

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05B 15/00 (2006.01)

G06F 19/00 (2006.01)

B23K 26/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02806403.8

[45] 授权公告日 2007 年 11 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 100351719C

[22] 申请日 2002.3.12 [21] 申请号 02806403.8

[30] 优先权

[32] 2001. 3. 12 [33] US [31] 60/275,246

[86] 国际申请 PCT/US2002/007486 2002. 3. 12

[87] 国际公布 WO2002/073322 英 2002. 9. 19

[85] 进入国家阶段日期 2003. 9. 12

[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 R·S·哈里斯

[56] 参考文献

CN1213997A 1999.4.14

US5841099A 1998.11.24

US5822211A 1998.10.13

US6188704B1 2001.2.13

CN1115703A 1996.1.31

审查员 刘 珺

[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

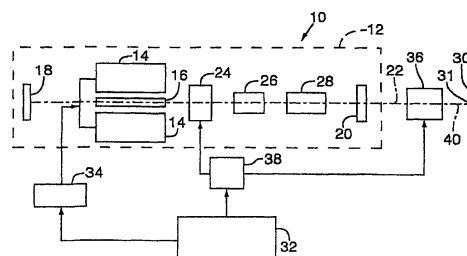
权利要求书 11 页 说明书 9 页 附图 1 页

[54] 发明名称

准连续波二极管泵浦固体紫外激光系统及其使用方法

[57] 摘要

一种准连续波二极管或灯泵浦 A-O Q 开关固体紫外激光系统(10)，当定位系统(36)正从一标靶区域(31)移动到下一标靶区域(31)时，使该准连续波泵浦的时序与该定位系统(36)的移动同步以便减少泵浦，从而以高产出量于一基板地形成多个通孔。所以，用于通孔形成的有效的紫外线功率较高，即使是对于激光介质(16)及激光泵浦二极管(14)的热负载的平均泵浦功率维持和目前可得到的，通过具有传统可得到的激光泵浦二极管(14)的传统连续波泵浦功率相同。该准连续波泵电流波形可进一步地修改，以实现一优选的紫外脉冲振幅波形。



1.一种以一激光系统穿过一工件上多个标靶区的至少一层标靶材料的加工方法，该激光系统利用一激光泵浦二极管及一固体激光器，该激光泵浦二极管具有一电流诱导累积的泵浦容量而限制了一定量的泵浦功率，其可在延长的时间段内传送至该固体激光器，该方法包含：

寻址一光束定位器朝向该工件上的一第一标靶区域；

以一第一较高电流水平供应电流到该激光泵浦二极管，以用于泵浦该固体激光器；

操作一腔内声光 Q 开关，而产生一具有至少 2 kHz 重复率的至少两个激光脉波的第一激光输出；

施加该第一激光输出至该第一标靶区域，以便从该第一标靶区域去除标靶材料；

将供应到该激光泵浦二极管的电流降低至一较低的电流水平，以便减少该激光泵浦二极管上的负载；

寻址该光束定位器朝向该工件上一相异于该第一标靶区域的第二标靶区域；

将供应到该激光泵浦二极管的电流增加至一第二较高的电流水平，以用于泵浦该固体激光器；

操作该 Q 开关，以便产生一具有至少 2 kHz 重复率的至少两个激光脉冲的第二激光输出；以及

施加该第二激光输出至该第二标靶区域，以便从该第二标靶区域去除标靶材料。

2.如权利要求 1 所述的方法，其中于该第一及第二较高电流水平提供电流至该激光泵浦二极管分别发生于第一及第三时间间隔，其中于该较低电流水平提供电流至该激光泵浦二极管发生于一第二时间间隔，其中该光束定位器于该第二时间间隔期间将输出位置由该第一标靶区域改变至第二标靶区域，其中该第一及第二激光输出的输出功率

率水平是作为供应至激光泵浦二极管的电流水平的函数而变化的,且其中该激光泵浦二极管具有电流诱导的,累积的泵浦容量,其限制从第一至第三时间间隔可从激光二极管传输至固体激光器的泵浦功率的量,以便对激光二极管来说,在一等于第一至第三时间间隔的连续波时间间隔中,在第二时间间隔供应的较低的电流水平允许在第一和第三时间间隔供应的第一和第二较高电流水平中的至少一个超过一最大连续波电流水平,且当以在最大连续波电流水平的激光泵浦二极管泵浦,对以给定脉冲重复率的固体激光器来说,以给定的脉冲重复率的第一和第二激光输出中至少一个输出功率水平超过一最大连续波泵浦激光输出。

3.如权利要求2所述的方法,其中该激光系统的钻孔产量是作为激光输出的输出功率水平的函数而变化的,且对该激光系统来说,当其操作于最大连续波泵浦激光输出时,其钻孔产量超过一最大连续波泵浦激光钻孔产量。

4.如权利要求2所述的方法,其中该第一或第二较高电流水平低于该最大连续波电流水平。

5.如权利要求2所述的方法,其中该第一及第三时间间隔代表相等的时间量。

6.如权利要求5所述的方法,其中在该第一及第三时间间隔供应等量的电流。

7.如权利要求5所述的方法,其中在该第一及第三时间间隔供应不同量的电流。

8.如权利要求2所述的方法,其中该第一及第三时间间隔代表不同的时间量。

9.如权利要求 8 所述的方法,其中在该第一及第三时间间隔供应等量的电流。

10.如权利要求 8 所述的方法,其中在该第一及第三时间间隔供应不同量的电流。

11.如权利要求 1 所述的方法,其中以该第一及第二较高电流水平提供电流至该激光泵浦二极管分别发生于第一及第三时间间隔,其中以该较低电流水平提供电流至该激光泵浦二极管发生于一第二时间间隔,其中该光束定位器于该第二时间间隔将输出位置由该第一标靶区域改变至第二标靶区域,以及其中该第一及第三时间间隔代表相等的时间量。

