



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107005020 B

(45) 授权公告日 2021.07.20

(21) 申请号 201580049006.0

(22) 申请日 2015.10.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107005020 A

(43) 申请公布日 2017.08.01

(30) 优先权数据
2014-210491 2014.10.15 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2017.03.10

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/054713 2015.10.08

(87) PCT国际申请的公布数据
W02016/060933 EN 2016.04.21

(73) 专利权人 朗美通经营有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州
专利权人 株式会社天田集团

(72) 发明人 M.H.明德尔 J.L.弗兰克

J.J.阿洛尼斯 K.乌苏达

M.奥加塔

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 张晓明

(51) Int.Cl.
H01S 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 201113219 Y, 2008.09.10
CN 101449401 A, 2009.06.03
CN 101689748 A, 2010.03.31
CN 102224606 A, 2011.10.19
JP 201493396 A, 2014.05.19
US 2014245051 A1, 2014.08.28
US 2013272331 A1, 2013.10.17
US 2013293941 A1, 2013.11.07

审查员 吴博

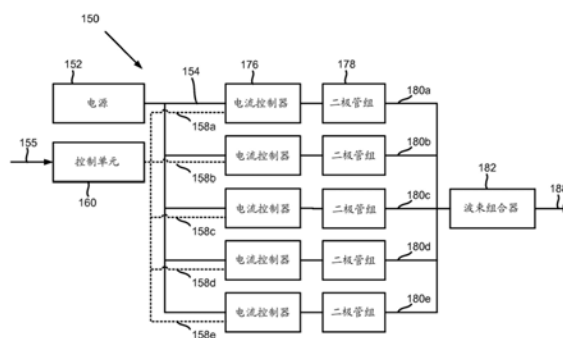
权利要求书4页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

激光系统以及调谐激光系统的输出功率的方法

(57) 摘要

提供一种用于包括二极管组中所布置的激光二极管的激光系统的功率控制方法。每个二极管组包括所述激光二极管中的至少一个,并且具有最大功率。所述方法包括:操作所述二极管组中的第一二极管组,以输出第一功率;以及同时操作所述二极管组中的其它二极管组,以输出其它功率,所述其它功率中的至少一个与所述第一功率不同。



1. 一种激光系统,包括:

二极管组,被配置为输出激光波束,所述二极管组中的每一个包括激光二极管;以及

控制单元,被配置为:

接收所请求的功率的指示;

基于所请求的功率需要从当前功率电平到不同功率电平的过渡,选择性地操作多个二极管组:

当所述不同功率电平小于过渡功率电平时,操作第一多个二极管组,或者

当所述不同功率电平大于过渡功率电平时,操作第二多个二极管组,

第二多个二极管组包括的二极管组的量多于第一多个二极管组中包括的二极管组的量;并且

在选择性地操作所述第一多个二极管组之后,当所请求的功率超过第一多个二极管组的最大功率时,操作第二多个二极管组;或者

在选择性地操作所述第二多个二极管组之后,当所请求的功率不超过第二多个二极管组的最小功率时,操作第一多个二极管组。

2. 如权利要求1所述的激光系统,其中,当所请求的功率等于所述二极管组中的第一二极管组的最大功率时,由所述第一二极管组输出的第一功率等于所述第一二极管组的最大功率,并且由所述二极管组中的第二二极管组输出的第二功率等于零。

3. 如权利要求1所述的激光系统,其中,所述二极管组中的每一个具有最大功率,所述激光系统具有等于所述二极管组的最大功率之和的系统最大功率,第一电流控制信号被配置为在比所述二极管组中的第一二极管组的最大功率的50%更宽的宽范围上调谐所述第一二极管组,并且其它电流控制信号被配置为在比所述二极管组中的第二二极管组的各个最大功率的50%更窄的受限范围上调谐所述二极管组中的所述第二二极管组。

4. 如权利要求3所述的激光系统,其中,所述宽范围包括所述第一二极管组的所述最大功率的40%至100%。

5. 如权利要求4所述的激光系统,其中,所述受限范围包括所述各个最大功率的70%至100%。

6. 如权利要求3所述的激光系统,其中,所述宽范围包括所述第一二极管组的所述最大功率的10%至100%。

7. 如权利要求3所述的激光系统,其中,所述二极管组之一的最大功率与所述二极管组中的另一个的最大功率不同。

8. 如权利要求3所述的激光系统,其中,所述第一二极管组的最大功率大于所述第二二极管组中的每一个的最大功率。

9. 如权利要求1所述的激光系统,其中,所述激光系统包括直接二极管激光器。

10. 如权利要求1所述的激光系统,其中,所述激光二极管包括单发射器激光二极管。

11. 如权利要求1所述的激光系统,其中,所述激光二极管包括多发射器激光二极管。

12. 如权利要求11所述的激光系统,其中,所述多发射器激光二极管包括激光二极管条和垂直腔表面发射激光器(VCSEL)阵列之一。

13. 如权利要求1所述的激光系统,其中,所述激光二极管包括于激光二极管模块中,每个模块包含具有空间组合式和偏振组合式中的至少一个的输出的至少两个激光二极管。

14. 如权利要求1所述的激光系统,包括耦合到激光增益介质的二极管泵浦激光系统,所述二极管泵浦激光系统的输出功率被配置为泵浦所述激光增益介质,其中,所述激光增益介质包括光纤激光器、碟形激光器、板条激光器、棒激光器、二极管泵浦固态激光器、拉曼激光器、布里渊激光器、光参量激光器或碱蒸气激光器之一。

15. 如权利要求1所述的激光系统,所述二极管组包括第一二极管组、其它二极管组以及至少附加二极管组。

16. 如权利要求1所述的激光系统,还包括温度控制特征,被配置为控制作为调制频率的函数的所述激光二极管的温度。

17. 如权利要求16所述的激光系统,其中,第一二极管组包括支撑结构,其上安装所述激光二极管,并且所述温度控制特征包括电阻性元件,耦合到所述支撑结构并且被配置为加热所述支撑结构。

18. 一种用于包括以二极管组布置的激光二极管的激光系统的功率控制方法,每个二极管组包括所述激光二极管中的至少一个并且具有最大功率,所述方法包括:

接收所请求的功率的指示;

基于所请求的功率需要从当前功率电平到不同功率电平的过渡,选择性地操作多个二极管组:

当所述不同功率电平小于过渡功率电平时,操作第一多个二极管组,或者

当所述不同功率电平大于过渡功率电平时,操作第二多个二极管组,

第二多个二极管组包括的二极管组的量多于第一多个二极管组中包括的二极管组的量;并且

在选择性地操作所述第一多个二极管组之后,当所请求的功率超过第一多个二极管组的最大功率时,操作第二多个二极管组;或者

在选择性地操作所述第二多个二极管组之后,当所请求的功率不超过第二多个二极管组的最小功率时,操作第一多个二极管组。

19. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,与所述二极管组中的第一二极管组相关联的第一功率包括待由所述激光系统输出的所请求的功率,并且与所述二极管组中的第二二极管组相关联的第二功率等于零。

20. 如权利要求19所述的功率控制方法,其中,操作二极管组以输出零功率包括:将小于所述激光二极管中的至少一个的阈值电流的电流施加到所述二极管组。

21. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,每个二极管组具有最大功率,激光系统具有等于二极管组中的每一个的最大功率之和的系统最大功率,在大于所述二极管组中的第一二极管组的最大功率的50%的范围上调谐所述第一二极管组,并且在包括小于所述二极管组中的第二二极管组的各个最大功率的50%的范围上调谐所述第二二极管组。

22. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述二极管组中的第一二极管组的范围包括第一二极管组的最大功率的0%至100%,并且在所述二极管组中的第二二极管组的各个最大功率的70%之上调谐它们。

23. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述二极管组中的第一二极管组的最大功率大于所述二极管组中的第二二极管组中的每一个的最大功率。

24. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述二极管组中的第一二极管组的最大

功率小于所述二极管组中的第二二极管组中的每一个的最大功率。

25. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:当所述激光二极管中的至少一些在所述二极管组的脉泵或调制操作之一期间关断时,加热它们。

26. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:仅在受限功率范围中操作所述二极管组中的二极管组的激光二极管,所述受限功率范围包括对应于所述激光二极管之一的标称功率的值。

27. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:在波长受控模式下操作所述激光二极管中的第一激光二极管,其中,第一激光二极管中的每一个操作在受限功率范围中。

28. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:在高亮度模式下操作所述激光二极管中的第一激光二极管,其中,所述第一激光二极管中的每一个仅在受限功率范围中可靠地生成高亮度输出。

29. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:在短脉泵模式下操作所述激光二极管中的第一激光二极管,其中,所述第一激光二极管中的每一个仅所述激光二极管的受限功率范围中在所指定的脉冲参数内可靠地脉泵。

30. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述二极管组中的特定二极管组中的每个激光二极管仅在受限功率范围之内以高电光效率进行操作,所述方法还包括:仅在所述受限功率范围内操作每个激光二极管。

31. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述激光系统包括直接二极管激光系统。

32. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中所述激光系统包括耦合到激光增益介质的二极管泵浦激光系统,所述方法还包括:通过所述二极管泵浦激光系统的输出来泵浦所述激光增益介质,并且所述激光增益介质包括光纤激光器、碟形激光器、板条激光器、棒激光器、二极管泵浦固态激光器、拉曼激光器、布里渊激光器、光参量激光器、或碱蒸气激光器之一。

33. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述激光系统具有可存取功率以及不可存取功率,所述方法还包括:如果所请求的功率包括不可存取功率之一,则选择性地:操作所述激光系统,以输出最接近所请求的功率的可存取功率;操作所述激光系统,以输出作为比所请求的功率更高的最小可存取功率的可存取功率;操作所述激光系统,以输出作为比所请求的功率更低的最大可存取功率的可存取功率;或操作所述激光系统,以输出零功率。

34. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:输出警告消息或错误状况信息之一。

35. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:如果在包括所述二极管组的调谐功率限制和所述二极管组的调谐功率范围之外的功率的范围上调制所请求的功率,则在所述功率调谐期间利用滞回,以减少所述二极管组中的二极管组的导通和关断实例。

36. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:对所述二极管组进行功率调谐,以输出所请求的功率,其中,功率调谐包括:周期性地改变导通以及关断所述二极管组的顺序,以减少所述二极管组的导通时间的失衡。

37. 如权利要求18所述的功率控制方法,还包括:对所述二极管组进行功率调谐,以输出所请求的功率,其中,功率调谐包括:均衡第一功率和第二功率,以促进所述激光二极管的均匀老化。

38. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述激光系统包括查找表或闭环反馈中的至少一个,并且所述方法还包括:利用所述查找表或所述闭环反馈中的至少一个,以对所述二极管组进行功率调谐。

39. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述激光系统包括查找表或闭环反馈中的至少一个,且所述方法还包括:周期性地更新所述查找表和所述闭环反馈的参数中的至少一个,以增加功率精度。

40. 如权利要求18所述的功率控制方法,其中,所述激光系统包括查找表或闭环反馈中的至少一个,并且所述方法还包括:周期性地更新所述查找表和所述闭环反馈的参数中的至少一个,以减少所述激光系统进行的输出功率的不连续性的实例。

激光系统以及调谐激光系统的输出功率的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 无。

技术领域

[0003] 本公开涉及激光系统以及操作激光系统的方法。更具体地说,本公开涉及用于调谐激光输出功率的方法和系统。

背景技术

[0004] 激光系统可以包括两个或更多个激光二极管的集合,要么作为输出激光辐射的直接源,要么作为用于二极管泵浦激光器(例如光纤激光器、碟形激光器、板条激光器、棒激光器、二极管泵浦固态激光器、拉曼激光器、布里渊激光器、光参量激光器或碱蒸气激光器)的泵浦。

[0005] 很多激光应用需要从近于零的功率上至最大功率的可调谐激光输出功率。在材料处理应用中,例如,对准或预处理或后处理步骤可能需要低功率电平,而高功率电平可以用于实际处理步骤(例如切割、焊接、钻探或刻划)。作为第二示例,在目的在于激光处理宽范围的材料类型或厚度的柔性机器中,特定应用可能需要比其它应用显著更低的功率。迄今,这些应用中所使用的多数激光器通过改变零至最大功率所需的电流之间的施加到激光二极管的电流来提供这种功率调谐,相等的电流施加到每个二极管。

[0006] 然而,生成激光功率的激光二极管可能在高功率范围内操作得最佳,因此在高功率范围内操作激光二极管可能是优选的。在这些情形中,可能并不可能或并不期望按从低功率跨越到最大功率的单独功率来操作激光二极管。

[0007] 在已知的功率调谐方法中,按恒定完全功率操作激光系统,并且使用下游的可变衰减器或调制器以衰减激光系统的输出。然而,这些衰减器或调制器在兴趣功率电平或操作波长处可能并非可用的或可靠的,并且如果可用,则可能对系统添加显著成本。此外,以此方式所实现的完全功率到较低功率电平的衰减或调制浪费能量。

[0008] 相应地,需要一种用于以能量高效方式提供宽功率调谐的低成本的可靠技术。

发明内容

[0009] 提供一种激光系统以及一种用于控制所述激光系统的功率控制方法,在一个实施例中,所述激光系统包括:二极管组,被配置为输出激光波束,所述二极管组中的每一个包括激光二极管,并且所述二极管组包括第一二极管组和其它二极管组;电流控制器,被配置为接收与所述二极管组中的每一个对应的电流控制信号,并且基于此而使得电流能够流到所述二极管组;以及控制单元,被配置为接收所请求的功率的指示,并且基于此而生成所述电流控制信号,所述电流控制信号包括:第一电流控制信号,用于控制所述第一二极管组以输出第一功率;以及其它电流控制信号,用于控制所述二极管组中的所述其它二极管组以输出其它功率,所述第一功率与所述其它功率中的至少一个不同。

[0010] 在该实施例的变形中,所述控制单元进一步被配置为仅在受限功率范围内操作所述二极管组中的二极管组,所述受限功率范围包括所述激光二极管之一的标称功率。在该实施例的一个方面中,所述控制单元进一步被配置为在波长锁定模式下操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个操作在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中,其中,所述激光二极管仅在所述受限功率范围中可靠地锁定。在该实施例的另一方面中,所述控制单元进一步被配置为在波长受控模式下操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个操作在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中,因此生成与在所述受限功率范围之外操作所述激光二极管相比更窄的发射带,所述更窄的发射带与所述受限功率范围对应。在该实施例的另一方面中,所述控制单元进一步被配置为在高亮度模式下操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个仅在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中可靠地生成高亮度输出,其中,在高亮度模式下进行操作包括:仅在所述受限功率范围内进行操作。在该实施例的又一方面中,所述控制单元进一步被配置为在短脉泵模式下操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个仅在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中在所指定的脉冲参数内可靠地脉泵,其中,在短脉泵模式下进行操作包括:仅在所述受限功率范围内进行操作。在该实施例的再一方面中,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个仅在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围之内以高电光效率进行操作,所述控制单元进一步被配置为仅在所述受限功率范围内操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个。

[0011] 在一个实施例中,提供用于包括二极管组中所布置的激光二极管的激光系统的功率控制方法,每个二极管组包括所述激光二极管中的至少一个并且具有最大功率,并且所述方法包括:操作所述二极管组中的第一二极管组,以输出第一功率;以及同时操作所述二极管组中的其它二极管组,以输出其它功率,所述其它功率中的至少一个与所述第一功率不同。

[0012] 在该实施例的变形中,所述功率控制方法还包括:在受限功率范围中操作所述二极管组中的二极管组的激光二极管,所述受限功率范围包括所述激光二极管之一的标称功率。在该实施例的一个方面中,所述方法包括:在波长锁定模式下操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个操作在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中,其中,所述激光二极管仅在所述受限功率范围中可靠地锁定。在该实施例的另一方面中,所述方法包括:在波长受控模式下操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个操作在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中,因此生成与在所述受限功率范围之外操作所述激光二极管相比更窄的发射带,所述更窄的发射带与所述受限功率范围对应。在该实施例的另一方面中,所述方法包括:在高亮度模式下操作所述二极管组中的所述

其它二极管组的激光二极管,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个仅在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中可靠地生成高亮度输出,其中,在高亮度模式下进行操作包括:仅在所述受限功率范围内进行操作。在该实施例的又一方面中,所述方法包括:在短脉泵模式下操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个仅在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中在所指定的脉冲参数内可靠地脉泵,其中,在短脉泵模式下进行操作包括:仅在所述受限功率范围内进行操作。在该实施例的再一方面中,其中,所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个仅在包括所述激光二极管的标称功率的所述激光二极管的受限功率范围中内以高电光效率进行操作,所述方法还包括:仅在所述受限功率范围内操作所述二极管组中的所述其它二极管组的激光二极管中的每一个。

附图说明

- [0013] 参照附图,现将参照附图仅通过示例的方式描述本公开的实施例,其中:
- [0014] 图1是包括激光系统的激光加工装置的框图;
- [0015] 图2是描述图1的激光系统的二极管组的组件的示意图;
- [0016] 图3是描述激光系统的另一实施例的组件的框图;
- [0017] 图4是描述激光系统的另一实施例的组件的框图;
- [0018] 图5是描述功率调谐方法的另一实施例的图线;以及
- [0019] 图6是描述本公开中所阐述的功率调谐方法的另一实施例的流程图。

具体实施方式

[0020] 以下所描述的实施例仅为示例,而非意图将本发明限制为所公开的精确形式。另外,关于描述而选择实施例,以使得本领域技术人员能够实践本发明。

[0021] 在此提供一种激光系统以及一种操作所述激光系统的方法。激光系统包括激光二极管组。每个组包括至少一个激光二极管,并且可以包括串联的多个激光二极管。在激光系统的一个实施例中,控制单元单独控制进入组中的每一个的电流流量,以调谐激光系统的输出功率。在一个变形中,组中的至少一个受控,以生成零输出功率,以减少激光系统的输出功率。在另一变形中,组并非是单独地可调谐的,并且成群组地受控,其中,群组成员均生成预定输出功率(输出功率单独对于每个组是预定的),以提供分立式功率调谐。在另一变形中,在受限输出功率范围上单独地调谐组。在一个示例中,组之一在宽输出功率范围上是功率可调谐的,并且其它组在受限输出功率范围上是功率可调谐的。在另一示例中,组之一具有比其它组更大的输出功率容量。在另一示例中,组之一具有比其它组更小的输出功率容量。

[0022] 如在此所使用的那样,术语“导通”和“关断”指代二极管组的输出状态。二极管组可以通过将大于或等于激光发射所需的阈值电流的电流施加到二极管组而得以导通,并且当导通时具有大于零的输出功率。反之,即使电流提供给二极管组,如果电流小于激光发射所需的阈值电流,则二极管组也可能关断,并且当关断时具有实质上等于零的输出功率。

[0023] 如在此所使用的那样,术语“调谐”指代调节二极管组或激光系统的输出功率。“可

调谐”二极管组可以关断,或当导通时按其调谐范围内的输出功率进行操作。调谐范围可以是受限的或窄的。“不可调谐”二极管组可以关断或导通,并且当导通时可以操作为生成预定的固定输出功率。预定输出功率可以是标称输出功率、优化输出功率、最大输出功率或任何其它预定输出功率。通过操作不可调谐组、可调谐组及其组合,在此所提供的激光系统可以是可调谐的。

