

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H04N 1/40

G02F 1/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94103183.7

[45]授权公告日 2000年3月22日

[11]授权公告号 CN 1050724C

[22]申请日 1994.3.29 [24]颁证日 1999.12.17

[21]申请号 94103183.7

[30]优先权

[32]1993.3.29 [33]US [31]08/038,391

[73]专利权人 德克萨斯仪器股份有限公司

地址 美国德克萨斯州

[72]发明人 瓦德拉母提·文卡塔斯瓦

詹姆斯·S·克莱尔

威廉·E·纳尔森

审查员 张华辰

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

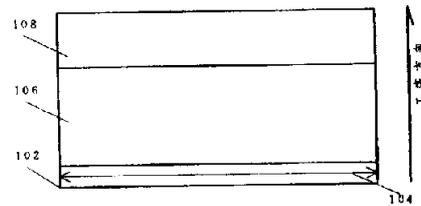
代理人 陈亮

权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 使用空间光调制器的灰度印刷

[57]摘要

本发明提供一种将行组合与脉宽调制结合在一起的灰度印刷方法。空间光调制器(102)有一条线(104),用于在给定的线时间内实现脉宽调制。调制器(106)的另一个区域有几条线,用于对印刷的图像实现行组合,以产生更多的灰度级。还可指定一辅助区域(108),用于校正光照曲线和印刷图像的缺陷。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种灰度印刷的方法，包括：

a. 在空间光调制器的区域内在行内实现脉宽调制；

b. 在空间光调制器的至少一个区域内实现行组合，但不包括实现脉宽调制的所述行，这样行组合决定了灰度级的整数部分，所述脉宽调制决定了印刷图像的所述灰度级的小数部分。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于包括，在与所述脉宽调制区域和所述行组合区域不同的所述调制器的另一区域内对所述印刷的图像实现校正的步骤。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述脉宽调制为 2 位脉宽调制。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述脉宽调制为对称脉宽调制。

5. 一种灰度梯度的脉宽调制方法，包括：

a. 向空间光调制器的一行内的各元件装载与预定的时间间隔对应的数据，该预定的时间间隔以线时间间隔的中心对称；

b. 在以所述中心对称的不同的时间间隔内对装置复位。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述空间光调制器为数字微镜装置。



说明书

使用空间光调制器的灰度印刷

本申请与下列申请同时提出:

“空间光调制器的组合调制方法”, 序列号_____; TI-17335;

“数字微镜印刷机的照相制版方法和结构”, 序列号_____;
TI-17632.

本发明涉及使用空间光调制器(SLM)的印刷机, 尤其涉及使用空间光调制器的灰度印刷。

用空间光调制器实现灰度印刷存在几个难点。使用双态空间光调制器时, 其元件仅能开或关。在印刷系统中, 这意味着感光介质或者从元件接收到光, 或者没有。如果没有接收到光, 鼓不能取得上色剂, 印页上的该点保持空白。如果感光介质接收到光, 鼓取得上色剂, 印页上的该点变黑。在大多数双态空间光调制器中, 无法对感光介质作模拟式曝光以取得少量的上色剂。

在使用激光源时激光印刷系统能通过对光作模拟式调制来实现灰度梯度。然而, 作这种模拟式调制的激光系统的速度不足以实现最小灰度级。激光扫描系统通过使激光束沿光栅行逐个扫描像素进行印刷。例如, 用户要在 8.5" × 11" 的纸上以 600 点/英寸(dpi), 每分钟 40 页的速率印刷。每页有 11" × 600dpi 即 6600 行。每分钟 40 页相当于每秒 4400 行, 每行有 8.5 × 600, 即 5100 个像素。这就要求每秒 22.44×10^6 个像素, 每个像素占 44.6 毫微秒。在这样短的像素时间内激光模拟式调制无法给出足够的灰度梯度曝光量。有些 SLM(空间光调制器)有这种能力。



在此揭示的本发明提供一种使用空间光调制器来实现灰度印刷的方法。本发明的一个实施例是，在双态空间光调制器的一行上使用对称脉宽调制并用其它行进行行组合(row integration)。

本发明的优点是，以高分辨率实现多级灰度梯度。其深一层的优点在于脉宽调制能在移动感光介质的行时间内快速进行。第二个深一层优点是对装置进行数据装载的速率保持在易控制的速率上。第三个深一层的优点是提供了一种补偿阵列中缺陷的方法。

为了更全面地了解本发明及其深一层的优点，现参照附图作如下详细说明：

图 1 示出了双态空间光调制器正面上带有行组合和已校正行组合区域的一行脉宽调制的方块图。

图 2a - e 图示了在元件行内，装置正面上的数据的移动。

图 3 示出了数据装载和复位序列的时间图。

图 4 示出曝光时间的柱状图。

图 5a - c 示出了双态脉宽调制的曝光曲线图。

图 6a - b 示出了对称脉宽调制器的曝光曲线图。

脉宽调制(PWM)一般存在于图像印刷中用于实现灰度和彩色梯度。通常，PWM(脉宽调制)需对有效数据位加权，并用对应于其加权值的时间长度来表示那些位。例如，在 4 位系统中，系统用总帧时间的 $1/2$ 表示最高有效位(MSB)，一般在 16 毫秒左右。次有效位为 $1/4$ 总帧时间，再次位为 $1/8$ 总帧时间，最次有效位为 $1/16$ 总帧时间。显示系统靠观者的眼睛把这些脉冲组合成灰色或彩色梯度。如将作进一步讨论的一样，印刷系统并不限于整数级的脉宽调制。虽然在脉宽调制中不可能获得“分数的”灰度级，但对于灰度级为最小有效行组合时间的分数的印刷系统有可能获得“分数”灰度级。



