

(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
2020年2月20日(20.02.2020)



(10) 国際公開番号

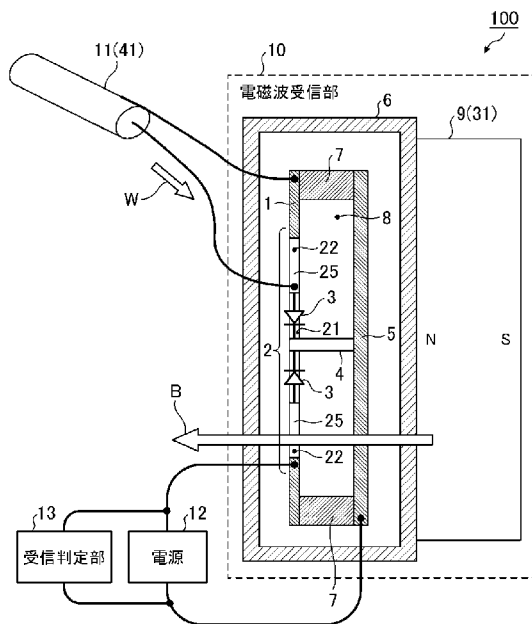
WO 2020/035904 A1

- (51) 国際特許分類:
G01J 1/02 (2006.01) G01S 7/486 (2006.01)
G01S 7/285 (2006.01) H01P 7/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/030283
- (22) 国際出願日: 2018年8月14日(14.08.2018)
- (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:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:大澤 孝(OHSAWA, Takashi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:田澤 英昭, 外(TAZAWA, Hideaki et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目12番4号 赤坂山王センタービル5階 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: ELECTROMAGNETIC WAVE RECEIVER AND RADAR DEVICE

(54) 発明の名称: 電磁波受信機及びレーダ装置



10 Electromagnetic wave reception part
12 Power supply
13 Reception determination part

(57) Abstract: An electromagnetic wave receiver (100) that comprises: an electromagnetic wave reception part (10) that receives inputted electromagnetic waves (W); and a signal generation part (51) that uses the behavior of the current flowing in or the voltage applied to the electromagnetic wave reception part (10) to generate a direct-current electrical signal or an electrical signal that has a lower frequency than the inputted electromagnetic waves (W). The electromagnetic wave reception part (10) of the electromagnetic wave receiver (100) has: an electromagnetic wave input part (11) that inputs electromagnetic waves (W); a cavity resonance part (2) that is provided to a conductor plate (1); a current supply part (3) that supplies current that is for amplification to the cavity resonance part (2); and a magnetic field application part (9) that is arranged on one side of the conductor plate (1) and applies a magnetic field (B) to the cavity resonance part (2).

SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：電磁波受信機（100）は、入力された電磁波（W）を受信する電磁波受信部（10）と、電磁波受信部（10）に流通する電流又は印加する電圧の挙動を用いて、直流の電気信号又は入力された電磁波（W）よりも低周波の電気信号を生成する信号生成部（51）と、を備える電磁波受信機（100）であって、電磁波受信部（10）は、電磁波（W）を入力する電磁波入力部（11）と、導体板（1）に設けた空洞共振部（2）と、空洞共振部（2）に増幅用の電流を供給する電流供給部（3）と、導体板（1）の片面側に配置され、空洞共振部（2）に磁界（B）を印加する磁界印加部（9）と、を有する。

明 細 書

発明の名称：電磁波受信機及びレーダ装置

技術分野

[0001] 本発明は、電磁波受信機及びレーダ装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、30～300ギガヘルツ（GHz）の周波数領域内の周波数を有する電磁波、いわゆる「ミリ波」用の受信機が開発されている。これに対して、特許文献1には、0.1～10テラヘルツ（THz）の周波数領域内の周波数を有する電磁波、いわゆる「テラヘルツ波」用の受信機が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2009／080573号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1記載の受信機は、アンテナに電磁波が入力されたとき、FET（Field Effect Transistor）を用いて、当該入力された電磁波に対応する電気信号を増幅するものである。通常、FETが有する周波数特性により、FETを用いて10THz以上の周波数を有する電気信号を増幅することは困難である。このため、特許文献1記載の受信機は、10THz以上の周波数を有する電磁波に対する受信感度が低いという問題があった。すなわち、特許文献1記載の受信機は、10THz以上の周波数を有する電磁波の受信に用いることができないという問題があった。

[0005] 本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、広い周波数範囲に亘り高い受信感度を有する電磁波受信機を提供することを目的とする。また、この電磁波受信機を用いたレーダ装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の電磁波受信機は、入力された電磁波を受信する電磁波受信部と、電磁波受信部に流通する電流又は印加する電圧の挙動を用いて、直流の電気信号又は入力された電磁波よりも低周波の電気信号を生成する信号生成部と、を備える電磁波受信機であって、電磁波受信部は、電磁波を入力する電磁波入力部と、導体板又は導体層に設けた複数個の共振空洞を有する空洞共振部と、空洞共振部に増幅用の電流を供給する電流供給部と、導体板又は導体層の片面側に配置され、空洞共振部に磁界を印加する磁界印加部と、を有するものである。また、本発明のレーダ装置は、この電磁波受信機を備えるものである。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、上記のように構成したので、広い周波数範囲に亘り高い受信感度を有する電磁波受信機を得ることができる。また、この電磁波受信機を用いたレーダ装置を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1A]実施の形態1に係る電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。

[図1B]実施の形態1に係る電磁波受信機における空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。

[図2A]実施の形態1に係る電磁波受信機における、第1半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図2B]実施の形態1に係る電磁波受信機における、第2半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図3]図3Aは、電磁波入力部に入力された電磁波に対応する電圧の値及び当該電磁波に対応する電流の値を示すタイミング図である。図3Bは、個々の第1電極における電位の値、個々の第1電極における電流の値及び個々の第1ダイオードにおけるバイアス電圧の値を示すタイミング図である。図3Cは、個々の第2電極における電位の値、個々の第2電極における電流の値及

び個々の第2ダイオードにおけるバイアス電圧の値を示すタイミング図である。図3Dは、第1電極から第2電極に流れる電流の値を示すタイミング図である。図3Eは、第2電極から第1電極に流れる電流の値を示すタイミング図である。図3Fは、第1電極と第2電極間の電位差の値を示すタイミング図である。図3Gは、受信電流の値及び受信電流の平均値を示すタイミング図である。

[図4A]個々のダイオードが有する電圧－電流特性を示す特性図である。

[図4B]個々のダイオードにおける印加電圧の値の時間変化及び個々のダイオードにおけるバイアス電圧の値の時間変化を示す説明図である。

[図4C]個々のダイオードにおける通電電流の値の時間変化及び個々のダイオードにおける通電電流の平均値の時間変化を示す説明図である。

[図5A]実施の形態1に係る電磁波受信機のうち、電磁波発生部の等価回路を示す回路図と電源の内部構成を示す回路図とを組み合わせる回路図において、第1半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図5B]実施の形態1に係る電磁波受信機のうち、電磁波発生部の等価回路を示す回路図と電源の内部構成を示す回路図とを組み合わせる回路図において、第2半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図6A]実施の形態1に係る電磁波受信機のうち、電磁波発生部の等価回路を示す回路図と電源の他の内部構成を示す回路図とを組み合わせる回路図において、第1半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図6B]実施の形態1に係る電磁波受信機のうち、電磁波発生部の等価回路を示す回路図と電源の他の内部構成を示す回路図とを組み合わせる回路図において、第2半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図7A]実施の形態1に係る他の電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。

[図7B]実施の形態1に係る他の電磁波受信機における空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。

[図8A]実施の形態1に係る他の電磁波受信機のうち、電磁波発生部の等価回

路を示す回路図と電源の内部構成を示す回路図とを組み合わせる回路図において、第1半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図8B]実施の形態1に係る他の電磁波受信機のうち、電磁波発生部の等価回路を示す回路図と電源の内部構成を示す回路図とを組み合わせる回路図において、第2半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図9A]実施の形態1に係る他の電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。

[図9B]実施の形態1に係る他の電磁波受信機における空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。

[図10A]実施の形態1に係る他の電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。

[図10B]実施の形態1に係る他の電磁波受信機における空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。

[図11]実施の形態1に係る電磁波受信機における他の電磁波入力部を示す説明図である。

[図12A]実施の形態1に係る電磁波受信機における他の電磁波入力部を示す説明図である。

[図12B]実施の形態1に係る電磁波受信機における他の電磁波入力部を示す説明図である。

[図13]実施の形態1に係る電磁波受信機における他の電磁波入力部を示す説明図である。

[図14]実施の形態1に係る他の電磁波受信機の要部を示す説明図である。

[図15A]実施の形態2に係る電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。

[図15B]実施の形態2に係る電磁波受信機における空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。

[図16A]実施の形態2に係る電磁波受信機における、第1半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図16B]実施の形態2に係る電磁波受信機における、第2半周期における各種電流の向き等を示す説明図である。

[図17A]実施の形態3に係る電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。

[図17B]実施の形態3に係る電磁波受信機における複数個の空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。

[図18A]実施の形態3に係る電磁波受信機における個々の空洞共振部を含む部位を断面から見た状態を示す説明図である。

[図18B]実施の形態3に係る電磁波受信機における個々の空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。

[図19]実施の形態3に係る電磁波受信機における他の電流制限部を示す説明図である。

[図20]実施の形態3に係る電磁波受信機における他の電流制限部を示す説明図である。

[図21]実施の形態3に係る電磁波受信機における他の電流制限部を示す説明図である。

[図22]実施の形態3に係る電磁波受信機における他の電流制限部を示す説明図である。

[図23]複数個の空洞共振部が規則的に配置されている場合における指向性の例を示す説明図である。

[図24]複数個の空洞共振部が規則的に配置されている場合における指向性の他の例を示す説明図である。

[図25]複数個の空洞共振部が規則的に配置されている場合における指向性の他の例を示す説明図である。

[図26]実施の形態4に係るレーダ装置の要部を示すブロック図である。

[図27]図27Aは、実施の形態4に係るレーダ装置のハードウェア構成を示すブロック図である。図27Bは、実施の形態4に係るレーダ装置の他のハードウェア構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための形態について、添付の図面に従って説明する。

[0010] 実施の形態 1.

図 1 A は、実施の形態 1 に係る電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。図 1 B は、実施の形態 1 に係る電磁波受信機における空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。図 1 を参照して、実施の形態 1 の電磁波受信機 100 について説明する。

[0011] 図 1 に示す如く、導体板 1 に空洞共振部 2 が設けられている。より具体的には、1 個の略円形状の貫通孔 21 が導体板 1 に穿たれており、かつ、貫通孔 21 の周囲に円環状に配列された複数個（N 個）の略円形状の貫通孔 22（共振空洞 22）が導体板 1 に穿たれている。ここで、N は 2 以上の任意の偶数であり、図 1 に示す例においては $N = 6$ である。個々の貫通孔 22 は、貫通孔 21 に対する開口部 23 を有しており、貫通孔 21 と連通している。個々の貫通孔 22 の壁面部 24 の沿面長 L_1 は、電磁波受信機 100 により受信される電磁波 W の波長 λ に対する $1/2$ 倍の値に設定されている。個々の貫通孔 22 により、共振空洞 22 が構成されている。以下貫通孔 22 を共振空洞 22 と記載することもある。

[0012] 互いに隣接する各 2 個の共振空洞 22 間の導体により、すなわち導体板 1 のうちの互いに隣接する各 2 個の共振空洞 22 間の部位により、個々の電極 25 が形成されている。したがって、電極 25 の個数は共振空洞 22 の個数と同一であり、空洞共振部 2 は N 個の共振空洞 22 及び N 個の電極 25 を有するものである。

[0013] 個々の共振空洞 22 は、開口部 23 を介して互いに対向配置された 2 個の電極 25 の先端部がキャパシタの機能を果たすとともに、いわゆる「表皮効果」により略環状の壁面部 24 がコイルの機能を果たすことにより、LC 共振回路の機能を果たすものである。ここで、沿面長 L_1 が波長 λ に対する $1/2$ 倍の値に設定されていることにより、この LC 共振回路における共振周

波数 f は $f = \text{電磁波}W\text{の速度} / \lambda = \text{電磁波}W\text{の速度} / 2L_1$ となるものである。すなわち、このLC共振回路における共振周波数 f に応じて、電磁波受信機100により受信される電磁波Wの周波数 f が設定されるものである。

- [0014] N個の電極25の先端部にN個のダイオード3のアノードが電氣的にそれぞれ接続されている。N個のダイオード3のカソードは、導体棒4を介して基板5と電氣的に共通接続されている。個々のダイオード3は、例えば、PN接合ダイオード、ショットキーバリアダイオード又はPINダイオード等により構成されている。基板5は導電性を有するものであり、容器6内にて導体板1と対向配置されている。基板5と導体板1間に設けられた絶縁部材7により、基板5と導体板1間に間隙8が形成されている。
- [0015] ここで、N個の共振空洞22は、便宜的な $N/2$ 個の共振空洞（以下「第1共振空洞」ということがある。）22_Aと残余の $N/2$ 個の共振空洞（以下「第2共振空洞」ということがある。）22_Bとが交互に配置されたものである。N個の電極25は、便宜的な $N/2$ 個の電極（以下「第1電極」ということがある。）25_Aと残余の $N/2$ 個の電極（以下「第2電極」ということがある。）25_Bとが交互に配置されたものである。N個のダイオード3は、便宜的な $N/2$ 個のダイオード（以下「第1ダイオード」ということがある。）3_Aと残余の $N/2$ 個のダイオード（以下「第2ダイオード」ということがある。）3_Bとが交互に配置されたものである。
- [0016] なお、ダイオードを使用する電磁波受信機100においては、容器6内を真空状態にすることは不要である。このため、容器6は密封容器でなくとも良い。
- [0017] 容器6外にて、導体板1の片面側（すなわち基板5の片面側）に磁界印加部9が設けられている。図1に示す例において、磁界印加部9は永久磁石31により構成されている。磁界印加部9は、導体板1の板面（すなわち基板5の板面）に対する直交方向の磁束を発する磁界Bを空洞共振部2に印加するものである。
- [0018] 導体板1、空洞共振部2、ダイオード3、導体棒4、基板5、容器6、絶

縁部材 7 及び磁界印加部 9 により、電磁波受信部 10 の要部が構成されている。

[0019] 容器 6 外に電磁波入力部 11 が設けられている。電磁波入力部 11 は、電磁波 W を入力するものである。図 1 に示す例において、電磁波入力部 11 は電磁波 W 用の伝送線路 41 により構成されている。伝送線路 41 は、例えば、同軸ケーブル又は導波管により構成されている。

[0020] なお、電磁波入力部 11 と空洞共振部 2 間の接続線路には、電磁波 W の波長 λ に応じた部材を用いる必要がある。例えば、電磁波 W が可視光である場合、当該接続線路には可視光を透過する材料（透明なガラス、透明なセラミックス又は透明な樹脂など）を用いる必要があり、電磁波 W が赤外線である場合、当該接続線路には赤外線を透過する材料を用いる必要がある。

[0021] 容器 6 外に電源 12 が設けられている。電源 12 における一方の端子は導体板 1 と電氣的に接続されており、電源 12 における他方の端子は基板 5 と電氣的に接続されている。これにより、N 個のダイオード 3 のカソードは導体棒 4 及び基板 5 を介して電源 12 と電氣的に共通接続されている。電源 12 は、空洞共振部 2 による増幅用の電流（以下「増幅用電流」という。）を供給するものであり、かつ、ダイオード 3 にバイアス電圧を印加するものである。

[0022] すなわち、電磁波受信部 10 は電磁波入力部 11 に入力された電磁波 W を受信するものである。より具体的には、電磁波受信部 10 は、増幅用電流を用いて電磁波 W に対応する電流を増幅するものである。この増幅作用は空洞共振部 2 によるものであり、N 個のダイオード 3 は増幅用電流を空洞共振部 2 に供給する機能を果たすものである。空洞共振部 2 による増幅作用の詳細については、図 2 及び図 3 を参照して後述する。以下、電磁波受信機 100 において、増幅用電流を空洞共振部 2 に供給する機能を果たす部位を「電流供給部」という。

[0023] 容器 6 外に受信判定部 13 が設けられている。受信判定部 13 は、電源 12 により供給され電磁波受信部 10 に流通する電流又は印加する電圧の挙動

に基づいて、電磁波受信部 10 による電磁波 W の受信の有無を判定するものである。

[0024] 電磁波受信部 10、電磁波入力部 11、電源 12 及び受信判定部 13 により、電磁波受信機 100 の要部が構成されている。

[0025] 空洞共振部 2 は、個々の共振空洞 22 の寸法（大きさ）に応じて、より具体的には沿面長 L_1 の値に応じて、任意の周波数 f の電磁波 W を増幅することができる。このため、電磁波受信機 100 は、個々の共振空洞 22 の寸法を調整して、より具体的には沿面長 L_1 の値を調整して、任意の周波数 f を有する電磁波 W の受信に用いることができる。

[0026] 例えば、沿面長 L_1 が 300 マイクロメートル (μm) に設定されている場合、1 THz の周波数 f の電磁波を増幅することができる。このため、1 THz の周波数 f を有する電磁波 W を受信することができる。また、沿面長 L_1 が 0.3 μm に設定されている場合、1000 THz の周波数 f の電磁波を増幅する。このため、1000 THz の周波数 f を有する電磁波 W を受信することができる。このように、沿面長 L_1 を 0.3 ~ 300 μm の範囲内の値に設定することにより、1 ~ 1000 THz の周波数領域（以下「テラヘルツ領域」という。）内の周波数 f を有する電磁波 W を受信することができる。

[0027] テラヘルツ領域内の周波数 f を有する電磁波 W は、種々の技術分野に対する応用が進められている。例えば、人体用の透視装置、車載用のレーダ装置、生体分子の同定、電子材料の物性評価、非破壊計測及び医療機器などの技術分野に対する応用が進められている。したがって、電磁波受信機 100 は、これらの技術分野に応用することができる。

[0028] ちなみに、沿面長 L_1 が 300 μm よりも大きい値に設定されている場合、1 THz よりも低い周波数 f の電磁波を増幅する。このため、1 THz よりも低い周波数 f を有する電磁波 W を受信することができる。このように、沿面長 L_1 を 300 μm よりも大きい値に設定することにより、テラヘルツ領域に比して低い周波数領域内の周波数 f を有する電磁波 W を受信すること

もできる。

[0029] なお、沿面長 L_1 が $2.5 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 程度の値に設定されている場合、対応する電磁波 W は遠赤外線となる。沿面長 L_1 が $0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 程度の値に設定されている場合、対応する電磁波 W は可視光となる。沿面長 L_1 が約 300 ナノメートル(nm)の値に設定されている場合、対応する電磁波 W は黄色の可視光となる。このように、電磁波受信機 100 は光の受信に用いることもできる。

[0030] これらの具体例において、空洞共振部 2 のサイズはマイクロメートル単位又はナノメートル単位である。かかる微小な空洞共振部 2 を有する導体板 1 は、例えば、いわゆる「 3D プリンタ」を用いて製造される。または、例えば、 IC (Integrated Circuit) における導体パターン形成用の微細加工技術(メッキ、蒸着、折出又はエッチングなど)を用いて製造される。または、例えば、いわゆる「メタマテリアル」における導電性材料用の微細加工技術を用いて製造される。

[0031] また、空洞共振部 2 のサイズが微小であるため、導体板 1 の片面側に設けられた永久磁石 31 を用いて板面に対する直交方向の磁束を発する磁界 B を印加することができる。なお、図 1 に示す例においては、磁界印加部 9 を容器 6 外に設けているが、効果的に磁界を印加するために、容器 6 の内側に設けて導体板 1 に接近させてもよい。

[0032] ただし、電磁波 W の周波数 f を低くすることが要求される場合、個々の共振空洞 22 の寸法が大きくなり、空洞共振部 2 のサイズが上記の具体例に比して大きくなることがある。また、受信感度を更に向上することが要求される場合、共振空洞 22 の個数が増加して、空洞共振部 2 のサイズが上記の具体例に比して大きくなることがある。これにより、導体板 1 の片面側に配置された永久磁石 31 だけでは板面に対する十分な直交方向の磁束を発する磁界 B を印加することが困難となる可能性がある。この場合、 2 個の磁石により磁界印加部 9 が構成され、当該 2 個の磁石間に容器 6 が配置されているものであっても良い。

[0033] 次に、図2及び図3を参照して、電磁波受信機100の動作について、空洞共振部2による増幅作用を中心に説明する。なお、図2において、空洞共振部2の符号、ダイオード3の符号及び導体棒4の符号は図示を省略している。また、空洞共振部2における各部位の符号も図示を省略している。

[0034] 図2における I_1 は、電源12による供給電流、すなわち増幅用電流の向きを示している。図2における I_2 (I_{2AB} 及び I_{2BA})は、空洞共振部2に流れる電流、より具体的には個々の共振空洞22に流れる電流（以下「共振電流」ということがある。）の向きを示している。図2における I_3 (I_{3A} 及び I_{3B})は、個々のダイオード3に流れる電流（以下「通電電流」ということがある。）の向きを示している。なお、 I_1 は、電磁波受信部10に流通する電流、すなわち空洞共振部2に流れる電流（以下「受信電流」ということがある。）の向きを示すものでもある。以下、図2における紙面時計回り方向を単に「時計回り方向」といい、図2における紙面反時計回り方向を単に「反時計回り方向」という。

[0035] 電磁波入力部11が電磁波Wを入力することにより、当該入力された電磁波Wに対応する電流が空洞共振部2に供給される。ここで、上記のとおり、個々の共振空洞22はLC共振回路の機能を果たすものである。仮に空洞共振部2に磁界Bが印加されていない場合、個々の共振空洞22の壁面部24に沿うようにして、各共振周期のうちの前半周期（以下「第1半周期」という。）にて第2電極25_Bから第1電極25_Aに向かう電流 I_{2BA} が流れるとともに、各共振周期のうちの後半周期（以下「第2半周期」という。）にて第1電極25_Aから第2電極25_Bに向かう電流 I_{2AB} が流れる状態となる。すなわち、個々の共振空洞22のそれぞれの壁面部24においては、壁面部24に沿う時計回り方向の電流 I_2 と、反時計回り方向の電流 I_2 とが、同じ壁面部24に交互に流れる状態となる。

