

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G09G 5/00 (2006.01)

G06T 15/50 (2006.01)

G06T 11/20 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480028174.3

[43] 公开日 2006年11月8日

[11] 公开号 CN 1860522A

[22] 申请日 2004.7.26

[21] 申请号 200480028174.3

[30] 优先权

[32] 2003.7.28 [33] US [31] 10/628,781

[86] 国际申请 PCT/US2004/024169 2004.7.26

[87] 国际公布 WO2005/013254 英 2005.2.10

[85] 进入国家阶段日期 2006.3.28

[71] 申请人 兰德马克绘图公司

地址 美国德克萨斯州

[72] 发明人 克里斯托弗·约翰·丘特尔

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 朱进桂

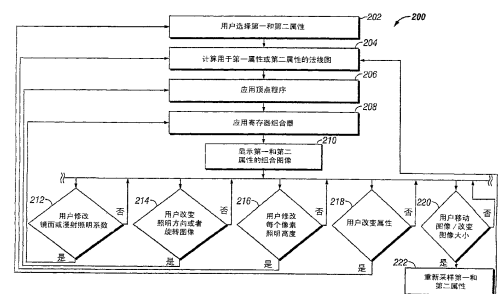
权利要求书 7 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称

实时共同显现多个属性的系统和方法

[57] 摘要

本发明公开了在不损害属性(200)之任何一个图像的条件下,增强多个属性的组合图像的设备和方法。多个属性的组合图像被增强,以用来分析属性所展示的预定特性。可以交互地操纵组合图像,以便相对于虚光源显示每个属性,或者使用镜面成分(212-222)加亮每个属性。



- 1、一种用于成像对象的一个或多个特征的方法，所述对象包括多个属性，该方法包括以下步骤：
- 从多个属性中选择第一属性和第二属性，第一属性和第二属性分别具有自己的顶点；
- 使用第一和第二属性的至少一个建立法线图，所述法线图具有自己的顶点；
- 把法线图顶点和用来建立法线图的第一和第二属性的至少一个属性的顶点转换成代表切面空间法线图的矩阵；
- 依据切面空间法线图和用来建立法线图的第一和第二属性的至少一个，计算漫射照明成分；和
- 把环境照明成分与漫射照明成分和第一及第二属性的至少一个属性组合，以形成代表在自然环境中基本不可辨别的对象的选择特征的图像。
- 2、根据权利要求1所述的方法，其中第一和第二属性的至少一个属性包括两个或多个属性的组合。
- 3、根据权利要求2所述的方法，其中两个或多个属性的组合构成混合属性。
- 4、根据权利要求2所述的方法，其中第一属性包括两个或两个以上属性的任何组合，这些属性包括振幅、频率、相位、功率、外表、相干性、倾角、方位角、梯度、流动因子、声阻抗、速度、压力、孔隙度、渗透性、地层和岩性，第二属性包括来自振幅、频率、相位、功率、外表、相干性、倾角、方位角、梯度、流动因子、声阻抗、速度、压力、孔隙度、渗透性、地层和岩性至少一个属性。
- 5、根据权利要求1所述的方法，其中环境照明成分和漫射照明成分与第一属性组合，并且第二属性用来建立法线图。
- 6、根据权利要求1所述的方法，其中环境照明成分和漫射照明成分与第一属性组合，并且第一属性用来建立法线图。
- 7、根据权利要求1所述的方法，还包括以下步骤：

- 选择第三属性，该第三属性具有自己的顶点；
- 使用第一、第二和第三属性的至少一个建立另一个法线图，该另一个法线图具有自己的顶点；
- 把另一个法线图顶点和用来建立另一个法线图的第一、第二和第三属性的至少之一的顶点变换成代表另一个切面空间法线图的另一个矩阵；
- 5 依据另一个切面空间法线图和用来建立另一个法线图的第一、第二和第三属性至少之一计算另一个漫射照明成分；
- 将环境照明成分与另一个漫射照明成分和第一、第二、第三属性至少之一组合，以形成代表对象选择特征的另一个图像。
- 10 8、根据权利要求 7 所述的方法，其中第三属性包括环境照明成分、漫射照明成分和第一和第二属性之至少一个的组合。
- 9、根据权利要求 8 所述的方法，其中使用第一和第二属性的至少一个建立另一个法线图，并且将第三属性与环境照明成分及另一个漫射照明成分组合，以形成另一个图像。
- 15 10、根据权利要求 8 所述的方法，其中使用第三属性建立另一个法线图，并且将第三属性与环境照明成分和另一个漫射照明成分组合，以形成另一个图像。
- 11、根据权利要求 1 所述的方法，还包括向用户显示图像的至少一部分的步骤。
- 20 12、根据权利要求 11 所述的方法，其中在定义探头的多个平面之一的至少一部分上显示已显示的图像。
- 13、根据权利要求 11 所述的方法，其中在定义探头的多个平面内，至少部分地显示已显示的图像。
- 14、根据权利要求 1 所述的方法，其中第一属性和第二属性分别包括
- 25 多个数据值和关联的空间坐标，每个数据值具有三维空间坐标。
- 15、根据权利要求 14 所述的方法，其中法线图包括多个受扰的法向量，它们源自每个数据值的垂直成分和水平成分的叉积。
- 16、根据权利要求 1 所述的方法，其中顶点程序用来把法线图顶点和用来建立法线图的第一及第二属性至少之一的顶点变换成代表切面空间
- 30 法线图的矩阵。

