

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G06K 9/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03822593. X

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100380391C

[22] 申请日 2003. 9. 25 [21] 申请号 03822593. X

[30] 优先权

[32] 2002. 9. 25 [33] US [31] 10/253,912

[32] 2002. 9. 25 [33] US [31] 10/253,914

[86] 国际申请 PCT/CN2003/000816 2003. 9. 25

[87] 国际公布 WO2004/029862 英 2004. 4. 8

[85] 进入国家阶段日期 2005. 3. 23

[73] 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙

[72] 发明人 张大鹏·戴维 钮 旋 卢光明

江伟健·亚当 王明强

[56] 参考文献

US4357597A 1982. 11. 2

CN1223416A 1999. 7. 21

US5526436A 1996. 6. 11

JP2002 - 269562A 2002. 9. 20

审查员 王咪娜

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公  
司

代理人 戎志敏

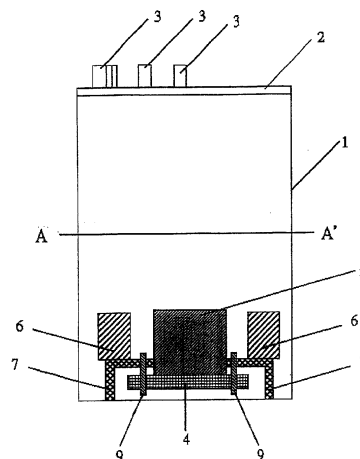
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 12 页

[54] 发明名称

掌纹识别方法和设备

[57] 摘要

一种掌纹识别方法，包括：分析来自手掌图像的区域，以利用该区域获得皮肤表面的纹理数据。将纹理数据与数据库中的参考信息进行比较，以确定对个体的识别。一种用于捕获手掌图像的设备，包括：外壳，其中具有窗口；以及设置在所述外壳中的图像传感器和光源，用于通过窗口来捕获图像。在表面上设置凸起。设置所述凸起，以使其位于适当放置在窗口上的手的已知相邻位置，以便捕获包括手的手掌区域的图像。



1、 一种生物统计学识别方法，包括：

从个体获得皮肤表面区域的图像；

分析所述图像，以提取出皮肤表面区域上的纹理特征，其中，分析图像包括将阈值应用到图像，以便识别图像中的掌纹像素，并使用伽柏分析来分析掌纹像素；以及

将所述纹理特征与数据库中的参考信息进行比较。

2、 一种生物统计学识别方法，包括：

获得个体的手的部分内表面的图像；

获得手的内表面的指定区域内的皮肤表面的子图像，其中，指定区域依赖于手指之间的区域；

分析所述子图像，以获得皮肤表面的纹理数据；以及

将所述纹理数据与数据库中的参考信息进行比较。

3、 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于通过以下步骤获得所述子图像，包括：

识别表示手指之间区域的至少两个点；

确定具有第一和第二轴的坐标系统，其中所述两个点位于所述第一轴上，且与所述第二轴等距；以及

利用所述两个点之间的距离，确定所述子图像在所述坐标系统内的参数。

4、 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于所述子图像的所述参数包括所述坐标系统中、以  $(0.25D, 0.5D)$ 、 $(1.25D, 0.5D)$ 、 $(0.25D, -0.5D)$  和  $(1.25D, -0.5D)$  表示的点，其中  $D$  是所述两个点之间的距离。

5、 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于还包括对所述子图像进行规一化的步骤。

6、 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于分析子图像包括利用伽柏滤波器。

7、 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于分析所述子图像包括将阈值应用到子图像，以便识别图像中的掌纹像素，并使用伽柏分析来分析掌纹像素。

8、 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于将子图像分割为两个部分，实部和虚部，将每一部分存储为向量。

9、 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于将所述纹理数据与数据库中的参考信息进行比较基于以下形式的汉明距离：

$$D_o = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_M(i, j) \cap Q_M(i, j) ((P_R(i, j) \otimes Q_R(i, j) + P_I(i, j) \otimes Q_I(i, j)))}{2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_M(i, j) \cap Q_M(i, j)},$$

其中  $P_R(Q_R)$  和  $P_I(Q_I)$  是所述实部和所述虚部。

10、 一种掌纹图像捕获设备，包括：

外壳，其中具有窗口；

设置在所述外壳中的图像传感器，用于通过窗口来捕获图像；

光源，用于照亮所述窗口；以及

与所述窗口相邻的至少一个凸起，其中设置所述凸起，以使其位于适当放置在窗口上的手的已知相邻位置，以便捕获包括手的手掌区域的图像。

11、 根据权利要求 10 所述的设备，其特征在于所述凸起是设置在适当放置在窗口上的手指之间的至少两个栓或销。

12、 根据权利要求 10 或 11 所述的设备，其特征在于所述光源是所述图像传感器位于其中心的环面。

13、 根据权利要求 10 所述的设备，其特征在于所述图像传感器是电荷耦合器件或互补金属氧化物半导体传感器。

14、 根据权利要求 10 所述的设备，还包括：

控制器，用于控制所述图像传感器和光源，以便捕获图像。

15、 根据权利要求 14 所述的设备，其特征在于所述凸起是设置在适当放置在窗口上的手指之间的至少两个栓或销。

16、 根据权利要求 14 所述的设备，其特征在于所述光源是所述

---

图像传感器位于其中心的环面。

17、根据权利要求 14 所述的设备，其特征在于所述图像传感器是电荷耦合器件或互补金属氧化物半导体传感器。

## 掌纹识别方法和设备

### 技术领域

本发明涉及生物统计学识别，更具体地涉及一种分析掌纹以便识别个体的方法。本发明还涉及用于捕获掌纹图像以便识别个体的设备。

### 背景技术

利用掌纹识别作为一种个人识别方法是一种代替指纹的新生物统计学技术。已知的方法包括分析掌纹，以识别掌纹图像中的奇点、细节和皱纹。这些已知的方法需要如图 1 所示的高分辨率图像。这可以通过染色的掌纹来获得。但是，这样做比较肮脏，并且不能获得实时识别。

为了克服染色掌纹的问题，一些公司已经开发了高分辨率掌纹扫描仪和识别系统。但是，这些用于捕获高分辨率图像的设备是昂贵的，且依赖于高性能的计算机来满足实时识别的需要。

对于上述问题的一种解决方法在于使用低分辨率图像。图 2 示出了与图 1 相对应的低分辨率图像。但是，在低分辨率图像中，不能够容易地观察到奇点和细节，因而，更容易识别的皱纹必须在识别中发挥重要作用。但是，从图 2 中可以注意到，只有小部分周围较为清楚，问题在于，其是否提供了足够的独特性，以便在大量人口中，可靠地识别个体。

