





ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,  
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,

SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則4.17に規定する申立て:

- 先の出願に基づく優先権を主張する出願人の資格に関する申立て (規則4.17(iii))
- 発明者である旨の申立て (規則4.17(iv))

添付公開書類:

- 国際調査報告書なし ; 報告書を受け取り次第公開される。

## 明 細 書

### 育成方法、生産方法及び照明装置

#### 技術分野

[0001] 本発明は、育成方法、生産方法及び照明装置に関し、特に植物に光を照射することが可能な発光体モジュールが基板に配置された照明装置による育成方法等に関する。

#### 背景技術

[0002] 特許文献1に記載のように植物の生育のために用いられる照明装置がある。特許文献1に具体的に記載されている照明装置では中心軸に対して放射状に2色以上の光を放射するように光源が配設された蛍光ランプのような発光装置が備えられ、発光装置は中心軸を回転軸として回転し、植物という被照射物へ照射する光の波長の選択を行えるものとしている。特許文献1では、蛍光ランプの代わりにLEDを用いることも示されている。

[0003] また、本願の発明者は、図15に示すような教育現場用或いは研究現場用の植物栽培LED照明器の他、図16に示すような教育現場用或いは研究現場用のLEDインキュベータを創出している。図15(B)及び図16(B)には、それぞれコントローラも示している。

[0004] なお、LEDを用いた照明装置としては、特許文献2に示すようなものもある。

[0005] 特許文献1:特開2007-188799号公報

特許文献2:特開2007-41622号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載の照明装置では、回転させて異なる波長の光を照射するとすれば回転機構が不可欠であり、構造上の制約があるばかりか、発光装置と被照射物との位置関係の制約も大きかった。

[0007] また、本願の発明者による植物栽培LED照明器とLEDインキュベータでは、教育用・研究用の装置なため商用や量産用のものではなかった。また商用や量産用という

点からすれば、所謂砲弾型LEDを使用しており、まだ不十分な点もあった。すなわち、砲弾型LEDではチップからの少ない光をドームレンズで集光して指向性を持たせている。その結果、発光の強さが不十分なために指向性を狭くすれば高輝度化が可能な方向となるが、商用等のために装置を大型化して複数の砲弾型LEDを配置した場合には光のムラが顕在化してしまうという問題もあった。

[0008] なお、特許文献2では、砲弾型LEDと表面実装型LEDの場合が示されているが、同一色のLEDが配置されて単に発光させるものであり、植物の育成等などの用途には不十分であった。

[0009] ゆえに、本発明は、省電力をより進めたLEDによって、簡易に、強さが十分な異なる波長の光を発光でき、さらに商用の植物の育成等の特殊な用途にも適した照明装置を用いた育成方法等を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0010] 請求項1に係る発明は、植物に光を照射することが可能な発光体モジュールが基板に配置された照明装置による育成方法であって、前記発光体モジュールは、第1の波長域の光を発光する第1のLED発光素子と、第2の波長域の光を発光する第2のLED発光素子とを少なくとも有し、前記第1のLED発光素子と前記第2のLED発光素子とは隣接して配置されて互いに独立して制御され、予め定められたタイミングに、前記第1のLED発光素子が発光することによる光を前記植物に照射し、前記第2のLED発光素子が発光する光を前記植物に照射し、又は前記第1のLED発光素子及び前記第2のLED発光素子が発光することによる光を前記植物に照射する。

[0011] 請求項2に係る発明は、植物に光を照射することが可能な発光体モジュールが基板に配置された照明装置によって育成して天然果実を生産する生産方法であって、前記発光体モジュールは、第1の波長域の光を発光する第1のLED発光素子と、第2の波長域の光を発光する第2のLED発光素子とを少なくとも有し、前記第1のLED発光素子と前記第2のLED発光素子とは隣接して配置されて互いに独立して制御され、予め定められたタイミングに、前記第1のLED発光素子が発光することによる光を前記植物に照射し、前記第2のLED発光素子が発光する光を前記植物に照射し、又は、前記第1のLED発光素子及び前記第2のLED発光素子が発光することによる光を

前記植物に照射し、前記植物の光合成に加えて光形態形成を促進させて天然果実を生産する。

- [0012] 請求項3に係る発明は、発光体モジュールが基板に配置された照明装置であって、前記発光体モジュールは、第1の波長域の光を発光する第1のLED発光素子と第2の波長域の光を発光する第2のLED発光素子とを少なくとも有し、前記第1のLED発光素子と前記第2のLED発光素子とは隣接して配置されていることを特徴とする。
- [0013] 請求項4に係る発明では、請求項3において、前記第1のLED発光素子は赤色の光を発光し、前記第2のLED発光素子は青色の光を発光し、前記発光体モジュール内に配置される前記第1のLED発光素子と前記第2のLED発光素子の数について発光面の面積比が3対1となるように調整されている。
- [0014] 請求項5に係る発明は、請求項3又は4において、前記第1のLED発光素子の発光と前記第2のLED発光素子の発光を独立して制御する制御手段を備える。
- [0015] 請求項6に係る発明では、請求項3から5のいずれかにおいて、前記第1のLED発光素子及び前記第2のLED発光素子の発光の指向性は面指向性である。
- [0016] 請求項7に係る発明では、請求項3から6のいずれかにおいて、前記基板はその断面が所定のテーパ角を有する略コの字状をしており、前記発光体モジュールは当該基板の底部に配置される。
- [0017] 請求項8に係る発明では、請求項3又は7において、前記基板は金属ベース基板である。
- [0018] 請求項9に係る発明では、請求項3において、前記第1のLED発光素子が発光する光の波長域内に660nmが含まれ、前記第2のLED発光素子が発光する第2の波長域内に470nmが含まれる。なお、照明装置が植物の育成に用いられる場合において、光合成と光形態形成という観点からすれば、前記第1のLED発光素子が発光する波長域は625nm～690nmの範囲内が好ましく、さらには640nm～660nmの範囲内がより好ましく、前記第2のLED発光素子が発光する波長域は420nm～490nmの範囲内が好ましく、さらには460nm～470nmの範囲がより好ましい。これにより、光合成に対する効果が大きな赤色光を植物に照射でき、葉の正常な形態形成に対する効果が大きな青色光を植物に照射できる。

## 発明の効果

- [0019] 請求項1に係る発明によれば、発光体モジュールに、第1の波長域の光を発光する第1のLED発光素子と第2の波長域の光を発光する第2のLED発光素子とを少なくとも有させて第1のLED発光素子と第2のLED発光素子とを隣接して配置させ、互いに独立して制御し、予め定められたタイミングに、第1のLED発光素子が発光することによる光を植物に照射し、第2のLED発光素子が発光する光を植物に照射し、又は、第1のLED発光素子及び第2のLED発光素子が発光することによる光を植物に照射することにより、簡易に、強さの十分な異なる波長の光による商用の植物の育成といった特殊な用途における成果を得ることができる。
- [0020] 請求項2に係る発明によれば、第1のLED発光素子と第2のLED発光素子が発光することによる光を植物に照射し、植物の光合成に加えて光形態形成を促進させて天然果実を生産でき、商用の植物育成における大きな効果を得ることができる。
- [0021] 請求項3～9に係る発明によれば、発光体モジュールに、第1の波長域の光を発光する第1のLED発光素子と第2の波長域の光を発光する第2のLED発光素子とを少なくとも有させて第1のLED発光素子と第2のLED発光素子とを隣接して配置させることにより、請求項1に係る発明による植物育成も可能になる。

