

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2009年7月9日 (09.07.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/084159 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 7/35 (2006.01) G01S 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/003692
- (22) 国際出願日: 2008年12月10日 (10.12.2008)
- (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 2007-339712
2007年12月28日 (28.12.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通テン株式会社 (FUJITSU TEN LIMITED) [JP/JP]; 〒6528510 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号 Hyogo (JP).

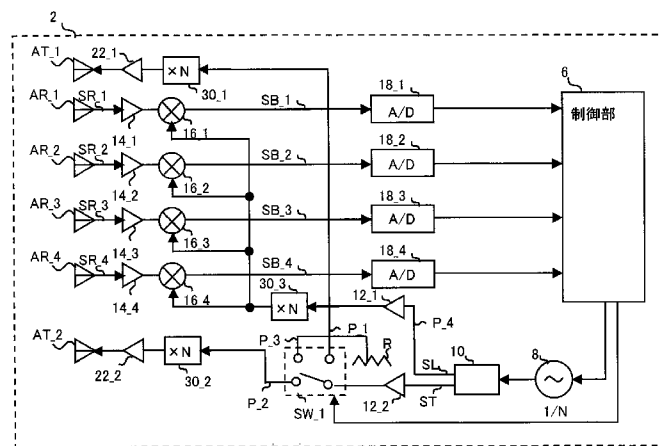
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上里良英 (UE-SATO, Yoshihide) [JP/JP]; 〒6528510 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号富士通テン株式会社内 Hyogo (JP). 篠宮知宏 (SHINOMIYA, Tomohiro) [JP/JP]; 〒6528510 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号富士通テン株式会社内 Hyogo (JP). 大口勝之 (OHGUCHI, Katsuyuki) [JP/JP]; 〒6528510 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号富士通テン株式会社内 Hyogo (JP). 田中邦博 (TANAKA, Kunihiro) [JP/JP]; 〒6528510 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号富士通テン株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 土井健二, 外(DOI, Kenji et al.); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜3-9-5第三東昇ビル3階林・土井国際特許事務所 Kanagawa (JP).

[続葉有]

(54) Title: RADAR APPARATUS

(54) 発明の名称: レーダ装置

[図6]



6 CONTROL PART

(57) Abstract: A radar apparatus wherein even though a pair of propagation paths are provided which propagate transport signals to a pair of transmission antennas spaced by a given distance and even though a switch is provided which distributes the transport signal to the pair of propagation paths, yet the search performance is prevented from degrading. The radar apparatus has an oscillator that outputs a radar signal the frequency of which is lower than the predetermined frequency; a switch that distributes the radar signal outputted by the oscillator to the propagation path pair lead to the transmission antenna pair; and a pair of multipliers that are connected to the pair of propagation paths, respectively, and that convert the frequencies of the radar signals to the predetermined frequency for output to the transmission antenna pair. Thus, the frequencies of the transport signals passing through the switch and along the propagation paths are reduced, whereby the insertion loss of the switch and the propagation loss of the propagation paths can be suppressed, thereby preventing the search performance from degrading due to a decreasing intensity of the transport signals.

(57) 要約: レーダ装置において、所定間隔離間した送信アンテナ対に送信信号を伝送する伝送経路対や、伝送経路対に送信信号を分配するスイッチを備えた構成であっても、

[続葉有]



WO 2009/084159 A1



(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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

探知性能の低下を防止する。レーダ装置は、前記所定周波数より低い周波数のレーダ信号を出力する発振器と、前記発振器が出力するレーダ信号を、送信アンテナ対への伝送経路対に分配するスイッチと、伝送経路対にそれぞれ接続され、前記レーダ信号の周波数を前記所定周波数に変換してから送信アンテナ対に出力する変倍器対を有するので、スイッチや伝送経路を通過する送信信号の周波数を小さくすることで、スイッチの挿入損失や伝送経路の伝送損失を抑えることができ、送信信号の強度低下による探知性能低下を防止できる。

明 細 書

レーダ装置

技術分野

[0001] 本発明は、所定周波数のレーダ信号を送信する送信アンテナ対と、物標により反射された前記レーダ信号を受信信号として受信する受信アンテナ群とを有し、送信アンテナ対がそれぞれ送信を行ったときに得られる受信アンテナ群による受信信号を処理することにより、物標が位置する方位角を検出するレーダ装置に関する。

背景技術

[0002] 車載用のレーダ装置のスキャン方式として、電子スキャン式が知られている。電子スキャン式では、レーダ装置は、送信アンテナからレーダ信号を送信し、所定間隔で配列された複数の受信アンテナにより、物標に反射されたレーダ信号を受信信号として受信する。そして、レーダ装置は、到来方向に応じて位相と振幅が異なる複数の受信信号を用いて、物標が位置する方位角を検出する。

[0003] 図1は、従来の電子スキャン式レーダ装置の構成例を示す。レーダ装置2では、制御部6が出力する変調信号に従って、電圧制御発振器（VCO）8がFM-CW（Frequency Modulated-Continuous Wave）方式で周波数変調されたレーダ信号を出力する。分配器10は、このレーダ信号を送信用のレーダ信号（以下、送信信号という）STと、受信信号の処理に用いるローカル信号としてのレーダ信号（以下、単にローカル信号という）SLとに電力分配する。送信信号STは増幅器12_1により増幅され、送信アンテナAT_1から送信される。この信号が物標により反射されると、一定間隔で配列された受信アンテナAR_1、AR_2、AR_3、AR_4により受信信号SR_1、SR_2、SR_3、SR_4として受信される。受信信号SR_n（以下では、既述した複数の構成要素に言及するとき、添え字を「_n」で表す）はそれぞれ増幅器14_

1、14__2、14__3、14__4により増幅されて、ミキサ16__1、16__2、16__3、16__4に入力される。

[0004] 一方、分配器10により電力分配されたローカル信号SLは、増幅器12__2により増幅されてミキサ16__nに入力される。ミキサ16__nは、それぞれローカル信号SLと受信信号SR__nとを混合し、ローカル信号SLと受信信号SR__nとの周波数差、つまり送信信号STと受信信号SR__nとの周波数差を周波数とする周波数差信号（以下、ビート信号という）SB__1、SB__2、SB__3、SB__4を出力する。ビート信号SB__nは、それぞれA/D変換器18__1、18__2、18__3、18__4によりサンプリングされてデジタルデータに変換されると、制御部6に取り込まれる。

[0005] 制御部6は、CPU、ROM、RAMを備えた周知のマイクロコンピュータを中心に構成され、更に、A/D変換器18__nを介して取り込んだデータについて、高速フーリエ変換（FFT：Fast Fourier Transform）処理を実行するための演算処理装置（例えばDSP：Digital Signal Processor）を備える。ここでは、制御部6は、ビート信号SB__nに対しDBF（Digital Beam Forming）処理を行うことで、物標が位置する方位角を検出する。

[0006] DBF処理では、一定間隔で配列された複数の受信アンテナAR__nによる受信信号SR__nを合成すると、その利得は受信アンテナAR__nの指向性が一致する方位角において最大となることを利用し、かかる方位角を受信信号の到来方向、つまり物標が位置する方位角として逆算する。すなわち、制御部6は、受信信号SR__nから生成されたビート信号SB__nの合成振幅を方位角の関数として求め、その合成振幅の最大値に対応する方位角を算出する。

[0007] ここにおいて、受信アンテナの数が多いほど、すなわち、合成されるビート信号の数が多いほど、その合成振幅の変化曲線が急峻となるので、合成振幅の最大値に対応する方位角が精度良く求まる。そのためには、多数の受信

アンテナを配列することが望ましい。

[0008] しかし一方で、車載用のレーダ装置においては、設置スペースと製造コストの制約上、小型化が要望される。このため、受信アンテナを多数配列する代わりに、複数の送信アンテナを設けることで、装置規模を拡大させることなく、多数の受信アンテナを配列した構成と等価な構成を実現する方法が提案されている。かかるレーダ装置の構成例を図2に示す。

[0009] 図2に示すレーダ装置2は、分配器10により分配された送信信号STをさらに電力分配する分配器20と、この分配器20により分配された送信信号STをそれぞれ増幅する増幅器22__1、22__2と、増幅された送信信号STを送信する1対の送信アンテナAT__1、AT__2を有する点において、図1の構成例と異なる。

[0010] この構成例では、送信アンテナAT__1、AT__2は、受信アンテナAR__nの配列の両端に位置することで一定間隔離間している。よって、その間隔と物標が位置する方位角に応じて、両送信アンテナから物標までの経路長に差が生じる。このため、送信アンテナAT__1からの送信信号が物標に反射されて受信アンテナAR__nにそれぞれ受信されるときにの往復経路長と、送信アンテナAT__2からの送信信号が物標に反射されて受信アンテナAR__nにそれぞれ受信されるときにの往復経路長はいずれも異なる。よって、送信アンテナAT__1、AT__2のそれぞれと、受信アンテナAR__nのそれぞれとの組合せにおいては、いずれも振幅と位相とが異なる複数の受信信号SR__nが得られる。

[0011] その結果、図3(A)に示す、送信を行う送信アンテナAT__1（黒塗りで示す）と受信アンテナAR__nとの位置関係と、図3(B)に示す、送信を行う送信アンテナAT__2（黒塗りで示す）と受信アンテナAR__nとの位置関係とをそれぞれ送信を行う送信アンテナの位置を重ねて組み合わせると、図3(C)に示す、倍の数の受信アンテナを配列した構成と等価な構成が得られる。すなわち、2つの送信アンテナと4つの受信アンテナにより、1つの送信アンテナと8つの受信アンテナからなる構成と等価な構成が実現

