

(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2019-21914

(P2019-21914A)

(43) 公開日 平成31年2月7日(2019.2.7)

(51) Int.Cl.

<b>H01F 17/00</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>B81C 1/00</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>H01F 5/00</b>	<b>(2006.01)</b>

F 1

H 01 F	17/00
B 81 C	1/00
H 01 F	5/00

テーマコード(参考)

C	3 C 08 1
	5 E 07 0
G	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2018-119619 (P2018-119619)  
 (22) 出願日 平成30年6月25日 (2018.6.25)  
 (31) 優先権主張番号 15/651,311  
 (32) 優先日 平成29年7月17日 (2017.7.17)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 504407000  
 パロ アルト リサーチ センター イン  
 コーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94  
 304 パロ アルト カイオーテ ヒル  
 ロード 3333  
 (74) 代理人 100094569  
 弁理士 田中 伸一郎  
 (74) 代理人 100088694  
 弁理士 弟子丸 健  
 (74) 代理人 100067013  
 弁理士 大塚 文昭  
 (74) 代理人 100086771  
 弁理士 西島 幸喜

最終頁に続く

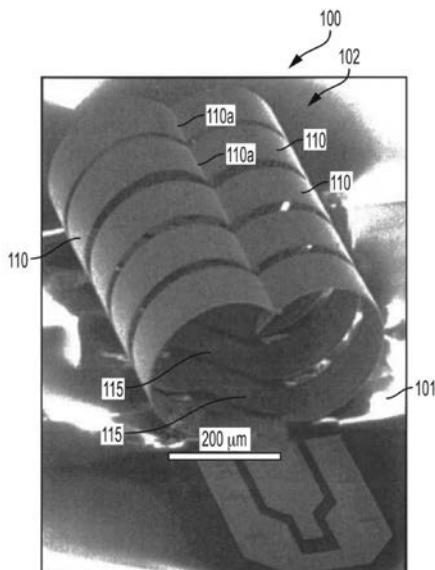
(54) 【発明の名称】面外構造及び面外構造を作製するための方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】渦電流を減少させ高周波まで動作可能な3次元コイル構造を提供する。

【解決手段】3次元デバイスであるコイル構造100は、基板101と、コイル102とを備える。コイル102は1つ以上の応力工学的層を備える膜を備え、膜は基板に対して面外にカールされた弾性部分と、弾性部分を基板に付着させるアンカー部分とを含む。外側伝導性層は、弾性部分及びアンカー部分の上に配置される。デバイスは、2つの隣接アンカー部分間で、2つの隣接アンカー部分を電気的に接続せずに延在する1つ以上の導電性スタブを含む。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

3次元構造を形成するための方法であって、  
 応力工学的膜を伝導性層の上に蒸着することであって、前記応力工学的膜は、  
 前記応力工学的膜が前記伝導性層から剥離されるときにカールするように、不均一な  
 応力プロファイルを前記1つ以上の層の厚さにわたって有する弾性部分と、  
 前記伝導性層に付着したままであるように構成されたアンカー部分と、を含む、蒸着  
 することと、  
 隣り合うアンカー部分間の前記伝導性層に間隙を形成することと、  
 1つ以上の剥離枠を画定するマスク層を蒸着することと、  
 前記剥離枠における前記伝導性層をエッチングすることであって、前記弾性部分がカー  
 ルして前記3次元構造を形成するように、前記応力工学的膜の前記弾性部分を剥離する、  
 エッチングすることと、  
 前記伝導性層を電気めっきのための接点として使用して、前記3次元構造を電気めっき  
 することと、を含む、方法。

**【請求項 2】**

前記マスク層を蒸着することは、マスク材料を前記間隙内に蒸着することを含む、請求  
 項1に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記応力工学的膜の前記弾性部分は、カールして3次元コイルループを形成する、請求  
 項1に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記間隙は、前記隣り合うアンカー部分間の距離の少なくとも50%に延在する、請求  
 項1に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記間隙は、前記アンカー部分の長さの少なくとも50%に延在する、請求項1に記載  
 の方法。

**【請求項 6】**

隣り合うアンカー部分間の距離は、約100μm未満である、請求項1に記載の方法。

**【請求項 7】**

基板と、

1つ以上の応力工学的層を備える膜であって、  
 前記基板に対して面外にカールされた弾性部分と、  
 前記弾性部分を前記基板に付着させるアンカー部分と、を備える膜と、  
 前記弾性部分及び前記アンカー部分の上に配置された外側伝導性層と、  
 2つの隣接アンカー部分間で、前記2つの隣接アンカー部分を電気的に接続せずに延在  
 する1つ以上の導電性スタブと、を備える、デバイス。

**【請求項 8】**

前記アンカー部分間の前記基板上に配置されたフォトトレジストアーチファクトをさらに  
 備える、請求項7に記載のデバイス。

**【請求項 9】**

回路基板と、

前記回路基板上に配置された1つ以上の電子部品と、  
 前記電子部品のうちの少なくとも1つに電気的に接続された導電性3次元構造であって  
 、  
 1つ以上の応力工学的層を備える膜であって、  
 3次元形状にカールされた弾性部分と、  
 前記弾性部分に付着したアンカー部分と、を備える膜と、  
 前記弾性部分及び前記アンカー部分の上に配置された外側伝導性層と、を備える導電性  
 3次元構造と、

10

20

30

40

50

2つの隣接アンカー部分間で、前記2つの隣接アンカー部分を電気的に接続せずに延在する1つ以上の伝導性スタブと、を備える、回路システム。

【請求項10】

前記3次元構造と前記回路基板との間に配置された1つ以上の誘電体中間層をさらに備える、請求項9に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、電気マイクロデバイス構造と、そのような構造を作製するための方法とに関する。