## 図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本発明の実施の形態に係る照明装置の利用例としての育成装置を説明するための図である。
- [図2]図1の一部を拡大した斜視図である。
- [図3]図1及び図2の育成装置の発光体モジュールの部分を下方から拡大した図である。
- [図4]図3のIV-IVライン断面図である。
- [図5]植物の生活環調節における光の役割を示した図である。
- [図6]補光用植物栽培LED照明器の原理試作器を示した図である。
- [図7]使用した赤色LEDと他の照明装置との相違点を示した図である。
- [図8]実験結果をまとめた表を示した図である。
- [図9]図8の葉柄長についてのデータをグラフ化した図である。

[図10]図8の葉柄径(葉柄断面径)についてのデータをグラフ化した図である。

[図11]図8の葉身長についてのデータをグラフ化した図である。

[図12]図8の葉身幅についてのデータをグラフ化した図である。

[図13]図8の葉円周(葉の大きさ)についてのデータをグラフ化した図である。

[図14]図8の糖度についてデータをグラフ化した図である。

[図15]発明者によって提案されている教育現場用或いは研究現場用の植物栽培LED照明器を示した図である。

[図16]発明者によって提案されている教育現場用或いは研究現場用のLEDインキュベータを示した図である。

### 符号の説明

[0023] 5 育成装置

発明を実施するための最良の形態

[0024] 図1は、本発明の実施の形態に係る照明装置の利用例としての育成装置を説明するための図である。図2は、図1の一部を拡大した斜視図である。

[0025] この育成装置5は施設としてのビニールハウス1内に用いられている。ビニールハウス1には、奥行き方向に列をなして延びる栽培植物3があり、その栽培植物3の各列に対応してその上方に必要な数の育成装置5が配置される。その配置のために育成装置5は支持機構6によって支持される。支持機構6には高さ調節部7があり、後述する発光体モジュールから1.5m離れた位置において80Lux以上の明るさとなるように自然光とは別に補光される光の強さが調節される。

[0026] 図3は図1及び図2の育成装置の発光体モジュールの部分を下方から拡大した図であり、図4は図3のIV-IVライン断面図である。

[0027] 図3に示すように発光体モジュール9には、4つの面指向型LED発光素子11a, 11b, 11c, 11dが含まれている。この発光体モジュール9のサイズは約1cm四方である。面指向型LED発光素子11a~11cは赤色の発光が可能であり、面指向型LED発光素子11dは青色の発光が可能である。赤色の光の波長は通常は660nmに調整されており、青色の波長は通常は470nmに調整されている。なお、図示を省略したコントローラにより互いに独立に制御される。そして、赤色の波長の波長域は625nm~69

0nmの範囲内が好ましく、さらには640nm～660nmの範囲内がより好ましいが、ここでは625nm～660nmの範囲で調整可能としている。青色の波長の波長域は420nm～490nmの範囲内が好ましく、さらには460nm～470nmの範囲内がより好ましく、ここでは460nm～470nmの範囲で調整可能としている。各面指向型LED発光素子11a～11dには、図4に示すように、指向性を調整するためのガラスによるレンズ13a, 13b(図4では13c, 13dの図示を省略)が装着されている。

[0028] ここで、発光体モジュール9の量子化率は30%～40%なため放射機能をどのようにするかが重要である。そのため、金属ベース基板としての例えばアルミハウジング15が用いられればよく、発光体モジュール9は回路基板16を介してその底部15aに取り付けられている。このアルミハウジング15は各面指向型LED発光素子11a～11dから発せられる熱を放熱するだけでなく、反射板としての役割も果たす。そのため、アルミハウジング15は、反射のための表面処理が施されるだけでなく、 $\alpha$ で示されるテーパ角が形成されるように側壁15bが傾斜している。このテーパ角は、面指向型LED発光素子11a～11dから発光される光の強さと栽培植物3までの距離他、栽培植物3の葉などの広がり具合、栽培植物3の位置において必要な光の強さなどから定められる。

[0029] なお、詳しい図示はしないが、面指向型LED発光素子にはヒートスラグ部分があり、銅タングステン(CuW)、窒化アルミニウム(AlN)、ダイヤモンドなどが使われればよい。

[0030] また、面指向型LED発光素子(及びアルミ板のような反射板も含めて)の指向性にもよるが、指向幅が狭いものであれば、その下部に円柱のガラス棒を集光と反射用に用いる工夫が行われてもよい。

[0031] さらに、上記では、赤色の面指向型LED発光素子の青色の面指向型LED発光素子の数を3:1としたが、数ではなく、発光面の面積比を3:1とするようにしたものであってもよい。そのため、赤色の面指向型LED発光素子を正三角形の頂点位置に配置し、その重心位置に青色面指向型LED発光素子を配置するようにしてもよい。

[0032] さらに、上記では、赤色と青色の2色とし、その割合を上記のように3:1としたが、これに限られず、対象とする植物の種類や生育状況、その他気候といった時期等に応

じて割合の比率の他、波長の選択も行えばよい。

- [0033] さらに、2色として、赤と青を示したが、遠赤色、白色、パープル(赤色+青色)のような他の色も含めた組み合わせにしてもよく、3色以上を発光できるものとしてもよい。
- [0034] ところで、光と植物との関係は図5に示されるような関係がある。図5は植物の生活環境調節における光の役割を示した図である。
- [0035] 「赤色光・遠赤色光」が有効な光となるのは「発芽誘導、発芽阻害、成長調節、茎伸張・葉面積拡大というような形態形成、発芽形成、色素合成」という作用であり、各作用と「発芽、栄養成長、生殖成長、老化」という各期が関係する。また、「青色」が有効な光となるのは「茎伸張・出葉速度・葉厚というような形態形成、光屈性、気孔開口、葉緑体の運動、花成というような花芽形成、既日リズムの同調、色素合成」という作用であり、各作用と前記した各期が関係する。さらに、これらの各期における各作用との関係では、「フィトクロム、クリプトクロム、フォトトロピン」の対応するものが関係する。
- [0036] なお、フィトクロムについてさらに記載すると、植物工場研究所HPにも記載されているが、フィトクロムという色素の働きを介して、種子発芽、花芽分化、開花、子葉の展開、葉緑素合成節間伸長などの植物の質的变化である光形態形成が弱光反応と強光反応によって誘起されると言われている。また、強光下における葉緑素合成は青色光によって促進され、赤色光によって阻害される傾向があると言われている。また、光合成に対しては640nm～690nmの赤色光の効果がもっとも大きく、葉の正常な形態形成には420nm～470nmの青色光が必要とされ、植物種や成長段階に応じて、赤色光と青色光の最適な割合(R/B)比があると考えられている。
- [0037] 本願の発明者は、このような考え方も踏まえつつ、下記の実験により、植物栽培用の基準とすべきR/B比は上記したように3:1にした。
- [0038] 以下、施設園芸栽培の対象として夏イチゴの高設栽培施設における補光用植物栽培LED照明器の原理試作器における実験について示す。ビニールハウスの奥行き60メートルに対して、90cm×40cmのプランターにイチゴ苗を千鳥に10個定植し、高設を3列に設置して栄養液を灌水チューブで供給している。イチゴ苗の品種はペチカでケーキ用イチゴとして出荷されるものである。実験地は旭川近郊の富良野で行い、期間は2007年9月18日～11月16日までの約2ヶ月間である。ここで、9月から11

