



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102918930 A

(43) 申请公布日 2013.02.06

(21) 申请号 201180023859.9

F21V 21/00 (2006.01)

(22) 申请日 2011.03.31

F21V 29/00 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01L 33/64 (2006.01)

61/319,732 2010.03.31 US

F21S 2/00 (2006.01)

F21V 9/02 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.11.13

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CA2011/050179 2011.03.31

(87) PCT申请的公布数据

W02011/120172 EN 2011.10.06

(71) 申请人 ATS 自动化加工系统公司

地址 加拿大安大略省剑桥市

(72) 发明人 格里·R·伍顿

(74) 专利代理机构 北京高文律师事务所 11359

代理人 徐江华

(51) Int. Cl.

H05B 37/02 (2006.01)

F21K 99/00 (2006.01)

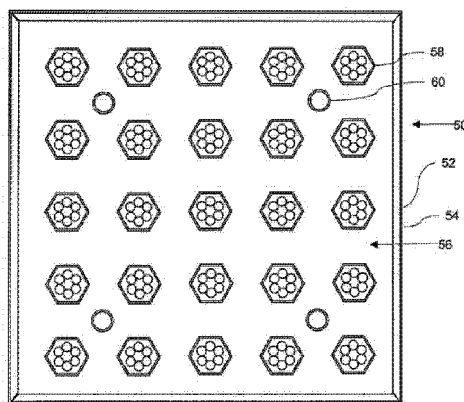
权利要求书 3 页 说明书 40 页 附图 22 页

(54) 发明名称

光发生器系统和方法

(57) 摘要

一种光生成系统包括：多个固态发射器 (SSE) 和用于控制 SSE 的光谱稳定性的稳定性控制系统。在特定情况下，稳定性控制系统可包括：功率调节器，用于调节供应到多个 SSE 子集 的功率；连接到功率调节器以对 SSE 子集提供恒流的恒流电路；连接到恒流电路的电流调节设定点；以及被构造造成基于与 SSE 的状态相关的计量设定调节设定点的控制器。



1. 一种光发生器系统,包括:
多个固态发射器(SSE);
用于控制所述 SSE 的光谱稳定性的稳定性控制系统。
2. 根据权利要求 1 所述的光发生器系统,其中所述稳定性控制系统包括:
功率调节器,用于调节供应到所述多个 SSE 的子集功率;
连接到所述功率调节器以对所述 SSE 子集提供恒流的恒流电路;
连接到所述恒流电路的电流调节设定点;以及
被构造成基于与所述 SSE 的状态相关的计量设定所述调节设定点的控制器。
3. 根据权利要求 2 所述的光发生器系统,其中所述稳定性控制系统进一步包括:
结压监控器,该结压监控器检测所述 SSE 子集的至少一个结点的电压,并对所述控制器提供用于调节所述调节设定点的计量数据。
4. 根据权利要求 2 所述的光发生器系统,其中所述稳定性控制系统进一步包括:
温度传感器,该温度传感器检测所述 SSE 子集的至少一个结点的温度,并对所述控制器提供用于调节所述调节设定点的计量数据。
5. 根据权利要求 1 所述的光发生器系统,其中所述多个 SSE 包括密封剂,所述光发生器系统进一步包括:
被构造成冷却所述密封剂和所述至少一个固态发射器中的至少一个的热管理系统。
6. 根据权利要求 5 所述的光发生器系统,其中所述热管理系统包括气体冷却系统,该气体冷却系统包括:
气体输送系统;和
被构造成接收来自所述气体输送系统的气体并将该气体引导越过所述密封剂的气体喷嘴。
7. 一种固态发射器元件,包括:
至少一个固态发射器;
覆盖所述至少一个固态发射器的密封剂;以及
被构造成冷却所述密封剂和所述至少一个固态发射器中的至少一个的热管理系统。
8. 根据权利要求 7 所述的固态发射器元件,其中所述热管理系统包括被构造成冷却所述密封剂的第一热管理系统和被构造成冷却所述至少一个固态发射器的第二热管理系统。
9. 根据权利要求 7 所述的固态发射器元件,其中所述热管理系统包括气体冷却系统,该气体冷却系统包括:
气体输送系统;和
被构造成接收来自所述气体输送系统的气体并将该气体引导越过所述密封剂的气体喷嘴。
10. 根据权利要求 9 所述的固态发射器元件,其中所述气体喷嘴包括翼剖面,以对气体流动提供附壁效应。
11. 一种固态发射器模块,包括:
多个固态发射器元件;
多个光学元件;以及
支撑结构,

其中所述支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件垂直于光发射的预期方向定向,并且所述多个光学元件被构造成沿着所述光发射的预期方向引导来自每一个固态发射器元件的光。

12. 一种固态发射器模块,包括:

多个固态发射器元件;

多个光学器件;以及

支撑结构,

其中所述支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件相对于光发射的预期方向平坦定向,并且所述多个光学元件被构造成沿着所述光发射的预期方向引导来自每一个固态发射器元件的光。

13. 一种固态发射器模块,包括:

多个固态发射器元件;以及

用于在基本径向编组中支撑所述多个固态发射器元件的支撑结构;

其中所述支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件被定位在所述径向编组的侧部。

14. 根据权利要求 13 所述的固态发射器模块,其中所述固态发射器成群布置在所述径向编组的所述侧部处。

15. 根据权利要求 13 所述的固态发射器模块,其中所述支撑结构合并有光学元件。

16. 根据权利要求 13 所述的固态发射器模块,其中所述支撑结构合并有用于将冷却空气分布到所述光学器件的空气通路。

17. 根据权利要求 13 所述的固态发射器模块,其中所述支撑结构能具有多个小平面,至少 3 个并且高达至少 16 个小平面。

18. 根据权利要求 13 所述的固态发射器模块,其中所述支撑结构合并有能插塞的电连接和气动连接。

19. 根据权利要求 13 所述的固态发射器模块,进一步包括光传感器,并且其中所述支撑结构被构造为使得所述光传感器被定位在所述径向装置的中心点处。

20. 根据权利要求 13 所述的固态发射器模块,其中所述支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件垂直于光发射的预期方向定向,并且多个光学元件被构造成沿着所述光发射的预期方向引导来自每一个固态发射器元件的光。

21. 根据权利要求 13 所述的固态发射器模块,其中所述支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件相对于光发射的预期方向平坦定向,并且多个光学元件被构造成沿着所述光发射的预期方向引导来自每一个固态发射器元件的光。

22. 根据权利要求 21 所述的固态发射器模块,其中所述多个光学元件能被组合成单块组件。

23. 根据权利要求 22 所述的固态发射器模块,其中所述多个光学元件还能包括用于光学传感器的光学元件。

24. 一种光生成系统,包括:

多个固态发射器元件;

用于将所述多个固态发射器元件划分成一个或更多区域的障壁。

25. 根据权利要求 24 所述的光生成系统,其中所述障壁包括反射壁,该反射壁基本垂直于所述固态发射器元件的平面布置,具有预定长度,并在所述反射障壁的长度上从所述固态发射器元件的所述平面具有预定锥度。

26. 根据权利要求 24 所述的光生成系统,其中所述一个或更多区域包括所有所述多个固态发射器元件,使得所述障壁为环绕由固态发射器元件形成的模块的边缘障壁。

27. 根据权利要求 24 所述的光生成系统,其中所述一个或更多区域被独立地控制。

28. 根据权利要求 19 所述的固态发射器模块,其中所述光学传感器为强度传感器、颜色传感器、参比池或可跟踪的参比池,该可跟踪的参比池能进一步为单个元件、线性或阵列传感器。

光发生器系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 该申请要求于 2009 年 3 月 31 日提交的第 61/319,732 号美国临时专利申请的优先权,该美国临时专利申请通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本文献大体上涉及一种光发生器和操作并使用该光发生器的方法。更具体地,本文献涉及一种使用固态发射器并具有如同太阳模拟器一样应用的光发生器。

背景技术

[0004] 光发生器是用于为可能需要特定亮度、光谱或其他光特性的各种应用产生各种类型发光条件的设备。光发生器可用在多种应用中,包括但不限于,评估和处理光敏产品、以高精度和通用性控制光化学反应以及比色试验。

[0005] 光发生器的一个特定应用是作为太阳模拟器,太阳模拟器是用于模拟太阳辐射的设备。尽管以下大量论述涉及太阳模拟器,但应理解,至少一些所描述的原理和改进将适用于其他光发生器应用。

[0006] 太阳模拟器可用在多种应用中,包括但不限于,确定设备或物体暴露于阳光时的响应。太阳模拟器允许以可控和再现性的方式随意执行这种测试。

[0007] 太阳模拟器的普通应用是性能测试和光(“PV”)电池和模块的分类。在该申请中,太阳模拟器的基本要求是提供合理的阳光近似值,使得 PV 设备的性能能够符合要求,并且能够根据室内生产计量学估计模块的室外性能。这种测试在光电设计和制造领域以及工厂和现场的质量保证方面是有用的。模拟器的优点在于,模拟器可提供用于获得性能测量的条件的再现性设置。重要的是能够在现场安装之前以及现场测试时确定并优化电池性能。

[0008] 太阳模拟器的其他应用包括性能测试和防晒霜或其他紫外线(UV)保护产品的产品质量控制、测定材料的耐气候性和抗褪色性、油漆饰面的颜色匹配的质量保证、以及室外设计和通常用于化妆容貌较为重要的室外的其他产品的性能测试。在这些应用中,在全部光谱范围内与实际阳光的光谱配色可能是不必要的。在加速有效期时,可能需要超过典型太阳辐射的测试强度。

[0009] 太阳模拟器通常包括:发光的来源或多个来源、指引光和相关驱动器和控制器的传送光学器件。传送光学器件的设计影响诸如 PV 模块等目标上的光的散度和均匀性。

[0010] 原型源为短弧氙灯。还存在氙灯的替代物,包括汞灯、汞氙灯、石英卤素灯、金属卤化物灯和钨丝灯。使用灯的传统太阳模拟器会具有在文献中广为证明的许多限制或难点,包括:与标称太阳光谱的不良光谱配色、能力、稳定性、通用性、费用和尺寸。

[0011] 最近,固态发射器已获得一些有关太阳模拟器关注。尽管似乎已取得一些改进,但是利用固态发射器的当前理论上和已知的太阳模拟器仍继续具有有关不良光谱配色、亮度的一致性、测试应用的通用性、控制系统的复杂性等限制或难点。缺乏通用性会严重限制各个太阳模拟器能够实现何种测量(方法、系统和应用),并且还限制与其益处相比的费

用。

[0012] 为了更好地理解现有太阳模拟器的限制,理解太阳辐射和用于太阳模拟器的当前标准的基础是有用的,特别是与用于光(PV)电池或模块(太阳能电池或模块)的太阳模拟器有关的标准。

[0013] 太阳近似是具有 $\sim 5600^{\circ}\text{K}$ 的协调色温(CCT)的炽热源。获得的光谱从紫外线跨越到红外线(IR)。阳光通过由地球大气呈现的一些强吸收带被太阳和地球大气过滤。获得的光谱因此高度结构化,并覆盖紫外线至红外线。作为1.5总辐射的气团或AM1.5G已知的阳光“标准”光谱功率分布被编撰在标准ASTM G173-03中。这为数据集,其代表在USA大陆的平均纬度且在海平面时USA大陆平均大气条件下的理想阳光(包括直接辐射和间接辐射)。进一步假设,中午时在阳光路径上的总气团所在的纬度朝向太阳倾斜的平面上的辐照度是正头顶上的气团(“AM”)的1.5倍。这限定了判断太阳模拟器可对照的标称分光照度。具有可在某些情况下应用的其他可能标准,例如AM100—地外辐射—和AM1.5D—仅为直接辐射。通常,全光谱太阳模拟器的目标是提供这种辐射的合理再现。注意,该标准辐照度(AM1.5G)包括具有0.53度对向角的直射阳光和散射阳光,其具有更为宽广的对向角,该对向角由大气条件影响,但多半包含在15度范围内。

[0014] 通常称为“1个太阳”、采取AM1.5大气条件的中午时分的太阳辐照度的标准水平被认为是 $1\text{kW}/\text{m}^2$,尽管这有些武断,这是由于ASTM标准提供了略微更小且可以是近似0.995的值。根据惯例,尽管卫星观测到的平均值接近为 $1362\text{W}/\text{m}^2$ (这将改变ASTM模型),但大气顶部的平均太阳辐射被认为具有 $1366\text{W}/\text{m}^2$ 的辐照度。总之,精确值因具有更长期周期性变化的地球轨道的偏心而将在一年不同时间有些变化。

[0015] 用于光电太阳模拟器的现有标准(例如IEC 60904-9,ASTM E927-05,JISC 8912)将标准光谱分成六个波段,并仅仅考虑每个波段内的功率的比例,而不关心光谱功率在波段内如何分布。模拟器于是按照它们的输出与标准阳光相比如何好而根据三个标准被划分:光谱配色、输出区域上的亮度均匀性和随着时间的稳定性。分类包括A、B和C,A对于光谱配色、空间均匀性和稳定性大体上是最好的。光谱型极限A、B和C在下文中进一步论述。并未详细说明方向性和波段外辐射。

[0016] 表1:太阳模拟器的分类标准

[0017]

机构	ASTM			IEC			JIS		
	E927-05			60904-9			C 8912		
标准	A	B	C	A	B	C	A	B	C
分类									
光谱配色 (低 / 高)	0.75 1.25	0.60 1.40	0.40 2.00	0.75 1.25	0.60 1.40	0.40 2.00	0.75 1.25	0.60 1.40	0.40 2.00
辐射均匀性 ($\pm\%$)	3	5	10	2	5	10	2	3	10
短期稳定性 ($\pm\%$)	-	-	-	0.5	2	10	-	-	-
瞬时稳定性 ($\pm\%$)	2	5	10	2	5	10	1	3	10

[0018] 太阳模拟器典型地预计产生近似 $1\text{kW}/\text{m}^2$ 的标称辐照度,然而,用于诸如赤道(AM 1.0)或高海拔或地外条件的其他条件性能测试可能需要差不多高37%或者更高的辐照度。类似地,加速寿命测试和光浸润应用常常将需要更高的辐照度。低光级性能也可能是所关

心的,特别是当测试光电或太阳热设备时。提到的标准并没充分解决该问题,并且传统的太阳模拟器不允许这些额外类型的测试。

[0019] 在 PV 设备条件下,多数通常测量的参数与 PV 设备在一个或多个光级条件下的电特性(所谓的电流与电压(“IV”)曲线)以及 PV 设备功率产生容量的预测有关。在 PV 测试环境中,参比池通过提供用于精确量化从太阳模拟器输出的光的方法而起重要作用,并校准测试系统。相对标准太阳光谱校准的可追溯参比池大体上由诸如 NIST 的公认的实验室提供。

[0020] 目前,太阳模拟器典型地用于测量光电转换效率以及或者在光电池和模块的生产过程中两个或三个位置的一些其他性能:电池测试 & 分类(金属化之后)、电池串测试(在选出并排成一系列之后,以及高压线与汇流排的连接和扭绞期间、后触点选出之后的 TF 模块)、模块测试和认证(最终装配之后)。存在将太阳模拟器应用于制造过程的其他时机,然而,这或者由于传统太阳模拟器的费用和体积而大体上未完成。

[0021] 在市场上存在光电池技术的各种平台,例如单晶硅和多晶硅以及非晶硅、薄膜阵列、Ge 和 GaAs 基的多结、CdTe, CIS, CIGS、浓缩策略以及多个新兴技术。这些平台技术中的每一个具有不同的光学和电学性能,同样,具有对于如何利用标准阳光的等同物进行测试的不同需求组。这些不同大体上不容易被传统的太阳模拟器操纵,而且通常未反映在用于太阳模拟器性能的当前标准中。

[0022] 欧洲测试实验室的研究表明,现有技术再现性的状态对于传统的(Si)设备不超过 $\pm 2.5\%$ 。也需要光度精度(在先前标准中未提出)。公认的测试实验室的最近互比较结果显示,对于单晶 Si、a-Si 和 CIS 模块,额定功率分别偏离 7.4%、16.9% 和 11.6%。ISO 认为,“缺乏性能数据”和“模块性能评定的不确定性”是采用 PV 的障碍,指的是评定中估计为 $\pm 6\%$ 的当前不确定性。这些是待引入到诸如太阳能风电厂的大规模商业投资(其可超过 \$1B 的资本)中的众多不确定性。非再现性的问题具有至少两种影响:研究、发展和优化技术、方法的能力取决于可用计量的精度;由于产品的销售价格很大程度上依赖于设备的额定功率,因而精确预测性能的能力是重要的商业问题。

[0023] 在该领域中已有一些正式研究。EC “性能”项目正进行广泛研究,包括两种连续循环互比较,其中来自一些测试实验室的太阳模拟器被进行比较,最终目标是再现性为 $\pm 1\%$,初始结果显示为 $-2/+3\%$ 。这些结果在对结果规范化至室外参考之后而活,因而并不代表在数据中的总体分布,这在传统实践中可通过生产线计量而克制。此外,这些结果是主要利用 c-Si PV 模块并对结果平均化而获得的,其中对于测量这是最不重要的成问题的 PV 技术。在相关项目“PC-Catapult”中,也执行了类似了循环试验,在此情况下,变化来源利用正式的测量能力研究而检验,揭示出,基于模块类型时测量不确定性大至 $7\%(P_{max})$,基于模拟器模式时为 8% 。另一 EC 项目“Crystal Clear”执行了类似研究。光子实验室制作了真实世界模块性能与额定值的年度比较,其也显示 $+6.3/-3.9\%$ 的巨大分布,这具有显著的商业结论,并且能至少部分地是有关内部计量的问题和 / 或测试实验室之间缺乏协议的结果。来自该信息的一般结论是,对于改进存在余地。

[0024] 负责证明 PV 模块、提供参比池、合格电池和模块样品组的著名测试实验室,当前简化为使用相同或类似的设备作为制造商。对于研究实验室和其他技术开发者以及对于工业中的 Q/A 计量,情况相同。这与经验法则相抵触,计量应具有精度公差比率(P/T)对于

产品管理为 <0.33, 对于过程控制为 <0.20, 对于质量保证为 <0.1, 对于标准为 <0.01。这暗示着结构化状态, 其中在市场可得到的设备具有的性能从普遍到良好到优秀。目前这并非事实。

[0025] 基于关于传统太阳模拟器的以上问题和难点, 需要一种能够用作太阳模拟器并用于在其他应用中的改进的光发生器。

发明内容

[0026] 在此的一个方面中, 提供一种利用固态发射器 (SSE) 作为辐射源的光发生器或太阳模拟器。该光发生器合并有组合和管理这些 SSE 的方法, 包括电流调节的系统和方法以及将热管理集成到光学元件中的系统和方法。

[0027] 太阳模拟器的实施例在此意在具有下述输出, 与传统太阳模拟器相比, 该输出在光谱上与标准太阳光匹配更好、更通用、更可再现、更紧凑、寿命更长、更有效、更准确和稳定以及更可升级。这与现有太阳模拟器相比提供改进的性能和 / 或费用和 / 或通用性。

[0028] 在概述中, 提供一种太阳模拟器, 其意在能够使固态发射器与优选的光谱输出选择进行组合, 以连同控制和反馈设备实现对标准太阳光的良好光谱配色, 从而产生可允许最后性能增大的太阳模拟器。存在若干有利之处, 其可包括但不限于:

[0029] 对太阳辐射的更好的光谱配色;

[0030] 快速改变光谱的能力而不需要移动部件;

[0031] 无论是短期还是长期, 强度和光谱的更好稳定性和准确性;

[0032] 强度和光谱的更好的再现性 (量具与量具);

[0033] 更为通用操作, 例如光强的可编程调制; 光谱、脉冲宽度和光的空间分布;

[0034] 改进的空间照明均匀性;

[0035] 改进的 TCO, 包括减少的维护、能源消耗和占地面积的使用; 以及

[0036] 通过置换其他测试设备具有减少投资成本的改进能力, 例如, 比色检验、载体迁移率和 QE 测量, 以及光致发光测试。

[0037] 在一个方面中, 提供一种太阳模拟器, 其使用两维布置的 SSE 的组合。该布置能够提供更小或更大 (延伸) 的来源, 其能够在空间上与被照明的物体的尺寸和形状匹配, 并因此可有效使用光, 从而提供照明区域的强度的精确区域性控制。进一步, 太阳模拟器可以模块化方式构造, 从而, 更小的太阳模拟器可组合在一起, 以形成更大的太阳模拟器。这种可扩缩性和模块性大体上能够实现, 同时维持功能性、一般空间需求 (即, 焦点距离), 并且不必然需要增大的复杂性。应注意, 在一些情况下, 照明的空间分布还可用光学进行控制。

[0038] 在一个方面中, 提供一种太阳模拟器, 其由具有各种发射光谱的固态发射器组成, 各种发射光谱能够组合以提供宽广光谱, 通过使用适当选择的峰值波长和强度, 太阳模拟器可提供十分良好的光谱配色, 其能够易于调节和校准。假设光谱配色的属性、空间均匀性和稳定性, 当组合大量具有不同波长的发射器时, 能够经济地实现诸如 X、Y、Z、A+、A++ 的新类 (在下文中限定) 的性能或现有 A、B 或 C 类。

[0039] 在另一方面中, 具有多个不同峰值波长的固态发射器可被控制, 以通过快速调制提供可变光谱。该方面对于各种先进的测量方法是有利的, 包括确定串联式 / 多结太阳能电池中的子电池的相对效率、测量载体迁移率、测量量子效率和电池效率。其还可提供用于

一些先进的测量方法所需的偏置光,而不需要额外的发光设备 / 太阳模拟器。由于用于成像的波长在成像系统曝光期间能够被暂时抑制,因而当使发光成像或热成像时与常规实验结合时是有用的。

[0040] 在另一方面中,提供一种太阳模拟器,对于稳态操作、脉冲操作或阶跃脉冲操作、脉冲宽度的控制或二者混合,以及脉冲形状的瞬态控制,该太阳模拟器以改进的精度驱动 SSE。对于大于 $5\mu\text{s}$ 的时间比例,提供任意的强度波形(强度 vs. 时间)。可编程控制可允许仅由 $5\mu\text{s}$ 的时间常数限制的任一波形。由于 SSE 设备的频率响应典型地高得多但表示能够实际采用 PLC I/O 进行控制的实际极限以及热效应较小的时域,因而这为任意时间比例。可设想,在将来,工业控制技术将允许更精确的时间分辨率,例如支持下降至 $0.01\mu\text{s}$ 分辨率的二次抽样的 BeckhoffXFX 技术。在典型的“闪点”测试仪中,脉冲宽度大约 2 至 10 毫秒,因而该时间分辨率将脉冲分解成至少 400 个部分。该方面可允许实现优于 1% 和 0.1% 的强度稳定性,以及保护 SSE 过电流,从而改进它们的使用寿命、整个 10X 或更大调节比范围上的精度受控强度、精确再现性和通用光偏置以及光浸润技术。

[0041] 在一个方面中,精确发射器驱动器可利用光谱输出和空间照明均匀性的反馈信息以更好地控制稳定性和校准。另外,在驱动器中成环路的热反馈信息可被用于补偿固态发射器组件的强度的热漂移和光谱输出。另外,还可使用利用预测启发的前馈控制。

[0042] 在另一方面中,SSE 控制是可编程的。可编程控制允许光谱输出的大范围通用性、辐照度的量、瞬时脉冲波形和照度空间分布。可增强稳定性和重复性;电、光和热性能的反馈可用于可编程逻辑电路,允许系统自学习和调节。

[0043] 太阳模拟器的实施例可包括测量发射器的结温,并向发射器提供关于发射器的热管理的信息和电源。

[0044] 太阳模拟器的实施例可具有若干方式对单独发射器或全体发射器进行 SSE 的热管理。该热管理可允许更好的强度和光谱稳定性和再现性。这些方式可包括对于温度、流率和定向性而受控的调节气流、调节散热片温度和运行时间测量或预测固态发射器结温,其可用于补偿,以便使固态发射器的热漂移最小化。

[0045] 太阳模拟器的实施例还可具有用于实现整个目标区所需的低准直光或发散照明的光学方式。准直的必要程度取决于模拟器的性能需求和分类。在该仪器中,准直光学器件可为反射、折射、衍射或其组合。准直光学器件可进一步用于组合若干 SSE 的输出,并还可合并有对光输出进一步成形和 / 或均质化的特征,例如为光学反射或折射表面。

[0046] SSE 的组合还可以光学方式实现,并可在目标处产生良好的空间均匀性。通常,最小的焦点距离被规定为是足够的,以使任一照明区处于至少若干 SSE 的远场中,从而获得所需的均匀性。这可通过组合若干设备和相关光学器件(如果有的话)的典型空间分布而易于获得。固体发射器可被组合成矩形矩阵,其中方形矩阵优选用于可能的组装便利性,但六边形矩阵可针对给定的焦点距离提供更好的均匀性。

[0047] 另外,微光学器件表面可被用于将来自准直光学器件的光输出重新格式化或差不多接近设备矩阵的分布;例如,对于方形矩阵为方形模式,或者对于六边形矩阵为六边形模式。

[0048] 光学方式还可被合并,以允许将目标区分割成更小区域,同时保持所需的准直和强度均匀性。这可由反射障壁组成,该反射障壁被配置具有略微斜度,以使邻近发射器的反

射(虚)象与允许反射系数损失的直接象具有相同强度。

[0049] 模拟器还可配备有目标照明的光级和光谱检测。另外,可跟踪的参比池可用于单元的校准。该仪器可具有集成到光源中的光学传感器,而不存在目标的任何遮蔽或遮挡,这可为有利的,并可用于扩展光源的能力,以支持同时测量各种性能和自动校准。

[0050] 高级测试能力可通过利用太阳模拟器的实施例而被提供。太阳模拟器可具有执行测试设备的量子效率(“QE”)测试、目标的颜色检查、目标的光谱反射系数测量、IV 测试的能力。

[0051] 根据在此的实施例,提供一种光发生系统,其包括:多个固态发射器(SSE);用于控制多个 SSE 的光谱稳定性的稳定性控制系统。

[0052] 在特定情况下,稳定性控制系统可包括:功率调节器,用于调节供应到多个 SSE 的子集的功率;连接到功率调节器以对 SSE 子集提供恒流的恒流电路;连接到恒流电路的电流调节设定点;以及被构造成基于与 SSE 的状态相关的计量设定调节设定点的控制器。

[0053] 在此情况下,稳定性控制系统可进一步包括:结压监控器,该结压监控器检测 SSE 子集的至少一个结点的电压,并对控制器提供用于调节所述调节设定点的计量数据。

[0054] 可替代地或另外,稳定性控制系统可进一步包括:温度传感器,该温度传感器检测 SSE 子集的至少一个结点的温度,并对控制器提供用于调节所述调节设定点的计量数据。

[0055] 在另一特定情况下,多个 SSE 包括密封剂,并且光发生器可进一步包括:被构造成冷却至少一个固态发射器的热管理系统,包括直接冷却其密封剂或窗口和/或其他光学元件。在此情况下,热管理系统可包括气体冷却系统,该气体冷却系统包括:气体输送系统;和被构造成接收来自气体输送系统的气体并将该气体引导越过密封剂的气体喷嘴。

[0056] 根据在此的另一方面,提供一种固态发射器元件,其包括:至少一个固态发射器;覆盖至少一个固态发射器的密封剂;以及被构造成冷却密封剂和至少一个固态发射器中的至少一个的热管理系统。

[0057] 在此情况下,热管理系统可包括:气体冷却系统,该气体冷却系统包括:气体输送系统;和被构造成接收来自气体输送系统的气体并将该气体引导越过密封剂的气体喷嘴。在此情况下,气体喷嘴可包括翼剖面,以提供具有附壁效应的气体流动。

[0058] 根据在此的另一方面,提供一种固态发射器模块,其包括:多个固态发射器元件;多个光学元件;以及支撑结构,其中支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件垂直于光发射的预期方向定向,并且多个光学元件被构造成沿着光发射的预期方向引导来自每一个固态发射器元件的光。

[0059] 根据在此的另一方面,提供一种固态发射器模块,包括:多个固态发射器元件;多个光学器件;以及支撑结构,其中支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件相对于光发射的预期方向平坦定向,并且多个光学元件被构造成沿着光发射的预期方向引导来自每一个固态发射器元件的光。

[0060] 根据在此的另一方面,提供一种固态发射器模块,包括:多个固态发射器元件;以及以径向布置支撑多个固态发射器元件的支撑结构,其中支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件被定位在径向布置的侧部。径向布置的一个特定形式为六边形。

[0061] 在特定情况下,固态发射器可成簇布置。

[0062] 在另一特定情况下,支撑结构可合并有光学元件。

[0063] 在又一特定情况下,支撑结构合并有用于将冷却空气分布到光学器件的空气通路。

[0064] 在又一特定情况下,支撑结构可具有多个小平面,至少 3 个并且高达至少 16 个小平面。

[0065] 在又一特定情况下,支撑结构合并有能插塞的电连接和气动连接。

[0066] 在另一特定情况下,固态发射器模块可进一步包括光传感器,并且其中支撑结构被构造为使得光传感器被定位在径向布置的中心点处。在此情况下,光学传感器可为强度传感器、颜色传感器、参比池或可跟踪的参比池,其可进一步为单个元件、线性或阵列传感器。应理解,光传感器可被定位在其他位置,使得光传感器散置在光发生仪器中。

