

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-194541

(P2015-194541A)

(43) 公開日 平成27年11月5日(2015.11.5)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)	
G03H	1/08	(2006.01)	G03H	1/08	2H021
G02B	5/32	(2006.01)	G02B	5/32	2H249
G03B	21/62	(2014.01)	G03B	21/62	2K008

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-71329 (P2014-71329)	(71) 出願人	000002897
(22) 出願日	平成26年3月31日 (2014. 3. 31)		大日本印刷株式会社
			東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
		(74) 代理人	100139103
			弁理士 小山 卓志
		(74) 代理人	100139114
			弁理士 田中 貞嗣
		(74) 代理人	100097777
			弁理士 荻澤 弘
		(74) 代理人	100091971
			弁理士 米澤 明
		(72) 発明者	北村 満
			東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
			大日本印刷株式会社内

最終頁に続く

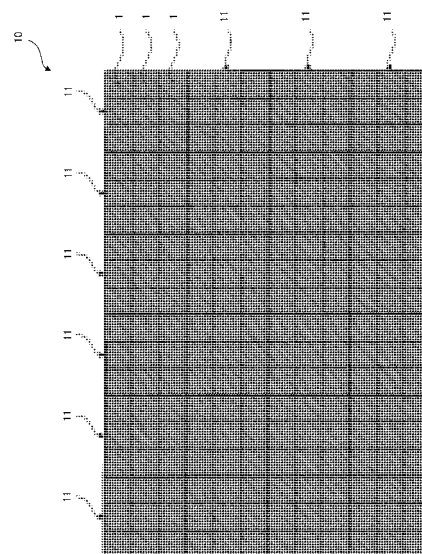
(54) 【発明の名称】 計算機合成ホログラム、拡散板、プロジェクタ用スクリーン、及び投影システム

(57) 【要約】

【課題】 高輝度で白色観察することが可能な計算機合成ホログラム、拡散板、プロジェクタ用スクリーン、及び投影システムを提供する。

【解決手段】 計算機合成ホログラム10は、所定の入射角で入射した入射光を所定の角度範囲に拡散する複数の要素ホログラム1を配列し、複数の要素ホログラム1に入射した白色光が拡散し、拡散した白色光が、白色光として所定の白色観察域Eに到達することを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

所定の入射角で入射した入射光を所定の角度範囲に拡散する複数の要素ホログラムを配列し、

複数の前記要素ホログラムに入射した白色光が拡散し、拡散した前記白色光が、白色光として所定の白色観察域に到達する

ことを特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 2】

複数の前記要素ホログラムのうち同じ仕様の前記要素ホログラムが配列されて要素ホログラム群を形成し、

複数の前記要素ホログラム群が配列され、

複数の前記要素ホログラム群のうち少なくとも 1 つは他の前記要素ホログラム群の前記要素ホログラムとは異なる仕様の前記要素ホログラムから形成される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 3】

複数の前記要素ホログラムのうち同じ仕様の前記要素ホログラムが配列されて要素ホログラム群を形成し、

複数の前記要素ホログラム群が配列され、

複数の前記要素ホログラム群は、それぞれ異なる仕様の前記要素ホログラムを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 4】

それぞれの前記要素ホログラム群に含まれるそれぞれの前記要素ホログラムは、入射した白色光を、所定の白色観察域内に拡散する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 つに記載の計算機合成ホログラムを含み、

複数の前記要素ホログラムに入射した白色光が拡散し、拡散した前記白色光が、白色光として所定の白色観察域に到達する

ことを特徴とする拡散板。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の拡散板を含み、

プロジェクタが所定の角度で出射した所定の白色光を拡散することを特徴とするプロジェクタ用スクリーン。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のプロジェクタ用スクリーンと、

前記プロジェクタ用スクリーンに所定の角度で所定の白色光を出射するプロジェクタと、
を備えることを特徴とする投影システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、所定の照射位置から白色光源を照射すると所定の観察位置で白色観察可能な計算機合成ホログラム、拡散板、プロジェクタ用スクリーン、及び投影システムに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、プロジェクタ用スクリーンとして光拡散表面シート及び指向性光拡散層を用いる技術が提案されている。例えば、特許文献 1 には、複数の領域に分割された指向性光拡散層を光拡散表面シートで覆うことで構成される大画面スクリーンが提案されている。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2006-133505号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載されたプロジェクタ用スクリーンは、層状レンズ等を用いた光拡散表面シートと、指向性光拡散層と、両者を接合する接合剤と、が必要なので、薄型化が困難であると共に、輝度が低下するおそれがあった。

【0005】

本発明は、容易に薄型化が可能であり、高輝度で白色観察することが可能な計算機合成ホログラム、拡散板、プロジェクタ用スクリーン、及び投影システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明にかかる一実施形態の計算機合成ホログラムは、
所定の入射角で入射した入射光を所定の角度範囲に拡散する複数の要素ホログラムを配列し、

複数の前記要素ホログラムに入射した白色光が拡散し、拡散した前記白色光が、白色光として所定の白色観察域に到達することを特徴とする。

【0007】

本発明にかかる一実施形態の計算機合成ホログラムは、
複数の前記要素ホログラムのうち同じ仕様の前記要素ホログラムが配列されて要素ホログラム群を形成し、

複数の前記要素ホログラム群は、配列され、

複数の前記要素ホログラム群のうち少なくとも1つは他の前記要素ホログラム群の前記要素ホログラムとは異なる仕様の前記要素ホログラムから形成されることを特徴とする。

【0008】

本発明にかかる一実施形態の計算機合成ホログラムでは、
複数の前記要素ホログラムのうち同じ仕様の前記要素ホログラムが配列されて要素ホログラム群を形成し、

複数の前記要素ホログラム群が配列され、

複数の前記要素ホログラム群は、それぞれ異なる仕様の前記要素ホログラムを含むことを特徴とする。

【0009】

本発明にかかる一実施形態の計算機合成ホログラムでは、
それぞれの前記要素ホログラム群に含まれるそれぞれの前記要素ホログラムは、入射した白色光を、所定の白色観察域内に拡散することを特徴とする。

【0010】

本発明にかかる一実施形態の拡散板は、
前記計算機合成ホログラムを含み、
複数の前記要素ホログラムに入射した白色光が拡散し、拡散した前記白色光が、白色光として所定の白色観察域に到達することを特徴とする。

【0011】

本発明にかかる一実施形態のプロジェクタ用スクリーンは、
前記拡散板を含み、
プロジェクタが所定の角度で出射した所定の白色光を拡散することを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

本発明にかかる一実施形態の投影システムは、
前記プロジェクタ用スクリーンと、
前記プロジェクタ用スクリーンに所定の角度で所定の白色光を出射するプロジェクタと、
を備えることを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

本発明の計算機合成ホログラム、拡散板、プロジェクタ用スクリーン、及び投影システムによれば、高輝度で白色観察することが可能となる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンを示す。

【 図 2 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンの要素ホログラム群を示す。

【 図 3 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの位相分布の一例を示す。

【 図 4 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの演算ステップのフローを示す。

【 図 5 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの入射光に対する出射光の範囲を示す。

20

【 図 6 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの観察範囲が狭い場合の各波長の回折を個々に示す。

【 図 7 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの観察範囲が狭い場合の各波長の回折を示す。

【 図 8 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの観察範囲が広い場合の各波長の回折を個々に示す。

【 図 9 】 本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの観察範囲が広い場合の各波長の回折を示す。

【 図 1 0 】 本実施形態に係る実施例 1 のスクリーンを用いた投影光学系の上下方向の設計角度を示す。

30

【 図 1 1 】 本実施形態に係る実施例 1 のスクリーンを用いた投影光学系の上下方向の回折範囲を示す。

【 図 1 2 】 本実施形態に係る実施例 1 のスクリーンを用いた投影光学系の左右方向の設計角度を示す。

【 図 1 3 】 本実施形態に係る実施例 1 のスクリーンを用いた投影光学系の左右方向の回折範囲を示す。

【 図 1 4 】 本実施形態に係る実施例 2 のプロジェクタ用スクリーンを示す。

【 図 1 5 】 本実施形態のスクリーンを上下方向に 1 0 分割した投影光学系の上下方向の回折範囲を示す。

40

【 図 1 6 】 本実施形態のスクリーンを左右方向に 1 0 分割した投影光学系の左右方向の回折範囲を示す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 5 】

以下、図面を参照して本発明にかかる計算機合成ホログラムからなる拡散板によって構成されるプロジェクタ用スクリーン 1 0 について説明する。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンを示す。図 2 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンの要素ホログラム群を示す。

【 0 0 1 7 】

50

本実施形態のプロジェクト用スクリーン 10（以下、単に「スクリーン」という）は、図 1 に示すように、複数の要素ホログラム群 11 を平面上に並べて形成される。また、要素ホログラム群 11 は、図 2 に示すように、複数の要素ホログラム 1 を平面上に並べて形成される。すなわち、スクリーン 10 は、分割された複数の要素ホログラム群 11 の集合からなり、要素ホログラム群 11 は、分割された複数の要素ホログラム 1 の集合からなる。要素ホログラム 1 は、等方散乱するよりも拡散角度が狭くなるように設定されている。したがって、その集合体であるスクリーン 10 も等方散乱するよりも拡散角度が狭くなっている。

