

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7584635号
(P7584635)

(45)発行日 令和6年11月15日(2024.11.15)

(24)登録日 令和6年11月7日(2024.11.7)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 5/18 (2006.01)

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 27/02 (2006.01)

G 0 2 B 27/02

Z

請求項の数 16 (全15頁)

(21)出願番号	特願2023-518166(P2023-518166)	(73)特許権者	390040660
(86)(22)出願日	令和3年9月23日(2021.9.23)		アプライド マテリアルズ インコーポレ
(65)公表番号	特表2023-542929(P2023-542929		イテッド
	A)		APPLIED MATERIALS,
(43)公表日	令和5年10月12日(2023.10.12)		INCORPORATED
(86)国際出願番号	PCT/US2021/051798		アメリカ合衆国 カリフォルニア 950
(87)国際公開番号	WO2022/066941		54, サンタ クララ, バウアーズ ア
(87)国際公開日	令和4年3月31日(2022.3.31)		ヴェニュー 3050
審査請求日	令和5年5月17日(2023.5.17)		3050 Bowers Avenue
(31)優先権主張番号	63/082,314		Santa Clara CA 95054
(32)優先日	令和2年9月23日(2020.9.23)		U. S. A.
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	110002077
			園田・小林弁理士法人
		(72)発明者	ルオ, カン
			アメリカ合衆国 カリフォルニア 950
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インクジェットプリンティング堆積による可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

回折光学素子（DOE：diffractive optics element）を作製するためのシステムであって、

1つ以上のプロセッサであって、前記システムに、
基板を受け取ることと、

インクジェットプロセスを使用して、前記基板の一部分に、厚さを有する光学構造を堆積させることであって、前記光学構造が当該光学構造の屈折特性を変えるために体積を
変更可能である、インクジェットプロセスを使用して、前記基板の一部分に、厚さを有する光学構造を堆積させることと、

パターンニングされたフォトレジスト層を前記光学構造の上に堆積させることと、

を行わせるよう構成された1つ以上のプロセッサ
を備える、システム。

【請求項2】

前記1つ以上のプロセッサが、前記システムに、前記パターンニングされたフォトレジスト層に基づいて前記光学構造をエッチングして、DOEを形成するようさらに構成される、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記光学構造が、無機光学構造である、請求項2に記載のシステム。

【請求項4】

前記光学構造の前記厚さを変えることで、前記光学構造の体積が変えられる、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記光学構造が、第 1 の屈折率を有する第 1 の材料と、第 2 の屈折率を有する第 2 の材料と、を含み、前記第 1 の材料及び前記第 2 の材料の体積を変えることで、前記光学構造の体積が変えられる、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記光学構造の前記厚さが一定である、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

命令を格納する非一過性コンピュータ可読記憶媒体であって、
前記命令が、処理システムのプロセッサによって実行されると、前記処理システムに、
基板を受け取ることと、

インクジェットプロセスを使用して、前記基板の一部分に、厚さを有する光学構造を堆積させることであって、前記光学構造が当該光学構造の屈折特性を変えるために体積を変更可能である、インクジェットプロセスを使用して、前記基板の一部分に、厚さを有する光学構造を堆積させることと、

パターニングされたフォトレジスト層を前記光学構造の上に堆積させることと、
を行わせる、非一過性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 8】

前記プロセッサが、前記処理システムに、前記パターニングされたフォトレジスト層に基づいて前記光学構造をエッチングして、回折格子素子（DOE）を形成させるようさらに構成される、請求項 7 に記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 9】

前記光学構造の前記厚さを変えることで、前記光学構造の体積が変えられる、請求項 8 に記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 10】

前記光学構造が、第 1 の屈折率を有する第 1 の材料と、第 2 の屈折率を有する第 2 の材料と、を含み、前記第 1 の材料及び前記第 2 の材料の体積を変えることで、前記光学構造の体積が変えられる、請求項 8 に記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 11】

前記光学構造の前記厚さが一定である、請求項 10 に記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 12】

回折光学素子（DOE：diffractive optics element）を製作するためのシステムであって、

1 つ以上のプロセッサであって、前記システムに、

DOE が設けられた基板を受け取ることと、

インクジェットプロセスを使用して、厚さを有しかつ体積を変更可能である有機膜層を前記 DOE 上に堆積させて、封入された DOE を形成することと、

前記有機膜層と前記 DOE の少なくとも一部をエッチングして、前記 DOE を封止しかつ所定のプロファイルを有するエッチングされた有機膜層を形成することと、

を行わせる 1 つ以上のプロセッサ

を備える、システム。

【請求項 13】

前記 1 つ以上のプロセッサが、前記システムに、前記エッチングされた有機膜層を除去させるようさらに構成される、請求項 12 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記有機膜層の前記厚さを変えることで、前記有機膜層の体積が変えられる、請求項 12 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記有機膜層が、第1のエッチング選択性を有する第1の材料と、第2のエッチング選択性を有する第2の材料と、を含み、前記第1の材料及び前記第2の材料の体積を変えることで、前記有機膜層の体積が変えられる、請求項12に記載のシステム。

【請求項16】

前記有機膜層の前記厚さが一定である、請求項15に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、概して光学デバイスに関する。より具体的には、本明細書に記載の実施形態は、プロファイル及び又は屈折率が可変的な光学デバイス構造を有する光学デバイス、及び光学デバイスを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