[0067] 光学传感器能用于许多目的,包括:结合标准反射系数目标使用,以校准由光发生系统产生的光的空间均匀性;结合标准反射系数目标使用,以校准由光发生系统产生的光的光谱;结合标准反射系数目标使用,以校准由光发生系统产生的光的光谱的空间均匀性;结合标准反射系数目标使用,以校准由光发生系统产生的光的动态热常量;用于测量由光发生系统照明的物体的反射系数;用于测量由光发生系统照明的物体的颜色;用于执行被照明的物体的目检,包括直接可见图像、光谱图像和发光图像中的任一种或全部;用于测量被照明物体的光泽。

[0068] 可替代地,更少量或更大量的固态发射器和或传感器可以类似布置组合而具有合适的几何构造,例如,三角形、方形、五边形、七边形、八边形等。

[0069] 在另一特定情况下,支撑结构被构造为使得每一个固态发射器元件垂直于光发射的预期方向定向,并且多个光学元件被构造成沿着光发射的预期方向引导来自每一个固态发射器元件的光。

[0070] 根据在此的另一方面,提供一种光生成系统,包括:多个固态发射器元件;用于将多个固态发射器元件划分成一个或更多区域的障壁。

[0071] 在特定情况下,障壁可包括反射壁,该反射壁基本垂直于固态发射器元件的平面布置,具有预定长度,并在反射障壁的长度上从固态发射器元件的平面具有预定锥度。

[0072] 在另一特定情况下,一个或更多区域可基本包括所有多个固态发射器元件,使得障壁为环绕由固态发射器元件形成的模块的边缘障壁。

[0073] 在另一特定情况下,一个或更多区域可被独立地控制。

[0074] 在此的实施例意在提供一种光发生系统,其中:光谱和强度能够在照明区的部分内被独立地控制;强度和光谱可以控制序列变化;光谱能够相对被照明的物体的光谱响应最优化;光发生系统能够超过标准太阳模拟器的 A 类性能,根据需要包括 A'、A+、A++、Z、Y、X 类(在此进一步限定类)

[0075] 特别地,期望强度和光谱能够变化至 10 微秒的分辨率,优选为 5 微秒,优选为 1 微秒,并以至少 1 微秒、优选为 0.1 微秒、优选为 0.01 微秒的精度产生。进一步,总强度和单独的光谱部件的强度期望以至少 10:1、优选 20:1 和 100:1 而变化。

[0076] 控制光谱和强度的这种能力意在允许:待针对 PV 设备(例如电池、串、接合处或模块)的功能性测试进行优化的光谱,以便使不必要的加热最小化;针对 PV 设备(例如电池、串、接合处或模块)的功能性测试进行优化的光谱,以便在堆叠或多结设备中实现设备的功能元件,例如窗口层激活和子电池性能;针对特定 PV 设备(包括 c-Si, a-Si, CdTe, CIS, CIGS

和三结设备)的测试的优化;针对 UV 敏感材料和 UV 保护材料的测试的优化;针对颜色的测试,特别地,在主波长已被选择为与峰值色素或着色剂一致时;以及针对照明成像的优化。

[0077] 基于所公开的改进的至少一些改进,太阳模拟器的实施例意在提供增大的瞬态稳定性和空间均匀性。在各个实施例中,能够实现下述太阳模拟器:超过用于高级产品控制的 A 类性能(性能类别在此进一步限定)或用于质量保证和产品认证应用的 Z 类性能或用于科学应用的 X 类性能。它们还意在具有比现有解决方案更好的操作寿命。

[0078] 可替代地,太阳模拟器的实施例在此可实现 B 或 C 类性能,同时比当前技术成本更低、更紧凑且更通用。

附图说明

[0079] 现在将仅通过示例参照附图描述各实施例,其中:

[0080] 图 1 为太阳模拟器的俯视图;

[0081] 图 2 为基本的发射器亮度控制模式图;

[0082] 图 3 为精确亮度控制模式图;

[0083] 图 4 为采用三级调节的精确亮度控制模式图;

[0084] 图 5 例示采用微分跨导的精确亮度控制模式图;

[0085] 图 6 为在图腾柱驱动电路装置中采用三级调节的精确亮度控制模式图的示例;

[0086] 图 7 为在分支驱动电路装置中采用三级调节的精确亮度控制模式图的示例;

[0087] 图 8A 和图 8B 为表示在无补偿和补偿的脉冲驱动条件下发射器驱动电流和光输出作为时间的函数的曲线图;

[0088] 图 9 例示具有多个单独发射器(发射器芯片)的固态发射器;

[0089] 图 10A 例示示意性横向流动冷却喷嘴;

[0090] 图 10B 例示具有附壁流动管理的示意性冷却喷嘴;

[0091] 图 11A 例示具有附加流动特征的折射准直光学器件;

[0092] 图 11B 例示具有模制流动特征的折射准直光学器件;

[0093] 图 12A 例示具有附加流动特征的反射准直光学器件;

[0094] 图 12B 例示具有模制流动特征的反射准直光学器件;

[0095] 图 13A 显示利用液体冷却的散热器;

[0096] 图 13B 显示利用空气冷却的散热器;

[0097] 图 13C 例示采用热电设备(TEC)的 SSE 冷却;

[0098] 图 13D 例示具有放热器的 SSE 冷却;

[0099] 图 14 显示根据各种类型固体发射器的典型的光分布发射概图;

[0100] 图 15 显示采用反射、折射和衍射的准直光学器件的剖视图;

[0101] 图 16 显示反射准直光学器件的剖视图;

[0102] 图 17A 显示安装到反射准直光学器件的相邻 SSE 的局部长度的俯视图;

[0103] 图 17B 例示图 17A 在线 B-B 处的剖视图;

[0104] 图 18A 例示以背对背构造安装的相邻 SSE 的局部长度的俯视图;

[0105] 图 18B 为图 18A 在线 B-B 处的剖视图;

[0106] 图 19A 为围绕多面反射器布置以形成模块化子组件的一组 SSE 的俯视图;

- [0107] 图 19B 为图 19A 在线 B-B 处的剖视图；
- [0108] 图 19C 为如图 19A 中例示的具有内置式光学传感器的多面反射器组件的俯视图；
- [0109] 图 19D 为图 19C 在线 D-D 处的剖视图；
- [0110] 图 20A 为具有内置式光学传感器的一组 SSE 的俯视图；
- [0111] 图 20B 为图 20A 在线 B-B 处的剖视图；
- [0112] 图 21A 为围绕多面反射器布置以形成模块化 SSE 阵列子组件的一组 SSE 的俯视图；
- [0113] 图 21B 为图 21A 在线 B-B 处的剖视图；
- [0114] 图 22A 例示利用微光学反射器对来自发射器的光重新格式化或整形；
- [0115] 图 22B 例示利用已被合并到折射光学器件中的微光学反射器对来自发射器的光重新格式化或整形；
- [0116] 图 22C 例示利用以允许平面 SSE 安装的方式已被合并到折射光学器件中的微光学反射器对来自发射器的光重新格式化或整形；
- [0117] 图 23 例示用于太阳模拟器的示意性控制系统的方块图；
- [0118] 图 24 显示使用边缘反射器的示例的剖视图；
- [0119] 图 25A 例示在典型的 SSE 阵列的边缘处的光强分布；
- [0120] 图 25B 例示在通过使用反射止挡的 SSE 阵列的边缘处的光强分布；
- [0121] 图 26A 例示典型的 SSE 阵列的布局图；
- [0122] 图 26B 显示沿着图 26A 的线 B-B 的光强变化的曲线图；
- [0123] 图 27A 显示如在 IEC 60904-9 中限定的光谱配色极限对照 AM1.5 光谱的图示；
- [0124] 图 27B 显示如在 IEC 60904-9 中限定的光谱配色极限对照具有额外添加 UV 和 IR 光带的 AM1.5 光谱的图示；
- [0125] 图 28 为显示为新光谱配色 X、Y 和 Z 类极限对照 AM1.5 光谱的图示的曲线图；
- [0126] 图 29A 例示由被选择成满足或超过 A 类性能的 5 种不同发射器类型组成的太阳模拟器的分光照度；
- [0127] 图 29B 例示由被选择成满足或超过 A 类性能的 6 种不同发射器类型组成的太阳模拟器的分光照度；
- [0128] 图 30 例示由被选择成满足或超过 Z 类性能的 6 种不同发射器类型组成的太阳模拟器的分光照度；
- [0129] 图 31A 例示由被选择成满足或超过 Z 类性能的 14 种不同发射器类型组成的太阳模拟器的分光照度；
- [0130] 图 31B 例示图 31A 所示的太阳模拟器与传统氙灯太阳模拟器的分光照度之间的比较；
- [0131] 图 32 例示由优化用于 CdTe 基目标的 3 种不同发射器类型组成的改进的 A 类太阳模拟器的分光照度；
- [0132] 图 33 例示优化用于硅基目标的 A 类太阳模拟器的分光照度；
- [0133] 图 34 例示优化用于采用 Ge/(In)GaAs/InGaP 和类似三节点技术的改进 A 类太阳模拟器的分光照度；
- [0134] 图 35A 例示具有普通准直的典型 SSE 阵列的强度分布；以及

[0135] 图 35B 例示具有展示出改进许多的空间均匀性的波束成形光学器件的典型 SSE 阵列的强度分布。

具体实施方式

[0136] 在以下描述中,众多特定细节被提出,以便彻底理解在此描述的示例实施例。然而,本领域技术人员将理解,在此描述的实施例可在没有这些特定细节的情况下实施。在其他情况下,众所周知的方法、过程和部件未详细描述,以便不混淆在此描述的实施例。而且,该描述不应被视为以任何方式限制在此描述的实施例的范围,而是应被视为仅仅描述若干实施例的实施方式。实施例并非意在受限于任一示例性实施例的特定细节或者受限于为多种或者所有示例性实施例所共有的特定细节。申请人、发明人或者所有者拥有可在此描述的任一实施例中所具有的所有权利,例如在连续申请中所要求的实施例的权利,并非意在通过公开该文献而放弃、拒绝或贡献给公众的任一这种

[0137] 实施例。

[0138] 以下描述使用通常在此为了参照而进行限定的各种术语:

[0139] 光电(PV)设备:光电设备将电磁辐射转换成电能,并典型地为两终端设备,有时被称为太阳能电池或太阳能设备;

[0140] 光:术语“光”在宽广意义上使用,并意在包括可见光谱之外的电磁谱的区域,包括紫外线和近红外线;

[0141] 模块:模块为一组电连接和机械连接的电池,其被集成到封闭式管壳中。电连接可部分地为串联并且部分地为并联。机械装置典型地是平坦的,有时被称为“平板”,然而能够使用其他机械装置;

[0142] 源:指的是任一光源;

[0143] 发射器:为光源的设备;

[0144] LED:发光二极管为固态发射器,其使用正向偏压结,以引起发光载波再结合。LED 设备可合并有磷或量子点涂层,以吸收和再辐射改变辐射光光谱的光(有时分别称为转换的白磷或 PLED 和 QLED)。一些设备使用晶格结构,Bragg 过滤器或关于光发射的其他元件。在许多情况下,“高亮度”LED 由集成在单个设备中的多个芯片组成。因而,术语 LED 非常宽广地指代 LED 本身以及指代其中 LED 为原始光源的简单设备;

[0145] 固态发射器(SSE):发射来自半导体内电子和空穴再结合的光的设备,尽管后续方法或机制可用于更改或增强光输出。许多发光级设备采用超过 LED 的简单载波衰减机制的机制,并经常使用光子转换技术来更改光谱输出。光谱输出可通过应用诸如磷或量子点的次级材料而进行更改;作为示例,白 LED 为最常见的双模态设备,其由短波发射器结合波长转换磷组成,从而产生宽广的光谱输出(在操作中类似于荧光灯)。另一方法是使用窄光谱波长转换材料来形成具有输出波长的高效发射器,其中半导体技术当前不支持高效设备(例如,绿光和黄光发射器)。还可使用其他类似设备来产生光;激光二极管为一个示例,特别是 VCSEL 和边缘发射设备,其具有的辐射图大致类似于 LED 但受约束更紧。激光二极管可因其在部分 IR 光谱中产生光的能力而极为有用,LED 在 IR 光谱中是有缺陷的,特别是在作为成熟商业品所在的波长。有机 LED(OLED)通过再结合而产生光,该再结合大体上通过将载波从相邻的半导体材料注入到通常结合有磷的层中而变得容易,从而,可通过场致发

光和 / 或荧光而产生光。而且, 在一些情况下, 单个发光设备可出于亮度、光谱、热管理、光分布等各种原因而使多个半导体芯片与包括温度传感器的各种光学和电子部件结合。由于这些原因, 我们使用属于“固态发射器”和 SSE 来涵盖利用半导体设备来提供电能到光的初级转换的发光设备的范围。这些各种设备中的任一个可合并有固态太阳模拟器。

[0146] 如上所述, 对于太阳模拟器存在各种标准(例如根据 ASTM、IEC、JIS 的那些标准)。认为这些标准并未解决问题, 例如: 提供用于在关键产品参数上实现高于 1% 的测量重复性和再现性(“R&R”)的需求; 用于新技术的特征需求, 例如薄膜阵列的空间均匀性、多节电池的光谱均匀性; 用于聚能器模块的准直和对准; 详细的光谱配色需求; 没有稳定性或均匀性需求。缺乏详细的光谱配色、稳定性和均匀性对于多节设备和参比池光谱响应基本不同于测试产品的光谱响应的情况是成问题的。应清楚地注意, 这些现有标准, 除了具有松散的光谱需求之外, 并未涵盖一些 PV 技术较敏感的整个光谱, 也未详细说明光谱的瞬时稳定性。

[0147] 为了提供更好理解基于在此描述的实施例的改进的太阳模拟器的框架, 在此提出具有优于“A类”分类的对于分类表的延伸。目标是改进利用太阳模拟器的测试系统的测量 R&R, 并改进测试结果与实际室外性能的相关性、以及改进用于研究和开发的计量学; 所有这些比当前标准中所考虑的明显需要更高的性能水平。这些新分类要求改进的光谱配色、稳定性和辐射的均匀性。这些分类还考虑到了“冷”模拟器和“热”模拟器, “冷”模拟器将适合于一些技术的 PV 测试和 / 或基于场致发光的测试, “热”模拟器将适用于测试合并有高温光子(pyrophotonic)或光子叠加技术的 PV 设备以及热太阳模拟器和混合 PV 模块。如在此更详细所述, 光发生器的各实施例在此意欲提供满足这些新标准分类的能力。

[0148] 所提出的新分类包括:

[0149] 对现有标准的延伸, 例如:

[0150] 1. A' 类: 与现有 A 类相同, 但如图 27B 所例示具有当前限定的波段上方和下方的辐射规格;

[0151] 2. A+ 类: 类似于 A' 类, 如图 27B 所例示具有改进的更为严密的保证性能, 例如测量 R&R; 以及

[0152] 3. A++ 类: 类似于 A+ 类, 如图 27B 所例示具有非常严密的保证性能。

[0153] 新标准基于如图 28 所例示的更为均匀分布的光谱带和严密的规格, 其如在此所述是特定的创新:

[0154] 1. Z 级: 比 A 类明显更高的性能, 具有更严密的规格和更宽广的光谱范围;

[0155] 2. Y 级: 类似于 Z 级, 但更为严密地规定; 以及

[0156] 3. X 级: 最高技术性能的太阳模拟器。

[0157] 介绍用于更多特定应用功能性的子类, 其如在此所述是另一特定的创新:

[0158] 1. 子类 U: 增加 UV 波段;

[0159] 2. 子类 H: 增加 IR 波段;

[0160] 3. 子类 T: 增加两个 IR 波段; 以及

[0161] 4. 子类 C: 删除 NIR 波段。

[0162] 在提供描述高于当前标准的更高级性能的方便时, 这些新分类在此作为参考而被介绍。

[0163] 表 2 :所选择的高级分类表的比较

[0164]

类	X	Z	A+	A	B	C
标准	新分类			IEC 60904-9		
描述	研究等级	质量标准	成果	当前最好	不重要	不测量
标称测量 R&R	±1%	±1.5%	±2%	±4%	±10%	N/A
操作范围	0.2-1.3 suns	0.3-1.2 suns	0.5-1.2 suns	N/S	N/S	N/S
光谱含量 (nm)						
标准	400..1130	400..1130	400..1100	400..1100	400..1100	400..1100
波段外	<2%	<4%	<5%	N/S	N/S	N/S
*.C (凉)	UL = 900	UL = 900	UL = 900	N/S	N/S	N/S
*.U (UV)	LL = 300	LL = 300	LL = 300	N/S	N/S	N/S
*.H (热)	UL = 1400	UL = 1400	UL = 1400	N/S	N/S	N/S
*.T (热)	UL = 1800	UL = 1800	N/S	N/S	N/S	N/S
样品面积	与均匀性相同	与均匀性相同	与均匀性相同	N/S	N/S	N/S
光谱配色	0.95-1.05	0.85-1.15	0.85-1.15	0.75-1.25	0.6-1.4	0.4-2.0
AM 1.5 相关性	≤0.45 W/m ² /nm	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
空间分布						
均匀性	≤1%	≤2%	≤2%	≤2%	≤5%	≤10%
散度	≤5 deg	≤7.5 deg	≤10 deg	N/S	N/S	N/S
样品面积	<1/64 _m & <100 cm ²	<1/64 _m & <100 m ²	<1/64 _m & <200 cm ²	<1/64 _m & <400 cm ²	<1/64 _m & <400 cm ²	<1/64 _m & <400 cm ²
光谱均匀性	≤2%	≤5%	≤5%	N/S	N/S	N/S
稳定性 & 再现性						
短期稳定性	<0.2%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<2%	<10%
长期稳定性	<0.5%	<1.5%	<1%	<2%	<5%	<10%
光谱不稳定性	<1%	<3%	<3%	N/S	N/S	N/S
再现性	<2%	<3%	<4%	N/S	N/S	N/S
样品尺寸	100	200	250	任意	任意	任意

[0165]

[0166] 特别地,建议光谱配色规格改进如下:

[0167] ●波段外含量在光谱功率上具有指定上限,以利用在规定的规定光谱外具有响应的技术来避免不可预知的结果。

[0168] ●光谱配色被延伸以覆盖大量的太阳光谱:

[0169] ○添加或删除具有 IR 波段的子类,以支持冷和热测试选项。

[0170] ○已添加具有 UV 波段的子类(注意:340nm 对于白玻璃为近似截止点)

[0171] ○IR 波段在太阳光谱中被同步化而具有最小值。

[0172] 根据 IEC 标准的瞬时稳定性的测量允许任意的取样率,或者更确切地说任意测量系统的取样率以及任意取样数量。因而,分类取决于特定未定义的计量学,并且分类具有不定的统计显著性。在此,对于新分类建议具有最小取样尺寸的同时规定特定的取样率。

[0173] 与 IEC 标准一致,所有方差被定义且计算成 $\Delta i = [i_{\max} - i_{\min}] / [i_{\max} + i_{\min}]$ 。

[0174] 对于新类,与现有标准相比,可利用至少 10 个取样间隔测量 STI,现有标准没有最小取样尺寸,从而形成统计异常的可能性。

[0175] 光谱相关性被定义成 $\Delta s = \sqrt{\sum (i_n - a_n)^2 / N}$,其中光源的辐照度(i)与如在 ASTM G173 中定义、在指定光谱范围使用 5nm 取样间隔的标准太阳光谱(a)相关。

[0176] 根据以上分类表,建议在近似 400nm 到 1100nm 的标准范围内而不是任意固定间隔利用近似相等的太阳光谱辐照度对光谱配色进行求值。该光谱带范围(对其具有指定辐照度)外的辐照度被视为不重要;然而,也指定最大容许量辐射。

[0177] 图 1 显示使用 SSE 的光发生器的一般示例,其被配置成作为太阳模拟器 50 而操作。太阳模拟器 50 包括:外壳 52;在外壳边缘周围的周界反射器 54;灯座 56,有时被称为阵列表面,其上安装有多个 SSE 模块(有时称为 SSE 群或发射器群);以及一个或更多用于检测光的光检波器或传感器。灯座 56 提供支撑结构,该支撑结构可合并有热管理、光学气流歧管、线束灯,其互相连接,从而提供发射器和传感器的插座替代品。太阳模拟器的外壳(和灯座 56)典型地包括支撑板、支撑在支撑板上的散热板和布置在散热板上的多个 SSE 模块。太阳模拟器还包括用于控制 SSE 模块和太阳模拟器的其他元件的控制系统。如下文中进一步详细描述,SSE 模块包括发光的 SSE,该光可由诸如透镜或反射器的光学设备进行校准和调节。通过包括各种元件、包括调节电流源、调节电源、通过提供各种散热相关的元件、包括 SSE 上的调节空气流动并包括例如电流传感器的各种传感器和温度检测系统以提供反馈,SSE 可以是温度的并进行热管理。稳定性和热管理允许 SSE 的受控强度和波长输出以及确定并补偿 SSE 操作温度变化(其会影响 SSE 特性,例如亮度、光谱和使用期限)。在下文中将更详细地描述太阳模拟器的进一步的方面。

[0178] 如上所述,本实施例中的光源是多个 SSE。SSE 的一个示例是 LED(发光二极管)。LED 设备发出相对窄的光谱(对于可见波长为 20 → 40nmFWHM)。峰值波长由半导体带隙规定。高亮度设备是可利用的,具有 365nm(UV) → 1550nm(NIR)范围内的波长,覆盖大多数太阳光谱。近来,已论证了多波长设备。许多发光级设备采用超过 LED 的简单载波衰减机制的机制,并经常使用光子转换技术来更改光谱输出。光谱输出可通过应用诸如磷或量子点的次级材料而进行更改;作为示例,白 LED 为最常见的双模态设备,其由短波发射器结合波长转换磷组成,从而产生宽广的光谱输出(在操作中类似于荧光灯)。近来,已发展使用量子点的光转换,其比磷转换更为有效和通用,并且目前在 LCD 背光和其他显示应用中得到应用。还可能使用窄光谱转换材料来形成具有输出波长的高效发射器,其中半导体技术当前不支持高效设备(例如,基于蓝色一次光源的绿光和黄光发射器)。

[0179] 其他类型的 SSE 可结合 LED 或替代 LED 使用,激光二极管为一个示例,特别是 VCSEL 和边缘发射设备,其具有的辐射图大致类似于 LED 但受约束更紧。激光二极管可因

其在部分 IR 光谱中产生光的能力而极为有用,LED 在 IR 光谱中是有缺陷的,特别是在作为成熟商业品所在的波长。有机 LED (OLED)通过再结合而产生光,该再结合大体上通过将载波从相邻的半导体材料注入到通常结合有磷的层中而变得容易,从而,可通过场致发光和 / 或荧光而产生光。这些设备已显示出能够具有与 LED 相同的性能级别,同时具有可能更长的寿命。而且,SSE 可具有多个发射设备(子发射器)或作为一个分立元件紧密封装的芯片。每个子发射器可以但非必须被单独控制。每个子发射器与 SSE 的其他子发射器相比可以在不同的光谱带中发射和 / 或可沿着不同方向或空间分布发射。一般可用的商品包括用于增大的亮度和 / 或改进的再现性(重新分级)、改进的热管理和光谱微调的多芯片设备。芯片组合可包括多个相同芯片和 / 或若干不同芯片。其他部件可被安装在 SSE 封装内,例如光检测器、热传感器。典型地,所有部件被安装到公共的热和机械托架,并利用密封剂热密封。该密封剂可用作弱透镜。可替代的密封方法还可用于通用选择的玻璃窗或透镜和另一选择的介电薄膜。

[0180] 最近,实验 SSE 已证实了超过 200lm/W 的光视效能,而典型地展示出 165lm/W 效能的设备在商业上是可用的,在效率方面排在传统发光技术之上。为了比较,阳光具有 93lm/W 或 9.3lm/cm² 的光视效能,而典型的暖和的白色 3W LED 根据 0.135cm² 的管壳产生 100lm 或者 740lm/cm²,这清楚表明,SSE 的平面阵列如必要的话可超过 1 个太阳的辐照度较大余量,或者利用仅为 1.25% 的组装密度能够实现 1 个太阳,例如,这些设备的方阵位于 30mm 的节距(假设仅有相关光学器件的 85% 的效率)。而且,目前生产中的设备比得上 65W 的白炽灯,但是位于更小的管壳中,从而从 1.8cm² 的管壳产生 969 流明,提供 13 个太阳的孔径辐照度。最初,LED 被研制用于指示器和远程控制应用,因而,设备主要是可视的或者 IR 光谱。用于杀菌、食物加工和生物成像的新兴应用推动市场力争高强度的蓝光和 UV 设备,其具有非常好的稳定性和较窄光谱的优点,并且能够以基本小于其他来源的臭氧量产生强辐射。交通监控和室外安全应用尤其对高强度的红外设备形成强大市场。

[0181] 激光二极管也经历了印象深刻的科技演变。由于可使用在共振腔中的机构,激光二极管可以是不存在能够使用简单带隙的某些波长的有效来源。诸如电信应用服务和激光泵送的某些应用空间已形成高功率 / 低成本设备的可用供应。一个限制方面是这些设备的相对较窄的线宽,然而,由于这些设备是略微可调的,并结合它们可提供更宽广的光谱。OLED 设备快速发展,一个关键方面是,通过调节发光层的化学计量,波长基本上是可调的。由于较大程度上峰值波长和光谱线宽能够进行设计,因而这可使得 OLED 成为极为有利的 SSE。更宽广的线宽,例如比典型的 LED 宽,当构造太阳模拟器或其他光源(需要与标称光谱严格相关)时将是有利的。近来,量子点已被引入到发光领域。这些材料由于其性能以其物理尺寸进行编码,而不是如同磷一样以其物理化学结构进行编码,因而提供高度可调的波长转换,并且能够用于将可获得光源转换成具有任意光谱的光源。该材料能够作为封装部件或在外部作为光学器件的部件应用至任意可能的 SSE 设备。其最近示例包括粉红色、浅绿色和桃色 LED。当然,重要的是,当使用磷、量子点或其他波长转换材料时,能够使用单一类型的发光设备,这简化了安装和驱动需求。

[0182] 已研究了 SSE 光强和光谱稳定性问题,并且已将热管理确认作为影响短期和长期稳定性的关键参数。在短期内,设备的效率和主波长以及基本 IV 特性会随着结温而变化,这会影响驱动条件。在长期内,操作温度会影响寿命性能。特别地,已确定,流明保持的 90%

的损失可归因于密封剂材料的热化,并且谨慎控制密封剂的周围操作温度会大大延迟亮度的长期漂移,并增大 SSE 的可用寿命。在科技发光应用中,光输出可如下所述通过外部控制而稳定。因而,太阳模拟器械意在减少流明保持的问题。老化设备可随着时间继续在主波长中呈现出漂移,但该漂移的幅度在典型的太阳模拟器应用中是无关紧要的。在下文中进一步描述密封剂的热管理。

[0183] 如上所示,太阳模拟器的本实施例使用多个 SSE,该多个 SSE 利用各种技术而获得稳定性(强度和波长)和热管理。热管理和稳定性管理意在使 SSE 在强度和波长方面稳定,并且还能用于延长 SSE 的寿命。

[0184] SSE 电流调节和热管理

[0185] 稳定性管理的第一要素涉及对 SSE 的电流调节。为了例示调节电流的使用,图 2 例示基本亮度控制电路 100。在该电路 100 中,从连接到整流器 104 的电源 102 接收功率。整流器 104 然后连接到一个或更多 SSE 106。按照惯例,SSE 在恒流模式下操作。许多 SSE 106 可串联连接。在此情况下,SSE 106 被布置成一串 107。典型地,SSE 通过采用来自分级程序的匹配发射器,SSE 略微或者紧密匹配,从而通常流过 SSE 的电流的调节产生一致水平的控制。整流器 104 可用于控制亮度,并考虑到整串 107SSE 106 的强度控制。将理解,可提供逻辑电路(未显示)对 SSE 106 额外控制或检测。

[0186] 还可被称为恒流源的整流器 104 接收来自功率 102 的功率,并将恒流输送至其输出。该整流器 104 可为线性电路,但通常为降压、升压或降压/升压开关式拓扑。电流调节可利用来自感应电阻器或电流探针(未显示)的反馈而实现。除了控制驱动电流,整流器 104 还可提供降低或升高电源电压的功能,以匹配 SSE106 的串 107 的电压需求。电流调节设定点 108 大体上用于通过其他控制器(未显示)调制整流器 104 的输出电流。

[0187] SSE 106 产生用于太阳模拟器的光,将由电源 102 提供的电功率转换到输送到目标的光能。电流调节设定点 108 提供控制输送到串 107 的电流的能力,并因而控制 SSE 亮度。SSE 可单独控制或以小组(例如串 107)进行控制,以便于在强度、光谱和空间分布上对光输出进行校准和调节。图 2 例示的示意图通常表示用于固态发光的一般习惯,但可能不适用于多数包括设计用于优于 B 级性能的太阳模拟器的计量应用。

