

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-509442

(P2004-509442A)

(43) 公表日 平成16年3月25日(2004.3.25)

(51) Int.Cl.⁷

F 2 1 S 2/00

// F 2 1 Y 103:00

F I

F 2 1 S 1/00

F 2 1 Y 103:00

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 90 頁)

(21) 出願番号 特願2002-527695 (P2002-527695)
 (86) (22) 出願日 平成12年9月15日 (2000.9.15)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年3月13日 (2003.3.13)
 (86) 国際出願番号 PCT/IT2000/000364
 (87) 国際公開番号 W02002/023084
 (87) 国際公開日 平成14年3月21日 (2002.3.21)
 (81) 指定国 AP (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), O A (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, C U, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, S I, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

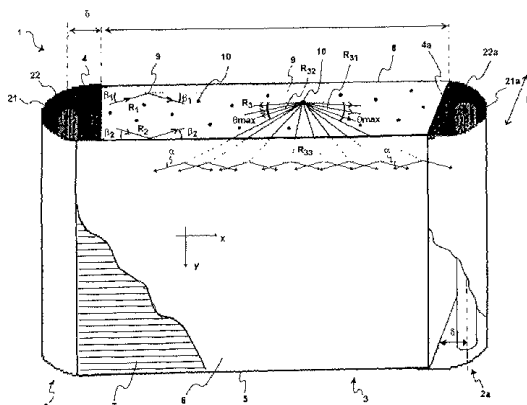
(71) 出願人 599056437
 スリーエム イノベイティブ プロパティ
 ズ カンパニー
 アメリカ合衆国, ミネソタ 55144-
 1000, セント ポール, スリーエム
 センター
 (74) 代理人 100062144
 弁理士 青山 稜
 (74) 代理人 100086405
 弁理士 河宮 治
 (72) 発明者 マルチェッラ・ペセンティ
 イタリア、イー20080アルバイラテ、
 テヌタ・マルカトゥット1番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路ランプ用の光抽出器

(57) 【要約】

光導波路ランプ(1)用の光抽出器(8)について記載しており、その有効面、すなわち、使用時に、光導波路ランプ(1)の放射面(5)に面する面は、拡散点(10)の所定の分布および反射点(9)の相補分布を含む。光抽出器(8)は、予め選択された特徴を有する照明を得ることができる。また、きわめて均一な照明を得るために、そのような点分布を決定するための方法についても述べている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) に結合されることになっている光抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の有効面における拡散点 (10) の主要伝搬方向 (x) に沿って分布 (W (x)) を決定するための方法であり、光源 (2 1 ; 1 2 2 1 ; 1 3 2 1 ; 1 4 2 1) の光を臨界角 (θ_{max}) より小さい角度で拡散板 (3 ; 1 2 3 ; 1 3 3 ; 1 4 3) に投影するのに適した照明系 (2 ; 1 2 2 ; 1 3 2 ; 1 4 2) を有する光導波路ランプ (1 ; 1 2 1 ; 1 3 1 ; 1 4 1) 用の拡散板 (3 ; 1 2 3 ; 1 3 3 ; 1 4 3) において、他の場所に反射 (9) し、所定の臨界角 (θ_{max}) より小さい角度で伝搬する光線に対して透明であり、前記臨界角より大きい角で伝搬する光線の場合には内部反射する方法であり、

(a) 予め選択されたタイプの軌道によって伝搬する光線の照明系 (2 ; 1 2 2 ; 1 3 2 ; 1 4 2) に最も近い抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) における最後の入射点として、分布 (W (x)) の最初の点 (A, x_1) を設定するステップと、

(b) 予め選択されたタイプの軌道によって伝搬する光線の照明系 (2 ; 1 2 2 ; 1 3 2 ; 1 4 2) から最も遠い抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) における最後の入射点として、分布 (W (x)) の第 2 の点 (B, x_2) を設定するステップと、

(c) 点分布の各点 (x_i) に関して、分布の予め選択された点 (x_i) に配置される第 1 の点光源および分布の次の隣接点 (x_{i+1}) に配置された第 2 の光源によって等しく照射される抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の点として分布の新たな点 (X, x) を再帰的に決定し、点光源の強度 (I (x)) が光源の強度 (K) および予め選択されたタイプの軌道の特性距離の関数であるステップと、を含む方法。

【請求項 2】

ステップ (a)、(b)、および (c) において、前記軌道タイプが、拡散板 (3 ; 1 2 3 ; 1 3 3 ; 1 4 3) の中の反射回数に基づいて分類されることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

ステップ (c) において、前記予め選択されたタイプの軌道が、前記光導波路ランプ (1 ; 1 2 1 ; 1 3 1 ; 1 4 1) の前記光源 (2 1 ; 1 2 2 1 ; 1 3 2 1 ; 1 4 2 1) から前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) に直接当たる光線からなる場合に、各点光源の強度 (I (x)) が、前記抽出器の吸収拡散係数 (D_{ifg}) を乗じ、前記光源 (2 1 ; 1 2 2 1 ; 1 3 2 1 ; 1 4 2 1) から光源点の距離の 2 乗によって除算された前記光源の強度 (K) によって与えられることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

ステップ (c) において、前記予め選択されたタイプの軌道が、前記光源 (2 1 ; 1 2 2 1 ; 1 3 2 1 ; 1 4 2 1) が前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) および任意に前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) によって少なくとも 1 回の反射の後、前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) に当たる光線からなる場合に、各点光源強度 (I (x)) が、前記光源の強度 (K) に前記抽出器の吸収拡散係数 (D_{ifg}) を乗じ、前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) への各反射のために前記放射面の吸収反射係数 (R_{ifg}) を乗じ、前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) への各反射の場合のために前記抽出器の吸収反射係数 (R_{ifg}) を乗じ、前記光源から第 1 の反射点までの考慮される光線の一部の前記主要伝搬方向 (x) に沿った投影距離の 2 乗により除算することによって与えられることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 5】

(d) 異なるタイプの軌道の場合には、ステップ (a)、(b)、および (c) によって少なくとも 1 つの第 2 の点分布 ($W_i(x)$) を決定するステップと、

(e) 各第 2 の点分布 ($W_i(x)$) を点分布 (W (x)) に追加するステップと、を含むことを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) が、前記第 1 の照明系 (2 ; 1 2 2 ; 1 3 2 ; 1 4 2) と鏡面であり、かつ対向する端部に配置される第 2 の照明系 (2 a ; 1 2 2 a ; 1 3 2 a ; 1 4 2 a) を有する光導波路ランプ (1 ; 1 2 1 ; 1 3 1 ; 1 4 1) に挿入されることになっており、

(f) 点分布 (W (x)) に点分布 (W (x)) の各点の鏡面反射点 (W ' (x)) を追加するステップを含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

(g) 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の前記主要伝搬方向 (x) に垂直である方向 (y) に沿って一定の間隔 (y) で前記点分布 (W (x)) を反復するステップを含む請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の方法

10

【請求項 8】

ステップ (g) の反復中に、さらなるステップ、

(g 1) 一定の間隔 (x) だけ前記主要伝搬方向 (x) の前後に前記点分布 (W (x)) を交互にずらすステップを特徴とする、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

(h) 前記点分布から直に隣接する点から予め設定された最小距離 (D_{min}) より大きい距離を呈する点を却下するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

プログラムがコンピュータで実行されている時に、請求項 1 ~ 9 に記載の 1 つ以上の方法ステップを実行するのに適したプログラムコード手段を含むコンピュータプログラム。

20

【請求項 11】

入力時に、以下のパラメータ、すなわち

- 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) が結合されることになっている前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) の臨界角 (θ_{max})、
- 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の形状および/またはサイズ、
- 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) が結合されることになっている前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) の形状および/またはサイズ、
- 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) が結合されることになっている前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) から前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) までの

30

最大距離、

- 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) が結合されることになっている前記照明系 (2 , 2 a ; 1 2 2 , 1 2 2 a ; 1 3 2 , 1 3 2 a ; 1 4 2 , 1 4 2 a) の前記光源 (2 1 , 2 1 a ; 1 2 2 1 , 1 2 1 2 a ; 1 3 2 1 , 1 3 2 1 a ; 1 4 2 1 , 1 4 2 1 a) の

数、タイプ、強度および性質、

- 前記点分布 (W (x)) の点間の最小距離 (D_{min})、
- 前記抽出器の吸収反射係数 (R_{ifg})、
- 前記抽出器の吸収拡散係数 (D_{ifg})、
- 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) が結合されることになっている前記放射面の吸収反射係数 (R_{if5})、

40

- 考慮される軌道のタイプまたは考慮される反射の最大数、

のうちの 1 つ以上のパラメータを受信するための手段を具備することを特徴とする、請求項 10 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 12】

ファイル (7 2) に入力されるパラメータを保存するための手段およびファイル (7 1) からパラメータを取出すための手段を具備することを特徴とする、請求項 10 または 11 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 13】

- 分布 (W (x)) の点の座標、
- 基本的な間隔における分布 (W (x)) の点のパーセント密度、

50

- 予め設定されたパラメータの記録、
 - 点分布 ($W(x)$) のグラフィック表示、
 - 印刷機、具体的にはシルクスクリン印刷機によって読出し可能な形式における分布 ($W(x)$) の点のファイル、
 - 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) と前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) との間の予め設定された最大距離および前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) の予め設定された臨界角 (θ_{max}) の関数として前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) が結合されることになっている光導波路ランプ (1 ; 1 2 1 ; 1 3 1 ; 1 4 1) の各照明系 (2 ; 1 2 2 ; 1 3 2 ; 1 4 2) の幾何学的配置、の中から1つ以上の出力 (7 5'、7 6') を生成することを特徴とする請求項 10 ~ 12 のいずれか一項に記載のコンピュータプログラム。 10

【請求項 14】

コンピュータ読出し可能手段に具現される請求項 10 ~ 13 のいずれか一項に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 15】

放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) に結合されることになっている光抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の有効面における拡散点 (10) の主要伝搬方向 (x) に沿って分布 ($W(x)$) を決定するための方法であり、光源 (2 1, 2 1 a ; 1 2 2 1, 1 2 2 1 a ; 1 3 2 1, 1 3 2 1 a ; 1 4 2 1, 1 4 2 1 a) の光を臨界角 (θ_{max}) より小さい角度で拡散板 (3 ; 1 2 3 ; 1 3 3 ; 1 4 3) に投影するのに適した少なくとも1つの照明系 (2, 2 a ; 1 2 2, 1 2 2 a ; 1 3 2, 1 3 2 a ; 1 4 2, 1 4 2 a) を有する光導波路ランプ (1 ; 1 2 1 ; 1 3 1 ; 1 4 1) 用の拡散板 (3 ; 1 2 3 ; 1 3 3 ; 1 4 3) において、他の場所に反射 (9) し、所定の臨界角 (θ_{max}) より小さい角度で伝搬する光線に対して透明であり、臨界角より大きい角で伝搬する光線の場合には内部反射する方法であり、 20

(a) 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の有効面の主要伝搬方向 (x) に沿って予め選択された長さの各間隔に関して、拡散点密度変数 (D_1, D_2, \dots, D_n) を規定するステップと、

(b) 前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) の前記主要伝搬方向 (x) に沿って予め選択された長さの各間隔に関して、光度変数 (N_1, N_2, \dots, N_m) を規定するステップと、 30

(c) 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の拡散点密度変数 (D_1, D_2, \dots, D_n) の関数として前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) の各間隔の光度変数 (N_1, N_2, \dots, N_m) の値を表すステップと、

(d) 前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) のすべての間隔の光度変数 (N_1, N_2, \dots, N_m) の値を互いに対して等しくなるように、前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の拡散点密度変数 (D_1, D_2, \dots, D_n) の値を計算するステップと、を含む方法。

【請求項 16】

- ステップ (a) は、拡散点密度変数 (D_1, D_2, \dots, D_n) の値をゼロに予め設定するサブステップ (a 1) を含み、 40

- ステップ (b) は、光度変数 (N_1, N_2, \dots, N_m) の値をゼロに予め設定するサブステップ (b 1) を含み、

- 計算ステップ (d) は、(d 1) 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の拡散点密度変数 (D_1, D_2, \dots, D_n) の現在の値に基づいて、前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5) の各間隔の光度変数 (N_1, N_2, \dots, N_m) に関するステップ (c) において表された値を評価するステップと、(d 2) 前記抽出器 (8 ; 1 2 8 ; 1 3 8 ; 1 4 8) の拡散点密度変数 (D_1, D_2, \dots, D_n) の値を独立に増分するステップと、

(d 3) ステップ (d 1) において評価された前記放射面 (5 ; 1 2 5 ; 1 3 5 ; 1 4 5 50

）のすべての間隔の光度変数（ N_1 ， N_2 ，．．．， N_m ）の値が互いに等しくなるまで、ステップ（ d_1 ）および（ d_2 ）を反復的に繰り返すステップと、によって実行されることを特徴とする、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

光度変数（ N_1 ， N_2 ，．．．， N_m ）を表す前記ステップ（ c ）は、

（ c_1 ）少なくとも 1 つの照明系（2；122；132；142）によって投影される光を有限数の光線に分割し、それぞれが初期光度値を有するステップと、

（ c_2 ）前記放射面（5；125；135；145）の各間隔の光度変数（ N_1 ， N_2 ，．．．， N_m ）を、前記主要伝搬方向（ x ）に対してその臨界角（ θ_{max} ）より大きい角度で入射する各光線の最終的な光度の値だけ増分するステップであって、

- 前記抽出器（8；128；138；148）の間隔における光線の各入射で、光線が反射されるか、または拡散されるかの評価が、個別の拡散点密度変数（ D_1 ， D_2 ，．．．， D_n ）に基づいて行われることと、

- 光線が反射される場合には、反射光線の光度値は、入射光線の光度値に前記抽出器の吸収反射係数（ R_{if8} ）を乗じることによって得られることと、

- 光線が拡散される場合には、各拡散光線の光度値は、入射光線の光度値に前記抽出器の吸収拡散係数（ D_{if8} ）を乗じることによって得られることと、

- 前記主要伝搬方向に対してその臨界角（ θ_{max} ）より小さい角度の前記放射面放射面（5；125；135；145）への各入射では、反射光線の光度値が、入射光線の光度値に前記放射面の吸収反射係数（ R_{if5} ）を乗じることによって得られることと、を含むことを特徴とする、請求項 15 または 16 に記載の方法。

【請求項 18】

（ e ）前記抽出器（8；128；138；148）の前記主要伝搬方向（ x ）に垂直である方向（ y ）に沿って一定の間隔（ y ）で前記点分布を反復するステップを含む、請求項 15 ～ 17 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 19】

ステップ（ e ）の反復中に、さらなるステップ、すなわち（ e_1 ）一定の間隔（ x ）だけ前記主要伝搬方向（ x ）において点分布を前後に交互にずらすステップを特徴とする、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

（ f ）前記点分布（ $W(x)$ ）から直に隣接する点から予め設定された最小距離（ D_{min} ）より大きい距離を呈する点を却下するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 15 ～ 19 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 21】

拡散点（10）の所定の分布および反射点（9）の相補分布を具備する有効面を有する光導波路ランプ（1）用の光抽出器（8；128；138；148）であって、前記拡散点（10）の分布が請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の方法または請求項 15 ～ 20 のいずれか一項に記載の方法で得られることを特徴とする、光抽出器。

【請求項 22】

前記有効面が、反射基層（9）および前記反射基層（9）上の拡散点（10）の前記所定の分布を含むことを特徴とする、請求項 21 に記載の抽出器（8；128；138；148）。

【請求項 23】

前記反射基層（9）が、TIR フィルムのマイクロプリズムのない側面を含むことを特徴とする、請求項 22 に記載の抽出器（8；128；138；148）。

【請求項 24】

前記所定の分布の隣接拡散点（10）が、光入射端部から対向する端部まで主要伝搬方向（ x ）に沿って減少距離にあることを特徴とする請求項 21 ～ 23 のいずれか一項に記載の抽出器（8'）。

【請求項 25】

10

20

30

40

50

拡散点 (10) の前記分布が、前記主要伝搬方向 (x) に垂直である中間軸に対して対称であることを特徴とする、請求項 21 ~ 23 のいずれか一項に記載の抽出器 (8 ; 128 ; 138 ; 148)。

【請求項 26】

点分布 (W(x)) の隣接拡散点 (10) が、前記抽出器 (8 ; 128 ; 138 ; 148) の各端部から前記主要伝搬方向 (x) に垂直である前記中間軸までの減少距離にあることを特徴とする、請求項 25 に記載の抽出器 (8 ; 128 ; 138 ; 148)。

【請求項 27】

拡散点 (10) の前記所定の分布 (W(x)) が、シルクスクリーン印刷によって前記反射基層 (9) 上に押印されることを特徴とする請求項 22 ~ 26 のいずれか一項に記載の抽出器 (8)。

【請求項 28】

請求項 21 ~ 27 のいずれか一項に記載の光抽出器 (8 ; 128 ; 138 ; 148) と、主要伝搬方向 (x) に対して所定の臨界角 (θ_{max}) より大きい角度を成す光線に対して透明であり、かつ前記所定の臨界角 (θ_{max}) より小さい角度で入射する光線の場合には内部反射する放射面 (5 ; 125 ; 135 ; 145) と、を具備する光導波路ランプ (1) 用の拡散板 (3 ; 123 ; 133 ; 143)。

【請求項 29】

前記放射面 (5 ; 125 ; 135 ; 145) が、透明支持層 (6) および前記透明支持層上に貼着される内部全反射フィルム (7) を具備することを特徴とする、請求項 28 に記載の拡散板 (3 ; 123 ; 133 ; 143)。

【請求項 30】

前記内部全反射フィルム (7) が、外側に面し、かつ前記主要伝搬方向 (x) に平行に指向されるマイクロレリーフを有することを特徴とする、請求項 29 に記載の拡散板 (3 ; 123 ; 133 ; 143)。

【請求項 31】

前記光抽出器 (8 ; 128 ; 138 ; 148) が、直線、半円、半楕円、放物線、半放物線からなる群から選択されるかまたは高次曲線による断面を有し、前記放射面 (5 ; 125 ; 135 ; 145) が、直線、半円、半楕円、放物線、半放物線からなる群から選択されるかまたは高次曲線による断面を有することを特徴とする、請求項 28 ~ 30 のいずれか一項に記載の拡散板 (3 ; 123 ; 133 ; 143)。

【請求項 32】

前記主要伝搬方向 (x) に垂直である平面において抽出器 (8 ; 128 ; 138 ; 148) と放射面 (5 ; 125 ; 135 ; 145) との間の最大距離が、前記主要伝搬方向 (x) において前記抽出器 (8) の長さ (1) の予め選択された一部であることを特徴とする請求項 28 ~ 31 のいずれか一項に記載の拡散板 (3 ; 123 ; 133 ; 143)。

【請求項 33】

請求項 28 ~ 32 のいずれか一項に記載の拡散板 (3 ; 123 ; 133 ; 143) と、前記放射面 (5 ; 125 ; 135 ; 145) の前記臨界角 (θ_{max}) より小さい角度で、前記拡散板 (3 ; 123 ; 133 ; 143) の中に投影されるのに適した少なくとも 1 つの照明系 (2, 2a ; 122, 122a ; 132, 132a ; 142, 142a) と、を具備する光導波路ランプ (1 ; 121 ; 131 ; 141)。

【請求項 34】

(a) 反射基層 (9) を設けるステップと、
(b) 請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法または請求項 15 ~ 20 のいずれか一項に記載の方法により得られる点分布 (W(x)) に応じて、前記反射基層 (9) 上に拡散点 (10) をシルクスクリーン印刷するステップと、を含む光抽出器 (8 ; 128 ; 138 ; 148) の製造方法。

【請求項 35】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法または請求項 15 ~ 20 のいずれか一項に記載

の方法によって得られる点分布を具現することを特徴とするシルクスクリーン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、光導波路ランプ用の光抽出器に関する。さらに、本発明は、拡散板および拡散板を具備する光導波路ランプのほか、光抽出器の拡散点の主要伝搬方向に沿った分布を決定するための方法およびそのような1つの方法のステップを実行するのに適したコンピュータプログラムにも関する。本発明はまた、光抽出器およびシルクスクリーンを製作するための方法に関する。

【0002】

本詳細および添付請求項において、以下に明白であるように、

10

- 「拡散板」は、光抽出器を備えた光導波路構造物を示しており、光は一部が導かれ、一部が出るようになっている。
- 「拡散点」は、そのような光特性を有する面の点をしており、その面に入射する光線が、面の局所的な曲げ角の中で反射される光線の束を生成するため、点光源に匹敵する。したがって、基本的には、孔が用いられてもよい。
- 「方向」なる語は、曲線を成す方向を包含するために用いられる。

【0003】

光導波路ランプは既知であり、光導波路、すなわち、少なくとも部分的に透明であり、部分的にその内面で反射する面を有する閉じた構造物の中に指向させることができる1つ以上の光源によって生成される光を備えている。光線は、一連の連続反射によって構造物の中を伝搬し、多少段外的な態様でそこから射出する。内部全反射フィルム（またはTIRフィルム）の利用によって得られた光導波路は、特に効率的である。

20

【0004】

上記のTIRフィルムは、たとえば、EP 0 225 123によって既知であり、これらの特徴の詳細について参照されるものとする。上記のTIRフィルムの例としては、Minnesota Mining and Manufacturing Companyから商標名「OLF - Optical Lighting Film」で製造および市販されているものが挙げられる。このフィルムは、フレキシブルシートまたはテープとして形成され、実質的に三角形の断面を有する一連の平行なマイクロレリーフを備えた面を呈している。上記のフィルムは、透明なキャリア材料の面の上に貼着されることができ、マイクロレリーフが伝搬方向を指向し、通常は外側に面しているため、効率的な光導波路を形成する。実際には、上記のフィルムの光学特性のおかげで、たとえば文書US 4 805 985（さらなる詳細については参照されるものとする）に示されているように、主要伝搬方向と臨界角 θ_{max} より小さい角度を成す光は、常に内部反射されるのに対し、主要伝搬方向と臨界角 θ_{max} より大きい角度を成す光は、角度に応じて、法線に対して一定の角度、すなわちある種の角度より小さい角度でTIRフィルムに入射する場合に内部反射される。したがって、現在の定義に反して、以下の詳細および添付請求項では、面における光線の入射角は、面に接する平面と光線によって形成される角度を指すものとする。

