

(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
2016年6月30日(30.06.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/103688 A1

- (51) 国際特許分類:
H03B 15/00 (2006.01) *H01Q 3/30* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/006404
- (22) 国際出願日: 2015年12月22日(22.12.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-263149 2014年12月25日(25.12.2014) JP
特願 2014-263150 2014年12月25日(25.12.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 水沼 広太郎(MIZUNUMA, Koutarou); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 渡邊 祐(WATANABE, Yuu); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 河野 欣(KOUNO, Yasushi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 奥野 英一(OKUNO, Eiichi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デン

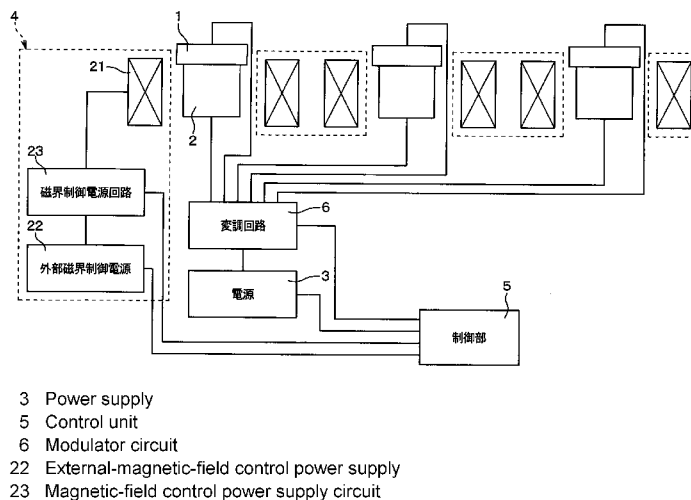
ソー内 Aichi (JP). 布施 卓哉(FUSE, Takuya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 大藪 弘和(OHYABU, Hirokazu); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).

- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: ANTENNA DEVICE AND HIGH-FREQUENCY TRANSMITTER

(54) 発明の名称: アンテナ装置と高周波発信機



- 3 Power supply
5 Control unit
6 Modulator circuit
22 External-magnetic-field control power supply
23 Magnetic-field control power supply circuit

(57) Abstract: This antenna device is provided with a plurality of antennas (1), a plurality of magnetic oscillation element units (2) that convert electrical energy into high-frequency power, and a modulator (6) that outputs, with a time difference, the electrical energy to at least two of the plurality of magnetic oscillation element units, and that differentiates the phases of high-frequency power which are converted from the electrical energy by said at least two of the magnetic oscillation element units (2-1, 2-2). The plurality of magnetic oscillation element units include a pair of electrodes (11, 18), and have a pin layer (14), a free layer (16), and an intermediate layer (15) which are disposed between the pair of electrodes. The resistance value of the element formed by the pin layer, the intermediate layer, and the free layer changes in accordance with the angle between the magnetization direction of the pin layer and the magnetization direction of the free layer. The plurality of antennas transmit electromagnetic waves to the external space of the magnetic oscillation element units upon supply of high-frequency power.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/103688 A1



ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, 添付公開書類:

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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

アンテナ装置は、複数のアンテナ (1) と、電気的エネルギーを高周波電力に変換する複数の磁性発振素子部 (2) と、電気的エネルギーを、前記複数の磁性発振素子部のうち少なくとも 2 つ磁性発振素子部へ時間差を設けて出力することにより、前記少なくとも 2 つ磁性発振素子部 (2-1、2-2) により電気的エネルギーから変換される高周波電力の位相を、互いに異なるものとする変調器 (6) と、を備える。前記複数の磁性発振素子部は、一対の電極 (1-1、1-8) を含み、ピン層 (1-4) と、フリー層 (1-6) と、中間層 (1-5) と、を前記一対の電極の間に有する。前記ピン層、前記中間層、前記フリー層で構成される素子の抵抗値は、前記ピン層の磁化方向と前記フリー層の磁化方向との間の角度によって変化する。前記複数のアンテナは、高周波電力が供給されることにより、前記磁性発振素子部の外部の空間へ電磁波を発信する。

明 細 書

発明の名称： アンテナ装置と高周波発信機

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2014年12月25日に出願された日本出願番号2014-263149号と2014年12月25日に出願された日本出願番号2014-263150号に基づくもので、ここにそれらの記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、任意の方向に電磁波を発信するアンテナ装置、及び、高周波電磁波を発信する高周波発信機に関するものである。

背景技術

[0003] 従来、アンテナを複数備える等の方法により、任意の方向に電磁波を発信するアンテナ装置が活用されている。

[0004] 例えば特許文献1に示されるフェーズドアレイレーダ装置では、増幅器と高周波の移相器を備えた送信モジュールを各アンテナに接続し、各アンテナから発信される電磁波の位相を変化させることにより、アンテナから発信される電磁波全体の指向性を変化させている。

[0005] しかしながら、高精度な高周波の移相器は一般的に大型であり、高価でもある。そのため、このような高周波の移相器を備えた送信モジュールを用いたアンテナ装置であって、アンテナから発信される電磁波全体の指向性を高精度に制御できるものは、大型であり、高価でもある。

[0006] また、従来、高周波発信機として、例えば特許文献1に示される無線通信システムが提案されている。このような無線通信システムは、電氣的エネルギーを高周波電力に変換する変換部と、変換された高周波電力を発信部へ送る高周波電力媒介手段と、送られた高周波電力を電磁波に変えて外部へ発信する発信部を備える。高周波電磁波は例えば10GHz以上の電磁波であり、高周波電力媒介手段は例えば導波管であり、発信部は例えばアンテナである。特許文献1に示された無線通信システムでは、送受信装置が変換部に、

R F 同軸ケーブルが高周波電力媒介手段に、アンテナが発信部に相当する。

[0007] このような構成により、電源から供給される電氣的エネルギーを変換部により高周波電力に変換し、高周波電力を高周波電力媒介手段により発信部へ送り、発信部により電磁波に変えて外部へ発信することで、互いに離れた複数の装置の間で通信が可能となる。

[0008] 通常、変換部にはコンデンサ、コイル、水晶振動子、半導体素子等複数の部品が必要であるため、これら複数の部品は、回路基板上に実装されることで基板化されて設置される。変換部を基板化すると、変換部にはアンテナを設置する余地が少なくなるため、変換部とアンテナは離して設置されることが多い。そのため、離して設置された変換部とアンテナとの間での高周波電力媒介手段が必要となり、導波管等が用いられる。

[0009] しかしながら、上記した特許文献 1 に示される無線通信システムのように、R F 同軸ケーブルや導波管等の高周波電力媒介手段によって高周波電力を媒介すると、高周波電力が大幅に減衰するため、システム全体で効率が低下する。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開 2 0 1 0 - 1 4 7 6 7 3 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 4 - 1 3 2 2 6 3 号公報

発明の概要

[0011] 本開示は、高周波の移相器等の、高周波回路を各アンテナから発信される電磁波の位相の調整に使用することを回避し、小型化できるアンテナ装置、及び、高周波電力の媒介を回避し、システム全体で効率を向上させることができる高周波発信機を目的とする。

[0012] 本開示の第一の態様にかかるアンテナ装置は、複数のアンテナと、電氣的エネルギーを高周波電力に変換する少なくとも 1 つの磁性発振素子を各々含む複数の磁性発振素子部と、外部から入力された電氣的エネルギーを、前記複数の磁性発振素子部のうち少なくとも 2 つの磁性発振素子部へ時間差を設

けて出力することにより、前記少なくとも2つの磁性発振素子部により電気的エネルギーから変換される高周波電力の位相を、互いに異なるものとする変調器と、を備える。各々の前記複数の磁性発振素子部は、薄膜状の一对の電極を含み、磁化方向が固定されたピン層と、磁化方向が外部磁界に応じて変化するフリー層と、前記ピン層と前記フリー層との間に配置された中間層と、を前記一对の電極の間に有する。前記ピン層、前記中間層、前記フリー層で構成される素子の抵抗値は、前記ピン層の磁化方向と前記フリー層の磁化方向との間の角度によって変化する。各々の前記複数のアンテナは、前記複数の磁性発振素子部のうち対応する磁性発振素子部により電気的エネルギーから変換された高周波電力が供給されることにより、前記対応する磁性発振素子部の外部の空間へ電磁波を発信する。

[0013] これによれば、複数の磁性発振素子部により電気的エネルギーを高周波電力に変換し、各磁性発振素子部が変換する高周波電力の位相を、変調手段によりそれぞれ変化させることができる。そのため、高周波の移相器等の、高周波回路を素子間の位相の調整に用いずに各アンテナで位相が異なる電磁波を発信し、アンテナ装置全体から発信される電磁波の方向を操作することが可能であり、高周波の移相器等の、高周波回路を素子間の位相の調整に使用することを回避し、アンテナ装置を小型で、かつ、安価なものとすることができる。

[0014] 本開示の第二の態様にかかるアンテナ装置は、複数のアンテナと、電気的エネルギーを高周波電力に変換する少なくとも1つの磁性発振素子を各々含む複数の磁性発振素子部と、を備える。各々の前記複数の磁性発振素子部は、薄膜状の一对の電極を含み、磁化方向が固定されたピン層と、磁化方向が外部磁界に応じて変化するフリー層と、前記ピン層と前記フリー層との間に配置された中間層と、を前記一对の電極の間に有する。前記ピン層、前記中間層、前記フリー層で構成される素子の抵抗値は、前記ピン層の磁化方向と前記フリー層の磁化方向との間の角度によって変化する。各々の前記複数のアンテナは、前記複数の磁性発振素子部のうち対応する磁性発振素子部によ

り電氣的エネルギーから変換された高周波電力が供給されることにより、前記対応する磁性発振素子部の外部の空間へ電磁波を発信する。前記複数のアンテナのうち少なくとも2つは互いに異なる向きに配置されている。

[0015] これによれば、少なくとも2つのアンテナを互いに異なる向きに配置し、磁性発振素子部により電氣的エネルギーから変換した高周波電力をアンテナに供給することにより、各アンテナで異なる方向に電磁波を発信することができる。そのため、高周波の移相器を用いずに任意の方向へ電磁波を発信することが可能であり、高周波の移相器等の、高周波回路を素子間の位相の調整に使用することを回避し、アンテナ装置を小型で、かつ、安価なものとすることができる。

[0016] 本開示に係る高周波発信機は、電氣的エネルギーを高周波電力に変換する変換部と、前記変換部にて変換された高周波電力を電磁波に変えて前記変換部の外部の空間へ発信する発信部とを備える。前記変換部は、前記電氣的エネルギーに応じて前記高周波電力を変調する機能を有する磁性発振素子を有する。前記磁性発振素子は、薄膜状の一对の電極を含み、磁化方向が固定されたピン層と、磁化方向が外部磁界に応じて変化するフリー層と、前記ピン層と前記フリー層との間に配置された中間層と、を前記一对の電極の間に備える。前記ピン層、前記中間層、前記フリー層で構成される素子の抵抗値は、前記ピン層の磁化方向と前記フリー層の磁化方向との間の角度によって変化する。前記発信部は、前記磁性発振素子と一体的に構成される。

[0017] これによれば、磁性発振素子と発信部が一体的に構成されているため、導波管等の高周波電力媒介手段が不要となり、高周波電力の減衰が抑制されて、システム全体の効率が向上する。

図面の簡単な説明

[0018] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、[図1]図1は、第1実施形態におけるアンテナ装置を適用した発信システム、または、高周波発信機の全体構成図であり、

[図2A]図2 Aは、第1実施形態におけるアンテナ装置の平面図であり、

[図2B]図2 Bは、第1実施形態におけるアンテナ装置の断面図であり、

[図3]図3は、第1実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の断面図であり、

[図4A]図4 Aは、第1実施形態における変調回路の動作を示すグラフであり、

[図4B]図4 Bは、第1実施形態における変調回路の動作を示すグラフであり、

[図4C]図4 Cは、第1実施形態における変調回路の動作を示すグラフであり、

[図4D]図4 Dは、第1実施形態における変調回路の動作を示すグラフであり、

[図5]図5は、第1実施形態の変形例におけるアンテナ装置または高周波発信機の断面図であり、

[図6]図6は、第2実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の断面図であり、

[図7]図7は、第2実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の変形例の断面図であり、

[図8]図8は、第3実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の断面図であり、

[図9A]図9 Aは、第4実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の配置図であり、

[図9B]図9 Bは、第4実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の配置図であり、

[図10]図10は、第5実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の配置図であり、

[図11A]図11 Aは、第5実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の変形例の配置図であり、

[図11B]図 1 1 B は、第 5 実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の変形例の配置図であり、

[図11C]図 1 1 C は、第 5 実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の変形例の配置図であり、

[図11D]図 1 1 D は、第 5 実施形態におけるアンテナ装置または高周波発信機の変形例の配置図であり、

[図12]図 1 2 は、第 6 実施形態におけるアンテナ装置の斜視図であり、

[図13]図 1 3 は、第 6 実施形態におけるアンテナ装置の変形例の斜視図であり、

[図14]図 1 4 は、他の実施形態における発信システムの全体構成図であり、

[図15]図 1 5 は、他の実施形態における磁性発振素子および外部磁界印加部の断面図であり、

[図16]図 1 6 は、他の実施形態における外部磁界の位置依存性を示すグラフであり、

[図17]図 1 7 は、他の実施形態における磁性発振素子および外部磁界印加部の断面図であり、及び、

[図18]図 1 8 は、他の実施形態における外部磁界の位置依存性を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本開示の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付して説明を行う。