10

【背景技術】

【0002】

3次元コイル等の面外構造は、面内構造よりもいくつかの利点を提供する。面外コイルは、基板面に対して垂直ではなく平行にコイル軸を置く。加えて、面外コイルは、下地基板において誘導される渦電流を減少させ、面外コイルが高周波数で動作するときに、表皮効果及び近接効果のより良好な制御を可能にする。

【発明の概要】

【0003】

いくつかの実施形態は、3次元構造を形成するための方法を対象とする。応力工学的膜は、伝導性層の上に配置される。応力工学的膜は、応力工学的膜が伝導性層から剥離されるときにカールするように、不均一な応力プロファイルを1つ以上の層の厚さにわたって有する弾性部分を含む。また、応力工学的膜は、伝導性層に付着したままであるアンカー部分も含む。間隙は、隣り合うアンカー部分間の伝導性層に形成される。1つ以上の剥離枠を画定するマスク層は、配置される。伝導性層は、剥離枠においてエッティングされる。伝導性層のエッティングは、弾性部分がカールして3次元構造を形成するように、応力工学的膜の弾性部分を剥離する。3次元構造は、伝導性層を電気めっきのための接点として使用して電気めっきされる。

20

【0004】

いくつかの実施形態は、3次元デバイスを伴う。デバイスは、基板と、1つ以上の応力工学的層を備える膜とを含む。膜は、基板に対して面外にカールされた弾性部分と、弾性部分を基板に付着させるアンカー部分とを含む。外側伝導性層は、弾性部分及びアンカー部分の上に配置される。デバイスは、2つの隣接アンカー部分間で、2つの隣接アンカー部分を電気的に接続せずに延在する1つ以上の導電性スタブを含む。

30

【0005】

いくつかの実施形態によると、回路システムは、回路基板及び1つ以上の電子部品を含む。システムは、電子部品のうちの少なくとも1つに電気的に接続された導電性3次元構造をさらに含む。3次元構造は、1つ以上の応力工学的層を備える膜を備える。膜は、3次元形状にカールされた弾性部分と、弾性部分を基板に付着させるアンカー部分とを有する。外側伝導性層は、弾性部分及びアンカー部分の上に配置される。1つ以上の伝導性スタブは、2つの隣接アンカー部分間で、2つの隣接アンカー部分を電気的に接続せずに延在する。

40

【0006】

本出願のこれらの態様及び他の態様は、以下の詳細な説明より明白になるだろう。しかしながら、いかなる場合も、上記概要は、請求される主題に対する限定として解釈されるべきではなく、その主題は、添付の特許請求の範囲によってのみ定義される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】いくつかの実施形態に従う、微細加工オンチップ3Dコイルインダクタを備えるコイル構造の斜視図を示す走査型電子顕微鏡写真である。

50

【図2A】いくつかの実施形態に従う面外コイル構造を作成する方法を概説する。

【図2B】いくつかの実施形態に従う面外コイル構造を作成する方法を概説する。  
 【図2C】いくつかの実施形態に従う面外コイル構造を作成する方法を概説する。  
 【図2D】いくつかの実施形態に従う面外コイル構造を作成する方法を概説する。  
 【図2E】いくつかの実施形態に従う面外コイル構造を作成する方法を概説する。  
 【図2F】いくつかの実施形態に従う面外コイル構造を作成する方法を概説する。  
 【図2G】いくつかの実施形態に従う面外コイル構造を作成する方法を概説する。

【図3A】アンカー部分間の寄生めっきの可能性のある位置を示す。  
 【図3B】寄生めっきにより形成された金属ブリッジの顕微鏡写真である。

【図4A】アンカーめっき短絡の形成を示す工程順序を示す。

10

【図4B】アンカーめっき短絡の形成を示す工程順序を示す。

【図4C】アンカーめっき短絡の形成を示す工程順序を示す。

【図4D】アンカーめっき短絡の形成を示す工程順序を示す。

【図4E】アンカーめっき短絡の形成を示す工程順序を示す。

【図4F】アンカーめっき短絡の形成を示す工程順序を示す。

【図5A】いくつかの実施形態に従う電気めっき中に発達するアンカー部分間の短絡を軽減または削減するための手法を示す。

【図5B】いくつかの実施形態に従う電気めっき中に発達するアンカー部分間の短絡を軽減または削減するための手法を示す。

20

【図5C】いくつかの実施形態に従う電気めっき中に発達するアンカー部分間の短絡を軽減または削減するための手法を示す。

【図5D】いくつかの実施形態に従う電気めっき中に発達するアンカー部分間の短絡を軽減または削減するための手法を示す。

【図5E】いくつかの実施形態に従う電気めっき中に発達するアンカー部分間の短絡を軽減または削減するための手法を示す。

【図5F】いくつかの実施形態に従う電気めっき中に発達するアンカー部分間の短絡を軽減または削減するための手法を示す。

【図6A】いくつかの実施形態に従う回路システムの断面図を提供する。

【図6B】いくつかの実施形態に従う回路システムの断面図を提供する。

**【0008】**

30

図面は、必ずしも一定の縮尺であるとは限らない。図面で使用する同様の数字は、同様の部品を指す。しかしながら、特定の図面における部品を指す数字の使用が、同じ数字で表示される別の図面における部品を限定するように意図されないことを理解されたい。