12.如权利要求 11 所述的方法,其中在该第一及第三时间间隔供应等量的电流。

13.如权利要求 11 所述的方法,其中在该第一及第三时间间隔供应不同量的电流。

14.如权利要求 1 所述的方法,其中以该第一及第二较高电流水平提供电流至该激光泵浦二极管分别发生于第一及第三时间间隔,其中以该较低电流水平提供电流至该激光泵浦二极管发生于一第二时间间隔,其中该光束定位器于该第二时间间隔期间将输出位置由该第一标靶区域改变至第二标靶区域,以及其中该第一及第三时间间隔代表不同的时间量。

15.如权利要求 14 所述的方法,其中在该第一及第三时间间隔供应等量的电流。

16.如权利要求 14 所述的方法,其中在该第一及第三时间间隔供应不同量的电流。

17.如权利要求 1 所述的方法，其中该较低电流水平实质上未包含电流。

18.如权利要求 1 所述的方法，其中该较低电流水平使该激光泵浦二极管产生光学输出。

19.如权利要求 2 所述的方法，其中该较低电流水平包含充足的电流，以便由该激光泵浦二极管产生光学输出。

20.如权利要求 1 所述的方法，其中于该第一及第二较高电流水平提供电流至该激光泵浦二极管分别发生于第一及第三时间间隔，其中以该较低电流水平提供电流至该激光泵浦二极管发生于一第二时间间隔，其中该光束定位器于该第二时间间隔期间将输出位置由该第一标靶区域改变至第二标靶区域，以及其中在每一该第一及第三时间间隔，该第一及第二较高电流水平每一个都包含至少第一及第二不同电流水平值。

21.如权利要求 20 所述的方法，其中该第一及第二电流水平值施加于该标靶区域内的一单层材料的处理期间。

22.如权利要求 20 所述的方法，其中该第一电流水平值比该第二电流水平值更高，该第一电流水平值施加于该标靶区域内的一金属层的处理期间，以及该第二电流水平值施加于该标靶区域内的一介电层的处理期间。

23.如权利要求 2 所述的方法，其中该第一及第二较高电流水平每一个都于每一该第一及第三时间间隔期间包含至少第一及第二不同电流水平值。

24.如权利要求 23 所述的方法，其中该第一及第二电流水平值施

加于该标靶区域内的一单层材料的处理期间。

25.如权利要求 23 所述的方法，其中该第一电流水平值比该第二电流水平值高，该第一电流水平值施加于该标靶区域内的一金属层的处理期间，以及该第二电流水平值施加于该标靶区域内的一介电层的处理期间。

26.如权利要求 1 所述的方法，其中该 Q 开关以大于 50 kHz 的重复率产生激光脉冲。

27.如权利要求 2 所述的方法，其中该 Q 开关以大于 50 kHz 的重复率产生激光脉冲。

28.如权利要求 1 所述的方法，其中该第一及第二激光输出包含一短于 400 nm 的波长。

29.如权利要求 2 所述的方法，其中该第一及第二激光输出包含一短于 400nm 的波长。

30.如权利要求 1 所述的方法，其中该第一及第二激光输出包含一由 YAG、YLF 或 YVO₄ 激光器所发射的波长的谐波，该类谐波包含 532nm、355nm、349nm 或 266nm。

31.如权利要求 2 所述的方法，其中该第一及第二激光输出包含一由 YAG、YLF 或 YVO₄ 激光器所发射的波长的谐波，该类谐波包含 532 nm、355nm、349nm 或 266nm。

32.如权利要求 1 所述的方法，其中以该第一及第二较高电流水平提供电流至该激光泵浦二极管分别发生于第一及第三时间间隔，其中以该较低电流水平提供电流至该激光泵浦二极管发生于一第二时间间隔，其中该光束定位器于该第二时间间隔将输出位置由该第一标

靶区域改变至第二标靶区域, 其中该光束定位器于该第三时间间隔之后及一代表不同于该第二时间间隔的时间量的第四时间间隔期间将输出位置由该第二标靶区域改变至一第三分离标靶区域, 以及其中于该第四时间间隔期间该激光泵浦二极管供应一第二较低电流水平。

33.如权利要求 2 所述的方法, 其中以该第一及第二较高电流水平提供电流至该激光泵浦二极管分别发生于第一及第三时间间隔, 其中于该较低电流水平提供电流至该激光泵浦二极管发生于一第二时间间隔, 其中该光束定位器于该第二时间间隔期间将输出位置由该第一标靶区域改变至第二标靶区域, 其中该光束定位器于一代表不同于该第二时间间隔的时间量的第四时间间隔期间将输出位置由该第二标靶区域改变至一第三分离标靶区域, 以及其中于该第四时间间隔期间该激光泵浦二极管供应一第二较低电流水平。

