

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-126370

(P2008-126370A)

(43) 公開日 平成20年6月5日(2008.6.5)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
B 8 1 C 5/00 (2006.01) B 8 1 C 5/00
C 2 5 D 1/02 (2006.01) C 2 5 D 1/02

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2006-315033 (P2006-315033)
 (22) 出願日 平成18年11月22日 (2006.11.22)

(71) 出願人 506066216
 ナノクラフトテクノロジーズ株式会社
 茨城県つくば市並木1-2-1産総研東事業所内2G棟
 (71) 出願人 500354632
 株式会社喜多製作所
 大阪府泉南市りんくう南浜4番地27
 (74) 代理人 100127188
 弁理士 川守田 光紀
 (72) 発明者 王 清
 茨城県つくば市竹園3-21-1-510-314
 (72) 発明者 後藤 博史
 茨城県牛久市神谷2-4-34

最終頁に続く

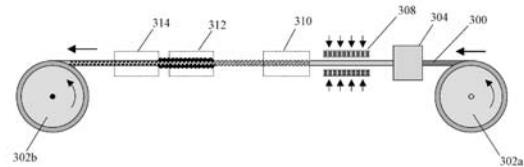
(54) 【発明の名称】 3次元マイクロ構造体、その製造方法、及びその製造装置

(57) 【要約】

【課題】微小コイルのような3次元微小金属構造体を製造するための技術を実現することを目的し、その発展形態においては、大量生産に適した上記3次元微小金属構造体の製造方法を実現することを目的とする。

【解決手段】繊維状の芯材の表面に微細パターンが形成された鋳型を製造すると共にメッキによりそのパターンに金属を充填し、その後鋳型を除去する。好適な実施形態においては、その鋳型を、表面にレジスト層が形成された繊維状の芯材を、透光性の筒殻に非透光性のマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクの筒孔に挿入すると共に、該筒殻の一部又は全部が一括照射されるように筒状マスクの外側からレーザを照射し、その後にレジスト層を現像することにより製造する。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

3次元微小金属構造体を製造する方法であって、繊維状の芯材の表面に微細パターンが形成された鋳型を製造する工程と、メッキにより前記パターンに金属を充填する工程と、前記鋳型を除去する工程とを有する製造方法。

【請求項 2】

前記鋳型は、断面が円形状を呈する繊維状の芯材の表面に転写層を被膜形成すると共に、前記転写層が形成された前記芯材を、微細パターンが形成された平板金型に押し付けながら前記金型上で転動させることにより製造される、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 3】

前記鋳型は、繊維状の芯材の表面にレジスト層を形成すると共に、前記レジスト層にレーザーを用いて所要のパターンを描画し、その後前記レジスト層を現像することによって製造される、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 4】

前記鋳型は、表面にレジスト層が形成された繊維状の芯材を、透光性の筒殻に非透光性のマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクの筒孔に挿入すると共に、前記筒殻の一部又は全部が一括照射されるように前記筒状マスクの外側からレーザーを照射し、その後前記芯材を前記筒状マスクから引き出して前記レジスト層を現像することにより製造される、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 5】

前記鋳型は、繊維状の芯材に、径又は対角線長が前記芯材よりも小さな糸状物を巻き付けることによって製造される、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 6】

前記鋳型は、繊維状の芯材の表面に、インクジェット技術を用いて所要のパターンが形成されるように樹脂を吐出することによって製造される、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 7】

前記芯材は中空の管状である、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 8】

3次元微小金属構造体を製造する方法であって、繊維状の芯材の表面に、所要の立体構造が形成されるようにインクジェット技術を用いて金属を吐出する工程と、前記芯材を除去する工程とを有する製造方法。

【請求項 9】

3次元微小金属構造体を製造する方法であって、
繊維状の芯材を融解したレジストに潜通させることにより前記芯材にレジスト層を形成する第一工程と、

前記第一工程を終えた前記芯材の部分を、透光性の筒殻に非透光性のマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクの筒孔内へ導引すると共に、前記筒殻の一部又は全部が一括照射されるように前記筒状マスクの外側からレーザーを照射する第二工程と、

前記第二工程を終えた前記芯材部分のレジスト層を現像する第三工程と、

前記第三工程を終えた前記芯材部分に金属メッキを施す第四工程と、

のいずれか一つ以上を備える、製造方法。

【請求項 10】

前記芯材は長尺の繊維状の芯材であり、前記長尺芯材を給送しつつ、その一部分に対して前記第一工程、前記第二工程、前記第三工程、前記第四工程が、この順番で行われるように構成する、請求項 9 に記載の製造方法。

【請求項 11】

3次元微小金属構造体の製造装置であって、

長尺の繊維状の芯材を給送する給送装置と、

融解したレジストを貯留すると共に、前記給送装置により給送されてくる前記芯材を前記溶解レジスト中に潜通させるレジスト貯留槽と、

10

20

30

40

50

前記レジスト貯留槽の後段に設置され、透光性の筒殻に非透光性のマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクを保持するマスク保持器であって、前記給送装置により給送されてくる前記芯材が前記筒状マスクの筒孔内に挿通しうる位置に前記筒状マスクを保持するマスク保持器と、

前記筒状マスクの筒殻の一部又は全部が一括照射されるように前記筒状マスクの外側からレーザを照射するレーザ露光装置と、

前記マスク保持器の後段に設置され、前記給送装置により給送されて前記筒状マスクから退出した前記芯材上の前記レジストを現像する現像処理部と、

前記給送装置により給送されて前記現像器から退出した前記芯材に、金属メッキを施すメッキ処理部と、

を備える、製造装置。

【請求項 1 2】

側面にマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクを製造する方法であって、

透光性材料で形成された筒状の基体を準備する工程と、

前記基体の外側からレーザを照射することによって前記基体の側面に所要の溝パターンを形成する工程と、

前記形成された溝パターンをメッキによって金属で充填することにより非透光性のマスクパターンとする工程と、

を備える製造方法。

【請求項 1 3】

前記筒状基体の代わりに筒状又は柱状の芯材の側面に透光性の表層を形成した基体を用い、前記メッキ工程の後に前記芯材を除去する工程を有する、請求項 1 2 に記載の製造方法。

【請求項 1 4】

側面にマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクを製造する方法であって、

筒状又は柱状の芯材を準備する工程と、

前記芯材の表面にレジスト層を形成する工程と、

前記レジスト層にレーザを照射することによって前記レジスト層の所要の部分を露光する工程であって、前記レジスト層において露光される部分は前記レジスト層の最深部まで露光される工程と、

前記レジスト層を現像して前記レジスト層の所要の溝パターンを現出させる工程と、

前記形成された溝パターンをメッキにより金属で充填する工程と、

前記レジスト層を除去する工程と、

前記芯材の表面を、該表面に残った金属パターンごと透光性材料で被覆する工程と、

前記芯材を除去する工程と、

を備える製造方法。

【請求項 1 5】

透光性材料で形成された筒殻と、前記筒殻に形成された非透光性のマスクパターンとを備え、筒孔内に被転写物を収容して前記基体の外側から露光を行う光リソグラフィの用に供する、筒状のマスク。

【請求項 1 6】

請求項 1 2 から 1 4 のいずれかの製造方法を実行するように構成される製造装置。

【請求項 1 7】

全体として筒状を呈する 3 次元微小構造体を製造する方法であって、

前記 3 次元微小構造体の側面部の形状の鋳型が側表面に形成された、筒状又は柱状の第 1 の母材を準備する工程と、

前記 3 次元微小構造体の先端部の形状の鋳型が表面に形成された、板状の第 2 の母材を準備する工程と、

10

20

30

40

50

前記第 1 の母材の先端部が前記第 2 の母材の鋳型部に接するように、前記第 1 の母材を前記第 2 の母材に立設する工程と、

前記側面部の形状の鋳型及び前記先端部の形状の鋳型をメッキにより充填する工程と、
前記第 1 の母材及び前記第 2 の母材を除去する工程と、
を備える製造方法。

【請求項 18】

前記 3 次元微小構造体はコイル状の構造体である、請求項 17 に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は MEMS 技術に関し、特に、マイクロコイルなどの 3 次元微小構造体や、その製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

MEMS 技術の発展により、ごく小さな 3 次元構造体の応用可能性に関心が高まっている。3 次元マイクロ構造体が使われる技術分野の一つに、IC の検査に用いるコンタクトプローブがある。従来、IC の検査に用いるプローブには、極細の針や平板型バネが用いられてきた。平板型バネについては特開 2001-343397 号公報に記載されている。

【0003】

しかし、本来であれば、どの方向に曲げてても弾性力がほぼ一様であることや、ストローク量を大きくとることが可能であることなどから、コイルバネ状のプローブを用いることが望ましい。ところが、直径が 1 mm 以下となるような微小コイルを製造することは容易ではなく、特に、大量生産が可能な技術は存在しなかった。

