



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112015016408-0 B1**



**(22) Data do Depósito:** 07/01/2014

**(45) Data de Concessão:** 10/11/2020

**(54) Título:** DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA; MÉTODO PARA ESTIMULAR O CRESCIMENTO VEGETAL E BIORRITMO DE UMA PLANTA; LUMINÁRIA; E APLICAÇÃO DE HORTICULTURA

**(51) Int.Cl.:** A01G 7/04; H01L 33/50.

**(30) Prioridade Unionista:** 11/01/2013 US 61/751,285.

**(73) Titular(es):** PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V.

**(72) Inventor(es):** PAULUS ALBERTUS VAN HAL; HENRICUS MARIE PEETERS; ROB FRANCISCUS MARIA VAN ELMPT; RIFAT ATA MUSTAFA HIKMET; MARTINUS PETRUS JOSEPH PEETERS; DIRK VELDMAN; RENÉ THEODORUS WEGH.

**(86) Pedido PCT:** PCT IB2014058092 de 07/01/2014

**(87) Publicação PCT:** WO 2014/108825 de 17/07/2014

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 08/07/2015

**(57) Resumo:** DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA; MÉTODO PARA ESTIMULAR O CRESCIMENTO VEGETAL E BIORRITMO DE UMA PLANTA; LUMINÁRIA; E APLICAÇÃO DE HORTICULTURA A presente invenção refere-se a um dispositivo de iluminação (100) para estimular o crescimento vegetal e biorritmo de uma planta. O dispositivo de iluminação (100) compreende uma fonte de luz de estado sólido (102) disposta para emitir luz vermelha direta que tem um comprimento de onda de 600 a 680 nm, de preferência 640 a 680 nm, e um membro conversor de comprimento de onda (106) disposto para receber pelo menos parte da dita luz vermelha direta emitida a partir da dita fonte de luz de estado sólido (102), e para converter a dita luz vermelha direta recebida em luz vermelha-longa que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 700 a 760 nm, de preferência 720 a 760 nm.

DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA; MÉTODO PARA ESTIMULAR O CRESCIMENTO VEGETAL E BIORRITMO DE UMA PLANTA; LUMINÁRIA; E APLICAÇÃO DE HORTICULTURA

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a um dispositivo de iluminação de horticultura, e um método para estimular o crescimento vegetal e biorritmo de uma planta. A presente invenção refere-se adicionalmente a uma luminária que compreende o dito dispositivo de iluminação de horticultura, e uma aplicação de horticultura que compreende o dito dispositivo de iluminação de horticultura ou dita luminária.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Sabe-se que processos fotofisiológicos são cruciais para o crescimento vegetal e que esses processos são controlados por fotopigmentos, que exibem espectros de absorção fortemente dependentes de comprimentos de onda. A clorofila, por exemplo, absorve luz na faixa de comprimentos de onda de aproximadamente 620 nm a 680 nm, enquanto que formas diferentes de fitocromo, fitocromo reduzido (Pr) e fitocromo vermelho-longo (Pfr), que regulam uma faixa de respostas moleculares e fisiológicas em plantas, reagem à luz dentro de faixas de comprimento de onda centralizadas no vermelho e vermelho-longo, respectivamente. A razão, por exemplo, entre a absorção por Pr e Pfr controla os processos fisiológicos em plantas como indução de floração, alongamento de caule, germinação etc.

[003] Para aprimorar o perfil espectral da iluminação artificial das plantas, lâmpadas fluorescentes, que são comumente lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio de baixa pressão com revestimento de fósforo, podem ser usadas.

Essas lâmpadas, entretanto, apresentam diversas desvantagens como eficácia limitada, contêm mercúrio que é um agente perigoso, têm tempo de vida útil, são frágeis, exigem tensão alta, e emitem luz infravermelha não desejada.

[004] Alternativamente, fontes de luz de estado sólido, como diodos emissores de luz (LEDs), são também usadas atualmente para a iluminação de plantas, visto que LEDs têm vida útil mais longa, fornecem maior eficácia do fluxo de fótons, exigem menor tensão operacional, emitem luz de banda estreita, e são mais flexíveis no que diz respeito à montagem em comparação com fontes de luz convencionais.

[005] O documento WO 2010/053341 revela um LED de fósforo convertido para o cultivo de plantas que compreende um chip semicondutor que gera uma luz de comprimento de onda curto (azul ou próximo a UV), e um conversor de comprimento de onda que contém pelo menos um fósforo, que converte a dita luz de comprimento de onda curto em luz de comprimento de onda mais curto devido à fotoluminescência. A luz de comprimento de onda mais curto contém um componente espectral de vermelho-longo com valores máximos na faixa espectral de cerca de 700 nm a 760 nm, correspondente ao espectro de absorção de Pfr.

[006] Para essa finalidade, a luz vermelha-longa também pode ser obtida com o uso de LEDs de vermelho-longo direto, que são, por exemplo, baseados em materiais semicondutores de AlGaAs ou AlInGaP.

[007] Existem, entretanto, problemas relacionados à técnica anterior; LEDs geradores de luz vermelha-longa com o uso de conversão de fósforo a partir de

luz azul são, por exemplo, devido ao seu deslocamento de Stokes grande inerente, não eficientes. Os LEDs de vermelho-longo direto também são relativamente ineficientes e, além disso, não são amplamente disponíveis.

[008] Existe, portanto, uma necessidade por fontes de luz artificial abundantes que forneçam uma iluminação de banda de comprimento de onda estreita mais eficiente durante o cultivo de plantas.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[009] Um objetivo da presente invenção é resolver ou pelo menos reduzir os problemas discutidos acima. A invenção é definida pelas reivindicações.

[010] Em particular, de acordo com um primeiro aspecto da invenção, um dispositivo de iluminação de horticultura é fornecido. O dispositivo compreende uma fonte de luz de estado sólido disposta para emitir luz vermelha direta que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 600 a 680 nm, de preferência 640 a 680 nm, e um membro conversor de comprimento de onda disposto para receber pelo menos parte da luz vermelha direta emitida a partir da fonte de luz de estado sólido, e para converter a luz recebida vermelha direta em luz vermelha-longa que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 700 a 760 nm, de preferência 720 a 760 nm.

[011] Uma vantagem desse dispositivo é que o mesmo utiliza LEDs de vermelho direto altamente eficazes e uma baixa perda de Stokes associada à conversão de luz vermelha em luz vermelha-longa. Os LEDs de vermelho direto, que emitem luz com um comprimento de onda de emissão máximo de, por exemplo, 660 nm, são prontamente disponíveis com eficácias muito altas: eficácia luminosa ou rendimento luminoso (WPE) excedendo 50%.

A perda de Stokes para a conversão de 660 nm em 740 nm é apenas cerca de 10%. Como resultado, a eficiência do dispositivo da presente invenção é maior em comparação com a de dispositivos da técnica anterior. Adicionalmente, somente um tipo de membro conversor de comprimento de onda é necessário em combinação com a fonte de luz de estado sólido para gerar emissão de luz nas faixas espectrais do vermelho e do vermelho-longo. O número baixo de componentes necessários para alcançar a emissão de luz desejada é vantajoso em vista da fácil montagem, baixo consumo de material e preço reduzido quando se produz o dispositivo de iluminação de acordo com a presente invenção. Consequentemente, o dispositivo de iluminação de horticultura fornecido é disposto de modo eficiente para gerar uma combinação de luz vermelha e vermelha-longa. Isso é particularmente útil para estimular o crescimento vegetal e/ou biorritmo de plantas mediante a reprodução da mudança de cor da luz do dia. Por conseguinte, por exemplo, tanto fitocromo reduzido (Pr) quanto fitocromo vermelho-longo (Pfr) podem ser influenciados de maneira eficiente com o uso do dispositivo de iluminação fornecido.

