



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114648630 A

(43) 申请公布日 2022.06.21

(21) 申请号 202210263806.4

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2017.10.12

G06V 10/25 (2022.01)

(30) 优先权数据

G06V 10/26 (2022.01)

62/407,882 2016.10.13 US

G06T 7/12 (2017.01)

62/408,234 2016.10.14 US

G06T 7/13 (2017.01)

(62) 分案原申请数据

G06T 7/90 (2017.01)

201780063238.0 2017.10.12

A01G 13/00 (2006.01)

(71) 申请人 麦凯恩食品有限公司

地址 加拿大，新布伦瑞克省

申请人 雷森航空公司

(72) 发明人 R·贝尔 W·罗斯

(74) 专利代理机构 北京市铸成律师事务所

11313

专利代理人 王珺 卜晨

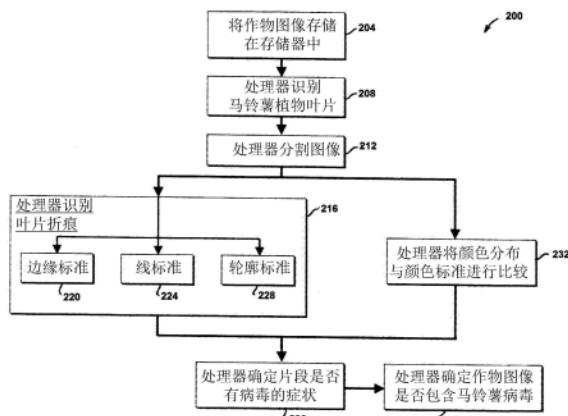
权利要求书4页 说明书9页 附图15页

(54) 发明名称

用于在作物图像中检测马铃薯病毒的方法、介质和系统

(57) 摘要

一种在描绘至少一个马铃薯植物的作物图像中检测马铃薯病毒的方法包括：将作物图像存储在存储器中；识别作物图像的描绘马铃薯植物叶片的第一区域；识别第一区域内的多个边缘；基于位于作物图像的第一区域中的图像片段内的边缘，确定该图像片段是否满足指示病毒引起的叶片折痕症状的一个或多个叶片折痕标准；确定该图像片段是否满足指示病毒引起的变色症状的一个或多个颜色标准；以及基于该图像片段是否满足叶片折痕标准和颜色标准中的一个或多个来确定该片段是否显示马铃薯病毒的症状。一种系统和计算机可读介质也被公开了。



1. 一种在作物图像中检测马铃薯病毒的方法,所述作物图像描绘至少一个马铃薯植物,所述方法包括:

将所述作物图像存储在存储器中;

通过处理器识别所述作物图像的第一区域,所述第一区域描绘马铃薯植物叶片,其中所述第一区域不包括所述作物图像的第二区域,所述第二区域描绘非叶片图像;

通过所述处理器识别所述第一区域内的多个边缘;

通过所述处理器,基于位于所述作物图像的在所述第一区域中的图像片段内的边缘,确定所述图像片段是否满足一个或多个叶片折痕标准,其中所述叶片折痕标准指示所述病毒引起的叶片折痕的症状;以及

通过所述处理器,至少部分基于所述图像片段是否满足一个或多个所述叶片折痕标准,确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

通过所述处理器确定所述图像片段是否满足一个或多个颜色标准,所述颜色标准指示所述病毒引起的变色的症状;并且

通过所述处理器确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状包括:通过所述处理器,至少部分基于所述图像片段是否满足一个或多个所述叶片折痕标准和一个或多个所述颜色标准,确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

3. 根据权利要求1至2中任一项所述的方法,还包括:

通过所述处理器,基于所述作物图像中被识别为显示马铃薯病毒症状的图像片段的量,确定所述作物图像是否包含马铃薯病毒。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括所述图像片段内的边缘的最小量阈值。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括一个或多个线标准,并且确定所述图像片段是否满足所述线标准包括:识别所述片段内由所述边缘限定的线。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中:

一个或多个所述线标准包括线的最小量阈值。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括一个或多个轮廓标准,并且确定所述图像片段是否满足所述轮廓标准包括:识别所述图像片段内由所述边缘限定的轮廓。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中:

一个或多个所述轮廓标准包括:所述片段内的每个轮廓是否具有不超过最大面积阈值的面积。

9. 根据权利要求2所述的方法,其中:

一个或多个所述颜色标准包括在色锥中两个平均颜色通道值之间的欧几里德距离的一个或多个值范围。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的方法,其中:

识别所述第一区域包括:基于所述作物图像的品红色通道或从所述作物图像生成的图像的品红色通道来创建第一掩模。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中:

识别所述第一区域还包括:基于一个或多个预定临界颜色通道值范围来创建第二掩模。

12. 一种计算机可读介质,所述计算机可读介质包括可由处理器执行的指令,其中所述指令在被执行时将所述处理器配置为:

将所述作物图像存储在存储器中;

识别所述作物图像的第一区域,所述第一区域描绘马铃薯植物叶片,其中所述第一区域不包括所述作物图像的第二区域,所述第二区域描绘非叶片图像;

识别所述第一区域内的多个边缘;

基于位于所述作物图像的在所述第一区域中的图像片段内的边缘,确定所述图像片段是否满足一个或多个叶片折痕标准,其中所述叶片折痕标准指示马铃薯病毒引起的叶片折痕的症状;

至少部分基于所述图像片段是否满足一个或多个所述叶片折痕标准,确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

13. 根据权利要求12所述的计算机可读介质,其中所述指令在被执行时将所述处理器进一步配置为:

确定所述图像片段是否满足一个或多个颜色标准,所述颜色标准指示所述病毒引起的变色的症状;并且

其中确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状包括:至少部分基于所述图像片段是否满足一个或多个所述叶片折痕标准和一个或多个所述颜色标准,确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

14. 根据权利要求12至13中任一项所述的计算机可读介质,其中所述指令在被执行时将所述处理器进一步配置为:

基于所述作物图像中被识别为显示马铃薯病毒症状的图像片段的量,确定所述作物图像是否包含马铃薯病毒。

15. 根据权利要求12至14中任一项所述的计算机可读介质,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括所述图像片段内的边缘的最小量阈值。

16. 根据权利要求12至15中任一项所述的计算机可读介质,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括一个或多个线标准,并且确定所述图像片段是否满足所述线标准包括:识别所述片段内由所述边缘限定的线。

17. 根据权利要求16所述的计算机可读介质,其中:

一个或多个所述线标准包括线的最小量阈值。

18. 根据权利要求12至17中任一项所述的计算机可读介质,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括一个或多个轮廓标准,并且确定所述图像片段是否满足所述轮廓标准包括:识别所述图像片段内由所述边缘限定的轮廓。

19. 根据权利要求18所述的计算机可读介质,其中:

一个或多个所述轮廓标准包括:所述片段内的每个轮廓是否具有不超过最大面积阈值的面积。

20. 根据权利要求13所述的计算机可读介质,其中:

一个或多个所述颜色标准包括在色锥中两个平均颜色通道值之间的欧几里德距离的一个或多个值范围。

21. 根据权利要求12至20中任一项所述的计算机可读介质,其中:

识别所述第一区域包括:基于所述作物图像的品红色通道或从所述作物图像生成的图像的品红色通道来创建第一掩模。

22. 根据权利要求21所述的计算机可读介质,其中:

识别所述第一区域还包括:基于一个或多个预定临界颜色通道值范围来创建第二掩模。

23. 一种用于在包含马铃薯植物的作物图像中检测马铃薯病毒的系统,所述系统包括:存储器,存储计算机可读指令和所述作物图像;以及

处理器,配置为执行所述计算机可读指令,所述计算机可读指令将所述处理器配置为:

识别所述作物图像的第一区域,所述第一区域描绘马铃薯植物叶片,其中所述第一区域不包括所述作物图像的第二区域,所述第二区域描绘非叶片图像;

识别所述第一区域内的多个边缘;

基于位于所述作物图像的在所述第一区域中的图像片段内的边缘,确定所述图像片段是否满足一个或多个叶片折痕标准,其中所述叶片折痕标准指示所述病毒引起的叶片折痕的症状;以及

至少部分基于所述图像片段是否满足一个或多个所述叶片折痕标准,确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

24. 根据权利要求23所述的系统,其中所述计算机可读指令将所述处理器进一步配置为:

确定所述图像片段是否满足一个或多个颜色标准,所述颜色标准指示所述病毒引起的变色的症状;并且

其中确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状包括:至少部分基于所述图像片段是否满足一个或多个所述叶片折痕标准和一个或多个所述颜色标准,确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

25. 根据权利要求23至24中任一项所述的系统,其中所述计算机可读指令将所述处理器进一步配置为:

基于所述作物图像中被识别为显示马铃薯病毒症状的图像片段的量,确定所述作物图像是否包含马铃薯病毒。

26. 根据权利要求23至25中任一项所述的系统,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括所述图像片段内的边缘的最小量阈值。

27. 根据权利要求23至26中任一项所述的系统,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括一个或多个线标准,并且确定所述图像片段是否满足所述线标准包括:识别所述片段内由所述边缘限定的线。

28. 根据权利要求27所述的系统,其中:

一个或多个所述线标准包括线的最小量阈值。

29. 根据权利要求23-28中任一项所述的系统,其中:

一个或多个所述叶片折痕标准包括一个或多个轮廓标准,并且确定所述图像片段是否

满足所述轮廓标准包括：识别所述图像片段内由所述边缘限定的轮廓。

30. 根据权利要求29所述的系统，其中：

一个或多个所述轮廓标准包括：所述片段内的每个轮廓是否具有不超过最大面积阈值的面积。

31. 根据权利要求24所述的系统，其中：

一个或多个所述颜色标准包括在色锥中两个平均颜色通道值之间的欧几里德距离的一个或多个值范围。

32. 根据权利要求23至31中任一项所述的系统，其中：

识别所述第一区域包括：基于所述作物图像的品红色通道或从所述作物图像生成的图像的品红色通道来创建第一掩模。

33. 根据权利要求32所述的系统，其中：

识别所述第一区域还包括：基于一个或多个预定临界颜色通道值范围来创建第二掩模。

用于在作物图像中检测马铃薯病毒的方法、介质和系统

[0001] 本申请为国际申请号为PCT/CA2017/051214，国际申请日为2017年10月12日，发明名称为“用于在作物图像中检测马铃薯病毒的方法、介质和系统”的PCT申请于2019年04月12日进入中国国家阶段后申请号为201780063238.0的中国国家阶段专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本申请涉及用于在作物图像中检测马铃薯病毒的方法、介质和系统。