【特許文献 1】特開 2001-343397 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上述の微小コイルのような 3 次元微小金属構造体を製造するための技術を実現することを目的し、更にその発展形態においては、大量生産に適した上記 3 次元微小金属構造体の製造方法を実現することをも目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上述したような 3 次元微小金属構造体を製造する第 1 の方法は、非常に細い繊維状の芯材の表面に微細パターンが形成された鋳型を製造し、メッキにより該パターンに金属を充填し、最後に鋳型を除去するというものである。メッキの方法によっては、金属を充填した後、余分な金属を除去するために研磨が必要な場合がある。芯材は、エッチングにより除去可能な材質、例えば樹脂材で形成されることが好ましく、またエッチング液が内側に入り込めるように、中空の管状であることが好ましい。芯材の断面は円形又は多角形を呈し、その直径又は対角線長は、例えば数 10 μm から数 100 μm であることができる。(むろんこれに限定されない。)

【0006】

この製造方法は、鋳型が極細の繊維状であるため、非常に小さい 3 次元金属構造体を製造することができ、特に、上述の微小コイルのような、全体として筒状を呈し、断面の直径又は対角線長が数 10 μm ~ 数 100 μm の微小構造体を製造するために適している。従って、IC の検査に用いるコンタクトプローブとして理想的な形状である、コイルバネ状の微小構造体を製造することが可能である。もちろん、本発明による製造方法によって製造される微小構造体はコイル状のものに限らず、さまざまな 3 次元微小金属構造体であることができる。

【0007】

10

20

30

40

50

鋳型を作成する方法にはいくつかあり、ナノインプリント技術を用いる方法、光リソグラフィを用いる方法、極細の芯材にこれまた極細の線を巻きつけたものを鋳型とする方法、インクジェット技術により芯材上に樹脂を吐出することによって所望のパターンを形成する方法、などを用いることができる。好適には光リソグラフィを利用する

【0008】

光リソグラフィを利用する方法では、繊維状の芯材の表面にレジスト層を形成すると共に、前記レジスト層にレーザを用いて所要のパターンを描画し、その後前記レジスト層を現像することによって、上述の鋳型を製造することができる。パターン描画工程においては、照射位置が固定されたレーザに対して芯材を軸周りに回転させたり芯材を軸方向に移動させたりしてレジスト表面への描画を行ってもよいし、レーザ照射装置の方で照射位置を移動制御して描画を行ってもよい。また、これら2つの制御を組み合わせて描画を行っても良い。1つの好ましい実施形態においては、表面にレジスト層が形成された繊維状の芯材を、透光性の筒殻に非透光性のマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクの筒孔に挿入すると共に、筒殻の一部又は全部が一括照射されるように筒状マスクの外側からレーザを照射する。この実施態様では、レジスト層の広い領域に亘ってパターンを一度に描画することができ、鋳型の製造速度を速めることができる。

10

【0009】

これらの製造方法を大量生産に適合させるためには、メッキ工程・研磨工程・鋳型除去工程を、多数の鋳型に対して同時に行うことが好ましい。

【0010】

3次元微小金属構造体を製造する第2の方法は、インクジェット技術を利用した方法であり、繊維状の芯材の表面に、所要の立体構造が形成されるようにインクジェット技術を用いて金属を吐出する工程と、前記芯材を除去する工程とを有する。

20

【0011】

本発明の好ましい実施形態の一つは、次のような3次元微小金属構造体の製造方法である。この製造方法は、繊維状の芯材を融解したレジストに潜通させることにより前記芯材にレジスト層を形成する第一工程と、

前記第一工程を終えた前記芯材の部分を、透光性の筒殻に非透光性のマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクの筒孔内へ導引すると共に、前記筒殻の一部又は全部が一括照射されるように前記筒状マスクの外側からレーザを照射する第二工程と、前記第二工程を終えた前記芯材部分のレジスト層を現像する第三工程と、

30

前記第三工程を終えた前記芯材部分に金属メッキを施す第四工程と、のいずれか一つ以上を備える。好ましくは、芯材は長尺の繊維状の芯材であり、この長尺芯材を給送しつつ、その各部分に対して第一工程、第二工程、第三工程、第四工程が、この順番で行われるように構成する。(ただしこの実施形態は、いずれかの工程の最中に、芯材の給送を一時止めておくことを含むことに留意されたし。)また、第四工程(メッキ工程)の後に、余分な金属を研磨除去する研磨工程を加えてもよい。メッキ・研磨が終了した芯材は、単位部分ごとに切断され、エッチングで芯材を除去することにより、金属部分が残ってマイクロ構造体が完成する。メッキ・研磨が終了した芯材は、終了した部分から直ちに切断してもよいし、一旦リールなどに巻き取っておき、後で単位部分ごとに切断してもよい。

40

【0012】

この実施形態によれば、長尺の芯材を給送しながら、その各部分にレジスト形成・パターン露光・現像・メッキを次々に行うため、マイクロ構造体の大量生産を行うことができる。

【0013】

上述の筒状マスクは、例えば、次のような製造方法にて製造することができる。この製造方法は、ガラス・透光性ポリマーなどの透光性材料で形成された筒状の基体を準備する工程と、前記基体の外側からレーザを照射することによって前記基体の側面に所要のパタ

50

ーンを形成する工程と、前記形成されたパターンをメッキによってクロム・ニッケル等の金属で充填することにより、非透光性のマスクパターンとする工程とを備える。メッキ工程後に、必要ならば研磨工程を備えてもよい。また、上述の筒状基体の代わりに、筒状又は柱状の芯材の側面に透光性のレジスト層を形成したものをを用いてもよい。この場合は、メッキ・研磨後に、エッチング等の手段で芯材を除去する必要がある。パターンの形成は、照射点が固定されたレーザに対して芯材を筒軸方向に平行移動及び/又は筒軸周りに回転せしめることにより、行うことができる。また、レーザの照射位置をパターンに沿って動かしてもよい。レーザ照射は、基体側面を突き抜けるまで行ってもよいし、突き抜ける手前で止めてもよい。レーザ照射を基体側面を突き抜けるまで行う場合は、マスクを筒の内面に接するまで形成することができるので、光を筒内に垂直に導き入れることが可能という利点があり、レーザ照射を基体側面を突き抜ける手前で止める場合には、筒の内面を滑らかに保つことができるという利点がある。

10

20

30

40

50

【0014】

また上述の筒状マスクは、例えば、次のような製造方法でも製造することができる。この製造方法は、筒状又は柱状の芯材を準備する工程と、前記芯材の表面にレジスト層を形成する工程と、前記レジスト層にレーザを照射することによって前記レジスト層の所要の部分を露光する工程であって、前記レジスト層において露光される部分は前記レジスト層の最深部まで露光される工程と、前記レジスト層を現像して前記レジスト層の所要の溝パターンを現出させる工程と、前記形成された溝パターンをメッキにより金属で充填する工程と、前記レジスト層を除去する工程と、前記芯材の表面を、該表面に残った金属パターンごと透光性材料で被覆する工程と、前記芯材を除去する工程をと備える。この製造方法の利点は、マスク部分を筒の内面に接して形成することができて光を筒内に垂直に導き入れることが可能であることと、製造過程の最後まで筒の内面が芯材で保護されているため、筒の内面を滑らかに仕上げるのが容易であることである。

【0015】

本発明は、その好ましい実施形態の一つに、上述の3次元微小金属構造体を製造する装置であって、
長尺の繊維状の芯材を給送する給送装置と、
融解したレジストを貯留すると共に、前記給送装置により給送されてくる前記芯材を前記溶解レジスト中に潜通させるレジスト槽と、
前記レジスト貯留槽の後段に設置され、透光性の筒殻に非透光性のマスクパターンが形成された筒状の光リソグラフィ用マスクを保持するマスク保持器であって、前記給送装置により給送されてくる前記芯材が前記筒状マスクの筒孔内に挿通しうる位置に前記筒状マスクを保持するマスク保持器と、
前記筒状マスクの筒殻の一部又は全部が一括照射されるように前記筒状マスクの外側からレーザを照射するレーザ露光装置と、
前記マスク保持器の後段に設置され、前記給送装置により給送されて前記筒状マスクから退出した前記芯材の前記レジストを現像する現像器と、
前記給送装置により給送されて前記現像器から退出した前記芯材に、金属メッキを施すメッキ器と、
を備える、製造装置を含む。

【0016】

また本発明は、透光性材料で形成された筒殻と、前記筒殻に形成された非透光性のマスクパターンとを備える筒状のマスクであって、前記基体の筒孔内に被転写物を収容して前記基体の外側から露光を行う光リソグラフィの用に供するマスクを、その範囲に含む。

