



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106134018 A

(43)申请公布日 2016. 11. 16

(21)申请号 201580017651.4

帕维尔·特鲁边科

(22)申请日 2015.03.25

伊格尔·贝尔谢夫

尼古拉·斯特鲁格夫

(30)优先权数据

61/973,237 2014.03.31 US

61/973,225 2014.03.31 US

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 杨飞

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.09.29

(51)Int.Cl.

H01S 3/0941(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/022367 2015.03.25

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/153208 EN 2015.10.08

(71)申请人 IPG光子公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 阿列克谢·科米萨诺夫

德米特里·米弗塔库提诺夫

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

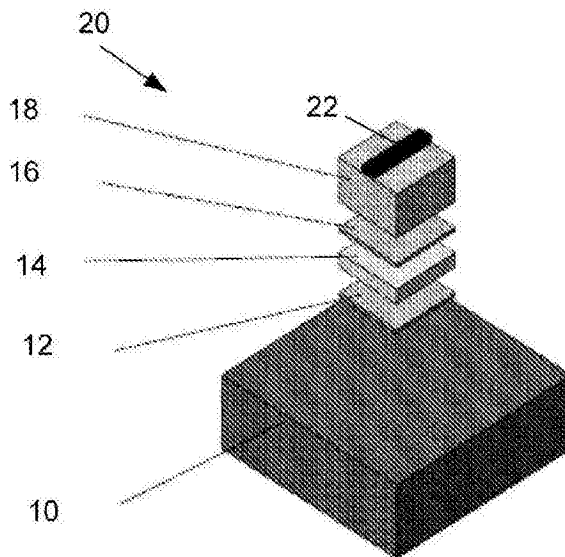
(54)发明名称

高功率激光二极管封装方法和激光二极管模块

(57)摘要

多层激光二极管支架被构造有由热电传导材料制成的副支架。副支架的多个相对表面中的一个支撑激光二极管。副支架的另一个表面面向散热器并与所述散热器间隔开。副支架和散热器被构造有彼此不同的相应的热膨胀系数(“TEC”)。副支架的多个相对表面被电镀有相应的金属层,所述金属层中的一个结合到软焊料层。在本公开的一方面中,支架被进一步构造有间隔器,所述间隔器具有与副支架的TEC相同的TEC并结合到软焊料层。硬焊料层使间隔器和散热器相互结合。在本公开的进一步方面中,与副支架的另一个表面接触的电镀金属层为几百微米厚或更厚。软焊料直接结合到散热器。在本公开的两个方面中,激光二极管的p-n结点的温度经过预定次数的几百次重复热循环在0-2°C的温度范围内保持大致恒定,这表示软焊料的未妥协的整体性。

CN 106134018 A



1. 一种多层激光二极管支架,包括:
具有支撑二极管激光器的一个表面的副支架;
散热器,所述散热器与副支架的与所述一个表面相对的相对表面间隔开,并面向副支架的所述相对表面,副支架和散热器被构造有彼此不同的相应的热膨胀系数(“TEC”);
金属层,所述金属层沉积在副支架的所述相对表面上并与所述相对表面接触;和
软焊料层,所述软焊料层结合到金属层并连接到散热器,以使得二极管激光器的p-n结点的温度经过多至至少几百次循环的预定次数的重复热循环保持大致恒定,且温差 ΔT 在每一次循环内超过 100°C 。
2. 根据权利要求1所述的支架,其中,p-n结点的温度在预定次数的重复热循环中在 $0-2^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内保持恒定。
3. 根据权利要求2所述的支架,其中,p-n结点的温度在预定次数的重复热循环中保持在 1°C 以下。
4. 根据权利要求1所述的支架,进一步包括间隔器和硬焊料层,所述间隔器由具有与副支架的TEC匹配的TEC的材料制成并结合到软焊料层,所述硬焊料层位于间隔器与散热器之间并结合到间隔器和散热器。
5. 根据权利要求1所述的支架,其中,金属层具有达到几百微米的厚度。
6. 根据权利要求5所述的支架,其中,金属层终止于距离副支架的所述相对表面的周边的一定距离处。

高功率激光二极管封装方法和激光二极管模块

技术领域

[0001] 本公开涉及半导体激光器技术并具体地涉及其特征在于增加的稳定性的高功率激光二极管模块。

背景技术

[0002] 半导体激光器技术的迅速发展已经采用可更加容易供应的高功率激光二极管。对较高激光功率的连续追踪要求在封装设计方面较好的热操纵能力以有助于受控操作。当这些激光二极管生成可能会不利地影响其性能和可靠性的大量热通量时,需要一种热效封装方案来迅速地将激光二极管中生成的过量热移除到其周围环境。

