

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3957178号  
(P3957178)

(45) 発行日 平成19年8月15日(2007.8.15)

(24) 登録日 平成19年5月18日(2007.5.18)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/822 (2006.01)  
 HO 1 L 27/04 (2006.01)  
 G 1 1 B 5/31 (2006.01)  
 HO 1 F 17/00 (2006.01)  
 HO 1 F 41/04 (2006.01)

HO 1 L 27/04 L  
 G 1 1 B 5/31 F  
 HO 1 F 17/00 B  
 HO 1 F 41/04 C

請求項の数 1 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-222799 (P2002-222799)  
 (22) 出願日 平成14年7月31日(2002.7.31)  
 (65) 公開番号 特開2004-63965 (P2004-63965A)  
 (43) 公開日 平成16年2月26日(2004.2.26)  
 審査請求日 平成16年2月26日(2004.2.26)

(73) 特許権者 000003067  
 T D K株式会社  
 東京都中央区日本橋1丁目13番1号  
 (74) 代理人 100107559  
 弁理士 星宮 勝美  
 (72) 発明者 上島 聡史  
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ  
 ィーディーケイ株式会社内

審査官 棚田 一也

(56) 参考文献 特開平09-252087 (JP, A)  
 特開平02-281623 (JP, A)  
 特開平02-064909 (JP, A)  
 特開平10-116402 (JP, A)  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン化薄膜形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フレームめっき法によって、隣接する複数の線状部分を有するパターン化薄膜を形成する方法であって、

下地の上に、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレームを形成する工程と、

前記フレームを用いてめっきを行って、前記線状部分において前記下地に近い一部分の幅が残りの部分と前記一部分との境界位置における前記残りの部分の幅よりも大きくなり、隣接する前記一部分の間隔が隣接する前記残りの部分の間隔よりも小さくなるように前記パターン化薄膜を形成するめっき工程とを備え、

前記フレームは、前記下地の上に配置された第1フレーム層と、前記第1フレーム層の上に配置された第2フレーム層とを有し、

前記第1フレーム層の幅は、前記第2フレーム層の幅よりも小さく、

前記フレームを形成する工程は、

前記下地の上に、現像液によって溶解される材料よりなる第1層を形成する工程と、

前記第1層の上にレジストよりなる第2層を形成する工程と、

前記第2層を露光する工程と、

前記第2層を現像する工程とを含み、

前記第2層を現像する工程において、現像液によって前記第2層の一部が溶解されると共に前記第1層の一部も溶解され、残った前記第1層によって前記第1フレーム層が形成

10

20

され、残った前記第2層によって前記第2フレーム層が形成されることを特徴とするパターン化薄膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、線状部分を有するパターン化薄膜およびその形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

パターン化された薄膜（本出願においてパターン化薄膜と言う。）を形成する方法の一つとして、例えば特公昭56-36706号公報に示されるようなフレームめっき法がある。このフレームめっき法では、例えば基板の上に電極膜を形成し、その上にレジスト層を形成し、このレジスト層をフォトリソグラフィによりパターンニングして、めっきのためのフレーム（外枠）を形成する。そして、このフレームを用い、先に形成した電極膜を電極およびシード層として用いて電気めっきを行って、導電材料よりなるパターン化薄膜を形成する。

10

【0003】

フレームめっき法によって形成されるパターン化薄膜は、例えばマイクロデバイスに使用される。このようなマイクロデバイスとしては、薄膜インダクタ、薄膜磁気ヘッド、半導体デバイス、薄膜を用いたセンサ、薄膜を用いたアクチュエータ等がある。

【0004】

20

【発明が解決しようとする課題】

パターン化薄膜には、コイルや配線のように、隣接する複数の線状部分を有するものがある。このようなパターン化薄膜では、その集積度を高めるために、線状部分の幅や、隣接する線状部分の間隔を小さくすることが要求される場合がある。

【0005】

しかしながら、パターン化薄膜における線状部分の幅を小さくし過ぎると、線状部分の抵抗値が増大し、その結果、線状部分が発熱する等の問題が生じる。

【0006】

一方、パターン化薄膜における隣接する線状部分の間隔を小さくすることには、以下のような問題がある。すなわち、フレームめっき法によってパターン化薄膜を形成する場合には、パターン化薄膜における隣接する線状部分の間隔は、フレームにおいて隣接する溝部分の間の仕切り部分の幅によって決まる。この仕切り部分の幅の最小限度は、フレームを形成するために用いられるレジストの解像度によって決まる。なお、レジストの解像度は、レジストの材料と露光方法によって決まる。このように、フレームめっき法によってパターン化薄膜を形成する場合には、パターン化薄膜における隣接する線状部分の間隔は、レジストの解像度によって決まる限度を超えて小さくすることが困難である。

30

【0007】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、フレームめっき法を用いて、幅が小さく且つ抵抗値の小さい線状部分を有するパターン化薄膜を形成できるようにしたパターン化薄膜形成方法を提供することにある。

40

【0008】

また、本発明の第2の目的は、幅が小さく且つ抵抗値の小さい線状部分を有するパターン化薄膜を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明のパターン化薄膜形成方法は、フレームめっき法によって、線状部分を有するパターン化薄膜を形成する方法であって、

