

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7529019号
(P7529019)

(45)発行日 令和6年8月6日(2024.8.6)

(24)登録日 令和6年7月29日(2024.7.29)

(51)国際特許分類	F I	
H 0 5 B 47/105 (2020.01)	H 0 5 B 47/105	
F 2 1 S 2/00 (2016.01)	F 2 1 S 2/00	3 0 0
G 0 2 F 1/01 (2006.01)	G 0 2 F 1/01	D
G 0 2 F 1/13 (2006.01)	G 0 2 F 1/13	5 0 5
G 0 2 F 1/13357(2006.01)	G 0 2 F 1/13357	
請求項の数 12 (全26頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2022-524294(P2022-524294)	(73)特許権者	000002185 ソニーグループ株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(86)(22)出願日	令和3年3月25日(2021.3.25)	(74)代理人	110003410 弁理士法人テクノピア国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/012611	(72)発明者	田原 寛之 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/235085	審査官	土谷 秀人
(87)国際公開日	令和3年11月25日(2021.11.25)		
審査請求日	令和6年2月2日(2024.2.2)		
(31)優先権主張番号	特願2020-86878(P2020-86878)		
(32)優先日	令和2年5月18日(2020.5.18)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 照明装置、照明方法、プロジェクタ装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光素子を有する光源部と、
前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部と、
前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、投影面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する制御部と、を備える
照明装置。

【請求項2】

前記光源部は複数の発光素子を有する
請求項1に記載の照明装置。

【請求項3】

前記制御部は、
前記Freeform法により計算した位相分布に対し前記ドメインのサイズに応じたスケールリング処理を施して得た位相分布を前記共通の位相分布として用いる
請求項1に記載の照明装置。

【請求項4】

前記制御部は、
前記ドメインごとの位相分布として、前記共通の位相分布に対しドメイン位置に応じたレンズ成分を加算して得た位相分布を割り当てる

請求項 3 に記載の照明装置。

【請求項 5】

前記制御部は、
前記ドメインの分割数を動的に変化させる
請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 6】

前記制御部は、
前記入射光の光強度分布の均一性を評価した結果に基づいて前記ドメインの分割数を変化させる
請求項 5 に記載の照明装置。

10

【請求項 7】

前記制御部は、
前記均一性の評価が低い場合は高い場合よりも前記分割数を増加させる
請求項 6 に記載の照明装置。

【請求項 8】

前記制御部は、
前記均一性の評価が低くなるに従って前記分割数を増加させる
請求項 7 に記載の照明装置。

【請求項 9】

前記光源部は複数の発光素子を有し、
前記制御部は、
前記均一性の評価を、前記光源部における非発光の前記発光素子の検出有無に基づいて行う
請求項 6 に記載の照明装置。

20

【請求項 10】

前記制御部は、
前記投影面を撮像した撮像画像に基づき、前記投影面における再生像の光強度分布と目標とする光強度分布との差を求め、該差に基づいて前記ドメインの分割数を変化させる
請求項 5 に記載の照明装置。

【請求項 11】

発光素子を有する光源部と、前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部とを備えた照明装置における照明方法であって、
前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、投影面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する
照明方法。

30

【請求項 12】

発光素子を有する光源部と、
前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部と、
前記位相変調部により空間光位相変調が施された光について空間光強度変調を行う強度変調部と、
前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、前記強度変調部の強度変調面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する制御部と、を備える
プロジェクタ装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、入射光に対する空間光位相変調を行うことで所望の像を再生する照明装置とその方法、及びそのような照明装置を適用したプロジェクタ装置の技術分野に関する。

50

【背景技術】

【0002】

液晶パネルやDMD (Digital Micromirror Device) 等の空間光変調器 (Spatial Light Modulator : SLM) を用いて入射光に対する空間光変調を行って所望の像 (光強度分布) を再生する技術が知られている。例えば、入射光に対する空間光強度変調を行うことで所望の像を再生する技術が広く知られている。

【0003】

或いは、入射光に対する空間光位相変調を行うことで、所望の再生像を投影する技術も知られている (例えば、下記特許文献1を参照)。空間光強度変調を行う場合、所望の光強度分布を再生するにあたってはSLMにおいて入射光の一部が減光又は遮光されるものとなるが、空間光位相変調の場合には、SLMにおいて減光や遮光を行わずに所望の光強度分布を再生可能であるため、光の利用効率を高めることができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特表2017-520022号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

空間光位相変調を用いる場合において、所望の像を再生するための位相分布を求める手法としては、特許文献1に開示の手法に代表されるようなFreeform法が知られている。ここで、Freeform法とは、所望の像を再生するための位相分布を光線光学に基づき求める手法の総称である。

20

【0006】

しかしながら、特許文献1に開示される旧来のFreeform法は、入射光の光強度分布が一様な分布 (面内方向において光強度差の無い均一な分布) であることを前提とし、且つ、位相変調面全面と投影面全面における光線グリッド点 (仮想的な光線が各面を貫く点) が最適な一対一対応の関係で結ばれるように入射光線を屈折作用させる位相分布を求める手法とされているため、入射光の光強度分布が非均一であると、再生像に入射光強度分布が重畳されてしまうものとなる。ここで、最適な一対一対応の関係とは、一対一の対応関係で位相変調面から投影面へマッピングされた光線Grid点の投影面上における密度分布が目標強度分布に極力近くなるという意味である。

30

【0007】

本技術は上記の事情に鑑み為されたものであり、入射光強度分布に対するロバスト性向上を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本技術に係る照明装置は、発光素子を有する光源部と、前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部と、前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、投影面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する制御部と、を備えるものである。

40

Freeform法とは、所望の像を再生するための位相分布を光線光学に基づき求める手法の総称である。上記のように複数のドメインが投影面上の共通領域に共通の位相分布に基づく光強度分布を再生することで、該共通領域に再生される光強度分布は、各ドメインによる光強度分布を合成したものとなる。そのため、入射光の光強度分布が一様でなく非均一な分布であっても、投影面においては各ドメインからの寄与が平均化されるため、再生像の光強度分布が変化し難くなる。

【0009】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記光源部は複数の発光素子を有する構成

50

とすることが考えられる。

これにより、所定の光量条件を満たすにあたり光源部に単一の高出力発光素子を用いる必要がなくなる。

【0010】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記制御部は、前記Freeform法により計算した位相分布に対し前記ドメインのサイズに応じたスケーリング処理を施して得た位相分布を前記共通の位相分布として用いる構成とすることが考えられる。

これにより、Freeform法による位相分布計算をドメインごとに行う必要がなくなる。

【0011】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記制御部は、前記ドメインごとの位相分布として、前記共通の位相分布に対しドメイン位置に応じたレンズ成分を加算して得た位相分布を割り当てる構成とすることが考えられる。

これにより、ドメインごとに共通の位相分布を用いる場合に対応して投影面の共通領域に共通の光強度分布を適切に再生することが可能となる。

【0012】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記制御部は、前記ドメインの分割数を動的に変化させる構成とすることが考えられる。

ドメインの分割数を増加させると入射光強度分布に対するロバスト性が高められ、ドメイン分割数を減少させると再生像の解像度が高められる。

【0013】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記制御部は、前記入射光の光強度分布の均一性を評価した結果に基づいて前記ドメインの分割数を変化させる構成とすることが考えられる。

これにより、例えば入射光強度分布の均一性が低い場合にはドメイン分割数を増加させて再生像に対する入射光強度分布の影響緩和を図り、入射光強度分布の均一性が高い場合にはドメイン分割数を減少させて再生像の解像度向上を図る等、入射光強度分布に応じた適切なドメイン分割数の制御を行うことが可能となる。

【0014】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記制御部は、前記均一性の評価が低い場合は高い場合よりも前記分割数を増加させる構成とすることが考えられる。

これにより、入射光強度分布の均一性が低い場合にはドメイン分割数を増加させて再生像に対する入射光強度分布の影響緩和を図り、入射光強度分布の均一性が高い場合にはドメイン分割数を減少させて再生像の解像度向上を図ることが可能となる。

【0015】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記制御部は、前記均一性の評価が低くなるに従って前記分割数を増加させる構成とすることが考えられる。

これにより、入射光強度分布の均一性が低下するに従って、入射光強度分布が再生像に与える影響の緩和効果を高めることが可能となる。

【0016】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記光源部は複数の発光素子を有し、前記制御部は、前記均一性の評価を、前記光源部における非発光の前記発光素子の検出有無に基づいて行う構成とすることが考えられる。

これにより、入射光強度分布の均一性評価を発光素子の導通状態についての検出結果に基づき行うことが可能となる。

【0017】

上記した本技術に係る照明装置においては、前記制御部は、前記投影面を撮像した撮像画像に基づき、前記投影面における再生像の光強度分布と目標とする光強度分布との差を求め、該差に基づいて前記ドメインの分割数を変化させる構成とすることが考えられる。

これにより、再生像の光強度分布と目標とする光強度分布との差が抑制されるようにドメイン分割数の調整を行うことが可能とされる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

また、本技術に係る照明方法は、発光素子を有する光源部と、前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部とを備えた照明装置における照明方法であって、前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、投影面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する照明方法である。

