



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103107113 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201210459115.8

(22)申请日 2012.11.14

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103107113 A

(43)申请公布日 2013.05.15

(30)优先权数据  
1119598.9 2011.11.14 GB

(73)专利权人 SPTS科技有限公司  
地址 英国新港

(72)发明人 奥立佛·J·安塞尔

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270  
代理人 张颖玲 徐川

(51)Int.Cl.

H01L 21/66(2006.01)

H01L 21/67(2006.01)

H01J 37/32(2006.01)

H01J 37/244(2006.01)

(56)对比文件

US 2006255270 A1,2006.11.16,

CN 101459049 A,2009.06.17,

CN 1574243 A,2005.02.02,

US 6541388 B1,2003.04.01,

US 6670200 B2,2003.12.30,

审查员 曹丽冉

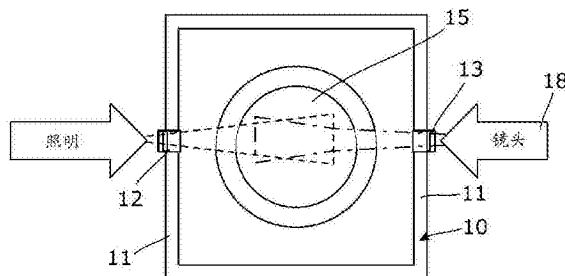
权利要求书1页 说明书4页 附图10页

(54)发明名称

刻蚀装置和方法

(57)摘要

本申请公开了一种刻蚀整个宽度的衬底以暴露出被掩埋的特征部的方法。所述方法包括：横跨衬底的宽度刻蚀衬底的面，以实现材料的基本均匀的移除；在刻蚀工艺期间照亮被刻蚀的面；将边缘检测技术应用于自所述面散射或反射的光，以检测被掩埋的特征部的出现；以及响应于被掩埋的特征部的检测来调整所述刻蚀。本申请还公开了一种用于在衬底的宽度上刻蚀衬底以暴露被掩埋的特征部的刻蚀装置。



1. 一种刻蚀整个宽度的衬底以暴露出被掩埋的特征部的方法,所述方法包括:
  - (a) 横跨衬底的宽度刻蚀所述衬底的面,以实现材料的基本均匀的移除;
  - (b) 在刻蚀工艺期间照亮被刻蚀的面;
  - (c) 将边缘检测技术应用于自所述面散射或反射的光,以检测被掩埋的特征部的出现;以及
  - (d) 响应于被掩埋的特征部的检测来调整所述刻蚀。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中以锐角照亮所述被刻蚀的面。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中步骤(c)包括使用镜头捕捉反射光或散射光以用于产生输出信号,并使用边缘检测器滤波器以用于自所述镜头的输出信号检测边缘的出现。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述镜头被定位为以锐角接收散射或反射的光。
5. 根据权利要求3所述的方法,其中所述边缘检测器滤波器为索贝尔滤波器。
6. 根据权利要求1或2所述的方法,其中调整所述刻蚀的步骤是停止所述刻蚀的步骤。
7. 一种用于横跨衬底的宽度刻蚀所述衬底以暴露出被掩埋的特征部的刻蚀装置,所述刻蚀装置包括:
  - (a) 用于刻蚀衬底的刻蚀室;
  - (b) 用于衬底的支撑物,所述支撑物用于将所述衬底保持在基本水平的位置,并使要刻蚀的面暴露出来;
  - (c) 用于照亮所述面的照明源,所述照明源相对于所述支撑物以锐角安装;
  - (d) 用于以锐角捕捉自所述面散射或反射的光的镜头;
  - (e) 与所述镜头配合的边缘检测器,所述边缘检测器用于检测所述面上的至少一个边缘的出现;以及
  - (f) 用于控制所述刻蚀室的刻蚀操作并响应于边缘的检测停止所述刻蚀的控制器。
8. 根据权利要求7所述的装置,其中所述边缘检测器包括索贝尔滤波器。
9. 一种刻蚀整个宽度的衬底以暴露出被掩埋的特征部的端部的方法,所述方法包括:
  - (a) 横跨衬底的宽度刻蚀所述衬底的面,以实现材料的基本均匀的移除;
  - (b) 在刻蚀工艺期间照亮被刻蚀的所述面;
  - (c) 检测由自所述面散射或反射的光所呈现的所述面的图像中的非均质性,以检测所述被掩埋的特征部的暴露;以及
  - (d) 响应于被掩埋的特征部的检测来调整所述刻蚀。

## 刻蚀装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于通过等离子体刻蚀均匀地移除衬底的整个宽度上的材料,以使被掩埋、被填充的通孔或其它被掩埋的特征部的端部暴露出来的装置和方法。

### 背景技术

[0002] 终点检测的问题是等离子体刻蚀工业中熟知的问题,并且已经开发了各种技术,用以检测衬底已经被刻蚀到所希望的深度处的点,以便能停止刻蚀工艺。在典型的应用中,特征部被刻蚀穿过遮盖层并进入在下的一层或多层。对终点(即抵达希望的刻蚀深度)的检测倾向于基于两种不同的技术。其一,装置或操作者寻找在刻蚀自一层突破到另一层的点处的化学变化。所述变化可以是源于器件中形成的实际的层的化学变化,或者可以将薄的刻蚀阻挡层刻意地沉积在两层之间,以便引起化学变化。早期仅仅是将刻蚀进行固定的时间。历年来已开发了更成熟快捷的技术。第二种技术基于依赖于衬底的上表面(例如硬遮盖)的干涉测量方法或反射测量方法,所述上表面形成参考表面,可对照所述参考表面来判断刻蚀结构的深度。

[0003] 近来,3D器件集成方案已经开始对工艺设备产生新挑战。图1中示出了一种可能的工艺和设备流程图,其为来自ITRS(International Technology Roadmap for Semiconductors,国际半导体技术路标)2009版组装和包装部分的图EP17。该图示出了器件的逐步发展过程,并且在该顺序的高亮部分中需要后续减薄。在该步骤中,其中形成有被填充的通孔的器件被翻转,使得衬底的背面能被下移到被填充的通孔或其他被掩埋的特征部的顶部的水平。

[0004] 传统上,这可以通过化学机械打磨而完成,但有利的是使用等离子体刻蚀工艺来进行该步骤的在后阶段。US-B2-7416648是此类工艺的示例。但是由于衬底是横跨其整个宽度被刻蚀的,因此没有可以用于干涉测量方法或反射测量方法的参考表面。同样,由于被掩埋的特征部是如此之小(典型地为10 $\mu\text{m}$ 直径),并形成刻蚀面的整个区域的如此小的一部分,使得任何化学变化都小到难以检测到。整个顶部表面刻蚀工艺在图2中示意性示出。如果被掩埋的特征部上方的材料的厚度显著的话,则便于使用化学机械打磨,直到相当接近于预期的被掩埋的特征部的尖部的位置,例如10 $\mu\text{m}$ 以内,然后再刻蚀。图1(a)示出了预刻蚀的情况。