[0020] (第 1 実施形態)

本開示の第 1 実施形態について説明する。ここでは、本開示の第 1 実施形態が適用されたアンテナ装置（または、高周波発信機）を有する発信システムを例に挙げて説明する。本実施形態で説明するアンテナ装置（または、高周波発信機）は、例えば自動車に搭載されて車車間通信や路車間通信に用いられるが、携帯電話等の情報通信機器等、自動車以外にアンテナ装置（また

は、高周波発信機）を用いることもできる。また、ミリ波レーダーにアンテナ装置（または、高周波発信機）を用いることもできる。ミリ波レーダーは、例えば、ACC（アダプティブクルーズコントロール）を行うために、自車と先行車の距離および相対速度を測定するものである。

[0021] 以下、図1ないし図4を参照して、本実施形態にかかるアンテナ装置または高周波発信機について説明する。まず、図1を参照して、本実施形態にかかる発信システムの全体構成について説明する。

[0022] 発信システムは、アンテナ装置（または、アンテナ1と磁性発振素子を備えた高周波発信機）と、電源3、外部磁界印加部4、制御部5を備え、アンテナ装置は、複数のアンテナ1、複数の磁性発振素子部2、変調回路6を備える。また、磁性発振素子部2は、磁性発振素子を有する。変調回路6は、本開示の変調器に相当する。なお、外部磁界印加部4は、後述するように、磁性発振素子と一体的に構成される場合がある。

[0023] アンテナ1は、高周波電力が供給されることにより高周波電磁波を外部へ発信する部分である。高周波電磁波とは、例えば10GHz以上の電磁波である。本実施形態では、アンテナ1は、アンテナ1と磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子を変調回路6に接続するための配線を兼ねている（または、高周波発信機を電源3に接続するための配線を兼ねている）。

[0024] 磁性発振素子部2は、供給された直流電流・電圧を高周波電力に変換する部分であり、複数の膜が積層されて構成された磁性発振素子を少なくとも1つ備えている。本実施形態では、磁性発振素子部2は、複数の磁性発振素子を備えており、各磁性発振素子部2において、各磁性発振素子は、変調回路6に対して互いに並列に接続されている。磁性発振素子の詳細については後述する。

[0025] 電源3は、変調回路6を通して、アンテナ1と磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子に直流電流・電圧を供給する装置である。または、電源3は、アンテナ1および磁性発振素子に直流電流・電圧を供給する装置である。この電源3より供給される直流電流・電圧の大きさに基づいて、磁性発振

素子部 2 に備えられた磁性発振素子より発生させられる高周波電力の周波数が変化する。例えば、電源 3 が定電圧源であれば、後述する磁性発振素子の抵抗の変化により発生する高周波電流の周波数は、電源 3 が供給する電圧の大きさにより変化する。また、電源 3 が定電流源であれば、磁性発振素子の抵抗の変化により発生する高周波電圧の周波数は、電源 3 が供給する電流の大きさにより変化する。アンテナ 1 と磁性発振素子部 2 は 1 つずつ別々に変調回路 6 に接続されており、個別に変調回路 6 によって駆動される。

[0026] 外部磁界印加部 4 は、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子に外部磁界を印加し、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子により発生する高周波電力の周波数を変化させる部分である。

[0027] 外部磁界印加部 4 は、外部磁界発生装置 2 1 と、外部磁界制御電源 2 2 と、磁界制御電源回路 2 3 を有した構成とされている。外部磁界発生装置 2 1 は、ここでは、コイルであり、磁界制御電源回路 2 3 を通して外部磁界制御電源 2 2 から電流が流されることにより、磁界を発生させ、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子に印加する部分である。又は、外部磁界印加部 4 は、外部磁界発生装置 2 1 と、外部磁界制御電源 2 2 を有した構成とされている。外部磁界発生装置 2 1 は、ここでは、コイルであり、外部磁界制御電源 2 2 から電流が流されることにより、磁界を発生させ、磁性発振素子 2 に印加する部分である。

[0028] 本実施形態では、各磁性発振素子部 2 に対して 2 つのコイルが配置されており、2 つのコイルは、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子を構成する複数の膜の膜面内方向における一方向の両側に配置され、外部磁界を膜面垂直方向に印加する。具体的には、2 つのコイルの軸が膜面垂直方向に向けられ、2 つのコイルを構成する巻き線に、コイルの軸方向から見て互いに同じ向きに回るように、外部磁界制御電源 2 2、磁界制御電源回路 2 3 からの電流（または、外部磁界制御電源 2 2 からの電流）が流れる。これにより、1 つの磁性発振素子部 2 に対して配置された 2 つのコイルにおいて、各コイルを同じ向きに通じ、磁性発振素子を膜面垂直方向に通る磁界が発生す

る。そして、それらの磁界が合成されて、2つのコイルの間に置かれた磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子を膜面垂直方向に通る磁界が発生する。

[0029] なお、磁性発振素子の膜面面内方向に磁界を印加してもよい。この場合、例えば、上記のように配置したコイルの軸を膜面面内方向の一方向に向け、2つのコイルを構成する巻き線に、コイルの軸方向から見て互いに同じ向きに回るように、外部磁界制御電源22、磁界制御電源回路23からの電流（又は、外部磁界制御電源22からの電流）を流す。これにより、各コイルにおいて、各コイルを同じ向きに通る磁界が発生し、それらの磁界が合成されて、2つのコイルの間に置かれた磁性発振素子を膜面面内方向の一方向に通る磁界が発生する。

[0030] また、コイルを磁性発振素子の膜面垂直方向の一方または両方の外側に配置し、コイルの軸を膜面垂直方向に向け、外部磁界制御電源22、磁界制御電源回路23からの電流（又は、外部磁界制御電源22からの電流）を流すことで、磁性発振素子の膜面垂直方向に磁界を印加してもよい。

[0031] 磁界制御電源回路23は、外部磁界発生装置21と外部磁界制御電源22の間に配置され、外部磁界制御電源22からの電流を調整して、磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子に印加される外部磁界の大きさを調整するものである。

[0032] 制御部5は、状況に応じて電源3、変調回路6、外部磁界制御電源22、磁界制御電源回路23を操作する部分、または、電源3、外部磁界制御電源22を操作する部分であり、CPU、ROM、RAM等からなる周知のマイクロコンピュータとその周辺回路にて構成されている。制御部5は、電源3、変調回路6、外部磁界制御電源22、磁界制御電源回路23に接続されている。または、制御部5は、電源3、外部磁界制御電源22に接続されている場合もある。

[0033] つぎに、図2を参照して、アンテナ1と磁性発振素子部2の配置について説明する。

- [0034] アンテナ装置はアンテナ 1 と磁性発振素子部 2 をそれぞれ複数備えており、図 2 A に示すように、1 つのアンテナ 1 に対して 1 つの磁性発振素子部 2 が配置されている。また、本実施形態では、図 2 A、図 2 B に示すように、複数のアンテナ 1 は、互いに同じ向きに、かつ、格子状に並んで配置されている。
- [0035] 各磁性発振素子部 2 に備えられた複数の磁性発振素子の間には、 Al-O_x 、 MgO 、 SiO_2 等で構成された絶縁層が形成され、複数の磁性発振素子は、膜面内方向においては互いに絶縁されている。
- [0036] つぎに、図 3 を参照して、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子の詳細について説明する。
- [0037] 磁性発振素子は、基板 10 上に、下部電極 11、下地層 12、反強磁性層 13、ピン層 14、中間層 15、フリー層 16、キャップ層 17、上部電極 18 が順に積層されて構成されている。これらのうち下部電極 11 と上部電極 18 は、本開示の一对の電極に相当する。なお、図 3 における上下の向きは、基板 10 から下向きに各層が並ぶ向きとされている。
- [0038] 本実施形態では、基板 10 は導電性基板であり、例えば Cu 、 Au 等で構成される。基板 10 の上には、図示しない Ta 層が形成されている。 Ta 層は、基板との濡れ性や、下部電極 11 以降の層の配向性のために基板 10 上に形成されるものである。下部電極 11 は、 Ru 、 Cu 、 CuN 、 Au 等の導電性材料で構成されており、図示しない Ta 層上に薄膜状に形成されている。
- [0039] 下地層 12 は、 Ta 、 Ru 等で構成されており、下部電極 11 上に薄膜状に形成されている。下地層 12 は、結晶性、配向性を向上させて反強磁性層 13 を成膜するための下地となるものである。
- [0040] 反強磁性層 13 は、 IrMn 、 PtMn 等で構成されており、下地層 12 上に薄膜状に形成されている。反強磁性層 13 は、交換結合により、ピン層 14 の磁化方向を固定するためのものである。
- [0041] ピン層 14 は、 Co 、 Fe 、 Ni 等の強磁性材料で、または強磁性材料と

Bとで構成されており、反強磁性層13上に薄膜状に形成されている。反強磁性層13との交換結合により、ピン層14の磁化方向は、ここでは、膜面内方向に固定されている。なお、上記の材料に加え、Pt、Pdを用いてピン層14を構成してもよい。また、GaMn、FePt(Pd)、CoPt(Pd、Ni)等の高磁気異方性材料を用いてピン層14を構成してもよい。

[0042] なお、図示しないが、下地層12と反強磁性層13との間には、NiFe等で構成される磁性層が形成されている。また、反強磁性層13とピン層14との間には、CoFe等で構成される磁性層と、Ru等で構成され、上下に形成された磁性層の磁化方向をRKKY相互作用により固定する層が形成されている。

[0043] つまり、反強磁性層13をIrMnで構成し、ピン層14をCoFeBで構成する場合、下地層12と中間層15に挟まれた層は、下地層12側から順に、NiFe/IrMn/CoFe/Ru/CoFeB等の積層構造とされている。

[0044] 本実施形態の磁性発振素子は、このように、Ru等のRKKY相互作用を用い、複数の磁性層により構成されたシンセティックフェリ磁性層を含んでいる。シンセティックフェリ磁性層を用いた構成では、Ruを挟んで上下に形成された2つの磁性層の磁化の向きを互いに逆にすることで、これら2つの磁性層からの漏れ磁界がフリー層16に与える影響を低減することができる。

[0045] 中間層15は、MgO、Al-O_x、Cu、Ag等で構成され、ピン層14上に薄膜状に形成されている。ピン層14の磁化方向とフリー層16の磁化方向との間の角度によって、ピン層14、中間層15、フリー層16で構成される素子の抵抗値が変化する。中間層15をMgO、Al-O_x等の絶縁体で構成した場合、ピン層14、中間層15、フリー層16の積層によりTMR (Tunneling Magneto Resistance) 素子が構成される。また、中間層15をCu、Ag等の導体で構成した場合、ピン

層 14、中間層 15、フリー層 16 の積層により GMR (G i a n t M a g n e t o R e s i s t a n c e) 素子が構成される。なお、ここでは中間層 15 を絶縁体や導体で構成する場合について説明したが、中間層 15 を半導体で構成することもできる。

[0046] フリー層 16 は、C o、F e、N i 等の強磁性材料で、または強磁性材料と B とで構成されており、中間層 15 上に薄膜状に形成されている。フリー層 16 は、外部磁界印加部 4 が発生させる外部磁界によって磁化方向が変化する。なお、上記の材料に加え、P t、P d を用いてフリー層 16 を構成してもよい。また、G a M n、F e P t (P d)、C o P t (P d、N i) 等の高磁気異方性材料を用いてフリー層 16 を構成してもよい。また、フリー層 16 を、C o F e B / G a M n、C o F e B / F e P t 等の積層構造としてもよい。また、フリー層 16 を、C o F e B / T a / G a M n 等の積層構造としてもよい。

[0047] キャップ層 17 は、T a、R u 等で構成されており、フリー層 16 上に薄膜状に形成されている。キャップ層 17 は、加工の工程においてフリー層 16 を保護するためのものである。また、後述するようにフリー層 16 に C o F e B 等を用いる場合は、C o F e B 中の B を拡散させるための吸収層としての役割も担う。

[0048] 上部電極 18 は、A u、C u、C u N、R u 等の導電性材料で構成されており、キャップ層 17 上に薄膜状に形成されている。このような磁性発振素子は、基板 10 上に各層を順に成膜していくことで製造できる。

[0049] ピン層 14 やフリー層 16 に C o F e B を用いる場合は、まず C o F e B をアモルファス状に成膜する。ただし、B を入れているので、特に何もしなくてもアモルファスとなる。そのアモルファス C o F e B 上に M g O を (001) 配向して成膜する。その上に C o F e B をアモルファス状に成膜し、キャップ層 17 を成膜する。その後、300~350℃で熱処理を行うことで、C o F e B 中の B が M g O 層やキャップ層 17、または下地層 12 に拡散し、アモルファスから b c c (001) 配向に結晶化する。このように C