[0003] 对于高功率应用,不仅需要考虑热问题,而且还需要考虑模块中的连接的机械整体性。这些造成了显著的封装挑战,因为进一步讨论的因素使对产生理想的封装设计的努力复杂化。。

[0004] 参照示出了典型的激光二极管组件的图1,激光二极管中生成的热量通过将二极管连接到副支架上而被传递到外界环境。激光二极管必须最佳地连接到组件以确保通过热界面的有效热传递。诸如软焊料的薄热结合界面建立通过管芯连接过程的有效散热通道。基于所述,为了提高激光二极管组件的热设计,理想的是,尤其使诸如二极管激光器的热源尽可能靠近散热器,使得软焊料界面尽可能地薄,增加材料的热导率,并且提供激光二极管与散热器之间的紧密热接触。

[0005] 热结合界面或焊料由于其电气互连、机械支撑与散热性能而被用于激光二极管组件的每一部分中。这些焊料通常可以被分成两类:硬焊料和软焊料。通常,焊料材料必须满足以下要求:

[0006] • 具有期望的处理温度以支持高温操作

[0007] • 减少由于激光二极管与散热器之间的热膨胀的不匹配而导致的热诱导应力

[0008] • 在其长期操作期间显示没有变形/具有低变形

[0009] • 显示副支架管芯焊料的低电阻率以减小在高注入电流下的焦耳热量

[0010] 通常含有大百分比铅、锡和铟的软焊料具有非常低的屈服强度并在应力下会产生塑性变形。所述焊料塑性变形的能力有助于减小形成在结合结构中的应力。然而,这使得软焊料受到热疲劳和蠕变破裂,从而产生长期的可靠性问题。

[0011] 传统地,如图1所示,软的基于铟/锡/铋等的材料等用于将散热器结合到陶瓷副支架。例如由铜制成的散热器的热膨胀系数(“TEC”)与所述副支架的热膨胀系数不匹配。在激光器操作中被进一步称为热循环的重复接通-断开循环由于各个散热片和副支架的不同TEC而产生机械应力,其中所述副支架导致软层材料破裂/剪切等、和/或铟迁移。这些缺陷初始导致二极管的温度升高。有时,软焊料层被破坏,这将导致副支架与散热器的分离并导致激光二极管由于过热而被最终破坏。这尤其与高功率激光器有关,这是由于所述高功率激光器在管芯与散热器之间具有大的接触表面并且在接通与断开周期之间具有高温差。

[0012] 另一方面,硬焊料具有非常高的屈服强度,并因此在应力下会发生弹性变形,而不

是塑性变形。因此,所述硬焊料具有良好的热导率,并且没有热疲劳和蠕变移动现象。遗憾地,已知的硬焊料的融化温度可能会太高,并且可能使到散热器附加装置的副支架的整体性受到妥协。

[0013] 因此,需要改进抗热循环激光二极管封装,从而产生稳定的高功率激光二极管模块。

发明内容

[0014] 根据本公开的一方面,本发明的激光二极管组件由插入在散热器与陶瓷副支架之间的两个超散热层构造而成。所述层中的一个用作软焊料层与硬焊料层之间的间隔器,所述间隔器又被结合到散热器。间隔器由被选定为具有与陶瓷副支架的TEC基本上相匹配的TEC的材料制成。因此,在热循环期间,间隔器和副支架两者的几何形状基本上以一致的方式改变,这最小化不利地影响软焊料层的拉伸/压缩力。然而,通过本公开的间隔器的结构,所施加的力不足以使软焊料的整体性受到妥协。

[0015] 硬焊料层用于将间隔器结合到散热器。硬焊料实际上不易受到具有由具有相应不同的TEC的材料(在这种情况下,分别为间隔器和散热器的材料)的夹心层的非均匀变形。然而,在将间隔器结合到散热器期间,升高的温度不会影响软焊料和管芯的整体性。

[0016] 本公开的进一步方面中,组件包括塑性高度一致的金属层,所述金属层在陶瓷副支架通过使用软焊料层被结合到散热器之前被电镀或直接结合在陶瓷副支架上。在通常往往具有不超过1-2微米的薄金属层的公知的现有技术相反,所公开的结构金属层至少为10微米厚并具有不同于副支架的CTE的CTE。然而,电镀或直接结合的金属的塑性补偿热诱导应力,同时其厚度在相当大的程度上增加其使用寿命。

