



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107851970 B

(45) 授权公告日 2021.04.27

(21) 申请号 201680041725.2

(22) 申请日 2016.07.14

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107851970 A

(43) 申请公布日 2018.03.27

(30) 优先权数据  
62/193,047 2015.07.15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.01.15

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/042363 2016.07.14

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/011706 EN 2017.01.19

(73) 专利权人 努布鲁有限公司

地址 美国科罗拉多州格林伍德村东新月大道8400

(72) 发明人 马克·泽迪克 马修·席尔瓦萨  
让·米歇尔·佩拉普拉特  
大卫·希尔 马修·芬纽夫

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 郝传鑫

(51) Int.Cl.

H01S 5/40 (2006.01)

H01S 3/067 (2006.01)

G02B 6/04 (2006.01)

审查员 蒋呈阅

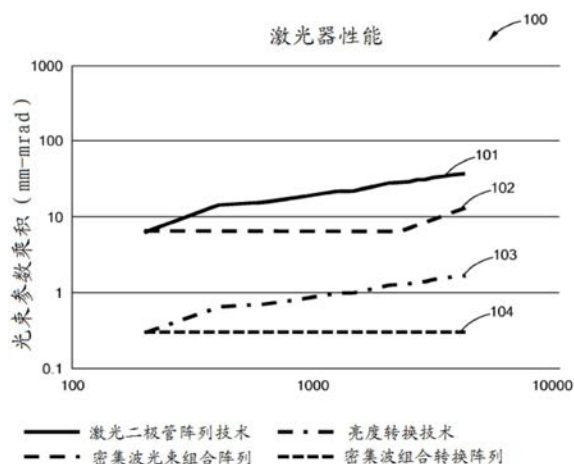
权利要求书2页 说明书16页 附图23页

### (54) 发明名称

用于激光传输可寻址阵列的应用、方法和系统

### (57) 摘要

提供了用于将一组激光源组合成组合激光束的组件。还提供了一种蓝色二极管激光器阵列，其组合来自蓝色激光二极管组件的激光束。提供使用来自激光二极管阵列和模块的组合蓝色激光束的激光加工操作和应用。



1. 一种用于执行激光操作的激光系统,所述激光系统包括:

a. 多个激光二极管组件;

b. 每个激光二极管组件包括能够沿着激光束路径产生单个蓝色激光束的多个激光二极管;

c. 用于空间组合的装置,所述用于空间组合的装置在空间上组合所述单个蓝色激光束,以形成在远场中具有单个点的组合激光束,所述组合激光束能够耦合到光纤中以输送到目标材料;

d. 所述用于空间组合的装置将所述激光束路径上的所述单个蓝色激光束在空间上组合并且与每个激光二极管光学关联,

其中,所述用于空间组合的装置包括从由对齐平面平行板和楔形物组成的组中选择的组件,以校正激光器的位置误差或指向误差中的至少一者,

其中,所述用于空间组合的装置在保持所述组合激光束的亮度的同时增加所述组合激光束的功率;其中所述组合激光束的功率至少是单个激光束功率的50倍,并且其中所述组合激光束的光束参数乘积不大于单个激光束的光束参数乘积的2倍。

2. 根据权利要求1所述的激光系统,包括至少三个激光二极管组件;并且每个激光二极管组件包括至少30个激光二极管;其中所述激光二极管组件能够传播总功率为至少约30瓦并且光束参数特性小于 $20\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 的激光束。

3. 根据权利要求2所述的激光系统,其中,所述光束参数特性小于 $15\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 。

4. 根据权利要求2所述的激光系统,其中,所述光束参数特性小于 $10\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 。

5. 根据权利要求1所述的激光系统,其中,所述用于空间组合的装置产生N倍于所述单个激光束的亮度的组合激光束;其中N是所述激光二极管组件中的激光二极管的数量。

6. 根据权利要求1所述的激光系统,其中,所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的1.5倍。

7. 根据权利要求1所述的激光系统,其中,所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的1倍。

8. 根据权利要求5所述的激光系统,其中,所述用于空间组合的装置在保持所述单个激光束的亮度的同时增加所述激光束的功率;其中所述组合激光束的功率至少是所述单个激光束的100倍,并且其中所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的2倍。

9. 根据权利要求8所述的激光系统,其中,所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的1.5倍。

10. 根据权利要求6所述的激光系统,其中,所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的1倍。

11. 根据权利要求1、2和5中任一项所述的激光系统,其中,所述光纤是耐晒的。

12. 根据权利要求1、2和5中任一项所述的激光系统,其中,所述用于空间组合的装置包括偏振光束组合器,所述偏振光束组合器能够增加所述单个激光束上的所述组合激光束的有效亮度。

13. 根据权利要求1、2和5中任一项所述的激光系统,其中,所述激光二极管组件限定在每个所述路径之间具有空间的单个激光束路径,由此所述单个激光束在每个光束之间具有

空间;并且其中所述用于空间组合的装置包括用于使激光二极管的快轴中的各个激光束准直的准直器、用于组合准直的激光束的周期性反射镜,其中所述周期性反射镜配置成反射来自所述激光二极管组件中的第一二极管的第一激光束并且传输来自所述激光二极管组件中的第二二极管的第二激光束,由此所述单个激光束之间在快速方向上的空间被填充。

14. 根据权利要求1所述的激光系统,其中,所述用于空间组合的装置包含玻璃基板上的图案化反射镜。

15. 根据权利要求14所述的激光系统,其中,所述玻璃基板具有足够的厚度来移动来自激光二极管的激光束的竖直位置,以填充所述激光二极管之间的空的空间。

16. 根据权利要求1所述的激光系统,包括步进式散热器。

17. 根据权利要求1所述的激光系统,其中,使用基于光栅的外部腔体将每个激光二极管锁定到单个波长,并且使用从由窄间隔的光学滤波器和光栅组成的组中选出的组合装置将每个所述激光二极管组件组合成组合光束。

18. 一种用于执行激光操作的激光系统,所述激光系统包括:

- a. 多个激光二极管组件;
- b. 每个激光二极管组件包括能够沿着激光束路径产生蓝色激光束的多个激光二极管;
- c. 沿着所述激光束路径的光束准直和组合光学器件,其中能够提供组合的激光束;以及
- d. 用于接收组合激光束的光纤,

其中,所述光束准直和组合光学器件包括从由对齐平面平行板和楔形物组成的组中选择的组件,以校正激光器的位置误差或指向误差中的至少一者,

其中,所述光束准直和组合光学器件在保持所述组合激光束的亮度的同时增加所述组合激光束的功率;其中所述组合激光束的功率至少是单个激光束功率的50倍,并且其中所述组合激光束的光束参数乘积不大于单个激光束的光束参数乘积的2倍。

19. 根据权利要求1所述的激光系统,其中,所述光纤与稀土掺杂光纤光学通信,由此所述组合激光束能够泵浦所述稀土掺杂光纤以产生更高亮度的激光源。

20. 根据权利要求1所述的激光系统,其中,所述光纤与亮度转换器的外部核心光学通信,由此所述组合激光束能够泵浦亮度转换器的外部核心以产生更高的亮度增强比率。

21. 一种激光加工目标材料的方法,所述方法包括:操作包括至少三个根据权利要求1所述的激光系统的可寻址阵列激光加工系统,以在三根单独的光纤中产生三个单独的组合激光束;将每个组合激光束沿其光纤传输到激光头;并且将来自所述激光头的所述三个单独的组合激光束以预定顺序在预定位置引导到目标材料上。

## 用于激光传输可寻址阵列的应用、方法和系统

### 技术领域

[0001] 本申请：

[0002] (i) 根据35U.S.C. §119 (e) (1) 要求于2015年7月15日提交的美国临时申请序列号62/193,047的权益,每个申请的全部公开内容通过引用并入本文。

### 背景技术

[0003] 本发明涉及用于组合激光束的阵列组件;特别是可提供高亮度激光束的阵列组件,用于在生产、制造、娱乐、图形、成像、分析、监测、装配、牙科和医疗领域的系统和应用中使用。

[0004] 许多激光器,特别是半导体激光器,例如激光二极管,提供具有高度期望的波长和光束品质(包括亮度)的激光束。这些激光器可以具有可见光范围、UV范围、IR范围及其组合、以及更高和更低波长的波长。半导体激光器以及其他激光源(例如光纤激光器)的技术正在快速发展,新的激光源不断发展并提供现有的和新的激光波长。尽管具有理想的光束品质,但是这些激光器中的许多具有低于期望或者对特定应用所需的激光功率。因此,这些较低的功率已经妨碍了这些激光源的更大的实用性和商业应用。

[0005] 此外,结合这些类型的激光器的先前的努力通常是不适当的,其中一些原因在于光束对准困难、在应用期间保持光束对准困难、光束品质损失、激光源的特殊放置困难、尺寸考虑和电源管理等等。

[0006] 如本文所用,除非另有明确说明,否则术语“蓝色激光束”、“蓝色激光器”和“蓝色”应被赋予其最宽泛的含义,并且通常指提供激光束、激光束、激光源,例如激光器和二极管激光器,其提供例如传播波长从约400nm至约500nm的的激光束或光。

[0007] 一般而言,除非另有说明,否则本文所用的术语“约”意味着包含 $\pm 10\%$ 的变化或范围,与获得所述值相关的实验或仪器误差,并且优选其中较大者。

[0008] 本发明背景部分旨在介绍可以与本发明的实施例相关联的本领域的各个方面。因此,本节中的上述讨论提供了用于更好地理解本发明的框架,而不被视为对现有技术的承认。

### 发明内容

[0009] 除了别的以外,对于组件和系统一直存在将多个激光束源组合成单个或多个激光束、同时保持和增强期望的光束品质(诸如亮度和功率)的长期且未满足的需求。本发明尤其通过提供本文教导和公开的制造物品、装置和方法来解决这些需求。

[0010] 因此,提供了一种用于执行激光操作的激光系统,该系统具有:多个激光二极管组件;每个激光二极管组件包括能够沿着激光束路径产生单个蓝色激光束的多个激光二极管;用于在空间上组合所述单个蓝色激光束的装置,以形成在远场中具有单个点的组合激光束,所述组合激光束能够耦合到光纤中以输送到目标材料;用于将所述激光束路径上的所述单个蓝色激光束在空间上组合并且与每个激光二极管光学关联的装置。

[0011] 此外提供了具有一个或多个以下特征的方法和系统：具有至少三个激光二极管组件；并且每个激光二极管组件具有至少30个激光二极管；其中所述激光二极管组件能够传播总功率为至少约30瓦并且光束参数特性小于20mm mrad的激光束；其中光束参数特性小于15mm mrad；其中光束参数特性小于10mm mrad；其中，所述用于空间组合的装置产生N倍于所述单个激光束的亮度的组合激光束；其中N是所述激光二极管组件中的激光二极管的数量；其中，所述用于空间组合的装置在保持所述组合激光束的亮度的同时增加所述激光束的功率；其中所述组合激光束的功率至少是单个激光束功率的50倍，并且其中所述组合激光束的光束参数乘积不大于单个激光束的光束参数乘积的2倍；由此所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的1.5倍；由此所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的1倍；其中，所述用于空间组合的装置在保持所述单个激光束的亮度的同时增加所述激光束的功率；其中所述组合激光束的功率至少是所述单个激光束的100倍，并且其中所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的2倍；由此所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的1.5倍；由此所述组合激光束的光束参数乘积不大于所述单个激光束的光束参数乘积的1倍；其中光纤是耐晒的；其中，所述用于空间组合的装置包括从由对齐平面平行板和楔形物组成的组中选择的组件，以校正激光器的位置误差或指向误差中的至少一者；其中，所述用于空间组合的装置包括偏振光束组合器，所述偏振光束组合器能够增加所述单个激光束上的所述组合激光束的有效亮度；其中，所述激光二极管组件限定在每个所述路径之间具有空间的单个激光束路径，由此所述单个激光束在每个光束之间具有空间；并且其中所述用于空间组合的装置包括用于使激光二极管的快轴中的各个激光束准直的准直器、用于组合准直的激光束的周期性反射镜，其中所述周期性反射镜配置成反射来自所述激光二极管组件中的第一二极管的第一激光束并且传输来自所述激光二极管组件中的第二二极管的第二激光束，由此所述单个激光束之间在快速方向上的空间被填充；其中，所述用于空间组合的装置包含玻璃基板上的图案化反射镜；其中，所述玻璃基板具有足够的厚度来移动来自激光二极管的激光束的竖直位置，以填充所述激光二极管之间的空的空间；包括步进式散热器。

[0012] 还提供了一种用于提供高亮度，高功率激光束的激光系统，该系统具有：多个激光二极管组件；每个激光二极管组件包括能够产生具有初始亮度的蓝色激光束的多个激光二极管；用于在空间上组合所述蓝色激光束的装置，以生成具有最终亮度并且在远场中形成单个点的组合激光束，所述组合激光束能够耦合到光纤中；其中每个激光二极管被外部腔体锁定到不同的波长，以实质增加所述组合激光束的亮度，由此所述组合激光束的最终亮度与来自所述激光二极管的激光束的初始亮度大致相同。

[0013] 此外，提供了具有一个或多个以下特征的方法和系统：使用基于光栅的外部腔体将每个激光二极管锁定到单个波长，并且使用从由窄间隔的光学滤波器和光栅组成的组中选出的组合装置将每个所述激光二极管组件组合成组合光束；其中，所述拉曼转换器是光纤，该光纤具有用于产生更高亮度源的纯熔融石英核心以及用于包含蓝色泵浦光的氟化外部核心；其中，所述拉曼转换器用于泵浦诸如光纤的拉曼转换器，该光纤具有GeO<sub>2</sub>掺杂的中央核心以及外部核心，所述中央核心具有外心以产生更高亮度的源，所述外部核心大于所述中央核心以容纳所述蓝色泵浦光；其中，所述拉曼转换器是光纤，该光纤具有掺杂P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

的中央核心以及外部核心,所述中央核心用于产生更高亮度的源,所述外部核心大于所述中央核心以容纳所述蓝色泵浦光;其中,所述拉曼转换器是光纤,该光纤具有梯度折射率核心以及外部核心,所述梯度折射率核心用于产生更高亮度的源,所述外部核心大于所述中央核心以容纳所述蓝色泵浦光;其中,所述拉曼转换器是梯度折射率GeO<sub>2</sub>掺杂核心和外部阶跃指数核心;其中,所述拉曼转换器用于泵浦拉曼转换器光纤,该拉曼转换器光纤是梯度折射率P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>掺杂核心和外部阶跃折射率核心;其中,所述拉曼转换器用于泵浦拉曼转换器光纤,该拉曼转换器光纤是梯度折射率GeO<sub>2</sub>掺杂核心;其中,所述拉曼转换器是梯度折射率P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>掺杂核心和外部阶跃折射率核心;其中,所述拉曼转换器是钻石,以产生更高亮度的激光源;其中,所述拉曼转换器是KGW,以产生更高亮度的激光源;其中,所述拉曼转换器是YVO<sub>4</sub>,以产生更高亮度的激光源;其中,所述拉曼转换器是Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>,以产生更高亮度的激光源;并且其中,所述拉曼转换器是高压气体,以产生更高亮度的激光源。

[0014] 还提供了一种用于执行激光操作的激光系统,该系统具有:多个激光二极管组件;每个激光二极管组件包括能够沿着激光束路径产生蓝色激光束的多个激光二极管;用于在空间上组合蓝色激光束以形成在远场中具有单个点的组合激光束的装置,所述组合激光束能够光学耦合到拉曼转换器,以泵浦拉曼转换器,从而增加组合激光器的亮度光束。

[0015] 另外,提供了一种提供组合激光束的方法,该方法包括操作拉曼转换激光器阵列以产生单个不同波长的蓝色激光束,并且将激光束组合以产生更高的功率源同时保持原始源的空间亮度。

