(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6222697号
(P6222697)
(45)発行日　平成29年11月1日(2017.11.1)　(24)登録日　平成29年10月13日(2017.10.13)

(51)Int.Cl.　F I
G06F 17/50 (2006.01)　G06F 17/50 680A
G06F 17/50 612A

請求項の数 5　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願2014-2310(P2014-2310)
(22)出願日　平成26年1月9日(2014.1.9)
(65)公開番号　特開2015-132866(P2015-132866A)
(43)公開日　平成27年7月23日(2015.7.23)
審査請求日　平成28年8月23日(2016.8.23)

(73)特許権者　000005810
マクセルホールディングス株式会社
京都府乙訓郡大山崎町大山崎小泉１番地
(74)代理人　110001689
青稜特許業務法人
(72)発明者　別井　圭一
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社日立製作所内
(72)発明者　村田　誠治
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社日立製作所内

審査官　松浦　功

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光線モデル形成方法、及び、それを用いた照明器具設計支援装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
光源からの光のニアフィールド分布からモンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルへ変換する光線モデル形成方法であって、
前記光源からの光をニアフィールド測定装置で測定してニアフィールド測定データを入力し、
前記入力したニアフィールド測定データを、前記光源の位置に関しては、一様サンプリング法を用い、当該位置における方向の光線の生成には、重点サンプリング法を用いることにより、前記モンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルを生成することを特徴とする光線モデル形成方法。
【請求項２】
前記請求項１に記載した光線モデル形成方法であって、前記光源から前記ニアフィールド測定装置の受光面までの光学系のランダム性が小さい場合に適用されることを特徴とする光線モデル形成方法。
【請求項３】
光源からの光のニアフィールド分布からモンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルへ変換する照明器具設計支援装置であって、
前記光源からの光をニアフィールド測定装置で測定してニアフィールド測定データを入力する入力部と、
前記入力したニアフィールド測定データを、所定のサンプリング法を用いることにより

、前記モンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルを生成する演算処理部と、
前記演算処理部により生成された光線モデルを出力する出力部とを備えている照明器具設計支援装置において、
前記演算処理部は、前記光源の位置に関しては、一様サンプリング法を用い、当該位置における方向の光線の生成には、重点サンプリング法を用いることにより、前記モンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルを生成する演算処理部であることを特徴とする照明器具設計支援装置。
【請求項４】
前記請求項３に記載した照明器具設計支援装置において、前記演算処理部は、前記ニアフィールド測定装置で測定して入力されるニアフィールド測定データを記憶するための記憶装置を備えていることを特徴とする照明器具設計支援装置。
【請求項５】
前記請求項４に記載した照明器具設計支援装置において、前記演算処理部は、前記光源から前記ニアフィールド測定装置の受光面までの光学系のランダム性が小さい場合に、前記光源の位置に関しては、一様サンプリング法を用い、当該位置における方向の光線の生成には、重点サンプリング法を用いることにより、前記モンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルを生成することを特徴とする照明器具設計支援装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、例えば、電球、放電管、ＬＥＤなどの発光素子からの光を光線モデルとして形成する発光素子の光線モデル形成方法に関し、更には、かかる方法を用いて照明器具の設計支援を行うための照明器具設計支援装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、例えば、以下の特許文献１によれば、リソグラフィーを用いて微細な回路パターンを形成するための変形照明に対応して、シミュレーション精度を向上するための光強度分布シミュレーションが既に知られている。また、以下の非特許文献１によれば、モンテカルロシミュレーションに用いるための光線のサンプリングが述べられている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００１－２８２３２５号公報
【非特許文献】
【０００４】
【非特許文献１】Importance Sampling for Monte Carlo Ray Tracing 2006 Keenan Crane
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかしながら、上述した従来技術は、電球、放電管、ＬＥＤ等の発光素子からの光を、例えば、家庭内の照明器具、ＬＣＤのバックライト、投射型映像表示装置など、発光源を必要とする機器の光源として、光線モデルを形成する光線モデル形成方法やそれを用いた設計支援装置ついては述べていない。
【０００６】
そこで、上記した従来技術に基づいて達成された本発明によれば、その目的は、照明装置の光学特性の解析を可能にする光源モデル形成方法を提供することであり、更には、かかる光源モデル化法を利用した照明装置のシミュレーションによる照明器具設計支援装置を提供することである。
【０００７】

