

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2009年4月2日 (02.04.2009)

PCT

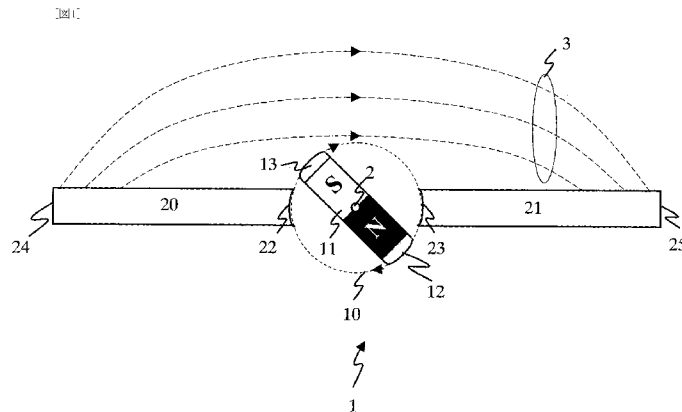
(10) 国際公開番号  
WO 2009/040892 A1

- (51) 国際特許分類:  
C23C 14/34 (2006.01) H01F 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/068627
- (22) 国際出願日: 2007年9月26日 (26.09.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): キヤノンアネルバ株式会社 (Canon ANELVA Corporation) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): アバラアインシュタインノエル (ABARRA, Einstein Noel) [PH/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 遠藤徹哉 (ENDO, Tetsuya) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 岡部 正夫, 外 (OKABE, Masao et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内3-2-3 富士ビル602号室 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

/ 続葉有 /

(54) Title: MAGNET ASSEMBLY CAPABLE OF GENERATING MAGNETIC FIELD WHOSE DIRECTION IS UNIFORM AND CHANGEABLE AND SPUTTERING DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 方向が均一で、かつ方向を変えることができる磁場が生成可能な磁石アセンブリ及びこれを用いたスパッタリング装置



(57) Abstract: A magnet assembly comprises a rotatable dipole magnet sub-assembly including a permanent magnet and magnetically permeable convex end portions respectively coupled to both ends of the permanent magnet and at least two magnetically-permeable flux guide sub-assemblies magnetically couplable to the dipole magnet sub-assembly. Each flux guide sub-assembly has a concave end portion fittable on the convex end portion. The flux guide sub-assemblies guide the magnetic flux from the dipole magnet sub-assembly to generate a magnetic field outside. By inverting the fitted state in the flux guide sub-assemblies by rotating the dipole magnet sub-assembly, the direction of the magnetic field generated outside can be easily inversed.

(57) 要約: 永久磁石と当該永久磁石の両端の各々に結合された磁気透過性の凸状端部とを含む回転可能な双極子磁石サブアセンブリと、双極子磁石サブアセンブリに磁氣的に結合されるように構成された少なくとも2つの磁気透過性の磁束ガイドサブアセンブリとを具備する。磁束ガイドサブアセンブリは上記凸状端部と嵌合する凹状端部を有する。磁束ガイドサブアセンブリは、双極子磁石サブアセンブリからの磁束を導いて外部に磁場を生じさせる。双極子磁石サブアセンブリを回転して磁束ガイドサブアセンブリとの嵌合状態を反転させることにより、外部に生じる磁場の方向を容易に反転させることができる。



WO 2009/040892 A1



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

方向が均一で、かつ方向を変えることができる磁場が生成可能な磁石アセンブリ及びこれを用いたスパッタリング装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、方向が均一で、かつその方向を変えることができる磁場が生成可能な磁石アセンブリ及びこれを用いて基板上に薄膜を形成するスパッタリング装置に関する。より具体的には、本発明は、回転可能な双極子磁石サブアセンブリにより自身が生成する磁界の方向を変化させることができる磁石アセンブリ、及び、このような磁石アセンブリを使用することにより、基板全体にわたって同一方向に誘導された磁気異方性を有する軟磁性材料の薄膜を成膜するためのスパッタリング装置に関する。

### 背景技術

[0002] 磁気記録媒体用の書き込みヘッドや磁気抵抗ランダムアクセスメモリ(Magnetoresistive Random Access Memory、MRAM)などの分野には、高モーメントの磁気異方性をもつ軟磁性層が必要である。また、例えば磁気抵抗センサ等の分野においては、磁気異方性を得るために均一な方向の磁場雰囲気で、アニーリング処理を行うことが必要になる。しかし、このようなアニーリング処理は金属膜において拡散や結晶構造の変化などを生じさせ、耐熱温度の低いレジスト膜にダメージを与える場合がある。このようなことから、均一な方向の磁場雰囲気で軟磁性層をスパッタリング成膜する方法が好まれている。

[0003] このような軟磁性層を基板上に成膜するために利用できる構成は従来から提案されている。例えば、米国特許第5, 519, 373号明細書(特許文献1)では、中空円柱状の非磁性固定器具の円周に沿って柱状の複数の永久磁石を配置した構成が開示されている。各々の永久磁石は異なる方向に磁化されており、全体として所定の方向の磁場が形成される。当該中空円柱状の固定器具の内部に基板を配置し、軟磁性材料を基板上にスパッタリングすることにより、所望の方向に誘導された磁気異方性膜を形成することができる。

[0004] 一方、永久磁石の代わりに電磁石を利用する手法も提案されている。米国特許第6

, 475, 359号明細書(特許文献2)は、基板支持台の下に平面電磁石を配置することによって、所望の一方向の磁場を印加した状態でスパッタリングを行うことを開示している。また、米国特許第6, 790, 482号明細書(特許文献3)は、少なくとも3つの電磁石からなる構成を提案している。それぞれの電磁石の双極子軸は平面に対して平行であり、これら電磁石は、当該平面に対して垂直な方向から見た場合に閉じた面を形成するように配置されている。そして、真空チャンバ内に設置された基板支持台の下にこの磁石配置を設けることにより、所望の異方性方向をもつ磁性層を基板上に成膜することができる。

[0005] 特許文献1:米国特許第5, 519, 373号明細書

特許文献2:米国特許第6, 475, 359号明細書

特許文献3:米国特許第6, 790, 482号明細書

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 実際に基板上へのスパッタリングを行なう際には、基板に印加される磁場がスパッタ粒子の軌道に対して及ぼす影響を低減するために、また、対向するカソードマグネットからの漏洩磁場との干渉を減らすために、磁場の強さ及び方向を制御することが重要である。特に、磁場方向はスパッタリング中に180度反転させることが好ましい。したがって、基板上に一方向の磁場が印加された状態において所定の時間だけスパッタリングプロセスを行った後、磁場方向を反転させ、逆方向の一方向磁場が基板上に印加された状態で再びスパッタリングプロセスを行う必要がある。つまり、基板に印加される磁場がスパッタ粒子の軌道に影響を与え、また、対向するカソードマグネットからの漏洩磁場との干渉による結果として膜厚分布の偏りが引き起こされたとしても、磁場印加方向を反転させることで、膜厚分布の偏りを相殺することができる。

[0007] 永久磁石を使用する特許文献1のような構成は、電磁石と異なり大きな電力供給が不要であるという利点を有する。しかし、基板に印加される磁場の方向は固定であるので、磁場方向を反転させるために、すべての磁石を含む装置自体の向きを基板に対して反転させる必要がある。したがって、この目的のための回転機構が必要となり、スパッタリング装置が複雑化し、コストが増大する。

- [0008] 一方、電磁石を使用する特許文献2及び特許文献3の場合には、スパッタリング装置を機械的に回転させる必要はなく、電磁石に与える電流の方向を変えることにより容易に磁場の方向を反転させることができる。しかし、この目的のためには電磁石に大きな電流を流す必要があり、真空チャンバ内の温度が上昇するという問題が生じる。したがって、この温度上昇を防止するための冷却機構を設ける必要があり、スパッタリング装置のコストが増大する。
- [0009] さらに、これら従来の構成は、比較的小さな領域において均一な磁場を生成するものであった。しかしながら、磁気記録媒体用の書き込みヘッドやMRAMに使用されるウェハは少なくとも直径5インチ(12.7cm)であり、12インチ(30.48cm)にもなることがある。
- [0010] 本発明の目的は、比較的大きな領域にわたって一方向磁場を生成し、かつその向きを変えることができ、構成全体を回転させるための機構や冷却機構を必要としない低コストの磁石アセンブリを実現することである。
- [0011] また、本発明の目的は、このような磁石アセンブリを利用して、基板全体にわたって同一方向に誘導された磁気異方性を有する薄膜を成膜することが可能なスパッタリング装置を実現することである。

