

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06T 7/40 (2006.01)

G06T 9/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02821040.9

[45] 授权公告日 2006 年 10 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1279491C

[22] 申请日 2002.9.25 [21] 申请号 02821040.9

[30] 优先权

[32] 2001.10.25 [33] EP [31] 01309065.9

[86] 国际申请 PCT/GB2002/004338 2002.9.25

[87] 国际公布 WO2003/036564 英 2003.5.1

[85] 进入国家阶段日期 2004.4.23

[71] 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 W·J·沙诺夫斯基 M·博贝

审查员 郎亦虹

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 罗 朋

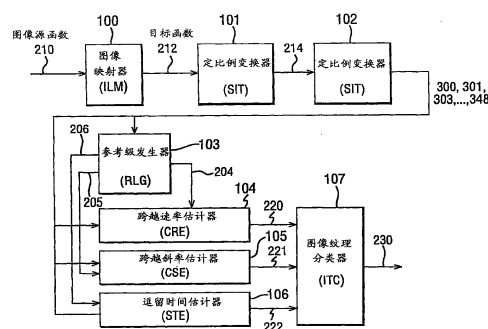
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 8 页

[54] 发明名称

图像分析

[57] 摘要

一种将图像特别是图像的纹理分类的方法，它包括首先通过使用一个预定的映射函数将该图像的一个二维表示映射为一维表示来导出一个表示该纹理的特征矢量，然后决定(i)所述的表示的级跨越一个阈值的速率，(ii)当跨越一个阈值时该级变化的速率，和(iii)该级保持高于(或低于)一个阈值的平均持续时间。



1. 一种导出表示图像的特征矢量的方法，所述方法包括：

(i) 使用预定的映射函数导出图像的一维表示，该一维表示具有一个级，该级连续变化以表示该图像的各相邻区域；

5

和

(ii) 通过导出至少一个速率值以形成所述特征矢量，所述速率值表示所述的级跨越一个速率阈值函数的级的速率。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述速率阈值函数是预定的常数。

10

3. 根据权利要求 1 或者 2 所述的方法，其中，通过导出多个速率值形成特征矢量，每一速率值表示所述一维表示的级跨越各自不同预定速率阈值函数的级的速率。

4. 导出表示图像的特征矢量的方法，所述方法包括：

(i) 使用预定映射函数以导出图像的一维表示，该一维表示具有一个级，该级连续变化以表示该图像的各相邻区域；

15

和

(ii) 通过导出依赖于速率的至少一个斜率值以形成所述特征矢量，当所述级在跨越一个斜率阈值函数的级时它以该速率变化。

20

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中，通过还导出一个依赖于一个速率的斜率值以形成特征矢量，当该级跨越一个斜率阈值函数的级时它以所述速率变化。

6. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述斜率阈值函数是预定的常数。

25

7. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，该斜率值是多个速率的平均值的函数，该一维表示的级以这些速率在多个点上改变，其中该级在这些点上跨越斜率阈值函数的级。

8. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，通过导出两个斜率值以形成特征矢量，其中一个斜率值涉及该一维表示的级正在增加的跨越，另一个斜率值涉及该一维表示的级正在减少的跨越。

30

9. 一种导出表示图像的特征矢量的方法，所述方法包括：

(i) 使用预定的映射函数导出图像的一维表示，该一维表示

具有一个级，该级连续变化以表示该图像的相邻区域；
和

- 5 (ii) 通过导出至少一个持续时间值以形成所述特征矢量，所述至少一个持续时间值依赖于一个间隔的长度，在所述间隔中所述级保持高于一个持续时间阈值函数的级，或者所述至少一个持续时间值依赖于一个间隔的长度，在所述间隔中所述级保持低于所述持续时间阈值函数的级。

10 10. 根据权利要求 1 或 4 所述的方法，其中，通过还导出一个持续时间值以形成所述特征矢量，所述持续时间值依赖于一个间隔的长度，在所述间隔中，所述级保持高于一个持续时间阈值函数的级，或者所述持续时间值依赖于一个间隔的长度，在所述间隔中，所述级保持低于所述持续时间阈值函数的级。

15 11. 根据权利要求 9 所述的方法，其中，所述持续时间阈值函数是预定的常数。

20 12. 根据权利要求 9 所述的方法，其中，所述持续时间值是多个持续时间的一个统计函数，在该多个持续时间中该一维表示的级保持高于所述持续时间阈值函数，或者所述持续时间值是多个持续时间的一个统计函数，在该多个持续时间中该一维表示的级保持低于所述持续时间阈值函数。

13. 根据权利要求 1, 4 或 9 所述的方法，其中，从该一维表示的第一部分导出特征矢量，所述方法包括导出表示所述一维表示的相应各连续部分的另外的特征矢量的步骤。

25 14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中，所述连续部分彼此重叠。

15. 根据权利要求 1, 4 或 9 所述的方法，包括在导出所述特征矢量前对一维表示进行定标以补偿该表示的动态范围中的变化的步骤。

30 16. 根据权利要求 1, 4 或 9 所述的方法，其中，图像的一维表示代表该图像的灰度级的变化。

17. 根据权利要求 1, 4 或 9 所述的方法，其中该特征矢量表示二维图像。

18. 根据权利要求 1, 4 或 9 所述的方法, 该方法还包括以下步骤: 通过确定特征空间中多个预定区域中的哪一个区域包含该特征矢量, 对由该特征矢量表示的图像进行分类。

19. 一种用于分析图像的设备, 该设备具有用于导出表示该图像的特征矢量的装置, 所述导出装置包括:

- (i) 使用预定的映射函数导出图像的一维表示的装置, 该一维表示具有一个级, 该级连续变化以表示该图像的各相邻区域; 和
- (ii) 用于导出至少一个速率值以形成所述特征矢量的装置, 所述速率值表示所述的级跨越一个速率阈值函数的级的速率。

20. 一种用于分析图像的设备, 该设备具有用于导出表示所述图像的特征矢量的装置, 所述导出装置包括:

- (i) 使用预定映射函数以导出图像的一维表示的装置, 该一维表示具有一个级, 该级连续变化以表示该图像的各相邻区域; 和
- (ii) 用于导出依赖于一个速率的至少一个斜率值以形成所述特征矢量的装置, 当所述级在跨越一个斜率阈值函数的级时它以该速率变化。