このような照明方法によっても、上記した本技術に係る照明装置と同様の作用が得られる。

【 0 0 1 9 】

本技術に係るプロジェクタ装置は、発光素子を有する光源部と、前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部と、前記位相変調部により空間光位相変調が施された光について空間光強度変調を行う強度変調部と、前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、前記強度変調部の強度変調面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する制御部と、を備えるものである。

これにより、位相変調部を設けて光源部からの入射光についての光利用効率の向上を図るプロジェクタ装置において、位相変調部に対する入射光の光強度分布が一様でなく非均一な分布であっても、再生像の光強度分布が変化し難くなるように図られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 本技術に係る第一実施形態としての照明装置の構成例を示した図である。

【 図 2 】 実施形態としての照明装置が備える光源部の構成例についての説明図である。

【 図 3 】 空間光位相変調による像再生の原理についての説明図である。

【 図 4 】 現状におけるFreeform法の課題についての説明図である。

【 図 5 】 第一実施形態としての像再生手法の概要についての説明図である。

【 図 6 】 第一実施形態としての像再生手法の作用についての説明図である。

【 図 7 】 位相変調面における位相変調可能領域とドメインの座標系、及び投影面における投影領域（共通領域）の座標系の説明図である。

【 図 8 】 位相変調可能領域全域の位相分布と該位相分布が投影領域において実現する強度分布との関係を模式的に表した図である。

【 図 9 】 ドメインの位相分布と該位相分布が投影領域において実現する強度分布との関係を模式的に表した図である。

【 図 1 0 】 スケーリングした位相分布に対するレンズ成分の加算についての説明図である。

【 図 1 1 】 ドメインごとの位相分布を求めるための具体的な処理例を示したフローチャートである。

【 図 1 2 】 全てのドメインが共通領域に共通の光強度分布を再生することを模式的に表した図である。

【 図 1 3 】 一部のドメインのみが共通領域に共通の光強度分布を再生する例の説明図である。

【 図 1 4 】 第二実施形態における第一例としての照明装置の構成例を示した図である。

【 図 1 5 】 第二実施形態における第一例としてのドメイン分割処理の例を示したフローチャートである。

【 図 1 6 】 第二実施形態における第二例としての照明装置の構成例を示した図である。

【 図 1 7 】 第二実施形態における第二例としてのドメイン分割処理の例を示したフローチャートである。

【 図 1 8 】 実施形態としての照明装置を適用したプロジェクタ装置の構成例を示した図である。

【 図 1 9 】 変形例としての光源部についての説明図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 1 】

10

20

30

40

50

以下、添付図面を参照し、本技術に係る実施形態を次の順序で説明する。

1. 第一実施形態

[1-1. 照明装置の構成]

[1-2. 第一実施形態としての像再生手法]

[1-3. 処理手順]

2. 第二実施形態

[2-1. 第一例]

[2-1. 第二例]

3. 第三実施形態

[3-1. プロジェクタ装置の構成]

[3-2. 第三実施形態としての像再生手法]

4. 変形例

5. 実施形態のまとめ

6. 本技術

【 0 0 2 2 】

1. 第一実施形態

[1-1. 照明装置の構成]

図 1 は、本技術に係る第一実施形態としての照明装置 1 の構成例を示した図である。

図示のように照明装置 1 は、光源部 2、位相変調 S L M (Spatial Light Modulator : 空間光変調器) 3、駆動部 4、及び制御部 5 を有している。

この照明装置 1 は、位相変調 S L M 3 が光源部 2 からの入射光に対する空間光位相変調を行うことで、投影面 S p 上に所望の像 (光強度分布) を再生するように構成されている。このような照明装置 1 は、例えば、車両用のヘッドランプ (前照灯) 等への適用が考えられる。ヘッドランプへの適用の場合、位相変調 S L M 3 による空間光位相変調によってハイビーム又はロービームの照射範囲を変化させるという構成を採ることが考えられる。

【 0 0 2 3 】

光源部 2 は、位相変調 S L M 3 への入射光の光源として機能する。本例において、光源部 2 は、例えば図 2 に例示するように、複数の発光素子 2 a を有して構成される。具体的に、光源部 2 は、複数の発光素子 2 a が二次元に配列されたアレイ状の光源とされ、これら複数の発光素子 2 a より発せられた光が位相変調 S L M 3 に対して入射される。

本例において、発光素子 2 a にはレーザ発光素子が用いられる。なお、発光素子 2 a はレーザ発光素子に限定されるものではなく、例えば L E D (Light Emitting Diode) や放電ランプ等の他の発光素子を用いることもできる。

【 0 0 2 4 】

位相変調 S L M 3 は、例えば透過型液晶パネルで構成され、入射光に対する空間光位相変調を行う。

なお、位相変調 S L M 3 としては透過型ではなく反射型の空間光位相変調器として構成することもできる。反射型の空間光位相変調器としては、例えば反射型液晶パネルや D M D (Digital Micromirror Device) 等を用いることができる。

【 0 0 2 5 】

駆動部 4 は、位相変調 S L M 3 を駆動するための駆動回路を有して構成される。駆動部 4 は、位相変調 S L M 3 の各画素を個別に駆動することが可能に構成されている。

【 0 0 2 6 】

制御部 5 は、例えば C P U (Central Processing Unit)、R O M (Read Only Memory)、R A M (Random Access Memory) 等を有するマイクロコンピュータ等して構成され、目標画像 (つまり目標とする光強度分布を示す情報) を入力し、該目標画像を投影面 S p 上に再生するための位相変調 S L M 3 の位相分布を計算する。制御部 5 は、計算した位相分布に従って位相変調 S L M 3 が駆動されるように駆動部 4 を制御する。

なお、本実施形態において制御部 5 が計算する位相分布の詳細については後に改めて説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

[1-2 . 第一実施形態としての像再生手法]

先ず、第一実施形態としての像再生手法の説明に先立ち、空間光位相変調による像再生の原理について図3を参照して説明しておく。

図3では、位相変調 S L M 3 の位相変調面 S m に入射する各光線と、位相変調 S L M 3 における位相分布の波面と、位相変調後の各光線と、位相変調後の各光線によって投影面 S p 上に形成される光強度分布との関係を模式的に示している。

先ず前提として、位相変調 S L M 3 における位相分布の波面は、Freeform法が用いられることで図示のように滑らかな曲線を描く。位相変調 S L M 3 での空間光位相変調によって、入射した各光線は、位相分布の波面の法線方向に進行するように屈折される。この屈折により、投影面 S p 上では、光線密度が高まる部分と光線密度が疎となる部分とが形成され、これにより、投影面 S p 上に光強度分布が形成される。

このような原理により、位相変調 S L M 3 に設定する位相分布のパターンによって投影面 S p 上に所望の像を再生することが可能とされる。

【 0 0 2 8 】

ここで、前述のように、目標画像を再生するための位相分布を求める手法としてはFreeform法が知られている。Freeform法は、所望の像を再生するための位相分布を光線光学に基づき求める手法の総称である。

例えば、上述した特許文献1に開示されるような旧来のFreeform法は、図4Aに示すように位相変調面 S m への入射光の光強度分布が一様な分布であること、つまり面内方向において光強度差の無い均一な分布であることを前提とした手法となっている。また、旧来のFreeform法は、位相変調面全面と投影面全面における光線グリッド点（仮想的な光線が各面を貫く点）が最適な一対一対応の関係で結ばれるように入射光線を屈折作用させる位相分布を求める手法とされている。

このため、図4Bに示すように位相変調面 S m への入射光の一部が遮蔽物 O a により遮蔽される等として、入射光強度分布が一様な分布とならない場合には、入射光強度分布が再生像に重畳してしまい、適切な像再生を行うことができない虞がある。

【 0 0 2 9 】

そこで、本実施形態では、入射光強度分布に対するロバスト性向上を図るべく、図5に例示するように、位相変調面 S m を複数のドメイン D m に分割する手法を採る。具体的に、本実施形態では、複数のドメイン D m が投影面 S p 上の共通領域 R c に共通の位相分布に基づく光強度分布を再生する、という手法を採る。この際、複数のドメイン D m に共通の位相分布はFreeform法により求める。

【 0 0 3 0 】

複数のドメイン D m が投影面 S p 上の共通領域 R c に共通の位相分布に基づく光強度分布を再生することで、共通領域 R c に再生される光強度分布は、各ドメイン D m による光強度分布を合成したものとなる。そのため、入射光の光強度分布が一様でなく非均一な分布であっても、投影面 S p においては各ドメイン D m からの寄与が平均化されるため、再生像の光強度分布が変化し難くなる。

【 0 0 3 1 】

図6は、図5で説明した手法を採ることによる作用についての説明図である。

具体的に、図6において、図6Aでは、位相変調面 S m への入射光の一部が遮蔽物 O a によって遮られることで非均一な入射光強度分布とされた場合において、図5で説明した実施形態としての像再生手法を採った際に投影面 S p の共通領域 R c に再生される像を例示している。また、図6Bでは、同様に位相変調面 S m への入射光の一部が遮蔽物 O a によって遮られることで非均一な入射光強度分布とされた場合において、ドメイン D m ごとの再生像を例示している。