回折光学素子(DOE: Diffractive optic element)は、合波、集光、又は他の機能といった光を操作するソリューションのために使われる一般的な光学素子である。DOEの応用例として、ユーザの視野内の画像を拡張又は変える仮想現実及び拡張現実製品が挙げられる。仮想現実は、一般的に、コンピュータが生成したシミュレート環境であると考えられ、そこではユーザが物理的に存在しているように見える。仮想現実の経験は、3Dで生成可能であり、ユーザの視野内の実際の環境に視覚的に取って代わる仮想現実環境を表示するためのレンズとしてのニアアイディスプレイパネルを有する眼鏡又は他のウェアラブルディスプレイ装置といった、ヘッドマウントディスプレイ(HMD: head-mounted display)で見ることができる。

【0003】

しかしながら、拡張現実では、ユーザが眼鏡又は他のHMDデバイスの表示レンズを介して周囲環境を見ることができるが、表示のために生成され環境の一部として出現する仮想オブジェクトの画像も見ることができる経験が可能となる。拡張現実は、音声入力及び触覚入力といった任意の種類の入力、並びに、ユーザが経験する環境を強化又は拡張する仮想画像、グラフィックス及びビデオを含みうる。新たな技術として、拡張現実には多くの課題及び設計上の制約が存在する。

【0004】

そのような課題の1つが、周囲環境に重ねて仮想画像を表示することである。拡張導波路コンバイナは、画像を重ねる際に補助するために使用される。生成された光は、拡張導波路コンバイナに入射し(in-couple)、拡張導波路コンバイナを通して伝播し、拡張導波コンバイナから出射して(out-couple)、周囲環境に重ね合わさる。光は、表面レリーフ格子を使用して、拡張導波コンバイナに入射し、及び拡張導波コンバイナから出射する。出射する光の回折効率及び指向性が、十分には制御できない虞がある。

【0005】

したがって、当該技術分野で必要とされているものは、DOE作製のための改良されたシステム及び方法である。

【発明の概要】

【0006】

本開示の実施形態は、概して光学デバイスに関する。より具体的には、本明細書に記載の実施形態は、基板の表面にわたって深さ又は屈折率の少なくとも一方が変化する光学デバイス構造を有する光学デバイス、及び光学デバイスを製造する方法に関する。特定の実施形態によれば、インクジェットプロセスを使用して、体積が可変的な光学素子が堆積させられ、当該可変的な光学素子がエッチングされて、回折光学素子(DOE)が形成される。体積的な可変性は、光学デバイスの厚さ、又は、組み合わせで堆積させられた2つ以上の回折材料の相対的体積に関係しうる。他の実施形態によれば、シングルプロファイルのDOEが基板上に堆積しており、インクジェットプロセスが、体積的に可変的な有機材

料をDOEの上に堆積させる。DOE及び有機材料がエッチングされて上記構造のプロファイルが変更され、その後、有機材料が除去されて、変更されたプロファイルのDOEが得られる。

【0007】

特定の実施形態によれば、回折光学素子(DOE: diffractive optical element)を作製するためのシステムが開示され、本システムは、1つ以上のプロセッサであって、当該システムに、インクジェットプロセスを使用して、基板の一部に、厚さを有する膜層を堆積させることであって、膜層が当該膜層の屈折特性を変えるために体積的に変えられる、膜層を堆積させることと、を行わせる1つ以上のプロセッサを備える。

10

【0008】

特定の実施形態において、命令を格納する非一過性コンピュータ可読記憶媒体が開示され、命令は、処理システムのプロセッサによって実行されると、処理システムに、基板を受け取ることと、インクジェットプロセスを使用して、基板の一部に、厚さを有する膜層を堆積させることであって、膜層が当該膜層の屈折特性を変えるために体積的に変えられる、膜層を堆積させることと、を行わせる。

【0009】

特定の実施形態において、回折光学素子(DOE: diffractive optical element)を作製するためのシステムが開示され、本システムは、1つ以上のプロセッサであって、当該システムに、均一なDOEが設けられた基板を受け取ることと、インクジェットプロセスを使用して、厚さを有しかつ体積的に変えられる膜層をDOE上に堆積させて、封入された均一なDOEを形成することを行わせる1つ以上のプロセッサを備える。

20

【0010】

本開示の上記の特徴を詳細に理解することができるように、上記で簡単に要約した本開示のより具体的な説明を、実施形態を参照することによって行うことができ、そのいくつかを添付の図面に示す。しかしながら、添付図面は例示的な実施形態を示しているにすぎず、従って、本開示の範囲を限定すると見なすべきではなく、他の等しく有効な実施形態も許容されうることには注意されたい。

【図面の簡単な説明】

30

【0011】

【図1】特定の実施形態に係る、可変屈折率(RI: refractive index)プロファイルを有する回折光学素子(DOE)を作製するためのシステムを示す。

【図2】特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製のためのフロー図を示す。

【図3】特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製のためのプロセスフローを示す。

【図4】特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製のためのプロセスフローを示す。

【図5】特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子を作製する方法を示す。

40

【図6】特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製のためのフロー図を示す。

【図7】特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製のためのプロセスフローを示す。

【図8】特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子を作製する方法を示す。

【図9】特定の実施形態に係る、システム、並びに、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子を作製するための方法及びシステムを操作するために使用されうる例示的な処理システムを示す。

50

【発明を実施するための形態】

【0012】

理解が容易になるよう、可能な場合には、各図に共通する同一の要素を示すために同一の参照番号を使用した。一実施形態の構成要素及び特徴は、さらなる記述がなくとも、他の実施形態に有益に組み込まれ得ると想定されている。