#### 課題を解決するための手段

- [0012] 上述の目的を達成するため、本発明の磁石アセンブリは、永久磁石と当該永久磁石の両端の各々に結合された磁気透過性の凸状端部とを含む、少なくとも1つの回転可能な双極子磁石サブアセンブリと、双極子磁石サブアセンブリに磁氣的に結合されるように構成された少なくとも2つの磁気透過性の磁束ガイドサブアセンブリとを具備する。磁束ガイドサブアセンブリの各々は、双極子磁石サブアセンブリの凸状端部と嵌合する凹状端部を有している。双極子磁石サブアセンブリの一方の凸状端部が一方の磁束ガイドサブアセンブリの凹状端部と嵌合すると、他方の凸状端部が他方の磁束ガイドサブアセンブリの凹状端部と嵌合し、磁束ガイドサブアセンブリは、双極子磁石サブアセンブリからの磁束を導いて外部に磁場を生じさせる。本発明の磁石アセンブリは双極子磁石サブアセンブリを回転させるための手段を具備しており、双極子磁石サブアセンブリを回転して少なくとも2つの磁束ガイドサブアセンブリとの

嵌合状態を反転させることにより、外部に生じる磁場の方向を容易に反転させることができる。

[0013] 本発明の磁石アセンブリは、少なくとも2つの双極子磁石サブアセンブリと少なくとも3つの磁束ガイドサブアセンブリとを具備するように構成されてもよい。この場合、少なくとも2つの双極子磁石サブアセンブリは好ましくは縦列に配置され、少なくとも1つの磁束ガイドサブアセンブリが双極子磁石サブアセンブリの間に配置される。

[0014] 磁束ガイドサブアセンブリの各々は、凹状端部を有する第1アームと、第1アームの凹状端部と反対の端部から第1アームに対して垂直に延在する第2アームとからなるように構成してもよい。この場合、双極子磁石サブアセンブリからの磁束は第1及び第2アームにより導かれ、第2アームの端から外部に磁場を生じる。

[0015] 本発明の磁石アセンブリにおいて、永久磁石は同じ長さの複数の磁石から構成されてもよい。これら複数の磁石は異なる磁力を有していてもよく、より磁力の強い磁石を永久磁石の端部のより近くに配置してもよい。

[0016] また、磁束ガイドサブアセンブリは均一でない厚さを有するように構成してもよい。上述のような磁石アセンブリを利用してスパッタリング装置を構成できる。本発明のスパッタリング装置は、真空チャンバと、真空チャンバ内に配置された基板ホルダと、ターゲット材料を保持する電極又はソースと、上述の特徴をもつ磁石アセンブリとを具備する。

[0017] スパッタリング装置は、基板ホルダを挟んで対向する位置に配置された2つの磁石アセンブリを具備するように構成してもよい。磁石アセンブリが上述のように第1アームと第3アームとを有する場合、対向する磁束ガイドサブアセンブリの第2アーム同士をつなぐ第3アームをさらに具備するように構成して、基板表面上に印加される磁場の方向をより均一にすることができる。

[0018] 磁石アセンブリは真空チャンバの外部に配置することも、また真空チャンバの内部に配置することも可能である。また、ターゲット材料を保持する電極は、双極子磁石サブアセンブリの回転に同期して回転するカソードマグネットをさらに含むように構成してもよい。

[0019] また、基板の直径をDとし、磁石アセンブリの長さL、幅W及び高さHをそれぞれL

$=xD$ 、 $W=yD$ 及び $H=zD$ とした場合、本発明のスパッタリング装置に適用する磁石アセンブリの大きさは、好ましくは $1.5 \leq x \leq 2$ 、 $1.5 \leq y \leq 2$ 及び $0.5 \leq z \leq 1$ である。

### 発明の効果

[0020] 本発明の磁石アセンブリにより、直径5インチ乃至12インチ、あるいはそれ以上の大きさの基板表面上に均一な方向の磁場を形成することが可能となる。双極子磁石サブアセンブリのみを回転させて磁場方向を反転させる特徴により、アセンブリ全体を回転させるための機構は不要となる。また、電磁石を使用する必要がないため、大きな電流を流す必要がなく、冷却機構も不要である。したがってアセンブリの構成を簡素化し、コストを低減することができる。

[0021] また、このような磁石アセンブリを具備する本発明のスパッタリング装置を使用することにより、基板全体にわたって実質的に均一な方向の磁気異方性を有する薄膜を成膜することが可能になる。

### 図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本発明の一実施形態に係る磁石アセンブリの構成を示す図である。
- [図2]磁束ガイドサブアセンブリの厚さが均一でない磁石アセンブリの構成を示す図である。
- [図3]本発明の一実施形態に係るスパッタリング装置の構成を示す図である。
- [図4]本発明の別の実施形態に係る磁石アセンブリ及びこれを用いたスパッタリング装置の構成を示す図である。
- [図5]本発明の別の実施形態に係る磁石アセンブリ及びこれを用いたスパッタリング装置の構成を示す図である。
- [図6]図4の構成の斜視図である。
- [図7]図5の条件における磁場方向の傾斜のばらつき及び磁場強度の計算結果を示す図である。
- [図8]カソードマグネットをさらに含むスパッタリング装置の斜視図である。
- [図9]双極子磁石サブアセンブリの回転とカソードマグネットの回転との関係を示す図である。

[図10]本発明のスパッタリング装置の具体的な構成例を示す図である。

[図11]本発明のスパッタリング装置の別の構成例を示す図である。

### 符号の説明

- [0023]
- 1 磁石アセンブリ
  - 2 回転軸
  - 3 磁力線
  - 4 スパッタリング装置
  - 5 磁石アセンブリ
  - 6 スパッタリング装置
  - 7 磁石アセンブリ
  - 8、8a、8b スパッタリング装置
  - 10 双極子磁石サブアセンブリ
  - 11 永久磁石
  - 12、13 磁気透過性端部
  - 20、21 磁束ガイドサブアセンブリ
  - 21a、21b、21c 磁束ガイドサブアセンブリの一部
  - 22、23 凹状端面
  - 24、25 反対側の端面
  - 30、31 磁束ガイドサブアセンブリ
  - 30a、31a 第1アーム
  - 30b、31b 第2アーム
  - 30c、31c 第3アーム
  - 40 基板ホルダ
  - 50 基板
  - 60 カソードマグネット
  - 70 真空チャンバ
  - 80 電極
  - 90、110 ターゲット

100 ガス導入口

120 シャッタ

発明を実施するための最良の形態

[0024] 図1は本発明の一実施形態に係る磁石アセンブリ1の構成を示す。磁石アセンブリ1は、紙面に垂直な軸2の周りに回転可能な双極子磁石サブアセンブリ(部分組立品)10及び少なくとも2つの磁束ガイドサブアセンブリ20及び21からなる。

[0025] 双極子磁石サブアセンブリ10は、少なくとも1つの永久磁石11と、各永久磁石ごとに設けられる2つの磁気透過性端部12及び13とからなる。磁気透過性端部12及び13は凸状の端面を有している。永久磁石11は、好ましくは棒状もしくは方形状であり、同じ長さの複数の磁石から構成されていてもよい。これら複数の磁石は、異なる磁力を有する磁石を含んでもよい。この場合、磁場方向の均一性を改善するために、より磁力の強い磁石を永久磁石11の端部のより近くに配置することができる。

[0026] 一方、磁束ガイドサブアセンブリ20及び21において、双極子磁石サブアセンブリ10に近い側の端面22及び23は凹状となっている。磁束ガイドサブアセンブリ20及び21は、フェライト系ステンレス鋼(SUS)430、SUS410、一般構造用圧延鋼材(SS)400、電磁軟鉄(SUY)、又は鉄及び銅の合金などの磁気透過性材料により構成される。

[0027] 双極子磁石サブアセンブリ10が軸2を中心として回転されて、その長手方向が磁束ガイドサブアセンブリ20及び21の長手方向に一致する向き(図の水平方向)に配置されると、双極子磁石サブアセンブリ10と磁束ガイドサブアセンブリ20及び21とは、端部12及び13の凸状の端面ならびに凹状の端面22及び23を介してはめ合わせられる。永久磁石11のN極側の端部12が磁束ガイドサブアセンブリ20とはめ合わせられた場合、永久磁石11のN極から生じる磁束は、端部12と端面22とを介して磁束ガイドアセンブリ20中を導かれ、反対側の端面24付近から外部に放射される。当該磁束は磁束ガイドサブアセンブリ21の反対側の端面25付近から再び磁束ガイドサブアセンブリ21内を導かれ、永久磁石11のS極側の端部13へと達する。図1における複数の点線矢印3は上記の場合に磁石アセンブリ1の外部に生じる磁力線の方