### 发明内容

本发明的一个目的在于提供一种生物统计学识别方法，更具体地，一种分析掌纹以便识别个体的方法，其克服或改善了现有方法的缺陷。本发明的另一目的是提供一种用于捕获掌纹图像的设备，其克

服或改善了现有设备的缺陷，或者至少其向公众提供了一种有用的可选设备。

根据本发明的第一方面，提出了一种生物统计学识别方法，包括：

从个体获得皮肤表面区域的图像；

分析所述图像，以提取出皮肤表面区域上的纹理特征；以及  
将所述纹理特征与数据库中的参考信息进行比较。

根据本发明的第二方面，提出了一种生物统计学识别方法，包括：

获得个体的手的部分内表面的图像；

获得手的内表面的指定区域内的皮肤表面的子图像；

分析所述子图像，以获得皮肤表面的纹理数据；以及  
将所述纹理数据与数据库中的参考信息进行比较。

优选地，所述指定区域依赖于手的一个或多个特征。

优选地，所述一个或多个特征是手指之间区域。

优选地，通过以下步骤获得所述子图像，包括：

识别表示手指之间的区域的至少两个点；

确定具有第一和第二轴的坐标系统，其中所述两个点位于所述  
第一轴上，且与所述第二轴等距；以及

利用所述两个点之间的距离，确定所述子图像在所述坐标系统  
内的参数。

优选地，所述子图像的所述参数包括所述坐标系统中、以 $(0.25D, 0.5D)$ 、 $(1.25D, 0.5D)$ 、 $(0.25D, -0.5D)$ 和 $(1.25D, -0.5D)$ 表示的点，其中  
 $D$ 是所述两个点之间的距离。

优选地，还包括对所述子图像进行规一化的步骤。

优选地，分析所述子图像包括利用伽柏滤波器。

优选地，分析所述子图像包括利用伽柏分析以低分辨率分割所  
述子图像的层。

优选地，将所述子图像分割为两个部分，实部和虚部，将每一  
部分存储为向量。

优选地，将所述纹理数据与数据库中的参考信息进行比较基于以下形式的汉明距离：

$$D_o = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_M(i, j) \cap Q_M(i, j) ((P_R(i, j) \otimes Q_R(i, j) + P_I(i, j) \otimes Q_I(i, j)))}{2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_M(i, j) \cap Q_M(i, j)},$$

其中  $P_R(Q_R)$  和  $P_I(Q_I)$  是所述实部和所述虚部。

根据本发明的第三方面，提出了一种掌纹图像捕获设备，包括：

外壳，其中具有窗口；

设置在所述外壳中的图像传感器，并通过窗口来捕获图像；

光源，用于照亮所述窗口；以及

与所述窗口相邻的至少一个凸起，其中设置所述凸起，以使其位于适当放置在窗口上的手的已知相邻位置，以便捕获包括手的手掌区域的图像。

根据本发明的第四方面，提出了一种掌纹图像捕获设备，包括：

外壳，其中具有窗口；

设置在所述外壳中的图像传感器，并通过窗口来捕获图像；

光源，用于照亮所述窗口；

控制器，用于控制所述图像传感器和光源，以便捕获图像；以及

与所述窗口相邻的至少一个凸起，其中设置所述凸起，以使其位于适当放置在窗口上的手的已知相邻位置，以便捕获包括手的手掌区域的图像。

优选地，所述凸起是设置在适当放置在窗口上的手的两个或多个手指之间的栓或销。

优选地，所述光源是所述图像传感器位于其中心的环面。

优选地，所述图像传感器是电荷耦合器件(CCD)或互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器。

通过仅作为示例给出的以下描述，本发明的其他方面将变得显而易见。

## 附图说明

现在，将参照附图，对本发明的实施例进行描述，其中：

图 1 示出了典型的高分辨率掌纹图像；

图 2 示出了典型的低分辨率掌纹图像；

图 3 到图 8 示出了对手内侧图像的预处理；

图 9 和图 10 示出了手在手掌读取器上的不正确放置及相应的预处理图像；

图 11 到图 14 示出了预处理图像、实部和虚部以及掩模；

图 15 和图 16 示出了第一和第二收集图像之间图像质量的差别；

图 17 和图 18 示出了根据本发明的方法的验证测试结果；

图 19 示出了根据本发明的掌纹图像捕获设备的示意图；

图 20 示出了该设备的图像捕获表面的平面图；

图 21 是沿图 19 中的 A-A' 得到的剖面图，其中 CCD 摄像机沿圆形光旋转；以及

图 22 示出了由设备所捕获的原始手掌图像。

## 具体实施方式

本发明的掌纹识别方法包括三个部分：1) 获得个体的掌纹图像；2) 根据该图像，分析皮肤纹理数据；以及 3) 将皮肤纹理数据与存储在数据库中的信息进行比较。下面，将更为详细的描述这些步骤。

### 1) 获得个体的掌纹图像

参考图 3，利用 CCD 摄像机，按照已知的方式来获得手的部分内表面的低分辨率图像。为了从图像中提取出识别数据，必须利用手的特征来识别手掌区域的可重复子图像。在优选实施例中，识别手指间的缺口，并用作构建坐标系统的参数，可以在所述坐标系统中找出定义了子图像的参数。优选实施例具有六个主要步骤，如以下所述。

参照图 4，第一步是对原始图像  $O(x, y)$  应用低通滤波器  $L(u, v)$ ，如高斯滤波器等。然后，利用阈值  $T_p$ ，将卷积的图像转换为二值化



图像  $B(x, y)$ 。

参照图 5，第二步是利用边界跟踪算法，获得手指之间的缺口的边界  $(F_i x_j, F_i y_j)$ ：其中  $i=1, 2$ 。并不提取出无名指与中指之间的缺口的边界，由于其对于以下处理没有用。

参照图 6，第三步是计算缺口  $(F_i x_j, F_i y_j)$  的切线。如果  $(x_1, y_1)$  和  $(x_2, y_2)$  分别是  $(F_1 x_j, F_1 y_j)$  和  $(F_2 x_j, F_2 y_j)$  上的两个点，则对于所有的  $i$  和  $j$ ，通过这两个点的直线  $(y=mx+c)$  满足不等式  $F_i y_j \leq m F_i x_j + C$ 。直线  $(y=mx+c)$  是两个缺口的切线。以图 6 中的数字 2 表示的这条直线是坐标系统的 Y 轴，用于确定子图像 1 的位置。

第四步是找出通过两个点的中点、垂直于直线 2 的直线 3，以确定坐标系统的 X 轴和原点。所述两个点位于 Y 轴上，且与 X 轴等距。

第五步是根据坐标系统提取出具有动态尺寸的子图像 1。子图像 1 的尺寸和位置基于两个点  $(x_1, y_1)$  和  $(x_2, y_2)$  之间的欧几里得距离  $(D)$ 。坐标系统中表示子图像 1 的角的点 4、5、6、7 分别是  $(0.25D, 0.5D)$ 、 $(1.25D, 0.5D)$ 、 $(0.25D, -0.5D)$  和  $(1.25D, -0.5D)$ 。因此，子图像 1 是每条边均等于欧几里得距离且关于 Y 轴直线 3 对称的正方形。因为子图像依赖于手的特征(手指之间的区域)，其对于每个个体的手而言是可重复的。