月までの3ヶ月の日照時間は東京と旭川ではかなり差があることを指摘しておく。すなわち、東京では月毎の日照時間変化は小さいが、旭川では9月、10月と比較すると11月にはそれらの約4割の日照時間にまで落ちてしまう。また、言うまでもないが、11月以降ビニールハウスも積雪の影響を受けるために更に日照時間が短くなり、平均気温が低下して行く中でイチゴの株が休眠状態に移行して生産活動を終了することを防ぐために、自然光のみに頼らない補光には大きな意義がある。本実験における補光の効果が表れる地域として旭川近郊の富良野において実験を行ったことを付言する。

[0039] 波長毎に比較するため7つの区(LH赤区、LH青区、LH白区、PLT赤区、PLT青区、PLT白区、非処理区)に分けた。ここで、LH赤区～LH白区における「赤」「青」「白」はLEDが発光する色の種類を表し、具体的な設置状況は図6に示す状況である。PLT赤区～PLT白区における「赤」「青」「白」も発光する色の種類を表している。すなわち、波長の特徴を解析するために「赤」「青」「白」の単色光源を用いた。「LH」と「PLT」の区別は、面指向型LED発光素子(及びアルミ板のような反射板も含めて)の指向性の違いから異なる照射機構を採用した。「PLT」側は指向性が広いものであり、「LH」側は指向性が狭くその下部に円柱のガラス棒を集光と反射用に用いる工夫が行われている。補光は夜間と明け方に行った。そして、非処理区では補光は行われていないようにすべく他の6種類のLED照射区(LH赤区、LH青区、LH白区、PLT赤区、PLT青区、PLT白区)から外乱影響を受けない距離としてそれぞれから5m隔てたエリアにしている。

[0040] なお、図7に、使用した赤色LEDと他の照明装置との相違点を示す。消費電力の少なさとPAR(光合成有効放射)効率を見れば、他の照明装置に比べて赤色LEDが植物栽培に適した照明装置に用いられると好ましいLED発光素子であることも理解できる。また、寿命は実験では5万時間の点灯も確認できており、他の光源と異なって球切れの恐れも少ないという効果もある。

[0041] 図8は実験結果をまとめた表である。図9は図8の葉柄長についてのデータをグラフ化した図であり、図10は図8の葉柄径(葉柄断面径)についてのデータをグラフ化した図であり、図11は図8の葉身長についてのデータをグラフ化した図であり、図12は

図8の葉身幅についてのデータをグラフ化した図であり、図13は図8の葉円周(葉の大きさ)についてのデータをグラフ化した図であり、図14は図8の糖度についてデータをグラフ化した図である。

- [0042] 実験結果によると、データ全体からすれば、以下のことが言える。第一に、赤色・青色照射区では葉の緑色が濃くなっていた。そのため、光合成が活発化したと言える。第二に、赤色光は花房の上がりが早かった。第三に、赤色光は果実の着色が早かった。第四に、赤色光は果粒が大きく充実した果実が得られた。第五に、青色光は株が低くどっしりした状態になった。第六に、全ての照射区で糖度が上昇した。第七に、株疲れの防止に効果が得られた。
- [0043] まとめて、図8の非処理区を見ると分かるように自然光のみで行った場合には、展葉は休眠状態になり、株疲れが起こり、10月頃には収穫が終了して休眠状態になるのに対し、補光を行った各区では非処理区に比べて光合成が活発になる結果が得られ(特にPLT赤区という赤色照射区では草型が盛り上がり、株の勢いを感じられる結果が得られ)、11月以降にまで収穫が可能になった。つまり、LEDによる光を照射することにより株疲れが起こりにくくなり、収穫期間を延ばすことができた。また、収穫期間が伸びたことによる収穫量が多くなっただけでなく、光合成速度の加速により収穫までの期間を短縮化でき、花芽形成時期の調節というようなことも可能になり、形態形成による成長がよいことから株のエネルギーが増して摘花が減り収穫果数が増加し、同一期間でも収穫量が多くなった。さらに、光合成が促進されることから二酸化炭素と水から糖類の量も多くなり、収穫されるイチゴの糖度も高くなった。
- [0044] 以上のような実験結果に基づく植物栽培の育成のための補光用LED照明器によって自然光のみでは栽培が困難な状況下においても栽培が可能になる上に、収穫量の増加に加えて糖度上昇のような新たな効果を奏させることもできる。
- [0045] なお、上記の実施の形態における実験ではイチゴについて説明したが、装置自体が小型なため防除作業の邪魔にならず、キク、バラ、トルコキキョウなどの他の高設栽培にも適しているばかりか、適用範囲は高設栽培以外の他の施設園芸に用いられてもよい。
- [0046] さらに、上記した実施の形態では、照明装置としての育成装置を説明したが、イカ

