

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-116982

(P2014-116982A)

(43) 公開日 平成26年6月26日 (2014. 6. 26)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4B 1/26 (2006.01)	HO4B 1/26 B	5K020
HO4B 1/04 (2006.01)	HO4B 1/26 C	5K060
	HO4B 1/04 F	

審査請求 有 請求項の数 27 O L (全 66 頁)

(21) 出願番号 特願2014-28053 (P2014-28053)
 (22) 出願日 平成26年2月18日 (2014. 2. 18)
 (62) 分割の表示 特願2009-200118 (P2009-200118)の分割
 原出願日 平成21年8月31日 (2009. 8. 31)

(71) 出願人 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100094363
 弁理士 山本 孝久
 (74) 代理人 100118290
 弁理士 吉井 正明
 (72) 発明者 川崎 研一
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社社内
 Fターム(参考) 5K020 BB06 DD11 DD22 EE02 EE03
 GG16
 5K060 BB07 CC05 CC11 EE05 HH01
 HH06 HH14 HH21

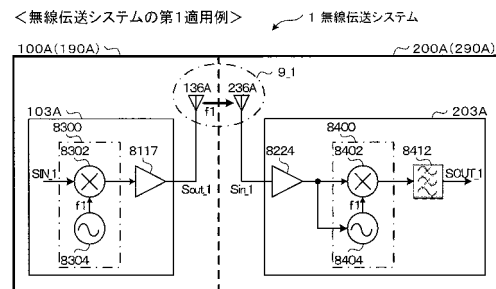
(54) 【発明の名称】 無線伝送システム、無線通信装置、無線通信方法

(57) 【要約】

【課題】 機器間や機器内で無線信号伝送を行なう場合に、搬送周波数の安定度を緩和しても、受信側で適切に伝送対象信号を復調できるようにする。

【解決手段】 周波数混合部 8302 は、送信側局部発振部 8304 で生成された周波数 f1 の変調搬送信号で伝送対象信号を周波数変換する。受信側局部発振部 8404 は、受信した信号を注入信号として変調搬送信号と同期した周波数 f1 の復調搬送信号を生成する。周波数混合部 8402 は、受信した変調信号を復調搬送信号で周波数変換する。変調搬送信号と復調搬送信号が確実に同期した状態となるため、変調搬送信号の周波数の安定度を緩和して無線による信号伝送を行なっても伝送対象信号を適切に復調できる。搬送周波数の安定度を緩和してもよいので、回路構成の簡易な発振回路を使用でき、タンク回路を含む発振回路の全体を同一の半導体基板上に形成できる。

【選択図】 図 14



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送信用の通信部と、
受信用の通信部と、
を備え、

前記送信用の通信部と前記受信用の通信部とは、同一の電子機器の筐体内に收容されているものであり、または、前記送信用の通信部が第 1 の電子機器の筐体内に收容され、前記受信用の通信部が第 2 の電子機器の筐体内に收容され、前記第 1 の電子機器と前記第 2 の電子機器とが定められた位置に配置され一体となったとき前記第 1 の電子機器内の前記送信用の通信部と前記第 2 の電子機器内の前記受信用の通信部との間に前記送信用の通信部と前記受信用の通信部との間で無線による情報伝送を可能にする無線信号伝送路が形成されるものであり、

10

前記送信用の通信部は、変調用の搬送信号を生成する第 1 の搬送信号生成部、伝送対象信号を前記変調用の搬送信号で周波数変換して変調信号を生成して前記無線信号伝送路へ送出する第 1 の周波数変換部、及び、前記復調用の搬送信号の生成に資する基準搬送信号を取得して前記無線信号伝送路へ送出する基準搬送信号処理部を具備し、

前記基準搬送信号処理部は、前記第 1 の周波数変換部から出力される変調信号の前記伝送対象信号を載せる変調軸とは異なる位相の軸に前記基準搬送信号を載せ、

前記受信用の通信部は、前記無線信号伝送路を介して受信した前記基準搬送信号が注入されることで前記変調用の搬送信号と同期した復調用の搬送信号を生成する第 2 の搬送信号生成部、及び、前記無線信号伝送路を介して受信した変調信号を前記復調用の搬送信号で周波数変換する第 2 の周波数変換部を具備する

20

無線伝送システム。

【請求項 2】

前記第 2 の搬送信号生成部は、前記無線信号伝送路を介して受信した前記基準搬送信号が注入されることで前記復調用の搬送信号を生成する

請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 3】

前記第 2 の搬送信号生成部は、

注入された前記基準搬送信号と同期した出力信号を生成する受信側局部発振部と、

30

前記受信側局部発振部で生成された出力信号に基づく前記第 2 の周波数変換部に入力される前記復調用の搬送信号の位相が前記第 2 の周波数変換部に入力される変調信号の位相と一致するように位相調整を行なう位相調整部と、

を有する請求項 2 に記載の無線伝送システム。

【請求項 4】

前記位相調整部は、前記受信側局部発振部が注入同期モードで動作しているときには、前記受信側局部発振部の注入同期した出力信号の位相を、前記受信側局部発振部への注入信号と注入同期したときの出力信号との位相差の分を相殺するように調整する

請求項 3 に記載の無線伝送システム。

【請求項 5】

40

送信用の通信部と、
受信用の通信部と、
を備え、

前記送信用の通信部と前記受信用の通信部とは、同一の電子機器の筐体内に收容されているものであり、または、前記送信用の通信部が第 1 の電子機器の筐体内に收容され、前記受信用の通信部が第 2 の電子機器の筐体内に收容され、前記第 1 の電子機器と前記第 2 の電子機器とが定められた位置に配置され一体となったとき前記第 1 の電子機器内の前記送信用の通信部と前記第 2 の電子機器内の前記受信用の通信部との間に前記送信用の通信部と前記受信用の通信部との間で無線による情報伝送を可能にする無線信号伝送路が形成されるものであり、

50

前記送信用の通信部は、変調用の搬送信号を生成する第1の搬送信号生成部、伝送対象信号を前記変調用の搬送信号で周波数変換して変調信号を生成して前記無線信号伝送路へ送出する第1の周波数変換部、及び、前記復調用の搬送信号の生成に資する基準搬送信号を取得して前記無線信号伝送路へ送出する基準搬送信号処理部を具備し、

前記受信用の通信部は、前記無線信号伝送路を介して受信した前記基準搬送信号が注入されることで前記変調用の搬送信号と同期した復調用の搬送信号を生成する第2の搬送信号生成部、及び、前記無線信号伝送路を介して受信した変調信号を前記復調用の搬送信号で周波数変換する第2の周波数変換部を具備し、

前記第2の搬送信号生成部は、

注入された前記基準搬送信号と同期した出力信号を生成する受信側局部発振部と、

前記受信側局部発振部で生成された出力信号に基づく前記第2の周波数変換部に入力される前記復調用の搬送信号の位相が前記第2の周波数変換部に入力される変調信号の位相と一致するように位相調整を行なう位相調整部と、

を有し、

前記位相調整部は、前記受信側局部発振部が増幅器モードで動作しているときには、前記受信側局部発振部の前記基準搬送信号の成分の出力信号の位相を、前記伝送対象信号を載せる変調軸と前記基準搬送信号を載せる軸との位相差の分を相殺するように調整する無線伝送システム。

【請求項6】

前記送信用の通信部と前記受信用の通信部とは、CMOS構成の半導体基板上に形成されている

請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の無線伝送システム。

【請求項7】

前記受信用の通信部は、注入同期がとれるように、受信側局部発振部の注入電圧や自走発振周波数を制御する注入同期制御部を有する

請求項3から請求項6のいずれか1項に記載の無線伝送システム。

【請求項8】

前記送信用の通信部は、前記変調用の搬送信号に同期した前記復調用の搬送信号の生成に資する基準搬送信号を取得して前記無線信号伝送路へ送出する基準搬送信号処理部を具備し、

前記第2の搬送信号生成部は、前記無線信号伝送路を介して受信した前記変調信号が注入されることで前記復調用の搬送信号を生成する

請求項1又は請求項5に記載の無線伝送システム。

【請求項9】

前記受信用の通信部は、前記第2の周波数変換部から出力された復調信号に含まれる前記基準搬送信号に起因する直流成分を抑圧する直流成分抑制部を具備する

請求項8に記載の無線伝送システム。

【請求項10】

前記第2の搬送信号生成部は、

注入された前記変調信号と同期した出力信号を生成する受信側局部発振部と、

前記受信側局部発振部が注入同期モードで動作しているときに、前記受信側局部発振部の注入同期した出力信号の位相を、注入同期したときの出力信号と前記受信側局部発振部への注入信号との位相差の分を相殺するように調整する位相調整部と、

を有する請求項8又は請求項9に記載の無線伝送システム。

【請求項11】

前記送信用の通信部は、変調される前記伝送対象信号の直流近傍成分を抑圧する変調対象信号処理部を有し、

前記第1の周波数変換部は、前記変調対象信号処理部で処理された処理済み信号を前記第1の搬送信号生成部で生成された変調用の搬送信号で周波数変換して前記変調信号を生成する

10

20

30

40

50

請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の無線伝送システム。

【請求項 12】

前記変調対象信号処理部は、デジタルの前記伝送対象情報に対して D C フリー符号化を行なう

請求項 11 に記載の無線伝送システム。

【請求項 13】

前記受信用の通信部は、前記第 2 の搬送信号生成部における注入同期の状態を示す情報を検出する注入同期検出部を備え、

前記送信用の通信部および前記受信用の通信部の少なくとも一方は、前記注入同期検出部が検出した前記注入同期の状態を示す情報に基づき、前記第 2 の搬送信号生成部で生成される前記復調用の搬送信号が、前記第 1 の搬送信号生成部で生成された変調用の搬送信号と同期するように同期調整を行なう注入同期調整部を備える

請求項 1 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の無線伝送システム。

【請求項 14】

前記注入同期調整部は、前記第 2 の搬送信号生成部に注入される信号の振幅および前記第 2 の搬送信号生成部の自走発振時の出力信号の周波数の少なくとも一方を変更させることで、前記同期調整を行なう

請求項 13 に記載の無線伝送システム。

【請求項 15】

前記注入同期調整部は、前記第 1 の搬送信号生成部で生成される変調用の搬送信号の周波数および前記無線信号伝送路に送出される信号の振幅の少なくとも一方を変更させることで、前記同期調整を行なう

請求項 13 に記載の無線伝送システム。

【請求項 16】

前記無線信号伝送路は、無線信号を伝送路中に閉じ込めつつ無線信号を伝送させる構造を持つ

請求項 1 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の無線伝送システム。

【請求項 17】

前記無線信号伝送路は、導波管から成る

請求項 16 に記載の無線伝送システム。

【請求項 18】

前記無線信号伝送路は、誘電体素材で構成されている

請求項 16 に記載の無線伝送システム。

【請求項 19】

前記搬送信号生成部は、タンク回路を含む発振回路を具備し、

前記タンク回路を含む前記発振回路の全体が同一の半導体基板上に形成されている

請求項 1 から請求項 18 のいずれか 1 項に記載の無線伝送システム。

【請求項 20】

前記第 2 の周波数変換部は、同期検波により前記周波数変換を行なうことで前記伝送対象信号を復元する

請求項 1 から請求項 19 のいずれか 1 項に記載の無線伝送システム。

【請求項 21】

前記伝送対象信号は、ベースバンド信号であり、

前記第 1 の周波数変換部は、前記ベースバンド信号をミリ波帯の搬送信号でダイレクトに周波数変換して変調信号を得る

請求項 1 から請求項 20 のいずれか 1 項に記載の無線伝送システム。

【請求項 22】

無線信号伝送路を介して受信した、同期注入のための信号が注入されることで変調用のミリ波帯の搬送信号と同期した復調用のミリ波帯の搬送信号を生成する搬送信号生成部と

、

10

20

30

40

50

前記無線信号伝送路を介して受信したミリ波帯の変調信号を前記搬送信号生成部で生成された復調用のミリ波帯の搬送信号で周波数変換する周波数変換部と、

を備え、

前記搬送信号生成部は、

注入された前記基準搬送信号と同期した出力信号を生成する受信側局部発振部と、

前記受信側局部発振部で生成された出力信号に基づく前記周波数変換部に入力される前記復調用のミリ波帯の搬送信号の位相が前記周波数変換部に入力される変調信号の位相と一致するように位相調整を行なう位相調整部と、

を有し、前記無線信号伝送路を介して受信した基準搬送信号が注入されることで前記復調用のミリ波帯の搬送信号を生成するものであり、

10

前記位相調整部は、前記受信側局部発振部が増幅器モードで動作しているときには、前記受信側局部発振部の前記基準搬送信号の成分の出力信号の位相を、伝送対象信号を載せる変調軸と前記基準搬送信号を載せる軸との位相差の分を相殺するように調整する無線通信装置。

【請求項 2 3】

前記搬送信号生成部は、タンク回路を含む発振回路を具備し、

前記タンク回路を含む前記発振回路の全体および前記周波数変換部が同一の半導体基板上に形成されている

請求項 2 2 に記載の無線通信装置。

【請求項 2 4】

20

変調用のミリ波帯の搬送信号を生成する搬送信号生成部と、

伝送対象信号を前記搬送信号生成部で生成された変調用のミリ波帯の搬送信号で周波数変換してミリ波帯の変調信号を生成する周波数変換部と、

復調用の搬送信号の生成に資する基準搬送信号を取得して無線信号伝送路へ送出する基準搬送信号処理部と、

を備え、同期注入のための信号を含む前記変調信号を無線信号伝送路へ送出するものであり、

前記基準搬送信号処理部は、前記周波数変換部から出力される変調信号の前記伝送対象信号を載せる変調軸とは異なる位相の軸に前記基準搬送信号を載せる

無線通信装置。

30

【請求項 2 5】

前記搬送信号生成部は、タンク回路を含む発振回路を具備し、

前記タンク回路を含む前記発振回路の全体および前記周波数変換部が同一の半導体基板上に形成されている

請求項 2 4 に記載の無線通信装置。

【請求項 2 6】

電子機器の筐体内に送信用の通信部と受信用の通信部とを配置し、

前記送信用の通信部と前記受信用の通信部との間に、無線による情報伝送が可能な無線信号伝送路を構成し、

前記送信用の通信部においては、伝送対象信号を変調用の搬送信号で周波数変換して変調信号を生成し、この生成した変調信号を前記無線信号伝送路へ送出するとともに、復調用の搬送信号の生成に資する基準搬送信号を取得し、この取得した基準搬送信号を前記変調信号の前記伝送対象信号を載せる変調軸とは異なる位相の軸に載せて前記無線信号伝送路へ送出し、

40

前記受信用の通信部においては、前記無線信号伝送路を介して受信した前記基準搬送信号を注入して前記変調用の搬送信号と同期した復調用の搬送信号を生成し、前記無線信号伝送路を介して受信した前記変調信号を前記復調用の搬送信号で周波数変換することで前記伝送対象信号を復調する

無線通信方法。

【請求項 2 7】

50

電子機器の筐体内に送信用の通信部と受信用の通信部とを配置し、

前記送信用の通信部と前記受信用の通信部の間に、無線による情報伝送が可能な無線信号伝送路を構成し、

前記送信用の通信部においては、伝送対象信号を変調用の搬送信号で周波数変換して変調信号を生成し、この生成した変調信号を前記無線信号伝送路へ送出するとともに、復調用の搬送信号の生成に資する基準搬送信号を取得し、この取得した基準搬送信号を前記変調信号の前記伝送対象信号を載せる変調軸とは異なる位相の軸に載せて前記無線信号伝送路へ送出し、

前記受信用の通信部においては、前記無線信号伝送路を介して受信した前記基準搬送信号を注入して前記変調用の搬送信号と同期した復調用の搬送信号を生成し、

受信側局部発振部で生成される前記基準搬送信号と同期した信号に基づく前記復調用の搬送信号の位相が前記変調信号の位相と一致するように位相調整を行ない、

前記位相調整では、前記受信側局部発振部が増幅器モードで動作しているときには、前記受信側局部発振部の前記基準搬送信号の成分の信号の位相を、前記伝送対象信号を載せる変調軸と前記基準搬送信号を載せる軸との位相差の分を相殺するように調整し、

前記無線信号伝送路を介して受信した前記変調信号を前記復調用の搬送信号で周波数変換することで前記伝送対象信号を復調する

無線伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線伝送システム、無線通信装置、無線通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

たとえば、比較的近距離（たとえば数センチ～10数センチ以内）に配置されている電子機器間や電子機器内での高速信号伝送を実現する手法として、たとえばLVDS（Low Voltage Differential Signaling）が知られている。しかしながら、最近のさらなる伝送データの大容量高速化に伴い、消費電力の増加、反射などによる信号歪みの影響の増加、不要輻射の増加、などが問題となる。たとえば、映像信号（撮像信号を含む）やコンピュータ画像などの信号を機器内で高速（リアルタイム）に伝送する場合にLVDSでは限界に達してきている。

【0003】

伝送データの高速化の問題に対応するため、配線数を増やして、信号の並列化により一信号線当たりの伝送速度を落とすことが考えられる。しかしながら、この対処では、入出力端子の増大に繋がってしまう。その結果、プリント基板やケーブル配線の複雑化や半導体チップサイズの拡大などが求められる。また、高速・大容量のデータを配線で引き回すことでいわゆる電磁界障害が問題となる。

【0004】

LVDSや配線数を増やす手法における問題は、何れも、電気配線により信号を伝送することに起因している。そこで、電気配線により信号を伝送することに起因する問題を解決する手法として、電気配線を無線化して伝送する手法が提案されている（たとえば特許文献1～4を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-204221号公報

【特許文献2】特開2005-223411号公報

【特許文献3】特開平10-256478号公報

【特許文献4】米国特許第5754948号明細書

【0006】

10

20

30

40

50

特許文献 1, 2 では、筐体内の信号伝送を無線で行なうとともに、UWB (Ultra Wide Band) 通信方式を適用することが提案されている。特許文献 3, 4 では、ミリ波帯の搬送周波数を使用する旨が示されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献 1, 2 における UWB 通信方式では、搬送周波数が低く、たとえば映像信号を伝送するような高速通信に向かないし、アンテナが大きくなるなど、サイズ上の問題がある。さらに、伝送に使う周波数が他のベースバンド信号処理の周波数に近い場合、無線信号とベースバンド信号との間で干渉が起こり易いという問題点もある。また、搬送周波数が低い場合は、機器内の駆動系ノイズの影響を受け易く、その対処が必要になる。

10

【0008】

これに対して、特許文献 3, 4 のように、より波長の短いミリ波帯の搬送周波数を使用すると、アンテナサイズや干渉の問題を解決し得る。

【0009】

ここで、ミリ波帯を適用した無線伝送にする場合に、一般的な野外（屋外）で使用されているような無線方式（無線通信手法）を適用すると、搬送周波数に高い安定度が要求される。このことは、周波数安定度の高い回路構成の複雑な発振回路が必要となることを意味するし、全体としてのシステム構成も複雑になることを意味する。

