

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6928368号
(P6928368)

(45) 発行日 令和3年9月1日(2021.9.1)

(24) 登録日 令和3年8月11日(2021.8.11)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 M 37/00 (2006.01)	A 6 1 M 37/00 5 0 5
B 2 9 C 35/08 (2006.01)	B 2 9 C 35/08

請求項の数 3 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-46613 (P2017-46613)	(73) 特許権者	000125347
(22) 出願日	平成29年3月10日 (2017.3.10)		学校法人近畿大学
(65) 公開番号	特開2017-202302 (P2017-202302A)		大阪府東大阪市小若江3丁目4番1号
(43) 公開日	平成29年11月16日 (2017.11.16)	(74) 代理人	100118924
審査請求日	令和2年1月28日 (2020.1.28)		弁理士 廣幸 正樹
(31) 優先権主張番号	特願2016-94142 (P2016-94142)	(72) 発明者	加藤 暢宏
(32) 優先日	平成28年5月9日 (2016.5.9)		和歌山県紀の川市西三谷930 近畿大学
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		生物理工学部内
前置審査		審査官	中村 一雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 樹脂製マイクロニードルの形成方法および3次元パターンの形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透明基板上にネガ型フォトレジストを塗布する工程と、

前記透明基板の前記ネガ型フォトレジストを塗布した面の裏面に移動可能に円形の透過部を有するマスクを配置する工程と、

前記マスクに対して前記透明基板とは反対側から第1の波長の紫外線を照射しながら前記マスクと前記透明基板を前記透過部の直径の長さ以下の半径の円運動で相対的に移動させる工程と、

前記マスクに対して前記透明基板とは反対側から前記第1の波長の紫外線より長い波長の第2の波長の紫外線を照射しながら前記第1の波長が照射された領域内で前記マスクと前記透明基板を、前記透過部の半径の長さ以下の半径の円運動で相対的に移動させる工程を有することを特徴とする樹脂製マイクロニードルの形成方法。

【請求項2】

透明基板上にネガ型フォトレジストを塗布する工程と、

前記透明基板の前記ネガ型フォトレジストを塗布した面の裏面に移動可能に円形の透過部を有するマスクを配置する工程と、

前記マスクに対して前記透明基板とは反対側から第1の波長の紫外線を照射しながら前記マスクと前記透明基板を直線運動で相対的に移動させる工程と、

前記マスクに対して前記透明基板とは反対側から前記第1の波長の紫外線より長い波長の第2の波長の紫外線を照射しながら前記第1の波長が照射された領域に少なくとも一部

が重なるように前記マスクと前記透明基板を、前記透過部の半径の長さ以下の半径の円運動で相対的に移動させる工程を有することを特徴とする樹脂製マイクロニードルの形成方法。

【請求項 3】

透明基板上にネガ型フォトリジストを塗布する工程と、

前記透明基板の前記ネガ型フォトリジストを塗布した面の裏面に移動可能に円形の透過部を有するマスクを配置する工程と、

前記マスクに対して前記透明基板とは反対側から第 1 の波長の紫外線を照射しながら前記マスクと前記透明基板を前記透過部の直径の長さ以下の半径の円運動で相対的に移動させる工程と、

前記マスクに対して前記透明基板とは反対側から前記第 1 の波長の紫外線より長い波長の第 2 の波長の紫外線を照射しながら前記第 1 の波長が照射された領域内で前記マスクと前記透明基板を、前記透過部の半径の長さ以下の半径の円運動で相対的に移動させる工程を有することを特徴とする 3 次元パターンの形成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は補強構造を有するマイクロニードルとその形成方法に関するものであり、さらには、3次元パターンの形成方法にまで拡張することができる発明に関する。

【背景技術】

【0002】

主として薬効を有する機能性物質を含む素材で、高さ 100 ~ 1000 マイクロメートル、アスペクト比（高さ / 底面の直径）が 3 ~ 9 の円錐状の針で構成されるマイクロニードルが知られている（特許文献 1）。なお、特許文献 1 では、「マイクロパイル」と呼んでいるが、本明細書では以下マイクロニードルと呼ぶ。通常マイクロニードルは、複数個を高密度に配置して用いられる。これは、マイクロニードルアレイと呼ばれている。

【0003】

特許文献 1 で開示されているのは、X線感光樹脂にシンクロトロン放射 X線を照射してマイクロニードルパターンを形成し、そのマイクロニードルパターンの反転形状を電鍍加工して、鋳型を作成し、その鋳型に機能性物質素材を射出成形する製造方法である。このマイクロニードルパターンの製造方法は、たとえば、特許文献 2 や 3 によるものである。以後、電磁波を照射し、現像して直接得られるものをマイクロニードルパターンと呼ぶ。

【0004】

これを図 12 を参照して、より具体的に説明する。図 12 (a) を参照して、ステージ 108 上に載置された基板 100 上に X線感光樹脂 102 を形成したものの上方にマスク 104 とシンクロトロン放射 X線装置 106 が配置される。なお、図 12 (a) では X線感光樹脂 102 が基板 100 より厚いが、単に説明のためである。X線感光樹脂 102 は、X線に感光すると除去可能（現像すると溶解する）になる材料である。マスク 104 は X線が通過できる部分の形状が円形であるとし、その直径を ϕ とする。

【0005】

X線を照射しながら、マスク 104 を回転させる。図 12 (b) はこれをシンクロトロン放射 X線装置 106 側から見た平面図である。X線感光樹脂 102（実際はマスク 104 で隠れて見えない）の上で、マスク 104 を回転中心 O を中心にして、半径 $\phi/2$ よりわずかに小さい半径で回転させる。図 12 (b) では、X線が照射される領域 106a は直径 ϕ の円 104a である。

【0006】

しかし、X線感光樹脂 102 の深さ方向では、X線から受けるエネルギーに傾斜ができ、円錐状の感光部分 102a が形成される（図 12 (a) 参照）。この部分は X線感光樹脂 102 から除去可能になる。つまり、X線照射および現像して直接得られるマイクロニードルパターンとは、円錐状の凹みを持った X線感光樹脂 102 である。

【 0 0 0 7 】

このマイクロニードルパターンの反転形状を作製し、それを電鋳することで、マイクロニードル用鋳型を得ている。反転形状については、明示的な開示はされていないが、樹脂製（シリコン製）であると考えられる。