[0188] 图 3 至 5 中所示的电路意在根据构造的太阳模拟器的类别和用于太阳模拟器的可能应用范围提供更高级的精度。例如,对于诸如闪点测试器、QE 测试器和需要快速调制的其他测量器具的高动态应用的设计要点比稳态应用略微更严格。而且,对于大型阵列,减少布线密度和可能串扰的方法以及那些提升功率效率的方法为优选。

[0189] 图 3 例示具有更先进方案的 SSE 控制电路,用于通过控制 SSE 106 的驱动电流来热管理 SSE 106。如在图 2 中,图 3 中的电路包括电源 102、整流器 104、SSE 106 和电流调节设定点 108。在该方案中,初级调节器 110 对整流器 104 提供调节后的稳定功率输入,改进电源抑制和意在将多通道布置中的每一个通道与其他通道隔离。初级功率调节器还可允许电路响应快速变化,这是因为功率可通过初级功率调节器 110 而被稳定化和电压调节,从而允许整流器 104 利用相对快速作用的降压拓扑或由具有相对低效率恶化的非常快的线性调节器组成。

[0190] 在图 3 中,电路还包括 SSE 结电压监控器 112,其检测 SSE 结的电压。由于结的电流/电压(IV)特性与其温度有关,该电压监控器 112 将反馈提供到控制器(在图 3 中未显

示)中,以有助于 SSE 106 的电流调节。结电压结合已知的驱动电流提供发射器的结温的直接读数。整流器 104 或初级调节器 110 能够被调节,以补偿测量到的结温,因而从 SSE 106 提供更为稳定的输出。

[0191] 可替代地,或者另外,电路可包括 SSE 温度传感器 114,以直接测量 SSE 温度。SSE 温度传感器 114 可被集成到 SSE 封装中或者安装到基板等。进一步,热阻模型可用于根据测量到的温差估计结温。类似于 SSE 结电压监控器 112,SSE 温度传感器 114 然后可将反馈 116 提供到具有温度数据的控制器,以用作热调节系统的一部分。

[0192] 由于基板温度和结温还会影响光输出,使用集成到 SSE 基板或托架中的温度传感器来直接监控温度或者监控结电压通过 IV 特性来估计结温,能够提供热管理的有用反馈。温度读数然后可用于通过反馈或前馈方法补偿亮度和 / 或计量亮度稳定性,从而比单独电流调节产生更好的亮度控制。

[0193] 特别地,具有一些实际方法能够用于监控温度。例如,直接方法由监控 SSE 的结电压组成,其已被显示为是至少监控结温变动的可靠方法,并可在用于来自一个生产批次和仓库(bin)且已被校准的设备时可具有一定精度。另一方法包括监控阳极温度。典型的高亮度设备被安装为面朝下(倒装法),因而,电极可预期具有紧密的热联接。对于包装在金属封装(其中封装也为电极)中的设备,封装温度可相当接近结温。可替代地,温度传感器可应用于设备封装或托架。考虑到设备托架的热阻和设备的内部热阻,可推断测量到的温度和散热片温度之间的差,以确定结温。利用外部温度传感器的脉冲调谐是一种进一步表征实际设备的 IV 特性的已知方法,从而,结电压在校准之后可用作结温的精确测量。这是有利的,这是因为该测量的动态响应将优于如上所述的温度传感器 114 的响应。

[0194] 图 4 例示了用于控制 SSE 106 的电路的另一变型。在该电路中,被设计用于快速开关和 / 或脉冲同步的分路整流器 105 平行于 SSE 106 提供。在此情况下,使用分路调节方案(其中总的调节电流在 SSE 106 与无源负载 120 之间分开)允许调节离开 SSE 106 而分流的电流的量。分路电流设定点 118(其可为快速电流设定点或栅)被提供为控制整流器 104 并允许额外控制 SSE 106 的亮度。该方案能够提供更快的亮度变化,特别在当整流器 104 为开关式调节器时以及特别在降低驱动电流时。该布置具有用于改进的脉冲,例如太阳能闪光灯、精度的势能。在一些情况下,整流器 104 可用于确定亮度,而分路整流器 105 可用于提供快速同步的脉冲。该布置意在具有有利之处,这是因为调节器 104 和 105 的组合形成推拉式驱动布置,其中第一调节器 104 保持稳定的供电状态,而分路调节器 105 仅将电流抽吸为离开 SSE,对 104 的输出电容器提供低阻抗的放电路径。这还可在多个类似电路驱动多 SSE 串矩阵时是有利的,其中每个单独的整流器 104 能够被控制,以对其单独的 SSE 串提供精确量的电流比,而各个分路调节器 105 能够由单个控制器进行操作,从而即使在由若干个,可能是大量 SSE 串组成的矩阵中也能产生极为高度同步的光脉冲。

[0195] 制动负载 120 可以是假负载,例如无源电路,但还可包括功率晶体管或电压调节器。制动负载 120 意在吸收绕开 SSE 106 的过量电流,从而卸下从分路整流器 105 卸下功耗。

[0196] 图 5 例示了用于控制 SSE 的电路的另一实施例。该电路意在通过高精度和快速开关时间来控制 SSE 的亮度。该方案利用电流导引作为分路调节的替代方式。在此情况下,跨导放大器 122 将调节电流在两个负载 -SSE 106 与分路负载 120 之间按比例地分割。优

选地,电流源设定点 108 确定可用的电流量,而跨导放大器 122 基于分配器设定点 124 的设定分配电流。因而,整流器 104 能够用于确定串与串水平上的最大亮度,而多个串能够根据单个控制信号 124 由跨导放大器 122 同时控制。该过程可用于使大量 SSE 106 中的成形脉冲同步。这在多个类型电路驱动多个 SSE 串矩阵的情况下可为有利的,其中每个单独的整流器 104 能够被控制,以对其单独的 SSE 串提供精确量的电流比,而各个跨导放大器 122 能够由单个控制器进行操作,从而即使在由几百个 SSE 串组成的矩阵中也能产生极为高度同步的光脉冲。另一可能有利之处是,复杂的电流波形可由若干 SSE 串的驱动电路通过公共设定点 124 被提供给 SSE 串,而不需对它们单独的电流设定点 108 进行任何实时调节。

[0197] 图 6 显示与利用图 4 的分路整流器 105 有关的电路的另一替代方式。如图 4 中的图示所示,分路调节可提供快速充电和放电,从而产生快速开关响应。在此布置中,分路调节器 105 可通过电流检测反馈(未显示并在电路块内部)而被控制,从而产生可编程的分路电流,或者通过占空比而被控制,从而产生可编程分路电流。电流分配可以是希望的控制模式,特别是在诸如图腾柱或分支的复杂负载结构中,并且具有以纯数字方式进行实施的优点(在简单的单通道驱动电路中,这大体上被描述成 PWM 调光)。在驱动大型阵列设备和 / 或进行色混合或连同可变亮度的其他平衡时,这还可具有减少费用 / 复杂性的有利之处。图腾柱电路布置的示例显示在图 6 中。

[0198] 图 6 进一步包括多个分路整流器 105 和多个比例电流设定点 128。比例电流设定点 128 通过在 SSE 串的每个部分周围分出一些驱动电流而允许 SSE 串 107 的各个部分进行独立调制。该方案作为一种简化大型阵列的布线和 / 或功率节省方法特别有用,特别是当各个子串代表不同的光谱频率时。在此情况下,光谱能够通过各个电流设定点 128 进行配置,而总亮度能够通过公共设定点 108 进行控制。在更为简单的方案中,如先前附图所示,N 个子串将需要 $2N$ 个导体,而不是在该方案所需要的 $N+1$ 个导体,其中子串被连接成更大系列的串,或者,如果使用公共导体,将会有地面反跳,这将不利地影响精度。而且,对于大型阵列重要的时,系统中的总电流与图腾柱布置 ($1/N$) 中堆叠起来的 SSE 串的数量成比例地减少,例如,如果这应用于太阳模拟器,堆叠的串的数量将从 3 到 15 变动或者更大(取决于所需光谱配色的精度和范围)。该方案的另一优点在于,单个整流器 104 能够与多个分路调节器 105 组合,这构造起来更简单,对于大型阵列产生更低成本的控制解决方案。例如,通过串联设置 N 个子串,则所需整流器 104 的数量将成比例地减少近似 $(N-1)/N$ 。

[0199] 图 7 显示类似于图 6 的可替代布置,这是因为单个整流器 104 被提供成控制串联连接的多串 SSE 106。串联 / 并联布置在简单的发光应用中相当普遍。然而,在若干并联串的每一个中允许有整流器。另一方面,当涉及大量 SSE 串时,对如图 3 中所示的每个单独的串提供分离的调节器 104 变得昂贵。在该布置中,整流器 104 的输出分成多个 SSE 串,但每个串中的电流由次级整流器 126 进一步调节。当若干并联串由近乎等同设备组成时,每一个次级调节器 126 上的电压差可十分相似,因此相对较小,从而允许利用单个线性调节器,这是由于效率损失将比较轻微,即使利用外部控制 128 对每个单独的串应用较小调节时也是如此。

[0200] 该方案能够用于控制多 SSE 串,其中具有两级调节的优点但共享公共部件,例如初级功率调节 110 和初级整流器 104。电流从公共纵向分配,其中任意过量电流由无源负载 121 消耗,主要用于防止过电压,这可由略微带负载的整流器 104 产生。如果整流器 104 的

电流检测电压作为基准电压被提供到每一个次级整流器 126,并且同时控制输入 128 用于提供该基准的比例分配(实际情况是可编程电阻器),结果是若干分路被供应有整流器 104 供应的总电流的精确一部分,则可改进该布置。结果,连接到整流器 104 的多个 SSE 串的光输出能够使用整流器 104 的电流控制输入 108 而一致变化。

[0201] 控制 SSE 106 以提供更好稳定性的另一方面涉及使用电流控制来适应 SSE 驱动循环期间的瞬变现象。例如,由于 SSE 效率会具有负温度特性,则亮度对驱动电流的跟踪将典型地展示出瞬变现象,例如,亮度在电流脉冲的前缘上将过冲。在太阳模拟器的实施例中,该行为可通过例如有效串联利用电感或有效并联利用电容在控制电路中引入具有合适时间常数的延迟而用电子学方法进行补偿。这些代表通常实践的方法,这些方法患有有一定程度的不准确并且典型地仅对有效范围的操作条件有效。通过监控设备温度以及对设定点进行调节、闭合控制电路中的回路、具有先前表征的负载行为数据相关温度、电流和亮度的益处,实现一定程度的改进。实质上,复合电抗可在控制系统内进行模拟。

[0202] 图 8A 和 8B 显示在两个显示热瞬变现象控制的脉冲驱动条件下 SSE 亮度作为时间函数的曲线图。在这些图中,可变驱动电流(I)和最后得到的亮度(L)被显示为与时间相对,其中目标是产生光强的精确阶跃变化。驱动电流的阶跃变化可导致亮度变化,其随着 SSE 温度变换而朝向稳定状态变换,以匹配新的驱动条件。通过补偿驱动条件,基本上是通过延迟驱动条件来匹配 SSE 的热时间常数,在脉冲或调制驱动电流时能够获得更为理想的亮度轮廓。图 8A 和 8B 用于显示热瞬变现象的普通效果以及进行电流控制来减轻或去除该效果的方法。脉冲波形与设备产生光的尖锐脉冲边缘的有效性相关。

[0203] 图 8A 例示未补偿的驱动电流,而图 8B 例示补偿的驱动电流。图显示了作为时间 130 的函数的驱动电流 132 和光强 134。光强 134 例示了被传送到目标的光的脉冲波形。图 8A 例示了下述情况:其中驱动电流的阶跃变化特别产生失真的光输出,在驱动电流快速增大之后,驱动温度升高,直至建立新的平衡,而 SSE 的效率下降,产生衰减的光输出 136;相反,当驱动电路快速减小时,驱动温度下降,直至建立新的平衡,而设备的效率上升,产生增大的光输出 138。在图 8B 中,驱动电流补偿 140 能够用于适应脉冲 132 的前缘和尾缘处的电流脉冲波形,以补偿热瞬变现象并保持更为稳定的光强。图 8B 例示了在驱动电流的瞬变行为中引入适当量的延迟在所需的光输出与实际光输出之间产生更好的跟踪。尖锐边缘可优选用于定时电路,并使更多的脉冲宽度平坦和恒定,这可允许在稳定峰值时使用更多脉冲。

[0204] 在一些应用中,相关计量学根据测量所基于的光输出的过渡开发了定时信息。在许多应用中,特别是在太阳模拟器应用中,在光脉冲的标称稳定部分期间进行了大量测量。在一些应用中,希望使脉冲宽度最小,以避免加热产品或者由于一些其他原因,同时还获得尽可能多的测量(在稳定条件下)。在其他利用同步(lock-in)计量方法或其他需要光的快速和可预测调制的方法的应用中,希望能够产生可预测和一致结果的光源。在该示例中,显示出简单的阶梯函数,然而,在某些应用中,可利用更复杂的波形。

[0205] 在选择如上所述的整流器和电气部件时,存在一些考虑要点:

[0206] ● “降压”转换器/调节器可比其他开关式调节器提供更动态的响应;

[0207] ● 由于几乎任一类型的高功率 SSE 对电流尖脉冲非常敏感并会因其而受到损害,因而可应用缓冲器,以使开关瞬态最小化;

- [0208] ●线性调节器对于性能是较好选择,并可在效率可接受的情况下使用;
- [0209] ○由于近似0.3至0.9V的在线(in-circuit)电压是不可避免的(普遍可用的线性调节器特有),利用具有典型3.7V正向电压的单个SSE可期望75%的最大可能效率;然而,当若干个SSE串联连接时,可获得与开关式驱动器相比较的效率
- [0210] ○根据使用,分路调节对于快速脉冲操作可能是最好选择;在此情况下,制动负载能够被安装到与SSE相同的平台,以稳定局部功率消耗并使公共通路串扰最小化;以及
- [0211] ○还可使用差动电流放大器,这是由于它们具有与分路调节相似的优点,但不包括两个电流感应设备,其可提供更好的精度。
- [0212] 如果包括制动负载,可使用电阻器;然而,二极管排、齐纳二极管或其他电压调节设备可为优选,以允许恒定的功率消耗。根据机电布局,在多个控制通道之间可共享一个这种制动负载。
- [0213] 为了实现更好性能,任一电流感应设备还应进行温度稳定。一种进行该情况的实际方法是利用提供用于SSE自身的热管理系统。例如,通过将电流感应设备安装到被提供为帮助热管理SSE的温度受控的散热片上。
- [0214] 以下要点概述了用于驱动SSE的一些预期目标,以便提供适合于计量应用的高质量光源:
- [0215] ●对于更高精度的太阳模拟器,例如用于科学应用的太阳模拟器,好于近似1%的输出电流控制并且优选低至0.1%;
- [0216] ●减少瞬态馈通,以减少对SSE的损害风险;
- [0217] ●快速输出调制,优选<5微妙;
- [0218] ●精密强度控制输入;
- [0219] ●可选热管理回路;
- [0220] ●低成本/复杂性;
- [0221] ●用于高性能系统的电压监控输出;以及
- [0222] ●调光范围 $\geq 10:1$ 。
- [0223] 如上所述,温度监控是重要功能,并可由以下途径中的一个或多个组成:
- [0224] ●监控SSE的正向结电压;
- [0225] ●集成到SSE中的集成温度传感器,例如NTC电阻器;
- [0226] ●附接到SSE的外部温度传感器,例如热敏电阻或具有整体接线片的热电偶(其能够利用SSE安装紧固件而被附接),或者能用作SSE安装紧固件的柱架(stud-mount)温度传感器。
- [0227] 进一步,热补偿和/热保护可被合并到控制系统自身中。仍进一步,为了防止控制电路之间的串扰,优选通过电流模式的模拟信号方式或数字信号方式提供强度控制。
- [0228] 环境热管理
- [0229] 为了从SSE 106提供稳定输出,对SSE的环境提供热管理也是重要的。如图9A和9B中所示,SSE 174包括基板150或管壳,一个或更多单独的发射器152以及保护单独的发射器的密封剂154。典型地,通过对SSE 174提供散热材料以控制在单独发射器的结点处生成的热,SSE 174的温度略微受到控制。用于太阳模拟器的先前未被充分识别的难题是,除了通过基板从固态设备吸热来管理散热片温度之外(这对密封剂仅提供非常间接的冷却)

获得的温度之外,需要对设备的透镜和密封剂提供基本均匀的环境温度。该难题已被确定是单独的反射器、相关的光转换材料(如果存在)和密封剂的与老化相关的亮度损失和全面老化中的主要因素,并还可适用于聚合物制成的光学部件。与密封剂接触的环境空气的温度的简单管理方法已显示出显著减少与老化相关的设备性能的损耗。

[0230] 根据在此的一些实施例,通过在 SSE 174 或 SSE 簇 175 上提供气流来调节 SSE 的前表面,特别是密封剂 154 的环境温度,能够调节 SSE 174 的热管理。然而,在不侵入光程、不限制设备的组装密度以及不夹带大量未调节环境空气方面引入气流存在难题。进一步,SSE 174 上的面积可由准直光学器件包围,这将阻止气流。

[0231] 图 10A 和 10B 显示意在适应光、电和热需求的 SSE 的可能集成方式或 SSE 簇 175 的剖视图,并仍适用于各种阵列布置。特别地,SSE 106 或 SSE 簇 175 被附接到安装板 182,,安装板 182 被附接到散热片 190。散热片 190 允许从 SSE 106 或 SSE 簇 175 的背部散热。安装板 182 提供安装 SSE 和相关传感器的公共表面,同时提供电和冷却服务连接。典型地,该元件还支撑相关的光学元件。在图 10A 和图 10B 所示的方案中,空气喷嘴子组件 170 被提供为邻近 SSE 106 且在安装板 182 上。供气静压腔 176 穿过散热片 190 并经由空气出口 192 对空气喷嘴子组件 170 提供气流。在该实施例中,由于气流穿过温度控制散热片 190,气流将具有调节后的温度。空气喷嘴子组件 170 使气流 172 跨接在供气静压腔 176 与 SSE 174 和光学元件 178 之间的间隙之间。梳状部 184 于是将气流 172 引导至 SSE 175 的表面上方(参见箭头 172)。气流 172 的湍流特性和方向可通过梳状部的形状和尺寸而被至少部分地控制。气流 172 可被调节,以得到具有合适微湍流的层流,从而利用工业冷却喷嘴中所使用的那些方法对发射器密封剂产生有效冷却。

[0232] 图 10A 利用横向流动冷却喷嘴,而图 10B 例示了更精致的空气喷嘴子组件 170,其具有可利用附壁效应的引导表面。特别地,空气喷嘴子组件 170 可进一步包括空气阻尼 186,以有助于对光学器件 178 与发射器 174 之间的路径提供密封并使环境空气的夹带最小化。空气喷嘴子组件 170 还可利用翼剖面 188,其可有助于向下引导空气,以环抱发射器的表面 178。合适成型的翼剖面 188 可允许使用附壁效应。

[0233] 在图 10A 和图 10B 中,光学器件 178 可为准直光学器件,以将来自发射器的光重新引导成更为准直的光束。尽管图 10A 和图 10B 显示光学器件作为心电带(cadiotropic)折射/反射准直仪,其还可为全息微机电系统("MEMS")或微透镜阵列或其他这种元件。在下文中更明确地描述各种准直策略。

[0234] 冷却气流被优选非常构造提供具有高度微湍流的稳定层流。已知方法包括使用小孔和/或小孔径。一种低廉地产生准确构造气流的方法是,在薄金属片(衬垫料)中加工通路,典型地位梳形状,其被夹在实心材料之间。这种气流的一个属性是其强大的附壁效应,这使得气流适度跟踪平滑表面,从而允许气流被非常简单地改变方向。由于 SSE 的表面典型地为平滑曲状,因而气流可被构造利用该特性,这将对最小气流提供最大热管理。图 10A 和图 10B 中作为示例例示的冷却气流的整合涉及利用分离设备应用该方法,该设备与设计用于 SSE 的一些商业可用光学器件有效兼容。然而,在可能合并有若干不同设备类型的大型阵列中,这实施起来会有困难。下文中详述的进一步的示例描述了合并有用于管理光学器件和/或其他部件中的气流所需的部件,以减少成本、复杂性和将该有用功能合并到光产生设备中所需的工作。

[0235] 图 11A 和图 11B 例示了可替代布置,其中心电带平行光学系统包括集成的空气喷嘴系统 194。提供集成的空气喷嘴 194 减少了部件的数量,并可允许对光学器件 178 自对齐。如同图 10 的实施例,集成的空气喷嘴 178 可利用梳状部 184,然而,梳状部 184 的功能可被集成到光学元件中。集成的空气喷嘴 194 可包括过渡套密封件 196,其可提供进一步的机械支撑,并使来自空气出口 192 的空气向上。该系统的其他部件类似于关于图 10 描述的那些部件。

[0236] 准直光学器件 178 被绘制成类似于心电图带准直仪,但还可为简单的透镜、全息或 MEMS 或微透镜阵列等。准直光学器件还可以是一组 SSE 的公共元件的一部分。梳状部 184 可由被模制成光学部件的零件、插件模制部件或插入部件组成。一种途径是在光学器件 178 的主体中模制梳状部 184 的细小通路。准直光学器件 178 可由大量具有用于所需应用的充分宽广的光谱透射(其通常为 400 至 1100nm,但可根据如在别处所述的太阳模拟器子类而向下延伸至 300nm 或向上延伸至 1400nm 或 1800nm)的材料构成,或者可替代地,可根据预期所用于的 SSE 的光谱由各种材料构成。存在大量聚合物、玻璃陶瓷,并且玻璃能够被成型为展示出所需光学特性。进一步,尽管该设备 178 被显示为单个零件,该部件可包括利用光粘合剂、溶剂焊接或热/摩擦焊接或其他方法已结合在一起的多个元件。一些丙烯酸树脂,例如,呈现出优良的光学特性,并可易于利用一些特定有用产品在 400 至 1100nm 范围内下至 300nm 应用,并可利用微小设计约束被使用高达 1400nm。光学表面可通过选择性应用宽带低折射率膜而被进一步增强,光学级特氟隆为一个示例,其将显著减少在第一和最后光学表面处的反射损耗。这种光学设备可提供大量低廉成批生产工艺而生产,该工艺包括铸造、模制、热压缩成型、添加剂成型、压花、机加工等。当需要时,利用诸如压花、热冲压、表面铸造、印刷等方法后形成更细小的光学表面。

[0237] SSE 构造

[0238] 图 12A 和图 12B 显示可替代布置,其中, SSE 被竖直安装,并且反射准直光学器件 198 用于引导来自 SSE 的光。该布置可允许阵列中 SSE 的更高的组装密度。如图 12A 和图 12B 中所示,集成的空气喷嘴 194 还能够被提供给反射准直光学器件 198。在一些情况下,空气喷嘴 194 可利用梳状部 184。在特定情况下,所使用的反射准直光学器件 198 可为离轴透镜的形式,其同时将光向上改变方向并减少射术发散。在该示例实施例中,反射器的形状接近于抛物线,尽管其他形状也是可以考虑的。在此,反射表面被例示为平行元件,其可以典型地为具有连续表面的离轴抛物面反射器。微镜阵列或 MEM 可取代连续表面。进一步,反射器可略微失真,以便补偿具有失真角度功率分布的 SSE。反射光学设备与折射光学设备相比是有利的,这是由于光学表面的数量至少减半,并且疏松材料的光学性能不重要,这大大增大了材料的选择和制造方法。存在多种用于高质量镜面电镀的来源,其可应用于包括铸造或模制聚合物的材料范围,其中最后得到的镜比具有可比(低)成本的折射光学器件更有效。另外,反射设备不会表现出色差,这使其可能更适用于诸如太阳模拟器的极度宽带应用。该途径最佳应用于相对定向的 SSE,然而,其可用于朗伯发射器,其外围光的损失由诸如图 5 中例示的透射设备的反射和吸收损耗的减少进行抵消。可以理解,发射器的受光角能够通过将 SSE 安装为大于 90 度(即,略微向下指向而不是如图 12 所示水平)而得到改进。在此,平行元件 198 被图示成实心结构,但其可以各种方式组成,只要反射表面 199 具有所需形状。在图 12A 和图 12B 中, SSE 托架 200 是可见的,并允许竖直安装 SSE 174 以及

允许对 SSE 174 进行热和机械支撑。

[0239] 将理解,温度调节空气可由分离系统供应,或者例如如图 10 中例示,送风静压腔可被合并到设备的散热片中,散热片已经处于调节温度,以便简单化并减少成本。由于有用气流也必须越过管壳,大体上优选的是空气接近与管壳相同的温度。

[0240] 为了进一步减少成本和复杂性,气流通路可被模制成准直光学器件,其可典型地为模制丙烯酸结构,尽管也可以预料其他材料。

[0241] 如上所述,SSE 典型地被安装在安装板上并安装在散热片上。对大型 SSE 矩阵提供均匀有助于提供稳定控制和再现性结果。可优选对每个 SSE 提供安装表面,其具有完全控制的温度和适度的低热阻。当考虑具有可能独立操作相邻设备(例如,当利用多光谱源时)的大型设备阵列时,还优选的是确保相邻 SSE 之间的适度热隔离。

[0242] 在许多应用中,模拟器可被脉动而具有相当低的占空比。例如,模块测试器可利用 10 兆秒脉冲来测试 60 个电池模块,其以 60UPH(电池每小时)的速率生产(例如,在 3600 电池每小时/100MW/Y 条件下 60 电池输入),产生 $\leq 0.17\%$ 的占空比。这将产生 $\leq 13\text{W}/\text{m}^2$ 的冷却负载。电池测试器可具有更高的占空比:即 3600 电池/小时条件下 $\leq 10\%$,这将产生 $< 350\text{W}$ 的冷却负载。原则上,脉冲应用会利用强制通风进行冷却,然而,考虑到峰值功率消耗仍可为 $8\text{kW}/\text{m}^2$,则仍可需要有效的局部热质量。

[0243] 136 在许多应用中,优选的是,目标(例如,PV 模块)在测试期间处于 25°C 或者其它低温。SSE 太阳模拟器的一个潜在优点在于其为平板模拟器并具有较短的焦点距离;同样,太阳模拟器可被保持在与目标类似的温度,以便不会影响目标温度。另一考虑因素是与环境空气的任一实质梯度可感应对流,这会损害温度调节。对于朝上的模拟器优选情况是维持略微低于环境温度的温度。在根据本公开的太阳模拟器中,可替代地,能够利用光的某一波长以受控方式加热目标(有时称为测试电池("UUT"))。例如,光的并未转换成能量的波长将加热目标。

[0244] 在温度管理或控制系统的一个实施例中,如图 13A 所示,液体冷却系统被显示。利用空气冷却的可替代实施例显示在图 13B 中。两个图形显示除了如上关于图 10 至图 12 所述的气流系统之外用于 SSE 阵列的温度控制系统 210 的额外方面。如图 13A 所示,SSE 174 被安装在顶板 214 上。顶板 214 大致包括用于 SSE 和传感器组件的安装特征。顶板 214 被安装在散热片 222 上。散热片 222 包括用于液体流动的通路 218。由于液体需要更小的交换表面,因而液体冷却的阵列能够在物理上更小并需要更少的连接。而且,液体自身可用于提供热电容,形成减少的启运重量(液体被移除)。当使用液体冷却时,温度可通过调制流率或通过提供处于受控温度(例如,外部冷却器)的冷却剂的恒定流动来循环温度调节在其中受控的冷却液体而进行调节。对于大面积阵列,典型地通过在交错的横向流动中布置流体通路而实现温度均匀性。

[0245] 在一些情况下,例如在那些小面积或低占空比的太阳模拟器中,空气冷却可能是适合的。图 13B 显示空气冷却系统的示例布置,当模拟器位于产品上方或朝向其一侧时该布置更为适合,这是由于其减小了冷却剂掉落到产品上的风险。通过调制流率或通过提供处于受控温度的空气的恒定流动(例如,外部 HVAC 单元)可调节温度。对于大面积阵列,典型地通过在交错的横向流动中布置增压通路而实现温度均匀性。

[0246] 在一些情况下,热传递设备 220 可被安装在 SSE 与散热片 222 之间,并穿过顶板

214, 以提供从 SSE 到散热片 222 的改进热传递。热传递设备 220 例如可为铜块(或具有良好热传导的其他材料)、散热器、热管或其他高热传导部件, 去将热从 SSE 174 传导并定向地将该热分配到散热片 222。在优选情况下, 热传递设备 220 可为简单的热管, 例如铜管闭路设备。热传递设备 220 允许通过传导来控制热流动。热传递设备 220 可再其结构在进行调节, 并且各种材料和构造是可预料的, 这可允许在传导热的范围上进行控制。优选地, 热将与相邻的 SSE 隔离。作为示例, 热传递设备 220 可被构造成放置热平行于流体流动方向流动, 并使热靠近流体。