【0017】

本発明の好ましい実施形態のあるものは、添付の特許請求の範囲に定義される。本発明は、本願明細書や特許請求の範囲、添付図面に明示的及び暗示的に開示される如何なる新規な特徴をもその範囲に包含し、また、本願明細書や特許請求の範囲、添付図面に明示的及び暗示的に開示される特徴の如何なる新規な組み合わせをも、その範囲に包含する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の好適な実施形態を添付図面を参照しながら説明する。図1は、ここで例として説明する本発明による3次元微小金属構造体の製造方法によって製造される、マイクロコイル100の概略を描いた図である。マイクロコイル100は、図1に描かれるように全体として円筒形を呈する螺旋状のコイルパネであり、長さ $L = 1.5 \sim 4 \text{ mm}$ 、外径 $d_1 = 200 \sim 500 \mu\text{m}$ 、内径 $d_2 = 100 \sim 400 \mu\text{m}$ 、コイルの幅 w_1 、厚み w_2 、コイル間隔 w_3 はいずれも $15 \mu\text{m} \sim 60 \mu\text{m}$ である。マイクロコイル100の材質は、ニッケルなどの金属であることができる。螺旋状のコイルパネは、IC検査用のコンタクトプローブとして、従来の針や平板パネよりも優れた特性を有している。なお、こ

10

【0019】

図2～図7を参照しながらマイクロコイル100の製造方法を説明する。図2は、マイクロコイル100の製造工程のフローを示したフローチャートであり、図3は各工程の概略を描いた図である。ステップ200は製造の開始を示す。ステップ202では、マイクロコイル100の製造に用いる芯材200を準備する。芯材300は長尺かつ極細の繊維状を呈しており、図3Aに描かれるように、リール302aに巻き取られて準備される。図4Aには芯材の外観が拡大されて描かれている。図4Aに描かれるように、芯材300は、断面が直径 $100 \sim 400 \mu\text{m}$ の円形を呈しており、その中心部分は300aに示されるように中実（内部が詰まっている）か、300bに示されるように中空（内部が空洞になっている）のいずれかである。芯材は後にエッチングにより溶解されねばならないので、エッチング液が芯材の内部に進入して芯材を内部から溶かしうるという点からは、300bのような中空の材料の方が優れている。芯材300のような長尺且つ中空の極細繊維は、例えば光ファイバーに用いられるプラスチックファイバーとして既の実現されており、芯材300としても、かかるプラスチックファイバーを採用することができる。

20

【0020】

ステップ204では、リール302aが回転することにより、芯材300がリール302aから送り出される。芯材300が送り出される先には、融解したレジストを貯留するレジスト貯留槽304が設けられる。リール302aが回転することによりリール302aから送り出された芯材300は、ステップ206においてレジスト貯留槽304に通され、融解したレジストの中を潜らせられることにより、その表面にレジストが付着せしめられる（図3B参照）。このようにして表面にレジスト層306が形成された芯材300が、図4Bに拡大して描かれている。レジスト貯留槽304を通過した芯材300は、その後、別のリール302bに巻き取られる。

30

【0021】

ステップ208では、リール302aがさらに回転することにより、表面にレジスト層306が形成された芯材300の部分が、円筒状のマスク308の筒孔内へと導かれる（図3C）。マスク308は光リソグラフィ用のマスクであって、ガラスや透光性ポリマーなどの透光性材料で形成される筒殻308aに、ニッケルやクロムなどの金属で形成される螺旋状のマスクパターン308bを有している。マスク308の拡大図が図5Aに示されている。そのサイズは製造するマイクロコイルの全長に合わせて変わり、例えば、全長 $L = 1.5 \sim 4 \text{ mm}$ 、孔径 $d = 200 \sim 500 \mu\text{m}$ などとすることができる。（むろんこれらの数値は例示に過ぎず、より大きくも小さくもなりうる。）マスク308は、芯材300がその筒孔内へ挿通しうる位置に、図示されないマスク保持器によって予め保持されている。

40

【0022】

ステップ210は露光工程であり、まず、ステップ208においてリール302aによ

50

って給送されることにより、露光が行われる芯材 300 の部分が円筒状のマスク 308 の筒孔内にセットされる。この様子は図 5 B に描かれている。そして図 5 C に描かれるように、筒殻 308 a 越しに、芯材 300 のレジスト層 306 へ露光が行われる。露光は UV レーザを用いて行うことができる。露光時間を短縮するため、筒殻 308 a の一部又は全部を一括照射できるように、露光装置を構成することが好ましい。

【0023】

マイクロコイル 100 の厚さを揃えるためには、レジスト層の最深部まで露光が行われることが好ましいため、露光はオーバー露光になるように調節されるが好ましい(図 5 D 参照)。図 5 D において、露光された箇所が符号 306 a で示されているが、306 a で示される箇所が、レジスト層 306 の表面から芯材 300 の表面まで達していることが分かる。なお、露光中はリール 302 a や 302 b の回転を止め、露光が行われている芯材 300 の部分がマスク 308 の孔内から動かないようにすることが好ましい。露光が終わったら、リール 302 a や 302 b を動かし、露光された芯材 300 の部分を孔内から出す。すると、図 5 E に描かれるように、レジスト層 306 に露光された部分 306 a が螺旋状に形成されている。

10

【0024】

露光工程を終えた芯材 300 の部分はさらに給送され(ステップ 212)、現像処理部 310 へと送られる(図 3 D)。現像処理部 310 では、露光が終わったレジスト層の部分が現像される(ステップ 214)。現像前と現像後の芯材 300 の様子が図 6 A と図 6 B にそれぞれ拡大されて描かれている。現像後は、図 6 B に描かれるように、露光されたレジスト層の部分 306 a が除去されて、芯材 300 の表面まで達する深さを有する微細な螺旋状の溝 306 b が形成される。螺旋状の溝 306 b が形成された繊維状の芯材 300 の部分はマイクロコイル 100 の鑄型となる。なお、ここで説明されたリソグラフィはネガ型の方式であるが、むしろ、ポジ型のリソグラフィを用いてレジスト層に所要のパターンを形成してもよい。

20

【0025】

現像工程を終えた芯材 300 の部分はさらに給送され(ステップ 216)、メッキ処理部 312 へと送られる(図 3 E)。メッキ処理部 312 では、現像が終わった芯材 300 の部分をメッキすることにより、螺旋状の溝 306 b をニッケル 600 で充填する(ステップ 218)。図 6 C にメッキされた芯材 300 の部分の拡大図が示されている。メッキされた芯材 300 の部分はさらに給送され(ステップ 220)、研磨処理部 314 へと送られる(図 3 F)。研磨処理部 314 では、レジスト 306 上に析出した余分なニッケルが研磨により除去される(ステップ 222)。余分なニッケルが除去された芯材 300 の部分が図 6 D に描かれている。

30

【0026】

研磨工程を終えると、芯材 300 はさらに給送され(ステップ 224)、所要の長さに切断され(ステップ 226)、芯材 300 やレジスト 306 がエッチングにより除去される(ステップ 228)。上述のように芯材 300 が中空の管状であると、エッチング液が芯材 300 の内部からも芯材 300 を溶かすので、芯材 300 の除去を早く行うことができて好ましい。レジスト 306 や芯材 300 が除去されると、ステップ 218 及びステップ 222 で形成されたニッケル構造のみが残り、マイクロコイル 100 が完成する(ステップ 230、図 6 E)。

40

【0027】

図 3 では、リール 302 a からリール 302 b の間に、レジスト層形成、露光、現像、メッキ、研磨の各工程を一つずつしか描かれていないが、これらの工程を連続的に行うように製造装置及び製造工程を構成できることはもちろんである。かかる実施形態が図 7 に描かれており、芯材 300 がリール 302 a から 302 b まで給送される間に、図 3 において説明されたレジスト貯留槽 304 やマスク 308 (露光部)、現像処理部 310、メッキ処理部 312、研磨処理部 314 を、芯材 300 が順に通過するように構成されている。従って、図 7 に描かれる実施形態では、長尺の芯材 300 を給送しつつ、その各部分

50

に対して上記の工程を次々に行うことが可能であり、マイクロコイル 100 の大量生産を行うために適している。

【0028】

さらに、図 7 に描かれる実施形態では、研磨処理が行われた芯材 300 は、一旦リール 302 b に巻き取られるため、後でリール 302 b から取り外して所要の長さに裁断するという工程が必要となるが、研磨工程 222 の後にリール 302 b に巻き取らず、直ちに裁断するように製造装置及び製造工程を構成することもできる。裁断した芯材 300 は、多数をまとめてエッチングすることにより、一度に大量のマイクロコイル 100 を製造することができる。