○FeB/MgO/C○FeBが結晶化することで、高いMR比（磁気抵抗比）、すなわち高周波電磁波の高出力化につながる。

[0050] 本実施形態では、アンテナ1と磁性発振素子を一体化している。具体的には、図3に示すように、上部電極18をアンテナ1に接触させた状態で、磁性発振素子を絶縁樹脂19で覆うことにより、磁性発振素子とアンテナ1を接合させている。なお、磁性発振素子とアンテナ1を別々に製造する場合、製造工程において、下部電極11の下には基板10が必要である。一般的に基板の厚さは数百 μm であるのに対し、上部電極18の厚さは数十～数百 nm であるので、発振部とアンテナ1との距離を短くするために、本実施形態では、上部電極18とアンテナ1が接合されている。なお、基板10は上部電極18に比べてアンテナ1と密着しやすいため、アンテナ1と磁性発振素子との間に隙間が生じることを抑制するために、基板10とアンテナ1を接合してもよい。

[0051] この場合、磁性発振素子とアンテナ1の間に絶縁樹脂19が流れ込むと、アンテナ1と磁性発振素子の間の抵抗が増加するため、磁性発振素子とアンテナ1の間に絶縁樹脂19が流れ込まないように接合することが望ましい。

[0052] 磁性発振素子2とアンテナ1を別々に製造する場合、製造工程において、下部電極11の下には基板10が必要である。一般的に基板の厚さは数百 μm であるのに対し、上部電極18の厚さは数十～数百 nm であるので、発振部とアンテナ1との距離を短くするために、本実施形態では、上部電極18とアンテナ1が接合されている。なお、基板10は上部電極18に比べてアンテナ1と密着しやすいため、アンテナ1と磁性発振素子2との間に隙間が生じることを抑制するために、基板10とアンテナ1を接合してもよい。

[0053] 図3に示すように、上部電極18をアンテナ1に接触させた状態で、磁性発振素子2を絶縁樹脂19で覆うことにより、磁性発振素子2とアンテナ1を接合させることができる。この場合、磁性発振素子2とアンテナ1の間に絶縁樹脂19が流れ込むと、高周波発信機の抵抗が増加するため、磁性発振素子2とアンテナ1の間に絶縁樹脂19が流れ込まないように接合すること

が望ましい。

- [0054] なお、アンテナ 1 と上部電極 18 を I_n やはんだ等で接合してもよい。これにより、アンテナ 1 と磁性発振素子との距離が大きくなるが、アンテナ 1 と上部電極 18 との間に隙間が生じることを抑制することができる。また、アンテナ 1 と上部電極 18 を圧着により接合してもよい。
- [0055] 基板 10 に配線を施す前に磁性発振素子とアンテナ 1 を接合させた場合、絶縁樹脂 19 に導通用の穴をあけ、そこに配線を通すことで、図 1 に示すように、アンテナ 1 と磁性発振素子を変調回路 6 に接続することができる。
- [0056] つぎに、図 1 ないし図 4 を参照して、本実施形態にかかる発信システムの動作について説明する。
- [0057] まず、制御部 5 から電源 3 に信号が送られて、電源 3 と変調回路 6（または、電源 3 だけ）によりアンテナ 1 と磁性発振素子部 2 の両端に直流電圧が生じ、電源 3 から変調回路 6 を通して各アンテナ 1 および磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子に直流電流 I が流される。または、電源 3 からアンテナ 1 と磁性発振素子に直流電流 I が流される場合もある。直流電流 I は、ここでは、フリー層 16 からピン層 14 の向きに流れる。このとき、電子はピン層 14 からフリー層 16 へ移動する。また、外部磁界印加部 4 により、磁性発振素子に対して、フリー層 16 の磁化方向と平行、または数度ずれた方向に、外部磁界が印加される。ここでは、外部磁界は膜面垂直方向に印加されている。
- [0058] すると、電子のスピントルクによりフリー層 16 の磁化が歳差運動する。ここで、外部磁界をフリー層 16 の磁化方向と平行方向、つまりスピン注入磁化反転しない方向に印加しているため、磁化は反転しない。
- [0059] フリー層 16 の磁化が歳差運動することで、MR 効果により磁性発振素子の抵抗は常に変化し、磁性発振素子の両端には高周波電流・電圧が生じており、これによる高周波電力が生じる。つまり、直流電流・電圧が高周波電力に変換される。磁性発振素子部 2 に備えられた複数の磁性発振素子により生じ、合成された高周波電力がアンテナ 1 を介することにより、高周波電磁波

が発信される。

[0060] 以上の動作により、各アンテナ 1 から高周波電磁波が発信されるが、以下説明する変調回路 6 の動作により、高周波電磁波の位相を各アンテナ 1 で変化させることができる。変調回路 6 を用いる場合、位相の制御方法が高周波の移相器等の高周波回路を用いる場合と全く異なる。

[0061] 高周波の移相器等の高周波回路は、電気的エネルギーが磁性発振素子を介し、高周波電力となってから位相の制御を行う。そのため、高精度な位相の制御には大がかりな装置が必要となる。

[0062] これに対し、変調回路 6 は、電気的エネルギーが磁性発振素子に入力される前、すなわち、電気的エネルギーが直流、もしくは低周波の状態では位相の制御を行う。そのため、変調回路 6 を用いる場合には、高周波の移相器等の高周波回路を用いる場合と比較し、位相の制御が簡単である。

[0063] 具体的には、変調回路 6 は、図 4 A に示す電源 3 からの入力を、磁性発振素子部 2 のうちの 2 つ（図中では 2-1、2-2 と表記する）に備えられた磁性発振素子に対し、図 4 B に示すように、時間 ϕ だけ差をつけて出力する。すると、図 4 C に示すように、直流電流・電圧を磁性発振素子部 2-1 に備えられた磁性発振素子に変換した高周波電力と、磁性発振素子部 2-2 に備えられた磁性発振素子に変換した高周波電力とで、時間 ϕ の分だけ位相に差が生じる。これにより、図 4 D に示すように、磁性発振素子部 2-1、2-2 に対応する 2 つのアンテナ（図中では 1-1、1-2 と表記する）それぞれから発信される高周波電磁波の間に、時間 ϕ の分だけ位相の差が生じる。

[0064] このように、変調回路 6 を用いて、磁性発振素子に電気的エネルギーを供給するタイミングを変えることで高周波電磁波の位相を制御できる。電気的エネルギーが直流、もしくは低周波の状態では位相差を設けても、磁性発振素子により変換された高周波電力は、その位相差を受け継ぐため、このような位相の制御が可能である。

[0065] 各磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子に対する出力について、こ

のように時間差を設けることで、各アンテナ 1 から発信される高周波電磁波の位相を変化させ、アンテナ装置全体から発信される高周波電磁波の方向を操作することができる。つまり、本実施形態のアンテナ装置を適用した発信システムは、フェーズドアレイアンテナ装置の発信システムとして用いることができる。

[0066] つぎに、本実施形態の効果について説明する。

[0067] 従来のアンテナ装置で任意の方向に電磁波を発信するためには、アンテナを複数備え、増幅器と高周波の移相器を備えた送信モジュールを各アンテナに接続する。そして、各アンテナから発信される電磁波の位相を変化させることにより、アンテナから発信される電磁波全体の指向性を変化させる必要がある。

[0068] これに対し、本実施形態のアンテナ装置では、直流電流・電圧を高周波電力に変換する装置として磁性発振素子を用いており、各磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子に変換する交流の位相は、上記のように、変調回路 6 によりそれぞれ変化させられる。そのため、高周波の移相器等の高周波回路を各磁性発振素子部 2 間の調整に使わなくとも、直流または変調回路 6 により出力される低周波の信号で高周波出力が可能であり、任意の方向に電磁波を発信するフェーズドアレイアンテナ装置の発信システムを構成することができる。よって、本実施形態のアンテナ装置では、高価かつ大型である高精度な高周波の移相器を用いる必要がないため、本実施形態のアンテナ装置を、小型で、かつ、安価に製造できる。

[0069] また、上記の送信モジュールを用いたアンテナ装置では、高周波の移相器を経由することで送信モジュールの出力信号が減衰する。そこで、減衰した出力信号を増幅するために増幅器が備えられているが、増幅器の駆動には電源が必要であり、また、高周波の移相器の駆動にも電源が必要である。また、高周波の移相器によりビーム形成を行うために、送信モジュール間の振幅誤差および位相誤差を抑えるための回路等が必要である。そのため、高周波の移相器の使用に伴って多くのエネルギーを消費し、システム全体での効率

が低下する。

[0070] これに対し、本実施形態のアンテナ装置では、高周波の移相器を用いる必要がないため、高周波の移相器による出力信号の減衰を回避し、システム全体の効率を向上させることができる。また、高周波の移相器や増幅器のための電源も必要ないので、高周波の移相器の使用に伴うエネルギー消費も回避し、システム全体の効率を向上させることができる。なお、変調回路6を経由しても、変調回路6の経由時は電気エネルギーを高周波電磁波に変換していないため、高周波電磁波信号出力の減衰等の影響は少ない。

[0071] なお、金属の平板を複数の磁性発振素子部2と接合させた後に、平板を各アンテナ1の形状に削って各アンテナ1を形成してもよいし、各アンテナ1を別々に製造し、磁性発振素子部2と接合させてもよい。金属の平板を磁性発振素子部2と接合させた後に削る場合、複数のアンテナ1の高さを容易にそろえることができ、アンテナ装置全体から発信される高周波電磁波の方向の制御が容易になる。

[0072] また、従来のアンテナ装置では、直流の電気エネルギーを交流に変換するために、コイル、コンデンサ、水晶振動子、半導体素子等複数の部品で変換部を構成し、それらを回路基板上に実装することで基板化して設置している。変換部を基板化すると、変換部にはアンテナを設置する余地が少なくなるため、変換部とアンテナは離して設置されることが多い。そのため、離して設置された変換部とアンテナとの間で導波管等を用いて高周波電力を媒介しており、これにより、高周波電力が大幅に減衰し、システム全体で効率が低下する。

[0073] これに対し、本実施形態のアンテナ装置が備える磁性発振素子は、上記のように、そのみで直流電流・電圧を高周波電力に変換し、変換部としての役割を果たす。また、磁性発振素子で発生する高周波電力の周波数は、直流電流・電圧の大きさや、外部磁界の大きさや方向により変化するので、これらを変化させることにより、アンテナ1から発信される高周波電磁波の周波数を変化させることができる。そのため、複数の磁性発振素子を有する磁性

発振素子部 2 により構成される変換部は、直流から交流への変換や、変換した交流の周波数の調整のために多くの部品を必要としないので、磁性発振素子部 2 により構成される変換部とアンテナ 1 とを容易に接合し、一体化することができる。

[0074] 本実施形態では、アンテナ 1 を磁性発振素子部 2 と一体化させているので、従来のように導波管等で高周波電力を媒介する必要がない。そのため、高周波電力の媒介による減衰を抑制し、システム全体の効率を向上させることができる。

[0075] また、従来のアンテナ装置では、高周波電磁波の高出力な発信が必要な場合、高周波増幅器を用いて出力を増幅するため、高周波電磁波経路が増大する、モジュール大きさが増大する、消費電力が増大する。

[0076] これに対し、本実施形態のアンテナ装置では、集積化された複数の磁性発振素子により磁性発振素子部 2 が構成されることで、高周波電磁波を高出力化できる。磁性発振素子とアンテナ 1 との接合面積は、例えば数 nm～数 μ m オーダーと小さいため、集積化しても高周波電磁波経路の増大、モジュール大きさの増大を抑制することができる。また、磁性発振素子は消費電力が小さいため、システム全体の効率を向上させることができる。

[0077] なお、本実施形態では基板 10 を導電性材料で構成したが、基板 10 を SiO₂ 等の絶縁性材料で構成してもよい。

[0078] この場合、図 5 に示すように、基板 10 の上に磁性発振素子を構成する各層を成膜した後、下地層 12、反強磁性層 13、ピン層 14、中間層 15、フリー層 16、キャップ層 17、上部電極 18 の膜面内方向の周囲を囲むように、下部電極 11 の上に絶縁膜 20 を成膜する。そして、本実施形態と同様に絶縁樹脂 19 でアンテナ 1 と磁性発振素子を接合した後、基板 10 を貫通し下部電極 11 に達するように導通用の穴をあけ、そこに配線を通す。このようにして、基板 10 を SiO₂ 等の絶縁性材料で構成した変形例においても、磁性発振素子とアンテナ 1 の一体化が可能である。この変形例においても、上記と同様の効果が得られる。

[0079] (第2実施形態)

本開示の第2実施形態にかかるアンテナ装置または高周波発信機について、図6を参照して説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して、アンテナ1と磁性発振素子部2の構成（または、アンテナ1と磁性発振素子の構成）を変更したものであり、その他に関しては第1実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

[0080] 本実施形態は、基本的な構成は第1実施形態と同様であるが、アンテナ1と磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子が、図6に示す構成とされている。

[0081] つまり、基板10の上の下部電極11を形成する層がアンテナ1を兼ね、下部電極11によりアンテナ1が構成されている。また、下部電極11の上であって、下地層12、反強磁性層13、ピン層14、中間層15、フリー層16、キャップ層17、上部電極18の膜面内方向の周囲を囲む位置に、絶縁膜20が形成されている。本実施形態では、このような構成により、磁性発振素子とアンテナ1を一体化している。

