

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B23K 26/04 (2006.01)

H01L 21/301 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02811528.7

[45] 授权公告日 2006 年 2 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1240511C

[22] 申请日 2002.6.7 [21] 申请号 02811528.7

[30] 优先权

[32] 2001.6.8 [33] US [31] 60/297,218

[32] 2001.12.14 [33] US [31] 10/017,497

[86] 国际申请 PCT/US2002/017908 2002.6.7

[87] 国际公布 WO2002/100587 英 2002.12.19

[85] 进入国家阶段日期 2003.12.8

[71] 专利权人 电子科学工业公司

地址 美国俄勒冈州

[72] 发明人 J·N·奥布赖恩 L·C·邹

Y·孙

审查员 黄永杰

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 赵蓉民

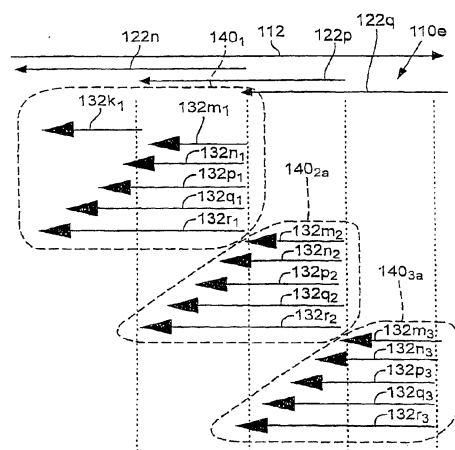
权利要求书 8 页 说明书 24 页 附图 10 页

[54] 发明名称

在激光切割加工中增加产量的方法以及切割
半导体材料的激光系统

[57] 摘要

通过将长切割路径(112)分成多个较短的段(122),从约 $10\mu\text{m}$ 到 1mm ,提高了穿过硅和类似材料的UV激光切割的产量。在将激光输出(32)移到第二短段并在第二段(122)内扫描预定的掠射束数目之前,在第一短段(122)内扫描激光输出(32)预定的掠射束数目。切口尺寸,段尺寸(126),和段交叠(136)可被操纵,以便将沟道回填的量和类型最小化。采用实时监视以便减少切割已经完成的切割路径(112)的再扫描部分。使激光输出(32)的偏振方向和切割方向相关联以便进一步提高产量。可以采用这一技术用多种不同激光和波长来切割多种材料。



1. 一种在激光切割加工中增加产量的方法，包括：

5 引导第一激光脉冲的第一掠射束以沿一切割路径的第一段进行照射，该切割路径具有大于 100 μm 的切割路径长度，每个第一激光脉冲在工件上具有第一光斑区域，该第一段具有长于第一光斑区域并短于切割路径长度的第一段长度；

10 引导第二激光脉冲的第二掠射束以沿该切割路径的第二段进行照射，每一第二激光脉冲在工件上具有第二光斑区域，第二段具有长于第二光斑区域和短于切割路径长度的第二段长度，第二段交叠第一段的交叠长度大于至少第一或第二光斑区域；

15 在引导激光脉冲的至少第一和第二掠射束后，引导第三激光脉冲的第三掠射束去沿切割路径的第三段进行照射，每一第三激光脉冲在工件上具有第三光斑区域，该第三段具有长于第三光斑区域和短于切割路径长度的第三段长度，第三段包括切割路径的后续部分而非第一或第二段，其中切割路径的后续部分有长于第一，第二，或第三光斑区域的未交叠长度。

20 2. 如权利要求 1 所述的方法，其中该第一和第二段的主要部分交叠。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其中该第二段包括该第一段。

25 4. 如权利要求 3 所述的方法，其中该第一和第二段在一相同方向被加工。

5. 如权利要求 3 所述的方法，其中该第一和第二段在相反的方向被加工。

30 6. 如权利要求 1 所述的方法，其中该第一和第二段在一相同的方向被加工。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其中该第一和第二段在相反的方向被加工。

5 8. 如权利要求 1 所述的方法, 其中在施加该第三激光脉冲之前, 该第一和/或第二激光脉冲的附加设置被施加到第一和/或第二段来在第一和/或第二段内形成一透沟。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括:
10 在施加第三激光脉冲之前在所述第一和/或第二段中形成透沟。

10. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括:
 在使用第三激光脉冲之前, 用激光脉冲的多重掠射束在第一和/或第二段中形成一透沟; 和
15 在第三段内形成一透沟。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 进一步包括:
 沿整个切割路径长度形成一透沟。

20 12. 如权利要求 11 所述的方法, 其中切割路径长度大于 1 mm, 并且第一, 第二, 第三段的长度在约 10 μm 和约 500 μm 之间。

13. 如权利要求 1 所述的方法, 其中切割路径长度大于 1 mm, 并且第一, 第二, 第三段的长度在约 10 μm 到约 500 μm 之间。
25

14. 如权利要求 13 所述的方法, 其中切割路径长度大于 10 mm, 并且第一, 第二, 第三段的长度在约 200 μm 到约 500 μm 之间。

15. 如权利要求 13 所述的方法, 其中第一, 第二, 第三激光脉冲
30 特征在于具有 UV 波长, 大于 5 kHz 的脉冲重复频率, 大于 200 μJ 的脉冲能量, 约 0.5 到约 50 μm 的切口尺寸。

16. 如权利要求 1 所述的方法, 其中第一, 第二, 第三激光脉冲特征在于有 UV 波长, 大于 5 kHz 的脉冲重复频率, 大于 200 μJ 的脉冲能量, 约 0.5 到约 50 μm 的切口尺寸。

5 17. 如权利要求 16 所述的方法, 其中工件具有大于 50 μm 的厚度。

18. 如权利要求 17 所述的方法, 其中工件具有大于 500 μm 的厚度。

10 19. 如权利要求 12 所述的方法, 其中工件具有大于 50 μm 的厚度。

20. 如权利要求 12 所述的方法, 其中工件具有大于 500 μm 的厚度, 切割路径长度大于 100 mm, 在沿切割路径的整个长度的透割是用沿切割路径上任意位置处少于 25 个激光脉冲的掠射束实现的。

21. 如权利要求 13 所述的方法, 其中工件具有大于 200 μm 的厚度, 进一步包括:

20 以大于 10 mm 每分钟的切割速度沿切割路径透割整个厚度。

22. 如权利要求 21 所述的方法, 其中工件厚度的大部分包括半导体材料, 玻璃材料, 陶瓷材料, 或金属性材料。

25 23. 如权利要求 21 所述的方法, 其中工件厚度的大部分包括 Si, GaAs, SiC, SiN, 磷化铟, 或 AlTiC。

24. 如权利要求 22 所述的方法, 其中激光脉冲从固态激光器或 CO₂ 激光器产生。

30 25. 如权利要求 1 所述的方法, 其中激光脉冲从固态激光器或 CO₂ 激光器产生。

26. 如权利要求 2 所述的方法，其中第一和第二部分的交叠长度或第一或第二段长度足够短，这样在第一激光脉冲产生的任何碎片中的大部分沿交叠长度冷却到环境温度前第二脉冲沿交叠长度进行照射。
5

27. 如权利要求 2 所述的方法，其中第三段不包括第一或第二段。

28. 如权利要求 1 所述的方法，其中第一激光脉冲沿切割路径在第一方向上进行照射，且该第一激光脉冲有平行于第一切割方向的第一偏振方向，其中第三激光脉冲沿切割路径在第三切割方向进行照射，该第三激光脉冲具有平行于第三切割方向的偏振方向，其中第一和第三切割方向是横向的。
10

29. 如权利要求 28 所述的方法进一步包括：采用偏振控制器从第一偏振方向变化到第三偏振方向。
15

30. 如权利要求 10 所述的方法，进一步包括：
用透割监视器监视透割状况以沿切割路径确定透割已受到影响的透割位置；
20 在第一，第二，第三或随后的激光脉冲通过期间减少透割位置的照射，以响应透割监视器提供的信息。

31. 如权利要求 1 所述的方法，其中在第一掠射束内的激光脉冲有大体类似的参数。
25

32. 如权利要求 1 所述的方法，其中第一，第二，和第三掠射束的激光脉冲有大体相似的参数。

33. 如权利要求 1 所述的方法，其中至少第一，第二，和第三掠射束中两者的激光脉冲有至少一个大体不同的参数。
30

34. 如权利要求 1 所述的方法，其中第一，第二，或第三掠射束的至少一个中的激光脉冲的至少两个有至少一个大体不同的参数。

5 35. 如权利要求 1 所述的方法，其中激光脉冲的多重掠射束被用到第一段以在第一段内形成透割。

36. 如权利要求 35 所述的方法，其中在第二激光脉冲的掠射束被用于第二段前在第一段内形成透割。

10 37. 如权利要求 36 所述的方法，其中激光脉冲的多重掠射束被用于第二段以在第二段内形成透割。

38. 如权利要求 37 所述的方法，其中在第三激光脉冲的掠射束被用于第三段前在第二段内形成透割。

15 39. 如权利要求 38 所述的方法，其中激光脉冲的多重掠射束被用于随后的段以在各个相继段内形成透割以沿切割路径长度形成一完整长度透割。

20 40. 如权利要求 1 所述的方法，其中仅第一和第二段的少部分交叠。

41. 如权利要求 1 所述的方法，其中第一激光脉冲在第一切割方向沿切割路径进行照射，并且第一激光脉冲具有平行于第一切割方向
25 的第一偏振方向来增加产量或切割质量，其中第三激光脉冲在第三切割方向沿切割路径进行照射，并且第三激光脉冲具有指向第三切割方向的第三偏振方向来增加产量或切割质量，其中第一和第三切割方向是横向的，并且第一和第三偏振方向是横向的。

30 42. 如权利要求 1 所述的方法，其中至少一段是一个弧。

43. 如权利要求 1 所述的方法，其中采用洗涤气体以便于将潜在

的回填碎片沿切割路径穿过透割吹去。

44. 如权利要求 1 所述的方法，其中包括至少第一，第二，和第三段的被伸长的激光掠射束被用于切割路径。

5

45. 如权利要求 1 所述的方法，其中沿一段的每一光斑区域接近或部分交叠前面的激光脉冲的光斑区域。

46. 如权利要求 1 所述的方法，其中第一和第二部分的交叠长度或第一或第二段长度在适当的范围内以便利用所选的产生于第一脉冲和工件在交叠长度上相互作用的瞬时效应的第二激光脉冲余辉。

10

47. 一种用于沿工件上具有切割路径长度的切割路径形成切割的增加产量的方法，包括：

15

选择短于切割路径长度的段长度；

引导具有第一光斑区域的第一激光脉冲的第一掠射束去沿约切割路径段长的第一段照射工件；

引导具有第二光斑区域的第二激光脉冲的第二掠射束去沿约切割路径段长的第二段照射工件，第二段交叠第一段的交叠长度至少大于第一或第二光斑区域；

20

至少引导第一和第二激光脉冲掠射束后，引导具有第三光斑区域的第三激光脉冲的第三掠射束去沿约切割路径段长的第三段照射工件，第三段包括伸出超过第一或第二段的切割路径部分，其中切割路径部分具有大于第一，第二，第三光斑区域的部分长度。

25

48. 如权利要求 47 所述的方法，其中沿切割路径的激光脉冲照射产生碎片并且其中交叠长度或段长度足够短以致于在第一激光脉冲产生的任何碎片的主要部分沿交叠长度冷却到环境温度前第二激光脉冲的第二掠射束沿交叠长度进行照射。

30

49. 如权利要求 47 所述的方法，其中第一和第二位置或第一或第二段长度的交叠长度在适当的范围内以便利用所选的产生于第一脉冲

和工件在交叠长度上相互作用的瞬时效应的第二激光脉冲余辉。

50. 一种在激光切割加工中增加产量的方法，包括：

引导第一激光脉冲的第一掠射束沿具有切割路径长度的切割路径
5 的第一段进行照射，每一第一激光脉冲在工件上具有第一光斑区域，
第一段具有长于第一光斑区域且短于切割路径长度的第一段长度；

引导第二激光脉冲的第二掠射束沿切割路径的第二段进行照射，
第二段包括交叠至少部分第一段交叠长度直到在交叠长度内完成透割，
每一第二激光脉冲在工件上具有第二光斑区域，该第二段具有长
10 于第二光斑区域且短于切割路径长度的第二段长度，交叠长度大于至
少第一或第二光斑区域；

在至少引导第一和第二激光脉冲掠射束后，引导第三激光脉冲第
三掠射束沿切割路径的第三段进行照射，直到在第三段内完成透割，
每一第三激光脉冲在工件上有第三光斑区域，第三段有长于第三光斑
15 区域且短于切割路径长度的第三段长度，第三段包括延伸超出第一或
第二段的切割路径部分，其中切割路径部分有大于第一，第二，或第
三光斑区域的部分长度。