**【発明を実施するための形態】**

**【0009】**

本明細書に説明する実施形態は、面外構造と、面外構造を作製するための方法とを対象とする。いくつかの実施形態では、面外構造は、自己組織化するコイル巻線を備えるコイル構造である。コイル巻線は、固有応力プロファイルを有する導電性弾性部材を備える。コイル巻線は、一定量の固有応力プロファイルを、所望のコイル巻線高さ及び曲率を生成するように設計される弾性部材に導入することによって作製される。再現可能な内蔵型応力勾配または固有応力プロファイルは、成長条件を蒸着中に適切に変動させてコイル巻線、例えば、剥離された弾性部材を生成することによって、薄膜に設計され得、剥離された弾性部材は、それ自体に戻って屈曲して、全部または半分のコイル巻線を生成する。基板から剥離されるとき、弾性部材は、その固有応力プロファイルにより、カールして面外コイル巻線を形成する。任意選択で、カールは、弾性部材上に配置された負荷要素によって制御され得る。導電性コイル巻線は、任意選択で、コイル巻線を連結する非導電性テザーによって離間構成に保持されてもよい。コイル構造が上述のように自己形成された後、コイル構造は、電気的接続のため、及び／またはコイル巻線の導電性を増加させるために電気めっきされる。本開示に説明する手法によって、約10を上回るQファクタ及び約100μm未満分離した隣接コイル巻線を有する面外高Qファクタマイクロコイル構造の加工が可能になる。動作中、3次元(3D)面外コイル巻線は、基板表面に平行して磁場を配

40

50

向し、その結果、低エネルギー損失及び高品質ファクタ性能がもたらされる。

#### 【0010】

本明細書に開示する方法及び構造は、米国特許第7,713,388号、第7,000,315号、第6,856,225号、第6,646,533号、第6,392,524号、第5,613,861号、第5,848,685号、及び第5,914,218号に開示する技術のうちのいくつかを用い、これらの特許は全て参照により本明細書に組み込まれる。コイルまたはばねは、所望のコイル巻線またはばね高さ及び／もしくは曲率を提供するように設計された一定量の固有応力プロファイルを導入することによって作製される。再現可能な内蔵型応力プロファイルは、成長条件を蒸着中に適切に変動させて「自己組織化」するコイル構造を生成することによって薄膜に設計され得る。自己組織化コイル構造は、それ自体に戻って屈曲してコイル巻き線を生成する剥離弹性部材を含む。1つ以上の伝導性層を使用または追加することによって、インダクタまたはトランスとしての使用に適切なコイル構造が製造され得る。

10

#### 【0011】

図1は、微細加工オンチップ3Dコイルインダクタ102を備えるコイル構造100の斜視図を示す走査型電子顕微鏡写真である。コイル構造100は、基板101と、基板101上に配置されたコイル102とを備える。各コイル巻線110は、導電性弹性材料を備え、導電性弹性材料は、配置時に、コイル巻線110の自由端を基板101から離れて付勢する固有応力プロファイルを有する。自由端における固有応力は、弹性材料の剥離区分が基板から離れてカールするときに緩和する。各コイル巻線110は、それぞれのアンカー部分115によって基板101に電気的に接続される。電気めっきされたコイル巻線110は、アンカー部分115を介して共に電気的に接続される。いくつかの実施形態では、コイル巻線110間の距離は、約100μm未満である。いくつかの実施形態では、コイル巻線110の幅とコイル巻線110間の距離との比率は、約2を上回る。

20

#### 【0012】

コイル構造100は、標準的なウエハスケール処理技術を使用して加工されてもよく、集積回路ウエハ上にアドオン工程としてバッチ加工されることができる。コイル102は、蒸着した後にパターン化された応力工学的薄膜を基板101から剥離することによって加工されてもよい。膜の剥離された部分は、両端から上方にカールし、空中で自己組織化してコイル巻線110を形成する。得られた3次元(3D)構造は、足場を形成し、次に、足場は、Cu等の高伝導性の金属で電気めっきされる。図1の例では、めっき工程は、2つの対向するコイル巻線が交わる継目110aを接合する。また、めっき工程は、基板からの膜剥離を加工するために用いられるコイル巻線上の穿孔も塞ぐ。めっき金属によって、3D構造100は頑丈になり、コイルは高導電性になる。

30

#### 【0013】

図2A～2Gは、いくつかの実施形態に従う面外コイル構造を作製する方法を概説する。図2A及び2Bはそれぞれ、基板201上の剥離層205上に配置された1つ以上の応力工学的層211を備えるパターン化膜210を含む部分組立品200の上面図及び断面図を示す。膜210は、例えば、標準的なフォトリソグラフィー技術を使用してパターン化され得る。基板201は、ガラス、シリコン、または他の適切な基板材料を含んでもよい。剥離層205は、チタン等の導電性材料であってもよい。伝導性剥離層を使用する場合、電気めっきステップにおいて、剥離層を地板として使用することができる。

40

#### 【0014】

膜210は、弹性部分211の1つ以上の層の厚さにわたって不均一な応力プロファイルを有する弹性部分211を含み、弹性部分は、図2Bに示すように、基板201から剥離するときに基板201に対して面外にカールするようになる。膜210のアンカー部分212は、剥離されず、基板201に付着されたままであり、弹性部分211を基板201に付着させる。

#### 【0015】

膜210は、応力工学的であり、これは、例えば、剥離層205にある膜210の底部

50

から膜 210 の上部まで、膜が応力勾配を有すること、または膜における応力が膜の厚さに沿って変動することを意味する。膜 210 における異なる応力レベルは、膜材料の剥離層 205 上へのスパッタ蒸着中に膜 210 の多数の副層に導入され得る。応力レベルは、多種多様の方式で制御されてもよく、反応性ガスをプラズマに添加すること、角度を付けて材料を蒸着すること、膜材料の合金組成を変動させること、膜材料を変動させること、またはプラズマガスの圧力を変化させることを含む。膜において応力勾配を作成する別の手法として、剥離層 205 を伝導性材料から形成し、それを、異なる応力特性を有する異なる層を電気めっきする際の電極として使用して膜を形成することがあり得る。例えば、第 1 の層は、ニッケル等の第 1 の材料から形成されてもよい。第 2 の層は、第 2 の層について異なる応力特性をもたらす少量の異なる化学組成を有するニッケル合金から形成されてもよい。どのように膜 210 が形成されるかに関わらず、膜 210 は、図 2 C に示すように弾性部分 211 が剥離層 205 から剥離されるときに基板 201 の面から上方にカールする特性を有する。

