

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3018172号  
(P3018172)

(45)発行日 平成12年3月13日(2000.3.13)

(24)登録日 平成12年1月7日(2000.1.7)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/203  
C 2 3 C 14/04  
14/14

H 0 1 L 21/203 Z  
C 2 3 C 14/04 B  
14/14 F

請求項の数10(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-227926  
(22)出願日 平成10年8月12日(1998.8.12)  
(65)公開番号 特開2000-58453(P2000-58453A)  
(43)公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)  
審査請求日 平成10年8月12日(1998.8.12)

(73)特許権者 391016967  
島根大学長  
島根県松江市西川津町1060  
(72)発明者 繩手 雅彦  
島根県松江市西川津町688-4-308  
(74)代理人 100059258  
弁理士 杉村 暁秀 (外8名)

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開 平3-68755 (J P, A)  
特開 昭61-131462 (J P, A)  
特開 平7-45430 (J P, A)  
実開 平4-70279 (J P, U)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)

H01L 21/203, 21/363  
C23C 14/00 - 14/58

(54)【発明の名称】 微細素子の形成方法及びその装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の電子顕微鏡用のグリッドメッシュをそれぞれの穴の端部が重なるようにして組合せて、所定のピンホールを有するピンホールマスクを作製し、このピンホールマスクを基板に対向させて配置するとともに、前記ピンホールマスクを介して前記基板上に素子を構成する物質を堆積させることにより、前記基板上に微細素子を形成することを特徴とする、微細素子の形成方法。

【請求項2】 透過型電子顕微鏡において観察視野を制限するための制限視野絞りから所定のピンホールを有するピンホールマスクを構成し、このピンホールマスクを基板に対向させて配置するとともに、前記ピンホールマスクを介して前記基板上に素子を構成する物質を堆積させることにより、前記基板上に微細素子を形成すること

を特徴とする、微細素子の形成方法。

【請求項3】 前記ピンホールは、直径1nm~10μmの円形状又は1nm~10μm角の矩形形状であることを特徴とする、請求項1又は2に記載の微細素子の形成方法。

【請求項4】 前記基板又は前記マスクを0.1~50nmの範囲でそれぞれ前記マスク又は前記基板に対して平行にステップ移動させ、複数の微細素子を連続的に形成することを特徴とする、請求項1~3のいずれか一に記載の微細素子の形成方法。

【請求項5】 前記基板又は前記マスクのステップ移動は、機械的駆動手段及びピエゾ素子駆動手段を用いて行うことを特徴とする、請求項4に記載の微細素子の形成方法。

【請求項6】 前記微細素子は、直径10nm~2μm

又は10nm～2μm角の大きさを有することを特徴とする、請求項1～5のいずれかーに記載の微細素子の形成方法。

【請求項7】 前記微細素子は、磁性金属素子であることを特徴とする、請求項1～6のいずれかーに記載の微細素子の形成方法。

【請求項8】 基板と、この基板に対向して配置されている直径1～100nmの円形状又は1～100nm角の矩形のピンホールを有するピンホールマスクと、前記基板又は前記マスクを、それぞれ前記マスク又は前記基板に対して水平にステップ移動させるための基板駆動手段又はマスク駆動手段とを具えることを特徴とする、微細素子形成装置。

【請求項9】 前記基板駆動手段及び前記マスク駆動手段は、前記基板又は前記マスクをそれぞれ前記マスク又は前記基板に対して垂直にステップ移動させることを特徴とする、請求項8に記載の微細素子形成装置。

【請求項10】 前記基板駆動手段及び前記マスク駆動手段は、機械的駆動手段及びピエゾ素子駆動手段からなることを特徴とする、請求項8又は9に記載の微細素子形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微細素子の形成方法及びその形成装置に関し、特に、磁性金属からなる微細素子の形成に有効に用いることのできる微細素子の形成方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】微細素子の形成技術は、半導体の分野において広く開発されている。代表的な微細素子の形成方法としては、蒸着法やCVD法などで約0.1～2μm厚の薄膜を基板上に形成した後、電子線や光リソグラフィ及びエッチングの技術を組み合わせて前記薄膜の一定箇所を除去して、所望形状の微細素子を形成する、電子線描画法である。