【0018】

要素ホログラム 1 は、要素ホログラム群 11 を形成する計算機合成ホログラムから構成される。1つの要素ホログラム群 11 は、2 次元的に縦 3 × 横 3 に配列された要素ホログラム 1 によって形成される。実施例 1 の要素ホログラム 1 は、すべて同じものである。また、実施例 1 の要素ホログラム 1 の形状は、正方形からなる。

【0019】

本実施形態のスクリーン 10 は、2 次元的に縦 4 × 横 6 に配列された要素ホログラム群 11 によって形成される。実施例 1 の要素ホログラム群 11 は、すべて同じものであり、正方形からなる。また、スクリーン 10 は、横長の長方形となる。

【0020】

なお、要素ホログラム 1 の形状は正方形に限らず、他の形状でもよい。例えば、長方形、三角形等でもよい。また、隣り合う要素ホログラム 1 は、必ずしも密着する必要はなく、実質上接近して配置された状態であれば、所定の隙間が空いていてもよい。さらに、要素ホログラム群 11 は、要素ホログラム 1 の形状に対応して形成してもよい。

【0021】

以下の説明では、容易に理解できるように透過型の要素ホログラム 1 について説明するが、本実施形態のような反射型の要素ホログラム 1 についても同様に適用可能である。

【0022】

図 3 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクト用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの位相分布の一例を示す。

【0023】

計算機合成ホログラムからなる要素ホログラム 1 は、2 次元的にアレー状に配置された微小なセルの集合体からなるもので、各セルは各々が反射光もしくは入射光に対して独自の位相を与える光路長を有しており、かつ、垂直に入射する光束を所定の観察域内に実質的に回折し、その観察域外には実質的には回折しないような第 1 の位相分布と、斜めから所定の入射角で入射する光束を垂直に出射するような第 2 の位相分布とを加算して得られる位相分布を有しているものである。

【0024】

ここで、第 1 の位相分布は、ホログラム面に垂直に平行光で照明した場合に所定の観察域へのみ光を回折する計算機合成ホログラムの位相分布であり、図 3（a）に例示したような位相分布 φ_{HOLO} のものである。

【0025】

また、第 2 の位相分布は、背後から入射角 θ で入射した光を正面方向へ回折する位相回折格子の位相分布であり、図 3（b）中、破線で示すような位相分布を、デジタルな階段状の関数に近似した位相分布 φ_{GRAT} である。

【0026】

これら二つの位相分布 φ_{HOLO} 、および φ_{GRAT} を加算したものが、図 3（c）に示すような特許文献 3 に記載の計算機合成ホログラムの位相分布 φ であり、この位相分布 φ を有する計算機合成ホログラムは、背後から斜めに入射角 θ で入射した光を所定の前方の観察域へ回折する計算機合成ホログラムである。

【0027】

なお、一般に計算機合成ホログラムを求めるには、次のようにする。今、あるホログラ

10

20

30

40

50

ムを想定し、それからの再生距離がホログラムの大きさにくらべて十分大きく、ホログラム面に垂直に平行光で照明した場合、再生像面で得られる回折光は、ホログラム面での振幅分布、および位相分布のフーリエ変換で表される（フラウンホーファー回折）。

【 0 0 2 8 】

そこで、従来、再生像面に所定の回折光を与えるために、ホログラム面と再生像面との間で束縛条件を加えながら、フーリエ変換と逆フーリエ変換を交互に繰り返しながら、ホログラム面に配置する計算機合成ホログラムを求める方法が、Gerchberg - Saxton 反復計算法として知られている。

【 0 0 2 9 】

ここで、ホログラム面での光の分布を $h(x, y)$ 、再生像面での光の分布を $f(u, v)$ とすると、各々は次の式 (1)、および (2) で書ける。

$$h(x, y) = A_{\text{HOLO}}(x, y) \exp(i\phi_{\text{HOLO}}(x, y)) \quad (1)$$

$$f(u, v) = A_{\text{IMG}}(u, v) \exp(i\phi_{\text{IMG}}(u, v)) \quad (2)$$

【 0 0 3 0 】

上記において、 $A_{\text{HOLO}}(x, y)$ はホログラム面での振幅分布、 $\phi_{\text{HOLO}}(x, y)$ はホログラム面での位相分布であり、 $A_{\text{IMG}}(u, v)$ は再生像面での振幅分布、 $\phi_{\text{IMG}}(u, v)$ は再生像面での位相分布である。

【 0 0 3 1 】

上記のフーリエ変換、および逆フーリエ変換は次の式 (3)、および (4) のようになる。

$$f(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) \exp\{-i(ux + vy)\} dx dy \quad (3)$$

$$h(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) \exp\{i(ux + vy)\} du dv \quad (4)$$

【 0 0 3 2 】

ここで、今後の議論を分かりやすくするため、ホログラム面での振幅分布 $A_{\text{HOLO}}(x, y)$ を A_{HOLO} 、ホログラム面での位相分布 $\phi_{\text{HOLO}}(x, y)$ を ϕ_{HOLO} 、再生像面での振幅分布 $A_{\text{IMG}}(u, v)$ を A_{IMG} 、再生像面での位相分布 $\phi_{\text{IMG}}(u, v)$ を ϕ_{IMG} で表現する。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの演算ステップのフローを示す。図 5 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの入射光に対する出射光の範囲を示す。

【 0 0 3 4 】

図 4 は、演算ステップのフローチャートであり、ステップ 1 で、図 5 中のホログラム面領域 $x_0 \leq x \leq x_1$ 、 $y_0 \leq y \leq y_1$ で、ホログラムの振幅 A_{HOLO} を 1 に、ホログラムの位相 ϕ_{HOLO} をランダムな値に初期化して、ステップ 2 で、その初期化した値に上記式 (3) のフーリエ変換を施す。ステップ 3 で、フーリエ変換で得られた再生像面での振幅 A_{IMG} が所定の領域、例えば $u_0 \leq u \leq u_1$ 、 $v_0 \leq v \leq v_1$ 内でほぼ一定値になり、その所定領域外でほぼ 0 になったと判断された場合は、ステップ 1 で初期化した振幅と位相が所望の計算機合成ホログラムとなる。

【 0 0 3 5 】

ステップ 3 でこのような条件が満足されないと判断された場合は、ステップ 4 で束縛条件が付与される。具体的には、上記の所定領域内では再生像面での振幅 A_{IMG} は例えば 1 にされ、その外では 0 にされ、再生像面での位相 ϕ_{IMG} はそのままに維持される。そのような束縛条件が付与された後、ステップ 5 で、上記式 (4) のフーリエ逆変換が施され

る。そのフーリエ逆変換で得られたホログラム面での値は、ステップ6で束縛条件が付与され、振幅 A_{HOLO} は1にされ、位相 ϕ_{HOLO} は多値化（元の関数をデジタルな階段状の関数に近似（量子化））される。なお、位相 ϕ_{HOLO} が連続的な値を持ってもよい場合は、この多値化は必ずしも必要ない。

【0036】

そして、ステップ2でその値にフーリエ変換が施され、ステップ3で、フーリエ変換で得られた再生像面での振幅 A_{IMG} が所定の領域、例えば $u_0 \sim u_1, v_0 \sim v_1$ 内でほぼ一定値になり、その所定領域外でほぼ0になったと判断された場合は、ステップ6で束縛条件が付与された振幅と位相が所望の計算機合成ホログラムとなる。ステップ3でこのような条件が満足されないと判断された場合は、ステップ4→5→6→2→3のループがステップ3の条件が満足されるまで（収束するまで）繰り返され、最終的な所望の計算機合成ホログラムが得られる。

【0037】

ここで、ステップ3で、再生像面で振幅 A_{IMG} がほぼ所定の値に収束したと判断する評価関数としては、例えば次のような式（5）を用いる。ただし、 u, v に関する Σ （和）は、 $u_0 \sim u_1, v_0 \sim v_1$ 内のホログラムのセルにおける値の和を取ることを意味し、 $A_{\text{IMG}}(u, v)$ はそのセル内における理想的な振幅である。この（評価関数）が例えば0.01以下になることをもって収束したと判断する。この他、評価関数としては、計算ループの反復の前の振幅の値と今回の値の差を用いた次のような式（6）を用いることもできる。ここで、 $A_{\text{IMG}i-1}$ は前回の振幅の値、 $A_{\text{IMG}i}$ は今回の振幅の値である。

$$(\text{評価関数}) = 1/N^2 \times \sum_{u,v} |A_{\text{IMG}}(u,v) - \langle A_{\text{IMG}}(u,v) \rangle| \quad (5)$$

$$(\text{評価関数}) = 1/N^2 \times \sum_{u,v} |A_{\text{IMG}i}(u,v) - A_{\text{IMG}i-1}(u,v)| \quad (6)$$