- [0028] さらに、双極子磁石サブアセンブリ10を回転軸2を中心として回転させて、端部12を磁束ガイドサブアセンブリ21とはめ合わせるだけで、図示される磁力線3の方向とは反対の向きの磁場が容易に形成される。このように、本発明の磁石アセンブリ1は、可変な均一方向の磁場を外部に生成することができる。さらに、磁束ガイドサブアセンブリ20及び21を使用することにより、このような磁場を比較的大きな領域にわたって生成することができる。
- [0029] 尚、双極子磁石サブアセンブリ10の回転軸は必ずしも図1において紙面に垂直である必要はなく、例えば紙面に平行であってもよい。双極子磁石サブアセンブリ10の端部12及び13のうち一方が磁束アセンブリ20とはめ合わされている状態から、他方の端部が磁束アセンブリ20とはめ合わされる状態へとスムーズに移行できればよい。
- [0030] また、磁束ガイドサブアセンブリ20及び21は均一でない厚さを有してもよい。このような構成の一例を図2に示す。図2において、磁束ガイドサブアセンブリ21は、永久磁石11とほぼ同等の均一な厚さを有する部分21aと、永久磁石11よりも薄く、均一な厚さを有する部分21cと、これらの部分21a及び21cの間に位置し、永久磁石から離れるに従って厚さが薄くなる部分21bとからなる。
- [0031] 図3は、磁石アセンブリ1を用いて構成される、本発明の一実施形態に係るスパッタリング装置4の構成を示す。スパッタリング装置4は、図1に示した磁石アセンブリ1と、基板50を設置するための基板ホルダ40とを具備する。双極子磁石サブアセンブリ10の回転軸2は、例えば、基板ホルダ40の支柱に取り付けられる。基板ホルダ40は、通常、真空チャンバ内に配置される。基板ホルダ40に取り付けられた磁石アセンブリ1は、真空チャンバの内部又は外部に配置されるように構成される。当該真空チャンバ内においては、さらに軟磁性のターゲット材料を保持する電極又はソースが基板50の上方に設置され、スパッタリング工程等により基板50上に軟磁性層を形成することができる。既に述べたように、磁石アセンブリ1によって可変な均一方向の磁場を基板50の表面上に印加でき、基板50の全体にわたって実質的に同一の向きに方向付けられた磁気異方性を有する軟磁性の薄膜を成膜することができる。一定時間にわたってスパッタリングプロセスを行った後、双極子磁石サブアセンブリ10の向きを反転させることにより基板50表面上の磁場の方向を反転させ、再び一定時間にわたって

てスパッタリングプロセスを行う。これにより、印加される磁場がスパッタ粒子の軌道に対して及ぼす影響を低減することができる。

[0032] 図4は本発明の別の実施形態に係る磁石アセンブリ5及びこれを用いたスパッタリング装置6の構成を示す図である。基板50の表面上に形成される磁場を強化するため、少なくとも2つの双極子磁石サブアセンブリ10a及び10bが使用される。図4においては、2つの双極子磁石サブアセンブリ10a及び10bが縦列に配置されている。また、磁束ガイドサブアセンブリ20及び21に加えて、2つの双極子磁石サブアセンブリ間にもう1つの磁束ガイドサブアセンブリ26がさらに配置される。より強力な磁場を生成するべく、複数の双極子磁石サブアセンブリは好ましくは同期的に回転される。例えば、双極子磁石サブアセンブリ10aのN極側の端部12aが磁束ガイドサブアセンブリ20と接触する際には、双極子磁石サブアセンブリ10bのN極側の端部12bは磁束ガイドサブアセンブリ26と接触する。スパッタリング装置6の動作は図3の場合と同様であり、一定時間にわたってスパッタリングプロセスを行った後、双極子磁石サブアセンブリ10a及び10bの向きを反転させることにより基板50表面上の磁場の方向を反転させ、再び一定時間にわたってスパッタリングプロセスを行う。

[0033] 図5は本発明の別の実施形態に係る磁石アセンブリ7及びこれを用いたスパッタリング装置8の構成を示す。図6は図5の構成の斜視図である。図6においては、磁石アセンブリ7の構成がより明確に理解できるよう、基板ホルダ40が省略されている。図5においては単一の双極子磁石サブアセンブリ10が使用されているが、図4のように複数の双極子磁石サブアセンブリを縦列に配置してもよい。

[0034] 本実施例の磁石アセンブリ7において、磁束ガイドサブアセンブリ30及び31は、水平方向に延在する第1アーム30a及び31a、並びに、第1アーム30a及び31aにおける双極子磁石サブアセンブリ10から遠い側の端部から垂直方向に延在する第2アーム30b及び31bを具備する。さらに、このような磁石アセンブリ7を図6のように並列に2つ並べて用いる場合には、第2アーム30b及び31bから延在してこれら2つの磁石アセンブリを橋渡しするように構成される第3アーム30c及び31cが具備される。

[0035] これら第1乃至第3アームは、フェライト系ステンレス鋼(SUS)430、SUS410、一般構造用圧延鋼材(SS)400、電磁軟鉄(SUY)、又は鉄及び銅の合金などの磁気

透過性材料により構成される。図5及び図6において、これら第1乃至第3アームは別個の部材として示されているが、一体的に成形されてもよい。

- [0036] 図6の状態において、双極子磁石サブアセンブリ10のN極から生じる磁束は、第1アーム31a内を導かれ、さらに第1アーム31aから垂直に延在する第2アーム31b内を導かれる。したがって、水平な構成の磁束ガイドサブアセンブリ20及び21を利用する図1乃至図3の実施例と比較して、本実施例の双極子磁石サブアセンブリ10は、基板ホルダ40のステージ及びその上に設置される基板50からより離して配置することが可能である。この構成により、永久磁石11から磁束ガイドサブアセンブリ30及び31内に導かれることなく外部に放射される漏れ磁場が基板50の表面上の磁場に及ぼす影響を低減することができる。
- [0037] スパッタリング対象の基板の直径Dが200mmである場合におけるスパッタリング装置7の各構成要素の大きさの一例が図6に示されている。第2アーム30bの端から第2アーム31bの端までの長さL及び第3アーム30c及び31cの幅Wは336mmである。第2アーム30b及び31bの下端から第3アーム30c及び31cの上端までの高さHは120mmである。また、双極子磁石サブアセンブリ10の長さは50mm、第1アーム30aの端から第1アーム31aの端までは296mm、第3アーム30c及び31cの断面の大きさは20mm×20mmである。なお、このときのアームの材質はSS400材とした。
- [0038] このような条件のもと、基板50の表面上に形成される磁場の方向と強さを計算した。計算の前提として、永久磁石11の材料をネオジウム・鉄・ボロン(NdFeB)とし、最大磁気エネルギー積を48MGOeと仮定した。双極子磁石サブアセンブリ10のN極側が第1アーム31aに接すると仮定しており、したがって磁場は第3アーム31cから第3アーム30cに向かう方向に生じている。基板50の右上1/4部分について計算した磁場方向のスキュー分散角及び磁場強度を図7に示す。図7中の矢印は基板50上の磁場の方向を示している。
- [0039] 図7の左図に示されるように、計算された磁場方向のばらつきは2°にも満たない非常に小さな値(最大でも1.69°)となった。また、図7の右図に示されるように、35Gから39G程度の範囲の磁場が生成されうることが分かった。この計算結果から、本発明により基板上に実質的に均一な方向の磁場を生成できることが示された。

