

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B41J 2/165

G06K 15/10

G06F 17/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410092230.1

[43] 公开日 2005 年 5 月 11 日

[11] 公开号 CN 1613650A

[22] 申请日 2004.11.5

[21] 申请号 200410092230.1

[30] 优先权

[32] 2003.11.5 [33] EP [31] 03078482.1

[71] 申请人 奥西-技术有限公司

地址 荷兰马文洛

[72] 发明人 J·C·G·维斯特詹斯 H·发肯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

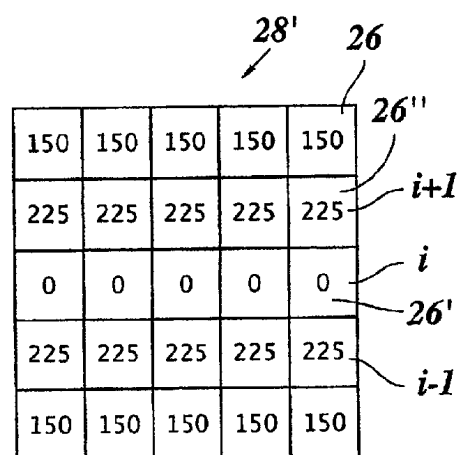
代理人 温大鹏

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称 在打印机中掩饰故障打印元件的方法

[57] 摘要

一种在打印机中掩饰故障打印元件的方法，打印机具有一个打印头，其具有多个打印元件且能打印二进制像素图像，其中图像的每个像素(26)被分配到一个即将打印的打印元件上，被分配到故障打印元件上的像素(26')的图像信息被转移到相邻的像素位置上，在此可用非故障的打印元件打印，该方法包括的步骤有：(a)通过一个多级像素矩阵(28')表现要打印的图像信息，其中每个像素(26)的灰度值表示为一个数；(b)将分配到故障打印元件的像素(26')的灰度值转移到像素矩阵中相邻的像素(26'')；(c)将像素矩阵(28')转变成要打印的位图。



1、一种在打印机中掩饰故障打印元件(22)的方法,打印机具有一个打印头(20),其具有多个打印元件(22)且能打印二进制像素图像(32、36、36'),其中图像的每个像素(26)被分配到一个即将打印的打印元件(22)上,被分配到故障打印元件上的像素(26';48)的图像信息被转移到相邻的像素位置(38;48')上,在此可用非故障的打印元件打印,其特征在于,包括的步骤有:

(a)通过一个多级像素矩阵(28,28';42,44;50)表现要打印的图像信息,其中每个像素(26)的灰度值表示为一个数;

10 (b)将分配到故障打印元件的像素(26';48)的灰度值转移到像素矩阵(28';44;50)中相邻的像素(26'';48');

(c)将像素矩阵(28';44;50)转变成要打印的位图(34';46)。

2、如权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤(b)包括这样一个步骤,即,将分配到故障打印元件上的像素行(i)中像素(26';48)的灰度值转移到相邻像素行(i+1,i-1)中的像素(26'')。

3、如权利要求1或2所述的方法,针对一像素行(i)的像素可采用不止一个打印元件打印的打印模式,其特征在于,步骤(b)包括这样一个步骤,即,将分配到故障打印元件的像素(48)的灰度值转移到相邻的像素(48')。

20 4、如权利要求3所述的方法,其特征在于,步骤(b)包括将分配到故障打印元件的像素转移到同一像素行(i)中相邻的像素(48')。

5、如前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,转移步骤(b)包括这样一个步骤,即,根据预定的权重因数将分配到故障打印元件的每个像素(26')的灰度值分配到多个相邻的像素(26'')。

25 6、如权利要求5所述的方法,其特征在于,权重因数是根据包括像素(26')的图像区域的图像信息内容而确定的,像素的灰度值被予以分配。

7、如前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,步骤(c)包括一个抖动步骤。

30 8、如权利要求1-7中之一所述的方法,其特征在于,步骤(c)包括一个误差扩散步骤。

9、如权利要求8所述的方法,其特征在于,误差扩散是根据这样

一种方案执行的，即，其防止分配到故障打印元件上的像素（26'；48）接收需要打印的比特。

10、一种能打印二进制像素图像的打印机，其特征在于，具有一个执行如权利要求1-9中之一所述方法的处理单元（24）。

- 5 11、一种计算机程序，包括制造一个处理单元（24）的计算机程序代码，处理单元（24）形成打印机的一部分或可与打印机连接，该计算机程序执行如权利要求1-9之一所述的方法。

