

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6946611号

(P6946611)

(45) 発行日 令和3年10月6日 (2021. 10. 6)

(24) 登録日 令和3年9月21日 (2021. 9. 21)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 2 B 5/18 (2006. 01)

G 0 2 B 5/18

B 8 1 C 1/00 (2006. 01)

B 8 1 C 1/00

B 8 1 B 1/00 (2006. 01)

B 8 1 B 1/00

B 2 9 C 59/02 (2006. 01)

B 2 9 C 59/02

Z

B 2 9 L 9/00 (2006. 01)

B 2 9 L 9:00

請求項の数 17 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-552982 (P2019-552982)
 (86) (22) 出願日 平成30年4月18日 (2018. 4. 18)
 (65) 公表番号 特表2020-517981 (P2020-517981A)
 (43) 公表日 令和2年6月18日 (2020. 6. 18)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2018/028103
 (87) 国際公開番号 W02018/195159
 (87) 国際公開日 平成30年10月25日 (2018. 10. 25)
 審査請求日 令和2年5月22日 (2020. 5. 22)
 (31) 優先権主張番号 15/490, 566
 (32) 優先日 平成29年4月18日 (2017. 4. 18)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 599130449
 サウジ アラビアン オイル カンパニー
 サウジアラビア王国 3 1 3 1 1 ダーラ
 ン, イースタン アベニュー 1
 (74) 代理人 100080089
 弁理士 牛木 護
 (72) 発明者 ボベロ, エンリコ
 サウジアラビア王国, 3 1 3 1 1, ダーラ
 ン, ピーオーボックス 1 1 5 2 0, サウ
 ジ アラビアン オイル カンパニー内
 (72) 発明者 フィーリ, アジーズ
 サウジアラビア王国, 3 1 3 1 1, ダーラ
 ン, ピーオーボックス 1 1 5 2 0, サウ
 ジ アラビアン オイル カンパニー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 材料監視のためのスマートフォトンニック構造の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の材料を含む固体基材の表面上にフォトンニック構造を製造する方法であって、
 前記第 1 の材料の変形可能層を前記固体基材の前記表面上に堆積させることと、
 フォトンニック構造パターンと光学修正層を保持する型で前記変形可能層をエンボス加工
 することと、

前記型を所定の位置においた状態で、前記固体基材の前記表面と一体化するように前記
 変形可能層を固化して、前記固化された層に永久的なフォトンニック構造を形成することと

、
 前記変形可能層から前記型を取り外すことと、を含み、

前記型の前記光学修正層は、エンボス加工の際に前記変形可能層に転写され、固化され
 た前記変形可能層を有する前記固体基材の前記表面上のフォトンニック構造パターンの光学
 特性に影響を与えるように機能することができ、

前記固化するステップが、結晶化、溶媒蒸発、ガラス化、磁気レオロジー転移、および
 凝縮のうちの少なくとも 1 つを含む、方法。

【請求項 2】

前記フォトンニック構造が、少なくとも 1 次元に沿って配置された周期的特徴を含む、請
 求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記周期的特徴が、回折格子を形成する、請求項 2 に記載の方法。

10

20

【請求項 4】

前記周期的特徴が、2次元で配置される、請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

前記変形可能層が、前記変形可能層が前記固体基材上に堆積される時点で、流体、半粘性、または粘性のうちの1つの形態で堆積される、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記第1の材料が、ポリマー樹脂を含む、請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

前記変形可能層が、PDMS型を使用してエンボス加工するのに十分低い粘度を大気温度で有するように選択される、請求項6に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記変形可能層が、前記ポリマー樹脂が前記固体基材上に堆積される時点で、100～5000cPの範囲の粘度を有する、請求項7に記載の方法。

【請求項 9】

前記型が、ポリジメチルシロキサン(PDMS)で構成される、請求項1に記載の方法。

【請求項 10】

前記固化された層が、前記固体基材の表面の前記第1の材料と架橋を形成する、請求項1に記載の方法。

【請求項 11】

20

前記型と、前記光学修正層および前記第1の材料の前記固化された層のうち少なくとも一方と、の間の接着を防ぐために、エンボス加工の前に前記型に接着防止層を追加することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 12】

前記接着防止層が、単層を含む、請求項11に記載の方法。

【請求項 13】

固化時に前記変形可能層の特性を修正するために、エンボス加工の前に前記変形可能層に層を追加することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 14】

前記追加された層が、保護コーティングを含む、請求項13に記載の方法。

30

【請求項 15】

前記追加された層が、前記フォトリソ構造の光学特性を修正する、請求項13に記載の方法。

【請求項 16】

固体基材の表面上にフォトリソ構造を製造する方法であって、
前記固体基材の前記表面上に変形可能層を堆積させることと、
フォトリソ構造パターンと光学修正層を保持する型で前記変形可能層をエンボス加工することと、

