

1. 一种光学部件,包括:
印刷电路板;
安装到所述印刷电路板的激光二极管封装;
安装到所述印刷电路板的激光二极管驱动器;
耦合到所述激光二极管驱动器的散热器,所述散热器被配置成提供用于从所述激光二极管驱动器导热的第一热路径;以及
耦合到所述激光二极管封装的耦合器,所述耦合器被配置成提供用于从所述激光二极管封装导热的第二、不同的热路径。
2. 如权利要求 1 所述的光学部件,其特征在于,所述耦合器通过热界面材料耦合到所述散热器,所述热界面材料被放置在所述耦合器和所述散热器之间。
3. 如权利要求 1 所述的光学部件,其特征在于,所述激光二极管封装被放置在所述印刷电路板的第一侧,而所述激光二极管驱动器被放置在所述印刷电路板的第二、相对的一侧。
4. 如权利要求 3 所述的光学部件,其特征在于,所述耦合器具有第一部分、第二部分、以及第三部分,所述第二部分比所述第一部分厚,而所述第三部分比所述第二部分厚。
5. 如权利要求 4 所述的光学部件,其特征在于,所述第一部分的面向所述印刷电路板的一侧与所述印刷电路板分隔开,并接触所述激光二极管封装。
6. 如权利要求 4 所述的光学部件,其特征在于,所述第二部分的面向所述印刷电路板的一侧与所述印刷电路板的所述第一侧直接接触。
7. 如权利要求 4 所述的光学部件,其特征在于,所述第三部分在所述印刷电路板周围延伸,并与所述散热器对接。
8. 一种制造光学部件的方法,所述方法包括:
将激光二极管驱动器安装到印刷电路板;
将激光二极管封装安装到所述印刷电路板并与所述激光二极管驱动器正相对,所述激光二极管封装经由耦合器耦合到所述印刷电路板,所述耦合器在横向地偏移所述激光二极管驱动器的位置处接触所述印刷电路板,并且所述激光二极管封装和耦合器在所述激光二极管驱动器正相对的位置处与所述印刷电路板分隔开;
将散热器耦合到所述激光二极管驱动器;以及
将所述散热器耦合到所述耦合器,使得从所述耦合器到所述散热器的热路径在所述印刷电路板的一侧周围延伸。
9. 如权利要求 8 所述的方法,进一步包括,将多个激光二极管驱动器和多个激光二极管封装安装到所述印刷电路板,每一激光二极管封装具有提供到所述散热器的热路径的对应的耦合器。
10. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,将所述散热器耦合到所述耦合器进一步包括将导热界面材料置于所述散热器和所述耦合器之间。

激光二极管设备中的热管理

[0001] 背景

[0002] 激光二极管可以用于各种环境中,其中一些环境涉及快速连续地打开和关闭激光二极管。例如,飞行时间深度相机可以使用以高频发出脉冲的一个或多个激光二极管,用于基于光从物体反射然后返回到相机需要花费多长时间来测量深度。然而,这样的高频振荡可能会导致电感损耗。进一步,激光二极管和相关联的驱动电路可能会在这样的使用过程中耗散大量的热量。

发明内容

[0003] 公开了涉及包括激光二极管的光学部件中的电感损耗减轻以及热管理的实施例。例如,一个所公开的实施例提供包括印刷电路板、以及激光二极管封装以及安装到印刷电路板的激光二极管驱动器的光学部件部件。进一步,散热器耦合到激光二极管驱动器,并被配置成提供用于从激光二极管驱动器导热的第一热路径。另外,耦合器耦合到激光二极管封装和印刷电路板,以提供用于从激光二极管封装导热的第二、不同的热路径。

[0004] 提供本概述以便以简化形式介绍将在以下详细描述中进一步描述的一些概念。本发明内容并不旨在标识所要求保护主题的关键特征或必要特征,也不旨在用于限制所要求保护主题的范围。此外,所要求保护的主体不限于解决在本公开的任一部分中所提及的任何或所有缺点的实现。

[0005] 附图简述

[0006] 图 1 示出了根据本发明的一实施例的示例光学设备。

[0007] 图 2 示出了根据本发明的一实施例的光学部件部件的印刷电路板的正面。

[0008] 图 3 示出了根据本发明的一实施例的图 2 的印刷电路板的背面。

[0009] 图 4 示出了图 2 的激光二极管耦合器和根据本发明的一实施例的激光二极管封装的透视图。

[0010] 图 5 示出了根据本发明的一实施例的光学部件的截面图。

[0011] 图 6 是根据本发明的一实施例的制造光学部件的方法的流程图。

[0012] 图 7 是根据本发明的一实施例的示例计算系统的框图。

具体实施方式

[0013] 如上文所描述的,激光二极管的高频振荡可能会产生电感损耗,还可能产生明显的热量。电感损耗可以通过缩小驱动驱动器电路和激光二极管之间的距离来减轻。然而,缩小距离可能会导致导致较高的操作温度,因为来自二极管的热量和来自驱动电路的热量两者都会在相对较小的空间内耗散。

[0014] 如此,公开了涉及减少包括激光二极管的光学部件部件中的电感损耗且同时控制热耗散的实施例。例如,在某些实施例中,光学部件可包括定位在印刷电路板的与激光二极管驱动器相对的一侧的激光二极管封装,以便来自驱动器的电流只行进比电路板的厚度稍多就到达激光二极管。进一步,激光二极管封装耦合到耦合器,该耦合器将激光二极管所耗

散的热量沿印刷电路板的边缘周围的路径传导到散热器上的与散热器从激光二极管驱动器接收热量所在的位置分开的位置。相应地,来自激光二极管封装的热量可以与来自驱动器的热量基本上沿着用于耗散的不同的热路径(甚至是在激光二极管驱动器被放置在很靠近激光二极管封装的情况下),以实现所希望的低电感。

