



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104509107 B

(45)授权公告日 2017.03.08

(21)申请号 201380039770.0

(22)申请日 2013.07.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104509107 A

(43)申请公布日 2015.04.08

(30)优先权数据

1257189 2012.07.24 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.01.26

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2013/056032 2013.07.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/016768 FR 2014.01.30

(73)专利权人 阿里奥斯拷贝公司

地址 法国巴黎

(72)发明人 皮埃尔·埃里奥

吉勒斯·马塞利尔

尼古拉斯·赫希

(74)专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理有限公司 11291

代理人 黄志华 何月华

(51)Int.Cl.

H04N 13/04(2006.01)

G02B 27/22(2006.01)

(56)对比文件

CN 101859028 A, 2010.10.13,

CN 102202223 A, 2011.09.28,

WO 2012073795 A1, 2012.06.07,

审查员 刘珊

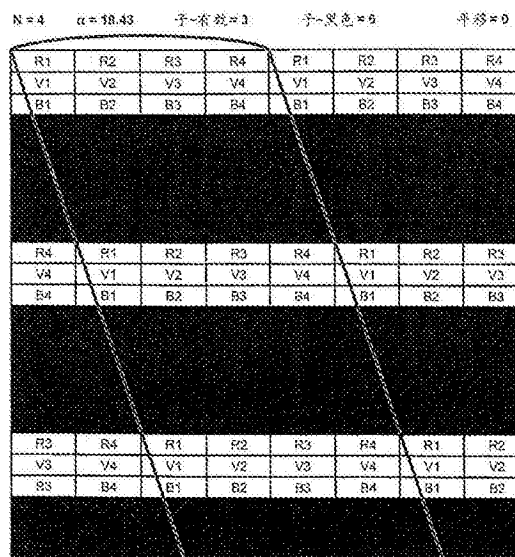
权利要求书1页 说明书6页 附图41页

(54)发明名称

在竖直方向上具有最大尺寸的屏幕上自动立体显示的方法

(57)摘要

本发明涉及一种自动立体图像在屏幕上自动立体显示的方法,该自动立体图像具有N个视点,N个视点从右向左以递增次序排列在1与N之间,该屏幕具有以多个行和多个列排布的像素,所述像素包括多个不同颜色(R、G、B)的子像素,其特征在于,将所述屏幕放置成在竖直方向上具有最大尺寸,使得形成每个像素的子像素排布在所述竖直方向上,并且屏幕的每列充满至少三个子像素的块,至少三个子像素的块对应于待显示的图像的多个视点中的一个视点的一组子像素且被一个或多个关闭的或变黑的子像素的块分隔。



1. 一种自动立体图像在屏幕上自动立体显示的方法,所述自动立体图像具有N个视点,所述N个视点从左向右以递增次序排列在1与N之间,所述屏幕布置在包括柱形透镜的阵列或视差屏障的光学选择器设备的后面且具有以多个行和多个列排布的像素,所述像素包括多个不同颜色(R、G、B)的子像素,其中,将所述屏幕布置成在竖直方向上具有最大尺寸,使得形成每个像素的子像素以列排布在所述竖直方向上,并且所述屏幕的每列充满至少三个子像素的块,所述至少三个子像素的块形成一个像素且对应于待显示的图像的多个视点中的一个视点的一组子像素且被一个或多个关闭的或变黑的子像素的块分隔,所述光学选择器设备的角度取决于从一系列到下一列所覆盖的子像素的距离,从而遇到同一视点所对应的子像素。

2. 如权利要求1所述的自动立体显示的方法,其中,从所述屏幕的左侧开始,在行方向上以N为模并按照递增次序显示所述视点,以及从所述屏幕的上侧开始,在列方向上以N为模并按照递减次序显示所述视点。

3. 如权利要求1至2中任一项所述的自动立体显示的方法,其中,与所述待显示的图像的多个视点中的一个视点的一组子像素相对应的每个所述子像素的块包括三个或至少六个子像素。

4. 如权利要求1至2中任一项所述的自动立体显示的方法,其中,在所述屏幕的两个相邻列之间引入所述一个或多个关闭的或变黑的子像素的块的竖向偏移。

5. 如权利要求4所述的自动立体显示的方法,其中,从一对相邻列到另一对相邻列,所述竖向偏移根据周期图案而改变。

在竖直方向上具有最大尺寸的屏幕上自动立体显示的方法

技术领域

[0001] 本发明的主题是一种在屏幕上显示自动立体图像的方法,该屏幕被放置成在竖直方向上具有其最大尺寸,即旋转90°的传统屏幕。

背景技术

[0002] 自动立体显示法是一种允许图像如浮雕一般显示,而不需要观看者佩戴专用眼镜的技术。该技术本身是已知的,特别地,从本发明人所提交的文件WO 94/26072、WO 00/10332和WO 2006/024764得知该技术。

[0003] 自动立体图像包括多个交错的“单个”图像,这些“单个”图像对应于同一对象或同一场景从不同视点的视图。选择器设备通常包括位于显示屏前面的柱形透镜的阵列或视差屏障。通常,为了避免出现特定假像,柱形透镜具有相对于屏幕的像素列的方向倾斜约18°的轴。

[0004] 竖向屏幕(肖像格式)对于销售点的广告应用(PLV)是有价值的,这是因为空间是非常珍贵的,所需的显示表面必须很大,并且一些题材本身不适于传统的横向格式。利用竖向屏幕格式自然能更好地突出饮品或香水(瓶子和长颈瓶)、美发和美容产品(模特的肖像)、时装(身体的竖直态)等。

[0005] 竖向屏幕实际上通常是旋转90°的横向屏幕。目前,大部分屏幕的结构是非对称的或各向异性的,这使自动立体视法难以在旋转的屏幕或竖向屏幕上实现。

[0006] 这是因为像素(图素)不是简单的结构。在大部分屏幕上,像素包括三个复杂的子部分,即子像素,每个子像素负责三种基本色中的一种(红色、绿色或蓝色)。一些屏幕具有三种以上的颜色,但是原理是相同的。以最简单的形式由竖向为横向三倍的小矩形构成的子像素聚集在一起且横向并置,形成方形像素。

[0007] 当将屏幕旋转90°时,子像素的旋转改变了像素的外观,该像素现在由正方形形成,该正方形包括叠加色的三个矩形。因此,在这种背景下沿横向(眼睛的轴线)可显示的最小实体不再是子像素(彩色组分,红色R、绿色G或蓝色B),而是三倍宽的整个像素。现在必须考虑两个横向连续的像素之间的空间(在屏幕旋转之前形成行间距),这有利于整体密度,该空间经常颜色为黑色以提高图像的对比度。在不损失分离能力的情况下,在从平面屏幕向立体感的屏幕转换时不足以充分使用光学组件(透镜阵列、视差阵列)。

[0008] 透镜阵列或视差屏障,或任何其它等效的选择器系统(下文称为“光学组件”),必须被视为一行,该行必须使在图像的整个高度上的属于同一个视点但属于屏幕的不同行和列的子像素连接在一起,同时尽可能避免属于其它视点的相邻像素。对于给定数量的视点,如果光学组件必须符合三倍宽的像素,则光学组件的间距变为三倍大。光学阵列就是这种情况,光学阵列与整列所表示的视点垂直排布,对于图像的整个高度是竖向的且具有一个像素宽度。通过光学组件所看到的图像的结构不是令人非常满意的,特别是带有令人不满的看上去像楼梯的轮廓线。

[0009] 在这种背景下,通过竖向透镜将像素及其构成子像素的放大到三倍大,使其明显可见,整体质量不好。

[0010] 假设当屏幕被定向成在横向方向(风景格式)上具有其较大尺寸时,同一个像素的子

像素并排排布,则当子像素具有更复杂的形状(椭圆形、人字形等)时,这些考虑仍是有效的。

发明内容

[0011] 本发明旨在解决该问题,且允许在竖向屏幕上或在肖像格式下自动立体显示更好视觉质量。根据本发明,通过关闭(或显著变黑,至少10倍)屏幕的特定子像素来达到该结果。

[0012] 因此,本发明的主题是一种自动立体图像在屏幕上自动立体显示的方法,该自动立体图像具有N个视点,N个视点从左向右以递增次序排列在1与N之间,该屏幕具有以多个行和多个列排布的像素,所述像素包括多个不同颜色(R、G、B)的子像素,其中,将所述屏幕布置成在竖直方向上具有最大尺寸,使得形成每个像素的子像素排布在所述竖直方向上,并且屏幕的每列充满至少三个子像素的块,至少三个子像素的块对应于待显示的多个图像的视点中的一个视点的一组子像素且被一个或多个关闭的或变黑的子像素的块分隔。

[0013] 根据本发明的不同实施方式:

[0014] -可以从屏幕的左侧开始,在行方向上以N为模并按照递增次序显示所述

[0015] 视点,以及可以从屏幕的上侧开始,在列方向上以N为模并按照递减次序显

[0016] 示所述视点。

[0017] -与待显示的图像的多个视点中的一个视点的一组子像素相对应的每个所

[0018] 述子像素的块可以包括三个或至少六个子像素;子像素的数量取决于光学组

[0019] 件与像素列所形成的角度。角度离竖向越近,针对来自视点之一的等效组必

[0020] 须编码的子像素的数量就越大。当光学组件平行于列时达到极限,在这种情

[0021] 况下,该组子像素本身即为列。在本申请中不考虑最后这种情况。

[0022] -在所述屏幕的两个相邻列之间可以引入所述一个或多个关闭的或变黑的

[0023] 子像素的块的竖向偏移。

[0024] -从一对相邻列到另一对相邻列,所述竖向偏移可以根据周期图案而改变。

附图说明

[0025] 本发明的其它特征、细节和优势将在阅读参照附图所给出的描述时出现,以示例的方式给出附图,这些附图分别为:

[0026] -图1示出不属于本发明的自动立体显示方法;

[0027] -图2-图11示出本发明的第一实施方式的不同变型;

[0028] -图12-图37示出本发明的第二实施方式的不同变型;以及

[0029] -图38-图41示出本发明的第三实施方式的不同变型。

具体实施方式

[0030] 在附图中,C_n代表对应于第n个视点的“C”颜色的子像素,C=R、G或B,n为1与N之间的整数。因此,例如,R₄为第4个视点的红色像素。

[0031] 按照惯例,屏幕的第一列(在旋转之前对应于行)被视为从左上角开始。所述列的第一组M_A个连续子像素(M_A为大于或等于3的数,其值取决于所考虑的变型实施方式)对应于第一视点的第一组同源子像素。在M_A个子像素的组中,一次或多次地重复序列RGB(如果M_A不是3的整数倍,则为不完全重复)。

[0032] 光学组件是倾斜的：每个柱形透镜的母线与屏幕的列形成角度 α （传统地，角度 α 通常由从左上角到右下角的斜线所限定；其它方向是同样有效的且仅取决于最开始使图像混合的方向）。每个透镜至多可横跨第一列一次。相同的原理适用于透镜阵列中的所有透镜。

[0033] 因此，对于第一列，对应于1号视点的第一组子像素之后是一组 $M_E \geq 1$ 个关闭的子像素（至少一个子像素），然后第二组开启的子像素对应于第N个视点，第二组中子像素的个数与第一组相同。如果N等于4个视点，则视点的出现次序（从上到下）将为1、然后是4、然后是3、然后是2、然后又是1，以此类推，直到屏幕的底部。各块开启的像素之间具有一个或多个关闭的像素。

[0034] 将按照相同的原理构建第二列子像素，但是第二列子像素将必须以2号视点的子像素为开端。

[0035] 将按照相同的原理构建第三列子像素，但是第三列子像素将必须以3号视点的子像素为开端。

[0036] 将按照相同的原理构建第四列子像素，但是第四列子像素将必须以4号视点的子像素为开端。

[0037] 将按照相同的原理构建第五列子像素，但是如果该组由 $N=4$ 个视点组成，则第五列子像素将必须以1号视点的子像素为开端。

[0038] 以此类推。

[0039] 不管所考虑的视点个数如何，从 $N=2$ 到 $N=9$ 或者更多，该相同的通用系统都是有效的。结果的质量将取决于所用屏幕的初始分辨率。利用9/16格式的全高清屏幕（1080列x1920行），4或5个视点被视为完全可接受的折中方案。

[0040] 根据本发明的第一实施方式，屏幕充满依次来自不同视点的数据，通过在列方向上的每个视点变化之处插入一行或多行“黑色”子像素（关闭的或变黑的子像素）使子像素行紧接子像素行。在行方向上，在每个列变化之处改变视点。根据本实施方式，在“以N为模”的方式下，在同一行上所显示的子像素对应于按照从1到N的递增次序的连续视点，并且在“以N为模”的方式下，在同一列上所显示的子像素被至少一个不发光的子像素分隔且对应于按照从N到1的递减次序的连续视点。

[0041] 在列方向上考虑，代表在同一位置所采用的原始视点之一的子像素的等效组的开启的子像素的个数（也就是说，考虑其上显示视点的同一尺寸且同一分辨率的屏幕，所显示的子像素来自视点之一，且从该视点复制所显示的子像素）决定被关闭的行所分隔的开启的行的行的高度，关闭的行的厚度取决于不使用的子像素的个数。因此，透镜阵列所形成的角度将能够作为这两个相关参数的函数而发生改变。光学组件的每个透镜必须将来自同一个视点的开启的子像素一列一列连接在一起。因此透镜的角度取决于从一系列到下一列所覆盖的子像素的距离，从而遇到同一视点所对应的子像素。由多个子像素组成的开启的行越多，且关闭的行也越多，则阵列的轴线就越趋于竖直。

[0042] 图2-图11示出该第一实施方式的不同变型。更具体地，图2、图3和图4对应于针对4个、5个和6个视点的配置，其中，列包括针对6个黑色子像素的3个有效子像素的块，透镜阵列的角度 $\alpha=18.43^\circ$ 。图5-图11对应于4个视点，具有不同尺寸的有效子像素和黑色子像素的块，因此角度 α 的值不同。

[0043] 图1示出极端情况，对于整个屏幕高度且对于每列子像素具有单个视点，没有关闭

的子像素,透镜阵列完全竖直。该情况不属于本发明的范围之内。

[0044] 在本发明的第二实施方式中,加入第二参数来确定透镜阵列的角度和间距:竖直平移。在本实施方式中,每列都是竖直平移的对象(更具体地,每列为由竖直平移的关闭的子像素形成的图案,不可以明显地改变显示屏的结构,因此每列为包括开启的子像素和关闭的子像素的图案,该图案必须适于平移。如果将图案向下平移一个子像素,则选择来自每个视点的子像素,所选的子像素比在原始图像中低一个子像素,必须严格遵守颜色的次序和位置),从而调整阵列的角度、阵列的间距,并减少上述各种假像或者甚至使上述各种假像消失。以相同的原理构造每列子像素,每列子像素看上去是一系列交替的开启或关闭的子像素。图12-图37示出该第二实施方式的不同变型,全部都具有 $N=4$ 个视点。

[0045] 在第三实施方式中,不同的列具有不同的平移。次序必须保持是重复的且有规律的,并且为一组相邻的列所选择的平移必须以相同的方式被应用于随后的组。环形的排列决定用于依次充满整个屏幕的像素的个数和原始视点的个数。在图38至图41中示出本实施方式的不同变型。

[0046] 所有实施方式的公共点在于,按照像素列一列一列地在对应于每个视点的子像素组之间以有规律的方式关闭或强烈变黑特定数量的子像素,以及倾斜地排布光学组件(透镜阵列或视差屏障)以便避免阶梯效应并使光学组件的间距最小化。

[0047] 然而,由于透镜阵列或视差阵列的光轴是倾斜的且像素的结构基本上是正方形,因此第一实施方式呈现出残留的缺点。这些缺点反映在如下方面:

[0048] -过度的光重叠莫尔效应,发生在视点之间的转变时视点重合的情况下,

[0049] -或黑色莫尔效应,发生在缺少沿着在对应于像素间空间的小的立体角上的倾斜轴的像素的情况下,

[0050] -和/或彩色莫尔效应,发生在当观看者平行于屏幕的平面移动时,伴随着视点的改变,在整个屏幕上先后非同时地规则出现彩色子像素的情况下。

[0051] 第二实施方式和第三实施方式能够避免或减少这些缺点。为了调整形成视点所需的光数据的位置,通过优化分离能力且通过减小或消除亮度莫尔效应和彩色莫尔效应,事实上具有许多所需的整个高度的像素,以将三个R、G或B组分的定位相邻地调整到最近的子像素。如果整个竖向列被影响,利用两个子像素或利用更大的值(8个子像素不构成最大限度),则向下竖向偏移一个子像素的是特别有优势的。