【0029】

次に、上述のマスク 308 の製造方法の例を説明する。上述のように、マスク 308 は、透光性材料で形成された筒状の基体に非透光性のマスクパターンが螺旋状に形成された、筒状の光リソグラフィ用マスクであるが、かかるマスクとして、マスクパターンが筒状基体の外側に形成されたもの（図 8 A 参照）や、マスクパターンが筒状基体の内側に形成されたもの（図 8 B 参照）、マスクパターンが筒殻を貫通して形成されたものなどを用いることができる。

【0030】

図 8 A はマスク 308 の一例であるマスク 802 の概略を描いたものである。マスク 802 は、透光性材料で形成された筒状の基体 804 の表面外側に、ニッケル・クロムなどの金属で形成された螺旋状の非透光性パターン 806 が形成された、光リソグラフィ用のマスクであり、筒孔内に被転写物を収容して基体の外側から露光を行うように用いられる。マスク 802 のサイズの一例は、全長 1.5 ~ 4 mm、孔径 200 ~ 500 μm 、筒殻の厚さ 40 ~ 80 μm である。むろんこれらの数値は例示に過ぎず、実施形態によってはこれより大きくも小さくもなりうる。

【0031】

図 9 及び図 10 を用いてマスク 802 の製造方法の例を説明する。図 9 はマスク 802 の製造方法をフローチャートで示し、図 10 は図 9 に示される各工程を図示している。900 は製造の開始を示す。ステップ 902 は、マスク 802 の基体 804 を準備する工程を示す。基体 804 は、図 10 A に描かれるように、ガラスや透光性ポリマーなどの透光性材料で形成された円筒状の構造物である。ステップ 904 では、基体 804 の外側からレーザを照射することによって、基体 804 の表面に螺旋状の溝を形成していく。この様子が図 10 B に描かれている。基体 804 は、筒軸方向に平行移動させると共に筒軸周りに回転させうる保持器に固定されており、レーザ 1002 は照射点が固定されている。そして、基体 804 を符号の 1004 の方向に回転させると共に符号 1006 の方向に移動させつつレーザ 1002 を照射することにより、基体 804 の表面に螺旋状の溝 1008 を形成する。

【0032】

ステップ 906 はメッキ工程であり、溝 1008 をニッケルやクロムなどの金属で充填する。この様子は図 10 C に描かれている。ステップ 908 は研磨工程であり、基体 804 の表面に残った余分な金属が研磨除去される。この様子は図 10 D に描かれている。研磨工程を終えるとマスクの完成であり（ステップ 910）、図 10 D や図 8 A に描かれるようなマスク 802 が完成する。

【0033】

上で説明された例では、ステップ 904 において、溝 1008 を基体 804 の内面まで達しない深さに形成していたが（図 10 C 参照）、これを基体 804 の側面を突き抜けるように形成してもよい。かかる実施形態の場合、非透光性部分を基体 804 の内面に達する深さまで形成することができるので、照射する UV 光が基体 804 の内面で乱反射することを完全に防ぐことができる。しかし一方、メッキのやり方によっては基体 804 の内面にも金属が析出してしまう可能性があるため、メッキ工程（ステップ 906）の前に基体 804 の円筒内を適当な樹脂などで充填し、メッキ時に基体 804 の内面に金属が析出

10

20

30

40

50

することを防止するように構成してもよい。また、基体の 804 の代わりに、初めから筒状又は柱状の芯材の側面に透光性の表層を形成した基体を用いてステップ 902 ~ 908 に係る工程を行い、最後に芯材を除去するように構成しても良い。

【0034】

次に、図 8 B に概略的に描かれるマスク 812 について説明する。マスク 812 は前述のマスク 308 の一形態であり、マスク 802 と同様に、透光性材料で形成された筒状の基体 814 に螺旋状の非透光性パターン 816 を有する、光リソグラフィ用のマスクである。マスク 802 と異なるところは、マスク 802 のマスクパターンは円筒側面の外側に面して形成されていたのに対し、マスク 812 のマスクパターン 816 は、円筒側面の内側に面して形成されているところである。このためマスク 812 は、マスク 802 に比べ、露光時にマスク内面での光の乱反射が少ないという利点がある。一方マスク 802 は、マスク 812 に比べ、製造が簡単だという利点がある。

10

【0035】

図 11 及び図 12 を用いてマスク 812 の製造方法の例を説明する。図 11 はマスク 812 の製造方法をフローチャートで示し、図 12 は図 10 に示される各工程を図示している。ステップ 1100 は製造の開始を示す。ステップ 1102 はマスク 812 の製造に用いられる芯材 1200 を準備する工程である。芯材 1200 は、断面が円形となる中実又は中空の棒状の構造物であり、ここで説明する例においては、図 12 A に描かれるように、全長 1.5 ~ 4 mm、直径 200 ~ 500 μm 程度の大きさを有する。(むろん例示に過ぎない。) 芯材 1200 は製造工程の最後に除去されねばならないので、エッチングにより溶解可能な材質で作られる。ステップ 1104 では、芯材 1200 の円筒側面に既知の方法でレジスト層 1202 が形成される。レジスト層 1202 が形成された芯材 1200 が図 12 B に描かれている。ここで説明する例においては、図 12 B に描かれるように、レジスト層 1202 の厚さは 40 ~ 80 μm に形成される。

20

【0036】

ステップ 1106 では、レジスト層 1202 の外側からレーザを照射することによって、レジスト層 1202 の表面を螺旋状に露光していく。この様子が図 12 C に描かれている。ここでも、図 10 B のように、レーザ 1204 に対して芯材 1200 を筒軸周りに回転させつつ筒軸方向に平行移動させることで、レジスト層 1202 を螺旋状に露光することができる。このとき、レジスト層の最深部、すなわちレジスト層が芯材 1200 に接する部分まで露光されるように、露光を行うことが必要である。

30

【0037】

ステップ 1108 は現像工程であり、露光されたレジスト層の部分が除去されて、螺旋状の溝パターン 1207 を現出させる。ステップ 1106 においてレジスト層の最深部まで露光しているため、形成された溝パターン 1207 の底部には芯材 1200 が露出している。この様子が図 12 D に描かれている。なお、ポジ型のリソグラフィを用いて所要の溝パターンを形成してもよいことはもちろんである。

【0038】

ステップ 1110 はメッキ工程であり、溝パターン 1207 をニッケルやクロムなどの金属 1208 で充填する。この様子は図 12 E に描かれている。ステップ 1112 は研磨工程であり、レジスト層 1202 に析出した余分な金属が研磨除去される。この様子は図 12 F に描かれている。ステップ 1114 ではレジスト層 1202 が除去され、芯材 1200 の表面には螺旋状の金属パターン 1208 が残るのみとなる。この様子が図 12 G に描かれている。

40

【0039】

ステップ 1116 では、芯材 1200 の表面を、金属パターン 1208 ごと透光性材料 1210 で被覆する。この様子が図 12 H に描かれている。透光性材料 1210 としては、例えば、ポリジメチルシロキサン (PDMS) などの透光性のポリマーを用いることができる。最後にステップ 1118 では、エッチングなどにより芯材 1200 が除去され、透光性の円筒殻の内側に螺旋状の非透光性のマスクパターンが形成された、筒状のマスク

50

8 1 2 が完成する (図 1 2 I) 。

【 0 0 4 0 】

次に、図 1 に描かれるマイクロコイル 1 0 0 の先端形状を、コイル本体と同時に形成する方法の一例について説明する。マイクロコイルを IC 検査用のコンタクトプローブとして用いる場合、その先端部分は、単に針型や平坦型とするよりも、ギザギザの形状としたり中心部が窪んだ逆円錐形としたりした方が、IC 上の電極パッドとマイクロコイルとの接触性が向上する。そこで、大量生産性に優れたやり方で、マイクロコイル 1 0 0 にかかる先端形状を形成することができれば好ましい。

【 0 0 4 1 】

図 1 3 は、かかる製造方法の一例の概略を説明するための図である。図 1 3 A は、マイクロコイルを形成するための第 1 の鑄型 1 3 0 0 を概略的に示している。第 1 の鑄型 1 3 0 0 は、マイクロコイルのコイル部分を形成するための螺旋状の鑄型がその側表面に形成された、筒状又は柱状の母材から作られており、例えば、図 2 ~ 図 7 を用いて説明した製造方法において、ステップ 2 1 4 の現像工程を経た芯材 3 0 0 (図 6 B 参照) をメッキせずに所定長さに切断したものを用いることができる。図 1 3 B に概略的に描かれる平板 1 3 0 2 は、その表面にこれから製造するマイクロコイルの先端部の形状を形成するための鑄型部 1 3 0 3 が複数個形成された、第 2 の鑄型である。図示されるように、それぞれの鑄型部 1 3 0 3 には、第 1 の鑄型 1 3 0 0 が、その先端部が鑄型部 1 3 0 3 の中心に置かれた状態で立設せしめられている。図 1 3 B に描かれる状態から、第 1 の鑄型 1 3 0 0 及び第 2 の鑄型 1 3 0 3 をニッケル等の金属でメッキし、研磨により鑄型上に析出した余分な金属を除去すると、図 1 3 C に描かれる状態になる。鑄型 1 3 0 0 の螺旋状の構造や鑄型部 1 3 0 3 の先端形状の鑄型に、金属 1 3 0 4 が充填されていることが分かる。図 1 3 C の状態から、鑄型 1 3 0 0 や平板 1 3 0 2 をエッチングなどにより除去すると、図 1 3 D に描かれるように、金属 1 3 0 4 が残り、螺旋状のコイルが先端形状と共に一体形成される。