- [0040] さらに、図6におけるL、W及びHの値の好ましい範囲を特定すべく計算を行った。基板直径をDとし、 $L = xD$ 、 $W = yD$ 及び $H = zD$ とすると、磁場方向のばらつきが $\pm 2^\circ$ 以下、磁場強度が30G以上となるためには、それぞれ $1.5 \leq x \leq 2$ 、 $1.5 \leq y \leq 2$ 及び $0.5 \leq z \leq 1$ という条件が必要であると分かった。
- [0041] 例えば、磁石アセンブリ7のサイズが小さくなる $x = 1.5$ 、 $y = 1.5$ 、 $z = 0.5$ のときには磁場方向のばらつきが $\pm 1.57^\circ$ 、平均磁場強度47Gであり、磁石アセンブリ7のサイズが大きくなる $x = 2$ 、 $y = 2$ 、 $z = 1$ では磁場方向のばらつきが $\pm 1.89^\circ$ 、磁場強度の平均値は31Gであった。
- [0042] 図6のスパッタリング装置8において、ターゲット材料を保持する電極は、双極子磁石サブアセンブリ10の回転に同期して回転するカソードマグネット60をさらに含むように構成してもよい。この構成の斜視図を図8に示す。図8においては、磁石アセンブリ7の構成がより明確に理解できるよう、基板ホルダ40が省略されている。
- [0043] 図9は図8の構成を上から見たものであり、双極子磁石サブアセンブリ10の回転とカソードマグネット60の回転との関係を具体的に示している。カソードマグネット60は常に回転しており、図9の例においては上から見て時計回りに回転している。図9の1)の位置からカソードマグネット60が回転し、2)等の状態を経て、3)において再び1)と同じ位相となると、このタイミングに同期して双極子磁石サブアセンブリ10が反転される。カソードマグネット60はさらに回転を続け、4)等の状態を経て、5)のように再び1)及び3)と同じ位相となる。双極子磁石サブアセンブリ10はこのタイミングに合わせて反転する。このように、双極子磁石サブアセンブリ10は、回転し続けるカソードマグネット60が特定の位相になったときに反転されるように同期的に制御される。このような構成を採用することにより、双極子磁石サブアセンブリ10とカソードマグネット60による磁場の干渉の再現性が得られ、膜厚分布の再現性を得ることが可能となる。
- [0044] 本実施例のスパッタリング装置のより具体的な構成例を図10に示す。図10のスパッタリング装置8aにおいては、図5に示す構成が真空チャンバ70内に配置されている。さらに、軟磁性のターゲット90を保持する電極80が基板50の上方に設置されており、電極80にはDC又はRF電力が供給される。ガス導入口100より、真空チャンバ70内に例えばアルゴン(Ar)ガスや窒素( $N_2$ )ガスが導入され、ターゲット90を保持

する電極80にDC又はRFの電力が印加されると、真空チャンバ70内にプラズマが発生する。プラズマから引き出されたArイオン等がターゲット90に衝突し、スパッタ粒子として基板50上に所望の膜が形成される。

[0045] 本実施例のスパッタリング装置の別の構成例を図11に示す。図11のスパッタ装置8bは、電極80に取り付けられた軟磁性のターゲット90及び電極81に取り付けられた絶縁物(例えば、MgO)のターゲット110を有しており、基板50上に軟磁性層と絶縁層の積層構造を形成することができる。ターゲット90及び110は基板ホルダー40の基板設置面に対して非平行に設置されている。ここでターゲット90及び110の直径は基板ホルダー40と同じか、または小さいことが好ましい。電極80及び81にはプラズマを生成するためのDC電力又はRF電力が供給される。真空チャンバ70内には、ガス導入口100を介してアルゴン(Ar)ガス、窒素( $N_2$ )ガスが導入可能となっている。シャッタ120は、成膜処理時にのみ開けられ、成膜処理時以外は閉じられており、薄い膜を成膜する際に成膜性能を保つために使用される。ターゲット90、110を保持する電極80、81にDC電力又はRF電力が印加されると、真空チャンバ70内にプラズマが発生する。プラズマから引き出されたArイオン等がターゲット90、110に衝突し、スパッタ粒子として基板50上に軟磁性層もしくは絶縁層の膜が形成される。尚、上述のように、ターゲット90、110を保持する電極80、81は、双極子磁石サブアセンブリ10の回転に同期して回転するカソードマグネット60をさらに含むように構成してもよい。

[0046] 本発明を各種実施態様について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で、各種実施態様における各構成要素を變形(削除も含む。)することにより具体化できる。また、各種実施態様間の構成要素を置換したり、各種実施態様の複数の構成要素を組み合わせたりすることにより、種々の発明を形成することもできる。

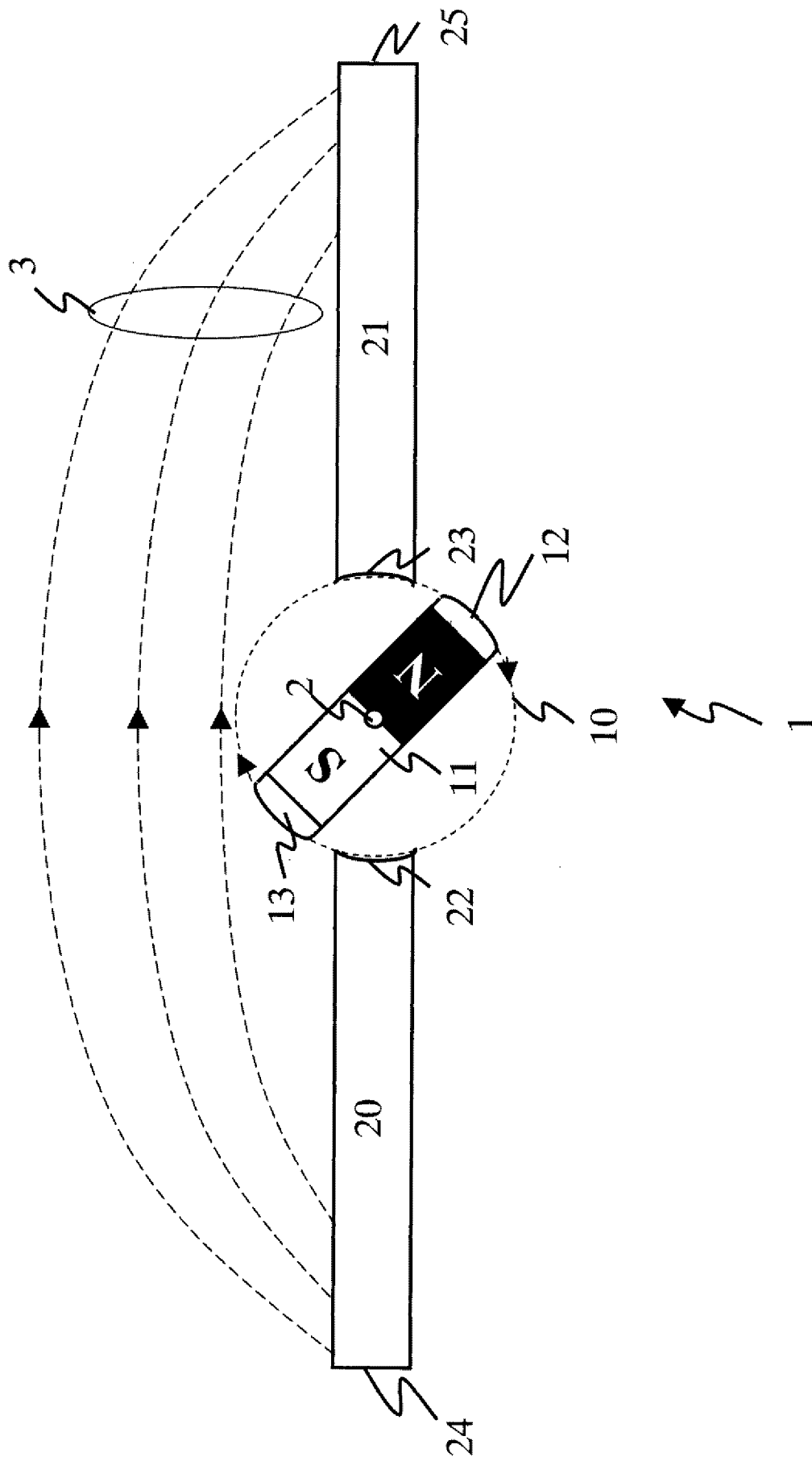
## 請求の範囲

- [1] 永久磁石と前記永久磁石の両端の各々に結合された磁気透過性の凸状端部とからなる、少なくとも1つの回転可能な双極子磁石サブアセンブリと、  
前記双極子磁石サブアセンブリに磁氣的に結合されるように構成された少なくとも2つの磁気透過性の磁束ガイドサブアセンブリとを具備する磁石アセンブリにおいて、  
前記磁束ガイドサブアセンブリの各々は、前記双極子磁石サブアセンブリの前記凸状端部と嵌合する凹状端部を有し、  
前記双極子磁石サブアセンブリの一方の凸状端部が一方の磁束ガイドサブアセンブリの凹状端部と嵌合すると、他方の凸状端部が他方の磁束ガイドサブアセンブリの凹状端部と嵌合し、前記磁束ガイドサブアセンブリは、前記双極子磁石サブアセンブリからの磁束を導いて外部に磁場を生じ、  
前記双極子磁石サブアセンブリを回転して前記少なくとも2つの磁束ガイドサブアセンブリとの嵌合状態を反転させることにより、外部に生じる磁場の方向が反転する磁石アセンブリ。
- [2] 少なくとも2つの前記双極子磁石サブアセンブリと少なくとも3つの前記磁束ガイドサブアセンブリとを具備し、前記少なくとも2つの双極子磁石サブアセンブリが縦列に配置され、少なくとも1つの磁束ガイドサブアセンブリが前記少なくとも2つの双極子磁石サブアセンブリの間に配置される請求項1に記載の磁石アセンブリ。
- [3] 前記磁束ガイドサブアセンブリの各々は、前記凹状端部を有する第1アームと、前記第1アームの前記凹状端部と反対の端部から前記第1アームに対して垂直に延在する第2アームとからなり、前記双極子磁石サブアセンブリからの磁束は前記第1及び第2アームにより導かれ、前記第2アームの端から外部に磁場を生じる請求項1に記載の磁石アセンブリ。
- [4] 前記永久磁石は同じ長さの複数の磁石からなる請求項1に記載の磁石アセンブリ。
- [5] 前記永久磁石は異なる磁力を有する複数の磁石からなり、より磁力の強い磁石が前記永久磁石の端部のより近くに配置されている請求項1に記載の磁石アセンブリ。
- [6] 前記磁束ガイドサブアセンブリは均一でない厚さを有する請求項1に記載の磁石アセンブリ。

