

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7644142号
(P7644142)

(45)発行日 令和7年3月11日(2025.3.11)

(24)登録日 令和7年3月3日(2025.3.3)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 21/027(2006.01) H 0 1 L 21/30 5 0 2 D

請求項の数 16 (全26頁)

(21)出願番号	特願2022-563140(P2022-563140)	(73)特許権者	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050 3050 Bowers Avenue Santa Clara CA 95054 U.S.A.
(86)(22)出願日	令和3年2月19日(2021.2.19)	(74)代理人	110002077 園田・小林弁理士法人
(65)公表番号	特表2023-522226(P2023-522226A)	(72)発明者	セバリョス, アンドリュウ アメリカ合衆国 カリフォルニア 950
(43)公表日	令和5年5月29日(2023.5.29)		最終頁に続く
(86)国際出願番号	PCT/US2021/018849		
(87)国際公開番号	WO2021/216181		
(87)国際公開日	令和3年10月28日(2021.10.28)		
審査請求日	令和4年12月16日(2022.12.16)		
(31)優先権主張番号	63/012,688		
(32)優先日	令和2年4月20日(2020.4.20)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	17/136,948		
(32)優先日	令和2年12月29日(2020.12.29)		
	最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 高屈折率ナノインプリントリソグラフィフィルムの屈折率を増加させるための方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ナノインプリントフィルムを形成する方法であって、
 基板上に、インプリントプロセスによって、2未満の屈折率を有する多孔性ナノインプリントフィルムを形成することであって、前記インプリントプロセスが、
 ナノ粒子を含むインプリント組成物であって、前記ナノ粒子が、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロム、窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含むインプリント組成物を、前記基板上に堆積させることと、
 パターンを有するスタンプを、前記基板の表面とは接触しないように、前記インプリント組成物と接触させることと、
 前記インプリント組成物を前記多孔性ナノインプリントフィルムに変換することと、
 前記多孔性ナノインプリントフィルムから前記スタンプを除去することと
 を含む、多孔性ナノインプリントフィルムを形成すること、
 処理チャンバ内に、前記多孔性ナノインプリントフィルムを含む前記基板を位置決めすることであって、前記多孔性ナノインプリントフィルムが、前記基板の前記表面を覆う1つの層状部分上に、複数の突出構造が一体的に形成されて成るフィルムであり、前記層状部分と前記複数の突出構造とがいずれも、前記ナノ粒子と前記ナノ粒子間のポイドとを含む、基板を位置決めすること、及び
 前記多孔性ナノインプリントフィルム上、前記層状部分の前記ポイドの少なくとも一部分内、及び前記複数の突出構造の前記ポイドの少なくとも一部分内に、金属酸化物、窒化

ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを堆積させて、原子層堆積（ALD）プロセス中に光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成すること
を含み、

前記金属酸化物が、酸化ニオブ、酸化クロム、酸化スカンジウム、酸化イットリウム、酸化プラセオジウム、酸化マグネシウム、又はそれらの任意の組み合わせを含む、方法。

【請求項 2】

前記金属酸化物、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせが、前記多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記金属酸化物、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせが、前記多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも低い屈折率を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムが、前記多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、前記多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 0.5% から約 30% 高い、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、前記多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 1% から約 6% 高い、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率が約 1.5 から約 1.95 である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が約 1.8 以上である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記 ALD プロセスが、前記金属酸化物、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを堆積させるために、ALD サイクル中に前記多孔性ナノインプリントフィルムを金属前駆体及び酸化剤に連続的に曝露することを含む、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記 ALD サイクルが、前記 ALD プロセス中に前記金属酸化物、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを堆積させる間に、1 回から約 50 回繰り返される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ポイドによって占められる体積の約 20% から約 90% が、前記 ALD プロセスによって前記金属酸化物、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせで充填される、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記インプリント組成物を、熱、紫外光、赤外光、可視光、マイクロ波放射、又はそれらの任意の組み合わせに曝露することによって、前記インプリント組成物が前記多孔性ナノインプリントフィルムに変換される、請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記インプリント組成物を前記多孔性ナノインプリントフィルムに変換することが、前記インプリント組成物を、約 300 nm から約 365 nm の波長を有する光源に曝露することをさらに含む、請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

10

20

30

40

50

前記インプリント組成物を前記多孔性ナノインプリントフィルムに変換することが、前記インプリント組成物を、約30秒から約1時間の期間にわたって約30 から約100の温度に加熱することをさらに含む、請求項1から11のいずれか一項に記載の方法。

【請求項15】

基板上に形成され、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムであって、

2未満の屈折率を有するベースナノインプリントフィルムであって、前記ベースナノインプリントフィルムは、前記基板の表面を覆う1つの層状部分上に、複数の突出構造が一体的に形成されて成るフィルムであり、前記層状部分と前記複数の突出構造とがいずれも、ナノ粒子と前記ナノ粒子間のボイドとを有し、前記ナノ粒子が、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロム、窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、ベースナノインプリントフィルム、並びに

10

前記ベースナノインプリントフィルム上に配置され、前記層状部分の前記ボイドの少なくとも一部分内及び前記複数の突出構造の前記ボイドの少なくとも一部分内に含有された、金属酸化物、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせ

を含み、

前記金属酸化物が、酸化ニオブ、酸化クロム、酸化スカンジウム、酸化イットリウム、酸化プラセオジウム、酸化マグネシウム、又はそれらの任意の組み合わせを含み、

前記光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムが、前記ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有し、

前記ベースナノインプリントフィルム内の前記ボイドによって占められる体積の約20%から約90%が、前記金属酸化物、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含有し、

20

前記光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、前記ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも約1%から約6%高い、

光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

【請求項16】

前記ベースナノインプリントフィルムの屈折率が、約1.5から約1.95であり、

前記光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、約1.8から約2.05である、

請求項15に記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001]本開示の実施形態は、概して、マイクロデバイス処理に関し、具体的には、ナノインプリントリソグラフィ(NIL)フィルム及びそれを作製するプロセスに関する。

【背景技術】

【0002】

[0002]ナノ粒子インプリントのナノ及びマイクロパターンニングは、ナノ材料に基づく光学系、エレクトロニクス、ディスプレイ、エネルギーデバイス、センサ、及びナノメートルスケールの分解能を有する他の種類のデバイスを開発するための機会を提供する。現在入手可能なインプリント材料は、有機(高屈折率ポリマー)又は無機-有機ハイブリッド材料(ゾル-ゲル)を含有する。インプリント材料の大部分は、低い屈折率(<1.7)を有すると共に、可視領域における光透過性、光学的解像度、加工性、インプリントされたフィーチャの高い収縮及び費用対効果に関連する複数の問題を有している。加えて、インプリント材料の多くは、比較的低い硬度、破壊歪み、降伏強度、及び/又はエッチング耐性を有しており、これらは増加されると有利である。いくつかのインプリント材料は比較的高い弾性率を有し、これは低下されると有利である。

40

【0003】

[0003]したがって、これらナノインプリントフィルムを作製するための有利な物

50

理的特性及び関連プロセスを有する、改良されたナノインプリントフィルムが必要とされている。

【発明の概要】

【0004】

[0004] 本開示の実施形態は、概して、高密度化されたナノインプリントフィルム及びこのような高密度化されたナノインプリントフィルムを作製するための関連プロセスに関する。高密度化されたナノインプリントフィルムはまた、典型的には、それらが形成されるベースナノインプリントフィルム又は多孔性ナノインプリントフィルムと比べて、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムである。高密度化されたナノインプリントフィルムは、ナノインプリントリソグラフィ（NIL）フィルムとして有用でありうる。高密度化されたナノインプリントフィルム及び/又は光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムは、典型的には、比較的高い屈折率（ > 1.9 又は > 2 ）、並びに比較的高い硬度、破壊歪み、降伏強さ、及び/又はエッチング耐性（例えば、低減されたエッチング速度）と、比較的低い弾性率とを有する。

10

【0005】

[0005] 1つ又は複数の実施形態では、ナノインプリントフィルムを形成する方法は、多孔性ナノインプリントフィルムを含有する基板を、処理チャンバ内に位置決めすることを含み、多孔性ナノインプリントフィルムは、ナノ粒子とナノ粒子間のポイドとを含有し、多孔性ナノインプリントフィルムは2未満の屈折率を有する。本方法はまた、原子層堆積（ALD）プロセス中に光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成するために、多孔性ナノインプリントフィルム上及びポイドの少なくとも一部分内に金属酸化物を堆積させることを含む。

20

【0006】

[0006] いくつかの実施形態では、ナノインプリントフィルムを形成する方法は、ナノ粒子を含有するインプリント組成物を基板上に配置すること、インプリント組成物を、パターンを有するスタンプと接触させること、インプリント組成物を、多孔性ナノインプリントフィルムに変換すること、及び多孔性ナノインプリントフィルムからスタンプを除去することを含む。この方法はまた、多孔性ナノインプリントフィルムを含有する基板を、処理チャンバ内に位置決めすることを含み、多孔性ナノインプリントフィルムは、ナノ粒子とナノ粒子間のポイドとを含有し、多孔性ナノインプリントフィルムは2未満の屈折率を有する。本方法は、ALDプロセス中に、多孔性ナノインプリントフィルム上及びポイドの少なくとも一部分内に金属酸化物を堆積させて、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成することをさらに含み、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムは、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する。