背景技术

[0003] 近年来，诸如马铃薯病毒Y的马铃薯病毒对世界各地的马铃薯作物具有破坏性影响。据报道，受感染的马铃薯农田可能最终导致10%至100%的产量损失。马铃薯病毒通常通过蚜虫载体传播，所述蚜虫载体从受感染的植物中获得病毒并将病毒传播到后来以其为食的健康植物上。通过田间对受感染的植物做去劣处理可以减轻病毒的传播。但是，在大型农田中寻找受感染的植物可能具有挑战性且耗时。

发明内容

[0004] 在一个方面中，本公开涉及一种在作物图像中检测马铃薯病毒的方法，所述作物图像描绘至少一个马铃薯植物。所述方法包括：将所述作物图像存储在存储器中；通过处理器识别所述作物图像的第一区域，所述第一区域描绘马铃薯植物叶片，其中所述第一区域不包括所述作物图像的第二区域，所述第二区域描绘非叶片图像；通过所述处理器识别所述第一区域内的多个边缘；通过所述处理器，基于位于所述作物图像的在所述第一区域中的图像片段内的边缘，确定所述图像片段是否满足一个或多个叶片折痕标准，其中所述叶片折痕标准指示所述病毒引起的叶片折痕的症状；通过所述处理器确定所述图像片段是否满足一个或多个颜色标准，所述颜色标准指示所述病毒引起的变色的症状；以及通过所述处理器，基于所述图像片段是否满足所述叶片折痕标准和所述颜色标准中的一个或多个，确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

[0005] 在另一方面中，本公开涉及一种计算机可读介质，所述计算机可读介质包括可由处理器执行的指令，其中所述指令在被执行时将所述处理器配置为：将所述作物图像存储在存储器中；识别所述作物图像的第一区域，所述第一区域描绘马铃薯植物叶片，其中所述第一区域不包括所述作物图像的第二区域，所述第二区域描绘非叶片图像；识别所述第一区域内的多个边缘；基于位于所述作物图像的在所述第一区域中的图像片段内的边缘，确定所述图像片段是否满足一个或多个叶片折痕标准，其中所述叶片折痕标准指示马铃薯病毒引起的叶片折痕的症状；确定所述图像片段是否满足一个或多个颜色标准，所述颜色标准指示所述病毒引起的变色的症状；以及基于所述图像片段是否满足所述叶片折痕标准和所述颜色标准中的一个或多个，确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

[0006] 在另一方面，本公开涉及一种用于在包含马铃薯植物的作物图像中检测马铃薯病毒的系统，所述系统包括：存储器，其存储计算机可读指令和作物图像；以及处理器，配置为

执行所述计算机可读指令，所述计算机可读指令将所述处理器配置为：将所述作物图像存储在存储器中；识别所述作物图像的第一区域，所述第一区域描绘马铃薯植物叶片，其中所述第一区域不包括所述作物图像的第二区域，所述第二区域描绘非叶片图像；识别所述第一区域内的多个边缘；基于位于所述作物图像的在所述第一区域中的图像片段内的边缘，确定所述图像片段是否满足一个或多个叶片折痕标准，其中所述叶片折痕标准指示所述病毒引起的叶片折痕的症状；确定所述图像片段是否满足一个或多个颜色标准，所述颜色标准指示所述病毒引起的变色的症状；以及基于所述图像片段是否满足所述叶片折痕标准和所述颜色标准中的一个或多个，确定所述片段是否显示马铃薯病毒的症状。

附图说明

- [0007] 图1示出根据实施例的系统的示意图；
- [0008] 图2是示出在作物图像中检测马铃薯病毒的方法的流程图；
- [0009] 图3是示出在作物图像中识别马铃薯植物叶片的方法的流程图；
- [0010] 图4是作物图像的示例；
- [0011] 图5示出了图4的作物图像的品红色通道；
- [0012] 图6是基于图5的品红色通道的二值图像；
- [0013] 图7是扩展后的图6的二值图像；
- [0014] 图8是基于图7的扩展后图像的基于品红色通道的图像掩模；
- [0015] 图9是在掩蔽非叶片区域后的图4的作物图像；
- [0016] 图10是描绘在图4的作物图像中检测到的边缘的图像；
- [0017] 图11是识别满足边缘标准的图像片段的图像；
- [0018] 图12是识别满足线标准的图像片段的图像；
- [0019] 图13是识别满足轮廓标准的图像片段的图像；
- [0020] 图14是识别满足颜色标准的图像片段的图像；以及
- [0021] 图15是识别满足边缘标准、线标准、轮廓标准和颜色标准中的至少一个的图像片段的图像。

具体实施例

[0022] 在本申请中描述了许多实施例，并且仅出于说明性目的而呈现。所描述的实施例无意在任何意义上进行限制。如从本文的公开内容显而易见的，本发明可广泛应用于许多实施例。本领域技术人员将认识到，在不脱离本文公开的教导的情况下，可以通过修改和变更来实践本发明。尽管可以参考一个或多个特定实施例或附图来描述本发明的特定特征，但是应该理解，这些特征不限于在参照其描述的一个或多个特定实施例或附图中的使用。

[0023] 除非另有明确说明，否则术语“实施例”、“实施方式”、“多个实施例”、“该实施例”、“这些实施例”、“一个或多个实施例”、“一些实施例”以及“一个实施例”意味着“本发明的一个或多个(但不是全部)实施例”。

[0024] 除非另有明确说明，否则术语“包括”、“包含”及其变体意味着“包括但不限于”。除非另有明确说明，否则项目列表并不意味着任何项目或所有项目是互斥的。除非另有明确说明，否则术语“一”、“一个”和“该”意味着“一个或多个”。

[0025] 尽管在本公开内容和权利要求中可以按顺序描述或列出方法步骤,但是这些方法可以配置为按可变的顺序工作。换句话说,可描述的任何步骤序列或步骤顺序不一定表示要求以该顺序执行步骤。可以以任何实际的顺序执行本文描述的方法步骤。此外,可以同时执行一些步骤,以及可以省略一些步骤。

[0026] 用于检测马铃薯病毒的已知方法包括将物理植物样品送到实验室进行测试。收集和运送样品以及等待结果的时间可能会引起延迟,这导致病毒的进一步传播。此外,对于大型农田,收集、运送和花钱测试足够的样本以在整个种植园中可靠地检测马铃薯病毒可能是不切实际的。

[0027] 本文公开的实施例涉及基于马铃薯病毒检测的图像。这可以为基于实验室的针对马铃薯病毒的马铃薯作物测试提供快速、准确且不贵的替代方案。在本公开的实施例中,马铃薯病毒是马铃薯花叶病毒。在本公开的各种实施例中,马铃薯病毒是马铃薯病毒X (PVX) 、马铃薯病毒S (PVS) 、马铃薯病毒M (PVM) 、马铃薯病毒Y (PVY) 或马铃薯病毒A (PVA) ,或两种或更多种此类病毒的组合。通过概观的方式,捕获包含植物(例如,马铃薯植物)的作物田(例如包括温室中的作物田)的作物图像以供分析。例如,安装在农场设备(例如联合收割机)上的空中无人机或相机可用于捕获作物图像。计算机处理器对作物图像操作和分析马铃薯病毒的可见症状,例如叶片折痕和叶片变色。基于检测到的症状的严重性,处理器识别作物图像是否包含受感染的植物,例如受感染的马铃薯植物。利用该信息,对识别出的植物(例如识别出的马铃薯植物)可做去劣处理以减轻病毒的传播。本公开的马铃薯病毒可以感染植物,例如,茄科植物,诸如马铃薯植物之类。因此,在各种实施例中,本公开的方法、计算机可读介质和系统涉及在作物图像中检测马铃薯病毒,所述作物图像描绘植物,例如,茄科植物,诸如马铃薯植物之类。在各种实施例中,本公开的马铃薯植物是任何马铃薯植物(块茎茄属 (*Solanum tuberosum L.*)),例如,蜡质马铃薯(例如鱼苗马铃薯)、淀粉马铃薯(例如赤褐布尔班克 (*Russet Burbank*))、黄色马铃薯(例如育空 (*Yukon*) 金马铃薯)、白色马铃薯(例如夏坡蒂 (*Shepody*))、红色马铃薯、蓝色马铃薯,或者两种或更多种这样的植物的组合。

[0028] 图1示出了系统100的示例示意图。通常,系统100可以是服务器计算机、台式计算机、笔记本计算机、平板电脑、PDA、智能电话或可以执行本文所述方法的其他系统。在至少一个实施例中,系统100包括与网络116的连接,例如到因特网或专用网络的有线连接或无线连接。

[0029] 在所示的示例中,系统100包括存储器102、应用程序104、输出设备106、显示设备108、辅助存储设备110、处理器112和输入设备114。在一些实施例中,系统100包括存储器102、应用程序104、输出设备106、显示设备108、辅助存储设备110、处理器112、输入设备114和网络连接(即到网络116或其它网络的连接)中的任何一者或更多的倍数个。在一些实施例中,系统100不包括应用程序104、辅助存储设备110、网络连接、输入设备114、输出设备106和显示设备108中的一者或多者。

[0030] 存储器102可以包括随机存取存储器 (RAM) 或类似类型的存储器。此外,在一些实施例中,存储器102存储一个或多个应用程序104以供处理器112执行。应用程序104对应于软件模块,包括计算机可执行指令以执行处理下面描述的功能和方法。辅助存储设备110可以包括硬盘驱动器、软盘驱动器、CD驱动器、DVD驱动器、蓝光驱动器、固态驱动器、闪存或其他类型的非易失性数据存储器。

[0031] 在一些实施例中，系统100将信息存储在可通过网络(例如网络116或其它网络)访问的远程存储设备(例如云存储)中。在一些实施例中，系统100存储分布在多个存储设备(例如存储器102和辅助存储设备110)上的信息(即，多个存储设备中的每一个存储信息的一部分并且多个存储设备共同存储所有信息)。因此，如本文和权利要求中所使用的将数据存储在存储设备上意味着：将该数据存储在本地存储设备中；将该数据存储在远程存储设备中；或者在多个存储设备上分布地存储该数据，每个存储设备可以是本地的或远程的。

[0032] 通常，处理器112可以执行应用程序、计算机可读指令或程序。例如，应用程序、计算机可读指令或程序可以存储在存储器102或辅助存储设备110中，或者可以从通过网络116可访问的远程存储器接收。例如，应用程序、计算机可读指令或程序当被执行时，可以将处理器112(或将多个处理器112共同地)配置为执行本文描述的方法的一个或多个动作。