20

【0010】

たとえば、ppm (parts per million) オーダーの安定度の高い周波数の搬送信号を実現するために、外部の基準部品と周波数逓倍回路や PLL 回路などを用いると回路規模が大きくなる。また、タンク回路（インダクタとキャパシタでなる共振回路）を含む発振回路の全体をシリコン集積回路で実現しようとした場合、実際の所は、Q 値の高いタンク回路を形成することは困難で Q 値の高いタンク回路を集積回路外に配置せざるを得ない。

【0011】

しかしながら、比較的近距離に配置されている電子機器間や電子機器内での無線による高速信号伝送をより波長の短い周波数帯（たとえばミリ波帯）で実現することを考えた場合、搬送周波数に高い安定度を求めることは賢明でないと考えられる。むしろ、搬送周波数の安定度を緩和することで回路構成の簡易な発振回路を使用し、また、全体としてのシステム構成も簡易にすることを考えた方がよいと思料される。

30

【0012】

ただし、搬送周波数の安定度を単純に緩和したのでは、変復調方式にもよるが、周波数変動（送信回路で使用する搬送周波数と受信回路で使用する搬送周波数の差）が問題となり、適切な信号伝送ができない（適切に復調できない）ことが懸念される。

【0013】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、機器間や機器内の無線信号伝送において、搬送周波数の安定度を緩和しつつ、信号伝送を適切に行なうことができる仕組みを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明に係る無線伝送システム、無線通信装置、無線通信方法の一態様においては、先ず、電子機器の筐体内に送信用の通信部と受信用の通信部を配置する。

【0015】

送信用の通信部と受信用の通信部の間に、無線による情報伝送を可能にする無線信号伝送路を構成する。無線信号伝送路は、空気（いわゆる自由空間）であってもよいが、好ましくは、無線信号を伝送路中に閉じ込めつつ無線信号を伝送させる導波構造を持つものがよい。

【0016】

50

因みに、無線伝送システムは、送信側と受信側で対をなすようにそれぞれ送信側や受信側の通信部を備える複数の電子機器の組合せで構成される場合もあるし、1つの電子機器が送信側と受信側の通信部を備えて構成され、1つの電子機器が無線伝送システムそのものとなる場合もある。無線通信装置は、送信側や受信側の通信部を備えて構成される。たとえば無線通信装置は半導体集積回路として提供され、電子機器内の回路基板上に搭載される。

【0017】

そして、送信用の通信部においては、伝送対象信号を変調用の搬送信号で周波数変換して変調信号を生成し、生成した前記変調信号を前記無線信号伝送路へ送出する。受信側の通信部においては、無線信号伝送路を介して受信した信号を注入信号として変調用の搬送信号と同期した復調用の搬送信号を生成し、無線信号伝送路を介して受信した変調信号を復調用の搬送信号で周波数変換することで伝送対象信号を復調する。

10

【0018】

要するに、電子機器の筐体内に配置された送信側の通信部と、同じく電子機器（送信側の通信部が配置された電子機器と同一・別の何れも可）の筐体内に配置された受信側の通信部との間に無線信号伝送路を構成して両通信部間で無線による信号伝送を行なう。

【0019】

この際に、本発明に係る仕組みでは、受信側においては、受信した信号を注入信号として使用して、変調用の搬送信号と同期した復調用の搬送信号を生成し、その復調用の搬送信号を使って周波数変換（ダウンコンバート）することで伝送対象信号を復調する。

20

【0020】

なお、送信側で周波数変換（アップコンバート）により得られる変調信号のみを送出し、その変調信号を受信して復調用の搬送信号を生成するための注入信号として使用してもよいが、好ましくは、変調信号と合わせて変調に用いた基準搬送信号も送出するようにし、受信側では、受信した基準搬送信号に注入同期させるのがよい。

【0021】

本発明に係る仕組みでは、アップコンバートに使用される変調用の搬送信号と、ダウンコンバートに使用される復調用の搬送信号とが確実に同期した状態となる。よって、変調用の搬送信号の周波数の安定度を緩和して無線による信号伝送を行なっても伝送対象信号を適切に復調できる。

30

【0022】

ダウンコンバートでは、同期検波の適用が容易であり、同期検波を直交検波に発展使用することで、振幅変調だけでなく位相変調や周波数変調を適用できる。このことは、たとえば変調信号を直交化するなどして、データ伝送レートを上げられることを意味する。

【発明の効果】

【0023】

本発明の一態様によれば、機器間や機器（筐体）内で無線信号伝送を行なう場合に、変調用の搬送信号の周波数の安定度を緩和しても、受信側では適切に伝送対象信号を復調できる。

【0024】

搬送信号の周波数の安定度を緩和してもよいので、回路構成の簡易な発振回路を使用でき、また、全体としてのシステム構成も簡易にできる。

40

【0025】

搬送信号の周波数の安定度を緩和してもよいので、タンク回路を含む発振回路の全体（や周波数変換部も）を同一の半導体基板上に形成できる。タンク回路内蔵の1チップ発振回路（半導体集積回路）やタンク回路内蔵の1チップ通信回路（半導体集積回路）が実現される。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】無線伝送システムの信号インタフェースを機能構成から説明する図である。

50

- 【図 1 A】無線伝送システムにおける信号の多重化を説明する図である。
- 【図 2】通信処理システムにおける変調機能部および復調機能部の比較例を説明する図である。
- 【図 3】本実施形態の変調機能部とその周辺回路の基本構成例を説明する図である。
- 【図 4】本実施形態の復調機能部とその周辺回路の基本構成例を説明する図である。
- 【図 4 A】注入同期の位相関係を説明する図である。
- 【図 5】搬送信号と基準搬送信号が同一周波数で同一位相の場合における復調処理の基本を説明する図である。
- 【図 5 A】搬送信号と基準搬送信号が同一周波数であり位相が直交関係にある場合における復調処理の基本を説明する図である。 10
- 【図 5 B】搬送信号と基準搬送信号が同一周波数であり位相が直交関係にある場合における復調処理の回路構成の基本を説明する図である。
- 【図 6】搬送信号と基準搬送信号が同一周波数であり位相が直交関係にある場合における復調処理の具体例を説明する図（その 1）である。
- 【図 6 A】搬送信号と基準搬送信号が同一周波数であり位相が直交関係にある場合における復調処理の具体例を説明する図（その 2）である。
- 【図 6 B】搬送信号と基準搬送信号が同一周波数であり位相が直交関係にある場合における復調処理の具体例を説明する図（その 3）である。
- 【図 6 C】搬送信号と基準搬送信号が同一周波数であり位相が直交関係にある場合における復調処理の具体例を説明する図（その 4）である。 20
- 【図 7】注入同期方式を適用する送信器側の構成例の第 1 実施形態（第 1 例）を説明する図である。
- 【図 7 A】注入同期方式を適用する送信器側の構成例の第 1 実施形態（第 2 例）を説明する図である。
- 【図 8】注入同期方式を適用する受信器側の構成例の第 1 実施形態を説明する図である。
- 【図 9】注入同期方式を適用する送信器側の構成例の第 2 実施形態（第 1 例）を説明する図である。
- 【図 9 A】注入同期方式を適用する送信器側の構成例の第 2 実施形態（第 2 例）を説明する図である。
- 【図 10】注入同期方式を適用する受信器側の構成例の第 2 実施形態（第 1 例）を説明する図である。 30
- 【図 10 A】注入同期方式を適用する受信器側の構成例の第 2 実施形態（第 2 例）を説明する図である。
- 【図 11】発振回路の回路構成とインダクタ回路の CMOS 上のレイアウトパターン例を説明する図である。
- 【図 11 A】インダクタ回路の CMOS 上のレイアウトパターン例の詳細を説明する図である。
- 【図 12】多チャネル化と注入同期の関係を説明する図である。
- 【図 13】本実施形態の無線伝送路構造の第 1 例を説明する図である。
- 【図 13 A】本実施形態の無線伝送路構造の第 2 例を説明する図である。 40
- 【図 13 B】本実施形態の無線伝送路構造の第 3 例を説明する図である。
- 【図 14】本実施形態の無線伝送システムの第 1 適用例を説明する図である。
- 【図 15】本実施形態の無線伝送システムの第 2 適用例を説明する図である。
- 【図 16】本実施形態の無線伝送システムの第 3 適用例（その 1 - 1）を説明する図である。
- 【図 16 A】本実施形態の無線伝送システムの第 3 適用例（その 1 - 2）を説明する図である。
- 【図 16 B】本実施形態の無線伝送システムの第 3 適用例（その 2）を説明する図である。
- 【図 17】本実施形態の無線伝送システムの第 4 適用例（その 1）を説明する図である。 50

【図 17A】本実施形態の無線伝送システムの第 4 適用例（その 2）を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。

【0028】

なお、説明は以下の順序で行なう。

1. 通信処理系統：基本
2. 変調および復調：比較例
3. 変調および復調：基本（注入同期方式の適用）
4. 基準搬送信号の位相と復調処理の関係
5. 注入同期方式：第 1 実施形態
6. 注入同期方式：第 2 実施形態
7. 発振回路の構成例
8. 多チャンネル化と注入同期の関係
9. 伝送路構造（筐体内、装着・搭載された機器間）
10. システム構成：第 1 適用例（単一チャンネル）
11. システム構成：第 2 適用例（同報通信）
12. システム構成：第 3 適用例（周波数分割多重：2 チャンネル）
13. システム構成：第 4 適用例（周波数分割多重：全二重双方向通信）

10

20

【0029】

< 通信処理系統：基本 >

図 1 ~ 図 1 A は、本実施形態の無線伝送システムを説明する図である。ここで、図 1 は、無線伝送システム 1 の信号インタフェースを機能構成面から説明する図である。図 1 A は、無線伝送システム 1 における信号の多重化を説明する図である。

【0030】

本実施形態の無線伝送システムで使用する搬送周波数としてはミリ波帯で説明するが、本実施形態の仕組みは、ミリ波帯に限らず、より波長の短い、たとえばサブミリ波帯の搬送周波数を使用する場合にも適用可能である。本実施形態の無線伝送システムは、たとえば、デジタル記録再生装置、地上波テレビ受像装置、携帯電話装置、ゲーム装置、コンピュータなどにおいて使用される。

30

【0031】

[機能構成]

図 1 に示すように、無線伝送システム 1 は、第 1 の無線機器の一例である第 1 通信装置 100 と第 2 の無線機器の一例である第 2 通信装置 200 がミリ波信号伝送路 9 を介して結合されミリ波帯で信号伝送を行なうように構成されている。ミリ波信号伝送路 9 は、無線信号伝送路の一例である。伝送対象の信号を広帯域伝送に適したミリ波帯域に周波数変換して伝送するようにする。

【0032】

第 1 の通信部（第 1 のミリ波伝送装置）と第 2 の通信部（第 2 のミリ波伝送装置）で、無線伝送装置（システム）を構成する。そして、比較的近距离に配置された第 1 の通信部と第 2 の通信部の間では、伝送対象の信号をミリ波信号に変換してから、このミリ波信号をミリ波信号伝送路を介して伝送するようにする。本実施形態の「無線伝送」とは、伝送対象の信号を一般的な電気配線（単純なワイヤー配線）ではなく無線（この例ではミリ波）で伝送することを意味する。

40

【0033】

「比較的近距离」とは、放送や一般的な無線通信で使用される野外（屋外）での通信装置間の距離に比べて距離が短いことを意味し、伝送範囲が閉じられた空間として実質的に特定できる程度のものであればよい。「閉じられた空間」とは、その空間内部から外部への電波の漏れが少なく、逆に、外部から空間内部への電波の到来（侵入）が少ない状態の

50

空間を意味し、典型的にはその空間全体が電波に対して遮蔽効果を持つ筐体（ケース）で囲まれた状態である。

【0034】

たとえば、1つの電子機器の筐体内での基板間通信や同一基板上でのチップ間通信や、一方の電子機器に他方の電子機器が装着された状態のように複数の電子機器が一体となった状態での機器間の通信が該当する。

【0035】

なお、「一体」は、装着によって両電子機器が完全に接触した状態が典型例であるが、前述のように、両電子機器間の伝送範囲が閉じられた空間として実質的に特定できる程度のものであればよい。両電子機器が多少（比較的近距离：たとえば数センチ～10数センチ以内）離れた状態で定められた位置に配置されていて「実質的に」一体と見なせる場合も含む。要は、両電子機器で構成される電波が伝搬し得る空間内部から外部への電波の漏れが少なく、逆に、外部からその空間内部への電波の到来（侵入）が少ない状態であればよい。

【0036】

以下では、1つの電子機器の筐体内での信号伝送を筐体内信号伝送と称し、複数の電子機器が一体（以下、「実質的に一体」も含む）となった状態での信号伝送を機器間信号伝送と称する。筐体内信号伝送の場合は、送信側の通信装置（通信部：送信部）と受信側の通信装置（通信部：受信部）が同一筐体内に収容され、通信部（送信部と受信部）間に無線信号伝送路が形成された本実施形態の無線伝送システムが電子機器そのものとなる。これに対して、機器間信号伝送の場合、送信側の通信装置（通信部：送信部）と受信側の通信装置（通信部：受信部）がそれぞれ異なる電子機器の筐体内に収容され、両電子機器が定められた位置に配置され一体となったときに両電子機器内の通信部（送信部と受信部）間に無線信号伝送路が形成されて本実施形態の無線伝送システムが構築される。

【0037】

ミリ波信号伝送路を挟んで設けられる各通信装置においては、送信部と受信部が対となって組み合わされて配置される。一方の通信装置と他方の通信装置との間の信号伝送は片方向（一方向）のものでよいし双方向のものでよい。たとえば、第1の通信部が送信側となり第2の通信部が受信側となる場合には、第1の通信部に送信部が配置され第2の通信部に受信部が配置される。第2の通信部が送信側となり第1の通信部が受信側となる場合には、第2の通信部に送信部が配置され第1の通信部に受信部が配置される。

【0038】

送信部は、たとえば、伝送対象の信号を信号処理してミリ波の信号を生成する送信側の信号生成部（伝送対象の電気信号をミリ波の信号に変換する信号変換部）と、ミリ波の信号を伝送する伝送路（ミリ波信号伝送路）に送信側の信号生成部で生成されたミリ波の信号を結合させる送信側の信号結合部を備えるものとする。好ましくは、送信側の信号生成部は、伝送対象の信号を生成する機能部と一体であるのがよい。

【0039】

たとえば、送信側の信号生成部は変調回路を有し、変調回路が伝送対象の信号を変調する。送信側の信号生成部は変調回路によって変調された後の信号を周波数変換してミリ波の信号を生成する。原理的には、伝送対象の信号をダイレクトにミリ波の信号に変換することも考えられる。送信側の信号結合部は、送信側の信号生成部によって生成されたミリ波の信号をミリ波信号伝送路に供給する。

【0040】

一方、受信部は、たとえば、ミリ波信号伝送路を介して伝送されてきたミリ波の信号を受信する受信側の信号結合部と、受信側の信号結合部により受信されたミリ波の信号（入力信号）を信号処理して通常の電気信号（伝送対象の信号）を生成する受信側の信号生成部（ミリ波の信号を伝送対象の電気信号に変換する信号変換部）を備えるものとする。好ましくは、受信側の信号生成部は、伝送対象の信号を受け取る機能部と一体であるのがよい。たとえば、受信側の信号生成部は復調回路を有し、ミリ波の信号を周波数変換して出

10

20

30

40

50

力信号を生成し、その後、復調回路が出力信号を復調することで伝送対象の信号を生成する。原理的には、ミリ波の信号からダイレクトに伝送対象の信号に変換することも考えられる。

【0041】

つまり、信号インタフェースをとるに当たり、伝送対象の信号に関して、ミリ波信号により接点レスやケーブルレスで伝送する（電気配線での伝送でない）ようにする。好ましくは、少なくとも信号伝送（特に高速伝送や大容量伝送が要求される映像信号や高速のクロック信号など）に関しては、ミリ波信号により伝送するようにする。要するに、従前は電気配線によって行なわれていた信号伝送を本実施形態ではミリ波信号により行なうものである。ミリ波帯で信号伝送を行なうことで、Gbpsオーダーの高速信号伝送を実現することができるようになるし、ミリ波信号の及ぶ範囲を容易に制限でき、この性質に起因する効果も得られる。

10

【0042】

ここで、各信号結合部は、第1の通信部と第2の通信部がミリ波信号伝送路を介してミリ波の信号が伝送可能となるようにするものであればよい。たとえばアンテナ構造（アンテナ結合部）を備えるものとしてもよいし、アンテナ構造を具備せずに結合をとるものであってもよい。

【0043】

「ミリ波の信号を伝送するミリ波信号伝送路」は、空気（いわゆる自由空間）であってもよいが、好ましくは、ミリ波信号を伝送路中に閉じ込めつつミリ波信号を伝送させる構造を持つものがよい。その性質を積極的に利用することで、たとえば電気配線のようにミリ波信号伝送路の引回しを任意に確定することができる。

20

【0044】

このような構造のものとしては、たとえば、典型的にはいわゆる導波管が考えられるが、これに限らない。たとえば、ミリ波信号伝送可能な誘電体素材で構成されたもの（誘電体伝送路やミリ波誘電体内伝送路と称する）や、伝送路を構成し、かつ、ミリ波信号の外部放射を抑える遮蔽材が伝送路を囲むように設けられその遮蔽材の内部が中空の中空導波路がよい。誘電体素材や遮蔽材に柔軟性を持たせることでミリ波信号伝送路の引回しが可能となる。

【0045】

因みに、空気（いわゆる自由空間）の場合、各信号結合部はアンテナ構造をとることになり、そのアンテナ構造によって近距離の空間中を信号伝送することになる。一方、誘電体素材で構成されたものとする場合は、アンテナ構造をとることもできるが、そのことは必須でない。

30

【0046】

以下、本実施形態の無線伝送システム1の仕組みについて具体的に説明する。なお、最も好適な例として、各機能部が半導体集積回路（チップ）に形成されている例で説明するが、このことは必須でない。

【0047】

第1通信装置100にはミリ波帯通信可能な半導体チップ103が設けられ、第2通信装置200にもミリ波帯通信可能な半導体チップ203が設けられている。

40

【0048】

本実施形態では、ミリ波帯での通信の対象となる信号を、高速性や大容量性が求められる信号のみとし、その他の低速・小容量で十分なものや電源など直流と見なせる信号に関してはミリ波信号への変換対象としない。これらミリ波信号への変換対象としない信号（電源を含む）については、従前と同様の仕組みで基板間の信号の接続をとるようにする。ミリ波に変換する前の元の伝送対象の電気信号を纏めてベースバンド信号と称する。

【0049】

[第1通信装置]