21. 一种用于分析图像的设备, 该设备包括用于导出表示所述图像的特征矢量的装置, 所述导出装置包括:

- (i) 使用预定的映射函数导出图像的一维表示的装置, 该一维表示具有一个级, 该级连续变化以表示该图像的相邻区域; 和
- (ii) 用于导出至少一个持续时间值以形成所述特征矢量的装置, 所述至少一个持续时间值依赖于一个间隔的长度, 在所述间隔中所述级保持高于一个持续时间阈值函数的级, 或者所述至少一个持续时间值依赖于一个间隔的长度, 在所述间隔中所述级保持低于所述持续时间阈值函数的级。

图像分析

技术领域

5 本发明涉及用于分析图像的方法和装置，特别涉及图像纹理的分析和分类。

背景技术

10 图像中各区域的某些涉及规律性、强度/颜色模式的粗糙度或者平滑度的视觉特征通称为纹理特性。纹理特性对于人对物体的感知和识别十分重要。它们也可以应用于机器视觉的各种任务，例如用于自动视觉检查或远程传感，诸如分析卫星图像。

纹理分析通常涉及从图像或者区域抽取特有的纹理特征，这些特有的纹理特征以后可以用于图像匹配、区域识别等。

15 许多现有的纹理分析方法可以归入三种粗略的类别之一：i) 结构化方法，ii) 统计方法和 iii) 和谱方法。

在结构化方法中，纹理由某些视觉图元诸如斑点、线段、角等的特征和空间安排表征。

在统计方法中，纹理由在感兴趣的区域内的强度值的统计分布表征。

20 在谱方法中，使用具有变化特性的一组滤波器和使用它们对基础图像的响应作为特征矢量。例如可以使用带有变化的方向和频率响应的 Gabor 滤波器。(见 D. Dunn, W. Higgins, 和 Wakeley, "Texture segmentation using 2-D Gabor elementary functions", IEEE trans. Pattern Anal. And Machine Intell. Vol. 16 no 2, 1994 年 2 月)

25 这些已知的方法一般在图像域内操作，它通常定义为二维 (2-D) 的格子。

还知道可以使用映射函数把一个图像映射为一个一维 (1-D) 表示，例如像 Peano 曲线或者 Hilbert 曲线的平面填充曲线。(见 Peano G.. "Sur une courbe que remplit toute une aire plane", Math Annln 36, 第 157—160 页 (1890), 和 D. Hilbert, "Uber die stetige abbildung einer Linie auf ein Flächenstück", Math. Annln, 38, 30 第 459—460 页 (1891)) 随后可以分析该 1-D 信号的特性，例如通过

富立叶分析，以决定该图像的纹理特征。

大多数现有的方法的计算工作量都很大。因此希望提供一种方法和装置用于纹理说明、分类和/或匹配，它对于在图像强度、区域变换和转动中的改变是不变的，所述方法计算简单。

5 发明内容

本发明的各个方面在所附权利要求中叙述。

根据本发明的进一步的方面，以统计方法分析图像的一个一维表示，来导出代表该图像的特征矢量。

所述分析优选地包括将一维表示与至少一个阈值作比较，并可以
10 安排成决定下述事项中的任何一项或者多项：

(a) 所述表示跨越一个阈值的速率；

(b) 所述表示在跨越一个阈值的点处的平均斜率。这些点可以选择为在所述表示值增加的地方的点（以得到平均“上斜率”），或者在所述表示值减少的地方的点（以得到平均“下斜率”）。另外可选地，
15 平均上斜率和平均下斜率两者都可以被决定，或只是在所有这些点处的一个平均斜率；和

(c) 所述表示保持在高于（或低于）某个阈值的平均间隔。

已经发现，可以以计算上简单的方式获得的上述参数对于许多图像类、特别是图像纹理提供良好的判别式。已发现，参数(a)和(b)的结合是特别有效的。
20

根据本发明的方法的一个优选的实施例包括下述步骤：

1. 使用一个基于适当选择的平面填充曲线把一个 2-D 函数（“源函数”）映射为一个 1-D 函数（“目标函数”），所述平面填充曲线是例如具有这种性质的自避免曲线，即在目标函数中的相邻点在源函数中也相邻。这种曲线的例子是 Peano 曲线和 Hilbert 曲线；
25

2. 对产生的目标函数施加合适的变换。这种变换的一个例子是产生定比例目标函数的对数变换；

3. 在目标函数的动态范围内选择一个鉴别级；

4. 决定一组点，在这些点上目标函数跨越所选择的鉴别级；

30 5. 决定该组的适合的统计特征，例如 (i) 点发生的速率，(ii) 在这些点处的目标函数的平均斜率，(iii) 目标函数保持高于（或低于）在相邻点之间的鉴别级的平均间隔；和

6. 组合选择的统计特征(在步骤 5 决定),以构造说明源函数亦即说明该图像的一个特征矢量。

该特征矢量可以只涉及由一维目标函数的一部分表示的图像的一部分。也可以为该图像的其它部分导出另外的特征矢量。在该优选的
5 实施例中,分析该一维函数的连续重叠的段以导出相应的特征矢量。然而,段重叠不是必须的。

在该优选的实施例中,通过比较一维表示与一个阈值级来决定每一统计特征。该阈值对于不同特征可以不同,或者至少对部分这些特征可以相同。也可以用一个变化的阈值来代替简单的固定值阈值(这里用术语“阈值函数”来同时指变化阈值和固定值阈值,其中该函数
10 是预定的常数)。

在本发明的一个改进的实施例中,通过单独决定目标函数跨越各不同阈值函数的速率而实现更好的鉴别。优选地,对于至少一个阈值函数,可导出目标函数在跨越点的平均斜率的两个分开的值,一个值
15 表示函数增加时的函数的斜率(“上斜率”),另一值表示函数减少时的函数的斜率(“下斜率”)。

可以使用不是平均值的统计特征来导出用于构造特征矢量的任何值,例如平均值、中值或方差。

虽然本发明主要在分析由图像的灰度级表示的纹理的环境中说明,但是纹理可以附加地或者替换地由诸如彩色的其它特征表示。
20

附图说明

现在参考附图来举例说明体现本发明的装置,附图中:

图 1 是根据本发明纹理分类系统的框图;

图 2 表示图像的 Peano 扫描;

25 图 3 表示运动窗口选择器的操作;

图 4 表示跨越速率估计器的操作;

图 5 表示跨越斜率估计器的操作;

图 6 表示逗留(sojourn)间隔估计器的操作;

图 7 是表示特征空间的分区以使其能够进行纹理分类。

30 具体实施方式

图 1 是根据本发明的一个纹理分类器的框图。

输入图像映射器(IIM)100 使用所谓的 Peano 扫描通过在输出 212

上产生的一维(1-D)函数来表示在输入 210 接收的二维(2-D)输入图像的灰度级值,所述一维函数称为目标函数。图 2 表示应用于 9×9 像素的参考图像的 Peano 扫描的例子。该图像表示在 210'处,而相应于 Peano 扫描的路径表示在 211 处。在 212'表示的曲线图表示在输出 5 212 产生的目标函数。在本例中,假定像素宽度等于 1,因此图 212'上的像素指数相应于离开具有指数为 0 的像素的距离。

定比例变换器(SIT)101 使用一个合适的对数变换将在 IIM 100 的输出端 212 上的目标函数转换为在 214 上的目标函数的表示,其值独立于 2-D 输入图像的动态范围。输入图像的动态范围可以通过改变 10 照明条件、改变图像传感器的局部灵敏度等而改变。

运动窗口选择器(MWS)102 由在 214 的来自定比例变换器(SIT)101 的信号所驱动,它选择适合于进一步处理的目标函数表示的段。这一点在图 3 上表示。图 214'上表示的目标函数被细分为 49 个连续重叠的段(300, ..., 348),每一段的长度为 32 像素。

15 MWS 102 的输出并行施加到多个特征估计器的信号输入端,这些估计器包括跨越速率估计器(CRE)104、跨越斜率估计器(CSE)105、和逗留(sojourn)间隔估计器(STE)106。

跨越速率估计器(CRE)104 的控制输入连接到参考级发生器(RLG)103 以接收在线 204 上的一个定义合适的速率阈值函数的信号(在本 20 实施例中一个简单的恒值),用于设定从目标函数的表示进行特征抽取所使用的鉴别级。相似地,跨越斜率估计器(CSE)105 和逗留间隔估计器(STE)106 接收从参考级发生器(RLG)103 来的在线 205 和 206 上的相应信号,它们分别定义用于设定鉴别级的合适的斜率阈值函数和合适的持续时间阈值函数,所述鉴别级由这些估计器用于特征抽 25 取。

在本实施例中,所有三个估计器都接收信号,它们定义一个公共的、固定值鉴别级,示于图 4 到 6 的 401。这可以以不同方式选择;级 401 可以表示在变换器 214 的一维输出中各个值的中值,或在当前窗口中各个值的中值。然而,估计器的鉴别级另外可选为彼此不同, 30 并且可以是可变的。

参考图 4,跨越速率估计器(CRE)104 决定目标函数表示 214 跨越在每一特定段内所选择的鉴别级 401 的点数。CRE 的输出 220 施加

到图像纹理分类器 ITC 的输入。图 4 的例子涉及到对第四窗口 W4 执行的分析。该信号 8 次跨越鉴别级 401，标记为 T1、T2、...T8。

参考图 5，跨越斜率估计器 (CSE) 105 确定了目标函数表示 214' 跨越每一特定窗口内一个选定的鉴别级各点处的斜率平均值。图 5 表示窗口 W4 的一个例子，其中目标函数在点 T1、T3、T5、T7 (上跨越) 和 T2、T4、T6、T8 (下跨越) 跨越鉴别级 401。对每一点 T1、...、T8 计算斜率值 $\phi 1$ 、 $-\phi 2$ 、 $\phi 3$ 等，然后分别将下斜率和上斜率取平均值，并适当地将这些值结合。其结果指明了在这些跨越点处的表示的平均斜率或陡度，把该结果提供给 CSE 的输出 221 并施加到图像纹理分类器 ITC 的输入端。

参考图 6，逗留间隔估计器 (STE) 106 决定这些间隔的平均长度，在所述间隔中目标函数表示 214 保持在每一特定段内的一个选定的鉴别级之上。图 6 表示使用鉴别级 401 为窗口 W4 的逗留间隔计算的例子。目标函数在 4 个间隔超过鉴别级：501、502、503 和 504，于是 STE 106 计算这 4 个间隔的长度的算术平均值。STE 106 的输出施加到图像纹理分类器 ITC 的另外一个输入端 222。

图像纹理分类器 (ITC) 107 共同地处理在其输入端可得到的特征数据以执行该 2-D 输入图像的纹理分类。用于纹理分类的过程可以基于把整个特征空间划分为特定数目的区域，它们表示感兴趣的纹理分类。

图 7 表示一个三维 (3D) 特征空间 S 的例子，每一维相应于分别由 CRE 104、CSE 105 和 STE 106 之一产生的参数。空间 S 以下面的方式被划分为 M 个区域 S1、S2、...、SM，使得每一区域表示 M 个感兴趣的纹理类别中的一个。这些区域之一 (可以包括若干合适的子区域) 可以用于表示未指定 (未知) 纹理的一个类别。

这些区域是非重叠的，亦即

$$S_i \cap S_j = \emptyset, i, j = 1, 2, \dots, M \quad i \neq j$$

且整个特征空间 S 的分区是无遗漏的，亦即

$$S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_M = S$$

根据本发明，图像分析过程分别从三个估计器 CRE、CSE 和 STE 产生数字值，它们分别可在输出 220、221 和 222 上得到。在该 3D 特征空间中，这种三元组可以视为一定落入区域 S1、S2、...SM 之一中

的一个点。如果该点落入 S_k , $1 \leq k \leq M$, 则可以决定, 正被测试的图像显示出属于 M 纹理类中的 k 类。

把特征空间 S 划分为 M 个区域可以根据某些基于费用、误分类的最小概率等的优化准则执行。所需要的划分过程是对统计决策理论的各种应用所执行的标准操作。

再次参考图 4, 在本发明的一个提高的实施例中, 参考级发生器 103 给跨越速率估计器 104 提供三个分开的参考级 401、402 和 403。因此 CRE 104 可以提供另外两个表示跨越其它阈值 402 和 403 的次数的值。在图 4 中, 级 402 和 403 分别有 18 和 8 次被跨越或达到, 如在 U_1 、 $U_2 \dots U_{18}$ 和 $L_1 \dots L_8$ 所示。