[0052] 当一列列不存在子像素的竖向偏移时,该基本结构在视点之间的转变之处主要呈现彩色,这是因为光轴是倾斜的且像素的结构基本上是正方形。因此,在整个图像上,将第一列的第一组子像素(表征视点1的信息)与第二列的第二组子像素(表征视点1的其它信息)的光轴横切第四视点的红色组分(称为R4)或第二视点的蓝色组分(称为B2),因此在视点的变化之处主要为红色或蓝色,则在第四视点的绿色组分(称为G4)或第二视点的绿色组分(称为G2)的交叉之处,主要为 $R4+G4=$ 黄色或 $B2+G2=$ 青色。当光轴同时横切3个子像素时,这些彩色性状消失。

[0053] 当存在像素列的竖向偏移时,一列列所获得的结果是在观看者横向移动时光轴所遇到的第一子像素的圆形排列,这减少或消除了彩色性状。该排布方式也具有如下优势:改变了无光子像素的相对位置,这使得能够通过平衡良好的分离能力所需的被认为垂直于光轴的空间来至少局部地避免光度莫尔效应。

[0054] 利用该机制,可以使用小于像素的 N 分之一的透镜阵列(或视差屏障)的间距(N 为视点的个数)。

[0055] 各组开启的子像素之间的关闭的子像素的数量越大,屏幕的亮度损失就越多。然而,这并不是很容易察觉到的,特别是如果使用高亮度屏幕来补偿该亮度损失。

[0056] 下表概述了不同附图所示出的配置。“N”为视点的个数,“ α ”为光学组件相对于竖向所形成的角度,“子-有效”为连续的使用的子像素的块的尺寸,“子-黑色”为连续的关闭的子像素的块的尺寸,“平移”为关闭的子像素的块的竖向平移(正:向下,负:向上)。

[0057]

附图	实施方式	N	α	子-有效	子-黑色	平移
1	-	4	0°	5760	0	0
2	1	4	18.43°	3	6	0
3	1	5	18.43°	3	6	0
4	1	6	18.43°	3	6	0
5	1	4	20.56°	3	5	0
6	1	4	16.70°	3	7	0
7	1	4	18.43°	6	3	0
8	1	4	16.70°	6	4	0
9	1	4	15.26°	6	5	0
10	1	4	14.04°	6	6	0
11	1	4	18.43°	8	1	0
12	2	4	18.43°	6	2	1
13	2	4	20.56°	3	4	1
14	2	4	15.26°	6	4	1
15	2	4	16.70°	3	6	1
16	2	4	10.61°	9	6	1
17	2	4	12.09°	9	3	2
18	2	4	14.04°	6	4	2
19	2	4	15.26°	6	3	2
20	2	4	20.56°	3	3	2
21	2	4	16.70°	3	5	2
22	2	4	15.26°	3	6	2
23	2	4	11.31°	9	3	3
24	2	4	14.04°	6	3	3
25	2	4	18.43°	3	3	3
26	2	4	16.70°	3	4	3
27	2	4	15.26°	3	5	3

[0058]

28	2	4	14.04°	3	6	3
29	2	4	15.26°	3	4	4
30	2	4	14.04°	3	5	4
31	2	4	12.99°	6	3	4
32	2	4	16.70°	3	3	4
33	2	4	18.43°	3	2	4
34	2	4	14.04°	3	4	5
35	2	4	14.04°	3	3	6
36	2	4	10.00°	8	2	7
37	2	4	10.61°	6	2	8
38	3	4	20.56°	3	3	-1,-1,0
39	3	4	20.55°	3	3	-1,-1,-2
40	3	4	18.43°	3	6	-1,0,+1
41	3	4	18.43°	3	6	-1,1

N = 4

 $\alpha = 0$

子-有效 = 1920

子-黑色 = 0

平移 = 0

R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4

图1

N = 4 $\alpha = 18.43$ 子-有效 = 3 子-黑色 = 6 平移 = 0

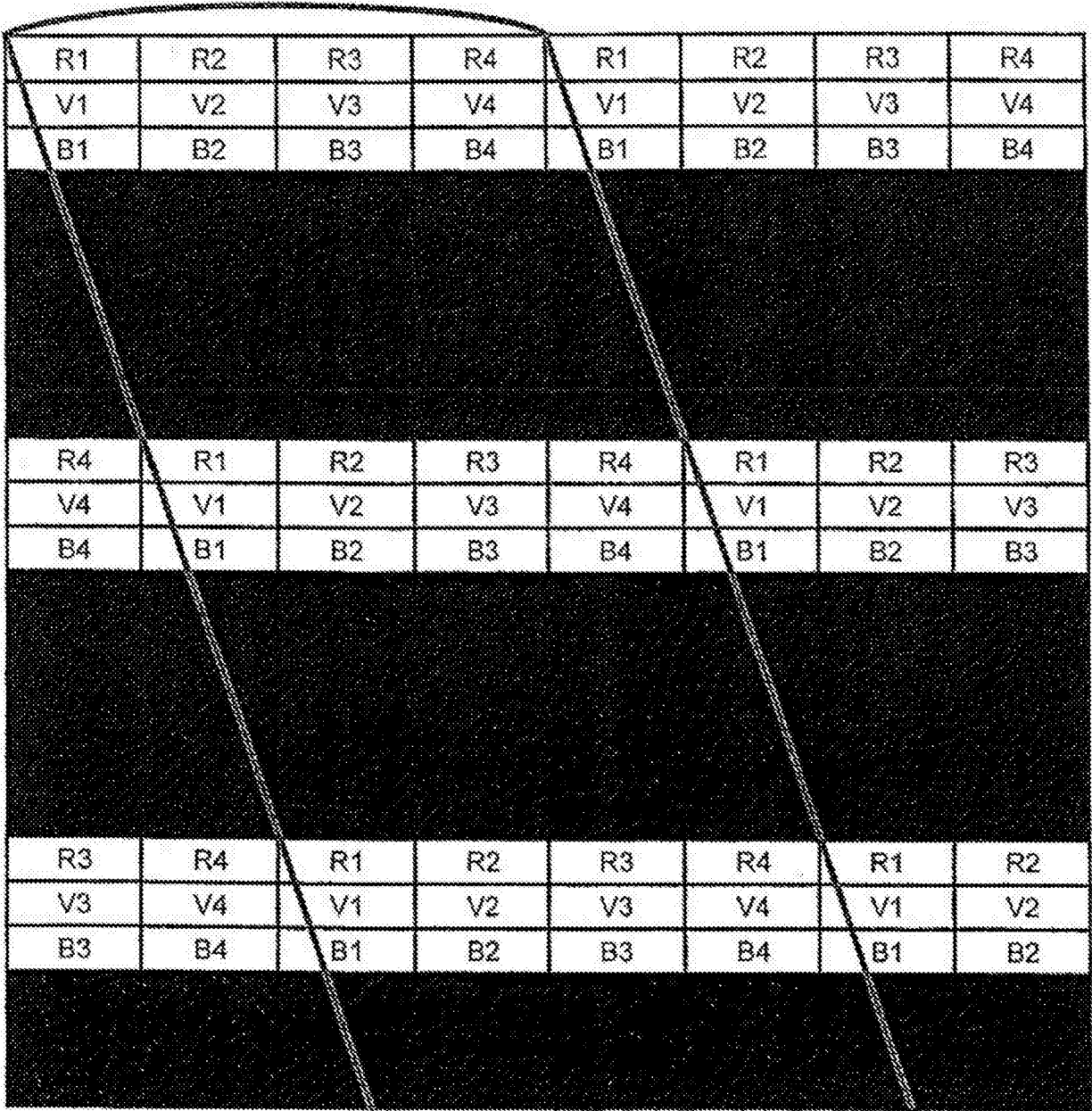


图2

$N = 5$ $\alpha = 18.43$

子-有效 = 3

子-黑色 = 6

平移 = 0

R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3
V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3
B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3
R5	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2
V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2
B5	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2
R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5	R1
V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5	V1
B4	B5	B1	B2	B3	B4	B5	B1

图3

N = 6 $\alpha = 18.43$ 子-有效 = 3 子-黑色 = 6 平移 = 0

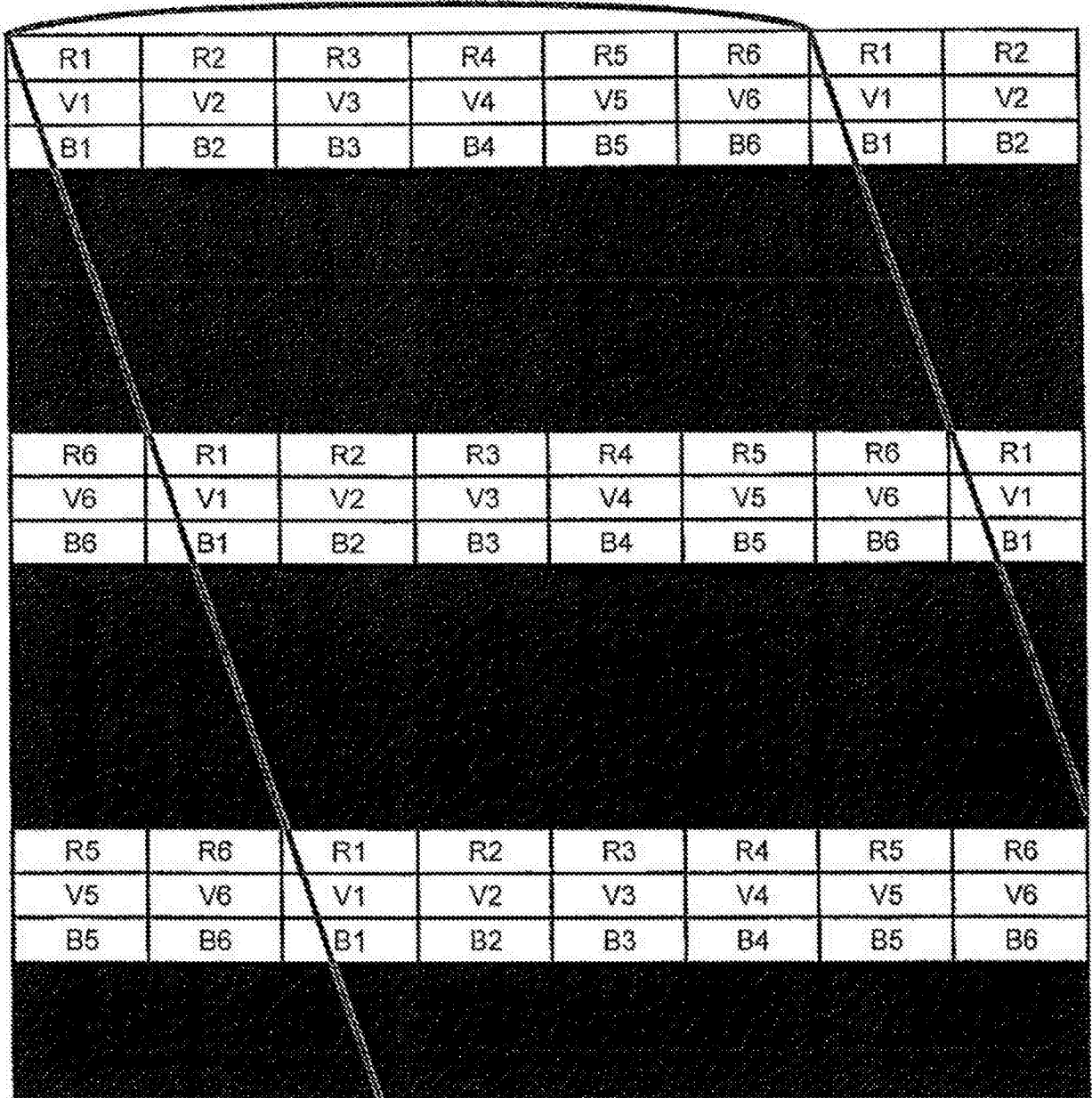


图4

N = 4 $\alpha = 20.56$ 子-有效 = 3 子-黑色 = 5 平移 = 0

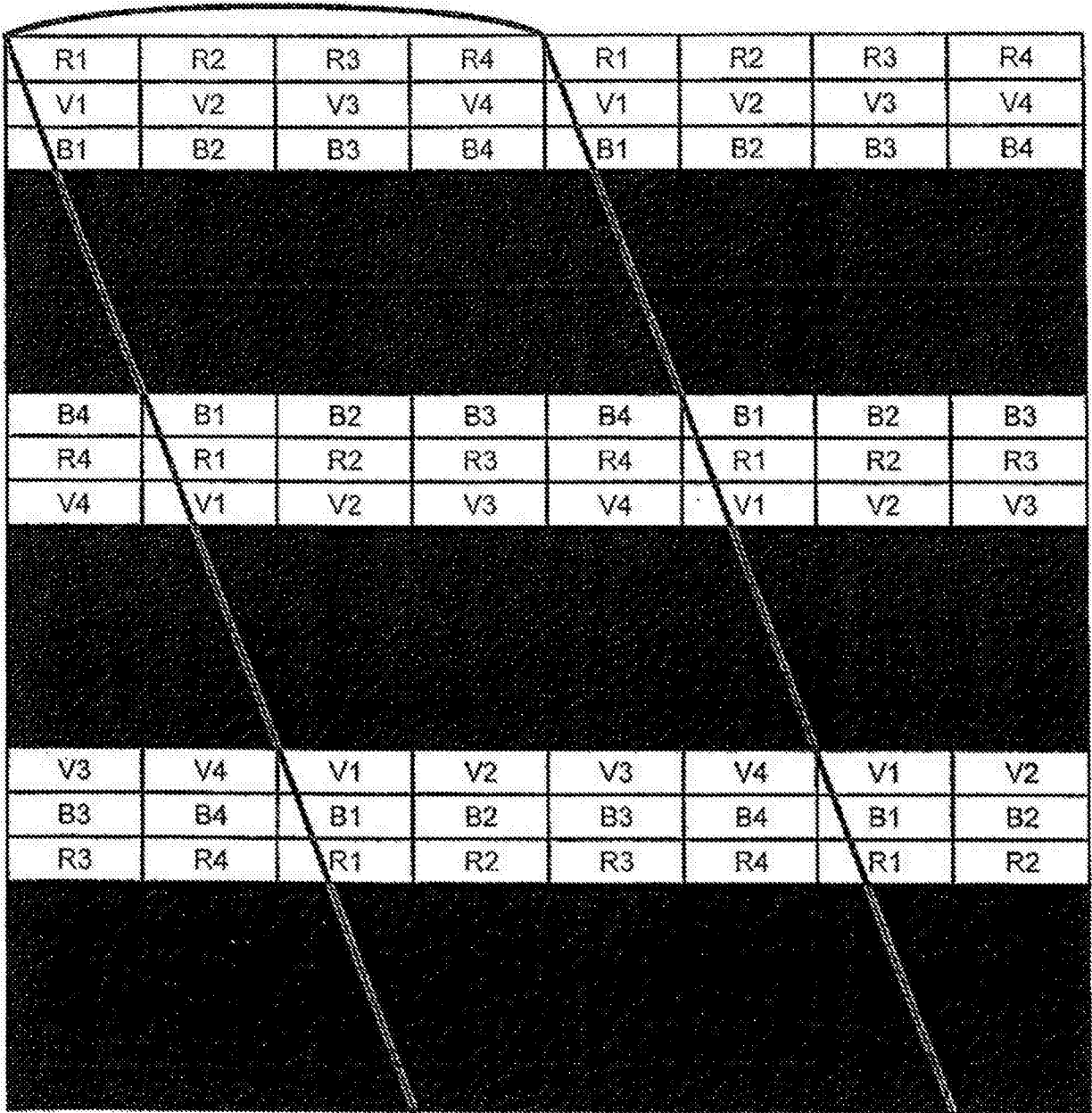


图5

N = 4

 $\alpha = 16.70$

子-有效 = 3

子-黑色 = 7

平移 = 0

R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2
R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2
V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2

图6

N = 4

 $\alpha = 18.43$

子-有效 = 6

子-黑色 = 3

平移 = 0

R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2
V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2
B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2
R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2
V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2
B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2