[0016] 还提供了一种用于执行激光操作的激光系统,该系统具有:多个激光二极管组件;每个激光二极管组件具有能够沿着激光束路径产生蓝色激光束的多个激光二极管;沿着所述激光束路径的光束准直和组合光学器件,其中能够提供组合的激光束;以及用于接收组合激光束的光纤。

[0017] 此外,提供了具有以下特征中的一个或多个的方法和系统:其中所述光纤与稀土掺杂光纤光学通信,由此所述组合激光束能够泵浦所述稀土掺杂光纤以产生更高亮度的激光源;以及其中,所述光纤与亮度转换器的外部核心光学通信,由此所述组合激光束能够泵浦亮度转换器的外部核心以产生更高的亮度增强比率。

[0018] 另外,提供了一种拉曼光纤,其具有双核心,其中所述双核心中的一个是高亮度中央核心;以及使用滤波器、光纤布拉格光栅、一阶和二阶拉曼信号的V数的差值、或者微弯损耗的差值来抑制所述高亮度中央核心中的二阶拉曼信号的装置。

[0019] 此外,提供了一种二次谐波发生系统,该系统具有:第一波长的拉曼转换器,以产生所述第一波长的一半波长的光;以及外部谐振倍频晶体,配置成防止半波长光传播通过光纤。

[0020] 此外,提供了一个或多个以下特征的方法和系统:其中第所述第一波长为约460nm;并且所述外部谐振倍频晶体是KTP;并且其中,所述拉曼转换器具有配置成改善拉曼转换效率的非圆形外部核心。

[0021] 此外,提供了一种三次谐波发生系统,该系统具有:第一波长的拉曼转换器,以产生比所述第一波长低的第二较低波长的光;以及外部谐振倍频晶体,配置成防止较低波长光传播通过光纤。

[0022] 此外,提供了一种四次谐波发生系统,该系统具有:拉曼转换器,以使用外部谐振

倍频晶体来生成57.5nm的光,所述外部谐振倍频晶体配置成防止57.5nm波长的光传播通过光纤。

[0023] 此外,提供了一种二次谐波发生系统,具有铥(Thulium)的稀土掺杂的亮度转换器,所述稀土掺杂的亮度转换器在由450nm处的蓝色激光二极管阵列泵浦时在473nm发射激光,以使用外部谐振的倍频晶体在源激光器的波长的一半处或236.5nm处产生光,但是所述稀土掺杂的亮度转换器不允许短波长的光传播通过光纤。

[0024] 此外,提供了一种三次谐波发生系统,该系统具有稀土掺杂亮度转换器,所述系统包括具有铥的稀土掺杂的亮度转换器,所述稀土掺杂的亮度转换器在由450nm处的蓝色激光二极管阵列泵浦时在473nm发射激光,以使用外部谐振的倍频晶体在118.25nm处产生光,但是所述稀土掺杂的亮度转换器不允许短波长的光传播通过光纤。

[0025] 此外,提供了一种四次谐波发生系统,该系统具有稀土掺杂亮度转换器,所述系统包括具有铥的稀土掺杂的亮度转换器,所述稀土掺杂的亮度转换器在由450nm处的蓝色激光二极管阵列泵浦时在473nm发射激光,以使用外部谐振的倍频晶体在59.1nm处产生光,但是所述稀土掺杂的亮度转换器不允许短波长的光传播通过光纤。

[0026] 另外还提供了一种用于执行激光操作的激光系统,该系统具有:至少三个激光二极管组件;所述至少三个激光二极管组件中的每一个包括至少十个激光二极管,其中所述至少十个激光二极管中的每一个能够沿着激光束路径产生蓝色激光束,所述蓝色激光束具有至少约2瓦的功率和小于8mm mrad的光束参数乘积,其中每个激光束路径基本平行,由此在沿所述激光束路径行进的激光束之间限定空间;用于空间组合并保持位于所有至少三十个激光束路径上的蓝色激光束的亮度的装置,所述用于空间组合并保持亮度的装置包括用于激光束的第一轴的准直光学器件、用于所述激光束的第二轴的竖直棱镜阵列、以及套筒;由此所述用于空间组合并保持亮度的装置利用激光能量填充所述激光束之间的空间,从而提供具有至少约600瓦的功率以及小于40mm mrad的光束参数乘积的组合激光束。

[0027] 还提供了一种可寻址阵列激光处理系统,该可寻址阵列激光处理系统具有:至少三个目前所述类型的激光系统;所述至少三个激光系统中的每一个配置成将它们的每个组合激光束耦合到单个光纤中;由此至少三个组合激光束中的每一个能够沿着其耦合的光纤传输;所述至少三个组合激光束中的每一个能够沿着其耦合的光纤传输;所述三个光纤与激光头光学关联;以及一个控制系统;其中所述控制系统包括具有预定序列的程序,用于在预定位置处将每个所述组合激光束输送到目标材料上。

[0028] 此外,提供了用于具有一个或多个以下特征的可寻址阵列的方法和系统:其中所述用于输送的预定序列包括分别打开和关闭来自所述激光头的激光束,由此在粉末床上成像以将包含粉末的目标材料熔化和熔融成部件;其中,所述激光头中的光纤以从由线性、非线性、圆形、菱形、方形、三角形和六角形组成的组中选择的排列来配置;其中,所述激光器中的所述光纤以从2x5、5x2、4x5、至少5x至少5、10x5、5x10和3x4组成的组中选择的排列来配置;所述目标材包括粉末床;并且包括:x-y运动系统,能够在粉末床上传输所述激光头,从而熔化和融化所述粉末床;以及位于激光源后面的粉末输送系统,以在熔融层后面提供新鲜的粉末层;包括:z运动系统,能够传输所述激光器以增加和减小所述激光头在所述粉末床的表面上方的高度;具有:双向粉末放置装置,所述双向粉末放置装置能够在沿着正x方向或负x方向行进时将粉末直接放置在所输送的激光束后面;包括与多个激光束路径同

轴的粉末供给系统;包括重力供给粉末系统;包括粉末供给系统,其中所述粉末被夹带在惰性气体流中;包括横向于N个激光束的粉末供给系统,其中 $N \geq 1$ ,并且所述粉末通过重力放置在所述激光束前面;包括横向于N个激光束的粉末供给系统,其中 $N \geq 1$ ,并且所述粉末被夹带在与所述激光束相交的惰性气体流中。

[0029] 又进一步,提供一种提供具有高亮度的组合的蓝色激光束的方法,所述方法具有:操作多个拉曼转换激光器以提供多个单独的蓝色激光束,并组合所述单独的蓝色激光束以产生更高的功率源,同时保持原始源的空间亮度;其中所述多个单独的激光束具有不同的波长。

[0030] 此外,提供了一种激光加工目标材料的方法,所述方法包括:操作包括至少三个根据权利要求1所述的激光系统的可寻址阵列激光加工系统,以在三根单独的光纤中产生三个单独的组激光束;将每个组激光束沿其光纤传输到激光头;并且将来自所述激光头的所述三个单独的组激光束以预定顺序在预定位置引导到目标材料上。

## 附图说明

[0031] 图1是显示根据本发明的实施例的激光性能的图。

[0032] 图2A是根据本发明的激光二极管和轴向聚焦透镜的示意图。

[0033] 图2B是根据本发明的快轴和慢轴聚焦之后的激光二极管点的实施例的示意图。

[0034] 图2C是根据本发明的激光二极管组件的实施例的透视图。

[0035] 图2D是根据本发明的激光二极管模块的实施例的透视图。

[0036] 图2E是图2C的实施例的局部视图,示出了根据本发明的激光束、激光束路径和激光束之间的空间。

[0037] 图2F是图2E的激光束、激光束路径和激光束之间的空间的横截面图。

[0038] 图2G是根据本发明的激光束、光束路径和光学器件的实施例的透视图。

[0039] 图2H是根据本发明的图案化反射镜之后的组合激光二极管光束的视图。

[0040] 图2I是根据本发明的具有均匀分光束的光束折叠器之后的激光二极管光束的视图。

[0041] 图2J是根据本发明的在具有3-2列分光的光束折叠器之后的激光二极管光束的视图。

[0042] 图3是示出根据本发明的在起始材料或目标材料上扫描激光二极管阵列的实施例的示意图。

[0043] 图4是提供根据本发明的处理参数的表格。

[0044] 图5是根据本发明的激光阵列系统和方法的实施例的示意图。

[0045] 图6是根据本发明的激光阵列系统和方法的实施例的示意图。

[0046] 图7是根据本发明的激光阵列系统和方法的实施例的示意图。

[0047] 图8是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0048] 图9是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0049] 图10是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例



例的示意图。

[0050] 图11是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0051] 图12是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0052] 图13是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0053] 图14A是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0054] 图14B是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0055] 图14C是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0056] 图15A是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0057] 图15B是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0058] 图16A是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0059] 图16B是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0060] 图16C是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

[0061] 图16D是在根据本发明的激光阵列系统的实施例中使用的激光光纤束布置的实施例的示意图。

## 具体实施方式

[0062] 通常,本发明涉及激光束的组合、用于制造这些组合的系统以及利用组合光束的方法。具体而言,本发明涉及用于将来自多个激光束源的激光束组合成一个或多个组合激光束的阵列、组件和装置。这些组合的激光束优选已经保存和增强了来自各个源的激光束的各个方面和性质。

[0063] 本阵列组件以及它们提供的组合激光束的实施例可以找到范围广泛的适用性。本阵列组件的实施例紧凑且耐用。目前的阵列组件适用于例如:焊接、增材制造,包括3D打印;增材制造-研磨系统,例如添加剂和减成制造;天文学;气象学;成像;投影,包括娱乐;以及包括牙科在内的医学。

[0064] 虽然本说明书着重于蓝色激光二极管阵列,但应该理解的是,该实施例仅仅是本发明所设想的阵列组件、系统、工艺和组合激光束的类型的说明。因此,本发明的实施例包括用于组合来自各种激光束源(诸如固态激光器、光纤激光器、半导体激光器)以及其他类型的激光器的激光束以及这些激光束的组合和变化的阵列组件。本发明的实施例包括横跨

所有波长的激光束的组合,例如波长为从约380nm到800nm(例如,可见光)、从约400nm到约880nm、从约100nm到约400nm、700nm至1mm、以及在这些不同范围内的特定波长的组合的激光束。本阵列的实施例也可以应用于微波相干辐射(例如,波长大于约1mm)。本阵列的实施例可以组合来自一个、两个、三个、数十个或数百个激光源的光束。这些激光束可以从几毫瓦特到几瓦特到几千瓦特。

[0065] 本发明的实施例由蓝色激光二极管阵列组成,所述蓝色激光二极管组合成结构以优选地形成高亮度激光源。这种高亮度激光源可直接用于处理材料,即标记、切割、焊接、钎焊、热处理、退火。待加工的材料(例如,起始材料或目标材料)可以包括任何材料或组分或组合物,并且例如可以包括半导体组件,例如但不限于TFT(薄膜晶体管),3D打印起始材料,包括金、银、铂、铝和铜的金属,塑料,薄纸和半导体晶片等等。直接处理可以包括例如来自电子设备,投影显示器和激光显示器的金的烧蚀(ablation)。

[0066] 本高亮度激光源的实施例也可用于泵浦拉曼激光或反斯托克斯激光。拉曼介质可以是光纤,或者诸如金刚石、KGW(钨酸钪钾,  $\text{KGd}(\text{WO}_4)_2$ ),  $\text{YVO}_4$ 和 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 的晶体。在实施例中,高亮度激光源是蓝色激光二极管源,其是在400nm至500nm的波长范围内操作的半导体器件。拉曼介质是亮度转换器,能够提高蓝色激光二极管光源的亮度。亮度增强可以一直延伸到产生单模、衍射受限源,即 $M^2$ 约为1和1.5的光束,其中光束参数乘积根据波长小于1、小于0.7、小于0.5、小于0.2和小于0.13mm mrad。

[0067] 在实施例中,激光二极管源中的“n”或“N”(例如,2、3、4等等,数十,数百或更多)可以配置在一束光纤中,其使得可寻址光源可以用来标记、熔化、焊接、烧蚀、退火、热处理、切割材料以及这些的组合和变化,这里仅列举几个激光操作和程序的实例。

[0068] 蓝色激光二极管阵列可以与光学组件组合,以产生高亮度直接二极管激光系统,其可以提供高亮度的组合激光束。图1示出了当使用光纤组合器技术时光束参数积的实施例的激光性能(光束参数积对激光功率W(瓦特),其中亮度范围在200瓦特8mm mrad到4000瓦特45mm mrad之间。线101绘出了激光二极管阵列的实施例的性能。线102绘出了密集波长光束组合阵列的性能。线103绘出了当使用光纤组合器技术缩放时亮度转换技术的性能。线104绘出了当使用亮度转换器的输出的密集波长组合时亮度转换技术的性能。这允许组合的光束在功率水平缩放时保持单个空间模式或接近单个空间模式。密集的波长组合使用光栅来控制每个单独的亮度转换的激光器的波长,接着光栅将光束组合成单个光束。光栅可以是格栅光栅、全息光栅、光纤布拉格光栅(FBG)或体布拉格光栅(VBG)。使用棱镜也是可行的,尽管优选实施例是使用光栅。

[0069] 图2A是沿着激光束路径将激光束传播到快轴准直透镜201(FAC)的激光二极管200的示意图。使用1.1、1.2、1.5、2或甚至4mm的圆柱形非球面透镜来捕获快轴功率,并在快轴上产生具有正确高度的衍射受限光束,以保持亮度并允许光束在光链下面组合。准直透镜202用于准直激光二极管的慢轴(具有较小发散角的轴,通常是x轴)。15、16、17、18或21mm焦距的圆柱形非球面透镜捕获慢轴功率,并校准慢轴以保持激光源的亮度。慢轴准直器的焦距导致激光光子光束通过光学系统而优化组合成目标光纤直径。在阵列的优选实施例中,慢轴准直透镜和快轴准直透镜均沿着激光束路径并用来成形单独的激光束。

[0070] 图2B是激光束点203的示意图,其由来自通过快轴和慢轴向聚焦透镜的激光二极管的激光束形成。该模拟考虑了源在整个孔径上的最大发散。应该理解的是,可以产生许多

不同形状的激光束点点,诸如正方形、矩形、圆形、椭圆形、线性以及这些和其他形状的组合和变化。例如,组合的激光束产生具有蓝色激光的光点203,其通过100mm的焦距透镜以0.18的NA聚焦成100 $\mu$ m的光点尺寸。

[0071] 图2C和图2D示出了激光二极管子组件210(例如二极管模块、棒、板、多管核心封装)和具有四个激光二极管组件210、210a、210b、210c的激光二极管模块220的实施例。

[0072] 在图2E中,示出了一些激光束250a、251a、252a沿着它们各自的激光束路径250、251、252的部分的详细视图。图2F是图2E的激光束的横截面图,显示水平260和竖直261开放空间(基于图的方向)。光束组合光学器件在空间上一起关闭光束,以消除最终光点203(图2B)中的开放空间,例如260、261。

[0073] 激光二极管模块220能够产生组合的激光束,优选组合的蓝色激光束,其具有图1的曲线101的性能。激光二极管组件210具有基板211,基板211是导热材料(例如铜)并具有电力引线(例如导线,例如212),进入该电力引线以向二极管(例如213)提供电力。在多核心片封装的该实施例中,存在20个激光二极管,例如213,以盖板后面的5 $\times$ 4配置布置。也可以设想其他配置,例如4 $\times$ 4、4 $\times$ 5、5 $\times$ 6、10 $\times$ 20、30 $\times$ 5以及当今正在开发的等等,以及这些的组合和变型,以在组件中提供n $\times$ n个二极管。每个二极管可以平面平行板。用于在例如横跨多行(例如216)使用单个慢轴准直(SAC)透镜时平移慢轴(例如214)中的光束的位置。当对每个激光二极管使用单个慢轴透镜时,平面平行板不是必需的,这是优选实施例。平面平行板在从每个单独的激光二极管传播时校正激光束路径在慢轴上的位置,这可能是组装过程的结果。如果每个激光二极管使用单独的FAC/SAC透镜对,则不需要平面平行板。SAC位置补偿了封装中的任何组装误差。这两种方法的结果都是在单独的FAC/平面平行板之后使用单独的透镜对(FAC/SAC)或共享的SAC透镜时对准子光束以使其平行,从而提供平行且间隔开的激光束(例如251a、252a、250a)以及光束路径(例如251、252、250)。