17、根据权利要求1所述的方法，其中使用寄存器组合器分别计算漫射照明成分和环境照明成分。

18、根据权利要求17所述的方法，其中使用寄存器组合器组合环境照明成分、漫射照明成分和第一及第二属性的至少之一，以形成图像。

5 19、根据权利要求1所述的方法，其中第一属性和第二属性包括医疗数据。

20、根据权利要求1所述的方法，其中第一和第二属性包括地震数据。

21、根据权利要求1所述的方法，其中环境照明成分是一个预定常数。

22、根据权利要求1所述的方法，还包括以下步骤：

10 依据切面空间法线图 and 用来建立法线图的第一和第二属性的至少之一，计算镜面照明成分；

组合镜面照明成分、环境照明成分、漫射照明成分和第一及第二属性的至少之一，以形成图像。

23、根据权利要求1所述的方法，还包括以下步骤：

15 把虚光源应用于图像；

向用户显示图像的一部分；

相对于到达用户的已显示图像的视线，交互地重新确定虚光源和已显示图像至少之一的位罝；和

重复权利要求1中的最后三个步骤。

20 24、一种成像在自然环境中基本不可辨别的对象的选择特征的方法，所述对象包括多个属性，该方法包括以下步骤：

从多个属性中选择一个属性，所述属性具有自己的顶点；

使用所述属性建立法线图，所述法线图具有自己的顶点；

把法线图顶点和所述属性的顶点转换成代表切面空间法线图的矩阵；

25 依据切面空间法线图和所述属性，计算漫射照明成分；和

把环境照明成分与漫射照明成分和所述属性组合，以形成代表对象的选择特征的图像。

25、一种成像对象的一个或多个特征的方法，所述对象包括多个属性，该方法包括以下步骤：

30 从多个属性中选择第一属性和第二属性，第一属性和第二属性分别具

有自己的顶点；

使用第一和第二属性的至少一个建立法线图，所述法线图具有自己的顶点；

5 把法线图顶点和用来建立法线图的第一和第二属性的至少一个属性的顶点转换成代表切面空间法线图的矩阵；

依据切面空间法线图和用来建立法线图的第一和第二属性的至少一个，计算漫射照明成分；

把环境照明成分与漫射照明成分和第一及第二属性之至少一个属性组合，以形成代表对象的选择特征的图像；

10 向用户显示图像的至少一部分，所显示图像的所述部分包括第一属性和第二属性的至少部分。

26、根据权利要求 25 所述的方法，其中对象的选择特征在自然环境中基本上是不可辨别的。

15 27、一种包括机器可读的程序存储装置的系统，该存储装置包含机器可执行指令的程序，用于成像对象的一个或多个特征，所述对象包括多个属性，所述指令包括以下步骤：

从多个属性中选择第一属性和第二属性，第一属性和第二属性分别具有自己的顶点；

20 建立源自第一和第二属性的至少一个的法线图，所述法线图具有自己的顶点；

把法线图顶点和用来建立法线图的第一和第二属性的至少一个属性的顶点转换成代表切面空间法线图的矩阵；

依据切面空间法线图和用来建立法线图的第一和第二属性的至少一个，计算漫射照明成分；和

25 把环境照明成分与漫射照明成分和第一及第二属性之至少一个属性组合，以形成代表在自然环境中基本不可辨别的对象的选择特征的图像。

28、根据权利要求 27 所述的系统，其中，第一和第二属性的至少一个属性包括两个或多个属性的组合。

30 29、根据权利要求 28 所述的系统，其中两个或多个属性的组合构成混合属性。

30、根据权利要求 28 所述的系统，其中第一属性包括两个或两个以上属性的任何组合，这些属性包括振幅、频率、相位、功率、外表、相干性、倾角、方位角、梯度、流动因子、声阻抗、速度、压力、孔隙度、渗透性、地层和岩性，第二属性包括来自振幅、频率、相位、功率、外表、相干性、倾角、方位角、梯度、流动因子、声阻抗、速度、压力、孔隙度、渗透性、地层和岩性至少一个属性。

31、根据权利要求 27 所述的系统，其中环境照明成分和漫射照明成分与第一属性组合，并且第二属性用来建立法线图。

32、根据权利要求 27 所述的系统，其中环境照明成分和漫射照明成分与第一属性组合，并且第一属性用来建立法线图。

33、根据权利要求 27 所述的系统，还包括以下步骤：

选择第三属性，该第三属性具有自己的顶点；

建立源自第一、第二和第三属性的至少一个的另一个法线图，该另一个法线图具有自己的顶点；

把另一个法线图顶点和用来建立另一个法线图的第一、第二和第三属性的至少之一的顶点变换成代表另一个切面空间法线图的另一个矩阵；

依据另一个切面空间法线图和用来建立另一个法线图的第一、第二和第三属性至少之一计算漫射照明成分；

将环境照明成分与另一个漫射照明成分和第一、第二、第三属性至少之一组合，以形成代表对象选择特征的另一个图像。

34、根据权利要求 33 所述的系统，其中第三属性包括环境照明成分、漫射照明成分与第一和第二属性之至少一个的组合。

35、根据权利要求 34 所述的系统，其中使用第一和第二属性的至少一个建立另一个法线图，并且将第三属性与环境照明成分及另一个漫射照明成分组合，以形成另一个图像。

36、根据权利要求 34 所述的系统，其中使用第三属性建立另一个法线图，并且将第三属性与环境照明成分和另一个漫射照明成分组合，以形成另一个图像。

37、根据权利要求 27 所述的系统，还包括在监视器上向用户显示图像的至少一部分的步骤。

38、根据权利要求 27 所述的系统，其中第一属性和第二属性分别包括多个数据值和相应空间坐标，每个数据值具有三维空间坐标。

39、根据权利要求 38 所述的系统，其中法线图包括多个受扰的法向量，它们源自每个数据值的垂直成分和水平成分的叉积。

5 40、根据权利要求 27 所述的系统，其中第一属性和第二属性包括医疗数据。

41、根据权利要求 27 所述的系统，其中第一和第二属性包括地震数据。

42、根据权利要求 27 所述的系统，其中环境照明成分是一个预定常数。

43、根据权利要求 27 所述的系统，还包括以下步骤：

10 依据切面空间法线图和用来建立法线图的第一和第二属性的至少之一，计算镜面照明成分；

组合镜面照明成分、环境照明成分、漫射照明成分和第一及第二属性的至少之一，以形成图像。

44、根据权利要求 27 所述的系统，还包括以下步骤：

15 把虚光源应用于图像；

向用户显示图像的一部分；

相对于到达用户的已显示图像的视线，交互地重新确定虚光源和已显示图像至少之一的位置；和

重复权利要求 27 中的最后三个步骤。

20 45、一种包括机器可读的程序存储装置的系统，该存储装置包含机器可执行指令的程序，用于成像在自然环境中基本不可辨别的对象的选择特征，所述对象包括多个属性，所述指令包括以下步骤：

从多个属性中选择属性，所述属性具有自己的顶点；

建立源自所述属性的法线图，所述法线图具有自己的顶点；

25 把法线图顶点和所述属性的顶点转换成代表切面空间法线图的矩阵；

依据切面空间法线图和所述属性，计算漫射照明成分；和

把环境照明成分与漫射照明成分及所述属性组合，以形成代表对象的选择特征的图像。

30 46、一种包括机器可读的程序存储装置的系统，该存储装置包含机器可执行指令的程序，用于成像对象的一个或多个特征，所述对象包括多个

属性，所述指令包括以下步骤：

从多个属性中选择第一属性和第二属性，第一属性和第二属性分别具有自己的顶点；

5 建立源自第一和第二属性的至少一个的法线图，所述法线图具有自己的顶点；

把法线图顶点和用来建立法线图的第一和第二属性的至少一个属性的顶点转换成代表切面空间法线图的矩阵；

依据切面空间法线图和用来建立法线图的第一和第二属性的至少一个，计算漫射照明成分；

10 把环境照明成分与漫射照明成分及第一和第二属性之至少一个属性组合，以形成代表对象的选择特征的图像；

把图像的至少一部分显示给用户，所述的显示图像的部分至少包括第一属性的部分和第二属性的部分。

15 47、一种包含在传输媒介中的计算机数据信号，包括代表对象的选择特征的图像，所述对象包括多个属性，所述图像包括从多个属性选出的第一属性和第二属性，至少图像的一部分是用户可见的，可视图像的部分至少包括第一属性的部分和第二属性的部分。

20 48、一种包含在传输媒介中的计算机数据信号，包括代表在自然环境下基本不可辨别的对象的选择特征的图像，所述对象包括多个属性，所述图像包括从多个属性选择的属性，至少图像的一部分是用户可视的。

实时共同显现多个属性的系统和方法

5

技术领域

本发明涉及实时共同显现多个属性，由此形成该属性的组合图像的显像技术。该组合图像是视觉直观的，它显示基本上不可辨别的对象的某些特征。

10

背景技术

在应用科学上，各种研究领域都需要分析二维（2-D）或三维（3-D）体数据集，其中每个数据集可以有代表不同物理特性的多属性。属性有时被称之为数据值，代表所定义的2-D或3-D空间内的对象的特定物理特性。数据值例如可以是包括256个可能值的8字节数据字。属性的位置由（x, y 数据值）或者（x, y, z 数据值）代表。如果属性代表特定位置上的压力，则属性位置可以被表示为（x, y, z, 压力）。