【 0 0 4 2 】

図 1 3 B では鑄型 1 3 0 0 が 3 つしか描かれていないが、実際にはもっと多くの鑄型 1 3 0 0 を、やはり多数の鑄型部 1 3 0 3 が形成された平板 1 3 0 2 上に設置することができる。そして、それらを同時にメッキ・研磨・鑄型除去することにより、多数のマイクロコイルをその先端形状ごと同時に製造することができる。このように、図 1 3 を用いて説明した製造方法は、先端形状を一体形成しながら、多数のマイクロコイルを同時に製造できるという利点を有している。

【 0 0 4 3 】

以上、本発明をより深く理解しうるよう本発明の実施形態を例を用いて説明したが、本発明は、ここで説明された例に限られるものではなく、本発明の範囲を逸脱することなく、様々な実施形態を取りうるものであることは言うまでもない。例えば、上述の例で製造されたコイルパネや、製造に用いられた芯材、マスクなどは、全て断面が円形となる管状の構造物であったが、実施形態によっては、これらは断面が矩形など任意の多角形であったり楕円形であったりする管状構造物である場合がある。(芯材は中実のものであってもよい。)

【 0 0 4 4 】

また、本発明による 3 次元微小金属構造体の好適な製造方法は、繊維状の芯材の表面に微細パターンが形成された鑄型を製造する工程と、メッキにより前記パターンに金属を充填する工程と、前記鑄型を除去する工程とを有するものであるが、この鑄型を製造する方法は、上述の方法によるものだけではなく、ナノインプリント技術を用いる方法、極細の芯材にこれまた極細の線を巻きつけたものを鑄型とする方法、インクジェット技術により芯材上に樹脂を吐出することによって所望のパターンを形成する方法、などを用いることもできる。

【 0 0 4 5 】

ナノインプリント技術を用いる方法においては、断面が円形状を呈する繊維状の芯材の

表面に転写層を被膜形成すると共に、前記転写層が形成された前記芯材を、微細パターンが形成された平板金型に押し付けながら前記金型上で転動させることにより、円筒側面に当該金型のパターンが転写された鑄型を製造することができる。

【0046】

また、断面が円形又は多角形を呈する繊維状の芯材に、径又は対角線長が前記芯材よりも小さな糸状物を巻き付けることによって、鑄型を製造してもよい。この方法で製造される鑄型は、鑄型が螺旋を巻くように形成されるため、コイル状の構造物を製造するための鑄型として適している。この鑄型にメッキを施すと、糸のない部分に金属が充填されるので、メッキ後に芯材及び糸を除去すれば、小さなコイル状の金属構造体を得ることができる。さらに、繊維状の芯材の表面に、インクジェット技術を用いて所要のパターンが形成されるように樹脂を吐出することによって、鑄型を製造してもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本発明による製造方法の一例によって製造されるマイクロコイルの外観図

【図2】マイクロコイル100の製造工程のフローチャート

【図3】図2における各工程の概要図

【図4】マイクロコイル100の製造に用いられる芯材及びレジスト層形成工程の概要図

【図5】マイクロコイル100の製造における露光工程の概要図

【図6】マイクロコイル100の製造における残りの工程の概要図

【図7】マイクロコイル100の製造工程の一実施態様の概要図

20

【図8】マイクロコイル100の製造に用いられる光リソグラフィ用マスクの実施形態の例図

【図9】マスク802の製造方法のフローチャート

【図10】図9における各工程の概要図

【図11】マスク812の製造方法のフローチャート

【図12】図11における各工程の概要図

【図13】本発明による、3次元微小構造体の先端形状を一体形成する製造方法の説明図

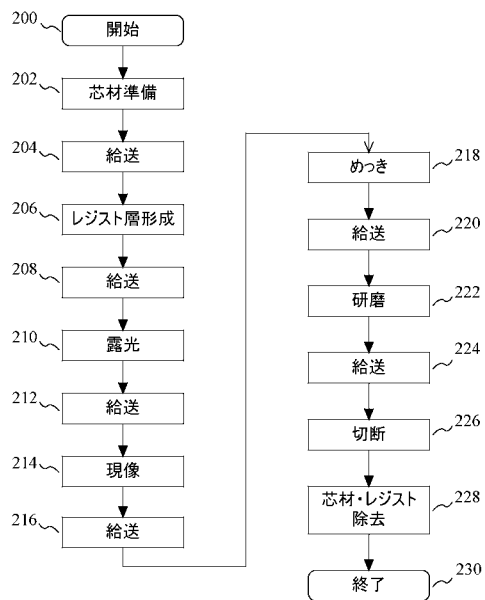
【符号の説明】

【0048】

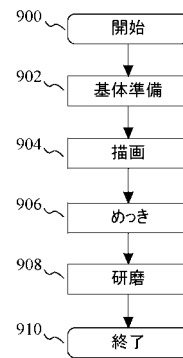
100	マイクロコイル	30
300	芯材	
302a	リール	
302b	リール	
304	レジスト貯留槽	
306	レジスト層	
306a	レジスト層306において露光された部分	
306b	溝	
308	マスク	
308a	筒殻	
308b	マスクパターン	40
310	現像処理部	
312	メッキ処理部	
314	研磨処理部	
802	マスク	
804	基体	
806	非透光性パターン	
812	マスク	
814	基体	
816	非透光性パターン	
1002	レーザ	50

- 1 0 0 8 溝
- 1 2 0 0 芯材
- 1 2 0 2 レジスト層
- 1 2 0 4 レーザ
- 1 2 0 7 溝パターン
- 1 2 0 8 金属パターン
- 1 2 1 0 透光性材料
- 1 3 0 0 鋳型
- 1 3 0 2 平板
- 1 3 0 3 鋳型部
- 1 3 0 4 金属