图7

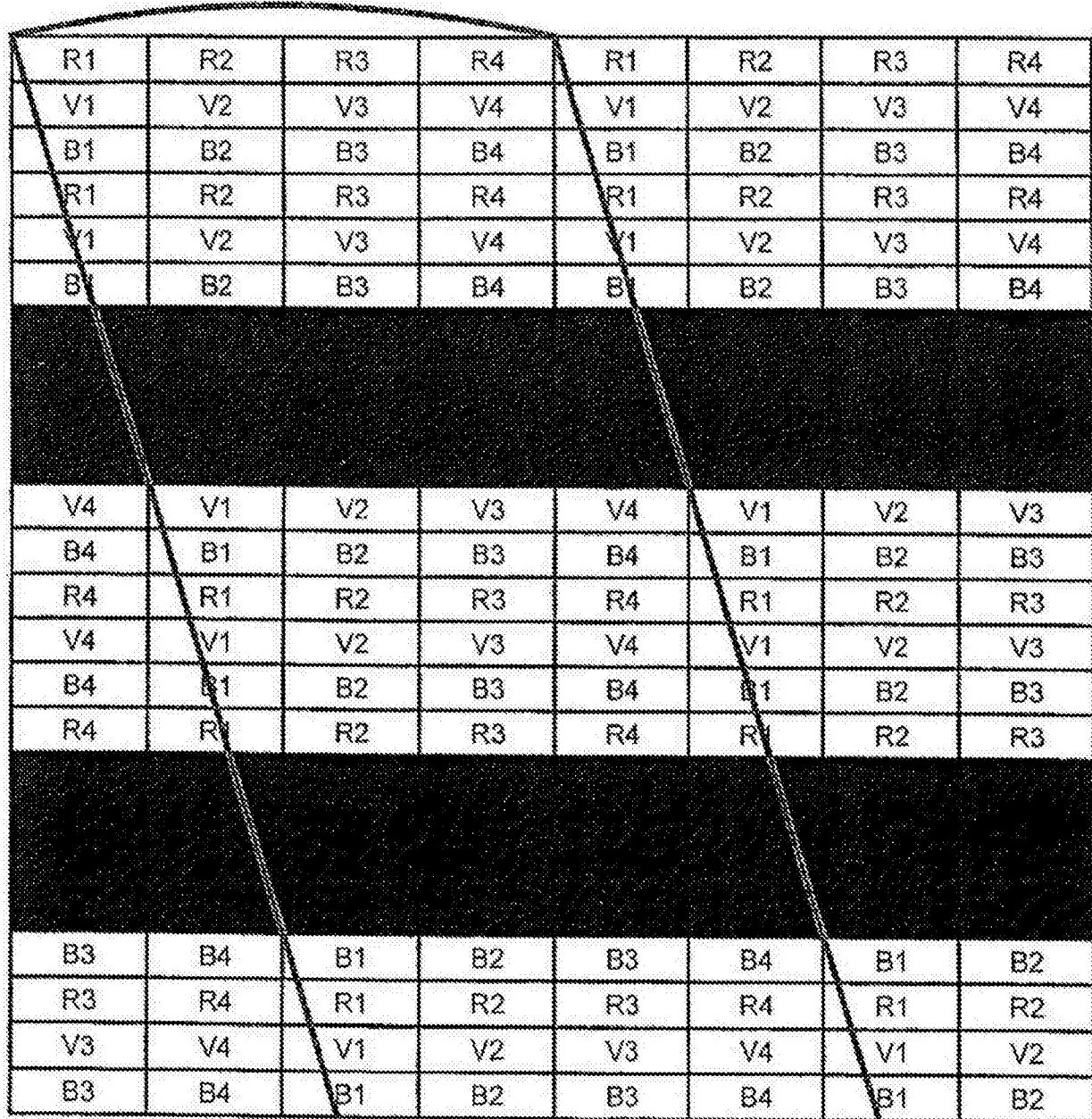
N = 4

 $\alpha = 16.70$

子-有效 = 6

子-黑色 = 4

平移 = 0



R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2
R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2
V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2
B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2

图8

N = 4

 $\alpha = 15.26$

子-有效 = 6

子-黑色 = 5

平移 = 0

R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2
B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2

图9

N = 4 $\alpha = 14.04$ 子-有效 = 6 子-黑色 = 6 平移 = 0

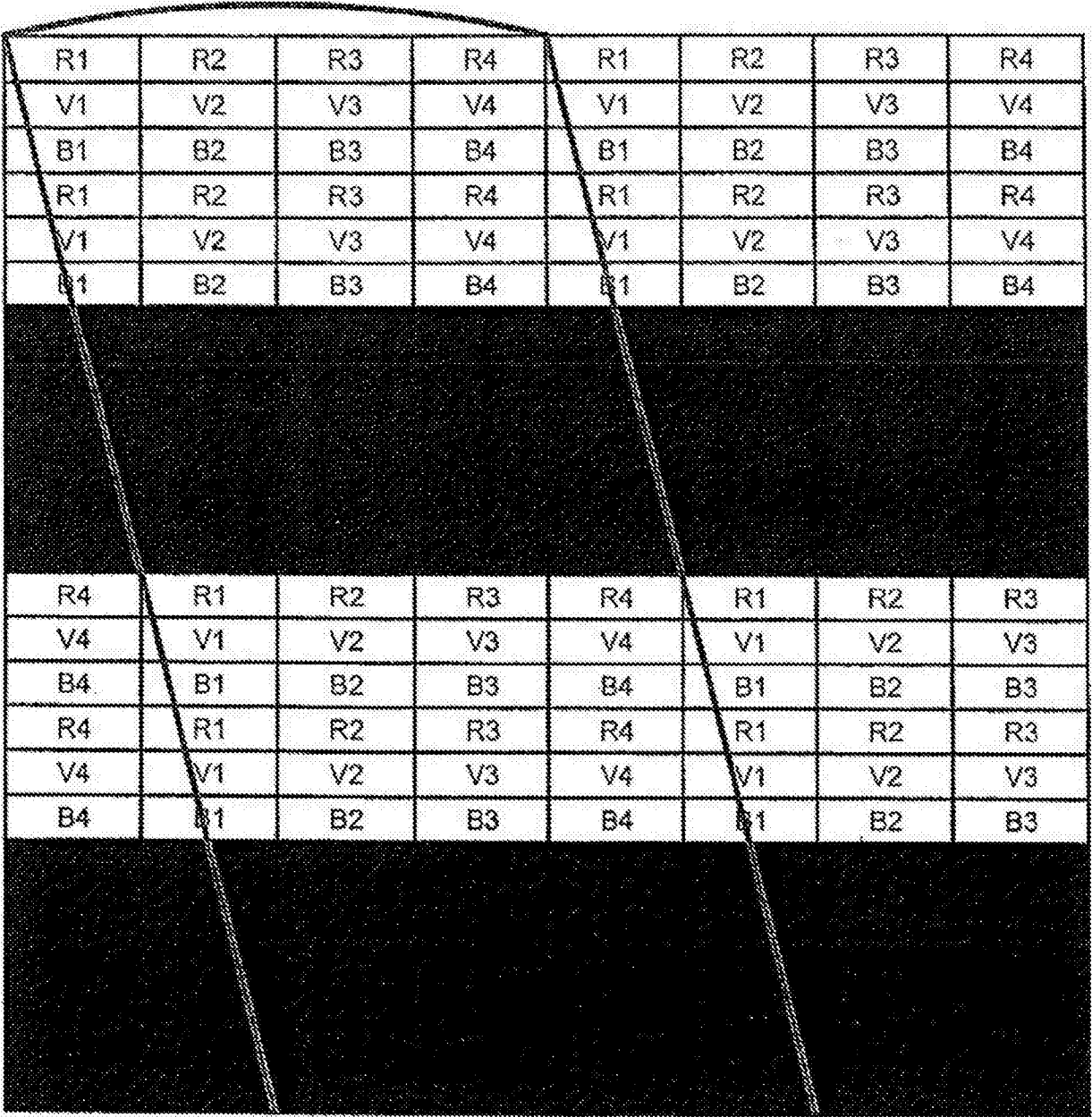


图10

N = 4

 $\alpha = 18.43$

子-有效 = 8

子-黑色 = 1

平移 = 0

R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3
R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2
V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2
B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2
R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2
V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2
B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2

图11

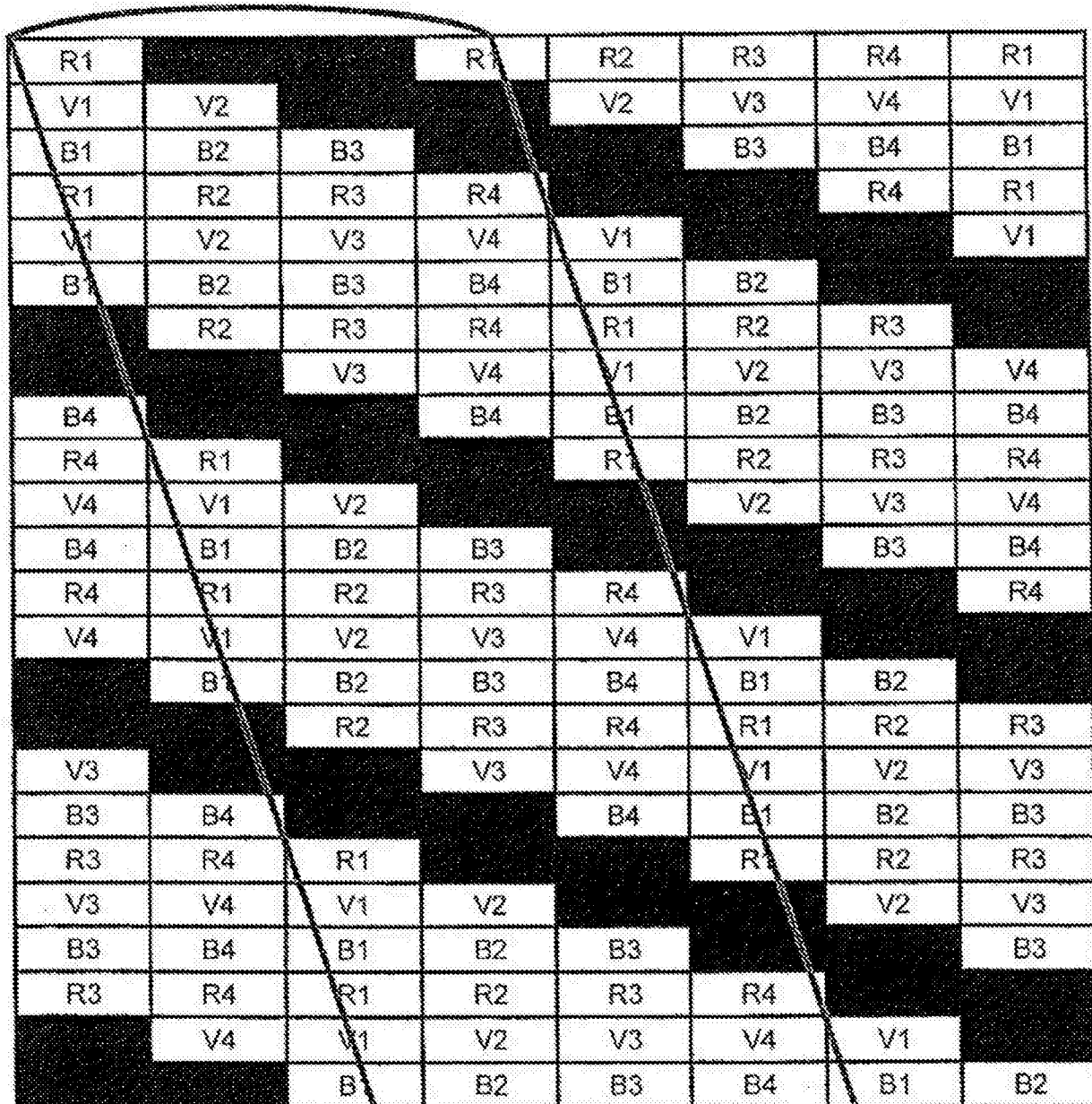
N = 4

 $\alpha = 18.43$

子-有效 = 6

子-黑色 = 2

平移 = 1



R1				R1	R2	R3	R4	R1
V1	V2				V2	V3	V4	V1
B1	B2	B3				B3	B4	B1
R1	R2	R3	R4				R4	R1
V1	V2	V3	V4	V1				V1
B1	B2	B3	B4	B1	B2			
	R2	R3	R4	R1	R2	R3		
		V3	V4	V1	V2	V3	V4	
B4				B4	B1	B2	B3	B4
R4	R1			R1	R2	R3	R4	
V4	V1	V2			V2	V3	V4	
B4	B1	B2	B3			B3	B4	
R4	R1	R2	R3	R4				R4
V4	V1	V2	V3	V4	V1			
	B1	B2	B3	B4	B1	B2		
		R2	R3	R4	R1	R2	R3	
V3			V3	V4	V1	V2	V3	
B3	B4			B4	B1	B2	B3	
R3	R4	R1			R1	R2	R3	
V3	V4	V1	V2			V2	V3	
B3	B4	B1	B2	B3			B3	
R3	R4	R1	R2	R3	R4			
	V4	V1	V2	V3	V4	V1		
		B1	B2	B3	B4	B1	B2	

