

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

微細な凹凸パターンを表面に有するモールドおよび硬化性樹脂塗布面を有する被加工基板であって、前記凹凸パターンもしくは前記硬化性樹脂塗布面が形成されたメサ部を前記モールドおよび前記被加工基板の少なくとも一方が有するものを用い、

前記凹凸パターンと前記硬化性樹脂塗布面上に塗布された硬化性樹脂とを接着せしめて、前記モールド、前記硬化性樹脂および前記被加工基板から構成されるアセンブリを形成し、

表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にある前記アセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的に前記アセンブリの表面全体に作用するように、圧力容器内において支持部材で支持しながら、該圧力容器内に気体を導入し、

該気体の流体圧力によって、前記モールドと前記被加工基板とを互いに押し付け、その後前記モールドと前記被加工基板とを剥離することを特徴とするナノインプリント方法。

**【請求項 2】**

前記アセンブリのうち前記凹凸パターンに対応した部分であるパターン対応部以外の部分のみを前記支持部材で支持して、前記アセンブリを支持することを特徴とする請求項 1 に記載のナノインプリント方法。

**【請求項 3】**

前記支持部材がリング形状であり、

該リング形状の内周の内側に前記パターン対応部が位置するように、前記パターン対応部以外の部分を前記支持部材で支持することを特徴とする請求項 2 に記載のナノインプリント方法。

**【請求項 4】**

前記支持部材が 3 つ以上の突起部から構成されるものであり、

前記パターン対応部以外の部分を前記 3 つ以上の突起部で支持することを特徴とする請求項 2 に記載のナノインプリント方法。

**【請求項 5】**

前記モールドおよび前記被加工基板のいずれかのみを前記支持部材で支持して、前記アセンブリを支持することを特徴とする請求項 1 から 4 いずれかに記載のナノインプリント方法。

**【請求項 6】**

前記流体圧力が 0 . 1 ~ 5 M P a であることを特徴とする請求項 1 から 5 いずれかに記載のナノインプリント方法。

**【請求項 7】**

前記硬化性樹脂の塗布時の厚さが前記被加工基板の表面高低差以上となるように、前記硬化性樹脂を塗布することを特徴とする請求項 1 から 6 いずれかに記載のナノインプリント方法。

**【請求項 8】**

前記硬化性樹脂を加熱しながら前記モールドと前記被加工基板とを剥離することを特徴とする請求項 1 から 7 いずれかに記載のナノインプリント方法。

**【請求項 9】**

請求項 1 から 8 いずれかに記載のナノインプリント方法に使用されるナノインプリント装置であって、

微細な凹凸パターンを表面に有するモールドと、硬化性樹脂塗布面を有する被加工基板と、硬化性樹脂とから構成され、かつ前記凹凸パターンと前記硬化性樹脂塗布面上に塗布された前記硬化性樹脂とを接着せしめて形成されたアセンブリが収容され、気体が充填される圧力容器と、

該圧力容器内に設けられた支持部材であって、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にある前記アセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的に前記アセンブリの表面全体に作用するように前記圧力容器内で支持する前記支持部材と、

10

20

30

40

50

前記圧力容器に接続された、前記圧力容器内に気体を導入する気体導入手段とを備えたことを特徴とするナノインプリント装置。

【請求項 10】

前記支持部材が、前記アセンブリのうち前記凹凸パターンに対応した部分であるパターン対応部以外の部分のみを支持するものであることを特徴とする請求項 9 に記載のナノインプリント装置。

【請求項 11】

前記支持部材がリング形状であることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載のナノインプリント装置。

【請求項 12】

前記支持部材が 3 つ以上の突起部から構成されたものであることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載のナノインプリント装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、所定の凹凸パターンを表面に有するナノインプリント用のモールドを用いたナノインプリント方法およびそれに用いられるナノインプリント装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ディスクリットトラックメディア (DTM) やビットパターンドメディア (BPM) 等の磁気記録媒体、及び半導体デバイスの製造等において、被加工基板上に塗布された硬化性樹脂にナノインプリントを行うパターン転写技術の利用が期待されている。

【0003】

ナノインプリントは、光ディスク製作では良く知られているエンボス技術を発展させたパターン形成技術である。具体的には、ナノインプリントは、凹凸パターンを形成した型 (一般的にモールド、スタンパ、テンプレートとも呼ばれる) を被加工基板上に塗布された硬化性樹脂に押し付け、硬化性樹脂を力学的に変形または流動させて微細なパターンを精密に転写する技術である。モールドを一度作製すれば、ナノレベルの微細構造を簡単に繰り返し成型できるため経済的であるとともに、有害な廃棄物および排出物が少ない転写技術であるため、近年、さまざまな分野へも応用が期待されている。

【0004】

ナノインプリントにおいては、塗布された硬化性樹脂にモールドを押し付ける際に、硬化性樹脂塗布面に対して均等な圧力で押し付けることが重要であり、更なる微細化が進むにつれてその重要性は増している。圧力が均等でない場合、モールドの横ズレや回転ずれによってパターン転写の位置ずれが生じる要因となり、またモールドの凹凸パターンの破損に繋がる場合があるためである。

【0005】

そこで、例えば特許文献 1 は、図 11 に示すように、柔軟な封止カバー 9 を用いて、微細な凹凸パターンを表面に有するモールド 5、および硬化性樹脂 6 が塗布された被加工基板 7 を、凹凸パターンを硬化性樹脂 6 に当てた状態で封止カバー 9 に入れて封止し、モールド 5、硬化性樹脂 6 および被加工基板 7 から構成されたアセンブリ 8 を流体圧力に封止カバー 9 を介して曝すことにより、流体圧力の等方性を利用して均等な圧力でモールド 5 と被加工基板 7 とを互いに押し付ける方法を開示している。

【0006】

一方、上記のようなナノインプリントは通常、全面にわたって平坦な基板の表面に凹凸パターンが形成されたモールドを使用して実施されている。しかしながら、上記のようなモールドを使用した場合には、凹凸パターンが形成された面の全面が硬化性樹脂と密着してしまい剥離性 (モールドの剥離のしやすさ) が低下する、凹凸パターンが形成された面の全面にわたって硬化性樹脂が流動するため硬化性樹脂の流動範囲を制限できない、とい

10

20

30

40

50

った問題が生じていた。

【 0 0 0 7 】

そこで、例えば特許文献 2 に示されるように、近年、メサ型のモールドを使用したナノインプリントの開発が進められている。メサ型のモールドとは、例えば図 1 2 A ~ 図 1 2 C に示すような台地（メサ）状の構造を有するようなモールド 1 および 2 をいう。図 1 2 A はメサ型モールドの一形態を示す概略斜視図であり、図 1 2 B は図 1 2 A における A - A 線での断面を示す概略切断部端面図であり、図 1 2 C はメサ型モールドの他の形態の断面を示す概略切断部端面図である。具体的には、図 1 2 A および図 1 2 B に示すメサ型のモールド 1（または、図 1 2 C に示すメサ型モールド 2）は、平板状の支持部 1 1（2 1）と、この支持部 1 1（2 1）の一面 S 1（基準面）にありかつこの基準面 S 1 から所定の高さ D 2 を有する台地状のメサ部 1 2（2 2）とを備え、このメサ部 1 2（2 2）が、微細な凹凸パターン 1 3（2 3）が形成された凹凸パターン領域 R 1 を有するような構造をなす。このようなメサ型のモールドを使用した場合には、被加工基板上に塗布された硬化性樹脂にモールドを押し付けた際に、硬化性樹脂の流動範囲を制限できるため、上記のような問題が解決される。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特許第 3 9 8 7 7 9 5 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 9 - 1 7 0 7 7 3 号 公 報

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

しかしながら、メサ型のモールドを用いたナノインプリントにおいても硬化性樹脂塗布面に対する均等な圧力による押し付けが重要であるところ、このようなナノインプリントに対して特許文献 1 に開示されている上記の方法を適用したとしても、均等な圧力でモールドと被加工基板とを互いに押し付けることができないという問題がある。これは、図 1 3 に示すように、メサ型モールド 1 のフランジ部 1 5（支持部 1 1 のメサ部 1 2 が無い部分）および被加工基板 7 の上記フランジ部 1 5 に対向する部分に一方向から流体圧力がかかることにより、モールド 1 および被加工基板 7 が湾曲して、硬化性樹脂塗布面とメサ部との間に圧力分布が生じるためである。このような圧力分布は、残膜ムラ（残膜の厚さのムラ）が生じる要因となる。

30

【 0 0 1 0 】

また、上記のような問題は、被加工基板がメサ部を有する場合にも同様である。

【 0 0 1 1 】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、メサ型のモールドおよび/または被加工基板を用いたナノインプリントにおいて、硬化性樹脂塗布面に対する均等な圧力による押し付けを実現し、残膜ムラの発生を抑制することを可能とするナノインプリント方法およびそれに用いられるナノインプリント装置を提供することを目的とするものである。

【 課題を解決するための手段 】

40

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するために、本発明に係るナノインプリント方法は、

微細な凹凸パターンを表面に有するモールドおよび硬化性樹脂塗布面を有する被加工基板であって、凹凸パターンもしくは硬化性樹脂塗布面が形成されたメサ部をモールドおよび被加工基板の少なくとも一方が有するものを用い、

凹凸パターンと硬化性樹脂塗布面上に塗布された硬化性樹脂とを接着せしめて、モールド、硬化性樹脂および被加工基板から構成されるアセンブリを形成し、

表面全体が直接雰囲気に暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように、圧力容器内において支持部材で支持しながら、圧力容器内に気体を導入し、

50

この気体の流体圧力によって、モールドと被加工基板とを互いに押し付け、その後モールドと被加工基板とを剥離することを特徴とするものである。

【 0 0 1 3 】

本明細書において、モールドおよび被加工基板に関し、「凹凸パターンもしくは硬化性樹脂塗布面が形成されたメサ部をモールドおよび被加工基板の少なくとも一方が有する」とは、モールドおよび被加工基板の少なくとも一方がメサ部を有し、かつ、モールドがメサ部を有する場合には当該メサ部上に凹凸パターンが形成されており、一方被加工基板がメサ部を有する場合には当該メサ部上に硬化性樹脂塗布面が形成されていることを意味する。

【 0 0 1 4 】

アセンブリに関し「表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にある」とは、アセンブリが、支持部材によって支持されていない状態を考えた場合において、アセンブリの全体或いはその一部が封止されておらず、当該アセンブリの表面（つまり、モールドと硬化性樹脂との接着面、硬化性樹脂と被加工基板との接着面、および、凹凸パターンと硬化性樹脂とによって形成される閉じられた空間を規定する面を除いた、モールド、硬化性樹脂および被加工基板の表面）全体を雰囲気暴露することができる状態にあることを意味する。したがって、アセンブリを圧力容器内で実際に支持している段階においては、アセンブリと支持部材との接触点または接触面においてアセンブリの一部が雰囲気暴露されない状態になることは許容される。

【 0 0 1 5 】

「実質的にアセンブリの表面全体に作用するように」とは、アセンブリの大きさに対して比較的微小な領域（例えば点や線）でアセンブリと支持部材とが接触していることを意味する。