51. 如权利要求 50 所述的方法，其中第一和第二位置或第一或第
20 二段长度的交叠长度在适当的范围内以便利用所选的产生于第一脉冲
和工件在交叠长度上相互作用的瞬时效应的第二激光脉冲余辉。

52. 一种切割半导体材料的激光系统，包括：

一产生激光脉冲的激光器；

25 一束定位系统，用于在引导第三激光脉冲的第三掠射束至沿切割
路径延伸出第一和第二段的第三段之前，连续地分别沿有切割路径长
度的切割路径分别引导第一和第二激光脉冲的第一和第二掠射束，直
到在第一段内完成透割，每个加工脉冲在工件上有光斑区域，这些段
有比光斑区域长且比切割路径长度短的段长度；第二段包括交叠至少
30 部分第一段的交叠长度。

53. 如权利要求 50 所述的激光系统，还包括一透割监视器，该监视器确定沿切割路径透割受到影响的透割位置，并直接或间接地提供关于透割位置的数据给束定位系统以减少透切割位置的照射，以便在第一，第二，第三或相继的激光掠射束期间响应透割监视器提供的数据。

54. 如权利要求 50 所述的激光系统进一步包括一束偏振控制器，以便第一激光脉冲在第一切割方向沿切割路径进行照射，并且该第一激光脉冲被赋予指向第一切割方向的第一偏振方向以便提高产量或切割质量，以致于第三激光脉冲在第三切割方向沿切割路径进行照射，并且该第三激光脉冲被赋予指向第三切割方向的第三偏振方向以便提高产量或切割质量，以致于该第一和第三切割方向是横向的并且该第一和第三偏振方向是横向的。

在激光切割加工中增加产量的方法以及 切割半导体材料的激光系统

5

相关申请

本专利申请从提交于 2001 年 6 月 8 日的美国临时申请第 60/297, 218 号, 提交于 2001 年 12 月 14 日的美国专利申请第 10/017, 497 号
10 获得优先权, 专利申请第 10/017, 497 要求 2001 年 1 月 31 号提交的美国临时申请第 60/265, 556 号的要求优先权。

联盟赞助研究或开发

不可应用

15

版权通告

© 2001 电子科学工业公司

本专利文件的一部分包括应当受到版权保护的材料。版权所有者不反对本专利文件或专利公开, 如其在专利商标局专利文件或记录中的形式, 被任何人复制, 否则保留一切版权, 无论是什么。37 CFR 1.71
20 (d).

技术领域

本发明涉及激光切割, 尤其是, 涉及到用于有优势的光束定位和
25 扫描的方法和/或系统以便提高在硅或其它材料上激光切割的生产量。

发明背景

图 1 是传统连续切割轮廓 8 的简化表示。传统激光切割采用来自
30 连续激光脉冲的连续地交叠光斑去连续地扫描整个切割路径。多个完整的掠射束(passes)被执行直到靶沿着整个切割路径被切断。当靶材厚时, 许多掠射束(在一些情况下超过 100 个掠射束)可能是必须的以

便完成切割过程，尤其是用有限的激光功率。

因此，期望用于厚材料的增加激光切割产量的方法。

发明概述

5 所以，本发明的一个目的是提供一种提高激光切割硅或其它材料产量的方法和/或系统。

 为方便起见，术语切割可以一般地用于包括挖沟道（trenching）（不穿透靶工件全部深度的切割）和透割（throughcutting），透割包括划片（经常和晶片的排分开相联系）或切成方块（经常和从晶片排的各部分单个化（singulation）相联系）。划片和切成方块在本发明中
10 可以互换使用。

 图 2A 是一曲线图，表示常规长连续透割。有效切块速度随晶片厚度的增加迅速减小。这样，当厚度增加时，激光掠射束的数量几乎指数增加并且相应地指数减少切块速度。切割宽度可以仅在大约几十微米，并且晶片厚度一般地大于切割宽度。
15

 常规激光切割轮廓可能受到激光被驱逐的沟道（trench）回填料（backfill）的损害。当晶片厚度增加时，回填料变得非常严重并可能成为切块速度急剧减小的主要原因。而且，在许多工艺条件下对一些材料，被驱逐的回填材料可能在后续的掠射束中比原始靶材料更难以
20 去除。因为激光驱逐材料的沟道回填料有点随机性，沿传统切割轮廓的任一部分回填的程度可能大或小以致于切割路径的一些部分比其它切割路径部分以较少的掠射束透割（割开）。传统的激光切割技术忽视这些现象并连续扫描整个切割通路，包括可能已经打开的区域，直到沿整个切割路径靶材被以完整的激光输出掠射束切开。

25 作为一个例子，一紫外激光器，在 10 kHz 仅有约 4 W 的激光输出功率，使用传统激光切割轮廓需要大约 50 掠射束去完成穿透 750 微米厚的硅晶片的完全切割。传统的切割轮廓一般地横过晶片的全部长度，晶片的直径一般有约 200-305 毫米。最终的切割速率对这一厚度硅的商业切割应用太低。虽然可以采用分段切割技术去切割可选激光接收
30 材料并可在可选激光波长采用，分段切割技术用于激光功率有限的波长的激光加工特别有用，诸如固态产生的紫外激光，尤其是该波长对

给定的材料提供最好的切割质量。例如，即使红外激光能提供更多可利用的输出功率，红外波长会使硅，铝，AlTiC，和其它陶瓷或半导体材料破裂或损伤。例如紫外光在多数情况下最优选用于切割硅晶片。

5 Fahey 等的美国专利申请第 09/803,382 (‘382 号申请)，描述一紫外激光系统和分离排或单个化滑片或其它的元件。这些方法包括被对准在晶片一侧或两侧的激光和锯切割以及边修改的各种技术的各种结合。

Baird 等的美国专利申请第 10/017,497 (‘497 号申请)，进一步描述了使用紫外激光烧蚀以直接和快速地以难于切割的材料，如硅，
10 形成的小于 20 微米的特征部件 (feature) 尺寸的图案。这些图案包括：很高方位的 (high-aspect) 用于集成电路连接的圆柱形开掠射束或盲孔 (blind vias) 的形成；在硅晶片上的被加工切片 (dies) 的单个化；从母晶片上分离形成在硅上的微电路的微突出部 (microtab) 切割。

15 图 2B 是一曲线图，给出一最近的实验结果，该实验将在 750 微米厚的硅片上完成一个切片切割的掠射束的数目和切割轮廓的切割长度进行对比。一楔形物或“馅饼片 (pie slice)”被从 750 微米厚的硅晶片上切下，从边到边可以执行不同长度的切割轮廓。实验揭示出较短的切割轮廓可以用较少的掠射束切成。

20 因此，本发明将长切口分成包含小段的切割轮廓，这些小段能使沟道回填的量和类型最小化。对在厚硅片的透割或沟道切割，例如，这些段优选从 10 微米到 1 毫米，更优选从大约 100 微米到 800 微米，最优选从 200 微米到 500 微米。通常，激光束被移到第二短段内扫描预定数目的掠射束前在第一短段内扫描预定的掠射束数目。可以调整
25 束斑尺寸，切口 (bite) 尺寸，段尺寸，和段交叠以便将沟道回填的量和类型最小化。在加工中可以可选采用整个切割路径中的多个扫描，尤其是在段切割步骤之前和/或之后，以便将产量最大化和/或改善切割质量。

本发明通过可选采用实时监控和选择分段扫描提高了产量和质量
30 以减小回填和过度加工。监控可以消除切割已经完成的切割路径部分的再扫描。另外，可以将激光束的偏振和切割方向关联起来以进一步

增加产量。这些技术产生少的碎片，减小了包围切割区域或切口的受热影响的区域(HAZ)，且产生更好的切割质量。

虽然本发明在这里仅通过对硅切割的例子给出，本领域的技术人员将认识到这里描述的分段切割技术用相同或不同类型的，具有类似
5 或不同波长的激光可以用来切割各种各样的靶材。

本发明的另外的目的和优点从下面的参考附图的优选实施例的详细描述将明显看出。

附图简单说明

10 图 1 是传统连续切割轮廓的简化表示。

图 2A 是一曲线图，表示传统连续切割的有效切割速度对硅晶片厚度的函数关系。

图 2B 是一表示传统连续切割中有效切割速度对硅晶片厚度的曲线图。

15 图 3 是一按照本发明的示范性的用于执行分段切割的激光系统的部分形象化、部分示意的图。

图 4 是按照本发明的另一优选的用于执行分段切割激光系统的简化的形象化示图。

20 图 5 是任一光学成像模块的简化的形象化示图，该模块可以用在激光系统中用于执行依照本发明的分段切割。

图 6 是一曲线，显示在本发明实施中采用的激光器的脉冲能量和脉冲重复频率之间的特定关系。

图 7 是实时切割状态监视器的简化表示，该监视器被示范性的激光系统可选采用用以执行依照本发明的分段切割。

25 图 8 描述一分别具有第一和第二横向方向的切割路径，穿过该路径切割速度被可选偏振跟踪系统所加强。

图 9 是紫外透明卡盘的代表图示，其表示在卡盘上安置半导体工件用于使用依照本发明的紫外烧蚀分段切割的透割加工。

图 10 是依照本发明产生的分段切割轮廓的简化表示。

30 图 11 是放大的交叠激光斑点连续撞击的切割段的简化平面视图。

图 12 是依照本发明产生的另一分段切割轮廓的简化表示。

图 13 是依照本发明产生的另一分段切割轮廓的简化表示。

图 14 是依照本发明产生的另一分段切割轮廓的简化表示。

图 15 是依照本发明产生的另一分段切割轮廓的简化表示。

图 16 是依照本发明产生的另一分段切割轮廓的简化表示。

5 图 17 是依照本发明产生的另一分段切割轮廓的简化表示。

图 18 是在硅上分段切割加工时形成的沟道模式的代表性图示说明。

图 19 是在半导体晶片上通过分段切割加工形成 (patterning) MEMS 器件的代表性图示说明。

10 图 20 是通过分段切割加工在半导体晶片上制造 AWG 器件的代表性图示说明。

具体实施方式

图 3 和 4 说明依照本发明的各个示例性激光加工系统 10a 和 10b
15 (通称为 10) 的可选实施例, 其使用配有晶片卡盘组件 (chuck assembly) 100 的复合束定位系统 30, 卡盘组件 100 可以用做执行段切割, 诸如对半导体工件 12 挖沟、划片、或切割成片。参见图 3 和 4, 激光系统 10 的示例性的实施例包括一具有 Q 开关, 二极管泵浦 (DP) 的, 固态 (SS) 紫外激光器 14, 该激光器优选包括诸如 Nd:YAG, Nd:YLF, 或
20 Nd:YV04 的固态激射物。激光器 14 在诸如 355 纳米 (三倍频 Nd:YAG), 266 纳米 (四倍频 Nd:YAG), 或 213 纳米 (五倍频 Nd:YAG) 的波长, 主要以 TEM₀₀ 空间模式轮廓优选提供一个或多个激光脉冲的谐波产生紫外激光输出 16。

在一优选实施例中, 激光器 14 包括型号 210-V06 (或型号 Q301)
25 的 Q 开关, 三倍频 Nd:YAG 激光器, 工作在大约 355 纳米在工作表面上的功率为 5W, 可从加利福尼亚 Mountain View 的 Lightwave Electronics 买到。这一激光器已经采用在俄勒冈 Portland 的电子科学工业公司生产的 ESI Model 2700 微加工系统。在另一实施例中, 为了在高脉冲重复频率 (PRF) 处采用每一脉冲的高能量, 可以采用工作在
30 约 355 纳米的 Lightwave Electronics 的型号 210-V09 (或型号 Q302) Q 开关, 三倍频 Nd:YAG 激光器。在 Owen 等的美国专利申请 5, 593, 606

中详细描述另一示例性激光器 22 的细节。本领域的技术人员将意识到可以采用其它激光器并从其它列出的激射物质可得到其它波长。虽然激光腔排列，谐波产生，Q 开关操作，和定位系统 30 对本领域技术人员众所周知，但是一些这些组成部分的某些细节将在示例性的实施

5 例的讨论中给出。

虽然高斯可以用作描述激光输出 16 的发光轮廓，但是本领域的技术人员将意识到大多数激光器 14 不限于具有 $M^2=1$ 的完美的高斯输出 16。为方便起见，在这里将术语高斯用做包括 M^2 小于或约等于 1.5 的轮廓，即使优选 M^2 的值小于 1.3 或 1.2。典型的光学系统产生大约 10