[0082] また、本実施形態では、基板10が絶縁性材料により構成されており、アンテナ1、下部電極11、上部電極18が、アンテナ1と磁性発振素子を変調回路6に接続するための配線（または、高周波発信機を電源3に接続するための配線）を兼ねている。このようなアンテナ1と磁性発振素子は、アンテナ基板上に磁性発振素子を構成する各層を成膜し、磁性発振素子をパターンニングすることで製造できる。

[0083] 本実施形態のアンテナ装置または高周波発信機においても、第1実施形態と同様の効果が得られる。また、下部電極11によりアンテナ1を構成することで、発振部とアンテナ1との間に隙間が生じることを抑制できるため、システム全体の効率をさらに向上させることができる。

[0084] 本実施形態では基板10を絶縁性材料で構成したが、基板10を導電性材料で構成してもよい。

[0085] 基板10を導電性材料で構成した変形例を図7に示す。この変形例では、

基板 10、下部電極 11、アンテナ 1 が 1 つの層により構成されており、この層の上に形成された下地層 12、反強磁性層 13、ピン層 14、中間層 15、フリー層 16、キャップ層 17、上部電極 18 は、本実施形態と同様に、膜面内方向の周囲を絶縁膜 20 により囲まれている。また、この変形例では、アンテナ 1、基板 10、下部電極 11、上部電極 18 が、アンテナ 1 と磁性発振素子を変調回路 6 に接続するための配線（または、高周波発信機を電源 3 に接続するための配線）を兼ねている。この変形例においても、上記と同様の効果が得られる。また、この変形例では、高周波電磁波発信方向に基板がないので、高周波電磁波の送信効率が高くなると考えられる。

[0086] 第 1 実施形態では、反強磁性層 13 以降の層の配向性を向上させるために、基板 10 の上に図示しない Ta 層、下部電極 11、下地層 12 を順に積層したが、この変形例のように、基板 10 を構成する層の上に下地層 12 を形成してもよい。

[0087] （第 3 実施形態）

本開示の第 3 実施形態にかかるアンテナ装置または高周波発信機について、図 8 を参照して説明する。本実施形態は、第 1 実施形態に対して、アンテナ 1 と磁性発振素子部 2 の構成（または、アンテナ 1 と磁性発振素子の構成）を変更したものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

[0088] 本実施形態は、基本的な構成は第 1 実施形態と同様であるが、アンテナ 1 と磁性発振素子が、図 8 に示す構成とされている。

[0089] つまり、基板 10 の上に下部電極 11、下地層 12、反強磁性層 13、ピン層 14、中間層 15、フリー層 16、キャップ層 17 が形成され、基板 10 の上であって、下部電極 11 からキャップ層 17 までの膜面内方向の周囲を囲む位置に、絶縁膜 20 が形成されている。ただし、下部電極 11 の一部は絶縁膜 20 を貫通して外部に連結している。

[0090] また、キャップ層 17 と、キャップ層 17 を囲む絶縁膜 20 の上に、上部電極 18 が形成されている。上部電極 18 を形成する薄膜はアンテナ 1 を兼

ね、上部電極 18 によりアンテナ 1 が構成されている。本実施形態では、このような構成により、磁性発振素子とアンテナ 1 を一体化している。

[0091] また、本実施形態では、基板 10 が絶縁性材料により構成されており、アンテナ 1、下部電極 11、上部電極 18 が、アンテナ 1 と磁性発振素子を変調回路 6 に接続するための配線（または、高周波発信機を電源 3 に接続するための配線）を兼ねている。このようなアンテナ 1 と磁性発振素子は、基板 10 上に磁性発振素子を構成する各層を成膜し、磁性発振素子をパターニング後、上部電極 18 を成膜し、上部電極 18 をアンテナ形状にパターニングすることで製造できる。

[0092] 本実施形態のアンテナ装置または高周波発信機においても、第 1、第 2 実施形態と同様の効果が得られる。また、本実施形態では、高周波電磁波発信方向に基板がないので、高周波電磁波の送信効率が高くなると考えられる。また、本実施形態では上部電極 18 によりアンテナ 1 を構成しているため、基板 10 をアンテナ形状に加工する場合よりも容易にアンテナ装置を製造することができる。

[0093] 本実施形態では基板 10 を絶縁性材料で構成したが、基板 10 を導電性材料で構成してもよい。この場合、アンテナ 1、下部電極 11、上部電極 18 に加え、基板 10 もアンテナ 1 と磁性発振素子を変調回路 6 に接続するための配線（または、高周波発信機を電源 3 に接続するための配線）を兼ねる。

[0094] （第 4 実施形態）

本開示の第 4 実施形態にかかるアンテナ装置または高周波発信機について、図 9 A と図 9 B を参照して説明する。本実施形態は、第 1 実施形態のアンテナ装置を構成するアンテナ 1 と磁性発振素子部 2（または、第 1 実施形態の高周波発信機）を下記のように配置したものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

[0095] 一般的なアンテナ装置に比べて、磁性発振素子は薄く、面積が小さい。例えば、厚さは数十 nm ～ 数百 nm、面積は数 nm^2 ～ 数 μm^2 である。そのため、車のバンパーやフロントガラス、パラボラアンテナ等の曲面に、第 1 実

施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2 を配置することが可能である。

[0096] 例えば、車のバンパーに配置する場合、一般的なアンテナ装置は、その大きさからバンパーの内側に配置する必要がある、バンパー表面での電磁波の反射が問題となる。これに対し、磁性発振素子は薄く、面積が小さいので、図 9 A に示すように、第 1 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2 をバンパーの外側に配置することができ、バンパー表面での電磁波の反射を抑制することができる。

[0097] さらに、有機 E L（エレクトロルミネッセンス）等の使用中に変形される部材に第 1 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2 を配置し、その部材が使用中に変形されても、磁性発振素子は薄く、面積が小さいので、故障のおそれが少ない。また、第 1 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2 を、製造工程において変形される部材にも配置することができるため、第 1 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2 を配置した後に部材を変形させる等の方法が可能であり、加工が容易になる。

[0098] また、図 9 B に示すように、第 1 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2（または、第 1 実施形態の高周波発信機）を、これらの部材の内部にも配置することが可能である。磁性発振素子は水晶を用いていないので耐衝撃性に優れるが、第 1 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2（または、第 1 実施形態の高周波発信機）を部材の内部に配置することにより、耐衝撃性をさらに向上させ、また、衝撃以外の環境的な外乱についての耐環境性を向上させることができる。このような実施形態は、例えば、車のバンパーのように、衝撃や天候等、外からの環境的な外乱がある場合に適している。

[0099] 本実施形態では、第 1 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2（または、第 1 実施形態の高周波発信機）を上記のように配置したが、第 2、第 3 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2（または、第 2、第 3 実施形態の高周波発信機）を上記のように配置してもよい。この場合においても、上記と同様の効果が得られる。

[0100] （第 5 実施形態）

本開示の第5実施形態にかかるアンテナ装置または高周波発信機について、図10を参照して説明する。本実施形態は、第1実施形態のアンテナ装置を構成するアンテナ1と磁性発振素子部2（または、第1実施形態の高周波発信機）を下記のように配置したものであり、その他に関しては第1実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

[0101] 図10に示すように、第1実施形態のアンテナ装置を構成するアンテナ1と磁性発振素子部2（または、第1実施形態の高周波発信機）を曲面に複数配置することで、フェーズドアレイアンテナのように、任意の方向に電磁波を発信することができる。具体的には、複数のアンテナ1は互いに異なる向きに配置されているので、電磁波を発信するアンテナ1と磁性発振素子部2を図示しない回路により選択することで、任意の方向に電磁波を発信することができる。

[0102] また、電磁波を発信するアンテナ1と磁性発振素子部2を選択する回路を設けずに、すべてのアンテナ1から電磁波を発信してもよい。

[0103] 本実施形態では、各磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子が発生させる高周波電力の位相を変化させて、アンテナ装置全体から発信される電磁波の方向を操作する必要がないので、アンテナ装置は変調回路6を備えていなくてもよい。

[0104] 本実施形態では、第1実施形態のアンテナ装置を構成するアンテナ1と磁性発振素子部2（または、第1実施形態の高周波発信機）を、曲面に複数配置したが、図11Aないし図11Dに示すように配置してもよい。以下、本実施形態の変形例について説明する。

[0105] 図11Aに示すように、第1実施形態のアンテナ装置を構成するアンテナ1と磁性発振素子部2を、断面が多角形状の部材の多角形状を構成する各辺にそれぞれ配置することで、同様に、任意の方向に電磁波を発信することができる。また、図11B、図11Cのように、第1実施形態のアンテナ装置を構成するアンテナ1と磁性発振素子部2（または、第1実施形態の高周波発信機）を、これらの部材の内部に配置してもよい。

[0106] また、図 1 1 D に示す変形例では、第 1 実施形態のアンテナ装置を構成するアンテナ 1 と磁性発振素子部 2（または、第 1 実施形態の高周波発信機）をパラボリックに、具体的には、放物線を対称軸まわりに回転させて形成される放物面上に複数配置している。これにより、パラボラアンテナとしての特性を得ることができる。

[0107] 本実施形態では、第 1 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2（または、第 1 実施形態の高周波発信機）を上記のように配置したが、第 2、第 3 実施形態のアンテナ 1 と磁性発振素子部 2（または、第 2、第 3 実施形態の高周波発信機）を上記のように配置してもよい。この場合においても、上記と同様の効果が得られる。

[0108] （第 6 実施形態）

本開示の第 6 実施形態にかかるアンテナ装置について、図 1 2 を参照して説明する。本実施形態は、第 1 実施形態に対して、アンテナ 1 と基板 1 0 の形状を変更したものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

[0109] 本実施形態は、基本的な構成は第 1 実施形態と同様であるが、図 1 2 に示すように、アンテナ 1 と磁性発振素子部 2 により構成される電気回路において、電流の流路が、直線状の穴 8 を囲む流路を含むことにより、スリットアンテナが構成されている。穴 8 は、ここでは、各磁性発振素子部 2 に対して 1 つずつ形成されている。

[0110] 具体的には、アンテナ 1 と、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子の基板 1 0 とが、U 字状とされており、アンテナ 1 と基板 1 0 を対向させ、厚み方向において U 字の両端部同士を重ね合わせることにより、直線状の穴 8 が形成されている。そして、アンテナ 1 と基板 1 0 の間のうち、磁性発振素子部 2 が形成されていない部分には、 $Al-O_x$ 、 MgO 、 SiO_2 等で構成された絶縁層 2 a が形成されている。変調回路 6 とアンテナ装置を接続する配線は、アンテナ 1 と基板 1 0 が厚み方向において重なった部分のうち、磁性発振素子部 2 が形成されていない方に接続されている。

[0111] 本実施形態のアンテナ装置においても、第1実施形態と同様の効果が得られる。また、磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子から発せられる高周波電磁波は円偏光であるが、本実施形態ではアンテナ1と磁性発振素子部2によりスリットアンテナが構成されており、高周波電磁波を直線偏光に変換することができる。そのため、本実施形態のアンテナ装置は、フェーズドアレイアンテナとして指向性を得るために有効である。

[0112] 本実施形態では、第1実施形態に対して、アンテナ1の形状を変更したが、第2～第4実施形態に対して、アンテナ1の形状を変更してもよい。この場合においても、上記と同様の効果が得られる。

[0113] なお、第5実施形態のアンテナ装置はフェーズドアレイアンテナではないが、第5実施形態に対して、アンテナ1の形状を変更してもよい。

[0114] また、本実施形態では各磁性発振素子部2に対して穴8を1つずつ形成したが、磁性発振素子部2に備えられた各磁性発振素子に対して穴8を1つずつ形成してもよい。

[0115] また、本実施形態では、上記の構成により、変調回路6から供給された電流が直線状の穴8の周りを1周して変調回路6へ戻るが、電流が直線状の穴8の周りを半周して変調回路6へ戻ってもよい。例えば、図13に示すように、アンテナ1のみをU字状として、磁性発振素子部2をアンテナ1の一端に形成し、変調回路6とアンテナ装置を接続する配線を、磁性発振素子部2と、アンテナ1の他端に接続してもよい。

[0116] (他の実施形態)

なお、本開示は上記した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内において適宜変更が可能である。

[0117] 例えば、上記第4、第5実施形態では曲面状の部材の表面または内部にアンテナ1と磁性発振素子部2を配置したが、平板状やブロック状の部材の表面または内部に配置してもよい。

[0118] また、上記第1実施形態では制御部5は電源3を制御しているが、電源3と変調回路6との間に制御可能な抵抗やキャパシタ等を備える電圧制御器を

接続し、制御部 5 を電圧制御器に接続して、アンテナ 1 等には流れる電流を制御してもよい。

[0119] また、下部電極 11 と上部電極 18 の間の各層を、上記第 1 ～ 第 3 実施形態とは逆の順に成膜してもよい。

[0120] また、反強磁性層 13 を用いずに、例えば、ピン層 14 の材料や加工方法により、ピン層 14 の磁化方向を固定してもよい。また、反強磁性層 13 の代わりに、硬磁性材料により構成された硬磁性層を用いて、ピン層 14 の磁化方向を固定してもよい。