30

【0007】

[0007] 他の実施形態では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムは、ナノ粒子とナノ粒子間のポイドとを有するベースナノインプリントフィルムを含有し、ベースナノインプリントフィルムは2未満の屈折率を有する。光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムはまた、ベースナノインプリントフィルム上に配置され、ポイドの少なくとも一部分内に含有される金属酸化物を含有する。金属酸化物は、ベースナノインプリントフィルムの屈折率を増加させる。

40

【0008】

[0008] 1つ又は複数の実施形態では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを含有する格子を備えた光学装置が提供され、本明細書で説明される。光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム及び/又は本明細書に記載及び説明される光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを製造するための方法のいずれもが、光学装置を製造するために使用され得る。例えば、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムは、ベースナノインプリントフィルム、及びベースナノインプリントフィルム上とナノ粒子間とに配置された金属酸化物を含み、ベースナノインプリントフィルムは、本明細書に記載及び説明されるように、2未満の屈折率を有する。

50

【図面の簡単な説明】

【0009】

【0009】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、上記に簡潔に要約された本開示の具体的な説明が、実施形態を参照することによって得られ、それら実施形態のいくつかは添付図面に示される。しかしながら、添付図面は、例示的な実施形態のみを示し、したがって、その範囲を限定するもの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得ることに留意されたい。

【0010】

【図1】【0010】A～Fは、本明細書に記載及び説明される1つ又は複数の実施形態による、ナノ粒子を含有するナノインプリントフィルムを調製する間に複数の動作を通して処理される加工物の断面図である。

10

【図2】【0011】A～Bは、本明細書に記載及び説明される1つ又は複数の実施形態による、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを調製するために処理されている加工物の断面図である。

【図3】【0012】本明細書に記載及び説明される1つ又は複数の実施形態による、光学装置の正面図である。

【0011】

【0013】理解を容易にするために、可能な場合には、図面に共通する同一の要素を示すために同一の参照番号が使用された。1つ又は複数の実施形態の要素及び特徴は、他の実施形態に有益に組み込まれ得ると想定される。

20

【発明を実施するための形態】

【0012】

【0014】1つ又は複数の実施形態では、ナノインプリントフィルムを形成する方法は、ベースナノインプリントフィルム又は多孔性ナノインプリントフィルムを含有する基板を、処理チャンバ内に位置決めすることを含み、多孔性ナノインプリントフィルムは、ナノ粒子とナノ粒子間のポイドとを含有し、多孔性ナノインプリントフィルムは2未満の屈折率を有する。ナノ粒子間に配置された空間などのポイドは、周囲空気、残留有機材料（例えば、1種以上の炭化水素及び/又は他の有機化合物）、微粒子、及び/又は約1、約1.2、又は約1.3から約1.4若しくは約1.5といった比較的低い屈折率を有することのできる1種以上の他の汚染材料を含有しうる。

30

【0013】

【0015】本方法はまた、原子層堆積（ALD）プロセス中に、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成するために、多孔性ナノインプリントフィルム上及びポイドの少なくとも一部分内に1種以上の金属酸化物を堆積させることを含む。ポイドは、少なくとも部分的に充填することができるか、実質的に充填することができるか、又は完全に充填することができる。例えば、ポイドによって占められる体積の少なくとも3%、少なくとも5%、又は少なくとも10%が、ALDプロセスによって金属酸化物で充填される。他の実施例では、ポイドによって占められる体積の約20%から約90%が、ALDプロセスによって金属酸化物で充填される。いくつかの実施例では、ポイドによって占められる体積の90%超、例えば約95%から100%が、ALDプロセスによって金属酸化物で充填される。光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムは、ベースナノインプリントフィルム又は多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する。

40

【0014】

【0016】1つ又は複数の実施形態では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率は、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約0.5%、約0.75%、約1%、約2%、約4%、又は約5%から約6%、約8%、約10%、約12%、約15%、約20%、約25%、約30%、又はそれよりも高い。例えば、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率は、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約0.5%から約30%高い。他の実施例では、光学的に高密度化された

50

ナノインプリントフィルムの屈折率は、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 0.65% から約 2.0% 高い。他の実施例では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率は、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 0.75% から約 1.0% 高い。いくつかの実施例では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率は、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 1% から約 6% 高い。

【0015】

[0017] 多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率は、約 1.50、約 1.65、又は約 1.75 から約 1.80、約 1.85、約 1.90、約 1.95、約 1.97、約 1.99、又は 2 未満である。1 つ又は複数の実施例では、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率は、約 1.5 から約 1.95 又は約 1.75 から約 1.95 である。光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率は、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い。いくつかの実施例では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率は約 1.8 以上である。例えば、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率は、約 1.8 から約 2.2、約 1.85 から約 2.15、又は約 1.9 から約 2.1 である。

10

【0016】

[0018] 高密度化されたナノインプリントフィルム及び/又は光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムのいずれもが、本明細書に記載及び議論されるように、単位体積あたりの質量を増加させることができる、並びに/又は多孔性ナノインプリントフィルム及び/若しくはベースナノインプリントフィルムよりも高い屈折率を有することができる。1 つ又は複数の実施形態では、高密度化されたナノインプリントフィルムは、多孔性ナノインプリントフィルム又はベースナノインプリントフィルムよりも、大きな値の硬度、大きな値の破壊歪み、大きな値の降伏強度、及び/又は大きな値のエッチング耐性を有する。いくつかの実施形態では、高密度化ナノインプリントフィルムは、多孔性ナノインプリントフィルム又はベースナノインプリントフィルムよりも、小さな値の弾性率を有する。

20

【0017】

[0019] 1 つ又は複数の実施形態では、ナノ粒子は、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化インジウムスズ、窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。本明細書に記載及び説明される任意のナノ粒子を使用して、多孔性ナノインプリントフィルムを調製することができる。金属酸化物は、1 つ又は複数の酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化インジウム、酸化インジウムスズ、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化スカンジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、酸化イットリウム、酸化プラセオジウム、酸化マグネシウム、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。金属酸化物の代わりに又は金属酸化物と共に、1 種以上の酸化ケイ素及び/又は窒化ケイ素を、多孔性ナノインプリントフィルム上及び/又は多孔性ナノインプリントフィルム中に堆積させることができる。例示的な酸化ケイ素は、一酸化ケイ素、二酸化ケイ素、 SiO_x ($2 > x > 1$) の 1 種以上の酸化ケイ素、1 種以上のケイ酸塩、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。金属酸化物は、ナノ粒子及び/又は多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率より高い、同屈率と等しい、又は同屈折率より低い屈折率を有することができる。金属酸化物の屈折率がナノ粒子及び/又は多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率以下であっても、金属酸化物は、ポイド内で置き換えられている 1 つ又は複数の物質、例えば空気、有機化合物、微粒子、及び/又は 1 種以上の他の汚染材料よりも高い屈折率を有する。

30

40

【0018】

ベースナノインプリントフィルム又は多孔性ナノインプリントフィルムのインプリント表面を調製するための方法

50

【0020】1つ又は複数の実施形態では、ナノインプリントリソグラフィ（NIL）フィルムなどのインプリント表面を調製するための方法が提供される。インプリント表面は、本明細書に記載及び説明されるベースナノインプリントフィルム又は多孔性ナノインプリントフィルムの1つ又は複数の露出表面である。この方法は、1つ又は複数の基板上にインプリント組成物を配置するか、コーティングするか、又は他の方法で置くこと、インプリント組成物を、パターンを有するスタンプと接触させること、インプリント組成物を、インプリント材料（例えば、多孔性ナノインプリントフィルム）に変換すること、及びインプリント材料からスタンプを除去することを含む。いくつかの実施例では、基板（例えば、ウエハ）は、ガラス、石英、酸化ケイ素、例えばガラス基板又はガラスウエハとすることができるか、又はそれを含むことができる。他の実施例では、基板は、シリコン、シリコン-ゲルマニウム、プラスチック、及び/又は他の材料とすることができるか、又はそれを含むことができる。インプリント組成物及び/又は材料は、約1.7から約2.0、又は約1.7から2未満、例えば約1.9、1.85、又は1.80の屈折率を有することができる。スタンプ上の、インプリント表面に転写されるパターンは、1次元パターン、2次元パターン、又は3次元パターンとすることができる。

10

【0019】

【0021】図1A～Fは、本明細書に記載及び説明される1つ又は複数の実施形態による、ナノ粒子を含有するナノインプリントフィルム、例えばベースナノインプリントフィルム又は多孔性ナノインプリントフィルムを調製する間に複数の動作を通して処理される加工物の断面図である。多孔性ナノインプリントフィルムは、インプリントプロセスによって基板上に形成される。インプリントプロセスは、ナノ粒子を含有するインプリント組成物104を基板102上に配置することと、インプリント組成物104の上に又はインプリント組成物104に隣接してスタンプ120を位置合わせすることを含む（図1A）。インプリント組成物104は、パターンを有するスタンプ120で刻印されるか、又は他の方法でスタンプ120と接触させられる（図1B～1C）。インプリント組成物104は、多孔性ナノインプリントフィルム106に変換される（図1D）。いくつかの実施例では、熱及び/又は放射線（UV光）による硬化プロセスを使用して、インプリント組成物104を多孔性ナノインプリントフィルム106に変換する。スタンプ120は、基板102上に配置されたままの多孔性ナノインプリントフィルム106から除去される（図1E～1F）。多孔性ナノインプリントフィルム106のポアは、ナノ粒子の不完全な充填のために存在する最小有機マトリックスといった何らかの残留有機材料を有する。