10 微米大小的高斯光斑，但这可以容易地改变为从大约 2 微米到 100 微米。另外，产生顶帽束轮廓 (top hat beam profile) 和或采用一掩模 (mask)，诸如在这里后面描述的激光器，可以用于产生预定的光斑大小。使用这一聚焦斑尺寸用于切割硅的脉冲能量，在大于 5 千赫兹并且优选 10 千赫兹以上的脉冲重复频率处，每一脉冲大于 200 微焦，

15 并且优选大于 800 微焦。示例性的设定在 13 千赫兹提供 9.1W。在半高宽 (the full width half-maximum) 点测量的示例性的激光脉冲宽度小于 80ns (纳秒)。另一和/或补充性的示例加工窗掠射束包括，但不限于，在工作表面上，在大约 10 kHz 处大约 3.5-4.5 W 紫外光到在 20-30 kHz 处大约 20-30W 紫外光，诸如在 15 kHz 处 15 W。

20 将紫外激光输出 16 任意穿过多种熟知的扩束 (expansion) 和/或准直光学器件 18，沿光学路径 20 传播，并被束定位系统 30 定向，以将激光系统脉冲 32 冲击到期望的诸如硅晶片的工件 12 上的激光目标位置 34。一个示例性的束定位系统 30 可以包括平移台定位器 (translation stage positioner)，定位器采用至少两个横越平台 36

25 和 38，以支持，例如，X, Y, 和/或 Z 定位镜 42 和 44 并且允许在相同或不同工件 12 上的目标位置 34 之间的快速运动。

在一个示例性实施例中，平移台定位器是分轴系统，在此 Y 平台 36，一般地被线性马达驱动沿轨道 46 移动，支持并移动工件 12，而 X 平台 38，一般地被线性马达驱动沿轨道 48 移动，支持并移动快速定位

30 器 50，并和聚焦透镜或其它光学器件 58 相联系 (图 7)。在 X 平台 38 和 Y 平台 36 之间的 Z 方向上的尺寸也可以调整。定位镜 42 和 44 调整

光路 20 穿过激光器 14 和快速定位器 50 之间的任意转弯，定位器 50 沿光路 20 放置。快速定位器 50 可以例如采用高精度线性马达或一对检流计镜 60（图 7），它可以影响基于预备好的实验或设计数据的独立的或重复加工操作。平台 36 和 38 以及定位器 50 可以被独立地或谐调地控制和移动以响应屏面化（panelized）的或未屏面化的（unpanelized）数据而一起移动。优选分离轴定位系统 30 使用在大面积的行程应用中，诸如切割 8” 和特别是 12” 的晶片。

快速定位器 50 也可以包括一个视觉系统，其可被对准到工件 12 表面上的一个或多个基准点。束定位系统 30 可以采用传统的视觉或束至工件对准系统，其通过具有分立的照相机的物镜 58 或旁轴（off axis）工作，且其为本领域的技术人员所熟知。在一实施例中，一个 HRVX 视觉盒被采用，其应用电子科学工业公司出售的定位系统 30 中的自由库软件（Freedom Library software），以执行激光系统 10 和工件 12 上的目标位置之间的对准。其它合适的对准系统商业上可得到。这些校准系统优选采用明场，轴上（on-axis）照明，尤其对像研磨或抛光 d 晶片的镜面反射工件。

对激光切割，优选将束定位系统 30 对准传统典型锯切割或晶片表面上的其它基准点或图案。如果工件 12 已经被机械刻痕，优选对切割边的对准以克服锯公差和对准误差。束定位系统 30 优选地具有超过约 3-5 微米的校准精度，这样激光光斑的中心在优选切割路径内约 3-5 微米内，尤其对诸如 10—15 微米的激光束斑尺寸。对更小的光斑尺寸，校准精度优选地可以更好。对更大的斑点尺寸，精度可以不太精确。

另外，束定位系统 30 也可以采用非接触，小位移传感器以确定平台 36 和 38 的倾斜，侧滑，或摇晃产生的 Abbe 误差，这些不能由轴上位置指示器，诸如线性标尺编码器或激光干涉计所指示。Abbe 误差校正系统可以对一精确参考标准校准，因此该校正仅依赖于感测传感器读数中的小变化而不依赖于传感器读数的绝对精度。这一 Abbe 误差校正系统在发表于 2001 年 7 月 10 日的国际公布号为 W0 01/52004 A1 的专利申请和发表于 2001 年 10 月 18 日的美国公布号为 2001-0029674 A1 的专利申请中被详细描述。在此引入 Cutler 的相应的美国专利申请号 09/755, 950 公开的相关部分作为参考。

多种定位系统 30 为本领域的技术人员所熟知，且定位系统 30 的一些实施例在 Cutler 等的美国专利申请 5,751,585 中被详细描述。俄勒冈 Portland 的电子科学工业公司出品的 ESI Model 2700 或 5320 微加工系统是定位系统 30 的例子。也可以采用其他示例性定位系统，
5 诸如俄勒冈 Portland 的电子科学工业公司制造的型号系列号为 27xx, 43xx, 44xx, 或 53xx。某些使用 X-Y 线性马达以移动工件 12 和 X-Y 台而移动扫描透镜的这类系统是进行长直切割的高成本高效的定位系统。熟练技术人员也将意识到另外也可以采用用于工件定位的具有单一 X-Y 平台且具有固定束位置和/或用于束定位的静态检流计的系统。
10 本领域的技术人员将认识到可以给这一系统编程以利用工具路径文件，这些文件将以高速对聚焦的紫外激光系统输出脉冲 32 动态定位以产生多种有用的图案，这些图案既可以是周期性的也可以是非周期性的。

可以沿光路 20 给任意激光功率控制器 52，诸如半波平板偏振器
15 定位。另外，一个或多个束检测装置 54，诸如光二极管，可以是激光功率控制器 52 的下游装置，诸如用定位镜 44 对准，定位镜 44 被调适成对激光输出 16 的波长能部分地透过。优选地束检测装置 54 和束诊断电子组件相联系，束诊断电子组件转换信号以更改激光功率控制器 52 的作用。

20 激光器 14 和/或它的 Q 开关，束定位系统 30 和/或它的平台 36 和 38，快速定位器 50，视觉系统，任一误差校正系统，束检测器件 54，和/或激光功率控制器 52 可以直接地或间接地被激光控制器 70 调整和控制。

参见图 4，激光系统 10 b 采用至少两个激光器 14a 和 14b，二者
25 分别发射各自的激光输出 16a 和 16b，16a 和 16b 是线性横向偏振的并且沿各自光路 20a 和 20b 传向各自的反射装置 42a 和 42b。沿光路 20b 可以放置任一波板 (waveplate) 56。反射装置 42 优选是偏振敏感束组合器并将其沿光路 20a 和 20b 放置以便将激光输出 16a 和 16b 组合起来沿共同光路 20 传播。

30 激光器 14a 和 14b 可以是相同或不同类型的激光器，并可以产生具有相同或不同波长的激光输出 16a 和 16b。例如，激光输出 16a 可

以具有大约 266nm 的波长，激光输出 16b 可以具有大约 355nm 的波长。本领域的技术人员将意识到激光器 14a 和 14b 可以并排或一个在另一个的顶部而固定到转换平台 36 或 38 的之一上，或者激光器 14a 和 14b 也可以安装在分离的独立移动头上。优选地用激光控制器 70 将激光器 14a 和 14b 的发射协调一致。激光系统 10b 能产生非常高能量的激光输出脉冲 32b。图 4 示出的排列的特殊优点是能产生撞击在工作表面上的组合的激光输出 32，它每脉冲具有增加的能量，该脉冲可能从传统单一激光头难以产生。这一每脉冲增加的能量可能对厚硅晶片或其它工件 12 烧蚀深沟，或划片或切片特别优越。

10 尽管激光系统输出脉冲 32 的充分圆的轮廓，用任选的光学成像组件 62 可以获得改善的束型质量，由此不需要的束后生现象 (beam artifacts)，诸如剩余像散或椭圆的或其它形状特征，被空间上过滤。参见图 5，光学成像组件 62 可以包括光学元件 64，透镜 66，和放置于由光学单元 64 产生的束腰或其附近的孔眼掩模 (aperture mask) 68
15 以阻挡任何不期望的束侧叶 (side lobes) 和边缘部分，这样精确成型的光斑轮廓随后成像到工作表面上。在一示例性的实施例中，光学元件 64 是衍射装置或聚焦透镜，透镜 66 是准直透镜，其为激光系统 10 的构型带来灵活性。

改变孔眼的大小可以控制光斑轮廓的边缘锐度以产生更小，边缘更锐利强度的轮廓，它能加强对准精度。另外，借助这一排列，孔眼的形状可以是精确的圆形或者也可改变成矩形，椭圆，或其它非圆型，它们可以平行或垂直于切割方向方向对准。掩模 68 的孔眼在光的一侧任选地可以是向外张开的。对紫外激光应用，光学成像模块 62 中的掩模 68 优选地由蓝宝石组成。本领域的技术人员将意识到如果没有光学
20 元件 64 和 66 孔眼掩模 68 可以使用。

在另一实施例中，光学元件 64 包括一个或多个束成型元件，其将具有原高斯 (raw Gaussian) 发光轮廓的激光脉冲转换为成形的 (和聚焦的) 脉冲，该脉冲有近均匀“顶帽”轮廓，或特别地有超高斯发光轮廓，于光学元件 64 的孔眼掩模 68 下游附近。这些束成型元件可以包括非球面光学元件或衍射光学元件。在一实施例中，透镜 66 包括
30 对控制束尺寸和发散有用的成像光学元件。本领域的技术人员也将意

识到,不使用孔眼掩膜 68 也可采用成形的激光输出在目前是优选的。

在一实施例中,束成形单元包括能高效高精度执行复杂束成形的衍射光学元件(DOE)。束成形单元不但将高斯发光轮廓转换成近均匀发光轮廓,而且能将成形后的输出聚焦成可决定的或特定的光斑大小。

5 虽然优选单个元件 DOE,但本领域的技术人员将意识到 DOE 可以包括多个诸如相板的分离元件和公开在 Dickey 等的美国专利 5,864,430 中的转换元件,该专利也公开了用于束成形的设计 DOEs 的技术。上面讨论的成形和成像技术在发表于 2000 年 12 月 7 日的国际公开号为 WO 00/73013 的专利申请上做了详细讨论。在此引入 Dunskey 等的相应的美国
10 专利申请 09/580,396 的公开的相关部分作为参考,该申请提交于 2000 年 5 月 26 日。

为了提供在每脉冲能量的动态范围增大的灵活性,可以采用快速响应振幅控制机制,诸如声光调制器或电光调制器去调制连续脉冲的脉冲能量。可替换地,或和该快速响应振幅控制机制相结合,可以增
15 加或减少脉冲重复频率以便对连续脉冲能量的改变产生影响。图 6 示出了实施本发明中采用的激光器 14 的脉冲能量和脉冲重复频率(PRF)之间的特有关系。如图 6 指出的,从型号 210-V06 中可以得到大于 200 mJ 的脉冲能量。另外,也示出了脉冲能量和用于另一激光器,Lightwave Electronics 210-V09L 和 Lightwave Electronics 210-V09H,的 PRF
20 之间的特有关系。本领域的技术人员将意识到图 6 是描述过的原理的说明,激光系统 10 的可供替换的实施例将产生脉冲能量和脉冲重复频率之间的不同的特有关系。

图 7 描述了采用一个或多个传感器 82 的简化的监控系统 80,传感器 82 和工件 12 上的目标位置光学上相连。在一实施例中,镜子 84
25 沿光路 20,快速定位器 50 上游或下游,定位,并对射出束是透过的,而将任何射入的辐射反射到传感器 82。然而,本领域的技术人员将意识到,与监控系统 80 相联系的镜子和其它光学元件可以完全独立于光路 20 对准并且可以采用多种检测技术。监控系统 80 的传感器 82 可以对从位于其下的靶材或支撑材料上发射的,散射的,或反射的光的强度,反照率(albedo),波长和/或其它性质非常敏感。例如,传感器
30 82 可以是光二极管并可以包括或形成束检测装置 54 的部分。一般地,

当切割路径 112 (图 10) 开放的时, 传感器 82 检测较少的反馈。例如, 传感器 82 可以和激光控制器 70 和/或束定位系统 30 通信以便连续地提供切割状态信息或提供沿给定的段 122 (图 10) 的一个或多个离散点。通过采用切割路径 112 的完全的和非完全的部分或区域的实时监控, 穿过束定位系统 30 的激光系统 10 可以将激光系统输出 32 仅引向切割路径 112 的部分, 这些部分需要额外切割。这一监视和选择段加工减少了沿常规切割路径 112 花费在撞击沿整个路径已经完成的部分的时间量。这样, 提高了切割产量。