[0247] 图 13C 显示温度控制系统的进一步可替代布置, 其利用位于顶板 214 与散热片 222 之间的热电冷却器(TEC) 221。TEC 221 由流过 TEC 221 的电流控制, 以提供较冷侧和较热侧。电流流动越大, 温差越大。TEC 特别适用于高稳定性的温度控制。在一些情况下, TEC 可被提供用于每一个 SSE、SSE 串或 SSE 模块, 以便对 SSE 提供更详细的可编程温度控制。图 13D 显示又一可替代构造, 其中热传递设备 220 的功能性被集成到顶板 214 中。这是实际的解决方案, 可典型地通过包括金属芯 PCB (MCPCB) 或传统 PCB 形式的顶板而实施。

[0248] 应理解, 可通过一些组合图 13A 至图 13C 中所示的热控制系统和 / 或图 10-12 中所示的气流控制提供热管理。应进一步理解, 气流还可通过管道输送, 以便将热移动而离开测试区域。通常可以各种实际方式提供空气冷却:

[0249] ● 具有集成空气调节系统(例如标准 HVAC 单元)的强制通风系统;

[0250] ● 与温度受控流动阀或抽风机(低成本解决方案)的设备 HVAC 冷却连接

[0251] ● 利用温度受控的热交换器进行双环路强制通风, 对于低耗散系统, 热交换器可为热电设备。

[0252] 为了保持大面积上基本均匀冷却, 水平热传导和横向流动冷却的组合可为优选。在实际材料中, 铜可为最好的热导体, 紧接着是挤压铝, 然后是铸造铝。钢可谓最差, 但对于均匀温度受控的板, 热传导和电容的组合使钢成为相当好的顶板。在优选结构中并且如图 13A、13B 和 13C 所示, 铜(或其他高电导材料)聚集在并分布在 SSE 的点热负载, 而诸如铝或钢的更实用的金属提供热传导的表面积。材料与其相关的比热、电容和传导率列在表 3 中。

[0253] 表 3: 材料和相关的热、电容和传导率

[0254]

材料	比热 (J/g/°K)	电容 (J/cm ³ /°K)	传导率 (W/m/°K)	注释
水	4.183	4.186	0.6	优良的冷却剂 & 热储存
乙二醇	2.51	2.44	0.206	良好的冷却剂
空气	1.0005	0.0008	0.0257	较差的冷却剂但低成本
铜	0.385	3.45	401	优良的导体 & 储存; 散热器的明显选择
铝	0.897	2.422	120→180	比较好的导体和储存; 热交换器的良好选择
钢	0.420	3.537	43	普通导体/良好的储存; 热交换器的良好选择

[0255] 从太阳模拟器实现稳定光输出的另一因素是提供准直光场, 其近似为根据太阳得到的光的准直。例如, 阳光对着 0.53 弧度。传统模拟器(有一些例外)典型地未被很好准

直,然而,在诸如 PV 模块测试的应用中,高达几度的散度可具有很小影响,例如,12 度的入射角变化在应用中表示 <5% 的误差,其中目标基本上垂直于辐射的主方向。对于高级技术精度, ≤ 6 度的校准应大致足够,并在结果中预期表现 <0.5% 的误差。

[0256] SSE 一般具有若干可能的辐射模式。更为普通的模式被称为朗伯、蝙蝠翼(离轴朗伯),除其他分布之外的侧面发射也是可以用的。

[0257] 在这些情况中的任一种,基础辐射模式具有朗伯分量,其对于将辐射模式混合或组合成均匀场是较好的情况。SSE 为了设计目的能被模拟能点源或者一小群点源。朗伯和蝙蝠翼发射器具有相当宽的模式,这需要复杂的聚光光学器件,以便获得大量的光。侧面发射 SSE 具有相对小的发散角,除了准直需要改变方向。在少数情况下,SSE 可能过于定向,需要一些负准直。图 14 例示了普通发射曲线图,其中水平轴线 230 为从曲面法线测量的角度。辐射强度 232 表示对于角度的光功率。“朗伯”发射器 234 为单峰值,而“蝙蝠翼”发射器 236 为双峰值,在中心角度时骤降。平面发射器 235 可为相当高度定向的高斯发射器,于散度为这些设备易于调节的特性,因而散度可从一个零件号到另一个零件号变化明显。竖直发射器 239 典型地具有适度发散的高斯束,但这如同蝙蝠翼发射器类型一样还可为离轴式。最后,侧面发射器 238 被显示,其中,发射离开 SSE 的边缘而不是顶表面。可以理解,这些分布仅为代表性的,重要的是,SSE 输出不可能径向对称,并且可能需要失真光学元件或其他设施:简言之,突出的“亮点”可为圆形,但其还可为椭圆形、超环状、菱形或蝴蝶结状—所有分布通常由 SSE 展示—或者可能一些其他分布。可进一步理解,许多实际的 COTS 设备被封装为使得管壳晕映一些辐射(改变亮点尺寸/形状)。可进一步观测到,许多发光级设备将凹面发射器并入到管壳自身结构中,有意改变光的分布,以更加定向在中心。

[0258] 传统 SSE 典型地成对地具有折射光学器件。然而,反射光学器件可为优选,这是由于光能损耗将典型地更小,具有更少的临界表面,材料的老化将不是问题。由于典型的辐射模式为大角度,因而合适的光学器件可由不同地处理宽、窄角度光的分离光学元件组成。

[0259] 在该实施例中,希望将光的散度保持在至少近似为 12 度的范围内,并且优选为 10 度或 6 度的范围内,或者甚至为 2 度的范围内,这取决于发光设备的应用和类别。典型的朗伯 SSE 具有通过 $I=I_{\max} \cdot \cos(\theta)$ (以恒定距离)给出的亮度的角分布,通过 $I=I_{\max}/2$ 描述的散度为 60 度,并且大多数设备的视角(其中某一光仍可见的角度)接近 90 度。由于目标典型为平面,离轴光的辐照度通过增大距离而被进一步削弱,使得目标处的强度为 $I=I_{\max} \cdot \cos^3(\theta)$ 。尽管单个发射器不能够产生均匀的照明场,已显示,在结合时,发射器的矩阵结合起来能够产生基本平坦的场。对于高强度发光应用,效率当然是重要的,因而,SSE 的输出被集中在射术发散优选小于目标处所需散度的 2/3 的范围,也就是,基本上所有的光位于特定入射角内。例如,为了满足 10 度的散度规格,朗伯 SSE 将需要使其角误差减小 9x,这大致等于 8x 的缩小,这可通过准直光学器件而实现。尽管有少数 SSE 类型可具有可接受的小散度,一些栅格 LED 和激光二极管也是可能的示例,多数功能性设备将需要准直,以便产生实用装备。进一步,角功率分布的周界处的光可通过孔径光阑而简单放弃,以便确保目标处的恒定/良好控制的定向性。

[0260] 在一个实施例中,如图 15 所示,准直光学器件 240 被显示为使用三种光重定向的方法:折射、反射和衍射。近乎标准的光线通过透镜元件 242 进行准直,离轴光线由抛物面镜元件 244 (利用全部的内反射)进行准直,新兴辐射可通过衍射和/或折射前表面 246 而

均质和 / 或扩散。在此情况下, SSE174 可为侧面发射固态发射器或其他类型。如上所述, SSE 可由一个或多个芯片组成, 所述芯片可被单独驱动并以不同波长发射。利用该布置, 能够生成准直或近乎准直的输出 250。该光学布置相对通用, 这是因为其能够适应相当各种各样的发射器类型, 利用涂覆 AR 样品相当有效, 超过 90%, 并能够被生产成简单的铸造或模制零件; 因而, 这种类型的光学器件为 COTS 制品。当前可用零件可具有一些限制, 这将影响太阳模拟器影响, 特别是在一些波长时因色差而具有较差的 UV 和 / 或 IR 传输和较差的或完全不同的性能, 这对于远离设计值(典型为 400-700nm) 的波长变得严重。

[0261] 149 如果允许使用如上所述不太昂贵且更有效的纯粹反射准直仪, 则侧面发射 SSE 可在一些构造中提供优点。使用反射光学器件还可消除各个发射器的直视, 由此减少由于直接观看 SSE 带来的任何视觉危害。图 16 例示了涉及应用至侧面发射 SSE 174 的反射准直光学器件的布置。由于侧面发射的方向典型地较窄, 因而准直光镜 252 能够用于将来自固态发射器 248 的光反射到待在目标处引导的准直或近乎准直的输出 250。能够理解, 这种类型的反射器通常在聚集以高角度发出的光时有用, 并且能够应用于提供一定程度的准直的各种类型的发射器, 其基本能够与侧面发射设备兼容良好, 并在一些应用中可为足够; 因而, COTS 设备是可用的。这种类型的设备能够非常廉价地生产, 例如通过铸造、模制或金属冲压, 能够非常有效并且不会有色差。

[0262] 图 17A 和图 17B 例示了利用离轴准直反射器模式的 SSE 的可替代堆叠布置, 该离轴准直反射器校准和改变光的方向, 该方法最佳应用于相对定向的 SSE, 然而其可用于朗伯发射器, 其中外围光的损耗通过诸如如图 5 所例示的透射设备的反射和吸收损耗的减少而抵消。最佳如图 17B 所示, SSE 沿着垂直定向布置, 这比水平安装的 SSE 大体上允许更大的组装密度。该布置便于相对紧凑的封装, 便于容易保持气流和模块化装配。应注意, 阵列构造的设备典型地被布置成各种发射器类型的镶嵌体, 其意在实现具有均匀分布的宽广且可编程的光谱。封装因素可进一步允许来自阵列的更高的光输出, 这可提升太阳模拟器技术的能力。图 17A 例示了所利用的反射准直光学器件和用于高密度发射器阵列的托架的俯视图, 而图 17B 例示了在图 17A 的 B-B 线处的剖视图。

[0263] 在该实施例中, 垂直安装的 SSE 174 被提供有反射准直光学器件 262, 以改变来自 SSE 174 的光的方向。在此情况下, 相邻 SSE 的准直光学器件也用作用于 SSE 174 的设备托架和热管。在一些情况下, 准直光学器件 262 还可包括如关于图 12 描述的集成的空气喷嘴 266。准直光学器件 262 包括离轴抛物面反射器 268, 以有助于校准来自 SSE 174 的光和改变该光的方向。在此实施例中, 间隙或热突变区 270 被提供为使一个 SSE 沿着水平方向与另一个 SSE 隔离。该热突变区 270 意在允许 SSE 174 用于不同的电流水平并促进到散热片而不是到相邻 SSE 的热传导。热突变区 270 可被视为 SSE 的热管理系统的一部分。

[0264] 图 18A 和图 18B 显示了图 17A 和图 17B 的变型的可替代堆叠布置。在该布置中, SSE 托架和热管 272 为与准直光学器件 274 分离的元件。图 18B 例示了图 18A 在线 B-B 处的剖视图。在此情况下, 准直光学器件 274 为双面反射器阵列 274, 其由双面反射器的线性阵列组成。双面托架和热管 272 可用 SSE 串提供机械支撑并对散热片(未显示) 传导热, 并提供电连接。双面托架 272 可进一步配备有传递冷却流体流动的通路。而且, 如上所述的集成空气喷嘴 266 可被集成到这些布置中, 用于更大的热控制。该布置允许设备根据镶嵌体的几何细节被紧凑地封装到矩形或六边形阵列中。

[0265] 图 19A 至图 19D 例示了采用与图 17A 至图 18B 图示的类似方案的 SSE 的另一布置。在此情况下,多面 SSE 阵列子组件被提供,其中,与如上所述的线性布置对比,固态发射器 174 以径向布置方式被布置在多面反射准直光学器件 276 周围。图 19B 例示了在图 19A 的 B-B 线处的剖视图。图 19A 显示六边形构造,但其他数量的面也可根据应用、尺寸或成本约束或其他因素而使用。在一个特定情况下,这种簇中的 SSE 的数量可与在太阳模拟器中使用的不同波长的 SSE 的数量有关。该模块化子组件因其能够便于整簇方法的单元替换而意在减少装配时间并改进太阳模拟器的可服务性。还认为,模块化子组件可导致改进的色彩均匀性,这是由于具有多个波长的 SSE 的输出能够被聚集到较小区域中,其中所有 SSE 距簇的中心成恒定的径向距离。

[0266] 在此,简单的反射光镜被显示成准直元件,其可典型地为离轴抛物面反射器。可取代大体上为曲状或平坦的微镜阵列。反射器光学器件的略微倾斜可用于使 SSE 照明的区域以给定/标称焦点距离交迭,从而给出单个光点的外观。还可能通过以微小的角度安装 SSE 来集中亮点。进一步,如图所示的反射器 276 具有明显对称性,但能够理解,若干单独反射器 268 中的每一个可具有适于适应若干 SSE 类型中每一个的角功率分布的形状。另外,若干反射表面可被选择性地电镀,以优化若干 SSE 类型的各种光谱的光谱反射系数。在诸如所示的模块化阵列中,而且更方便的是提供可插塞的冷却空气连接和可插塞的电连接,以使模块化子组件与太阳模拟器控制系统接合。反射器 276 可为单个单元,如图所示具有由集成空气分布通路 279 提供的集成冷却喷嘴 266,该空气分布通路 279 由通过适配器/密封件 196 联接到反射器的单个调节供应入口 192 提供。如附图中所示,SSE 可各自被安装在独立托架和热管 278 上,或者模块可被提供有围绕模块的外部延伸的集成托架和热管并可与其他模块的托架/热管互相作用。

[0267] 图 19C 和图 19D 显示与图 19A 和图 19B 的布置类似的布置,然而,光检测器 277 已被添加到 SSE 豆荚灯。图 20 提供了光检测器如何能够放置在 SSE 阵列内的示例性实施例。光检测器然后散置在整个 SSE 阵列中,以形成提供监控反射光(即,从太阳模拟器的目标反射的光,其可包括测试单元或校准相关目标)的能力的检测器阵列。应理解,根据光检测器的布置并根据提供给检测器的任一光学元件,光检测器能够被构造成进行空间清晰的反射系数测量。空间分辨率允许在目标上选择感兴趣区域或排除多余特征,例如金属化触点。这种检测器阵列对于在目标面积上测量目标反射系数有用。反射系数测量用于 IQE(内部量子效率)测量并还能够用于抗反射涂层工艺或其他颜色测量应用上的 QA(质量保证)。另外,光检测器能够通过反射目标用于 SSE 阵列强度和光谱校准,该反射目标可为任意反射表面和/或标准反射目标和/或可跟踪的反射标准。集成式传感器 277 将典型地由具有聚集/成像光学器件的传感器组成,并可为单电池传感器、校准的或可跟踪的参比池、4 象限传感器或其他多元件传感器、照相机、光谱相机、高温计或其他光辐射传感设备。

[0268] 使光传感器散置在发射器矩阵中利用可能的短焦点距离和光源的分布特性。由于太阳模拟器的光谱能够随意调整(如在下文中进一步详细描述通过使用具有各种波长的 SSE),因而能够获得包括光谱反射系数和测试单元颜色的反射系数测量。光检测器(反射传感器)能够通过替代测试单元放置反射标准(例如,可跟踪的 NIST)而进行简单地校准。在操作中,反射系数测量可在 IV 或其他测试期间通过简略地调整光谱同时在测试序列期间记录反射传感器读数而获得。这传统上在分离的计量站执行但在此情况下是不必要的。该

方法因其提供于光谱反应测量一致的光谱反射系数测量而极为有利,其可再测试单元上进行,从而产生比通过组合来自两个不同计量系统的数据获得的精度更高的精度。另外,能够测量光谱反射系数的均匀性。

[0269] 光检测器(反射传感器)能够为各种已知的或待开发的检测器或传感器中的任一个,例如普通宽带传感器,其对照可跟踪的参考传感器进行校准。可替代地,反射传感器能够为可跟踪的参比池。作为一个更特定的示例,光检测器例如可为简单的硅 p-i-n 设备。光检测器例如可为转阻放大器电路或偏置 RC 电路的一部分。硅检测器大体上适用于 400nm-1100nm 的检测。对于 1100-1800nm 的检测,除了硅设备之外或替代硅设备可使用 Ge 或 InGaAs 检测器。检测部件可被装配正贯穿 SSE 阵列的分立部件,例如可被提供在如图 19C 所示的 SSE 阵列内的间隙中。可替代地,检测器作为 SSE 的密封剂内的另外元件可被集成到 SSE 自身内。

[0270] 进一步,传感器可为 4 象限传感器或类似的多元件设备,优选为诸如 InGaAs 阵列的宽光谱设备。当配备有合适的光过滤器时,这种设备能够提供快速的光谱敏感强度测量。为了覆盖为可见光谱两倍的宽光谱,典型为 800nm 范围,四通或更大的光谱选择性至少是优选的。可替代地,传感器可为线性阵列,例如 16 元件的 InGaAs 阵列,当配备有光栅或额外光学器件时,该传感器能够用作快速扫描分光计。仍进一步,传感器可为数字照相机。特别地,芯片级照相机具有可与典型的高功率 SSE 管壳相比或小于典型的高功率 SSE 管壳的尺寸,并能够容易地集成到如图 19C 和图 19D 图示的一簇 SSE 中。该设备可为具有 3 通或优选 4 通镶嵌传感器(例如 CYGK 传感器或单色传感器或优选为 IR 增强的单色传感器)的马赛克彩色照相机。可进一步理解,如果单色线阵照相机或面阵照相机配备有光谱成像光学器件,则其可用作成像光谱仪。传感器的所需数量和位置将是应用特有的,然而,传感器将优选提供使得能够获得分类标准(见下文中的表 4A 和 5A)所需的各个空间样品的覆盖范围,这将具有使太阳模拟器能够完全自足以进行校准和验证的优点。

[0271] 应理解,还能够将 SSE 自身作为光检测器而不是发射器使用。例如,SSE 能够被偏置,使得 SSE 能够用作检测器。在一些情况下,SSE 能够在例如反向偏置的 RC 电路或转阻放大器电路中作为检测器操作,或者简单地被视为光电流传感器。应理解,其他电路构造也是可用的。SSE 可对选择性的光谱带光敏感,例如,传统的 LED 将吸收处于相对于其能带隙更短的波长的光。作为检测器阵列操作的 SSE 阵列因此能够作为具有一些限制的分光计操作。注意,单独的 SSE 大体上能够同时作为发射器和检测器操作。然而,SSE 阵列能够被任意地分成发射器和检测器设备。在典型的构造中,当存在合适目标时,给定的 SSE 可用于检测相邻 SSE 的输出。

[0272] 可能必须根据检测器阵列的预期用途来控制检测器阵列的每个部件中的聚光程度。对于集成在 SSE 内的检测器,聚集区域类似于由 SSE 光学元件确定的发射区域。对于分离放置的检测器,专用光学元件能够根据需要用于控制检测器处的聚光。

[0273] 图 20 和图 20B 图示了类似于图 19C 和图 19D 中所图示的一簇 SSE,除了这些附图例示了使用透射光学器件,其中如所示的准直光学器件 178 组合了如上文中对于图 15 的设备所充分描述的反射和折射。图 20A 图示了一簇 SSE 的俯视图,而图 20B 为沿着 B-B 线的截面图。尽管该方法介绍了采用透射光学器件的局限性,但相反该方法是有利的,这是因为完全平坦的构造是可能的,其中 SSE 174 和相关的传感器 277 和其他相关的设备可能驱动

电子器件能够被安装到传统的平坦电路板 183, 该电路板 183 可优选为 MCPCB 或薄的柔性电路, 这将有利地合并有用于容纳气流 196、热传递设备等的切口部。

[0274] 如所示, 多功能光学设备 177 合并有若干 SSE 光学器件 178 和传感器光学器件 179 以及若干冷却空气喷嘴 194, 空气喷嘴可合并有梳状部或其他气流调节元件 184。进一步, 该多功能光学设备 174 可被延伸, 以合并有多簇光学元件, 从而容纳如所示的多簇 SSE 和传感器直至并包括整个模拟器。空气从静压腔 176 通过安装板 182 中的出口 192 进行供应, 并经由过渡零件和密封件 196 联接到多功能设备中, 在其中, 空气然后经过多功能设备中的通路被分配到若干空气喷嘴 194。空气喷嘴 194 提供越过若干 SSE、传感器和其他设备的冷却气流 172, 最后在边缘处或者通过排风部 193 而排出。准直光学器件 178 被绘制成心电带准直仪, 但还可为简单的透镜、全息或 MEMS 或微透镜阵列等。光传感器光学器件被绘制成聚光透镜和光导, 但根据传感器类型和需求, 其他类似的聚光布置也是可以的。进一步, 如所示, 多功能设备 177 具有明显的对称性, 但能够理解, 若干单独准直仪 178 中的每一个可具有适于适应若干 SSE 类型中的每一个的角功率分布和波长的形状。

[0275] 多功能设备 177 可由许多具有用于所需应用的足够宽的光谱透射 (其通常为 400 至 1100nm, 但可根据如在别处所述的太阳模拟器子类而向下延伸至 300nm 或向上延伸至 1400nm 或 1800nm) 的材料构成。存在大量聚合物以及玻璃能够容易地成型, 其展示出所需光学特性。这种类型的光学设备可通过大量低廉成批生产工艺而生产, 该工艺包括铸造、模制、热压缩成型、添加剂成型、压花、机加工等。当需要时, 可利用诸如压花、热冲压、表面铸造、印刷等方法后形成更细小的光学表面。相对平坦的构造将允许其他成型工艺, 例如滚压成形。进一步, 尽管该设备 177 被显示为单个零件, 但其可包括利用光粘合剂、溶剂焊接或热 / 摩擦焊接或其他方法已结合在一起的多个元件。一些丙烯酸树脂, 例如, 呈现出优良的光学特性, 并可易于利用一些特定有用产品在 400 至 1100nm 范围内下至 300nm 应用, 并可利用微小设计约束被使用高达 1400nm。光学表面可通过选择性应用宽带低折射率膜而被进一步增强, 光学级特氟隆为一个示例, 其将显著减少在第一和最后光学表面处的反射损耗。

[0276] 图 21A 显示利用侧面发射固态发射器 280 的进一步可替代布置。图 21B 例示了在图 21A 的线 B 处的剖视图。侧面发射 SSE 280 比其他类型的 SSE 发出大致不太发散且更准直的光。使用侧面发射 SSE 280 能够利用光程的额外折叠, 这可导致例如比图 20 的布置更为紧凑的布置。在该布置中, 两级反射用于改变来自侧面发射轮廓的光并对该光进行校准。特别地, 在该可替代实施例中, 可使用两个光学元件, 多面反射继电器反射器或聚光反射器 282 和准直或组合反射器 284。反射器有时为了可读性将被称为反射镜, 并应被理解成指代任意反射表面。聚光镜 282 被用于反射来自发射器 280 的侧面的光, 将其朝向组合镜 284 引导。聚光镜 282 典型地为凹面反射器或锥形反射器, 并可失真, 将侧面发射器分布转换成前向分布。在此, 反射表面被例示成简单的反射镜, 其可典型地为抛物面反射器; 然而, 微镜阵列可被替代成连续表面。如图 21B 所示, 反射继电器聚光镜 282 还可具有集成的空气喷嘴 266, 在此情况下, 该空气喷嘴 266 位于类似于许多先前情况中描述的那些底部反射器上。准直组合反射器 284 被构造成然后将两个侧面发射轮廓反射到目标, 并朝向目标改变光的方向, 从而组合若干 SSE 的输出。组合镜 284 根据全部两级光学系统可为分段的或连续的类似锥形的反射器。在此, 反射表面被例示成简单的反射镜, 其可典型地为离轴球面反射器。微镜阵列可被替代成连续表面, 其可大体上为曲状或平坦。这些表面中的略微倾斜

可用于使每个发射器照明的区域以给定 / 标称焦点距离与剩余部分交迭。同上,面的数量主要取决于应用需求。在一些情况下,设备簇(环)可在实际上由具有额外继电光学器件的单个光学设备进行准直。如所示,组合反射器 284 可合并有空气通路 279,其用于来自供应入口 192 的气流引导至若干冷却喷嘴 266。进一步,如所示的反射器具有明显的对称性,但能够理解,若干单独反射器中的每一个可具有适于适应若干 SSE 类型中每一个的角功率分布的形状。另外,若干反射表面可被选择性地电镀,以优化若干 SSE 类型的各种光谱的光谱反射系数。

[0277] 通过提供如上所述的用于 SSE 的可替代堆叠布置,能够增大矩阵内的 SSE 密度。由于可通过允许单独的源发散和交迭而实现辐照度均匀性, SSE 的更高密度产生提供更高度准直光的能力,而无需增大太阳模拟器的焦点距离。另外, SSE 的更高密度可减少每个 SSE 所需的输出功率,增大阵列的功率,允许在不患有光谱空间不均匀性的情况下添加各种 SSE 类型,并为阵列中的其他元件(例如检测器)留有余地。

[0278] 太阳模拟器应用将典型地涉及组合和混合若干不同 SSE 的输出,以便产生均匀的照明场。将理解,将通过产生均匀的照明场并且以减少的焦点距离如此进行来增强总的太阳模拟器性能和能力。

[0279] 简单地允许交迭覆盖范围可实现均匀场,但大体上以增大焦点距离为代价。进一步,尽管目标是提供更为准直的光源,准直导致焦点距离的增大。在一些情况下,次级透镜/光学器件可用于压缩光学路径长度。为了方便,这可被合并到保护性前窗中。该次级光学器件的额外方面是,该次级光学器件不需要如此紧密地机械联接,使其可通过基本点的机械位移用于光束控制。

[0280] 由 SSE 产生的并由其相关光学器件重新格式化的辐射图典型地为具有中等散度的适度聚焦亮点,其可保持基本为朗伯高斯角功率分布,其为许多 SSE 类型所共用因而能够相对容易组合,也就是,允许多个亮点在任一给定目标点处交迭,而不存在任一明显的不连续。这在阵列相对密集地封装,即相对于目标的焦点距离紧密分开时极为正确。

[0281] 实现良好空间均匀性的首要方法典型地是调节相对于 SSE 的焦点距离,从而交迭情况是实质存在的。交迭的覆盖范围通过平均一簇相邻的发射器改进了均匀性。经验表明,平均近似六个最近相邻者(在规则管脚阵列中)(其中,所有发射器来自同一生产批次和同一强度仓库)的输出可产生高于 2% 的均匀性,这对许多应用是足够的,即不需要调节各个设备强度。然而,如上所述,减少焦点距离以便减少空间需求等也是重要的。

[0282] 发射器或发射器簇的直线布置在实际上管理起来最简单,然而,六边形包装因增大的组装密度和交迭而可占优。在任一情况下,对于单独发射器的给定程度的方向性,存在确定的焦点距离,超过该焦点距离能够获得给定水平的均匀性(该距离对于直线阵列比六边形阵列大体上略微更长)。

[0283] 以下段落论述基于矩阵中若干光源输出的 SSE 交迭。“近场”和“远场”是本领域中已知的光学术语。关于这点,近场泛指“接近”光源的平面中的光分布。对于本申请,接近大约为 1.4 倍的 SSE 间距或更小,其中照度主要由 SSE 或 SSE 簇促成,并高度可变和不平滑。

[0284] 为了现场均匀性,单独的发射器不完全准直,实际上可为优选的是散度在 4 至 8 度范围内。如上所述,相邻发射器的辐射能够在一定距离内被合计,从而产生相对平坦的

场。六边形包装在相似焦点距离和发射器密度的条件下比方形包装产生更均匀的场。存在场均匀性与距离同时增大。由于距目标的距离与发射器阵列的节距成比例增大,应该改进空间均匀性。

[0285] 在许多情况下,通过利用例如 MEMS 的折射或反射微光学元件重新映射(也称为整形)光输出,也能够改进场均匀性。例如,圆形光输出能够被整形成方形、六边形或其他形状,以提供更好的场均匀性。具有简单准直光学器件的发射器的“固有”覆盖范围为圆形或卵形,因而没有组装布置可完全提供光输出的均匀组合。简单的次级光学器件可用于实现该覆盖范围。通常,如果存在的话,次级光学元件将为折射元件。这可为菲涅尔透镜,但还可为微光学器件阵列。微光学器件阵列通常用于对光束重新格式化和/或“均质”。根据比例因子,铸型用复合物或 MEMS 设备可适用。折射和反射设备通常是可用的。在本申请中,可用增大矩形或六边形光分布的 MEMS 设备。

[0286] 图 22A、22B 和 22C 例示了其中与连续光学表面相反的非线性光学元件用于改变来自 SSE 的光的方向的方法的可能应用。图 22A 为剖视图,其例示了用于操纵来自垂直布置的 SSE 174 的光的微光学器件布置。在该设计中, SSE 174 垂直安装在光学 SSE 托架 278 上,并朝向反射微光学器件元件 286,该元件 286 为光学设备 288 的部件。微光学器件元件 286 包括诸如全息反射镜的光整形器或诸如 MEMS 反射镜阵列的反射微光学器件设备,用于对来自 SSE 260 174 的光分布整形。反射器可进一步为结合到光学设备 288 的分离设备(如所示)或者可直接形成在该物件的小平面上,分离设备在其中可雕刻、模制、压印、铸造到托架的表面中或印刷到托架的表面上。反射器可进一步实验反射或衍射原理来改变光分布。光学设备 286 可为在其中更容易形成所需光学结构的基本平面物体,这可证实是有利的。这些结构可通过模制或铸造、压印和/或激光标识、印刷、软布印刷、蚀刻而形成。