【 0 0 0 8 】

特許文献 1 で開示されている製造方法は、線源としてシンクロトロン放射 X 線を用いるので、装置が大規模になり、コストが高くなる。そこで、紫外線リソグラフィを用いた形成方法も考えられている（特許文献 4）。

【 0 0 0 9 】

ここでは、紫外線用レジストを塗布した基板の上方にマスクを移動可能に配置し、マスクの上方から複数波長の紫外線を同時に照射し、マスクを移動させながら紫外線用レジストを感光する製造方法が開示されている。ここで、複数の波長を持った紫外線を用いるのは、マスクの境界部分では、回折が生じるので、単一波長の紫外線では光強度分布にムラができるという課題を解決するためである。

【 0 0 1 0 】

このような方法で作製されるマイクロニードルは、サブミリオオーダーの形状でありながら、シャープな形状に成形することができる。しかし、用いられる機能性物質自体は、それほど機械的な強度を有しているわけではない。したがって、マイクロニードルを形成した後、壊れやすいといった課題があった。

【 0 0 1 1 】

そこで、マイクロニードルが作製後に壊れないように、マイクロニードルアレイの周囲に補強材が配置された発明も開示されている（特許文献 5）。また、特許文献 1 に開示されたマイクロニードルは、マイクロニードル自体に補強構造を持たせた形態が開示されている。例えば、特許文献 1 の図 3 や図 8 に示されたように、根元に段差部 3 が設けられた形状である。図 1 3 にこれを示す。

【 0 0 1 2 】

図 1 3 を参照して、特許文献 1 の方法を用いることで、マイクロニードル 1 1 0 は、母材 1 1 2 上にまず補強構造 1 1 4 が形成され、その上に本体 1 1 6 が形成された形状となっている。

【 0 0 1 3 】

このような形状を製造するには、図 1 2 で示した方法は好適に利用できる。照射する電磁波（X 線）の樹脂への浸透深さはエネルギーで決まる。マイクロニードルパターンの形状を上方から形成しようとする、照射源から離れるほど感光領域が広がるような照射パターンを形成しなければならない。したがって、照射エネルギーを細かく変化させる等の制御が必要となる。

【 0 0 1 4 】

一方、マイクロニードルパターンが、凹み型であれば、深さ方向に徐々に感光領域が細くなるような照射パターンでよい。このような感光領域は、図 1 2 のように、マスク 1 0 4 を移動させながら電磁波を照射することで形成することができる。また、照射する電磁波のエネルギーを変えることで根元が太いマイクロニードルパターンを得ることができる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 3 - 2 3 8 3 4 7 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 2 - 1 5 1 3 9 5 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 0 - 0 3 5 5 0 0 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 6 - 3 1 7 8 7 0 号公報

【 特許文献 5 】 特開 2 0 1 3 - 0 6 6 7 3 0 号公報

【 発明の概要 】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

マイクロニードル自体の強化のために、根元に補強構造114（特許文献1の段差部3）を設けることは有用である。しかし、特許文献1に開示された方法は、X線感光樹脂にシンクロトン放射X線を照射して直接形成できる（マイクロニードルパターン）のは、マイクロニードルの凹み形状である。したがって、マイクロニードル用鋳型を得るためには、マイクロニードルパターンの反転形状を作製するという工程が必要となる。さらに、この方法でなければ、根元に補強構造を有するマイクロニードルを得るのは困難である。

【0017】

また、すでに述べたようにシンクロトン放射X線装置は高価であり、コストが高くなる。また、廉価に作製できる紫外線樹脂を用いた方法を用いても、X線が紫外線に変わり、X線感光樹脂が紫外線感光樹脂に変わっただけで、事情は同じである。

【0018】

本発明は、このような課題に鑑みて想到されたものであり、廉価で従来技術よりも簡単な工程で補強構造を有する凸型のマイクロニードルパターンを得る方法を提供するものである。より一般的には、基板に近い部分にそれより上の部分より太い形状を有する3次元形状を反転形状を作ることなく、形成する方法である。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明は、複数の波長の紫外線を切り替えて用い、レジストを塗布した透明基板の裏側からマスクを介して紫外線を照射するマイクロニードルパターンの形成方法である。なお、以下本発明に係るマイクロニードルパターンを樹脂製マイクロニードルと呼ぶ。樹脂製マイクロニードルはネガ型フォトレジストに紫外線を照射して直接成形することができる。

【0020】

より具体的に本発明に係る樹脂製マイクロニードルの形成方法は、
透明基板上にネガ型フォトレジストを塗布する工程と、
前記透明基板の前記ネガ型フォトレジストを塗布した面の裏面に移動可能に円形の透過部を有するマスクを配置する工程と、

前記マスクに対して前記透明基板とは反対側から第1の波長の紫外線を照射しながら前記マスクと前記透明基板を前記透過部の直径の長さ以下の半径の円運動で相対的に移動させる工程と、

前記マスクに対して前記透明基板とは反対側から前記第1の波長の紫外線より長い波長の第2の波長の紫外線を照射しながら前記第1の波長が照射された領域内で前記マスクと前記透明基板を、前記透過部の半径の長さ以下の半径の円運動で相対的に移動させる工程を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0021】

本発明に係る樹脂製マイクロニードルは、フォトレジストを塗布した透明基板の裏側から紫外線を照射するので、従来例で言うところのマイクロニードルパターンの反転形状を直接形成することができ、マイクロニードル用鋳型を作製する場合に、従来の製造方法より工程数を減らすことができる。

【0022】

また、波長の異なる第1および第2の紫外線を照射領域の重複部分を作りながら照射するので、根元が太い補強構造を有する樹脂製マイクロニードルも直接作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明に係る樹脂製マイクロニードルを作製するための装置の構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2】第 1 の波長の紫外線を照射しながらマスクを移動させる軌跡とそれによって形成される感光領域を説明する図である。