[0024] 在工业材料处理应用(例如片材金属切割和焊接)中,期望保持处理的每单位长度的恒定能量。在这些运动控制系统中,取决于切割物/焊接物的形状,切割/焊接头必须加速并且减慢。甚至在直线切割中,头速度将服从梯形曲线——加速上至某最大切割速度并且然后在结束时减速。为了保持每单位长度的恒定能量,当头正以小于完全速度移动时,激光器的输出功率必须小于完全功率。例如,平均功率可以与头速度成正比。脉泵操作和减少的瞬时/峰值功率的组合可以用于调谐与切割/焊接头速度有关的输出功率,例如,以在控制与头速度有关的脉冲速率的同时通过每个脉冲传送相等量的能量。因此,甚至当按恒定或受限范围输出功率操作二极管组时,在各个控制参数可以用于根据期望调谐输出功率的同时,输出功率的动态控制是期望的。

[0025] 图1是适合于工业材料处理应用的激光加工系统10的框图,并且可以包括在此所阐述的并且根据本发明的激光系统的实施例。激光加工系统10包括激光系统12,具有工作头14,其传送激光波束16以加工工件18。工作头14安装在编程为将激光波束16定向在期望的图案(例如切割或雕刻图案)上的X-Y机架(未示出)上。激光系统12包括多个二极管组20,二极管组20中的每一个将激光波束22提供给波束组合器24。图2描述示例二极管组20。波束组合器24以本领域公知的或未来开发的任何方式组合波束,并且将所组合的波束26输出到工作头14。每个激光波束22具有控制单元30所调节的输出功率。在一个示例中,控制单元30将电源32所提供的功率调节为进入多个二极管组20的多个电流流量,每个电流流量单独地受控于控制单元30,以使得二极管组20经由激光波束22产生期望的输出功率。可以提供冷却系统34,以使得冷却液体循环通过二极管组20,以将它们的温度保持在期望的范围内。以下参照图4描述根据本发明的示例控制单元。

[0026] 根据本发明的适合于工业材料处理应用的激光系统的一个特定示例包括单发射器芯片上的多模边沿发射器,均产生上至大约10W输出功率。在该示例中,十四个这样的单发射器安装在每个封装中,串联地焊接,其中,大约140W的输出耦合到一根输出光纤中。每个组包括串联地焊接的三个二极管封装或模块。在每二极管大约1.8V的典型二极管压降的情况下,每个封装具有大约25V的总压降,并且因此,每个组按大约75V进行操作。并联地焊接的五个单独可控制的组可以用在系统中,提供总共十五个140W封装,以用于2.1kW的总共可用的激光二极管功率。十五根输出光纤可以耦合到通向工件的一根更大的功率传送光纤中或光纤激光器的泵浦输入端口中。

[0027] 适合于在此所公开的实施例中使用的示例激光二极管包括单横模或多模的二极管类型和封装类型(例如边沿发射器或垂直腔表面发射激光器(VCSEL))的任何各种组合。二极管芯片可以包括每半导体芯片一个发射器(单发射器芯片)或每芯片多个发射器(例如二极管条、VCSEL阵列)。芯片可以在一个封装内部封装有一个或多个单发射器芯片或在一个封装内部封装有一个或多个多发射器芯片。从二极管封装或组输出的激光可以在光纤中传送或作为自由空间波束传送。

[0028] 为了生成二极管组的激光输出,组合二极管组内的芯片输出。从大功率单发射器发射的光典型地是高度不对称的,产生长的并且薄的发射孔径。这些激光器所发射的光波束在(与主p/n结垂直的)其“快轴”上具有比在(与有源层平行的)其“慢轴”上远更高的亮度。光纤通常具有实质上圆形或多边形截面以及实质上对称的接受角度。为了获得最高亮度,来自多个单发射器二极管激光器的光波束耦合到在其快轴方向上堆叠的单根光纤中。例如,通过在快轴方向上堆叠单独激光波束,在慢轴上具有100微米(μm)孔径宽度的3-10个单独激光发射器的阵列可以耦合到具有105 μm 直径和0.15NA(数值孔径)的光纤中。

[0029] 由于激光二极管发射典型地是偏振式的,因此偏振波束组合可以用于将两个单发射器阵列所发射的光耦合到单根光纤中,由此使得输出波束的功率和亮度加倍。这种激光波束组合的一个示例包括通过所堆叠的来自两个激光器阵列的波束的偏振复用来对相等偏振的激光波束二者进行空间堆叠。在一个示例中,两行激光二极管位于上部等级上,并且两行准直透镜位于中间等级上。光波束受透镜准直,并且然后受位于下部等级上的两行垂直间隔棱镜反射,以形成两个垂直堆叠的波束,这是使用偏振波束组合器(PBC)和半波板所组合的偏振。

[0030] 在另一示例中,第一行和第二行激光二极管按其之间具有横向间隔的交错式布置得以部署。该示例描述于2013年4月23日发布的美国专利No.8,427,749中的附加细节中,其通过其完整引用合并到此,并且参照图2中的二极管组20得以进一步描述。

[0031] 现参照图2,示例二极管组20包括多个二极管激光光子系统40a-f,均包括二极管激光器42、快轴准直器46、慢轴准直器48以及转向反射器50。二极管激光光子系统40a-c生成在公共平面A上垂直对准的并且垂直地交错的平行波束,从而来自一个子系统的波束不横穿公共平面上对准的其它子系统的光学分量。在公共垂直平面B上相似地布置并且对准二极管激光光子系统40d-f。二极管组20还包括被布置为将来自子系统的激光波束组合为由输出光纤68传送的激光波束22的光器件元件。示例光器件元件包括偏振转换器60、折叠镜62、偏振波束组合器64以及耦合光器件68。

[0032] 在激光系统以及用于控制激光系统的功率控制方法的另一实施例中,激光系统包括被配置为输出激光波束的二极管组,二极管组中的每一个包括激光二极管,并且二极管组包括第一二极管组和其它二极管组。激光系统还包括控制单元,被配置为接收所请求的功率的指示,并且基于此而生成电流控制信号,电流控制信号被配置为控制处于第一功率的第一二极管组以及处于其它功率的其它二极管组,第一功率与所述其它功率中的至少一个不同。接收所请求的功率的指示包括:以本领域公知的任何方式接收包括期望的输出功率的值的数字信号或模拟信号。基于此而生成电流控制信号包括:选择待由二极管组中的一个或多个输出的所请求的功率的量。以下描述选择二极管组以及待由它们中的每一个输出的功率的若干方式。在一个示例中,控制逻辑编程为选择最大功率超过所请求的功率的最少数量的二极管组。因此,如果每个组具有120瓦特的最大容量,并且需要580瓦特,则控制逻辑选择5个组。如果各组被配置为仅按一个功率电平(例如最大功率)进行操作,则控制逻辑可以操作所有5个组以输出600瓦特。如果组中的每一个可以操作在例如从它们的最大功率的70%到100%可调谐的受限功率范围中,则控制逻辑可以按116瓦特操作5个组中的每一个,因此在相等地加载每个组的同时满足要求。如果多数组被配置为仅按一个功率电平进行操作,并且至少一个组在其最大范围的至少50%上是可调谐的,则控制逻辑可以按

最大功率操作4个组,并且按100瓦特操作可调谐组,因此满足要求。在一些实施例中,当少于所有的组受操作时,通过跟踪使用情况并且每次使用激光系统就选择具有比其它组更少的导通时间的组,选择操作减少组中的每一个的使用寿命或导通时间方面失衡,因此增强激光系统的寿命。激光系统中可以包括可以取决于如何配置激光系统而使用的各种逻辑例程。配置文件可以包括于控制单元中,并且当选择激光系统的模块化单元时或当选择应用激光系统时受修改。配置文件可以规定用于二极管组的调谐范围、最大功率以及以下所描述的任何其它配置或调谐参数。

[0033] 在功率控制方法的实施例中,所述方法包括:操作所述二极管组中的第一二极管组,以输出第一功率;以及同时操作所述二极管组中的其它二极管组,以输出其它功率,所述其它功率中的至少一个与所述第一功率不同。如上所述,第一二极管组可以是可调谐的,而其它二极管组(它们中的至少一些)可以是按单个功率输出可操作的。在另一示例中,第一二极管组在宽功率范围上是可调谐的,而其它二极管组中的至少一些在受限范围上是可调谐的。在另一示例中,二极管组按单个输出功率是可操作的,但它们之一具有比其它二极管组更小的最大功率,因此使用在单个输出功率的情况下或在受限输出功率范围的情况下可操作的二极管组来改进激光系统的可调谐性。现将参照图3-图6描述前面段落和其它段落中所概述的实施例的变形。

[0034] 图3和图4是描述激光系统的两个实施例的框图。参照图3,激光系统150包括电源152、控制单元160和五个电流控制器176。所请求的功率的指示经由信号传导部155发送到控制单元160。如在此所使用的那样,“所请求的功率”指代待由激光系统150输出的功率的量或电平。虽然在五个电流控制器和五个二极管组的上下文中描述该实施例,但应理解,取决于电流控制器和二极管组的容量以及激光系统的期望容量,可以使用更多或更少的电流控制器和二极管组。电流控制器176中的每一个通过功率传导部154电耦合到电源152,并且通过信号传导部158a-e之一电耦合到控制单元160。参照图4详细描述示例控制单元160。每个电流控制器176使得电流能够流到二极管组178,从而二极管组178输出控制单元160所确定的并且经由信号传导部158作为用于电流控制器176的电流控制信号所发送的功率的量。因此,每个二极管组178可以输出控制单元160所确定的与二极管组178中的任何其它二极管组相同或不同的功率的量。每个二极管组178包括对激光二极管输出到传送光纤180a-e的辐射进行引导、成形以及巩固的耦合光器件。参照图2公开了示例性耦合光器件。传送光纤180a-e将二极管组178中的每一个连接到波束组合器182,其中,波束组合为输出光纤188所传送的系统波束。示例性电流控制器包括具有反馈组件的电流源,被配置为基于经由信号传导部所发送的电流控制信号而保持恒定的电流输出。在该实施例中,每个信号传导部158a-e将电流控制信号提供给不同的二极管组。激光系统的输出功率是二极管组的各输出功率之和。