[0036] これに対して、磁界B（紙面においては裏側から表面方向に向かう磁束を発生する磁界）が印加されていることにより、空洞共振部2における導体内を移動する電子に反時計回り方向の力Fが加わる。これにより、電子の軌道T

が反時計回り方向に曲げられることにより、電流 I_2 は時計回り方向の電流 $I_{2_{BA}}$ 、 $I_{2_{AB}}$ が多く流れるようになる。この結果、図 2 A に示す第 1 半周期においては個々の第 1 共振空洞 22_A の壁面部 24 に沿う時計回り方向の電流 $I_{2_{BA}}$ が流れるとともに、図 2 B に示す第 2 半周期においては個々の第 2 共振空洞 22_B の壁面部 24 に沿う時計回り方向の電流 $I_{2_{AB}}$ が流れる状態となる。すなわち、図 2 A に示す時計回り方向の電流 $I_{2_{BA}}$ と図 2 B に示す時計回り方向の電流 $I_{2_{AB}}$ とが交互に流れる状態であって、反時計回り方向の電流 I_2 は流れない状態となる。

[0037] また、電源 12 が供給する増幅用の電流がダイオード 3 を介して空洞共振部 2 に供給される。この増幅用電流も上記のように振る舞う（すなわち、空洞共振部 2 の導体内を移動する増幅用電流の電子にも磁界 B によって、反時計回り方向の力 F が加わり、増幅用電流は個々の共振空洞 22 の壁面部 24 に沿うように偏って流れる）ため、第 1 と第 2 のそれぞれの半周期において、増幅用電流が共振電流と同じ壁面部 24 に同じ方向に流れる。共振電流と同じタイミングで同じ方向に増幅用電流が流れることによって、壁面部 24 に流れる共振電流に増幅用電流が加算される。

[0038] 第 1 半周期においては、共振電流に増幅用電流を加算してなる電流に対応する磁気エネルギーが個々の第 1 共振空洞 22_A に蓄積されて、次いで、共振動作によって当該蓄積された磁気エネルギーが電荷エネルギーに変換される。このときの増幅用電流は第 1 ダイオード 3_A に電流 I_{3_A} となって流れる。続く第 2 半周期においては、当該変換された電荷エネルギーが共振動作によって個々の第 2 共振空洞 22_B に流出することにより、個々の第 2 共振空洞 22_B に共振電流が流れる。この共振電流に増幅用電流が更に加算されることにより、前回蓄積された磁気エネルギーよりも大きい磁気エネルギーが個々の第 2 共振空洞 22_B に蓄積されて、次いで、共振動作によって当該蓄積された大きな磁気エネルギーが次の電荷エネルギーに変換される。このときの増幅用電流は第 2 ダイオード 3_B に電流 I_{3_B} となって流れる。以後また第 1 半周期の動作に至り上記が繰り返され、共振電流に増幅用電流が加算される毎に

個々の共振空洞 2 2 に蓄積される磁気エネルギーが大きくなり、増幅作用が生ずる。

[0039] ここで、電極 2 5 の先端部の挙動について説明を加える。電流 I_{2B} と電流 I_{2A} が交互に流れて振動しているときには、個々の電極 2 5 の電位も振動する。すなわち、第 1 電極 2 5_A の電位が第 2 電極 2 5_B の電位に比して高い状態と第 2 電極 2 5_B の電位が第 1 電極 2 5_A の電位に比して高い状態とが交互に繰り返される。換言すれば、第 2 電極 2 5_B の電位が第 1 電極 2 5_A の電位に比して低い状態と第 1 電極 2 5_A の電位が第 2 電極 2 5_B の電位に比して低い状態とが交互に繰り返される。

[0040] これに対して、上記のとおり、N 個の電極 2 5 の先端部に N 個のダイオード 3 のアノードが電氣的にそれぞれ接続されている。ダイオード 3 が有する電圧—電流特性により、第 1 電極 2 5_A の電位が第 2 電極 2 5_B の電位に比して高い状態においては、第 1 ダイオード 3_A に電流 I_{3A} が流れる一方、第 2 ダイオード 3_B には電流 I_{3B} がほとんど流れない（図 2 A 参照）。また、第 2 電極 2 5_B の電位が第 1 電極 2 5_A の電位に比して高い状態においては、第 2 ダイオード 3_B に電流 I_{3B} が流れる一方、第 1 ダイオード 3_A には電流 I_{3A} がほとんど流れない（図 2 B 参照）。

[0041] したがって、N 個の電極 2 5 のうちの増幅用電流の加算対象となる電極 2 5（すなわち各時刻における高電位側の電極 2 5）に流れる増幅用電流を増長することができ、かつ、残余の電極 2 5（すなわち各時刻における低電位側の電極 2 5）に流れる増幅用電流を抑制することができる。このように、N 個の電極 2 5 のそれぞれの先端部に N 個のダイオード 3 が設けられていることにより、それぞれの電極 2 5 の電位によって通電電流を振り分けることができ、増幅用電流を適切に共振空洞 2 2 さらには空洞共振部 2 に供給することができる。

[0042] 以上の動作により、電磁波 W を入力すると個々の共振空洞 2 2 における共振状態（すなわち個々の LC 共振回路における共振状態）が発生して、電磁波 W に対応する電流が増加する。見方を変えれば、電磁波 W が入力されると

空洞共振部 2 へ供給する増幅用電流が流れ易くなる。したがって、印加電圧を低下させても同等の電流を供給することができる。つまり、空洞共振部 2 に定電流を供給する構成にすれば、空洞共振部 2 への印加電圧の低下によって電磁波 W の受信を検知することが可能であり、この動作により、電磁波 W を高感度に受信することができる。

[0043] 図 3 A は、電磁波 W に対応する電圧の値（図中 I）及び電磁波 W に対応する電流の値（図中 I I）を示すタイミング図である。

[0044] 図 3 B は、個々の第 1 電極 2 5_A における電位の値（図中 I I I）、個々の第 1 電極 2 5_A における電流の値（図中 I V）及び個々の第 1 ダイオード 3_A におけるバイアス電圧の値（図中 V）を示すタイミング図である。なお、個々の第 1 電極 2 5_A における電位の値（図中 I I I）は、個々の第 1 ダイオード 3_A における印加電圧の値に対応するものである。個々の第 1 電極 2 5_A における電流の値（図中 I V）は、個々の第 1 ダイオード 3_A における通電電流の値に対応するものである。

[0045] 図 3 C は、個々の第 2 電極 2 5_B における電位の値（図中 V I）、個々の第 2 電極 2 5_B における電流の値（図中 V I I）及び個々の第 2 ダイオード 3_B におけるバイアス電圧の値（図中 V I I I）を示すタイミング図である。なお、個々の第 2 電極 2 5_B における電位の値（図中 V I）は、個々の第 2 ダイオード 3_B における印加電圧の値に対応するものである。個々の第 2 電極 2 5_B における電流の値（図中 V I I）は、個々の第 2 ダイオード 3_B における通電電流の値に対応するものである。

[0046] 図 3 D は、第 1 電極 2 5_A から第 2 電極 2 5_B に流れる電流 I 2_{AB} の値（図中 I X）を示すタイミング図である。図 3 E は、第 2 電極 2 5_B から第 1 電極 2 5_A に流れる電流 I 2_{BA} の値（図中 X）を示すタイミング図である。図 3 F は、第 1 電極 2 5_A と第 2 電極 2 5_B 間の電位差の値（図中 X I）を示すタイミング図である。

[0047] 図 3 G は、受信電流の値（図中 X I I）及び受信電流の平均値（図中 X I I I）を示すタイミング図である。なお、受信電流の値（図中 X I I）は、

N個のダイオード3における通電電流の合計値に対応するものである。受信電流の平均値（図中X I I I）は、N個のダイオード3における通電電流の合計値の平均値に対応するものである。

[0048] 以下、N個のダイオード3における通電電流の合計値の平均値を「合計平均通電電流」ということがある。また、個々のダイオード3における通電電流の平均値を「個別平均通電電流」ということがある。

[0049] ここで、図3 B及び図3 Cに示す如く、空洞共振部2の増幅作用により個々の電極25における電位の振幅が大きくなるにつれて、個々のダイオード3におけるバイアス電圧が次第に低下している。なお、過大な電磁波Wを入力すれば、バイアス電圧が反転するが、微弱な電磁波Wの受信には、当該領域の動作は必要ない。

[0050] なお、図3 Gに示す如く、受信電流の振幅が次第に大きくなるにもかかわらず、合計平均通電電流が一定値に保たれているのは、電源12が、ダイオード3に対するバイアス電圧を変化させることにより合計平均通電電流を一定値に保つ制御（以下「定電流制御」という。）を実行しているためである。

[0051] 次に、図4及び図5を参照して、電磁波受信機100の動作について、電源12による定電流制御を中心に説明する。

[0052] 図4 Aは、ダイオード3が有する電圧－電流特性を示している。通常、ダイオード3は、図4 Aに示す如く非線形な電圧－電流特性を有している。これにより、ダイオード3は、印加電圧が所定の順方向電圧 V_F （例えば0.7ボルト）以上の状態においては大きな電流が流れる一方、印加電圧が順方向電圧 V_F 未満の状態においては電流がほとんど流れない。

[0053] これに対して、図4 Bに示す如く、空洞共振部2の増幅作用により個々のダイオード3における印加電圧（図中X X I）の振幅が大きくなるにつれて、個々のダイオード3におけるバイアス電圧（図中X X I I）を順バイアス（図示においては0.7ボルト）からバイアスを減らす方向（図示においては0ボルト）に次第に変化させる。より具体的には、印加電圧の波形におけ

る頭頂部が順方向電圧 V_F を超える状態となれば、当該波形における残余の部位が順方向電圧 V_F を下回る状態となるようにバイアス電圧を減らしている。

[0054] なお、図4Cに示す如く、空洞共振部2の増幅作用によりダイオード3における通電電流（図中 $XXIII$ ）の振幅が変化しても、個別平均通電電流（図中 $XXIV$ ）が I_F と同等の一定値（例えば0.1アンペア）に保たれる。この結果、合計平均通電電流（不図示）も一定値（例えば I_F に対する N 倍の値）に保たれる。

[0055] かかる定電流制御によれば、電磁波受信部10が電磁波 W を受信しているときは、電磁波受信部10が電磁波 W を受信していないときに比して、個々のダイオード3におけるバイアス電圧、すなわち電源12により供給されるバイアス電圧が低くなる。このため、受信判定部13は、電源12による電磁波受信部10への印加電圧の値に基づき、電磁波受信部10による電磁波 W の受信の有無を判定することができる。

[0056] かかる定電流制御は、例えば、図5に示す回路により実現される。図5に示す回路は、電磁波受信部10の等価回路と電源12の内部構成を示す回路とを組み合わせるものであり、後述する信号生成部51を設けている。

[0057] なお、電磁波受信部10の等価回路における複数個の結節点 P は、複数個の電極25にそれぞれ対応するものである。また、電磁波受信部10の等価回路における複数個の F' の各々は、図2に示す磁界中の移動電子が受ける力 F による整流作用に対応する回路要素、すなわち図2における時計回り方向の電流 I_{2BA} 、 I_{2AB} を多く流す作用に対応する回路要素である。これらの回路要素 F' により、図5Aに示す如く個々の第1ダイオード 3_A に電流 I_{3A} が流れる状態と、図5Bに示す如く個々の第2ダイオード 3_B に電流 I_{3B} が流れる状態とが交互に繰り返される。

[0058] 図5に示す例において、電源12は信号生成部51、定電流制御部52、電源53及び電源54を有している。信号生成部51は、受信電流 I_1 の平均値、すなわち合計平均通電電流を得るためのフィルタであり、キャパシタ

5 5 及びコイル 5 6 により構成されている。定電流制御部 5 2 は、電流検出用の抵抗器 5 7、基準電圧生成用の電源 5 8 及び誤差増幅器 5 9 により構成されており、フィードバック制御による定電流制御を実現するものである。

[0059] また、信号生成部 5 1 のキャパシタ 5 5 及びコイル 5 6 によるフィルタは平滑作用を有するものである。このため、電磁波 W が単調波（すなわち無変調波）である場合、高周波成分を含む受信電流が当該信号生成部 5 1 を通ることにより、直流の信号に変換される。電磁波 W を受信しているときと、受信していないときではそれぞれレベルの異なる直流信号が検出されるため、両者が交互に繰り返されるときは矩形波状の波形となる。他方、電磁波 W が変調波である場合、受信電流が当該信号生成部 5 1 を通ることにより、復調波に対応する波形の信号、すなわち電磁波 W の周波数 f よりも低い周波数 f' を有する復調された信号に変換される。このように、信号生成部 5 1 は、電磁波受信部に流通する電流又は印加する電圧の挙動を用いて、直流の電気信号又は電磁波 W よりも低周波の電気信号を生成するものである。

[0060] 以上のようにして、信号生成部 5 1 が、電磁波受信部に流通する電流又は印加する電圧の挙動を用いて、直流の電気信号又は電磁波 W よりも低周波の電気信号を生成するので、受信判定部 1 3 は、電源 1 2 と信号生成部 5 1 の接続点の電圧波形に基づき、電磁波受信部 1 0 による電磁波 W の受信の有無を判定することができる。

[0061] 次に、図 6 を参照して、電源 1 2 の内部構成に係る変形例について説明する。

[0062] 図 6 に示す如く、電源 1 2 は、信号生成部 5 1 と、電流制限用の抵抗器 6 1 と、ダイオード 3 の順方向電圧 V_F （例えば 0.7 ボルト）に対して十分に高い電圧（例えば 10 ボルト）を出力可能な電源 6 2 とを用いたものであっても良い。高い電圧の電源から抵抗器 6 1 を介して電圧を印加すれば、電磁波 W の受信によって信号生成部 5 1 の生成する電圧が変動（電源電圧に対しては十分小さい）しても、通電電流の変動はわずかなものとなり、概ね定電流を通電したときと同様の動作となる。これにより、図 5 に示す例に比し

て簡単な回路構成により電源 1 2 を実現することができる。

[0063] 次に、図 7 ～図 1 0 を参照して、N 個のダイオード 3 の接続状態に係る変形例について説明する。

[0064] まず、図 7 に示す如く、N 個の電極 2 5 の先端部に N 個のダイオード 3 のカソードが電氣的にそれぞれ接続されており、かつ、N 個のダイオード 3 のアノードが導体棒 4 及び基板 5 を介して電源 1 2 と電氣的に共通接続されている図 1 及び図 2 のダイオード 3 の極性を反転したものであっても良い。図 8 に示す回路は、この場合における、電磁波受信部 1 0 の等価回路と電源 1 2 の内部構成を示す回路とを組み合わせるもので、図 5 のダイオード 3 の極性と基準電圧生成用の電源 5 8 の極性を反転したものがある。

[0065] または、図 9 に示す如く、N 個の電極 2 5 の先端部に N 個のダイオード 3 のアノードが電氣的にそれぞれ接続され、N 個のダイオード 3 のカソードが基板 5 を介して電源 1 2 と電氣的に共通接続されているものであっても良い。この場合、図 1 に示す導体棒 4 は不要である。この場合における回路図は図 5 に示すものと同様であるため、図示を省略する。

[0066] または、図 1 0 に示す如く、N 個の電極 2 5 の先端部に N 個のダイオード 3 のカソードが電氣的にそれぞれ接続され、N 個のダイオード 3 のアノードが基板 5 を介して電源 1 2 と電氣的に共通接続されている図 9 のダイオード 3 の極性を反転したものであっても良い。この場合も、図 1 に示す導体棒 4 は不要である。この場合における回路図は図 8 に示すものと同様であるため、図示を省略する。

[0067] すなわち、個々のダイオード 3 は、図 1 又は図 7 に示す如く、その通電方向が導体板 1 の板面に沿う向き（より具体的には導体棒 4 に対する放射方向に沿う向き）に設けられているものであっても良い。または、個々のダイオード 3 は、図 9 又は図 1 0 に示す如く、その通電方向が導体板 1 の板面に対する直交方向に沿う向きに設けられているものであっても良い。後者の場合、I C の製造技術を用いてダイオード 3 を生成した半導体のウェハ上に、一般的な I C においては配線又は電極となる金属箔を導体板 1 として空洞共振

部2を形成することができるため、ダイオード3さらには電磁波受信部10の製造を容易にすることができる。なお、一般的なICの構成ならば、ダイオード3をマウンティングするリードフレームが、基板5に対応する。

[0068] 次に、図11～図13を参照して、電磁波入力部11に係る変形例について説明する。

[0069] まず、図11に示す如く、N個の電極25のうちのいずれか1個の電極25の先端部に長手方向が導体板1の板面に沿う方向に向けられた突起42が設けられており、この突起42により電磁波入力部11が構成されているものであっても良い。突起42は、導体板1と一体に形成されたものでよく、突起42の突起長 L_2 は、波長 λ に対する $1/4$ 倍の値に設定されている。これにより、突起42が電磁波W用の入力アンテナの機能を果たすものである。

[0070] または、図12に示す如く、N個の電極25のうちのいずれか1個の電極25の先端部に長手方向が導体板1に対する直交方向に向けられた突起43が設けられており、この突起43により電磁波入力部11が構成されているものであっても良い。突起43は、導体板1と一体に形成されたものでよく、突起43の突起長 L_3 は、波長 λ に対する $1/4$ 倍の値に設定されている。これにより、突起43が電磁波W用の入力アンテナの機能を果たすものである。

[0071] または、図13に示す如く、N個の共振空洞22のうちのいずれか1個の共振空洞22に代えて両隣の共振空洞22に隣接する溝44が導体板1に穿たれており、溝44の拡幅部45により電磁波入力部11が構成されているものであっても良い。拡幅部45の拡幅幅 L_4 は、波長 λ に対する $1/2$ 倍の値に設定されている。溝44の壁面部のうち、電極25の先端部から拡幅部45の最大拡幅部までの部位の沿面長 L_5 は、波長 λ に対する $n/2$ 倍の値に設定されている（ n は1以上の任意の整数）。溝44の壁面部の全体に亘る沿面長 L_6 は、波長 λ に対する $(n'+1/2)$ 倍の値に設定されている（ n' は1以上の任意の整数）。これにより、溝44が1個の共振空洞2

2の機能を果たすものであり、かつ、拡幅部45が電磁波W用の入力アンテナの機能を果たすものである。

[0072] なお、図12に示す例においては、突起43を中心軸とした全方向からの電磁波W、また、突起43の長手方向（すなわちL3方向）に対する直交面に沿う方向からの電磁波Wに対して感度が高い指向性を有するものとなる。また、図11に示す例においては、突起42の長手方向（すなわちL2方向）に対する直交面に沿う方向からの電磁波Wに対して感度が高い指向性を有するものとなる。図13に示す例においても、拡幅部45の長手方向（すなわちL4方向）に対する直交面に沿う方向からの電磁波Wに対して感度が高い指向性を有するものとなる。このため、導体板1の板面に沿う方向からの電磁波Wを集中的に受信する指向性が要求される場合は、図12に示す突起43を用いる構成が好適である。これに対して、導体板1の板面に対して垂直方向から入射される電磁波Wを検出する場合は、図11に示す突起42又は図13に示す拡幅部45を用いる構成が好適である。例えば、電磁波受信機100が光センサ、特に、カメラ用のイメージセンサに用いられる場合に好適である。

[0073] なお、N個の電極25のうちのいずれか2個以上の電極25の各々の先端部に突起42が設けられているものであっても良い。すなわち、2個以上の突起42により電磁波入力部11が構成されているものであっても良い。同様に、N個の電極25のうちのいずれか2個以上の電極25の各々の先端部に突起43が設けられているものであっても良い。すなわち、2個以上の突起43により電磁波入力部11が構成されているものであっても良い。また、N個の共振空洞22のうちのいずれか2個以上の共振空洞22の各々に代えて溝44が設けられており、これらの溝44の各々が拡幅部45を有するものであっても良い。すなわち、2個以上の拡幅部45により電磁波入力部11が構成されているものであっても良い。

[0074] また、電磁波入力部11が伝送線路41により構成されている場合、電磁波入力部11が容器6外にあり、電磁波入力部11が電磁波受信部10に含

まれないものであった。これに対して、電磁波入力部 11 が突起 42、突起 43 又は拡幅部 45 により構成されている場合、電磁波入力部 11 が容器 6 内にあり、電磁波入力部 11 が電磁波受信部 10 に含まれるものである。すなわち、電磁波入力部 11 は電磁波受信部 10 に含まれるものであっても良く、又は含まれないものであっても良い。

[0075] 次に、図 14 を参照して、磁界印加部 9 に係る変形例について説明する。

[0076] 図 14 に示す如く、磁界印加部 9 は、永久磁石 32 と、永久磁石 32 によって発生する磁束を空洞共振部 2 に集中させる磁束集中部材 33 とを有するものであっても良い。図 14 に示す例において、磁束集中部材 33 は略円錐台形状のヨーク、すなわち磁気レンズにより構成されている。磁束集中部材 33 を設けることにより、単位面積当たりの磁力が弱い安価な永久磁石 32 を用いて、増幅作用を生じさせるのに十分な強度を有する磁界 B を空洞共振部 2 に印加することができる。

[0077] なお、図 14 に示す例は、電磁波入力部 11 が容器 6 に含まれる構成の電磁波受信部 10 を応用したもので、容器 6 内の各部材は図示を省略しており、電源 12 も図示を省略している。

[0078] 次に、空洞共振部 2 に係る変形例について説明する。

[0079] まず、空洞共振部 2 における共振空洞 22 の個数は 2 個以上であれば良く、6 個に限定されるものではない。共振空洞 22 の個数を増やすことにより、空洞共振部 2 による増幅作用を強めることができ、受信感度を更に向上することができるため、必要に応じて共振空洞 22 の個数を設定すればよい。

[0080] また、個々の共振空洞 22 の形状は略円形状に限定されるものではない。個々の共振空洞 22 は略楕円形状であっても良く、又は略多角形状であっても良い。

[0081] 以上のように、実施の形態 1 の電磁波受信機 100 は、入力された電磁波 W を受信する電磁波受信部 10 と、電磁波受信部 10 に流通する電流（すなわち受信電流）又は印加する電圧の挙動を用いて、直流の電気信号又は入力された電磁波 W よりも低周波の電気信号を生成する信号生成部 51 と、を備

える電磁波受信機 100 であって、電磁波受信部 10 は、電磁波 W を入力する電磁波入力部 11 と、導体板 1 に設けた複数個の共振空洞 22 を有する空洞共振部 2 と、空洞共振部 2 に増幅用の電流を供給する電流供給部（より具体的には N 個のダイオード 3）と、導体板 1 の片面側に配置され、空洞共振部 2 に磁界 B を印加する磁界印加部 9 と、を有する。空洞共振部 2 の増幅作用を用いることにより、任意の周波数 f を有する電磁波 W を高感度に受信することができる。特に、FET の増幅作用を用いる従来の電磁波受信機においては受信できない 10 THz 以上の周波数 f を有する電磁波 W を高感度に受信することができる。

[0082] また、電流供給部は、アノード又はカソードのうちのいずれか一方が共振空洞 22 が有する N 個の電極 25 の先端部と電氣的にそれぞれ接続され、アノード又はカソードのうちのいずれか他方が電源 12 と電氣的に共通接続された N 個のダイオード 3 により構成されている。ダイオード 3 に、例えば、PN 接合ダイオード、ショットキーバリアダイオード又は PIN ダイオードを用いて電流供給部を実現することができる。特に、ダイオード 3 の通電方向が導体板 1 の板面に対する直交方向に沿う向きに設けられている場合、IC の製造技術を用いてダイオード 3 及び導体板 1 を形成することができるため、ダイオード 3 さらには電磁波受信部 10 の製造を容易にすることができる。

[0083] また、電磁波受信機 100 は、ダイオード 3 にバイアス電圧を印加する電源 12 を備える。これにより、増幅用電流を空洞共振部 2 に供給することができる。

[0084] また、空洞共振部 2 における N 個の共振空洞 22 の大きさが 10 THz 以上の周波数 f に応じた大きさに設定されている。これにより、10 THz 以上の周波数 f における増幅作用を実現することができる。この結果、10 THz 以上の周波数 f を有する電磁波 W を高感度に受信することができる。

[0085] また、電磁波入力部 11 は、空洞共振部 2 に設けられた突起 42 又は突起 43 により構成されている。突起 42 又は突起 43 が電磁波 W 用の入力アン

テナの機能を果たすことにより、電磁波入力部 11 を実現することができる。

[0086] また、電磁波入力部 11 は、空洞共振部 2 に隣接した溝 44 の拡幅部 45 により構成されている。拡幅部 45 が電磁波 W 用の入力アンテナの機能を果たすことにより、電磁波入力部 11 を実現することができる。

[0087] また、磁界印加部 9 は、磁束集中部材 33 を有する。これにより、単位面積当たりの磁力が弱い安価な磁石を用いて、増幅作用を生じさせるのに十分な強度を有する磁界 B を空洞共振部 2 に印加することができる。

[0088] 実施の形態 2.