34.如权利要求 32 所述的方法, 其中该较低电流水平与该第二较低电流水平不同。

35.如权利要求 33 所述的方法, 其中该较低电流水平与该第二较低电流水平为不同。

36.如权利要求 1 所述的方法, 其中贯穿超过一个标靶层的通孔以一加倍穿过操作予以形成。

37.如权利要求 1 所述的方法, 其中贯穿超过一个标靶层的通孔以一单一穿过操作予以形成。

38.一种用于加工一工件上多个分离标靶区域的至少一层标靶材料的激光系统, 包含:

一固体激光器, 用于产生至少第一及第二激光输出, 沿着一光学路径朝向一输出位置;

一激光泵浦二极管, 用于在至少第一及第三非重迭的时间间隔泵

浦该固体激光器；

一可变化控制的电源，用于在该第一及第三时间间隔供应一较高电流水平到该激光泵浦二极管，及用于在该第一与第三时间间隔之间的一第二时间间隔供应一较低电流水平；

一腔内声光 Q 开关，用于分别在該第一及第三时间间隔提供至少两个激光脉冲于每一该第一及第二激光输出之内；

一光束定位器，用于在該第一时间间隔寻址该第一激光输出的输出位置朝向一第一标靶区域，以及在該第三时间间隔寻址该第二激光输出的输出位置朝向一第二标靶区域，以及用于在該第二时间间隔期间改变该输出位置自該第一标靶区域到該第二标靶区域；以及

一接口控制，用于直接地或间接地协调该光束定位系统、该电源、及该 Q 开关的动作，以便在第一和第三时间间隔，当第一和第二激光输出产生，该电源供应较高水平电流至激光泵浦二极管，而于第二时间间隔，当输出位置改变，供应较低水平电流。

39.如权利要求 38 所述的激光系统，其中该第一及第二激光输出的功率水平是作为供应至激光泵浦二极管的电流水平的函数而变化的，其中，激光泵浦二极管有电流诱导的，累积泵浦容量，其限制在該第一至第三时间间隔，可从激光二极管传输至固体激光器的泵浦功率量，以便对激光二极管来说，在一等于該第一至第三时间间隔的连续波时间间隔，在第二时间间隔供应的较低水平的电流允许在第一和第三时间间隔供应的较高的电流水平超过一最大连续波电流水平，且对给定脉冲重复率的激光介质来说，当其被激光泵浦二极管以最大连续波电流水平泵浦时，以给定脉冲重复率的第一和第二激光输出的功率水平超过一最大连续波泵浦激光输出。

40.如权利要求 39 所述的激光系统，其中该激光系统的钻孔产量是作为激光输出功率水平的函数而变化的，且对该激光系统来说，当其以该最大连续波泵浦激光输出运行时，该钻孔产量超过一最大连续波泵浦激光钻孔产量。

41.如权利要求 38 所述的激光系统，其中该第一及第三时间间隔代表相等的时间量。

42.如权利要求 38 所述的激光系统，其中该第一及第三时间间隔代表不同的时间量。

43.如权利要求 38 所述的激光系统，其中在该第一及第三时间间隔所供应的较高电流水平代表一等量的电流。

44.如权利要求 38 所述的激光系统，其中在该第一时间间隔所供应的较高电流水平相异于在该第三时间间隔所供应的较高电流水平。

45.如权利要求 38 所述的激光系统，其中该较低电流水平实质上未包含电流。

46.如权利要求 38 所述的激光系统，其中在每一该第一及第三时间间隔该较高电流水平具有至少第一及第二不同的电流水平值。

47.如权利要求 46 所述的激光系统，其中该第一及第二电流水平值施加于该标靶区域内的一单一层材料的处理期间。

48.如权利要求 46 所述的激光系统，其中该第一电流水平值比该第二电流水平值高，该第一电流水平值施加于该标靶区域内的一金属层的处理期间，以及该第二电流水平值施加于该标靶区域内的一介电层的处理期间。

49.如权利要求 46 所述的激光系统，其中该激光系统的钻孔产量是作为该激光输出功率水平的函数而变化，且对该激光系统来说，当其操作于该最大连续波泵浦激光产量时，其钻孔产量超过最大连续波泵浦激光钻孔产量。

50.如权利要求 38 所述的激光系统，其中该第一及第二激光输出包含一短于 400nm 的波长。

51.如权利要求 38 所述的激光系统，其中该第一及第二激光输出包含一由 YAG、YLF 或 YVO₄ 激光所发射的波长的谐波，这种谐波包含 532nm、355nm、349nm 或 266nm。

52.如权利要求 38 所述的激光系统，其中在一代表不同于该第二时间间隔的时间量的第四时间间隔，该光束定位器改变该输出位置自该第二标靶区域到一第三分立标靶区域。

53.如权利要求 38 所述的激光系统，其中贯穿超过一层的通孔是以一单一穿过操作予以形成。

54.如权利要求 38 所述的激光系统，其中贯穿超过一标靶层的通孔是以一加倍穿过操作予以形成。

55.如权利要求 38 所述的激光系统，其中在一代表不同于该第二时间间隔的时间量的第四时间间隔，该光束定位器改变该输出位置自该第二标靶区域到一第三分离标靶区域，其中该第一及第三时间间隔包含不同的时间段，且在该第一时间间隔所供应的该较高电流水平相异于在该第三时间间隔所供应的该较高电流水平。

56.如权利要求 39 所述的激光系统，其中，该激光输出包含一波长，其是该固体激光器所发射的基本波长的谐波；该较低水平电流具有一非零值；以及该 Q 开关以大于 50kHz 的重复率下产生一激光脉冲。