【0013】

本開示の実施形態は、概して光学デバイスに関する。より具体的には、本明細書に記載の実施形態は、基板の表面にわたって深さ又は屈折率の少なくとも一方が変化する光学デバイス構造を有する光学デバイス、及び光学デバイスを製造する方法に関する。特定の実施形態によれば、インクジェットプロセスを使用して、体積が可変的な光学素子が堆積させられ、当該可変的な光学素子がエッチングされて、回折光学素子(DOE)が形成される。体積的な可変性は、光学デバイスの厚さ、又は、組み合わせて堆積させられた2つ以上の回折材料の相対的な体積に関係する。他の実施形態によれば、シングルプロファイルのDOEが基板上に堆積しており、インクジェットプロセスが、体積的に可変的な有機材料をDOEの上に堆積させる。DOE及び有機物質がエッチングされて上記構造のプロファイルが変更され、その後、有機物質が除去されて、変更されたプロファイルのDOEが得られる。

【0014】

従来では、可変的な厚さプロファイルを有するDOEは、オーバーコート(overcoat)、フォトリソグラフィ、及びエッチングを含む、DOEの可変的なプロファイルを定めるための複数のステップを要する反復プロセスを介して開発されてきた。時間が掛かり高価であることに加えて、繰り返して堆積されてエッチングされた各層には、プロセスエラー、汚染、誤配置などを介して、エラーが追加的に導入されるリスクが伴う。

【0015】

特定の実施形態によれば、従来のアプローチの欠点は、インクジェットプロセスを使用して可変プロファイル構造を基板上に堆積させ、当該構造をエッチングして所望の輪郭を描くDOEを得ることで、少なくとも部分的に回避することができる。幾つかの実施形態において、可変プロファイル構造は、インクジェット堆積プロセスの可変的なフロー特性を使用して、堆積された構造のコースにわたって可変的な厚さを提供するために、体積的に可変である。他の実施形態において、可変プロファイル構造は、厚さを一定の厚さに維持しつつ、様々な屈折率(RI)特性を有する材料の可変的な体積を提供するために、体積的に可変である。いくつかの実施形態によれば、プロファイルは、様々なRI特性を有する材料の可変的な組成に加えて、可変的な厚さを有する。

例示的なシステム

【0016】

図1は、特定の実施形態に係る、可変屈折率(RI: refractive index)プロファイルを有する回折光学素子(DOE)を作製するためのシステム100を示している。前処理システム104が、後述するインクジェット堆積システム108を使用して1つ以上の構造を堆積させる前に基板を処理するための1つ以上のシステムを含む。前処理システム104は、化学気相堆積(CVD: chemical vapor deposition)、原子層堆積(ALD: atomic layer deposition)、物理的気相堆積(PVD: physical vapor deposition)といった、任意の種類の堆積プロセス、エピタキシベースの処理システムなど、又は、基板上に材料を堆積させることができ又は基板上での材料の蓄積を別様に提供することができる他のシステムを含みうる。前処理システム104は、単独で、又は堆積プロセスを実行できるシステムと組み合わせて、基板及び／又は当該基板上に堆積した材料をエッチングすることができる1つ以上のシステムをさらに含みうる。前処理システム104は、基板又は当該基板上に設けられた材料に所望のパターンを適用するための耐エッチングマスクといった、1つ以上の処理マスクを適用するためのシステムをさらに含みうる。例として、フォトレジストシステムが、スピコートシステム、フォトリソグラフィシス

10

20

30

40

50

テム、上記のような堆積システム、又は、単独で、若しくは上述したような堆積及びエッチングのためのシステムと組み合わせて、処理マスクを適用することができる他のシステムを含みうる。当業者には分かるであろうが、研磨、洗浄、又は、インクジェット堆積システム108による堆積の前に必要となりうる他のプロセスなど、基板を前処理するための他のシステムが存在しうる。

【0017】

前処理システム104の結果として、インクジェット堆積システム108によるさらなる処理のために、1つ以上のDOE構造を含みうる又はDOE構造を含まない可能性がある基板が、提供される。

【0018】

インクジェット堆積システム108は、液体、液体と粒状物質の組み合わせ、又はこれら（集合的に「液体（fluid）」）の1つ以上の組み合わせの所定の体積（volume）を提供することができるシステムであり、上記所定の体積は、ノズル内に堆積させられる液滴でまとめられている。インクジェット堆積システム108は、1つより多いノズルを含みうる。流体の例には、フォトレジストマスク有機膜に似た有機膜液、その屈折率（RI）特性のために選択された液体であって、ダイヤモンドといった粒子を含みうる液体、又は、高RI特性を有する他の材料が含まれる。有機膜の例は、紫外線硬化性エポキシ、熱硬化性エポキシ、及び／又はアクリレートを含み、屈折率材料の例は、ナノ粒子／ナノダイヤモンドインク、ゾルゲルインクといった無機薄膜材料を含む。ゾルゲル材料の例は、チタンイソプロポキシド、チタン（IV）ブトキシドを含む。ナノ粒子を含む材料の場合、このようなナノ粒子の例は、 TiO_2 及び ZrO_2 を含む。ここでいうインクジェット堆積システム108の一例が、ズース マイクロテック（SUSS MICROTEC）社のLP50 Advanced Research Inkjet Printerを含む。