[0074] 来自每个激光二极管子组件210、210A、210B、210C的组合光束传播到图案化反射镜(例如225),其用于将来自四个激光二极管子组件的光束重定向并组合成单个光束,如图2G所示。准直激光二极管的四排与另外三个封装的四排交织,形成组合光束。图2H示出了来自激光组件210的光束(例如230)的位置。孔径光阑235截断了来自组合子光束的任何不需要的散射光,这减少了光纤输入面上的热负荷。偏振光束折叠组件227将光束在慢轴上对折成一半,以使复合激光二极管光束的亮度倍增,如图2I所示。可以通过将中心发射体在中心分裂来折叠光束,从而产生图2I所示的图案,其中光束231是通过偏振在慢轴方向上的两个子光束叠加,而光束232是不叠加任何其他发射器的分裂子光束。如果光束在第二和第三子光束(图2J)之间分裂,则光束折叠更有效,并且光束的两列(例如233)重叠,而第三列光束(例如234)简单地直行通过。套筒组件228使组合激光束在慢轴上扩展或者压缩快轴以使得能够使用更小的透镜。本实例(图2G)所示的套筒228将光束扩大了2.6倍,使其尺寸从11mm增加到28.6mm,同时将慢轴的发散性减小了相同的2.6倍。如果套筒组件压缩快轴,那么它将是一个2x套筒,以将快轴从22mm高度(总合成光束)减小到11mm高度,从而产生11mm $\times$ 11mm的合成光束。这是优选实施例,因为成本较低。非球面透镜229将复合光束聚焦成直径至少为50、100、150或200 $\mu$ m的光纤245。根据图1(线101),多个激光二极管模块220的光纤输出与光纤组合器组合,以产生更高输出功率水平的激光器。使用光学组合方法组合激光二极管模块,其中非球面透镜229和光纤组合器240被一组剪切反射镜代替,剪切反射镜然后

耦合到非球面透镜中,并且合成光束射入光纤末端。通过这种方式,一个、两个、三个、数十个和数百个激光二极管模块可以光学地关联,并且它们的激光束可以组合。通过这种方式,组合的激光束本身可以进一步或额外地组合以形成多重组合的激光束。

[0075] 在图2C和图2D的实施例中,该配置可以例如将高达200瓦的激光束功率发射到单个50、100、150或200 $\mu\text{m}$ 核心光纤中。图2C和图2D的实施例示出了例如制造200W二极管阵列组件(例如个200W组合模块)的典型部件,其使用多达四个50W的单个二极管组件(例如50W模块)。

[0076] 应该理解,配置、功率和组合波光束数是可行的。图2C和图2D的实施例最小化了从电源到激光二极管的电连接。

[0077] 因此,各个模块、组合模块和二者可配置成提供单个组合激光束或多个组合激光束,例如两个、三个、四个、十个、数百个或更多个。这些激光束可以各自在单根光纤中发射,或者它们可以进一步组合以在更少的光纤中发射。因此,作为说明,可以将12个组合的激光束发射到12个光纤中,或者可以将12个光束组合并发射到少于12个光纤,例如10、8、6、4或3个光纤。应该理解的是,这种组合可以是不同的功率光束的组合,以使得各个光纤之间的功率分布平衡或不平衡;并且可以是具有不同或相同波长的光束。

[0078] 在实施例中,激光二极管阵列的亮度可以通过在不同波长下操作每个阵列,然后将其与光栅或一系列窄带二向色滤光器组合来改善。该技术的亮度缩放在图1中示出为近似直线102。起点可以实现与单个模块相同的亮度,因为每个模块将以线性方式在空间上重叠在之前的模块上,光纤直径不变,但是功率发射确实导致来自波长光束组合模块的更高的亮度。

[0079] 在实施例中,蓝色激光二极管阵列可以借助于亮度转换器转换成接近单模或单模输出。亮度转换器可以是光纤、晶体或气体。转换过程通过受激拉曼散射进行,该受激拉曼散射通过将来自蓝色激光二极管阵列的输出发射到具有谐振腔的光纤或晶体或气体中实现。蓝色激光二极管功率通过受激拉曼散射转换为增益,并且激光谐振器在第一斯托克斯拉曼线上振荡,第一斯托克斯拉曼线相比泵浦波长偏离斯托克斯位移。例如图3中所示的实施例以及基于W0 2014/179345的美国专利申请序列号14/787,393的说明书中的相关公开,其全部公开内容通过引用并入本文。该技术的性能特征在图1中示出为线103,其中当使用光纤组合器来组合多个高亮度激光束时,对于200W激光器,亮度从0.3mm mrad开始,对于4000W激光器,亮度从2mm mrad开始。

[0080] 通过组合亮度转换源的输出,可以进一步提高蓝色激光源的亮度。这种类型的实施例的性能由图1的线104示出。这里的亮度是在0.3mm mrad下由启动模块定义的。拉曼线的增益带宽比激光二极管宽得多,因此可以通过波长将更多的激光器与单独的激光二极管技术相结合。结果是4千瓦的激光器的亮度与200瓦的激光器相同,或者是0.3mm mrad。这在图1中由线104表示。

[0081] 在本说明书中描述的本发明的技术可以用于配置用于从焊接、切割、钎焊、热处理、雕刻、成形、成型、接合、退火和烧蚀以及这些和各种其他材料加工操作的组合等范围广泛的应用的激光系统。尽管优选的激光源具有相对较高的亮度,但是本发明提供了配置系统以满足较低亮度要求的能力。此外,这些激光器的组可以组合成长线,其可以用于在较大面积的目标材料上执行激光操作,例如对诸如平板显示器的TFT之类的大面积半导体器件

进行退火。

[0082] 可以使用激光二极管、激光二极管阵列、波长组合激光二极管阵列、亮度转换激光二极管阵列和波长组合激光二极管阵列的输出来产生独特的可单独寻址的印刷机。由于来自每个模块的激光功率足以熔化和熔融塑料以及金属粉末,所以这些源对于增材制造应用以及加减制造应用(即,本激光增材制造系统是结合传统的去除制造技术,如数控机床或其他类型的铣床、以及激光去除或烧蚀)是理想的。由于它们能够提供小光点尺寸、精度和其他因素,所以本系统和激光器配置也可以应用于微米和纳米增材、减成和加减制造技术。可以将单独连接的一系列激光器成像在粉末表面上,从而以单倍扫描激光源的速度的 $n$ 倍形成物体。通过对 $n$ 点中的每个使用更高功率的激光器,可以进一步提高速度。当使用亮度转换的激光器时,对于 $n$ 点中的每个可以获得近衍射极限点,因此可以产生更高分辨率的部分,因为用蓝色高亮度激光器形成的单个点点具有亚微米性质。与现有技术的3D打印技术相比,本配置和系统的这种更小的光点尺寸在处理速度和打印处理的分辨率方面提供了实质性的改进。当与便携式粉末供给装置结合时,本系统的实施例可以以超过现有技术增材制造机器的打印速度的100倍的速度连续地逐层打印。通过使系统能够随着定位装置在激光定影点(例如图5的粉末装置508、粉末装置508b)之后的正方向或负方向上移动而沉积粉末,系统可以连续地打印而不必停止以施加或平整下一层所需的粉末。

[0083] 图3是具有两行交错点(例如303a)和点(例如303b)的激光系统的激光过程的示意图。例如303a、303b的激光点沿箭头301的方向移动,例如扫过目标材料。目标材料可以是电力形式302,然后通过激光点304熔化,然后通常沿着过渡线305固化,以形成熔融材料306。光束的功率、光束的发射时间、运动的速度以及这些的组合可以以预定的方式改变,从而产生熔体转变线305的预定形状。根据保持光纤及其光学部件所需的夹具的需要,光束可以错开的距离可以相距0、0.1、0.5、1、2mm。交错也可以是以设定的交错步长或变化的步长单调递增或递减的位置。确切的速度优势将取决于目标材料和待制造部件的配置。

[0084] 图4总结了激光系统和配置的实施例可以实现的性能,例如图5-图7中所示的那些,对于20光束系统,速度随着添加到系统的每个附加光束而增大。

[0085] 图5提供了具有可寻址激光输送配置的激光系统的实施例的示意图。系统具有可寻址的激光二极管系统501。系统501向多个光纤502a、502b、502c提供可独立寻址的激光束(可以考虑更多和更少数量的光纤和激光束)。光纤502a、502b、502c组合成包含在保护管503或覆盖物中的光纤束504。光纤束504中的光纤502a、502b、502c被熔融在一起以形成印刷头505,该印刷头包括光学组件506,该光学组件506将激光束沿着光束路径聚焦并引导至目标材料507。打印头和粉末料斗随着打印头的移动一起沿510的正向移动。在打印头或料斗每次通过时,可以将附加材料509放置在熔融材料507的顶部上。打印头是双向的并且在打印头移动时将在两个方向上熔化材料,所以粉末料斗在打印头后面操作,提供待在激光打印头的下一个行程上被熔化的堆积材料。

[0086] “可寻址阵列”是指以下一项或多项:功率;发射(firing)时间;发射顺序;发射的位置;光束的功率;光束点的形状以及焦距,例如 $z$ 方向上的穿透深度,可以被独立地改变、控制和预定,或者每根光纤中的每个激光束提供精确和预定的输送模式,从目标材料产生高度精确的最终产品(例如建造的材料)。可寻址阵列的实施例还可以具有这样的能力,即,由这些光束产生的单个光束和激光停止,以执行各种预定和精确的激光操作,例如退火、烧

蚀和融化。

[0087] 图6提供了具有可寻址激光输送配置的激光系统的实施例的示意图。激光系统可以是激光二极管阵列系统、亮度转换系统或高功率光纤激光系统。系统具有可寻址的激光系统601。系统601向多个光纤602a、602b、602c提供可独立寻址的激光束(可以考虑更多和更少数量的光纤和激光束)。光纤602a、602b、602c被组合成包含在保护管603或覆盖物中的光纤束604。光纤束604中的光纤602a、602b、602c熔融在一起以形成印刷头605,该印刷头605包括光学组件606,该光学组件606将激光束沿着光束路径聚焦并引导至目标材料607。目标材料607可以被退火以形成退火材料609。激光器的移动方向由箭头610示出。

[0088] 图7提供了具有可寻址激光输送配置的激光系统的实施例的示意图。该系统具有可寻址的激光二极管系统701。系统701向多个光纤702a、702b、702c提供可独立寻址的激光束(可以考虑更多和更少数量的光纤和激光束)。光纤702a、702b、702c组合成包含在保护管703或覆盖物中的光纤束704。光纤束704中的光纤702a、702b、702c熔融在一起以形成印刷头粉末分配头720。粉末分配头720可以以与激光束同轴或者与激光束交叉的方式输送粉末。粉末分配头720提供一层附加材料709,其熔融到目标材料707上。激光器的移动方向由箭头710示出。

[0089] 图8示出了的光纤(例如801)束800的配置,光纤束融合在一起并用在系统(诸如图5-图7所示的系统)的激光器中。该配置将输送与光纤配置类似配置的激光点。在该实施例中,在单个线性行中有五个光纤,即 $1 \times 5$ 线性结构。 $1 \times n$ 线性排列的光纤是最终的激光打印头,其中n取决于要打印的产品的物理延度。

[0090] 图9示出光纤(例如901)束900的配置,光纤束融合在一起并用于系统(诸如图5-图8所示系统)的激光器中。该结构具有交错排列成菱形排列的两个线性的排902、903。光纤将输送类似于光纤配置的激光点。在该实施例中,在每个线性排中有两排五根光纤,即 $2 \times 5$ 线性结构。

[0091] 图10示出了光纤(例如1001)束1000的配置,光纤束融合在一起并用于系统(诸如图5-图8所示系统)的头部中。该结构具有交错排列成菱形排列的三个线性的排1002、1003、1004。光纤将输送类似于光纤配置的激光点。在该实施例中,在每个线性排中有三排五根光纤,即 $3 \times 5$ 的线性结构。

[0092] 图11示出光纤(例如1101)束1100的配置,光纤束融合在一起并用于系统(诸如图5-图8所示系统)的头部。该结构具有交错排列成三角形排列的三个线性的排1102、1103、1104。光纤将输送类似于光纤配置的激光点。在该实施例中,在每个线性排中有三排五根光纤,即 $3 \times 5$ 的线性结构。

[0093] 图12示出了光纤(例如1201)束1200的配置,光纤束融合在一起并用在系统(诸如图5-图8所示系统)的头部中。该配置具有四个线性排1202、1203、1204、1205,这些光纤不交错并且排列成方形排列。光纤将输送类似于光纤配置的激光点。在该实施例中,在每个线性排中有四排四根光纤,即 $4 \times 4$ 线性结构。

[0094] 图13示出光纤(例如1301)束1300的配置,光纤束融合在一起并用在系统(诸如图5-图8所示系统)的头部中。该结构具有五个线性排,例如1302。这些光纤不交错并且排列成方形排列。光纤将输送类似于光纤配置的激光点。在该实施例中,在每个线性排中有五排四根光纤,即 $5 \times 4$ 的线性结构。

[0095] 图14A示出五根 ( $n=5$ ) 光纤的束1401的配置,例如光纤1401a排列成圆形配置。

[0096] 图14B示出了九根 ( $n=9$ ) 光纤的束1402的配置,例如光纤1402a排列成圆形配置,其中光纤1402b位于圆的中心。中心光纤1402b通过介质或保持装置而被保持在适当的位置或者熔化。

[0097] 图14C示出了十九根 ( $n=19$ ) 光纤的束1403的配置,例如光纤1403a具有光纤的内圈1405以及中心光纤1403b。

[0098] 图15A示出七根 ( $n=7$ ) 光纤的束1501,例如光纤1501a具有三角形间隔的六边形排列。

[0099] 图15B示出十九根 ( $n=19$ ) 光纤的束1502,例如光纤1502a具有三角形间隔的六边形排列。

[0100] 图16A、图16B和图16C示出以任意几何排列布置的光纤束的配置。这些配置在配置中提供各种级别的光纤密度。图16A是 $n=16$ 的光纤的束1601,例如光纤1601a为四分之一圆形配置。图16B是 $n=8$ 的光纤的束1602,例如光纤1602a为正方形配置。图16C是 $n=6$ 的光纤的束1604,例如光纤1604a为三角形配置。图16D是 $n=9$ 光纤的束1603,例如光纤1603a为半圆形配置。

[0101] 提供以下实例以说明本发明的激光阵列、系统、设备和方法的各种实施例。这些实施例是用于说明的目的,不应该将其视为并且不以其他方式限制本发明的范围。

[0102] 实例1

[0103] 蓝色激光二极管的阵列在空间上组合以在远场中形成单个点,其可以被耦合到耐晒光纤中以输送到工件。

[0104] 实例2

[0105] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,其被偏振光束组合以增加激光束的有效亮度。

[0106] 实例3

[0107] 在激光二极管的快轴中的每个准直光束之间具有空间的蓝色激光二极管阵列,其然后与反射一个或多个第一激光二极管并传输一个或多个第二激光二极管的周期板组合,以在第一阵列的快速方向上填充激光二极管之间的空间。