[0033] 输入设备114可以包括用于将信息输入到设备100的任何设备。例如，输入设备114可以是键盘、键垫、光标控制设备、触摸屏、相机或麦克风。输入设备114还可以包括输入端口和无线电收发装置(例如，蓝牙®或802.11x)，用于与外部设备进行有线连接和无线连接。

[0034] 显示设备108可以包括用于呈现视觉信息的任何类型的设备。例如，显示设备108可以是计算机监视器、平板显示器、投影仪或显示面板。

[0035] 例如，输出设备106可以包括用于呈现信息硬复制的任何类型的设备，诸如打印机。例如，输出设备106还可以包括其他类型的输出设备，诸如扬声器。在至少一个实施例中，输出设备106包括输出端口和无线电收发装置(例如，蓝牙或802.11x)中的一个或多个，用于与外部设备进行有线和无线连接。

[0036] 图1示出了系统100的示例性硬件示意图。在可选实施例中，系统100包含更少的、附加的或不同的组件。另外，尽管系统100的实现方面被描述为存储在存储器中，但是本领域技术人员将理解，这些方面也可以存储在其他类型的计算机程序产品或计算机可读介质上或从其他类型的计算机程序产品或计算机可读介质读取(诸如辅助存储设备)，包括硬盘、软盘、CD或DVD；或RAM或ROM的其他形式。

[0037] 对于说明书的其余部分，在参考系统100或其组件的任何地方，将参照图1。

[0038] 附图中的流程图示出了根据各种实施例的系统、方法和计算机可读介质的可能实现的架构、功能和操作。在这方面，流程图中的每个块可以表示代码的模块、片段或部分，其包括一个或多个可执行指令，该可执行指令用于实现指定的逻辑功能。应当理解，流程图的任何一个或多个(或所有)块可以由基于专用硬件的系统(该系统执行指定的功能或动作)实现，或者通过专用硬件和计算机指令的组合来实现。

[0039] 现在参照图2，其示出了说明在作物图像中检测马铃薯病毒的方法200的流程图。在204处，将作物图像存储在存储器102中。作物图像400的示例在图4中示出。如图所示，作物图像400可以是从作物田上方朝向马铃薯植物404向下看拍摄的照片。空中透视图可以提供马铃薯植物叶片408的良好可见性，其显示该方法进行其分析所依赖的病毒症状。

[0040] 作物图像400可以利用任何相机或配备相机的设备，以任何方式拍摄。例如，作物图像400可以由农户或服务提供商使用数码相机(例如，傻瓜相机、数字SLR或摄像机)、配备相机的智能手机、安装在农场设备(例如，联合收割机)上的相机、或配备相机的无人机来拍摄。例如，作物图像400可以包括离散照片、从许多照片缝合在一起的图像(例如全景图)、或

视频记录的一个或多个帧。

[0041] 作物图像400可以包括任何数量的马铃薯植物。例如，作物图像400可以包括一个马铃薯植物的一部分和马铃薯植物的整个作物田之间的范围。优选地，作物图像400包括多个马铃薯植物。这可以允许检测方法对作物图像中所示的多个马铃薯植物执行具有计算效率的整体分析。例如，可以为几百英亩的作物田捕获几百张照片或更少的照片(例如1至700张照片)，这可以允许通过方法200进行有效的分析。方法200的计算效率可以允许定期(例如，每天、每周或每月)对整个作物田分析马铃薯病毒。

[0042] 方法200基于可见症状来确定作物图像是否包含马铃薯病毒，可见症状出现在所描绘的马铃薯植物的叶片上。在208处，处理器112识别作物图像400(图4)的包含马铃薯叶片的第一区域，其不包括作物图像400(图4)的包含非叶片图像(例如污物和碎片)的第二区域。在一些实施例中，处理器112可以删除、涂覆或其他方式改变第二区域，以将该第二区域从后续分析中排除。例如，处理器112可以创建一个或多个图像掩模并将所述一个或多个图像掩模施加到作物图像400(图4)，以便从随后的分析中去除非叶片图像。

[0043] 图3是说明在作物图像中识别马铃薯叶片的方法300的流程图，该方法300包括创建两个基于颜色的图像掩模并将这两个基于颜色的图像掩模施加到作物图像。步骤304至316涉及创建基于品红色平面的图像掩模，而步骤320涉及创建基于RGB的彩色掩模。在步骤324，将两个掩模施加到作物图像400(图4)。应当理解，尽管通过创建和施加两个所述基于颜色的图像掩模已经获得了良好的结果，但是通过仅创建和施加这两个基于颜色的图像掩模中的一个，或者通过创建和施加一个或多个不同的基于颜色的图像掩模，也可以实现令人满意的结果。在一些实施例中，识别马铃薯叶片可包括创建和施加所述基于颜色的图像掩模中的一个或两个，以及创建和施加另一个基于颜色的图像掩模。

[0044] 大多数相机配置为捕获映射到RGB空间的图像。在304处，处理器112从作物图像400(图4)创建CMYK图像并将图像存储在存储器102中。处理器112可以根据本领域已知的任何方法将作物图像(或其副本)转换为CMYK图像。在所捕获的作物图像400(图4)已经映射到CMYK颜色空间的情况下，可以省略该步骤。

[0045] 发明者已经发现作物图像的品红色平面对分离非叶片图像是有效的。在308处，处理器112从CMYK图像的品红色平面创建二值图像(binary image)。图5示出作物图像400(图4)的品红色平面500的示例。图6示出了基于作物图像400(图4)的品红色平面500(图5)创建的二值图像600的示例。在二值图像中，所有像素要么为第一颜色要么为第二颜色(通常为白色或黑色)。为清楚说明起见，以下示例将二值图像称为具有白色像素或黑色像素。但是，在其它实施例中，可以明确地设想，二值图像可以由任意两种颜色形成。

[0046] 可以通过基于像素是否满足一个或多个品红色标准将每个像素设置为黑色或白色来二值化品红色平面500。品红色标准可以包括品红色最小阈值或品红色最大阈值，一个或多个品红色值范围，或其组合。具有高于或低于品红色阈值的品红色值的像素和/或具有在一个或多个品红色值范围之内或之外的品红色值的像素将全部被设置为白色或全部被设置为黑色。可以预定所述品红色标准来应用于多个作物图像，或者可以为每个作物图像分别确定所述品红色标准。例如，可以对作物图像400(图4)进行预处理以校正图像特征(诸如白平衡和照明条件)，以提供足够的均匀性以应用预定的品红色标准。在其他实施例中，基于特定作物图像的图像特征(例如照明和白平衡)为每个作物图像400(图4)确定品红色

标准。图6的二值图像600用品红色标准制备,该品红色标准包括在从0到255的数值范围上品红色阈值为0,其中具有高于品红色阈值的品红色值的像素设置为白色,并且其中白色像素表示非叶片图像604。

[0047] 应当理解,存在用于将RGB图像逐像素转换为CMYK图像的数学关系,从而可以设计一种算法以从RGB作物图像创建基于品红色的二值图像600,而不必创建或存储CMYK图像。

[0048] 在312处,处理器112在形态上扩展二值化图像600(图6)以创建扩展的二值化图像700(图7),二值化图像700具有放大的非叶片区域704(例如,白色像素区域)。这可以有助于从作物图像中捕获额外的非叶片图像,尤其是在308处施加保守的品红色轮廓以避免在非叶片区域604(图6)中捕获植物叶片。例如,在308处施加的品红色轮廓可能不会一致地捕获非叶片区域中与植物叶片接界的部分,而形态扩展可有效地扩展非叶片区域704(图7)以捕获这些边界部分。在可选实施例中,在308处施加的品红色轮廓可以是足够精确的,从而可以省略312处的形态扩展。

[0049] 在316处,处理器112从扩展的二值图像700(图7)创建第一掩模。参见图8,处理器112可以反转二值图像700(图7)以创建图像掩模800。在所示示例中,允许由黑色像素表示非叶片区域804,而由白色像素表示叶片区域808。这符合工业标准,其中图像掩模中的黑色像素从它们所应用到的图像中删除(或涂覆)。例如,当将图像掩模800施加到作物图像400时(图4),图像掩模800的黑色非叶片区域804将用黑色涂覆作物图像400(图4)的相应部分,并且图像掩模800的白色叶片区域808将不受干扰地离开作物图像400(图4)的相应部分。

[0050] 在可选实施例中,通过将掩模操作配置为以与标准惯例相反的方式处理白色像素和黑色像素,在308处创建的二值化图像600(图6)或在312处创建的扩展的二值化图像700(图7)可直接用作掩模,而不进行颜色反转。

[0051] 在320处,处理器112基于颜色通道阈值(例如RGB阈值)创建第二掩模。例如,处理器112可以通过基于颜色通道标准(例如RGB标准)二值化作物图像400(图4)来创建图像掩模。颜色通道标准可以包括一个或多个预定临界颜色通道值(例如RGB值)、一个或多个预定颜色通道值范围(例如RGB值范围),或其组合。例如,具有高于或低于RGB阈值的RGB值的像素或具有在一个或多个RGB值范围之内或之外的RGB值的像素将全部被设置为白色或全部被设置为黑色。在一个示例中,RGB标准包括(17, 54, 17)至(174, 211, 153)的RGB值范围,其中红色通道、绿色通道和蓝色通道中的每一个被映射在0至255的范围内,其中RGB值范围内的像素被设置为黑色以表示非叶片区域,并且其中剩余像素被设置为白色以表示叶片区域。

[0052] 在324处,处理器112将所创建的基于颜色的掩模施加到作物图像400(图4)以创建掩蔽的作物图像。图9示出示例性的掩蔽的作物图像900,掩蔽的作物图像900通过利用在316处创建的基于品红色平面的掩模来掩蔽作物图像400(图4)而创建,并且进一步通过在320处创建的基于RGB的掩模来掩蔽。如图所示,涂覆的第二区域904包含很少或没有植物叶片,而剩余的第一区域908主要包含具有很少或没有非叶片图像的植物叶片。例如,第一区域908包括在作物图像400(图4)中描绘的植物叶片的至少80%,第二区域904包括在作物图像400(图4)中描绘的非叶片图像的至少80%。在随后的处理期间,基于剩余的第一区域908来评估叶片折痕和叶片变色。