【0038】

このようにして求めた位相分布から、実際のホログラムの深さ分布を求める。深さ分布の求め方は、ホログラムを反射型で用いるときと、透過型で用いるときとで異なり、反射型の場合には、式（7a）により、また、透過型の場合には、式（7b）によって、図3（c）の ϕ （下記式中では $\phi(x, y)$ ）を、計算機合成ホログラムの深さ D （下記式中では $D(x, y)$ ）に変換を行なう。

$$D(x, y) = \lambda \phi(x, y) / (4\pi n) \quad (7a)$$

$$D(x, y) = \lambda \phi(x, y) / \{2\pi(n_1 - n_0)\} \quad (7b)$$

ここで、 (x, y) はホログラム面における位置を示す座標、 λ は基準波長、 n は反射層に至るまでの材料の屈折率、 n_1 および n_0 は、透過型のホログラムを構成する二つの材質の屈折率であって、二つの屈折率のうち、大きい方が n_1 であり、小さい方が n_0 である。

【0039】

後にも説明するように、上記の式（7a）、および（7b）により、縦横のサイズが Δ の微小セル毎に求めた深さ $D(x, y)$ のレリーフパターンをホログラム形成用の樹脂層の表面に形成し、所定の反射性層を積層することにより、効果を高めたホログラムとして使用することができる。この Δ は、例えば、パターン露光光の送りピッチに相当する。

【0040】

以上における計算機合成ホログラム1の位相分布の計算自体は、知られた手法を用いて行なうもので、上記のほかにも、例えば、特開昭47-6591号公報に記載の手法を用いることが出来る。また、位相分布を最適化する手法を必要に応じて適用してもよく、遺伝的アルゴリズム、もしくはシミュレーテッド・アニーリング法（焼きなまし法）等を適

10

20

30

40

50

用できる。

【 0 0 4 1 】

次に、所望の観察領域で白色に観察可能な計算機合成ホログラムについて説明する。所望の観察領域で白色に観察可能な計算機合成ホログラムとは、所定の入射角で入射した所定の基準波長の入射光を所定の角度範囲に拡散し、前記入射角で入射した 0 次透過光または 0 次反射光に対して、前記基準波長を含み加法混色した場合に見える波長範囲の最短波長の前記入射角の入射光の最大回折角が、その波長範囲の最長波長の前記入射光の最小回折角よりも大きくなるよう構成されているものである。

【 0 0 4 2 】

以下の説明では、容易に理解できるように透過型の計算機合成ホログラムについて説明するが、本実施形態のような反射型の計算機合成ホログラム 1 についても同様である。

【 0 0 4 3 】

図 6 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの観察範囲が狭い場合の各波長の回折を個々に示す。図 7 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの観察範囲が狭い場合の各波長の回折を示す。

【 0 0 4 4 】

照明光の基準波長 λ_{STD} が最短波長 λ_{MIN} と最長波長 λ_{MAX} との間にあるものとし、その基準波長 λ_{STD} について計算機合成ホログラム 1 が設計されている。図 6 (a) に示すように、基準波長 λ_{STD} にて、ある斜めの角度 θ (角度は、ホログラム 1 の法線からの角度で、左回りの角度を正とする。) で入射した照明光 3 が正面付近の角度範囲 $\beta_{1STD} \sim \beta_{2STD}$ (添字 1 は最小回折角、添字 2 は最大回折角とする。なお、最小回折角は、0 次透過光に対して最小の角度をなす回折光の回折角、最大回折角は、0 次透過光に対して最大の角度をなす回折光の回折角である。) 内に回折光 5_{STD} として広がるように設定されている場合、同じ斜めの入射角 θ で最短波長 λ_{MIN} の照明光 3 を入射すると、計算機合成ホログラム 1 は位相回折格子の集合と考えられるので、図 6 (b) に示すように、回折光 5_{MIN} が入射する観察領域 (角度範囲 $\beta_{1MIN} \sim \beta_{2MIN}$) は基準波長 λ_{STD} の場合よりも下側 (0 次透過光) にずれる。また、同じ斜めの入射角 θ で最長波長 λ_{MAX} の照明光 3 を入射すると、図 6 (c) に示すように、回折光 5_{MAX} が入射する観察領域 (角度範囲 $\beta_{1MAX} \sim \beta_{2MAX}$) は基準波長 λ_{STD} の場合よりも上側 (0 次透過光側とは反対側) にずれる。

【 0 0 4 5 】

なお、上記のように回折光の分布をするのは、計算機合成ホログラム 1 の法線と照明光 3 が含まれる平面内であり、計算機合成ホログラム 1 の法線を含みその平面に直交する面内では、照明光 3 の両側に回折光が分布する場合を考えている。

【 0 0 4 6 】

さて、このとき、図 7 に示すように、各回折光 5_{MIN} 、 5_{STD} 、および 5_{MAX} の全てが重なる部分がないため、すべての波長を同時に観察可能で波長範囲 $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{STD} \sim \lambda_{MAX}$ が可視光域の場合には、白色に観察できる領域は存在せず、観察位置 (角度) によって観察される色が変わってしまう。

【 0 0 4 7 】

図 8 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの観察範囲が広い場合の各波長の回折を個々に示す。図 9 は、本実施形態に係る実施例 1 のプロジェクタ用スクリーンに用いる計算機合成ホログラムの観察範囲が広い場合の各波長の回折を示す。

【 0 0 4 8 】

この場合も、図 6 に示す観察領域が狭い場合と同様、最短波長 λ_{MIN} や最長波長 λ_{MAX} を入射した場合、(図 8 (b)、図 8 (c))、観察領域 (角度範囲 $\beta_{1MIN} \sim \beta_{2MIN}$ 、 $\beta_{1MAX} \sim \beta_{2MAX}$) は基準波長 λ_{STD} の場合とくらべ、それぞれ下側、上側にずれる。しかし、観察範囲が広いので、図 9 に示すように、回折光 5_{MIN} 、 5_{STD} 、および 5_{MAX} の全てが重なる正面付近 6 (角度範囲 $\beta_{1MAX} \sim \beta_{2MIN}$) で観察した場合、すべての波長を同時に観察

10

20

30

40

50

することが可能である。従って、このような領域内を観察者が移動する限り、観察される色の変化はほとんど感じられない。

【0049】

このように想定したすべての波長が観察可能な領域6が存在するための条件は、図9から明らかなように、想定した波長範囲の最短波長 λ_{MIN} の最大回折角 β_{2MIN} が最長波長 λ_{MAX} の最小回折角 β_{1MAX} よりも大きいことである。0次透過光に対して回折角 β_{MIN} 、 β_{STD} 、および β_{MAX} が図6～図9のとは反対側に分布する場合は、この関係は逆転するので、0次透過光を基準にすると、0次透過光に対してなす最短波長 λ_{MIN} の最大回折角 β_{2MIN} が最長波長 λ_{MAX} の最小回折角 β_{1MAX} よりも大きいことと言える。

【0050】

すべての波長が重なって白色に観察可能なためには、 $\lambda_{MIN} = 450\text{nm}$ 、 $\lambda_{MAX} = 650\text{nm}$ とすれば十分である。従って、少なくとも最短波長 $\lambda_{MIN} = 450\text{nm}$ の最大回折角度 β_{2MIN} が最長波長 $\lambda_{MAX} = 650\text{nm}$ の最小回折角 β_{1MAX} よりも大きい計算機合成ホログラム1においては、領域6内で観察する限り、色の変化がなく白色に観察可能である。

【0051】

以上から、ある観察領域で、所望の全ての波長を観察したい場合、以下の手順で基準波長 λ_{STD} の観察領域 $\beta_{1STD} \sim \beta_{2STD}$ を決定すればよいことが分かる。

(ア) 再生用の照明光3の入射角 θ を決める。

(イ) 白色に見える所望の観察角度範囲6を決める。すなわち、最小回折角 $\gamma_1 (= \beta_{1MAX}) \sim$ 最大回折角 $\gamma_2 (= \beta_{2MIN})$ を決める。

ここで、最小回折角 γ_1 、最大回折角 γ_2 は、0次透過光に対してなす最小、最大の角度をなす回折角であり、図6～図9の分布の場合には、 $\theta < \gamma_1 \sim \gamma_2$ の関係にあり、図6～図9のとは反対に光が分布する場合には、 $\theta > \gamma_1 \sim \gamma_2$ の関係にある。

(ウ) 所望の観察波長を決める(最短波長 λ_{MIN} ～最長波長 λ_{MAX})。

(エ) 基準波長 λ_{STD} を $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{STD} \sim \lambda_{MAX}$ の範囲で決める。

(オ) 回折格子の基本式(8)に基づいて、以下の式(9)を用いて、最小回折角 γ_1 、最長波長 λ_{MAX} から、基準波長 λ_{STD} における最小回折角 β_{1STD} を求める。

$$\sin \theta_d - \sin \theta_i = m \lambda / d \quad (8)$$

ただし、 m は回折次数、 d は回折格子のピッチ、 λ は波長、 θ_i は入射角、 θ_d は回折角である。

$$(\sin \gamma_1 - \sin \theta) / \lambda_{MAX} = (\sin \beta_{1STD} - \sin \theta) / \lambda_{STD}$$

$$\sin \beta_{1STD} = \sin \theta + (\sin \gamma_1 - \sin \theta) \times \lambda_{STD} / \lambda_{MAX} \quad (9)$$