[0108] 实例4

[0109] 玻璃基板上的图案化反射镜,以实现实例3的空间填充。

[0110] 实例5

[0111] 玻璃基板的一侧上的图案化反射镜,以实现实例3的空间填充,玻璃基板具有足够的厚度来移位每个激光二极管的竖直位置以填充单独的激光二极管之间的空的空间。

[0112] 实例6

[0113] 步进式散热器,实现实例3的空间填充,并且是如实例4中所述的图案化反射镜。

[0114] 实例7

[0115] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,其中每个单独的激光器被外部腔体锁定到不同的波长,以将阵列的亮度大体上增加到单个激光二极管源的等效亮度。

[0116] 实例8

[0117] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,其中使用基于光栅的外部腔将激光二极

管的单独阵列锁定到单个波长,并且使用狭窄间隔光学滤波器或光栅将每个激光二极管阵列组合成单个光束。

[0118] 实例9

[0119] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦拉曼转换器(例如具有纯熔融石英核心的光纤),以产生更高亮度的光源和氟化外部核心以包含蓝色泵光。

[0120] 实例10

[0121] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,其用于泵浦拉曼转换器(诸如具有带有外部核心的 $\text{GeO}_2$ 掺杂的中央核心的光纤),以产生更高亮度的源和外部核心,其大于中央核心以包含蓝色泵浦光。

[0122] 实例11

[0123] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,其用于泵浦拉曼转换器(诸如具有掺杂 $\text{P}_2\text{O}_5$ 的核心的光纤),以产生更高亮度的源和外部核心,其大于中央核心以包含蓝色泵浦光。

[0124] 实例12

[0125] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,其用于泵浦拉曼转换器(诸如具有梯度折射率纤核心的光纤),以产生更高亮度的源和外部核心,其大于中央核心以包含蓝色泵浦光。

[0126] 实例13

[0127] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦拉曼转换器光纤,拉曼转换器光纤为梯度折射率 $\text{GeO}_2$ 掺杂核心和外部阶跃折射率核心。

[0128] 实例14

[0129] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦拉曼转换器光纤,拉曼转换器光纤为梯度折射率 $\text{P}_2\text{O}_5$ 掺杂核心的和外部阶跃折射率核心。

[0130] 实例15

[0131] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦拉曼转换器光纤,拉曼转换器光纤为梯度折射率 $\text{GeO}_2$ 掺杂核心。

[0132] 实例16

[0133] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦拉曼转换器光纤,拉曼转换器光纤为梯度折射率 $\text{P}_2\text{O}_5$ 掺杂核心和外部阶跃折射率核心。

[0134] 实例17

[0135] 构想了实例1的实施例的其他实施例和变体。如实例1所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦诸如金刚石的拉曼转换器,以产生更高亮度的激光源。如实例1所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦诸如KGW的拉曼转换器来创造更高亮度的激光源。如实例1所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦诸如YVO4的拉曼转换器,以产生更高亮度的激光源。如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦诸如 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 的拉曼转换器以产生更高亮度的激光源。如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦作为高压气体的拉曼转换器以产生更高亮度的激光源。如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦稀土掺杂的晶体以产生更高亮度的激光源。如实例1所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦稀土掺杂光纤以产生更高亮度的激光源。如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦亮度转换器的外部核心以产生更高的亮度增强比率。



[0136] 实例18

[0137] 拉曼转换激光器的阵列,其以各个波长操作并被组合以在保持原始源的空间亮度的同时产生更高的功率源。

[0138] 实例19

[0139] 拉曼光纤,具有双核心以及使用滤波器、光纤布拉格光栅、一阶和二阶拉曼信号的V数的差值、或者微弯损耗的差值来抑制高亮度中央核心中的二阶拉曼信号的装置。

[0140] 实例20

[0141] N个激光二极管,其中 $N \geq 1$ ,可以单独打开和关闭,并且可以成像到粉末床上以将粉末熔化并熔融成独特的部分。

[0142] 实例21

[0143] N个激光二极管阵列,其中 $N \geq 1$ ,其输出可以是耦合光纤,并且每个光纤可以以线性或非线性方式排列,以产生高功率激光束的可寻址阵列,其可成像或聚焦到粉末上以将粉末逐层熔化或熔融成独特的形状。

[0144] 实例22

[0145] 通过拉曼转换器组合的一个或多个激光二极管阵列,其输出可为耦合光纤并且每根光纤可以以线性或非线性方式布置,以产生N个高功率激光光束的可寻址阵列,其中 $N \geq 1$ ,其可成像或聚焦在粉末上以将粉末逐层熔化或熔融成独特的形状。

[0146] 实例23

[0147] xy运动系统,其可以将 $N \geq 1$ 的蓝色激光源的N传输通过粉末床,同时位于激光源后方的粉末传输系统使粉末床熔化和熔融,以在熔融层后面提供新的粉末层。

[0148] 实例24

[0149] z运动系统,可以在放置新的粉末层之后增加/减少实例20的部件/粉末床的高度。

[0150] 实例25

[0151] z运动系统,可以在粉末层已被激光源熔化之后增加/减少实例20的部件/粉末的高度。

[0152] 实例26

[0153] 实施例20的双向粉末放置能力,其中当粉末沿正x方向或负x方向行进时,粉末直接放置在一个或多个激光点之后。

[0154] 实例27

[0155] 实施例20的双向粉末放置能力,其中当粉末沿正y方向或负y方向行进时,粉末直接放置在一个或多个激光点之后。

[0156] 实例28

[0157] 粉末供给系统,与N个激光束同轴,其中 $N > 1$ 。

[0158] 实例29

[0159] 粉末供给系统,其中粉末是重力进料的。

[0160] 实例30

[0161] 粉末供给系统,其中粉末被夹带在惰性气体流中。

[0162] 实例31

[0163] 横向于N个激光束的粉末供给系统,其中 $N > 1$ 并且粉末靠重力放置在激光束之前。

[0164] 实例32

[0165] 横向于N个激光束的粉末供给系统,其中 $N>1$ 并且粉末被夹带在与激光束相交的惰性气体流中。

[0166] 实例33

[0167] 二次谐波生成系统,使用例如460nm处的拉曼转换器的输出来产生源激光器的波长的一半或230nm的光,其由例如KTP的外部谐振倍频晶体组成,但不允许短波长的光传播通过光纤。

[0168] 实例34

[0169] 三次谐波产生系统,使用例如460nm处的拉曼转换器的输出,以使用外部谐振倍频晶体产生115nm的光,但不允许短波长的光传播通过光纤。

[0170] 实例35

[0171] 四次谐波产生系统,使用例如460nm处的拉曼转换器的输出,以使用外部谐振倍频晶体产生57.5nm的光,但不允许短波长的光传播通过光纤。

[0172] 实例36

[0173] 二次谐波发生系统,使用稀土掺杂的亮度转换器(例如Th)的输出,其在由450nm处的蓝色激光二极管的阵列泵浦时在473nm处发射激发,以产生源激光器的波长的一半或230nm的光,使用外部谐振倍频晶体,但不允许短波长的光传播通过光纤。

[0174] 实例37

[0175] 三次谐波发生系统,使用稀土掺杂的亮度转换器(例如Th)的输出,其在由450nm处的蓝色激光二极管的阵列泵浦时在473nm处发射激发,以产生118.25nm的光,使用外部谐振倍频晶体,但不允许短波长的光传播通过光纤。

[0176] 实例38

[0177] 四次谐波发生系统,使用稀土掺杂的亮度转换器(例如Th)的输出,其在由450nm处的蓝色激光二极管的阵列泵浦时在473nm处发射激发,以产生59.1nm的光,使用外部谐振倍频晶体,但不允许短波长的光传播通过光纤。

[0178] 实例39

[0179] 在实施例34-38中可以使用可以由高功率450nm源泵浦以产生可见光或近可见光输出的所有其他稀土掺杂光纤和晶体。

[0180] 实例40

[0181] 将高功率可见光发射到非圆形外部核心或包层中,以泵浦拉曼或稀土掺杂核心光纤的内核心。

[0182] 实例41

[0183] 使用偏振保持光纤,通过使泵的偏振与拉曼振荡器的偏振对准来增强拉曼光纤的增益。

[0184] 实例42

[0185] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦诸如光纤的拉曼转换器,拉曼转换器配置成产生特定偏振的较高亮度源。

[0186] 实例43

[0187] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦诸如光纤的拉曼转换器,拉曼转

换器配置成产生特定偏振的较高亮度源并维持泵浦源的偏振状态。

[0188] 实例44

[0189] 如实例1中所述的蓝色激光二极管阵列,用于泵浦诸如光纤的拉曼转换器,以产生具有非圆形外部核心的更高亮度源,该非圆形外部核心配置成提高拉曼转换效率。

[0190] 实例45

[0191] 实例1至44的实施方式还可以包括一个或多个以下部件或组件:用于在激光在粉末床上扫描之前在每次通过结束时平整粉末的装置;用于通过经由光纤组合器组合多个低功率激光器模块来缩放激光器的输出功率以产生更高功率的输出光束;用于通过自由空间组合多个低功率激光器模块来缩放蓝色激光器模块的输出功率以产生更高功率的输出光束的装置;用于将多个激光模块组合在单个基板上并具有嵌入式冷却的装置。

[0192] 应当注意到,没有要求提供或解决作为本发明实施例的主题或与之相关联的新颖性和开创性性能或其他有益特征和性质的理论。尽管如此,本说明书提供了各种理论来进一步推进该重要领域的技术,特别是在激光、激光加工和激光应用的重要领域。在本说明书中提出的这些理论,除非另有明确说明,否则绝不限制、制约或缩小提供所要求保护的发明的保护范围。许多这些理论不被要求或实践以利用本发明。应当进一步理解的是,本发明可能导致新的和迄今未知的理论来解释本发明的方法、物品、材料、装置和系统的实施例的操作、功能和特征;而后来发展起来的理论不应限制本发明提供的保护范围。

[0193] 在本说明书中阐述的激光器、二极管、阵列、模块、组件、活动和操作的各种实施例可以用在上面确定的领域中以及各种其他领域中。另外,例如,这些实施例可以与现有激光器、增材制造系统、操作和活动以及其他现有设备一起使用;未来的激光器、增材制造系统的运作和活动;以及可以基于本说明书的教导而部分修改的这些项目。此外,在本说明书中阐述的各种实施例可以以不同的和各种组合彼此使用。因此,例如,本说明书的各个实施例中提供的配置可以彼此一起使用;并且提供给本发明的保护范围不应限于在特定实施例,实例中或者在具体附图中的实施例中阐述的特定实施例、配置或布置。