[0017] 基于上述,本公开的多层激光二极管支架的基本结构被构造有一副支架,所述副支架具有支撑二极管激光器的一个表面。所述结构进一步包括散热器,所述散热器与副支架的与所述一个表面相对的相对表面间隔开并面向所述相对表面。副支架和散热器被构造有彼此不同的相应的热膨胀系数(“TEC”)。该结构的金属层被沉积在副支架的相对表面上并与所述相对表面接触,并且大约为几百微米。所述软焊料层结合到金属层并连接到散热器,以使得二极管激光器的p-n结点的温度通过达到至少几百次循环的预定次数的重复热循环保持大致恒定,且温差 ΔT 在每一次循环内超过100°C。

[0018] 本公开支架的上述结构的p-n结点在预定次数的重复热循环中在0-2°C的温度范围内保持恒定的温度下操作。优选地,p-n结点的温度在预定次重复热循环中保持在1°C以下。

[0019] 支架的基本结构还包括间隔器和硬焊料层,所述间隔器由具有与副支架的TEC相匹配的TEC的材料制成并结合到软焊料层,所述硬焊料层位于间隔器和散热器之间并结合到所述间隔器和散热器。这些额外的部件操作以使得在0-2°C之间并优选地在1°C以下改变的p-n结构的规定温度保持不变。

附图说明

[0020] 以上及其它特征将从由图提供的以下具体描述变得更加清楚,其中:

[0021] 图1是典型的二极管激光器组件的分解图;

[0022] 图2A和图2B是根据本公开的一方面的本发明的二极管激光器组件的等视以及侧视分解图；

[0023] 图3示出了二极管激光器的P-N连接变化的温度与施加到根据图2A和图2B被封装的二极管激光器的热负载的依赖性；

[0024] 图4示出了根据本公开的进一步方面的所公开的二极管激光器组件的侧视图；

[0025] 图5A是图4的本发明的组件的制造过程期间基部的底视图；和

[0026] 图5B示出了图4的被处理组件的侧视图。

具体实施方式

[0027] 以下详细地说明本发明的实施例。无论哪种可能，在附图中使用相同或类似的附图标记，并且对相同或类似的部件或步骤进行相同或类似的描述。附图简化形式并且没有按精确的比例绘制。除非专门指出，说明书和权利要求书中的单词和措辞对于二极管和光纤激光器领域的普通技术人员来说是普通且惯常的意思。单词“连结”和类似术语不是必然地表示直接或即刻连接，而是包括通过自由空间或中间元件的机械和光学连接。

[0028] 通过安装/封装过程引入的热管理、机械应力和材料缺陷是需要解决的关键问题以实现高功率水平的可靠的激光器性能。除了操作温度本身之外，影响二极管激光器的寿命的一个重要因素是热机械应力。这些高应力水平由封装过程引起并且通过所公开的结构实施例被最小化，其中所述实施例在以下结合图2-4这里被充分地公开。

[0029] 图2A和图2B示出了本发明的激光二极管组件20的实施例中的一个。二极管激光器(“DL”)22被结合到金属层，所述金属层被涂覆在副支架18的二极管支撑表面上。软焊料层16提供间隔器14和副支架18的与间隔器14相对的金属化侧之间的可靠接触。间隔器14的材料被选定为具有大致匹配副支架18的热膨胀系数的热膨胀系数(“TEC”)，而间隔器14的几何形状类似于副支架18的几何形状，且可能为几百微米厚。整个副支架结构通过硬焊料层12被进一步结合到散热器10。

[0030] 通常，当电流通过DL 22被驱动时，其温度升高。如果副支架18与散热器10之间的结合良好，则温度升高将较小，这是因为热量被传导远离DL；如果所述结合差，则温度升高较大，这是因为热量聚集在芯片上。通常用于制造高功率二极管激光器应用中的副支架18的材料包括BeO和AlN陶瓷。散热器10通常由铜或具有接近于铜的热电传导特性的热电传导特性的另一金属制成。

[0031] 不管用于相应散热器10和副支架18的材料如何，在其相应的TEC之间都存在不匹配性。这可能会导致在软焊料16上的高数量的热机械应力。通常具有延展性的焊料是铅、锡和铟及其各自的合铟(例如，铟锡)，所述这些材料由于其塑性而被分类为软焊料。因此，例如铟的软焊料的具有延展性的特性用于补偿由塑性变形(蠕变)引起的不匹配。