【 0 0 1 6 】

そして、本発明に係るナノインプリント方法において、アセンブリのうち凹凸パターンに対応した部分であるパターン対応部以外の部分のみを支持部材で支持して、アセンブリを支持することが好ましい。

【 0 0 1 7 】

本明細書において「パターン対応部」とは、アセンブリの所定の一部分であって、平面視（硬化性樹脂塗布面に垂直な方向からの視点）において、凹凸パターンが形成されている領域と投影範囲が共通する部分を意味する。

【 0 0 1 8 】

そして、本発明に係るナノインプリント方法において、支持部材はリング形状であり、リング形状の内周の内側にパターン対応部が位置するように、パターン対応部以外の部分を支持部材で支持することが好ましい。

【 0 0 1 9 】

本明細書において「リング形状」とは、リングが一部で断線したような形状も含む意味である。

【 0 0 2 0 】

或いは、本発明に係るナノインプリント方法において、支持部材は3つ以上の突起部から構成されるものであり、パターン対応部以外の部分を3つ以上の突起部で支持することが好ましい。

【 0 0 2 1 】

そして、本発明に係るナノインプリント方法において、モールドおよび被加工基板のいずれかのみを支持部材で支持して、アセンブリを支持することが好ましい。

【 0 0 2 2 】

そして、本発明に係るナノインプリント方法において、流体圧力は0.1～5 MPaであることが好ましい。

【 0 0 2 3 】

そして、本発明に係るナノインプリント方法において、硬化性樹脂の塗布時の厚さが被

10

20

30

40

50

加工基板の表面高低差以上となるように、硬化性樹脂を塗布することが好ましい。

【0024】

本明細書において「表面高低差」とは、被加工基板の表面のうねりにより生じる、高い所と低い所との相対的な高さの差を表す指標を意味する。

【0025】

そして、本発明に係るナノインプリント方法において、硬化性樹脂を加熱しながらモールドと被加工基板とを剥離することが好ましい。

【0026】

さらに、本発明に係るナノインプリント装置は、

上記に記載のナノインプリント方法に使用されるナノインプリント装置であって、

微細な凹凸パターンを表面に有するモールドと、硬化性樹脂塗布面を有する被加工基板と、硬化性樹脂とから構成され、かつ凹凸パターンと硬化性樹脂塗布面上に塗布された硬化性樹脂とを接着せしめて形成されたアセンブリが収容され、気体が充填される圧力容器と、

圧力容器内に設けられた支持部材であって、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように圧力容器内で支持する支持部材と、

圧力容器に接続された、圧力容器内に気体を導入する気体導入手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0027】

そして、本発明に係るナノインプリント装置において、支持部材は、アセンブリのうち凹凸パターンに対応した部分であるパターン対応部以外の部分のみを支持するものであることが好ましい。

【0028】

そして、本発明に係るナノインプリント装置において、支持部材はリング形状であることが好ましく、或いは、3つ以上の突起部から構成されたものであることが好ましい。

【発明の効果】

【0029】

本発明に係るナノインプリント方法は、特に、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように、圧力容器内において支持部材で支持しながら、圧力容器内に気体を導入し、この気体の流体圧力によって、モールドと被加工基板とを互いに押し付けることを特徴とする。これによりモールドのフランジ部、および被加工基板の上記フランジ部に対向する部分に、均等な流体圧力がかかることにより、モールドおよび被加工基板が湾曲することを防止することができる。そして、メサ型のモールドおよび/または被加工基板を用いたナノインプリントにおいて、硬化性樹脂塗布面に対する均等な圧力による押し付けが実現でき、残膜ムラの発生を抑制することが可能となる。

【0030】

また、本発明に係るナノインプリント装置は、微細な凹凸パターンを表面に有するモールドと、硬化性樹脂塗布面を有する被加工基板と、硬化性樹脂とから構成され、かつ凹凸パターンと硬化性樹脂塗布面上に塗布された硬化性樹脂とを接着せしめて形成されたアセンブリが収容され、気体が充填される圧力容器と、圧力容器内に設けられた支持部材であって、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように圧力容器内で支持する支持部材と、圧力容器に接続された、圧力容器内に気体を導入する気体導入手段とを備えたことを特徴とする。したがって、上記ナノインプリント方法を実施することが可能となり、そして、メサ型のモールドおよび/または被加工基板を用いたナノインプリントにおいて、硬化性樹脂塗布面に対する均等な圧力による押し付けが実現でき、残膜ムラの発生を抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 3 1 】

【図 1】本発明のナノインプリント装置の一実施形態を示す概略切断部端面図である。

【図 2 A】本発明のナノインプリント装置における被加工基板の設置台の一実施形態を示す概略平面図である。

【図 2 B】本発明のナノインプリント装置における被加工基板の設置台の他の実施形態を示す概略平面図である。

【図 2 C】本発明のナノインプリント装置におけるモールドの支持部材の一実施形態を示す概略平面図である。

【図 3 A】本発明のナノインプリント方法の一実施形態の工程を示す概略切断部端面図である。

【図 3 B】本発明のナノインプリント方法の一実施形態の工程を示す概略切断部端面図である。

【図 4】本発明において、アセンブリに流体圧力が作用する様子を示す概略切断部端面図である。

【図 5】本発明のナノインプリント装置における被加工基板の設置台の他の実施形態を示す概略平面図である。

【図 6 A】一実施形態の接着機構を備えた設置台を用いて、モールドと硬化性樹脂が塗布された被加工基板とを接着させる様子を示す概略切断部端面図である。

【図 6 B】他の実施形態の接着機構を備えた設置台を用いて、モールドと硬化性樹脂が塗布された被加工基板とを接着させる様子を示す概略切断部端面図である。

【図 7】本発明のナノインプリント装置の他の実施形態を示す概略切断部端面図である。

【図 8 A】本発明のナノインプリント方法の他の実施形態の工程を示す概略切断部端面図である。

【図 8 B】本発明のナノインプリント方法の他の実施形態の工程を示す概略切断部端面図である。

【図 9】本発明のナノインプリント装置の他の実施形態を示す概略切断部端面図である。

【図 10】本発明のナノインプリント装置におけるモールドの支持部材の他の実施形態を示す概略底面図である。

【図 11】通常のもールド、硬化性樹脂および被加工基板からなるアセンブリを封止カバーで封止し、流体圧力でナノインプリントを行う様子を示す概略切断部端面図である。

【図 12 A】メサ型モールドの一形態を示す概略斜視図である。

【図 12 B】図 12 A における A - A 線での断面を示す概略切断部端面図である。

【図 12 C】メサ型モールドの他の形態の断面を示す概略切断部端面図である。

【図 13】メサ型のもールド、硬化性樹脂および被加工基板からなるアセンブリを封止カバーで封止し、流体圧力でナノインプリントを行う様子を示す概略切断部端面図である。

【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 3 2 】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明するが、本発明はこれに限られるものではない。なお、視認しやすくするため、図面中の各構成要素の縮尺等は実際のものと適宜異ならせてある。

## 【 0 0 3 3 】

「第 1 の実施形態」

(ナノインプリント装置)

まず、本実施形態のナノインプリント方法を実施するためのナノインプリント装置について説明する。本実施形態のナノインプリント方法は、図 1 に示すようなナノインプリント装置 100 を用いて実施される。図 1 に示すナノインプリント装置 100 は、圧力容器 110、この圧力容器 110 に気体を導入する気体導入部 120、この圧力容器 110 内を排気する排気部 130、被加工基板 7 を支持する基板支持部材 140 を備えた被加工基板 7 を設置する設置台 145、モールド 1 を支持するモールド支持部材 150、凹凸パターンの位置合わせを行うための受光デバイス 161、および、光硬化性樹脂を露光するた

10

20

30

40

50

めの露光光源 162 を備えている。なお、図 1 には、微細な凹凸パターン 13 を表面に有するモールド 1、および光硬化性樹脂塗布面に光硬化性樹脂 6 が塗布された被加工基板 7 も示している。アセンブリは、モールド 1、および光硬化性樹脂 6 が塗布された被加工基板 7 を用いて、凹凸パターン 13 と光硬化性樹脂 6 とを接着せしめて形成される。

#### 【0034】

(メサ型のモールド)

モールド 1 は、本実施形態では図 12 A および B に示すようなメサ型構造を有する。このようなメサ型のモールド 1 は、例えば、平板状の基板にメサ加工（メサ部を残すようにその周囲の基板材料を除去する加工）を施し、その後メサ部の表面に凹凸パターンを形成することにより製造することができる。例えば、凹凸パターン形成方法は下記の通りである。メサ加工された Si 基材上に、スピンコートにより PMMA (poly methyl methacrylate) などを主成分とするフォトレジスト液を塗布し、フォトレジスト層を形成する。その後、Si 基材を XY ステージ上で走査しながら、所定のラインパターンに対応して変調した電子ビームを照射し、10 mm 角の範囲のフォトレジスト層全面に凹凸パターンを露光する。その後、フォトレジスト層を現像処理し、露光部分を除去して、除去後のフォトレジスト層のパターンをマスクにして所定の溝深さになるようにエッチングを行い、凹凸パターンを有する Si モールドを製造することができる。また、メサ部 12 の凹凸パターン領域以外の領域 R2 には、アライメントマーク等の転写用のパターン以外のパターンを形成することができる。

10

#### 【0035】

モールド 1 の材料として、石英基板を用いてもよい。石英基板に微細パターンを加工する場合は、基板加工時のマスクとして金属層とフォトレジスト層の積層構造にする必要がある。石英基板の加工法は例えば以下に示す通りである。フォトレジスト層をマスクにして、ドライエッチングを行い、フォトレジスト層に形成された凹凸パターンに対応した凹凸パターンを当該金属層に形成し、その金属薄層をエッチストップ層にして石英基板にさらにドライエッチングを行い、凹凸パターンを石英基板上に形成する。これにより、所定のパターンを有する石英モールドを得る。また、パターン形成法として、電子ビーム描画だけでなく、インプリントによるパターン転写を行ってもよい。

20

#### 【0036】

さらにモールド 1 は、モールドと光硬化性樹脂とを互いに剥離する剥離処理を容易にするため、その表面に離型処理を行ったものを用いてもよい。このような離型処理は、シリコン系やフッ素系などのシランカップリング剤を用いて実施される。シランカップリング剤としては、例えばダイキン工業株式会社製のオブツール DSX および住友スリーエム株式会社製の Novac EGC-1720 が挙げられる。またその他市販の離型剤も好適に用いることができる。

30

#### 【0037】

モールド 1 および 2 において、平板状の基板がメサ加工されることにより、支持部 11 およびメサ部 12 は一体的に形成されている。モールド 1 の材料は、上記に挙げた石英の他、例えばシリコン、ニッケル、アルミニウム、クロム、鉄、タンタルおよびタングステン等の金属材料、それらの酸化物、窒化物および炭化物、並びに樹脂とすることができる。具体的には、モールド 1 の材料としては、酸化シリコン、酸化アルミニウム、石英ガラス、パイレックス（登録商標）ガラスおよびソーダガラス等を挙げることができる。図 1 に示される本実施形態では特に、モールド 1 を通して露光する実施形態であるため、モールド 1 の材料は光透過性材料である。被加工基板 7 側から露光する場合、モールド 1 の材料は光透過性材料である必要はない。