图 7 示出了坐标系统的  $x$  和  $y$  轴 2、3 以及重叠在图 3 的原始图像上的子图像 1。

第六步是利用双线性插值对子图像 1 进行提取并规一化为标准尺寸。图 8 示出了所提取出的规一化子图像 1。

在获得手掌子图像 1 时，进行本方法的下一部分。

## 2)分析图像的皮肤纹理

循环伽柏滤波器是用于纹理分析的有效工具，并具有以下一般形式：

$$G(x, y, \theta, u, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left\{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right\} \exp\{2\pi i(ux \cos \theta + uy \sin \theta)\} \quad (1)$$

其中  $i = \sqrt{-1}$ ； $u$  是正弦波的频率； $\theta$  控制函数的方向，以及  $\sigma$  是高斯包络

的标准偏差。伽柏滤波器广泛地用在纹理分析中，因此，本领域的普通技术人员将熟悉其针对这种目的的应用。

为了使纹理分析对图像亮度的变换更为稳定，通过应用以下公式，将离散伽柏滤波器  $G[x, y, \theta, u, \sigma]$  变为零 DC:

$$\tilde{G}[x, y, \theta, u, \sigma] = G[x, y, \theta, u, \sigma] - \frac{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-n}^n G[i, j, \theta, u, \sigma]}{(2n+1)^2} \quad (2)$$

其中  $(2n+1)^2$  是滤波器的尺寸。事实上，因为奇对称，伽柏滤波器的虚部自动具有零 DC。调整后的伽柏滤波器的用途是对预处理图像进行滤波。然后，通过以下不等式，对相位信息进行编码：

$$b_r = 1 \quad \text{如果} \quad \operatorname{Re} \left( \sum_{y=-n}^n \sum_{x=-n}^n \tilde{G}[x, y, \theta, u, \sigma] I(x+x_0, y+y_0) \right) \geq 0, \quad (3)$$

$$b_r = 0 \quad \text{如果} \quad \operatorname{Re} \left( \sum_{y=-n}^n \sum_{x=-n}^n \tilde{G}[x, y, \theta, u, \sigma] I(x+x_0, y+y_0) \right) < 0, \quad (4)$$

$$b_i = 1 \quad \text{如果} \quad \operatorname{Im} \left( \sum_{y=-n}^n \sum_{x=-n}^n \tilde{G}[x, y, \theta, u, \sigma] I(x+x_0, y+y_0) \right) \geq 0, \quad (5)$$

$$b_i = 0 \quad \text{如果} \quad \operatorname{Im} \left( \sum_{y=-n}^n \sum_{x=-n}^n \tilde{G}[x, y, \theta, u, \sigma] I(x+x_0, y+y_0) \right) < 0, \quad (6)$$

其中  $I(x, y)$  是预处理图像，以及  $(x_0, y_0)$  是滤波中心。

参照图 9 和图 10，由于可以预期一些用户会不正确地放置他们的手，一些非掌纹像素将包含在手掌子图像中。产生了掩模以指出非掌纹像素的位置。因为可以认为图像源是半封闭环境，非掌纹像素来自图像背景的黑色边界。因此，使用阈值来分割非掌纹像素。典型地，包括掩模和掌纹特征的特征尺寸为 384 字节。

图 11 示出了预处理图像，图 12 示出了相应纹理特征的实部，图 13 示出了相应纹理特征的虚部，以及图 14 示出了相应掩模。

可以在以下两个公开文件中找到将伽柏滤波器用于纹理分析的有益讨论。A. Jain 和 G. Healey 发表在 IEEE Transactions on Image Processing、1998 年第 7 卷第 1 号、第 124~128 页上的、题为“A multiscale representation including opponent color features for texture

recognition”的文章。以及 D. Dunn 和 W.E. Higgins 发表在 IEEE Transactions on Image Processing、1995 年第 4 卷第 4 号、第 947~964 上的题为“Optimal Gabor filters for texture segmentation”的文章。

### 3) 掌纹匹配

将实部和虚部特征表示为矢量，将其与所存储的掌纹数据的矢量进行比较。掌纹匹配基于规一化的汉明距离。例如，P 和 Q 是两个掌纹特征矩阵，规一化的汉明距离可以描述为：

$$D_o = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_M(i, j) \cap Q_M(i, j) ((P_R(i, j) \otimes Q_R(i, j) + P_I(i, j) \otimes Q_I(i, j)))}{2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_M(i, j) \cap Q_M(i, j)}, \quad (7)$$

其中  $P_R(Q_R)$ 、 $P_I(Q_I)$  和  $P_M(Q_M)$  分别是  $P(Q)$  的实部、虚部和掩模；当且仅当两个比特  $P_{R(I)}(i, j)$  等于  $Q_{R(I)}(i, j)$  时，布尔操作“ $\otimes$ ”的结果等于零； $\cap$  表示与操作，以及特征矩阵的尺寸为  $N \times N$ 。应当注意， $D_o$  在 1 和 0 之间。对于完全匹配，匹配得分为零。因为不完全的预处理，需要对特征进行垂直和水平转换，然后再进行匹配。于是，垂直和水平转换的范围是 -2 到 2。将通过转换匹配而获得的  $D_o$  的最小值作为最终匹配得分。

以下的实验结果描述了本发明系统的有效性。

利用掌纹扫描仪从 154 个对象收集掌纹图像。大约 65% 的对象是男性。对象的年龄分布如表 1 所示。

年龄范围	百分比
10~20	2%
21~30	80%
31~40	12%
41~50	3%
51~60	2%
61~70	1%

每个对象提供两组图像。每组包含左手掌的 10 幅图像和右手掌的 10 幅图像。总共，每个对象提供 40 幅图像，以创建包含来自于 308 个不同手掌的 6191 幅图像的图像数据库。从每个对象收集第一和第二组图像之间的平均时间间隔为 57 天。最大和最小时间间隔分别为 90 和 4 天。在完成第一次收集之后，改变光源，并将焦点调节到 CCD 摄像机上，从而通过两个不同的掌纹扫描仪来模拟图像收集。图 15 和 16 示出了在针对一个对象的第一和第二组中所捕获的相应手图像。所收集的图像具有两种尺寸：384×284 和 768×568。将较大的图像的尺寸调整为 384×284；因此，以下实验中的所有测试图像的尺寸为 384×284，分辨率为 75dpi。