【0003】一方、磁性材料の分野においても磁気集積回路についての概念が提唱されて以来、磁気構造を微細化して分解能を高めるために各種の研究がなされている。具体的には、上記電子線描画法の他に、マイクロリソグラフィ法、リフトオフ法、及びアルゴンイオンミリング法などがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記電子線描画法については、プラズマCVD装置や電子線リソグラフィ装置、さらには集束イオンビームなどの複雑かつ高価な装置が必要となるばかりでなく、クリーンルームやマスクアライナーなどの大掛かりな設備が必要となる。

【0005】前記マイクロリソグラフィ法は、被加工材料の表面に塗布したレジスト膜などに直接微細図形を形

成するものであるため、実際の生産に適用することはできないという問題がある。

【0006】また、リフトオフ法においても、深い加工を行うことができないため、薄膜ヘッドや微小インダクタ、マイクロ磁気デバイスなどのように厚さを必要とするデバイスに適用することはできない。

【0007】さらに、アルゴンイオンミリング法は、化学的作用がないためレジスト物質あるいはマスク物質と加工対象物質のスパッタレート以上の加工速度を得ることができない、加工後の断面形状が台形状となり微細素子を形成することが困難であるという問題があった。

【0008】本発明の目的は、上記問題のない新たな微細素子の形成方法、及びその形成方法に基づいた微細素子形成装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の微細素子の形成方法は、複数の電子顕微鏡用のグリッドメッシュをそれぞれの穴の端部が重なるようにして組合せて、所定のピンホールを有するピンホールマスクを作製し、このピンホールマスクを基板に対向させて配置するとともに、前記ピンホールマスクを介して前記基板上に素子を構成する物質を堆積させることにより、前記基板上に微細素子を形成することを特徴とする。

【0010】また、本発明の微細素子の形成方法は、透過型電子顕微鏡において観察視野を制限するための制限視野絞りから所定のピンホールを有するピンホールマスクを構成し、このピンホールマスクを基板に対向させて配置するとともに、前記ピンホールマスクを介して前記基板上に素子を構成する物質を堆積させることにより、前記基板上に微細素子を形成することを特徴とする。

【0011】前記電子線描画法などの従来法は、基板上に素子を構成する材料からなる薄膜を一旦形成した後、前記薄膜の一定箇所を除去して目的の微細素子を形成するものである。一方、本発明の微細素子の形成方法は、所定のピンホールを有するピンホールマスクを作製し、これを基板に対向させて配置し、このピンホールマスクを介して前記基板上に素子を構成する物質を堆積させることにより、前記基板上に直接微細素子を形成するものである。そして、本発明によれば、上記ピンホールマスクは、複数の電子顕微鏡用のグリッドメッシュをそれぞれの穴の端部が重なるように組み合わせることによって形成することができる。さらには、透過型電子顕微鏡における制限視野絞りをを用いることによって直接的に形成することができる。これらは、極めて簡易な方法であるが、本発明の技術分野においては、従来全く考えられていなかったものである。

【0012】また、上記のようにしてピンホールマスクを形成する場合、直径あるいは一辺の大きさが1nm～10μm、好ましくは1nm～1μm、さらに好ましくは1～100nmの円形状あるいは矩形のピンホール

を容易に形成することができる。したがって、従来困難とされていた直径又は一辺の大きさが10 nm~2 μmの微細素子を、簡易かつ生産性よく形成することができる。また、マスクの停止時間及び成膜時間を調節することにより、微細素子の形成速度及び厚さを任意に調節することができ、薄膜ヘッドなどの厚さを必要とするデバイスにも容易に適用することができる。