(カ) 同様に、回折格子の基本式(8)に基づいて、以下の式(10)を用いて、最大回折角 γ_2 、最短波長 λ_{MIN} から、基準波長 λ_{STD} における最大回折角 β_{2STD} を求める。

$$(\sin \gamma_2 - \sin \theta) / \lambda_{MIN} = (\sin \beta_{2STD} - \sin \theta) / \lambda_{STD}$$

$$\sin \beta_{2STD} = \sin \theta + (\sin \gamma_2 - \sin \theta) \times \lambda_{STD} / \lambda_{MIN} \quad (10)$$

【0052】

そして、照明光の入射角 θ 、基準波長 λ_{STD} において、最小回折角 β_{1STD} と最大回折角 β_{2STD} となるように、計算機合成ホログラム1を作製することにより、再生用の照明光3の入射角 θ に対して、観察角 $\gamma_1 \sim \gamma_2$ の範囲で波長 $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{MAX}$ が観測可能で白色に見える拡散ホログラムが得られる。

【0053】

以上は、照明光の所望の入射角 θ 、回折範囲 $\gamma_1 \sim \gamma_2$ 、波長範囲 $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{MAX}$ を与えたときの、計算に用いる回折角度範囲 $\beta_{1STD} \sim \beta_{2STD}$ の求めかたである。

【0054】

一方、基準波長 λ_{STD} 、照明光の入射角 θ に対して、最小回折角 β_{1STD} 、最大回折角 β_{2STD} が与えられたときに、波長範囲 $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{MAX}$ の光を同時に観察可能で白色に見える領域が存在するための条件は、最長波長 λ_{MAX} の最小回折角 $\beta_{1MAX} = \gamma_1$ と、最短波長 λ_{MIN} の最大回折角 $\beta_{2MIN} = \gamma_2$ とを用いて、以下のように与えられる。

【 0 0 5 5 】

(1) 回折光が 0 次透過光に対して正の側に存在する場合 (図 6 ~ 図 9) 、

$$\begin{matrix} y_2 & y_1 \\ \sin y_2 & \sin y_1 \end{matrix}$$

式 (9) と式 (1 0) を用いると、

$$\begin{matrix} \sin \theta + (\sin \beta_{2STD} - \sin \theta) \times \lambda_{MIN} / \lambda_{STD} \\ \sin \theta + (\sin \beta_{1STD} - \sin \theta) \times \lambda_{MAX} / \lambda_{STD} \\ (\sin \beta_{2STD} - \sin \theta) / \lambda_{MIN} & (\sin \beta_{1STD} - \sin \theta) \times \lambda_{MAX} \end{matrix}$$

$\sin \beta_{2STD} > \sin \theta$ であるから、

$$\lambda_{MIN} / \lambda_{MAX} (\sin \beta_{1STD} - \sin \theta) / (\sin \beta_{2STD} - \sin \theta) \quad (11) \quad 10$$

【 0 0 5 6 】

(2) 回折光が 0 次透過光に対して負の側に存在する場合 (図 6 ~ 図 9 のとは反対) 、

$$\begin{matrix} y_2 & y_1 \\ \sin y_2 & \sin y_1 \end{matrix}$$

式 (9) と式 (1 0) を用いると、

$$\begin{matrix} \sin \theta + (\sin \beta_{2STD} - \sin \theta) \times \lambda_{MIN} / \lambda_{STD} \\ \sin \theta + (\sin \beta_{1STD} - \sin \theta) \times \lambda_{MAX} / \lambda_{STD} \\ (\sin \beta_{2STD} - \sin \theta) \times \lambda_{MIN} & (\sin \beta_{1STD} - \sin \theta) \times \lambda_{MAX} \end{matrix}$$

$\sin \beta_{2STD} < \sin \theta$ であるから、

$$\lambda_{MIN} / \lambda_{MAX} (\sin \beta_{1STD} - \sin \theta) / (\sin \beta_{2STD} - \sin \theta) \quad (11) \quad 20$$

従って、式 (1 1) は回折光が正の側、負の側のいずれのときも成り立つ式である。

【 0 0 5 7 】

この式 (1 1) は、照明光の入射角 θ 、所望の観察波長範囲 $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{MAX}$ を設定したときに、ある基準波長 λ_{STD} における回折角度範囲 $\beta_{1STD} \sim \beta_{2STD}$ をこの式 (1 1) を満足するように設定すれば、所望の観察波長範囲 $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{MAX}$ 全てを同時に観察可能な範囲 $y_1 \sim y_2$ が存在することを意味している。

【 0 0 5 8 】

また、式 (1 1) を変形すると、

$$\sin \theta = (\lambda_{MAX} \sin \beta_{1STD} - \lambda_{MIN} \sin \beta_{2STD}) / (\lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}) \quad (12)$$

となる。

【 0 0 5 9 】

この式 (1 2) は、所望の観察波長範囲 $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{MAX}$ 、ある基準波長 λ_{STD} における回折角度範囲 $\beta_{1STD} \sim \beta_{2STD}$ を与えたときに、この式 (1 2) を満足するような照明光の入射角 θ を設定した場合にのみ、所望の観察波長範囲 $\lambda_{MIN} \sim \lambda_{MAX}$ 全てを同時に観察可能な範囲 $y_1 \sim y_2$ が存在することを意味している。

【 0 0 6 0 】

なお、以上では、要素ホログラム 1 の法線と照明光 3 が含まれる平面内についてのみ考えたが、要素ホログラム 1 の法線を含みその平面に直交する面内では、照明光の両側に回折光が分布することを前提にしているので、この面内の方向においては、最短波長 λ_{MIN} での分布範囲が白色に観察できる領域であり、その範囲は基準波長 λ_{STD} での観察領域を上記と同様に変換することにより求められる。

【 0 0 6 1 】

次に、本実施形態に係る実施例 1 のスクリーン 10 を用いた投影光学系 20 (以下、投影システムともいう。) について説明する。本実施形態の投影システムは、プロジェクタ P と、スクリーン 10 と、を備える。また、観察者が白色観察することが可能な領域を白色観察域 E とする。

【 0 0 6 2 】

座標系は、スクリーン 10 を xy 平面とし、スクリーン 10 のプロジェクタ側の法線方向に z 軸をとることとする。そして、スクリーン 10 は、 $x = -50\text{mm} \sim x = 50\text{mm}$ 、 $y = -40\text{mm} \sim y = 40\text{mm}$ 、 $z = 0\text{mm}$ とする。また、プロジェクタ P は、 $x = 0\text{mm}$ 、 $y = 160.76\text{mm}$ 、 $z =$

30

40

50

600mmからスクリーン10に映像を投影するものとする。さらに、観察者の白色観察域Eを、 $x = -50\text{mm} \sim x = 50\text{mm}$ 、 $y = -25\text{mm} \sim y = 25\text{mm}$ 、 $z = 600\text{mm}$ とする。白色光の波長は、 $\lambda_{\min} = 450\text{nm} \sim \lambda_{\max} = 615\text{nm}$ とする。すなわち、白色光は、可視光帯域の周波数成分を万遍なく含んだ光線で、どの波長も強さが一様の光をいう。

【0063】

まず、本実施形態に係る実施例1のスクリーン10を用いた投影光学系20の上下方向の設計角度について説明する。

【0064】

図10は、本実施形態に係る実施例1のスクリーンを用いた投影光学系の上下方向の設計角度を示す。

【0065】

プロジェクタPからスクリーン10の上端($y = 40\text{mm}$)に入射した白色光は、スクリーン10によって反射・拡散されるが、白色光に含まれる最短波長($\lambda_{\min} = 450\text{nm}$)から最長波長($\lambda_{\max} = 615\text{nm}$)までの全ての波長が、白色観察域Eの上端($y = 25\text{mm}$)から下端($y = -25\text{mm}$)の範囲に到達する必要がある。

【0066】

プロジェクタPからスクリーン10の上端への入射角は、光がスクリーン10で反射することを考慮すると $\theta_{1\text{in}} = -11.38^\circ$ となる。一方、スクリーン10の上端から白色観察域Eの上端への角度は、 $\theta_{1\text{out1}} = -1.43^\circ$ 、スクリーン10の上端から白色観察域Eの下端への角度は $\theta_{1\text{out2}} = -6.18^\circ$ となる。

【0067】

最短波長 $\lambda_{\min} = 450\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{1\text{in}} = -11.38^\circ$ で入射した光が $\theta_{1\text{out1}} = -1.43^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\min1} = \lambda_{\min} / (\sin \theta_{1\text{out1}} - \sin \theta_{1\text{in}}) = 2611\text{nm}$ となる。

【0068】

最短波長 $\lambda_{\min} = 450\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{1\text{in}} = -11.38^\circ$ で入射した光が $\theta_{1\text{out2}} = -6.18^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\min2} = \lambda_{\min} / (\sin \theta_{1\text{out2}} - \sin \theta_{1\text{in}}) = 5021\text{nm}$ となる。

