

(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 11 月 5 日 (05.11.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/221083 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04N 9/31 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/086237
- (22) 国际申请日: 2020 年 4 月 23 日 (23.04.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910360885.9 2019 年 4 月 30 日 (30.04.2019) 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)。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)。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)。杨开宇 (YANG, Kaiyu); 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)。张贤鹏 (ZHANG, Xianpeng); 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, 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,

(54) Title: IMAGE SPLITTING METHOD AND IMAGE DISPLAY METHOD

(54) 发明名称: 图像拆分方法与图像显示方法

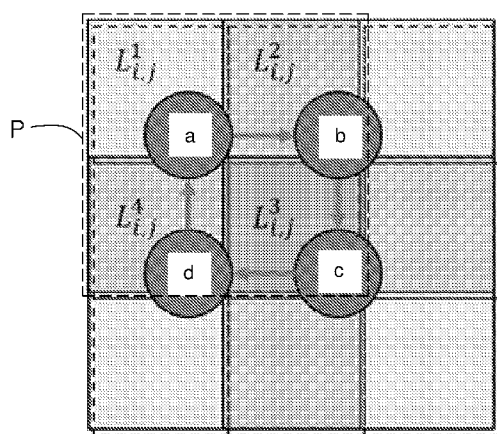


图 2B

(57) Abstract: The present invention provides an image splitting method applied to a display device. The display device forms a projection picture on a projection screen. The image splitting method comprises the following steps: obtaining an image to be displayed, said image comprising a plurality of pixels to be displayed in a pixel distribution, and the resolution of said image being a first resolution; splitting each frame of said image into a plurality of low-resolution subframe images having a second resolution, the second resolution being less than the first resolution, and the plurality of low-resolution subframe images comprising a plurality of low-resolution subframe pixels in a pixel distribution; and calculating a pixel gray value of any low-resolution subframe pixel in each low-resolution subframe image according to a pixel gray value of each said pixel and the duty cycle of display time of the plurality of low-resolution subframe images, so as to obtain modulation data of each low-resolution subframe image. The present invention also provides an image display method comprising the image splitting method.

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))。

(57) 摘要： 本发明提供一种图像拆分方法，应用于显示设备中，所述显示设备在投影屏幕上形成投影画面，所述图像拆分方法包括以下步骤：获得待显示图像，所述待显示图像包括像素分布的多个待显示像素，所述待显示图像的分辨率为第一分辨率；将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，所述第二分辨率小于所述第一分辨率，所述多个低分辨率子帧图像均包括像素分布的多个低分辨率子帧像素，根据每个待显示像素的像素灰度值以及所述多个低分辨率子帧图像的显示时间占空比，计算得到每个低分辨率子帧图像中任一低分辨率子帧像素的像素灰度值，从而得到每个低分辨率子帧图像的调制数据，本发明还提供一种包括上述图像拆分方法的图像显示方法。

图像拆分方法与图像显示方法

技术领域

本发明涉及显示技术领域，尤其涉及一种图像拆分方法与图像显示方法。

背景技术

本部分旨在为权利要求书中陈述的本发明的具体实施方式提供背景或上下文。此处的描述不因为包括在本部分中就承认是现有技术。

对于投影仪等图像显示设备而言，高分辨率意味着更多的可区分的细节，一直以来都是显示领域追求的目标。在显示由数字微镜器件(Digital Micro-mirror Device, DMD)、薄膜晶体管液晶显示器(Thin-Film-Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)或硅基液晶(Liquid Crystal on Silicon, LCoS)等空间光调制器形成的图像的情况下，在屏幕等中显示的显示图像的像素数量通常与空间光调制器的像素数量相同。当空间光调制器的分辨率越高，显示图像的分辨率也越高，但相应的制造成本和对应的光机和投影元件成本会显著增加。

作为一种替代方案，即使不提高空间光调制器本征的分辨率，可以将高分辨率待显示图像拆分为多个低分辨率子帧图像，低分辨率子帧图像均由多个低分辨率子帧像素构成，多个低分辨率子帧图像的成像位置相互偏移非整数个低分辨率子帧像素，将多个低分辨率子帧图像进行叠加得到该高分辨率待显示图像（即重建图像），从而显著提高显示的分辨率。

常见的将高分辨率图像拆为多个低分辨率子帧图像的算法有两种：加权平均法和内部取样法。加权平均法的核心思想在于将相邻几个高分辨率像素灰度值的某种加权平均（通常使用像素面积比为权重）赋值给低分辨率子帧图像中的对应像素。内部取样法直接在原高分辨率的信号源中取样某个高分辨率像素，实际上，内部取样法是将对角线方向相邻两个高分辨率像素平均得到低分辨率子帧像素。

请参阅图 1A、图 1B 与图 1C，其中图 1A 为原图，利用内部取样法将多个低分辨率子帧图像叠加后得到如图 1B 的重建图像，从图 1C 中可以看出，内部取样法得到的重建图像与原图相比锐度明显下降，锐利变化的边缘都被过滤了出来，也就是说，空间高频信息被选择性过滤了出

来，内部取样法本质上是一种空间低通滤波操作，与原图之间的差别包含高频边缘部分。

请参阅图 1D 与图 1E，图 1D 是根据图 1A 所示的原图采用加权平均法得到的重建图像，由于加权平均法中每个低分辨率子帧像素是对应像素位置的相邻的四个高分辨率像素平均的结果，也是一种空间低通滤波，从图 1E 中可以看出，加权平均法得到的重建图像与原图相比差别同样在于锐利变化的高频边缘信息。

发明内容

本发明提供一种图像拆分方法与图像显示方法，应用于显示设备中，所述显示设备在投影屏幕上形成投影画面，所述图像拆分方法包括以下步骤：

获得待显示图像，所述待显示图像包括像素分布的多个待显示像素，所述待显示图像的分辨率为第一分辨率；

将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，所述第二分辨率小于所述第一分辨率，所述多个低分辨率子帧图像均包括像素分布的多个低分辨率子帧像素，根据每个待显示像素的像素灰度值以及所述多个低分辨率子帧图像的显示时间占空比，计算得到每个低分辨率子帧图像中任一低分辨率子帧像素的像素灰度值，从而得到每个低分辨率子帧图像的调制数据。

一种图像显示方法，包括如上所述的图像拆分方法的步骤，在所述得到每个低分辨率子帧图像的调制数据之后，所述图像显示方法还包括以下步骤：

在每帧待显示图像的显示周期中，根据每个低分辨率子帧图像的调制数据时序出射所述多个低分辨率子帧图像的图像光至所述投影屏幕，控制所述多个低分辨率子帧图像的行方向相互平行，以及控制任意一帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像中，任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在所述行方向及/或列方向偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧像素， $n > 1$ 。

一种图像显示方法，包括如上所述的图像拆分方法的步骤，

所述第一分辨率为所述第二分辨率的二倍，

所述将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，具体为：

将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的四个低分辨率子帧图

像；

在所述得到每个低分辨率子帧图像的调制数据之后，所述图像显示方法还包括以下步骤：

在每帧待显示图像的显示周期中，根据每个低分辨率子帧图像的调制数据时序出射所述多个低分辨率子帧图像的图像光至所述投影屏幕，控制所述多个低分辨率子帧图像的行方向相互平行，以及控制任意一帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像中，任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在所述行方向及/或列方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素。

一种图像显示方法，包括如上所述的图像拆分方法的步骤，

所述第一分辨率为所述第二分辨率的二倍，

所述将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，具体为：

将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的两个低分辨率子帧图像；

在所述得到每个低分辨率子帧图像的调制数据之后，所述图像显示方法还包括以下步骤：

在每帧待显示图像的显示周期中，根据每个低分辨率子帧图像的调制数据时序出射所述个低两分辨率子帧图像的图像光至所述投影屏幕，控制所述两个低分辨率子帧图像的行方向相互平行，以及控制任意一帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像中，任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在所述行方向及列方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素。

本发明每个待显示像素的像素灰度值与所述多个低分辨率子帧图像的显示时间占空比计算得到的低分辨率子帧图像的调制数据的方法可以较好地重现高分辨率的待显示图像，多个低分辨率子帧图像叠加得到的重建图像与原图区别较小，并且可以有效避免图像拆分再重组过程中产生的高频滤波现象。

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 1A 为原图。

图 1B 为利用内部取样法得到的重建图像。

图 1C 为图 1A 与图 1B 中对应像素之间的差别。

图 1D 为利用加权平均法得到的重建图像。

图 1E 为图 1A 与图 1D 中对应像素之间的差别。

图 2A 为本发明第一实施方式中相邻四个待显示像素与对应第一低分辨率子帧像素的对应关系示意图。

图 2B 为图 2A 所示的相邻四个待显示像素与对应低分辨率子帧像素的对应关系示意图。

图 3A 为本实施方式中第一低分辨率子帧图像。

图 3B 为本实施方式中第二低分辨率子帧图像。

图 3C 为本实施方式中第三低分辨率子帧图像。

图 3D 为本实施方式中第四低分辨率子帧图像。

图 4 为显示设备的结构示意图。

图 5A 为原图。

图 5B 为利用图 3A-图 3D 得到的重建图像。

图 5C 为图 5A 与图 5B 中对应像素之间的差别。

图 6A 为第二实施方式中相邻四个待显示像素与对应第一低分辨率子帧像素的对应关系示意图。

图 6B 为图 6A 所示的相邻四个待显示像素与对应低分辨率子帧像素的对应关系示意图。

图 7A 为以图 5A 为原图，在本实施方式中对灰度值进行限幅后得到的第一低分辨率子帧图像。

图 7B 为以图 5A 为原图，在本实施方式中对灰度值进行限幅后得到的第二低分辨率子帧图像。

图 7C 为将图 7A 与图 7B 进行叠加得到的重建图像。

图 7D 为图 7C 与原图之间的差别。

图 8A 为原图。

图 8B 为本实施方式中利用对角线位置与非对角线位置的待显示像素的灰度值获得的第一低分辨率子帧图像。

图 8C 为本实施方式中利用对角线位置与非对角线位置的待显示像素的灰度值获得的第二低分辨率子帧图像。

图 8D 为根据图 8B 与图 8C 以及本实施方式中提供的图像拆分方法与图像显示方法得到的重建图像。

图 8E 为 8A 与图 8D 的差别。

主要元件符号说明

第一显示区域	p
第一低分辨率子帧像素	a
第二低分辨率子帧像素	b
第三低分辨率子帧像素	c
第四低分辨率子帧像素	d
显示设备	100
光源系统	101
光调制装置	102
光路平移系统	103
投影光学系统	104
投影屏幕	105