[0053] 现在参考图2。在识别包含作物图像400(图4)的马铃薯植物叶片408的第一区域

908(图9)之后,该方法继续对第一区域908(图9)评估马铃薯病毒的症状和权衡这些症状,以确定作物图像中的马铃薯植物是否感染了马铃薯病毒(图9)。

[0054] 在212处,处理器112将作物图像400(图4)分割成图像片段。例如,处理器112可以从概念上将作物图像400(图4)或至少第一区域908(图9)划分成不同图像片段的阵列。每个图像片段可以代表不同的分析块。处理器112可以分别对每个图像片段评估病毒症状。例如,处理器112可以对每个图像片段重复步骤216至236中的每一个。然后,基于显示病毒症状的图像片段的量和分组,处理器112可以确定作物图像400(图4)中的马铃薯植物是否感染马铃薯病毒。

[0055] 处理器112可以将作物图像400分割成任意数量的图像片段(例如,大于10个片段,如10至10,000个片段)。图像片段的数量可以取决于作物图像400的分辨率和视野。例如,当作物图像400的视野较小时(例如,作物图像400捕获很少的植物或仅一部分植物),则处理器112可以将作物图像400分割成相对较少的图像片段(例如,10至50个片段),使得各个图像片段包括马铃薯植物的足以执行病毒症状分析的部分。相反,当作物图像400的视野较大时(例如,作物图像400捕获许多植物),则处理器112可以将作物图像400分割成许多图像片段(例如,51至10,000个片段),使得作物图像400中的每一植物或叶片被划分为若干个图像片段以供分析。图像片段可以具有任何尺寸和形状。图11至图15示出包括矩形的且尺寸均匀的图像片段1104、1204、1304、1404和1505的示例。这可以简化图像到图像片段的划分。在其他实施例中,处理器112可以将作物图像400分割成非矩形的图像片段,诸如圆形或三角形片段,或其它规则或不规则形状的片段。此外,在一些实施例中,处理器112可以将作物图像400分割成非均匀形状和/或尺寸的图像片段。例如,片段可以包括多个不同形状和/或多个不同尺寸的片段。

[0056] 一些马铃薯病毒(诸如马铃薯病毒Y)的一个症状是叶片折痕。在216处,处理器112在第一区域908(图9)内识别叶片折痕。处理器112可以应用任何有效地识别叶片折痕的处理或算法。与常规的纹理分析方法(例如GLCM纹理分析)相比,发明人已经发现,通过使用一个或多个(或全部)边缘、线和轮廓检测方法可以更快速地且在计算上有效地识别叶片折痕。通常,第一区域908(图9)的片段内的更大的边缘和线以及更小的轮廓面积可是马铃薯病毒的症状。

[0057] 在220处,处理器112检测第一区域908(图9)的图像片段内的边缘,并将检测到的边缘与指示马铃薯病毒叶片折痕症状的边缘标准进行比较。处理器112可以使用适于检测植物叶片内的边缘的任何边缘检测方法(诸如,例如Canny边缘检测)。Canny边缘检测使用双(上限和下限)像素梯度阈值来将检测到的边缘与噪声或自然颜色变化进行区分。例如,用于Canny边缘检测的上限阈值和下限阈值可以提供如下:

$$[0058] \text{上限阈值} = \left(\frac{1 + \text{西格玛}}{\text{均值}} \right)$$

$$[0059] \text{下限阈值} = \left(\frac{1 - \text{西格玛}}{\text{均值}} \right)$$

[0060] 在操作中,如果像素梯度值大于上限阈值,则该像素被接受作为边缘;如果像素梯度值低于下限阈值,则该像素被拒绝作为边缘;并且如果像素梯度值在两个阈值之间,则仅当该像素连接到高于上限阈值的像素时,该像素才被接受作为边缘。在该示例中,上限阈值

是图像片段中高于平均梯度的一个标准偏差,而下限阈值是图像片段中低于平均梯度的一个标准偏差。

[0061] 图10是包括边缘1004的图像1000,边缘1004由处理器112在白色像素表示的第一区域908(图9)内检测到。处理器112可以将检测到的边缘1004(图10)与指示马铃薯病毒叶片折痕症状的边缘标准进行比较。边缘标准可以包括边缘的最小量阈值,诸如边缘像素(例如,白色像素)的最小数量阈值,作为绝对数量或作为占片段内像素数量的比例(例如,大于10%的边缘像素)。图11示出了示例性图像1100,其显示片段1104被处理器112识别为有大于13.8%的边缘像素,作为有马铃薯病毒的症状。

[0062] 在224处,处理器112检测第一区域908(图9)内由在220处检测到的边缘1004限定的离散线,并且将检测到的线与指示马铃薯病毒症状的线标准进行比较。处理器112可以使用适于在220处检测到的边缘内检测线的任何线检测方法,例如霍夫(Hough)线检测。线标准可以包括线的最小量阈值,例如具有最小长度阈值的线的最小数量阈值。线的数量阈值可以表示为绝对数量或由片段描绘的真实世界面积的密度(例如,每平方厘米的线)。例如,所述阈值长度可以表示为像素的绝对数量、真实世界测量值(例如厘米)、或占所述片段的维度的比例(例如占所述片段宽度的百分比)。图12示出了示例性图像1200,该示例性图像1200示出图像片段1204,图像片段1204由处理器112识别为具有至少50条线,该线具有至少50个像素的长度(例如,占片段宽度的至少30%)。

[0063] 在228处,处理器112检测第一区域908(图9)内由在220处检测到边缘1004(图10)限定的轮廓,并且将检测到的轮廓与指示马铃薯病毒叶片折痕症状的轮廓标准进行比较。轮廓是由在220处检测到的边缘1004(图10)形成的封闭形状(例如,由边缘像素完全包围的区域)。发明者已经发现,如果片段内没有轮廓具有超过特定面积阈值(例如1500个像素)的面积,则这种片段更有可能表现出马铃薯病毒的折痕症状。轮廓标准可以包括最大轮廓面积阈值,该最大轮廓面积阈值可以表示为像素的绝对数量、真实世界测量值(例如,平方厘米)或占片段面积的比例(例如,占片段面积的百分比)。图13示出了示例性图像1300,其示出了由处理器112识别的图像片段1304,该图像片段1304满足轮廓标准,该轮廓标准是不存在单独轮廓面积超过1500个像素(例如,片段面积的8.5%)的轮廓。

[0064] 一些马铃薯病毒(诸如马铃薯病毒Y)的另一症状是叶片变色。在232处,处理器112将第一区域908(图9)内的每个图像片段的颜色分布与颜色标准进行比较。图像片段的颜色分布可包括该片段的任何颜色属性的任何一个或多个值,其可包括用于任何一个或多个颜色空间(例如但不限于RGB、CMYK、HSV和HSL)的任何一个或多个通道的任何一个或多个直方图属性(例如,均值(mean)、模式(mode)、西格玛(sigma)、在半最大值处的全宽度、均方根、百分位数、最小值和最大值)。类似地,颜色标准可以包括任何这种颜色属性的任何一个或多个值和/或值范围,其中这些值或值范围可指示马铃薯病毒叶片变色的症状。

[0065] 在一个实施例中,片段的颜色分布包括该片段中的在色锥(color cone)中两个平均颜色通道值之间的欧几里德(Euclidian)距离。例如,颜色分布可以包括片段中的在色锥中平均绿色值和平均红色值之间的欧几里德距离,以及平均绿色值和平均蓝色值之间的欧几里德距离。图14示出了示例性图像1400,图像1400示出了图像片段1404,处理器112已将图像片段1404识别为满足以下颜色标准:平均绿色与平均红色之间的欧几里德距离小于3或大于45.5,以及在平均绿色和平均蓝色之间的欧几里德距离小于10或大于113。片段1404

有马铃薯病毒变色的症状。

[0066] 在236处,处理器112基于在216至228处评估的叶片折痕标准和在232处评估的颜色标准来确定每一片段是否显示马铃薯病毒的症状。在一些实施例中,处理器112可以将加权值分配给每个叶片折痕和颜色比较的结果,并且在这些加权值的总和超过预定阈值时,确定片段显示马铃薯病毒的症状。例如,处理器112可以分配20%的值用于满足220处的边缘标准、分配20%的值用于满足224处的线标准、分配20%的值用于满足228处的轮廓标准,以及分配40%的值用于满足232处的颜色标准,然后在总和超过50%时,确定片段显示马铃薯病毒的症状。该实例允许在满足所有叶片折痕标准,或者满足颜色标准和至少一个叶片折痕标准时,将片段识别为显示马铃薯病毒的症状。图15示出表示的图像片段1504的示例性图像1500,处理器112已将图像片段1504识别为满足至少一个标准(边缘、线、轮廓或颜色)。处理器112已经确定了每个片段1504的加权值。加权值超过预定阈值(例如50%)的片段1504被处理器112识别为显示马铃薯病毒的症状。

[0067] 在240处,基于在236处识别为显示马铃薯病毒症状的片段1504(图15)是否满足量标准,处理器112确定作物图像400(图4)是否含有马铃薯病毒。在一些实施例中,量标准可以包括片段1504(图15)的最小数量阈值,其可以表示为绝对数量(例如5个片段)或占在212处形成的作物图像400(图4)中的片段总数量的比例(例如总作物图像片段的0.5%)。农民可以使用在240处识别的作物图像来定位其农场上感染病毒的植物(例如,使用地理标签或与作物图像相关联的其它位置信息),并且为这些植物做去劣处理以防止病毒的进一步扩散。这可以减少由马铃薯病毒引起的作物产量损失。

[0068] 虽然以上描述提供了实施例的示例,但是应当理解,在不背离所描述的实施例的精神和操作原理的情况下,所描述的实施例的一些特征和/或功能易于修改。因此,以上描述旨在说明本发明而非限制性的,并且本领域技术人员将理解,在不脱离如本发明所附权利要求书所限定的本发明的范围的情况下,可以进行其它变型和修改。权利要求的范围不应受优选实施例和实例的限制,而应给予与整个描述一致的最广泛的解释。