图12

N = 4

 $\alpha = 20.56$

子-有效 = 3

子-黑色 = 4

平移 = 1

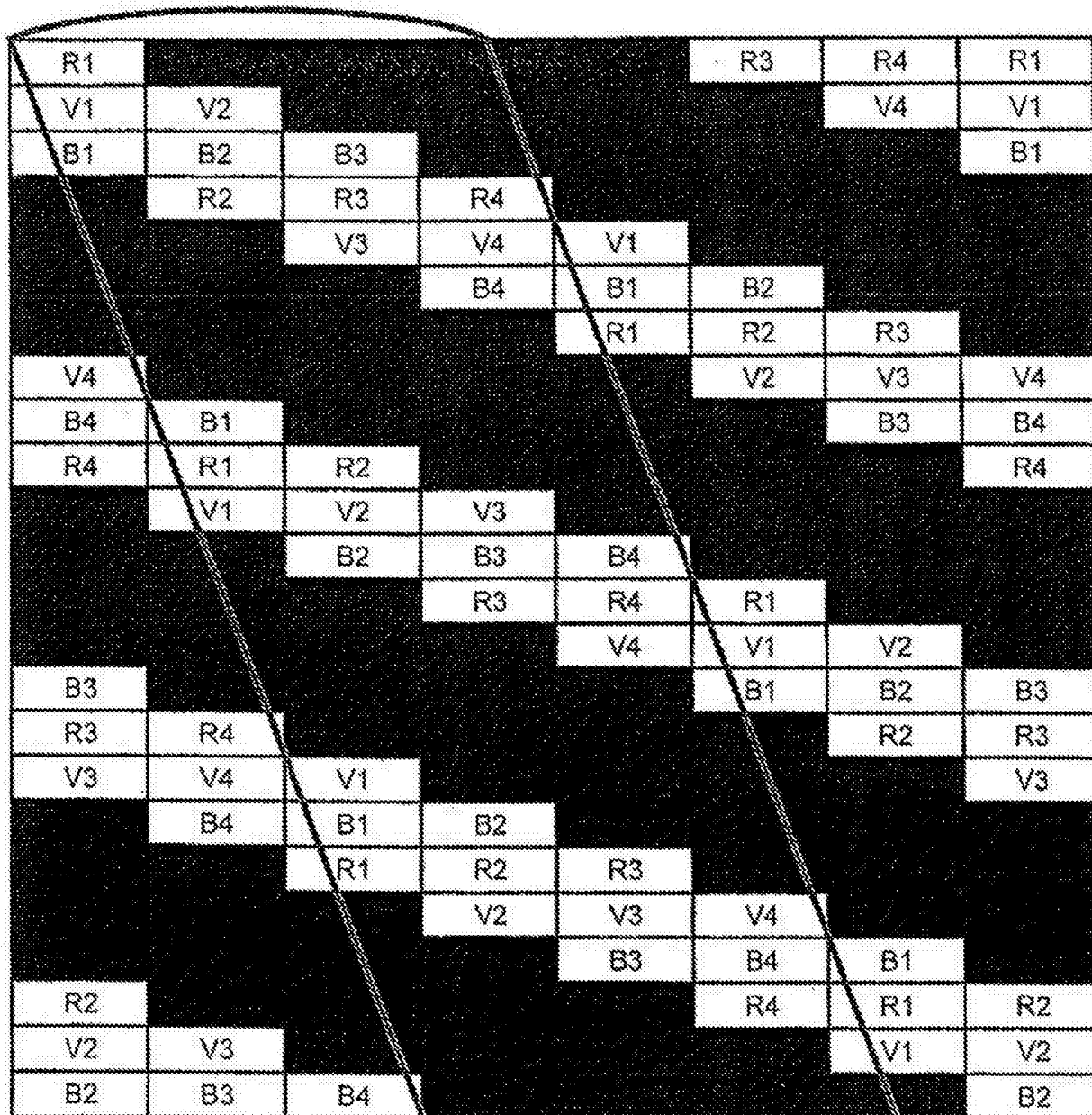


图13

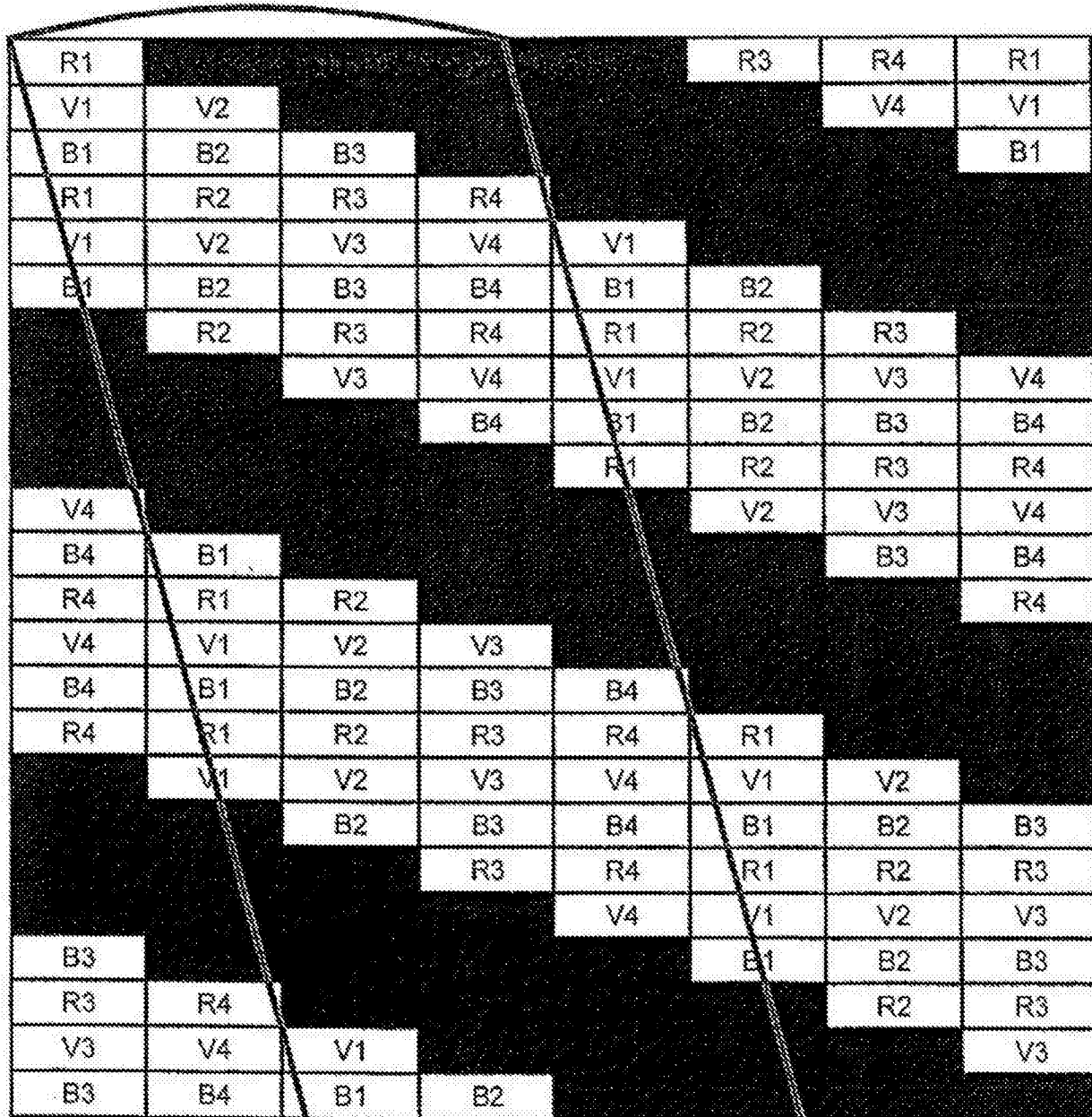
N = 4

 $\alpha = 15.26$

子-有效 = 6

子-黑色 = 4

平移 = 1



R1								R3	R4	R1					
V1	V2								V4	V1					
B1	B2	B3								B1					
R1	R2	R3	R4												
V1	V2	V3	V4	V1											
B1	B2	B3	B4	B1	B2										
	R2	R3	R4	R1	R2	R3									
		V3	V4	V1	V2	V3	V4								
			B4	B1	B2	B3	B4								
				R1	R2	R3	R4								
V4					V2	V3	V4								
B4	B1					B3	B4								
R4	R1	R2												R4	
V4	V1	V2	V3												
B4	B1	B2	B3	B4											
R4	R1	R2	R3	R4	R1										
	V1	V2	V3	V4	V1	V2									
		B2	B3	B4	B1	B2	B3								
			R3	R4	R1	R2	R3								
				V4	V1	V2	V3								
B3					B1	B2	B3								
R3	R4					R2	R3								
V3	V4	V1					V3								
B3	B4	B1	B2												

图14

$$N \approx 4$$
 $\alpha = 16.70$

子一有效 = 3

子-黑色=6

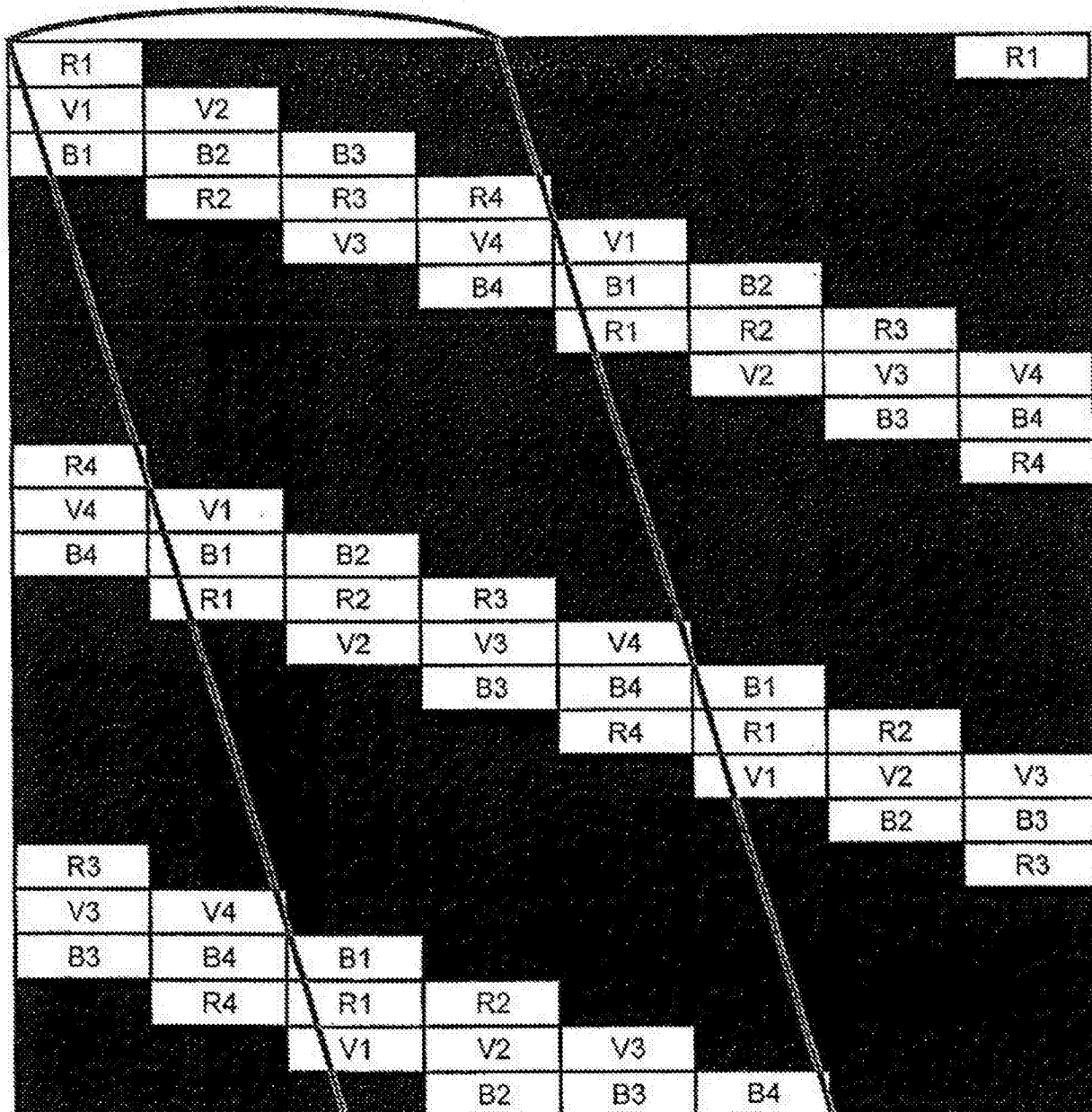
$$\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{2}} = 1$$


图 15

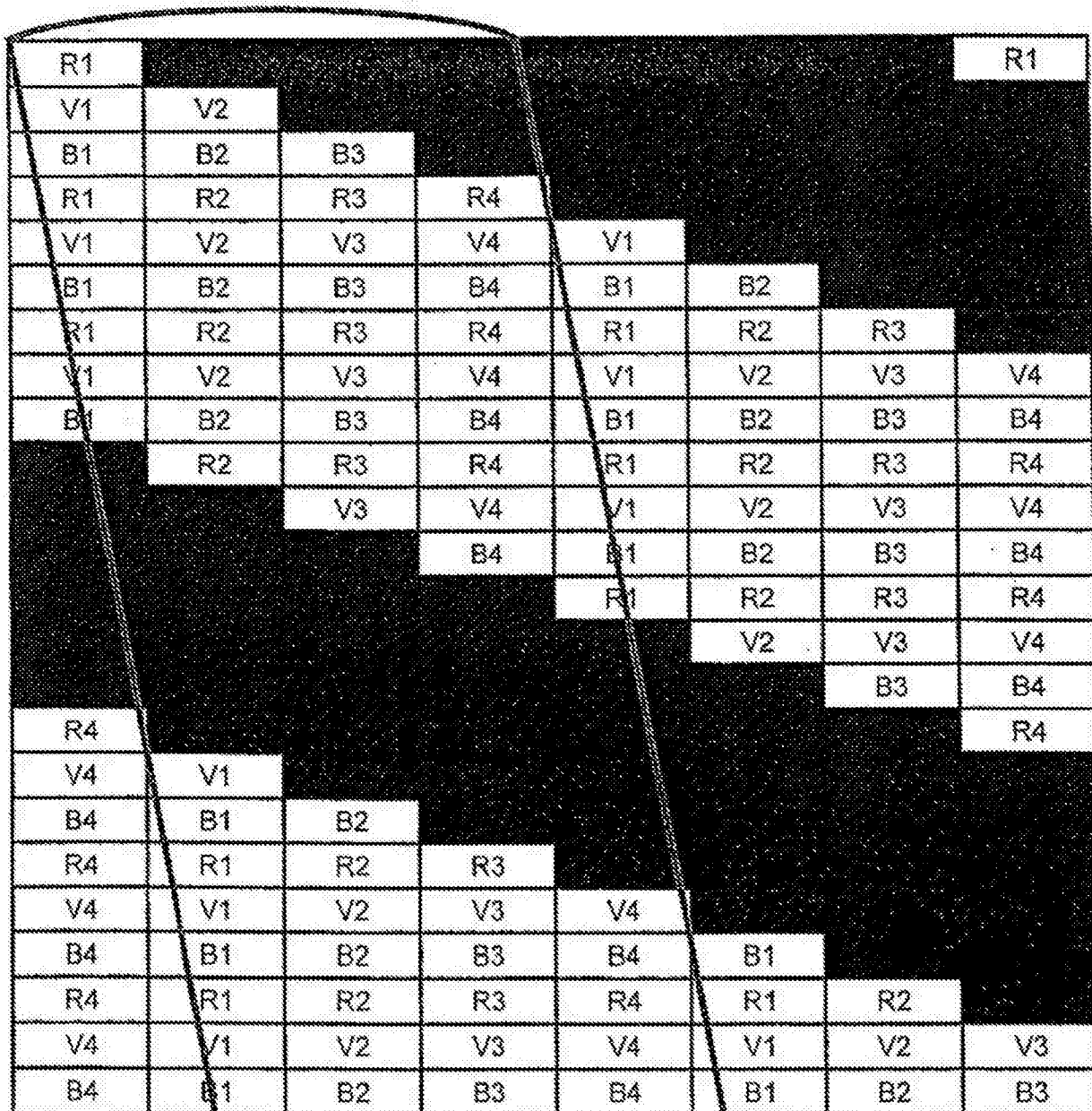
N = 4

 $\alpha = 10.61$

子-有效 = 9

子-黑色 = 6

平移 = 1



R1								R1
V1	V2							
B1	B2	B3						
R1	R2	R3	R4					
V1	V2	V3	V4	V1				
B1	B2	B3	B4	B1	B2			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3		
V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4	
B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	
	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
		V3	V4	V1	V2	V3	V4	
			B4	B1	B2	B3	B4	
				R1	R2	R3	R4	
					V2	V3	V4	
						B3	B4	
R4								R4
V4	V1							
B4	B1	B2						
R4	R1	R2	R3					
V4	V1	V2	V3	V4				
B4	B1	B2	B3	B4	B1			
R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2		
V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	
B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	

图16

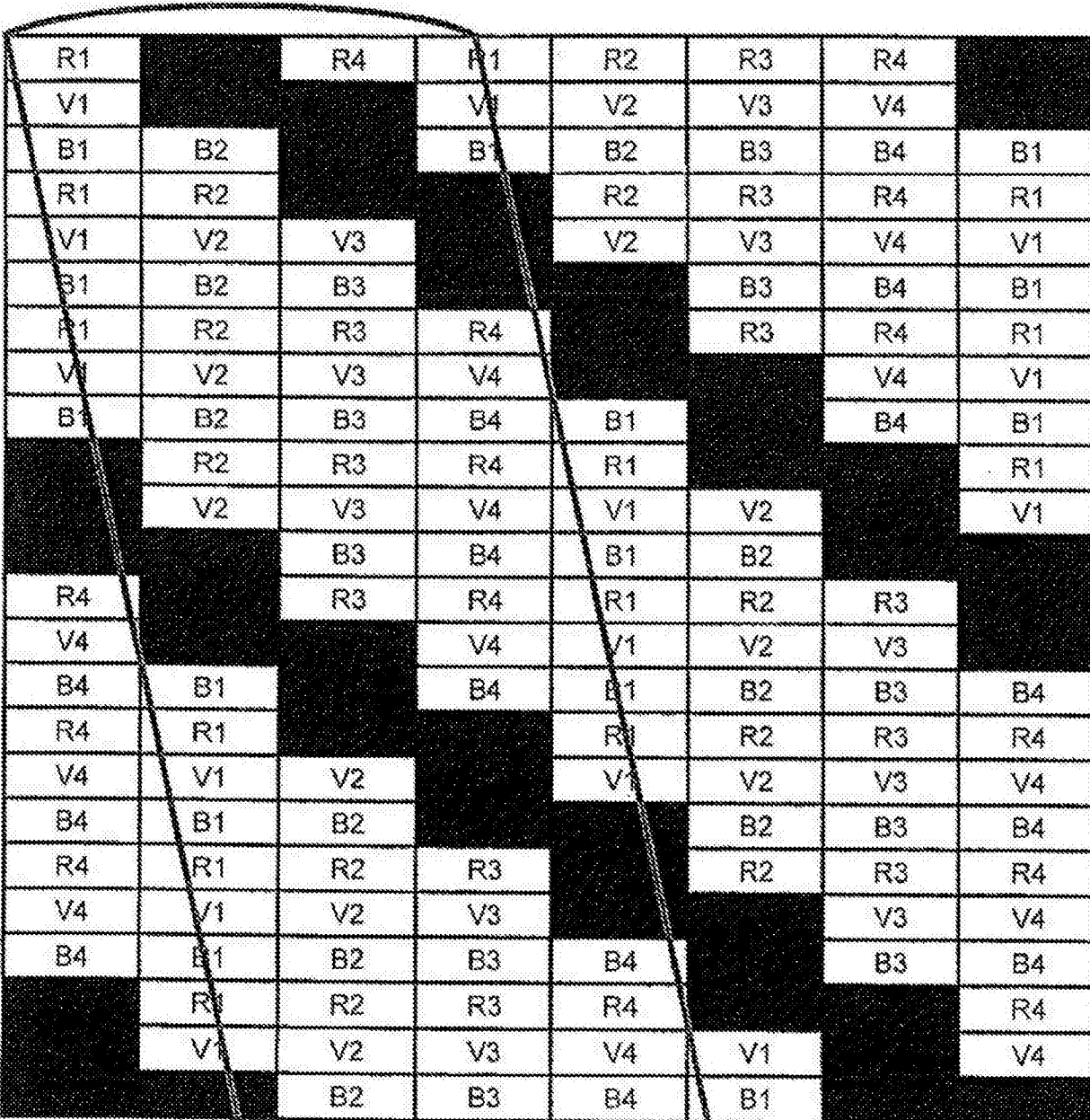
N = 4

 $\alpha = 12.09$

子-有效 = 9

子-黑色 = 3

平移 = 2



R1			R4	R1	R2	R3	R4
V1				V1	V2	V3	V4
B1	B2			B1	B2	B3	B4
R1	R2				R2	R3	R4
V1	V2	V3			V2	V3	V4
B1	B2	B3				B3	B4
R1	R2	R3	R4			R3	R4
V1	V2	V3	V4				V4
B1	B2	B3	B4	B1			B4
	R2	R3	R4	R1			
	V2	V3	V4	V1	V2		
		B3	B4	B1	B2		
R4			R3	R4	R1	R2	R3
V4				V4	V1	V2	V3
B4	B1			B4	B1	B2	B3
R4	R1				R1	R2	R3
V4	V1	V2			V1	V2	V3
B4	B1	B2				B2	B3
R4	R1	R2	R3			R2	R3
V4	V1	V2	V3				V3
B4	B1	B2	B3	B4			B3
	R1	R2	R3	R4			
	V1	V2	V3	V4	V1		
		B2	B3	B4	B1		