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。

本发明提供一种图像拆分方法以及包括该图像拆分方法的图像显示方法，应用于显示设备中，显示设备出射的图像光在投影屏幕上形成投影画面，本发明提供的图像拆分方法用于提高显示设备的分辨率，可以在图像显示的过程中促进空间光调制装置突破研发周期的限制实现分辨率的提高，也可以在由于经费的限制不能购置高分辨率的空间光调制装置时，使用本发明提供的方法将每帧带显示图像拆分为多个低分辨率子帧图像，再将多个低分辨率子帧图像进行叠加得到高分辨率的待显示图像，本方法有利于提高显示设备的分辨率，将极大程度促进投影产业的发展，将会带来巨大的经济效益。

第一实施方式

显示设备根据待显示图像的原始图像数据（比如视频片源）出射图像光并在投影屏幕上形成连续显示的多帧投影画面，本发明中以其中多帧投影画面中的一帧待显示图像的拆分方法与显示方法为例进行说明，具体地，本发明提供的图像拆分方法具体包括以下步骤：

S101：获得待显示图像，待显示图像包括像素分布的多个待显示像素，待显示图像的分辨率为第一分辨率。

请参阅图 2A，待显示图像由像素分布的待显示像素构成，一般地，多个待显示像素沿行方向与列方向排布呈矩形，不同待显示像素之间用地址区分，比如待显示图像为标准 4K 格式的图像，则第一分辨率为 4096×2160 ，每个像素的行地址用 m 表示，列地址用 n 表示，则像素地址为 (m, n) ， m 与 n 皆为整数，并且， $0 \leq m < 4096$ ， $0 \leq n < 2160$ 。

另外，待显示图像的原始图像数据中包括每个待显示像素的各种基色灰度值，一般地，原始图像数据的各种基色的灰度值为 RGB 格式，并包括 RGB 三种基色各自的灰度值，以某个待显示像素为例，50、100、150 为某个待显示像素的三基色灰度值。本发明中，待显示像素的灰度值记为 $H_{m,n}$ ，需要说明的是，每个待显示像素的灰度值可以是该待显示像素任一基色的灰度值，也可以是该待显示像素的多种基色的灰度值组合。相邻的呈“田”形分布的四个待显示像素的地址可以分别表示为 $(2i-1, 2j-1)$ ， $(2i-1, 2j)$ ， $(2i, 2j-1)$ ， $(2i, 2j)$ ，上述四个地址对应的待显示像素的灰度值分别记为 $H_{2i-1, 2j-1}$ ， $H_{2i-1, 2j}$ ， $H_{2i, 2j-1}$ ， $H_{2i, 2j}$ 。

S102：将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，其中，第二分辨率小于第一分辨率，多个低分辨率子帧图像均包括像素分布的多个低分辨率子帧像素，其中，待显示图像中每个待显示像素显示在投影屏幕上的一个显示区域，根据每个待显示像素的像素灰度值以及该每个待显示像素拆分得到的多个低分辨率子帧图像的显示时间占空比，计算得到每个低分辨率子帧图像中任一低分辨率子帧像素的像素灰度值，从而得到每个低分辨率子帧图像的调制数据。

进一步地，计算得到每个低分辨率子帧图像中任一低分辨率子帧像素的像素灰度值，包括：

根据每个待显示像素的像素灰度值求解得到对应低分辨率子帧像素的加权灰度值，利用对应低分辨率子帧像素的加权灰度值，以及该对应低分辨率子帧像素所属低分辨率子帧图像的显示时间占空比，计算得到该对应低分辨率子帧像素的像素灰度值。

本发明中的低分辨率子帧像素的加权灰度值可为该低分辨率子帧像素的一种基色的加权灰度值，也可以是该低分辨率子帧像素的多种基色的加权灰度值的组合。低分辨率子帧像素的加权灰度值与该低分辨率子帧像素对应基色的灰度值以及该低分辨率子帧像素的显示时间占空比有关，该低分辨率子帧像素的显示时间占空比即为该低分辨率子帧像素所属的低分辨率子帧图像的显示时间占空比。具体地，本发明中的低分辨率子帧像素的加权灰度值等于该低分辨率子帧像素的对应基色的灰度值以及该对应低分辨率子帧图像的显示时间占空比的乘积。

根据光通量守恒原则，根据每个待显示像素的像素灰度值求解得到对应低分辨率子帧像素的加权灰度值，具体为，每个待显示像素的像素灰度值等于多个低分辨率子帧图像中的对应低分辨率子帧像素的加权灰度值之和。

理论上任意相邻低分辨率子帧图像成像位置的偏移量可以是等间距的，比如相邻低分辨率子帧图像之间相互偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧像素，在本实施方式中 $n=2$ ，即待显示的高分辨率图像确定的情况下，可以利用成像位置相互偏移的多个低分辨率子帧图像相互叠加实现高分辨率图像显示相同的显示效果。可以理解的是， n 不需要限定一定为整数， n 越大，代表需要的低分辨率子帧像素越少，成本越低，但带来的问题是图像拆分会更难，芯片可靠性要求高；另外一种是非等距偏移量，相邻的低分辨率子帧图像之间偏移的距离不同。

本发明提供的图像拆分方法，根据每个待显示像素的像素灰度值以及该多个低分辨率子帧图像的显示时间占空比，计算得到每个低分辨率子帧图像中任一低分辨率子帧像素的像素灰度值，可以较好地重现高分辨率的待显示图像，多个低分辨率子帧图像叠加得到的重建图像与原图区别较小，利用本发明提供的图像拆分方法得到的多个低分辨率子帧图像相互叠加，得到重建图像，并且重建图像的分辨率与待显示图像的分辨率相同。

其中，采用基于光通量守恒的原则将高分辨率的待显示图像拆分为多个与显示设备分辨率匹配的低分辨率子帧图像。第二分辨率可以为显示设备的本征分辨率，第二分辨率小于第一分辨率，即待显示图像的分辨率高于显示设备的本征分辨率，若显示设备不对待显示图像的原始图像数据进行处理，直接根据每帧待显示图像的原始图像数据对基色光进行调制并得到一幅投影图像，则投影图像的分辨率与显示设备的本征分辨率相同，进而没有利用到原始图像数据的高分辨率得到投影图像的高清晰度显示，从而限制了显示设备的广泛应用。可以理解的是，第二分

分辨率还可以小于显示设备的本征分辨率，重建图像的分辨率等于第一分辨率。

请参阅图 2A 与图 2B，本实施方式中，第一分辨率为第二分辨率的二倍，即在投影屏幕上，每个低分辨率子帧像素与四个相邻的呈“田”形分布的待显示像素照射至投影屏幕上的相同显示区域中，即每个低分辨率子帧像素的面积为每个待显示像素的 4 倍。本实施方式中，以将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的四个低分辨率子帧图像为例进行说明，可以理解的是，还可以将每帧待显示图像拆分为四个以外其他数量的低分辨率子帧图像。

具体地，四个低分辨率子帧图像分别为第一低分辨率子帧图像、第二低分辨率子帧图像、第三低分辨率子帧图像与第四低分辨率子帧图像，第一低分辨率子帧图像、第二低分辨率子帧图像、第三低分辨率子帧图像与第四低分辨率子帧图像分别包括像素分布的多个第一低分辨率子帧像素、第二低分辨率子帧像素、第三低分辨率子帧像素与第四低分辨率子帧像素。地址为 $(2i-1, 2j-1)$, $(2i-1, 2j)$, $(2i, 2j-1)$, $(2i, 2j)$ 的四个待显示像素显示在投影屏幕上的第一显示区域 p，即第一显示区域 p 用于显示地址为 $(2i-1, 2j-1)$, $(2i-1, 2j)$, $(2i, 2j-1)$, $(2i, 2j)$ 的四个待显示像素的画面，第一显示区域 p 还用于接收第一低分辨率子帧像素 a、第二低分辨率子帧像素 b、第三低分辨率子帧像素 c、第四低分辨率子帧像素 d 的光线，即第一低分辨率子帧像素 a、第二低分辨率子帧像素 b、第三低分辨率子帧像素 c、第四低分辨率子帧像素 d 进行叠加得到地址为 $(2i-1, 2j-1)$ 、 $(2i-1, 2j)$ 、 $(2i, 2j-1)$ 、 $(2i, 2j)$ 的四个待显示像素的画面。由于每帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像的叠加方式会影响到具体的图像的拆分方法与待显示像素灰度值的表达形式，所以在说明下本实施方式中采用的图像显示方法，具体涉及到上述提到的多个低分辨率子帧图像的叠加方法。可以理解的是，在本发明的精神或基本特征的范围内，本发明提供的图像拆分方法还适用于其他图像叠加方法，在采用其他低分辨率子帧图像进行叠加得到高分辨率待显示图像的方法的基础上，利用本发明提供的图像拆分方法得到的每个待显示像素的灰度值表达方式会有所区别。

本实施方式中，图像显示方法包括上述图像拆分方法的步骤，在计算得到每个低分辨率子帧图像的调制数据后，在每帧待显示图像的显示周期中，根据每个低分辨率子帧图像的调制数据时序出射所述多个低分辨率子帧图像的图像光至所述投影屏幕，控制每帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像的行方向相互平行，以及控制任意一帧待显示