前記型を所定の位置においた状態で、前記固体基材の前記表面と一体化するように前記変形可能層を固化して、前記固化された層に永久的なフォトリソ構造を形成することと

40

、
前記変形可能層から前記型を取り外すことと、を含み、
前記型の前記光学修正層は、エンボス加工の際に前記変形可能層に転写され、固化された前記変形可能層を有する前記固体基材の前記表面上のフォトリソ構造パターンの光学特性に影響を与えるように機能することができ、

前記変形可能層が、前記固化された層を前記固体基材にしっかりと埋め込むように、固化中に前記固体基材と架橋結合を形成し、

前記固化するステップが、結晶化、溶媒蒸発、ガラス化、磁気レオロジー転移、および凝縮のうちの少なくとも1つを含む、方法。

【請求項 17】

50

前記変形可能層と前記固体基材が同じ材料で構成されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面パターン化に関し、特に、材料監視のためのスマートフォトニック構造の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

産業上の懸念の多くは、タンクおよびパイプラインなどのインフラ設備を用いており、これらは経時的に腐食および摩耗に供される。そのような機器を従来の方法で損傷または変形について監視することは、しばしば困難であるか、または過度な負担となるかのいずれかである。便利な監視を可能にするために、監視対象の構造に「スマート」材料を一体化することができる。スマート材料としては、回折格子などのフォトニック要素が挙げられ、これは、それらが電磁放射に応答する方法の変化により、応力、変形、および／または欠陥の存在を示す。スマートフォトニック材料を現場の構造物に埋め込む、または貼り付けることが、構造物の健全性を監視する非破壊的で信頼性の高い正確な方法であることが見出された。

【0003】

スマート材料を一体化する従来の技術の問題の1つは、監視される構造がしばしばサイズが大きく、長距離にわたって拡張されることである。したがって、そのような構造に十分なスマート材料を装備することは、原型のフォトニック構造を大規模に製造するための方法が一般に費用がかかり、寸法、形状、および／またはプロファイルが制限された特定の種類の材料に限定されるため、課題である。2次元フォトニック材料を製造するための主な現在の技術には、ホログラフィック技術および刻線技術の2つがある。どちらの技術も、コスト効率の高い方法で製造を大きな面積寸法に拡大する能力に限界がある。さらに、ホログラフィックおよび刻線技術は一般に、ガラス、シリカ、およびシリコンなどの材料上の平坦な表面の構造化に適しており、湾曲した複雑な表面の構造化には容易に適合しない。

【0004】

したがって、スマート材料を製造し、構造、特に大きな表面積を有する構造に一体化するための、改善された費用対効果の高い技術が必要である。本発明は、これらのニーズのうちの1つまたは複数に対処する。

【発明の概要】

【0005】

本発明の一態様によれば、固体基材の表面上にフォトニック構造を製造する方法が提供される。本方法は、基材と同じ組成の変形可能層を基材表面に堆積させることと、フォトニック構造パターンを保持する型で変形可能層をエンボス加工することと、次いで、型を所定の位置においた状態で、固体基材の表面と一体化するように変形可能層を固化して、固化された層に永久的なフォトニック構造を形成することと、を含む。

【0006】

本発明の他の態様によれば、フォトニック構造は、少なくとも1次元に沿って配置された周期的特徴を含む。いくつかの実施態様では、周期的特徴が回折格子を形成する。いくつかの実施態様では、周期的特徴は、2次元で配置される。

【0007】

本発明の他の態様によれば、いくつかの実施形態では、基材表面および変形可能層は、ポリマー樹脂を含む。いくつかの実施態様では、ポリマー樹脂は、変形可能層の可能な材料の非限定的なリストとして、エポキシもしくはエポキシ複合材、ポリメチルメタクリレート、またはシアノアクリレートセメントである。いくつかの実施態様では、変形可能層は、基材の表面上に流体、半粘性、または粘性の形態で堆積される。特定の実施態様では

、変形可能層は、100～5000 cPの範囲の粘度を有する。

【0008】

本発明の他の態様によれば、いくつかの実施形態では、変形可能層は、既存の材料を部分的に溶解または溶融することによって作り出すことができる。この部分的な溶解により、材料の表面付近の粘度が一時的に低下するため、フォトニック構造パターンを保持する型でそれを形作ることができる。

【0009】

本発明の他の態様によれば、変形可能層は、結晶化、熱硬化、熱可塑性、重合、溶媒蒸発、ガラス化、磁気レオロジー転移、および凝縮のうちの少なくとも1つによって固化される。いくつかの実施態様では、変形可能層の材料は、固化中に基材の表面と架橋を形成する。

