

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01800540.3

[43] 公开日 2002 年 8 月 14 日

[11] 公开号 CN 1364310A

[22] 申请日 2001.3.12 [21] 申请号 01800540.3

[30] 优先权

[32] 2000.3.16 [33] US [31] 09/526,585

[86] 国际申请 PCT/US01/07724 2001.3.12

[87] 国际公布 WO01/71786 英 2001.9.27

[85] 进入国家阶段日期 2001.11.16

[71] 申请人 纽约市哥伦比亚大学托管会

地址 美国纽约州

[72] 发明人 J·S·安

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

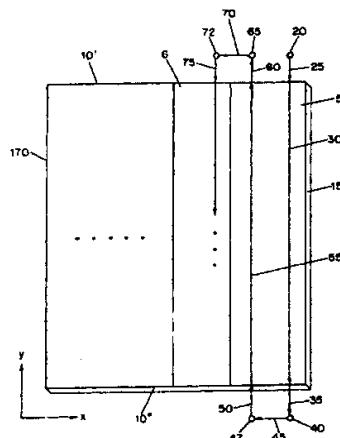
代理人 李家麟

权利要求书 5 页 说明书 11 页 附图页数 6 页

[54] 发明名称 提供连续运动顺序横向固化的方法和系统

[57] 摘要

一种对非晶硅薄膜样品进行加工以制造大晶粒并且晶粒边界受控的硅薄膜方法 和系统。薄膜样品包括第一边缘和第二边缘。具体说来,采用该方法和系统,使用准分子激光器来提供脉冲激光束,并且屏蔽脉冲激光束以产生图案子光束,每一图案子光束具有足以使薄膜样品融化的强度。用图案子光束以第一恒定预定速度沿第一边缘和第二边缘之间的第一路径对薄膜样品进行连续扫描。此外,用图案子光束 以第二恒定预定速度沿第一边缘和第二边缘之间的第二路径对薄膜样品进行连续扫描。



ISSN 1008-4274

# 权 利 要 求 书

---

1. 一种加工硅薄膜样品以制造晶化硅薄膜的方法，所述薄膜样品具有第一边缘和第二边缘，其特征在于，所述方法包括下列步骤：

(a) 控制激光束发生器以发射激光束；

(b) 屏蔽部分激光束以产生图案形式的子光束，每一图案形式的子光束照射到薄膜样品上，并具有足以融化薄膜样品的光强；

(c) 以第一恒定预定速度连续扫描薄膜样品，以致图案子光束的照射点在沿第一边缘和第二边缘之间的薄膜样品上的第一路径随图案子光束而移动；以及

(d) 以第二恒定预定速度连续扫描薄膜样品，以致图案子光束的照射点沿在第一边缘和第二边缘之间的薄膜样品上的第二路径上随图案子光束而移动。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤 (c) 包括：

连续平移薄膜样品，以致图案子光束沿第一路径顺序辐照所述薄膜样品的第一顺序部分，其中，所述第一部分因受到辐照而融化，而步骤 (d) 包括：

连续平移薄膜样品，以致图案子光束沿第二路径顺序辐照所述薄膜样品的第二顺序部分，其中，所述第二部分因受到辐照而融化。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，

在沿所述第一路径平移所述薄膜样品以辐照所述薄膜样品的下一个第一顺序部分之后，使以前照射的第一部分再固化；以及

在沿所述第二路径平移所述薄膜样品以辐照所述薄膜样品的下一个第二顺序部分之后，使以前照射的第二部分再固化。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

所述第一路径平行于所述第二路径；

在步骤 (c) 中，沿第一方向连续扫描所述薄膜样品；以及

在步骤 (d) 中，沿第二方向连续扫描所述薄膜样品，所述第一方向与所述第二方向相反。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一边缘的位置在所述薄膜样品的一侧，它与所述第二边缘所在的所述薄膜样品的一侧相对。

6. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，它还包含下列步骤：

(e) 在步骤 (d) 之前, 确定所述薄膜样品的位置, 以致图案子光束相对于所述薄膜样品照射到所述薄膜样品边界以外的第一位置上; 以及

(f) 在步骤 (e) 之后和步骤 (d) 之前, 微微平移所述薄膜样品, 以致所述图案子光束的照射从所述第一位置移动到所述第二位置;

其中, 当图案子光束照射到所述第二位置上时, 开始执行步骤 (d)。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 它还包括下列步骤:

(g) 在步骤 (d) 之后, 平移所述薄膜样品, 以致图案子光束照射到所述薄膜样品边界以外的第三位置上;

(h) 在步骤 (g) 之后, 使薄膜样品级进 (stepping), 以致图案子光束的照射从所述第三位置移动到一个第四位置上, 所述第四位置在所述薄膜样品边界以外处; 以及

(i) 在步骤 (h) 之后, 保持所述薄膜样品, 以致图案子光束照射到所述第四位置上, 直到所述薄膜样品的振动受到阻尼为止。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 它还包括下列步骤:

(j) 在步骤 (i) 之后, 对于所述薄膜样品上的图案子光束的第三和第四路径, 重复步骤 (c) 和 (d)。

9. 如权利要求 2 所述的方法, 其特征在于,

在步骤 (c) 中, 沿第一方向连续扫描所述薄膜样品; 以及

在步骤 (d) 中, 沿第二方向连续扫描所述薄膜样品, 并且还包括下列步骤:

(k) 在步骤 (c) 之后, 以第一恒定预定速度连续平移所述薄膜样品, 以致图案子光束的照射沿所述第一路径移动而到达一个第一位置上, 其中, 图案子光束照射到所述薄膜样品的第一顺序部分上, 使所述薄膜样品沿与所述第一方向相反的方向平移;

(l) 在步骤 (k) 之后和步骤 (d) 之前, 微微平移所述薄膜样品, 以致所述图案子光束的照射从所述第一位置移动到一个第二位置上, 所述第二位置位于所述薄膜样品边界以面的地方; 以及

(m) 在步骤 (l) 和 (d) 之后, 以第二恒定预定速度连续平移所述薄膜样品, 以致图案子光束的照射沿所述第二路径移动而到达所述第二位置, 其中, 图案子光束辐照所述薄膜样品的第二顺序部分, 使所述薄膜样品沿与所述第二方向相反的方

向平移。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，它还包括下列步骤：

(n) 在步骤 (m) 之后，使所述薄膜样品级进，以致使图案子光束的照射从所述薄膜样品边界外面移动，从所述第二位置移动到一个第三位置上；以及

(o) 保持所述薄膜样品，以致图案子光束照射在所述第三位置上，直到所述薄膜样品的振动受到阻尼为止。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，它还包括下列步骤：

(p) 在步骤 (p) 之后重复步骤 (c)、(d)、(k)、(l) 和 (m)，以致图案子光束的照射沿所述薄膜样品上的相应第三和第四路径而移动。

12. 一种把多晶硅薄膜样品加工成晶化薄膜的系统，所述薄膜样品有一个第一边缘和一个第二边缘，其特征在于，所述系统包括：

存储计算机程序的存储器；以及

执行计算机程序以进行下列步骤的加工装置：

(a) 控制激光束发生器以发射激光束；

(b) 屏蔽部分激光束以产生图案子光束，每一图案子光束照射到所述薄膜样品上，并具有足以融化所述薄膜样品的光强；

(c) 以第一恒定预定速度连续扫描所述薄膜样品，以致图案子光束的照射沿第一边缘和第二边缘之间所述薄膜样品上的第一路径随所述图案子光束而移动；以及

(d) 以第二恒定预定速度连续扫描所述薄膜样品，以致图案子光束的照射沿第一边缘和第二边缘之间所述薄膜样品上的第二路径随所述图案子光束而移动。

13. 如权利要求 12 所述的系统，其特征在于，

在步骤 (c) 的执行期间，所述加工装置使所述薄膜样品连续平移，以致图案子光束的照射沿所述第一路径而移动，其中，图案子光束辐照所述薄膜样品的顺序的第一部分，所述第一部分因受到辐照而融化；以及

在步骤 (d) 的执行期间，所述加工装置使所述薄膜样品连续平移，以致图案子光束的照射沿所述第二路径而移动，其中，图案子光束辐照所述薄膜样品的顺序第二部分，所述第二部分因受到辐照而融化。

14. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，

在所述加工装置使所述薄膜样品移动以致图案子光束沿所述薄膜取样的第一路

径辐照下一个第一顺序部分之后，使以前照射的第一部分沿所述第一路径再固化；以及

其中，在所述加工装置使所述薄膜样品平移以致图案子光束沿所述薄膜样品的第二路径辐照下一个顺序第二部分之后，使以前照射的第二部分沿所述第二路径再固化。

15. 如权利要求 12 所述的系统，其特征在于，  
所述第一路径平行于所述第二路径；  
当执行步骤 (c) 时，所述加工装置沿第一方向对所述薄膜样品进行连续扫描；  
以及

当执行步骤 (d) 时，所述加工装置沿第二方向对所述薄膜样品进行连续扫描，  
所述第一方向与所述第二方向相反。

16. 如权利要求 12 所述的系统，其特征在于，所述第一边缘的位置在所述薄膜样品的一侧，它与所述第二边缘所在的所述薄膜样品的一边相对。

17. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，  
所述加工装置执行下列附加步骤：  
(e) 在步骤 (d) 之前，确定所述薄膜样品的位置，以致图案子光束照射到相对于所述薄膜样品的所述薄膜样品边界以外的第一位置上；以及  
(f) 在步骤 (e) 之后和步骤 (d) 之前，微微平移所述薄膜样品，以致图案子光束的照射从所述第一位置移动到一个第二位置上；并且  
所述加工装置一开始照射到所述第二位置上的图案子光束来执行步骤 (d) 。

18. 如权利要求 17 所述的系统，其特征在于，所述加工装置执行下列附加步骤：  
(g) 在步骤 (d) 之后，使所述薄膜样品平移，以致图案子光束的照射移动到一个第三位置上，所述第三位置在所述薄膜样品边界以外的地方；  
(h) 在步骤 (g) 之后，使所述薄膜样品级进，以致图案子光束的照射从所述第三位置移动到一个第四位置上，所述第四位置位于所述薄膜样品边界以外的地方；  
以及  
(i) 在步骤 (h) 之后，保持所述薄膜样品，以致图案子光束照射到所述第四位置上，直到所述薄膜样品的振动受到阻尼为止。

19. 如权利要求 18 所述的系统，其特征在于，所述加工装置执行下列附加步骤：

(j) 在步骤 (i) 之后，对于沿所述薄膜样品上的第三路径和第四路径的图案子光束照射，重复步骤 (c) 和 (d)。

20. 如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，在执行步骤 (c) 时，所述加工装置沿第一方向连续平移所述薄膜样品；

在执行步骤 (d) 时，所述加工装置沿第二方向连续平移所述薄膜样品，所述加工装置执行下列附加步骤：

(k) 在步骤 (c) 之后，以第一恒定预定速度连续平移所述薄膜样品，以致图案子光束的照射沿所述第一路径移动而到达一个第一位置，其中，图案子光束顺序辐照所述薄膜样品的第一顺序部分，使所述薄膜样品沿与所述第一方向相反的方向平移；

(l) 在步骤 (k) 之后和步骤 (d) 之前，微微平移所述薄膜样品，以致图案子光束的照射从所述第一位置移动到一个第二位置，所述第二位置位于所述薄膜样品边界以外的地方；以及

(m) 在步骤 (l) 和 (d) 之后，以第二恒定预定速度连续平移所述薄膜样品，以致图案子光束的照射沿所述第二路径移动而到达所述第二位置，以致图案子光束顺序地辐照所述薄膜样品的第二顺序部分，使所述薄膜样品沿与所述第二方向相反的方向平移。

21. 如权利要求 20 所述的系统，其特征在于，所述加工装置执行下列附加步骤：

(n) 在步骤 (m) 之后，使所述薄膜样品级进，以致使图案子光束的照射从所述薄膜样品边界以外的地方移动，从所述第二位置移动到一个第三位置上；以及

(o) 保持所述薄膜样品，以致所述图案子光束照射到所述第三位置上，直到所述薄膜样品的振动受到阻尼为止。

22. 如权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述加工装置执行下列附加步骤：

(p) 在步骤 (p) 之后，重复步骤 (c)、(d)、(k)、(l) 和 (m)，使图案子光束的照射沿所述薄膜样品上的第三路径和第四路径移动。

# 说 明 书

提供连续运动顺序横向固化的方法和系统

## 发明领域

本发明涉及加工薄膜半导体材料的一种方法和系统，尤其涉及使用激光照射和具有被照射的半导体薄膜的衬底连续运动而从衬底上的非晶或多晶薄膜来形成大晶粒控制晶粒边界位置的半导体薄膜。

## 发明背景

在半导体加工领域中，已经有多种使用激光把非晶硅薄膜转变成多晶薄膜的尝试。例如，在 James Im 等人的论文，“Crystalline Si Film for Integrated Active-Matrix Liquid-Crystal Display”（11 MRS Bulletin 39 (1996)）中，描述了传统的准分子激光退火技术。在这种传统系统中，使准分子激光束形成长光束，其长度一般长达 30 cm，并且宽度为 500 微米或更大。使成形的光束在非晶硅样品上逐步照射（stepped）以促使其融化，并在样品重新固化以后形成晶粒边界受控的多晶硅。

由于某些原因，使用传统的准分子激光热退火技术以产生多晶硅会产生一些问题。首先，加工过程中产生的多晶硅一般是由任意的一种微结构组成的小晶粒（即，晶粒边界的控制较差），并且颗粒的大小不均匀，因而器件的性能较差、不均匀，而且产量较低。其次，为了得到质量可接受并且晶粒边界受控的多晶薄膜，不得不将生产这种薄膜的制造成品率保持在低水平上。同时，加工过程通常要求非晶硅样品具有某种受控气压，并对其进行预热，这导致成品率降低。因此，本领域中，人们希望，在较大的成品率下生产出更高质量的多晶硅薄膜。同时，人们还希望有一种制造技术，采用该技术，能够在制造高质量的器件（如用于液晶板显示器的薄膜晶体管阵列）时生产出更大、更均匀的微结构多晶硅薄膜。

## 发明概要

本发明的目的是提供一种使用顺序横向固化过程生产大晶粒和晶粒边界位置受控制的多晶薄膜半导体的技术，并以快速方法生产这种硅薄膜。

用一种方法和系统实现这些目的中的至少某些目的，所述方法和系统用于把非晶或多晶硅薄膜样品加工成晶粒边界受控的多晶薄膜或单晶薄膜。薄膜样品包括第

一边缘和第二边缘。具体说来，使用这个方法和系统，控制激光束发生器辐射激光束，并且屏蔽该激光束的一部分而产生图案子光束（beamlet），每一子光束具有足以使薄膜样品融化的强度。图案子光束沿第一边缘和第二边缘之间的第一路径以第一恒定预定速度不断地对薄膜样品进行扫描。此外，图案子光束沿第一边缘和第二边缘之间的第二路径以第二恒定预定速度不断地对薄膜样品进行扫描。

在本发明的另一个实施例中，不断地沿第一方向平移薄膜样品，使得固定的图案子光束不断地沿第一路径照射薄膜样品的顺序第一部分。第一部分因受到辐照而融化。此外，不断地沿第二方向平移薄膜样品，以致固定的图案子光束沿第二路径照射薄膜样品的顺序第二部分。第二部分因受到辐照而融化。此外，在沿第一方向平移薄膜样品以辐照第一路径顺序下一部分之后，使第一部分冷却和重新固化，并且沿第二方向平移薄膜样品以辐照第二路径顺序下一部分之后，使第二部分冷却和重新固化。

在本发明的又一个实施例中，放置薄膜样品以致图案子光束相对于薄膜样品照射到薄膜样品边界以外的第一位置处。同时，沿从第二位置开始的第二路径扫描薄膜样品之前，可以使薄膜样品从第一位置微微平移到第二位置上。