图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像中，任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在行方向及/或列方向偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧像素，其中 $n > 1$ ，从而保证多个低分辨率子帧图像的成像位置具有重叠部分，本实施方式中 $n=2$ 。进一步地，还可以控制多个低分辨率子帧图像的出射时序，比如，在本实施方式中，控制连续出射的任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在行方向或列方向偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧像素。

具体地，行方向与列方向均包括正方向与负方向，如图 2A 所示，行方向为图中的水平方向，列方向为图中的垂直方向，行的正方向为图中沿水平向右的方向，行的负方向为图中沿水平向左的方向，列的正方向沿图中垂直向下的方向，列的负方向沿图中垂直向上的方向。在本实施方式中，利用光调制装置周期性出射第一低分辨率子帧图像、第二低分辨率子帧图像、第三低分辨率子帧图像以及第四低分辨率子帧图像，并控制第二低分辨率子帧图像的成像位置相对于第一低分辨率子帧图像的成像位置沿行方向的正方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素；控制第三低分辨率子帧图像的成像位置相对于第二低分辨率子帧图像的成像位置沿列方向的正方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素；控制第四低分辨率子帧图像的成像位置相对于第三低分辨率子帧图像的成像位置沿行方向的负方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素，即第四低分辨率子帧图像的成像位置相对于第一低分辨率子帧图像的成像位置沿行的正方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素。在一种实施方式中，连续出射的不同低分辨率子帧图像偏移的低分辨率子帧像素的数量不等，比如控制第二低分辨率子帧图像的成像位置相对于第一低分辨率子帧图像的成像位置沿行方向的正方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素；控制第三低分辨率子帧图像的成像位置相对于第二低分辨率子帧图像的成像位置沿列方向的正方向偏移 $1/4$ 个低分辨率子帧像素。

根据上述图像显示方法，继续说明本发明提到的图像拆分方法，根据光通量守恒原则，根据每个待显示像素的像素灰度值计算得到四个低分辨率子帧图像中对应第一低分辨率子帧像素的加权灰度值、对应第二低分辨率子帧像素的加权灰度值、对应第三低分辨率子帧像素的加权灰度值与对应第四低分辨率子帧像素的加权灰度值。进一步地，每个待显示像素的像素灰度值等于上述四个低分辨率子帧图像中投影至第一显示区域 p 中的对应第一低分辨率子帧像素的加权灰度值、对应第二低分辨率子帧像素的加权灰度值、对应第三低分辨率子帧像素的加权灰度值与对应第四低分辨率子帧像素的加权灰度值之和。每个低分辨率子帧像素的加权灰度值等于所属低分辨率子帧图像的显示时间占空比 DT 与该

每个低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{m,n}$ 的乘积。

具体地, 每个待显示像素的灰度值与对应低分辨率子帧像素的加权灰度值的关系满足公式 1-4:

$$H_{2i-1, 2j-1} = L_{i,j}^1 DT^1 \quad (\text{公式 1}),$$

$$H_{2i-1, 2j} = L_{i,j}^1 DT^1 + L_{i,j}^2 DT^2 \quad (\text{公式 2}),$$

$$H_{2i, 2j-1} = L_{i,j}^1 DT^1 + L_{i,j}^4 DT^4 \quad (\text{公式 3}),$$

$$H_{2i, 2j} = L_{i,j}^1 DT^1 + L_{i,j}^2 DT^2 + L_{i,j}^3 DT^3 + L_{i,j}^4 DT^4 \quad (\text{公式 4}).$$

其中, $L_{i,j}^k$ 代表第 k 个低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的低分辨率子帧像素的灰度值。具体地, $L_{i,j}^1$ 代表第一低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的第一低分辨率子帧像素的灰度值, $L_{i,j}^2$ 代表第二低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的第二低分辨率子帧像素的灰度值, $L_{i,j}^3$ 代表第三低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的第三低分辨率子帧像素的灰度值, $L_{i,j}^4$ 代表第四低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的第四低分辨率子帧像素的灰度值。

DT^k 代表第 k 个低分辨率子帧图像的显示时间占空比。具体地, DT^1 、 DT^2 、 DT^3 与 DT^4 分别代表第一低分辨率子帧图像、第二低分辨率子帧图像、第三低分辨率子帧图像与第四低分辨率子帧图像的显示时间占空比。本实施方式中, 各个低分辨率子帧图像的显示时间相同, 故 $DT^1 = DT^2 = DT^3 = DT^4 = 1/4$, 在其他实施方式中, 各个低分辨率子帧图像的显示时间可以不同, 即 DT^1 、 DT^2 、 DT^3 与 DT^4 可以根据需要设置为不完全相等的比例数据。

$L_{i,j}^k * DT^k$ 代表第 k 个低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的低分辨率子帧像素的加权灰度值。

公式 1-4 只有在 $i=j=1$ 时才严格成立, 因为当 $i>1$ 或者 $j>1$ 时, $L_{i,j}^k$ ($k=2, 3, 4$) 所对应的低分辨率子帧像素会显示在与第一显示区域 p 相邻的其他待显示区域中, 因此需要考虑相邻的低分辨率子帧像素之间的影响, 上述公式 1-4 可一般性地表示为公式 5-8:

$$H_{2i-1, 2j-1} - L_{i,j-1}^2 DT^2 - L_{i-1, j-1}^3 DT^3 - L_{i-1, j}^4 DT^4 = L_{i,j}^1 DT^1 = K_{2i-1, 2j-1} \quad (\text{公式 5}),$$

$$H_{2i-1, 2j} - L_{i-1, j}^3 DT^3 - L_{i-1, j}^4 DT^4 = L_{i,j}^1 DT^1 + L_{i,j}^2 DT^2 = K_{2i-1, 2j} \quad (\text{公式 6}),$$

$$H_{2i, 2j-1} - L_{i-1, j}^2 DT^2 - L_{i, j-1}^3 DT^3 = L_{i,j}^1 DT^1 + L_{i,j}^4 DT^4 = K_{2i, 2j-1} \quad (\text{公式 7}),$$

$$H_{2i,2j} = L_{i,j}^1 DT^1 + L_{i,j}^2 DT^2 + L_{i,j}^3 DT^3 + L_{i,j}^4 DT^4 = K_{2i,2j} \quad (\text{公式 8}).$$

公式 1-8 的表示方式与多个低分辨率子帧的叠加方法密切相关,在采用其他的图像叠加/显示方式方法的基础上,公式 1-8 的表现形式会有所区别。

公式 5-8 中定义了与每个待显示像素一一对应的修正因子,记为 K ,通过修正因子取值范围的限定尽可能保证计算得到的每个低分辨率子帧像素的灰度值都在 0-1 的范围内。令 $L_{0,0} = L_{0,j} = L_{i,0} = 0$ ($0 \leq j < 2048$, $0 \leq j < 1080$),依次求解修正因子 $K_{2i-1,2j-1}$ 、 $K_{2i-1,2j}$ 、 $K_{2i,2j-1}$ 与 $K_{2i,2j}$,若 $K_{2i-1,2j-1}$ 、 $K_{2i-1,2j}$ 、 $K_{2i,2j-1}$ 或 $K_{2i,2j}$ 中的任意一个为 0,则令其值为 0,从而增大低分辨率子帧图像中的低分辨率子帧像素的灰度值 $L_{i,j} \geq 0$ 的几率。

根据每个待显示像素对应的修正因子 ($K_{2i-1,2j-1}$ 、 $K_{2i-1,2j}$ 、 $K_{2i,2j-1}$ 与 $K_{2i,2j}$) 的最小值,与第一低分辨率子帧图像的显示时间占空比 DT^1 ,计算得到每个待显示像素对应的第一低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i,j}^1$,进而有利于求解得到的 $L_{i,j}^2$ 、 $L_{i,j}^3$ 、 $L_{i,j}^4$ 均为非负数。

判断第一低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i,j}^1$ 是否大于 1,若是,则设置第一低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i,j}^1 = 1$ 。在此基础上依次求解 $L_{i,j}^2$ 、 $L_{i,j}^3$ 与 $L_{i,j}^4$,并判断每个低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i,j}$ 是否大于 1,若是,则设置每个低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i,j}$ 为 1。请参阅图 3A-3D,根据以上方法得到的多个低分辨率子帧图像中每个低分辨率子帧像素的像素灰度值均在 $[0, 1]$ 的物理限制内。

根据以上步骤求解出每个低分辨率子帧图像中的每个低分辨率子帧像素的像素灰度值,从而得到了每个低分辨率子帧图像的调制数据,调制数据由构成相应低分辨率子帧像素图像的全部低分辨率子帧像素的像素灰度值组成。

在图像显示的过程中,根据每个低分辨率子帧图像的调制数据,依序出射第一低分辨率子帧图像、第二低分辨率子帧图像、第三低分辨率子帧图像与第四低分辨率子帧图像至投影屏幕,或者依序出射第四低分辨率子帧图像、第三低分辨率子帧图像、第二低分辨率子帧图像与第一低分辨率子帧图像至投影屏幕。

在实际应用中,根据每个低分辨率子帧图像的调制数据,可以利用具有本征分辨率的光调制装置时序出射多个低分辨率子帧图像至投影屏幕。

请参阅图 4,显示设备 100 包括光源系统 101、光调制装置 102、光

路平移系统 103、投影光学系统 104 与投影屏幕 105。其中，光源系统 101 用于产生各种基色光，光调制装置 102 的本征分辨率为显示设备 100 的本征分辨率，光调制装置 102 用于根据每个低分辨率子帧图像的调制数据对基色光进行调制得到每个低分辨率子帧图像的图像光，光路平移系统 103 时序调节每个低分辨率子帧图像的图像光的传输方向，使得一帧待显示图像拆分得到的不同低分辨率子帧图像在投影屏幕 105 上的成像位置保持预设偏移量，预设偏移量为 $1/n$ 个低分辨率子帧像素，比如本实施方式中的 $1/2$ 个低分辨率子帧像素。投影光学系统 104 用于将光路平移系统 103 出射的具有二维灰度分布的光场映射到投影屏幕 105 上，投影光学系统 104 可以为投影镜头。