下地の上に、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレームを形成する工程と、

フレームを用いてめっきを行って、線状部分において下地に近い一部分の幅が残りの部分

50

の幅よりも大きくなるようにパターン化薄膜を形成するめっき工程とを備えたものである。

【 0 0 1 0 】

本発明のパターン化薄膜形成方法によれば、パターン化薄膜の線状部分の幅を小さくし、且つ線状部分の抵抗値を小さくすることができる。

【 0 0 1 1 】

本発明のパターン化薄膜形成方法において、パターン化薄膜は、隣接する複数の線状部分を有するものであってもよい。

【 0 0 1 2 】

本発明のパターン化薄膜は、下地の上に配置され、線状部分を有するものであって、線状部分において下地に近い一部分の幅が残りの部分の幅よりも大きいものである。 10

【 0 0 1 3 】

本発明のパターン化薄膜によれば、線状部分の幅を小さくし、且つ線状部分の抵抗値を小さくすることができる。

【 0 0 1 4 】

本発明のパターン化薄膜は、隣接する複数の線状部分を有するものであってもよい。

【 0 0 1 5 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

[ 第 1 の実施の形態 ]

20

まず、図 1 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法が適用されるマイクロデバイスの一例としての薄膜インダクタについて説明する。図 1 は本実施の形態における薄膜インダクタの斜視図である。

【 0 0 1 6 】

図 1 に示した薄膜インダクタは、基板 1 0 1 と、この基板 1 0 1 の上に形成された薄膜コイル 1 0 2 と、薄膜コイル 1 0 2 の各端部に接続された 2 つのリード 1 0 3 とを備えている。薄膜コイル 1 0 2 は、めっき法によって形成される。薄膜コイル 1 0 2 は、本実施の形態に係るパターン化薄膜に対応する。

【 0 0 1 7 】

次に、図 2 ないし図 9 を参照して、本実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法について詳しく説明する。本実施の形態では、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレームを用いて、フレームめっき法によってパターン化薄膜を形成する。本実施の形態では、いわゆる 2 層レジストを用いて上記のフレームを形成する。2 層レジストとは、下層である第 1 層と上層である第 2 層とを有する 2 層構造の膜であって、少なくとも第 2 層がレジストからなるものである。なお、2 層レジストについては、例えば特開平 9 - 9 6 9 0 9 号公報に記載されている。 30

【 0 0 1 8 】

本実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法では、まず、図 2 に示したように、基板 1 の上に、例えばスパッタ法によって電極膜 2 を形成する。基板 1 の材料は、シリコン ( S i ) 等の半導体でもよいし、アルティック ( A l <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ・ T i C ) 等のセラミックでもよいし、ポリエチレンテレフタレート等の樹脂でもよい。電極膜 2 は、金属等の導電材料によって形成される。また、電極膜 2 の材料は、電極膜 2 の上に形成されるパターン化薄膜の材料と同じ組成のものを用いるのが好ましい。また、電極膜 2 は、一層で構成されていてもよいし、複数の層で構成されていてもよい。電極膜 2 の材料としては、例えば銅 ( C u ) が用いられる。 40

【 0 0 1 9 】

次に、図 3 に示したように、パターン化薄膜の下地となる電極膜 2 の上に、スピンコート法等により、現像液によって溶解される材料を塗布して、フレームの形成のために用いられる第 1 層 3 A を形成する。第 1 層 3 A の材料としては、例えばポリメチルグルタルイミドが用いられる。次に、必要に応じて、第 1 層 3 A に対して熱処理を施す。 50

## 【 0 0 2 0 】

次に、図 4 に示したように、第 1 層 3 A の上に、スピンコート法等により、レジストを塗布して、フレームの形成のために用いられる第 2 層 4 A を形成する。次に、必要に応じて、第 2 層 4 A に対して熱処理を施す。第 1 層 3 A および第 2 層 4 A によって 2 層レジストが構成される。

## 【 0 0 2 1 】

次に、図 5 に示したように、マスク 5 を介して第 2 層 4 A の露光を行い、第 2 層 4 A に、マスク 5 のパターンに対応した潜像を形成する。次に、必要に応じて、第 2 層 4 A に対して熱処理を施す。

## 【 0 0 2 2 】

次に、図 6 に示したように、第 2 層 4 A を現像液によって現像する。このとき、現像液によって、第 2 層 4 A の一部が溶解されると共に第 1 層 3 A の一部も溶解される。これにより、残った第 1 層 3 A によってパターン化された第 1 フレーム層 3 B が形成され、残った第 2 層 4 A によってパターン化された第 2 フレーム層 4 B が形成される。第 1 フレーム層 3 B の幅は、第 2 フレーム層 4 B の幅よりも小さい。なお、図 6 には、第 2 層 4 A の形成に用いられるレジストがポジ型で、そのため、第 2 層 4 A のうち、露光された部分が現像後に除去される例を示している。次に、第 1 フレーム層 3 B および第 2 フレーム層 4 B を水洗し、乾燥させる。

## 【 0 0 2 3 】

このようにして、第 1 層 3 A および第 2 層 4 A がパターン化されて、第 1 フレーム層 3 B および第 2 フレーム層 4 B よりなり、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレーム 6 が形成される。

