

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 3/10 (2006.01)

H01S 3/082 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02804789.3

[45] 授权公告日 2007 年 1 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1293682C

[22] 申请日 2002.12.17 [21] 申请号 02804789.3

[30] 优先权

[32] 2001.12.17 [33] US [31] 60/341,744

[86] 国际申请 PCT/US2002/040410 2002.12.17

[87] 国际公布 WO2003/052890 英 2003.6.26

[85] 进入国家阶段日期 2003.8.11

[73] 专利权人 电子科学工业公司

地址 美国俄勒冈州

[72] 发明人 Y·孙 E·J·斯温森

R·S·哈里斯

[56] 参考文献

US6281471B1 2001.8.28 B23K26/00

US5656186A 1997.8.12 B23K26/02

US5742634A 1998.4.21 H01S3/10

US5208437A 1993.5.4 B23K26/14

US5720894A 1998.2.24 B44C1/22

US6057180A 2000.5.2 H01L71/82

审查员 肖霞

[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

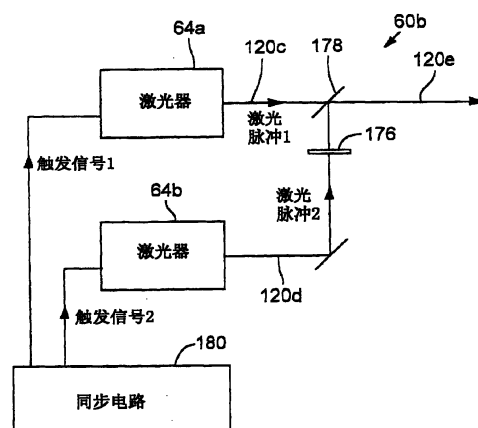
权利要求书 12 页 说明书 15 页 附图 5 页

[54] 发明名称

以一组至少两个激光脉冲处理存储器连接线的
方法

[57] 摘要

一组(50)激光脉冲(52)被用来切断存储器或其它集成电路芯片中的导电连接线(22)。该组(50)的周期优选短于 500ns；且该组(50)中的每个激光脉冲(52)的脉冲宽度优选在约 0.1ps 至 30ns 的范围之内。该组(50)可被传统激光定位系统(62)视为单一“脉冲”，以执行移动中的连接线去除，而不需每当激光系统(60)在每个连接线(22)上发射该组(50)激光脉冲(52)时即停止。传统红外线波长或其谐波可加以利用。



1. 一种从选定连接线结构的位置有选择地去除目标材料的方法，
每个连接线结构包含导电的冗余存储器或集成电路连接线，该连接线
5 位于在基底上制成的电路中的一对导电触点之间，每个连接线具有连
接线宽度，所述方法包括：

提供代表一个或多个在所述电路中的导电连接线位置的光束定位
数据至光束定位器，该光束定位器调整在激光光点位置与所述基底之
间的相对移动；

10 在短于 1000 纳秒的第一时间区间内，从第一激光器产生具有 25
微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第一激光输出脉冲，该第一
激光输出脉冲还具有第一激光光点，该第一激光光点具有大于所述连
接线宽度的光点尺寸；

根据所述光束定位数据引导所述第一激光输出脉冲，使得所述第
15 一激光光点照射在第一触点之间的第一导电连接线的第二位置；

在所述第一时间区间内，从第二激光器产生具有 25 微微秒与 30
纳秒之间脉冲宽度的至少一个第二激光输出脉冲，该第二激光输出脉
冲还具有第二激光光点，该第二激光光点具有大于所述连接线宽度的
光点尺寸；

20 根据所述光束定位数据引导所述第二激光输出脉冲，使得所述第
二激光光点照射所述第一导电连接线的第二位置，使得所述第一与第
二激光光点重叠，且所述第一与第二激光输出脉冲起去除在所述第一
位置的目标材料的作用；

在短于 1000 纳秒且在时间上偏离所述第一时间区间的第二时间区
25 间内，从所述第一激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度
的至少一个第三激光输出脉冲，该第三激光输出脉冲还具有第三激光
光点，该第三激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；

根据所述光束定位数据引导所述第三激光输出脉冲，使得所述第
三激光光点照射第二触点之间的第二导电连接线的第三位置，其不同
30 于所述第一位置；

在所述第二时间区间内，从所述第二激光器产生具有 25 微微秒与

30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第四激光输出脉冲，该第四激光输出脉冲还具有第四激光光点，该第四激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；

5 根据所述光束定位数据引导所述第四激光输出脉冲，以照射所述第二导电连接线的第二位置，使得所述第三与第四激光光点重叠且所述第三与第四激光输出脉冲起去除在所述第二位置的目标材料的作用。

2. 根据权利要求1的方法，其中，所述光束定位器产生在所述激光光点位置与所述基底之间的连续的相对移动，使得所述导电连接线
10 在移动中被处理。

3. 根据权利要求2的方法，其中，所述导电连接线构成对应连接线结构的一部分，与该连接线结构结合的所述基底具有能量与峰值功率损伤阈值，且每个所述激光输出脉冲具有小于对应的所述能量与峰值功率损伤阈值的能量与峰值功率。

15 4. 根据权利要求1的方法，其中，所述导电连接线构成对应连接线结构的一部分，与该连接线结构结合的所述基底具有能量与峰值功率损伤阈值，且每个所述激光输出脉冲具有小于对应的所述能量与峰值功率损伤阈值的能量与峰值功率。

20 5. 根据权利要求1至4中任一项的方法，其中，来自每个激光器的所述激光脉冲完全包含该激光脉冲所处理的所述导电连接线的连接线宽度。

6. 根据权利要求1的方法，其中，来自所述第一与第二激光器的所述激光输出脉冲沿着光路径传播，各所述光路径共用共线的共同部分。

25 7. 根据权利要求1的任何的方法，其中，所述激光输出脉冲具有介于5纳秒与20纳秒之间的脉冲宽度。

8. 根据权利要求1的方法，其进一步包含：

以一重复速率产生所述激光输出脉冲,使得在所述第一与第二时间区间之间的延迟间隔短于 0.1 毫秒。

9. 根据权利要求 1 的方法,其中,至少一个所述导电连接线被上方钝化层所覆盖。

5 10. 根据权利要求 1 的方法,其中,至少一个所述导电连接线不被上方钝化层所覆盖。

11. 根据权利要求 1 的方法,其中,至少一个所述导电连接线包含铝、铬化物、铜、多晶硅、二硅化物、金、镍、铬化镍、铂、多晶硅化物、氮化钽、钛、氮化钛、钨或硅化钨。

10 12. 根据权利要求 1 的方法,其进一步包括在介于 150 nm 与 2000 nm 之间的波长上产生所述激光输出脉冲。

13. 根据权利要求 1 的方法,其中,来自所述第一与第二激光器的所述激光输出脉冲的激光光点的光点尺寸相同。

14. 根据权利要求 1 的方法,其中,来自所述第一与第二激光器的
15 所述激光输出脉冲的激光光点的光点尺寸不同。

15. 根据权利要求 1 的方法,其中,在所述第一与第二时间区间的所述激光输出脉冲具有相似的峰值功率曲线与相似的能量密度曲线。

16. 根据权利要求 1 的方法,其中,在所述第一时间区间的每个
20 所述激光输出脉冲具有接近相同的能量与接近相同的峰值功率。

17. 根据权利要求 1 的方法,其中,在所述第一时间区间中的至少两个所述激光输出脉冲具有不同的能量与不同的峰值功率。

18. 根据权利要求 1 的方法,其中,所述第一与第二激光输出脉冲的触发之间的时间偏移是可编程的。

25 19. 根据权利要求 1 的方法,其中,所述第一与第二激光输出脉

冲的触发之间的时间偏移在 5 至 500 ns 之间。

20. 根据权利要求 1 的方法, 其中, 每个所述激光输出脉冲具有 0.005~1 微焦耳的激光能量。

21. 一种从选定连接线结构的位置有选择地去除目标材料的方法,
5 每个连接线结构包含导电的冗余存储器或集成电路连接线, 该连接线位于在基底上制成的电路中的一对导电触点之间, 每个连接线具有连接线宽度, 所述方法包括:

提供代表一个或多个在所述电路中的导电连接线位置的光束定位数据至光束定位器, 该光束定位器调整在激光光点位置与所述基底之间的相对移动;
10

在短于 1000 纳秒的第一时间区间内, 从一激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第一激光脉冲;

沿着第一光路径传播所述第一激光脉冲;

分离所述第一激光脉冲成为第一与第二激光输出脉冲, 使得所述
15 第一激光输出脉冲沿着所述第一光路径传播, 而所述第二激光输出脉冲沿着第二光路径传播, 所述第一与第二激光输出脉冲还分别具有第一与第二激光光点, 该第一与第二激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸;

根据所述光束定位数据引导所述第一激光输出脉冲, 使得所述第
20 一激光光点在所述第一时间区间内, 照射在第一触点之间的第一导电连接线的第二位置;

引导所述第二激光输出脉冲, 使得所述第二激光光点在所述第一
时间区间内照射所述第一导电连接线的第二位置, 使得所述第一与第二激光光点重叠, 且所述第一与第二激光输出脉冲起去除在所述第一
25 位置的目标材料的作用, 所述第二光路径具有使所述第一激光脉冲到达该第二位置之后, 所述第二激光脉冲方到达该第二位置的特性;

在短于 1000 纳秒的第二时间区间内, 从所述激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第二激光脉冲;

沿着所述第一光路径传播所述第二激光脉冲;

30 分离所述第二激光脉冲成为第三与第四激光输出脉冲, 使得所述

第三激光输出脉冲沿着所述第一光路径传播，而所述第四激光输出脉冲沿着所述第二光路径传播，所述第三与第四激光输出脉冲还分别具有第三与第四激光光点，该第三与第四激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；