根据上述求解过程得到的每个低分辨率子帧图像的调制数据，利用光调制装置 102 对基色光进行调制，并得到不同低分辨率子帧图像的图像光。

在一种实施方式中，在图像拆分方法的步骤 S102 之前，将每帧待显示图像拆分为多个基色子帧图像，每个基色子帧图像包括像素分布的基色子帧像素，比如将每帧待显示图像拆分为红色、绿色与蓝色基色子帧图像。

根据由待显示图像获得的多个基色子帧图像，将每个基色子帧图像拆分为多个低分辨率子帧图像，每个基色子帧图像中的每个基色子帧像素与拆分得到的低分辨率子帧图像中的对应低分辨率像素显示在投影屏幕上的相同显示区域中。每个基色子帧图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像相互叠加得到对应基色子帧图像的重建图像。每个待显示图像中的每个待显示像素的像素灰度值等于多个基色子帧图像中对应基色子帧像素的基色灰度值的组合，比如，一个待显示像素的三基色灰度值为 50, 100, 150，则该待显示像素在红、绿、蓝基色子帧图像中的对应基色子帧像素的灰度值分别为 50、100、150。根据每个基色子帧图像中的每个基色子帧像素的基色灰度值计算得到多个低分辨率子帧图像中的每个低分辨率子帧像素的加权灰度值与灰度值（根据公式 5-8），从而得到每个基色子帧图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像的调制数据。

显示设备 100 中，光源系统 101 用于发出红绿蓝三种基色光，或其他颜色的基色光的组合，在每种基色光照射至光调制装置 102 的时段中，根据每种基色子帧图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像的调制数据，分别对同种基色光进行调制得到一种基色对应的多个低分辨率子帧图像。控制光调制装置 102 分时调制不同基色子帧图像对应的低分辨率子帧图像，即控制光调制装置 102 在一个时刻仅出射一个基色子帧图像拆

分得到的的一个低分辨率子帧图像。

利用光路平移系统 103 时序调节光调制装置 102 出射的图像光的传输方向，并引导不同低分辨率子帧图像的图像光投射到投影屏幕 105 上的不同位置。为表示清晰起见，图 4 中示出了两个低分辨率子帧图像分别对应的两束图像光 Ray1 与 Ray2 在投影屏幕 105 上照射至不同的成像位置，本实施方式中另外的两个低分辨率子帧图像对应的图像光在图中未做表示。

为了实现一帧待显示图像对应的多个低分辨率子帧图像在投影屏幕 105 上成像位置相互偏移，可以使用多个显示设备同时显示，每个显示设备用于出射一帧待显示图像对应的一个低分辨率子帧图像，也可以在同一个显示设备中装配多个光调制装置同时显示。本实施方式中，光调制装置 102 时序出射一帧待显示图像对应的多个低分辨率子帧图像，即采用时间分割的方式使用同一个光调制装置 102 在一帧待显示图像的显示周期中时序显示多个低分辨率子帧图像。从成本上来讲，使用同一个光调制装置 102 进行时序显示较有优势，因为将图像像素整体平移在光学上存在成本较低的方法。这些方法大致上可以分为机械式、双折射式和混合式。

机械式多采用调整透明平板相对于图像光的偏转角的方式实现，由于透明平板（多采用玻璃材料）的折射率不同于空气，光线经过透明平板时会发生多次折射而使得图像光出射点位置相对于入射点有一定偏移，偏移量与平板的折射率和偏转角度有关。双折射式多结合偏振光进行控制，当图像光入射到晶轴沿某个特定取向的双折射材料时，不同偏振态的光从双折射材料的出射点会发生偏移。从而可以通过时序控制入射到双折射材料的偏振光的偏振方向而实现对出射光的位置的控制，因此此类元件中多有电控偏振转换元件，电控偏振转换元件可以是非线性光学晶体或者液晶。混合式则利用旋转含有不同折射率的透明平板，使得不同低分辨率子帧图像的图像光照射至不同折射率的透明平板上，使得不同低分辨率子帧图像在投影屏幕 105 的成像位置不同。

在一种实施方式中，光调制装置 102 设置于显示设备 100 内部的预设成像面上，预设成像面上包括第一位置与第二位置，在每帧待显示图像的显示周期中，控制光调制装置 102 处于第一位置或第二位置，以及控制光调制装置 102 在第一位置与第二位置上均至少调制得到至少一低分辨率子帧图像。在其他实施方式中，还可以控制光调制装置 102 在预设成像面上的多于两个的不同位置上分别出射至少一低分辨率子帧图像的图像光。利用时序控制光调制装置 102 所处位置的方式实现不同低

分辨率子帧图像成像的位置不同的实施方式中，可以配合光路平移系统 103，也可以省略光路平移系统 103。

请参阅图 5A-图 5C，从图中可以看出，利用本实施方式中的图像拆分方法与图像显示方法得到的重建图像与原图区别较小，本发明中的基于光通量守恒原则计算得到的低分辨率子帧图像的调制数据的方法可以较好地重现高分辨率的待显示图像，并且可以有效避免图像拆分再重组过程中产生的高频滤波现象。

从技术上来讲，利用存在 $1/n$ （其中 $n>1$ ）个低分辨率子帧像素偏移的多个低分辨率子帧图像叠加得到重建图像，使得重建图像的分辨率可以显著提高。从成本上讲，在原显示设备的基础上只需加入低成本的光路平移系统 103 就能显著提高出射图像的分辨率，因此这种方案具有较好的投入产出比。

可以理解的是，在实际应用中，可以将每帧待显示图像拆分为其他数量的多个低分辨率子帧图像，多个低分辨率子帧图像在投影屏幕上的成像位置可以相互偏移 $1/2$ 以外的非整数个低分辨率子帧像素。

需要说明的上，上述步骤标号 S101 与 S102 用于区分各个步骤并使得引用简便，步骤标号 S101 与 S102 不用于限定步骤实施的先后顺序。

第二实施方式

本实施方式中提供的图像显示方法与第一实施方式中提供的图像显示方法主要区别在于，将“任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在行方向及/或列方向偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧像素， $n>1$ 。”替换为“任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在所述行方向及列方向偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧像素， $n>1$ 。”。

相应地，在一种实施方式中，在图像拆分方法中的步骤 S102 具体是将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的两个低分辨率子帧图像，分别为第一低分辨率子帧图像与第二低分辨率子帧图像。第一低分辨率子帧图像包括像素分布的多个第一低分辨率子帧像素，第二低分辨率子帧图像包括像素分布的多个第二低分辨率子帧像素。

请参阅图 6A-图 6B，由于第二分辨率为第一分辨率的 2 倍，故每个第一/第二低分辨率子帧像素对应四个“田”形分布的相邻待显示像素。第二低分辨率子帧图像相对于第一低分辨率子帧图像沿低分辨率子帧像素的对角线方向偏移非整数个低分辨率子帧像素。在本实施方式中，控制每帧待显示图像拆分得到的两个低分辨率子帧图像的成像位置在所述行方向与列方向均偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧像素， $n>1$ ，即第二低

分辨率子帧图像相对于第一低分辨率子帧图像沿低分辨率子帧像素的对角线方向偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧像素。在本实施方式中, $n=2$, 在其他实施方式中, 可控制每帧待显示像素拆分得到的多个低分辨率子帧图像的成像位置在行方向与列方向均偏移 $1/2$ 以外的其他非整数个低分辨率子帧像素, 即第二低分辨率子帧图像相对于第一低分辨率子帧图像沿低分辨率子帧像素的对角线方向偏移 $1/2$ 以外的其他非整数个低分辨率子帧像素。在一种实施方式中, 第二低分辨率子帧图像的成像位置相对于第一低分辨率子帧在行方向与列方向偏移的低分辨率子帧像素的数量不等, 即第二低分辨率子帧图像沿第一低分辨率子帧图像的非对角线方向偏移。

根据光通量守恒原则, 根据每个待显示像素的像素灰度值计算得到两个低分辨率子帧图像中的对应第一低分辨率子帧像素的加权灰度值与对应第二低分辨率子帧像素的加权灰度值之和。每个低分辨率子帧像素的加权灰度值等于其所属低分辨率子帧图像的显示时间占空比 DT 与该低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{m,n}$ 的乘积。

具体地, 每个待显示像素的灰度值与对应低分辨率子帧像素的关系满足公式 9-10:

$$H_{2i-1, 2j-1} = L_{i,j}^1 DT^1 \quad (\text{公式 9}),$$

$$H_{2i, 2j} = L_{i,j}^1 DT^1 + L_{i,j}^2 DT^2 \quad (\text{公式 10}).$$

其中, $L_{i,j}^k$ 代表第 k 个低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的低分辨率子帧像素的灰度值。具体地, $L_{i,j}^1$ 代表第一低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的第一低分辨率子帧像素的灰度值, $L_{i,j}^2$ 代表第二低分辨率子帧图像中地址为 (i, j) 的第二低分辨率子帧像素的灰度值。

DT^k 代表第 k 个低分辨率子帧图像的显示时间占空比。具体地, DT^1 与 DT^2 分别代表第一低分辨率子帧图像与第二低分辨率子帧图像的显示时间占空比。本实施方式中, 两个低分辨率子帧图像的显示时间相同, 故 $DT^1 = DT^2 = 1/2$, 可以理解的是, 在其他实施方式中, 多个低分辨率子帧图像的显示时间可以不同, 即不同低分辨率子帧图像的显示时间占空比可以不同。