釣り舟における集魚灯のような特殊な用途用の照明装置として使用されてもよい。

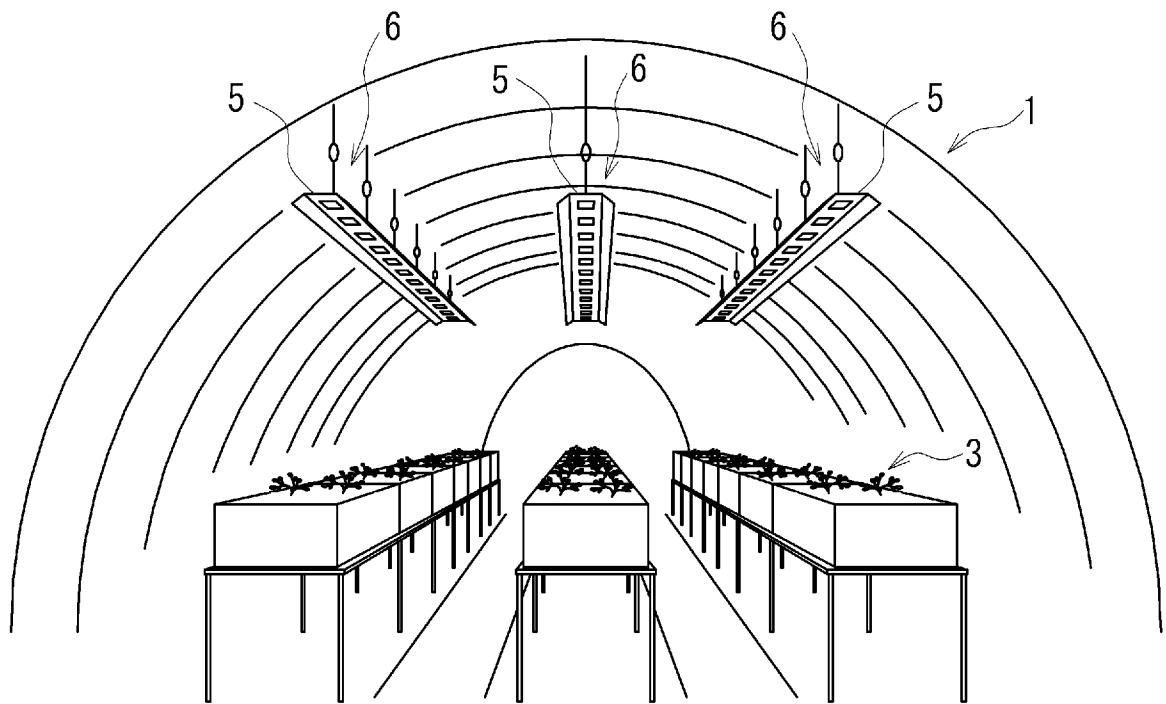
## 請求の範囲

- [1] 植物に光を照射することが可能な発光体モジュールが基板に配置された照明装置による育成方法であって、
- 前記発光体モジュールは、第1の波長域の光を発光する第1のLED発光素子と、第2の波長域の光を発光する第2のLED発光素子とを少なくとも有し、
- 前記第1のLED発光素子と前記第2のLED発光素子とは隣接して配置されて互いに独立して制御され、
- 予め定められたタイミングに、前記第1のLED発光素子が発光することによる光を前記植物に照射し、前記第2のLED発光素子が発光する光を前記植物に照射し、又は、前記第1のLED発光素子及び前記第2のLED発光素子が発光することによる光を前記植物に照射する、育成方法。
- [2] 植物に光を照射することが可能な発光体モジュールが基板に配置された照明装置によって育成して天然果実を生産する生産方法であって、
- 前記発光体モジュールは、第1の波長域の光を発光する第1のLED発光素子と、第2の波長域の光を発光する第2のLED発光素子とを少なくとも有し、
- 前記第1のLED発光素子と前記第2のLED発光素子とは隣接して配置されて互いに独立して制御され、
- 予め定められたタイミングに、前記第1のLED発光素子が発光することによる光を前記植物に照射し、前記第2のLED発光素子が発光する光を前記植物に照射し、又は、前記第1のLED発光素子及び前記第2のLED発光素子が発光することによる光を前記植物に照射し、前記植物の光合成に加えて光形態形成を促進させて天然果実を生産する、生産方法。
- [3] 発光体モジュールが基板に配置された照明装置であって、
- 前記発光体モジュールは、第1の波長域の光を発光する第1のLED発光素子と第2の波長域の光を発光する第2のLED発光素子とを少なくとも有し、
- 前記第1のLED発光素子と前記第2のLED発光素子とは隣接して配置されていることを特徴とする、照明装置。
- [4] 前記第1のLED発光素子は赤色の光を発光し、前記第2のLED発光素子は青色の

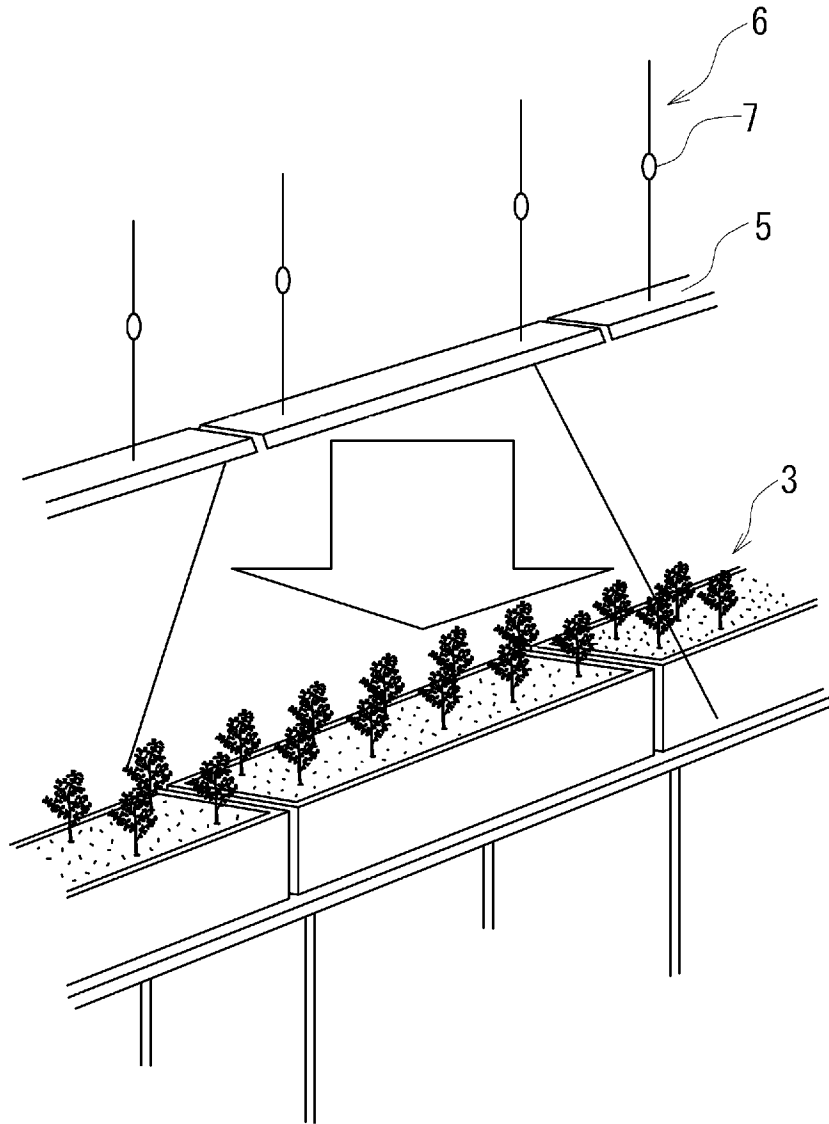
光を発光し、前記発光体モジュール内に配置される前記第1のLED発光素子と前記第2のLED発光素子の数について発光面の面積比が3対1となるように調整されている、請求項3記載の照明装置。