図6Bに示すように、遮光の影響が大きいドメイン D m、すなわち遮光の影響により入射光線が少ないドメイン D m については、再生像の光量が少なくなる傾向となるが、遮光の影響が小さいドメイン D m については再生像の光量が多くなる傾向となり、投影面 S p

10

20

30

40

50

上の共通領域 R_c では、各ドメイン D_m からの寄与が平均化される。その結果、入射光の光強度分布が一様でなく非均一な分布であっても、再生像の光強度分布が変化し難くなる。

【0032】

これにより、入射光の光強度分布が非均一である場合において、入射光強度分布が再生像に重畳され難くすることができ、入射光強度分布に対するロバスト性向上が図られる。

また、位相変調面 S_m を複数のドメイン D_m に分割していることで、位相変調 $SLM3$ の画素ごとの性能ばらつきに対するロバスト性の向上も図られる。例えば、位相変調 $SLM3$ の或る画素が故障した場合、位相変調面 S_m を分割しない従来手法ではその画素と対応する投影面 S_p の点において所望の再生像が正常に表示されないものとなるが、本実施形態では、上記のような平均化効果によって投影面 S_p の該点においても所望の再生像が

10

【0033】

ドメイン D_m ごとの位相分布を求めるための具体的な手法について、図7から図9を参照して説明する。

以下では説明の便宜上、図7のように位相変調面の位相変調可能領域において座標系 (x, y) を、位相変調面のドメイン D_m において座標系 (x', y') を、投影面における投影領域（上述した共通領域 R_c ）において座標系 (u_x, u_y) を定める。また、位相変調可能領域に対するドメイン D_m の位置のシフト量を (x, y) とし、位相変調可能領域に対するドメイン D_m の面積縮小倍率を r ($r < 2$) とする。また、位相変調面と投影面との距離を f とする。

20

まず、位相変調可能領域全域から投影領域へ光線を一对一に対応させる位相分布 P を $Freeform$ 法により求める。特許文献1に記載されているように、位相変調可能領域上の点 $(x, y) = (x_1, y_1)$ に入射した光線が位相分布 P から受ける屈折作用は、その点 $(x, y) = (x_1, y_1)$ における位相分布 P の勾配ベクトル

【数1】

$$\left(\frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial P}{\partial y} \right) \Big|_{x=x_1, y=y_1} \quad \dots \text{[式1]}$$

で決まり、その光線が投影面を貫く点 $(u_x, u_y) = (u_{x1}, u_{y1})$ と位相変調面上の点 $(x, y) = (x_1, y_1)$ との面内方向の変位は勾配ベクトルと投影距離 f との積として次の【式2】で与えられる。

30

【数2】

$$\begin{pmatrix} u_{x1} \\ u_{y1} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = f \cdot \left(\frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial P}{\partial y} \right) \Big|_{x=x_1, y=y_1} \quad \dots \text{[式2]}$$

よって、位相分布 P による屈折作用を受けたある光線が位相変調面を貫く点と投影面を貫く点の対応関係は次の【式3】で与えられる

40

【数3】

$$\begin{pmatrix} u_x(x, y) \\ u_y(x, y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + f \cdot \left(\frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial P}{\partial y} \right) \Big|_{x, y} \quad \dots \text{[式3]}$$

【0034】

ドメイン D_m 上に与えるべき位相分布を「 P' 」と呼ぶことにする。

図8及び図9に示すように、位相分布 P が位相変調可能領域全域に入射した光線を屈折させることで投影領域において実現する強度分布を「 I 」とし、位相分布 P' がドメイン D

50

mに入射した光線を屈折させることで投影領域において実現する強度分布を「I'」とする。位相分布P'が満たすべき条件は、強度分布Iと強度分布I'が一致することである。

【0035】

ここで、図9のように、ドメインDm上の任意のある点を点A'とし、その座標を $(x', y') = (s_x, s_y)$ とする。また、点A'において位相分布P'による屈折作用を受けた光線が投影面を貫く点を点B'とする。

さらに、図8のように、点A'に対して座標 $(x, y) = (r \cdot s_x, r \cdot s_y)$ の対応関係にある位相変調可能領域上の点を点Aとし、点Aにおいて位相分布Pによる屈折作用を受けた光線が投影面を貫く点を点Bとする。

【0036】

強度分布Iと強度分布I'を一致させるには、点Bと点B'が一致するように位相分布P'を定めればよい。このような条件を満たす位相分布P'が存在するとすると、[式2]で説明したように、点A'における位相分布P'の勾配ベクトルと投影距離fとの積は、点Bと点A'との面内方向の変位と一致するが、点Bの座標は[式3]の左辺の表式を用いて

【数4】

$$\begin{pmatrix} ux \\ uy \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ux(x, y) \\ uy(x, y) \end{pmatrix} \Big|_{x=r \cdot s_x, y=r \cdot s_y} \quad \dots [式4]$$

となり、点A'の (x, y) 座標系による座標は $(x, y) = (s_x + \Delta x, s_y + \Delta y)$ となることに注意すると、位相分布P'が満たすべき条件式として次の[式5]を得る。

【数5】

$$f \cdot \begin{pmatrix} \frac{\partial P'}{\partial x'} \\ \frac{\partial P'}{\partial y'} \end{pmatrix} \Big|_{x'=s_x, y'=s_y} = \begin{pmatrix} ux(x, y) \\ uy(x, y) \end{pmatrix} \Big|_{x=r \cdot s_x, y=r \cdot s_y} - \begin{pmatrix} s_x + \Delta x \\ s_y + \Delta y \end{pmatrix} \quad \dots [式5]$$

[式3]を用いると[式5]は次の[式6]のように書き換えられる。

【数6】

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial P'}{\partial x'} \\ \frac{\partial P'}{\partial y'} \end{pmatrix} \Big|_{x'=s_x, y'=s_y} = \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial x} \\ \frac{\partial P}{\partial y} \end{pmatrix} \Big|_{x=r \cdot s_x, y=r \cdot s_y} + \frac{1}{f} \cdot \begin{pmatrix} (r-1) \cdot s_x - \Delta x \\ (r-1) \cdot s_y - \Delta y \end{pmatrix} \quad \dots [式6]$$

【0037】

ここで、点A'は、ドメインDm上の任意の点であるため、[式6]において (s_x, s_y) を改めて (x', y') と書き換えた次の[式7]のような条件式を得る。

【数7】

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial P'}{\partial x'} \\ \frac{\partial P'}{\partial y'} \end{pmatrix} \Big|_{x', y'} = \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial x} \\ \frac{\partial P}{\partial y} \end{pmatrix} \Big|_{x=r \cdot x', y=r \cdot y'} + \frac{1}{f} \cdot \begin{pmatrix} (r-1) \cdot x' - \Delta x \\ (r-1) \cdot y' - \Delta y \end{pmatrix} \quad \dots [式7]$$

[式7]の右辺における (x', y') に関する回転場を計算すると次の[式8]のようになる。

【数8】

10

20

30

40

50

$$\left(\frac{\partial}{\partial x'}\right) \times \left\{ \left(\frac{\partial P}{\partial x}\right) \Big|_{x=r \cdot x', y=r \cdot y'} + \frac{1}{f} \cdot \left((r-1) \cdot x' - \Delta x \right) \right\} = r \cdot \left(\frac{\partial}{\partial x}\right) \times \left(\frac{\partial P}{\partial y}\right) \Big|_{x=r \cdot x', y=r \cdot y'} \dots [式 8]$$

ここで、位相分布 P は (x , y) 上の既知のスカラー場であり、その勾配場の回転場は任意の (x , y) に対してゼロとなるため、[式 8] は結局ゼロとなる。一般に、あるベクトル場を勾配場として与えるようなスカラー場が存在するための必要十分条件はそのベクトル場の回転場が至る所でゼロとなることであるので、[式 7] の条件式の右辺の回転場がゼロになることは、[式 7] を満たす位相分布 P '、すなわち [式 7] の右辺を勾配場として与える位相分布 P ' が確かに存在することを示している。従って、ドメイン D m 上の任意の点 (x ' , y ') = (x s , s y) における位相分布 P ' の値は、[式 7] の右辺を線積分することで以下のように構成することができる。

10

【数 9】

$$P' \Big|_{x'=s_x, y'=s_y} = \int_{t=0}^{t=s_x} \frac{\partial P'}{\partial x'} \Big|_{x'=t, y'=0} dt + \int_{t=0}^{t=s_y} \frac{\partial P'}{\partial y'} \Big|_{x'=s_x, y'=t} dt \dots [式 9]$$

$$= \frac{1}{r} \cdot P \Big|_{x=r \cdot s_x, y=r \cdot s_y} + \frac{1}{2} \cdot \frac{r-1}{f} \cdot (s_x^2 + s_y^2) - \frac{\Delta x \cdot s_x + \Delta y \cdot s_y}{f} \dots [式 10]$$