[0194] 在不脱离本发明的精神或基本特征的情况下,可以以不同于在此具体公开的其他形式来实施本发明。所描述的实施例在所有方面仅被认为是说明性的而非限制性的。

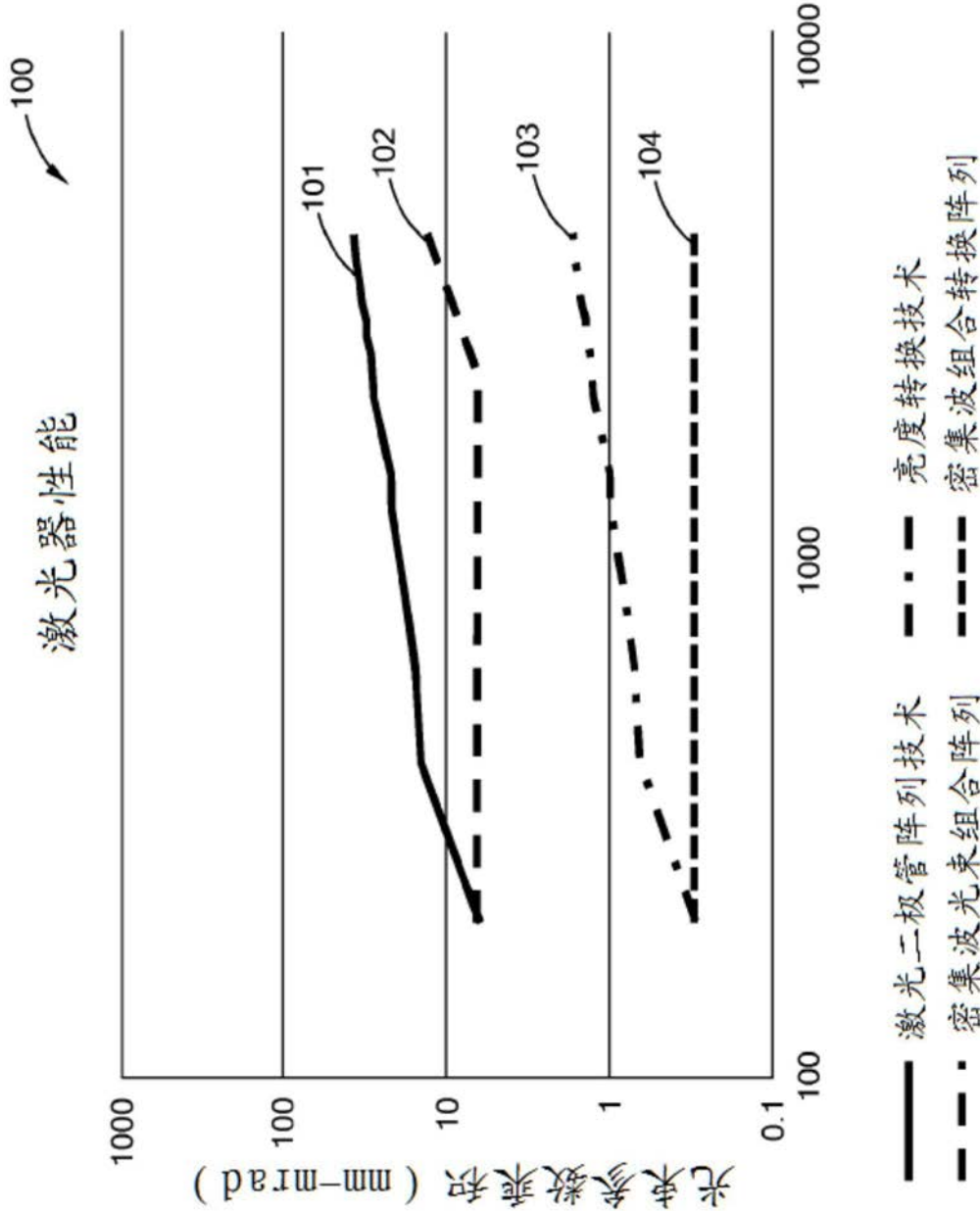


图1

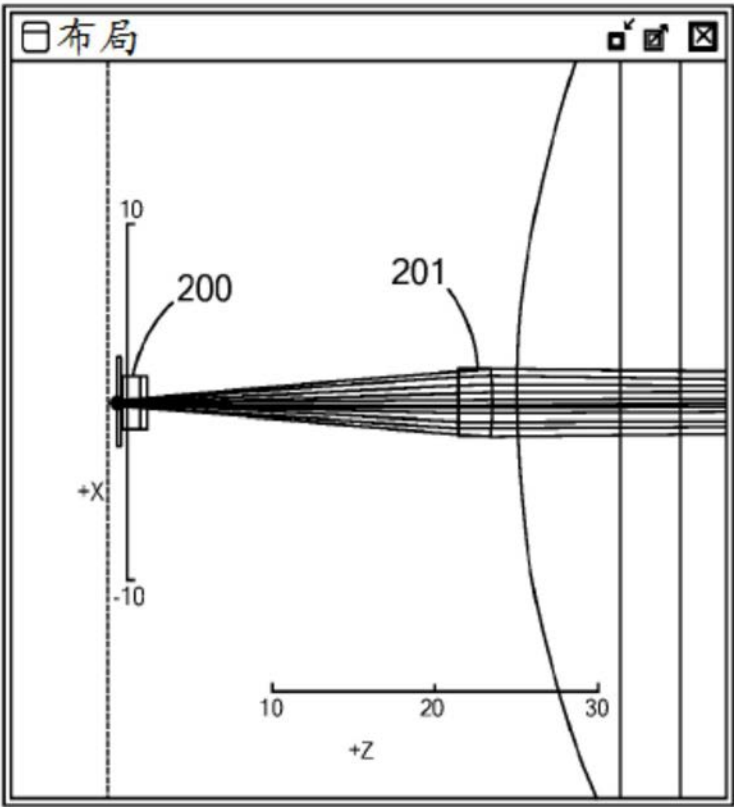


图2A

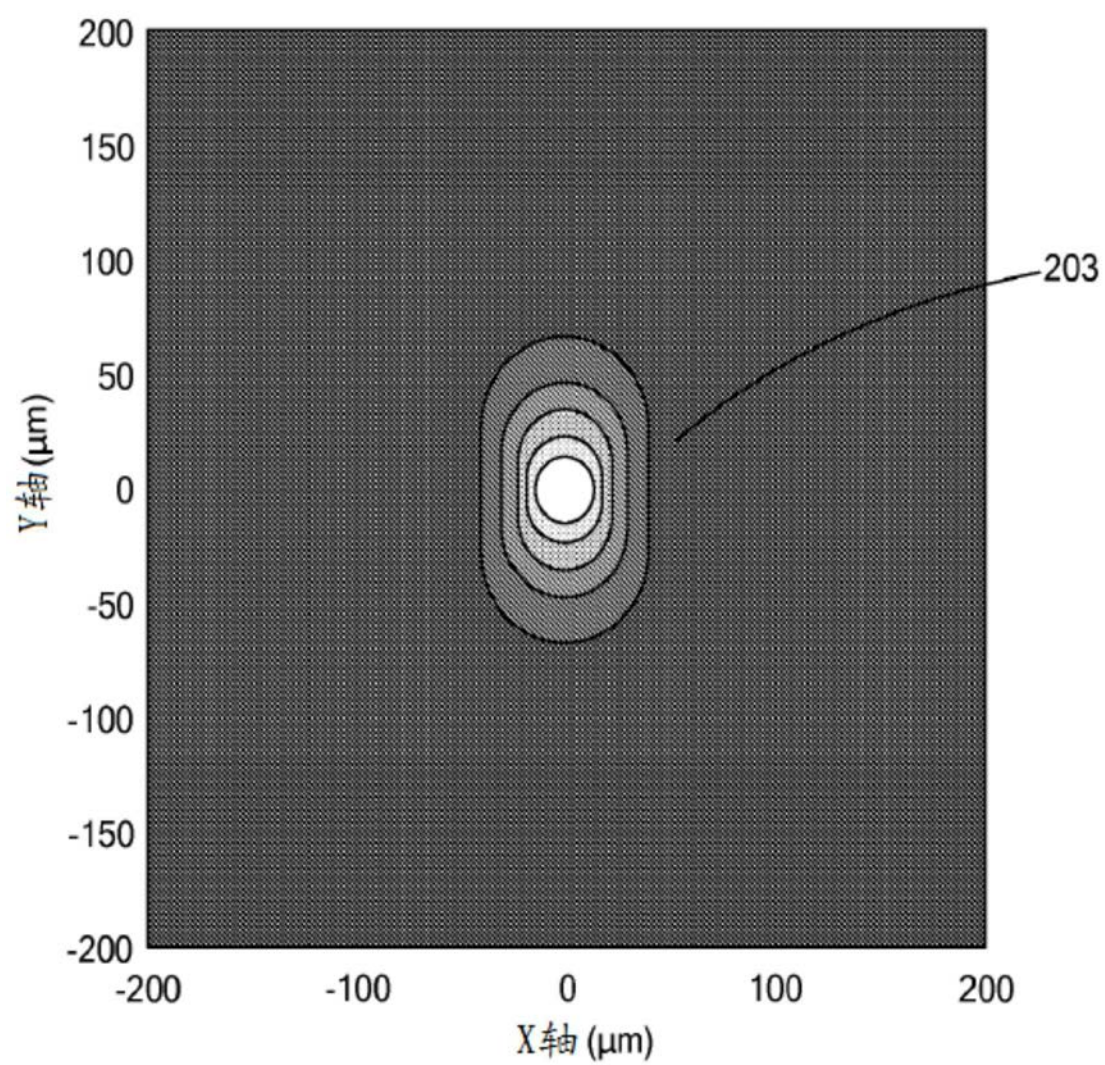


图2B

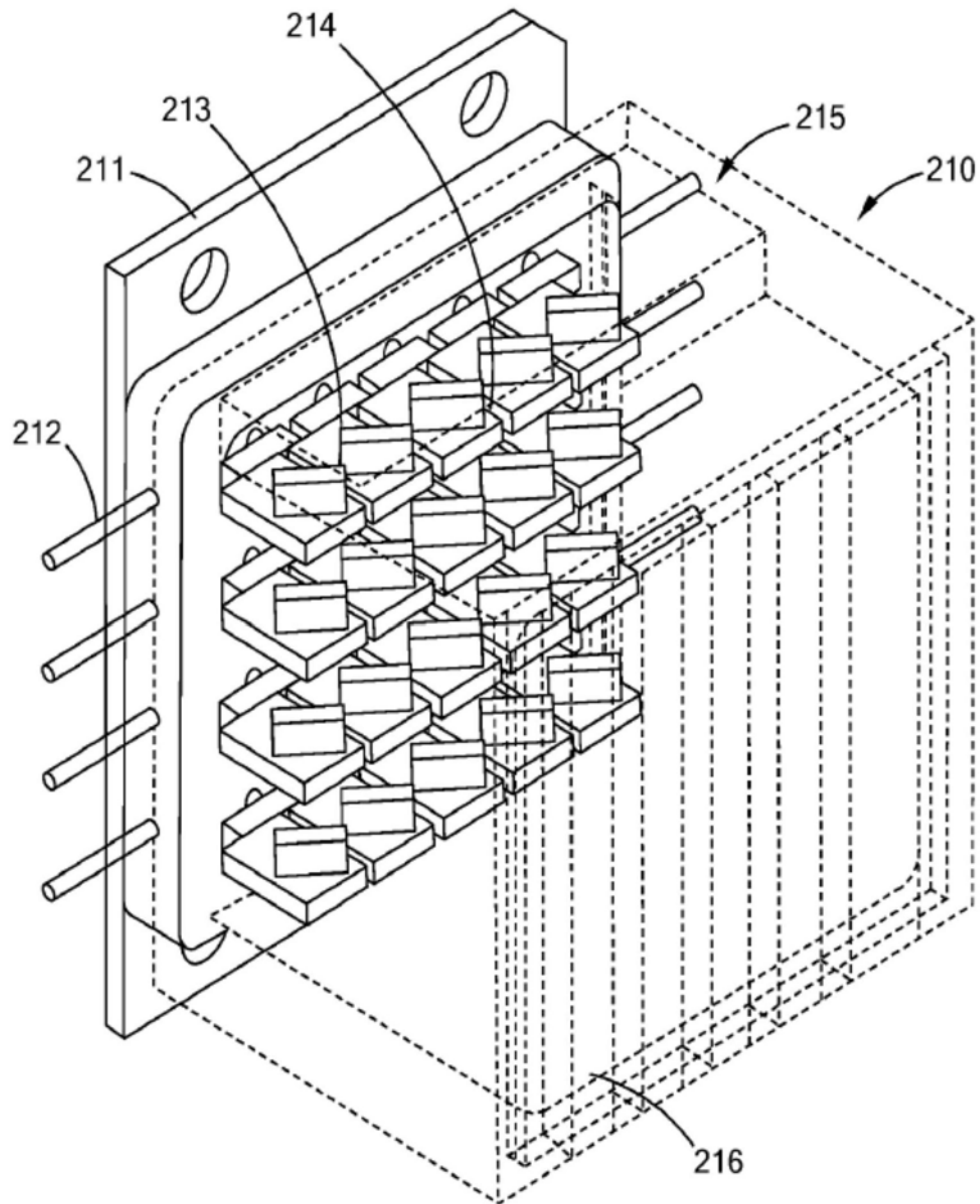


图2C

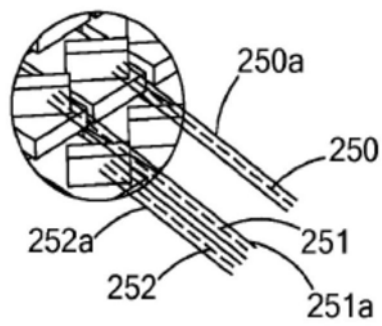


图2E

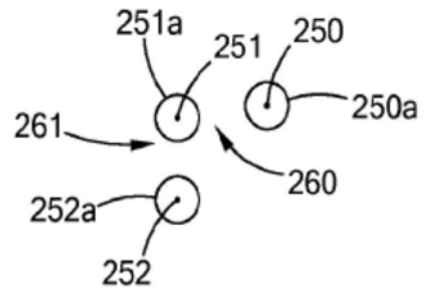


图2F