另外, 参考图 5, 将会注意到, 目标函数 214' 跨越阈值的点可以分类为上跨越和下跨越。在一个提高的实施例中, 跨越斜率估计器 105 分别地将上跨越和下跨越取平均, 从而提供两个值, 而不是一个。

在本实施例中, 由跨越速率估计器 104、跨越斜率估计器 105 和逗留间隔估计器 106 提供的 6 个值由图像纹理分类器 107 使用来把一个 6 维特征空间内的图像分类。

在另一可供选择的实施例中, 来自跨越速率估计器 104 的三个值和/或来自跨越斜率估计器 105 的两个值可加以结合, 例如通过使用各种加权系数, 来形成单一的各自的值。

可以预期, 在许多应用中一维函数占据时间域, 例如, 当该函数从重复扫描的图像导出时, 这在某些视频系统中可能发生。因此时间间隔将会表示在这一想象的时间期间被扫描的图像的一段。因此, 在这种情况下的目标函数的自变量可以是离开扫描曲线上的一个选定的点的距离, 或者可以从一个选定的参考时间瞬间消逝的时间。

为说明清晰起见这个实施的例子非常简单。存在大量可选择的实现方案。可以通过下述方式得到可选择的实现方案:

- (a) 应用不同的映射函数;
- (b) 应用不同类型的定比例变换;
- (c) 改变用于定义特征集合的规则;
- (d) 改变鉴别信号的数目和级; 和/或
- (e) 使用特征集合的不同统计特征。

虽然是在分析二维图像的环境中说明了本发明, 但是通过使用适

当的空间填充曲线，本技术可以扩展到分析多维数据，特别是多维图像。所述图像可以是常规可视图像，或者可以是电磁谱的非可视部分中的图像，或者确定可以是在不同的领域中，诸如超声图像。

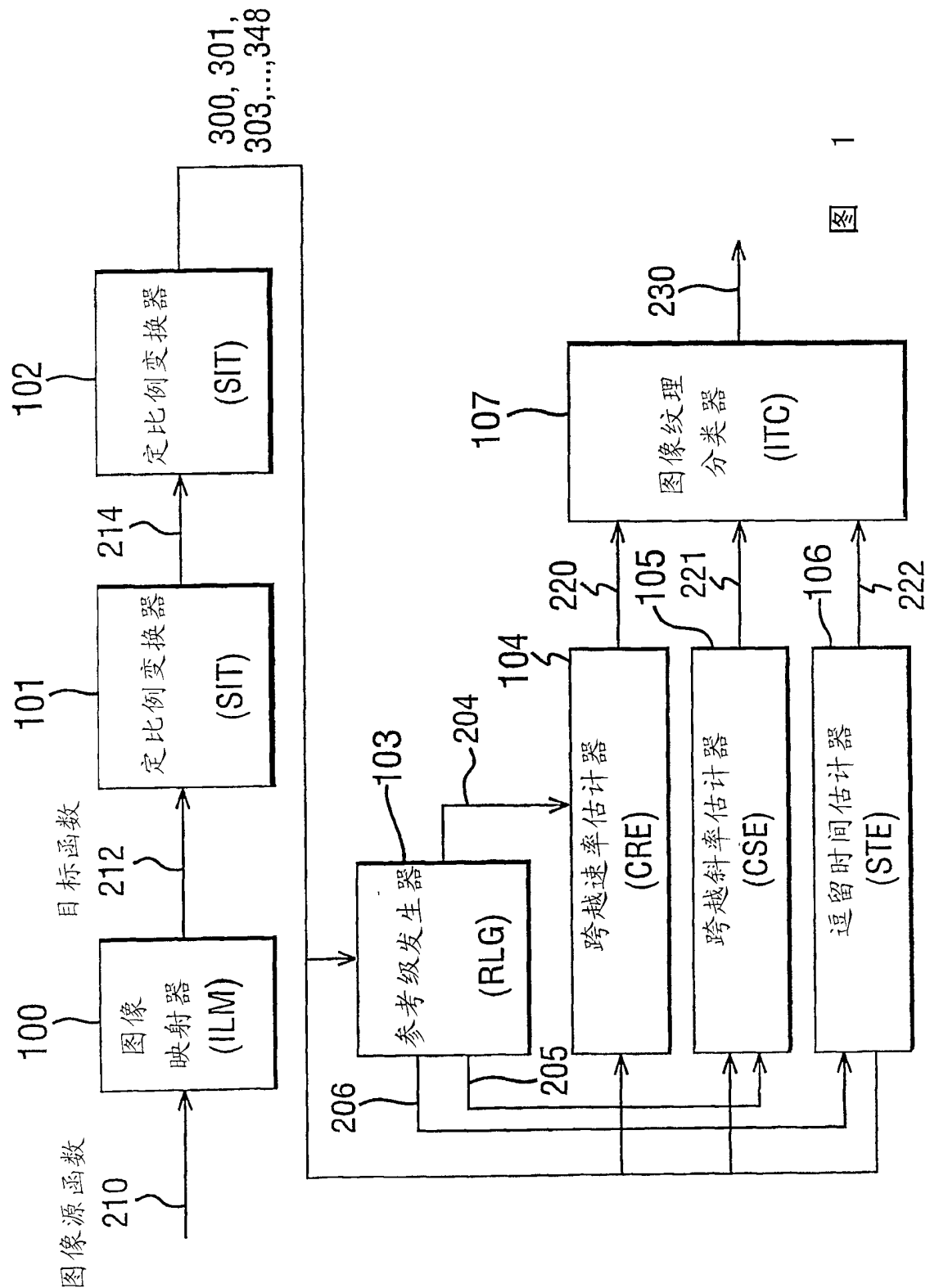
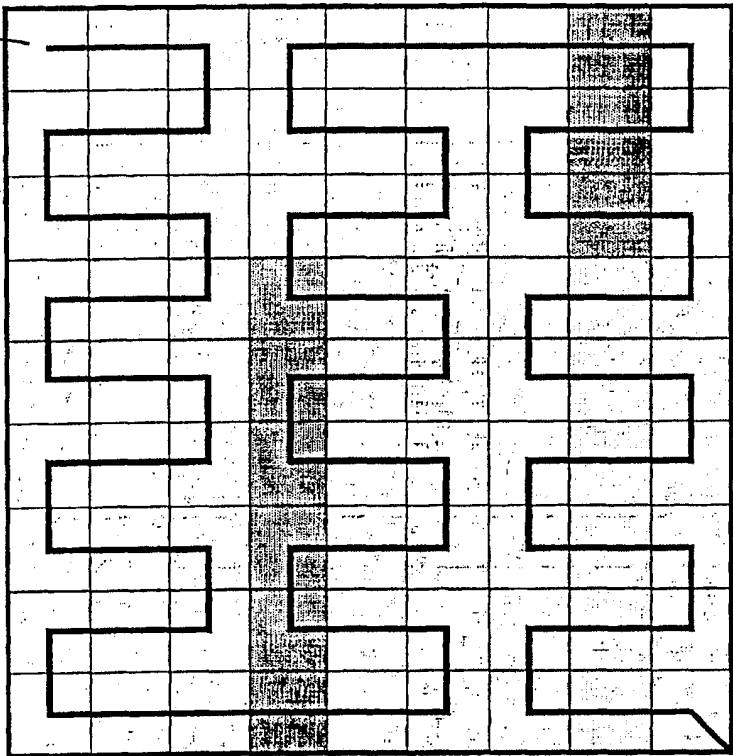