在打印机中掩饰故障打印元件的方法

技术领域

5 本发明涉及一种在打印机中掩饰故障打印元件的方法，该打印机具有一个带有许多打印元件的打印头，并且能够打印二进制像素图像，其中图像的每个像素都分配给一个打印元件打印，并且其中一个分配给有故障的打印元件打印的像素图像信息被转移到附近像素的位置，在此可以由一个没有故障的打印元件打印。本发明还涉及一种打
10 印机和一种执行该方法的计算机程序。

背景技术

例如，本发明可适用于一种喷墨打印机，该打印机的打印头包括多个作为打印元件的喷嘴。通常，喷嘴按直线排列，并平行于记录介质如纸张通过打印机的方向（副扫描方向）延伸，打印头在垂直于副
15 扫描的方向（主扫描方向）上扫描纸张。在单程模式下，通常一个完整的图像扫描带是打印头单程通过而打印的，然后纸张在扫描带宽度的方向上通过，以便打印下一个扫描带，或通常这种单程模式是一种能够仅通过一个喷嘴来打印完整一行的模式。当打印头的一个喷嘴出现故障例如被堵塞时，相应的像素行在打印的图像上就会消失，所以
20 图像信息就会丢失，打印质量就会降低。

打印机也可以在多程模式下操作，其中只有扫描带图像信息的一部分在第一次通过时被打印，且丢失的像素在打印头随后一次或多次通过时被填充。由此在一些情况下，用一个没有故障的喷嘴来替代一个有故障的喷嘴是可能的，虽然大大地增加了生产成本。

25 US-A-6 215 557 公开了一种上述类型的方法，其中，当一个喷嘴发生故障时，打印数据就被警告，以便绕过有故障的喷嘴。这就意味着，那个由于喷嘴故障而不能被打印的像素将被在相邻行上由没有故障的喷头打印的一个额外的像素来代替，所以图像区域的平均光学密度得以保持，由于喷嘴故障而造成的缺陷得以被掩饰以致于觉察不
30 到。

这种方法包括一种在位图上运算的运算法则，该运算法则是表达打印数据的，且转换每个不能被打印的像素到一个相邻的像素位置。

然而，如果相邻的像素位置突然被一个黑色像素占领，无论怎样，依照原始的打印数据，则该额外的像素不能被打印，丢失的图像信息将再也不会出现。

EP-A-0 999 516 公开了一种产生打印蒙版的方法，其在将被打印的像素中计算出一个图案。该文献致力于多程打印方面，并以计算在相程中将被打印的像素的蒙版为主要目的。在蒙版的生成处理中，被打印的图像信息只间接地在形式上重视约束该蒙版结构的计算。例如，需要这样一个约束限制，即一个黄色像素和一个青色像素直接相邻，为了避免洇色，因此在打印头同一个相程中不能被打印。该文献进一步提出以故障喷嘴由非故障喷嘴支持的方式构造蒙版。

发明内容

本发明的目的在于提供一种方法，其能有效地掩饰图像缺陷，即由故障打印元件引起的缺陷。

根据本发明，该目的是通过一种上述类型的方法实现的，它包括下列步骤：

(a) 通过一个多级像素矩阵表现要打印的图像信息，其中每个像素的灰度值表示为一个数；

(b) 将分配到故障打印元件的像素的灰度值转移到像素矩阵中相邻的像素；

(c) 将像素矩阵转变成要打印的位图。

本发明基于这样的考虑，即，被打印的图像信息是以一种多级矩阵像素矩阵的形式频繁地出现在打印机上，该多级像素矩阵以一种众所周知的运算法则被转换成一个能打印的位图。像素矩阵的每个矩阵单元对应于一个被打印的像素或一组相邻像素。不过，打印机只能打印二进制像素图像，也就是只有黑或白的像素图像，在整个像素矩阵单元中都是数字，该数字可表示各种不同的灰度值。例如，当数字范围在 0 到 255 之间时，每个矩阵单元可以具有 256 种不同灰度值中的一个灰度值，即范围从白色（这里用“0”表示）到黑色（这里用“255”表示）。如果单个矩阵单元对应于一组像素，举例来说就是一 $n \times n$ 的像素，那么包含在这些单元内的数字具有这样的意思，即，用数字表示的灰度值适用于包含在该单元内的每组 n^2 像素。因而，像素矩阵能够被拆散成一个带有单个像素单元的矩阵，而且，不需要限制该一般