[012] No contexto da presente invenção, o termo "luz vermelha" deve ser compreendido como luz que tem energias correspondentes a uma faixa de comprimentos de onda de 600 a 680 nm. Em uma modalidade preferencial da presente invenção, a faixa de comprimentos de onda da luz vermelha é mais estreita, de 640 a 680 nm, para otimizar ainda mais a eficiência do dispositivo de iluminação.

[013] De modo similar, o termo "luz vermelha-longa" deve ser compreendido como uma luz que tem energias correspondentes a uma faixa de comprimentos de onda de 700 a

760 nm. Em uma modalidade preferencial da presente invenção, a faixa de comprimentos de onda da luz vermelha-longa é mais estreita, de 720 a 760 nm, para otimizar mais a eficiência do dispositivo de iluminação.

[014] As palavras *luz vermelha direta* ou *luz vermelha-longa* devem ser interpretadas como luz vermelha ou luz vermelha-longa gerada *diretamente* pela fonte de luz de estado sólido sem quaisquer processos ópticos fora da fonte de luz de estado sólido.

[015] O termo "membro conversor de comprimento de onda" significa um material de fósforo, que tem a capacidade de converter luz de uma primeira faixa de comprimento de onda em luz de uma segunda faixa de comprimento de onda, sendo que a segunda faixa de comprimento de onda tem deslocamento de Stokes em relação à primeira faixa de comprimento de onda.

[016] Um material de fósforo é, no contexto da presente invenção, definido como um material ou substância que emite luz após excitação em processos de luminescência, fluorescência ou fosforescência.

[017] De acordo com outra modalidade da presente invenção, uma razão entre a luz vermelha direta e a luz a luz vermelha-longa emitidas a partir do dispositivo de iluminação de horticultura é definida ajustando-se a fração da luz vermelha direta que incide sobre o membro conversor de comprimento de onda a partir da fonte de luz de estado sólido. Isso fornece um meio simples de ajustar a razão entre a luz vermelha direta e a luz vermelha-longa e, por conseguinte, influenciar o crescimento e desenvolvimento vegetal.

[018] De acordo com a presente invenção, a fonte

de luz de estado sólido e o membro conversor de comprimento de onda são montados em uma unidade única que simplifica a montagem de fontes de luz em arranjos ou outras configurações que fornecem iluminação eficiente para plantas.

[019] A unidade única compreende, adicionalmente, pelo menos uma fonte de luz de estado sólido disposta para emitir a luz vermelha direta. Isso pode fornecer uma liberdade adicional para ajustar uma razão entre a luz vermelha direta e a luz a luz vermelha-longa e aprimorar a intensidade de luz dos componentes espectrais de vermelho e/ou vermelho-longo, conforme desejado para o cultivo de plantas aprimorado.

[020] De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, é fornecido um método para estimular o crescimento vegetal e biorritmo de uma planta, em que o método compreende as etapas de gerar luz vermelha direta que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 600 a 680 nm, de preferência 640 a 680 nm, com o uso de uma fonte de luz de estado sólido, recebendo pelo menos parte da luz vermelha direta em um membro conversor de comprimento de onda, e convertendo a luz recebida luz vermelha direta em luz vermelha-longa que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 700 a 760 nm, de preferência 720 a 760 nm, com o uso do membro conversor de comprimento de onda, permitindo assim influenciar a fotomorfogênese das plantas.

[021] De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção, é fornecida uma luminária que compreende pelo menos um dispositivo de iluminação de horticultura conforme descrito aqui.

[022] Um dispositivo de iluminação de

horticultura é disposto para gerar luz de horticultura. O termo "luz de horticultura" pode, a título de exemplo, se referir à luz que tem uma distribuição espectral com uma intensidade de luz em um primeiro comprimento de onda selecionado da faixa de 400 a 475 nm e em um segundo comprimento de onda selecionado da faixa de 600-800 nm. Isso não implica que a luz do dispositivo de iluminação de horticultura, quando ligada, terá sempre intensidade em ambas as regiões. O dispositivo de iluminação pode fornecer luz com intensidade em somente uma das faixas espectrais, como luz azul ou luz vermelha (longa), ou em faixas espectrais diferentes. Adicionalmente, devido ao fato de que o dispositivo pode compreender uma pluralidade de LEDs, pode ser que um ou mais LEDs gerem principalmente luz azul, enquanto um ou mais outros LEDs podem gerar principalmente luz vermelha (longa) (consulte também o texto abaixo). A expressão "comprimento de onda selecionado da faixa" também pode incluir o uso de emissores de banda, até mesmo emissores de banda que também emitem fora da faixa, embora emitam pelo menos em um comprimento de onda na dita faixa. Essa expressão pode especificamente, mas não exclusivamente, incluir emissores que têm um comprimento de onda de emissão dominante nessa faixa.

[023] O termo "horticultura" se refere ao cultivo (intensivo) de plantas para uso humano e é muito diverso em suas atividades, incorporando plantas para alimento (frutas, vegetais, cogumelos, ervas culinárias) e culturas agrícolas de não alimento (flores, árvores e arbustos, relvado de turfa, lúpulo, uvas, ervas medicinais). O termo "cultura agrícola" é usado no presente documento para indicar a planta de horticultura que é ou foi



cultivada. As plantas do mesmo tipo cultivadas em larga escala para alimento, vestuário, etc., podem ser chamadas de culturas agrícolas. Uma cultura agrícola é uma espécie não animal ou variedade que é cultivada para ser colhida como, por exemplo, alimento, forragem de gado, combustível, ou para qualquer outro propósito comercial. O termo "cultura agrícola" também pode se referir a uma pluralidade de culturas agrícolas. As culturas agrícolas de horticultura podem se referir, especificamente, a culturas agrícolas alimentares (tomates, pimentas, pepino e alface), assim como a plantas que sustentam (potencialmente) tais culturas agrícolas, como uma planta de tomate, uma planta de pimenta, uma planta de pepino, etc. A horticultura pode, no presente documento, se referir em geral a, por exemplo, plantas de cultura agrícola e plantas de não cultura agrícola. Os exemplos de cultura são Arroz, Trigo, Cevada, Aveia, Grão de bico, Ervilha, Feijão caupi, Lentilha, feijão-da-china (*vigna radiata*), Feijão-da-índia (*Vigna mungo*), Feijão soja, Feijão comum, Feijão mariposa (*Vigna aconitifolia*), Linhaça, Gergelim, Chicharro, Suna, Pimentões, Berinjela, Tomate, Pepino, Quiabo, Amendoim, Batata, Milho, Milheto pérola, Centeio, Alfalfa, Rabanete, Repolho, alface, pimenta, Girassol, Beterraba sacarina, Rícino, Cravo vermelho, Cravo branco, Cártamo, Espinafre, Cebola, Alho, Nabo, Abóbora, Melão almiscarado, Melancia, Pepino, Abóbora, Quenafe, Dendezeiro, Cenoura, Coco, Papaia, Cana-de-açúcar, Café, Cacau, Chá, Maçã, Peras, Pêssegos, Cerejas, uvas, Amêndoa, Morangos, Abacaxi, Banana, Caju, Irish, Mandioca, Cará, Borracha, Sorgo, Algodão, Triticale, Guandu e Tabaco. As culturas de maior interesse são o tomate, pepino, pimenta,

alface, melancia, mamão, maçã, pera, pêssego, cereja, uva e morango.