40

#### 【0038】

支持部 11 および 21 の厚さ D1 は、300  $\mu\text{m}$  ~ 10 mm であり、より好ましくは 350  $\mu\text{m}$  ~ 1 mm であり、特に好ましくは 400 ~ 500  $\mu\text{m}$  である。厚さ D1 が、300  $\mu\text{m}$  よりも薄いと剥離処理の際にモールドが破断する恐れがあるためであり、10 mm よりも厚いと流体圧力に従うような柔軟性が喪失されるためである。また、メサ部 12 お

50



よび 22 の厚さ D2 は、100 nm ~ 10 mm であり、より好ましくは 1 ~ 500  $\mu$ m であり、特に好ましくは 10 ~ 50  $\mu$ m である。メサ型のモールドを用いてステップアンドリピート方式でナノインプリントを行う場合、メサ部 12 および 22 の厚さ D2 は、形成された光硬化性樹脂パターンより高い必要がある。ナノインプリントプロセスで線幅が数十 nm である光硬化性樹脂パターンを形成する場合、残膜と光硬化性樹脂パターンの凸部とを合わせた高さが一般的に 100 nm 程度であることを考慮し、上記厚さ D2 の下限を 100 nm とした。一方、厚さ D2 が厚すぎると流体圧力に従うような柔軟性が喪失されるため、上記厚さ D2 の上限を 10 mm とした。

#### 【0039】

(被加工基板)

被加工基板 7 は、モールド 1 が光透過性を有する場合、その形状、構造、大きさ、材質等については特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。被加工基板 7 のパターン転写の対象となる面が光硬化性樹脂塗布面となる。例えば被加工基板 7 が情報記録媒体の製造向けのものである場合には、被加工基板 7 の形状は通常円板状である。構造としては、単層構造であってもよいし、積層構造であってもよい。材質としては、基板材料として公知のものの中から、適宜選択することができ、例えば、シリコン、ニッケル、アルミニウム、ガラス、樹脂、などが挙げられる。これらの基板材料は、1 種単独で使ってもよいし、2 種以上を併用してもよい。被加工基板の厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、0.05 mm 以上が好ましく、0.1 mm 以上がより好ましい。被加工基板の厚みが 0.05 mm 未満であると、被加工基板 7 とモールド 1 との接着時に基板側に撓みが発生し、均一な接着状態を確保できない可能性がある。一方、モールド 1 が光透過性を有しない場合は、光硬化性樹脂の露光を可能とするために石英基板を用いる。石英基板は、光透過性を有し、厚みが 0.3 mm 以上であれば、特に制限されることなく、目的に応じて適宜選択される。石英基板は例えばシランカップリング剤で被覆したものをを用いてもよい。また石英基板はその表面上に Cr、W、Ti、Ni、Ag、Pt、Au などからなる金属層および / または CrO<sub>2</sub>、WO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub> などからなる金属酸化膜層を積層したものをを用いてもよい。また石英基板は上記積層体の表面をシランカップリング剤で被覆したものをを用いてもよい。石英基板の厚みは、通常 0.3 mm 以上が好ましい。0.3 mm 以下では、ハンドリングやインプリント中の押圧で破損しやすい。

#### 【0040】

(凹凸パターン)

凹凸パターン 13 の形状は、特に限定されず、ナノインプリントの用途に応じて適宜選択される。例えば典型的なパターンとして図 12B に示すようなライン & スペースパターンである。そして、ライン & スペースパターンのラインの長さ、ラインの幅、ライン同士の間隔 (スペースの幅) およびスペース底面からのラインの高さは適宜設定される。例えば、ラインの幅は 10 ~ 100 nm、より好ましくは 20 ~ 70 nm であり、ライン同士の間隔は 10 ~ 500 nm、より好ましくは 20 ~ 100 nm であり、ラインの高さ (スペースの深さ) は 10 ~ 500 nm、より好ましくは 30 ~ 100 nm である。

#### 【0041】

(圧力容器)

圧力容器 110 は、容器本体 111 と蓋 112 とからなる。容器本体 111 は、気体導入部 120 から気体を導入するための導入口と、排気部 130 によって排気を行うための排気口とを備え、導入口および排気口はそれぞれ気体導入部 120 と排気部 130 とに接続されている。蓋 112 は、蓋 112 を閉じた状態で位置合わせや露光を行えるようにガラス窓 113 を備える。しかし、ガラス窓 113 は、蓋 112 を開けた状態で位置合わせや露光を行う場合には不要である。

#### 【0042】

(気体導入手段)

気体導入部 120 は、例えば、気体の導入管 121、バルブ 122 および導入管 121

10

20

30

40

50

の他端に接続された気体導入源（図示省略）等から構成され、排気部 130 は、例えば、排気管 131、バルブ 132 および排気用のポンプ（図示省略）等から構成される。導入する気体としては、空気や不活性気体を挙げることができる。不活性気体としては、 $N_2$ 、 $He$ 、 $Ar$  等を挙げることができる。本実施形態において、気体導入部 120 および排気部 130 が、本発明における気体導入手段として機能している。

#### 【0043】

（被加工基板の設置台と基板支持部材）

設置台 145 は、被加工基板 7 を設置するためのものである。設置台 145 は、モールド 1 の凹凸パターンとの位置合わせが可能となるように、 $x$  方向（図 1 における左右方向）、 $y$  方向（図 1 における紙面垂直方向）、 $z$  方向（図 1 における上下方向）および方

10

#### 【0044】

図 2 A は、平面視（ $z$  方向下向きの視点）における本実施形態の被加工基板 7 の設置台 145 を示す概略平面図であり、図 2 B は、平面視における設置台 145 の他の実施形態を示す概略平面図である。

20

#### 【0045】

図 2 A に示された設置台 145 は、複数（本実施形態では 4 つ）のドット状の突起部から構成される基板支持部材 140 および吸着口 146 を備える。ドット状の突起部は、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリ 8 を、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリ 8 の表面全体に作用するように圧力容器 110 内で支持することを可能とするため、アセンブリ 8 との接触面が小さくなるように構成することが好ましい。具体的には、ドット状の突起部の先端形状に曲率を持たせることにより、限りなく点で接触するように構成する。接触面の面積が大きくなると、その分だけ流体圧力以外の外力がアセンブリ 8 に働くことになり、アセンブリ 8 が変形しやすくなるためである。ドット状の突起部の個数は、特に限定されないが、8 個であることが好ましく、6 個であることがより

30

#### 【0046】

一方、図 2 B に示された設置台 145 は、リングを形成するようなライン状の突起部から構成される基板支持部材 140 および吸着口 146 を備える。図 2 B では、基板支持部材 140 は断線したリング形状となっているが完全なリング形状であってもよい。ライン状の突起部も、上記同様に、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリ 8 を、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリ 8 の表面全体に作用するように圧力容器 110 内で支持することを可能とするため、アセンブリ 8 との接触面が小さくなるように構成することが好ましい。この場合にも、ライン状の突起部の先端形状に曲率を持たせることにより、限りなく線で接触するように構成する。ライン状の突起部は 1 つのリング形状が形成できるような程度の個数あれば充分である。

40

#### 【0047】

突起部は、アセンブリ 8 のパターン対応部以外の部分のみを支持するように配置されることが好ましい。例えば、図 2 A に示すような基板支持部材 140 の場合、複数の突起部から構成される基板支持部材 140 は、当該複数の突起部がパターン対応部の周りに均等に配置され、かつパターン対応部以外の部分でアセンブリ 8 を支持するように配置される。図 2 B に示すような基板支持部材 140 の場合、リング形状の基板支持部材 140 は、当該リング形状の内周の内側にパターン対応部が位置するように、パターン対応部以外の部分でアセンブリ 8 を支持するように配置される。パターン対応部に流体圧力以外の外力を与えないようにするためである。

50

## 【 0 0 4 8 】

## ( モールド支持部材 )

モールド支持部材 1 5 0 は、圧力容器 1 1 0 内で、設置台 1 4 5 に置かれた被加工基板 7 に対向してモールド 1 を支持するものである。図 2 C は、平面視におけるモールド支持部材 1 5 0 の一実施形態を示す概略平面図である。本実施形態におけるモールド支持部材 1 5 0 は、図 2 C に示されるように、リング部 1 5 1 および支柱部 1 5 2 から構成される。リング部 1 5 1 は、一部が断線したような形状であってもよい。

## 【 0 0 4 9 】

## ( 受光デバイス )

受光デバイス 1 6 1 は、モールド 1 がモールド支持部材 1 5 0 に支持され、光硬化性樹脂 6 が光硬化性樹脂塗布面に塗布された被加工基板 7 が設置台 1 4 5 に設置された状態で、凹凸パターンと被加工基板 7 との位置合わせを行う際に使用される。つまり、受光デバイス 1 6 1 で凹凸パターン 1 3 を観察しながら、蓋 1 1 2 を開けた状態でもしくはガラス窓 1 1 3 を通して、 $x y z$  方向に移動可能な設置台 1 4 5 を調節することにより位置合わせが実施される。受光デバイス 1 6 1 も、装置の操作性の観点から  $x y z$  方向に移動させることができるように構成される。受光デバイス 1 6 1 としては、CCD を搭載した光学顕微鏡を使用することができる。光学顕微鏡は、例えば株式会社キーエンス製のデジタルマイクロスコープ(型番 V H - 5 5 0 0 シリーズ)を使用することができる。

## 【 0 0 5 0 】

## ( 露光光源 )

露光光源 1 6 2 は、光硬化性樹脂 6 を露光するために使用される。露光光源 1 6 2 も、装置の操作性の観点から  $x y z$  方向に移動させることができるように構成される。露光光源 1 6 2 としては、例えばセン特殊光源株式会社製の波長 3 0 0 n m ~ 7 0 0 n m の光源を使用することができる。

## 【 0 0 5 1 】

## ( ナノインプリント方法 )

図 3 A および B は、本実施形態のナノインプリント方法の工程を示す概略切断部端面図である。図 3 A および B は、装置の駆動手順を分かりやすくするために、図 1 のナノインプリント装置 1 0 0 のうち、設置台 1 4 5 およびモールド支持部材 1 5 0 、並びにこれらを用いた手順の説明に必要な部分のみを示す。