【0069】

最長波長 $\lambda_{\max} = 615\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{1\text{in}} = -11.38^\circ$ で入射した光が $\theta_{1\text{out1}} = -1.43^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\max1} = \lambda_{\max} / (\sin \theta_{1\text{out1}} - \sin \theta_{1\text{in}}) = 3569\text{nm}$ となる。

【0070】

最長波長 $\lambda_{\max} = 615\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{1\text{in}} = -11.38^\circ$ で入射した光が $\theta_{1\text{out2}} = -6.18^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\max2} = \lambda_{\max} / (\sin \theta_{1\text{out2}} - \sin \theta_{1\text{in}}) = 6862\text{nm}$ となる。

【0071】

つまり、プロジェクタPからスクリーン10の上端に入射した白色光が、スクリーン10で反射及び拡散し、白色観察域Eの全域で白色観察可能なためには、スクリーン10の上端が、格子間隔2611nmから6862nmまでの回折格子群で形成されている必要がある。

【0072】

また、プロジェクタPからスクリーン10の下端($y = -40\text{mm}$)に入射した白色光は、スクリーン10によって反射及び拡散されるが、白色光に含まれる最短波長($\lambda_{\min} = 450\text{nm}$)から最長波長($\lambda_{\max} = 615\text{nm}$)までの全ての波長が、白色観察域Eの上端($y = 25\text{mm}$)から下端($y = -25\text{mm}$)の範囲に到達する必要がある。

【0073】

プロジェクタPからスクリーン10の下端への入射角は、光がスクリーン10で反射することを考慮すると $\theta_{2\text{in}} = -18.50^\circ$ となる。

【0074】

一方、スクリーン10の下端から白色観察域の上端への角度は、 $\theta_{2\text{out1}} = 6.18^\circ$ 、

10

20

30

40

50

スクリーンの下端から白色観察域の下端への角度は $\theta_{2\text{out}2} = 1.43^\circ$ となる。

【0075】

最短波長 $\lambda_{\min} = 450\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{2\text{in}} = -18.50^\circ$ で入射した光が $\theta_{2\text{out}1} = 6.18^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\min1} = \lambda_{\min} / (\sin \theta_{2\text{out}1} - \sin \theta_{2\text{in}}) = 1059\text{nm}$ となる。

【0076】

最短波長 $\lambda_{\min} = 450\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{2\text{in}} = -18.50^\circ$ で入射した光が $\theta_{2\text{out}2} = 1.43^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\min2} = \lambda_{\min} / (\sin \theta_{2\text{out}2} - \sin \theta_{2\text{in}}) = 1315\text{nm}$ となる。

【0077】

最長波長 $\lambda_{\max} = 615\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{2\text{in}} = -18.50^\circ$ で入射した光が $\theta_{2\text{out}1} = 6.18^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\max1} = \lambda_{\max} / (\sin \theta_{2\text{out}1} - \sin \theta_{2\text{in}}) = 1447\text{nm}$ となる。

【0078】

最長波長 $\lambda_{\max} = 615\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{2\text{in}} = -18.50^\circ$ で入射した光が $\theta_{2\text{out}2} = 1.43^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\max2} = \lambda_{\max} / (\sin \theta_{2\text{out}2} - \sin \theta_{2\text{in}}) = 1797\text{nm}$ となる。

【0079】

つまり、プロジェクタ P からスクリーン 10 の下端に入射した白色光が、スクリーン 10 で反射及び拡散し、白色観察域 E の全域で白色観察可能なためには、スクリーン 10 の下端が、格子間隔 1059nm から 1797nm までの回折格子群で形成されている必要がある。

【0080】

以上の結果、スクリーン 10 の上端から下端まで、1 種類の光学仕様の計算機合成ホログラムを敷き詰めて形成する場合、格子間隔 1059nm から 6862nm までの回折格子群で形成されている必要がある。ここで、計算機合成ホログラムの仕様とは、形状、厚み、及び格子間隔等の寸法、材質等である。

【0081】

図 11 は、本実施形態に係る実施例 1 のスクリーンを用いた投影光学系の上下方向の回折範囲を示す。

【0082】

これらの回折格子群で形成された要素ホログラム 1 をスクリーン 10 に用いた場合、図 11 に示すように、スクリーン 10 の上端において、白色光の最短波長は -7.57° から 13.16° まで 20.73° の範囲に拡散し、白色光の最長波長は、 -6.18° から 22.55° まで 28.74° の範囲に拡散する。またスクリーン 10 の下端において、白色光の最短波長は -14.58° から 6.18° まで 20.76° の範囲に拡散し、白色光の最長波長は、 -13.16° から 15.28° まで 28.44° の範囲に拡散する。

【0083】

次に、本実施形態に係る実施例 1 のスクリーン 10 を用いた投影光学系 20 の左右方向の設計角度について説明する。

【0084】

図 12 は、本実施形態に係る実施例 1 のスクリーンを用いた投影光学系の左右方向の設計角度を示す。

【0085】

プロジェクタ P からスクリーン 10 の左端 ($x = 50\text{mm}$) に入射した白色光は、スクリーン 10 によって反射及び拡散されるが、白色光に含まれる最短波長 ($\lambda_{\min} = 450\text{nm}$) から最長波長 ($\lambda_{\max} = 615\text{nm}$) までの全ての波長が、白色観察域 E の左端 ($x = 50\text{mm}$) から右端 ($x = -50\text{mm}$) の範囲に到達する必要がある。

【0086】

プロジェクタ P からスクリーン 10 の左端への入射角は、光がスクリーン 10 で反射することを考慮すると $\theta_{1\text{in}} = 4.76^\circ$ となる。

【 0 0 8 7 】

一方、スクリーン 10 の左端から白色観察域 E の左端への角度は、 $\theta_{1\text{out}1} = 0.00^\circ$ 、スクリーン 10 の左端から白色観察域 E の右端への角度は $\theta_{1\text{out}2} = -9.46^\circ$ となる。

【 0 0 8 8 】

最短波長 $\lambda_{\min} = 450\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{1\text{in}} = 4.76^\circ$ で入射した光が $\theta_{1\text{out}1} = 0.00^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\min 1} = \lambda_{\min} / (\sin \theta_{1\text{out}1} - \sin \theta_{1\text{in}}) = -5419\text{nm}$ となる。

【 0 0 8 9 】

格子間隔がマイナスの値となっているが、これは、入射角に対して出射角が小さいためであり、マイナス 1 次回折光を利用することを意味する。格子間隔がプラスの値の場合と比べ、入射光に対する回折の方向が反対になる。

10

【 0 0 9 0 】

最短波長 $\lambda_{\min} = 450\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{1\text{in}} = 4.76^\circ$ で入射した光が $\theta_{1\text{out}2} = -9.46^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\min 2} = \lambda_{\min} / (\sin \theta_{1\text{out}2} - \sin \theta_{1\text{in}}) = -1819\text{nm}$ となる。

【 0 0 9 1 】

最長波長 $\lambda_{\max} = 615\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{1\text{in}} = 4.76^\circ$ で入射した光が $\theta_{1\text{out}1} = 0.00^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\max 1} = \lambda_{\max} / (\sin \theta_{1\text{out}1} - \sin \theta_{1\text{in}}) = -7406\text{nm}$ となる。

【 0 0 9 2 】

最長波長 $\lambda_{\max} = 615\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{1\text{in}} = 4.76^\circ$ で入射した光が $\theta_{1\text{out}2} = -9.46^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\max 2} = \lambda_{\max} / (\sin \theta_{1\text{out}2} - \sin \theta_{1\text{in}}) = -2485\text{nm}$ となる。

20

【 0 0 9 3 】

つまり、プロジェクタ P からスクリーン 10 の左端に入射した白色光が、スクリーン 10 で反射及び拡散し、白色観察域 E の全域で白色観察可能なためには、スクリーン 10 の左端が、格子間隔 -1819nm から -7406nm までの回折格子群で形成されている必要がある。

【 0 0 9 4 】

また、プロジェクタ P からスクリーン 10 の右端 ($x = -50\text{mm}$) に入射した白色光は、スクリーン 10 によって反射及び拡散されるが、白色光に含まれる最短波長 ($\lambda_{\min} = 450\text{nm}$) から最長波長 ($\lambda_{\max} = 615\text{nm}$) までの全ての波長が、白色観察域 E の左端 ($x = 50\text{mm}$) から右端 ($x = -50\text{mm}$) の範囲に到達する必要がある。

30

【 0 0 9 5 】

プロジェクタ P からスクリーン 10 の右端への入射角は、光がスクリーン 10 で反射することを考慮すると $\theta_{2\text{in}} = -4.76^\circ$ となる。

【 0 0 9 6 】

一方、スクリーン 10 の右端から白色観察域 E の左端への角度は、 $\theta_{2\text{out}1} = 9.46^\circ$ 、スクリーン 10 の右端から白色観察域 E の右端への角度は $\theta_{2\text{out}2} = 0.00^\circ$ となる。

【 0 0 9 7 】

最短波長 $\lambda_{\min} = 450\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{2\text{in}} = -4.76^\circ$ で入射した光が $\theta_{2\text{out}1} = 9.46^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\min 1} = \lambda_{\min} / (\sin \theta_{2\text{out}1} - \sin \theta_{2\text{in}}) = 1819\text{nm}$ となる。