性的概念，这就可以假定在多级像素矩阵的单元和能打印的位图的像素之间是一一对应的。

本发明的这种方法不能，至少不能在位图上操作，而是主要在像素矩阵上操作。当打印头的一个打印元件（这里为了简化，用“喷嘴”表示）被告知出现故障时，对应于故障喷嘴的矩阵单元的灰度值被转换或分配到邻近矩阵单元上去，该邻近矩阵单元对应于用无故障喷嘴打印的像素。在灰度值完整转移的情况下，对应的故障喷嘴的矩阵单元将包括数字“0”，而在相邻矩阵单元中的数字将相应增加。在任何情况下，结果就出现一个多级像素矩阵，其中，对应于故障喷嘴的矩阵元浅些，邻近的矩阵元深些，即灰度值增加。

诸多众所周知的运算法则中的一种，比如误差扩散或抖动，被用来将多级像素矩阵转换成一幅位图，这样的话，尽管位图的像素为黑白，黑色和白色像素的分配仍一般会反映出多级像素矩阵的灰度值。应该注意，这里使用的术语“位图”并不仅仅意味着，位图必须实际地存储就位在存储介质中，而且还意味着，打印数据可设定在二进制形式中，这样每个像素都由一位表示。因而，“位图”可以很好地在打印过程中“不工作地”产生。

本发明的一个优点在于，将图像信息从故障喷嘴转移到非故障喷嘴的过程更加灵活，因为，它是在多级像素矩阵级上进行的，其中灰度值被分配到相邻像素上所采用的比例或权重可改变，从而实现最佳效果。另一优点在于，本发明的方法是在处理顺序上一个相当早的阶段执行的，这样该方法例如也可应用到没有在位图级上进行校正的足够的处理能力的打印机硬件。本发明的方法甚至还可运用在主机中，打印数据从其传递到打印机上，假定喷嘴故障的信息在主机中是得到的。如果打印机形成多用户网络的一部分，执行本发明所必要的数据处理就可分配到网络中的多个用户上。而且，用来将灰度值转移到相邻像素的数据处理可有利地与其他图像处理步骤相结合，其必须在多级数据上执行，比如图像灰度校正等。

根据用来将多级数据转换成二进制数据的运算法则，比如误差扩散或抖动，本发明还增大了不能打印的黑色像素实际上转移到相邻的空像素位置上而没有丢失的可能性。

本发明更为具体的选择性特征在从属权利要求中阐明。

当将多级数据转换成二进制数据时，优选采用这样一种运算法则，即，确保额外的黑色像素不返转到其不能被打印的位置。误差扩散运算法则被认为是特别有用的。例如，如果误差仅在像素行的方向上扩散或传播而不是朝向相邻行，或者在任何情况下不朝向被分配到故障喷嘴的行，那么图像信息的丢失就能成功避免。作为一种选择，误差扩散处理可如此应用，即，不能打印的像素位置在误差扩散处理中略去。

在供给到打印机上的打印数据位于多级格式中时，本发明尤为有效。不过，如果这些数据已位于二进制格式中，就可简单地将这些数据再换成多级数据，将相邻像素群取平均或不取平均，然后采用上述方法。

本发明不局限于在单程模式下打印，而是还可应用于多程打印。喷嘴故障一般不会有完整行在打印图像中消失的影响，不过例如在双程打印的情况下，行中一般会有一半的像素消失。在这种情况下，不能被打印的像素的灰度值不仅可转移到副扫描方向上相邻的像素，而且可转移到主扫描方向即像素行方向上相邻的像素。

附图说明

现在结合附图对本发明的优选实施例进行说明，其中：

图 1 是本发明所适用的一台喷墨打印机的示意图；

图 2A-F 是一幅 5×5 像素图像的不同表现的示意图，说明了喷嘴故障的影响；

图 3A-D 是与图 2A、B、E 和 F 相似的示意图，说明了依据本发明来掩饰喷嘴故障造成的影响的方法；

图 4A-D 是与图 3A-D 类似的示意图，说明了本发明的另一个实施例；

图 5A、B 是说明本发明又一个实施例的示意图。

具体实施方式

如图 1 所示，一台喷墨打印机包括一个滚筒 10，其用于传送一张记录纸 12 在副扫描的方向（箭头 A）上穿过打印头单元 14。该打印头单元 14 安装在一个滑架 16 上，其由导轨 18 引导，并在主扫描方向（箭头 B）上相对于记录纸 12 来回移动。在所示的示例中，打印头单元 14 包括四个打印头 20，每个对应基本颜色青色、品红色、黄色和黑色。

每个打印头具有一个喷嘴 22 的线性阵列，其沿着副扫描方向排列。打印头 20 的喷嘴 22 可以单独激发喷射墨滴到记录纸 12 上，从而在纸张上打印出一个像素。当滑架 16 在方向 B 上移动与纸张 12 的宽度方向交叉的时候，就可以打印形成一行扫描图像。该扫描带上像素行的数目与每个打印头上喷嘴 22 的数目相对应。当滑架 16 一次通过完成时，纸张 12 就沿着扫描带宽度方向前进，这样下一个扫描带就可以被打印了。