57.如权利要求 38 至 56 中任一权利要求所述的激光系统，其中，该电流以至少 2kHz 的重复率在该较高水平电流和较低水平电流之间转换。

58.如权利要求 57 所述的激光系统,其中,该 Q 开关以至少 2kHz 的重复率产生激光脉冲。

59. 一种以一激光系统穿过一工件上多个标靶区的至少一层标靶材料的加工方法,该激光系统利用一固体激光介质和一泵浦源,固体激光介质被限制于一定量的泵浦功率,以便该固体激光介质能容允一延长的由于热诱导的畸变时间周期,其包括:寻址一光束定位器朝向该工件上的一第一标靶区;

以一第一较高电流水平供应电流到该激光泵浦源,以用于泵浦该固体激光介质于第一时间间隔;

操作一腔内声光 Q 开关,而产生一具有至少 2 kHz 重复率的至少两个激光脉冲的第一激光输出于第一时间间隔;

施加该第一激光输出至该第一标靶区,以从该第一标靶区去除标靶材料;

减少至一较低电流水平,该电流供应至激光泵浦源,以便在第二时间间隔中减少固体激光介质的热负载;

寻址该光束定位器朝向该工件上一相异于该第一标靶区的第二标靶区于第二时间间隔;

增加至一第二较高电流水平,该电流供应至激光泵浦源以泵浦该固体激光介质于第三时间间隔;

操作该 Q 开关,以便产生一具有至少 2 kHz 重复率的至少两个激光脉冲的第二激光输出于第三时间间隔; 以及

施加该第二激光输出至该第二标靶区,以便从该第二标靶区去除标靶材料。

60.如权利要求 59 所述的方法,其中该激光泵浦源包括一激光泵浦二极管,所述第一和第二激光输出,该第一,第二输出具有的功率水平是作为供应至激光泵浦二极管的电流水平的函数而变化,且其中所述激光泵浦二极管有电流诱导的,累积性热相关的泵浦容量,其限制泵浦功率量,该泵浦功率可于第一至第三时间间隔从激光泵浦二极

管转移到激光介质,以便第二时间间隔中供应的较低的电流供应水平允许第一和第三时间间隔供应的较高的电流水平超过连续波时间间隔等于第一至第三时间间隔的激光泵浦二极管的最大连续波电流水平,且当激光泵浦二极管以最大连续波电流水平泵浦激光介质时,对以给定的脉冲重复率的激光介质来说,第一和第二激光输出的输出功率水平以给定的脉冲重复率超过最大连续波泵浦激光输出功率水平。

准连续波二极管泵浦固体紫外激光系统及其使用方法

相关申请案

本专利申请案根据 2001 年 3 月 12 日所申请的美国临时专利申请 60/275,246 号主张优先权。

著作权通告

©2001 Electro Scientific Industries, Inc., 此专利文件的一部分揭示含有接受著作权保护的材料, 著作权的所有权人并不反对任何人传真复制该专利文件或专利揭示的事物, 只要其发表于专利及商标局的专利档案或记录即可, 否则将保留所有著作权的权利。37 CFR § 1.71(d)。

技术领域

本发明有关二极管泵浦固体激光, 且特别地有关诸如用于形成通孔于电路板中的准连续波二极管泵浦紫外激光系统及使用其的处理方法。

发明背景

不同形式的激光系统已使用于钻孔通孔于诸如印刷电路板(PCBs)的电子装置或工件上的点对点的标靶区域处。下文解说仅以二极管泵浦固体紫外(UV)激光系统及工件标靶为例, 而不应视为限制本发明之范畴。

当使用诸如包含光波电子 (LWE)型号为 210 的激光器的 Electro Scientific Industries Inc. (ESI)型号为 5200 的声光(A-Q)Q 开关式, 连续波(CW)二极管泵浦(DP)固体(SS)激光系统来产生通孔时, 该泵浦二极管或二极管会持续地维持作用状态。无论何时只要定位系统指向电子装置上新的靶区域时, 通过关闭 Q 开关而阻止激光发射。在该定位系统对准新的标靶区域之后, 激光系统将由以一预定的重复率开启 Q 开关而发射含有一或多个激光脉冲的激光输出。

LWE 型号 210 使用两个 20 瓦(W)的用于泵浦的连续波(CW)二极管且以 10 KHz 的重复率来产生 3 瓦的紫外线(UV)输出功率。到二极管的

连续波泵电流受限于二极管的热负载。若一应用保证更大的紫外线输出功率时，则必须使用更多二极管或具有更高电流 / 功率的二极管，如两个 30 瓦二极管激光条(diode laser bars)或四个 20 瓦二极管激光条的二极管。此类设计可望达到大约 8 瓦的紫外线输出功率。然而，若使用较高的泵功率，则会增加固体激光介质上的热负载，而热过载该激光介质则会永久地损坏它，或造成激光束品质及功率大大地恶化，该限制使激光系统设计及制造面临关键的工程挑战。

然而，诸如脉冲泵浦及准连续波泵浦的其它泵浦设计可用于激光设计，诸如 Lambda Physics' Model 早期形式的“Gator”紫外线的电光(E-O) Q 开关脉冲式 DPSS 紫外线激光使用 E-O Q 开关，其以低脉冲重复率提供较高的激光脉冲功率。对于各泵浦脉冲，仅产生一紫外线激光脉冲，该泵浦持续时间限制于数百微秒(μs)，所以激光输出脉冲重复率典型地限制于 2 KHz 以下。该泵设计对于钻孔并非优选，因为其将不利地影响钻孔的产出量。

