

[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 200380108664. X

[45] 授权公告日 2007 年 12 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100353368C

[22] 申请日 2003.11.17

[21] 申请号 200380108664. X

[30] 优先权

[32] 2002.11.18 [33] US [31] 60/427,466

[86] 国际申请 PCT/US2003/037014 2003.11.17

[87] 国际公布 WO2004/046736 英 2004.6.3

[85] 进入国家阶段日期 2005.7.12

[73] 专利权人 国际遥距成像系统公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 E·沙普劳德

[56] 参考文献

US6269194B1 2001.7.31

CN1261957A 2000.8.2

US4538299A 1985.8.27

US5625709A 1997.4.29

US4338024A 1982.7.6

审查员 马红梅

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨凯 王勇

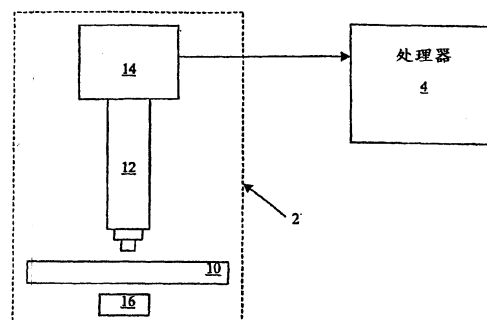
权利要求书 7 页 说明书 9 页 附图 5 页

[54] 发明名称

自动流量显微镜的粒子提取

[57] 摘要

一种用于确定物体边界位置的方法。形成所述物体的具有图像像素的电子图像(图1, 14)。识别代表物体边界段的图像像素组(图1, 12)。在图像像素组周围形成补片, 其中每个补片具有这样的尺寸和位置, 以便完全包含所述各图像像素组之一。



1. 一种用于自动确定视野中所关注物体的边界位置的方法，所述方法包括：

形成包含所述物体的视野电子图像，其中所述电子图像由多个图像像素形成；

识别代表所述物体边界段的图像像素组；

在所述图像像素组周围形成补片，其中每个补片具有这样的尺寸和位置，以便完全包含所述各图像像素组之一；以及

进行补片合并过程，将彼此符合预定接近度阈值的任何两个补片合并在一起，以形成合并的补片，所述合并补片具有这样的尺寸和位置，以便完全包含所述两个合并的补片，其中所述合并过程对符合所述预定接近度阈值的任何补片和合并补片继续进行，直到没有符合所述预定接近度阈值的补片和合并补片为止。

2. 如权利要求1所述的方法，其中还包括：

将所述各合并补片之一所包含的全部所述边界段相关联，用来表示所述物体的所述边界。

3. 如权利要求1所述的方法，其中所述预定接近度阈值是互相重叠的任何补片和合并补片所共有的图像像素的预定数量。

4. 如权利要求1所述的方法，其中所述预定接近度阈值是任何所述补片和合并补片之间的预定距离。

5. 如权利要求4所述的方法，其中所述预定距离是从所述补片和合并补片的边界测量的。

6. 如权利要求4所述的方法，其中所述预定距离是从所述补片和合并补片的中心部分测量的。

7. 如权利要求1所述的方法，其中所述预定接近度阈值是从所述补片和合并补片的大小和分隔距离计算的。

8. 如权利要求1所述的方法，其中所述补片的形成过程还包括：

使每个所述补片具有尽可能小的尺寸，同时仍要完全包含所述各图像像素组之一。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其中在使每个所述补片具有尽可能小的尺寸之后，所述方法还包括：

通过移动所述补片的各个壁部分使其离开所述补片的中心预定的距离，来扩展每个所述补片。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其中每个所述补片具有矩形形状。

11. 如权利要求 1 述的方法，其中识别代表所述物体边界段的所述图像像素组的识别过程包括：

形成所述视野的背景电平图像，其中所述背景电平图像由多个背景电平像素形成，每个背景电平像素在位置上对应于所述图像像素之一并且各自具有像素值；

把其像素值按照等于或大于预定数量的数量而不同于所述相应的背景电平像素的像素值的每个所述图像像素归类为物体像素；以及识别所述各物体像素中哪些物体像素对应于所述物体的边界。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其中所述视野的所述背景电平图像的形成过程还包括：

形成不含任何所关注物体的所述视野的 N 个背景电子图像，其中每个所述背景电子图像由多个背景像素形成，每个背景像素在位置上对应于所述各背景电平像素之一并且各自具有像素值，其中 N 为正整数；以及

