

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 5 月 1 日(01.05.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/064741 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 14/35 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/006899
- (22) 国際出願日: 2012 年 10 月 26 日(26.10.2012)
- (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: 国立大学法人東北大学(TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者: 後藤 哲也(GOTO, Tetsuya); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所(TANI & ABE, P.C.); 〒1070052 東京都港区赤坂 2 丁目 6 - 2 O 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

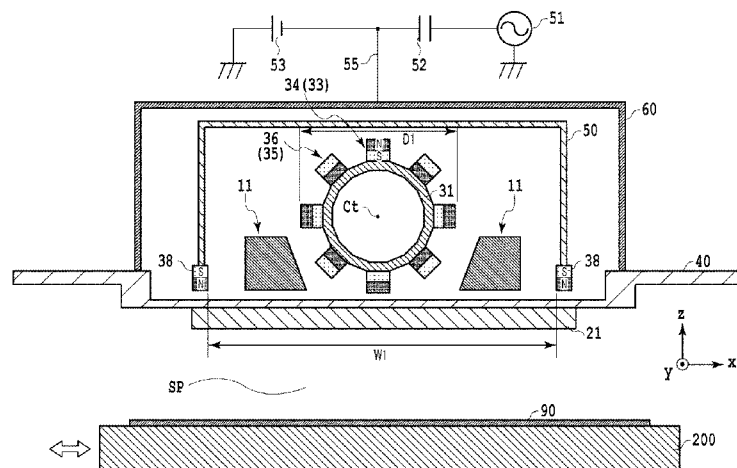
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 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 (条約第 21 条(3))

(54) Title: MAGNETRON SPUTTERING DEVICE AND MAGNETRON SPUTTERING METHOD

(54) 発明の名称: マグネトロンスパッタ装置およびマグネトロンスパッタ方法



(57) Abstract: This magnetron sputtering device comprises: a first magnet row (33) arrayed in a helical fashion; a second magnet row (35) arrayed alongside the first magnet row (33); fixed magnets (38) arranged in the surrounding of the first and second magnet rows; a magnet rotating mechanism (30) that rotates the first and second magnet rows (33, 35) about a rotation axis (Ct); and a plurality of magnetic induction members (11) that are arrayed along the rotation axis direction and arranged between the respective fixed magnets (38) and the outer periphery of the first and second magnet rows (33, 35) in a direction intersecting the rotation axis direction as viewed from the side of a target (21), the magnetic induction members drawing magnetic lines of force that exit from the first magnet row (33) and guiding the magnetic lines of force to the side of the target (21), or drawing magnetic lines of force that enter from the side of the target (21) and guiding the magnetic lines of force to the second magnet row (35).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/064741 A1



螺旋状に配列された第1の磁石列(33)と、第1の磁石列(33)に並列した第2の磁石列(35)と、第1および第2の磁石列の周囲に配置された固定磁石(38)と、第1および第2の磁石列(33, 35)を回転軸線Ctを中心に回転させる磁石回転機構(30)と、ターゲット(21)側から見たとき、回転軸線方向を横切る方向において、第1および第2の磁石列(33, 35)の外周と固定磁石(38)との間に配置されるとともに回転軸線方向に沿って配列され、第1の磁石列(33)から出る磁力線を引き寄せて当該磁力線をターゲット(21)側に導き、または、ターゲット(21)側から入る磁力線を引き寄せて第2の磁石列(35)へ導く複数の磁気誘導部材(11)、とを有する。

明 細 書

発明の名称：

マグネトロンスパッタ装置およびマグネトロンスパッタ方法

技術分野

[0001] 本発明は、マグネトロンスパッタ装置およびマグネトロンスパッタ方法に関する。

背景技術

[0002] 液晶表示素子や半導体素子などの製造においては、基板上に金属あるいは絶縁物などからなる薄膜を形成する工程が必要である。この薄膜形成工程には、スパッタ装置による成膜方法が用いられている。スパッタ装置では、アルゴンガス等の不活性ガスを直流高電圧あるいは高周波電力によりプラズマ化し、このプラズマ化ガスにより薄膜形成用の原材料であるターゲットを活性化して融解するとともに飛散させ、基板上に被着させる。スパッタ装置として、成膜速度を速めるとともにターゲット利用効率を向上させて生産コストを低減し、安定した長期運転が可能である、磁石回転機構を用いたマグネトロンスパッタ装置が提案されている（特許文献1参照）。この装置は、同じ極性の磁極が外側を向くように回転軸の外周に螺旋状に配列された複数の磁石からなる磁石列と、ターゲットに対向して当該磁石列の周囲に設けられた固定磁石とを有し、磁石列を回転軸を中心に回転させることにより、ターゲット表面付近に形成されるターゲット表面に水平な水平磁界の磁場ループを回転軸線方向に移動させて成膜速度を速めるとともにターゲットの利用効率を向上させる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開2007/043476A1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般的に、マグネトロンスパッタリングにおいて、より大面積の基板へ高スループットで成膜するためには、ターゲットの面積を拡大するとともに、エロージョン領域を増大させることが有効である。上記のような磁石回転機構を用いたマグネトロンスパッタ装置において、エロージョン領域を増大させるためには、長手方向（回転軸線方向）においては、磁石回転機構の全長を延ばすことで対応可能である。しかしながら、磁石回転機構の長手方向を横切る幅方向のエロージョン領域を増大させるために、磁石列と固定磁石との間の距離を延ばすと、ターゲット表面における磁石列と固定磁石との間の領域の磁界強度が低下してしまい、ターゲット表面にプラズマを安定的に閉じ込めることが困難になる。これを防ぐために、磁石列を形成する螺旋の直径を大きくする、あるいは、磁石回転機構を複数並列させると、使用する磁石の量が膨大になり、装置コストが大きく上昇してしまう。また、使用する磁石の量が膨大になると、磁石間で作用する力も大きくなり、装置の安定した動作を確保することが困難になる。

[0005] 本発明の目的の一つは、磁石回転機構を用いたマグネトロンスパッタ装置において、磁石の使用量を最小限に抑えつつ、ターゲット面積の拡大に伴ってエロージョン領域を増大、特に、ターゲットの幅方向において増大できる装置、および、この装置を用いたマグネトロンスパッタ方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のマグネトロンスパッタ装置は、プラズマ形成空間に面するように配置されたターゲットと、

前記ターゲットに対して前記プラズマ形成空間とは反対側に配置され、前記ターゲットのプラズマ形成空間側の表面に沿った回転軸線の周りに螺旋状に配列され、かつ、N極が半径方向外側を向く複数の磁石からなる第1の磁石列と、

前記回転軸線の周りに螺旋状に配列されるとともに前記第1の磁石列に並列し、S極が半径方向外側を向く複数の磁石からなる第2の磁石列と、

前記ターゲット側から見て、前記第 1 および第 2 の磁石列の周囲に配置され、前記ターゲットに対向する側に N 極又は S 極を有する磁石で形成され、回転する前記第 1 および第 2 の磁石列と協働して、前記ターゲットの表面を前記回転軸線方向に移動するループ状の磁場パターンを形成するための固定磁石と、

前記第 1 および第 2 の磁石列を支持して、前記第 1 および第 2 の磁石列を前記回転軸線を中心に回転させる磁石回転機構と、

前記ターゲット側から見て、前記回転軸線方向を横切る方向において、前記第 1 および第 2 の磁石列の外周と前記固定磁石との間に少なくとも一部が配置されるとともに前記回転軸線方向に沿って配列され、前記第 1 の磁石列から出る磁力線を引き寄せて当該磁力線をターゲット側に導き、または、ターゲット側から入る磁力線を引き寄せて前記第 2 の磁石列へ導く複数の磁気誘導部材とを有する、ことを特徴とする。

[0007] 本発明のマグネトロンスパッタ方法は、上記のマグネトロンスパッタ装置を用いて、前記第 1 および第 2 の磁石列を回転させて前記ターゲットの表面付近に前記プラズマ形成空間で形成されたプラズマを前記ターゲットの表面付近に閉じ込めつつ、前記ターゲットの材料を被処理基板上に成膜する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、回転する第 1 および第 2 の磁石列を構成する複数の磁石のうち、ターゲットから相対的に離れた状態にある磁石の磁場をプラズマ閉じ込めのための磁場として有効活用することで、磁石の使用量を最小限に抑えつつ、ターゲット面積の拡大に伴ってエロージョン領域を当該ターゲットの幅方向に拡張することができる。その結果、成膜レートやスループットの向上が実現する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]マグネトロンスパッタ装置の一例を示す断面図。

[図2]図 1 における磁石回転機構、磁石列および固定磁石を示す斜視図。

[図3]エロージョン領域を説明するための図。

[図4]本発明の一実施形態に係るマグネトロンスパッタ装置の断面図

[図5]図4の装置における磁石回転機構、磁石列、固定磁石および磁気誘導部材を示す図であって、ターゲット側から見た平面図。

[図6]磁気誘導部材の形状を示す図。

[図7]磁気誘導部材の配置を示す図であって、ターゲット表面に水平な方向から見た側面図。

[図8A]磁性体の性質を説明するための模式図。

[図8B]磁性体の性質を説明するための模式図。

[図8C]本発明の原理を説明するための模式図。

[図9]磁気誘導部材の作用を説明するための図。

[図10A]磁気誘導部材の作用を説明するための図であって、図9のXA-XA方向の断面図。

[図10B]磁気誘導部材の作用を説明するための図であって、図9のXB-XB方向の断面図。

[図10C]磁気誘導部材の作用を説明するための図であって、図9のXC-XC方向の断面図。

[図11A]磁気誘導部材が無い場合の磁力線の分布を示す、図10Aに対応する断面図。

[図11B]磁気誘導部材が無い場合の磁力線の分布を示す、図10Bに対応する断面図。

[図12]固定磁石の開口幅と水平磁場ループパターンの強度との関係を示すグラフ。

[図13]本発明の他の実施形態に係る磁気誘導部材を示す模式図。

発明を実施するための形態

[0010] 以下に添付図面を参照しながら、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0011] [マグネトロンスパッタ装置の基本構成]