## 【 0 0 2 4 】

次に、必要に応じてめっき前処理を行った後、図 7 に示したように、フレーム 6 を用い、電極膜 2 に電流を流して電気めっきを行って、フレーム 6 の溝部内にパターン化薄膜 7 を形成する。パターン化薄膜 7 は、金属等の導電材料によって形成される。パターン化薄膜 7 の材料としては、例えば銅 ( C u ) が用いられる。

## 【 0 0 2 5 】

次に、例えば、図 7 に示した積層体を有機溶剤に浸漬し、揺動することによって、図 8 に示したように、第 1 フレーム層 3 B および第 2 フレーム層 4 B を溶解させて除去する。

## 【 0 0 2 6 】

最後に、図 9 に示したように、パターン化薄膜 7 をマスクとして、ウェットエッチングによって、あるいはイオンミリング、反応性イオンエッチング等のドライエッチングによって、電極膜 2 のうち、パターン化薄膜 7 の下に存在する部分以外の部分を除去する。

## 【 0 0 2 7 】

このようにして形成されたパターン化薄膜 7 は、隣接する複数の線状部分 7 1 を有している。このパターン化薄膜 7 では、線状部分 7 1 において、下地である電極膜 2 に近い一部分 ( 以下、第 2 の部分と言う。 ) 7 1 b の幅 W 2 が、残りの部分 ( 以下、第 1 の部分と言う。 ) 7 1 a の幅 W 1 よりも大きくなっている。

## 【 0 0 2 8 】

なお、図 6 ないし図 9 には、第 2 フレーム層 4 B の壁部が、基板 1 の上面に対して垂直であり、その結果、線状部分 7 1 の第 1 の部分 7 1 a の側壁も基板 1 の上面に対して垂直になっている例を示している。しかし、本実施の形態は、図 1 0 および図 1 1 に示した各例も含む。図 1 0 および図 1 1 は、いずれも、フレーム 6 を用いて、めっきによってパターン化薄膜 7 を形成した直後の状態を示している。図 1 0 および図 1 1 に示した各例では、いずれも、第 2 フレーム層 4 B の壁部および第 1 の部分 7 1 a の側壁が、基板 1 の上面に垂直な方向に対して傾いている。図 1 0 に示した例では、第 2 フレーム層 4 B において、フレーム 6 の溝部を挟んで対向する 2 つ壁部の間隔は上側ほど小さくなっている。その結果、図 1 0 に示した例では、第 1 の部分 7 1 a の幅は上側ほど小さくなっている。図 1 0 に示した例では、第 2 の部分 7 1 b の幅 W 2 は、第 1 の部分 7 1 a と第 2 の部分 7 1 b

10

20

30

40

50

との境界位置における第1の部分71aの幅W1よりも大きくなっている。図11に示した例では、第2フレーム層4Bにおいて、フレーム6の溝部を挟んで対向する2つ壁部の間隔は上側ほど大きくなっている。その結果、図11に示した例では、第1の部分71aの幅は上側ほど大きくなっている。図11に示した例では、第2の部分71bの幅W2は、第1の部分71aと第2の部分71bとの境界位置における第1の部分71aの幅W1よりも大きくなっている。

#### 【0029】

以上説明したように、本実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法は、下地である電極膜2の上に、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレーム6を形成する工程と、フレーム6を用いてめっきを行って、パターン化薄膜7を形成するめっき工程とを備えている。パターン化薄膜7は、隣接する複数の線状部分71を有し、線状部分71において電極膜2に近い第2の部分71bの幅W2が第1の部分71aの幅W1よりも大きくなっている。従って、本実施の形態によれば、パターン化薄膜7の線状部分71の全体が一定の幅W1を有する場合に比べて、線状部分71の抵抗値を小さくすることができる。

10

#### 【0030】

また、本実施の形態では、隣接する第1の部分71aの間隔は、第2層4Aに用いられるレジストの解像度によって決まる限度を超えて小さくすることは困難である。しかしながら、隣接する第2の部分71bの間隔は、レジストの解像度によって決まる限度を超えて小さくすることができる。従って、本実施の形態によれば、線状部分71の全体が一定の幅W1を有する場合に比べて線状部分71のピッチを変えことなく、第2の部分71bの幅W2を第1の部分71aの幅W1よりも大きくして、線状部分71の抵抗値を小さくすることができる。

20

#### 【0031】

以上のことから、本実施の形態によれば、フレームめっき法を用いて、線状部分71のピッチを大きくすることなく、幅が小さく且つ抵抗値の小さい線状部分71を有するパターン化薄膜7を形成することができる。これにより、本実施の形態によれば、線状部分71が発熱することを防止することができる。

#### 【0032】

ところで、線状部分71の全体が一定の幅を有する場合において、隣接する線状部分71の間隔が小さくなると、隣接する線状部分71の間に位置する電極膜2をエッチングによって良好に除去できなくなる場合がある。これに対し、本実施の形態では、隣接する第1の部分71aの間隔は、隣接する第2の部分71bの間隔よりも大きい。従って、隣接する第2の部分71bの間隔が小さくても、隣接する線状部分71の間に位置する電極膜2をエッチングによって良好に除去することができる。