通过计算所述背景像素的像素值的对应于所述一个背景电平像素的中间值来产生每一个所述背景电平像素。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其中所述视野的 N 个背景电子图像的形成过程包括使透明液体流过所述视野。

14. 如权利要求 12 所述的方法，其中所述视野的所述背景电平图像的所述形成过程还包括：

在所述背景电平像素的产生过程之前将所述 N 个背景电子图像中

每个背景电子图像的所述背景像素值的平均值标准化。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其中所述背景像素值的平均值的标准化过程还包括：

创建所述 N 个背景电子图像中每一个背景电子图像的直方图，其中每个所述直方图的峰值对应于所述 N 个背景电子图像之一的背景像素值的平均值；

选择预定的平均像素值，以及

调节所述 N 个背景电子图像的所述背景像素值，使得其直方图全部具有等于所述预定平均像素值的峰值。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其中这样选择所述预定平均像素值，使得调节后的背景像素值不超过所述背景像素值的最大像素值。

17. 如权利要求 11 所述的方法，其中所述归类为物体像素的过程还包括：

创建包含所述物体的所述视野的所述电子图像的二进制图像，其中所述二进制图像由多个二进制像素形成，每个二进制像素在位置上对应于所述各图像像素之一，其中如果所述相应的图像像素值按照等于或大于预定数量的数量而不同于所述相应的背景电平像素的所述像素值，则每个所述二进制像素被赋予第一数值，而如果所述相应的图像像素值不是按照等于或大于预定的数量的数量而不同于所述相应的背景电平像素的所述像素值，则被赋予第二数值。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其中识别哪些所述物体像素对应于所述物体的边界的识别过程包括：

将由原先全部被赋予所述第一数值的二进制像素包围的被赋予所述第一数值的任何所述二进制像素重新赋值为所述第二数值。

19. 如权利要求 1 所述的方法，其中每个图像像素具有一个数值，并且其中包含所述物体的所述视野的所述电子图像的形成过程还包括：

创建包含所述物体的所述电子图像的直方图，其中所述直方图具

有对应于所述图像像素值的平均值的峰值;

选择预定的平均像素值, 以及

这样调节所述图像像素值, 使得所述直方图具有等于所述预定平均像素值的峰值。

20. 一种用于自动确定视野中所关注物体的边界位置的装置, 包括:

成像系统, 用于形成包含所述物体的所述视野的电子图像, 其中所述电子图像由多个图像像素形成;

至少一个处理器, 用于

识别代表所述物体边界段的图像像素组;

在所述图像像素组周围形成补片, 其中每个补片具有这样的尺寸和位置, 以便完全包含所述各图像像素组之一; 以及

进行补片合并过程, 将彼此符合预定接近度阈值的任何两个所述补片合并在一起, 以形成合并补片, 所述合并补片具有这样的尺寸和位置, 以便完全包含所述两个合并的补片, 其中所述合并过程对符合预定接近度阈值的任何补片和合并补片继续进行, 直到没有符合所述预定接近度阈值的所述补片或合并补片为止。

21. 如权利要求 20 所述的装置, 其中所述至少一个处理器使被包含在所述各合并补片之一中的全部所述边界段相关联, 用来表示所述物体的所述边界。

22. 如权利要求 20 所述的装置, 其中所述预定接近度阈值是任何所述补片所共有的所述图像像素的预定数量。

23. 如权利要求 20 所述的装置, 其中所述预定接近度阈值是任何所述补片和合并补片之间的预定距离。

24. 如权利要求 23 所述的装置, 其中所述预定距离是从所述补片和合并补片的边界测量的。

25. 如权利要求 23 所述的装置, 其中所述预定距离是从所述补片和合并补片的中心部分测量的。

26. 如权利要求 20 所述的装置, 其中所述预定接近度阈值是从所述补片和合并补片的大小和分隔距离计算的。

27. 如权利要求 20 所述的装置, 其中所述至少一个处理器形成所述补片的形成过程还包括:

使每个所述补片具有尽可能小的尺寸, 同时仍要完全包含所述各图像像素组之一。

28. 如权利要求 27 所述的装置, 其中在使所述补片具有尽可能小的尺寸之后, 由所述至少一个处理器形成所述补片的过程还包括:

通过移动所述补片的各个壁部分使其离开所述补片的中心预定的距离, 来扩展每个所述补片。

29. 如权利要求 28 所述的装置, 其中每个所述补片具有矩形形状。

30. 如权利要求 20 所述的装置, 其中所述至少一个处理器通过以下步骤识别代表所述物体边界段的所述图像像素组:

形成所述视野的背景电平图像, 其中所述背景电平图像由多个背景电平像素形成, 每个背景电平像素在位置上对应于所述图像像素之一并且各自具有像素值;

把其像素值按照等于或者大于预定数量的数量而不同于所述相应的背景电平像素的像素值的每个所述图像像素归类为物体像素; 以及

识别所述各物体像素中哪些物体像素对应于所述物体的边界。

31. 如权利要求 30 所述的装置, 其中所述系统通过以下步骤形成所述视野的所述背景电平图像:

形成不含任何所关注物体的所述视野的 N 个背景电子图像, 其中每个所述背景电子图像由多个背景像素形成, 每个背景像素在位置上对应于所述各背景电平像素之一并且各自具有像素值, 其中 N 为正整数; 以及

通过计算所述背景像素的像素值的对应于所述一个背景电平像

素的中间值来产生每一个所述背景电平像素。

32. 如权利要求 31 所述的装置, 其中所述系统使透明液体流过所述视野, 以便形成所述视野的所述 N 个背景电子图像。

33. 如权利要求 31 所述的装置, 其中所述至少一个处理器通过以下步骤形成所述视野的所述背景电平图像:

在所述背景电平像素的产生过程之前将所述 N 个背景电子图像中每个背景电子图像的所述背景像素值的平均值标准化。

34. 如权利要求 33 所述的装置, 其中所述至少一个处理器通过以下步骤将所述背景像素值的平均值标准化:

创建所述 N 个背景电子图像中每一个背景电子图像的直方图, 其中每个所述直方图的峰值对应于所述 N 个背景电子图像之一的背景像素值的平均值;

选择预定的平均像素值, 以及

调节所述 N 个背景电子图像的所述背景像素值, 使得其直方图全部具有等于所述预定平均像素值的峰值。

35. 如权利要求 34 所述的装置, 其中所述至少一个处理器这样选择所述预定的平均像素值, 使得所述调节后的背景像素值不超过所述背景像素值的最大像素值。

36. 如权利要求 30 所述的装置, 其中所述至少一个处理器通过以下步骤将所述物体像素归入一类:

创建包含所述物体的所述视野的所述电子图像的二进制图像, 其中所述二进制图像由多个二进制像素形成, 每个二进制像素在位置上对应于所述各图像像素之一, 其中如果所述相应的图像像素值按照等于或大于预定数量的数量而不同于所述相应的背景电平像素的所述像素值, 则每个所述二进制像素被赋予第一数值, 而如果所述相应的图像像素值不是按照等于或大于预定数量的数量而不同于所述相应的背景电平像素的所述像素值, 则被赋予第二数值。

37. 如权利要求 36 所述的装置, 其中所述至少一个处理器通过以

下步骤识别哪些所述物体像素对应于所述物体的边界:

将由原先全部被赋予所述第一数值的二进制像素包围的被赋予所述第一数值的任何所述二进制像素重新赋值为所述第二数值。

38. 如权利要求 20 所述的装置, 其中每个图像像素具有一个数值, 并且其中所述至少一个处理器还通过以下步骤形成包含所述物体的所述视野的所述电子图像:

创建包含所述物体的所述电子图像的直方图, 其中所述直方图具有对应于所述图像像素值的平均值的峰值;

选择预定的平均像素值, 以及

这样调节所述图像像素值, 使得所述直方图具有等于所述预定平均像素值的峰值。

自动流量显微镜的粒子提取

本申请要求 2002 年 11 月 18 日提交的美国临时申请 No. 60/427,466 的权益。

发明领域

本发明涉及分析稀释流体试样中粒子的方法和系统，更具体地说，涉及自动定位视野中物体边界的方法和系统。

发明背景

分析稀释流体试样中的粒子的方法和系统已众所周知，如在美国专利 4,338,024 和 4,393,466 中所公开。现有的流量显微镜粒子分析器使用图像识别装置和根据粒子与背景的亮度差来检测粒子的软件。美国专利 4,538,299 和 5,625,709 就是这种分析器的实例。遗憾的是，目前采用的系统和方法常不能有效地检测对比度低的物体，且常将同一物体的不同部分识别为不同的物体，导致分类错误和所报告的元素数量不正确。