30

【0005】

角度 θ_{max} は、TIRフィルムの特性に左右され、上述のOLFフィルムの場合には、 27.6° である。

40

【0006】

光導波路ランプに用いられる別の材料は、いわゆる多層光学フィルムであり、たとえば、文書US 5 882 774に記載されている。

【0007】

光抽出器と呼ばれる特殊な素子が、光導波路内を進んでいる光の一部の制御した拡散を生じるために、光導波路の中に挿入されることから、光線の一部がそらせられ、光導波路から出るような角度でTIRフィルムへ入射させる。

【0008】

50

このために、既知の光抽出器は、一般に白色拡散面を具備し、光導波路の軸位置に配置された三次元本体（たとえば、イタリア特許出願 T O 9 8 A 0 0 0 5 1 3 を参照することができる）または光導波路の内面に貼着された二次元本体からなる（たとえば、欧州特許出願 E P - A - 1 0 0 6 3 1 2 を参照することができる）。

【 0 0 0 9 】

本発明の根底にある技術的な問題は、所定の特徴、たとえばきわめて均一な照明を有する照明を得ることが可能であるために必要な光導波路ランプ用の光抽出器を提供することに関する技術的な問題である。

【 0 0 1 0 】

したがって、本発明の第 1 の態様では、本発明は、その有効面が拡散点の所定の分布および反射点の相補分布を含む点において特徴付けられる光導波路ランプ用の光抽出器に関する。

10

【 0 0 1 1 】

本詳細および添付請求項では、「有効面」なる表現は、光抽出器の利用時に、光導波路ランプの放射面に面している面を指している。

【 0 0 1 2 】

反射点に入射する光は反射によって伝搬するのに対し、拡散点に入射する光は、拡散点分布、すなわち反射点の相補分布を制御することによって、ランプから部分的に出るような角度でそらせられる。光抽出器が光導波路ランプで用いられる場合の所望の結果に基づいて、光拡散特性を逐一制御することは可能である。

20

【 0 0 1 3 】

好都合なことに、有効面は、反射基層および反射基層上の拡散点の所定の分布を含む。

【 0 0 1 4 】

このように、光抽出器の製作が簡素化される。

【 0 0 1 5 】

反射基層が T I R フィルムのマイクロプリズムを含まない面を含めば、さらに好ましい。特に、反射基層は、前述の O L F フィルムまたは光学多層フィルムからなってもよい。

【 0 0 1 6 】

一実施形態において、所定の分布の隣接拡散点は、光入射端部から対向する端部への主要伝搬方向に沿って一定の減少距離にある。

30

【 0 0 1 7 】

系において単一照明を有する光導波路ランプに用いられるそのような抽出器は、主要伝搬方向に沿って均一な照明を提供する。

【 0 0 1 8 】

別の実施形態において、拡散点分布は、主要伝搬方向に垂直である中間軸に対して対称である。

【 0 0 1 9 】

そのような抽出器は、2つの端部で2つの対称照明系を有する光導波路ランプにおいて特に用いられる。

【 0 0 2 0 】

40

この場合には、特に好ましい方法では、点分布の隣接拡散点は、抽出器の角端部から主要伝搬方向に垂直である中間軸まで一定の減少距離にある。

【 0 0 2 1 】

そのような抽出器は、主要伝搬方向に沿って均一な照明を提供する。

【 0 0 2 2 】

好都合なことに、拡散点の所定の分布は、シルクスクリーン印刷によって反射基層上に押印される。

【 0 0 2 3 】

シルクスクリーン印刷は、拡散点間の許容可能な短い距離に関して、非吸収面においても点の任意の分布を容易に実現することができる。

50

【 0 0 2 4 】

さらに、本発明の第2の態様において、本発明は、上述のような光抽出器と、主要伝搬方向と所定の臨界角より大きな角度を成す光線に対して透明であり、所定の臨界角より小さい角度で入射する光線の場合には内部反射する放射面と、を具備している光導波路ランプ用の拡散板に関する。

【 0 0 2 5 】

一般に、放射面は、透明支持層および透明支持層の上に貼着される内部全反射フィルムを具備している。

【 0 0 2 6 】

内部全反射フィルムは、外側に面し、主要伝搬方向に平行に指向されるマイクロレリーフを有することが好ましい。 10

【 0 0 2 7 】

TIRフィルム、具体的には上述のOLFによって放射される光は、マイクロレリーフの長手方向に対して一定の射出角を有するため、示したような構成により、上記の角度によって生じる影の視覚を最小限に抑えることができる。

【 0 0 2 8 】

好ましくは、光抽出器は、直線、半円、半楕円、放物線、半放物線からなる群から選択される断面または高次の曲線による断面を有し、放射面は、半円、半楕円、放物線、半放物線からなる群から選択される断面または高次の曲線による断面を有する。

【 0 0 2 9 】

さらに、主要伝搬方向に垂直である平面において、抽出器と放射面との間の最大距離は、主要伝搬方向における抽出器の長さの予め選択された一部であることが好ましく、約20分の1の部分に等しければ一層好ましい。 20

【 0 0 3 0 】

このように、十分に少数の入射によって光が伝搬するため、損失がほとんどない。

【 0 0 3 1 】

さらに、本発明の別の態様において、本発明は、上述のような拡散板と、放射面の臨界角より小さい角度で光を拡散板に投影するのに適した少なくとも1つの照明系と、を具備している光導波路ランプに関する。

【 0 0 3 2 】

第一に放射面に入射される拡散板への投影光線は、内部全反射されるのに対し、第一に抽出器に入射される光線は、拡散点または反射点のいずれに入射される化に応じて反射または拡散される。 30

【 0 0 3 3 】

さらに、本発明の別の態様において、本発明は、放射面に結合されることになっている光抽出器の有効面における拡散点の主要伝搬方向に沿って分布を決定するための方法であり、臨界角より小さい角度で光源の光を拡散板に投影するのに適した照明系を有する光導波路ランプ用の拡散板において、他の場所に反射し、所定の臨界角より小さい角度で伝搬する光線に対して透明であり、臨界角より大きい角で伝搬する光線の場合には内部反射する方法であり、 40

(a) 予め選択されたタイプの軌道によって伝搬する光線の照明系に最も近い抽出器における最後の入射点として、分布の最初の点を設定するステップと、

(b) 予め選択されたタイプの軌道によって伝搬する光線の照明系から最も遠い抽出器における最後の入射点として、分布の第2の点を設定するステップと、

(c) 点分布の各点に関して、分布の予め選択された点に配置される第1の点光源および分布の次の隣接点に配置された第2の光源によって等しく照射される抽出器の点として分布の新たな点を再帰的に決定し、点光源の強度が光源の強度および予め選択されたタイプの軌道の特性距離の関数であるステップと、を含む。

【 0 0 3 4 】

このように決定された光分布を有する光抽出器は、使用中に、主要伝搬方向に沿って十分 50

に均一な照明を得ることができる。

【0035】

ステップ(a)(b)(c)において、軌道のタイプは、拡散板内の反射数に基づいて分類されることが好ましい。

【0036】

さらに具体的には、ステップ(c)において、予め選択されたタイプの軌道が、光導波路ランプの光源から抽出器に直接当たる光線からなる場合には、各点光源の強度は、点光源の強度に抽出器の吸収拡散係数を乗じ、光源からの光源点の点の距離の2乗で除算することによって与えられる。

【0037】

したがって、導入される図式化は、拡散点における光線の入射角に関係なく、各拡散点が各角度での一定の放射を有すると見なすことである。

【0038】

これに反して、ステップ(c)において、予め選択されたタイプの軌道が、光源から放射面および任意に抽出器によって少なくとも1回の反射を受けた後、抽出器に当たる光線からなる場合には、各点光源の強度は、光源の強度に、放射面上の各反射のための放射面の吸収反射係数を乗じた抽出器の吸収拡散係数を乗じ、抽出器の各反射のための抽出器の吸収拡散係数を乗じ、点光源から第1の反射点までを考慮した光線の部分の主要伝搬方向に沿った投影距離の2乗によって除算されることによって与えられる。

【0039】

したがって、計算を簡略化するために、放射面は、抽出器に配置されているものと見なす。

【0040】

方法は、

(d)異なるタイプの軌道の場合には、ステップ(a)(b)(c)によって、点の少なくとも1つの第2の分布を決定するステップと、

(e)点の各第2の分布を点分布に追加するステップと、をさらに含むことが好ましい。

【0041】

結果は、考慮される軌道のタイプに一層正確であるため、得ることができる照明は一層均一となる。

【0042】

さらに、抽出器が第1の照明系に鏡面反射し、かつ対向する端部に配置される第2の照明系を有する光導波路ランプの中に挿入されることになっている場合には、方法は、

(f)点分布の各点の鏡面反射点を点分布に追加するステップを含む。

【0043】

方法は、

(g)抽出器の主要伝搬方向に垂直な方向に沿って一定の間隔で、点分布を反復するステップをさらに含むことが好ましい。

【0044】

このように、抽出器は拡散点のストライプの分布を呈し、照明は主要伝搬方向に垂直な面において十分に均一である。

【0045】

方法は、ステップ(g)の反復中に、

(g1)一定の間隔だけ主要伝搬方向の前後に点分布を交互にずらすさらなるステップを含むことがさらに好ましい。

【0046】

このように、点間の距離を抽出器の物理的な実現によって課せられた最小距離未満に低減することが可能である。

【0047】

方法は、

10

20

30

40

50

(h) 点分布から直に隣接する点から予め設定された最小距離より大きい距離を呈する点を却下するステップをさらに含むことが好ましい。

【0048】

このように、抽出器の物理的な実現より高い精度を有する分布を得ないようにすることが可能である。

【0049】

さらに、本発明の別の態様において、本発明は、プログラムをコンピュータが実行する場合に、上記の方法のステップを実行するのに適したプログラムコード手段を含むコンピュータプログラムに関する。

【0050】

好都合なパラメータの実現において、コンピュータプログラムは、入力時に、以下のパラメータ、すなわち

- 抽出器が結合されることになっている放射面の臨界角、
- 抽出器の形状および/またはサイズ、
- 抽出器が結合されることになっている放射面から抽出器の最大距離、
- 抽出器が結合されることになっている照明系の光源の数、タイプ、強度および性質、
- 点分布の点間の最小距離、
- 抽出器の吸収反射係数、
- 抽出器の吸収拡散係数、
- 抽出器が結合されることになっている放射面の吸収反射係数、
- 考慮される軌道のタイプまたは考慮される反射の最大数、

のうちの1つ以上のパラメータを受信するための手段を具備する。

【0051】

複数のシミュレーションの管理を容易にするために、コンピュータプログラムは、ファイルに入力されるパラメータを保存するための手段およびファイルからパラメータを取り込むための手段を具備することができる。

【0052】

コンピュータプログラムは、

- 分布の点の座標、
 - 基本的な間隔における分布の点のパーセント密度、
 - 予め設定されたパラメータの記録、
 - 点分布のグラフィック表示、
 - 印刷機、具体的にはシルクスクリーン印刷機によって読出し可能な形式における分布の点のファイル、
 - 抽出器が抽出器と放射面との間の予め設定された最大距離および放射面の予め設定された臨界角の関数として意図される光導波路ランプの各照明系の幾何学的配置、
- の中から1つ以上の出力を生成することが好ましい。

【0053】

設定パラメータの表形式、グラフィック表示、記録は、複数のシミュレーションに関して有用である。たとえば、AutoCADTMおよびMacintoshTMなどの印刷機によって読出し可能な形式のファイルにより、抽出器製作ステップと統合することができ、幾何学的配置の決定は一般に、照明系の反射放物線の焦点を決定すると同時に行われるため、放射面の臨界角より小さい角度で光を拡散板に投影する必要条件を満たすことになる。

【0054】

さらに、一般に、コンピュータプログラムは、コンピュータ読出し可能手段に具現化されることができる。

【0055】

さらに、本発明の別の態様において、本発明は、放射面に結合されることになっている光抽出器の有効面における拡散点の主要伝搬方向に沿って分布を決定するための方法であり

10

20

30

40

50

、臨界角 (θ_{max}) より小さい角度で光源の光を拡散板に投影するのに適した少なくとも1つの照明系を有する光導波路ランプ用の拡散板において、他の場所に反射し、所定の臨界角 (θ_{max}) より小さい角度で伝搬する光線に対して透明であり、臨界角 (θ_{max}) より大きい角で伝搬する光線の場合には内部反射する方法であり、

(a) 抽出器の有効面の主要伝搬方向に沿って予め選択された長さの各間隔に関して、拡散点密度変数を規定するステップと、

(b) 放射面の主要伝搬方向に沿って予め選択された長さの各間隔に関して、光度変数を規定するステップと、

(c) 抽出器の拡散点密度変数の関数として放射面の各間隔の光度変数の値を表すステップと、

(d) 放射面のすべての間隔の光度変数の値を互いに対して等しくなるように、抽出器の拡散点密度変数の値を計算するステップと、を含む。

10

【0056】

上述の第1の方法に関して、このように決定された光の分布を有する光抽出器は、使用中に、主要伝搬方向に沿って十分に均一な照明を得ることができる。

【0057】

上述の方法の好ましい実施形態において、

- ステップ(a)は、拡散点密度変数の値をゼロに予め設定するサブステップ(a1)を含み、

- ステップ(b)は、光度変数の値をゼロに予め設定するサブステップ(b1)を含み、 20

- 計算ステップ(d)は、

(d1) 抽出器の拡散点密度変数の現在の値に基づいて、放射面の各間隔の光度変数に関するステップ(c)において表された値を評価するステップと、

(d2) 抽出器の拡散点密度変数の値を独立に増分するステップと、

(d3) ステップ(d1)において評価された放射面のすべての間隔の光度変数の値が互いに等しくなるまで、ステップ(d1)(d2)を反復的に繰り返すステップと、によって実行される。

【0058】

さらに、光度変数を表すステップ(c)は、

(c1) 少なくとも1つの照明系によって投影される光を有限数の光線に分割し、それぞれが初期光度値を有するステップと、 30

(c2) 放射面の各間隔の光度変数を、主要伝搬方向に対してその臨界角 (θ_{max}) より大きい角度で入射する各光線の最終的な光度の値だけ増分するステップであって、

- 抽出器の間隔における光線の各入射で、光線が反射されるか、または拡散されるかの評価が、個別の拡散点密度変数に基づいて行われることと、

- 光線が反射される場合には、反射光線の光度値は、入射光線の光度値に抽出器の吸収反射係数を乗じることによって得られることと、

- 光線が拡散される場合には、各拡散光線の光度値は、入射光線の光度値に抽出器の吸収拡散係数を乗じることによって得られることと、

- 主要伝搬方向に対してその臨界角 (θ_{max}) より小さい角度の放射面への各入射では、反射光線の光度値が、入射光線の光度値に放射面の吸収反射係数を乗じることによって得られることと、を含むことが好ましい。 40

【0059】

方法は、

(e) 抽出器の主要伝搬方向に垂直な方向に沿って一定の間隔で点分布を反復するステップをさらに含むことが好ましい。

【0060】

このように、抽出器は拡散点のストライプの分布を呈し、照明は主要伝搬方向に垂直な面においても十分に均一である。

【0061】

50

方法は、ステップ (e) の反復中に、

(e 1) 一定の間隔だけ主要伝搬方向において点分布を前後に交互にずらすさらなるステップを含むことがさらに好ましい。

【 0 0 6 2 】

このように、点間の距離を抽出器の物理的な実現によって課せられた最小距離未満に低減することが可能である。

【 0 0 6 3 】

方法は、

(h) 点分布から直に隣接する点から予め設定された最小距離より大きい距離を呈する点を却下するステップをさらに含むことが好ましい。

10

【 0 0 6 4 】

このように、抽出器の物理的な実現より高い精度を有する分布を得ないようにすることが可能である。

【 0 0 6 5 】

さらに、本発明の別の態様において、本発明は、上述のような光抽出器を製作するための方法であって、

(a) 反射基層を設けるステップと、

(b) 所定の点分布に応じて、反射基層上に拡散点をシルクスクリーン印刷するステップと、を含む方法に関する。

【 0 0 6 6 】

20

中性基板上に拡散点の分布および反射点の相補分布を印刷または拡散塗布するなどの他の方法によってそのような光抽出器を製作することができるが、反射基層上にシルクスクリーン印刷を行うことによって、拡散点間の許容可能なほど小さい最小距離で非吸収面においても任意の所望の点分布を容易に得ることができる。

【 0 0 6 7 】

印刷ステップ (b) は、上述の方法のいずれか一方の方法によって得られる点分布を印刷することによって実行されることが好ましい。

【 0 0 6 8 】

さらに、本発明の別の態様において、本発明は、上述の方法のいずれか一方の方法によって得られる点分布を具現するシルクスクリーンに関する。

30

【 0 0 6 9 】

ここで、本発明の特徴および利点は、添付図面の非限定的な実施例によって示される実施形態を参照して示されるものとする。

【 0 0 7 0 】

図 1 は、2つの照明系 2 , 2 a と、個別のガラス 4 , 4 a によってそれらに結合される平行六面体の箱状の拡散板 3 と、を具備している光導波路ランプ 1 を示している。光導波路ランプ 1 は、別法として単独照明系、たとえば照明系 2 のみを具備していてもよい。

【 0 0 7 1 】

拡散板 3 は、以下にさらに詳細に述べるように、放射面 5 および光抽出器 8 を具備している。今度は、放射面 5 は、ポリカーボネートなどの剛性材料から構成される透明支持層 6 を具備しており、内側 (図示されている) または外側を、たとえば、Minnesota Mining and Manufacturing Company による O L F フィルムのような T I R フィルム 7 によって被覆されている。

40

【 0 0 7 2 】

拡散板 3 の厚さ、すなわち、抽出器 8 と放射面 5 との距離 h は、主要伝搬方向における抽出器の長さ l の予め設定された一部、たとえば $1/20$ であることが好ましい。このような比を見れば、光は十分に少数の入射で伝搬するため、損失も少ない。

【 0 0 7 3 】

T I R フィルム 7 は、線によって図式化されたそのマイクロレリーフは、水平方向に指向されるように配置されることが好ましい。実際には、O L F フィルムの光学特性は、光線

50

がマイクロレリーフの方向に対して約 15° の角度 で射出し、水平方向の構成によって上記の射出角のために生じる影の視覚を最小限に抑えるような光学特性である。

【0074】

上記のOLFフィルムの従来の貼着のような場合には、マイクロレリーフは、拡散板3の外側に面することが好ましい。

【0075】

各照明系2, 2aは、光源21, 21aを具備している。光源は、たとえば、反射放物線22, 22aの焦点に配置される36Wの電力を有する蛍光灯である。照明系2, 2aの電源供給および制御素子は、完全に従来通りであるため、詳細には示されていない。

【0076】

各照明系2, 2aは、放射面5またはそのTIRフィルム7の臨界角 θ_{max} より小さい角度で、光を拡散板3に投影するように設計されている(上述のOLFフィルムの場合には $\theta_{max} = 27.6^\circ$)。

【0077】

焦点に光源21を配置し、焦点から出るすべての光線が軸に平行に反射される放物線の既知の幾何特性の場合には、焦点とガラス4との間の距離 δ が、

【数1】

$$\delta = \frac{h}{2} * \tan \theta_{max} \quad (1)$$

によって与えられる場合には、上述の条件が得られる。

【0078】

光抽出器8は、反射基層9と、所定の分布に応じて、反射基層9に配置される複数の拡散点10と、を有する実質的に二次元体からなる。

【0079】

反射基層9はそれ自体、抽出器8の本体であってもよく、またはたとえば、ポリカーボネートまたはガラスなどの基板(図示せず)上に反射コーティングとして設けられてもよい。反射基層9は、上述のOLFフィルムのマイクロプリズムがない側面からなることが好ましい。拡散点10は、白色点であることが好ましいが、別の色の点であってもよく、反射基層9上にシルクスクリーン印刷されることが好ましい。

【0080】

このようにして構成された光抽出器8は、反射面上に配置された複数の基本抽出器として実現される。実際には、反射基層9に入射する光線は入射角に等しい角度で反射されるのに対し、拡散点10に入射する光線は拡散される、すなわち、考慮中の拡散点10で抽出器8の内部立体角、具体的には示された平面抽出器8の場合には平面角にわたって分散される光線の束で反射される。第1次近似において、強度の差が微小であるため、拡散光線は等位であると見なすことができる。

【0081】

したがって、図1を参照すると、以下の3つの状態が生じる。

- 光線(光線 R_1) が軸 x によって示される主要伝搬方向に対して角度 θ_1 で抽出器8の反射基層9に入射する場合には、入射角に等しい角度で拡散板3の中で内部反射される。すなわち、拡散板3の中をさらに伝搬し、伝搬方向 x に対して同一の角度 θ_1 で放射面5に向かって指向される。

- 同様に、光線 R_2 などの光線が主要伝搬方向 x に対して角度 θ_2 で放射面5に入射する場合には、入射角に等しい角度で拡散板3の中で内部反射される。すなわち、拡散板3の中をさらに伝搬し、伝搬方向 x に対して同一の角度 θ_2 で光抽出器8に向かって指向される。

- 光線 R_3 などの光線が主要伝搬方向 x に対して角度 θ_3 で抽出器8の拡散点10に入射される場合には、拡散板3の中で内部拡散される。

【0082】

最後に述べた場合には、入射光線 R_3 は二次光線の2つのグループ、すなわち、

10

20

30

40

50

- 主要伝搬方向 x に対して臨界角 θ_{max} より小さい角度を成す光線 R_{31} , R_{32} などの光線であって、拡散板 3 の中でさらに伝搬し、一般的に伝搬方向または伝搬方向に対向する方向にそれぞれ指向される光線と、
- 主要伝搬方向 x に対して臨界角 θ_{max} より大きい角度を成す R_{33} などの光線と、を生じる。

【0083】

光線 R_{33} のような最後に検討したタイプの光線は、放射面 5 に達するとき、内部反射されるのではなく、放射面 5 から射出して、光導波路ランプ 1 の照明に寄与する。