図 15 A は、実施の形態 2 に係る電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。図 15 B は、実施の形態 2 に係る電磁波受信機における空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。図 15 を参照して、実施の形態 2 の電磁波受信機 100 a について説明する。なお、図 15 において、図 1 に示す部材等と同様の部材等には同一符号を付して説明を省略する。

[0089] 図 15 に示す如く、導体板 1 に円環状に配列された N 個の共振空洞 22 を有する空洞共振部 2 が設けられており、それぞれの共振空洞 22 の電極 25 の先端部が対峙する空間の中央部、すなわち貫通孔 21 の中央部にフィラメント 14 が挿通されている。電源 12 における一方の端子はフィラメント 14 の一端部と電氣的に接続されており、電源 12 における他方の端子は導体板 1 と電氣的に接続されている。

[0090] また、増幅用電流を出力するための電源 12 に加えて、フィラメント 14 を加熱するための電源 15 が容器 16 外に設けられている。電源 15 の両端子はフィラメント 14 の両端子と電氣的に接続されている。

[0091] ここで、容器 16 は密封された真空容器であり、容器 16 内の真空状態の中に導体板 1 の共振空洞 22 の電極 25 の先端部と対向したフィラメント 14 が収容されている。この真空中の電極 25 の先端部と電源 15 によって加熱されたフィラメント 14 により、いわゆる「二極真空管」が構成されてい

る。この二極真空管構造は、実施の形態 1 の電磁波受信機 100 におけるダイオード 3 が果たす機能と同等の機能を果たすものである。すなわち、この二極真空管構造は、増幅用電流を空洞共振部 2 に供給する機能を果たす電流供給部である。

[0092] 導体板 1、複数個 (N 個) の共振空洞 22 を有する空洞共振部 2、磁界印加部 9、フィラメント 14 及び容器 16 により、電磁波受信部 10a の要部が構成されている。電磁波受信部 10a、電磁波入力部 11、電源 12、受信判定部 13 及び電源 15 により、電磁波受信機 100a の要部が構成されている。

[0093] 次に、図 16 を参照して、電磁波受信機 100a の動作について、二極真空管構造の動作を中心に説明する。なお、図 16 において、空洞共振部 2 の符号は図示を省略している。また、空洞共振部 2 における各部位の符号も図示を省略している。

[0094] 実施の形態 1 にて図 2 及び図 3 を参照して説明したように、空洞共振部 2 に磁界 B (紙面においては裏側から表面方向に向かう磁束を発する磁界) が印加されていることにより、第 1 半周期における個々の第 1 共振空洞 22_A の壁面部 24 に沿う時計回り方向の電流 I_{2BA} (図 16 A 参照) と、第 2 半周期における個々の第 2 共振空洞 22_B の壁面部 24 に沿う時計回り方向の電流 I_{2AB} (図 16 B 参照) とが交互に流れる状態となる。そして、これらの壁面部 24 に沿う共振電流 (I_{2BA} 及び I_{2AB}) に後述する熱電子 e を介して流れる増幅用電流が加算される毎に個々の共振空洞 22 に蓄積される磁気エネルギーが大きくなり、増幅作用が生ずる。

[0095] ここで、フィラメント 14 から放出される熱電子 e について説明を加える。容器 16 内が真空状態であり、かつ、フィラメント 14 が電源 15 により加熱されているため、フィラメント 14 は熱電子 e を放出し易い状態である。したがって、上記共振動作における第 1 電極 25_A の電位が第 2 電極 25_B の電位に比して高い状態においては、熱電子 e が個々の第 1 電極 25_A に向けて放出され引き寄せられて吸収される一方、個々の第 2 電極 25_B には熱電子

e が引き寄せられず、ほとんど吸収されない（図 16 A 参照）。また、第 2 電極 25_B の電位が第 1 電極 25_A の電位に比して高い状態においては、熱電子 e が個々の第 2 電極 25_B に向けて放出され引き寄せられて吸収される一方、個々の第 1 電極 25_A には熱電子 e が引き寄せられず、ほとんど吸収されない（図 16 B 参照）。

[0096] すなわち、これらの熱電子 e は、図 2 に示す電流 I₃、すなわち個々のダイオード 3 に流れる電流 I₃ と同等の機能を果たすものである。この結果、N 個の電極 25 のうちの増幅用電流の加算対象となる電極 25（すなわち各時刻における高電位側の電極 25）に流れる増幅用電流を増長することができ、かつ、残余の電極 25（すなわち各時刻における低電位側の電極 25）に流れる増幅用電流を抑制することができる。このように、二極真空管構造を用いて、それぞれの電極 25 の電位によって通電電流を振り分けることができ、増幅用電流を適切に共振空洞 22 さらには空洞共振部 2 に供給することができる。

[0097] 電磁波受信機 100a における電源 12 の内部構成は、実施の形態 1 にて図 5 を参照して説明したものと同様であるため、図示及び説明を省略する。通常、二極真空管構造は、ダイオード 3 と同様の非線形な電圧－電流特性を有している。このため、電源 12 は、実施の形態 1 にて説明したものと同様の定電流制御を実行すればよい。

[0098] なお、電磁波受信機 100a は、いわゆる「マグネトロン」と同様の種々の変形例を用いることができる。すなわち、マグネトロンの二極真空管構造を電磁波の発生に用いる装置であるのに対して、電磁波受信機 100a は二極真空管構造を電磁波 W の受信に用いる装置である。このため、マグネトロンと同様の種々の変形例を採用することができる。

[0099] ただし、一般的なマグネトロンは、数千ボルト（例えば 3000 ボルト）の高い電圧を供給する高電圧電源を用いて、3～30GHz の周波数領域内の周波数を有する電磁波、いわゆる「マイクロ波」を発生させるものである。これに対して、実施の形態 2 の電磁波受信機 100a は、10 ボルト未満

の出力電圧を有する低電圧電源 12 を用いて、例えば 10 THz 以上の周波数 f を有する電磁波 W を受信するものである。このように、電源 12 は、一般的なマグネトロンにおける電源に対して仕様が相違するものであり、その使用目的も相違するものである。

[0100] また、一般的なマグネトロンは、大電力の電磁波を発するもので、真空容器を兼用する略筒状の陽極にフィラメントが挿通されており、略筒状の陽極の両端側にそれぞれ磁石が設けられている構造を有している。これに対して、電磁波受信機 100a は、微弱な電磁波を受信するためのもので、周波数 f が高いことにより空洞共振部 2 のサイズが微小であるために、導体板 1 の片面側に設けられた永久磁石 31 を用いて局所的な磁界 B を印加している。したがって、対応する電力及び周波数に見合うように一般的なマグネトロンに比して電磁波受信機 100a を小型にすることができる。

[0101] また、一般的なマグネトロンが略筒状の陽極を用いているのに対して、電磁波受信機 100a は略板状の陽極（すなわち導体板 1）を用いている。これにより、一般的なマグネトロンに比して電磁波受信機 100a を薄型にすることができる。この結果、一般的なマグネトロンに比して電磁波受信機 100a を更に小型にすることができる。

[0102] また、電磁波受信機 100a は、実施の形態 1 にて説明したものと同様の種々の変形例を採用することができる。

[0103] 以上のように、実施の形態 2 の電磁波受信機 100a は、入力された電磁波 W を受信する電磁波受信部 10 と、電磁波受信部 10 に流通する電流（すなわち受信電流）又は印加する電圧の挙動を用いて、直流の電気信号又は入力された電磁波 W よりも低周波の電気信号を生成する信号生成部 51 と、を備える電磁波受信機 100a であって、電磁波受信部 10 は、電磁波 W を入力する電磁波入力部 11 と、導体板 1 に設けた複数個の共振空洞 22 を有する空洞共振部 2 と、空洞共振部 2 に増幅用の電流を供給する電流供給部（より具体的には二極真空管構造）と、導体板 1 の片面側に配置され、空洞共振部 2 に磁界 B を印加する磁界印加部 9 と、を有する。空洞共振部 2 の増幅作

用を用いることにより、任意の周波数 f を有する電磁波 W を高感度に受信することができる。特に、FETの増幅作用を用いる従来の電磁波受信機では受信できない10THz以上の周波数 f を有する電磁波 W を高感度に受信することができる。また、略板状の陽極（すなわち導体板1）の片面側に磁界印加部9が配置されている構造により、一般的なマグネトロンに比して電磁波受信機100aを小型にすることができる。

[0104] また、電流供給部は、空洞共振部2の共振空洞22が有するN個の電極25と、空洞共振部2の中央部（すなわち貫通孔21の中央部）に挿通されたフィラメント14であって、電源12と電氣的に接続されたフィラメント14と、空洞共振部2及びフィラメント14が収容された真空容器（容器16）と、による二極真空管構造により構成されている。二極真空管構造がN個のダイオード3と同等の機能を果たすことにより、増幅用電流を適切に空洞共振部2に供給することができる。

[0105] 実施の形態3.

図17Aは、実施の形態3に係る電磁波受信機の要部を断面から見た状態を示す説明図である。図17Bは、実施の形態3に係る電磁波受信機における複数個の空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。図18Aは、実施の形態3に係る電磁波受信機における個々の空洞共振部を含む部位を断面から見た状態を示す説明図である。図18Bは、実施の形態3に係る電磁波受信機における個々の空洞共振部を含む部位を正面から見た状態を示す説明図である。図17及び図18を参照して、実施の形態3の電磁波受信機100bについて説明する。なお、図17及び図18において、図1に示す部材等と同様の部材等には同一符号を付して説明を省略する。

[0106] 図17に示す如く、導体板1に複数個（M個）の略円形状の貫通孔71が穿たれている。ここで、Mは2以上の任意の整数であり、図17に示す例においてはM=5である。

[0107] 導体板1における個々の貫通孔71を含む部位には、抵抗層72を介して導体層73が積層されている。個々の抵抗層72には略円形状の貫通孔74

が設けられており、個々の導体層 7 3 には空洞共振部 2 が設けられている。これにより、個々の空洞共振部 2 における共振空洞 2 2 は、M 個の抵抗層 7 2 のうちの対応する抵抗層 7 2 を介して、導体板 1 に接続している。

[0108] すなわち、電磁波受信機 1 0 0 b は M 個の空洞共振部 2 を有するものである。個々の空洞共振部 2 は、実施の形態 1 にて説明したものと同様の構造を有している。このため、個々の空洞共振部 2 についての詳細な説明は省略する。図 1 7 及び図 1 8 において、個々の空洞共振部 2 における各部位の符号は図示を省略している。

[0109] 個々の空洞共振部 2 は N 個の電極 2 5 を有しており、当該 N 個の電極 2 5 の先端部に N 個のダイオード 3 のアノードが電氣的にそれぞれ接続されている。当該 N 個のダイオード 3 のカソードは、基板 5 と電氣的に共通接続されている。電源 1 2 における一方の端子は導体板 1 と電氣的に接続されており、電源 1 2 における他方の端子は基板 5 と電氣的に接続されている。

[0110] すなわち、電磁波受信機 1 0 0 b は、電氣的には、実施の形態 1 にて説明したものと同様の増幅用の構造を M 個並列に接続してなるものである。空洞共振部 2 の個数を増やすことにより、電磁波 W を受信する部位の面積を増やすことができるため、受信感度を更に向上することができる。例えば、電磁波 W が光である場合、空洞共振部 2 を増加（受光面積を拡大）することにより、個々の空洞共振部 2（単位面積当たり）の受光量が少なくても、それぞれの受光を合計した総受光量を増加することができ、より感度の高い光センサを実現することができる。

[0111] また、上記のとおり、図 1 7 及び図 1 8 に示す例において、電磁波受信機 1 0 0 b は抵抗層 7 2 を有している。この抵抗層 7 2 は、M 個の空洞共振部 2 のうちの一部の空洞共振部 2 に増幅用電流が集中するのを防ぐ機能を果たすものである。換言すれば、この抵抗層 7 2 は、個々の空洞共振部 2 に対する増幅用電流の供給を制限することにより、増幅用電流を M 個の空洞共振部 2 に分散させる機能を果たすものである。以下、電磁波受信機 1 0 0 b において当該機能を果たす部位を「電流制限部」という。

- [0112] 図 1 7 及び図 1 8 に示す例において、電磁波入力部 1 1 は、個々の空洞共振部 2 に設けられた突起 4 2 により構成されている。このため、電磁波入力部 1 1 は電磁波受信部 1 0 b に含まれている。
- [0113] このようにして、電磁波受信機 1 0 0 b の要部が構成されている。
- [0114] なお、電流制限部は上記機能を果たすものであれば良く、図 1 7 及び図 1 8 に示す抵抗層 7 2 に限定されるものではない。
- [0115] 例えば、図 1 9 に示す如く、基板 5 に積層された抵抗層 7 5 により、すなわちダイオード 3 と基板 5 間に設けられた抵抗層 7 5 により電流制限部が構成されているものであっても良い。この場合、図 1 7 及び図 1 8 に示す抵抗層 7 2 は不要であるため、導体層 7 3 も不要である。すなわち、抵抗層 7 2 及び導体層 7 3 を除去して、図 1 7 及び図 1 8 のような構成においても図 1 のような導体板 1 に空洞共振部 2 が設けられているものであっても良い。
- [0116] または、図 2 0 に示す如く、個々のダイオード 3 を P I N ダイオードにより構成することで、P I N ダイオードにおける抵抗成分が電流制限部の機能を果たすものであっても良い。具体的には、P I N ダイオードにおける真性半導体層（以下「I 層」という。）が抵抗成分となって電流制限部の機能を果たす。
- [0117] または、図 2 1 に示す如く、I C の製造技術を用いて N 型半導体層（以下「N 層」という。）8 1、I 層 8 2、及び I 層の一部に設けた P 型半導体層（以下「P 層」という。）8 3 から構成された P I N ダイオードの上に、金属箔による導体層 8 4 が形成されており、導体層 8 4（導体板 1 に相当）に空洞共振部 2 が設けられているものであっても良い。この場合において、ダイオード 3 における抵抗成分が、すなわち P I N ダイオードにおける I 層 8 2 が電流制限部の機能を果たすものであっても良い。なお、一般的な I C の構成であれば、導体層 8 4 となる金属箔は配線又は電極となるもので、基板 5 は半導体チップをマウンティングするリードフレームに相当する。また、図 2 1 に示す空洞部 8 5、空洞共振部 2、及び電磁波入力部 1 1 となる突起 4 2 は、例えば、エッチング加工又は F I B（F o c u s e d I o n B

e a m) 加工によって形成されたものである。

- [0118] または、図 22 に示す如く、I C の製造技術を用いて N 層 9 1、I 層 9 2、及び I 層の全面に設けた P 層 9 3 から構成された P I N ダイオードの上に、絶縁層 9 4 及び金属箔による導体層 9 5 が形成されており、導体層 9 5 (導体板 1 に相当) に空洞共振部 2 が設けられているものであっても良い。なお、当該構成においては、共振空洞 22 の電極 25 の先端部を P 層 9 3 に接続しながら、当該先端部を除く部位は絶縁層 9 4 によって絶縁されている。この場合においても、I 層 9 2 が電流制御部の機能を果たす。なお、図 22 に示す空洞部 9 6、空洞共振部 2、及び電磁波入力部 11 となる突起 42 は、例えば、エッチング加工又は F I B 加工によって形成されたものである。
- [0119] なお、図 21 に示す例において、電磁波受信部 10 b において空洞共振部 2 を形成する導体層 84 を M 個に分割しても良く、又は分割せずに 1 個であっても良い。図 22 に示す例における導体層 95 についても同様である。
- [0120] また、空洞共振部 2 の個数は 2 個以上であれば良く、5 個に限定されるものではない。例えば、電磁波受信機 100 b は 2 個の空洞共振部 2 を有するものであっても良く、又は 3 個の空洞共振部 2 を有するものであっても良く、さらには、6 個以上の空洞共振部 2 を有するものであっても良い。
- [0121] また、電磁波受信機 100 b における電磁波入力部 11 は、個々の空洞共振部 2 に設けられた突起 42 に限定されるものではない。例えば、個々の空洞共振部 2 に突起 43 が設けられており、これらの突起 43 により電磁波入力部 11 が構成されているものであっても良い。または、個々の空洞共振部 2 に隣接した溝 44 が設けられており、これらの溝 44 の拡幅部 45 により電磁波入力部 11 が構成されているものであっても良い。
- [0122] ここで、突起 43 による電磁波入力部 11 が構成された空洞共振部 2 を複数個 (M 個) 備える構成においては、空洞共振部 2 (詳細には電磁波入力部 11 となる突起 43) を規則的に配置することにより、入力する電磁波 W に対して感度の高い方向、すなわち指向性を任意に設定することができる。
- [0123] 例えば、図 23 に示す例においては、導体板 1 に 2 個の空洞共振部 2 が設

けられており、当該2個の空洞共振部2の各々に突起43が設けられている。これらの2個の突起43は直線SL上に配置されており、当該2個の突起43間の間隔D1が波長 λ に対する n 倍の値に設定されている。この場合、直線SLに沿う2方向及び直線SLと直交する2方向を含む合計4方向から入力する電磁波Wに対する感度が高い指向性を実現することができる。

[0124] また、図24に示す例においては、導体板1に2個の空洞共振部2が設けられており、当該2個の空洞共振部2の各々に突起43が設けられている。これらの2個の突起43は直線SL上に配置されており、当該2個の突起43間の間隔D2が波長 λ に対する $(n-1/2)$ 倍の値に設定されている（ n は1以上の任意の整数）。この場合、直線SLに沿う2方向から入力する電磁波Wに対する感度が高い指向性を実現することができる。

[0125] また、図25に示す例においては、導体板1に3個の空洞共振部2が設けられており、当該3個の空洞共振部2の各々に突起43が設けられている。これらの3個の突起43は直線SL上に配置されており、当該3個の突起43のうちの互いに隣接する各2個の突起43間の間隔D3が波長 λ に対する $n/2$ 倍の値に設定されている。この場合、直線SLに沿う2方向から入力する電磁波Wに対する感度がさらに高い指向性を得ることができる。

[0126] このように、複数個の突起43が整列するように複数個の空洞共振部2を規則的に配置することにより、所定方向から入力する電磁波Wに対する感度が高い指向性を実現することができる。換言すれば、所定の指向性パターンを有する電磁波受信機100bを実現することができる。

[0127] また、複数個（ M 個）の空洞共振部2は、共振周波数 f が互いに異なる空洞共振部2を含むものであっても良い。例えば、導体板1に2個の空洞共振部2が設けられている場合において、一方の空洞共振部2における共振周波数 f と他方の空洞共振部2における共振周波数 f とが互いに異なるものであっても良い。すなわち、一方の空洞共振部2における個々の共振空洞22の寸法（より具体的には沿面長 $L1$ ）と他方の空洞共振部2における個々の共振空洞22の寸法（より具体的には沿面長 $L1$ ）とが互いに異なるものであ

っても良い。これにより、互いに異なる周波数 f を有する電磁波 W を同時に受信することができる。

[0128] または、例えば、導体板 1 に 3 個の空洞共振部 2 が設けられている場合において、第 1 の空洞共振部 2 における個々の共振空洞 2 2 の寸法が赤色の可視光の波長 λ に応じた値に設定されており、かつ、第 2 の空洞共振部 2 における個々の共振空洞 2 2 の寸法が緑色の可視光の波長 λ に応じた値に設定されており、かつ、第 3 の空洞共振部 2 における個々の共振空洞 2 2 の寸法が青色の可視光の波長 λ に応じた値に設定されているものであっても良い。これにより、赤、緑及び青の 3 色の光を同時に受光することができる。このため、いわゆる「RGB カラーセンサ」に電磁波受信機 100b を用いることができる。

[0129] また、電磁波受信機 100b は、実施の形態 1 にて説明したものと同様の種々の変形例を採用することができる。

[0130] 以上のように、実施の形態 3 の電磁波受信機 100b においては、電磁波受信部 10b が複数個 (M 個) の空洞共振部 2 を有する。空洞共振部 2 の個数を増やすことにより、電磁波 W を受信する部位の面積を増やすことができるため、必要に応じて受信感度を調整することができる。

[0131] また、複数個 (M 個) の空洞共振部 2 は、共振周波数 f が互いに異なる空洞共振部 2 を含む。これにより、互いに異なる周波数 f を有する電磁波 W を同時に受信することができる。この結果、例えば、RGB カラーセンサに電磁波受信機 100b を用いることができる。

[0132] また、複数個 (M 個) の空洞共振部 2 が規則的に配置されている。これにより、所定方向からの電磁波 W に対して感度を高めた指向性パターンを有する電磁波受信機 100b を実現することができる。

[0133] 実施の形態 4.