40

【 0 0 9 8 】

最短波長 $\lambda_{\min} = 450\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{2\text{in}} = -4.76^\circ$ で入射した光が $\theta_{2\text{out}2} = 0.00^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\min 2} = \lambda_{\min} / (\sin \theta_{2\text{out}2} - \sin \theta_{2\text{in}}) = 5419\text{nm}$ となる。

【 0 0 9 9 】

最長波長 $\lambda_{\max} = 615\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{2\text{in}} = -4.76^\circ$ で入射した光が $\theta_{2\text{out}1} = 9.46^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\max 1} = \lambda_{\max} / (\sin \theta_{2\text{out}1} - \sin \theta_{2\text{in}}) = 2485\text{nm}$ となる。

50

【 0 1 0 0 】

最長波長 $\lambda_{\max} = 615\text{nm}$ の光に関し、 $\theta_{2\text{in}} = -4.76^\circ$ で入射した光が $\theta_{2\text{out}2} = 0.00^\circ$ に回折するための格子間隔は、 $d_{\max 2} = \lambda_{\max} / (\sin \theta_{2\text{out}2} - \sin \theta_{2\text{in}}) = 7406\text{nm}$ となる。

【 0 1 0 1 】

つまり、プロジェクタ P からスクリーン 10 の右端に入射した白色光が、スクリーン 10 で反射及び拡散し、白色観察域 E の全域で白色観察可能なためには、スクリーン 10 の右端が、格子間隔 1819nm から 7406nm までの回折格子群で形成されている必要がある。

【 0 1 0 2 】

以上の結果、スクリーン 10 の左端から右端まで、1種類の光学仕様の要素ホログラム 1 を敷き詰めて形成する場合、格子間隔 $-1819\text{nm} \sim 1819\text{nm}$ までの回折格子群で形成されている必要がある。ここで、格子間隔がマイナスの値からプラスの値にわたっているが、この場合には、格子間隔 $-1819\text{nm} \sim -\infty$ および $\infty \sim 1819\text{nm}$ の間隔の回折格子群で形成されていることを意味する。格子間隔の範囲がプラスの値とマイナスの値を含む場合、格子間隔の逆数で考えると、必要な格子間隔の範囲が明確となる。スクリーン 10 の左端の格子間隔は $-1819\text{nm} \sim -7406\text{nm}$ の範囲、スクリーン 10 の右側の格子間隔は $1819\text{nm} \sim 7406\text{nm}$ の範囲であるが、格子間隔の逆数をそれぞれ求めると、スクリーン 10 の左端は $-1/1819 \sim -1/7406$ の範囲、スクリーン 10 の右端は $1/1819 \sim 1/7406$ の範囲であり、そのすべてを含む範囲は、 $-1/1819 \sim 1/1819$ となる。つまり、必要な格子間隔の範囲はその逆数の、 $-1819\text{nm} \sim -\infty$ および $\infty \sim 1819\text{nm}$ となる。以降、 $-\infty$ と ∞ の記載は省略し、回折格子の範囲を $-1819\text{nm} \sim 1819\text{nm}$ という記載にする。

【 0 1 0 3 】

図 13 は、本実施形態に係る実施例 1 のスクリーンを用いた投影光学系の左右方向の回折範囲を示す。

【 0 1 0 4 】

これらの回折格子群で形成された要素ホログラム 1 をスクリーン 10 に用いた場合、図 13 に示すように、スクリーン 10 の左端において、白色光の最短波長は -9.46° から 19.30° まで 28.76° の範囲に拡散し、白色光の最長波長は、 -14.78° から 24.91° まで 39.69° の範囲に拡散する。またスクリーン 10 の右端において、白色光の最短波長は -19.30° から 9.46° まで 28.76° の範囲に拡散し、白色光の最長波長は、 -24.91° から 14.78° まで 39.69° の範囲に拡散する。

【 0 1 0 5 】

したがって、各要素ホログラム 1 で的確に回折光を出射させることができ、等方散乱する光の反射角度範囲よりも狭い所定の白色観察域 E においてプロジェクタ P の映像を高輝度に白色観察することが可能となる。また、各要素ホログラム 1 を全て同じ仕様とすることができ、データ量を少なくすることができ、容易にシームレス多面付けをすることが可能となり、短期間に低コストで製造することが可能となる。

【 0 1 0 6 】

図 14 は、本実施形態に係る実施例 2 のプロジェクタ用スクリーンを示す。

【 0 1 0 7 】

実施例 2 のスクリーン 10 は、異なる第 1 要素ホログラム群 11A ~ 第 24 要素ホログラム群 11X が 2 次元的に配列されて形成される。実施例 2 では、第 1 要素ホログラム群 11A ~ 第 6 要素ホログラム群 11F が最上段に並び、第 7 要素ホログラム群 11G ~ 第 12 要素ホログラム群 11L が 2 段目に並び、第 13 要素ホログラム群 11M ~ 第 18 要素ホログラム群 11R が 3 段目に並び、第 19 要素ホログラム群 11S ~ 第 24 要素ホログラム群 11X が 4 段目に並ぶ。すなわち、実施例 2 のスクリーン 10 は、縦 $4 \times$ 横 6 の 24 個の異なる要素ホログラム群を有する。

【 0 1 0 8 】

各要素ホログラム群 11A ~ 11X は、図 14 に示すように、それぞれ異なる第 1 要素ホログラム 1A ~ 第 24 要素ホログラム 1X で形成される。例えば、第 1 要素ホログラム

群 1 1 A は、縦 3 × 横 3 の 9 枚の第 1 要素ホログラム 1 A から形成され、第 2 4 要素ホログラム群 1 1 X は、2 次的に縦 3 × 横 3 の 9 枚の第 2 4 要素ホログラム 1 X が配列されて形成される。

【 0 1 0 9 】

このような構成の実施例 2 のスクリーン 1 0 は、プロジェクタ P の映像が所定の白色観察域 E で白色観察可能となるように、プロジェクタ P から出射した光を各要素ホログラム群 1 1 A ~ 1 1 X の各要素ホログラム 1 A ~ 1 X で反射及び拡散する。

【 0 1 1 0 】

図 1 5 は、本実施形態のスクリーンを上下方向に 1 0 分割した投影光学系の上下方向の回折範囲を示す。図 1 6 は、本実施形態のスクリーンを左右方向に 1 0 分割した投影光学系の左右方向の回折範囲を示す。

10

【 0 1 1 1 】

例えば、本実施形態のスクリーンを上下方向に 1 0 分割した場合、スクリーン 1 0 の上端での拡散範囲は、白色光の最短波長で 7.62 °、白色光の最長波長で 10.40 °、スクリーン 1 0 の下端での拡散範囲は、白色光の最短波長で 11.06 °、白色光の最長波長で 15.27 °となる。

【 0 1 1 2 】

また、本実施形態のスクリーンを左右方向に 1 0 分割した場合、スクリーン 1 0 の左端での拡散範囲は、白色光の最短波長で 12.13 °、白色光の最長波長で 16.68 °、スクリーン 1 0 の右端での拡散範囲は、白色光の最短波長で 12.13 °、白色光の最長波長で 16.68 °となる。

20

【 0 1 1 3 】

したがって、各要素ホログラム 1 A ~ 1 X での確に回折光を出射させることができ、等方散乱する光の反射角度範囲よりも狭い所定の白色観察域 E においてプロジェクタ P の映像をより高輝度に白色観察することが可能となる。また、各要素ホログラム 1 A ~ 1 X の反射及び拡散方向をそれぞれ変更することができ、より高輝度にすることが可能となる。すなわち、スクリーン 1 0 を上下左右に分割した要素ホログラム群 1 1 で構成し、各要素ホログラム群 1 1 の位置に応じて最低限必要な範囲で適切に拡散角度を設定することで、無駄に光が広がらないようになり、高輝度とすることが可能となる。

【 0 1 1 4 】

30

なお、要素ホログラム群 1 1 内の要素ホログラム 1 は、同じ仕様としてもよい。同じ仕様とすると、データ量が少なく、短期間に低コストで製造することが可能となる。

【 0 1 1 5 】

さらに、少なくとも一部の要素ホログラム群 1 1 を同じ仕様の要素ホログラム 1 で形成してもよい。この場合、任意の要素ホログラム群 1 1 を同じ仕様としてもよい。任意の要素ホログラム群 1 1 を同じ仕様とすると、データ量がより少なくなり、より短期間に低コストで製造することが可能となる。

【 0 1 1 6 】

このように、本実施形態の計算機合成ホログラムによれば、所定の入射角で入射した入射光を所定の角度範囲に拡散する複数の要素ホログラム 1 を配列し、複数の要素ホログラム 1 に入射した白色光が拡散し、拡散した白色光が、白色光として所定の白色観察域に到達するので、高輝度で白色観察をすることが可能となる。