图 8 描述了分别具有第一和第二横向方向 92 和 94 的切割路径 112。激光系统 10 随意采用包括, 诸如旋转半波板或普克耳盒(Pockel's cell) 的偏振控制装置的偏振跟踪系统 90 (图 3), 以改变激光系统输出 32 的偏振方向或方位来跟踪切割路径方向的改变。偏振控制装置可以位于快速定位器的上游或下游。当激光系统输出 32 在沟道中或相对靶材移动, 激光系统输出 32 以非直角撞击靶材, 导致偏振效应, 当撞击是非移动且垂直于靶材时导致不存在该效应。申请者已经注意到当偏振方向在相应于切割方向的一特定方位时耦合效率以及由耦合效率导致的产量会增加。因此, 可以采用偏振跟踪系统 90 来保持在能将产量最大化方向上的偏振方向。在一实施例中, 偏振跟踪系统 90 被执行来保持偏振方位平行于切割方向或增加激光系统的输出到靶材的耦合能量的方向。在一例子中, 当切割方向 92 和 94 相差角 θ 时, 半波板旋转 $\theta/2$ 来将第一偏振方向 96 变化到第二偏振方向 98 以适合 θ 的切割方向变化。

也可以将偏振控制装置也可用作可变的光学延时器, 诸如普克耳盒。驱动电路调节偏振状态控制信号, 驱动电路从和束定位系统相关联的处理器 30 和/或激光控制器 70 接受信号。在该例中, 偏振状态控制信号的振幅和束定位信号有一对一的对应, 以致于光束偏振方向被保持大体和它的切割路径平行。Johnson 等的美国专利 5, 057, 664 描述了将束偏振方向和修切(trim) 方向相关联的方法。本领域的技术人员将意识到最优化的偏振方位对切割方向的关系可以随激光系统和材料而变化, 这样优选的偏振方位可以是平行的, 垂直的, 正交的(orthogonal), 椭圆的(长轴在任一给定的方向), 或相对于激光通

路或切割方向的任一其它方向。

图9是卡盘组件100的代表图示,硅工件12优选放置于其上,用紫外分段切割方法透割加工。卡盘组件100优选包括一真空卡盘基座102,卡盘顶104,任选的放在卡盘顶部104上用于支撑硅工件12并在透割后保留它的保留垫载板(retaining carrier)106。基座102优选由传统金属材料制成并且优选地用螺丝固定到附加板108上(图3)。使板108适于容易地连到至少平台36或38中的一个上以及从其上分离下来。啮合机制优选地是机械的,可以包括相对的凹槽和脊也可以包括锁定机制。本领域的技术人员将意识到大量的准确排列和锁定以及钥匙(lock and key)机制是可能的。本领域的技术人员也将意识到基座102也可替换地适于被直接固定到平台36或38上。

卡盘顶104和任选的保留垫载板106可以由在选作特殊图案成形用途的紫外波长处低反射率(是相对吸收的或相对透明的)材料制成,以便最小化在透割加工完成后在透割的沟道附近来自偏离金属卡盘顶反射能对硅工件12的背损伤。在一实施例中,卡盘顶104和保留垫载板106可以用紫外吸收材料,如铝或铜,制成,以便激光系统10可以使用将钻到工件12的浅凹槽(cavities)的图案的工具路径文件以切割相应的图案切割到卡盘顶104和/或保留垫载板106的材料中。例如,凹槽相应于预期的透割并避免在透割操作中对工件12的背损伤。另外,加工中的任何碎片可以离开工件12的背面沉淀到凹槽中。在一优选实施例中,浅凹槽图案被加工成具有稍大于相应工件12的加工后尺寸,这样使加工后的工件12能沉淀到保留垫载板106的凹槽中。有凹槽或穿孔的保留垫载板106可以非常厚以增大卡盘顶104和焦平面的距离。保留垫载板106也可以被加工成含有浅凹槽,加工后的硅工件12在透割加工操作后沉淀到凹槽。在另一可选实施例中,采用355nm的输出,紫外透明卡盘顶104可以用紫外级或激发物熔融石英,氟化镁或氟化钙制成。在另一个实施例中,紫外透明卡盘顶104也可以可选地或额外地被液冷成能辅助保持硅工件12的温度稳定性。涉及值得模仿的卡盘组件更进一步的细节可以在Baird等的‘497号申请中找到。

紫外激光系统10的上述行为特征可以用于半导体,尤其是硅的高速切割,这种切割操作可以包括,但不限于,穿过或局部穿过硅晶片

或其它硅工件 12 的大直径通孔(vias)的形成或穿孔；为了在硅晶片或硅工件上加工后的切片的单个化，复杂的几何图形的透穿或部分透穿沟道的形成；从母晶片上分离在硅上形成在微电路的微突出部的特征部件(feature)的形成；在和/或 AWGs 和滑动片的单个化的特征部件的形成；和在 MEMS 上特征部件的形成。另外，本发明便于特征部件的形成，而无显著的融化边缘(melt lip)的形成，无显著的熔渣形成，也没有显著的特征部件剥离层(peel back)的形成。

申请者已经发现对硅以及类似材料的激光切割率可以通过以段扫描或切割替代整个路径切割的传统方法而大大提高。通过适当选择段长度，段交叠，和/或每段内的相继掠射束的交叠，以及通过选择其它加工参数来提高加工产量。

通过段切割，可以避免切割沟道中的材料回填的影响或使其最小化。图 2B 指出沟道回填可能对切片速度有大的限制，提出通过制造快，短，敞开的(open)节或分节(subsegments)，激光系统 10 可以对很多激光逐出的材料提供通路以在切割它们时逸出而不是回填这些沟道中。这样，减少的沟道回填将使透割切割路径 112 的给定部分的掠射束的数量减少。图 10-17 给出本发明采用的值得模仿的段切割轮廓 110a-110f (通称为轮廓 110)。下面给出的技术能使 750 μm 厚的晶片用在 10 kHz 大约 4 W 的紫外激光功率切割需大约 26 或更少的掠射束，相比使用常规激光切割轮廓需 150 掠射束。

图 10 描述本发明的示例性的段切割后的轮廓 110a 的简化表示。参考图 10，为方便起见，示出了切割轮廓 110a，具有一个沿切割路径 112 的从左到右的切割路径方向(用箭头方向指示)并且通常具有明显的形成于段切割方向的切割段 122a, 122b, 和 122c (通常称为切割段 122)，段切割方向和由激光系统输出 32 的掠射束 132a, 132b, 和 132c (通称为激光掠射束 132) 的各组形成的路径切割方向相同。在这一例子中，激光掠射束 132 的长度基本等于段 122 的长度 126。本领域的技术人员将意识到切割轮廓 110a，和相继的示例性的切割轮廓 110，可以优选包括从两个到无限个切割段 122，依赖于切割轮廓 110 的全部各个长度 124。

图 11 是一放大的，在工件 12 上切割段 122 的一简化的平面图，

其被光斑面积的直径为 d_{spot} 的, 稍微交叠的光斑连续撞击。参见图 11, 当激光功率下降到激光峰值功率的 $1/e^2$ 时, 虽然光斑面积和 d_{spot} 通常指激光斑外边缘内的面积, 但这些术语有时也指光斑面积, 或单个脉冲产生的孔的直径, 或脉冲单一掠射束中产生的切口宽度。 $1/e^2$ 线度和切口直径的差别将随激光, 材料, 以及其它参数变化。

新靶材的被每一连续激光脉冲撞击的距离被称为切口尺寸 d_{bite} 。对于待被激光切割的材料, 如硅, 切割的优选切口尺寸为 d_{bite} , 包括大约 $0.5 \mu\text{m}$ 到约 d_{spot} 的有优势的切口尺寸范围, 更优选的范围大约为 $1-50 \mu\text{m}$, 典型的范围约为 $1-5.5 \mu\text{m}$, 最典型的切口尺寸约 $1 \mu\text{m}$ 。对某些材料, 调整切口尺寸导致产生的再沉积 (redep) 碎片可以容易地除去的情况。通过控制激光束定位系统 30 的速度和协调运动速度和激光 14 激发的重复速率可以调整切口尺寸。

再次参见图 10 和 11, 切割段 122 通常优选的长度 126 可以依赖于正在被加工的材料特性, 材料的厚度, 定位系统的响应时间, 包括它的加速/减速限, 机械单元的环绕程度 (degree of ringing) 和返回运动时间。例如, 如果段太短, 对于一给定切割的段数目将非常大, 并且掠射束之间的方向改变损失的时间量将非常大。这样, 定位系统特性可能影响最小段长度的确定。段长度 126 可以是切口尺寸, 重复率, 定位系统性能以及其它可能参数的函数, 这些参数的一个或全部可以基于基脉冲强度最优化。本领域的技术人员将意识到段 122a-122c 不必有相同的长度 126。

通常每一段 122 用激光输出 32 (掠过整个加工部分) 的连贯的射束 (passes) 132 基本在一直线上扫描直到它完全被加工, 例如, 沿段 122 的整个长度 126 做透割, 或直到在将连续段 122 加工后靶材被掘沟到期望的深度。如果期望柔性界面化 (snapstrates), 一系列的不连续的透割可能是期望的, 或无穿孔的切割是期望的并且近透割沟道可能是期望的。在加工中, 尤其在段切割步骤之前和/或之后, 可以随意采用穿过整个切割路径长度的一个到几个扫描, 来使产量最大和/或改善切割质量。典型地, 在 5 到 10 个激光掠射束中每一段可以制做一个穿孔以便一些碎片能穿过穿孔离去。然而, 如果期望, 每一段 122 可以用多个掠射束加工成中等深度, 并且如果期望, 也许即使在相反的

方向，切割轮廓可以再使用。如果初始将段加工仅到它们每一个在一部分具有一个穿孔的情形，那么只要所有段 122 包括显著的穿孔对执行传统的切割轮廓在一些情况下它也是有益的。为了和激光打孔相区别，本领域的技术人员将意识到段长度 126 大于 d_{spot} 。更进一步，
5 激光打孔时，在沿切割路径 112 运动前产生一个穿孔的每一光斑停留时间会变得更长，可能损坏靶材，并导致其它更少有利的结果。

在一示例性的实施例中，对切割厚硅，每一段 122 有大约 $10\ \mu\text{m}$ 至 1 mm 的段长度，典型地从大约 $100\ \mu\text{m}$ 到 $800\ \mu\text{m}$ ，最优选地从 $200\ \mu\text{m}$ 到 $800\ \mu\text{m}$ 。考虑到切割轮廓 100，段 122 优选以交叠距离 136 稍微交叠，该距离可能和切口一样小或大于几个光斑尺寸。然而，本领域的技术人员将意识到最后的掠射束加工段 122a 和第一个掠射束加工段 122b 可以结合成双倍长度段 122（无交叠）。虽然在沿一段 122 的任一给定的掠射束 132 中优选保持相同激光参数，但是本领域的技术人员将意识到在任一给定掠射束中改变激光参数以适于特定的用途是可能的。
15

图 12 描述了示例性的分段切割轮廓 110b 的简化表示。参见图 12，为方便起见，示出切割轮廓 110b，其具有从左到右的路径切割方向并且具有在段切割方向分别从激光掠射束 132d, 132e, 和 132f 形成的明显的切割段 122d, 122e, 和 122f（统称为切割段 122），段切割方向与
20 路径切割方向相反。这样，从右向左加工段 122d，然后从右向左加工段 122e，等等。

切割轮廓 110b 对切割轮廓 110a 的一个优点是当切割段 122d 时产生的碎片通常散布在段 122e 的方向上（相对于激光路径方向向后），此处没有要被碎片回填的原有的沟道。沿随后将被切割的段 122 着落的任何碎片将被立即加工。另外，由于路径切割方向和段切割方向相反，产生的碎片通常将不堵塞早先切割段 122 的沟道。本领域的技术人员将意识到，除去路径切割方向和段切割方向之间的区别，多数关于图 10 和 11 的讨论和图 12 密切相关。
25

图 13 描述示例性的段切割轮廓 110c 的简化表示。参见图 13，为方便起见，示出了切割轮廓 110c，具有从左向右的路径切割方向并且具有明显的切割段 122g, 122h, 和 122i（统称为切割段 122），其分
30

别从各激光掠射束 132g, 132h, 和 132i 形成, 它们每一个都从左向右及从右向左地以来回交叠的扫描方式行进。具体地, 段 122h 首先从左向右然后从右向左被加工, 直到被彻底加工完, 例如, 然后段 122i 被类似地加工。因为段 122 在两个方向被加工, 消除了定位系统 30 的非加工运动的返回, 导致系统性能的较高利用。因为激光掠射束 132 可能比定位系统 30 的非加工运动返回占的时间长, 图 13 中的段 122 可能短于申请中的图 10 和 12 使用的段, 在那里期望在前一次照射的一预定的时间周期内照射碎片或沟道的暴露部分。除去上面指出的一些细节外, 大多数关于图 10 到 12 的讨论和图 13 中的例子密切相关。