【図 3】第 2 の波長の紫外線を照射しながらマスクを移動させる軌跡とそれによって形成される感光領域を説明する図である。

【図 4】実際に作製した樹脂製マイクロニードルの写真である。

【図 5】樹脂製マイクロニードルを作製するための装置の他の構成を示す図である。

【図 6】3 波長を用いた際の樹脂製マイクロニードルの構成例を示す図である。

【図 7】フォトレジストに対して各波長の透過深さを調べたグラフである。

【図 8】3 波長を使って作製した樹脂製マイクロニードルの写真である。

【図 9】樹脂製マイクロニードルアレイの構成を表す図である。

10

【図 10】実際に作製された樹脂製マイクロニードルアレイの写真である。

【図 11】マイクロウェルの型と、形成されたマイクロウェルの図（ワイヤーフレーム）である。

【図 12】従来のマイクロニードルの製造方法を説明する図である。

【図 13】従来のマイクロニードルの製造方法によって作製可能とされた補強構造を有するマイクロニードルの模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に本発明に係る樹脂製マイクロニードルおよびその形成方法について図面を示し説明を行う。なお、以下の説明は、本発明の一実施形態および一実施例を例示するものであり、本発明が以下の説明に限定されるものではない。以下の説明は本発明の趣旨を逸脱しない範囲で変更することができる。

20

【0025】

（実施の形態 1）

図 1 に本発明に係る樹脂製マイクロニードル 44（図 3（b）参照）を形成する形成装置 1 の構成を示す。樹脂製マイクロニードル 44 を形成するには、フォトレジスト 10 を塗布した透明基板 12 を保持する基板保持部 14 と、マスク 16 と、マスク保持部 18 と紫外線照射装置 20 と、少なくともマスク保持部 18 を制御する制御部 22 で構成される。

【0026】

30

透明基板 12 は、使用する紫外線が透過すれば、特に材質は限定されない。ガラスや硬質樹脂などはもちろん、可撓性を有する樹脂材などであってもよい。厚さは強度の制限が許す限り薄い方がよい。本発明の樹脂製マイクロニードル 44 の形成方法においては、紫外線は透明基板 12 を通過してからフォトレジスト 10 を感光させる。したがって、透明基板 12 が厚いと紫外線の浸透深さが浅くなるからである。つまり、透明基板 12 が厚くなると、高さの高い樹脂製マイクロニードルを形成しにくくなる。

【0027】

また、透明基板 12 が厚くなると、以下の弊害も生じる。まず、紫外線が基板による吸収の影響を受けレジストに到達する紫外線の光量が減衰し、露光時間を長くする必要が生じる。また、紫外線の波長が 365nm より短い場合は吸収の影響が顕著で最悪の場合紫外線が全て基板で吸収され、レジストが露光されない。さらに、フォトマスクと基板の間の光路長が大きくなるので回折によりマスクパターンがぼけてしまい、想定通りの露光ができなくなる。したがって、透明基板 12 はできるだけ薄い方がよい。

40

【0028】

フォトレジスト 10 は、紫外線で感光することで、溶解度が低下するネガ型のフォトレジストが望ましい。本発明に係る樹脂製マイクロニードル 44 の形成方法では、感光した部分が残るタイプのものでなければならないからである。また、ポジ型の厚膜レジストを透明基板 12 の裏面から感光すると、感光部分がフォトレジスト 10 の表面まで到達しなくなり、樹脂製マイクロニードル 44 を形成できない。

【0029】

50

基板保持部 14 は、透明基板 12 の裏面側に紫外線照射装置 20 が配置された状態で、フォトレジスト 10 が塗布された透明基板 12 を固定できればよい。

【0030】

紫外線照射源は、少なくとも 2 波長以上の紫外線が選択的に照射できる紫外線照射装置 20 である。例えば波長が 365nm と 310nm の紫外線は好適に利用することができる。照射する紫外線はできるだけ平行光線になっているほうが望ましい。点光源からの照射光は、フォトレジスト 10 に斜めに入射する光も存在し、望んだ形状が作りにくくなるからである。したがって、紫外線照射装置 20 には、アフォーカルな光学系が用意されていてもよい。また、紫外線照射装置 20 にはシャッター（図示は省略）が設けられていてもよい。

10

【0031】

マスク 16 は、紫外線を通過できる透過部 16a と、紫外線を遮断する遮光部 16b で構成される。材質は特に限定されるものではない。一定の強度があり平面を維持できるものであればよい。透過性の基板の上にフォトリソグラフィなどで形成した薄膜であってもよい。

【0032】

マスク保持部 18 は、マスク 16 を移動可能に保持することができる。ここで移動可能とは、平面内を X 方向と Y 方向に自由にマスク 16 を移動させることができることを意味する。例えば、本体 18c 中に、X 軸方向のモータと Y 軸方向のモータが備えられ、これらのモータに接続されたアーム 18b がマスク 16 の保持枠 18a に取り付けられた構成が例示できる。なお、マスク 16 と透明基板 12 は、相対的に移動できればよく、どちらが実際に動いてもよい。

20

【0033】

この構成では、アーム 18b は、透明基板 12 と平行な平面内で自由に移動可能である。つまり、基板保持部 14 に対して平行な面内で、マスク 16 を保持した保持枠 18a が相対的に移動可能に構成されている構成を得ることができる。

【0034】

制御部 22 は、MPU (Micro Processor Unit) とメモリで構成されるコンピュータで構成することができる。制御部 22 は、紫外線照射装置 20 と、マスク保持部 18 に接続される。また、入力装置および表示装置（図示は省略）を有し、外部から制御部 22 へ指示を送ることができ、また制御部 22 の現在の状況を、表示装置を介して外部に伝えることができる。

30

【0035】

制御部 22 は、紫外線照射装置 20 に対して、シャッターの開閉および照射波長の切換を指示命令 CL で指示する。また、制御部 22 は、マスク保持部 18 に対して、マスク 16（保持枠 18a）の移動パターンを指示命令 CM によって指示する。

【0036】

以上の構成を有する樹脂製マイクロニードルの形成装置 1 において本発明に係る樹脂製マイクロニードルの形成方法を実施する工程を説明する。なお、本発明に係る樹脂製マイクロニードル 44 の補強構造とは、樹脂製マイクロニードル 44 の透明基板 12 の直上に形成された部分であって、樹脂製マイクロニードル 44 の円錐形状の側面よりも、円錐台形の外側に形成された部分をいう。より簡単に言うと、円錐形状をした樹脂製マイクロニードル 44 の根元に形成された円錐形状の底面の直径より太い部分である。

40

【0037】

まず、透明基板 12 上にフォトレジスト 10 を塗布する。フォトレジスト 10 の厚みが樹脂製マイクロニードル 44 の最大高さを決める。所望する樹脂製マイクロニードル 44 の高さより分厚い厚みでフォトレジスト 10 を塗布する。塗布の方法は特に限定されない。スピンコート法や、ディップ法が好適に利用できる。