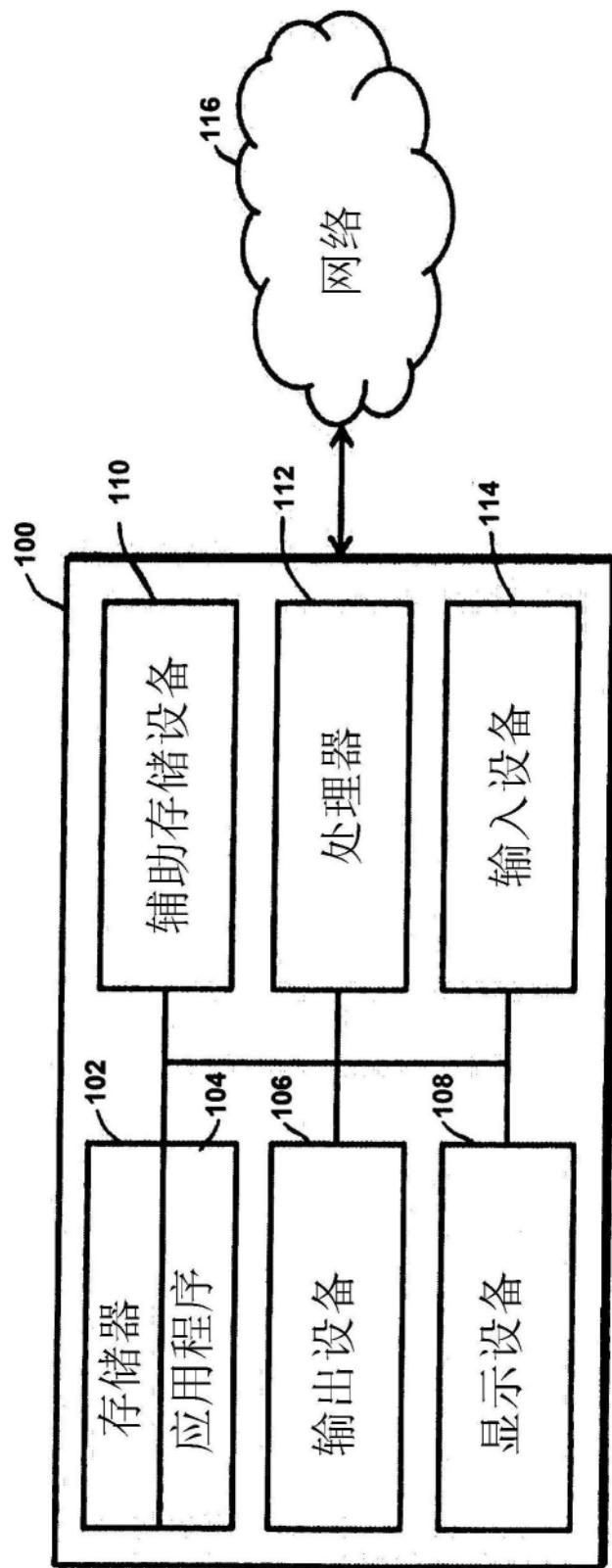


图1

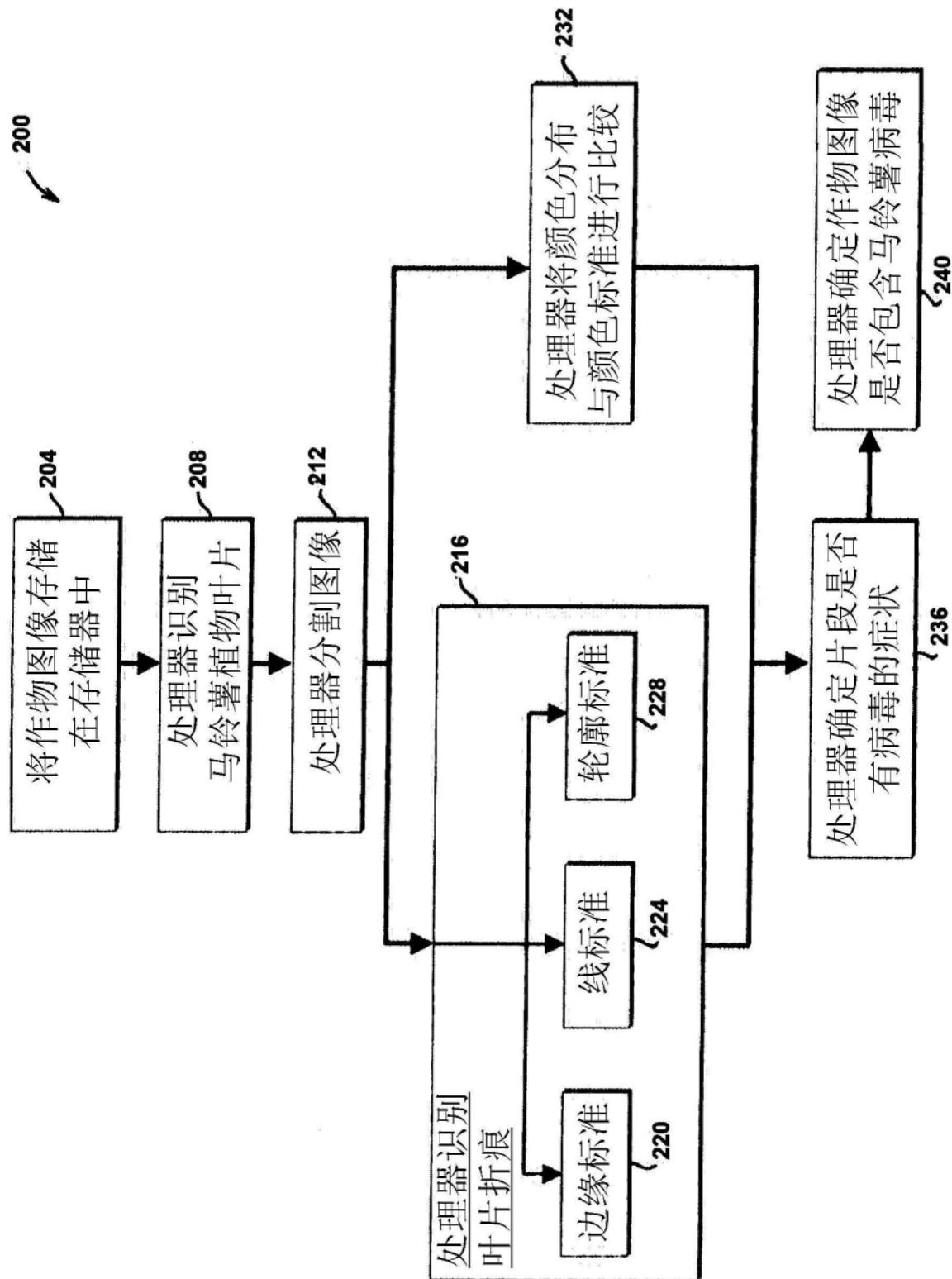


图2

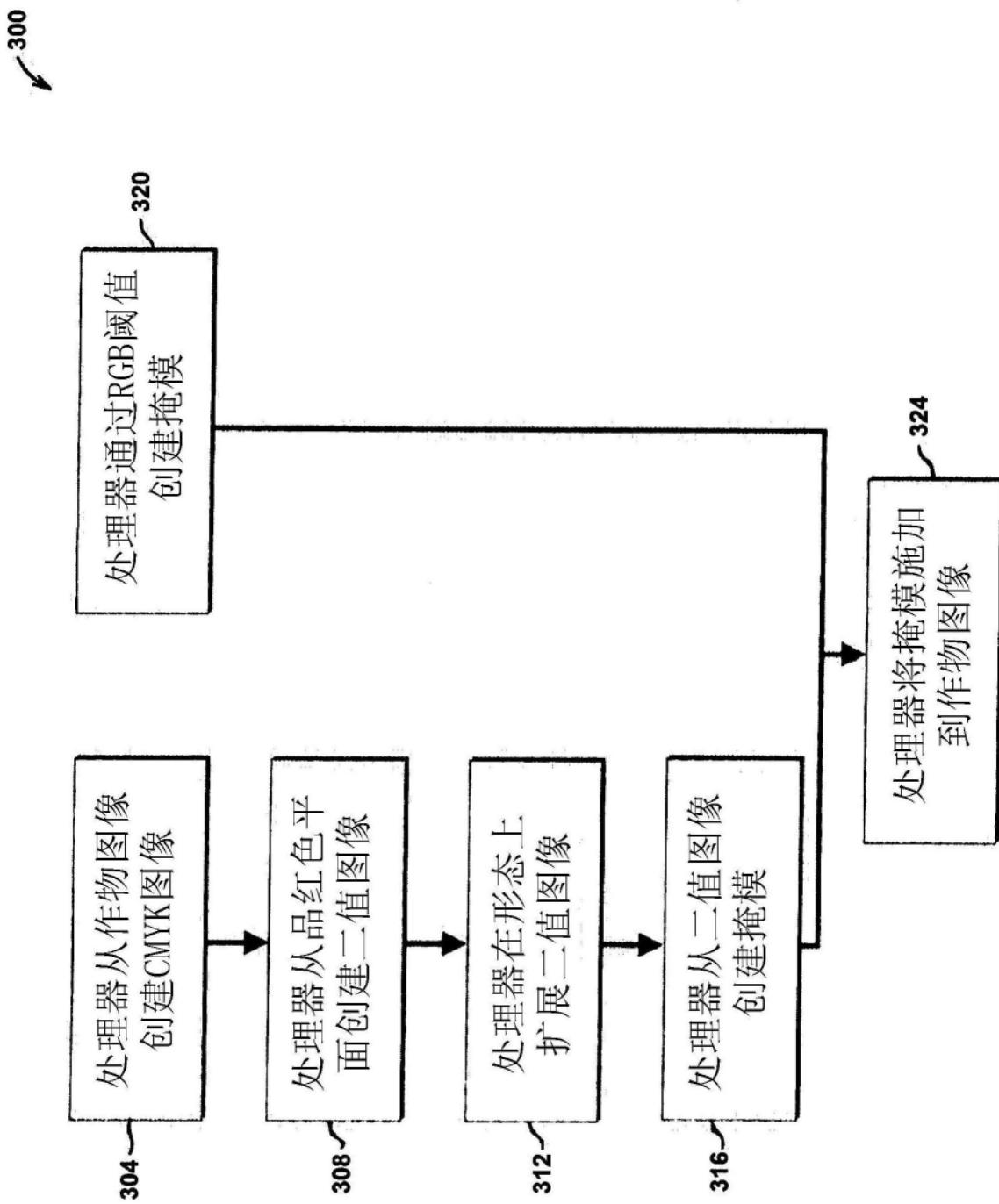


图3