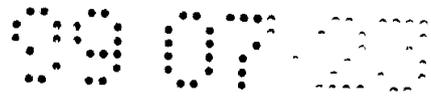
在印刷中，用线时间取代帧时间。线时间是扫过感光介质上的空间光调制器的一行长度所用的时间量。这时间一般非常短，因此只能用较少的时间去对装置进行装载。装置通常在下一组数据装入到装置中和准备复位信号时显示一组数据。

在有些空间光调制器中，例如在数字微镜装置(DMD) (也称为应变镜装置)中，复位脉冲使镜面阵列中的各元件能对其定址电路中的新数据起反应，调整元件以反射新数据。例如，假设元件处于“通”(ON)位置。当它显示该数据时，“关”(OFF)数据装入到定址电路内。如果有复位脉冲，该元件将记录新数据，翻转成“关”。当然，在“通”数据后可以跟“通”数据，在“关”数据后可以跟“关”数据，在这些情况下，该元件不改变状态就能反射新数据。这种复位方法通常需要在复位之前装载整个装置，需要较高的数据速率。

由于时间的限制、光转换的低效率以及在这受限制的时间内要装载所需的高数据速率的原故，因此，用脉宽调制印刷难以实现大量的灰度级。

然而，使用有独立元件的空间光调器的优点之一是可以把一些元件线放置一边(即不管这些无件线)或者指定一些元件线以实现某些不同的功能。在本发明的一个实施例中，对多行空间光调制器中的一行进行脉宽调制(PWM)。因此，仅仅一行数据需要快速更新，在其它行上的数据可锁住，并在该行的复位周期期间保持住。

这种方法可以与行组合结合使用，这种行组合为现有技术，其中，数据线通过向上或向下移动调制器面来“跟踪”或跟随感光介质的同一区域，同鼓相对于调制器的移动情况无关。可打开或关闭某几条线的的数据，实现灰度级。16线的行组合可有16级灰度，不



包括所有线均关闭(白)的情况。空间间隔可以是所有 16 条线, 或者 15 条线等。

例如, 将这两种方法结合, 一条 2 比特的脉宽调制线可有 4 级可能的灰度。对于 128 线行组合, 4 级可能的灰度与 128 级可能的灰度结合等于 128×4 即 512 级灰度。最一般的解释是, 行组合提供整数灰度级, 脉宽调制提供分数灰度级, 这里分数灰度级即为最小有效行组合灰度级的分数。这 512 灰度被称为实际的灰度级。下面示出了实现这些级的比较结果。

例如, 2 比特 PWM 加上 128 行组合级来实现 512 级灰度的情况在平均数据速度上仅是简单的 128 行行组合的 1.02 倍。如果仅用行组合来实现 512 级灰度, 数据速度将增加 3 倍。

在下表中, 假设装置的宽度为 500 点, 印刷速度为 5 英寸/秒, 印刷密度为 600 dpi, 有 48 个输入。计算得到的数据速度为:

平均数据速度 = 装置宽度(500 点) \times 有效长度 \times 印刷速度(5 英寸 / 秒) \times 印刷密度(600 dpi) \div 输入数(48)

变量	灰度系数	有效长度	平均数据速率(MHz)	峰值数据速率(MHz)
仅有行组合 (RI)	$n_1=7$	2^{n_1}	4	1X
	$n_1=9$	2^{n_1}	16	4X
脉宽调制整个装置 + RI	$n_1=7$ $n_p=2$	$2^{n_1} \times n_p$	16	4X
脉宽调制一行 + RI	$n_1=7$ $n_p=2$	$2^{n_1+n_p}$	4.0625	2X
仅脉宽调制一行	$n_p=9$	n_p	.28125	4X



n_1 = 行组合比特数; n_p = 脉宽调制比特数;

RI = 行组合; 峰值数据速率只是相对于 $n_1=7$ 时的“仅有行组合”的情况。

从上表可以看出, 当将脉宽调制应用于整个装置时, 其数据速率比仅在一行上进行脉宽调制高得多。通常, 平均带宽不象峰值带宽那样重要, 峰值带宽决定了对装载电路的最高要求, 对于仅有行组合的情况, 其峰值数据速率与平均数据速率相等。例如, 如果装置有 128 行, 设计者希望有 512 级灰度。一种可能是使用 512 线行组合阵列, 带宽将增加 3 倍。

换句话说, 可使用在整个装置上进行 2 比特脉宽调制的方法, 并在整个装置在脉宽调制的最低有效位(LSB)时间内必须进行更新时将带宽增加 $2n$ 倍。如果, 仅脉宽调制一行, 其峰值数据速率仅比上述的高 2 倍, 因为整个阵列需要在脉宽调制的最高有效位(MSB)时间内更新, 该时间等于行组合单元时间的 $1/2$ 。如果一行脉宽调制提供所有 9 级灰度(没有行组合), 则数据速率是 7 位行组合情况的 4 倍, 因为在脉宽调制的最低有效位时间($1/2^{n_p}$ 行时间)内需要更新一行。在 1 行脉宽调制例子中还存在更严重问题, 因为光源需要更大的功率使在短的行时间内产生有效的曝光。上述的数字仅仅是这些数据速率的一个例子, 因为设计者可选择脉宽调制比特数和行组合的行。

采用其他的将行组合与脉宽调制结合的方法是可能的。例如, 在 512 级灰度的一个方案中, 通过行组合实现 128 级, 通过脉宽调制实现 4 级。需要 $128+1$ 即 129 行的空间光调制器。在每 128 个行组合步骤中, 在进行第 129 行的行组合时, 对上面 128 行进行脉宽