【0038】

なお、塗布は透明基板 12 の一方の面だけでよい。1 回の塗布で塗りきれない場合は、

50

多層塗布を行う。塗布後は十分に乾燥させる。ベークが必要な場合はベークしてもよい。なお、通常は、図に示すように透明基板 12 よりフォトレジスト 10 の厚みは厚いが、フォトレジスト 10 は透明基板 12 より薄くてもよい。

【0039】

次にフォトレジスト 10 を塗布した透明基板 12 を基板保持部 14 に固定する。透明基板 12 は、フォトレジスト 10 を塗布した面を紫外線照射装置 20 と反対の方に向けて固定される。

【0040】

マスク 16 はマスク保持部 18 に固定される。マスク 16 は基板保持部 14 と紫外線照射装置 20 の間に配置されている。したがって、マスク 16 は、透明基板 12 のフォトレジスト 10 を塗布した面の裏面に移動可能に配置される。

【0041】

次に、制御部 22 からの指示命令 CL で、第 1 の波長の紫外線がマスク 16 を介して透明基板 12 に照射される。それと同時に制御部 22 はマスク保持部 18 に指示命令 CM を送信する。マスク保持部 18 は、決められた移動（運動）を開始する。

【0042】

ここで第 1 の波長は第 2 の波長より短い波長であるとする。つまり、第 1 の波長の紫外線のフォトレジスト 10 への浸透深さは、第 2 の波長の紫外線のフォトレジスト 10 への浸透深さより浅い。紫外線とネガ型フォトレジストの場合は、波長が短いほどフォトレジストへの浸透深さは浅くなる。

【0043】

第 1 の波長の紫外線が照射されている間、マスク 16 は図 2 (a) のように移動する。図 2 (a) は、紫外線照射装置 20 側から見た、平面図である。図 2 (a) を参照して、マスク 16 の透過部 16a は直径 ϕ の円形である。第 1 の波長の紫外線が照射されている間のマスク 16 の移動軌跡は、回転中心 O からマスク 16 の中心 MO までの距離 L が、例えば 1.2ϕ となる円運動とする。なお、回転中心 O からマスク 16 の中心 MO までの距離 L は、 $\phi/2$ より小さくてもよい。

【0044】

マスク 16 の回転速度と照射時間はフォトレジスト 10 および紫外線照射装置 20 のパワーと透明基板 12 の材質および厚みで適宜変更する設計事項である。フォトレジスト 10 の感光した感光領域 30 を図 2 (b) および図 2 (c) に示す。図 2 (b) は、図 2 (a) と同様で紫外線照射装置 20 から見た平面図である。また図 2 (c) は、透明基板 12 を側面方向から見た図である。透明基板 12 の表側表面 12a から高さ h_1 でドーナツ状の感光領域 30 が形成される。

【0045】

次に、図 3 を参照する。制御部 22 は、紫外線照射装置 20 に対して、指示命令 CL によって、波長を第 2 の波長に切り替えさせる。そして、第 2 の波長の紫外線を照射させながら、マスク保持部 18 に対して指示命令 CM により、回転中心 O からマスク中心 MO までの距離 L が $\phi/2$ だけ離れた円運動を行わせる（図 3 (a)）。ここで $\phi/2$ はできるだけゼロに近い有限値である。この $\phi/2$ の大きさによって、樹脂製マイクロニードル 44 の先端の先鋭度が決まる。ゼロに近いほど先鋭度は高くなる。 $\phi/2$ が大きくなると、樹脂製マイクロニードル 44 の先端はブロードになる。

【0046】

図 3 (b)、図 3 (c) に第 2 の波長の紫外線によって形成される感光領域 32 を示す。図 3 (b) は紫外線照射装置 20 側から見た平面図である。また、図 3 (c) は、透明基板 12 の側面から見た図である。底面が直径 ϕ で高さ h_2 の円錐形の感光領域 32 が形成される。感光領域 30 と感光領域 32 は、重複している部分を有する。

【0047】

なお、感光領域 30 と感光領域 32 が重複しているということは、第 1 の紫外線と第 2 の紫外線の照射領域が重複していると同じと解して良い。したがって、感光領域 30 と感

光領域 3 2 に重複部分があれば、第 1 の紫外線と第 2 の紫外線の照射領域に重複した部分があったと解することができる。また、逆に第 1 の紫外線と第 2 の紫外線の照射領域に重複した部分があれば、感光領域 3 2 と感光領域 3 4 にも重複部分が形成される。

【 0 0 4 8 】

結果、第 1 の波長の紫外線で形成した感光領域 3 0 とあわせて、根元に補強構造 4 4 a を有する樹脂製マイクロニードル 4 4 の形状をした感光領域 3 4 が得られる。感光領域 3 4 は感光領域 3 0 と感光領域 3 2 をあわせた感光領域である。制御部 2 2 は照射が終了したらシャッターを閉じ、マスク 1 6 の移動を停止する。

【 0 0 4 9 】

最後に基板保持部 1 4 から透明基板 1 2 を取り出し、現像する。現像はフォトレジスト 1 0 毎に決められた現像液を用い、感光していない部分が溶解され除去される。このようにして、根元に補強構造 4 4 a が形成された樹脂製マイクロニードル 4 4 がマイクロニードルパターンとして直接得ることができる。つまり、従来例でいうところのマイクロニードルパターンの反転型を得る工程は不要である。図 3 (d) は、感光していない部分が除去された樹脂製マイクロニードル 4 4 を示す。

【 0 0 5 0 】

図 4 にこのようにして形成した樹脂製マイクロニードル 4 4 の写真を示す。根元が太くなる補強構造 4 4 a を有している。

【 0 0 5 1 】

(実施例 1)

具体的には以下のようにして図 4 の樹脂製マイクロニードル 4 4 を形成した。ネガ型フォトレジスト 1 0 は、SU - 8 3 0 5 0 (日本化薬社製) を用いた。基板として、厚さ 1 7 0 μm のガラス基板を用意し、アセトン、ガラス用洗浄剤、蒸留水、イソプロピルアルコールで洗浄した。

