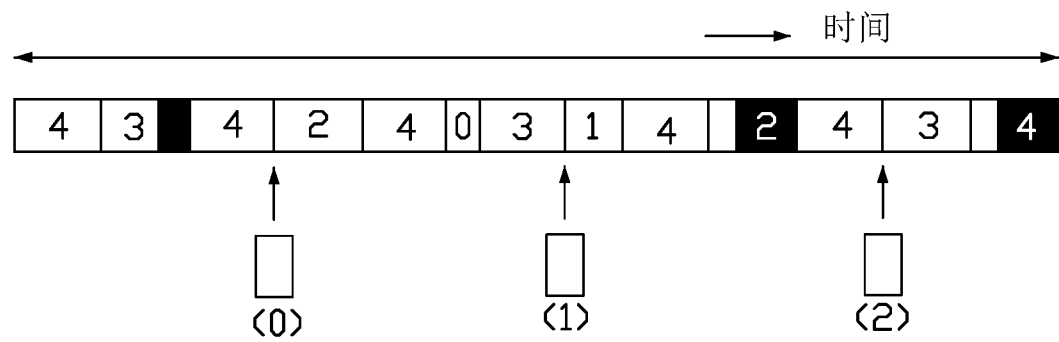


图 12a

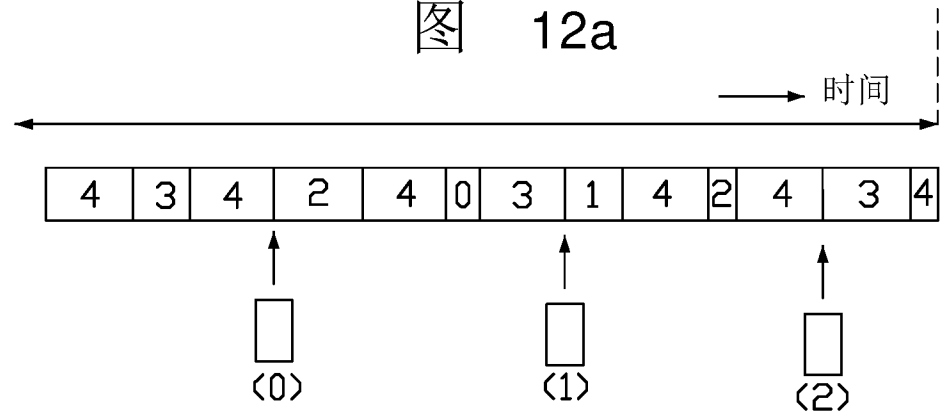


图 12b

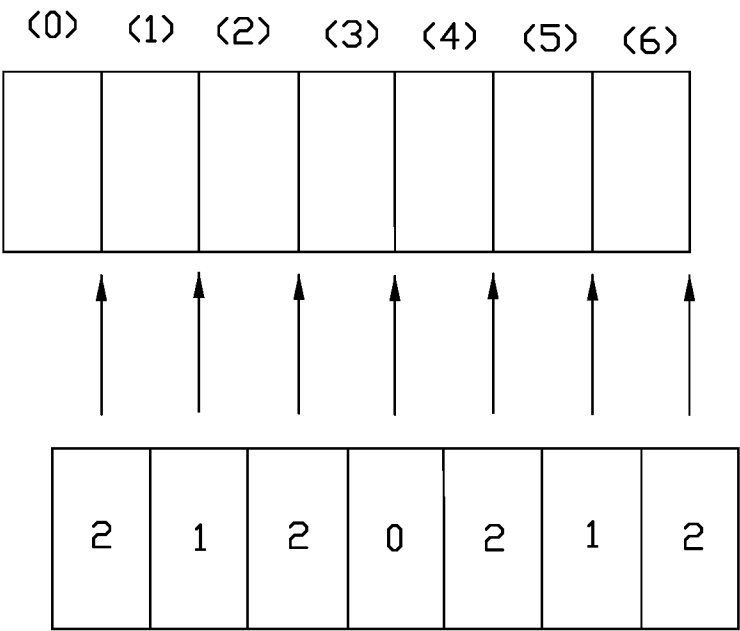


图 13

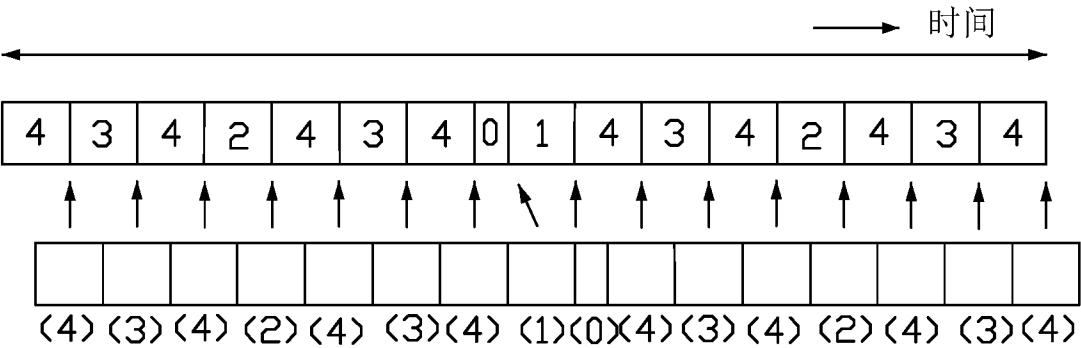


图 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/090758

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N 9/31(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)

H04N

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; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 灰度图像, 调制, 调节, 调整, 功率, 电流, 亮度, 大, 过冲, 位深, 比特, 位, 灰度值, 增加, 提高, 增强, 时段, 时间, 时长, 开, 关, bit, depth, grey, color, image, adjust+, power, current, time, increase, brightness, lightness, luminance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105991980 A (SHENZHEN YLX TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.) 05 October 2016 (2016-10-05) description, paragraphs [0002]-[0139], and figures 1-4	1, 2, 5, 6
A	CN 108538265 A (QINGDAO HISENSE MOBILE COMMUNICATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 14 September 2018 (2018-09-14) entire document	1-12
A	CN 106205451 A (LG DISPLAY CO., LTD.) 07 December 2016 (2016-12-07) entire document	1-12



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

08 July 2020

Date of mailing of the international search report

04 August 2020

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/CN2020/090758

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105991980	A	05 October 2016	US	10291887	B2	14 May 2019
				US	2018041738	A1	08 February 2018
				CN	105991980	B	03 May 2019
				WO	2016124096	A1	11 August 2016
CN	108538265	A	14 September 2018	CN	105632447	A	01 June 2016
				CN	105632447	B	18 May 2018