### 发明内容

[0005] 本发明一方面在于一种(通常在没有遮盖层的情况下)刻蚀整个宽度的衬底以暴露出被掩埋的特征部(例如被填充的通孔)的端部的方法,包括:

[0006] (a)在衬底的宽度上刻蚀所述衬底的面(face),以实现材料的基本均匀的移除;

[0007] (b)在所述刻蚀的工艺期间照亮被刻蚀的面;

[0008] (c)检测由自所述面散射或反射的光所呈现的所述面的图像中的非均质性,以检测所述被掩埋的特征部的暴露;以及

- [0009] (d)响应于被掩埋的特征部的检测来调整所述刻蚀。
- [0010] 本申请第二方面在于一种刻蚀整个宽度的衬底以暴露出被掩埋的特征部(例如被填充的通孔)的方法,包括:
- [0011] (a)在衬底的宽度上刻蚀所述衬底的面,以实现材料的基本均匀的移除;
- [0012] (b)在所述刻蚀的工艺期间照亮所述被刻蚀的面;
- [0013] (c)将边缘检测技术应用于自所述面散射或反射的光,以检测被掩埋的特征部的出现(appearance);以及
- [0014] (d)响应于被掩埋的特征部的检测来调整所述刻蚀。
- [0015] 应理解在这些工艺的每一个中,缺少参考表面以及缺乏显著的等离子体化学变化的问题均得到了克服。
- [0016] 调整所述刻蚀的步骤可包括改变所述工艺的条件或停止所述刻蚀。
- [0017] 尤其优选是以锐角照亮上述刻蚀面,并且在两种情况下步骤(c)均可包括使用镜头捕捉反射光或散射光以用于产生输出信号,并使用边缘检测器滤波器以用于自所述镜头的输出信号检测边缘的出现。
- [0018] 所述镜头(camera)可以被定位为以锐角接收散射或反射的光。
- [0019] 所述边缘检测器滤波器可为索贝尔滤波器。
- [0020] 本申请另一方面在于一种用于在衬底的宽度上刻蚀所述衬底以暴露被掩埋的特征部(例如被填充的通孔)的刻蚀装置,包括:
- [0021] (a)用于刻蚀衬底的刻蚀室;
- [0022] (b)用于衬底的支撑物,所述支撑物用于将所述衬底保持在基本水平的位置,并使要刻蚀的面暴露出来;
- [0023] (c)用于照亮所述面的照明源,所述照明源相对于所述支撑物以锐角安装;
- [0024] (d)用于以锐角捕捉自所述面散射或反射的光的镜头;
- [0025] (e)与所述镜头结合的边缘检测器,所述边缘检测器用于检测所述面上的至少一个边缘的出现;以及
- [0026] (f)用于控制所述刻蚀室的刻蚀操作并响应于边缘的检测而停止所述刻蚀的控制器。
- [0027] 所述边缘检测器可利用索贝尔滤波器。
- [0028] 应理解所述边缘检测器可以被用于在所述面的出现中检测非均质性的任何适合的非均质性检测器取代。但是由于晶圆上的通孔布置中使用的正交设置,索贝尔滤波器的使用对于边缘检测是尤其有用的。
- [0029] 虽然本发明是如上限定的,但是应理解本申请可包括上述或下述的特征的任何创造性的组合。

#### 附图说明

- [0030] 本申请可以以各种方式实施,现将通过参照附图以示例的方式说明具体的实施方式,附图中:
- [0031] 图1为如上所述的工艺和设备流程图;
- [0032] 图2为显示要进行的刻蚀工艺的示意图;

[0033] 图3(a)为来自申请人的装置的镜头的原始图像,该原始图像示出了其中被掩埋的特征部已被暴露出来的表面;图3(b)显示刻蚀后的表面图像;图3(c)显示经应用索贝尔边缘滤波器(Sobel edge filter)后的图像;图3(d)示出作为刻蚀时间的函数的垂直边缘检测的强度信号的变化;

[0034] 图4(a)和图4(b)为显示可能的照明和镜头位置的装置的示意性俯视图和侧视图;

[0035] 图5(a)和图5(b)显示分别来自反射光和散射光的经处理的图像;

[0036] 图6为本申请人的工艺的实施方式的示意性流程图;

[0037] 图7显示出该工艺期间在面上感兴趣的区域中的索贝尔滤波器的输出的平均强度;以及

[0038] 图8(a)、图8(b)和图8(c)分别为终点前的经处理的图像、终点后的经处理的图像和终点后的原始图像。

### 具体实施方式

[0039] 图4(a)和图4(b)示意性显示装有衬底支撑物11的刻蚀室10的一部分。这样的刻蚀室的构造和操作是本领域技术人员熟知的,除了为理解本申请的必要,此处将不赘述。

[0040] 窗口12、13形成在刻蚀室10的各相对的壁11中。照明源14将衬底16的暴露面15的一部分表面照亮。经散射的辐射线17通过窗口13传到镜头18,并为镜头18所检测。

[0041] 有大量的图像检测技术可以用于区分被镜头检测到的连续图像,以确定因被掩埋的特征部的上表面的出现而导致的面15从均质面向非均质面的变化。为简单起见,以下将把这些特征部当作被填充的通孔。例如在图2(a)和图2(b)中的19处示出这些通孔。但是在许多这样的检测技术中,镜头的像素大小必须小于暴露的被掩埋的特征部的表面面积。由于被掩埋的特征部通常具有10 $\mu$ m的直径,这是技术要求,并需要极其昂贵的镜头。相应地,在具体的实施方式中,申请人理解到可以通过使用边缘检测技术例如索贝尔滤波器而避免对该像素大小限制的需要。

[0042] 其优点由图3(a)至图3(d)可见。在图3(a)处示出了面15的被照亮区域的基本图像。图3(b)显示经放大和提高对比度的经刻蚀的特征部的图像。图3(c)示出经索贝尔边缘滤波器处理过的图像。很清楚检测到的通孔现在明显变得更可见,因为使被掩埋的特征部对齐而提高了所导致的索贝尔滤波器的强度变化。

[0043] 索贝尔滤波器在本领域中是为人熟知的,但为了便于理解本发明,索贝尔滤波器利用索贝尔算子(其为离散的微分算子)来计算图像强度函数的梯度的近似值。实际当中,所述索贝尔滤波器用于将垂直滤波器和水平滤波器对图像排序。然后处理图像的强度,以促使图像中的特征部边缘的出现。优选在整个刻蚀工艺过程中实施该排序。这在这样的晶圆的区域中示出,对于所述区域,用图3(d)中示出的曲线图获取图3(a)至图3(c)的图像。刻蚀的第一个六分钟的区域因为表面是均质的而未显示出垂直边缘检测信号的显著的强度变化,六分钟后该曲线图则由于被掩埋的特征部的出现造成图像的强度梯度变化而升高。该梯度变化可用做刻蚀终点信号。