第1通信装置100は、基板102上に、ミリ波帯通信可能な半導体チップ103と伝

50

送路結合部 108 が搭載されている。半導体チップ 103 は、LSI 機能部 104 と信号生成部 107 (ミリ波信号生成部) を一体化したシステム LSI (Large Scale Integrated Circuit) である。図示しないが、LSI 機能部 104 と信号生成部 107 を一体化しない構成にしてもよい。別体にした場合には、その間の信号伝送に関しては、電気配線により信号を伝送することに起因する問題が懸念されるので、一体的に作り込んだ方が好ましい。別体にする場合には、2つのチップ (LSI 機能部 104 と信号生成部 107 との間) を近距離に配置して、ワイヤーボンディング長を極力短く配線することで悪影響を低減するようにすることが好ましい。

【0050】

信号生成部 107 と送路結合部 108 はデータの双方向性を持つ構成にする。このため、信号生成部 107 には送信側の信号生成部と受信側の信号生成部を設ける。送路結合部 108 は、送信側と受信側に各別に設けてもよいが、ここでは送受信に兼用されるものとする。

10

【0051】

なお、ここで示す「双方向通信」は、ミリ波の伝送チャネルであるミリ波信号伝送路 9 が 1 系統 (一芯) の一芯双方向伝送となる。この実現には、時分割多重 (TDD: Time Division Duplex) を適用する半二重方式と、周波数分割多重 (FDD: Frequency Division Duplex: 図 1A) などが適用される。

【0052】

時分割多重の場合、送信と受信の分離を時分割で行なうので、第 1 通信装置 100 から第 2 通信装置 200 への信号伝送と第 2 通信装置 200 から第 1 通信装置 100 への信号伝送を同時に行なう「双方向通信の同時性 (一芯同時双方向伝送)」は実現されず、一芯同時双方向伝送は、周波数分割多重で実現される。しかし、周波数分割多重は、図 1A (1) に示すように、送信と受信に異なった周波数を用いるので、ミリ波信号伝送路 9 の伝送帯域幅を広くする必要がある。

20

【0053】

半導体チップ 103 を直接に基板 102 上に搭載するのではなく、インターポーザ基板上に半導体チップ 103 を搭載し、半導体チップ 103 を樹脂 (たとえばエポキシ樹脂など) でモールドした半導体パッケージを基板 102 上に搭載するようにしてもよい。すなわち、インターポーザ基板はチップ実装用の基板をなし、インターポーザ基板上に半導体チップ 103 が設けられる。インターポーザ基板には、一定範囲 (2 ~ 10 程度) の比誘電率を有したたとえば熱強化樹脂と銅箔を組み合わせたシート部材を使用すればよい。

30

【0054】

半導体チップ 103 は送路結合部 108 と接続される。送路結合部 108 は、たとえば、アンテナ結合部やアンテナ端子やマイクロストリップ線路やアンテナなどを具備するアンテナ構造が適用される。なお、アンテナをチップに直接に形成する技術を適用することで、送路結合部 108 も半導体チップ 103 に組み込むようにすることもできる。

【0055】

LSI 機能部 104 は、第 1 通信装置 100 の主要なアプリケーション制御を司るもので、たとえば、相手方に送信したい各種の信号を処理する回路や相手方から受信した種々の信号を処理する回路が含まれる。

40

【0056】

信号生成部 107 (電気信号変換部) は、LSI 機能部 104 からの信号をミリ波信号に変換し、ミリ波信号伝送路 9 を介した信号伝送制御を行なう。

【0057】

具体的には、信号生成部 107 は、送信側信号生成部 110 および受信側信号生成部 120 を有する。送信側信号生成部 110 と送路結合部 108 で送信部 (送信側の通信部) が構成され、受信側信号生成部 120 と送路結合部 108 で受信部 (受信側の通信部) が構成される。

【0058】

50

送信側信号生成部 110 は、入力信号を信号処理してミリ波の信号を生成するために、多重化処理部 113、パラレルシリアル変換部 114、変調部 115、周波数変換部 116、増幅部 117 を有する。なお、変調部 115 と周波数変換部 116 は纏めていわゆるダイレクトコンバージョン方式のものにしてもよい。

【0059】

受信側信号生成部 120 は、伝送路結合部 108 によって受信したミリ波の電気信号を信号処理して出力信号を生成するために、増幅部 124、周波数変換部 125、復調部 126、シリアルパラレル変換部 127、単一化処理部 128 を有する。周波数変換部 125 と復調部 126 は纏めていわゆるダイレクトコンバージョン方式のものにしてもよい。

【0060】

パラレルシリアル変換部 114 とシリアルパラレル変換部 127 は、本実施形態を適用しない場合に、パラレル伝送用の複数の信号を使用するパラレルインタフェース仕様のものである場合に備えられ、シリアルインタフェース仕様のものである場合は不要である。

【0061】

多重化処理部 113 は、LSI 機能部 104 からの信号の中で、ミリ波帯での通信の対象となる信号が複数種 (N1 とする) ある場合に、時分割多重、周波数分割多重、符号分割多重などの多重化処理を行なうことで、複数種の信号を 1 系統の信号に纏める。たとえば、高速性や大容量性が求められる複数種の信号をミリ波での伝送の対象として、1 系統の信号に纏める。

【0062】

時分割多重や符号分割多重の場合には、多重化処理部 113 はパラレルシリアル変換部 114 の前段に設けられ、1 系統の信号に纏めてパラレルシリアル変換部 114 に供給すればよい。時分割多重の場合、複数種の信号_@ (@ は 1 ~ N) について時間を細かく区切ってパラレルシリアル変換部 114 に供給する切替スイッチを設ければよい。

【0063】

一方、周波数分割多重の場合には、各別の搬送周波数で変調してそれぞれ異なる周波数帯域 $F_{@}$ の範囲の周波数に変換してミリ波の信号を生成し、それら各別の搬送周波数を用いたミリ波信号を同一方向または逆方向に伝送する必要がある。このため、たとえば、図 1A (2) に示すように同一方向に伝送する場合は、パラレルシリアル変換部 114、変調部 115、周波数変換部 116、増幅部 117 を複数種の信号_@ の別に設け、各増幅部 117 の後段に多重化処理部 113 として加算処理部を設けるとよい。そして、周波数多重処理後の周波数帯域 $F_{1} + \dots + F_{N}$ のミリ波の電気信号を伝送路結合部 108 に供給するようにすればよい。加算処理部としては、図 1A (2) に示すように各別の搬送周波数を用いたミリ波信号を同一方向に伝送する場合はいわゆる結合器を使用すればよい。

【0064】

図 1A (2) から分かるように、複数系統の信号を周波数分割多重で 1 系統に纏める周波数分割多重では伝送帯域幅を広くする必要がある。図 1A (3) に示すように、複数系統の信号を周波数分割多重で 1 系統に纏めることと、送信と受信に異なった周波数を用いる全 2 重方式と併用する場合は伝送帯域幅を一層広くする必要がある。

【0065】

パラレルシリアル変換部 114 は、パラレルの信号をシリアルのデータ信号に変換して変調部 115 に供給する。変調部 115 は、伝送対象信号を変調して周波数変換部 116 に供給する。変調部 115 としては、振幅・周波数・位相の少なくとも 1 つを伝送対象信号で変調するものであればよく、これらの任意の組合せの方式も採用し得る。

【0066】

たとえば、アナログ変調方式であれば、たとえば、振幅変調 (AM: Amplitude Modulation) とベクトル変調がある。ベクトル変調として、周波数変調 (FM: Frequency Modulation) と位相変調 (PM: Phase Modulation) がある。デジタル変調方式であれば、たとえば、振幅遷移変調 (ASK: Amplitude shift keying)、周波数遷移変調 (FSK: Frequency Shift Keying)、位相遷移変調 (PSK: Phase Shift Keying)、振幅と位

10

20

30

40

50

相を変調する振幅位相変調 (A P S K : Amplitude Phase Shift Keying) がある。振幅位相変調としては直交振幅変調 (Q A M : Quadrature Amplitude Modulation) が代表的である。

【 0 0 6 7 】

周波数変換部 1 1 6 は、変調部 1 1 5 によって変調された後の伝送対象信号を周波数変換してミリ波の電気信号を生成して増幅部 1 1 7 に供給する。ミリ波の電気信号とは、概ね 3 0 G H z ~ 3 0 0 G H z の範囲のある周波数の電気信号をいう。「概ね」と称したのはミリ波通信による効果が得られる程度の周波数であればよく、下限は 3 0 G H z に限定されず、上限は 3 0 0 G H z に限定されないことに基づく。

【 0 0 6 8 】

周波数変換部 1 1 6 としては様々な回路構成を採り得るが、たとえば、周波数混合回路 (ミキサー回路) と局部発振回路とを備えた構成を採用すればよい。局部発振回路は、変調に用いる搬送波 (キャリア信号、基準搬送波) を生成する。周波数混合回路は、パラレルシリアル変換部 1 1 4 からの信号で局部発振回路が発生するミリ波帯の搬送波と乗算 (変調) してミリ波帯の変調信号を生成して増幅部 1 1 7 に供給する。

【 0 0 6 9 】

増幅部 1 1 7 は、周波数変換後のミリ波の電気信号を増幅して伝送路結合部 1 0 8 に供給する。増幅部 1 1 7 には図示しないアンテナ端子を介して双方向の伝送路結合部 1 0 8 に接続される。

【 0 0 7 0 】

伝送路結合部 1 0 8 は、送信側信号生成部 1 1 0 によって生成されたミリ波の信号をミリ波信号伝送路 9 に送信するとともに、ミリ波信号伝送路 9 からミリ波の信号を受信して受信側信号生成部 1 2 0 に出力する。

【 0 0 7 1 】

伝送路結合部 1 0 8 は、アンテナ結合部で構成される。アンテナ結合部は伝送路結合部 1 0 8 (信号結合部) の一例またはその一部を構成する。アンテナ結合部とは、狭義的には半導体チップ内の電子回路と、チップ内またはチップ外に配置されるアンテナを結合する部分をいい、広義的には、半導体チップとミリ波信号伝送路 9 を信号結合する部分をいう。たとえば、アンテナ結合部は、少なくともアンテナ構造を備える。また、時分割多重で送受信を行なう場合には、伝送路結合部 1 0 8 にアンテナ切替部 (アンテナ共用器) を設ける。

【 0 0 7 2 】

アンテナ構造は、ミリ波信号伝送路 9 との結合部における構造をいい、ミリ波帯の電気信号をミリ波信号伝送路 9 に結合させるものであればよく、アンテナそのもののみを意味するものではない。たとえば、アンテナ構造には、アンテナ端子、マイクロストリップ線路、アンテナを含み構成される。アンテナ切替部を同一のチップ内に形成する場合は、アンテナ切替部を除いたアンテナ端子とマイクロストリップ線路が伝送路結合部 1 0 8 を構成するようになる。

【 0 0 7 3 】

送信側のアンテナはミリ波の信号に基づく電磁波をミリ波信号伝送路 9 に輻射する。また、受信側のアンテナはミリ波の信号に基づく電磁波をミリ波信号伝送路 9 から受信する。マイクロストリップ線路は、アンテナ端子とアンテナとの間を接続し、送信側のミリ波の信号をアンテナ端子からアンテナへ伝送し、また、受信側のミリ波の信号をアンテナからアンテナ端子へ伝送する。

【 0 0 7 4 】

アンテナ切替部はアンテナを送受信で共用する場合に用いられる。たとえば、ミリ波の信号を相手方である第 2 通信装置 2 0 0 側に送信するときは、アンテナ切替部がアンテナを送信側信号生成部 1 1 0 に接続する。また、相手方である第 2 通信装置 2 0 0 側からのミリ波の信号を受信するときは、アンテナ切替部がアンテナを受信側信号生成部 1 2 0 に接続する。アンテナ切替部は半導体チップ 1 0 3 と別にして基板 1 0 2 上に設けているが

10

20

30

40

50

、これに限られることはなく、半導体チップ 103 内に設けてもよい。送信用と受信用のアンテナを別々に設ける場合はアンテナ切替部を省略できる。

【0075】

ミリ波の伝搬路であるミリ波信号伝送路 9 は、たとえば、自由空間伝送路として、たとえば筐体内の空間を伝搬する構成にすることが考えられる。また、好ましくは、導波管、伝送線路、誘電体線路、誘電体内などの導波構造で構成し、ミリ波帯域の電磁波を効率よく伝送させる特性を有するものとするのが望ましい。たとえば、一定範囲の比誘電率と一定範囲の誘電正接を持つ誘電体素材を含んで構成された誘電体伝送路 9A にするとよい。たとえば、筐体内の全体に誘電体素材を充填することで、伝送路結合部 108 と伝送路結合部 208 の間には、自由空間伝送路ではなく誘電体伝送路 9A が配されるようになるし、また、伝送路結合部 108 のアンテナと伝送路結合部 208 のアンテナの間を誘電体素材で構成されたある線径を持つ線状部材である誘電体線路で接続することで誘電体伝送路 9A を構成することも考えられる。

10

【0076】

「一定範囲」は、誘電体素材の比誘電率や誘電正接が、本実施形態の効果を得られる程度の範囲であればよく、その限りにおいて予め決められた値のものとするればよい。つまり、誘電体素材は、本実施形態の効果を得られる程度の特性を持つミリ波を伝送可能なものであればよい。誘電体素材そのものだけで決められず伝送路長やミリ波の周波数とも関係するので必ずしも明確に定められるものではないが、一例としては、次のようにする。

【0077】

誘電体伝送路 9A 内にミリ波の信号を高速に伝送させるためには、誘電体素材の比誘電率は 2 ~ 10 (好ましくは 3 ~ 6) 程度とし、その誘電正接は 0.00001 ~ 0.01 (好ましくは 0.00001 ~ 0.001) 程度とすることが望ましい。このような条件を満たす誘電体素材としては、たとえば、アクリル樹脂系、ウレタン樹脂系、エポキシ樹脂系、シリコン系、ポリイミド系、シアノアクリレート樹脂系、液晶ポリマーからなるものが使用できる。

20

【0078】

誘電体素材の比誘電率とその誘電正接のこのような範囲は、特段の断りのない限り、本実施形態と同様である。なお、ミリ波信号を伝送路に閉じ込める構成のミリ波信号伝送路 9 としては、誘電体伝送路 9A の他に、伝送路の周囲が遮蔽材で囲まれその内部が中空の中空導波路としてもよい。

30

【0079】

伝送路結合部 108 には受信側信号生成部 120 が接続される。受信側の増幅部 124 は、伝送路結合部 108 に接続され、アンテナによって受信された後のミリ波の電気信号を増幅して周波数変換部 125 に供給する。周波数変換部 125 は、増幅後のミリ波の電気信号を周波数変換して周波数変換後の信号を復調部 126 に供給する。復調部 126 は、周波数変換後の信号を復調してベースバンドの信号を取得しシリアルパラレル変換部 127 に供給する。

【0080】

シリアルパラレル変換部 127 は、シリアルの受信データをパラレルの出力データに変換して単一化処理部 128 に供給する。

40

【0081】

単一化処理部 128 は、多重化処理部 113 と対応するもので、1 系統に纏められている信号を複数種の信号_@ (@ は 1 ~ N) に分離する。たとえば、1 系統の信号に纏められている複数本のデータ信号を各別に分離して LSI 機能部 1104 に供給する。

【0082】

なお、周波数分割多重により 1 系統に纏められている場合には、周波数多重処理後の周波数帯域 $F_{1+} \dots + F_{N}$ のミリ波の電気信号を受信してそれらを各別に分離して同一方向に伝送し周波数帯域 $F_{@}$ 別に処理する必要がある。このため、図 1A (2) に示すように、増幅部 224、周波数変換部 225、復調部 226、シリアルパラレル変換部 227 を

50

複数種の信号_bの別に設け、各増幅部224の前段に単一化処理部128として周波数分離部を設けるとよい。そして、分離後の各周波数帯域F_bのミリ波の電気信号を対応する周波数帯域F_bの系統に供給するようにすればよい。周波数分離部としては、図1A(2)に示すように各別の搬送周波数のミリ波信号が多重化されたものを各別に分離する場合はいわゆる分配器を使用すればよい。

【0083】

なお、図1A(2)で示した周波数分割多重方式の使用形態は、送信部と受信部の組を複数用いて、かつ、それぞれの組で各別の搬送周波数を用いて同一方向に伝送する方式であるが、周波数分割多重方式の使用形態はこれに限らない。たとえば、図1において、第1通信装置100の送信側信号生成部110と第2通信装置200の受信側信号生成部220の組で第1の搬送周波数を使用し、第1通信装置100の受信側信号生成部120と第2通信装置200の送信側信号生成部210の組で第2の搬送周波数を使用し、それぞれの組が互いに逆方向に信号伝送を同時に行なう全二重の双方向通信にすることもできる。この場合、図1における伝送路結合部108, 208のアンテナ切替部としては、双方への同時の信号伝送が可能ないわゆるサーキュレータを使用すればよい。

10

【0084】

また、送信部と受信部の組をさらに多く用いて、各組ではそれぞれ異なる搬送周波数を用いて、同一方向と逆方向を組み合わせる態様にしてもよい。この場合、図1A(2)において、伝送路結合部108, 208にはサーキュレータを使用しつつ、多重化処理部113, 213と単一化処理部128, 228を使用する構成にすればよい。

20

【0085】

このように半導体チップ103を構成すると、入力信号をパラレルシリアル変換して半導体チップ203側へ伝送し、また半導体チップ203側からの受信信号をシリアルパラレル変換することにより、ミリ波変換対象の信号数が削減される。

【0086】

第1通信装置100と第2通信装置200の間の元々の信号伝送がシリアル形式の場合には、パラレルシリアル変換部114およびシリアルパラレル変換部127を設けなくてもよい。

【0087】

[第2通信装置]

第2通信装置200は、概ね第1通信装置100と同様の機能構成を備える。各機能部には200番台の参照子を付し、第1通信装置100と同様・類似の機能部には第1通信装置100と同一の10番台および1番台の参照子を付す。送信側信号生成部210と伝送路結合部208で送信部が構成され、受信側信号生成部220と伝送路結合部208で受信部が構成される。

30

【0088】

LSI機能部204は、第2通信装置200の主要なアプリケーション制御を司るもので、たとえば、相手方に送信したい各種の信号を処理する回路や相手方から受信した種々の信号を処理する回路が含まれる。

【0089】

[接続と動作]

入力信号を周波数変換して信号伝送するという手法は、放送や無線通信で一般的に用いられている。これらの用途では、どこまで通信できるか(熱雑音に対してのS/Nの問題)、反射やマルチパスにどう対応するか、妨害や他チャンネルとの干渉をどう抑えるかなどの問題に対応できるような比較的複雑な送信器や受信器などが用いられている。これに対して、本実施形態で使用する信号生成部107, 1207は、放送や無線通信で一般的に用いられる複雑な送信器や受信器などの使用周波数に比べて、より高い周波数帯のミリ波帯で使用され、波長が短いため、周波数の再利用がし易く、近傍で多くのデバイス間での通信をするのに適したものが使用される。