【 0 0 5 2 】

次にガラス基板上に SU - 8 3 0 5 0 をスピコートで厚さ 5 0 0 μm の厚さになるまで複数回にわけて塗布した。次に 9 5 で 1 時間バークし、その後室温まで除冷した。

【 0 0 5 3 】

直径 7 0 μm の円形の透過部 1 6 a が 4 0 0 μm ピッチで並んで形成されたマスク 1 6 を半径 5 0 μm の円周に沿って 1 2 0 回 / 分の回転速度で回転させながら、3 1 0 nm の波長の紫外線で露光した。露光時間は 3 0 秒であった。

【 0 0 5 4 】

次にマスク 1 6 を半径 3 0 μm の円周に沿って透過部 1 6 a が移動するように 1 2 0 回 / 分の回転速度で回転させながら、3 6 5 nm の波長の紫外線で露光した。露光時間は 3 0 秒であった。

【 0 0 5 5 】

次に 9 5 1 0 分のポストバークを行った。その後専用のレシピに従って現像を行った。最後にイソプロピルアルコールで数回リンスを行い、ドライ窒素ガスを吹き付けて乾燥させた。以上のようにして、図 4 に示す樹脂製マイクロニードル 4 4 は形成された。

【 0 0 5 6 】

なお、上記の説明では波長の短い第 1 の波長の紫外線を照射した後、波長の長い第 2 の紫外線を照射するように説明をしたが、波長の長短はどちらが第 1 の波長になってもよい。感光領域 3 4 に重複した部分があれば、どちらの波長から照射を始めても結果は同じだからである。

【 0 0 5 7 】

また、本発明の樹脂製マイクロニードル 4 4 から公知の技術 (電鋳) を用いて、マイクロニードル用鋳型を直ちに形成することができる。この鋳型に薬効を有する機能性材料を含む素材を射出することで、補強構造を有するマイクロニードルを得ることができる。つまり、図 4 に示す形状で薬効成分を有する機能性物質で形成されたマイクロニードルを得ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

なお、マイクロニードル用鋳型は、シリコン樹脂（P D M S）で構成される場合もある。鋳型に埋め込んだ機能性材料を含む素材を抜き出す際に鋳型に可撓性があれば、脱型し易いからである。このような場合は、樹脂製マイクロニードル 4 4 にシリコン樹脂を塗布することで、直接マイクロニードル用鋳型を得ることができる。この場合マイクロニードル用鋳型は、樹脂製マイクロニードル 4 4 を雄型とすると、雌型といえる。

【 0 0 5 9 】

従来技術のようにマイクロニードルパターンを雌型で形成すると、シリコン樹脂等で一度雄型を取り、さらにシリコン樹脂等で雌型（マイクロニードル用鋳型）を得る。したがって、このような方法でも、本発明に係る樹脂製マイクロニードルの形成方法を用いると、マイクロニードル用鋳型の製造工程の工程を省略することが出来る。

【 0 0 6 0 】

（実施の形態 2）

図 5 に本実施の形態に係る形成装置 2 の構成を示す。形成装置 2 は実施の形態 1 に示した形成装置 1 とほぼ同じ構成である。したがって、図 1 と同じ構成の部分は同じ符号を用いる。

【 0 0 6 1 】

形成装置 1 と形成装置 2 の主たる相違点は、形成装置 1 では、フォトレジスト 1 0 が塗布された透明基板 1 2 は固定され、マスク 1 6 が移動したが、形成装置 2 では、マスク 1 6 は固定され、フォトレジスト 1 0 が塗布された透明基板 1 2 が移動する。より具体的には、形成装置 2 では、マスク 1 6 を保持するマスク保持部 1 9 は、紫外線照射装置 2 0 に対しては、位置調整可能に固定される。

【 0 0 6 2 】

一方、フォトレジスト 1 0 が塗布された透明基板 1 2 を保持する基板保持部 1 5 は、透明基板 1 2 を移動可能に保持することができる。ここで移動可能とは、平面内を X 方向と Y 方向に自由に透明基板 1 2 を移動させることができることを意味する。例えば、本体 1 5 c 中に、X 軸方向のモータと Y 軸方向のモータが備えられ、これらのモータに接続されたアーム 1 5 b が透明基板 1 2 の保持枠 1 5 a に取り付けられた構成が例示できる。

【 0 0 6 3 】

この構成では、アーム 1 5 b は、マスク 1 6 と平行な平面内で自由に移動可能である。つまり、マスク 1 6 に対して平行な平面内で、透明基板 1 2 を保持した保持枠 1 5 a が相対的に移動可能に構成されている構成を得ることができる。

【 0 0 6 4 】

このように、透明基板 1 2 の方を移動可能にすると、透明基板 1 2 上のフォトレジスト 1 0 に、紫外線照射装置 2 0 の照射範囲外の領域があっても、その領域を照射範囲内に移動させることで、紫外線の照射が可能になる。

【 0 0 6 5 】

その他の違いとして、制御部 2 3 は、紫外線照射装置 2 0 に対して、シャッターの開閉および照射波長の切換を指示命令 C L で指示し、基板保持部 1 5 に対して、フォトレジスト 1 0 が塗布された透明基板 1 2（保持枠 1 5 a）の移動パターンを指示命令 C M s によって指示する。

【 0 0 6 6 】

（実施例 2）

本実施例では、3つの波長の紫外線を用いた場合の樹脂製マイクロニードル 5 4 を作製した。実施例 1 では、2つの波長の紫外線を用いた。実施例 1 の場合は、円錐部分（以後「ニードル部」と呼ぶ。）の側面の傾斜は 2 段階に変化させることができた（図 4 の樹脂製マイクロニードル 4 4 の部分と補強構造 4 4 a の部分）。使用する波長を 3 種類にすることで、ニードル部の側面の傾斜を 3 段階に変化させることができる。すなわち、ニードル部の側面に太さの変化を与えることができる。

【 0 0 6 7 】

図6には樹脂製マイクロニードル54の形状の典型的な例を示す。樹脂製マイクロニードル54は、根元に補強構造54aを有し、さらに、ニードル部の中ほど54bを、先端54cで形成される円錐形状(点線で示した。)より太く形成することができる。このような形状は、アスペクト比が大きき(底面積の直径に対して高さの高い)マイクロニードルを作製する場合に、ニードル部の強度を高められるという利点を有する。