[0035] 参照图4,激光系统150' 运作为激光系统150,并且按模块化单元170a-e得以布置,每个模块化单元包括电源172、电流控制器176以及二极管组178。控制单元160确定待由模块化单元170a-e中的每一个输出的功率电平。在一个示例中,模块化单元170a-e中的每一个包括十四个单发射器二极管。虽然本公开指代五个模块化单元,但二极管组中的模块化单元和激光二极管的数量可以变化,以实现期望的功率电平。因此,系统150' 是容易地分级的。在该实施例的一个变形中,激光系统150' 包括10至30个之间的模块化单元。

[0036] 波束组合器182可以包括被布置为以本领域公知的各种技术来组合波束的光学元件。一种技术包括空间波束组合。先前参照图2提出了使用自由空间光器件以组合波束的示例空间波束组合技术。另一示例空间波束组合技术可以使用熔接式光纤组合器。又一技术包括使用例如短脉泵式二极管和快速光开关的时间组合。也可以通过组合来应用前述技术以及在此所描述的任何其它技术。例如,图2描述包括偏振组合的空间波束组合。再一技术包括波长组合(又称为波分复用),其中,例如,模块化单元170a-e可以可能地在波长锁定操作或波长受控操作中操作在不同的波长处,并且衍射光栅或薄膜光纤阵列可以用于组合不同的波长。在两个或更多个源受波长复用的情况下,将通过每个源的输出有多少处于期望的波长带中来确定耦合效率。因此,复用器的所组合的输出功率将是不仅每个源输出功率的函数,而且还是耦合效率的函数,并且因此直接取决于每个源的谱特性。如果每个源的谱特性例如归因于自身加热而导致作为时间的函数而改变,则所组合的输出功率将展现时间特性。普通臆像将是归因于稳定每个源的谱特性所需的时间而导致的所组合的光学输出功率上升时间方面的增加。

[0037] 用于源实现波长稳定性的时间将取决于其受操作得有多接近其标称输出功率。例如,在波长锁定的二极管激光器的情况下,如果激光二极管按其优化/标称功率的100%操作,则波长将比如果其按其优化/标称输出功率的50%操作更快地锁定。因此,具有按源的标称输出功率的100%操作的 n 个源的系统中的源(例如发射器或激光二极管)将比具有按源的标称输出功率的50%操作的 $2*n$ 个源的不同系统中的源更快地波长锁定。在全都另外相等的情况下,具有 n 个源的系统将展现所组合的输出功率的较短上升时间。在激光受调制的系统中,缓慢波长锁定的上升时间影响可能是在激光可以多快地受调制方面的限制因素。因此,将操作功率限制为接近优化/标称输出功率的范围将产生更高的可能调制速率。在一个实施例中,在宽范围(例如从二极管组的最大功率的0%到100%)上所调谐的二极管组实现大于(即,慢于)80微秒的上升时间。通过在包括二极管组的最大功率的70%至100%的受限范围中调谐二极管组,上升时间可以减少到40微秒或更小,提供强波长锁定,至少50%的改进。取决于调制频率,40微秒的改进可以转译为输出功率的1-5%增加。更优选地,在仍保持调谐能力的同时,该范围可以进一步受限,以实现25微秒或更少的上升时间。当然,通过特定二极管组可实现的实际上升时间和调谐范围将受其它变量(包括激光系统的温度)影响。

[0038] 在一些实施例中,受调制的激光系统包括温度控制特征,以控制激光二极管的温度。二极管组可以包括液冷式冷却板,其上安装二极管激光器。工作液体通常按预定恒定流速和当激光二极管受操作以生成连续波时足以保持激光二极管的期望温度(例如30℃)的温度流动通过冷却板。当激光系统的调制频率或占空周期减少时,激光二极管所生成的热量降低。如果保持预定流速和温度,则将提取比所生成的更多的热量,使得温度下降得小于期望温度。此外,当将激光二极管调制得小于100%占空周期时,可能期望保持较高的期望温度(例如40℃)。示例温度控制特征包括电阻性元件,具有反馈传感器,其将反馈提供给构造为将二极管组的温度保持在期望等级的温度控制逻辑。电阻性元件可以包括阻性层、陶瓷电阻器或任何其它已知的电阻性元件。温度控制逻辑可以包括将调制频率与使得二极管组的温度上升到期望温度(其作为调制频率的函数可以是可变的)所需的加热的量进行相关的表。可以按经验或通过能量平衡模型来确定相关性。一旦设置调制频率,就将所相关的

电流的量提供给电阻性元件,以加热冷却板。

[0039] 另一示例温度控制特征包括流量控制和温度控制逻辑,构造为将作为调制频率的函数的二极管组的温度保持在期望等级。一旦设置调制频率,温度控制逻辑就减少工作液体的流速,以增加冷却板的温度,并且反之亦然。可以使用可变流量阀来减少流量,以使得一些工作液体偏转离开冷却板。可以通过控制泵浦通过冷却板的工作液体的泵浦的占空周期或速度来替代地减少流量。在另一变形中,可以通过增加被配置为冷却流动到二极管组中的每一个的工作液体的激冷器的设置点温度而在系统级增加工作液体的温度。

[0040] 在一些实施例中,可以提供反馈传感器184,以感测系统参数,并且经由反馈传导部186将其发送到控制单元160。控制逻辑162包括闭环反馈部分,以比较所预测的系统参数的值和所感测的系统参数,并且根据反馈参数(例如比例参数、积分参数和/或微分参数)来调整电流电平以补偿差异。示例系统参数包括波束强度、温度、功率和电流。可以在每个电流控制器的输出处测量电流。

[0041] 控制单元160包括构造为实现在此所描述的控制方法的控制逻辑。在此所使用的术语“逻辑”包括在一个或多个可编程处理器、专用集成电路、现场可编程门阵列、数字信号处理器、硬引线逻辑或其组合上执行的软件和/或固件。因此,根据实施例,各个逻辑可以通过任何适当的方式得以实现,并且将根据在此所公开的实施例保存。在一个变形中,控制单元160包括数模转换器(DAC),被配置为输出与数字值对应的模拟控制信号。控制单元160还包括描述地址与电流电平之间的关系的嵌入式随机存取存储器(RAM)查找表164a-e。每个表与一个DAC对应。每个地址与输出功率电平对应。因此,对于所给定的所需功率,地址的选择标识用于每一DAC的对应电流电平。以此方式,(所输入的或所要求的功率范围上的)每个单独组的电流简档是无限灵活的,使得能够根据任何期望的控制算法或逻辑(包括在此所描述的控制算法或逻辑)进行操作。表可以由用户手动地填写,或使用基于固件和/或可编程逻辑的程序自动地填写。由于DAC的刷新率远快于电流调节器电路的固有上升/下降时间,因此除非出于光学原因,否则无需在连续波(CW)操作与脉泵/调制操作之间区分或使用不同算法。操作电流将简单地在调节器电路的上升/下降能力内“跟踪”所请求的功率信号(即,跟随它们的各个编程简档)。可以通过在所请求的功率信号或反馈信号上提供死区以减少电流变化来增加稳定性。死区可以是用户可编程的,以用于增加的灵活性,由此允许用户确定滞回的量。可以在任何时间重写表,允许高程度的灵活性和定制化。可以周期性地更新表和闭环反馈的参数,以减少激光系统进行的输出功率的不连续性的实例。例如,当二极管组导通或关断时,不连续性可能产生。可以调谐电流以考虑响应时间和其它因素,以调整何时导通以及关断二极管组,以减少不连续性的实例。也可以周期性地更新表和闭环反馈的参数,以增加激光系统的功率精度。可以通过减少所请求的功率与激光系统的输出功率之间的误差来增加功率精度。表和参数可以随着时间而改变,以考虑激光二极管的老化以及减少功率精度的其它因素。

[0042] 根据调谐方法的一个实施例,例如,由用户或包括激光系统的机器选择所请求的功率电平。控制逻辑162经由信号传导部155接收所请求的功率的指示,并且从表164a-e读取对应电流电平。控制逻辑162然后将电流电平传递到DAC,其将模拟电流信号输出到电流控制器176,电流控制器176进而将来自电源152、172a-e的功率调节为具有用于二极管组178的期望电平的电流。二极管组的功率可以因此受调节或调谐。在一些实施例中,功率受

调谐,以仅在受限功率范围内操作二极管组。应理解,最大操作功率的100%与大于二极管组的标称功率的100%对应,因此,最大功率的70-100%范围包括标称功率。二极管组的示例受限功率范围包括以下范围:包括最大功率的50-100%的范围、包括大于标称功率的70%的范围、包括标称功率的90-110%的范围、以及与给定的二极管组 and 操作方法兼容的任何其它范围。可以调谐二极管组的功率的范围称为“可存取功率”,并且该范围之外的功率称为“不可存取功率”。取决于激光系统的结构,所请求的功率可以是可存取的(即,激光系统可以受调谐,以提供所请求的功率)或不可存取的(即,激光系统仅可以提供多于或少于所请求的功率,因为不存在可以提供所请求的功率的二极管组和受限功率范围的组合)。如以下参照图5所讨论的那样,例如,系统中的二极管组的组合可以是在系统的最大输出功率的28-40%之间可调谐的,并且另一组合可以是在42-60%之间可调谐的。因此,用于这些组合的系统的可存取功率包括28-40%以及42-60%,并且系统的不可存取功率包括41%。