公式 9-10 只有在 $i=j=1$ 时才严格成立, 因为当 $i>1$ 或者 $j>1$ 时, $L_{i,j}^k$ ($k=2$) 所对应的低分辨率子帧像素会显示在第一显示区域 p 的相邻的显示区域中, 因此需要考虑相邻的低分辨率子帧像素之间的影响, 公式 9-10 可一般性地表示为公式 11-12,

$$H_{2i-1, 2j-1} - L_{i-1, j-1}^2 DT^2 = L_{i, j}^1 DT^1 = K_{2i-1, 2j-1} \quad (\text{公式 11}),$$

$$H_{2i, 2j} = L_{i, j}^1 DT^1 + L_{i, j}^2 DT^2 = K_{2i, 2j} \quad (\text{公式 12}).$$

公式 11 与公式 12 中定义了与待显示像素一一对应的修正因子，记为 K ，令 $L_{0,0} = L_{0,j} = L_{i,0} = 0$ ($0 \leq j < 2048$, $0 \leq j < 1080$)，依次求解修正因子 $K_{2i-1, 2j-1}$ 与 $K_{2i, 2j}$ 。根据求解得到的 $K_{2i-1, 2j-1}$ 与 $K_{2i, 2j}$ 与公式 11-12 即可计算得到低分辨率子帧图像中的每个低分辨率像素的灰度值。

通过修正因子取值范围的限定尽可能保证计算得到的每个低分辨率子帧像素的灰度值都在 0-1 的范围内，从而有利于提高图像重建的品质。对 $L_{i, j}$ 进行限幅，具体地，判断至少一修正因子是否小于 0，若是，则设置小于 0 的修正因子为 0。具体地，若 $K_{2i-1, 2j-1}$ 或 $K_{2i, 2j}$ 中的任意一个小于 0，则令其值为 0，从而增大低分辨率子帧图像中的低分辨率子帧像素的灰度值 $L_{i, j} \geq 0$ 的几率。在一种实施方式中，仅判断 $K_{2i-1, 2j-1}$ 是否小于 0，若是，则设置其为 0。

在一种实施方式中，根据每个待显示像素对应的修正因子 ($K_{2i-1, 2j-1}$ 与 $K_{2i, 2j}$) 的最小值，与第一低分辨率子帧图像的显示时间占空比 DT^1 ，计算得到每个待显示像素对应的第一低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i, j}^1$ ，进而有利于求解得到的 $L_{i, j}^2$ 为非负数。

在一种实施方式中，可以判断第一低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i, j}^1$ 是否大于 1，若是，则设置第一低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i, j}^1 = 1$ 。在此基础上根据公式 12 求解 $L_{i, j}^2$ ，并判断第二低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i, j}^2$ 是否大于 1，若是，则设置第二低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i, j}^2 = 1$ 。

请参阅图 7A-图 7D，根据上述灰度值的求解方法得到如图 7A 与图 7B 所示的两个低分辨率子帧图像，将图 7A 与图 7B 沿对角线方向偏移后进行叠加，得到图如 7C 所示的重建图像，从图 7D 可以看出，重建图像与原图在对角线两侧具有明显缺陷，上述缺陷存在的原因在于，前述求解的过程中只考虑了待显示图像中处在对角线位置(像素地址为 (i, j))的待显示像素， $H_{2i-1, 2j}$ 和 $H_{2i, 2j-1}$ 所对应的待显示像素实际上也是两个低分辨率子帧像素合成，如果低分辨率子帧像素值选择不合适，就会产生重组的待显示像素点之间很大的不连续性，导致图像缺陷，为近一步解决图像缺陷的问题，需要考虑待显示图像中的非对角线位置的高分辨率像素点的灰度值。

具体地, 根据公式 11-12 以及下述公式 13-14, 利用对角线位置与非对角线位置的待显示像素的灰度值计算得到对应低分辨率子帧像素的灰度值,

$$H_{2i-1, 2j} - L_{i-1, j}^2 DT^2 = L_{i, j}^1 DT^1 = K_{2i-1, 2j} \quad (\text{公式 13}),$$

$$H_{2i, 2j-1} - L_{i, j-1}^2 DT^2 = L_{i, j}^1 DT^1 = K_{2i, 2j-1} \quad (\text{公式 14}).$$

根据公式 11-14, 即根据对角线位置与非对角线位置上的待显示像素分别对应的修正因子 $K_{2i-1, 2j-1}$ 、 $K_{2i-1, 2j}$ 、 $K_{2i, 2j-1}$, 具体地利用处于对角线位置与非对角线位置的待显示像素对应的修正因子 $K_{2i-1, 2j-1}$ 、 $K_{2i-1, 2j}$ 、 $K_{2i, 2j-1}$ 的平均值, 与第一低分辨率子帧图像的显示时间占空比 DT^1 , 计算得到每个待显示像素的对应第一低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i, j}^1$ 。采用对角线位置与非对角线位置上的待显示像素分别对应修正因子 $K_{2i-1, 2j-1}$ 、 $K_{2i-1, 2j}$ 、 $K_{2i, 2j-1}$ 的平均值计算得到第一低分辨率子帧像素的像素灰度值 $L_{i, j}^1$ 的过程中, 考虑到非对角线位置的低分辨率子帧像素对相邻显示区域的影响, 从而有利于避免产生重建图像中的高分辨率待显示像素的灰度值之间不连续性的图像缺陷。可以理解的是, 在求解 $L_{i, j}^1$ 与 $L_{i, j}^2$ 的过程中, 可以对 $L_{i, j}^1$ 与 $L_{i, j}^2$ 采用本实施方式提到的方法进行限幅, 使得 $L_{i, j}^1$ 与 $L_{i, j}^2$ 均在 $[0, 1]$ 范围内。

根据以上步骤求解出两个低分辨率子帧图像中的每个低分辨率子帧像素的像素灰度值, 从而得到了每个低分辨率子帧图像的调制数据, 调制数据由构成相应低分辨率子帧像素图像的全部低分辨率子帧像素的像素灰度值组成。

本实施方式中的显示设备的结构与第一实施方式中的显示设备 100 相同, 并如图 4 所示。本实施方式中, 在每帧待显示图像的显示周期中, 时序控制光路平移系统 103 用于将光调制装置 102 出射的两个不同低分辨率子帧图像对应的图像光引导照射至投影屏幕 105 上的不同位置, 光路平移系统 103 的具体实现方式与第一实施方式相同, 在这里不做赘述。

请参阅图 8A-图 8E, 从图 8E 中可以看出采用本实施方式中利用对角线位置与非对角线位置的待显示像素的灰度值获得的的重建图像与原图差距较小, 本发明中的基于光通量守恒原则计算得到的低分辨率子帧图像的调制数据的方法可以较好地重现高分辨率的待显示图像, 并且可以有效避免图像拆分再重组过程中产生的高频滤波现象, 重建效果较好, 重建图像中相邻高分辨率像素的灰度值连续性较佳。

需要说明的是，在本发明的精神或基本特征的范围内，适用于不同实施方式中的各具体方案也可以相互适用，为节省篇幅及避免重复起见，在此就不再赘述。

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. 一种图像拆分方法，应用于显示设备中，所述显示设备在投影屏幕上形成投影画面，其特征在于，所述图像拆分方法包括以下步骤：

获得待显示图像，所述待显示图像包括像素分布的多个待显示像素，所述待显示图像的分辨率为第一分辨率；

将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，所述第二分辨率小于所述第一分辨率，所述多个低分辨率子帧图像均包括像素分布的多个低分辨率子帧像素，根据每个待显示像素的像素灰度值以及所述多个低分辨率子帧图像的显示时间占空比，计算得到每个低分辨率子帧图像中任一低分辨率子帧像素的像素灰度值，从而得到每个低分辨率子帧图像的调制数据。

2. 如权利要求1所述的图像拆分方法，其特征在于，所述待显示图像中的每个待显示像素与多个低分辨率子帧图像中的对应低分辨率子帧像素显示在所述投影屏幕上的相同显示区域中；

所述计算得到每个低分辨率子帧图像中任一低分辨率子帧像素的像素灰度值，包括：

根据每个待显示像素的像素灰度值求解得到对应低分辨率子帧像素的加权灰度值，利用所述对应低分辨率子帧像素的加权灰度值，以及所述对应低分辨率子帧像素所属低分辨率子帧图像的显示时间占空比，计算得到所述对应低分辨率子帧像素的像素灰度值。

3. 如权利要求2所述的图像拆分方法，其特征在于，所述根据每个待显示像素的像素灰度值求解得到对应低分辨率子帧像素的加权灰度值，包括：

每个待显示像素的像素灰度值等于所述多个低分辨率子帧图像中的对应低分辨率子帧像素的加权灰度值之和。

4. 如权利要求2所述的图像拆分方法，其特征在于，

所述根据每个待显示像素的像素灰度值求解得到对应低分辨率子帧像素的加权灰度值，包括：

判断与至少一低分辨率子帧像素的加权灰度值有关的修正因子是否小于0，若是，则设置所述修正因子为0。

5. 如权利要求4所述的图像拆分方法，其特征在于，所述计算得到所述对应低分辨率子帧像素的像素灰度值，包括：

判断每个低分辨率子帧像素的像素灰度值是否大于1，若是，则设置所述每个低分辨率子帧像素的像素灰度值为1。

6. 如权利要求 5 所述的图像拆分方法，其特征在于，所述计算得到所述对应低分辨率子帧像素的像素灰度值，包括：

根据多个修正因子的最小值或平均值，与一个低分辨率子帧图像的显示时间占空比，计算得到所述一个低分辨率子帧图像中的所述对应低分辨率子帧像素的像素灰度值。

7. 如权利要求 1-6 中任意一项所述的图像拆分方法，其特征在于，所述第一分辨率为所述第二分辨率的二倍，

所述将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，具体为：

将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的两个或四个低分辨率子帧图像。

8. 如权利要求 1-6 任意一项所述的图像拆分方法，其特征在于，

所述将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像之前，包括：

将每帧待显示图像拆分为多个基色子帧图像，每个基色子帧图像包括像素分布的基色子帧像素；

所述将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，包括：

根据由待显示图像获得的多个基色子帧图像，将每个基色子帧图像拆分为多个低分辨率子帧图像，每个基色子帧图像中每个基色子帧像素与拆分得到的低分辨率子帧图像中的对应低分辨率像素显示在所述投影屏幕上的相同显示区域中；