【0068】

まず、特定波長の紫外線のフォトレジスト10への透過深さを確認した。紫外線照射装置20は、365nm、350nm、340nmの3つの波長の紫外線を照射できるようにした。図7には、使用するフォトレジスト(SU-8 3050)に対して、照射強度(ドーズ量(mJ/cm^2))と透過深さ(μm)の関係を示すグラフを示す。横軸はドーズ量(Dose(mJ/cm^2))であり、縦軸は透過深さ(Thickness(μm))である。グラフ中、黒丸印は波長365nmであり、黒ひし形印は波長350nmであり、黒三角印は波長340nmの結果である。

【0069】

各波長のドーズ量を調整することで十分に厚いフォトレジスト膜を透明基板12側から、膜厚50 μm から500 μm の範囲の任意の厚さまで露光させることがわかった。なお、SU-8 3050の臨界ドーズ量は、150 mJ/cm^2 とされており、理想的にはこれより大きなドーズ量を与えることが望ましい。

【0070】

したがって、フォトレジスト10の表層部(透明基板12から遠い部分)に近い200 μm から500 μm の深さ(透明基板12からの深さ)を露光するには、波長365nmの紫外線を用い、フォトレジスト10の中間層に当たる膜厚200 μm から100 μm の深さを露光するには波長350nmの紫外線を用い、フォトレジスト10の底部(透明基板12に最も近い部分)にあたる膜厚100 μm 以下の深さを露光するには、波長340nmの紫外線を用いるのが好適であることがわかった。

【0071】

まず、透明基板12上にネガ型フォトレジスト10(SU-8 3050)を厚さ500 μm になるまで塗布し、95℃で1時間バークし、室温まで徐冷するまでの手順は実施例1と同じであった。

【0072】

マスク16としては、開口径70 μm の円形開口を用いた。樹脂製マイクロニードル54の先端部分(フォトレジスト10の表面に近い部分)は、すでに説明したように波長365nmの紫外線を用い、透明基板12の移動軌跡の直径は70 μm であった。すなわち、実施の形態1における図2で示した距離Lが35 μm ということである。もちろん、図2ではマスク16が移動したが、本実施例では、透明基板12の方が移動している。

【0073】

また、樹脂製マイクロニードル54の中間部は波長350nmの紫外線を用い、透明基板12の移動軌跡の直径は100 μm であった。また、樹脂製マイクロニードル54の基底部は波長340nmの紫外線を用い、透明基板12の移動軌跡の直径は150 μm であった。

【0074】

作製手順は実施例1同様に、まず波長の短い340nmの紫外線から順に365nmの紫外線まで、120回転/分の回転速度で30秒間ずつ露光した。ポストバークおよび現像の手順も実施例1と同じであった。

【0075】

図8に作製した樹脂製マイクロニードル54の電子顕微鏡写真を示す。図中の白線は100 μm を表す。樹脂製マイクロニードル54は基底部から中間部にかけて側面の曲率が変化していることが分かる(図8中の白矢印部分)。すなわち、複数波長による露光によって、形状制御が可能であることが確認できた。

【0076】

10

20

30

40

50

(実施例3)

樹脂製マイクロニードルは、薬剤を充填したマイクロニードルの型の原型である。実施例1や実施例2で示したように、ニードル部の形状制御はできることがわかった。ところで、実際の薬剤入りのマイクロニードル自体は、製品に使われる基板上に形成される。この際基板は比較的固い材料で形成されている。マイクロニードルとの接触性を高めるためである。しかし、基板が固いと皮膚の曲面に追従できず、基板上に形成されたマイクロニードルの全てを同じ深さに穿刺することが難しくなる。

【0077】

本実施例で示すのはマイクロニードルアレイであり、複数のマイクロニードルが連結するように形成される。したがって、可撓性の高い基板上であっても、高い接着性を得ることができ、使用感が良好な製品を形成することができる。また、可撓性の高い基板は皮膚の曲面に追従するので、基板上の全てのマイクロニードルを同じ深さまで穿刺することができる。さらに、基板部分を平板ではなく連結索の構造とすることで型取りした後に使用する薬剤の量をおよそ85%削減することができる。

【0078】

図9に本実施例で作製される樹脂製マイクロニードルアレイ66の一例を示す。樹脂製マイクロニードル64は、連結索63でそれぞれが連結され、樹脂製マイクロニードルアレイ66を形成する。なお、マイクロニードル毎の連結は、図9の形態だけに限定されるものではなく、他の連結形態であってもよい。

【0079】

本実施例で用いたマスクパターンは開口径80 μ mの円形開口である。また使用した波長は、365nmと340nmの2種類の紫外線を使用した。波長365nmの紫外線は、樹脂製マイクロニードル64を形成する際に用い、波長340nmの紫外線は、マイクロニードル同士を連結する連結索63の部分に用いた。

【0080】

波長365nmの紫外線を用いた際の透明基板12の移動軌跡の直径は70 μ mであり、波長340nmの紫外線を用いた際の透明基板12の移動は、X方向とY方向にそれぞれ800 μ mずつ直線で移動しながら露光した。

【0081】

透明基板12の上にフォトリソ10を形成する手順は実施例2(実施例1)と同じであった。また、作製手順も実施例1同様に、まず波長の短い340nmで露光し、次に波長365nmの紫外線で露光した。露光の手順は、波長365nmの紫外線の場合は、120回転/分の回転速度で30秒間露光した。

【0082】

波長340nmの紫外線の場合は、透明基板12をX方向に800 μ m、Y方向に800 μ m移動させ、次に-Y方向に800 μ m、-X方向に800 μ m移動させた。これを1セットとし、60回セット/分の移動速度で移動させながら30秒間露光した。

【0083】

図10(a)は作製した樹脂製マイクロニードルアレイ66の上方からの電子顕微鏡写真である。図10(b)は拡大写真である。樹脂製マイクロニードル64が形成され、連結索63が樹脂製マイクロニードル64同士を連結して、樹脂製マイクロニードルアレイ66が形成されているのが分かる。

【0084】

この樹脂製マイクロニードルアレイ66の連結索63の部分は、基板との接触面積を増大させることになる。したがって、基板が可撓性を有していても、十分に接着状態を維持することができる。また、樹脂製マイクロニードル64同士が連結しているため、基板の湾曲に対しても剥がれることなく、追従することができる。

【0085】

(実施の形態3)