図 26 は、実施の形態 4 に係るレーダ装置の要部を示す説明図である。図 26 を参照して、実施の形態 4 のレーダ装置 200 について説明する。

[0134] 図 26 に示す如く、電磁波受信機 100 及び電磁波送信機 110 を備えた

レーダ装置 200 が車両 500 に設けられている。

[0135] 電磁波送信機 110 は、ミリ波と赤外線間の周波数 f を有する電磁波 W を生成して、当該生成された電磁波 W を車両 500 外に送信するものである。電磁波受信機 100 は、当該送信された電磁波 W が車両 500 外の障害物 O により反射されたとき、当該反射された電磁波 W を受信するものである。

[0136] 電磁波受信機 100 は、実施の形態 1 にて説明したものと同様の構造を有している。このため、電磁波受信機 100 についての説明は省略する。ただし、個々の共振空洞 22 の寸法（より具体的には沿面長 L_1 ）は、ミリ波と赤外線間の周波数 f に応じた値に設定されている。なお、図 26 において、電磁波受信機 100 内の各部位は図示を省略している。

[0137] これに対して、電磁波送信機 110 は、一般的なマグネトロンと同様の構造を有するものであっても良く、又は電磁波受信機 100 と同様の構造を有するものであっても良い。電磁波送信機 110 は、ミリ波と赤外線間の周波数 f 、すなわち電磁波受信機 100 における個々の共振空洞 22 の寸法（大きさ）に応じた周波数 f を有する電磁波 W を送信可能なものであれば、如何なる構造によるものであっても良い。

[0138] レーダ信号処理部 120 は、所定の電気信号を電磁波送信機 110 に出力することにより、電磁波送信機 110 に電磁波 W を送信させるものである。また、レーダ信号処理部 120 は、電磁波受信機 100 により電磁波 W が受信されたとき、当該受信された電磁波 W に対応する電気信号を用いて、いわゆる「レーダ信号処理」を実行するものである。すなわち、レーダ信号処理部 120 は、受信判定部 13 により電磁波 W の受信があると判定されたとき、信号生成部 51 により生成された電気信号を用いて、レーダ信号処理を実行するものである。

[0139] 制御部 130 は、レーダ信号処理部 120 の動作を制御するものである。また、制御部 130 は、レーダ信号処理により障害物 O が検知されたとき、車両 500 と障害物 O の衝突を回避するための制御の実行を車両制御装置 300 に指示するものである。車両制御装置 300 は、制御部 130 による指

示に応じて、車両５００におけるブレーキ又はステアリングなどを操作することにより当該衝突を回避する制御を実行するものである。車両制御装置３００は、例えば、ＥＣＵ（Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃ　Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｕｎｉｔ）により構成されている。

[0140]　また、制御部１３０は、レーダ信号処理により障害物〇が検知されたとき、警告出力装置４００に警告を出力させる制御を実行するものである。警告出力装置４００は、例えば、ディスプレイ又はスピーカにより構成されている。警告出力装置４００がディスプレイにより構成されている場合、当該警告は画像表示によるものである。警告出力装置４００がスピーカにより構成されている場合、当該警告は音声出力又は警報音によるものである。

[0141]　障害物〇を検知するためのレーダ信号処理については、公知の種々の処理を用いることができる。このため、当該レーダ信号処理についての詳細な説明は省略する。

[0142]　電磁波受信機１００、電磁波送信機１１０、レーダ信号処理部１２０及び制御部１３０により、レーダ装置２００の要部が構成されている。

[0143]　次に、図２７を参照して、レーダ信号処理部１２０及び制御部１３０のハードウェア構成について説明する。

[0144]　図２７Ａに示す如く、レーダ装置２００はプロセッサ１４０及びメモリ１５０を有している。メモリ１５０には、レーダ信号処理部１２０及び制御部１３０の機能を実現するためのプログラムが記憶されている。メモリ１５０に記憶されているプログラムをプロセッサ１４０が読み出して実行することにより、レーダ信号処理部１２０及び制御部１３０の機能が実現される。

[0145]　または、図２７Ｂに示す如く、レーダ装置２００は処理回路１６０を有している。この場合、レーダ信号処理部１２０及び制御部１３０の機能が専用の処理回路１６０により実現される。

[0146]　または、レーダ装置２００はプロセッサ１４０、メモリ１５０及び処理回路１６０を有している（不図示）。この場合、レーダ信号処理部１２０及び制御部１３０の機能のうちの一部の機能がプロセッサ１４０及びメモリ１５

0により実現されて、残余の機能が専用の処理回路160により実現される。

[0147] プロセッサ140は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ又はDSP (Digital Signal Processor) のうちの少なくとも一つを用いたものである。

[0148] メモリ150は、例えば、半導体メモリ又は磁気ディスクのうちの少なくとも一方を用いたものである。より具体的には、メモリ150は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)、SSD (Solid State Drive) 又はHDD (Hard Disk Drive) のうちの少なくとも一つを用いたものである。

[0149] 処理回路160は、例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、PLD (Programmable Logic Device)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、SoC (System-on-a-Chip) 又はシステムLSI (Large-Scale Integration) のうちの少なくとも一つを用いたものである。

[0150] 次に、レーダ装置200において、ミリ波と赤外線間の周波数 f を有する電磁波 W を用いたことによる効果について説明する。

[0151] 従来、車載用レーダにミリ波レーダ又は赤外線レーザレーダが用いられている。ここで、障害物0が低密度な樹脂成形品（例えば発泡スチロール）又は細かい繊維を用いた布などである場合、ミリ波が障害物0を通過するため、ミリ波レーダを用いてこのような障害物0を検知することができない問題

があった。また、車両500と障害物O間に雨粒又は霧などの粒子が存在する場合、これらの粒子によりレーザ光が遮られるため、赤外線レーザレーダを用いて障害物Oを検知することができない問題があった。

[0152] これに対して、ミリ波と赤外線間の周波数 f を有する電磁波 W を用いることにより、障害物Oが低密度な樹脂成形品又は細かい繊維を用いた布などである場合であっても、電磁波 W が障害物Oにより反射される（図26参照）。また、車両500と障害物O間に雨粒又は霧などの粒子が存在する場合であっても（図中O'）、これらの粒子により電磁波 W が遮られるのを回避することができる（図26参照）。したがって、レーダ装置200は、これらの場合であっても障害物Oを検知することができる。

[0153] なお、実施の形態1にて説明したとおり、電磁波受信機100は任意の周波数 f を有する電磁波 W の受信に用いることができる。このため、レーダ装置200により送受信される電磁波 W は、ミリ波と赤外線間の周波数 f を有する電磁波 W に限定されるものではなく、ミリ波又は赤外線であっても良い。これにより、ミリ波レーダ又は赤外線レーザレーダを実現することができる。この場合における電磁波送信機110は、従来のミリ波レーダ又は赤外線レーザレーダにおける送信機と同様のものであっても良い。ただし、上記の理由により、ミリ波と赤外線間の周波数 f を有する電磁波 W を用いるのがより好適である。

[0154] また、レーダ装置200は、電磁波受信機100に代えて、電磁波受信機100a又は電磁波受信機100bを有するものであっても良い。

[0155] また、レーダ装置200の用途は車載用レーダに限定されるものではない。レーダ装置200は、如何なる用途のレーダに用いられるものであっても良い。

[0156] 以上のように、実施の形態4のレーダ装置200は、電磁波受信機100、電磁波受信機100a又は電磁波受信機100bを備える。電磁波受信機100、電磁波受信機100a又は電磁波受信機100bを用いることにより、任意の周波数 f を有する電磁波 W を受信可能なレーダ装置200を実現

することができる。特に、ミリ波と赤外線間の周波数 f を有する電磁波 W を受信可能なレーダ装置 200 を実現することができる。

[0157] なお、本願発明はその発明の範囲内において、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

産業上の利用可能性

[0158] 本発明の電磁波受信機は、例えば、テラヘルツ領域内の周波数を有する電磁波の受信に用いることができる。

符号の説明

[0159] 1 導体板、2 空洞共振部、3 ダイオード、4 導体棒、5 基板、6 容器、7 絶縁部材、8 間隙、9 磁界印加部、10, 10a, 10b 電磁波受信部、11 電磁波入力部、12 電源、13 受信判定部、14 フィラメント、15 電源、16 容器、21 貫通孔、22 共振空洞（貫通孔）、23 開口部、24 壁面部、25 電極、31 永久磁石、32 永久磁石、33 磁束集中部材、41 伝送線路、42 突起、43 突起、44 溝、45 拡幅部、51 信号生成部、52 定電流制御部、53 電源、54 電源、55 キャパシタ、56 コイル、57 抵抗器、58 電源、59 誤差増幅器、61 抵抗器、62 電源、71 貫通孔、72 抵抗層、73 導体層、74 貫通孔、75 抵抗層、81 N型半導体層（N層）、82 真性半導体層（I層）、83 P型半導体層（P層）、84 導体層、85 空洞部、91 N型半導体層（N層）、92 真性半導体層（I層）、93 P型半導体層（P層）、94 絶縁層、95 導体層、96 空洞部、100, 100a, 100b 電磁波受信機、110 電磁波送信機、120 レーダ信号処理部、130 制御部、140 プロセッサ、150 メモリ、160 処理回路、200 レーダ装置、300 車両制御装置、400 警告出力装置、500 車両。

請求の範囲

- [請求項1] 入力された電磁波を受信する電磁波受信部と、前記電磁波受信部に流通する電流又は印加する電圧の挙動を用いて、直流の電気信号又は入力された前記電磁波よりも低周波の電気信号を生成する信号生成部と、を備える電磁波受信機であって、
- 前記電磁波受信部は、前記電磁波を入力する電磁波入力部と、導体板又は導体層に設けた複数個の共振空洞を有する空洞共振部と、前記空洞共振部に増幅用の電流を供給する電流供給部と、前記導体板又は前記導体層の片面側に配置され、前記空洞共振部に磁界を印加する磁界印加部と、を有する
- ことを特徴とする電磁波受信機。
- [請求項2] 前記電流供給部は、前記空洞共振部の前記共振空洞が有する複数個の電極と、前記空洞共振部の中央部に挿通されたフィラメントであって、電源と電気的に接続された前記フィラメントと、前記空洞共振部及び前記フィラメントが収容された真空容器と、による二極真空管構造により構成されていることを特徴とする請求項1記載の電磁波受信機。
- [請求項3] 前記電流供給部は、アノード又はカソードのうちのいずれか一方が前記共振空洞が有する複数個の電極の先端部と電気的にそれぞれ接続され、前記アノード又は前記カソードのうちのいずれか他方が電源と電気的に共通接続された複数個のダイオードにより構成されていることを特徴とする請求項1記載の電磁波受信機。
- [請求項4] 前記電源は前記ダイオードにバイアス電圧を印加することを特徴とする請求項3記載の電磁波受信機。
- [請求項5] 前記空洞共振部における複数個の前記共振空洞の大きさが10テラヘルツ以上の周波数に応じた大きさに設定されていることを特徴とする請求項1記載の電磁波受信機。
- [請求項6] 前記電磁波受信部が複数個の前記空洞共振部を有することを特徴と

する請求項 1 記載の電磁波受信機。

[請求項7] 複数の前記空洞共振部は、共振周波数が互いに異なる前記空洞共振部を含むことを特徴とする請求項 6 記載の電磁波受信機。

[請求項8] 複数の前記空洞共振部が規則的に配置されていることを特徴とする請求項 6 記載の電磁波受信機。

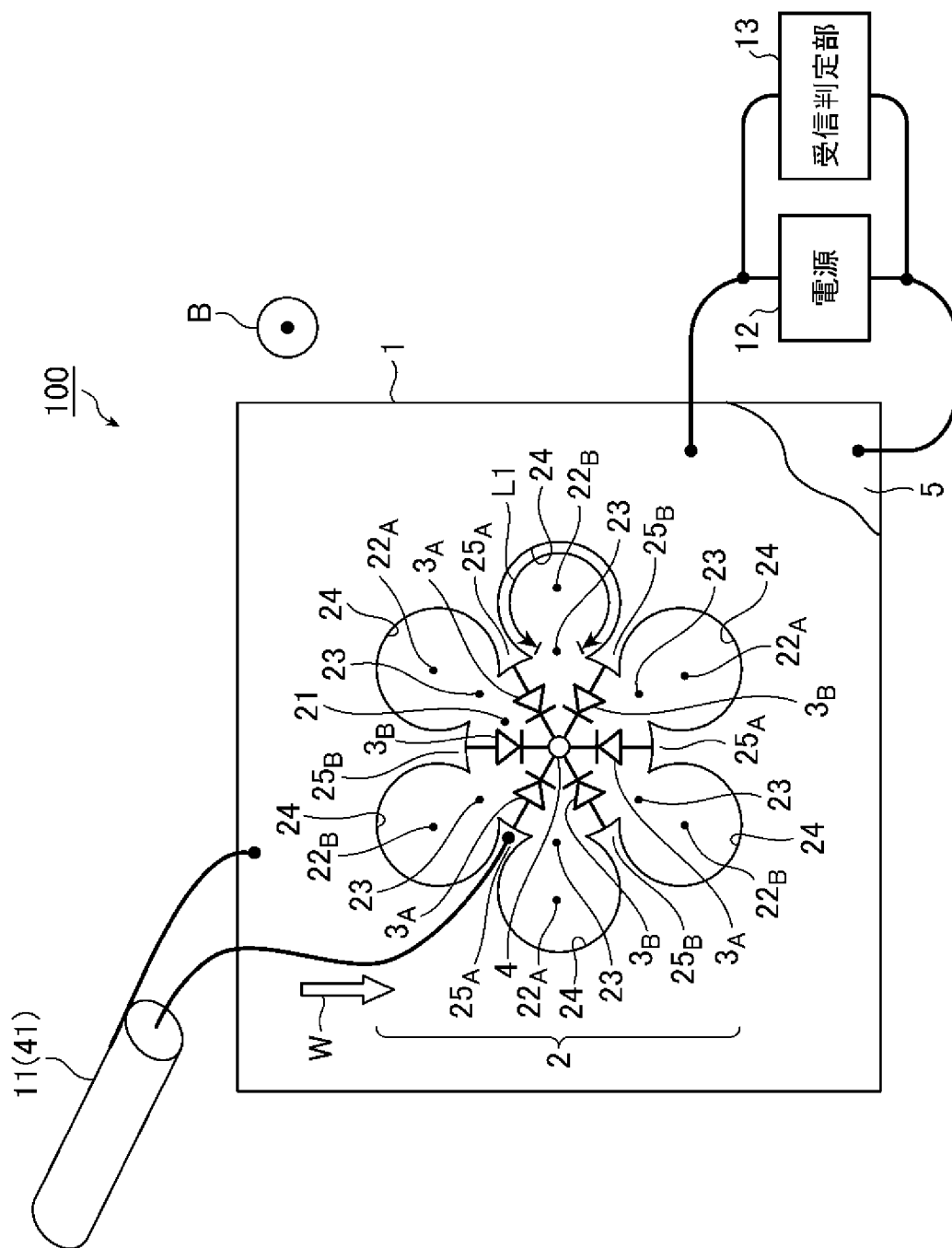
[請求項9] 前記電磁波入力部は、前記空洞共振部に設けられた突起により構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の電磁波受信機。

[請求項10] 前記電磁波入力部は、前記空洞共振部に隣接した溝の拡幅部により構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の電磁波受信機。

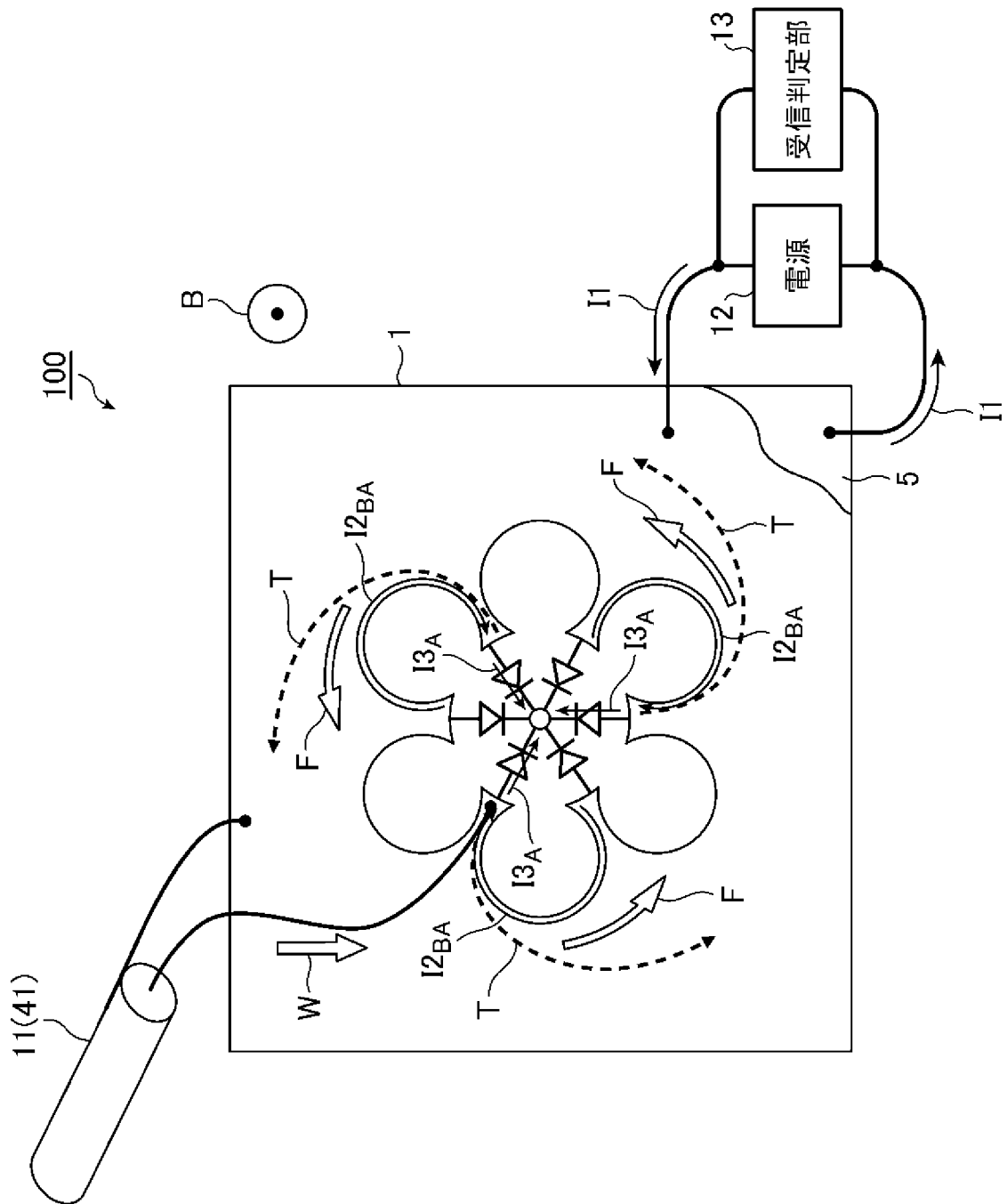
[請求項11] 前記磁界印加部は、磁束集中部材を有することを特徴とする請求項 1 記載の電磁波受信機。