[0287] 另一优点可为以多种方式提供重新分布光的能力,而不用改变构造的主要细节,进一步能够实现分布,这对于利用传统光学器件是难以或者不可能获得的。而且,还能够将若干光学功能缠绕在单个元件中。使用微光学器件或 MEMS 元件 286 意在通过单个光学表面实现辐射的准直、重新分布和均匀化。仍进一步,该方法在微光学器件设备 286 为 DLP 或光学交叉点开关设备的情况下可能提供可编程性。光学设备 288 可包括如在别处详细描述地集成空气喷嘴 287。该设计意在来自每个 SSE 的光进行整形,以与来自相邻 SSE 的光更好地排在一起,从而产生更均匀的照明场或可能减少焦点距离和散度。该设计还可被组合到如类似于先前示例所示的那些作为线性或多面簇的元件的阵列中。在该布置中,微光学设备可更清楚地作为来自 SSE 的光的整形器而工作。由于 SSE 为近似点源,其影像将近似为圆形。全息反射镜能够将圆形图样整形成其他图样,以提供更均匀的覆盖范围。可理解,具有适度散度的 SSE 在该情况下将是实用和优选的,这是由于大体上希望记录尽可能多的 SSE 的输出。诸如点阵发射器的一些 SSE 类型理想上将是适合的。作为替代, SSE 可首先被引导通过准直元件。

[0288] 图 22A 所示方法的局限为,其可限制能够采用的 SSE 的选择,临界光学表面被暴露,并且光学表面将需要电镀。图 22B 的示例提供了一种解决方案,其将光收集/凝聚光学元件 290 以及微光学元件 186 和投影光学元件 292 集成到光学设备 289 中。这可便于结合微光学器件使用宽散度的 SSE。如果微光学器件 286 直接形成在光学设备 289 中,则可具有额外的成本优势,在此情况下,可利用总的内反射,从而消除进行电镀的需要,或者可替

代地,衍射光学器件可简单地印刷在该表面上。由于该表面在外部不起作用,因而如果有必要,该表面能够由简单的盖或外壳保护。可理解,该光学设备可适当为上文所示的多面簇的一部分,特别地,为图 20A 和 20B、更特别地为 21A 和 21B 中例示的两级光学组件的近乎精确模拟,除了可能存在第三个功能性光学表面 292 之外。图 22C 为进一步的示例,其合并有图 22A 和图 22B 的各方面,在提供可用于微光学器件设备 286 的额外表面的同时便于 SSE 174 的平面安装。该光学设备 289 合并有初级光收集/凝聚光学器件 290、两个微光学器件设备 286(一个或者二者可替代地为反射器)、输出光学器件 292 以及集成的空气喷嘴 287。此为通用构造,其能够根据给予四个光学表面中的每一个的光学结构以多种方式起作用。如所示,第一表面 290 被显示为心电带准直仪,第二和第三表面被显示为反射镜或微光学器件元件,第四表面 292 被显示为散光场镜或扩散器。

[0289] 用于太阳模拟器的应用能够包括从稳态操作变化到脉冲操作以使波形生成复杂化的需求。由于多数实际测试应用由软件驱动,因而可编程控制能力是有用特征。

[0290] 示例性控制系统被显示在图 23 中。主系统 500 将太阳模拟器连接到外部用户或外部控制逻辑电路。主系统 500 与模拟控制器 502 相互作用,模拟控制器 502 在该实施例是可编程的,并且处理用于太阳模拟器的数据流、逻辑和数据结构。模拟控制器允许用户对太阳模拟器的逻辑电路进行编程,使得模拟控制器能够基于来自太阳模拟器或控制系统中的其他部件的可编程程序或反馈做决策。将理解,主系统和模拟控制器可包括位于物理介质上的软件/程序编码,该编码在处理器上执行时,使处理器根据程序代码起作用。额外的计量 504 可提供有关目标或环境(例如,校准传感器)的进一步的信息或来自外部设备的定时。额外的计量 504 还可允许模拟控制器 502 使用和处理用于利用太阳模拟器实现控制或执行测量程序所需的传感器,以实现所需性能和通用性。额外的计量典型地包括参比池反馈、一个或更多测试负载、探针行程/力监控、测试夹具温度调节和/或监控、测试单元的温度监控、以及用于支持与太阳模拟器的操作相关的各种测试和测量功能的其他设备。应理解,主系统、模拟控制器和额外的计量可包括计算机处理器、PLC(可编程逻辑控制器)或在本领域中可为已知的其他控制系统。这些元件还可包括存储器或用于跟踪数据的其他形式的储存器,并包输入和输出系统等。

[0291] 控制系统可进一步与功率调节器 506 相互作用,以运行控制系统和 SSE 驱动器 508, SSE 驱动器 508 将动力进一步驱动到 SSE 中并处理集成传感器的反馈信号。SSE 驱动器 508 提供如关于电流调节所述的稳定性管理。图 23 还显示了 SSE 矩阵组件 510,其能够将电功率转化成光功率。SSE 矩阵 510 由至少一个 SSE 串 512 组成,可包括额外的光传感器 514 并还可选地包括光学机械致动器 516。SSE 矩阵 510 还可包含热管理元件 518。SSE 能够合并有温度传感器、光学传感器、结电压监控器和集成到它们中的其他制品。尽管只有一个“框符”被显示用于传感器 514、光学机械致动器 516 和热管理元件 518 中的每一个,但将理解,根据需要,这些元件可被集成到 SSE 矩阵和 SSE 串 512 之一内,以执行所需功能。光传感器 514 可测量从目标反射的光,这与太阳模拟器的测量和校准能力有关。传感器 514 可将该信息传递到模拟控制器 502。如果使用的话,光学机械致动器 516 可由模拟控制器 502 控制,并可通过操纵准直光学器件的对齐或准直光学器件内的性能而起作用,以控制来自 SSE 的光输出的方向或位置。在太阳模拟器中,光学机械致动器典型地包括探针板、电子块、夹具、夹具温度控制器和用于测量产品的其他元件。热管理元件 518 指的是散热片、气

流和用于控制 SSE 的温度的相关元件。具有 SSE 矩阵组件的热管理设备通常由外部驱动器和控制器支撑。

[0292] 为了脉冲应用中的最佳性能,驱动控制器可被分成设定点和门极控制器,从而 SSE 组能够被驱动至单独调节的设定值,但多组 SSE 被控制,以将它们的亮度同步调制成主控制信号。

[0293] 在考虑上文提及的所提出的用于太阳模拟器的新标准时,最高级(X级)控制精度在调节比为 10 的情况下被定义成 $\leq 0.1\%$,将典型地需要具有 ≥ 14 比特精度的数字控制。对于高级精度的较低水平(例如,A+类、Z级),在 6:1 的范围内 $\leq 0.2\%$ 可为足够,这通常等同于 12 比特的数字精度。为了实现更高水平的精度,可使用具有 ≥ 15 比特分辨率的 I/O 设备。

[0294] 在提供控制系统时,电流模式信号(例如,0-10mA 或 4-20mA)对于延长的电缆传输可为优选的,以便实现好的抗扰度和最小的串扰。特别地,使用平衡电路可能是所希望的,以便使控制通道之间(特别是瞬变条件下)的串扰最小化。动态条件(包括分离控制的 SSE 串之间的跟踪)下的输出的均匀性通常也将是所希望的。

[0295] 可替代地,可使用具有用于分布控制的数字接口的集成设备。例如,工业标准包括 DMX512A 或诸如 DALI 或 LEDsync 的其他标准照明协议,DMX512A 提供合并有温度反馈的多通道数字照明控制。尽管这些网络对于脉冲波形的可编程控制可能过慢,但它们可用于结构管理。还可使用利用工业现场总线的分布 I/O 模块。快速(例如基于以太网的)现场总线也被视为是具有用于动态和交互脉冲控制所需的带宽。例如,EtherCAT 提供基于时间的 I/O 事件调度技术,具有小于 1 微秒的分辨率和同步。优选地,SSE 驱动器被实施成位于快速或非常快速数字网络上的 I/O 节点。理想上,该网络可为各种形式的 Ethernet 或各种形式的 USB 中的一种。

[0296] 当与诸如计量系统的外部系统使用或嵌入到外部系统中时,还可能需额外的控制接口,例如触发器信号交换和 / 或模式选择以及可能的比例反馈。

[0297] 额外的接口可包括温度调节和冷却剂循环监控、光学机械设备的控制等。

[0298] 应进一步理解,控制系统可在传感器和控制器之间包括各种反馈回路,以允许太阳模拟器具有一些自学习能力。

[0299] 场分割 / 边缘反射器

[0300] 在一些应用中,可能希望约束照明场或将太阳模拟器的照明场细分成明确的区段。传统上,使用简单的障壁或不使用任何东西,但这造成强度朝着边缘逐渐下降的区域。通过延长太阳模拟器的尺寸或者通知用户下降来典型地处理任一问题。尽管并非易于明显,已确定,约束照明场或中断照明场能够通过使用垂直定向的反射障壁在没用阴影的情况下实现。该方法具有将 SSE 矩阵实质延长到物理界面外或者允许测试模块的部分被分离测试的效果。特别地,由于会具有一些反射损耗,障壁优选倾斜和 / 或轻微移动,这用于轻微地压缩虚像并补偿任一反射损耗。

[0301] 图 24 例示了障壁 302,其形成或容许照明场的尖锐边缘或分割部。图 24 例示了由具有准直光学器件的 SSE 组成的 SSE 矩阵 306 和反射障壁 302 的剖视图,以在该示例中实现照明场的尖锐边缘。发射光的散度为了清楚被扩大。表面 303 能够反射,并可优选地合并有节距调节、微小曲率和轻微倾斜,以补偿反射系数损耗,从而导致靠近外围 SSE 304 的

虚像,其中亮度与实际阵列中的 SSE 301 的亮度一样大。优选地,障壁将被放置为距 SSE 的外围行/列近似一半的阵列节距,优选地略微更小,倾斜度将在 0 至 15 度的范围内,但被适当地设置为用于形成适当反射图像的条件,这结合附近 SSE 的直接输出可在目标处形成近乎均匀的辐照度。

[0302] 该设计的优点可包括不必将阵列的面积延长为基本大于待照明的目标以及不明显分割照明面积的能力,这便于独立测量大面积目标内的各个目标区域。例如,不明显分割照明面积的能力将便于独立测量 PV 子组件的电池阵列内的各个电池,这是该太阳模拟器的独特能力。可理解,如在此所述的障壁 302 可被合并而具有或者不具有准直和 SSE 簇的各方面,而不改变该设备的有效性。发射光的角分布除了影响装置的几何形状不重要,这时由于焦点距离处的照明由来自若干 SSE 的交迭输出组成。图 25A 显示了反射障壁对处于标称焦点距离的照明场的作用,而图 25B 例示了在具有处于适当位置的反射障壁的不同或类似阵列处的强度分布。特别地,图 25A 例示了沿垂直于周界 310 的线距发射器阵列等于近似 2 个节距的距离的辐照度 312,其中单独 SSE 316 的输出所在之处产生组合照明 314,这展示了适于位于规范(由线 315 表示)内的场 320 的大部分和强度减少并下落至规范的延长部分 322 的调制强度。图 25B 例示了类似于图 25A 的布置的布置,除了如上所述的反射障壁。在此情况下,单独 SSE 输出 316 的组合照明 314 加上若干外围 SSE318 的反射图像,形成基本所有处于规范内的照明场 320,只有非常小的部分 322 下降并在规范外。如所示,使用反射镜/反射障壁对照明面积提供了更尖锐的边缘,同时利用给定的 SSE 阵列提供了在规范内照明的更大面积。通过两面发射障壁,该相同作用能够用于对场进行分割。

[0303] 图 26A 提供了 SSE 阵列或部分阵列的示意俯视图,而图 26B 示意性地表示朗伯发射器阵列的理论输出,每一个均利用简单透镜被准直,被混合以产生高等级的均匀性。图 26A 提供了 SSE 的阵列或部分阵列 300 或 SSE 簇 301 的示意俯视图,SSE 被设置在具有近乎恒定节距 324 的矩形矩阵上。实际上,将组合若干不同类型的设备,以便产生完整光谱,但需要每一特定类型的所有设备通过栅距而相关。六边形矩阵将具有一些优点,然而,在此论证矩形布置,这是由于矩形布置代表了对于场均匀性不太好的情况。图 26B 显示了沿图 26A 中的 B-B 线的不同强度分布,B-B 线代表了拿个观测到最大不均匀性所在的线。垂直刻度 328 代表了沿着整条线被规范化到平均强度的强度。强度以 1 节距 326 为单位对照线性位置而绘制。中心曲线 330 代表了处于等于 1 节距的焦点距离处的单个 SSE 的近场辐照度。在该示例中,具有 $\text{mag}=0.18$ 和 $\text{NA}=22$ 的准直光学器件的朗伯发射器被图示。这可根据情况不同而变化,不过适用相同原理。

[0304] 曲线图中的另一曲线例示了来自如将沿着图 26A 的 B-B 线观测到的处于不同焦点距离处的方形矩阵中的发射器的理论无穷阵列的辐照度。图表线 332 显示了沿着处于等于 1.48 倍节距的焦点距离处的 B-B 线的辐照度。可知变化位于百分之十内,表明正好满足 C 类均匀性。处于等于 1.86 倍节距的焦点距离处的辐照度(图表线 304、334),显示出近似正负百分之五的变化,表明正好满足 B 类均匀性。处于等于 2.35 倍节距的焦点距离处的辐照度(图表线 336),显示出正负百分之二的变化,表明正好满足 A 类均匀性。根据图 26B 的曲线图,可推断,假定管家间距典型地为 70mm 左右,则相对小的焦点距离足以实现可接受的空间均匀性。该距离可允许利用距光源较短距离的产品进行测试非常大的产品,因而节省设备的占地面积并实现用户和自动化友好的平板试验台构造以及向阳构造(即, PV 模块的

光收集侧正面朝下)。向阳构造测试可与标准的电池加工生产线更兼容。

[0305] 任一太阳模拟器的一个主要难题是精确匹配太阳光谱的能力。另一难题是在整个发射光谱上提供某一控制,以允许关于频率输出的可选择性,使得太阳模拟器能用于各种类型的测试,包括哪些可能需要更受限制或变化的光谱。为了提供频率范围,SSE 可由多个单独的 SSE 组成,每一个以预定波长带发射。可替代地,各自具有预定波长带的多个 SSE 能够构成矩阵。所需光谱能够在单独发射器或多个 SSE 中划分,光谱总和给出所需的输出光谱。将理解,光谱均匀性仍是需要的,并且各种波长将需要在整个阵列中分布。随着不同波长的单独发射器的数量增大,光谱上的控制分辨率也增大。通过控制驱动相应单独发射器或 SSE 的电流,能够直接控制有关的光谱分量。当适当校准时,可编程逻辑电路于是在整个输出光谱上具有直接控制。这还可结合宽波段的单独发射器或 SSE 使用,这减少了所需单独发射器或 SSE 的数量,尽管可能会约束可达光谱的范围。

[0306] 图 27A 为显示 AM1.5G 标准太阳光谱以及三种当前规定的类 A、B、C 的上限和下限,太阳模拟器通常模仿 AM1.5G 标准太阳光谱,特别用于计量地球平板 PV 模块。图 27B 为类似于图 27A 的图表,其显示了本发明的对现有标准的、引入新类 A'、A+、A++ 的延伸部的极限值。

[0307] 图 28 为显示标准 AM1.5G 太阳光谱以及所建议的太阳模拟器的新类 Y、Y 和 Z 的建议上限和下限。

[0308] 重要方面是,这些新类覆盖更多的太阳光谱,并比图 27A 所例示的现有分类具有更高的光谱匹配极限。图 27A 相对于 340 (nm) 波长以 W_{m2}/nm 为单位图示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有由标准 346 限定的标称辐照度,标准 346 由 A 类极限 350 (实线)、B 类极限 352 (细虚线) 和 C 类极限 354 (粗虚线) 叠加和分类。特定光谱被分成由标称值 346 中的台阶描述的 6 个光谱带。光谱 356 的一部分不受标准控制,因而,模拟器在这些波段中不对它们的输出进行估计,这可能是非再现性的潜在来源。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有由标准 346 限定的标称辐照度,标准 346 由 A++ 类极限 360 (实线)、C++ 类极限 358 (细虚线) 和 A' 类极限 351 (粗虚线) 叠加和分类。用于子类 *.U(UV) 372 和子类 *.H(IR-A) 362 延伸的光谱带被指出,同样用于子类 *.C(NIR) 363 的减少的光谱带也被指出。该信息还以表格形式显示在表 4A 和 4B 中。

[0309] 图 28 图示了创新的新分类方案。图 28 相对于 340 (nm) 波长以 W_{m2}/nm 为单位图示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有由标准 376 限定的标称辐照度,标准 376 由 X 类极限 364 (实线)、Y 类极限 366 (细虚线) 和 Z 类极限 368 (粗虚线) 叠加和分类。特定光谱被分成由标称值 364 中的台阶描述的 6 个主要光谱带。用于子类 *.U(UV) 372、*.H(IR-A/' Hot') 374、*.T(IR-A & IR-B/ 'Thermal') 376 的延伸的光谱带和子类 *.C(NIR/ 'Cold') 375 的光谱减少被指出。该信息还以表格形式表示在表 5A 和 5B 中。

[0310] 表 4 :新颖的延伸分类方案汇总

[0311]

类	A++	A+	A'	A	B	C
标准	IEC 60904-9 的延伸			IEC 60904-9		
描述	Q/A	成果	成果	当前最好	不重要	不测量
标称测量 R&R	±1.5%	±2%	±4%	±4%	±10%	N/A
操作范围	0.2...1.3 suns	0.3..1.2 suns	0.5..1.2 suns	N/S		
光谱含量 (nm)						
标准	400..1100			400..1100		
波段外	<3%	<5%	<10%	N/S		
*C (凉)	UL = 900			N/A		
*U (UV)	LL = 300			N/A		
*H (热)	UL = 1400			N/A		
*T (热)	N/A			N/A		
S 样品面积	与均匀性相同	与均匀性相同	与均匀性相同	N/S		
光谱配色	1.075/0.925	1.15/0.85	1.25/0.75	1.25/0.75	1.4/0.6	2.0/0.4
AM1.5 相关性	N/S			N/S		
空间分布						
均匀性	≤1%	≤2%	≤2%	≤2%	≤5%	≤10%
散度	≤6 deg	≤10 deg	≤12 deg	N/S		
样品面积	<1/64 _{th} & <100 cm ²	<1/64 _{th} & <100 cm ²	<1/64 _{th} & <200 cm ²	<1/64 _{th} & <400 cm ²		
光谱均匀性	≤3%	≤5%	≤7%	N/S		
稳定性 & 再现性						
短期稳定性	<0.3%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<2%	<10%
长期稳定性	<0.7%	<1%	<1%	<2%	<5%	<10%
光谱不稳定性	<2%	<3%	<5%	N/S	N/S	N/S
再现性	<3%	<4%	<5%	N/S	N/S	N/S
样品尺寸	250 psec			任意		

[0312]

[0313] 表 4B : 新颖的延伸分类方案光谱功率分布

[0314]

波段	0	1	2	3	4	5	6	7
子类	U						C	H

LL (nm)	300	400	500	600	700	800	900	1100
UL (nm)	400	500	600	700	800	900	1100	1400
比例	6.5%	18.5%	20.1%	8.3%	14.8%	12.2%	16.1%	11.3%
W/m ²	49.17	140.42	150.88	138.78	112.72	93.46	120.48	85.31

[0315] 表 5A :新颖的新分类方案

[0316]

类	X	Y	Z	A,B,C
标准	新标准			参考

[0317]

描述	研究等级	R&D, QC	质量标准	
标称测量 R&R	±1%	±1.5%	±2%	
操作范围	0.2..1.3 suns	0.2..1.3 suns	0.3..1.2 suns	N/S
光谱含量(nm)				
标准	400..1130			400..1100
波段外	<2%	<3%	<4%	N/S
*.C (凉)	UL = 900	UL = 900	UL = 900	N/A
*.U (UV)	LL = 300	LL = 300	LL = 300	N/A
*.H (热)	UL = 1400	UL = 1400	UL = 1400	N/A
*.T (热)	UL=1800	UL=1800	UL=1800	N/A
样品面积	与均匀性相同	与均匀性相同	与均匀性相同	N/S
光谱配色	1.05/0.95	1.10/0.90	1.15/0.85	1.25/0.75 2.00/0.40
AMI.5 相关性	<0.45 W/m ² /nm	<0.9 W/m ² /nm	<1.3 W/m ² /nm	N/S
空间分布				
均匀性	≤1%	≤2%	≤2%	≤2%..10%
散度	≤6 deg	≤10 deg	≤12 deg	N/S
样品面积	<1/64th & <100 cm ²	<1/64th & <200 cm ²	<1/64th & <200 cm ²	<1/64th & <400 cm ²
光谱均匀性	≤3%	≤5%	≤7%	N/S
稳定性 & 再现性				
短期稳定性	<0.2%	<0.33%	<0.5%	<0.5% <10%
长期稳定性	<0.5%	<1%	<1.5%	<2% <10%
光谱不稳定性	<1%	<2%	<3%	N/S
再现性	<3%	<4%	<5%	N/S
样品尺寸	100 psec	200 psec	200 psec	Arbitrary

[0318] 表 5B :新颖的新分类方案的标称光谱功率分布

[0319]

波段	0	1	2	3	4	5	6	7	8
子类	U						C	H	
LL (nm)	300	400	490	575	665	770	900	1130	1400
UL (nm)	400	490	575	665	770	900	1130	1400	1800

比例	6.4%	16.6%	16.7%	16.7%	16.6%	16.7%	16.7%	10.2%	5.7%
波段	49.17	124.83	129.71	129.25	125.07	127.4	128.09	77.70	43.43

[0320] 图 29A 和图 29B 例示了能够满足或超过 A 类或由标准的建议延伸所规定的新类 A+ 或 A++ 类的实际模拟器的光谱辐照度。图 29A 图示了由 5 种不同 SSE 类型—选自 COTS 设备的蓝光、暖白光、远红光和红外光—组成的实际模拟器的光谱辐照度。图 29A 相对于 340(nm) 波长以 Wm^2/nm 为单位图示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有叠加的组合 SSE 光谱 378 以及在标准 380 的每个波段上平均的 SSE 光谱,标准 380 由 A 类极限 350 分类。图 29B 图示了由 6 种不同 SSE 类型—选自 COTS 设备的品蓝、绿光、红光、远红光和红外光(2)—组成的实际模拟器的光谱辐照度。图 29B 相对于 340(nm) 以 Wm^2/nm 波长为单位图示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有叠加的组合 SSE 光谱 378 以及在标准 380 的每个波段上平均的 SSE 光谱,标准 380 由 A 类极限 350 分类。

[0321] 图 30A 例示了由 6 种不同 SSE 类型(不同波长)组成的太阳模拟器的光谱辐照度,意在能够产生或超过 Z 类光谱特性或 Y 类,这将通常适用于 Q/A 计量并具有足够的光谱倾斜度以执行 Q/A、反射系数和载体迁移率测量。图 30A 相对于 340(nm) 波长以 Wm^2/nm 为单位显示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有叠加的组合 SSE 光谱 378 以及在标准 380 的每个波段上平均的 SSE 光谱,标准 380 由 Z 类极限 368 分类。

[0322] 图 31A 例示了由 14 种不同单独的发射器类型(不同波长)组成的太阳模拟器的光谱辐照度,能够产生 X. UH 类光谱特性,其可适用于利用单个或多结设备进行科技品质和认证品质测量。图 31A 相对于 340(nm) 波长以 Wm^2/nm 为单位显示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有叠加的组合 SSE 光谱 378 以及在标准 380 的每个波段上平均的 SSE 光谱,标准 380 由 X 类极限 364 分类。该模拟器提供延伸以包括 UV 和 IR-A 波长的标准光谱。图 31B 显示与图 31A 所示相同的光谱,其中组合 SSE 光谱 378 与满足 B 类光谱特性的基于氙气灯的太阳模拟器的光谱 382 和满足 A 类光谱特性的基于过滤的氙气灯的太阳模拟器的光谱 383 叠加。注意在 800 到 1000nm 范围内的输出中的有问题的大的峰值。

[0323] 图 32、图 33 和图 34 例示了最佳用于特定 PV 技术的实际模拟器的光谱。图 32 图示了最佳用于 CdTe 技术的模拟器的光谱;图 33 图示了最佳用于 c-Si 技术的模拟器的光谱;图 34 图示了最佳用于三结 Ge/(In)GaAs/InGaP 技术的模拟器的光谱。图 32 图示了选自 COTS 设备由 3 种不同 SSE 类型—深蓝、暖白光、远红光—组成的实际模拟器。图 32 相对于 340(nm) 波长以 Wm^2/nm 为单位显示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有叠加的组合 SSE 光谱 378 以及在标准 380 的每个波段上平均的 SSE 光谱,标准 380 由 A 类极限 350 分类。产品(CdTe 设备)的光谱灵敏度 386 也被显示。

[0324] 在该应用中,只有完全位于产品的光谱响应内的光谱带被使用,并在光谱的使用部分范围内仍实现优于 A 类的性能,这是有利的,这是因为简化了太阳模拟器并减少了产品的不必要加热,在此情况下,产品可能由于产品的可能更慢的动态响应而需要更长的闪光持续时间(因而更可能被加热)。而且,往往非常尖锐的长波截止点(被显示为 840nm)可变化,因而该模拟器避免在该波段中具有光谱输出,以便确保最佳再现性并进一步改进能够在给定产品内以及不同类似产品之间的变化范围内获得的再现性。这与如图 31B 所示在该波段中具有一簇光谱线的通常使用的基于氙气灯的模拟器相反并且是比该模拟器有改进。

[0325] 201 该模拟器还体现了调制深红光和蓝光的能力,这便于测量对蓝光极为敏感的次级特性,例如 Cds “窗口”层效应。图 33 图示了选自 COTS 设备由 5 种不同 SSE 类型—蓝光、暖白光、远红光和红外光—组成的实际模拟器。图 33 相对于 340 (nm) 波长以 Wm^2/nm 为单位显示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有叠加的组合 SSE 光谱 378 以及在标准 380 的每个波段上平均的 SSE 光谱,标准 380 由 A 类极限 350 分类。产品(c-Si PV 设备)的光谱灵敏度 386 也被显示。该构造可利用相对少量的 SSE 类型提供具有优于 A 类性能的完整光谱,同时保持可编程地调节或调制光谱的能力。作为进一步的优化,与图 30 中图示的利用通常可用的 1055nm SSE 波长的模拟器相反,该构造利用用于覆盖 NIR 波段的 980nm 的峰值波长的 SSE,其被选择为使得与测试单元的能带隙极限的互相作用最小。实际上,图 33 中所示的构造可合并有至少一个 VCSEL 类型的 SSE。另外,与图 30 中所示的深蓝相反,该组合利用蓝光 SSE,例如以便远离光谱响应的上限(在此被显示为 390nm),该上限是可变的,以便进一步改进能够在给定产品内以及不同类似产品之间的变化范围内获得的再现性。

[0326] 图 34 图示了选自 COTS 设备由 6 种不同 SSE 类型—蓝光、黄光、远红光和 IR—组成的模拟器。图 34 相对于 340 (nm) 波长以 Wm^2/nm 为单位显示了光谱辐照度 342。标准 AM1.5 的光谱 344 被显示为具有叠加的组合 SSE 光谱 378 以及在标准 380 的每个波段上平均的 SSE 光谱,标准 380 由 A 类极限 350 分类。产品(三结 PV 设备)的光谱灵敏度 386 也被显示。作为例外,该构造可利用相对少量的 SSE 类型提供具有优于 A' 类性能的完整光谱,同时保持可编程地调节或调制光谱的能力。在该构造中,相等数量的 SSE 类型被提供,以在若干子单元的每一个的光谱响应内具有主波长,这以通过单独调制这些组 SSE 中每一个的输出而实现单独子单元的隔离测试的方式提供光谱。

[0327] 除了 600–700nm 波段可实现优于 A 类的光谱特性,600–700nm 波段被有意抑制,以便避免两个顶部的子单元(在此被显示为 650nm)之间的响应跨接。能够在避免底部的两个子单元(在此显示为 890nm)之间的光谱响应跨接的同时避免这种危害,这是由于 IEC 904 标准规定的光谱带在该波长附近具有分割。图 34 所示的实际光谱避免在若干子单元的每一个的光谱响应的上下极限附近具有任一实质光输出,该上下极限是可变的,以便进一步改进能够在给定产品内以及不同竞争产品之间的变化范围内获得的再现性。

[0328] 图 35A 和 35B 例示了利用光学设备以重新映射来自 SSE 的光分布的一个可能优点。图 35A 图示了 SSE 阵列 300 的一部分,其中单独的 SSE 301 被显示为由光强轮廓:75% 的峰值亮度 390、50% 的 392 和 25% 的 394 围绕,该光强轮廓由单独的 SSE 结合它们的光学元件在焦点距离处产生。图 35A 为 SSE 结合产生近似径向均匀强度分布的普通准直光学器件的结果表示,其在 SSE 的间隙区域中展示出明显的垂度 396。该效应先前通过图 26A 和 26B 以不同的方式图示。图 35B 类似了类似于图 35A 的布置的布置,除了 SSE 已被紧密准直,然后利用诸如多面反射镜的光学设备例如被重新映射成基本方形分布,因而,SSE 的组合输出的均匀性被大大改进。这可能是有利的,这是因为在实现所需类的空间均匀性的同时允许使用更短的焦点距离,或者可替代地因为允许使用更宽的 SSE 间隔,这能够导致使用更少(尽管必然更轻)的设备。