CN	106205451	A	07 December 2016	US	2016351102	A1	01 December 2016
				CN	106205451	B	21 June 2019
				US	10460641	B2	29 October 2019
				KR	20160140366	A	07 December 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/090758

A. 主题的分类

H04N 9/31 (2006.01) i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04N

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT;CNKI: 灰度图像, 调制, 调节, 调整, 功率, 电流, 亮度, 大, 过冲, 位深, 比特, 位, 灰度值, 增加, 提高, 增强, 时段, 时间, 时长, 开, 关, bit, depth, grey, color, image, adjust+, power, current, time, increase, brightness, lightness, luminance

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 105991980 A (深圳市绎立锐光科技开发有限公司) 2016年 10月 5日 (2016 - 10 - 05) 说明书第[0002]-[0139]段, 图1-4	1、2、5、6
A	CN 108538265 A (青岛海信移动通信技术股份有限公司) 2018年 9月 14日 (2018 - 09 - 14) 全文	1-12
A	CN 106205451 A (乐金显示有限公司) 2016年 12月 7日 (2016 - 12 - 07) 全文	1-12

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 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

“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

国际检索实际完成的日期

2020年 7月 8日

国际检索报告邮寄日期

2020年 8月 4日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

授权官员

张鑫萍

电话号码 (86-512) 88996188

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/090758

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	105991980	A	2016年 10月 5日	US	10291887	B2	2019年 5月 14日
				US	2018041738	A1	2018年 2月 8日
				CN	105991980	B	2019年 5月 3日
				WO	2016124096	A1	2016年 8月 11日
CN	108538265	A	2018年 9月 14日	CN	105632447	A	2016年 6月 1日
				CN	105632447	B	2018年 5月 18日
CN	106205451	A	2016年 12月 7日	US	2016351102	A1	2016年 12月 1日
				CN	106205451	B	2019年 6月 21日
				US	10460641	B2	2019年 10月 29日
				KR	20160140366	A	2016年 12月 7日