- 5 根据所述光束定位数据引导所述第三激光输出脉冲，使得所述第三激光光点在所述第二时间区间内，照射在第二触点之间的第二导电连接线的第二位置；以及

- 引导所述第四激光输出脉冲，使得所述第四激光光点在所述第二时间区间内，照射所述第二导电连接线的第二位置，使得所述第三与
10 第四激光光点重叠，且所述第三与第四激光输出脉冲起去除所述第二位置的目标材料的作用，所述第二光路径具有使所述第三激光脉冲到达该第二位置之后，所述第四激光脉冲方到达该第二位置的特性。

22. 根据权利要求 21 的方法，其中，所述光束定位器产生在所述激光光点位置与所述基底之间的连续的相对移动，使得所述导电连接
15 线在移动中被处理。

 23. 根据权利要求 22 的方法，其中，所述导电连接线构成对应连接线结构的一部分，与该连接线结构结合的所述基底具有能量与峰值功率损伤阈值，且每个所述激光输出脉冲具有小于对应的所述能量与峰值功率损伤阈值的能量与峰值功率。

- 20 24. 根据权利要求 21 的方法，其中，所述导电连接线构成对应连接线结构的一部分，与该连接线结构结合的所述基底具有能量与峰值功率损伤阈值，且每个所述激光输出脉冲具有小于对应的所述能量与峰值功率损伤阈值的能量与峰值功率。

25. 根据权利要求 21 至 24 中任一项的方法，其中，来自每个激光
25 器的所述激光脉冲完全包含该激光脉冲所处理的所述导电连接线的连接线宽度。

 26. 根据权利要求 25 的方法，其中，每个所述激光输出脉冲具有 0.005~1 微焦耳的激光能量。

27. 根据权利要求 21 的任何的方法, 其中, 所述激光输出脉冲具有介于 5 纳秒与 20 纳秒之间的脉冲宽度。

28. 根据权利要求 21 的方法, 其进一步包括:

5 以一重复速率产生所述激光输出脉冲, 使得在所述第一与第二时间区间之间的延迟间隔短于 0.1 毫秒。

29. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 至少一个所述导电连接线被上方钝化层所覆盖。

30. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 至少一个所述导电连接线不被上方钝化层所覆盖。

10 31. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 至少一个所述导电连接线包含铝、铬化物、铜、多晶硅、二硅化物、金、镍、铬化镍、铂、多晶硅化物、氮化钽、钛、氮化钛、钨或硅化钨。

32. 根据权利要求 21 的方法, 其进一步包括在介于 150 nm 与 2000 nm 之间的波长上产生所述激光输出脉冲。

15 33. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 来自所述第一与第二激光器的激光输出脉冲的激光光点的光点尺寸相同。

34. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 来自所述第一与第二激光器的激光输出脉冲的激光光点的光点尺寸不同。

20 35. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 在所述第一与第二时间区间的所述激光输出脉冲具有相似的峰值功率曲线与相似的能量密度曲线。

36. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 在所述第一时间区间的每个所述激光输出脉冲具有接近相同的能量与接近相同的峰值功率。

25 37. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 在所述第一时间区间中的至少两个所述激光输出脉冲具有不同的能量与不同的峰值功率。

38. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 所述第一与第二激光输出脉冲到达所述第一位置的时间之间的时间偏移是可调整的。

39. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 所述第一与第二激光输出脉冲到达第一位置的时间之间的时间偏移在 5 至 500 ns 之间。

5 40. 根据权利要求 21 的方法, 其中, 每个所述激光输出脉冲具有 0.005~1 微焦耳的激光能量。

41. 一种从选定连接线结构的位置有选择地去除目标材料的方法, 每个连接线结构包含导电的冗余存储器或集成电路连接线, 该连接线位于在基底上制成的电路中的一对导电触点之间, 每个连接线具有连
10 连接线宽度, 所述方法包括:

提供代表一个或多个在所述电路中的导电连接线位置的光束定位数据至光束定位器, 该光束定位器调整在激光光点位置与所述基底之间的相对移动;

将送至 Q 开关的射频信号从高射频能级降低至中间射频能级, 以便在短于 1000 纳秒的第一时间区间内, 从一激光器产生具有 25 微微
15 秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第一激光脉冲, 该第一激光输出脉冲还具有第一激光光点, 该第一激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸;

根据所述光束定位数据引导所述第一激光输出脉冲, 使得所述第一激光光点照射在所述第一触点之间的第一导电连接线的
20 第一位置;

将所述送至 Q 开关的射频信号从所述中间射频能级降低至较低射频能级, 以便在所述第一时间区间内, 产生具有 25 微微秒与 30 纳秒
之间脉冲宽度的至少一个第二激光输出脉冲, 该第二激光输出脉冲还具有第二激光光点, 该第二激光光点具有大于所述连接线宽度的光点
25 尺寸;

引导所述第二激光输出脉冲, 使得所述第二激光光点照射所述第一导电连接线的
第一位置, 使得所述第一与第二激光光点重叠, 且所述
第一与第二激光输出脉冲起去除在所述第一位置的目标材料的作用;

将所述送至 Q 开关的射频信号从所述较低射频能级提高至所述高射频能级；

将所述送至 Q 开关的射频信号从所述高射频能级降低至所述中间射频能级，以便在具有短于 1000 纳秒的组合宽度持续时间的第二时间
5 区间内，从所述激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度持续时间的至少一个第三激光输出脉冲，该第三激光输出脉冲还具有第三激光光点，该第三激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；

根据所述光束定位数据引导所述第三激光输出脉冲，使得所述第三激光光点照射第二触点之间的第二导电连接线的第二位置；

10 将所述送至 Q 开关的射频信号从所述中间射频能级降低至所述较低射频能级，以便在所述第二时间区间内产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度周期的至少一个第四激光输出脉冲，该第四激光输出脉冲还具有第四激光光点，该第四激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；而且

15 引导所述第四激光输出脉冲，使得所述第四激光光点照射所述第二导电连接线的第二位置，使得所述第三与第四激光光点重叠，且所述第三与第四激光输出脉冲起去除在所述第二位置的目标材料的作用。

42. 根据权利要求 41 的方法，其中，所述光束定位器产生在所述
20 激光光点位置与所述基底之间的连续的相对移动，使得所述导电连接线在移动中被处理。

43. 根据权利要求 42 的方法，其中，所述导电连接线构成对应连接线结构的一部分，与该连接线结构结合的所述基底具有能量与峰值
25 功率损伤阈值，且每个所述激光输出脉冲具有小于对应的所述能量与峰值功率损伤阈值的能量与峰值功率。

44. 根据权利要求 41 的方法，其中，所述导电连接线构成对应连接线结构的一部分，与该连接线结构结合的所述基底具有能量与峰值
功率损伤阈值，且每个所述激光输出脉冲具有小于对应的所述能量与峰值功率损伤阈值的能量与峰值功率。

45. 根据权利要求 41 至 44 中任一项的方法, 其中, 来自每个激光器的所述激光脉冲完全包含该激光脉冲处理的所述导电连接线的连接线宽度。

46. 根据权利要求 45 的方法, 其中, 每个所述激光输出脉冲具有
5 0.005~1 微焦耳的激光能量。

47. 根据权利要求 41 的任何的方法, 其中, 所述激光输出脉冲具有介于 5 纳秒与 20 纳秒之间的脉冲宽度。

48. 根据权利要求 41 的方法, 进一步包含:

以一重复速率产生所述激光输出脉冲, 使得在所述第一与第二时
10 间区间之间的延迟间隔短于 0.1 毫秒。

49. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 至少一个所述导电连接线被上方钝化层所覆盖。

50. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 至少一个所述导电连接线不被上方钝化层所覆盖。

15 51. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 至少一个所述导电连接线包含铝、铬化物、铜、多晶硅、二硅化物、金、镍、铬化镍、铂、多晶硅化物、氮化钽、钛、氮化钛、钨或硅化钨。

52. 根据权利要求 41 的方法, 其进一步包括在介于 150 nm 与 2000 nm 之间的波长上产生所述激光输出脉冲。

20 53. 根据权利要求 45 的方法, 其中, 在所述第一与第二时间区间的所述激光输出脉冲具有相似的峰值功率曲线与相似的能量密度曲线。

54. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 在所述第一时间区间的每个所述激光输出脉冲具有接近相同的能量与接近相同的峰值功率。

25 55. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 在所述第一与第二时间区间的所述激光输出脉冲具有相似的峰值功率曲线与相似的能量密度曲

线。

56. 根据权利要求 45 的方法, 其中, 在所述第一时间区间的每个所述激光输出脉冲具有接近相同的能量与接近相同的峰值功率。

57. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 在所述第一时间区间的至少
5 两个所述激光输出脉冲具有不同的能量与不同的峰值功率。

58. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 所述第一与第二激光输出脉冲的触发之间的时间偏移是可编程的。

59. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 所述第一与第二激光输出脉冲的触发之间的时间偏移在 5 至 500 ns 之间。

60. 根据权利要求 41 的方法, 其中, 每个所述激光输出脉冲具有
10 0.005~1 微焦耳的激光能量。

61. 一种从选定连接线结构的位置有选择地去除目标材料的方法, 每个连接线结构包含导电的冗余存储器或集成电路连接线, 该连接线位于在基底上制成的电路中的一对导电触点之间, 每个连接线具有连
15 接线宽度, 所述方法包含:

提供代表一个或多个在所述电路中的导电连接线位置的光束定位数据至光束定位器, 该光束定位器调整在激光光点位置与所述基底之间的相对移动;