【0019】

1つ以上のノズル及び関連するポンプは、各液滴において所定の体積の液体を提供し、単位時間あたりに堆積させる液滴の数を変えることができ、インクジェット堆積システム108が、基板上に堆積される材料の厚さを変えることを可能にする。単位時間あたりに堆積させる液滴の数を変えることで、ウェッジといった可変的なプロファイル形状の材料を、基板上に堆積させることができる。代替的又は追加的に、液滴に含まれる2つ以上の液体の相対的体積（relative volume）を変えることができ、線形的、指数関数的、幾何学的、又は可変的なレートで変化する可変屈折率の特性を有する一貫したプロファイル形状を、基板上に堆積させることが可能となる。いくつかの実施形態によれば、堆積させられる液体を構成する材料の相対的体積は、可変的な体積により堆積させることができ、堆積中に液体の相対的体積が変化するにつれて追加的に変化する可変プロファイル構造が可能となる。

【0020】

システム100は、インクジェット堆積システム108によって堆積された構造内にフォトレジストを堆積させるためのフォトレジストシステム112をさらに含む。堆積させられるフォトレジストは、ポジ又はネガトーンのフォトレジストといった有機フォトレジスト材料、金属含有ハードマスク、炭素含有ハードマスク、有機平坦化層、又は他の適切なフォトレジストマスクでありうる。堆積させられるフォトレジストマスクは、フォトレジストシステム112によって、フォトリソグラフィ、PVD、CVD、プラズマ強化CVD（PECVD：plasma enhanced CVD）、流動性CVD（FCVD：flowable CVD）、ALD、及びスピンオンプロセスのうちの1つ以上を含みうる適切なプロセスによって、さらにパターニングされうる。インクジェット堆積システム108内での堆積の後の特定の実施形態において、基板は、任意選択的に、以下に説明するような用途のためにフォトレジストシステム112を飛び越えて進むことができ、その場合に、インクジェット堆積システム108によって堆積された材料が、エッチングシステム116内で直接的にエッチングされる。

10

20

30

40

50

【0021】

システム100は、インクジェット堆積システム108及び（必要に応じて）フォトレジストシステム112による堆積の後に、基板をエッチングするためのエッチシステム116をさらに含む。好適なエッチングプロセスは、ウェットエッチング、ドライエッチング、反応性イオンエッチング、プラズマエッチングを含むが、これらに限定されない。特定の実施形態によれば、エッチングシステム116が、堆積させられたパターニングされたマスクに従って、インクジェット堆積した材料をエッチングして、可変R Iプロファイル有する1つ以上のD O E構造を形成するために使用される。可変R Iプロファイルは、構造の形状にわたる可変的な厚さ、2つ以上の堆積した材料の可変的な相対的体積濃度、又はこれらの組み合わせに因り、可変的なR I特性を有する。システム100から得られる可変的なR Iプロファイル構造については、以下でさらに説明する。エッチングシステム116は、破片を除去しかつエッチングプロセスがもたらした構造的異常を洗浄するための1つ以上の洗浄システムをさらに含む。

10

【0022】

システム100は、浸潤システム120をさらに含む。エッチングプロセス、及びシステム100の他の部分に関連付けられたアニールプロセス（図示せず）の結果として、得られたD O E構造にボイド又は隙間が形成されることがある。特定の実施形態によれば、D O Eとなる構造が堆積された後に、D O Eを形成するためのエッチングの前又は後で、アニールプロセスが実施される。D O Eの屈折特性への影響を緩和するために、基板上に形成されたD O Eは、任意選択的に、浸潤システム120に提供される。浸潤プロセスの例には、A L D又は化学気相堆積（C V D）が含まれ、浸潤前駆体の例には、 $[Ti(NMe_2)_4]$ （TDMAT）、 $TiCl_4$ 、及び $[Ti(iOPr)_4]$ （TTIP）が含まれる。ここでいう浸潤プロセスは、光学構造内の隙間を埋めるために、光学構造内に浸潤前駆体を提供する。特定の実施形態において、浸潤プロセスにより、光学構造の上に膜層が残ることがあり、これは除去することができる。

20

【0023】

図2は、特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイル有する回折光学素子の作製のためのフロー図200を示している。ブロック204において、図3の工程308に示される基板304のような基板が、例えば、図1の前処理システム104によって処理される。ブロック208において、インクジェット堆積システム108が、図3の工程312に示されるように、インクジェットノズル324を使用して、可変的なR I勾配を有する光学構造314を基板304上に堆積させる。可変的なR I勾配は、堆積させられる液滴の体積を変えることで実現することができ、その結果、図3に描かれたウェッジといった可変的な厚さプロファイル有する構造が得られる。

30

【0024】

ブロック212において、フォトレジストシステム112が、図3の工程316に示されるように、光学構造314上にフォトレジストマスク328を施す。特定の実施形態によれば、フォトレジストマスク328は、パターン332を含みうる。

【0025】

ブロック216において、エッチングシステム116が、図3の工程320に示されるように、光学構造314及びフォトレジストマスク328をエッチングし、その結果、光学構造314が、所望の可変的なR Iプロファイル有するD O Eとなる。この文脈では、エッチングシステム116は、イオンビームエッチングシステムを含みうるが、他の実施形態において、ドライエッチングシステムが利用される。ブロック220において、光学構造314及び基板304が洗浄され、幾つかの実施形態では、光学構造314に形成された隙間の緩和のために浸潤システム120に提供される。幾つかの実施形態において、洗浄プロセスが O_2 アッシング（灰化）プロセスを利用し、他の実施形態において、湿式洗浄プロセスが利用される。