[0044] 图5(a)和图5(b)示出经处理的图像,其中光被散射(即光源与镜头相对)或反射(即光源从镜头同侧发射)。当光被反射时,特征部显得比背景更亮(图5(a)),而当光被散射时,特征部则显得比背景更暗(图5(b))。

[0045] 相对于从上方直接观察,将镜头定位在相对晶圆的较浅角度处意味着晶圆的拓扑结构在图像中得以增强。可以以简单化的方式见到作为投射的单个阴影的被填充的通孔19的略微暴露出来的尖部20。照明越倾斜,强度梯度的增加的变化以及阴影的长度越大。

[0046] 图6示意性示出上述工艺。这样,开始上述工艺,并随着时间监控镜头。入射到镜头上的光穿过索贝尔滤波器21而产生增强的图像。索贝尔滤波器24的输出信号被馈送到比较器22中。如果滤波器输出高于预设的阈值,则比较器将信号馈送到延迟器器(delay)23中,然后延迟器器23停止或调整上述工艺。

[0047] 组成部分22和23通常会形成用于刻蚀装置的控制器的部分。

[0048] 图7中进一步示出该方法,图7显示上述工艺期间在感兴趣的区域内的镜头输出的平均强度,其中的曲线图显示在工艺过程期间在感兴趣的区域内的平均强度的度量。该数据取自200nm直径的晶圆中心内约3cm×2cm的感兴趣的区域。约500秒后平均强度的急剧升高显示了暴露的通孔的出现。以下给出代表性的图像。

[0049] 图8中给出其它图像。图8(a)显示终点前的经处理的图像;图8(b)显示终点后的经处理的图像,其中可以很容易地检测到自水平面约30°处对齐的一系列特征部,而图8(c)显示相应的原始图像,图8(b)的经处理的图像是用该原始图像制备的。

[0050] 应理解,本申请人的方法克服了缺少参考表面以及等离子体化学的显著变化的缺陷,并且在边缘检测器的应用中,能实现特别经济的终点检测工艺和装置。

工艺和设备流程图

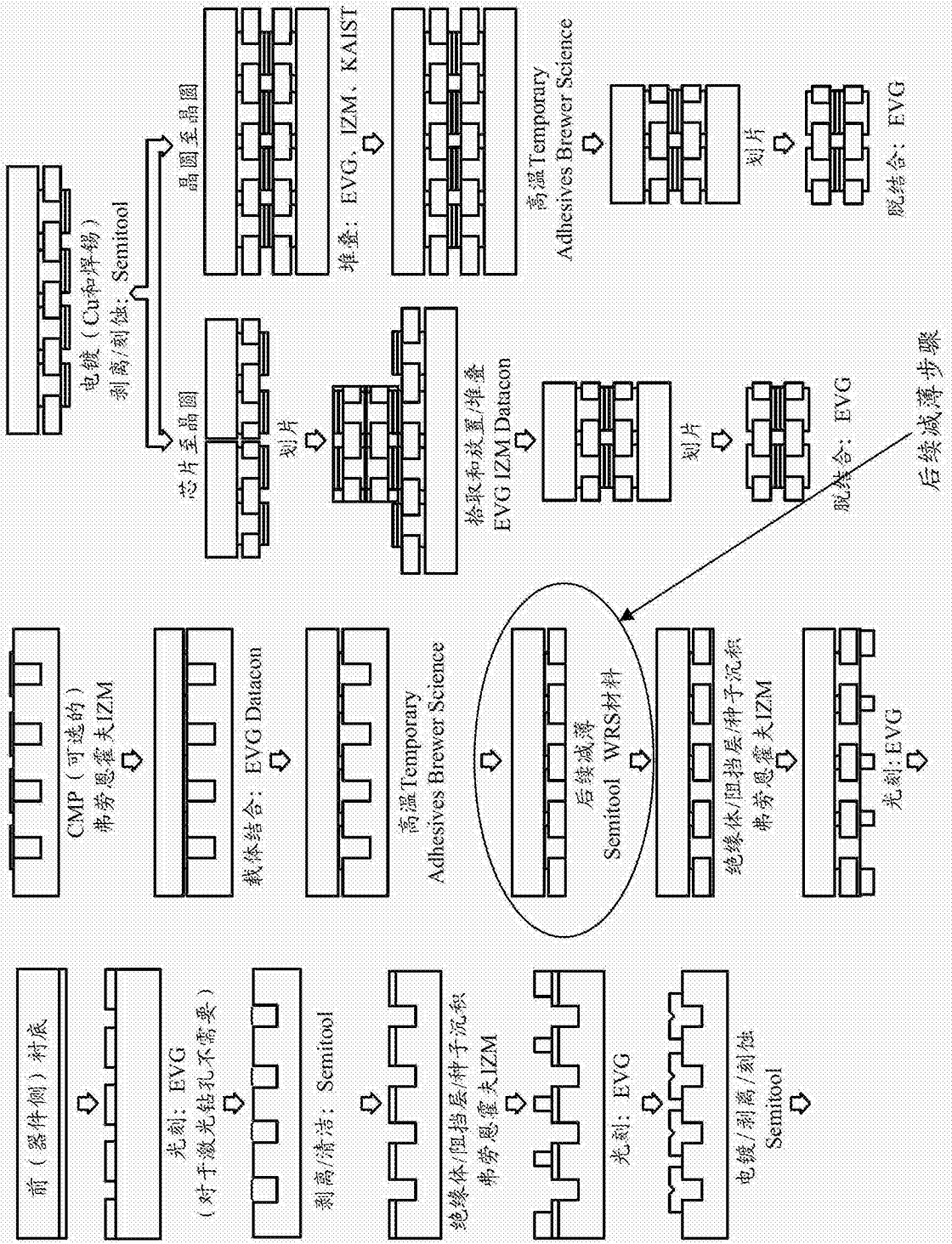
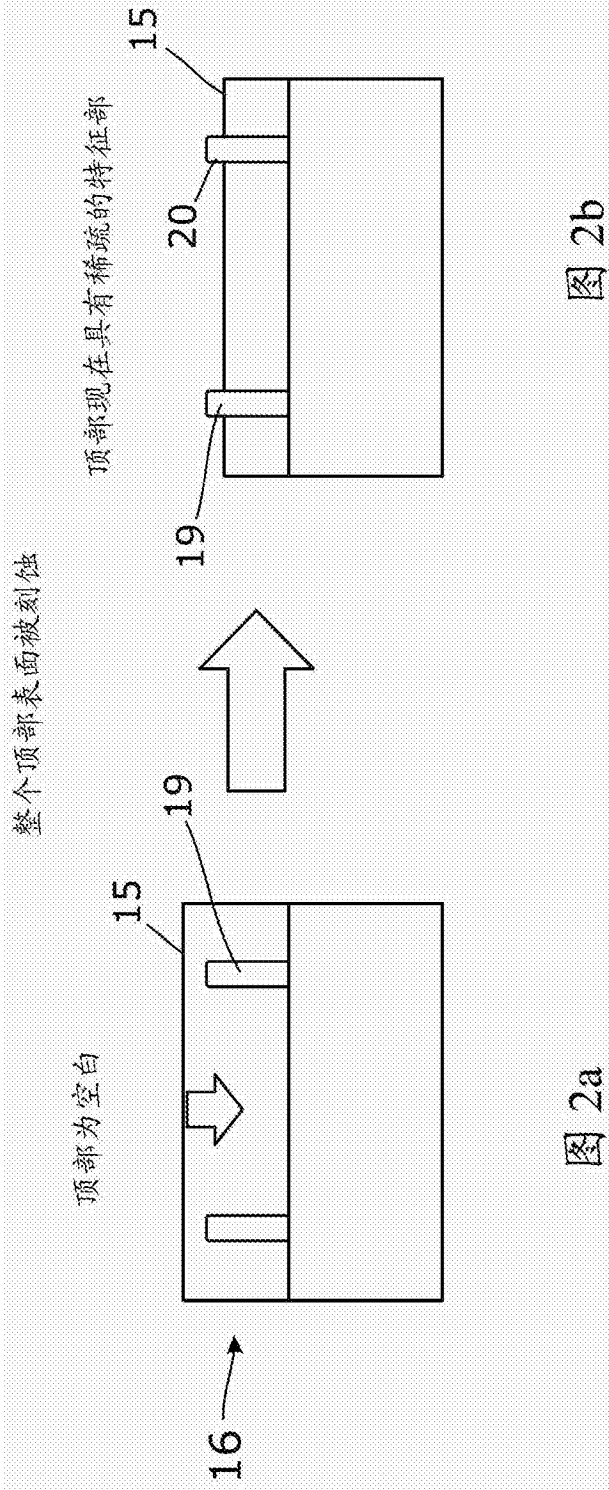