## 【 0 0 5 2 】

本実施形態のナノインプリント方法は、以下の通りである。まず、圧力容器 1 1 0 の蓋 1 1 2 を開け、光硬化性樹脂 6 が光硬化性樹脂塗布面に塗布された被加工基板 7 を設置台 1 4 5 に設置し、凹凸パターン 1 3 が光硬化性樹脂 6 に対向するようにモールド 1 をモールド支持部材 1 5 0 に設置する(図 3 A a)。そして、受光デバイス 1 6 1 を用いて凹凸パターンの被加工基板 7 上での位置合わせを行う。そして、圧力容器 1 1 0 の蓋 1 1 2 を閉め、圧力容器 1 1 0 内を排気部 1 3 0 によって排気する。この時、圧力容器 1 1 0 の蓋 1 1 2 を閉めた後、He を圧力容器 1 1 0 内に導入してもよい。そして、光硬化性樹脂 6 がモールド 1 の凹凸パターン 1 3 に適度に接着するまで設置台 1 4 5 を  $z$  方向上向きに移動させて、モールド 1、光硬化性樹脂 6 および被加工基板 7 から構成されるアセンブリ 8 を形成する(図 3 A b)。この際、モールド 1 の凹凸パターン 1 3 内に光硬化性樹脂 6 が完全には充填されておらず、一部で未充填箇所を伴っている。また、このアセンブリ 8 は、モールド 1、光硬化性樹脂 6 および被加工基板 7 が単に組み合わされたままの状態であるから、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態である。その後、さらにアセンブリ 8 を  $z$  方向上向きに持ち上げるように基板支持部材 1 4 0 を移動させる(図 3 A c)。これにより、モールド 1 はモールド支持部材 1 5 0 から離れ、アセンブリ 8 は基板支持部材 1 4 0 のみによって支持された状態となる。基板支持部材 1 4 0 は 4 つのドット状の突起部のみから構成されており、突起部とアセンブリ 8 との接触面は極微細であるから、アセンブリ 8 は、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリ 8 の表面全体に作用するように支持されることとなる。そして、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリ 8 の表面全体に

作用するようにアセンブリ 8 が支持されている状態で、気体導入部 120 から気体を導入する。この結果、モールド 1 および被加工基板 7 は、この気体による流体圧力の作用により互いに押し付けられ、凹凸パターン内に光硬化性樹脂 6 が完全に充填される（図 3 B d）。そして、アセンブリ 8 中の光硬化性樹脂 6 に紫外光を照射して、光硬化性樹脂 6 を硬化させる。光硬化性樹脂 6 への転写および露光が終了したら、基板支持部材 140 を設置台 145 に収納する（図 3 B e）。このとき、アセンブリ 8 はモールド支持部材 150 および設置台 145 によって支持される。そして、設置台 145 によって被加工基板 7 の裏面（光硬化性樹脂塗布面の反対側）を吸着固定する。最後に、被加工基板 7 を吸着固定のまま、設置台 145 を z 方向下向きに移動させて、モールド 1 および光硬化性樹脂 6 を互いに剥離する（図 3 B f）。

10

#### 【0053】

（硬化性樹脂）

光硬化性樹脂 6 は、特に制限されるものではないが、本実施形態では例えば重合性化合物に、光重合開始剤（2 質量％程度）、フッ素モノマー（0.1～1 質量％）を加えて調製された光硬化性樹脂を用いることができる。また、必要に応じて酸化防止剤（1 質量％程度）を添加することもできる。上記の手順により作成した光硬化性樹脂 6 は波長 360 nm の紫外光により硬化することができる。溶解性の悪いものについては少量のアセトンまたは酢酸エチルを加えて溶解させた後、溶媒を留去することが好ましい。なお、本実施形態では硬化性樹脂膜は光硬化性の材料であるが、本発明はこれに限られず他に熱硬化性の材料を適用することもできる。

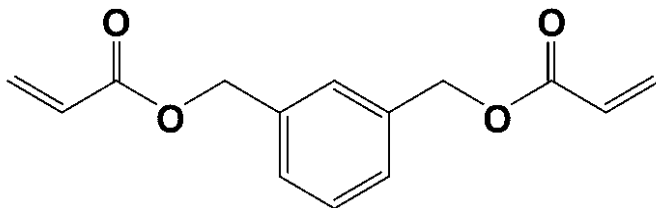
20

#### 【0054】

上記重合性化合物としては、ベンジルアクリレート（ビスコート（登録商標）#160：大阪有機化学株式会社製）、エチルカルビトールアクリレート（ビスコート#190：大阪有機化学株式会社製）、ポリプロピレングリコールジアクリレート（アロニックス（登録商標）M-220：東亜合成株式会社製）、トリメチロールプロパンPO変性トリアクリレート（アロニックスM-310：東亜合成株式会社製）等の他、下記構造式（1）で表される化合物 A 等を挙げることができる。

#### 【0055】

【化 1】



30

#### 【0056】

また、上記重合開始剤としては、2-(ジメチルアミノ)-2-[(4-メチルフェニル)メチル]-1-[4-(4-ホルホルニル)フェニル]-1-ブタノン（IRGACURE 379：豊通ケミプラス株式会社製）等のアルキルフェノン系光重合開始剤を挙げることができる。

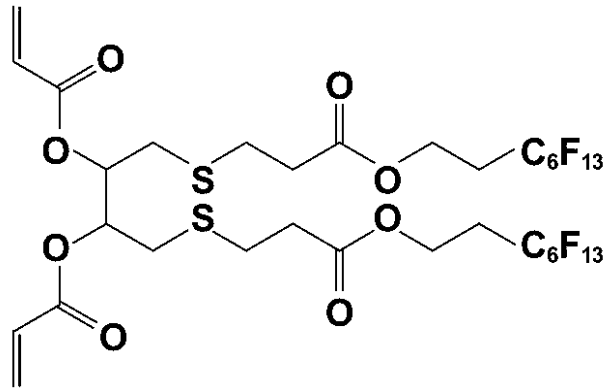
#### 【0057】

また、上記フッ素モノマーとしては、下記構造式（2）で表される化合物 B 等を挙げることができる。

40

#### 【0058】

## 【化 2】



10

## 【0059】

インクジェット法により光硬化性樹脂を塗布する場合には、例えば、上記構造式(1)で示される化合物、アロニックスM-220、IRGACURE 379および上記構造式(2)で示されるフッ素モノマーをそれぞれ質量比48:48:3:1の割合で混合し形成された光硬化性樹脂を使用することが好ましい。一方、スピンコート法により光硬化性樹脂を塗布する場合には、例えば、重合性化合物をPGMEA(Propylene Glycol Methyl Ether Acetate)で1質量%に希釈した光硬化性樹脂を使用することが好ましい。

20

## 【0060】

(硬化性樹脂の塗布方法)

光硬化性樹脂6の塗布は、スピンコート法、ディップコート法およびインクジェット法等を使用して実施することができる。また、光硬化性樹脂6の塗布は、光硬化性樹脂6の塗布時の厚さが被加工基板7の光硬化性樹脂塗布面における表面高低差以上となるように実施することが好ましい。光硬化性樹脂6の厚さを被加工基板7の光硬化性樹脂塗布面における表面高低差以上とすることで、ナノインプリントを実施した後残留気体が残りにくくなる。これにより、光硬化性樹脂6がモールド1の凹凸パターン13内に充填されないことにより発生する欠陥(未充填欠陥)が起りにくくなる。なお、「光硬化性樹脂の厚さ」とは、スピンコート法およびディップコート法等のように膜の状態では均一に基板上に光硬化性樹脂が塗布される場合は、その膜の塗布時の厚さを意味し、インクジェット法等のように液滴の状態では基板上に光硬化性樹脂が塗布される場合には、その液滴の塗布時の高さを意味する。光硬化性樹脂6の厚さは、6nm~10μmであり、より好ましくは10nm~1μmであり、特に好ましくは15~100nmである。下限を6nmとしたのは、平面性に優れた基板の表面高低差が6nm程度であるため、厚さはその値以上である必要があるためである。一方、上限を10μmとしたのは、ナノインプリントでスペース幅が200nm以下の凹凸パターンを形成する場合、厚さが10μmを超えると光硬化性樹脂パターンの残膜が厚くなり過ぎるためである。このような場合、光硬化性樹脂塗布面の加工において、光硬化性樹脂パターンに対応した凹凸パターン形状を光硬化性樹脂塗布面に形成することが困難になる。

30

40

## 【0061】

「表面高低差」とは、基板の表面のうねりにより生じる、高い所と低い所との相対的な高さの差を表す指標を意味し、当該指標として基板の「高低差分布に関する3値」を用いるものとする。「高低差分布」とは、表面形状の高さに関する平均値を基準とした高低差の分布を意味する。そして、「3値」とは、高低差分布をガウス分布で近似したときの平均値から±3における値の絶対値を意味する。ここで、はガウス分布における標準偏差である。「高低差分布に関する3値」は、基板の表面(本実施形態においては光硬化性樹脂塗布面)をZYGOS社製のNewView6300によって計測することによって求める。

## 【0062】

50

3 値は、少なくとも30mm四方の範囲について表面形状の測定が行われた結果、算出された値であることが好ましい。ここで、上記測定範囲は、より好ましくは40mm四方であり、特に好ましくは50mm四方である。これは、一般的な半導体チップの1つあたり大きさが26mm×33mmであることを考慮すると、1チップ領域全体に相当する範囲における光硬化性樹脂の膜の厚みムラや未充填欠陥の評価は、上記のような広さの範囲を評価対象とすることでより信頼性を確保することができるためである。

#### 【0063】

光硬化性樹脂6をインクジェット法により塗布する場合には、液適量（配置された液滴1つ当たりの量）や吐出速度の調整が可能なピエゾ方式が好ましい。基板上に光硬化性樹脂の液滴を配置する前には、あらかじめ液滴量や吐出速度を設定及び調整する。例えば、液適量は、凹凸パターンの凹部の空間体積が大きい領域では多くしたり、凹部の空間体積が小さい領域や凹部がない領域では少なくしたりして調整することが好ましい。このような調整は、液滴吐出量（吐出された液滴1つ当たりの量）に応じて適宜制御される。

10

#### 【0064】

（圧力容器内の圧力）

気体の圧力容器110への充填は、圧力容器110内の圧力が、0.1～5MPaとなり、より好ましくは0.5～3MPaとなり、特に好ましくは1～2MPaとなるように実施することが好ましい。下限を0.1MPaとしたのは、圧力が0.1MPaより小さいと、凹凸パターン13と光硬化性樹脂6とが接着されている時に、凹凸パターン領域R1の残留気体が押し出されにくくなる、残留気体（気体がHeの場合）が石英基板から透過しにくくなる、残留気体が光硬化性樹脂6に溶けにくくなるといった問題が起こって、未充填欠陥が生じてしまうためである。また、0.1MPaより小さいと、被加工基板7が流体圧力に従いにくくなるので、残膜ムラも生じやすくなる。一方、上限を5MPaとしたのは、5MPaを超えると、モールド1と被加工基板7の間にかみこんだ異物によって、モールド1と被加工基板7を傷つけてしまう恐れがあるためである。