在短于 1000 纳秒的第一时间区间内, 从具有一失准直 Q 开关的激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少第一与第二激光输出脉冲, 该第一与第二激光输出脉冲还分别具有第一与第二激光光点, 该第一与第二激光光点大于所述连接线宽度的光点尺寸;

根据所述光束定位数据引导所述第一与第二激光输出脉冲, 使得所述第一与第二激光光点在所述第一时间区间内, 照射在第一触点之间的第一导电连接线的
25 第一位置, 使得所述第一与第二激光光点重叠, 且所述第一与第二激光输出脉冲起去除在所述第一位置的目标材料的作用;

在短于 1000 纳秒的第二时间区间内, 从所述激光器产生具有 25

微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少第三与第四激光输出脉冲，该第三与第四激光输出脉冲还分别具有第三与第四激光光点，该第三与第四激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；以及

5 根据所述光束定位数据引导所述第三与第四激光输出脉冲，使得所述第三与第四激光光点在所述第二时间区间内，照射在第二触点之间的第二导电连接线的第二位置，使得所述第三与第四激光光点重叠，且所述第三与第四激光输出脉冲起去除在所述第二位置的目标材料的作用。

62. 根据权利要求 1 至 20 中任一项的方法，其中，每个所述激光
10 输出脉冲所具有的热、能量或峰值功率不足以完全切断在相应位置的所述连接线。

63. 根据权利要求 62 的方法，其中，所述的第一和第二激光输出脉冲以及所述的第三和第四激光输出脉冲的对应组是以高于 1 kHz 的重复速率产生的。

15 64. 根据权利要求 21 至 40 中任一项的方法，其中，每个所述激光输出脉冲所具有的热、能量或峰值功率不足以完全切断在相应位置的所述连接线。

65. 根据权利要求 64 的方法，其中，所述的第一和第二激光输出脉冲以及所述的第三和第四激光输出脉冲的对应组是以高于 1 kHz 的
20 重复速率产生的。

66. 根据权利要求 41 至 60 中任一项的方法，其中，每个所述激光输出脉冲所具有的热、能量或峰值功率不足以完全切断在相应位置的所述连接线。

67. 根据权利要求 66 的方法，其中，所述的第一和第二激光输出
25 脉冲以及所述的第三和第四激光输出脉冲的对应组是以高于 1 kHz 的重复速率产生的。

68. 根据权利要求 61 的方法，其中，每个所述激光输出脉冲所具

有的热、能量或峰值功率不足以完全切断在相应位置的所述连接线。

69. 根据权利要求 68 的方法，其中，所述的第一和第二激光输出脉冲以及所述的第三和第四激光输出脉冲的对应组是以高于 1 kHz 的重复速率产生的。

以一组至少两个激光脉冲处理存储器连接线的方

技术领域

- 5 本发明涉及存储器或其它 IC 连接线的激光处理，特别是涉及使用一组至少两个激光脉冲切断移动中的 IC 连接线的激光系统与方法。

发明背景

- IC 器件制造过程中的成品经常因为次表面层或图案的对准变化，
10 或者微粒污染而导致缺陷。图 1、2A 与 2B 显示 IC 器件或工件 12 各自的电路 10，它们通常制造成行与列，包含多个重复的冗余电路元件 14，例如存储单元 20 的备用行 16 与列 18。参考图 1、2A 与 2B，电路 10 也被设计成在电触点 24 之间包含特殊的可激光切断的导电连接线 22，其例如能被去除以断开不良存储单元 20，代之以用在如 DRAM、
15 SRAM 或嵌入式存储器等存储器元件中的冗余存储单元 26 进行替换。同样技术也可被用来切断连接线，以规划逻辑产品、门阵列或 ASIC。

- 连接线 22 厚约 0.3~2 微米(μm)，且以约 0.4~2.5 μm 的传统连接线宽度 28、连接线长度 30、以及距邻近电路结构或元件 34 约 2~8 μm 的元件与元件间距(中心对中心距离)32 来设计，如连接线结构 36。虽然
20 最普遍的连接线材料为多晶硅及类似的化合物，存储器制造商近来较采用不同的导电性更好的金属连接线材料，其包括(但不限于)铝、铬化物、铜、金、镍、铬化镍、钛、钨、铂，以及其它金属、金属合金、如氮化钛或氮化钽的金属氮化物、如硅化钨的金属硅化物，或是其它类金属材料。

- 25 电路 10、电路元件 14 或存储单元 20 经过缺陷测试，其位置可对应至数据库或程序。传统的 1.047 μm 或 1.064 μm 红外线(IR)激光波长已使用 20 年以上，用以爆破性地去除导电连接线 22。常见的存储器连接线处理系统在每个连接线 22 上聚集具有约 4 至 30 纳秒(ns)脉冲宽度的单一脉冲激光输出。图 2A 及 2B 显示激光光点 38，其具有光点尺寸
30 (面积或直径)40，照射由多晶硅或金属连接线 22 所构成的连接线结构

36, 该多晶硅或金属连接线 22 位于硅基底 42 之上且介于堆叠钝化层的各组合层之间, 该堆叠钝化层包括典型为 500~10,000 埃(Å)厚的上方钝化层 44(示于图 2A 但未示于图 2B)及下方钝化层 46。硅基底 42 吸收相对小比例的 IR 辐射量, 且一般的钝化层 44 及 46, 如二氧化硅或氮化硅, 对于 IR 辐射相对透明。连接线 22 通常是“在移动中”处理, 使得当激光脉冲向连接线 22 发射时, 光束定位系统不必停止移动, 而每个连接线 22 由单一激光脉冲来处理。移动中加工利于达到非常高的连接线处理产出率, 例如每秒处理数万个连接线 22。

图 2C 为图 2B 在连接线 22 以原有技术激光脉冲去除后, 连接线结构的局部剖面侧视图。为了避免损及基底 42, 同时维持足够能量来处理金属或非金属连接线 22, Sun 等人在美国专利第 5,265,114 号及美国专利第 5,473,624 号中提出使用单一的 9 至 25 ns 脉冲, 以较长的激光波长, 如 1.3 μm , 来处理硅晶片上的存储器连接线 22。在 1.3 μm 的激光波长, 连接线材料与硅基底 42 间的吸收衬比远大于传统 1 μm 的激光波长。以此技术所提供较宽的激光处理窗口与优选的处理质量, 在工业界已很成功地使用了约 5 年。

然而, 1.0 μm 与 1.3 μm 激光波长仍具有缺点。这样的 IR 激光束 12 对高导电率金属连接线 22 的耦合效率比较差;且用于连接线切断的 IR 激光束的实际可达到的光点尺寸 40 比较大, 并限制了连接线宽度 28、触点 24 间的连接线长度 30 及连接线间距 32 的临界尺寸。此传统的激光连接线处理依赖加热、熔化及汽化连接线 22, 并以单一激光脉冲产生积累机械应力, 以爆破性地打开上方钝化层 44。这种传统的连接线处理激光脉冲产生了大的热影响区域(HAZ), 而其会恶化包含切断连接线的器件的质量。例如, 当连接线比较厚或连接线材料反射过大以致于无法吸收足够的激光脉冲能量时, 就需要在每个激光脉冲上使用更高能量。增加激光脉冲能量加大了对 IC 芯片的损伤风险。然而, 在厚的连接线上使用在无风险范围以内的激光脉冲能量, 经常会导致不完全的连接线切断。

Sun 等人的美国专利第 6,057,180 号与 Swenson 等人的美国专利第 6,025,256 号, 近来更进一步说明了使用紫外线(UV)激光输出来切断或炸开连接线的方法, 其以不同材料去除机制“打开”上方钝化层, 且

具有光束光点尺寸较小的优点。然而，以这种 UV 激光脉冲去除连接线本身，必须仔细考虑下方钝化结构与材料，以防止 UV 激光脉冲损伤下方钝化层与硅晶片。

Mourou 等人在美国专利第 5,656,186 号中揭示了一种在数种波长
5 上以典型小于 10 ps 的高重复率超快速激光脉冲用激光诱发断裂及烧蚀的方法，并证明所产生的加工特征尺寸小于折射限制光点尺寸。

Miyauchi 等人在美国专利第 5,208,437 号中揭示一种使用亚纳秒脉冲宽度的单一“高斯”形脉冲来处理连接线的方法。

Rieger 等人在美国专利第 5,742,634 号中揭示一种以二极管泵浦的
10 同步 Q 开关及锁模钕(Nd)激光器装置。该激光器发射一系列脉冲，每一脉冲在 100 ns 的时间周期下具有 60 至 300 微微秒(ps)的持续时间。

发明内容

本发明提供了一种从选定连接线结构的位置有选择地去除目标材
15 料的方法，每个连接线结构包含导电的冗余存储器或集成电路连接线，该连接线位于在基底上制成的电路中的一对导电触点之间，每个连接线具有连接线宽度，所述方法包括：提供代表一个或多个在所述电路中的导电连接线位置的光束定位数据至光束定位器，该光束定位器调整在激光光点位置与所述基底之间的相对移动；在短于 1000 纳秒的第一
20 一时间区间内，从第一激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第一激光输出脉冲，该第一激光输出脉冲还具有第一激光光点，该第一激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；根据所述光束定位数据引导所述第一激光输出脉冲，使得所述第一激光光点照射在第一触点之间的第一导电连接线的第一个位置；在所述第一
25 时间区间内，从第二激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第二激光输出脉冲，该第二激光输出脉冲还具有第二激光光点，该第二激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；根据所述光束定位数据引导所述第二激光输出脉冲，使得所述第二激光光点照射所述第一导电连接线的第一个位置，使得所述第一与第二激光光
30 点重叠，且所述第一与第二激光输出脉冲起去除在所述第一个位置的目标材料的作用；在短于 1000 纳秒且在时间上偏离所述第一时间区间的