【0084】

さらに、光線は、臨界角 θ_{max} より常に小さい角度で照明系 2, 2a によって拡散板 3 に投影されるためと、透過および反射の上記の特性のために、抽出器 8 に入射する光線は、常に主要伝搬方向 x に対して臨界角 θ_{max} より小さい角度を形成することに留意する価値がある。このために、既に述べたように、上述した同一の OLF フィルムのマイクロプリズムがない側面として、反射基層 9 を構成することが可能である。

【0085】

示したことから、本発明の特定の光抽出器 8 は理想的には、光導波路ランプ 1 を射出する光線、すなわちその照明の制御の無制限の自由度を提供することを理解したに違いない。実際には、今度は光抽出器 8 を物理的に実現するために有用な方法によって指示される拡散点の解像度および所望の照明を提供するために拡散点の適した分布を決定するために必要な計算の困難さによってのみ、自由度は制限される。

【0086】

このために、以下に、光導波路ランプ 1 によって放射される光が可能な限り均一であるように、光抽出器 8 の拡散点 10 の分布を決定するための方法がまず示される。

【0087】

この方法は、光導波路ランプ 1 の一定の尺度から外れた平面図を示している図 2 を用いて示される。実際には、光導波路ランプの幾何構成を考慮し、蛍光灯光源 21, 21a はその長さに沿って実質的に等位であるように放射するため、光学系は二次元系であると見なされることができ、第 1 次近似において、照明系 2, 2a の光源 21, 21a から主要伝搬方向 x に垂直である軸 y に沿った成分を有する方向に沿って伝搬する光線は無視する。

【0088】

第一に、照明系 2 のみを具備する光導波路ランプ 1 を考えることにすると、その光源 21 を点光源と見なすことができ、図 2 に S として示されている。

【0089】

既に述べたことに関して、放射面 5 における光度は、図 1 の光線 R_{33} のような光線によってのみ生成される。すなわち、抽出器 8 における拡散点 10 で生じる複数の点光源のためである。

【0090】

照明系 2 に近い抽出器 8 の端部に軸 x の原点を固定することによって、主要伝搬方向 x に沿った抽出器 8 における拡散点 10 の分布は、 $W(x) = x_1, x_2, \dots, x_n$ と表すことができ、式中、 x_1, x_2, \dots, x_n は抽出器 8 の各拡散点 10 の座標である。

【0091】

本発明の方法において、拡散点の所望の分布を得るために、以下の帰納法が適用される。第一に、抽出器 8 における 2 つの拡散点 10 のみを有すると仮定し、任意に選択されるか、または後に示されるような方法で座標 x_1, x_2 を有する、すなわち $W(x) = x_1, x_2$ が設定されることが好ましい。これは、図 3 の図のブロック 32, 34 によって表される。次に、図 3 のブロック 35 によって示されているように、座標 x_1, x_2 を有する拡散点に配置された個別の強度 $I(x_1), I(x_2)$ を有する点光源によって等しく照射される抽出器 8 上の点 x_3 が存在するかどうか決定される。存在する場合には、図 3 のブロック 36 に示されているように点 x_3 が拡散点の分布 $W(x)$ に追加される。この点において、光度は光源からの 2 乗距離の逆関数であるため、 $x_1 < x_2$ である場合には

$I(x_1) > I(x_2)$ であり、その結果、点 X_3 は点 X_1 と点 X_2 との間の x_2 に近い方に配置される。すなわち分布 $W(x)$ が順番を維持していると仮定すれば、 $W(x) = x_1, x_3, x_2$ である。続いて反復すると、座標 x_1, x_3 を有する拡散点に配置される個別の強度 $I(x_1), I(x_3)$ を有する点光源によって等しく照射される点 X_4 と、座標 x_3, x_2 を有する拡散点に配置される個別の強度 $I(x_3), I(x_2)$ を有する点光源によって等しく照射される点 X_5 が計算される。このようにして、分布 $W(x) = x_1, x_4, x_3, x_5, x_2$ が得られ、以降、分布 $W(x) = x_1, x_6, x_4, x_7, x_3, x_8, x_5, x_9, x_2$ などとなる。

【0092】

したがって、図3のブロック図のブロック35, 36は、点分布の各予め選択された点に関して、分布の予め選択された点に配置された第1の点光源および分布の隣接点に配置された第2の点光源によって等しく照射される抽出器の点として分布の新たな点の再帰的計算を示している。新たな点を決定することができなくなったときに、上記の再帰的計算は終了する。したがって、サイクルが拡散点の分布 W の各指数 i に関して反復されていると理解される必要がある。

【0093】

しかし、さまざまな組の隣接点が考えられる順番は重要でないため、指数の増分は示されていない。たとえば、毎回、新たな値を追加する際に生じる値の2つの新たな組を連続的に検討するのではなく、毎回、次の組および再び反復を終了することなどを検討しながら、反復の終わりまで小さい方の座標の新たな組のみを検討することも可能である。したがって、図2の点は、以下の順序 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_5, x_8, x_9$ に決定されると推測される。

【0094】

分布 $W(x)$ の任意の拡散点10における点光源の光度 $I(x)$ は、拡散板3の中で反射を任意に含む一連の異なる軌道によって、検討中の拡散点10に達するすべての光線に左右される。

【0095】

抽出器8の拡散点10に達する光線は、質的観点から以下のタイプの軌道、すなわち、
 (a) 光源 S から点 X において抽出器8に直接当たる図4の光線 SX のような光線、
 (b) 光源 S から点 X_0 において放射面5に当たり、その後で、点 X において抽出器8に当たる図5の光線 SX のような光線、
 (c) 光源 S から反射基層9の点 X_0 、すなわち非拡散点において抽出器8に当たり、その後で、点 X_1 において放射面5に当たり、その後で、点 X において抽出器8に当たる図6の光線 SX のような光線、
 (d) 拡散点10で抽出器8に当たる前に、光源 S から反射基層9の点において放射面5および抽出器8に複数回交互に当たる光線、
 (e) 放射面5に当たり、その後で、直後または抽出器8の反射基層9および放射面5の点で1回以上連続反射した後で、拡散点10で抽出器8に当たる図1の光線 R_{31}, R_{32} のような臨界角 θ_{max} より小さい角度で抽出器8の拡散点10によって放射される光線

に分類されることが好ましい。

【0096】

実際には、上記の分類は、拡散板3の中での反射回数に基づいている。

【0097】

光度への拡散板3の壁の影響は、以下の係数を導入することによってモデル化されることができる。

- 放射面5の吸収反射係数 R_{if5} 、たとえば、OLFフィルムの場合には 0.98、
- 抽出器8の反射基層9の点の吸収反射係数 R_{if8} 、たとえば、OLFフィルムのマイクログリズムがない側面の場合には 0.98、または鏡の場合には 0.95、
- 抽出器8の拡散点10の吸収拡散係数 D_{if8} 、たとえば、白いシルクスクリーン印刷

された点の場合には 0.80、式中、は、拡散点から射出する光線の数进行し、たとえば、平面抽出器の場合には、所望の精度に应じて、/10、/100、/1000などが選択される。

【0098】

抽出器8の任意の拡散点10における点光源の光度I(x)への寄与は、その上に入射される任意の光線のために、(a)タイプの光線から(e)タイプの光線へと減少し、文字(d)および(e)によって要約されるさまざまなタイプの軌道内の光線の反射の数が増大するにつれて、減少することになる。

【0099】

したがって、第1次近似において、(a)タイプの光線のみを検討することが可能である。したがって、図3および図4を参照すると、本発明による方法では、手順は以下の通りである。

【0100】

図3のブロック31に示されているように、拡散点10の分布W(x)の第1の点X₁(図4の点A)は、タイプ(a)の光線、すなわち図4における点Sとして示される光導波路ランプ1の光源21から抽出器8に直接当たる光線の照明系2に最も近い抽出器8における入射点として設定される。上記の第1の点は、抽出器8の照明系2に近い端部、座標x₁=0を有する点Aに対応する。

【0101】

ブロック33に示されているように、さらに、拡散点10の分布W(x)の第2の点X₂は、タイプ(a)の光線の照明系2から最も遠い抽出器8における最後の入射点として設定される。上記の点は、照明系2に対向する抽出器8の端部、すなわち座標x₂=1を有する点Bに対応する。

【0102】

Kによって光源21の強度を示すと、タイプ(a)の光線のために座標xを有する一般的な点Xにおける光度は、以下の式によって与えられる。

【数2】

$$I(x) = \text{Dif}_8 * \frac{K}{S\bar{X}^2} = \text{Dif}_8 * \frac{K}{\left(\frac{h}{2}\right)^2 + (x + \delta)^2} \quad (2)$$

30

ここでは、ピタゴラスの定理が、図4の三角形SXX'に適用され、X'は光導波路ランプ1の長手軸における点Xの投影を表している。

【0103】

図3のブロック35において、点Aに配置される強度I(0)の点光源および点Bに配置される強度I(1)の点光源によって均一に照射される拡散板の点Xの座標xは、以下の式によって与えられる。

【数3】

$$\frac{I(0)}{A\bar{X}^2} = \frac{I(0)}{x^2} = \frac{I(\ell)}{XB^2} = \frac{I(\ell)}{(\ell - x)^2} \quad (3')$$

40

さらに一般的に、点分布W(x)の点X_iに配置される強度I(x_i)の点光源および次の隣接点X_{i+1}に配置される強度I(x_{i+1})の点光源によって均一に照射される点Xの座標xは、以下の式によって与えられる。

【数4】

$$\frac{I(x_i)}{(x - x_i)^2} = \frac{I(x_{i+1})}{(x_{i+1} - x)^2} \quad (3)$$

上記の式の解は、以下のように表現されることができる。

【数5】

$$x = x_i + \frac{x_{i+1} - x_i}{1 \pm \sqrt{\frac{I(x_{i+1})}{I(x_i)}}} \quad (4)$$

または式(2)を適用することによって、

【数6】

$$x = x_i + \frac{x_{i+1} - x_i}{1 \pm \frac{SX_i}{SX_{i+1}}} \quad (5)$$

によって表現されることができる。上述の基準を備えた公式の再帰的適用は、所望の点分布 $W(x) = x_1, x_2, \dots, x_n$ 、を提供する。すなわち光導波路ランプ1の照明が定式化された簡略条件の制限内で均一である。

【0104】

近似を改良するために、本発明の方法は、図7のブロック図に示されているように、上述の方法で点の少なくとも1つの第2の分布 $W_1(x), W_2(x), \dots$ を決定し(ブロック41)、異なるタイプの伝搬の場合には、上記で決定された(ブロック40で想起されたように)点の分布 $W(x)$ にすべての第2の分布 $W_1(x), W_2(x), \dots$ を追加すること(ブロック42)を提案する。

【0105】

たとえば、図5を参照して、上記に示された分類によるタイプ(b)の光線、すなわち光導波路ランプ1の光源21(図5のS)から点 X_0 において放射面5に当たり、その後、点Xにおいて抽出器8に当たる光線を考えることが可能である。

【0106】

この場合には、図3のブロック31に示されるステップにおいて、分布 $W_1(x)$ の第1の点Aは、以下の式、すなわち

【数7】

$$x_1 = \frac{h}{\tan \theta_{\max}} \quad (6)$$

によって与えられる座標 x_1 を有する。この式は、考慮される光線が照明系2に近い放射面5の端部の点 A_0 における角度 θ_{\max} に応じて反射されることの観察によって得られた。

【0107】

図3のブロック33によって示されるステップにおいて計算される分布 $W_1(x)$ の第2の点Bは、分布 $W(x)$ に関して座標 $x_2 = 1$ を有する。

【0108】

座標 x を有する点Xにおける光度は、以下の式によって与えられると見なされることができる。

【数8】

$$I(x) = \text{Rif}_5 * \text{Dif}_8 * \frac{K}{SX_0'^2} = \text{Rif}_5 * \text{Dif}_8 * \frac{K}{\left(\frac{8+x}{3}\right)^2} \quad (7)$$

X_0' は、光導波路ランプ1の長手軸における点 X_0 の投影である。実際には、 X' によってランプ1の長手軸における点Xの投影を示し、 X_0'' によって反射光線 X_0X と上記の軸の交点を示し、三角形 $SX_0X', X_0X_0'X_0'', X_0''XX'$ が等しいことから、 $SX_0' = SX' / 3$ となる。実際には、 SX_0 の代わりに距離 SX_0' を用い、著しい誤差の入らない部分 X_0X の長さを無視すればさらに实际的である。

【0109】

今度は、図3のブロック35の再帰的計算において検討される2つの点光源によって等し

10

20

30

40

50

く照射される点 X の座標 x は、当然のことながら依然として式 (3) (4) によって与えられる。

【0110】

近似をさらに改良するために、図6を参照して、上記に与えられた分類によるタイプ(c)の光線、すなわち光導波路ランプ1の光源21(図6のS)から点 X_0 において抽出器8に当たり、点 X_1 において放射面5に当たり、その後、点Xにおいて抽出器8に当たる光線を考えることが可能である

【0111】

この場合には、図3のブロック31に示されるステップにおいて、分布 $W_2(x)$ の第1の点Aは、以下の式、すなわち

【数9】

$$x_1 = \frac{2h}{\tan \theta_{max}} \quad (8)$$

によって与えられる座標 x_1 を有する。この式は、三角形 $A_0 A_1 A_1'$, $A_1 A_1' A$ の観察から得られた。

【0112】

図3のブロック33によって示されるステップにおいて計算される分布 $W_1(x)$ の第2の点Bは、分布 $W(x)$ および $W_1(x)$ に関して座標 $x_B = 1$ を有する。

【0113】

座標 x を有する点Xにおける光度は、以下の式によって与えられると見なされることができ

【数10】

$$I(x) = Rif_8 * Rif_5 * Dif_8 * \frac{K}{SX_0^2} = Rif_8 * Rif_5 * Dif_8 * \frac{K}{\left(\frac{\delta + x}{5}\right)^2} \quad (9)$$

この式は、光導波路ランプ1の長手軸が検討される光線と形成するさまざまな三角形の合同から得られた。

【0114】

今度は、図3のブロック35の再帰的計算において検討される2つの点光源によって等しく照射される点Xの座標 x は、この場合にも式(3)(4)によって与えられる。

【0115】

上記のことを一般化すると、上記で与えられた分類のタイプ(d)の光線、すなわち、光源21から拡散板3の中で反射を受けた後、言い換えれば放射面5および任意に抽出器8によって少なくとも1回の反射を受けた後、抽出器に当たる光線の場合には、各点光源の強度 $I(x)$ は、光源の強度 K に抽出器の吸収拡散係数 Dif_8 を乗じ、放射面5の各反射のために放射面の吸収反射係 Rif_5 を乗じ、抽出器8の各反射のために抽出器の吸収反射係数 Rif_8 を乗じ、光源Sから第1の反射点 X_0 までの検討される光線の部分の主要伝搬方向に沿った投影距離の2乗によって除算することによって与えられることは容易に理解される。

【0116】

最後に、上記で与えられた分類のタイプ(e)の光線についても考えたい場合には、拡散点10における抽出器8への各入射に関して、点光源の強度 $I(x)$ に抽出器の吸収拡散係数 Dif_8 を乗じる必要がある。

【0117】

抽出器が挿入されることになっている光導波路ランプ1が、互いに鏡面である両方の照明系2, 2aを具備している場合には、本発明の方法の前述のステップのすべてにおいて、2つの光源21, 21aを考慮することが可能であると推測される。

【0118】

しかし、本発明の方法によれば、図8のブロック図に示されているように、2つの照明系

10

20

30

40

50

2, 2a が設けられる (決定ブロック 51) 場合には、上述したように決定される (ブロック 50 によって要約されるような) 点分布 $W(x)$ に対して鏡面である第 2 の点分布 $W' = (1 - x_n, \dots, 1 - x_2, 1 - x_1)$ を決定し、点分布 $W = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ に第 2 の点分布 $W' = (1 - x_n, \dots, 1 - x_2, 1 - x_1)$ を追加する (ブロック 53) ように形成されることが好ましい。

【0119】

光導波路ランプ 1 の対称性によって、第 2 の点分布 W' は、単独の照明系 21a を具備するランプ 1 において均一な照明を形成するようになっている。さらに、第 2 の点分布 W' の点の前の照明系 21 による照明は、第 1 の点分布 W の点の前の照明系 21a による照明に等しいことは容易に理解される。

10

【0120】

主要伝搬方向 x に沿った点分布 $W(x)$ を得た場合には、抽出器 8 の反射基層 9 における拡散点 10 の二次元分布は、主要伝搬方向 x に垂直である方向 y に沿って一定の間隔 y で点分布 $W(x)$ を単に反復することによって得られることができる。これは、図 9 のブロック図の左の経路に示されており、ブロック 60 において点分布 $W(x)$ を決定した後、座標 y を増分するブロック 61 および座標 y の現在の値における点分布 $W(x, y)$ が点分布 $W(x)$ に等しいように設定されるブロック 62 を含むサイクルに入る。

【0121】

したがって、図 10 に示されているように、抽出器 8 は拡散点 10 のストライプの分布を呈し、照明は主要伝搬方向 x に垂直である平面において十分に均一である。

20

【0122】

さらに、図 10 では、抽出器 8 において拡散点 10 の分布が、主要伝搬方向 x に垂直である中間軸に対して対象であることを留意することができる。このような対称性を備えた抽出器は、2 つの照明系 2, 2a を有する光導波路ランプ 1 において用いるのに特に適している。

【0123】

さらに、例示の場合のように上述の方法を適用することによって、点分布が決定される場合には、点分布の隣接拡散点 10 は抽出器 8 の各端部から主要伝搬方向 x に垂直である中間軸 A - A までの減少距離を有し、抽出器は主要伝搬方向 x に沿った均一な照明を提供する。

30

【0124】

同様に、抽出器 8 が唯一の照明系 2 を有する光導波路ランプ 1 において用いられることになっている場合には、隣接拡散点 10 は、第 1 の光入射端部、すなわち照明系 2 に結合されることになっている端部から対向する端部まで主要伝搬方向 x に沿って減少距離にある。そのような抽出器は、図 10 の点線によって画定される抽出器 8' によって表される。

【0125】

別法として、方向 y に沿った反復中に、主要伝搬方向 x において点分布 $W(x)$ を前後に交互にずらしてもよい。この場合には、抽出器 8 の基層 9 上の拡散点 10 は、図 11 に示されているような菱形に配置される。これは、拡散点間の距離を抽出器の物理的な実現によって課せられた最小距離未満に減じる利点を呈する。

40

【0126】

これは、図 9 のブロック図の右の経路に示されており、ブロック 60 において点分布 $W(x)$ を決定した後に、座標 y を増分するブロック 61 および座標 y の現在の値における点分布 $W(x, y)$ が点分布 $W(x \pm x)$ に等しいように設定されるブロック 63 を含むサイクルに入る。既に述べたことに関して、これは、連続反復において、+ 符号および - 符号が交互に用いられることを意味するものとして理解されなければならない。

【0127】

さらに、ずらす間隔 x は、分布 $W(x)$ の反復の間隔 y に等しいことが好ましい。

【0128】

抽出器の物理的な実現の制限より高い精度で分布 $W(x)$ を得ないようにするために、す

50

なわち、条件

【数 1 1】

$$x_{i+1} - x_i \leq D_{\min} \quad (10)$$

を課すために、点分布 $W(x)$ から、直に隣接する点から最小距離 D_{\min} より大きい距離を呈する点を却下することが好ましい。同様に、上述したような二次元分布 $W(x, y)$ を決定する際に、以下の条件、

$$y \leq D_{\min} \quad (11)$$

$$x \leq D_{\min} \quad (12)$$

を課す。最小距離 D_{\min} は、たとえばシルクスクリーン印刷によって得ることが可能な解像度に対応してもよい。 10

【0 1 2 9】

条件式 (10) はまた、上記で与えられた式 (3) および (4) に応じて、分布の隣接点における 2 つの点光源によって等しく照射される点の座標の計算時に課せられてもよいが、いずれの場合も、第 2 の分布の追加の任意ステップの後、すなわち図 7 のブロック 4 2 の後および / または図 8 のブロック 5 3 の後に、再びその妥当性を点検しなければならない。

【0 1 3 0】

光抽出器 8 の拡散点 10 の分布、具体的には光導波路ランプ 1 によって放射される光が可能な限り均一であるような分布を決定するための別の方法において、手順は以下の通りである。 20

【0 1 3 1】

第一に、抽出器 8 の有効面が、主要伝搬方向 x に沿って望ましいほど小さい間隔に分割され、各間隔に関して拡散点密度変数 D_1, D_2, \dots, D_n を規定する。

【0 1 3 2】

同様に、放射面 5 は、主要伝搬方向 x に沿って所望するほどの小さい間隔に分割され、各間隔に関して光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m を規定する。

【0 1 3 3】

次に、放射面 5 の各間隔の光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の値が、たとえば以下に示すような方法において、抽出器 8 の拡散点密度変数 D_1, D_2, \dots, D_n の関数として表される。 30

【0 1 3 4】

最後に、放射面 5 の各間隔の光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の所望の値を提供するように、具体的には放射面 5 のすべての間隔の光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の値を互いに等しくするように、抽出器 8 の拡散点密度変数 D_1, D_2, \dots, D_n の値が計算される。

【0 1 3 5】

さらに具体的に言えば、既に述べた第 1 の方法と同様に、光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の式を以下のように得ることができる。

【0 1 3 6】

第一に各照明系 2, 2a によって投影される光は、それぞれが個別の角度に応じて放射される有限数の光線に分割される。たとえば、検討される光線の数、所望の精度に応じて、2 / 10、2 / 100、2 / 1000 などを選択されることができる。 40

【0 1 3 7】

各放射光線には初期光度値が与えられる。簡単のために、値は $L = 1$ としてもよい。

【0 1 3 8】

次に、各光線の経路に従い、放射面 5 の各間隔の光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m が、光導波路ランプ 1 の外側に透過されるようにするために、主要伝搬方向に対してその臨界角 θ_{\max} より大きい角度でその中に入射される各光線の最終的な光度 L' の値だけ増分される。 50