[請求項12] 請求項 1 記載の電磁波受信機を備えるレーダ装置。

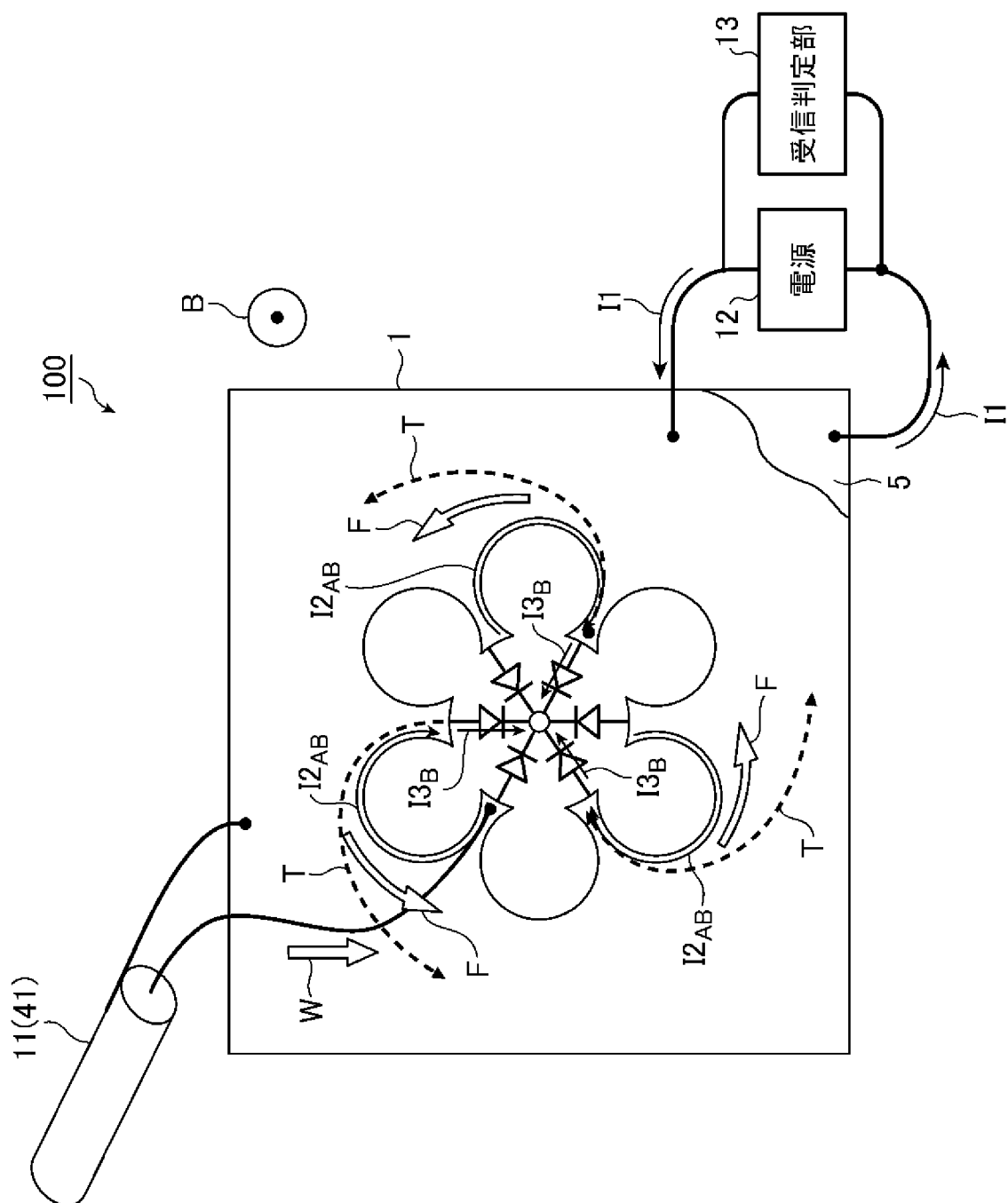
[図1B]



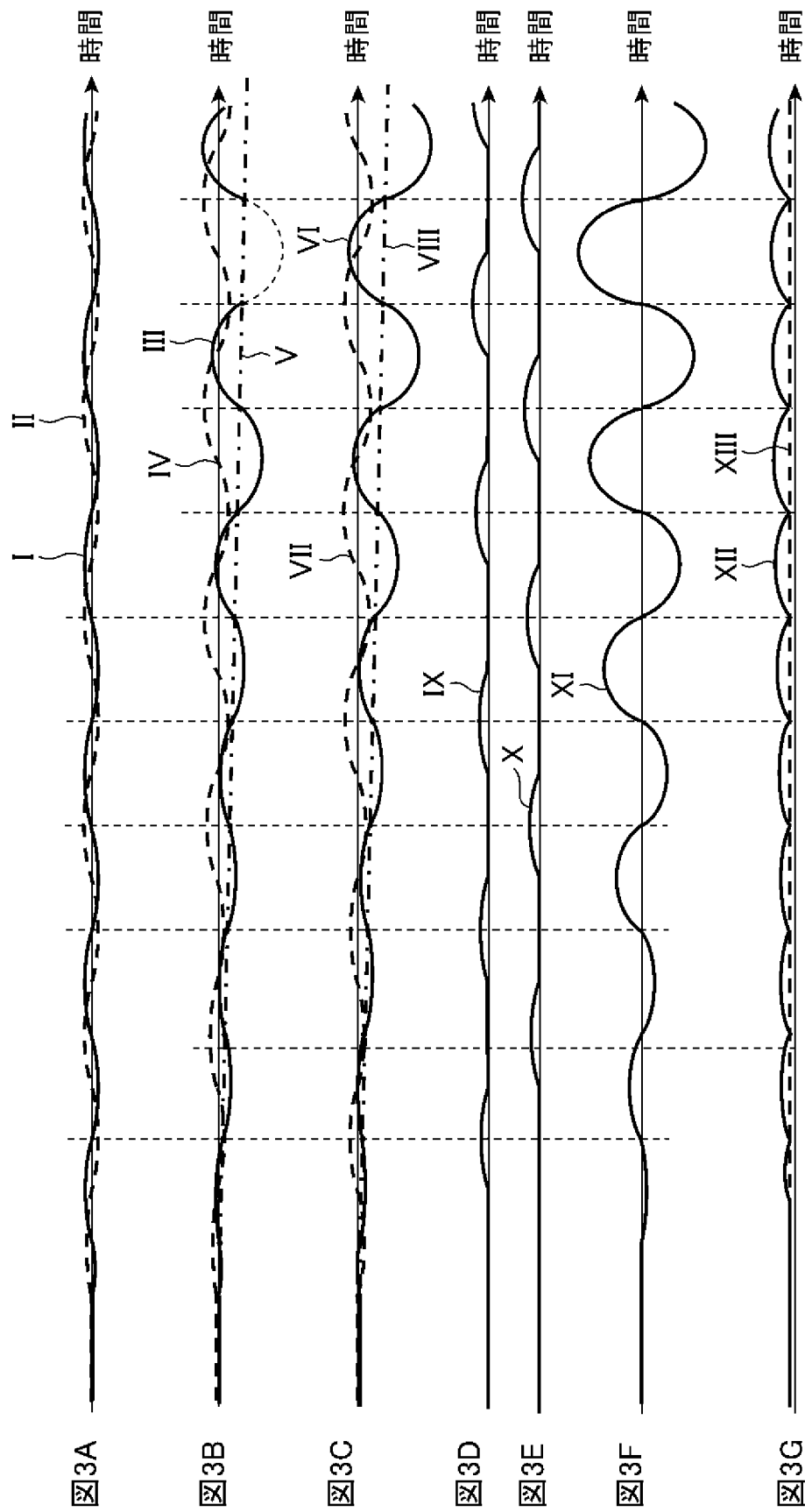
[図2A]



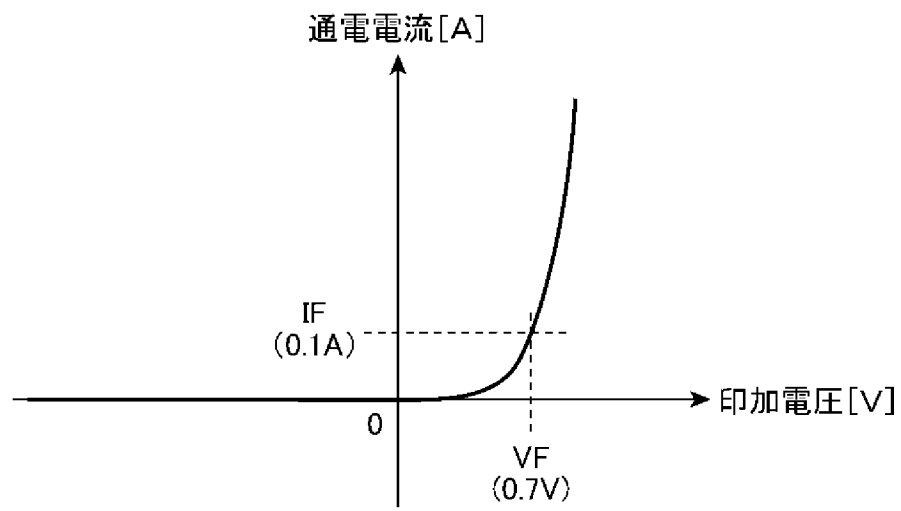
[図2B]



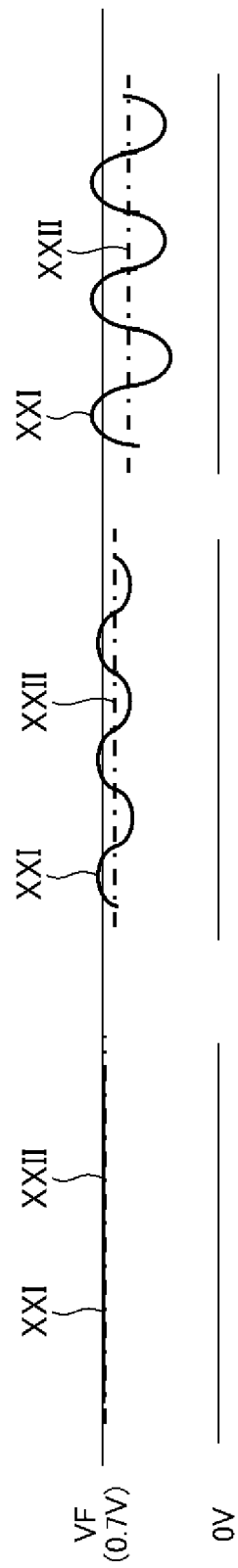
[図3]



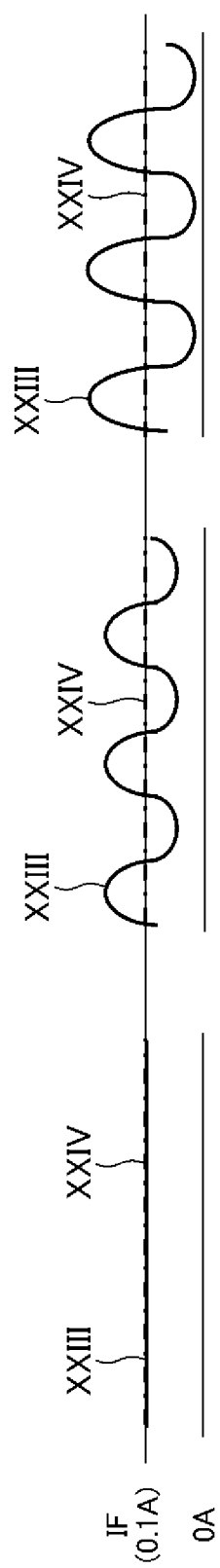
[図4A]



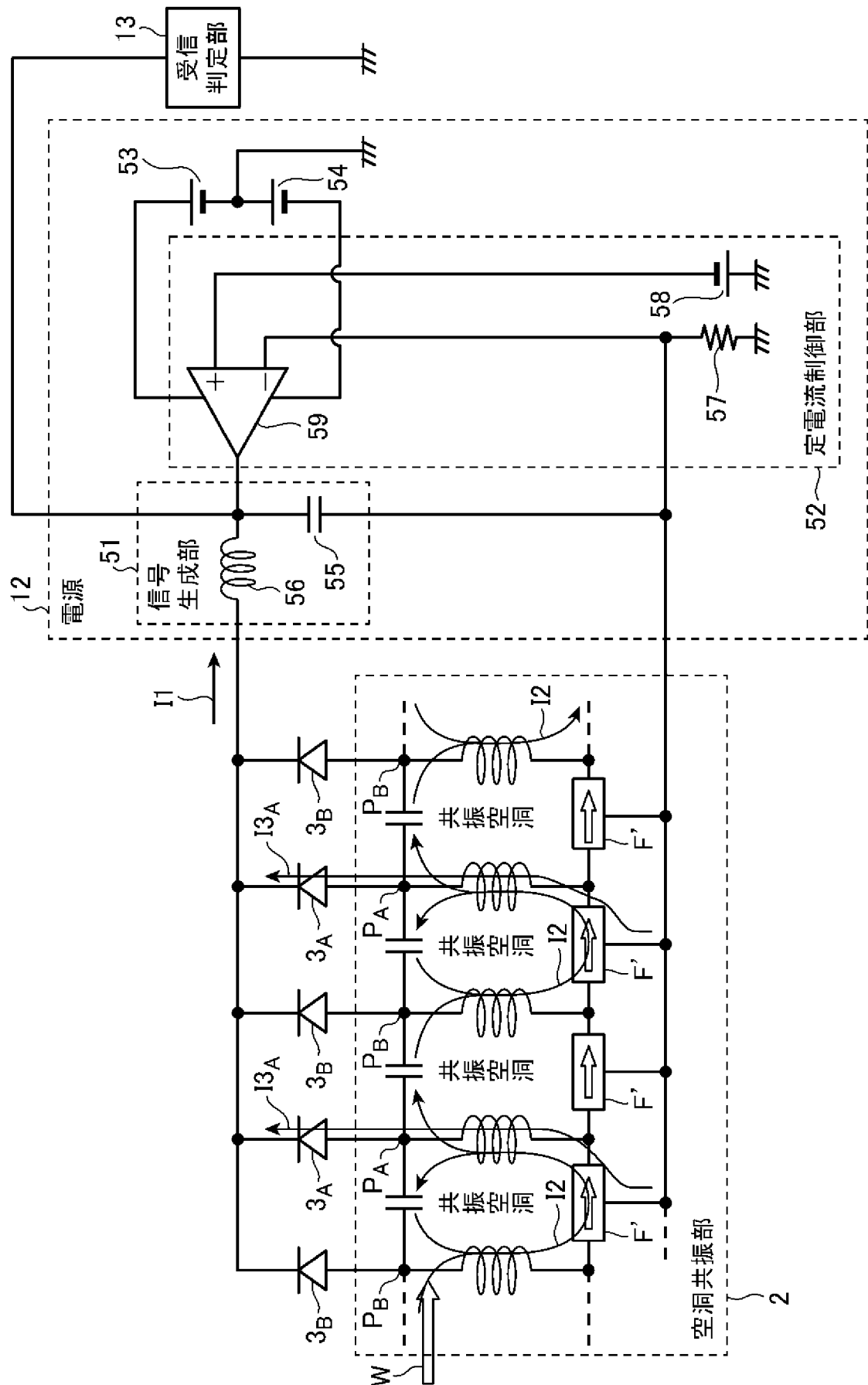
[図4B]



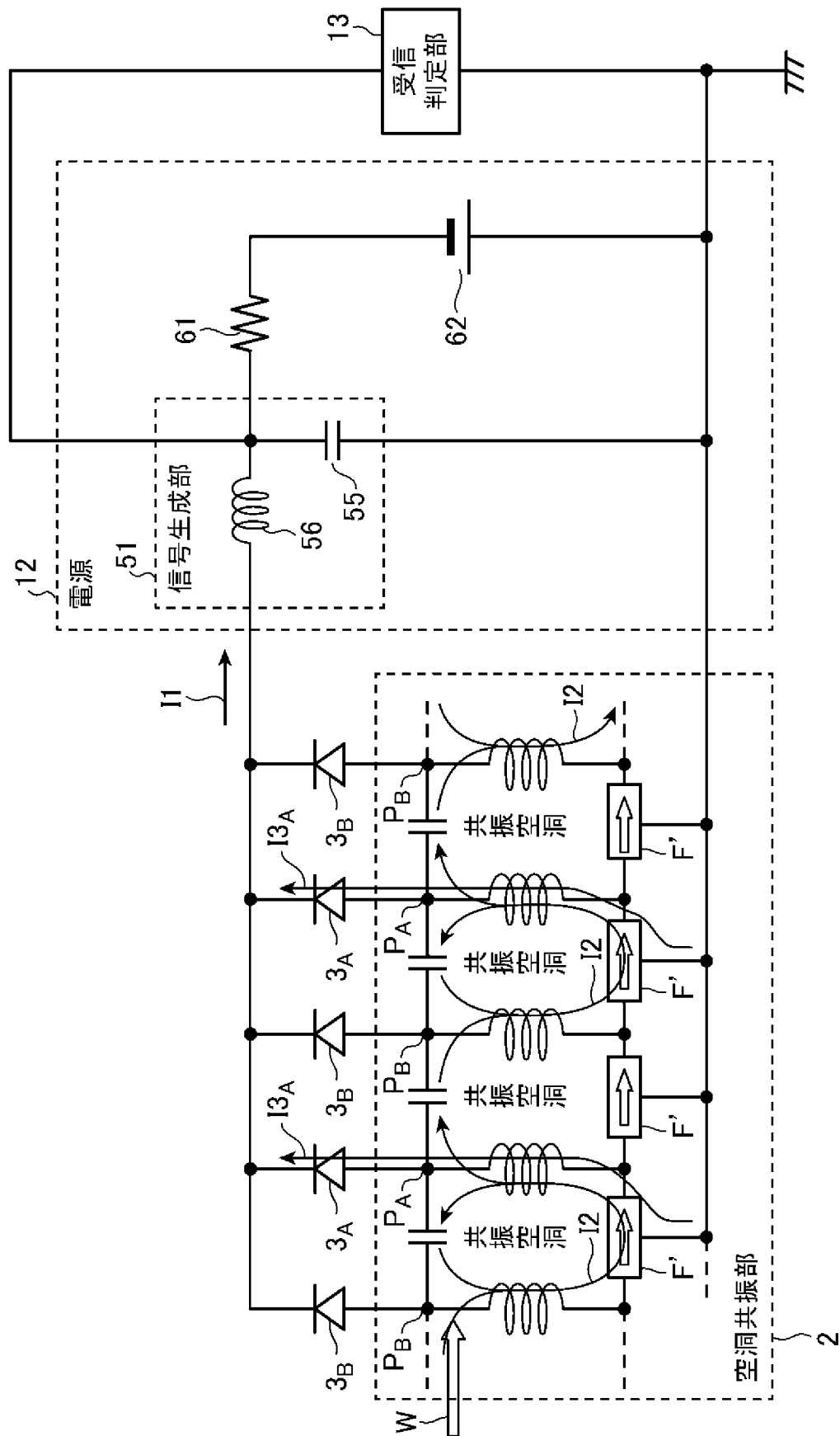
[図4C]



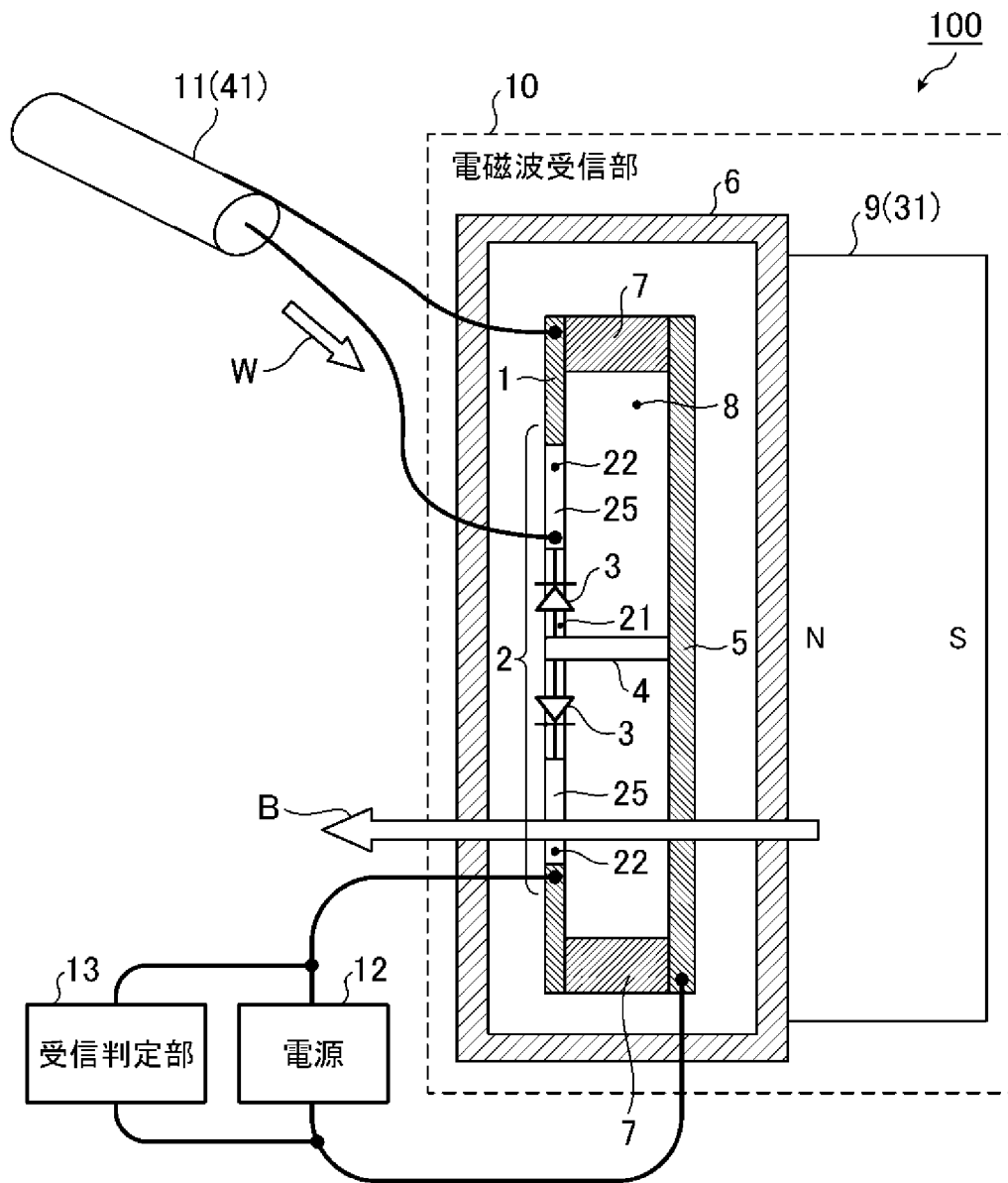
[図5A]