[0015] 与具有耦合的热路径和/或彼此设置得很靠近的热路径的光学部件相比,使用分离的热路径来耗散安装在电路板的相对的两侧的激光二极管和驱动电路可以提高热效率,同时维护对散热器的低热阻。进一步,与具有与激光二极管封装分隔的激光二极管驱动器的光学部件相比,激光二极管驱动器与激光二极管封装的引线紧靠可以提供用于高速信令和控制的较低电感。与其他配置相比,本配置还可以进一步提供 EMI 屏蔽,并允许去除热解决方案中的热电冷却器,以便提高成本效益。进一步,光学部件可包括有助于将激光二极管封装、激光二极管驱动器、耦合器、以及散热器安装到印刷电路板和/或彼此的元件。相应地,与省略了这样的元件的其他配置相比,本光学部件可以允许光机械指向并提高放置精度。

[0016] 图 1 示出了以深度相机 104 的形式存在的光学设备 102 的实施例的示例使用环境 100。如上文所提及的,深度相机可以经由一个或多个激光二极管将高频光脉冲投射到环境中,以测量脉冲返回所花的时间,以便可以根据返回时间来确定深度。可以理解,某些深度相机可以使用所谓的“飞行时间”深度电感之外的其他技术。例如,某些相机可以投射结构化光图案(例如,经由来自激光二极管的光的衍射),然后,根据由图像传感器接收到的结构化光图案的失真来测量深度。尽管此处是在深度相机的上下文中描述的,但是可以理解,使用激光二极管的光学设备可以用于任何其他系统中。示例可包括但不仅限于电信系统、测量仪器、扫描设备、监视设备、阅读设备等等。

[0017] 如图 1 的环境 100 所示,深度相机 104 可以可操作地连接到计算设备 106。尽管在图 1 中计算设备 106 被示为视频游戏控制台,但是可以理解,光学设备可以可操作地与任何其他合适的计算设备相连接。示例包括但不仅限于个人计算机、移动计算设备、智能电话、平板电脑等等。

[0018] 计算设备 106 进一步可以可操作地连接到显示设备 108。计算设备 106 可以向显示设备 108 提供信号,以在显示器 110 上显示可查看的内容,诸如视频游戏和/或其他内容。相应地,用户 112 可以经由手势、姿势、面部识别、和/或其他可经由深度相机 104 检测的输入向计算设备提供输入,而这样的输入可以被用来控制内容在显示器 110 上的显示。

[0019] 深度相机 104 可包括用于提供上文所描述的功能中的一个或多个的光学部件。图 2 示出了包括印刷电路板 (PCB) 202 的光学部件 200 的实施例。图 2 示出了印刷电路板 202 的正面或正表面,其中术语“正面”表示一个或多个激光二极管被放置于其上的一侧。光学部件 200 还包括安装到印刷电路板 202 的多个耦合器 204,其中每一耦合器都将激光二极管热耦合到位于印刷电路板 202 的背面的散热器。每一耦合器 204 都包括激光二极管封装被安置在其中的开口 206,如参考图 4 更详细描述。开口 206 提供供激光二极管封装所发出的光离开光学部件的出口。

[0020] 如图 2 中所示,耦合器 204 以相对紧密靠近地彼此相邻地安装印刷电路板 202 的正面。在其他实施例中,可以以任何其他合适的布局来将耦合器 204 安装到印刷电路板 202。可以通过任何合适的机制或机制组合,诸如粘合剂、机械式连接器,压配合/摩擦配合

等等来将耦合器 204 安装和 / 或以别的方式附接到印刷电路板。

[0021] 图 3 示出了根据本发明的一实施例的安装到印刷电路板 202 的背面的激光二极管驱动器 302。图 3 还示出了在印刷电路板 202 的侧面周围延伸的耦合器 204, 其中, 术语“侧面”表示印刷电路板的在印刷电路板 202 的正面和背面之间延伸的任何表面。在所描绘的实施例中, 耦合器 204 通过延伸穿过在侧边中形成的凹槽而在印刷电路板 202 的侧边周围延伸。在其他实施例中, 耦合器可以从在印刷电路板的内部部分内形成的孔或开口穿过印刷电路板的一个侧面。可以理解, 印刷电路板 202 可包括容纳耦合器 204 的任何合适的结构。印刷电路板 202 可进一步包括用于安装耦合器 204、散热器、或其他结构的孔和 / 或其他插座 304。

[0022] 图 4 示出了包括耦合器 204 和激光二极管封装 404 的光学部件 400 的实施例的透视图。尽管此处描述为夹持激光二极管封装, 但是, 可以理解, 耦合器可以夹持任何其他合适的生热元件, 诸如发光二极管。

[0023] 激光二极管封装 404 被插入到定位在耦合器 204 的第一部分 410 内的插座 408, 其中该插座包括开口, 用于允许光被从光学部件中投射出并投射入使用环境中。激光二极管封装 404 还包括用于将激光二极管封装 404 电连接到诸如图 3 的激光二极管驱动器 302 之类的激光二极管驱动器的电导线 406。

[0024] 耦合器 204 的第一部分 410 被配置成当耦合器被安装到印刷电路板时与印刷电路板分隔, 还帮助夹持与印刷电路板分隔的激光二极管封装。第一部分 410 也可以包括用于将耦合器 204 拧紧到印刷电路板以维持耦合器 204 的第一部分 410 和印刷电路板之间的所希望的间隔的拧紧元件 412。拧紧元件 412 可以被配置成被插入或以其他方式固定到图 3 的插座 304。

[0025] 耦合器 204 还包括第二部分 414, 该第二部分 414 包括阶梯 415, 阶梯 415 被配置为使得第二部分 414 接触印刷电路板以维持第一部分 410 与印刷电路板分隔开。例如, 第二部分 414 可以比第一部分 410 更厚, 因此由于第一部分 410 和第二部分 414 之间的厚度差异, 可以形成阶梯 415, 或可以具有任何其他合适的配置以形成阶梯 415。在所描绘的实施例中, 第二部分 414 包括用于与印刷电路板上对应的结构对接的插座 416 和紧固件 418, 但是可以理解, 耦合器可包括用于与印刷电路板连接的任何其他合适的结构。