30

#### 【0033】

次に、本実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法の実施例について説明する。本実施例では、基板1として、直径3インチ(76.2mm)、厚さ0.4mmのシリコン基板を用いた。本実施例のパターン化薄膜形成方法では、まず、スパッタ装置を用いて、基板1の上に、以下の条件でCuをスパッタリングして、Cuよりなる厚さ100nmの電極膜2を形成した。スパッタ装置としては、日電アネルバ社製の直流スパッタ装置SPF-740H(製品名)を用いた。スパッタ装置におけるターゲットはCuとした。スパッタ装置の出力は1000Wとした。スパッタ装置におけるスパッタ室内には、Arガスを50sccmの流量で供給した。スパッタ室内におけるArガスの圧力は、2.0mTorr(約0.266Pa)とした。

40

#### 【0034】

次に、電極膜2の上に、スピンコート法によりポリメチルグルタルイミドを塗布して、第1層3Aを形成した。ポリメチルグルタルイミドとしては、Shipley社製LOL-1000(製品名)を使用した。第1層3Aの厚みは100nmとした。次に、第1層3Aに対して、ホットプレートを用いて180の温度で、600秒間の熱処理を施し、その後、第1層3Aを室温まで冷却した。

50

## 【0035】

次に、第1層3Aの上に、スピンコート法によりレジストを塗布して、第2層4Aを形成した。レジストとしては、信越化学工業社製SIPR-9740（製品名）を使用した。第2層4Aの厚みは3 $\mu$ mとした。次に、第2層4Aに対して、ホットプレートを用いて100の温度で、180秒間の熱処理を施した。

## 【0036】

次に、露光装置を用いて、以下の条件で、マスク5を介して第2層4Aの露光を行い、第2層4Aに、マスク5のパターンに対応した潜像を形成した。露光装置としては、ニコン製NSR-i12TFH（製品名）を用いた。マスク5のパターンは、透光部が10ターンの渦巻き状をなし、遮光部の幅が1.0 $\mu$ mで、透光部の幅が1.5 $\mu$ mで、透光部のピッチが2.5 $\mu$ mとなるパターンとした。露光量（Dose）は、300mJ/cm<sup>2</sup>とした。

10

## 【0037】

次に、現像液として2.38%のテトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液を用いて、パドル法によって、第2層4Aに対して、50秒間の現像を2回行った。これにより、現像液によって、第2層4Aの一部が溶解されると共に第1層3Aの一部も溶解されて、第1フレーム層3Bおよび第2フレーム層4Bが形成された。次に、第1フレーム層3Bおよび第2フレーム層4Bを水洗し、乾燥させて、フレーム6を完成させた。

## 【0038】

次に、フレーム6を用いて電気めっきを行って、フレーム6の溝部内に、Cuよりなるパターン化薄膜7を形成した。めっき浴としては、Cuのめっきに用いられる一般的な硫酸銅浴を用いた。パターン化薄膜7の厚さは2.8 $\mu$ mとした。

20

## 【0039】

次に、パターン化薄膜7を含む積層体を、アセトン中に浸漬し、揺動することによって、フレーム6を溶解させて除去した。

## 【0040】

次に、イオンミリング装置を用いて、下記の条件で、電極膜2を選択的にエッチングして、電極膜2のうち、パターン化薄膜7の下に存在する部分以外の部分を除去した。イオンミリング装置としては、コモンウェルス社製8C（製品名）を用いた。イオンミリング装置における出力は、500W、500mAとした。エッチング室内のガスの圧力は3mTorr（約0.399Pa）とした。イオン照射角度は0°（イオン照射方向が基板に垂直）とした。

30

## 【0041】

このようにして、パターン化薄膜7からなり、ピッチが2.5 $\mu$ m、厚さが2.8 $\mu$ mで、10ターンの薄膜コイルが得られた。パターン化薄膜7の線状部分71において、第1の部分71aの幅W1は1.7 $\mu$ mで、第2の部分71bの幅W2は2.1 $\mu$ mであった。第2の部分71bのうち、第1の部分71aの側壁よりも外側に張り出した2つの部分の断面形状は、それぞれ、幅が0.2 $\mu$ mで、高さが0.1 $\mu$ mの矩形であった。

## 【0042】

## [第2の実施の形態]

次に、図12ないし図20を参照して、本発明の第2の実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法について説明する。本実施の形態では、マイクログループを利用して、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレームを形成する。なお、マイクログループを利用して、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のレジスト層を形成する方法については、特開平8-69111号公報に記載されている。

40

## 【0043】

本実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法では、図2に示したように、電極膜2を形成する工程までは、第1の実施の形態と同様である。本実施の形態では、次に、図12に示したように、電極膜2の上に、スピンコート法等によりレジストを塗布して、レジスト層14Aを形成する。レジストとしては、ポジ型で、特にマイクログループを発生しやすい

50

レジストを用いる。このようなレジストとしては、具体的には、特開平 8 - 6 9 1 1 1 号公報に示された種々のレジストを用いることができる。次に、必要に応じて、レジスト層 1 4 A に対して熱処理を施す。

【 0 0 4 4 】

次に、図 1 3 に示したように、マスク 5 を介してレジスト層 1 4 A の露光を行い、レジスト層 1 4 A に、マスク 5 のパターンに対応した潜像を形成する。次に、必要に応じて、レジスト層 1 4 A に対して熱処理を施す。