在医学领域，计算机控制轴向成像（CAT）扫描仪或者磁共振成像（MRI）装置用来产生人体某些特定区域的图片或者诊断图像，通常代表坐标和被确定的属性。通常，预定位置内的每个属性必需与另一个属性分离和无关地成像。例如，代表预定位置的温度的一个属性通常与另一个代表相同位置的压力的属性分离地成像。因而，基于这些属性的特定条件的诊断受到显示预定位置上单一属性的能力限制。

在地球科学领域，地震探测用来勘探地球地层的地下地质状况。地下勘探激发类似低频声波的地震波在地表以下传播，然后由地震仪检测。地震仪记录地震波达到的时间，包括直接和反射波的到达时间。知道爆炸的时间和地点，就可以计算经过地球内部的波的传播时间，并用它来测量地球内部波的速度。类似的技术可以用于海上石油和天然气勘探。在海上勘探中，船拖着声源和水下听音器。例如操作像气球爆破的气动装置生成低频（例如50Hz）声波。声音从海床下的岩石层弹回，然后由水下听音器

拾取。在任何一种应用中，截留石油的地下沉积结构如断层和圆丘通过反射波来映像。

数据被收集和处理，以产生 3-D 体数据集。3-D 体数据集由具有 x、y、z 坐标的“体元（三维元素）”或体元素构成。每个体元代表一个数值数据值（属性），它与特定位置上某些测量或计算的物理特性相关联。地址数据值的例子包括振幅、相位、频率和相似性。不同数据值被存储在不同 3-D 体数据集中，其中每个 3-D 体数据集代表一个不同数据值。为了从不同 3-D 体数据集，分析称之为“事件”信息的某个地质结构，必需分别成像以便分析该事件。

10 在该领域中已经开发了某些技术，用于在单一显示器中成像多个 3-D 体数据集，然而受到相当的限制。一个实例包括 The Leading Edge 出版的 Jack Lees 所著的名为“Constructing Faults from Pick by Voxel Tracking”的技术。该技术在单一显示器中组合两个 3-D 体数据集，由此把每个原始的 256 值属性限制到整个 256 值范围的 128 值。因此显示的清晰度明显降低，从而限制了将某些事件或特征与剩余数据区分的能力。另一个常用方法通过使某些数据值比其它的更透明，组合包含两个不同属性的两个 3-D 体数据集的显示。

美国专利申请 09/936,780 公开了用来把两个不同 3-D 体数据集组合在同一图像中的另一技术，该申请被转让给 Magic Earth 公司，在此作为参考引用。该申请描述了把代表第一属性的第一 3-D 体数据集和代表第二属性的第二 3-D 体数据集组合到单一增强型 3-D 体数据集中的技术，这是通过将第一和第二属性数据值的每个与预选的数据值范围或标准进行比较实现的。对于标准被满足的每个数据值，在符合增强型 3-D 体数据集中的相应数据值的位置上插入第一所选数据值。对于标准未被满足的每个数据值，在符合增强型 3-D 体数据集中的相应数据值的位置上插入第二所选数据值。第一所选数据值可以涉及第一属性，第二所选数据值可以涉及第二属性。合成图像是一个增强型 3-D 体数据集，包括原始第一 3-D 体数据集和第二 3-D 体数据集的组合或者混合。所以，生成增强型 3-D 体数据集所需的额外处理步骤造成插值延迟和性能衰退。此外，该预处理技术是通过“损失”效应实现的，即牺牲来自一个地震属性的数据，以便成像另一个

地震属性。所以，存在数据显像的明显损失。

在非科学应用中，已经开发了一种通过光照和/或描影技术定义无生命对象上表面细节（纹理）的技术。例如，在视频或计算机制图领域，人们通常使用的一种技术是纹理映像。纹理通常涉及表面上的凸起、皱纹、凹槽或其它不规则性。纹理表面是通过光与表面不规则性交互作用方式来识别的。实际上，这些不规则性是对象的完整几何模型的部分，尽管与对象的尺寸和构形相比，它们比较小。人们已经知道传统的纹理映像技术缺少必需的表面细节，来实现传统上由纹理表示细节。换言之，传统的纹理映像技术向对象提供多色的而又平滑的外观。为此，纹理映像被扩展到用现在通称为凸起映射技术解决该问题。

Mark Kilgard 所写的名为“A Practical and Robust Bump Mapping Technique for Today’s GPU’s”（以下称之为 Kilgard）的论文中解释了凸起映射，该论文在此作为参考引用。在该论文中，凸起映射被描述为“用来模仿由另外平滑表面上的图案不规则性造成的灯光效果的基于纹理的显现方案”（Kilgard, p.1）。根据 Kilgard，“凸起映射模仿表面不规则光照外貌，而不需要进行复杂、昂贵的把图案模仿为对表面的真实几何受扰”（Kilgard, p.1）。然而，James Blinn 于 1978 年建议的原始凸起映射技术所需的计算费用是相当高的，大大超出了传统的硬件纹理映射所需的费用（Kilgard. p.2）。

考虑到最近两个十年已经作出把凸起映射重新制定成适合硬件实施的形式许多尝试，Kilgard 建议了一种新的凸起映射技术。总之，Kilgard 把凸起映射分成两个步骤。首先，计算受扰的表面法线。然后，利用受扰的表面法线执行光照计算。在凸起映射表面的每个可视片段分别执行这两个步骤（Kilgard）。

尽管 Kilgard 的新技术也许适合于仿真代表真实几何受扰的表面不规则性（纹理），但是它不能解决类似灯光效果的使用问题，以显示基本上不可辨识和不代表真实几何受扰的对象的某些特征。

发明内容

本发明的目的是提供增强代表 2-D 或 3-D 对象的多属性的组合图像的

系统和方法。在一个实施例中，第一属性从可用属性源选出，并代表对象的一个特性。第二属性从相同的属性源中选出，并代表对象的另一个特性。依靠可用的属性源选择附加属性。

利用来自第一属性或者第二属性的体元建立法线图。该法线图从代表
5 第一或第二属性（以下称为主要属性）的数据值中导出，并用来构建在平坦表面上提供高度、深度和几何图形的效应的灯光效果。

为了获得精确的灯光效果，把顶点程序应用于限定主要属性的平面的
10 顶点以及应用于限定法线图的相应平面的顶点。结果建立了新的坐标空间，形成了通常称之为切空间的矩阵，然后由寄存器组合器（register combiner）使用。

寄存器组合器或者纹理成影器用来在应用顶点程序后，计算法线图的
15 周围环境和漫射灯光效果（照度），并且组合其它第一和第二属性以形成代表第一和第二属性的增强图像。这样，就显示了共同显现属性的组合图像，从而展现由自然环境中基本不能辨别的属性所代表的对象的某些特征。

在另一个实施例中，通过改变照明系数交互地加亮对象的选择特征，
其中照明系数代表一个虚光源的反射和/或漫射成分。这样，再应用寄存
器组合器来改变周围环境及漫射照明效果，并且当显示组合图像时，加亮
对象的某些特征。