打印头 20 由处理单元 24 控制，处理单元 24 以一种方式处理打印数据，这种方式将在下面详细描述。讨论将集中在黑白打印方面，但是和打印其他颜色是等价有效的。

图 2A 示出了一个 5×5 的像素阵列 26，其可以代表被打印的图像的一部分。这里假定，该图像部分将以灰度形式被均匀打印，由图 2A 中阴影线表示。图 2B 示出了一像素矩阵 28，其矩阵单元或像素 26 对应着图 2A 中示出的像素。每个矩阵单元都有一个数字形式的记录项(这里以“150”为例)，其表示相应像素的灰度值。灰度值为 0 的将用空白像素来表示，灰度值为 255 的将用黑像素表示。这里示出的 150 相当于灰度值或光学密度为 59%。打印图像的所有像素的灰度值构成打印数据的基本部分，其中该打印数据被供给到打印机的处理单元 24，例如从一台主机或从一台扫描仪输出。

处理单元 24 使用半色调处理将多级打印数据转换成二进制数据，其在图 2C 中示出为位图 30 的形式。不同类型的半色调运算法则例如误差扩散或误差抖动在本技术领域是众所周知的，因此在这里就不详细描述了。处理的结果就是每个像素 26 的值在位图 30 中不是 0 就是 1，但是大量像素的像素平均值还是接近所期望的灰度值 59%。

图 2D 中示出了一个黑白像素相应的像素图像 32，其中黑像素用阴影线表示。可以理解，像素图像 32 的每一行将由打印头 20 的某一行特定的喷嘴 22 打印。如果使用单程模式，正如在这里假定使用的一样，给定行的所有像素 26 将由同一喷嘴 22 打印。因而，假如喷嘴发生故障，相应的行就不能打印。

作为示例，图 2E 示出了有效的位图 34，也就是位图被实际打印，从例子中可以看出位图中指出的第三行“i”的喷嘴出了故障。图 2F 示出了相应的像素图像 36，其中 i 行在一个灰色背景下显示为一根白

线。

处理单元 24 处理图像数据是为了掩饰或减轻喷嘴故障引起的可见影响，这样打印机还可以继续使用，且还可以以可接受的质量继续打印图像，甚至在打印头不能被立即更换的时候。这个数据处理算法将
5 结合图 3A-D 来解释。

图 3A 相对于图 2A 示出了视觉印象，其能够且将会实现，尽管有喷嘴故障。通过加深相邻的行 $i+1$ 、 $i-1$ ，白行 i 的视觉效果将会被掩饰或减轻。

为此，在图 2B 中示出的像素矩阵 28 被转换如下。在行 i 中的每个像素 26' 的灰度值 (150) 被平均地分配到上面的或下面的相邻像素
10 上去。这个结果在图 3B 中由像素矩阵 28' 示出。这里，在行 $i+1$ 、 $i-1$ 中的像素 26'' 的灰度值将从 150 增加到 225，也就是在不能被重新打印的行 i 中的值 150 的一半。这样就一般地保持了图像的光学密度。

现在，误差扩散处理被使用在这种被修改过的像素矩阵 28' 中，
15 从而形成图 3C 中示出的有效位图 34'。比较图 3C 和图 2E，可以看出，两个额外的黑色像素 38 (比特值为 "1") 已经出现在行 $i+1$ 和行 $i-1$ 中。这个图 3D 中示出的最终像素图像 36' 是一个比较接近图 3A 中示出的像素图像的。

这里可以看到，在视图中所看到的图像是经过大倍数放大的，实际上，单个像素 26 的尺寸是达到甚至低于人眼所能看到的空间分辨率
20 的极限的，因此，剩余的影响基本上是看不见的。

原则上，依据所使用的这种类型的误差扩散处理，将图 3B 转换成图 3C 导致行 i 内再次出现黑色像素是可能的。但这种不良影响是可以被避免的，例如通过采用误差扩散处理，其中误差只是在像素行的方向
25 向上像素到像素的扩散。或者，如果采用了一种处理，其中在每个像素中误差的第一部分被扩散到在同一行上的相邻像素或像素组上，且误差的剩余部分被扩散到下一行上的相邻像素上，这样行 $i+1$ 需要特别考虑。从行 $i+1$ 到行 i 的扩散误差可能累积在行 i ，且可能在一些情况下产生一个 "1"，也就是一个在行 i 上不能打印的黑像素。然而，
30 这将会是不太可能的事，因为在行 i (图 3B) 中的所有像素的灰度值都是 0。为了进一步改善这个结果，可以改进处理，例如误差从行 $i+1$ 不扩散到行 i 上而是直接扩散到行 $i-1$ 上，这样行 i 上的像素将在误