- [5] 前記第1のLED発光素子の発光と前記第2のLED発光素子の発光を独立して制御する制御手段を備えた、請求項3又は4記載の照明装置。
- [6] 前記第1のLED発光素子及び前記第2のLED発光素子の発光の指向性は面指向性である、請求項3から5のいずれかに記載の照明装置。
- [7] 前記基板はその断面が所定のテーパ角を有する略コの字状をしており、前記発光体モジュールは当該基板の底部に配置される、請求項3から6のいずれかに記載の照明装置。
- [8] 前記基板は金属ベース基板である、請求項3又は7記載の照明装置。
- [9] 前記第1のLED発光素子が発光する光の波長域内に660nmが含まれ、前記第2のLED発光素子が発光する第2の波長域内に470nmが含まれる、請求項3記載の照明装置。

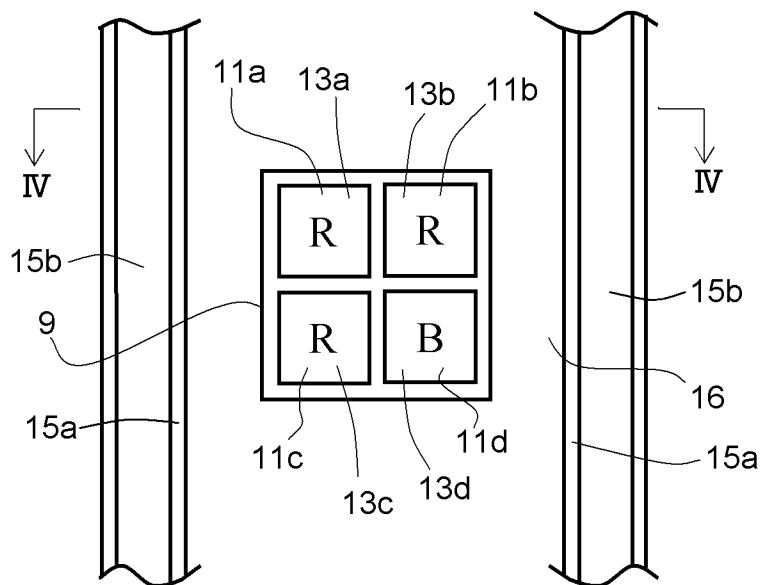
[図1]



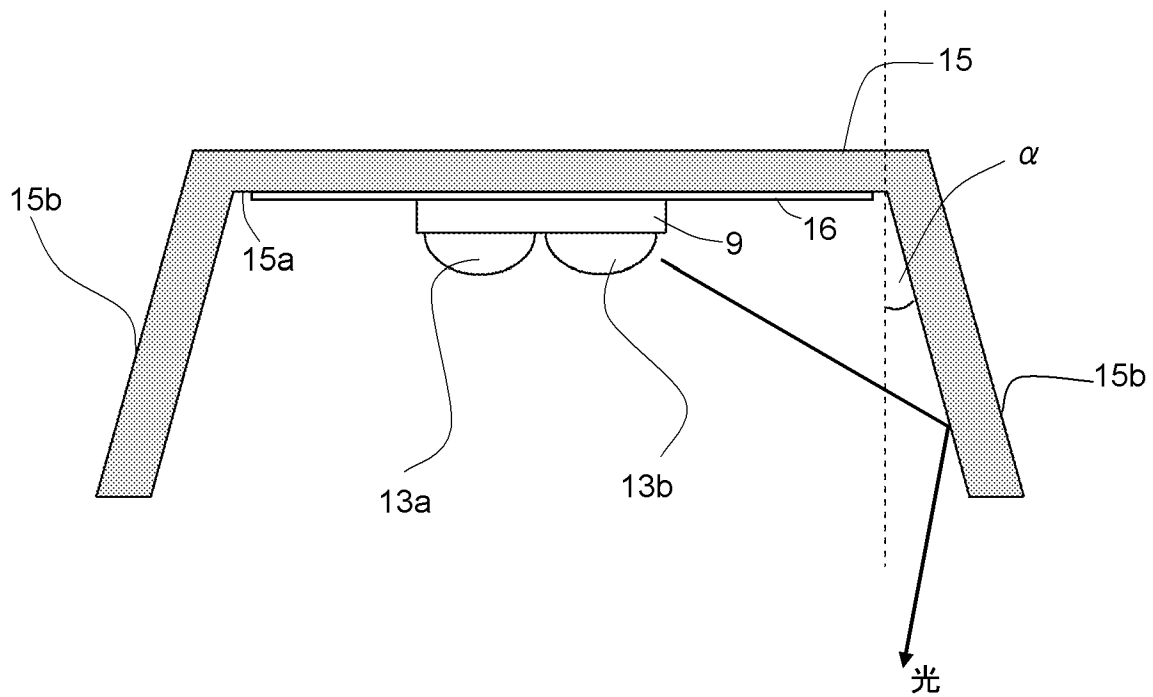
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

期	作用	有効な光色	光受容体
発芽	発芽誘導	赤色	フィトクロム
	発芽阻害	遠赤色	フィトクロム
栄養成長	成長調節(細胞分裂・細胞伸張)	赤色	フィトクロム
		青色	クリプトクロム
	形態形成	赤色	フィトクロム
		青色	クリプトクロム
	光屈性	青色	フォトトロピン
	気孔開口	青色	フォトトロピン
葉緑体の運動	青色	フォトトロピン	
生殖成長	花芽形成	赤色	フィトクロム
		青色	クリプトクロム
	既日リズムの同調	青色	クリプトクロム
老化	色素合成	赤色	フィトクロム
		青色	クリプトクロム

[図6]