图 14 描述示例性的段切割轮廓 110d 的简化表示。参见图 14, 为方便起见, 示出了切割轮廓 110d, 具有沿路径切割方向 112 的从左向右的路径切割方向并且具有从右向左形成的明显的切割段 122j, 122k, 和 122m (统称为切割段 122)。图 14 也描述多个, 大体同线的激光掠射束设置 140₁, 140₂, 和 140₃ (通称为激光掠射束设置 140), 每一个包含初始掠射束 132k 和多个逐渐伸长交叠并大体同线的掠射束 132m-132r, 优选按字母顺序加工。虽然为方便起见在图 14 中平行示出切割掠射束 132k₁-132r₃, 切割掠射束 132k₁-132r₃ 优选大体同线并且和各段 122 同线。

不同于图 10, 12 和 13 中的例子联系的邻近的段 122 之间的轻微随意交叠, 在这一个和下面的例子中和邻近段 122 或掠射束 132 相联系 20 的交叠长度典型地大于约 10%, 更典型地约大于 25%, 最典型地大于约 50%, 有时超过 67% 或 85%。在一采用 300 um 段的特殊的例子中, 采用 200 um 的交叠长度; 在另一采用 500 um 段长度的例子中, 采用 250um 交叠长度。

采用在段 122 内有不同的端点的激光掠射束 132 的理由是阻止“扫描终端”效应, 即无论何时, 当它被以相同的交叠掠射束 132 加工处理时, 更多材料在段 122 的端部堆积的。这样, 连续掠射束 132 或连续掠射束小组的伸长的优点是将扫描效应散布在长切割长度上以便跨过整个段 122 或全部切割路径 112 的切割速度变得均一, 从而增大了产量和切割质量。当段切割加工完成后采用完整的切割路径长度扫描或掠射束 132 也可以减轻扫描对质量的影响。

优选地, 每一掠射束 132 只采用一次并且每一激光设置 (laser set) 140 只采用一次以便在加工下一段 122 前将各个段 122 加工成期望的中间深度或完全透切割。可替换地, 直到沿一些或全部段 122j 完成透割, 切割掠射束 132k1-132r1 的激光设置 140_i 才可以重复, 然后直到整个切割路径 112 被透割, 后来的激光设置 140 才可以一段一段地重复。虽然对每一激光掠射束设置 140 仅示出五个交叠掠射束 132, 本领域的技术人员将意识到可以采用充分大数目的交叠掠射束 132, 尤其是随着需要较小的增加的长度增加以适应靶材厚度。本领域的技术人员也将意识到可以将切割轮廓 110d 中采用的任意或所有掠射束 132 在两个方向加工而不是在图 14 示出的单独一个方向。本领域的技术人员也将意识到可以采用每一激光掠射束设置 140 的多重应用, 可以采用激光掠射束设置 140 中的一个或多个掠射束 132 的多重应用, 一个掠射束设置 140 内的每一明显的掠射束 132 的数目可能不同, 在单一切割路径 112 的加工期间激光掠射束设置 140 的应用数目和激光掠射束 132 可以不同。可以实时调节任何这些变量来响应监视信息。除上面特别提到的细节外, 大多数关于图 10-13 的讨论和图 14 中的例子密切相关。

图 15 描述示例性的段切割轮廓 110e 的一简化表示, 段切割轮廓 110e 和轮廓 110d 多少有点相似, 切割段 122n, 122p, 和 122q 交叠到较大的程度, 而且随后的激光掠射束设置 1402a 和 1402b 省略了激光掠射束 132k。参见图 15, 轮廓 110e 以相同的激光掠射束设置 1401 开始, 轮廓 110d 从设置 1401 开始。然而, 激光掠射束设置 1402a 和 1402b 省略了激光掠射束 132k 并且它们的激光掠射束 132 逐渐交叠 (在下面的例子中大约 86%) 早先的激光掠射束设置 140。在这一实施例的一个例子中, 激光掠射束 132k1 具有 200 μm 的长度, 被应用 30 次。然后, 激光掠射束 132m1, 具有 240 μm (200 μm 加掠射束 132k1 长度的 1/5) 的长度, 被应用 6 次 (30 个掠射束的 1/5)。然后, 激光掠射束 132n1, 具有 280 μm (200 μm 加掠射束 132k1 长度的 2/5) 的长度, 被应用 6 次。这一序列一直继续到激光掠射束设置 1401 完成, 然后和激光掠射束设置 1402a 和 1402b 以及和省略的激光掠射束 132k 相联系执行。在这一例子中, 直到的一些相继的段 122 被加工, 每一段 122 后面的

部分才可能被透割。交叠段 122 来包括已经是透割的切割路径 122 的部分的优点是沉积在透割部分两侧的, 由较短的激光掠射束 132 产生的任何碎片被随后较长的激光掠射束 132 去除。这一例子中的掠射束设置 140 可以显示出用 3.5 W 的紫外激光以 10 kHz 工作在 750 μm 厚的硅晶片上大于或等于 8.5mm/分钟的切片速度。

图 16 描述示例性的段切割轮廓 110f 的简化表示。参考图 16, 为方便起见, 示出切割轮廓 110f, 具有自左到右的路径切割方向和自右到左形成明显的激光掠射束 132s1-132t5。虽然为方便起见图 16 中激光掠射束 132s1-132t5 平行画出, 但是它们优选地基本在一条直线上。图 16 描述一最初的掠射束 132s 和多个逐渐变长的交叠段 132s1-132t5, 优选地按数字下标顺序加工。在一示例性的实施例中, 激光掠射束 132s 的长度是大约 200 μm 或 300 μm , 并且每一随后的激光掠射束的 132t 的长度是大约 500 μm 。这一示例性的轮廓用 3.5 W 紫外激光器, 以 10 kHz 工作, 在 750 厚的硅晶片上, 可以产生大于或等于 10.4 mm/分钟的切割速度。对浅沟道, 每一掠射束 132 可以仅应用一次, 对厚靶材的透割, 在下一个随后的掠射束 132 被采用前每一掠射束 132 可以应用多次。优选地, 在加工下一激光掠射束 132 之前每一掠射束 132 应用多次以便达到选择的中间深度。在一实施例中, 每一连续的激光掠射束 132 接受激光输出 32 的单一掠射束, 然后整个轮廓 110f 被重复或者以相反的顺序加工激光掠射束 132。

虽然仅示出五个交叠的激光掠射束 132t, 本领域的技术人员将意识到可以采用基本更大数目的交叠掠射束 132, 尤其是所需要较小的递增长度的增加去适应靶材的厚度。本领域的技术人员也将意识到切割轮廓 110f 中采用的任意或全部激光掠射束 132 可以在两个方向而不是在图 16 中示出的单一方向相继被加工。除上面特别指出的细节外, 关于图 10-15 的大量讨论和图 16 中的例子密切相关。

图 17 描述一示例性的分段切割轮廓 110g 的简化表示, 轮廓 110g 和轮廓 110f 有点相似。参见图 17, 奇数下标的激光掠射束 1321, 1323, 1325, 1327, 和 1329 具有 200 μm 的示例性的长度, 偶数下标的激光掠射束 1322, 1324, 1326, 和 1328 具有 270 μm 的示例性的掠射束长度。在供给下一序列组释放 (delivered) 之前这些激光掠射束 132 之

一中的一组被释放。在一例子中，奇数下标激光掠射束 132 被应用多次或达到比偶数下标掠射束大的相对深度（例如，切割深度的 60%对切割深度的 40%）。这一具有示例性的掠射束长度的切割轮廓避免了沿切割路径 112 达 5.4 mm 处的交叠交叉节（junction）。本领域的技术人员将意识到可以采用多种切割轮廓和掠射束长度来减小扫描效应和回填因此有利于增大产量。

图 18 在是工件 12，诸如具有 750 μm 高或厚 152，并覆盖有 0.5 μm 厚的 SiO₂ 钝化层（未示出）的本征硅衬底 148 的晶片中的沟道或透割 150 的紫外烧蚀图案加工的代表性的说明。本领域的技术人员将认识到硅工件的厚度和钝化层厚度将改变。

随着激光定位系统 30 沿工件 12 的 X 和/或 Y 轴移动工件 12 时，优选通过将硅工件 12 定位在激光系统 10 的焦平面上并将一串连续交叠激光系统输出脉冲 32 指定在硅工件 12 上，而使沟道 150 成型。激光焦点位置的 Z 高度和每一随后的激光掠射束 132 一致同时被移动，以将激光聚焦于硅工件 12 中的序列化的更深的位置，而将聚焦光斑于一与硅表面更一致的位置。

为了在硅中形成沟道或透割 150，一个示例性的每脉冲能量范围是大约 100 mJ 到 1500 mJ，典型的每脉冲能量范围是约 200 mJ 到 1000 mJ，更典型的每脉冲能量范围是约 400 mJ 到 800 mJ，最优选采用每脉冲超过约 800 mJ 能量。示例性的 PRF 范围约是 5 kHz 到 100 kHz，典型的 PRF 范围是从约 7 kHz 到 50 kHz，更典型的 PRF 范围是从约 10 kHz 到 30 kHz。本领域的技术人员将认识到图 6 所示的激光性能可以达到在上述典型范围内的 PRFs 处的每脉冲能量输出。示例性的聚焦斑尺寸范围是约 1 mm 到 25 mm，典型的聚焦斑尺寸范围是从约 3 mm 到 20 mm，更典型的聚焦斑尺寸范围是从约 8 mm 到 15 mm。示例性的切口尺寸范围是约 0.1 mm 到 10 mm，典型的切口尺寸范围是从约 0.3 mm 到 5 mm，更典型的切口尺寸范围是从约 0.5 mm 到 3 mm。通过控制激光束定位系统 30 的平台中的一个或两个的速度以及将运动速度和激光的重复率激发速率协调一致可以调整切口尺寸。一示例性的段尺寸是约 200 mm 到 800 mm。一示例性的组合使用 V06 激光器，其在 2700 微加工系统上，该系统采用 300 mm 段长和 200mm 的段交叠，能提供一非

常快的切割速度。熟练人员将意识到对用不同的激光器加工不同材料的不同应用，优选的激光，段，掠射束，和其它参数可以差异很大。

在一例子中，可以穿过 750 μm 厚覆盖有 2.0 μm SiO₂ 钝化层的本征硅形成沟道或透割 150，使用从激光器 14 发出的约 360 μJ 的输出脉冲能量，以及使用 1 μm 的切口尺寸，平台速度为 10 mm/秒，在 8" 直径工件 12 的切割路径 112 的长度上少于 25 掠射束，其中激光脉冲在工件表面上的聚焦光斑尺寸(1/e²)为 12 μm 。例如，采用上述参数产生的沟道 150 有约 20 μm 的顶表面开掠射束宽度(直径)(dt) 154 以及约 13 μm 的出掠射束宽度(直径)(db) 156，因此产生了约 30:1 的纵横比(aspect ratio) 率和 0.4° 的开掠射束锥形角。在一些应用中，期望在扫描一段前产生一初始穿孔。

本领域的技术人员将进一步意识到选择的分段轮廓和分段长度以及每脉冲能量值，聚焦斑尺寸，所采用的用以有效产生硅中的高质量沟道或透割 150 的脉冲数目，可以根据硅工件 12 的材料和厚度 152，覆盖层的相对厚度和成分，其中以 SiO₂ 仅是一例，及采用的波长而改变。例如，为了产生仅 50 μm 厚的硅中的透割 150，可以采用少于 10 个掠射束来产生期望的透割。

本领域的技术人员将认识到变化的几何形状的各种图案，包括，但不限于，正方形，长方形，椭圆，螺旋形，和/或它们的组合，其中可以在加工期间通过激光系统 10 和定位系统 30 使用的工具路径文件的编程以沿 X 和 Y 轴定位硅工件 12 而产生。对于激光切割，束定位系统 30 优选对准传统典型的锯切割或其它基准或晶片表面上的图案。如果晶片已经被机械开槽，优选对准切割边缘来克服锯公差和排列误差。各种各样的分段切割轮廓可以程序设定到工具路径文件或其它定位系统命令文件中去。