即ち、本発明は、照明装置などの設計に用いられるモデル化した発光素子と光学シミュレーションプログラムにおいて、シミュレーションの精度向上するために重要となる発光素子もモデル化の精度の向上を図るものである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明によれば、上記課題を解決するため、例えば、以下にも述べる特許請求の範囲に記載の構成を採用するが、その一例を挙げるならば、光源からの光のニアフィールド分布からモンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルへ変換する光線モデル形成方法であって、前記光源からの光をニアフィールド測定装置で測定してニアフィールド測定データを入力し、前記入力したニアフィールド測定データを、前記光源の位置に関しては、一様サンプリング法を用い、当該位置における方向の光線の生成には、重点サンプリング法を用いることにより、前記モンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルを生成する光線モデル形成方法が提供される。

【０００９】

また、本発明によれば、やはり上記課題を解決するため、光源からの光のニアフィールド分布からモンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルへ変換する照明器具設計支援装置であって、前記光源からの光をニアフィールド測定装置で測定してニアフィールド測定データを入力する入力部と、前記入力したニアフィールド測定データを、所定のサンプリング法を用いることにより、前記モンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルを生成する演算処理部と、前記演算処理部により生成された光線モデルを出力する出力部とを備えている照明器具設計支援装置において、前記演算処理部は、前記光源の位置に関しては、一様サンプリング法を用い、当該位置における方向の光線の生成には、重点サンプリング法を用いることにより、前記モンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルを生成する演算処理部である照明器具設計支援装置が提供される。

【発明の効果】

【００１０】

上述した本発明によれば、発光素子のニアフィールドデータから少ない本数で光源の特性を良く表す光線モデルが得られる。従って、この光線モデルを光学シミュレータの光源モデルとして用いることで、シミュレーションの計算時間を大幅に短縮できる。あるいは、同じ光線本数でも精度の高い計算結果を得ることが出来るという優れた効果を発揮する。

【００１１】

また、この光線モデルを用いた光学シミュレータを用いて照明装置を設計すれば、精度の高い結果が得られる。従って、性能のより優れた照明装置を、比較的短時間で、設計することを可能とするという優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】本発明の一実施の形態になる光線モデル形成方法を用いて光線モデルを形成する照明器具設計支援装置の全体構成の一例を示したブロック図である。