20

30

【0020】

【0022】いくつかの実施例では、インプリント組成物は、スピンコーティング、ドロップキャスト、ブレードコーティング、及び/又は他のコーティングプロセスによって基板上に配置される。インプリント組成物は、所定の厚さを有するフィルム又は層として基板上に配置される。インプリント組成物の厚さは、約50nm、約80nm、約100nm、約120nm、約150nm、又は約200nmから約250nm、約300nm、約400nm、約500nm、約600nm、約800nm、約1000nm、約1200nmであるか、又はそれよりも厚い。例えば、インプリント組成物の厚さは、約50nmから約1000nm、約100nmから約1000nm、約200nmから約1000nm、約400nmから約1000nm、約500nmから約1,000nm、約600nmから約1,000nm、約800nmから約1,000nm、約50nmから約600nm、約100nmから約600nm、約200nmから約600nm、約400nmから約600nm、約500nmから約600nm、約50nmから約400nm、約100nmから約400nm、約200nmから約400nm、又は約300nmから約400nmである。

40

【0021】

【0023】インプリント組成物は、インプリント組成物を熱、紫外光、赤外光、可視光、マイクロ波放射、及び/又はそれらの任意の組み合わせに曝露することによって、イ

50

ンプリント材料（例えば、多孔性ナノインプリントフィルム）に変換される。1つ又は複数の実施例では、インプリント組成物をインプリント材料に変換するとき、インプリント組成物は、約300 nmから約365 nmの波長を有する光源に曝露される。他の実施例では、インプリント組成物をインプリント材料に変換するとき、インプリント組成物は、熱に曝露され、約30秒から約1時間の期間にわたり、約30 から約100 の温度に維持される。いくつかの実施例では、インプリント組成物は、熱に曝露され、約1分から約15分の期間にわたり、約50 から約60 の温度に維持される。

【0022】

光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを調製するための金属酸化物のALD

[0024] 1つ又は複数の実施形態において、1つ又は複数の金属酸化物は、ベースナノインプリントフィルム又は多孔性ナノインプリントフィルム上及びその内部に、ALD又は別の気相堆積プロセスによって堆積されるか又は他の様式で形成される。多孔性ナノインプリントフィルム内のポイド又はポイドの一部は、金属酸化物で少なくとも部分的に充填されて、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成する。上述のように、ポイドは、ALDプロセス中に、金属酸化物によって少なくとも部分的に充填されるか、実質的に充填されるか、又は完全に充填することができる。

【0023】

[0025] 図2A～Bは、本明細書に記載及び説明される1つ又は複数の実施形態による、多孔性ナノインプリントフィルムを光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムになるように変換させるために処理されている加工物の断面図である。フィーチャ130を含む多孔性ナノインプリントフィルム106は、図2Aに示されるように、基板102上に配置されたままである。多孔性ナノインプリントフィルム106は、複数の空間又はポイド110によって分離された複数のナノ粒子108を含有している。図2Bに示されるように、ALDプロセス又は別の気相堆積プロセスを使用して、ナノ粒子108間とポイド110中とに金属酸化物112を堆積させて、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム116を生成する。多孔性ナノインプリントフィルム106内に形成されたフィーチャ130は、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム116内に、完全ではなくとも、少なくとも実質的に保存される。

【0024】

[0026] ALDプロセスは、金属酸化物を堆積させるために、ALDサイクル中に多孔性ナノインプリントフィルムを金属前駆体及び酸化剤（及び/又は他の試薬）に連続的に曝露することを含む。ALDサイクルはまた、前駆体の各曝露間にパージガスの曝露を含む。例えば、ALDプロセスは、ALDサイクル中に、多孔性ナノインプリントフィルムを、金属前駆体、パージガス、酸化剤（及び/又は他の試薬）、及びパージガスに連続的に曝露することを含む。パージガスは、窒素（N₂）、アルゴン、ヘリウム、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。

【0025】

[0027] いくつかの実施例では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成する間に、ALDサイクルを1回実施して、金属酸化物を堆積させることができる。他の実施例では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成する間に、金属酸化物を堆積させるためにALDサイクルを2回以上実施することができる。例えば、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成する間に、金属酸化物を堆積させるために、ALDサイクルを、2、3、4、5、6、7、8、9、10、12、又は15回から約18、約20、約25、約30、約40、約50、約60、約80、約100回、又はそれよりも多い回数繰り返すことができる。

【0026】

[0028] 1つ又は複数の実施例では、金属酸化物が酸化アルミニウムであるか又は酸化アルミニウムを含有する場合、金属前駆体は、アルキルアルミニウム化合物などの1種以上のアルミニウム前駆体、例えば、トリメチルアルミニウム、トリエチルアルミニウム、トリプロピルアルミニウム、又はトリブチルアルミニウムなどである。酸化剤は、水

10

20

30

40

50

、酸素（ O_2 ）、オゾン、原子酸素、亜酸化窒素、過酸化水素、1種以上の有機過酸化物、それらのプラズマ、又はその任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。

【0027】

【0029】1つ又は複数の実施形態では、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムは、ナノ粒子、及び任意でナノ粒子間のボイドを有するベースナノインプリントフィルムを含有し、このベースナノインプリントフィルムは2未満の屈折率を有する。光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムはまた、ベースナノインプリントフィルム上に配置され、ボイドの少なくとも一部分内に含有される金属酸化物を含有する。光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムは、ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する。

10

【0028】

NILフィルムを調製するためのインプリント組成物

【0030】本開示の実施形態は、概して、ナノインプリントリソグラフィ（NIL）に有用なインプリント組成物及びインプリント材料（例えば、ベースナノインプリントフィルム又は多孔性ナノインプリントフィルム）に関する。インプリント組成物は、熱及び/又は1種若しくは複数種の放射線、例えば光若しくはマイクロ波を適用することによってインプリント材料に変換することができる。1つ又は複数の実施形態では、インプリント組成物は、1つ又は複数の種類のナノ粒子、1つ又は複数の表面リガンド、1つ又は複数の溶媒、1つ又は複数の添加物、及び1つ又は複数のアクリレートを含有する。

20

【0029】

【0031】ナノ粒子の各々は、単一の粒子（裸の粒子）であっても、又は例えばコアとコアの周りに配置された1つ又は複数のシェルとを含有する、コーティングされた粒子であってもよい。いくつかの実施例では、ナノ粒子は、粒子の外面に結合した1つ又は複数の種類の表面リガンド（例えば、連結NP又は安定化NP）を含有することができる。ナノ粒子は、球形、楕円形、ロッド状、立方体、ワイヤ、円筒形、長方形、又はそれらの組み合わせなどの、1つ又は複数の異なる形状又は形状寸法を有することができる。

【0030】

【0032】ナノ粒子又はコアは、約2 nm、約5 nm、約8 nm、約10 nm、約12 nm、約15 nm、約20 nm、約25 nm、約30 nm、又は約35 nmから約40 nm、約50 nm、約60 nm、約80 nm、約100 nm、約150 nm、約200 nm、約250 nm、約300 nm、約400 nm、約500 nm、又はそれより大きいサイズ又は直径を有することができる。例えば、ナノ粒子又はコアは、約2 nmから約500 nm、約2 nmから約300 nm、約2 nmから約200 nm、約2 nmから約150 nm、約2 nmから約100 nm、約2 nmから約80 nm、約2 nmから約60 nm、約2 nmから約50 nm、約2 nmから約40 nm、約2 nmから約30 nm、約2 nmから約20 nm、約2 nmから約15 nm、約2 nmから約10 nm、約10 nmから約500 nm、約10 nmから約300 nm、約10 nmから約200 nm、約10 nmから約150 nm、約10 nmから約100 nm、約10 nmから約80 nm、約10 nmから約60 nm、約10 nmから約50 nm、約10 nmから約40 nm、約10 nmから約30 nm、約10 nmから約20 nm、約10 nmから約15 nm、約50 nmから約500 nm、約50 nmから約300 nm、約50 nmから約200 nm、約50 nmから約150 nm、約50 nmから約100 nm、約50 nmから約80 nm、又は約50 nmから約60 nmのサイズ又は直径を有することができる。

30

40

【0031】

【0033】ナノ粒子は、1つ又は複数の金属酸化物、1つ又は複数の非金属酸化物、1つ又は複数の非金属窒化物、及び/又はダイヤモンド材料とすることができるか、又はそれを含有することができる。ナノ粒子は、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化インジウムスズ、窒化ケイ素、ダイヤモンド、又はそれらの任意の組み合わせを含有することができる。いくつかの実施形態

50

では、ナノ粒子がコアの周りに配置された1つ又は複数のシェルを含有する場合、コア及びシェルは、同じ材料又は異なる材料であり得る。1つ又は複数の実施例では、コアは酸化チタンを含有し、シェルは酸化ケイ素、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、又はそれらの任意の組合せを含有する。他の実施例では、コアは酸化ニオブを含有し、シェルは酸化ケイ素、酸化ジルコニウム、又はそれらの任意の組み合わせを含有する。いくつかの実施例では、コアは酸化ジルコニウムを含有し、シェルは酸化ケイ素を含有する。

【0032】

[0034]いくつかの実施例では、コアは約2nmから約500nmの直径を有し、シェルは約0.1nmから約100nmの厚さを有する。他の実施例では、コアは約5nmから約200nmの直径を有し、シェルは約0.5nmから約60nmの厚さを有する。いくつかの実施例では、コアは約10nmから約100nmの直径を有し、シェルは約1nmから約15nmの厚さを有する。