[0121] また、下地層 12 と反強磁性層 13 との間に、NiFe 等で構成される磁性層が形成されていなくてもよい。

[0122] また、磁性発振素子がシンセティックフェリ磁性層を含んでいなくてもよい。

[0123] また、ピン層 14、フリー層 16 の磁化方向を上記第 1 実施形態とは異なる方向にしてもよい。また、直流電流 I を流す向きを上記第 1 実施形態と逆向きにしてもよい。ただし、磁性発振素子における高周波発振の要因となるスピントランスファートルクの大きさは、ピン層 14 とフリー層 16 の磁化方向の相対角 θ によって定まる。さらに正確には、スピントランスファートルクの大きさは $\sin \theta$ に比例し、 θ が 90° のときに最大となる。そのため、上記第 1 実施形態のように、ピン層 14 の磁化方向とフリー層 16 の磁化方向とが互いに垂直であることが望ましい。

[0124] また、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子をサンプレローナノコンタクト型の磁性発振素子としてもよい。

[0125] また、上記実施形態では外部磁界発生装置 21 としてコイルを用いたが、コイルの代わりに図 14 に示すような配線を用いてもよい。外部磁界発生装置 21 を構成する配線は、ここでは、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子の膜面に平行で、互いに垂直な方向に置かれている。

[0126] コイルを用いる方法は、磁性発振素子部 2 と外部磁界発生装置 21 を別々に配置する場合に有用であるが、磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素

子に印加する外部磁界の大きさや方向がコイルと磁性発振素子との位置により変化する。また、コイルを磁性発振素子の膜面垂直方向の一方または両方の外側に配置する場合、上記第1～第6実施形態のような磁性発振素子部2を複数備えるアンテナ装置においては、磁性発振素子部2とコイルからなる層の数が増加する。

[0127] これに対し、図14に示す構成では、各磁性発振素子部2の付近に互いに垂直な2つの配線を施し、これら2つの配線に磁界制御電源回路23からの電流を流す。すると、各磁性発振素子部2に印加される磁界は、2つの配線を流れる電流により発生する磁界を合成したものとなり、それぞれの配線を流れる電流の大きさや向きを調整することで、各磁性発振素子部2に印加される磁界の大きさや向きを調整することができる。また、配線の位置を調整することで、膜面内方向、膜面垂直方向のどちらにも外部磁界を印加することができる。このように、図14に示す構成では、磁性発振素子部2を複数備えるモジュールにおいても、任意の磁性発振素子部2に任意の外部磁界を印加することができる。

[0128] また、図15に示すように、磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子の膜面垂直方向の一端にスペーサー層2bと外部磁界発生用磁性層2cを積層してもよい。なお、図15では、磁性発振素子部2に備えられた磁性発振素子の1つ（図中では2dと表記する）の膜面垂直方向の一端にスペーサー層2bと外部磁界発生用磁性層2cを積層した構成を示している。

[0129] スペーサー層2bは、外部磁界発生用磁性層2cとピン層14、フリー層16との磁性的結合を切るための層であり、Ta、W、Ti、Ru等で構成される。また、スペーサー層2bが、外部磁界発生用磁性層2cの磁気異方性を利用し、ピン層14、フリー層16との磁性的結合を強める層として用いられる場合もある。

[0130] 外部磁界発生用磁性層2cは、膜面垂直方向に外部磁界、正確には漏れ磁界を発生して磁性発振素子へ印加するためのものである。また、ピン層14より生じる漏れ磁界や、外部磁界発生用磁性層2cの磁化方向を磁性発振素

子の膜面内方向としたときの漏れ磁界を用いて、磁性発振素子の膜面内方向に外部磁界を印加してもよい。外部磁界発生用磁性層 2 c は、Co、Fe、Ni、Pt、Pd 等で構成される垂直磁化膜層が望ましい。また、垂直磁化膜を GaMn や、CoFeB/MgO で構成してもよい。なお、外部磁界発生用磁性層 2 c は、上記第 1 実施形態において説明したアンテナ装置の動作において、MR 効果を担うものではない。

[0131] 外部磁界発生用磁性層 2 c を多層膜で構成すれば、その積層数や膜厚を変えることで、磁気異方性や、発生する漏れ磁界の大きさの制御が容易にできる。外部磁界発生用磁性層 2 c は、磁性発振素子と別々に配置してもよいが、磁性発振素子と同時に製造する方が加工が容易であり、また、大きな外部磁界を印加することができる。

[0132] 外部磁界発生用磁性層 2 c を Co/Pt、Co/Pd 等の多層膜で構成する場合、一般に成膜後 300～400℃ 程度の熱処理が必要となる。外部磁界発生用磁性層 2 c を、多層膜ではなく、L10-PtFe 等の合金で構成する場合、成膜時に 600℃ 程度での基板加熱が必要となる。

[0133] 図 16 に示すように、外部磁界発生用磁性層 2 c から出る漏れ磁界には膜面内位置依存性がある。しかし、図 17 に示すように、磁性発振素子 2 d の膜面内方向の幅を外部磁界発生用磁性層 2 c およびスペーサー層 2 b の幅よりも小さくすることで、図 18 に示すように、膜面内の位置依存性が抑制され、制御性が高くなる。

[0134] 図 14 に示す構成で印加できる外部磁界は、最大でも数十 mT と小さいが、図 15、図 17 に示す構成では、大きな外部磁界を印加することができる。しかし、図 15、図 17 に示す構成では、一方向にしか外部磁界を印加できないため、図 14 に示す構成と図 15、図 17 に示す構成を合わせて用いるとよい。

[0135] また、外部磁界発生装置 21 として電界効果素子を用いてもよい。電界効果素子は、非磁性層/磁性層/絶縁膜の構造を持つ素子で、印加電圧、すなわち電界によって磁性層の磁気異方性を変調することが可能なものである。

つまり、電界効果素子への印加電圧を変えることにより、電界効果素子が発生させる磁界を変調することができる。そのため、電界効果素子を外部磁界発生装置 21 として利用すれば、外部磁界制御電源 22 から外部磁界発生装置 21 に印加される電圧を変えることにより、微細な磁性発振素子に任意の外部磁界を印加することができる。

[0136] 電界効果素子を構成する非磁性層は、例えば Au、Pt、Pd、Ta、Ru の単体やこれらの化合物で構成される。また、非磁性層を、これらの単体や化合物を複数積層した膜で構成してもよい。

[0137] 電界効果素子を構成する磁性層は、例えば Fe、Co、Ni 等の磁性体の単体や、これらに Pt、Pd、B 等の非磁性体を混ぜた化合物で構成される。

[0138] 電界効果素子を構成する絶縁膜は、例えば MgO、HfO₂、Al-O_x、Zn-O_x、ポリイミド、炭酸プロピレン等で構成される。

[0139] 一般に金属磁性体を用いた電界効果素子における磁気異方性は、金属磁性層と絶縁層の界面の磁気異方性が主である。この界面磁気異方性を電界によって変調することが可能である。

[0140] また、上記第 1 実施形態では、各磁性発振素子部 2 に対して 2 つのコイルを配置したが、磁性発振素子部 2 に備えられた各磁性発振素子に対して 2 つのコイルを配置してもよい。同様に、図 14 に示す構成において、各磁性発振素子の付近に 2 つの配線を施し、磁界制御電源回路 23 からの電流を流してもよい。

[0141] また、上記第 1 実施形態では、複数のアンテナ 1 を格子状に配置したが、複数のアンテナ 1 を他の位置に置いてもよい。また、一部のアンテナ 1 のみを格子状に配置してもよい。また、上記第 1 実施形態では、複数のアンテナ 1 は互いに同じ向きに配置されているが、少なくとも 2 つのアンテナ 1 が互いに同じ向きに配置されていればよい。

[0142] また、上記第 6 実施形態では、各磁性発振素子部 2 に対して 1 つずつ穴 8 を形成したが、一部の磁性発振素子部 2 に対してのみ、穴 8 が形成されても

よい。また、アンテナ 1 と磁性発振素子部 2 に備えられた磁性発振素子が一体化されていなくてもよく、その場合は、アンテナ 1 と磁性発振素子部 2 を接続する配線と、アンテナ 1 と変調回路 6 を接続する配線を、それぞれ穴 8 の短手方向の両側に形成すればよい。

[0143] また、上記第 1 実施形態では、磁性発振素子部 2 は複数の磁性発振素子を備えているが、磁性発振素子部 2 が 1 つの磁性発振素子のみ備えていてもよい。

[0144] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1] 複数のアンテナ（１）と、電気的エネルギーを高周波電力に変換する少なくとも１つの磁性発振素子を各々含む複数の磁性発振素子部（２）と、

外部から入力された電気的エネルギーを、前記複数の磁性発振素子部のうち少なくとも２つの磁性発振素子部へ時間差を設けて出力することにより、前記少なくとも２つの磁性発振素子部（２－１、２－２）により電気的エネルギーから変換される高周波電力の位相を、互いに異なるものとする変調器（６）と、を備え、

各々の前記複数の磁性発振素子部は、薄膜状の一对の電極（１１、１８）を含み、磁化方向が固定されたピン層（１４）と、磁化方向が外部磁界に応じて変化するフリー層（１６）と、前記ピン層と前記フリー層との間に配置された中間層（１５）と、を前記一对の電極の間に有し、

前記ピン層、前記中間層、前記フリー層で構成される素子の抵抗値は、前記ピン層の磁化方向と前記フリー層の磁化方向との間の角度によって変化し、

各々の前記複数のアンテナは、前記複数の磁性発振素子部のうち対応する磁性発振素子部により電気的エネルギーから変換された高周波電力が供給されることにより、前記対応する磁性発振素子部の外部の空間へ電磁波を発信するアンテナ装置。

[請求項2] 前記複数のアンテナのうち少なくとも２つは互いに同じ向きに配置されている請求項１に記載のアンテナ装置。

[請求項3] 前記複数のアンテナのうち少なくとも一部は格子状に並んで配置されている請求項１または２に記載のアンテナ装置。

[請求項4] 複数のアンテナ（１）と、

電気的エネルギーを高周波電力に変換する少なくとも１つの磁性発振素子を各々含む複数の磁性発振素子部（２）と、を備え、

各々の前記複数の磁性発振素子部は、薄膜状の一对の電極（１１、１８）を含み、磁化方向が固定されたピン層（１４）と、磁化方向が外部磁界に応じて変化するフリー層（１６）と、前記ピン層と前記フリー層との間に配置された中間層（１５）と、を前記一对の電極の間に有し、

前記ピン層、前記中間層、前記フリー層で構成される素子の抵抗値は、前記ピン層の磁化方向と前記フリー層の磁化方向との間の角度によって変化し、

各々の前記複数のアンテナは、前記複数の磁性発振素子部のうち対応する磁性発振素子部により電氣的エネルギーから変換された高周波電力が供給されることにより、前記対応する磁性発振素子部の外部の空間へ電磁波を発信し、

前記複数のアンテナのうち少なくとも２つは互いに異なる向きに配置されているアンテナ装置。

[請求項5] 各々の前記複数のアンテナは、前記少なくとも１つの磁性発振素子と一体的に構成される請求項１ないし４のいずれか１つに記載のアンテナ装置。

[請求項6] 各々の前記複数のアンテナは、前記少なくとも１つの磁性発振素子と別部材で構成され、各々の前記複数のアンテナと別部材で構成された前記少なくとも１つの磁性発振素子において、前記一对の電極を構成する２つの電極のいずれか一方が、各々の前記複数のアンテナと接合されている請求項５に記載のアンテナ装置。

[請求項7] 前記少なくとも１つの磁性発振素子において、前記一对の電極を構成する２つの電極のいずれか一方により各々の前記複数のアンテナが構成されている請求項５に記載のアンテナ装置。

[請求項8] 前記少なくとも１つの磁性発振素子は基板（１０）上に形成され、前記少なくとも１つの磁性発振素子において、前記一对の電極を構成する２つの電極のいずれか一方が前記基板により構成されている請求

項 1 ないし 7 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

[請求項9] 各々の前記複数のアンテナは、前記複数の磁性発振素子部のうち対応する磁性発振素子部を備える請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

[請求項10] 放物線を対称軸まわりに回転させて形成される放物面上に前記複数の磁性発振素子部を配置した請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

[請求項11] 各々の前記複数のアンテナと前記複数の磁性発振素子部のうち対応する磁性発振素子部により構成される電気回路において、電流の経路が、直線状の穴（8）を囲むU字状の経路を含むことにより、スリットアンテナが構成されている請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

[請求項12] 前記少なくとも 1 つの磁性発振素子部は、複数の磁性発振素子部を含み、

各々の前記複数の磁性発振素子部には、前記複数の磁性発振素子が含まれる請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

[請求項13] 電気的エネルギーを高周波電力に変換する変換部（10～18）と、

前記変換部にて変換された高周波電力を電磁波に変えて前記変換部の外部の空間へ発信する発信部（1）と、を備え、

前記変換部は、前記電気的エネルギーに応じて前記高周波電力を変調する機能を有する磁性発振素子を有し、

前記磁性発振素子は、薄膜状の一对の電極（11、18）を含み、磁化方向が固定されたピン層（14）と、磁化方向が外部磁界に応じて変化するフリー層（16）と、前記ピン層と前記フリー層との間に配置された中間層（15）と、を前記一对の電極の間に備え、