在本发明的再一个实施例中，沿第二路径扫描薄膜样品之后，平移薄膜样品，以致图案子光束照射到经微微平移的薄膜样品边界以外的第三位置上。此后，可以使薄膜样品级进，从而使子光束的照射从第三位置移动到第四位置上，而第四位置在薄膜样品边界的外面。然后，保持薄膜样品，使图案子光束照射在第四位置上，直到薄膜样品停止振动和薄膜样品停止移动之后。

在本发明的另一个实施例中，沿第一方向不断地对薄膜样品进行扫描，以致固定位置子光束扫描第一路径，然后沿第二方向，以致固定位置的子光束扫描第二路径。沿第一方向移动薄膜样品之后，继续以第一恒定预定速度，沿第二方向使之平移，以致图案子光束沿第二路径辐照薄膜样品的第一顺序部分，而第二方向与第一方向相对。然后，微微平移薄膜样品，从而子光束的照射从第一位置移动到第二位置上，而第二位置位于薄膜样品边界的外面。此后，沿第一方向以第二恒定预定速度继续平移薄膜样品，从而图案子光束沿第二路径辐照薄膜样品的第二顺序部分，直到子光束照射到第二位置上，而第一位置与第二位置相对。

#### 附图简述

图 1a 示出本发明执行连续运动横向固化（“SLS”）的系统的典型实施例的图；

图 1b 示出根据本发明的一种方法的实施例，用于提供图 1a 所示系统可以用来进行连续运动 SLS；

图 2a 示出具有虚线掩膜的图；

图 2b 示出一部分晶化硅薄膜的图，所述晶化硅薄膜是从图 1a 所示系统中使用图 2a 中示出的掩膜方法产生的；

图 3a 示出具有人字形图案掩膜的图；

图 3b 示出一部分晶化硅薄膜的图，所述晶化硅薄膜是从图 1a 所示系统中使用图 3a 中示出的掩膜方法产生的；

图 4a 示出具有直线图案的屏蔽的图；

图 4b 示出一部分晶化硅薄膜的图，所述晶化硅薄膜是从图 1a 所示系统中使用图 4a 中示出的掩膜方法产生的；

图 5a 示出使用具有直线图案掩膜的硅样品的受照射区部分的图；

图 5b 示出在初始照射和已经平移了样品之后，以及采用图 1b 所示的方法期间在单个激光脉冲之后，使用具有直线图案掩膜的硅样品的受照射区部分的图；

图 5c 示出在已经发生第二次照射之后一部分晶化硅薄膜的示意图，它是使用图 1b 所示的方法产生的；

图 6a 示出具有对角线图案的掩膜；

图 6b 示出一部分晶化硅薄膜的图，所述晶化硅薄膜是从图 1a 所示系统中使用图 6a 中所示的掩膜产生的；

图 7 示出根据本发明方法的另一个实施例，用于提供图 1a 所示系统可以使用的连续运动 SLS；

图 8 是说明图 1b 所示的方法所执行的步骤的流程图。

### 详细描述

本发明提供了一种使用顺序横向固化过程而制造均匀大晶粒和晶粒边界位置受控的晶状薄膜半导体的技术。为了能够充分理解这些技术，读者首先必须理解顺序横向固化过程。

顺序横向固化过程是一种技术，用于通过在准分子激光器辐射的脉冲串之间使具有硅薄膜的样品作小幅单向平移而产生大晶粒硅结构。当硅薄膜吸收每个脉冲时，

导致薄膜的小区域完全融化，并重新固化成由一脉冲串前面的脉冲产生的晶体区域。

申请日为 1999 年 9 月 3 日的共同待批专利申请 09/390,537 中揭示了一种优越的顺序横向固化过程以及执行该过程的一种设备，该专利申请已转让给共同受让人，在此引用作为参考。尽管上述技术的揭示是针对 ‘537 申请中描述的特定技术来进行的，但读者应该理解，可以容易地将其它顺序横向固化技术(sequential lateral solidification)用于本发明。

图 1 示出根据本发明的系统，该系统能够执行连续运动 SLS 过程。同样如在 ‘537 申请中描述的那样，所述系统包括准分子激光器 110；能量密度调制器 120，用于快速地改变激光束 111 的能量密度；光束衰减器和光阑 130（在该系统中是任选的）；光学元件 140、141、142 和 143；光束均化器(beam homogenizer)144、透镜和光束控制系统 145、148；屏蔽系统 150；另一个透镜和光束控制系统 161、162、163；入射激光脉冲 164；衬底上的硅薄膜样品 170、样品平移台 180；花岗石块 190；支撑系统 191、192、193、194、195、196；以及计算机 100，它控制硅薄膜样品和衬底 170 的 X 和 Y 方向移动和微移动。计算机 100 通过屏蔽系统 150 中的屏蔽装置的移动或通过样品平移台 180 的移动来控制平移和/或微平移。

如在 ‘537 申请中进一步详细描述的那样，把非晶硅薄膜样品加工成单晶或多晶硅薄膜是通过：产生预定能量密度的多个准分子激光脉冲；可控制地调制准分子激光脉冲的能量密度；在预定平面中使经调制的激光脉冲均匀；屏蔽部分均匀调制激光脉冲而成为图案子光束发射；用图案子光束照射非晶硅薄膜样品，使其因子光束照射而部分融化；以及相对于图案子光束和相对于可控调制可控地平移样品，从而通过使样品相对于图案子光束的顺序平移以及在相应于其上的顺序位置处通过改变能量密度的图案子光束对样品进行照射，使非晶硅薄膜样品加工成单晶或晶粒边界受控的多晶硅薄膜。现在将参考上述加工技术描述本发明的下述实施例。

图 1b 示出根据提供连续运动 SLS 的本发明的加工过程的一个实施例，所述连续运动 SLS 可以使用上述系统。具体说来，计算机 100 控制样品平移台 180 的运动（沿 X-Y 平面方向）和/或屏蔽系统 150 的运动。计算机 100 采用这种方式控制样品 170 相对于脉冲激光束 149 和最终脉冲激光束 164 的相对位置。计算机 100 还控制最终脉冲激光束 164 的频率和能量密度。

如也已转让给共同受让人，在此引用作为参考的，申请日为 1999 年 9 月 3 日的共同待批专利申请 09/390,535（“‘535 申请”）中所描述的那样，可以通过移动屏蔽系统 150 或样品平移台 180 使样品 170 相对于激光束 149 平移，来生成样品 170

中的晶体区域。例如，为了实现上述目的，激光束 149 的长度和宽度可以是沿 X—方向 2 cm 和沿 Y—方向 1/2 cm（例如，矩形形状），但是脉冲激光束 149 并非仅限于这种形状和尺寸。实际上，正如熟悉本技术领域基本技术的人员所知的那样，激光束 149 可以采用其它的形状和/或尺寸（例如，正方形、三角形等）。

还可以使用各种屏蔽方式从发射的脉冲激光束 149 产生最终脉冲激光束和子光束 164。图 2a、3a、4a 和 6a 中示出屏蔽的一些例子，在 ‘535 申请中已经作了详细说明。例如，图 2a 示出含有形状规则狭缝 220 的屏蔽 210；图 3a 示出含有人字形图案 320 的屏蔽 310；而图 6 示出含有对角线图案 620 的屏蔽 610。为了简单起见，下面描述根据本发明的加工过程，其中采用了含有狭缝图案 410 的屏蔽装置 410（如图 4a 所示），每个狭缝在屏蔽 410 上尽可能地延伸，只要入射在屏蔽装置 410 上的均匀激光束 149 允许，而且应该具有足够窄的宽度 440，以防止在样品 170 的照射区中发生任何集结（nucleation）。如在 ‘535 申请中所述的那样，宽度 440 与许多因素有关，例如，入射激光束的能量密度、入射激光束的持续时间、硅薄膜样品的厚度、硅衬底的温度和热传导性能等。