发明概述

本发明是一种精确识别粒子图像并产生图像段，使每个图像段包含单一粒子的图像的方法。

本发明是一种用于自动定位视野中所关注物体的边界的方法，所述方法包括：形成包含所述物体的视野的电子图像，其中电子图像由多个图像像素形成；识别代表物体边界段的图像像素组；在图像像素组周围形成补片，其中每个补片具有这样的尺寸和位置，以便完全包含图像像素组之一；以及执行补片合并过程，即，将彼此

符合预定接近度阈值的任何两个补片合并在一起，以形成合并的补片，所述合并补片具有这样尺寸和位置，以便完全包含这两个合并的补片。对符合预定接近度阈值的任何补片和合并补片继续进行所述合并过程，直到没有补片或合并补片符合预定接近度阈值为止。

本发明是一种用于自动定位视野中所关注物体的边界的装置，所述装置包括：成像系统，用于形成包含物体的视野的电子图像，其中电子图像由多个图像像素形成；以及至少一个处理器。所述至少一个处理器识别代表物体边界段的图像像素组；在图像像素组周围形成补片，其中每个补片具有册样的尺寸和位置，以便完全包含所述图像像素组之一；以及执行补片合并过程，即，将彼此符合预定接近度阈值的任何两个补片合并在一起，以形成合并的补片，所述合并补片具有这样的尺寸和位置，以便完全包含这两个合并的补片。对符合预定接近度阈值的任何补片和合并补片继续进行所述合并过程，直到没有补片或合并补片符合预定接近度阈值为止。

通过阅读本说明、权利要求书和附图，本发明的其它目的和特征就可一目了然。

附图简要说明

图 1 是采用本发明方法的粒子分析器的示意图。

图 2 是说明本发明的方法步骤的流程图。

图 3 是说明设定背景电平的方法步骤的流程图。

图 4 是说明创建二进制图像的方法步骤的流程图。

图 5 是从图 4 的方法中导出的示范的二进制图像的像素值阵列的实例。

图 6 是在边界检测后图 5 的像素值阵列的实例。

图 7 是在形成补片后图 6 的像素值阵列的实例。

图 8A-8C 是图 7 的像素值阵列的实例，图解说明在单一粒子周围的补片合并。

优选实施例的详细说明

本发明的方法增强了对粒子的检测，能进行低对比度的检测和物体部分的组合。本发明包括 5 个基本步骤，利用如图 1 所示的具有成像系统 2 和处理器 4 的传统粒子分析器，就可采用本方法。

成像系统和处理器

成像系统 2 用来产生包含所关注粒子的试样的视野图像。成像系统 2 最好是已知的流量显微镜，如美国专利 4,338,024; 4,393,466; 4,538,299 和 4,612,614 中所述，这些专利已作为参考全部包括在本文内。这种系统包括流量单元 10、显微镜 12 和摄像机 14，如图 1 所示。包含关注粒子的样品流体流经流量单元 10 的检查区，在此通过流量显微镜 12 可以观察粒子的图像。当粒子流经流量单元 10 时，摄像机 14 (最好是 CCD 摄像机) 通过显微镜 12 捕捉粒子连续视野的图像，并将它们转换成数字粒子图像。摄像机 14 拍摄的每个数字粒子图像包括数千或甚至数百万个像素。最好用光源 16 (例如闪光器) 来照明 (前和/或后照明) 流量单元 10 的检查区。应当指出，本发明也适用于分析非流动试样液体 (例如放在检查玻片上的试样液体) 的成像系统。

处理器 4 可以是能够如下述处理数字粒子图像的任何处理器和/计算机系统，或多个处理器和/计算机系统。这种处理器的实例包括但不限于：数据处理器、DSP (数字信号处理器)、微控制器以及计算机系统处理器，其中每个都可以是 CISC 和/或 RISC 型。

粒子检测增强的方法

本发明的粒子检测方法有 5 个基本步骤，如图 2 所示：1) 设定背景电平；2) 创建二进制图像；3) 检测粒子边界；4) 形成补片；和 5) 合并补片。

步骤 1: 设定背景电平

图 3 示出设定背景电平的四个步骤。所述过程不仅为每个像素位置创建中值背景电平,而且是以对各图像间背景照明的任何波动进行补偿的方式来创建的(例如,闪光器 16 的不同亮度,这会对系统的结果精度影响产生负面)。