图17

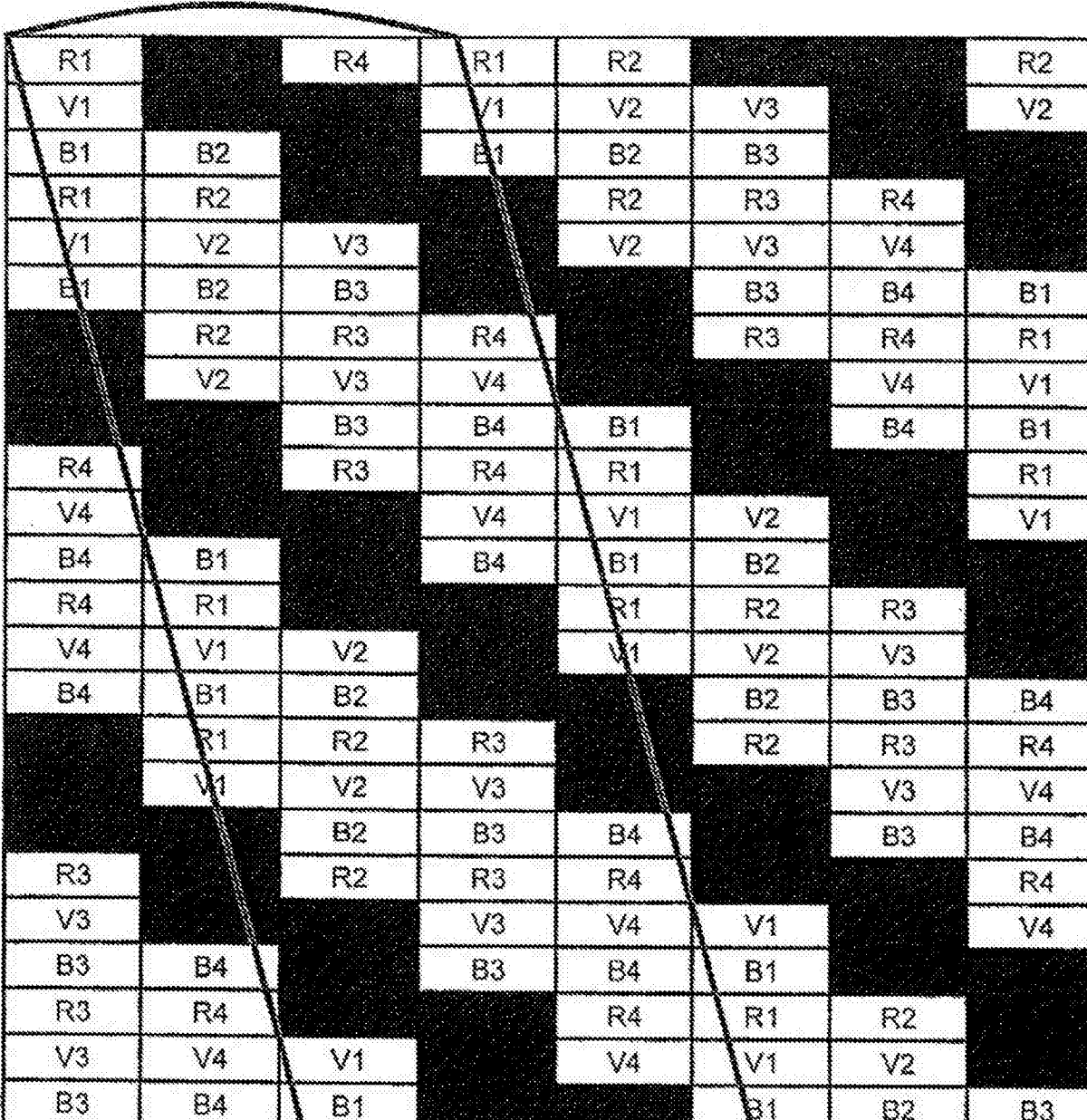
N = 4

 $\alpha = 15.26$

子-有效 = 6

子-黑色 = 3

平移 = 2



R1		R4	R1	R2			R2
V1			V1	V2	V3		V2
B1	B2		B1	B2	B3		
R1	R2			R2	R3	R4	
V1	V2	V3		V2	V3	V4	
B1	B2	B3			B3	B4	B1
	R2	R3	R4		R3	R4	R1
	V2	V3	V4			V4	V1
		B3	B4	B1		B4	B1
R4		R3	R4	R1			R1
V4			V4	V1	V2		V1
B4	B1		B4	B1	B2		
R4	R1			R1	R2	R3	
V4	V1	V2		V1	V2	V3	
B4	B1	B2			B2	B3	B4
	R1	R2	R3		R2	R3	R4
	V1	V2	V3			V3	V4
		B2	B3	B4		B3	B4
R3		R2	R3	R4			R4
V3			V3	V4	V1		V4
B3	B4		B3	B4	B1		
R3	R4			R4	R1	R2	
V3	V4	V1		V4	V1	V2	
B3	B4	B1			B1	B2	B3

图19

N = 4

 $\alpha = 20.56$

子-有效 = 3

子-黑色 = 3

平移 = 2

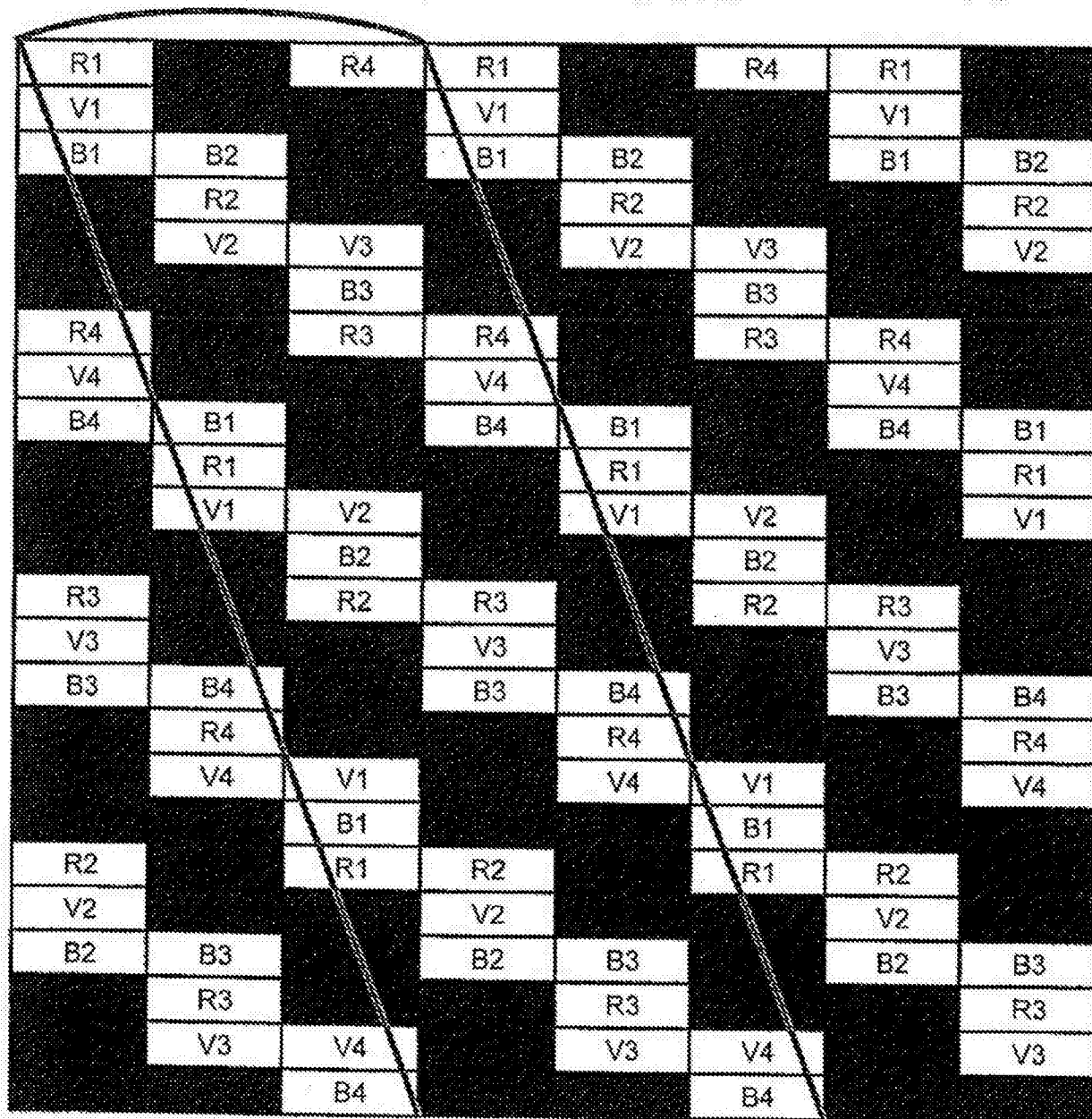


图20

N = 4

 $\alpha = 16.70$

子-有效 = 3

子-黑色 = 5

平移 = 2

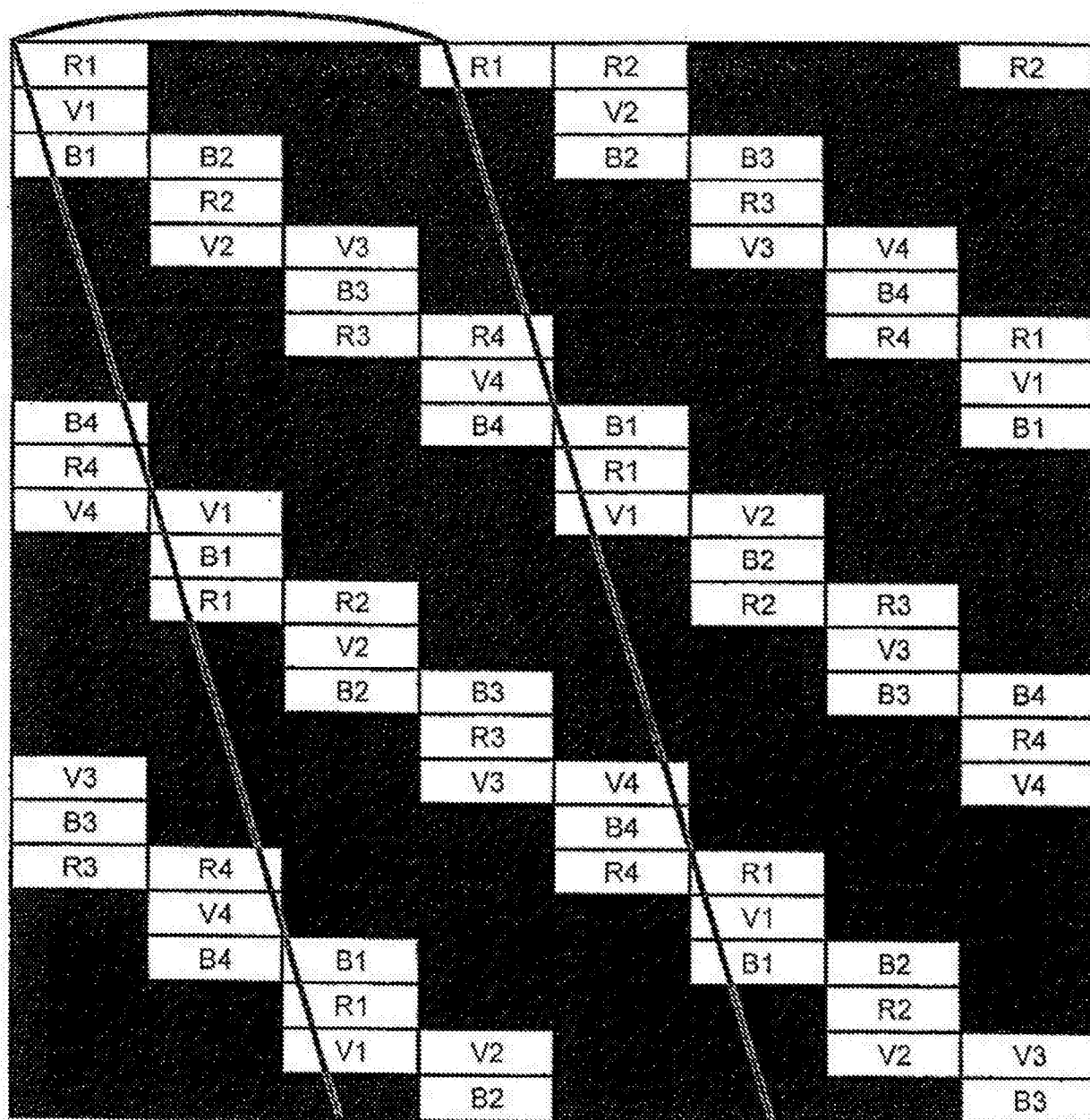


图21

N = 4

 $\alpha = 15.26$

子-有效 = 3

子-黑色 = 6

平移 = 2

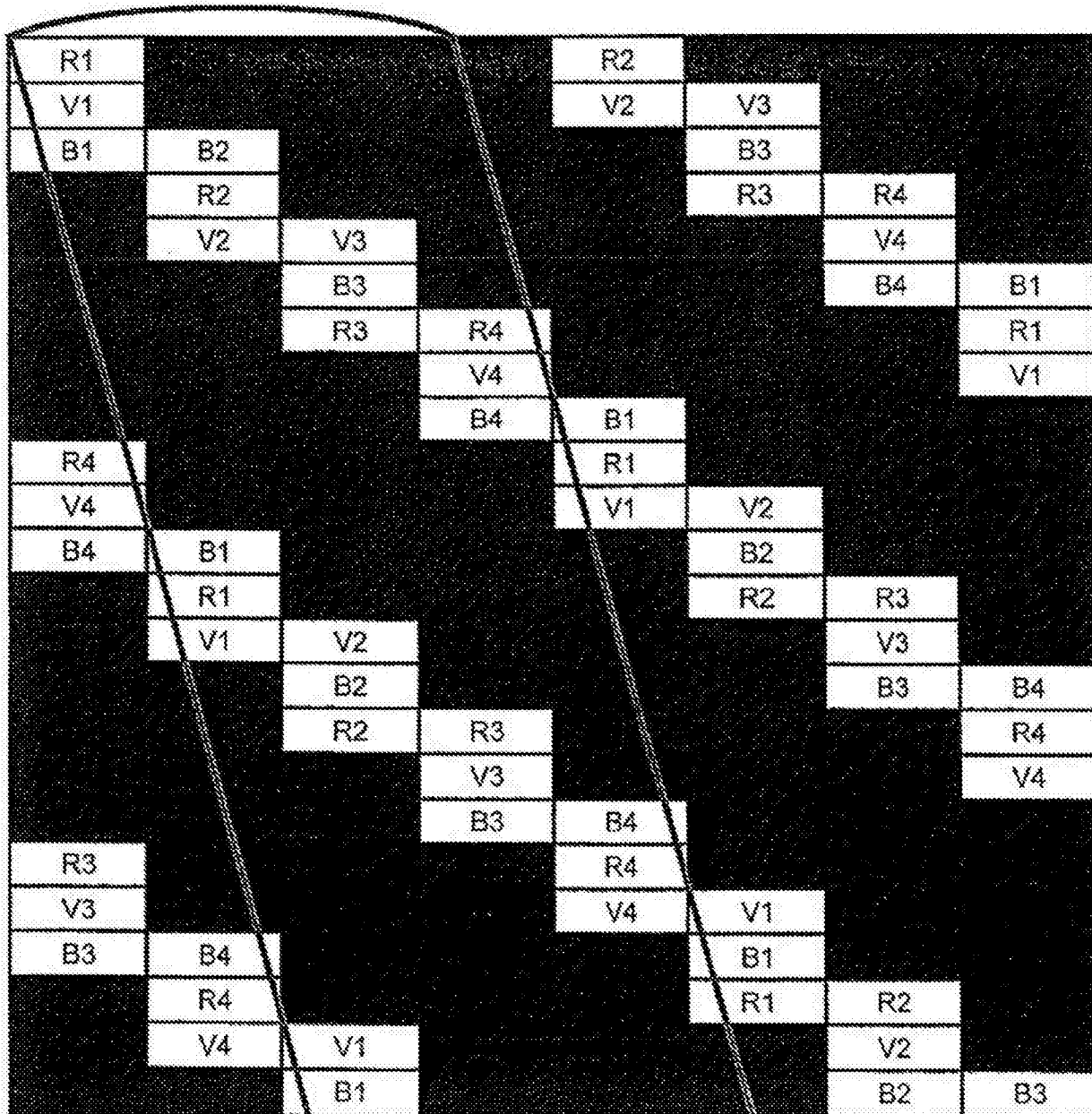


图22

N = 4

 $\alpha = 11.31$

子-有效 = 9

子-黑色 = 3

平移 = 3

R1		R4		R1	R2		R1	R2
V1		V4		V1	V2		V1	V2
B1		B4		B1	B2		B1	B2
R1	R2			R1	R2	R3		R2
V1	V2			V1	V2	V3		V2
B1	B2			B1	B2	B3		B2
R1	R2	R3		R2	R3	R4		
V1	V2	V3		V2	V3	V4		
B1	B2	B3		B2	B3	B4		
	R2	R3	R4		R3	R4	R1	
	V2	V3	V4		V3	V4	V1	
	B2	B3	B4		B3	B4	B1	
R4		R3	R4	R1		R4	R1	
V4		V3	V4	V1		V4	V1	
B4		B3	B4	B1		B4	B1	
R4	R1		R4	R1	R2		R1	
V4	V1		V4	V1	V2		V1	
B4	B1		B4	B1	B2		B1	
R4	R1	R2		R1	R2	R3		
V4	V1	V2		V1	V2	V3		
B4	B1	B2		B1	B2	B3		
	R1	R2	R3		R2	R3	R4	
	V1	V2	V3		V2	V3	V4	
	B1	B2	B3		B2	B3	B4	