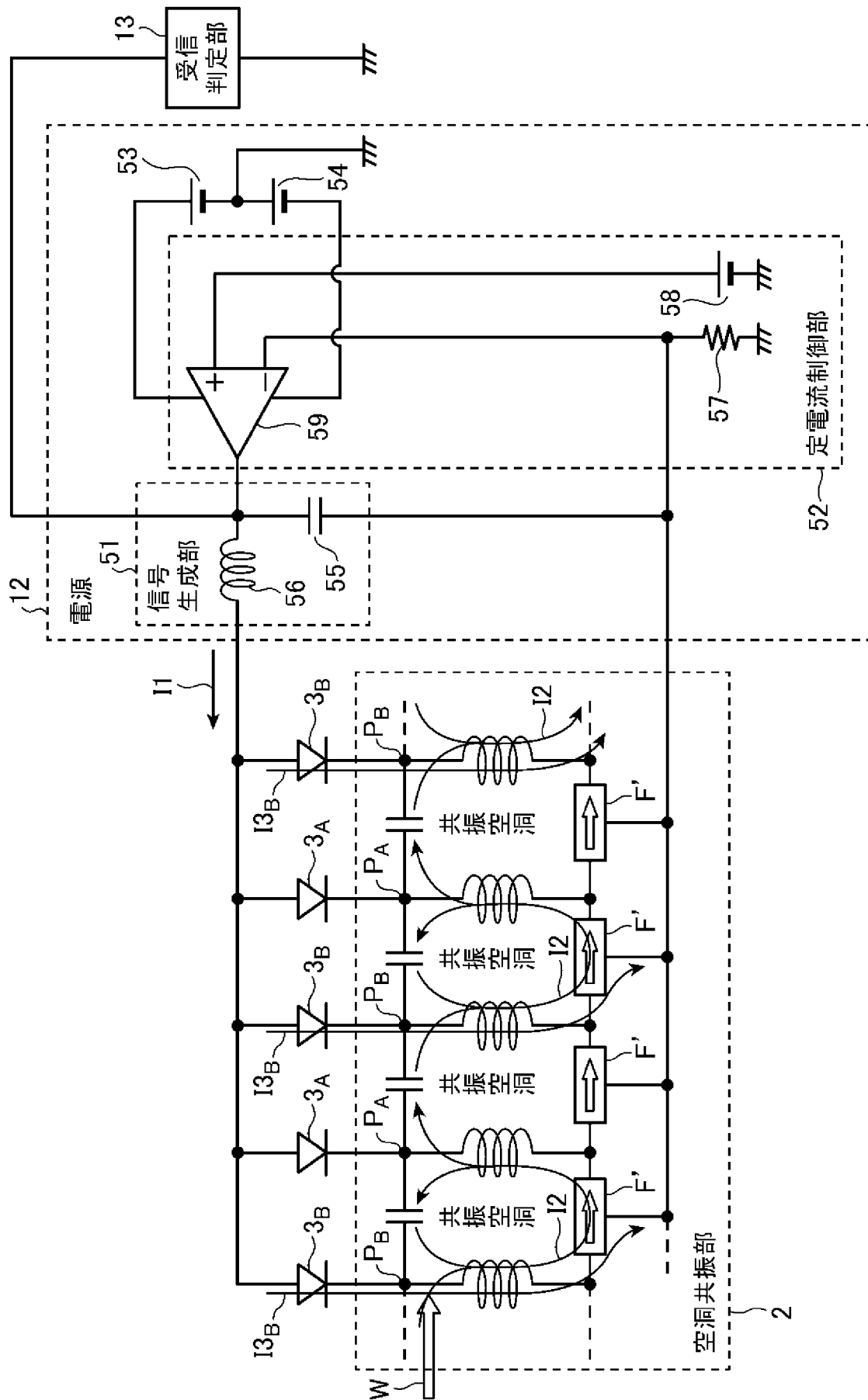
[図6A]



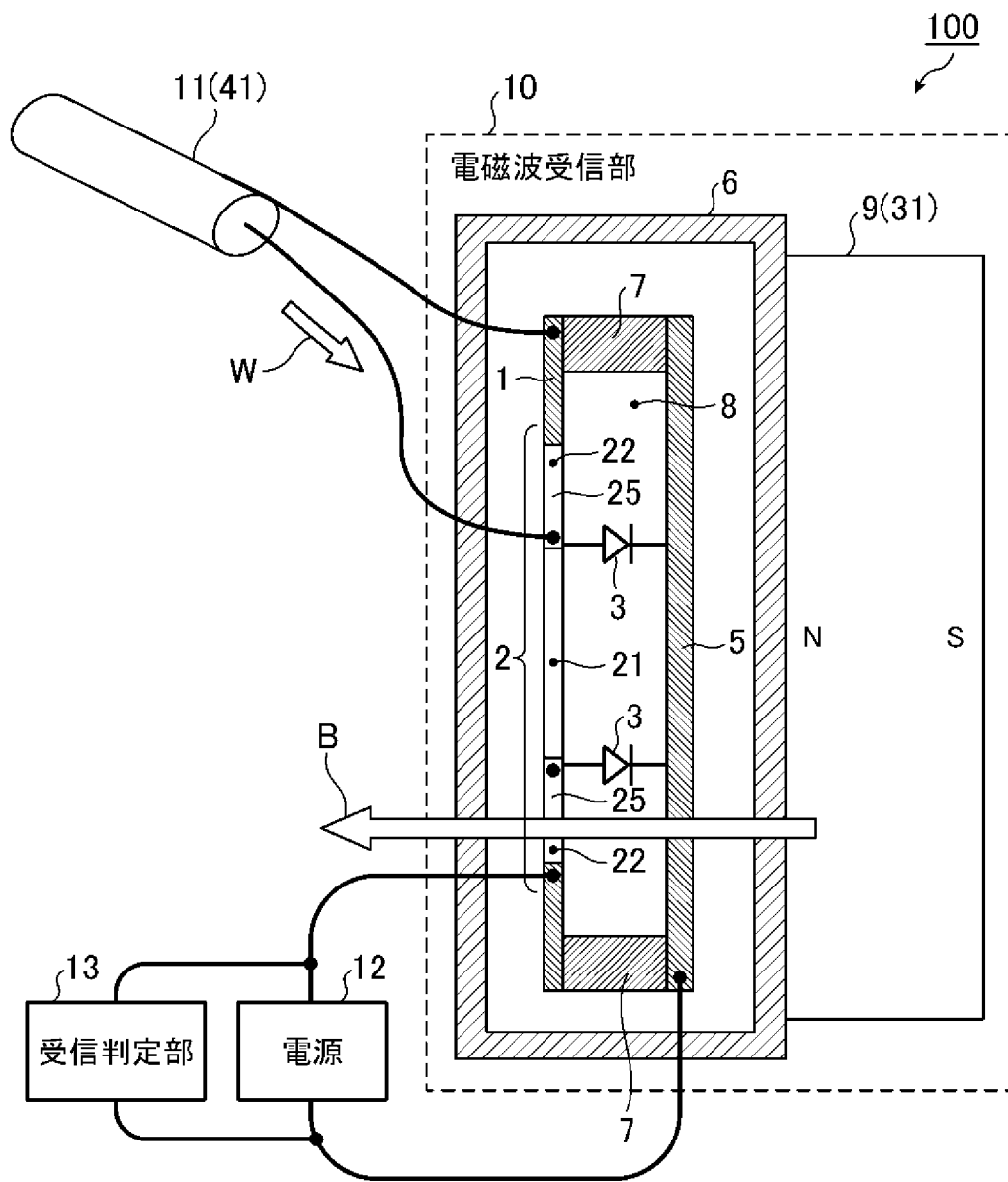
[図7A]



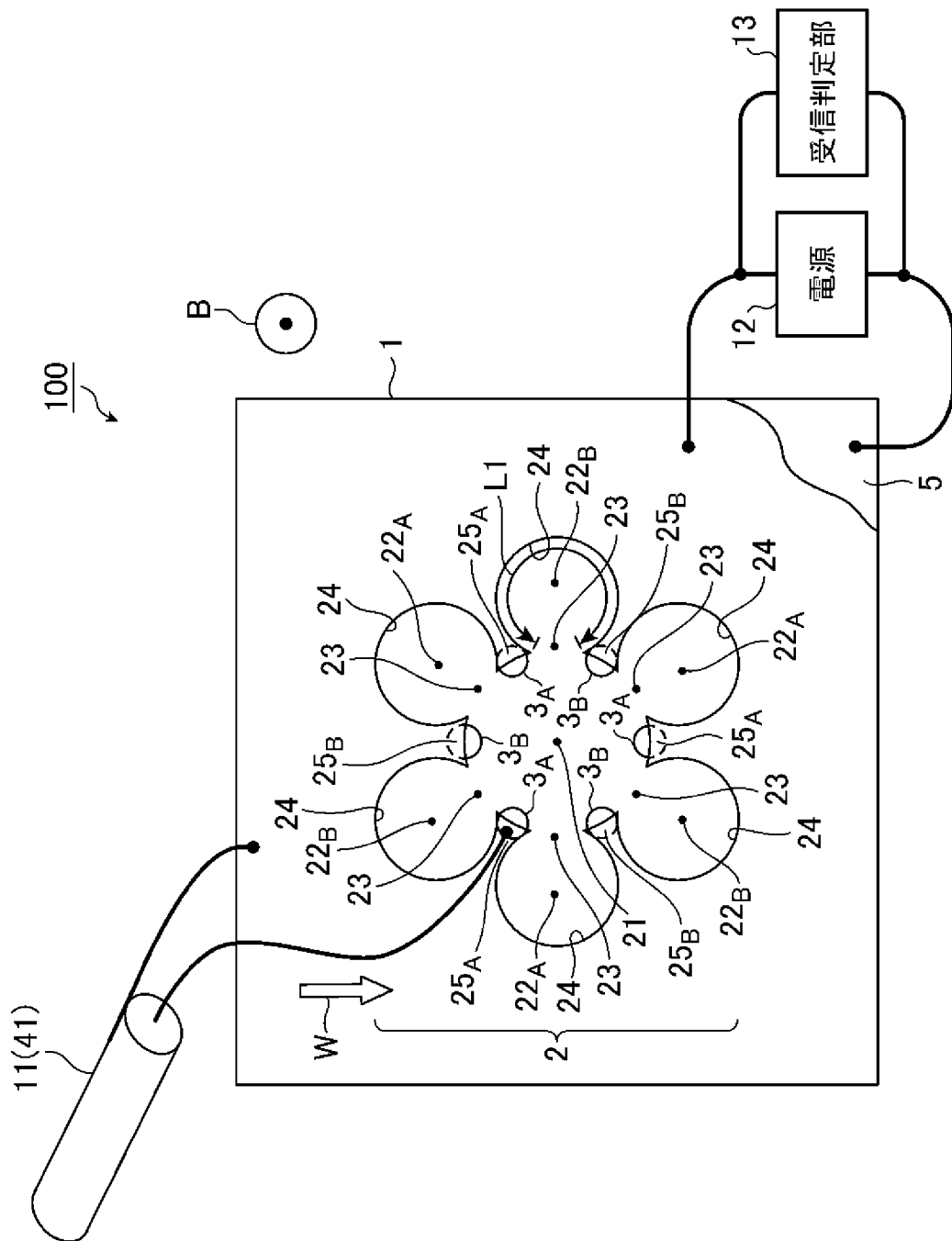
[図8B]



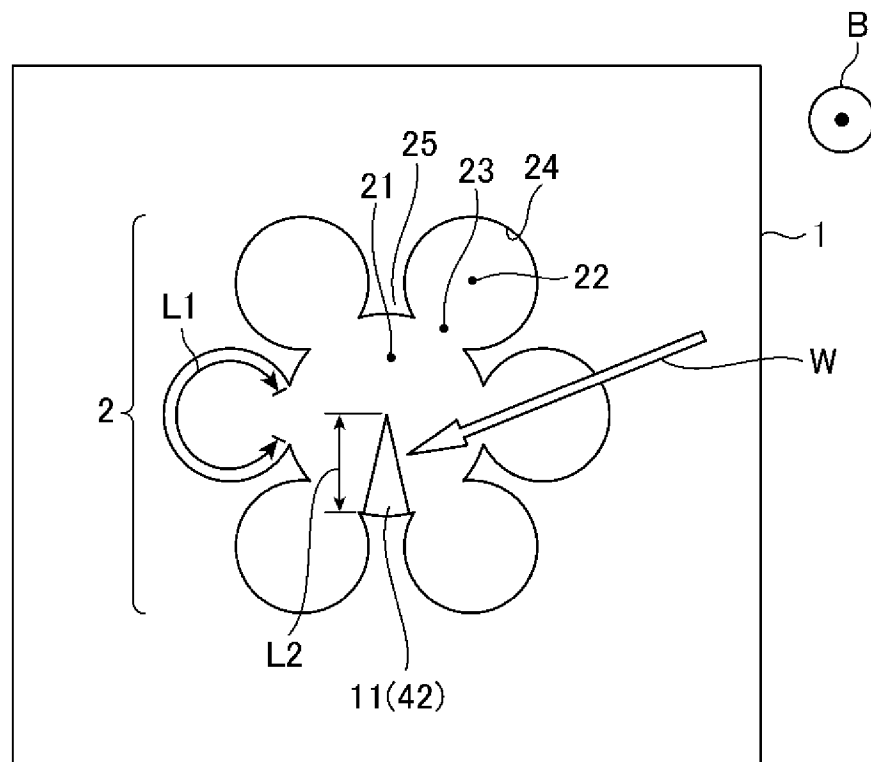
[図9A]



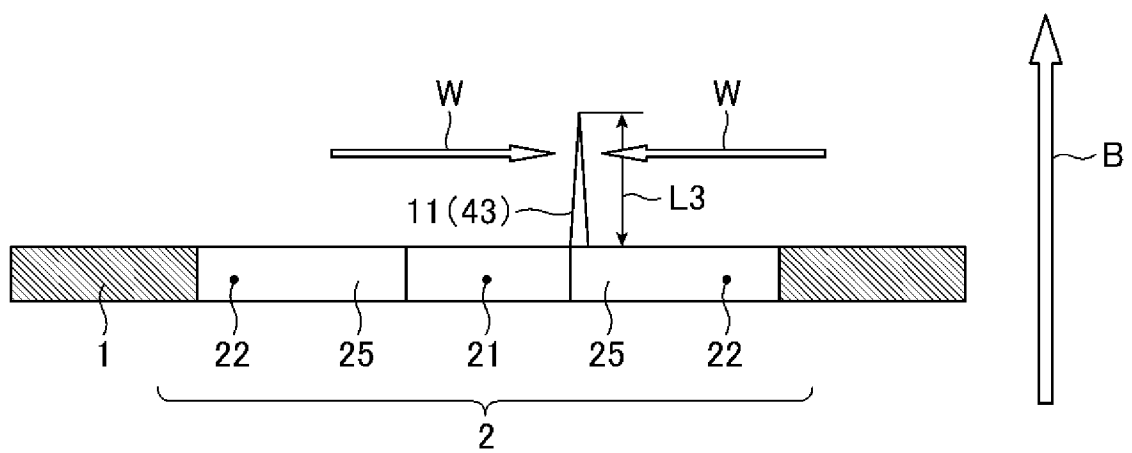
[図10B]



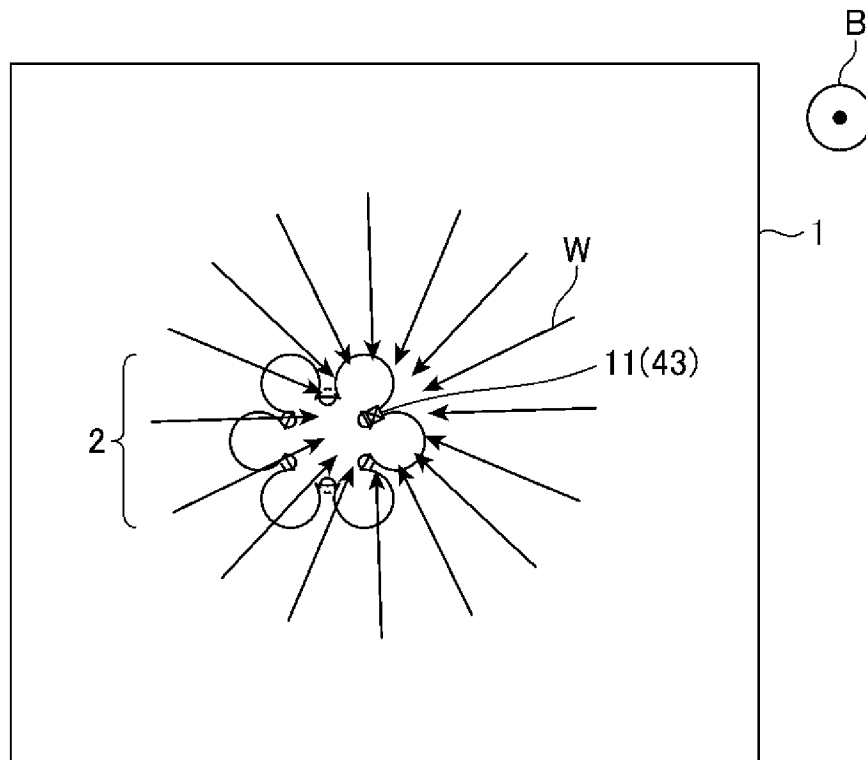
[図11]



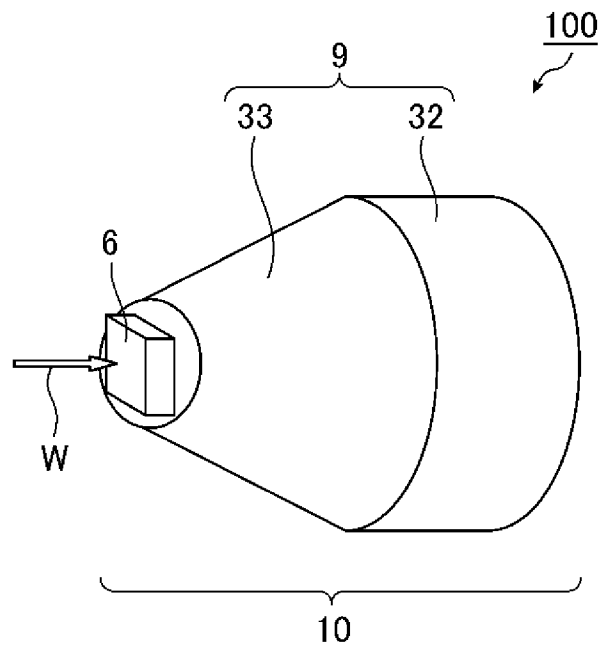
[図12A]



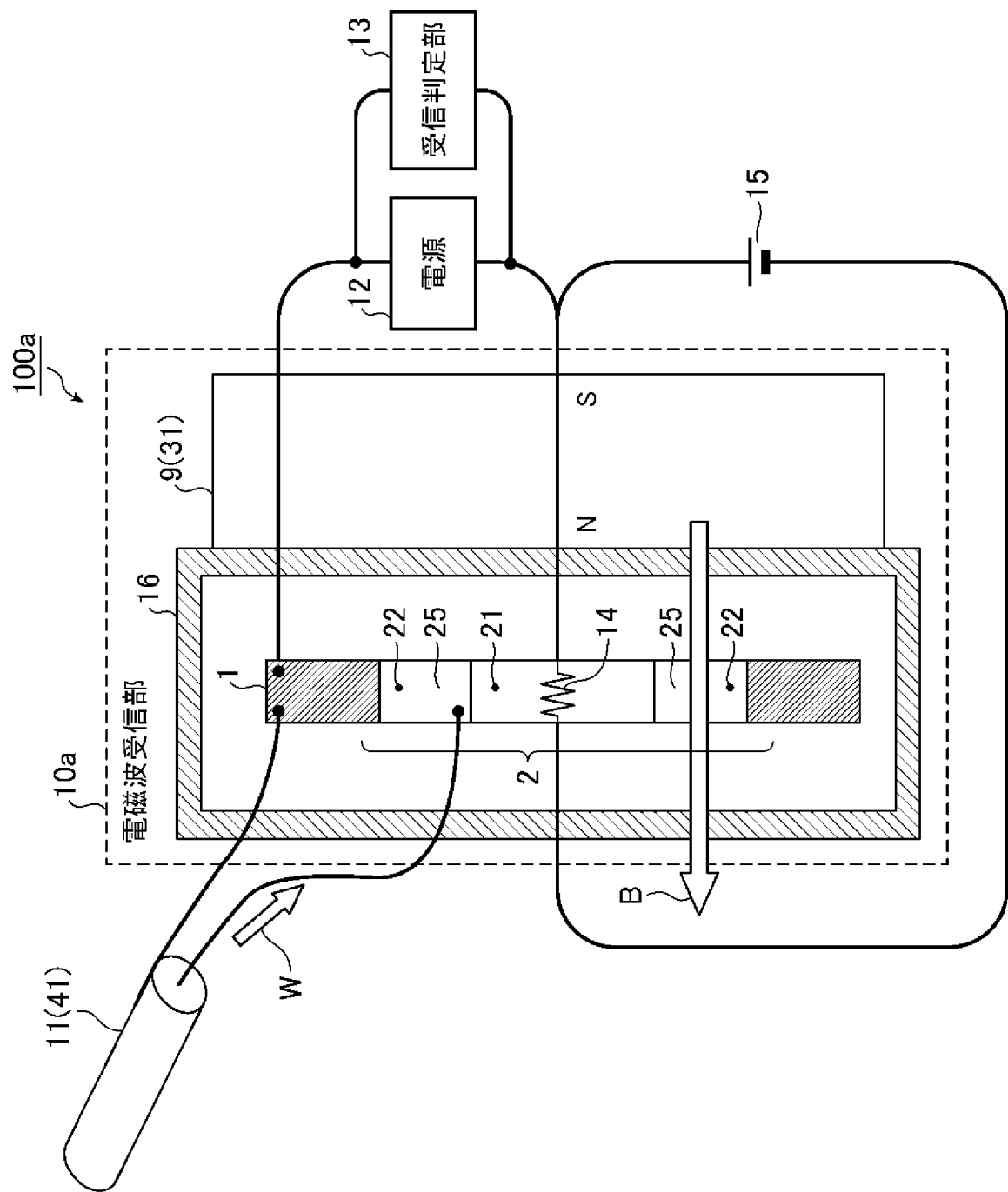
[図12B]