差扩散中略过。

从图 3B 和图 3C 的转换亦可通过众所周知的抖动处理实现，从而代替误差扩散。这样，在图 3B 中，这些行 i 上灰度值为 0 的像素将肯定没有黑像素出现在行 i 上，并且在行 $i+1$ 和 $i-1$ 上增加的灰度值
5 (225) 将增加在抖动矩阵中提供的阈值将被超出和产生附加黑像素的可能性。

上述方法将在不同方面作进一步改进。例如，在图 3B 中，在行 i 中使用的灰度值 150 被平均 (50%) 分配到上面和下面相邻行 $i+1$ 和 $i-1$ 中，从而产生 225 的灰度值。作为一种选择，其他权重因数例如
10 60:40 或类似的也可以被使用。同样，也有可能过度补偿在行 i 中所损失的密度，例如在行 $i+1$ 和 $i-1$ 上都增加行 i 的原始灰度的 60%。相反地，由于偏移而损失的密度可能补偿不足，例如向上只有 40%和向下只有 40%。这 20%的剩余可能被丢弃或可能被剩余在行 i 上，所以它在误差扩散方面还是有点影响。

15 行 i 上被转移或分配到相邻像素上的灰度值的权重因数的制定也可取决于行 i 和/或它的临近行上的原始灰度值和/或取决于原始像素矩阵 28 (图 2B) 中灰度值的斜率。例如，如果行 i 的斜率存在，那么行 $i+1$ 上的灰度值大于行 $i-1$ 上的灰度值，这样可优选增加从行 i 到行 $i+1$ 转移灰度值的权重因数，并且减少转移到行 $i-1$ 上的灰度值的
20 权重因数，分别与斜率的坡度成比例。作为一个示例，考虑这样的情况，即原始像素矩阵 28 在第一行和行 $i+1$ 和行 i 上具有高的灰度值，以及在行 $i-1$ 和最低行上具有零灰度值。这就意味着，行 i 在图像的顶部形成一个黑暗区域的分界线。这样，在图 3B 和 3C 中示出的处理可能出现分界线被磨损的外观。然而，如果在这样的情况下，灰度值
25 从行 i 以 100%的权重转换到行 $i+1$ ，而以 0%的权重转换到行 $i-1$ (该权重比是灰度值斜率的一个单调增加的函数)，这样分界线的平滑外观将被保护，且分界线向上只转换一个像素。

根据另一个改进，被打印的图像数据可以用于识别边界和细线的分段处理，这样权重因数就可以依据分段结果来制定。例如，如果分
30 段显示一根细的、在白色背景下只有一个像素宽的行被展现在行 i 上，那么图 3B 和图 3C 种所示的处理将导致该行稍微模糊，且更可取的是，将整行向上移动一个像素 (权重因数 100:0) 或向下移动 (权重因数

0:100)。

下面将结合图 4A-D 来解释本发明的另一个实施例。在这个实施例中，可以假定，提供给打印机的打印数据已经是二进制格式的，也就是位图 40 的格式，如图 4A 所示。然后，该方法的第一步就是将二进制位图转换成多级像素矩阵 42，如图 4B 所示。这可以用直截了当的方式将图 4A 中的“1”转换成图 4B 中相应黑色像素的灰度值 (255)，而将“0”保持不变。此外，这种转化会局限于喷嘴故障出现的行 i 到它的临行 $i+1$ 和 $i-1$ 。

像素矩阵 42 以上面结合图 3B 作出解释的相同方式被改进而得到一个图 4C 中所示的像素矩阵 44。图 4B 中的行 i 上的灰度值 255 以 50% 的权重因数被转换到图 4C 中的行 $i+1$ 和行 $i-1$ ，并产生这样的结果，即，在图 4C 行 $i+1$ 和行 $i-1$ 的灰度值各自增加到 128 和 383。当然，灰度值 383 不能被直接打印出来，因为一个灰度值为 255 的像素已经相当于一个平面的黑色像素。然而，这些“超值”的灰度值影响了误差扩散处理，其会导致图 4D 中所示出的位图 46 的结果。因而，超出的黑像素 38 再次出现在图 4D 中的行 $i+1$ 和 $i-1$ 上，可以与图 3C 实现的相比较。