【図２】上記照明器具設計支援装置の光線モデル形成方法における処理手順の詳細を示すフローチャート図である。

【図３】上記本発明の光線モデル形成方法を分かり易く説明するため、発光素子をリニア（線状）であるとした場合（一次元モデル）の光線ベクトルについて説明する図である。

【図４】実際のサンプルである発光素子からの光の出射方向（三次元）の光線ベクトルについて説明する図である。

【図５】上記本発明の光線モデル形成方法を分かり易く説明するため、発光素子をリニア（線状）であるとした場合（一次元モデル）の光線ベクトルについて説明する図である。

【図６】上記本発明の光線モデル形成方法による効果を、比較例である重点サンプリングの場合と比較して示す図である。

【図７】上記光線モデル形成方法を分かり易く説明するための一次元モデルを利用して、

重点サンプリングによる光線ベクトルを説明する図である。
【図８】上記光線モデル形成方法を分かり易く説明するための一次元モデルを利用して、一様サンプリングによる光線ベクトルを説明する図である。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下、本発明の実施形態について添付の図面を参照しながら説明するが、それに先立ち、先ず、本発明の特徴となる光線モデルのサンプリング方法について述べる。
【００１４】
なお、本発明は、発光素子のニアフィールド測定データから得られる、離散化したニアフィールドデータから、連続的なニアフィールドデータ（放射輝度分布）を求め、そのデータから、モンテカルロシミュレーションに用いる光線モデルを生成する方法に係るものである。
【００１５】
これまで、発光素子の光線モデルは、サンプルである発光素子の近傍に配置した、表面に多数の受光素子を二次元的に配列した受光面により、当該発光素子からの光を受光し、重点サンプリングによって得られた、強度が等しく輝度の高い部分に対して多数本の光線が割り付けられた光線モデル、或いは、一様サンプリングで得られた、強度が異なるが位置や方向については一様（ランダム）に分布する光線モデルが生成されていた。
【００１６】
しかしながら、発明者による検討の結果、一般的に、重点サンプリングによって得られ光線モデルの方が、より少ない光線で分散の少ない結果が得られるため、当該重点サンプリングが用いられる場合が多い。特に、光源から受光面までの光学系のランダム性が強い場合には、当該重点サンプリングが合理的である。
【００１７】
この場合の光線の状態を、模式的に、添付の図７に示す。即ち、重点サンプリングによれば、強度の等しい矢印で示された光線ベクトルが、発光素子上の出射位置に対し、輝度の高い部分に対しては多数本が割り付けられる（図７（Ａ）を参照）が、しかしながら、この方法では光源の輝度の低い部分（出射位置）では、少ない本数の光線が割り付けられる。そのため、出射方向（角度）については、図７（Ｂ）からも明らかなように、光源の輝度の低い部分（出射位置）では、光りが集まっている部分についても、安定な期待値を得るために十分な本数の光線が得られない。そのために、統計的なノイズが大きくなってしまう。即ち、重点サンプリングでも、光源から受光面までの光学系のランダム性が小さい場合には、光源の輝度が低い部分に対応する受光面で光線不足による精度の低下が生じる。
【００１８】
光線モデルにより高い精度の計算をするための条件としては、離散化した有限本数の光線で光学量を計算する場合には、十分な数の光線が必要であり、精度が必要となる受光面の場所に、十分な数の光線が到達していることが必要となる。
【００１９】
他方、一様サンプリングで得られた、強度が異なるが、その出射位置や出射方向については一様（ランダム）に分布する光線モデルでは、図８（Ａ）及び８（Ｂ）にも示すように、光源強度の強い部分での光線の本数が少ないので、明るい受光部分での統計誤差が大きくなるが、出射方向については、重点サンプリングのような精度の低下を生じない。
【００２０】
本発明では、上述した発明者による検討の結果に基づいて、モンテカルロシミュレーションに用いる確率分布関数として、出射方向については重点サンプリング、出射位置については一様サンプリング法を用いる光線モデルの生成方法を提案するものである。なお、これにより、従来の重点サンプリングに比較すると輝度の低い部分にも割り付けられる光線の数が多いため、安定な期待値を得ることが可能となる。
【００２１】

＜照明器具設計支援装置＞
図１は、本発明の一実施の形態になる光線モデル形成方法を用いて光線モデルを形成する照明器具設計支援装置の全体構成の一例を示したブロック図である。
【００２２】
この支援装置は、図１にも示すように、ニアフィールド測定装置１０と、コンピュータ（演算処理部）２０等から構成されており、図に矢印で示すように、ニアフィールド測定装置１０により得られたニアフィールド測定データは、演算処理部２０を構成する入力部２１に入力され、その出力部２２からは光線モデル３０が出力される。そして、この演算処理部２０は、更に、演算処理装置（ＣＰＵ）２３と共に、その記憶装置であるメモリ２４やディスク装置等２５を備えている。
【００２３】
上記のニアフィールド測定装置１０としては、例えば、Radiant Imaging社製のSIG-400などを用いる。これによれば、例えば、LEDなど発光素子の輝度分布を、放射面側の半球方向について３度～５度程度のピッチで測定することが出来る。これにより、上述した離散化したニアフィールドデータが取得されることとなる。なお、このニアフィールド測定装置から得られた測定データは、上記の記憶装置（ディスク記憶装置など）２３に一時的に保存する。
【００２４】
なお、ここでは図示しないが、上記の測定データには、発光素子と測定に用いたカメラの方位位置情報、得られた発光素子の２次元輝度情報が、多数の測定点（出射位置、出射方向）について格納されている。そして、演算処理装置２１は、この測定データを、上記記憶装置２５からメモリ２４上に展開し、以下に述べる計算処理を行い光線データとして、再び、上記記憶装置２５に格納する。なお、格納された光線データ３０は、ここでは図示しないが、例えば、光ディスクや半導体メモリ等の記録媒体（図示せず）などを介して出力される。また、この光線データ３０は、後の説明からも明らかとなるように、各出射位置の位置情報、そして、当該出射位置における複数本の光線の光束や出射方向（角度）から構成されている。
【００２５】
その後、電球、放電管、ＬＥＤなどの発光素子からの光を光線モデルとして照明器具の設計支援を行う場合、上記コンピュータから出力された上記光線データを用い、光学シミュレータにより、評価したい光学系のシミュレーション計算を行う。
【００２６】
＜光線モデル形成方法＞
図２は、上記にその構成を説明した照明器具設計支援装置（即ち、上記コンピュータ）において実行される本発明の光線モデル形成方法における処理手順の詳細を示すフローチャート図である。
【００２７】
処理が開始されると、先ず、ニアフィールド測定装置１０により、サンプルとなる発光素子（例えば、LED）の輝度分布を、放射面側の半球方向について３度～５度程度のピッチで測定する。これにより、離散的ニアフィールドデータが取得される（ステップＳ２１）。
【００２８】
次に、この離散的ニアフィールドデータから放射輝度分布関数$L(r,\omega)$を計算する。なお、この放射輝度分布関数は、光源の表面座標ベクトル「r」と放射方向ベクトル「ω」の関数である（ステップＳ２２）。
【００２９】
更に、上記の放射輝度関数から、乱数発生に必要な確率分布関数Ｐ（ｒ、ω）を求める（ステップＳ２３）。
【００３０】
そして、得られた確率分布関数から、必要な本数の光線（r_i、ω_i）を発生し（ステッ