[024] As culturas agrícolas de horticultura podem ser cultivadas especificamente em uma estufa. Por conseguinte, a invenção se refere especificamente à aplicação do dispositivo e/ou ao método em uma estufa. O dispositivo pode ser disposto entre plantas, ou entre futuras plantas, o que é chamado de "interiluminação". O crescimento de horticultura sobre fios, como plantas de tomate, pode ser um campo específico de aplicação para a interiluminação, cuja aplicação pode ser abordada com o presente dispositivo e método. O dispositivo também pode ser disposto sobre o topo das plantas ou futuras plantas. Especificamente, quando culturas agrícolas de horticultura são cultivadas em camadas uma sobre a outra, a iluminação artificial é necessária. O cultivo de culturas agrícolas de horticultura em camadas é indicado como "crescimento multicamada" e pode ocorrer em uma fábrica de plantas. Além disso, no crescimento multicamada, o dispositivo e/ou método pode ser aplicado.

[025] Portanto, em um quarto aspecto de acordo com a presente invenção, a aplicação de horticultura é fornecida, especificamente selecionada a partir do grupo que compreende uma estufa e uma fábrica de plantas, em que a aplicação de horticultura compreende adicionalmente o dispositivo de iluminação de horticultura ou a luminária, como descrito no presente documento. Em uma modalidade, essa aplicação de horticultura compreende uma pluralidade das ditas luminárias, em que as ditas luminárias são configuradas opcionalmente para iluminar culturas agrícolas lateralmente

dentro da dita aplicação de horticultura. Em outra modalidade, a aplicação de horticultura compreende múltiplas camadas para crescimento de cultura agrícola em multicamada, sendo que a aplicação de horticultura compreende adicionalmente uma pluralidade de ditas luminárias, configuradas para iluminar as plantações na dita pluralidade de camadas.

[026] Especialmente em estufas em que as culturas agrícolas de horticultura são cultivadas em fileiras, a iluminação lateral da cultura agrícola pode ser aplicada. A expressão "iluminação lateral da cultura agrícola" indica especificamente uma configuração do dispositivo de iluminação de modo que durante pelo menos parte do processo de crescimento da cultura agrícola, a cultura agrícola seja iluminada a partir de um lado. Isso não elimina a iluminação de topo (adicional), mas pelo menos o dispositivo de iluminação de horticultura de acordo com a invenção é configurado de tal forma que a cultura agrícola seja iluminada a partir de um lado da cultura agrícola durante pelo menos parte do processo de crescimento da cultura agrícola. Presumindo um crescimento das culturas agrícolas em fileiras, pelo menos parte do dispositivo de iluminação de horticultura, especificamente pelo menos parte de sua superfície emissora de luz, pode ser disposta entre as fileiras das culturas agrícolas. Por conseguinte, pelo menos parte do dispositivo de iluminação de horticultura de acordo com a invenção pode ter um componente de propagação horizontal e iluminar uma ou mais culturas agrícolas. Uma vantagem da iluminação lateral é que as culturas agrícolas podem ser mais bem (mais integralmente) iluminadas, o uso de energia é mais eficaz e, portanto, o consumo de energia total pode ser reduzido, e especificamente

com o dispositivo da invenção, pode ser possível selecionar uma cor específica para satisfazer a demanda da cultura agrícola em um estádio específico.

[027] Deve-se observar que a invenção se refere a todas as possíveis combinações dos recursos referidos nas reivindicações.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[028] Esse e outros aspectos da presente invenção serão descritos agora em detalhes, com referência aos desenhos anexos que mostram as modalidades da invenção.

[029] A Figura 1 mostra os espectros de absorção dependentes de comprimentos de onda típicos de fitocromo reduzido (Pr) e fitocromo vermelho-longo (Pfr).

[030] A Figura 2 mostra uma vista lateral em seção transversal esquemática da estrutura básica de um dispositivo de iluminação de acordo com uma modalidade atualmente preferencial da invenção.

[031] A Figura 3 mostra uma vista lateral em seção transversal esquemática da estrutura básica de um dispositivo de iluminação de acordo com uma modalidade da invenção, que compreende uma fonte de luz de estado sólido adicional.

[032] A Figura 4 ilustra a emissão de luz de acordo com uma modalidade da presente invenção, relativa à excitação de luz com o uso de um LED vermelho direto para criar emissão de luz vermelha-longa com o uso de um corante fluorescente como membro conversor de comprimento de onda.

[033] A Figura 5 ilustra uma luminária de acordo com o terceiro aspecto da invenção.

[034] As Figuras 6 e 7 representam

esquemáticamente algumas aplicações de acordo com o quarto aspecto da invenção.

[035] Nas Figuras 2 e 3 os tamanhos das camadas e regiões são exagerados para propósitos ilustrativos, portanto, são fornecidos para ilustrar a estrutura geral de uma modalidade da presente invenção.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[036] A presente invenção será agora descrita em mais detalhes a partir deste ponto do texto com referência aos desenhos anexos, em que são mostradas algumas modalidades atualmente preferenciais da invenção. Esta invenção pode, entretanto, ser incorporada em muitas formas diferentes e não deve ser interpretada como limitada às modalidades apresentadas no presente documento; em vez disso, estas modalidades são fornecidas para fins de detalhe e completeza, e transmitem completamente o escopo da invenção para o versado na técnica.

[037] No cultivo de plantas, é desejável usar uma luz vermelha direta e/ou luz vermelha-longa. A luz vermelha tem, por exemplo, comprimento de onda ótimo para a fotossíntese de planta. A aplicação de vermelho-longo proporciona um tratamento de luz do fim do dia, que tem efeitos benéficos sobre o crescimento vegetal, produzindo caules maiores, o que é, por exemplo, importante para flores de corte e plântulas, enquanto que a expansão de folhas e o aumento das taxas de crescimento é importante para verduras folhosas, etc.

[038] Formas diferentes de fitocromo, fitocromo reduzido (Pr) e fitocromo vermelho-longo (Pfr) estão envolvidas em e regulam uma faixa de respostas

moleculares e fisiológicas em plantas, como aquelas exemplificadas acima. Conforme pode ser visto a partir dos espectros de absorção dependentes de comprimentos de onda de Pr e Pfr, vide Figura 1, essas moléculas podem reagir à luz dentro de faixas de comprimento de onda centralizados no vermelho e vermelho-longo, respectivamente. Controlando-se a razão entre a iluminação vermelha e a vermelha-longa da planta é, portanto, possível controlar, por meio da resposta fotofisiológica de Pr e Pfr, processos fisiológicos em plantas como a indução de floração, alongamento de caule, germinação etc.

[039] Uma ideia geral desta invenção é fornecer um método eficaz e um dispositivo de iluminação para gerar luz na região de comprimento de onda de vermelho-longo do espectro de luz. De acordo com uma modalidade da presente invenção, isso pode ser feito utilizando-se uma fonte de luz de estado sólido que emite luz vermelha direta juntamente com um membro conversor de comprimento de onda que é disposto para converter a dita luz vermelha direta na dita luz vermelha-longa. O pequeno deslocamento no comprimento de onda entre a luz vermelha e vermelha-longa tem perdas de Stoke inerentemente inferiores, em comparação com métodos que utilizam luz azul ou conversão de luz UV, permitindo a realização de uma iluminação mais eficaz das plantas. O número baixo de componentes necessários para alcançar a emissão de luz desejada é mais vantajoso em vista da fácil montagem, baixo consumo de material e preço reduzido quando se produz a fonte de luz de acordo com a presente invenção.

[040] Para facilitar a implementação de um

dispositivo de iluminação que seja fácil de implementar no cultivo de plantas, a fonte de luz de estado sólido e o membro conversor de comprimento de onda poderiam, adicionalmente, ser montados em uma única unidade.