40

【0026】

代替的に、ブロック204において、図4の工程408に示される基板404のような

50

基板が、例えば、図 1 の前処理システム 104 によって処理される。ブロック 208 において、インクジェット堆積システム 108 が、図 4 の工程 412 に示されるように、インクジェットノズル 424 A 及び 424 B を使用して、可変的な R I 勾配を有する光学構造 414 を基板 404 上に堆積させる。

【0027】

特定の実施形態によれば、インクジェットノズル 424 A は、第 1 の溶液を堆積させる。第 1 の溶液は、ゾルーゲル溶液又はナノ粒子溶液であってもよい。第 1 の溶液は、二酸化ケイ素 (SiO_2)、シリコンオキシカーバイド (SiOC)、二酸化ジルコニウム (ZrO_2)、及び／又は二酸化チタン (TiO_2) を含む。第 1 の溶液中の SiO_2 、 SiOC 、 ZrO_2 、及び／又は TiO_2 の比率は、第 1 の屈折率をもたらすように制御される。例えば、第 1 の溶液は、 SiO_2 、 SiOC 、及び／又は ZrO_2 に対して第 1 の比率の TiO_2 を含む。一実施形態において、 SiO_2 のゾルーゲル前駆体は、オルトケイ酸テトラメチル (TMOS)、メチルトリメトキシシラン (MTMS)、及びオルトケイ酸テトラエチル (TEOS) を含む。

10

【0028】

特定の実施形態によれば、インクジェットノズル 424 B は、第 2 の溶液を堆積させる。第 2 の溶液は、ゾルーゲル溶液又はナノ粒子溶液でありうる。第 2 の溶液は、 SiO_2 、 SiOC 、 ZrO_2 、及び／又は TiO_2 を含むことができる。第 2 の溶液中の SiO_2 、 SiOC 、 ZrO_2 、及び／又は TiO_2 の比率は、第 2 の屈折率をもたらすように制御される。第 2 の屈折率は、第 1 の屈折率とは異なっていてよい。例えば、第 2 の溶液は、第 1 の屈折率よりも高い屈折率となる第 2 の屈折率をもたらすように、 SiO_2 、 SiOC 、及び／又は ZrO_2 に対して、第 1 の比率よりも高い比率となる第 2 の比率の TiO_2 を含んでよく、或いは、第 2 の比率は、第 1 の屈折率よりも低い屈折率となる第 2 の屈折率をもたらすように、 SiO_2 、 SiOC 、及び／又は ZrO_2 に対して、第 1 の比率よりも低い比率の TiO_2 を有してもよい。

20

【0029】

光学構造 414 の堆積中に、インクジェットノズル 424 A 及びインクジェットノズル 424 B から堆積させられる液滴の相対的体積を変えて、各ノズルにより堆積させられる体積を調整することで各ノズルによって提供される材料のそれぞれの相対濃度を変えることによって、可変 R I 勾配を実現することができ、結果的に、図 4 に示すような可変的な R I 勾配プロファイルを有する構造が得られる。特定の実施形態によれば、可変的な R I 勾配は、図 3 及び 4 に示された技術を組み合わせることによって実現されうる。

30

【0030】

代替的な例を続けると、ブロック 212 において、フォトレジストシステム 112 が、図 4 の工程 416 に示されるように、光学構造 414 上にフォトレジストマスク 428 を施す。特定の実施形態によれば、フォトレジストマスク 428 は、パターン 432 を含む。

【0031】

代替的な例を続けると、ブロック 216 において、エッチングシステム 116 が、図 4 の工程 420 に示されるように、光学構造 414 及びフォトレジストマスク 428 をエッチングし、その結果、光学構造 414 が、所望の可変的な R I プロファイルを有する DOE となる。ブロック 220 において、光学構造 414 及び基板 404 が洗浄され、幾つかの実施形態において、光学構造 414 に形成された隙間の緩和のために浸潤システム 120 に提供される。

40

【0032】

図 5 は、特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製のための方法 500 を示している。ブロック 504 において、インクジェット堆積システム 108 が、基板 304 を受け取る。

【0033】

ブロック 508 において、インクジェット堆積システム 108 は、インクジェットプロ

50

セスを使用して、基板 304 の一部分又は基板 404 の上に、図 3 の光学構造 314 又は図 4 の光学構造 414 といった、厚さを有する光学構造を堆積させ、ここで、光学構造は、当該光学構造の屈折特性を変えるために体積的に変えられる。

【0034】

図 6 は、特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製のためのフロー図 600 を示している。ブロック 604 において、図 7 に示される基板 704 のような基板が、前処理システム 104 内で処理され、ブロック 608 において、図 7 の工程 710 で示されるように、前処理システム 104 によって DOE 708 が堆積されている。

【0035】

ブロック 612 において、インクジェット堆積システム 108 は、図 7 の工程 716 に示されるように、インクジェットノズル 714 を用いて DOE 708 上に有機膜 712 を堆積させて、封入された DOE を形成する。有機膜 712 は、ウェッジに似た不規則な形状（又は、基板 704 の上面又は下面に対して非平行な上面を有する他の形状）のプロファイルを有するが、可変的な厚さを有する任意の形状を、インクジェットノズル 714 によって堆積させることができる。例として、有機膜 712 は、三角形のプロファイル、又は 4 より多い辺を有する形状でありうる。特定の実施形態において、有機膜 712 は、矩形、又は方形などのプロファイルを有する。

