



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105142391 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201380064192. 6

(72) 发明人 O. 魏斯 S. 利诺夫

(22) 申请日 2013. 12. 06

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(30) 优先权数据

代理人 杨国治 宣力伟

102012112192. 3 2012. 12. 12 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2015. 06. 09

A01G 7/04(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/075754 2013. 12. 06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/090693 DE 2014. 06. 19

(71) 申请人 贺利氏特种光源有限责任公司

地址 德国哈瑙

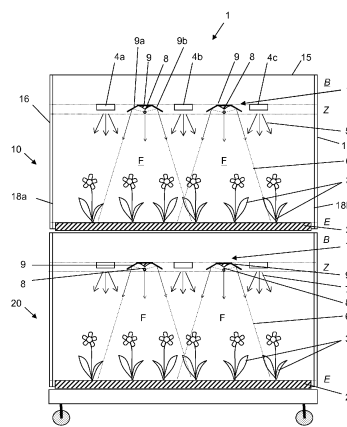
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

用于辐射植物的辐射装置

(57) 摘要

已知的用于对植物(3)进行辐射的辐射装置(1)具有确定种植平面(E)的用于培育植物的承载元件(2)、多个用于以可见和/或紫外线(5)对植物进行辐射的辐射源(4a、4b、4c)以及多个用于以红外线(6)对植物进行辐射的红外辐射器(8)。为了由此出发说明一种用于辐射植物的辐射装置,其除了用紫外和/或可见射线对植物进行辐射之外还确保了用红外线对植物进行均匀的辐射,并且此外其还关于种植平面需要较少数量的红外辐射器,按本发明提出,红外辐射器的设计温度为800°C到1800°C并且分别具有柱形的带有50mm到500mm范围内的辐射器管长度的辐射器管(303),并且所述辐射器管相互平行地在种植平面E上方的辐射器区域(Z)中延伸,其中关于种植平面的面积红外辐射器分布密度在0.2m<sup>-2</sup>和1.0m<sup>-2</sup>之间的范围内,并且相邻的红外辐射器在种植平面上的辐射区域重叠,使得种植平面上的平均辐射强度在10瓦/m<sup>2</sup>和100瓦/m<sup>2</sup>之间,具有最大50%的波动范围,并且为辐射器管的上侧分配了面对结构空间(B)的反射器(302)。



1. 用于辐射植物的辐射装置, 具有确定种植平面 E 的用于培育植物的承载元件、多个用于以可见和 / 或紫外线对植物进行辐射的辐射源以及多个用于以红外线对植物进行辐射的红外辐射器, 其特征在于, 所述红外辐射器的设计温度为 800°C 到 1800°C 并且分别具有柱形的带有 50mm 到 500mm 范围内的辐射器管长度的辐射器管, 并且所述辐射器管相互平行地在种植平面 E 上方的辐射器区域 Z 中延伸, 其中, 关于种植平面 E 的面积的红外辐射器分布密度处于  $0.2\text{m}^{-2}$  和  $1.0\text{m}^{-2}$  之间的范围内, 并且相邻的红外辐射器在种植平面 E 上的辐射区域重叠, 使得种植平面 E 上的平均辐射强度在 10 瓦 /  $\text{m}^2$  和 100 瓦 /  $\text{m}^2$  之间, 具有最大 50% 的波动范围, 并且为辐射器管的上侧分配了面对结构空间 B 的反射器。

2. 按权利要求 1 所述的辐射装置, 其特征在于, 种植平面上的平均辐射强度为 10 瓦 /  $\text{m}^2$  到 50 瓦 /  $\text{m}^2$ 。

3. 按权利要求 1 或 2 所述的辐射装置, 其特征在于, 所述红外辐射器的热灯丝的设计温度为 850°C 到 1500°C。

4. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 多个红外辐射器沿着其纵轴线的方向前后布置, 并且沿着纵轴线的方向相邻的红外辐射器相互间具有 0.9m 到 2.3m 之间的、优选 1.1m 到 1.7m 之间的距离。

5. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 相互平行布置的相邻的红外辐射器相互间具有 1m 到 3m 之间的、优选 1.3m 到 2.5m 之间的、特别优选 1.5m 到 1.8m 之间的距离。

6. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 所述红外辐射器与种植平面之间具有  $1.0\text{m} \pm 0.5\text{m}$  范围内的距离。

7. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 所述反射器 - 沿着纵轴线方向看 - 具有 70mm 和 650mm 之间的、优选 250mm 和 450mm 之间的范围内的长度以及 50mm 和 160mm 之间范围内的、优选 80mm 和 130mm 之间范围内的宽度。

8. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 所述反射器具有漫反射的表面。

9. 按权利要求 8 所述的辐射装置, 其特征在于, 所述表面由锻造的铝制成。

10. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 在辐射器管的罩面的侧面区域上施加了沿着纵轴线方向延伸的第一反射条。

11. 按权利要求 10 所述的辐射装置, 其特征在于, 所述反射条由金、由不透明的石英玻璃或者由陶瓷制成。

12. 按权利要求 10 或 11 中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 所述辐射器管具有圆形的横截面, 其中, 所述第一反射条覆盖辐射器管的与通过灯丝中点延伸的水平线围成  $-40^\circ$  和  $+40^\circ$  之间的、优选  $-30^\circ$  和  $+30^\circ$  之间的覆盖角度的圆弧。

13. 按权利要求 12 所述的辐射装置, 其特征在于, 将另一反射条施加到所述罩面上, 该另一反射条关于通过灯丝中点延伸的垂线相对于所述第一反射条镜像对称地布置。

14. 按上述权利要求 10 到 13 中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 所述反射条具有漫反射的表面。

15. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置, 其特征在于, 在所述辐射器管的侧面将额外的反射器布置在相应的反射器平面内, 其中, 该反射器平面与水平线围成  $25^\circ$  到  $70^\circ$

之间的角度并且调节所述反射器平面的尺寸和与辐射器管的距离,使得其防止由红外辐射器发出的红外射线直接辐射到从辐射器管的灯丝中点出发通过两个平面描述的空间区域内,这两个平面分别与水平线围成 $-40^{\circ}$ 和 $+40^{\circ}$ 之间的、优选 $-30^{\circ}$ 和 $+30^{\circ}$ 之间的角度。

16. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置,其特征在于,两个侧翼与所述反射器连接,其中,所述侧翼与水平线分别围成 $20^{\circ}$ 到 $40^{\circ}$ 之间的范围内的角度。

17. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置,其特征在于,所述反射器相对于反射器镜像平面具有镜像对称性,其中,在垂直于反射器镜像平面的剖视图中,通过圆锥曲线描绘所述反射器的对称半边的形状,其中,所述反射器向着中心朝着所述辐射器管的方向逐渐变尖。

18. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置,其特征在于,所述辐射器管的表面的至少一部分用作漫射体并且漫散射碰到的射线。

19. 按权利要求 16 所述的辐射装置,其特征在于,所述辐射器管具有用作漫射体的、具有平均粗糙度 Ra 的粗糙的表面,其中,该平均粗糙度 Ra 在 $0.3\mu\text{m}$ 和 $10\mu\text{m}$ 之间的范围内,优选在 $0.8\mu\text{m}$ 和 $3\mu\text{m}$ 之间的范围内。

20. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置,其特征在于,该辐射装置包括带有侧壁的壳体,其中,在至少一个所述侧壁上施加反射箔。

21. 按上述权利要求中任一项所述的辐射装置,其特征在于,所述平均辐射强度的波动范围最大为 20%,优选最大为 10%。

22. 用于以红外射线对植物进行辐射的、用在按权利要求 1 到 18 中任一项所述的辐射装置中的辐射器模块,具有红外辐射器,其特征在于,所述红外辐射器具有柱形的具有辐射器管纵轴线、50mm 到 500mm 的、优选 150mm 到 350mm 的辐射器管长度以及布置在其中的设计温度为 $800^{\circ}\text{C}$ 到 $1800^{\circ}\text{C}$ 的热灯丝的辐射器管,其中,为所述辐射器管的一侧分配了反射器。

## 用于辐射植物的辐射装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于辐射植物的辐射装置,其具有确定种植平面 E 的用于栽培植物的承载元件、多个用于以可见和 / 或紫外线对植物进行辐射的辐射源以及多个用于以红外线对植物进行辐射的红外辐射器。

[0002] 此外,本发明涉及一种用在辐射装置中的使用红外线对植物进行辐射的辐射器模块。

### 背景技术

[0003] 在培育以及栽培植物时例如在温室中以及分层种植中使用人工的光源。这些光源的发射光谱通常匹配叶绿素的绿色的叶色素和胡萝卜素的吸收光谱。

[0004] 在叶绿素和胡萝卜素的名称下总结了多种天然的色素,这些色素在很大程度上参与了光合作用。溶解在溶剂中的色素的吸收光谱具有两个显著的吸收最大值,也就是在可见光的 400nm 和 500nm 之间的紫色与蓝色光谱范围中的吸收最大值以及另一个在 600nm 和 700nm 之间的红色光谱范围内的吸收最大值。

[0005] 为了确保对植物的有效辐射,用于辐射植物的人工光源的发射光谱在两个上面所述的波长范围内具有大的射线份额。

[0006] 作为光源,例如使用气体放电灯或者发光二极管(LED)。气体放电灯包括用填充气体填充的放电室,在该放电室中布置了两个电极。依赖于在电极上施加的电压,在放电室中发生气体放电,该气体放电与光学的射线的发射相联系。发出的射线的波长可以通过填充气体的选择受到影响并且匹配叶绿素的吸收光谱,例如通过相应的填充气体的掺杂。相反,LED 仅仅发出处于限制的光谱范围内的光,从而为了产生匹配叶绿素的吸收光谱的发射光谱,必须相互组合不同波长的多个 LED。例如由 US 2009/0251057 A1 公开了具有多个 LED 的人工光源,其中为了产生人工的阳光组合了具有不同的发射光谱的发光二极管。

[0007] 然而植物的有效培育不仅取决于光合作用的激发,而且也取决于植物中的水分和养分输送以及二氧化碳同化作用。不仅植物中的水分和养分输送而且所述二氧化碳同化作用都会受到植物的气口结构的影响。植物通过植物的气口(气孔)调整与周围空气的气体交换,尤其来自空气中的二氧化碳的吸收和氧气到空气中的排放。此外,通过气孔的开口尺寸也影响了植物的水分平衡。如此,打开的气孔导致增强的水蒸发,该水蒸发产生了蒸腾吸力,从而整体提高了从根部到叶子水分以及养分输送(液流)。

[0008] 气孔的开口尺寸可以通过多个因素调节,例如温度、水分的可用性、叶子内部的二氧化碳浓度以及对光的吸收都属于这些因素。通过用红外线有针对性地辐射,可以调整气孔尺寸并且由此调整光合作用的效率。

[0009] 在 WO 2010/044662 A1 中提出一种用于植物的具有腔室的辐射装置,其中除了用于以可见或紫外线对植物进行辐射的辐射源之外,还设置了多个布置在腔室侧壁上的用于以红外线对植物进行辐射的红外辐射器。通过红外辐射器如此加热植物的叶子,使得气孔打开,从而实现植物与其周围环境的交换过程的刺激。

[0010] 由于红外辐射器的侧向布置,各个植物根据其在种植平面上的种植位置分别与红外辐射器具有不同的距离并且因此受到不均匀的辐射。已经得到证实的是,种植表面的外部区域与种植表面的内部区域相比尤其受到更高的辐射强度。然而为了确保对植物有效的培育,植物的均匀生长以及由此对所有植物的均匀辐射原则上是值得期望的。

[0011] 此外,在侧向布置红外辐射器时,关于种植表面需要大量辐射器,为了不通过过度的加热损坏种植表面的外部区域中的植物,所述辐射器必须具有较低的功率。然而红外辐射器典型地具有较高的功率;较低功率的辐射器制造起来很麻烦并且仅仅具有受到限制的使用寿命。

[0012] 此外,红外辐射器的侧向布置也导致其它设置在辐射装置中的部件例如用于辐射源的电线和装配元件,以及还有设置在辐射装置中的辐射源的辐射和加热,其中通过辐射缩短了所述部件的使用寿命。因此,红外辐射器的侧向布置伴随着较高的运行成本。

## 发明内容

[0013] 技术问题:

因此,本发明的任务是说明一种用于辐射植物的辐射装置,其具有较高的使用寿命并且除了用紫外和/或可见射线对植物进行辐射之外也确保了用红外射线对植物进行均匀的辐射,而不会不必要地影响用紫外和/或可见射线进行的辐射,并且此外关于种植表面需要较少数量的红外辐射器。

[0014] 此外,本发明的任务是提供一种用于以红外射线对植物进行辐射的辐射器模块,设计该辐射器模块为最佳地用在用于辐射植物的辐射装置中。

[0015] 最后,本发明的任务是将电能转换成红外射线时的损耗、红外射线偏转到待辐射的植物上时的损耗、光源相互间的遮蔽以及其它能量损耗最小化。

[0016] 本发明的一般描述:

在辐射装置方面,所述任务从开头所述类型的装置出发按本发明通过以下方法得到解决,即所述红外辐射器设计温度为 $800^{\circ}\text{C}$ 到 $1800^{\circ}\text{C}$ ,并且分别具有柱形的辐射器管,该辐射器管具有 $50\text{mm}$ 到 $500\text{mm}$ 范围内的辐射器管长度,并且所述辐射器管在位于种植平面E上方的辐射器区域Z中相互平行地延伸,其中关于种植平面E的面积的红外辐射器分布密度在 $0.2\text{m}^{-2}$ 和 $1.0\text{m}^{-2}$ 之间的范围内,并且如此重叠相邻的红外辐射器在种植平面E上的辐射区域,使得种植平面E上的平均辐射强度在 $10\text{瓦}/\text{m}^2$ 和 $100\text{瓦}/\text{m}^2$ 之间,其具有最大50%的波动范围,并且为辐射器管的上侧分配了面对结构空间B的反射器。