图 1

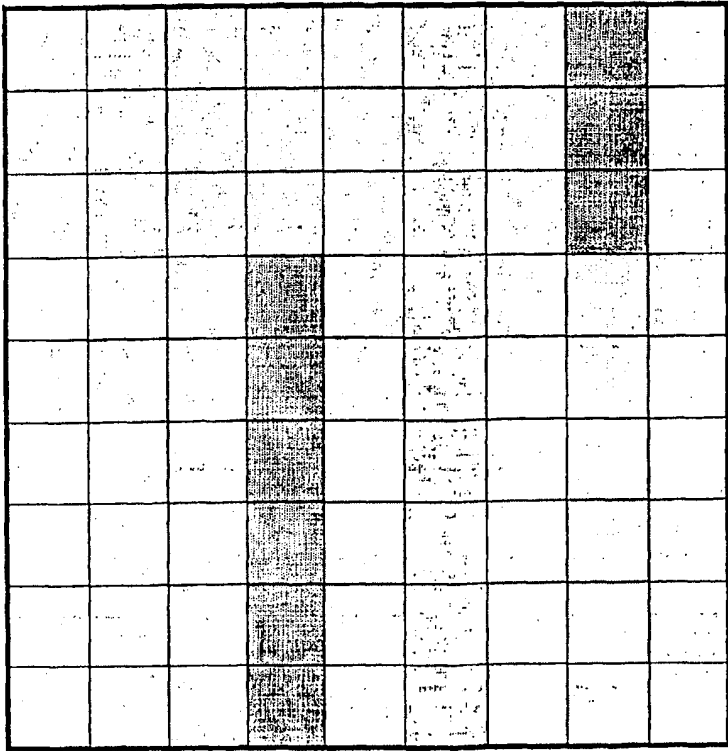
像素指数=80



211

像素指数=0

图 2 (B)



210'

图 2 (A)