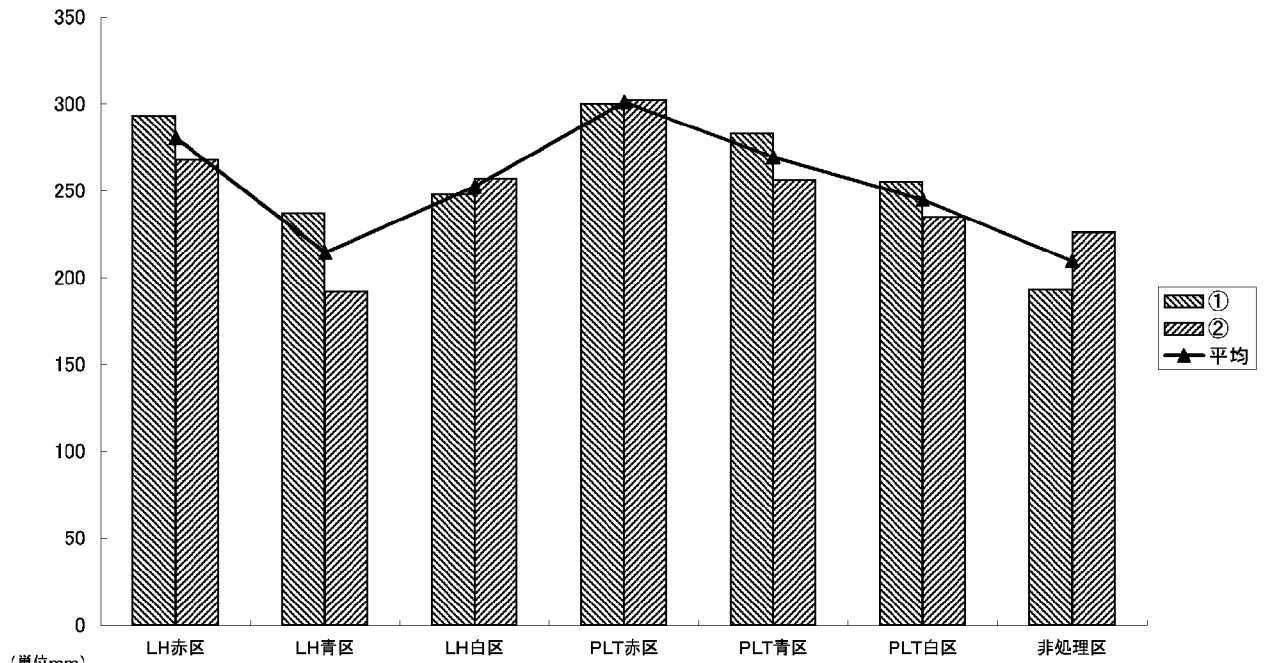
[図7]

	白熱灯	白色蛍光灯	高圧ナトリウム灯	メタルハライド灯	赤色 LED
消費電力 (W/ ランプ)	75	40	360	400	0.04
全放射エネルギーへの変換率 (%)	93	60	77	84	22
可視光への変換率 (%)	9	20	30	20	22
紫外線への変換率 (%)	0.1	0.5	0.3	3	0
赤外線への変換率 (%)	84	40	47	61	0
対流・伝導 (%)	7	40	23	16	78
照明効率 (lm/W)	17	77	140	100	12
PAR 効率 (mW/W)	71	151	287	197	224
スペクトルの特性	連続的 赤色成分が多い	連続的 白色	連続的 黄白色	輝線 白色	単色光 赤色
寿命 (h)	1,000～ 2,000	3,000～ 10,000	10,000～ 12,000	8,000～ 10,000	3,000～ 100,000

PAR : 光合成有効放射 (Photosynthetically Active Radiation)

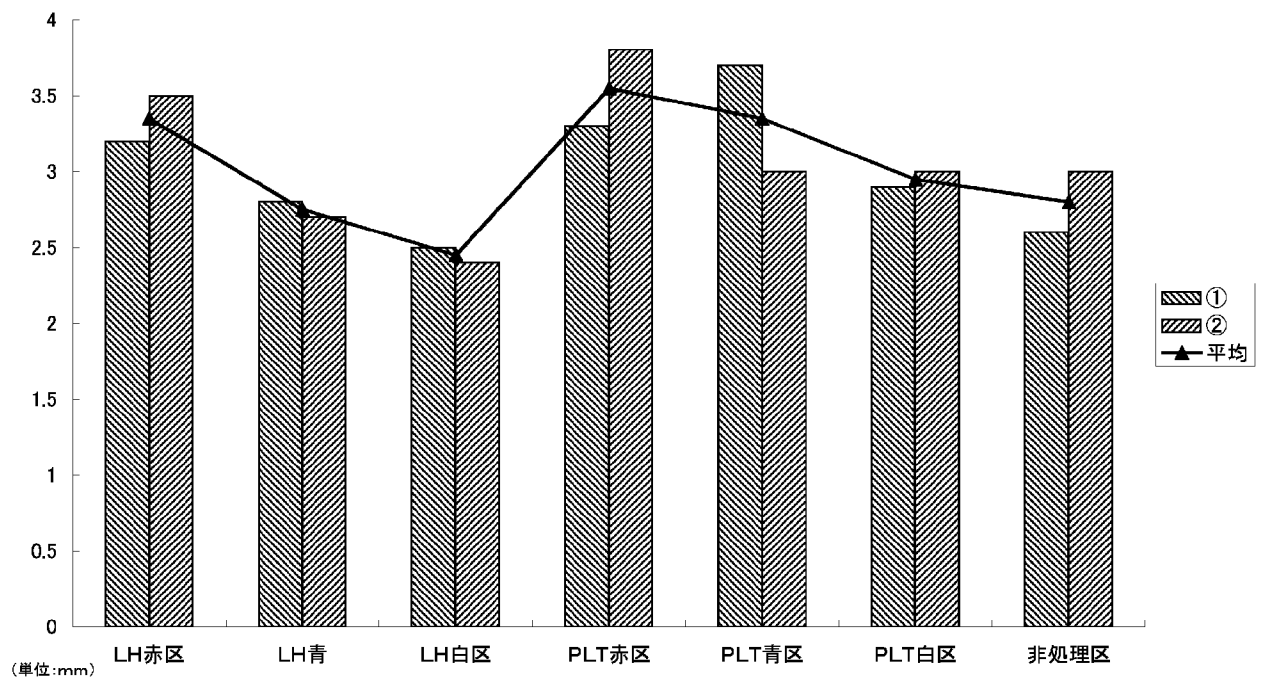


[図9]



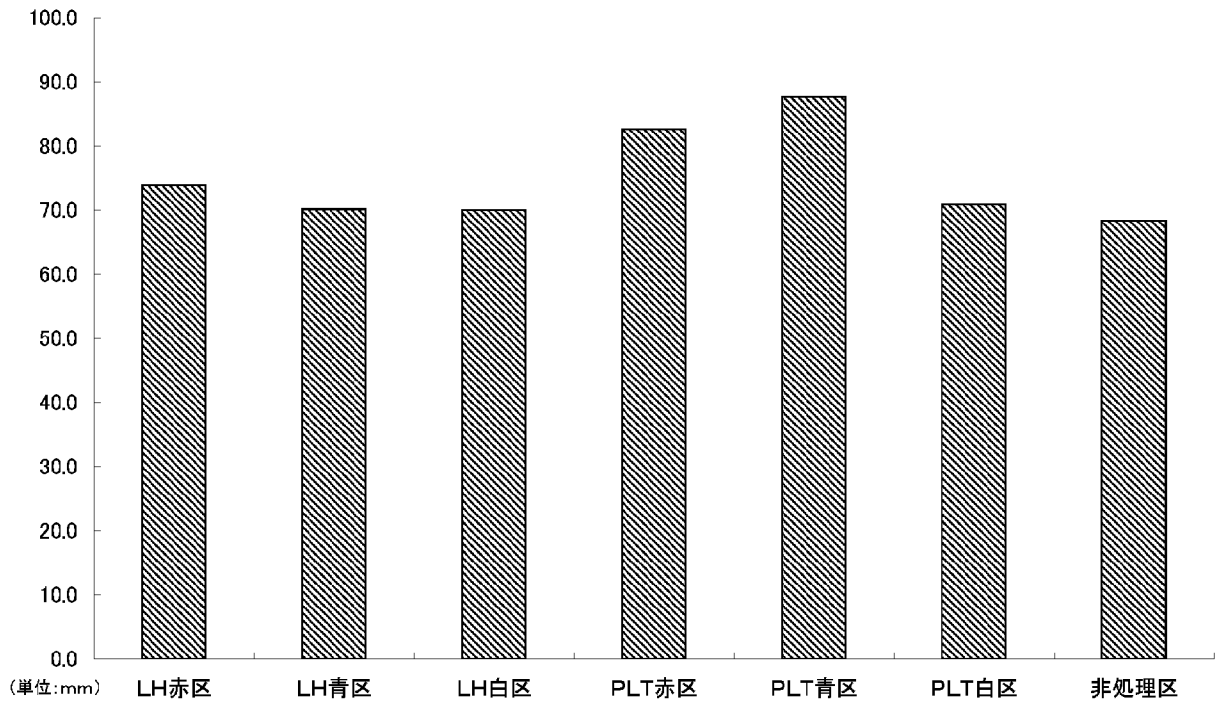
(単位mm)