图1



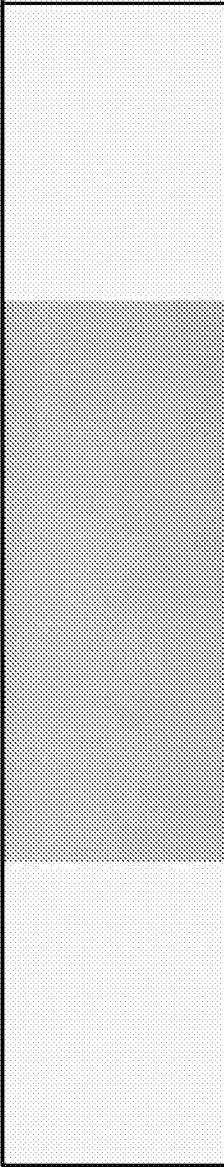
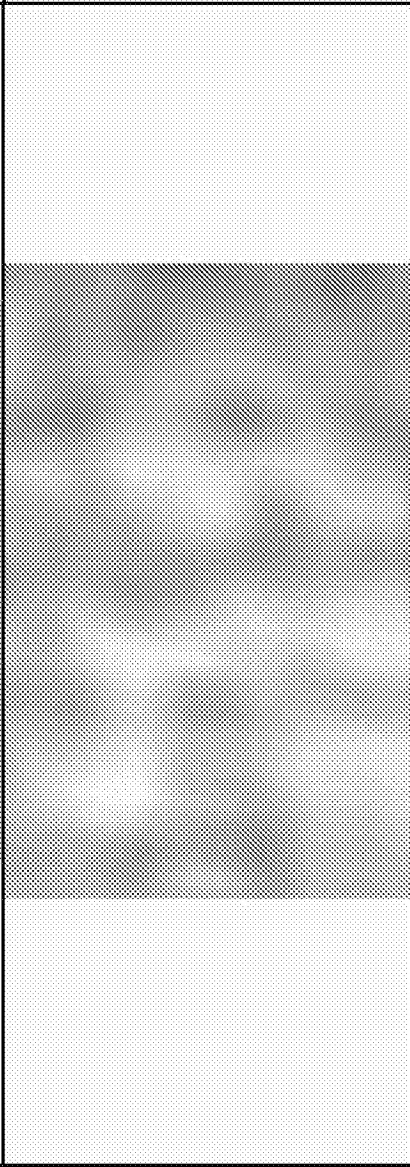
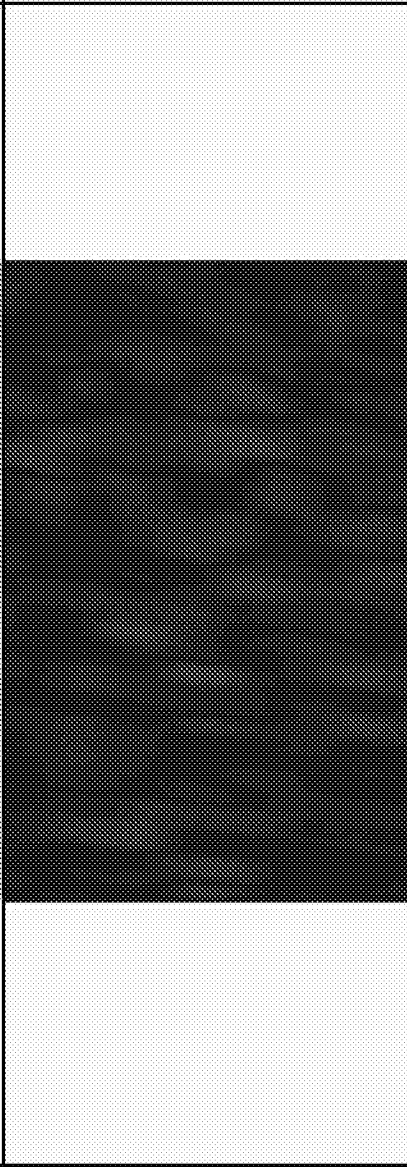
原始图像 区域	经处理的图 像	应用索贝尔 边缘滤波器 (检测竖直 延伸的边 缘)
		

图 3(a)

图 3(b)

图 3(c)