[0329] 应理解,太阳模拟器典型地被用作更大系统的一部分。例如,在装配线环境中,更大系统可包括物料输送系统、固定元件、传感器、数据收集和太阳模拟器的特定应用所需的

其他元件。类似地,太阳模拟器、或者更通常为光发生器,可根据特定应用以各种模式操作,例如,有时可使用脉冲模式,而其他时候可使用连续模式。应理解,连续模式可包括连续波操作,其中各个参数在连续操作期间甚至可变化。

[0330] 如上所述,各个改进的元件被单独或组合使用,以提供改进的太阳模拟器。例如,一些改进的元件包括:

[0331] ●对于单独的反射器或 SSE 稳定性的高级测量(热管理、热反馈、可编程控制)

[0332] ●利用下述对 SSE (包括密封剂) 进行空气冷却

[0333] 提供合适流动的梳状结构

[0334] 提供合适流动的附壁表面

[0335] 集成到光学 /SSE 托架中的空气喷嘴

[0336] ● SSE 的紧凑组装

[0337] ●利用电流控制的空间进行照明强度控制

[0338] ●利用成角度的和倾斜反射镜进行光学场分割,从而产生尖锐边缘

[0339] ●曲状表面上的网纹状微元件,以使 SSE 的光输出成形和 / 或准直

[0340] 基于这些改进,认为合并有一些或所有这些元件的太阳模拟器将明显改进太阳模拟器性能,并且特别地改进基于太阳模拟器的 PV 测试的再现性。改进的性能可包括:更好的光谱配色、瞬时稳定性、空间均匀性通用性(即,可用的测试类型)和使用寿命。

[0341] 通用性包括控制包括并因而允许快速测量光谱响应和光谱反射系数的能力。这进一步允许 QE 作为脉冲宽度、脉冲强度的函数进行测量。这些测量允许载体迁移率测量、使用寿命测量等。通用性还允许与 IV 测试同时执行 QE 测试、颜色检查和反射系数测量的能力。

[0342] 应理解,在不脱离该申请的普通范围的情况下,能够对在此描述和例示的示例性实施例进行各种修改。特别地,应理解,包括已在此描述和例示的特定实施例和特征的功能或机械等同物。进一步,在此描述的各个特征和实施例可结合或不结合在此描述和例示的其他特征和实施例而被组合或使用。