20

【0038】

上記 [式 10] における第 1 の項は位相分布 P を空間方向にも位相方向にも縮小倍率 r でスケールした成分を表し、第 2、3 項はドメイン D m の位置によって決まるレンズ成分を表す。従って、分割数分の個々の位相分布 P ' を計算するには、先ず、Freeform法により求めた位相分布 P について、空間方向と位相方向のスケールを行い、このようなスケール後の位相分布に対し、ドメイン D m 毎にその位置に応じたレンズ成分を加算して、各ドメイン D m の位相分布 P ' として割り当てれば良い。

このようにすることで、各ドメイン D m からの再生像の位置をずらすことなく、投影面上の共通の投影領域において共通の光強度分布を再生することができる。

30

【0039】

ここで以下、位相変調可能領域全体について求めた位相分布 P のことを「基礎位相分布 D p r」と表記する。また、この基礎位相分布 D p r に対しドメイン D m のサイズに応じた空間方向及び位相方向のスケールを施して得られる位相分布のことを「共通位相分布 D p c」と表記する。

【0040】

なお、上記では、基礎位相分布 D p r は、位相変調面 S m 上における位相変調可能領域全域についての位相分布として求めるものとしたが、基礎位相分布 D p r は、位相変調面 S m 上に設定される基礎領域 A r のサイズに対応した位相分布である。基礎領域 A r のサイズは、少なくともドメイン D m のサイズよりも大きく、位相変調面 S m 上の位相変調可能領域以下のサイズであればよい。

40

【0041】

このとき、基礎位相分布 D p r に対するスケールについては、基礎領域 A r の面積を「a r r」、ドメイン D m の面積を「a r d」としたとき、倍率「a r d / a r r」によるスケールとして行う。

【0042】

図 10 は、レンズ成分の加算についての説明図である。

ここでは、ドメイン D m として中央に位置されるドメイン D m - 1 と、ドメイン D m - 1 に対しそれぞれ上方、下方に位置されるドメイン D m - 2、ドメイン D m - 3 とを例示している。図中、レンズ成分 D p 1 - 1 として示す位相分布は、ドメイン D m - 1 の位置

50

に対応したレンズ成分としての位相分布、レンズ成分 D_{p1-2} 、 D_{p1-3} は、それぞれドメイン D_{m-2} 、 D_{m-3} の位置に対応したレンズ成分としての位相分布である。

図示のようにドメイン D_{m-1} に対して設定すべき位相分布 D_{pd-1} は、共通位相分布 D_{pc} に対してレンズ成分 D_{p1-1} を加算した位相分布として求める。同様に、ドメイン D_{m-2} に対して設定すべき位相分布 D_{pd-2} は、共通位相分布 D_{pc} に対してレンズ成分 D_{p1-2} を加算した位相分布として求め、ドメイン D_{m-3} に対して設定すべき位相分布 D_{pd-3} は、共通位相分布 D_{pc} に対してレンズ成分 D_{p1-3} を加算した位相分布として求める。

これにより、ドメイン D_{m-1} 、 D_{m-2} 、 D_{m-3} の各ドメイン D_m が投影面 S_p 上の共通領域 R_c に共通の光強度分布を再生することができる。

【0043】

以下、上記のように共通位相分布 D_{pc} に対しドメイン D_m ごとに対応するレンズ成分 D_{p1} を加算して得られる位相分布のことを「ドメイン位相分布 D_{pd} 」と総称する。

【0044】

[1-3. 処理手順]

図11のフローチャートを参照し、ドメイン位相分布 D_{pd} を求めるための具体的な処理手順の例を説明する。

なお、図11に示す処理は図1に示した制御部5が実行する。

【0045】

まず、制御部5はステップS101で、目標画像を入力する。

ここで、動画像の再生である場合、目標画像としては、動画像を構成するフレーム画像を入力する。動画像の再生である場合、図11に示す処理は、動画像のフレーム周期で繰り返し実行する。静止画の再生である場合には、目標画像として静止画を入力する。この場合、図11に示す処理は、再生すべき1枚の静止画に対し少なくとも1回実行すればよい。

【0046】

ステップS101に続くステップS102で制御部5は、位相分布計算処理を実行する。この位相分布計算処理は、Freeform法により前述した基礎位相分布 D_{pr} を計算する処理となる。具体的には、ステップS101で入力した目標画像を投影面 S_p 上で再生するための基礎位相分布 D_{pr} をFreeform法により計算する。

【0047】

ステップS102に続くステップS103で制御部5は、位相分布のスケーリングを行う。具体的には、ステップS102で計算した基礎位相分布 D_{pr} に対して上述した空間方向及び位相方向のスケーリングを行って、共通位相分布 D_{pc} を得る。

【0048】

ステップS103に続くステップS104で制御部5は、ドメイン識別子 n を初期値である0にリセットする。このドメイン識別子 n は、処理対象とするドメイン D_m を識別するために制御部5が管理する識別子である。

【0049】

ステップS104に続くステップS105で制御部5は、 n 番目ドメインのレンズ成分 D_{p1} を取得する。ここで、本例において制御部5には、予めドメイン D_m ごとのレンズ成分 D_{p1} が記憶されている。このため、ステップS105で制御部5は、これら記憶されたレンズ成分 D_{p1} のうち n 番目のドメイン D_m についてのレンズ成分 D_{p1} を取得する処理を行う。

【0050】

ステップS105に続くステップS106で制御部5は、スケーリング後の位相分布にレンズ成分 D_{p1} を加算し、 n 番目ドメインの位相分布を算出する。すなわち、ステップS103のスケーリング処理で得られた共通位相分布 D_{pc} に対しステップS105で取得したレンズ成分 D_{p1} を加算することで、 n 番目のドメイン D_m についてのドメイン位相分布 D_{pd} を算出する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

ステップ S 1 0 6 に続くステップ S 1 0 7 で制御部 5 は、ドメイン識別子 n が最大値 n_{MAX} 以上であるか否かを判定する。ここで、最大値 n_{MAX} は、ドメイン D_m の分割数に対応する値であり、例えばドメイン D_m の分割数 = 1 6 であれば「1 5」が設定される。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 1 0 7 において、ドメイン識別子 n が最大値 n_{MAX} 以上でない場合、制御部 5 はステップ S 1 0 8 に進んでドメイン識別子 n を 1 インクリメントし、ステップ S 1 0 5 に戻る。これにより、ドメイン位相分布 D_{pd} の算出が未完了のドメイン D_m がある場合には、次のドメイン D_m についてステップ S 1 0 5 以降の処理が再度行われる。

【 0 0 5 3 】

一方、ステップ S 1 0 7 においてドメイン識別子 n が最大値 n_{MAX} 以上であれば、制御部 5 は図 1 1 に示す一連の処理を終える。

【 0 0 5 4 】

なお、上記では全てのドメイン D_m が投影面 S_p 上の共通領域 R_c に共通の光強度分布を再生することを前提とした。

図 1 2 は、このように全てのドメイン D_m が共通領域 R_c に共通の光強度分布を再生することを模式的に表している。

【 0 0 5 5 】

しかしながら、全てのドメイン D_m が共通領域 R_c に共通の光強度分布を再生することは必須ではなく、図 1 3 に例示するように、一部のドメイン D_m のみが共通領域 R_c に共通の光強度分布を再生する構成を採ることもできる。

【 0 0 5 6 】

2 . 第二実施形態

[2-1 . 第一例]

続いて、第二実施形態について説明する。

第二実施形態は、ドメイン D_m の分割数を動的に変化させるものである。

ここでは、第二実施形態における第一例として、ドメイン D_m の分割数を、入射光の光強度分布の均一性を評価した結果に基づいて変化させる例を説明する。

【 0 0 5 7 】

入射光の光強度分布は、経時的に変化し得るものである。特に、本例のように光源部 2 として複数の発光素子 2 a が配列された光源を用いる場合、故障等により一部の発光素子 2 a が非発光となることが想定され、位相変調 S L M 3 への入射光強度分布が経時的に変化し得る。

【 0 0 5 8 】

先の図 6 の原理説明から理解されるように、ドメイン D_m の分割数を少なくすると、各ドメイン D_m による入射光強度分布の平均化効果が低下する傾向となり、分割数を多くすると該平均化効果は高まる傾向となる。一方で、ドメイン D_m の分割数を少なくした場合には、一つのドメイン D_m に割り当てられる画素数が多くなることから、再生像の解像度向上を図ることができる。

【 0 0 5 9 】

そこで、本例では、入射光の光強度分布の均一性を評価し、均一性の評価が低い場合は高い場合よりもドメイン D_m の分割数を増加させるという手法を採る。

これにより、入射光強度分布の均一性が低い場合にはドメイン D_m の分割数を増加させて再生像に対する入射光強度分布の影響緩和を図り、入射光強度分布の均一性が高い場合にはドメイン D_m の分割数を減少させて再生像の解像度向上を図ることが可能となる。