现有的准连续波泵浦相似于脉冲泵浦，但却以较低的峰值泵浦功率而具有较长的泵浦持续时间。根据所使用的二极管的重复率及工作周期，该泵浦设计也可具有大约 1 至 2 KHz 的泵浦重复率而泵浦持续时间可从数百微秒至数毫秒(ms)。此泵浦设计允许比连续波泵浦泵浦至更高水平，这是由于只要泵浦关闭，二极管就“休息”（且热负载减少或停止）。所以，在泵浦期间，该激光输出功率相比较于相当的连续波泵浦激光的激光输出功率高。该激光输出由控制至二极管的电流而予以控制。然而，此泵浦设计的泵浦重复率仍为重大的缺点。准连续波泵浦的典型应用包含利用长的激光脉冲宽度以及适度的峰值功率，诸如激光粘接及焊接。

因此，包含可促成较高功率及较快重复率的泵浦设计以增加钻孔产出量的激光系统是所期望的。

发明内容

现有的紫外线激光钻孔系统利用一标准频率转换设计以将激光基本波长从红外线(IR)区中转换为紫外线(UV)。这样的系统优选采用高紫外功率和高脉冲重复率来取得通孔形成的高产出量。因此，A-O Q 开关 DPSS 激光系统至今已优选用于钻孔。

然而，商业上所企望的系统将优选较高的紫外线功率以用于降低钻孔时间，或在诸如铜及 FR4 的若干“难以钻孔”的材料上完成可接受的通孔。所以，在高重复率（数 KHz 至数十 KHz）下的高紫外线输出功率（5 至 15 瓦）是优选的。

而且，为有益于商业，例如在 PCB 上形成通孔将需要激光系统能在每秒完成 300 至 400 个通孔，因此，激光定位系统必须每秒钟移动到 300 至 400 个新位置。典型地，激光系统花费少于 1 毫秒(ms)来钻一个通孔，但在若干情况中常花费比 1 毫秒更长的时间移动至新的位置以用于下一个通孔。因此，实际上，激光处于开启(ON)的时间会比处于关闭(OFF)的时间更少，而使激光的使用率相当低。

本发明提供一种准连续波二极管 / 灯泵浦 A-O Q 开关固体紫外线激光，当定位系统从一个标靶区移动到下一标靶区时，可使该准连续波泵浦之时序同步而避免或减少泵浦，且在钻孔时增加泵浦水平而超过连续波泵浦水平。所以，用于通孔形成的有效的紫外线功率较高，即使是对于激光介质的平均泵浦功率和泵浦二极管的热负载维持相同于现有的具有激光二极管的现有连续波泵浦。该准连续波泵浦电流波形可进一步地校正以实现一优选的紫外线脉冲振幅波形。

此一准连续波二极管或灯泵浦 A-O Q 开关固体紫外激光是新颖的；准连续波泵浦和束扫描同步化是新颖的；以及该激光系统使用于通孔形成也是新颖的。

从下文附图的优选实施例的详细说明可清楚明了本发明的额外目的及优点。

附图简单说明

图 1 是一具有腔内三频率转换的准连续波二极管泵浦 A-O Q 开关激光的实施例的简化示意图；

2 图 A 是准连续波泵浦二极管电流的范例波形的简化图形说明；以及

图 2B 为范例 A-O Q 开关激光脉冲重迭在图 2A 中所示的准泵浦二极管电流上的简化的图形说明。

优选实施例详细说明

图 1 为准连续波脉冲式二极管泵浦 A-O Q 开关固体紫外线激光系

统 10 的优选实施例的简化示意图，该系统 10 具有同步的寻靶（targeting）、泵浦、及烧灼（firing）而以高产出率形成通孔。参阅图 1，显示具有二极管 14 泵浦激光介质 16 于其侧边的激光系统 10 的激光共振器 12，然而，本领域的技术人员将理解的是，共振器 12 可折迭且该泵浦设计可为“末端泵浦”或该激光系统 10 可利用其它可行的熟知配置。示例性二极管 14 包含，但不局限于 SDL, Inc. of San Jose, California 所售的型号为 SDL-3200 的系列 100 瓦准连续波阵列及 960 瓦高工作因子堆栈阵列。示例性固体激光介质 16 包含具有 YAG，YLF，及 YVO₄ 成份的化合物。在 IR 反射镜 18 与紫外线（第三谐波）透射性输出藕合器 20 之间，共振器 12 沿其光轴 22 包含一声光(A-O) Q 开关 24、一频率倍增器(doubler)26、及一用腔内频率转换的频率三倍器(tripler)28。本领域的技术人员将理解的是，频率转换可于共振器 12 外部完成。

图 2A 及 2B（共成图 2）分别地简化地图示准泵浦二极管电流脉冲或间隔 50a,50b 及 50c（总称为电流间隔 50）的范例波形以及重迭在图 2A 中所示的准泵浦二极管电流波形上的范例 A-O Q 开关激光脉冲 60a,60b 及 60c（总称为激光脉冲 60）。参阅图 1 及 2，使激光系统操作同步，使得当激光系统 10 于工件 30 上之一第一标靶区 31 完成一通孔时，中央处理单元(CPU)32 会藉控制电源 34 来停止二极管泵浦（转变二极管电流为零）或降低二极管泵浦到一预定的低电流水平。范例电源供应器 34 包含，但不局限于型号 SDL-820，用于具有典型的 10 微秒(μ s)电流转变时间的 10 至 15 安培连续波激光二极管驱动器；型号 SDL-830，用于约 50 安培连续波激光驱动器；或型号 SDL-928，用于约 150 安培峰值准连续波激光二极管阵列驱动器，均售自 SDL, Inc. of San Jose, California。