第二时间区间内，从所述第一激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第三激光输出脉冲，该第三激光输出脉冲还具有第三激光光点，该第三激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；根据所述光束定位数据引导所述第三激光输出脉冲，使得所述第三激光光点照射第二触点之间的第二导电连接线的第二位置，其不同于所述第一位置；在所述第二时间区间内，从所述第二激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第四激光输出脉冲，该第四激光输出脉冲还具有第四激光光点，该第四激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；根据所述光束定位数据引导所述第四激光输出脉冲，以照射所述第二导电连接线的第二位置，使得所述第三与第四激光光点重叠且所述第三与第四激光输出脉冲起去除在所述第二位置的目标材料的作用。

本发明还提供了一种从选定连接线结构的位置有选择地去除目标材料的方法，每个连接线结构包含导电的冗余存储器或集成电路连接线，该连接线位于在基底上制成的电路中的一对导电触点之间，每个连接线具有连接线宽度，所述方法包括：提供代表一个或多个在所述电路中的导电连接线位置的光束定位数据至光束定位器，该光束定位器调整在激光光点位置与所述基底之间的相对移动；在短于 1000 纳秒的第一时间区间内，从一激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第一激光脉冲；沿着第一光路径传播所述第一激光脉冲；分离所述第一激光脉冲成为第一与第二激光输出脉冲，使得所述第一激光输出脉冲沿着所述第一光路径传播，而所述第二激光输出脉冲沿着第二光路径传播，所述第一与第二激光输出脉冲还分别具有第一与第二激光光点，该第一与第二激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；根据所述光束定位数据引导所述第一激光输出脉冲，使得所述第一激光光点在所述第一时间区间内，照射在第一触点之间的第一导电连接线的第二位置；引导所述第二激光输出脉冲，使得所述第二激光光点在所述第一时间区间内照射所述第一导电连接线的第二位置，使得所述第一与第二激光光点重叠，且所述第一与第二激光输出脉冲起去除在所述第二位置的目标材料的作用，所述第二光路径具有使所述第一激光脉冲到达该第二位置之后，所述第二激光脉冲方

到达该第一位置的特性；在短于 1000 纳秒的第二时间区间内，从所述激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第二激光脉冲；沿着所述第一光路径传播所述第二激光脉冲；分离所述第二激光脉冲成为第三与第四激光输出脉冲，使得所述第三激光输出脉冲
5 沿着所述第一光路径传播，而所述第四激光输出脉冲沿着所述第二光路径传播，所述第三与第四激光输出脉冲还分别具有第三与第四激光光点，该第三与第四激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；根据所述光束定位数据引导所述第三激光输出脉冲，使得所述第三激光光点在所述第二时间区间内，照射在第二触点之间的第二导电连接
10 线的第二位置；以及引导所述第四激光输出脉冲，使得所述第四激光光点在所述第二时间区间内，照射所述第二导电连接线的第二位置，使得所述第三与第四激光光点重叠，且所述第三与第四激光输出脉冲起去除所述第二位置的目标材料的作用，所述第二光路径具有使所述第三激光脉冲到达该第二位置之后，所述第四激光脉冲方到达该第二
15 位置的特性。

本发明还提供了一种从选定连接线结构的位置有选择地去除目标材料的方法，每个连接线结构包含导电的冗余存储器或集成电路连接线，该连接线位于在基底上制成的电路中的一对导电触点之间，每个
20 连接线具有连接线宽度，所述方法包括：提供代表一个或多个在所述电路中的导电连接线位置的光束定位数据至光束定位器，该光束定位器调整在激光光点位置与所述基底之间的相对移动；将送至 Q 开关的射频信号从高射频能级降低至中间射频能级，以便在短于 1000 纳秒的第一时间区间内，从一激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第一激光脉冲，该第一激光输出脉冲还具有第一激光
25 光点，该第一激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；根据所述光束定位数据引导所述第一激光输出脉冲，使得所述第一激光光点照射在所述第一触点之间的第一导电连接线的第一个位置；将所述送至 Q 开关的射频信号从所述中间射频能级降低至较低射频能级，以便在所述第一时间区间内，产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度的至少一个第二激光输出脉冲，该第二激光输出脉冲还具有第二激光光点，
30 该第二激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；引导所述第二

激光输出脉冲，使得所述第二激光光点照射所述第一导电连接线的
第一位置，使得所述第一与第二激光光点重叠，且所述第一与第二激光
输出脉冲起去除在所述第一位置的目标材料的作用；将所述送至 Q 开
5 关的射频信号从所述较低射频能级提高至所述高射频能级；将所述送
至 Q 开关的射频信号从所述高射频能级降低至所述中间射频能级，以
便在具有短于 1000 纳秒的组合宽度持续时间的第二时间区间内，从所
述激光器产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度持续时间的至少
一个第三激光输出脉冲，该第三激光输出脉冲还具有第三激光光点，
该第三激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；根据所述光束
10 定位数据引导所述第三激光输出脉冲，使得所述第三激光光点照射第
二触点之间的第二导电连接线的第二位置；将所述送至 Q 开关的射频
信号从所述中间射频能级降低至所述较低射频能级，以便在所述第二
时间区间内产生具有 25 微微秒与 30 纳秒之间脉冲宽度周期的至少一
个第四激光输出脉冲，该第四激光输出脉冲还具有第四激光光点，该
15 第四激光光点具有大于所述连接线宽度的光点尺寸；而且引导所述第
四激光输出脉冲，使得所述第四激光光点照射所述第二导电连接线的
第二位置，使得所述第三与第四激光光点重叠，且所述第三与第四激
光输出脉冲起去除在所述第二位置的目标材料的作用。

本发明的目的在于提供一种方法或装置，用以改善 IC 连接线的激
20 光处理质量。

本发明的另一目的在于以一组低能量激光脉冲处理连接线。

本发明进一步的目的在于以一组较短波长的低能量激光脉冲处理
连接线。

而本发明的另一目的在于利用这样的激光脉冲组来处理移动中的
25 连接线。

本发明利用一组至少 2 个激光脉冲来切断 IC 连接线，以替代使用
单一激光脉冲的传统连接线处理系统。而在实用上不需要长的作用时
间，或者在每个连接线上进行重复定位及重复照射的独立的重复扫描
过程，它们会明显降低约二分之一的产出率。一组的持续时间优选短
30 于 1000 ns，更优选短于 500 ns，最优选短于 300 ns，且优选是在 5 至
300 ns 范围内；同时一组中的每个脉冲的脉冲宽度一般是在 0.1 ps 至

30 ns 范围内, 且更优选是从大约 25 ps 至大约 20 ns 或 30 ns。一组中的每个激光脉冲具有小于硅基底损伤阈值的单位脉冲的能量或峰值功率。一组中的激光脉冲数目受到控制, 使得最后越一个脉冲清除连接线底部而不损及下方钝化层及基底。因为一组的整个持续时间小于
5 1000 ns, 以传统的连接线切断激光定位系统, 该组被视为单一“脉冲”。一组中的每个脉冲的激光光点包含了连接线宽度, 且每个脉冲的各激光光点间的移位小于典型定位系统的定位精度, 其通常为 ± 0.05 至 $0.2\mu\text{m}$ 。所以, 激光系统可以持续处理移动中的连接线, 即当激光系统对每个连接线发射一组激光脉冲时, 定位系统不必停止移动。

10 本发明的其它目的与优点从随后的优选实施例, 参考相关附图的详细说明, 将会易于了解。

附图简单说明

图 1 为一动态随机存储器的部分示意图, 显示在一般电路单元的
15 备用行中, 可编程连接线的冗余布局。

图 2A 为常规的大型半导体连接线结构的局部剖面侧视图, 该结构接收以原有技术脉冲参数为特征的激光脉冲。

图 2B 为图 2A 的连接线结构与激光脉冲以及邻近电路结构的局部俯视图。

20 图 2C 为图 2B 在连接线以原有技术激光脉冲去除后的连接线结构的局部剖面侧视图。

图 3 为根据本发明用于切断连接线的示范组的固定振幅激光脉冲的功率-时间曲线图。

25 图 4 为根据本发明用于切断连接线的另一示范组的调制振幅激光脉冲的功率-时间曲线图。

图 5 为一优选绿光激光系统实施例的部分示意的简图, 包括与用来实现本发明所述方法的激光处理控制系统配合的工件定位器。

图 6A 为传统切断连接线的激光系统所发射的典型单一激光脉冲的功率-时间曲线图。

30 图 6B 为图 5 的激光系统以步进控制 Q 开关所发射的用于切断连接线示范组的激光脉冲的功率-时间曲线图。

图 7 为用于步进控制 Q 开关的示范射频信号的功率-时间曲线图。

图 8 为透过使用图 7 中所示的射频信号的步进控制 Q 开关产生的示范激光脉冲的功率-时间曲线图。

图 9 为用来实现本发明的激光系统的另一实施例的简图。

5 图 10A~10D 为沿着图 9 的激光系统的分离光路径传播的示范激光脉冲的各自功率-时间曲线图。

图 11 为使用 2 个或以上的激光而用来实现本发明的激光系统的另一实施例的简化图标。

10 图 12A~12C 为沿着图 11 的激光系统的分立光路径传播的示范激光脉冲各自的功率-时间曲线图。

优选实施例详述

图 3、4、6B、8、10D 及 12C 为根据本发明用来切断连接线 22 的激光脉冲 52a、52b₁、52b₂、52b₃、52c₁、52c₂、52d 及 52e (统称为激光脉冲 52)的示范组 50a、50b、50c、50d 及 50e (统称为组 50)的功率-时间曲线图。每一组 50 的持续时间优选短于约 1000 ns, 更优选是短于 500 ns, 而最优选处于约 5 ns 至 300 ns 范围内。组 50 以可编程的延迟间隔而做时间平移, 其典型短于 0.1 毫秒, 并且可以是定位系统 62 速度与所处理连接线 22 间距离的函数。在组 50 中每个激光脉冲 52 的脉冲宽度优选处于约 0.1 ps 至约 30 ns 的范围内, 且更优选是从约 25 ps 至 30 ns, 或者从约 100 ps 至 10 ns 或从 5 ns 至 20 ns 的范围。