在图 1b 中示出的示例实施例中，样品 170 具有的尺寸是沿 Y 方向 40 cm，沿 X 方向 30 cm。把样品 170 想像地再分割成许多列（例如，第一列 5 个、第二列 6 个等），并把每列的位置/尺寸存储在计算机 100 的存储装置中，供计算机 100 使用。确定每列的尺寸，例如，沿 X 方向 2 cm，沿 Y 方向 40 cm。因此，可以把样品 170 想像地再分割成，例如，15 列。还可以设想把样品 170 想像地再分割成具有不同尺寸的列（例如，3 cm×40 cm 列，等）。当把样品 170 想像地再分割成为一些列时，沿这种列的整个长度延伸的某一列的至少一小部分应该与相邻列的一部分重叠，以防止存在任何未照射区的可能性。例如，重叠区可以具有，例如，1 μm 的宽度。

在把样品 170 想像地再分割之后，激励脉冲激光束 111（通过用计算机 100 激励准分子激光器或打开光阑 130），并产生投射到第一位置 20 上的脉冲激光子光束 164（来自脉冲激光束 149）。然后，在计算机 100 的控制下，沿 Y 方向的正向平移并加速样品 170，以达到相对于第一光束路径 25 中的固定位置子光束的预定速度。使用公式：

$$V_{max} = Bw \cdot f,$$

其中， $V_{max}$  是样品 170 可以相对于脉冲子光束 164 移动的最大可能速度， $Bw$  是脉冲子光束 164 的图案宽度（或脉冲子光束 164 的包络宽度），而  $f$  是脉冲子光束 164 的频率，可以使用下式来确定预定速度  $V_{pred}$ ：

$$V_{pred} = V_{max} - K,$$

其中，K 是常数，利用 K 来避免相邻照射区之间存在任何未照射区的可能性。还可以使用根据图 1a 中示出的本发明的系统，而无需利用光束衰减器和光阑 130，这是由于（如下所述）样品 170 的连续平移，会使得必须阻断或关断脉冲子光束 164 的缘故。

当样品 170 相对于脉冲激光束 149 的运动速度到达预定速度  $V_{pred}$  时，脉冲子光束 164 到达样品 170 的上边缘 10'。然后，样品 170 继续沿 Y 方向正向，以预定速度  $V_{pred}$  平移，从而脉冲子光束 164 在整个第二光路 30 上继续照射样品 170 的顺序部分。当脉冲子光束 164 到达样品 170 的下边缘 10" 时，样品 170 相对于脉冲子光束 164 的平移减慢（在第三光路 35 中），从而到达第二位置 40。在脉冲子光束 164 沿第二路径 30 连续和顺序照射样品 170 的接下来的部分之后，使样品 170 接下来的部分完全融化。应该注意，在脉冲子光束 164 通过样品 170 的下边缘 10" 之后，在样品 170 经照射的第二路径 30 中形成晶化硅薄膜区 540（例如，晶粒边界受控的多晶硅薄膜），图 5b 中示出它的一部分。这个晶粒边界受控的多晶硅薄膜区 540 在经照射的第二光路 30 的整个长度上延伸。应该注意，在脉冲子光束 164 已经越过样品 170 的下边缘 10" 之后，不必切断脉冲激光束 149，因为它不再照射样品 170 了。

此后，为了消除许许多多在熔化边界 530 处形成的小初始晶体 541，并且当沿脉冲子光束 164 沿 Y 方向的位置是固定的时候，使样品 170 沿第四光路 45 在 X 方向微平移预定距离（例如，3 微米），然后，在计算机 100 的控制下使之沿 Y 方向的反向上加速（朝向样品 170 的上边缘 10'），以达到沿第四光路 50 相对于脉冲子光束 164 的预定平移速度。当样品 170 相对于脉冲子光束 164 的速度达到预定速度  $V_{pred}$  时，脉冲子光束 164 到达样品 170 的下边缘 10"。沿 Y 方向反向继续以预定速度  $V_{pred}$  平移样品 170（即，不停止），使得脉冲子光束 164 在第五光路 55 的整个长度上照射样品 170。当样品 170 在计算机 100 的控制下平移使得脉冲子光束 164 到达样品 170 的上边缘 10' 时，再次减慢样品 170 相对于脉冲子光束 164 的连续平移速度（在第六光路 60 中），以到达第四位置 65。第五光路的辐照结果是，样品 170 的区域 551、552、553 使剩下的非晶硅薄膜 542 和多晶硅薄膜区 540 的初始结晶区 543 融化，而使多晶硅薄膜的中心部分 545 仍保持固化。在脉冲子光束 164 沿第五光路 55 连续和顺序地照射了样品 170 的顺序部分之后，使样品 170 的这些顺序部分完全融化。因此，由于激光束 149 在第五光路 55 整个长度上对第一列 5 进行了连续（即，不停地）照射，在沿第二光路 30 进行连续照射而形成的薄膜熔化区域 542，

542 固化以后，形成中心部分 545 的晶体结构向外生长。因此，在样品 170 上，沿第五光路 55 的整个长度上，形成方向受到控制的长晶粒多晶硅薄膜。图 5c 中示出了这种结晶结构的一部分。所以，使用上述连续运动 SLS 过程，可以沿样品 170 的整个列长度，连续形成所示的结晶结构。

然后，使样品 170 进到下一列 6，通过第七光路 70，到达第五位置 72，并使样品固定在该位置，从而停止样品 170 在进到第五位置 72 时出现的振动。实际上，对于到达第二列 6 的样品 170 来说，具有宽度为 2 cm（沿 X 方向）的列前进了约 2 cm。然后，对于第二列 6，可以重复上述针对第一列 5 的照射而描述的过程。采用这种方式，可以正确地照射样品 170 的所有列，而所需的设置时间（因而等待样品 170 停止振动）的时间对于要设置的样品 170 来说可能是最短的。实际上，设置样品 170 所需的唯一时间是当激光器已经完成对样品 170 的整列（例如，第一列 5）的照射，并使样品 170 进到样品 170 的下一列（例如，第二列 6）的时候。使用上述典型尺寸的样品 170（30 cm × 40 cm），由于每列的尺寸是 2 cm × 40 cm，因而对于该典型样品 170，只有 15 列是必须照射的。因此，对于该样品 170 来说，可能出现的“级进加设置”延迟的数目为 14 或 15。

为了说明使用根据本发明制造晶化硅薄膜的连续运动 SLS 过程中的时间节省，在样品 170 的各种移动路径中，在整个长度上平移样品 170（它具有上述的样品、列和激光束尺寸）所取的时间可以估计如下：

|          |  |
|----------|--|
| 第一光路 25— | 0.1 秒，                                   |
| 第二光路 30— | 0.5 秒（因为在整列长度上样品不必停止和放置而作连续平移），          |
| 第三光路 35— | 0.1 秒，                                   |
| 第四光路 45— | 0.1 秒，                                   |
| 第五光路 50— | 0.1 秒                                    |
| 第六光路 55— | 0.5 秒（同样，因为在整列长度上样品 170 不必停止放置稳定而作连续平移）， |
| 第七光路 60— | 0.1 秒，以及                                 |
| 第八光路 70— | 0.1 秒。                                   |

因此，完全照射样品的每个列 5、6 所需要的总时间是 1.6 秒（或最多，例如 2 秒）。因此，对于样品 170 的 15 个列，形成晶粒边界受控的多晶结构薄膜所需要的总时间（对于整个样品 170）约为 30 秒。

如上所述，还可以使用不同尺寸和/或形状的激光束 149 的横截面区。例如，可以使用横截面尺寸是  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ （即，正方形）的脉冲激光束 149。应该理解，最好使用脉冲子光束 164 的直径作为列的尺寸参数。在这个例子中，可以把  $30\text{ cm} \times 40\text{ cm}$  的样品 170 想像地再分割成 30 个列，每一列沿 X 方向的尺寸是  $1\text{ cm}$ ，而沿 Y 方向的尺寸是  $40\text{ cm}$ （假设脉冲子光束 164 的图案的直径为  $1\text{ cm}$  的横截面）。使用这种图案的脉冲子光束 164，可以增加用于平移样品 170 的预定速度  $V_{pred}$ ，并且可以降低脉冲激光束 149 的总能量。这样，根据本发明的系统和方法将通过 30 个列而不是通过 15 列来照射样品。虽然要费更长时间一列一列地对 30 个列进行推进和放置（与上述 15 个列不同），但是可以加快样品平移，这是因为，由于列的宽度较小，脉冲激光束 149 的强度可以较大，因而可以使激光脉冲能量集中在较小子光束图案内，从而使样品 170 有效结晶，而完成样品 170 照射的总时间不必显著长于样品具有 15 个列时进行照射的总时间。