[0017] 在自然条件下植物为了其生长所需的阳光具有紫外、可见以及红外射线的射线成分。因此,为了模仿自然的生长条件,人工的辐射装置除了用于产生紫外和/或可见射线的辐射器(下面也简称为UV以及VIS辐射器)之外还具有红外辐射器。通过使用这种辐射器类型,一方面在人工培育条件下供给植物光合作用所需的射线,并且另一方面可以通过红外射线如此调整叶子的气口的开口尺寸,从而调节植物内部的最佳的水分以及物质输送。通过这些措施确保了快速的植物生长以及较高的生产率。

[0018] 然而为了确保尽可能均匀的植物生长,尽可能均匀地、也就是说以近似恒定的辐射强度对植物进行辐射是必要的。这尤其也适用于以红外射线对植物进行辐射。局部太高的红外辐射强度会引起所涉及的植物的损坏。相反,在太低的辐射强度下,红外射线对气口

的开口尺寸的作用丧失 ;这引起了较低的植物生长。

[0019] 在按本发明的辐射装置中,红外辐射器布置在位于种植平面 E 上方的辐射器区域 Z 中。在此重要的是,红外辐射器在种植平面 E 上产生了整体均匀的辐射表面。由此能够放弃仅仅布置在辐射表面侧面的红外辐射器。

[0020] 为了实现种植平面 E 上整体均匀的辐射表面,所述红外辐射器如此相互布置并且均匀地分布在辐射器区域 Z 中,使得其辐射器管纵轴线相互平行地延伸。通过平行地布置辐射器管确保了红外射线的平整的辐射,该布置尤其适合于平面例如由植物生长确定的植物平面或者种植平面的均匀的辐射。

[0021] 通过红外辐射器在辐射器区域 Z 中均匀的分布不应该要承担 UV 以及 VIS 辐射器在种植平面上被遮蔽。由此,在种植平面 E 上力求达到的不仅是均匀的红外辐射,而且也是 UV 以及 VIS 射线的遮蔽的最小化。

[0022] 按本发明的辐射装置在辐射器管的上方具有结构空间 B。在该结构空间中布置了许多针对辐射装置的运行需要的部件,例如用于红外辐射器或者其它辐射源的电线或者装配元件。因此,原则上值得期望的是,避免通过红外 / 加热射线引起的对结构空间的部件的过度加热。

[0023] 按本发明通过以下方法减少对结构空间以及位于其中的部件的过度加热,即辐射器管在其上侧具有反射器,该反射器降低了发出的红外射线朝着结构空间的方向的传播。然而因为这种反射器可能同时会妨碍从例如布置在辐射器区域 Z 中的 UV 以及 VIS 辐射器中发出的 UV/VIS 射线的射线传播,所以通过以下方法确保了 UV 以及 VIS 辐射器的尽可能大的射线传播,即关于种植平面 E 使用数量尽可能少的红外辐射器,并且如此形成所述反射器,从而降低 UV/VIS 射线的遮蔽。

[0024] 除了较少地屏蔽 UV/VIS 射线之外,所述红外辐射器的辐射特性起到了重要的作用。该辐射特性应该对此负责,即红外射线不仅简单地向下反射,而且也分布到较宽的辐射区域上。

[0025] 按本发明通过以下方法实现在红外辐射器的数量尽可能少的同时对种植平面 E 进行均匀的辐射,即在辐射器管的上方如此形成反射器,使得从通过加热螺旋丝的中点的水平线上方的区域中发出的红外射线偏转到进一步远离辐射模块的区域中。

[0026] 传统的反射器例如抛物线或者双曲线反射器不满足所述功能,因为其尤其将射线反射到直接处于辐射器管下方的区域。

[0027] 少的辐射器数量伴随着少数量的反射器。这可以在射线屏蔽同样较少的情况下尺寸构造地更大,从而其能够更好地为种植平面 E 中均匀的辐射作出贡献。关于种植表面的红外辐射器的数量的最佳范围位于  $0.2\text{m}^{-2}$  和  $1.0\text{m}^{-2}$  之间。在每平方米少于 0.2 个红外辐射器的数量的情况下只能费力地实现均匀的射线分布,例如利用大型的反射器,那么,该反射器阻碍同样位于辐射器区域 Z 中的 UV 以及 VIS 辐射器的射线。在每平方米多于 1.0 个红外辐射器的数量的情况下产生了降低的 IR 辐射的效率,因为非常小型的红外辐射器具有显著更小的将电能转换成红外射线的转换效率。此外,装配以及维护费用随着单位数量的增加而升高。

[0028] 此外,关于种植平面较少的辐射器数量实现了小型的然而功率强劲红外辐射器的使用,该红外辐射器相对于更大的并且功率更弱的红外辐射器具有更高的转换效率,由

此具有更小的损耗热量以及更长的使用寿命。出于该缘故,柱形的辐射器管的长度在 50mm 到 500mm 的范围内。

[0029] 这种辐射器的更长的使用寿命通过以下方法实现,即各个辐射器大约在 24V 到电源电压范围内以尽可能高的电压运行。由此例如只需要极少数量的变压器,从而将变压器引起的热量损耗保持得很小。然而在该电压范围内,更大的但功率更弱的辐射器只能以极低的电流强度运行,这使带有很小的灯丝直径(小于 0.4mm)的直灯丝的应用成为必要,该灯丝典型地具有极小的机械稳定性、不均匀的温度分布以及较短的使用寿命。

[0030] 为了实现对种植平面的均匀的辐射,在使用较少辐射器时要求相邻的辐射器的辐射区域重叠,使得平均的辐射强度具有最大 50% 的波动范围。波动范围理解为种植平面 E 的任一点中实际辐射强度与平均的辐射强度的最大偏差。根据本发明,实际辐射强度与种植平面 E 上的平均辐射强度偏差最多  $\pm 50\%$ 。与种植平面上的平均辐射强度的偏差优选为 20%,特别优选为 10%。此外,红外辐射器的发射光谱对于植物的最佳生长来说是重要的。植物的吸收光谱的特征在于低于 700nm 以及高于  $2.5 \mu\text{m}$  的波长范围内较高的吸收。在  $0.7 \mu\text{m}$  和  $2.5 \mu\text{m}$  之间的范围内观察大约 5% 的基本吸收以及近似不定向的散射。具有该范围内波长的射线适合穿过植物的最上面的叶层;原则上其也供下面的叶层的辐射使用,然而只有极少一部分被吸收。已经证实了当热灯丝的设计温度为  $800^\circ\text{C}$  到  $1800^\circ\text{C}$ 、优选地为  $850^\circ\text{C}$  到  $1500^\circ\text{C}$  范围内时,实现了最佳的植物生长。

[0031] 在额定电压下具有上述范围内灯丝温度的辐射器在  $0.7 \mu\text{m}$  和  $3.5 \mu\text{m}$  之间范围内的波长中发出具有强度最大值的射线。

[0032] 在此要区分针对仅仅上面的叶子平面的最佳辐射以及这些其中也要辐射下面的叶子平面的应用。当要在最上面的叶层吸收或者反射几乎整个射线时,使用中波的热红外辐射器是有利的。这种辐射器在额定电压下具有  $800^\circ\text{C}$  和  $1000^\circ\text{C}$  之间范围内的灯丝温度。在额定电压下具有  $1400^\circ\text{C}$  和  $2200^\circ\text{C}$  之间、优选  $1400$  和  $1800^\circ\text{C}$  之间范围内的灯丝温度的短波热红外辐射器尤其适合于穿过上面的叶层。