できる。

[0012] ところで、図2のレーダ装置2では、分配器20により電力分配されることで送信信号STの強度が低下するので、分配された送信信号STの強度を増幅器22__1、22__2が所期の強度まで増幅する。しかし、電力分配による強度の低下分を補うためには、有る程度大きい増幅度が必要となる。すると、同時にノイズも増幅され、良好なS/N比の送信信号STが得られない。そこで、分配器20の代わりに、送信信号STを交互に送信アンテナ対AT__1、AT__2に出力するスイッチを用いることで、かかる事態を回避する方法が、さらに提案されている。

[0013] 図4は、かかる方法の一例におけるレーダ装置の構成を示す。このレーダ装置2は、送信信号STを電力分配する分配器20の代わりに、送信信号STを送信アンテナAT__1、AT__2に対応する伝送経路P__1、P__2に交互に出力するスイッチSW__1を有する点において、図2の構成例と異なる。ここで、スイッチSW__1は、制御部6により切替制御される。

[0014] 図5は、さらに別の例におけるレーダ装置の構成を示す。このレーダ装置2は、受信アンテナAR__nによる受信信号SR__nを順次切り替えて1つのミキサ16に入力するスイッチSW__2をさらに備え、ミキサ16が出力するビート信号SBは、1つのA/D変換器18でデジタルデータ化される点において、図4の構成と異なる。ここで、スイッチSW__2は、制御部6により切替制御される。この構成は、スイッチSW__2を設けることでミキサとA/D変換器の数を減らし、レーダ装置2の回路規模をより小型化している。

[0015] また、さらに別の例が、特許文献1に記載されている。特許文献1に記載されたレーダ装置は、配列された複数の受信アンテナ群の両端に1対の送信アンテナを設け、それぞれから時分割でレーダ信号を送信する構成を有する。

特許文献1：特開2004-198312号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0016] 上述の図 2、図 4、図 5、または特許文献 1 の例では、一定の間隔離間した複数の送信アンテナに対し、分配された送信信号を伝送する伝送経路 P__1、P__2 が必須の構成となる。ここで、車載用のレーダ装置においては、法規制により使用可能な電波の周波数帯域がミリ波帯に含まれる 76.0 ~ 77.0 GHz の高周波帯域に限定される。すると、かかるミリ波帯の送信信号が伝送経路 P__1、P__2 を伝送されるときに、伝送経路の導体抵抗、つまり、表皮効果による伝送経路の表面抵抗と内部インダクタンスとの和が、送信信号の周波数に応じて大きくなる。さらに、伝送経路 P__1、P__2 をマイクロストリップラインのように誘電体上に形成する場合には、誘電体損失も生じる。そのため、送信信号 S T が送信アンテナ対まで伝送されるときに、送信信号 S T の強度が伝送損失により低下する。
- [0017] また、VCO 8 から出力された送信信号 S T を伝送経路 P__1、P__2 に分配するスイッチ SW__1 が、通過する信号の周波数に応じて挿入損失が大きくなるような場合には、スイッチ SW 1 を通過することによっても送信信号 S T の強度が低下する。
- [0018] そして、このように送信信号 S T の強度が低下すると、レーダ装置としての探知性能が低下するという問題が生じる。
- [0019] そこで、本発明の目的は、所定間隔離間した送信アンテナ対に送信信号を伝送する伝送経路対や、伝送経路対に送信信号を分配するスイッチを備えた構成であっても、探知性能の低下を防止できるレーダ装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0020] 上記の目的を達成するために、本発明の第 1 の側面によるレーダ装置は、所定周波数のレーダ信号を送信する所定間隔離間した送信アンテナ対と、物標により反射された前記レーダ信号を受信信号として受信する受信アンテナ群とを有し、前記送信アンテナ対から交互に前記レーダ信号を送信して得られる受信信号を用いて前記物標が位置する方位角を検出するレーダ装置であ

って、前記所定周波数より低い周波数のレーダ信号を出力する発振器と、前記発振器が出力するレーダ信号を、第1の前記送信アンテナへの第1の伝送経路と、第2の前記送信アンテナへの第2の伝送経路とに分配するスイッチと、前記第1の伝送経路に接続され、前記レーダ信号の周波数を前記所定周波数に変換してから前記第1の送信アンテナに出力する第1の通倍器と、前記第2の伝送経路に接続され、前記レーダ信号の周波数を前記所定周波数に変換してから前記第2の送信アンテナに出力する第2の通倍器とを有することを特徴とする。

- [0021] 上記側面の好ましい態様では、前記所定の周波数はミリ波帯、前記発振器が出力するレーダ信号の周波数はミリ波帯より低いマイクロ波帯である。なお、一般にミリ波帯は30GHz～300GHzの帯域、マイクロ波帯は1GHz～1000GHzの帯域をいうが、以下の説明で単にマイクロ波帯というときは、30GHz～300GHzのミリ波帯より低い帯域、つまり1GHz～30GHzの帯域を意味するものとする。

発明の効果

- [0022] 上記側面によるレーダ装置は、前記所定周波数（ミリ波帯）より低い周波数（マイクロ波帯）のレーダ信号を出力する発振器と、第1の前記送信アンテナへの第1の伝送経路と、第2の前記送信アンテナへの第2の伝送経路とに分配するスイッチと、前記第1の伝送経路に接続され、前記レーダ信号の周波数を前記所定周波数に変換してから前記第1の送信アンテナに出力する第1の通倍器と、前記第2の伝送経路に接続され、前記レーダ信号の周波数を前記所定周波数に変換してから前記第2の送信アンテナに出力する第2の通倍器とを有する。よって、前記スイッチが、これを通過するレーダ信号の周波数が高いほど挿入損失が大きいスイッチであっても、所定周波数（ミリ波帯）より低い周波数（マイクロ波帯）のレーダ信号としてスイッチを通過させることにより、所定周波数のレーダ信号のままスイッチを通過させる場合より挿入損失を小さく抑えることができる。さらに、レーダ信号が第1、第2の伝送経路を伝送されるときには、その周波数に応じて伝送損失が大き

くなるが、送信信号の周波数を低くして第 1、第 2 の伝送経路を伝送させることで、伝送損失を小さく抑えることができる。このように、スイッチと伝送経路を経て送信アンテナまで伝送されるレーダ信号の強度低下を防ぐことができるので、レーダ装置の検出精度の低下を防止できる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]従来の電子スキャン式レーダ装置の構成例を示す図である。
- [図2]図 1 と異なる従来の電子スキャン式レーダ装置の構成例を示す図である。
- [図3]送信アンテナ対と受信アンテナ群の位置関係を説明する図である。
- [図4]図 2 と異なる従来の電子スキャン式レーダ装置の構成例を示す図である。
- [図5]図 4 と異なる従来の電子スキャン式レーダ装置の構成例を示す図である。
- [図6]本実施形態におけるレーダ装置の、第 1 の構成例を説明する図である。
- [図7]スイッチの挿入損失、伝送経路の伝送損失について説明する図である。
- [図8]送受信信号の時間に対する周波数の変化を示す図である。
- [図9] D B F 処理について説明する図である。
- [図10]第 1 の構成例の変形例を説明する図である。
- [図11]本実施形態におけるレーダ装置の、第 2 の構成例を説明する図である。
- [図12]第 2 の構成例の変形例を説明する図である。
- [図13]レーダ装置が車載用レーダ装置として使用される使用状況を説明する図である。

符号の説明

- [0024] 2 : レーダ装置、A T__n : 送信アンテナ、A R__n : 受信アンテナ、6 : 制御部、8 : V C O、S W__n : スイッチ、P__n、T__n : 伝送経路、3 0__n、3 2__n : 逓倍器

発明を実施するための最良の形態

[0025] 以下、図面にしたがって本発明の実施の形態について説明する。但し、本発明の技術的範囲はこれらの実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記載された事項とその均等物まで及ぶものである。

[0026] 図6は、本実施形態におけるレーダ装置の、第1の構成例を説明する図である。このレーダ装置2は、次の点において、図4で示した従来の構成と異なる。

[0027] 第1の構成例では、VCO8の発振周波数が、図4に示した従来例の $1/N$ （Nは自然数。ここでは、 $N=4$ ）に設定される。また、伝送経路P__1、P__2の終端には、スイッチSW__1により分配された送信信号STの周波数をN倍して送信アンテナAT__1、AT__2に出力する通倍器30__1、30__2が接続される。さらに、ローカル信号SLの伝送経路P__4には、ローカル信号SLの周波数を同じくN倍してミキサ16__nに出力する通倍器30__3が接続される。

[0028] ここでは、VCO8、分配器10、増幅器12__n、スイッチSW__1、通倍器30__n、増幅器22__nがモジュール化されて送信用MMIC（Microwave Monolithic IC）により構成され、増幅器14__n、ミキサ16__n、A/D変換器18__nがモジュール化されて受信用MMICにより構成される。そして、各モジュールは、大電力用材料（GaAs、SiGeなど）と小電力用材料（Si）の組合せにより構成される。

[0029] 第1の構成例では、スイッチSW__1は、ダイオードを用いたスイッチ回路により構成され、制御部6により切替制御される。スイッチSW__1は1つの入力端子と3つの出力端子を有し、出力端子の1つは伝送経路P__1に、他の1つは伝送経路P__2に、残りの1つは伝送経路P__3に接続される。ここで、伝送経路P__3への出力は、伝送経路P__1、P__2への出力の中間に位置しており、伝送経路P__3を抵抗Rに接続することにより、伝送経路P__1（またはP__2）に出力される送信信号STの輻射波は伝送経路P__3において抵抗Rに吸収されるため、輻射波が伝送経路P__2（または