所述计算得到每个低分辨率子帧图像中任一低分辨率子帧像素的像素灰度值，包括：

根据每个待显示图像中的每个待显示像素的像素灰度值得到所述多个基色子帧图像中每个基色子帧像素的基色灰度值，以及所述每个基色子帧像素的对应低分辨率子帧像素的加权灰度值。

9. 一种图像显示方法，其特征在于，包括如权利要求 1-8 任意一项所述的图像拆分方法的步骤，在所述得到每个低分辨率子帧图像的调制数据之后，所述图像显示方法还包括以下步骤：

在每帧待显示图像的显示周期中，根据每个低分辨率子帧图像的调制数据时序出射所述多个低分辨率子帧图像的图像光至所述投影屏幕，控制所述多个低分辨率子帧图像的行方向相互平行，以及控制任意一帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像中，任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在所述行方向及/或列方向偏移 $1/n$ 个低分辨率子帧

像素, $n > 1$ 。

10. 如权利要求 9 所述的图像显示方法, 其特征在于, 所述根据每个低分辨率子帧图像的调制数据时序出射所述多个低分辨率子帧图像的图像光至所述投影屏幕, 包括:

根据每个低分辨率子帧图像的调制数据, 利用光调制装置对基色光进行调制, 并得到不同低分辨率子帧图像的图像光;

利用光路平移系统时序调节所述光调制装置出射的图像光的传输方向, 并引导所述任意一帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像的图像光投射到所述投影屏幕上的不同位置。

11. 如权利要求 10 所述图像显示方法, 其特征在于, 所述光调制装置设置于所述显示设备内部的预设成像面上, 所述预设成像面上包括第一位置与第二位置,

所述根据每个低分辨率子帧图像的调制数据, 利用光调制装置对基色光进行调制, 并得到不同低分辨率子帧图像的图像光, 包括:

在每帧待显示图像的显示周期中, 控制所述光调制装置处于所述第一位置或所述第二位置, 以及控制所述光调制装置在所述第一位置与所述第二位置上均至少调制得到至少一低分辨率子帧图像。

12. 一种图像显示方法, 其特征在于, 包括如权利要求 1-6 或 8 中任意一项所述的图像拆分方法的步骤,

所述第一分辨率为所述第二分辨率的二倍,

所述将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像, 具体为:

将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的四个低分辨率子帧图像;

在所述得到每个低分辨率子帧图像的调制数据之后, 所述图像显示方法还包括以下步骤:

在每帧待显示图像的显示周期中, 根据每个低分辨率子帧图像的调制数据时序出射所述多个低分辨率子帧图像的图像光至所述投影屏幕, 控制所述多个低分辨率子帧图像的行方向相互平行, 以及控制任意一帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像中, 任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在所述行方向及/或列方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素。

13. 一种图像显示方法, 其特征在于, 包括如权利要求 1-6 或 8 中任意一项所述的图像拆分方法的步骤,

所述第一分辨率为所述第二分辨率的二倍,

所述将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的多个低分辨率子帧图像，具体为：

将每帧待显示图像拆分为具有第二分辨率的两个低分辨率子帧图像；

在所述得到每个低分辨率子帧图像的调制数据之后，所述图像显示方法还包括以下步骤：

在每帧待显示图像的显示周期中，根据每个低分辨率子帧图像的调制数据时序出射所述个低两分辨率子帧图像的图像光至所述投影屏幕，控制所述两个低分辨率子帧图像的行方向相互平行，以及控制任意一帧待显示图像拆分得到的多个低分辨率子帧图像中，任意两个低分辨率子帧图像的成像位置在所述行方向及列方向偏移 $1/2$ 个低分辨率子帧像素。