[041] A Figura 2 mostra uma vista lateral em seção transversal esquemática da estrutura básica de um dispositivo de iluminação de horticultura 100 de acordo com uma modalidade atualmente preferencial da invenção. O dispositivo de iluminação compreende uma fonte de luz de estado sólido 102 (nessa modalidade um LED) em um suporte 104 disposto para emitir luz vermelha direta e membros conversores de comprimento de onda 106 dispostos para converter a dita luz vermelha direta em luz vermelha-longa. De acordo com a modalidade, conforme ilustrado na Figura 2 os ditos membros conversores de comprimento de onda 106 são dispersos em um material hospedeiro 108, formando uma camada de membro conversor de comprimento de onda 112. O material hospedeiro 108 pode ser pelo menos semitransparente para luz nas faixas de comprimento de onda relevantes para a presente invenção. Deve-se observar que uma modalidade, conforme revelado na Figura 2, tem a vantagem de que os membros conversores de comprimento de onda 106 podem estar situados a uma distância a partir da fonte de luz de estado sólido 102 reduzindo assim o contato térmico à fonte de luz de estado sólido 102, o que poderia de outra forma ter um efeito negativo sobre as propriedades físicas dos membros conversores de comprimento de onda 106, da fonte de luz de estado sólido 102, ou de ambos. O projeto fornece adicionalmente maiores possibilidades para personalizar as propriedades ópticas das partes constituintes a fim de aprimorar a saída de luz do dispositivo, por meio da

escolha de uma ou mais camadas de material intermediário 110 separando a camada de membro conversor de comprimento de onda 112 e a fonte de luz de estado sólido 102. Entretanto, também é possível dentro do escopo da presente invenção localizar pelo menos parcialmente os membros conversores de comprimento de onda diretamente na fonte de luz de estado sólido.

[042] Como exemplos não limitadores o material hospedeiro é produzido a partir de um material polimérico transparente, por exemplo, polímeros acrílicos como metacrilato de polimetila (PMMA), poliésteres como policarbonato (PC) e tereftalato de polietileno (PET), epóxis, álcool polivinílico (PVA), poliuretano, poliestireno, ou silicones. Possivelmente, a camada de membro conversor de comprimento de onda consiste em partículas do membro conversor de comprimento de onda dispersas em um ou mais dos materiais hospedeiros supracitados, que são então incorporados em um ou mais de outros materiais hospedeiros escolhidos a partir dos materiais supracitados.

[043] Alternativamente, o material hospedeiro pode ser um material de vidro ou cerâmico.

[044] Alternativamente, a camada de membro conversor de comprimento de onda pode ser formada completamente pelo próprio membro conversor de comprimento de onda, por exemplo no caso em que o membro conversor de comprimento de onda é um fósforo inorgânico o mesmo pode ser um componente de cerâmica conformado ou o pode ser um único cristal cultivado.

[045] A camada de membro conversor de comprimento de onda pode, por exemplo, ser um componente de



sustentação independente, ou pode ser aplicada em um substrato por, por exemplo, revestimento, impressão ou colagem.

[046] Como um exemplo não-limitador a(s) camada/camadas de material intermediário é/são produzidas a partir de ar, ou um material transparente escolhido a partir de, por exemplo, silicões ou epóxis.

[047] De acordo com outra modalidade, é possível ajustar a fração da dita luz vermelha direta que incide sobre o dito membro conversor de comprimento de onda a partir da dita fonte de luz de estado sólido. De acordo com essa modalidade o dispositivo de iluminação compreende uma fonte de luz de estado sólido, um membro conversor de comprimento de onda, e possivelmente um meio de blindagem. Alterando-se uma posição do membro conversor de comprimento de onda, e/ou alterando-se uma posição da dita fonte de luz de estado sólido, e/ou alterando-se uma posição do dito meio de blindagem, a razão entre o vermelho direto e o dito vermelho-longo pode ser ajustada. Nenhum excesso de fontes de luz de estado sólido é, por conseguinte, necessário para obter a razão de saída de luz desejada entre a luz vermelha e vermelha-longa a partir do dispositivo de iluminação, de acordo com a invenção que aprimora a eficiência, simplifica a montagem e reduz adicionalmente os custos. O tópico de como ajustar a quantidade de luz emitida a partir de uma fonte de luz, por exemplo, um LED, que incide sobre um membro conversor de comprimento de onda é, por exemplo, revelado no documento U.S. 2010/0254115 para o qual referência é feita.

[048] De acordo com a presente invenção, conforme ilustrado na Figura 3, a razão entre a dita luz

vermelha direta e a dita luz vermelha-longa poderia ser ajustada, em um único dispositivo de iluminação de horticultura 300, em que compreende pelo menos uma fonte de luz de estado sólido adicional 302 disposta para emitir a dita luz vermelha direta em juntamente com a fonte de luz de estado sólido 102 disposta para iluminar os membros conversores de comprimento de onda 106. Nessa unidade única de dispositivo de iluminação 300 a razão entre a dita luz vermelha direta e a dita luz vermelha-longa é ajustada regulando-se independentemente a intensidade da fonte de luz de estado sólido 102, sendo que a mesma é disposta para iluminar os membros conversores de comprimento de onda 106, e a fonte de luz de estado sólido adicional 302. Nessa modalidade particular, embora não seja obrigatório, um painel reflexivo 304 é disposto entre as duas ditas fontes de luz para aumentar a emissão de luz a partir da dita unidade única de dispositivo de iluminação 300 e reduzir a incidência de luz sobre os ditos membros conversores de comprimento de onda a partir da dita fonte de luz adicional 302. Essa modalidade fornece uma liberdade adicional para ajustar a razão entre a dita luz vermelha direta e a dita luz vermelha-longa e aprimorar a intensidade de luz dos componentes espectrais de vermelho e/ou vermelho-longo, conforme desejado para o cultivo de plantas aprimorado.

[049] De acordo com outra modalidade da presente invenção, a unidade única de dispositivo de iluminação compreende pelo menos uma fonte de luz de estado sólido adicional disposta para emitir luz azul ou branca, a fim de estimular adicionalmente o crescimento vegetal.

[050] O membro conversor de comprimento de

onda poderia compreender um material de fósforo, que deve, no contexto da presente invenção, ser compreendido como um material ou substância que emite luz após excitação em processos de luminescência, fluorescência ou fosforescência. Há abaixo três tipos diferentes de fósforos exemplificados que podem servir como membros conversores de comprimento de onda eficazes. Deve-se observar que os membros conversores de comprimento de onda poderiam ser posicionados remota ou diretamente sobre a fonte de luz de estado sólido.

[051] Primeiramente, o membro conversor de comprimento de onda poderia compreender um ponto quântico (QD). Os QDs são cristais pequenos de material semicondutor que tem, de modo geral, uma largura ou diâmetro de somente algumas dezenas de nanômetros. Os mesmos têm a vantagem de que quando são excitados por luz incidente, os mesmos emitem luz em que o comprimento de onda da luz é determinado pelo tamanho e material do QD. Adicionalmente, os mesmos mostram bandas de emissão muito estreitas e, portanto, fornecem cores saturadas, em que a saída de luz de uma cor particular pode ser produzida adaptando-se o material e tamanho dos QDs usados. QDs com emissão no vermelho-longo mediante a excitação de vermelho poderiam, por exemplo, ser alcançados com o uso de QDs que compreendem um material selecionado a partir do grupo que consiste em, mas não se limita a, QDs de II-VI e III-V, de preferência InP, estruturas de núcleo-cápsula de CdTe, CdTe/CdSe, misturas ternárias como  $\text{CdSe}_x\text{Te}_y$ , ou QDs de calcopirita como  $\text{Cu}_x\text{In}_y\text{Se}_2$  ou  $\text{Cu}_x\text{In}_y\text{S}_2$ . Os QDs podem ser superrevestidos com materiais de materiais de banda proibida superior como CdS e ZnS para propriedades emissivas acentuadas.