[0033] 在  $1000^\circ\text{C}$  和  $1400^\circ\text{C}$  之间的过渡范围内的灯丝温度下产生的射线实现了两种机制的混合。

[0034] 在按本发明的装置的有利的第一设计方案中规定,在种植平面上的平均辐射强度为  $10 \text{瓦}/\text{m}^2$  到  $50 \text{瓦}/\text{m}^2$ 。

[0035] 在种植平面上必需的平均辐射强度取决于有待栽培的植物种类以及其它环境条件。已经得到证实的是,对许多植物种类来说, $10 \text{瓦}/\text{m}^2$  到  $50 \text{瓦}/\text{m}^2$  范围内的辐射强度引起了加速的生长并且由此引起植物在培育室中更短的平均滞留时间。

[0036] 在按本发明的辐射装置的另一同样优选的设计方案中规定,多个红外辐射器沿着其纵轴线的方向前后布置,并且沿着纵轴线的方向相邻的红外辐射器相互间具有  $0.9\text{m}$  到  $2.3\text{m}$  之间的、优选  $1.1\text{m}$  到  $1.7\text{m}$  之间的距离。

[0037] 为了尽可能成本低廉地确保不仅用紫外/可见射线而且也用红外射线对种植平面进行均匀的辐射,优化相互冲突的或者相互影响的特性,例如辐射器功率、辐射器尺寸以及辐射器分布密度。原则上,红外辐射器的较小的辐射器密度是值得期望的。然而,相邻的红外辐射器的小于  $0.9\text{m}$  的距离会引起相对高的辐射器密度,伴随着每辐射器较低的额定功率以及较高的安装以及运行成本。如果沿着纵轴线的方向相邻的红外辐射器具有  $2.3\text{m}$

以上的距离,那么用红外射线只能耗费地实现对种植平面进行均匀的辐射。

[0038] 优选所述红外辐射器布置成平行的列,其中相邻列如此延伸,使得相邻列的红外辐射器并排布置。

[0039] 这就是说,相邻列的红外辐射器刚好没有相互错开地放置在“空位”上,而是其 – 在长度相同的情况下 – 在辐射器平面 Z 内部的照射区域的同一纵向位置上开始以及结束。与反射器的形状相结合,由此在植物平面上产生更小的相互影响以及最佳均匀的辐射密度。

[0040] 与此有关也已经得到证实的是,相互平行布置的相邻的红外辐射器相互间具有 1m 到 3m 之间的、优选 1.3m 到 2.5m 之间的、特别优选 1.5m 到 1.8m 之间的距离。

[0041] 证实有利的是,所述红外辐射器与种植平面之间具有  $1.0\text{m} \pm 0.5\text{m}$  范围内的距离。对于更大的距离来说,应该相应地缩放所有尺寸以及功率数据。

[0042] 红外辐射器与种植平面的距离影响了在种植平面 E 上的辐射强度以及其分布。根据植物种类,红外辐射器与种植平面之间 0.5m 到 1.5m 的距离已经得到证明。在小于 0.5m 的距离的情况下,只能辐射植物直到很小的生长高度。红外辐射器的大于 1.5m 的距离妨碍了辐射装置的紧凑的结构形式。

[0043] 在按本发明的辐射装置的优选修改方案中,反射器 – 沿着纵轴线的方向看 – 具有 70mm 和 650mm 之间的、优选 250mm 和 450mm 之间的范围内的长度以及 50mm 和 160mm 之间的范围内的、优选 80mm 和 130mm 之间的范围内的宽度。

[0044] 所述反射器的长度匹配辐射器管的长度。小于 70mm 的反射器长度在至少 50mm 的红外辐射器的辐射器管长度的情况下仅仅有条件地适合于降低红外射线朝着结构空间方向的发射。此外,这种较短的辐射器管需要大量红外辐射器,由此故障概率、安装费用以及运行成本增加。具有 650mm 以上长度的反射器在最大 500mm 的辐射器管长度的情况下引起了增多的紫外和 / 或可见射线的屏蔽。此外,使用较大的反射器是不利的,因为这样的话也必须使用更大的然而功率更弱的以较低电流强度运行的辐射器,这又使具有很小灯丝直径(小于 0.4mm)的直灯丝的使用成为必要,该灯丝典型地具有较差的机械稳定性、不均匀的温度分布以及较短的使用寿命。

[0045] 50mm 和 160mm 之间的反射器宽度出于同样的原因是向上屏蔽红外射线与阻碍用紫外和 / 或可见射线对种植平面进行辐射之间的合适的折衷方案。

[0046] 在按本发明的辐射装置的同样优选的修改方案中,所述反射器具有漫反射的表面。

[0047] 例如当光碰到具有多个带有不同定向的表面元件的粗糙的表面时会出现光的漫反射。碰到漫反射的表面上的光束通过表面结构朝着许多不同的方向反射,从而获得散射光。散射光尤其适合于产生均匀的辐射强度,因为削弱了辐射强度中的最大值并且降低了种植平面 E 上最小和最大辐射强度之间的差值。

[0048] 在此证实了所述表面具有机械压印的结构,也就是例如由锻造的铝制成。对此合适的例如是 ALANOD Aluminium-Veredlung GmbH(ALANOD 铝精制有限公司)的 MIRO<sup>®</sup>-DESSIN 材料。

[0049] 由锻造的铝制成的表面起到漫反射作用,由于其粗糙的表面结构引起了较低的辐射损耗并且此外能够简单并且成本低廉地进行制造。



[0050] 在按本发明的辐射装置的另一优选设计方案中规定,在辐射器管的罩面的侧面区域上施加了沿着纵轴线方向延伸的第一反射条。

[0051] 施加到辐射器管的罩面上的反射条在罩面的这个区域内防止红外射线的辐射。由此降低了不仅朝着同样位于辐射器区域 Z 中的 UV/VIS 辐射源的方向的侧向辐射,而且降低了朝着结构空间的方向的辐射,更确切地说根据覆盖角度的大小进行。至于朝着结构空间方向的红外射线传播的降低,将反射条直接施加到辐射器管上实现了在效率相同时辐射器管上方的反射器的变小。此外,辐射器管上方的更小的反射器更少地影响从装配在辐射器区域 Z 中的 UV/VIS 辐射器发出的光学的射线,从而实现了用紫外和 / 或可见射线进行均匀的辐射。

[0052] 证实有利的是,所述反射条由金、不透明的石英玻璃(二氧化硅)或者由陶瓷(例如氧化铝)制成。

[0053] 由所述材料制成的反射条的突出之处在于 IR 范围内强烈的反射、良好的化学稳定性以及部分较高的耐温性。此外能够将反射条简单地施加在辐射器管上。

[0054] 证实有利的是,所述辐射器管具有圆形的横截面,其中反射条覆盖辐射器管的、与通过灯丝中点延伸的水平线围成  $-40^{\circ}$  和  $+40^{\circ}$  之间的、优选  $-30^{\circ}$  和  $+30^{\circ}$  之间的覆盖角度的圆弧。