[0026] 耦合器 204 进一步包括第三部分 420, 该第三部分 420 包括另一阶梯 422, 使得第三部分 420 可以在印刷电路板的侧面周围延伸。阶梯 422 可以具有任何合适的配置 (例如, 与相邻的表面成直角, 相对于相邻的表面的倾斜的配置等等), 并可以接触印刷电路板的侧面或与其分隔。例如, 在一些实施例中, 第三部分 420 可以比第二部分 414 更厚, 因此由于第二部分 414 和第三部分 420 之间的厚度差异, 可以形成阶梯 422。在其他实施例中, 可以按任何其他合适的方式形成阶梯结构。第三部分 420 还可以包括插座 424 或用于与印刷电路板上的互补结构对接的其他合适的结构。仍将可以理解, 可以在此处所描述的元件中的一个或多个上提供任何合适的布局和数量的插座、紧固件、和 / 或其他连接结构。

[0027] 耦合器 204 的阶梯式的配置为从激光二极管封装 404 发出的热量提供在印刷电路板的侧面周围延伸的热路径, 而不是直接通过印刷电路板通到被激光二极管驱动器使用的热路径。第一部分 410 和第二部分 414 之间的阶梯高度以及激光二极管封装 404 和分隔第一部分 410 和第二部分 414 的阶梯 415 之间的距离可以被设计为在激光二极管封装 404 和

印刷电路板之间提供目标热绝缘量。

[0028] 图 5 示出了光学部件 500 的实施例的截面。光学部件 500 包括印刷电路板 502、安装到印刷电路板 502 的耦合器 504、以及位于耦合器 504 内的激光二极管封装 506。如上文所描述的,耦合器 504 可包括第一部分 510、第二部分 512、以及第三部分 514,通过虚线之间的相应的区域来表示它们。可以理解,这三个部分可以由单块材料形成或以别的方式集成在一起。

[0029] 如图 5 中所示,第一部分 510 包括用于容纳激光二极管封装 506 的插座 516,并且第一部分 510 经由间隙 518 与印刷电路板 502 分隔,以将印刷电路板 502 以及激光二极管驱动器 520 与安装在耦合器 504 内的激光二极管封装热隔离。插座 516 包括从插座 516 延伸穿过耦合器 504 的开口 521,以让激光二极管所发出的光通过。插座 516 可以被配置成在外形上紧密地匹配激光二极管封装 506,以帮助确保激光二极管封装 506 和耦合器 504 之间的好的导热性。激光二极管封装 506 的电导线 522 可以延伸穿过印刷电路板 502 和激光二极管封装 506 之间的间隙 518 以电连接到激光二极管驱动器。间隙 518 可以包括用于将激光二极管封装 506 与印刷电路板 502 热解耦的任何合适的材料。在某些实施例中,间隙 518 可以是空气间隙。在其他实施例中,可以在间隙 518 中包括另一隔热材料。

[0030] 如图所示,激光二极管封装 506 被定位在印刷电路板 502 的与激光二极管驱动器 520 相对的一侧。在一些实施例中,激光二极管封装 506 和 / 或耦合器 504 可以被定位为与激光二极管驱动器正相对,以帮助缩短引线 522 并减少相对于激光二极管封装 506 的其他放置的电感。在其他实施例中,激光二极管驱动器和激光二极管封装可以横向地偏移合适的量。

[0031] 激光二极管驱动器 520 可以通过定位在散热器 524 和激光二极管驱动器 520 之间的导热界面材料 526 耦合到散热器 524。导热界面材料 526 可包括用于在激光二极管驱动器 520 和散热器 524 之间提供导热路径的任何合适的材料。来自激光二极管驱动器 520 的热量可以朝向散热器 524 的散热片 528 传导,以便从光学部件 500 耗散出去。

[0032] 散热器 524 可以直接与印刷电路板 502 的背面上的一个或多个位置接触和 / 或对接。在一些实施例中,散热器 524 的接触印刷电路板的一部分可以经由第一间隙 530 与散热器 524 的从激光二极管驱动器接收热量的部分分隔开,并因此在与激光二极管驱动器 520 分隔开的第一位置接触印刷电路板 502。散热器 524 也可以在经由第二间隙 532 与激光二极管驱动器 520 分隔开的第二位置接触印刷电路板 502,使得激光二极管驱动器 520 可以被定位在第一间隙 530 和第二间隙 532 之间。第一间隙 530 和第二间隙 532 可以包括用于将激光二极管驱动器 520 与印刷电路板 502 和 / 或光学部件 500 的其他元件热解耦的任何合适的材料,材料包括但不限于空气。

[0033] 散热器 524 可以经由位于耦合器 504 和散热器 524 之间的热界面材料 534 耦合到耦合器 504。在一些实施例中,散热器 524 可以在散热器 524 和印刷电路板 502 之间的接触的第二位置相邻位置处与耦合器 504 耦合。在所描绘的实施例中,耦合器 504 的第三部分 514 在印刷电路板 502 的侧面周围延伸,并与散热器 524 对接,以提供不同于第一热路径的第二热路径,用于从激光二极管封装 506 导热。第二间隙 532 可以大于第一间隙 530,以帮助热隔离从激光二极管驱动器和激光二极管封装到散热器的热路径。尽管为清楚起见,图 5 示出了一个耦合器组件和对应的激光二极管驱动器,但是可以理解,一些实施例可以包括