10

【0010】

本発明のさらに他の態様によれば、特定の実施形態では、型は、ポリジメチルシロキサンで構成される。

【0011】

本発明のさらに他の態様によれば、製造方法は、型と変形可能材料の固化された層との間の接着を防止するために、エンボス加工の前に型に接着防止層を追加することをさらに含む。いくつかの実施態様では、接着防止層は、単層または多層を含む。さらに他の態様では、本方法は、固化時に変形可能層の特性を修正するために、エンボス加工の前に型に層を追加することをさらに含む。いくつかの実施態様では、追加された層は、保護コーティングを含む。いくつかの実施態様では、追加された層は、フォトニック構造の光学特性を修正する。

20

【0012】

本発明のさらに他の態様によれば、製造方法は、固化時に変形可能層の特性を修正するために、エンボス加工の前に変形可能層に層を追加することをさらに含む。いくつかの実施態様では、追加された層は、保護コーティングを含む。いくつかの実施態様では、追加された層は、フォトニック構造の光学特性を修正する。

【0013】

さらに別の態様によれば、固体基材の表面上にフォトニック構造を製造する方法が提供される。本方法は、固体基材の表面上に変形可能層を堆積させることと、フォトニック構造パターンを保持する型で変形可能層をエンボス加工することと、型を所定の位置において状態で、固体基材の表面と一体化するように変形可能層を固化して、固化された層に永久的なフォトニック構造を形成することと、を含み、変形可能層が、固化された層を基材にしっかりと埋め込むように、固化中に基材と架橋結合を形成する。一実施態様では、変形可能層は、固体基材の材料と同じ材料で構成される。

30

【0014】

これらおよび他の態様、特徴、ならびに利点は、本発明の特定の実施形態の添付の説明ならびに添付の図面および特許請求の範囲から理解することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

40

【図1A】本出願の例示的な実施形態によるフォトニック構造を製造する方法の出発点である、フォトニック構造を形成するためのパターンを含む例示的なテンプレートの斜視図である。

【図1B】成形化合物がテンプレートのパターンを保持する表面上に堆積される、本発明による製造方法の例示的な実施形態の後続のステップを示す斜視図である。

【図1C】成形化合物が硬化されて、堅固なパターンを保持する型が形成される、本発明による製造方法の例示的な実施形態の後続のステップを示す斜視図である。

【図1D】パターンを保持する型がテンプレートから取り外される、本発明による製造方法の例示的な実施形態の後続のステップを示す斜視図である。

【図1E】型とテンプレートとの間に接着防止層が追加された、本発明による製造方法の

50

例示的な実施形態を示す斜視図である。

【図 2 A】変形可能層が基材上に堆積される、本発明による製造方法の例示的な実施形態の別のステップを示す斜視図である。

【図 2 B】パターン保持型が基材上の変形可能層と接触する、本発明による製造方法の例示的な実施形態の後続のステップを示す斜視図である。

【図 2 C】変形可能層が型によってエンボス加工、ブランド化などされ、テンプレート上に原型のフォトニック構造パターンを製造する、本発明による製造方法の例示的な実施形態の後続のステップを示す斜視図である。

【図 2 D】変形可能層が基材と一体化し、型が取り外され、基材の表面にフォトニック構造が露出している完成した製造物を示す斜視図である。

【図 2 E】型が、エンボス加工された層からの型の分離を促進するための接着防止層を含む、本発明による製造方法の代替的な実施形態を示す斜視図である。

【図 2 F】フォトニック構造が追加の保護層および／または機能層を含む代替的な完成した製造物を示す斜視図である。

【図 3】流体から部分的に固化した状態、最終的に完全に固化した状態までのポリマー樹脂の固化の 3 段階を示す概略図である。

【図 4】本発明の方法の実施形態により製造された一連のフォトニック構造を含む構造の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

概要として、他の目的の中でも、構造健全性監視の目的に好適なフォトニック構造の製造方法が本明細書に開示されている。第 1 の態様によれば、製造方法は、監視対象の構造（構造は、以下、「基材」と呼ばれる）の表面上に、流体または低から中粘度の材料の変形可能層を堆積させることを含む。次いで、堆積させた層は、原型のテンプレートから取られた表面パターンを含む型でエンボス加工される。テンプレートの表面パターンは、フォトニック構造に対応している。エンボス加工されると、堆積させた層は、型上の表面パターンの逆のパターンを得、これは、テンプレートから取られたフォトニック構造パターンと同一である。フォトニック構造は、回折格子、および／または電磁放射と相互作用する他の構造を含むことができる。エンボス加工後、ここでフォトニック構造を含む流体または半流体の堆積させた層は、基材上でその場で固化される。固化すると、堆積させた層およびフォトニック構造が基材内に固定的に埋め込まれる。