为了获得掌纹系统的验证精度，将每个掌纹图像与数据库中的所有掌纹图像进行匹配。将匹配标记为来自相同对象的相同手掌的两个掌纹图像的正确匹配。比较总数为 19161145。正确匹配数为 59176。

分别通过正确和不正确匹配来估计真实的和冒名顶替的概率分布示于图 17。图 18 示出了相应的接受操作曲线(ROC)，是针对所有可能操作点的真实接受比率对错误接受比例的曲线。根据图 18，可以估计根据本发明的方法可以以 96%的真实接受比率和 0.1%的错误接受比率进行操作；相应的阈值为 0.35。此结果可以与现有掌纹解决方案和包括手几何学和指纹验证在内的其他基于手的生物统计学技术相比。

根据本发明的方法利用低分辨率图像，并具有较低的计算成本。验证精度可以与使用高分辨率图像的高性能方法相比。

此方法可以用于接入控制、ATM 和多种安全系统。

图 19 和 20 示出了根据本发明的掌纹图像捕获设备。所述设备包括外壳 1，具有平坦的上表面 2，将手放置在其上，手掌向下，以便捕获掌纹图像。表面 2 是不透明的，具有通过其捕获图像的窗口 8。在优选实施例中，窗口 8 包括玻璃板。在可选实施例中，窗口 8 可以包含其他透明的遮盖物、透镜或凹口(即，开放窗口)。

将如电荷耦合器件(CCD)4 等图像传感器安装在外壳 1 中。将透

镜 5 旋紧在 CCD 上。透镜 5 的孔径朝向表面 2 中的窗口 8。

安装环形光源 6，围绕透镜 5，以照亮窗口 8 中的图像。安装臂 7 支撑环形光源 6，并使用螺丝钉 9 将 CCD 牢固地安装到安装臂 7 上。可以通过从透镜 5 到 CCD 4 的此光学平面形成掌纹图像，然后将数字化的图像数据传送到如个人计算机(未示出)等外部处理器，以便进行处理和操作。

参照图 21，示出了通过图 19 中的截面 A-A'的透镜 5 和光源 6 的平面图。透镜 5 位于环形光源 6 的中心。将透镜 5 安装在 CCD 4 的顶部。

与表面 2 中的窗口 8 相邻的是多个凸起，为栓 3 的形式，用于将手正确地定位在表面 2 上，使手掌区域位于窗口 8 的上方。在使用时，人们将手放在表面 2 上，使栓 3 位于拇指和其他手指之间。这样确保手正确地放置在设备上，以便通过窗口 8 来捕获手掌的最佳区域。

图 22 示出了通过窗口 8 捕获的目标手掌区域的图像。显而易见的是，使用具有目标窗口 8 的不透明表面 2 确保能够相应地获得手掌上感兴趣的区域。个人计算机从 CCD 4 获得此图像，以进行进一步的处理。

由所述设备获得的掌纹适合于用在生物统计学识别中。可以获得掌纹的特征和特性，然后，与数据库记录进行比较，以识别个体。多种技术可以用于确定图像中的手掌的特性。一种适合的技术是纹理分析。纹理分析是合适的，因为其能够基于低分辨率图像给出较高的精度。

所描述的实施例使用了 CCD 图像传感器。在可选实施例中，使用互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器。CMOS 传感器以更低的成本产生更低的分辨率。但是，如果使用纹理分析，则能够对其加以改善。

在优选实施例中，与窗口 8 相邻的凸起是栓 3。在可选实施例中，以其中能够手掌向下地放置手的凹陷或凹形来形成具有窗口 8 的表面 2。

该设备可以用于捕获用在上述方法中的图像。

---

在前述描述中，以相同的整数或元件来表示已知等价物，如这里单独声明的那样，也包括这些等价物。

已经对本发明的实施例进行了描述，但是应当理解，可以进行改变、改进或修改，而并不偏离本发明的精神或所附权利要求的范围。

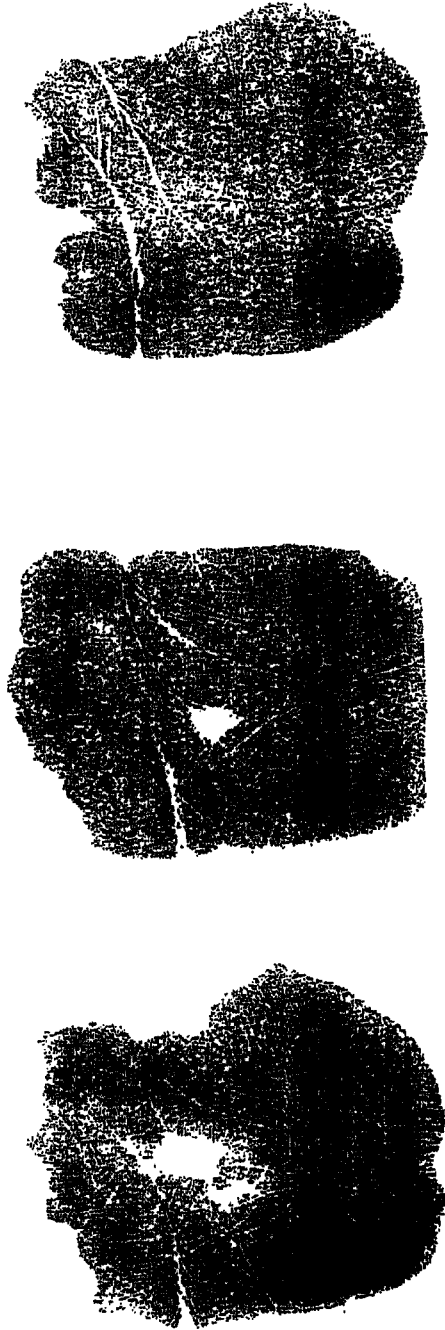


图 1

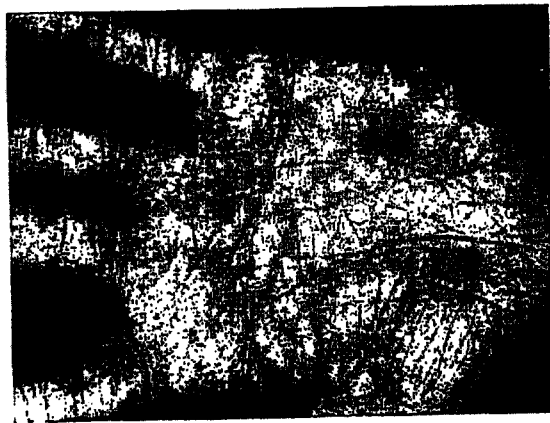
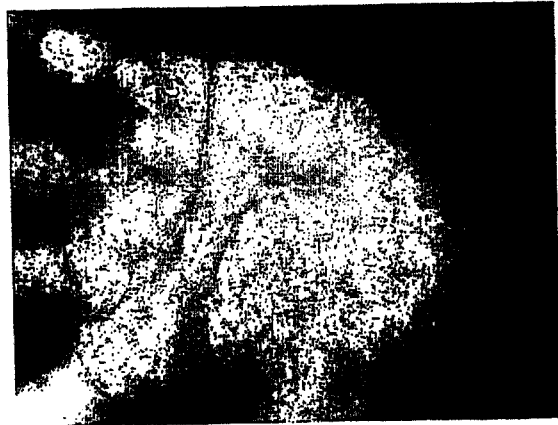