[052] Segundo, o membro conversor de comprimento de onda poderia compreender um fósforo inorgânico, em que o dito fósforo inorgânico compreende um material embebido com  $\text{Cr}^{3+}$ , de preferência um material selecionado a partir do grupo que consiste em  $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}$ ,  $\text{LaAlO}_3:\text{Cr}$ , e  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}$ , em que  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}$  é mais preferencial visto que sua banda de excitação de baixa energia está localizada em torno de 650 nm. Alternativamente, fósforos de  $(\text{Zn},\text{Cd})\text{S}:\text{Ag}$  com teor de Cd alto podem ser usados já que os mesmos também são conhecidos por ter máximos de emissão no vermelho-longo.

[053] Terceiro, o membro conversor de comprimento de onda poderia compreender um corante fluorescente, em que o dito corante fluorescente é, de preferência, um 3,4,9,10-perileno-tetracarboxilbis-benzimidazol (PTCBI) substituído (por exemplo, alcoxila) também chamado de perileno perinona, em que é um membro da família de corantes emissores de vermelho-longo, e com mais preferência 3,4:9,10-bis(1,2-benzimidazol)-1,6,7,12-tetra(4-nonilfenoxi)perileno (sin/anti-isômeros). Foi mostrado que esse corante tem uma absorbância em 550 a 670 nm e para exibir emissão na faixa de 650 a 850 nm (M.G. Debiije et al, Appl. Optics 50, 163 (2011)). Ademais, um rendimento quântico de 80% foi relatado para o corante quando em um material hospedeiro policarbonato. A substituição em região bay do perileno perinona não se limita ao 4-nonilfenoxi usado nesse exemplo, mas pode ser uma faixa de outras alcoxilas, incluindo outros alquilfenóis como 4-terc-octilfenóxi.

[054] Foi mostrado, conforme ilustrado na Figura 4, que o uso de LED que emite um comprimento de onda

de emissão máximo em 620 nm é possível gerar emissão de luz na faixa de comprimentos de onda de 650 a 850 nm com o uso de um comprimento de onda que converte o material que compreende o corante fluorescente (3,4:9,10-bis(1,2-benzimidazol)-1,6,7,12-tetra(4-nonilfenoxi)perileno (sin/anti-isômeros)) misturado em um material hospedeiro de 1 mm de espessura do metacrilato de polimetila (PMMA). Nessa modalidade particular modalidade o material hospedeiro que contém o membro conversor de comprimento de onda foi posicionado remotamente a partir do LED.

[055] A pessoa versada na técnica entende que a presente invenção não é de forma alguma limitada às modalidades preferenciais descritas acima. Pelo contrário, muitas modificações e variações são possíveis no escopo das reivindicações em anexo.

[056] Por exemplo, em uma modalidade da presente invenção, a fonte de luz de estado sólido poderia ser um Diodo Emissor de Luz Orgânico (OLED) ou um Diodo Laser (LD).

[057] De acordo com uma modalidade a fonte de luz de estado sólido poderia ser disposta para emitir luz que tem um comprimento de onda de emissão máximo de  $620 \pm 10$  nm. De acordo com outra modalidade a fonte de luz de estado sólido poderia ser disposta para emitir luz que tem um comprimento de onda de emissão máximo de  $640 \pm 10$  nm. De acordo com ainda outra modalidade a fonte de luz de estado sólido poderia ser disposta para emitir luz que tem um comprimento de onda de emissão máximo de  $660 \pm 10$  nm.

[058] A Figura 5 mostra, esquematicamente, uma luminária 400 de acordo com o terceiro aspecto da invenção. A

luminária compreende um ou mais dispositivos de iluminação de horticultura de acordo com o primeiro aspecto da invenção.

[059] A Figura 6 representa, esquematicamente, a aplicação de horticultura para o crescimento de tomate, por exemplo. A referência 1000 indica a aplicação de horticultura, aqui a título de exemplo uma estufa. A cultura agrícola de horticultura é indicada com referência 1. A referência 2 indica o(s) possível(eis) fruto(s), tomates nesse caso. A cultura agrícola de tomate somente é usada como exemplo para ilustrar alguns aspectos. As culturas agrícolas ou plantas de tomate são dispostas em fileiras. A interdistância das fileiras, e por conseguinte das plantas, é indicada com a referência L1, e pode por exemplo estar na faixa de 1 a 2 metros, como 1,5 metros. A altura total a partir do nível do solo, indicada com a referência H pode, por exemplo, estar na faixa de 2 a 4 m, como cerca de 3 m. A parte dessa altura total que é especificamente relevante para a iluminação de horticultura pode cobrir uma altura H1, e está na faixa de 0,5 a 1 m, e é cerca de uma altura H2 acima do nível do solo, cuja altura H2 pode estar na faixa de 0,5 a 1,5 m, especificamente cerca de 1 m. A luminária 500 pode abordar especificamente a cultura agrícola de horticultura sobre a dita altura H1; entretanto, no lado esquerdo uma luminária relativa alta 500 é mostrada, somente a título de exemplo. A referência d indica a distância entre a (superfície(s) emissora(s) de luz da) luminária 500 e a cultura agrícola 1. A referência 511 indica a luz de horticultura que é gerada pela luminária 500 durante o funcionamento. A luminária 500 pode compreender uma pluralidade de dispositivos de iluminação de horticultura 100.

[060] Outra modalidade da aplicação de

horticultura será discutida a seguir com referência à Figura 7. A referência 1200 indica a aplicação de horticultura, aqui a título de exemplo uma fábrica de plantas que tem uma pluralidade de fileiras de culturas agrícolas 1. Nessa modalidade, as luminárias 500 conforme descrito aqui, são usadas para crescimento multicamada. As múltiplas camadas são indicadas com as referências 1010. Nesse caso é benéfico que todos os dispositivos de iluminação de horticultura 510, durante o funcionamento, emitam a luz de horticultura 511 na mesma direção para as plantas. Nesse caso, pode ser vantajoso imprensar os dispositivos de iluminação de horticultura 510 entre duas folhas metálicas 360. De preferência, a folha metálica na parte posterior do dispositivo de iluminação de horticultura 510 é tornada refletora difusa incorporando-se uma camada que contém uma tinta branca à base de partículas como  $\text{TiO}_2$ . A vantagem é que a luz que é refletida pela planta de volta para a luminária 500 é reciclada.

[061] Adicionalmente, variações das modalidades apresentadas podem ser entendidas e efetuadas pela pessoa versada na técnica na prática da invenção reivindicada, a partir de um estudo dos desenhos, da revelação e das reivindicações em anexo. Nas reivindicações, o uso do verbo "compreender" não exclui outros elementos ou etapas, e o artigo indefinido "um(a)" não exclui a presença de uma pluralidade de tais elementos. O simples fato de que certas medidas são referidas em diferentes reivindicações mutuamente dependentes não indica que uma combinação dessas medidas não possa ser usada em seu benefício.