プＳ２４）、一連の処理を終了する。

【００３１】

続いて、上記に具体的に説明した本発明の光線モデル形成方法のより詳細について、添付の図３及び図４を参照しながら、以下に説明する。

【００３２】

まず、図３には、説明の簡単のため、サンプルである発光素子をリニア（線状）であるとした場合（一次元モデル）の光線ベクトルについて説明する。即ち、当該サンプルから測定される光の強度は、当該サンプル上の位置（ｒ）に沿って延びた当該サンプルを含む平面（ｒ面）上において、当該位置（ｒ）の変化（矢印を参照）に伴って変化する（図の破線Ｂを参照）。その出射方向（角度＝θ）は、矢印で示すベクトルのように変化することとなる。

【００３３】

そのため、かかる一次元のモデル場合には、光源は、以下のようなベクトルとして表わすことが出来る。

$L_i(r_i, \theta_i)$　（ここで、ｉ＝１～ｎ）

【００３４】

なお、実際のサンプルである発光素子（例えば、LED）では、図４にも示すように、光源は二次元状に広がり、かつ、光の出射方向（角度）も三次元で表わされることから、以下のように表わすことが出来る。

$L_i(x_i, y_i, \theta_i, \phi_i)$　（ここで、ｉ＝１～ｎ）

【００３５】

即ち、光源は、以下のようなベクトルとして表わすことが出来る。

Ｌ（ｒ、ω）

【００３６】

そして、本発明では、上述したステップＳ２３において、放射輝度関数から、乱数発生に必要な確率分布関数Ｐ（ｒ、ω）を求める際、位置（r）については、図５（Ｃ）に示すように、一様分布とし、角度（ω）については、図５（Ａ）や（Ｂ）に示すように、Ｌに比例した確率分布関数とすることを特徴とする。なお、これに対し、従来の光線モデルは、Ｌの大きさに比例する確率分布関数Ｐを用いる重点サンプリング方式となっていた。

【００３７】

以下、本発明の特徴となる確率分布関数P（r、ω）の生成方法について、具体的に示す。

【００３８】

P(r,ω)は、確率分布関数であるから、位置（ｒ）および角度（ω）について、以下のようになる。

$\int P(r,\omega)\,dr\,d\omega = 1$ ・・・・・(式１)

【００３９】

次に、位置について一様分布である必要性から、以下の関係である必要がある。

$\int P(r,\omega)\,d\omega = 1/S$ ・・・・・(式２)

ここで、Ｓは発光部分の面積である。

【００４０】

さらに、角度ωについては、重点サンプリングが適当であることから、最も良いケースは、確率をＬに比例させる場合であり、以下のようになる。

$P(r,\omega) = L(r,\omega)/(S\int L(r,\omega)\,d\omega)$ ・・・・・(式３)

【００４１】

なお、上記は最も良いケースの場合であり、完全にＬに比例させることは必要ではなく、Ｌの大きいところで大きな分布を持つ確率であればよい。

【００４２】

一方、従来の重点サンプリングの場合の確率分布関数Pi(r,ω)は、以下の通りである。

$Pi(r,\omega) = L(r,\omega)/(\int\int L(r,\omega)\,d\omega\,dr)$ ・・・・・(式４)