在激光脉冲 52 的组 50 期间, 每个激光脉冲 52 具有不足以完全去除连接线 22 或是损及下方基底 42 的热、能量或峰值功率, 其仅仅去除部分连接线 22 及/或任何上方钝化层 38。在约 150 nm 至 1320 nm 的波长上, 激光脉冲 52 的聚焦光点尺寸 40 的优选烧蚀参数包括: 每个激光脉冲的激光能量, 其介于约 0.005 μ J 至约 1 μ J 之间 (及介于 0.01 μ J 至约 0.5 μ J 之间的中间能量范围); 与每一组的激光能量, 其介于 0.01 μ J 至约 2 μ J 之间; 大于约 1 Hz, 且优选为 1 kHz 至 40 kHz 或更高。聚焦的激光光点直径根据连接线宽度 28、连接线间距尺寸 32、连接线材料及其它连接线结构与工艺考虑, 优选比连接线 22 的宽度大 50%至 100%。

根据激光输出的波长及连接线材料的特性，施加在连接线 22 上的脉冲 52 切断深度可通过选择每个脉冲 52 的能量及每个组 50 中的激光脉冲 52 的数目而精确控制，以清除任意给定的连接线 22 底部，而使下方钝化层 46 相对完整且基底 42 不受损伤。因此，对硅基底 42 的损伤风险实质上得以消除，即便是使用了近 UV 范围的激光波长。

与传统单个连接线切断激光脉冲的能量密度曲线相比，激光脉冲 52 组 50 的能量密度曲线可受到更好的控制。参考图 3，可用相同的能量密度产生每个激光脉冲 52a，以提供具有恒定的“平顶”能量密度曲线的脉冲组 50a。例如，可以用锁模激光器后接电光(E-O)或声光(A-O)光闸及可选择的放大器来实现组 50a。

参考图 4，脉冲 52b 的能量密度可经过调制，从而使脉冲 52b 构成的组 50b 可以具有几乎任何预定形状，如传统连接线烧断激光脉冲的能量密度曲线。例如，可以用图 5 所示的同步 Q 开关及 CW 锁模激光系统 60 来实现组 50b。图中未示的另一种不同组 50 具有高能量密度的初始脉冲 52，及降低能量密度的尾随脉冲 52。组 50 的这种能量密度曲线有助于清除连接线底部，而无损及特别敏感的工件的风险。连续的组 50 可具有不同的峰值功率及能量密度曲线，特别是在处理具有不同特性的连接线 22 的情况下。

图 5 展示根据本发明的简化激光系统 60 的优选实施例，其包括 Q 开关及/或 CW 锁模激光器 64，用于产生所需激光脉冲 52 组 50 以实现连接线切断。从约 150 nm 至约 2000 nm 的优选激光波长包括但不限于：1.3 μ m、1.064 μ m 或 1.047 μ m、1.03~1.05 μ m、0.75~0.85 μ m 或其 2 次、3 次、4 次或 5 次谐波，它们发自 Nd:YAG、Nd:YLF、Nd:YVO₄、Yb:YAG 或 Ti:蓝宝石激光器 64。本领域技术人员会认识到，以其它适当波长发射的激光器是可以购到和可利用的，其中包括光纤激光器。

在此仅以示例方式，将激光系统 60 模型化为 2 次谐波(532 nm) Nd:YAG 激光器 64，因为频率倍增成份可被去除从而消去谐波转换。Nd:YAG 或其它固体激光器 64 优选以激光二极管 70 泵浦，或是一种二极管泵浦的固体激光器，该固体激光器的辐射 72 为透镜元件 74 所聚焦，进入激光共振腔 82。激光共振腔 82 优选包括激射物 84 及 Q 开关 86，其中激射物 84 优选具有短吸收长度，Q 开关 86 沿着光轴 90 位于

聚焦/折叠反射镜 76 与输出耦合镜 78 之间。孔径 100 也可位于激励物 84 与输出耦合镜 78 之间。输出耦合镜 78 为部分反射性的并起输出耦合器的作用，但也可或加选择性改变，从而将部分光反射至一半导体可饱和吸收器镜装置(图中未示)以用于锁模激光器 64。镜 78 沿着光轴 5 98 传送共振腔输出 96。

谐波转换倍频器 102 优选位于共振腔 82 外部，用以将激光束频率转换成为 2 次谐波激光输出 104。本领域技术人员会认识到，在使用谐波转换时，如 E-O 或 A-O 装置的选通装置 106 可被置于谐波转换装置之前，用以选通或精确控制谐波激光脉冲能量。

10 本领域技术人员会认识到，可利用 Nd:YAG (532 nm、355 nm、266 nm)、Nd:YLF (524 nm、349 nm、262 nm)的任意 2 次、3 次或 4 次谐波或 Ti:蓝宝石(375~425 nm)的 2 次谐波，使用适当的公知的谐波转换技术，优选地处理特定类型的连接线 22。谐波转换处理说明于 V. G. Dmitriev 等人所著“非线性光晶体手册”，pp. 138~141, Springer-Verlag, 15 纽约，1991 ISBN 3-540-53547-0。

激光输出 104(不考虑波长)可由沿着光束路径 120 设置的各种传统光学元件 116 与 118 加以处理。元件 116 与 118 可包括光束扩展器或用以准直激光输出 104 的其它激光光学元件，以产生具备有用传输特性的光束。一个或多个的光束反射镜 122、124、126 及 128 被选择性地 20 使用，且其对所需的激光波长为高反射性而在不需要的波长上为高透射性，因而仅所需的激光波长将到达连接线结构 36。聚焦透镜 130 优选使用 F1、F2 或 F3 单一元件或多元件透镜系统，其聚焦准直脉冲激光系统输出 140，以产生大于连接线宽度 28 而将其包含的聚焦光点尺寸 40，且根据波长，其直径原先小于 $2\mu\text{m}$ 或更小。

25 一种优选的光束定位系统 62 详细于 Overbeck 的美国专利第 4,532,402 号中。光束定位系统 62 优选使用能控制至少 2 个平台或级(堆叠或分轴)的激光控制器 160，且与反射镜 122、124、126 及 128 协调，以对准并聚焦激光系统输出 140 至 IC 器件或工件 12 上所需的激光连接线 22。光束定位系统 62 允许在工件 12 上的各连接线 22 之间快速移 30 动，以根据所提供的测试或设计数据实施移动中的特定连接线切断操作。

位置数据优选引导工件 12 上的聚焦激光光点 38, 以激光系统输出 140 的激光脉冲 52 组 50 对准连接线结构 36, 以去除连接线 22。激光系统 60 优选以激光脉冲 52 的单一组 50 在移动中切断每一连接线 22, 而不在任何连接线 22 上停顿光束定位系统 62, 从而保持高产出率。因为组 50 小于约 1000 ns, 根据定位系统 62 的扫描速度, 每个组 50 被定位系统 62 视为单一脉冲。举例而言, 如果定位系统 62 具有每秒约 200 mm 的高速度, 则在 2 个连续激光光点 38 之间的典型位移将小于 0.2 μ m, 且在组 50 的优选时间间隔内优选小于 0.06 μ m, 因此, 2 个以上的连续光点 38 将实质上重叠, 且每个光点 38 将完全包含连接线宽度 28。除了重复速率的控制之外, 组 50 中的脉冲 52 触发之间的时间偏移典型小于 1000 ns, 较优选小于 500 ns, 且最优选是介于约 5 ns 和 300 ns 之间, 并可通过控制 Q 开关步进、激光同步或后面所说明的光路径延迟技术而编程。优选的组 50 包括 2 至 50 个脉冲 52, 且更优选为 2 至 10 个脉冲 52。

为激光控制器 160 提供指令, 该指令涉及激光脉冲 52 的所需能量与脉冲宽度、脉冲 52 的数目, 以及/或者对应连接线结构 36 的特性的组 50 的形状与周期。激光控制器 160 可受计时数据影响, 其使激光系统 60 的发射与平台的移动同步, 如 Konecny 在美国专利第 5,453,594 号中关于幅射光束位置与发射协调系统所述。另外, 本领域技术人员会认识到, 激光控制器 160 可被用来经 E-O 或 A-O 装置 106 作激光能量的外腔调制, 和/或选择性地指示一个或多个控制 Q 开关 86 或选通装置 106 的次控制器 164。光束定位系统 62 可替代性地或附加性地采用 Cutler 等人在美国专利第 5,751,585 号或 Cutler 在美国专利第 6,430,465 B2 号中所述的改善或光束定位器, 上述专利被转让给本申请的受让人。也可以使用其它的固定头、快速定位器头, 如检流计、压电式或音圈控制镜、或线性马达驱动传统定位系统, 或者由俄勒冈州波特兰的电气科学工业公司(ESI)所制造的 9300 或 9000 型号系列中所采用的。

图 6A 展示典型激光输出的能量密度曲线, 该激光输出来自用于连接线熔断的传统激光器。图 6B 展示激光脉冲 52c₁ 及 52c₂ 构成的组 50c 的能量密度曲线, 其发射自具有步进控制 Q 开关 86 的激光系统 60(锁