首先(步骤 1-1),使透明液体流经流量单元 10(或置于检查玻片上),在此由摄像机 14 拍摄透明液体的 N 个图像并将图像数字化,创建成 N 个数字化的背景图像。作为非限制性实例,N 可以等于 3。第二(步骤 1-2),制作 N 个图像中的每一个图像的数字背景图像像素值的直方图,其中每个直方图的峰值对应于所述图像的平均像素值。第三(步骤 1-3),选择预定的“标准化”像素值,并采用以下方法把每个图像标准化到所述像素值:对其所有像素值进行添加或者减去,使得全部 N 个图像的直方图峰值都在预定的标准化像素值处。例如,如果预定的标准化像素值为 215,并且 N 个图像之一的直方图峰值在 210,则所述图像中的所有像素值都增加数值 5。如果 N 个图像中另一个图像的直方图峰值在 190,则所述图像中的所有像素值都增加 25。这样,全部 N 个图像都标准化到单一的像素值,这就补偿了各图像之间背景照明的波动。第四(步骤 1-4),对于数字图像的每个像素位置,从全部 N 个图像的像素值中确定一个中值像素值(由标准化步骤 1-3 校正),以像素位置为基础,在每个像素位置上创建一个中值背景电平图像。这样,中值背景电平图像的每个像素值代表全部标准化的 N 个图像中所述像素位置的校正中值,其中 N 可以是任何图像数量,包括 1 在内。

最好,预定的标准化像素值在不引起像素饱和的情况下应选择得尽可能高。这样,在像素值范围为 0 到 255 的系统中,预定的标准化像素值应选择成防止背景图像中的任何像素值达到 255。

通过对背景照明的变化(例如各次闪烁之间)进行补偿,就可使

系统以较低阈值工作，来区别背景像素和精确反映粒子边界的像素，如下所述。应当指出，对于各图像间背景照明波动极小的系统，步骤 1-2 和 1-3 的照明补偿可以省略，这样，在步骤 1-4 直接根据步骤 1-1 所拍摄的 N 个图像的所测像素值来计算中值背景电平图像(无需对其作任何标准化)，即使 N 等于 1 也是如此。如果 N 等于 1，则中值像素值就是所测的像素值。

步骤 2: 二进制图像创建

图 4 示出创建二进制图像的步骤。首先(步骤 2-1)，使包含关注粒子的试样液体流经流量单元(或置于检查玻片上)，在此由摄像机 14 拍摄试样液体(以及其中粒子)的图像并将图像数字化，形成数字试样图像。最好但不是必需，对每个试样图像进行上述(步骤 1-2 和 1-3)的照明补偿(补偿各试样图像间的照明差异)。具体地说，制作每个试样图像的像素值的直方图，每个直方图的峰值对应于所述试样图像的平均像素值(步骤 2-2)。选择预定的“标准化”像素值(最好使用在避免像素饱和情况下可能的最高数值)，并通过对全部其像素值的进行添加或减去，将每个试样图像标准化到所述像素值，以使全部试样图像的直方图峰值都在预定的标准化像素值处(步骤 2-3)。最好，试样图像的预定标准化像素值和用于标准化背景图像的像素值相同。最后，逐个像素地创建每个试样图像的二进制图像(步骤 2-4)，这样，仅有中值背景电平图像值和试样图像值之间的差超过预定阈值 X 的那些像素被以强光线照射。

图 5 示出二进制图像的实例，其中在相应的试样图像像素值和中值背景电平图像像素值之间的差超过阈值 X 处，二进制图像像素值都被赋予一个数值(例如“1”)，其余的二进制图像像素值都被赋予第二像素值(例如“0”)。应当指出，对于被后照明的试样图像，对应于背景的像素比对应于粒子部分的那些像素更亮一些(具有较大的亮度值)。

在不引起太大噪声的情况下，把预定阈值 X 选择成尽可能小，以便最大限度地提高系统的低对比度粒子图像的灵敏度。如果阈值设定过高，则系统会将一些像素错误地识别为背景部分，而实际上它们对应于粒子部分。如果阈值设定过低，则系统会将一些像素错误地识别为粒子部分，而实际上它们对应于背景部分。为获得最佳结果，每个系统的理想阈值 X 应由经验确定。