诸如通过使用上面提到的激光参数进行激光穿孔，激光系统 10 可以被采用来产生一组或多组小透孔(through holes)。可以将这些小孔定位在工件 12，电路或切片，的边缘附近的顶侧，或在划片(scribing)，切片(slicing)，或切割道(dicing streets)之内或它们的交叉点上，这样可以将工件 12 的背侧或底侧相对于顶侧特征部件(features)精确对准。这样的对准有利于诸如激光划片或锯开的背

侧加工以便提高加工速度或质量。用于前和/或背侧晶片划片或切割的技术在 Fahey 等的美国专利申请 09/803,382 (‘382 申请), 标题为“诸如陶瓷或玻璃的脆性, 高熔化温度靶材的紫外激光切割或形状修正”中有详细讨论, 在此引入作为参考。该信息公布在 2002 年 3 月 21 日美国专利申请 US-2001-0033558 并且公布在 2002 年 3 月 28 日的国际专利申请 WO 02/24396 中, 其相应于 ‘382 申请。

激光切割比机械切割(约 300 μm 宽的划片道和约 150 μm 宽的切割路径)损坏更少的材料(小于 50 μm 宽切口, 优选少于 25 μm 宽, 且典型地约为 10 μm 宽的切口), 这样晶片上的器件可以更紧密地制作在一起, 使得更多器件被制作在每一晶片上。因此, 激光切割加工使排间的间距(pitch)和器件间的间距最小化。

淘汰机械切割也能简化工件 12 上器件的制造。尤其是, 机械切割可以给予器件相当大的机械应力以致于器件从它们的基体上脱落。为避免失去排, 器件制造者可以在排和基体间采用强力粘合剂或环氧树脂胶。一整套激光加工极大地减少了用于将排固定到基体上的粘合剂的机械强度要求。所以, 激光切割淘汰了将排粘到基体上的粘合剂或环氧树脂胶以及去除它们必须的苛刻的化学药品。代之, 可以选择容易脱胶的粘合剂, 诸如脱胶时间的减少以及更少暴露到潜在腐蚀性的化学药品, 用于对紫外激光加工的友好性(amenability), 极大地减少了损害器件的危险, 从而增加了产量。

因为激光划片不施加机械划片那样大的机械应力, 所以激光排切割减少了排弓曲(bow)。然而, 如果排弓曲或其它的排缺陷是明显的, 可以激光切割(再划片)来补偿这些缺陷而不考虑机械切割排间必须的器件对器件的严格校准。为方便起见, 术语(穿透)切割可以被一般地用于包括划片(经常和晶片排分离相联系)或切割(经常和从晶片排的各部分单个化相联系), 划片和切割在本发明的上下文中可以交替使用。

因为定位系统 30 可以排列对着穿孔或基准, 激光系统 10 可以独立地加工每一排和/或每一器件。至于倾斜的排, 激光光斑可以借助实现所需的矩形或曲线的波图案的每次切割的平台和/或束平移, 相对于器件的外部边缘的适当位置处跨过倾斜的排横切。这样, 激光切割可

以补偿排固定缺陷并且或许保全会被机械切割毁坏掉的器件全部的排。

段切割方法的另一应用是制造 MEMS（微电机系统）装置 160。图 19 是 MEMS 装置 160 的紫外激光切割代表性说明。在一优选的实施例中，
5 使用上述方法切割 MEMS 装置 160 来在硅中产生沟道 162a, 162b, 162c, 162d, 和 162e（通称为沟道 162）于硅中，以及通过采用接近的沟道 162 的图案产生凹陷（depression）164。本领域的技术人员将意识到通过激光定位系统 30 的 X 和/或 Y 轴的计算机控制，可以将定向的激光系统输出脉冲 32 指向工作表面以便交叠的脉冲产生表现任何复杂曲线的
10 几何图案。本领域的技术人员将意识到这里公开的分段切割技术和其它加工技术也可以被用于非 MEMS 应用的切割弧和其它曲线。

分段切割方法的另一应用是加工集成光路，诸如制造于半导体晶片工件 12 上的阵列化的波导光栅（AWG）器件 170。图 20 是一 AWG 器件 170 的紫外烧蚀图案成型的代表性说明。例如，在一优选的实施例中，
15 使用上面描述的方法给 AWG 器件 170 成型来产生曲线沟道 172，并在硅中有 172a, 172b, 172c, 172d, 172e 部分。虽然示出的沟道 172 是对称的，但是本领域的技术人员将意识到通过光束定位系统 30 的 X 和/或 Y 轴的计算机控制，可以将定向的激光系统输出脉冲 32 指向工作表面，以便交叠的脉冲 32 产生表达任一复杂曲线轮廓或几何形状的
20 图案。本领域的技术人员将意识到不要求段 122 是直线的，而可以是弧，以致于每一部分 172 可以用一个或多个直线段 122 加工。这一能力可以被用于在硅中制造复杂曲线几何图案，其对高效制造多种 AWG 器件 170 是有用的。本领域的技术人员也将意识到可以采用分段切割技术来制造大直径穿孔或盲孔。

25 Fahey 等的 ‘382 申请描述沿切割掠射束形成圆形边缘的技术，也描述激光划片和切割陶瓷晶片的技术。许多这些技术，以及在其中公开的对准技术，可以方便地引入本发明以切割硅晶片并进一步提高切割陶瓷或其它脆性，高熔化温度材料，诸如玻璃的质量以及提高切割它们的加工速度。在此引入美国专利申请 09/803, 382 作为参考。

30 可以预料在反应性气体氛围，诸如富氧气氛中，执行切割将产生容易切割的碎片。在富氧气氛中，例如，业已提出在放热反应中热喷

出硅 (hot ejected silicon) 将更可能形成 SiO_2 , 放热反应可以将任何产生的 SiO_2 回填长时间再沉积于较高温度下, 使得其不太可能强烈粘在硅上, 和/或使得用随后的快激光掠射束 132 更易从沟道上去除。某种程度上, 再沉积 (或暴露的沟道材料) 冷却或再固化是一个因素, 5 这一再特征化时间间隔在一定程度上影响段 122 的最大优选长度 126, 以便激光光斑能处理长度 126 并返回以再照射初始激光掠射束 132a 和随后的激光掠射束位置 132 处的再沉积材料 (或加热的暴露的沟道材料) 于再沉积材料 (暴露的沟道材料) 冷却或粘固之前。

本领域的技术人员也将意识到可以有效地采用洗涤气体, 诸如氮 10 气, 氩气, 氦气, 和干空气, 以助于废尘气 (fumes) 从工件 12 上除去, 更优选地, 沿切割路径 112 将潜在的回填从任何存在的透割部分吹去。使用连到激光系统 10 上的吹嘴 (nozzles) 可以将这样的洗涤气体送到工作表面的附近。

如果需要, 按照本发明加工的硅工件 12 可以使用在水, 丙酮, 甲 15 醇, 酒精中的超声浴改善受影响区域的表面质量。本领域的技术人员也将认识到在氢氟酸中对加工的硅工件 12 的清洗可以有利于去除不需要的氧化层。

虽然这里仅通过例子对硅切割给出了本发明, 但是本领域的技术人员将意识到可以将在此描述的分段切割技术用于切割各种各样的靶 20 材包括, 但不限于, 其它半导体, GaAs, SiC, SiN, 磷化铟, 玻璃, 陶瓷, AlTiC, 和金属, 用相同或不同类型激光器, 激光器包括但不限于, 固态激光器, 诸如 YAG 或 YLF, 有类似或不同的紫外光, 可见光, 或红外波长的 CO₂ 激光器。

Fahey 等的美国临时专利申请 60/301, 701, 提交于 2001 年 6 月 25 28 日, 标题为具有表面器件层的晶片的切割或钻孔的多步激光加工, 在此引入作为参考, 描述了用不同的切断工艺, 诸如不同激光参数切割晶片和它们支撑的器件层的多步技术。这一多步加工包括对每一单层激光处理的优化, 这样任一层或衬底的处理对其它层不起反作用。一优选的处理需要使用紫外激光器切割在红外或可见区域为透明的 30 层, 顾及到切割晶片和切割层所用的激光不同。这一处理使得对层的损伤比如果只用一种激光, 诸如一 IR 激光来切透整个层和晶片结构要

显著地小。更进一步，在这些层的激光加工中，可以对其它切割过程（例如采用晶片锯的切割过程）进行优化，以减少或消除对晶片上这些层的损坏。一个例子采用 UV 激光器 10 来切割层，这些层包括晶片衬底的顶表面和底表面上的陶瓷，玻璃，聚合物或金属薄膜。在表面层已被清除后，使用不同激光器，诸如 532 nm 的激光器或 IR 激光器或相同的激光器或用不同的加工参数运行的光学系统来透割衬底材料。每一激光处理可以采用相同或不同的分段切割技术，其与所选择的激光参数相配合以有利于高质量和产量。另外，表面层可以用常规完全扫描加工来处理，而较厚的衬底层可用分段技术处理。

10 一个实施例需要用诸如光抗蚀剂的牺牲层覆盖晶片表面；随意地去除该牺牲层的一部分以产生未覆盖的区域于将被切割的区域上；激光切割晶片衬底顶上的层到一等于或大于在随后的衬底切割步骤中将产生宽度。然后使用不同激光，波长，脉冲宽度，流量，切口尺寸，和/或其它激光加工参数的一个或多个加工步骤切割晶片。

15 另一实施例允许用一个激光处理或几个激光处理除去表面层或多个层留出了余地，然后用一个随后的处理或几个随后的处理，采用非激光技术完成切割，该非激光技术必须除去晶片衬底材料。这样的技术的一个例子是用激光从切割通道上去除所有的金属，聚合物或其它软材料，这样在随后的用锯片切割期间，锯片只和衬底材料接触。这一技术在切割切片通道中被金属化的晶片时将具有特殊的用途，如由于存在测试装置，或晶片，该晶片具有聚合物电介质材料，如某些市场上可买到的低 K 材料。

25 对本领域的技术人员将很清楚，对本发明上述实施例的细节在不偏离其基本原理的情况下可以做许多改变。所以，本发明的范围应该仅由权利要求来确定。

图1（现有技术）

图2A

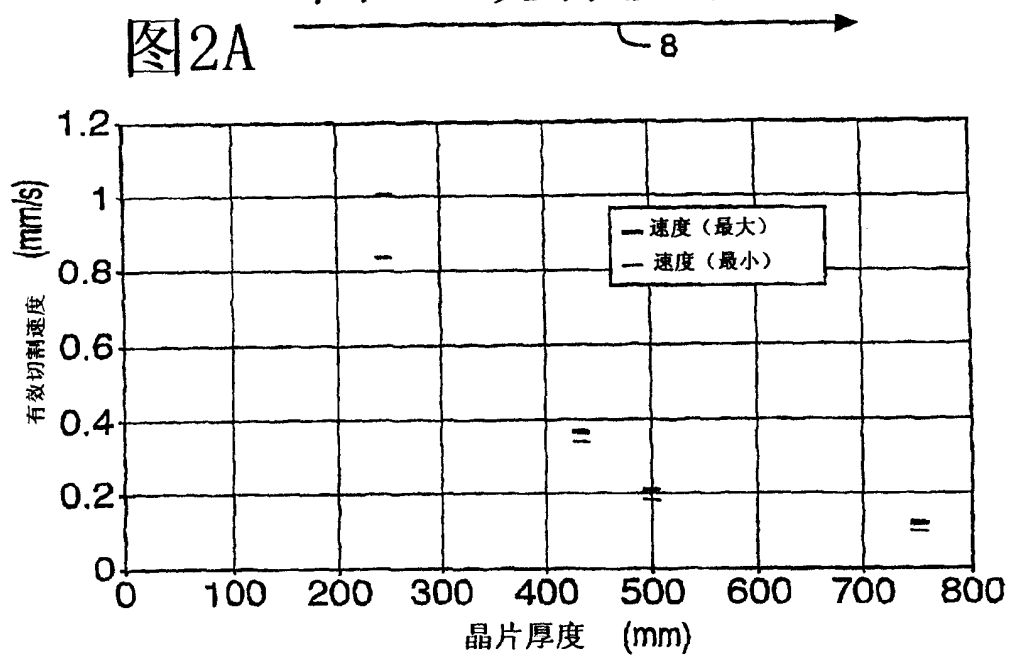
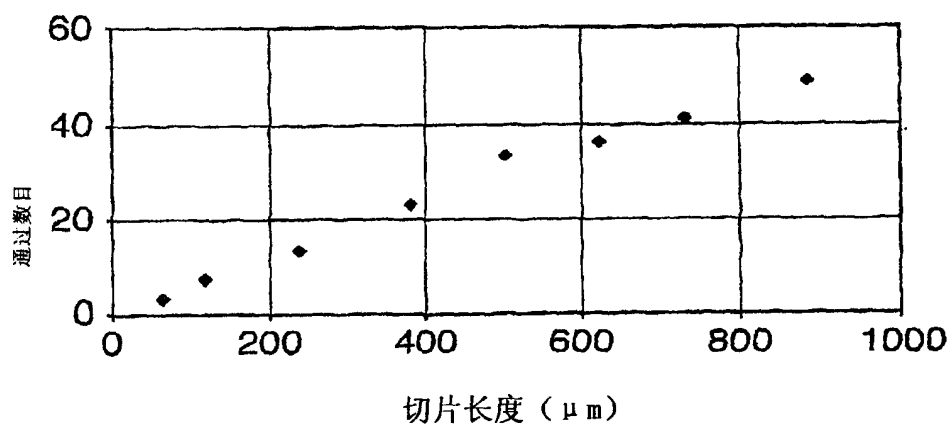