【0017】

1 つまたは複数の実施形態では、固体基材の表面上にフォトニック構造を製造する方法が提供される。本方法は、基材と同じまたは類似の組成の変形可能層、または基材表面上に基材に強い接着性を示す異なる材料を堆積することと、フォトニック構造パターンを保持する型で変形可能層をエンボス加工することと、次いで、型を所定の位置においた状態で、固体基材の表面と一体化するように変形可能層を固化して、固化された層に永久的なフォトニック構造を形成することと、を含む。

【0018】

いくつかの実施形態では、変形可能層および基材は、同じ組成を有し、その両方がエポキシなどの材料で構成され、加熱された部分または粘性のある部分がすでに固まった部分に固化する間に既知の強力な結合反応（例えば、重合、結晶化）が発生する。この場合、変形可能層および基材は、変形可能層が固化すると区別できなくなる。他の実施形態では、変形可能層および基材は、それらが、結合、したがって接着を促進する成分を共有するという点で類似の組成を有する。例えば、いくつかの実施態様では、変形可能層は、エポキシであり、基材は、エポキシ複合材、すなわち、他の材料と混合されたエポキシである。そのような実施態様では、他の化合物および材料が存在する場合でも、変形可能層のポリマーエポキシ鎖が基材のエポキシのポリマー鎖に結合する。他の実施形態では、変形可能層および基材は、エポキシおよびガラスなどの異なる組成を有するが、それでもなお、材料は、それらの化学的特性により、固化された層と基材との間の接着を支持するために

結合反応を提供する。本明細書に開示される方法は、種々の異なる種類の材料上ならびに種々の異なる構造サイズおよび形状上にスマート構造を製造するために使用することができる。

【0019】

図1A～図2Fは、まとめて、本明細書に開示される原理に従ってフォトニック構造を製造するための方法の実施形態を示す。本方法の他の実施形態では、図1A～2Fに示されたステップの一部を実行することができる。さらに、他の実施形態では、ステップを異なる順序で実行することができ、追加のステップを実行することができる。

【0020】

ここで図1Aを参照すると、テンプレート100は、フォトニックおよび／または他の構造を製造するためのパターンを含み、保存する表面102を含む。テンプレート100の表面102（上部または底部）は、例えば、ほぼ同じ距離だけ互いに離間した周期的特徴112、114を含むようにパターン化されている。示された例では、周期的特徴112、114は、回折格子を形成するための既知のパターンを含む鋸歯状または傾斜特徴である。しかしながら、他のパターンを用いて、異なる光学特性を引き出すことができる。いくつかの実施態様では、特徴112と114との間の距離は、例えば、100 μm ～100ナノメートルの範囲で監視される構造の予想される変形の大きさの程度であるが、実用的な制限以外の特徴のサイズの制限はない。さらに、図1Aに示す実施形態では、特徴112、114は、1次元で周期的であるとして示されているが、代替的な実施形態では、テンプレート100は、表面102に沿って2次元で周期的である特徴（同じまたは追加の特徴）を含む。テンプレート100は、再利用可能であることが意図されているため、変形することなくパターンを経時的に維持する耐久性のある固体材料上に原型を製造することが好ましい。テンプレート100が製造される方法に制限はなく、フォトリソグラフィおよび／または他のパターンニング技術などの一般的なリソグラフィプロセスを用いて、テンプレートのパターン化された特徴の高レベルの精度を得ることができる。

【0021】

図1Bは、成形化合物120がテンプレート100のパターン化表面102上に堆積される次の手順ステップを示す。いくつかの実施形態では、成形化合物120は、弾性および粘性の両方を有するエラストマー材料で構成される。好適な例示的なエラストマー材料としては、長い流動時間（または高温）で粘性液体として振る舞い、短い流動時間（または低温）で弾性固体として振る舞うPDMS（ポリジメチルシロキサン）などのシリコンゴムが挙げられるが、これらに限定されない。いくつかの実施態様では、堆積されるときに成形化合物の粘度範囲は、1～100,000cPであり得る。成形化合物120が適用されると、それは、徐々にテンプレート100のプロファイルに適合する。他の実施形態では、成形化合物120は、液体金属などの熱エンボス加工に好適な材料を含むことができる。成形化合物120は、周期的特徴112、114を覆うために、表面102全体にわたって所望の厚さまで堆積される。

【0022】

堆積の完了後、成形材料120は、使用される材料に依存する既知の技術（例えば、光または熱硬化、冷却）を使用して固化され、繰り返し操作および使用することができる堅くて柔軟な型130を形成する。弾性の観点から、固化された型130は、200～1000KPaのヤング率を有することが好ましい。図1Cに示される固化された型130は、テンプレート100の特徴112、114に対応する逆の特徴132、134を有する表面を含む。より具体的には、テンプレート112、114の特徴が突出している場合、型130の対応する逆の特徴132、134は凹んでおり、逆もまた同様である。