模或不锁模)。本领域技术人员会认识到, Q 开关也可以是有意识地失准直, 以产生一个以上的激光脉冲 52。组 50c 描述各种不同的能量密度曲线的其中之一, 其有助于用来切断连接线 22, 该连接线 22 具有不同型式与连接线厚度或钝化材料的连接线结构 36。组 50c 的形状可通过编程 E-O 或 A-O 的选通装置的电压, 或通过使用及改变极化器的转动来实现。

图 7 为用于步进控制 Q 开关 86 的示范射频信号 54 的功率-时间曲线图。与典型激光 Q 开关不同, 该典型激光 Q 开关利用全部射频信号或完全不加利用以产生单一激光脉冲(通常是消去射频信号允许产生脉冲)用于处理连接线 22, 步进控制 Q 开关使用一个或多个中间数目的射频信号 54, 以产生一个或多个快速连续脉冲 52c₃ 与 52c₄, 如图 8 所示, 该图为功率-时间曲线图。参考图 7 与图 8, 射频能级 54a 足以防止激光脉冲 52c 的产生。射频信号 54 被降低至允许激光脉冲 52c₃ 产生的中间射频能级 54b, 且随后射频信号 54 被消除至射频能级 54c, 从而允许激光脉冲 52c₄ 产生。步进控制 Q 开关技术使激光脉冲 52c₃ 具有峰值瞬间功率, 该峰值瞬间功率低于给定的单一非步进 Q 开关激光脉冲的峰值瞬间功率, 并容许产生额外的激光脉冲 52c₄, 其所具有的峰值瞬间功率同样低于给定的单一非步进 Q 开关激光脉冲的峰值瞬间功率。处于射频能级 54b 的射频信号 54 的数目与持续时间可以被用来控制脉冲 52c₃ 与 52c₄ 的峰值瞬间功率, 以及每个组 50 内的激光脉冲 52 之间的时间偏移。每个组 50c 中可产生 2 个以上的激光脉冲 52c, 且通过调整射频信号 54 的步数与持续时间, 激光脉冲 52c 可在组 50c 之内或其之间具有相等或不相等的振幅。

图 9 为激光系统 60a 的另一实施例的简图, 该激光系统使用 Q 开关激光器 64(具有或不具有 CW 锁模)并具有例如偏离光束路径 120 的光延迟路径 170。光延迟路径 170 优选使用沿光束路径 120 设置的光束分离器 172。光束分离器 172 使部分激光从光束路径 120 分离, 并使一部分光沿光束路径 120a 传播而一部分光沿光延迟路径 170 传播至反射镜 174a 与 174b, 经过可选的半波片 176 然后到达组合器 178。组合器 178 沿光束路径 120 设置在光束分离器 172 之后, 并使光延迟路径 170 与光束路径 120a 重新组合成为单一光束路径 120b。本领域技术人员会

认识到, 光延迟路径 170 可位于激光器 64 与连接线结构 36 之间的其它不同位置, 例如输出耦合镜 78 与光学元件 116 之间, 并可包含以不同距离间隔的多个透镜 174。

图 10A~10D 展示示范激光脉冲 52d 的各自的功率-时间曲线图, 该
5 激光脉冲 52d 沿着图 9 所示激光系统 60a 的光路径 120、120a、120b 与 170 传播。参考图 9 及图 10A~10D, 图 10A 为沿光束路径 120 传播的激光输出 96 的功率-时间曲线图。光束分离器 172 优选将激光输出 96 分离成相等的激光脉冲, 即图 10B 中的 52d₁ 与图 10C 中的 52d₂ (统一称为激光脉冲 52d), 其分别沿着光路径 120a 与光延迟路径 170 传播。
10 在通过可选的半波片 176 后, 激光脉冲 52d₂ 通过组合器 178, 其在此与沿着光路径 120b 传播的激光脉冲 52d₁ 重新组合。图 10D 为沿着光路径 120b 传播的激光脉冲 52d₁ 与 52d₂ 的合成的功率-时间曲线图。因为光延迟路径 170 比光束路径 120a 长, 激光脉冲 52d₂ 沿着光束路径 120b 在时间上晚于 52d₁ 产生。

15 本领域技术人员会认识到, 脉冲 52 的相对功率可通过调整光束分离器 172 所容许的反射和/或透射量而相对调整。这样的调整允许经调制的曲线例如为所讨论的或以曲线 50c 所展示的那些曲线。本领域技术人员还会认识到, 光延迟路径 170 的长度能被调整, 以控制各个脉冲 52d 的计时。再者, 可使用具有不同长度和/或相依性的附加延迟路
20 径, 从而导入不同时间间隔及功率的附加脉冲。

本领域技术人员会认识到, 可沿着光路径的共同部分或沿着光路径的一个或两个不同部分而设置一个或多个光学衰减器, 以进一步控制激光输出脉冲的峰值瞬间功率。此外, 可使用不同的光路径, 从而在组 50 中产生具有相同或不同光点尺寸的脉冲 52。

25 图 11 为激光系统 60b 的另一实施例的简图, 该激光系统使用 2 个或更多的激光器 64a 与 64b (统称为激光器 64) 以实现本发明, 图 12A~12C 为示范激光脉冲 52e₁ 与 52e₂ (泛指 52e) 的各自的功率-时间曲线图, 这些激光脉冲沿着图 11 所示的激光系统 60b 的光路径 120c、120d 与 120e 传播。参考图 11 与图 12A~12C, 激光器 64 优选为先前所讨论
30 的类型或在本技术中公知的 Q 开关激光器 64 (优选非 CW 锁模), 并且可具有相同类型或不同类型, 产生相同或不同的光点尺寸。本领域技

术人员会认识到,激光器 64 优选为相同类型,且其参数优选受控以产生相同的光点尺寸、脉冲能量与峰值功率。激光器 64 可由同步电路 180 触发,使得激光输出以所需的或可编程的时间间隔分开。优选的时间间隔包括约 5 ns 至约 1000 ns。

5 激光器 64a 发射激光脉冲 $52e_1$, 其沿着光路径 120c 传播且随后通过组合器 178, 而激光器 64b 发射激光脉冲 $52e_2$, 其沿着光路径 120d 传播且随后通过可选的半波片 176 与组合器 178, 从而使激光脉冲 $52e_1$ 与 $52e_2$ 沿着光路径 120e 传播, 但短暂地分开以产生具有图 12C 所示功率-时间曲线的激光脉冲组 50e。

10 对于所有实施例, 优选的是每个组 50 切断单一连接线 22。在大部分应用中, 每个组 50 的能量密度曲线相同。然而, 当工件 12 包括不同类型(不同材料或不同尺寸)的连接线 22 时, 那么可随着定位系统 62 扫描过工件 12 而应用不同的能量密度曲线(高度、长度以及形状)。

15 鉴于先前所述, 以激光脉冲 52 构成的组 50 所做连接线处理与传统的连接线处理相比, 在不牺牲产出率的情况下, 提供了较宽的处理窗口与较好的切断连接线质量。在组 50 中的脉冲 52 的变化容许针对特定的连接线性质进行更好的整形。