40

【0090】

50

本実施形態では、従来の電気配線を利用した信号インタフェースとは異なり、前述のようにミリ波帯で信号伝送を行なうことで高速性と大容量に柔軟に対応できるようにしている。たとえば、高速性や大容量性が求められる信号のみをミリ波帯での通信の対象としており、システム構成によっては、通信装置100、200は、低速・小容量の信号用や電源供給用に、従前の電気配線によるインタフェース（端子・コネクタによる接続）を一部に備えることになる。

【0091】

信号生成部107は、LSI機能部104から入力された入力信号を信号処理してミリ波の信号を生成する。信号生成部107は、たとえば、マイクロストリップライン、ストリップライン、コプレーナライン、スロットラインなどの伝送線路で伝送路結合部108に接続され、生成されたミリ波の信号が伝送路結合部108を介してミリ波信号伝送路9に供給される。

10

【0092】

伝送路結合部108は、アンテナ構造を有し、伝送されたミリ波の信号を電磁波に変換し、電磁波を送出する機能を有する。伝送路結合部108はミリ波信号伝送路9と結合されており、ミリ波信号伝送路9の一方の端部に伝送路結合部108で変換された電磁波が供給される。ミリ波信号伝送路9の他端には第2通信装置200側の伝送路結合部208が結合されている。ミリ波信号伝送路9を第1通信装置100側の伝送路結合部108と第2通信装置200側の伝送路結合部208の間に設けることにより、ミリ波信号伝送路9にはミリ波帯の電磁波が伝搬するようになる。

20

【0093】

ミリ波信号伝送路9には第2通信装置200側の伝送路結合部208が結合されている。伝送路結合部208は、ミリ波信号伝送路9の他端に伝送された電磁波を受信し、ミリ波の信号に変換して信号生成部207（ベースバンド信号生成部）に供給する。信号生成部207は、変換されたミリ波の信号を信号処理して出力信号（ベースバンド信号）を生成しLSI機能部204へ供給する。

【0094】

ここでは第1通信装置100から第2通信装置200への信号伝送の場合で説明したが、第2通信装置200のLSI機能部204からの信号を第1通信装置100へ伝送する場合も同様に考えればよく双方向にミリ波の信号を伝送できる。

30

【0095】

ここで、電気配線を介して信号伝送を行なう信号伝送システムでは、次のような問題がある。

【0096】

i) 伝送データの大容量・高速化が求められるが、電気配線の伝送速度・伝送容量には限界がある。

【0097】

ii) 伝送データの高速化の問題に対応するため、配線数を増やして、信号の並列化により一信号線当たりの伝送速度を落とすことが考えられる。しかしながら、この対処では、入出力端子の増大に繋がってしまう。その結果、プリント基板やケーブル配線の複雑化、コネクタ部や電氣的インタフェースの物理サイズの増大などが求められ、それらの形状が複雑化し、これらの信頼性が低下し、コストが増大するなどの問題が起こる。

40

【0098】

iii) 映画映像やコンピュータ画像等の情報量の膨大化に伴い、ベースバンド信号の帯域が広がるに従って、EMC（電磁環境適合性）の問題がより顕在化してくる。たとえば、電気配線を用いた場合は、配線がアンテナとなって、アンテナの同調周波数に対応した信号が干渉される。また、配線のインピーダンスの不整合などによる反射や共振によるものも不要輻射の原因となる。共振や反射があると、それは放射を伴い易く、EMI（電磁誘導障害）の問題も深刻となる。このような問題を対策するために、電子機器の構成が複雑化する。

50

【 0 0 9 9 】

iv) EMC や EMI の他に、反射があると受信側でシンボル間での干渉による伝送エラーや妨害の飛び込みによる伝送エラーも問題となってくる。

【 0 1 0 0 】

これに対して、本実施形態の無線伝送システム 1 は、電気配線ではなくミリ波で信号伝送を行なうようにしている。LSI 機能部 104 から LSI 機能部 204 に対する信号は、ミリ波信号に変換され、ミリ波信号は伝送路結合部 108 , 208 間をミリ波信号伝送路 9 を介して伝送する。

【 0 1 0 1 】

無線伝送のため、配線形状やコネクタの位置を気にする必要がないため、レイアウトに対する制限があまり発生しない。ミリ波による信号伝送に置き換えた信号については波長が短く、波長の長さの範囲も限られているため、EMC や EMI の問題を容易に解消できる。一般に、通信装置 100 , 200 内部で他にミリ波帯の周波数を使用している機能部は存在しないため、EMC や EMI の対策が容易に実現できる。

10

【 0 1 0 2 】

第 1 通信装置 100 と第 2 通信装置 200 を近接した状態での無線伝送であり、固定位置間や既知の位置関係の信号伝送であるため、次のような利点が得られる。

【 0 1 0 3 】

1) 送信側と受信側の間の伝搬チャネル(導波構造)を適正に設計することが容易である。

20

【 0 1 0 4 】

2) 送信側と受信側を封止する伝送路結合部の誘電体構造と伝搬チャネル(ミリ波信号伝送路 9 の導波構造)を併せて設計することで、自由空間伝送より、信頼性の高い良好な伝送が可能になる。

【 0 1 0 5 】

3) 無線伝送を管理するコントローラ(本例では LSI 機能部 104)の制御も一般の無線通信のように動的にアダプティブに頻繁に行なう必要はないため、制御によるオーバーヘッドを一般の無線通信に比べて小さくすることができる。その結果、小型、低消費電力、高速化が可能になる。

【 0 1 0 6 】

4) 製造時や設計時に無線伝送環境を校正し、個体のばらつきなどを把握すれば、そのデータを参照して伝送することでより高品位の通信が可能になる。

30

【 0 1 0 7 】

5) 反射が存在していても、固定の反射であるので、小さい等化器で容易にその影響を受信側で除去できる。等化器の設定も、プリセットや静的な制御で可能であり、実現が容易である。

【 0 1 0 8 】

また、波長の短いミリ波帯での無線通信であることで、次のような利点が得られる。

【 0 1 0 9 】

a) ミリ波通信は通信帯域を広く取れるため、データレートを大きくとることが簡単にできる。

40

【 0 1 1 0 】

b) 伝送に使う周波数が他のベースバンド信号処理の周波数から離すことができ、ミリ波とベースバンド信号の周波数の干渉が起こり難い。

【 0 1 1 1 】

c) ミリ波帯は波長が短いため、波長に応じてきまるアンテナや導波構造を小さくできる。加えて、距離減衰が大きく回折も少ないため電磁シールドが行ない易い。

【 0 1 1 2 】

d) 通常の外野での無線通信では、搬送波の安定度については、干渉などを防ぐため、厳しい規制がある。そのような安定度の高い搬送波を実現するためには、高い安定度の外

50

部周波数基準部品と逓倍回路やPLL（位相同期ループ回路）などが用いられ、回路規模が大きくなる。しかしながら、ミリ波では（特に固定位置間や既知の位置関係の信号伝送との併用時は）、ミリ波は容易に遮蔽でき、外部に漏れないようにでき、安定度の低い搬送波を伝送に使用することができ、回路規模の増大を抑えることができる。安定度を緩めた搬送波で伝送された信号を受信側で小さい回路で復調するには、注入同期方式（詳細は後述する）を採用するのが好適である。

【0113】

なお、本実施形態では、無線伝送システムの一例として、ミリ波帯で通信を行なうシステムを例示したが、その適用範囲はミリ波帯で通信を行なうものに限定されない。ミリ波帯よりも波長の長いセンチ波（好ましくはミリ波に近い側）や、逆にミリ波帯よりも波長の短いサブミリ波（好ましくはミリ波に近い側）を適用してもよい。ただし、筐体内信号伝送や機器間信号伝送において、注入同期方式を採用し、また、タンク回路を含む発振回路の全体をCMOSチップ上に形成するという点においては、ミリ波帯を使用するのが最も効果的であると考えられる。

10

【0114】

<変調および復調：比較例>

図2は、通信処理システムにおける変調機能部および復調機能部の比較例を説明する図である。

【0115】

[変調機能部：比較例]

図2(1)には、送信側に設けられる比較例の変調機能部8300Xの構成が示されている。伝送対象の信号（たとえば12ビットの画像信号）はパラレルシリアル変換部114により、高速なシリアル・データ系列に変換され変調機能部8300Xに供給される。

20

【0116】

変調機能部8300Xとしては、変調方式に応じて様々な回路構成を採り得るが、たとえば、振幅や位相を変調する方式であれば、周波数混合部8302と送信側局部発振部8304を備えた構成を採用すればよい。

【0117】

送信側局部発振部8304（第1の搬送信号生成部）は、変調に用いる搬送信号（変調搬送信号）を生成する。周波数混合部8302（第1の周波数変換部）は、パラレルシリアル変換部8114（パラレルシリアル変換部114と対応）からの信号で送信側局部発振部8304が発生するミリ波帯の搬送波と乗算（変調）してミリ波帯の変調信号を生成して増幅部8117（増幅部117と対応）に供給する。変調信号は増幅部8117で増幅されアンテナ8136から放射される。

30

【0118】

[復調機能部：比較例]

図2(2)には、受信側に設けられる比較例の復調機能部8400Xの構成が示されている。復調機能部8400Xは、送信側の変調方式に応じた範囲で様々な回路構成を採用し得るが、ここでは、変調機能部8300Xの前記の説明と対応するように、振幅や位相が変調されている方式の場合で説明する。

40

【0119】

比較例の復調機能部8400Xは、2入力型の周波数混合部8402（ミキサ回路）を備え、受信したミリ波信号（の包絡線）振幅の二乗に比例した検波出力を得る自乗検波回路を用いる。なお、自乗検波回路に代えて自乗特性を有しない単純な包絡線検波回路を使用することも考えられる。図示した例では、周波数混合部8402の後段にフィルタ処理部8410とクロック再生部8420（CDR：クロック・データ・リカバリ / Clock Data Recovery）とシリアルパラレル変換部8127（S-P：シリアルパラレル変換部127と対応）が設けられている。フィルタ処理部8410には、たとえば低域通過フィルタ（LPF）が設けられる。

【0120】

50

アンテナ 8 2 3 6 で受信されたミリ波受信信号は可変ゲイン型の増幅部 8 2 2 4 (増幅部 2 2 4 と対応) に入力され振幅調整が行なわれた後に復調機能部 8 4 0 0 X に供給される。振幅調整された受信信号は周波数混合部 8 4 0 2 の 2 つの入力端子に同時に入力され自乗信号が生成され、フィルタ処理部 8 4 1 0 に供給される。周波数混合部 8 4 0 2 で生成された自乗信号は、フィルタ処理部 8 4 1 0 の低域通過フィルタで高域成分が除去されることで送信側から送られてきた入力信号の波形 (ベースバンド信号) が生成され、クロック再生部 8 4 2 0 に供給される。

【 0 1 2 1 】

クロック再生部 8 4 2 0 (C D R) は、このベースバンド信号を元にサンプリング・クロックを再生し、再生したサンプリング・クロックでベースバンド信号をサンプリングすることで受信データ系列を生成する。生成された受信データ系列はシリアルパラレル変換部 8 2 2 7 (S - P) に供給され、パラレル信号 (たとえば 1 2 ビットの画像信号) が再生される。クロック再生の方式としては様々な方式があるがたとえばシンボル同期方式を採用する。

10

【 0 1 2 2 】

[比較例の問題点]

ここで、比較例の変調機能部 8 3 0 0 X と復調機能部 8 4 0 0 X で無線伝送システムを構成する場合、次のような難点がある。

【 0 1 2 3 】

先ず、発振回路については、次のような難点がある。たとえば、野外 (屋外) 通信においては、多チャンネル化を考慮する必要がある。この場合、搬送波の周波数変動成分の影響を受けるため、送信側の搬送波の安定度の要求仕様が厳しい。筐体内信号伝送や機器間信号伝送において、ミリ波でデータを伝送するに当たり、送信側と受信側に、屋外の無線通信で用いられているような通常の手法を用いようとすると、搬送波に安定度が要求され、周波数安定度数が p p m (parts per million) オーダー程度の安定度の高いミリ波の発振回路が必要となる。

20

【 0 1 2 4 】

周波数安定度が高い搬送信号を実現するためには、たとえば、安定度の高いミリ波の発振回路をシリコン集積回路 (C M O S : Complementary Metal-oxide Semiconductor) 上に実現することが考えられる。しかしながら、通常の C M O S で使われるシリコン基板は絶縁性が低いため、容易に Q 値 (Quality Factor) の高いタンク回路が形成できず、実現が容易でない。たとえば、参考文献 A に示されているように、C M O S チップ上でインダクタンスを形成した場合、その Q 値は 3 0 ~ 4 0 程度になってしまう。

30

【 0 1 2 5 】

参考文献 A : A. Niknejad, "mm-Wave Silicon Technology 60GHz and Beyond" (特に 3.1.2 Inductors pp70 ~ 71), ISBN 978-0-387-76558-7

【 0 1 2 6 】

よって、安定度の高い発振回路を実現するには、たとえば、発振回路の本体部分が構成されている C M O S 外部に水晶振動子などで高い Q 値のタンク回路を設けて低い周波数で発振させ、その発振出力を逡倍してミリ波帯域へ上げるという手法を採ることが考えられる。しかし、L V D S (Low Voltage Differential Signaling) などの配線による信号伝送をミリ波による信号伝送に置き換える機能を実現するのに、このような外部タンクを全てのチップに設けることは好ましくない。

40

【 0 1 2 7 】

O O K (On-Off-Keying) のような振幅を変調する方式を用いれば、受信側では包絡線検波をすればよいので、発振回路が不要になりタンク回路の数を減らすことはできる。しかしながら、信号の伝送距離が長くなると受信振幅が小さくなり、包絡線検波の一例として自乗検波回路を用いる方式では、受信振幅が小さくなることの影響が顕著になり信号歪みが影響してくるので不利である。換言すると、自乗検波回路は、感度的に不利である。

【 0 1 2 8 】

50

周波数安定度数が高い搬送信号を実現するための他の手法として、たとえば、高い安定度の周波数通倍回路やPLL回路などを使用することが考えられるが、回路規模が増大してしまう。たとえば、参考文献Bには、プッシュ-プッシュ(Push-push)発振回路を使うことで、60GHzの分周器をなくし消費電力を減らしてはいるが、それでもまだ30GHzの発振回路や分周器、位相周波数検出回路(Phase Frequency Detector: PFD)、外部のレファレンス(この例では117MHz)などが必要で、明らかに回路規模が大きい。

【0129】

参考文献B: "A 90nm CMOS Low-Power 60GHz Tranceiver with Intergrated Baseband Circuitry", ISSCC 2009 / SESSION 18/RANGING AND Gb/s COMMUNICATION / 18.5, 2009 IEEE International Solid-State Circuits Conference, pp314 ~ 316

10

【0130】

自乗検波回路は受信信号から振幅成分しか取り出せないで、用いることのできる変調方式は振幅を変調する方式(たとえばOOKなどのASK)に限られ、位相や周波数を変調する方式の採用が困難となる。位相変調方式の採用が困難になると言うことは、変調信号を直交化してデータ伝送レートを上げることができないということに繋がる。

【0131】

また、周波数分割多重方式により多チャンネル化を実現する場合に、自乗検波回路を用いる方式では、次のような難点がある。受信側の周波数選択のためのバンドパスフィルタを自乗検波回路の前段に配置する必要があるが、急峻なバンドパスフィルタを小型に実現するのは容易ではない。また、急峻なバンドパスフィルタを用いた場合は送信側の搬送周波数の安定度についても要求仕様が厳しくなる。

20

【0132】

<変調および復調:基本>

図3~図4Aは、通信処理システムにおける変調機能および復調機能の基本構成を説明する図である。ここで、図3は、送信側に設けられる本実施形態の変調機能部8300(変調部115, 215と周波数変換部116, 216)とその周辺回路で構成される送信側信号生成部8110(送信側の通信部)の基本構成例を説明する図である。図4は、受信側に設けられる本実施形態の復調機能部8400(周波数変換部125, 225と復調部126, 226)とその周辺回路で構成される受信側信号生成部8220(受信側の通信部)の基本構成例を説明する図である。図4Aは注入同期の位相関係を説明する図である。

30

【0133】

前述の比較例における問題に対する対処として、本実施形態の復調機能部8400は、注入同期(インジェクションロック)方式を採用する。

【0134】

注入同期方式にする場合には、好ましくは、受信側での注入同期がし易くなるように変調対象信号に対して予め適正な補正処理を施しておく。典型的には、変調対象信号に対して直流近傍成分を抑圧してから変調する、つまり、DC(直流)付近の低域成分を抑圧(カット)してから変調することで、搬送周波数 f_c 近傍の変調信号成分ができるだけ少なくなるようにし、受信側での注入同期がし易くなるようにしておく。DCだけでなくその周りも抑圧した方がよいということである。デジタル方式の場合、たとえば同符号の連続によってDC成分が発生してしまうことを解消するべくDCフリー符号化を行なう。

40

【0135】

また、ミリ波帯に変調された信号(変調信号)と合わせて、変調に使用した搬送信号と対応する受信側での注入同期の基準として使用される基準搬送信号も送出するのが望ましい。基準搬送信号は、送信側局部発振部8304から出力される変調に使用した搬送信号と対応する周波数と位相(さらに好ましくは振幅も)が常に一定(不変)の信号であり、典型的には変調に使用した搬送信号そのものであるが、少なくとも搬送信号に同期していればよく、これに限定されない。たとえば、変調に使用した搬送信号と同期した別周波数の信号(たとえば高調波信号)や同一周波数ではあるが別位相の信号(たとえば変調に使

50

用した搬送信号と直交する直交搬送信号)でもよい。

【0136】

変調方式や変調回路によっては、変調回路の出力信号そのものに搬送信号が含まれる場合(たとえば標準的な振幅変調やASKなど)と、搬送波を抑圧する場合(搬送波抑圧方式の振幅変調やASKやPSKなど)がある。よって、送信側からミリ波帯に変調された信号と合わせて基準搬送信号も送出するための回路構成は、基準搬送信号の種類(変調に使用した搬送信号そのものを基準搬送信号として使用するか否か)や変調方式や変調回路に応じた回路構成を採ることになる。

【0137】

[変調機能部]

図3には、変調機能部8300とその周辺回路の基本構成が示されている。変調機能部8300(周波数混合部8302)の前段に変調対象信号処理部8301が設けられている。図3に示す各例は、デジタル方式の場合に対応した構成例を示しており、変調対象信号処理部8301は、パラレルシリアル変換部8114から供給されたデータに対して、同符号の連続によってDC成分が発生してしまうことを解消するべく、8-9変換符号化(8B/9B符号化)や8-10変換符号化(8B/10B符号化)やスクランブル処理などのDCフリー符号化を行なう。図示しないが、アナログ変調方式では変調対象信号に対してハイパスフィルタ処理(またはバンドパスフィルタ処理)をしておくのがよい。