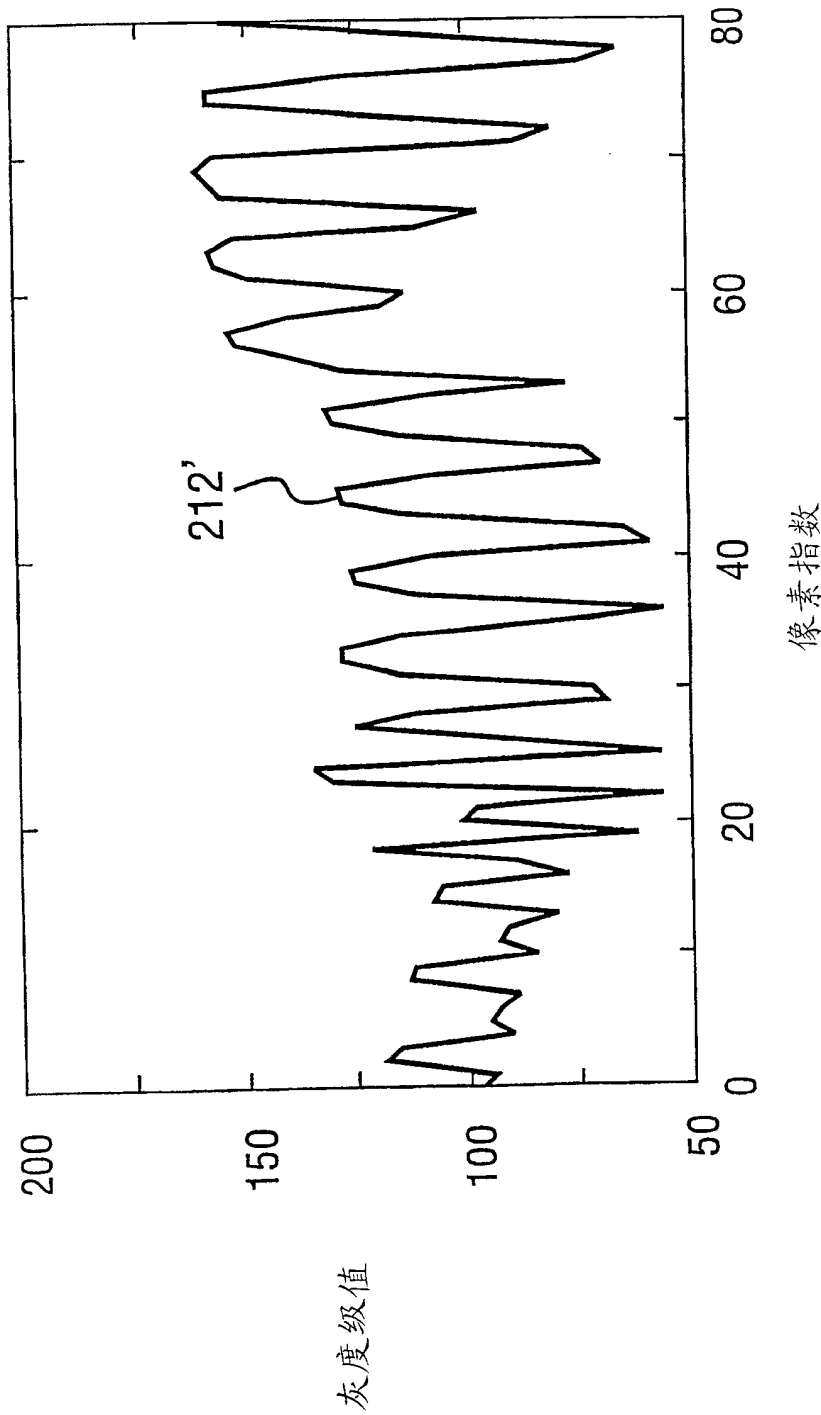


图 2 (C)