20 在另一个实施例中，交互地改变光源的位置或者交互地旋转组合图像，以展现属性所代表的对象的选择特征。当旋转图像或者改变光源位置时，代表第一属性的某些顶点变成暗影或者阴影，而代表第二属性的其它顶点变得可视，反之亦然。该实施例对于增强对象的选择特征的图像是有用的，其中所述对象在自然环境中不能与其它对象相区别。在该方式中，顶点程
25 序和寄存器组合器被再应用并显示图像。

在另一个实施例中，交互地控制每个像素的照明高度。每个像素照明
高度经常称之为由根据每个像素产生的照明效果定义的凸起的高度或凹
下的深度。每个像素照明高度被改变时，重新计算法线图，重新应用顶点
程序和寄存器组合器，并显示图像。

30 在另一个实施例中，以所述方式，选择一个或多个不同的属性，以成

像该对象的另外选择的特性。因而在本实施例中，重新应用前述的步骤和技术，以显示一个新的组合图像。

在另一个实施例中，交互地控制（移动/调整大小）组合图像，以在不同位置显示对象的选择特征。在该方式中，属性被重新抽取，并且在它的新位置上显示组合图像。

附图说明

该专利或申请文件包含至少一个彩色绘图。当请求并支付必要费用时，由专利局提供带有彩色绘图的该专利或专利申请公开的副本。

下面将结合附图对本发明进行详细说明，其中类似元素用类似参考标记表示。

图 1 是图示用来实施本发明的软件程序的一个实施例的方框图；

图 2 是图示用来实施本发明的方法的一个实施例的流程图；

图 3 是把相似性显示为地震数据属性的彩色图；

图 4 是把振幅显示为地震数据属性的彩色图；

图 5 是图示图 3 和图 4 中所示的两个属性的组合图像的彩色图；

图 6 是图示图 5 的组合图像的彩色图，其光源位于图像的左边；

图 7 是图示图 5 的组合图像的彩色图，其光源位于与图像垂直的位置；

图 8 是图示图 5 的组合图像的彩色图，其光源位于图像的右边。

尽管将结合优选实施例描述本发明，但是应当明白不打算把本发明局限于这些实施例。相反，而是打算覆盖包含在本发明精神内的所有替代、修改和等同物。

具体实施方式

可以使用硬件、软件或者其组合实施本发明，并且可以在计算机系统或者其它处理系统中实施本发明。以下说明把本发明应用于不同的地震数据属性，这些属性被包含在被称之为探头（probe）的特定空间或体积内。每个探头包括由 x、y、z 数据值代表的体元数据。每个数据值与特定位置（x、y、z）上的特定地震数据属性关联。本发明因而可以利用一个或多个硬件和软件系统部件，这些部件是显示和操纵如美国专利申请

09/119,634 (以下简称 ‘634 申请’) 所述探头所需要的, 该专利申请已转让给 Magic Earth 公司, 并作为参考引用。至于探头技术要求的更完整的说明, 请参见 ‘634 申请。

除了探头技术要求外, 可以利用当前的高性能图形和个人计算商品硬件实施本发明, 以便确保实时性能。个人计算机的可用硬件的实例包括由
5 NVIDIA[®]出售的类似 GeForce[®]的图形卡和由 Intel[®]或 AMD[®]制造的 2.4Ghz x 86 指令集计算机处理器。

图 1 显示了实施本发明的软件或程序结构的一个实施例。程序结构 100 的基础是操作系统 102。合适的操作系统可以包括例如 UNIX[®]或 LINUX[®]
10 操作系统、Windows NT[®]和本领域已知的其它操作系统。

菜单和接口软件 104 覆盖操作系统 102。菜单和接口软件 104 用来提供各种菜单和窗口以方便与用户的交互, 并获得用户输入和指令。菜单和接口软件 104 可以包括例如 Microsoft Windows[®]、X Free 86[®]、MOTIF[®]和本领域已知的其它菜单和接口软件。

基本图形库 106 覆盖菜单和接口软件 104。基本图形库 106 是用于 3-D
15 计算机制图的应用程序编程接口 (API)。由基本图形库 106 执行的功能包括例如几何和光栅图元 (raster primitives)、RGBA 或者色指数模式、显示列表或立即模式、观看和模仿变换、照明和阴影、隐藏的表面消除、 α 混合 (半透明)、抗混叠、纹理映像、大气效应 (尘雾、烟、薄雾)、反馈和选择、模板平面、累积缓存。
20

特别有用的基本图形库 106 是 Silicon Graphics 公司 (“SGL[®]”) 出售的 OpenGL[®]。OpenGL[®] API 是多平台工业标准, 是独立的硬件、窗口和操作系统。OpenGL[®]被设计成可从 C、C++、FORTRAN、Ada 和 Java 可编程语言中调用。OpenGL 执行以上为基础图形库 106 列出的每个功能。
25 OpenGL 中的某些命令制定待绘制的几何对象, 其它命令控制如何处置对象。OpenGL[®]的所有元素状态, 甚至纹理存储器和帧缓存器的内容可以由使用 OpenGL[®]的客户应用获得。OpenGL[®]和客户应用程序可以在相同和不同机器上操作, 因为 OpenGL[®]是网络透明的。OpenGL[®]编程指南 (ISBN:0-201-63274-8) 和 OpenGL[®]参考手册 (ISBN: 0-201-63276-4) 更
30 详细描述了 OpenGL[®], 这两个文件在此作为参考引用。

可视模拟图形库 108 覆盖基本图形库 106。可视模拟图形库 108 是一个用于创建实时、多处理 3-D 可视图形应用程序的 API。可视模拟图形库 108 提供与图形库状态控制功能（照明、材料、纹理和透明度）捆绑在一起的功能。这些功能跟踪稍后可以显现的显示列表的状态和建立。

5 特别有用的可视模拟图形库 108 是可以从 SGI[®]得到的 OpenGL Performer[®]。OpenGL Performer[®]支持上述 OpenGL 图形库。OpenGL Performer 包括两个主库（libpf 和 libpr）和四个关联库（libpfdu, libpfdb, libpfui 和 libpfutil）。

OpenGL Performer[®]的基础是性能显现库 libpr、根据 GeoSets 提供高速
10 显现功能的低级库和使用 GeoStates 的图形状态控制。GeoSets 是可绘几何图形的集合，该可绘几何图形把同类图形图元（例如，三角形或四边形）集合成一个数据对象。GeoSet 本身不包含几何图形，仅仅包含指向数据阵列和索引阵列的指针。由于 GeoSet 中的所有图元是相同类型的图元并且具有相同属性，因此以最大硬件速度执行大多数数据库的显现。
15 GeoStates 为 GeoSets 提供图形状态定义（例如，纹理或者材料）。

分层的上述 libpr 是 libpf，一个实时可视模拟环境，该环境提供最佳化多处理硬件使用的高性能多处理数据库显现系统。数据库实用库 libpfdu 提供用于定义 3-D 对象的几何图形和相似性属性的功能，分享状态和材料，并依据独立的多边形输入生成三角形线条。数据库 libpfdb 使用
20 libpfdu、libpf 和 libpr 工具输入多种工业标准数据库格式的数据库文件。libpfui 是提供构建块的用户界面库，该构建块用来写入用户界面的操控成分（C 和 C++编程语言）。最后，libpfutil 是实用库，用来提供用来实施作业的程序和图形用户接口（GUI）工具。