【0138】

8-10変換符号化では、8ビットデータを10ビット符号に変換する。たとえば、10ビット符号として1024通りの中から"1"と"0"の個数のなるべく等しいものをデータ符号に採用することでDCフリー特性を有するようにする。データ符号に採用しない一部の10ビット符号は、たとえば、アイドルやパケット区切りなどを示す特殊な符号として用いる。スクランブル処理では、たとえば、10GBase-Xファミリ(IEEE802.3aeなど)で採用されている64B/66B符号化が知られている。

【0139】

ここで、図3(1)に示す基本構成1は、基準搬送信号処理部8306と信号合成部8308を設けて、変調回路(第1の周波数変換部)の出力信号(変調信号)と基準搬送信号を合成(混合)するという操作を行なう。基準搬送信号の種類や変調方式や変調回路に左右されない万能な方式と言える。ただし、基準搬送信号の位相によっては、合成された基準搬送信号が受信側での復調時に直流オフセット成分として検出されベースバンド信号の再現性に影響を与えることもある。その場合は、受信側で、その直流成分を抑制する対処をとるようにする。換言すると、復調時に直流オフセット成分を除去しなくても良い位相関係の基準搬送信号にするのがよい。

【0140】

基準搬送信号処理部8306では、必要に応じて送信側局部発振部8304から供給された変調搬送信号に対して位相や振幅を調整し、その出力信号を基準搬送信号として信号合成部8308に供給する。たとえば、本質的には周波数混合部8302の出力信号そのものには周波数や位相が常に一定の搬送信号を含まない方式(周波数や位相を変調する方式)の場合や、変調に使用した搬送信号の高調波信号や直交搬送信号を基準搬送信号として使用する場合に、この基本構成1が採用される。

【0141】

この場合、変調に使用した搬送信号の高調波信号や直交搬送信号を基準搬送信号に使用することができるし、変調信号と基準搬送信号の振幅や位相を各別に調整できる。すなわち、増幅部8117では変調信号の振幅に着目した利得調整を行ない、このときに同時に基準搬送信号の振幅も調整されるが、注入同期との関係で好ましい振幅となるように基準搬送信号処理部8306で基準搬送信号の振幅のみを調整できる。

【0142】

なお、基本構成1では、信号合成部8308を設けて変調信号と基準搬送信号を合成しているが、このことは必須ではなく、図3(2)に示す基本構成2のように、変調信号と

10

20

30

40

50

基準搬送信号を各別のアンテナ 8 1 3 6 _1, 8 1 3 6 _2で、好ましくは干渉を起さないように各別のミリ波信号伝送路 9 で受信側に送ってもよい。基本構成 2 では、振幅も常に一定の基準搬送信号を受信側に送出でき、注入同期の取り易さの観点では最適の方式と言える。

【 0 1 4 3 】

基本構成 1, 2 の場合、変調に使用した搬送信号（換言すると送出される変調信号）と基準搬送信号の振幅や位相を各別に調整できる利点がある。したがって、伝送対象情報を載せる変調軸と注入同期に使用される基準搬送信号の軸（基準搬送軸）を、同相ではなく、異なる位相にして復調出力に直流オフセットが発生しないようにするのに好適な構成と言える。

【 0 1 4 4 】

周波数混合部 8 3 0 2 の出力信号そのものに周波数や位相が常に一定の搬送信号が含まれ得る場合には、基準搬送信号処理部 8 3 0 6 や信号合成部 8 3 0 8 を具備しない図 3 (3) に示す基本構成 3 を採用し得る。周波数混合部 8 3 0 2 によりミリ波帯に変調された変調信号のみを受信側に送出し、変調信号に含まれる搬送信号を基準搬送信号として扱えばよく、周波数混合部 8 3 0 2 の出力信号にさらに別の基準搬送信号を加えて受信側に送る必要はない。たとえば、振幅を変調する方式（たとえば A S K 方式）の場合に、この基本構成 3 が採用され得る。このとき、好ましくは、D C フリー処理を行なっておくのが望ましい。

【 0 1 4 5 】

ただし、振幅変調や A S K においても、周波数混合部 8 3 0 2 を積極的に搬送波抑圧方式の回路（たとえば平衡変調回路や二重平衡変調回路）にして、基本構成 1, 2 のように、その出力信号（変調信号）と合わせて基準搬送信号も送るようにしてもよい。

【 0 1 4 6 】

なお、位相や周波数を変調する方式の場合にも、図 3 (4) に示す基本構成 4 のように、変調機能部 8 3 0 0 （たとえば直交変調を使用する）でミリ波帯に変調（周波数変換）した変調信号のみを送出することも考えられる。しかしながら、受信側で注入同期がとれるか否かは、注入レベル（注入同期方式の発振回路に入力される基準搬送信号の振幅レベル）や変調方式やデータレートや搬送周波数なども関係し、適用範囲に制限がある。

【 0 1 4 7 】

基本構成 1 ~ 4 の何れも、図中に点線で示すように、受信側での注入同期検出結果に基づく情報を受信側から受け取り、変調搬送信号の周波数やミリ波（特に受信側で注入信号に使用されるもの：たとえば基準搬送信号や変調信号）や基準搬送信号の位相を調整する仕組みを採ることができる。受信側から送信側への情報の伝送はミリ波で行なうことは必須ではなく、有線・無線を問わず任意の方式でよい。

【 0 1 4 8 】

基本構成 1 ~ 4 の何れも、送信側局部発振部 8 3 0 4 を制御することで変調搬送信号（や基準搬送信号）の周波数が調整される。

【 0 1 4 9 】

基本構成 1, 2 では、基準搬送信号処理部 8 3 0 6 や増幅部 8 1 1 7 を制御することで基準搬送信号の振幅や位相が調整される。なお、基本構成 1 では、送信電力を調整する増幅部 8 1 1 7 により基準搬送信号の振幅を調整することも考えられるが、その場合は変調信号の振幅も一緒に調整されてしまう難点がある。

【 0 1 5 0 】

振幅を変調する方式（アナログの振幅変調やデジタルの A S K ）に好適な基本構成 3 では、変調対象信号に対する直流成分を調整するか、変調度（変調率）を制御することで、変調信号中の搬送周波数成分（基準搬送信号の振幅に相当）が調整される。たとえば、伝送対象信号に直流成分を加えた信号を変調する場合を考える。この場合において、変調度を一定にする場合、直流成分を制御することで基準搬送信号の振幅が調整される。また、直流成分を一定にする場合、変調度を制御することで基準搬送信号の振幅が調整される。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 1 】

ただしこの場合、信号合成部 8 3 0 8 を使用するまでもなく、周波数混合部 8 3 0 2 から出力される変調信号のみを受信側に送出手で、自動的に、搬送信号を伝送対象信号で変調した変調信号と変調に使用した搬送信号とが混合された信号となって送出手される。必然的に、変調信号の伝送対象信号を載せる変調軸と同じ軸（つまり変調軸と同相で）に基準搬送信号が載ることになる。受信側では、変調信号中の搬送周波数成分が基準搬送信号として注入同期に使用されることになる。ここで、詳細は後述するが、位相平面で考えたとき、伝送対象情報を載せる変調軸と注入同期に使用される搬送周波数成分（基準搬送信号）の軸が同相となり、復調出力には搬送周波数成分（基準搬送信号）に起因する直流オフセットが発生する。

10

【 0 1 5 2 】

[復調機能部]

図 4 には、復調機能部 8 4 0 0 とその周辺回路の基本構成が示されている。本実施形態の復調機能部 8 4 0 0 は、受信側局部発振部 8 4 0 4 を備え、注入信号を受信側局部発振部 8 4 0 4 に供給することで、送信側で変調に使用した搬送信号に対応した出力信号を取得する。典型的には送信側で使用した搬送信号に同期した発振出力信号を取得する。そして、受信したミリ波変調信号と受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号に基づく復調用の搬送信号（復調搬送信号：再生搬送信号と称する）を周波数混合部 8 4 0 2 で乗算する（同期検波する）ことで同期検波信号を取得する。この同期検波信号はフィルタ処理部 8 4 1 0 で高域成分の除去が行なわれることで送信側から送られてきた入力信号の波形（ベースバンド信号）が得られる。以下、比較例と同様である。

20

【 0 1 5 3 】

周波数混合部 8 4 0 2 は、同期検波により周波数変換（ダウンコンバート・復調）を行なうことで、たとえばビット誤り率特性が優れる、直交検波に発展させることで位相変調や周波数変調を適用できるなどの利点が得られる。

【 0 1 5 4 】

受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号に基づく再生搬送信号を周波数混合部 8 4 0 2 に供給して復調するに当たっては、位相ズレを考慮する必要があり、同期検波系において位相調整回路を設けることが肝要となる。たとえば、参考文献 C に示されているように、受信した変調信号と受信側局部発振部 8 4 0 4 で注入同期により出力される発振出力信号には、位相差があるからである。

30

【 0 1 5 5 】

参考文献 C : L. J. Paciorek, " Injection Lock of Oscillators ", Proceeding of the IEEE, Vol. 55 NO. 11, November 1965 , pp1723 ~ 1728

【 0 1 5 6 】

この例では、その位相調整回路の機能だけでなく注入振幅を調整する機能も持つ位相振幅調整部 8 4 0 6 を復調機能部 8 4 0 0 に設けている。位相調整回路は、受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号、受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号の何れに対して設けても良く、その両方に適用してもよい。受信側局部発振部 8 4 0 4 と位相振幅調整部 8 4 0 6 で、変調搬送信号と同期した復調搬送信号を生成して周波数混合部 8 4 0 2 に供給する復調側（第 2 ）の搬送信号生成部が構成される。

40

【 0 1 5 7 】

図中に点線で示すように、周波数混合部 8 4 0 2 の後段には、変調信号に合成された基準搬送信号の位相に応じて（具体的には変調信号と基準搬送信号が同相時）、同期検波信号に含まれ得る直流オフセット成分を除去する直流成分抑制部 8 4 0 7 を設ける。

【 0 1 5 8 】

ここで、参考文献 C に基づけば、受信側局部発振部 8 4 0 4 の自走発振周波数を f_o (o)、注入信号の中心周波数（基準搬送信号の場合はその周波数）を f_i (i)、受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入電圧を V_i 、受信側局部発振部 8 4 0 4 の自走発振電圧を V_o 、Q 値 (Quality Factor) を Q とすると、ロックレンジを最大引込み周波数範囲

50

$f_{o\max}$ で示す場合、式 (A) で規定される。式 (A) より、Q 値がロックレンジに影響を与え、Q 値が低い方がロックレンジが広がることが分かる。

【0159】

$$f_{o\max} = f_o / (2 * Q) * (V_i / V_o) * 1 / \sqrt{1 - (V_i / V_o)^2} \dots (A)$$

【0160】

式 (A) より、注入同期により発振出力信号を取得する受信側局部発振部 8404 は、注入信号の内の $f_{o\max}$ 内の成分にはロック (同期) し得るが、 $f_{o\max}$ 外の成分にはロックし得ず、バンドパス効果を持つということが理解される。たとえば、周波数帯域を持った変調信号を受信側局部発振部 8404 に供給して注入同期により発振出力信号を得る場合、変調信号の平均周波数 (搬送信号の周波数) に同期した発振出力信号が得られ、 $f_{o\max}$ 外の成分は取り除かれるようになる。

10

【0161】

ここで、受信側局部発振部 8404 に注入信号を供給するに当たっては、図 4 (1) に示す基本構成 1 のように、受信したミリ波信号を注入信号として受信側局部発振部 8404 に供給することが考えられる。この場合、 $f_{o\max}$ 内の周波数成分は少ない方が望ましい。「少ない方が望ましい」と記載したのは、ある程度は存在していても適切に信号入力レベルや周波数を調整すれば注入同期が可能であることに基づく。つまり、注入同期に不要な周波数成分も受信側局部発振部 8404 に供給され得るので注入同期が取り難いことが懸念される。しかしながら、送信側で予め、変調対象信号に対して低域成分を抑圧 (DC フリー符号化などを) してから変調することで、搬送周波数近傍に変調信号成分が存在しないようにしておけば、基本構成 1 でも差し支えない。

20

【0162】

また、図 4 (2) に示す基本構成 2 のように、周波数分離部 8401 を設け、受信したミリ波信号から変調信号と基準搬送信号を周波数分離し、分離した基準搬送信号成分を注入信号として受信側局部発振部 8404 に供給することが考えられる。注入同期に不要な周波数成分を予め抑制してから供給するので、注入同期が取り易くなる。

【0163】

図 4 (3) に示す基本構成 3 は、送信側が図 3 (2) に示す基本構成 2 を採っている場合に対応するものである。変調信号と基準搬送信号を各別のアンテナ 8236_1, 8236_2 で、好ましくは干渉を起さないように各別のミリ波信号伝送路 9 で受信する方式である。受信側の基本構成 3 では、振幅も常に一定の基準搬送信号を受信側局部発振部 8404 に供給でき、注入同期の取り易さの観点では最適の方式と言える。

30

【0164】

図 4 (4) に示す基本構成 4 は、送信側が位相や周波数を変調する方式の場合に図 3 (4) に示す基本構成 4 を採っている場合に対応するものである。構成としては基本構成 1 と同様になっているが、復調機能部 8400 の構成は、実際には、直交検波回路など位相変調や周波数変調に対応した復調回路とされる。

【0165】

アンテナ 8236 で受信されたミリ波信号は図示を割愛した分配器 (分波器) で周波数混合部 8402 と受信側局部発振部 8404 に供給される。受信側局部発振部 8404 は、注入同期が機能することで、送信側で変調に使用した搬送信号に同期した再生搬送信号を出力する。

40

【0166】

ここで、受信側で注入同期がとれる (送信側で変調に使用した搬送信号に同期した再生搬送信号を取得できる) が否かは、注入レベル (注入同期方式の発振回路に入力される基準搬送信号の振幅レベル) や変調方式やデータレートや搬送周波数なども関係する。また、変調信号は注入同期可能な帯域外となるようにしておくことが肝要であり、そのためには送信側で DC フリー符号化をしておくことで、変調信号の中心 (平均的な) 周波数が搬送周波数に概ね等しく、また、中心 (平均的な) 位相が概ねゼロ (位相平面上の原点) に

50

等しくなるようにするのが望ましい。

【 0 1 6 7 】

たとえば、参考文献 D には、B P S K (Binary Phase Shift Keying) 方式で変調された変調信号そのものを注入信号に使用する例が開示されている。B P S K 方式では、入力信号のシンボル時間 T に応じて受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号は 1 8 0 度の位相変化が起こる。その場合でも受信側局部発振部 8 4 0 4 が注入同期できるためには受信側局部発振部 8 4 0 4 の最大引込み周波数範囲幅を $f_{o\max}$ とすると、たとえばシンボル時間 T は $T < 1 / (2 f_{o\max})$ を満たしていることが必要とされる。このことは、シンボル時間 T は余裕をもって短く設定されていなければならないことを意味するが、このように短いシンボル時間 T の方がよいと言うことは、データレートを高くするとよいことを意味し、高速なデータ転送を目指す用途においては都合がよい。

10

【 0 1 6 8 】

参考文献 D : P. Edmonson, et al., " Injection Locking Techniques for a 1-GHz Digital Receiver Using Acoustic-Wave Devices ", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 39, No. 5, September, 1992, pp631 ~ 637

【 0 1 6 9 】

また、参考文献 E には、8 P S K (8-Phase Shift Keying) 方式で変調された変調信号そのものを注入信号に使用する例が開示されている。この参考文献 E においても、注入電圧や搬送周波数が同じ条件であればデータレートが高い方が注入同期し易いことが示されており、やはり、高速なデータ転送を目指す用途においては都合がよい。

20

【 0 1 7 0 】

参考文献 E : Tarar, M.A.; Zhizhang Chen, " A Direct Down-Conversion Receiver for Coherent Extraction of Digital Baseband Signals Using the Injection Locked Oscillators ", Radio and Wireless Symposium, 2008 IEEE, Volume , Issue , 22-24 Jan. 2008 , pp57 ~ 60

【 0 1 7 1 】

基本構成 1 ~ 4 の何れにおいても、式 (A) に基づき、注入電圧 V_i や自走発振周波数 f_o を制御することでロックレンジを制御するようにする。換言すると、注入同期がとれるように、注入電圧 V_i や自走発振周波数 f_o を調整することが肝要となる。たとえば、周波数混合部 8 4 0 2 の後段 (図の例では直流成分抑制部 8 4 0 7 の後段) に注入同期制御部 8 4 4 0 を設け、周波数混合部 8 4 0 2 で取得された同期検波信号 (ベースバンド信号) に基づき注入同期の状態を判定し、その判定結果に基づいて、注入同期がとれるように、調整対象の各部を制御する。

30

【 0 1 7 2 】

その際には、受信側で対処する手法と、図中に点線で示すように、送信側に制御に資する情報 (制御情報のみに限らず制御情報の元となる検知信号など) を供給して送信側で対処する手法の何れか一方またはその併用を採り得る。受信側で対処する手法は、ミリ波信号 (特に基準搬送信号成分) をある程度の強度で伝送しておかないと受信側で注入同期がとれないという事態に陥るので、消費電力や干渉耐性の面で難点があるが、受信側だけで対処できる利点がある。

40

【 0 1 7 3 】

これに対して、送信側で対処する手法は、受信側から送信側への情報の伝送が必要になるものの、受信側で注入同期がとれる最低限の電力でミリ波信号を伝送でき消費電力を低減できる、干渉耐性が向上するなどの利点がある。

【 0 1 7 4 】

筐体内信号伝送や機器間信号伝送において注入同期方式を適用することにより、次のような利点が得られる。送信側の送信側局部発振部 8 3 0 4 は、変調に使用する搬送信号の周波数の安定度の要求仕様を緩めることができる。注入同期する側の受信側局部発振部 8 4 0 4 は式 (A) より明らかなように、送信側の周波数変動に追従できるような低い Q 値

50

であることが必要である。

【0175】

このことは、タンク回路（インダクタンス成分とキャパシタンス成分）を含む受信側局部発振部8404の全体をCMOS上に形成する場合に都合がよい。受信側では、受信側局部発振部8404はQ値の低いものでもよいが、この点は送信側の送信側局部発振部8304についても同様であり、送信側局部発振部8304は周波数安定度が低くてもよく、Q値の低いものでもよい。

【0176】

CMOSは微細化が今後さらに進み、その動作周波数はさらに上昇する。より広帯域で小型の伝送システムを実現するには、高い搬送周波数を使うことが望まれる。本例の注入同期方式は、発振周波数安定度についての要求仕様を緩めることができるため、より高い周波数の搬送信号を容易に用いることができる。

10

【0177】

高い周波数ではあるが周波数安定度が低くてもよい（換言するとQ値の低いものでもよい）ということは、高い周波数で安定度も高い搬送信号を実現するために、高い安定度の周波数逓倍回路やキャリア同期のためのPLL回路などを使用することが不要で、より高い搬送周波数でも、小さな回路規模で簡潔に通信機能を実現し得るようになる。