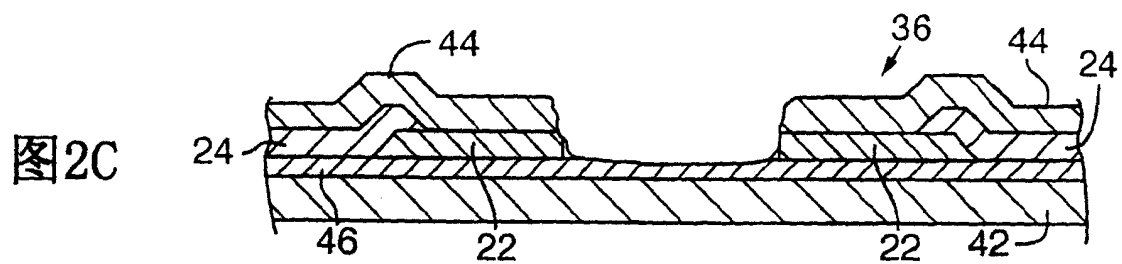
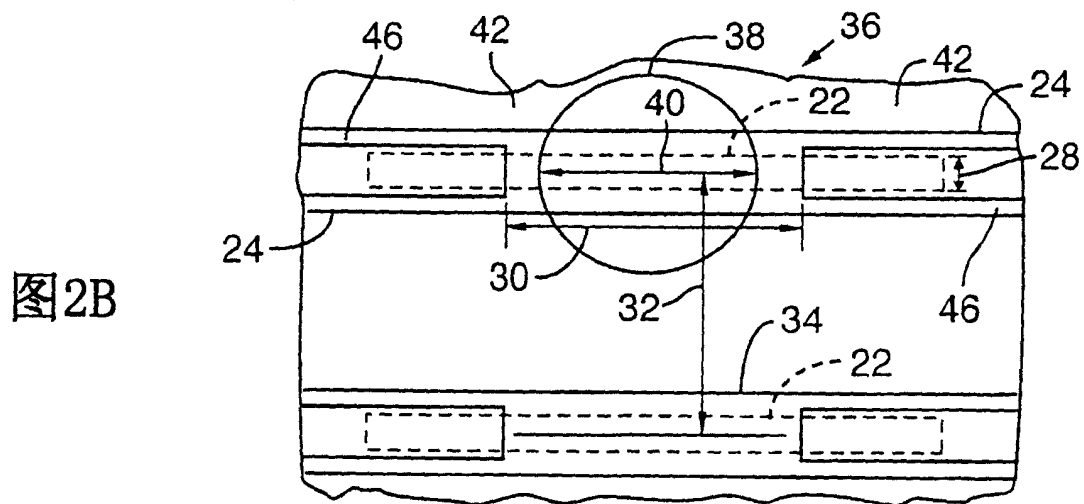
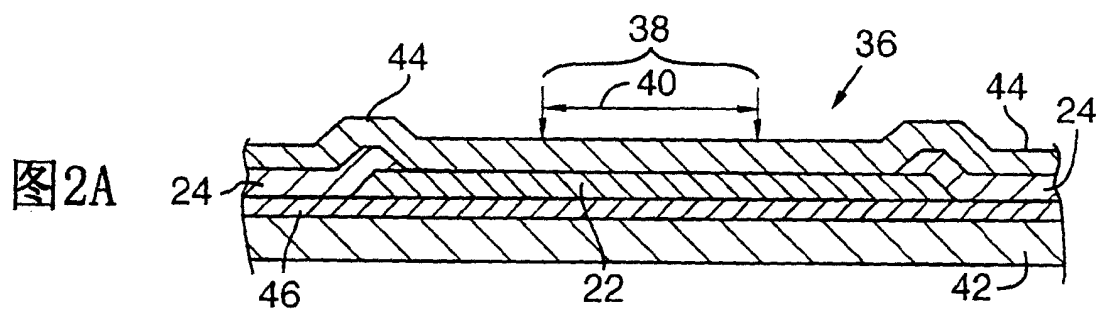
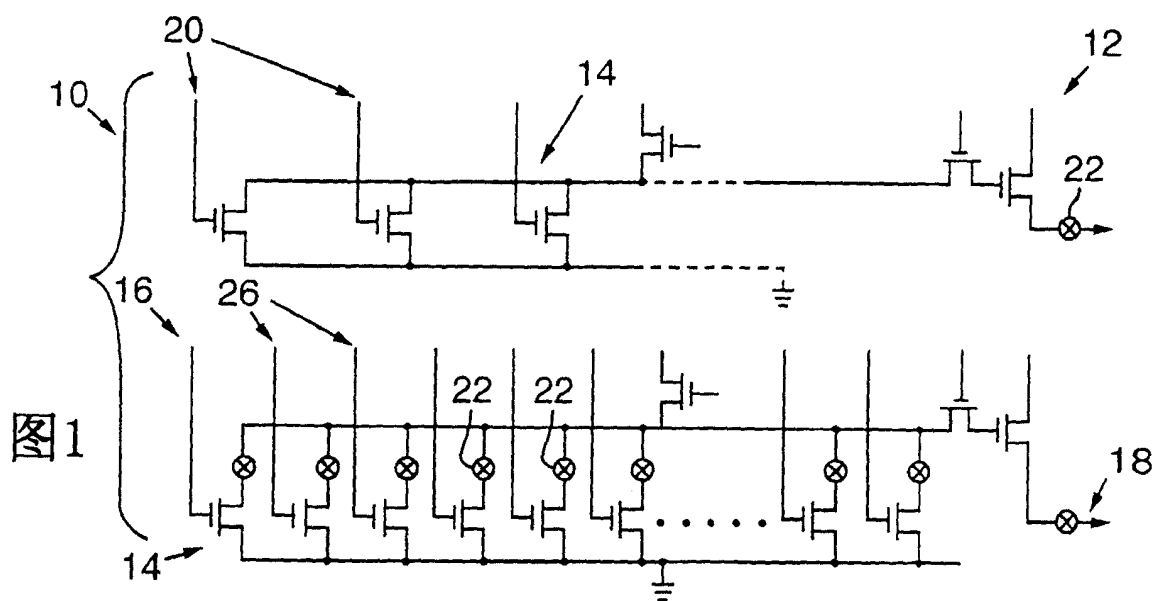
20 因为在所述激光脉冲组 50 中, 每个激光脉冲 52 具有较小激光能量, 故损及邻近钝化层与硅基底 42 的风险较小。除了传统的连接线烧蚀红外线(IR)激光波长, 还可使用短于 IR 的激光波长进行处理, 从而具有激光束光点尺寸更小的额外优点, 即使硅晶片的吸收率在较短的激光波长上高于传统的 IR 波长。因此, 有利于较窄与较紧密的连接线处理。这种更好的连接线去除解决方案容许连接线 22 更紧密地设置在一起, 提高了电路密度。虽然连接线结构 36 可以具有传统尺寸, 但连接线宽度 28 例如能够小于或等于约 $0.5\mu\text{m}$ 。同样地, 在连接线 22 之上或之下的钝化层 44 能够以不同于传统 SiO_2 与 SiN 的材料来制作, 例如低 k 材料, 或者如需要不同于典型的高度也能够加以修改, 因为脉冲 52 构成的该组 50 能够整形, 且因为对钝化层结构的损伤风险较低。此外, 以该激光脉冲 52 组 50 所处理的连接线 22 之间的中心对中心间距 32, 能够实质上小于以传统 IR 激光束切断脉冲所烧蚀的连接线 22 之间的间距 32。举例而言, 连接线 22 对于其它连接线 22 或邻近电路结