図 1 は本発明が適用されるマグネトロンスパッタ装置の一例を示す図であり、図 2 は、図 1 の装置の磁石回転機構、磁石列および固定磁石を示す斜視図である。この装置は、プラズマ形成空間 S P に面するように配置されたターゲット 2 1、磁石回転機構 3 0、後述する第 1 の磁石列 3 3 を構成する複数の磁石 3 4、後述する第 2 の磁石列 3 5 を構成する複数の磁石 3 6、第 1 および第 2 の磁石列 3 3、3 5 の周囲に配置された固定磁石 3 5 を有する。なお、図 1 において、4 0 はターゲット 2 1 が接着されているバックングプレート、5 0 は磁性体カバー、5 1 はプラズマ励起のための R F 電源、5 2 はブロッキングコンデンサ、5 3 はプラズマ励起およびターゲット直流電圧制御のための直流電源、6 0 はアルミカバー、5 5 はターゲット 2 1 にアルミカバー 6 0 およびバックングプレート 4 0 を介して電力を供給するためフィーダー線、9 0 は被処理基板、2 0 0 は被処理基板 9 0 が設置されてこれを移動させる移動ステージである。

[0012] 磁石回転機構 3 0 は、中空の回転軸 3 1 を有し、回転軸 3 1 の外周面に第 1 および第 2 の磁石列 3 3、3 5 を支持して、第 1 および第 2 の磁石列 3 3、3 5 を回転軸線 C t を中心に回転させる。回転軸 3 1 は、その断面の外形状が正 1 6 角形となっており、それぞれの面に複数の磁石 3 4、3 6 が取り付けられる。回転軸 3 1 の両端部は、図示しない支持機構により回転自在に支持されているとともに、一端部は、図示しないギアユニットおよびモータに接続されることで、回転させることが可能となっている。回転軸 3 1 の材質としては、通常のステンレス鋼等でもよいが、磁気抵抗の低い強磁性体、例えば、N i - F e 系高透磁率合金や鉄で一部または全てを構成することが好ましい。本実施形態においては、回転軸 3 1 の形成材料は鉄である。

[0013] 第 1 の磁石列 3 3 は、図 2 に示すように、ターゲット 2 1 に対してプラズマ形成空間 S P とは反対側に配置され、ターゲット 2 1 のプラズマ形成空間 S P 側の表面に沿った回転軸線 C t の周りに螺旋状に配列され、かつ、N 極が半径方向外側を向く複数の磁石 3 4 からなる。第 2 の磁石列 3 5 は、回転軸線 C t の周りに螺旋状に配列されるとともに、第 1 の磁石列 3 3 に並列し

、S極が半径方向外側を向く複数の磁石36からなる。各磁石34, 36は、板状磁石からなり、好適には、強い磁界を安定して発生させるために、残留磁束密度、保磁力、エネルギー積の高い磁石が用いられる。例えば残留磁束密度が1.1T程度のSm-Co系焼結磁石、さらには、残留磁束密度が1.3T程度あるNd-Fe-B系焼結磁石等が好適である。本実施形態においては、Nd-Fe-B系焼結磁石を使用した。各磁石34, 36はその表面に垂直な方向に磁化されている。

[0014] 固定磁石35は、ターゲット21側から見て、第1および第2の磁石列33, 35の周囲を囲むように配置され、ターゲット21に対向する側にS極を有する磁石で形成されている。なお、ターゲット21に対向する側にN極を有する磁石でもよい。なお、固定磁石35は、回転軸線C方向に設けられた部分とこれに直交する部分との端部が連結されているが、分離されていてもよい。固定磁石35についても、各磁石34, 36と同様に、Nd-Fe-B系焼結磁石が用いられている。

[0015] バッキングプレート40は、図示しない処理室外壁に、図示しない絶縁体を介して設置されている。RF電源51の電力周波数は、例えば、13.56MHzである。本実施形態においては直流電源も重畳印加可能なRF-DC結合放電方式を採用しているが、直流電源のみのDC放電スパッタ方式を採用してもよいし、RF電源のみのRF放電スパッタ方式を採用してもよい。

[0016] 次に、図3を用いてマグネトロンスパッタ装置において、ターゲット表面を移動するループ状の磁場パターンの形成について説明する。なお、この磁場パターンを形成する磁場がターゲットの表面付近にプラズマを閉じ込めるように作用し、ターゲット表面のスパッタされる領域であるエロージョン領域を形成する。

[0017] 図3に示すように、回転軸31に設けられた第1および第2の磁石列33, 35をターゲット21側から見ると、近似的に、第1の磁石列33のN極の周囲が第2の磁石列35および固定磁石38のS極により囲まれる。第1

の磁石列 3 3 からの磁力線のうち、相対的にターゲット 2 1 に近い位置にある磁石 3 4 からの磁力線は、ターゲット 2 1 を通過した後、これを取り囲む第 2 の磁石列 3 5 又は固定磁石 3 8 の S 極で終端する。このためターゲット 2 1 の表面においては、閉じたループ状の磁場パターン 6 0 1 が複数形成される。磁場パターン 6 0 1 は、ターゲット 2 1 の表面に対して垂直な方向の磁場成分がゼロでかつターゲット 2 1 の表面に水平な方向の磁場成分のみが存在する領域の軌跡であり、この閉じたループ状の磁場パターン（以下、水平磁場ループと呼ぶ。）6 0 1 内にはプラズマが閉じ込められるため、磁場パターン 6 0 1 はエロージョン領域と一致する。複数の磁場パターン 6 0 1 は、回転軸 3 1 の回転に伴って、ターゲット 2 1 の表面を矢印で示す方向へ移動することとなる。なお、第 1 および第 2 の磁石列 3 3, 3 5 の端部においては、一方の端部からエロージョン領域が順次発生し、このエロージョン領域が他方の端部に向けて移動し、他方の端部において順次消滅する。

[0018] ターゲット 2 1 の表面は、時間平均効果によりその全面が効率的に削られる（エロージョンされる）ので、ターゲット 2 1 の使用効率が向上する。エロージョン領域においてスパッタされて飛び出したターゲット 2 1 の原子は、移動ステージ 2 0 0 に設置された被処理基板 9 0 に到達して付着する。これにより被処理基板 9 0 上に薄膜が形成される。なお、被処理基板 9 0 を設置する移動ステージ 2 0 0 を駆動して、ターゲット 2 1 の表面にプラズマを励起している間に、被処理基板 9 0 をターゲット 2 1 に対して移動させつつ成膜することもできる。

[0019]（第 1 の実施形態）

図 1 に示したマグネトロンスパッタ装置では、W 1 で示す固定磁石 3 8 の幅方向（ターゲット側から見て回転軸線 C t に直交する方向）の開口幅を、D 1 で示す第 1 および第 2 に磁石列 3 3, 3 5 の直径である磁石列径と同等程度にしている。これは、ターゲット 2 1 の幅方向の寸法を拡大するために、開口幅 W 1 を拡大すると、後述するように、ターゲット 2 1 の表面において、水平磁場ループ 6 0 1 の、第 1 および第 2 に磁石列 3 3, 3 5 および固

定磁石 3 8 から相対的に離れた領域の磁場強度が低下し、ターゲット表面にプラズマを安定的に閉じ込めることが困難になるからである。このため、本実施形態では、使用する磁石の量を増加させることなく、ターゲット 2 1 の幅方向の寸法の拡大に対応可能なマグネトロンスパッタ装置について説明する。

[0020] 図 4 は、本発明の第 1 の実施形態に係るマグネトロンスパッタ装置を示す断面図である。なお、図 4 において、図 1 の装置と同様の構成部分には、同一の符号を使用している。この装置は、固定磁石 3 8 の開口幅 W_1 が磁石列径 D_1 よりも十分に大きくなるように形成されているとともに、回転軸 3 1 と固定磁石 3 8 との間に、磁気誘導部材 1 1 が設けられている。この磁気誘導部材 1 1 は、後述するように、ターゲット 2 1 の表面付近に形成される移動する水平磁場ループの磁場強度、特に、第 1 および第 2 の磁石列 3 3, 3 5 と固定磁石 3 8 との間の領域の磁場強度を高めるために設けられている。

[0021] 図 5 および図 6 に示すように、磁気誘導部材 1 1 は、薄板部材で形成され、磁気誘導部材 1 1 の形成材料は、磁気誘導によって磁極が生じる磁性体で形成され、好適には、磁気抵抗の低い強磁性体、例えば、Ni-Fe 系高透磁率合金や鉄などで形成される。本実施形態においては、磁気誘導部材 1 1 は、鉄で形成されている。磁気誘導部材 1 1 は、図 6 に示すように、片側の 2 角が直角な台形形状を有し、図 6 に示す寸法 A, B, C は、例えば、それぞれ 3 7 mm、3 4 mm、2 2 mm となっている。また、厚さ T は、例えば、2 mm である。磁気誘導部材 1 1 は、図 5 に示すように、ターゲット 2 1 側から見て、第 1 および第 2 の磁石列 3 3, 3 5 と固定磁石 3 8 との間であって、回転軸線 C_t 両側に、当該回転軸線 C_t 方向に沿って複数配列されている。

[0022] 次に、図 7 を参照して、磁気誘導部材 1 1 の具体的な配置例について説明する。図 7 は、ターゲット 2 1 の表面に水平な方向から第 1 および第 2 の磁石列と磁気誘導部材 1 1 を見た側面図である。磁気誘導部材 1 1 は、図 7 において θD で示す第 1 および第 2 の磁石列 3 3, 3 5 の傾斜角度（螺旋の傾斜角度）に合わせて、回転軸線 C_t に対して傾斜して配置されている。本実施