10

#### 【0016】

いくつかの実施形態によると、負荷要素 220 は、弾性部分 211 が剥離されるときの弾性部分 211 の曲率を制御するために、弾性部分 211 上に蒸着される。負荷要素 220 は、弾性部分 211 上にパターン化された追加の層であり、屈曲を保持するか、または弾性部分の曲げ半径を増加もしくは減少させる応力を印加する。各負荷要素 220 は、いくつかの実施形態において、弾性部分 211 の概して中央区分に存在するようにパターン化され得る。

20

#### 【0017】

負荷要素 220 は、フォトレジスト等の再流動性材料から作製されてもよい。負荷要素 220 は、弾性部分 211 を強化し、かつレジストの無い同様の弾性部分と比べて、剥離された弾性部分 211 の半径を長くする。フォトレジストは、剥離枠を作成する同一のマスキングステップにおいて導入され得るか、または別々のステップにおいて導入され得る。フォトレジスト負荷要素 220 は、処理されるときに、極めて低い固有応力を有してもよい。弾性部分が剥離されると、フォトレジスト負荷要素 220 は、典型的には、屈曲するカンチレバーの内側にあるため、屈曲に対向するときにカンチレバーの剥離時に圧縮応力を蓄積する。フォトレジスト負荷要素 220 の 1 つの特徴は、レジストの負荷効果が、熱またはプラズマ灰化とともに徐々に変化し得ることである。3D 構造 200 を加熱すると、フォトレジスト負荷要素 220 が軟化し、フォトレジスト 220 が、そのガラス転移温度を上回る温度になるときに流動する。負荷要素 220 の幅、長さ、及び / または厚さは、剥離された弾性部分 211 に誘導される曲率の量を調整するために変動され得る。負荷要素は、3D 構造の自己組織化の後に除去され得る。

30

#### 【0018】

剥離層 205 の部分は、図 2 C の斜視図及び図 2 D の断面図で示すように基板 201 から離れてカールする弾性部分 211 を剥離するために、剥離枠 205a において化学的にエッチングされ得る。部分組立品 200 は、上述のように加熱され、負荷層 220 を軟化することによって、膜剥離後の自己組織化工程中に弾性部分 211 のカールを制御する。図 2 E は、剥離後の弾性部分 211 の自己組織化を示す断面図であり、基板から離れてカールするときの種々の位置における弾性部分 211 を示す。図 2 F は、自己組織化された 3D 構造を示す写真である。図 2 G は、Cu で電気めっきされた後の 3D 構造を示す写真である。Cu または他の伝導性金属で電気めっきすることで、2 つの対向するループが交わる継目または自由ループ端がアンカー部分と交わる継目を接合し、3D 構造を頑丈かつ高導電性にする。3D 構造は、標準的なウエハスケール処理技術を使用して加工され得、アドオン工程として集積回路ウエハ上にバッチ加工されてもよい。3D 構造の加工工程に関する追加の詳細は、参照により本明細書に組み込まれる米国特許第 7,713,388 号、第 7,000,315 号、及び第 6,646,533 号に説明されている。

40

#### 【0019】

電気めっき工程中に起こり得る問題は、アンカー部分の間の基板上、例えば、弾性部分

50

の離昇場所の近くで意図せぬ金属が発達することである。アンカー部分における寄生めっきは、2つの隣り合うアンカー部分間の空間を橋架し、隣接コイル巻線間で電気的短絡を引き起こし得る。図3Aは、アンカー部分312-1と312-2との間の寄生めっきの可能性のある位置395を示す。図3Bは、寄生めっきにより形成された金属ブリッジ390の写真である。

#### 【0020】

本明細書に説明する手法は、アンカー領域間の寄生めっき短絡を軽減または防止し、かつ3D構造の処理公差を広げる。概して、金属ブリッジ問題は、めっき工程中の電気めっき化学薬品からの下地地板の不完全な封止により引き起こされる。図4Aから4Fは、アンカーめっき短絡の形成を示す工程順序を示す。図4Aは、下地Ti地板405上に配置された弾性部分411及びアンカー部分412を備えるパターン化応力工学的膜410を示す。Ti層405は、弾性部分411の剥離層として機能するだけでなく、めっきされる全ての部品を電気的に接続する地板としても機能する。めっきステップ中、電源が地板405に接続され、めっき化学薬品に暴露される全ての部品は、ウェハスケールでバッチめっきされる。

10

#### 【0021】

図4Bは、弾性部分が剥離され得る場所を画定するフォトレジスト432における剥離枠430を示す。図4Cは、弾性部分が剥離された後（図2Fの写真に示す）の剥離枠430のエッジに沿ったTiアンダーカットエッジフロント431を示す。

20

#### 【0022】

電気めっき工程中、Ti下層405のエッジが導電性であり、かつめっき化学薬品に暴露されるため、金属は、アンダーカットエッジフロント431の周囲に形成し得る。図4Dは、寄生めっき433をアンダーカットエッジフロント431の周囲に生成するめっき後の弾性部分411及びアンカー部分412を示す。めっきステップ後、フォトレジスト432は除去され（図4E参照）、全ての露出したTi地板は、エッティング除去される。図4Fは、隣接アンカー部分412を短絡する不要な金属ブリッジ450を組み込む最終構造示す。