20

#### 【0065】

（モールドの剥離）

モールド1と被加工基板7との剥離は、加熱手段（図示省略）によってアセンブリ8を加熱しながら実施することが好ましい。加熱時のアセンブリ8の設定温度 $T_r$ （ ）は、 $T_p - 5 < T_r < \{ (T_p + 20) \text{ および } T_g \text{ のいずれか小さい方} \}$ の式を満たし、より好ましくは $T_p - 3 < T_r < \{ (T_p + 15) \text{ および } T_g \text{ のいずれか小さい方} \}$ の式を満たし、特に好ましくは $T_p - 1 < T_r < \{ (T_p + 10) \text{ および } T_g \text{ のいずれか小さい方} \}$ の式を満たすように設定される。なお、上記式において、 $T_p$ は流体圧力による加圧時の最高温度（ ）（およそ25～50の範囲である。）、 $T_g$ は硬化性樹脂のガラス転移温度（ ）である。設定温度 $T_r$ の範囲は以下の理由による。流体圧力によりモールド1と硬化性樹脂を塗布した被加工基板7とを互いに押し付ける際、断熱圧縮により圧力容器110内の温度が上がる。そして、それに伴ってアセンブリ8の温度も上がる。また、紫外光により露光している間も、アセンブリ8の温度は上がる。しかしながら、剥離処理は大気圧下または減圧下で実施されるため、剥離処理の際、加圧時に比べて圧力容器110内の温度は下がる。このとき、設定温度 $T_r$ が $T_p - 5$ より低いもしくは $T_p + 20$

30

40

より高い場合、モールド1、硬化性樹脂および被加工基板7が熱収縮もしくは熱膨張することによって、硬化性樹脂の剥がれによる欠陥（剥がれ欠陥）が発生する。また、設定温度 $T_r$ が、硬化性樹脂のガラス転移温度 $T_g$ より高いと硬化性樹脂パターンの形状が剥離処理時に変形してしまう。したがって、剥離処理時には熱収縮、熱膨張および熱変形の影響を抑えるため、モールド1、硬化性樹脂および被加工基板7の温度を、流体圧力によって押し付けを行った時の温度とできるだけ等しくすることが好ましい。アセンブリ8の加熱は、設置台145内部またはその近傍に設けられた電熱ヒーターやハロゲンヒーター等によって実施することができる。

#### 【0066】

図4は、図3Acの段階において、気体が充填された圧力容器110内でアセンブリ8

50

に流体圧力  $P_1$  および  $P_2$  が作用する様子を示す概略切断部端面図である。図 4 中の  $P_1$  はモールド 1 の表面にかかる流体圧力を示し、図 4 中の  $P_2$  は被加工基板 7 および光硬化性樹脂 6 の表面にかかる流体圧力を示す。図 4 に示されるように図 3 A c の段階において、アセンブリ 8 は、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあり、かつ、ドット状の突起部から構成される基板支持部材 140 によって、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように圧力容器内において支持されている。つまり、アセンブリ 8 の表面、特にモールド 1 のフランジ部 15 に均等な流体圧力  $P_1$  がかかり、被加工基板 7 の上記フランジ部 15 に対向する部分に均等な流体圧力  $P_2$  がかかることにより、メサ型のモールド 1 が湾曲することを防止している。また、アセンブリ 8 のパターン対応部 8a 以外の部分を基板支持部材 140 によって支持することにより、パターン対応部 8a に流体圧力  $P_1$  および  $P_2$  以外の外力が実質的に働くことを防止している。

10

#### 【0067】

以上より、本発明に係るナノインプリント方法は、特に、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように、圧力容器内において支持部材で支持しながら、圧力容器内に気体を導入し、この気体の流体圧力によって、モールドと被加工基板とを互いに押し付けることを特徴とする。これによりモールドのフランジ部、および被加工基板の上記フランジ部に対向する部分に、均等な流体圧力がかかることにより、モールドおよび被加工基板が湾曲することを防止することができる。そして、メサ型のモールドおよび/または被加工基板を用いたナノインプリントにおいて、硬化性樹脂塗布面に対する均等な圧力による押し付けが実現でき、残膜ムラの発生を抑制することが可能となる。

20

#### 【0068】

また、本発明に係るナノインプリント装置は、微細な凹凸パターンを表面に有するモールドと、硬化性樹脂塗布面を有する被加工基板と、硬化性樹脂から構成され、かつ凹凸パターンと硬化性樹脂塗布面上に塗布された硬化性樹脂とを接着せしめて形成されたアセンブリが収容され、気体が充填される圧力容器と、圧力容器内に設けられた支持部材であって、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように圧力容器内で支持する支持部材と、圧力容器に接続された、圧力容器内に気体を導入する気体導入手段とを備えたことを特徴とする。したがって、上記ナノインプリント方法を実施することが可能となり、そして、メサ型のモールドおよび/または被加工基板を用いたナノインプリントにおいて、硬化性樹脂塗布面に対する均等な圧力による押し付けが実現でき、残膜ムラの発生を抑制することが可能となる。

30

#### 【0069】

##### < 第 1 の実施形態の設計変更 >

第 1 の実施形態においては、モールドのみがメサ部を有する場合について説明したが、被加工基板のみがメサ部を有する場合やその両方がメサ部を有する場合についても、本発明のナノインプリント方法およびナノインプリント装置を適用することができる。

#### 【0070】

また、第 1 の実施形態においては、被加工基板 7 を設置台 145 で移動させながら、モールド 1 と光硬化性樹脂 6 とを接着させた。しかし、図 5 および図 6 A に示されるように、上記の設置台 145 の中央部分に、接着時に被加工基板 7 の中央部分を押し付けるピン 147 を設けた構成にすることもできる。モールド 1 と光硬化性樹脂 6 との接着は、被加工基板 7 の外周を吸着しながら、このピン 147 で被加工基板 7 の中央部分を押し付けることにより実施される。なお、ピン 147 は、圧力容器 110 内に気体を導入して、アセンブリ 8 に流体圧力を作用させるときは収納される。また、接着時に被加工基板 7 の中央部分を押し付ける方法は、この他に図 6 B に示されるように、設置台 145 の中央部分に第 2 の気体導入部 148 を設けて、この第 2 の気体導入部 148 から導入された気体を被加工基板 7 に吹き付ける方法とすることもできる。

40

#### 【0071】

50

また、第 1 の実施形態においては、モールド 1 および被加工基板 7 をそれぞれモールド支持部材 1 5 0 および設置台 1 4 5 に設置したが、予めモールド 1 と被加工基板 7 上に塗布された光硬化性樹脂 6 とを軽く接着させた状態で、つまりアセンブリ 8 の状態で設置台 1 4 5 に設置してもよい。

#### 【 0 0 7 2 】

##### 「第 2 の実施形態」

本発明のナノインプリント方法およびナノインプリント装置の第 2 の実施形態について図 7 ~ 図 8 B を用いて説明する。図 7 は本実施形態のナノインプリント装置を示す概略切断部端面図であり、図 8 A および図 8 B は本実施形態のナノインプリント方法の工程を示す概略切断部端面図である。なお、本実施形態は、第 1 の実施形態と、被加工基板の設置台および基板支持部材についての構成が異なる。したがって、本実施形態において第 1 の実施形態と同様の構成要素についての詳細な説明は、特に必要のない限り省略する。

#### 【 0 0 7 3 】

##### (ナノインプリント装置)

まず、本実施形態のナノインプリント方法を実施するためのナノインプリント装置について説明する。本実施形態のナノインプリント方法は、図 7 に示すようなナノインプリント装置 2 0 0 を用いて実施される。図 7 に示すナノインプリント装置 2 0 0 は、圧力容器 2 1 0、この圧力容器 2 1 0 に気体を導入する気体導入部 2 2 0、この圧力容器 2 1 0 内を排気する排気部 2 3 0、被加工基板 7 を支持する基板支持部材 2 4 0、被加工基板 7 を設置する設置台 2 4 5、モールド 1 を支持するモールド支持部材 2 5 0、凹凸パターンの位置合わせを行うための受光デバイス 2 6 1、および、光硬化性樹脂を露光するための露光光源 2 6 2 を備えている。

#### 【 0 0 7 4 】

##### (被加工基板の設置台)

設置台 2 4 5 は、被加工基板 7 を設置するためのものである。設置台 2 4 5 は、モールド 1 の凹凸パターン 1 3 との位置合わせが可能となるように、x 方向 (図 7 における左右方向)、y 方向 (図 7 における紙面垂直方向)、z 方向 (図 7 における上下方向) および方向 (z 方向の軸を中心とした回転方向) に移動可能となっている。設置台 2 4 5 は、被加工基板 7 を吸着固定するための吸着口や被加工基板 7 を加熱するための加熱器を備えるように構成することもできる。

#### 【 0 0 7 5 】

##### (基板支持部材)

基板支持部材 2 4 0 は、設置台 2 4 5 に置かれた被加工基板 7 を設置台 2 4 5 から離して持ち上げる際、およびアセンブリ 8 を支持する際に使用される。したがって、基板支持部材 2 4 0 も、設置台 2 4 5 と同様に少なくとも z 方向に移動可能なように構成される。本実施形態における基板支持部材 2 4 0 は、図 7 および図 8 A に示されるようにモールド支持部材 2 5 0 と同様に、リング部 2 4 1 および支柱部 2 4 2 から構成される。リング部 2 4 1 は、一部が断線したような形状であってもよい。

#### 【 0 0 7 6 】

##### (ナノインプリント方法)

図 8 A および B は、装置の駆動手順を分かりやすくするために、図 7 のナノインプリント装置 2 0 0 のうち、設置台 2 4 5、基板支持部材 2 4 0 およびモールド支持部材 2 5 0、並びにこれらを用いた手順の説明に必要な部分のみを示す。

#### 【 0 0 7 7 】

本実施形態のナノインプリント方法は、以下の通りである。まず、圧力容器 2 1 0 の蓋 2 1 2 を開け、光硬化性樹脂 6 が光硬化性樹脂塗布面に塗布された被加工基板 7 を設置台 2 4 5 に設置し、凹凸パターンが光硬化性樹脂 6 に対向するようにモールド 1 をモールド支持部材 2 5 0 に設置する (図 8 A a)。そして、受光デバイス 2 6 1 を用いて凹凸パターンの被加工基板 7 上での位置合わせを行う。そして、圧力容器 2 1 0 の蓋 2 1 2 を閉め、圧力容器 2 1 0 内を排気部 2 3 0 によって排気する。この時、圧力容器 2 1 0 の蓋 2 1



2 を閉めた後、He を圧力容器 210 内に導入してもよい。そして、光硬化性樹脂 6 がモールド 1 の凹凸パターン 13 に適度に接着するまで設置台 245 を z 方向上向きに移動させて、モールド 1、光硬化性樹脂 6 および被加工基板 7 から構成されるアセンブリ 8 を形成する（図 8 A b）。この際、モールド 1 の凹凸パターン 13 内に光硬化性樹脂 6 が完全には充填されておらず、一部で未充填箇所を伴っている。また、このアセンブリ 8 は、モールド 1、光硬化性樹脂 6 および被加工基板 7 が単に組み合わせられたままの状態であるから、表面全体が直接雰囲気中に暴露可能な状態である。その後、さらにアセンブリ 8 を z 方向上向きに持ち上げるように基板支持部材 240 を移動させる（図 8 A c）。これにより、モールド 1 はモールド支持部材 250 から離れ、アセンブリ 8 は基板支持部材 240 のみによって支持された状態となる。基板支持部材 240 はリング部 241 および支柱部 242 から構成されており、リング部 241 とアセンブリ 8 との接触面は外縁部のわずかな部分であるから、アセンブリ 8 は、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように支持されることとなる。そして、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するようにアセンブリ 8 が支持されている状態で、気体導入部 220 から気体を導入する。この結果、モールド 1 および被加工基板 7 は、この気体による流体圧力の作用により互いに押し付けられ、凹凸パターン 13 内に光硬化性樹脂 6 が完全に充填される（図 8 B d）。そして、アセンブリ 8 中の光硬化性樹脂 6 に紫外光を照射して、光硬化性樹脂 6 を硬化させる。光硬化性樹脂 6 への転写および露光が終了したら、基板支持部材 240 を z 方向下向きに移動させて元の位置に戻す（図 8 B e）。このとき、アセンブリ 8 はモールド支持部材 250 および設置台 245 によって支持される。その後は、第 1 の実施形態と同様にして、モールド 1 および光硬化性樹脂 6 を互いに剥離する。