【0023】

図1Dに示される次のステップでは、型130は、例えば、剥離によりテンプレート100から取り外される。型130は、例えば、表面特徴132、134を変更することなく、かつ／またはテンプレート上に型材料のいかなる残留物も残すことなく、可能な限り「きれいに」除去されることが好ましい。固化（または別の方法）時のいくつかの型材料

10

20

30

40

50

は、特定のテンプレート材料に対して非接着性である。自然に接着しない材料を使用する場合、型を損傷したり変更したりすることなく、テンプレートから型を取り外すのは比較的簡単である。しかしながら、いくつかの実施態様では、トリクロロ（1H，1H，2H，2H-ペルフルオロオクチル）シランなどの液体または単分子層などの追加層140を図1Eに示すように成形化合物とテンプレートとの間に位置するようにテンプレート100に追加することによって、取り外しを容易にすることができる。テンプレートから型への特徴の転写が変更されないように、追加層140を薄いフィルムに適用することができる。強力な接着を防ぐために用いることができる別のメカニズムは、一端で表面に結合し、かつファンデルワールス力または他の電磁相互作用により、化学的に反発するか、または他の材料を接着しない化学官能基を露出する分子によるテンプレートおよび型の表面の一方または両方の官能化である。例えば、いくつかの実施態様では、離型剤として機能するために、フッ素化分子を型の表面に添加することができる。

10

【0024】

ここで、監視対象の構造に目を向けると、図2Aでは、基材200の表面上に堆積された材料202の層が示されている。基材200は、構造健全性について監視することを目的とした固体構造である。典型的に監視される構造としては、パイプライン、貯蔵タンク、および経時的に変形および腐食に供される任意の他の容器が挙げられるが、基材は、そのようなものに限定されない。堆積させた層202は、液体から半液体、粘性までの範囲の相であり得る。いくつかの実施態様では、堆積させた層202の粘度は、堆積時に100～5000cPであるが、いずれにしても、エンボス加工時に変形し、加圧下で成形パターンに適合するのに十分な柔軟性がある。より一般的には、堆積させた層202の粘度は、型130の硬度および型130によって印加される圧力に関連して考慮される。堆積させた層が液体または半液体の場合、エンボス加工にはPDMS型を使用することができる。堆積させた層が固体であるか、固体に硬化した場合、そのときエンボス加工にはPDMSよりも硬い材料が使用される。型130および変形可能層202の相対粘度／硬度も、製造されたフォトニック構造の最終的な特徴サイズに基づいて選択される。製造される特徴が小さいほど、型130と変形可能層202との間の硬度の差は、大きくならなければならない。小さな特徴には、比較的硬い（低粘度）型130も必要である。特定の実施態様では、層202は、特定の制御可能な温度／圧力条件（例えば、10～40℃）下で液体であり、異なる制御可能な条件下で固化することができるポリマー樹脂材料を含む。材料に応じて好適な固化技術としては、結晶化、熱硬化、ガラス化、溶媒蒸発、磁気レオロジー転移、機械的に誘発された過冷却液体の結晶化、および凝縮が挙げられる。本明細書の目的に特に好適なポリマー樹脂としては、エポキシ、エポキシ複合材、およびシリコーン樹脂が挙げられる。

20

30

【0025】

図2Bは、層202上にフォトニック構造パターンのエンボス加工を開始するように層202上に位置付けた型130を示す。型が層202に刻印し、エンボス加工すると、層は、型のパターン化された表面によって表される様々な突起および凹部に適合する。堆積させた層202の材料に応じて、ホットエンボス加工として既知の技術を使用して、型130を加熱して層202をより柔軟にすることもできる。複製中に発生する可能性のある問題を最小限に抑えるために、転送手順の数を最小限に抑えることは役立つが、任意の数の中間型およびトランスファーを利用して、各ステップに伴う材料の適合性を最適化することができる。

40

【0026】

次のステップでは、層202は、型を取り外す前に固化され、層202にエンボス加工されたパターンを永久的にする。図2Cは、層202が硬化され、基材200とシームレスに一体化されて、層と基材との間の不連続性が除去された複合理め込み構造206に一体化される実施形態を示す。埋め込み構造206は、テンプレート100の特徴112、114に対応する特徴212、214を備えた表面パターンを含む。