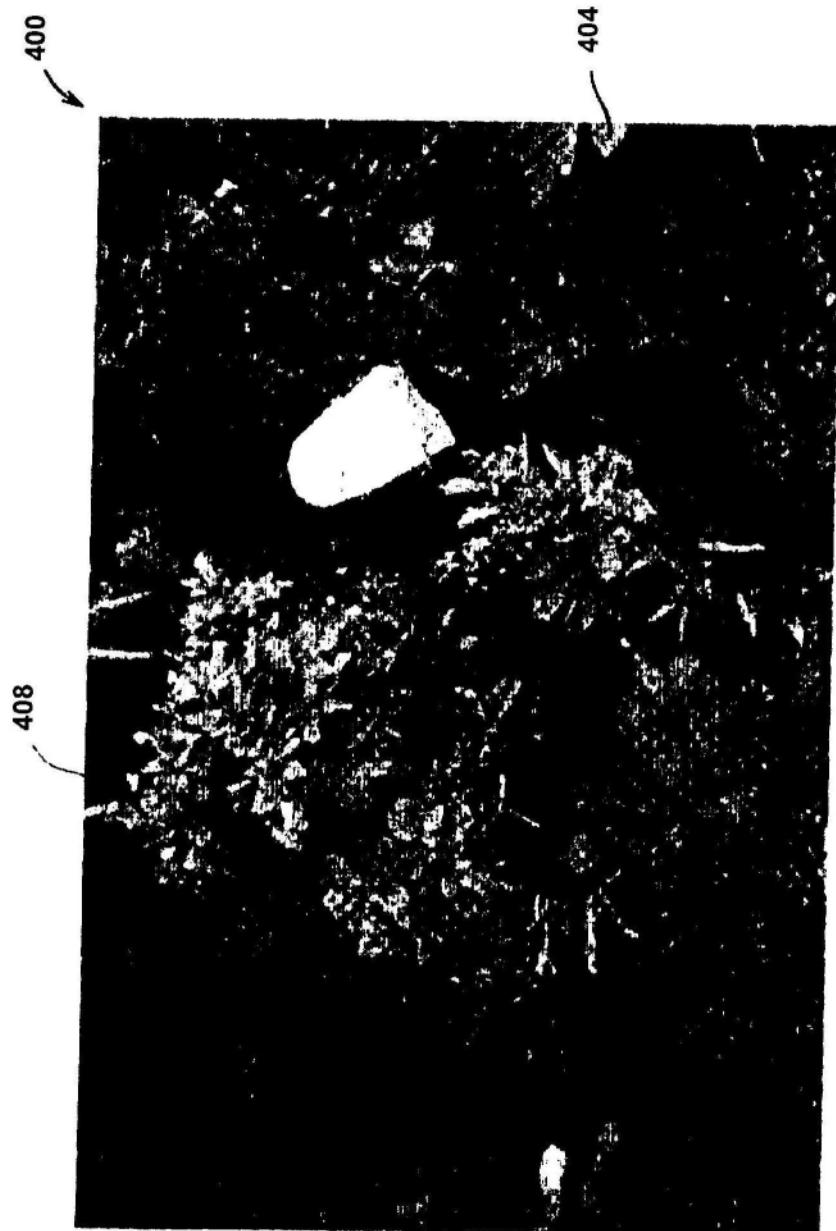


图4

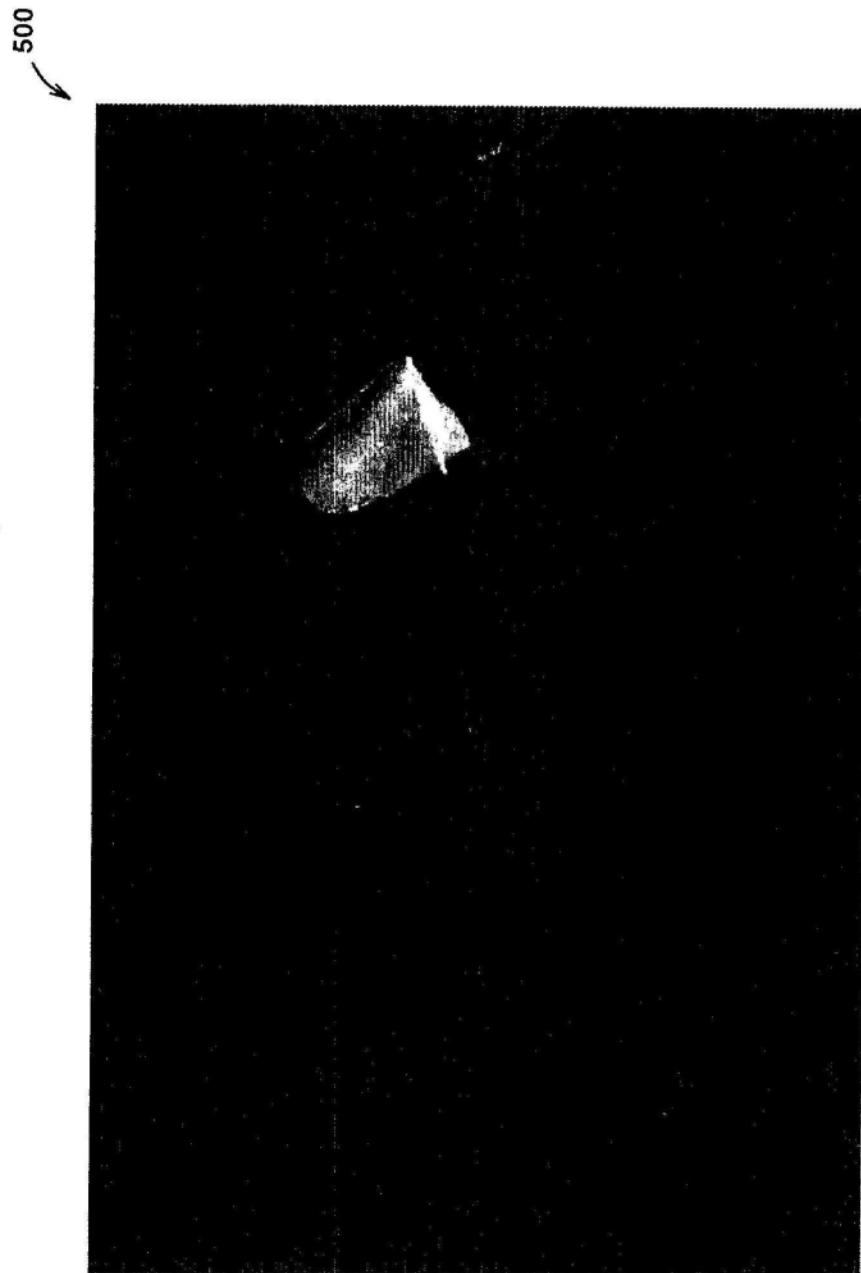


图5



图6



图7



图8

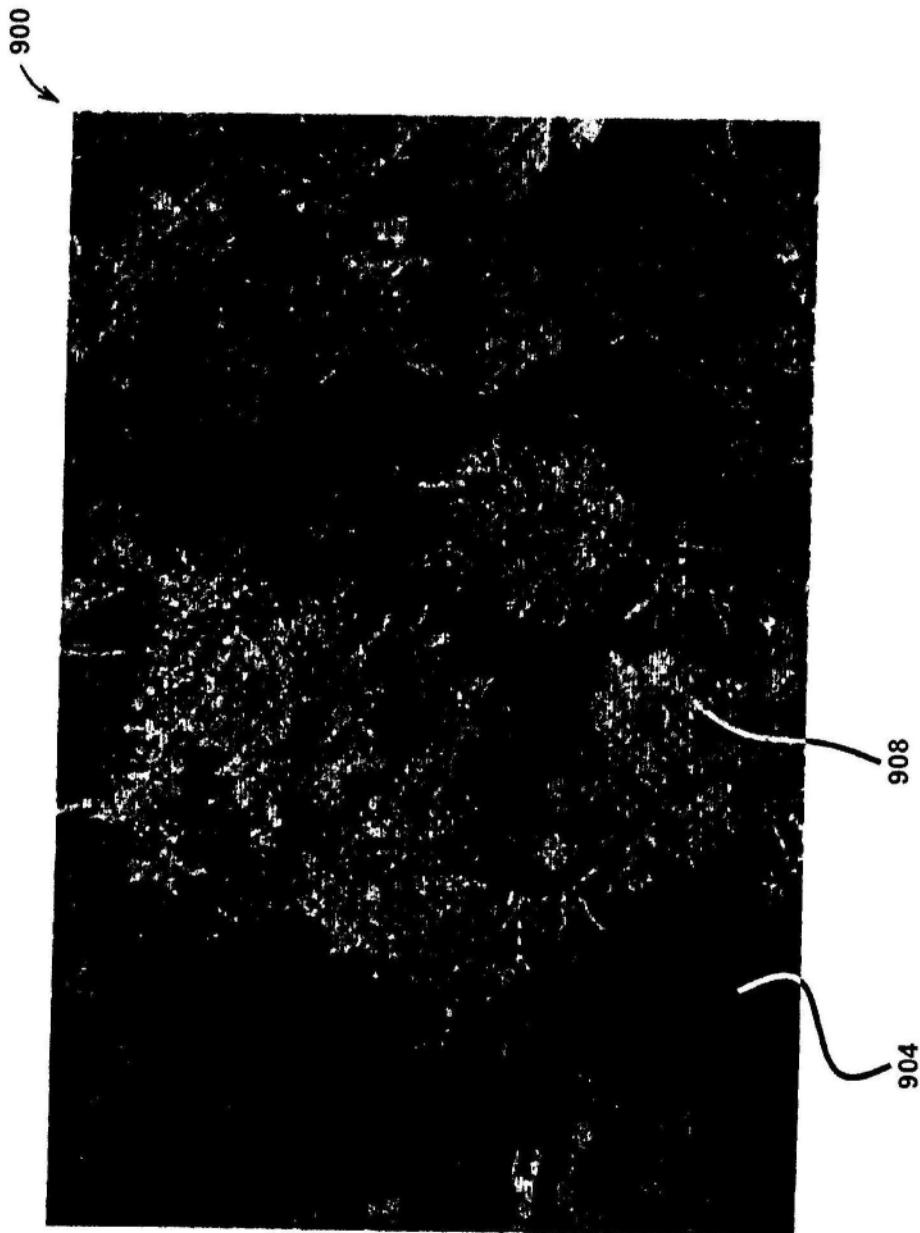