形態において、螺旋の傾斜角度は 65° であるので、磁気誘導部材11も、回転軸線Ctに対して 65° 傾けられている。隣り合う第1および第2の磁石列33, 35の間の磁力線の干渉を防ぐために、磁気誘導部材11を螺旋の傾斜角度)に合わせて配置している。なお、螺旋の傾斜角度が比較的小さい場合には、磁気誘導部材11を回転軸線Ctに対して傾斜させずに、回転軸線Ctに直交するように配置することも可能である。

[0023] 複数の磁気誘導部材11は、所定の配列ピッチP1で配列され、ピッチP1は、例えば、4mm程度である。また、図7から分かるように、磁気誘導部材11の回転軸線Ct方向の厚さは、第1および第2の磁石列33, 35を構成する磁石の回転軸線Ct方向の幅Eよりも薄く、磁気誘導部材11の回転軸線Ct方向の配列ピッチP1は、第1および第2の磁石列の間隔Fよりも小さくなるように構成されている。幅Eと間隔Fは、例えば、19mmと25mmである。このような寸法条件においては、磁気誘導部材11は、第1および第2の磁石列の幅Eの範囲に2〜3枚設置されることになる。なお、磁気誘導部材11の厚さおよび配列ピッチP1を上記のような構成にした理由については後述する。

[0024] 磁気誘導部材11の下端部（ターゲット21に対向する端部）の位置は、ターゲット21の表面に垂直な方向において、第1および第2の磁石列33, 35の磁石のうち、ターゲット21に最も近い位置の磁石と略同じ高さに設定されている。

[0025] 磁気誘導部材11を支持する支持部材の図示を省略しているが、磁気誘導部材11を支持部材に固定するために、複数の磁気誘導部材11の間に、例えば、アルミニウムや樹脂等の非磁性材料で形成された板状部材を挟むことも可能である。その際、複数の磁気誘導部材11と複数の前記板状部材を一体化成形するのが好ましい。前記板状部材がアルミニウムのような非磁性金属材料の場合は、アルミニウム製のボルト・ナットやリベットで書締めてもよいし、带状枠体で密着強固に固定しても良い。前記板状部材が樹脂の場合は、溶融樹脂中に等間隔に仮配列維持した複数の磁気誘導部材11を浸漬し

て樹脂を固化させることで一体成型しても良い。複数の磁気誘導部材 11 の夫々は、図 6 に示す様に同じ材質で同形状、同サイズに形成するのが良いが、材質の均質性や加工精度の点から、必ずしも同材質・同形状・同サイズにならないことがある。更には、他のファクター、例えば、ターゲット 21 や磁石回転機構 30 の形状的或いは構造的均質性にも左右される場合がある。これらのことを考慮すると、この磁気誘導部材 11 の材質・形状・サイズの許容範囲は、ターゲット 21 と磁石回転機構 30 との間に形成されるプラズマが場所依存性なく均質若しくは実質的に均質になる範囲にするのが望ましい。磁気誘導部材 11 の配列間隔は、等間隔若しくは実質的或いは実効的等間隔とされるのが好ましい。しかし、ターゲット 21 と磁石回転機構 30 の均質性に依存して等間隔若しくは実質的或いは実効的等間隔にするとターゲット 21 と磁石回転機構 30 との間に形成されるプラズマの均質性を阻害するようであれば、プラズマの均質性が保たれるように磁気誘導部材 11 の配列間隔を意図的に変化させても良い。例えば、磁石回転機構 30 の回転軸線 C t に沿って磁石回転機構 30 の中央に向かってその配列間隔を漸次広げて複数の磁気誘導部材 11 を配列すると、前述の課題は比較的解決しやすいので好ましい。本発明に於ける実施態様の説明では、第 1 および第 2 の磁石列 33, 35 は、回転軸線 C t の周辺に沿って等ピッチで螺旋状に配されている例が好適な例の一つとして説明されているが、この他、実施態様例によっては不等ピッチで螺旋状に配されても良く、不等ピッチは、磁石回転機構 30 の回転軸線 C t に沿って磁石回転機構 30 の中央に向かってピッチ間隔を連続的に広げて螺旋状に配設しても良い。第 1 および第 2 の磁石列の幅 E は、説明の都合上等幅で説明並びに図示されているが、磁石列を構成する磁石の磁力の程度の差に応じて又は望まれるプラズマが目的通り形成されるように異ならせるのも好適な例の一つである。例えば、磁石列を構成する磁石の磁力の程度の差に応じて、N 型磁石列の幅を S 型磁石列の幅よりも広くすることが望ましい例として挙げられる。

[0026] 次に、図 8 A ～図 11 B を参照して、磁気誘導部材 11 の作用、効果につ

いて説明する。図8 Aに示すように、磁極が逆向きの2つの磁石301, 302を並べて配置すると、一方の磁石301から出た磁力線MFは、引き寄せられて他方の磁石302に入る。磁石301, 302にそれぞれ対向する位置に、端面の幅が磁石301, 302とほぼ同じである磁性体401, 402を配置すると、磁気誘導によって磁力線はなるべく磁性体の中を通ろうとするため、図8 Aに示すように、磁力線MFの経路を磁石301, 302からより離れた位置まで延ばすことができる。しかしながら、図8 Bに示すように、磁性体401, 402に対して対向しない位置に磁石301, 302が移動すると、磁気が磁石間で短絡されて、磁力線MFが磁石301, 302から離れた位置まで延びない。そこで、図8 Cに示すように、磁石301, 302の端面の幅よりも狭い端面を有する複数の磁性体501を、磁石301, 302の端面の幅よりも狭い間隔で配列する。磁性体501によって、磁力線MFの経路を磁石301, 302からより離れた位置まで延ばすことができるとともに、磁性体501に対して磁石301, 302が移動したとしても、延長された磁力線MFの経路を維持することができる。これは、磁性体板同士が孤立しているため、磁気が磁石間でシャントされることがないからである。

[0027] 水平磁場ループ領域において、プラズマを効率良く閉じ込めるためには、水平磁場ループ領域における最低水平磁場強度を少なくとも100 Gauss以上、望ましくは200 Gauss以上、さらに望ましくは300 Gauss以上持たせることが必要である。上記したように、固定磁石38の開口幅W1が磁石列径D1よりも十分に大きくなるように形成すると、水平磁場ループ領域における最低水平磁場強度が低下する。本実施形態では、図8 Cに示す原理を利用して、磁気誘導部材11によって、第1の磁石列33、第2の磁石列35および固定磁石38の間で形成される磁力線の経路を延ばし、水平磁場ループの磁場強度を高めるように作用する。

[0028] 図9は第1および第2の磁石列、磁気誘導部材および固定磁石をターゲット方向から見た図である。図9において、一点鎖線で示した軌跡601は、

ターゲット 21 の表面に形成される水平磁場ループである。図 10A は図 9 の第 1 の磁石列 33 に沿った XA-XA 線断面図、および、図 10B は図 9 の XA-XA 線に直交する XB-XB 線断面図、および、図 10C は図 9 の第 2 の磁石列 35 に沿った XC-XC 線断面図である。なお、図 10A および図 10C は、回転軸線 Ct に対して片側半分の磁石列のみ示す。

[0029] 図 10A に示すように、ターゲット 21 の表面の直近ではなく、ターゲット 21 の表面から比較的離れた位置にある第 1 の磁石列 33 の磁石 34 から出る磁力線は、前述した磁性体の性質から、当該第 1 の磁石列 33 と固定磁石 38 との間に配置された磁気誘導部材 11 の一端部に引き寄せられ、磁気誘導部材 11 内に入る。磁力線は、なるべく透磁率の高い材質に集まり、かつ、磁力線同士は互いに反発しようとする性質があるため、磁気誘導部材 11 内に入った磁力線は、磁気誘導部材 11 の内部を通過してターゲット側へ導かれ、磁気誘導部材 11 の下端部からターゲット 21 に向けて出る。磁気誘導部材 11 から出た磁力線のうち、固定磁石 38 に近い位置にある磁力線は、固定磁石 38 へ終端される。その際に、図 10A に示すようにターゲット 21 の表面に水平磁場領域（垂直磁場がゼロ）を形成し、そこにプラズマ PL が閉じ込められることとなる。この位置は、図 9 の位置 802 に対応している。

[0030] 磁気誘導部材 11 から出た残りの磁力線 MFA は、図 10A および図 10B に示すように、ターゲット 21 側へ導かれる。そして、ターゲット 21 の表面側へ導かれた磁力線 MFA は、最終的には、回転軸線方向において隣り合う第 2 の磁石列 35 の磁石 36 に磁力線 MFB として終端することになる。この場合にも、図 10B および図 10C に示すように、ターゲット 21 側から入る磁力線 MFB は、第 2 の磁石列 35 と固定磁石 38 との間に配置された磁気誘導部材 11 の下端部に引き寄せられ、磁気誘導部材 11 の内部を通過して第 2 の磁石列 35 の磁石 36 に導かれる。その際に、図 10B に示すようにターゲット表面に水平磁場領域（垂直磁場がゼロ）が形成され、そこにプラズマ PL が閉じ込められる。これは図 9 の位置 803 に対応している。

。このように、ターゲット 21 から相対的に離れた状態にある磁石の磁場を磁気誘導部材 11 を用いてプラズマ閉じ込めのための磁場として活用することにより、固定磁石 38 の開口幅 W1 を拡大したとしても、幅の広い水平磁場ループを安定して励起できる。