【0013】また、前記基板又は前記マスクを0.1~50 nmの範囲でそれぞれ前記マスク又は前記基板に対して平行にステップ移動させることにより、前記微細素子をそれらが互いに重なり合わないようにして、連続的に形成することができる。

【0014】以上説明したような本発明の微細素子の形成方法を実施すべく、本発明の微細素子形成装置は、基板と、この基板に対向して配置されている直径1~100 nmの円形状又は1~100 nm角の矩形状のピンホールを有するピンホールマスクと、前記基板又は前記マスクを、それぞれ前記マスク又は前記基板に対して水平にステップ移動させるための基板駆動手段又はマスク駆動手段とを具備することを特徴とする。本発明の形成装置によれば、上記本発明の形成方法にしたがって微細素子を直接的に形成することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の微細素子の形成方法を好適に実施することができる装置の一例を示す概略図である。

【0016】図1においては、真空チャンバ9内にシリコンなどからなる基板1に対向させてピンホール3を有するピンホールマスク2を配置し、その下方にシャッタ4を介して蒸発源8を設置している。また、基板1は基板ホルダー5に接着又はねじ止めにより固定され(図示せず)、基板ホルダー5の基板1の設置面と反対側の面には、基板ホルダー5をピンホールマスク2に対して平行に移動させるためのX-Y駆動系6、及び基板ホルダー5をピンホールマスク2に対して垂直の方向に移動させるためのZ駆動系7が設けられている。

【0017】ピンホールマスク2は、所定の穴、例えば、直径20~30 μmあるいは20~30 μm角の穴が形成されている電子顕微鏡用のグリッドメッシュを、前記穴の端部が重なるように複数枚重ね合わせることににより上記直径のピンホール3を有するように形成する。あるいは、透過型電子顕微鏡において観察視野を制限するための制限視野絞りをを用いる方法によって形成する。また、ピンホール3が、直径1 nm~1 μm又は1 nm~1 μm角の大きさを有する場合は、タンタル箔などに集束イオンビームを照射することによってもピンホール3を形成することができる。

【0018】図2は、上記所定の大きさの矩形状の穴が形成された2枚の電子顕微鏡用のグリッドメッシュを重

ね合わせることにより、矩形状のピンホールを有するマスクを形成した場合を示している。図3は集束イオンビームを用いて直接円形状のピンホールを有するマスクを形成した場合を示している。

【0019】一般に集束イオンビームの断面は円形であるので、円形状のピンホールを有するマスクを形成するに当っては、図3に示すように集束イオンビームを用いることが好ましい。一方、矩形状のピンホールを有するマスクは、図2に示すような方法によって容易に形成することができるので、かかる方法を用いることが好ましい。また、マスク2に用いることのできる材料は特に限定されるものではなく、タンタル、銅、鉄、シリコン、及びタングステンなどの公知の材料を用いることができる。

【0020】前記X-Y駆動系6及びZ駆動系7は特に限定されるものではなく、ステップモータなどの任意の駆動手段を用いることができるが、機械的駆動手段とピエゾ素子駆動手段とを併用することが好ましい。すなわち、機械的駆動手段を粗動手段として用い、ピエゾ素子駆動手段を微動手段として用いることにより、複数の微細素子を高精度に短時間で作製することができ、生産性の向上を図ることができる。

【0021】機械的駆動手段としては特に限定されるものではないが、ステッピングモータ及びステッピングモータとギアとを組み合わせもの、などを例示することができる。また、ピエゾ素子駆動手段としても特に限定されるものではなく、インチウォームモータ(商品名)及びデジタルピエゾトランスレータ(商品名)などの公知のピエゾ素子駆動手段を用いることができる。