图2B



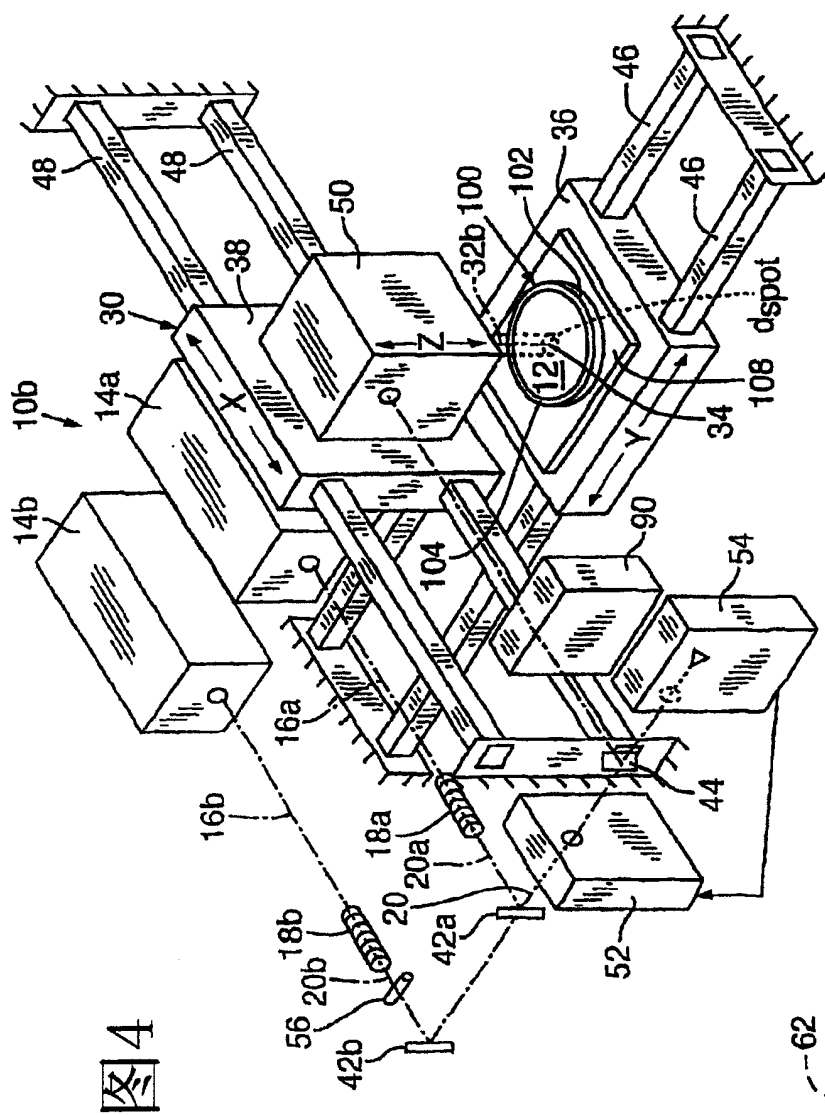


图4

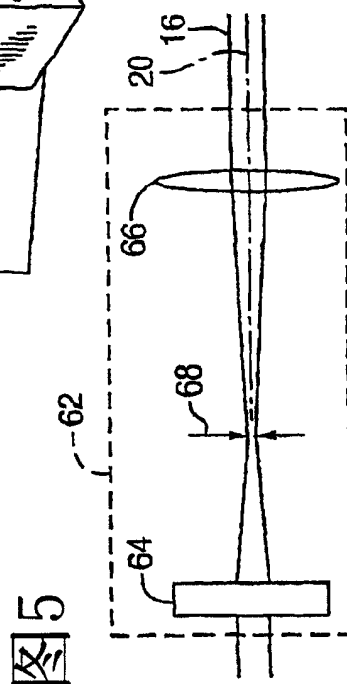
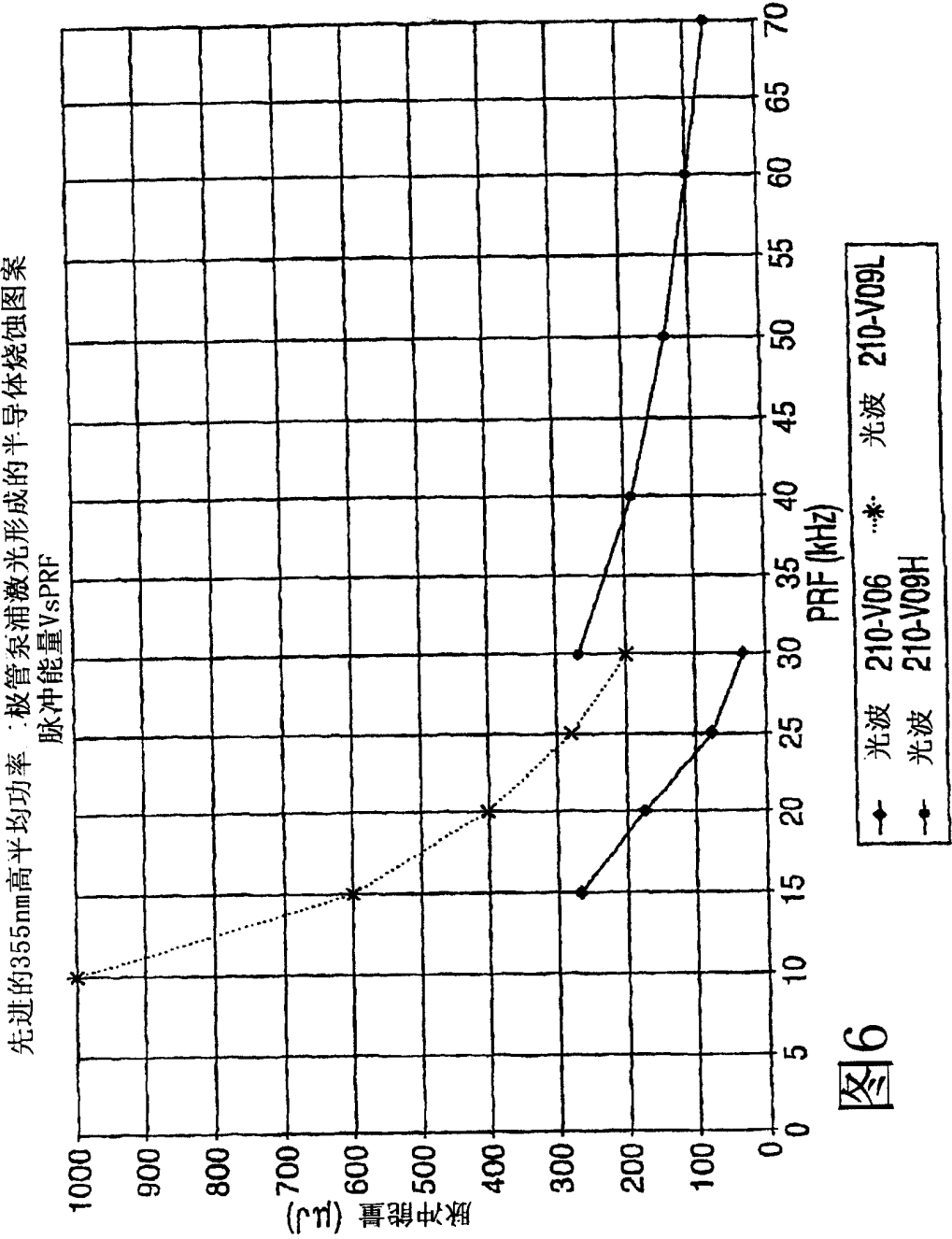
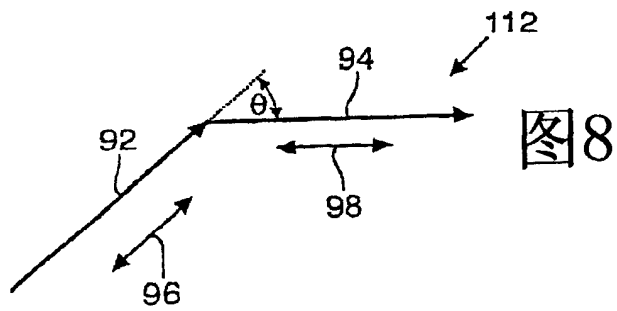
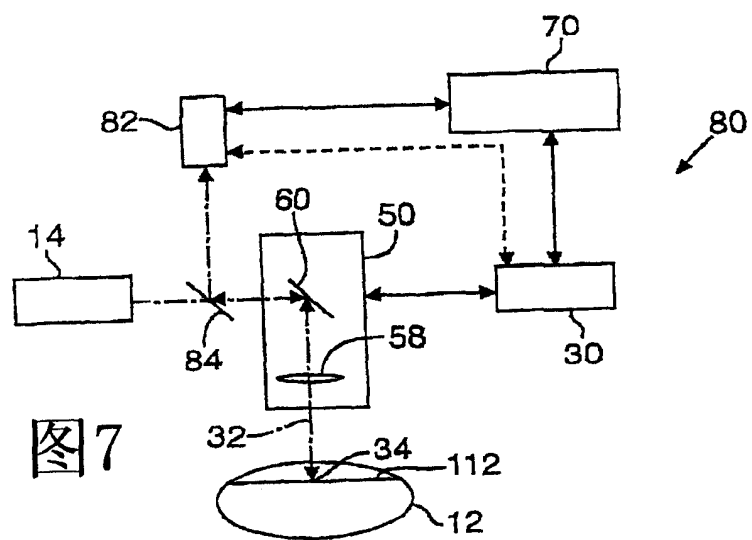


