



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104604049 B

(45)授权公告日 2019.08.13

(21)申请号 201380046502.1

(22)申请日 2013.08.01

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104604049 A

(43)申请公布日 2015.05.06

(30)优先权数据
13/566,144 2012.08.03 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.03.06

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/053166 2013.08.01

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/022635 EN 2014.02.06

(73)专利权人 M·A·斯图尔特
地址 美国加利福尼亚
专利权人 S·L·坎宁安

(72)发明人 M·A·斯图尔特 S·L·坎宁安

(74)专利代理机构 北京市铸成律师事务所
11313

代理人 孟锐

(51)Int.Cl.

H01S 3/06(2006.01)

(56)对比文件

US 3633126 A, 1972.01.04,
US 4769823 A, 1988.09.06,
US 6134258 A, 2000.10.17,
JP H06350171 A, 1994.12.22,
US 4769823 A, 1988.09.06,
US 4794616 A, 1988.12.27,
JP H0214587 A, 1990.01.18,
US 2005249258 A1, 2005.11.10,
CN 101035924 A, 2007.09.12,
CN 1649794 A, 2005.08.03,
CN 101910452 A, 2010.12.08,
US 4769823 A, 1988.09.06,
US 3633126 A, 1972.01.04,
US 6134258 A, 2000.10.17, (续)

审查员 林玉华

权利要求书10页 说明书15页 附图8页

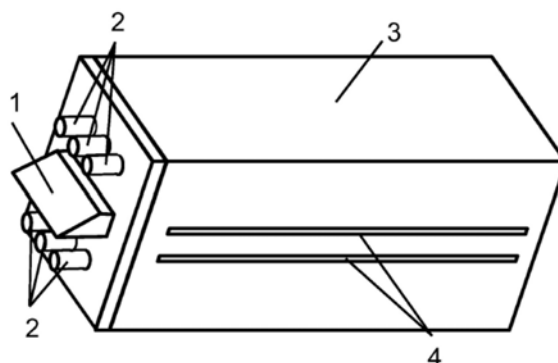
(54)发明名称

板条激光器和放大器以及其使用方法

(57)摘要

一种用于高功率应用的板条激光器以及其使用方法,所述高功率应用包含制造半导体,以及沉积金刚石和/或类金刚石碳层及其它材料。利用一种灯驱动的板条设计,其具有面对面的束传播方案以及端反射,所述端反射使放大的辐射改向返回从同一输入表面出来。还公开一种并排放置放大器配置,其准许具有可扩展性的非常高的平均和峰值功率。邻近于泵灯的腔滤光片将泵灯谱的通常不可用的UV部分转换成所述板条激光器的吸收带中的光,从而增加总体泵效率。改变端反射表面的角度以致使出口束处于与入口束不同的角度,从而消除以功率的后续损失为代价在

激光器外部分离所述束的昂贵需要。



[转续页]

[接上页]

(56)对比文件

高国棉等.脉冲激光沉积PLD技术及其应用
研究.《空间工程大学学报》.2005,
J.AAbate, etal.Active mirror: a

large-aperture medium-repetition rate Nd:
glass amplifier.《Applied Optics》.1981,第
351-352页,附图2.

1. 一种激光装置,其包括:

板条晶体;

光源,被配置为发射紫外线频带的光并且还被配置为发射可见光频带下的光;以及

腔滤光片材料,其对所述可见光频带下的光透明且被提供于所述板条晶体的一侧和所述光源之间,所述腔滤光片材料接纳来自所述光源的光能,使得所述腔滤光片材料将从所述光源接收到的紫外线频带下的光能转换成发射至所述板条晶体并且由所述板条晶体吸收的所述可见光频带下的光能,其中

所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述光能的在所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收,且其中

所述板条晶体以一个角度将入射光束接纳到所述板条晶体的一端中,且还以不同于所述一个角度的角度从所述一端发射经放大的激光束,或在吸收处于所述可见光频带的所述光能之后,发射相对所述入射光束线性移位的经放大的激光束。

2. 如权利要求1所述的装置,其中所述板条晶体具备后反射表面,其相对于所述板条晶体的水平轴不成90度。

3. 如权利要求2所述的装置,其中所述后反射表面包含二氧化硅涂层或电介质多层 $\lambda/4$ 波长堆叠,其包括对所述激光束的经调谐或频率选择性行为,但对泵光透明。

4. 如权利要求1或2所述的装置,其中所述板条晶体使得由所述板条晶体发射的出口激光束与来自所述光源的光能的入口束分开某一角度或距离。

5. 如权利要求1或2所述的装置,其进一步包括多个弹性固持器,所述弹性固持器固持所述装置的组件,同时允许所述装置的一个或多个所述组件的热膨胀。

6. 如权利要求1或2所述的装置,其中所述腔滤光片材料包含掺杂有钐的氟化铽。

7. 如权利要求1或2所述的装置,其中所述板条晶体包含掺杂有铬的变石。

8. 如权利要求1或2所述的装置,其进一步包括冷却剂循环子系统,所述冷却剂循环子系统在所述装置中循环冷却剂,用于通过在所述板条晶体与所述腔滤光片材料之间循环所述冷却剂来冷却所述板条晶体和/或所述腔滤光片材料。

9. 如权利要求1或2所述的装置,其中相对于所述板条晶体的一个邻接侧以锐角提供所述一端,且相对于所述板条晶体的相对邻接侧以斜角提供所述一端。

10. 一种用于放大的系统,其包括多个如权利要求1所述的激光装置,所述激光装置形成为一串光放大器,使得所述激光装置中的前一者的经放大的激光束输出作为到所述激光装置中的后一者的输入而操作。

11. 一种用于放大光的系统,其包括串行布置的多个如权利要求1至9中任一权利要求的所述激光装置。

12. 一种激光装置,其包括:

板条晶体;

光源,其提供包含第一紫外线频带和可见光的第二频带的光能;以及

腔滤光片材料,其包含掺杂有钐的氟化铽,所述腔滤光片材料对可见光的所述第二频带透明且被提供于所述板条晶体的一侧和所述光源之间,且所述腔滤光片材料接收来自所

述光源的所述光能,且将从所述光源接收到的所述第一紫外线频带的所述光能转换成处于可见光的所述第二频带的光能,以发射至所述板条晶体并且供所述板条晶体吸收,用于放大激光束,其中

所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述光能的在可见光的所述第二频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述第一紫外线频带下的光能作为在所述第二频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收,且其中

所述板条晶体从一端发射经放大的激光束。

13. 如权利要求12所述的装置,其进一步包括多个弹性固持件,所述弹性固持件固持所述装置的组件,同时允许所述装置的一个或多个所述组件的热膨胀。

14. 如权利要求12到13中任一权利要求所述的装置,其进一步包括冷却剂循环系统,所述冷却剂循环系统在所述装置中循环冷却剂,以通过在所述板条晶体与所述腔滤光片材料之间循环所述冷却剂来冷却所述板条晶体和/或所述腔滤光片材料。

15. 如权利要求12到13中任一权利要求所述的装置,其中所述板条晶体包含掺杂有铬的变石。

16. 如权利要求12到13中任一权利要求所述的装置,其中所述经放大的激光束是从所述板条晶体的源激光束从中进入所述板条晶体以供放大的端相同的端发射,使得所发射的激光束是以与所述源激光束进入所述板条晶体的角度不同的角度从所述板条晶体发射,或从与所述源激光束进入所述板条晶体的位置不同的位置发射。

17. 如权利要求16所述的激光装置,其中相对于所述板条晶体的一个邻接侧以锐角提供不包含所述板条晶体的后反射表面的所述一端,且相对于所述板条晶体的相对邻接侧以斜角提供所述一端,使得所述所发射的激光束是以与所述源激光束进入所述板条晶体的所述角度不同的角度从所述板条晶体发射。

18. 如权利要求12到13中任一权利要求所述的激光装置,其中相对于所述板条晶体的一个邻接侧以锐角提供不包含所述板条晶体的后反射表面的所述一端,且相对于所述板条晶体的相对邻接侧以斜角提供所述一端。

19. 一种激光装置,其包括:

板条晶体;

光源,其提供光能,所述光能包含处于紫外线频带中的一部分以及处于可见光频带中的一部分;以及

腔滤光片材料,其对所述可见光频带大体上透明,所述腔滤光片材料被提供于所述板条晶体的一侧和所述光源之间上,从所述光源接收所述光能,且将从所述光源接收到的所述紫外线频带的所述光能转换成处于小于所述紫外线频带的经转换频带的光能,以发射至所述板条晶体并且供所述板条晶体吸收,其中

所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述光能的在所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片材料发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收,且其中

所述板条晶体吸收所述光能的处于所述可见频带中的发射穿过所述腔滤光片的所述

部分的一部分,且还吸收所述光能的处于所述经转换频带的一部分,用来放大从所述板条激光器发射的激光束。

20.如权利要求19所述的装置,其中所述板条晶体包含掺杂有铬的变石。

21.如权利要求19到20中任一权利要求所述的装置,其中所述腔滤光片材料包含掺杂有钐的氟化铍。

22.如权利要求19到20中任一权利要求所述的装置,其中经放大的激光束是从所述板条晶体的与源激光束从中进入所述板条晶体以供放大的端相同的端发射,使得所发射的激光束是以与所述源激光束进入所述板条晶体的角度不同的角度从所述板条晶体发射。

23.一种激光装置,其包括:

板条晶体;

光源,其提供处于紫外线频带和处于可见光频带的光能;

腔滤光片材料,其对所述可见光频带透明且被提供于所述板条晶体的一侧和所述光源之间,所述腔滤光片材料接收来自所述光源的所述光能的一部分,且将从所述光源接收到的所述光能的处于所述紫外线频带的部分的至少一些转换成处于所述可见光频带的光能,以发射至所述板条晶体并且供所述板条晶体至少部分地吸收,其中所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述光能的在所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收;

多个弹性固持件,其固持所述激光装置的组件,同时允许所述装置的一个或多个所述组件的热膨胀;以及

冷却剂循环系统,其在所述板条晶体与所述腔滤光片材料之间循环冷却剂,用于冷却所述装置,其中

所述板条晶体从所述板条晶体的一端发射经放大的激光束。

24.如权利要求23所述的装置,其中所述经放大的激光束是从所述板条晶体的源激光束从中进入所述板条晶体以供放大的端相同的端发射,使得所述经放大的激光束是以与所述源激光束进入所述板条晶体的角度不同的角度从所述板条晶体发射。

25.如权利要求23或24所述的激光装置,其中所述腔滤光片材料包含掺杂有钐的氟化铍,且其中所述板条晶体包含掺杂有铬的变石。

26.如权利要求23或24所述的激光装置,其中相对于所述板条晶体的一个邻接侧以锐角提供所述一端,且相对于所述板条晶体的相对邻接侧以斜角提供所述一端。

27.如权利要求24所述的激光装置,其中所述板条晶体具备后反射表面,其相对于所述板条晶体的水平轴不成90度。

28.一种激光装置,其包括:

板条晶体,其具有前面,所述前面形成相对于所述板条晶体的底部以锐角提供的点,用于接收相对于所述前面以第一角度提供的入射光束,所述板条晶体还具有后壁,其相对于所述板条晶体的所述底部以不是90度的后角度提供;

光源,其提供光能,所述光能包含处于紫外线频带的一部分以及处于可见光频带的一部分;以及

腔滤光片材料,其对所述可见光频带透明,且被提供于所述板条晶体的顶部和/或所述

底部中的一个和所述光源之间,所述腔滤光片材料接收来自所述光源的所述光能,且将从所述光源接收到的所述紫外线频带的所述光能转换成处于经转换频带的光能,以发射至所述板条晶体并且供所述板条晶体至少部分地吸收,其中

所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述光能的在所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收,且其中

所述板条晶体通过吸收所述光能的处于所述可见光频带的穿过所述腔滤光片发射的所述部分的一部分,且通过吸收所述光能的处于所述经转换频带的一部分来放大激光束,以供从所述板条晶体发射,其中

选择所述锐角和所述后角度,使得经放大的激光束是以不同于所述第一角度的角度从所述板条晶体的所述前面发射,使得进入所述板条晶体的所述入射光束不与从所述板条晶体发射的所述经放大的激光束重合。

29.一种用于放大光的系统,其包括串行布置的多个如权利要求12到28中任一权利要求所述的激光装置。

30.一种制造工件的方法,其包括以下步骤:使用根据上述权利要求中任一权利要求所述的激光装置来发射激光以将材料的一个或多个层添加到所述工件和/或从所述工件移除材料的一个或多个层。

31.如权利要求30所述的方法,其中所述工件形成到半导体装置中。

32.如权利要求30所述的方法,其中所述工件形成到光伏装置中。

33.如权利要求30所述的方法,其中所述工件形成到集成电路中。

34.如权利要求30所述的方法,其中所述工件形成到电容器中。

35.如权利要求34所述的方法,其中所述工件为包含铜和/或铝的电导体。

36.如权利要求30到35中任一权利要求所述的方法,其中使用所述激光装置将包含金刚石或类金刚石碳的材料层添加到所述工件。

37.如权利要求31所述的方法,其中使用所述激光装置将包含铅钽碳化物的材料层添加到所述半导体装置。

38.一种制造工件的方法,其包括以下步骤:

提供板条激光器,所述板条激光器包括:

板条晶体,其从一端发射经放大的高能脉冲激光束,

光源,其提供包含在紫外线频带和可见光频带的光能,

腔滤光片材料,其对所述可见光频带透明且被提供于所述板条晶体的一侧和所述光源之间,所述腔滤光片材料接收来自所述光源的所述光能的至少一部分,且将从所述光源接收到的所述光能的处于所述紫外线频带的至少一部分转换成处于所述可见光频带的光能,以发射至所述板条晶体并且供所述板条晶体吸收,用来放大激光束,其中所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述光能的在所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收,以及

冷却子系统,其冷却所述激光束;

提供工件;以及

使用所述板条激光器来发射所述高能脉冲激光束,以将一个或多个材料层沉积在所述工件上。

39.如权利要求38所述的方法,其中所述材料为金刚石或类金刚石碳。

40.如权利要求39所述的方法,其中所述材料为铅钽碳化物。

41.一种制造半导体装置的方法,其包括以下步骤:

提供板条激光器,所述板条激光器包括:

板条晶体,其从一端发射经放大的高能脉冲激光束,

光源,其提供包含紫外线频带和可见光频带的光能,

腔滤光片材料,其对所述可见光频带透明且被提供于所述板条晶体的一侧和所述光源之间,且所述腔滤光片材料接收来自所述光源的所述光能的至少一部分,且将从所述光源接收到的所述光能的处于所述紫外线频带的至少一部分转换成处于所述可见光频带的光能,以发射至所述板条晶体并且供所述板条晶体吸收,用来放大激光束,其中所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收,以及

冷却子系统,其冷却所述激光束;

提供半导体工件;

提供碳源;以及

使用所述板条激光器来发射所述高能脉冲激光束,以从所述碳源将一个或多个金刚石或类金刚石碳层沉积在所述工件上。

42.一种制造能量储存装置的方法,其包括以下步骤:

提供板条激光器,所述板条激光器包括:

板条晶体,其从一端发射经放大的高能激光束,

光源,其提供包含紫外线频带和可见光频带的光能,

腔滤光片材料,其对所述可见光频带透明且被提供于所述板条晶体的至少一侧和所述光源之间,所述腔滤光片材料接收来自所述光源的所述光能的至少一部分,且将从所述光源接收到的所述光能的处于所述紫外线频带的至少一部分转换成处于所述可见光频带的光能,以发射至所述板条晶体并且供所述板条晶体吸收,用来放大激光束,其中所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的在所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收,以及

冷却子系统,其冷却所述激光束;

提供工件;

提供碳源;以及

使用所述板条激光器发射所述高能激光束,以从所述碳源将一个或多个金刚石或类金刚石碳层沉积在所述工件上;以及

将所述工件并入所述能量储存装置中。

43. 一种激光装置,其包括:

外壳;

板条晶体;

多个光源,其各自提供包含紫外线频带和可见光频带的光能;

腔滤光片材料,其对所述可见光频带透明且被提供于所述板条晶体的至少一侧和光源之间,所述腔滤光片材料接收来自所述光源的光能,使得所述腔滤光片材料将从所述光源接收到的紫外线频带的光能转换成发射至所述板条晶体并且由所述板条晶体吸收的处于所述可见光频带的光能,其中所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述光能的在所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收;以及

冷却子系统,其用于循环冷却剂,其中

所述腔滤光片材料和所述板条激光器以如下方式布置在所述外壳中:所述循环冷却剂在所述板条晶体与所述腔滤光片材料之间流动以用于冷却,且其中

所述板条晶体以一个角度将入射光束接收到所述板条晶体的一端中,且还以不同于所述一个角度的角度从所述一端发射经放大的激光束,或在吸收处于所述可见光频带的所述光能之后,发射相对所述入射光束线性移位的所述经放大的激光束。

44. 一种激光放大装置,其包括:

串行布置的多个板条激光器,所述板条激光器中的每一者包括:

外壳,

板条晶体,

光源,被配置为发射紫外线频带下的光并且还被配置为发射可见光频带下的光;以及

腔滤光片材料,其对所述可见光频带透明且被提供于所述板条晶体的至少一侧和光源之间,所述腔滤光片材料接收来自所述光源的光能,使得所述腔滤光片材料将从所述光源接收到的紫外线频带光能转换成发射至所述板条晶体并且由所述板条晶体吸收的处于所述可见光频带的光能,其中

其中所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收,并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体,以致也被吸收,且其中

所述板条晶体以一个角度将入射光束接收到所述板条晶体的一端中,且还以不同于所述一个角度的角度从所述一端发射经放大的激光束,或在吸收处于所述可见光频带的所述光能之后,发射相对所述入射光束线性移位的所述经放大的激光束;

其中将系列中的所述板条激光器中的前一者的输出用作所述系列中的所述板条激光器中的后一者的输入,且其中

将所述系列中的所述板条激光器中的最后一者的输出用作所述放大装置的输出。

45. 一种激光放大装置,其包括:

串行布置的多个板条激光器,所述板条激光器中的每一者包括:

外壳；

板条晶体；

多个光源，其各自提供包含紫外线频带和可见光频带的光能；

腔滤光片材料，其对所述可见光频带透明且被提供于所述板条晶体的一侧和光源之间，所述腔滤光片材料接收来自光源的光能，使得所述腔滤光片材料将从所述光源接收到的紫外线频带的光能转换成发射至所述板条晶体并且由所述板条晶体吸收的处于所述可见光频带的光能，其中所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得从所述光源接收到的所述光能的在所述可见光频带下的部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体以被吸收，并且由所述腔滤光片材料接收到的在所述紫外线频带下的光能作为在所述可见光频带下的光能被发射到所述板条晶体，以致也被吸收；以及

冷却子系统，其循环冷却剂，其中

所述腔滤光片材料和所述板条激光器以如下方式布置在所述外壳中：所述循环冷却剂在所述板条晶体与所述腔滤光片材料之间流动，用于冷却激光，且其中

所述板条晶体以一个角度将入射光束接收到所述板条晶体的一端中，且还以不同于所述一个角度的角度从所述一端发射经放大的激光束，或在吸收处于所述可见光频带的所述光能之后，发射相对所述入射光束线性移位的所述经放大的激光束；

其中将系列中的所述板条激光器中的前一者的输出用作所述系列中的所述板条激光器中的后一者的输入，且其中

将所述系列中的所述板条激光器中的最后一者的输出用作所述放大装置的输出。

46. 如权利要求44到45中任一权利要求所述的装置，其中所述板条晶体具备后反射表面，其相对于所述板条晶体的水平轴不成90度。

47. 如权利要求46所述的装置，其中所述后反射表面包含二氧化硅涂层或电介质多层 $\frac{1}{4}$ 波长堆叠，其包括对激光束的经调谐或频率选择性行为，但对泵光透明。

48. 如权利要求44到45中任一权利要求所述的装置，其中所述板条晶体使得由所述板条晶体发射的出口激光束与来自光源的光能的入口束分开某一角度或距离。

49. 如权利要求44到45中任一权利要求所述的装置，其进一步包括多个弹性固持件，所述弹性固持件固持所述装置的组件，同时允许所述装置的一个或多个所述组件的热膨胀。

50. 如权利要求44到45中任一权利要求所述的装置，其中所述腔滤光片材料包含掺杂有钐的氟化铽。

51. 如权利要求44到45中任一权利要求所述的装置，其中所述板条晶体包含掺杂有铬的变石。

52. 如权利要求44到45中任一权利要求所述的装置，其进一步包括冷却剂循环系统，所述冷却剂循环系统在所述装置中循环冷却剂，用于冷却所述板条晶体和/或所述腔滤光片材料。

53. 如权利要求44到45中任一权利要求所述的装置，其中相对于所述板条晶体的一个邻接侧以锐角提供所述一端，且相对于所述板条晶体的相对邻接侧以斜角提供所述一端。

54. 一种用于将材料从第一目标传送到第二目标的系统，其包括：

提供第一放大子系统，其包括一个或多个第一激光装置，

其中所述第一激光装置中的每一者由板条激光器组成，所述板条激光器包含：

板条晶体,以及

腔滤光片材料,其提供于所述板条晶体的至少一侧上,且接收来自光源的光能,使得所述腔滤光片材料将以第一频带接收的光能转换成由所述板条晶体吸收的处于第二频带的光能,其中

所述板条晶体以一个角度将入射光束接收到所述板条晶体的一端中,且还以不同于所述一个角度的角度从所述一端发射经放大的激光束,或在吸收处于所述第二频带的所述光能之后,发射相对所述入射光束线性移位的所述经放大的激光束;

提供第一种子激光器,其输出具有第一所要脉冲特性的第一种子激光束,以输入到所述第一放大子系统,用于产生第一激光束输出;

提供第二放大子系统,其包括一个或多个第二激光装置;

提供第二种子激光器,其输出具有第二所要脉冲特性的第二种子激光束,以输入到所述第二放大子系统,用于产生第二激光束输出;

提供第一激光路由子系统,其将所述第一激光束输出的至少一部分路由到所述第一目标,以气化所述第一目标的一部分,其中

提供第二激光路由子系统,其将所述第二激光束输出的至少一部分路由到所述第二目标,以使所述第二目标准备将所述第一目标的经气化部分的至少一部分接收到所述第二目标上或所述第二目标中。

55. 如权利要求54所述的系统,其中所述第一种子激光器为超快激光器,其具有 $\frac{1}{2}$ 纳秒或以下的脉冲宽度,以及100 nm或以下的带宽。

56. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述第一种子激光器是每3.2 μ s或以下发射一脉冲的超快激光器。

57. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述第二种子激光器为具有1纳秒或以上的脉冲宽度的Q切换激光器。

58. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述第一激光路由子系统进一步将所述第一激光束的另一部分路由到所述第一目标的所述经气化部分的羽状物中,以热化所述羽状物中存在的所述第一目标的颗粒,以进一步原子化所述羽状物。

59. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述一个或多个第二激光装置由板条激光器组成,所述板条激光器包含:

板条晶体,以及

腔滤光片材料,其提供于所述板条晶体的至少一侧上,且接收来自光源的光能,使得所述腔滤光片材料将以第一频带接收的光能转换成由所述板条晶体吸收的处于第二频带的光能,其中

所述板条晶体以一个角度将入射光束接收到所述板条晶体的一端中,且还以不同于所述一个角度的角度从所述一端发射经放大的激光束,或在吸收处于所述第二频带的所述光能之后,发射相对所述入射光束线性移位的所述经放大的激光束。

60. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述板条晶体具备后反射表面,其相对于所述板条晶体的水平轴不成90度。

61. 如权利要求60所述的系统,其中所述后反射表面包含二氧化硅涂层或电介质多层 $\frac{1}{4}$ 波长堆叠,其包括对激光束的经调谐或频率选择性行为,但对泵光透明。

62. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述板条晶体使得由所述板条晶体发射的出口激光束与来自所述光源的所述光能的入口束分开某一角度或距离。

63. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述第一频带处于紫外光频带,且其中所述第二频带为小于紫外光的频带。

64. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其进一步包括多个弹性固持件,所述弹性固持件固持所述装置的组件,同时允许所述装置的一个或多个所述组件的热膨胀。

65. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述腔滤光片材料包含掺杂有钐的氟化铍。

66. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述板条晶体包含掺杂有铬的变石。

67. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其进一步包括冷却剂循环系统,所述冷却剂循环系统在所述装置中循环冷却剂,用于冷却所述板条晶体和/或所述腔滤光片材料。

68. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中相对于所述板条晶体的一个邻接侧以锐角提供所述一端,且相对于所述板条晶体的相对邻接侧以斜角提供所述一端。

69. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述第一放大子和/或所述第二放大子包含至少一个压缩机或补偿器,其补偿相应激光束中的不同光速。

70. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述板条晶体包含掺杂有钛的蓝宝石。

71. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述种子激光器中的一者或两者由板条激光器组成,所述板条激光器包含:

板条晶体,以及

腔滤光片材料,其提供于所述板条晶体的至少一侧上,且接收来自光源的光能,使得所述腔滤光片材料将以第一频带接收的光能转换成由所述板条晶体吸收的处于第二频带的光能,其中

所述板条晶体以一个角度将入射光束接收到所述板条晶体的一端中,且还以不同于所述一个角度的角度从所述一端发射经放大的激光束,或在吸收处于所述第二频带的所述光能之后,发射相对所述入射光束线性移位的所述经放大的激光束。

72. 如权利要求1、12-13、19-20、和23-24中任一权利要求所述的装置,其中所述板条晶体包含掺杂有钛的蓝宝石。

73. 如权利要求30到35中任一权利要求所述的方法,其中所述板条晶体包含掺杂有钛的蓝宝石。

74. 如权利要求30到35中任一权利要求所述的方法,其中所述材料包含砷化硼。

75. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述第一目标包含砷化硼。

76. 如权利要求54到55中任一权利要求所述的系统,其中所述激光装置中的任何一个或多个激光装置包含板条激光器,所述板条激光器包括:

板条晶体,其具有前面,所述前面形成相对于所述板条晶体的底部以锐角提供的点,且接收相对于所述前面以第一角度提供的入射光束,所述板条晶体还具有后壁,其相对于所述板条晶体的所述底部以不是90度的后角度提供;

光源,其提供光能,所述光能包含处于第一频带的一部分以及处于第二频带的一部分;以及

腔滤光片材料,其对所述第一频带透明,且提供于所述板条晶体的顶部和/或所述底部上,接收来自所述光源的所述光能,且将处于所述第一频带的所述光能转换成处于经转换频带的光能,以供所述板条晶体至少部分地吸收,其中

所述光源和所述腔滤光片材料经布置使得所述光能的处于所述第二频带的所述部分的至少一部分穿过所述腔滤光片发射到所述板条晶体,且其中

所述板条晶体通过吸收所述光能的处于所述第二频带的穿过所述腔滤光片发射的所述部分的一部分,且通过吸收所述光能的处于所述经转换频带的一部分来放大激光束以供从所述板条晶体发射,其中

选择所述锐角和所述后角度,使得所述经放大的激光束是以与所述第一角度不同的角度从所述板条晶体的所述前面发射,使得进入所述板条晶体的所述入射光束不与从所述板条晶体发射的所述经放大的激光束重合。

77.如权利要求1、12-13、19-20、和23-24中任一权利要求所述的装置,其中所述板条为矩形板条。

78.如权利要求1-2、12-13、19-20、和23-24中任一权利要求所述的装置,其中所述板条具有大于宽度的长度,且其中多个光源也具有大于宽度的长度,所述光源布置成使得沿所述光源的所述长度的线不平行于沿所述板条的所述长度的线。

79.如权利要求1-2、12-13、19-20、和23-24中任一权利要求所述的装置,其进一步包括至少一个腔反射器,用于将一个或多个光源所发射的光辐射反射到所述装置中。