安装到印刷电路板的多个耦合器组件和对应的激光二极管。

[0034] 图 6 示出了制造光学部件的方法 600 的实施例。方法 600 包括,在 602,将激光二极管驱动器安装到印刷电路板,以及在 604,将激光二极管封装安装到印刷电路板。例如,可以将激光二极管驱动器安装到印刷电路板的背面,而将激光二极管封装安装到印刷电路板的正面。方法还包括经由接触印刷电路板的耦合器将激光二极管封装耦合到印刷电路板,如在 606 所指示的。耦合器可以在与激光二极管驱动器横向地偏移的位置接触印刷电路板,如在 608 所指示的,并且可以帮助将激光二极管封装与印刷电路板分隔,如在 610 所指示的。

[0035] 方法 600 还可以包括在 612,将散热器耦合到激光二极管驱动器。这可以提供从激光二极管驱动器导热用于耗散的第一热路径。进一步,如在 614 所指示的,方法 600 可包括将散热器耦合到耦合器,以提供在印刷电路板的侧面周围延伸的第二热路径,如上文参考图 5 所描述的。另外,如在 616 所指示的,方法 600 可以可任选地包括在散热器和耦合器之间放置热界面材料。例如,热界面材料可以确保从耦合器到散热器的低热阻的路径,以便允许热量从印刷电路板周围的激光二极管封装传导到散热器。可以重复方法 600,以便将多个激光二极管驱动器和多个对应的激光二极管封装和耦合器安装到印刷电路板。每一激光二极管封装都可以具有提供到散热器的热路径的对应的耦合器。

[0036] 由此,此处所描述的各实施例提供用于冷却激光二极管封装和激光二极管驱动器的分离的热路径。通过分离这些路径同时维持这些元件的电连接的组件之间的紧密的接近度,可以维持热效率,同时减轻电感损耗。当与不包括用于靠得很近的激光二极管封装和对应的激光二极管驱动器的分离的热路径的配置相比时,该配置可以允许使用较少的或不使用热电冷却器,并有更快的性能。

[0037] 在某些实施例中,此处所描述的方法和过程可以与一个或多个计算设备的计算系统关联。具体而言,这样的方法和过程可以实现为计算机应用程序或服务、应用程序编程接口 (API)、库,和 / 或其他计算机程序产品。

[0038] 图 7 示意性地示出了可以执行上述方法和过程之中的一个或多个的计算系统 700 的非限制性实施例。以简化形式示出了计算系统 700。计算系统 700 可采取以下形式:一个或多个游戏控制台、个人计算机、控制设备、服务器计算机、平板计算机、家庭娱乐计算机、网络计算设备、游戏设备、移动计算设备、移动通信设备(例如,智能电话)和 / 或其他计算设备,这些计算设备包括但不限于图 1 的计算设备 106。

[0039] 计算系统 700 包括逻辑机 702 和存储机 704。计算系统 700 可任选地包括显示子系统 706、输入子系统 708、通信子系统 710 和 / 或在图 7 中未示出的其他组件。

[0040] 逻辑机 702 包括被配置成执行指令的一个或多个物理设备。例如,逻辑机可被配置为执行作为以下各项的一部分的指令:一个或多个应用、服务、程序、例程、库、对象、组件、数据结构、或其它逻辑构造。这些指令可被实现为执行任务、实现数据类型、变换一个或多个组件的状态、取得技术效果或以其他方式得到所期望的结果。

[0041] 逻辑机可包括被配置成执行软件指令的一个或多个处理器。作为补充或替换,逻辑机可包括被配置成执行硬件或固件指令的一个或多个硬件或固件逻辑机。逻辑机的处理器可以是单核或多核,且在其上执行的指令可被配置为串行、并行和 / 或分布式处理。逻辑机的各个组件可任选地分布在两个或更多单独设备上,这些设备可以位于远程和 / 或被配

置成进行协同处理。逻辑机的各方面可由以云计算配置进行配置的可远程访问的联网计算设备来虚拟化和执行。

[0042] 存储机 704 包括被配置成保持和 / 或保存可由逻辑机执行以实现此处所述的方法和过程的机器可读指令的一个或多个物理设备。例如, 逻辑机 702 可以与存储机器 704 操作地通信。在实现这些方法和过程时, 可以变换存储机 704 的状态 (例如, 保存不同的数据)。

[0043] 存储机 704 可以包括可移动和 / 或内置设备。存储机 704 可包括光学存储器 (例如, CD、DVD、HD-DVD、蓝光盘等)、半导体存储器 (例如, RAM、EPROM、EEPROM 等) 和 / 或磁存储器 (例如, 硬盘驱动器、软盘驱动器、磁带驱动器、MRAM 等) 等等。存储机 704 可包括易失性、非易失性、动态、静态、读 / 写、只读、随机存取、顺序存取、位置可寻址、文件可寻址和 / 或内容可寻址设备。

[0044] 可以理解, 存储机 704 包括一个或多个物理设备。然而, 本文描述的指令的各方面可另选地通过不由物理设备在有限时长内持有的通信介质 (例如, 电磁信号、光信号等) 来传播。

[0045] 逻辑机 702 和存储机 704 的各方面可被一起集成到一个或多个硬件逻辑组件中。这些硬件逻辑组件可包括例如现场可编程门阵列 (FPGA)、程序和应用专用的集成电路 (PASIC/ASIC)、程序和应用专用的标准产品 (PSSP/ASSP)、片上系统 (SOC) 以及复杂可编程逻辑器件 (CPLD)。

[0046] 在被包括时, 显示子系统 706 可用于呈现由存储机 704 保存的数据的视觉表示。该视觉表示可采取图形用户界面 (GUI) 的形式。由于此处所描述的方法和过程改变了由存储机保持的数据, 并由此变换了存储机的状态, 因此同样可以转变显示子系统 706 的状态以视觉地表示底层数据的改变。显示子系统 706 可以包括使用实际上任何类型的技术的一个或多个显示设备。可将此类显示设备与逻辑机 702 和 / 或存储机 704 组合在共享封装中, 或者此类显示设备可以是外围显示设备。例如, 显示子系统 706 可包括图 1 的显示设备 108。