根据本发明，可以把在 ‘535 申请中描述和示出的任何一种屏蔽用于图 1b 中示出的连续运动 SLS 过程。例如，当在屏蔽系统 150 中使用屏蔽 310 时，制成一种经加工的样品（即，图 3b 中示出的具有结晶区 360 的部分 350）。每个结晶区 360 将包括菱形的单晶区 370 以及在每一人字形尾部的两个长晶粒、控制晶粒边界方向的多晶硅区 380。也可以使用含有对角线狭缝图案 620 的屏蔽 610（如图 6a 所示）。对于该屏蔽 610，当样品 170 沿 Y 方向连续平移时，而在图 1a 所示的屏蔽系统 150 中使用屏蔽 610 时，制成一个经加工的样品（如图 6b 所示的具有结晶区 660 的部分 650）。每一结晶区 660 将包括长晶粒的、具有晶粒边界方向受控的结晶区 670。

还可以沿与正方形样品 170 的边缘不平行的列来照射样品 170。例如，这些列可以相对于样品 170 的边缘成约 45 度角。计算机 100 存储每列的开始点和终止点，并能够沿平行列（它们相对于样品 170 的边缘倾斜，例如，45 度）执行如图 1b 中所示的过程。还可以沿相对于样品 170 的边缘以其它角度（例如，60 度、30 度等）倾斜的平行列来照射样品 170。

在图 7 中示出的本发明的方法的另一个示例实施例中，把样品 170 想像地再分割成为几个列。在再分割样品 170 之后，可以接通脉冲激光束 149（通过用计算机 100 或打开光阑 130 激励准分子激光器），从而产生初始投射到第一位置 20 上的脉冲子光束 164（类似于图 1b 中示出的实施例）。然后，在计算机 100 的控制下使样品 170 沿 Y 方向平移并加速，以到达相对于第一光路 700 中脉冲子光束 164 的预定样品平移速度  $V_{pred}$ 。当相对于脉冲激光束 149，样品 170 的平移速度达到预定速度  $V_{pred}$

时，脉冲子光束 164（以及子光束）到达样品 170 的上边缘 10'。然后，样品 170 继续沿 Y 方向以预定速度 Vpred 连续和顺序地平移，使得脉冲子光束 164 照射样品 170 相对于第二光路 705 的整个长度。当脉冲子光束 164 到达样品 170 的下边缘 10" 时，样品 170 减慢相对于脉冲子光束发射 164 的平移（在第三光路 710 中），以到达第二位置 715。应该注意，在脉冲子光束 164 通过样品 170 的下边缘 10" 之后，已经使沿第二光路 705 的样品 170 的整个部分顺序进行了完全融化和固化。

不进行 X 方向微移动的样品 170 沿 Y 方向的相反方向上平移回样品 170 的上边缘 10'。具体说来，在计算机 100 的控制下，使样品 170 沿第四光路 720，沿负 Y 方向加速，在达到样品 170 的下边缘 10" 之前达到预定样品平移速度 Vpred。然后，样品 170 继续以预定速度 Vpred，沿负 Y 方向平移，从而脉冲子光束 164 沿第五光路 725（沿第二光路 705 的路径）的整个长度连续和顺序地照射样品 170。当脉冲子光束 164 到达样品 170 的上边缘 10' 时，样品 170 减慢相对于脉冲子光束 164 的平移（在第六光路 730 中），直到子光束 164 投射到第一位置 20 上为止。应该注意，在脉冲子光束 164 通过样品 170 的上边缘 10' 之后，已经使样品 170 的整个部分沿第二光路顺序融化和固化。因此，当完成这个通过时，使相应于第五光路 725 的样品 170 的表面部分地融化和重新固化。如此，可以进一步使薄膜表面光滑。此外，使用该技术，可以降低脉冲激光束 149 的（以及脉冲子光束 164 的）能量输出，以有效地使薄膜表面光滑。与图 1b 所示技术相似，在样品 170 的照射区中形成晶粒边界受控的多晶硅薄膜区 540，图 5b 中示出它的一部分。该晶粒边界受控多晶硅薄膜区 540 延伸第二和第五照射光路 705、725 的整个长度。再有，在脉冲子光束 164 已经越过样品 170 的下边缘 10" 之后不必关闭脉冲激光束 149，并且不再照射样品 170。

此后，使样品 170 沿第七光路 735，沿 X 方向微平移预定距离（例如，3 微米），直到脉冲子光束投射到第三位置 740 上，然后，在计算机 100 的控制下，再沿 Y 方向的正向加速（朝样品 170 的下边缘），以沿第八光路 745 相对于脉冲子光束 164 达到预定速度 Vpred。当样品 170 的平移速度相对于脉冲子光束 164 达到预定速度 Vpred 时，脉冲子光束 164 到达样品 170 的上边缘 10'。然后，样品 170 继续（即，不停止）沿 Y 方向正向以预定速度 Vpred 平移，以致脉冲子光束 164 连续并顺序照射相对于第九光路 750 整个长度的样品 170。当脉冲子光束 164 到达样品 170 的下边缘 10" 时，样品 170 减慢相对于脉冲子光束 164 的平移（在第十光路 760 中），直到脉冲子光束 164 投射到第四位置 765 上。应该注意，在最终脉冲激光束 164 通过样品 170 的下边缘 10" 之后，已经使沿第九光路 750 经受照射的样品 170 的整个

部分经受了顺序融化和重新固化。

此后，在不经过微平移的情况下，样品 170 的平移方向再次反向（通过光路 770、775、780），并且通过沿 Y 方向的反向（它也沿第九光路延伸）以预定速度 Vpred 连续平移样品 170，而再次连续地和顺序地照射样品 170 的这些路径中的每一条。相应地，当完成这一光路通过时，使相应于光路 775 的样品 170 的表面部分融化和重新固化。由于沿样品 170 的相同光路（没有微平移）的正向和反向 Y 向平移和照射，使得这些路径 745-780 的表面光滑起来。这种过程的最终结果是产生沿样品 170 的整个列（例如，尺寸 2 cm×40 cm）的大晶粒且晶粒边界受控的结晶结构，具有平坦（或更平坦）的表面。

然后，使样品 170 进入下一列（即，第二列 6），直到子光束通过另一光路 785 照射到第五位置 790 上，并放置样品 170 以阻尼样品 170 和台面 180 的任何振动，而所述的振动可能是因在脉冲子光束 164 投射到第五位置 790 处推进样品 170 时出现的。对于样品 170 的所有列重复这个过程，这与上述并示于图 1b 中的过程相似。

接着参考图 8，下面描述通过计算机 100 执行的步骤来控制根据图 1b 和/或图 7 中示出的过程实施的硅薄膜结晶生长方法。例如，在步骤 1000 中由计算机 100 使图 1a 中示出的系统的各电子部分初始化，以启动所述加工过程。然后，在步骤 1005 中，把衬底上的非晶硅薄膜样品 170 装载到样品平移台 180 上。应该注意，这种装载可以是人工实施的，也可以是在计算机 100 的控制下自动完成的。接着，在步骤 1015 中，把样品平移台 180 移动到初始位置，它可以包括相对于样品 170 上的基准进行的对准。如果需要，在步骤 1020 中调节系统的各光学元件并进行聚焦。然后，在步骤 1025 中，根据待进行的特定加工处理，使激光器稳定在使非晶硅样品在入射到样品上的每一脉冲子光束的横截面区域上完全熔化所需要的能量水平和脉冲重复率上。如果需要，在步骤 1030 中细调脉冲子光束 164 的衰减。