40

【 0 1 1 7 】

また、本実施形態の計算機合成ホログラムは、複数の要素ホログラム 1 のうち同じ仕様の要素ホログラム 1 が配列されて要素ホログラム群 1 1 を形成し、複数の要素ホログラム群 1 1 が配列され、複数の要素ホログラム群 1 1 のうち少なくとも 1 つは他の要素ホログラム群 1 1 の要素ホログラム 1 a とは異なる仕様の要素ホログラム 1 b から形成されるので、より高輝度で白色観察をすることが可能となる。

【 0 1 1 8 】

また、本実施形態の計算機合成ホログラムでは、複数の要素ホログラム 1 のうち同じ

50

仕様の要素ホログラム 1 が配列されて要素ホログラム群 1 1 を形成し、複数の要素ホログラム群 1 1 が配列され、複数の要素ホログラム群 1 1 は、それぞれ異なる仕様の要素ホログラム 1 を含むので、より高輝度で白色観察をすることが可能となる。

【 0 1 1 9 】

また、本実施形態の計算機合成ホログラムでは、それぞれの要素ホログラム群 1 1 に含まれるそれぞれの要素ホログラム 1 は、入射した白色光を、所定の白色観察域 E 内に拡散するので、より高輝度で白色観察をすることが可能となる。

【 0 1 2 0 】

さらに、本実施形態の拡散板は、前記計算機合成ホログラムを含み、複数の要素ホログラム 1 に入射した白色光が拡散し、拡散した白色光が、白色光として所定の白色観察域に到達するので、高輝度で白色観察をすることが可能となる。

10

【 0 1 2 1 】

さらに、本実施形態のプロジェクタ用スクリーン 1 0 は、前記拡散板を含み、プロジェクタが所定の角度で出射した所定の白色光を拡散するので、高輝度で白色観察をすることが可能となる。

【 0 1 2 2 】

さらに、本実施形態の投影システム 2 0 は、請求項 6 に記載のプロジェクタ用スクリーン 1 0 と、プロジェクタ用スクリーン 1 0 に所定の角度で所定の白色光を出射するプロジェクタと、を備えることを特徴とする。

【 0 1 2 3 】

以上、計算機合成ホログラム、拡散板、プロジェクタ用スクリーン、及び投影システムをいくつかの実施例に基づいて説明してきたが、本発明はこれら実施例に限定されず種々の変形が可能である。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 2 4 】