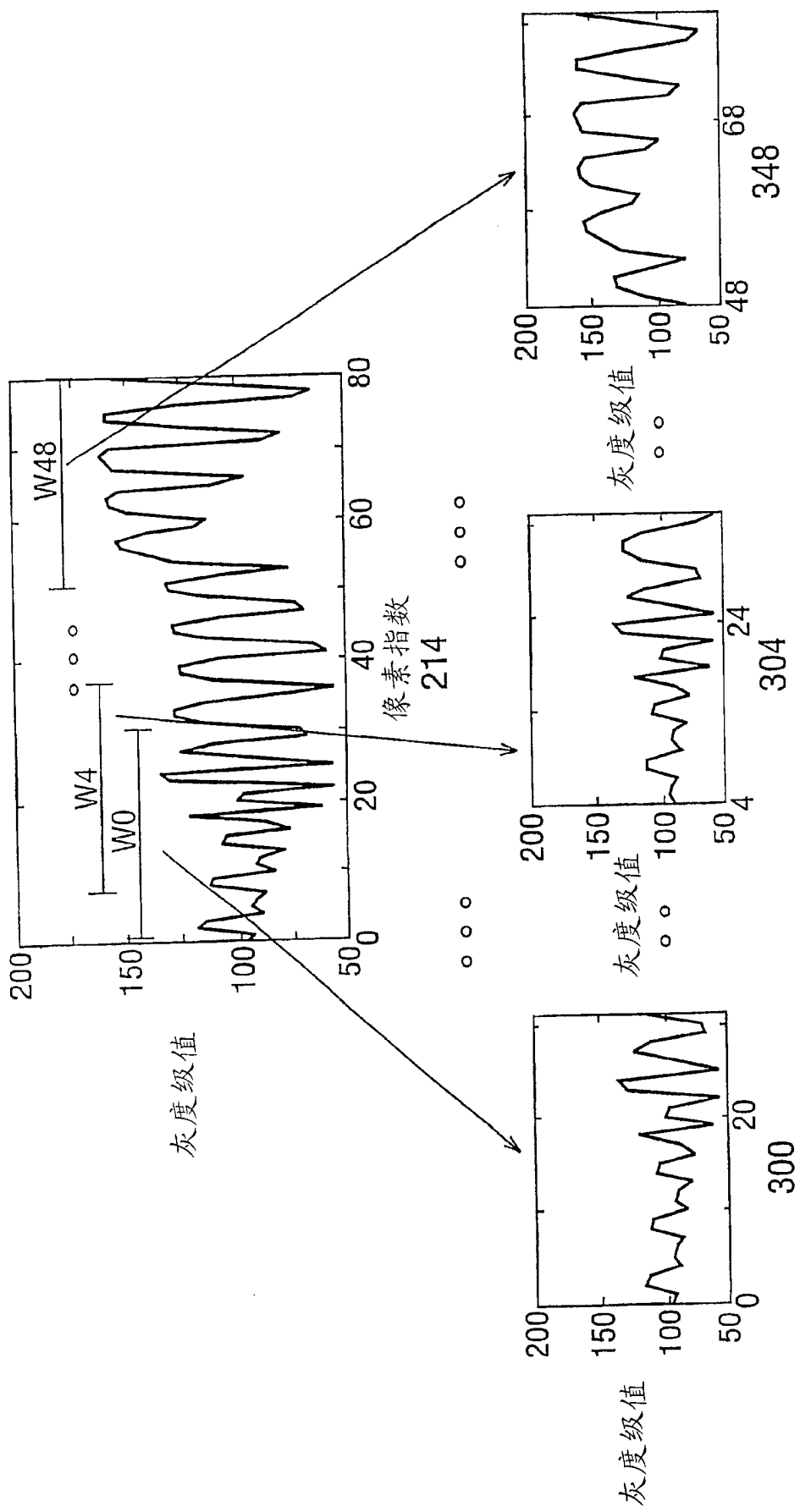


图 3

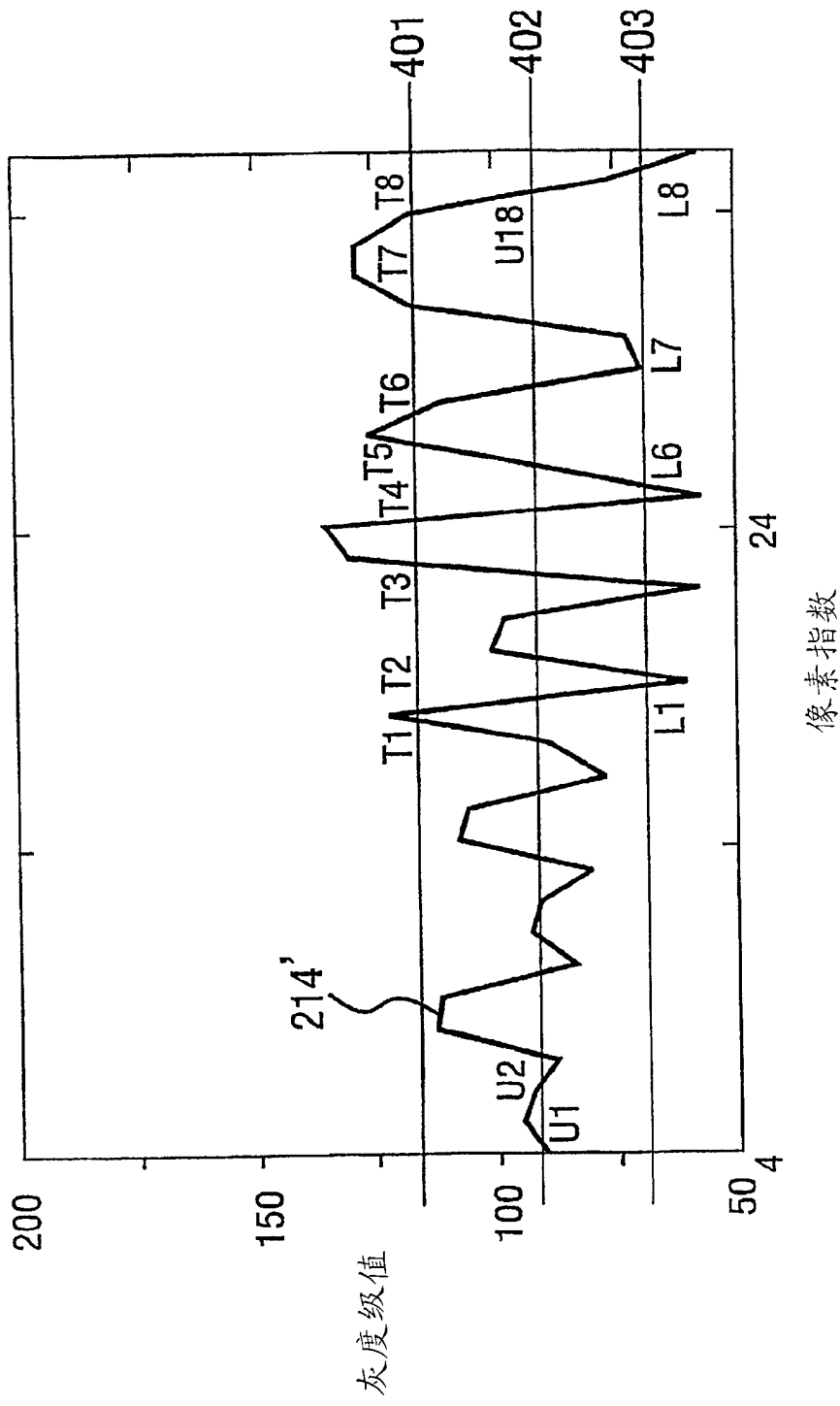


图 4

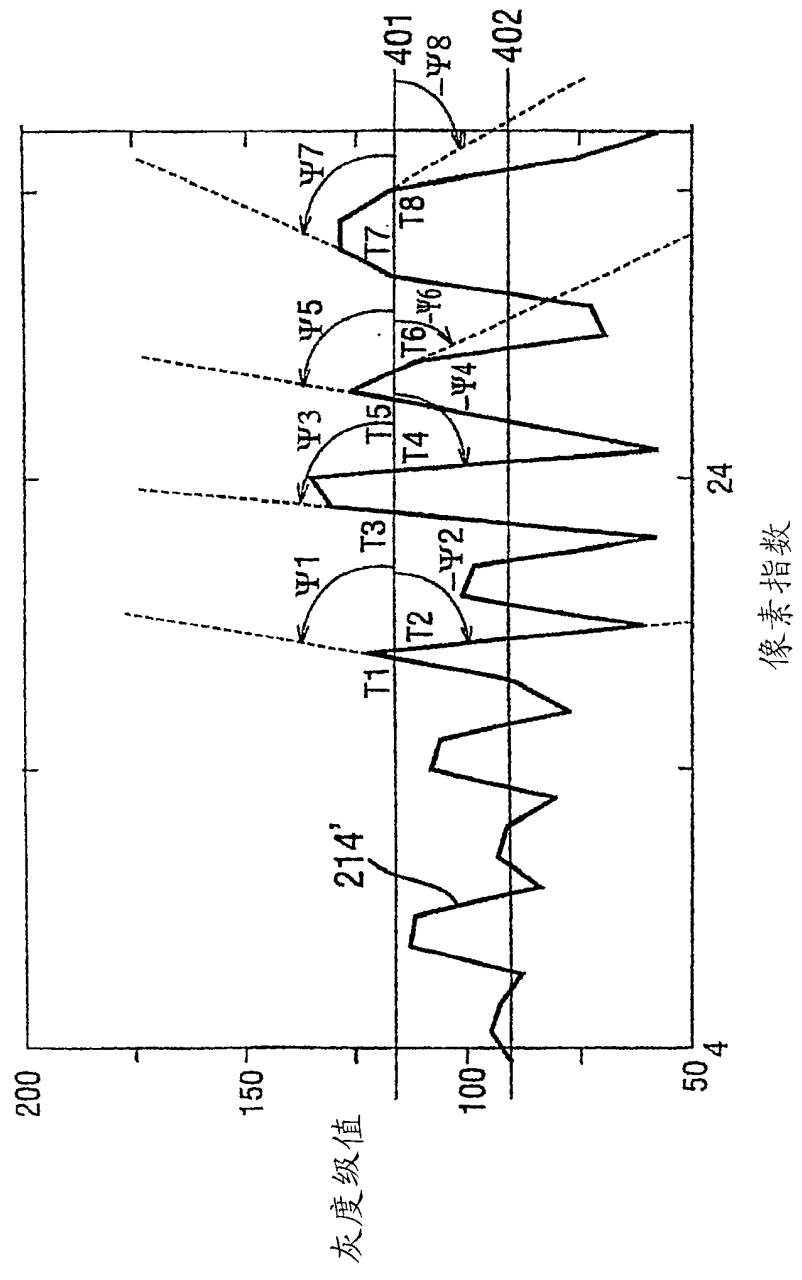