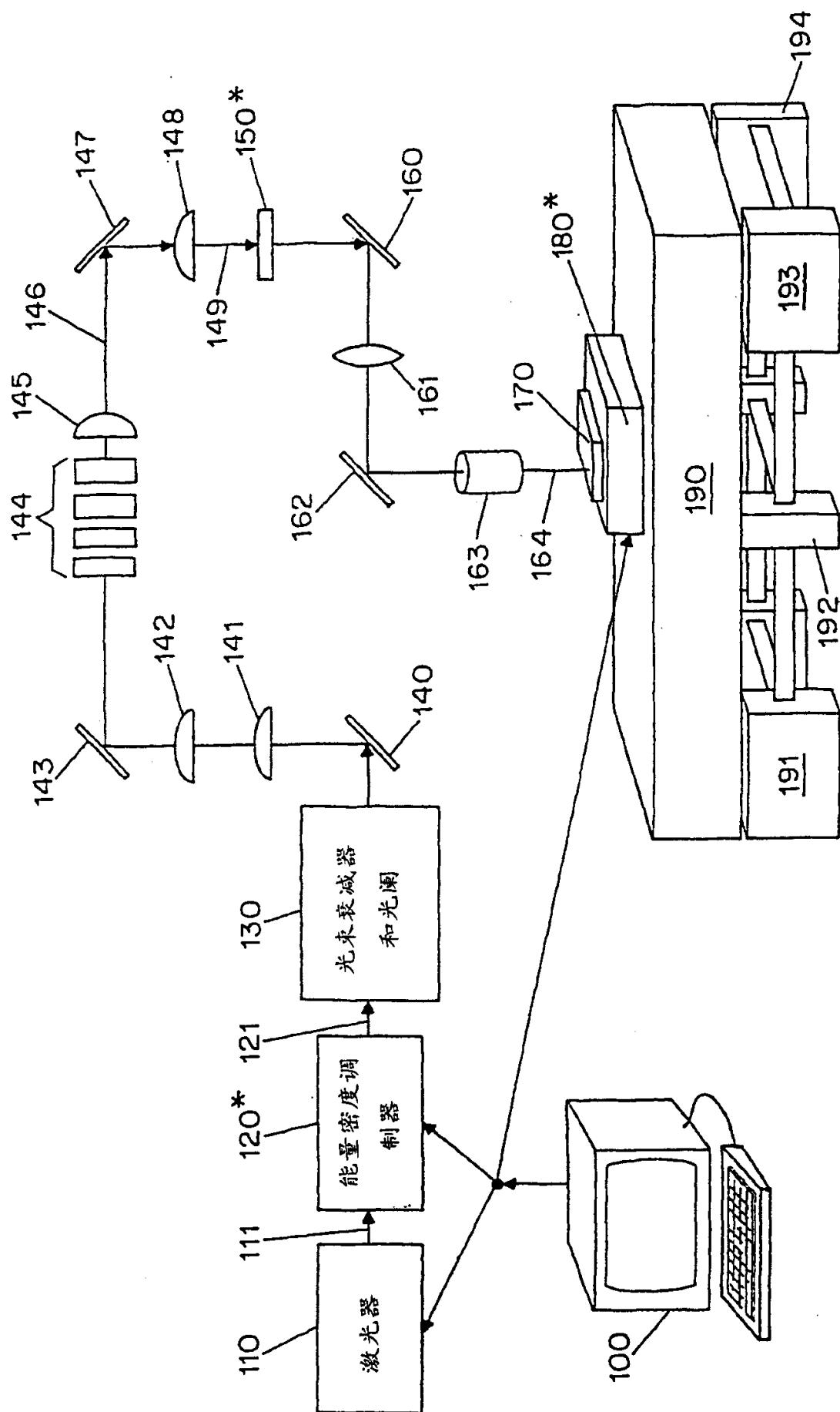
接着，在步骤 1035 中可以打开光阑（或计算机启动而打开脉冲激光束 149），用脉冲子光束 164 照射样品 170，并且相应地，开始图 1b 和 7 中示出的连续运动顺序横向固化方法。沿 Y 方向连续平移样品，同时连续和顺序地照射样品的第一光路（例如，沿第二光路 30 的样品）（步骤 1040）。以预定速度 Vpred 沿 Y 方向连续平移样品 170，同时连续和顺序地照射样品的第二光路（例如，沿第六光路 550 的样品）（步骤 1045）。参照图 1b 可以看到，沿第二光路 30 连续平移样品 170 而同时连续和顺序地照射样品 170，然后沿第三光路 35 减慢，沿第四光路 45 沿 X 方向微平移样品，等待样品 170 稳定，沿第五光路 50 加速，然后沿第六光路 55 连续平

移样品 170 而同时连续和顺序地照射样品 170。如此，顺序地照射样品 170 的整列。如果没有照射到样品 170 的当前列的某些部分，则计算机 100 控制样品 170 沿特定方向以预定速度  $V_{pred}$  继续平移，从而照射到样品 170 的当前列的尚未照射到的其他部分（步骤 1055）。

然后，如果已经完成样品 170 的某一区域的结晶，则在步骤 1065、1066 中相对于脉冲子光束 164 重新放置样品（即，移动到下一列或行即第二列 6），并在新路径上重复结晶过程。如果未曾指定结晶接下来的路径，则在步骤 1070 中关闭激光器，在步骤 1075 中关断硬件，并在步骤 1080 中完成加工。当然，如果希望对另外的样品进行加工，或者如果要把本发明用于批量加工，则可以对每个样品重复步骤 1005、1010 和 1035—1065。熟悉本技术领域基本技术的人员会理解，也可以沿 X 方向连续平移样品，而沿 Y 方向微平移样品。实际上，可以沿任何方向连续平移样品 170，只要脉冲子光束 164 的平移路径是平行的、连续的，并且从样品 170 的一个边缘延伸到样品 170 的另一个边缘即可。

上面只说明本发明的原理。根据这些原理，熟悉本领域技术的人员将明了，所描述的实施例还有各种修改和变化形式。例如，薄的非晶或多晶硅薄膜样品 170 可以由具有这种硅薄膜的预制图案的岛状物的样品来代替。此外，尽管所描述的实施例针对的是激光束，并且激光束是固定的并且最好是不可扫描的，但应该理解，根据本发明的方法和系统可以使用脉冲激光束，它可以沿固定样品的路径以恒定速度偏移。因此，应当理解，熟悉本技术领域的人员将能够得到许多的系统和方法，虽然这里没有明显地说明或描述这些系统和方法，但是它们实施本发明的原理是在本发明的精神和范围内。