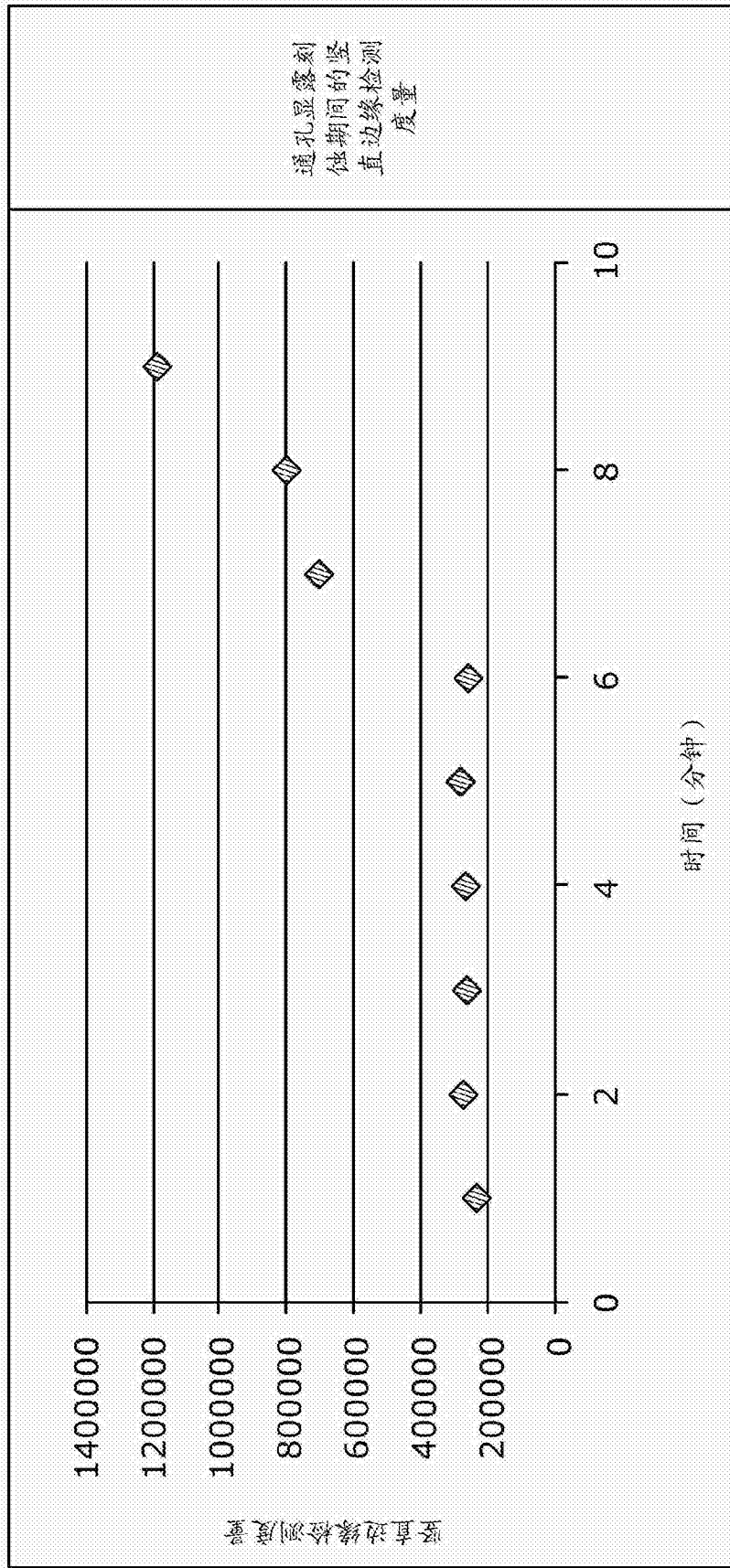


图3(d)

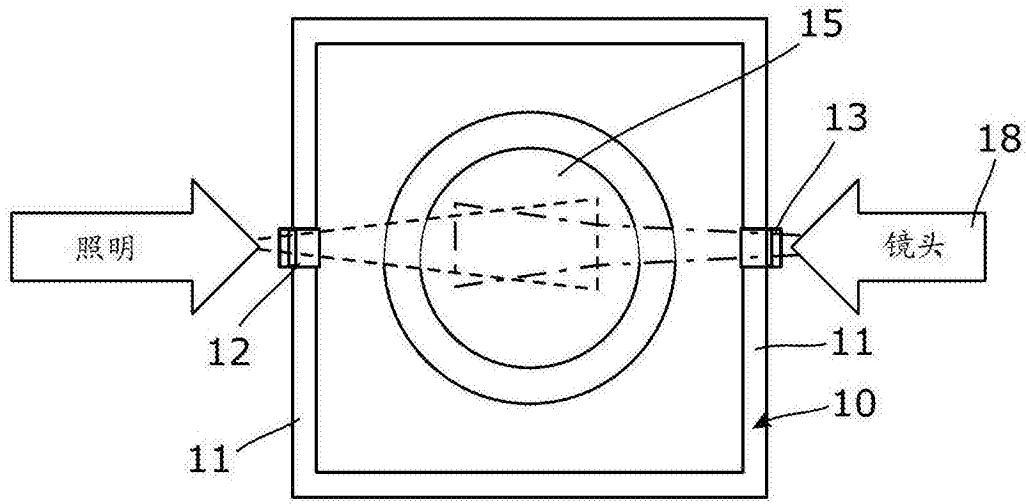
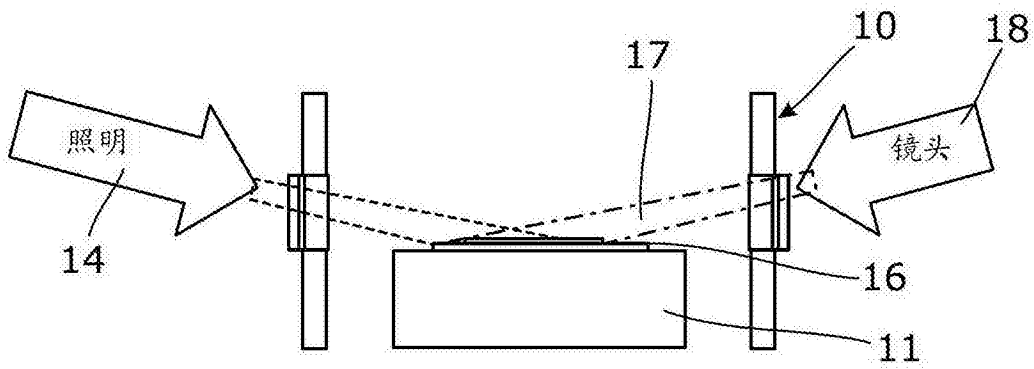


图4(a)



镜头和照明定位的示例

图4(b)