[0031] 比較のため、磁気誘導部材 11 を導入せずに固定磁石 38 の開口幅 W1 を広げた場合について説明する。この場合には、ターゲット 21 の表面の直近ではなく、ターゲット 21 の表面から比較的離れた位置にある磁石から出た磁力線は、図 11 A に示すように、ターゲット 21 側へ向かわずに、磁石面に対して略垂直方向に発散する。一部の磁力線は、固定磁石 38 に向かって進むが、磁気誘導部材 11 が存在しないため、図 10 A に示すような水平磁場ループを形成しにくく、プラズマ PL を安定的に閉じ込めることが難しい。また、図 9 の位置 803 の付近では、強い磁場強度の水平磁場ループ領域をターゲット 21 の表面上に形成することは非常に困難である。それは、図 11 B に示すように、ターゲット 21 の表面から離れた位置にある磁石の N 極から出る磁力線 MFA' は、ターゲット 21 側には進まずに隣り合う磁石の S 極へ向かい、ターゲット 21 の表面を経由しないからである。したがって、磁気誘導部材 11 が存在しない場合には、図 9 に示す磁石とターゲット 21 の距離が近い位置 801 で濃いプラズマが励起されたとしても、水平磁場の弱い位置 802、803 においてプラズマが拡散してしまい、プラズマを安定的に励起することが困難となる。

[0032] 図 12 は、固定磁石 38 の開口幅 W1 を変えたときの水平磁場ループ内における最低水平磁場の強度をプロットしたグラフである。比較例は、磁気誘導部材 11 が存在しない装置での水平磁場ループ内における最低水平磁場の強度を示す。本実施例においては、磁石列径 D1 の 2 倍まで固定磁石 38 の開口幅 W1 を広げたとしても、最低水平磁界が 200 ガウスを超えることがわかった。なお、水平磁場ループ内の最高水平磁場は、ターゲットの幅方向の中央付近で 750 ガウス程度であり、これは固定磁石 38 の開口幅 W1 を変えても、ほとんど変化していない。磁気誘導部材 11 を導入することによ

り、ターゲット21の幅を磁石列径D1の2倍まで増大し、そのターゲット幅一杯まで水平磁場ループを広げることができた。一方、磁気誘導部材11がない比較例においては、開口幅W1が磁石列径D1の約1.5倍を超えると、最低水平磁界が100ガウスを下回ってしまい、プラズマを安定的に励起ができなくなってしまう。

[0033] (第2の実施形態)

図13は、本発明の他の実施形態に係る磁気誘導部材の構造を示す図である。図13に示す磁気誘導部材は、第1の実施形態と同様に、回転軸線Ct方向にそれぞれ複数配列されているが、11A~11Cで示すように、回転軸31の回転方向R1においても、複数の磁気誘導部材が配列されている。加えて、磁気誘導部材11A~11Cは、ターゲット21の表面から離れた第1の磁石列33の磁石に一端部が対向し、他端部がターゲット21に対向するように湾曲している。

[0034] 第1の実施形態における一枚の磁性体で形成された磁気誘導部材11は、当該磁気誘導部材11の内部の磁気抵抗は等方的であるから、ターゲット21の表面に向かって大部分の磁力線は進むが、一部は、図10Aの右端部から拡散して水平方向に拡散する成分が発生してしまう。

[0035] 一方、本実施形態では、磁気誘導部材11A~11Cは、回転方向R1において複数に分割され、その形状が第1の磁石列33からターゲット21の表面へ向かう湾曲形状をしているので、磁力線の拡散の割合を減らし、効率良くターゲット表面に磁力線を導くことが可能となる。

[0036] なお、磁気誘導部材の幅は、回転軸線Cの方向および回転方向R1の方向のいずれにおいても、対向する磁石の幅より狭く、配列ピッチは、磁石幅および磁石間に少なくとも2個以上並べるような大きさが好ましい。

[0037] 以上、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。上記実施形態では、螺旋状の磁石列を2列としたが、これに限定されるわけではなく、例えば、4列、6列、8列等、より多くの磁石列を形成することも可能である。上記実施形態では、

磁気誘導部材を、ターゲット側から見たとき、磁石列の外周と固定磁石の間に配置したが、磁気誘導部材の少なくとも一部が磁石列の外周と固定磁石の間に配置されていればよく、ターゲット側から見たときに磁気誘導部材が磁石列と重なり合う構成とすることも可能である。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

産業上の利用可能性

[0038] 本発明に係るマグネトロンスパッタ装置は、半導体ウェハ等に絶縁膜或いは導電性膜を形成するために使用できるだけでなく、フラットディスプレイ装置のガラス等の基板に対して種々の被膜を形成するのにも適用でき、記憶装置やその他の電子装置の製造においてスパッタ成膜のために使用することができる。

請求の範囲

[請求項1]

プラズマ形成空間に面するように配置されたターゲットと、
前記ターゲットに対して前記プラズマ形成空間とは反対側に配置され、
前記ターゲットのプラズマ形成空間側の表面に沿った回転軸線の周りに螺旋状に配列され、かつ、N極が半径方向外側を向く複数の磁石からなる第1の磁石列と、

前記回転軸線の周りに螺旋状に配列されるとともに前記第1の磁石列に並列し、S極が半径方向外側を向く複数の磁石からなる第2の磁石列と、

前記ターゲット側から見て、前記第1および第2の磁石列の周囲に配置され、前記ターゲットに対向する側にN極又はS極を有する磁石で形成され、回転する前記第1および第2の磁石列と協働して、前記ターゲットの表面を前記回転軸線方向に移動するループ状の磁場パターンを形成するための固定磁石と、

前記第1および第2の磁石列を支持して、前記第1および第2の磁石列を前記回転軸線を中心に回転させる磁石回転機構と、

前記ターゲット側から見て、前記回転軸線方向を横切る方向において、前記第1および第2の磁石列の外周と前記固定磁石との間に少なくとも一部が配置されるとともに前記回転軸線方向に沿って配列され、前記第1の磁石列から出る磁力線を引き寄せて当該磁力線をターゲット側に導き、または、ターゲット側から入る磁力線を引き寄せて前記第2の磁石列へ導く複数の磁気誘導部材とを有する、ことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置。

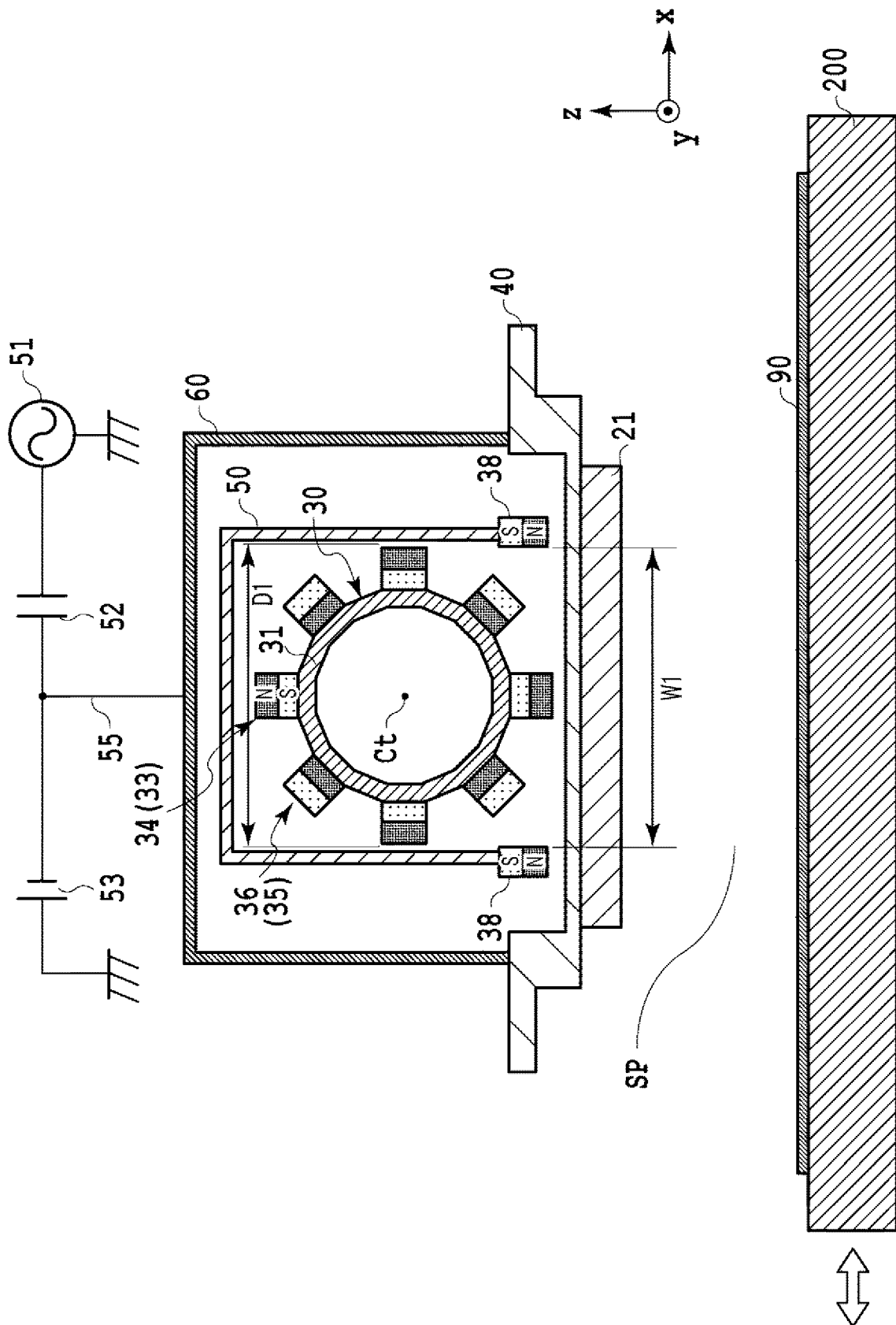
[請求項2]

前記複数の磁気誘導部材の各々の前記回転軸線方向の厚さは、前記第1および第2の磁石列を構成する磁石の前記回転軸線方向の幅よりも薄く、前記複数の磁気誘導部材の前記回転軸線方向の配列ピッチは、前記第1および第2の磁石列の間隔よりも小さい、ことを特徴とする請求項1に記載のマグネトロンスパッタ装置。