20

#### 【0023】

金属ブリッジ450は、チタン下層の露出したエッジをめっき化学薬品から被覆することによって防止され得る。金属ブリッジ形成の1つの解決策として、フォトレジスト432を十分高い温度に加熱し、アンダーカットエッジフロント431におけるフォトレジストを融解及びリフローすることが挙げられる。この意図は、フォトレジストを軟化させることにあり、軟化したフォトレジストは、Tiアンダーカットエッジフロント431の周りのアンダーカット領域内にリフローし、かつめっき化学薬品との接触に対してエッジ431を封止する。しかしながら、この従来の手法は、信頼性が無いため問題がある。本手法は、フォトレジストの調製法に極めて敏感である。例えば、フォトレジスト厚さ、スピノン工程、焼付後温度、及び硬化雰囲気（真空または熱板）は全て、リフロー工程及び封止工程の完了の成功の可能性に影響を及ぼす。完全な封止は頻繁に失敗し、アンカー領域における微小の短絡が、Tiアンダーカットエッジを密封する努力にもかかわらず、依然として形成する。工程の信頼性の欠如により、低デバイス歩留まりがもたらされる。加えて、従来の解決策は、単一の工程ステップ、ウェハ加熱が、地板を封止するため、かつ負荷層を軟化させて3D弾性部分を自己組織化するために使用されるため、微細加工工程公差枠を大幅に限定する。両機能は、その工程ステップのパラメータ空間内で達成されなければならない。

30

#### 【0024】

例えば、Tiアンダーカットエッジを封止するための十分なリフローを達成させるためには、ウェハは、120°を上回るまで加熱されなければならない。しかしながら、特定の応力工学的膜の応力プロファイル及び厚さについて、その温度は、弾性部分の適切な3D組織化には過ぎる可能性がある。加熱時、図2Eに示す弾性部分の軌道は、図示している軌道を超えて継続し得、弾性部分の先端におけるラッチ機構は機能しなくなり得、か

40

50

つ弾性部分は、整合して 3 D のループを適切に形成し得ない。極端な場合では、対向する弾性部分が、それ自体内に回転して堅く巻き付けられた個々の円形のループの対を形成し得る。この状況では、周囲圧力及びスパッタ電力レベル、膜厚さ、ならびに機械的負荷層を含む膜蒸着条件は、フォトレジストのリフロー工程及び封止工程中に、弾性部分が意図されたように自己組織化するためには、設計された応力プロファイルに正確に一致しなければならない。設備条件及びにおける工程パラメータにおける小さなドリフトによって、コイル組織化工程が失敗し得る。このように、フォトレジストのリフローを使用して Ti アンダーカットエッジを封止するための温度制約は、3 D 構造の加工を成功させるための膜蒸着条件の利用可能なパラメータ空間を大幅に制限する。

## 【0025】

10

本明細書に説明する実施形態は、上述の問題を克服し、かつアンカー領域間のめっき短絡を防止する信頼できる方式を提供する。開示される手法は、3 D 構造を加工するための工程公差を拡大する。いくつかの実施形態によると、この手法は、隣接アンカー領域間の隙間を開口するために、電気めっき地板をパターン化することを含む。次に、これらの開口部は、微細加工工程における後続のステップ中にフォトレジストによって自動的に封止され得る。適切に設計される場合、封止された開口部は、電気めっき工程中に金属ブリッジがアンカー領域にわたって形成することを防止し得る。また、この手法は、地板封止工程をコイル組織化工程から分離するため、コイル加工の成功のための工程公差を大幅に拡大する。

## 【0026】

20

図 5 A から 5 F は、電気めっき中に発達するアンカー部分間の短絡を軽減または削減するための手法を示す。図 5 A に示すように、1 つ以上の層を備える応力工学的膜 510 は、基板上に配置された伝導性剥離層 505 の上に蒸着される。応力工学的膜 510 は、前述のように、弾性部分 511 及びアンカー部分 512 を含むようにパターン化される。弾性部分 511 は、剥離層がそれらの下でエッチングされるときに基板から離れてカールし、一方、アンカー部分 512 は、剥離層 505 に付着したままである。図 5 A に示すように、少なくとも 1 つの隙間 540 は、隣り合うアンカー部分 512 の間の剥離層 505 に形成される。

## 【0027】

30

図 5 B は、剥離層 505 上に配置されたフォトレジスト層 532 においてパターン化された剥離枠 530 を示す。剥離枠 530 は、剥離層がエッチングされるときに弾性部分が剥離される面積を画定する。フォトレジスト 532 のプラグは、隙間 540 を少なくとも部分的に充填する。図 5 C は、剥離枠 530 における剥離層 505 の部分がエッチングされて弾性部分 511 が剥離した後の剥離層 505 のアンダーカットエッジフロント 531 を示す。図 5 C に示すように、ここでは、隣接アンカー部分 512 間に露出したアンダーカットエッジが存在せず、これは、その領域がフォトレジストプラグに置き換えられているからである。弾性部分 511 及びアンカー部分 512 は、残りの伝導性剥離層 505 によって電気的に接続される。電気めっきは、剥離層を電気めっき接地接続として使用して行われる。図 5 D は、アンダーカットエッジフロント 531 に沿って形成する寄生めっき 533 を含む、電気めっき後の構造を示す。電気めっき後、フォトレジストは、ストリップされ（図 5 E）、全ての露出した剥離層 505 は除去される（図 5 F）。図 5 F に示すように、電気めっきされたスタブ 541 がアンカー部分間に存在する。スタブ 541 は、アンカー部分間の距離にわたって部分的に延在するが、隣接アンカー部分 512 を電気に接続しない。スタブは、弾性部分の剥離層の電気めっきされた残存物である。図 5 F に示すように、スタブ 541 は、基板の x - y 面にあり、y 軸に沿ってアンカー部分 512 から離れて屈曲し、例えば、スタブ 541 は、図 5 F に示す配向で上方に屈曲する。いくつかの状況では、フォトレジストアーチファクトは、デバイス加工中のフォトレジストマスクの下のエッチングアンダーカットの形状を示す剥離領域の周りのかすかな輪郭として、アンカー部分間の基板上で識別できる。フォトレジストアーチファクトは、図 5 F に示すステップのように、かつ上述のように、剥離層 505 が除去された後に剥離層 505 か