80.如权利要求79所述的装置,其中所述腔反射器具有至少一个通道,用于接收来自冷却子系统的冷却剂来冷却所述装置。

81.如权利要求1-2、12-13、19-20、和23-24中任一权利要求所述的装置,其进一步包括至少一个密封件,用于将一个或多个冷却通道彼此分离。

82.如权利要求81所述的装置,其中所述至少一个密封件提供为与腔反射器以及所述板条晶体或腔滤光片材料接触。

83.如权利要求1-2、12-13、19-20、和23-24中任一权利要求所述的装置,其进一步包括至少一个水歧管,所述水歧管安装在所述装置的周长上,用于支撑用来冷却所述装置的冷却子系统。

84.如权利要求1-2、12-13、19-20、和23-24中任一权利要求所述的装置,其进一步包括至少一个歧管,所述歧管安装在所述装置上,用于支撑用来冷却所述装置的冷却子系统。

85.如权利要求1-2、12-13、19-20、和23-24中任一权利要求所述的装置,其中所述装置使得所述板条并行发射多个激光束。

板条激光器和放大器以及其使用方法

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求2012年8月3日提交的美国申请序列号13/566,144的权益,且该案以引用的方式并入本文中。

[0003] 发明背景

[0004] 本申请大体上涉及激光器和激光放大器领域。更具体地说,本申请涉及呈板条形式的固态激光放大器,其由等以光学方式抽运,且其中激光束穿过布鲁斯特(Brewster)角小面进入,且在穿过与束进入的面相同的面退出之前,归因于总内部反射而经历多个面对面反弹。

[0005] 通常,灯驱动板条激光器已存在许多年了。现有技术由通用电气的Krypton弧光灯驱动的面抽运的面对面多反弹总内部反射(TIR)Nd:钕铝石榴石(掺钕钕铝石榴石)板条的设计来示范。在通用电气的设计中,Nd:钕铝石榴石晶体由Krypton弧光灯面抽运。这些特定设计实现了与达到若干千瓦的输出的~4%的转换效率(输出激光功率除以输入电功率)。在此设计中,氩电弧闪光或弧光灯(由铈掺杂石英封套组成)使黑体和线发射光子的光谱放电,其随后尽可能均匀地反射到掺钕钕铝石榴石板条的邻近面上。此增益元件选择性地吸收此能量的部分。此能量将钕原子激励成升高的能量状态,从中产生或放大激光束。

[0006] 后面的版本并入了二极管激光泵源来增加效率和架构简单性(通过仅产生由经掺杂钕铝石榴石高度吸收的光子能量的特定频率)。更后面的版本使用Nd掺杂钒酸钕(YbVO₄)作为增益介质。这些系统已成为标准,其中限制为可制造YAG、钒酸盐或增益晶体的最大大小。美国专利3,633,126和3,631,362论述相关技术。

[0007] 先前所提到的二极管抽运系统已示范了10%的系统效率,在理想情况下,系统效率甚至可能接近25%,但是以高经济成本为代价,击穿对于二极管泵激光器来说大约为50%效率,对于Nd:VO₄来说大约为65%效率,对于Nd:YAG,效率已大约为到1.064微米辐射的50%转换,且后续束清理使系统输出效率降低为低至10%,而设计良好的系统的总效率为约25%。以相对于作为纤维边缘抽运的陶瓷钕铝石榴石板条以及面抽运版本两者来示范输出功率的当前上限,所述两者均主要由Northrop Grumman建立。此系统示范了每激光头25kW(千瓦)的输出,其中二极管泵激光器的效率为~50%,且对于大约25%的输出效率,Nd:钕铝石榴石板条中的转换效率为~50%。

[0008] 现存灯抽运设计的限制效率主要在两个区域中。第一区域是归因于来自泵灯的发射谱通常不与激光晶体材料的激励谱匹配的事实的低效。第二区域是在归因于使束穿过不超过两次且不完全填充增益材料的从增益材料的束提取的低效中。这些缺点已干扰板条激光器概念的潜在实际应用。

发明概要

[0009] 本发明呈现一种横越面抽运、灯驱动板条激光器和放大器设计,其具有面对面束传播方案。TIR(总内部反射)端反弹使经放大的辐射改向回来从同一输入小面出来,但在不同的角方向上,从而使得在需要的情况下,所呈现的设计可在较大系统中使用。

[0010] 本发明还呈现泵灯的使用,与基于惰性气体的先前灯设计相比,所述泵灯在可用谱中产生较多光子。还已使用腔荧光滤光片,其以相当高的效率将灯输出的无用部分转换成有用灯频带。这改进了效率以及功率处理能力。

[0011] 作为实例实施方案,提供激光装置,其包括:板条晶体;以及腔滤光片材料,其提供于所述板条晶体的至少一侧上,用于接收来自光源的光能量,使得腔滤光片材料将在第一频带下接收到的光能转换成在由板条晶体吸收的第二频带下的光能量。

[0012] 对于上述激光器,板条晶体适于接收以一个角度入射到板条晶体的一端中的光束,且以不同于所述一个角度的角度从所述一端发射经放大的激光束,或在吸收第二频率的所述光能量之后发射从所述入射光束线性移位的经放大激光束。

[0013] 进一步提供包含以下各项的激光装置的实例实施方案:板条晶体;光源,其提供包含紫外线频带的光能;以及腔滤光片材料,其包含掺杂有钷的氟化钇,其提供于板条晶体的至少一侧上,用于接收来自光源的光能,且用于将第一紫外线频带下的光能转换成可见光的第二频带下的光能,以供板条晶体吸收,用于放大激光束。

[0014] 上述板条晶体适于从不包含背反射表面的一端发射经放大激光束。

[0015] 还提供包含以下各项的激光装置的实例实施方案:板条晶体;光源,其提供包含位于紫外线频带中的一部分以及位于可见光频带中的一部分的光能;以及腔滤光片材料,且对可见光频带是透明的,且提供于板条晶体的至少一侧上,用于接收来自光源的光能,且用于将处于第一紫外线频带的光能转换成处于小于紫外线频带的经转换频带的光能,以供板条晶体吸收。

[0016] 上述激光器的光源和腔滤光片材料经布置以使得可见光频带中的光能的所述部分的至少一部分穿过腔滤光片发射到板条晶体,且所述板条晶体适于吸收穿过腔滤光片发射的可见频带中的光能的所述部分的一部分,且还吸收处于经转换频带的光能的一部分,用于放大激光束以从板条晶体发射。

[0017] 进一步提供包括以下各项的激光装置的实例实施方案:板条晶体;光源,其以第一频带提供光能;腔滤光片材料,其提供于板条晶体的至少一侧上,用于接收来自光源的光能的一部分,且用于将处于第一频带的光能的所述部分的至少一些转换成处于第二频带的光能,以供至少部分地被板条晶体吸收;多个弹性保持器,其用于固持所述装置的组件,同时允许所述装置的所述组件中的一者或多者的热膨胀;以及冷却剂循环系统,其用于在装置中循环冷却剂以冷却所述装置,使得板条晶体适于从板条晶体的一端发射经放大的激光束。

[0018] 还提供一种实例激光装置,其包括:板条晶体,其具有前面,所述前面形成相对于用于接收入射光束的板条晶体的底部以锐角提供的点,所述入射光束相对于所述前面以第一角度提供,所述板条晶体还具有后壁,其相对于板条晶体的底部以并非90度的后角度提供;光源,其提供包含处于第一频带的一部分和处于第二频带的一部分的光能;以及腔滤光片材料,其对第一光频带透明,且提供于板条晶体的顶部或底部上,用于接收来自光源的光能,且用于将处于第一频带的光能转换成处于经转换频带的光能,以供至少部分地由板条晶体吸收。

[0019] 上述激光器的光源和腔滤光片材料经布置以使得光能的处于第二光频带的部分的至少一部分穿过腔滤光片发射到板条晶体,且此外,板条晶体适合于通过吸收发射穿过腔

滤光片的光能的处于第二频带的部分的一部分且通过吸收光能的处于经转换频带的一部分来放大激光束以从板条晶体发射。

[0020] 对于上述激光器,选择所述锐角和后角度,使得经放大的激光束以不同于第一角度的角度从板条晶体的前面发射,使得进入板条晶体的入射光束不与从板条晶体发射的经放大光束重合。

[0021] 进一步提供一种串行使用任何多个上述激光器中的任一者来放大光束的激光放大系统。

[0022] 进一步提供一种制造系统和方法,其利用如本文所述的一个或多个板条激光器,通过气化物质并将其沉积在组件上或沉积到组件中来制造例如半导体装置或经涂覆导体等组件。举例来说,所沉积的材料可为掺杂剂,或例如金刚石或类金刚石碳等材料层。

[0023] 本发明还提供额外的实例实施方案,下文更详细地描述其中的一些,但不是所有。

[0024] 附图简述

[0025] 在参考附图阅读以下描述后,本公开相关领域的技术人员将明白本文所描述的实例实施方案的特征和优点,其中:

[0026] 图1是本发明一个实例实施方案的外部视图的示意性图;

[0027] 图2是展示提供于板条激光器材料两侧的滤光片腔材料的两个层的示意性图;

[0028] 图3是图1的本发明的实例实施方案的端视图的示意性图,其展示激光器板条、两个腔滤光片、泵灯、陶瓷反射器和外部情况之间的关系;

[0029] 图4是添加用于冷却的外部水歧管的另一实例实施方案的示意性图;

[0030] 图5是实例实施方案的激光器板条的一般横截面几何形状的示意性图;

[0031] 图6是进入和离开实例实施方案的放大器板条的轴上激光束的路径的示意性图;

[0032] 图7A是实例实施方案的移位激光束以获得出口束与入口束的分离的效应的示意性图;

[0033] 图7B移位图7A中所示的实例实施方案的多个激光束的效应的示意性图;

[0034] 图8A和8B是展示改变实例实施方案中的激光器板条前面的楔形物的角度的效应的示意性图;

[0035] 图9是实例实施方案的用于在不同方向上提供入口和出口束的实例布置的示意性图;

[0036] 图10A和10B是展示通过改变实例实施方案中的端反射表面的角度使出口束与入口束的实例分离的示意性图;

[0037] 图11是展示使用较大的板条激光晶体且添加更多泵灯的实例放大器链的一个界面的内部结构的示意性图;

[0038] 图12是展示链中的放大器中的一者的横截面的示意性图,其展示激光束如何进入和退出增益材料;

[0039] 图13是展示串行组合图12的多个放大器以提供非常高的激光输出功率的实例的示意性图;

[0040] 图14是展示用于使用一个或多个板条激光器来制造组件的实例布置的示意性图;以及

[0041] 图15是展示图14的实例布置的实例样本设置的示意性图。

[0042] 本发明的具体描述

[0043] 如上文所论述,本发明提供具有面对面束传播方案的横向面抽运、灯驱动板条激光器和放大器设计的实例实施方案。TIR端反弹使经放大的辐射改向回来从同一输入小面出来,但在不同的角方向上,从而使所呈现的设计在需要的情况下可用于较大的系统中。通过几何形状的此选择,将产生或放大的激光的脉冲在激光器板条内部的每一往返中至少四次(不是通常的两次)穿过同一片增益材料。在每遍次的能量提取效率为~60%的条件下,这将导致例如激光器板条中所储存的能量的大约97%正被提取。此特征促成实例装置的较高效率。

[0044] 还呈现另一实例实施方案为使用泵灯,所述泵灯使用金属或金属卤化物合金,其与基于惰性气体的先前灯设计相比,在可用谱中产生较多光子。还已使用腔荧光滤光片,其以相当高的效率将灯输出的无用部分(在水银弧光灯以及用于钛蓝宝石激光器的碘化铟加碘化铊灯的紫外线部分中)转换为有用泵带。这些改进导致以正常仅与二极管激光抽运版本相关联的效率和功率处理能力操作的系统。但此处所呈现的实例系统使用灯而不是激光二极管来实现这些效率,且可因此与使用二极管激光泵的现有设计相比,对于相同量的输出功率,实施起来要便宜得多。

[0045] 对于实例设计中所利用的所呈现增益材料,所呈现的灯抽运设计将具有超过相同大小的这些激光器的二极管抽运版本的功率输出水平。举例来说,用于变石装置的泵激光器的可见光输出(635到670nm以及680.4nm红光)的效率以例如大约20%的效率转换操作。并且,用于抽运钛蓝宝石的绿色吸收带的输出532nm绿光的倍频Nd激光器也以大约20%的电到光转换效率操作。通过比较,金属弧光和金属氯化物弧光灯的电到光效率均接近70%到73%。可使用此改进和架构来将经脉冲或连续波激光束放大到非常高的功率水平,其中系统效率具有接近百分之四十的上限。对于为变石(钛的范围是~3.6kW)而呈现的头设计,每头输出预期在6.5到15.5kW的范围内,但所述设计不限于这些功率水平。

[0046] 总体激光装置配置

[0047] 图1展示本发明一个实例实施方案的一般配置的示意图。板条晶体1以及六个泵灯2的端部延伸到外壳3之外。所述外壳允许液体穿过狭槽4而冷却。这些狭槽4进入外壳3外部的水歧管,如后面将论述。

[0048] 图2展示腔滤光片板条5在激光板条晶体1的两侧上驻存在外壳内何处。在此图中,为了清楚,仅展示六个泵灯2中的仅三个。腔滤光片板条5的目的是将从泵灯2发射的光的紫外线部分转换成可见光谱,其更容易被板条激光晶体1的材料吸收。

[0049] 图3展示所述实例实施方案的端视图的示意图,其展示一般外壳内部的主要元件。结构的中心是在顶部和底部由具有间隙8'的腔滤光片板条5环绕的激光板条晶体1。在腔滤光片板条5的外部提供用以抽运激光晶体1的六个灯2。环绕这些组件的是四个陶瓷反射体6,其包封在外壳7中,外壳7可由不锈钢制成。图3中的外壳7可为与图1中的外壳3相同的类型,但这不是要求。在结构之间的间隙8'和8中,提供冷却剂,例如冷却水,其流动以冷却灯2和板条晶体1。