従って、入射光強度分布に対するロバスト性と再生像の解像度とについて、入射光強度分布に応じた適切なバランス調整を行うことができる。

【 0 0 6 0 】

図 1 4 は、第二実施形態における第一例としての照明装置 1 A の構成例を示した図である。

10

20

30

40

50

なお、以下の説明において、既に説明済みとなった部分と同様となる部分については同一符号を付して説明を省略する。

【 0 0 6 1 】

照明装置 1 A において、図 1 に示した照明装置 1 との差異点は、非発光素子検出部 6 が設けられた点と、制御部 5 に代えて制御部 5 A が設けられた点である。

非発光素子検出部 6 は、光源部 2 における非発光の発光素子 2 a を検出する。例えば、非発光素子検出部 6 は、各発光素子 2 a の導通状態に基づき、非発光の発光素子 2 a を検出する。具体的に、本例の非発光素子検出部 6 は、各発光素子 2 a の駆動電流値を監視し、駆動電流値が所定値以下の発光素子 2 a を非発光の発光素子 2 a として検出する。

【 0 0 6 2 】

制御部 5 A は、非発光素子検出部 6 による検出結果に基づき、ドメイン D m の分割数を動的に変化させる処理を行う。具体的に、制御部 5 A は、図 1 5 に示す処理を実行する。

【 0 0 6 3 】

図 1 5 は、第二実施形態における第一例としてのドメイン分割処理の例を示したフローチャートである。

まず、制御部 5 A はステップ S 2 0 1 で、非発光の発光素子 2 a があるか否かを判定する。この判定は、非発光素子検出部 6 の検出結果に基づき行う。

非発光の発光素子 2 a がないと判定した場合、制御部 5 A は図 1 5 に示す一連の処理を終える。つまりこの場合、ドメイン D m の分割数は変更されずに維持される。具体的には、後述する基準分割数が維持される。

【 0 0 6 4 】

一方、非発光の発光素子 2 a があると判定した場合、制御部 5 A はステップ S 2 0 2 に進んで非発光素子数（非発光の発光素子 2 a の数）が閾値 T H 1 以下か否かを判定する。ここで、閾値 T H 1 は 2 以上の自然数として設定される。なお、非発光素子数は、非発光素子検出部 6 の検出結果に基づき求めることができる。

【 0 0 6 5 】

非発光素子数が閾値 T H 1 以下であれば、制御部 5 A はステップ S 2 0 3 に進んで、ドメイン分割数を「基準分割数 + 1」に設定する。ここで、基準分割数は、ドメイン D m の分割数について予め定められた基準となる分割数であり、本例では、光源部 2 に非発光の発光素子 2 a が無い状態に対応して定められた分割数とされる。例えば、基準分割数は、位相変調 S L M 3 の画素数等にもよるが、 $4 \times 4 = 16$ や $6 \times 6 = 36$ 等に設定することが考えられる。

【 0 0 6 6 】

一方、非発光素子数が閾値 T H 1 以下でなければ、制御部 5 A はステップ S 2 0 4 に進んで、ドメイン分割数を「基準分割数 + 2」に設定する。ここで、 $2 - 1$ である。

これにより、非発光素子数が 1 以上且つ閾値 T H 1 以下であれば、ドメイン D m の分割数として「基準分割数 + 1」が設定され、非発光素子数が閾値 T H 1 よりも大きい場合にはドメイン D m の分割数として「基準分割数 + 1」よりも大きい「基準分割数 + 2」が設定される。これは、入射光強度分布の均一性の評価が低くなるに従って、ドメイン D m の分割数を増加させていると換言することができる。

【 0 0 6 7 】

制御部 5 A は、ステップ S 2 0 3 又は S 2 0 4 の処理を実行したことに応じて図 1 5 に示す一連の処理を終える。

【 0 0 6 8 】

ここで、ドメイン D m の分割数を動的に変化させる場合には、設定され得る分割数ごとに、ドメイン D m ごとのレンズ成分 D p 1 を用意しておく。例えば、制御部 5 A が読み出し可能なメモリに記憶させておく。ドメイン D m の分割数を変化させた場合、制御部 5 A は、このようにメモリに記憶された各分割数についてのドメイン D m ごとのレンズ成分 D p 1 のうち、変更後の分割数についてのドメイン D m ごとのレンズ成分 D p 1 を取得し、ドメイン位相分布 D p d の計算に用いる。

10

20

30

40

50

なお、ドメイン D_m の分割数を変化させるごとに、各ドメイン D_m のレンズ成分 D_{p1} を計算して取得することも考えられる。

【 0 0 6 9 】

[2-1 . 第二例]

第二実施形態の第二例は、再生像と目標画像との光強度分布差に基づいてドメイン D_m の分割数を変化させるものである。

図 1 6 は、第二実施形態における第二例としての照明装置 1 B の構成例を示した図である。

図 1 に示した照明装置 1 との差異点は、撮像部 7 が設けられた点と、制御部 5 に代えて制御部 5 B が設けられた点である。

【 0 0 7 0 】

撮像部 7 は、例えば C C D (Charge Coupled Device) センサや C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサ等の撮像素子を有し、位相変調 S L M 3 により投影面 S_p に投影された再生像を撮像する。

【 0 0 7 1 】

制御部 5 B は、撮像部 7 による撮像画像に基づき、再生像の光強度分布と目標画像の光強度分布 (目標とする光強度分布) との差を求め、該光強度分布の差に基づいてドメイン D_m の分割数を変化させる。具体的には、図 1 7 に示す処理を行う。

【 0 0 7 2 】

図 1 7 は、第二実施形態における第二例としてのドメイン分割処理の例を示したフローチャートである。

まず、制御部 5 B はステップ S 3 0 1 で、撮像画像に基づき、再生像と目標画像との光強度分布差の評価値を計算する。この評価値は、例えば、光強度分布差が大きいほど値が大きくなる評価値として計算する。

【 0 0 7 3 】

ステップ S 3 0 1 に続くステップ S 3 0 2 で制御部 5 B は、評価値が所定値以上か否かを判定する。評価値が所定値以上でないと判定とした場合 (つまり光強度分布差が小さい場合) 、制御部 5 B は図 1 7 に示す一連の処理を終える。

【 0 0 7 4 】

一方、評価値が所定値以上であると判定とした場合、制御部 5 B はステップ S 3 0 3 に進んでドメイン分割数を「基準分割数 + 」に設定し、図 1 7 に示す一連の処理を終える。

これにより、再生像と目標画像との光強度分布差が大きい場合は小さい場合よりもドメイン D_m の分割数が増加される。その結果、再生像と目標画像との光強度分布差が抑制されるようにドメイン分割数の調整を行うことが可能となる。

【 0 0 7 5 】

なお、第二例において、ドメイン D_m の分割数は、目標画像と再生像との光強度分布差が大きくなるに従って増加させるようにすることもできる。

また、第二例において、撮像部 7 は照明装置 1 B と一体に構成される必要はなく、照明装置 1 B に外付けとされてもよい。

【 0 0 7 6 】

3 . 第三実施形態

[3-1 . プロジェクタ装置の構成]

第三実施形態は、これまで説明した実施形態としての照明装置をプロジェクタ装置に適用したものである。

図 1 8 は、実施形態としての照明装置を適用したプロジェクタ装置 1 0 の構成例を示した図である。

図示のようにプロジェクタ装置 1 0 は、図 1 に示した照明装置 1 と同様に光源部 2 、位相変調 S L M 3 、駆動部 4 、及び制御部 5 を備えると共に、強度変調 S L M 1 1 、低周波画像生成部 1 2 、高周波画像生成部 1 3 、及び駆動部 1 4 を備えている。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

強度変調 S L M 1 1 は、例えば透過型の液晶パネルで構成され、入射光に対し空間光強度変調を行う。図示のように強度変調 S L M 1 1 は位相変調 S L M 3 の後段に配置され、光源部 2 より発せられ位相変調 S L M 3 により空間光位相変調が施された光が入射される。

プロジェクタ装置 1 0 は、強度変調 S L M 1 1 により空間光強度変調が施された光を投影面 S p ' に投影することで、投影面 S p ' に目標画像の再生像を投影する。

【 0 0 7 8 】

なお、強度変調 S L M 1 1 としては、例えば反射型の液晶パネルや D M D 等の反射型の空間光変調器を用いることもできる。

【 0 0 7 9 】

低周波画像生成部 1 2 は、目標画像についてのローパスフィルタとして構成され、目標画像の低周波成分を抽出し、低周波画像として制御部 5 に出力する。この場合の制御部 5 は、低周波画像生成部 1 2 が出力する低周波画像を目標画像として、図 7 で例示した第一実施形態としての処理を行って各ドメイン D m についてのドメイン位相分布 D p d を計算する。そして、計算したドメイン位相分布 D p d に従った空間光位相変調が行われるように駆動部 4 を制御する。

10

ここで、図中に示す投影面 S p の位置を参照して分かるように、この場合における位相分布は、強度変調 S L M 1 1 における強度変調面上において目標とする像を再生するように Freeform 法により計算される。また、この場合、ドメイン D m ごとのレンズ成分 D p l は、このように強度変調 S L M 1 1 の強度変調面に設定された投影面 S p 上の共通領域 R c に各ドメイン D m による光強度分布が再生されるように計算されたものを用いる。