在一个改进的实施例中，从图 4A 到图 4B 的步进中也可以包括一个平均过程。例如，图 4A 中的像素可以被组合成一个 2×2 超级像素，在该超级像素中的四个像素的比特可以被相加。这个和将会是 0、1、2、3 或 4。根据这个和的值，图 4B 中的这些超级像素的每个像素将被赋予 0、63、127、191 或 255 的一个灰度值。当然，这个平均过程应当只应用在行 i 附近的行上，而不能用在行 i 本身。

图 5A 和 5B 示出本发明的另一个实施例，其适合于一种特定双行程打印模式。然后，当相应于行 i 的喷嘴有故障时，每个第二像素在该行上可以继续打印，只有剩余像素 48 在该行上留有空白，如图 5A 中所示。这里可以假定的是，在原始的像素矩阵 (未示出) 中，所有的像素都具有 160 的灰度值。图 5B 示出了改进的像素矩阵 50，其中像素 48 (160) 的灰度值不仅已被分配到上面和下面相邻像素值之上，还分配到左边和右边的像素 48' 之上，每个都具有 25% 的权重因数。结果，在行 $i+1$ 和 $i-1$ 上的一些像素的灰度值增加 40-200，且这些在行 i 上的能打印的 48' 的灰度值也增加 80-240。80 的增加量应归于

这样的事实，即，这些像素从左和右的相邻像素都接受到增加量。

在图 5B 中示出的像素矩阵 46 所受的抖动处理或误差扩散处理实际上与结合图 3C 所描述的是同一种方式。此外，在误差扩散的情况下，应当注意，像素 48 是不会被重新转换成黑色像素的。

- 5 在结合图 3A-D 所讨论的可行改进可以同样使用在图 5A 和 5B 中示出的实施例。特别是，权重因数是可以变化的，其还包括这样的可能性，即，从行 i 到行 $i+1$ 和行 $i-1$ 转换的权重因数可以是 0，所以灰度值只能水平地在行 i 上从像素 48 转移或分配到其相邻像素 48'。