[0043] 在该实施例的一个变形中,激光二极管中的至少一些在零调谐范围的情况下受操作,即,受操作为当导通时生成预定输出功率并且当关断时生成零输出功率。在 $N=5$ 个组并且全都是不可调谐的情况下,可存取功率电平将是20%、40%、60%、80%和100%。然而,这种程度的粗略功率可调谐性对于很多应用是足够的。表1描述在所有二极管组具有相同功率容量的配置中使用表164a-e的粗略或分立式可调谐性的示例。为了说明的目的,用于二极管组中的每一个的功率电平描述为容量的百分比。

[0044] 表1:

系统可存取功率 (%)	表地址:	二极管组的输出功率				
		表 164a (组 1)	表 164b (组 2)	表 164c (组 3)	表 164d (组 4)	表 164e (组 5)
20	0001	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
40	0002	100 %	100 %	0 %	0 %	0 %
60	0003	100 %	100 %	100 %	0 %	0 %
80	0004	100 %	100 %	100 %	100 %	0 %
100	0005	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

[0046] 在该实施例的该变形的另一方面中,控制逻辑被配置为通过周期性地改变组导通的顺序而在系统级优化二极管寿命,其工作以均衡或减少各组之间的导通时间的失衡,防止任何特定组比其它组累计更多的导通时间。“周期性地”可以表示基于时间的时段或事件(例如,在每一上电周期时)。在一个变形中,表164a-e包括附加地址和电流,其被配置为关于不同的所请求的功率而对操作哪个组进行循环。例如,当期望20%输出功率时,控制逻辑162可以被配置有编程为操作模块化单元170b而非操作模块化单元170a的地址。可以提供索引逻辑,以例如通过按模块化单元的数量增加给定的功率电平的地址而在激光系统的每次启动之后索引地址。

[0047] 在该实施例的另一变形中,组之一具有比其它组更低的标称功率或输出容量。在一个示例中,具有最低标称功率的组具有其余组的标称功率的一半。因此,在 $N=5$ 个组的情况下,可存取功率电平变化达最小容量组的容量,如表2所示。表164a-e可以用于对调谐算法进行编程。还应理解,根据本公开,任何程序或算法或逻辑以其任何形式可以用于对二极

管组的操作进行编程。

[0048] 表2:

[0049]	半功率组导通/ 关断	完全功率组导 通的数量	可存取功率
	导通	0	11.1 %
	关断	1	22.2 %
[0050]	导通	1	33.3 %
	关断	2	44.4 %
	导通	2	55.6 %
	关断	3	66.7 %
	导通	3	77.8 %
	关断	4	88.9 %
	导通	4	100 %

[0051] 根据调谐方法的另一实施例,二极管组178中的至少一些操作在受限功率范围中。每个二极管组可以关断,或在二极管组的受限功率范围内按单独化的功率电平操作。每个组优选地包括串行有线连接并且可由一个电流控制器控制的多个二极管,因此确保组中的所有二极管总是通过相同量的电流受驱动。组可以优选地并行引线连接到彼此,并且受一个或多个直流(DC)电源驱动。

[0052] 对于二极管操作的一些特定条件或一些特定二极管设计,在受限功率范围内操作二极管组的二极管是尤其重要的。波长锁定操作是一个示例。在此,问题在于,激光二极管增益材料的谱增益峰值典型地具有强的温度依赖性;对于800-1000nm范围中的基于GaAs的激光二极管,例如,增益峰值具有大约0.3nm/°C的温度系数。在该激光二极管的典型高功率操作中,二极管芯片的温度在30-40°C的量级上上升,因此产生大约9-12nm的增益峰值的波长的偏移。另一方面,在例如小于最大功率的10%的低功率操作中,温度上升得小于大约3°C,并且增益峰值仅偏移大约1nm或更小。在非锁定的激光二极管中,这种增益偏移不是问题;激光二极管典型地在所有情况下在近似增益峰值处发射激光,并且因此,关于对于在高功率处的940nm操作所指定的激光二极管,输出波长仅随着功率而从例如在低功率处的大约930nm变化为在高功率处的大约940nm。这种变化在大量应用中不是问题。

[0053] 然而,在其它应用(例如二极管泵浦固态(DPSS)激光器的窄线泵浦以及直接激光二极管的波分复用)中可能需要1-2nm或更好的量级上的波长控制,并且在这些情况下,色散元件(例如光栅)典型地加入激光二极管腔,以强制在期望的固定波长处发射激光。光栅可以直接刻写在芯片上,如在分布式反馈(DFB)激光器和分布式布拉格反射器(DBR)激光器的情况下那样;或其可以处于芯片的外部,如在体布拉格光栅(VBG)、光纤布拉格光栅(FBG)或体光栅(例如透射光栅)的情况下那样。这些光栅具有比GaAs远更低的温度系数,并且因此,典型地提供1-2nm或更小的波长控制。然而,二极管的增益峰值必须仍精确地匹配光栅

所限定的期望的激光发射波长;如果在高功率处按设计而情况如此,则在低功率处,增益峰值将归因于温度变化而从激光发射波长移位达10nm的量级上。在GaAs激光器中,增益峰值自身处于10-20nm宽的量级上,从而该偏移相对于增益峰值的宽度是十分显著的。如果要求激光器保持锁定在低功率处,则为了光栅将激光发射波长从增益峰值“拉动”到光栅波长,必须使用比另外本应必要的更高的光栅强度。这种更高的光栅强度使得更多激光功率偏转回到用于锁定的激光器中,而非将其提供为有用的输出功率,导致比倘若不必确保锁定在低功率处那么本应必须的在高功率处更低的输出功率和更低的效率。因此,在锁定范围(并且因此操作功率范围)与输出功率/效率之间存在折衷。如果二极管的可允许的操作功率受限为例如最大功率的70%至100%,则增益峰值将调谐达大约 $30\% \times 10\text{nm} = 3\text{nm}$,这相对于增益峰值的宽度是小的,并且因此将对可靠的锁定所需的光栅强度鲜有影响。使用均在受限输出功率范围内操作或关断的多个独立电流受控二极管组可以从激光系统提供具有减少的归因于温度变化的波长偏移的宽范围的总输出功率,因此生成与在受限输出功率范围之外操作激光二极管以生成相同的总输出功率相比更窄的发射带。

[0054] 有关示例是激光二极管的波长受控(但非锁定)操作。在此,允许二极管在没有波长锁定机制的情况下操作在增益峰值所确定的其自然波长处,从而随着功率从零调谐到最大功率,输出波长对于GaAs二极管可以变化达例如9-12nm的量级上。将激光二极管的操作功率范围限制为例如最大值的70%-100%的范围将输出波长变化减少到大约3nm。虽然这种程度的波长控制并非如波长锁定所启用的那样严格,然而,这是对于特定泵浦应用(例如,泵浦Yb:玻璃)并且对于直接二极管激光器中的粗波分复用的有用改进。使用均在受限输出功率范围内操作或关断的多个独立电流受控二极管组可以在总系统输出功率的更宽范围上从激光系统提供比从每个二极管组操作为在总系统输出功率的相同(更宽)范围上生成相同输出功率的相似激光系统是可能的更一致的热透镜强度。

[0055] 相似地,可以关于接近特定操作电流的高亮度操作而优化一些二极管。此外,关于该优化的基础实质上是热量;激光二极管典型地在产生热传感的高功率操作中生成横向热梯度。激光二极管可以设计有横向芯片设计,其在与特定输出功率电平对应的特定热透镜强度处产生特定横模质量。然而,在低功率处,热透镜强度下降到接近零,从而将观测到不同的模式质量。如果在高功率处关于期望的模式质量而优化二极管,则其可能在低功率处具有更差的或不可接受的模式质量,例如,将不良耦合效率带入光纤耦合激光二极管系统中的光纤中。因此,在这些激光二极管中可能有利的是,将操作功率范围限制为完全范围的子集,例如,将功率范围限制为最大功率的70%至100%、标称功率的70%至100%、或任何其它期望的范围。

[0056] 短脉泵激光二极管是可以受益于在受限功率范围内进行操作的二极管的另一示例。Q开关、增益开关以及锁模例如是典型地通过使用激光速率方程组和光学非线性的特性从激光二极管生成纳秒或更短的脉冲的技术。这些效应直接取决于操作功率,并且也可能取决于芯片温度。因此,可能按受限功率范围之外的功率操作这些二极管并非可能或可靠的。

[0057] 关于在受限功率范围内操作二极管的动机的一个最新示例将是针对对于高效率所优化的二极管。对于在所指定的操作功率处或接近所指定的操作功率的优化的电光转换效率而设计特定激光二极管。因此,为了系统实现优化的总体效率,优选的是,这些二极管

并不在受限功率范围之外进行操作。

[0058] 因此,在这些应用(波长锁定、高亮度操作、短脉泵以及高效率)中,已经示出在受限功率范围中操作单独激光二极管可以是有利的。同样期待存在其它这些应用或情况。因此有利地通过关断一些二极管并且在一些二极管的受限功率范围内操作它们来得到获得包括很多这样的激光二极管的系统的宽功率调谐。

[0059] 现将参照图5和图6描述受限功率范围调谐方法的实施例。通常,如果存在N个二极管组,并且可以从最大功率的X%到100%操作二极管,则通过按一个组的最小可允许功率来运行它而获得系统可以生成的最小非零功率,产生总系统最大功率的X/N%的总功率。可以通过将该组的功率提升上至完全功率而从该功率向上调谐功率,并且然后通过导通第二组、然后第三组(依此类推)来超越该功率。

[0060] 在该实施例的一个变形中,二极管组中的每一个具有相同的标称功率,并且每个组中的二极管可以操作在表示为最大功率的X%的相同受限范围中。现将参照图5描述该变形,图5是基于操作中的二极管组的数量而表示输出功率的条形图。在该示例中, $X=70\%$ 并且 $N=5$ 。在一个组导通的情况下的系统输出功率将处于 $70\%/5$ 或 14% 与 $100\%/5$ 或 20% 之间,如图5中的条形190所示。在两个组的情况下,系统功率范围是 $28-40\%$,如条形192所示。在三个组的情况下,系统功率范围是 $42-80\%$,如条形194所示。在四个组的情况下,系统功率范围是 $58-80\%$,如条形196所示。在五个组的情况下,系统功率范围是 $70-100\%$,如条形198所示。当功率范围重叠时,如在条形194和196与196和198之间的情况那样,可以操作三个组、四个组以及五个组在例如从 42% 到 100% 的连续范围中调节输出功率。