然后，定位系统 36 移动光束输出位置至一新的标靶区 31。优选地，该光束定位系统 36 包含一平移台定位器，该平移台定位器利用至少两个横向台而允许快速移动于相同或不同工件 30 上的标靶区 31 之间。在一优选实施例中，该平移台定位器为一分轴系统，其中 Y 台移动工件 30 而 X 台移动一快速定位器及相关联的聚焦透镜，在该 X 台与 Y 台间之 Z 空间尺寸也可调整。定位镜会通过激光共振器 12 与快速定位

器间的任何转向来对准光学路径 22，例如该快速定位器可使用高精度线性马达和 / 或一对检流计镜而可根据所提供的测试或设计数据来执行单一或重复的处理操作。该类台及定位器可被控制及独立协调地移动。

光束定位系统 36 可利用现有的视觉或光束来操作对准系统，该类对准系统可通过一物镜作业或以一分离式摄影机离轴作业，且该类对准系统为本领域的技术人员所熟知。在一实施例中，由 Electro Scientific Industries, Inc. 所售的定位系统 36 中使用自由库软件的 HRVX 视觉盒，其用于执行激光共振器 12 与工件 30 上之标靶区之间的对准。其它适用的对准系统可于市面上取得。

此外，光束定位系统 36 最好使用无接点、小位移传感器，以确定由于该类台的节距 (pitch)，偏摇(yaw)，或滚动(roll)所造成 Abbe 误差，该误差不由诸如线性比例尺编码器或激光干涉仪的轴上位置指示器加以指示。Abbe 误差校正系统可相对于精确的参考标准予以校准，所以校正仅依据感测到传感器读数小的改变而不会依据传感器读数的绝对准确性。该 Abbe 误差校正系统详细地说明于 2001 年 7 月 19 日所公告的国际公布 WO 01/52004 A1 号及 2001 年 10 月 18 日所公布的美国专利 2001-0029674 A1 号中。Cutler 的相对应的美国专利申请 09/755950 揭示的相关部分将引用于本文中供参考。

定位系统 36 的许多变化为本领域的技术人员所熟知，且定位系统 36 的一些实施例详细地描述于 Cutler 等人的美国专利 5751585 中，售自 Electro Scientific Industries, Inc. of Portland, Oregon 的 ESI 型号 5320 微通孔钻孔系统是定位系统 36 的优选应用，且已使用于电子工业的树脂涂覆的铜封装的激光钻孔，也可使用诸如由 Electro Scientific Industries, Inc. in Portland, Oregon 所制造的型号系列 27xx、43xx、44xx、或 53xx 的其它优选的定位系统。本领域的技术人员，将理解的是，可选择性地使用具有单一 X-Y 台的系统，借助固定光束位置和 / 或用于光束定位的固定检流计来进行工件定位，可选择两者中的一个。本领域的技术人员将认识到，这样的系统可被编程以利用工具路径文件而动态地高速定位聚焦的紫外激光系统输出脉冲 40，以产生周期性或非周期性的大量有用图案。

当定位系统 36 抵达或将要抵达一新的或第二标靶区 31, 或在一个二极管泵浦抑制或减低之后的预定的时间间隔, CPU 32 会施加电流或增加的电流至二极管 14。该 CPU 32 会指示 Q 开关控制器 38 打开 Q 开关 24 而以预定重复率发射激光脉冲 60, 直到完成第二通孔为止。

泵浦电流间隔 50 的波形可予以调变以控制准连续波泵浦期间的激光脉冲 60 的峰值功率波形的形状, 诸如在持续期间: 平坦、从低到高 (图 2A 中所示)、或从高到低。此外, 该类电流波形可调变而具有不同的振幅, 使得例如视需要地可使用高峰值功率用于于钻孔金属层及可使用较低峰值功率用于于钻孔介电层。同样地, 可调整电流泵浦间隔 50 的时间持续以适合将处理的通孔的大小、深度、及材料, 诸如较长的电流间隔 50 用于较大直径的通孔。图 2A 及 2B 显示, 当工作周期可保持相同时, 该激光系统 10 容许, 但并非必须, 电流泵浦间隔 50 间的可变周期及电流泵浦周期 50 之间的可变周期。然而, 若希望激光输出波形化, 则该工作周期可同样地变化。

准连续波泵浦的重复率可易于达成高到 2 kHz, 该准连续波泵浦之间的间隔时间无需恒定, 只要对于激光泵浦二极管 14 和 / 或激光介质 16 的平均热负载保持相对地恒定或在热损坏水平以下即可。

在一实施例中, 连续波泵浦 5 瓦紫外激光系统 10 的二极管 14 及电源供应器 34 被改变为导通于可变电流泵浦, 所产生的激光系统 10 能在 500 KHz 以 2 比 1 的工作周期运转。在该类二极管 14 停止以为了泵浦另一 1 毫秒之前它们会泵浦激光介质 16 一毫秒, 所以, 在泵浦持续的期间, 约高至两倍的电流会进入二极管 14 之内 (而不会不利地影响二极管 14 或激光介质 16 上的平均热负载)。因此, 在该 1 毫秒泵浦持续期间的激光功率会超过两倍多地大于来自相当的连续波泵浦激光的激光功率 (特别是在非线性频率转换之后)。使用于激光共振器 12 中的 A-O Q 开关 24 会确保以例如 10 KHz 或高达 50 KHz 的预定重复率发射激光脉冲 60。