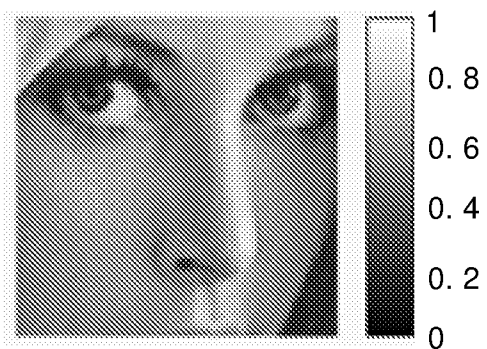


图 1A

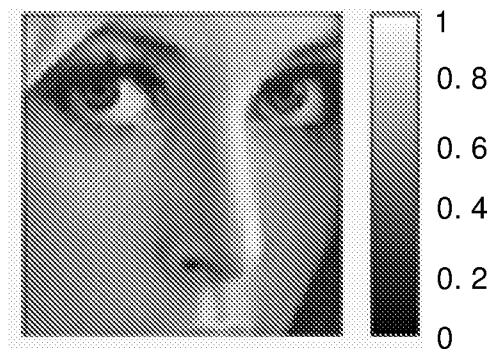


图 1B

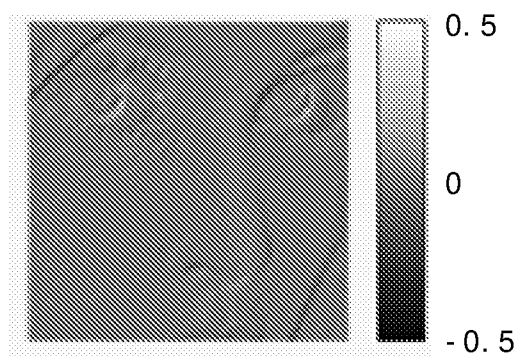


图 1C

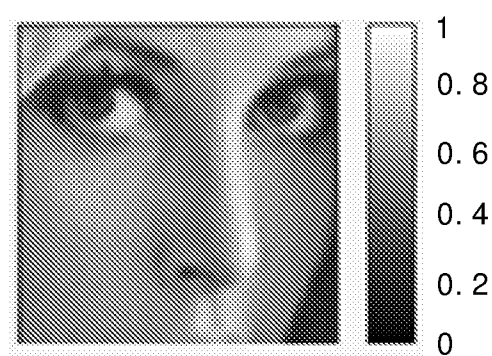


图 1D

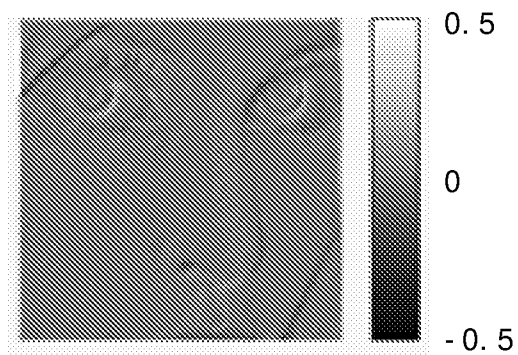


图 1E

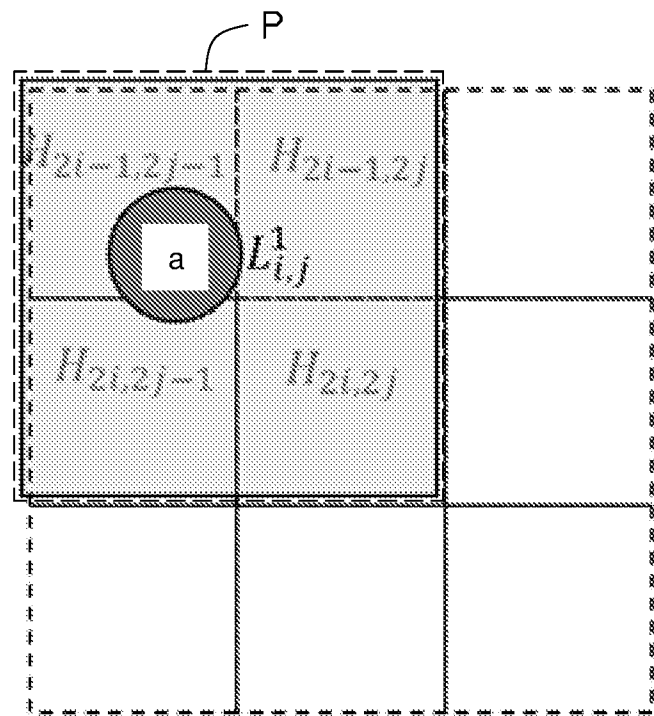


图 2A

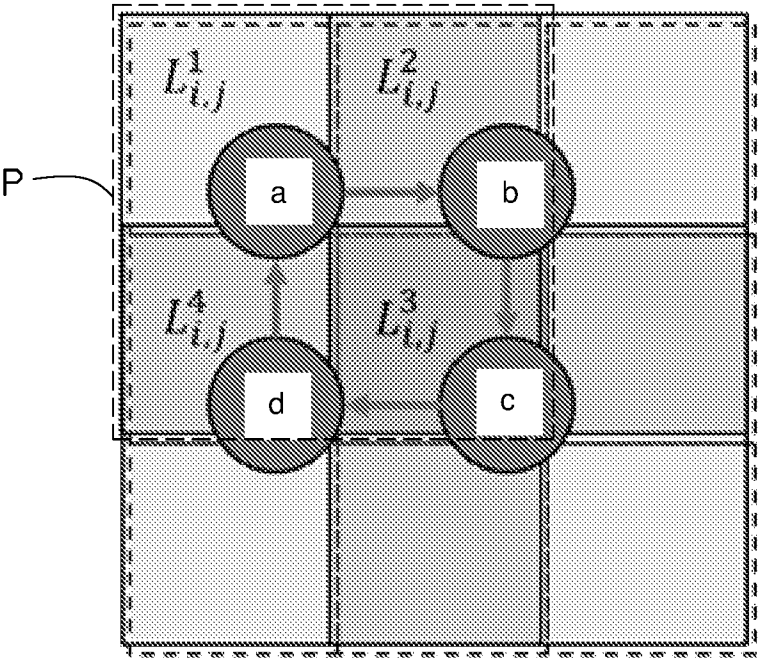


图 2B

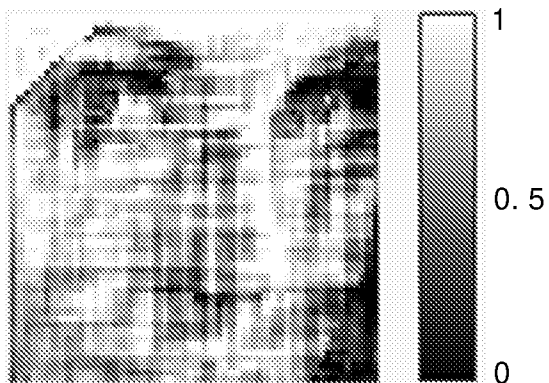


图 3A

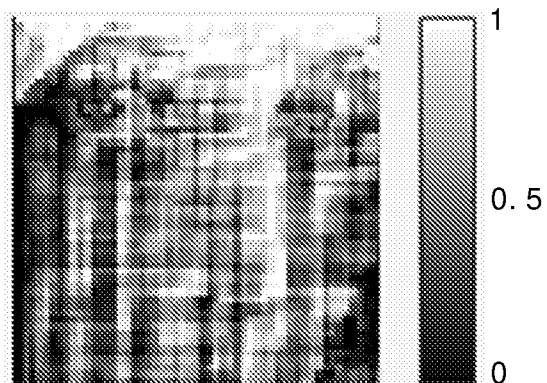


图 3B

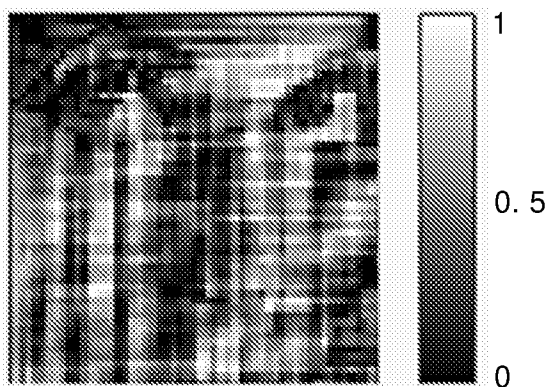


图 3C

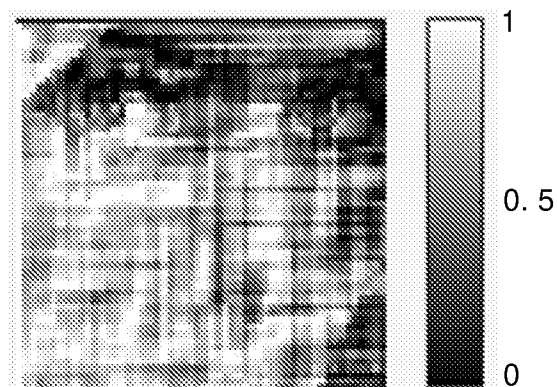


图 3D

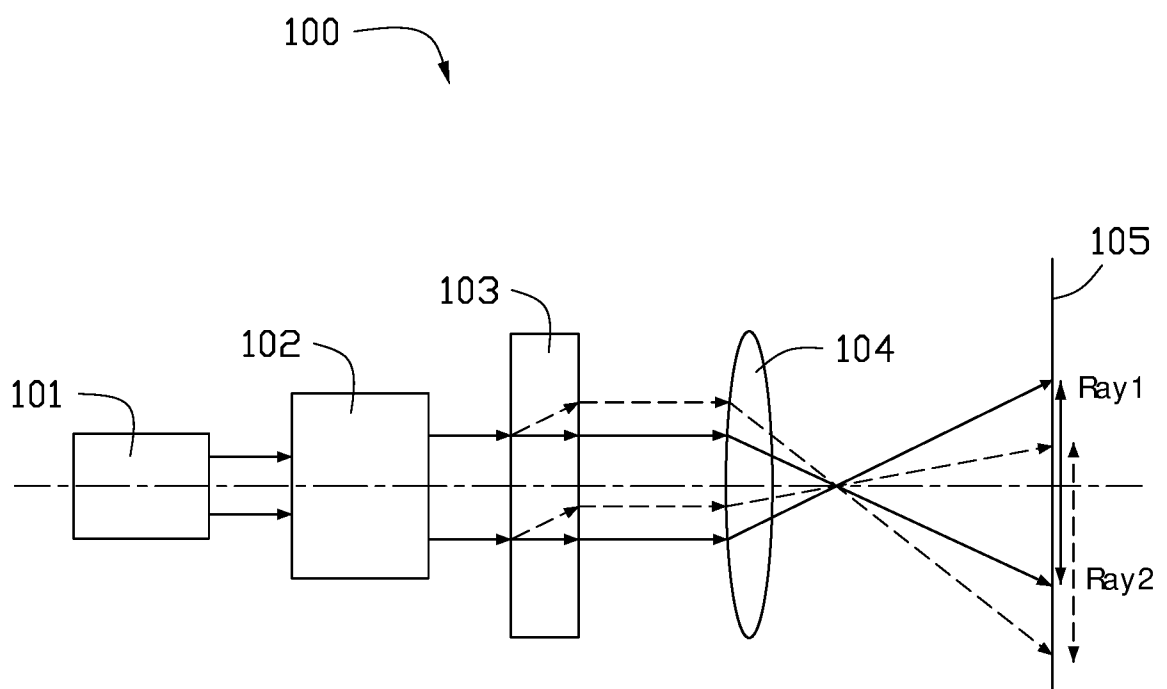


图 4

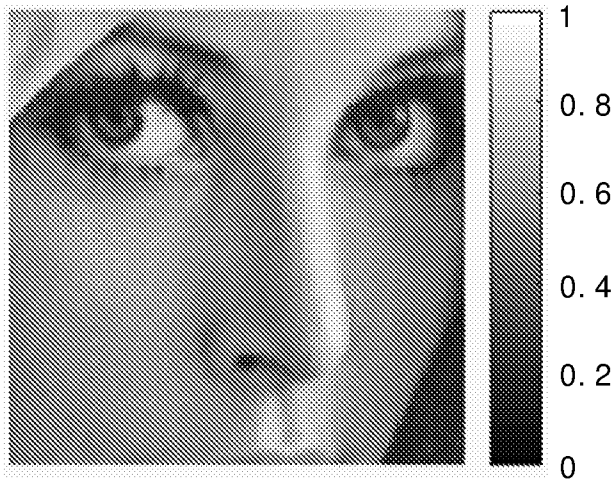


图 5A



图 5B

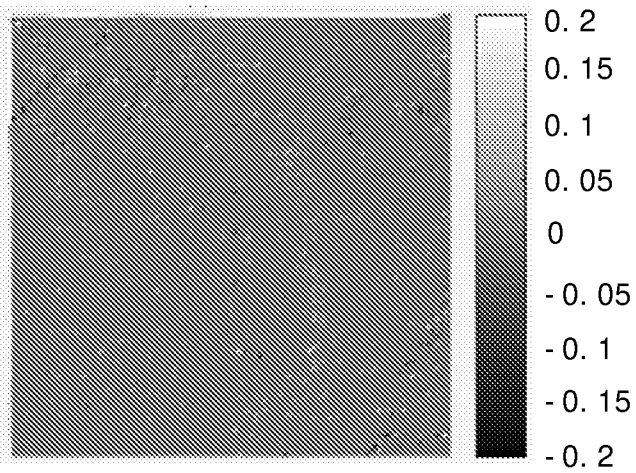


图 5C

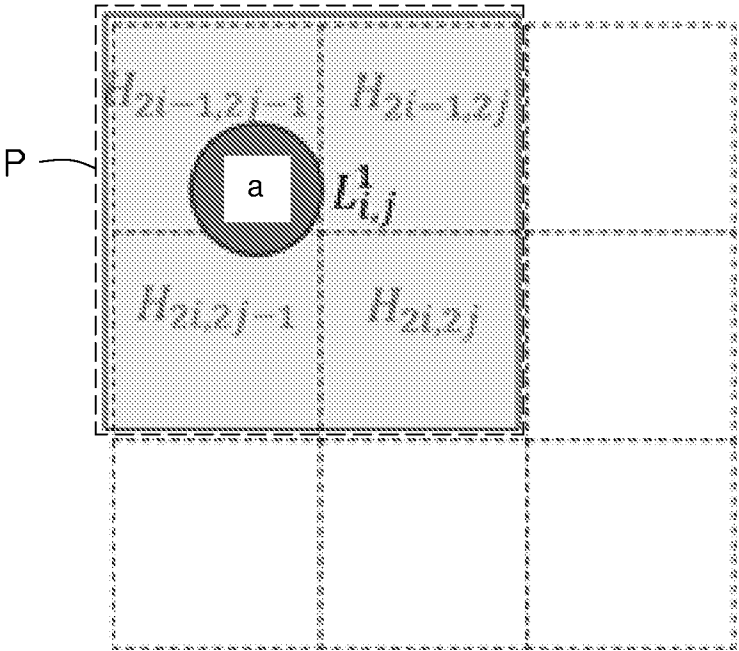


图 6A

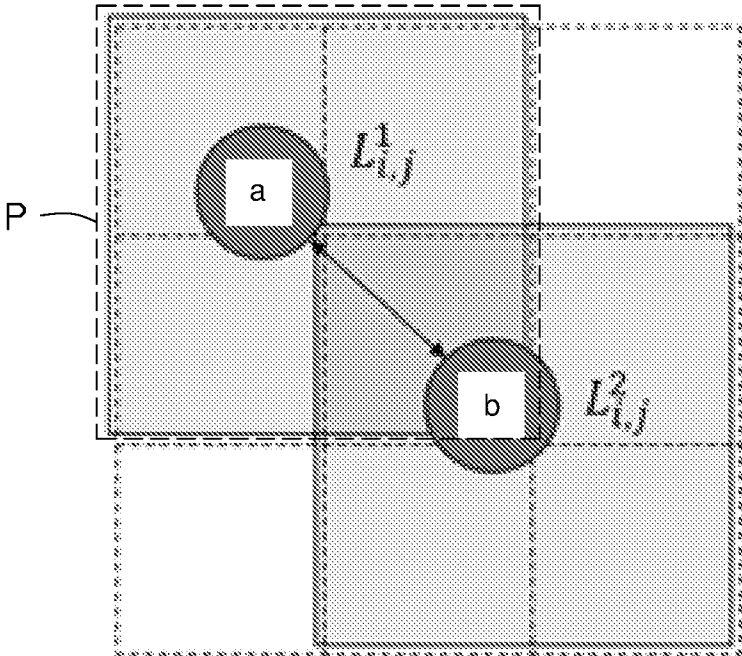


图 6B

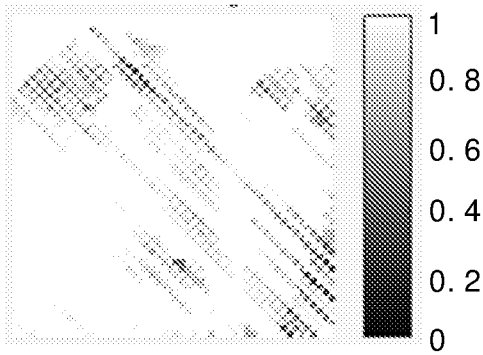


图 7A

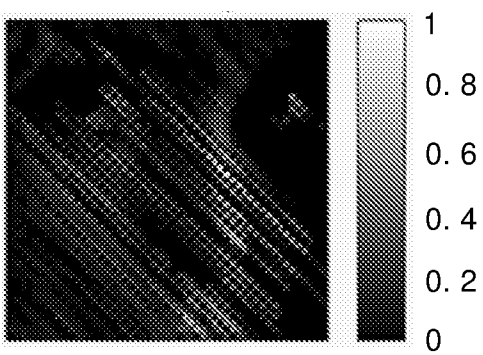


图 7B

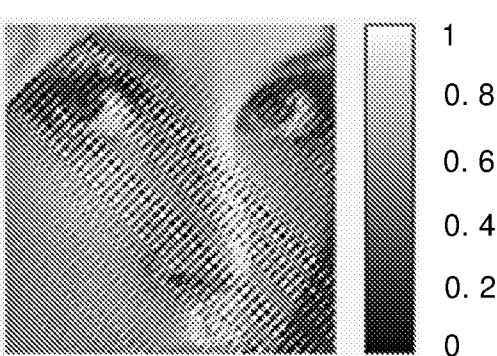


图 7C

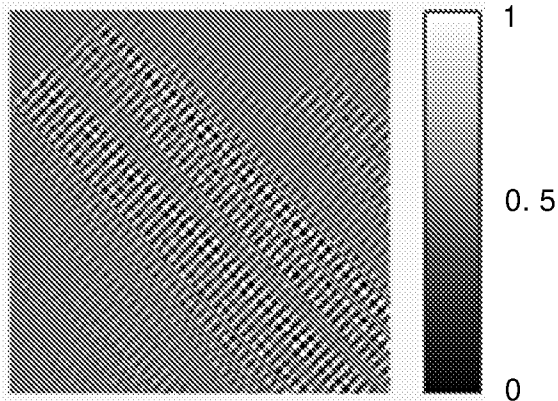


图 7D

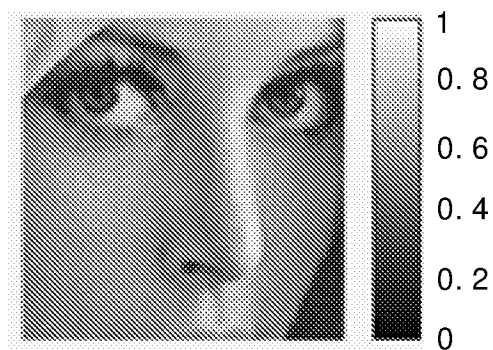


图 8A

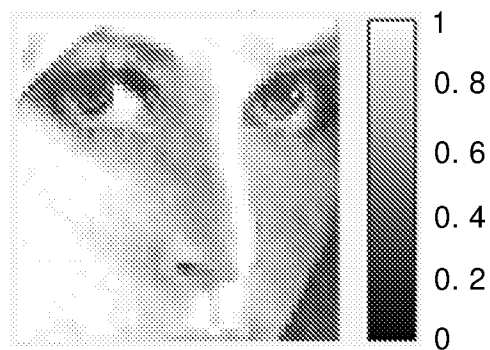


图 8B

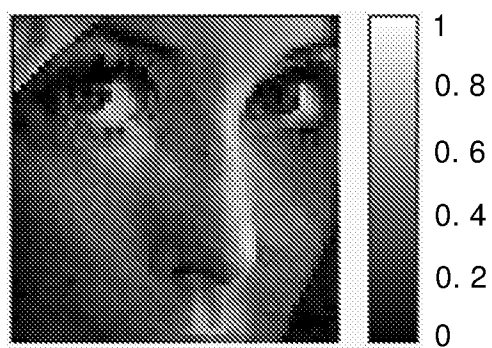


图 8C

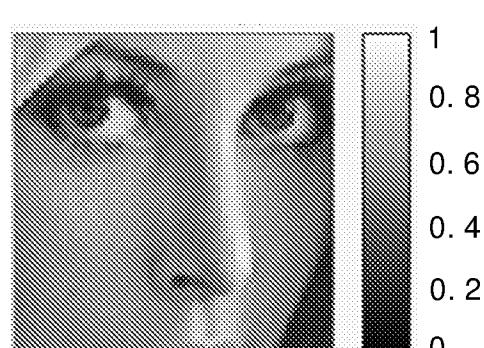


图 8D

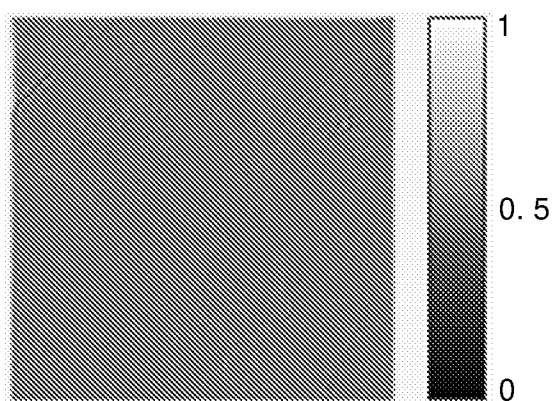


图 8E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/086237

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, CNKI, VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT: 图像, 画面, 帧, 投影, 显示, 分辨率, 高, 低, 第一, 第二, 子帧, 子图像, 拆分, 分割, 生成, 获取, 获得, 计算, 重建, 再现, 恢复, 光阀, 像素, 灰度, 灰阶, 占空比, 周期, 时间, 频率, image, picture, frame, projector, projection, display, resolution, high, low, first, second, sub, divide, split, generate, obtain, calculate, reconstruct, reproduction, recover, pixel, gray, grey, duty ratio, duty cycle, cycle, period, time, frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106507075 A (HISENSE GROUP CO., LTD.) 15 March 2017 (2017-03-15) entire document	1-13
A	CN 101217625 A (TSINGHUA UNIVERSITY et al.) 09 July 2008 (2008-07-09) entire document	1-13