[0061] 当功率范围不重叠时,一些功率电平可能是不可存取的。倘若机器应用或用户请求不可存取的功率电平,那么可以在控制单元中对适当响应进行编程。示例适当响应包括:提供最接近的可存取功率电平(其可以高于或低于所请求的功率电平),提供下一更高的可存取功率电平,(c)提供下一更低的可存取功率电平,(d)提供零功率,和/或提供警告或错误消息。

[0062] 当功率范围重叠时,多个组可以用于提供所请求的功率电平。在以上示例中,可以使用要么四个组要么五个组来提供 75% 输出功率。各种准则可以用于确定使用多少组。在该实施例的一个形式中,确定过渡功率电平,以从较低数量的组过渡到较高数量的组。例如,从 60% 到 75% 功率可以使用四个组,大于 75% 功率可以使用五个组。在功率将不受连续调谐或调制的机器应用中,控制单元中的控制逻辑可以构造为以此方式进行操作。

[0063] 图6是示出该实施例的另一方面的流程图200,其中,提供滞回逻辑以减少组导通/关断切换。当例如在范围重叠的情况下连续地调谐或调制功率时(这样可能归因于组的频繁导通/关断切换而产生功率尖峰或毛刺),滞回逻辑是有利的。通常,确定过渡功率电平以选择组初始数量。保持组的初始数量,直到所请求的功率处于初始数量的组的功率范围之外,此时,操作不同数量的组。所述方法开始于202,确定M个组与M+1个组之间的过渡功率电平,其中,M+1小于或等于N。一旦获知二极管组的最大功率,就可以在配置激光系统期间执行所述确定。也可以关于可能绝不需要超过所请求的功率达所指定的量的所指定的应用中的使用而在配置激光系统期间执行所述确定。过渡功率电平可以存储在控制单元的配置表或文件或所指定的存储器位置中。在204,所述方法继续于:确定所请求的输出功率。通过接收指示期望的输出功率的量的信号来确定所请求的输出功率,如结合信号传导部155参照

图4所讨论的那样。

[0064] 在208,所述方法继续于:确定所请求的输出功率是否大于过渡功率电平。如果所请求的功率大于过渡功率电平,则所述方法在210继续于:操作M+1个组。否则,所述方法在220继续于:操作M个组。当然,可能存在多个重叠功率范围和过渡功率电平。在这些情况下,可以选择小于(低于)所请求的输出功率的最高过渡功率电平。

[0065] 在210之后,在操作M+1个组的同时,所述方法在212继续于:确定所请求的功率是否超过M+1个组的最小功率。如果所请求的输出功率超过M+1个组的最小输出功率,则系统通过M+1个组来继续操作。否则,所述方法在220继续于:终止一个组的操作,以通过M个组进行操作。以此方式,甚至当所请求的功率小于过渡功率电平时,操作保持在M+1个组,由此延迟或防止关断一个组,并且减少二极管组的导通和关断实例。

[0066] 在220之后,在操作M个组的同时,所述方法在222继续于:确定所请求的功率是否超过M个组的最大功率。如果所请求的功率超过M个组的最大功率,则所述方法在210继续于:通过M+1个组进行操作。以此方式,甚至当所请求的功率大于过渡功率电平时,操作保持在M个组,由此延迟或防止导通附加组。

[0067] 在参照图6所公开的实施例的替代方面中,所述方法选择对于所请求的功率可能的最高数量的组。此后,所述方法仅当所请求的功率小于于是操作数量的组的最小输出功率时切换到更低数量的组,如参照212所描述的那样,并且当所请求的功率超过于是操作数量的组的最大输出功率时切换到更高数量的组,如参照222所描述的那样。参照图5和图6,例如,当在74%与76%功率之间振荡时,根据所述方法的前述方面操作的系统将总是使用五个组。替代地,如果在特定激光处理操作期间系统正按系统功率的58%导通并且然后连续地受调谐上至78%并且返回下至58%,则激光系统将初始地开始于四个组(在该示例中可以生成58%的最高数量,其它选项是三个组),并且其将继续贯穿该操作而操作四个组。替代地,如果系统将要开始于58%并且然后受调谐下至44%并且然后返回上至58%,则使用该算法,系统将开始于四个组,随着其经过56%功率而过渡到三个组,然后保持在三个组下至44%并且一直返回上至58%,因此在组的数量方面仅引起一次改变。

[0068] 在调谐方法的另一变形中,组中的至少一个被设计为提供完全功率调谐。例如,可以从0-100%功率对完全功率调谐组进行功率调谐。在组具有相等最大功率并且其它组具有有限或零功率调谐范围的情况下,从0-100%的完全系统功率调谐是可能的。在此情况下,在N=5个组的情况下,其中,四个是不可调谐的并且一个是完全可调谐的,可以仅使用该可调谐组生成从0到20%的功率;可以使用一个不可调谐组加上该可调谐组生成从20%到40%的功率;可以使用两个不可调谐组加上该可调谐组生成从40%到60%的功率;依此类推。当然,与不可调谐组组合的具有小于完全功率调谐的组也可以提供足够的调谐能力。

[0069] 在调谐方法的另一变形中,二极管组的功率受调谐,从而它们每当可能时就是相等的,以促进激光二极管的均匀老化。因此,如果所请求的功率是480瓦特并且五个二极管组中的每一个具有200瓦特的最大功率,但从140瓦特到200瓦特是可调谐的,则通过调谐三个组以分别输出160瓦特而非例如调谐一个组以输出200瓦特并且调谐两个组以分别输出140瓦特来提供所请求的功率。可以例如通过初始地导通组1、2和3并且在另一实例中导通组3、4和5来旋转导通组的顺序,从而随着时间,每个激光二极管得以利用相同时间量或导通相同次数。

[0070] 虽然已经将本发明描述为具有示例性设计,但可以在本公开的精神和范围内进一步修改本发明。该申请因此意图使用其普通原理来覆盖本发明的任何变形、用途或改动。此外,该申请意图覆盖来自本发明所属领域中的已知的或惯用的实践内的本公开的这些变更。