[0050] 图4展示提供用于冷却激光器的水歧管10的实例实施方案。两个歧管10覆盖狭槽9,其延伸穿过外部盒7,且穿过陶瓷反射体6'。使水穿过两个狭槽9且穿过间隙8'在相对方向上流动,以冷却中心激光器板条1。水也在间隙8中的轴向方向上(在图2和3中的泵灯2的

方向上)在单独回路中流动,以冷却泵灯2。用于板条激光晶体1和用于泵灯2的冷却水的温度可不同,因为其在单独的回路(下文描述)上,其允许板条在高于等的温度的高效温度下操作。

[0051] 另外,在图4的实例中,陶瓷反射体6'中存在钻或以其它方式提供的孔11,其沿激光器板条1和腔滤光片板条5的长度每隔几英寸放置。这些孔允许使用硅橡胶或特氟龙保护圈来支撑相应的板条,且随着激光元件受热且因此膨胀而吸收热膨胀的差异。另外,硅形成水密封以使板条激光晶体1与腔滤光片板条5之间的水保持与冷却泵灯2的不同温度的水分离。

[0052] 板条激光晶体

[0053] 在一个实例设计中,板条激光晶体1由掺杂有铬的变石($\text{Cr}:\text{BeAl}_2\text{O}_4$),但在其它实例中,板条激光器晶体可由掺杂有钛的蓝宝石组成。板条晶体的块体由经掺杂材料组成。但这后续也可经由扩散接合在边缘和端部上用变石晶体(BeAl_2O_4)或钛蓝宝石的未经掺杂部分、透明未经掺杂蓝宝石来处理,以产生透明的盖帽。透明盖帽部分的目的是减少归因于高抽运功率下所产生的热梯度的透镜失真。这些透明盖帽使失真效应减少因子三,因为未经掺杂的部分不留下任何热负载,或来自增益材料的未提取能量。

[0054] 用以产生激光板条晶体的优选晶体生长方法将经由经典的热交换方法(HEM)。此晶体生长技术产生用于实例增益材料中的任一者的无杂质晶体。通过此方法,可针对变石材料(蓝宝石材料也产生类似的功率处理能力)实现每平方厘米例如至多达23千兆瓦的无损功率限制。另一方面,在其中使用直拉法(Czochralski)晶体生长方法的放大器配置中,可针对1纳秒脉冲长度,以每平方厘米辐射例如1到1.5千兆瓦的功率限制产生变石晶体。这些损坏值显著高于计划的典型操作功率,典型操作功率将为每平方厘米数百兆瓦。

[0055] 在获得用于激光器板条的板条晶体之后,可将反射涂层(例如,测得大约一微米厚的二氧化硅)施加到侧面以及可能边缘,以充当经放大激光的反射体,且在密封可重叠反弹部位之处保护所述密封。

[0056] 如果设计者这样希望,那么可将经扩散接合的透明盖帽从侧面省略,且可在矾土陶瓷腔反射器内部的侧面上围封板条晶体,具有增加的设计元素,即电介质镜涂层施加到晶体的两侧和端部,以促进放大束的所要反射。此变化将准许单一密封,压缩在晶体的主体周围。

[0057] 泵灯

[0058] 实例泵灯2可利用填充有水银(例如,具有7托氩共同填充)的透明经抛光蓝宝石封套或透明熔融硅石封套。尤其在利用蓝宝石时,柯伐合金(Kovar),其为可用于此类灯中的高镍合金,因为其具有几乎匹配的膨胀系数,且可使用工业上标准的技术钎焊到所述封套。将钨电极钎焊到柯伐合金,且钨电极为在水银中建立弧光的电极。

[0059] 以此方式建立并供能的灯对于水银具有例如约72%的效率,且对于碘化铯具有例如约70%的效率。最好用高频AC电源来驱动这些实例灯。此类电源是市售的,且可称为镇流器,操作频率为40到100kHz。通过选择废热移除速率(例如,使用去离子水的 $240\text{W}/\text{cm}^2$ 表面积)以及到有用大小的扩展来定灯的大小。举例来说,在约135V/cm下运行的具有约4.5mm的镗孔直径的灯将传递约5.8安培。对于水银弧光灯,一旦已在镗孔中建立等离子体且水银已气化,阻抗特性就使得即使所施加电压为三倍,电流也将仅增加百分之二十左右。因此,一

英尺长的灯每厘米可运行例如高达35KW或约1000瓦。然而,为了获得较长寿命,将功率减小到每厘米-400瓦,并缩短长度。正常实践是使用6mm直径的熔融透明石英,其具有例如2mm镗孔,其中弧光为约8到15cm长。在用AC电源供能的这些灯中,存在约10%的每电极热量损失,且必须注意此情况,因为可在电极本身以及封套上的紧邻区域中产生不可支持的热负载。

[0060] 腔滤光片板条

[0061] 如图1到3中所示的实例腔滤光片板条5各自由矩形块晶体制成,所述矩形块晶体由掺杂有-0.1%钐的氟化铽(TbF_3)组成,其具有包含紫外线谱的大部分的吸收带。将能量传送给钐离子是经由晶体基质的几乎无损的无辐射传送。所述晶体接着在变石晶体的几乎595nm的峰值吸收带下发荧光,从而将原本浪费的UV能量转换成有用的可见光,且从而增加系统的泵效率。存在来自平均输入频率与特定发射频率之间的能量差的残余热负载。这称为斯托克斯位移。所述差异是晶体中的残余热量的原因,即使提取了可用能量的全部或大部分。

[0062] 水银灯在此功率水平下的谱输出大约为UV中的1/3。因此,使用腔滤光片板条来再循环尽可能多的UV辐射是合乎需要的,以获得增加的效率。另外,氟化铽滤光片板条减少撞击在变石晶体上的UV辐射的量。随着时间的过去,所述辐射将可能损坏晶体,且降低其透明度,这又限制了其有用性,且因此激光装置的有用寿命。

[0063] 其它晶体设计是可行的,以便也用于腔滤光片板条。这些设计包含(但不限于)具有钛掺杂蓝宝石增益材料的铽石榴石;铽、钐、掺杂有钛的YALO;金钆、镱、铽、钐、掺杂有钐的YAG;掺杂有钐的氟化铽;以及掺杂有铽-钐的钐铈氟化物。各自具有其自己的特定优点。大多数比掺杂有钐的氟化铽低效,但氧化物晶体可处置较高的功率输入水平,偏差是归因于较低的转换效率,将留下较大的热量。

[0064] 腔反射体

[0065] 如图4中所示的实例陶瓷腔反射体6、6'可由非降解陶瓷(包含例如高纯度 Al_2O_3 (矾土)复合物)组成。可用密封釉来完成所述组件,密封釉经由压缩硅橡胶密封(优选白色或透明)来允许其边缘上的水密密封。腔反射体6被设计成将光(辐射)从灯2反射回到将利用的装置中。此反射体6优选由惰性(热、化学和辐射)物质制成,例如上文所述的陶瓷材料。

[0066] 腔反射体6、6'的布置类似于在每一端具有两个矩形狭槽的矩形管,以促进开放空间8中沿灯2的长度的水流。这还冷却腔滤光片5的一个面。另外,泵室的每一端处存在正方形反射体端盖帽,其中存在允许灯穿过的孔。存在单独的密封压缩板,以允许硅橡胶的O形环密封压缩抵靠灯壁和反射体端。在一端处,存在矩形孔,以供激光器板条配合通过,且经由压缩O形环和密封板来密封。

[0067] 在外侧的顶部和底部,接近端部处,提供两个额外的附件,其允许水进入和退出每一侧(未图示)。这是用于接纳用于灯且部分地用于腔滤光片的冷却水。

[0068] 板条激光晶体的形状

[0069] 图5展示实例板条激光晶体1的一般形状的侧视图。所述形状由板条宽度12、板条长度13(如从每一端的中点测量)、充当入射和退出束经过的面的布鲁斯特光学窗14的楔角,以及晶体的反射端的角度15界定。在实例实施方案中,所有四个这些参数互连,且板条激光晶体1应具有一组特定的这些参数以根据需要起作用。

[0070] 图6展示优选实例情形,其中以90度提供反射角15,且入口角度由布鲁斯特角设定

(例如,变石C轴的布鲁斯特角为60.06度,因此入口表面的楔角14为29.94度),于是所要的板条长度与板条宽度唯一相关。对于入口激光束16位于中心线上的情况,长度应使得束中心在反射端处撞击在板条的隅角上,使得出口束也在中心线上。对于图6中所示的情况,入射和出口束16也是共线的。来自泵灯的光20进入板条的顶部和底部面,而源激光经由布鲁斯特角表面进入,且经放大的激光经由布鲁斯特角表面退出。

[0071] 当使入射束相对于板条的前表面上或向下移位时,那么出口束也在相对方向上移位。这在图7A中展示,其中单一入射束16在入口窗的中心线与边缘之间的中途。接着,如果入射束(或多个束)仅为如图7B中由17展示的窗的大小的一半,那么出口束17'物理上与入射束17分开。此配置解决了束的分离问题,但将束横截面面积限制为小于板条面的大小的一半。

[0072] 不一定需要像先前图中一样将前楔角14设定为布鲁斯特角的补充物。随着楔形物的角度改变,束16在板条内部的内部反射角度改变,且针对给定总长度的反射次数改变。图8A和8B中展示为同一长度和宽度效力的其它入射楔角的两个实例。在图8A的第一实例中,楔角14为37.6度,且在图8B的第二实例中,楔角14'为46.2度。有可能找到将为较宽范围的角度效力的板条长度。然而,在所有此类情况下,入射和退出束在相对方向上一者在另一者之上(重合)。

[0073] 然而,存在也可使用的接近90度的角范围。图9中展示一种此类条件,其中前表面角度14"相对于板条轴成90度。对于围绕此角度的解决方案,出口束与入口束不对准。这具有使输入和输出束16分离的良好特征。然而,与其它楔角14和14'相比,前表面的面积处于最小值,且这限制了经放大光的功率密度。

[0074] 最后,优选实例实施方案在板条的端部提供将成不同于90度的角度的反射表面。这在图10A、10B中针对实例角度15和15'展示。在图10A的第一实例中,端角15处于88.25度,且这导致出口束与轴上输入束分开9.41度。在图10B的第二实例中,角度15'为91.80度,且出口束与输入束分开13.50度。可依据板条长度与板条宽度的比率使用其它角度,且这两者仅作为实例展示。此配置具有分开输入和出口束以及允许用入射束来填充全孔径的合乎需要的特征。

[0075] 图11中局部展示使用上文所述的相同材料和一般布置但具有稍稍不同的架构的另一实例设计。此变化将准许扩展到高得多的功率水平。在此实例中,存在提供与增益晶体21的仅一侧上的一行灯22,且存在更多的灯。代替于图1到4中所呈现的四厘米宽晶体实例的一侧上三个灯,例如对于30cm长的晶体,可存在至多达24个灯。并且,横向旋转晶体轴,使得B轴是沿30cm维度。还展示单个腔滤光片板条25,其位于泵灯22与激光增益材料21之间。

[0076] 图12展示实例激光放大器链的区段30中的一者的实例的横截面,其中区段30并入有图11中的结构。此图展示激光放大器板条21、腔滤光片板条25以及泵灯22的阵列。还展示陶瓷腔反射体26,其仅覆盖放大器板条21的一侧以及不锈钢盒27。腔反射体26经设计以将光(辐射)从灯22反射回到将利用的装置中。此反射体26优选由惰性(热、化学和辐射)物质制成,例如高矾土陶瓷。放大器板条21与腔滤光片25之间的间隙像之前那样允许冷却水穿过,且泵灯22周围的空间也允许冷却水的单独回路。通过密封件29将板条保持在合适位置,密封件29使水回路保持分离,且允许零件随着温度增加而热膨胀。

[0077] 图12中还展示经放大激光束的路径。束的中心由实线16展示为其以布鲁斯特角撞

击在增益晶体21的表面上。当束横过表面时,其折射(改变角度),完全从后表面反射开,且以布鲁斯特角度退出。所述束较宽,如由虚线16'和16''指示,且横越穿过增益媒介两次(进入和出来)。

[0078] 图13展示放大器级30可如何组合成放大器链,以导致极高功率的经放大束。激光束16替代地在束路径的每一侧上穿过放大器级30中的每一者。在每一放大器级之间,存在反射表面31,其在腔中诱捕泵灯光子,直到其被激光增益材料吸收为止。

[0079] 在较低功率水平下,可使用相对于图1到4所论述的实例激光器来构造激光放大器。随着功率水平沿放大器链增加,放大器的设计可改变为图11到13中所示的实例配置。结果是比先前可能的效率高的效率下的非常高功率束,至多达经由HEM方法生长的所示范增益材料的功率处置限制。激光束的横截面扩大,因此此架构呈现大表面积板条,以供束与之交互。头部的大小仅受产生晶锭的HEM炉的大小限制,板条晶体从所述晶锭切割。举例来说,如果利用-15cm x 15cm的束横截面,在1cm厚的15cm高乘30cm长的活动板条中进行此配置,那么将在简单且相对较小的装置中产生具有大量峰值和平均功率的束。

[0080] 然而,即使经由例如扩散接合等所描述的方法来组合较大的板条放大器晶体,最佳泵灯大小也可能限于-15cm的长度,或6mm直径2mm镗孔封套的6千瓦功率。此限制归因于电极中所沉积的20%的热量(如果在AC波形输入上操作,那么对应于每一端10%)。充当阳极的电极获得热量沉积,其在每一半循环上发生。可在具有较长寿命的6mm直径石英管中管理此热负载。不同尺寸将具有不同的热移除特性,且因此不同的寿命。如果选择此泵灯功率和长度来与较大板条晶体一起使用,那么灯将构造有电极部分,其以90度进入,以简写的“U”形配置装备其间的15cm弧形部分。这种类型的灯将穿过后反射体安装在错列的并行插口中,使得图11中所示的行将被阵列取代。所述布置可例如用来实现结合变石(水银灯)或钛蓝宝石(碘化铊灯)激光板条使用的碘化铊或水银弧光灯的均匀泵光强度。