图 2



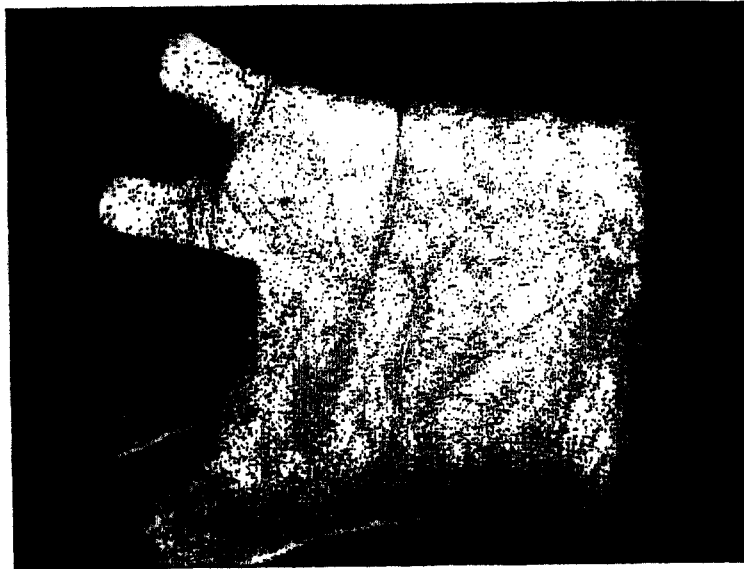


图 3



图 4

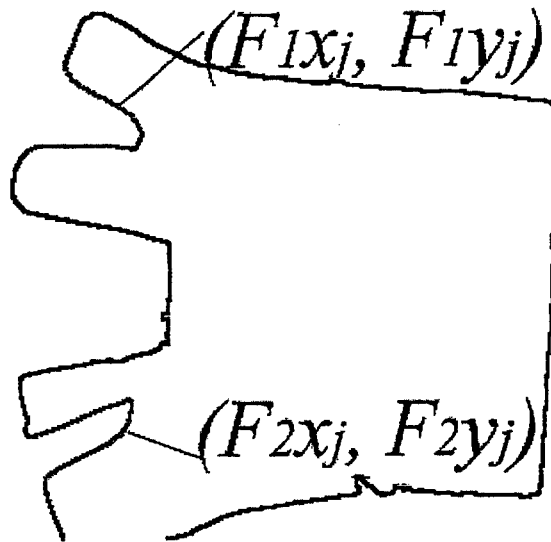


图 5

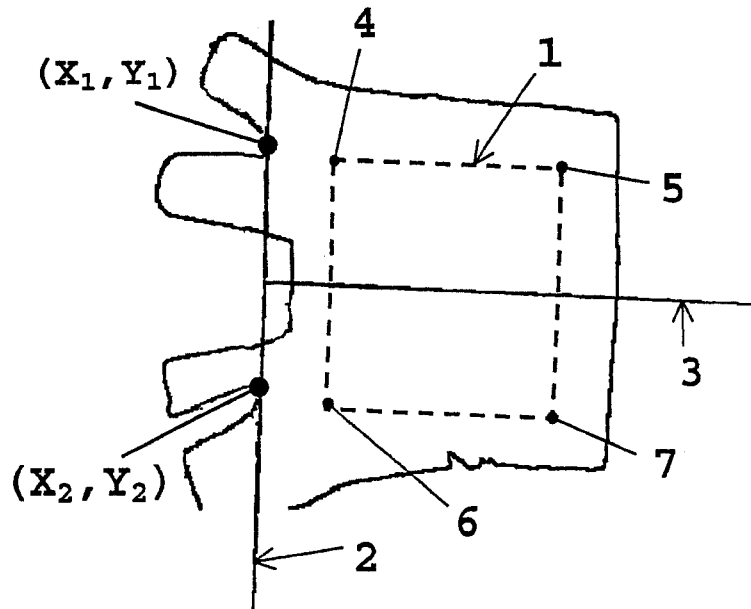


图 6

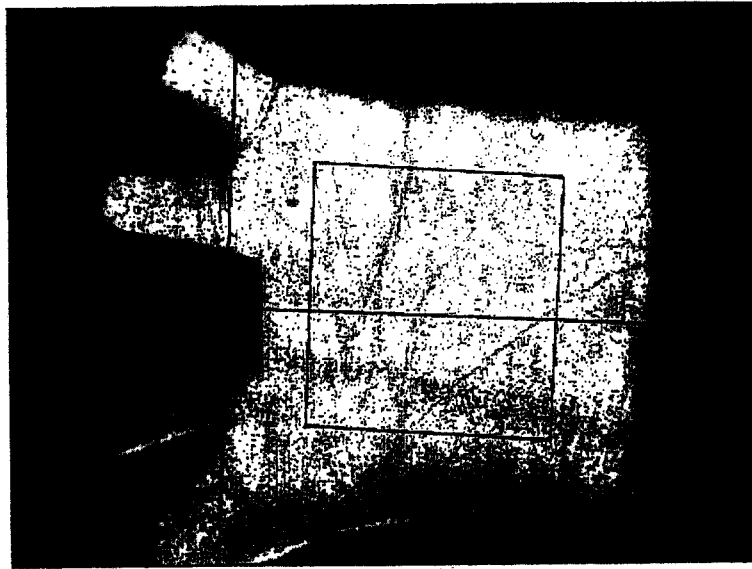