40

50

らの残存物によって引き起こされる。残存物は、剥離層 505 の下の材料内に組み込まれる。

#### 【0028】

図 5 A から 5 F に概説する工程によると、隣接アンカー部分間の伝導性金属ブリッジは、十分制御されかつ信頼できる方式で防止される。必要に応じて、剥離枠 530 の周囲の寄生めっき金属トレース 533 は、同様に排除され得る。剥離層の適切な封止枠を開口する同一の方法は、予想されるアンダーカットのエッチフロント周囲で用いられ得る。隣接ばね間の封止枠または間隙は、アンカー領域内に十分深い距離だけ延在するように設計されてもよい。そうでなければ、剥離層アンダーカットエッジ 531 は、ばね剥離中に間隙 540 の底部 541 を超えて進み得る。例えば、間隙は、隣り合うアンカー部分 512 間の距離の少なくとも約 50 % を図 5 A の x 方向に沿って延在してもよく、及び / またはアンカー部分の長さの少なくとも約 50 % を y 方向に沿って延在してもよい。隣り合うアンカー部分 512 間の x 方向に沿った距離は、いくつかの実施形態において、約 100 μm 未満であり得る。

10

#### 【0029】

本発明に従い生成されるオンチップ面外コイル構造は、多くの実際の適用を有する。例えば、1 ~ 100 nH の範囲のインダクタンス値で生成される場合、面外インダクタコイル構造は、任意選択で、約 100 MHz ~ 数 GHz の周波数範囲で動作するモバイル RF 通信デバイスにおける使用に適している。インダクタとしてのその使用に加えて、面外コイルは、トランスとしても使用され得る。マイクロトランスは、ミキサー、複同調フィルタ、及び RF 信号トランス等の電子部品に使用される。面外コイルは、多種多様のマイクロトランスアーキテクチャと互換性がある。面外コイルを使用するマイクロトランス設計の例は、参照により本明細書に組み込まれる米国特許第 6,856,225 号及び第 6,392,524 号に記載されている。本明細書に開示された実施形態に従い作製される面外構造は、基板上に形成される任意の回路に使用されてもよい。

20

#### 【0030】

図 6 A は、いくつかの実施形態に従う回路システム 600 A の断面図を提供する。回路システム 600 A は、回路基板 601 上に配置された 1 つ以上の電子部品 650 を含む。導電性 3 次元構造、例えば、3D コイルは、電子部品 650 のうちの少なくとも 1 つに電気的に結合される。3 次元構造 610 は、弾性部分 611 が 3 次元形状内にカールされるように不均一な応力プロファイルを 1 つ以上の層の厚さにわたって有する弾性部分 611 を含む、1 つ以上の応力工学的層を備える膜を含む。アンカー部分 612 は、弾性部分 611 を回路基板 601 に付着させる。外側伝導性層は、例えば、電気めっきによって、弾性部分 611 及びアンカー部分 612 の上に配置される。1 つ以上の伝導性スタブ（図 5 F に示す）は、2 つの隣接アンカー部分 612 を電気的に接続せずに、2 つの隣接アンカー部分 612 間に延在する。3D 構造と電子部品 650 との間の電気的接続は、回路基板 601 の表面及び / または回路基板 601 内に配置された伝導性トレースによって作製されてもよい。

30

#### 【0031】

図 6 B は、電子部品 650 に電気的に結合された 3D 構造 620 を含む回路システム 600 B の別の実施形態を示す。回路システム 600 B は、追加の中間層 661、662、ならびに 3D 構造 620 及び電子部品 650 を相互接続するために使用され得る伝導性ルーティング構造 671、672、673、674、675 を含む。中間層 661、662 は、3 次元構造 620 と回路基板 601 との間に配置された誘電体層である。中間層 661 は、基板 601 上に配置され、例えば、SiO<sub>2</sub>、SiON、SiN 等の誘電体を含み得る。中間層 662 は、ベンゾシクロブテン（BCB）等の低損失接線材料を含んでもよい。

40

#### 【0032】

ルーティングトレース金属層 673、674 は、中間層 671 と 672 との間に配置される。ルーティングトレース金属層 675 は、回路基板上に配置される。トレース金属層

50

673、674、675は、多数の副層、例えば、蒸着区分及び／またはめっき金属区分を備え得る。ビア612は、3Dコイル620をルーティングトレース673、674に接続する。ルーティングトレース675は、電子部品650に接続される。ビア671は、ルーティングトレース675をルーティングトレース673、674に相互接続する。

## 【0033】

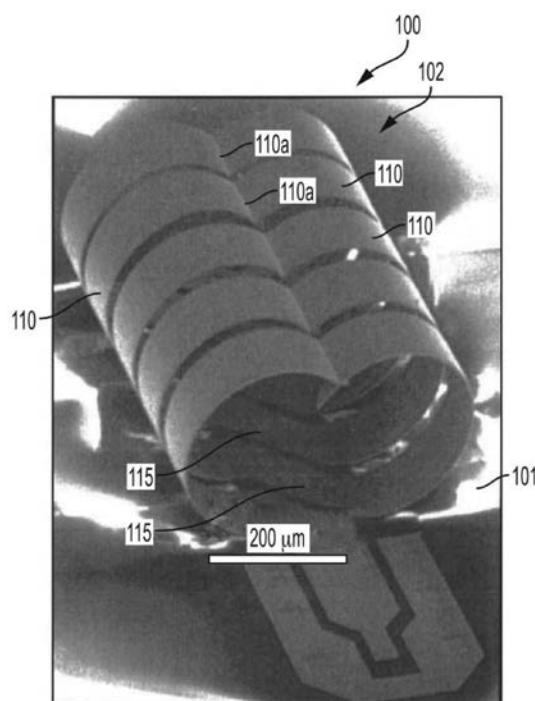
別途指示の無い限り、本明細書及び特許請求の範囲に使用される特徴のサイズ、量、及び物理的特性を表す全ての数字は、「約」という用語によって全ての事例において修正されるものとして理解されたい。したがって、別途指示の無い限り、前述の明細書及び添付の特許請求の範囲に記載の数値パラメータは、本明細書に開示する教示を利用して当業者が得ようとする所望の特性に応じて変動し得る近似値である。終点による数値範囲の使用は、その範囲内の全ての数字（例えば、1～5は、1、1.5、2、2.75、3、3.80、4、及び5を含む）及びその範囲内の任意の範囲を含む。