P__1) に入り込むことでノイズを生じさせることを防止できる。これにより、スイッチSW__1のアイソレーションを向上させることができる。また、スイッチSW__1を通過する信号の周波数に対する挿入損失を図7 (A) を用いて示すと、通過する信号の周波数(横軸)が増大するのに対し、通過する信号の挿入損失(縦軸)は増大する。よって、第1の構成例によれば、ミリ波帯の送信信号STの代わりにマイクロ波帯の送信信号STがスイッチSW__1を通過することで、スイッチSW__1の挿入損失による送信信号STの強度の低下をミリ波帯のときより小さく抑えることができる。

[0030] そして、送信信号STの周波数が通倍器30__1、30__2によりミリ波帯の所定周波数(例えば76.5GHz)まで通倍されてから、送信信号STが送信アンテナAT__1、AT__2から送信される。このような構成により、スイッチSW__1により送信信号STを択一的に切り替えて交互に出力しても、送信信号STの強度低下を回避でき、かつ所期の周波数の送信信号STを送信できる。

[0031] また、送信信号STの周波数が大きくなると、表皮効果における伝送経路P__1、P__2、またはP__3の表面抵抗は周波数の平方根に比例して大きくなり、内部インダクタンスは周波数に比例して大きくなるので、これらの和である導体抵抗は周波数に応じて大きくなる。さらに、伝送経路P__1、P__2、またはP__3をマイクロストリップラインのように誘電体上に形成する場合には、誘電体損失も生じる。このことは、図7 (B) において示される。図7 (B) では、伝送される信号の周波数(横軸)の増大に応じて、異なるタイプの伝送経路の伝送損失(縦軸)がいずれも増大することが示される。

[0032] この点においても、第1の構成例では、ミリ波帯の送信信号STの代わりにマイクロ波帯の送信信号STを伝送させ、送信される直前にこれをミリ波帯まで通倍して送信アンテナAT__1、AT__2から送信し、あるいは、ミリ波帯まで通倍してミキサミキサ16__nに入力するので、伝送経路P__1、P__2における伝送損失をミリ波帯のときより小さく抑えることができる。

。よって、送信アンテナ AT_1 、 AT_2 が一定間隔離間していることにより、伝送経路 P_1 、 P_2 を有る程度の長さとする場合であっても、伝送経路 P_1 、 P_2 を伝送される送信信号 ST の強度低下を回避できる。また、 $VCO8$ からスイッチ SW_1 までの伝送経路においても同様に伝送損失を抑えることができ、送信信号の強度低下が回避される。さらに、ミキサ $MS16\_n$ に入力するローカル信号 SL の強度低下も回避される。よって、レーダ装置として探知精度の低下を防ぐことができる。

[0033] なお、第1の構成例では、送信アンテナ AT_1 、 AT_2 が配列された受信アンテナ AR_n の両端に配置されることで、図3で示したように倍の数の受信アンテナを備えた場合と等価の構成を実現できる。しかし、送信アンテナ AT_1 、 AT_2 の間隔はこれに限定されなくてもよい。送信アンテナ AT_1 、 AT_2 から送信されたレーダ信号が物標により反射され受信アンテナ AR_n に受信されるまでの往復経路長がそれぞれ異なり、よって、位相と振幅がそれぞれ異なる受信信号が全ての送信アンテナと受信アンテナとの組合せにおいて得られるように送信アンテナ AT_1 、 AT_2 が離間していれば、限られた受信アンテナ数でそれ以上の受信アンテナ数を備えた場合と等価な構成を実現できる。いずれにしても、送信アンテナ AT_1 、 AT_2 の間隔に応じてある程度の長さの伝送経路 P_1 、 P_2 を必要とする場合に、上記の作用効果を奏することができる。

[0034] ここで、第1の構成例における各部の動作を説明する。 $VCO8$ は、制御部6からFM-CW方式の三角波状の変調信号が入力されると、これに従って、時間に対して周波数が直線的に漸増、漸減するよう変調されたミリ波帯より低い帯域のマイクロ波帯のレーダ信号を生成する。例えば、図4で示した従来の構成で、 $VCO8$ の発振周波数が、レーダ信号の中心周波数 76.5 GHz 、周波数変動幅 100 MHz となるように設定されていたとすると、この第1の構成例では、 $VCO8$ の発振周波数は、レーダ信号の中心周波数が約 $19.1 (= 76.5 / 4)\text{ GHz}$ 、周波数変動幅 100 MHz となるように設定される。

- [0035] このレーダ信号は、分配器 10 により送信信号 S T とローカル信号 S L とに電力分配されると、送信信号 S T は増幅器 12__1 により増幅されてスイッチ SW__1 に入力される。
- [0036] スイッチ SW__1 は、制御部 6 からの制御信号に応答して、送信信号 S T の出力先を、伝送経路 P__1、P__2 とに交互に時分割で切り替える。こうしてスイッチ SW__1 から交互に出力される送信信号 S T は、伝送経路 P__1、P__2 を介して通倍器 30__1、30__2 に入力される。通倍器 30__n は、それぞれ入力された送信信号 S T の周波数をミリ波帯の所定周波数 76.5 GHz まで通倍して出力する。すると、周波数が通倍された送信信号 S T は、増幅器 22__1、22__2 により増幅され、送信アンテナ A T__1、A T__2 から送信される。
- [0037] このように、制御部 6 がスイッチ SW__1 の出力先を交互に切り替えることで、ミリ波帯の所定周波数の送信信号 S T が送信アンテナ A T__1、A T__2 から交互に送信される。
- [0038] 一方、分配器 10 により電力分配されたローカル信号 S L は、伝送経路 P__4 により伝送され、増幅器 12__2 による増幅を経て、通倍器 30__3 に入力される。そして、通倍器 30__3 は、入力されたローカル信号 S T の周波数を、送信信号 S T と同じ周波数 76.5 GHz まで通倍してミキサ 16__n に出力する。
- [0039] 送信信号として送信されたレーダ信号が物標により反射されると、受信信号 S R__n として受信アンテナ A R__n により受信される。受信信号 S R__n は、増幅器 14__n により増幅され、ミキサ 16__n に入力される。
- [0040] ミキサ 16__n は、送信信号 S T と同じ周波数のローカル信号 S L と受信信号 S R__n とを混合して、送信信号 S T と受信信号 S R__n のそれぞれの周波数差信号（ビート信号）S B__n を生成する。
- [0041] 図 8 は、各信号の時間（横軸）に対する周波数（縦軸）の変化を示す。送信信号 S T は上述したように三角波状の変調信号に従い周波数変調される。よって、図 8（A）に実線で示すように、送信信号 S T の周波数は時間に対

し直線的に漸次上昇または下降する。そして、受信信号 S_{R_n} は、図 8 (A) に点線で示すように、レーダ信号が物標との距離を往復する時間 ΔT だけ遅延し、物標との相対速度に応じた周波数 ΔD だけドップラシフトする。

[0042] このような受信信号 S_R と送信信号 S_T とを混合すると、図 8 (B) に示すように、両者の周波数差に対応した周波数を有するビート信号 S_{B_n} が生成される。送信信号 S_T の周波数が上昇する時（以下、周波数上昇期間という）のビート信号の周波数（以下「アップビート周波数」という） f_u と、送信信号 S_T の周波数が下降する時（以下、周波数下降期間という）のビート信号の周波数（以下「ダウンビート周波数」という） f_d とから、次の式 (1) により物標の相対距離 R_d が、式 (2) により相対速度 R_v が求められる。ここでは、 C は電波伝搬速度（光速）、 f_m は送信信号 S_T の変調周波数、 ΔF は送信信号 S_T の周波数変動幅、 f_o は送信信号 S_T の中心周波数である。

[0043] (1) $R_d = C \cdot (f_u + f_d) / (8 \cdot \Delta F \cdot f_m)$

(2) $R_v = C \cdot (f_d - f_u) / (4 \cdot f_o)$ このようなビート信号 S_{B_n} は、ミキサ 16 $_{\_n}$ から、送信信号 S_T の変調周期毎に、A/D 変換器 18 $_{\_n}$ を介して制御部 6 に入力される。

[0044] 制御部 6 は、送信信号 S_T の変調周期毎に、ビート信号 S_{B_n} を FFT 処理する。すると、ビート信号 S_{B_n} のそれぞれからは、アップ/ダウンビート周波数ごとに、位相と振幅とが検出される。そして、制御部 6 は、アップ/ダウンビート周波数ごとに、ビート信号 S_{B_n} を用いて DBF 処理を行う。

[0045] ここで、図 9 を用いて、DBF 処理について説明する。受信アンテナ A_{R_n} の間隔 (d とする) に比して十分遠方にある物標から到来する受信信号 S_{R_n} は、受信アンテナ A_{R_n} に平行に入射するとみなされる。ここで、受信アンテナ A_{R_n} が配列された受信面 H_1 の垂直方向に対し方位角 θ から受信信号 S_{R_n} が入射したとすると、隣接する受信アンテナ A_{R_n} 間での受信信号 S_{R_n} の間には、アンテナ間隔 d に応じた位相差 ϕ ($= 2$