20

【 0 0 8 0 】

高周波画像生成部 1 3 は、目標画像についてのハイパスフィルタとして構成され、目標画像の高周波成分を抽出し、高周波画像として駆動部 1 4 に出力する。

駆動部 1 4 は、入力された高周波画像に従って強度変調 S L M 1 1 の各画素を駆動する。これにより、強度変調 S L M 1 1 による空間光強度変調を受けた光には高周波画像に応じた光強度分布が与えられる。

【 0 0 8 1 】

[3-2 . 第三実施形態としての像再生手法]

ここで、従来プロジェクタ装置では、光源からの光に強度変調 S L M 1 1 による空間光強度変調を施すことで再生像を得るようにしていたが、空間光強度変調では光源からの入射光の一部を遮蔽又は減光することになるため、光の利用効率が低く、高コントラスト化を図り難いという事情があった。

30

【 0 0 8 2 】

そこで、本実施形態では、第一、第二実施形態で説明した照明装置、すなわち空間光位相変調によって所望の光強度分布を再生するという照明装置をプロジェクタ装置 1 0 に応用し、光の利用効率の向上を図り、再生像のコントラスト向上を図る。

【 0 0 8 3 】

図 1 8 に示す構成によれば、強度変調 S L M 1 1 の強度変調面に設定された投影面 S p の共通領域 R c には、位相変調 S L M 3 の空間光位相変調により、目標画像の低周波画像に応じた光強度分布が再生される。これは、強度変調 S L M 1 1 による空間光強度変調が行われる前に、目標画像の大まかな光強度分布を形成しておくことに相当し、いわば、液晶ディスプレイにおけるバックライトのエリア分割駆動に似た制御となる。ただし、ここでの光強度分布は位相変調により形成されるものであるため、光源からの光の利用効率の低下防止が図られる。

40

この場合の強度変調 S L M 1 1 は、位相変調 S L M 3 によって再生された低周波画像の再生像のディテールを整えて、投影面 S p ' 上に目標画像に応じた光強度分布を再生するように機能する。これにより、再生像の解像度低下の抑制を図りつつ、再生像の高コントラスト化を図ることができる。

【 0 0 8 4 】

図 1 8 に示すプロジェクタ装置 1 0 では、位相変調 S L M 3 における空間光位相変調の

50

手法として、各ドメイン D_m が共通領域に共通の光強度分布を再生する手法が採られている。このことで、投影面 S_p' 上における再生像に光源からの入射光の光強度分布が重畳してしまうことの防止が図られる。換言すれば、投影面 S_p' における像再生について、入射光強度分布に対するロバスト性向上が図られる。

【0085】

なお、図示による説明は省略するが、プロジェクタ装置 10 においても、第二実施形態の第一例や第二例で説明したようなドメイン D_m の分割数を動的に変化させる処理が行われてもよい。

【0086】

4. 変形例

ここで、実施形態としては上記で説明した具体例に限定されるものではなく、多様な変形例としての構成を採り得る。

例えば、上記では、基礎位相分布 D_{pr} を Freeform 法により都度計算する例を挙げたが、基礎位相分布 D_{pr} としては予め計算されたものを用いることも可能である。

例えば、照明装置 1 として、ヘッドライトへの適用等の場合は、再生すべき画像（光強度分布）が限られていることがある。その場合には、再生すべき画像ごとに予め計算された基礎位相分布 D_{pr} の情報を制御部 5 が読み出し可能なメモリに記憶させておき、再生画像の切り替えタイミングで、該メモリから該当する基礎位相分布 D_{pr} を読み出して用いるようにすることもできる。

また、ドメイン D_m の分割数が固定である場合には、ドメイン D_m ごとのレンズ成分 D_{pl} は固定となるため、該固定のレンズ成分 D_{pl} を用いて、再生すべき画像ごとに各ドメイン D_m のドメイン位相分布 D_{pd} を予め計算しておくことができる。この場合には、これら予め計算された画像ごとの各ドメイン D_m のドメイン位相分布 D_{pd} をメモリに記憶させておき、再生画像の切り替えタイミングで、該メモリから該当するドメイン位相分布 D_{pd} を読み出して用いるようにすることもできる。

【0087】

また、光源部 2 については、図 19 に示す光源部 2A のように、R（赤）、G（緑）、B（青）の各色の発光素子 2_r 、 2_g 、 2_b が複数配列されたものを用いることもできる。この場合、これら各色の発光素子 2_r 、 2_g 、 2_b が発する光の合成光により、白色による像再生を行うことができる。

このとき、実施形態としての照明装置やプロジェクタ装置では、像再生は屈折現象を利用して行われるものであるため（図 3 等を参照）、CGH（Computer-Generated Hologram）のように回折現象を利用して像再生を行う場合のような波長選択性の問題については無視することができる。このため、図 19 に例示する各色の発光素子 2_r 、 2_g 、 2_b を配列した光源部 2A を用いた場合であっても、波長選択性を考慮して発光素子 2_r 、 2_g 、 2_b を色ごとに時分割で発光させる必要はなくなる。また、三板式のプロジェクタ装置のように色ごとに光路や空間光変調器を分けて設ける構成を採る必要もなくなる。

【0088】

5. 実施形態のまとめ

以上で説明してきたように実施形態としての照明装置（同 1、1A、1B、又はプロジェクタ装置 10）は、発光素子（同 2a、 2_r 、 2_g 、 2_b ）を有する光源部（同 2、2A）と、光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部（位相変調 SLM 3）と、位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメイン（同 D_m ）が、投影面（同 S_p ）上の共通領域（同 R_c ）に Freeform 法に基づき求められた共通の位相分布（共通位相分布 D_{pc} ）に基づく光強度分布を再生するように位相変調部を制御する制御部（同 5、5A、5B）と、を備えるものである。

このように複数のドメインが投影面上の共通領域に共通の位相分布に基づく光強度分布を再生することで、該共通領域に再生される光強度分布は、各ドメインによる光強度分布を合成したものとなる。そのため、入射光の光強度分布が一様でなく非均一な分布であっても、投影面においては各ドメインからの寄与が平均化されるため、再生像の光強度分布

10

20

30

40

50

が変化し難くなる。

従って、入射光の光強度分布が非均一である場合において、非均一な入射光強度分布が再生像に重畳され難くすることができ、入射光強度分布に対するロバスト性向上を図ることができる。

入射光強度分布に対するロバスト性向上が図られることで、光源部が一様な強度分布の光を発する必要がなくなり、複数の発光素子が配列されたアレイ状の光源部を用いることができる。これにより、コスト削減を図ることができる。

また、アレイ状の光源部を用いた場合に、経年変化により発光素子間の発光強度差が大きくなったとしても再生像への影響を緩和することができる。

【0089】

また、実施形態としての照明装置においては、光源部は複数の発光素子を有している。

これにより、所定の光量条件を満たすにあたり光源部に単一の高出力発光素子を用いる必要がなくなる。

従って、光源部の低コスト化を図ることができる。

【0090】

さらに、実施形態としての照明装置においては、制御部は、Freeform法により計算した位相分布に対しドメインのサイズに応じたスケーリング処理を施して得た位相分布を共通の位相分布として用いている。

これにより、Freeform法による位相分布計算をドメインごとに行う必要がなくなる。

従って、処理負担の軽減を図ることができる。

【0091】

さらにまた、実施形態としての照明装置においては、制御部は、ドメインごとの位相分布として、共通の位相分布に対しドメイン位置に応じたレンズ成分（同 D p 1）を加算して得た位相分布を割り当てている。

これにより、ドメインごとに共通の位相分布を用いる場合に対応して投影面の共通領域に共通の光強度分布を適切に再生することが可能となる。

従って、位相分布計算に係る処理負担軽減を図りつつ入射光強度分布に対するロバスト性向上を図ることができる。

【0092】

また、実施形態としての照明装置においては、制御部（同 5 A、5 B）は、ドメインの分割数を動的に変化させている。

ドメインの分割数を増加させると入射光強度分布に対するロバスト性が高められ、ドメイン分割数を減少させると再生像の解像度が高められる。

従って、ドメインの分割数を動的に変化させることで、これらロバスト性や再生像の解像度について動的なバランス調整を行うことができる。

【0093】

さらに、実施形態としての照明装置においては、制御部（同 5 A）は、入射光の光強度分布の均一性を評価した結果に基づいてドメインの分割数を変化させている。

これにより、例えば入射光強度分布の均一性が低い場合にはドメイン分割数を増加させて再生像に対する入射光強度分布の影響緩和を図り、入射光強度分布の均一性が高い場合にはドメイン分割数を減少させて再生像の解像度向上を図る等、入射光強度分布に応じた適切なドメイン分割数の制御を行うことが可能となる。

従って、入射光強度分布に対するロバスト性と再生像の解像度とについて、入射光強度分布に応じた適切なバランス調整を行うことができる。

【0094】

さらにまた、実施形態としての照明装置においては、制御部は、均一性の評価が低い場合は高い場合よりも分割数を増加させている。

これにより、入射光強度分布の均一性が低い場合にはドメイン分割数を増加させて再生像に対する入射光強度分布の影響緩和を図り、入射光強度分布の均一性が高い場合にはドメイン分割数を減少させて再生像の解像度向上を図ることが可能となる。