步骤 3: 边界检测

对于每个试样图像，利用在步骤 3 创建的相应的二进制图像来确定图像中各种粒子的边界。在成像系统中粒子边界检测已众所周知，它涉及到对试样图像中对应于图像中粒子边界的像素进行识别的过程。例如，对应于粒子边界的像素常常这样识别：即，其一侧的邻近像素对应于图像的背景，而另一侧的邻近像素对应于粒子内部。典型的边界检测技术从识别一个或多个边界像素开始，然后在已识别像素附近搜寻更多这类边界像素。示范的粒子边界跟踪技术在美国专利号 5,626,709 和 4,538,299 中已公开，它们已作为参考包括在本文中。一旦识别了边界像素，就将那些像素和图像的其余部分区别开(其余部分对应于背景和图像的粒子内部部分)。例如，可以利用边界检测技术这样处理图 5 的二进制图像，使得被识别为边界像素的那些像素被赋予“1”，其余像素被赋予“0”，如图 6 所示。其结果是多个像素定义了粒子边界或边界段(边界段由连续定义至少一部分粒子边界的一组边界像素形成)。

步骤 4: 补片形成

对于每个试样图像，在每个检测的粒子边界或边界段周围创建矩形补片，每个补片的尺寸要尽可能小但仍能包含整个检测的粒子边界或边界段。对于图 6 的二进制图像，其矩形补片的简单的示范性创建过程示于图 7，其中一个粒子的四个明显的边界段导致四个矩

形补片 (P1, P2, P3 和 P4)。

作为任选步骤, 通过以相同的预定量将其每个壁远离补片中心延伸, 就可将每个补片放大。例如, 如果补片大小为 10X20 像素, 预定量为 5 像素, 则每个补片壁向后移 5 个像素, 得到的像素尺寸为 20x30 像素。放大的最佳预定量, 即能产生最精确的粒子识别结果的预定量, 根据系统设计而各有不同, 可以由经验确定。在已付诸实践的粒子分析器中, 用试错法确定的放大最佳预定量为 12 像素 (整个图像中总像素大约为 140 万), 使得 10X20 的补片尺寸被扩大到 34X44。最好在进入第五和最后步骤之前将补片放大。

步骤 5: 补片合并

最后步骤是依次合并重叠的补片, 以识别属于相同粒子的那些补片 (以及其中的边界段)。合并过程开始时, 将在第四步创建的 (可能扩展的) 因共有超过预定数量的像素 Y 而互相重叠的任何补片合并在一起。这样, 对于符合所述标准的任何两个补片, 将这两个补片合并成单一补片, 所述单一补片代表了能全部包含这两个重叠补片的最小矩形。所述过程利用步骤 4 的原始补片、本步骤的合并补片和/或二者的任何组合持续进行, 直到用上述标准已不再有补片可以合并为止。

图 8A 到 8C 示出图 7 的补片合并的简化实例。在图 7 中, 两个补片 (P1 和 P2) 重叠 (因有两个像素共用)。假定像素的预定数量 Y 不超过 2, 则把补片 P1 和 P2 合并在一起成单一合并补片 P5, 如图 8A 所示。现补片 P5 与 P3 重叠, 图 8B 示出补片 P5 和 P3 的合并, 得到合并补片 P6。在此特定实例中, 不再有合并发生, 因为补片 6 和补片 4 不重叠。图 8B 是一个好的实例, 说明为什么应利用任选的补片放大步骤, 因为它可确保邻近但不同于同一粒子的其它补片的补片都包括在最终的合并补片中。如果单一像素的补片放大能在补片合并过程之前, 甚至在过程之中进行, 则代表同一粒子四个明显粒子

边界段的全部四个原始补片都会适当地被包括在最终的合并补片 P7 中，如图 8C 所示。

一旦补片合并完成，出现在最终补片之一范围内的那些边界段就与单一粒子相关联(代表所述单一粒子的边界)，而出现在所述最终补片外的任何边界段或者与非粒子相关联或者与邻近但不同的粒子部分相关联。此时，将所述一个最终补片内的边界段之间的任何间隙填满，以形成单一且连续的粒子边界。

合并两个补片所需的像素预定数量的最佳数值 Y 对各个系统不同，可由经验确定。在已付诸实践的粒子分析器中，发现 50 个像素(整个图像中的总像素为 140 万)是可触发重叠补片合并的共用像素的最佳预定数量 Y。一旦补片合并过程完成，则每个留下的补片应仅包含单一粒子的图像。