【0139】

各光線の光度値は、以下の基準に応じて変更される。

【0140】

抽出器 8 の間隔内の光線の各入射において、拡散点 10 または反射点 9 のいずれに入射されるかに応じて、反射または拡散されることができる。考慮される間隔の拡散点密度 D_i は、光線が反射または拡散される確率を表すと見なされることもできる。

【0141】

したがって、光線が反射される場合には、反射光線の光度値は、入射光線の光度値に抽出器の吸収反射係数 R_{if8} を乗じることによって得られるのに対し、光線が拡散される場合には、各拡散光線の光度値は、入射光線の光度値に抽出器の吸収拡散係数 D_{if8} を乗じることによって得られる。

10

【0142】

主要伝搬方向に対してその臨界角 θ_{max} より小さい角度で放射面 5 への各入射で、反射光線の光度値は、入射光線の光度値に放射面の吸収反射係数 R_{if5} を乗じることによって得られる。

【0143】

光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の式を個別の所望の値に等しくすることによって、具体的には互いに対して等しくすることによって、等しい系が得られ、その未知の値が抽出器 8 の拡散点密度 D_1, D_2, \dots, D_n である。

【0144】

たとえば、数値計算方法によってそのような系を数学的に解くことができる。しかし、数学的解法は迅速ではないため、以下の再帰的方法を用いることができる。

20

【0145】

拡散点密度変数 D_1, D_2, \dots, D_n の値および光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の値は、初めにゼロに予め設定される。

【0146】

各反復で、上述のように表される放射面 5 の各間隔の光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の値は、抽出器 8 の拡散点密度変数 D_1, D_2, \dots, D_n の現在の値に基づいて、言い換えれば、抽出器 8 に入射する光線が反射されるかまたは拡散される現在の確率に基づいて評価される。

30

【0147】

各反復において、次に抽出器 8 の拡散点密度変数 D_1, D_2, \dots, D_n の値は、個別の十分に小さい量だけ個々に増分される。

【0148】

光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の値が望ましい値である場合、具体的に言えば放射面 5 のすべての間隔の光度変数 N_1, N_2, \dots, N_m の値が互いに等しい場合に、反復が終了する。

【0149】

たとえば、2つの照明系 2, 2a を有する光導波路ランプ 1 において用いられることになっている抽出器 8 の場合には、抽出器 8 の中心から始まって、拡散点密度変数 D_1, D_2, \dots, D_n の値を増分することができる。

40

【0150】

上述の第 1 の方法と同様に、一旦得られると、主要伝搬方向に沿った拡散点の分布は、主要伝搬方向に垂直である方向 y に沿って一定の間隔 y で反復されることができ、任意に予め設定された最小距離 x だけ主要伝搬方向において前後に点分布を交互にずらす。

【0151】

さらに、上述の第 1 の方法と同様に、直に隣接する点から予め設定された最小距離 D_{min} より大きい角度を呈する点を点分布から却下することが適していてもよい。

【0152】

図 12 ~ 図 14 は、本発明による光抽出器を具備する光導波路ランプの別の実施形態を概

50

略的に示している。

【 0 1 5 3 】

図 1 2 に示されている光導波路ランプ 1 2 1 において、光抽出器 1 2 8 および放射面 1 2 5 はいずれも、拡散板 1 2 3 の長手軸に向かって凹面を有するように湾曲している。さらに具体的に言えば、それらのそれぞれの断面は半円、半楕円、半放物線、放物線であってもよく、または高次の曲線によってもよい。図示された実施形態における投影系 1 2 2 または 2 つの投影系 1 2 2 , 1 2 2 a のそれぞれは、個別の点光源 1 2 2 1 , 1 2 2 1 a を具備している。

【 0 1 5 4 】

図 1 3 に示されている光導波路ランプ 1 3 1 において、放射面 1 3 5 は平面であり、光抽出器 1 3 8 は拡散板 1 3 3 の長手軸に向かって湾曲される。さらに具体的に言えば半円、半楕円、半放物線、放物線の断面または高次曲線による。別法として、平面抽出器および拡散板 1 3 3 の長手軸に向かって湾曲する放射面、具体的に言えば半円、半楕円、半放物線、放物線の断面または高次曲線による放射面を設けることが可能である。また、この場合には、例示の実施形態において投影系 1 3 2 または 2 つの投影系 1 3 2 , 1 3 2 a のそれぞれは、個別の点光源 1 3 2 1 , 1 3 2 1 a を具備している。

【 0 1 5 5 】

最後に、図 1 4 に示される光導波路ランプ 1 4 1 において、光抽出器 1 4 8 と放射面 1 4 5 は共に湾曲される。さらに具体的に言えば半円、半楕円、半放物線、放物線の断面または高次曲線によるが、同一の方向に面する凹面を備えるように配置される。すなわち、光導波路ランプ 1 4 1 の断面が馬蹄型であるために、放射面 1 4 5 は、抽出器 1 4 8 の内部に配置されるか、またはその逆であるこの場合には、例示の実施形態において投影系 1 4 2 または 2 つの投影系 1 4 2 , 1 4 2 a のそれぞれは、個別の点光源 1 4 2 1 , 1 4 2 1 a を具備している。

【 0 1 5 6 】

図 1 に示される平行六面体の構成を有するランプを参照して示された拡散点の分布を決定するための方法は、光導波路ランプの他に示した構成にも適用可能であり、当業者の能力内で任意の変更を行うことができることを留意する価値がある。

【 0 1 5 7 】

さらに、上述した第 1 の方法は、電子コンピュータによって実行される場合に特に適している。

【 0 1 5 8 】

図 1 5 は、プログラムがコンピュータで実行される場合に、上述の方法のステップを実行するのに適したプログラムコード手段を含むコンピュータプログラムの特に好ましい実施形態を示しているブロック図を示している。

【 0 1 5 9 】

方法のさまざまなステップに関連するコード手段の詳細については、任意のプログラムの能力内であると見なされるため、提供しない。実際には、サイクル、再帰的ルーチンの呼出しおよび数学的公式の適用の問題である。点分布 $W(x)$ または各第 2 の分布 $W_i(x)$, $W'(x)$ は、たとえば、一次元アレイまたはリストに格納されてもよい。すべての値の組を考慮しなければならない図 3 のブロック図の再帰呼出しの管理によって、たとえば、行列 (指数) へのポイントまたは待ち行列 (F I F O) またはスタック (L I F O) 構造による管理を生じてもよい。

【 0 1 6 0 】

ブロック 7 0 で示されているように、コンピュータプログラムは、以下のパラメータ、すなわち

- 放射面 5 の臨界角 θ_{max} 、
- 抽出器 8 の形状およびサイズ、たとえば、長方形、半円断面、半楕円断面、半放物線断面、放物線断面を含む代案のリストから選択可能である形状、
- 放射面 5 の形状およびサイズ、たとえば、長方形、半円断面、半楕円断面、半放物線断

面、放物線断面を含む代案のリストから選択可能である形状、

- 放射面 5 から抽出器 8 の最大距離、
- 照明系 2 の光源 2 1 , 2 1 a の数、タイプ、強度 K および性質、
- 点分布の点間の最小距離 D_{min} 、
- 抽出器の吸収反射係数 R_{if8} 、
- 抽出器の吸収拡散係数 D_{if8} 、
- 放射面の吸収反射係数 R_{if5} 、
- 放射面 5 および抽出器 8 上の考慮される連続反射の最大数、

のうちの 1 つ以上のパラメータを受信するための手段を一形態として具備する。

【0161】

これに関連して、個別の初期値を提供することができる。さらに、入力される値が許容可能である、具体的に言えば正の数であり、抽出器 8 および放射面 5 のサイズが互いに匹敵し、主要伝搬方向における長さ l と、抽出器と放射面との間の距離 h との比が 20 に等しいことが好ましいように制御するための手段を設けてもよい。実際には、このように光が十分に少数の入射で伝搬するため、尊信つが小さいことから、そのような比が好ましい。

【0162】

入力される値は、ブロック 7 1 に示されているようにファイルに保存され、ブロック 7 2 に示されているようにファイルから処理を変更または反復するために検索されることができる。

【0163】

次に、ブロック 7 4 において、プログラムは本発明の方法のさまざまなステップを実行するが、ブロック 7 4 に示されるようなスタート信号を受信することを必要とすることが好ましい。たとえば、上記のスタート信号は、キーボードのキー、グラフィカルインターフェイスまたはその他のボタンを押すことであってもよい。

【0164】

続いて、ブロック 7 5 で、プログラムは、

- たとえば、表計算ソフトにおける分布 $W(x)$ の点の座標、
 - 基本的な間隔における分布の点のパーセント密度、
 - たとえば、表計算ソフトなどの予め設定されたパラメータの記録、
 - たとえば、点における段階的な増大を示す線形関数を有するグラフに関する点分布 $W(x)$ または $W(x, y)$ を表すグラフィック表示、
 - 抽出器が抽出器 8 と放射面 5 との間の予め設定された平均距離 h および放射面 5 の予め設定された臨界角 θ_{max} の関数として意図される光導波路ランプの各照明系、具体的には反射放物線 2 2 , 2 2 a の焦点の幾何学的配置、
- の中からブロック 7 5 ' によって表される 1 つ以上の出力を生成する。

【0165】

さらに、ブロック 7 6 において、プログラムはエクスポート出力、すなわち

- 印刷機、具体的にはシルクスクリーン印刷機によって読出し可能な形式の分布 $W(x)$ の点のファイル 7 6 ' を生成することが好ましい。

【0166】

実際には、そのようなコンピュータプログラムは、情報ネットワーク、具体的に言えばインターネットで広められることができ、またはフロッピーディスク、CD-ROM, CD-R などのコンピュータ読出し可能な手段において具現されることができる。

【0167】

以下の請求項によって定義されるように、本発明の範囲を逸脱することなく前述の実施形態に対して複数の変更、修正、置換および統合を行うことができることは明白である。

【0168】

具体的に言えば、光導波路ランプの軸方向の位置に用いられることになっている拡散点および相補反射点からなる特殊な「点在する」有効面は、三次元体抽出器においても有用である可能性があることを理解しなければならない。

10

20

30

40

50

【0169】

具体的に言えば、中性の基板上に所定および個別の相補分布に応じて、または、拡散基層上に反射点を塗布することによって、拡散点および反射点を施すことができることを留意する価値がある。したがって、本発明の詳細および添付請求項において、「反射基層の点」に関して、「反射点」なる表現と等価であるものと解釈されなければならない。

【0170】

さらに、点光源または反射放物線を備えた蛍光灯光源を有する照明系の代わりに、さまざまな実施形態において複数のLEDによって得られる平面照明系を用いることができる。

【0171】

さらに、当業者は、反射面および放射面として、他の材料のうちで、上述の特許US 5 10 882774に示された多層光学フィルムを用いることが好都合であることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図1】一定の尺度から外れた第1の実施形態における本発明を具現する光導波路ランプを概略的に示している。

【図2】本発明による拡散点の分布を決定するための第1の方法を説明するために有用な図1のランプの平面図を示している。

【図3】図2に示された方法に関連するブロック図を示している。

【図4】上述の方法をさらに詳細に説明するのに有用な図2と類似の図である。

【図5】上述の方法をさらに詳細に説明するのに有用な図2と類似の図である。 20

【図6】上述の方法をさらに詳細に説明するのに有用な図2と類似の図である。

【図7】上述の方法に関連する別のブロック図である。

【図8】上述の方法に関連する別のブロック図である。

【図9】上述の方法に関連する別のブロック図である。

【図10】本発明による抽出器の好ましい実施形態を概略的に示している。

【図11】本発明による抽出器の好ましい実施形態を概略的に示している。

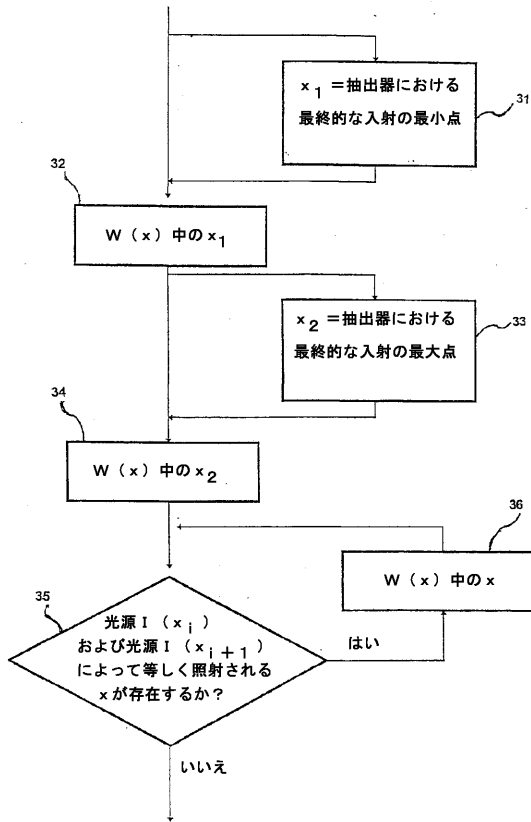
【図12】本発明を具現する光導波路ランプの別の実施形態を概略的に示している。

【図13】本発明を具現する光導波路ランプの別の実施形態を概略的に示している。

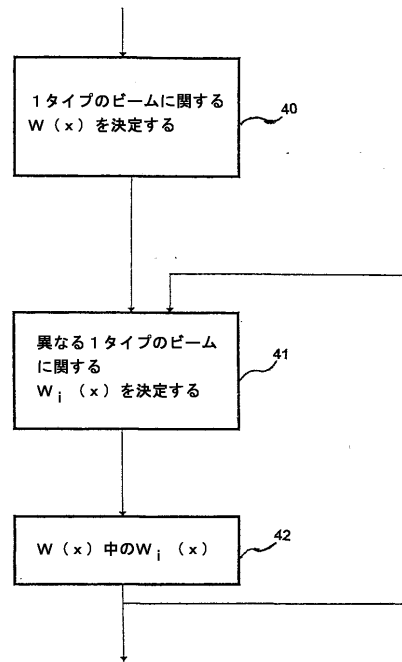
【図14】本発明を具現する光導波路ランプの別の実施形態を概略的に示している。

【図15】拡散点の分布を決定するための本発明の第1の方法を実行するのに適したコンピュータプログラムのブロック図を示している。 30

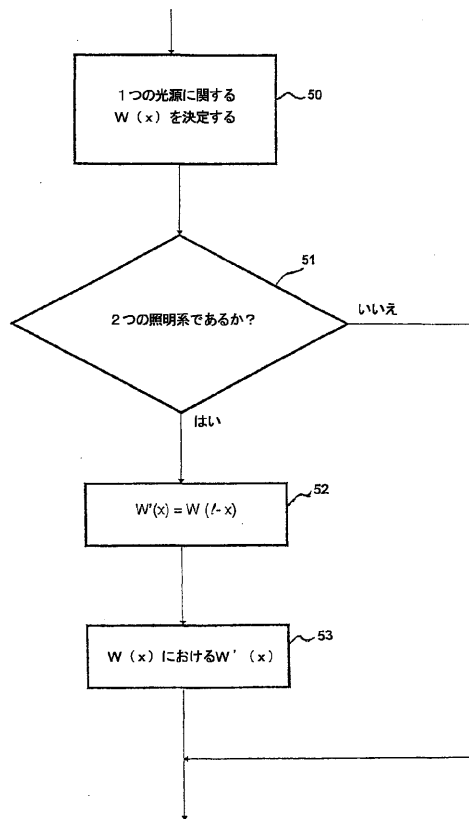
【図 3】



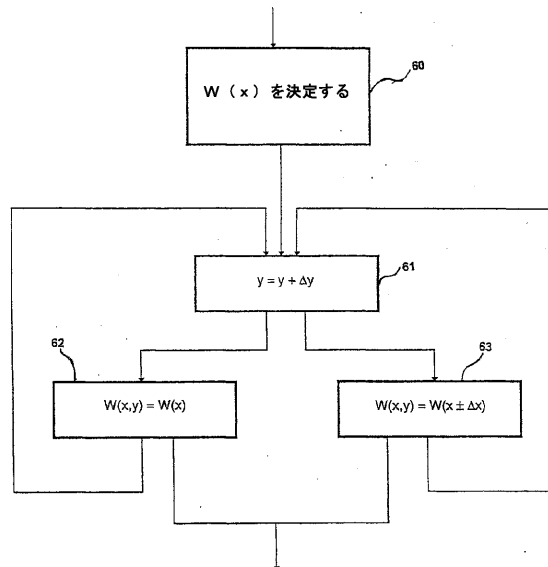
【図 7】



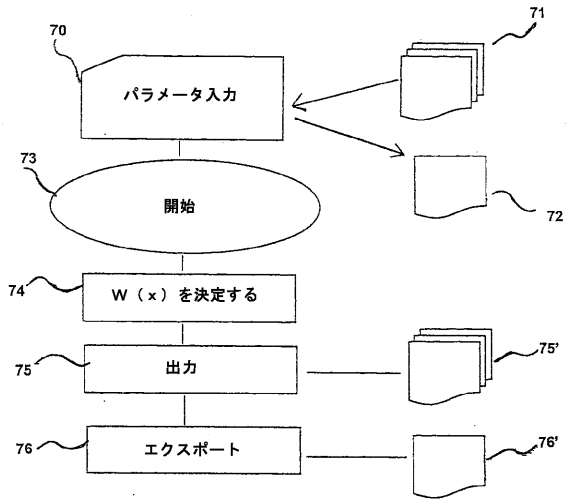
【図 8】



【図 9】



【図 15】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
21 March 2002 (21.03.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/23084 A1

(51) International Patent Classification: **F21V 8/00**
(21) International Application Number: PCT/IT00/00364
(22) International Filing Date:
15 September 2000 (15.09.2000)

(25) Filing Language: Italian
(26) Publication Language: English

(71) Applicant (for all designated States except US): **3M ITALIA S.p.A.** [IT/IT]; Loc. San Felice, Via San Bovio 3, I-20090 Segrate (IT).

(72) Inventor; and
(75) Inventor/Applicant (for US only): **PESENTI, Marcella** [IT/IT]; Tenuta Marcatotto 1, I-20080 Albairate (IT).

(74) Agent: **RICCARDI, Elisa**; Porta, Checacci Associati S.p.A., Viale Sabotino, 19/2, I-20135 Milano (IT).

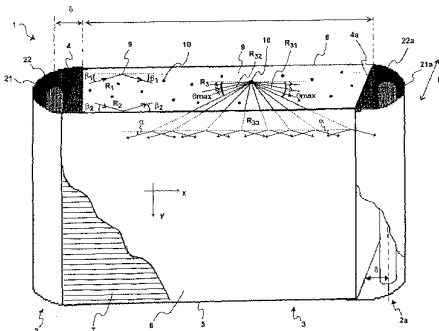
(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
— with international search report
— with amended claims and statement

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: LIGHT EXTRACTOR FOR A LIGHT GUIDE LAMP



(57) Abstract: There is described a light extractor (8) for a light guide lamp (1) whose useful surface, that is to say, the surface that, in use, faces the emission surface (5) of the light guide lamp (1), comprises a predetermined distribution of diffusing points (10) and a complementary distribution of reflecting points (9). The light extractor (8) allows obtaining an illumination having preselected features. There are also described methods for determining such a distribution of points so as to obtain a highly uniform illumination.

WO 02/23084 A1

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 1 -

Light extractor for a light guide lamp

* * * * *

DESCRIPTION

The present invention relates to a light extractor for a
5 light guide lamp. Moreover, the invention relates to a
diffuser and a light guide lamp comprising it, as well as
methods for determining a distribution, along a main
propagation direction, of diffusing points on a light
extractor, and a computer program suitable to perform the
10 steps of one such method. The invention also relates to a
method for manufacturing the light extractor and a silk-
screen.

In the present description and the attached claims, as it
will be clear hereinafter:

- 15 - "diffuser" indicates a light guide structure provided
with a light extractor, so that the light is partly guided
and partly exits,
- "diffusing point" indicates a point of a surface having
such optical characteristics that a ray incident onto it
20 generates a bundle of light rays reflected within the local
bending angle of the surface, thus being comparable to a
point source; thus, in principle, also a hole could be
used,
- the term "direction" is used so as to include curvilinear
25 directions.

Light guide lamps are known, and they provide for the light
generated by one or more sources to be directed into a
light guide, that is to say, a closed structure having a
surface at least partly transparent, and at least partly
30 reflecting on the internal side. The light rays propagate
within the structure through a series of successive
reflections, and exit therefrom in a more or less gradual
manner. The light guides obtained through the use of total
internal reflection films (or TIR films) are especially
35 effective.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

-2-

Said TIR films are known, for example, from European patent no. EP 0 225 123, to which reference shall be made for a detailed description of their features; an example of said TIR films are those produced and marketed by Minnesota Mining and Manufacturing Company under the brand name of OLF - Optical Lighting Film. They are shaped as flexible sheets or tapes, exhibiting a surface with a series of parallel micro-relieves with a substantially triangular section; said films can be applied onto the surface of a transparent carrier material, with the micro-relieves oriented in the propagation direction and usually facing outwards, thus creating an effective light guide. In fact, thanks to the optical characteristics of said films and as described, for example, in document US 4 805 984 - to which reference shall be made for further details - the light forming with the main propagation direction a smaller angle than a critical angle θ_{\max} is always internally reflected, whereas the light forming with the main propagation direction a greater angle θ than angle θ_{\max} is internally reflected if it is incident on the TIR film with an angle, with respect to the normal, that is smaller than a certain angle, depending on angle θ . Thus, contrary to the current definition, in the following description and in the attached claims, the incidence angle of a light ray on a surface shall indicate that formed by the ray with the plane tangent to the surface.

Angle θ_{\max} depends on the characteristics of the TIR film and, for the OLF film mentioned above, it is of 27.6°.

Another material used in light guide lamps is the so-called multilayer optical film, described for example in document US 5882774.

Special elements called light extractors are inserted into the light guide to cause a controlled diffusion of a portion of the light travelling within the light guide, thus making some of the light rays deviate and be incident onto the TIR film with such angles as to exit from the

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 3 -

light guide.