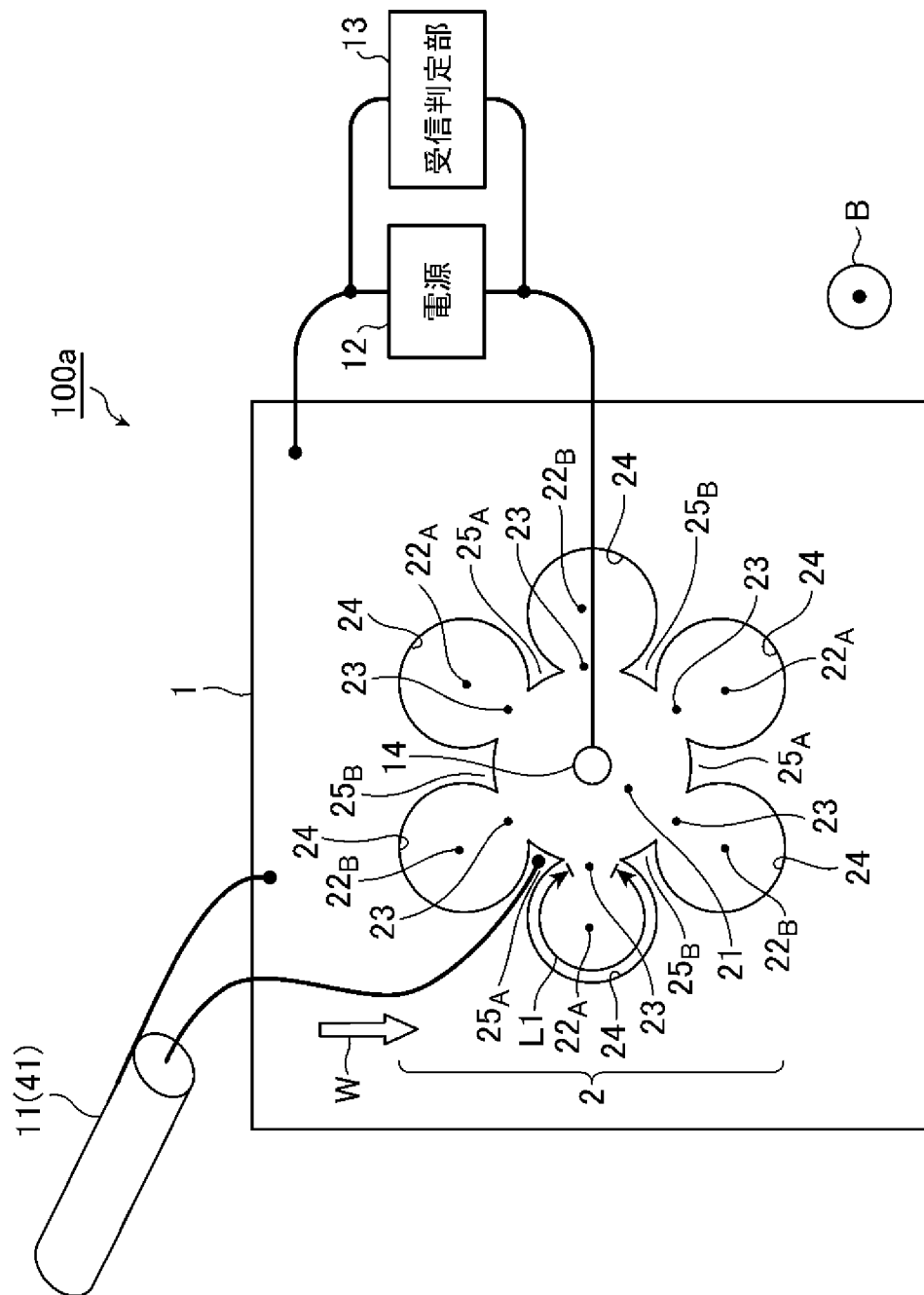
[図14]



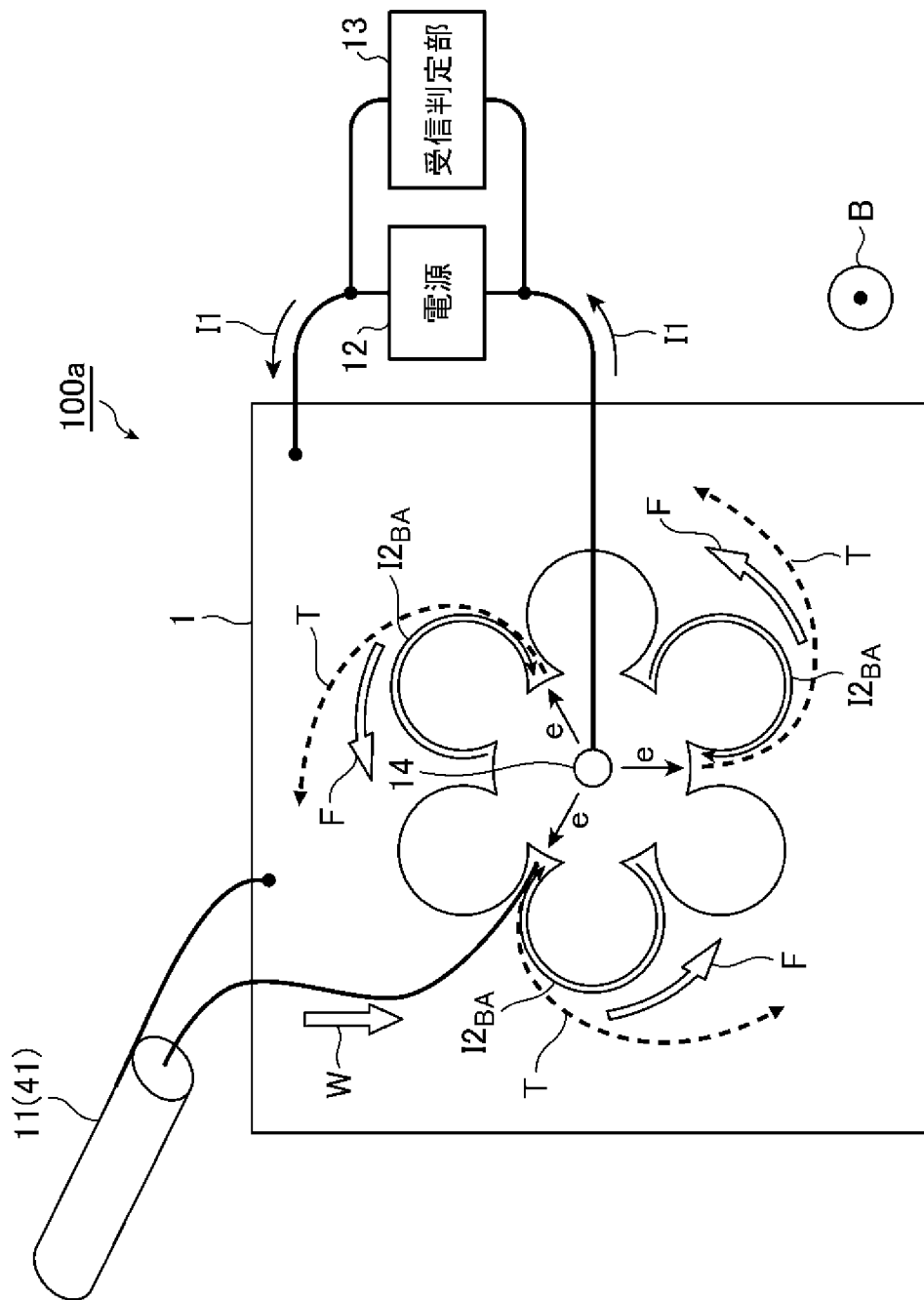
[図15A]



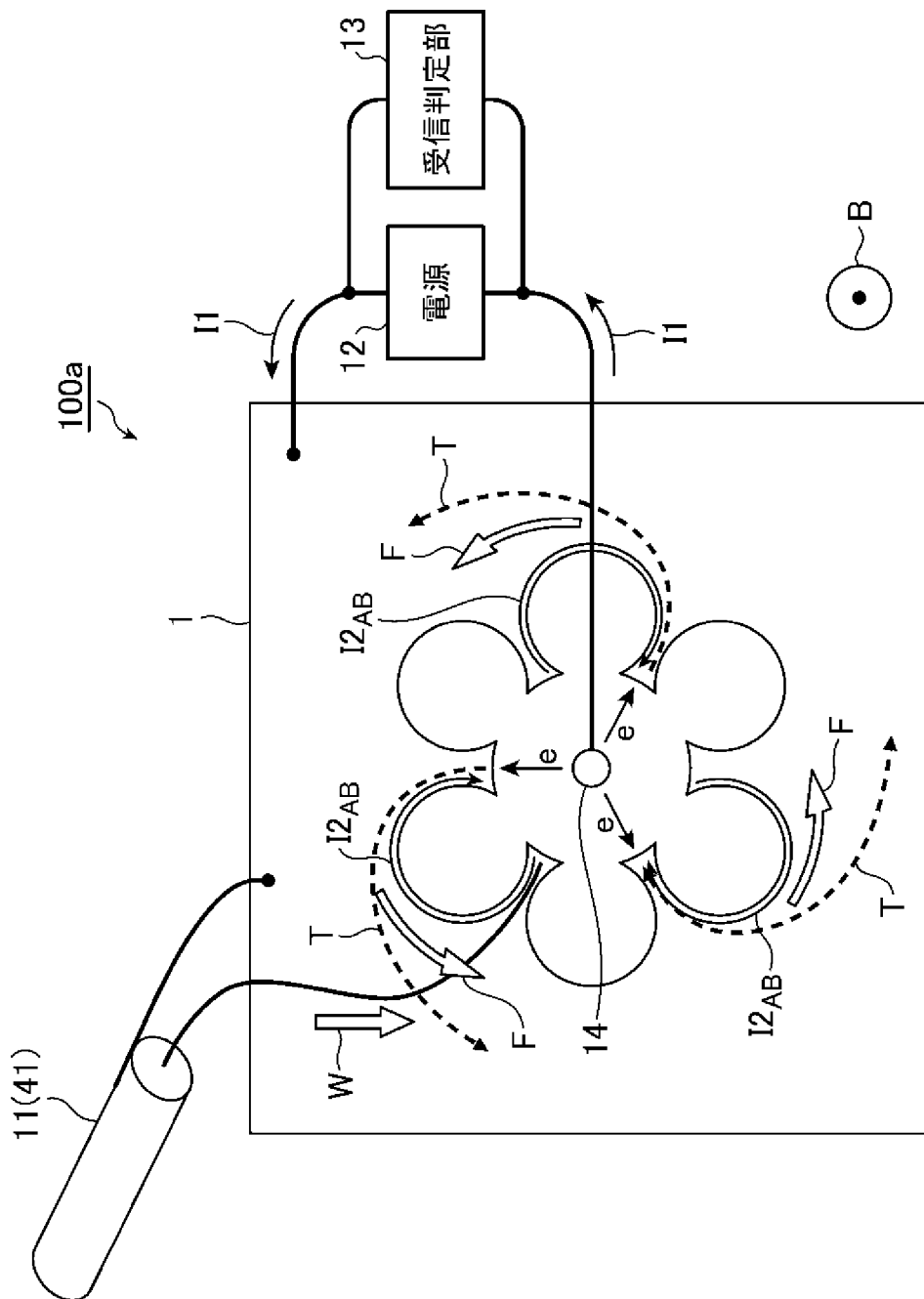
[図15B]



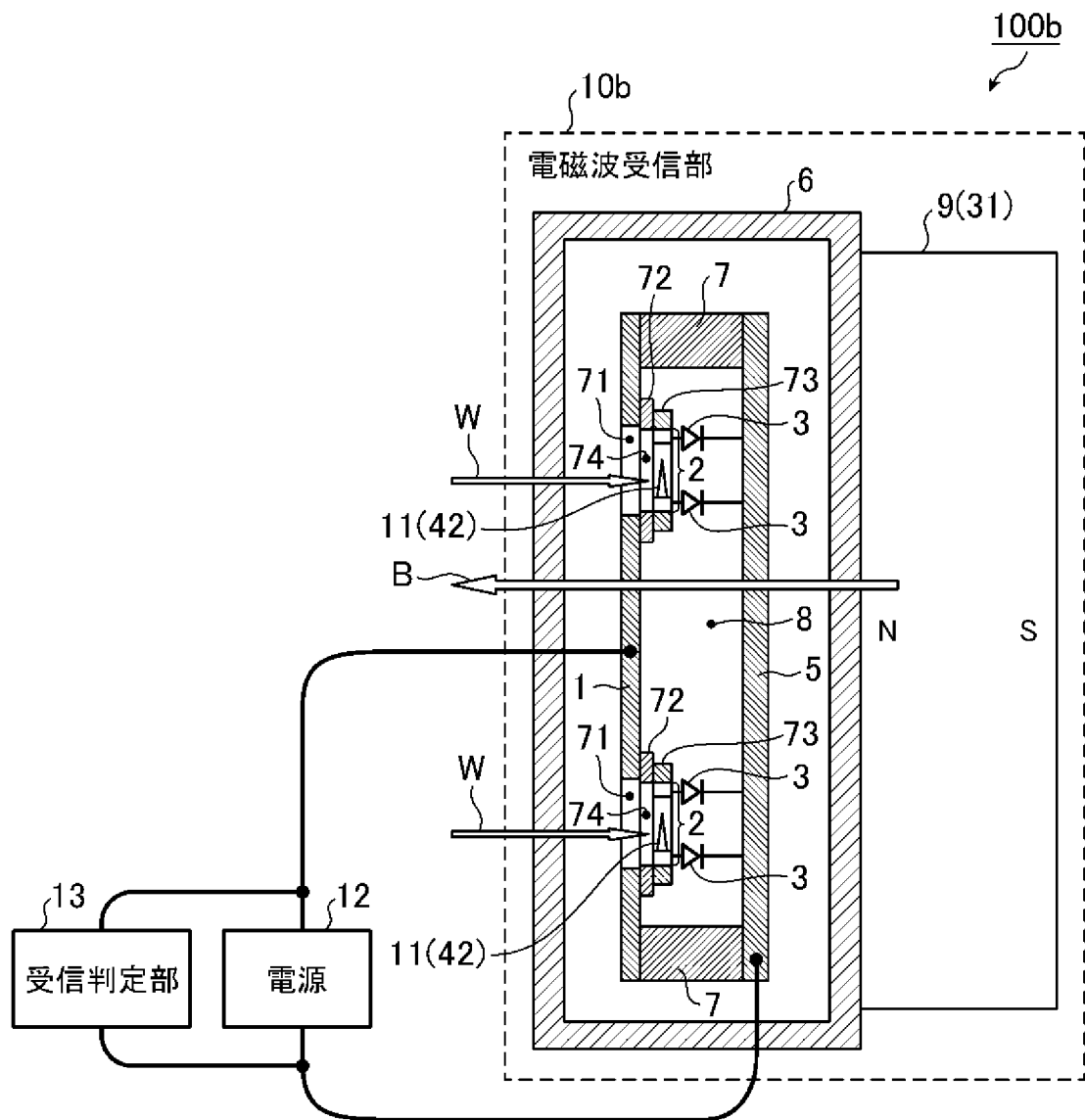
[図16A]



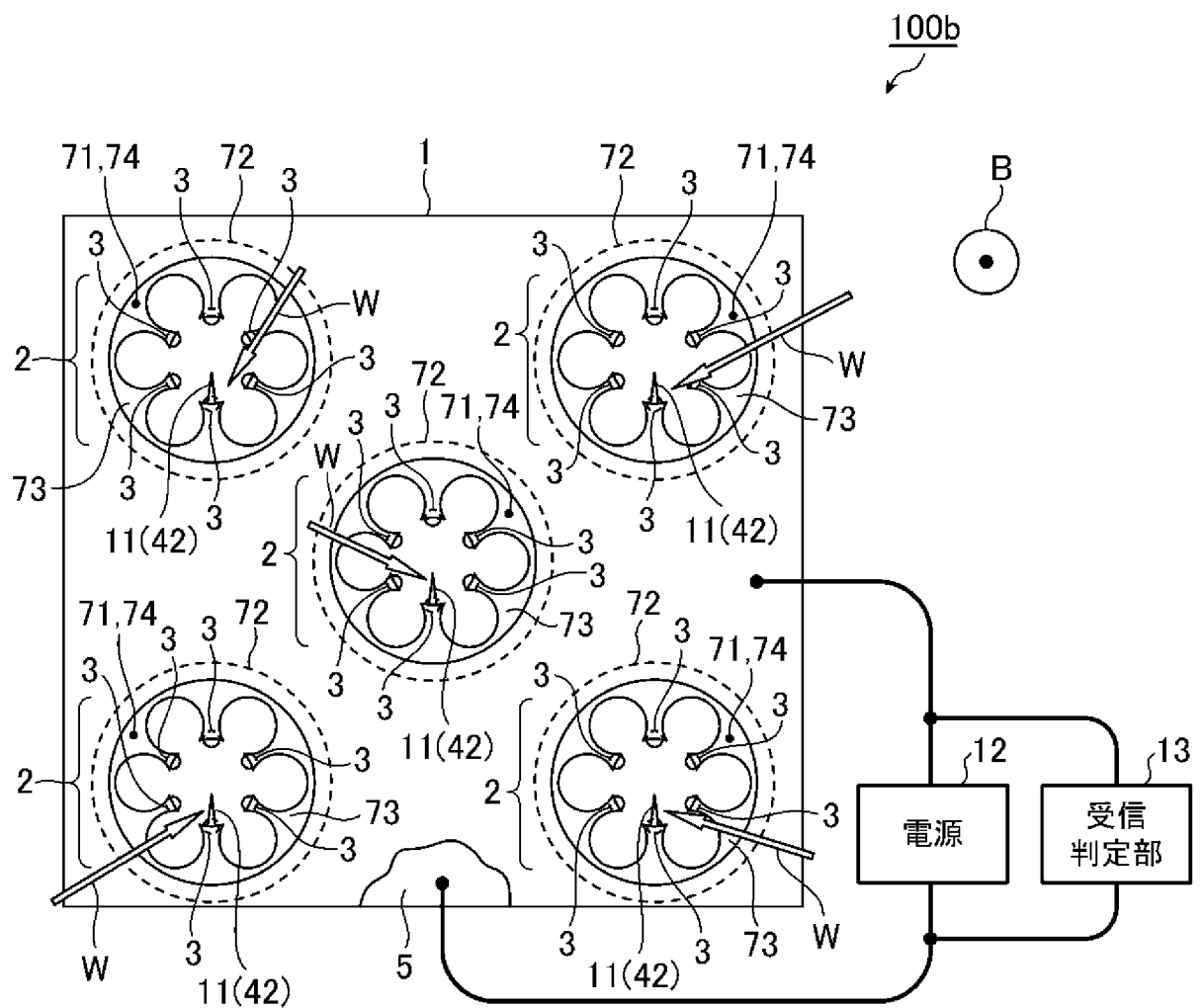
[図16B]



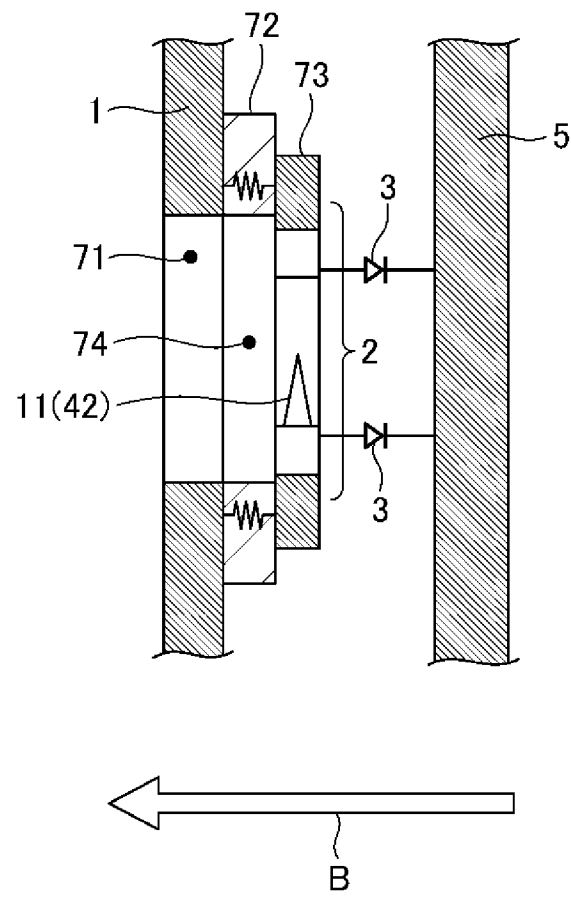
[図17A]



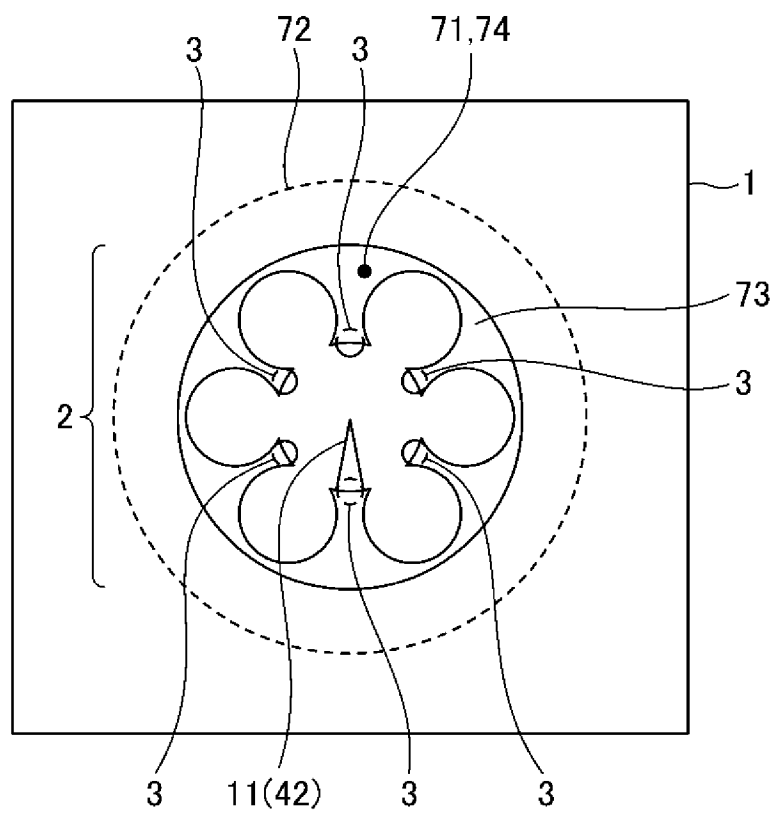
[図17B]