通过将明显且已知补片中的各粒子隔离，系统就能可靠地避免将同一粒子的不同部分识别为不同的粒子，且在每个补片中粒子边界中的间隙都可填满，而没有将一个粒子的边界部分跨接到另一个粒子的边界部分的风险。

上述和附图所示的补片合并是针对补片的重叠边界来说明的。但补片合并可以以任何测定补片接近度的方式进行，如果补片符合特定的接近度阈值，补片就合并。接近度可以通过对包含明显粒子边界段的补片边界的重叠来测定，如以上描述和图解说明的。但此外，也可使用其它的接近度测量法，例如补片边界部分之间的测得距离(例如最近的补片边界部分之间的距离，最远的补片边界部分之间的距离等等)，或同时基于补片尺寸和分隔距离的类似于重力吸引标准(例如考虑补片的整体尺寸以及补片中心之间的距离，类似于质量和重力分析)，其中“大”的补片可能合并，但具有相同间隔的大和小的补片可能就不合并。于是，接近度阈值可以是两个重叠补片共有的具体像素数量，或是两个补片边界段之间的距离，或是基于补片尺寸除以补片边界或补片中心之间距离的数值。

应理解，本发明不限于以上描述和图解说明的实施例，而应包括在所附权利要求书范围内的所有改型。例如，从权利要求书和本说明已知，并非所有方法步骤都需以所示或所要求的精确顺序进行，而是可以在各个不同的补片中适当分隔粒子的任何顺序进行。另外，补片的形状不一定必需是矩形，而是可以有不同的形状和定向，以便优化它们的合并性能。有些形状例如矩形可以更具积极地“捕获”邻近的补片，而其它形状例如圆形和椭圆会减少对邻近物体的捕获，假定所有物体都是凸起的。此外，虽然系统最好自动将合并补片中所包含的全部边界段关联起来以代表物体的边界，但也不一定必需这样做。代之以，只要在合并补片中包含的结果边界段能呈现给用户作分析，或由系统用作其它分析目的即可。

图 1

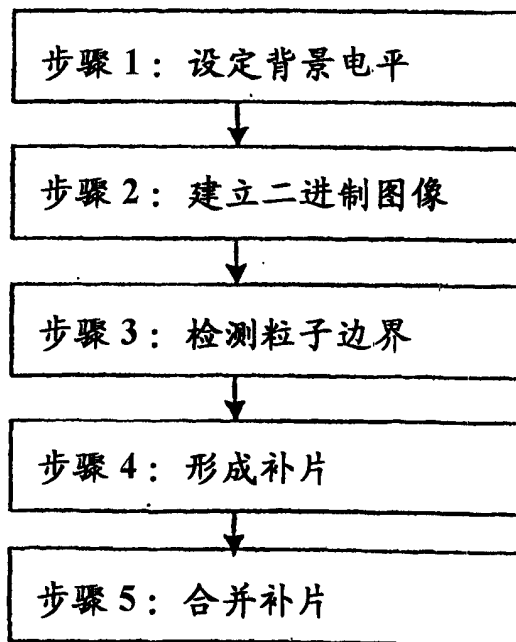
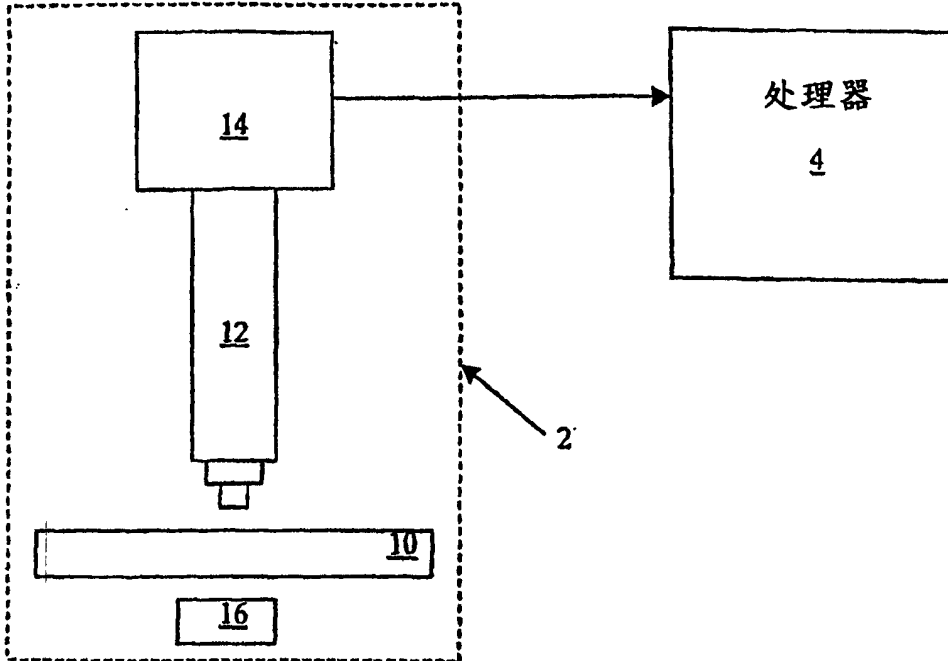