[0047] 在被包括时, 输入子系统 708 可以包括诸如键盘、鼠标、触摸屏、话筒或游戏控制器之类的一个或多个用户输入设备或者与其对接。例如, 输入子系统可包括图 1 的计算设备 106 或与其连接。在某些实施例中, 输入子系统可以包括所选的自然用户输入 (NUI) 部件或与其结合。这样的部件可以是集成式的或者是外设, 并且输入动作的转换和 / 或处理可以在板上或板下处理。NUI 部件的示例可包括用于语言和 / 或语音识别的微电话; 用于机器版本和 / 或姿势识别的红外、色彩、超声波和 / 或深度相机; 用于运动检测和 / 或意图识别的头部跟踪器、眼睛跟踪器、加速计和 / 或陀螺仪; 以及用于评估脑部活动的电场感测部件。

[0048] 当包括通信子系统 710 时, 通信子系统 710 可以被配置成将计算系统 700 与一个或多个其他计算设备可通信地耦合。通信子系统 710 可包括与一个或多个不同的通信协议兼容的有线和 / 或无线通信设备。作为非限制性示例, 通信子系统可被配置成用于经由无线电话网络或者有线或无线局域网或广域网来进行通信。在一些实施例中, 该通信子系统可允许计算系统 700 经由网络 (比如因特网) 向其他设备发送消息和 / 或从其他设备接收消息。

[0049] 应该理解, 此处所述的配置和 / 或方法在本质上示例性的, 且这些具体实施例或示例不是局限性的, 因为众多变体是可能。此处所述的具体例程或方法可表示任何数量的

处理策略中的一个或多个。由此,所示出和 / 或描述的各个动作可以按所示出和 / 或描述的顺序、按其他顺序、并行执行或者被忽略。同样,可以改变上述过程的次序。

[0050] 本公开的主题包括各种过程、系统和配置的所有新颖和非显而易见的组合和子组合、和此处所公开的其它特征、功能、动作、和 / 或特性、以及其任何和全部等效物。