调制。这一周期重复进行。其平均带宽与单一的脉宽调制情况一样，但峰值速率是基行的 2^{n-1} 倍。

实际实现的灰度级很多，然而，人眼看得见的或者觉察得出的灰度级很少。人眼仅能觉察到这么多的灰度梯度，仅能在实际灰度级 412 和 512 之间看见一个灰度级。对灰度级的其它限制因素由上色剂和有机感光物(OPC)产生。与上色剂密度有关的是，第 412 级已使上色剂饱和，因此，它与第 152 级相比并无不同。有机感光物有一放电(discharge)曲线，在能量转换的某级之后，当超过该级时有机感光物所记录的就再变化了。

另一个因素是整个印刷过程的非线性。例如，从计算机或扫描器输入的图像可有 256 个灰度级。当这些数据经过处理后输入到印刷机时，在一些明暗间隔非常“近”或非常远的灰度级上可能产生非线性。校正这种非线性的一种可能的方法是采用查找表，一些输入的灰度级与某一输出级对应，查找表是利用印刷机特性曲线预先确定的。

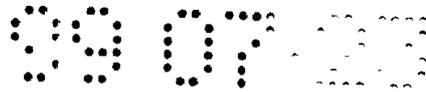
图 1 示出了在 SLM(空间光调制器)面上线是如何定位的。该例子示出了有 128 线行组合的 4 比特脉宽调制，但也能适合于特定的系统和用途的需要。线 104 是脉宽调制的指定行。该线实际上可出现在阵列的任何位置上。最好是使用元件上的一条特定线，尤其是一条没有缺陷的线。的确，行组合的行不被限制于装置上的物理行。根据装置的定址结构和分散复位的这些特征，可用两行或更多行形成脉宽调制的一个“逻辑行”。图中示出了在线 104 之后的行组合区域 106，它以图中箭头所示的过程方向进行，但也可在脉宽调制线周围，或者在它之前。在行组合区域 106 之上的是校正行组合区域 108。



该区域很可能处于过程方向上的阵列的终端，使能校正前几行出现的缺陷。这种可校正的缺陷可以由一给定行内的不能正常工作的单元引起的。校正区域可在以后的时间里用于重复该位置和不能正常工作的单元转换的能量，从而校正能量转换的损失。使用校正区域的这种方法和其它方法可采用查找表，查找表应预先装入校正器，并在需要时访问它。

为将数据速率保持在最小并使装置能再装载入数据，数据移动情况如图 2a — 2e 所示。在图 2a 中，调制器 202 的线 204 表示第 0 行的最低有效位。在这种装置的结构中，这将在过程刚开始处发生，并且为纸上第一次。一般脉宽调制固有的次序首先表示脉宽调制数据的最高有效位。然而，在该实施例中，行组合数据在所有脉宽调制间隔内保持相同，整个装置在最后一个脉宽调制周期期间更新。如果在固有次序内发生脉宽调制，整个装置必须在最低有效位的时间内更新，对于 4 比特系统，最低有效位 B 时间仅为 $1/16$ 线时间。如果最高有效位最后完成，则该装置的更新时间为 $1/2$ 线时间。

图 3 示出了上述序列的时序图。顶行示出了双态时间片(binary time slice)的位宽度。由于不可能将整个时间周期作连续的分割，因此，脉宽调制行有一无效的能量转换时间，在本实施例中，该时间就为图中的 $1/16$ 时间周期左面所示的。在该无效时间的终端，开始装载数据，如图中标为“脉宽调制行最低有效位装载”的线所示。请注意，在此仅须装载一行或多行脉宽调制行数据。继续上述的步骤。要指出的特殊部分是在 $1/2$ 位持续时间的末端，数据装载脉冲被图示成显著地大于其它脉冲。这是由于装载行组合数据以及在下一个无效时间内把脉宽调制行置零引起的。时序图的底行示出了复位脉冲序列，它使脉宽调制行能记录其新的数据，并在下一线时间



起始时使整个装置能记录其新数据。

图 2b — 2d 示出了线 204 上的脉宽调制的脉冲。在图 2e 中,脉宽调制行之后的线现在开始第 0 行的行组合,脉宽调制线开始使用下一行数据。就在这幅图之前,整个装置被更新。第 1 行的脉宽调制的新数据装载到线 204 上,第 0 行行组合的数据装载到线 206 上。

这一过程在整个页长度上连续进行。每一更新周期在脉宽调制线 204 上的数据变化一次,但在装置其余部分上的数据每 4 个周期仅更新一次,因此,这些周期长度是不同的。在有一行脉宽调制和 128 线行组合的装置上,当第 128 行脉宽调制数据装入到线 204 上的时候,第 0 行第 128 线曝光的数据处于调制器行组合区域的顶部。

图 4 示出了该过程中曝光量的柱形图。轴 402 是“通”元件在一行组合时间内照射到感光介质上的总能量的百分比。箭头 404 表示行组合数据更新的一个时间间隔的长度。线 408 表示在 $1/2$ 指定时间内,感光介质接收到 50%的能量。线 410 把另 25%的能量在 $1/4$ 总的线时间内增加到点图像上,总计为 75%的能量。线 412 和 414 分别表示增加的另 12.5%和 6.75%能量。

图 5a 示出了两位脉宽调制方法的曝光曲线图 502。请注意,这里没有图示出光致放电曲线和光点扩散作用的影响,但示出了介质移动产生的模糊效应。介质移动形成梯形曝光曲线而不是矩形。