图9

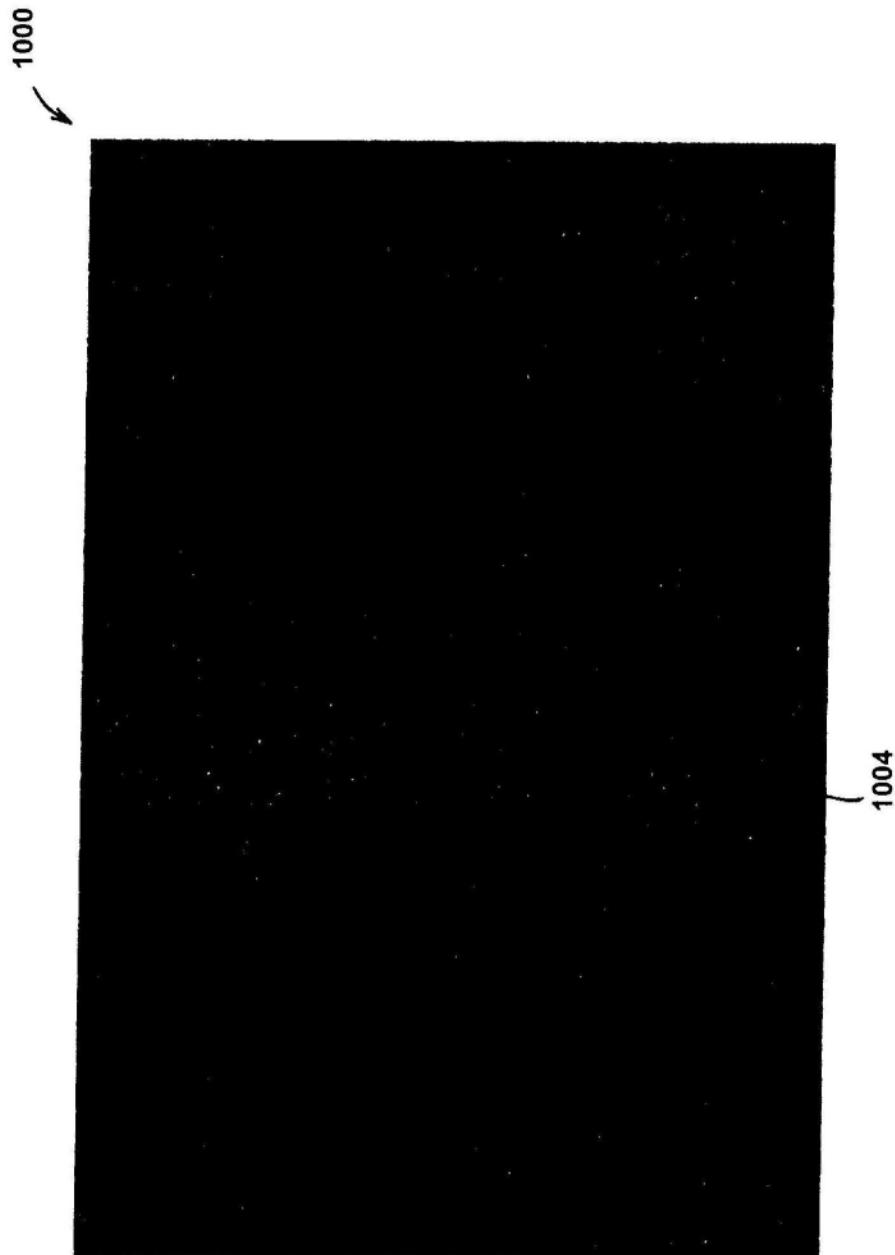


图10

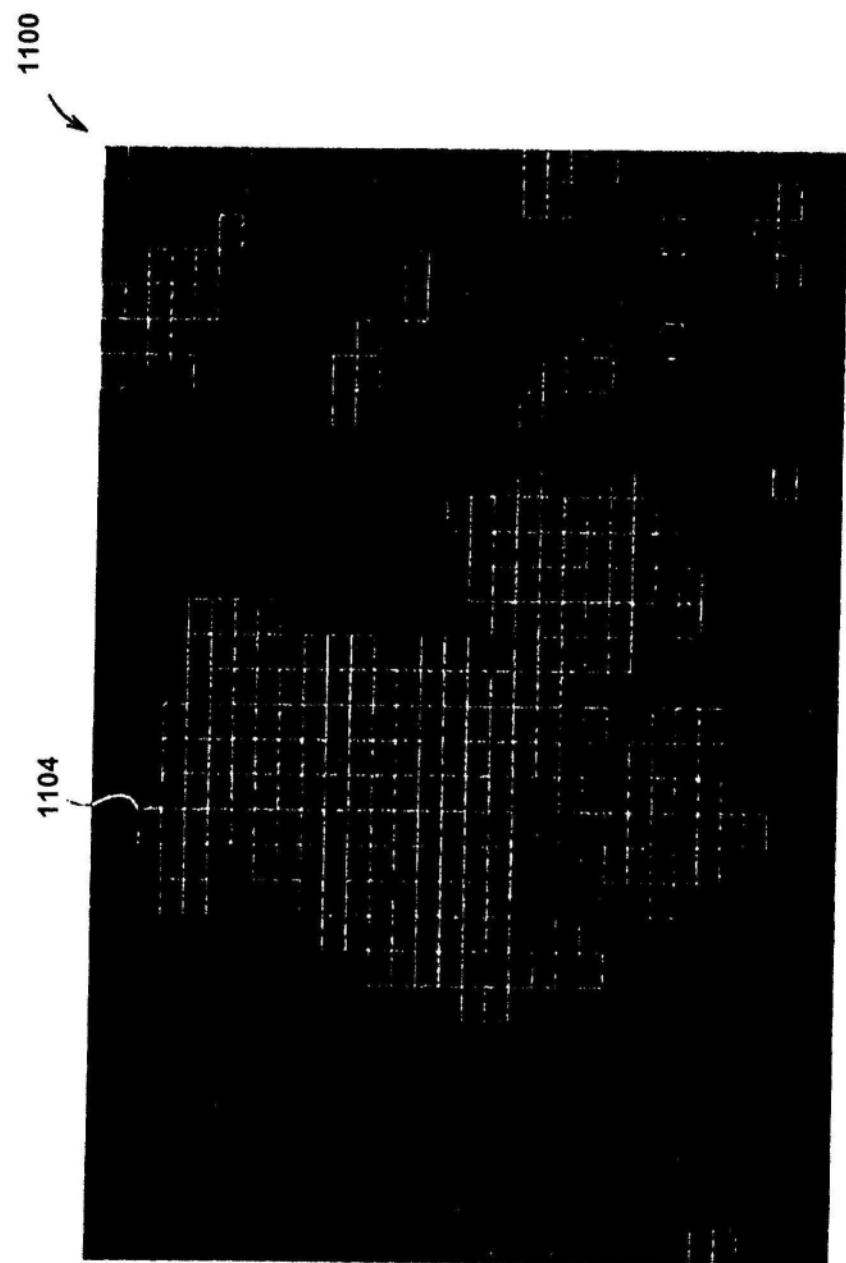


图11

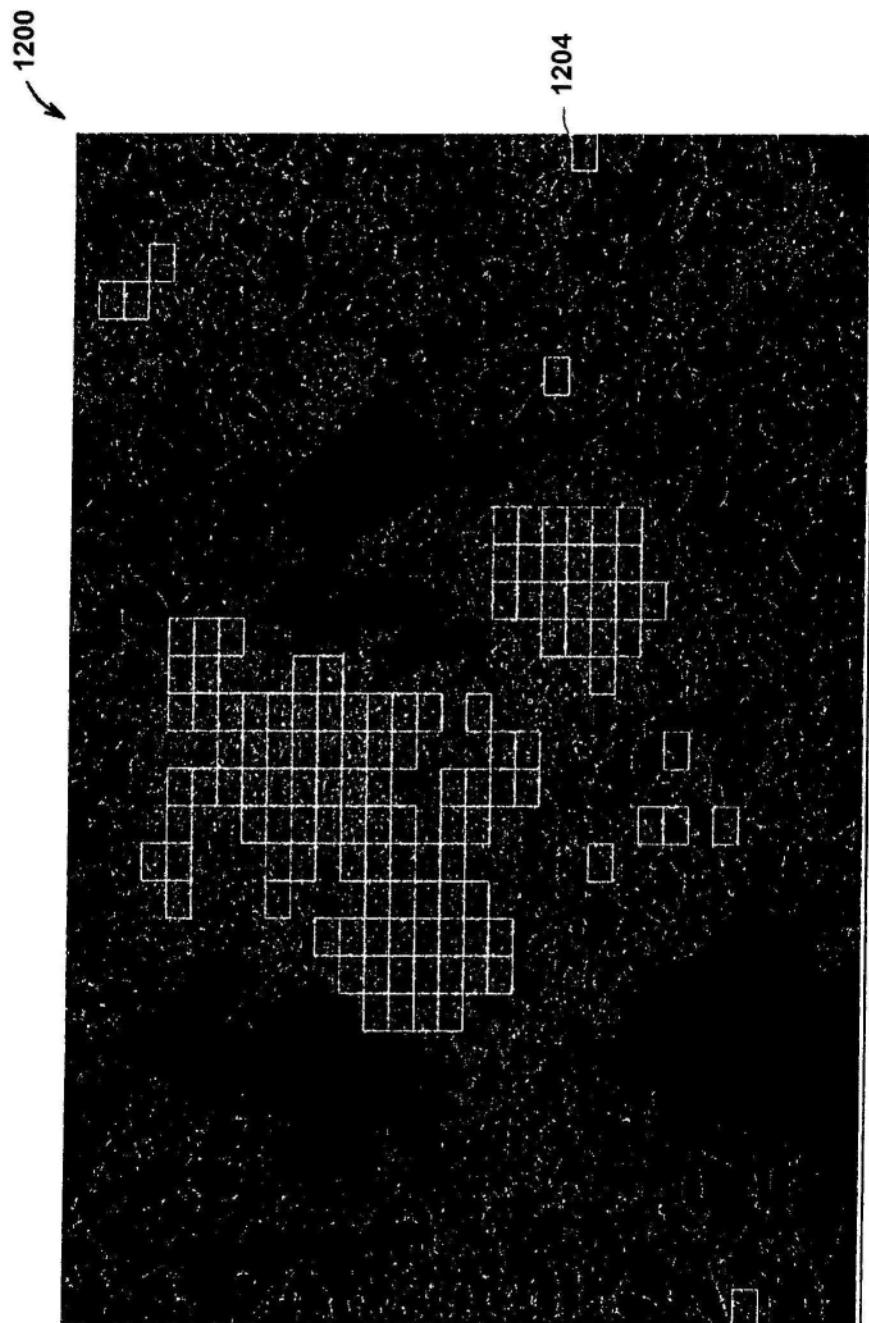