图 2

图 3

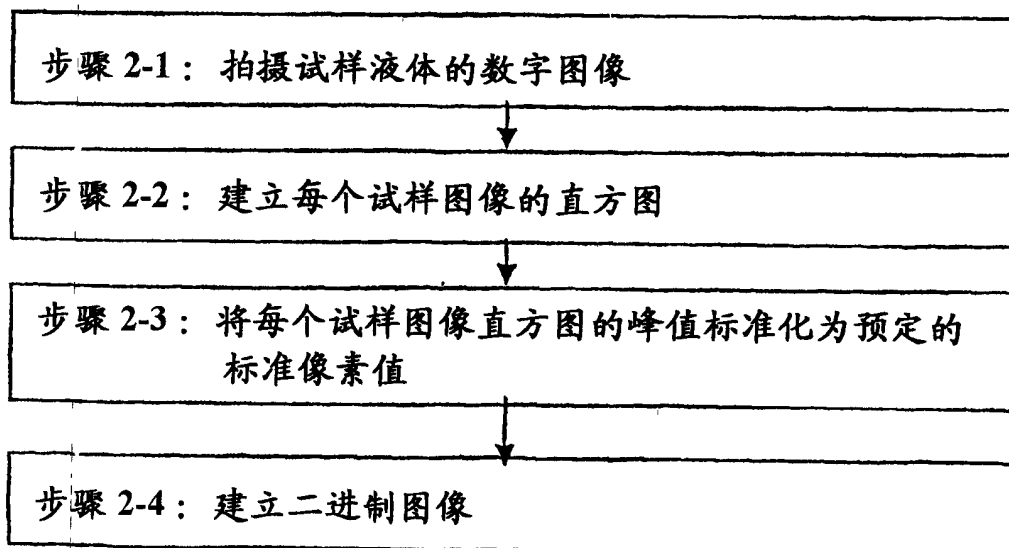
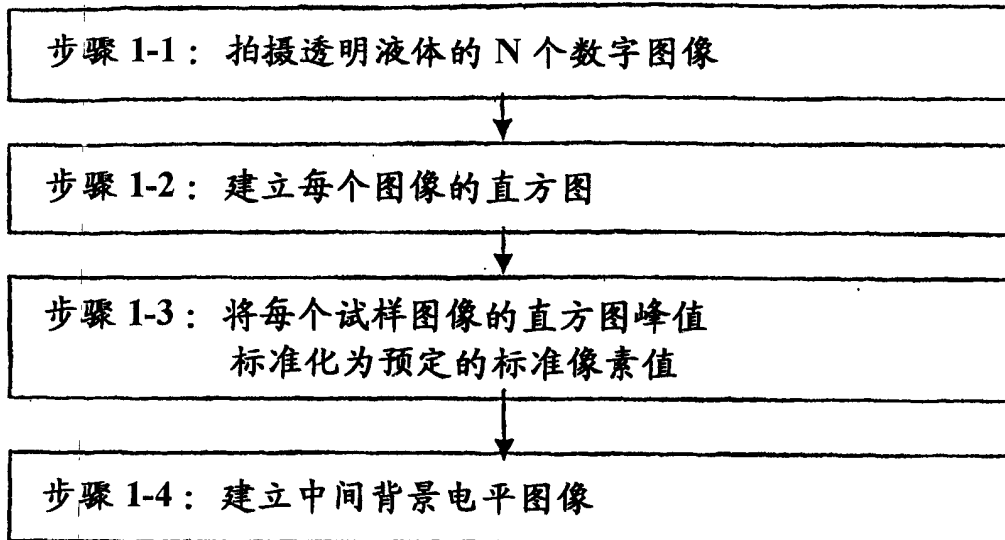


图 4