10

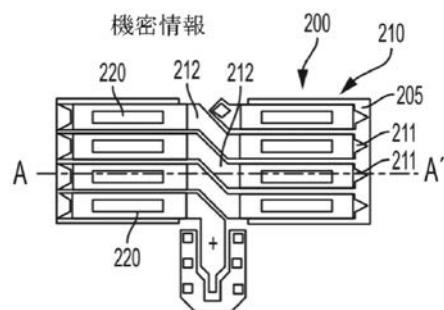
## 【0034】

上述の実施形態の種々の修正及び変更は、当業者には明白であり、本開示が本明細書に記載された例示的実施形態に限定されないことを理解されたい。読者は、別途指示の無い限り、1つの開示された実施形態の特徴が、他の全ての開示された実施形態にも適用され得ることを、想定するべきである。また、本明細書で言及された全ての米国特許、特許出願、及び特許公報、ならびに他の特許及び非特許文献が、前述の開示と矛盾しない範囲で、参照により組み込まれることも理解されたい。

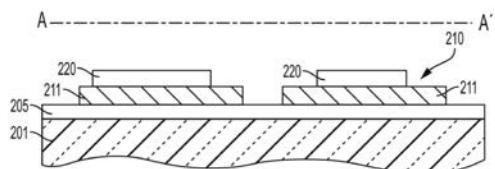
【図1】



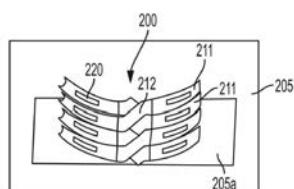
【図2A】



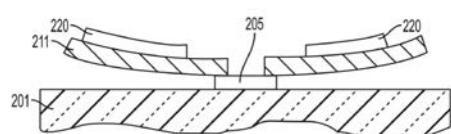
【図2B】



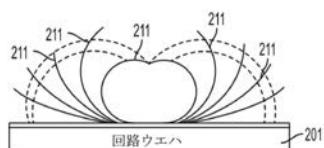
【図2C】



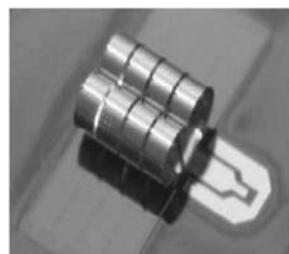
【図 2 D】



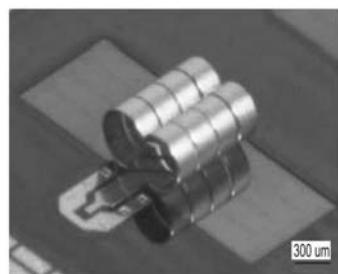
【図 2 E】



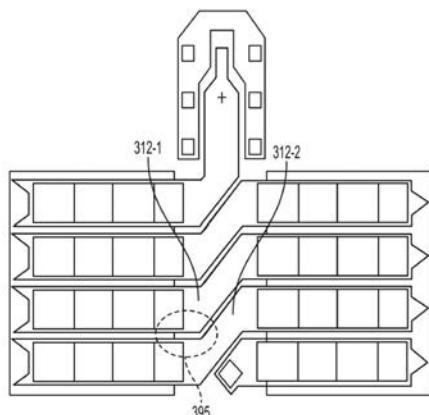
【図 2 F】



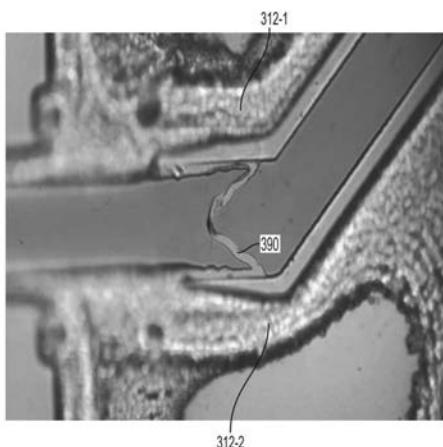
【図 2 G】



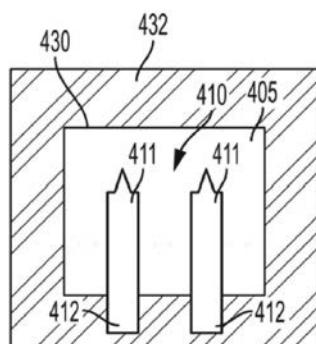
【図 3 A】



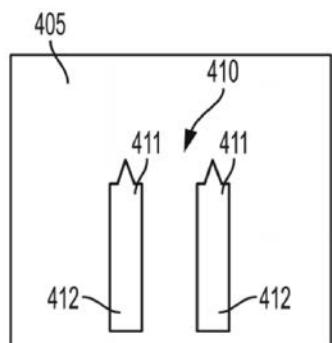
【図 3 B】



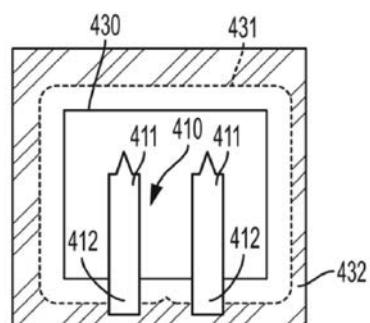
【図 4 B】



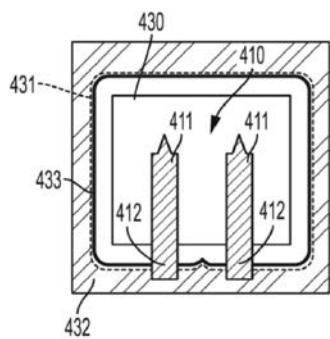
【図 4 A】



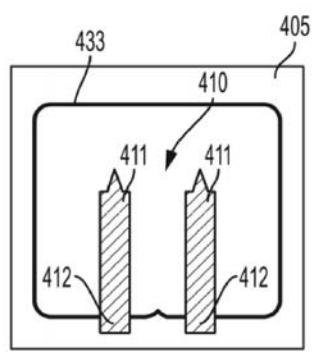
【図 4 C】



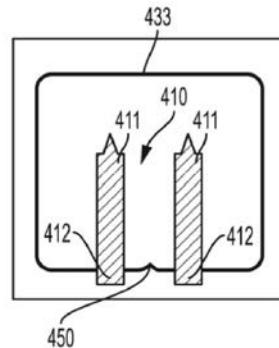
【図 4 D】



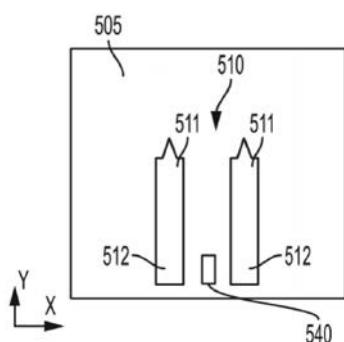
【図 4 E】



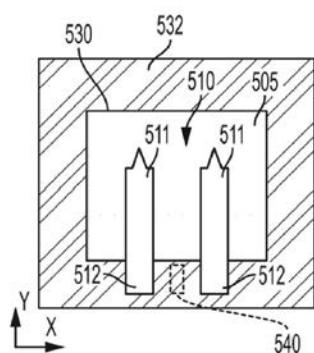