[0055] 具有这种覆盖角度的反射条在水平线上方和下方朝着侧向方向覆盖该辐射器管。所述覆盖角度在水平线上方和下方可以是不同的,其中在水平线下方的覆盖角度的数值必要时优选小于水平线上方的覆盖角度的数值。通过将反射条布置在水平线上方和下方的覆盖角度范围中,可以一方面降低具有关于水平线平坦的辐射角的红外射线朝着结构空间和辐射器区域中的 UV/VIS 辐射源的方向的辐射,并且另一方面降低具有平坦的辐射角的红外射线的侧向的指向下的辐射。

[0056] 在按本发明的辐射装置的最后描述的实施方案的优选设计方案中将另一反射条施加到罩面上,该另一反射条关于通过灯丝中点延伸的垂线相对于第一反射条镜像对称地布置。

[0057] 相对于第一反射条镜像对称地施加的另一反射条有助于对称并且均匀地辐射种植平面。

[0058] 已经得到证实的是,所述反射条具有漫反射的表面。

[0059] 这种反射条有助于种植平面 E 的均匀的辐射。

[0060] 在按本发明的辐射装置的优选的修改方案中规定,在辐射器管的侧面将额外的反射器布置在相应的反射器平面内,其中反射器平面与水平线围成  $25^{\circ}$  到  $70^{\circ}$  之间的角度,并且如此调节其尺寸以及与辐射器管的距离,使得其防止由红外辐射器发出的红外射线直接辐射到从辐射器管的灯丝中点出发通过两个平面描述的空间区域内,所述两个平面分别与水平线围成  $-40^{\circ}$  和  $+40^{\circ}$  之间的、优选  $-30^{\circ}$  和  $+30^{\circ}$  之间的角度。

[0061] 两个布置在辐射器管侧面的额外的反射器构造成直的或者构造成圆锥曲线。侧面的反射器反射来自辐射器管的圆弧的、与通过灯丝中点延伸的水平线围成  $-40^{\circ}$  和  $+40^{\circ}$  之间的、优选  $-30^{\circ}$  和  $+30^{\circ}$  之间的角度的区域的射线。侧面的反射器与水平线形成了  $25^{\circ}$  到  $70^{\circ}$  之间的角度。

[0062] 所述覆盖角度在水平线上方和下方可以是不同的,其中在水平线下方的覆盖角度

的数值必要时优选小于在水平线上方的覆盖角度的数值。通过侧面的反射器覆盖水平线上方和下方的角度范围,一方面可以降低具有关于水平线平坦的辐射角的红外射线朝着结构空间和辐射器区域中的 UV/VIS 辐射源的方向的辐射,并且另一方面通过调节相对于水平线的反射器角度或者通过圆锥曲线的类型和形状来调整红外射线的侧向的指向下的辐射。

[0063] 在按本发明的辐射装置的最后所描述的实施方案的优选设计方案中,侧面的反射器具有漫反射的表面。

[0064] 在按本发明的辐射装置的另一优选的修改方案中规定,两个侧翼与反射器连接,其中所述侧翼与水平线分别围成了  $20^{\circ}$  到  $40^{\circ}$  之间的范围内的角度。

[0065] 所述侧翼尤其降低了红外射线朝着结构空间的方向的辐射。此外,所述侧翼也可以降低红外射线朝着在辐射器区域中的 UV/VIS 辐射源的方向的侧向辐射。因此,所述侧翼 - 如上所述 - 有助于辐射装置的较高的能效。

[0066] 已经得到证实的是,所述反射器相对于反射器镜像平面具有镜像对称性,其中在垂直于反射器镜像平面的剖视图中通过圆锥曲线描述反射器的对称半边的形状,其中反射器向着中心朝着辐射器管的方向逐渐变尖。

[0067] 圆锥曲线是用平面截切圆锥体或者双圆锥体的表面的截面。圆锥曲线例如是椭圆、抛物线或者双曲线并且通过等式  $y^2=2Rx-(k+1)x^2$  定义,其中  $R$  是曲率半径并且  $k$  是圆锥曲线的圆锥常数。已经得到证实的是,用这种反射器尤其在大的辐射区域的辐射时可以实现种植平面上均匀的射线分布。

[0068] 已经证实有利的是,所述辐射器管的表面的至少一部分用作漫射体并且漫散射碰到的射线。

[0069] 对碰到的射线漫散射的表面原则上引起更均匀的非定向的射线传播。因此,漫射体有助于辐射装置中的植物的均匀辐射。在优选实施方式中,辐射器管的整个表面构造成漫射体。

[0070] 在此方面,所述辐射器管优选具有用作漫射体的具有平均粗糙度  $R_a$  的粗糙的表面,其中该平均粗糙度  $R_a$  在  $0.3\ \mu\text{m}$  和  $10\ \mu\text{m}$  之间的、优选  $0.8\ \mu\text{m}$  和  $3\ \mu\text{m}$  之间的范围内。

[0071] 粗糙的表面用作漫射体,其中其漫射体特性取决于表面的平均粗糙度。该平均粗糙度  $R_a$  根据 DIN EN ISO 4288 :1988 确定为垂直测量参数。具有这种粗糙度的粗糙的表面具有近似朗伯的散射。碰到其上的射线的反向散射率在 0% 和 6% 之间。具有小于  $0.3\ \mu\text{m}$  的平均粗糙度的表面具有大份额的反向散射的射线。

[0072] 已经证实有利的是,所述辐射装置包括带有侧壁的壳体,其中在至少一个所述侧壁上施加例如由铝制成的反射箔。

[0073] 通过施加到辐射装置的侧壁上的反射箔形成的反射的内衬尤其降低了辐射损耗,并且能够有助于关于种植平面的辐射强度的均匀分布。当在两个对置的或者在所有四个侧壁上施加反射箔时,获得了特别对称的均匀的射线分布。

[0074] 在使用反射的内衬时,尤其可以使用红外辐射模块,如此构造其反射器,使得一部分射线在关于水平线平坦的角度内向下辐射到进一步远离辐射模块的区域内,这引起了(也与超出近邻的平行布置的模块的)辐射区域的重叠以及关于种植平面辐射强度的均匀分布。

[0075] 如果没有使用反射的内衬,那么可以使用特别的辐射模块,如此设计该辐射模块的反射器,使得绝大部分射线被辐射到辐射模块下方的区域内,从而主要与邻近的与之平行布置的相邻模块给出辐射区域的重叠。

[0076] 在辐射器模块方面,上面所述的任务从开头所述类型的辐射器模块出发按本发明通过以下方法得到解决,即红外辐射器具有柱形的带有辐射器管纵轴线、50mm 到 500mm 的、优选 150mm 到 350mm 的辐射器管长度以及布置在其中的设计温度为 800°C 到 1800°C 的热灯丝的辐射器管,其中为辐射器管的一侧分配了反射器。

[0077] 所述辐射器模块设置成用在按本发明的辐射装置中。在该辐射装置方面参照上面的解释。

[0078] 设计辐射器模块对植物进行辐射。特别地,具有 50mm 到 500mm 的、优选 150mm 到 350mm 的辐射器管长度的柱形辐射器管的红外辐射器具有很好的尺寸关系,凭借该良好的尺寸关系实现了种植平面上关于均匀的辐射强度方面很好的结果。其适合于实现种植平面上 10W/m<sup>2</sup>到 100W/m<sup>2</sup>的平均辐射强度。