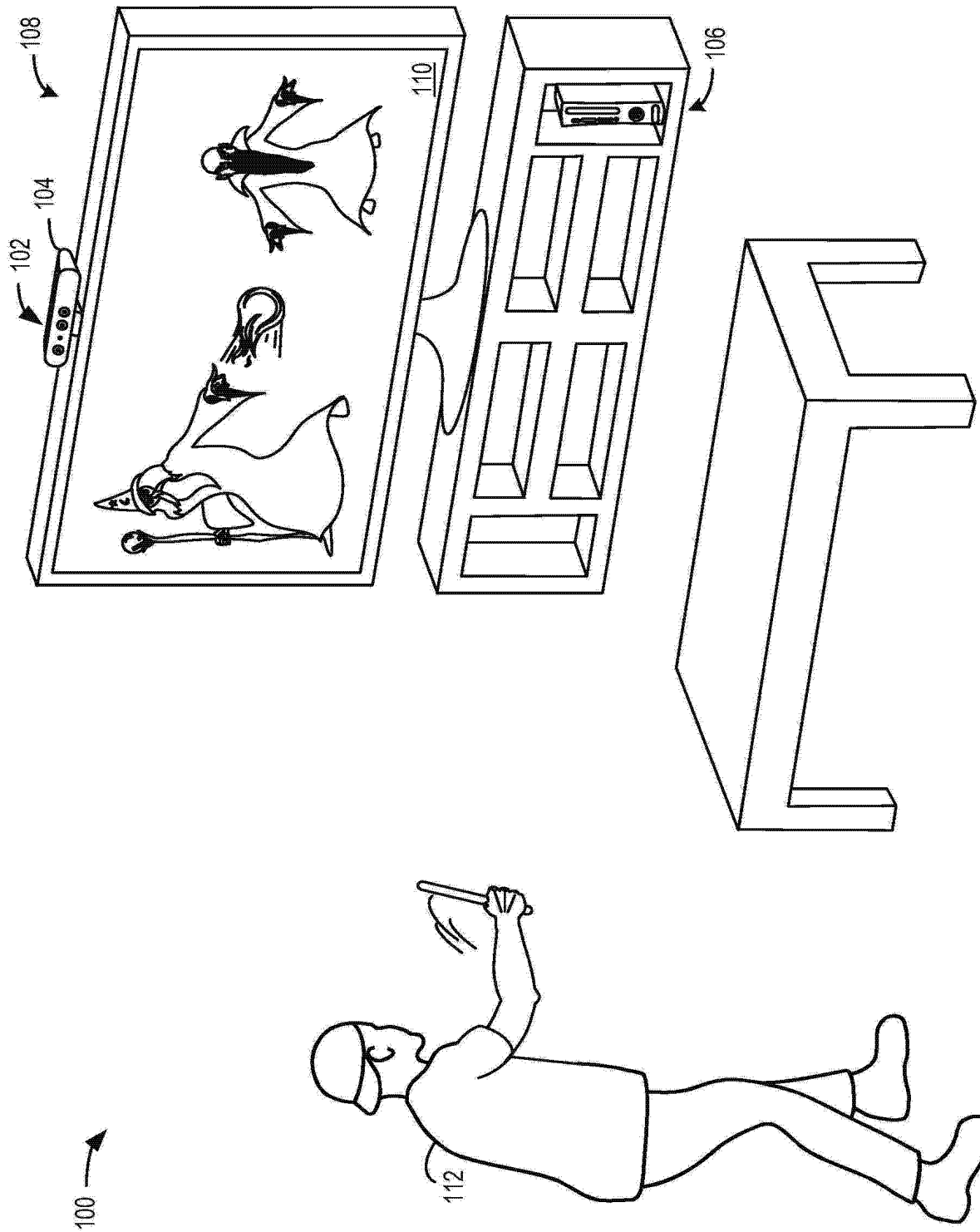


图 1

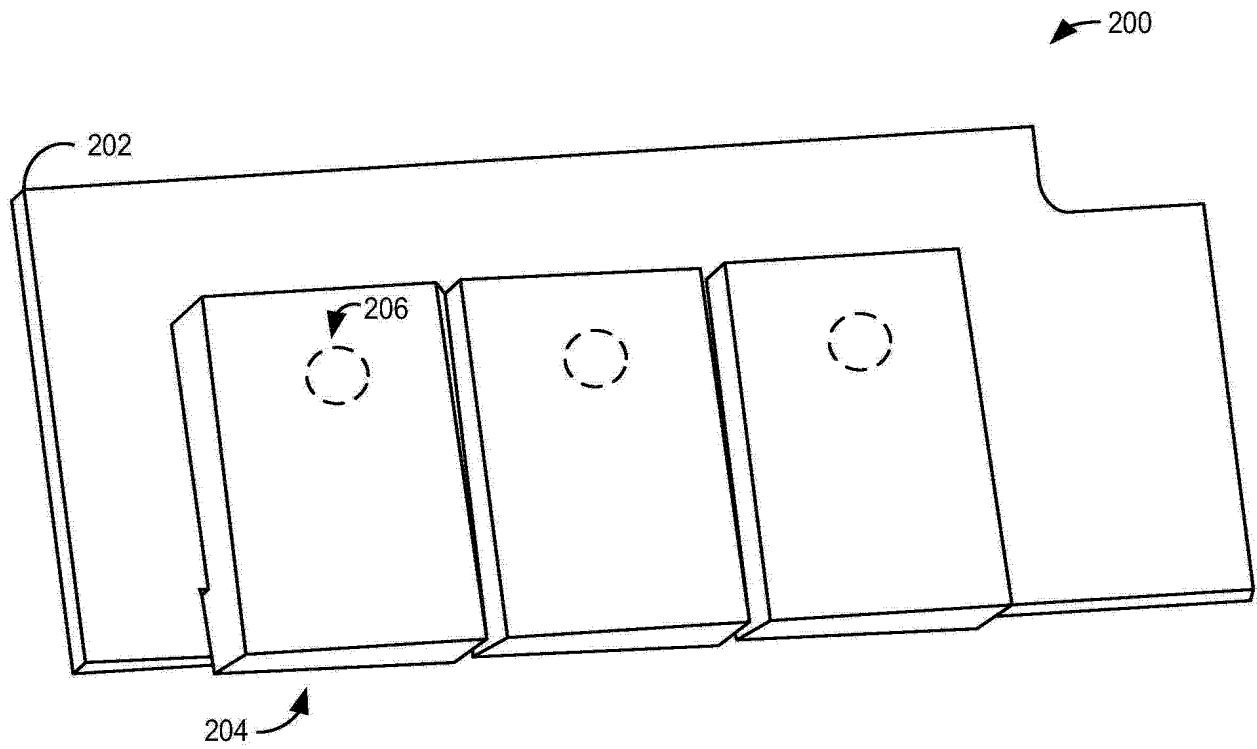


图 2