图 7



图 8

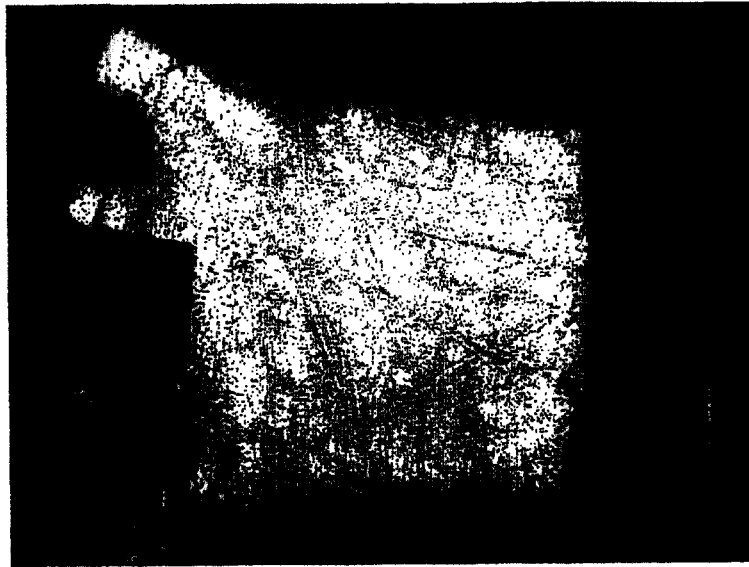


图 9

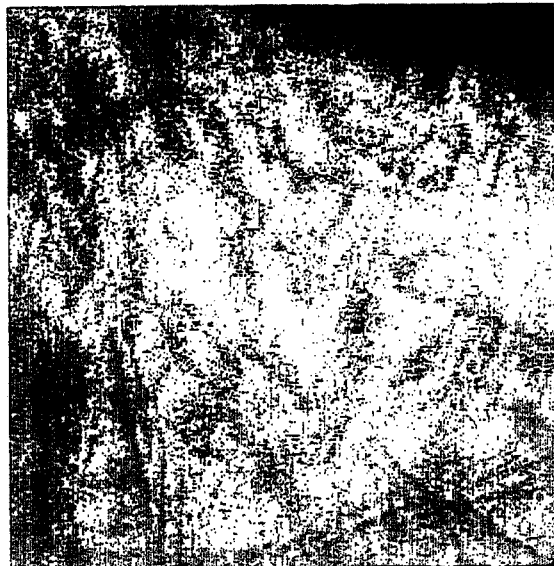


图 10



图 11

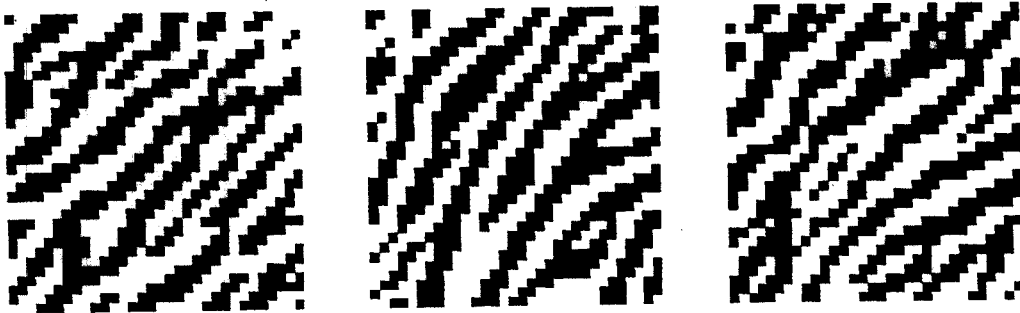


图 12

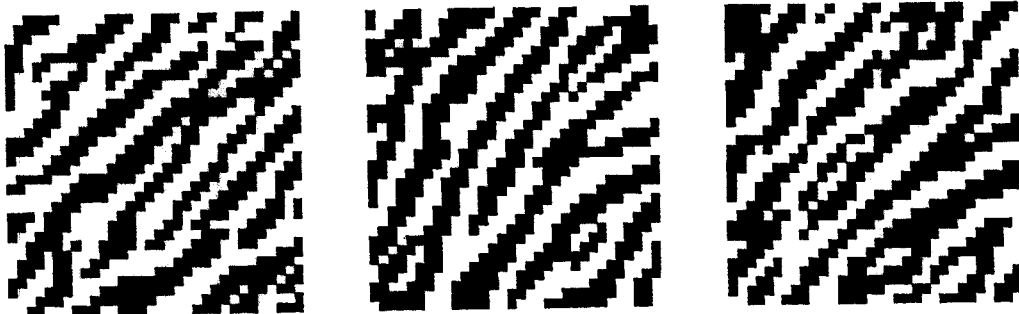