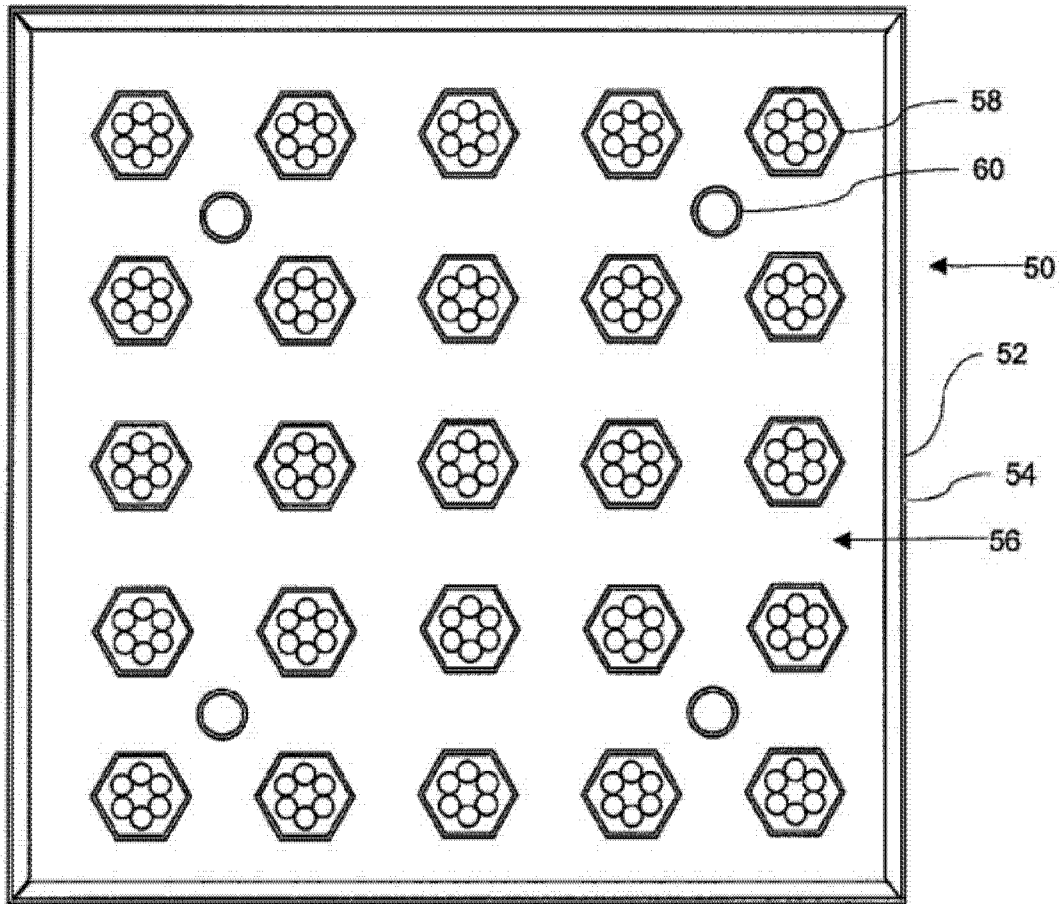


图 1

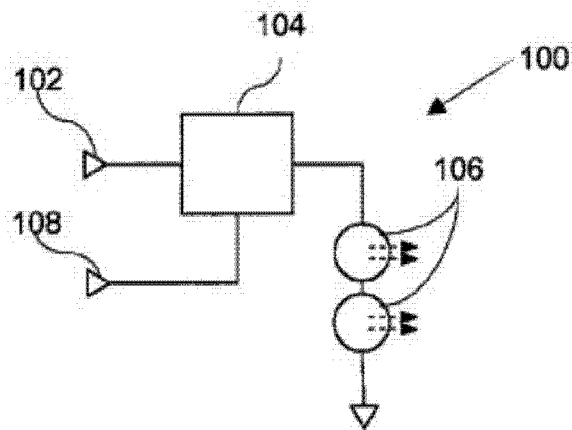


图 2

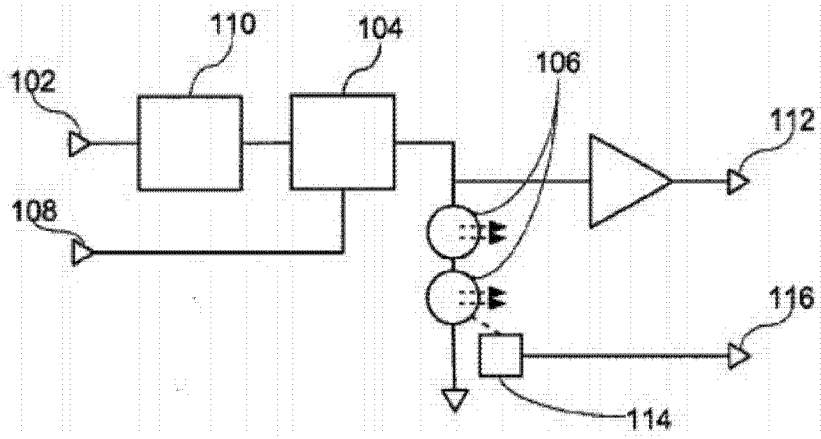


图 3

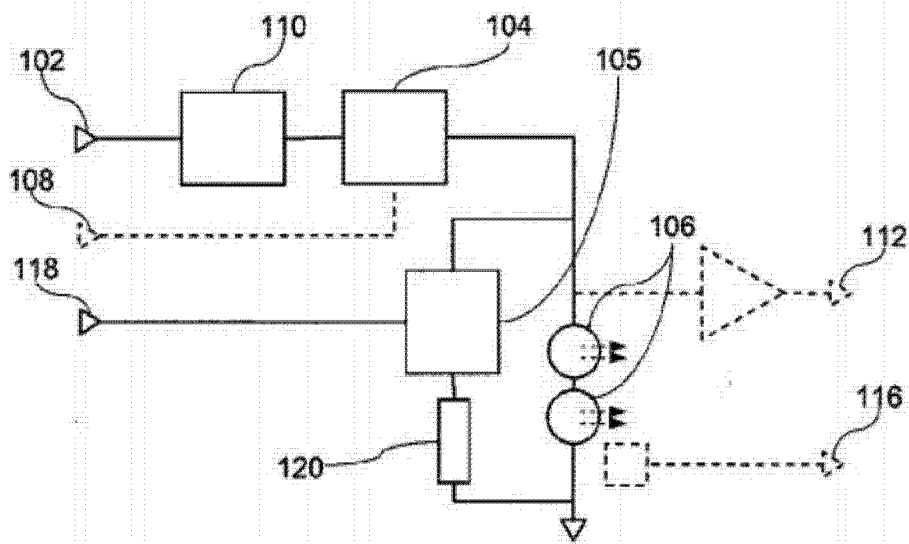


图 4

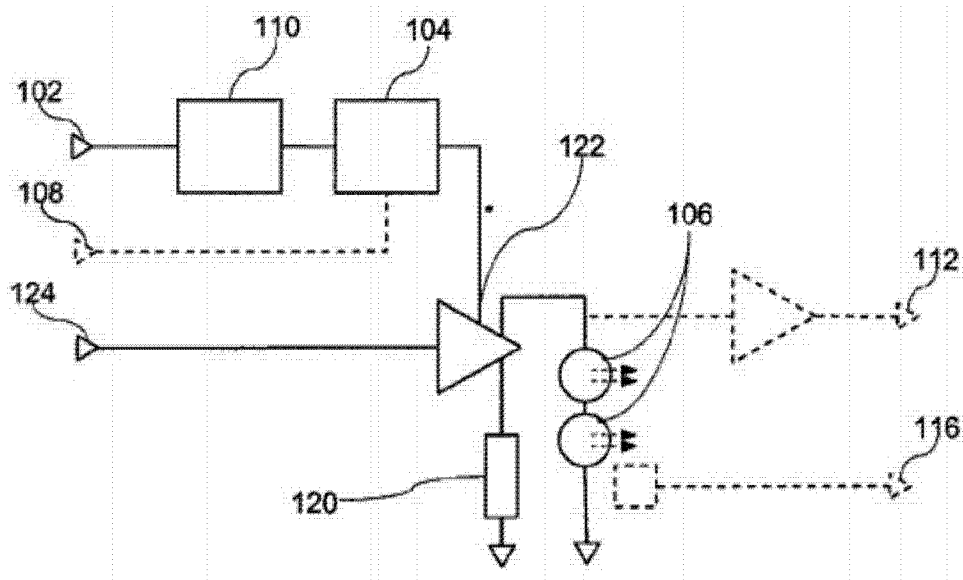


图 5

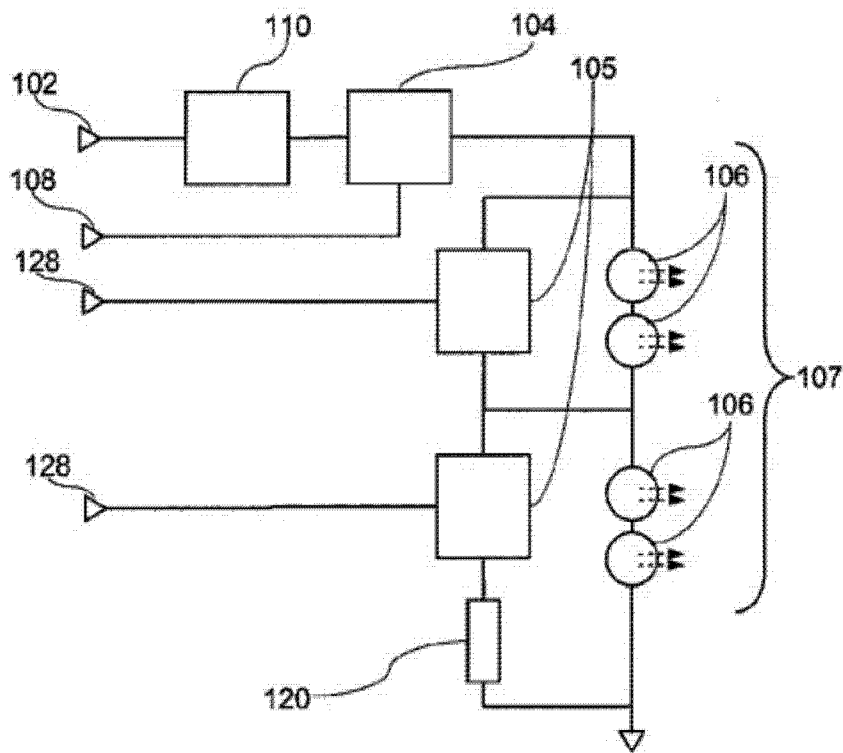


图 6

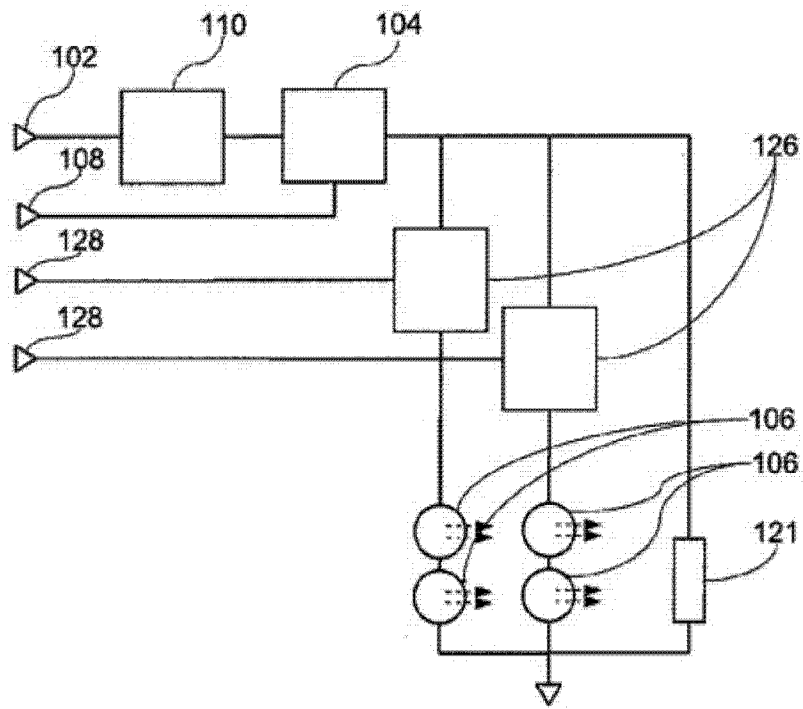


图 7

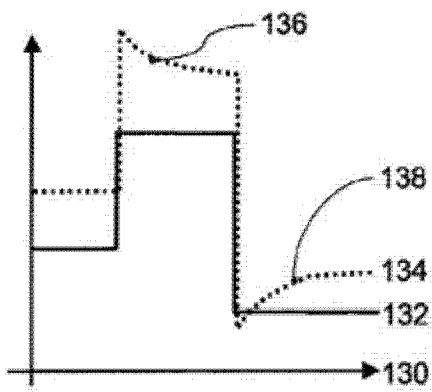


图 8A

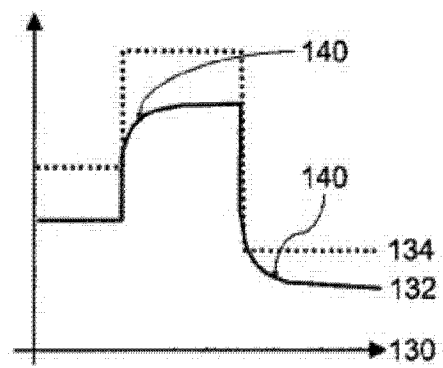


图 8B

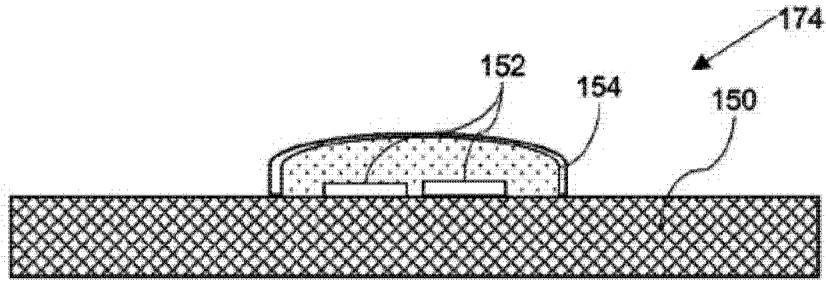


图 9A

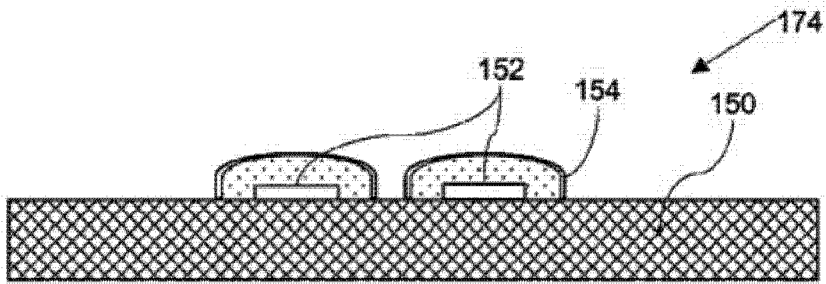


图 9B

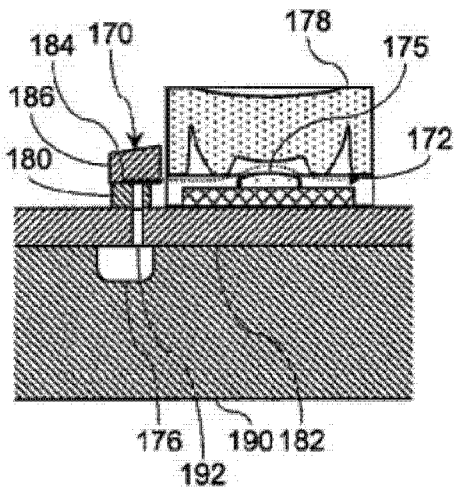


图 10A

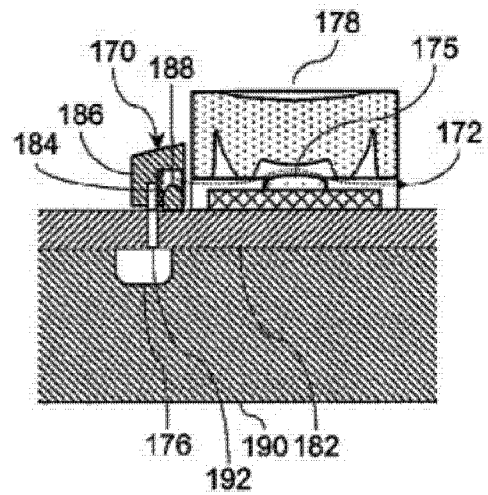


图 10B

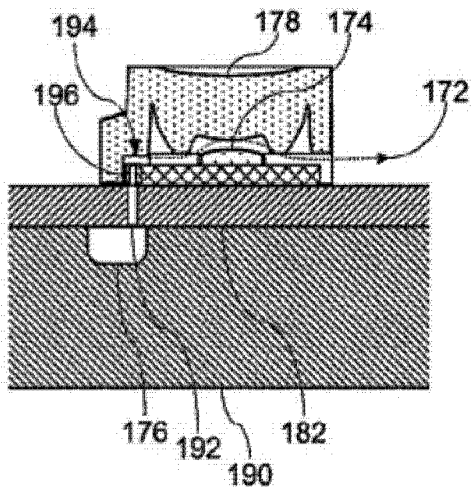


图 11A

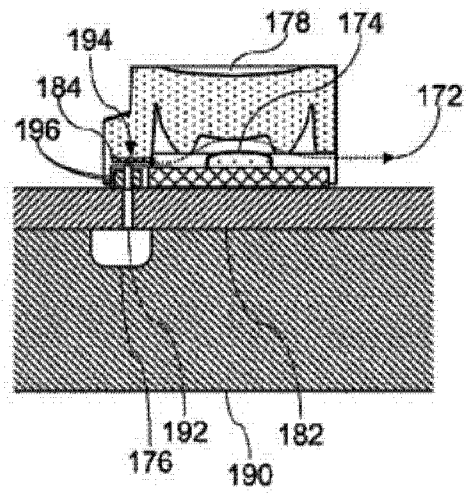


图 11B

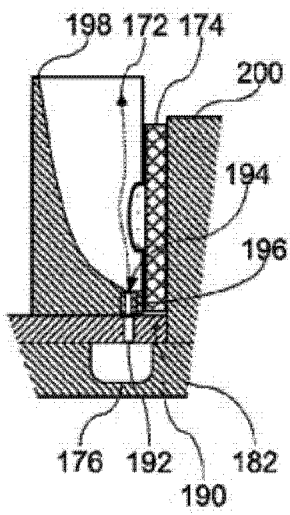


图 12A

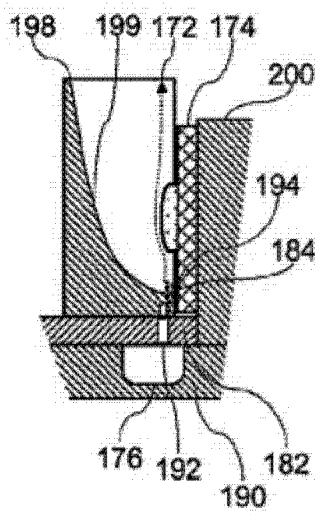


图 12B

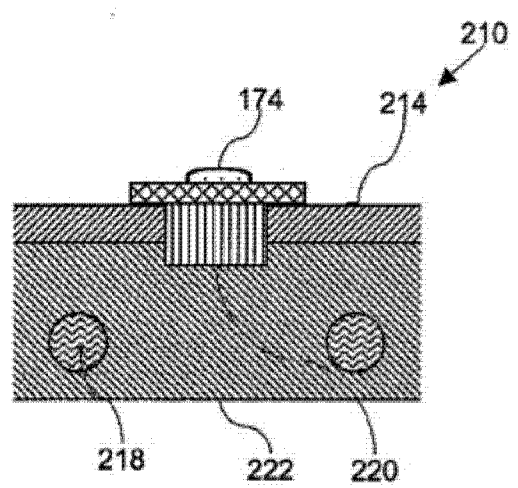


图 13A

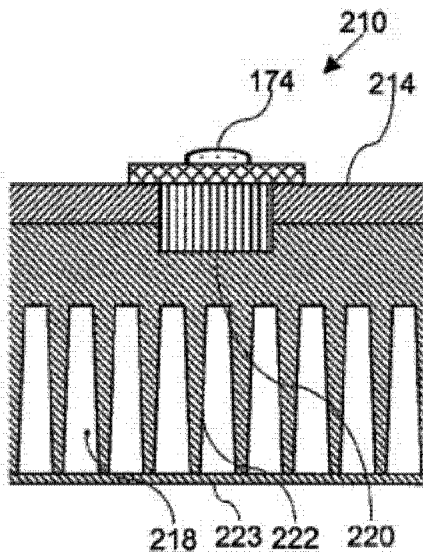


图 13B

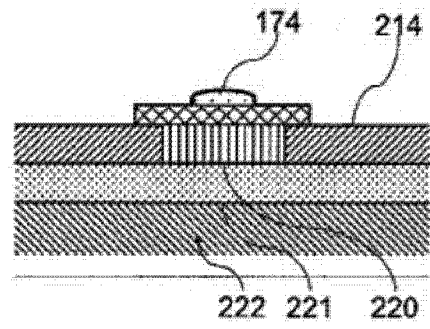


图 13C

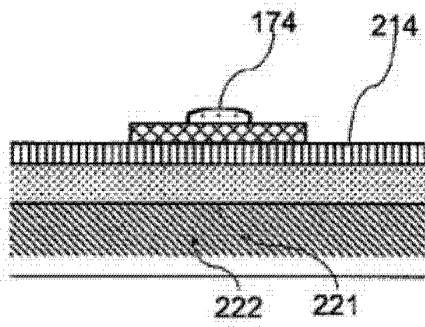


图 13D

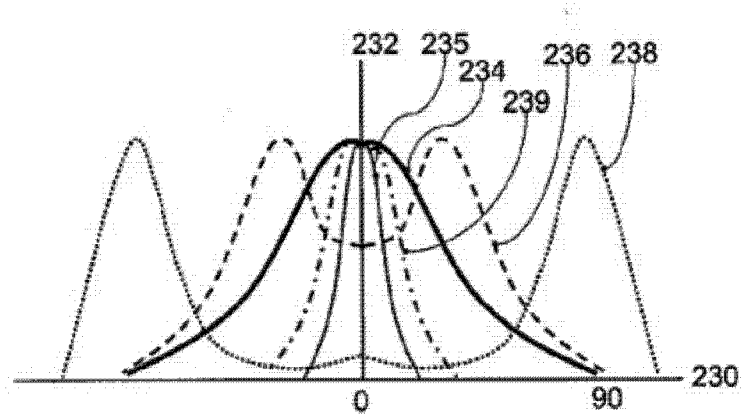


图 14

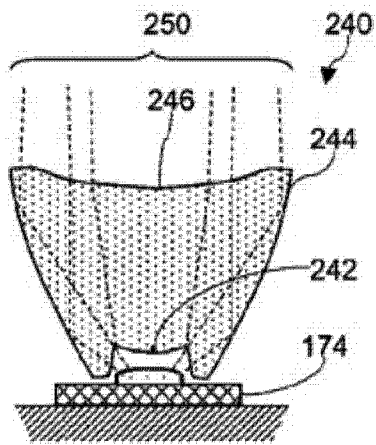


图 15

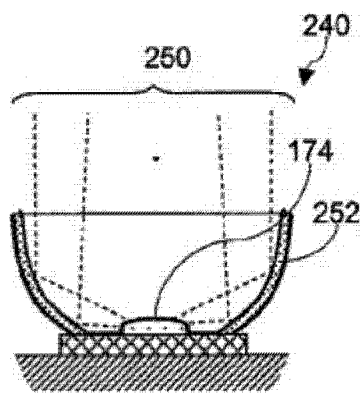


图 16

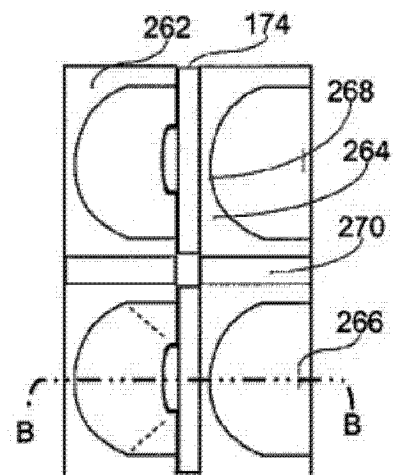


图 17A

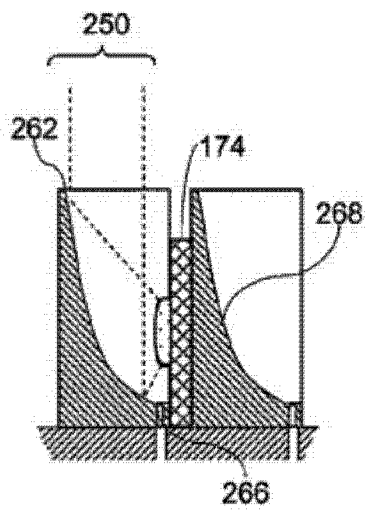


图 17B

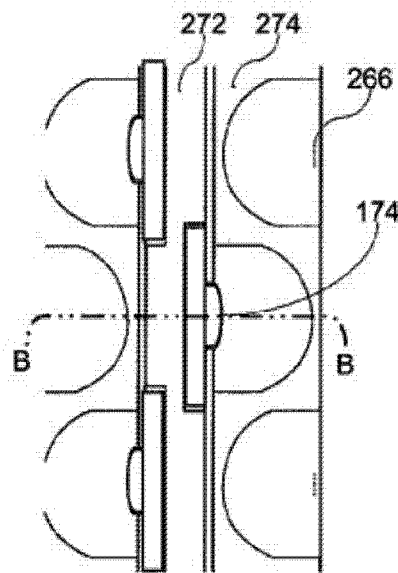


图 18A

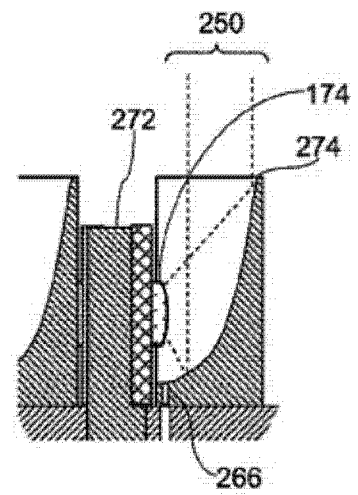


图 18B

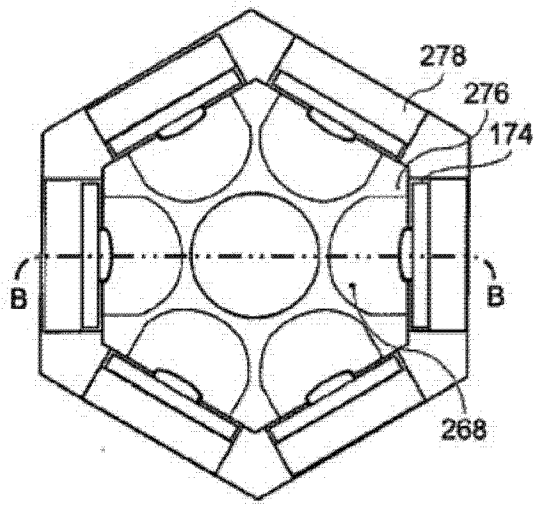


图 19A