前記ピン層、前記中間層、前記フリー層で構成される素子の抵抗値は、前記ピン層の磁化方向と前記フリー層の磁化方向との間の角度に

よって変化し、

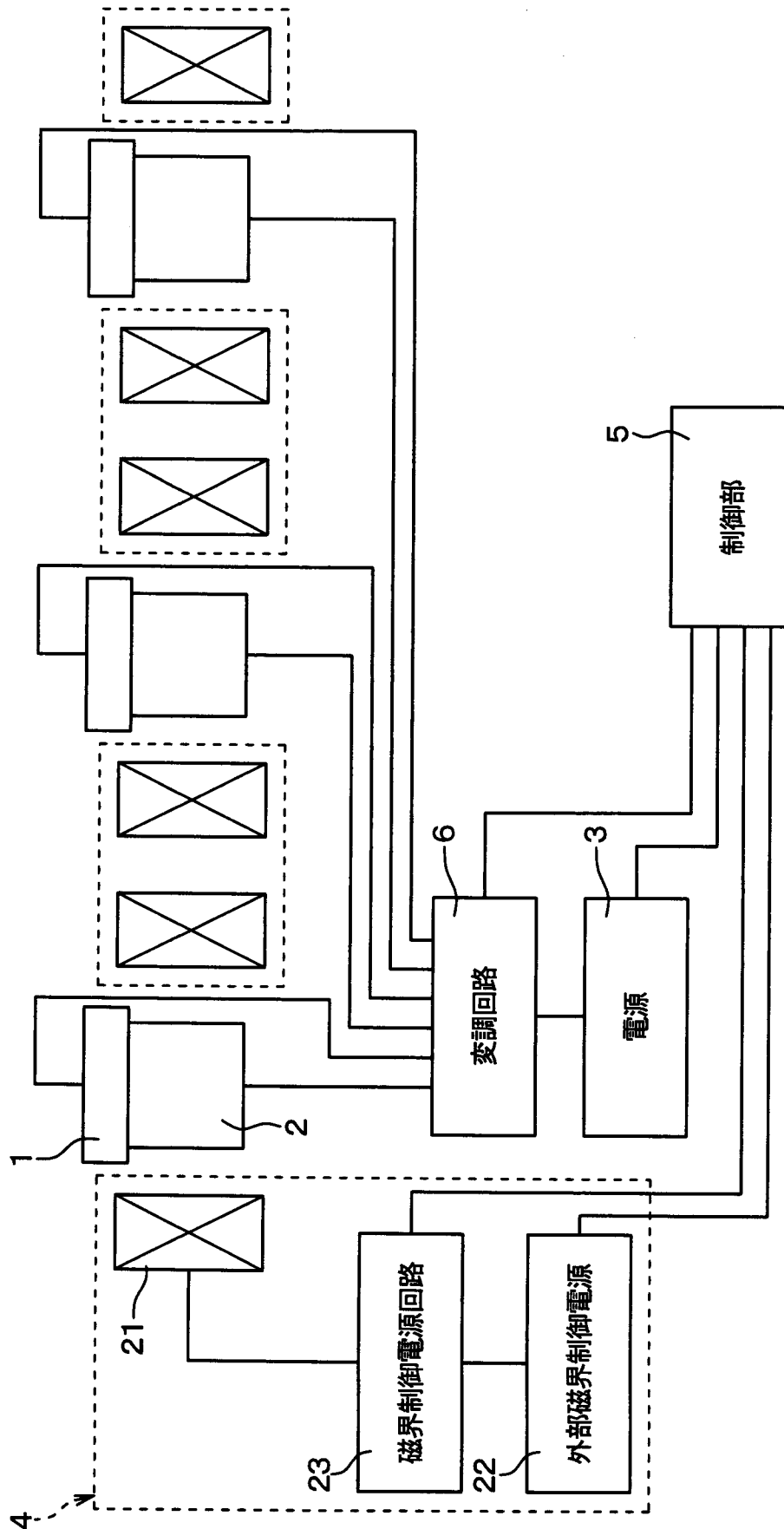
前記発信部は、前記磁性発振素子と一体的に構成される高周波発信機。

[請求項14] 前記発信部は、前記磁性発振素子とは別部材で構成され、前記一对の電極を構成する2つの電極のいずれか一方が前記発信部と接合されている請求項13に記載の高周波発信機。

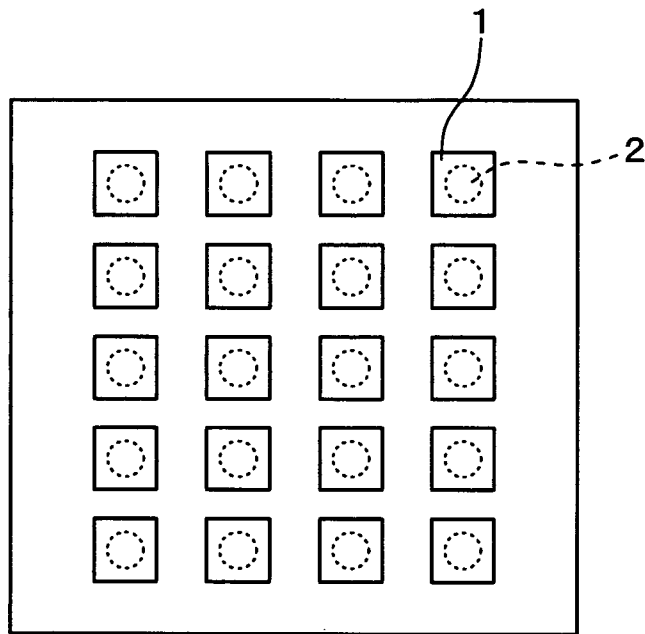
[請求項15] 前記一对の電極を構成する2つの電極のいずれか一方により前記発信部が構成されている請求項13に記載の高周波発信機。

[請求項16] 前記磁性発振素子は基板（10）上に形成され、前記一对の電極を構成する2つの電極のいずれか一方が前記基板により構成されている請求項13ないし15のいずれか1つに記載の高周波発信機。

[図1]



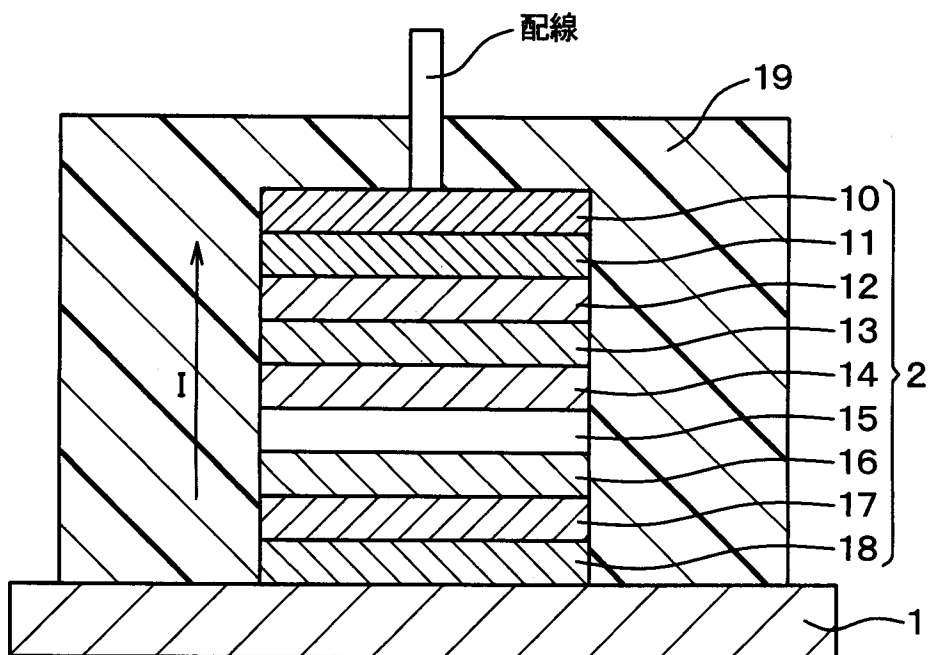
[図2A]



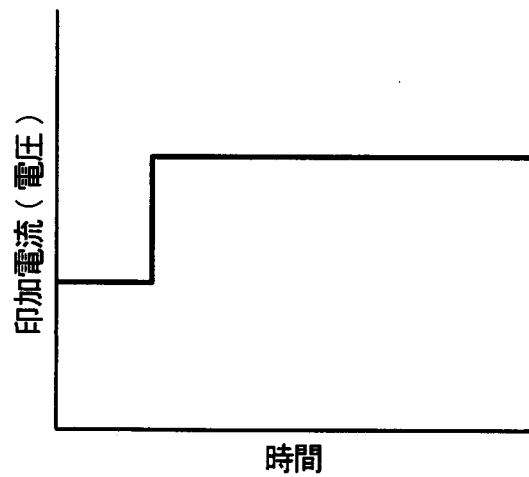
[図2B]



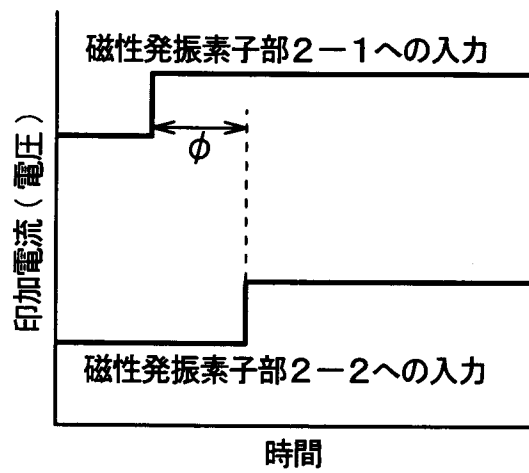
[図3]



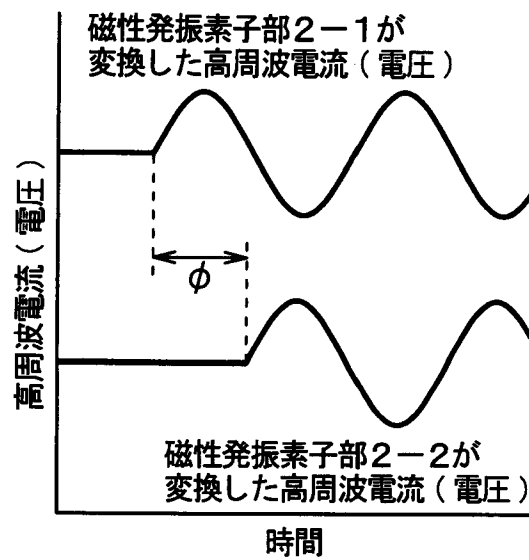
[図4A]



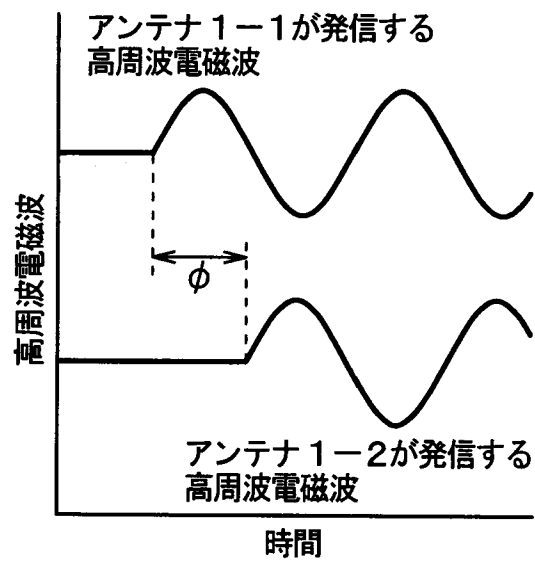
[図4B]



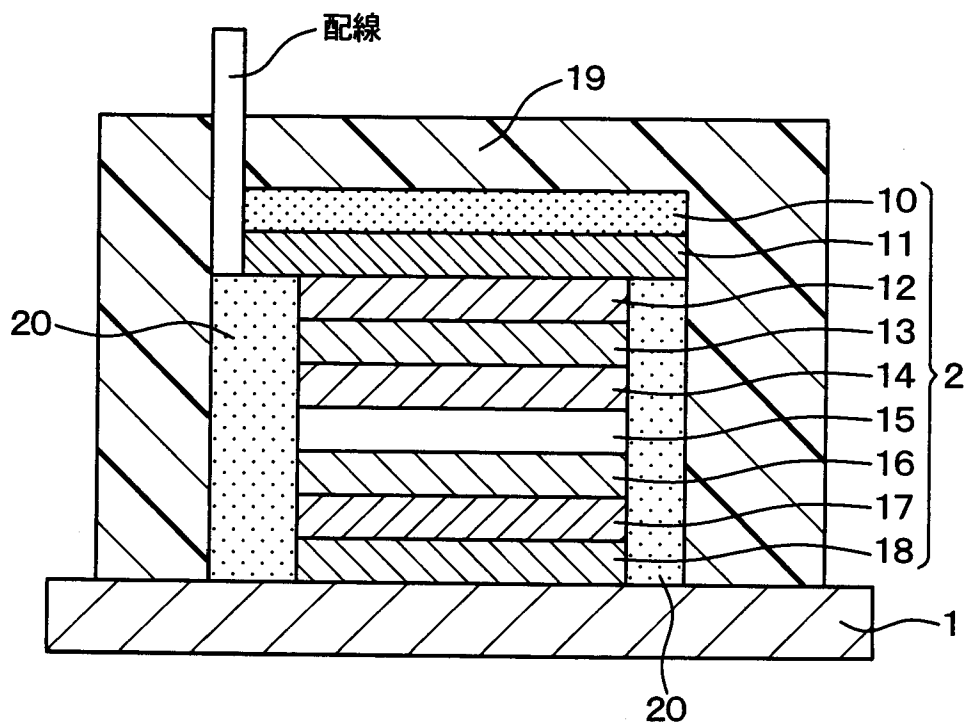
[図4C]