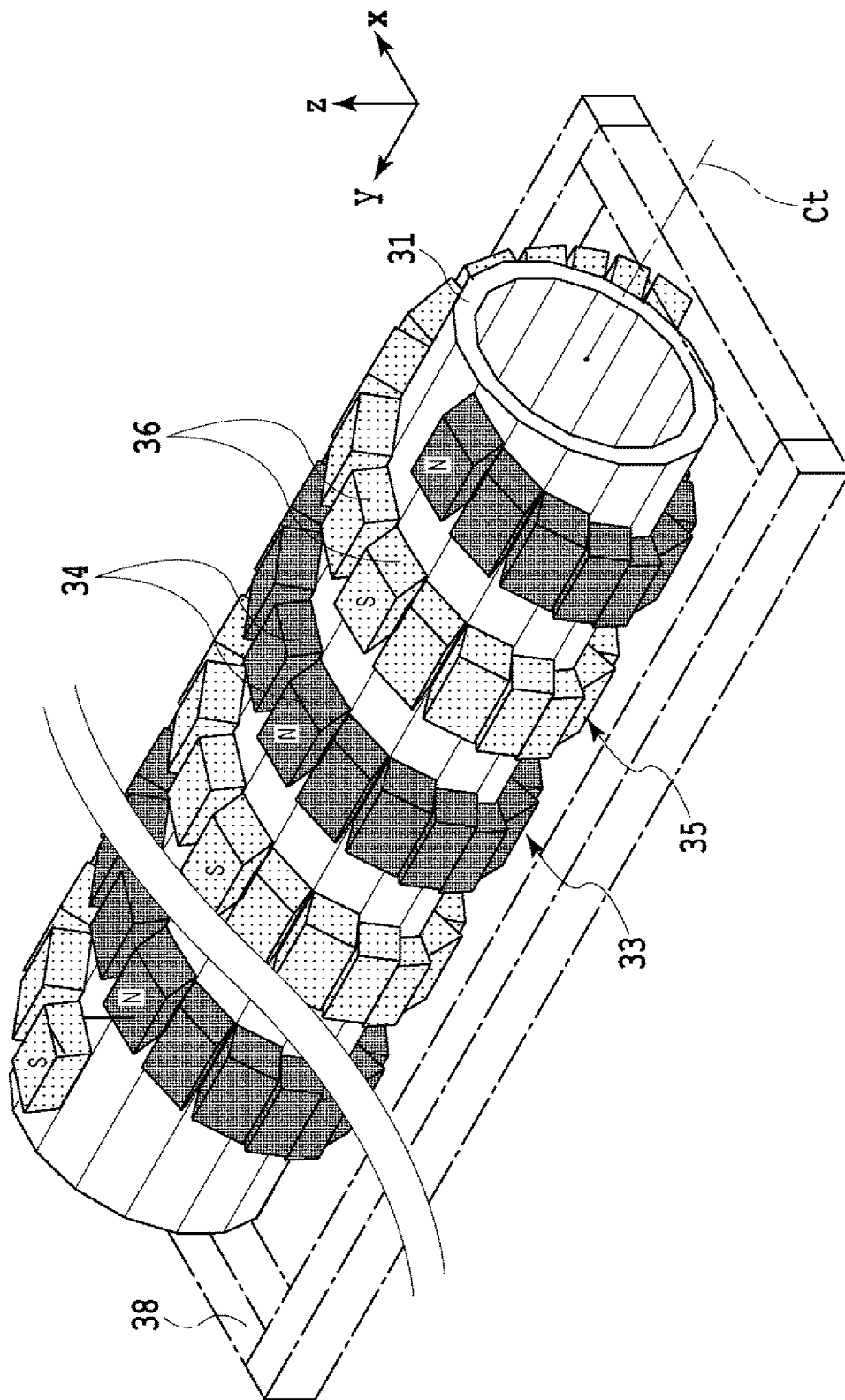
[請求項3] 前記複数の磁気誘導部材は、前記磁石回転機構の回転方向に沿って複数配列されている、ことを特徴とする請求項1に記載のマグネトロンスパッタ装置。

[請求項4] 請求項1から3のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置を用いて、前記第1および第2の磁石列を回転させて前記ターゲットの表面付近に前記プラズマ形成空間で形成されたプラズマを前記ターゲットの表面付近に閉じ込めつつ、前記ターゲットの材料を被処理基板上に成膜することを特徴とするマグネトロンスパッタ方法。

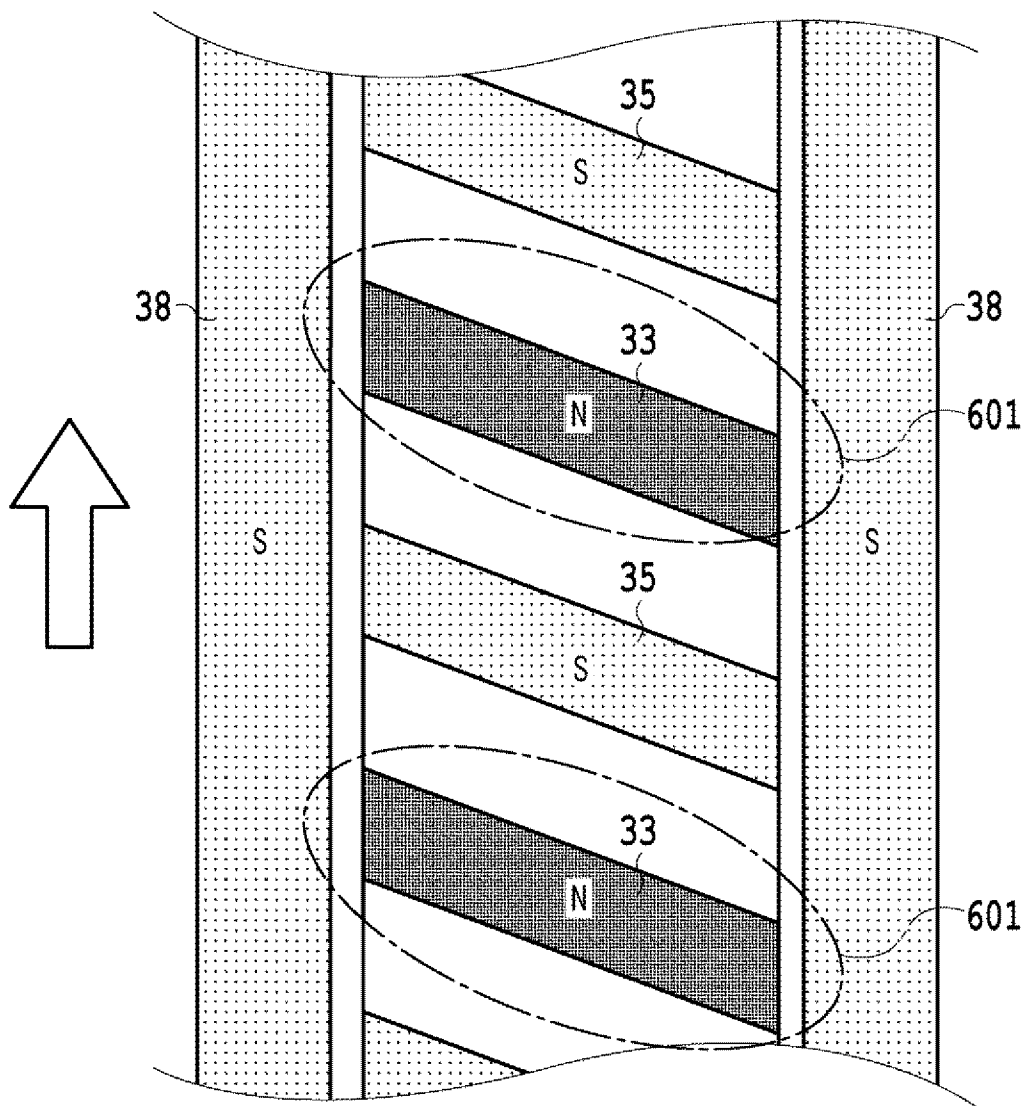
[図1]



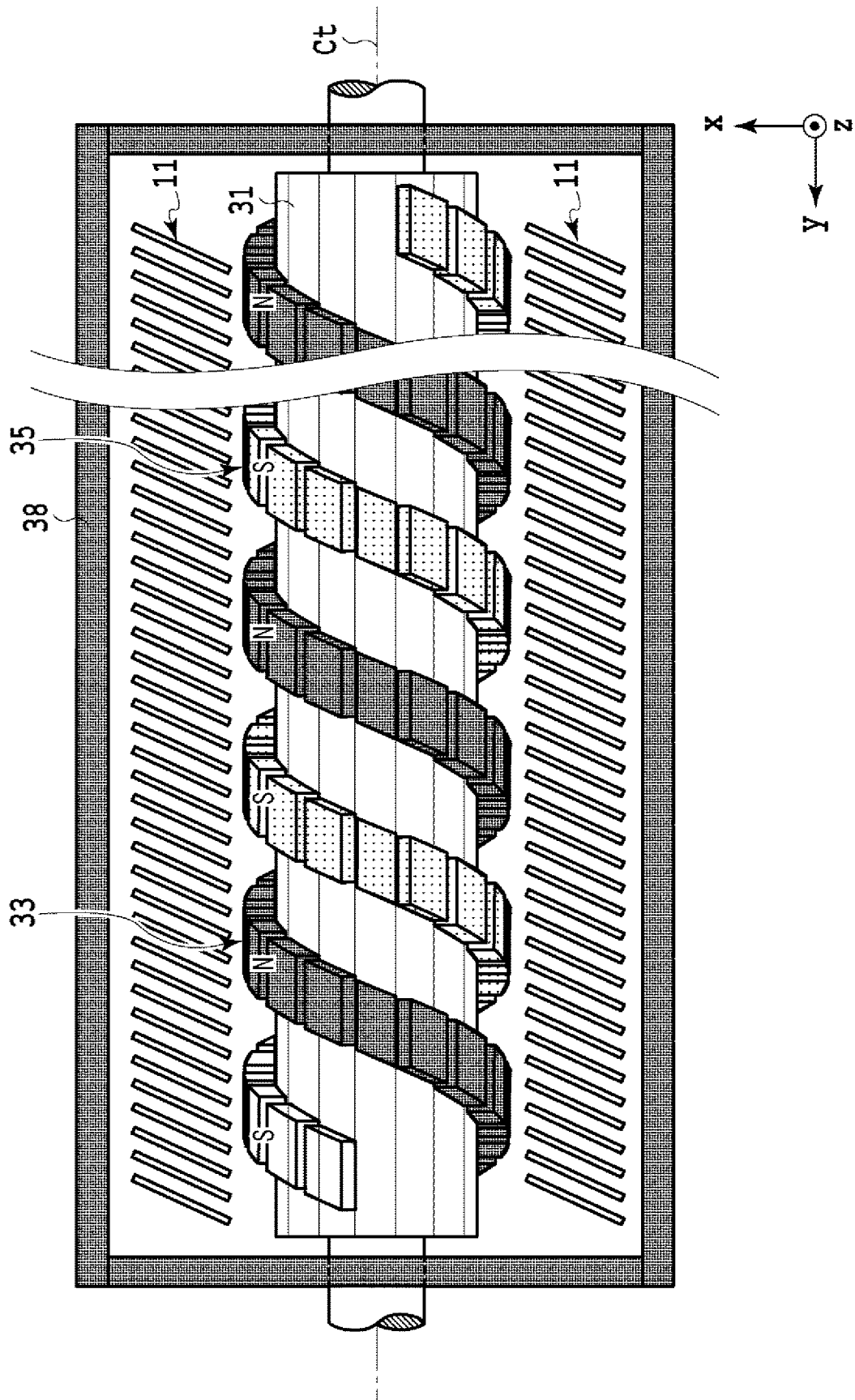
[図2]