## 说 明 书 附 图



1A

图

01.11.22

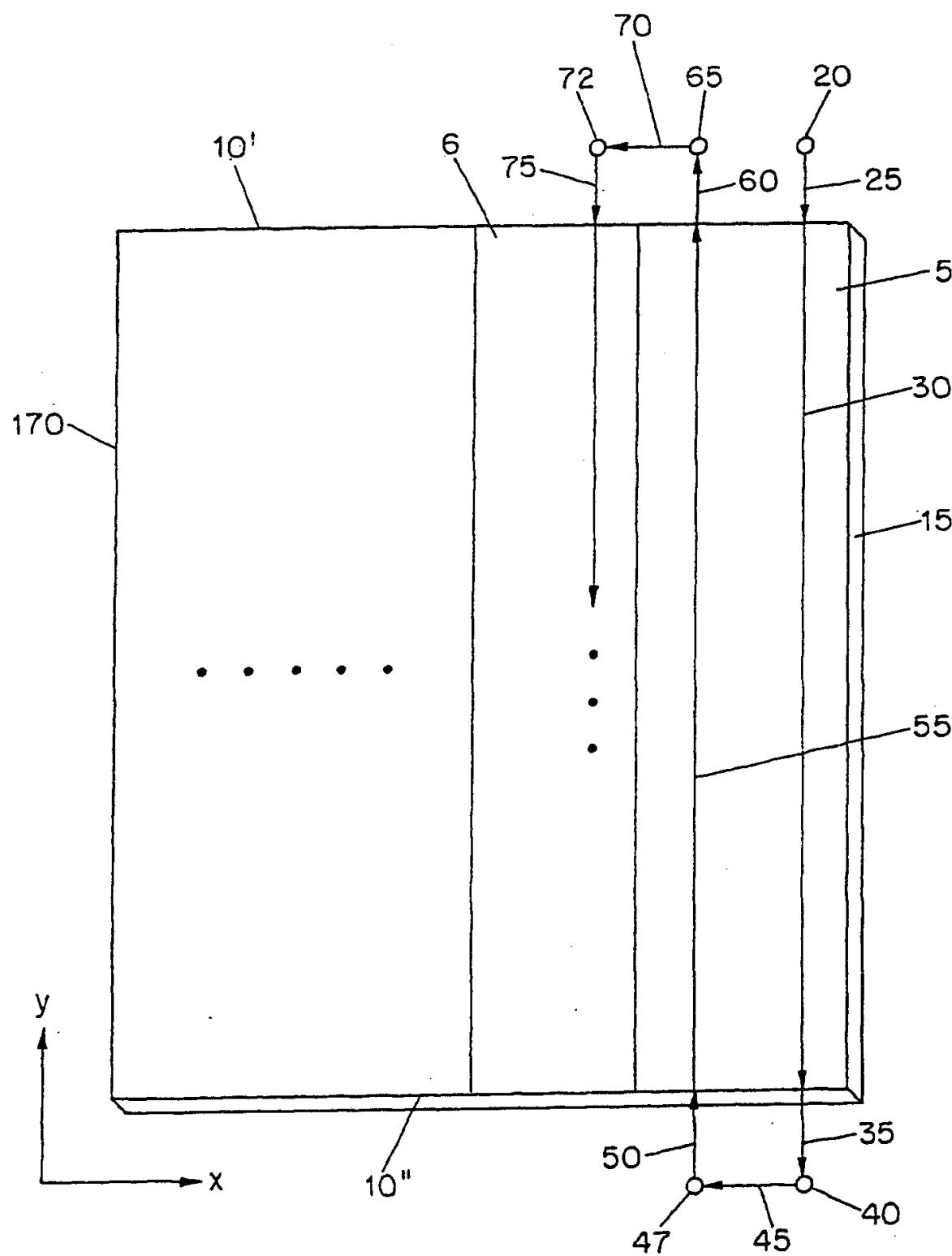


图 1B

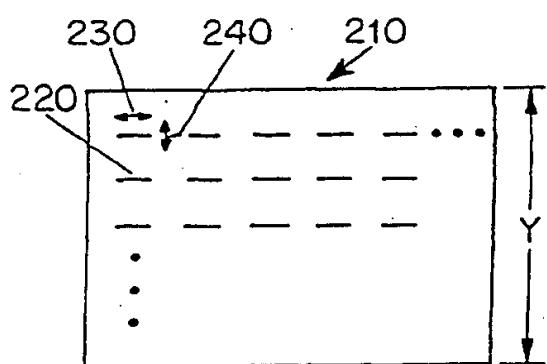


图 2A

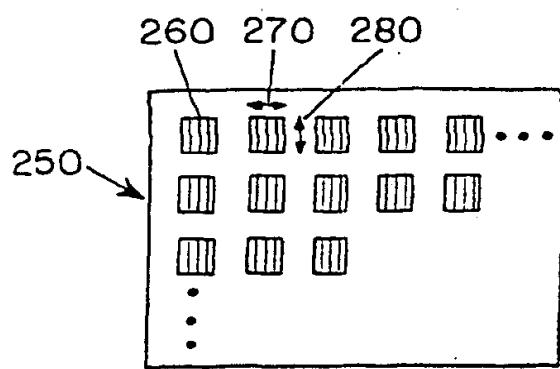


图 2B

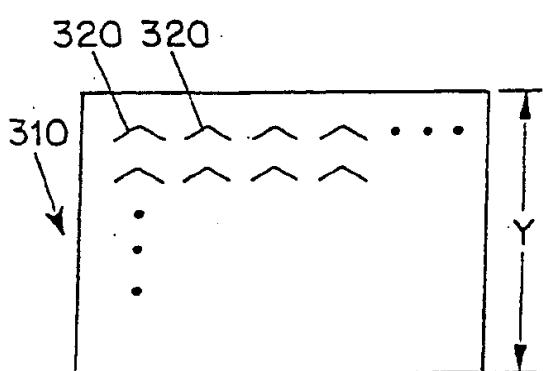


图 3A

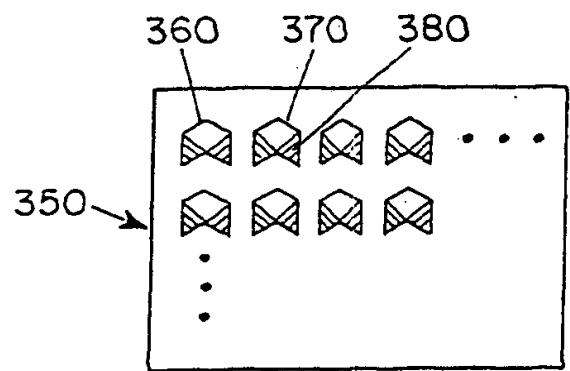


图 3B

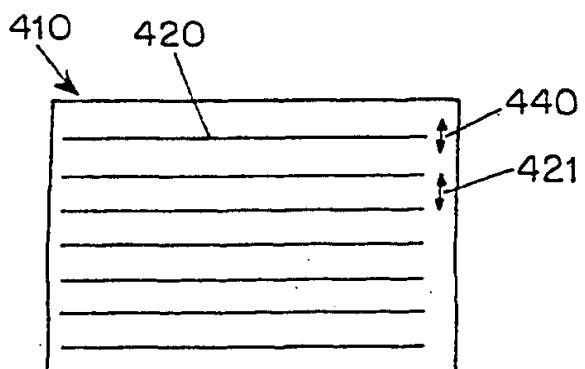


图 4A