【0027】

50

層 202 と基材表面 200 との化学組成が同じであるか、そうでなければポリマー架橋反応が可能である場合、層 202 と基材 200 との間のシームレスな一体化が促進される。より具体的には、基材 200 が、同じ材料の変形可能層を堆積させることができるエポキシまたはエポキシ複合材などの硬化樹脂材料で構成されるか、またはクラッドとして含む場合に特に有利である。一例として、固体エポキシ基材上に粘性エポキシ層が堆積されると、堆積させた層は、強固な結合を形成し、固化すると下層の基材とシームレスに一体化し、成形した層 202 と基材 200 との間の接着の問題を劇的に低減する。図 3 は、流体から部分的に固化した状態、最終的に完全に固化した状態への固化プロセス中に、エポキシなどのポリマー樹脂が、どのように不可逆的な架橋反応を受けるかを示す概略図である。固化した状態では、ポリマー分子は、複雑な 3 次元ネットワークまたはマトリックスを形成する。同じ化学的メカニズムにより、特に層および基材の組成が図 2 C の実施形態に示されるのと類似の架橋傾向を有する場合、硬化プロセス中の層 202 および基材 200 の分子間の結合形成が可能になる。したがって、いくつかの実施形態では、成形した層および基材に同じまたは類似の材料を使用することが有利であるが、他の実施態様では、成形した層と基材との間の接着が埋め込み構造の分離または分割を防ぐのに十分であるため、必要ではない。

10

【0028】

埋め込み構造 206 が十分に固化したら、型 130 を構造から取り外す。型を取り外した後の埋め込み構造の断面を図 2 D に示す。ほとんどの実施態様では、構造 206 は、監視対象の周囲の構造に一体化され、構造 206 は、例示のみを目的として単独で示されていることに留意されたい。図示されているように、構造 206 の表面 211 は、テンプレート 100 の原型のパターンを複製し、例えば、特徴 212、214 が回折格子を形成する。

20

【0029】

いくつかの実施態様形態では、図 2 E に示すように、型 130 上にトリクロロ（1H，1H，2H，2H-ペルフルオロオクチル）シランなどの液体または単分子層などの追加層 240 を追加することにより、構造 206 からの型 130 の取り外しを容易にすることができる。テンプレートから型への特徴の転写が変更されないように、追加層 240 を薄いフィルムに適用することができる。型 130 はまた、型 130 に結合し、化学的に反発するかまたは構造 206 の表面に接着しない化学官能基を露出する分子で官能化することができる。図 2 E は、型 130 の表面に追加された追加層 240 を示しているが、型 130 と構造 206 とのきれいな分離を容易にするための追加層を型 130 および構造 206 の両方に同時に追加することができる。

30

【0030】

さらに、いくつかの実施態様では、図 2 F に示すように、保護層および／または機能層 250 が埋め込み構造 206 の表面に追加されて、構造の強度が強化され、またはフォトリソグラフィの反射の強化などの用途に好適な特定の特性が追加される。保護層および／または機能層 250 の材料の例としては、金属、層、トリクロロ（1H，1H，2H，2H-ペルフルオロオクチル）シランなどの単層、セラミック、ガラス、およびポリマーが挙げられる。層 250 は、接着防止層 240 の代わりに、または接着防止層 240 と組み合わせて使用することができる。エンボス加工プロセス中に型 130 と接触することにより、同様に追加することができる代替的または追加的に、層 250 は、構造 206 の仕上げ面に直接追加することができる。いくつかの実施態様では、反射を促進するためにアルミニウムまたはクロム層を追加することができる。いくつかの実施態様では、保護のために追加のエポキシ層を追加することができる。特定の実施態様では、アルミニウムまたはクロム層および上にあるエポキシ層の両方を追加することができる。これらの任意のステップのそれぞれは、均一な厚さの層などの従来の堆積を含むことができる。そのように形成された構造 400 の上部に追加された任意の層は、フォトリソグラフィの検査に使用される放射の波長に対して透明であることが重要である。前述のように、保護層および接着防止層は、任意の中間ステップ（例えば、中間型の製造）中、および最終材料を初期基

40

50

材として再利用するサイクルに關与する界面および表面のいずれかに追加することができ
ることに再び留意されたい。

【0031】

開示された製造方法の実際の応用例が図4に示されており、図4は、例えば、周期構造
412、414、418が定義された曲面402を有する構造400の斜視図である。示
された実施態様では、構造412、414は、表面402に沿って縦方向に配向された格
子の一部を形成し、構造418は、構造412、414に垂直に、円周方向に配向された
格子の一部を形成する。構造412、414、418間の相対距離は、例えばパイプライン
で使用されるパイプなどの物体に關する格子特徴間の実際の距離を表していないこと
に留意されたい。上述のように、特徴412、414、418のサイズは、監視しようとする
構造の予想される摂動のサイズを考慮して定義することができる。

10

【0032】

開示された製造方法は、いくつかの有利な特徴を提供する。顯著に、不規則なプロファ
イルを有する広い領域にわたって、一般には製造に費用がかかる構造の複製を、ほとんど
またはまったくコストをかけずに実施することができる。さらに、最終構造をテンプレ
ートとして使用して後続の手順で型を作り出すため、マスターテンプレートを摩耗させるこ
となく、製造手順を無期限に繰り返すことができる。これは、型の変形を最小限に抑える
ために特に有利であり得る。さらに、開示された製造方法は、円形、楕円形、凸面、凹面
、および他の非線形表面を含む多種多様な表面に適用可能である。