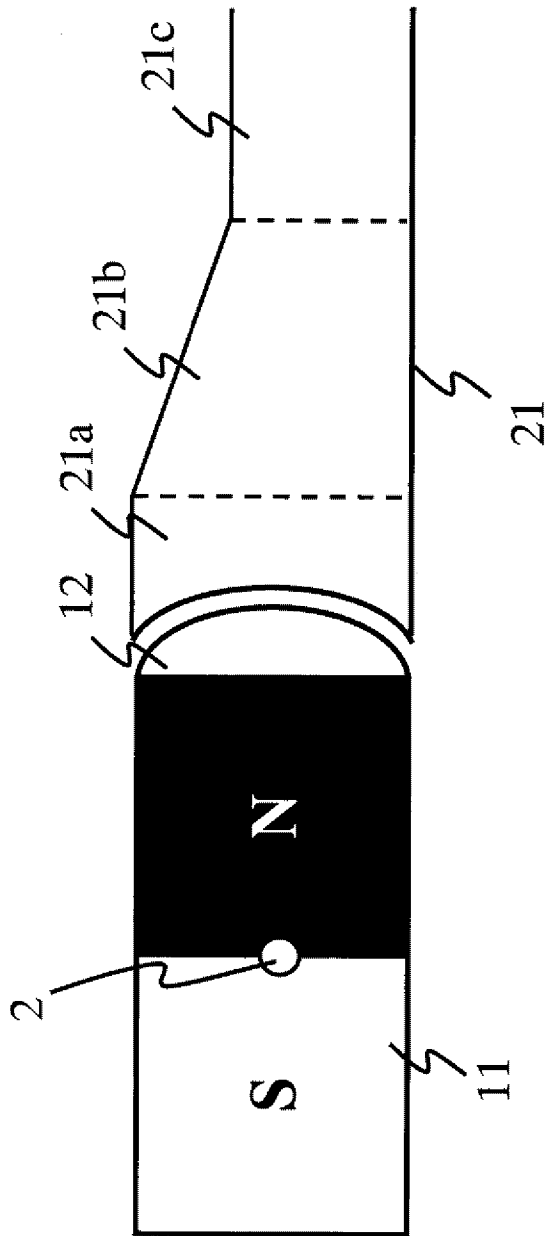
- [7] 前記双極子磁石サブアセンブリを回転する手段を具備する請求項1に記載の磁石アセンブリ。
- [8] 均一な方向の磁気異方性を有する薄膜を基板上に形成するスパッタリング装置であって、  
真空チャンバと、  
前記真空チャンバ内に配置された基板ホルダと、  
ターゲット材料を保持する電極又はソースと、  
磁石アセンブリとを具備し、前記磁石アセンブリは、  
永久磁石と前記永久磁石の両端の各々に結合された磁気透過性の凸状端部とからなる、少なくとも1つの回転可能な双極子磁石サブアセンブリと、  
前記双極子磁石サブアセンブリに磁氣的に結合されるように構成された少なくとも2つの磁気透過性の磁束ガイドサブアセンブリとを具備し、  
前記磁束ガイドサブアセンブリの各々は、前記双極子磁石サブアセンブリの前記凸状端部と嵌合する凹状端部を有し、  
前記双極子磁石サブアセンブリの一方の凸状端部が一方の磁束ガイドサブアセンブリの凹状端部と嵌合すると、他方の凸状端部が他方の磁束ガイドサブアセンブリの凹状端部と嵌合し、前記磁束ガイドサブアセンブリは、前記双極子磁石サブアセンブリからの磁束を導いて前記基板ホルダ上の基板の表面に磁場を生じ、  
前記双極子磁石サブアセンブリを回転して前記少なくとも2つの磁束ガイドサブアセンブリとの嵌合状態を反転させることにより、基板表面の磁場の方向が反転するスパッタリング装置。
- [9] 2つの前記磁石アセンブリを具備し、前記2つの磁石アセンブリが前記基板ホルダを挟んで対向する位置に配置される請求項8に記載のスパッタリング装置。
- [10] 各磁石アセンブリが少なくとも2つの前記双極子磁石サブアセンブリと少なくとも3つの前記磁束ガイドサブアセンブリとを具備し、前記少なくとも2つの双極子磁石サブアセンブリが縦列に配置され、少なくとも1つの磁束ガイドサブアセンブリが前記少なくとも2つの双極子磁石サブアセンブリの間に配置される請求項8に記載のスパッタリング装置。

- [11] 前記磁束ガイドサブアセンブリの各々は、前記凹状端部を有する第1アームと、前記第1アームの前記凹状端部と反対の端部から前記第1アームに対して垂直に延在する第2アームとからなり、前記双極子磁石サブアセンブリからの磁束は前記第1及び第2アームにより導かれる請求項8に記載のスパッタリング装置。
- [12] 2つの前記磁石アセンブリを具備し、前記2つの磁石アセンブリが前記基板ホルダを挟んで対向する位置に配置され、  
対向する磁束ガイドサブアセンブリの第2アーム同士をつなぐ第3アームをさらに具備する請求項11に記載のスパッタリング装置。
- [13] 前記永久磁石は同じ長さの複数の磁石からなる請求項8に記載のスパッタリング装置。
- [14] 前記永久磁石は異なる磁力を有する複数の磁石からなり、より磁力の強い磁石が前記永久磁石の端部のより近くに配置されている請求項8に記載のスパッタリング装置。
- [15] 前記磁束ガイドサブアセンブリは均一でない厚さを有する請求項8に記載のスパッタリング装置。
- [16] 前記双極子磁石サブアセンブリを回転する手段を具備する請求項8に記載のスパッタリング装置。
- [17] 前記磁石アセンブリは前記真空チャンバの外部に配置されている請求項8に記載のスパッタリング装置。
- [18] 前記磁石アセンブリは前記真空チャンバの内部に配置されている請求項8に記載のスパッタリング装置。
- [19] 前記基板の直径をDとし、前記磁石アセンブリの長さL、幅W及び高さHをそれぞれ $L = xD$ 、 $W = yD$ 及び $H = zD$ とした場合、 $1.5 \leq x \leq 2$ 、 $1.5 \leq y \leq 2$ 及び $0.5 \leq z \leq 1$ である請求項12に記載のスパッタリング装置。
- [20] 前記電極は、前記双極子磁石サブアセンブリの回転に同期して回転するカソードマグネットをさらに含む請求項8に記載のスパッタリング装置。

[図1]