[0081] 替代材料

[0082] 上述设计的变化是使用碘化铊以及水银作为弧光灯中的填充物(这改变了泵光的光谱,参考以引用的方式并入的专利7,061,182,其如果修改成包含冷却能力且具有较高的功率负载,那么可用作泵光源来以较低效率为代价提供较长的寿命)。另一选择是使用碘化铊作为以钛掺杂蓝宝石($\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$)作为激光板条增益媒介的蓝宝石灯内部的填充物。在使用碘化铊灯的情况下,将腔滤光片用作产生UV光的灯也将是合乎需要的。此($\text{Hg}/\text{Ar}+\text{碘化铊}$)配置可避免腔滤光片,因为所述灯在主要535nm下具有71%的输出。这是几乎处于 $\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$ 吸收带的峰值的带。

[0083] 虽然此配置将可能不支持用作振荡器,此配置将适合于用作实际放大器。此配置仍将比变石放大器低效,因为在180摄氏度的温度下,荧光衰减时间在变石中与钛蓝宝石增益材料相比长大约二十五倍(例如,75微秒对3.2微秒)。然而,如果设计者需要以比变石长的频率操作,那么 $\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$ 系统将能够这么做。

[0084] 应用

[0085] 高功率激光器的若干重要用途之一是在经脉冲激光沉积(PLD)中。如果高重复率Q切换脉冲(使用应用于本公开中所论述的实例激光器的若干市售外部切换装置中的一者来创建这些脉冲)指向溅镀靶材,接着可将任何原子种类或化合物的离散层转移到衬底,从而形成结构化微层装置。对甚至高功率PLD的改进将为在PLD的目标气化使用中使用此激光器

的两个版本。在此实例中,可使用最高平均功率激光器(例如,在大约13,333Hz下产生高辐射率Q切换脉冲的变石)来以高速率移除目标材料。来自作为超快激光器操作的钛激光器的处于较高重复率(例如,312.5kHz)的第二束指向离子原子沉积材料的在途羽状物。此双重激光使用将大大改进所产生的膜的质量,因为任何所射出的微粒物质将由第二激光器完全转换为原子电离物质。

[0086] 这表示一系列制造技术,其在一端处称为加性制造,其中发生沉积,且在另一端处,发生移除或碱性制造,其中组合构成了完整的过程。大规模实例将为将外来且先前较难(如果不是不可制造)的化合物(例如铅钽碳化物)(地球上的最高熔点材料)PLD等离子体喷射到膨胀匹配材料上,例如铁镍合金附接短突部分,例如柯伐合金,以建立具有或不具有可能用于冷却的结构化内部架构的特定形状,接着移除特定量以实现净定形部分。此装置将适合交通工具的翼部上或排气装置的等离子体羽状物中的极超音速交通工具控制表面。此相同技术和材料的扩展将为可再用隔热交通工具皮肤材料,其将比当前材料组合轻且结实。处于此相同技术的微观水平的将是通过后续移除特定区域且通过后续沉积其它半导体材料来PLD沉积半导体材料层,以制作装置。作为一个实例,说明性实例将为制造二极管激光晶锭,用其来制作便宜的二极管激光器。这将代表微电子电路或微机电装置或MEM,因为当结合频率或谐波转换装置使用时,此高功率脉冲激光技术将准许以频谱的短频率部分产生先前听不到的功率水平,从而准许指导微电子装置制造。作为另一实例,此技术将对制造类金刚石碳(DCL)-微电子装置特别有用。另一实例是作为用于半导体热控制的散热器材料的砷化硼材料的沉积。在此应用领域中,此激光器还可用作极高速度分子束外延制造机器的增强型离子发射器。这将补充或替代市售机器中的高压离子源枪。在此实例申请中,将Q切换源和模式锁定源(利用纳秒长度脉冲以及甚至皮秒或更小脉冲长度作用于离子源,接着作用于离子束的选项)用于超原子化将实现束电流,所述束电流将仅受使所沉积的离子加速到可用结构中的目标装置晶锭能力限制,而不是固有的沉积厚度限制,例如1到10微米每小时到毫米或厘米每小时厚度。

[0087] 一个实例将为使用所述激光器或双重激光器将类金刚石碳(DLC)涂层沉积(或将实际金刚石涂层沉积)到任何金属机械衬底上。DLC层具有至少四个特征,使其对商业应用来说很重要。第一,DLC具有合乎需要的极其硬的特征,且涂覆有DLC的表面将实际上永不显示任何磨损。第二,DLC层具有非常高的导热性(比铜高若干倍),这使得其对于用作将热量从其所附接到的任何表面移除的均热器来说是理想的。第三,DLC层是电绝缘的,且具有非常高的击穿电压(-10000伏每微米厚度)。第四,DLC具有非常低的热膨胀系数,从而允许其用作制造具有极高操作功率的集成电路和微电子装置的衬底,因为DLC将把操作热量传导离开紧凑的单片堆叠电路结构。因此,它们可用于提供与用于许多高压或在其它方面高电场密度应用中的相对较薄的层或较厚晶片/板条以及堆叠单片架构块的有效电绝缘,所述应用包含用于能量储存的电容器。

[0088] 应用于各种产品的制造中所使用的铜或铝线的DLC绝缘将准许经DLC绝缘的装置在比对于聚合物绝缘材料来说可能的温度高的温度下操作。常规聚合体绝缘线装置的操作温度限制大约为200摄氏度。通过比较,DLC涂层将至多在其石墨化温度下起作用,所述石墨化温度在400摄氏度附近开始。DLC的导热性、非常低的热膨胀系数以及电压绝缘的组合准许建造物理大小比其聚合物绝缘对应物小若干倍且仍将以相同功率水平下操作的装置。

[0089] 通过经脉冲激光沉积 (PLD) (其中溅镀靶材为石墨或纯碳) 形成的 DLC 涂层已在小样本上演示, 但对较大型商业应用的障碍已为缺乏如本文所公开的板条激光器等低成本较高功率激光器的可用性。一个实现方式是使用变石和/或钛激光器, 例如具有本文所公开的设计, 来产生指向供体溅镀靶材的高平均功率 Q 开关和/或超快脉冲, 其中同时使用钛蓝宝石版本产生约 312,500KHz 或以上的脉冲速度, 且在其向衬底飞行时指向羽状物 (因此超级粉化、原子化和离子化所述羽状物)。此方法可用于任何溅镀靶材, 且不限于石墨作为源材料。

[0090] 另一有用的商业应用是在通过 PLD 生产低成本太阳能电池或集成电路中。实际上, 可通过原子量大或小的所沉积材料的计算机控制的沉积和移除, 将任何材料以任何次序和厚度沉积在任何衬底上。对商业应用的障碍已为低成本高功率激光源的可用性。本文所公开的激光器中的任一者可用于实现高效率多层 PV (光伏) 膜的经济高速产生, 所述膜例如为硅、锗、锗上的砷化镓、氮化镓、镓铟氮化物、磷化镓或任何其它镓合金, 包含以下要求, 当前存在的已通过溅镀、化学蒸气或离子沉积在任何衬底材料上产生的任何现存半导体合金均可用所描述的激光系统或双激光系统产生。此技术将包含石墨烯的高速大面积制造, 石墨烯为生长到特定形状的零件中的单层或多层配置中的厚度为一个原子的碳原子片。

[0091] 由于 PLD 具有最低沉积温度, 因此现在 PV 膜有可能可在合适的热塑性织物或箔表面上生长。这与常规 MOCVD (金属有机化学气相沉积) 方法相比, 将以较低的制造成本为柔性 PV 阵列提供路径。

[0092] 高功率激光器在焊接和/或切割领域具有许多应用。 Q 切换版本的板条激光器将准许以加速的速度来切割数英寸到数十英寸厚的钢板。20kW CO_2 激光器当前正用于船坞中, 但 100kW 激光器是罕见且非常昂贵的。这将不可能是如本文所公开的板条激光器系统的情况, 所述系统可更经济地制作。与其它兆瓦类激光系统相比, 一种由一系列激光放大器 (例如如本公开中所提供的实例) 组成的系统可以减少得多的操作成本递送若干量值的此功率。

[0093] 还可使用单一或组合激光源来进行隧穿和/或地下挖掘, 所述激光源例如为所描述的联合作为高功率激光系统而使用的脉冲和/或连续波 (例如, 由 8,220,0965 示范)。作为组合式架构的连续和/或 Q 切换脉冲训练书的使用将准许将目标挖掘的岩石面切割成较厚的垂直板条。如果切片下方的矩形部分将被挖掘以供使用铰接式传送带材料移除系统, 且接着在每一垂直切片上的此空间上方若干英尺水平引导切割束, 接着在制成水平切片之后, 岩石板条的重量在某一点处将使岩石碎裂, 从而落到铰接式传送带系统上。借助于在大约一秒内将 1 英寸直径的孔气化到 22 英尺的岩石中, 1 兆瓦束有可能在一小时左右内, 结合传送带岩石清理系统移除 10 米乘 10 米乘一米的岩石“面板”。在重型卡车安装的架构中, 紧凑式 5 兆瓦系统是可行的。这将表示 25 到 50 倍的隧穿速度改进。

[0094] 激光的脉冲长度对其应用可为重要的。激光的脉冲长度越长, 正气化的材料将越可能在羽状物中含有不合需要的颗粒。这甚至可对长度为若干十亿分之一或纳秒的脉冲发生。然而, 当接近长度为一秒的脉冲的万亿分之一时, 接近原子松弛时间, 且这趋向于限制材料将热量转移给邻近原子的能力, 因此土块趋向于不够冷, 从而无法准许吸积, 且这增强了原子化并减少了颗粒污染。这是爆炸物可加工有超快系统且不具有 Q 切换系统的一个原因, 使用超短或超快脉冲, 气化的热量留给羽状物。

[0095] 因此, 对比 1 皮秒短且称为超快的脉冲感兴趣。来自钛蓝宝石系统的典型脉冲长度

为100飞秒,且此类系统已产生长度短至100阿秒的脉冲。

[0096] 当用较短的激光脉冲来使物质气化时,设计者将处理较少的颗粒,这产生较好的薄膜和较简单的过程。此特征是这些MOPA设计将在集成电路和微电子机械系统制造中有用的原因。尤其有趣的是,DLC衬底和金刚石半导体集成电路制造使用这些激光设计。

[0097] 制造这些短脉冲的问题在于,对于横越增益材料的此短脉冲,1)所述短脉冲不花费足够的时间来与已充电原子交互,以诱导其放弃许多所储存能量;2)用于产生此些超快脉冲的系统通常需要一个较大(20mm直径乘6mm长)的晶体,其使短脉冲改向穿过其大约8到20次,以实际上获得来自其的所要能量;以及3)当获得所要能量时,亮度相当高,这可能毁坏光学器件的表面。考虑长度为一秒的一万亿分之一的1焦耳脉冲的发亮度,这将产生一万亿分之一瓦的发亮度。针对损坏阈值的功率比例法则是脉冲长度差的1/4幂或平方根,在此基础上,1ns长度的脉冲的5GW/cm光亮度水平将承受例如1皮秒长度的脉冲的156MW。此脉冲长度例如大约短1000倍,因此为1000的平方根=31.62,实例光亮度和能量水平将为例如1焦耳下的一万亿瓦,因此新的损坏阈值将为例如 $1/31.62=0.03162$ 焦耳。

[0098] 这是为何在传统超快系统中,实际脉冲长度为大约1/4纳秒长且被压缩成光栅对以便发出啾啾生或在频谱上与频谱分量重叠的原因。这为超快放大器带来另一问题:在大多数光学材料中,光速通常针对不同色彩而不同,这导致“色散”,其中脉冲本身的500皮秒的蓝色部分比500皮秒的红色部分行进得慢。这是大多数系统的平均功率输出针对超快系统受限且通常在100瓦之下提供的最重要原因之一。实例最新系统要价\$300k,是用液氮来冷却的,且需要Q切换频率双泵激光器,其要强大5倍以获得100瓦来驱动它,因此产生例如大约\$500k的系统。相反,在撰写本文时,从所公开的Ti蓝宝石放大器获得3600瓦所需的费用例如大约为\$100,000制造商制作所描述的100瓦超快系统的理由是其确实生产科学,能制成所关注的膜,而金属氧化物化学气相沉积(MOCVD)不可以。

[0099] 然而,可利用基于引导分散脉冲穿过排列成反并联配置的一系列高折射系数玻璃棱镜的固态脉冲压缩技术来校正此问题。通过发送脉冲穿过每一棱镜的尖端,较慢波形(高频率)穿过玻璃的物理距离较长,且对于较快波形(较低频率)来说较短,在空气中对玻璃中的路径长度差允许慢频率由此策略补偿,因此其在进入放大器时,在脉冲中位于后部。此架构提供在束路径结束处具有镜面的堆叠,使得光弹回穿过棱镜堆叠。可围绕放大器头部的大小或更长提供这些堆叠棱镜,这对在实际功率头旁边提供色散补偿头是有用的。

[0100] 实例应用系统

[0101] 为了说明这些组件如何工作以及其可如何使用,图14展示来自第一种子激光器40中的来源的脉冲穿过放大器42和镜面48、47,到达其在处理室45中的结束点,且接着将对第二种子激光器41重复此过程。第一种子激光器40充当超快放大器链42的种子。在此组件中,根据所要应用来界定脉冲-长度频率和重复速率。举例来说,可产生1/4纳秒脉冲,此脉冲具有例如100nm宽的带宽750nm到850nm,其中正发射例如312,500每秒的脉冲。或者,钛蓝宝石的荧光输出带宽以与所提到的速率相同的速率产生从650nm到1100nm的光,从而允许激光器酌情在那些频率下操作。

[0102] 放大器链可由一系列放大器模块阵列组成,例如图1针对实例模块所展示,其中将脉冲引入到钛蓝宝石的增益晶体中,如图2以及图10A和10B中所示。当激光束从一端横越到另一端且再次返回时,其面对面穿过(图10A和10B),但为了分离目的,其将以不同角度进入