10

【0033】

[0035]1つ又は複数の実施形態において、インプリント組成物は、約0.1重量%、約0.5重量%、約1重量%、約2重量%、約3重量%、約5重量%、約6重量%、約8重量%、又は約10重量%から約12重量%、約15重量%、約18重量%、約20重量%、約22重量%、約24重量%、約25重量%、約28重量%、約30重量%、約32重量%、約35重量%、約38重量%、又は約40重量%のナノ粒子を含有する。例えば、インプリント組成物は、約0.1重量%から約40重量%、約0.5重量%から約40重量%、約0.5重量%から約35重量%、約0.5重量%から約32重量%、約0.5重量%から約30重量%、約0.5重量%から約28重量%、約0.5重量%から約25重量%、約0.5重量%から約22重量%、約0.5重量%から約20重量%、約0.5重量%から約18重量%、約0.5重量%から約15重量%、約0.5重量%から約12重量%、約0.5重量%から約10重量%、約0.5重量%から約8重量%、約0.5重量%から約6重量%、約0.5重量%から約5重量%、約0.5重量%から約4重量%、約0.5重量%から約3重量%、約0.5重量%から約2重量%、約0.5重量%から約1.5重量%、約0.5重量%から約1重量%、約2重量%から約40重量%、約2重量%から約35重量%、約2重量%から約32重量%、約2重量%から約30重量%、約2重量%から約28重量%、約2重量%から約25重量%、約2重量%から約22重量%、約2重量%から約20重量%、約2重量%から約18重量%、約2重量%から約15重量%、約2重量%から約12重量%、約2重量%から約10重量%、約2重量%から約8重量%、約2重量%から約6重量%、約2重量%から約5重量%、約2重量%から約4重量%、約2重量%から約3重量%、約5重量%から約40重量%、約5重量%から約35重量%、約5重量%から約30重量%、約5重量%から約28重量%、約5重量%から約25重量%、約5重量%から約22重量%、約5重量%から約20重量%、約5重量%から約18重量%、約5重量%から約15重量%、約5重量%から約12重量%、約5重量%から約10重量%、約5重量%から約8重量%、又は約5重量%から約6重量%のナノ粒子を含有する。

20

30

【0034】

[0036]他の実施形態では、インプリント組成物は、約40重量%、約50重量%、約55重量%、約60重量%、約62重量%、又は約65重量%から約68重量%、約70重量%、約75重量%、約80重量%、約85重量%、約88重量%、約90重量%、約92重量%、約93重量%、約94重量%、約95重量%、約96重量%、約97重量%、約98重量%、又はそれよりも多いナノ粒子を含有する。例えば、インプリント組成物は、約40重量%から約98重量%、約50重量%から約95重量%、約50重量%から約90重量%、約50重量%から約80重量%、約50重量%から約75重量%、約50重量%から約70重量%、約50重量%から約65重量%、約50重量%から約60重量%、約50重量%から約55重量%、約60重量%から約95重量%、約60重量%から約90重量%、約60重量%から約80重量%、約60重量%から約75重量%、約60重量%から約70重量%、約60重量%から約65重量%、約70重量%から約95

40

50

重量%、約70重量%から約90重量%、約70重量%から約80重量%、又は約70重量%から約75重量%のナノ粒子を含有する。

【0035】

[0037] 表面リガンドは、1種以上のカルボン酸、1種以上のエステル、1種以上のアミン、1種以上のアルコール、1種以上のシラン、それらの塩、それらの錯体、又はその任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。例示的な表面リガンドは、オレイン酸、ステアリン酸、プロピオン酸、安息香酸、パルミチン酸、ミリスチン酸、メチルアミン、オレイルアミン、ブチルアミン、ベンジルアルコール、オレイルアルコール、ブタノール、オクタノール、ドデカノール、オクテイルトリエトキシシラン、オクチルトリメトキシシラン (octeyl trimethoxy silane)、3-(トリメトキシシリル)プロピルメタクリレート、プロピルトリエトキシシラン、それらの塩、それらのエステル、それらの錯体、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。いくつかの実施例では、表面リガンドは、ナノ粒子の重量に基づいて、約8重量%から約50重量%の濃度である。

10

【0036】

[0038] インプリント組成物は、約0.5重量%、約1重量%、約2重量%、約3重量%、約5重量%、約7重量%、約8重量%、又は約10重量%から約12重量%、約15重量%、約18重量%、約20重量%、約25重量%、約30重量%、約35重量%、約40重量%、約45重量%、又は約50重量%の表面リガンドを含有する。例えば、インプリント組成物は、約0.5重量%から約50重量%、約1重量%から約50重量%、約3重量%から約50重量%、約5重量%から約50重量%、約5重量%から約40重量%、約5重量%から約35重量%、約5重量%から約30重量%、約5重量%から約25重量%、約5重量%から約20重量%、約5重量%から約15重量%、約5重量%から約10重量%、約10重量%から約50重量%、約10重量%から約40重量%、約10重量%から約35重量%、約10重量%から約30重量%、約10重量%から約25重量%、約10重量%から約20重量%、約10重量%から約15重量%、約15重量%から約50重量%、約15重量%から約40重量%、約15重量%から約35重量%、約15重量%から約30重量%、約15重量%から約25重量%、又は約15重量%から約20重量%の表面リガンドを含有する。

20

【0037】

[0039] 溶媒は、1つ又は複数のナノ粒子分散溶媒、1つ又は複数のインプリンティング溶媒、他の種類の溶媒、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。ナノ粒子分散溶媒は、1種以上のグリコールエーテル、アルコール、アセテート、それらのエステル、それらの塩、それらの誘導体、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。いくつかの実施例では、ナノ粒子分散溶媒は、1種以上のp-シリーズグリコールエーテル、1種以上のe-シリーズグリコールエーテル、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれらを含むことができる。1つ又は複数の実施例では、ナノ粒子分散溶媒は、プロピレングリコールメチルエーテルアセテート (PGMEA) を含有する。インプリンティング溶媒は、1種以上のアルコール、1種以上のエステル、それらの塩、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。1つ又は複数の実施例では、インプリンティング溶媒は、乳酸エチルを含有する。

30

40

【0038】

[0040] 1つ又は複数の実施形態では、インプリント組成物は、約50重量%、約55重量%、約60重量%、約62重量%、約65重量%、約68重量%、約70重量%、約72重量%、約75重量%、又は約80重量%から約83重量%、約85重量%、約87重量%、約88重量%、約90重量%、約92重量%、約94重量%、約95重量%、約97重量%、又は約98重量%の、1種以上の溶媒を含有する。例えば、インプリント組成物は、約50重量%から約98重量%、約60重量%から約98重量%、約60重量%から約95重量%、約60重量%から約90重量%、約60重量%から約88重量%

50

、約60重量%から約85重量%、約60重量%から約83重量%、約60重量%から約80重量%、約60重量%から約78重量%、約60重量%から約75重量%、約60重量%から約72重量%、約60重量%から約70重量%、約60重量%から約68重量%、約60重量%から約65重量%、約60重量%から約63重量%、約70重量%から約98重量%、約70重量%から約95重量%、約70重量%から約90重量%、約70重量%から約88重量%、約70重量%から約85重量%、約70重量%から約83重量%、約70重量%から約80重量%、約70重量%から約78重量%、約70重量%から約75重量%、約70重量%から約72重量%、約80重量%から約98重量%、約80重量%から約95重量%、約80重量%から約90重量%、約80重量%から約88重量%、約80重量%から約85重量%、約80重量%から約83重量%、又は約80重量%から約82重量%の1種以上の溶媒を含有する。

10

【0039】

[0041]いくつかの実施形態では、インプリント組成物は、約0.5重量%、約0.8重量%、約1重量%、約1.5重量%、約2重量%、約2.5重量%、約3重量%、約3.5重量%、約4重量%、約5重量%、又は約6重量%から約7重量%、約8重量%、約10重量%、約12重量%、約14重量%、約15重量%、約18重量%、約20重量%、又は約25重量%のナノ粒子分散溶媒を含有する。例えば、インプリント組成物は、約0.5重量%から約20重量%、約1重量%から約20重量%、約1重量%から約18重量%、約1重量%から約15重量%、約1重量%から約13重量%、約1重量%から約12重量%、約1重量%から約11重量%、約1重量%から約10重量%、約1重量%から約8重量%、約1重量%から約7重量%、約1重量%から約6重量%、約1重量%から約5重量%、約1重量%から約4重量%、約1重量%から約3重量%、約5重量%から約20重量%、約5重量%から約18重量%、約5重量%から約15重量%、約5重量%から約13重量%、約5重量%から約12重量%、約5重量%から約11重量%、約5重量%から約10重量%、約5重量%から約8重量%、約5重量%から約7重量%、約5重量%から約6重量%、約8重量%から約20重量%、約8重量%から約18重量%、約8重量%から約15重量%、約8重量%から約13重量%、約8重量%から約12重量%、約8重量%から約11重量%、約8重量%から約10重量%、又は約8重量%から約9重量%のナノ粒子分散溶媒を含有する。