【００４３】
ここで、この確率分布関数P(r,ω)から、この分布を持つ乱数Xj=(rj,ωj)を生成する。
【００４４】
更に、この乱数列より、光線njを発生する。なお、確率分布関数からその分布を持つ乱数の生成方法には、種々の方法が存在するが、この場合には、どの方法を用いても良い。ここで、njは出射位置rj、方向ωjであり、その大きさ|nj|は、以下のように表わされる光線となる。
|nj|=C∫L(rj,ω)dω・・・・・(式５)
ここで、Ｃは定数であり、全光線のもつ光束の和が光源の全光束Wと一致するように設定する。
【００４５】
つまり、以下のようになる。
C＝W/Σ|nj|・・・・・(式６)
【００４６】
即ち、上記の光線は、角度ωについては輝度に比例した本数の密度を持ち、一方、位置rについては、本数密度が一様で、かつ、その部分の放射量に比例する強度を持つ光線となっている。
【００４７】
なお、上述した光線生成の手順は、本発明のアイデアに基づく光線生成方法の一例であり、そのため、本発明にかかる光線モデルの形成方法を上記の実施例に限定する物ではない。また、上記では、理想的な場合について論じたものであり、また、上記の例では、ニアフィールドデータから放射輝度分布関数を求め、そこから光線発生に必要な確率分布関数を求めるという厳密な手法を用いたが、しかしながら、本発明は、上記の実施例だけに限定されるものではなく、離散的なニアフィールドデータそのものを用いて計算してもよい。
【００４８】
続いて、図６には、本発明の光線モデルと、従来の重点サンプリングによる光線モデル（比較例）によるシミュレーションを比較した結果を示す。なお、これは、LEDスポットランプの配光分布を示すグラフであり、横軸に極角度、縦軸に光源の光度をとってある。
【００４９】
グラフからも明らかなように、従来の重点サンプリング光源を用いたシミュレーションでは、LEDの輝度の低い面から出射光線の集まる２０度以上の角度では、光線本数が減ってしまい、統計的なノイズによる光度変動が見られる。
【００５０】
一方、本発明の重点サンプリングと一様サンプリングを併用した場合には、輝度の低い部分についても十分な光線数があるため、統計ノイズは小さい。このように、本発明の方法によれば、上述したモンテカルロ法の課題である、少ない光線本数に起因する統計ノイズを減少させることが可能となる。
【００５１】
なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するためにシステム全体を詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。
【符号の説明】
【００５２】
１０…ニアフィールド測定装置、２０…コンピュータ（演算処理部）、２１…入力部、２２…出力部、２３…演算処理装置（ＣＰＵ）、２４…メモリ、２５…記憶装置（ディスク記憶装置など）、３０…光線モデル

【図１】

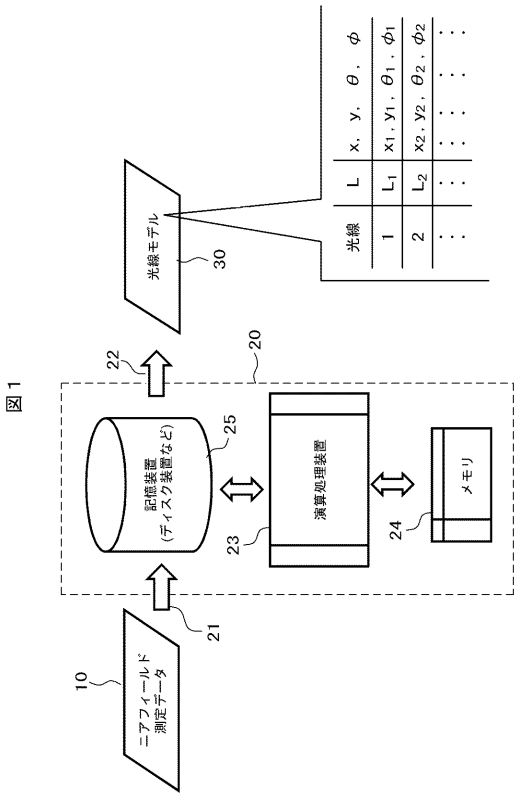
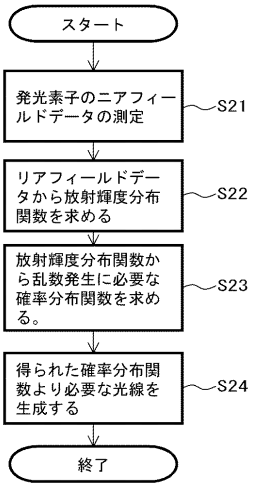