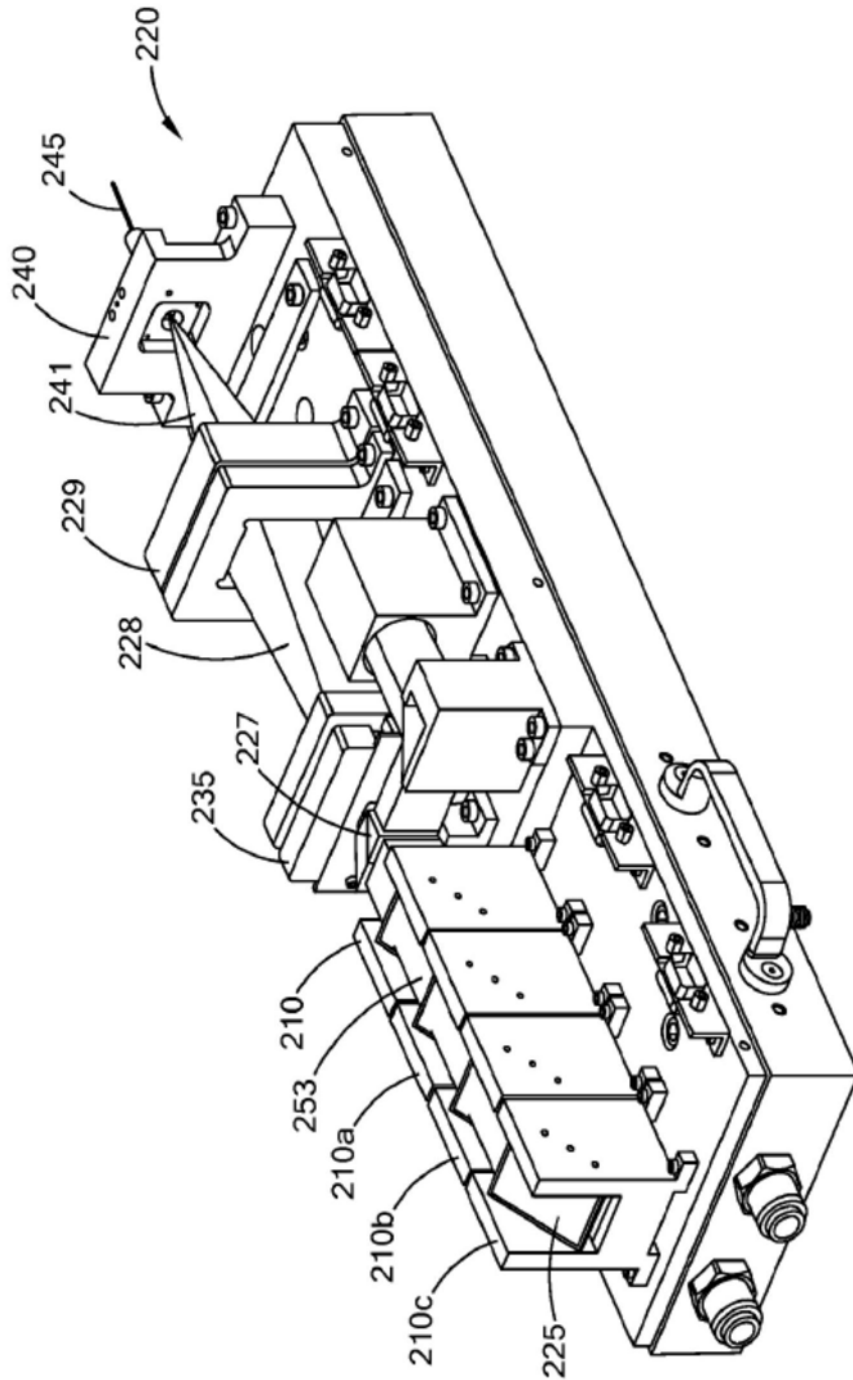


图2D

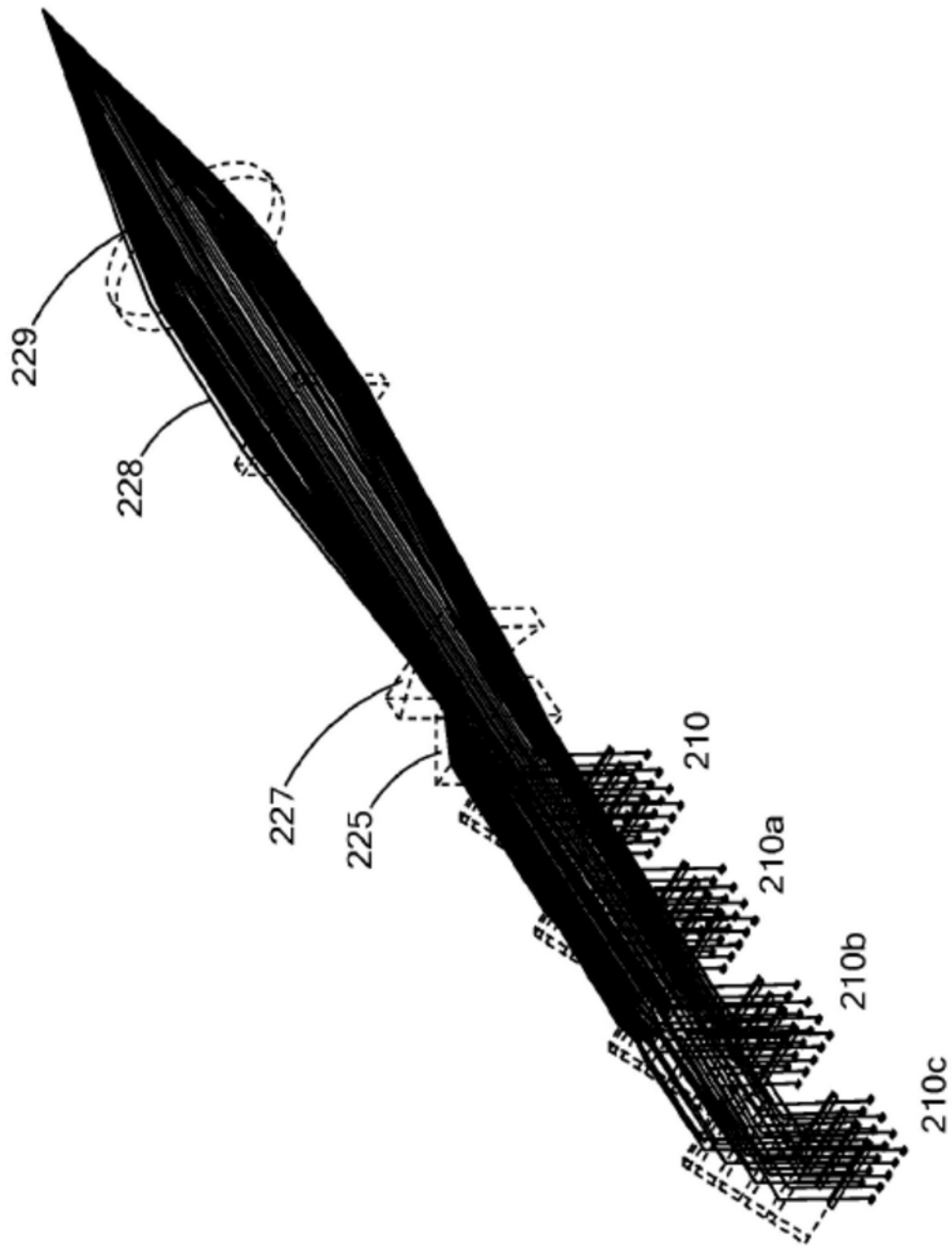


图2G

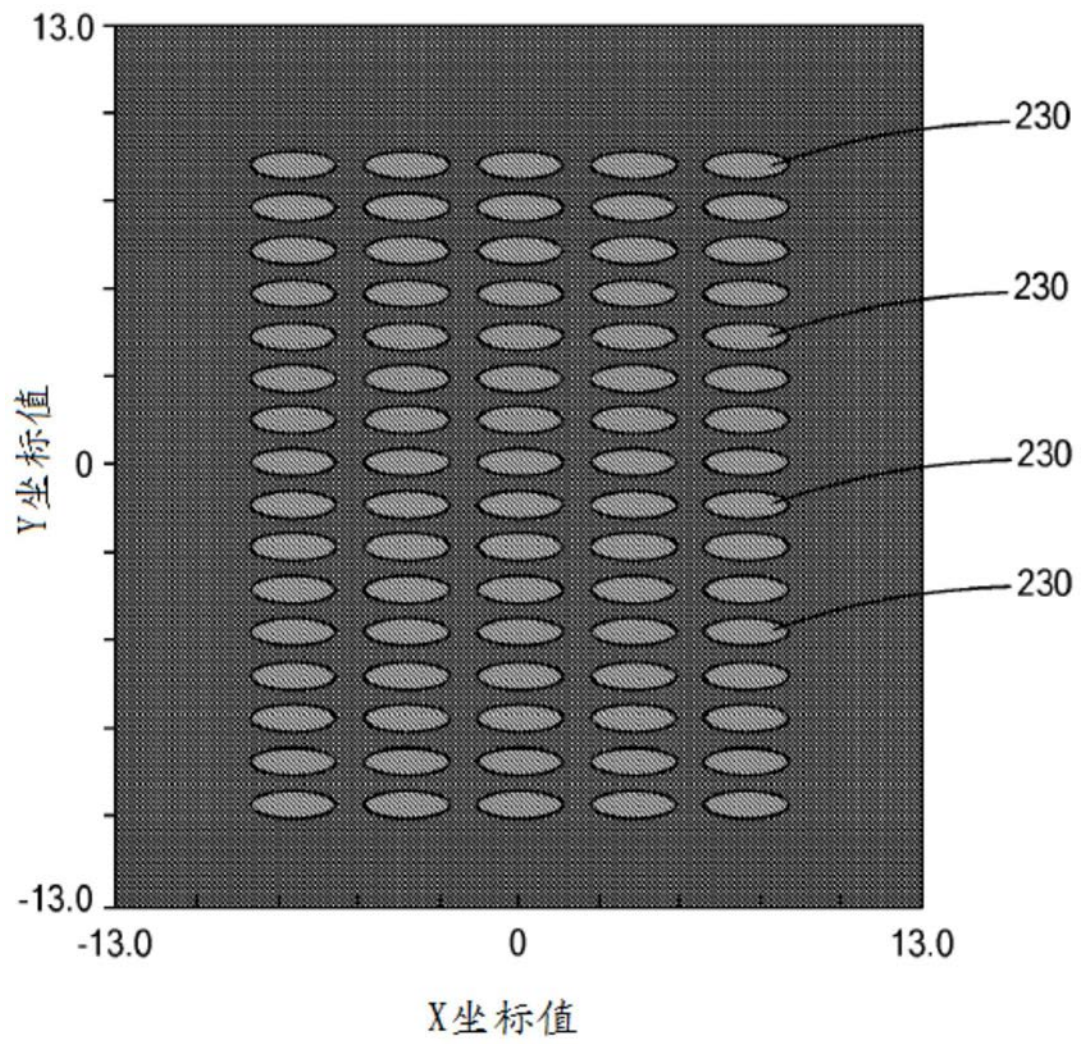


图2H

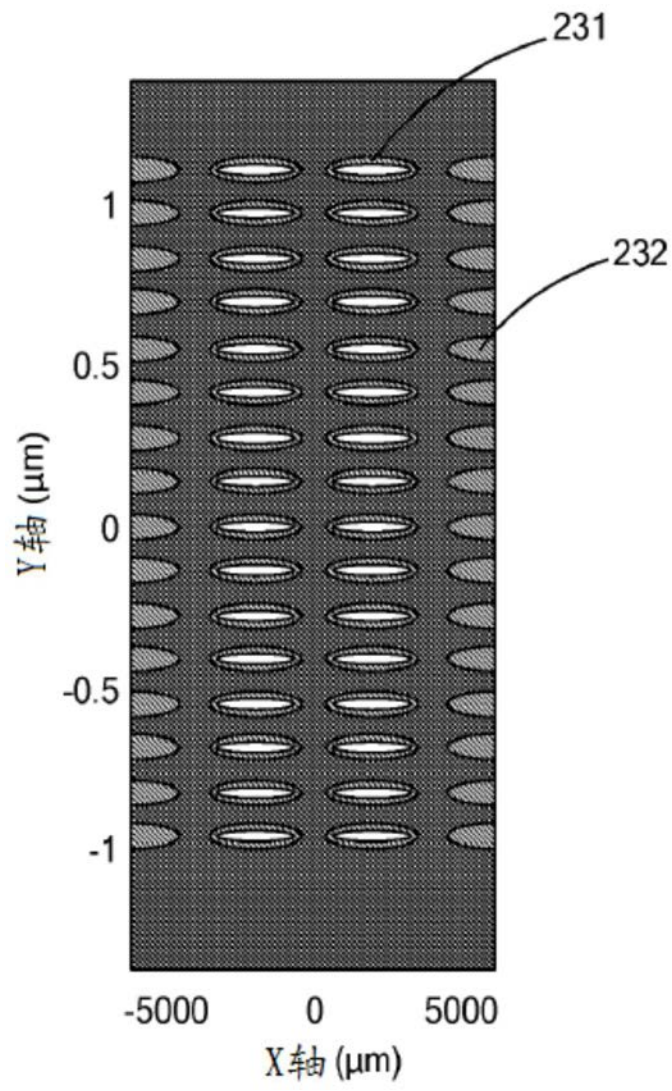


图2I

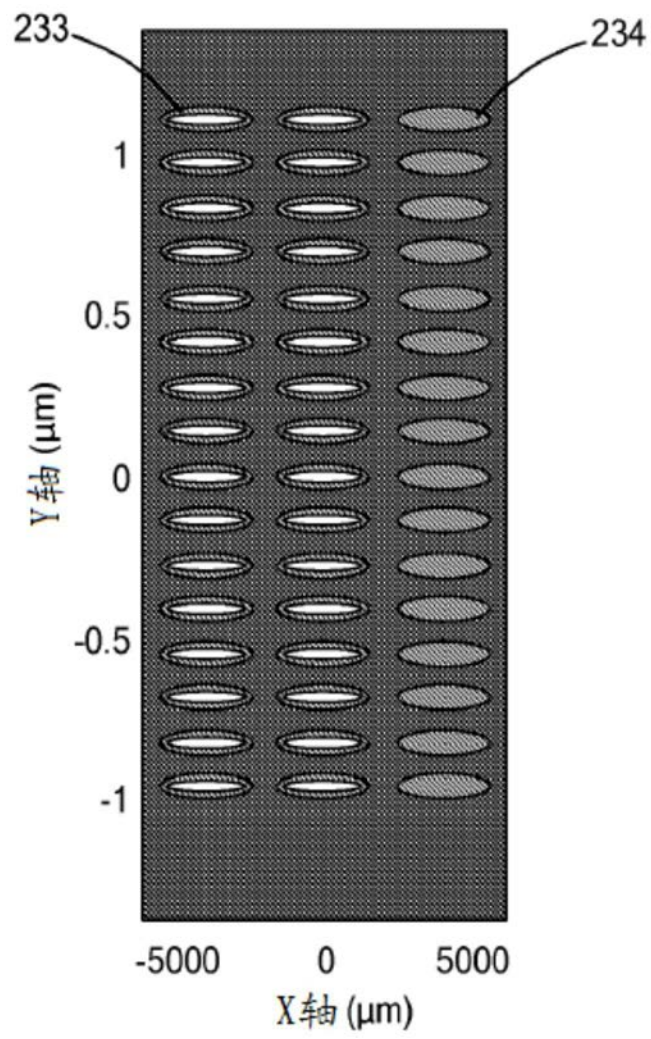


图2J

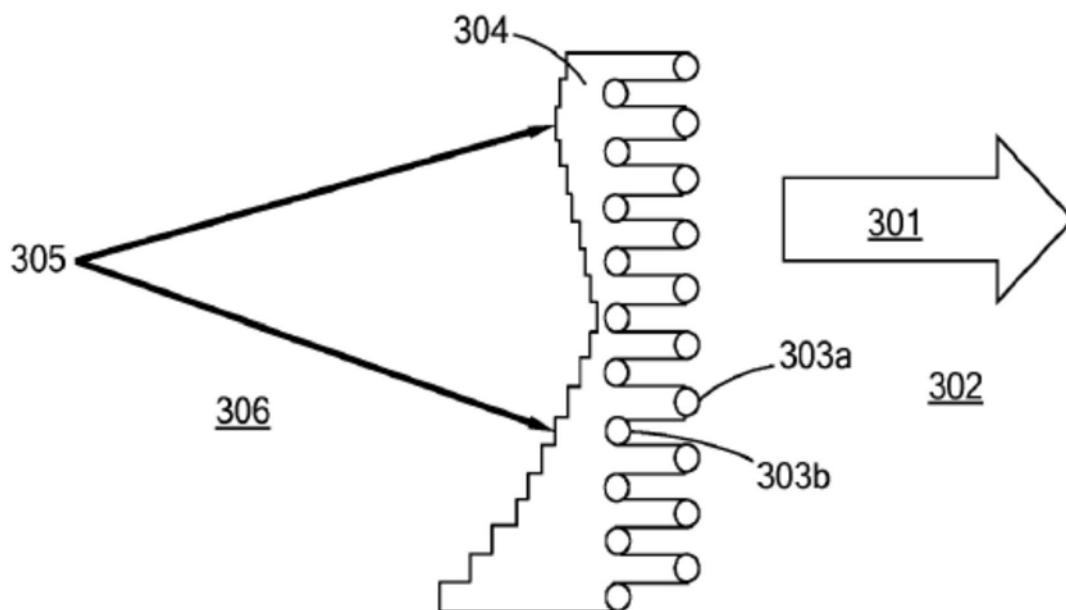


图3

并行处理系统		
激光器数量	20	
每激光器宽度	70	um
扫描速度	5	m/sec
粉末宽度	70	um
构建速度	1764	cc/hr

图4

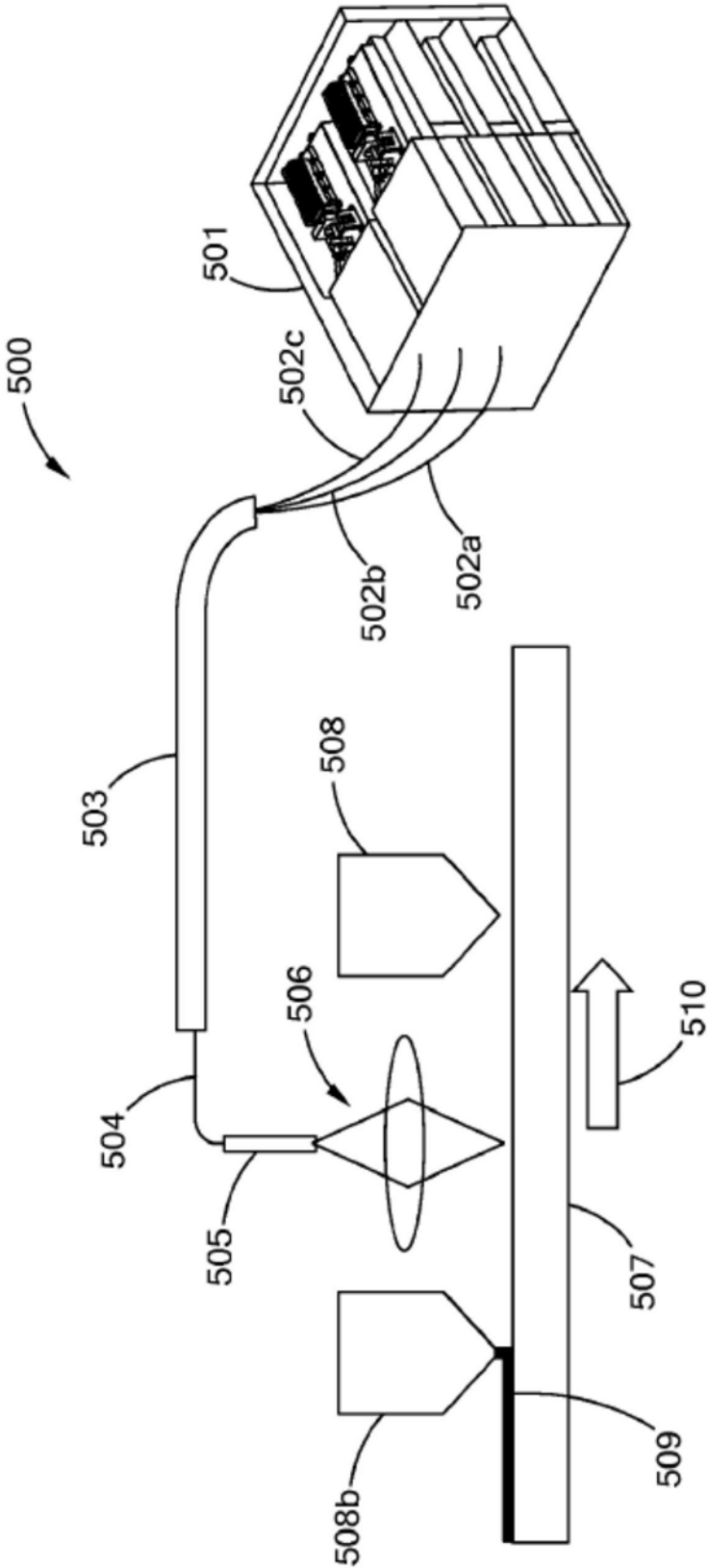