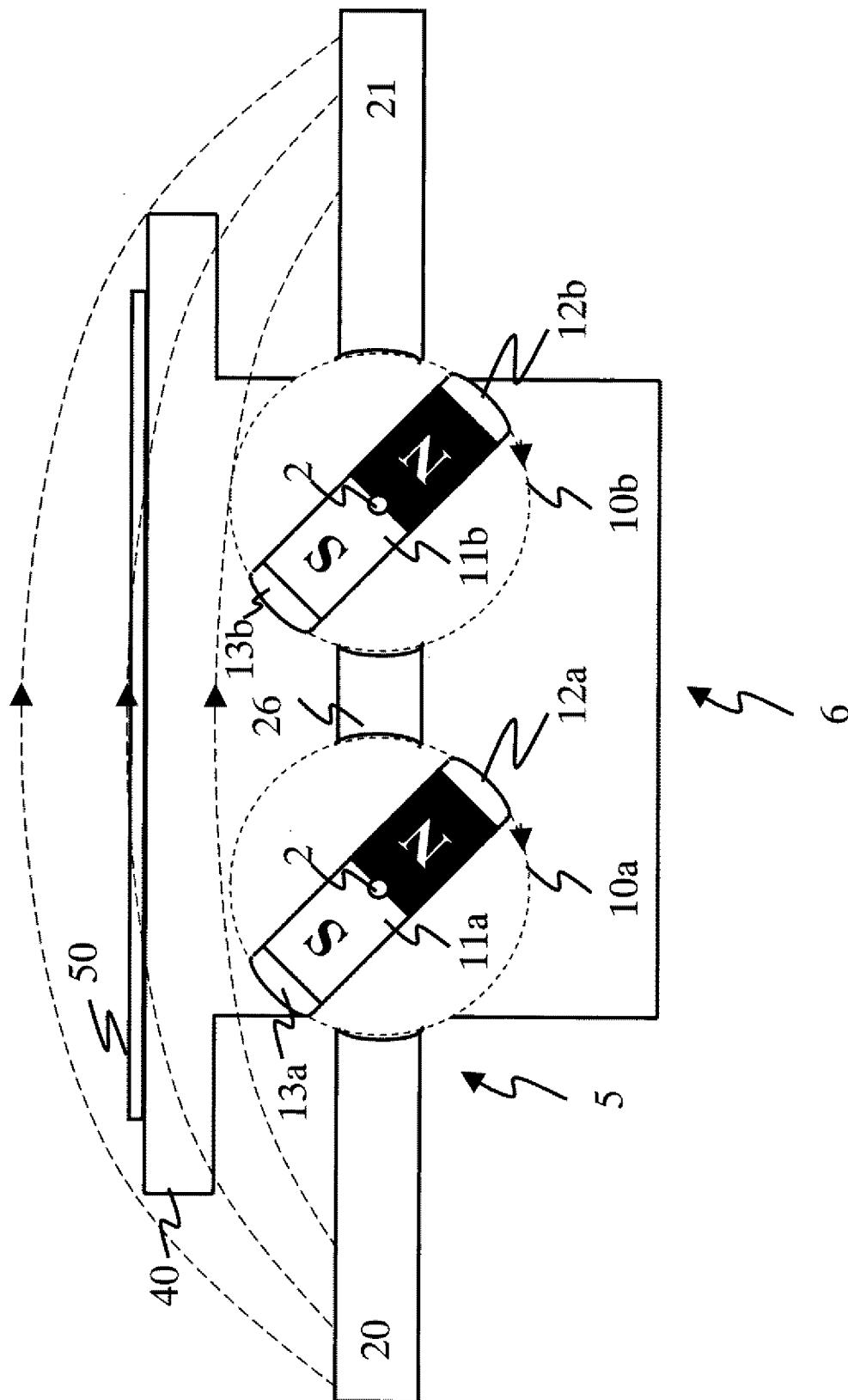


[図2]

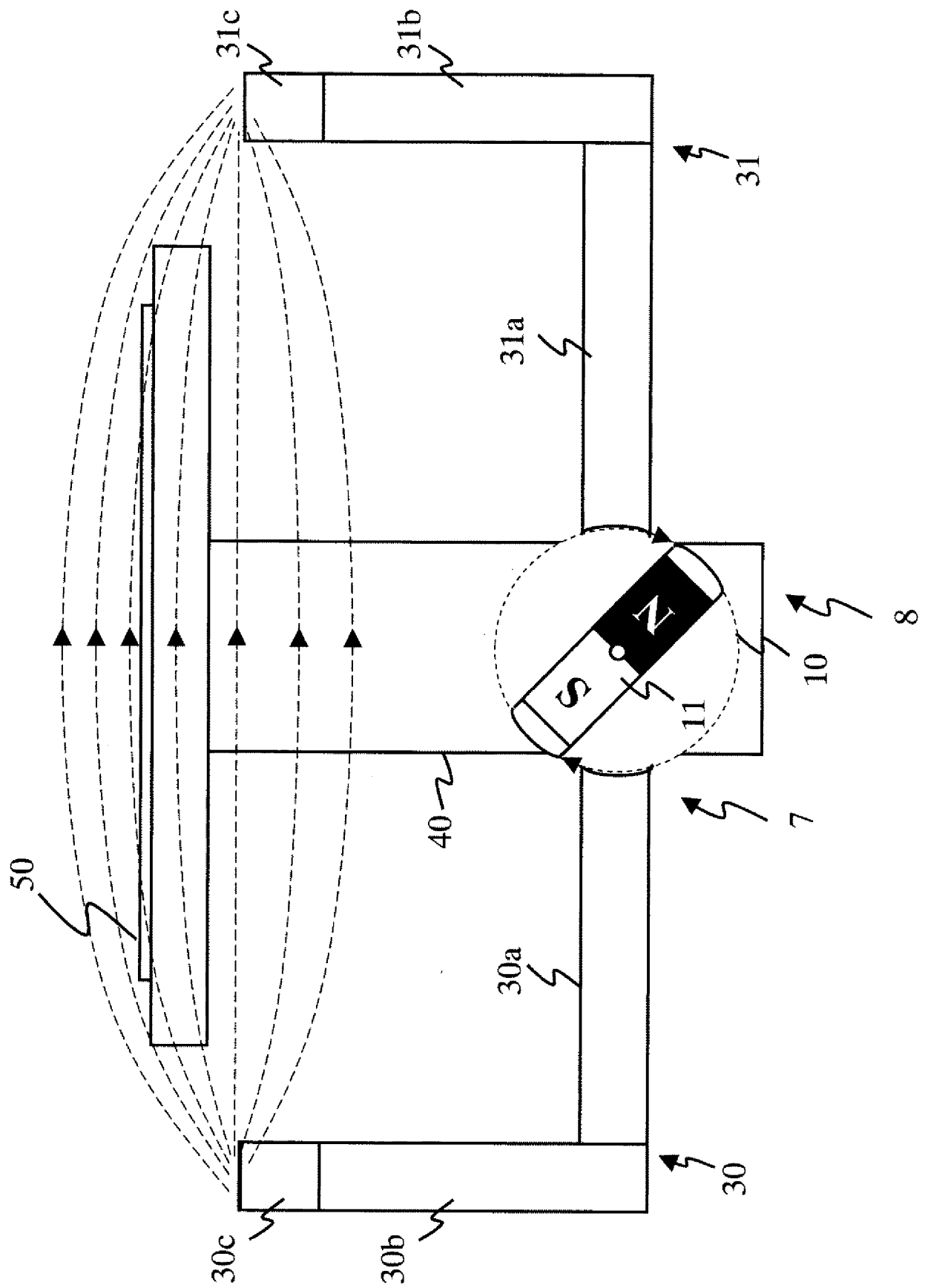




[図4]