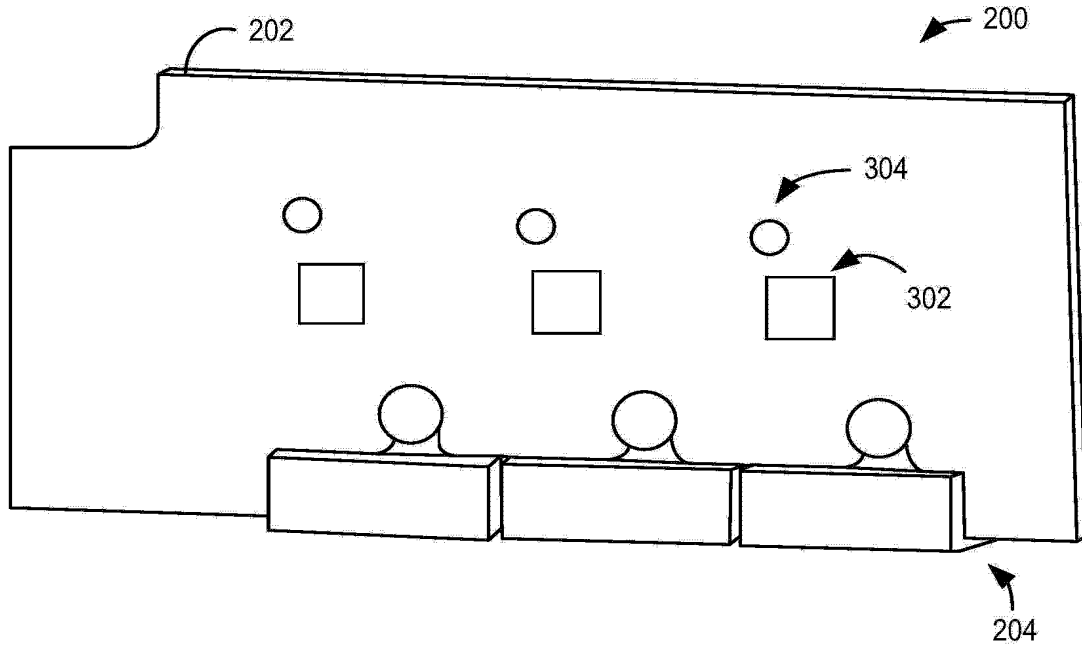


图 3

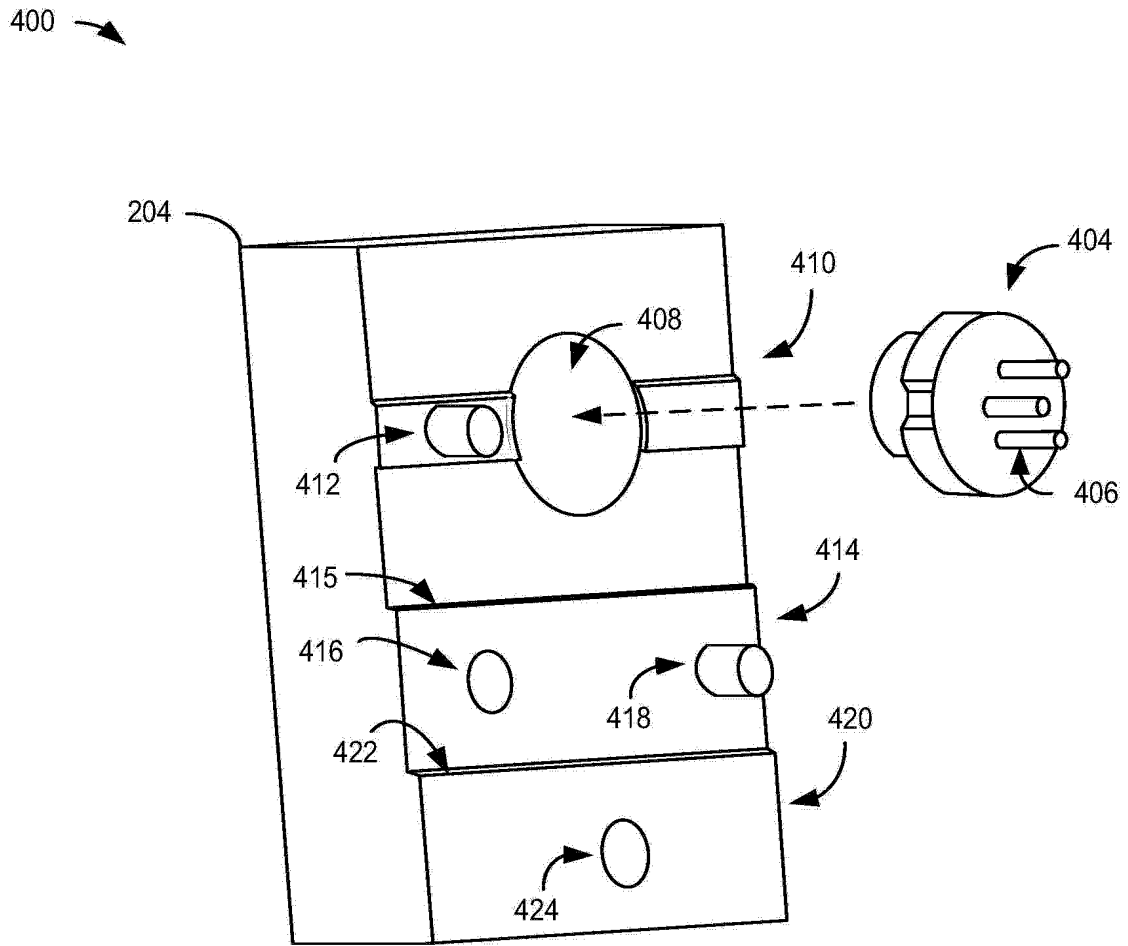


图 4

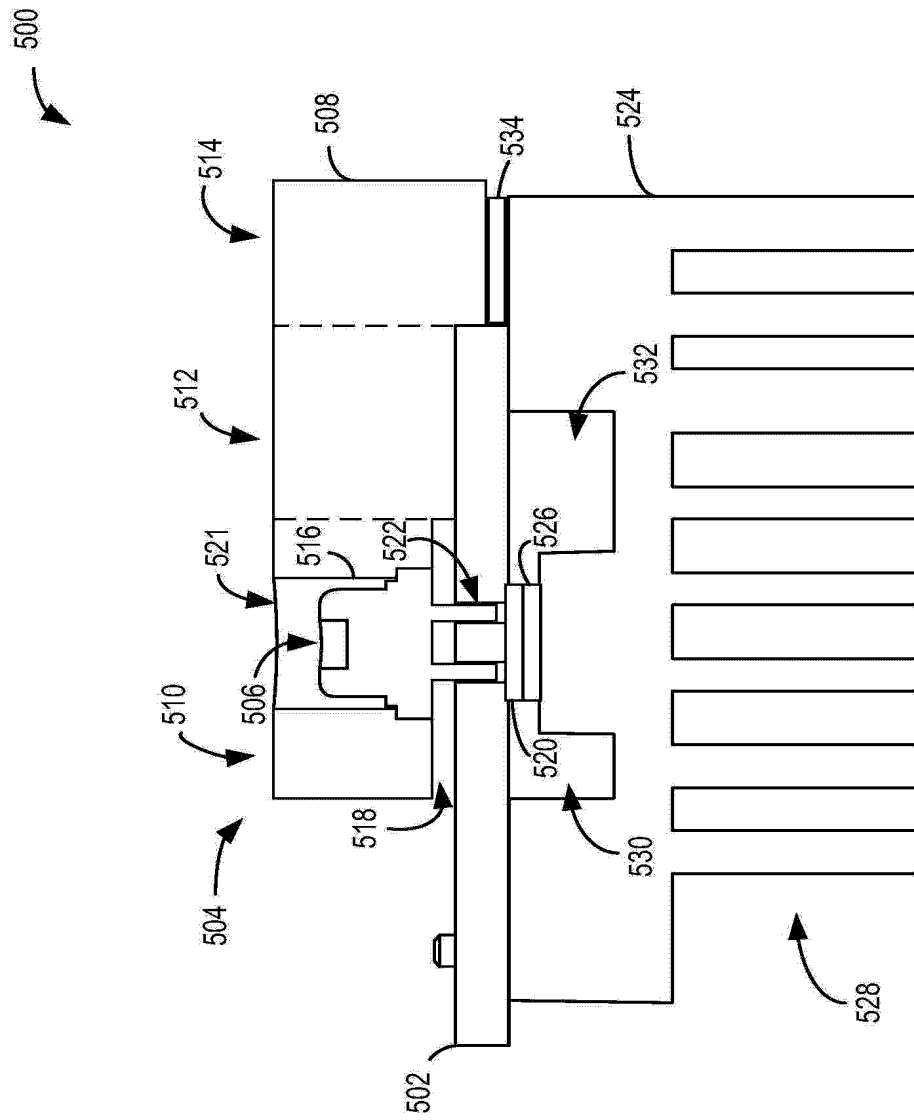