图23

N = 4

 $\alpha = 14.04$

子-有效 = 6

子-黑色 = 3

平移 = 3

R1			R4	R1			R4	R1			
V1			V4	V1			V4	V1			
B1			B4	B1			B4	B1			
R1	R2			R1	R2			R1	R2		
V1	V2			V1	V2			V1	V2		
B1	B2			B1	B2			B1	B2		
	R2	R3			R2	R3			R2	R3	
	V2	V3			V2	V3			V2	V3	
	B2	B3			B2	B3			B2	B3	
R4			R3	R4			R3	R4			
V4			V3	V4			V3	V4			
B4			B3	B4			B3	B4			
R4	R1			R4	R1			R4	R1		
V4	V1			V4	V1			V4	V1		
B4	B1			B4	B1			B4	B1		
	R1	R2			R1	R2			R1	R2	
	V1	V2			V1	V2			V1	V2	
	B1	B2			B1	B2			B1	B2	
R3			R2	R3			R2	R3			
V3			V2	V3			V2	V3			
B3			B2	B3			B2	B3			
R3	R4			R3	R4			R3	R4		
V3	V4			V3	V4			V3	V4		
B3	B4			B3	B4			B3	B4		

图24

N = 4

 $\alpha = 18.43$

子-有效 = 3

子-黑色 = 3

平移 = 3

R1		R4		R3		R2	
V1		V4		V3		V2	
B1		B4		B3		B2	
	R2		R1		R4		R3
	V2		V1		V4		V3
	B2		B1		B4		B3
R4		R3		R2		R1	
V4		V3		V2		V1	
B4		B3		B2		B1	
	R1		R4		R3		R2
	V1		V4		V3		V2
	B1		B4		B3		B2
R3		R2		R1		R4	
V3		V2		V1		V4	
B3		B2		B1		B4	
	R4		R3		R2		R1
	V4		V3		V2		V1
	B4		B3		B2		B1
R2		R1		R4		R3	
V2		V1		V4		V3	
B2		B1		B4		B3	
	R3		R2		R1		R4
	V3		V2		V1		V4
	B3		B2		B1		B4

图25

N = 4

 $\alpha = 16.70$

子-有效 = 3

子-黑色 = 4

平移 = 3

R1		R4		R3			R3
V1		V4			V4		V3
B1			B1		B4		B3
	R2		R1		R4		
	V2		V1			V1	
	B2			B2		B1	
		R3		R2		R1	
V4		V3		V2			V2
B4		B3			B3		B2
R4			R4		R3		R2
	V1		V4		V3		
	B1		B4			B4	
	R1			R1		R4	
		V2		V1		V4	
B3		B2		B1			B1
R3		R2			R2		R1
V3			V3		V2		V1
	B4		B3		B2		
	R4		R3			R3	
	V4			V4		V3	
		B1		B4		B3	
R2		R1		R4			R4
V2		V1			V1		V4
B2			B2		B1		B4