$\pi \cdot d \cdot \sin(\theta) / \lambda$ 、但し λ は受信信号 SR_n の波長が生じる。

[0046] ここで、受信面 $H1$ においては、受信信号 SR_n は位相差 ϕ を有するので、受信信号 SR_n の振幅は互いに打ち消しあう部分が生じる。しかし、受信信号 SR_n の到来方向に対する垂直面（受信面 $H1$ に対し角度 θ の面） $H2$ においては、すべての受信信号 SR_n は同位相となる（以下、面 $H2$ を同位相面という）。よって、同位相面 $H2$ 上では、受信信号 SR_n は互いに振幅を強め合い、その合成振幅は最大となる。このことは、同位相面 $H2$ の角度 θ が、受信アンテナ AR_n の受信利得が最大となる（つまり指向性が一致する）方位角に対応することを意味し、かかる同位相面の角度 θ を算出することで、受信信号 SR_n の到来方向、つまり物標が位置する方位角が求められる。

[0047] このことを利用し、制御部6は、まず、周波数上昇期間において受信信号 SR_n から得られたアップビート周波数のビート信号 SB_n の合成振幅を求める。ここで、各受信アンテナ AR_n でのビート信号 SB_n の振幅を E_n とすると、ビート信号 SB_1 を基準としたときの SB_n （ $n=2, 3, 4$ ）の位相 ϕ_n は、 $\phi_n = 2\pi \cdot d \cdot (n-1) \cdot \sin(\theta) / \lambda$ であるので、すべてのビート信号 SB_n （ $n=1, 2, 3, 4$ ）の合成振幅 E は式（3）で得られる。

[0048] [数1]

$$(3) \quad \sum_{i=1}^n = E_i \cdot e^{-j \cdot \phi_i}$$

（但し、 $\phi_i = 2\pi \cdot d \cdot (i-1) \cdot \sin(\theta) / \lambda$ ）

ところで、式（3）では $\phi_i = 2\pi \cdot d \cdot (i-1) \cdot \sin(\theta) / \lambda$ であることから、合成振幅 E は θ の関数として表される。よって、制御部6は

、かかる関数において合成振幅 E の最大値に対応する θ を算出する。すると、その算出結果が、周波数上昇期間における、物標が位置する方位角に対応する。

[0049] 制御部6は、同様の処理を周波数下降期間においてダウンビート周波数のビート信号 SB_n に対しても行う。すると、周波数下降期間における、物標が位置する方位角が求められる。

[0050] このような処理が、周波数上昇期間と周波数下降期間ごとに行われる。すると、周波数上昇期間と周波数下降期間ごとに、方位角方向と周波数方向とにおけるビート信号 SB_n の強度分布が得られる。

[0051] 次に、制御部6は、方位角方向における強度分布がピークを形成する周波数を、アップ／ダウンビート周波数として検出する。このとき、対応づけられた両ピークの方位角が、物標が位置する方位角として検出される。

[0052] また、制御部6は、周波数上昇期間と周波数下降期間の間で、強度または方位角が一致するピーク同士を対応付けることにより、アップ／ダウンビート周波数を特定し、上述の式(1)、(2)に従って物標の相対距離と相対速度を算出する。

[0053] なお、レーダ装置2は、図10に示すように、伝送経路 P_4 により伝送されるローカル信号 SL を交互に複数の伝送経路 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 に出力するスイッチ SW_3 と、スイッチ SW_3 を通過したローカル信号 SL の周波数を逡倍してからミキサに入力する逡倍器 32_1 、 32_2 、 32_3 、 32_4 とを設ける構成としてもよい。そして、スイッチ SW_3 からの出力タイミングは制御部6により制御され、ローカル信号 SL は時分割で逡倍器 32_n に入力される。

[0054] ここでは、マイクロ波帯のローカル信号 SL がスイッチ SW_3 を通過した後に、その周波数が逡倍器 32_n によりミリ波帯の所定周波数まで逡倍される。よって、スイッチ SW_3 による挿入損失は、ミリ波帯のままでローカル信号 SL が通過する場合より小さく抑えられる。また、伝送経路 P_4 、 T_n における損失も、ミリ波帯のままでローカル信号 SL が通過する

場合より小さく抑えられる。よって、ミキサ 16__n は、十分な強度のローカル信号 S_L を用いて、ビート信号 S_B__n を生成することができる。

[0055] 図 11 は、本実施形態におけるレーダ装置 2 の、第 2 の構成例を説明する図である。このレーダ装置 2 は、次の点において、図 6 で示した第 1 の構成例におけるレーダ装置 2 と異なる。

[0056] すなわち、レーダ装置 2 は、複数の A/D 変換器 18__n の代わりに 1 つの A/D 変換器 18 と、ミキサ 16__n から出力されるビート信号 S_B__n を、制御部 6 からの指示に従って交互に A/D 変換器 18 に入力するスイッチ SW__2 を有する。かかる構成とすることで、複数の A/D 変換器 18__n を有する第 1 の構成例より、回路規模を小さくできる。よって、低コスト化できる。

[0057] なお、ミキサ 16__n が出力するビート信号 S_B__n の周波数は、ミリ波帯の送信信号 S_T と受信信号 S_R__n との周波数差であるので、ある程度低い周波数帯となる。このため、ビート信号 S_B__n がスイッチ SW__2 を通過する際の挿入損失は小さく抑えられ、ビート信号 S_B__n の信号強度は制御部 6 での信号処理に支障ない程度に確保される。

[0058] なお、このレーダ装置 2 は、図 12 に示すように、ローカル信号 S_L を交互に複数の伝送経路 T__n に出力するスイッチ SW__3 と、スイッチ SW__3 を通過したローカル信号 S_L の周波数を通倍してからミキサに入力する通倍器 32__n とをさらに設ける構成としてもよい。この場合、スイッチ SW__3 の入出力タイミングは制御部 6 により制御され、ローカル信号 S_L は、時分割でミキサに入力される。

[0059] ここでは、図 10 に示した第 1 の構成例の変形例と同様、マイクロ波帯のローカル信号 S_L がスイッチ SW__3 を通過した後に、その周波数が通倍器 32__n によりミリ波帯の所定周波数まで通倍されるので、スイッチ SW__3 による挿入損失は、ミリ波帯のままでローカル信号 S_L が通過する場合より小さく抑えられる。また、伝送経路 P__4、T__n による損失も、ミリ波帯のままでローカル信号 S_L が通過する場合より小さく抑えられる。よって

、ミキサ16__nは、十分な強度のローカル信号SLを用いて、ビート信号SB__nを生成することができる。

[0060] 図13は、本実施形態におけるレーダ装置が車載用レーダ装置として使用される使用状況を説明する図である。レーダ装置2は、車両100の前部フロントグリル内に搭載され、送信信号ST、受信信号SR__nを、車両100のバンパーやフロントグリルに設けられるレドームを透過して送受信することにより、車両100前方（矢印F）における先行車両や障害物といった物標が位置する方位角や、物標との相対速度、相対距離を検出する。そして、上述したようにして制御部6が検出した物標が位置する方位角、物標との相対距離、相対速度といった物標情報は、車両100の車両制御装置（ECU：Electronic Control Unit）200に出力される。

[0061] 車両ECU200は、これらの検出結果に基づいて、車両100のスロットル、ブレーキといったアクチュエータを制御して先行車両に追従走行するよう車両の速度を加減し、追従走行制御を行う。また、車両ECU200は、先行車両や障害物との距離が一定以上接近し衝突の蓋然性が大きくなるような場合に、運転者への通知を出力したり、エアバッグなどの安全装置を作動させたりして、衝突対応動作を行う。

[0062] なお、レーダ装置2は、車両100の前方監視だけでなく、側方や後方を監視するためのレーダ装置として、車両100の側面部や後部に設置してもよい。

[0063] また、上述の構成例では、4つの受信アンテナAR__1、AR__2、AR__3、AR__4を備えたレーダ装置2を例としたが、受信アンテナ数は、これに限られない。

[0064] さらに、VCO8が出力するレーダ信号の周波数帯は上述の例に限られず、必ずしもマイクロ波帯でなくてもよい。また、これに対応して、通倍器32__nが通倍する率も、上述の例に限られず、必ずしもミリ波帯まで通倍しなくてもよい。スイッチや伝送経路を通過するときの信号の周波数を低くし、その後にこれを通倍する構成であれば、スイッチの挿入損失による送信信

号の強度低下、または、伝送損失による送信信号の強度低下を防ぐという作用効果を奏することができる。

[0065] 以上説明したように、本実施形態におけるレーダ装置によれば、所定間隔離間した送信アンテナ対に送信信号を伝送する伝送経路や、伝送経路に送信信号を分配するスイッチを用いても、探知性能の低下を防止できる。