Known light extractors comprise, for this purpose, a typically white diffusing surface, and they consist of tridimensional bodies arranged in axial position in the light guide (reference can be made, for example, to Italian patent application T098A000513), or of bidimensional bodies applied to the internal surface of the light guide (reference can be made, for example, to European patent application EP-A-1006312).

10 The technical problem at the basis of the present invention is that of providing a light extractor for a light guide lamp which should allow obtaining an illumination with preselected features, for example a highly uniform illumination.

15 Thus, in a first aspect thereof, the invention relates to a light extractor for a light guide lamp, characterised in that its useful surface comprises a predetermined distribution of diffusing points and a complementary distribution of reflecting points.

20 In the present description and attached claims, the expression "useful surface" indicates the surface that, in the use of the light extractor, faces the emission surface of the light guide lamp.

Since the light incident on the reflecting points propagates through reflection, whereas the light incident on the diffusing points is deviated at such angles as to partly exit from the lamp, by controlling the distribution of diffusing points - and thus the complementary distribution of reflecting points - it is possible to control, point by point, the light diffusion properties, on the basis of the desired result when the light extractor is used in the light guide lamp.

Advantageously, the useful surface comprises a reflecting base layer and the predetermined distribution of diffusing

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

-4-

points on the reflecting base layer.

In this way, the manufacture of the light extractor is simplified.

5 Even more preferably, the reflecting base layer comprises the side without micro-prisms of a TIR film. In particular, the reflecting base layer can consist of the above cited OLF films or optical multilayer films.

10 In an embodiment, adjacent diffusing points of the predetermined distribution are at a decreasing distance along a main propagation direction from a light inlet end to an opposed end.

Such an extractor, used in a light guide lamp having a single illumination system, provides an uniform illumination along the main propagation direction.

15 In another embodiment, the distribution of diffusing points is symmetrical with respect to a median axis perpendicular to the main propagation direction.

20 Such an extractor is particularly useful in light guide lamps having two symmetrical illumination systems at the two ends.

In this case, in a particularly preferred way, adjacent diffusing points of the distribution of points are at a decreasing distance from each end of the extractor to the median axis perpendicular to the main propagation
25 direction.

Such an extractor provides an uniform illumination along the main propagation direction.

Advantageously, the predetermined distribution of diffusing points is imprinted on the reflecting base layer through
30 silk-screen printing.

Silk-screen printing allows easily achieving any

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 5 -

distribution of points also on non-absorbing surfaces, with an acceptably small distance between the diffusing points.

Moreover, in a second aspect thereof, the invention relates to a diffuser for a light guide lamp comprising a light extractor as said above, and an emission surface transparent for rays forming, with a main propagation direction, a greater angle than a predetermined critical angle, and internally reflecting for rays incident with a smaller angle than the predetermined critical angle.

Typically, the emission surface comprises a transparent support layer and a total internal reflection film applied on the transparent support layer.

Preferably, the total internal reflection film has micro-relieves facing outwards, and oriented in parallel to the main propagation direction.

Since the light emitted by the TIR film, in particular by the above-cited OLF, has a fixed output angle with respect to the longitudinal direction of the micro-relieves, their arrangement as indicated allows minimising the visual perception of the shadows caused by said angle.

Preferably, the light extractor has a cross section selected from the group consisting of rectilinear, semicircular, semi-elliptical, parabolic, semi-parabolic, or according to higher-order curves, and the emission surface has a cross section selected from the group consisting of rectilinear, semicircular, semi-elliptical, parabolic, semi-parabolic, or according to higher-order curves.

Preferably, moreover, the maximum distance between extractor and emission surface in a plane perpendicular to the main propagation direction is a preselected fraction of the length of the extractor in the main propagation direction, even more preferably, it is equal to about a twentieth part.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

-6-

In this way, the light propagates with a sufficiently small number of incidences, and thus, with few losses.

Moreover, in another aspect thereof, the invention relates to a light guide lamp comprising a diffuser as said above, and at least an illumination system suitable to project the light into the diffuser with smaller angles than the critical angle of the emission surface.

Those rays projected into the diffuser which are incident first of all onto the emission surface, are thus totally internally reflected, whereas those incident first of all onto the extractor are reflected or diffused according to whether they are incident on a diffusing point or on a reflecting point.

Moreover, in another aspect thereof, the invention relates to a method for determining a distribution along a main propagation direction of diffusing points on a useful surface, elsewhere reflecting, of a light extractor intended to be coupled to an emission surface, transparent for rays propagating with a smaller angle than a predetermined critical angle, and internally reflecting for rays propagating with a greater angle than the critical angle, in a diffuser for a light guide lamp having an illumination system suitable to project the light of a light source into the diffuser with smaller angles than the critical angle, the method comprising the steps of:

- (a) setting a first point of the distribution as the point of final incidence on the extractor closest to the illumination system of a light ray propagating according to a preselected type of trajectory,
- (b) setting a second point of the distribution as the point of final incidence on the extractor farthest from the illumination system of a light ray propagating according to the preselected type of trajectory,
- (c) recursively determining, for each point of the distribution of points, a new point of the distribution as the point of the extractor equally illuminated by a first

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 7 -

point source arranged at the preselected point of the distribution, and by a second point source arranged at a next adjacent point of the distribution, the intensities of the point sources being a function of the intensity of the light source and of a characteristic distance of the preselected type of trajectory.

A light extractor having the light distribution thus determined allows obtaining, in use, a sufficiently uniform illumination along the main propagation direction.

10 Preferably, in steps (a), (b), (c), the trajectory type is classified on the basis of the number of reflections within the diffuser.

More in particular, in step (c), when the preselected type of trajectory consists of the rays that, from the light source of the light guide lamp directly strike the extractor, the intensity of each point source is given by the intensity of the light source, multiplied by an absorption-in diffusion coefficient of the extractor, and divided by the squared distance of the point of the source point from the light source.

Thus, the introduced schematisation is that each diffusing point is deemed to have a constant emission at each angle, and independent of the incidence angle of the light ray on it.

25 When, on the contrary, in step (c) the preselected type of trajectory consists of the rays that, from the light source, strike the extractor after undergoing at least one reflection by the emission surface, and optionally by the extractor, the intensity of each point source is given by the intensity of the light source, multiplied by an absorption-in diffusion coefficient of the extractor, multiplied, for each reflection onto the emission surface, by an absorption-in reflection coefficient of the emission surface, multiplied, for each reflection onto the

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

-8-

extractor, by an absorption-in reflection coefficient of the extractor, and divided by the squared projection, along the main propagation direction, of the portion of the ray under consideration from the light source to the first
5 reflection point.

Thus, to simplify the calculations, the emission surface is deemed as arranged at the extractor.

Preferably, the method further comprises the steps of:

(d) determining at least a second distribution of points through steps (a), (b), (c), for a different type of trajectory,
10 (e) adding each second distribution of points to the distribution of points.

The result is increasingly precise as the types of trajectory considered increase, so the obtainable
15 illumination is increasingly uniform.

Moreover, if the extractor is intended to be inserted into a light guide lamp having a second illumination system that is specular to the first illumination system and arranged
20 at the opposed end, it comprises the step of:

(f) adding to the distribution of points the specular points of each point of the distribution of points.

Preferably, moreover, the method comprises the step of:

(g) repeating the distribution of points at constant intervals along a direction perpendicular to the main
25 propagation direction of the extractor.

In this way, the extractor exhibits a distribution of stripes of diffusing points, and the illumination is sufficiently uniform also in planes perpendicular to the
30 main propagation direction.

More preferably, the method comprises the further step, during the repetitions of step (g), of:

(g1) alternately staggering the distribution of points.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 9 -

forwards and backwards in the main propagation direction by a constant interval.

In this way, it is possible to reduce the distance between points below the minimum distance imposed by the physical
5 implementation of the extractor.

Preferably,, the method further comprises the step of:

(h) rejecting, from the distribution of points, those points exhibiting a distance that is greater than a preset minimum distance from the immediately adjacent points.

10 In this way, it is possible to prevent obtaining a distribution having a higher precision than the physical implementation of the extractor.

Moreover, in another aspect thereof, the invention relates to a computer program comprising program code means
15 suitable to perform the steps of the above method when the program is run on a computer.

In an advantageously parametric implementation, the computer program comprises means for receiving in input one or more of the following parameters:

- 20 - critical angle of the emission surface to which the extractor is intended to be coupled,
- shape and/or size of the extractor,
- shape and/or size of the emission surface to which the extractor is intended to be coupled,
25 - maximum distance of the extractor from the emission surface to which the extractor is intended to be coupled,
- number, type, intensity and nature of the light sources of the illumination system to which the extractor is intended to be coupled,
30 - minimum distance between the points of the distribution of points,
- absorption-in reflection coefficient of the extractor,
- absorption-in diffusion coefficient of the extractor,
- absorption-in reflection coefficient of the emission

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 10 -

surface to which the extractor is intended to be coupled,
- type or types of trajectories to be considered or maximum
number of reflections to be considered.

To facilitate the management of multiple simulations, the
5 computer program can comprise means for saving the
parameters entered into a file and means for loading the
parameters from a file.

Preferably, the computer program generates one or more
outputs, among:
10 - the coordinates of the points of the distribution,
- the percent density of the points of the distribution in
elementary intervals,
- a report of the preset parameters,
- a graphical representation of the distribution of points,
15 - a file of the points of the distribution in a format
readable by a printing machine, in particular a silk-screen
printing machine,
- the geometry of each illumination system of the light
guide lamp for which the extractor is intended, as a
20 function of a preset maximum distance between the extractor
and the emission surface, and of a preset critical angle of
the emission surface.

The table format, the graphical representation and the
report of the set parameters are useful for multiple
25 simulations; the file in a format readable by a printing
machine, for example Autocad™ and MacIntosh™, allows the
integration with the extractor manufacturing step, while
the determination of the geometry typically coincides with
determining the focus of a reflecting parabola of the
30 illumination system, which thus meets the requirement of
projecting the light into the diffuser at smaller angles
than the critical angle of the emission surface.

Typically, moreover, the computer program can be embodied
into a computer readable means.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 11 -

In another aspect thereof, moreover, the invention relates to a method for determining a distribution along a main propagation direction of diffusing points on a useful surface, elsewhere reflecting, of a light extractor intended to be coupled to an emission surface, transparent for rays propagating with a smaller angle than a predetermined critical angle (θ_{\max}) and internally reflecting for rays propagating with a greater angle than the critical angle (θ_{\max}), in a diffuser for a light guide lamp having at least one illumination system suitable to project the light of a light source into the diffuser with smaller angles than the critical angle (θ_{\max}), the method comprising the steps of:

- (a) defining, for each interval of a preselected length along the main propagation direction of the useful surface of the extractor, a diffusing-points-density variable,
- (b) defining, for each interval of a preselected length along the main propagation direction of the emission surface, a luminosity variable;
- (c) expressing the value of the luminosity variable of each interval of the emission surface as a function of the diffusing-points-density variables of the extractor, and
- (d) calculating the values of the diffusing-points-density variables of the extractor such as to equal with one another the values of the luminosity variable of all intervals of the emission surface.

As for the first method illustrated above, a light extractor having the distribution of light thus determined allows obtaining, in use, a sufficiently uniform illumination along the main propagation direction.

- In a preferred embodiment of the method illustrated above:
- step (a) comprises the sub-step (a1) of presetting to zero the values of the diffusing-points-density variables,
 - step (b) comprises the sub-step (b1) of presetting to zero the values of the luminosity variables,
 - the calculation step (d) is carried out through the steps

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 12 -

of:

(d1) evaluating the values expressed in step (c) of the luminosity variable of each interval of the emission surface on the basis of the current values of the diffusing-points-density variables of the extractor,
5 (d2) individually incrementing the values of the diffusing-points-density variables of the extractor and
(d3) iteratively repeating steps (d1) and (d2) until the values of the luminosity variable of all intervals of the emission surface evaluated in step (d1) are equal to each other.
10

Preferably, moreover, the step (c) of expressing the luminosity variables comprises the steps of:

(c1) splitting the light projected by the at least one illumination system into a finite number of rays, each having an initial luminosity value,
15 (c2) incrementing the luminosity variable of each interval of the emission surface by the value of the final luminosity of each ray incident on it with a greater angle, with respect to the main propagation direction, than its critical angle (θ_{max}), wherein:
20 - at each incidence of a ray in an interval of the extractor, an evaluation of whether the ray is reflected or diffused is made on the basis of the value of the respective diffusing-points-density variable,
25 -- if the ray is reflected, the luminosity value of the reflected ray is obtained by multiplying the luminosity value of the incident ray by an absorption-in reflection coefficient of the extractor,
30 -- if the ray is diffused, the luminosity value of each diffused ray is obtained by multiplying the luminosity value of the incident ray by an absorption-in diffusion coefficient of the extractor,
- at each incidence on the emission surface with a smaller
35 angle, with respect to the main propagation direction, than its critical angle (θ_{max}), the luminosity value of the reflected ray is obtained by multiplying the luminosity

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 13 -

value of the incident ray by an absorption-in reflection coefficient of the emission surface.

Preferably, the method further comprises the step of:

- 5 (e) repeating the distribution of points at constant intervals along a direction perpendicular to the main propagation direction of the extractor.

10 In this way, the extractor exhibits a distribution of stripes of diffusing points and the illumination is sufficiently uniform also in the planes perpendicular to the main propagation direction.

More preferably, the method comprises the further step, during the repetitions of step (e), of:

- 15 (e1) alternately staggering the distribution of points forwards and backwards in the main propagation direction by a constant interval.

In this way, it is possible to reduce the distance between points below the minimum distance imposed by the physical implementation of the extractor.

Preferably, the method further comprises the step of:

- 20 (f) rejecting, from the distribution of points, those points exhibiting a distance that is greater than a preset minimum distance from the immediately adjacent points.

25 In this way, it is possible to prevent obtaining a distribution having a higher precision than the physical implementation of the extractor.

Moreover, in another aspect thereof, the invention relates to a method for manufacturing a light extractor as said above, comprising the steps of:

- 30 (a) providing a reflecting base layer;
(b) silk-screen printing diffusing points onto the reflecting base layer according to a predetermined distribution of points.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 14 -

Although such a light extractor can be manufactured through other methods, such as printing or differently applying on a neutral substrate the distribution of diffusing points and the complementary distribution of reflecting points, 5 silk-screen printing on a reflecting base layer allows easily obtaining, also on non-absorbing surfaces, any desired distribution of points, with an acceptably small minimum distance between the diffusing points.

10 Preferably, the printing step (b) is carried out by printing the distribution of points obtained according to one or the other of the above methods.

Moreover, in another aspect thereof, the invention relates to a silk-screen embodying a distribution of points obtained with one or the other of the above methods.

15 Features and advantages of the invention shall now be illustrated with reference to embodiments represented by way of a non-limitative example in the attached drawings, wherein:

20 - Figure 1 schematically shows, out of scale, a light guide lamp embodying the present invention, in a first embodiment;

25 - Figure 2 shows a plan view of the lamp of Figure 1, useful to explain a first method for determining the distribution of diffusing points according to the present invention;

- Figure 3 shows a block diagram relating to the method illustrated in Figure 2;

- Figures 4 to 6 are views similar to Figure 2, useful to explain said method more in detail;

30 - Figures 7 to 9 show further block diagrams relating to said method;

- Figures 10 and 11 schematically show preferred embodiments of an extractor according to the invention;

35 - Figures 12 to 14 schematically show alternative embodiments of light guide lamps embodying the present invention; and

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 15 -

- Figure 15 shows a block diagram of a computer program suitable to perform the first method of the invention for determining the distribution of diffusing points.

Figure 1 illustrates a light guide lamp 1 comprising two illumination systems 2, 2a, and a parallelepiped-box-shaped diffuser 3, coupled to them through respective glasses 4, 4a. The light guide lamp 1 may alternatively comprise a single illumination system, for example only illumination system 2.

Diffuser 3 comprises an emission surface 5 and a light extractor 8, described more in detail hereinafter. In turn, the emission surface 5 comprises a transparent support layer 6 made of a rigid material, such as polycarbonate or the like, internally (as shown) or externally coated with a TIR film 7, for example the OLF film by Minnesota Mining and Manufacturing Company.

The thickness of diffuser 3, that is to say, the distance h between extractor 8 and emission surface 5, preferably is a preselected fraction of length l of the extractor in the main propagation direction, for example $1/20$. Observing such a ratio, the light propagates with a sufficiently small number of incidences, and thus with few losses.

The TIR film 7 is preferably arranged so that its micro-relieves, schematised as lines, are horizontally oriented. In fact, the optical characteristics of the OLF film are such that the light rays exit from it at an angle α of about 15° with respect to the direction of the micro-relieves, and their horizontal arrangement minimises the visual perception of the shadows caused by said output angle.

As in the traditional applications of said OLF film, the micro-relieves preferably face outwards diffuser 3.

Each illumination system 2, 2a comprises a light source 21, 21a. The light source is a fluorescent tube having for

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 16 -

example a 36-W power, arranged at the focus of a reflecting parabola 22, 22a. The electrical power supply and control components of the illumination system 2, 2a are not shown in detail since they are totally conventional.

- 5 Each illumination system 2, 2a is designed so as to project the light into diffuser 3 with smaller angles than the critical angle θ_{\max} of the emission surface 5, or of its TIR film 7 ($\theta_{\max} = 27.6^\circ$ in the case of the OLF film mentioned above).
- 10 For the known geometrical properties of the parabola, wherein all rays exiting from the focus are reflected in parallel to the axis, arranging the light source 21 at the focus the above condition is obtained when distance δ between the focus and the glass 4 is given by:

$$15 \quad \delta = \frac{h}{2} * \operatorname{tg} \theta_{\max} \quad (1)$$

The light extractor 8 consists of a substantially bidimensional body having a reflecting base layer 9 and a plurality of diffusing points 10 arranged on the reflecting base layer 9 according to a predetermined distribution.

- 20 The reflecting base layer 9 can itself be the body of extractor 8, or it can be provided as a reflecting coating onto a substrate (not shown), for example polycarbonate or glass. Preferably, the reflecting base layer 9 consists of the side without micro-prisms of the above-cited OLF film.
- 25 The diffusing points 10 preferably are white points, but they can be points of another colour, and they are preferably silk-screen printed on the reflecting base layer 9.

- A light extractor 8 thus made performs as a plurality of elementary extractors arranged on a reflecting surface. In fact, a light ray incident onto the reflecting base layer 9 is reflected with an angle equal to the incidence angle, whereas a light ray incident on a diffusing point 10 is diffused, that is to say, reflected in a bundle of light

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 17 -

rays distributed over the internal solid angle of extractor 8 at the diffusing point 10 under consideration, in particular over the plane angle in the illustrated case of plane extractor 8. In a first approximation, the diffused
5 rays can be regarded as equipotent since the differences between their intensity are infinitesimal.

Thus, with reference to Figure 1, the three following situations occur:

- 10 - if a light ray, as ray R_1 , is incident on the reflecting base layer 9 of extractor 8 with an angle β_1 with respect to the main propagation direction indicated by axis x , it is internally reflected within diffuser 3 with an angle that is equal to the incidence angle, that is, it further propagates within diffuser 3 with the same angle β_1 with
15 respect to the propagation direction x , directed towards the emission surface 5;
- similarly, if a light ray, such as ray R_2 , is incident on the emission surface 5 with an angle β_2 with respect to the main propagation direction x , it is internally reflected
20 within diffuser 3 with an angle that is equal to the incidence angle, that is, it further propagates within diffuser 3 with the same angle β_2 with respect to the propagation direction x , directed towards the light extractor 8;
- 25 - if a light ray, such as ray R_3 , is incident on a diffusing point 10 of extractor 8 with an angle β_3 with respect to the main propagation direction x , it is internally diffused within diffuser 3.

In the last cited case, the incident ray R_3 originates two
30 groups of secondary rays:

- rays, such as rays R_{31} , R_{32} , forming a smaller angle than the critical angle θ_{\max} with respect to the main propagation direction x : they further propagate within
diffuser 3, generically directed in the propagation
35 direction or, respectively, in the direction opposed to the propagation direction;

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 18 -

- rays, such as ray R₃₃, forming a greater angle than θ_{\max} with respect to the main propagation direction x.

The rays of the last considered type, such as ray R₃₃, when arriving at the emission surface 5 are not internally reflected, but they exit from it and contribute to the illumination of the light guide lamp 1.

Moreover, it is worth noting that, since the rays are projected by the illumination system 2, 2a into diffuser 3 with angles that are always smaller than the critical angle θ_{\max} , and due to the above characteristics of transmission and reflection, the light rays incident onto extractor 8 always form smaller angles than the critical angle θ_{\max} with the main propagation direction x. Thanks to this, it is possible to make the reflecting base layer 9 as the side without micro-prisms of the same OLF film mentioned above, as previously indicated.

From what set forth it must be understood that the particular light extractor 8 of the invention provides an ideally unlimited flexibility of control of the light rays exiting the light guide lamp 1, that is to say, of its illumination. In the practice, this flexibility is restricted only by the resolution of the diffusing points, in turn dictated by the method used for physically implementing the light extractor 8, and by the difficulty of the calculations needed for determining the suitable distribution of diffusing points to provide the desired illumination.

For this purpose, hereinafter there is illustrated a first method for determining a distribution of the diffusing points 10 of the light extractor 8 such that the light emitted by the light guide lamp 1 is as uniform as possible.

The method will be illustrated with the aid of Figure 2, which shows a plan view out of scale of the light guide

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 19 -

lamp 1. In fact, considering the geometry of the light guide lamp and since the fluorescent-tube light sources 21, 21a emit in a substantially equipotent way along their length, the optical system can be deemed to be a bidimensional system, neglecting in a first approximation the rays that, from the light source 21, 21a of the illumination system 2, 2a, propagate along directions having a component along axis y , perpendicular to the main propagation direction x .

Let us consider, first of all, a light guide lamp 1 comprising only the illumination system 2, whose light source 21 can be regarded as a point source and has been designated with S in Figure 2.

For what said, the luminosity at the emission surface 5 is generated only by the rays as ray R_{33} of Figure 1, that is, it is due to the plurality of point sources resulting at the diffusing points 10 on extractor 8.