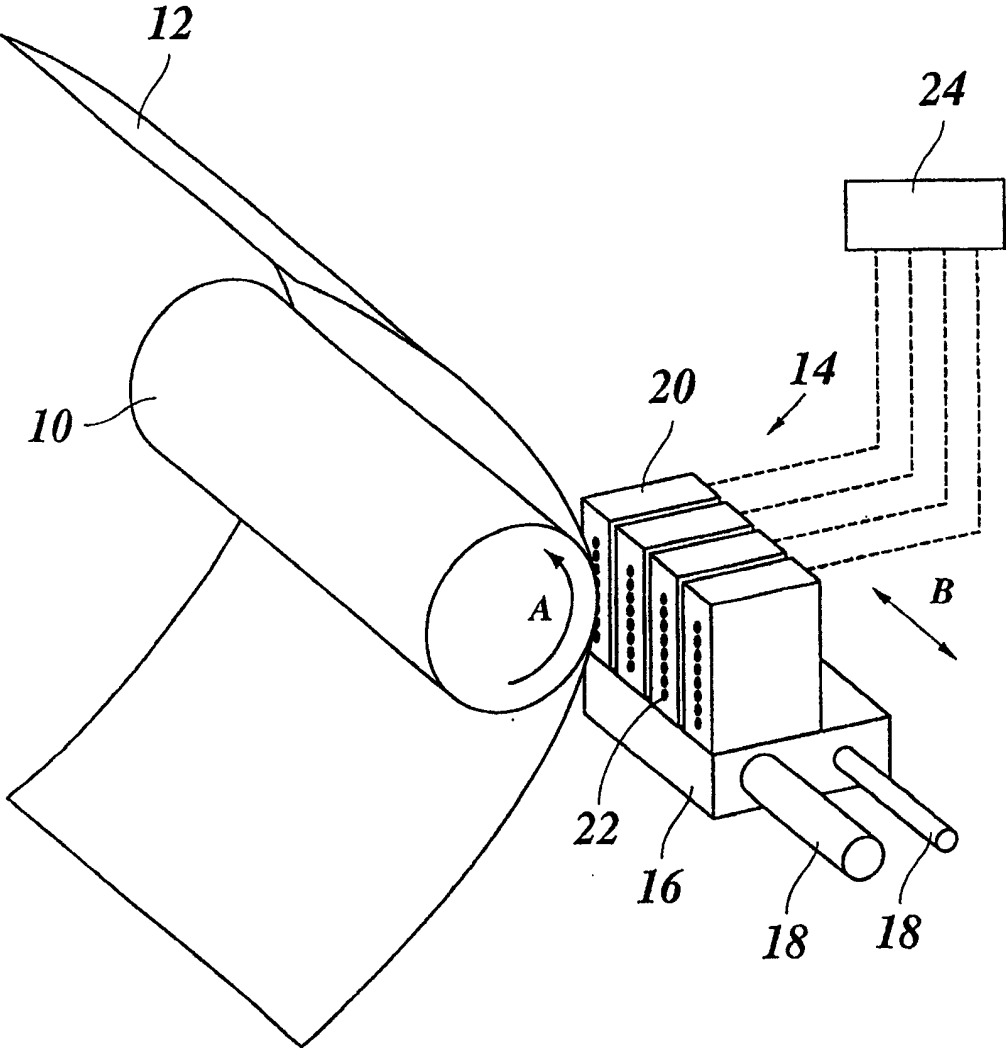


图 1

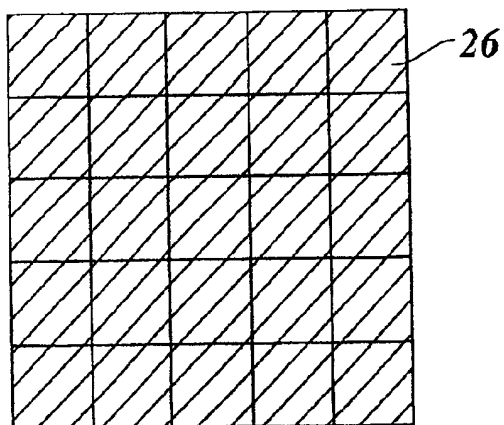


图 2A

150	150	150	150	150
150	150	150	150	150
150	150	150	150	150
150	150	150	150	150
150	150	150	150	150