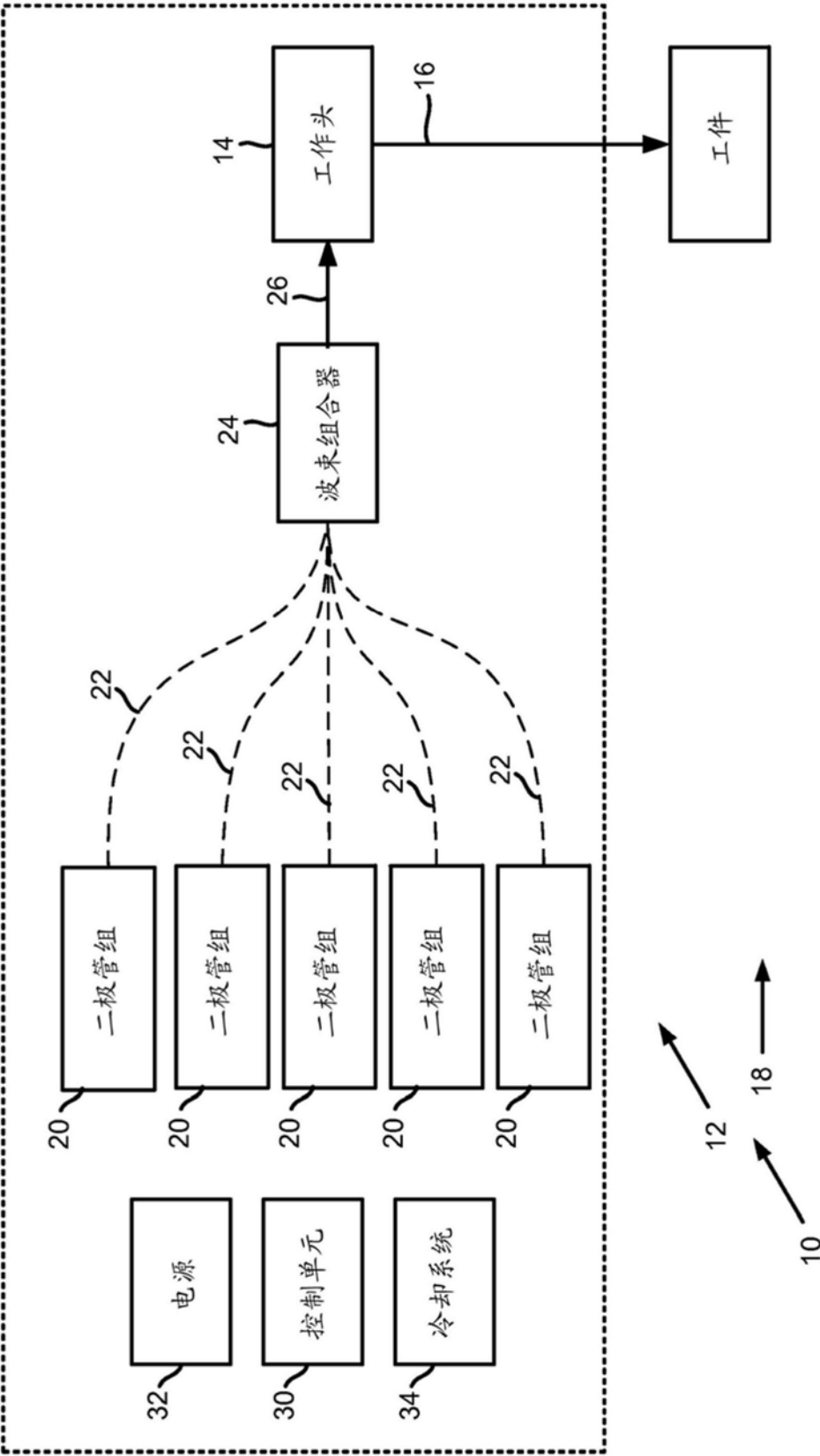


图1

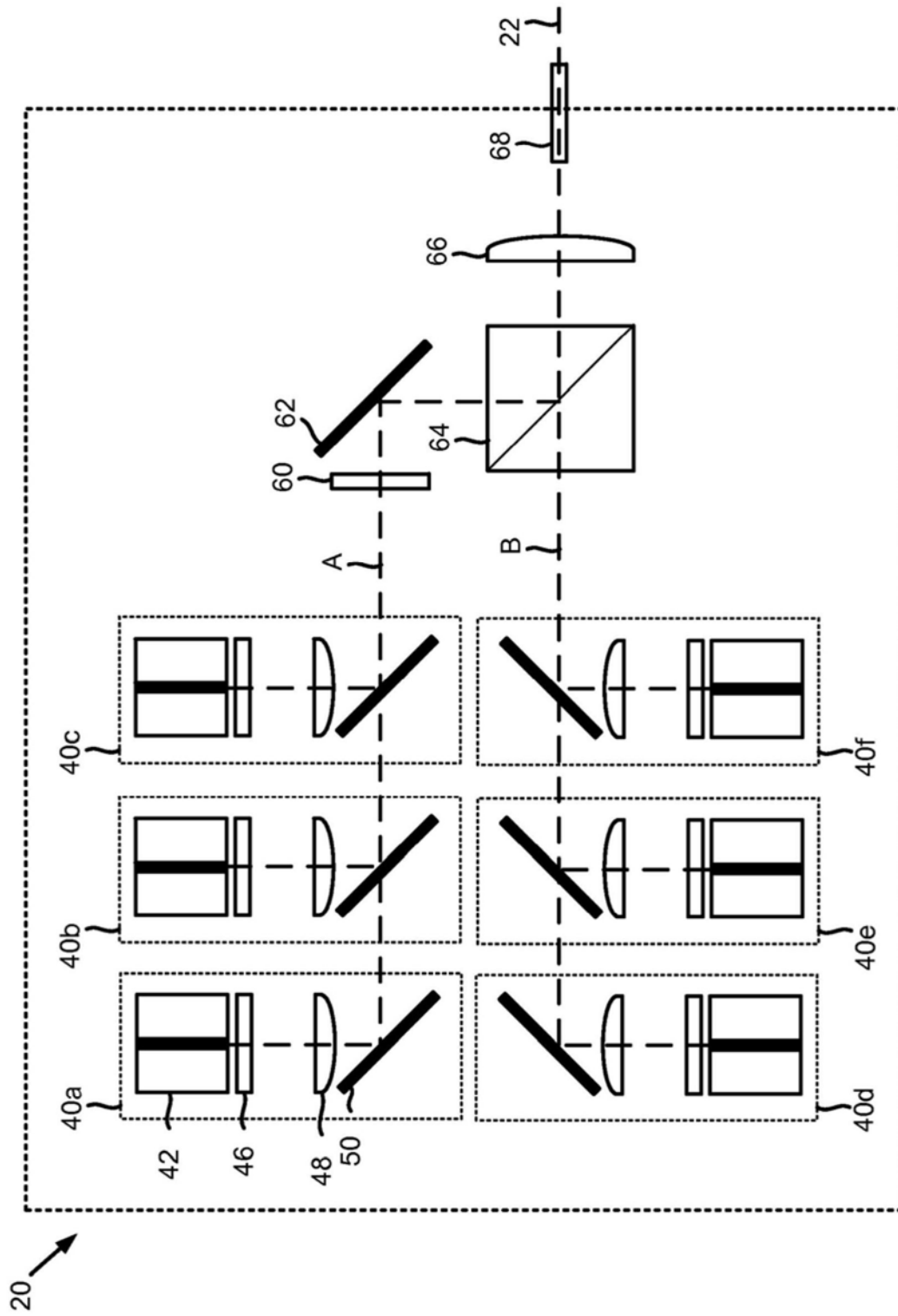


图2

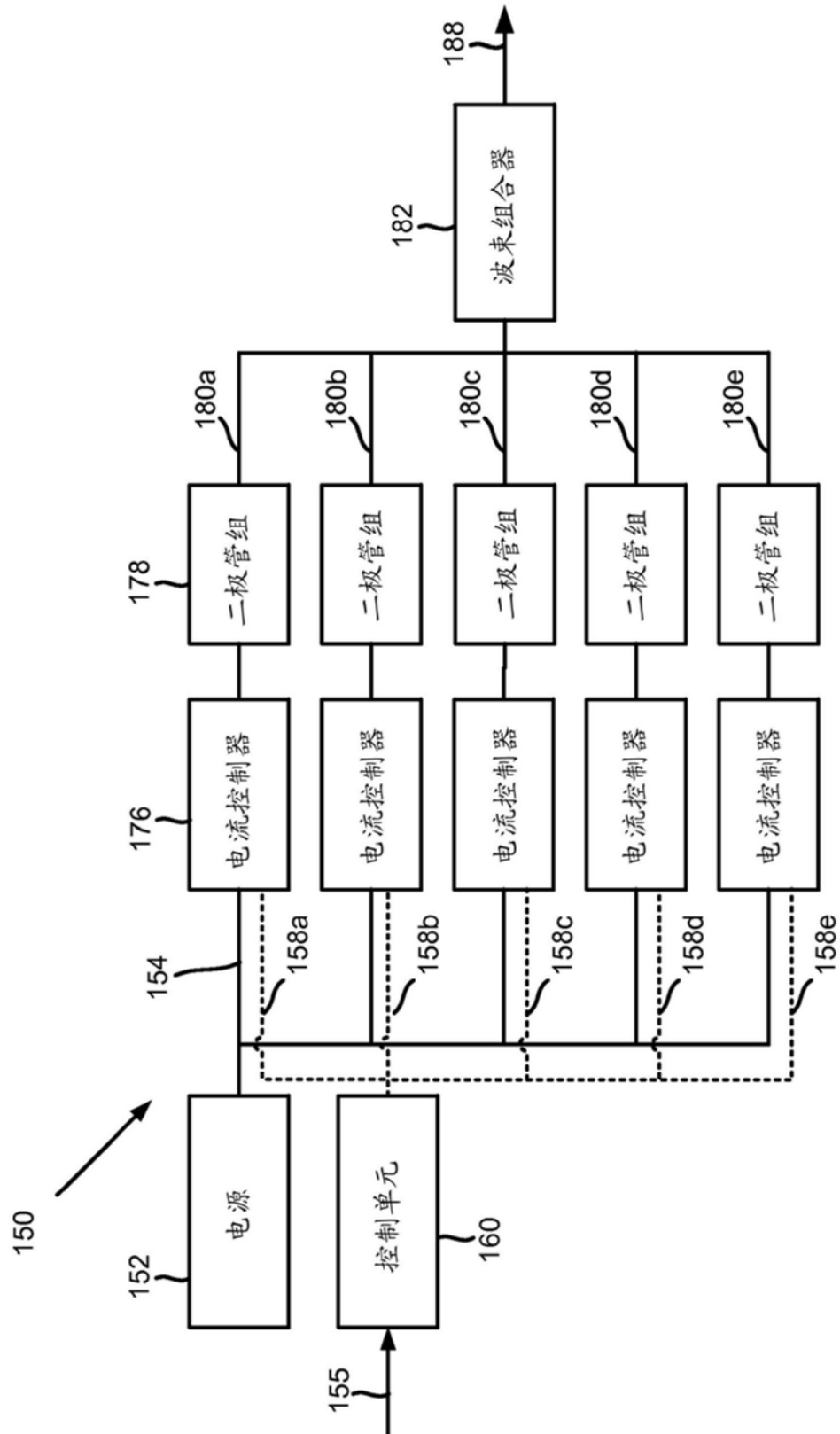


图3