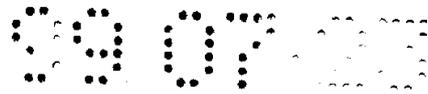
假设曝光持续时间为线时间的一小部分 f ,则梯形的底边等于单元长度的 $(1+f)$ 倍,顶边等于单元长度的 $(1-f)$ 倍。对于 600 dpi 印刷,单元长度为 $1/600$ 英寸。梯形的高随面积而定,与 f 成比例。例如,如果小数 f 为 0,相应于瞬时曝光,则梯形变为所期望的矩形。



箭头 504 示出了 1/600 英寸的印刷, 即 600 dpi 的“点”的印刷。在 t_0 到 t_1 之间, 印刷最高有效位 508, 在 t_1 到 t_2 之间, 印刷 MSB-1(最高有效位) 520, 过程将继续下去。线 516 示出了所有位均“通”的整条曲线, 因而在该点上, 所有 4 个脉宽调制位 508、520、522 和 524 均处于“通”状态。线 528 示出了行组合元件在整个线时间内均处于“通”状态的曲线图。MSB(最高有效位) 508 有 50% 的区域 528, MSB-1(最高有效位) 520 占面积的 25%, LSB+1(最低有效位) 522 占面积的 12.5%, 最低有效位占面积的 6.25%。请注意, 处于“通”状态的一行组合元件的曝光曲线的间距为 2 个 600 dpi 的点长度。这导致了在过程方向上像素曲线重叠。减少曲线重叠/扩散的一种方法是使光源产生“通”和“关”脉冲, 使曝光时间为线时间的分数。2 位脉宽调制由在 $t_0 - t_4$ 之间的 4 个复位脉冲提供 16 级。

上述的脉宽调制方案的一个缺点是不对称的, 即不同灰度仅产生的曲线图不都以同一点为中心。例如, 图 5b 示出了第 7 灰度级的曲线图, 它是由第 4 级灰度(MSB-1)(最高有效位), 第 2 级灰度(LSB+1)(最低有效位)和第 1 级灰度(LSB)叠加的结果。图 5c 示出了第 8 灰度级(MSB)的曲线图。它们中没有一个对称于图 5a 中的线 518。这可能如小的灰度变化引起的曲线的位置偏移一样导致可看见的虚像(artifact)。

校正这一缺陷的一种方法是使用对称脉宽调制。图 6a 示出了一个这样的实施例。在图 6a 中, 灰度是按元件处于“通”的时间量来选定。然而, 这只能实现较少的灰度级图(6a 仅示出 4 级)。与所希望的时间量无关, 脉宽调制的每个元件仅“通”一次。调整“通/关”时间以保持以轴 618 对称。曲线 616 呈三角形, 因为三角形的上边为单元长度的 1 减 1 即 0 倍。线 620 表示 3 号灰度级, 线 622



表示 2 号灰度级，线 624 表示 1 号灰度级。在该例中，用 6 个复位仅实现了 4 级灰度。每个像素以仅响应于 6 个复位中的两个的数据来装载，该 6 个复位处于 t_3, t_2, t_1, t_1, t_2 和 t_3 。

为了解如何实现分数灰度 0, 0.025, 0.5 和 0.75，考虑想要在一特定点上实现 0.5 的灰度级的情况。对应于该点的元件起始时为“关”。在复位时间 t_2 处，装载“通”数据，在复位时间 t_2 处装载“关”数据，其结果是，在该点上产生曲线 622。如果需要 0.75 灰度级，则元件在时间 t_3 装载“通”数据，在时间 t_3 装载“关”数据。

这种方法可以推广到可能产生几组不同灰度的多行对称脉宽调制。例如，可在上例中增加一个第二线元件来得到 0.35、0.65 和 0.9 倍的灰度级。可通过叠加不同色调产生的曲线，来获得更多的灰度级。

请注意，直到此处之前，已经假设复位脉冲对整个空间光调制器起作用，包括行组合区域或脉宽调制线。如果 SLM 对各区域能用可分开的复位和地址解码器，那么行组合带宽将不受脉宽调制带宽的影响。由于脉宽调制仅需要更新的一些线，因此，峰值带宽只由行组合区域决定。

图 6b 示出了将脉宽调制和行组合结合在一起产生的印刷曝光曲线图。行组合产生曲线 630。线 624 仅示出了脉宽调制曲线，线 632 示出了两者组合产生的曲线。请注意图 5 和图 6 所有的附图，水平轴的长度是两个元件的，产生了重叠。通过在少于线时间的时间内关闭行组合元件和把脉宽调制改变成与行组合时间成比例，或者将光源的工作周期减少到小于 100%，就能控制这种重叠。

这种方法具有全面的灵活性。根据所用的上色剂，空间光调制器的控制器可调节脉宽调制和行组合方法来产生不多的或较多的



灰度级。如果空间光调制器出现损坏，进行脉脉宽调制的装置的线可以移到没有缺陷的另一个不同的行上，或者增加缺陷校正线的数量。另外，数据速率是低的，因此可用市场上买得到的处理器来进行必要的数据处理。它还能实现比人眼能分辨的更多的灰度级。