REIVINDICAÇÕES

1. DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA, compreendendo uma fonte de luz de estado sólido (102) disposta para emitir luz vermelha direta que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 600 a 680 nm, de preferência 640 a 680 nm, e um membro conversor de comprimento de onda (106) disposto para receber pelo menos parte da dita luz vermelha direta emitida a partir da dita fonte de luz de estado sólido (102), e para converter a dita luz recebida vermelha direta em luz vermelha-longa que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 700 a 760 nm, de preferência 720 a 760 nm,

caracterizado pelo dispositivo de iluminação compreender:

uma fonte de luz de estado sólido adicional (302) disposta para emitir luz vermelha direta, e

um painel reflexivo (304) disposto entre a dita fonte de luz (102) e a dita fonte de luz de estado sólido adicional (302) para reduzir a incidência de luz sobre os ditos membros conversores de comprimento de onda a partir da dita fonte de luz de estado sólido adicional (302),

em que a dita fonte de luz de estado sólido (102), a dita fonte de luz de estado sólido adicional (302), o dito painel reflexivo (304) e o dito membro conversor de comprimento de onda (106) são montados em uma única unidade, e

em que uma razão entre a dita luz vermelha direta e a dita luz vermelha-longa emitida a partir do dito dispositivo de iluminação é definida ajustando-se a fração da dita luz vermelha direta que incide sobre o dito membro



conversor de comprimento de onda (106) regulando independentemente a intensidade da luz emitida pela dita fonte de luz de estado sólido (102) e a dita fonte de luz de estado sólido adicional (302).

2. DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo dito membro conversor de comprimento de onda (106) compreender um ponto quântico, fósforo inorgânico e/ou um corante fluorescente.

3. DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo dito ponto quântico compreender o material selecionado a partir do grupo que consiste em pontos quânticos II-VI e III-V, de preferência InP, estruturas de núcleo-cápsula de CdTe, CdTe/CdSe, misturas ternárias como  $\text{CdSe}_x\text{Te}_y$ , ou pontos quânticos de calcopirita como  $\text{Cu}_x\text{In}_y\text{Se}_2$ , ou  $\text{Cu}_x\text{In}_y\text{S}_2$ .

4. DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo dito fósforo inorgânico compreender um material embebido com  $\text{Cr}^{3+}$ , de preferência um material selecionado a partir do grupo que consiste em  $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}$ ,  $\text{LaAlO}_3:\text{Cr}$ , e  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}$ .

5. DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo dito corante fluorescente compreender, de preferência, um 3,4,9,10-perileno-tetracarboxilbis-benzimidazol (PTCBI) substituído (por exemplo, alcoila) também chamado de perileno perinona, sendo que é um membro da família de corantes emissores de vermelho-longo, e com mais preferência 3,4:9,10-bis(1,2-benzimidazol)-1,6,7,12-tetra(4-nonilfenoxi)perileno (sin/anti-isômeros).

6. DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO DE HORTICULTURA, de

acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado por compreender pelo menos uma fonte de luz de estado sólido adicional disposta para emitir luz azul ou branca.

7. MÉTODO PARA ESTIMULAR O CRESCIMENTO VEGETAL E BIORRITMO DE UMA PLANTA, compreendendo as etapas de:

gerar luz vermelha direta que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 600 a 680 nm, de preferência 640 a 680 nm, com o uso de uma fonte de luz de estado sólido (102),

receber pelo menos parte da dita luz vermelha direta em um membro conversor de comprimento de onda (106), e

converter a dita luz vermelha direta recebida em luz vermelha-longa que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 700 a 760 nm, de preferência 720 a 760 nm, com o uso do dito membro conversor de comprimento de onda (106),

caracterizado pelo método compreender as etapas de:

gerar luz vermelha direta que tem um comprimento de onda de emissão máximo de 600 a 680 nm, de preferência 640 a 680 nm, com o uso de uma fonte de luz de estado sólido (302),

fornecer um painel reflexivo (304) disposto entre a dita fonte de luz de estado sólido (102) e a dita fonte de luz de estado sólido adicional (302) para reduzir a incidência de luz sobre os ditos membros conversores de comprimento de onda (106) a partir da dita fonte de luz adicional (302),

em que uma razão entre a dita luz vermelha direta e a dita luz vermelha-longa emitida é definida ajustando-se a quantidade da dita luz vermelha direta que incide sobre o

dito membro conversor de comprimento de onda (106) regulando independentemente a intensidade da luz emitida pela dita fonte de luz de estado sólido (102) e a dita fonte de luz de estado sólido adicional (302).

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo dito membro conversor de comprimento de onda compreender um corante fluorescente, em que o dito corante fluorescente preferencial compreende um 3,4,9,10-perileno-tetracarboxilbis-benzimidazol (PTCBI) substituído (por exemplo, alcoxila) também chamado de perileno perinona, sendo que é um membro da família de corantes emissores de vermelho-longo, e com mais preferência 3,4:9,10-bis(1,2-benzimidazol)-1,6,7,12-tetra(4-nonilfenoxi)perileno (sin/anti-isômeros).

9. LUMINÁRIA (400, 500), caracterizada por compreender um dispositivo de iluminação de horticultura, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6.

10. APLICAÇÃO DE HORTICULTURA (1000, 1200), selecionada a partir de um grupo que compreende ao menos uma estufa e uma fábrica de plantas, sendo a aplicação de horticultura caracterizada por compreender adicionalmente um dispositivo de iluminação de horticultura, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, ou uma luminária, conforme definida na reivindicação 9.