20

【0040】

[0042]他の実施態様では、インプリント組成物は、約50重量%、約55重量%、約60重量%、約62重量%、約65重量%、約68重量%、又は約70重量%から約72重量%、約75重量%、約78重量%、約80重量%、約82重量%、約83重量%、約85重量%、約87重量%、約88重量%、約90重量%、又は約95重量%のインプリンティング溶媒を含有する。例えば、インプリント組成物は、約50重量%から約95重量%、約60重量%から約95重量%、約60重量%から約90重量%、約60重量%から約88重量%、約60重量%から約85重量%、約60重量%から約83重量%、約60重量%から約80重量%、約60重量%から約78重量%、約60重量%から約75重量%、約60重量%から約72重量%、約60重量%から約70重量%、約60重量%から約68重量%、約60重量%から約65重量%、約60重量%から約63重量%、約70重量%から約98重量%、約70重量%から約95重量%、約70重量%から約90重量%、約70重量%から約88重量%、約70重量%から約85重量%、約70重量%から約83重量%、約70重量%から約80重量%、約70重量%から約78重量%、約70重量%から約75重量%、約70重量%から約72重量%、約75重量%から約98重量%、約75重量%から約95重量%、約75重量%から約90重量%、約75重量%から約88重量%、約75重量%から約85重量%、約75重量%から約83重量%、約75重量%から約80重量%、又は約75重量%から約78重量%のインプリンティング溶媒を含有する。

30

40

【0041】

[0043]添加物は、1種以上のペルフルオロアルキルエーテル、1種以上のポリグリコール、1種以上の脂肪酸、1種以上のシラン、1種以上のシロキサン、又はそれらの

50

任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。例示的な添加物は、フッ素系界面活性剤、フルオロ添加物、及び/又はフッ化炭素（例えば、デュポン社から入手可能な、CAPSTONE（登録商標）FS-66又はFS-68フッ素系界面活性剤）、グリコール酸エトキシレートオレイルエーテル、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ラウリン酸、ミリスチン酸、ステアリン酸、パルミチン酸、ジメチルジエトキシシラン、ポリジメチルシロキサン、ポリジフェニルシロキサン、ヘキサメチルシクロトリシロキサン、オクタメチルシクロテトラシロキサン、シラノール末端ポリジメチルシロキサン、ビニル末端ポリジメチルシロキサン、1,2-プロパンジオール、それらの塩、それらのエステル、それらの錯体、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。添加物は、1種以上のジオール、3つ以上のアルコール基を有する1種以上のアルコール、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。1つ又は複数の実施例では、添加物は、1,2-プロパンジオールを含有する。いくつかの実施例では、添加物は、ナノ粒子の重量に基づいて、約0.01重量%から約2.5重量%の濃度である。

10

【0042】

[0044]インプリント組成物は、約0.01重量%、約0.05重量%、約0.1重量%、約0.2重量%、約0.3重量%、約0.5重量%、約0.8重量%、又は約1重量%から約1.2重量%、約1.5重量%、約1.8重量%、約2重量%、約2.5重量%、約3重量%、約3.5重量%、約4重量%、約5重量%、約6重量%、約8重量%、又は約10重量%の添加物を含有する。例えば、インプリント組成物は、約0.01重量%から約10重量%、約0.01重量%から約8重量%、約0.01重量%から約5重量%、約0.01重量%から約4重量%、約0.01重量%から約3重量%、約0.01重量%から約2重量%、約0.01重量%から約1重量%、約0.01重量%から約0.5重量%、約0.01重量%から約0.1重量%、約0.01重量%から約0.05重量%、約0.1重量%から約10重量%、約0.1重量%から約8重量%、約0.1重量%から約5重量%、約0.1重量%から約4重量%、約0.1重量%から約3重量%、約0.1重量%から約2重量%、約0.1重量%から約1重量%、約0.1重量%から約0.5重量%、約1重量%から約10重量%、約1重量%から約8重量%、約1重量%から約5重量%、約1重量%から約4重量%、約1重量%から約3重量%、約1重量%から約2重量%、又は約1重量%から約1.5重量%の添加物を含有する。

20

30

【0043】

[0045]アクリレートは、1種以上のメタクリレート、1種以上のエチルアクリレート、1種以上のプロピルアクリレート、1種以上のブチルアクリレート、1種以上の単官能性アクリレート、1種以上の二官能性アクリレート、1種以上の三官能性アクリレート、他の多官能性アクリレート、又はそれらの任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。例示的なアクリレートは、3-(トリメトキシシリル)プロピルメタクリレート(3-MPS)、3-(トリメトキシシリル)プロピルアクリレート、ジ(エチレングリコール)メチルエーテルメタクリレート、エチレングリコールメチルエーテルメタクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート、エチルメタクリレート、ヘキシルメタクリレート、メタクリル酸、ビニルメタクリレート、それらのモノマー、それらのポリマー、それらの塩、それらの錯体、又は任意の組み合わせとすることができるか、又はそれを含むことができる。いくつかの実施例では、アクリレートは、ナノ粒子の重量に基づいて、約0.05重量%から約10重量%の濃度である。

40

【0044】

[0046]インプリント組成物は、約0.1重量%、約0.2重量%、約0.3重量%、約0.5重量%、約0.8重量%、約1重量%から約1.2重量%、約1.5重量%、約1.8重量%、又は約2重量%、約2.2重量%、約2.3重量%、約2.5重量%、約2.8重量%、約3重量%、約3.2重量%、約3.5重量%、約3.8重量%、約4重量%、約5重量%、約6重量%、約8重量%、約10重量%、約12重量%、約15重量%、約18重量%、又は約20重量%のアクリレートを含有する。例えば、インプリ

50

ント組成物は、約 0.1 重量% から約 20 重量%、約 0.1 重量% から約 15 重量%、約 0.1 重量% から約 10 重量%、約 0.1 重量% から約 8 重量%、約 0.1 重量% から約 5 重量%、約 0.1 重量% から約 4 重量%、約 0.1 重量% から約 3 重量%、約 0.1 重量% から約 2 重量%、約 0.1 重量% から約 1 重量%、約 0.1 重量% から約 0.5 重量%、約 1 重量% から約 20 重量%、約 1 重量% から約 15 重量%、約 1 重量% から約 10 重量%、約 1 重量% から約 8 重量%、約 1 重量% から約 5 重量%、約 1 重量% から約 4 重量%、約 1 重量% から約 3.5 重量%、約 1 重量% から約 3.2 重量%、約 1 重量% から約 3 重量%、約 1 重量% から約 2.8 重量%、約 1 重量% から約 2.5 重量%、約 1 重量% から約 2.3 重量%、約 1 重量% から約 2.2 重量%、約 1 重量% から約 2 重量%、約 1 重量% から約 1.8 重量%、約 1 重量% から約 1.5 重量%、約 1.8 重量% から約 20 重量%、約 1.8 重量% から約 15 重量%、約 1.8 重量% から約 10 重量%、約 1.8 重量% から約 8 重量%、約 1.8 重量% から約 5 重量%、約 1.8 重量% から約 4 重量%、約 1.8 重量% から約 3.5 重量%、約 1.8 重量% から約 3.2 重量%、約 1.8 重量% から約 3 重量%、約 1.8 重量% から約 2.8 重量%、約 1.8 重量% から約 2.5 重量%、約 1.8 重量% から約 2.3 重量%、約 1.8 重量% から約 2.2 重量%、又は約 1.8 重量% から約 2 重量% のアクリレートを含む。

10

【 0 0 4 5 】

[0 0 4 7] 1 つ又は複数の実施例では、インプリント組成物は、約 0.5 重量% から約 40 重量% のナノ粒子、約 50 重量% から約 90 重量% の 1 つ又は複数の溶媒、約 5 重量% から約 40 重量% の表面リガンド、約 0.01 重量% から約 5 重量% の添加物、及び約 0.1 重量% から約 10 重量% のアクリレートを含む。他の実施例では、インプリント組成物は、約 1 重量% から約 25 重量% のナノ粒子、約 60 重量% から約 85 重量% の 1 つ又は複数の溶媒、約 6 重量% から約 35 重量% の表面リガンド、約 0.05 重量% から約 3 重量% の添加物、及び約 0.3 重量% から約 8 重量% のアクリレートを含む。いくつかの実施例では、インプリント組成物は、約 5 重量% から約 20 重量% のナノ粒子、約 65 重量% から約 80 重量% の 1 つ又は複数の溶媒、約 7 重量% から約 31 重量% の表面リガンド、約 0.09 重量% から約 1.5 重量% の添加物、及び約 0.5 重量% から約 6 重量% のアクリレートを含む。

20

【 0 0 4 6 】

[0 0 4 8] インプリント組成物は、約 1 cP、約 2 cP、約 3 cP、約 5 cP、約 8 cP、又は約 10 cP から約 12 cP、約 15 cP、約 20 cP、約 25 cP、約 30 cP、約 40 cP、約 50 cP、又は約 70 cP の粘度を有することができる。例えば、インプリント組成物は、約 1 cP から約 70 cP、約 1 cP から約 50 cP、約 1 cP から約 40 cP、約 1 cP から約 30 cP、約 1 cP から約 20 cP、約 1 cP から約 10 cP、約 1 cP から約 5 cP、約 10 cP から約 70 cP、約 10 cP から約 50 cP、約 10 cP から約 40 cP、約 10 cP から約 30 cP、約 10 cP から約 20 cP、約 20 cP から約 70 cP、約 20 cP から約 50 cP、約 20 cP から約 40 cP、約 20 cP から約 30 cP、又は約 20 cP から約 25 cP の粘度を有することができる。

30

【 0 0 4 7 】

[0 0 4 9] 1 つ又は複数の実施形態では、インプリント組成物中の 1 種以上のアクリレートは、多孔性ナノインプリントフィルムなどのインプリント材料を生成（例えば、硬化又は他の方法で変換）する間に、重合及び/又はオリゴマー化することができる。