【0036】

ブロック 616 において、エッチングシステム 116 は、図 7 の工程 718 に示されるように、DOE 708 及び有機膜 712 をエッチングして、DOE 708 が、封入された輪郭を描く (profiled) DOE を形成する可変屈折率プロファイルを有するようになる。

【0037】

ブロック 620 において、図 7 の工程 720 に示されるように、基板 704 及び DOE 708 が洗浄されて、有機膜 712 が除去される。特定の実施形態によれば、基板 704 及び DOE 708 は、浸潤システム 120 によってさらに処理されうる。

【0038】

図 8 は、特定の実施形態に係る、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子の作製のための方法 800 を示している。

【0039】

ブロック 804 において、インクジェット堆積システム 108 は、均一な DOE が設けられた基板を受け取る。

【0040】

ブロック 808 において、インクジェット堆積システム 108 は、インクジェットプロセスを使用して、厚さを有する膜層であって、体積的に変えられた膜層を DOE 上に堆積させて、封入された均一な DOE を形成する。

例示的な処理システム

【0041】

図 9 は、図 1 ～図 8 に関して記載したような、特定の実施形態に係る、システム、並びに、可変屈折率プロファイルを有する回折光学素子を製造するための方法及びシステムを操作するために使用されうる例示的な処理システムを示している。

【0042】

処理システム 900 は、データバス 916 に接続された中央処理ユニット (CPU) 902 を含む。CPU 902 は、例えば、メモリ 908 又はストレージ 910 に格納されたコンピュータ実行可能な命令を処理して、処理システム 900 に、例えば、図 2、図 5、図 6、及び図 8 に関して本明細書に記載された方法を実行させるよう構成されている。CPU 902 は、単一の CPU、複数の CPU、複数の処理コアを有する単一の CPU、及び、コンピュータ実行可能な命令を実行できる他の形態による処理アーキテクチャを代表するように、含まれている。

10

20

30

40

50

【0043】

処理システム900は、入力／出力（I／O）デバイス912、及びインタフェース904をさらに含み、これにより、処理システム900は、例えばキーボード、ディスプレイ、マウスデバイス、ペン入力、及び処理システム900との相互作用を可能にする他のデバイスといった、入力／出力デバイス912と接続することが可能となる。処理システム900は、物理的接続及び無線接続を介して、外部のI／Oデバイス（例えば、外部ディスプレイデバイス）と接続できることに注意されたい。

【0044】

処理システム900は、ネットワークインタフェース906をさらに含み、このネットワークインタフェース906は、処理システム900に、外部ネットワーク914へのアクセス、及びこれにより外部の計算装置へのアクセスを提供する。

10

【0045】

処理システム900はメモリ908をさらに備え、メモリ908は、本例では、図2、図5、図6、及び図8に記載された動作を実行するための、受信コンポーネント918、堆積コンポーネント920、フォトレジストコンポーネント922、エッチングコンポーネント924、及び浸潤コンポーネント926を含む。

【0046】

なお、図9では、簡略化のため単一のメモリ908として示されているが、メモリ908に格納される様々な態様は、処理システム900から離れたメモリを含む様々な物理メモリに格納することができ、CPU902はこれらすべてに、バス916といった内部データ接続を介してアクセスすることができる。

20

【0047】

ストレージ910は、図1～図8に関連して説明されるような、基板データ928、光学構造データ930、体積データ932、DOEデータ934、堆積データ936、フォトレジストデータ938、エッチングデータ940、及び浸潤データ942をさらに含む。

【0048】

図9には示されていないが、他のデータがストレージ910に含まれる。

【0049】

メモリ908のように、図9では、簡略化のために単一のストレージ910が示されているが、ストレージ910に格納される様々な態様が、様々な物理的ストレージに格納することができる。

30

CPU902はこれらすべてに、バス916といった内部データ接続、又は、ネットワークインタフェース906といった外部接続を介してアクセスすることができる。当業者であれば、処理システム900の1つ以上の要素が遠隔に位置することができ、ネットワーク914を介してアクセスできることが分かるであろう。

【0050】

先の記載は、当業者であれば誰でも、本明細書に記載された様々な実施形態を実践できるように提供されている。本明細書で述べた例は、特許請求の範囲に記載される範囲、利用可能性、又は実施形態を限定するものではない。これらの実施形態に対する様々な変更が、当業者には容易に分かり、本明細書で規定される包括的な原則は、他の実施形態に適用することができる。例えば、本開示の範囲から逸脱することなく、上述の要素の機能及び配置に対して変更を加えることができる。様々な実施例では、様々な手順又は構成要素を適宜省略し置換し、追加することができる。例えば、記載された方法は、記載されたものとは異なる順序で実行されてよく、及び／又は、様々なステップが追加され、省略され、又は組み合わせられてよい。加えて、幾つかの例に関して記載された特徴を、幾つかの他の例において組み合わせることができる。例えば、本明細書に記載された任意の数の態様を使用して、装置を実現し、又は方法を実施することができる。加えて、本開示の範囲は、本明細書に記載された本開示の様々な態様に加えて又は当該態様とは別の他の構造、機能性、又は構造及び機能性を使用して実施されるこのような装置又は方法をカバーすることが意図される。本明細書に開示された本開示の任意の態様が、請求項の1つ以上の要素

40

50

によって具現化されうると理解されたい。

【0051】

本明細書では、「例示的な (exemplary)」という用語は、「例、事例、又は実例として機能する」という意味している。本明細書において「例示的」と記載された任意の態様は、必ずしも他の態様よりも好ましい又は有利であると解釈するべきではない。