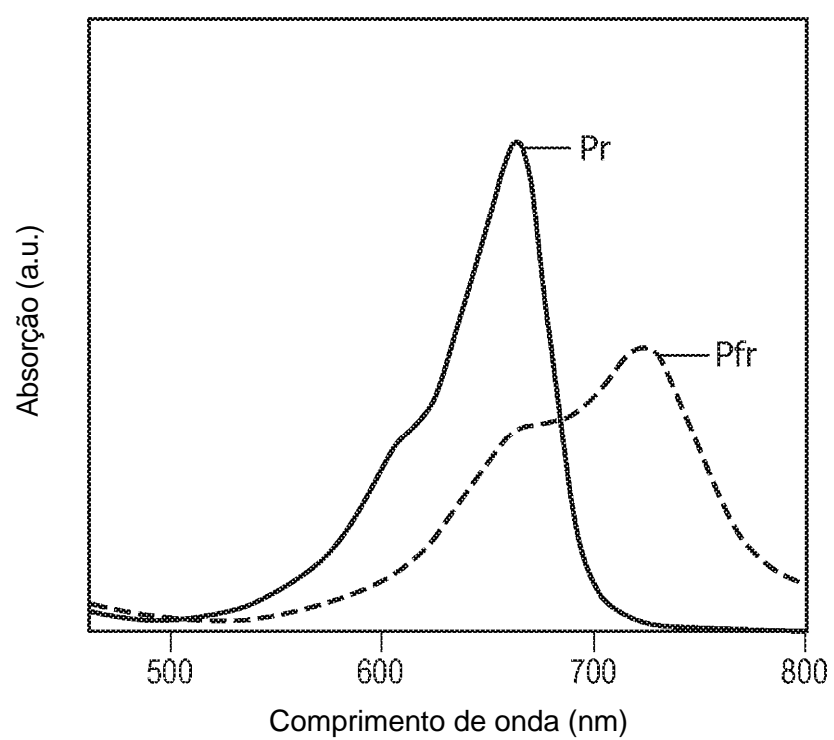


FIG. 1

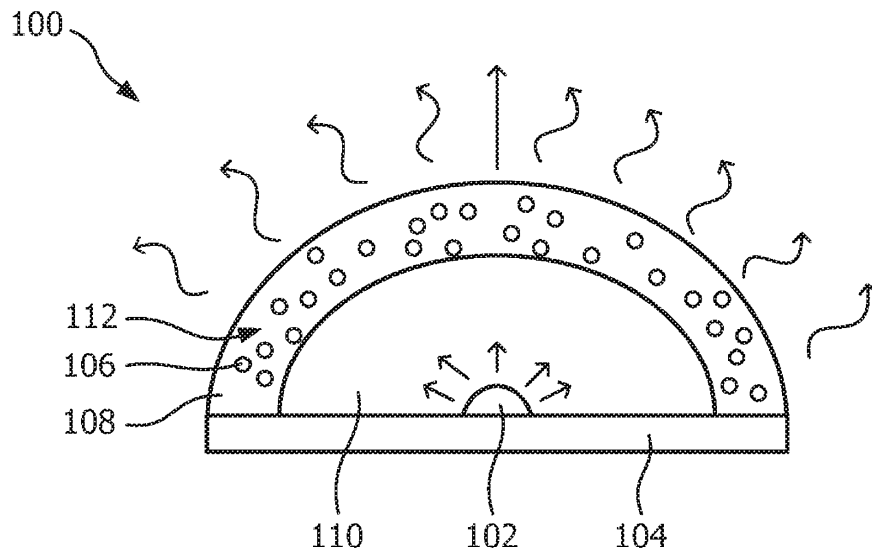


FIG. 2

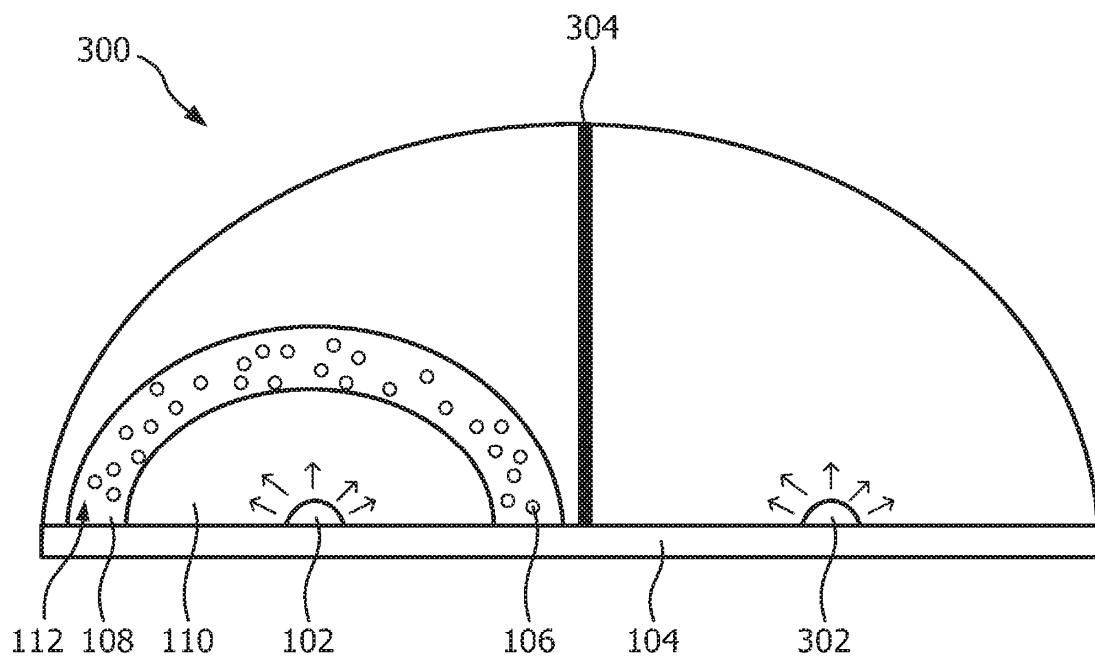


FIG. 3

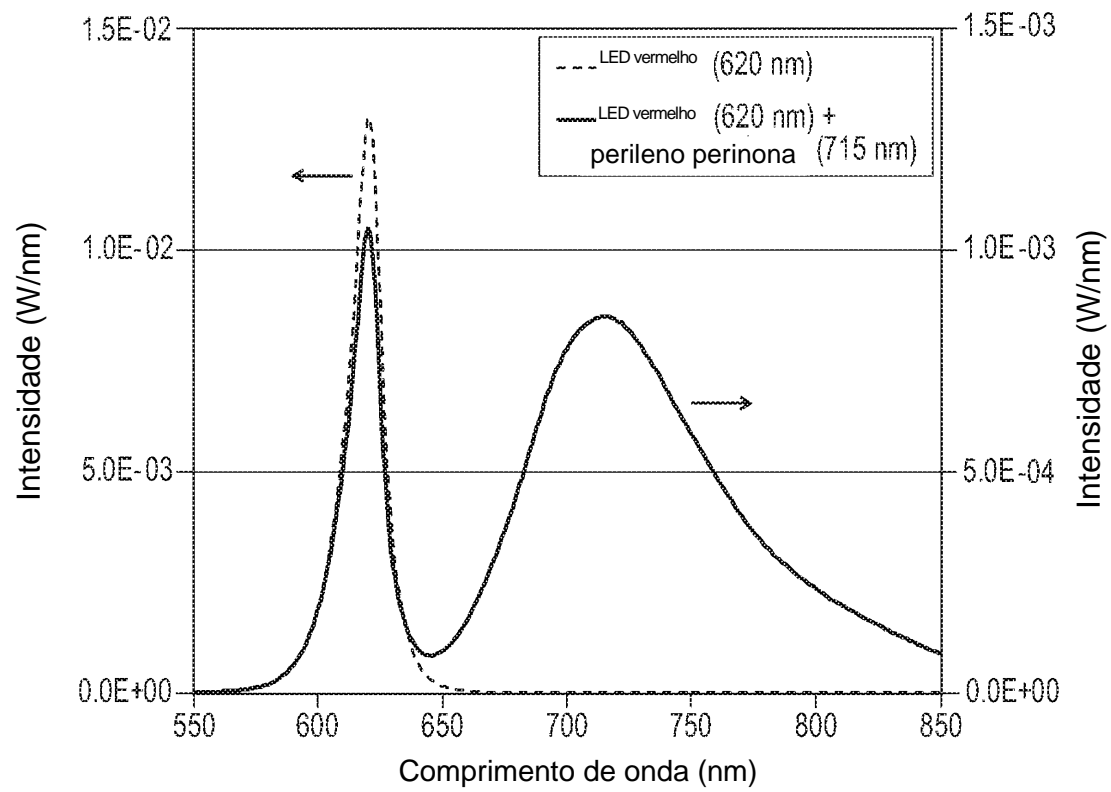