本発明に係る形成方法は、樹脂製マイクロニードル44だけに限定して適用されるもの

ではなく、透明基板 1 2 上に 3 次元パターンを直接形成する方法として利用が可能である。すなわち、直接は凹み型を形成するのではなく、直接凸形状を形成することができる。

【 0 0 8 6 】

例えば、図 1 1 (a) は、上記に示した樹脂製マイクロニードル 4 4 の形成方法において、第 2 の波長の紫外線の当て方を変えたものである。形状としては、透明基板 1 2 上に樹脂製マイクロニードル 4 4 の先端部分を除去した円錐台形 4 6 の根元に補強構造 4 6 a が形成された形状である。この場合も円錐台形 4 6 の側面を延長した面より円錐台形 4 6 の外側に形成された部分が補強構造 4 6 a となる。

【 0 0 8 7 】

これは、細胞の培養に用いるマイクロウェルの型になるものである。マイクロウェル 4 8 自体は図 1 1 (b) にワイヤフレームで示すように凹み形をしたお皿である。図 1 1 (c) はその断面図を示す。したがって、鑄型としては凸形状のものが必要になる。本発明に係る形成方法を用いれば、このような凸形状も反転型なしで得ることができる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 8 8 】

本発明に係る樹脂製マイクロニードルの形成方法は、補強構造付きのマイクロニードルを形成する鑄型を得る際に従来技術より 1 工程少ない工数で得ることができるので、マイクロニードルの製造に好適に利用することができる。また、マイクロニードルだけでなく、基板上に直接 3 次元構造を形成することができるので、サブミリサイズの 3 次元パターンの形成に好適に利用できる。

【符号の説明】

【 0 0 8 9 】

- 1 形成装置
- 1 0 フォトレジスト
- 1 2 透明基板
- 1 2 a 表側表面
- 1 4、1 5 基板保持部
- 1 5 a 保持枠
- 1 5 b アーム
- 1 6 マスク
- 1 6 a 透過部
- 1 6 b 遮光部
- 1 8、1 9 マスク保持部
- 1 8 a 保持枠
- 1 8 b アーム
- 1 8 c 本体
- 2 0 紫外線照射装置
- 2 2、2 3 制御部
- 3 0 (第 1 の波長の紫外線によって形成される)感光領域
- 3 2 (第 2 の波長の紫外線によって形成される)感光領域
- 3 4 感光領域
- 4 4、5 4、6 4 樹脂製マイクロニードル
- 6 3 連結索
- 6 6 樹脂製マイクロニードルアレイ
- 4 4 a、5 4 a 補強構造
- 4 6 円錐台形
- 4 6 a 補強構造
- 4 8 マイクロウェル
- C L 指示命令
- C M 指示命令