【 0 0 4 5 】

次に、図 1 4 に示したように、レジスト層 1 4 A を現像液によって現像する。これにより、残ったレジスト層 1 4 A によってフレーム 1 4 B が形成される。次に、フレーム 1 4 B を水洗し、乾燥させる。

10

【 0 0 4 6 】

フレーム 1 4 B には、底部近傍においてマイクログループが形成される。このようにして、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレーム 1 4 B が形成される。

【 0 0 4 7 】

次に、必要に応じてめっき前処理を行った後、図 1 5 に示したように、フレーム 1 4 B を用い、電極膜 2 に電流を流して電気めっきを行って、フレーム 1 4 B の溝部内にパターン化薄膜 1 7 を形成する。パターン化薄膜 1 7 は、金属等の導電材料によって形成される。パターン化薄膜 1 7 の材料としては、例えば銅 ( C u ) が用いられる。

【 0 0 4 8 】

20

次に、例えば、図 1 5 に示した積層体を有機溶剤に浸漬し、揺動することによって、図 1 6 に示したように、フレーム 1 4 B を溶解させて除去する。

【 0 0 4 9 】

最後に、図 1 7 に示したように、パターン化薄膜 1 7 をマスクとして、ウェットエッチングによって、あるいはイオンミリング、反応性イオンエッチング等のドライエッチングによって、電極膜 2 のうち、パターン化薄膜 1 7 の下に存在する部分以外の部分を除去する。

【 0 0 5 0 】

このようにして形成されたパターン化薄膜 1 7 は、隣接する複数の線状部分 7 2 を有している。このパターン化薄膜 1 7 では、線状部分 7 2 において、下地である電極膜 2 に近い一部分である第 2 の部分 7 2 b の最大幅が、残りの部分である第 1 の部分 7 2 a の幅よりも大きくなっている。

30

【 0 0 5 1 】

図 1 8 ないし図 2 0 は、それぞれ、本実施の形態における線状部分 7 2 の形状の例を示している。これらの例では、いずれも、第 2 の部分 7 2 b の幅は、線状部分 7 2 の底部において最大であり、第 1 の部分 7 2 a に近い位置ほど小さくなっている。また、図 1 8 に示した例では、第 2 の部分 7 2 b の側壁は、基板 1 の上面に垂直な方向に対して傾いた斜面になっている。図 1 9 に示した例では、第 2 の部分 7 2 b の側壁は、基板 1 の上面に垂直な方向に対して傾いた凹面になっている。図 2 0 に示した例では、第 2 の部分 7 2 b の側壁は、基板 1 の上面に垂直な方向に対して傾いた凸面になっている。

40

【 0 0 5 2 】

次に、本実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法の実施例について説明する。本実施例では、電極膜 2 を形成する工程までは、第 1 の実施の形態における実施例と同様である。

【 0 0 5 3 】

本実施例では、次に、電極膜 2 の上に、スピンコート法によりレジストを塗布して、レジスト層 1 4 A を形成した。レジストとしては、信越化学工業社製 S I P R - 9 6 9 1 ( 製品名 ) を使用した。レジスト層 1 4 A の厚みは 3  $\mu$  m とした。次に、レジスト層 1 4 A に対して、ホットプレートを用いて 1 0 0 の温度で、1 8 0 秒間の熱処理を施した。

【 0 0 5 4 】

次に、露光装置を用いて、以下の条件で、マスク 5 を介してレジスト層 1 4 A の露光を行

50

い、レジスト層 14A に、マスク 5 のパターンに対応した潜像を形成した。露光装置としては、ニコン製 NSR-i12TFH (製品名) を用いた。マスク 5 のパターンは、第 1 の実施の形態における実施例と同様である。露光量 (Dose) は、 $400\text{ mJ/cm}^2$  とした。

【0055】

次に、現像液として 2.38% のテトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液を用いて、パドル法によって、レジスト層 14A に対して、50 秒間の現像を 2 回行った。その後、レジスト層 14A を水洗し、乾燥させて、フレーム 14B を完成させた。

【0056】

次に、フレーム 14B を用いて電気めっきを行って、フレーム 14B の溝部内に、Cu よりなるパターン化薄膜 17 を形成した。めっき浴としては、Cu のめっきに用いられる一般的な硫酸銅浴を用いた。パターン化薄膜 17 の厚さは  $2.8\text{ }\mu\text{m}$  とした。

【0057】

次に、パターン化薄膜 17 を含む積層体を、アセトン中に浸漬し、揺動することによって、フレーム 14B を溶解させて除去した。

【0058】

次に、イオンミリング装置を用いて、第 1 の実施の形態における実施例と同じ条件で、電極膜 2 を選択的にエッチングして、電極膜 2 のうち、パターン化薄膜 17 の下に存在する部分以外の部分を除去した。

【0059】

このようにして、パターン化薄膜 17 からなり、ピッチが  $2.5\text{ }\mu\text{m}$ 、厚さが  $2.8\text{ }\mu\text{m}$  で、10 ターンの薄膜コイルが得られた。パターン化薄膜 17 の線状部分 72 において、第 1 の部分 72a の幅は  $1.7\text{ }\mu\text{m}$  で、第 2 の部分 72b の最大幅は  $1.9\text{ }\mu\text{m}$  であった。第 2 の部分 72b のうち、第 1 の部分 72a の側壁よりも外側に張り出した 2 つの部分の断面形状は、それぞれ、最大幅が  $0.1\text{ }\mu\text{m}$  で、最大高さが  $0.1\text{ }\mu\text{m}$  の楔形であった。