FIG. 4

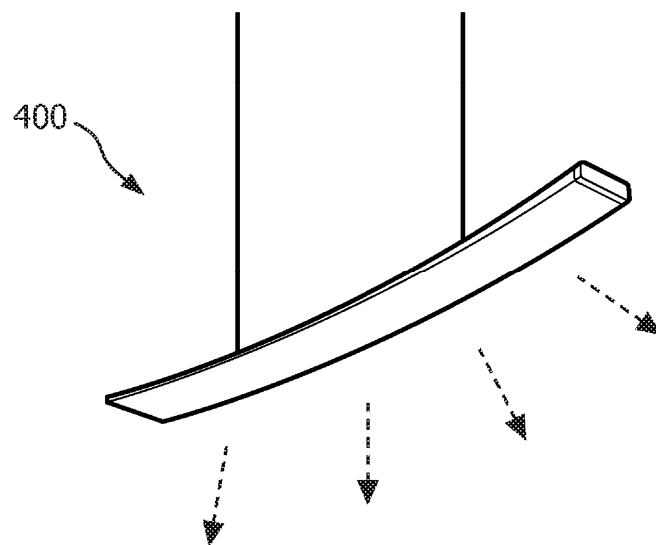


FIG. 5

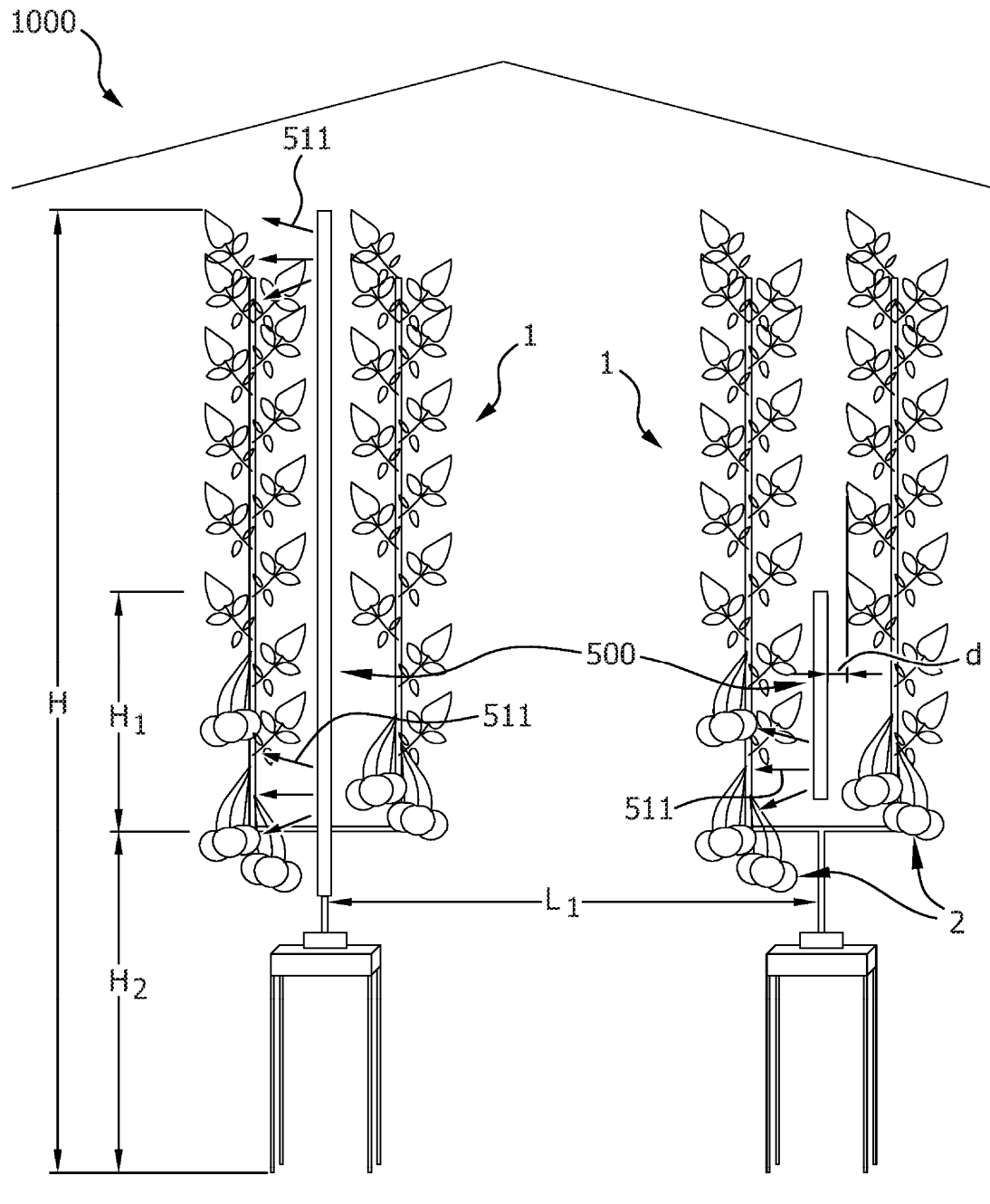


FIG. 6

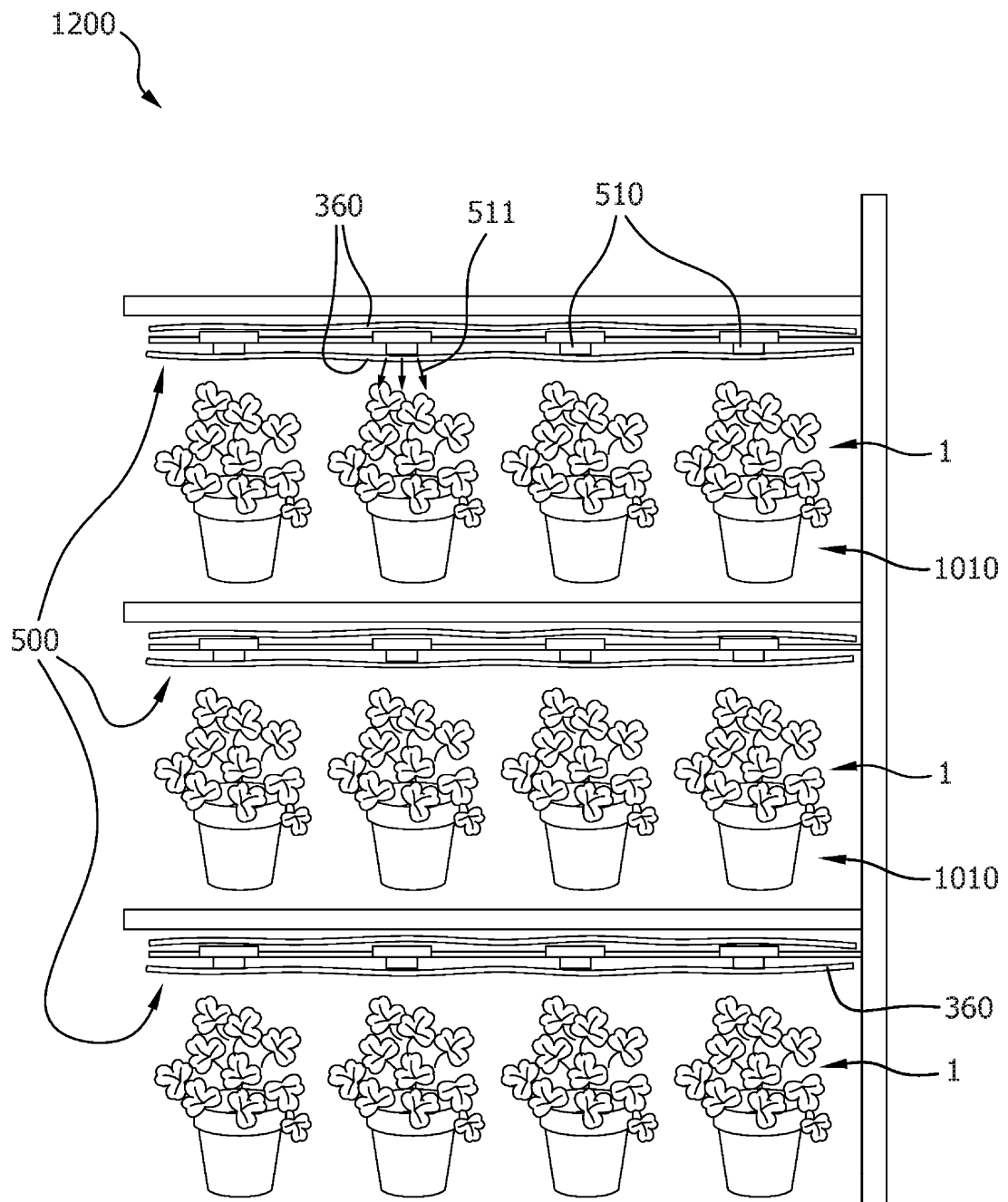


FIG. 7