#### 【0078】

以上より、本実施形態に係るナノインプリント方法も、特に、表面全体が直接雰囲気中に暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように、圧力容器内において支持部材で支持しながら、圧力容器内に気体を導入し、この気体の流体圧力によって、モールドと被加工基板とを互いに押し付けることを特徴とするから、第 1 の実施形態のナノインプリント方法と同様の効果を奏する。

#### 【0079】

また、本実施形態に係るナノインプリント装置も、微細な凹凸パターンを表面に有するモールドと、硬化性樹脂塗布面を有する被加工基板と、硬化性樹脂から構成され、かつ凹凸パターンと硬化性樹脂塗布面上に塗布された硬化性樹脂とを接着せしめて形成されたアセンブリが収容され、気体が充填される圧力容器と、圧力容器内に設けられた支持部材であって、表面全体が直接雰囲気中に暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように圧力容器内で支持する支持部材と、圧力容器に接続された、圧力容器内に気体を導入する気体導入手段とを備えたことを特徴とするから、第 1 の実施形態のナノインプリント装置と同様の効果を奏する。

#### 【0080】

##### 「第 3 の実施形態」

本発明のナノインプリント方法およびナノインプリント装置の第 3 の実施形態について図 9 および図 10 を用いて説明する。図 9 は本実施形態のナノインプリント装置を示す概略切断部端面図であり、図 10 は本実施形態のナノインプリント装置におけるモールドの支持部材を示す概略底面図である。なお、本実施形態は、第 1 の実施形態と、モールド支持部材についての構成が異なる。したがって、本実施形態において第 1 の実施形態と同様の構成要素についての詳細な説明は、特に必要のない限り省略する。

#### 【0081】

##### （ナノインプリント装置）

まず、本実施形態のナノインプリント方法を実施するためのナノインプリント装置について説明する。本実施形態のナノインプリント方法は、図 9 に示すようなナノインプリント装置 300 を用いて実施される。図 9 に示すナノインプリント装置 300 は、圧力容器

310、この圧力容器310に気体を導入する気体導入部320、この圧力容器310内を排気する排気部330、被加工基板7を支持する基板支持部材340を備えた被加工基板7を設置する設置台345、モールド1を支持するモールド支持部材350、凹凸パターン13の位置合わせを行うための受光デバイス361、および、光硬化性樹脂を露光するための露光光源362を備えている。

#### 【0082】

(モールド支持部材)

モールド支持部材350は、図10に示されるように吸着口356を有し、モールド1の裏面(メサ部12がない側の支持部11の面)を吸着固定しながら、凹凸パターン13が被加工基板上7の光硬化性樹脂6に対向するように保持するものである。モールド支持部材350は、圧力容器310の蓋312に取り付けられている。また、モールド支持部材350は蓋312を開けずに露光可能となるようにリング形状となっており、リング形状の内周円は少なくともモールド1の凹凸パターン領域R1よりも大きな径を有する。また、図9および図10に示されるように、モールド支持部材350の内周の内側の領域にガラス窓313が配置されており、このガラス窓313を通して露光が実施される。

#### 【0083】

(ナノインプリント方法)

本実施形態のナノインプリント方法は、以下の通りである。まず、圧力容器310の蓋312を開け、光硬化性樹脂6が光硬化性樹脂塗布面に塗布された被加工基板7を設置台345に設置し、モールド1をモールド支持部材350により吸着固定し、圧力容器310の蓋312を閉める。そして、受光デバイス361を用いて凹凸パターン13の被加工基板7上での位置合わせを行う。そして、圧力容器310内を排気部330によって排気する。この時、圧力容器310の蓋312を閉めた後、Heを圧力容器310内に導入してもよい。そして、光硬化性樹脂6がモールド1の凹凸パターン13に適度に接着するまで設置台345をz方向上向きに移動させて、モールド1、光硬化性樹脂6および被加工基板7から構成されるアセンブリ8を形成する。アセンブリ8が形成できたら、モールド1の吸着固定を止め、設置台345がz方向下向きに移動する。このとき、アセンブリ8は設置台345によって支持されている。その後、被加工基板7が設置台345に接触しない程度に基板支持部材340をz方向上向きに移動させる。この際、モールド1の凹凸パターン13内に光硬化性樹脂6が完全には充填されておらず、一部で未充填箇所を伴っている。また、このアセンブリ8は、モールド1、光硬化性樹脂6および被加工基板7が単に組み合わされたままの状態であるから、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態である。また、モールド1はモールド支持部材350から離れ、アセンブリ8は基板支持部材340のみによって支持された状態となる。基板支持部材340は4つのドット状の突起部のみから構成されており、突起部とアセンブリ8との接触面は極微細であるから、アセンブリ8は、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように支持されることとなる。そして、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するようにアセンブリ8が支持されている状態で、気体導入部320から気体を導入する。この結果、モールド1および被加工基板7は、この気体による流体圧力の作用により互いに押し付けられ、凹凸パターン内に光硬化性樹脂6が完全に充填される。そして、アセンブリ8中の光硬化性樹脂6に紫外光を照射して、光硬化性樹脂6を硬化させる。光硬化性樹脂6への転写および露光が終了したら、基板支持部材340を設置台345に収納する。そして、アセンブリ8がモールド支持部材350に接触する程度にまで設置台345をz方向上向きに移動させる。その後、被加工基板7の裏面を設置台345により吸着固定し、モールド1の裏面をモールド支持部材350により吸着固定する。最後に、モールド1および被加工基板7を吸着固定したまま、設置台345をz方向下向きに移動させて、モールド1および光硬化性樹脂6を互いに剥離する。

#### 【0084】

本実施形態のナノインプリント方法および装置は、被加工基板7がモールド1よりも大きい場合に有用である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 5 】

以上より、本実施形態に係るナノインプリント方法も、特に、表面全体が直接雰囲気  
に暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面  
全体に作用するように、圧力容器内において支持部材で支持しながら、圧力容器内に気体  
を導入し、この気体の流体圧力によって、モールドと被加工基板とを互いに押し付けるこ  
とを特徴とするから、第 1 の実施形態のナノインプリント方法と同様の効果を奏する。

## 【 0 0 8 6 】

また、本実施形態に係るナノインプリント装置も、微細な凹凸パターンを表面に有する  
モールドと、硬化性樹脂塗布面を有する被加工基板と、硬化性樹脂から構成され、かつ凹  
凸パターンと硬化性樹脂塗布面上に塗布された硬化性樹脂とを接触せしめて形成されたア  
センブリが収容され、気体が充填される圧力容器と、圧力容器内に設けられた支持部材で  
あって、表面全体が直接雰囲気に暴露可能な状態にあるアセンブリを、雰囲気による流体  
圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように圧力容器内で支持する支持部材と  
、圧力容器に接続された、圧力容器内に気体を導入する気体導入手段とを備えたことを特  
徴とするから、第 1 の実施形態のナノインプリント装置と同様の効果を奏する。

## 【 実施例 】

## 【 0 0 8 7 】

本発明に係るナノインプリント方法の実施例を以下に示す。

## &lt; 実施例 &gt;

直径 4 インチの石英基板（表面高低差 = 3 0 n m ）に光硬化性樹脂を塗布し、厚さ 6 0  
n m の光硬化性樹脂層によって石英基板を被覆した。メサ部を有するモールドは、直径 6  
インチの石英基板を基に作製されており、当該メサ部の表面には、深さ 1 0 0 n m の複数  
のスペースパターンの存在によってライン & スペースパターンが形成されている。当該ス  
ペースパターンの幅およびスペース同士の間隔（ラインの幅）は、それぞれ 1 0 0 n m お  
よび 1 0 0 n m である。また、当該石英モールドに離型処理を施した。ナノインプリント  
装置として第 3 の実施形態において説明した装置を使用した。まず、光硬化性樹脂層が形  
成された石英基板を設置台に設置し、ライン & スペースパターンを光硬化性樹脂層に向け  
てモールドをモールド支持部材に吸着固定した。その後、モールドを光硬化性樹脂層に軽  
く接着させて、アセンブリを形成した。そして、アセンブリを基板支持部材で持ち上げて  
、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するようにアセンブリを  
支持した。次に、圧力容器内の圧力が 1 M P a となるように空気を圧力容器内に導入した  
。空気の流体圧力の作用により、モールドが光硬化性樹脂層中に押し込まれた。そして、  
光硬化性樹脂層を露光した。この際、基板表面は 4 5 度であった。大気圧まで減圧した後  
、圧力容器内の設置台を加熱して基板表面を 5 0 度まで加熱した後に、モールドおよび光  
硬化性樹脂を互いに剥離した。その他、使用した光硬化性樹脂、石英基板および装置、並  
びに各工程の詳細については以下の通りである。

## 【 0 0 8 8 】

## （ 光硬化性樹脂 ）

上記構造式（ 1 ）で示される化合物、アロニックス M 2 2 0 、 I R G A C U R E 3 7  
9 および上記構造式（ 2 ）で示されるフッ素モノマーをそれぞれ質量比 4 8 : 4 8 : 3 :  
1 の割合で混合し形成された光硬化性樹脂を使用した。

## 【 0 0 8 9 】

## （ 石英基板 ）

光硬化性樹脂との接着性に優れるシランカップリング剤により表面処理された石英基板  
を使用した。表面処理は、シランカップリング剤を溶剤で希釈し、スピンコート法により  
基板表面に塗布し、アニールすることにより行った。

## 【 0 0 9 0 】

## （ 光硬化性樹脂の塗布工程 ）

ピエゾ方式のインクジェットプリンターである F U J I F I L M D i m a t i x 社製  
D M P - 2 8 3 1 を使用した。インクジェットヘッドには専用の 1 0 p l ヘッドを使用し

た。液滴量が所定の値となるように、あらかじめ吐出条件を設定及び調整した。その後、所定の液滴高さになるように、液滴を配置した。

【0091】

(モールドの接着工程)

モールドおよび光硬化性樹脂の位置合わせをするため、モールドおよび石英基板を互いに近接させ、モールドの背面から光学顕微鏡でアライメントマークを観察しながら、アライメントマークが所定の位置にくるように位置合わせをした。

【0092】

(露光工程)