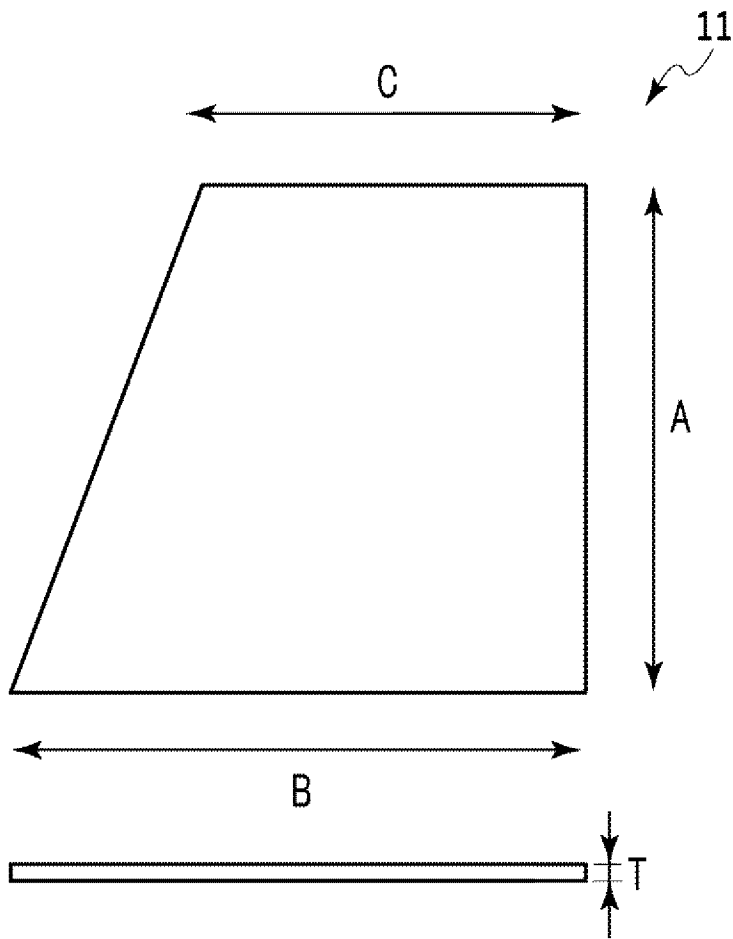
[図3]



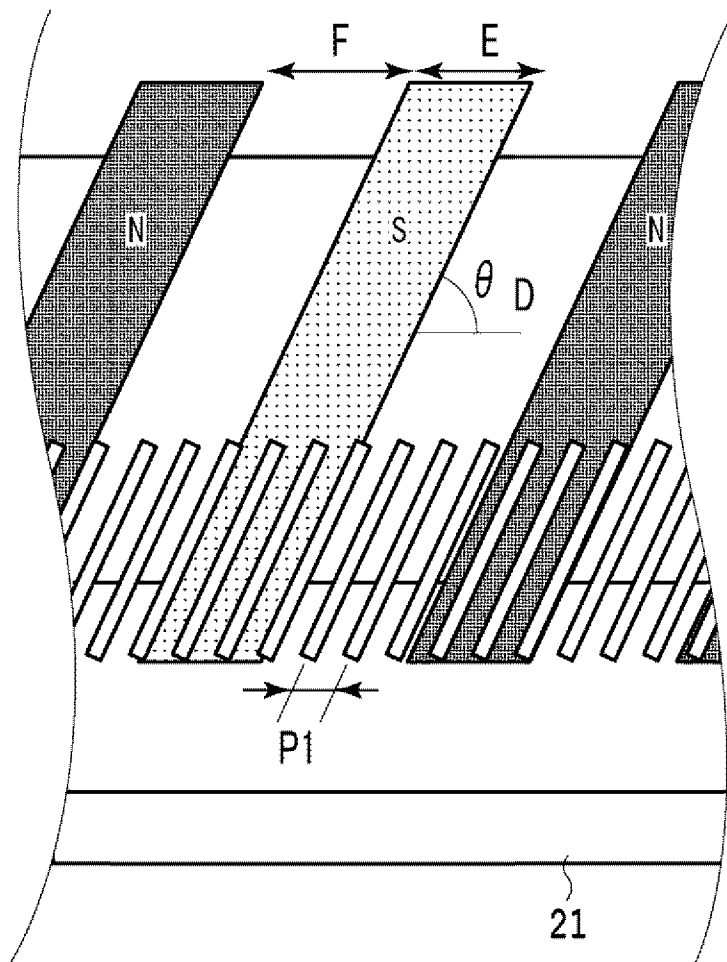
[図5]



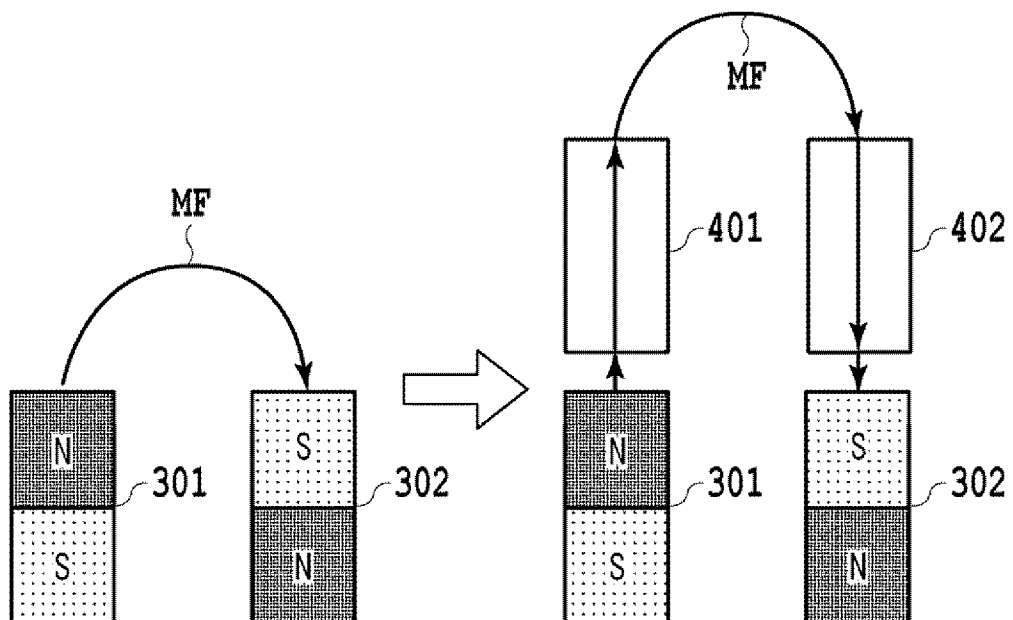
[図6]



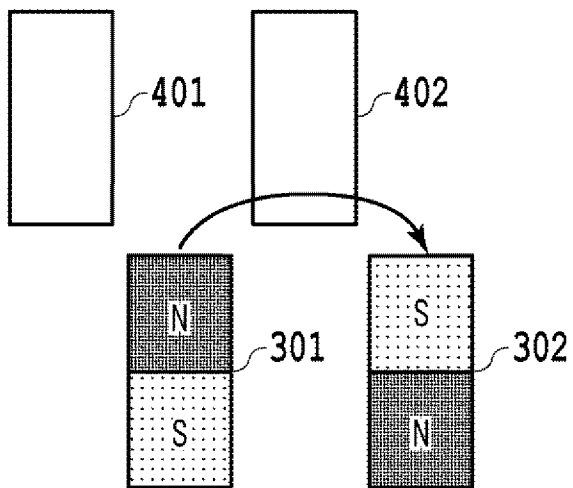
[図7]