A	US 2005093894 A1 (HEWLETT-PACKARD DEVELOPMENT CO., LTD.) 05 May 2005 (2005-05-05) entire document	1-13

☐ 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

14 July 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/CN2020/086237

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106507075	A	15 March 2017	US	10205923	B2	12 February 2019
				US	2017187998	A1	29 June 2017
CN	101217625	A	09 July 2008	CN	101217625	B	28 July 2010
US	2005093894	A1	05 May 2005	WO	2005043500	A3	09 September 2005
				JP	2007510186	A	19 April 2007
				WO	2005043500	A2	12 May 2005
				EP	1678678	A2	12 July 2006

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/086237

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, CNKI, VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT: 图像, 画面, 帧, 投影, 显示, 分辨率, 高, 低, 第一, 第二, 子帧, 子图像, 拆分, 分割, 生成, 获取, 获得, 计算, 重建, 再现, 恢复, 光阀, 像素, 灰度, 灰阶, 占空比, 周期, 时间, 频率, image, picture, frame, projector, projection, display, resolution, high, low, first, second, sub, divide, split, generate, obtain, calculate, reconstruct, reproduction, recover, pixel, gray, grey, duty ratio, duty cycle, cycle, period, time, frequency

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

A

CN 106507075 A (海信集团有限公司) 2017年 3月 15日 (2017 - 03 - 15)
全文

1-13

A

CN 101217625 A (清华大学等) 2008年 7月 9日 (2008 - 07 - 09)
全文

1-13

A

US 2005093894 A1 (惠普开发有限公司) 2005年 5月 5日 (2005 - 05 - 05)
全文

1-13

☐ 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 7月 14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

张玮

电话号码 010-62411445

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/086237

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	106507075	A	2017年 3月 15日	US	10205923	B2	2019年 2月 12日
				US	2017187998	A1	2017年 6月 29日
CN	101217625	A	2008年 7月 9日	CN	101217625	B	2010年 7月 28日
US	2005093894	A1	2005年 5月 5日	WO	2005043500	A3	2005年 9月 9日
				JP	2007510186	A	2007年 4月 19日
				WO	2005043500	A2	2005年 5月 12日
				EP	1678678	A2	2006年 7月 12日