使用 OpenGL Performer[®]和 OpenGL[®] API 的应用程序通常执行准备实
25 时 3-D 可视模拟的以下步骤：

1. 初始化 OpenGL Performer[®]；
2. 指定图形管线的数量，选择多处理配置，按需要指定硬件模式；
3. 初始化所选多处理模式；
4. 初始化帧速率和设定帧扩展策略；
- 30 5. 按需要建立、配置、打开窗口；

6. 按需要建立和配置显示通道。

一旦应用程序通过执行上述步骤 1 至 6，建立了图形显现环境，于是应用程序通常就经由以下主要模拟环每帧一次地迭代：

1. 计算动态特性，更新模型矩阵等；
- 5 2. 延时，直至下一帧时间；
3. 执行潜在地临界观察点更新；和
4. 拖动帧。

作为选择，Open Scene Graph[®]可以用作可视模拟图形库 108。Open Scene Graph[®]以和 OpenGL Performer[®]相同的方式操作，为大量的计算机
10 平台提供以 C/C++ 写入的编程工具。Open Scene Graph[®]基于 OpenGL 并且可以经由 www.openscenegraph.com 得到。

本发明的多属性共同显现程序 110 覆盖可视模拟图形库 108。按照本领域公知的一种方式，程序 110 对接并利用可视模拟图形库 108、基础图形库 106、菜单和接口软件 104、操作系统 102 和 ‘643 申请所述的探头
15 执行诸多功能。程序 110 最好用面向对象的编程语言写入，以允许建立和使用对象和对象功能。一个优选的面向对象编程语言是 C++。

在该特定实施例中，程序 110 以本领域公知方式存储 3-D 体数据集。例如，特定数据体的格式可以包括两个部分：体报头以及其后的与数据集的大小一样长的数据本体。体报头通常包括规定序列中的信息，比如数据集的文件路径（位置），大小，x、y、z 方向的维数，x、y、z 轴的注释，
20 数据值的注释等。数据本体是字节的二进制序列，并且每个数据值可以包括一个或多个字节。例如，第一字节是体积位置 (0,0,0) 上的数据值；第二字节是体积位置 (1,0,0) 上的数据值；第三字节是体积位置 (2,0,0) 上的数据值。当 x 维用尽时，分别增加 y 维和 z 维。该实施例无论如何不局
25 限于一个特定数据格式。

程序 110 使用户的输入容易标识一个或多个 3-D 体数据集，以供成像和分析使用。当使用多个数据体时，每个数据体的数据值代表相同地理空间的不同物理参数或属性。例如，多个数据体可以包括地质体、温度体和水饱和体。地址体中的顶点可以以形式 (x, y, z, 地震振幅) 表示。温度体中的顶点可以以形式 (x, y, z, °C) 表示。水饱和体中的顶点可以
30

以形式 $(x, y, c, \% \text{饱和})$ 表示。这些体之每个中的顶点所定义的物理或地理空间是相同的。然而，对于任何特定空间位置 (x_0, y_0, z_0) ，应当在地质体中包含地震振幅，在温度体中包含温度，在水饱和体中包含水饱和。下面结合图 2 至图 8 说明程序 110 的操作。

5 现在参见图 2 所示的共同显现组合图像中的多属性的方法 200。以下说明涉及在 Kilgard 中讨论的凸起映射算法和技术。

在步骤 202 中，使用参照图 1 所述的 GUI 工具（菜单/接口软件 104）从可用属性中选择第一属性和第二属性。尽管可以使用其它可用的已存储属性，比如频率和相位，但是把相似性用作图 3 的探头 300 中所示的第一属性，把振幅用作图 4 的探头 400 中所示的第二属性。地震数据可以使用传统的成影/不透明（纹理映射）技术在探头的可视平面上显示，也可以使用本领域公知的体显现技术在定义探头的平面内显示。为了以所述的方法显示地震数据，从存储器中读出体元数据并将其变换成代表特定纹理的特定颜色。纹理被平铺成 256 像素 \times 256 像素的图像。对于大体积，许多平铺存在于探头的单一平面上。该处理通常被本领域熟练技术人员称之为采样，并以每个平铺为基础在多个 CPU 中调整该处理。‘634 申请进一步说明和显示了这些技术和这里使用的其它技术。

在步骤 204 中，计算法线图，以便把图 3 所示的基于纹理的相似性属性（有时也称为高度字段）变换成法线图，该法线图编码以后将由寄存器组合器使用的照明信息。该技术能够以探头显示体积数据的相同方式把每像素照明应用于体积数据。换言之，法线图是实际显示的 2-D 对象，然而由于它由体元数据和显示它的速度组成，因此表现为 3-D 对象。简言之，该步骤把代表相似性属性的数据值变换成受扰的归一化向量，由图形卡使用该向量计算照明效果，其中当实际上显示一个平面时，该照明效果可以提供深度和几何结构假象。

法线图包括多个受扰的法向量，这些向量被集中地用来在平面上构建高度、深度和几何结构的假象。每个受扰的法向量源自图 3 中给定表面（例如 310）上用于每个数据值的垂直和水平成分的叉积。每个受扰的法向量在硬件中被存储为纹理单位（法线图），其中用于每个受扰法向量的每个空间坐标 (x, y, z) 被分配红绿蓝（RGB）值的特定颜色。分配给这些坐

标 RGB 值的坐标空间通常被称之为纹理坐标空间。因而，受扰法向量的蓝色成分代表空间坐标 (z)。因此，都为蓝色的纹理中的像素代表诸如图 3 中表面 310 的平面对象中的典型切面向量。当数据值改变时，法线图外表变得浅蓝并且几乎像白色。从高度字段导出法线图所需的技术在 5 Kilgard 的 5.3 节中作了广泛描述。通过把涉及 Kilgard 2.6 节的公式应用到图 3 的探头 300 所示的数据值，可以构建法线图。Kilgard 的附录 E 中显示了执行该方法和技术的一组指令。

为了获得更精确的照明效果，在步骤 206 把顶点程序应用于包含图 3 所示的主要属性的平面 310 的顶点，以及应用于包含法线图的相应平面 10 (未示出) 的顶点。新的坐标空间、切面空间被包含在由顶点程序所用的变换矩阵中。图形卡上的可编程硬件用来显现坐标空间变换，该变换驱动顶点程序运行。以每个顶点为基础构建切面空间，并且切面空间通常需要 CPU 提供每个顶点的光入射角向量和半角向量作为 3-D 纹理坐标。当乘切面空间矩阵时，光入射角向量和半角向量同样被变换到切面空间上。该 15 步骤利用 Kilgard 的 5.1 节所述的技术。

例如，以类似图 3 中探头 300 给定几何模型的每个顶点为基础，计算法线和切面向量。通过获得用于每个顶点的切面和法向量成分的叉积，计算双法向量。切面、法线和双法向量由此在每个顶点形成正交法线基 (ortho-normal basis)。正交法线基代表用来把对象、空间、光及其位置变 20 换到切面空间的矩阵。Kilgard 的附录 C 描述了执行该技术的一组指令。