10

20

30

40

50

従って、入射光強度分布に対するロバスト性と再生像の解像度とについて、入射光強度分布に応じた適切なバランス調整を行うことができる。

【 0 0 9 5 】

また、実施形態としての照明装置においては、制御部は、均一性の評価が低くなるに従って分割数を増加させている。

これにより、入射光強度分布の均一性が低下するに従って、入射光強度分布が再生像に与える影響の緩和効果を高めることが可能となる。

従って、入射光強度分布が再生像に与える影響を適切に緩和することができる。

【 0 0 9 6 】

さらに、実施形態としての照明装置においては、光源部は複数の発光素子を有し、制御部は、均一性の評価を、光源部における非発光の発光素子の検出有無に基づいて行っている。

これにより、入射光強度分布の均一性評価を発光素子の導通状態についての検出結果に基づき行うことが可能となる。

従って、均一性評価のための検出部の構成を簡略化することができ、部品点数の削減及びコスト削減を図ることができる。

【 0 0 9 7 】

さらにまた、実施形態としての照明装置においては、制御部（同 5 B）は、投影面を撮像した撮像画像に基づき、投影面における再生像の光強度分布と目標とする光強度分布との差を求め、該差に基づいてドメインの分割数を変化させている。

これにより、再生像の光強度分布と目標とする光強度分布との差が抑制されるようにドメイン分割数の調整を行うことが可能とされる。

従って、入射光強度分布に対するロバスト性向上を図ることができる。

【 0 0 9 8 】

また、実施形態としての照明方法は、発光素子を有する光源部と、光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部とを備えた照明装置における照明方法であって、位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、投影面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように位相変調部を制御する照明方法である。

【 0 0 9 9 】

このような実施形態としての照明方法によっても、上記した実施形態としての照明装置と同様の作用及び効果を得ることができる。

【 0 1 0 0 】

また、実施形態としてのプロジェクタ装置（同 1 0）は、発光素子を有する光源部と、光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部と、位相変調部により空間光位相変調が施された光について空間光強度変調を行う強度変調部（強度変調 S L M 1 1）と、位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、強度変調部の強度変調面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように位相変調部を制御する制御部（同 5）と、備えるものである。

これにより、位相変調部を設けて光源部からの入射光についての光利用効率の向上を図るプロジェクタ装置において、位相変調部に対する入射光の光強度分布が一様でなく非均一な分布であっても、再生像の光強度分布が変化し難くなるように図ることが可能となる。

従って、再生像の高コントラスト化を図りつつ、入射光強度分布に対するロバスト性向上を図ることができる。

【 0 1 0 1 】

なお、本明細書に記載された効果はあくまでも例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。

【 0 1 0 2 】

6 . 本技術

なお本技術は以下のような構成も採ることができる。

10

20

30

40

50

(1)

発光素子を有する光源部と、
前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部と、
前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、投影面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する制御部と、を備える
照明装置。

(2)

前記光源部は複数の発光素子を有する
前記(1)に記載の照明装置。

10

(3)

前記制御部は、
前記Freeform法により計算した位相分布に対し前記ドメインのサイズに応じたスケールリング処理を施して得た位相分布を前記共通の位相分布として用いる
前記(1)又は(2)に記載の照明装置。

(4)

前記制御部は、
前記ドメインごとの位相分布として、前記共通の位相分布に対しドメイン位置に応じたレンズ成分を加算して得た位相分布を割り当てる
前記(3)に記載の照明装置。

20

(5)

前記制御部は、
前記ドメインの分割数を動的に変化させる
前記(1)から(4)の何れかに記載の照明装置。

(6)

前記制御部は、
前記入射光の光強度分布の均一性を評価した結果に基づいて前記ドメインの分割数を変化させる
前記(5)に記載の照明装置。

(7)

前記制御部は、
前記均一性の評価が低い場合は高い場合よりも前記分割数を増加させる
前記(6)に記載の照明装置。

30

(8)

前記制御部は、
前記均一性の評価が低くなるに従って前記分割数を増加させる
前記(7)に記載の照明装置。

(9)

前記光源部は複数の発光素子を有し、
前記制御部は、
前記均一性の評価を、前記光源部における非発光の前記発光素子の検出有無に基づいて行う
前記(6)から(8)の何れかに記載の照明装置。

40

(10)

前記制御部は、
前記投影面を撮像した撮像画像に基づき、前記投影面における再生像の光強度分布と目標とする光強度分布との差を求め、該差に基づいて前記ドメインの分割数を変化させる
前記(5)から(9)の何れかに記載の照明装置。

(11)

発光素子を有する光源部と、前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位

50

相変調部とを備えた照明装置における照明方法であって、

前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、投影面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する

照明方法。

(1 2)

発光素子を有する光源部と、

前記光源部からの入射光に対する空間光位相変調を行う位相変調部と、

前記位相変調部により空間光位相変調が施された光について空間光強度変調を行う強度変調部と、

10

前記位相変調部の位相変調面を分割して形成される複数のドメインが、前記強度変調部の強度変調面上の共通領域にFreeform法に基づき求められた共通の位相分布に基づく光強度分布を再生するように前記位相変調部を制御する制御部と、を備える