图5

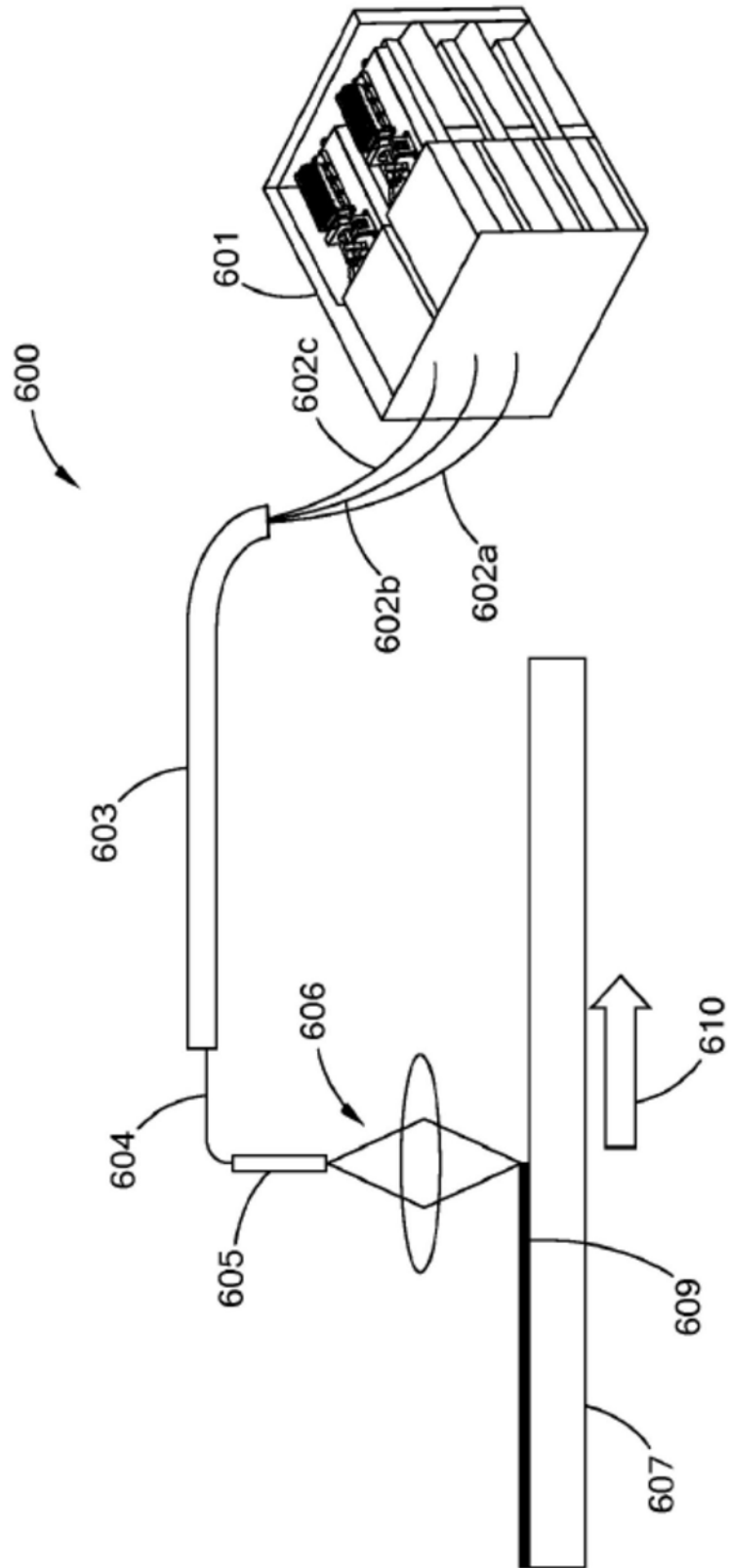


图6



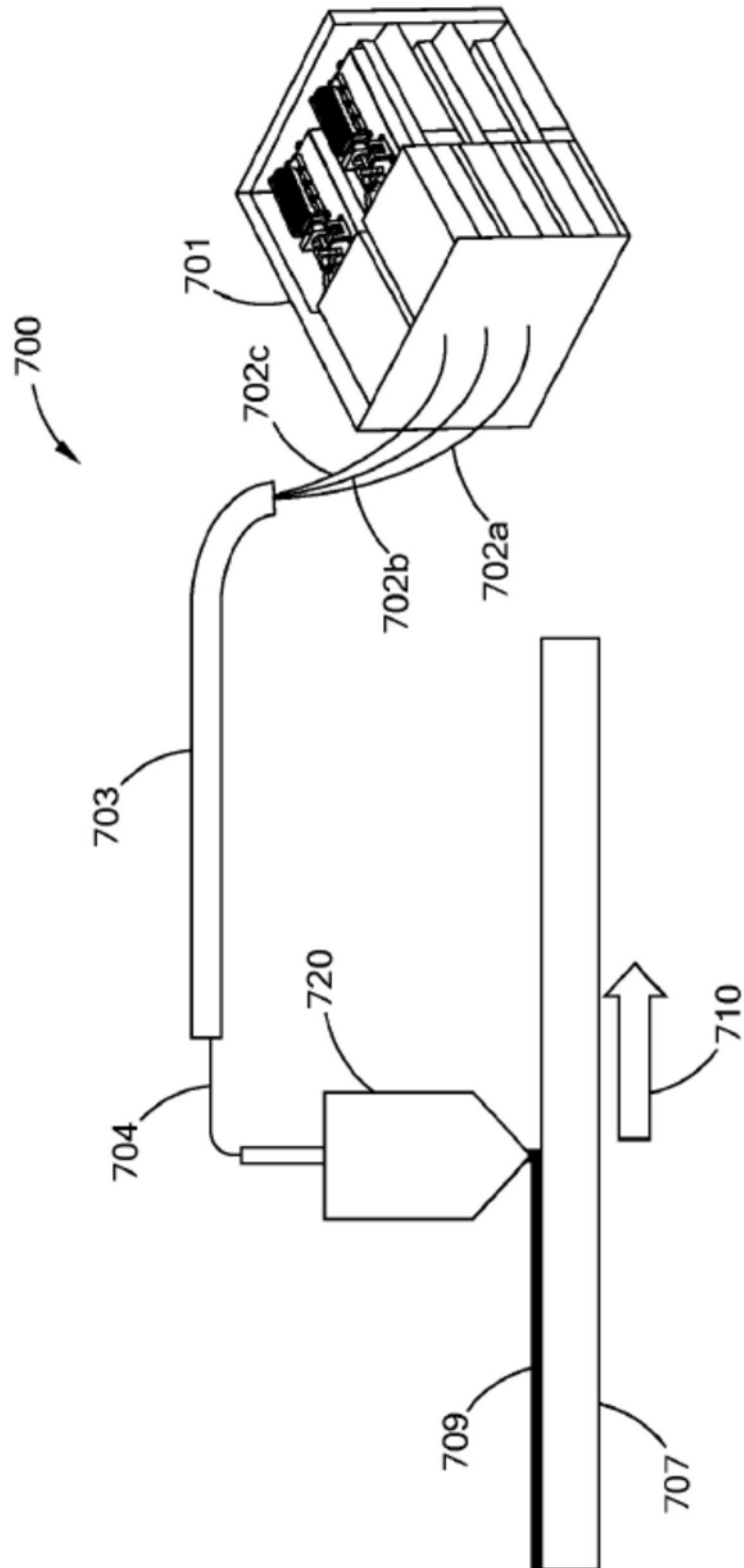


图7



图8

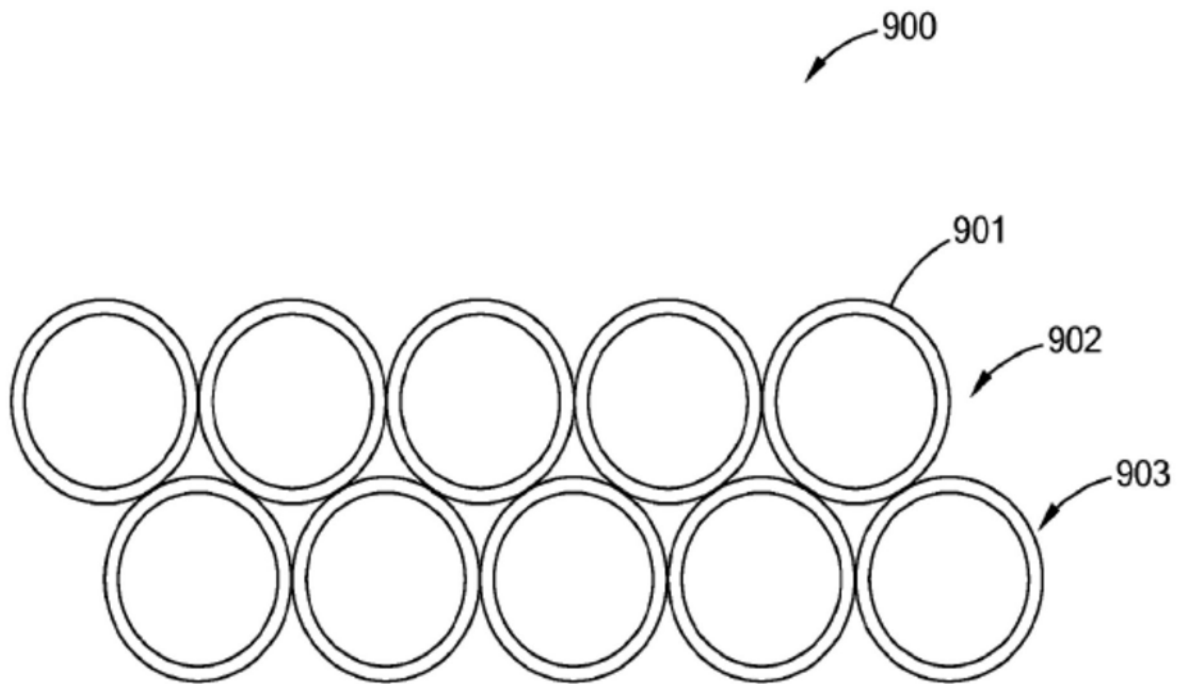


图9

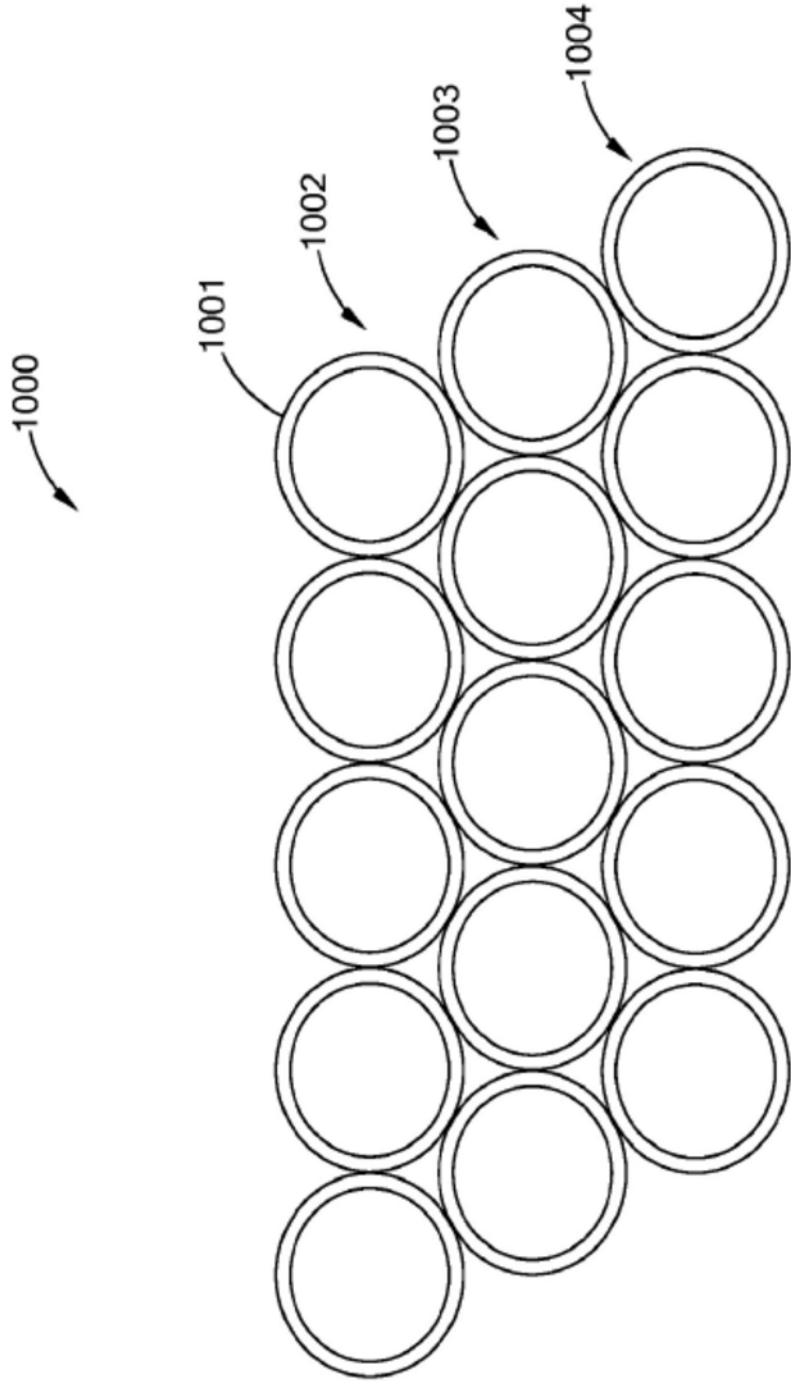


图10

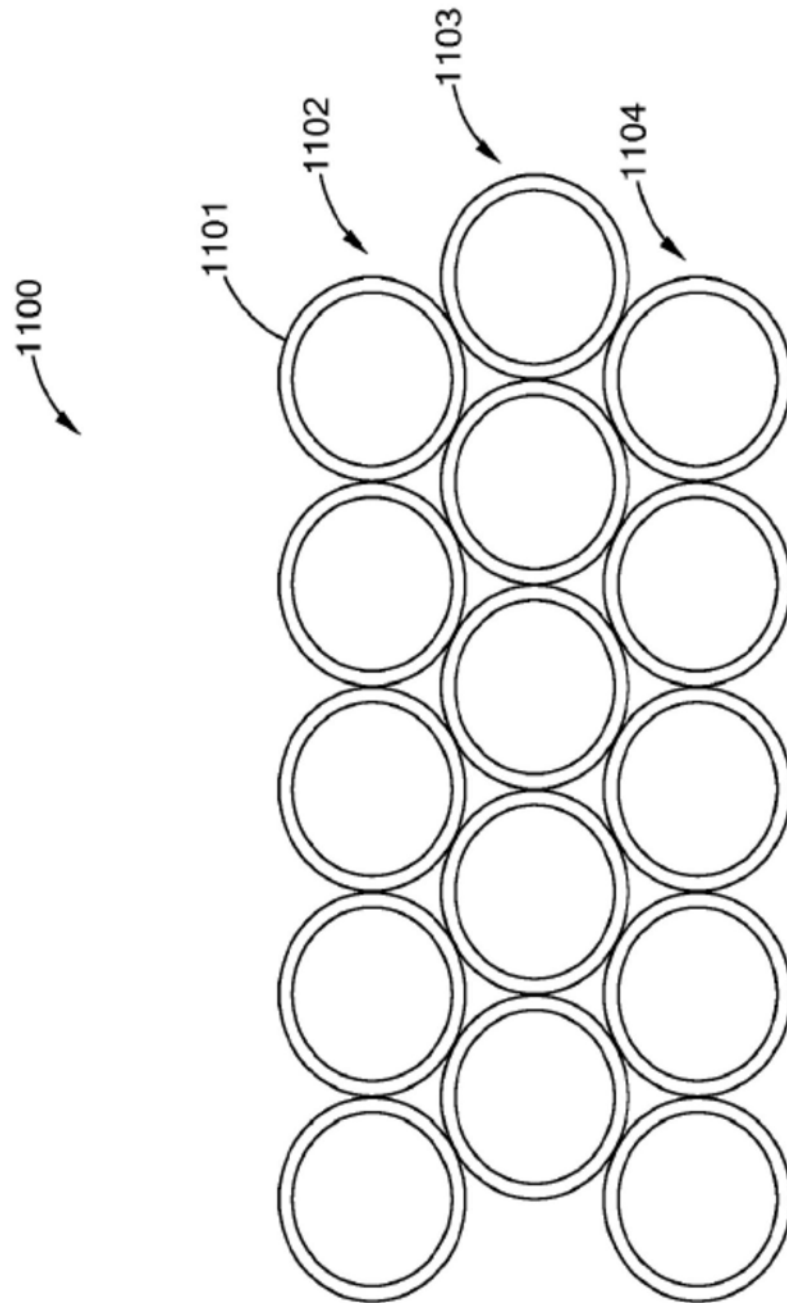


图11

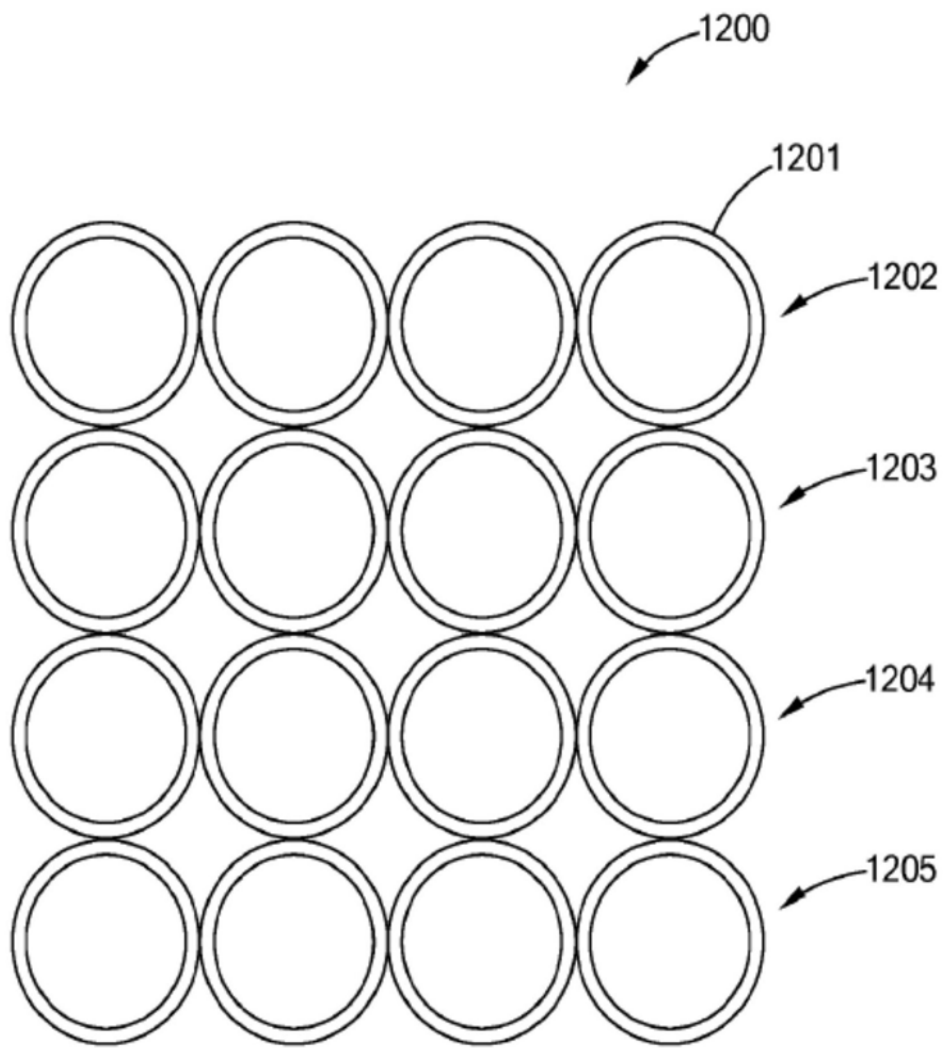


图12

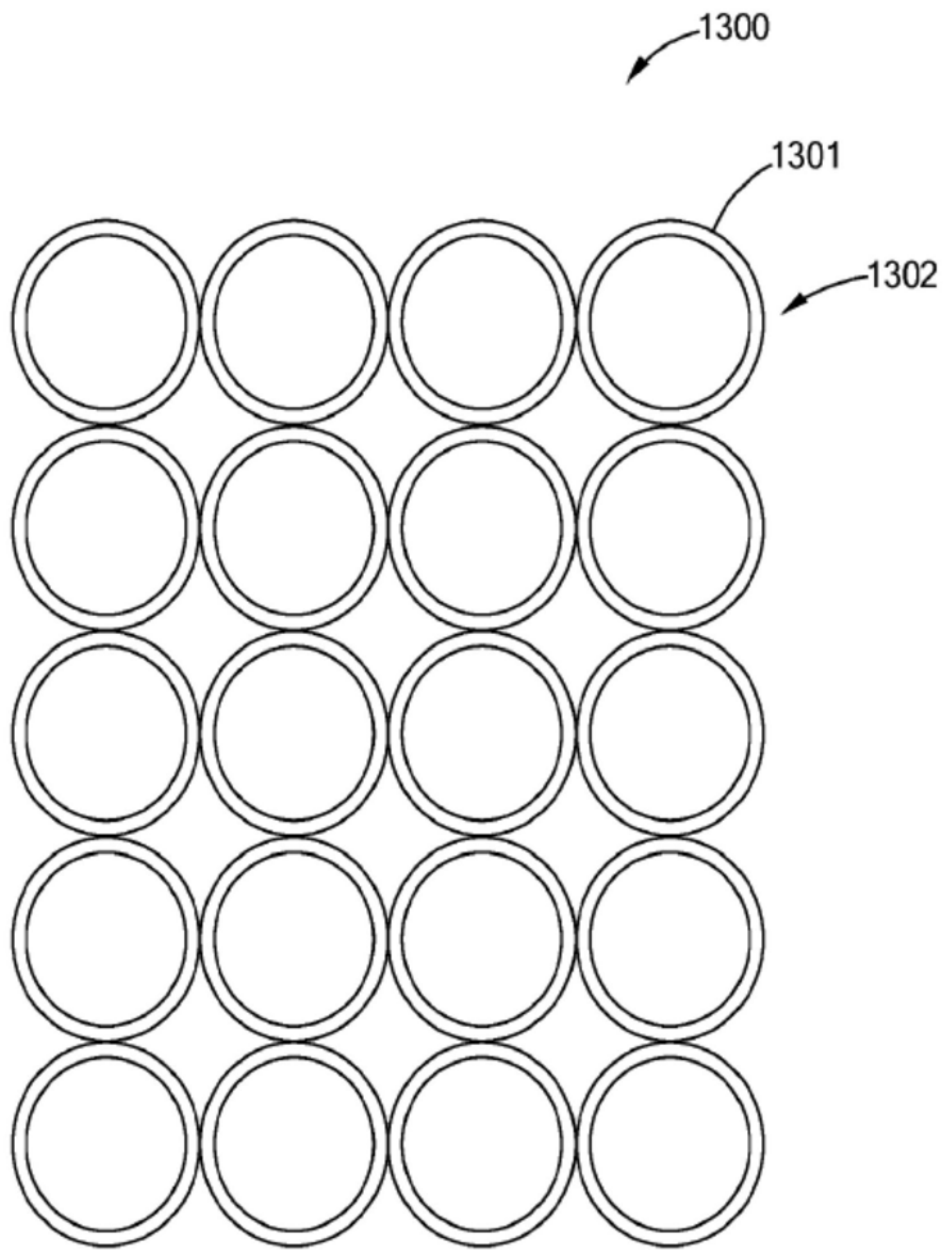


图13