By fixing the origin of axis x at the end of extractor 8 close to the illumination system 2, the distribution of the diffusing points 10 on extractor 8 along the main propagation direction x can be expressed as $W(x) = x_1, x_2, \dots, x_n$ where x_1, x_2, \dots, x_n are the coordinates of each diffusing point 10 of extractor 8.

In the method of the invention, to obtain the desired distribution of diffusing points, the following recursive method is applied. Firstly, it is assumed to have only two diffusing points 10 on extractor 8, arbitrarily selected or, preferably, in the way that shall be illustrated after, having coordinates x_1 and x_2 , that is, $W(x) = x_1, x_2$ is set. This is represented by blocks 32 and 34 of the diagram of Figure 3. Then, as represented by block 35 of Figure 3, it is determined whether there exists a point x_3 on extractor 8 equally illuminated by the point sources with respective intensity $I(x_1)$, $I(x_2)$ arranged in the diffusing points having coordinates x_1 and x_2 . If it exists, point x_3 is

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 20 -

added to the distribution of diffusing points $W(x)$, as represented by block 36 of Figure 3. In this respect, it should be noted that since the luminous intensity is an inverse function of the squared distance from the light source, if $x_1 < x_2$ then $I(x_1) > I(x_2)$ and therefore, point x_3 will be arranged between points x_1 and x_2 , closer to x_2 , that is, $W(x) = x_1, x_3, x_2$ assuming that the distribution $W(x)$ is kept ordered. Continuing in the iteration, point x_4 equally illuminated by the point sources with respective intensity $I(x_1)$, $I(x_3)$ arranged in the diffusing points having coordinates x_1 , x_3 , and point x_5 equally illuminated by the point sources with respective intensity $I(x_3)$, $I(x_2)$ arranged in the diffusing points having coordinates x_3 , x_2 , are calculated, thus obtaining distribution $W(x) = x_1, x_4, x_3, x_5, x_2$, afterwards distribution $W(x) = x_1, x_6, x_4, x_7, x_3, x_8, x_5, x_9, x_2$ etcetera.

Thus, blocks 35 and 36 of the block diagram of Figure 3 represent the recursive calculation, for each preselected point of the distribution of points, of a new point of the distribution as the point of the extractor equally illuminated by a first point source arranged at a preselected point of the distribution, and by a second point source arranged at an adjacent point of the distribution. Said recursive calculation ends when it is not possible to determine a new point, so the cycle must be understood as being repeated for each index i of the distribution of diffusing points W .

Nevertheless, the index increment has not been shown since the order in which the various pairs of adjacent points are considered is unimportant. For example, instead of considering every time in succession the two new pairs of values resulting upon adding the new value, it would be possible to consider every time only the new pair of smaller coordinates up to the end of the recursion, considering then the following pair and ending the recursion again, etcetera, so that the points of Figure 2

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

-21-

would be determined in the following order:
 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_6, X_7, X_5, X_8, X_9$.

5 The luminous intensity $I(x)$ of the point source in any diffusing point 10 of distribution $W(x)$ depends on all the light rays that, through a series of different trajectories optionally comprising reflections within diffuser 3, arrive at the diffusing point 10 under consideration.

10 The light rays arriving at a diffusing point 10 of extractor 8 are preferably classified, from a qualitative point of view, in the following types of trajectory:

- (a) rays, such as ray SX of Figure 4, which from the light source S directly strike extractor 8 in point X,
- (b) rays, such as ray SX of Figure 5, which from the light source S strike the emission surface 5 in a point X_0 and afterwards, extractor 8 in point X,
- 15 (c) rays, such as ray SX of Figure 6, which from the light source S strike extractor 8 in a point X_0 of the reflecting base layer 9, that is, in a non-diffusing point, and afterwards, the emission surface 5 in a point X_1 and afterwards, extractor 8 in point X,
- 20 (d) rays that, from the light source S alternately strike several times the emission surface 5 and extractor 8 in a point of the reflecting base layer 9 before striking extractor 8 in a diffusing point 10;
- 25 (e) rays that are emitted by a diffusing point 10 of extractor 8 at smaller angles than the critical angle θ_{\max} , such as rays R_{31} and R_{32} of Figure 1, strike the emission surface 5 and afterwards, strike extractor 8 in a diffusing point 10, immediately or after one or more successive
- 30 reflections on points of the reflecting base layer 9 of extractor 8 and on the emission surface 5.

In practice, the above classification is based on the number of reflections within diffuser 3.

35 The effect of the walls of diffuser 3 on the luminous intensity can be modelled by introducing the following

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 22 -

coefficients:

- absorption-in reflection coefficient of the emission surface 5, R_{if5} , for example ≈ 0.98 for the OLF film,
- absorption-in reflection coefficient of the points of the reflecting base layer 9 of extractor 8, R_{if8} , for example ≈ 0.98 for the side without micro-prisms of the OLF film, or ≈ 0.95 for a mirror,
- absorption-in diffusion coefficient of the diffusing points 10 of extractor 8, D_{if8} , for example $\approx 0.80 \cdot \eta$ for white, silk-screen printed points, where η indicates the number of rays exiting from the diffusing point, for example selected, in the case of plane extractor, as $\pi/10$, $\pi/100$, $\pi/1000$ etcetera according to the desired precision.

It follows that the contribution to the luminous intensity $I(x)$ of the point source in any diffusing point 10 of extractor 8 due to any ray incident thereon decreases from the rays of (a) type to the rays of (e) type, and it decreases with increasing number of reflections of the rays within the various types of trajectory summarised under letters (d) and (e).

Thus, in a first approximation, it is possible to consider the rays of (a) type only. Thus, with reference to Figures 3 and 4, in the method according to the present invention the procedure is as follows.

As illustrated in block 31 of Figure 3, the first point x_1 of distribution $W(x)$ of diffusing points 10 (point A in Figure 4) is set as the incidence point on extractor 8 closest to the illumination system 2, of a type (a) ray, that is, of a ray that, from the light source 21 of the light guide lamp 1, indicated as point S in Figure 4, directly strikes extractor 8. Said first point corresponds to the end close to the illumination system 2 of extractor 8, that is, to point A having coordinate $x_1=0$.

As illustrated in block 33, moreover, the second point x_2 of distribution $W(x)$ of diffusing points 10 is set as the

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 23 -

point of final incidence on extractor 8 farthest from the illumination system 2 of a type (a) ray. Said point corresponds to the end of extractor 8 opposed to the illumination system 2, that is, to point B having coordinate $x_2 = \ell$.

Indicating with K the intensity of the light source 21, the luminous intensity in a generic point X having coordinate x due to the type (a) ray is given by the expression:

$$I(x) = \text{Dif}_8 * \frac{K}{Sx^2} = \text{Dif}_8 * \frac{K}{\left(\frac{h}{2}\right)^2 + (x + \delta)^2} \quad (2)$$

where the Pythagorean theorem has been applied to triangle SXX' of Figure 4, where X' represents the projection of point X on the longitudinal axis of the light guide lamp 1.

In block 35 of Figure 3, coordinate x of point X of the diffuser which is equally illuminated by the point source of intensity I(0) arranged in point A and by the point source of intensity I(l) arranged in point B, is given by expression:

$$\frac{I(0)}{AX^2} = \frac{I(0)}{x^2} = \frac{I(l)}{XB^2} = \frac{I(l)}{(\ell - x)^2} \quad (3)$$

More in general, coordinate x of a point X equally illuminated by a point source of intensity I(x_i) arranged in a point X_i of the distribution of points W(x) and by a point source of intensity I(x_{i+1}) arranged in an next adjacent point X_{i+1} is given by expression:

$$\frac{I(x_i)}{(x - x_i)^2} = \frac{I(x_{i+1})}{(x_{i+1} - x)^2} \quad (3)$$

The solutions of said equation can be expressed as follows:

$$x = x_i + \frac{x_{i+1} - x_i}{1 \pm \sqrt{\frac{I(x_{i+1})}{I(x_i)}}} \quad (4)$$

or, by applying expression (2), as:

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 24 -

$$x = x_i + \frac{X_{i+1} - x_i}{1 \pm \frac{SX_i}{SX_{i+1}}} \quad (5)$$

The recursive application of the formulas with the criteria set forth above provides the desired distribution of points $W(x)=x_1, x_2, \dots, x_n$, that is, such that the illumination of the light guide lamp 1 is uniform within the limits of the simplifying assumptions formulated.

For the purposes of improving the approximation, the method of the present invention proposes, as illustrated in the block diagram of Figure 7, to determine (block 41) at least a second distribution $W_1(x)$, $W_2(x)$, ... of points in the manner indicated above, but for a different type of propagation, and to add (block 42) every second distribution $W_1(x)$, $W_2(x)$, ... of points to the distribution $W(x)$ of points determined above (as recalled in a block 40).

For example, with reference to Figure 5, it is possible to consider the type (b) rays according to the classification shown above, that is to say, the rays that from the light source 21 (S in Figure 5) of the light guide lamp 1 strike the emission surface 5 in a point X_0 and afterwards, extractor 8 in point X.

In this case, in the step represented by block 31 of Figure 3, the first point A of distribution $W_1(x)$ has a coordinate x_1 given by expression:

$$x_1 = \frac{h}{\operatorname{tg} \theta_{\max}} \quad (6)$$

obtained observing that the light ray under consideration is reflected according to angle θ_{\max} at the end point A_0 of the emission surface 5 close to the illumination system 2.

The second point B of distribution $W_1(x)$, calculated in the step represented by block 33 of Figure 3, has, as for distribution $W(x)$, a coordinate $x_2=l$.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 25 -

The luminous intensity in a point X having coordinate x can be deemed to be given by the expression:

$$I(x) = \text{Rif}_s * \text{Dif}_s * \frac{K}{\text{SX}_0'^2} = \text{Rif}_s * \text{Dif}_s * \frac{K}{\left(\frac{\delta + x}{3}\right)^2} \quad (7)$$

where X_0' is the projection of point X_0 on the longitudinal axis of the light guide lamp 1. In fact, indicating with X' the projection of point X on the longitudinal axis of lamp 1 and with X_0'' the intersection of said axis with the reflected ray X_0X , from the equality of triangles SX_0X_0' , $X_0X_0'X_0''$ and $X_0''XX'$ it follows that $SX_0' = SX_0''/3$. In fact, it is more practical to use distance SX_0' instead of SX_0 and neglect the length of portion X_0X , without inserting significant errors.

The coordinate x of a point X equally illuminated by the two point sources considered in turn in the recursive calculation of block 35 of Figure 3 is of course still given by equations (3) and (4).

To further improve the approximation, with reference to Figure 6, it is possible to consider type (c) rays according to the classification given above, that is to say, the rays that from the light source 21 (S in Figure 6) of the light guide lamp 1 strike extractor 8 in a point X_0 , the emission surface 5 in a point X_1 and afterwards, extractor 8 in point X.

In this case, in the step represented by block 31 of Figure 3, the first point A of distribution $W_2(x)$ has a coordinate x_1 given by the expression:

$$x_1 = \frac{2h}{\text{tg } \theta_{\max}} \quad (8)$$

obtained from the observation of triangles $A_0A_1A_1''$ e $A_1A_1'A$.

The second point B of distribution $W_1(x)$, calculated in the step represented by block 33 of Figure 3, has, as for

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 26 -

distributions $W(x)$ and $W_1(x)$, a coordinate $x_B=l$.

The luminous intensity in a point X having coordinate x can be deemed to be given by the expression:

$$I(x) = Rif_5 * Rif_8 * Dif_5 * \frac{K}{SX_0^2} = Rif_5 * Rif_8 * Dif_5 * \frac{K}{\left(\frac{\delta + x}{5}\right)^2} \quad (9)$$

5 obtained from the equality of the various triangles that the longitudinal axis of the light guide lamp 1 forms with the ray under consideration.

Coordinate x of a point X equally illuminated by the two point sources considered in turn in the recursive
10 calculation of block 35 of Figure 3 is, also in this case, given by equations (3) and (4).

Generalising what said above, it is easily understood that in the case of type (d) rays of the classification given above, that is, of rays that from the light source 21
15 strike the extractor after undergoing a reflection within diffuser 3, namely after undergoing at least one reflection by the emission source 5, and optionally by extractor 8, the intensity $I(x)$ of each point source is given by intensity K of the light source multiplied by the
20 absorption-in diffusion coefficient of the extractor Dif_8 , multiplied, for each reflection on the emission surface 5, by the absorption-in reflection coefficient of the emission surface Rif_5 , multiplied, for each reflection of extractor 8, by the absorption-in reflection coefficient of the
25 extractor Rif_8 , and divided by the squared projection, along the main propagation direction, of the portion of the ray under consideration from the light source S to the first reflection point X_0 .

Finally, if one wants to consider also type (e) rays of the
30 classification given above, for each incidence on extractor 8 in a diffusing point 10 it will be necessary to multiply the intensity $I(x)$ of the point sources by the absorption-

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 27 -

in diffusion coefficient of the extractor, Dif_8 .

In case the light guide lamp 1 in which the extractor is intended to be inserted comprises both illumination systems 2, 2a, specular with one another, it would be possible to take into account the two light sources 21, 21a during all of the previous steps of the method of the invention.

However, according to the method of the invention and as represented in the block diagram of Figure 8, if two illumination systems 2, 2a are provided (decision block 51), it is preferably provided to determine (block 52) a second distribution of points $W'=(\ell x_n, \dots, \ell x_2, \ell x_1)$ that is specular to the distribution of points $W(x)$ determined as indicated above (as schematised in a block 50) and to add (block 53) to the distribution of points $W=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ the second distribution of points $W'=(\ell x_n, \dots, \ell x_2, \ell x_1)$.

In virtue of the symmetry of the light guide lamp 1, the second distribution of points W' is such as to provide a uniform illumination in a lamp 1 comprising the single illumination system 21a. Moreover, it is easily understood that the illumination due to the illumination system 21 in the presence of the points of the second distribution of points W' is equal to the illumination due to the illumination system 21a in the presence of the points of the first distribution of points W .

Having obtained the distribution of points $W(x)$ along the main propagation direction x , the bidimensional distribution of diffusing points 10 on the reflecting base layer 9 of extractor 8 can be obtained by simply repeating the distribution of points $W(x)$ at constant intervals Δy along direction y perpendicular to the main propagation direction x . This is represented in the left path of the block diagram of Figure 9, wherein after having determined in a block 60 the distribution of points $W(x)$, a cycle is entered, comprising a block 61 of increment of coordinate y

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 28 -

and a block 62 wherein the distribution of points $W(x, y)$ at the current value of coordinate y is set as equal to the distribution of points $W(x)$.

Thus, as represented in Figure 10, extractor 8 exhibits a distribution of stripes of diffusing points 10 and the illumination is sufficiently uniform in the planes that are perpendicular to the main propagation direction x .

Moreover, in Figure 10 it can be noted that in extractor 8, the distribution of diffusing points 10 is symmetrical with respect to the median axis perpendicular to the main propagation direction x . An extractor provided with such a symmetry is particularly suitable to be used in a light guide lamp 1 having the two illumination systems 2, 2a.

Moreover, when the distribution of points is determined by applying the above method, as in the illustrated case, adjacent diffusing points 10 of the distribution of points have a decreasing distance from each end of extractor 8 to the median axis A-A perpendicular to the main propagation direction x and the extractor provides a uniform illumination along the main propagation direction x .

Analogously, if extractor 8 is intended to be used in a light guide lamp 1 having only illumination system 2, adjacent diffusing points 10 are at a decreasing distance along the main propagation direction x from a first light inlet end, that is, intended to be coupled to the illumination system 2, to the opposed end. Such an extractor is represented by extractor 8' bounded by the dashed line in Figure 10.

As an alternative, the distribution of points $W(x)$ can be alternately staggered forwards and backwards in the main propagation direction x during its repetition along direction y . In this case, the diffusing points 10 on the base layer 9 of extractor 8 are arranged as rhombuses, as represented in Figure 11. This exhibits the advantage of

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 29 -

reducing the distance between diffusing points below the minimum distance imposed by the physical implementation of the extractor.

This is represented in the right path of the block diagram of Figure 9, wherein after having determined in block 60 the distribution of points $W(x)$ a cycle is entered, comprising block 61 of increment of coordinate y and a block 63 wherein the distribution of points $W(x, y)$ at the current value of coordinate y is set as equal to the distribution of points $W(x \pm \Delta x)$. For what said, this must be understood as meaning that at successive iterations, the + sign and the - sign are used alternately.

Preferably, moreover, the stagger interval Δx is equal to the interval Δy of repetition of the distribution $W(x)$.

To avoid obtaining a distribution $W(x)$ with a higher precision than the limits of the physical implementation of the extractor, it is preferable to reject from the distribution of points $W(x)$ those points exhibiting a greater distance than a minimum distance D_{\min} from immediately adjacent points, that is, to impose condition

$$x_{i+1} - x_i \leq D_{\min} \quad (10)$$

Similarly, in determining the bidimensional distribution $W(x, y)$ as set forth above, the following conditions will be imposed

$$\Delta y \leq D_{\min} \quad (11)$$

$$\Delta x \leq D_{\min} \quad (12)$$

The minimum distance D_{\min} can, for example, correspond to the resolution obtainable through silk-screen printing.

Condition (10) could also be imposed upon the calculation of the coordinate of the point equally illuminated by the two point sources in adjacent points of the distribution according to expressions (3) and (4) given above, but in any case its validity must be checked again after any

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

-30-

optional step of addition of second distributions, that is to say, after block 42 of Figure 7 and/or after block 53 of Figure 8.

5 In an alternative method for determining a distribution of diffusing points 10 of the light extractor 8, in particular such a distribution that the light emitted by the light guide lamp 1 is as uniform as possible, the procedure is as follows.

10 Firstly, the useful surface of extractor 8 is divided along the main propagation direction x, into intervals as little as desired, defining for each interval a diffusing-points-density variable D_1, D_2, \dots, D_n .

15 Similarly, the emission surface 5 is divided along the main propagation direction x, into intervals as little as desired, defining for each interval a luminosity variable N_1, N_2, \dots, N_m .

20 Then, the value of the luminosity variable N_1, N_2, \dots, N_m of each interval of the emission surface 5 is expressed, for example in the way described hereinafter, as a function of the diffusing-points-density variables D_1, D_2, \dots, D_n of extractor 8.

25 Finally, the values of the diffusing-points-density variables D_1, D_2, \dots, D_n of extractor 8 are calculated, such as to provide the desired values of the luminosity variables N_1, N_2, \dots, N_m of each interval of the emission surface 5, in particular such as to equal with one another the values of the luminosity variables N_1, N_2, \dots, N_m of all intervals of the emission surface 5.

30 More in particular, similarly to the first method described, the expression of the luminosity variables N_1, N_2, \dots, N_m can be obtained as follows.

Firstly, the light projected by the, or by each, illumination system 2, 2a is divided into a finite number

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

-31-

of rays, each emitted according to a respective angle. For example, the number of considered rays can be selected as $2\pi/10$, $2\pi/100$, $2\pi/1000$ etcetera, according to the desired precision.

- 5 Each emitted ray is given an initial luminosity value, which for simplicity can be value $L=1$.

Then, following the path of each ray, the luminosity variable N_1, N_2, \dots, N_m of each interval of the emission surface 5 is incremented by the value of the final
 10 luminosity L' of each ray incident within it with a greater angle, with respect to the main propagation direction, than its critical angle θ_{max} , that is to say, such as to be transmitted outside the light guide lamp 1.

- 15 The luminosity value of each ray is changed according to the following criteria.

At each incidence of a ray within an interval of extractor 8, it can be reflected or diffused according to whether it is incident on a diffusing point 10 or on a reflecting point 9. The diffusing-points-density D_i of the interval
 20 under consideration can be deemed to express the probability that the ray is reflected or diffused.

Thus, if the ray is reflected, the luminosity value of the reflected ray is obtained by multiplying the luminosity value of the incident ray by the absorption-in reflection
 25 coefficient of extractor, Rif_g , whereas if the ray is diffused, the luminosity value of each diffused ray is obtained by multiplying the luminosity value of the incident ray by the absorption-in diffusion coefficient of extractor, Dif_g .

- 30 At each incidence on the emission surface 5 with a smaller angle, with respect to the main propagation direction, than its critical angle θ_{max} , the luminosity value of the reflected ray is obtained by multiplying the luminosity value of the incident ray by the absorption-in reflection

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 32 -

coefficient of the emission surface, Rif_5 .

By equalling the expressions of the luminosity variables N_1, N_2, \dots, N_m to the respective desired values, in particular by equalling them to one another, an equation system is obtained, its unknown values being the diffusing points densities D_1, D_2, \dots, D_n of extractor 8.

Such a system can be mathematically solved, for example using numerical methods. However, since the mathematical solution is not immediate, the following recursive method can be used.

The values of the diffusing-points-density variables D_1, D_2, \dots, D_n and the values of the luminosity variables N_1, N_2, \dots, N_m are preset to zero at the beginning.

At each iteration, the values of the luminosity variable N_1, N_2, \dots, N_m of each interval of the emission surface 5, expressed as said above, are evaluated on the basis of the current values of the diffusing-points-density variables D_1, D_2, \dots, D_n of extractor 8, namely on the basis of the current probability that the rays incident on extractor 8 are reflected or diffused.

At each iteration, the values of the diffusing-points-density variables D_1, D_2, \dots, D_n of extractor 8 are then individually incremented by a respective sufficiently small quantity.

The iteration ends when the values of the luminosity variables N_1, N_2, \dots, N_m are those desired, in particular when the values of the luminosity variables N_1, N_2, \dots, N_m of all intervals of the emission surface 5 are equal to one another.

For example, for an extractor 8 intended to be used in a light guide lamp 1 having two illumination systems 2, 2a, the increment of the values of the diffusing-points-density variables D_1, D_2, \dots, D_n can occur starting from the

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 33 -

centre of extractor 8.

Similarly to the first method described, once obtained, the distribution of diffusing points along the main propagation direction can be repeated at constant intervals Δy along direction y perpendicular thereto, optionally alternately staggering the distribution of points forwards and backwards in the main propagation direction by the preset minimum distance Δx .

Moreover, similarly to the first method described, it can be suitable to reject from the distribution of points those points exhibiting a greater distance than a preset minimum distance D_{\min} from the immediately adjacent points.