[図10]

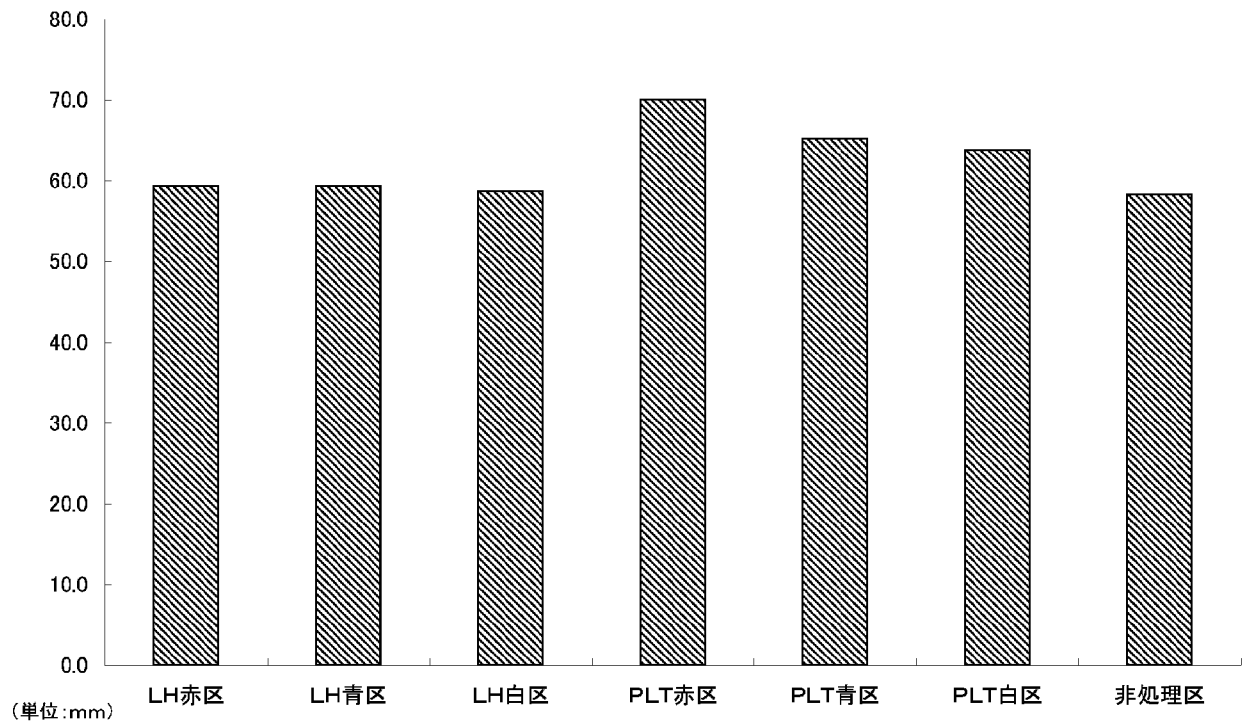


(単位:mm)

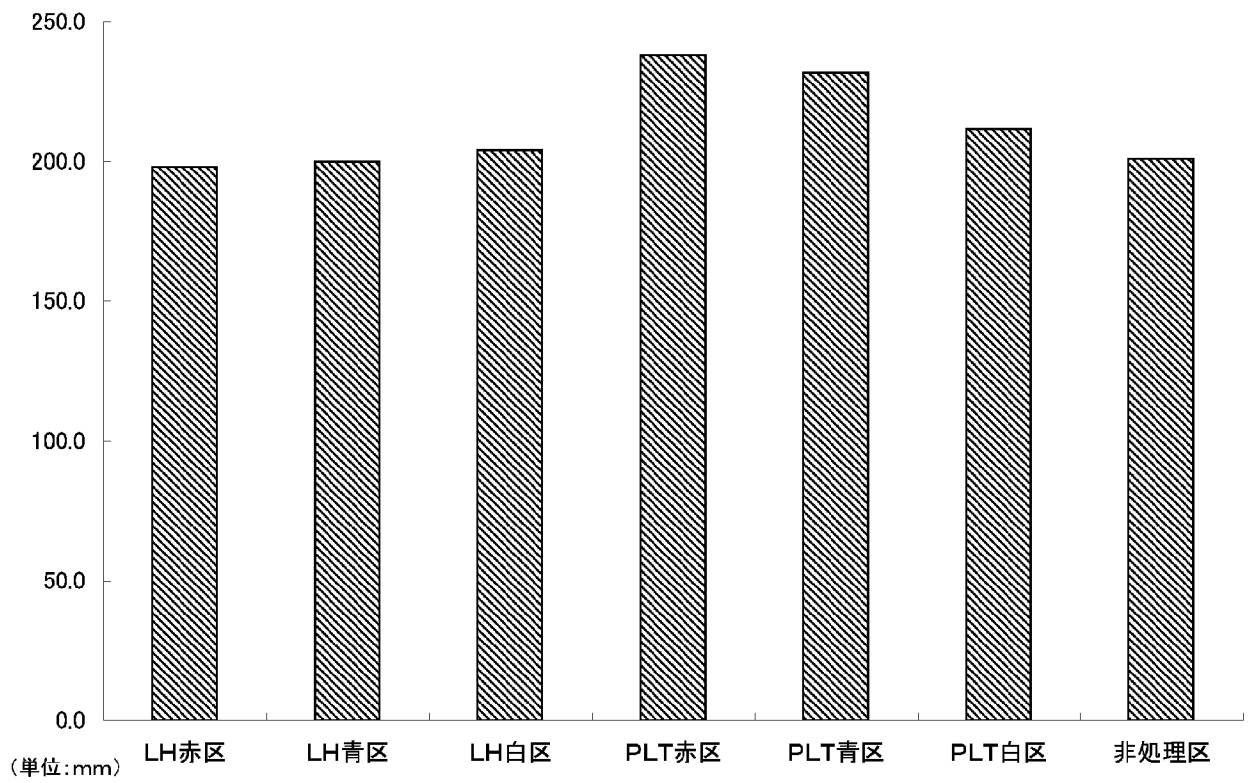
[図11]