图5





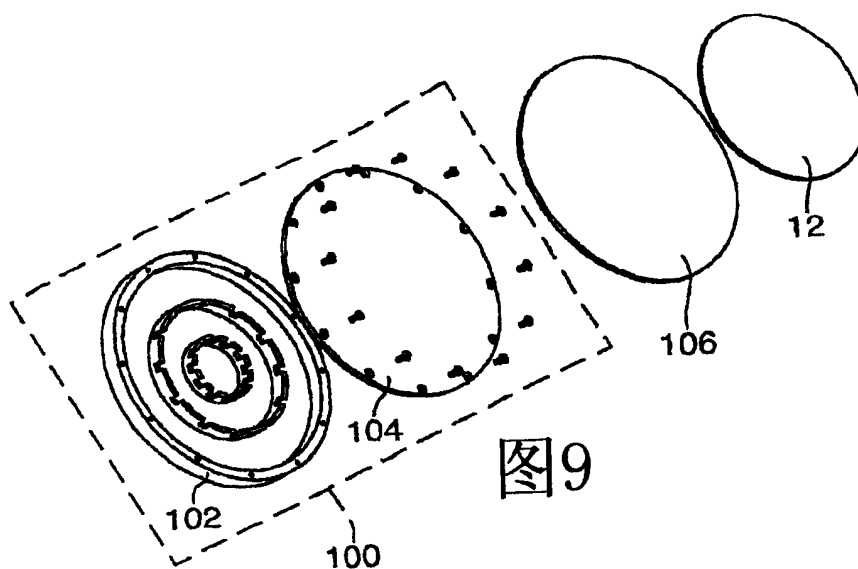


图9

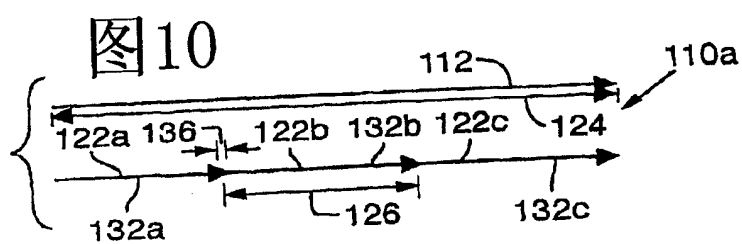


图10

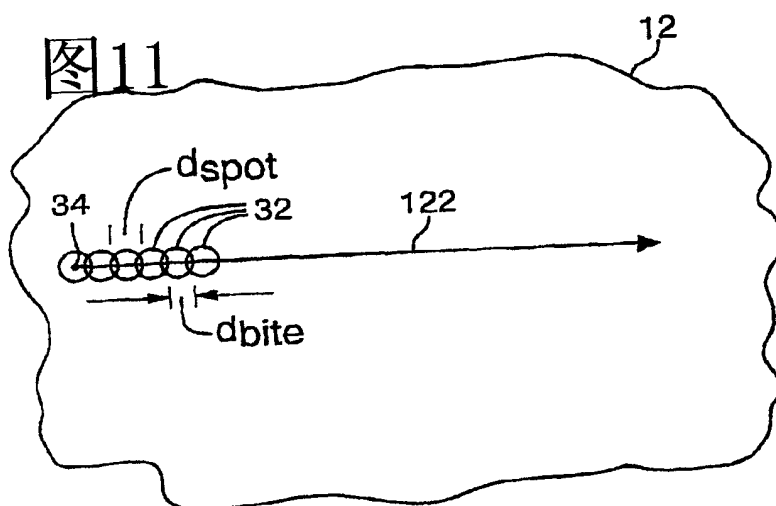


图11

图12

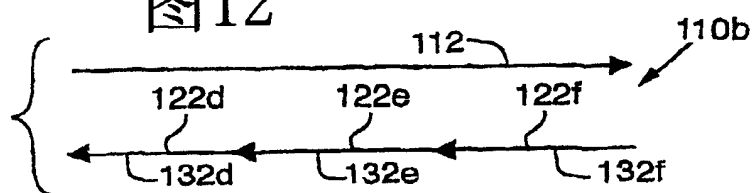


图13

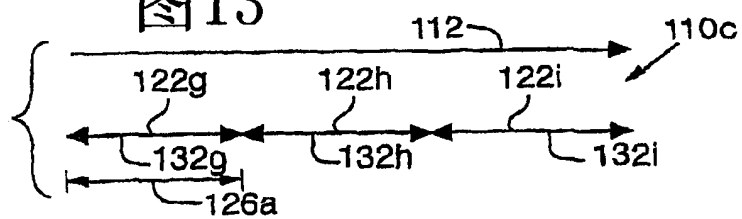
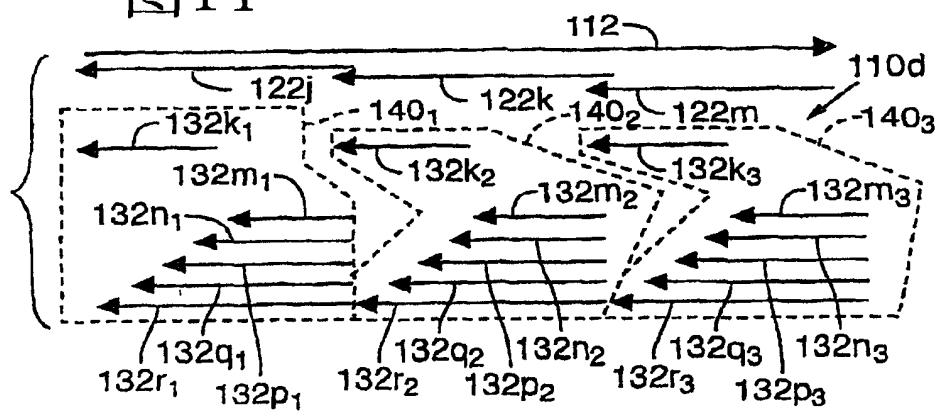
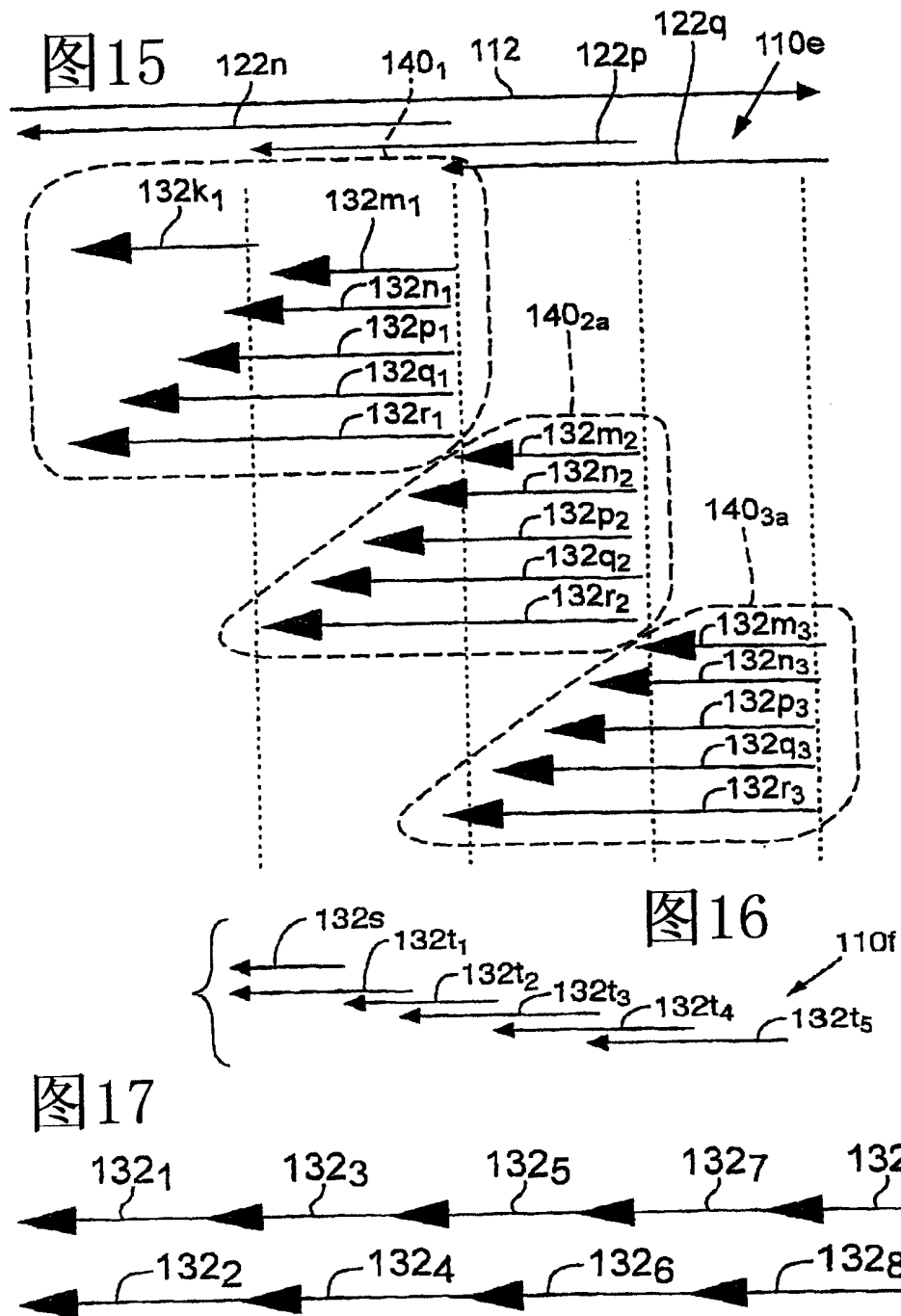


图14





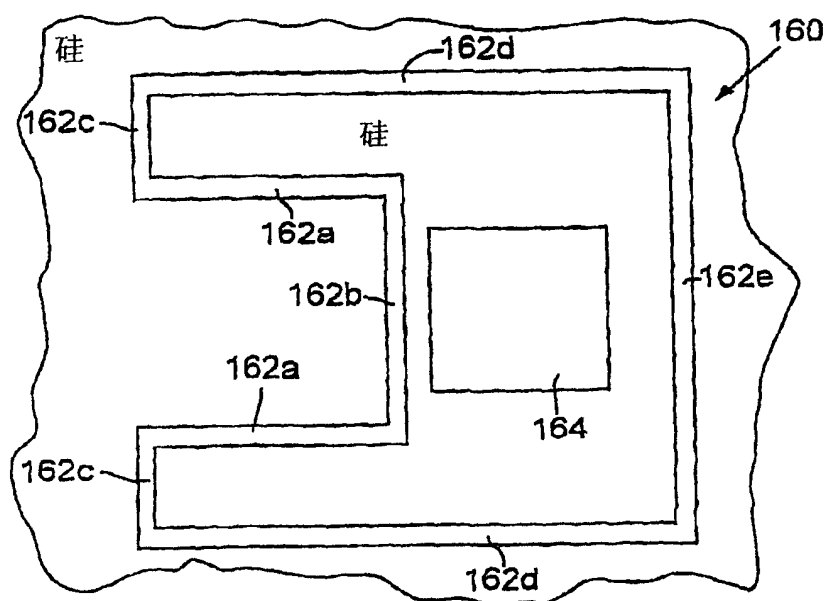
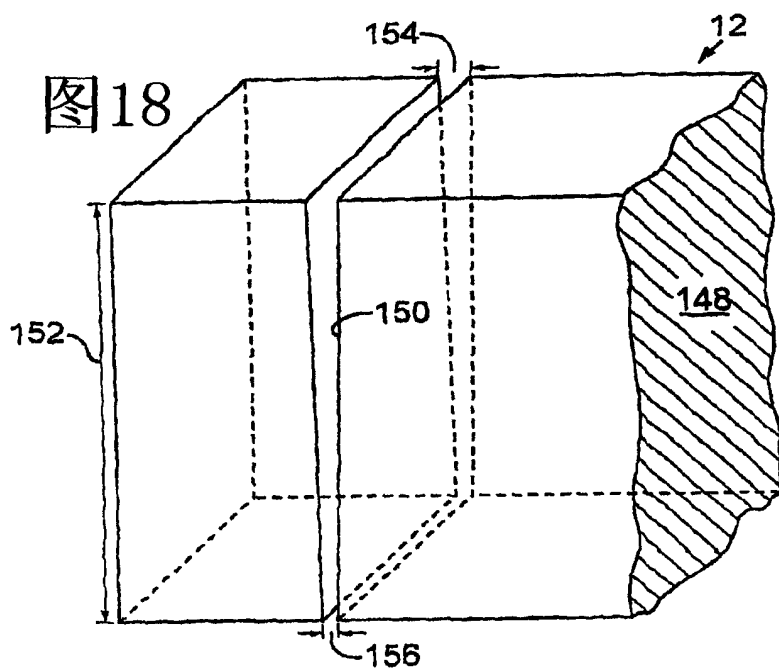


图19

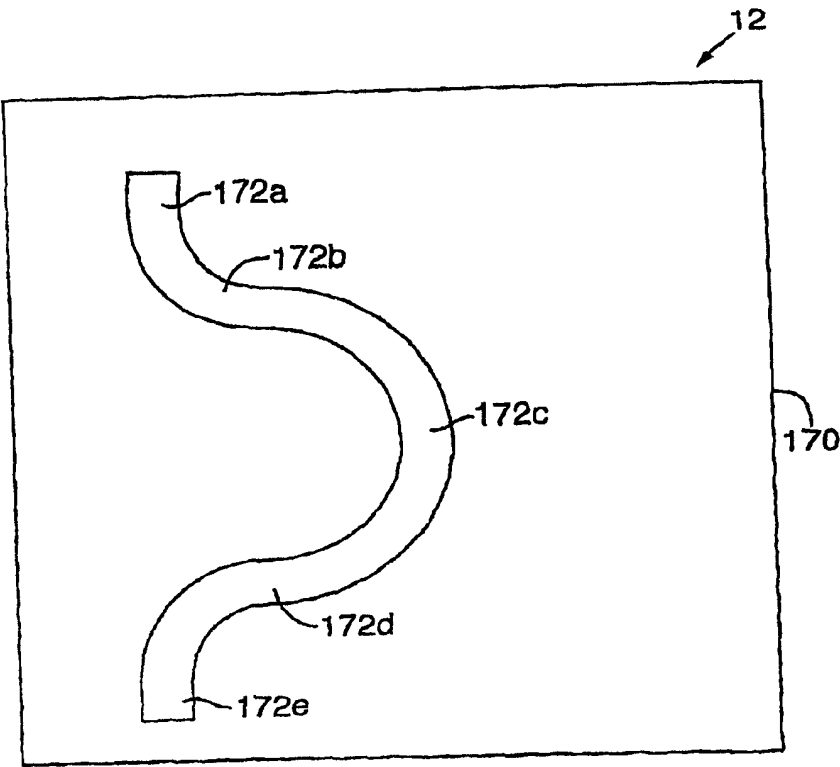


图20