因此，尽管已经描述了灰度印刷的特定实施例，但，这并不打算把这种具体的作为参考的描述看作对本发明范围的限制，本发明的范围应由下列权利要求书限定。

说明书附图

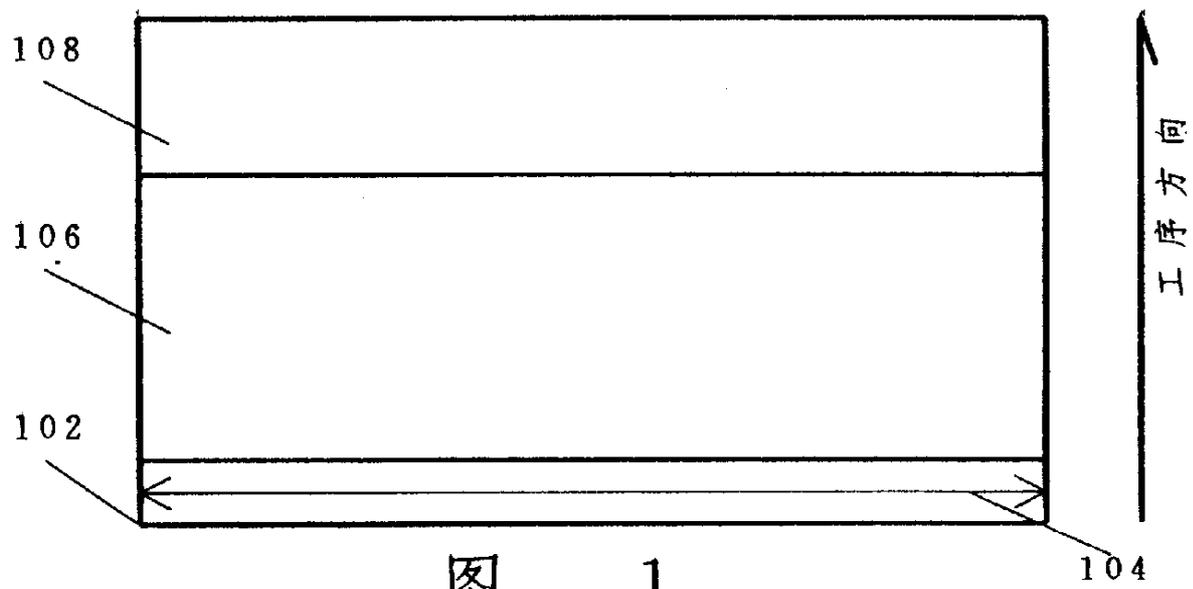


图 1

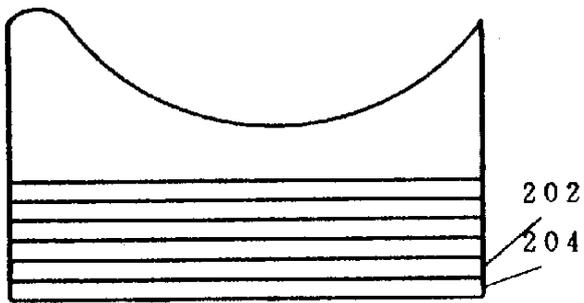


图 2a

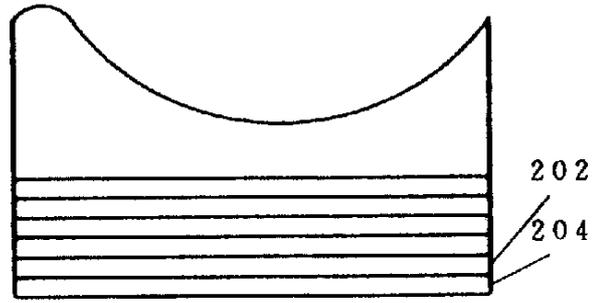