20

【0033】

開示された方法を、ナノメートルからマイクロメートルのオーダーの特徴を示す回折特
性を有する構造を参照して説明したが、開示された方法は、異なるサイズ範囲の特徴を有
する構造を複製するために拡張することができる。したがって、上記の方法は、無限に大
きなスケールから原子スケールに至るまで利用することができる。逆に、例えば、ミリメ
ートル、センチメートル以上のオーダーのより大きなスケールの構造の複製に關して、粒
子、ゲル、懸濁液などを含む構造パターンをエンボス加工するためにより広い範囲の材料
を使用することができる。

【0034】

本明細書に開示される任意の構造および機能の詳細は、システムおよび方法を限定する
ものとして解釈されるべきではなく、当業者に方法を実装するための1つまたは複数の方法
を教示するための代表的な実施形態および／または構成として提供されることを理解され
たい。

30

【0035】

前述の説明の多くは、フォトニック材料を注入するためのシステムおよび方法を対象と
したが、本明細書に開示される方法は、参照シナリオを超えるシナリオ、状況、および設
定で他の「スマート」構造に同様に展開することができることを理解されたい。任意のそ
のような実施態様および／または展開は、本明細書で説明されるシステムおよび方法の範
囲内であることをさらに理解されたい。

【0036】

図面中の同様の数字は、いくつかの図面を通して同様の要素を表し、図面に關連して説
明され示される、すべての成分および／またはステップが、すべての実施形態または構成
に必要とされるわけではないことをさらに理解すべきである。

40

【0037】

本明細書で使用する用語は、特定の実施形態のみを説明する目的のためであり、本発明
を限定することを意図するものではない。本明細書で使用する時、単数形「a」、「an」
および「the」は、文脈で別に明示していない限り、複数形も含むことを意図してい
る。さらに、本明細書で使用する時、用語「備える」および／または「備えている」
は、記載する特徴、整数、ステップ、動作、要素、および／またはコンポーネントの存在
を特定するが、1つまたは複数の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、コンポーネ
ント、および／またはそれらのグループの存在または追加を排除しないことが理解される。

50

【0038】

オリエンテーションの用語は、本明細書では単に慣習および参照の目的で使用され、限定するものとして解釈されるべきではない。しかしながら、これらの用語は、閲覧者に関連して使用できることが認識される。したがって、制限が暗示されることも、推測されることもない。

【0039】

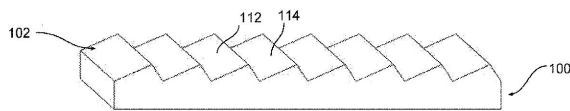
また、本明細書で使用する表現および専門用語は、説明の目的のためであり、限定とみなされるべきではない。本明細書における「含む」、「備える」、「有する」、「包含する」、「伴う」、およびそれらの変形の使用は、その後列挙される項目およびその等価物、ならびに追加の項目を網羅することを意味する。

10

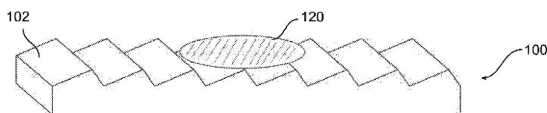
【0040】

例示的な実施形態を参照して本発明を説明したが、本発明の範囲から逸脱することなく、様々な変化がなされ得、その要素を均等物で置き換え得ることを当業者は理解するであろう。さらに、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、特定の機器、状況、または材料を本発明の教示に適合させるための多くの修正が当業者には理解されよう。したがって、本発明は、本発明を実施するために考えられる最良の形態として開示された特定の実施形態に限定されず、添付の特許請求の範囲に含まれるすべての実施形態を含むであろう。