360nmの波長を含む紫外光により、照射量が $300\text{ mJ/cm}^2$ となるように、ガラス窓およびモールドを通して露光した。

【0093】

<比較例1>

直径6インチの石英基板(表面高低差=30nm)に光硬化性樹脂を塗布し、厚さ60nmの光硬化性樹脂層によって石英基板を被覆した。メサ部を有するモールドは、実施例と同様のものである。モールドを光硬化性樹脂層に軽く接着させて、アセンブリを形成した後、当該アセンブリ全体を透明なシリコンゴムで封止した。そして、当該封止されたアセンブリを設置台に設置した。次に、封止されたアセンブリを基板支持部材で支持しながら、圧力容器内の圧力が1MPaとなるように空気を圧力容器内に導入した。空気の流体圧力の作用により、モールドが光硬化性樹脂層中に押し込まれた。そして、光硬化性樹脂層を透明なシリコンゴムを透して露光した。この際、基板表面は45°であった。大気圧まで減圧した後、圧力容器内の設置台を加熱して基板表面を50℃まで加熱した後、一度アセンブリを圧力容器から取り出し、封止を解除した。再度、アセンブリを圧力容器内に設置し、モールドおよび光硬化性樹脂を互いに剥離した。その他、使用した光硬化性樹脂、石英基板および装置等の詳細については、実施例と同様である。

【0094】

<比較例2>

表面高低差80nmの石英基板を使用した点以外は実施例と同様の方法によりナノインプリントを実施した。

【0095】

<比較例3>

大気圧まで減圧した後圧力容器内の設置台を加熱しなかった点以外は実施例と同様の方法によりナノインプリントを実施した。

【0096】

<比較例4>

アセンブリを基板支持部材により持ち上げず、設置台に直接設置された状態で空気を圧力容器内に導入した点以外は実施例と同様の方法によりナノインプリントを実施した。

【0097】

<比較例5>

圧力容器内の圧力が0.05MPaとなるように空気を圧力容器内に導入した点以外は実施例と同様の方法によりナノインプリントを実施した。

【0098】

<評価方法>

【0099】

(残膜ムラ)

光硬化性樹脂の石英基板の中心からメサ部のエッジ付近までのライン&スペースパターンの残膜の厚さを測定した。光硬化性樹脂のパターン領域の一部を、スクラッチまたはテープ剥離等により剥離することにより石英基板を露出させ、当該剥離領域とパターン領域の境界部をAFM(原子間力顕微鏡)で測定することにより、残膜の厚さhを測定した。厚さhについて、半径方向に任意の5箇所を測定した。厚さhのうち最大値 $h_{max}$ と最

10

20

30

40

50

小値  $h_{min}$  との差 ( $h_{max} - h_{min}$ ) が  $10\text{ nm}$  未満の場合を残膜ムラは未発生、 $10\text{ nm}$  以上の場合を残膜ムラが発生と評価した。

(剥がれ欠陥および未充填欠陥)

上記実施例および比較例 1～5 において得られた光硬化性樹脂のライン & スペースパターンを、受光デバイス (倍率  $50\times \sim 1,500\times$ ) の暗視野測定で検査した。具体的には、以下の通りである。まず、顕微鏡の測定視野が倍率  $50\times$  で  $2\text{ mm}$  角となるように設定した。次に測定視野を  $1\text{ cm}$  角の範囲内で走査し、石英基板表面の剥がれ欠陥および未充填欠陥によるインプリント欠陥の有無を測定した。剥がれ欠陥および未充填欠陥は、正常なパターンで見られない散乱光を検出した場合を対象とした。剥がれ欠陥および未充填欠陥の発生個所をカウントし、 $1\text{ cm}$  角当たりの発生数が 0 個の場合を欠陥が未発生、1 個以上の場合を欠陥が発生と評価した。

10

【0100】

< 評価結果 >

評価結果を下記の表 1 に示す。実施例および比較例 1 の対比から、本発明では、光硬化性樹脂塗布面に対する均等な圧力による押し付けが実現できた。この結果本発明により、残膜ムラの発生と剥がれ欠陥および未充填欠陥の発生とを抑制することが可能であることが確認された。

【0101】

また、実施例および比較例 2 の対比から、特に、光硬化性樹脂の厚さを被加工基板の光硬化性樹脂塗布面における表面高低差以上とすることにより、ナノインプリントにおいて、残膜ムラの発生と剥がれ欠陥および未充填欠陥の発生とを抑制することができることが確認された。

20

【0102】

また、実施例および比較例 3 の対比から、特に、光硬化性樹脂を加熱しながらモールドと被加工基板とを互いに剥離することにより、ナノインプリントにおいて剥がれ欠陥および未充填欠陥の発生を抑制することができることが確認された。

【0103】

また、実施例および比較例 4 の対比から、特に、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するようにアセンブリを基板支持部材により支持した状態で加圧することにより、ナノインプリントにおいて、残膜ムラの発生と剥がれ欠陥および未充填欠陥の発生とを抑制することができることが確認された。

30

【0104】

また、実施例および比較例 5 の対比から、特に、圧力容器内の圧力を所定の範囲内に設定することにより、残膜ムラの発生と剥がれ欠陥および未充填欠陥の発生とを抑制することができることが確認された。

【0105】

【表 1】

	封止	光硬化性樹脂層 の厚さ	加熱	アセンブリの 持ち上げ	圧力	評価	
						残膜ムラ	剥がれ欠陥および未充填欠陥
実施例	なし	表面高低差以上	あり	あり	1MPa	未発生	未発生
比較例 1	あり	表面高低差以上	あり	あり	1MPa	発生	発生
比較例 2	なし	表面高低差未満	あり	あり	1MPa	発生	発生
比較例 3	なし	表面高低差以上	なし	あり	1MPa	未発生	発生
比較例 4	なし	表面高低差以上	あり	なし	1MPa	発生	発生
比較例 5	なし	表面高低差以上	あり	あり	0.05MPa	発生	発生

## 【符号の説明】

【0106】

- 1、2 メサ型モールド  
 5 従来のモールド  
 6 光硬化性樹脂  
 7 被加工基板  
 8 アセンブリ  
 8a パターン対応部  
 9 封止カバー  
 11、21 支持部  
 12、22 メサ部  
 13、23 凹凸パターン

10

20

30

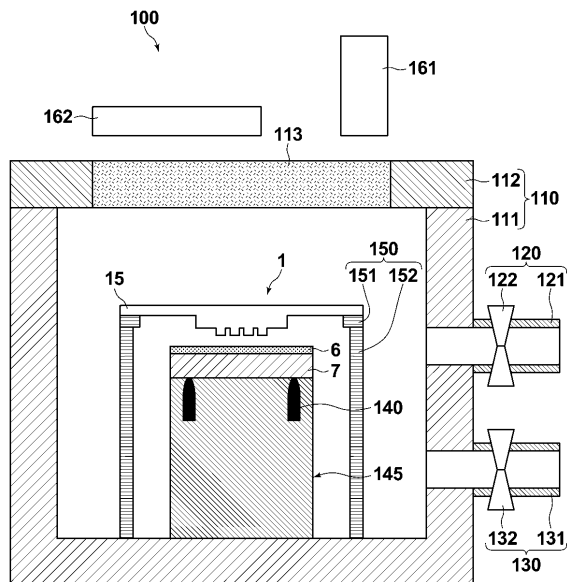
40

50

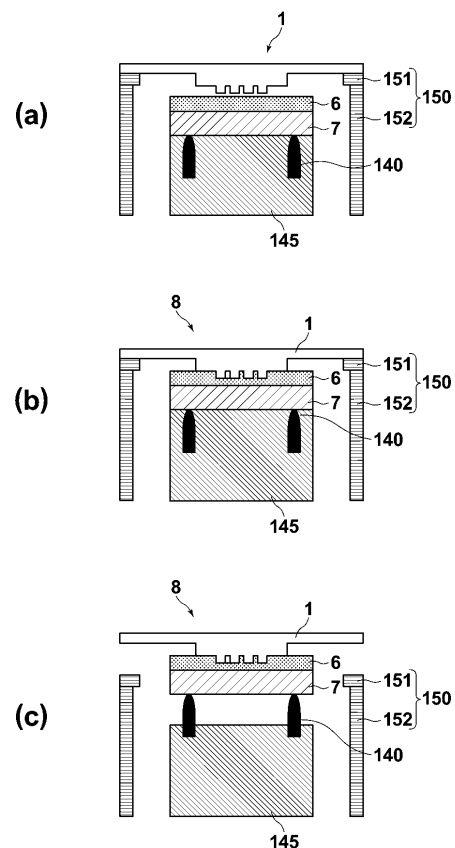
15、25	フランジ部
100、200、300	ナノインプリント装置
110、210、310	圧力容器
120、220、320	気体導入部
130、230、330	排気部
140、240、340	基板支持部材
145、245、345	設置台
150、250、350	モールド支持部材
161、261、361	受光デバイス
162、262、362	露光光源
D1	メサ型モールドの支持部の厚さ
D2	メサ型モールドのメサ部の高さ
P1	モールドの表面にかかる流体圧力
P2	被加工基板および硬化性樹脂の表面にかかる流体圧力
R1	メサ部の凹凸パターン領域
R2	凹凸パターン領域以外のメサ部の領域
S1	基準面