和退出,所述激光束经放大和色散,因为红色分量的光速比蓝色分量的光速快。这导致各自仍为1/4ns长的那些部分相对于彼此延迟,且有效地加长所述脉冲。在退出第一板条后,可将脉冲引导到色散补偿器或压缩机中,(下文所述),这将使增益晶体的位移影响相反,使得现在经放大的脉冲重新为1/4ns长。对于每一放大阶段重复此过程,直到达到所要电流水平为止,此时用相同种类和设计的补偿器来压缩所述脉冲,但架构和大小也许较大以容纳较高的能量水平。

[0103] 可建立压缩装置来通过称为发啾啾声的过程来产生短5000倍的脉冲。这是蓝色和红色部分在时间上转化,使得其部分地极端重合的情况,且不同色彩的后沿和前沿的部分已分开,使得其相消干涉,此影响在脉冲的中心留下不重叠部分,其处于1皮秒长度水平,但不减少脉冲的能量内容。

[0104] 在此参看图14,在所包含的到输出束51的放大器链的结尾处,最后的压缩阶段将位于第一放大器42的外壳中。所发射的束51将继续进行到第一分束器48,其中超快脉冲能量的部分51'将向下反射到处理或样本室45,以将物质热化成图15的羽状物58中的颗粒。发射穿过分束器45的束51的其它部分进入三倍频器模块44,其中将脉冲能量的一部分转换成例如1/3波长或266nm的光子。将这些光子以及脉冲的此部分引导到转镜47上,其中将1皮秒266nm光脉冲52引导到正在样本室45中涂覆的样本上,如图15的样本59所示。这是UV光子将电子从样本59的表面移位,且光电离所述表面,从而提供涂层质量和速度。在图14中所示的第二变石放大器链中,第二种子激光器41以13,333脉冲每秒的速率(脉冲宽度、重复速率和带宽由涂层工程师选择以优化工艺)产生束53,其具有50ns长的脉冲,所述脉冲具有至多达100nm的带宽。将此束53引入放大器链43中,其中所述脉冲的能量内容增加,且经由束路径54退出放大器链43到达另一镜面47,在此处将所述脉冲引导到样本室45中的源材料上。图15中展示源样本57,其将被气化且变为原子化羽状物58。

[0105] 束54中的此激光脉冲链不一定要压缩,因为此影响在长于600皮秒的脉冲上作用不大。变石增益材料中的色散并不显著地影响脉冲长度,且此束仅须达到所要的功率水平,就可有效地气化来源处的材料。不同材料将需要不同长度的脉冲来优化此影响,这在每一放大器链的种子激光器以及待沉积的材料中设定。

[0106] 因此,图14展示针对并入有本文所述的变石MOPA和钛蓝宝石MOPA系统的真实世界PLD激光源发电机的布局的实例组件架构。所述系统中的每一者具有对应的种子层或主振荡器40、41,其可分别为Ti蓝宝石和变石主振荡器。主振荡器界定每一放大器链的相干性长度、脉冲频率、脉冲长度和重复速率。因此,种子40为超快种子激光器,其将产生具有大约100nm带宽(750nm到850nm)(或较窄带宽)的大约1/4纳秒(或以下)的脉冲,所述脉冲例如每3.2 μ s(或以下)重复一次,或每秒重复312,500次(或以上)。最有可能的将是锁住(一种产生非常短持续时间非常连贯的种子脉冲的方法)以便实现这些短脉冲的模式。

[0107] 类似地,种子41将为变石放大器链43的来源,且其将产生具有100nm或以下带宽的Q切换(例如,50ns+/-20ns)脉冲,每例如75 μ s或每秒13,333次。带宽是超快激光器的合意特征,因为通过使蓝色分量和红色分量的频谱分量重叠来将脉冲长度压缩至多达6000次,以在每一个别脉冲的时间帧中相消地干涉。由于种子脉冲的连贯性长度,此影响是可能的(其中,管子振幅的峰和谷如前行士兵那样排成一行)。

[0108] 存在相关的频繁需要以在PLD制造中利用原子水平特性;这些特征中的一者是提

高羽状物中的气化原子想要在正涂覆的衬底上以结构化次序彼此吸引和粘合的可能性,这是设计者将非常频繁地想要包含通过从经放大激光的经频率转换部分产生短波长电子来鼓励那些原子这样做的能力的原因。这是在三倍频器44中完成的。此装置是将选定束的一部分转换变为266nm光子的固持器中的谐波频率转换晶体群集。将所述束51的未用部分(其主要从分束器48反射)引导到羽状物上,以便热化从离子源运输到正涂覆衬底的原子和颗粒。

[0109] 超快激光的较高部分用于此目的原因是利用钛激光器的25倍或较高重复率,且仅经由UV束52的照射创建足够的光致电离事件,以增强表面处的吸积以及正涂覆的衬底的要区(具体地说,在极端策略的情况下,较大区域或迹线)组织成结构化膜(例如氮化镓结构将需要)。在图15中所说明的涂层室中,束52为光致电离,例如266nm紫外线束部分照明样本59。热化或原子化羽状物58的较大部分是经由束51,且较高平均功率、较低重复率的变石束54正照明离子源57。经由羽状物、来源和衬底上的入射辐照度水平的角度的优化的细节在膜工程师的考虑内。通过改变种子激光器的特性以及室真空或选择局部压力的局部大气压,所有这些参数均为可变的。

[0110] 因此,如图14和15中所示的方法可用于半导体制造(在作为工件的半导体衬底上掺杂和/或沉积层),或用合意材料(例如金刚石或DLC)来涂覆各种工件物品。

[0111] 此部分更详细地描述利用上文所述的激光放大器的高效率和功率产生能力的真实世界架构,例如在称为MOPA(其代表主振荡器功率放大器)的架构中。

[0112] 每种类型的增益晶体,掺杂有铬的金绿玉也称为变石和掺杂有钛的蓝宝石,其在每一类型的激光器和相关联的放大器束链的单独主振荡器处操作且具备单独的主振荡器。每一类型的增益材料具有互补脉冲长度和能量水平的有利产生的特性。变石MOPA最佳用于在其重复脉冲链中产生例如1到200纳秒长的脉冲,通常称为Q切换,而钛蓝宝石MPOA优先产生次纳秒脉冲长度,其将适合压缩到次皮秒脉冲长度,通常称为超快。将利用反并排光栅压缩或主动镜面棱镜压缩系统。或者,可结合压缩冷凝使用模拟布里昂散射镜,使得将同时校正波前失真。

[0113] 为了利用此设计的能力,PLD系统设计者可在同一涂覆器系统中利用本文所描述的两种不同类型的激光器。每一类型的激光器是可调谐的,因此在标准镜面涂覆带宽(其通常为中线频率的 $\pm 10\%$)内,两者可容易地在均将产生极化输出的分开但不同的输出频率下操作。将使用高反射率极化分束器或镜面来组合或分离最可能在来源处的两个束。

[0114] 钛蓝宝石晶体具有荧光寿命,其例如大约为 $3.2\mu\text{s}$,相对地,处于典型的放大器设计系统操作温度下的变石大约为 $75\mu\text{s}$,但其确实具有范围从例如低于冰点温度下的1.5毫秒到例如150摄氏度下的 $75\mu\text{s}$ 的荧光寿命。这与输出功率和提取效率有关,因为发射交叉部分针对变石在不同温度下改变。如果将增益媒介充电到饱和,那么设计者可提取脉冲,并在此时间帧内或更快地再充电增益晶体。通常例如以5到200ns来抽运Ti蓝宝石激光器,但平均值为 $50\text{ns} \pm 20\text{ns}$ 绿色激光脉冲,且通常Ti蓝宝石晶体的增益部分饱和,因此其变为超级明亮的。

[0115] 这表示增益晶体将产生短得多的脉冲(~ 2 到 5ns)而无任何特殊方法,如添加Q开关和相关联的电子器件。或者,如果例如在焊机中想要长得多的脉冲,例如长度为毫秒,那么应以足以在多个荧光时间帧内为增益材料充电的速率增加泵能量,因此事实上,在所述脉

冲期间,其以准CW运行。

[0116] 所公开的设计利用放大器不需要充电或抽运到将允许其作为振荡器运行的水平的事实,但如果需要,变石装置可作为振荡器而操作。在灯(在所公开的设计中)将准许的任何水平下正好对激光器进行充电,但因为像所公开一样高效地使用灯发射,放大器可具有发送穿过其的脉冲,以在荧光时间帧之间提取所储存的能量。

[0117] 实际上可穿过变石运行较高重复率的脉冲链,但在此情况下,将必须谨慎考虑模拟发射交叉部分,其对于产生高增益极短脉冲的钛来说更有利,与偏好在脉冲链中产生较长纳秒脉冲的变石形成对比。然而,此确切规格在设计者的考虑内。此特征使得对于650nm二极管激光泵来说是可能的,小变石板条作为Q切换或模式锁定和Q切换种子振荡器,例如图示,在图14的布置中,项目42和43。用于变石或钛蓝宝石放大器链中的任一者的种子主振荡器由图14中的项目40和41展示。

[0118] 真实世界PLD系统设计将超快和/或Q切换脉冲链引导到羽状物(图15,项目51)上,且也许在谐波产生器(图14,项目44)中具有所述束的经上变频转换的部分,以达到短波UV谱,使得设计者将具有以下选择:将所关注的光学功率水平和频率引导到既定羽状物和/或衬底(图15,项目51和54)上且照耀所述羽状物和/或衬底,使得原子块或颗粒将原子化,且离子化或移除,且正涂覆的衬底的表面也将经光致电离(且具有撞落的电子),使得此状态将增加吸积速率以及结构化原子组合。

[0119] 下面的表展示所公开激光器的各种应用的实例操作配置。

[0120] 表1

[0121]	激光类型/应用	脉冲长度	谐波转换	注释
	变石 =Alex Ti-蓝宝石	1 ns-200ns 0.05-0.6 ns + 压缩	一个或两个激光器具 有输出的全部或上变	在大多数情况下,在 衬底和Al升压器原子
[0122]	=Ti	到<1皮秒	频到~400 nm和/或266 nm的部分	脉冲上以266 nm获得 较佳质量。
	DLC	Alex; ~50ns, Ti: ~1ps	Alex: 800nm, Ti: 266nm	
	半导体	Alex; ~50ns, Ti: ~1ps	Alex: 800nm, Ti: 266nm	
	金属	Alex; ~150ns, Ti: ~1ps	Alex: 800nm, Ti: 266nm	
	工业陶瓷	Alex; ~50ns, Ti: ~1ps	Alex: 800nm, Ti: 266nm	
	同位素分离	Alex: 100ns	Alex: 400nm	由布鲁斯特产生的大 谐波功率

[0123] 与温度相关的发射交叉部分与提取效率有关,且将需要谨慎地设计损坏阈值水平,并使其保持为安全地低于此限制的水平,因为设计中的活动增益量偏好非常高能量内容的脉冲链,如果激光路径中的分量受损或被扰乱,那么这可导致损坏。

[0124] 通过上述特征的各种组合,可提供许多其它实例实施方案。尽管上文所述的实施方案使用特定实例和替代方案,但所属领域的技术人员将理解,可使用各种额外替代物,且可用均等物来代替本文所述的元件和/或步骤,而不一定偏离本申请的既定范围。在不脱离

本申请的既定范围的情况下,修改可为必要的,以使实施方案适应特定情形或特定需要。希望本申请不限于本文所描述的特定实例实现方式和实例实施方案,但给予权利要求书最宽的合理解释,以涵盖所有新颖且非明显的实施方案、文字或均等物,不管是否公开,均涵盖在内。