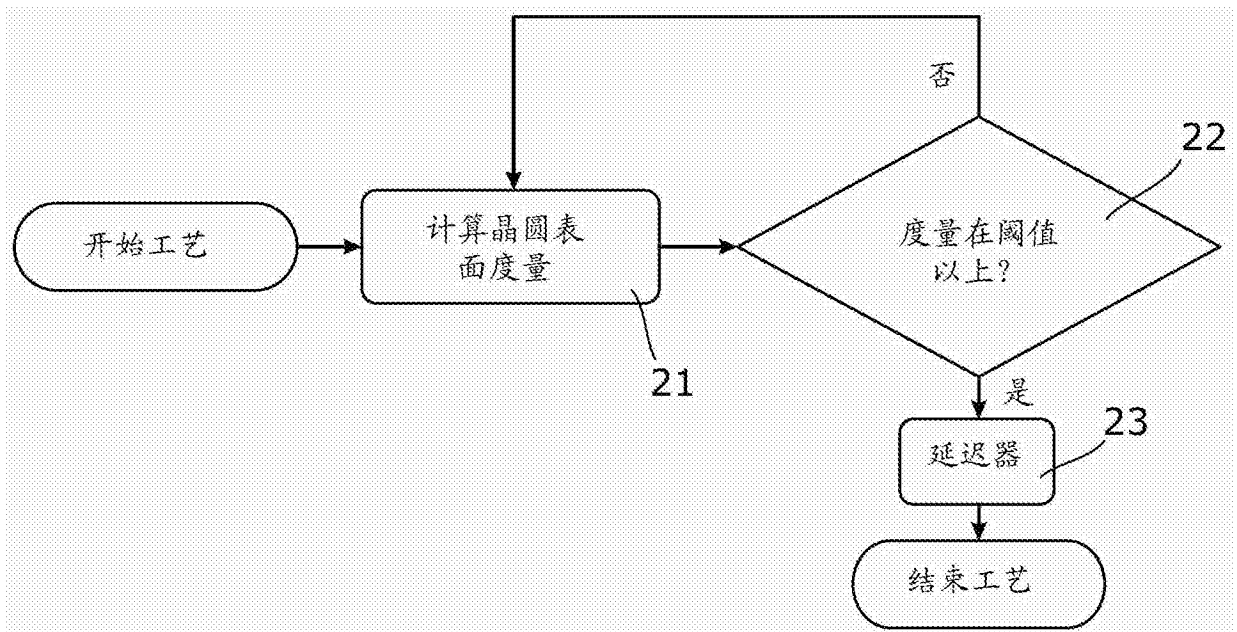
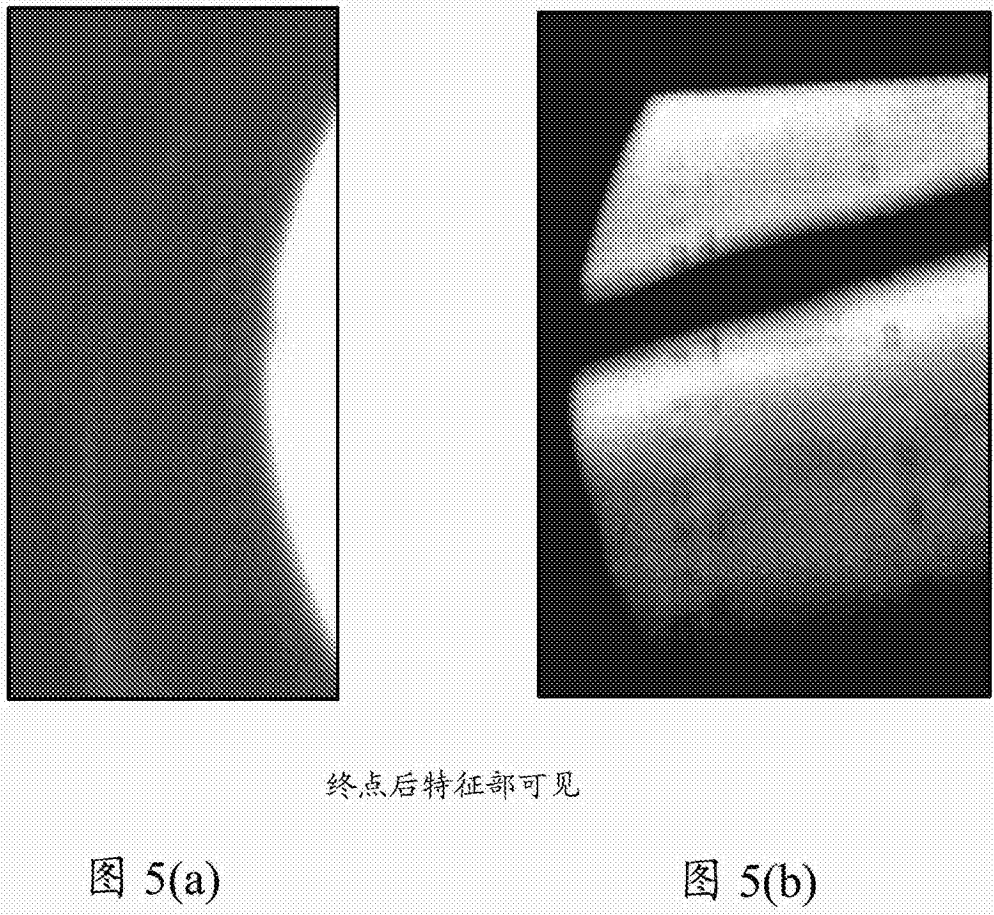