図１

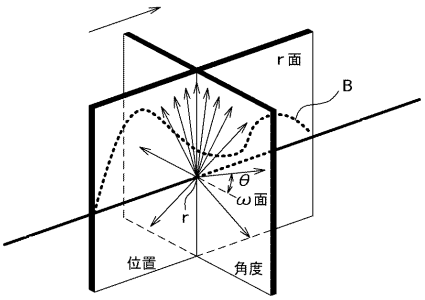
【図２】

図２



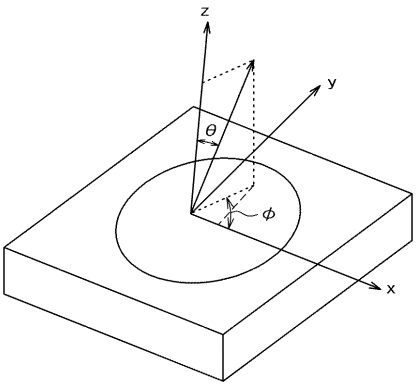
【図３】

図３



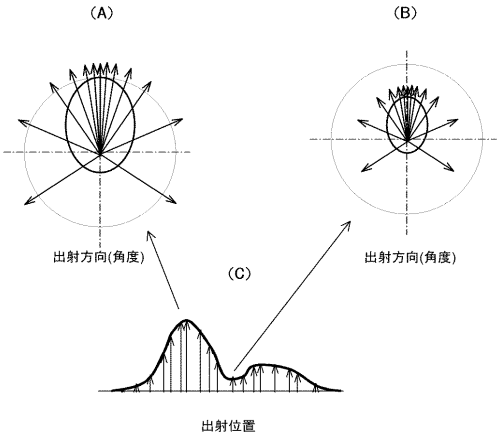
【図４】

図４



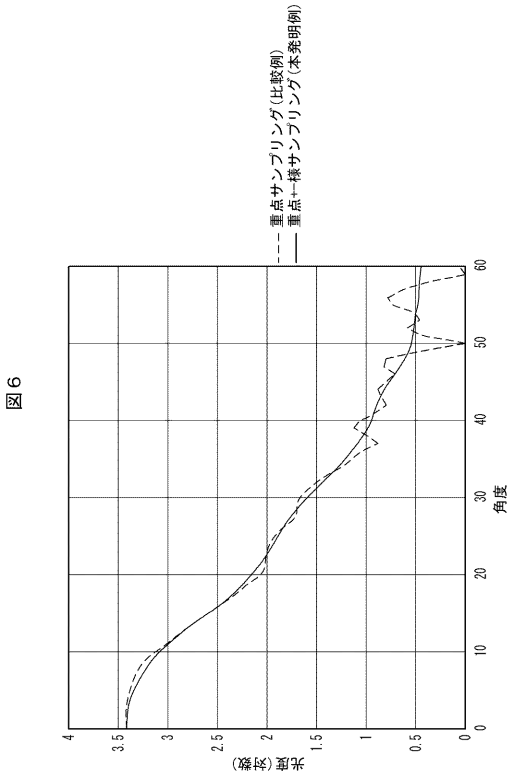
【図５】

図５



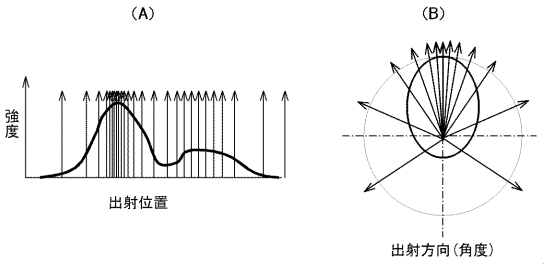
【図６】

図６



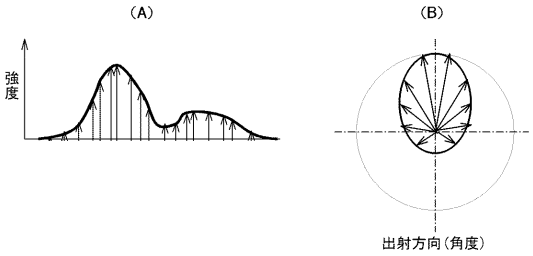
【図７】

図７



【図８】

図８



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－２０１２２６（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１７５７６２（ＪＰ，Ａ）
河村拓哉 外２名，拡散反射板を用いた光源の放射輝度分布の計測，情報処理学会研究報告［ＤＶＤ－ＲＯＭ］，一般社団法人情報処理学会，２０１３年 ４月１５日，Vol. 2013-CVIM-186, No. 7, pp. 1-5

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０６Ｆ １７／５０
Ｇ０６Ｔ １５／００ －１５／８７