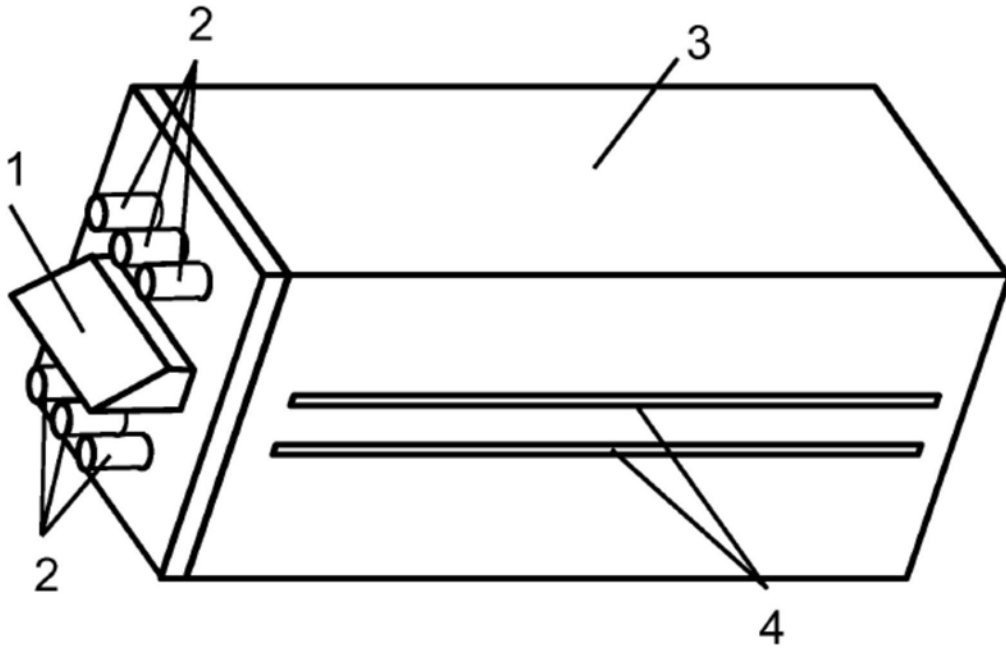


图1

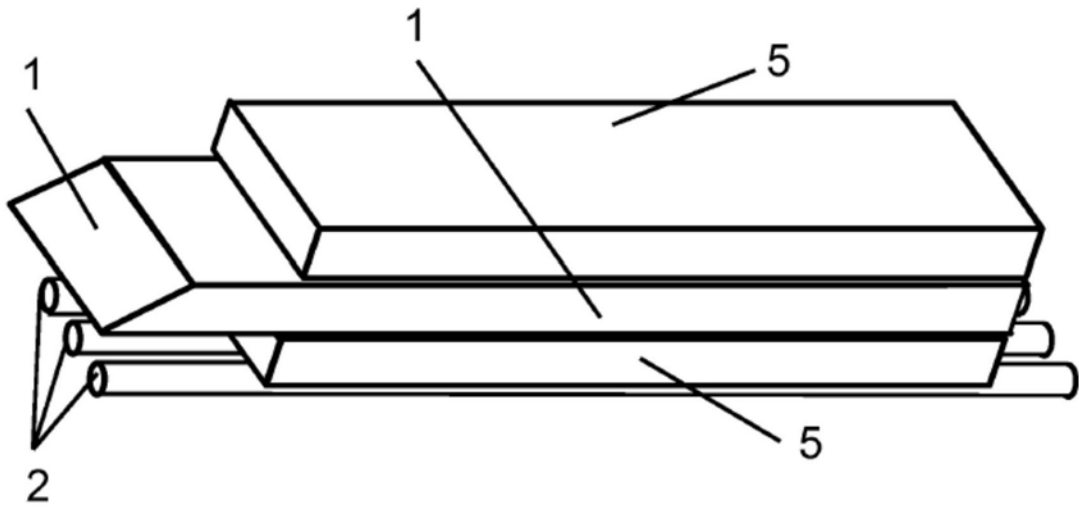


图2

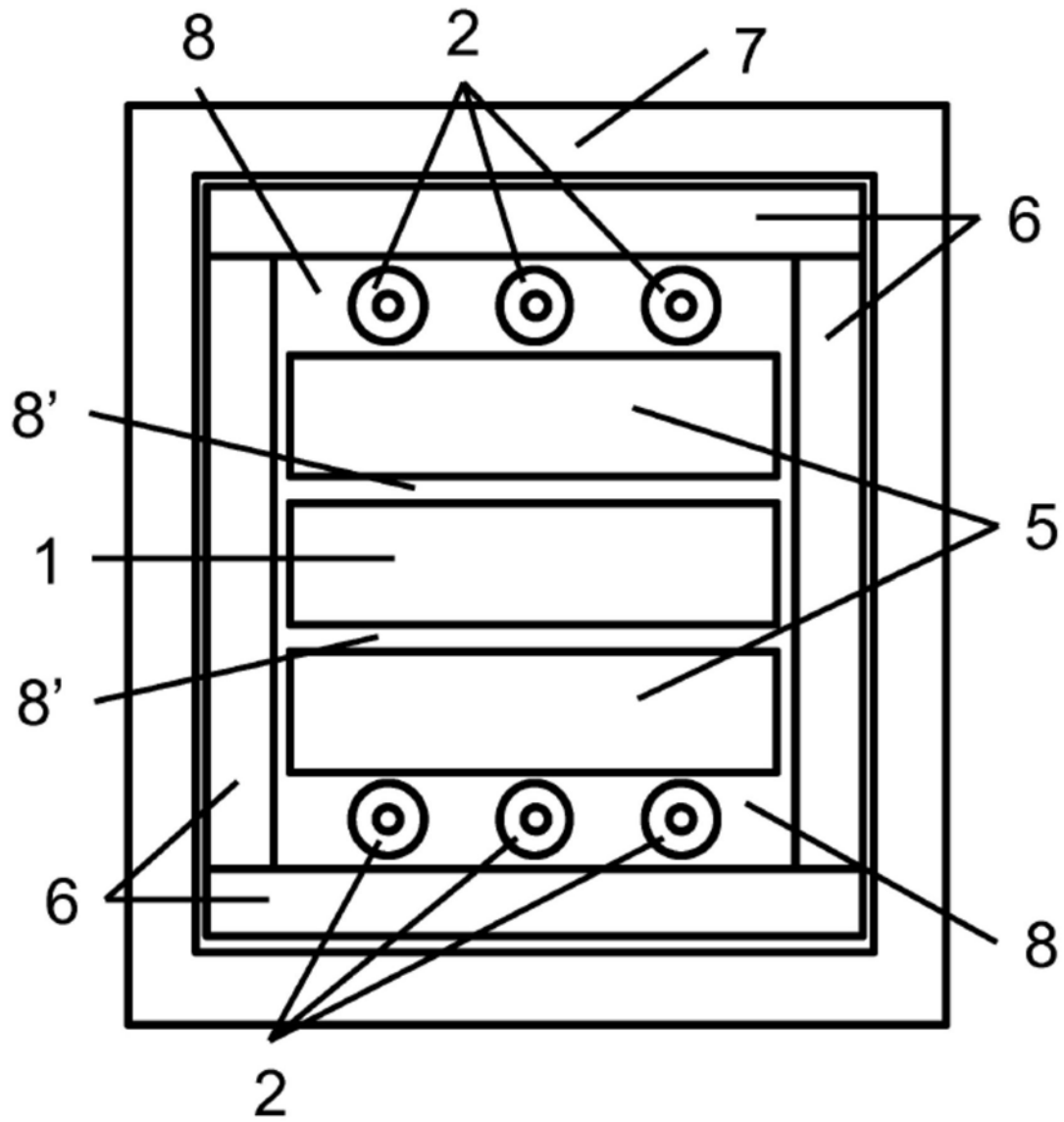


图3

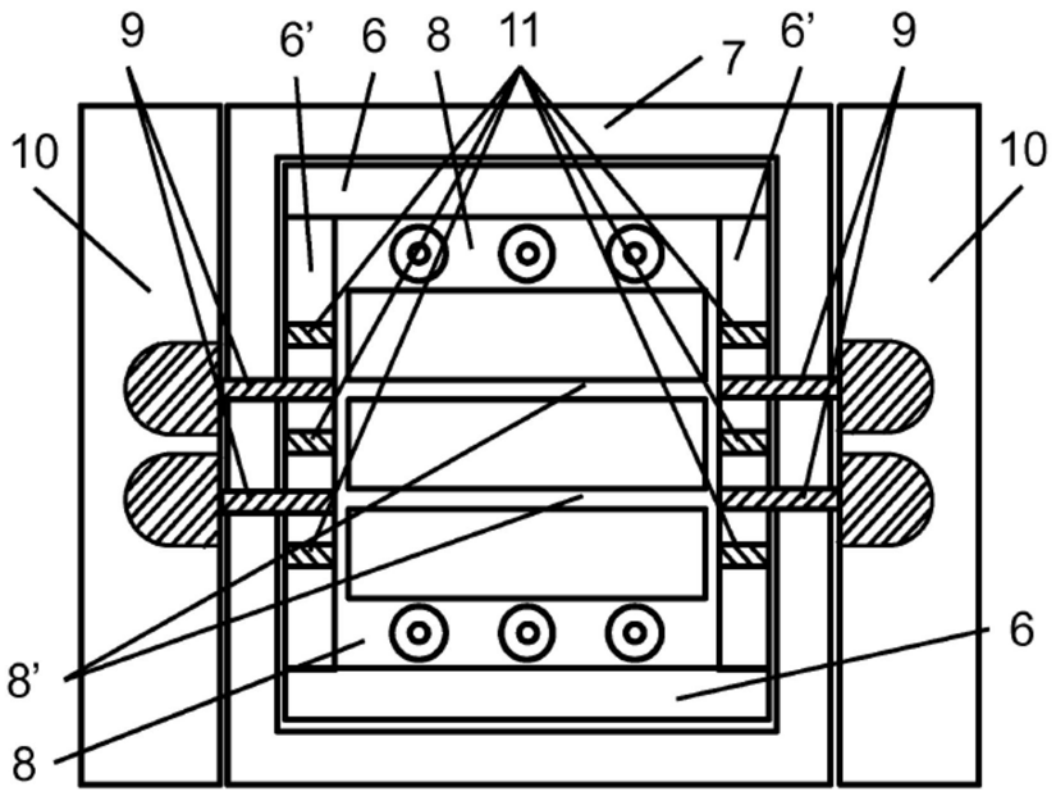


图4

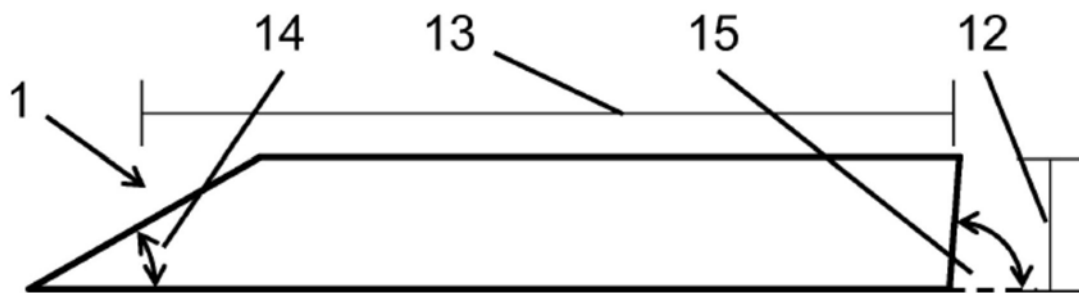


图5

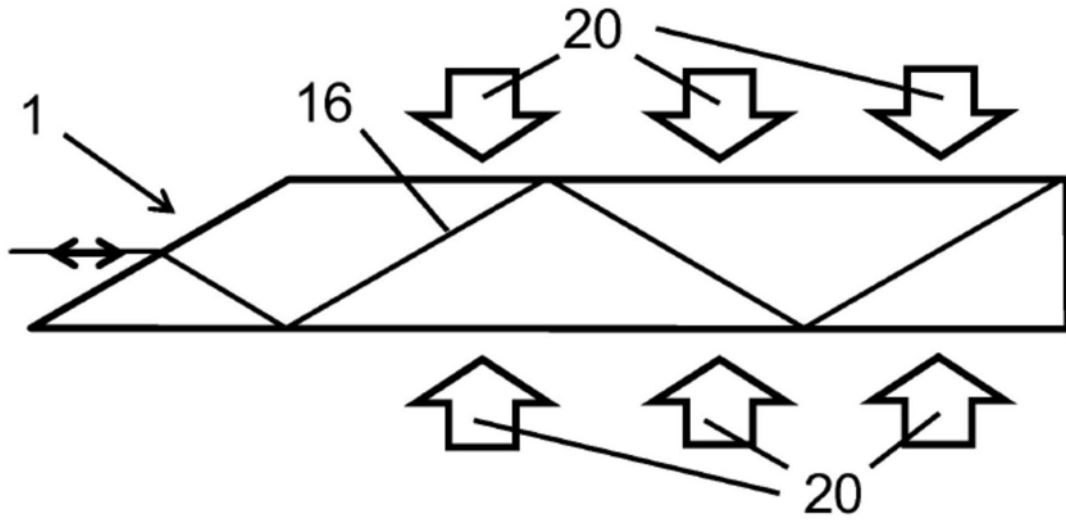


图6

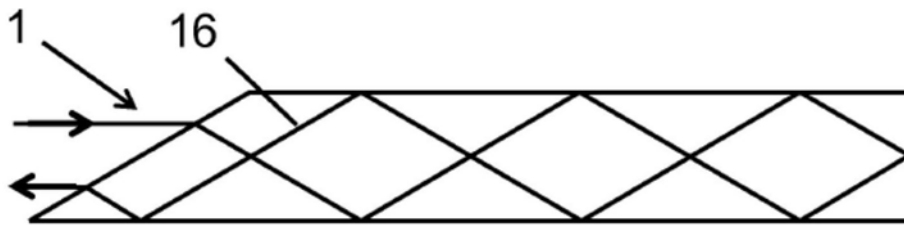


图7A

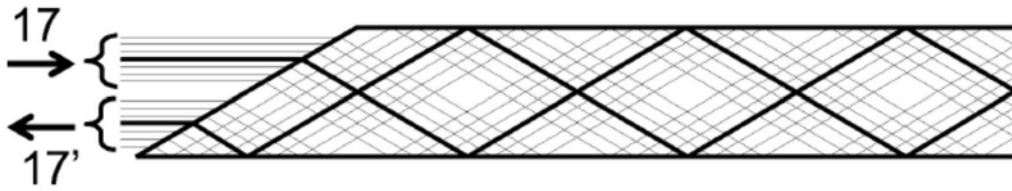
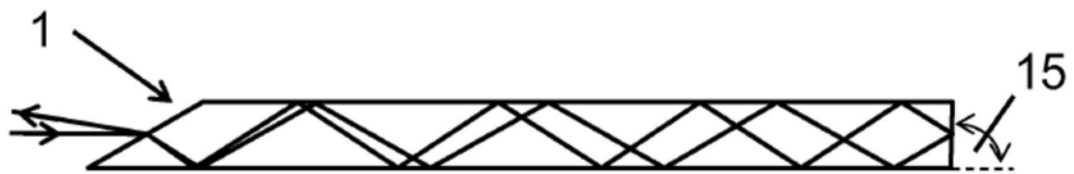
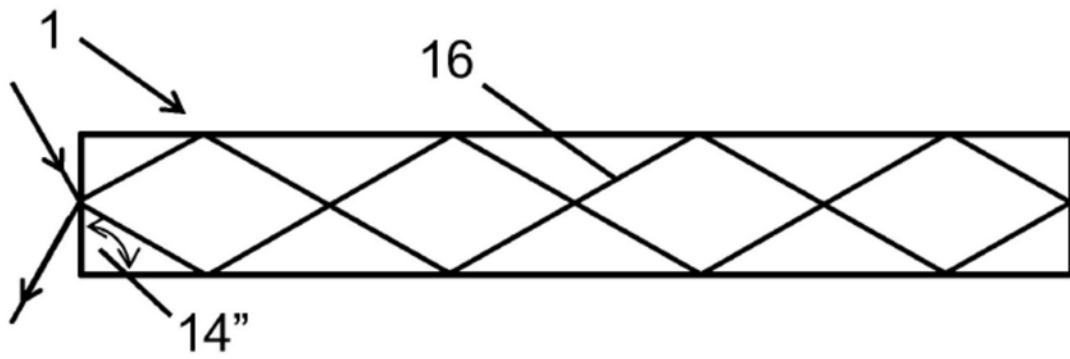
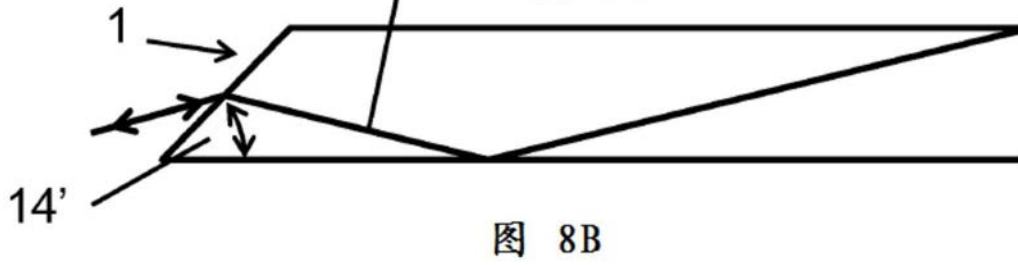
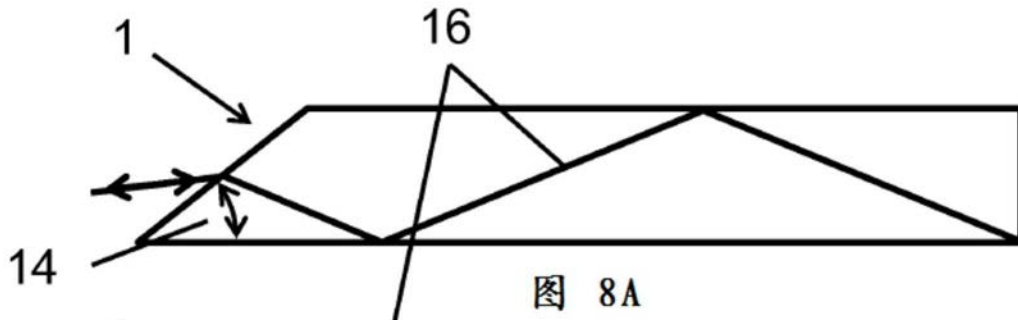