請求の範囲

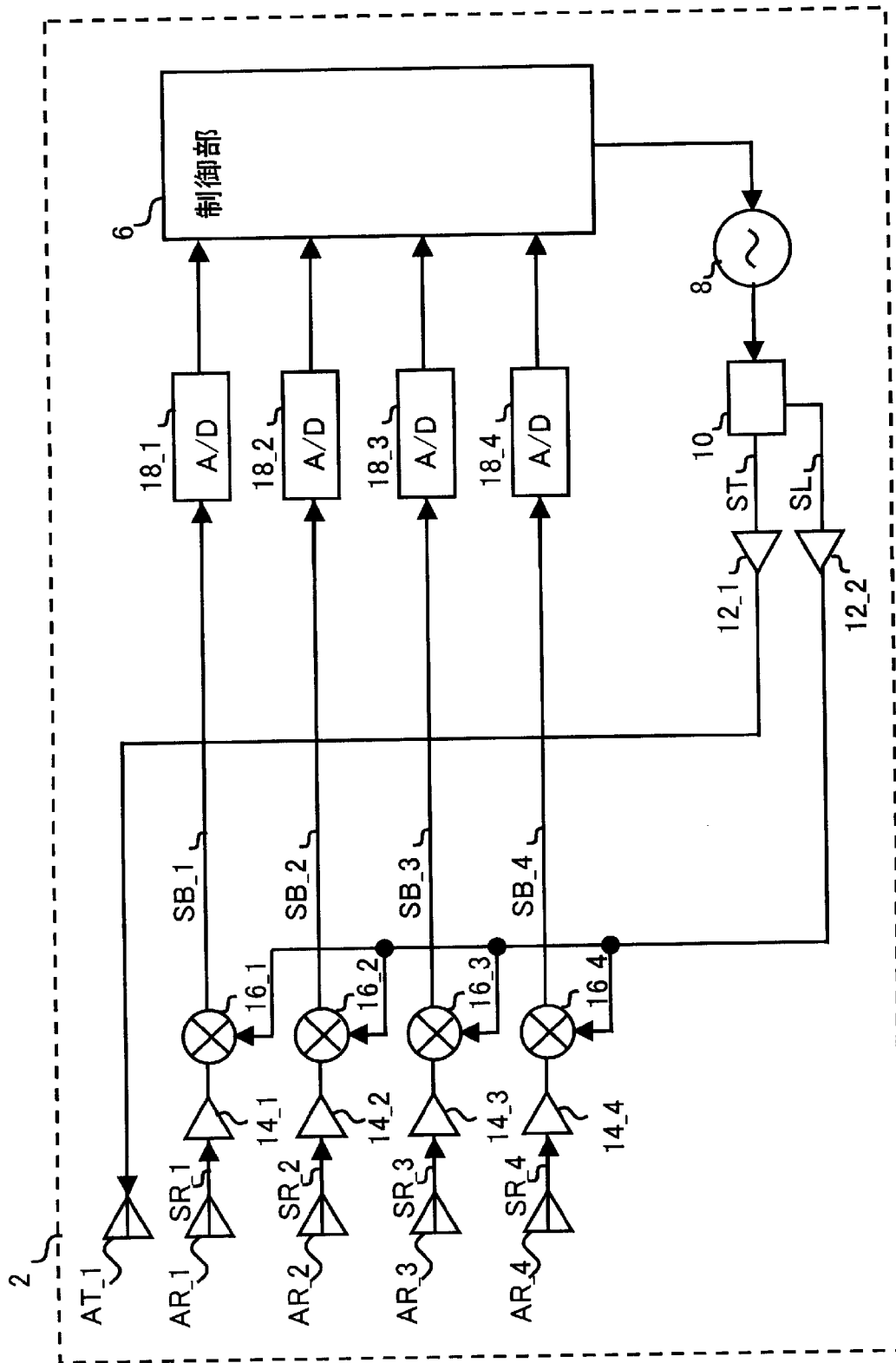
- [1] 所定周波数のレーダ信号を送信する所定間隔離間した送信アンテナ対と、物標により反射された前記レーダ信号を受信信号として受信する受信アンテナ群とを有し、前記送信アンテナ対から交互に前記レーダ信号を送信して得られる受信信号を用いて前記物標が位置する方位角を検出するレーダ装置において、
- 前記所定周波数より低い周波数のレーダ信号を出力する発振器と、
- 前記発振器が出力するレーダ信号を、第1の前記送信アンテナへの第1の伝送経路と、第2の前記送信アンテナへの第2の伝送経路とに分配するスイッチと、
- 前記第1の伝送経路に接続され、前記レーダ信号の周波数を前記所定周波数に変換してから前記第1の送信アンテナに出力する第1の通倍器と、前記第2の伝送経路に接続され、前記レーダ信号の周波数を前記所定周波数に変換してから前記第2の送信アンテナに出力する第2の通倍器とを有することを特徴とするレーダ装置。
- [2] 請求項1において、
- 前記スイッチは、これを通過するレーダ信号の周波数が第1の周波数のときは第1の挿入損失、前記第1の周波数より大きい第2の周波数のときは前記第2の挿入損失より大きい第2の挿入損失を当該レーダ信号に与えることを特徴とするレーダ装置。
- [3] 請求項1または2において、
- 前記所定周波数のレーダ信号と前記受信信号との周波数差信号を出力するミキサと、
- 前記発振器が出力するレーダ信号を前記ミキサへの第3の伝送経路に分配する分配器と、
- 前記第3の伝送経路に接続され、前記レーダ信号を前記所定周波数に変換してから前記ミキサに出力する第3の通倍器とをさらに有し、
- 前記周波数差信号を用いて前記物標との相対距離または相対速度をさらに

検出することを特徴とするレーダ装置。

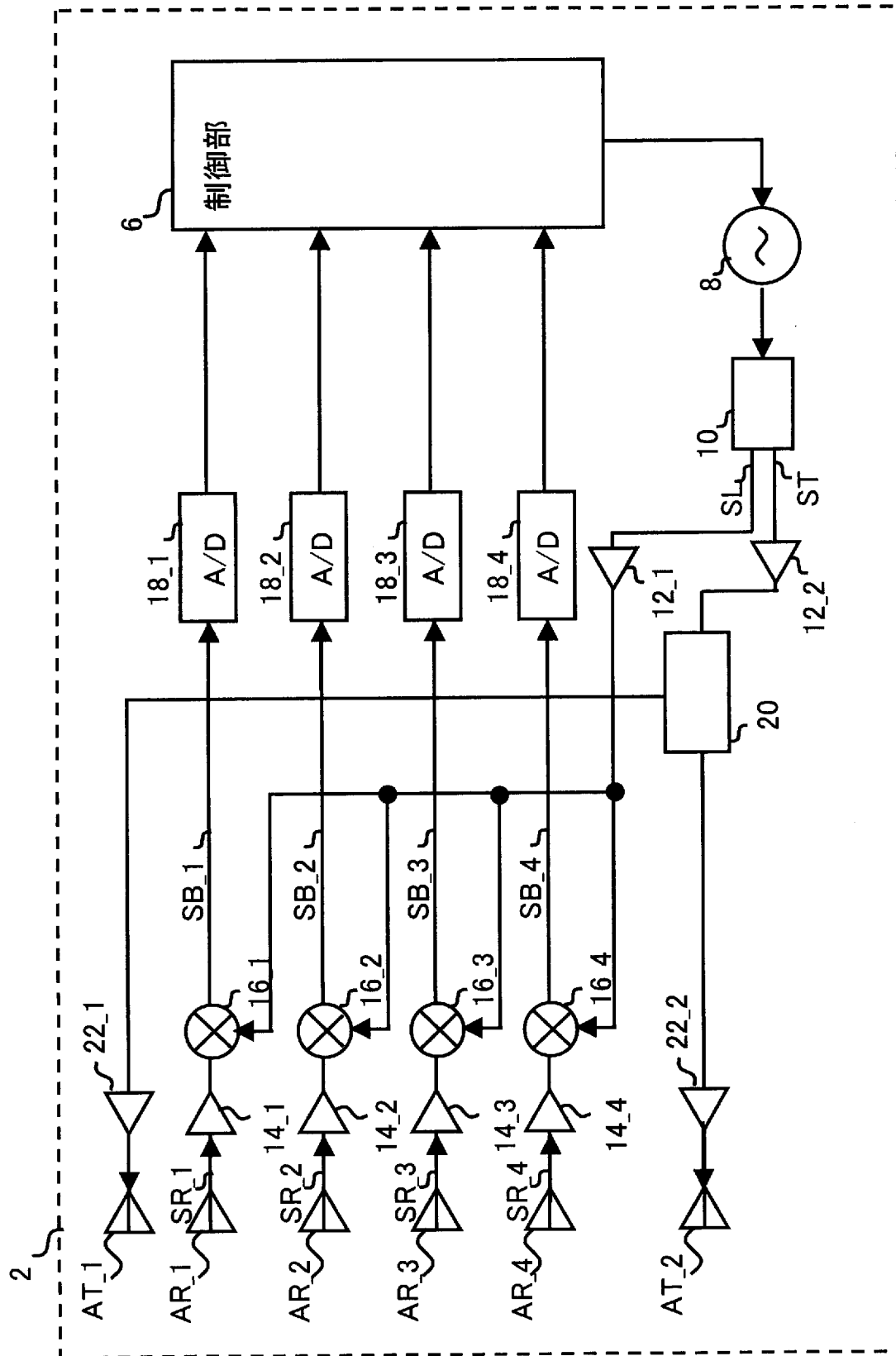
[4] 請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、