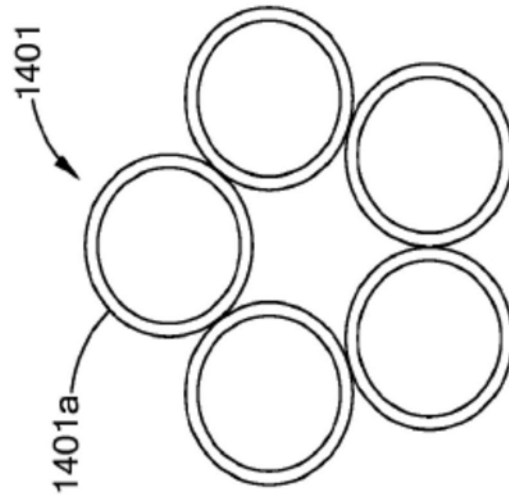


图14A

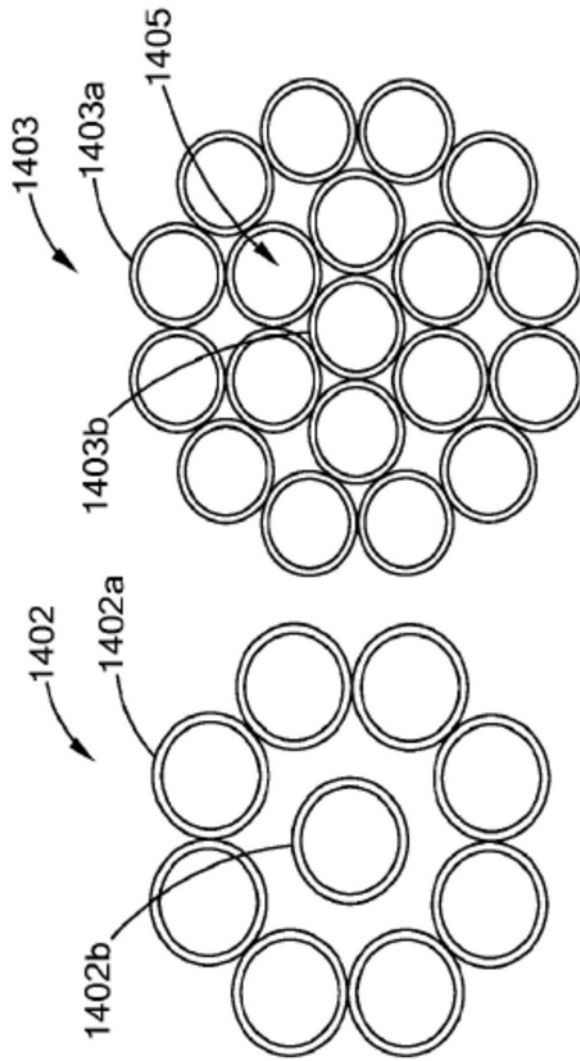


图 14C

图 14B

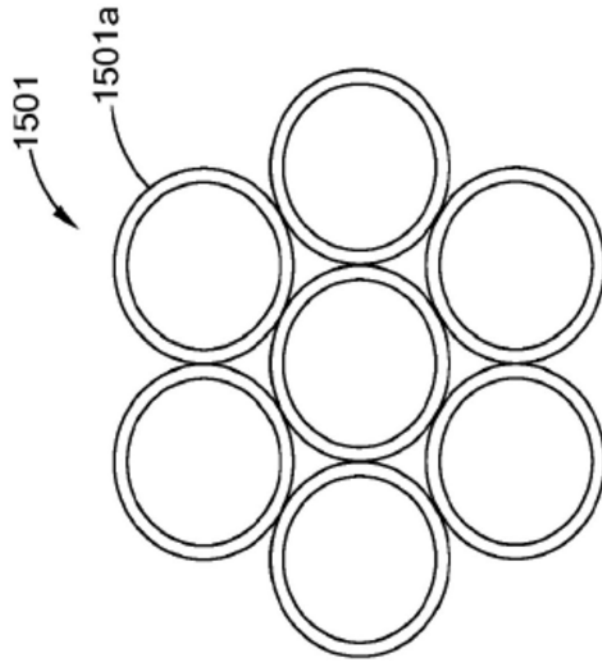


图15A

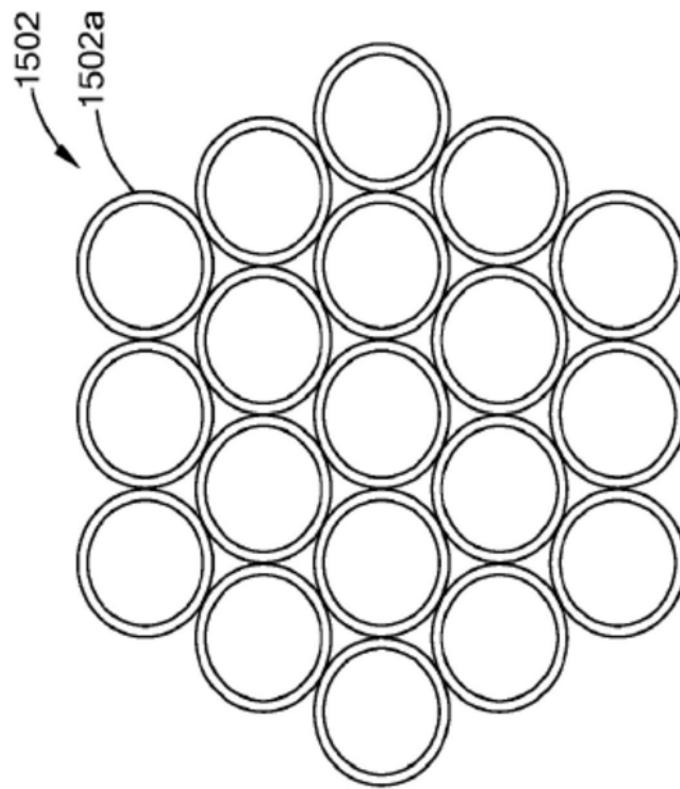


图15B



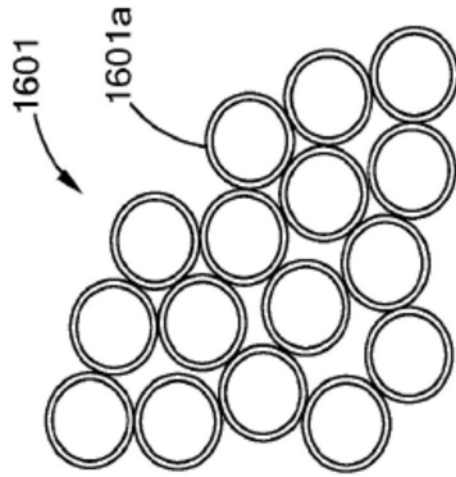


图16A

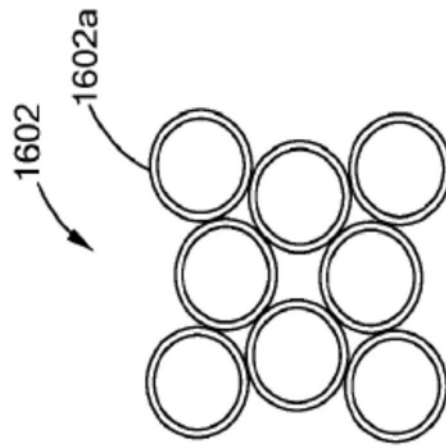


图16B

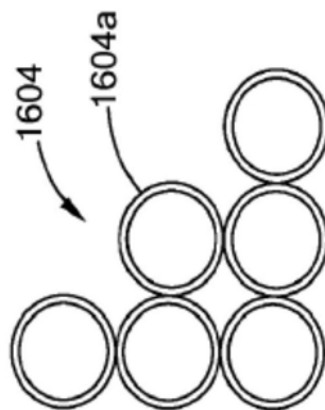


图16C

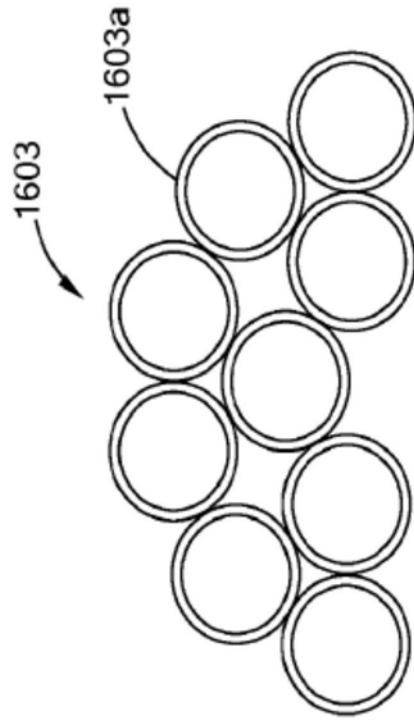


图16D