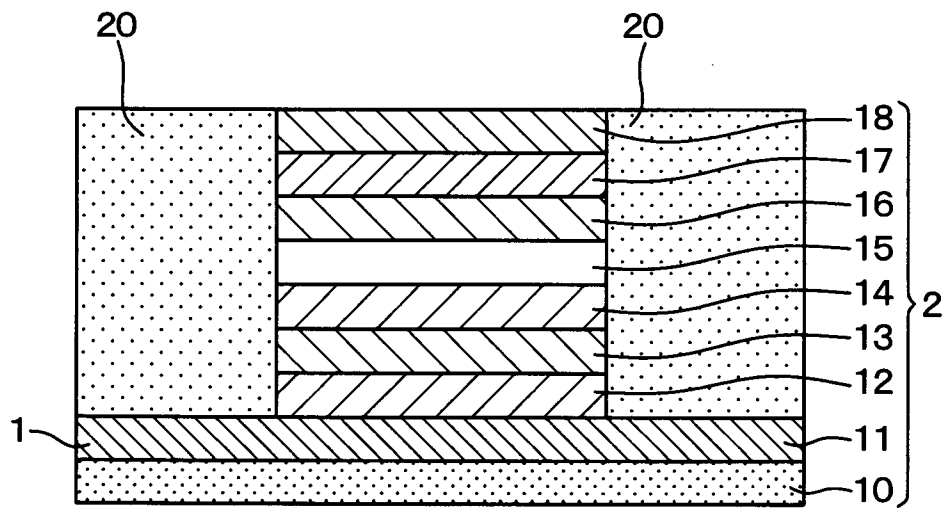
[図4D]



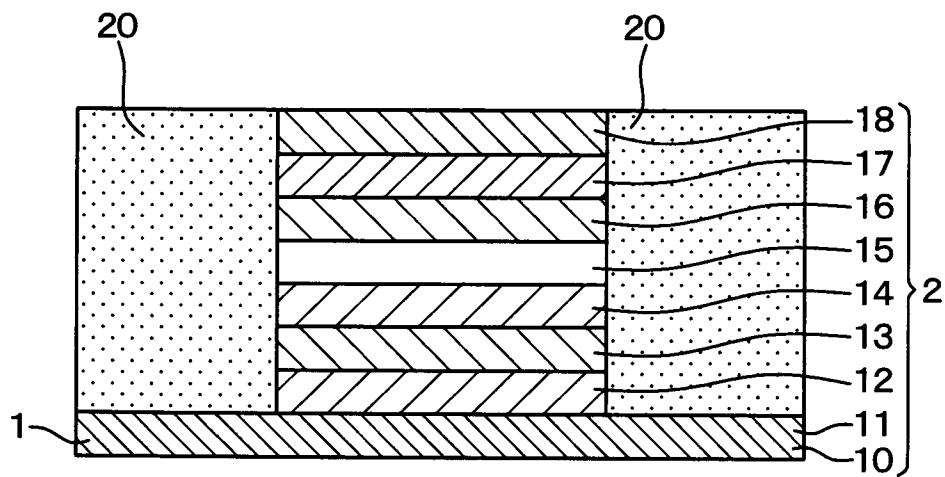
[図5]



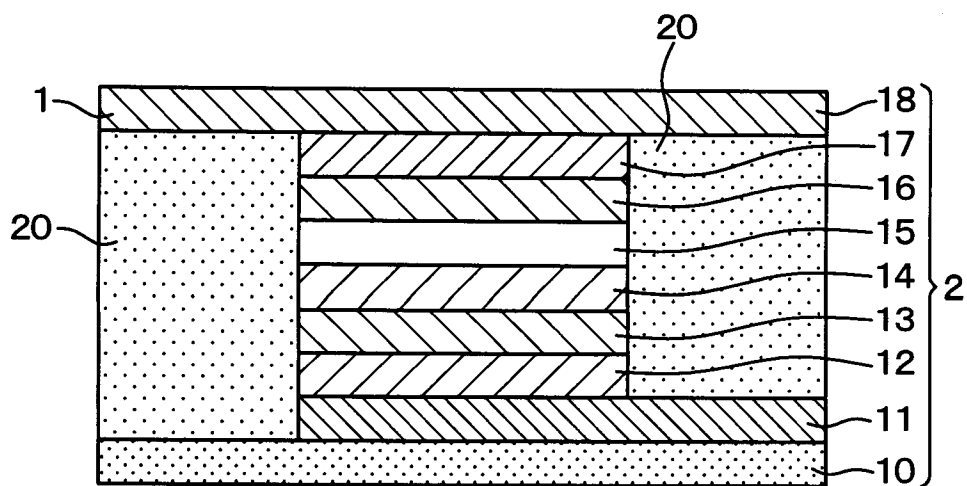
[図6]



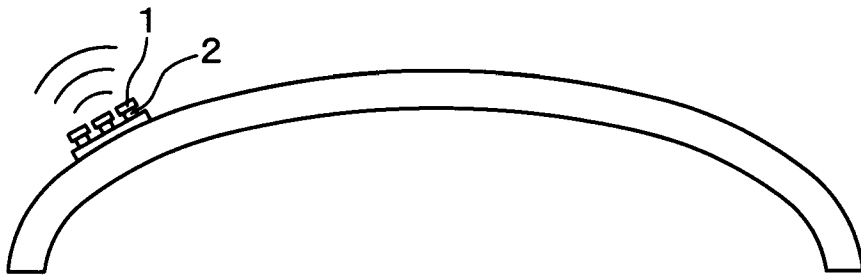
[図7]



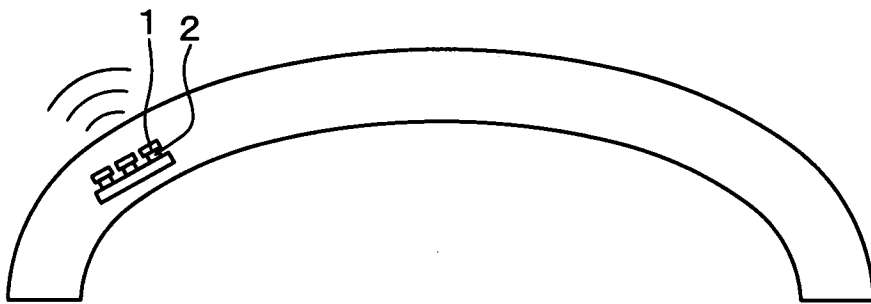
[図8]



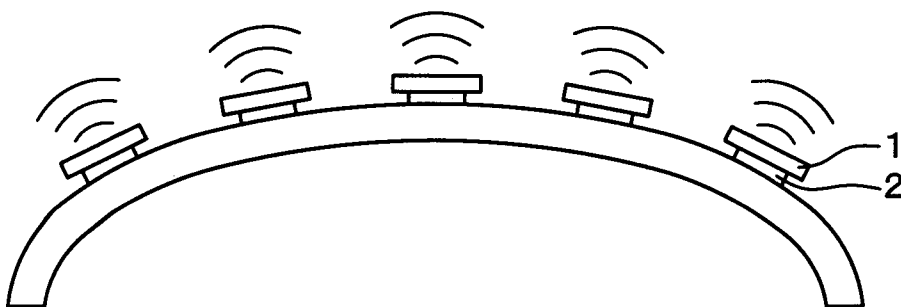
[図9A]



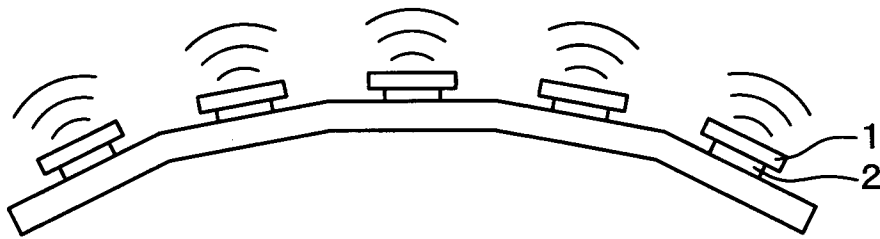
[図9B]



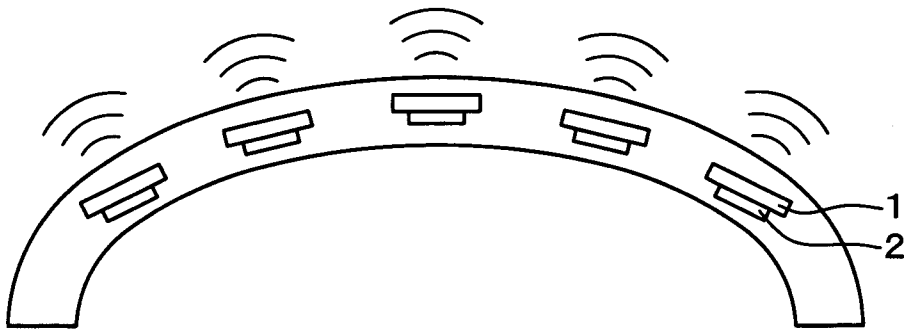
[図10]



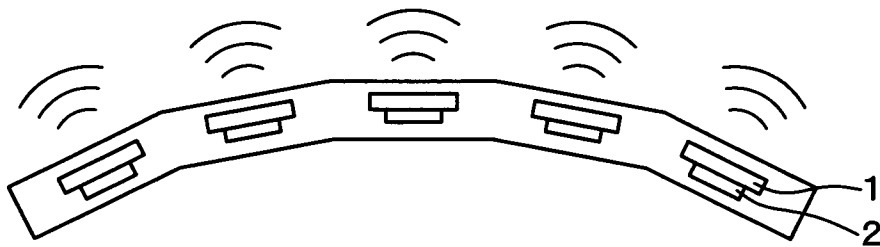
[図11A]



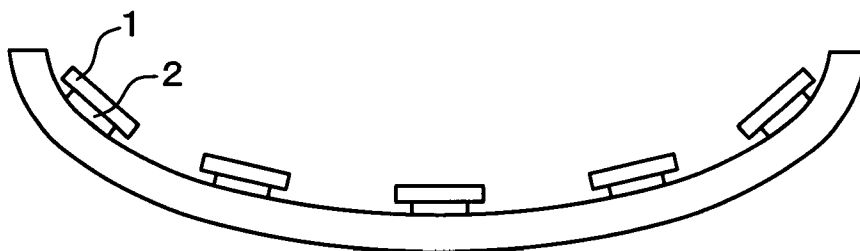
[図11B]



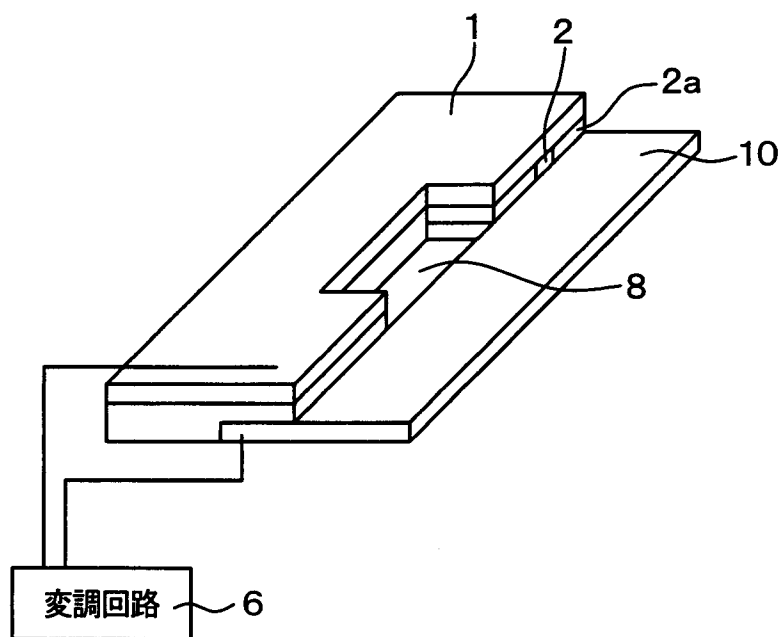
[図11C]



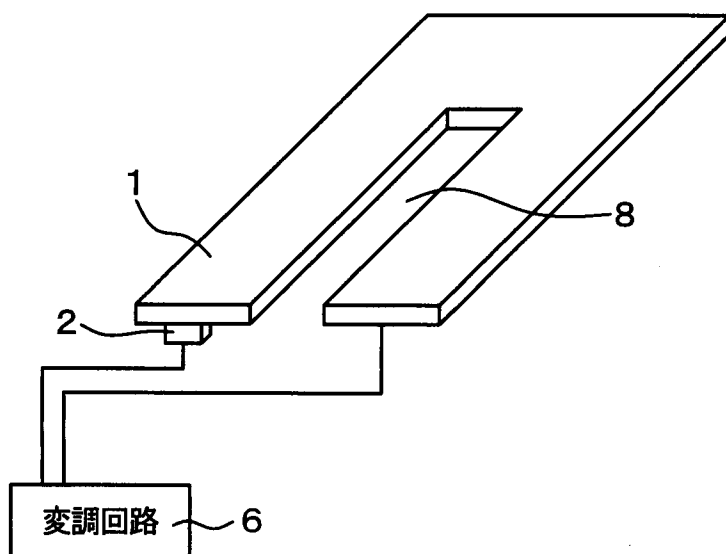
[図11D]