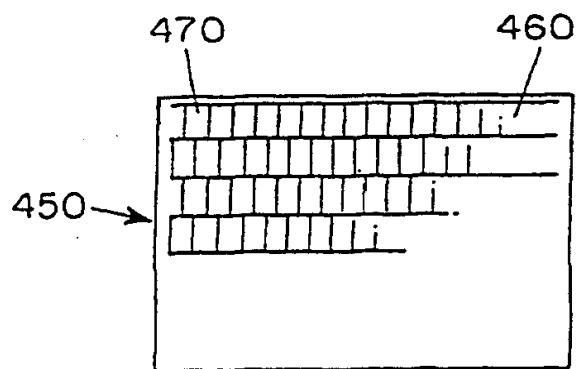


图 4B

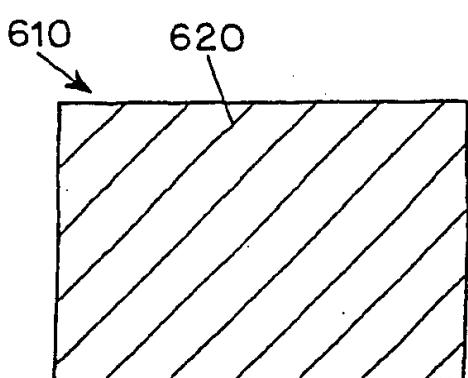


图 6A

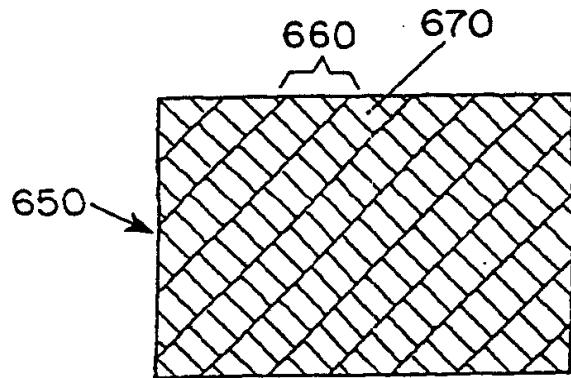


图 6B

01.11.22

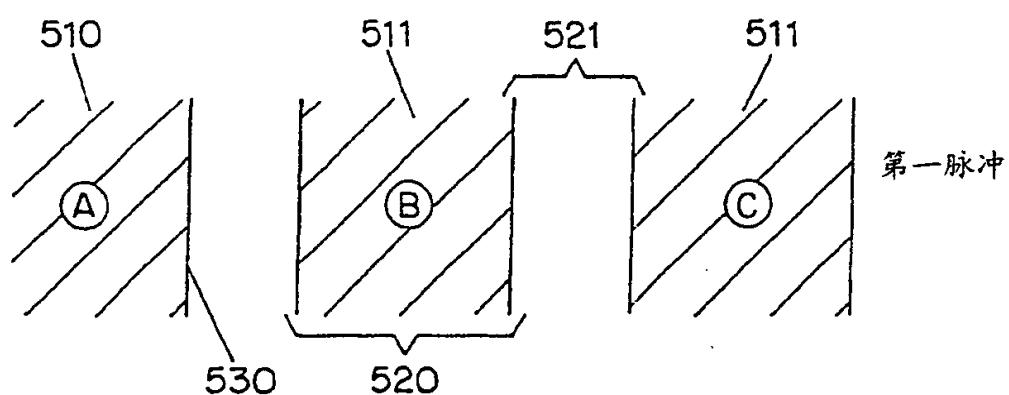


图 5A

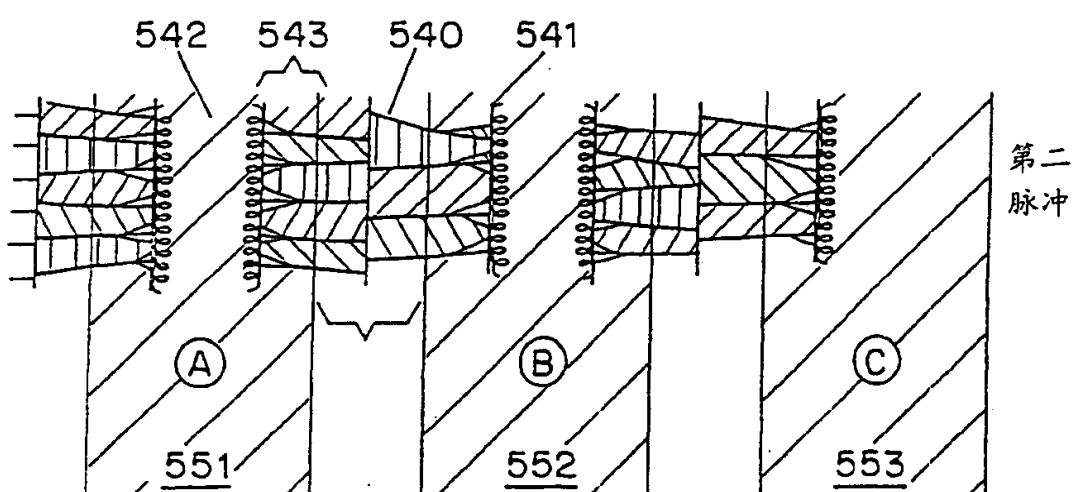


图 5B

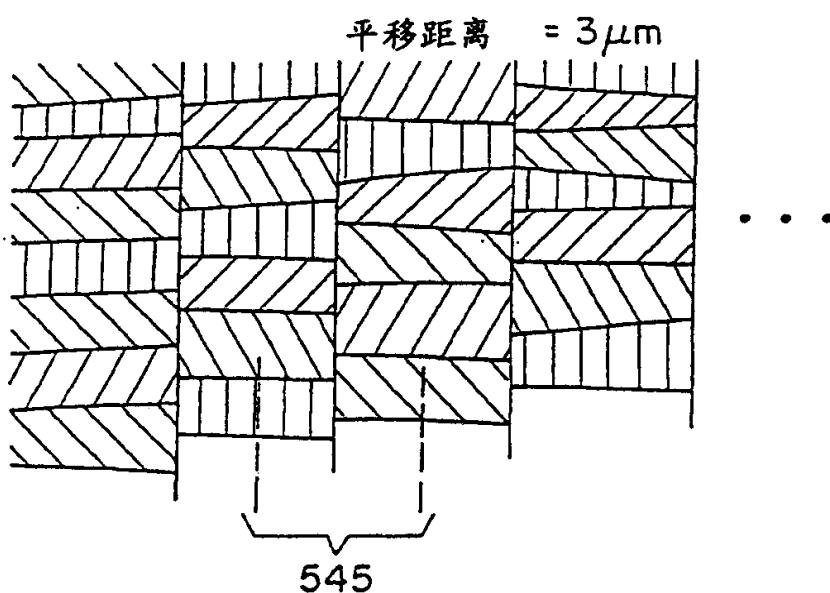


图 5C

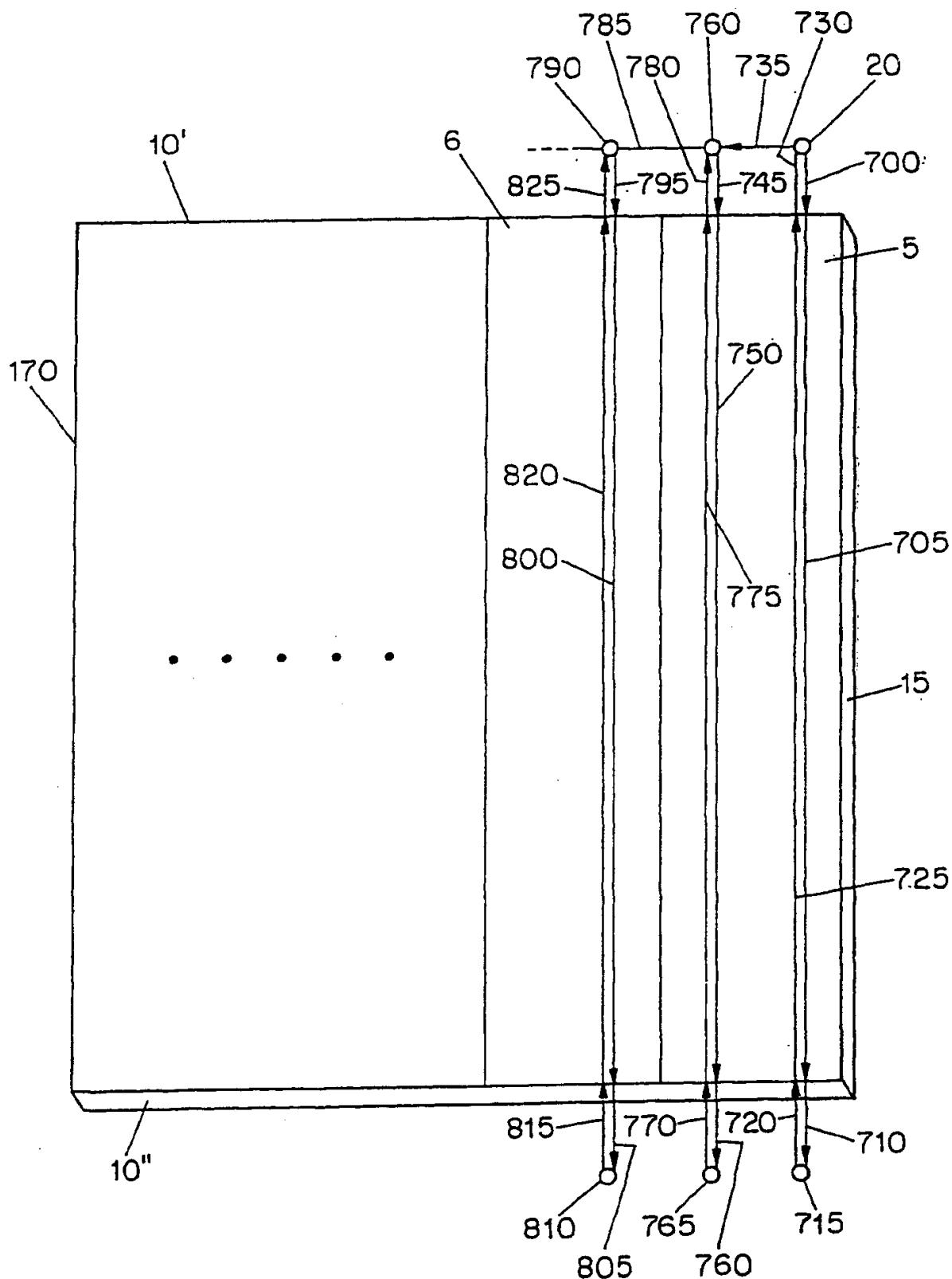


图 7