【0052】

本明細書では、項目のリストの「少なくとも1つ (at least one of)」に言及する表現は、単一のメンバを含むこれらの項目の任意の組み合わせを指している。一例として、「a、b、cのうち少なくとも1つ」は、a、b、c、a-b、a-c、b-c、a-b-cのほか、同じ要素の倍数との組み合わせ（例えば、a-a、a-a、a-a-b、a-a-c、a-b-b、a-c-c、b-b、b-b-b、b-b-c、c-c、及びc-c-c、又はa、b及びcの任意の他の順序）が意図されている。

【0053】

本明細書では、「決定する (determining)」という用語は、多種多様な動作を包含する。例えば、「決定する」は、計算、演算、処理、導出、調査、ルックアップ（例えば、テーブル、データベース又は別のデータ構造でルックアップ）、確認等を含む。また、「決定する」には、受信（例えば、情報の受信）、アクセス（例えば、メモリ内のデータへのアクセス）等が含まれうる。また、「決定する」には、解決する、選択する、選ぶ、確立するなどが含まれうる。

【0054】

本明細書に開示される方法は、方法を達成するための1つ以上のステップ又はアクションを含んでいる。方法のステップ及び／又はアクションは、特許請求の範囲から逸脱することなく、互いに交換されうる。言い換えれば、特定の順序のステップ又はアクションが指定されていない限り、特定のステップ及び／又はアクションの順序及び／又は使用は、請求項の範囲から逸脱することなく変更することができる。さらに、上述した方法の様々な動作が、対応する機能を実行することができる任意の適切な手段によって実施されうる。上記手段は、回路、特定用途向け集積回路 (ASIC: application specific integrated circuit)、又はプロセッサを含むがこれらに限定されない、様々なハードウェア及び／又はソフトウェアコンポーネント及び／又はモジュールを含む。概して、図に示された動作がある場合に、これらの動作は、同様に付番された、対応するミーンズプラスファンクション (means-plus-function) 構成要素を有しうる。

【0055】

以下の特許請求の範囲は、本明細書で示された実施形態に限定することを意図したものではなく、特許請求の範囲の文言と一致する全範囲を与えるものである。クレームでは、単数形の要素への言及は、特に明記されていない限り、「1つだけ (one and only one)」という意味ではなく、「1つ以上 (one or more)」という意味を意図している。特に断りのない限り、「幾つか (some)」という用語は、1つ以上のものを指している。クレーム要素は、その要素が「～のための手段 (means for)」という表現で明示的に記載されているか、又は方法クレームの場合は「～のためのステップ (step for)」という表現を使用して記載されていなければ、米国特許法112条(f)の規定に基づいて解釈されることはないものとする。当業者にとって既知であるか又は後に既知となる、本開示を通じて記載される様々な態様の要素に対する構造的及び機能的同均等物は、参照により本明細書に明示的に組み込まれ、請求項に包含されることが意図されている。さらに、本明細書に開示されたものは、そのような開示が特許請求の範囲に明示的に記載されているどうかにかかわらず、公衆に捧げられることが意図されていない。

【0056】

以上の記述は本開示の実施形態を対象としているが、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく本開示の他の実施形態及びさらなる実施形態が考案されてよく、本開示の範囲

10

20

30

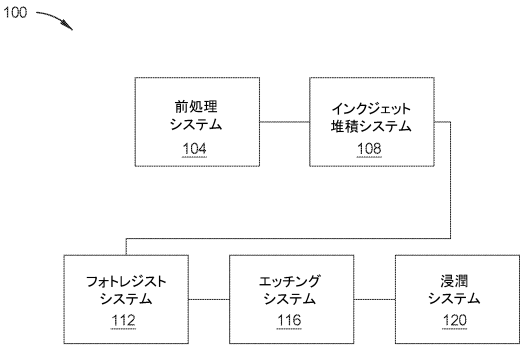
40

50

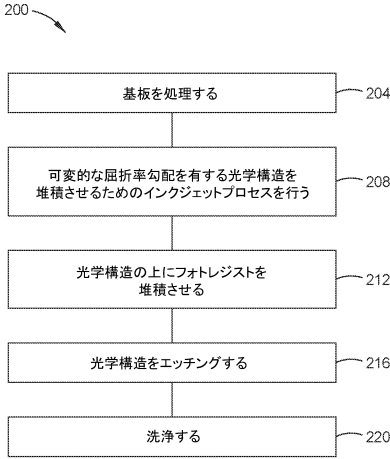
は、下記の特許請求の範囲によって規定される。

【図面】

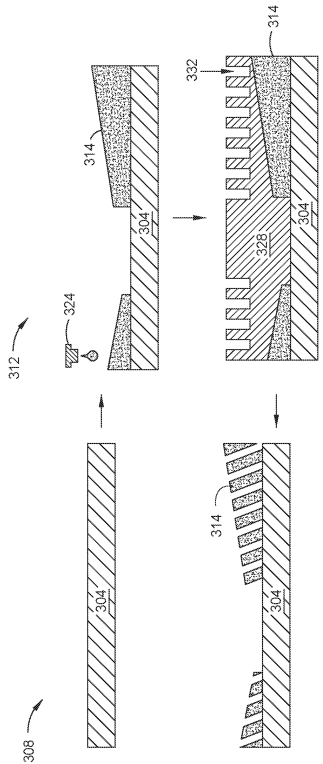
【図 1】



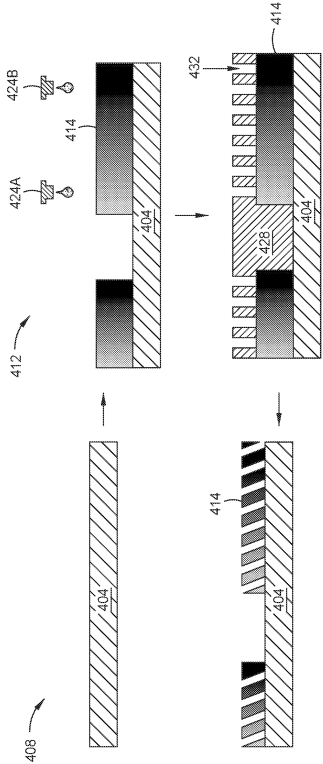
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