[0032] 然而，由于重复每一个都持续数十分钟的接通/断开热循环，因此软焊料界面材料形成空隙。对空隙的主要顾虑涉及软焊料界面内的热导率的损失。空隙可能由于产生较差的散热通道区域而导致热点。因此，软焊料界面内的空隙不仅限制散热性能，而且还恶化连结部的电气和机械性能。这又可能会导致上面具有DL的副支架与支撑结构的其余部分的分离以及DL的解构。

[0033] 本公开的结构通过分别插入额外的中间层14和12来最小化软焊料16上不期望的

应力以及空隙在界面中的形成。进一步被称为间隔器的层14被选定为具有与副支架18的TEC大致匹配的TEC。优选地,间隔器14由与副支架18的材料相同的材料制成。间隔器14与副支架18之间在热循环期间的相对位移因此被最小化。因此,软焊料界面16的使用期限显著大于图1的现有技术结构中的软焊料的使用期限。

[0034] 当然,间隔器14具有不同于散热器10的TEC的TEC。与软焊料材料相反,硬焊料具有非常高的屈服强度并因此在应力下会发生弹性变形而不是塑性变形。包括Au-Sn、Au-Ge、Au-Si等的许多合金(例如,共晶Au80Sn20合金)通常适于高功率激光二极管应用以克服可靠性问题。因此,硬焊料界面16相对地没有热疲劳和蠕变移动现象,这对于半导体领域的普通技术人员来说是公知的。

[0035] 如上所述的现有技术公开了许多封装结构。当然,每一种结构都受到严格的测试。通常测试的是发射光的波长响应于预定次数的热循环的热负载如何改变,其中所述预定次数的热循环通常包括数次并且有时候可能会达到大于一千次。在每一个热循环内,最高温度与最低温度之间的温差超过100°C。波长与p-n结点的温度升高的相关性对于每一个特定操作波长是公知的。例如,对于发射970nm的光的DL来说,每一度(温度)都对应于朝向更长波长的0.3nm的波长移动。如本领域普通技术人员所公知的瓦特数是施加到DL的注入电流、DL两端的电压减去光功率损失的函数。因此,活动结点的温度变化是面向散热器的副支架表面与相邻层之间的连结部的退化的可靠指示器。在图2A和图2B的实施例中,该连结部是软焊料界面16。

[0036] 虽然不存在通用标准测试,该通用标准测试需要足以认为测试的DL组件是“良好的”的预定次数的重复接通-断开循环,但是半导体行业中的常用作法是公知的。即,在300次与1000次之间变化的热循环次数期间,所述的p-n结点连结部的基于温度的特性作为组件的质量的可靠指示剂被接受。

[0037] 图3图示了作为预定次数的重复接通-断开循环上的热负载的函数的DL22中的活动结点的温度。热负载是注入电流、DL22两端的电压和光功率损失的函数。所述功率损失包括通常作为废热或损失留在装置中的大多数未转换的功率。低功率损失表示较低的结点温度。高功率激光二极管的退化率通常随着温度呈指数增加:越低的温度表示越长的使用期限。

[0038] 测试结果清楚地显示在430次热循环中响应于增加的热负载p-n结点温度保持大致连续(在0-0.5°C的区间变化)。与此相反,在相同条件下作为本发明的组件被测试的图1的结构温度升高接近于7.5°C。这些结果清楚地说明了在本发明的结构中软焊料界面18的整体性被改进。本发明的结构在其它不同的条件下被测试,包括1000次热循环状态并且总是显示在测试结束时在0-1.5°C范围内变化的p-n结点的大致恒定温度。与此相反,在测试结束时图1的现有技术结构具有在4°C与13°C之间的温度变化。

[0039] 参照图4,本公开的又一实施例包括组件30,所述组件30被构造有经由软焊料界面16直接结合到副支架18的散热器10。然而,与图1的现有技术结构相反,组件30具有被电镀有相对较厚的纯金属层34的底部表面32。封装行业中的通常做法包括提供尽可能薄层,通常该厚度大约为1微米。与此相反,本公开的结构金属层34厚于现有技术的厚度的至少10倍,并且可以达到数十微米。测试结果非常类似于图3中所示的结果,所述结果通过图2A-2B的结构获得。