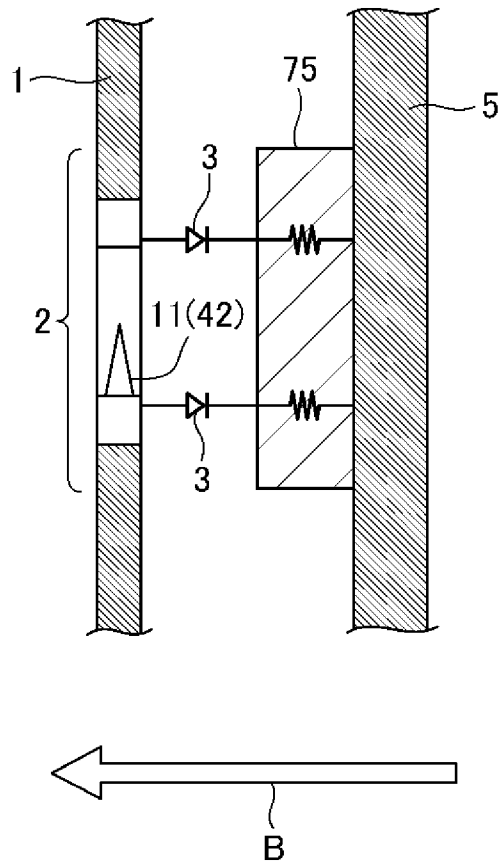
[図18A]



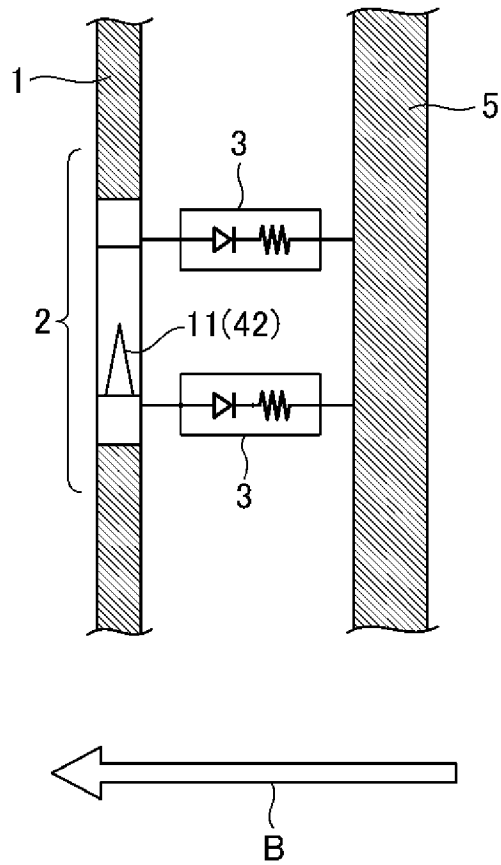
[図18B]



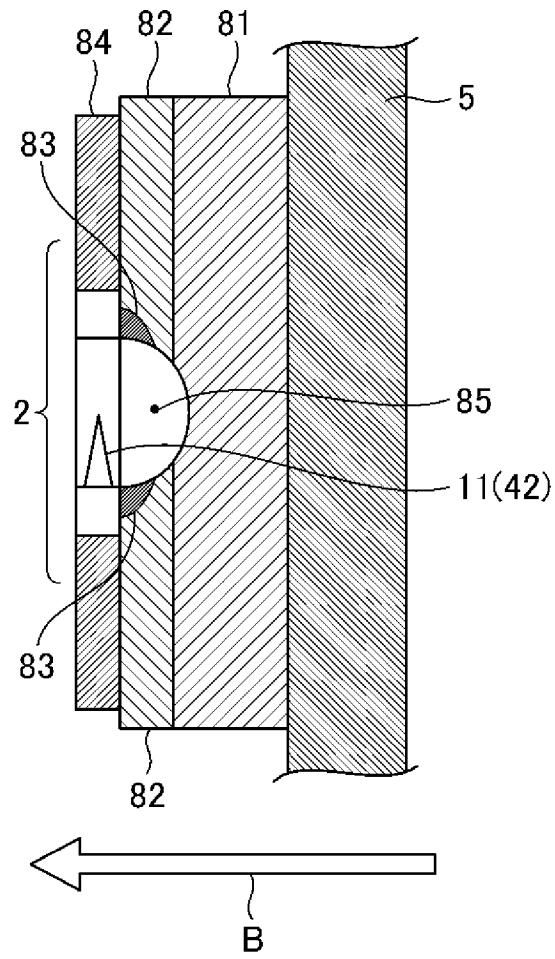
[図19]



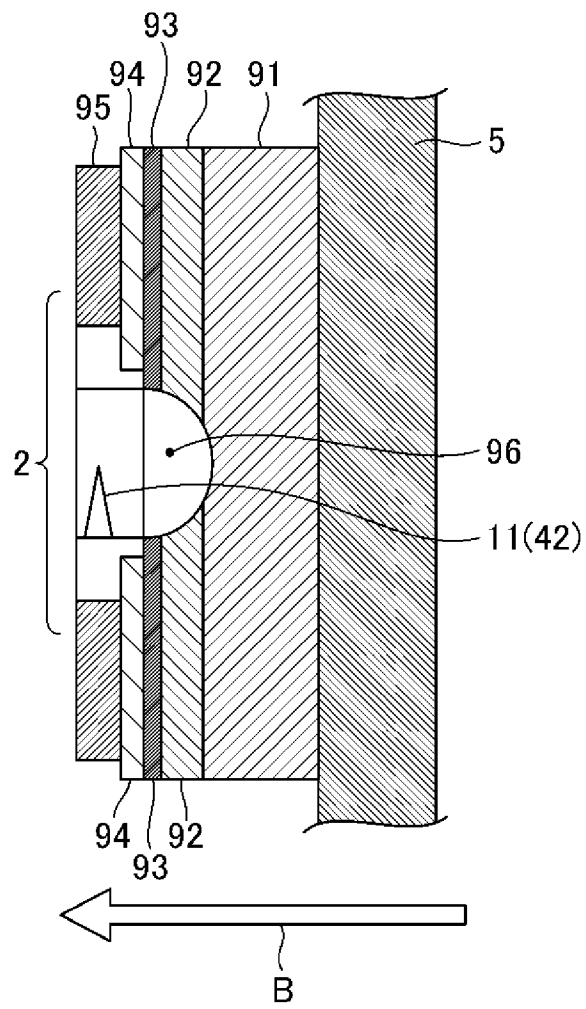
[図20]



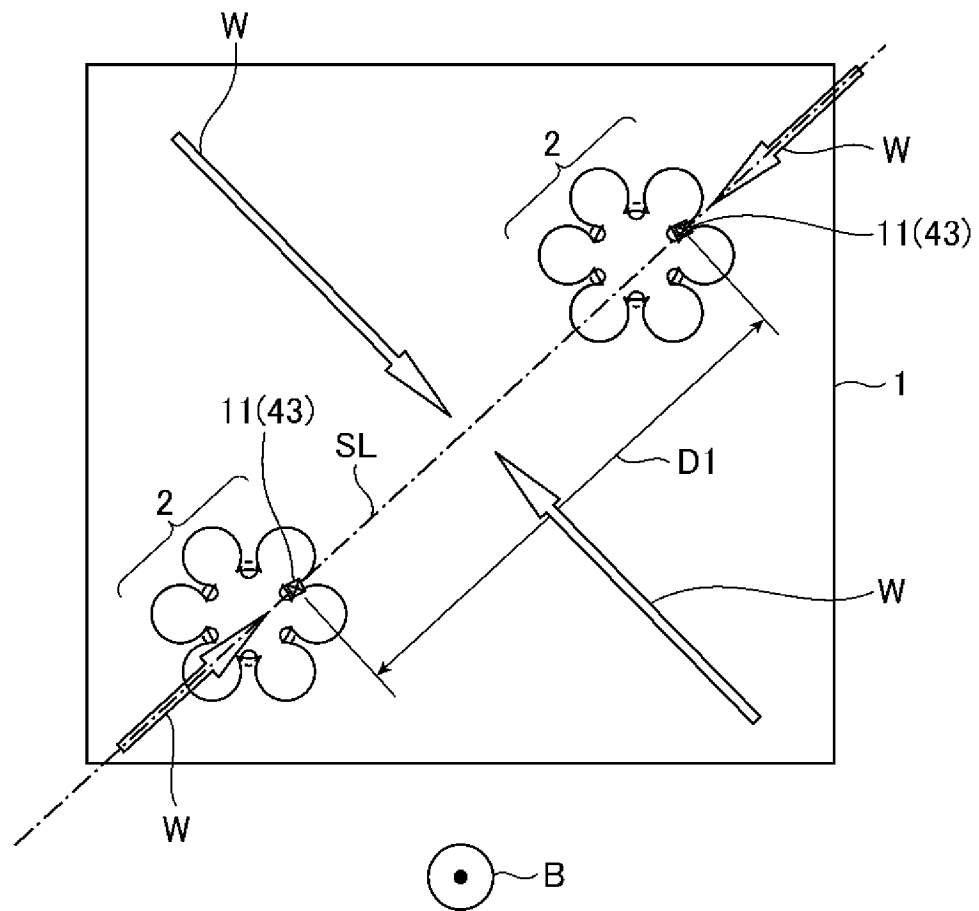
[図21]



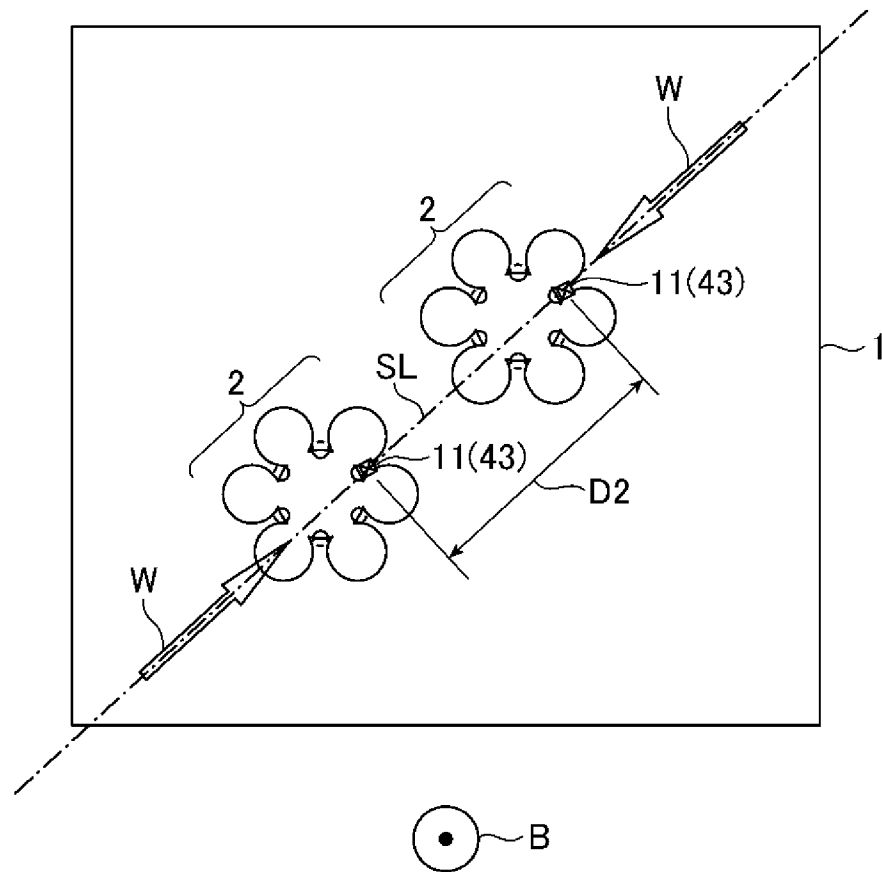
[図22]



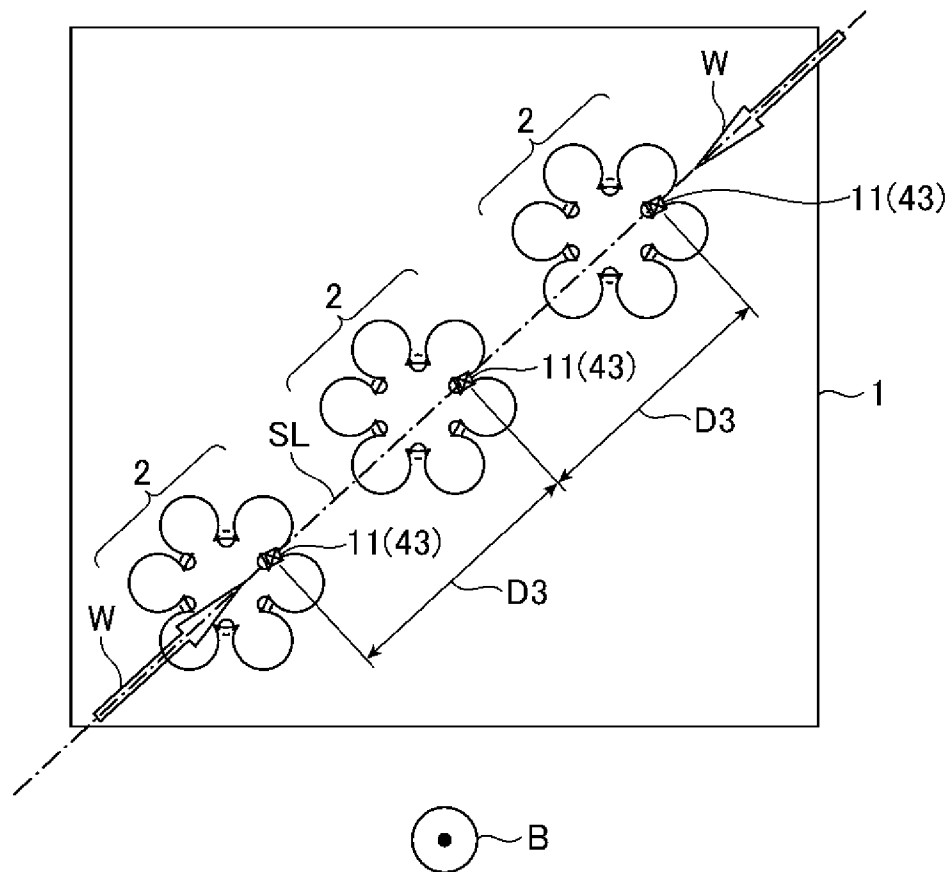
[図23]



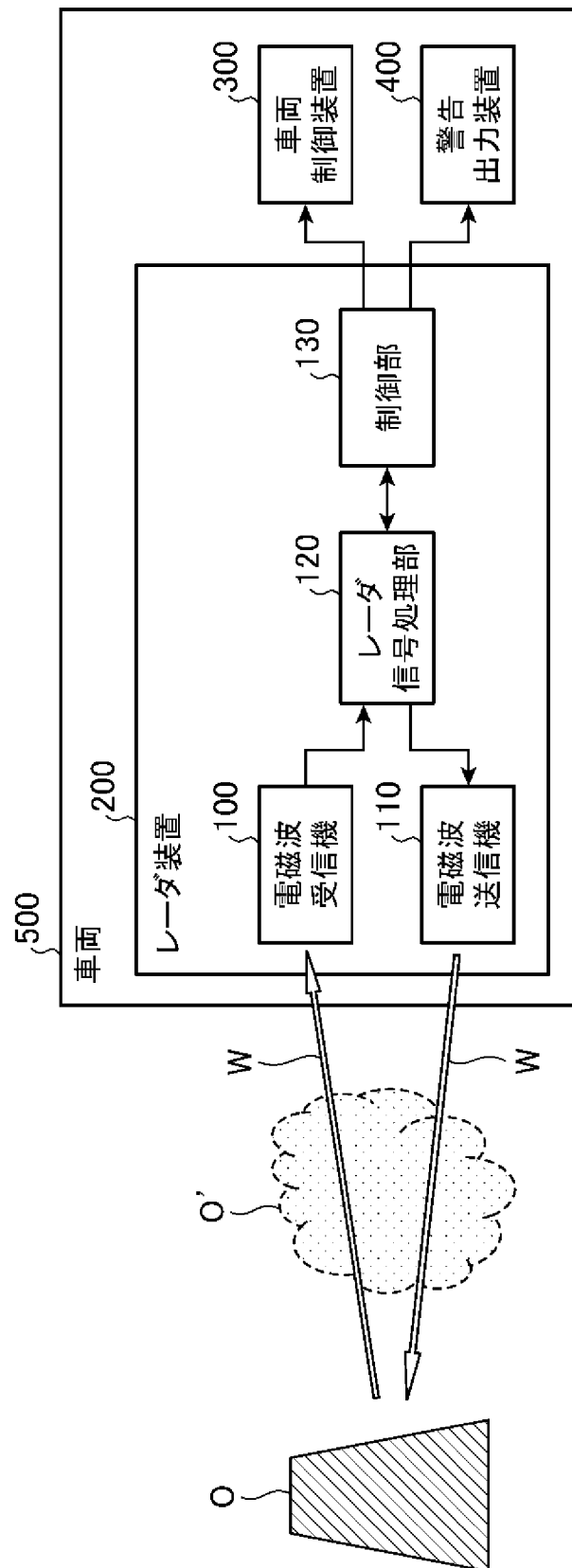
[図24]



[図25]



[図26]



[図27]

図27A

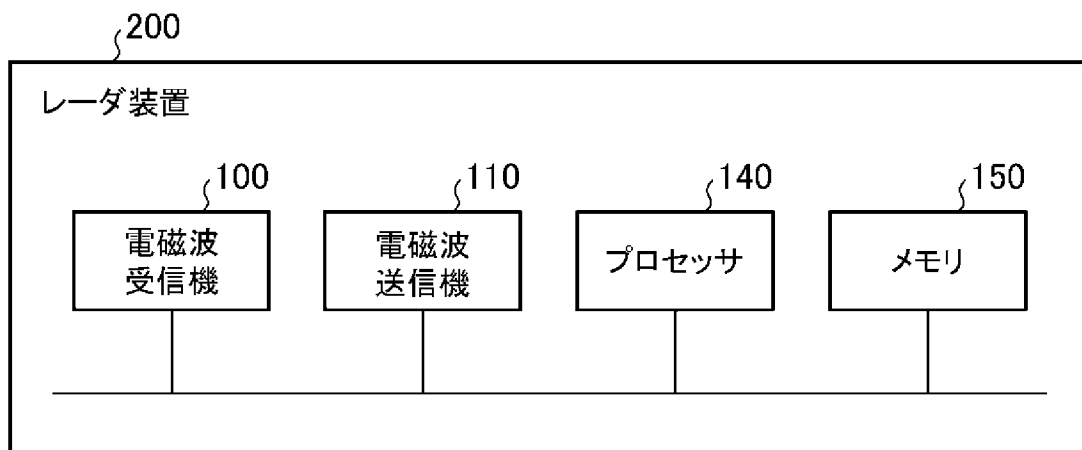
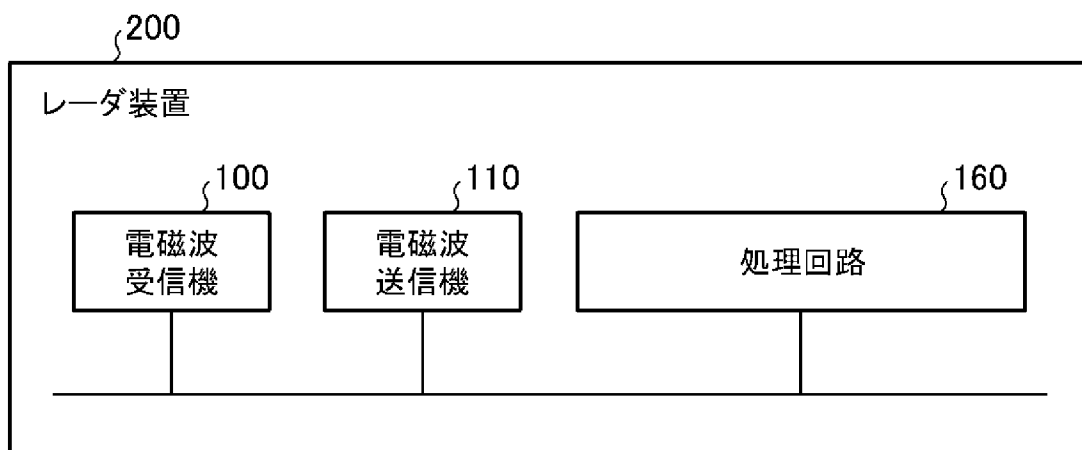


図27B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/030283

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01J1/02 (2006.01) i, G01S7/285 (2006.01) i, G01S7/486 (2006.01) i, H01P7/06 (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)

Int. Cl. G01J1/00-1/60, G01J5/00-5/62, G01S7/285, G01S7/486, H01P7/06, H01Q13/00-13/28

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-152099 A (NAKAJIMA, Kensuke) 08 August 2013 (Family: none)	1-12
A	JP 2006-64679 A (CANON INC.) 09 March 2006 (Family: none)	1-12
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 145475/1988 (Laid-open No. 66004/1990) (MURATA MFG. CO., LTD.) 18 May 1990 (Family: none)	1-12
A	JP 2017-513407 A (SYNERGY MICROWAVE CORPORATION) 25 May 2017 & US 2015/0303870 A1 & WO 2015/157326 A2	1-12



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
02.11.2018Date of mailing of the international search report
13.11.2018Name 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/JP2018/030283

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-183049 A (AGILENT TECHNOLOGIES, INC.) 29 September 2014 & US 2014/0263202 A1 & GB 2513439 A & DE 102014202540 A & CN 104064428 A	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01J1/02(2006.01)i, G01S7/285(2006.01)i, G01S7/486(2006.01)i, H01P7/06(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. G01J1/00-1/60, G01J5/00-5/62, G01S7/285, G01S7/486, H01P7/06, H01Q13/00-13/28

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

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	JP 2013-152099 A (中島 健介) 2013.08.08 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2006-64679 A (キヤノン株式会社) 2006.03.09 (ファミリーなし)	1-12

☒ 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

02.11.2018

国際調査報告の発送日

13.11.2018

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)

蔵田 真彦

2W

3602

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

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
A	日本国実用新案登録出願63-145475号(日本国実用新案登録出願公開2-66004号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社村田製作所) 1990.05.18 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2017-513407 A (シナジー マイクロウェーブ コーポレーション) 2017.05.25 & US 2015/0303870 A1 & WO 2015/157326 A2	1-12
A	JP 2014-183049 A (アジレント・テクノロジーズ・インク) 2014.09.29 & US 2014/0263202 A1 & GB 2513439 A & DE 102014202540 A & CN 104064428 A	1-12