图 2b

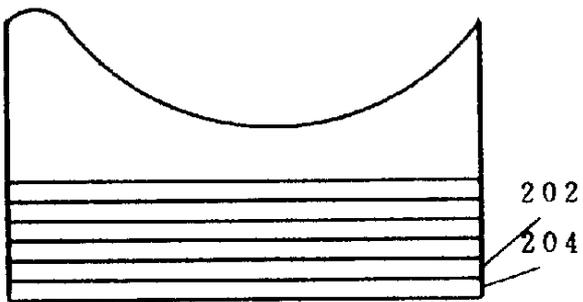


图 2c

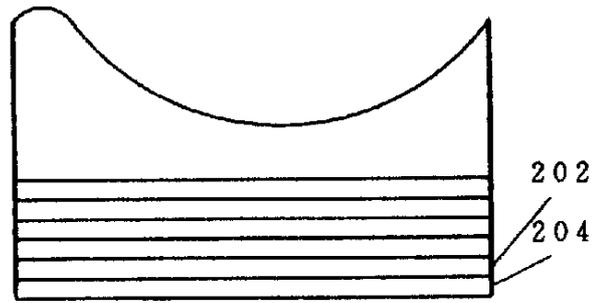


图 2d

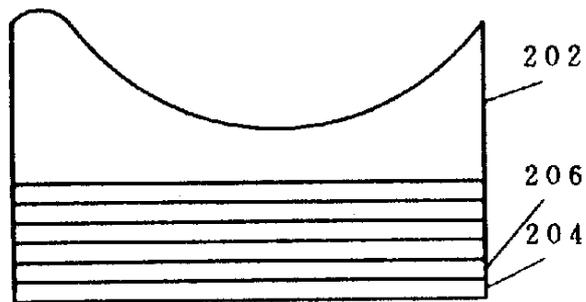
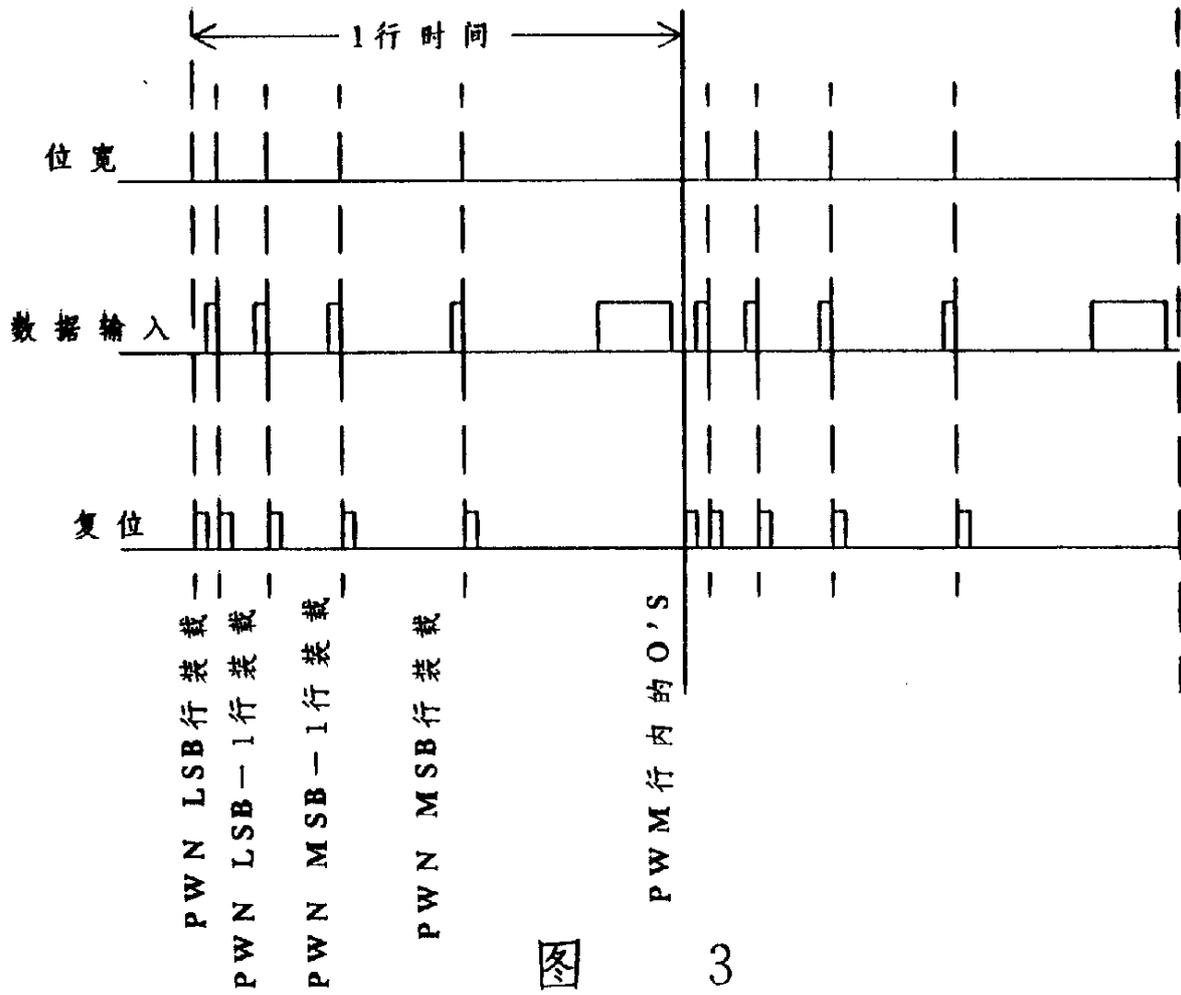