图26

N = 4

 $\alpha = 15.26$

子-有效 = 3

子-黑色 = 5

平移 = 3

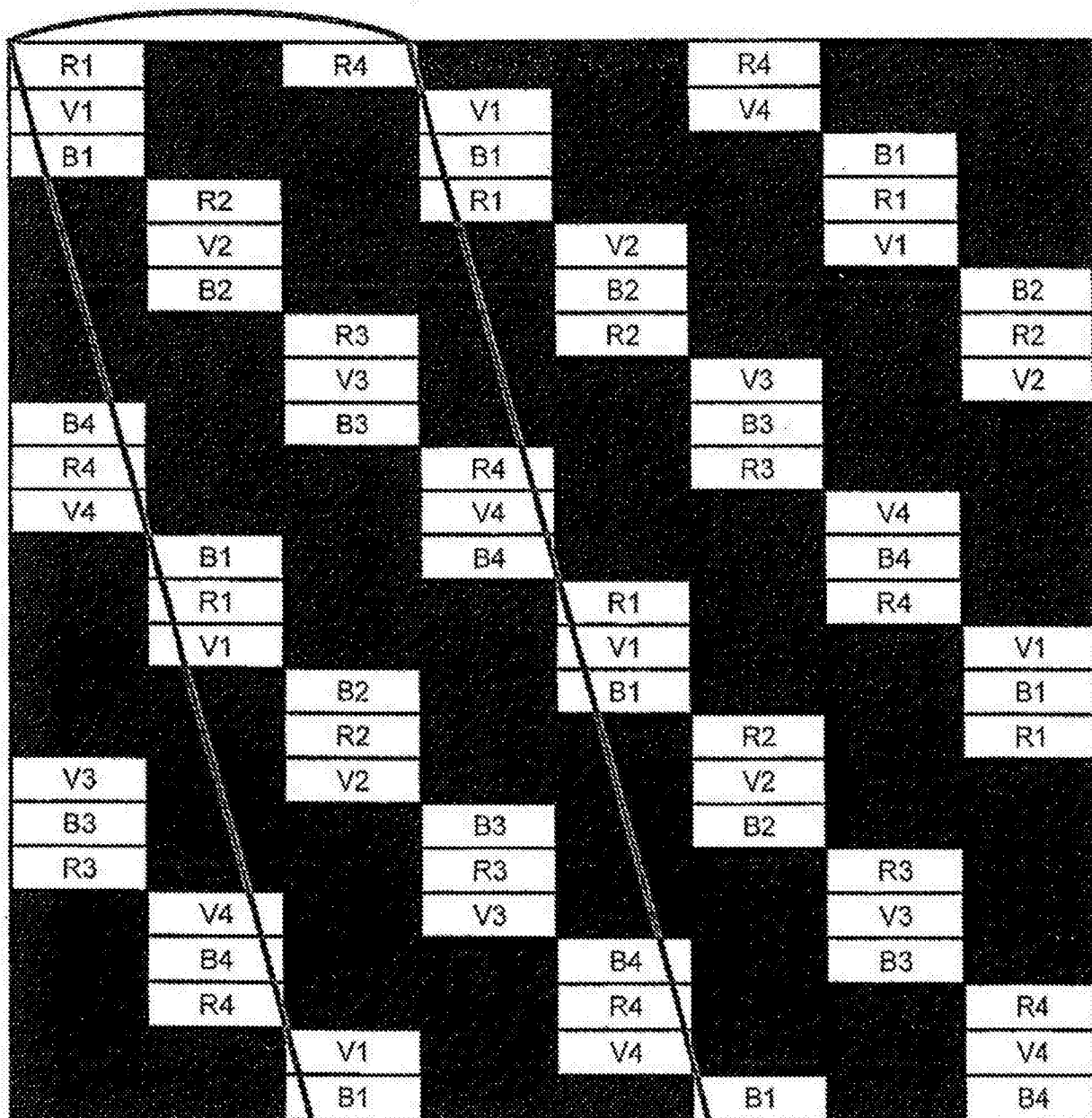


图27

$N = 4$ $\alpha = 14.04$

子-有效 = 3

子-黑色 = 6

平移 = 3

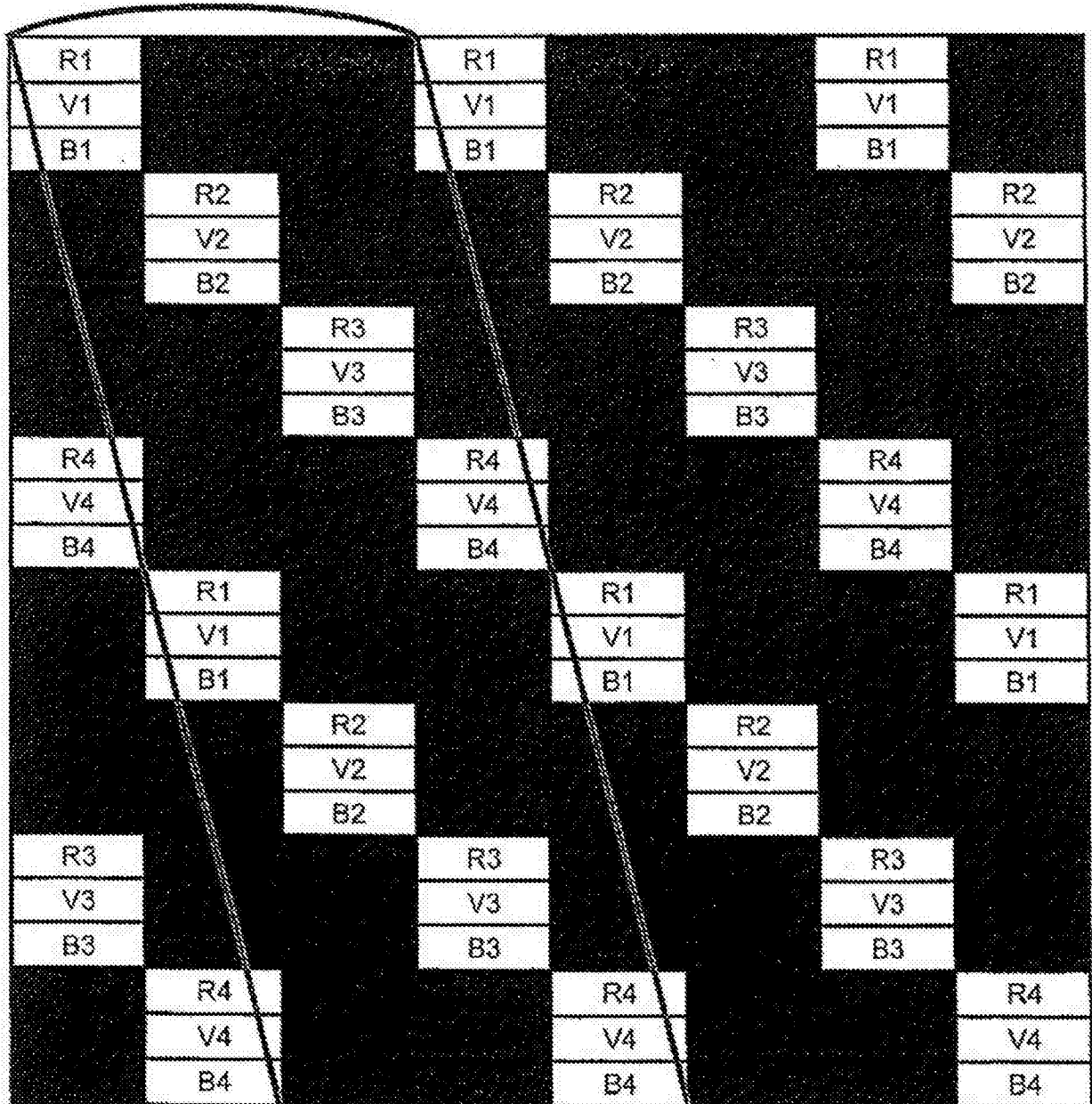


图28

N = 4

 $\alpha = 14.04$

子-有效 = 3

子-黑色 = 5

平移 = 4

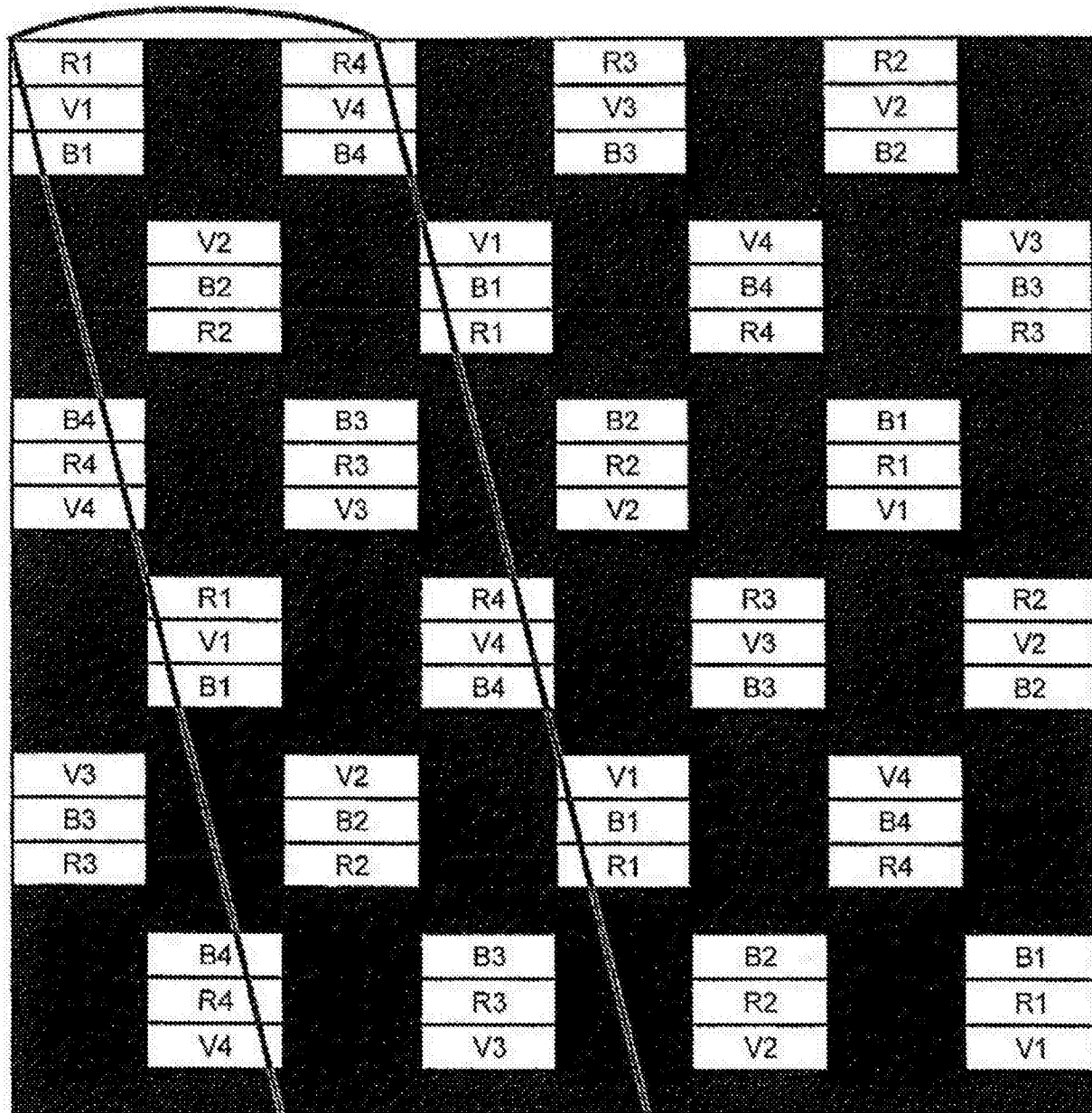


图30

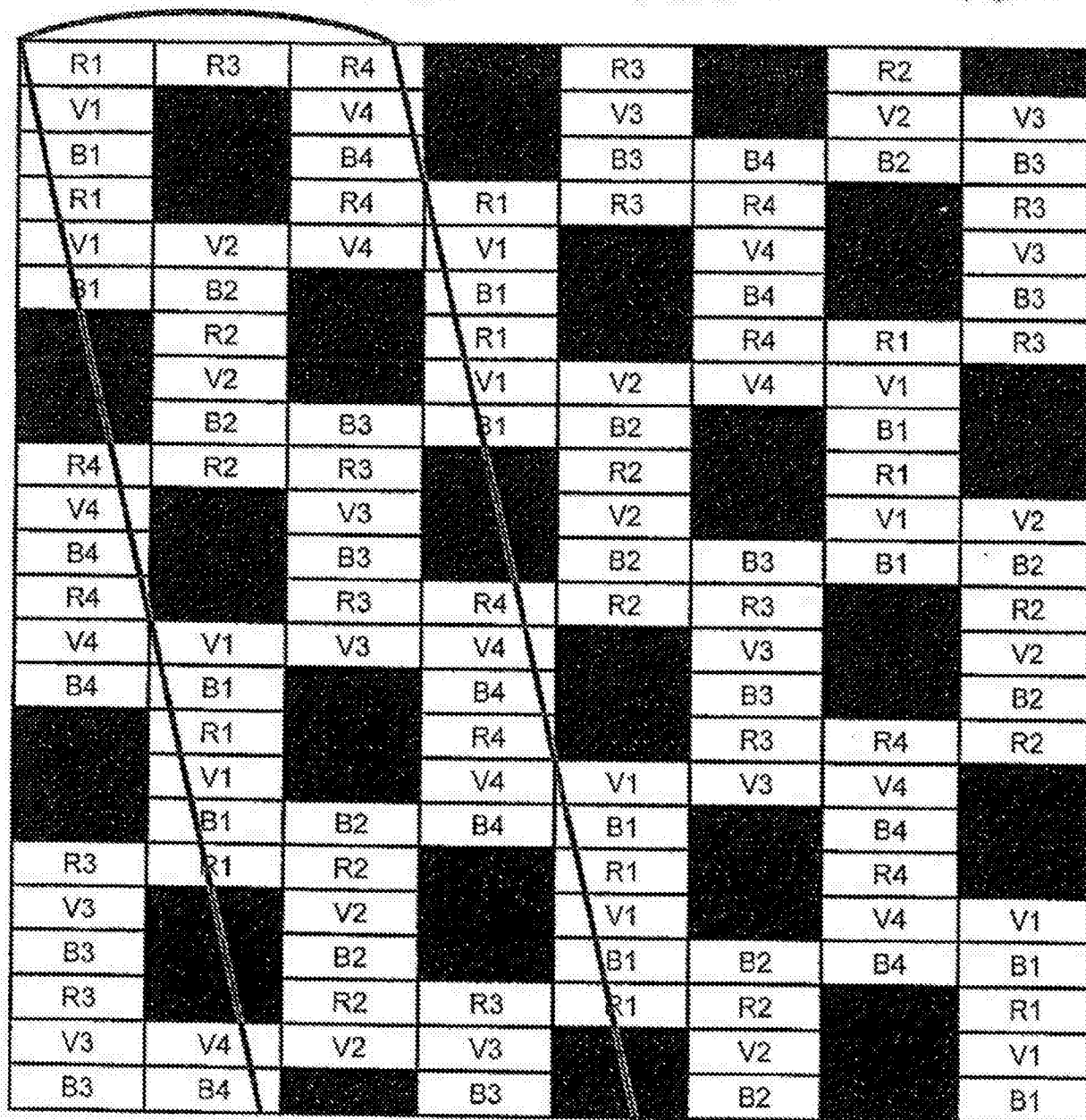
N = 4

 $\alpha = 12.99$

子-有效 = 6

子-黑色 = 3

平移 = 4



R1	R3	R4		R3		R2	
V1		V4		V3		V2	V3
B1		B4		B3	B4	B2	B3
R1		R4	R1	R3	R4		R3
V1	V2	V4	V1		V4		V3
B1	B2		B1		B4		B3
	R2		R1		R4	R1	R3
	V2		V1	V2	V4	V1	
	B2	B3	B1	B2		B1	
R4	R2	R3		R2		R1	
V4		V3		V2		V1	V2
B4		B3		B2	B3	B1	B2
R4		R3	R4	R2	R3		R2
V4	V1	V3	V4		V3		V2
B4	B1		B4		B3		B2
	R1		R4		R3	R4	R2
	V1		V4	V1	V3	V4	
	B1	B2	B4	B1		B4	
R3	R1	R2		R1		R4	
V3		V2		V1		V4	V1
B3		B2		B1	B2	B4	B1
R3		R2	R3	R1	R2		R1
V3	V4	V2	V3		V2		V1
B3	B4		B3		B2		B1

图31

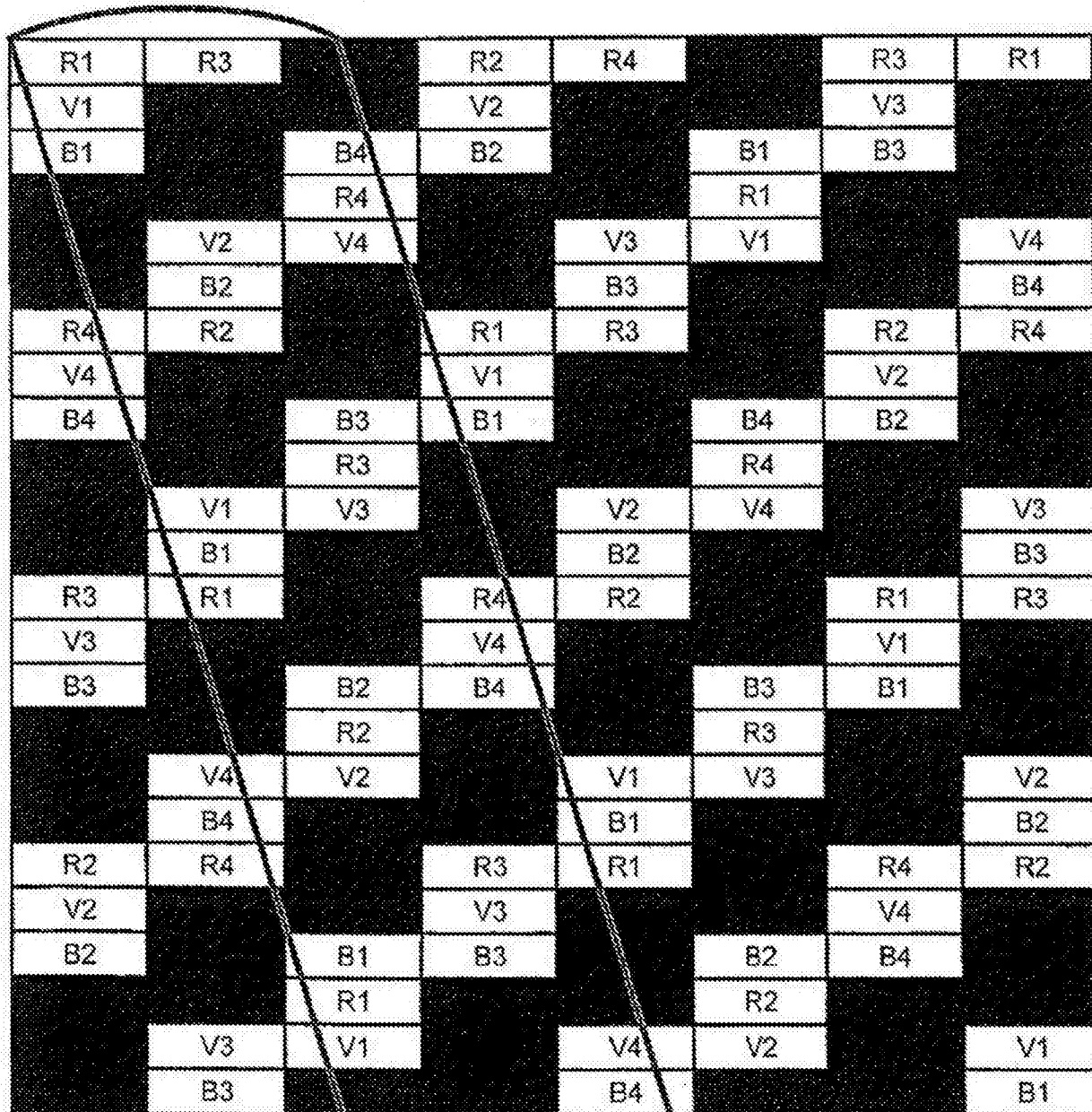
N = 4

 $\alpha = 16.70$

子-有效 = 3

子-黑色 = 3

平移 = 4



R1	R3			R2	R4			R3	R1
V1				V2				V3	
B1			B4	B2			B1	B3	
			R4				R1		
	V2	V4			V3	V1			V4
	B2				B3				B4
R4	R2			R1	R3			R2	R4
V4				V1				V2	
B4			B3	B1			B4	B2	
			R3				R4		
	V1	V3			V2	V4			V3
	B1				B2				B3
R3	R1			R4	R2			R1	R3
V3				V4				V1	
B3			B2	B4			B3	B1	
			R2				R3		
	V4	V2			V1	V3			V2
	B4				B1				B2
R2	R4			R3	R1			R4	R2
V2				V3				V4	
B2			B1	B3			B2	B4	
			R1				R2		
	V3	V1			V4	V2			V1
	B3				B4				B1

图32

N = 4

 $\alpha = 18.43$

子-有效 = 3

子-黑色 = 2

平移 = 4

R1	R3	R1				R2	R4	R2
V1	V3				V4	V2	V4	
B1				B2	B4	B2		
		R4	R2	R4				R1
	V2	V4	V2				V3	V1
B4	B2	B4				B1	B3	B1
R4	R2				R3	R1	R3	
V4			V1	V3	V1			
		B3	B1	B3				B4
	R1	R3	R1				R2	R4
V3	V1	V3				V4	V2	V4
B3	B1				B2	B4	B2	
R3				R4	R2	R4		
		V2	V4	V2				V3
	B4	B2	B4				B1	B3
R2	R4	R2				R3	R1	R3
V2	V4				V1	V3	V1	
B2				B3	B1	B3		
		R1	R3	R1				R2
	V3	V1	V3				V4	V2
B1	B3	B1				B2	B4	B2
R1	R3				R4	R2	R4	
V1			V2	V4	V2			
		B4	B2	B4				B1

图33

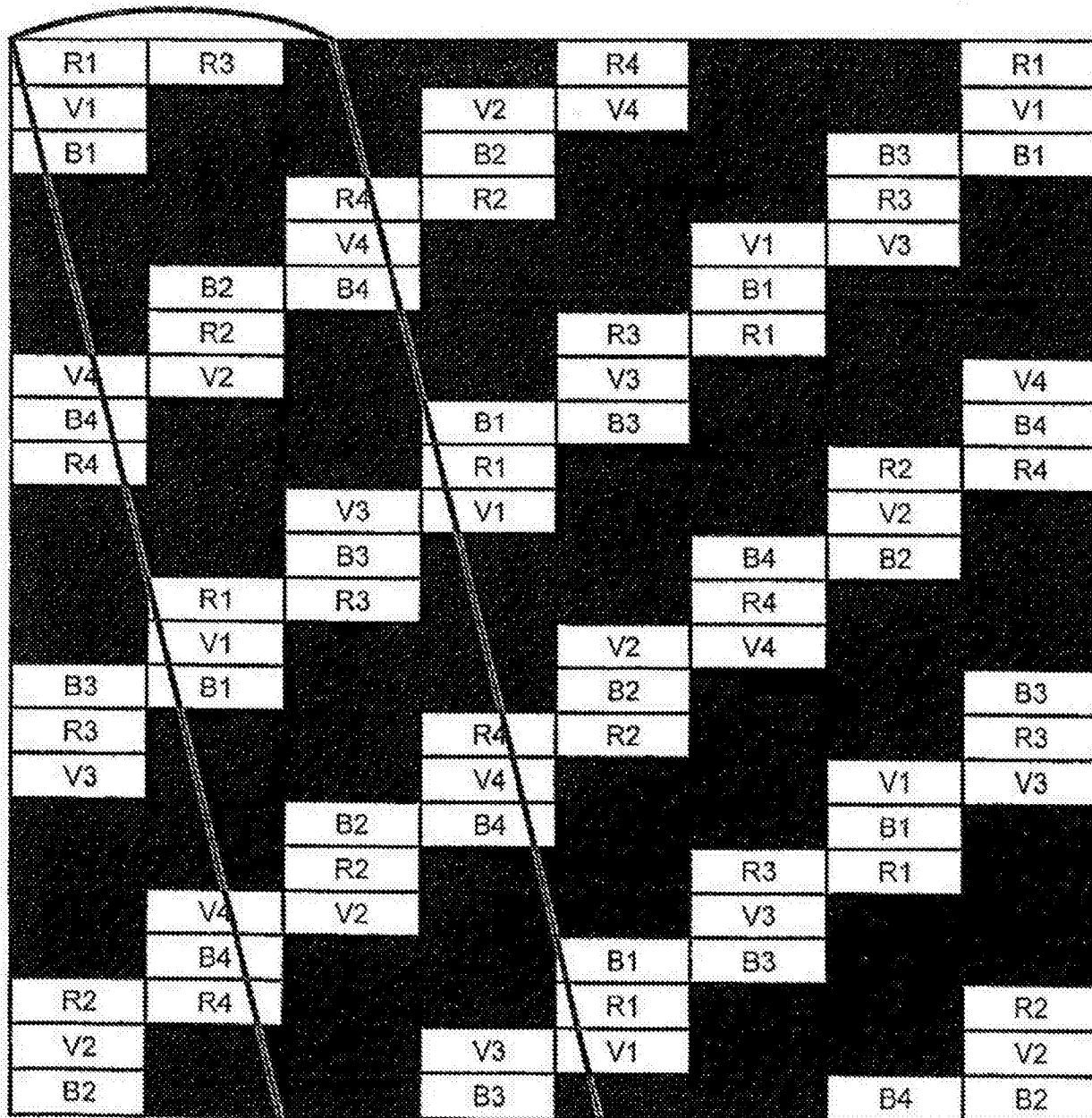
N = 4

 $\alpha = 14.04$

子-有效 = 3

子-黑色 = 4

平移 = 5



R1	R3				R4					R1
V1				V2	V4					V1
B1				B2				B3		B1
			R4	R2				R3		
			V4				V1	V3		
	B2	B4				B1				
	R2				R3	R1				
V4	V2				V3				V4	
B4			B1	B3					B4	
R4			R1					R2	R4	
		V3	V1					V2		
		B3				B4	B2			
	R1	R3				R4				
	V1				V2	V4				
B3	B1				B2				B3	
R3			R4	R2					R3	
V3			V4					V1	V3	
		B2	B4					B1		
		R2				R3	R1			
	V4	V2				V3				
	B4				B1	B3				
R2	R4				R1				R2	
V2			V3	V1					V2	
B2			B3					B4	B2	

图34

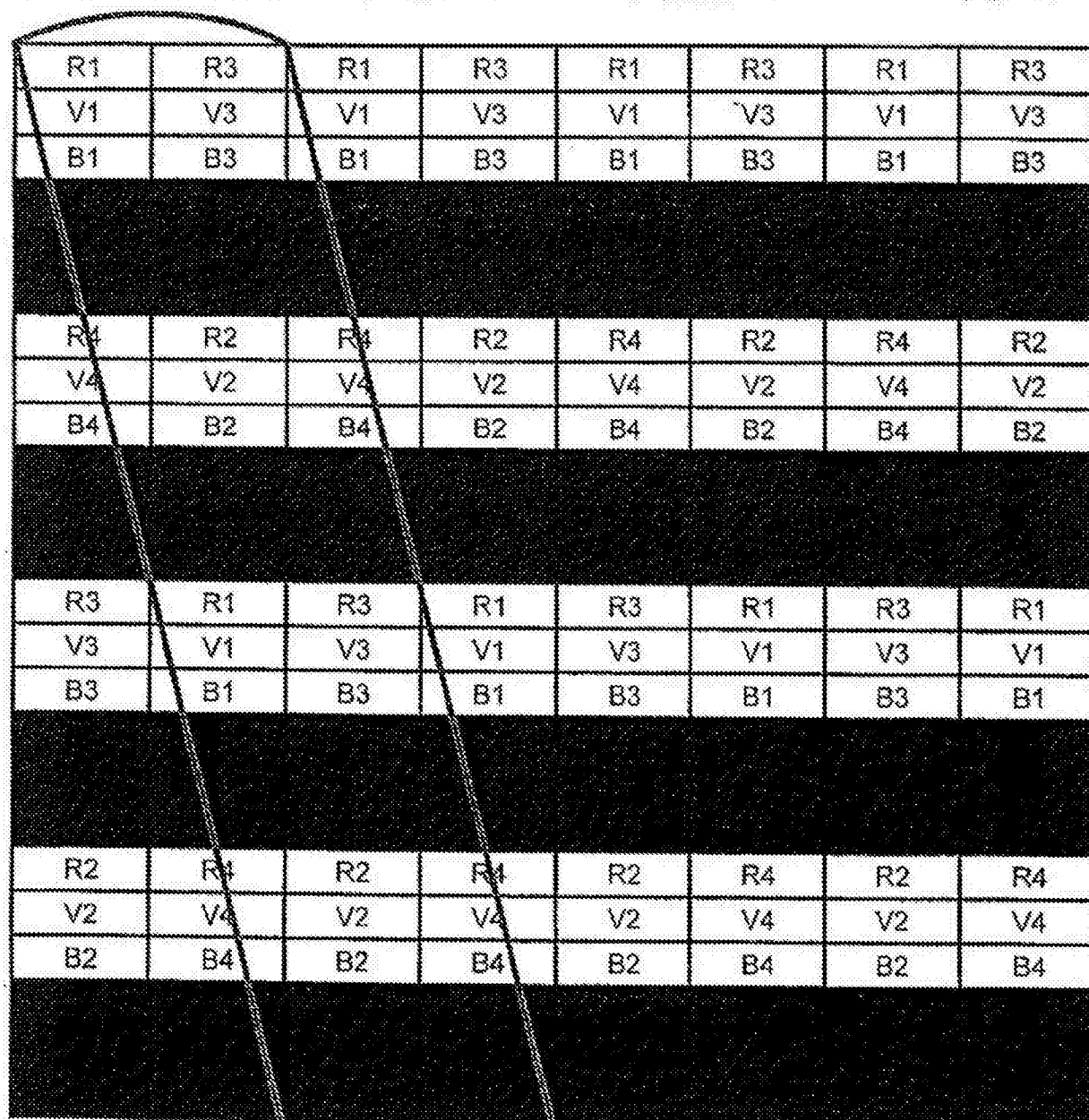
N = 4

 $\alpha = 14.04$

子-有效 = 3

子-黑色 = 3

平移 = 6



R1	R3	R1	R3	R1	R3	R1	R3
V1	V3	V1	V3	V1	V3	V1	V3
B1	B3	B1	B3	B1	B3	B1	B3
R4	R2	R4	R2	R4	R2	R4	R2
V4	V2	V4	V2	V4	V2	V4	V2
B4	B2	B4	B2	B4	B2	B4	B2
R3	R1	R3	R1	R3	R1	R3	R1
V3	V1	V3	V1	V3	V1	V3	V1
B3	B1	B3	B1	B3	B1	B3	B1
R2	R4	R2	R4	R2	R4	R2	R4
V2	V4	V2	V4	V2	V4	V2	V4
B2	B4	B2	B4	B2	B4	B2	B4