【0022】本発明の方法を用いた微細素子の形成は以下のようにして行う。最初に、真空チャンバ9内をポンプ(図示せず)により $1 \times 10^{-6}$  Torr以下にまで排気する。次いで、基板1を所望の温度に加熱するとともに蒸発源8を加熱して、蒸着物質の蒸気を発生させる。真空チャンバ9内に設けられた膜厚モニタにより、蒸発源8からの蒸発率が一定になったのを確認した後、シャッタ4を開き、マスク2のピンホール3を介して、基板1上に蒸発源8からの蒸着物質を堆積して微細素子を形成する。一定時間が経過した後、シャッタ4を閉めることによって基板1上への堆積を終了する。尚、微細な素子を形成するという観点から、マスク2を基板1に接触させて前記蒸着物質の堆積を行うことが好ましい。

【0023】微細素子の大きさは、前記ピンホール3の大きさと、基板1上への蒸着物質の堆積時間及び蒸着物質の蒸発率(蒸発速度)によって決定される。本発明の方法では、上述したように極めて微細なピンホール3を有するマスク2を介して行うため、このようにして形成される素子は、ピンホール3の形状を円形とした場合においては、直径10 nm~2 μm、高さ1 nm~10 μm、ピンホール3の形状を矩形とした場合においては、

10 nm ~ 2 μm角、高さ1 nm ~ 10 μmの極めて微細なものとすることができる。

【0024】基板1上へ複数の素子を形成する場合は、上述したように方法によって微細素子を形成した後、マスク2に接触した基板1をZ駆動系7によって微量浮上させ、X-Y駆動系6によって基板1をマスク2に対して平行にステップ移動させて、再度上述したような堆積を行うことによって所定の大きさの素子を形成する。

【0025】微細素子を形成するという観点から、前記ステップ移動は0.1 ~ 50 nmの範囲で行うことが好ましく、さらには、0.1 ~ 10 nmの範囲で行うことが好ましい。一方、上記のような蒸着工程において、すなわち、蒸着物質の蒸気を発生させた状態において、X-Y駆動系6を一方方向に移動し続けることにより、幅が10 nm ~ 2 μmで、長さが数ミリに達する細線状の素子を形成することもできる。

【0026】尚、図1においては、マスク2として単一のピンホール3を有する場合のみを示しているが、ピンホール3の数は必ずしも単一である必要はなく任意の数とすることができる。複数のピンホールを有するマスクを用いた場合においては、基板の上に複数の素子を同時に形成することができ、生産性をより向上させることができる。

【0027】また、マスクに複数のピンホールを形成する場合、その大きさ及び形状を必ずしも全て同一に形成する必要はなく、互いに異なる大きさ及び形状とすることができる。このようなマスクを用いた場合においては、基板の上に異なる大きさ及び形状の複数の素子を同時に形成することができる。さらに、ステップ移動させて複数の素子を基板の上に形成させる場合において、ステップ移動によって素子を形成する際の蒸着物質の堆積時間を変化させることにより、高さの異なる複数の微細素子を基板の上に形成することができる。

【0028】以上では、蒸着法により基板の上に微細素子を形成する場合について説明したが、本発明は必ずしも蒸着法に限定されるものではなく、スパッタ法、CVD法、MBE法、及びレーザアブレーション法などの任意の堆積方法について使用することができる。また、本発明は任意の微細素子の形成に際して使用することができるが、特定の結晶配向性が要求されない、鉄、コバルト、ニッケル、希土類金属およびそれらを含む金属もしくは化合物の形成に際して極めて有効に用いることができる。

【0029】

【実施例】以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明する。素子形成装置として図1に示すような微細素子形成装置を用い、スライドガラスの基板1上に、コバル

トの形成を行った。また、ピンホールマスク2のピンホール3は、30 μm角の穴を有する電子顕微鏡用のグリッドメッシュを、図2に示すように2枚重ね合わせて、1.3 μm角の矩形とした。