图 13

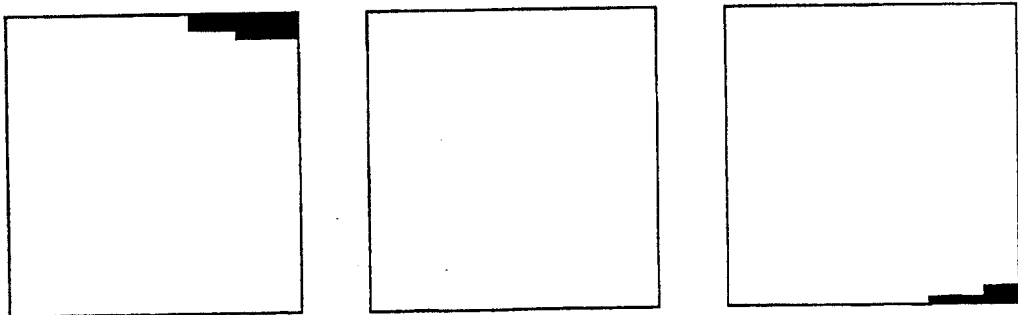


图 14



图 15

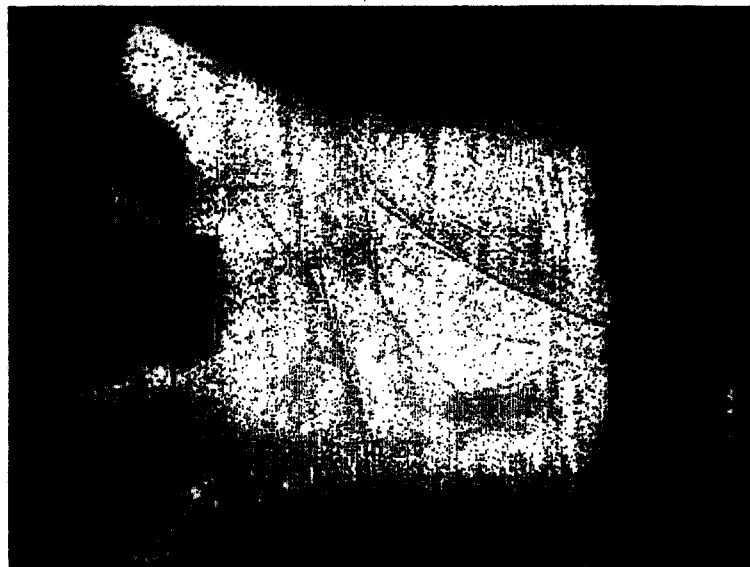


图 16

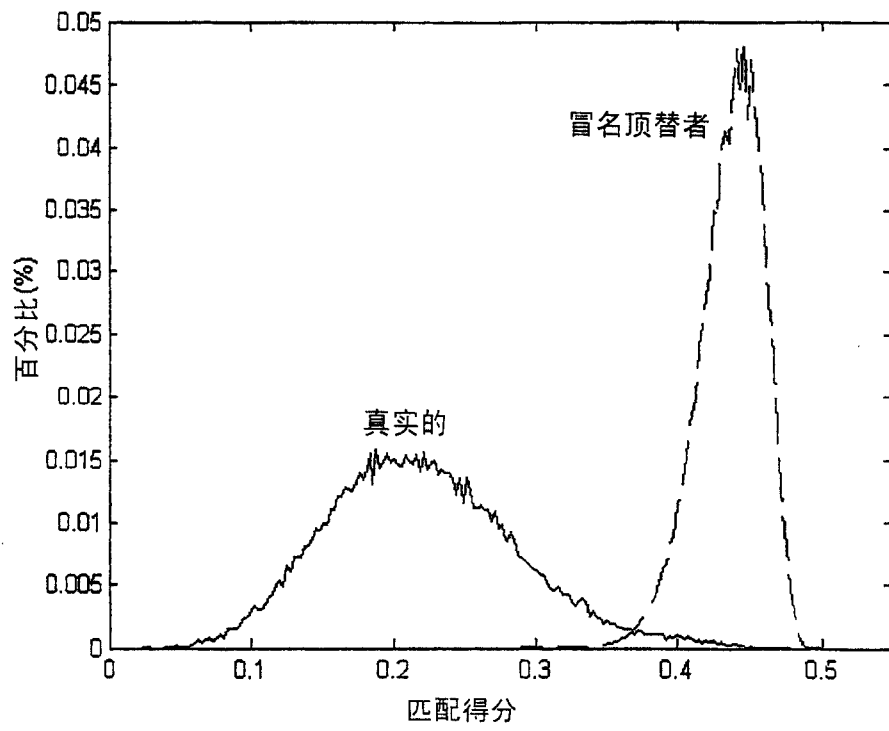


图 17

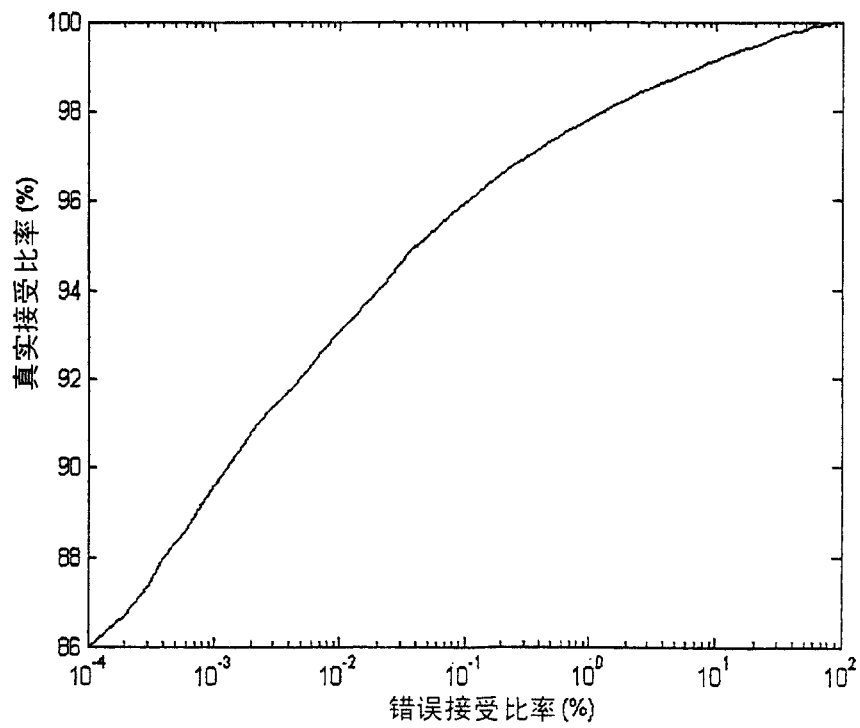