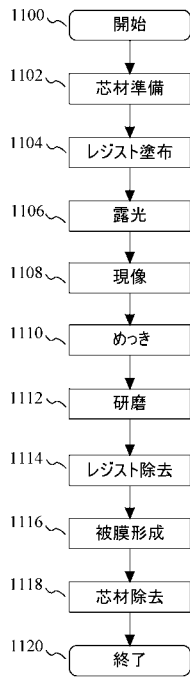
【 図 2 】



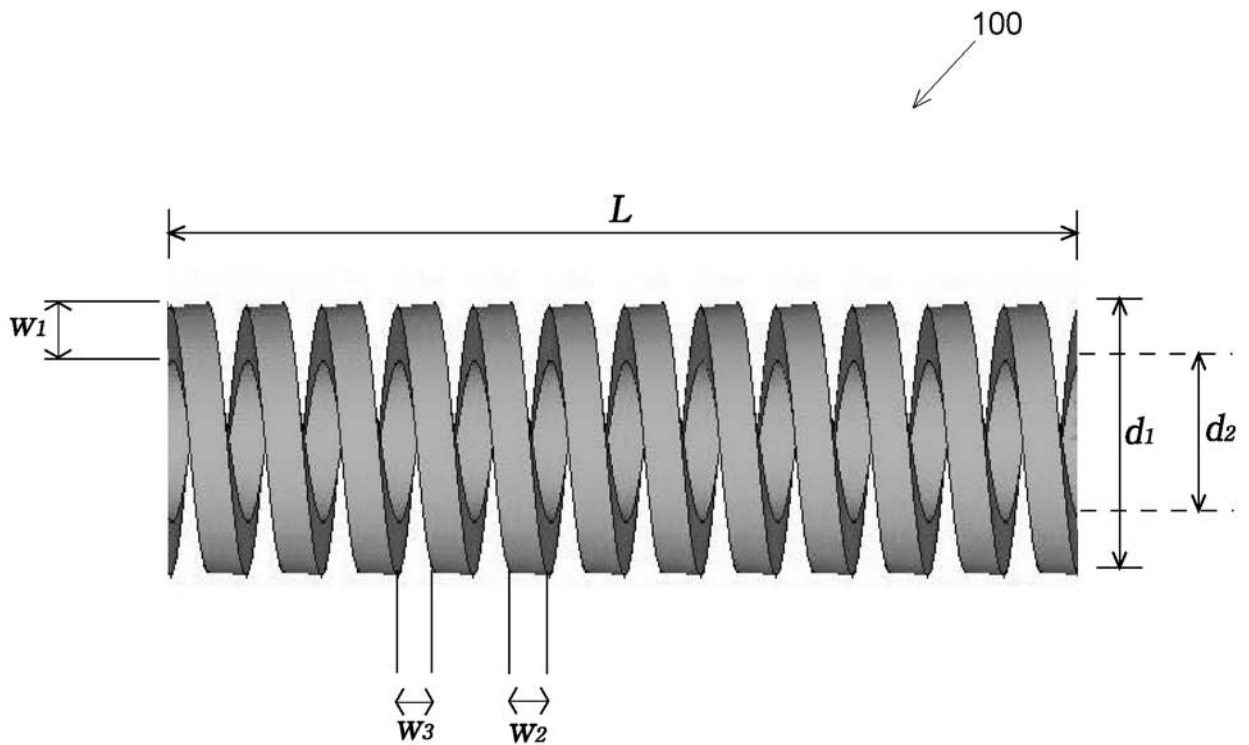
【 図 9 】



【 図 1 1 】



【 図 1 】



【 図 3 】

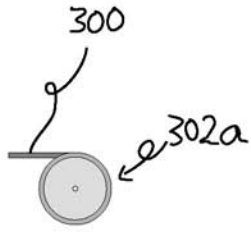


図3A

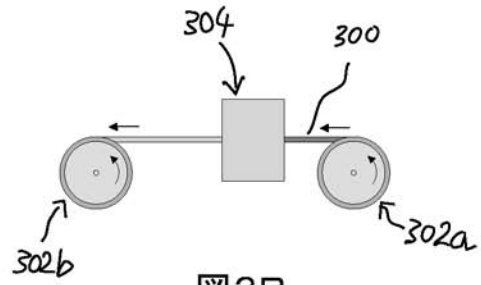


図3B

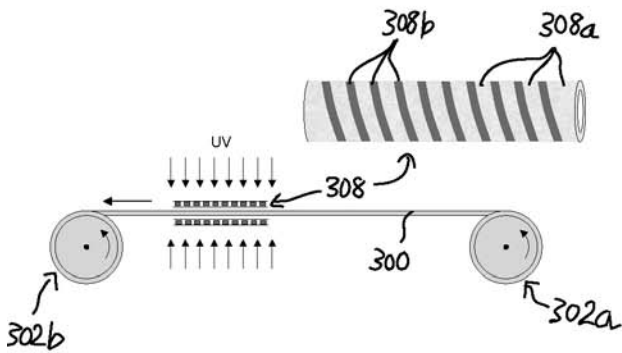


図3C

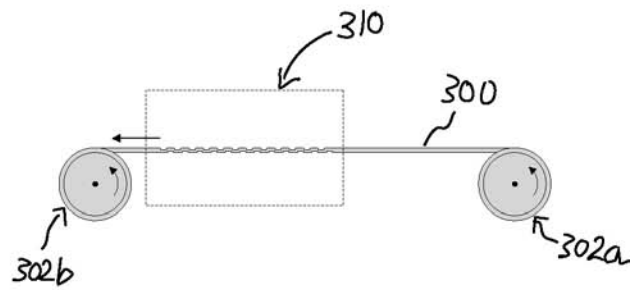


図3D

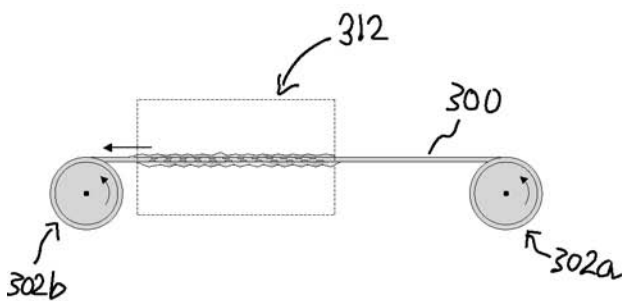


図3E

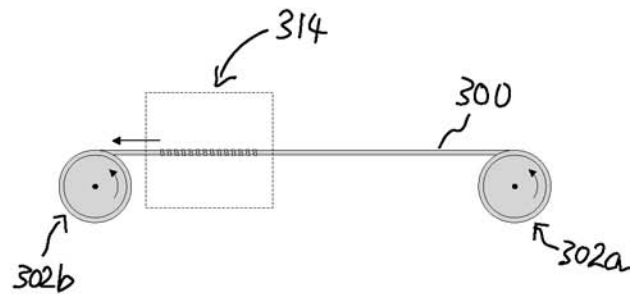


図3F

【 図 4 】

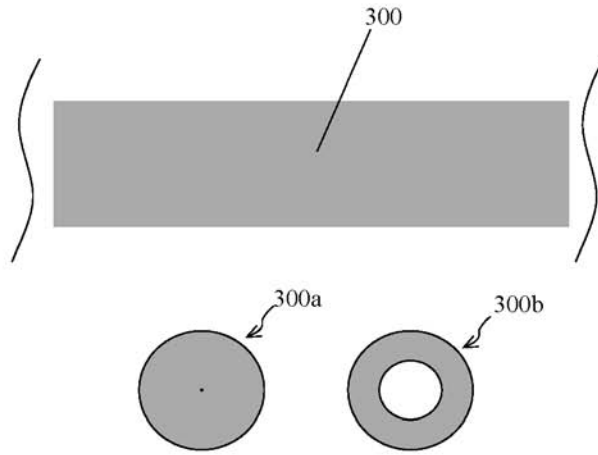


図4A

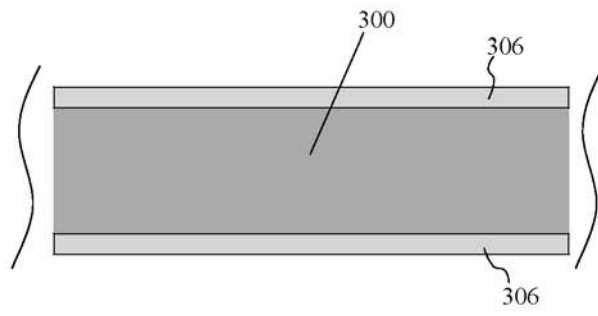


図4B

【 図 5 】

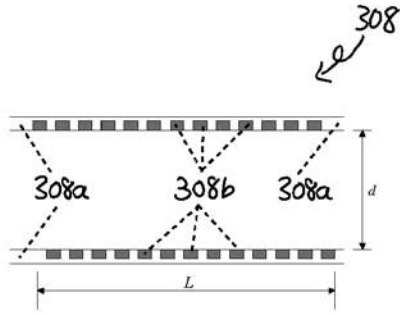