[0040] 参照图5A和图5B,通常,在将激光二极管结合到副支架18之前,由热传导材料制成的基部40被电镀,然后被分成多个副支架18。因为涂覆图4的金属层34的底部相对较厚,基部的切割产生金属毛刺。这是高度不期望的。有助于避免不期望的金属毛刺的结果的技术在共同申请和共同拥有的申请61653083中被公开。具体地,为了避免形成毛刺,基部40被处理以使得每一个单独的副支架18的底部表面的相对边缘不具有涂覆金属层34的相应区域。

[0041] 虽然已经根据所公开的示例描述了本公开,但是在不背离以下权利要求的保护范围和精神的情况下对以上公开的实施例的多个修改和/或添加对于激光领域的技术人员是容易实现的。

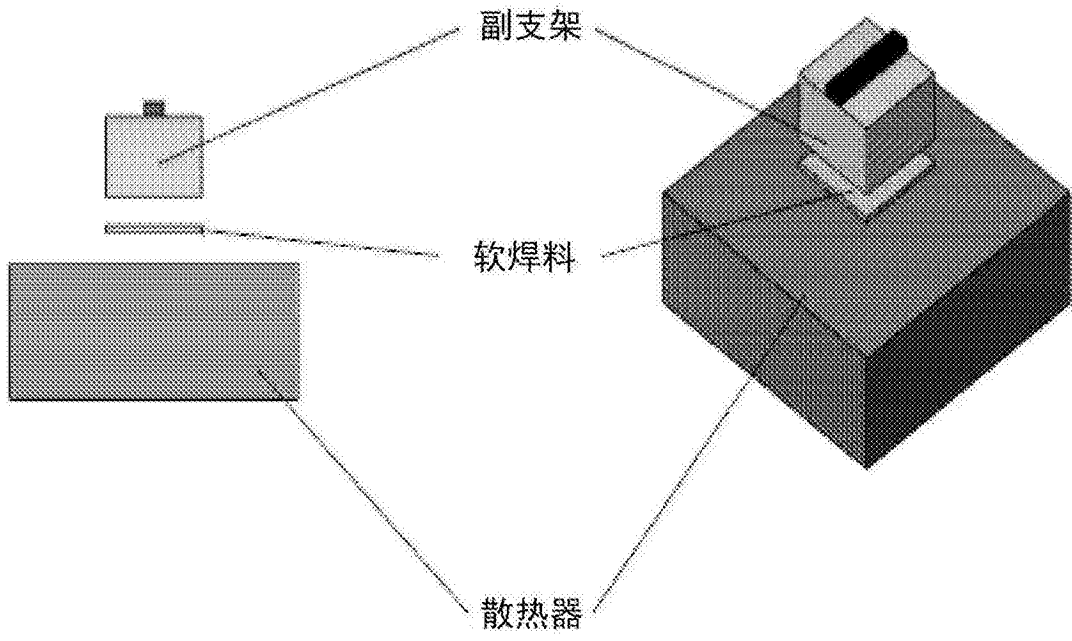


图1
现有技术

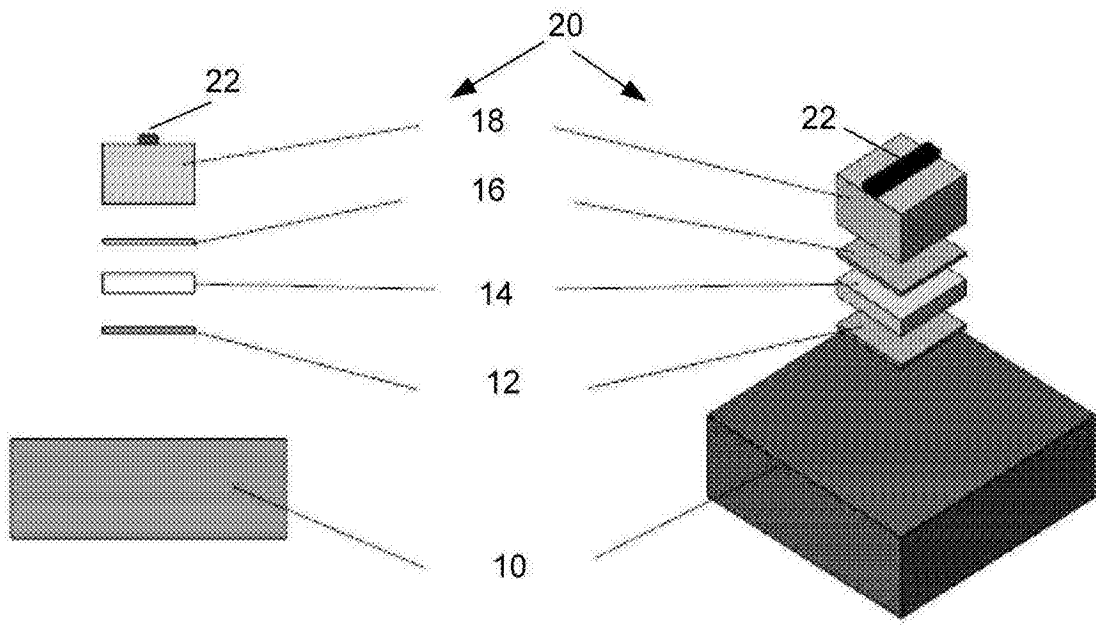


图 2B

图 2A

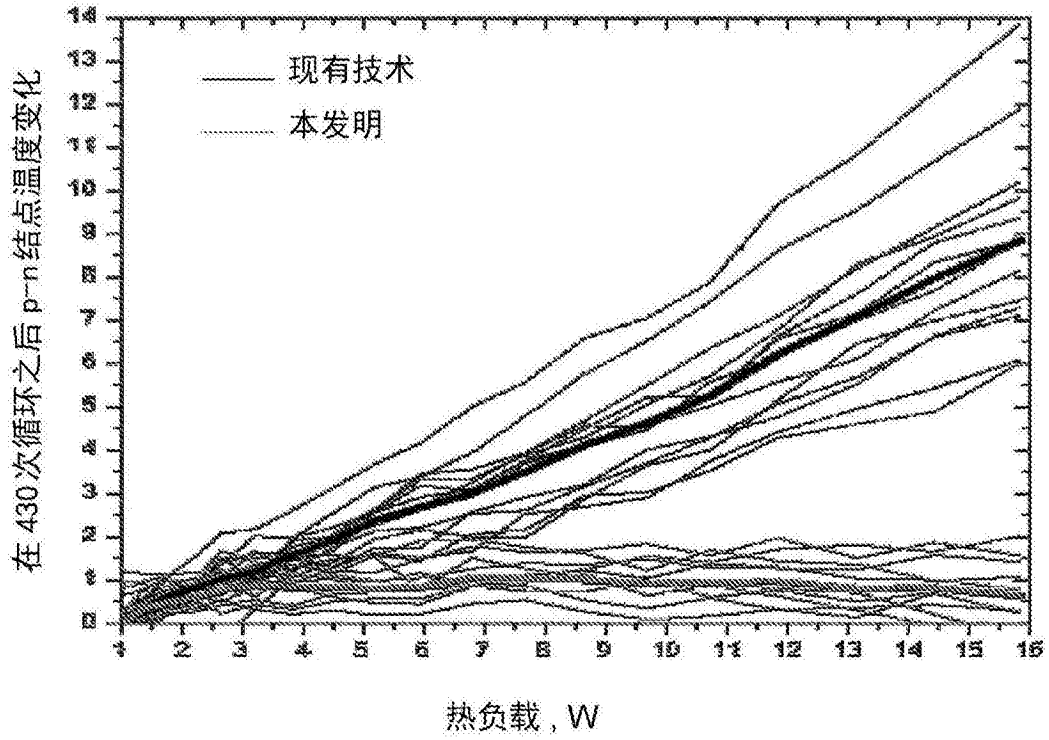


图3

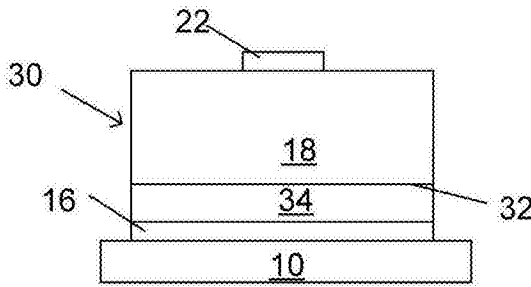


图4

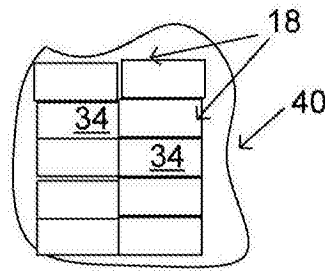


图5A

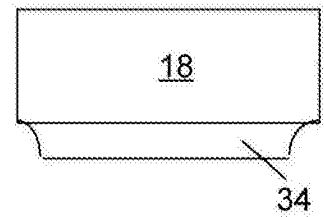


图5B