1 ... 計算機合成ホログラム

1 0 ... プロジェクタ用スクリーン（計算機合成ホログラム，拡散板）

1 1 ... 要素ホログラム群

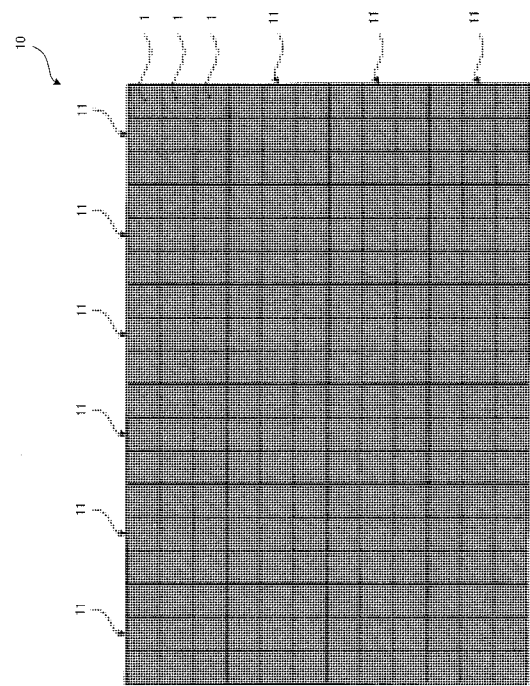
2 0 ... 投影光学系

P ... プロジェクタ

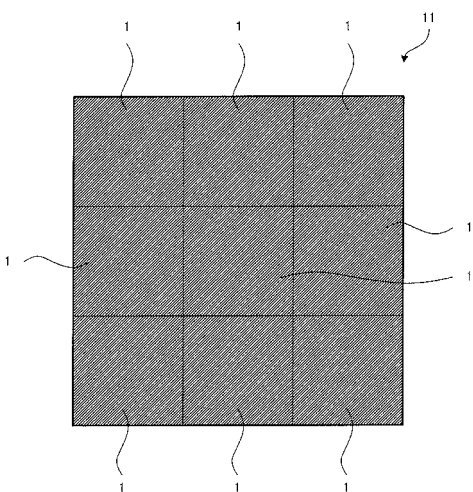
E ... 白色観察域

30

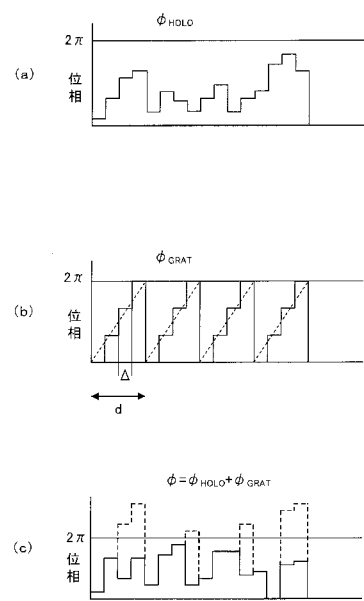
【 図 1 】



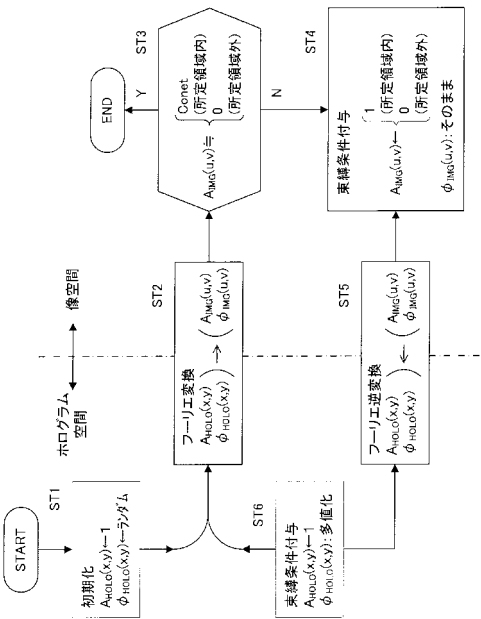
【 図 2 】



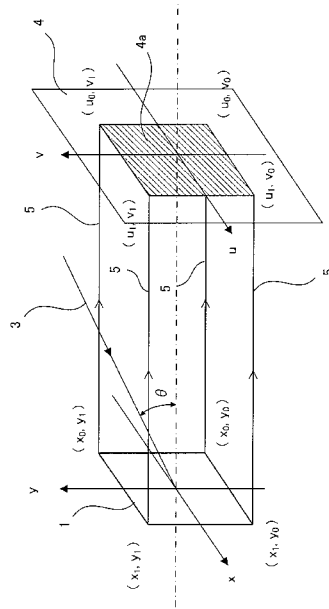
【 図 3 】



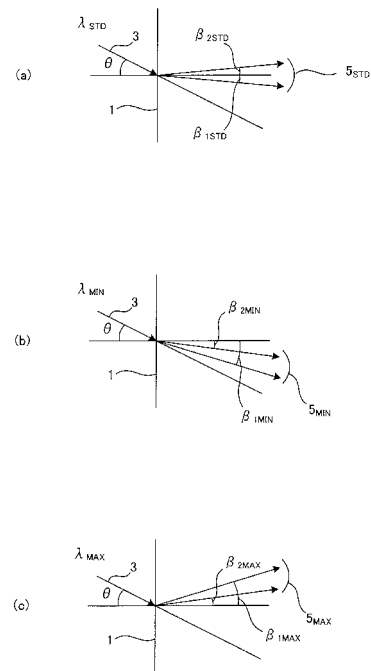
【 図 4 】



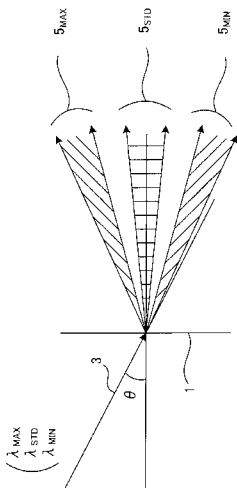
【図 5】



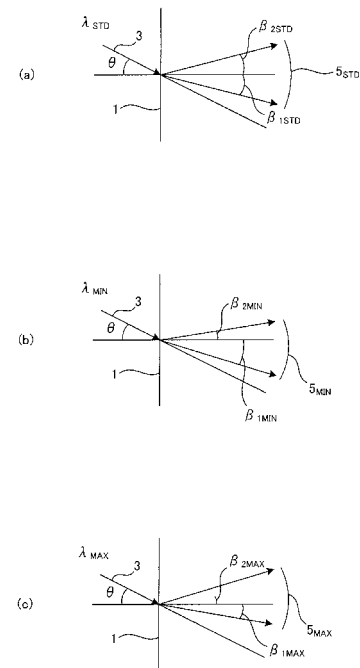
【図 6】



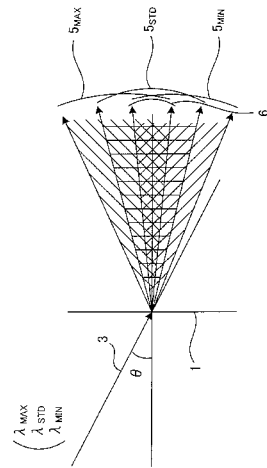
【図 7】



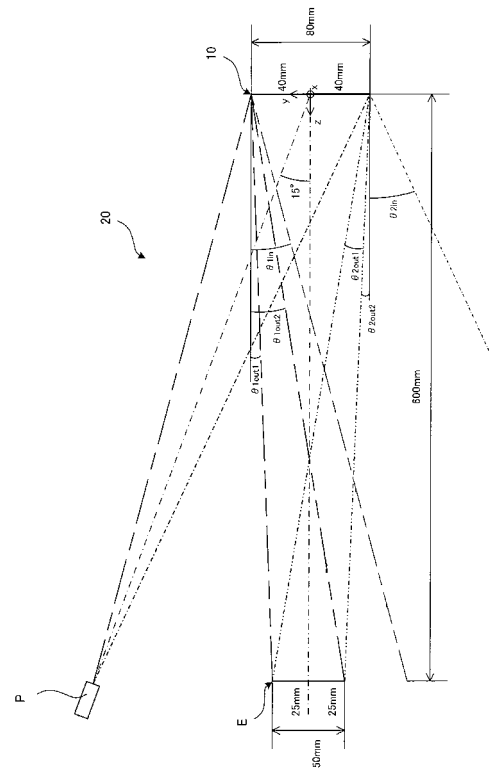
【図 8】



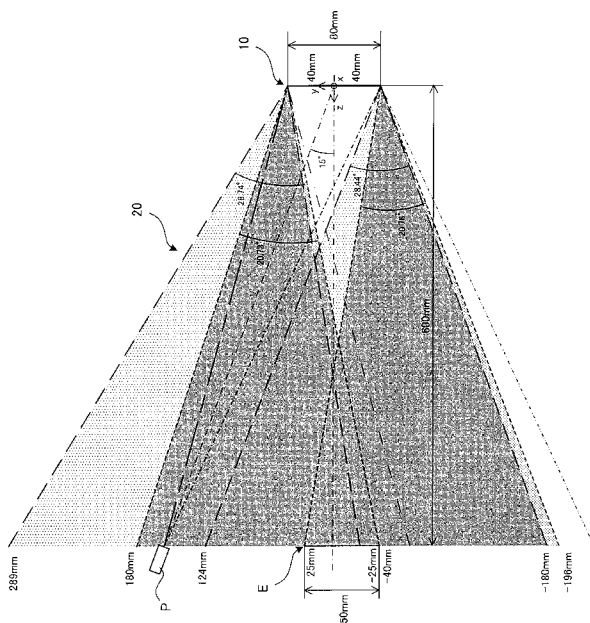
【図 9】



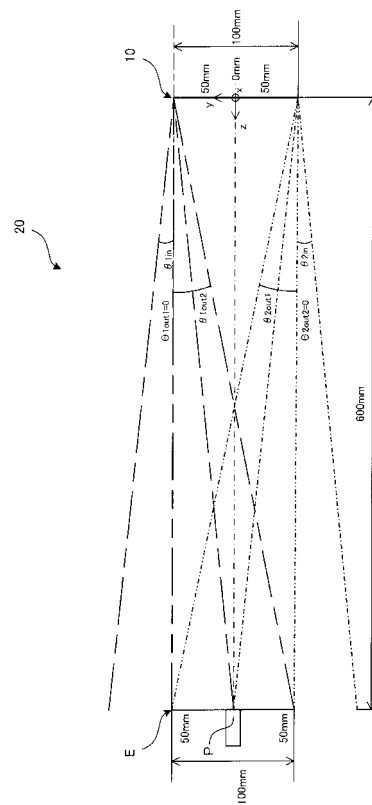
【図 10】



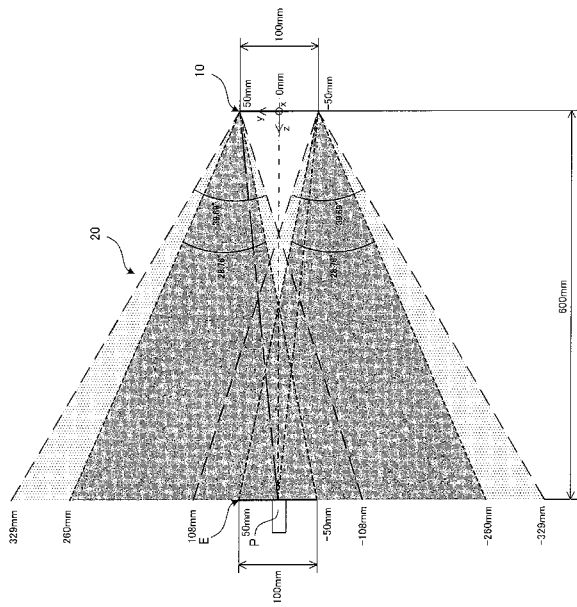
【図 11】



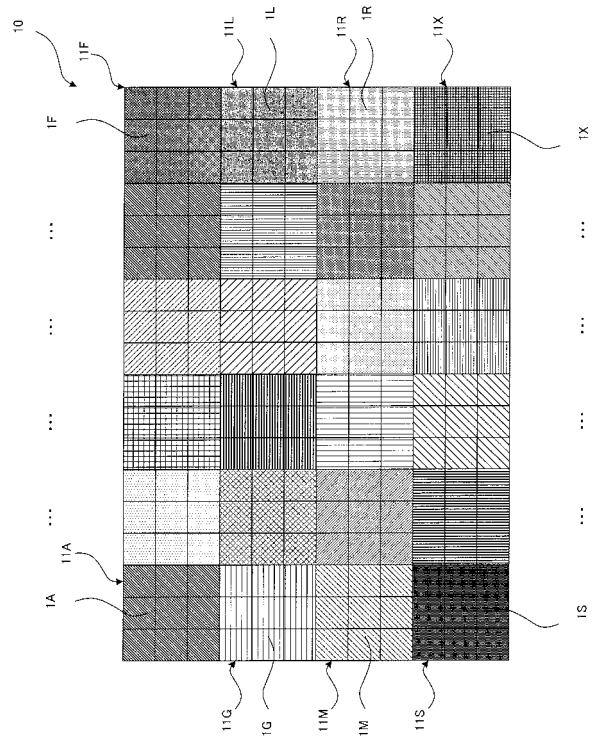
【図 12】



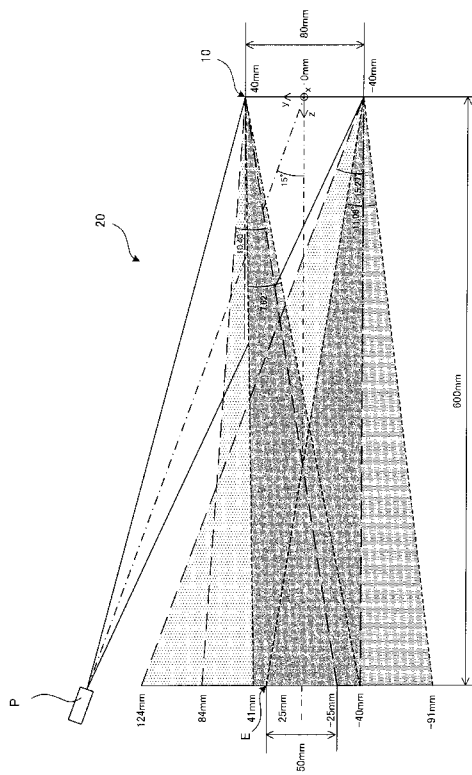
【図 13】



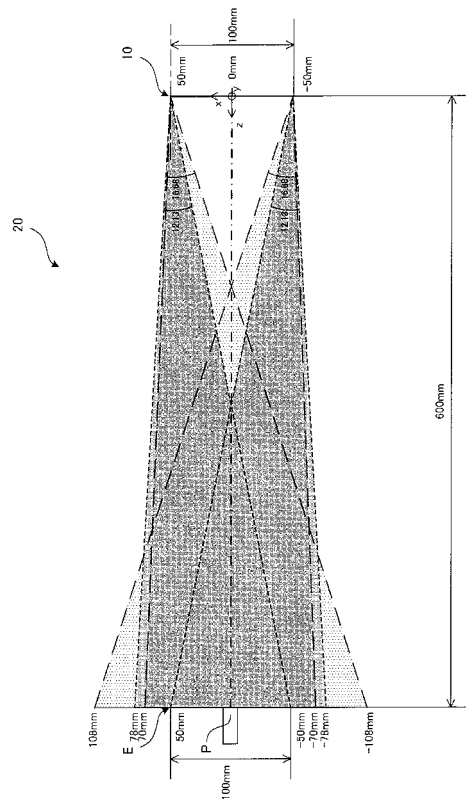
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 塚田 大

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内

Fターム(参考) 2H021 BA01 BA02 BA21 BA27 BA28

2H249 CA05 CA16 CA22

2K008 CC01 FF27 HH02 HH27