前記所定周波数はミリ波帯であり、前記発振器が出力するレーダ信号の周波数はミリ波帯より低いマイクロ波帯であることを特徴とするレーダ装置。

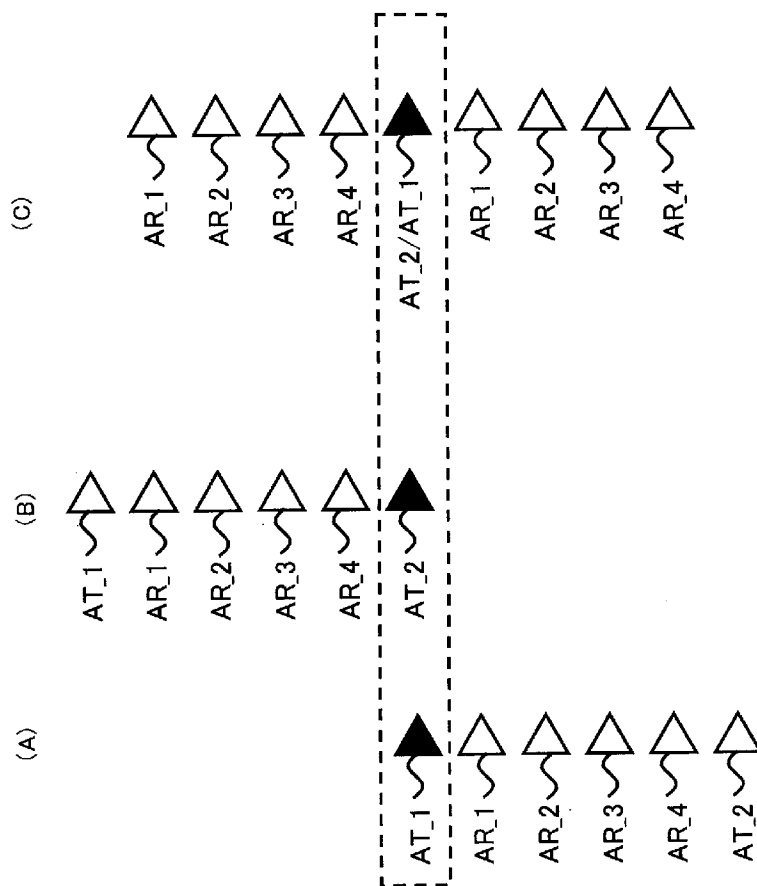
[図1]



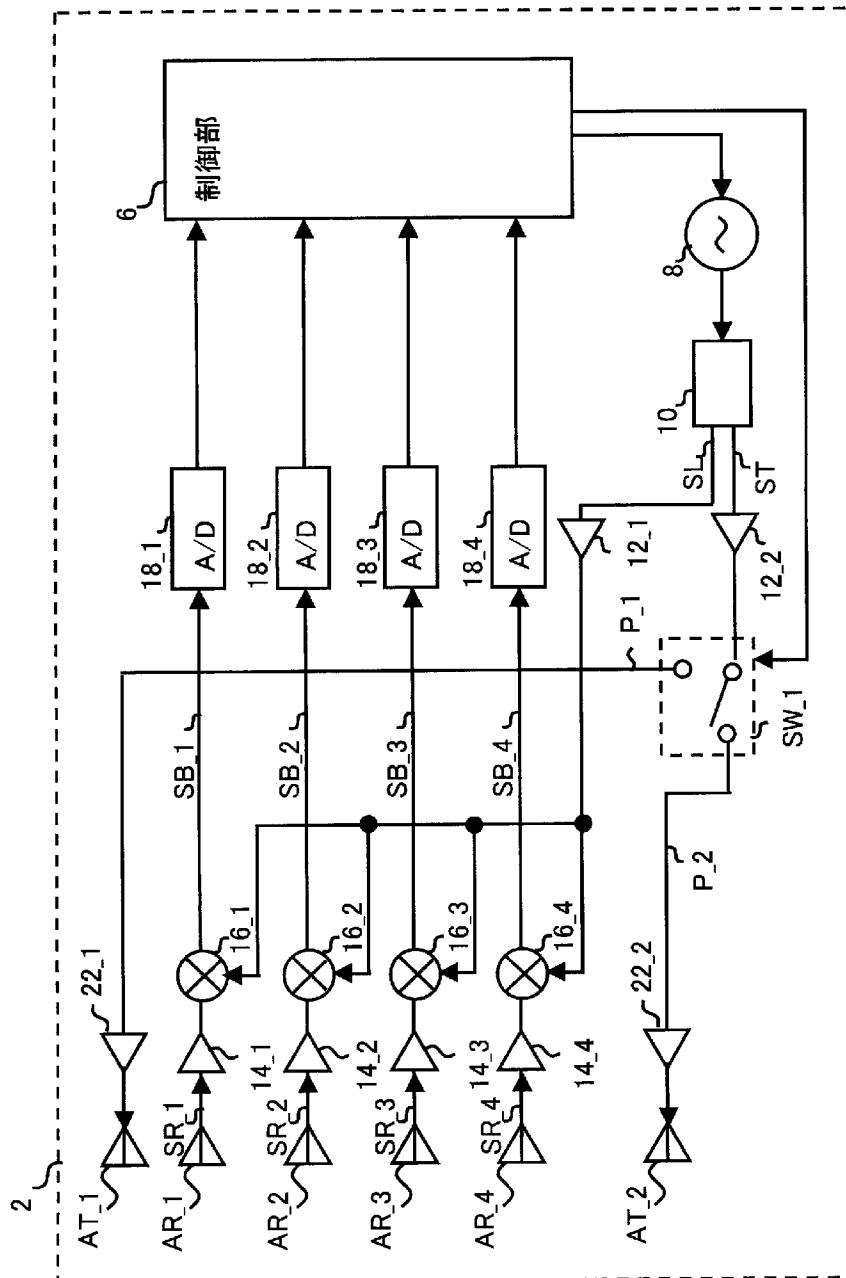
[図2]



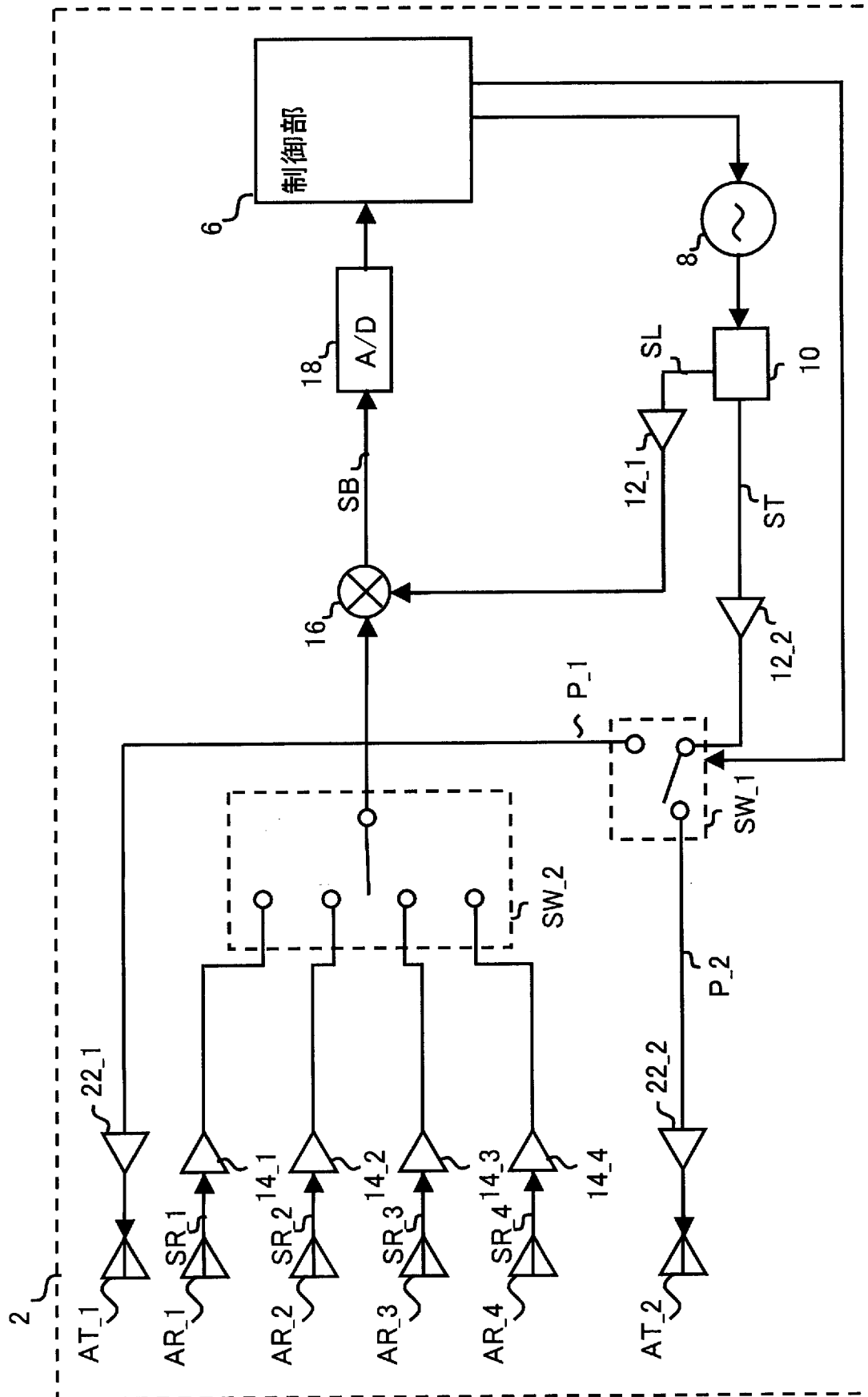
[図3]



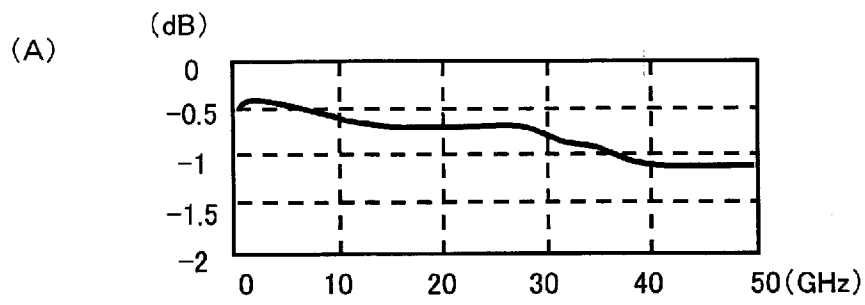
[図4]