【0178】

受信側局部発振部8404により送信側で使用した搬送信号に同期した再生搬送信号を取得して周波数混合部8402に供給し同期検波を行なうので、周波数混合部8402の前段に波長選択用のバンドパスフィルタを設けなくてもよい。受信周波数の選択動作は、事実上、送受信の局部発振回路を完全に同期させる（つまり、注入同期がとれるようにする）制御を行えばよく、受信周波数の選択が容易である。ミリ波帯であれば注入同期に要する時間も低い周波数に比べて短くて済み、受信周波数の選択動作を短時間で済ませることができる。

20

【0179】

送受信の局部発振回路が完全に同期するため、送信側の搬送周波数の変動成分が打ち消されるので、位相変調など様々な変調方式が容易に適用できる。たとえば、デジタル変調では、QPSK（Quadrature Phase Shift Keying）変調や16QAM（Quadrature Amplitude Modulation）変調などの位相変調が広く知られている。これらの位相変調方式は、ベースバンド信号と搬送波との間で直交変調を行なうものである。直交変調では、入力データをI相とQ相のベースバンド信号にし直交変調を施す、つまりI相信号とQ相信号によりI軸とQ軸の各搬送信号に対して各別に変調を施す。参考文献Eに記載のような8PSK変調での適用に限らず、QPSKや16QAMのような直交変調方式でも注入同期を適用可能であり、変調信号を直交化してデータ伝送レートを上げることができる。

30

【0180】

注入同期を適用すれば、同期検波との併用により、波長選択用のバンドパスフィルタを受信側で使用しなくても、多チャンネル化や全二重の双方向化を行なう場合などのように複数の送受信ペアが同時に独立な伝送をする場合でも干渉の問題の影響を受け難くなる。

【0181】

[注入信号と発振出力信号との関係]

図4Aには、注入同期における各信号の位相関係が示されている。ここでは、基本的なものとして、注入信号（ここでは基準搬送信号）の位相は変調に使用した搬送信号の位相と同相である場合で示す。

40

【0182】

受信側局部発振部8404の動作としては、注入同期モードと増幅器モードの2つを採用し得る。注入同期方式を採用する上では、基本的な動作としては、注入同期モードで使用し、特殊なケースで増幅器モードを使用する。特殊なケースは、基準搬送信号を注入信号に使用する場合に、変調に使用した搬送信号と基準搬送信号の位相が異なる（典型的には直交関係にある）場合である。

50

【 0 1 8 3 】

受信側局部発振部 8 4 0 4 が注入同期モードで動作する場合、図示のように、受信した基準搬送信号 SQ と注入同期により受信側局部発振部 8 4 0 4 から出力される発振出力信号 SC には位相差がある。周波数混合部 8 4 0 2 にて直交検波をするには、この位相差を補正する必要がある。図から分かるように、受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号に対して変調信号 SI の位相とほぼ一致するように位相振幅調整部 8 4 0 6 で位相調整を行なう位相シフト分は図中の「 - 」である。

【 0 1 8 4 】

換言すると、位相振幅調整部 8 4 0 6 は、受信側局部発振部 8 4 0 4 が注入同期モードで動作しているときの出力信号 V_{out} の位相を、受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号 S_{inj} と注入同期したときの出力信号 V_{out} との位相差「 - 」の分を相殺するように位相シフトすればよい。因みに、受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号 S_{inj} と受信側局部発振部 8 4 0 4 の自走出力 V_o との位相差が $\pi/2$ であり、注入同期したときの受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号 V_{out} と受信側局部発振部 8 4 0 4 の自走出力 V_o との位相差が π である。

10

【 0 1 8 5 】

< 基準搬送信号の位相と復調処理の関係 >

[基本]

図 5 ~ 5 B は、基準搬送信号の位相と復調処理の関係を説明する図である。ここで、図 5 は、搬送信号と基準搬送信号が同一周波数で同一位相の場合における復調処理の基本を説明する図である。図 5 A は、搬送信号と基準搬送信号が同一周波数であり位相が直交関係にある場合における復調処理の基本を説明する図であり、図 5 B はその回路構成の基本を示す図である。

20

【 0 1 8 6 】

注入同期方式を適用する場合、処理済入力信号で搬送信号を変調して得た変調信号と合わせて、変調に使用した搬送信号と対応する（少なくとも同期した）基準搬送信号も受信側に送ることが望ましい。典型的には、変調に使用した搬送信号と同じ周波数の信号を基準搬送信号として使用する。このとき、変調に使用した搬送信号と基準搬送信号の位相関係を如何様に設定するかで、受信側の復調時に不要成分（特に直流オフセット成分）が発生する。以下、この点について、変調に使用した搬送信号と同じ周波数の信号を基準搬送信号に使用する場合における、基準搬送信号の位相と復調処理の関係について説明する。

30

【 0 1 8 7 】

ASK 方式では、伝送対象信号で搬送信号の振幅を変調する。I 軸と Q 軸で表わされる位相平面上で、I 相信号と Q 相信号の内の何れか一方を使用し、変調信号の信号振幅を $0 \sim +F$ の範囲で与えるものと考えればよい。 0 、 $+F$ の 2 値で変調する場合が最も単純で、変調度が 100% の場合は OK となる。「F」は正規化することで「1」と考えられ、2 値の ASK が実現される。

【 0 1 8 8 】

ここで、変調に使用した搬送信号と同じ周波数で同じ位相の信号を基準搬送信号として使用する場合を考える。たとえば、図 5 (1) に示すように、I 軸に情報を載せて伝送しようとするとき、基準搬送信号も同相 (I 軸) にする。

40

【 0 1 8 9 】

ところで、変調に使用した搬送信号と基準搬送信号の位相を同相とする場合、たとえば次のような手法を採り得る。

【 0 1 9 0 】

図 5 (2) に示す第 1 例は図 3 (1) に示す基本構成 1 を適用する手法の一例である。周波数混合部 8 3 0 2 には伝送対象信号 $a(t)$ と搬送信号 $c(t) = \cos t$ が供給される。周波数混合部 8 3 0 2 としては平衡変調回路や二重平衡変調回路を使用して搬送波抑圧の振幅変調を行なうことで、 $d(t) = a(t) \cos t$ を生成し信号合成部 8 3 0 8 に供給する。伝送対象信号 $a(t)$ は 0 、 $+1$ の 2 値とする。基準搬送信号処理部

50

8306は送信側局部発振部8304から出力された搬送信号 $c(t) = \cos t$ の振幅を C_0 ($0 \sim 1$ の範囲内)にして基準搬送信号 $e(t) = C_0 \cos t$ として信号合成部8308に供給する。信号合成部8308は $d(t) + e(t)$ なる信号合成を行なうことで送信信号 $f(t)$ を生成する。 $C_0 = 0$ のときが100%変調時と等価である。

【0191】

図5(3)に示す第2例と図5(4)に示す第3例は、図3(3)に示す基本構成3を適用する手法の一例である。周波数混合部8302としては搬送波抑圧が適用されない回路構成を使用し、伝送対象信号 $b(t)$ に直流成分 b_0 を加えた信号 $g(t)$ で振幅変調を行なうことで $h(t) = g(t) \cos t$ を生成する。伝送対象信号 $b(t)$ は $-1, +1$ の2値とする。伝送対象信号 $b(t)$ の振幅 B が変調度(変調率)に対応する。

10

【0192】

ここで、図5(3)に示す第2例は、変調度 B を一定($=1$)にする場合であり、直流成分 b_0 を $1 \sim 2$ の範囲内で制御することで基準搬送信号の振幅($b(t) = -1$ の期間の振幅)を調整する。図5(4)に示す第3例は、直流成分 b_0 を一定($=1$)にする場合であり、変調度 B を $0 \sim 1$ の範囲内で制御することで基準搬送信号の振幅($b(t) = -1$ の期間の振幅)を調整する。

【0193】

第1例～第3例の何れの場合も、I軸だけに情報を載せて伝送しようとするときに基準搬送信号も同相(I軸)にしている例であり、この場合、図5(5)から分かるように、受信側で直流オフセット成分が発生してしまう。

20

【0194】

たとえば、I軸を実数成分、Q軸を虚数成分として、第1例において伝送対象信号 $a(t)$ の振幅を $0, +1$ とすると、受信信号点はI軸上の $0, +1$ にくる。基準搬送波もI軸上に載せると、信号点は「 $0 + C_0$ 」と「 $+1 + C_0$ 」になり、 $+C_0$ 分の直流成分が載る結果となる。

【0195】

第2例や第3例において伝送対象信号 $b(t)$ を $-1, +1$ とすると、受信信号点はI軸上の $-1, +1$ にくる。基準搬送波もI軸上に載せると、信号点は「 $-1 + C_0$ 」と「 $+1 + C_0$ 」になり、 $+C_0$ 分の直流成分が載る結果となる。BPSKを適用する場合に、基準搬送波もI軸上に載るように予め信号処理で変調対象信号を加工してから変調することでASKと等価にするという考え方である。

30

【0196】

この問題を解決するには、図4に示したように、受信側に直流オフセット成分を抑制する直流成分抑制部8407を設けることが考えられる。しかしながら、機器ごとにばらつきが異なり直流オフセットの大きさに応じた個別調整が必要となるし、温度ドリフトの影響を受けるなどの難点がある。

【0197】

この問題を受信側に直流成分抑制部8407を設けずに解決する方法として、伝送情報が載せられる位相軸(変調信号の位相軸)とは異なる位相軸(好ましくは最も離れた位相軸)に基準搬送信号を載せて送ることが考えられる。

40

【0198】

たとえば、伝送情報をI軸とQ軸の何れか一方だけに載せるASKモードの場合には、送信側では、基準搬送信号と変調情報を直交させておくことが考えられる。つまり、I相信号とQ相信号の2軸変調を行なう代りに、I軸とQ軸の何れか一方だけを信号伝送に使用し、他方については無変調にし、その無変調信号を基準搬送信号として使用する。

【0199】

伝送情報(変調情報)および基準搬送信号と、I軸およびQ軸の関係を逆にしてもよい。たとえば、送信側では、伝送情報をI軸側にし基準搬送信号をQ軸側にしておいてもよいし、逆に、伝送情報をQ軸側にし基準搬送信号をI軸側にしておいてもよい。図5Aに示した例は、伝送情報をI軸側にし基準搬送信号をQ軸側にする場合を示している。

50

【 0 2 0 0 】

図 5 A (2) に示すように、伝送信号用の I 軸用には周波数混合部 8 3 0 2 _I を設けている。周波数混合部 8 3 0 2 _I には伝送対象信号 $a(t)$ が供給される。基準搬送信号処理部 8 3 0 6 は、基準搬送信号用の Q 軸用の周波数混合部 8 3 0 2 _Q と、その前段に搬送信号を直交化させる機能部として 9 0 度位相シフト部 8 3 0 9 を有している。位相振幅調整回路 8 3 0 7 を 9 0 度位相シフト部 8 3 0 9 として機能させてもよい。周波数混合部 8 3 0 2 _Q には直流成分 C_0 が供給される。

【 0 2 0 1 】

そして、受信側では、受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号に基づく再生搬送信号を周波数混合部 8 4 0 2 に供給し、受信した I 軸の変調信号と掛け合わせる（同期検波する）ことで I 軸のベースバンド信号を復元する。この際には、受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号に基づく再生搬送信号の位相が I 軸の変調信号の位相がほぼ一致するように位相調整を行なう。結果的に位相がほぼ等しくなればよく、前述のように、位相調整は受信側局部発振部 8 4 0 4 の前段および後段の何れで行なってもよい。

10

【 0 2 0 2 】

ここで、変調信号（搬送信号）と基準搬送信号を直交関係にする場合、受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号に基づく再生搬送信号を如何様にして得るかは、注入振幅と関係する。大まかには、受信側局部発振部 8 4 0 4 での注入同期が適正に機能するか、注入同期が機能せずに受信側局部発振部 8 4 0 4 が増幅器モードで動作するかで、位相シフトの考え方が異なる。

20

【 0 2 0 3 】

たとえば、受信側局部発振部 8 4 0 4 での注入同期が適正に機能するように注入振幅を小さくする（弱い注入信号にする）場合には、注入同期で得られる受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号 V_{out} （発振出力信号 SC）を元に再生搬送信号を取得する。なお、「注入振幅を小さくする（弱い注入信号にする）」とは言っても、あまり弱いと注入同期しなくなるので、注入同期が適正に機能するように、程よいレベルの入力が必要になる。この場合、Q 軸の基準搬送信号 SQ に基づく発振出力信号 SC が受信側局部発振部 8 4 0 4 から得られるが、図 4 A に示したように、受信した基準搬送信号 SQ と注入同期により受信側局部発振部 8 4 0 4 から出力される発振出力信号 SC には位相差がある。さらに、受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号である Q 軸の基準搬送信号は伝送対象信号が載せられる変調軸（I 軸）と 9 0 度の位相差がある。

30

【 0 2 0 4 】

結局の所は、受信側局部発振部 8 4 0 4 の出力信号に対して変調信号 SI の位相とほぼ一致するように位相振幅調整部 8 4 0 6 で位相調整を行なう位相シフト分は、図 4 A 中の「
-」にさらに伝送対象情報載せる変調軸との位相差の分（本例の場合 9 0 度）を加えた分となる。図 5 A (3) に示すように、変調信号 SI の位相とほぼ一致するように位相振幅調整部 8 4 0 6 で位相調整を行なって再生搬送信号 SR とし、これを周波数混合部 8 4 0 2 に供給するということになる。

【 0 2 0 5 】

この再生搬送信号 SR を受信した I 軸の変調信号 SI と周波数混合部 8 4 0 2 において掛け合わせる（同期検波する）ことで I 軸のベースバンド信号を復元する。こうすることで、直流オフセット成分のないベースバンド信号が得られる。

40

【 0 2 0 6 】

一方、注入振幅を大きくする（強い注入信号にする）場合には、受信側局部発振部 8 4 0 4 は注入同期モードが機能せずに増幅器モードで動作するようになる。この場合、位相振幅調整部 8 4 0 6 は、受信側局部発振部 8 4 0 4 が増幅器モードで動作しているときの基準搬送信号の成分の出力信号の位相を、伝送対象情報載せる変調軸との位相差の分を相殺するように位相シフトすればよい。本例の場合、I 軸に伝送対象情報載せ、Q 軸に基準搬送信号を載せているので、両軸の位相差は 9 0 度である。

【 0 2 0 7 】

50

よって、図5A(4)に示すように、増幅器モードで受信側局部発振部8404から出力される出力信号の内のQ軸の基準搬送信号の成分をI軸の変調信号と位相が一致するように90度位相シフトを行なって再生搬送信号SRとして、これを周波数混合部8402に供給する。この再生搬送信号SRを受信したI軸の変調信号SIと周波数混合部8402において掛け合わせる(同期検波する)ことでI軸のベースバンド信号を復元する。こうすることで、直流オフセット成分のないベースバンド信号が得られる。

【0208】

基準搬送信号 $SQ (= \cos(t + \theta))$ と変調信号 $SI (= a(t) \cos(t + \theta))$ との間には90度の位相差があるので、基準搬送信号SQの位相を90度ずらすことで、ベースバンド信号の直流成分を抑えることができる。たとえば、基準搬送波をQ軸上に載せると、信号点は「 $+1 + j \cos$ 」と「 $0 + j \cos$ 」になり、I軸成分だけを取り出せば、「0」と「+1」となり、直流成分が載らない結果が得られる。Q軸上の基準搬送信号SQに対応する受信側局部発振部8404から増幅器モードで出力される出力信号で同期検波するとQ軸成分しか得られないので、途中で位相を90度ずらしてI軸成分を得られるようにするのである。

10

【0209】

したがって、復調系統の回路構成としては、図5B(1)に示すように位相調整のみ行なう場合と、図5B(2)に示すように位相と振幅の両方を調整する場合が考えられる。位相と振幅の両方を調整する場合は受信側局部発振部8404の注入側で行なう場合と発振出力側で行なう場合の何れをも採り得る。また、図5B(3)に示すように注入同期を適正に機能させるか否かを調整するためには受信側局部発振部8404の注入側で注入振幅を調整するようにしてもよい。

20

【0210】

[直交関係にある場合における復調処理の具体例]

図6~図6Cは、搬送信号と基準搬送信号が同一周波数であり位相が直交関係にある場合における復調処理の具体例を説明する図である。因みに、受信側局部発振部8404としては後述する差動負性抵抗発振回路8500を使用する。

【0211】

先ず、図6(1)には、受信側局部発振部8404が自走発振している際の出力信号のスペクトラム例が示されている。60GHzで発振しており、強い2倍の高調波も発生しているのが分かる。この状態の受信側局部発振部8404に、I軸成分(変調信号)とQ軸成分(基準搬送信号)を含む信号 S_{inj} を注入して受信側局部発振部8404の出力信号 V_{out} の振る舞いをシミュレーションする。

30

【0212】

なお、図5A(2)に示す回路において、I軸にはM系列($2^{11} - 1$)のデータ信号、Q軸には直流成分を使用し、それぞれ60GHz帯にアップコンバートした信号 S_{inj} を受信側局部発振部8404への注入信号として使用する。図6(2)には、注入信号の仕様が示されている。図6A(1)には、注入信号として使用するベースバンドのI、Qの信号波形例が示され、図6A(2)には、そのスペクトラム例が示されている。この注入信号のスケールファクタ(scale factor)倍の電流が電流源で受信側局部発振部8404に注入される。

40

【0213】

図6B~図6Cには、I軸成分(変調信号)とQ軸成分(基準搬送信号)を含む信号 S_{inj} を受信側局部発振部8404に注入したときの受信側局部発振部8404の出力信号の振る舞いが示されている。なお、受信側局部発振部8404の出力信号 V_{out} を解析するために、図6B(1)に示すように、直交検波回路を使って、I信号とQ信号にダウンコンバートする。

【0214】

図6B(2)には、受信側局部発振部8404での注入同期が適正に機能するように注入振幅を設定した場合の出力信号 V_{out} のスペクトラム例が示されている。この例では、

50

スケールファクタ = 10^{-4} に設定している。また、そのときの図 6 B (1) に示す直交検波回路を使ったタウンコンパート後の I 信号と Q 信号の例が、図 6 B (3) に示されている。

【 0 2 1 5 】

信号の注入は 0 . 5 n s e c から始まり、約 4 n s e c 後に注入同期ができています。このように、弱い注入信号の場合、注入同期が適正に機能することで、I 軸の変調信号成分はロックレンジ $f_{o\max}$ 外となっており、受信側局部発振部 8 4 0 4 のバンドパス効果により、殆ど取り除かれることが分かる。

【 0 2 1 6 】

Q 軸の基準搬送信号 SQ に基づき注入同期で得られる発振出力信号 SC の位相が I 軸の変調信号 SI の位相と一致するように調整して再生搬送信号 SR として周波数混合部 8 4 0 2 に供給して同期検波することで直流オフセット成分のないベースバンド信号が得られる。