图7B



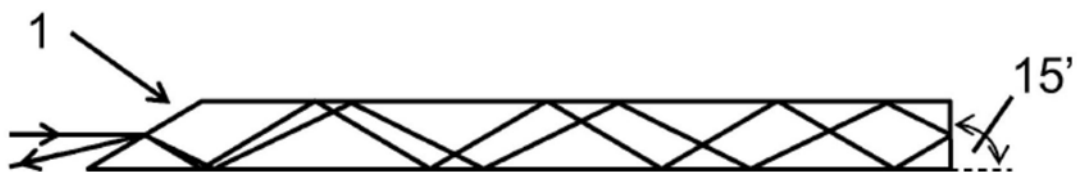


图10B

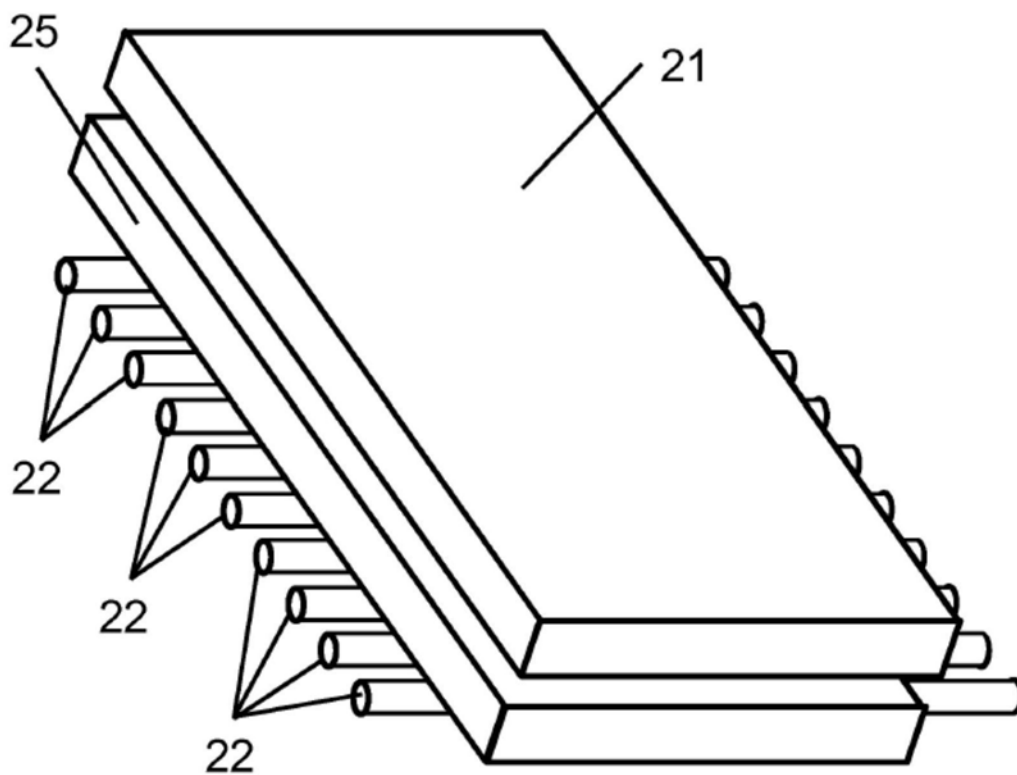


图11

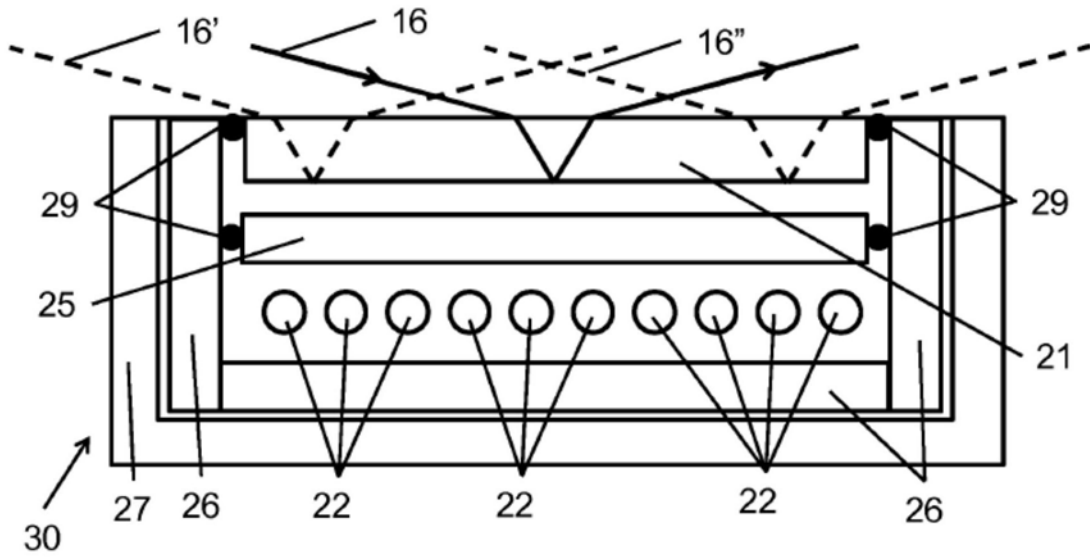


图12

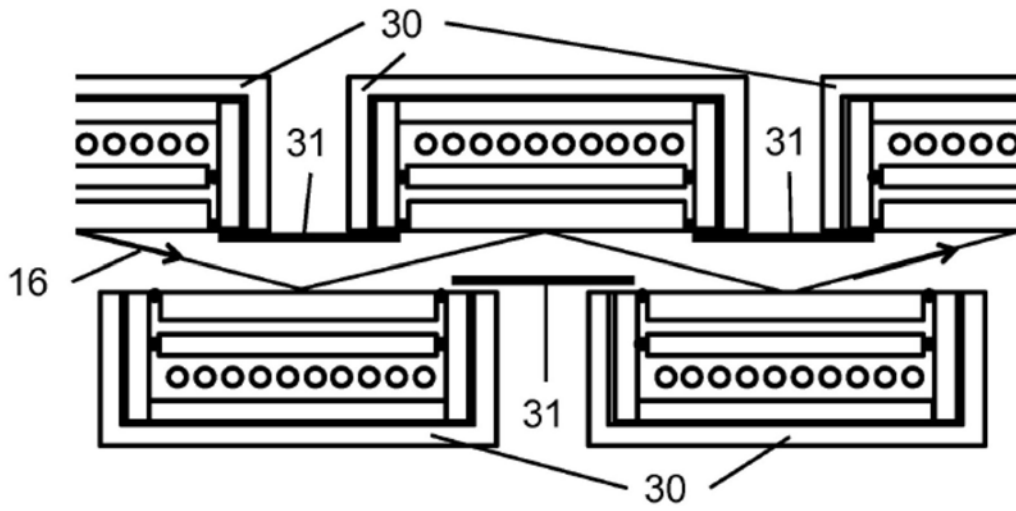


图13

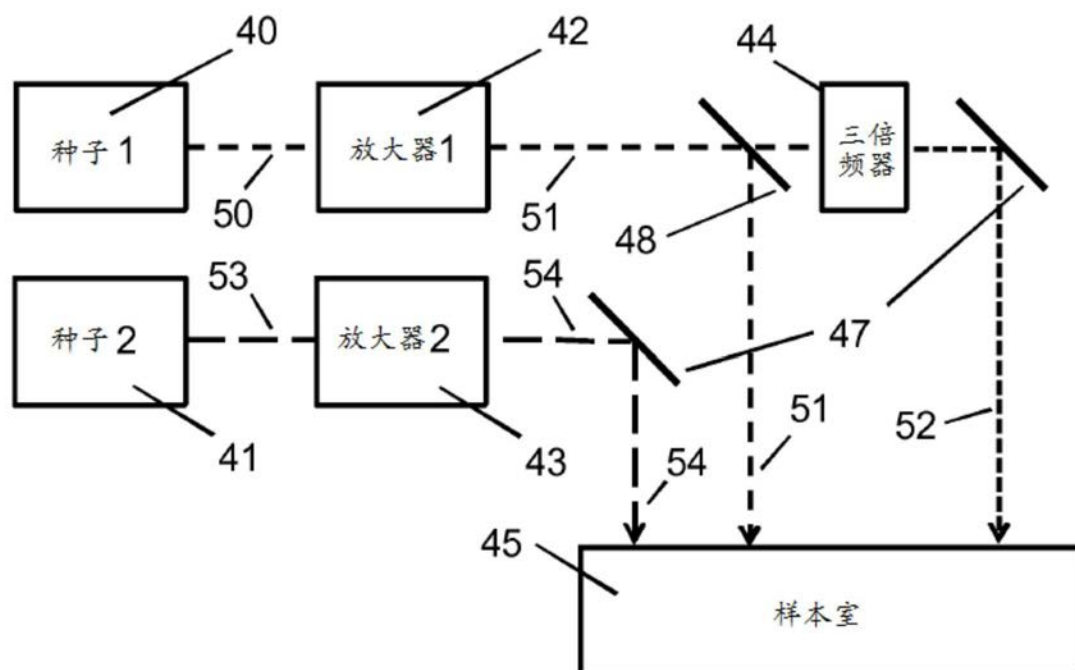


图14

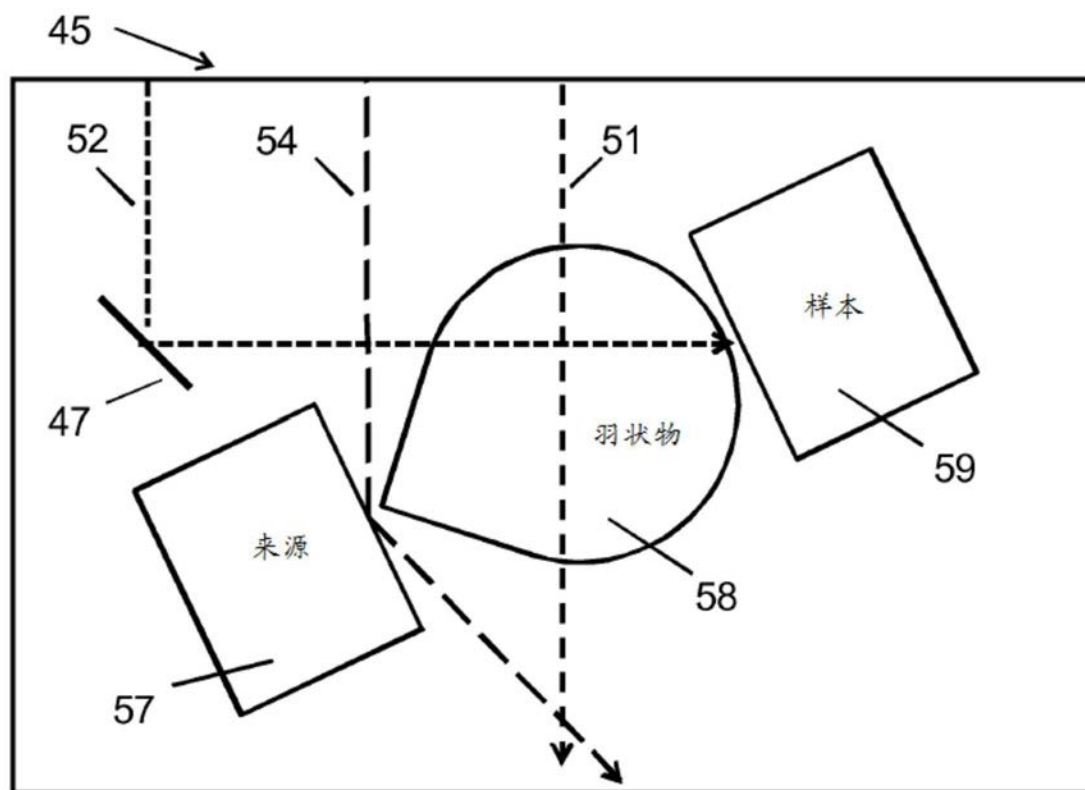


图15