[0079] 此外已经得到证实的是,当热灯丝的设计温度为 800°C 到 1800°C 时实现了最佳的植物生长。在额定电压下具有上面所述范围内的灯丝温度的辐射器在 0.7 μm 和 3.5 μm 之间范围内的波长下发出了具有强度最大值的射线。因此,所发出的射线提供了不仅对上面叶层的辐射,而且也对下面叶层的辐射。

[0080] 合适的修改方案从上面对按本发明的辐射装置的解释中获得。

## 附图说明

[0081] 下面根据实施例更详细地描述本发明。在示意图中详细地示出:

图 1 是按本发明的用于辐射植物的、具有辐射器区域的辐射装置的第一实施方式,

图 2 是用于按本发明的辐射装置的第二实施方式的光线跟踪模拟,

图 3 是按本发明的用在按本发明的辐射装置中的辐射器模块的实施方式,

图 4 是另一按本发明的用在按本发明的辐射装置中的辐射器模块的侧视图,

图 5 是按本发明的具有红外辐射器的辐射器模块的另一实施方式的横截面,在该红外辐射器的辐射器管上为了降低辐射发射在角度范围中施加两个反射条,以及

图 6 是按本发明的用在按本发明的辐射装置中的辐射器模块的另一实施方式的横截面,该辐射器模块在辐射器管侧面具有两个额外的反射器,以及

图 7 是按本发明的用在按本发明的辐射装置中的、具有反射器的辐射器模块的另一实施方式的横截面,其中两个侧翼与反射器连接。

## 具体实施方式

[0082] 图 1 示出了用于辐射植物的辐射装置,为所述辐射装置整体分配了附图标记 1。辐射装置 1 设置用于分层种植并且包括壳体 15,该壳体具有五个在所述壳体中重叠布置的、用于种植植物的植物模块(层),其中在图 1 中为了简化起见仅仅示出了两个植物模块 10、20。没有示出的植物模块与植物模块 10、20 相同地构造。在壳体的两个侧壁 16、17 上分别施加了反射箔 18a、18b。

[0083] 所述植物模块 10、20 包括承载元件 2 以及布置在承载元件 2 上方的具有电线和装

配元件的结构空间 B 以及布置在该结构空间下方的辐射器区域 Z。承载元件 2 用泥土填充并且种上多个植物 3。被种植的承载元件的表面确定了种植平面 E。辐射器区域 Z 位于种植平面 E 上方。在辐射器区域 Z 中布置了 LED 条 4a、4b、4c，所述 LED 条基本上发出具有处于可见的和紫外的范围内的波长的光学射线 5。在辐射器区域 Z 中同样设置了用于以红外射线 6 辐射植物的多个辐射器模块 7。

[0084] 所述辐射器模块 7 具有红外辐射器 8，其中为每个红外辐射器 8 分配了位于种植平面上的辐射区域 F，该辐射区域通过画出的虚线 6 说明，该虚线象征着红外辐射。

[0085] 红外辐射器 8 分别设计为在 115 伏名义电压下名义功率为 100 瓦。其具有柱形的由石英玻璃制成的具有 13.7mm 外直径以及 240mm 辐射器管长度的辐射器管。

[0086] 辐射器管的面对种植平面 E 的侧面具有  $3.5\ \mu\text{m}$  的平均粗糙度；该侧面用作漫射体。在辐射器管的内部布置了热灯丝，该热灯丝在名义功率下以  $900^\circ\text{C}$  的温度运行。

[0087] 在红外辐射器 8 的背对种植平面 E 的侧面上布置了反射器 9，该反射器降低了由对应的红外辐射器 8 发出的红外射线向上朝着结构空间 B 的方向以及在侧面朝着 LED 条 4a、4b、4c 的方向的传播。所述反射器 9 分别平行于与其对应的红外辐射器 8 延伸，并且具有 390mm 的长度以及 120mm 的宽度。所述反射器 9 具有镜面对称的反射器基体，其中在剖视图通过抛物线描绘对称半边的表面形状。两个侧翼 9a、9b 与反射器 9 连接。两个侧翼 9a、9b 与水平线分别围成了  $30^\circ$  的角度。反射器 9 和侧翼 9a、9b 的面对红外辐射器 8 的侧面的表面由锻造的铝制成；其漫反射地起作用。

[0088] 在替代的实施方式中规定，在辐射器管的罩面的侧面区域上施加由金制成的沿着纵轴线方向延伸的反射条并且与之镜像对称地施加另一反射条。这些反射条降低了红外射线 6 朝着结构空间以及辐射器区域中其它辐射源的方向的辐射。在此，反射条分别覆盖了辐射器管横截面的圆弧，该圆弧与通过灯丝中点延伸的水平线围成了  $-2^\circ$  和  $+25^\circ$  之间的覆盖角度，其中较小的角度值对应水平线下方的分布。

[0089] 沿着红外辐射器 8 的纵轴线的方向前后布置了多个结构相同的辐射器模块 7（没有示出）。相邻的红外辐射器 8 沿着其纵轴线的方向相互间具有 1.54m 的距离。相互平行布置的、垂直于纵轴线方向相邻的红外辐射器的距离为 1.65m。红外辐射器与种植平面 E 之间具有 1.0m 的距离。

[0090] 所述红外辐射器 8 在辐射器区域 Z 中如此相互布置，使得其辐射器管纵轴线相互平行地延伸；所述红外辐射器在其在照射区域的相同的纵向位置上开始以及结束的意义上相互并排地布置。所述红外辐射器关于种植平面的面积的数量为  $0.4\text{m}^2$ 。此外，所述红外辐射器 8 如此布置在辐射器区域 Z 中，使得其辐射区域 F 在侧面如此重叠，使得在种植平面上的平均辐射强度为  $30\ \text{瓦}/\text{m}^2$ 。

[0091] 图 2 示出了用按本发明的用于辐射植物的辐射装置 200 的第二实施方式的红外射线进行的辐射强度的光线跟踪模拟。在图 2 中以  $\text{W}/\text{mm}^2$  说明了在与红外辐射器间隔 1m 的植物平面上的辐射强度。

[0092] 基于光线跟踪模拟的辐射装置 200 具有四个并排布置的植物台 201、202、203、204，这些植物台共同地确定了辐射装置的种植平面。每个所述植物台 201、202、203、204 具有 6m 的长度以及 1.65m 的宽度。在每个植物台 201、202、203、204 上方，在辐射器区域 Z 内布置了五个分别带有红外辐射器的辐射器模块 205。关于所述种植平面，红外辐射器的数量

大致为  $0.5\text{m}^{-2}$ 。所述红外辐射器的名义功率(在 115V 的名义电压下)为 96W。所述红外辐射器的突出之处在于 260mm 的辐射器管长度、10mm 的辐射器管外直径以及布置在辐射器管内部的热灯丝。所述红外辐射器与种植平面之间的距离分别为 1.0m。为辐射器管的背对种植平面 E 的侧面分配了按图 3 的反射器。在辐射器区域 Z 的同一高度上,为了发出处于紫外的以及可见的范围内的射线,布置了多个 LED 条(没有示出)。为了确保均匀的辐射强度,在辐射装置 200 的两个侧壁上分别设置了反射的内衬 206、207。