图6

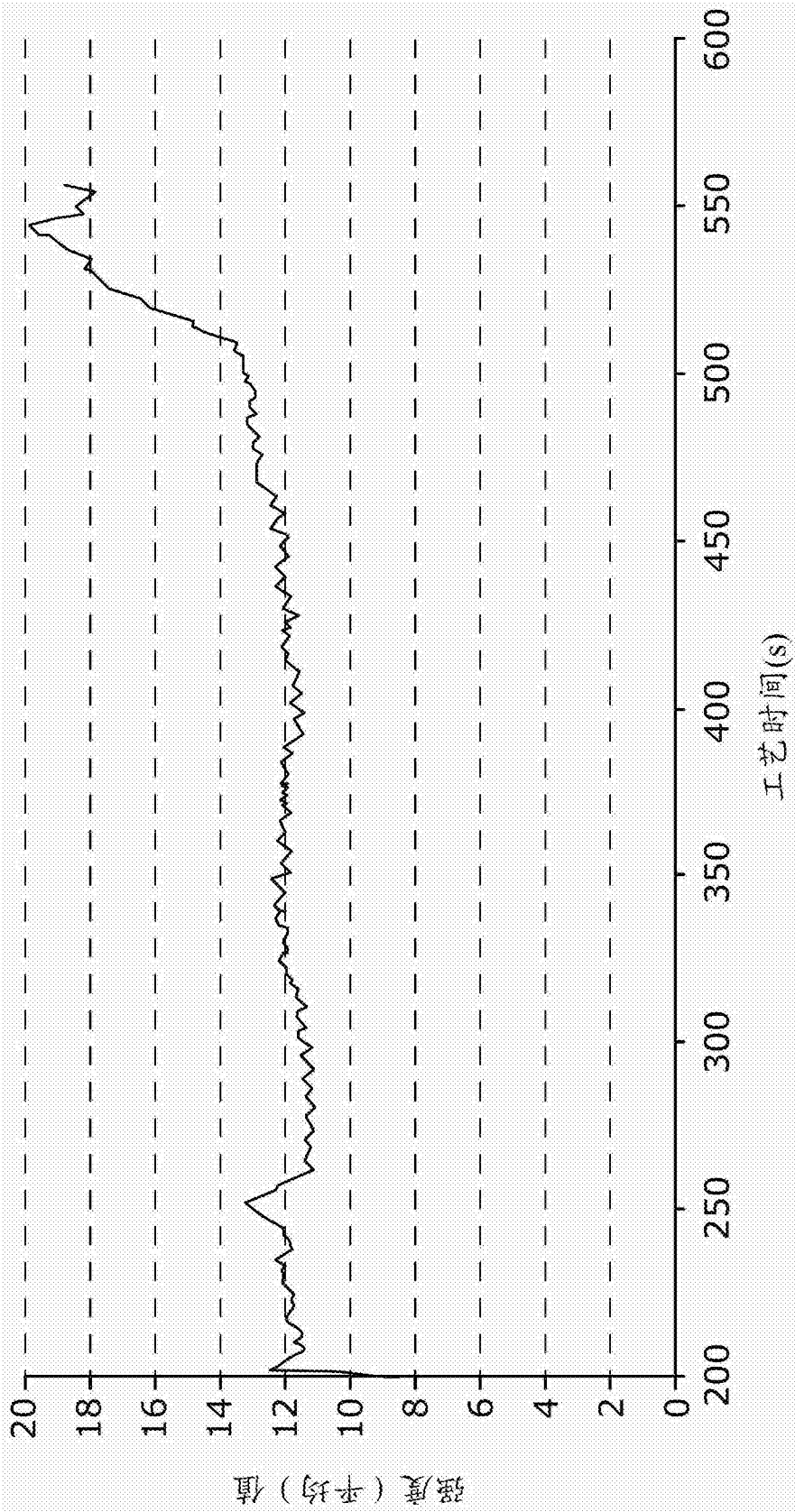


图7

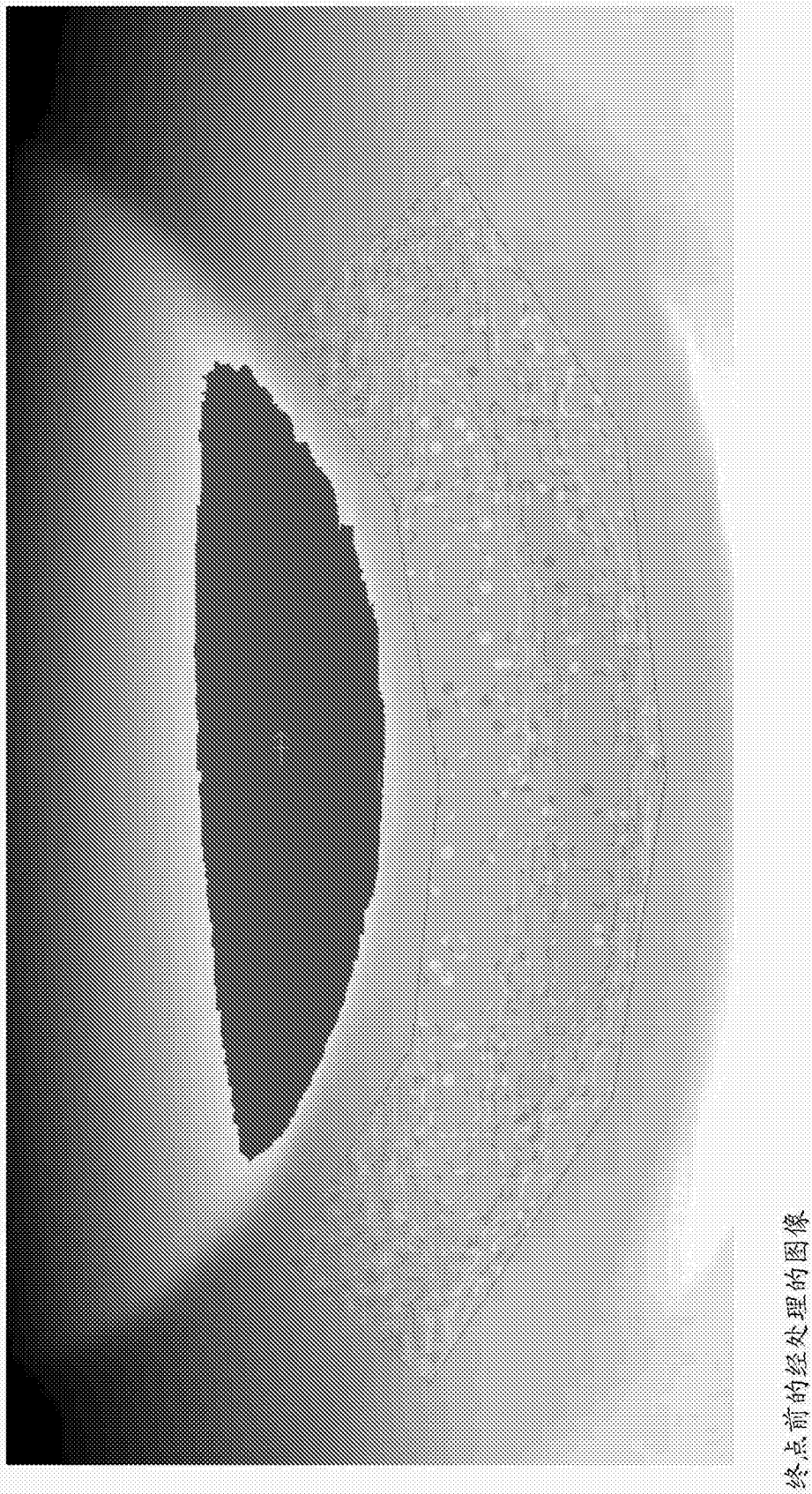


图8(a)