图 18

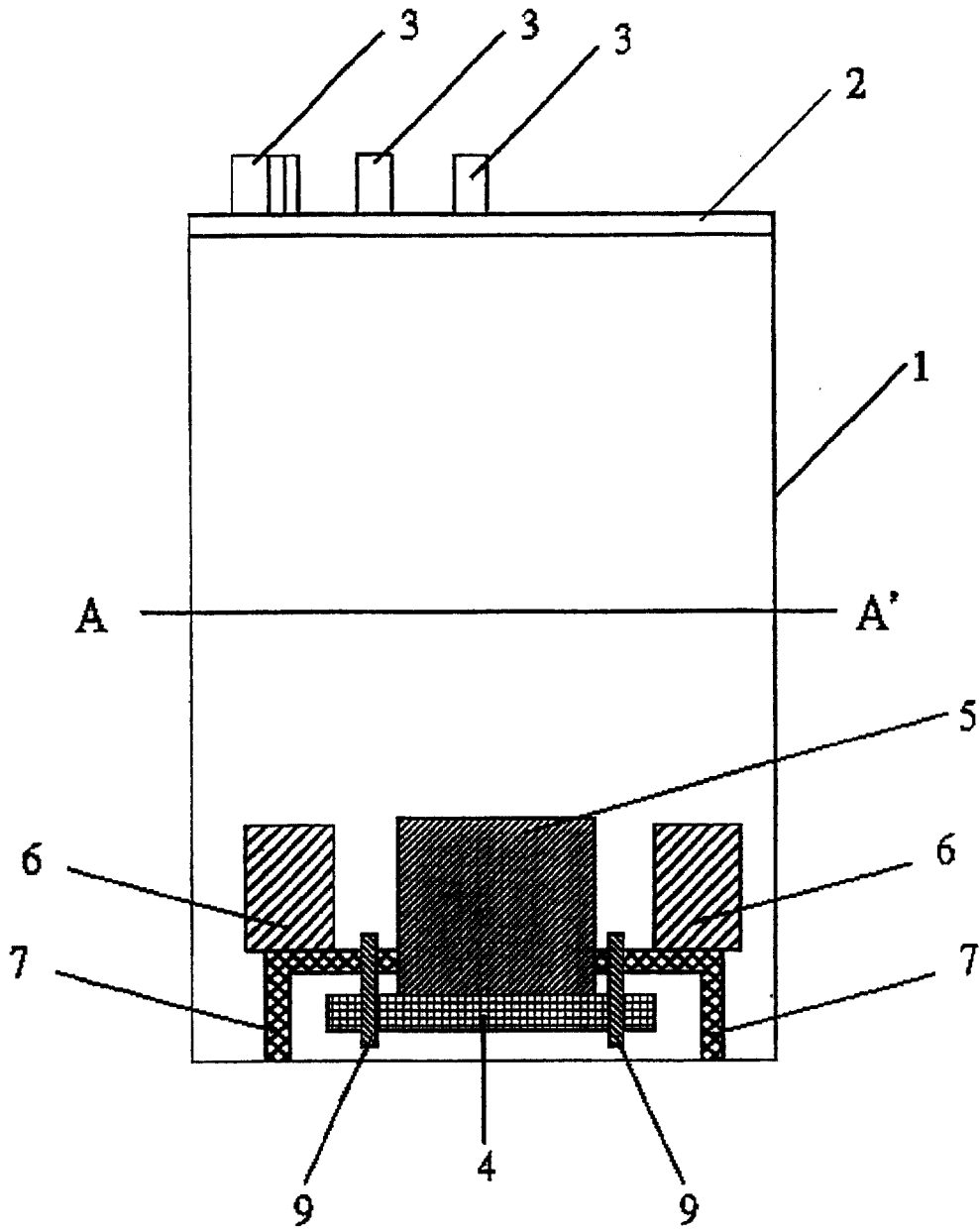


图 19



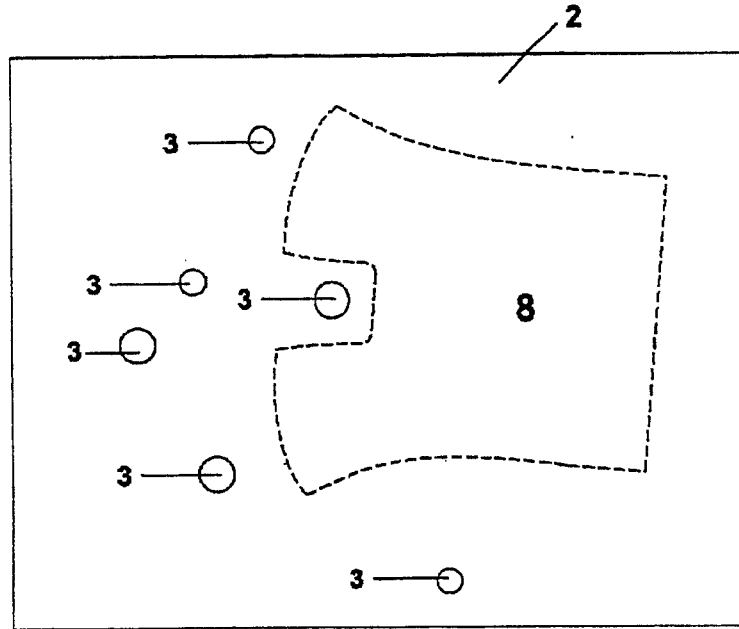


图 20

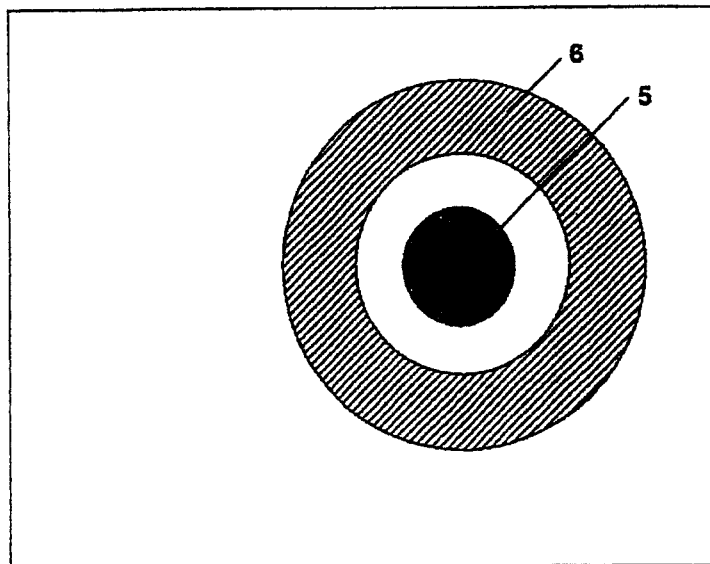


图 21

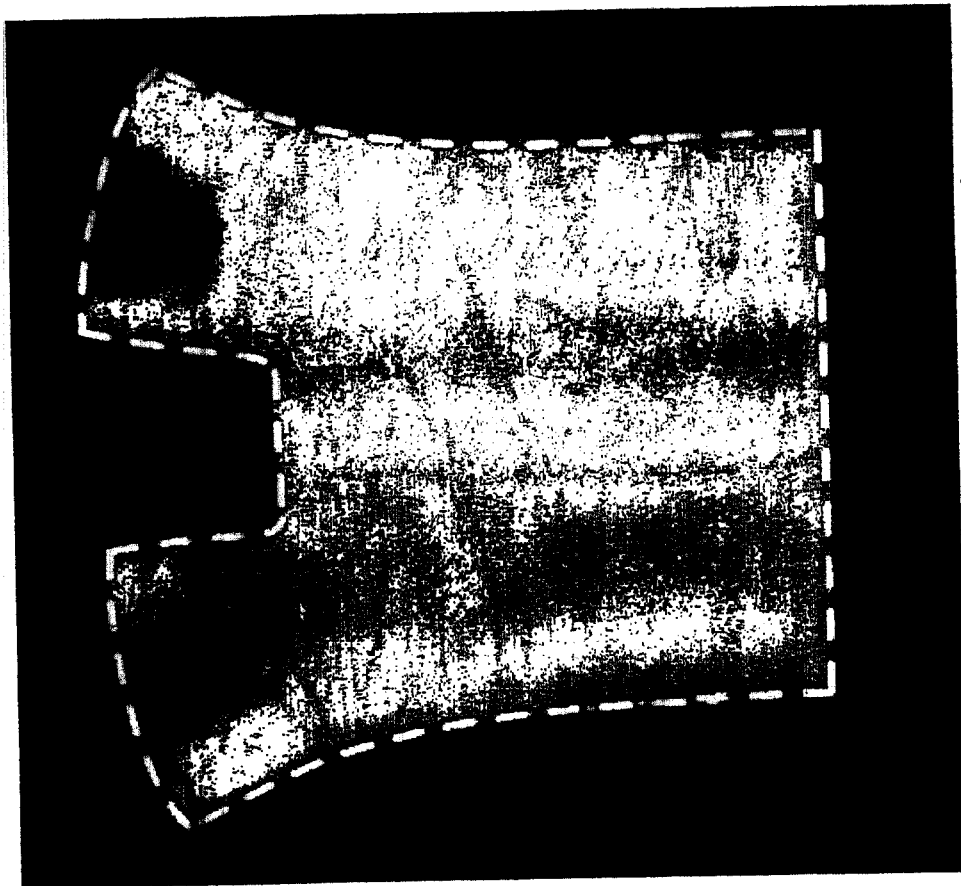


图 22