在步骤 208，图形卡应用寄存器组合器或纹理成影器 (未示出)，以计算在 Kilgard 2.5 至 2.5.1 节中描述的照明公式。可经由 NVIDIA[®] 得到的 GeForce[®] 和 Quadro[®] 寄存器组合器提供了一种可配置的但不可编程装置，用于确定每个像素片段着色/成影，以及用着色/成影片段的一种增强机制 25 替换标准 OpenGL[®] 固定功能纹理环境，颜色总和，及雾的控制。利用多纹理的 OpenGL[®]，可以把在代表法线图之前从每个纹理单元过滤的多个 texel 和图 4 的探头 400 中所示的第二属性 (振幅) 顺序地与片段的当前颜色相组合。在 Kilgard 的 4.2 节中，通常把寄存器组合器称作普通组合器级的顺序应用，这些普通组合器级到达输出片段的 RGBA 颜色的最终 30 组合器级的顶点。Kilgard 的附录 B 描述了编程 OpenGL 寄存器组合器的

一组指令。

如 Kilgard 的 5.4 节进一步解释的那样，寄存器组合器被配置成计算共同显现图像的环境和漫射照明，并在步骤 210 中利用本领域公知方式显示共同显现的图像。总之，寄存器组合器用来计算在应用顶点程序后的法线图的环境和漫射照明效果（照明），并组合第二属性，以形成代表第一和第二属性的增强图像。组合图像的合成数据值代表第一和第二属性的混合纹理或组合纹理。Kilgard 的附录 G 描述了编程寄存器组合器以计算环境和漫射照明的一组指令。

作为选择，本领域已知的片段程序可以供寄存器组合器用来为法线图提供更精细的每个像素照明效果。

如图 3 所示，由于沿 z 轴测量的邻近数据值之间的间断，使某些地质特征如由黑色值 312 代表的断层不同于兰色值 314。在图 4 中，相同的地质特征 412 几乎不能辨别，因为它们被不同属性（振幅）图示，被分配多种颜色并沿 z 轴包含更一致的邻近数据值。在图 5 中，相同的地质特征 512 甚至更容易被辨别，因为增强的表面纹理看来为探头 500 的平面 510 提供了深度和高度。

在图 5 中，通过成影，可以使第一属性（相似性）与由不同颜色值显示的第二属性（振幅）相区别。这种假象不是在自然环境中基本不可辨别的实际地质特征所特有的。尽管两种属性不能在探头 500 的平面 510 上同时可视，但是它们在相同空间成像，并且能够根据探头 500 相对于光源的角度同时观看。因而，当旋转探头 500 时，代表第一属性的某些体元变成遮蔽的，而代表第二属性的其它体元变得可视，反之亦然。该技术具有增强图像的用途，即增强在自然环境下基本不可辨别的对象的某些特征的图像。使用相同的技术，本发明还可以用来成像体积显现的地震数据属性。

当在步骤 210 显示图像时，可以经由菜单/接口软件 104 交互地控制步骤 212 至 220 所述的若干选项，以比较和分析各图像之间的任何差异。

在步骤 212 中，可以交互地控制镜面或漫射照明系数，以改变应用于组合图像的成影/照明效果。所以，在步骤 208 中再应用寄存器组合器增强步骤 210 中显示的图像。

在步骤 214 中，可以交互地重新确定虚光源的位置，或者交互地旋转

探头，以成像属性所展现的其它地质特征。探头的运动通过‘634 申请中所述的装置完成。在图 6-图 8 中，当交互地重新确定光源位置时，图 5 中所示的探头 500 的平面 510 被固定在垂直于视线的位置上。当光源移动时，不同顶点变成根据光源的位置来照明。其效果类似于当探头旋转时实现的效果。因此，再次应用步骤 206 和 208，以提供在步骤 210 中显示的不同透视图。

例如在图 6 中，光源被定位到探头工作面 610 的左边，使得被感觉为凹入的体元 612 看起来更黑，而被感觉为凸起的体元 614 看起来更亮或更明亮。当光源被重新定位到探头工作面 810 的右边时（如图 8 所示），不同的体元 812、814 看起来比图 6 中所示的更黑和更亮。如图 7 所示，光源垂直于探头工作面 710 定位，并且整个图像看来更明亮。该效果归因于照明公式的镜面成分，并且当光源被重新定位或者探头被旋转时，增强图像中的深度和高度的假象。Kilgard 的附录 H 描述了解释如何配置计算镜面成分的寄存器组合器的一组指令。在这种方式中，组合图像可以被交互地操纵，以便同时展现每个属性的清晰度具有额定损失的多个属性。

在步骤 216 中，交互地控制每个像素的照明高度，以改变参照步骤 208 所述的成影和照亮的凹入的正常深度和/或凸起的正常高度。通过从消除任何凹入或凸起的零定标每个受扰的法向量，交互地控制每个像素照明高度。如果按正增量定标每个像素的照明，则增加每个受扰的法向量高度（凸起）/深度（凹入）。相反，如果按负增量定标每个像素照明，则递减每个受扰的法向量高度或深度。实际效果产生一个看起来改变光源位置以使对象的不同特征被增强的图像。所以，重新应用步骤 204、206 和 208，来提供在步骤 210 中显示的图像的不同透视图。

在步骤 218 中，以参照步骤 202 描述的方式交互地选择不同属性。所以，步骤 204、206 和 208 被重新应用来提供在步骤 210 中图示不同数据值的全新图象。此外，步骤 210 中显示的图像可以图示在步骤 218 中选择的两个以上的属性。例如，如果可用属性包括振幅、相位和相似性，则可以参照步骤 204 所述的方式，为这些属性的任何两个属性建立法线图。换言之，可以计算法线图或者计算两个已选属性的每个，然后把一个法线图 30 中的用于每个受扰法向量的合成值添加到相同位置的其它法线图中每个

受扰法向量的值上,以建立按照步骤 206 和 208 所述的方式使用的单一法线图。作为选择,所选属性之一的体元可以添加到相同位置上的其它所选属性的体元上,并且可以按照参考步骤 204 描述的方式为组合的体元值计算法线图。然后按照参考步骤 206 和 208 描述的方式使用该法线图。在存在两个以上属性的任何应用中,一个属性在步骤 208 以前将用作静态属性,而其它属性将以如此描述的方式来使用。

在步骤 220 中,探头被交互地控制,以便可以按照 ‘634 申请特别详细描述的方式调整探头大小或移动探头。该步骤需要修改在步骤 210 中所显示的组合图像的探头的平面上所显示的体元。结果,必须在步骤 222 中重新采样第一和第二属性,以及必需重新应用步骤 204、206 和 208,以在图示不同位置的相同属性的步骤 210 上显示新图象。

上述的本发明所述的技术通过利用由商用 PC 图像卡提供的硬件图形程序交互处理属性,消除了传统凸起映射技术中通常遇到的额外处理步骤。因此,这些技术对能源的发现和开发是非常有帮助的。

本发明的上述公开和说明是示范性的和解释性的,本领域熟练技术人员将会明白,在不背离本发明精神的条件下,可以做出大小、形状和材料、机制等同物的使用、以及所述结构细节或者不同元素的特征的组合的变化。