图12

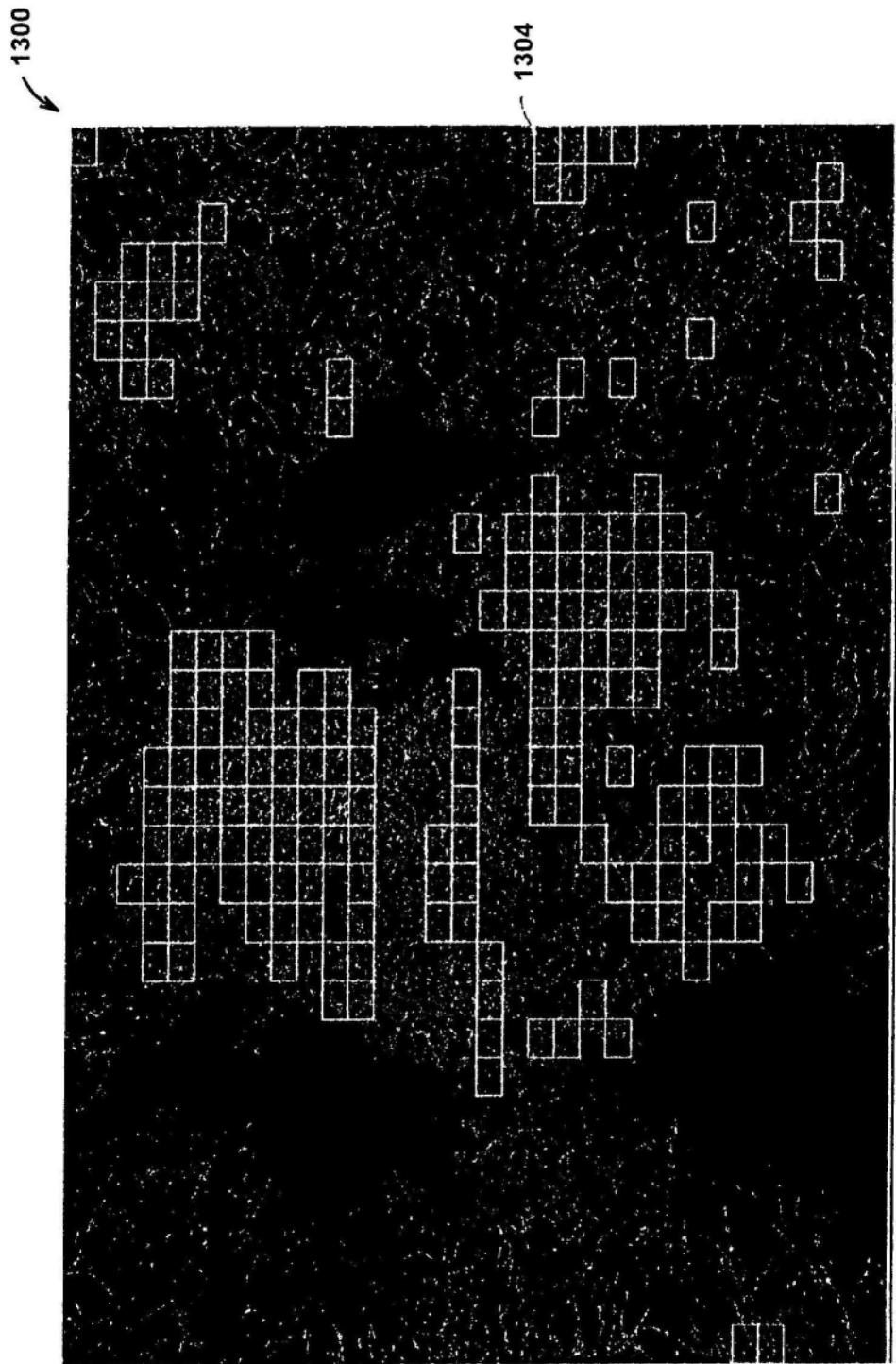


图13

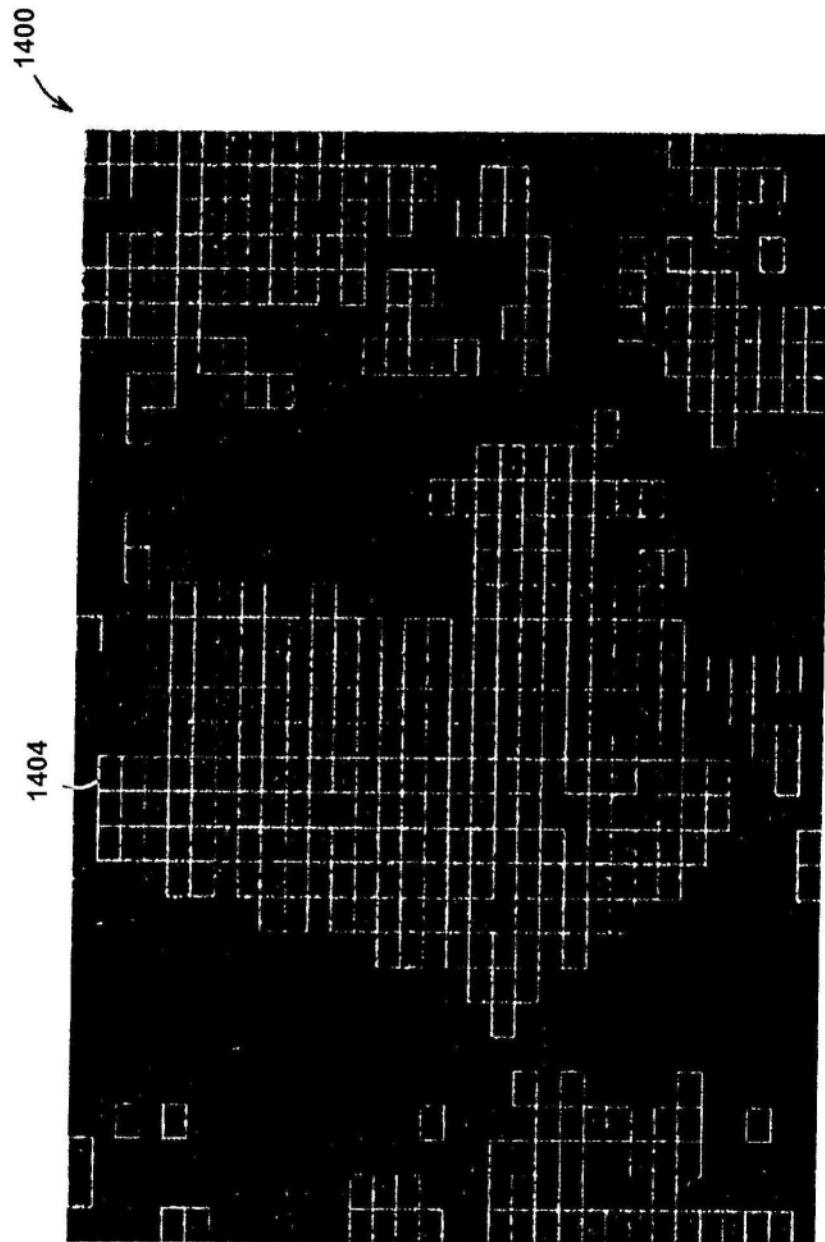


图14

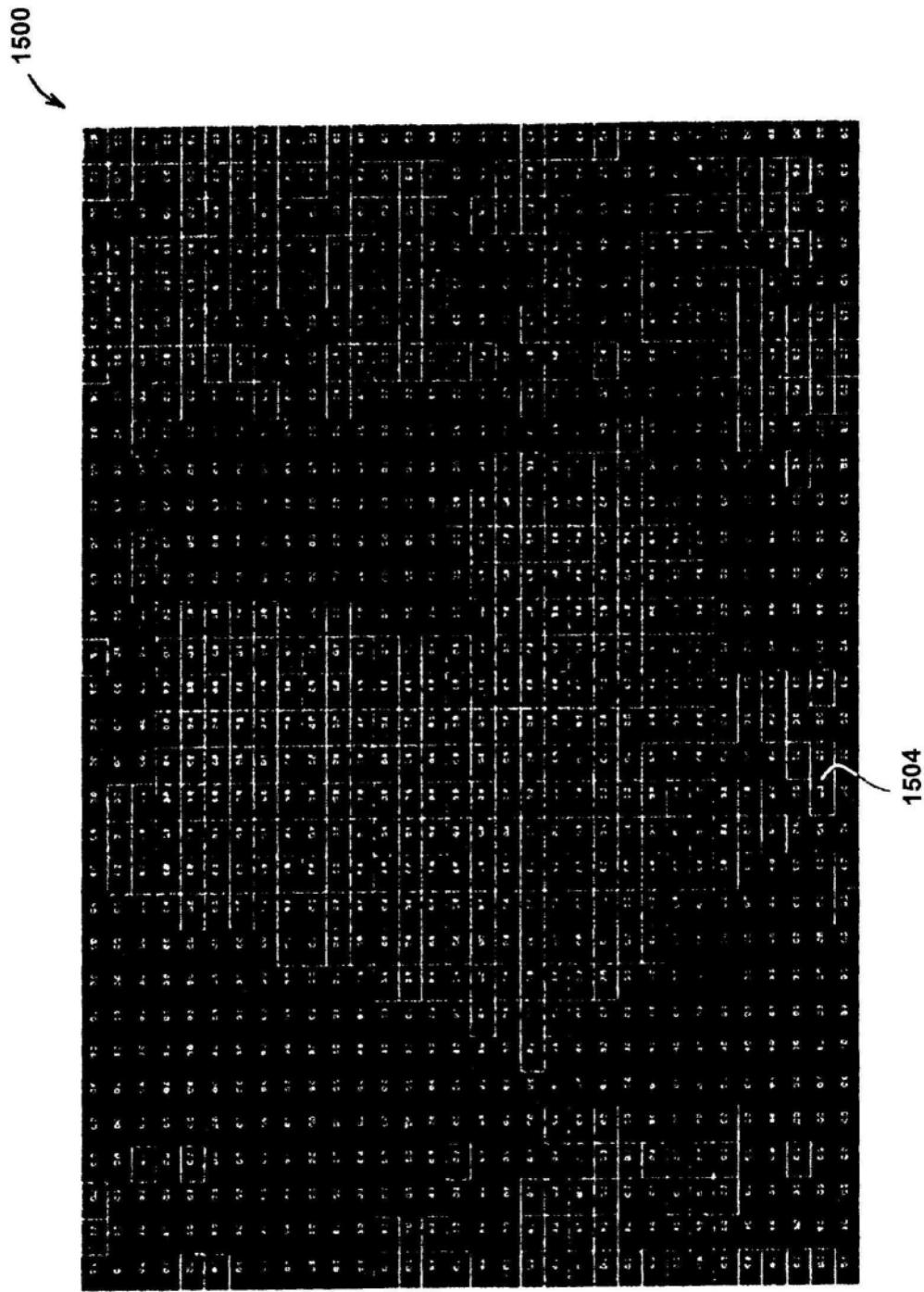


图15