[0093] 此外,图表 209- 沿着植物台 202 的纵向看 - 示出了沿着植物台 202 的中轴线 208 的以  $\text{W}/\text{mm}^2$  为单位的辐射强度的曲线。图表 211 描述了沿着辐射装置 202 的中轴线 210 的辐射强度的曲线。关于整个种植平面 E 的平均辐射强度为  $27\text{W}/\text{m}^2$ , 具有  $20\text{W}/\text{m}^2$  的最小辐射强度以及  $32\text{W}/\text{m}^2$  的最大辐射强度。

[0094] 在图 3 中示出了用在按本发明的辐射装置中的、用于以红外射线对植物进行辐射的辐射器模块 300 的实施方式。该辐射器模块 300 包括具有辐射器纵轴线 305 的红外辐射器 301 以及反射器 302。

[0095] 所述红外辐射器 301 具有由石英玻璃制成的柱形的辐射器管 303 以及布置在辐射器管 303 内部的热灯丝 304。该红外辐射器的突出之处在于 270mm 的辐射器管长度以及 10mm 的外直径。所述热灯丝 304 由钨丝制成。热灯丝 304 的长度为 240mm。在 115V 的名义电压下,所述辐射器的名义功率为 96W。

[0096] 所述反射器 302 沿着辐射器纵轴线 305 的方向具有 350mm 的长度并且垂直于该方向具有 94mm 的宽度。该反射器 302 构造成镜像对称的。镜像半边的反射器表面具有其曲线能够通过具有等式  $y^2=2Rx-(k+1)x^2$  的圆锥曲线描述的曲率。(圆锥曲线常数 k 为 -1 ; 曲率半径 R 为 132mm。反射器与辐射器管 303 的中轴线之间的距离 B 为 7.5mm。

[0097] 图 4 以侧视图示出了按本发明的辐射器模块 400 的实施方式。只要在图 4 到 6 中使用与图 3 中相同的附图标记,那么以此表示结构相同的或者相当的部件以及组件,如其上面根据对按图 3 的按本发明的灯单元的实施方式所作的描述更详细地解释的那样。

[0098] 所述辐射器模块 400 包括带有辐射器管 303 和布置在其中的热灯丝 304 的红外辐射器 301 以及反射器 302。热灯丝 304 的长度 A 为 240mm。该辐射器管 303 具有粗糙的表面,  $3.5\mu\text{m}$  的平均粗糙度  $R_a$ 。

[0099] 图 5 示出了按本发明的带有红外辐射器 501 的辐射器模块 500 的横截面,在红外辐射器的辐射器管上额外施加了两个反射条 503a、503b。

[0100] 所述红外辐射器 501 具有由石英玻璃制成的柱形的辐射器管 503 以及布置在辐射器管 503 内部的热灯丝(没有示出)。红外辐射器的名义功率(在 115V 的名义电压下)为 96W。其突出之处在于 260mm 的辐射器管长度以及 10mm 的外直径。将两个金涂层形式的反射条施加到辐射器管 503 上,该金涂层沿着辐射器管纵轴线的方向延伸。如此设计所述反射条 503b 的宽度,使得其从对应角度  $0^\circ$  的水平轴线 510 开始覆盖了通过  $-5^\circ$  和  $+22^\circ$  之间的角度范围  $\alpha$  描述的圆弧。所述反射条 503a 相对于反射条 503b 镜像对称地布置;反射条 503a 覆盖了具有  $158^\circ$  和  $185^\circ$  之间的角度范围  $\alpha$  的圆弧。通过所述两个反射条 503a、503b 降低了红外射线向上朝着结构空间的方向以及在侧面朝着在辐射器区域中的 UV/VIS 辐射源的方向的辐射,由此例如确保了布置在那里的辐射源的更长的使用寿命。

[0101] 图 6 示出了按本发明的具有红外辐射器 601 的辐射器模块 600 的横截面,该红外

辐射器具有两个额外的施加在辐射器管侧面的反射器 603a、603b。

[0102] 所述红外辐射器具有由石英玻璃制成的柱形的辐射器管以及在内部布置在辐射器管的底部上的热灯丝 604。所述红外辐射器的名义功率(在 115V 的名义电压下)为 96W。其突出之处在于 260mm 的辐射器管长度以及 10mm 的外直径。如此布置所述两个侧面的反射器 603a、603b, 使得其与通过灯丝中点的水平线覆盖水平线上方  $28^\circ$  的角度  $\alpha$  并且由此使得向上到没有由上面的反射器 602 覆盖的角度范围中的辐射最小化。侧面的反射器 603a、603b 与水平线之间的角度为  $55^\circ$ , 侧面的反射器 603a、603b 与辐射器管之间的距离在最短的位置上为 3mm。辐射器管的中轴线与上面的反射器 602 的距离为 15mm, 其中该上面的反射器的外尺寸为  $120 \times 390\text{mm}^2$ 。上面的反射器的形状通过具有 115mm 的曲率半径的抛物线形状的圆锥曲线描述。

[0103] 在图 7 中以横截面示出了按本发明的用在按本发明的辐射装置中的辐射器模块 700 的另一实施方式。该辐射器模块 700 包括红外辐射器 301 以及反射器 702, 其中两个反射的侧翼 703a、703b 与反射器 702 连接。如此布置所述两个侧翼 703a、703b, 使得其与水平线围成  $30^\circ$  的角度。所述侧翼具有 84mm 的宽度 C。反射器的宽度 D 为 88mm。不仅所述侧翼 603a、603b 而且所述反射器 702 都具有 338mm 的长度。通过布置侧翼 703a、703b 降低了红外射线向上朝着结构空间的方向以及在侧面朝着在辐射器区域中的 UV/VIS 辐射源的方向的辐射。