图 2B

1	0	1	0	1
0	1	0	1	1
1	1	0	1	0
1	0	1	1	0
0	1	1	0	1

图 2C

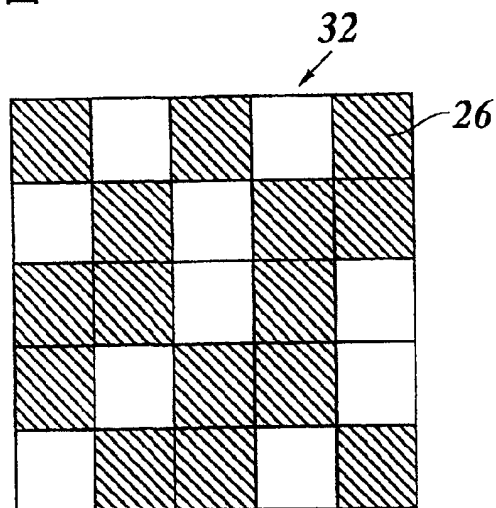


图 2D

1	0	1	0	1
0	1	0	1	1
0	0	0	0	0
1	0	1	1	0
0	1	1	0	1

图 2E

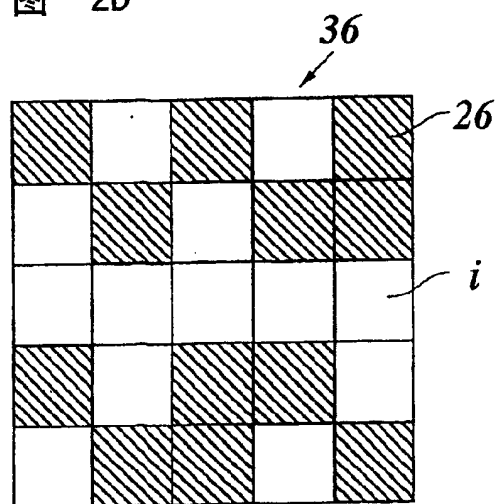


图 2F

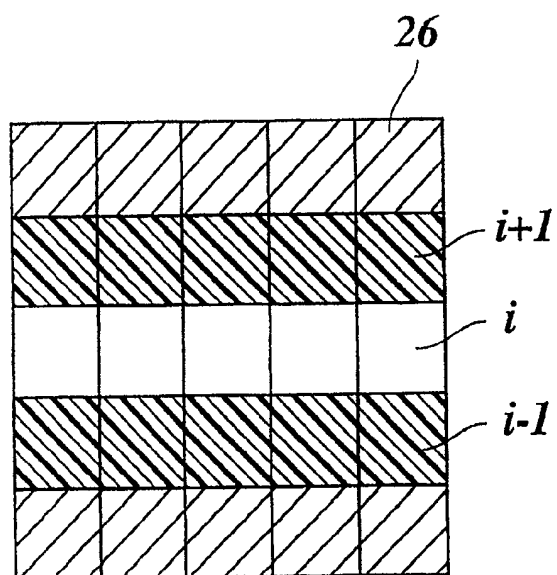


图 3A

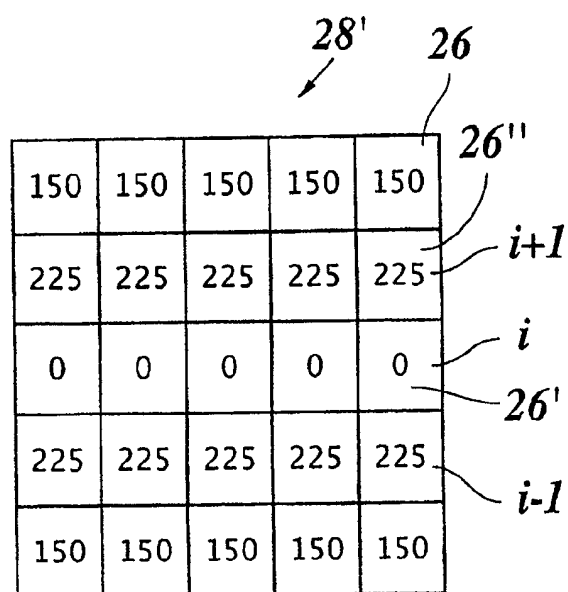


图 3B

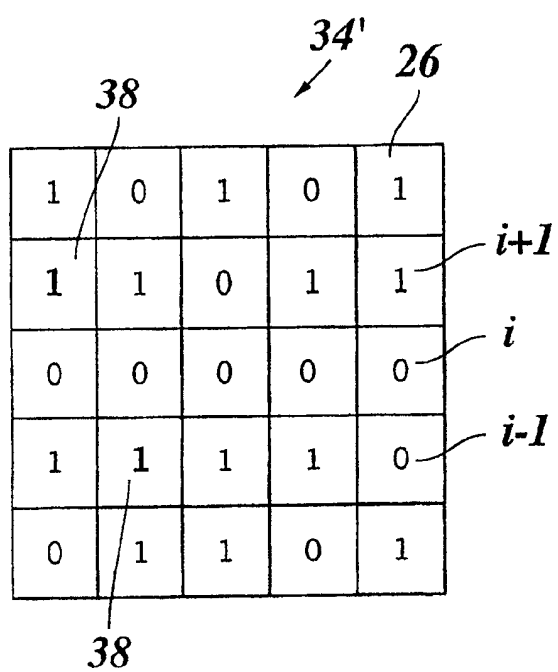


图 3C

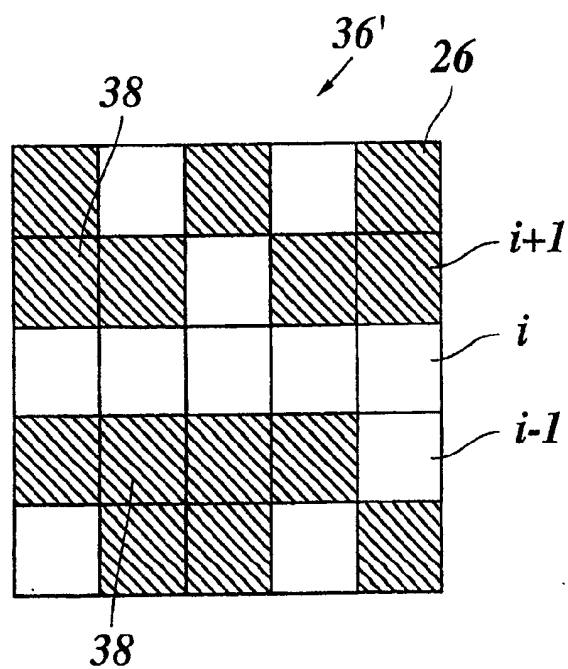


图 3D

40

1	0	1	0	1
0	1	0	1	1
1	1	0	1	0
1	0	1	1	0
0	1	1	0	1

$i+1$
 i
 $i-1$

图 4A

42

1	0	1	0	1
0	255	0	255	255
255	255	0	255	0
255	0	255	255	0
0	1	1	0	1

$i+1$
 i
 $i-1$

图 4B

44

1	0	1	0	1
128	383	0	383	255
0	0	0	0	0
383	128	255	383	0
0	1	1	0	1

$i+1$
 i
 $i-1$

图 4C

38 **46**

1	0	1	0	1
0	1	1	1	1
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
0	1	1	0	1

$i+1$
 i
 $i-1$

38 **38**

图 4D

48 **48**

$i+1$
 i
 $48'$
 $i-1$

图 5A

48' **50**

160	160	160	160	160
160	200	160	200	160
240	0	240	0	240
160	200	160	200	160
160	160	160	160	160

$i+1$
 i
 $48'$
 $i-1$

图 5B