图 5

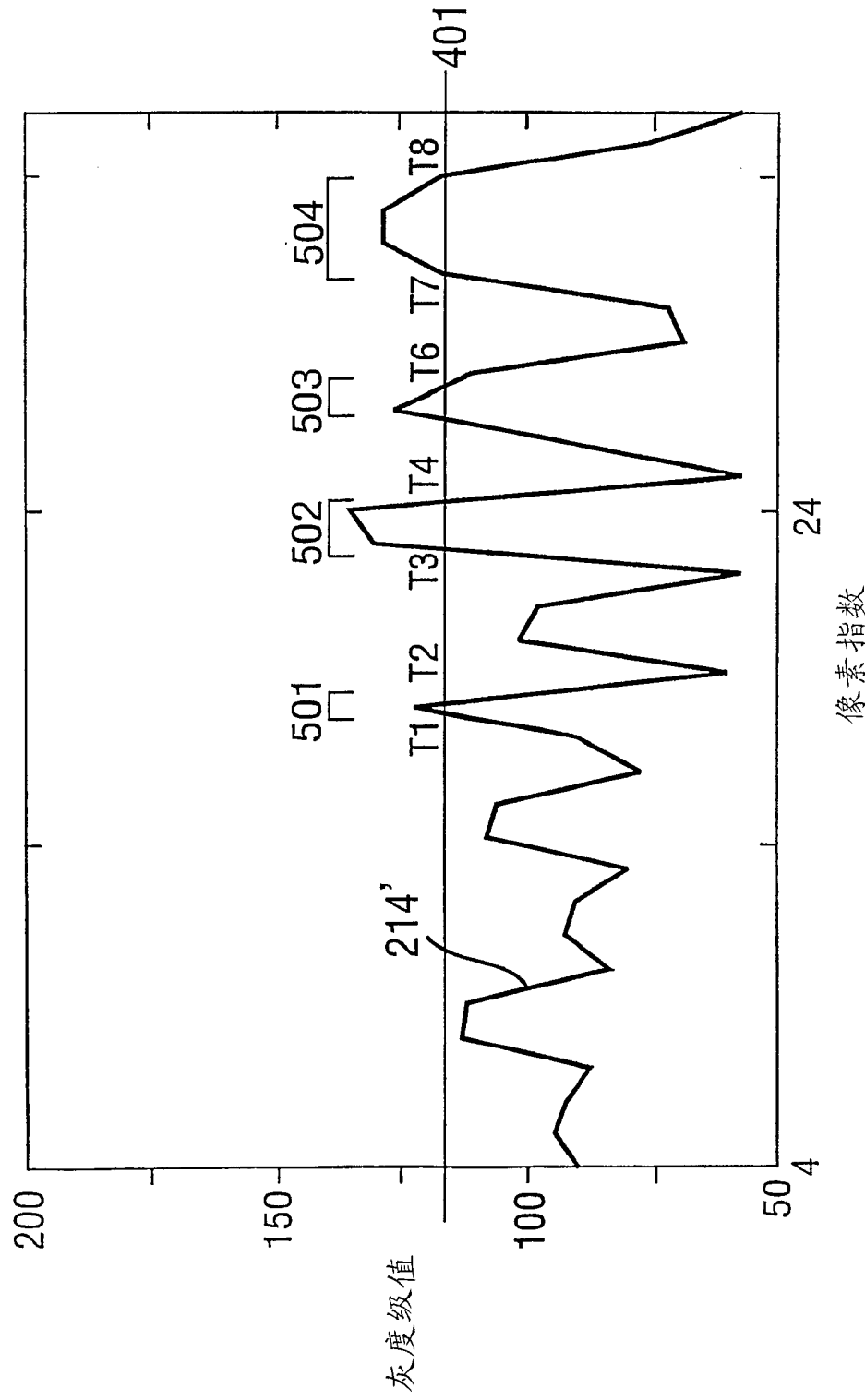


图 6

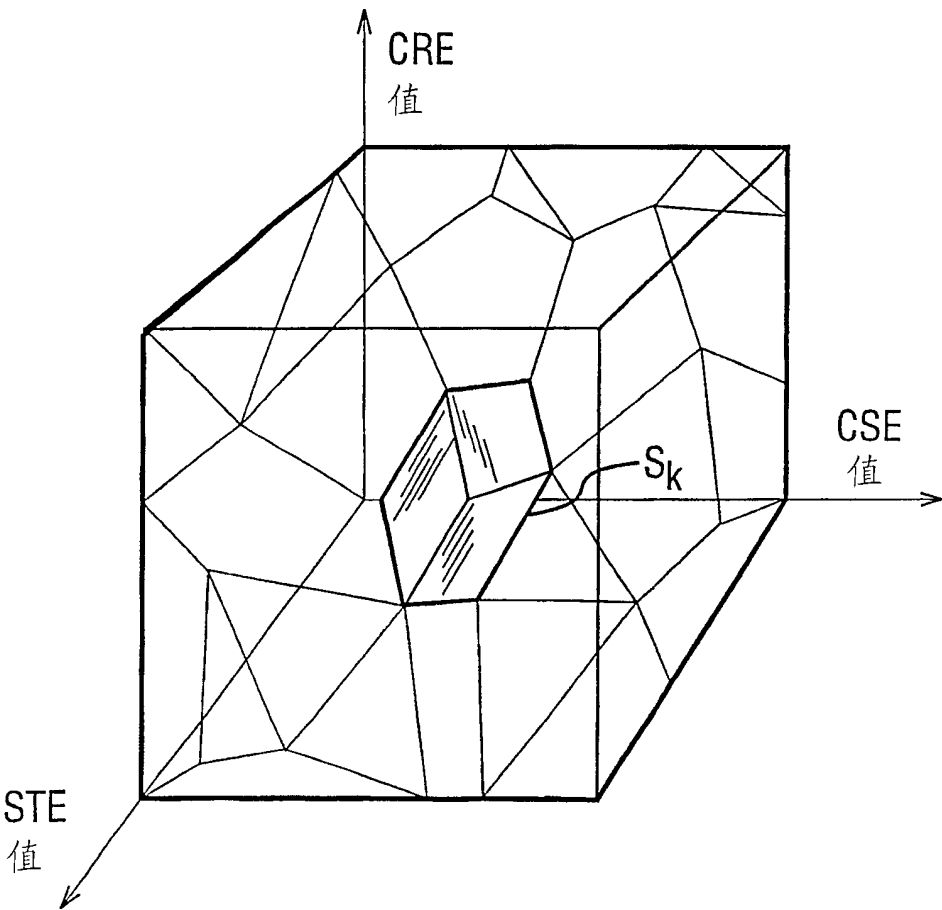


图 7