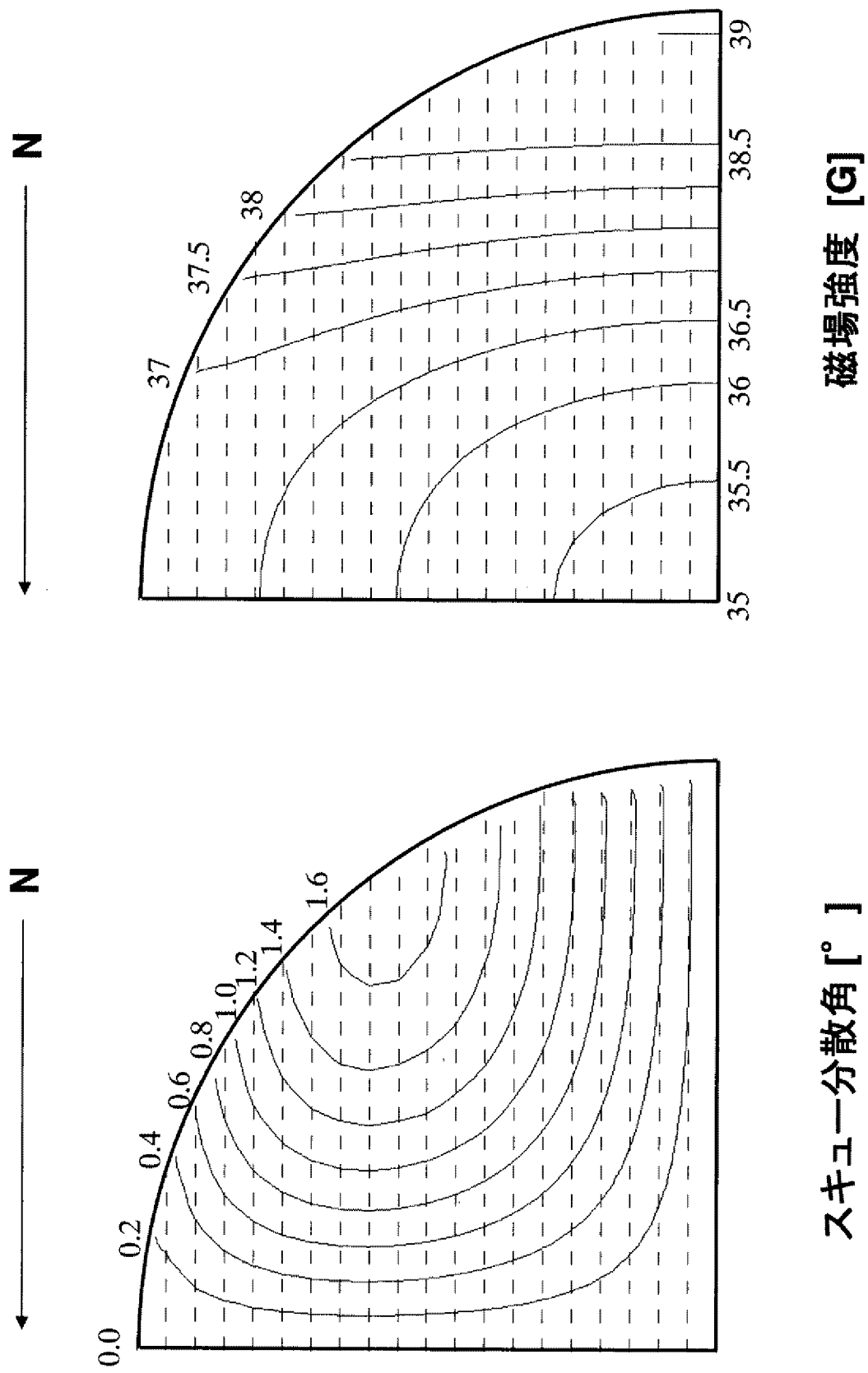


[図5]

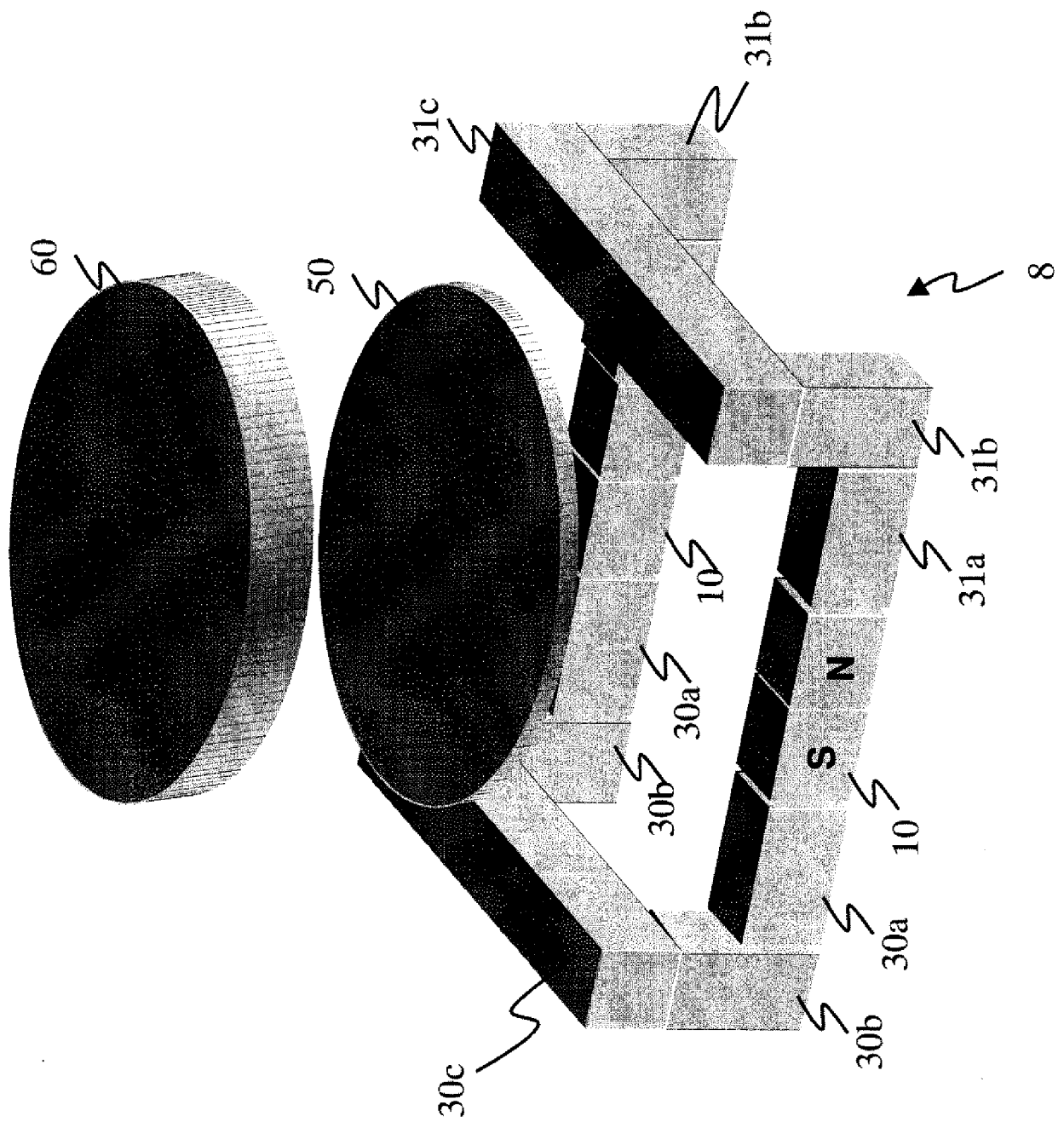




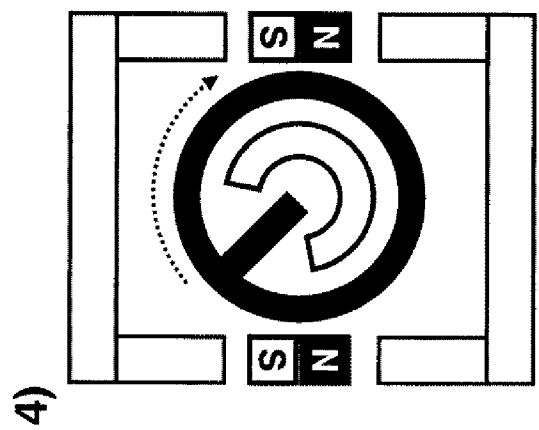
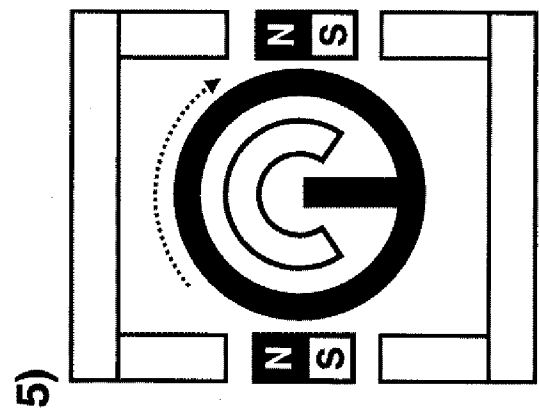
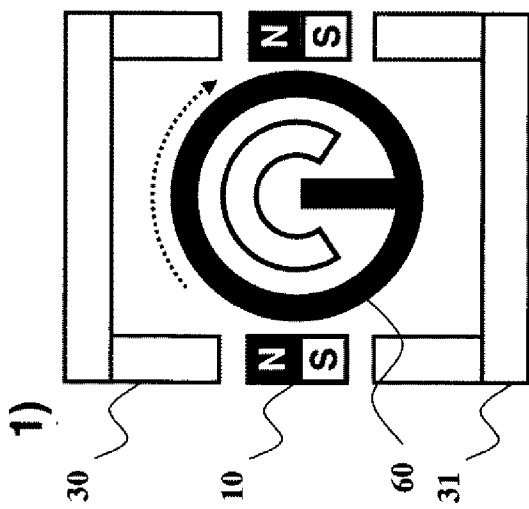
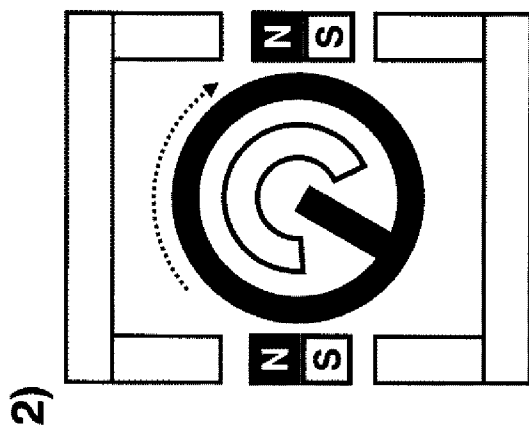
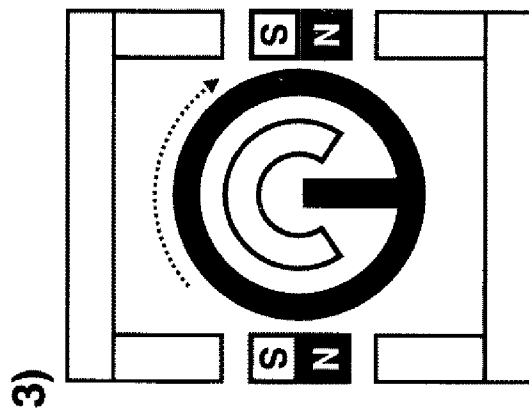
[図7]