プロジェクタ装置。

【符号の説明】

【 0 1 0 3 】

1、 1 A、 1 B 照明装置

2、 2 A 光源部

2 a、 2 r、 2 g、 2 b 発光素子

3 位相変調 S L M

20

4、 1 4 駆動部

5、 5 A、 5 B 制御部

6 非発光素子検出部

7 撮像部

S p、 S p ' 投影面

S m 位相変調面

D m、 D m - 1、 D m - 2、 D m - 3 ドメイン

R c 共通領域

O a 遮蔽物

A r 基礎領域

30

D p r 基礎位相分布

D p c 共通位相分布

D p d ドメイン位相分布

T a r、 T a s 接線

D p l、 D p l - 1、 D p l - 2、 D p l - 3 レンズ成分

1 0 プロジェクタ装置

1 1 強度変調 S L M

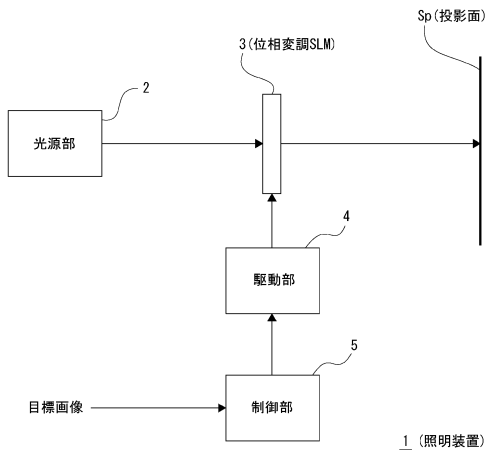
1 2 低周波画像生成部

1 3 高周波画像生成部

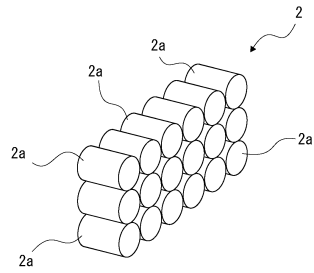
40

【 図面 】

【 図 1 】



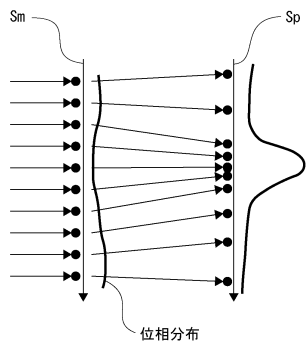
【 図 2 】



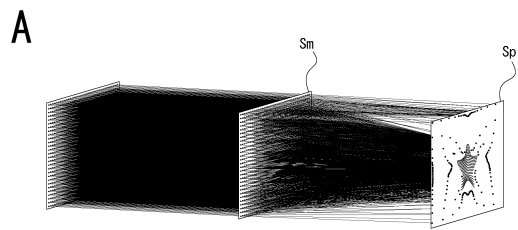
10

20

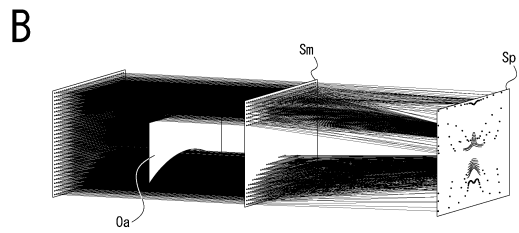
【 図 3 】



【 図 4 】



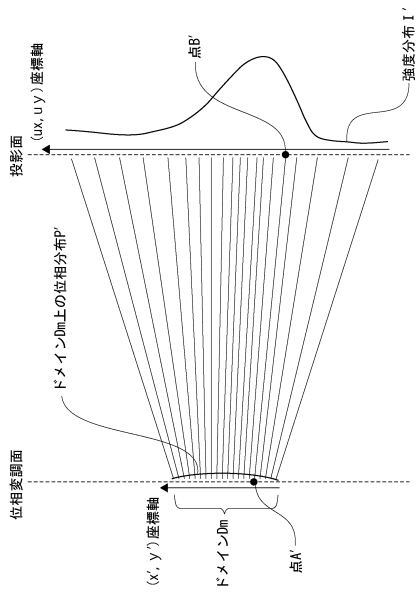
30



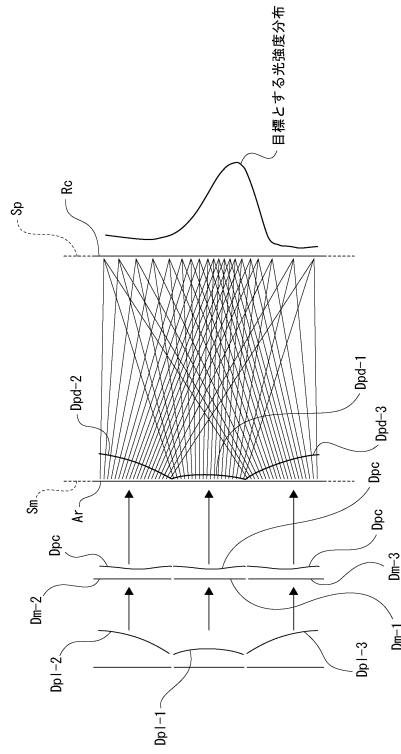
40

50

【図 9】



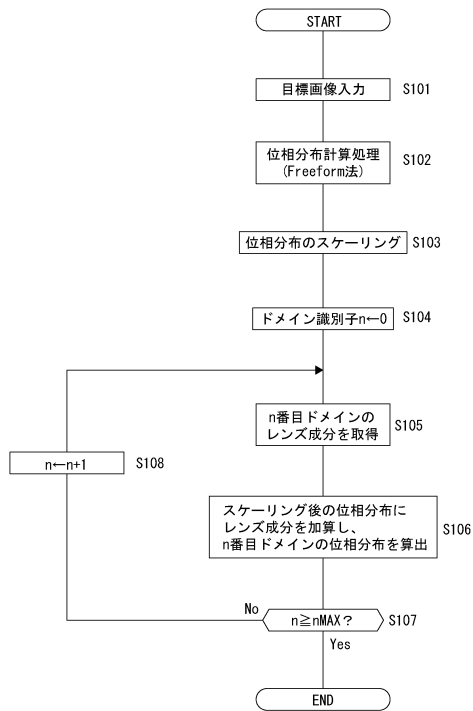
【図 10】



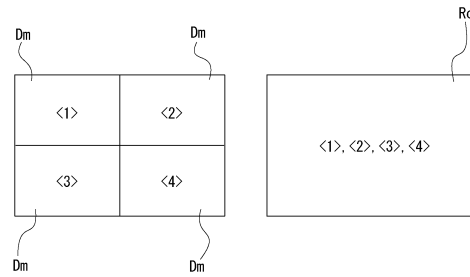
10

20

【図 11】



【図 12】

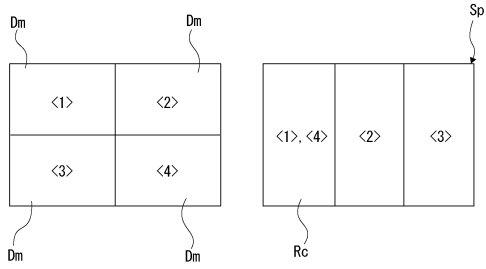


30

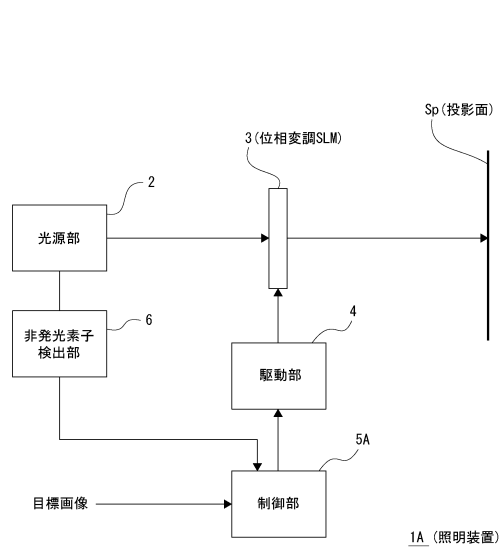
40

50

【図 13】



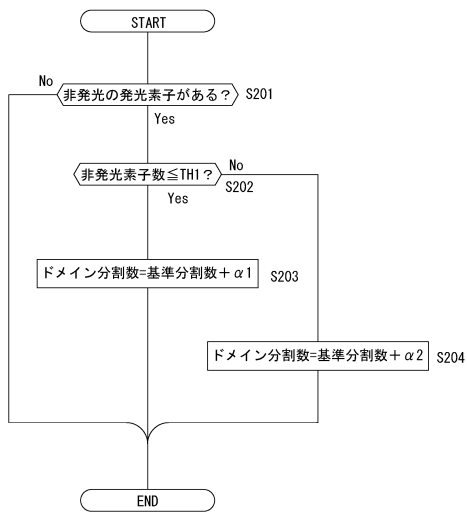
【図 14】



10

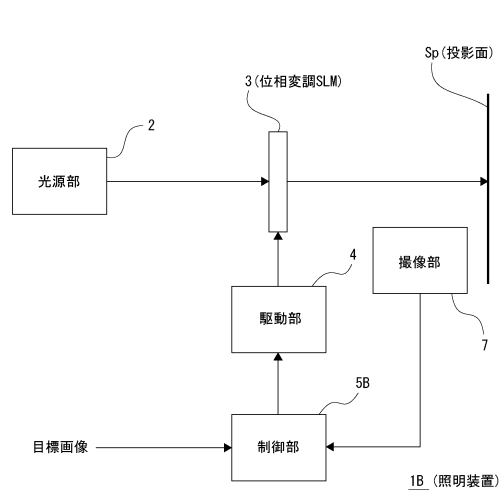
20

【図 15】



30

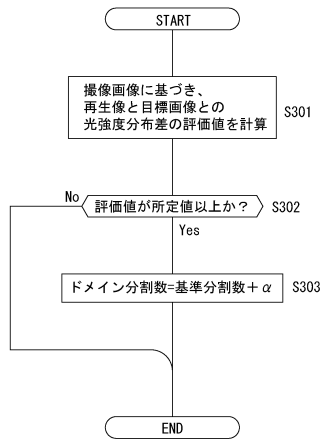
【図 16】



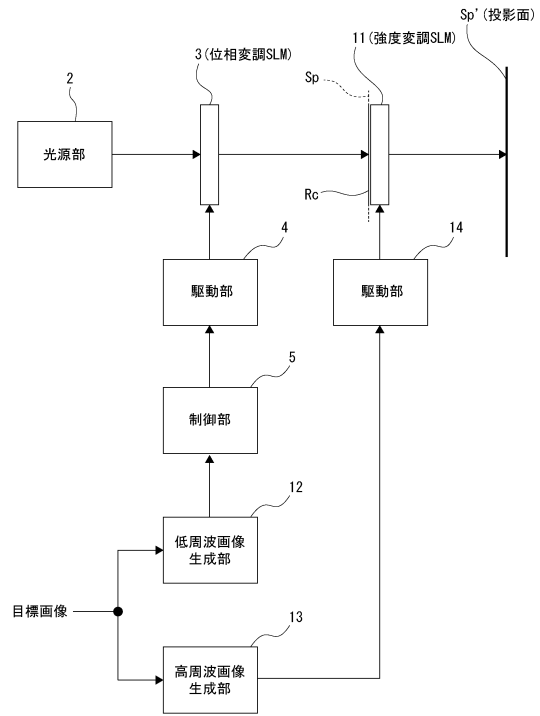
40

50

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

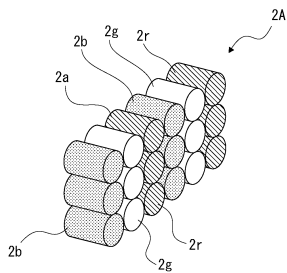


10

20

10 (プロジェクタ装置)

【 図 1 9 】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		
G 0 2 F	1/1347(2006.01)	G 0 2 F	1/1347	
G 0 3 B	21/14 (2006.01)	G 0 3 B	21/14	A
G 0 3 B	21/00 (2006.01)	G 0 3 B	21/00	D
F 2 1 Y	115/30 (2016.01)	F 2 1 Y	115:30	
(56)参考文献	特開 2 0 1 6 - 1 3 3 6 6 8 (J P , A)			
	特表 2 0 1 7 - 5 2 0 0 2 2 (J P , A)			
	特表 2 0 1 7 - 5 3 2 5 8 3 (J P , A)			
	国際公開第 2 0 1 6 / 2 0 8 1 7 1 (W O , A 1)			
	国際公開第 2 0 1 6 / 0 9 8 2 8 1 (W O , A 1)			
(58)調査した分野	(Int.Cl. , D B 名)			
	H 0 5 B 4 7 / 0 0			
	F 2 1 S 2 / 0 0			
	G 0 2 F 1 / 0 0			
	G 0 3 B 2 1 / 0 0			