工件 30 例如可为 IC (集成电路) 芯片封装、MCM (多重芯片模块)、电容器、电路板、电阻器、或混合式或半导体微电路。为便利起见, 将以仅具有四层的工件 30 描述于下。例如顶部及底部导电层可含有标准的金属, 诸如铝, 铜, 金, 钼, 镍, 钯, 铂, 银, 钛, 钨,

金属氮化物或其组合。现有的金属层厚度会变化，典型地在 9 至 36 微米之间（其中 7.8×10^{-3} 公斤之金属等于约 9 微米之厚度），但可为更薄或为 72 微米的厚度。典型地，导电层由同一材料所制成。

介电质基体或层是夹置于导电层之间且例如可含有标准的有机介电材料，诸如苯环丁烷(BCB)，顺二丁烯乙酰胺三嗪(BT)，卡片板，氰酸盐酯，环氧，酚醛，聚酰亚胺，聚四氟乙烯(PTFE)，种种聚合物合金或其组成物。现有的有机介电层的厚度变化相当大，但典型地比金属层厚得多。有机介电层典型的厚度范围约为 30 至 400 微米。

该介电层也可含有包含纤维物质或分散的颗粒，例如芳香尼龙纤维、陶瓷或玻璃编织或分散的有机介电物质。现有的强化成分典型地为个别的细丝或颗粒，大小约 1 至 10 微米和 / 或 10 微米至数百微米的编织束。本领域的技术人员将理解的是，强化成分可以粉状物引入有机介电质之中且可为非相邻的及非均匀的。该复合物或强化介电层典型地需要比烧蚀未强化的介电层所需的能量密度更高的激光处理。本领域的技术人员也将理解的是，该类不同的层亦可为内部非相邻、非均匀及非层次化的。具有若干层金属、介电质、及强化材料的堆栈可比 2 毫米更厚。

优选地，通孔直径的范围从 25 到 300 微米，但激光系统 10 可产生具有直径小至大约 5 至 25 微米或大于 1 毫米的通孔。因为激光脉冲 60 的优选的烧蚀点大小直径约为 25 至 75 微米，大于 25 微米的通孔可藉环锯法(trepanning)、同心圆处理法、或螺旋处理法予以处理。本领域的技术人员将理解的是，通孔可为诸如方形、矩形、椭圆形、槽形、或其它表面几何形状的非圆形状。

贯穿孔通孔整洁地且均匀地穿透工件 30 的所有层及材料且优选地显示可予以忽略的锥形，自顶部至其底部。盲孔并不穿透所有层和 / 或材料，通常驻止于底部导电层处。适当选择激光参数可允许底部导电层保持不受影响，即使是其含有相同于顶部金属层的材料。

选择激光输出 40 的参数以有助于在各式各样的金属、介电质及其它材料标靶中达成实质上整洁、连续的钻孔(也即通孔形成)，的各式各样的金属、介电质及其它材料标靶可具有不同的光学吸收性、烧蚀阈值、或其它的特征以响应紫外线或可见光。优选的激光系统输出 40 参

数包含：在工作表面处所测量的每个脉冲的平均能量大约比 120 微焦耳(μJ)大，优选地大于 200 微焦耳；光斑尺寸直径或空间主轴约小于 50 微米，优选地从大约 1 至 50 微米；以及约大于 1 kHz 的重复率，优选地大于 5 kHz，而优选地甚至高于 20 kHz；波长优选地在大约 190 至 532 纳米之间，且更优选地大约在 250 纳米与 400 纳米之间。特定的优选波长包含，但不局限于 1064 纳米、532 纳米、355 纳米、349 纳米、或 266 纳米。

激光输出 40 的优选参数的选择在于避免某些热损坏效应，这通过利用短于约 150 纳秒(ns)，且优选地从大约 40 至 90 纳秒或更低的瞬时脉冲宽度。本领域的技术人员也将理解的是，激光脉冲 60 的光斑区域大致为圆形，但可稍微地为椭圆形。优选的紫外激光钻孔参数揭示于美国专利 5593606 及 5841099 中。

盲孔，且特别地具有大直径的盲孔优选地藉两次贯穿处理而产生，其中所有标靶区的导电层在第一次贯穿处理中去除而接着在第二次贯穿处理期间以激光输出的能量密度小于导电层烧蚀阈值来去除所有标靶区的介电层。在去除标靶区的顶部所有导电层之后，在第二次贯穿处理期间用于激光输出的能量密度可藉散焦激光光点和 / 或藉增加重复率以及藉减少至激光泵浦二极管 14 的电流而予以降低。

本领域的技术人员将理解的是，盲孔也可产生于一单次的贯穿处理中，其中各标靶的导电及介电层在定位系统 36 移动至下一标靶区 31 之前去除，单次的贯穿处理优选地用于产生较小直径的通孔。在一单次贯穿处理中，当激光脉冲 60 开始去除介电层时，维持适当高的能量密度，这将会较有效率，但当激光脉冲 60 清除掉介电层且曝露底部导电层，使其开始吸收来自激光输出 40 的热量时，则底部导电层最好使用较低的能量密度予以保护。所以，在去除介电质时，激光光斑逐渐去聚焦或泵浦电流减少将很快，更有效，且比用单一能量密度去除介电质更好地保护底部金属层。该类及其它用于钻孔方法的激光输出波形技术详细地描述于美国专利 09/823922 以及 2001 年 11 月 29 日所公布的美国专利 US2001-0045419，美国专利 09/823922 的详细说明及图式引用于本文中供参考。