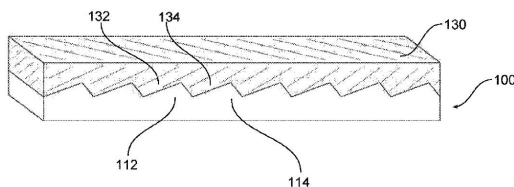
【図1A】



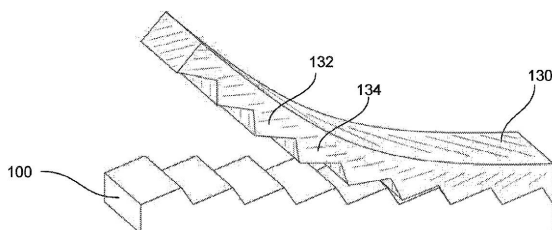
【図1B】



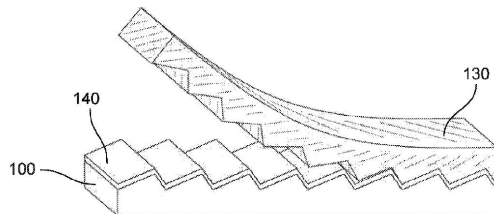
【図1C】



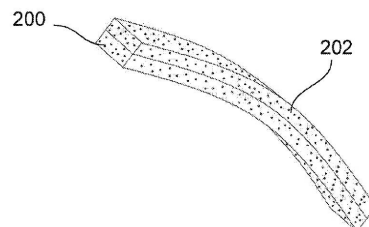
【図1D】



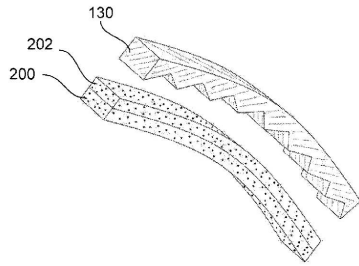
【図1E】



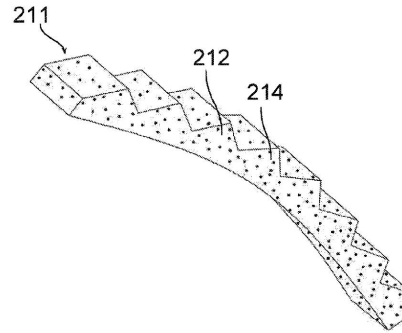
【図2A】



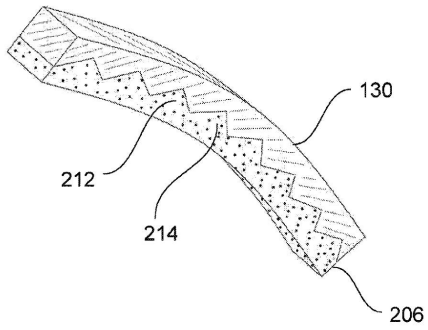
【図 2 B】



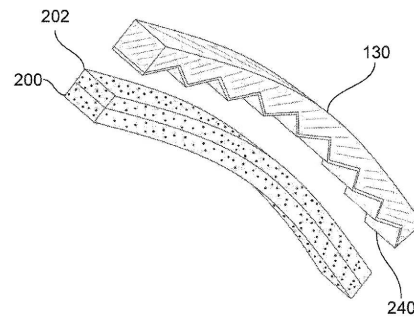
【図 2 D】



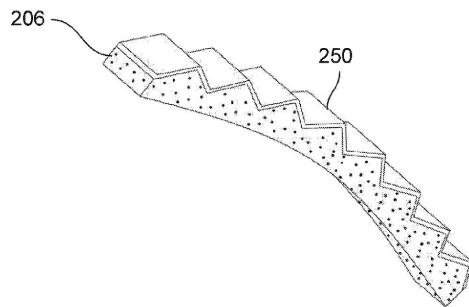
【図 2 C】



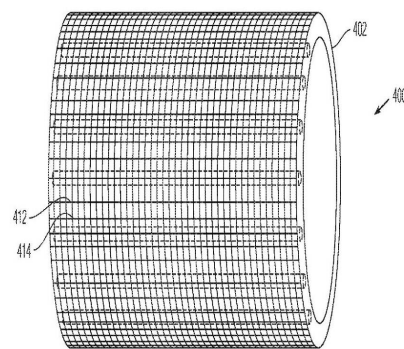
【図 2 E】



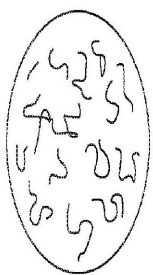
【図 2 F】



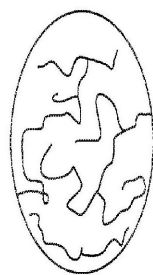
【図 4】



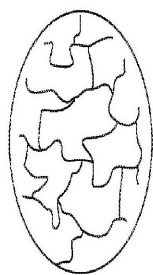
【図 3】



未硬化



部分的に硬化



完全に硬化

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 9 L 11/00 (2006.01) B 2 9 L 11:00

(72)発明者 アルーシャハラーニ, アブドゥラー, エー.
サウジアラビア王国, 3 1 3 1 1, ダーラン, ピーオーボックス 1 1 5 2 0, サウジ アラビア
ン オイル カンパニー内

審査官 植野 孝郎

(56)参考文献 特開2012-3278 (JP, A)
特開2006-84885 (JP, A)
米国特許出願公開第2006/0228635 (US, A1)
特開2014-238465 (JP, A)
米国特許出願公開第2004/0229065 (US, A1)
特開2009-20503 (JP, A)
特開昭64-4703 (JP, A)
特開2012-98548 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 2 B 5 / 1 8
G 0 2 B 5 / 3 2
B 2 9 C 5 9 / 0 2
B 8 1 B 1 / 0 0
B 8 1 C 1 / 0 0