【0060】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0061】

[第 3 の実施の形態]

次に、図 21 ないし図 28 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法について説明する。本実施の形態では、画像反転機能を有するレジストを用いて、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレームを形成する。なお、画像反転機能を有するレジストを用いて、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のレジスト層を形成する方法については、特開平 9-96909 号公報に記載されている。

【0062】

本実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法では、図 2 に示したように、電極膜 2 を形成する工程までは、第 1 の実施の形態と同様である。本実施の形態では、次に、図 21 に示したように、電極膜 2 の上に、スピンコート法等により、画像反転機能を有するレジストを塗布して、レジスト層 24A を形成する。画像反転機能を有するレジストとは、ポジ型レジストであるが、露光によって現像液に対して可溶性となった部分が、加熱されることにより現像液に対して不溶性に変化するレジストである。このようなレジストとしては、具体的には、特開平 9-96909 号公報に示された種々のレジストを用いることができる。次に、必要に応じて、レジスト層 24A に対して熱処理を施す。

【0063】

次に、図 22 に示したように、マスク 25 を介してレジスト層 24A の露光を行い、レジスト層 24A に、マスク 25 のパターンに対応した潜像を形成する。次に、必要に応じて、レジスト層 24A に対して熱処理を施す。マスク 25 のパターンは、レジスト層 24A のうち、現像後に残す部分が露光されるようなパターンである。図 22 において、符号 2

10

20

30

40

50

4 B は、レジスト層 2 4 A のうちの露光された部分を示している。

【 0 0 6 4 】

次に、図 2 3 に示したように、レジスト層 2 4 A を加熱して、レジスト層 2 4 A のうちの露光された部分 2 4 B を、現像液に対して不溶性となるように変化させる。

【 0 0 6 5 】

次に、図 2 4 に示したように、レジスト層 2 4 A の全面を露光し、レジスト層 2 4 A のうち、最初の露光時に露光された部分 2 4 B 以外の部分を、現像液に対して可溶性となるようにする。

【 0 0 6 6 】

次に、図 2 5 に示したように、レジスト層 2 4 A を現像液によって現像する。これにより、残ったレジスト層 2 4 A によってフレーム 2 4 C が形成される。次に、フレーム 2 4 C を水洗し、乾燥させる。 10

【 0 0 6 7 】

画像反転機能を有するレジストを用い、露光、露光後の熱処理および現像の各条件を調整することにより、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレーム 2 4 C を形成することができる。

【 0 0 6 8 】

次に、必要に応じてめっき前処理を行った後、図 2 6 に示したように、フレーム 2 4 C を用い、電極膜 2 に電流を流して電気めっきを行って、フレーム 2 4 C の溝部内にパターン化薄膜 2 7 を形成する。パターン化薄膜 2 7 は、金属等の導電材料によって形成される。 20  
パターン化薄膜 2 7 の材料としては、例えば銅 ( C u ) が用いられる。

【 0 0 6 9 】

次に、例えば、図 2 6 に示した積層体を有機溶剤に浸漬し、揺動することによって、図 2 7 に示したように、フレーム 2 4 C を溶解させて除去する。

【 0 0 7 0 】

最後に、図 2 8 に示したように、パターン化薄膜 2 7 をマスクとして、ウェットエッチングによって、あるいはイオンミリング、反応性イオンエッチング等のドライエッチングによって、電極膜 2 のうち、パターン化薄膜 2 7 の下に存在する部分以外の部分を除去する。

【 0 0 7 1 】

このようにして形成されたパターン化薄膜 2 7 は、隣接する複数の線状部分 7 3 を有している。このパターン化薄膜 2 7 では、線状部分 7 3 において、下地である電極膜 2 に近い一部分である第 2 の部分 7 3 b の最大幅が、残りの部分である第 1 の部分 7 3 a の幅よりも大きくなっている。 30

【 0 0 7 2 】

なお、本実施の形態における線状部分 7 3 の形状は、第 2 の実施の形態における線状部分 7 2 の形状と同様である。

【 0 0 7 3 】

次に、本実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法の実施例について説明する。本実施例では、電極膜 2 を形成する工程までは、第 1 の実施の形態における実施例と同様である。 40

【 0 0 7 4 】

本実施例では、次に、電極膜 2 の上に、スピンコート法によりレジストを塗布して、レジスト層 2 4 A を形成した。レジストとしては、クラリアント社製 A Z 5 2 1 4 E ( 製品名 ) を使用した。レジスト層 2 4 A の厚みは 3  $\mu$  m とした。次に、レジスト層 2 4 A に対して、ホットプレートを用いて 1 0 0 の温度で、1 8 0 秒間の熱処理を施した。

【 0 0 7 5 】

次に、露光装置を用いて、以下の条件で、マスク 2 5 を介してレジスト層 2 4 A の露光を行い、レジスト層 2 4 A に、マスク 2 5 のパターンに対応した潜像を形成した。露光装置としては、ニコン製 N S R - i 1 2 T F H ( 製品名 ) を用いた。マスク 2 5 のパターンは、遮光部が 1 0 ターンの渦巻き状をなし、遮光部の幅が 1 . 5  $\mu$  m で、透光部の幅が 1 . 50