図5A

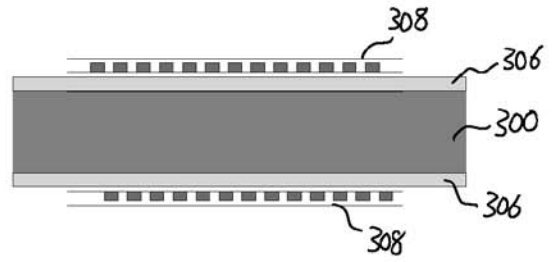


図5B

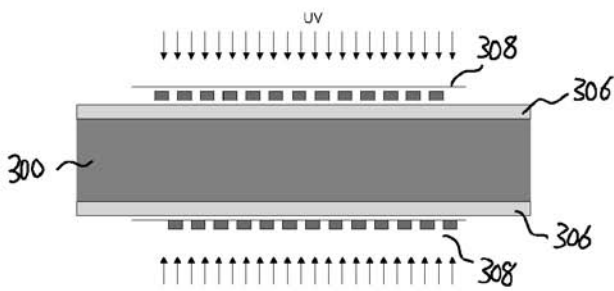


図5C

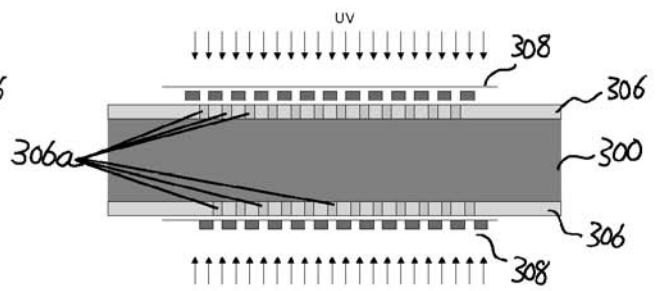


図5D

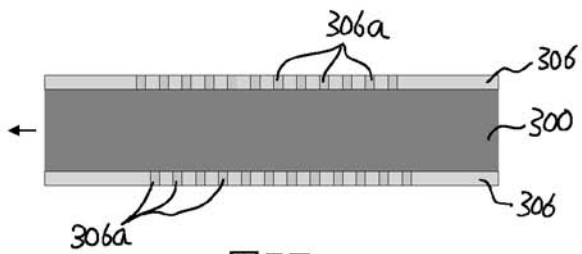


図5E

【 図 6 】

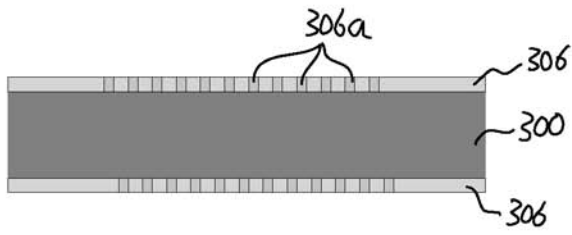


図6A

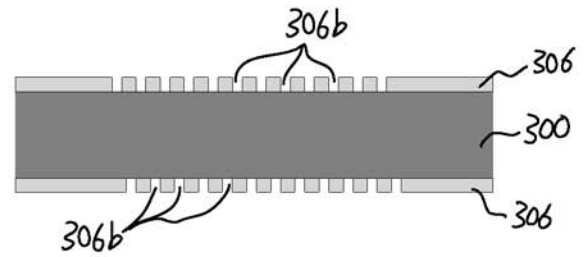


図6B

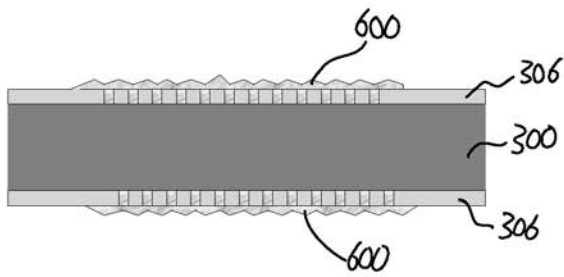


図6C

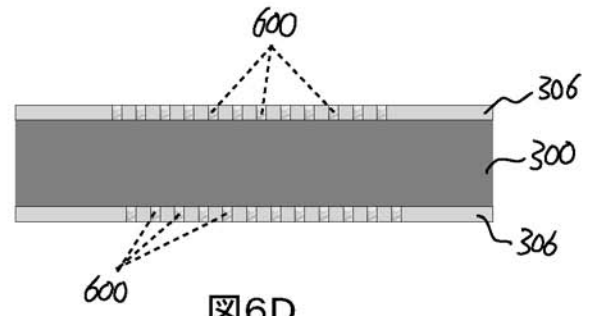


図6D

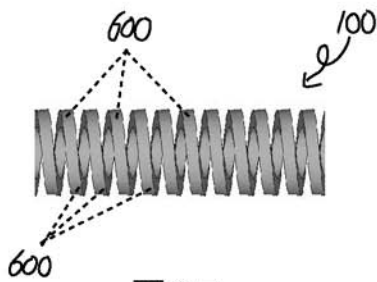
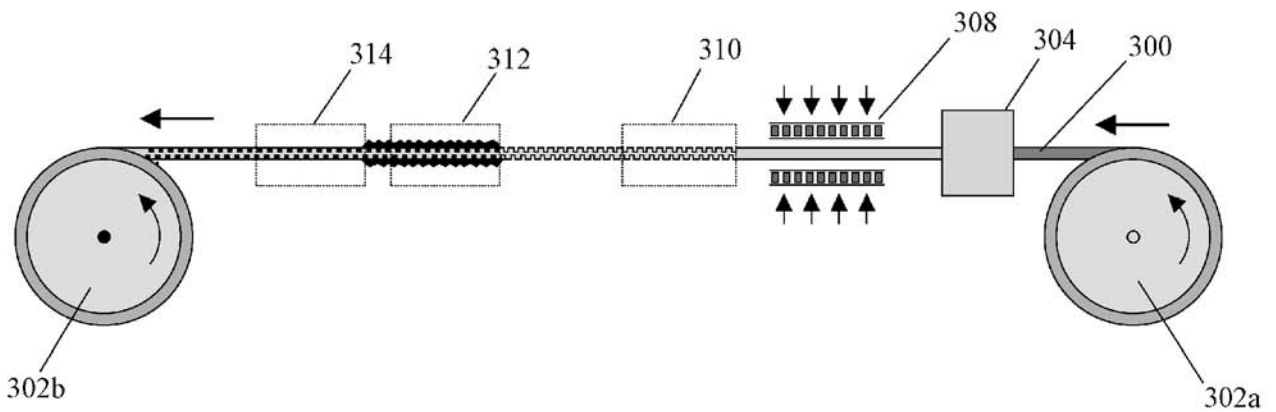
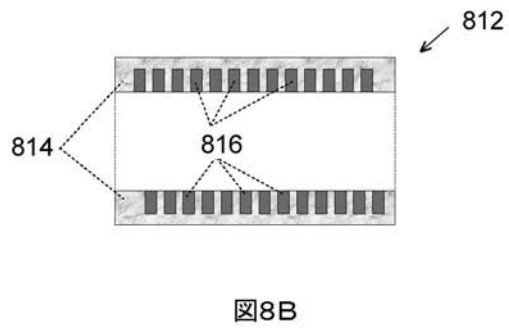
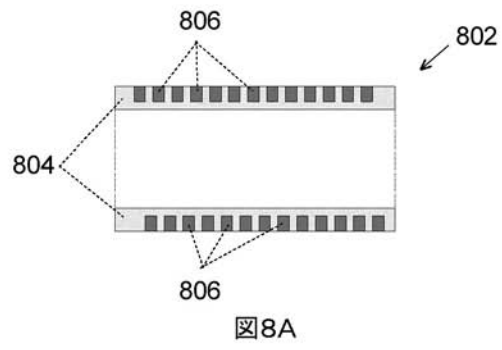