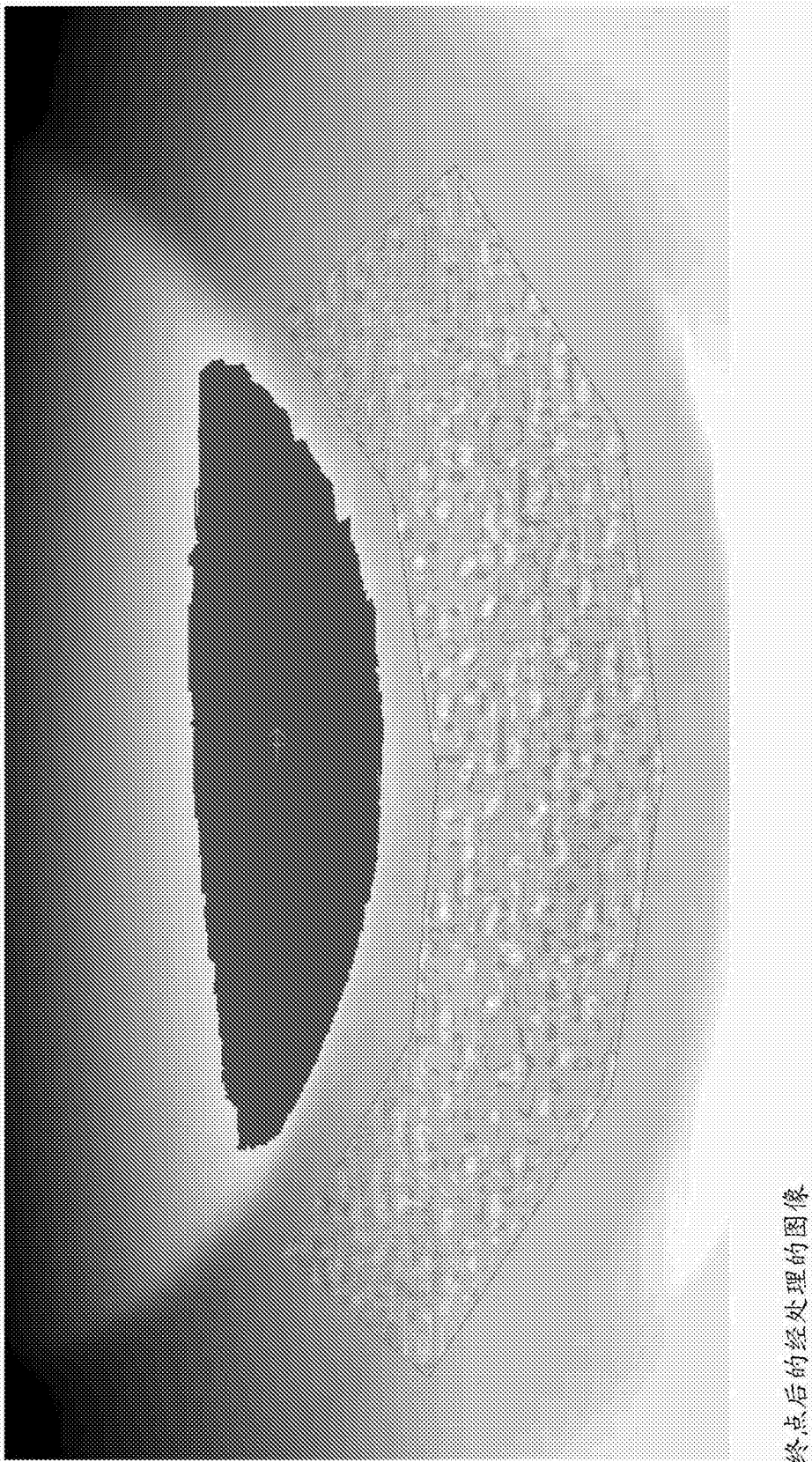


图8(b)

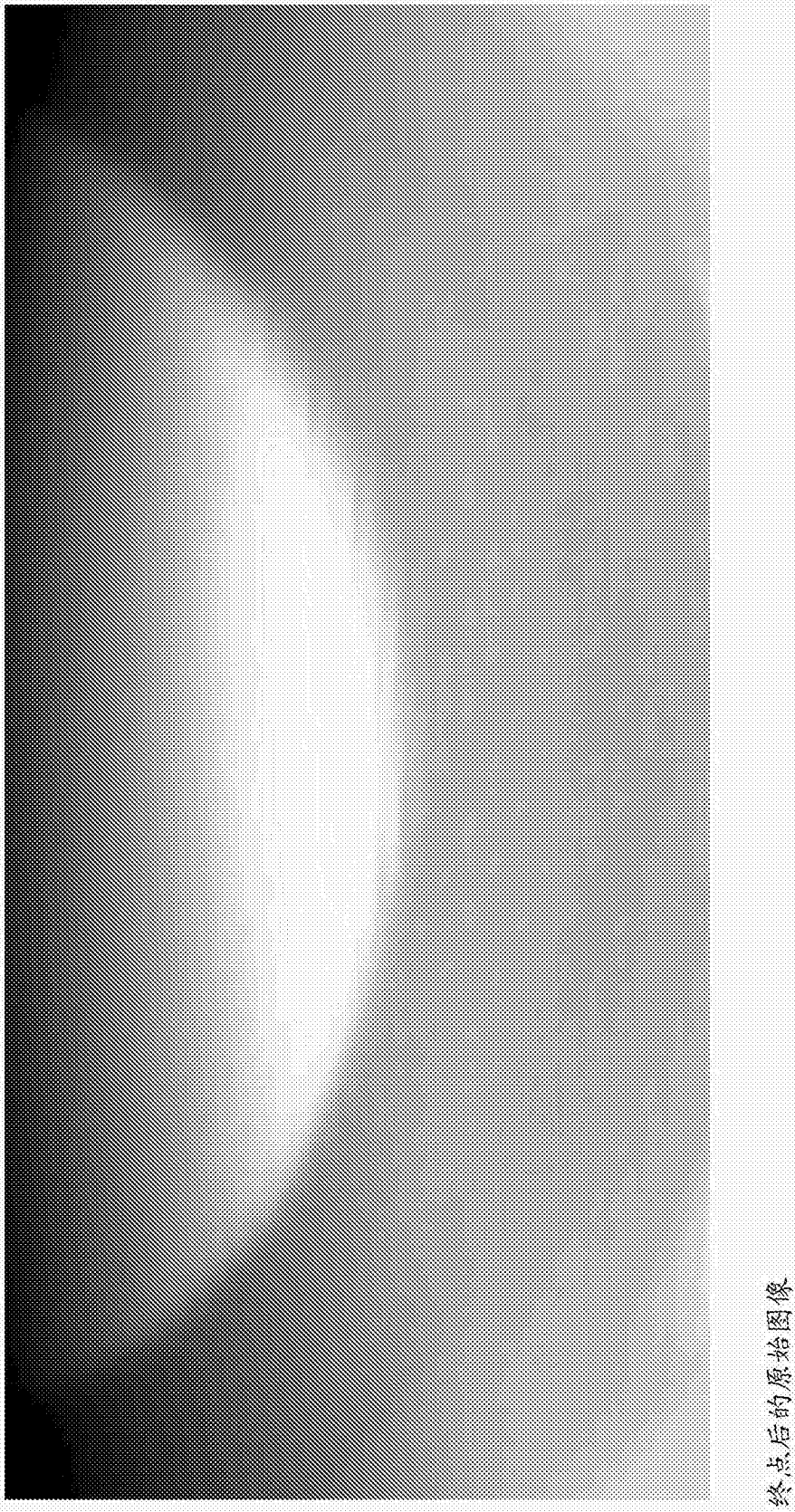


图8(c)