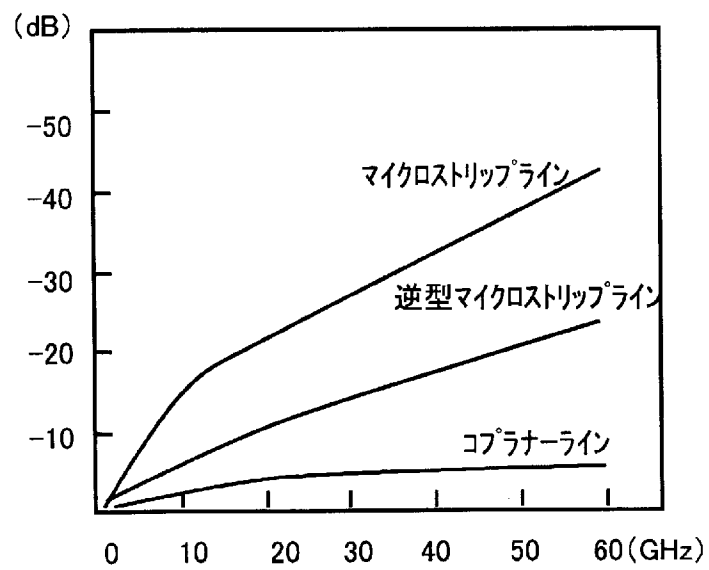
[図5]



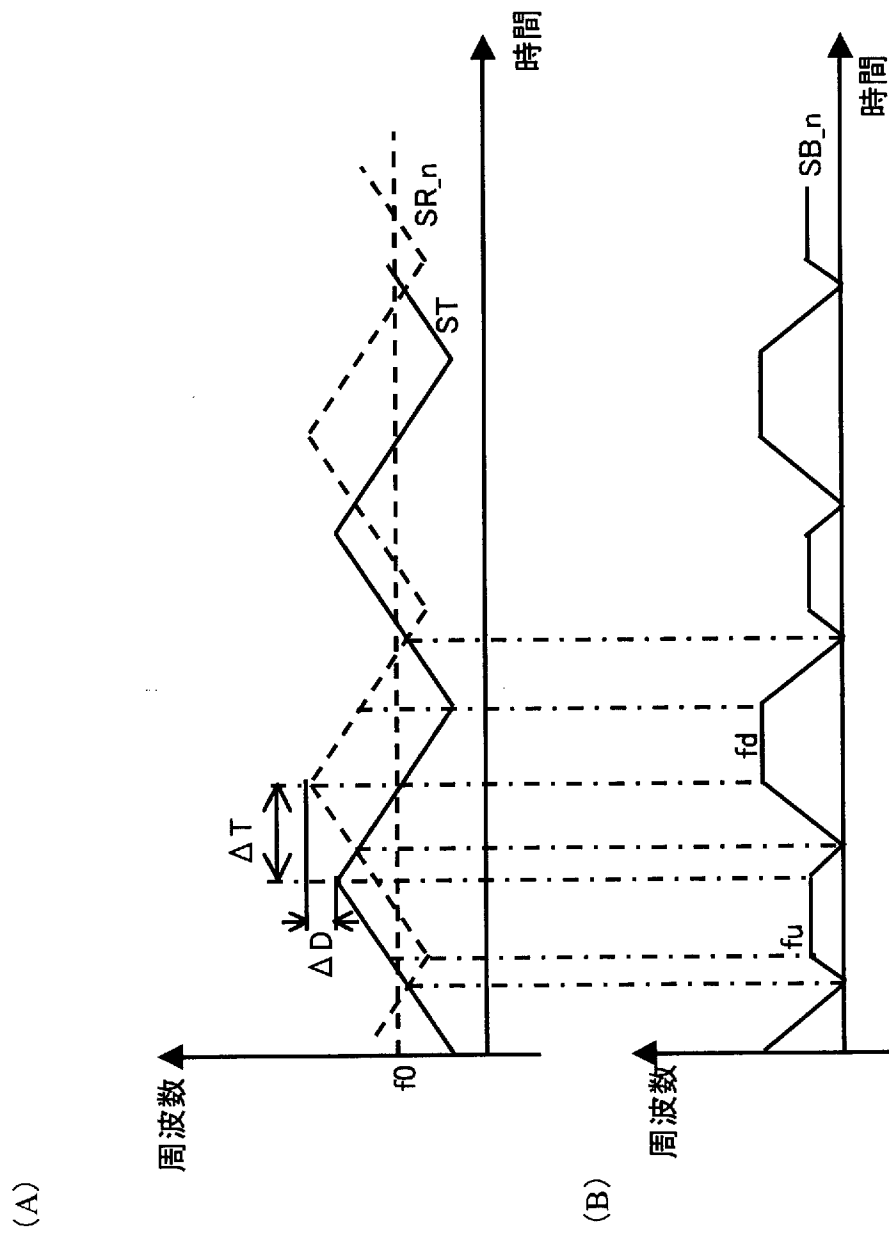
[図7]



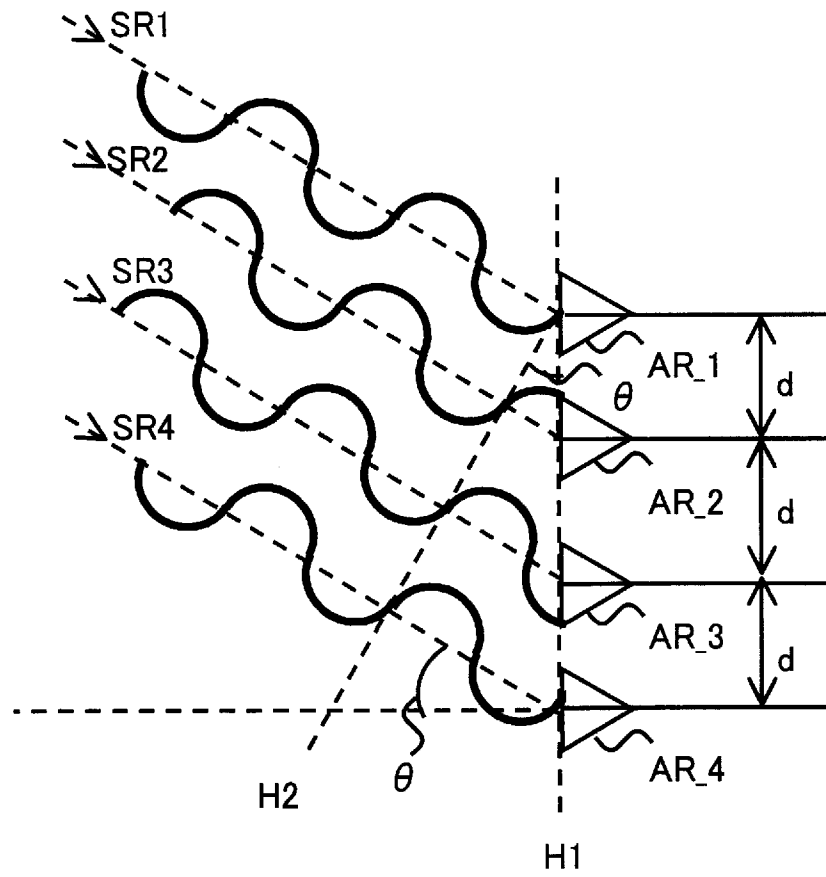
(B)



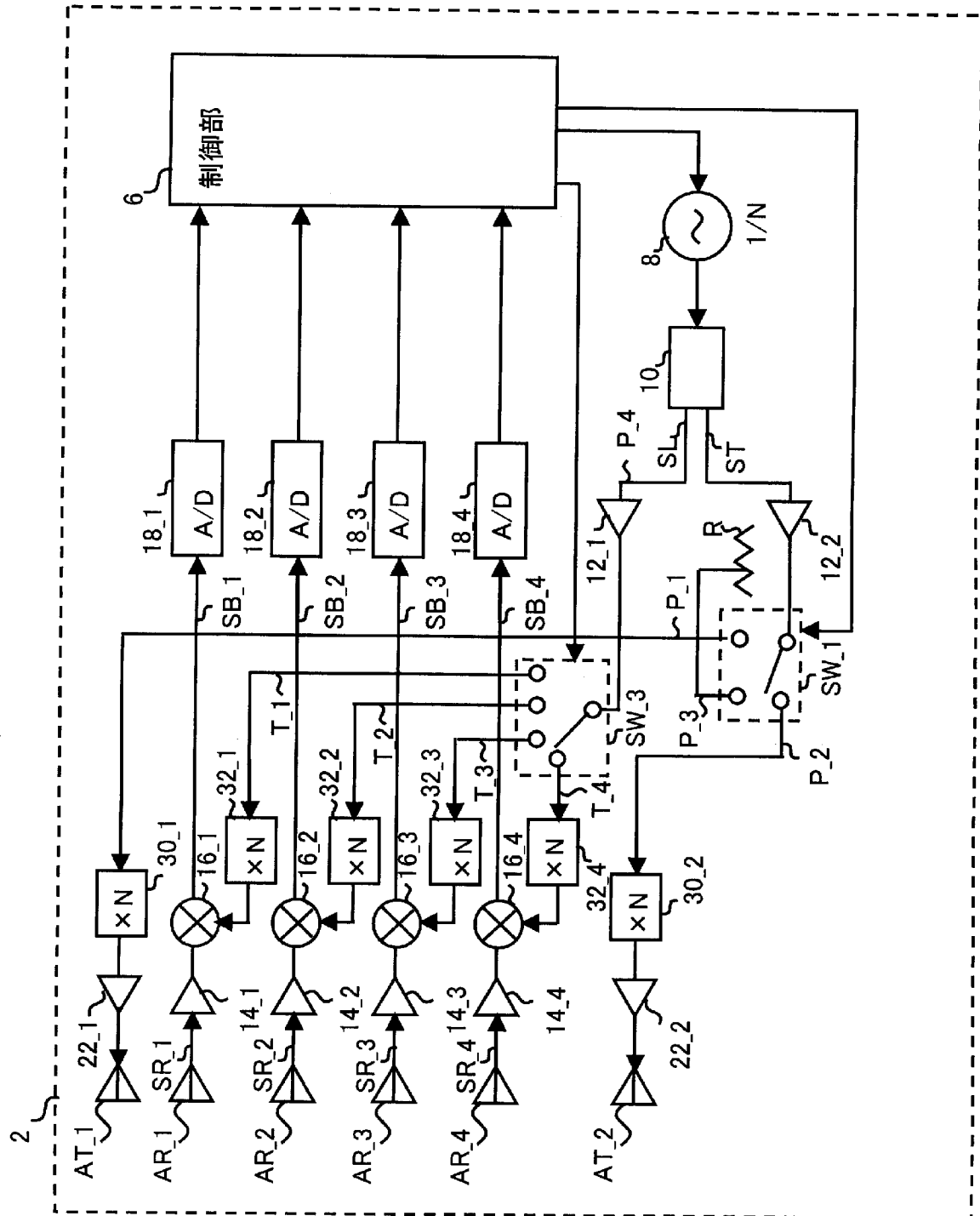
[図8]