图35

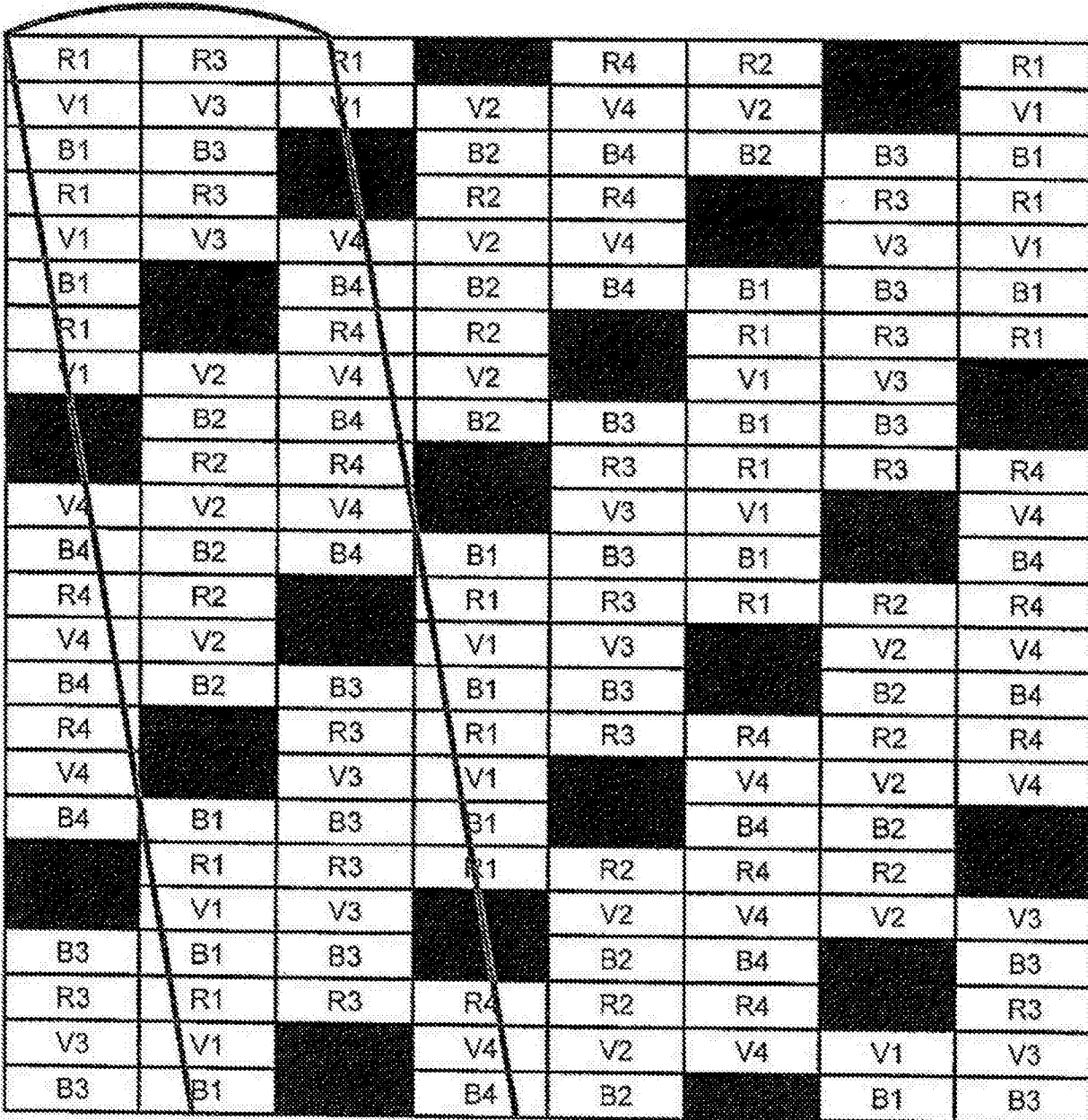
N = 4

 $\alpha = 10.00$

子-有效 = 8

子-黑色 = 2

平移 = 7



R1	R3	R1		R4	R2		R1
V1	V3	V1	V2	V4	V2		V1
B1	B3		B2	B4	B2	B3	B1
R1	R3		R2	R4		R3	R1
V1	V3	V4	V2	V4		V3	V1
B1		B4	B2	B4	B1	B3	B1
R1		R4	R2		R1	R3	R1
V1	V2	V4	V2		V1	V3	
	B2	B4	B2	B3	B1	B3	
	R2	R4		R3	R1	R3	R4
V4	V2	V4		V3	V1		V4
B4	B2	B4	B1	B3	B1		B4
R4	R2		R1	R3	R1	R2	R4
V4	V2		V1	V3		V2	V4
B4	B2	B3	B1	B3		B2	B4
R4		R3	R1	R3	R4	R2	R4
V4		V3	V1		V4	V2	V4
B4	B1	B3	B1		B4	B2	
	R1	R3	R1	R2	R4	R2	
	V1	V3		V2	V4	V2	V3
B3	B1	B3		B2	B4		B3
R3	R1	R3	R4	R2	R4		R3
V3	V1		V4	V2	V4	V1	V3
B3	B1		B4	B2		B1	B3

图36

N = 4

 $\alpha = 10.61$

子-有效 = 6

子-黑色 = 2

平移 = 8

R1	R3	R1	R3	R1	R3	R1	R3
V1	V3	V1	V3	V1	V3	V1	V3
B1	B3	B1	B3	B1	B3	B1	B3
R1	R3	R1	R3	R1	R3	R1	R3
V1	V3	V1	V3	V1	V3	V1	V3
B1	B3	B1	B3	B1	B3	B1	B3
B4	B2	B4	B2	B4	B2	B4	B2
R4	R2	R4	R2	R4	R2	R4	R2
V4	V2	V4	V2	V4	V2	V4	V2
B4	B2	B4	B2	B4	B2	B4	B2
R4	R2	R4	R2	R4	R2	R4	R2
V4	V2	V4	V2	V4	V2	V4	V2
V3	V1	V3	V1	V3	V1	V3	V1
B3	B1	B3	B1	B3	B1	B3	B1
R3	R1	R3	R1	R3	R1	R3	R1
V3	V1	V3	V1	V3	V1	V3	V1
B3	B1	B3	B1	B3	B1	B3	B1
R3	R1	R3	R1	R3	R1	R3	R1

图37

N = 4

 $\alpha = 20.56$

子-有效 = 3

子-黑色 = 3

平移 = -1-1-0

R1		R4		R4		R3	
V1			V1		V4		
B1	B2		B1			B1	
	R2		R1	R2		R1	
	V2	V3		V2		V1	V2
		B3		B2	B3		B2
R4		R3		R3			R2
V4			V4		V3		
B4	B1		B4			B4	
	R1		R4	R1		R4	
	V1	V2		V1		V4	V1
		B2		B1	B2		B1
R3		R2		R2			R1
V3			V3		V2		
B3	B4		B3			B3	
	R4		R3	R4		R3	
	V4	V1		V4		V3	V4
		B1		B4	B1		B4
R2		R1		R1			R4
V2			V2		V1		
B2	B3		B2			B2	
	R3		R2	R3		R2	
	V3	V4		V3		V2	V3
		B4		B3	B4		B3

图38

N = 4

 $\alpha = 18.43$

子-有效 = 3

子-黑色 = 6

平移 = -1-0+1

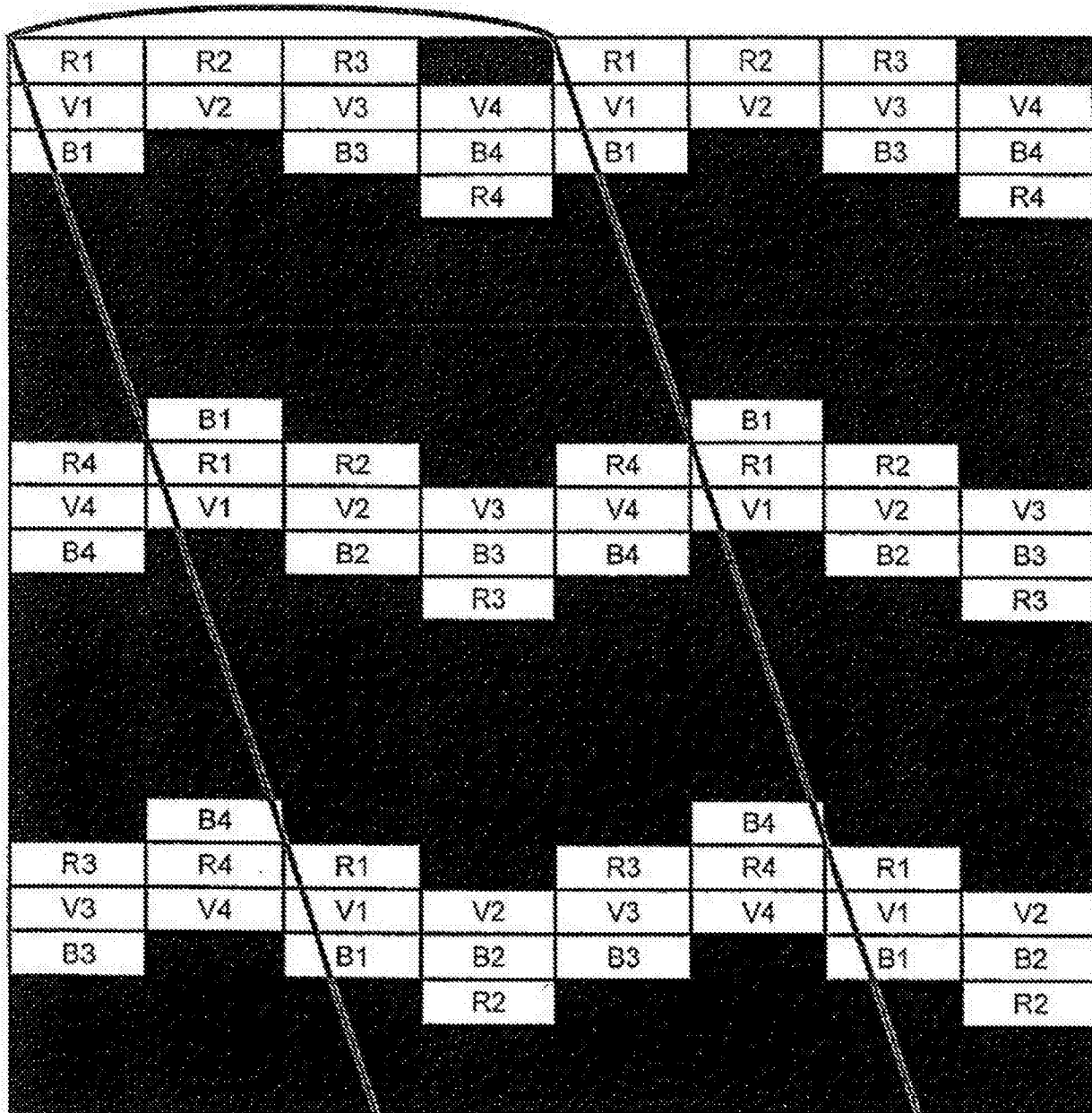


图40

$N = 4$ $\alpha = 18.43$

子-有效 = 3

子-黑色 = 6

平移 = -1+1

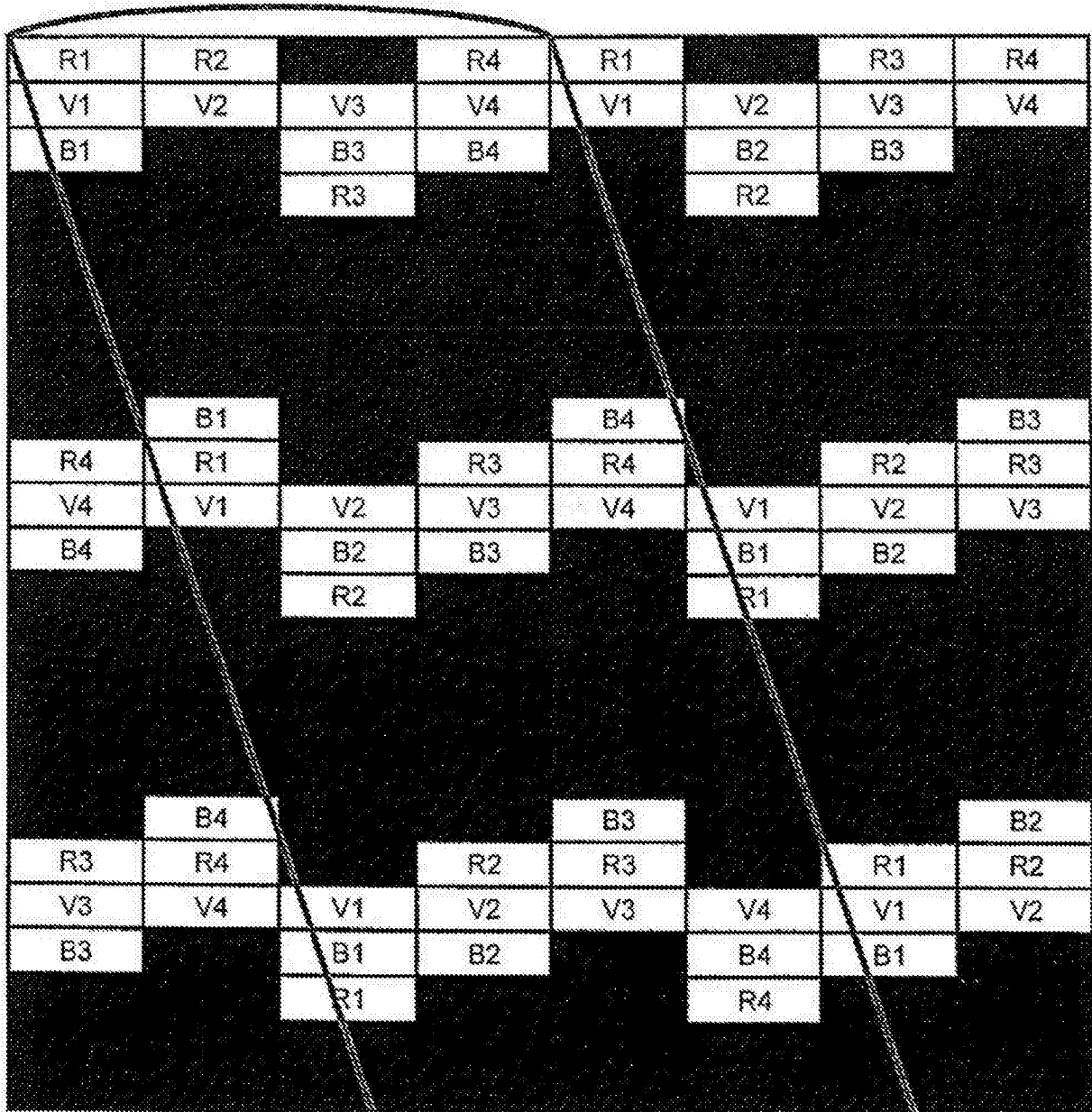


图41