図6E

【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 1 0 】

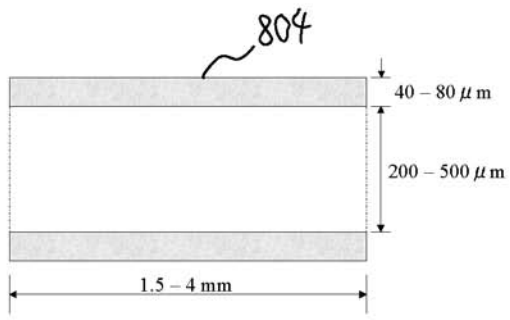


図10A

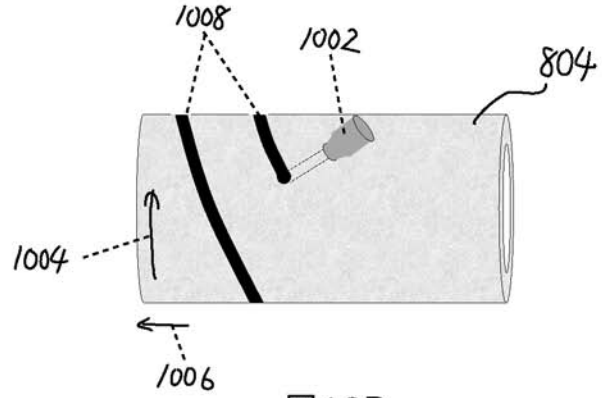


図10B

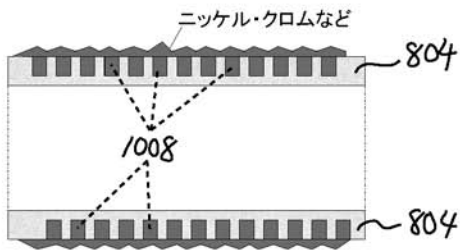


図10C

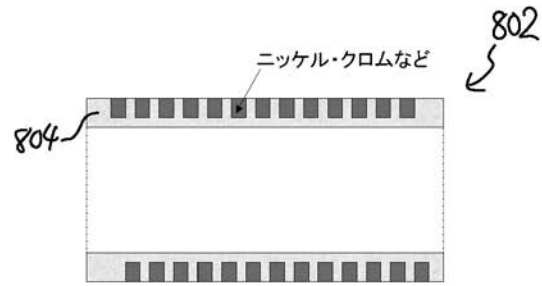


図10E

【 図 1 2 (1) 】

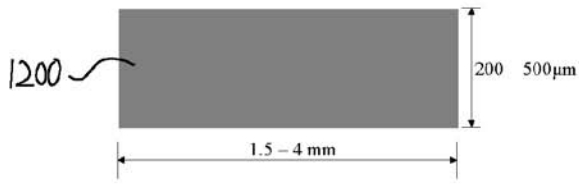


図 12A

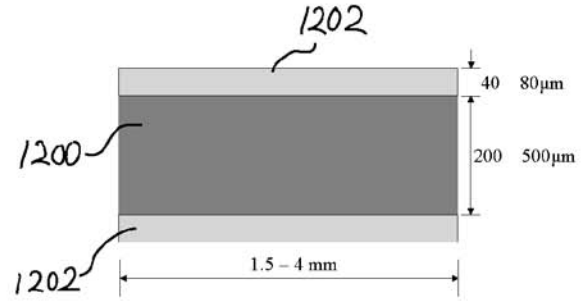


図 12B

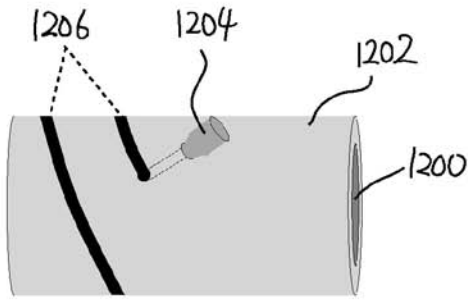


図 12C

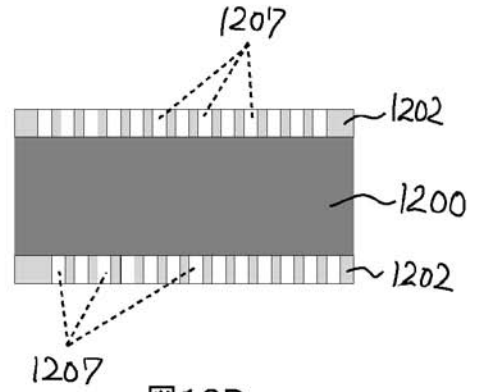


図 12D

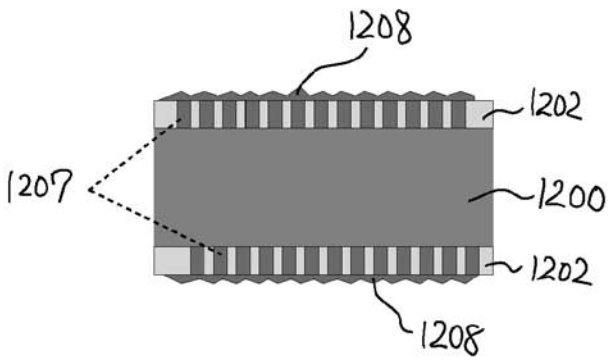


図 12E

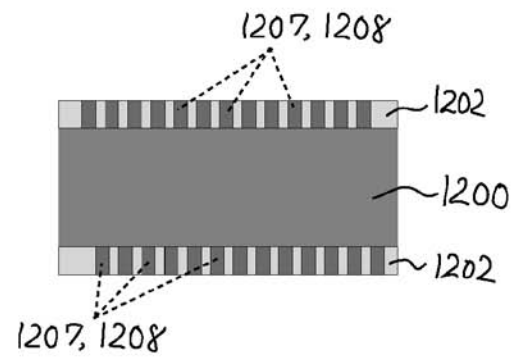


図 12F

【 図 1 2 (2) 】

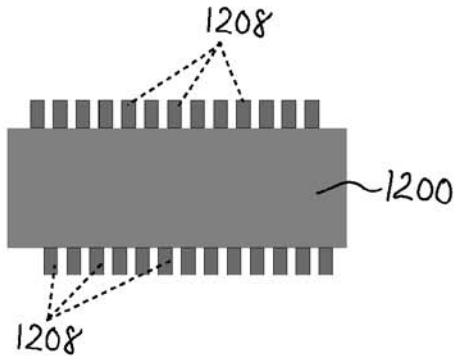


図12G

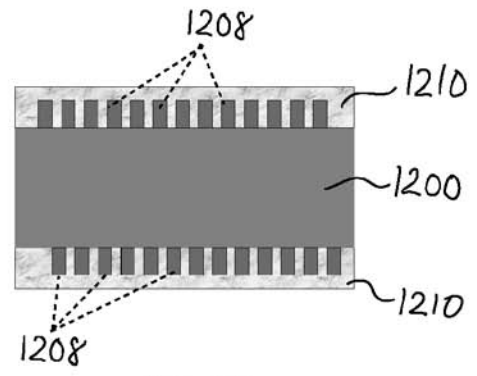


図12H

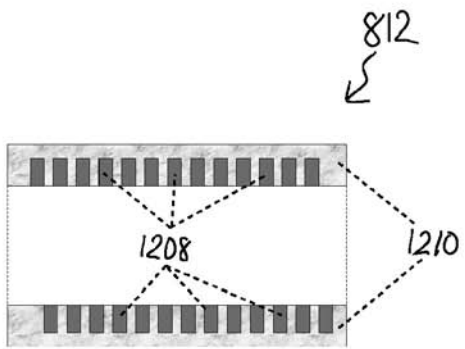
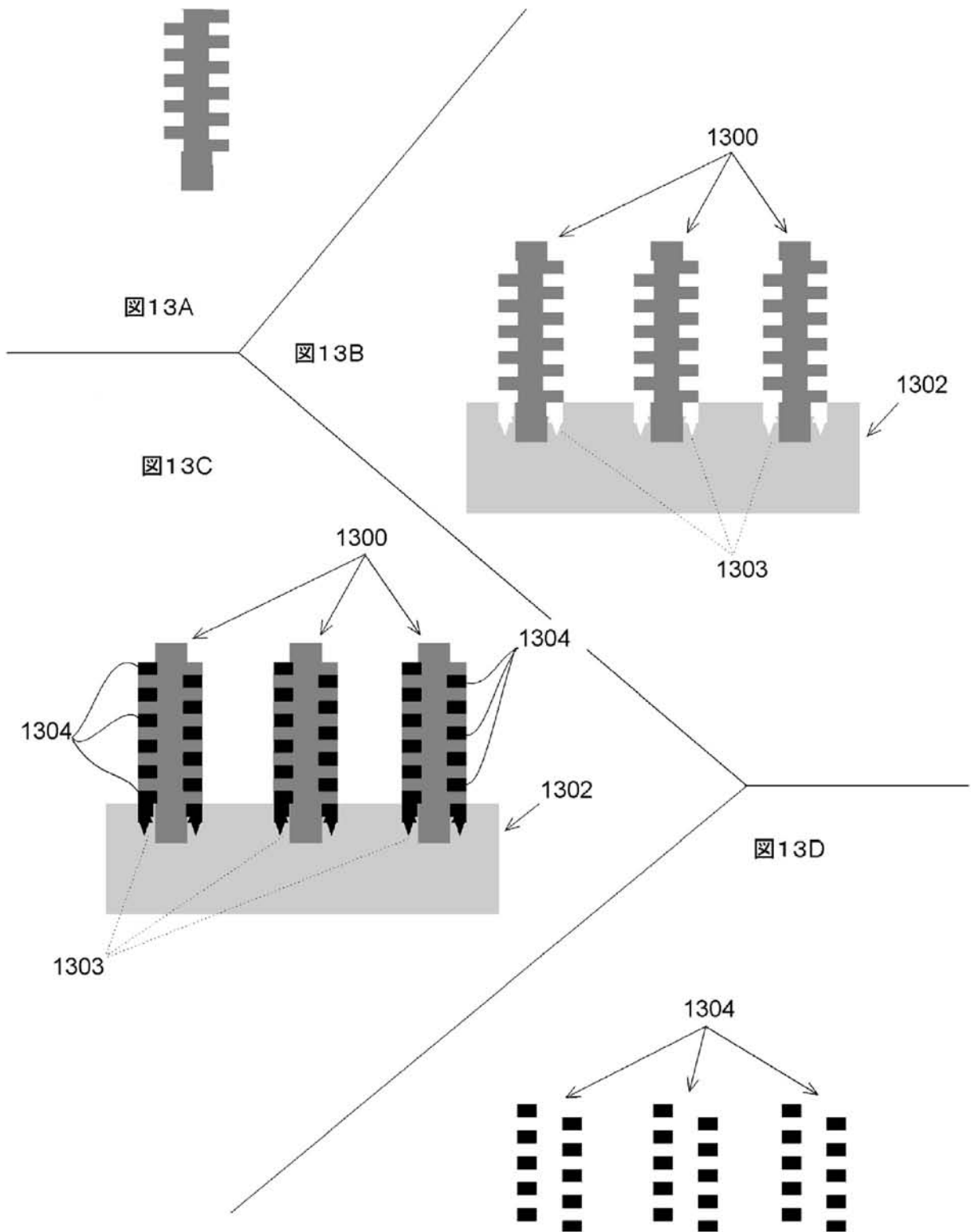


図12I

【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 前田 龍太郎
茨城県土浦市乙戸南 2 - 9 - 4 6
- (72)発明者 喜多 敏明
奈良県生駒郡斑鳩町神南 5 - 2 - 2 9