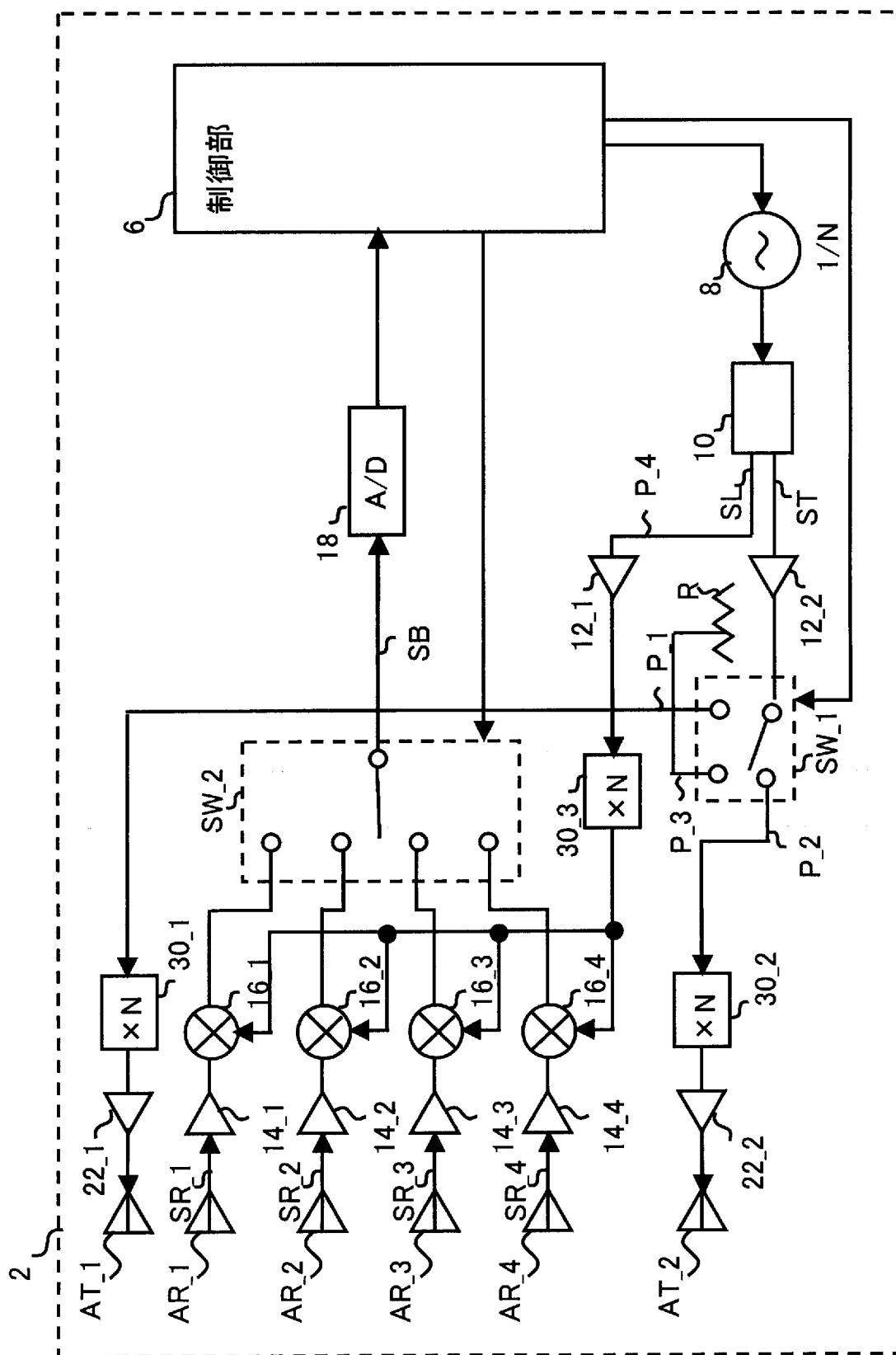


[図9]



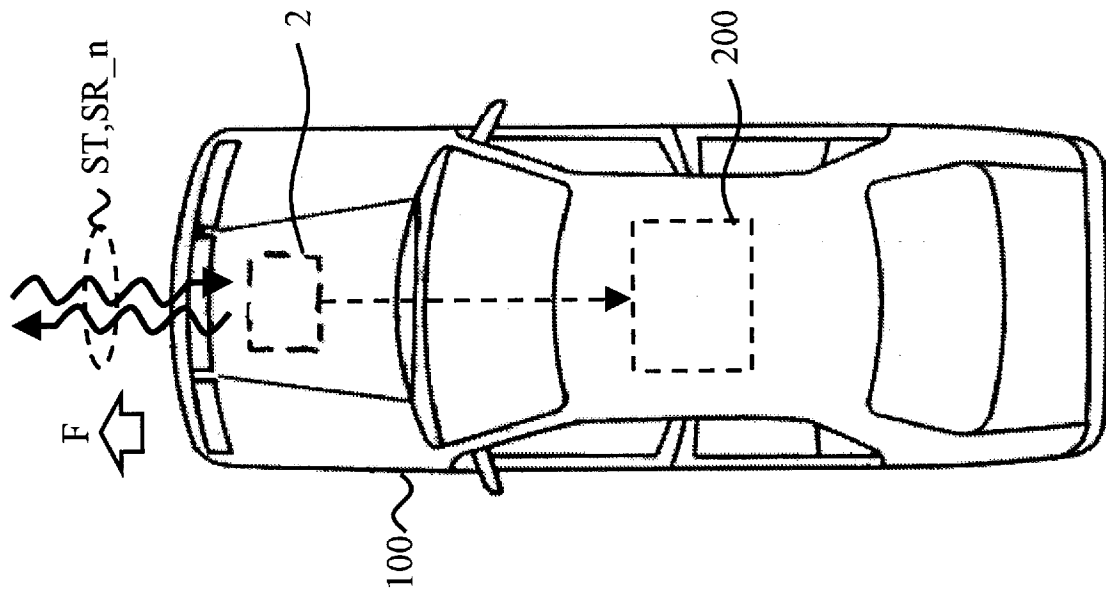
[図10]





[illegible]

[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/003692

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S7/35(2006.01) i, G01S7/02(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S7/35, G01S7/02

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 3-54494 A (Honda Motor Co., Ltd.), 08 March, 1991 (08.03.91), Page 1, left column, line 17 to page 2, upper right column, line 18; page 3, upper left column, line 13 to lower left column, line 5; Fig. 1 (Family: none)	1, 2, 4
X	JP 8-338871 A (Honda Motor Co., Ltd.), 24 December, 1996 (24.12.96), Par. Nos. [0016] to [0034], [0037]; Figs. 2, 3 (Family: none)	1, 2, 4
X	JP 7-5252 A (Honda Motor Co., Ltd.), 10 January, 1995 (10.01.95), Par. Nos. [0004] to [0010]; Fig. 6 (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 January, 2009 (06.01.09)Date of mailing of the international search report
13 January, 2009 (13.01.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/003692

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-28711 A (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.), 28 January, 2000 (28.01.00), Par. Nos. [0003] to [0014]; Fig. 1 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01S7/35(2006.01)i, G01S7/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01S7/35, G01S7/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 請求の範囲の番号
X	JP 3-54494 A (本田技研工業株式会社) 1991.03.08, 第1頁左欄第17行-第2頁右上欄第18行, 第3頁左上欄第13行-左下欄第5行, 第1図 (ファミリーなし)	1, 2, 4
X	JP 8-338871 A (本田技研工業株式会社) 1996.12.24, 段落 0016-0034, 0037, 図2, 3 (ファミリーなし)	1, 2, 4
X	JP 7-5252 A (本田技研工業株式会社) 1995.01.10, 段落 0004-0010, 図6 (ファミリーなし)	1 - 4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 0 1 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 1 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

中村 説志

2 S

3 2 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

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 請求の範囲の番号
X	JP 2000-28711 A (三井造船株式会社) 2000.01.28, 段落 0003-0014, 図 1 (ファミリーなし)	1 - 4