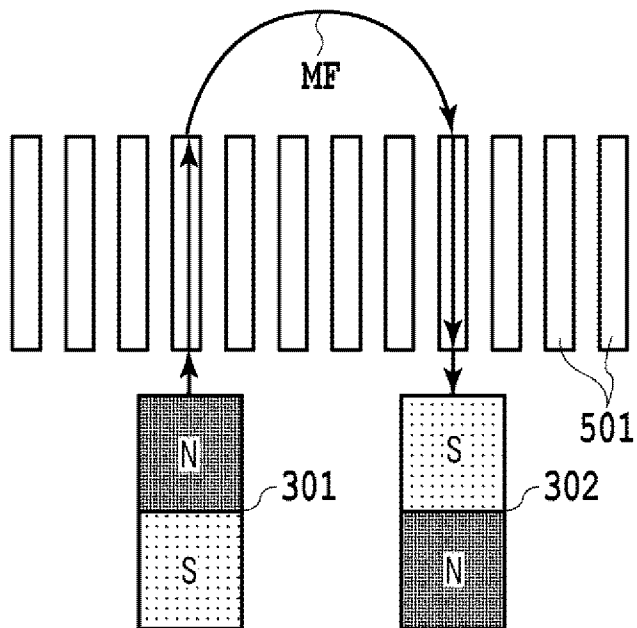
[図8A]



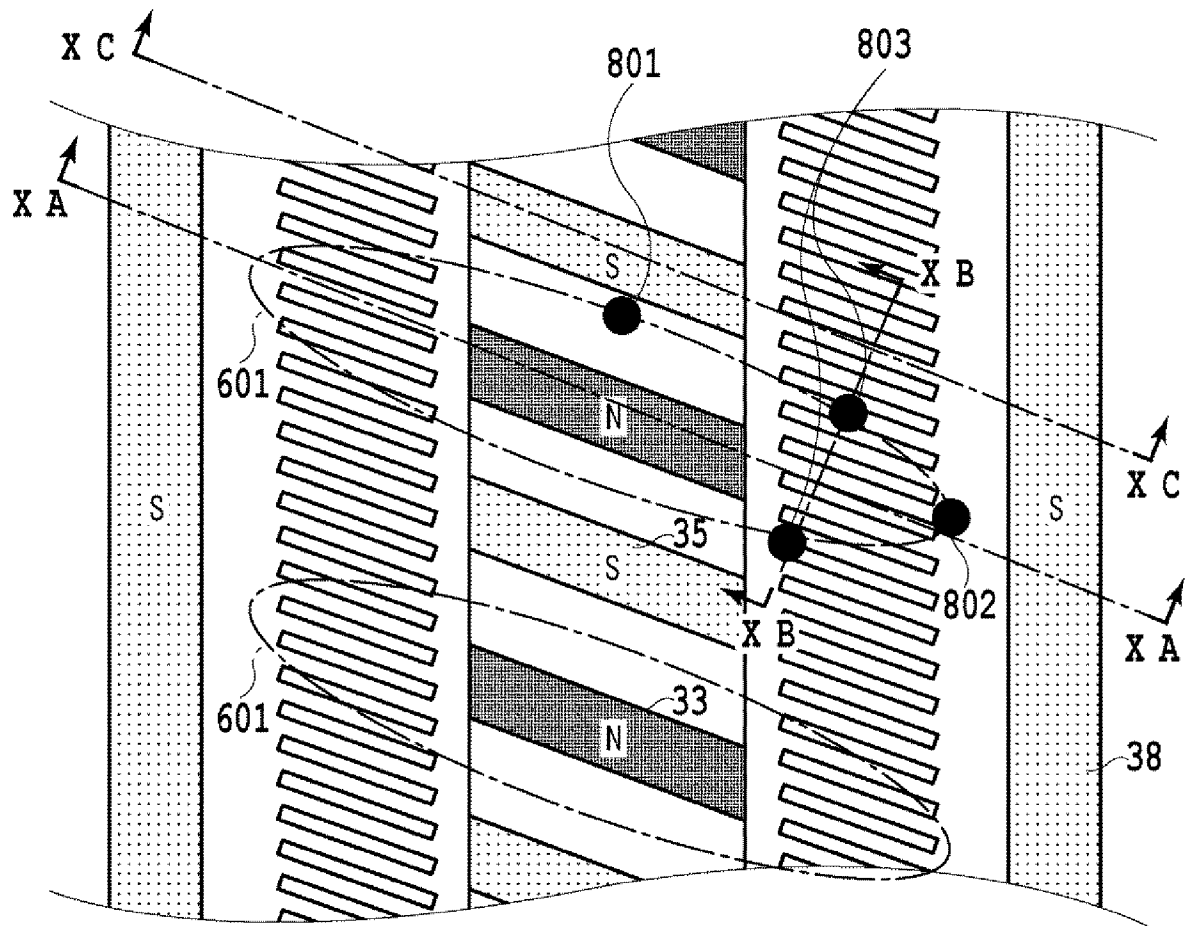
[図8B]



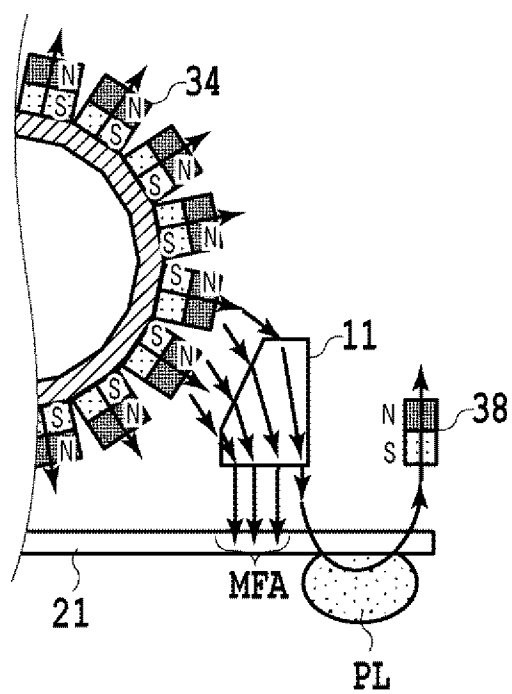
[図8C]



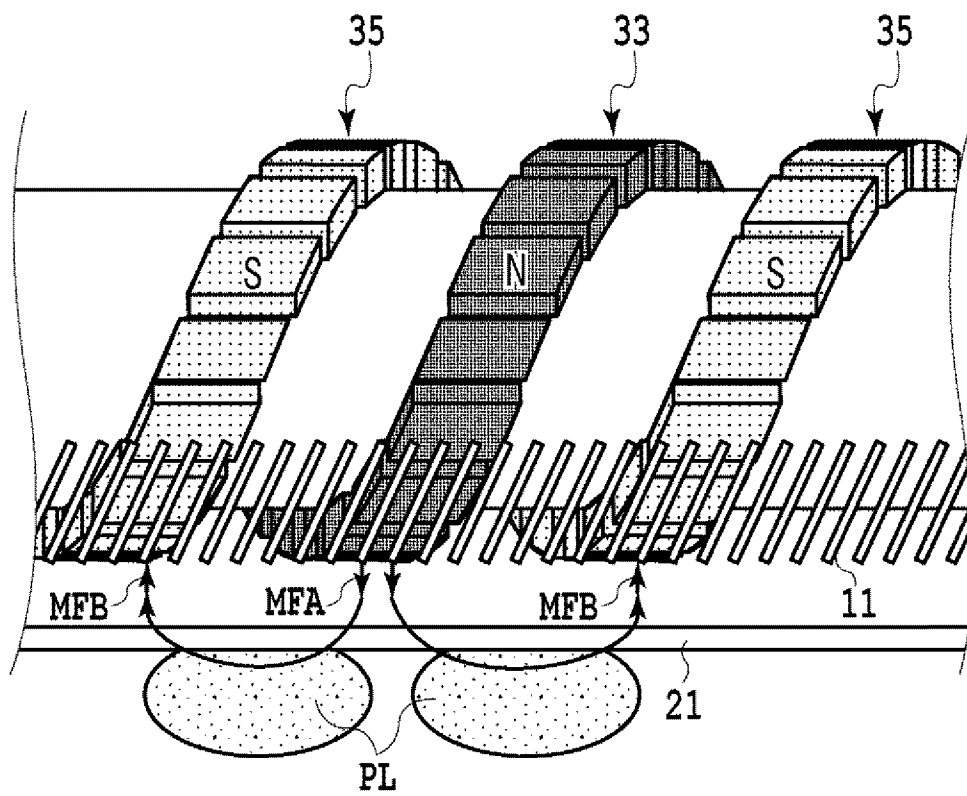
[図9]



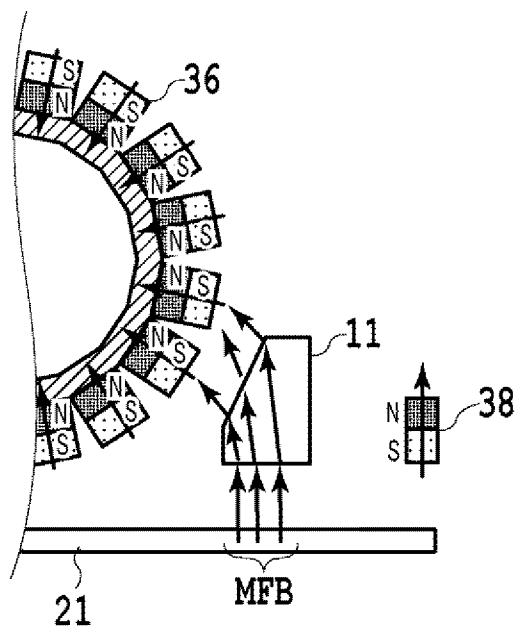
[図10A]