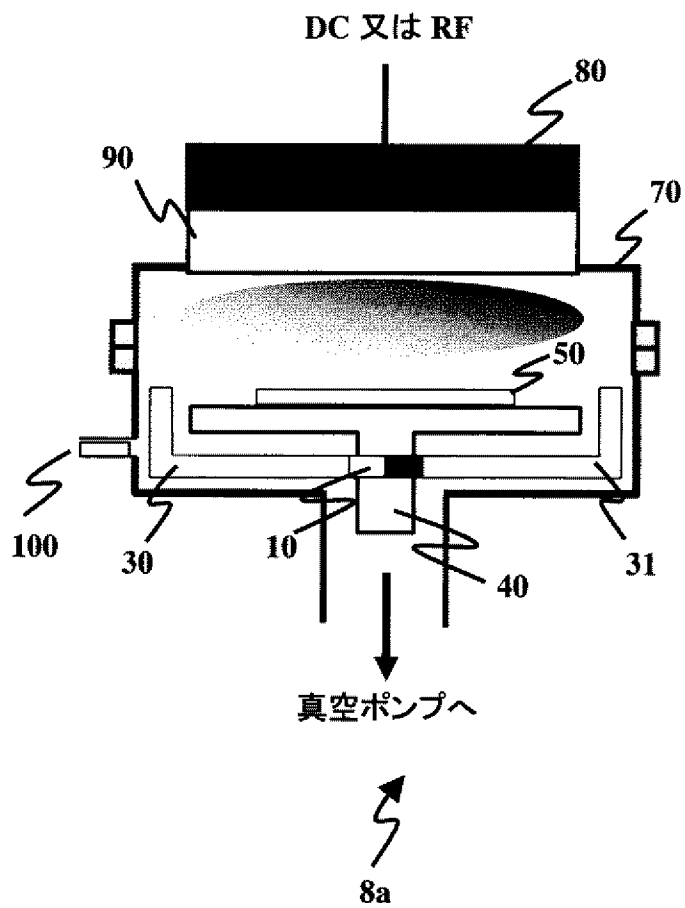
[図8]



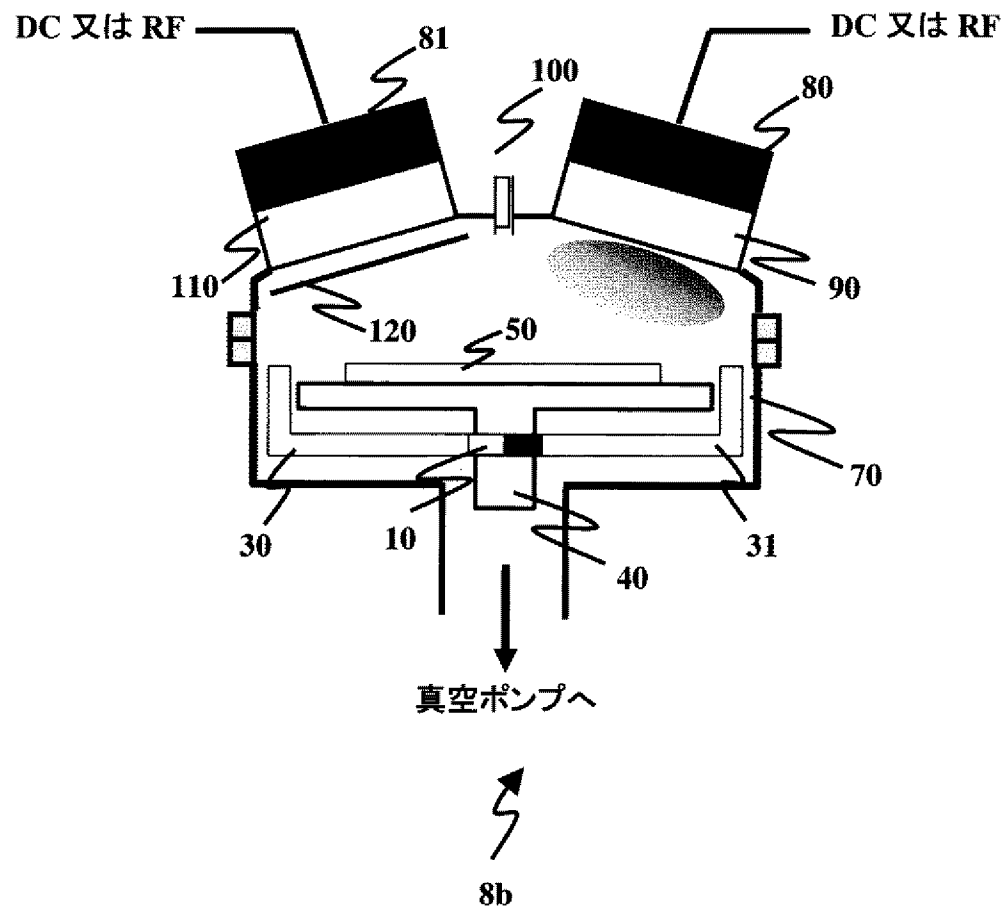
[図9]



[図10]



[図11]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/068627

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C14/34(2006.01)i, H01F7/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C14/00-58, H01F7/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 10-012432 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.),                                     | 1, 3-7                |
| Y         | 16 January, 1998 (16.01.98),                                                       | 8, 11, 13-18,         |
| A         | Claim 1; Fig. 1                                                                    | 20                    |
|           | (Family: none)                                                                     | 2, 9, 10, 12, 19      |
| Y         | JP 61-161704 A (Hitachi, Ltd.),                                                    | 8, 11, 13-18,         |
|           | 22 July, 1986 (22.07.86),                                                          | 20                    |
|           | Claim 1; Fig. 1                                                                    |                       |
|           | (Family: none)                                                                     |                       |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
20 December, 2007 (20.12.07)

Date of mailing of the international search report  
08 January, 2008 (08.01.08)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

|                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                  |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))<br>Int.Cl. C23C14/34(2006.01)i, H01F7/02(2006.01)i                                                                                                                                      |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                  |             |
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))<br>Int.Cl. C23C14/00-58, H01F7/02                                                                                                                                           |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                  |             |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2007年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2007年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2007年                                                                                        |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                  |             |
| 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                  |             |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                  |             |
| 引用文献の<br>カテゴリー*                                                                                                                                                                                                         | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                           | 関連する<br>請求の範囲の番号                                                                                                                                                                                                                 |             |
| X<br>Y<br><br>A<br><br>Y                                                                                                                                                                                                | JP 10-012432 A (信越化学工業株式会社) 1998.01.16<br>請求項 1, 図 1<br>(ファミリーなし)<br><br>JP 61-161704 A (株式会社日立製作所) 1986.07.22<br>請求項 1, 第 1 図<br>(ファミリーなし) | 1, 3-7<br>8, 11, 13-18,<br>20<br>2, 9, 10, 12, 19<br><br>8, 11, 13-18,<br>20                                                                                                                                                     |             |
| <input type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                               |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                  |             |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)<br>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 |                                                                                                                                             | の日の後に公表された文献<br>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」 同一パテントファミリー文献 |             |
| 国際調査を完了した日<br>20.12.2007                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             | 国際調査報告の発送日<br>08.01.2008                                                                                                                                                                                                         |             |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (I S A / J P)<br>郵便番号 100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号                                                                                                                                        |                                                                                                                                             | 特許庁審査官 (権限のある職員)<br>牟田 博一                                                                                                                                                                                                        | 4 G 3 3 4 3 |
|                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                             | 電話番号 03-3581-1101 内線 3416                                                                                                                                                                                                        |             |