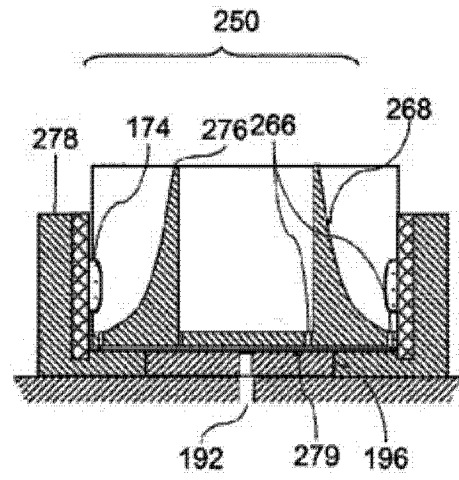


图 19B

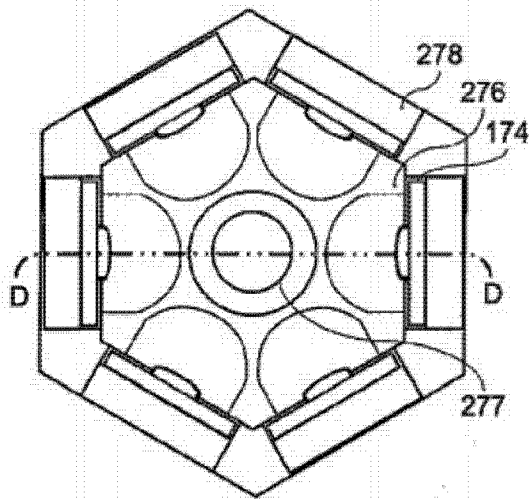


图 19C

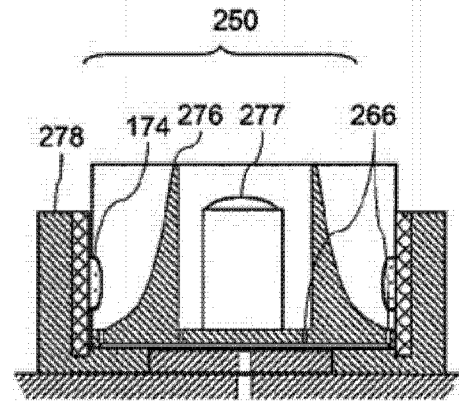


图 19D

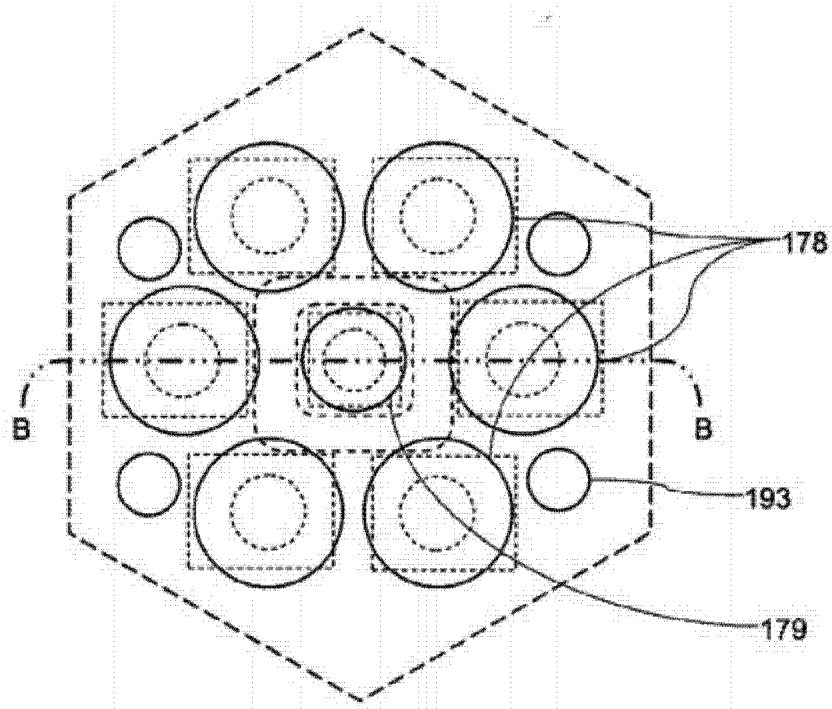


图 20A

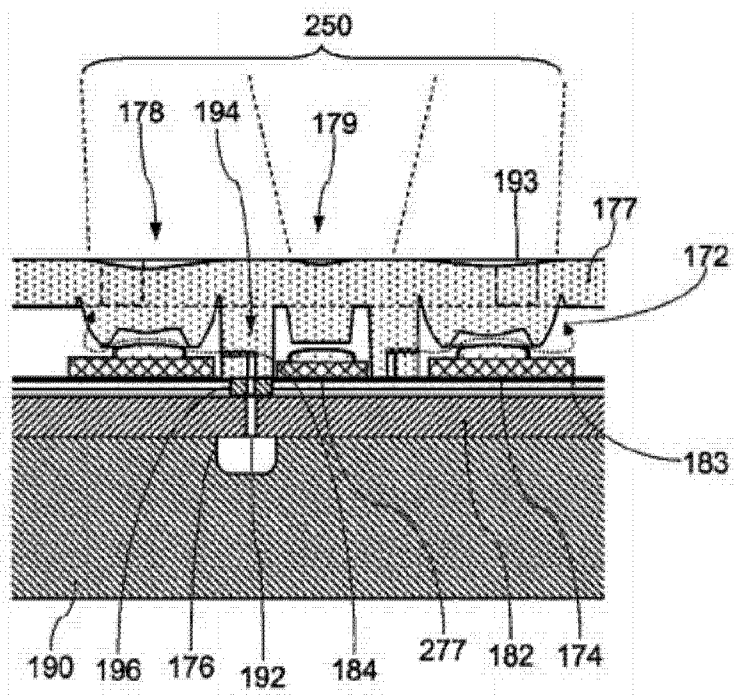


图 20B

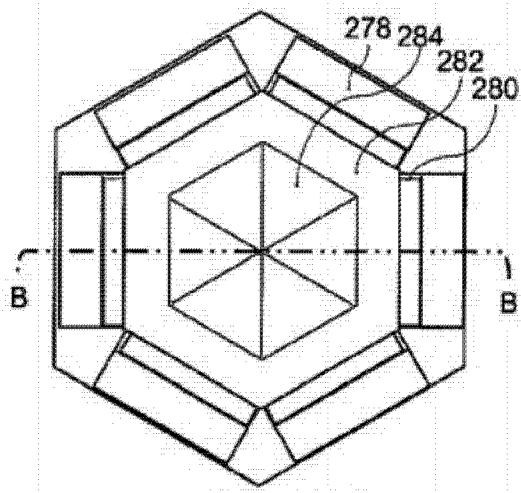


图 21A

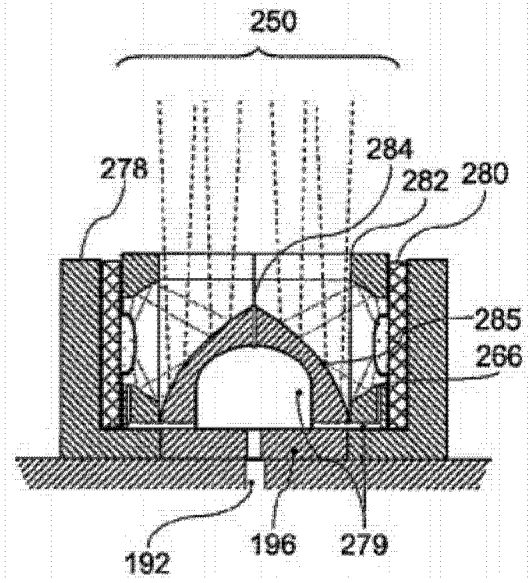


图 21B

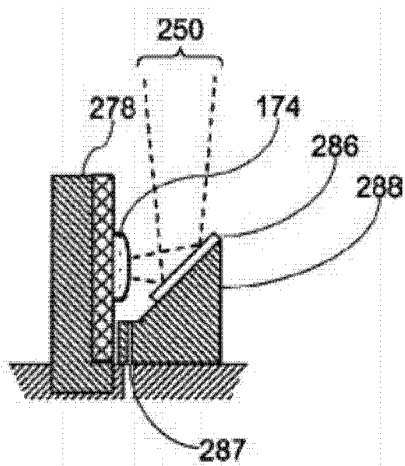


图 22A

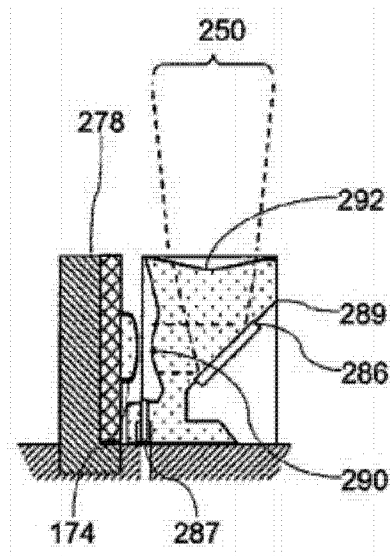


图 22B

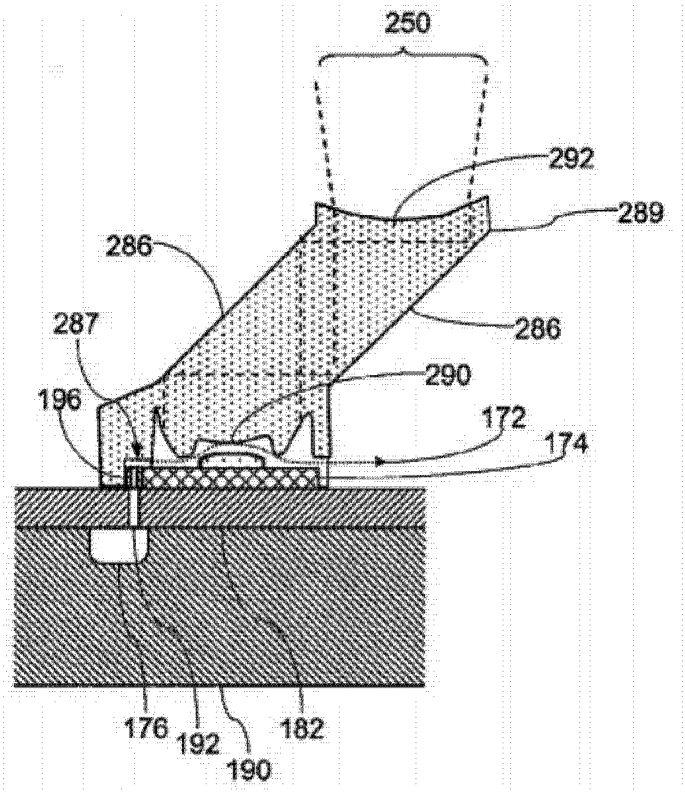


图 22C

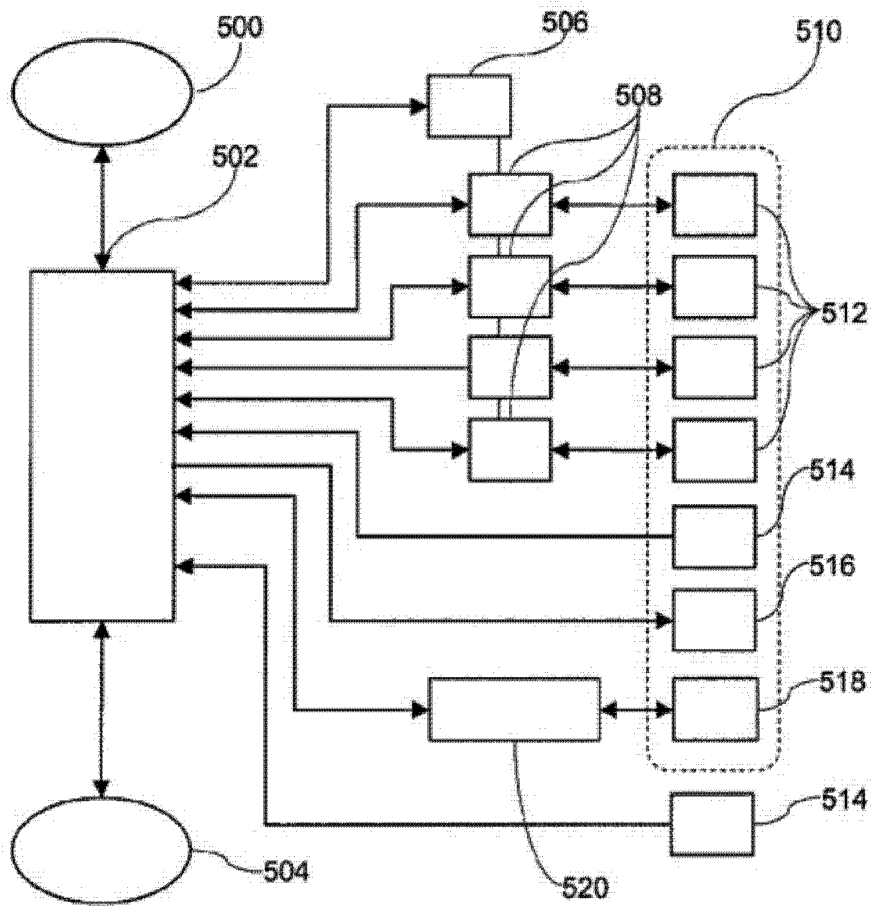


图 23

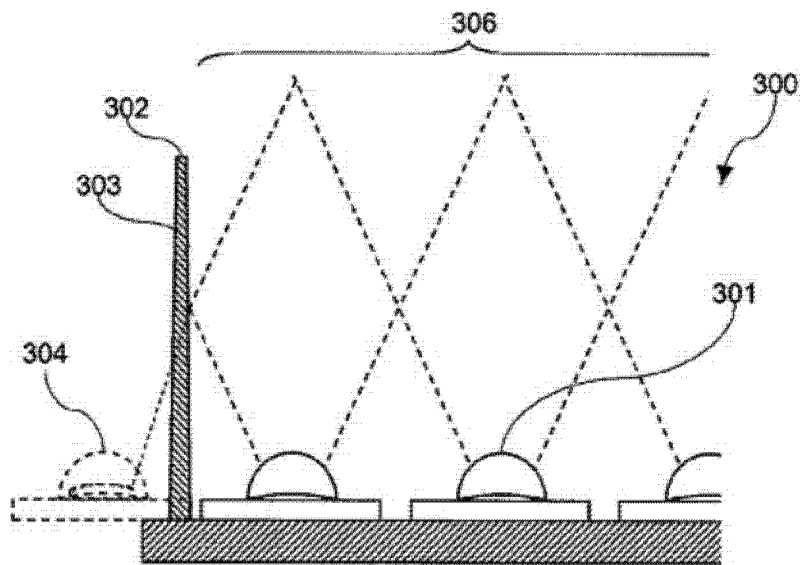


图 24

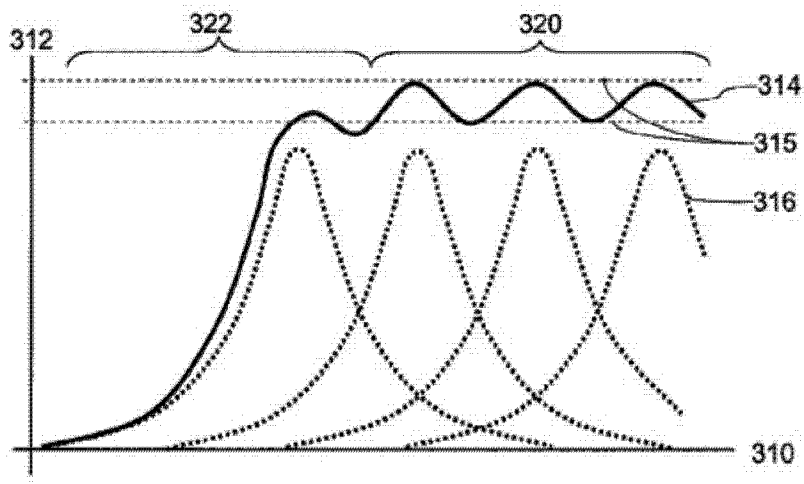


图 25A

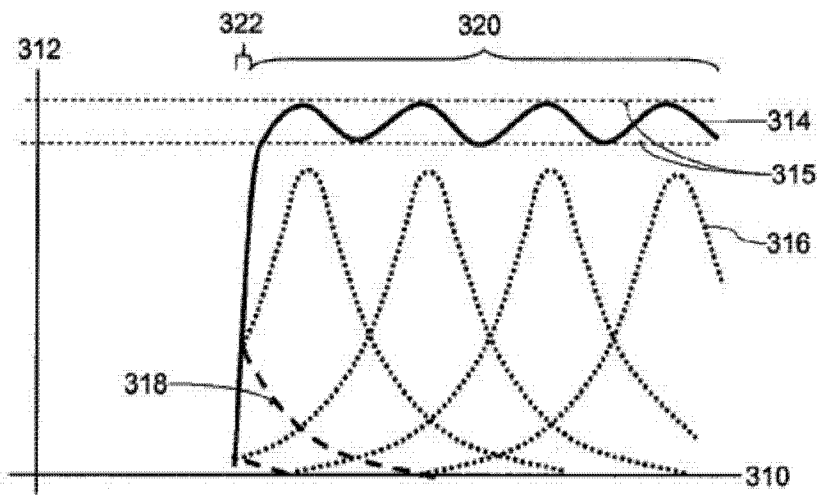


图 25B

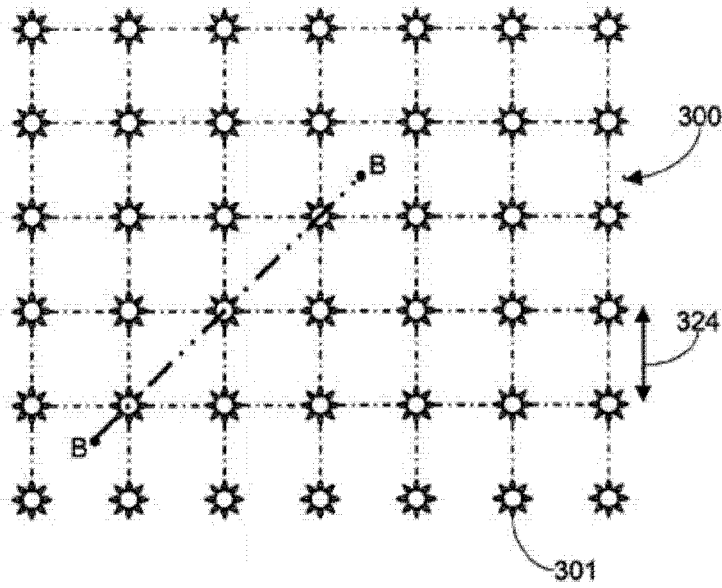


图 26A

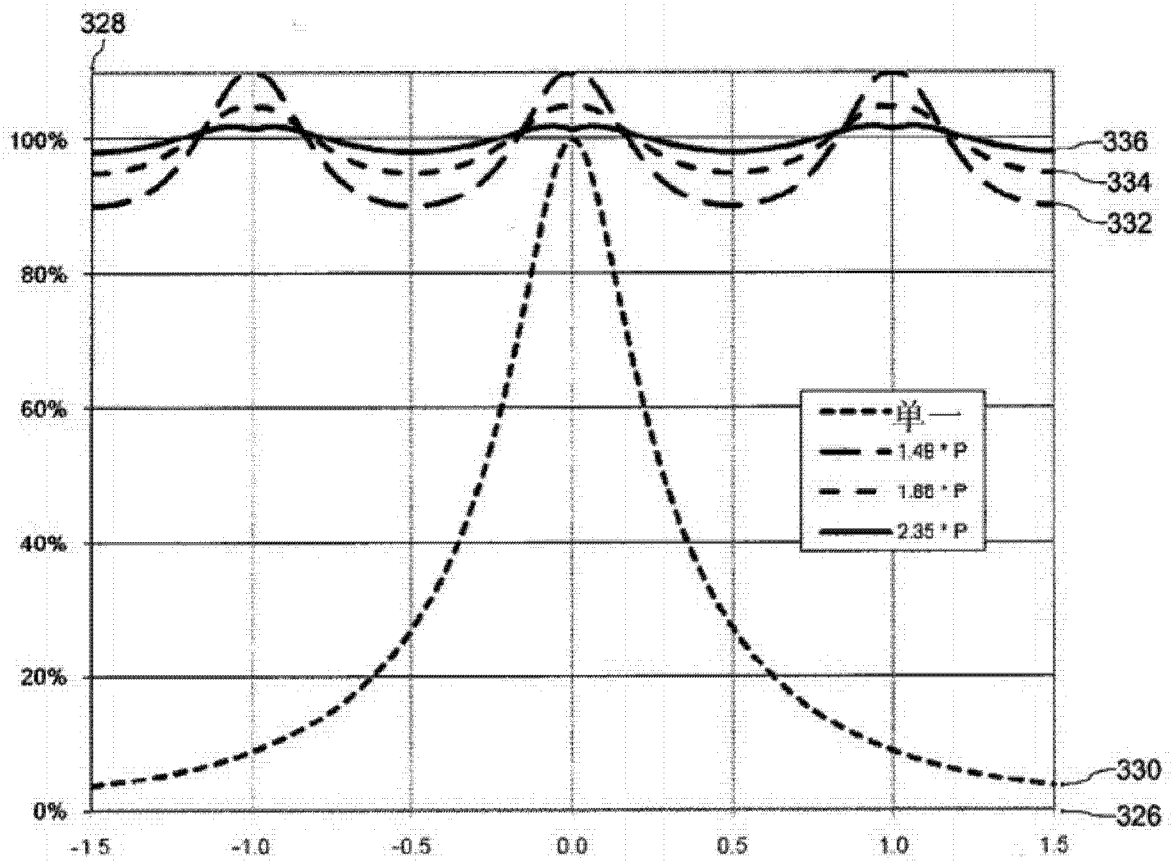


图 26B

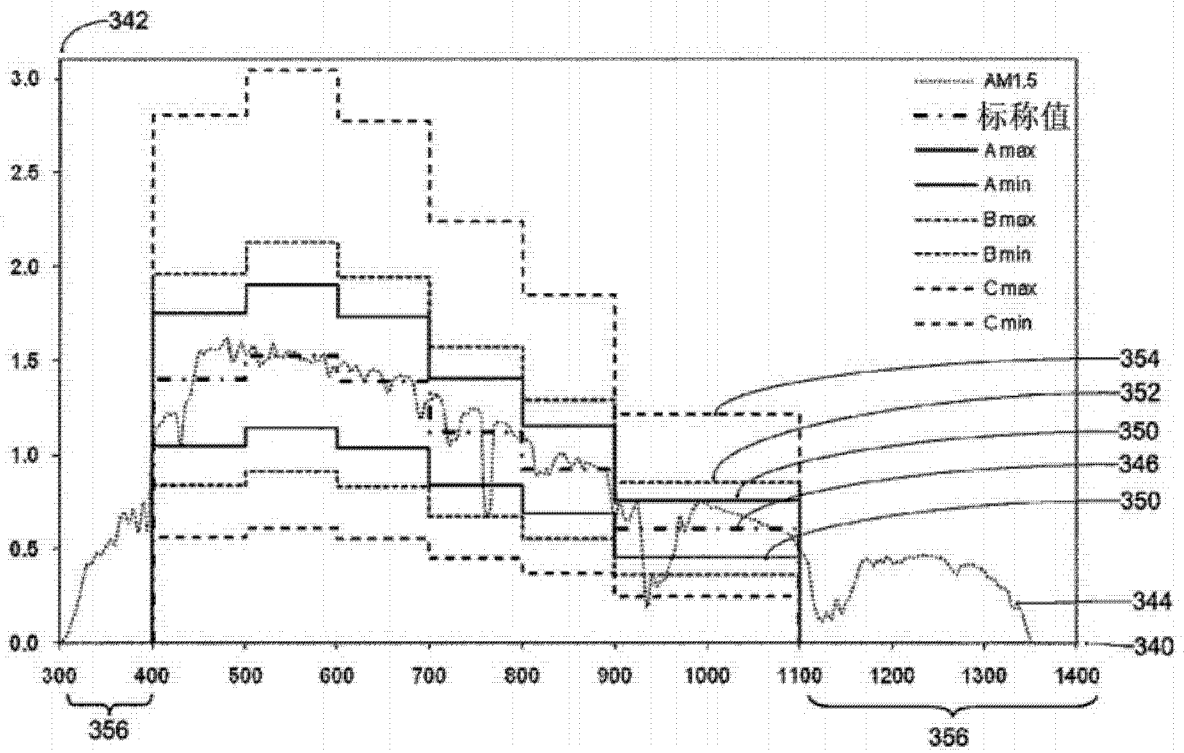


图 27A

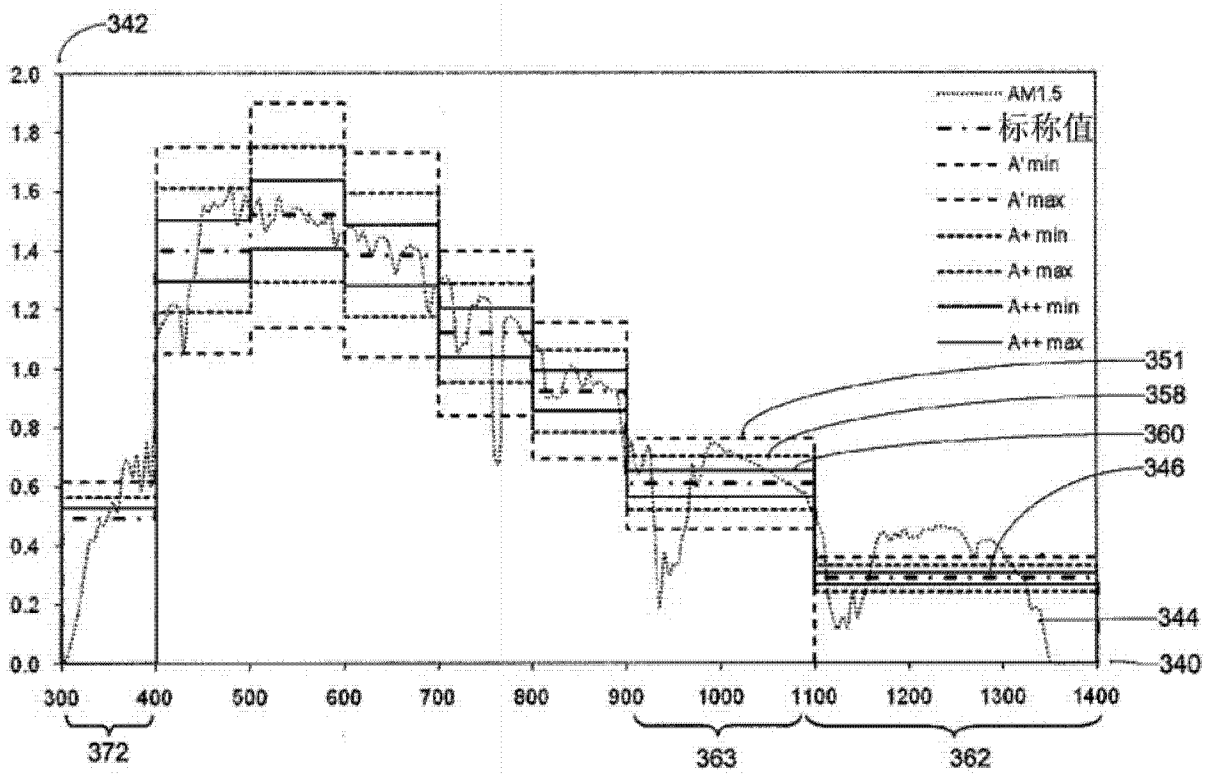


图 27B

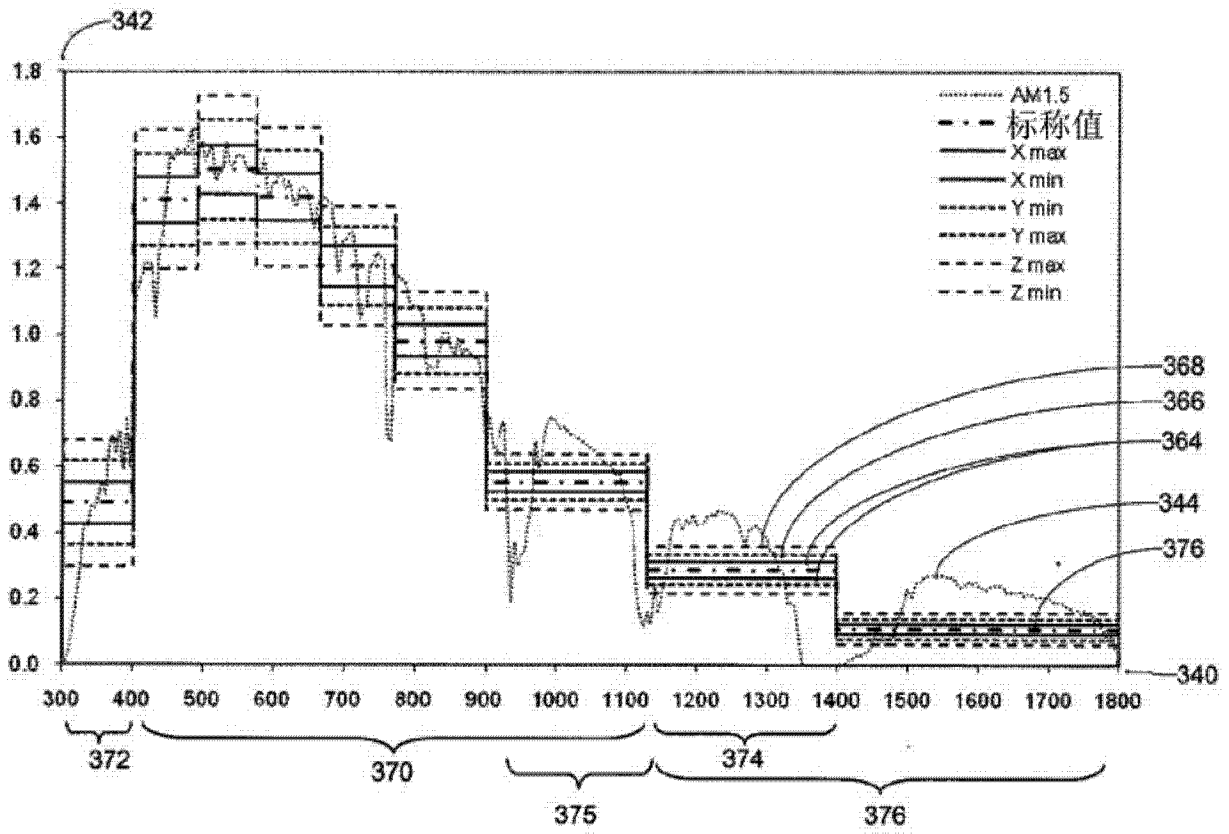


图 28

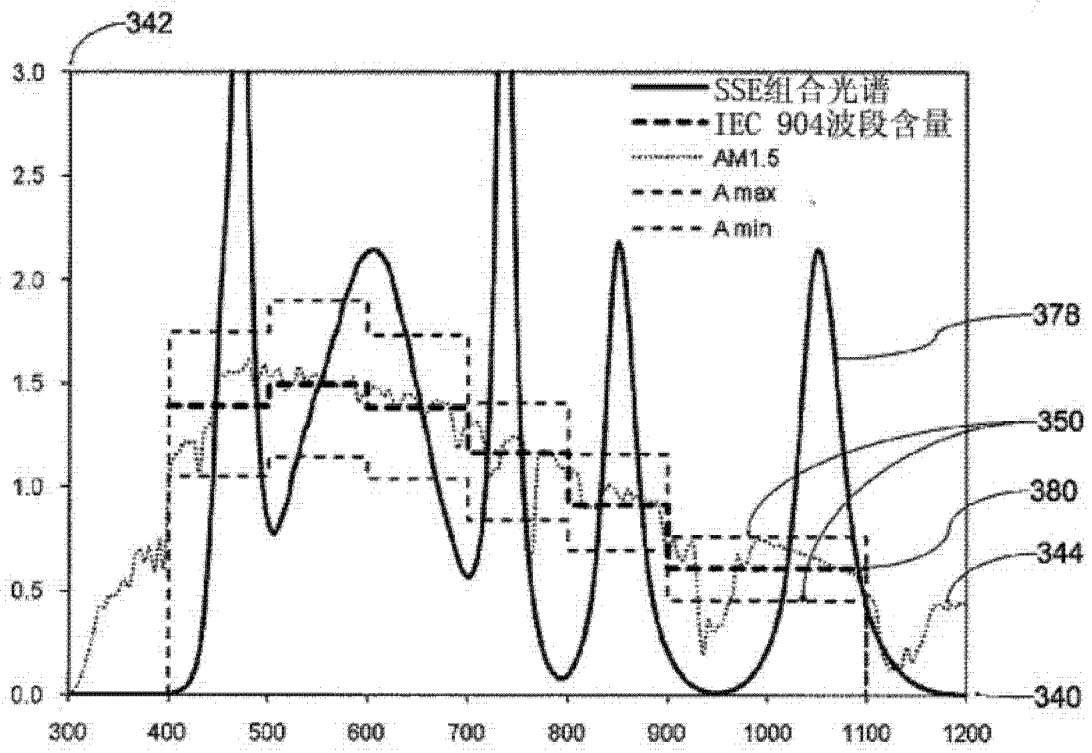


图 29A

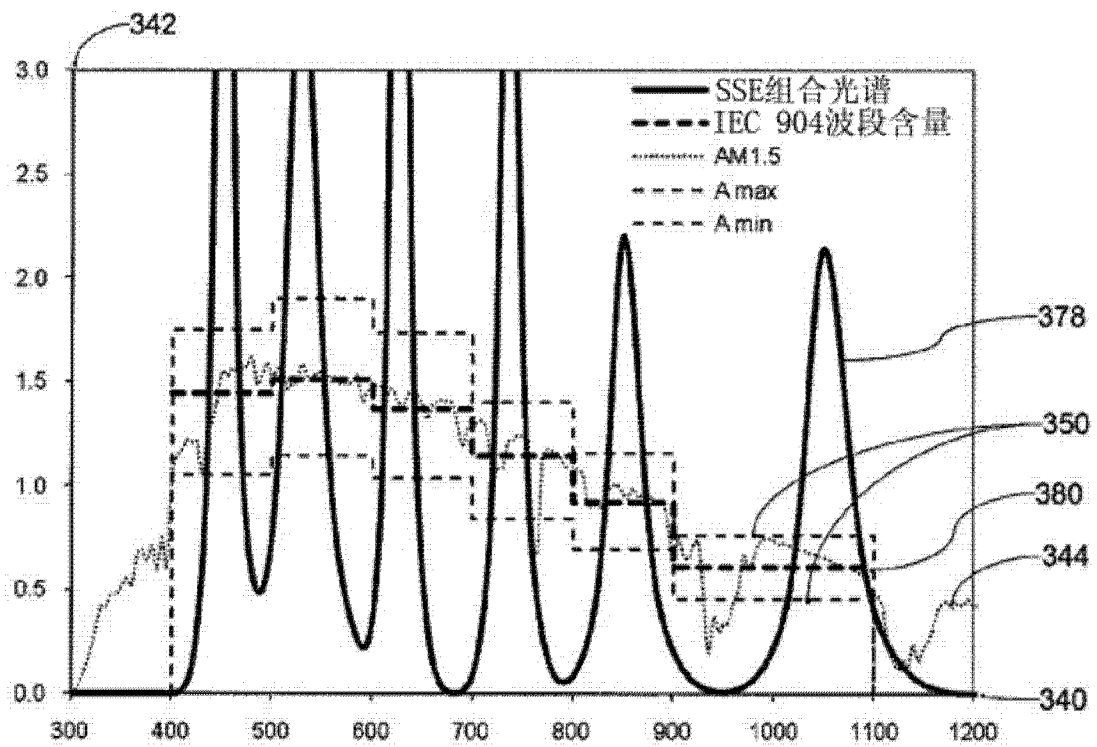


图 29B

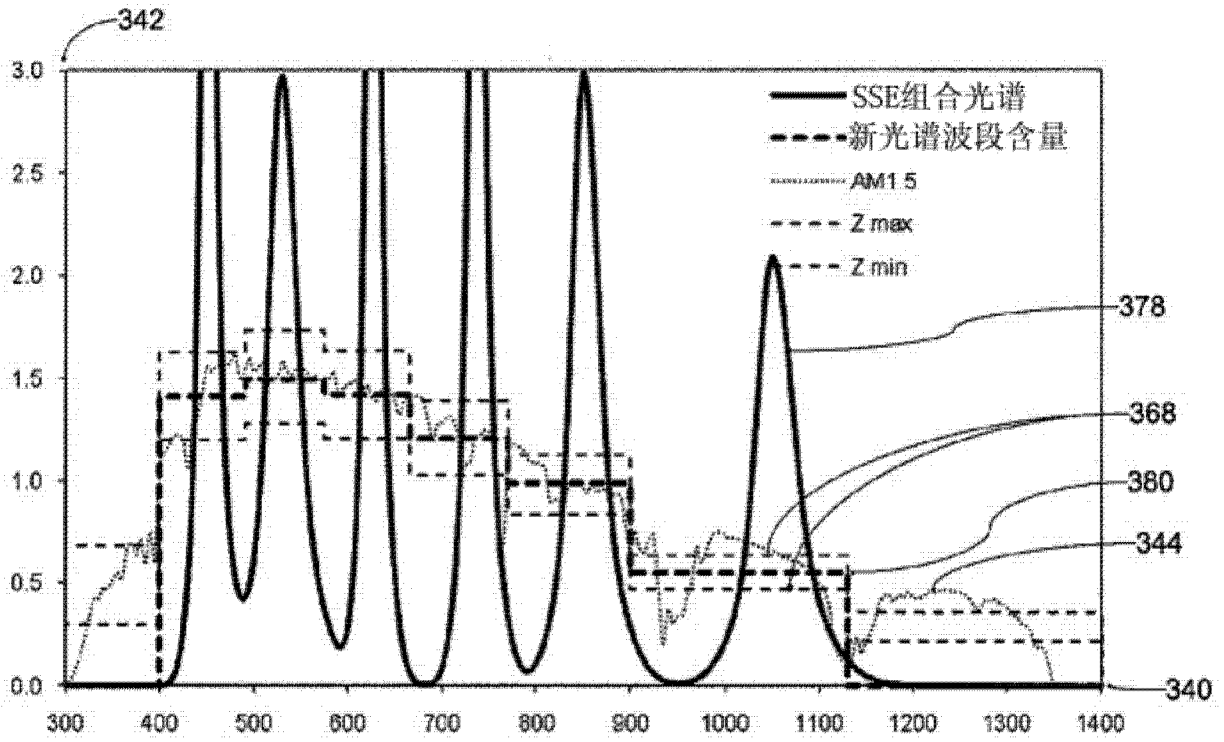


图 30A

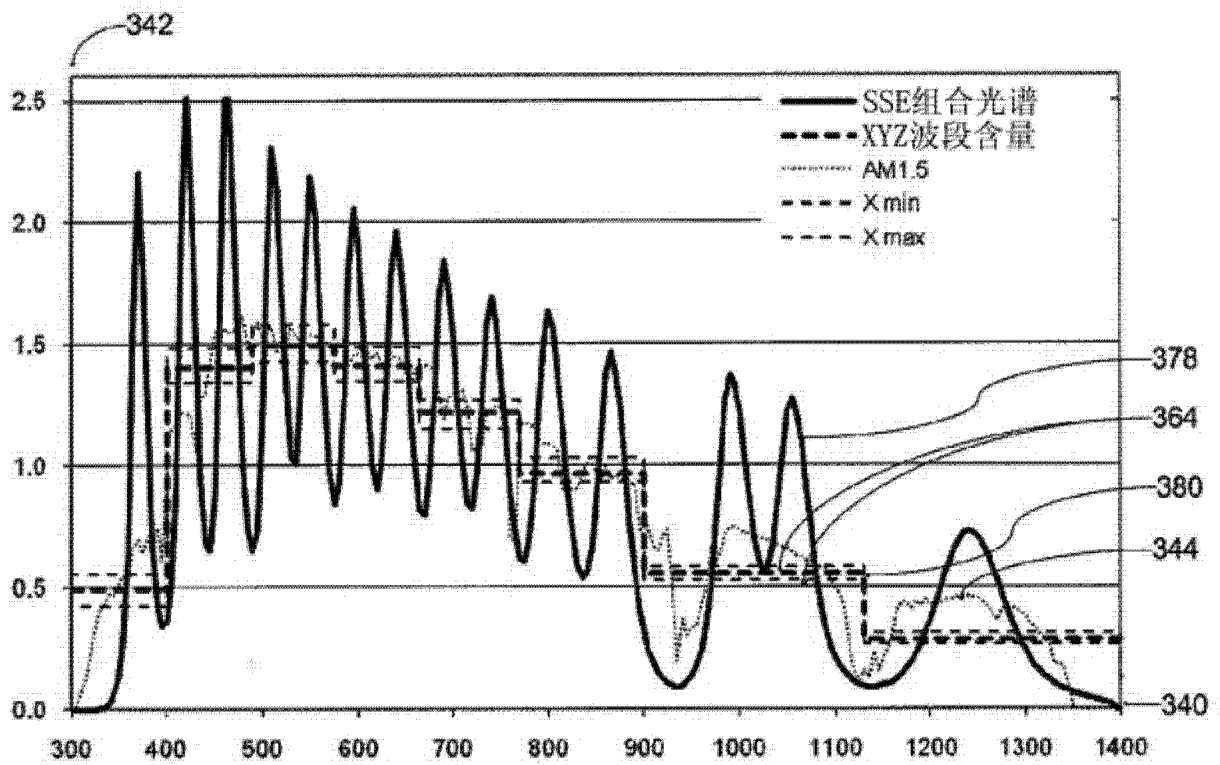


图 31A

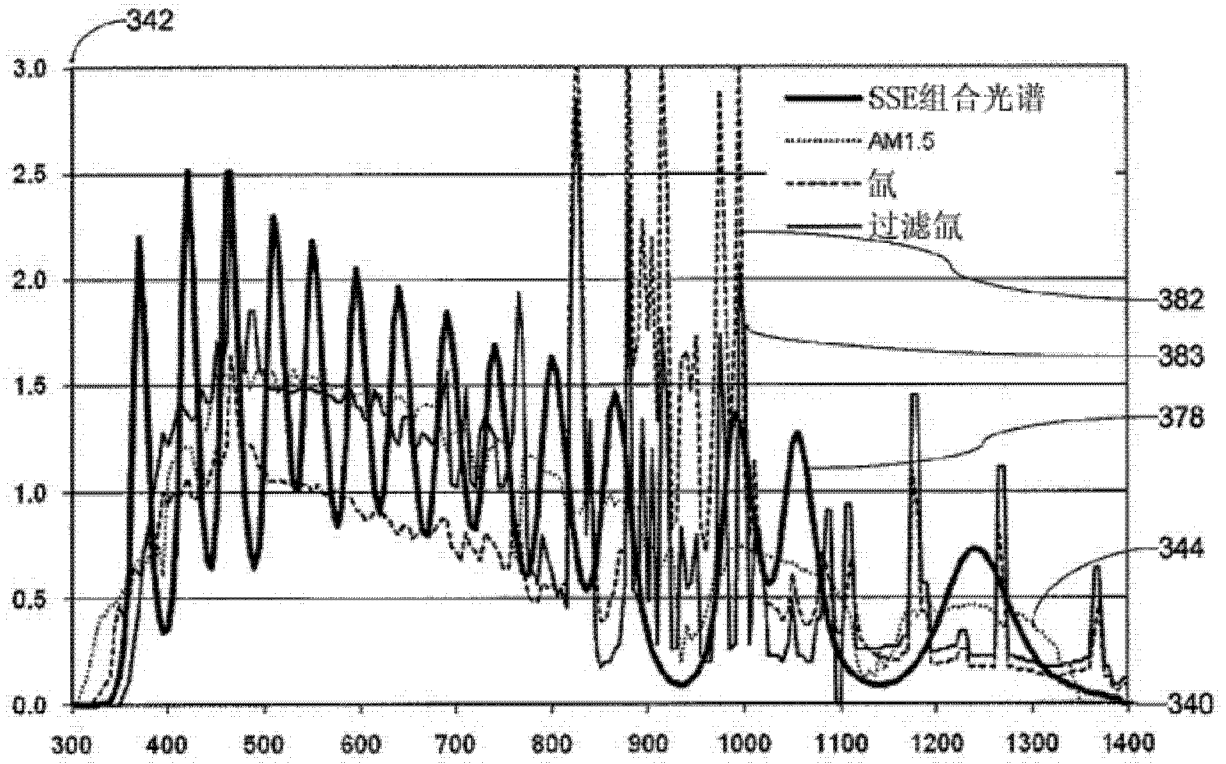


图 31B

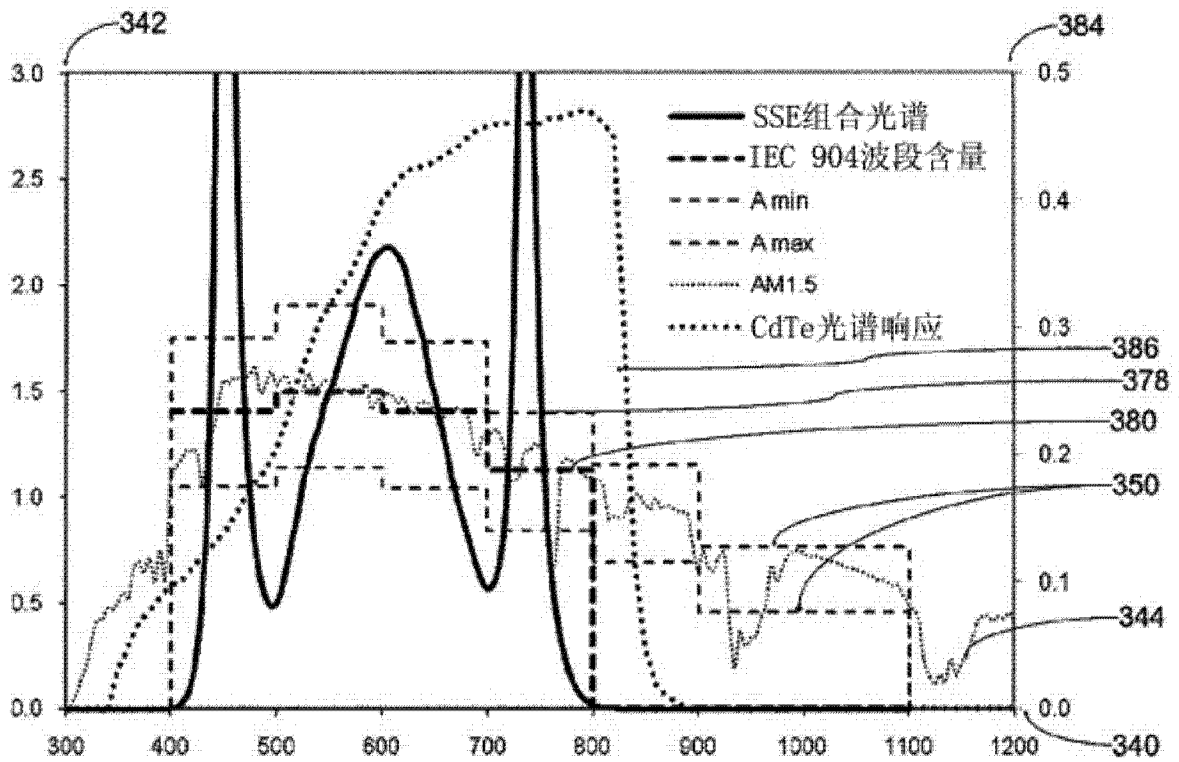


图 32

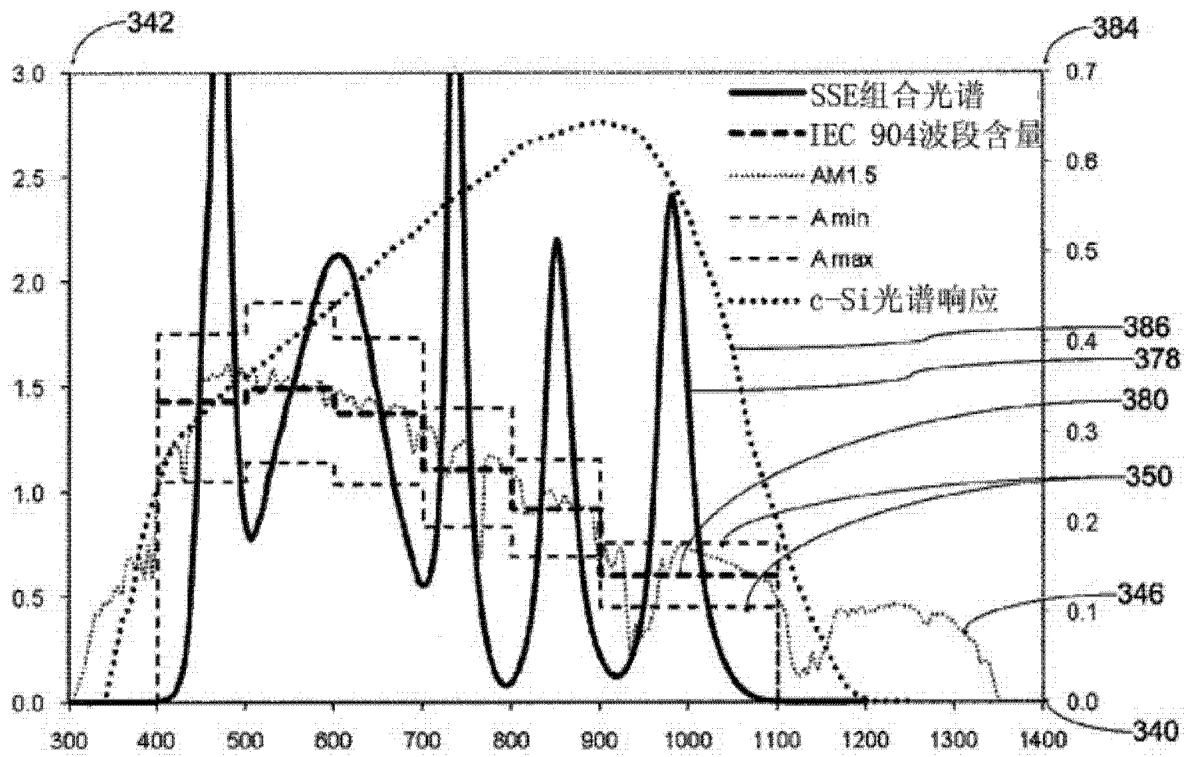


图 33

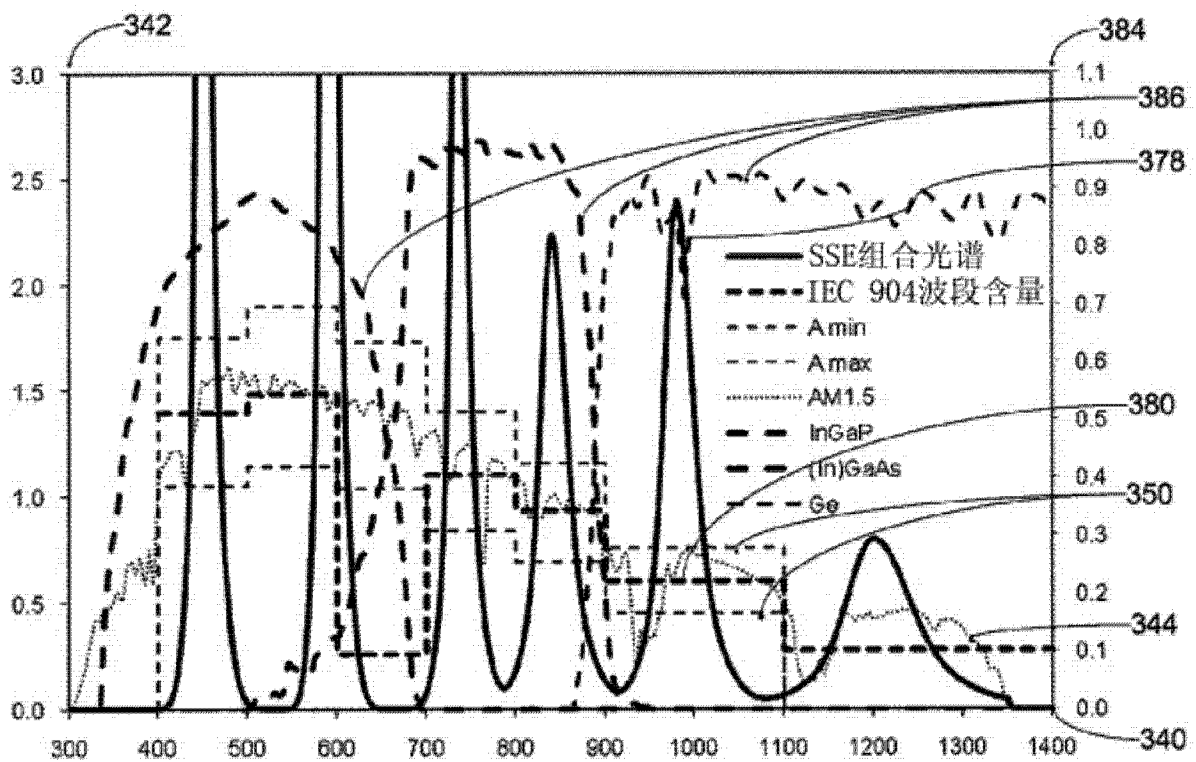


图 34

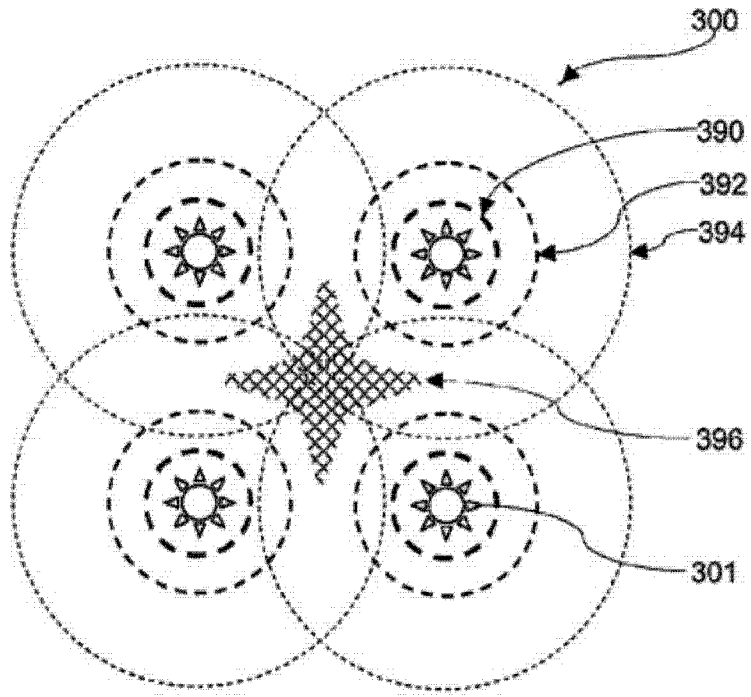


图 35A

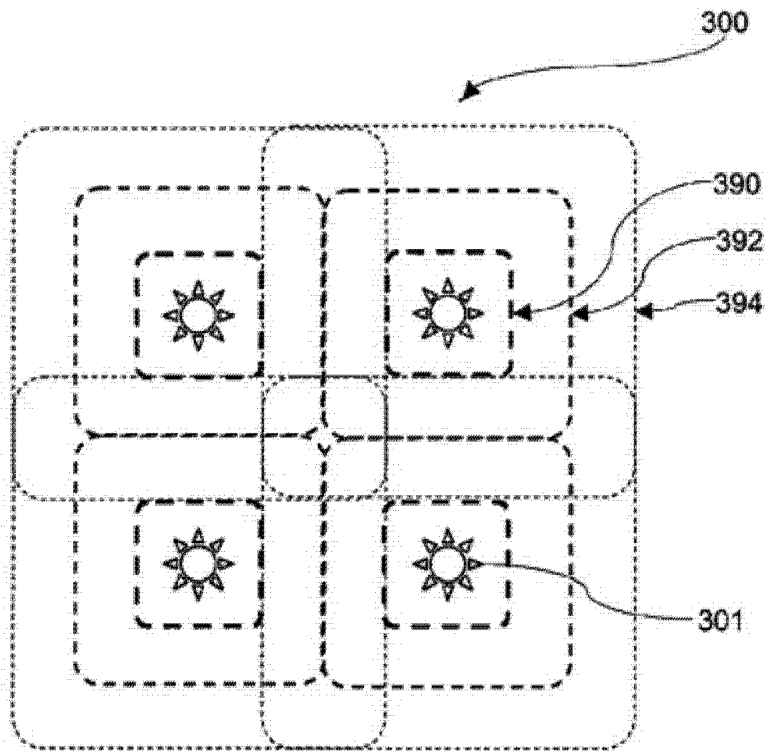


图 35B