40

【 0 0 4 8 】

[0 0 5 0] 以下は、本明細書に記載及び説明される実施形態によって生成することのできるインプリント組成物のいくつかの理論的な実施例である。

ジェネリック製剤	
成分	濃度 (重量%)
N P s	0. 5%~2 5%
表面リガンド	0. 5%~2 0%
分散溶媒	5%~2 0%
アクリレート	0. 5%~1 0%
インプリンティング溶媒	6 0%~8 0%
ジオール添加物	0. 5%~8%
界面活性剤添加物	0. 0 1%~1%
合計	1 0 0

10

理論実施例 1		
成分	濃度 (重量%)	量 (g)
N P s (T i O ₂)	1 0%	1 0
表面リガンド	2%	2
P G M E A	1 2%	1 2
3-M P S	2. 3%	2. 3
乳酸エチル	7 1%	7 1
1, 2-プロパンジオール	3%	3
界面活性剤 (F S 6 6)	0. 1 5%	0. 1 5
合計	1 0 0	1 0 0

20

30

理論実施例 2		
成分	濃度 (重量%)	量 (g)
N P s (T i O ₂)	6. 5%	6. 5
表面リガンド	1. 5%	1. 5
P G M E A	8%	8
3-M P S	2. 3%	2. 3
乳酸エチル	7 9%	7 9
1, 2-プロパンジオール	2. 5 5%	2. 5 5
界面活性剤 (F S 6 6)	0. 1 5%	0. 1 5
合計	1 0 0	1 0 0

40

【 0 0 4 9 】

[0 0 5 1] 図 3 は、本明細書に記載及び説明される 1 つ又は複数の実施形態による、

50

図 2 B に示される光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム 3 0 6 を含む光学装置 3 0 0 の正面図である。本明細書に記載される任意の実施形態において、図 2 B に示される光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム 1 1 6 は、図 3 に示されるように、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム 3 0 6 と同じであるか、又はそのようなフィルムとして使用され得る。以下に記載される光学装置 3 0 0 は、例示的な光学装置であると理解されたい。1 つ又は複数の実施形態では、光学装置 3 0 0 は、拡張現実導波路結合器のような導波路結合器である。他の実施形態では、光学装置 3 0 0 は、メタサーフェスなどの平坦な光学装置である。光学装置 3 0 0 は、複数のデバイス構造 3 0 4 を含む。デバイス構造 3 0 4 は、サブマイクロ寸法、例えば、1 μm 未満の限界寸法といったナノサイズの寸法を有するナノ構造であってもよい。1 つ又は複数の実施形態では、デバイス構造 3 0 4 の領域は、格子エリア 3 0 2 a 及び 3 0 2 b といった 1 つ又は複数の格子 3 0 2 に対応する。1 つ又は複数の実施形態では、光学装置 3 0 0 は、第 1 の格子エリア 3 0 2 a 及び第 2 の格子エリア 3 0 2 b を含み、第 1 の格子エリア 3 0 2 a 及び 3 0 2 b の各々は、それぞれが複数のデバイス構造 3 0 4 を含む。

10

【 0 0 5 0 】

[0 0 5 2] 格子 3 0 2 の深さは、本明細書に記載される実施形態における格子エリア 3 0 2 a 及び 3 0 2 b を横切って変化する。いくつかの実施形態では、格子 3 0 2 の深さは、第 1 の回折格子エリア 3 0 2 a にわたって、及び第 2 の回折格子エリア 3 0 2 b にわたって滑らかに変化する。1 つ又は複数の実施例では、深さは、格子エリアの 1 つを横切って約 1 0 n m から約 4 0 0 n m の範囲とすることができる。格子エリア 3 0 2 a は、いくつかの実施例では、所与の側面において約 2 0 m m から約 5 0 m m の範囲とすることができる。したがって、いくつかの実施例として、格子 3 0 2 の深さの変化の角度は、0 . 0 0 0 5 度のオーダーであり得る。

20

【 0 0 5 1 】

[0 0 5 3] 本明細書に記載される実施形態では、デバイス構造 3 0 4 は、レーザアブレーションを使用して生成することができる。本明細書で使用されるレーザアブレーションは、デバイス材料内に三次元微細構造を生成するために、又は任意で、可変深さ構造プロセスの一部として、デバイス材料を覆う犠牲層内に可変深さ構造を生成するために、使用される。光学構造 3 0 4 を生成するためにレーザアブレーションを使用することにより、既存の方法よりも少ない処理工程及び高い可変深度分解能が可能になる。

30

【 0 0 5 2 】

[0 0 5 4] 本開示の実施形態はさらに、以下の段落 1 ~ 6 8 のうちのいずれか 1 つ又は複数に関する。

【 0 0 5 3 】

[0 0 5 5] 1 . ナノインプリントフィルムを形成する方法であって、処理チャンバ内に多孔性ナノインプリントフィルムを含む基板を位置決めすることであって、多孔性ナノインプリントフィルムはナノ粒子とナノ粒子間のポイドとを含み、多孔性ナノインプリントフィルムは 2 未満の屈折率を有する、基板を位置決めすること、及び多孔性ナノインプリントフィルム上とポイドの少なくとも一部分内とに金属酸化物を堆積させて、原子層堆積 (A L D) プロセス中に光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成することを含む方法。

40

【 0 0 5 4 】

[0 0 5 6] 2 . 金属酸化物が、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する、段落 1 に記載の方法。

【 0 0 5 5 】

[0 0 5 7] 3 . 金属酸化物が、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも低い屈折率を有する、段落 1 又は 2 に記載の方法。

【 0 0 5 6 】

[0 0 5 8] 4 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムが、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する、段落 1 ~ 3 のいずれか 1 つに

50

記載の方法。

【 0 0 5 7 】

[0 0 5 9] 5 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 0 . 5 % から約 3 0 % 高い、段落 4 に記載の方法。

【 0 0 5 8 】

[0 0 6 0] 6 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 0 . 7 5 % から約 1 0 % 高い、段落 5 に記載の方法。

【 0 0 5 9 】

[0 0 6 1] 7 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 1 % から約 6 % 高い、段落 6 に記載の方法。

【 0 0 6 0 】

[0 0 6 2] 8 . 多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率が約 1 . 5 から約 1 . 9 5 である、段落 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 6 1 】

[0 0 6 3] 9 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が約 1 . 8 以上である、段落 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 6 2 】

[0 0 6 4] 1 0 . 金属酸化物が、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化インジウム、酸化インジウムスズ、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化スカンジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、酸化イットリウム、酸化プラセオジウム、酸化マグネシウム、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、段落 1 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 6 3 】

[0 0 6 5] 1 1 . ナノ粒子が、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化インジウムスズ、窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、段落 1 ~ 1 0 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 6 4 】

[0 0 6 6] 1 2 . A L D プロセスが、金属酸化物を堆積させるために、A L D サイクル中に多孔性ナノインプリントフィルムを金属前駆体及び酸化剤に連続的に曝露することを含む、段落 1 ~ 1 1 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 6 5 】

[0 0 6 7] 1 3 . A L D サイクルが、A L D プロセス中に金属酸化物を堆積させる間に 1 回から約 5 0 回繰り返される、段落 1 2 に記載の方法。

【 0 0 6 6 】

[0 0 6 8] 1 4 . ボイドによって占められる体積の少なくとも 3 % が、A L D プロセスによって金属酸化物で充填される、段落 1 ~ 1 3 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 6 7 】

[0 0 6 9] 1 5 . ボイドによって占められる体積の約 2 0 % から約 9 0 % が、A L D プロセスによって金属酸化物で充填される、段落 1 ~ 1 4 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 6 8 】

[0 0 7 0] 1 6 . ナノ粒子を含むインプリント組成物を基板上に配置すること、インプリント組成物を、パターンを有するスタンプと接触させること、インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換すること、及び多孔性ナノインプリントフィルムからスタンプを除去することを含むインプリントプロセスによって、多孔性ナノインプリントフィルムが基板上に形成される、段落 1 ~ 1 5 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 6 9 】

[0 0 7 1] 1 7 . インプリント組成物を、熱、紫外光、赤外光、可視光、マイクロ

10

20

30

40

50

波放射、又はそれらの任意の組み合わせに曝露することによって、インプリント組成物が多孔性ナノインプリントフィルムに変換される、段落 16 に記載の方法。

【0070】

[0072] 18. インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換することが、インプリント組成物を約 300 nm から約 365 nm の波長を有する光源に曝露することをさらに含む、段落 16 に記載の方法。

【0071】

[0073] 19. インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換することが、インプリント組成物を、約 30 秒から約 1 時間の期間にわたって約 30 から約 100 の温度に加熱することをさらに含む、段落 16 に記載の方法。

10

【0072】

[0074] 20. インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換することが、インプリント組成物を、約 1 分から約 15 分の期間にわたって約 50 から約 60 の温度に加熱することをさらに含む、段落 16 に記載の方法。

【0073】

[0075] 21. インプリント組成物が、スピンコーティング、ドロップキャスト、又はブレードコーティングによって基板上に配置される、段落 16 に記載の方法。

【0074】

[0076] 22. インプリント組成物が、約 50 nm から約 1000 nm の厚さを有する層として基板上に配置される、段落 16 に記載の方法。

20

【0075】

[0077] 23. インプリント組成物が、約 100 nm から約 400 nm の厚さを有する層として基板上に配置される、段落 16 に記載の方法。

【0076】

[0078] 24. スタンプ上のパターンが、1次元パターン、2次元パターン、又は3次元パターンである、段落 16 に記載の方法。

【0077】

[0079] 25. ナノインプリントフィルムを形成する方法であって、ナノ粒子を含むインプリント組成物を基板上に配置すること、インプリント組成物を、パターンを有するスタンプと接触させること、インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換すること、多孔性ナノインプリントフィルムからスタンプを除去すること、多孔性ナノインプリントフィルムを含む基板を処理チャンバ内に配置することであって、多孔性ナノインプリントフィルムが、ナノ粒子とナノ粒子間のポイドとを含み、多孔性ナノインプリントフィルムが 2 未満の屈折率を有する、基板を処理チャンバ内に配置すること、及び原子層堆積 (ALD) プロセス中に光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを生成するために多孔性ナノインプリントフィルム上とポイドの少なくとも一部分内とに金属酸化物を堆積させることであって、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムが、多孔性ナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する、金属酸化物を堆積させることを含む方法。