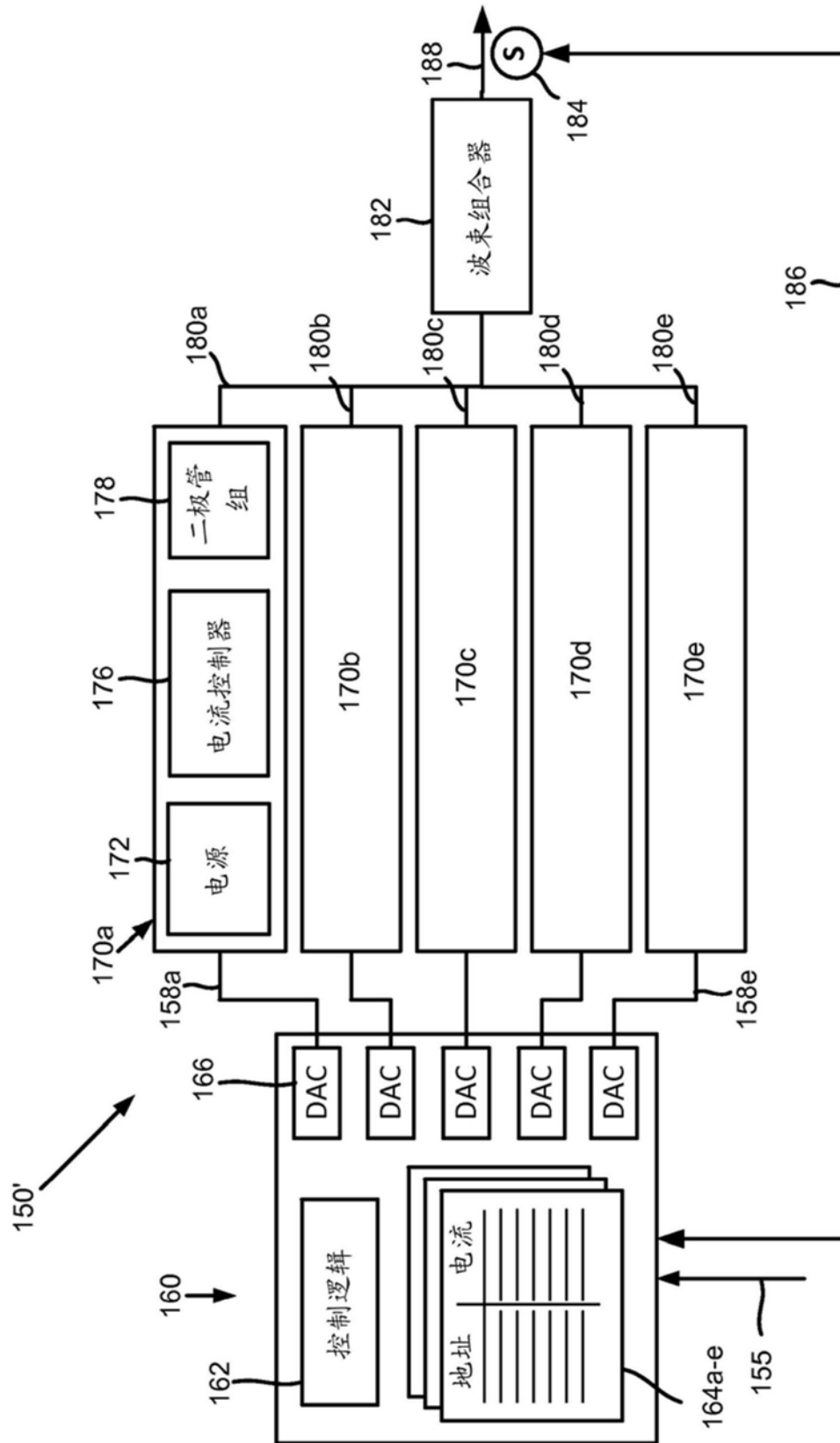


图4

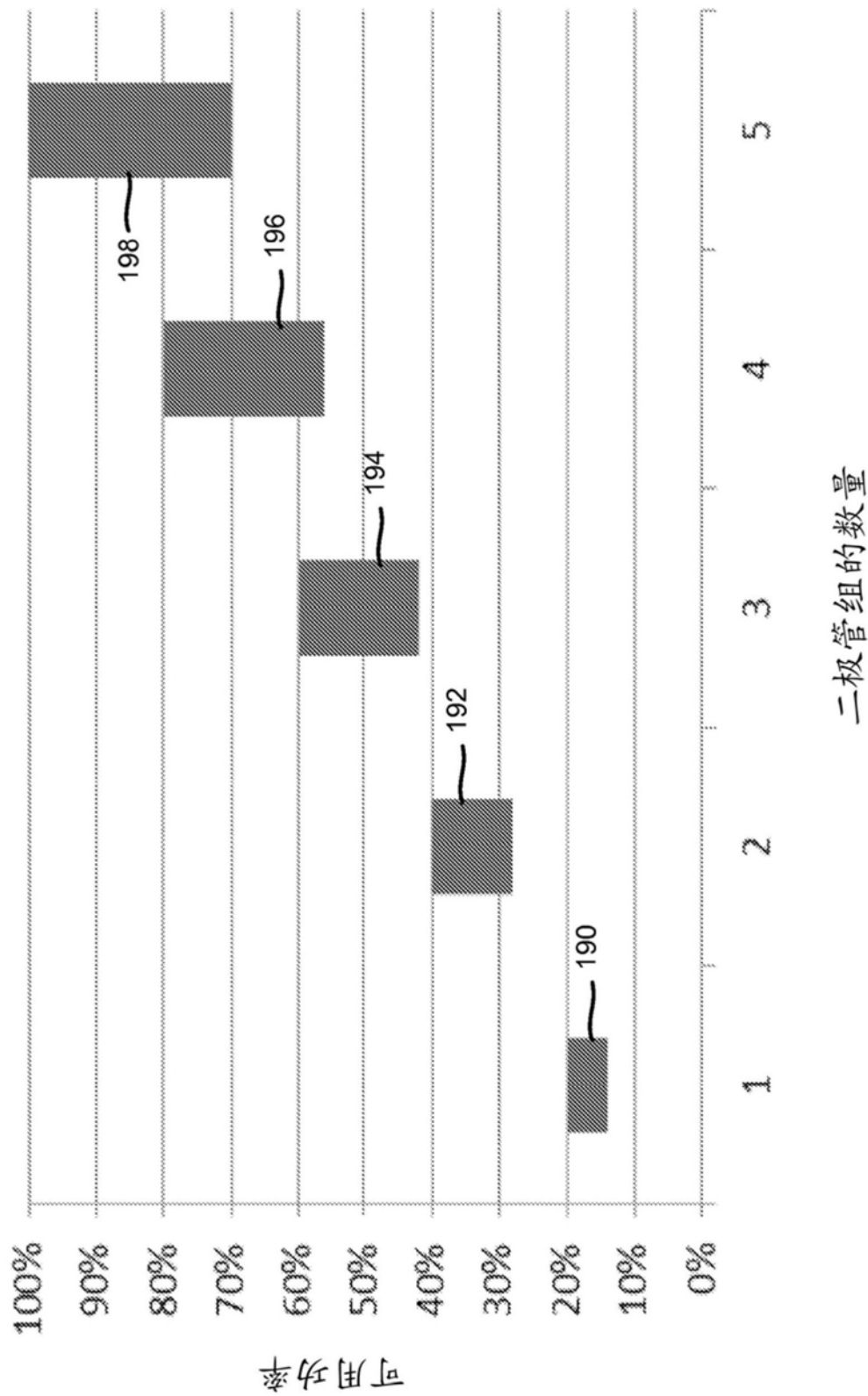


图5

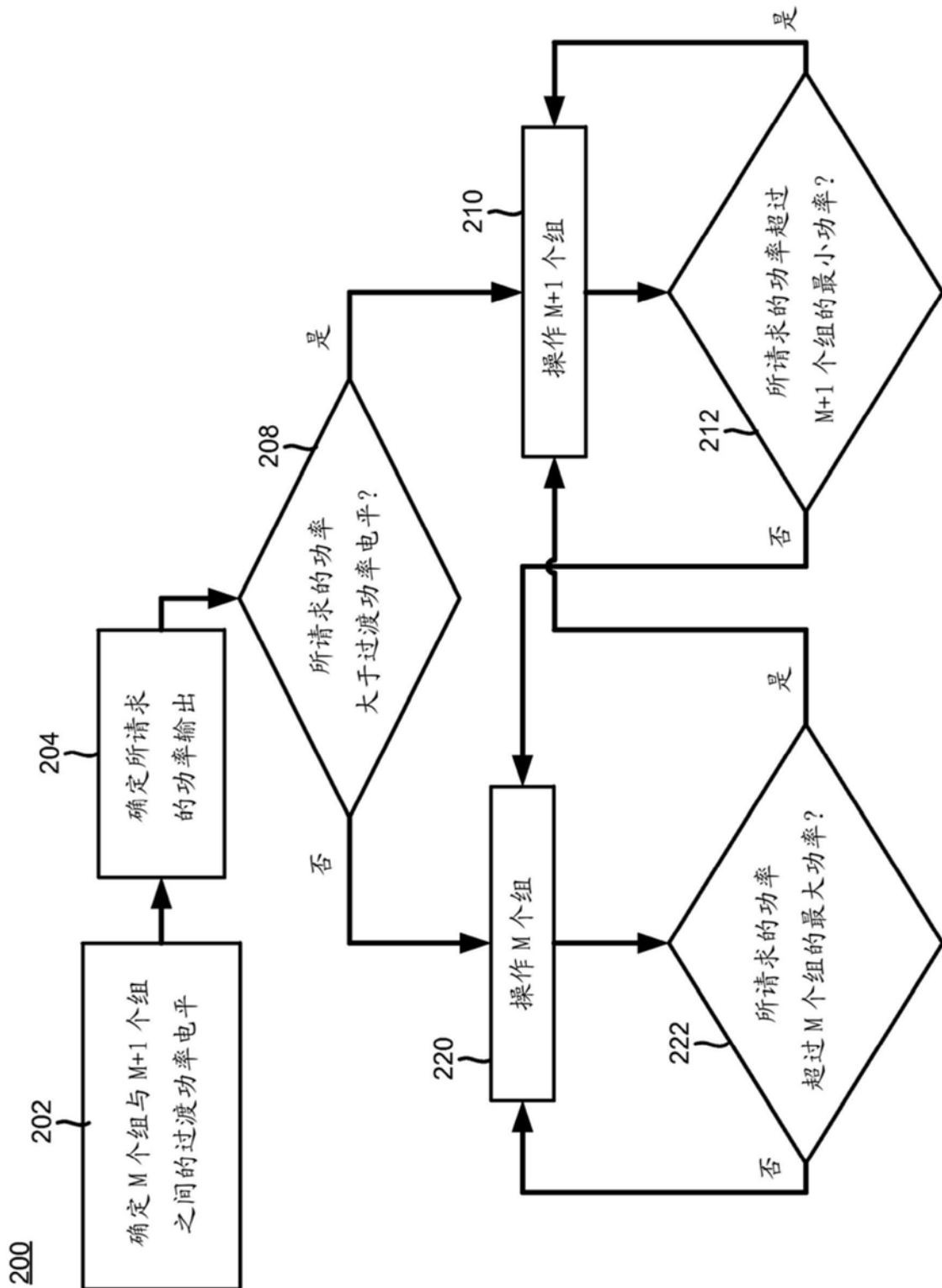


图6