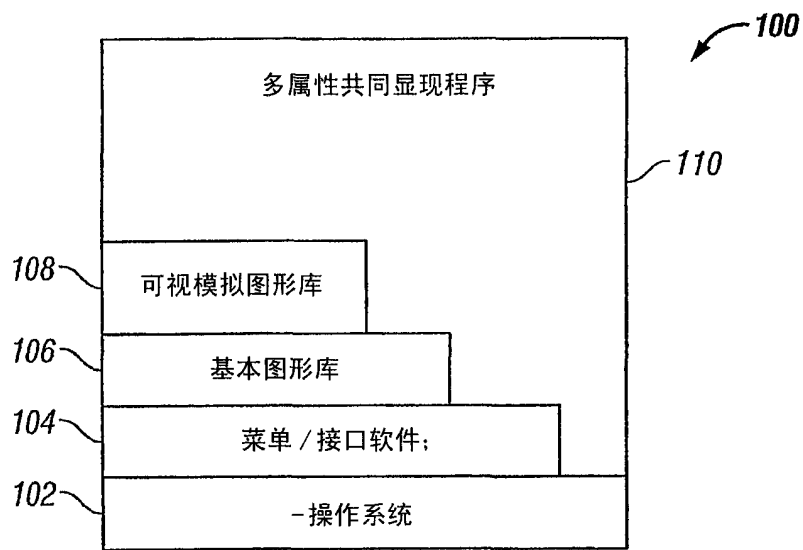


图 1

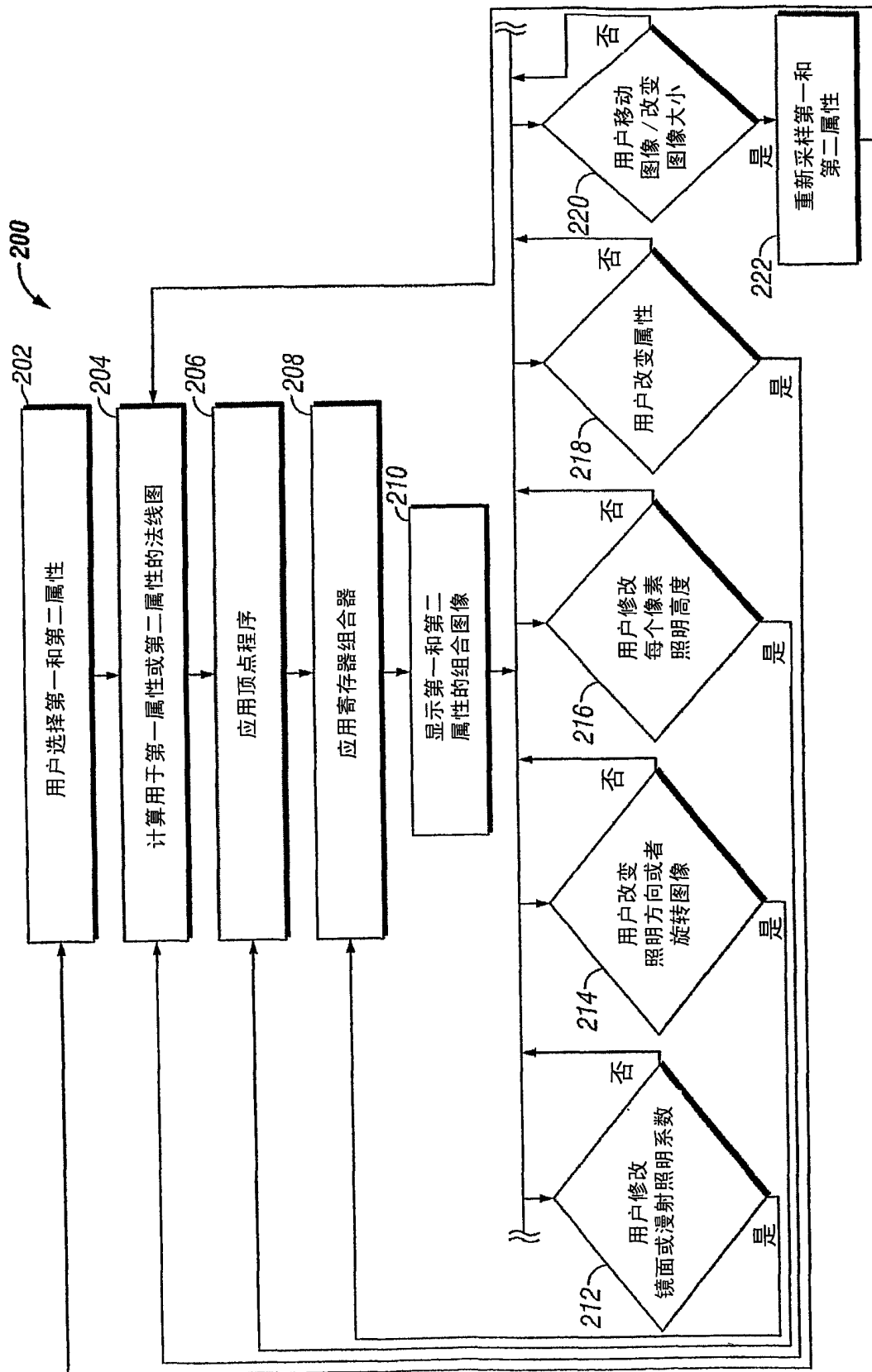


图 2

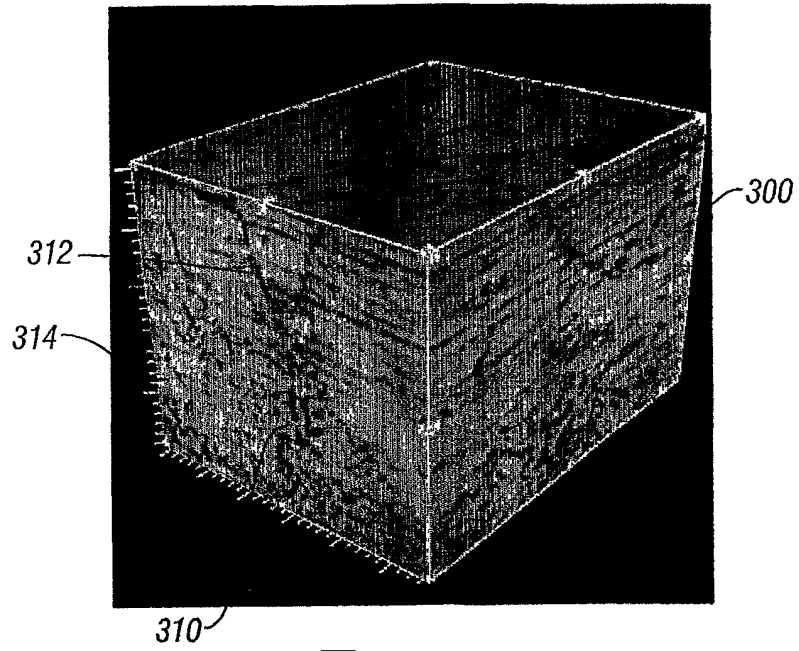


图 3

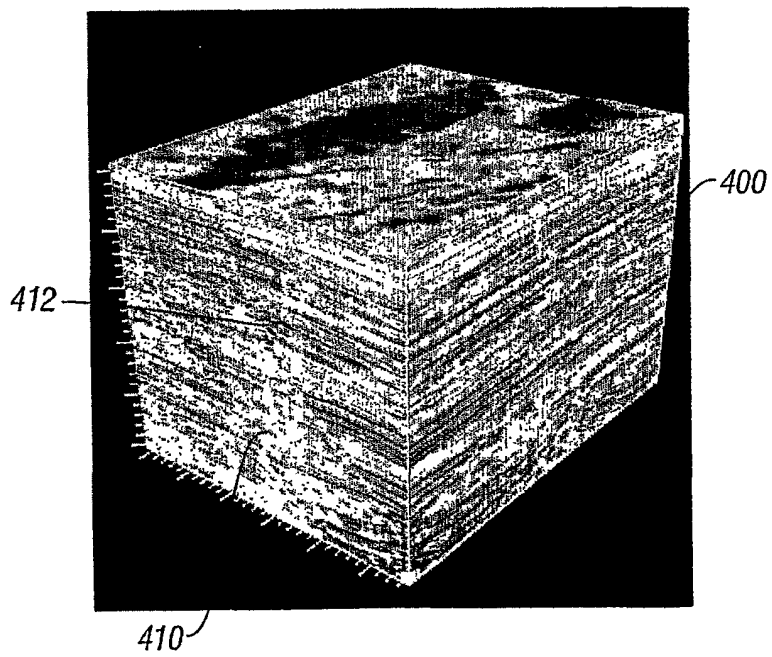


图 4