30

【0078】

[0080] 26. ナノ粒子とナノ粒子間のポイドとを含むベースナノインプリントフィルムであって、2 未満の屈折率を有するベースナノインプリントフィルムと、ベースナノインプリントフィルム上に配置され、ポイドの少なくとも一部分内に含まれる金属酸化物とを含む光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムであって、ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

40

【0079】

[0081] 27. 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 0.5% から約 30% 高い、段落 26 に記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

50

【 0 0 8 0 】

[0 0 8 2] 2 8 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 0 . 7 5 % から約 1 0 % 高い、段落 2 7 に記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 8 1 】

[0 0 8 3] 2 9 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 1 % から約 6 % 高い、段落 2 8 に記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 8 2 】

[0 0 8 4] 3 0 . ベースナノインプリントフィルムの屈折率が約 1 . 5 から約 1 . 9 5 である、段落 2 6 ~ 2 9 のいずれか 1 つに記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

10

【 0 0 8 3 】

[0 0 8 5] 3 1 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が約 1 . 8 から約 2 . 0 5 である、段落 2 6 ~ 3 0 のいずれか 1 つに記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 8 4 】

[0 0 8 6] 3 2 . 金属酸化物が、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化インジウム、酸化インジウムスズ、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化スカンジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、酸化イットリウム、酸化プラセオジウム、酸化マグネシウム、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、段落 2 6 ~ 3 1 のいずれか 1 つに記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

20

【 0 0 8 5 】

[0 0 8 7] 3 3 . ナノ粒子が、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化インジウムスズ、窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、段落 2 6 ~ 3 2 のいずれか 1 つに記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 8 6 】

[0 0 8 8] 3 4 . ベースナノインプリントフィルム中のボイドによって占められる体積の少なくとも 3 % が、金属酸化物を含有する、段落 2 6 ~ 3 3 のいずれか 1 つに記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

30

【 0 0 8 7 】

[0 0 8 9] 3 5 . ベースナノインプリントフィルム中のボイドによって占められる体積の約 2 0 % から約 9 0 % が、金属酸化物を含有する、段落 2 6 ~ 3 4 のいずれか 1 つに記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 8 8 】

[0 0 9 0] 3 6 . 段落 1 ~ 2 5 のいずれか 1 つに記載の方法によって生成された光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを含む、格子を備えた光学装置。

【 0 0 8 9 】

[0 0 9 1] 3 7 . 段落 2 6 ~ 3 5 のいずれか 1 つに記載の光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを含む、格子を備えた光学装置。

40

【 0 0 9 0 】

[0 0 9 2] 3 8 . 光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムを含む、格子を備えた光学装置であって、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムが、ナノ粒子とナノ粒子間のボイドとを含むベースナノインプリントフィルムであって、2 未満の屈折率を有するベースナノインプリントフィルムと、ベースナノインプリントフィルム上に配置され、ボイドの少なくとも一部分内に含まれる金属酸化物とを含み、光学的に高密度化されたナノインプリントフィルムが、ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも高い屈折率を有する、光学装置。

50

【 0 0 9 1 】

【 0 0 9 3 】 3 9 . 高密度化されたナノインプリントフィルムであって、ナノ粒子を含むベースナノインプリントフィルムであって、ナノ粒子が、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化インジウムスズ、窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、ベースナノインプリントフィルムと、ベースナノインプリントフィルム上とナノ粒子の間とに配置された金属酸化物であって、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化インジウム、酸化インジウムスズ、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化スカンジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、酸化イットリウム、酸化プラセオジウム、酸化マグネシウム、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む金属酸化物とを含む、高密度化されたナノインプリントフィルム。

10

【 0 0 9 2 】

【 0 0 9 4 】 4 0 . ベースナノインプリントフィルムが、ナノ粒子間に配置されたポイドを含み、金属酸化物が、ポイド内に少なくとも部分的に配置されている、段落 3 9 に記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 9 3 】

【 0 0 9 5 】 4 1 . ベースナノインプリントフィルム中のポイドによって占められる体積の少なくとも 3 % が金属酸化物を含有する、段落 4 0 に記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 9 4 】

【 0 0 9 6 】 4 2 . ベースナノインプリントフィルム中のポイドによって占められる体積の約 2 0 % から約 9 0 % が金属酸化物を含有する、段落 4 1 に記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

20

【 0 0 9 5 】

【 0 0 9 7 】 4 3 . ナノ粒子が酸化チタンを含む、段落 3 9 ~ 4 2 のいずれか 1 つに記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 9 6 】

【 0 0 9 8 】 4 4 . 金属酸化物が酸化アルミニウムを含む、段落 4 3 に記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 9 7 】

【 0 0 9 9 】 4 5 . ベースナノインプリントフィルムが、スピンコーティングプロセスを含むインプリントプロセスによるフィルムであり、金属酸化物が、原子層堆積プロセスによって堆積されたコーティングである、段落 3 9 ~ 4 4 のいずれか 1 つに記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

30

【 0 0 9 8 】

【 0 0 1 0 0 】 4 6 . ベースナノインプリントフィルムよりも高い硬度、破壊歪み、降伏強度、及び/又はエッチング耐性の値を有する、段落 3 9 ~ 4 5 のいずれか 1 つに記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 0 9 9 】

【 0 0 1 0 1 】 4 7 . ベースナノインプリントフィルムよりも低い弾性係数の値を有する、段落 3 9 ~ 4 6 のいずれか 1 つに記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

40

【 0 1 0 0 】

【 0 0 1 0 2 】 4 8 . 高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも約 0 . 5 % から約 3 0 % 高い、請求項 3 9 ~ 4 7 のいずれか 1 つに記載の高密度化されたナノインプリントフィルム。

【 0 1 0 1 】

【 0 0 1 0 3 】 4 9 . ナノインプリントフィルムを形成する方法であって、処理チャンバ内に多孔性ナノインプリントフィルムを含む基板を位置決めすることであって、多孔性ナノインプリントフィルムが、ナノ粒子とナノ粒子間のポイドとを含み、ナノ粒子が、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロ

50

ム、酸化インジウムスズ、窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、基板を位置決めすること、並びに原子層堆積（ALD）プロセス中に高密度化ナノインプリントフィルムを生成するために多孔性ナノインプリントフィルム上とボイドの少なくとも一部分内とに金属酸化物を堆積させることであって、金属酸化物が、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化インジウム、酸化インジウムスズ、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化スカンジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、酸化イットリウム、酸化プラセオジウム、酸化マグネシウム、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、金属酸化物を堆積させることを含む方法。

【0102】

【00104】50． ALDプロセスが、金属酸化物を堆積させるために、ALDサイクル中に多孔性ナノインプリントフィルムを金属前駆体及び酸化剤に連続的に曝露することを含む、段落49に記載の方法。

10

【0103】

【00105】51． ALDサイクルが、ALDプロセス中に金属酸化物を堆積させる間に2回から約50回繰り返される、段落50に記載の方法。

【0104】

【00106】52． ボイドによって占められる体積の少なくとも3%が、ALDプロセスによって金属酸化物で充填される、段落49～51のいずれか1つに記載の方法。

【0105】

【00107】53． ボイドによって占められる体積の約20%から約90%が、ALDプロセスによって金属酸化物で充填される、段落49～52のいずれか1つに記載の方法。

20

【0106】

【00108】54． 高密度化されたナノインプリントフィルムが、ベースナノインプリントフィルムよりも高い硬度、破壊歪み、降伏強度、及び/又はエッチング耐性の値を有する、段落49～53のいずれか1つに記載の方法。

【0107】

【00109】55． 高密度化されたナノインプリントフィルムが、ベースナノインプリントフィルムよりも低い弾性率の値を有する、段落49～54のいずれか1つに記載の方法。

30

【0108】

【00110】56． 高密度化されたナノインプリントフィルムの屈折率が、ベースナノインプリントフィルムの屈折率よりも約0.5%から約30%高い、請求項49～55のいずれか1つに記載の方法。

【0109】

【00111】57． ナノ粒子を含むインプリント組成物を基板上に配置すること、インプリント組成物を、パターンを有するスタンプと接触させること、インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換すること、及び多孔性ナノインプリントフィルムからスタンプを除去することを含むインプリントプロセスによって、多孔性ナノインプリントフィルムが基板上に形成される、段落49～56のいずれか1つに記載の方法。

40

【0110】

【00112】58． インプリント組成物を、熱、紫外光、赤外光、可視光、マイクロ波放射、又はそれらの任意の組み合わせに曝露することによって、インプリント組成物が多孔性ナノインプリントフィルムに変換される、段落57に記載の方法。

【0111】

【00113】59． インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換することが、インプリント組成物を約300nmから約365nmの波長を有する光源に曝露することをさらに含む、段落57に記載の方法。