【図 4 F】



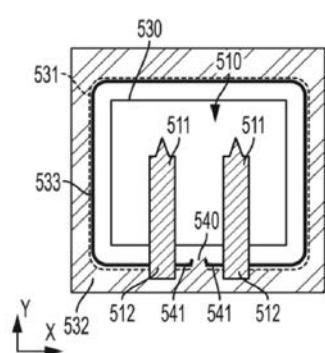
【図 5 A】



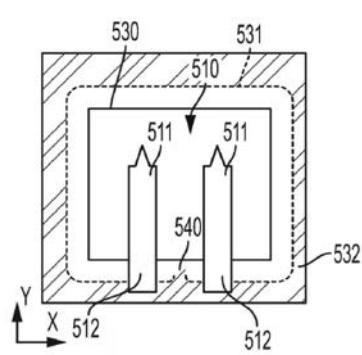
【図 5 B】



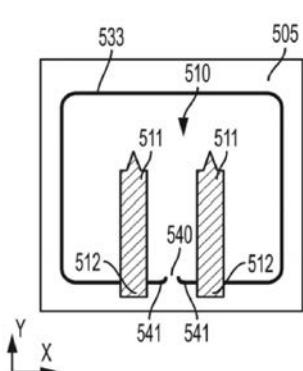
【図 5 D】



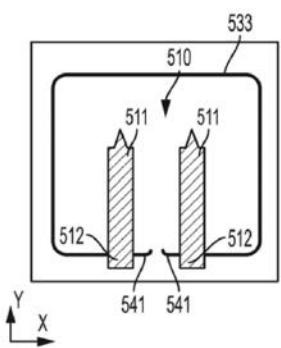
【図 5 C】



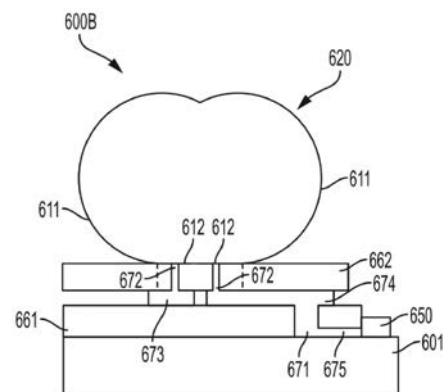
【図 5 E】



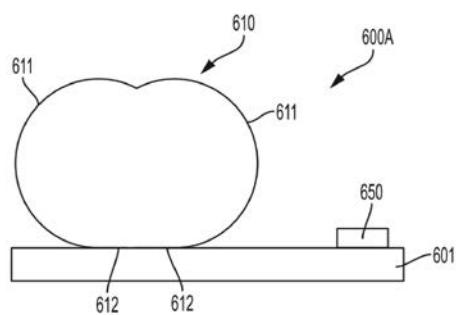
【図 5 F】



【図 6 B】



【図 6 A】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100109070  
弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335  
弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525  
弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100139712  
弁理士 那須 威夫

(74)代理人 100167911  
弁理士 豊島 匠二

(72)発明者 ユー・ワン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94304 パロアルト コヨーテ ヒル ロード 333  
3 パロ・アルト・リサーチ・センター・インコーポレーテッド内

(72)発明者 クリストファー・エル・チュア  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95123 サンノゼ キューリー・ドライブ 636

(72)発明者 チアン・ワン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94040 マウンテン・ビュー ヒラリー・アベニュー  
105

F ターム(参考) 3C081 BA01 CA03 CA25 CA30 DA02 DA06 DA27 EA21  
5E070 AA01 AB02 BA01 CB15 CB20