【0030】最初に、真空チャンバ9を $1 \times 10^{-6}$  Torrまで排気した後、蒸発源8として電子ビーム装置を用い、コバルトペレットを入れた銅製のハースを前記電子ビーム装置に載置し、その後、2 kVの電圧を印加して前記コバルトを蒸発させた。真空チャンバ9内に設けられた膜厚モニタ(図示せず)で、前記コバルトの蒸発率をモニタし、蒸発率が6 nm/分になったところでシャッタ4を開け、前記膜厚モニタの値が100 nmに達するまでピンホールマスク2を介して基板1上に堆積させた。

【0031】得られた素子の大きさを原子間力顕微鏡を用いて測定したところ、1.3 μm角、高さ100 nmの矩形上の微細素子の形成されていることが判明した。すなわち、本発明の微細素子の形成方法及びその装置により、微細素子の形成できることが確認された。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の方法及び装置によれば、従来法と異なり、微細なピンホールを有するピンホールマスクを基板に対向させて配置し、このピンホールマスクを介して基板の上に素子を構成する物質を堆積させることにより、前記基板の上に直接微細素子を形成するものである。したがって、廉価かつ簡易に微細素子の形成が可能となるとともに、堆積時間及び堆積速度を調節することにより、素子の厚さを任意に調節することができ、薄膜ヘッドなどの厚さを必要とするデバイスにも容易に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の微細素子の形成方法に好適に用いることのできる装置の一例を示す概略図である。

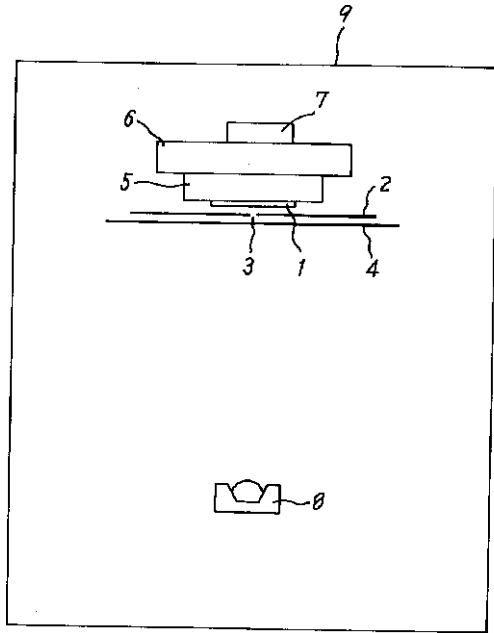
【図2】 本発明の方法に使用するマスクにおけるピンホールの形成方法の一例を示す図である。

【図3】 本発明の方法に使用するマスクにおけるピンホールの形成方法の他の例を示す図である。

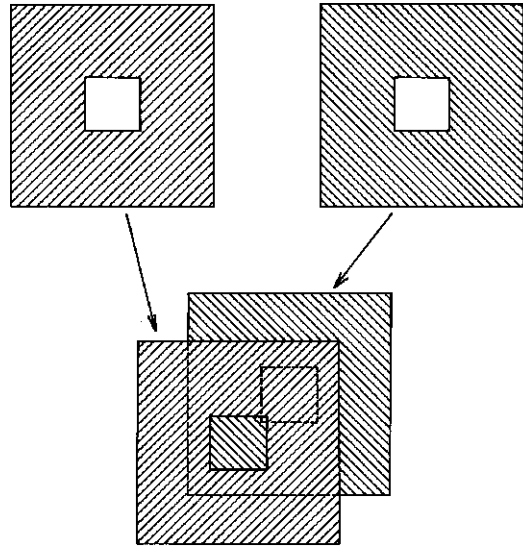
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 ピンホールマスク
- 3 ピンホール
- 4 シャッタ
- 5 基板ホルダー
- 6 X-Y駆動系
- 7 Z駆動系
- 8 蒸発源
- 9 真空チャンバ

【図1】



【図2】



【図3】