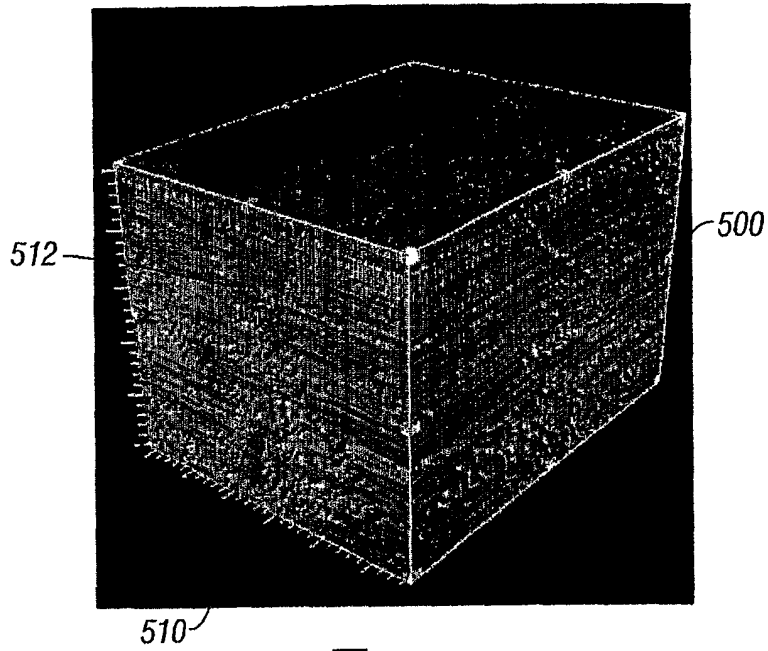


图 5

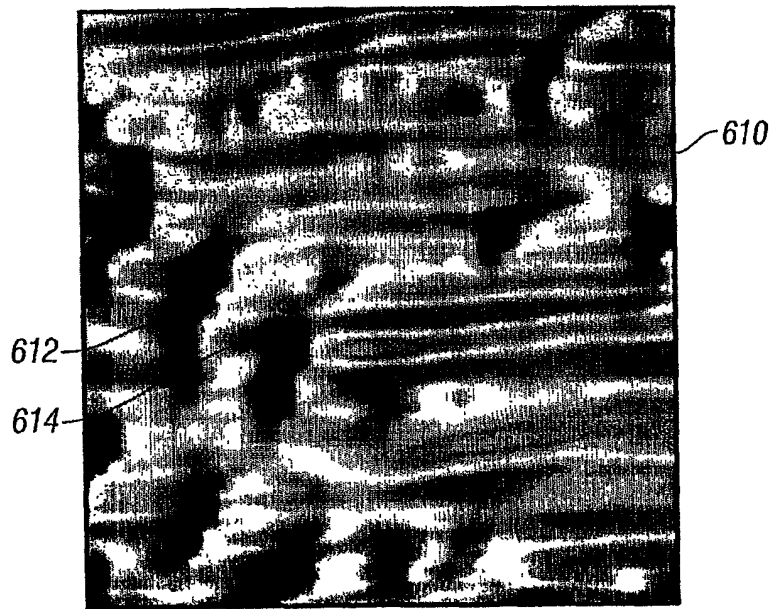


图 6

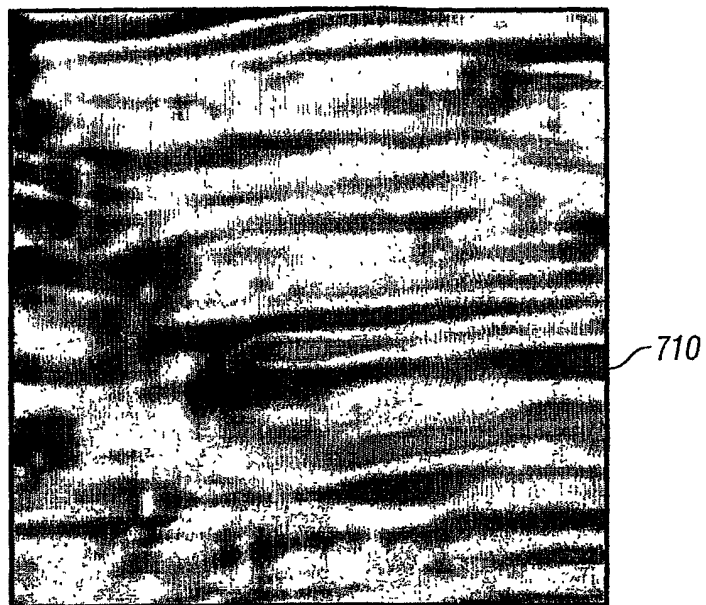


图 7

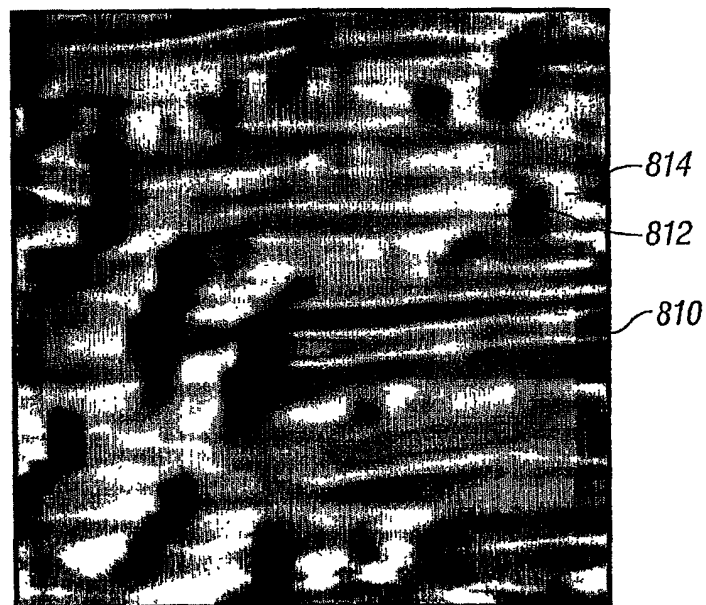


图 8