【0112】

【00114】60． インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換

50

することが、インプリント組成物を、約30秒から約1時間の期間にわたって約30 から約100 の温度に加熱することをさらに含む、段落57に記載の方法。

【0113】

[00115]61. インプリント組成物を多孔性ナノインプリントフィルムに変換することが、インプリント組成物を、約1分から約15分の期間にわたって約50 から約60 の温度に加熱することをさらに含む、段落57に記載の方法。

【0114】

[00116]62. インプリント組成物が、スピコートイング、ドロップキャストイング、又はブレードコートイングによって基板上に配置される、段落57に記載の方法。

【0115】

[00117]63. インプリント組成物が、約50nmから約1000nmの厚さを有する層として基板上に配置される、段落57に記載の方法。

【0116】

[00118]64. インプリント組成物が、約100nmから約400nmの厚さを有する層として基板上に配置される、段落57に記載の方法。

【0117】

[00119]65. スタンプ上のパターンが、1次元パターン、2次元パターン、又は3次元パターンである、段落57に記載の方法。

【0118】

[00120]66. 段落39から48のいずれか1つに記載の高密度化されたナノインプリントフィルムを含む、格子を備えた光学装置。

【0119】

[00121]67. 段落49～65のいずれか1つに記載の方法によって生成された高密度化されたナノインプリントフィルムを含む、格子を備えた光学装置。

【0120】

[00122]68. 高密度化されたナノインプリントフィルムを含む、格子を備えた光学装置であって、高密度化されたナノインプリントフィルムが、ナノ粒子を含むベースナノインプリントフィルムであって、ナノ粒子が、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化インジウムスズ、窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、ベースナノインプリントフィルムと、ベースナノインプリントフィルム上とナノ粒子間とに配置された金属酸化物であって、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化インジウムスズ、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化スカンジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、酸化イットリウム、酸化プラセオジウム、酸化マグネシウム、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、又はそれらの任意の組み合わせを含む、金属酸化物とを含む、光学装置。

【0121】

[00123]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せずに他の実施形態及びさらなる実施形態が考案されてよく、本開示の範囲は、特許請求の範囲によって決定される。本明細書に記載されるすべての文献は、本明細書の本文と矛盾しない限りにおいて、あらゆる優先文書及び/又は試験手順を含め、参照により本明細書に援用される。上述した概要及び具体的な実施形態から自明であるように、本開示の形態が図示され説明されているが、本開示の本質及び範囲から逸脱せずに、種々の変更を行うことができる。したがって、図示及び説明されている本開示の形態によって本開示が限定されることは意図されていない。同様に、「含む (comprising)」という語は、米国法の解釈での「含む (including)」という語の同義語であると見なされる。同様に、組成物、要素、又は要素の群が「含む (comprising)」という移行表現 (transitional phrase) に先行する場合は常に、組成物、要素、又は群の列挙に続く「から本質的になる」、「からなる」、「からな

10

20

30

40

50

る群から選択される」、又は「である」という移行表現を有する同組成物又は要素群が想定され、その逆も同様であると理解される。

【 0 1 2 2 】

[0 0 1 2 4] 特定の実施形態及び特徴は、一組の数値上限及び一組の数値下限を使用して記載された。別途指示されない限り、任意の2つの値の組み合わせ、例えば、任意の下方値と任意の上方値との組み合わせ、任意の2つの下方値の組み合わせ、及び/又は任意の2つの上方値の組み合わせを含む範囲が想定されると理解されたい。1つ又は複数の請求項には、特定の下限、上限、及び範囲が記載される。

10

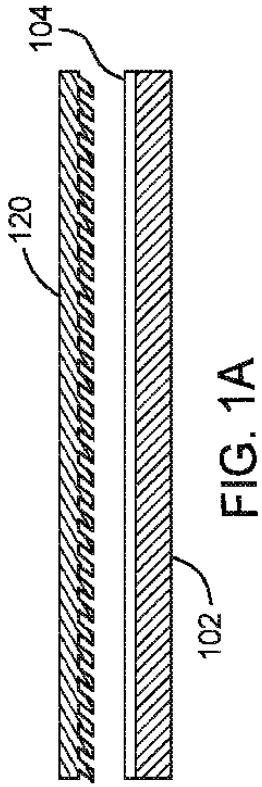
20

30

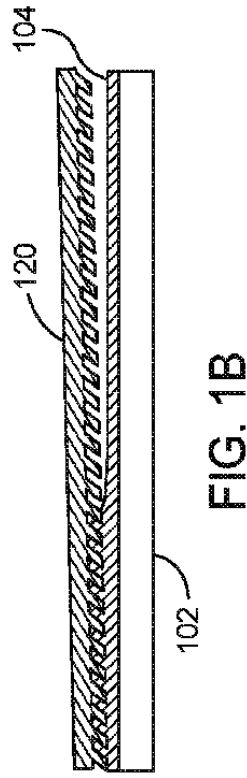
40

50

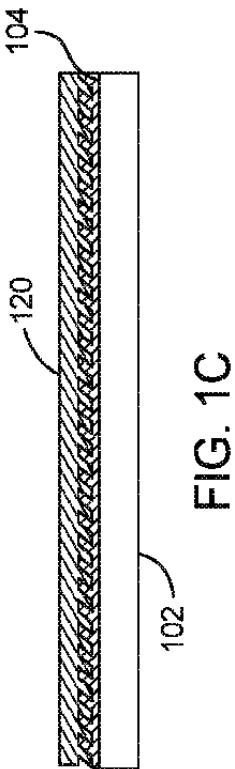
【図面】
【図 1 A】



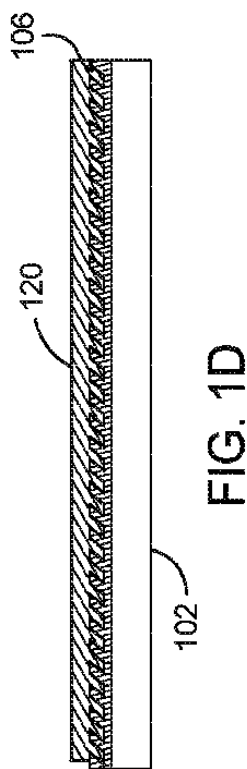
【図 1 B】



【図 1 C】



【図 1 D】



10

20

30

40

50

【 1 E 】

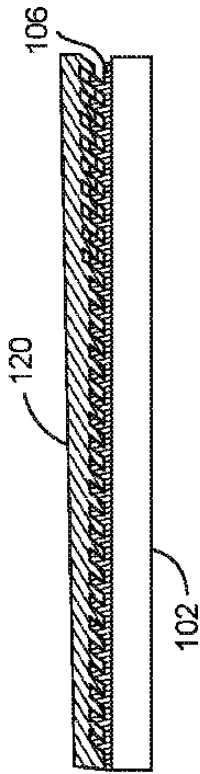


FIG. 1E

【 1 F 】



FIG. 1F

【 2 A - 2 B 】

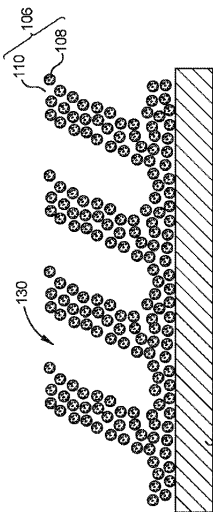


FIG. 2A

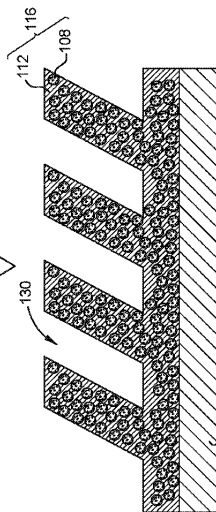


FIG. 2B

【 3 】

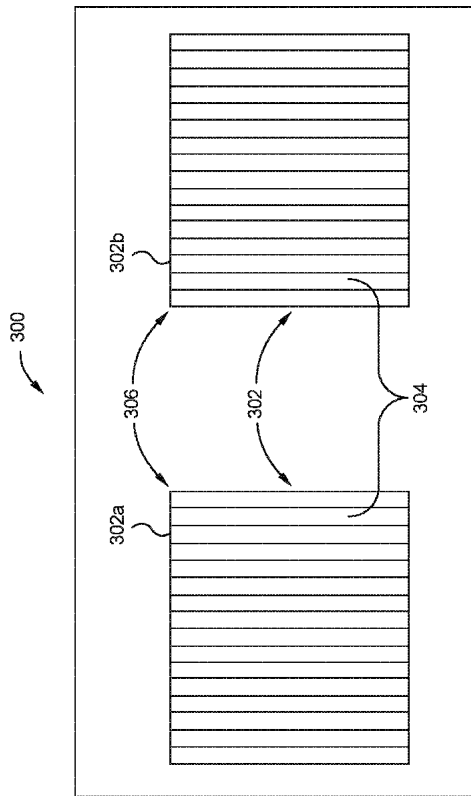


FIG. 3

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 63/012,691

(32)優先日 令和2年4月20日(2020.4.20)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 17/136,959

(32)優先日 令和2年12月29日(2020.12.29)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

前置審査

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 ハウラニ, ラミ

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 大野 賢一

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 メルニーク, ユリー

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 ジョシ, アミタ

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 田中 秀直

(56)参考文献 国際公開第2019/067912(WO, A1)

特開2019-123881(JP, A)

特開2015-158690(JP, A)

特開2012-174735(JP, A)

国際公開第2019/035579(WO, A1)

米国特許出願公開第2014/0072720(US, A1)

特開2016-105203(JP, A)

特開2020-49656(JP, A)

特開2020-59193(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G02B 5/00-5/32