Figures 12 to 14 schematically show other embodiments of light guide lamps comprising a light extractor according to the present invention.

In the light guide lamp 121 shown in Figure 12, the light extractor 128 and the emission surface 125 are both curved with the concavity towards the longitudinal axis of diffuser 123. More in particular, the cross section of each of them can be semicircular, semi-elliptical, semi-parabolic, parabolic or according to higher-order curves. The projection system 122, or each of the two projection systems 122, 122a in the illustrated embodiment, comprises a respective point light source 1221, 1221a.

In the light guide lamp 131 shown in Figure 13, the emission surface 135 is plane and the light extractor 138 is curved towards the longitudinal axis of diffuser 133, more in particular according to a semicircular, semi-elliptical, semi-parabolic, parabolic cross section, or according to higher-order curves. As an alternative, it could be possible to provide a plane extractor and an emission surface curved towards the longitudinal axis of diffuser 133, more in particular according to a semicircular, semi-elliptical, semi-parabolic, parabolic

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 34 -

cross section, or according to higher-order curves. Also in this case, the projection system 132, or each of the two projection systems 132, 132a in the illustrated embodiment, comprises a respective point light source 1321, 1321a.

- 5 Finally, in the light guide lamp 141 shown in Figure 14, both the light extractor 148 and the emission surface 145 are curved, more in particular according to a semicircular, semi-elliptical, semi-parabolic, parabolic cross section, or according to higher-order curves, but they are arranged
10 with the concavities facing the same direction. That is to say that the emission surface 145 is arranged inside extractor 148 or vice versa, so that the cross section of the light guide lamp 141 is horseshoe-shaped. In this case, the projection system 142, or each of the two projection
15 systems 142, 142a in the illustrated embodiment, comprises a respective elongated tubular light source 1421, 1421a.

- It is worth noting that the methods for determining the distribution of diffusing points illustrated with reference to the lamp having the parallelepipedal configuration shown
20 in Figure 1 are applicable also to the other described configurations of light guide lamp, any changes to be made being within the abilities of one skilled in the art.

Moreover, the first method described is particularly suitable to be performed through an electronic computer.

- 25 Figure 15 illustrates a block diagram representing a particularly preferred embodiment of a computer program comprising program code means suitable to perform the steps of the above method when the program is run on a computer.

- No description of the code means relating to the various
30 steps of the method is provided hereinbelow because deemed within the abilities of any programmer, as practically it is a matter of cycles, recursive routine calls, and application of numerical formulas. The distribution of points $W(x)$ or each second distribution $W_1(x)$, $W'(x)$, can

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 35 -

for example be stored in a unidimensional array or in a list. The management of the recursive calls of the block diagram of Figure 3, whereby all value pairs must be considered, could for example occur managing a pointer to the matrix (index), or through queue (FIFO) or stacked (LIFO) structures.

As shown at block 70, the computer program comprises means, such as a form, for receiving in input one or more of the following parameters:

- 10 - critical angle θ_{\max} of the emission surface 5,
- shape and size of extractor 8, the shape for example being selectable from a list comprising the alternatives: rectangular, with semicircular section, with semi-elliptical section, with semi-parabolic section, with
- 15 parabolic section,
- shape and size of the emission surface 5, the shape for example being selectable from a list comprising the alternatives: rectangular, with semicircular section, with semi-elliptical section, with semi-parabolic section, with
- 20 parabolic section,
- maximum distance of extractor 8 from the emission surface 5,
- number, type, intensity K and nature of the light sources 21, 21a of the illumination system 2,
- 25 - minimum distance D_{\min} between the points of the distribution of points,
- absorption-in reflection coefficient of extractor R_{ifg} ,
- absorption-in diffusion coefficient of extractor D_{ifg} ,
- absorption-in reflection coefficient of the emission
- 30 surface R_{ifg} ,
- maximum number of successive reflections, on the emission surface 5 and on extractor 8, to be considered.

In this connection, respective default values can be provided. Moreover, there can be provided means for

35 controlling that the values entered are acceptable, in particular, that they are positive numbers, that the size

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 36 -

of the extractor 8 and of the emission surface 5 are compatible with one another and preferably, that the ratio between length l in the main propagation direction and distance h between the extractor and the emission surface is equal to 20. In fact, such a ratio is preferred since in this way the light propagates with a sufficiently small number of incidences, thus with few losses.

The values entered can be saved in a file, as shown in block 71, and be retrieved from the file, as shown in block 72, to be changed or to repeat the processing.

Then, in a block 74, the program performs the various steps of the method of the invention, preferably subject to receiving a start signal, as shown in block 74. For example, said start signal can be the pressure of a keyboard key, of a button of a graphical interface or other.

Then, at a block 75, the program generates one or more outputs, represented by block 75', among:

- the coordinates of the points of the distribution $W(x)$, for example in a spreadsheet,
- the percent density of the points of the distribution in elementary intervals,
- a report of the preset parameters, for example as a spreadsheet,
- a graphical representation of the distribution of points $W(x)$ or $W(x,y)$, for example with a graph with linear functions showing the gradual increase in points,
- the geometry of each illumination system of the light guide lamp for which the extractor is intended, as a function of the preset average distance h between extractor 8 and emission surface 5 and of the preset critical angle θ_{\max} of the emission surface 5, in particular the focus δ of the reflecting parabola 22, 22a.

Preferably, moreover, at a block 76, the program generates an export output, that is to say:

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 37 -

- a file 76' of the points of the distribution $W(x)$ in a format readable by a printing, in particular a silk-screen printing machine.

5 Practically, such a computer program can be disseminated on an information network, in particular on the Internet, or embodied in a computer readable means, such as a floppy disk, a CD-ROM, a CD-R and the like.

10 It is manifest that several changes, modifications, replacements and integrations can be made to the previously described embodiments without thus departing from the scope of the invention, as defined by the following claims.

In particular, it must be understood that the special "dotted" useful surface, that is, consisting of diffusing points and of complementary reflecting points, can be
15 useful also in tridimensional-body extractors, intended to be used in axial position in the light guide lamp.

In particular, it is worth noting that the diffusing points and the reflecting points can be applied according to the predetermined and respectively complementary distribution
20 on a neutral substrate, or by applying the reflecting points on a diffusing base layer. Thus, any reference - in the present description and attached claims - to a "point of the reflecting base layer" must be interpreted as equivalent to the expression "reflecting points".

25 Moreover, in place of the illumination systems with point source or fluorescent tube light source provided with reflecting parabola, plane illumination systems can be used in the various embodiments, obtained through a plurality of LEDs.

30 Moreover, those skilled in the art will understand that both as the reflecting surface and as the emission surface, among the other materials, the multilayer optical film described in the above-mentioned patent US 5882774 could advantageously be used.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 38 -

CLAIMS

1. Light extractor (8; 128; 138; 148) for a light guide lamp (1), characterised in that its useful surface comprises a predetermined distribution of diffusing points (10) and a complementary distribution of reflecting points (9).
2. Extractor (8; 128; 138; 148) according to claim 1, characterised in that the useful surface comprises a reflecting base layer (9) and the predetermined distribution of diffusing points (10) on the reflecting base layer (9).
3. Extractor (8; 128; 138; 148) according to claim 2, characterised in that the reflecting base layer (9) comprises the side without micro-prisms of a TIR film.
4. Extractor (8') according to any one of the previous claims, characterised in that adjacent diffusing points (10) of the predetermined distribution are at a decreasing distance along a main propagation direction (x) from a light inlet end to an opposed end.
5. Extractor (8; 128; 138; 148) according to any one of claims 1 to 3, characterised in that the distribution of diffusing points (10) is symmetrical with respect to a median axis perpendicular to the main propagation direction (x).
6. Extractor (8; 128; 138; 148) according to claim 5, characterised in that adjacent diffusing points (10) of the distribution of points $W(x)$ are at a decreasing distance from each end of the extractor (8; 128; 138; 148) to the median axis perpendicular to the main propagation direction (x).
7. Extractor (8) according to one of claims 2 to 6, characterised in that the predetermined distribution $W(x)$ of diffusing points (10) is imprinted on the reflecting

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 39 -

base layer (9) through silk-screen printing.

8. Diffuser (3; 123; 133; 143) for a light guide lamp (1) comprising a light extractor (8; 128; 138; 148) according to one of claims 1 to 7 and an emission surface (5; 125; 135; 145) transparent for rays forming, with a main propagation direction (x), a greater angle than a predetermined critical angle (θ_{\max}) and internally reflecting for rays incident with a smaller angle than the predetermined critical angle (θ_{\max}).
- 10 9. Diffuser (3; 123; 133; 143) according to claim 8, characterised in that the emission surface (5; 125; 135; 145) comprises a transparent support layer (6) and a total internal reflection film (7) applied on the transparent support layer.
- 15 10. Diffuser (3; 123; 133; 143) according to claim 9, characterised in that the total internal reflection film (7) has micro-relieves faced outwards and oriented in parallel to the main propagation direction (x).
11. Diffuser (3; 123; 133; 143) according to any one of claims 8 to 10, characterised in that the light extractor (8; 128; 138; 148) has a cross section selected from the group consisting of rectilinear, semicircular, semi-elliptical, parabolic, semi-parabolic, or according to higher-order curves, and the emission surface (5; 125; 135; 145) has a cross section selected from the group consisting of rectilinear, semicircular, semi-elliptical, parabolic, semi-parabolic, or according to higher-order curves.
- 20 12. Diffuser (3; 123; 133; 143) according to any one of claims 8 to 11, characterised in that the maximum distance between extractor (8; 128; 138; 148) and emission surface (5; 125; 135; 145) in a plane perpendicular to the main propagation direction (x) is a preselected fraction of the length (l) of the extractor (8) in the main propagation direction (x)
- 25 30

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 40 -

13. Light guide lamp (1; 121; 131; 141) comprising a diffuser (3; 123; 133; 143) according to any one of claims 8 to 12 and at least one illumination system (2; 2a; 122, 122a; 132, 132a; 142, 142a) suitable to project the light into the diffuser (3; 123; 133; 143) with smaller angles than the critical angle (θ_{\max}) of the emission surface (5; 125; 135; 145).

14. Method for determining a distribution ($W(x)$) along a main propagation direction (x) of diffusing points (10) on a useful surface, elsewhere reflecting (9), of a light extractor (8; 128; 138; 148) intended to be coupled to an emission surface (5; 125; 135; 145), transparent for rays propagating with a smaller angle than a predetermined critical angle (θ_{\max}) and internally reflecting for rays propagating with a greater angle than the critical angle (θ_{\max}), in a diffuser (3; 123; 133; 143) for a light guide lamp (1; 121; 131; 141) having an illumination system (2; 122; 132; 142) suitable to project the light of a light source (21; 1221; 1321; 1421) in the diffuser (3; 123; 133; 143) with smaller angles than the critical angle (θ_{\max}), the method comprising the steps of:

(a) setting a first point (A, x_1) of the distribution ($W(x)$) as the point of final incidence on the extractor (8; 128; 138; 148) closest to the illumination system (2; 122; 132; 142) of a light ray propagating according to a preselected type of trajectory,

(b) setting a second point (B, x_2) of the distribution ($W(x)$) as the point of final incidence on the extractor (8; 128; 138; 148) farthest from the illumination system (2; 122; 132; 142) of a light ray propagating according to the preselected type of trajectory,

(c) recursively determining, for each point (x_i) of the distribution of points, a new point (X, x) of the distribution as the point of the extractor (8; 128; 138; 148) equally illuminated by a first point source arranged at the preselected point (x_i) of the distribution, and by a second point source arranged at a next adjacent point

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

-41-

(x_{i+1}) of the distribution, the intensities ($I(x)$) of the point sources being a function of the intensity (K) of the light source and of a characteristic distance of the preselected type of trajectory.

5 15. Method according to claim 14, characterised in that in steps (a), (b), (c) the trajectory type is classified on the basis of the number of reflections within the diffuser (3; 123; 133; 143).

10 16. Method according to claim 14 or 15, characterised in that in step (c), when the preselected type of trajectory consists of the rays that, from the light source (21; 1221; 1321; 1421) of the light guide lamp (1; 121; 131; 141) directly strike the extractor (8; 128; 138; 148), the intensity ($I(x)$) of each point source is given by the
15 intensity (K) of the light source, multiplied by an absorption-in diffusion coefficient of the extractor (Dif_8) and divided by the squared distance of the point of the source point from the light source (21; 1221; 1321; 1421).

17. Method according to claim 14 or 15, characterised in
20 that in step (c), when the preselected type of trajectory consists of the rays that, from the light source (21; 1221; 1321; 1421) strike the extractor (8; 128; 138; 148) after undergoing at least one reflection by the emission surface (5; 125; 135; 145) and optionally by the extractor (8; 128;
25 138; 148), the intensity ($I(x)$) of each point source is given by the intensity (K) of the light source, multiplied by an absorption-in diffusion coefficient of the extractor (Dif_8), multiplied, for each reflection onto the emission surface (5; 125; 135; 145), by an absorption-in reflection
30 coefficient of the emission surface (Rif_5), multiplied, for each reflection onto the extractor (8; 128; 138; 148), by an absorption-in reflection coefficient of the extractor (Rif_8), and divided by the squared projection, along the main propagation direction (x), of the portion of the ray
35 under consideration from the light source to the first reflection point.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 42 -

18. Method according to any one of claims 14 to 17, characterised in that it comprises the steps of:
(d) determining at least a second distribution of points $\{W_i(x)\}$ through steps (a), (b), (c) for a different type of trajectory,
5 (e) adding each second distribution of points $\{W_i(x)\}$ to the distribution of points $\{W(x)\}$.
19. Method according to any one of claims 14 to 18, wherein the extractor (8; 128; 138; 148) is intended to be inserted
10 into a light guide lamp (1; 121; 131; 141) having a second illumination system (2a; 122a; 132a; 142a) that is specular to the first illumination system (2; 122; 132; 142) and arranged at the opposed end, comprising the step of:
(f) adding to the distribution of points $\{W(x)\}$ the
15 specular points $\{W'(x)\}$ of each point of the distribution of points $\{W(x)\}$.
20. Method according to any one of claims 14 to 19, comprising the step of:
(g) repeating the distribution of points $\{W(x)\}$ at constant
20 intervals $\{\Delta y\}$ along a direction (y) perpendicular to the main propagation direction (x) of the extractor (8; 128; 138; 148).
21. Method according to claim 20, characterised by the further step, during the repetitions of step (g), of:
25 (g1) alternately staggering the distribution of points $\{W(x)\}$ forwards and backwards in the main propagation direction (x) by a constant interval $\{\Delta x\}$.
22. Method according to any one of claims 14 to 21, characterised in that it further comprises the step of:
30 (h) rejecting, from the distribution of points, those points exhibiting a distance that is greater than a preset minimum distance $\{D_{min}\}$ from the immediately adjacent points.
23. Computer program comprising program code means suitable

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 43 -

to perform the steps of the method of one or more of claims 14 to 22 when the program is run on a computer.

24. Computer program according to claim 23, characterised in that it comprises means for receiving in input one or more of the following parameters:
- critical angle (θ_{\max}) of the emission surface (5; 125; 135; 145) to which the extractor (8; 128; 138; 148) is intended to be coupled,
 - shape and/or size of the extractor (8; 128; 138; 148),
 - shape and/or size of the emission surface (5; 125; 135; 145) to which the extractor (8; 128; 138; 148) is intended to be coupled,
 - maximum distance of the extractor (8; 128; 138; 148) from the emission surface (5; 125; 135; 145) to which the extractor (8; 128; 138; 148) is intended to be coupled,
 - number, type, intensity and nature of the light sources (21, 21a; 1221, 1212a; 1321, 1321a; 1421, 1421a) of the illumination system (2, 2a; 122, 122a; 132, 132a; 142, 142a) to which the extractor (8; 128; 138; 148) is intended to be coupled,
 - minimum distance (D_{\min}) between the points of the distribution of points ($W(x)$),
 - absorption-in reflection coefficient of the extractor (R_{ifg}),
 - absorption-in diffusion coefficient of the extractor (D_{ifg}),
 - absorption-in reflection coefficient of the emission surface (R_{if5}) to which the extractor (8; 128; 138; 148) is intended to be coupled, and
 - type or types of trajectories to be considered or maximum number of reflections to be considered.

25. Computer program according to any one of claims 23 and 24, characterised in that it comprises means for saving the parameters entered into a file (72) and means for loading the parameters from a file (71).

26. Computer program according to any one of claims 23 to

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 44 -

- 25, characterised in that it generates one or more outputs (75', 76'), among:
- the coordinates of the points of the distribution (W(x)),
 - the percent density of the points of the distribution
 - 5 (W(x)) in elementary intervals,
 - a report of the preset parameters,
 - a graphical representation of the distribution of points (W(x)),
 - a file of the points of the distribution (W(x)) in a
 - 10 format readable by a printing machine, in particular a silk-screen printing machine,
 - the geometry of each illumination system (2; 122; 132; 142) of the light guide lamp (1; 121; 131; 141) for which the extractor (8; 128; 138; 148) is intended, as a function
 - 15 of a preset maximum distance between the extractor (8; 128; 138; 148) and the emission surface (5; 125; 135; 145) and of a preset critical angle (θ_{\max}) of the emission surface (5; 125; 135; 145).
27. Computer program according to any one of claims 23 to
- 20 26, embodied in a computer readable means.
28. Method for determining a distribution (W(x)) along a main propagation direction (x) of diffusing points (10) on a useful surface, elsewhere reflecting (9), of a light extractor (8; 128; 138; 148) intended to be coupled to an
- 25 emission surface (5; 125; 135; 145), transparent for rays propagating with a smaller angle than a predetermined critical angle (θ_{\max}) and internally reflecting for rays propagating with a greater angle than the critical angle (θ_{\max}), in a diffuser (3; 123; 133; 143) for a light guide
- 30 lamp (1; 121; 131; 141) having at least one illumination system (2, 2a; 122, 122a; 132, 132a; 142, 142a) suitable to project the light of a light source (21, 21a; 1221, 1221a; 1321, 1321a; 1421, 1421a) into the diffuser (3; 123; 133; 143) with smaller angles than the critical angle (θ_{\max}),
- 35 the method comprising the steps of:
- (a) defining, for each interval of a preselected length

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 45 -

- along the main propagation direction (x) of the useful surface of the extractor (8; 128; 138; 148), a diffusing-points-density variable ($D_1, D_2, \dots D_n$),
- (b) defining, for each interval of a preselected length
 5 along the main propagation direction (x) of the emission surface (5; 125; 135; 145), a luminosity variable ($N_1, N_2, \dots N_m$),
- (c) expressing the value of the luminosity variable ($N_1, N_2, \dots N_m$) of each interval of the emission surface (5; 125; 135; 145) as a function of the diffusing-points-density variables ($D_1, D_2, \dots D_n$) of the extractor (8; 128; 138; 148), and
 10 (d) calculating the values of the diffusing-points-density variables ($D_1, D_2, \dots D_n$) of the extractor (8; 128; 138; 148) such as to equal with one another the values of the luminosity variables ($N_1, N_2, \dots N_m$) of all intervals of the emission surface (5; 125; 135; 145).
29. Method according to claim 28, characterised in that:
- step (a) comprises the sub-step (a1) of presetting to
 20 zero the values of the diffusing-points-density variables ($D_1, D_2, \dots D_n$),
- step (b) comprises the sub-step (b1) of presetting to zero the values of the luminosity variables ($N_1, N_2, \dots N_m$),
- 25 - the calculation step (d) is carried out through the steps of:
- (d1) evaluating the values expressed at step (c) of the luminosity variable ($N_1, N_2, \dots N_m$) of each interval of the emission surface (5; 125; 135; 145) on the basis of the
 30 current values of the diffusing-points-density variables ($D_1, D_2, \dots D_n$) of the extractor (8; 128; 138; 148),
- (d2) individually incrementing the values of the diffusing-points-density variables ($D_1, D_2, \dots D_n$) of the extractor (8; 128; 138; 148) and
- 35 (d3) iteratively repeating steps (d1) and (d2) until the values of the luminosity variable ($N_1, N_2, \dots N_m$) of all intervals of the emission surface (5; 125; 135; 145).

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

- 46 -

evaluated in step(d1) are equal to one another.