25

30

构 34 的距离可以在 $2.0\ \mu\text{m}$ 以内或更小。

对本领域技术人员而言，显然可在不背离基本原理的情况下，对本发明的前述实施例的细节做许多改变。因此，本发明范围仅为所附权利要求书所限定。



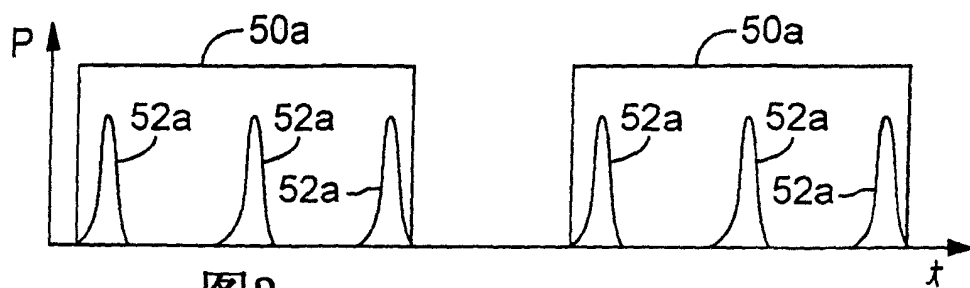


图3

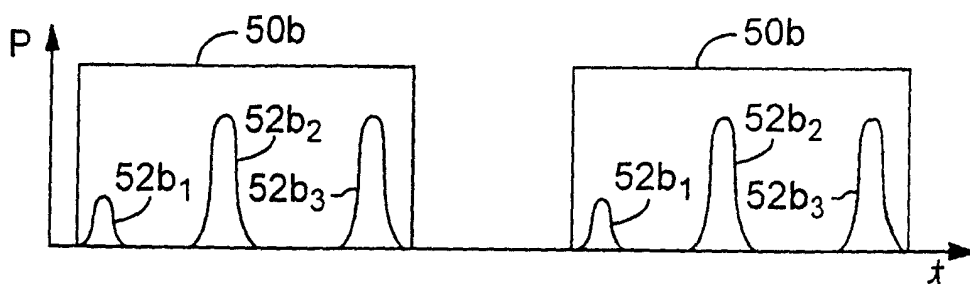


图4

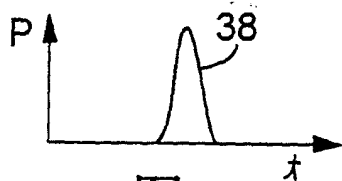


图6A

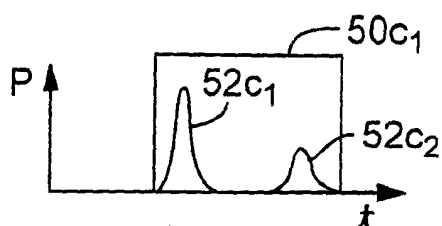


图6B

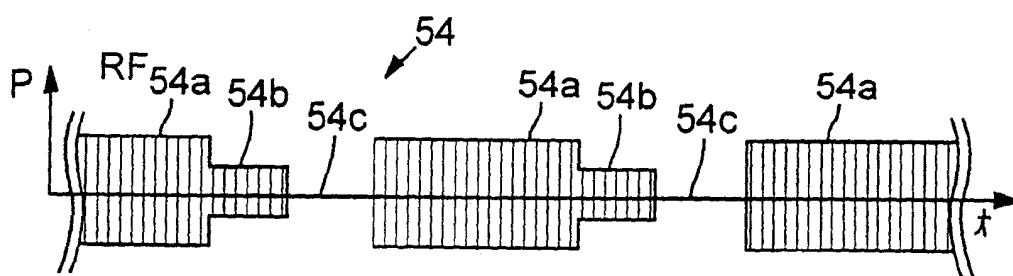


图7

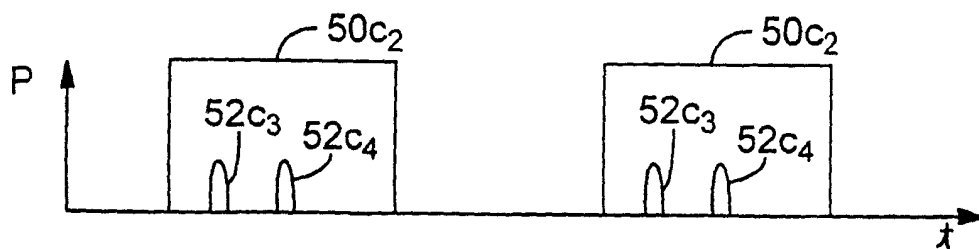


图8

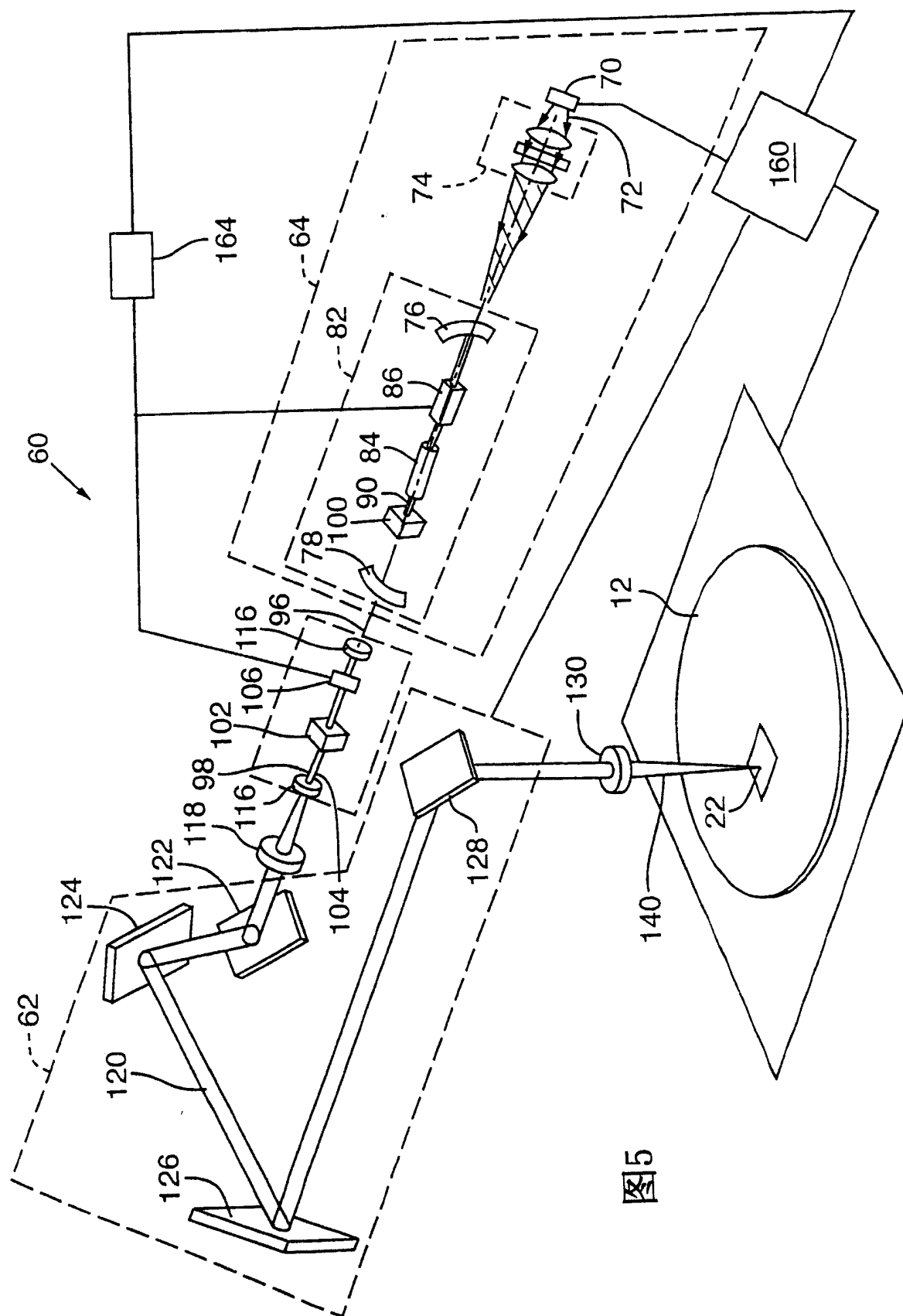


图5

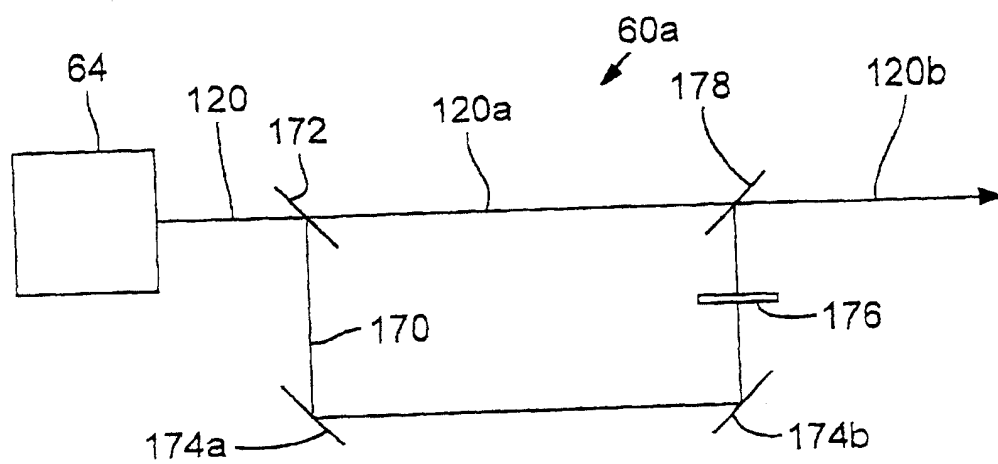


图9

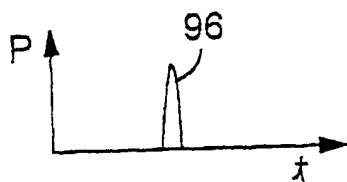


图10A

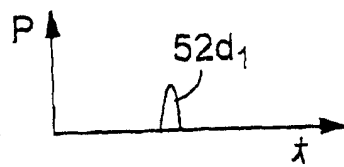


图10B

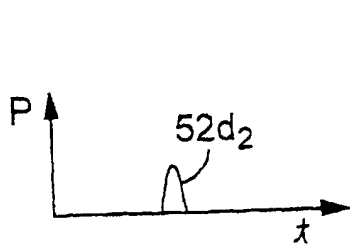


图10C

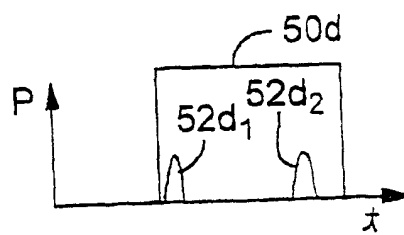


图10D

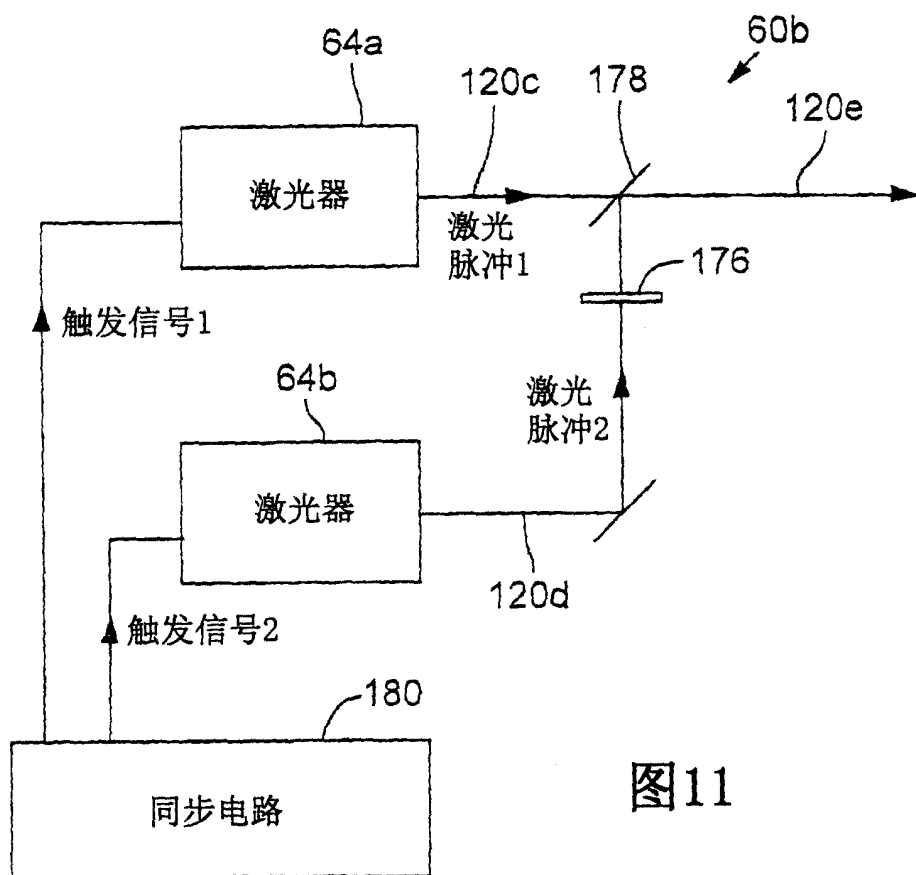


图11

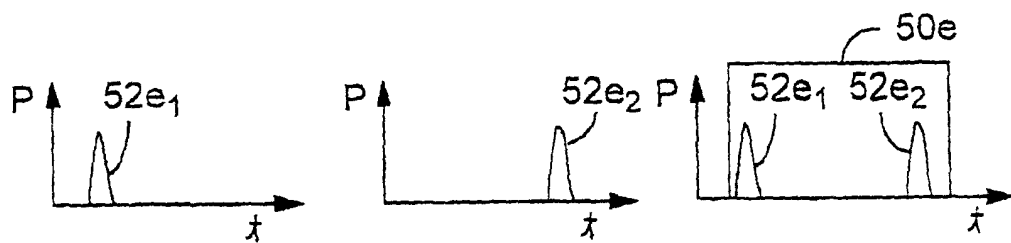


图12A

图12B

图12C