图 2e



图

3

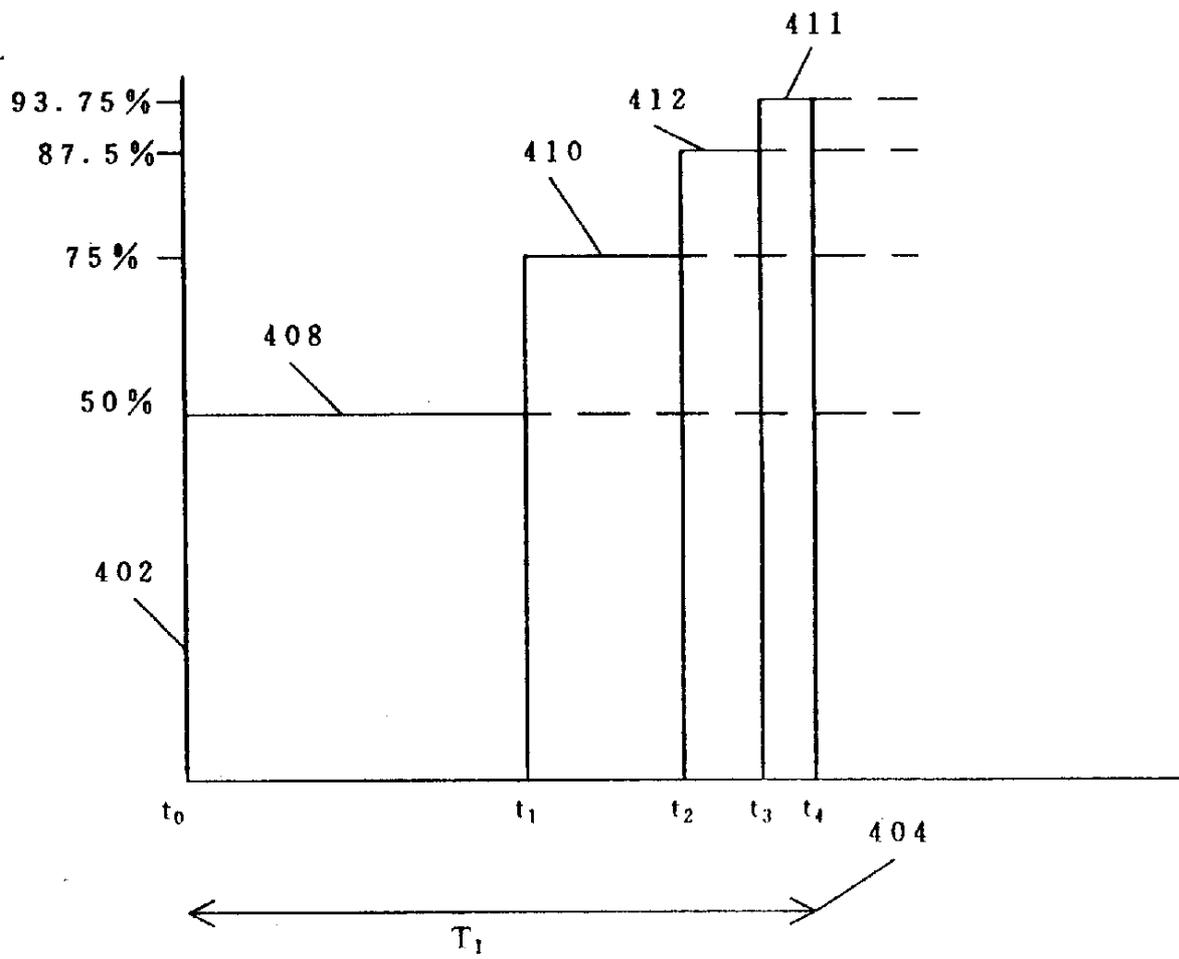
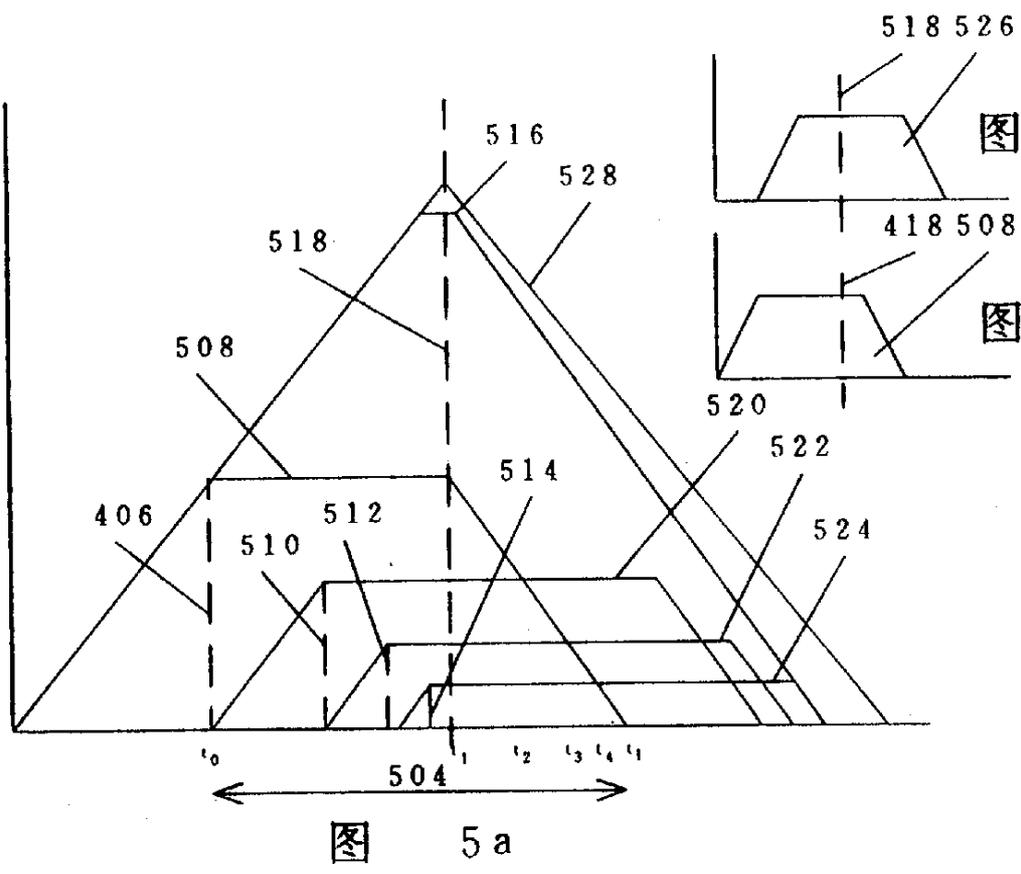