30. Method according to any one of claims 28 and 29, characterised in that the step (c) of expressing the luminosity variables (N_1, N_2, \dots, N_m) comprises the steps
- 5 of:
- (c1) splitting the light projected by the at least one illumination system (2; 122; 132; 142) into a finite number of rays, each having an initial luminosity value,
- (c2) incrementing the luminosity variable (N_1, N_2, \dots, N_m)
- 10 of each interval of the emission surface (5; 125; 135; 145) by the value of the final luminosity of each ray incident on it with a greater angle, with respect to the main propagation direction (x), than its critical angle (θ_{max}), wherein:
- 15 - at each incidence of a ray in an interval of the extractor (8; 128; 138; 148), an evaluation of whether the ray is reflected or diffused is made on the basis of the value of the respective diffusing-points-density variables (D_1, D_2, \dots, D_n),
- 20 -- if the ray is reflected, the luminosity value of the reflected ray is obtained by multiplying the luminosity value of the incident ray by an absorption-in reflection coefficient of the extractor (Rif_8),
- if the ray is diffused, the luminosity value of each
- 25 diffused ray is obtained by multiplying the luminosity value of the incident ray by an absorption-in diffusion coefficient of the extractor (Dif_8),
- at each incidence on the emission surface (5; 125; 135; 145) with a smaller angle, with respect to the main
- 30 propagation direction, than its critical angle (θ_{max}), the luminosity value of the reflected ray is obtained by multiplying the luminosity value of the incident ray by an absorption-in reflection coefficient of the emission surface (Rif_5).
- 35 31. Method according to any one of claims 28 to 30, comprising the step of:

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

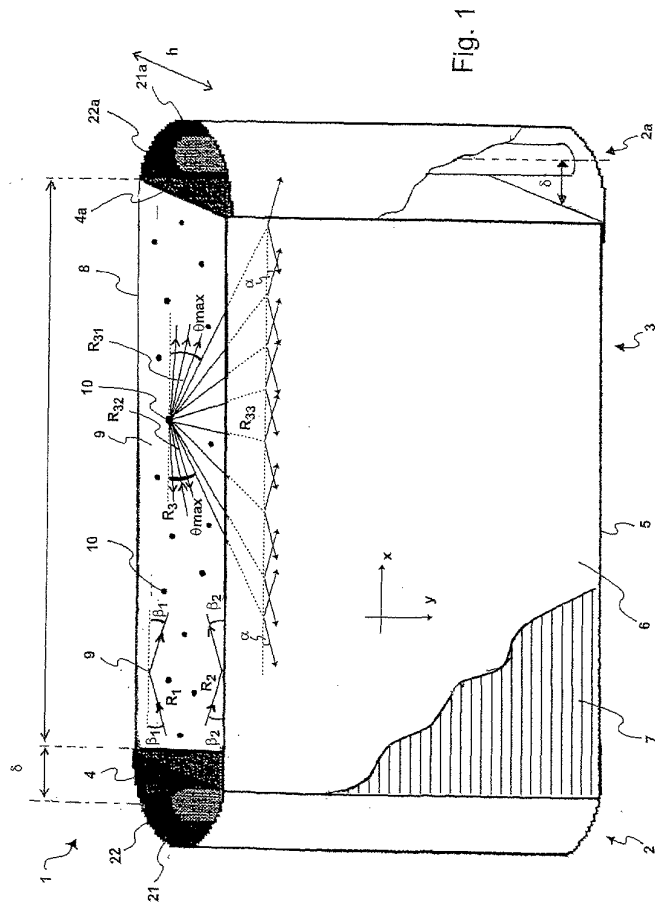
- 47 -

- (e) repeating the distribution of points at constant intervals (Δy) along a direction (y) perpendicular to the main propagation direction (x) of the extractor (8; 128; 138; 148).
- 5 32. Method according to claim 31, characterised by the further step, during the repetitions of step (e), of:
(e1) alternately staggering the distribution of points forwards and backwards in the main propagation direction (x) by a constant interval (Δx).
- 10 33. Method according to any one of claims 28 to 32, characterised in that it further comprises the step of:
(f) rejecting, from the distribution of points (W(x)), those points exhibiting a distance that is greater than a preset minimum distance (D_{\min}) from the immediately
15 adjacent points.
34. Method for manufacturing a light extractor (8; 128; 138; 148) according to any one of claims 1 to 7, comprising the steps of:
(a) providing a reflecting base layer (9),
20 (b) silk-screen printing diffusing points (10) onto the reflecting base layer (9) according to a predetermined distribution of points (W(x)).
35. Method for manufacturing a light extractor (8; 128; 138; 148) according to claim 34, characterised in that the
25 printing step (b) is carried out by printing a distribution of points (W(x)) obtained according to the method of any one of claims 14 to 22 or according to the method of any one of claims 28 to 33.
36. Silk-screen characterised in that it embodies a
30 distribution of points obtained with the method of any one of claims 14 to 22 or according to the method of any one of claims 28 to 33.

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

1/10



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

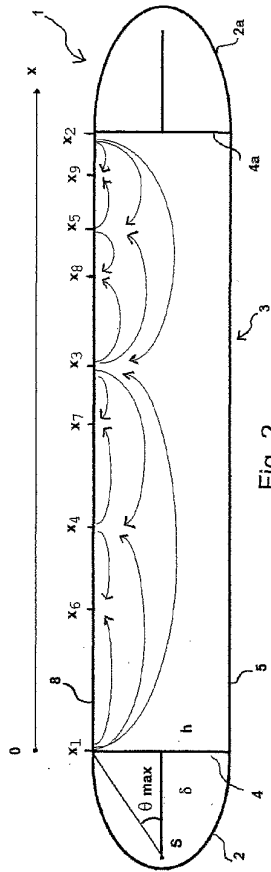


Fig. 2

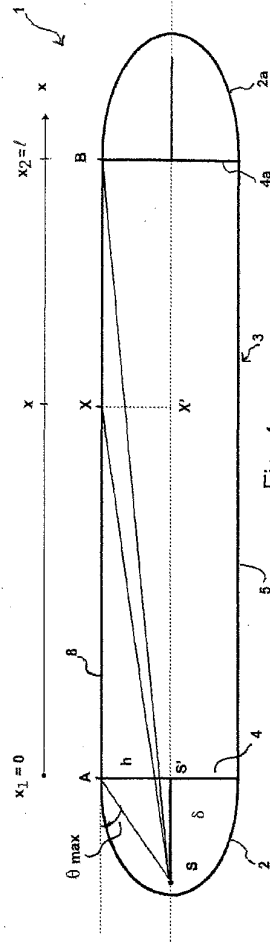


Fig. 4

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

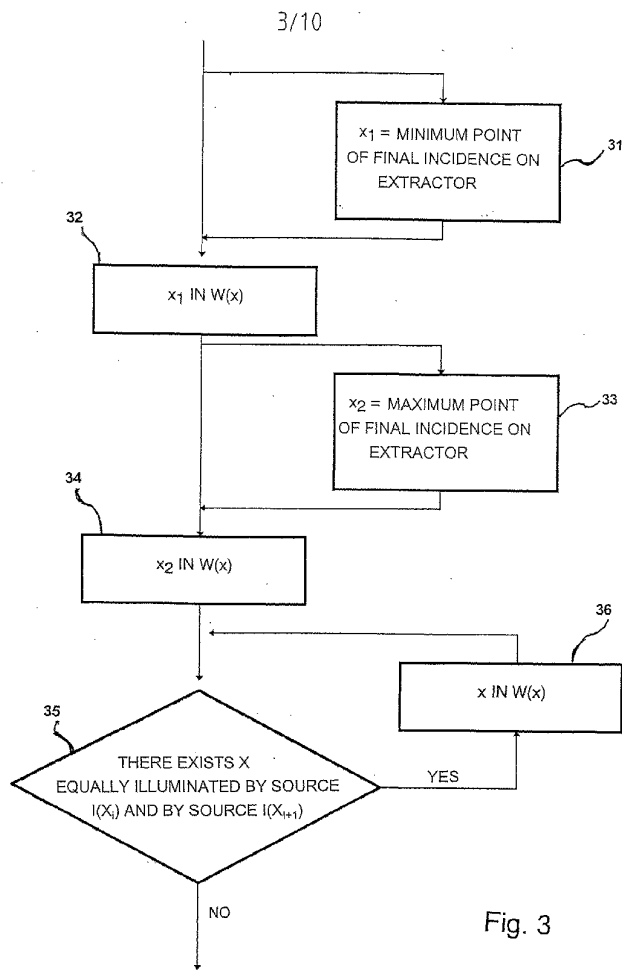
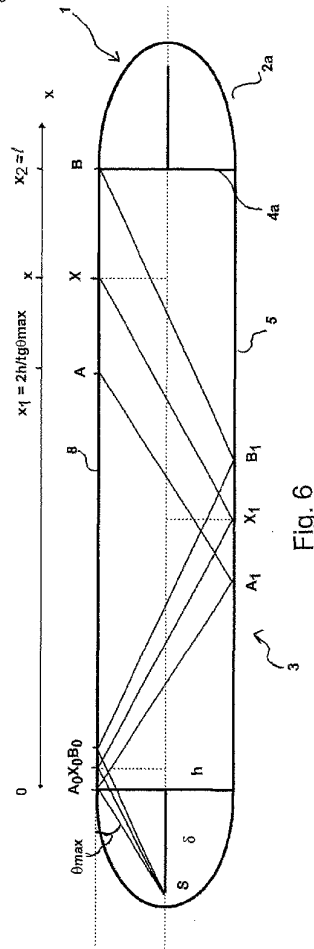
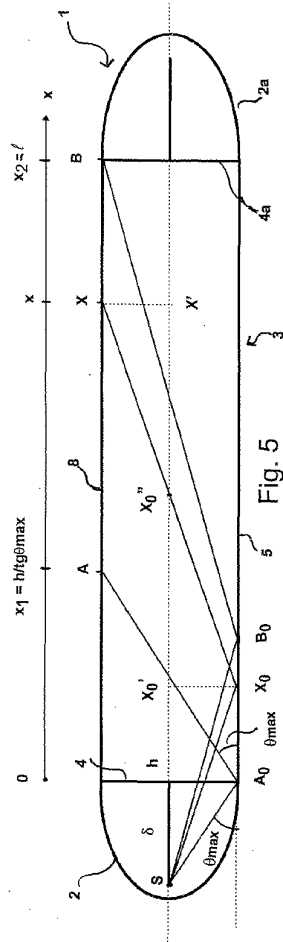


Fig. 3

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

4/10



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

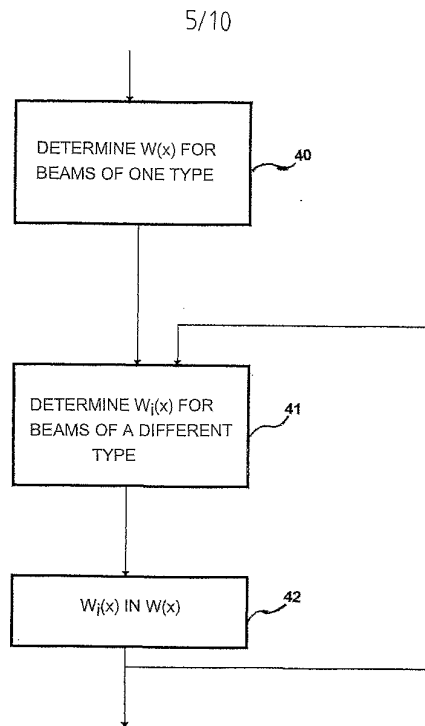


Fig. 7

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

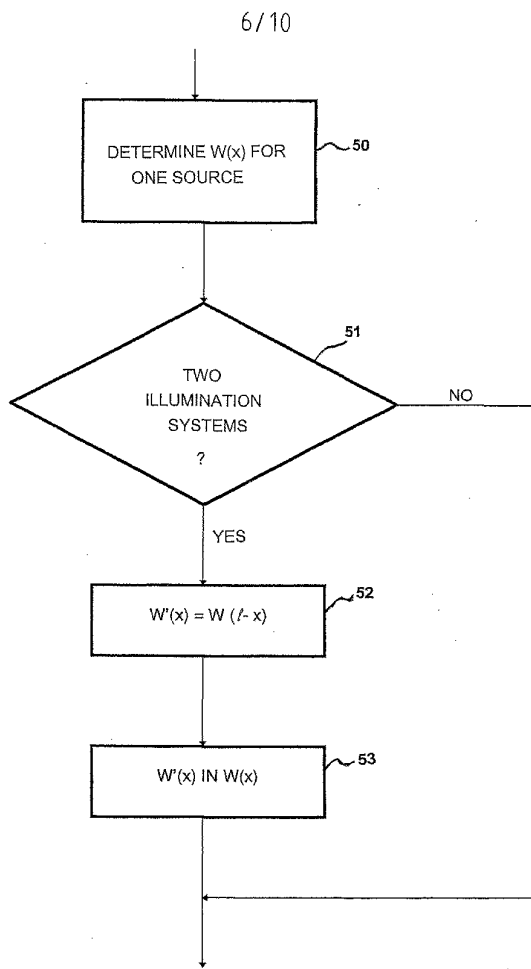


Fig. 8

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

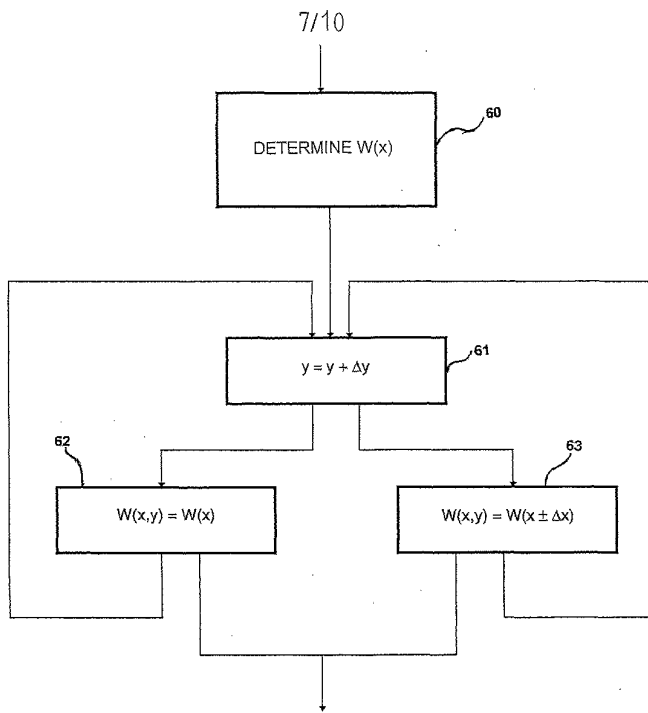


Fig. 9

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

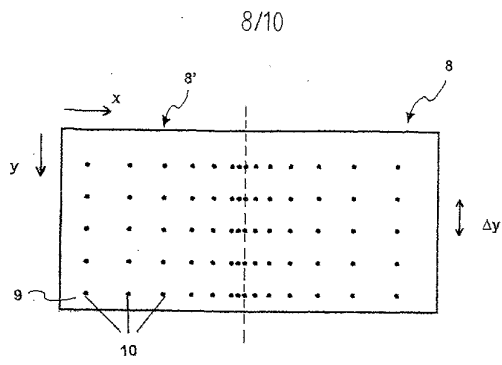


Fig. 10

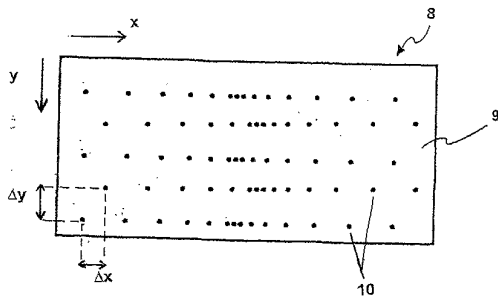


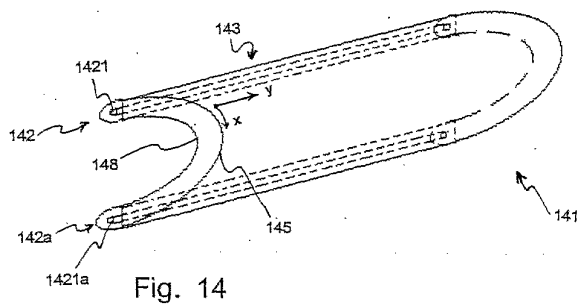
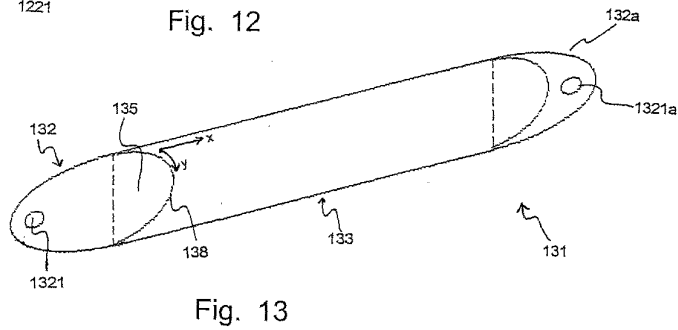
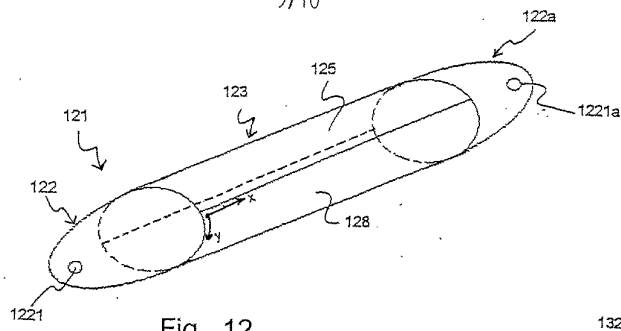
Fig. 11

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

9/10



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/23084

PCT/IT00/00364

10/10

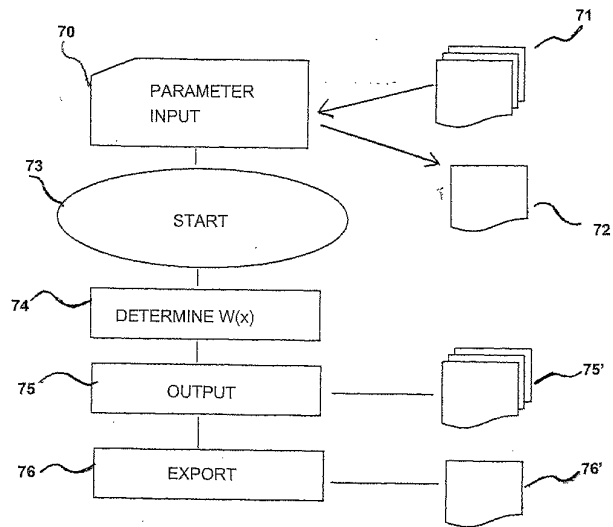


Fig. 15

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/IT 00/00364
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 F21V8/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 F21V		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 225 123 A (MINNESOTA MINING AND MANUFACTURING) 10 June 1987 (1987-06-10) cited in the application abstract; figure 1A	1, 14, 28
A	US 4 805 984 A (S. COBB, JR.) 21 February 1989 (1989-02-21) cited in the application abstract; figure 1	1, 14, 28
A	US 5 882 774 A (J. M. JONZA ET AL) 16 March 1999 (1999-03-16) cited in the application abstract; figure 10	1, 14, 28
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document, but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, each combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 9 April 2001		Date of mailing of the international search report 18/04/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax. (+31-70) 340-3016		Authorized officer Malic, K

Form PCT/ISA210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/IT 00/00364

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 006 312 A (3M ITALIA) 7 June 2000 (2000-06-07) cited in the application abstract; figure 4	1,14,28
A	EP 0 534 140 A (TOSOH) 31 March 1993 (1993-03-31) abstract; figures 3B,5A	1,14,28

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No.
PCT/IT 00/00364

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0225123 A	10-06-1987	AU 582283 B	16-03-1989
		AU 6457686 A	28-05-1987
		BR 8605708 A	18-08-1987
		CA 1279783 A	05-02-1991
		DE 3688123 A	29-04-1993
		DE 3688123 T	26-08-1993
		DK 559686 A	22-05-1987
		ES 2003516 A	01-11-1988
		HK 47595 A	07-04-1995
		IL 80692 A	10-06-1990
		JP 10082902 A	31-03-1998
		JP 10068804 A	10-03-1998
		JP 2670518 B	29-10-1997
		JP 62144102 A	27-06-1987
		JP 2000137105 A	16-05-2000
		KR 9503434 B	12-04-1995
		MX 168138 B	06-05-1993
		NO 173797 C	02-02-1994
		NO 932336 A	22-05-1988
		US 4906070 A	06-03-1990
US 4805984 A	21-02-1989	US 5056892 A	15-10-1991
		US 4805984 A	21-02-1989
		AU 582283 B	16-03-1989
		AU 6457686 A	28-05-1987
		BR 8605708 A	18-08-1987
		CA 1279783 A	05-02-1991
		DE 3688123 A	29-04-1993
		DE 3688123 T	26-08-1993
		DK 559686 A	22-05-1987
		EP 0225123 A	10-06-1987
		ES 2003516 A	01-11-1988
		HK 47595 A	07-04-1995
		IL 80692 A	10-06-1990
		JP 10082902 A	31-03-1998
		JP 10068804 A	10-03-1998
		JP 2670518 B	29-10-1997
		JP 62144102 A	27-06-1987
		JP 2000137105 A	16-05-2000
		KR 9503434 B	12-04-1995
		MX 168138 B	06-05-1993
		NO 173797 C	02-02-1994
		NO 932336 A	22-05-1988
		US 4906070 A	06-03-1990
		US 5056892 A	15-10-1991
		AT 101924 T	15-03-1994
		AU 582481 B	23-03-1989
		AU 6457786 A	16-07-1987
		BR 8605709 A	18-08-1987
		CA 1268969 A	15-05-1990
		DE 3689668 D	31-03-1994
		DE 3689668 T	29-09-1994
		EP 0235447 A	09-09-1987
		ES 2049209 T	16-04-1994
		HK 47395 A	07-04-1995
		JP 2628858 B	09-07-1997
		JP 62165603 A	22-07-1987
		KR 9503436 B	12-04-1995

Form PCT/ISA(216) (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

 International Application No
 PCT/IT 00/00364

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4805984 A		MX 170423 B	23-08-1993
US 5882774 A	16-03-1999	AU 712765 B	18-11-1999
		AU 4524296 A	10-07-1996
		AU 4873599 A	11-11-1999
		BR 9510517 A	30-03-1999
		CA 2208234 A	27-06-1996
		CN 1170382 A	14-01-1998
		EP 0799129 A	08-10-1997
		JP 10511322 T	04-11-1998
		WO 9619347 A	27-06-1996
		US 6117530 A	12-09-2000
		US 5962114 A	05-10-1999
		US 5965247 A	12-10-1999
		AU 1866395 A	10-07-1995
		CN 1137772 A,B	11-12-1996
		DE 69423651 D	27-04-2000
		DE 69423651 T	21-09-2000
		EP 0735952 A	09-10-1996
		EP 0962806 A	08-12-1999
		EP 0962807 A	08-12-1999
		JP 9506837 T	08-07-1997
		WO 9517303 A	29-06-1995
		US 6096375 A	01-08-2000
		US 5828488 A	27-10-1998
		US 6025897 A	15-02-2000
EP 1006312 A	07-06-2000	NONE	
EP 0534140 A	31-03-1993	JP 6003667 A	14-01-1994
		JP 2768082 B	25-06-1998
		JP 5061046 A	12-03-1993
		JP 3030792 B	10-04-2000
		JP 5127159 A	25-05-1993
		DE 69220870 D	21-08-1997
		DE 69220870 T	05-02-1998
		JP 3134422 B	13-02-2001
		JP 6059129 A	04-03-1994
		US 5730518 A	24-03-1998
		US 5442523 A	15-08-1995

Form PCT/ISA210 (patent family annex) (July 1996)

フロントページの続き

(特許庁注：以下のものは登録商標)
フロッピー