10

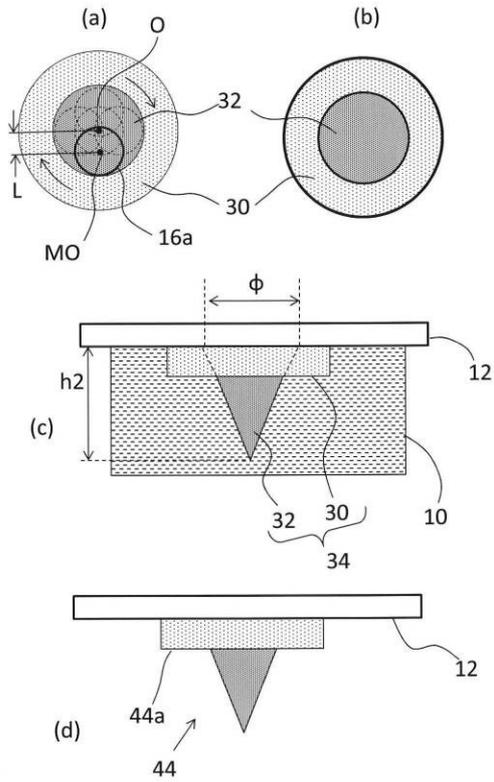
20

30

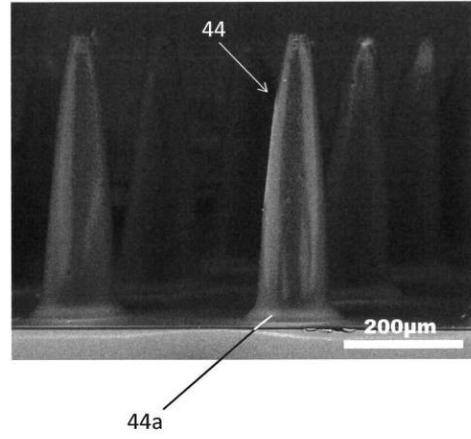
40

50

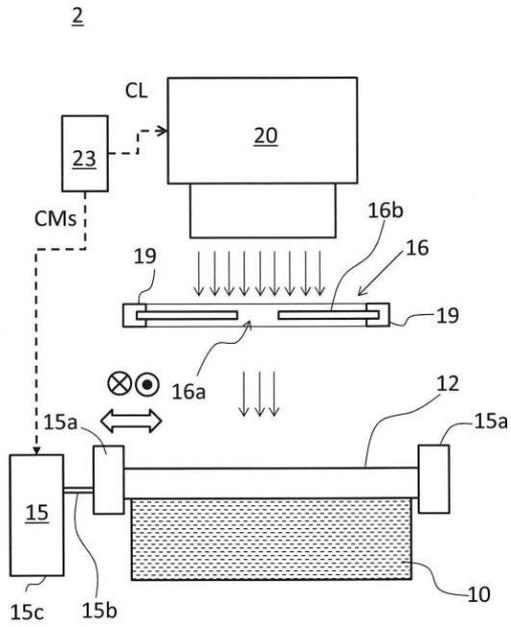
【 図 3 】



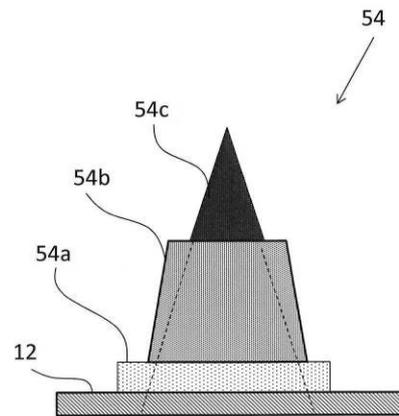
【 図 4 】



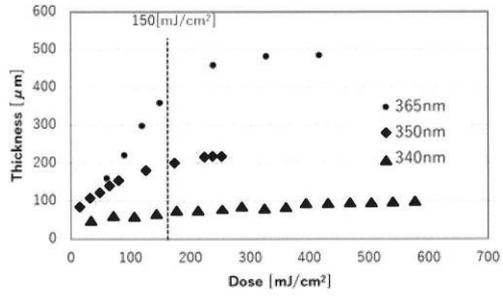
【 図 5 】



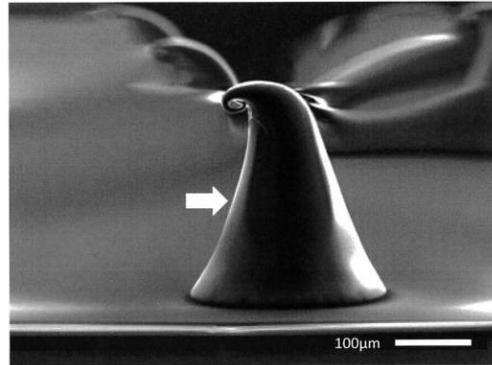
【 図 6 】



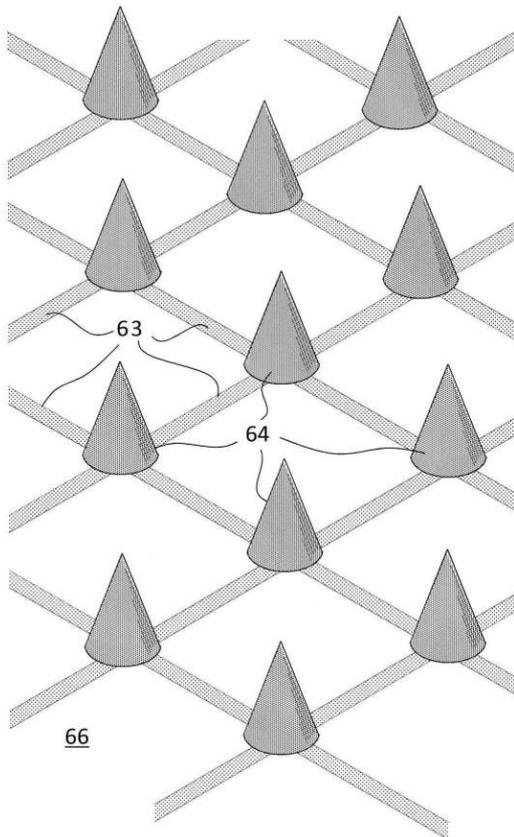
【 図 7 】



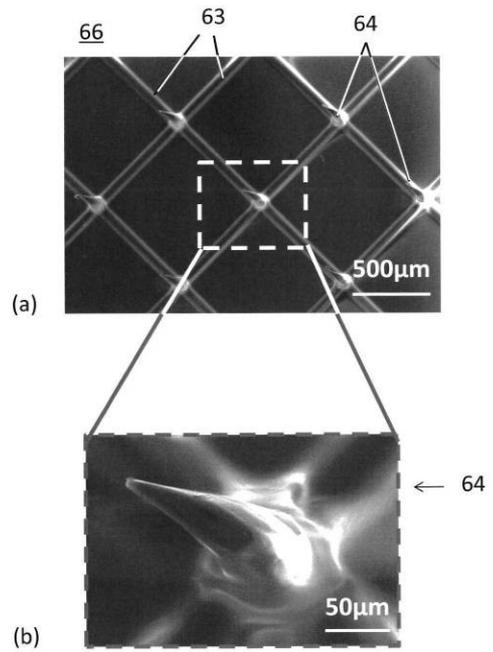
【 図 8 】



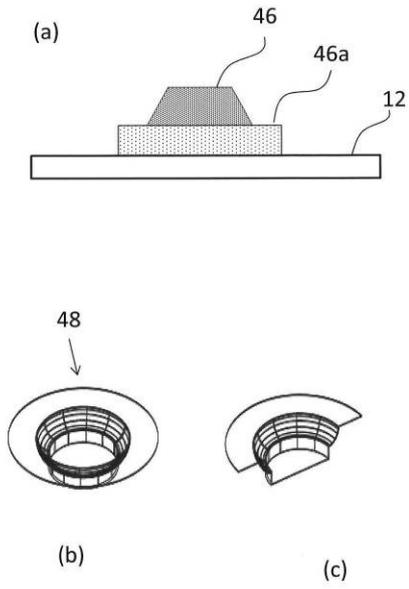
【 図 9 】



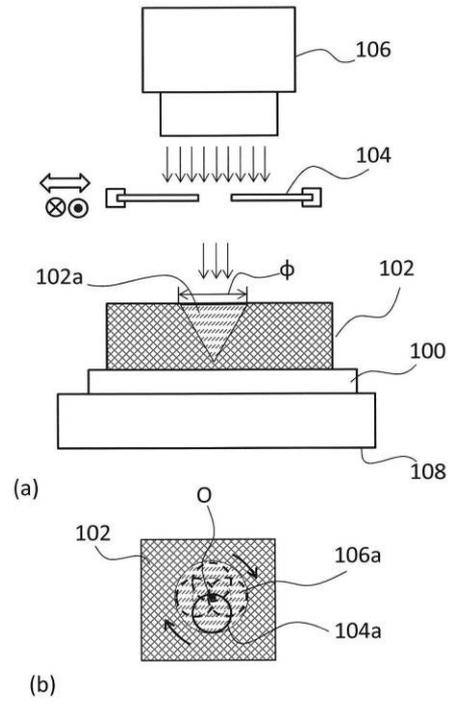
【 図 10 】



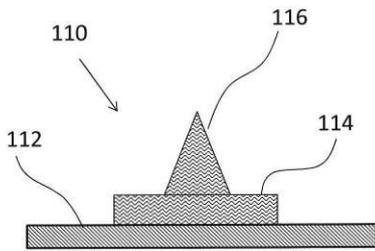
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2014/077242(WO, A1)

特開2009-240409(JP, A)

特開2006-317870(JP, A)

特開2008-125864(JP, A)

特開2008-046507(JP, A)

米国特許出願公開第2015/0352777(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61M 37/00

B29C 35/08