图 4



5 b

5 c

图 5 a

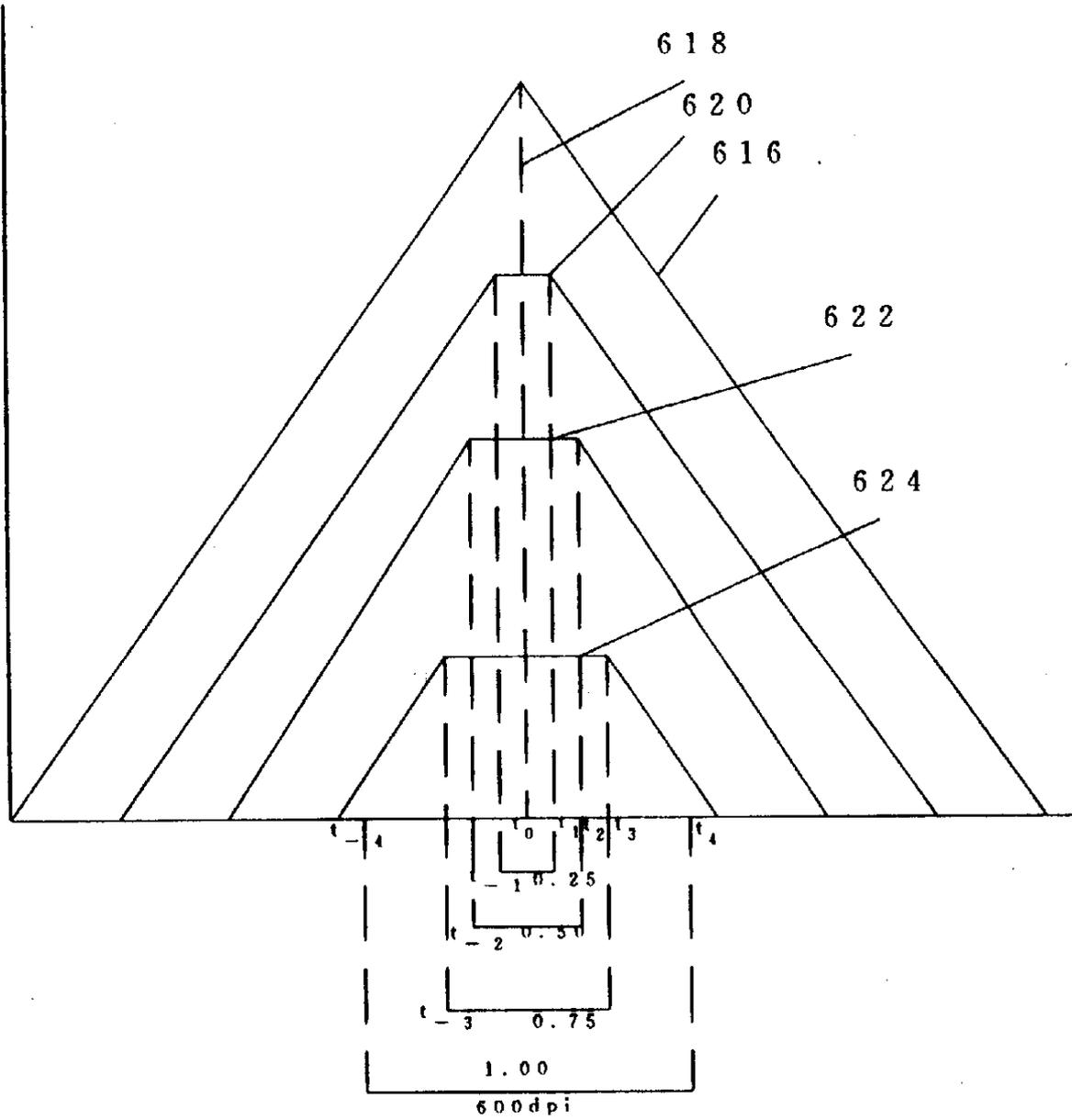


图 6 a

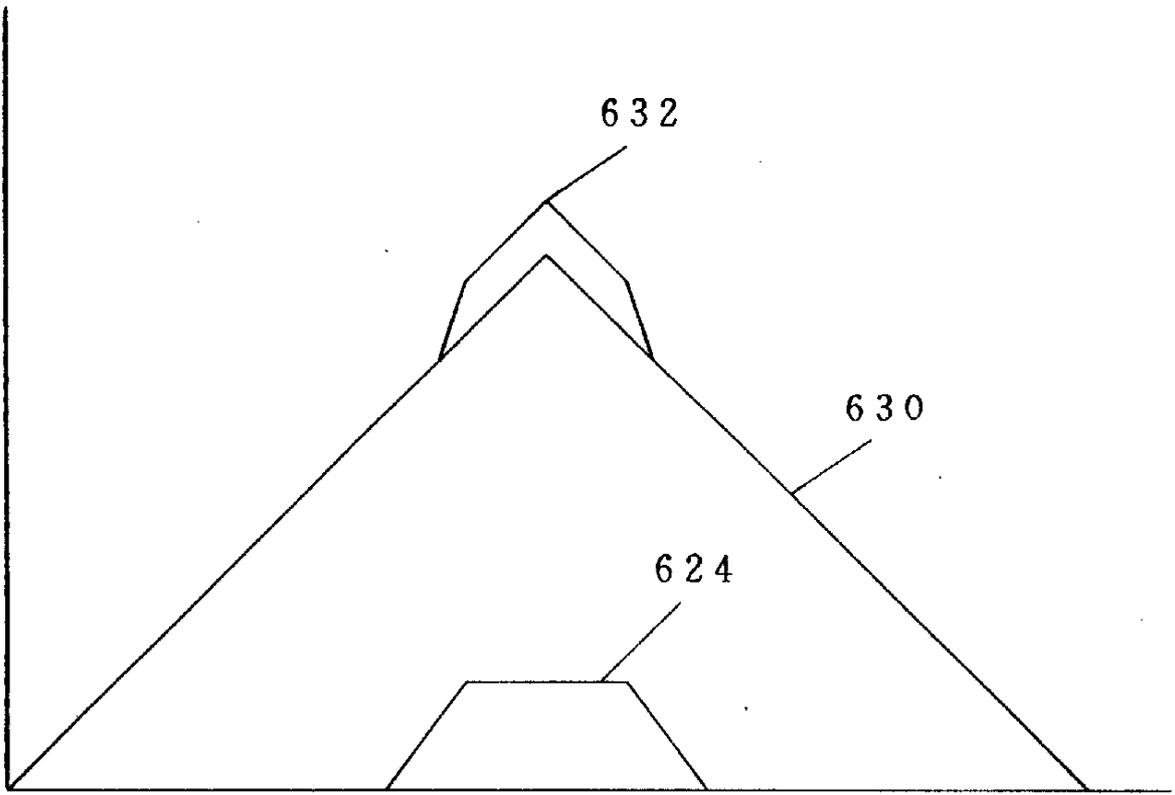


图 6b