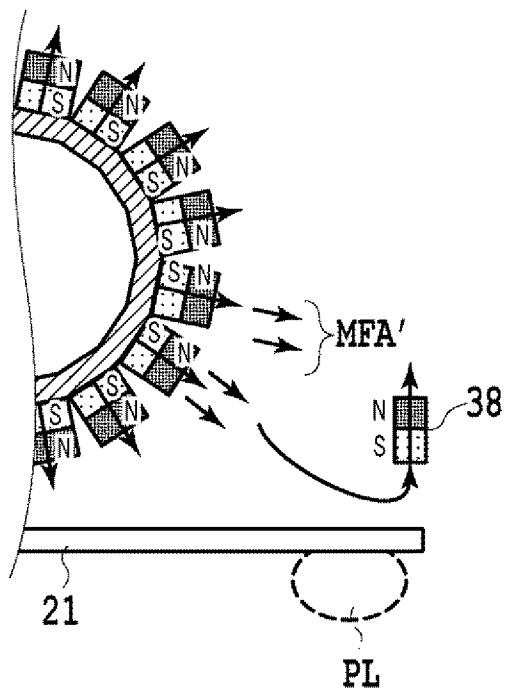
[図10B]



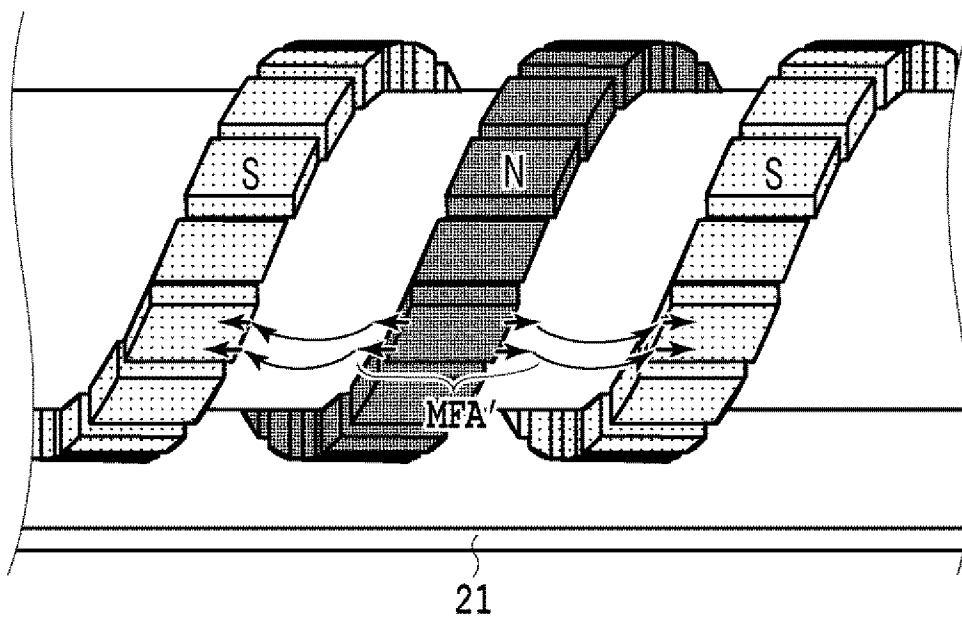
[図10C]



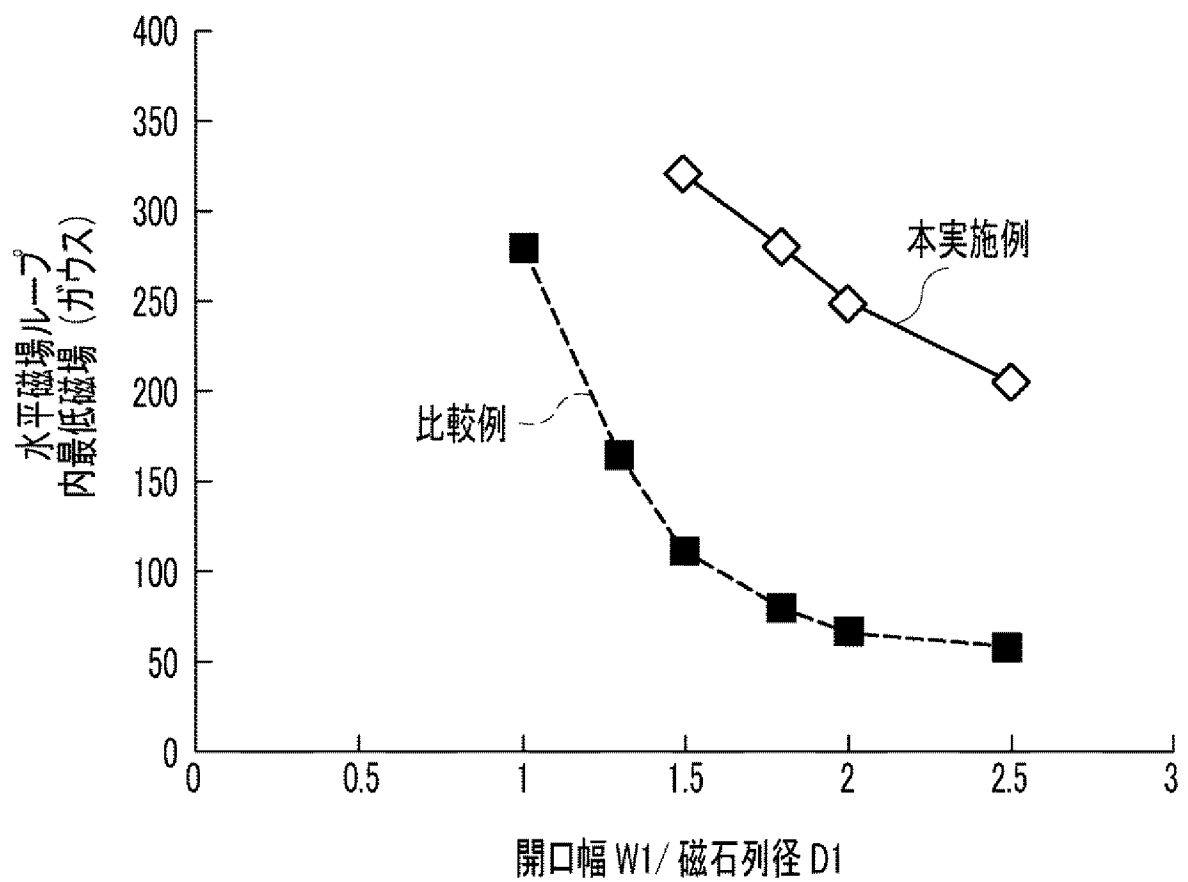
[図11A]



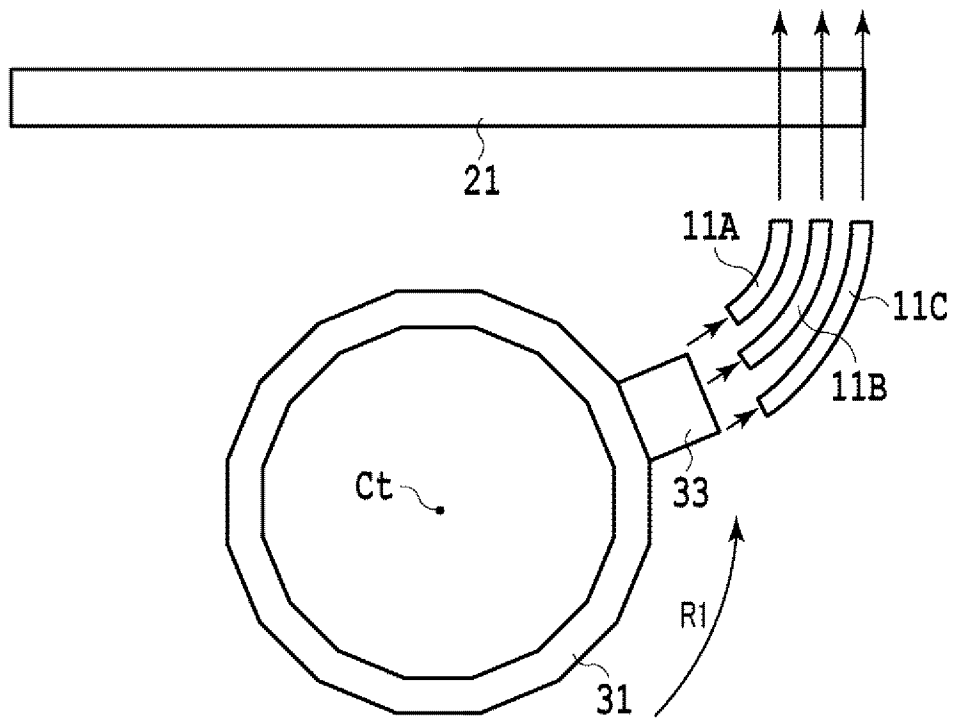
[図11B]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/006899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C14/35 (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)

C23C14/00-14/58

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2007/043476 A1 (Tohoku University), 19 April 2007 (19.04.2007), all pages & US 2010/0126848 A1 & EP 1953257 A1 & NO 20082139 A & CN 101283114 A & AU 2006300441 A & KR 10-2008-0046285 A & RU 2008118147 A & AT 520800 T	1-4
A	JP 2000-265270 A (Anelva Corp.), 26 September 2000 (26.09.2000), paragraphs [0030] to [0031]; fig. 2, 3 (Family: none)	1-4

☐

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

30 January, 2013 (30.01.13)

Date of mailing of the international search report

12 February, 2013 (12.02.13)

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))

Int.Cl. C23C14/35 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C23C14/00-14/58

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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)

WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の 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 請求項の番号
A	WO 2007/043476 A1 (国立大学法人東北大学) 2007.04.19, 全頁 & US 2010/0126848 A1 & EP 1953257 A1 & NO 20082139 A & CN 101283114 A & AU 2006300441 A & KR 10-2008-0046285 A & RU 2008118147 A & AT 520800 T	1-4
A	JP 2000-265270 A (アネルバ株式会社) 2000.09.26, 段落【0030】～【0031】、図2, 3 (ファミリーなし)	1-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

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

「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
「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
「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)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「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

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.01.2013

国際調査報告の発送日

12.02.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A/J P)
郵便番号100-8915
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)

伊藤 光貴

4 G

4489

電話番号 03-3581-1101 内線 3416