本领域的技术人员将明白的是，于不背离本发明基本原理下，可

对上述本发明实施例的细节做许多改变。因此，本发明的范畴由权利要求的范围予以界定。

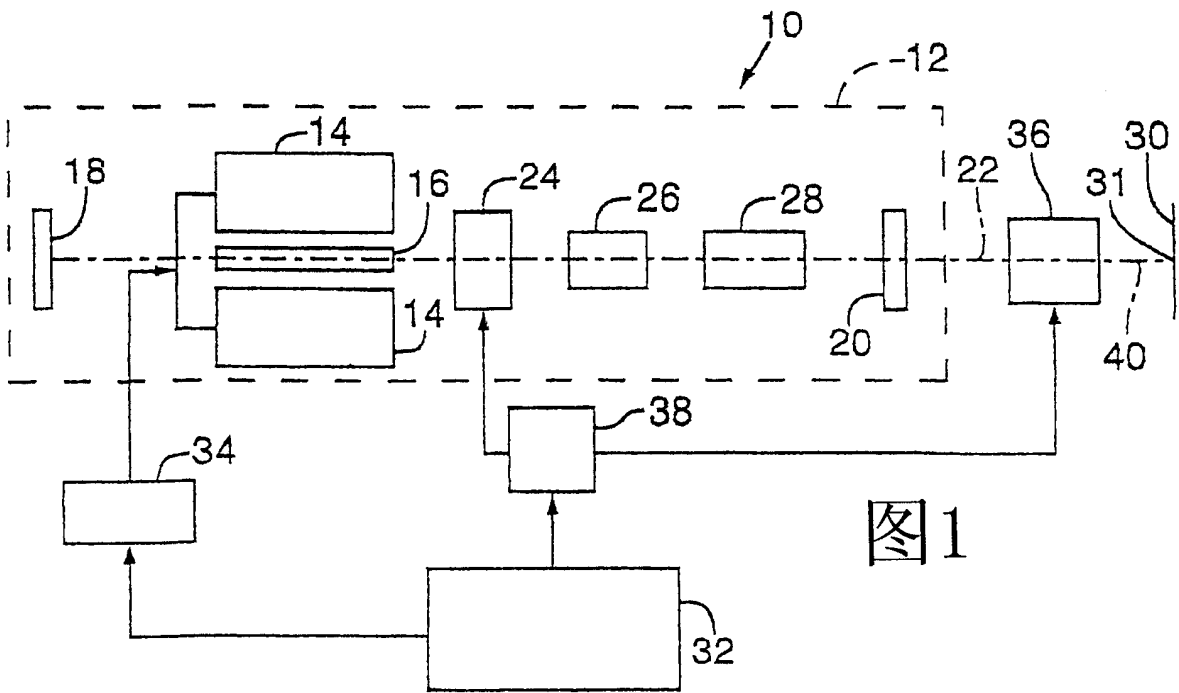


图1

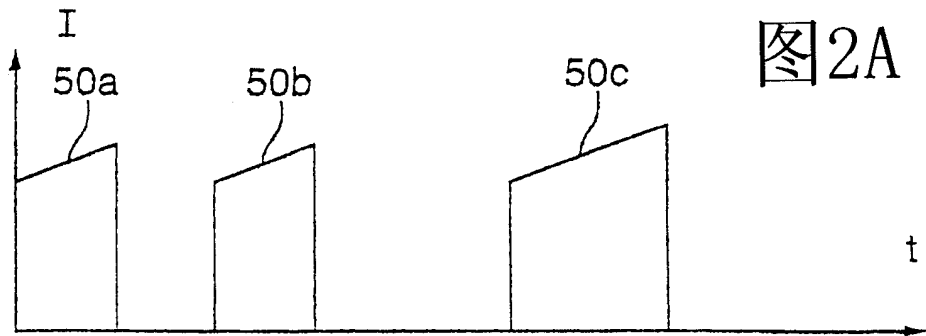


图2A

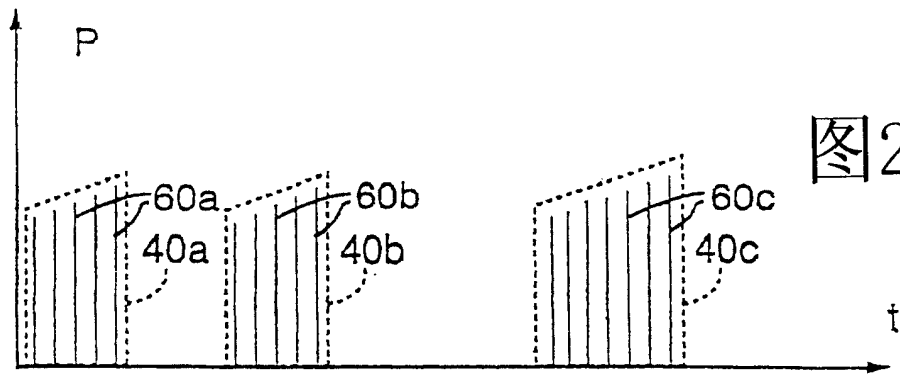


图2B