0  $\mu\text{m}$ で、遮光部のピッチが2.5  $\mu\text{m}$ となるパターンとした。露光量(Dose)は、50  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ とした。

【0076】

次に、レジスト層24Aに対して、ホットプレートを用いて100の温度で、180秒間の熱処理を施して、レジスト層24Aのうちの露光された部分24Bを、現像液に対して不溶性となるように変化させた。

【0077】

次に、露光装置を用いて、以下の条件で、レジスト層24Aの全面を露光し、レジスト層24Aのうちの、最初の露光時に露光された部分24B以外の部分を、現像液に対して可溶性となるようにした。露光装置としては、ニコン製NSR-i12TFH(製品名)を用いた。露光量(Dose)は、100  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ とした。

10

【0078】

次に、現像液として2.38%のテトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液を用いて、パドル法によって、レジスト層24Aに対して、50秒間の現像を4回行った。その後、レジスト層24Aを水洗し、乾燥させて、フレーム24Cを完成させた。

【0079】

次に、フレーム24Cを用いて電気めっきを行って、フレーム24Cの溝部内に、Cuよりなるパターン化薄膜27を形成した。めっき浴としては、Cuのめっきに用いられる一般的な硫酸銅浴を用いた。パターン化薄膜27の厚さは2.8  $\mu\text{m}$ とした。

【0080】

20

次に、パターン化薄膜27を含む積層体を、アセトン中に浸漬し、揺動することによって、フレーム24Cを溶解させて除去した。

【0081】

次に、イオンミリング装置を用いて、第1の実施の形態における実施例と同じ条件で、電極膜2を選択的にエッチングして、電極膜2のうち、パターン化薄膜27の下に存在する部分以外の部分を除去した。

【0082】

このようにして、パターン化薄膜27からなり、ピッチが2.5  $\mu\text{m}$ 、厚さが2.8  $\mu\text{m}$ で、10ターンの薄膜コイルが得られた。パターン化薄膜27の線状部分73において、第1の部分73aの幅は1.7  $\mu\text{m}$ で、第2の部分73bの最大幅は2.0  $\mu\text{m}$ であった。第2の部分73bのうち、第1の部分73aの側壁よりも外側に張り出した2つの部分の断面形状は、それぞれ、最大幅が0.15  $\mu\text{m}$ で、最大高さが0.2  $\mu\text{m}$ の楔形であった。

30

【0083】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0084】

なお、本発明は上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、本発明は、第1の実施の形態で示した薄膜インダクタに限らず、薄膜磁気ヘッド、半導体デバイス、薄膜を用いたセンサ、薄膜を用いたアクチュエータ等の他のマイクロデバイスにおけるパターン化薄膜を形成する場合にも適用することができる。また、パターン化薄膜は、コイルに限らず、配線等であってもよい。

40

【0085】

【発明の効果】

以上説明したように請求項1記載のパターン化薄膜形成方法では、底部近傍においてアンダーカットの入った形状のフレームを用いてめっきを行って、パターン化薄膜を形成する。従って、本発明によれば、フレームめっき法を用いて、幅が小さく且つ抵抗値の小さい線状部分を有するパターン化薄膜を形成することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法が適用されるマイクロ

50

デバイスの一例としての薄膜インダクタを示す斜視図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 3】図 2 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 4】図 3 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 5】図 4 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 6】図 5 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 7】図 6 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 8】図 7 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 9】図 8 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

10

【図 10】本発明の第 1 の実施の形態におけるパターン化薄膜の他の形状を示す断面図である。

【図 11】本発明の第 1 の実施の形態におけるパターン化薄膜の更に他の形状を示す断面図である。

【図 12】本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 13】図 12 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 14】図 13 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 15】図 14 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 16】図 15 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

20

【図 17】図 16 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 18】本発明の第 2 の実施の形態におけるパターン化薄膜の線状部分の形状の一例を示す断面図である。

【図 19】本発明の第 2 の実施の形態におけるパターン化薄膜の線状部分の形状の他の例を示す断面図である。

【図 20】本発明の第 2 の実施の形態におけるパターン化薄膜の線状部分の形状の更に他の例を示す断面図である。

【図 21】本発明の第 3 の実施の形態に係るパターン化薄膜形成方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 22】図 21 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

30

【図 23】図 22 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 24】図 23 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 25】図 24 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 26】図 25 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 27】図 26 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

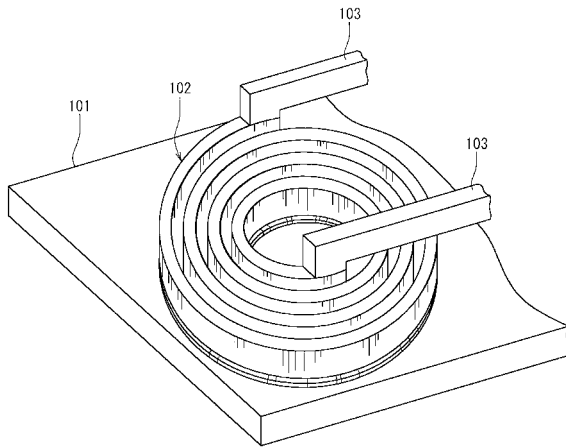
【図 28】図 27 に示した工程に続く工程を説明するための断面図である。

【符号の説明】

1 ... 基板、2 ... 電極膜、3 A ... 第 1 層、3 B ... 第 1 フレーム層、4 A ... 第 2 層、4 B ... 第 2 フレーム層、5 ... マスク、6 ... フレーム、7 ... パターン化薄膜、7 1 ... 線状部分、7 1 a ... 第 1 の部分、7 1 b ... 第 2 の部分、1 0 1 ... 基板、1 0 2 ... 薄膜コイル、1 0 3 ... リード。