图 5

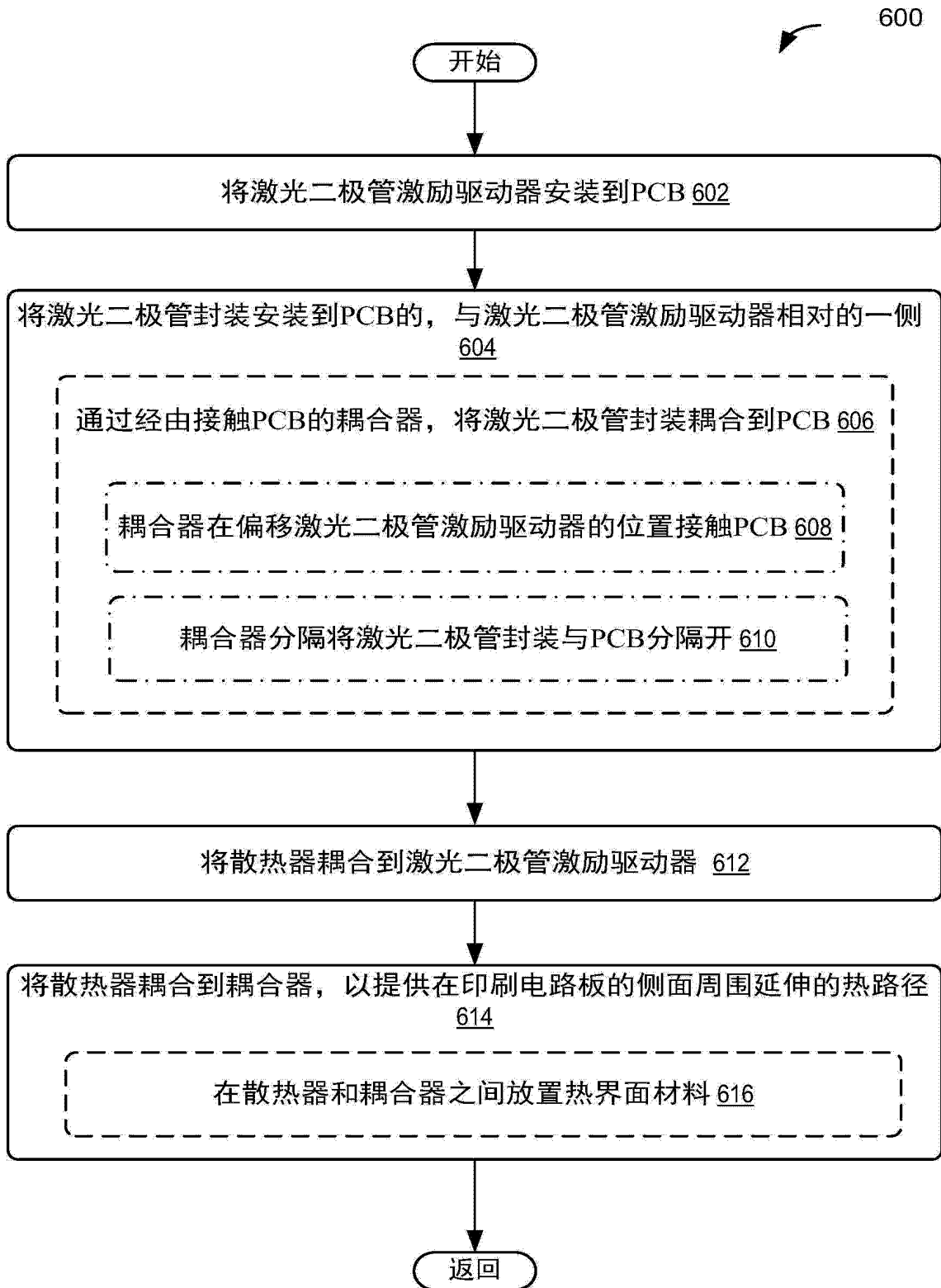


图 6

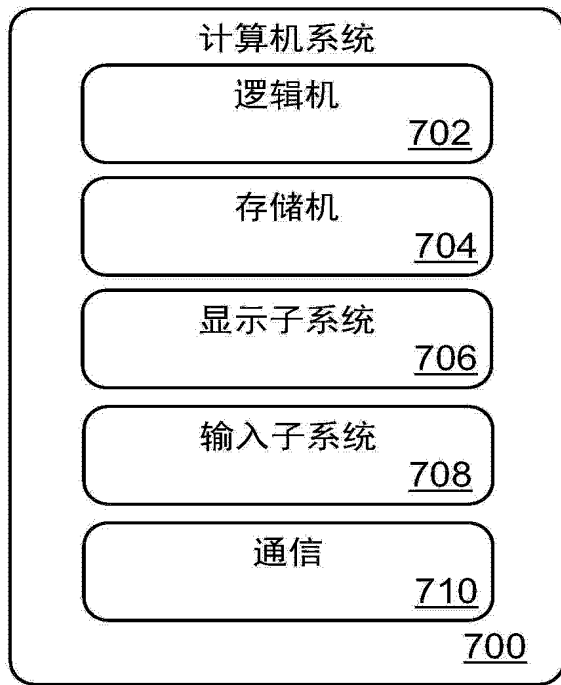


图 7