10

【 0 2 1 7 】

図 6 C (1) には、受信側局部発振部 8 4 0 4 での注入同期が機能せず増幅器モードで動作するように注入振幅を大きくする場合の出力信号 V_{out} のスペクトラム例が示されている。この例では、スケールファクタ = 5×10^{-3} に設定している。また、そのときの図 6 B (1) に示す直交検波回路を使ったタウンコンパート後の I 信号と Q 信号の例が、図 6 C (2) に示されている。

【 0 2 1 8 】

信号の注入は 0 . 5 n s e c から始まり、約 4 n s e c 後に出力信号が得られている。ここで、その出力信号 V_{out} のスペクトラムに着目した場合、注入同期モードによって発振出力信号が得られているというのではなく、注入された信号が殆どそのまま出力される増幅器モードで動作していることが分かる。増幅器モードで動作する場合も、基本波以外に強い 2 倍の高調波も発生しているのが分かる。このように、強い注入信号の場合、注入同期モードが機能せずに増幅器モードで動作するので、I 軸の変調信号成分と Q 軸の基準搬送信号成分はそれぞれ殆どそのまま出力される。ただし、このような増幅器モードであっても、送信側局部発振部 8 3 0 4 で生成された変調用の I 軸の搬送信号と同期した Q 軸の基準搬送信号成分と対応する出力信号が得られる。

20

【 0 2 1 9 】

したがって、Q 軸の基準搬送信号 SQ と対応する増幅器モードの出力信号 SA の位相が I 軸の変調信号 SI の位相と一致するように調整して再生搬送信号 SR として周波数混合部 8 4 0 2 に供給して同期検波することで直流オフセット成分のないベースバンド信号が得られる。I 軸と Q 軸の位相差は 90 度であるので、出力信号 SA の位相を I 軸側に 90 度ずらしたものを再生搬送信号 SR として周波数混合部 8 4 0 2 に供給して同期検波することで、ベースバンド信号の直流成分を抑えることができる。

30

【 0 2 2 0 】

次に、第 1 通信装置 1 0 0 側から第 2 通信装置 2 0 0 側へミリ波信号を伝送する場合において、注入同期方式を採用する場合の送信側（送信側信号生成部 1 1 0）と受信側（受信側信号生成部 2 2 0）の詳細例について説明する。

【 0 2 2 1 】

40

< 注入同期方式：第 1 実施形態 >

図 7 ~ 図 7 A は、注入同期方式を適用する送信器側の構成例の第 1 実施形態を説明する図である。図 8 は、注入同期方式を適用する受信器側の構成例の第 1 実施形態を説明する図である。図 7 ~ 図 7 A に示す第 1 実施形態の送信側信号生成部 8 1 1 0 A と図 8 に示す第 1 実施形態の受信側信号生成部 8 2 2 0 A の組合せで、第 1 実施形態の無線伝送システム 1 A が構成される。第 1 実施形態は、受信側で注入同期がとれるように制御する方式を適用する構成である。

【 0 2 2 2 】

[送信側の構成例]

図 7 には、第 1 実施形態（第 1 例）の送信側信号生成部 8 1 1 0 A_1（送信側信号生成

50

部 1 1 0 , 2 1 0 と対応)の構成が示されている。図 7 A には、第 1 実施形態(第 2 例)の送信側信号生成部 8 1 1 0 A₂(送信側信号生成部 1 1 0 , 2 1 0 と対応)の構成が示されている。なお、第 1 例では参照子“_1”を付し、第 2 例では参照子“_2”を付し、両者を区別せずに説明するときには参照子を省略する。

【0223】

第 1 実施形態の送信側信号生成部 8 1 1 0 A は、図示しないパラレルシリアル変換部 8 1 1 4 と変調機能部 8 3 0 0 の間に、エンコード部 8 3 2 2、マルチプレクサ部 8 3 2 4、波形整形部 8 3 2 6 を備える。これらの機能部を備えることは必須ではなく、それらの機能を必要とする場合に設ければよい。

【0224】

送信側信号生成部 8 1 1 0 A は、各機能部を制御するコントローラ部 8 3 4 6 を備える。コントローラ部 8 3 4 6 を備えることは必須ではないが、最近の様々なシステムではこの機能はしばしば CMOS チップ上や基板上に存在する。コントローラ部 8 3 4 6 は、エンコードやマルチプレクスの設定、波形整形の設定、変調モードの設定、発振周波数の設定、基準搬送信号の位相や振幅の設定、増幅部 8 1 1 7 の利得および周波数特性の設定、アンテナの特性の設定、などの機能を持つ。各設定情報は対応する機能部へ供給される。

【0225】

エンコード部 8 3 2 2 は、コントローラ部 8 3 4 6 からのエンコード(Encode)パターンの設定情報に基づいて、図示しないパラレルシリアル変換部 8 1 1 4 によりシリアル化されたデータに対してエラー訂正などのコーディング処理を行なう。このとき、エンコード部 8 3 2 2 は、変調対象信号処理部 8 3 0 1 の機能として、8 - 9 変換符号や 8 - 1 0 変換符号などの DC フリー符号化を適用して、搬送周波数近傍に変調信号成分が存在しないようにし、受信側での注入同期がし易くなるようにしておく。

【0226】

マルチプレクサ部 8 3 2 4 は、データをパケット化する。受信器側の注入同期検出部が既知パターンの相関で注入同期の検出を行なう構成の場合は、マルチプレクサ部 8 3 2 4 は、コントローラ部 8 3 4 6 からの同期検出用パケットの設定情報に基づいて、既知の信号波形や既知のデータパターン(たとえば擬似ランダム信号:PN 信号)を定期的に挿入しておく。

【0227】

波形整形部 8 3 2 6 は、コントローラ部 8 3 4 6 からの波形整形の設定情報に基づいて、周波数特性補正、プリエンファシス、帯域制限などの波形整形処理を行なう。

【0228】

送信側信号生成部 8 1 1 0 A は、周波数混合部 8 3 0 2 (変調回路)と送信側局部発振部 8 3 0 4 (送信側発振部)を有する変調機能部 8 3 0 0 を備える。また、送信側信号生成部 8 1 1 0 A は、変調機能部 8 3 0 0 の他に、位相振幅調整回路 8 3 0 7 を有する基準搬送信号処理部 8 3 0 6 と信号合成部 8 3 0 8 を備える。この例では、基準搬送信号処理部 8 3 0 6 は、送信側局部発振部 8 3 0 4 から出力された搬送信号そのものを基準搬送信号とし、その基準搬送信号を位相振幅調整回路 8 3 0 7 により振幅と位相を調整して信号合成部 8 3 0 8 に供給する。

【0229】

ここで、図 7 に示す第 1 例では、送信側局部発振部 8 3 0 4 は、CMOS チップ上のタンク回路を用いて CMOS チップ上で変調に用いる搬送信号を生成する。

【0230】

一方、図 7 A に示す第 2 例は、第 1 通信装置 1 0 0 に、基準として使えるクロック信号が存在する場合の構成例であり、変調機能部 8 3 0 0₂は、送信側局部発振部 8 3 0 4 の前段に周波数逡倍部 8 3 0 3 を備えている。周波数逡倍部 8 3 0 3 は、図示しないクロック信号生成部から供給される「基準として使えるクロック信号」を逡倍し、その逡倍信号を送信側局部発振部 8 3 0 4 に供給する。第 2 例の送信側局部発振部 8 3 0 4 は、同期発振回路であり、逡倍信号に同期して、変調に用いる搬送信号を生成する。

10

20

30

40

50

【0231】

周波数混合部8302は、送信側局部発振部8304で生成された搬送信号を、波形整形部8326からの処理済入力信号で変調して信号合成部8308に供給する。位相振幅調整回路8307は、コントローラ部8346からの位相・振幅の設定情報に基づいて、送信する基準搬送信号の位相と振幅を設定する。

【0232】

信号合成部8308は、アンテナ8136, 8236がそれぞれ1つの場合に、ミリ波帯に変調された変調信号と合わせて基準搬送信号を受信側に送るために設けられている。周波数混合部8302で生成された変調信号と基準搬送信号処理部8306で生成された基準搬送信号を各別のアンテナで伝送する構成にする場合には信号合成部8308は不要である。

10

【0233】

信号合成部8308は、ミリ波帯に変調された信号と合わせて基準搬送信号も受信側に送出する場合に、周波数混合部8302によりミリ波帯に変調された変調信号と位相振幅調整回路8307からの基準搬送信号を合成処理してから増幅部8117に渡す。周波数混合部8302によりミリ波帯に変調された変調信号のみを受信側に送出する場合には、信号合成部8308は、合成処理を行わずに、周波数混合部8302によりミリ波帯に変調された変調信号のみを増幅部8117に渡す。増幅部8117は、信号合成部8308から受け取ったミリ波信号に対して、必要に応じて送信出力の振幅や周波数特性を調整してアンテナ8136に供給する。

20

【0234】

前述の説明から理解されるように、ミリ波帯に変調された信号と合わせて基準搬送信号も受信側に送出する場合に、信号合成部8308を機能させるか否かは変調方式や周波数混合部8302の回路構成にも関係する。変調方式や周波数混合部8302の回路構成によっては信号合成部8308を機能させなくてもミリ波帯に変調された信号と合わせて基準搬送信号も受信側に送出することは可能である。

【0235】

振幅変調やASKにおいて周波数混合部8302を積極的に搬送波抑圧方式の変調回路にして、その出力と合わせて送信側局部発振部8304で生成された基準搬送信号も送るようにしてもよい。この場合、変調に使用した搬送信号の高調波を基準搬送信号に使用することができるし、変調信号と基準搬送信号の振幅を各別に調整できる。すなわち、増幅部8117では変調信号の振幅に着目した利得調整を行ない、このときに同時に基準搬送信号の振幅も調整されるが、注入同期との関係で好ましい振幅となるように位相振幅調整回路8307で基準搬送信号の振幅のみを調整することができる。

30

【0236】

[受信側の構成例]

図8には、第1実施形態の受信側信号生成部8220A(受信側信号生成部120, 220と対応)の構成が示されている。第1実施形態の受信側信号生成部8220Aは、各機能部を制御するコントローラ部8446を備える。また、受信側信号生成部8220Aは、復調機能部8400の後段に、直流成分抑制部8407と注入同期検出部8442を備える。

40

【0237】

コントローラ部8446を備えることは必須ではないが、コントローラ部8346と同様に、最近の様々なシステムではこの機能はしばしばCMOSチップ上や基板上に存在する。コントローラ部8446は、増幅部8224の利得および周波数特性の設定、受信した基準搬送信号の位相や振幅の設定、発振周波数の設定、変調モードの設定、フィルタおよび等化の設定、コーディングおよびマルチプレクスの設定などの機能を持つ。各設定情報は対応する機能部へ供給される。

【0238】

復調機能部8400は、周波数混合部8402(復調回路)と受信側局部発振部840

50

4 (受信側発振回路)と位相振幅調整部 8 4 0 6 とを備える。

【0 2 3 9】

なお、受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号側に(たとえば位相振幅調整部 8 4 0 6 の前段に)、基準搬送信号成分のみを抽出する回路(バンドパスフィルタ回路など)を配置することも考えられる。こうすることで、受信したミリ波信号から変調信号成分と基準搬送信号成分が分離され、基準搬送信号成分のみが受信側局部発振部 8 4 0 4 に供給されるようになり注入同期がとり易くなる。

【0 2 4 0】

位相振幅調整部 8 4 0 6 は、コントローラ部 8 4 4 6 からの位相・振幅の設定情報に基づいて、受信した基準搬送信号の位相と振幅を設定する。図では、受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号入力端側に位相振幅調整部 8 4 0 6 を配置する構成で示しているが、受信側局部発振部 8 4 0 4 と周波数混合部 8 4 0 2 の信号系路上に位相振幅調整部 8 4 0 6 を配置する構成にしてもよいし、その両者を併用する構成にしてもよい。

10

【0 2 4 1】

直流成分抑制部 8 4 0 7 は、周波数混合部 8 4 0 2 から出力される同期検波信号に含まれる不要な直流成分(直流オフセット成分)を抑制する。たとえば、変調信号と合わせて基準搬送信号も送信側から受信側に伝送する場合、変調信号と基準搬送信号の位相関係によっては、同期検波信号に直流オフセット成分が大きく発生する場合がある。その直流オフセット成分を除去するのに直流成分抑制部 8 4 0 7 が機能する。

【0 2 4 2】

コントローラ部 8 4 4 6 には、注入同期検出部 8 4 4 2 が検出した注入同期の状態を示す情報に基づき、受信側局部発振部 8 4 0 4 で生成される復調搬送信号が、変調搬送信号と同期するように同期調整を行なう注入同期調整部の機能部を備えている。注入同期検出部 8 4 4 2 とコントローラ部 8 4 4 6 の注入同期調整に関わる機能部(注入同期調整部)で注入同期制御部 8 4 4 0 が構成される。

20

【0 2 4 3】

注入同期検出部 8 4 4 2 は、周波数混合部 8 4 0 2 で取得されたベースバンド信号に基づき注入同期の状態を判定し、その判定結果をコントローラ部 8 4 4 6 に通知する。図では、直流成分抑制部 8 4 0 7 の出力信号を検知する構成で示しているが、直流成分抑制部 8 4 0 7 の入力側を検知する構成にしてもよい。

30

【0 2 4 4】

「注入同期の状態」とは、受信側局部発振部 8 4 0 4 から出力される出力信号(発振回路出力)が送信側の基準搬送信号に同期したか否かである。発振回路出力と送信側の基準搬送信号が同期したことを「注入同期がとれた」とも称する。

【0 2 4 5】

受信側信号生成部 8 2 2 0 A は、注入同期がとれるように、送信側局部発振部 8 3 0 4 の自走発振周波数、受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号の振幅(注入振幅)や位相(注入位相)の少なくとも1つを制御する。何れを制御するかは、システム構成に依存し、必ずしもその全ての要素を制御しなければならないというものではない。

【0 2 4 6】

たとえば、コントローラ部 8 4 4 6 は、注入同期がとれるように、注入同期検出部 8 4 4 2 の検出結果と連動して、受信側局部発振部 8 4 0 4 の自走発振周波数を制御し、位相振幅調整部 8 4 0 6 を介して受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入振幅と注入位相を制御する。

40

【0 2 4 7】

たとえば、先ず、送信側からミリ波信号伝送路 9 を介して送られたミリ波信号(変調信号や基準搬送信号)はアンテナ 8 2 3 6 を経て増幅部 8 2 2 4 で増幅される。増幅されたミリ波信号の一部は、位相振幅調整部 8 4 0 6 で振幅と位相が調整された後に受信側局部発振部 8 4 0 4 に注入される。周波数混合部 8 4 0 2 では、増幅部 8 2 2 4 からのミリ波信号を受信側局部発振部 8 4 0 4 からの出力信号(再生基準搬送信号)でベースバンド信

50

号へ周波数変換する。変換されたベースバンド信号の一部は注入同期検出部 8 4 4 2 に入力され、受信側局部発振部 8 4 0 4 が送信側の基準搬送信号に同期したか否かを判断するための情報が注入同期検出部 8 4 4 2 により取得されコントローラ部 8 4 4 6 に通知される。

【 0 2 4 8 】

コントローラ部 8 4 4 6 は、注入同期検出部 8 4 4 2 からの「注入同期の状態」の情報（注入同期判定情報と称する）に基づいて、同期したかどうかの判定を、たとえば次の 2 つの手法の何れか、またはそれらの併用で行なう。

【 0 2 4 9 】

1) 注入同期検出部 8 4 4 2 は、復元された波形と既知の信号波形や既知のデータパターンとの相関をとり、その相関結果を注入同期判定情報とする。コントローラ部 8 4 4 6 は、強い相関が得られたとき同期したと判断する。

10

【 0 2 5 0 】

2) 注入同期検出部 8 4 4 2 は、復調されたベースバンド信号の直流成分を監視（モニタ）し、その監視結果を注入同期判定情報とする。コントローラ部 8 4 4 6 は、直流成分が安定したとき、同期したと判断する。

【 0 2 5 1 】

前記の 1) や 2) の仕組みについては様々な手法が考えられるが、ここではその詳細については説明を割愛する。また、同期したかどうかの判定手法は、ここで示した 1) , 2) の他にも考えられ、それらも本実施形態に採用し得る。

20

【 0 2 5 2 】

コントローラ部 8 4 4 6 は、注入同期がとれていないと判断した場合は、予め決められた手順に従い、送信側で変調に使用した搬送信号と受信側局部発振部 8 4 0 4 から出力される信号（発振回路出力）の同期がとれるように（注入同期がとれるように）、受信側局部発振部 8 4 0 4 への発振周波数の設定情報や位相振幅調整部 8 4 0 6 への振幅および位相の設定情報を変更する。この後、コントローラ部 8 4 4 6 は、再度、注入同期状態を判定するという手順を良好な同期がとれるまで繰り返す。

【 0 2 5 3 】

受信側局部発振部 8 4 0 4 の注入同期が正しく行なわれ周波数混合部 8 4 0 2 で周波数変換（同期検波）されたベースバンド信号はフィルタ処理部 8 4 1 0 へ供給される。フィルタ処理部 8 4 1 0 には、低域通過フィルタ 8 4 1 2 の他に等化器 8 4 1 4 が設けられている。等化器 8 4 1 4 は、たとえば符号間干渉を低減させるため、受信した信号の高周波帯域に、低下した分の利得を加えるイコライザ（つまり波形等化）フィルタを有する。

30

【 0 2 5 4 】

ベースバンド信号は低域通過フィルタ 8 4 1 2 で高域成分が除去され、等化器 8 4 1 4 により高域成分が補正される。

【 0 2 5 5 】

クロック再生部 8 4 2 0 は、シンボル同期部 8 4 2 2、デコード部 8 4 2 4、デマルチプレクサ部 8 4 2 6 を有する。デコード部 8 4 2 4 はエンコード部 8 3 2 2 に対応するものであり、デマルチプレクサ部 8 4 2 6 はマルチプレクサ部 8 3 2 4 に対応するものであり、それぞれ送信側とは逆の処理を行なう。クロック再生部 8 4 2 0 は、シンボル同期部 8 4 2 2 でシンボル同期した後、コントローラ部 8 4 4 6 からのコーディング（Coding）パターンの設定情報およびマルチプレクスの設定に基づいて、元の入力信号を復元する。

40

【 0 2 5 6 】

CMOS は微細化が今後さらに進み、その動作周波数はさらに上昇する。より高帯域で小型の伝送システムを実現するには、高い搬送周波数を使うことが望まれる。本例の注入同期方式は、発振周波数安定度についての要求仕様を緩めることができるため、より高い搬送周波数を容易に用いることができる。注入同期で発振する受信側局部発振部 8 4 0 4 は式（A）より明らかのように、送信側の周波数変動に追従できるような低い Q であることが必要である。これは、タンク回路を含む受信側局部発振部 8 4 0 4 の全体を CMOS 上