10

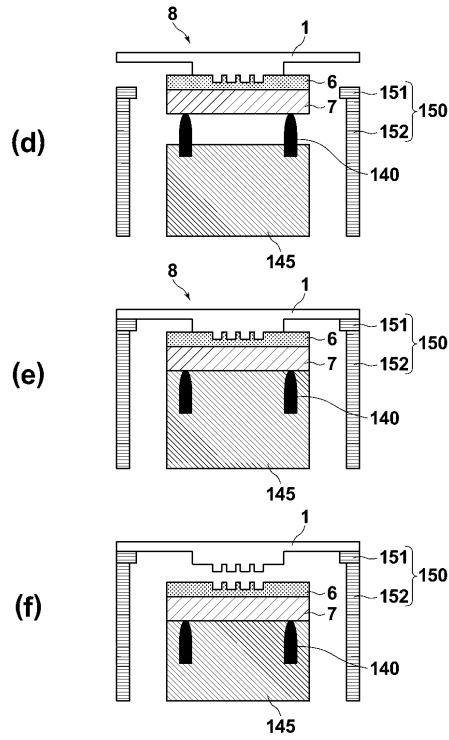
【図1】



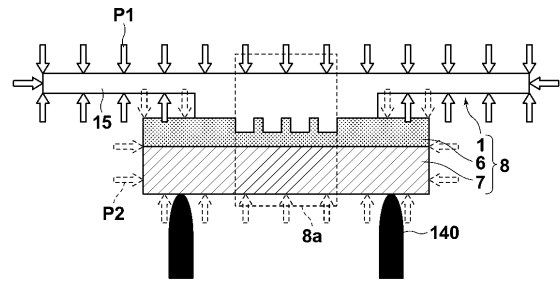
【図3A】



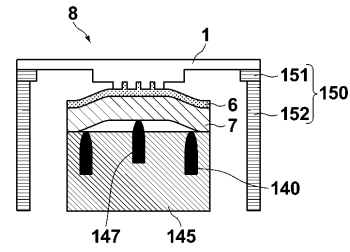
【図 3 B】



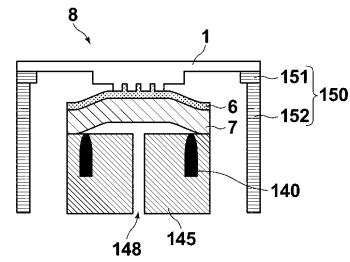
【図 4】



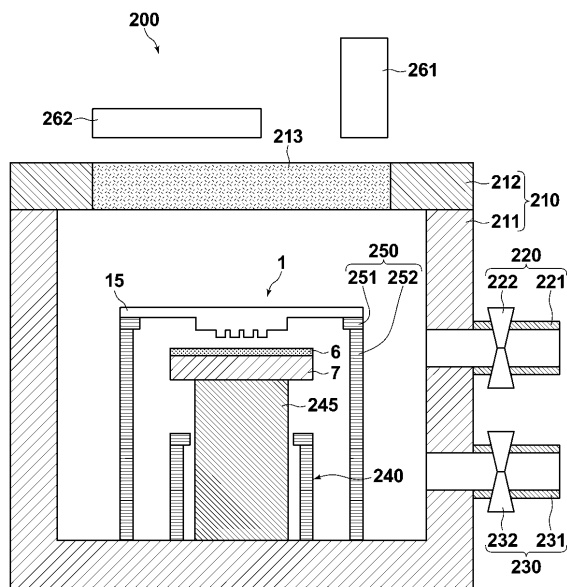
【図 6 A】



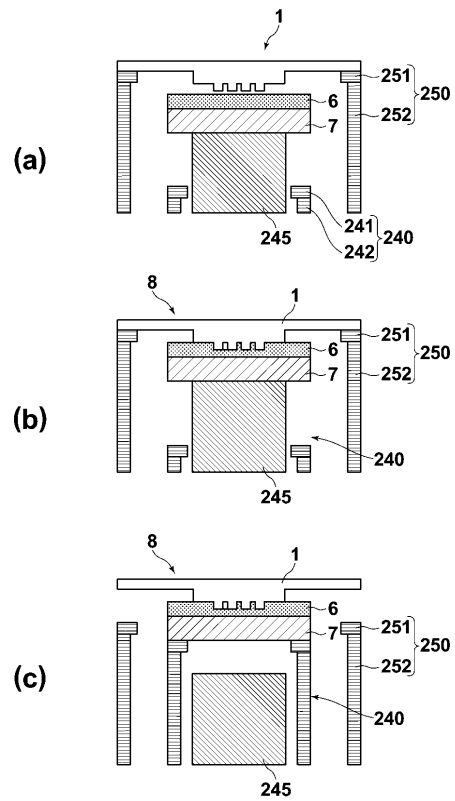
【図 6 B】



【図 7】

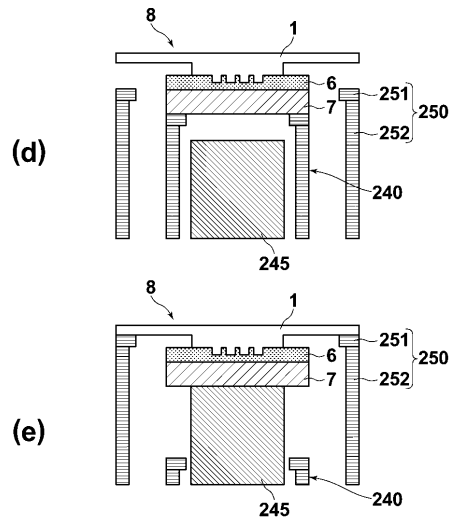


【図 8 A】

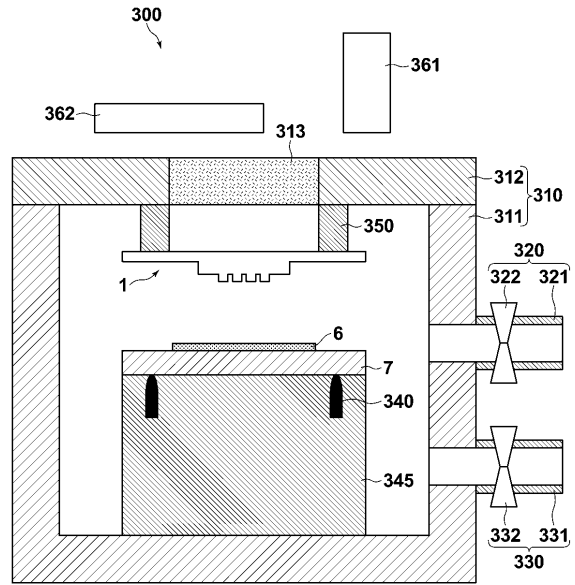




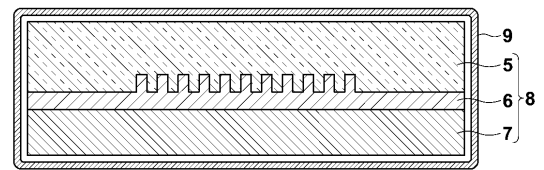
【図 8 B】



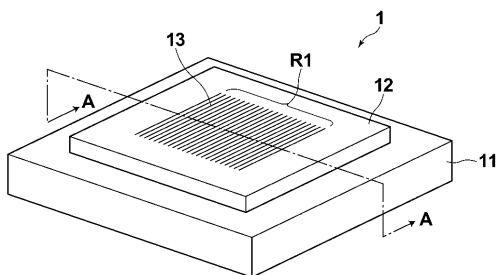
【図 9】



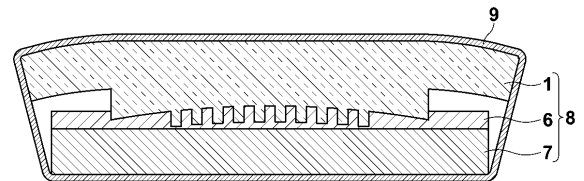
【図 1 1】



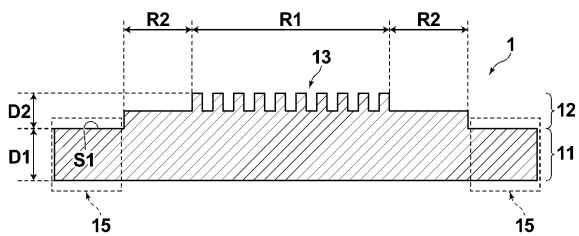
【図 1 2 A】



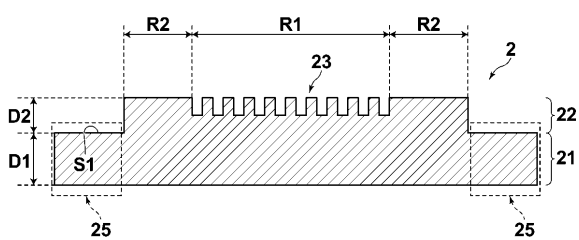
【図 1 3】



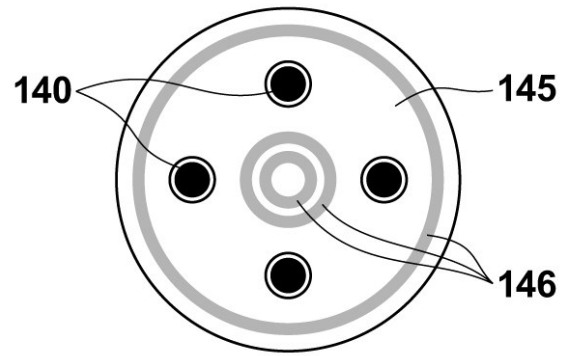
【図 1 2 B】



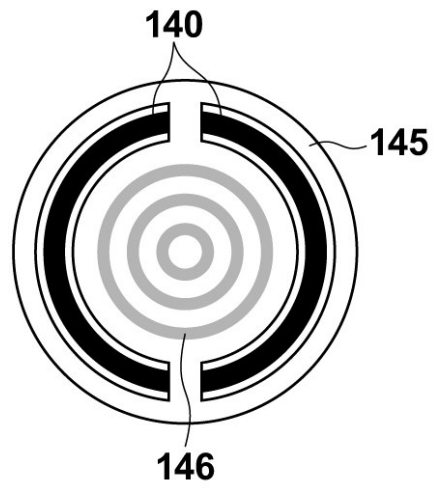
【図 1 2 C】



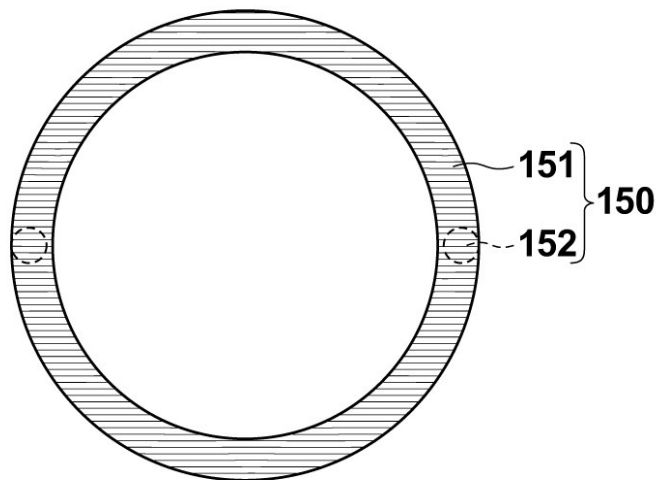
【図 2 A】



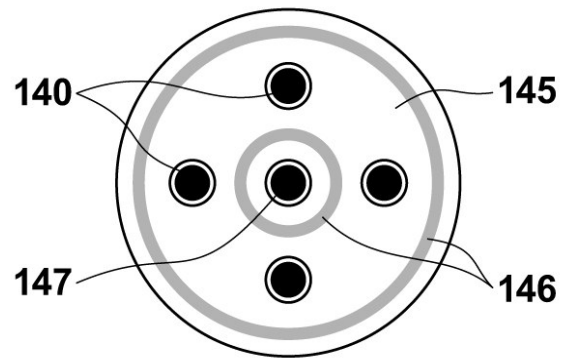
【図 2 B】



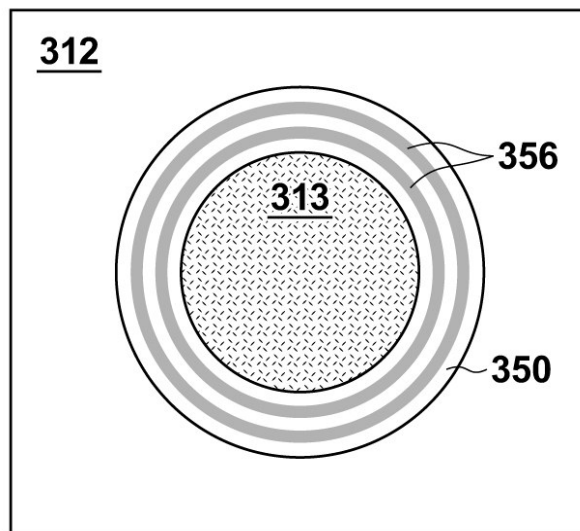
【図 2 C】



【図 5】



【図 10】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 5F046 AA28  
5F146 AA28