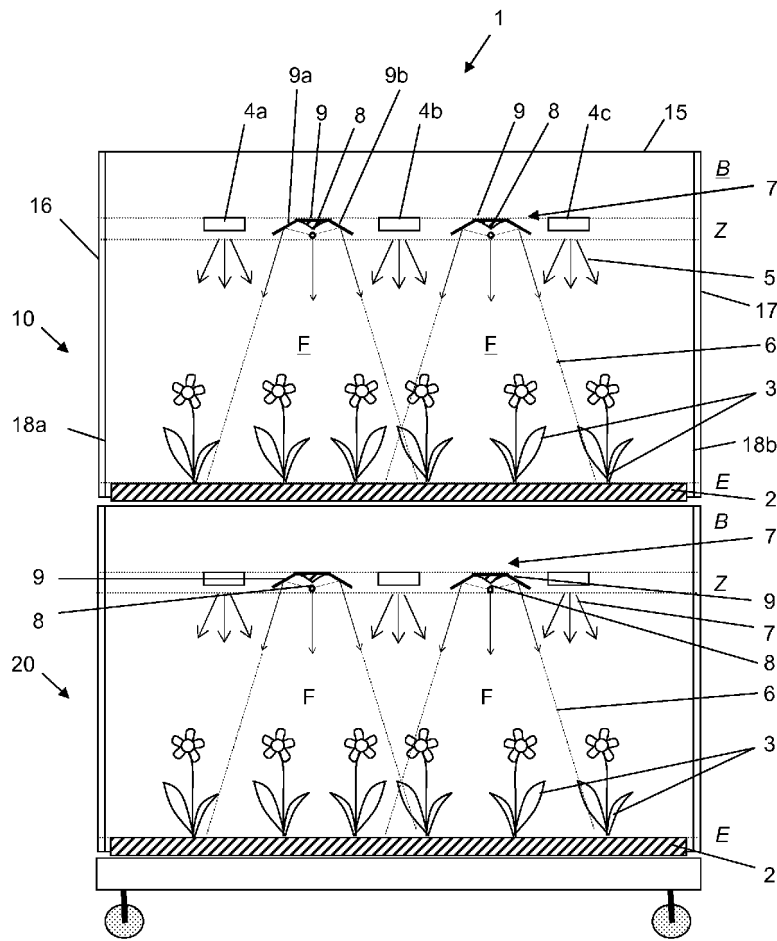


图 1

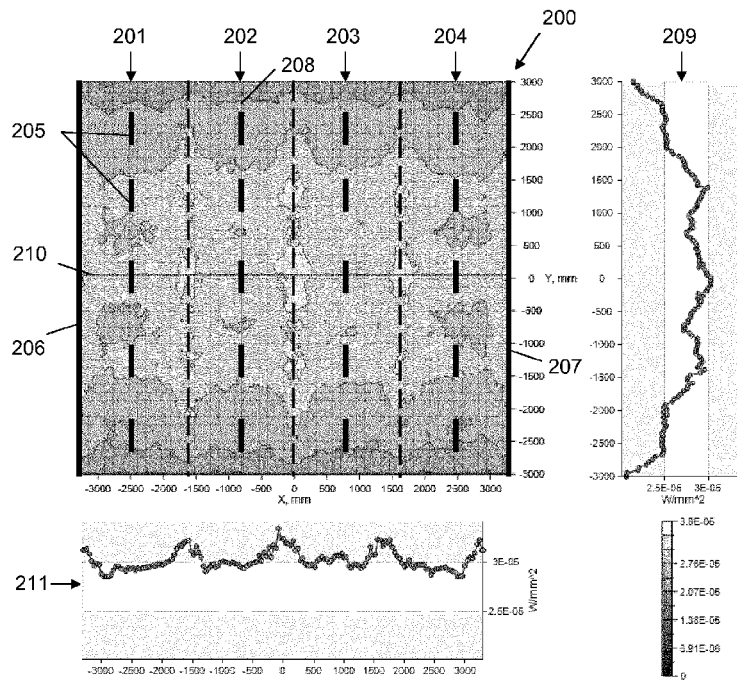


图 2

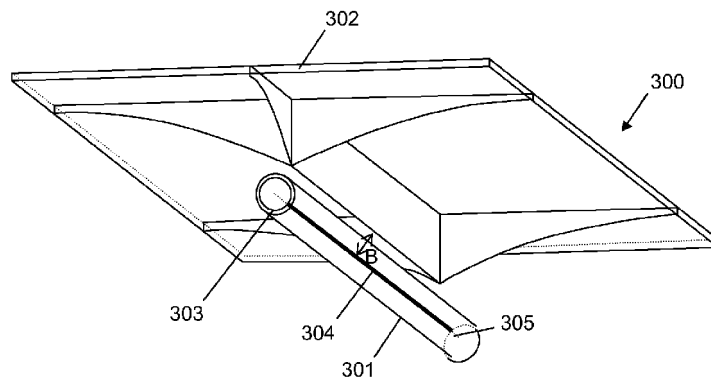


图 3

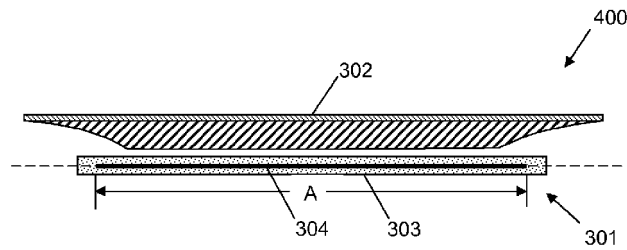


图 4



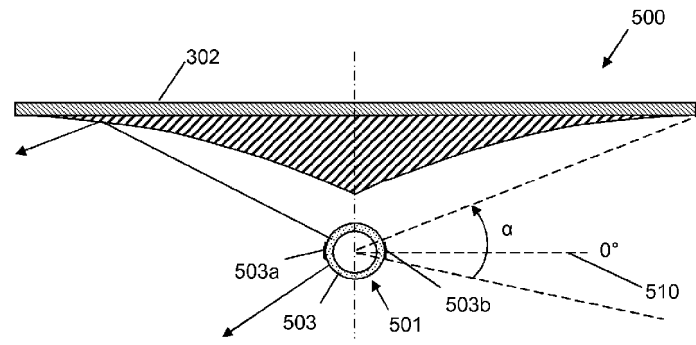


图 5

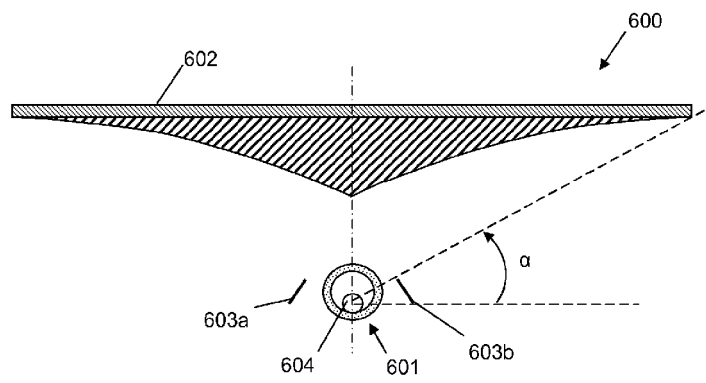


图 6

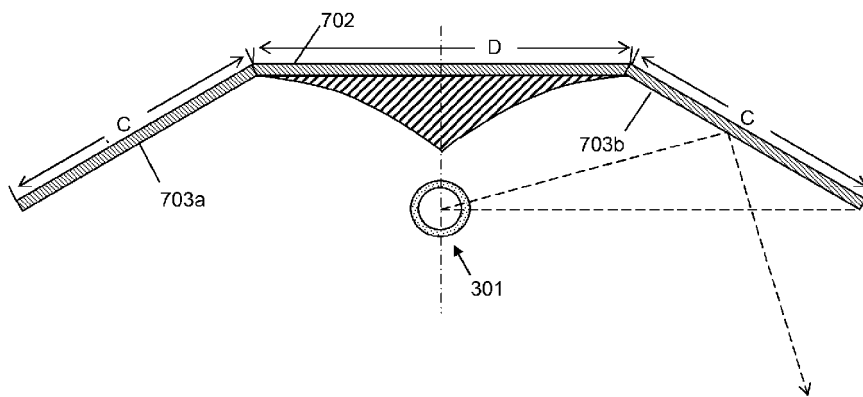


图 7