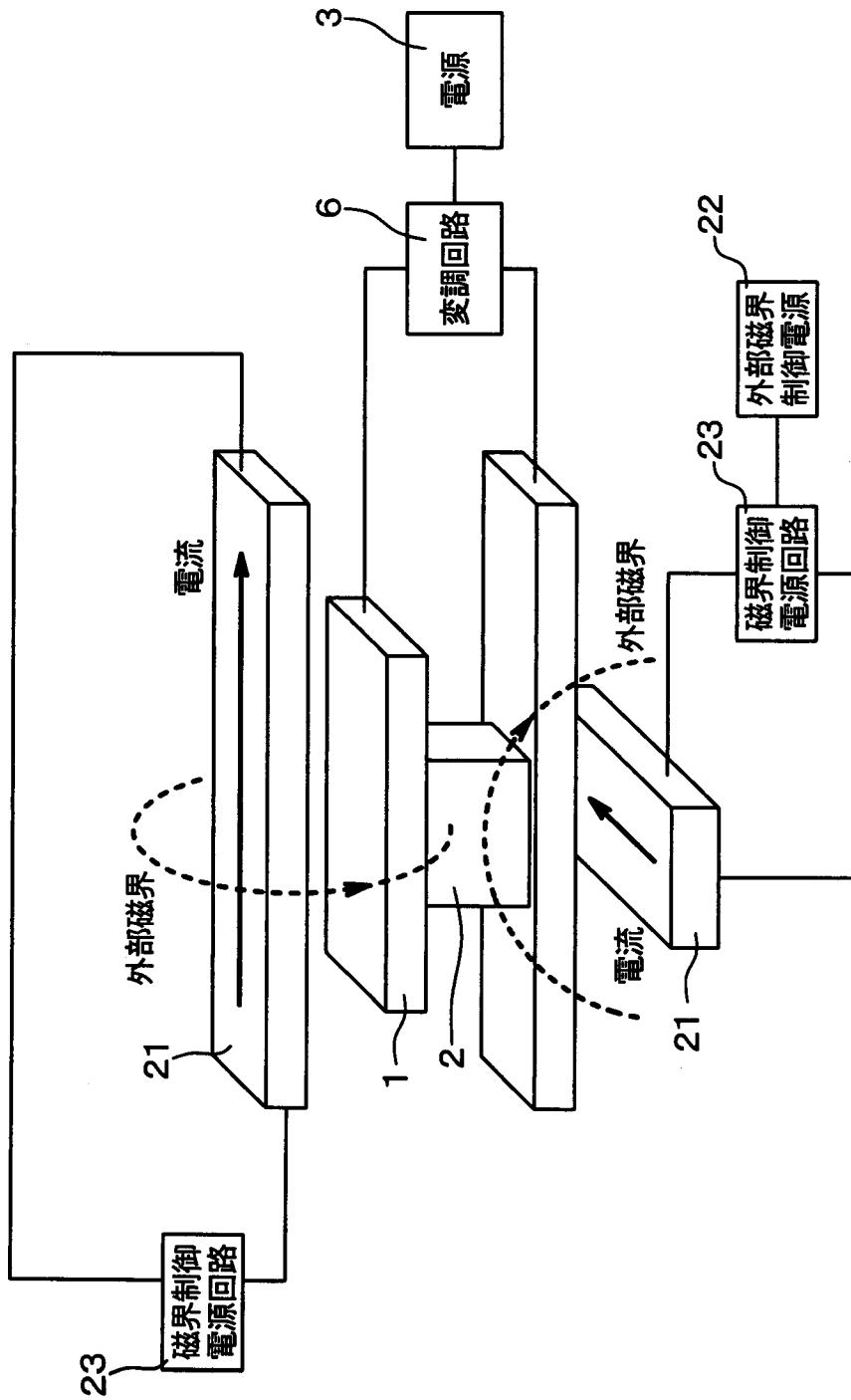
[図12]



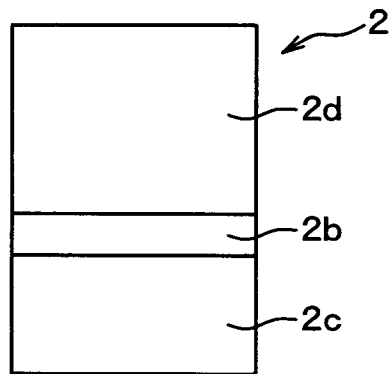
[図13]



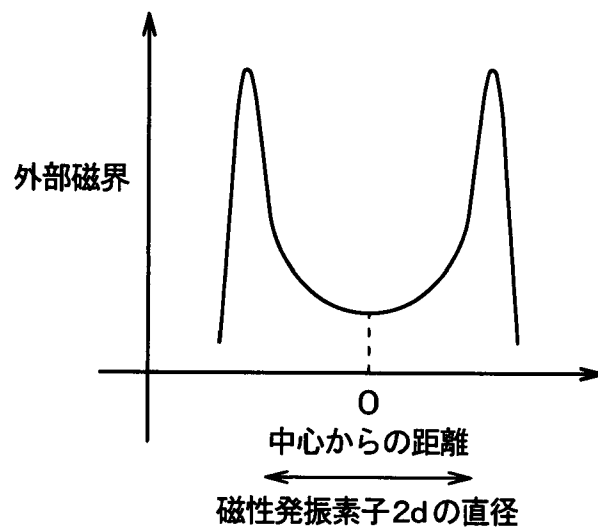
[図14]



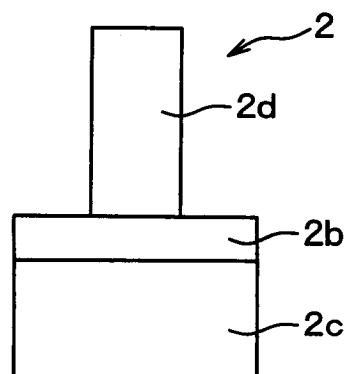
[図15]



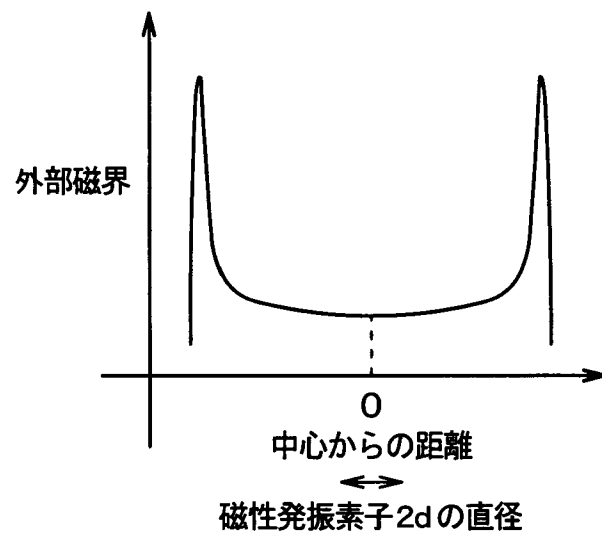
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/006404

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03B15/00(2006.01)i, H01Q3/30(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)

H03B15/00, H01Q3/30

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y A	JP 2000-111636 A (Denso Corp.), 21 April 2000 (21.04.2000), paragraphs [0035] to [0041], [0046] to [0048]; fig. 1 (Family: none)	4, 8, 9 1-3, 5-7, 10-16
Y A	WO 2009/050945 A1 (Fuji Electric Holdings Co., Ltd.), 23 April 2009 (23.04.2009), paragraphs [0003] to [0008]; fig. 3, 4 & US 2010/0297475 A1 paragraphs [0003] to [0008]; fig. 3, 4 & WO 2009/050945 A1 & EP 2209143 A1 & KR 10-2010-0074174 A	4, 8, 9 1-3, 5-7, 10-16

☒ 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
01 March 2016 (01.03.16)

Date of mailing of the international search report
08 March 2016 (08.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/006404

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2014/084496 A1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 05 June 2014 (05.06.2014), paragraphs [27] to [31], [33], [37], [44], [47]; fig. 1 to 3 & US 2015/0303931 A1 paragraphs [0027] to [0030], [0032], [0036], [0040], [0043]; fig. 1 to 3 & KR 10-2014-0072236 A	4, 8, 9 1-3, 5-7, 10-16
X Y A	JP 2014-212431 A (TDK Corp.), 13 November 2014 (13.11.2014), paragraphs [0022] to [0028], [0030] to [0035], [0053] to [0056], [0105] to [0115]; fig. 1, 2, 7, 15 (Family: none)	13, 15 16 1-12, 14
X Y A	JP 2014-212430 A (TDK Corp.), 13 November 2014 (13.11.2014), paragraphs [0021], [0027] to [0032], [0045] to [0047], [0052], [0058]; fig. 1, 2, 5, 6 to 8 & US 2014/0315498 A1 paragraphs [0040], [0043] to [0051], [0064] to [0066], [0071], [0077]; fig. 1, 2, 5, 6 to 8	13, 14 16 1-12, 15
X Y A	JP 2006-295908 A (Japan Science and Technology Agency), 26 October 2006 (26.10.2006), paragraphs [0073] to [0075], [0083], [0085]; fig. 1A, 1B, 5, 6 & US 2008/0150643 A1 paragraphs [0092] to [0094], [0102], [0104]; fig. 1A, 1B, 5, 6 & WO 2006/101040 A1 & EP 1860769 A1	13, 15 16 1-12, 14
Y	JP 2004-296469 A (Denso Corp.), 21 October 2004 (21.10.2004), paragraph [0020] (Family: none)	16
E, X	JP 2015-61287 A (TDK Corp.), 30 March 2015 (30.03.2015), paragraphs [0013] to [0018], [0030] to [0035]; fig. 1, 2, 4 (Family: none)	13, 15
E, X	JP 2015-61286 A (TDK Corp.), 30 March 2015 (30.03.2015), paragraphs [0016] to [0022], [0030] to [0035]; fig. 1, 3 (Family: none)	13, 15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03B15/00(2006.01)i, H01Q3/30(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（IPC））

Int.Cl. H03B15/00, H01Q3/30

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 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
Y A	JP 2000-111636 A（株式会社デンソー）2000.04.21, 段落[0035]-[0041], [0046]-[0048], 図1 (ファミリーなし)	4, 8, 9 1-3, 5-7, 10-16
Y A	WO 2009/050945 A1（富士電機ホールディングス株式会社） 2009.04.23, 段落[0003]-[0008], 図3, 4 & US 2010/0297475 A1, [0003]-[0008], 図3, 4 & WO 2009/050945 A1 & EP 2209143 A1 & KR 10-2010-0074174 A	4, 8, 9 1-3, 5-7, 10-16

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

01.03.2016

国際調査報告の発送日

08.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

鬼塚 由佳

5W

5288

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

C (続き) . 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
Y A	WO 2014/084496 A1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 2014. 06. 05, 段落[27]-[31], [33], [37], [44], [47], 図 1-3 & US 2015/0303931 A1, [0027]-[0030], [0032], [0036], [0040], [0043], 図 1-3 & KR 10-2014-0072236 A	4, 8, 9 1-3, 5-7, 10-16
X Y A	JP 2014-212431 A (TDK株式会社) 2014. 11. 13, 段落[0022]-[0028], [0030]-[0035], [0053]-[0056], [0105]-[0115], 図 1, 2, 7, 15 (ファミリーなし)	13, 15 16 1-12, 14
X Y A	JP 2014-212430 A (TDK株式会社) 2014. 11. 13, 段落[0021], [0027]-[0032], [0045]-[0047], [0052], [0058], 図 1, 2, 5, 6-8 & US 2014/0315498 A1, [0040], [0043]-[0051], [0064]-[0066], [0071], [0077], 図 1, 2, 5, 6-8	13, 14 16 1-12, 15
X Y A	JP 2006-295908 A (独立行政法人科学技術振興機構) 2006. 10. 26, 段落[0073]-[0075], [0083], [0085], 図 1A, 1B, 5, 6 & US 2008/0150643 A1, [0092]-[0094], [0102], [0104], 図 1A, 1B, 5, 6 & WO 2006/101040 A1 & EP 1860769 A1	13, 15 16 1-12, 14
Y	JP 2004-296469 A (株式会社デンソー) 2004. 10. 21, 段落[0020] (ファミリーなし)	16
E, X	JP 2015-61287 A (TDK株式会社) 2015. 03. 30, 段落[0013]-[0018], [0030]-[0035], 図 1, 2, 4 (ファミリーなし)	13, 15
E, X	JP 2015-61286 A (TDK株式会社) 2015. 03. 30, 段落[0016]-[0022], [0030]-[0035], 図 1, 3 (ファミリーなし)	13, 15