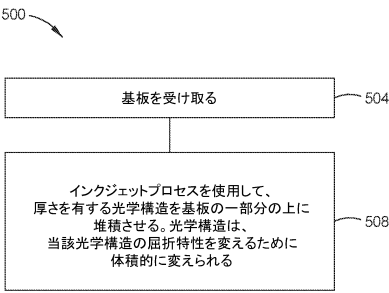
20

30

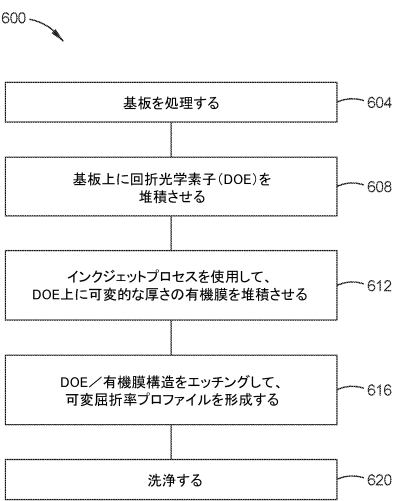
40

50

【図 5】

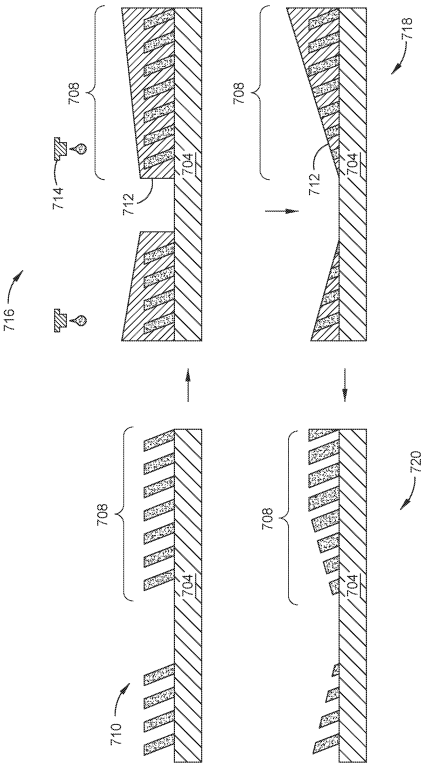


【図 6】

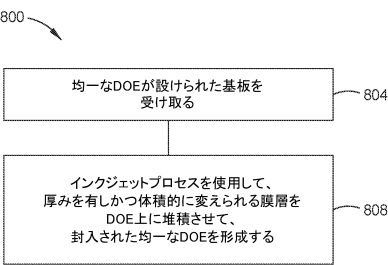


10

【図 7】



【図 8】



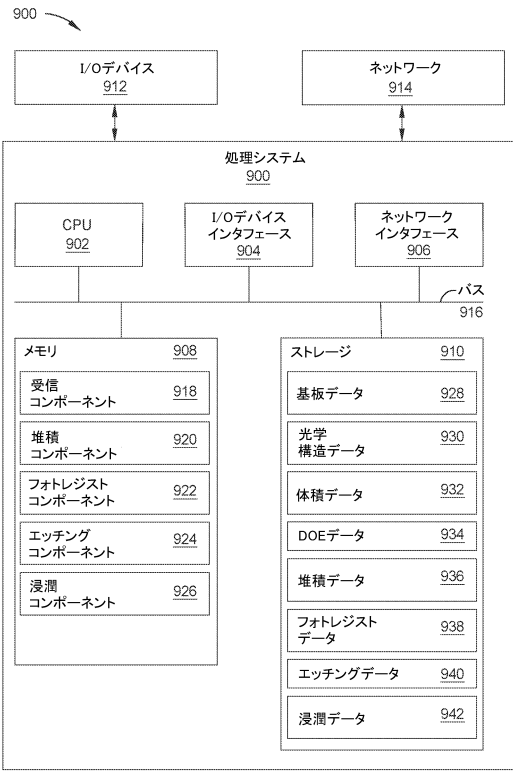
20

30

40

50

【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 54, サンタ クララ, バウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント
- (72)発明者 トン, シアオペイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, バウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント
- (72)発明者 チャン, ダイファ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, バウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント
- (72)発明者 ゴデット, ルドヴィーク
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, バウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント
- 審査官 横川 美穂
- (56)参考文献 国際公開第2020/131852 (WO, A1)
国際公開第2019/135837 (WO, A1)
国際公開第2019/147315 (WO, A1)
米国特許出願公開第2019/0324202 (US, A1)
米国特許出願公開第2019/0258008 (US, A1)
国際公開第2018/220272 (WO, A1)
特表2017-507768 (JP, A)
特開平11-031863 (JP, A)
中国特許出願公開第111367004 (CN, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G02B 5/18
G02B 27/02