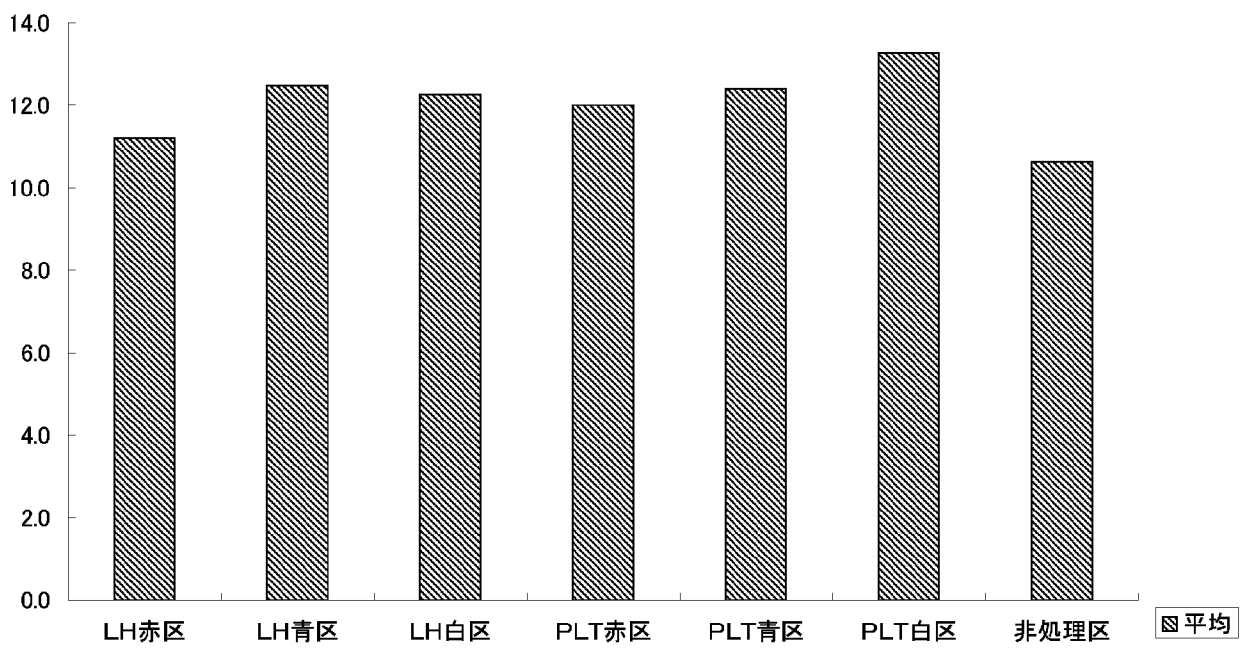
[図12]



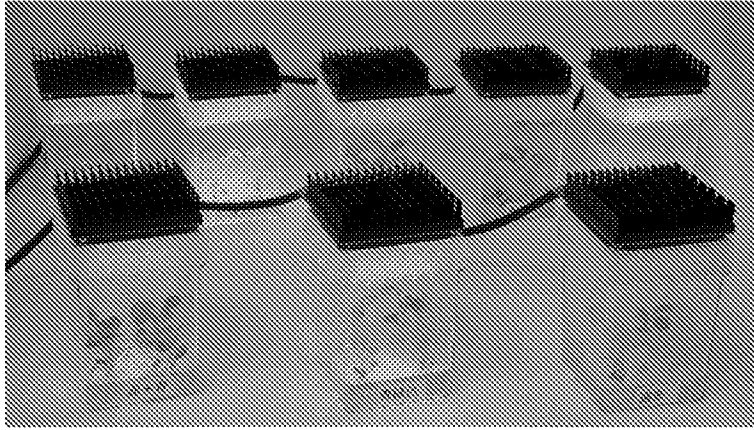
[图13]



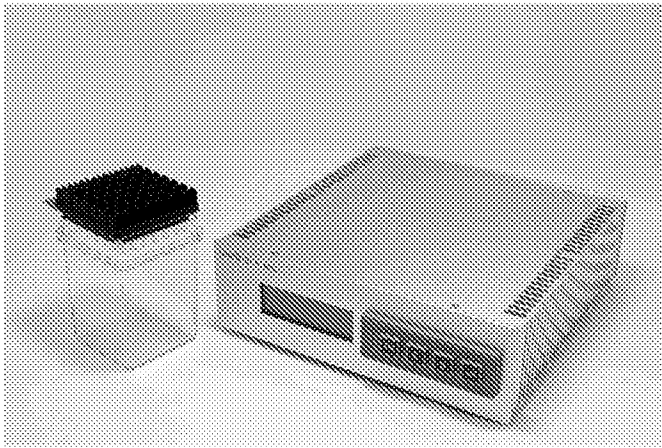
[图14]



[図15]

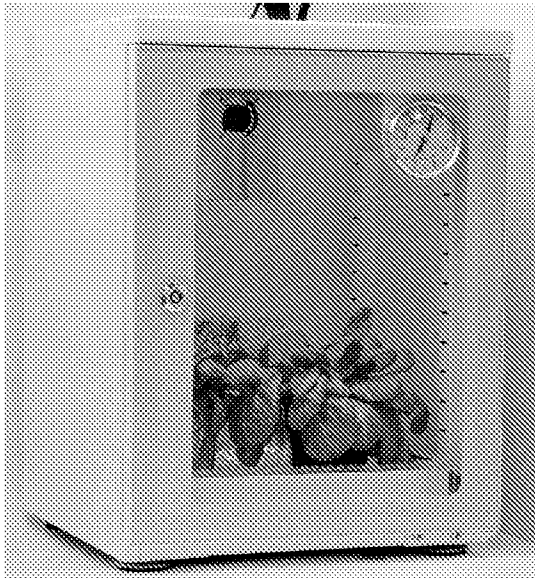


(A)

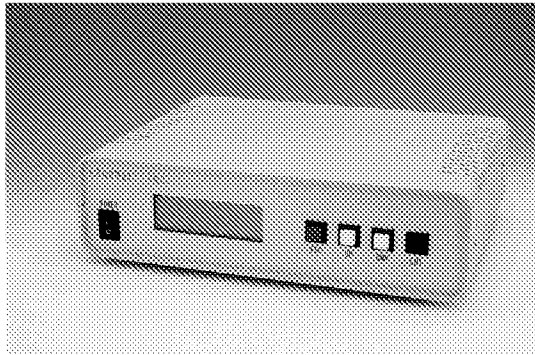


(B)

[図16]



(A)



(B)