40

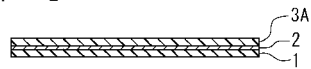
【図 1】



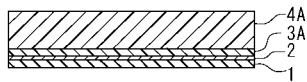
【図 2】



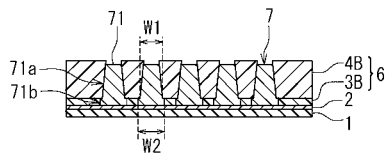
【図 3】



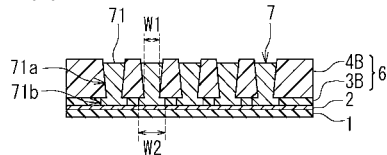
【図 4】



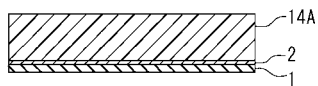
【図 10】



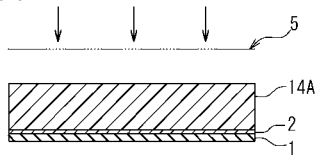
【図 11】



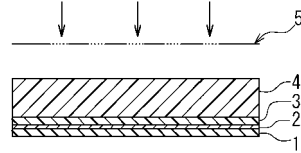
【図 12】



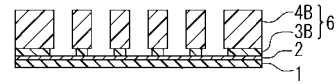
【図 13】



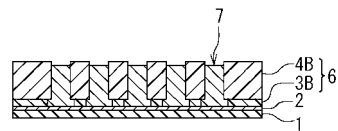
【図 5】



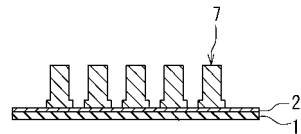
【図 6】



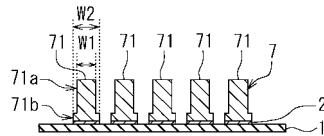
【図 7】



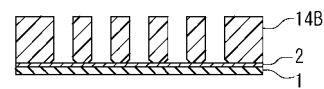
【図 8】



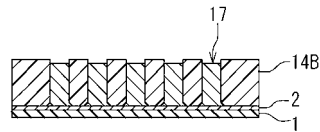
【図 9】



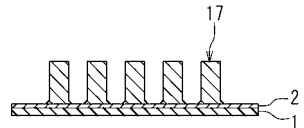
【図 14】



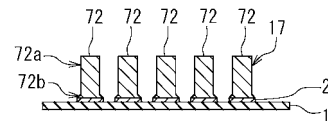
【図 15】



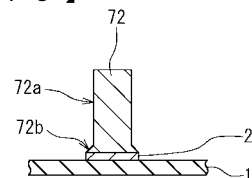
【図 16】



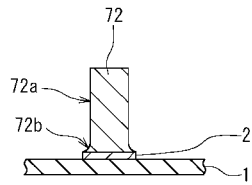
【図 17】



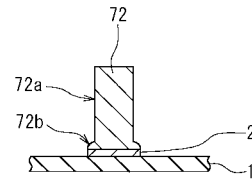
【図 18】



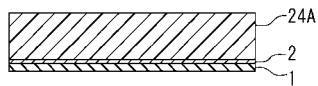
【図 19】



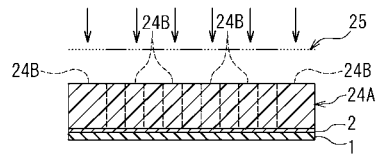
【図 20】



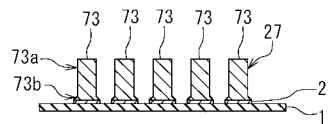
【図 21】



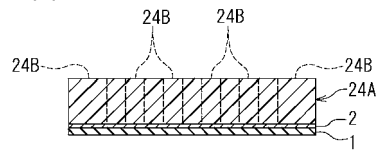
【図 22】



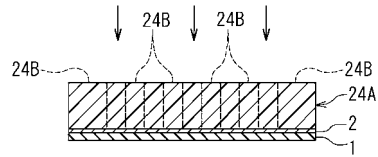
【図 28】



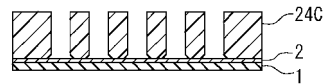
【図 23】



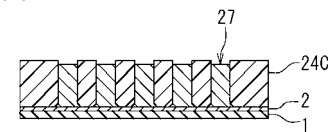
【図 24】



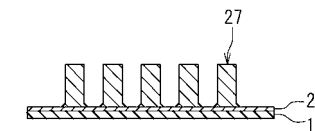
【図 25】



【図 26】



【図 27】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H01L 21/822

G11B 5/31

H01F 17/00

H01F 41/04

H01L 27/04