50

で形成する場合に都合がよい。もちろん、受信側局部発振部 8 4 0 4 と同様の回路構成の発振回路を送信側局部発振部 8 3 0 4 として使用してもよく、タンク回路を含む送信側局部発振部 8 3 0 4 の全体を CMOS 上で形成することができる。

【 0 2 5 7 】

< 注入同期方式：第 2 実施形態 >

図 9 ~ 図 9 A は、注入同期方式を適用する送信器側の構成例の第 2 実施形態を説明する図である。図 1 0 ~ 図 1 0 A は、注入同期方式を適用する受信器側の構成例の第 2 実施形態を説明する図である。

【 0 2 5 8 】

第 2 実施形態は、送信側の機能部を調整して注入同期がとれるように制御する方式を適用する構成である。送信側の機能部を調整して注入同期がとれるように制御するに当たって何の情報を受信側から送信側に送るかや、制御主体を送信側におくのか受信側におくのかで、様々な構成を採り得る。以下では、その中で代表的な 2 例について第 1 実施形態との相違点のみを説明する。

【 0 2 5 9 】

図 9 に示す第 2 実施形態（第 1 例）の送信側信号生成部 8 1 1 0 B_1 と図 1 0 に示す第 2 実施形態（第 1 例）の受信側信号生成部 8 2 2 0 B_1 の組合せで、第 2 実施形態（第 1 例）の無線伝送システム 1 B_1 が構成される。図 9 A に示す第 2 実施形態（第 2 例）の送信側信号生成部 8 1 1 0 B_2 と図 1 0 A に示す第 2 実施形態（第 2 例）の受信側信号生成部 8 2 2 0 B_2 の組合せで、第 2 実施形態（第 2 例）の無線伝送システム 1 B_2 が構成される。

【 0 2 6 0 】

第 2 実施形態（第 1 例）は、注入同期判定情報を送信側に送り、送信側に制御主体をおく構成である。具体的には、受信側信号生成部 8 2 2 0 B_1 のコントローラ部 8 4 4 6 は、注入同期検出部 8 4 4 2 が取得した注入同期判定情報を送信側信号生成部 8 1 1 0 B_1 のコントローラ部 8 3 4 6 に送る。コントローラ部 8 4 4 6 は注入同期判定情報の送信側への伝送に介在するだけで実態としては制御主体とはならない。なお、コントローラ部 8 4 4 6 を介在させずに、注入同期検出部 8 4 4 2 が注入同期判定情報を送信側信号生成部 8 1 1 0 B_1 のコントローラ部 8 3 4 6 に送るように構成してもよい。

【 0 2 6 1 】

コントローラ部 8 3 4 6 には、受信側の注入同期検出部 8 4 4 2 が検出した注入同期の状態を示す情報に基づき、受信側局部発振部 8 4 0 4 で生成される復調搬送信号が、変調搬送信号と同期するように同期調整を行なう注入同期調整部の機能部を備えている。注入同期検出部 8 4 4 2 とコントローラ部 8 3 4 6 の注入同期調整に関わる機能部（注入同期調整部）で注入同期制御部 8 4 4 0 と同様の注入同期制御部が構成される。

【 0 2 6 2 】

コントローラ部 8 3 4 6 は、注入同期がとれるように、送信側局部発振部 8 3 0 4 の自走発振周波数やミリ波信号の送信振幅（送信電力）を制御する。同期がとれているか否かの判断手法はコントローラ部 8 4 4 6 の場合と同様の手法でよい。

【 0 2 6 3 】

コントローラ部 8 3 4 6 は、注入同期がとれていないと判断した場合は、予め決められた手順に従い、送信側局部発振部 8 3 0 4 への発振周波数の設定情報や位相振幅調整回路 8 3 0 7 への振幅および位相の設定情報を変更し、また、増幅部 8 1 1 7 への利得の設定情報を変更する。振幅変調や A S K 方式を採用している場合には、変調度を制御することでミリ波信号に含まれる搬送信号の無変調成分の振幅を調整してもよい。この後、コントローラ部 8 3 4 6 は、再度、注入同期状態を判定するという手順を良好な同期がとれるまで繰り返す。

【 0 2 6 4 】

一方、第 2 実施形態（第 2 例）は、受信側に制御主体をおき、送信側に制御コマンドを送って受信側から送信側を制御する構成である。具体的には、コントローラ部 8 4 4 6 は

10

20

30

40

50

、注入同期検出部 8 4 4 2 により取得された注入同期判定情報に基づき同期がとれているか否かを判定し、注入同期がとれていないと判断した場合は、変調機能部 8 3 0 0 と増幅部 8 1 1 7 を制御する制御コマンドを送信側に送る。つまり、コントローラ部 8 4 4 6 が直接に変調機能部 8 3 0 0 と増幅部 8 1 1 7 を制御する。換言すると、コントローラ部 8 3 4 6 は、変調機能部 8 3 0 0 に対して、発振周波数、基準搬送信号の位相や振幅の各初期設定を行ない、また、増幅部 8 1 1 7 に対して利得の初期設定を行なうが、注入同期に関わる設定情報の変更制御は行なわない。

【 0 2 6 5 】

コントローラ部 8 4 4 6 は、注入同期がとれていないと判断した場合は、第 1 例のコントローラ部 8 3 4 6 と同様に、予め決められた手順に従い、送信側局部発振部 8 3 0 4 への発振周波数の設定情報や位相振幅調整回路 8 3 0 7 への振幅および位相の設定情報を変更し、また、増幅部 8 1 1 7 への利得の設定情報を変更する。振幅変調や A S K 方式を採用している場合には、変調度を制御することでミリ波信号に含まれる搬送信号の無変調成分の振幅を調整してもよい。この後、コントローラ部 8 4 4 6 は、再度、注入同期状態を判定するという手順を良好な同期がとれるまで繰り返す。

10

【 0 2 6 6 】

< 発振回路の構成例 >

図 1 1 ~ 図 1 1 A は、送信側局部発振部 8 3 0 4 や受信側局部発振部 8 4 0 4 として使用される発振回路の構成例を説明する図である。図 1 1 (1) はその回路構成例であり、図 1 1 (2) は、インダクタ回路の C M O S 上のレイアウトパターン例である。図 1 1 A は、インダクタ回路の C M O S 上のレイアウトパターン例の詳細を説明する図である。

20

【 0 2 6 7 】

ここで示す発振回路は、一般的なインダクタとキャパシタで構成されるタンク回路 (L C 共振回路) を持つ差動負性抵抗発振回路 8 5 0 0 であり、タンク回路を含む全ての構成素子 (発振素子) が、同一の半導体基板 (シリコン基板) 上に形成される。

【 0 2 6 8 】

差動負性抵抗発振回路 8 5 0 0 は、電流源 8 5 1 0、禱がけ構成の差動トランジスタ対 (トランジスタ 8 5 2 2 _1, 8 5 2 2 _2) で構成された負性抵抗回路 8 5 2 0、L C 回路 (インダクタ回路 8 5 3 2 およびキャパシタ回路 8 5 3 4) で構成されたタンク回路 8 5 3 0 を備える。

30

【 0 2 6 9 】

トランジスタ 8 5 2 2 _1, 8 5 2 2 _2 の各ソースは共通に電流源 8 5 1 0 の出力端に接続されている。トランジスタ 8 5 2 2 _1 のゲートはトランジスタ 8 5 2 2 _2 のドレインと接続され、トランジスタ 8 5 2 2 _2 のゲートはトランジスタ 8 5 2 2 _1 のドレインと接続され、禱がけ構成とされている。

【 0 2 7 0 】

トランジスタ 8 5 2 2 _1, 8 5 2 2 _2 の各ドレインと電源 V d d 間にインダクタ回路 8 5 3 2 が接続されている。

【 0 2 7 1 】

インダクタ回路 8 5 3 2 は、トランジスタ 8 5 2 2 _1 側のインダクタンス成分 8 5 3 2 L _1 と抵抗成分 8 5 3 2 R _1 の直列回路およびトランジスタ 8 5 2 2 _2 側のインダクタンス成分 8 5 3 2 L _2 と抵抗成分 8 5 3 2 R _2 の直列回路で表わされている。トランジスタ 8 5 2 2 _1, 8 5 2 2 _2 のドレイン間にキャパシタ回路 8 5 3 4 が接続されている。インダクタンス成分 8 5 3 2 L は巻線によって生成される誘導成分であり、抵抗成分 8 5 3 2 R はその損失分 (直列抵抗成分) である。

40

【 0 2 7 2 】

インダクタ回路 8 5 3 2 は、送信側信号生成部 8 1 1 0 や受信側信号生成部 8 2 2 0 などが形成される C M O S と同一チップ上において、電流源 8 5 1 0、負性抵抗回路 8 5 2 0、キャパシタ回路 8 5 3 4 などの発振素子を絶縁する絶縁層上に配置される。つまり、タンク回路 8 5 3 0 を含む差動負性抵抗発振回路 8 5 0 0 の全体が、送信側信号生成部 8

50

110や受信側信号生成部8220とともに1チップ化される。

【0273】

キャパシタ回路8534は、トランジスタ8522_1側のキャパシタ成分8534C_1とコンダクタンス成分8534G_1の並列回路およびトランジスタ8522_2側のキャパシタ成分8534C_2とコンダクタンス成分8534G_2の並列回路で表わされている。キャパシタ成分8534Cは、たとえばダイオードの両端に逆バイアス電圧を印加することで端子間に発生する容量成分を利用するものでバリキャップダイオード（可変容量ダイオード、バラクタ）などが使用される。コンダクタンス成分8534Gはそのバリキャップダイオードの損失成分である。

【0274】

負性抵抗回路8520とタンク回路8530（インダクタ回路8532およびキャパシタ回路8534）の接続点a, bが差動負性抵抗発振回路8500の信号出力端となり周波数混合部8402と差動信号で接続されるとともに注入信号の入力端ともなる。因みに、注入信号の入力は接続点a, bに電流源を介して行なう。

【0275】

注入信号の中心周波数が変調信号の搬送周波数と同じ場合は、接続点a, bの出力信号（構成によっては位相振幅調整部8406を介して）を周波数混合部8402への再生搬送信号として使用する。また、変調に使用する搬送信号のN倍の高調波を基準搬送信号として使用している場合には、接続点a, bの出力信号を1/N倍に分周した信号（構成によっては位相振幅調整部8406を介して）を周波数混合部8402への再生搬送信号として使用する。

【0276】

差動負性抵抗発振回路8500では、トランジスタ8522_1, 8522_2が交互にオンオフすることで、電流源8510によって制限される電流がドレイン側に流れる。そのドレイン側にはタンク回路8530（共振回路）が設けられているので、差動負性抵抗発振回路8500は、注入信号が供給されない場合でも、タンク回路8530を構成するインダクタ回路8532とキャパシタ回路8534の素子定数で規定される共振周波数で自走発振する。たとえば、キャパシタ回路8534を構成するバリキャップダイオードの逆バイアス電圧を調整することで差動負性抵抗発振回路8500の自走発振周波数を調整できる。

【0277】

図11(2)に示すインダクタ回路8532のレイアウトパターン例においては、メタル層パターンにより概ね8角形状の線輪パターンが複数層に亘って螺旋状に形成されることで巻き数nの略円形のコイルが1対形成されている。たとえば、電源V_{dd}側と接続点a, b側を円の反対側に配置する場合、2n層で巻き数nのコイルが得られる。円形のコイル8550の一方はインダクタンス成分8532L_1と抵抗成分8532R_1の直列回路で、他方がインダクタンス成分8532L_2と抵抗成分8532R_2の直列回路で表わされることになる。

【0278】

図はn = 1.5の場合であり、コイル8550を形成するための配線層の中で、電源V_{dd}の引出しパターンが配置される層を最上層（たとえば第9配線層）とし、接続点a, dの引出しパターンが配置される層を最下層（たとえば第7配線層）とし、さらにその間の1つの層（たとえば第8配線層）も使って、1.5ターンのコイル8550_1（インダクタンス成分8532L_1と抵抗成分8532R_1の直列回路）と1.5ターンのコイル8550_2（インダクタンス成分8532L_2と抵抗成分8532R_2の直列回路）を形成している。

【0279】

図11(2)に示すように、コイル8550_1, 8550_2は全体的には二重螺旋状態（外側の線輪パターンと内側の線輪パターンを組み合わせた状態）となっている。詳細には、たとえば、トランジスタ8522_1側のコイル8550_1は、第9配線層の電源引出

10

20

30

40

50

しパターンから、そのまま第9配線層で左周りで外側の線輪パターン8552_91にて半周させてコンタクトホール8554で第8配線層へ移行する(図11A(1))。そして、第8配線層で内側の線輪パターン8552_81にて左周りで半周させてコンタクトホール8555で第7配線層へ移行する(図11A(2))。そして、第7配線層で外側の線輪パターン8552_71(線輪パターン8552_91の下層に形成)にて左周りで半周させて接続点aへと引き出す(図11A(3))。

【0280】

一方、トランジスタ8522_2側のコイル8550_2は、第9配線層の電源引出しパターンから、そのまま第9配線層で右周りで外側の線輪パターン8552_92にて半周させてコンタクトホール8556で第8配線層へ移行する(図11A(1))。そして、第8配線層で内側の線輪パターン8552_82にて右周りで半周させてコンタクトホール8557で第7配線層へ移行する(図11A(2))。そして、第7配線層で外側の線輪パターン8552_72(線輪パターン8552_92の下層に形成)にて右周りで半周させて接続点bへと引き出す(図11A(3))。

10

【0281】

ここで、透磁率 μ 、巻き数 n 、半径 r としたとき、円形コイルのインダクタンス成分8532L_1, 8532L_2のインダクタ値 L は、参考文献Fに示されているように、おおよそ「 $\mu \cdot (n^2) \cdot r$ 」で近似できる。

【0282】

参考文献F: Thomas Lee, "The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits" (特に"4.5.1 SPIRAL INDUCTORS", pp136~137), ISBN 0-521-83539-9

20

【0283】

一方、図11に示すインダクタンス成分8532L_1, 8532L_2と直列の抵抗成分8532R_1, 462R_2の抵抗値 R は、図11Aに示す円形コイル(メタル層パターン)の線幅 W に大きく依存する。線の抵抗値 R は線幅 W におおよそ反比例するので、高い Q 値のインダクタを作るためには線幅 W を大きくしなければならない。

【0284】

安定度の高い搬送波を作るために、 Q 値の高い(つまり抵抗成分8532R_1, 462R_2の抵抗値 R)の小さいインダクタを作ろうとすると線幅 W が大きくなり、同じ半径 R の大きさで作れる巻数 n が少なくなる。逆に、抵抗値 R が大きくなることを許容できれば、線幅 W を小さくして、同じインダクタンス値 L を小さいサイズ(半径 R)のインダクタで実現できることになる。安定度を緩めた搬送波で伝送された信号を、受信側で Q が低い小さい回路で復調するには注入同期による方法が有効である。

30

【0285】

「小さい回路」でよい理由は、 Q が低くてよいことだけでなく、ミリ波帯を使用することで、搬送周波数が数10GHzと高いので、所望のインピーダンスを実現するためのインダクタ回路8532のインダクタ値 L およびキャパシタ回路8534の容量値 C は周波数に比例して小さくできることも関係する。また、インダクタとキャパシタで共振用のタンク回路8530を作る場合、周波数を上げれば、タンク回路8530をより小さいインダクタ値と容量値で実現できることも「小さい回路」にできる要因である。

40

【0286】

以上のことから、ここで説明した差動負性抵抗発振回路8500を送信側局部発振部8304や受信側局部発振部8404として使用することで、タンク回路8530を含む全ての発振素子がCMOS構成の半導体チップに構成できる。半導体チップの外部にタンク回路を持たないで送信側局部発振部8304や受信側局部発振部8404を構成できる。タンク回路内蔵の1チップ発振回路(IC:半導体集積回路)が実現される。

【0287】

送信側局部発振部8304は周波数混合部8302を含む送信側信号生成部110, 210を構成する送信側のその他の機能部と合わせて1チップにされて送信用の無線通信装置(半導体集積回路)として提供され得る。また、受信側局部発振部8404は周波数混

50

合部 8 4 0 2 を含む受信側信号生成部 1 2 0 , 2 2 0 を構成する受信側のその他の機能部と合わせて 1 チップにされて受信用の無線通信装置 (半導体集積回路) として提供され得る。また、これら送信用と受信用の無線通信装置 (半導体集積回路) がさらに 1 チップ化されて双方向通信用の無線通信装置 (半導体集積回路) として提供され得る。タンク回路内蔵の 1 チップ通信回路 (I C) が実現される。

【 0 2 8 8 】

< 多チャンネル化と注入同期の関係 >

図 1 2 は、多チャンネル化と注入同期の関係を説明する図である。図 1 2 (1) に示すように、多チャンネル化は、異なる搬送周波数を異なる通信送受対が用いられればよい、つまり周波数分割多重で多チャンネル化は実現される。全二重双方向化も異なる搬送周波数を用いられれば容易に実現でき、撮像装置の筐体内で複数の半導体チップ (つまり送信側信号生成部 1 1 0 と受信側信号生成部 2 2 0) が独立して通信するような状況も実現できる。

10

【 0 2 8 9 】

たとえば、図 1 2 (2) ~ (4) に示すように、2 つの送受信ペアが同時に独立な伝送をしているときを考える。ここで、図 1 2 (2) に示すように、自乗検波方式を適用した場合は、先にも説明したが、周波数多重方式での多チャンネル化には受信側の周波数選択のためのバンドパスフィルタ (B P F) が必要となる。急峻なバンドパスフィルタを小型に実現するのは容易ではないし、選択周波数を変更するためには可変バンドパスフィルタが必要となる。送信側における時間的に変動する周波数成分 (周波数変動成分) の影響を受けるため、変調方式は周波数変動成分 の影響を無視できるようなもの (たとえば O O K) などに限られ、変調信号を直交化してデータ伝送レートを上げると言うことも困難である。

20

【 0 2 9 0 】

小型化のため受信側にキャリア同期の P L L を持たない場合、たとえば図 1 2 (3) に示すように、I F (Intermediate Frequency : 中間周波数) にダウンコンバートして自乗検波することが考えられる。この場合、十分に高い I F に周波数変換するブロックを加えることにより、バンドパスフィルタなしに受信する信号を選択できるが、その分回路が複雑になる。送信側における周波数変動成分 だけでなく、受信側のダウンコンバートにおける時間的に変動する周波数成分 (周波数変動成分) の影響も受ける。このため、変調方式は、周波数変動成分 の影響を無視できるように、振幅情報を取り出すもの (たとえば A S K や O O K など) に限られる。

30

【 0 2 9 1 】

これに対して、図 1 2 (4) に示すように、注入同期方式を適用すれば、送信側局部発振回路 3 0 4 と受信側局部発振部 8 4 0 4 が完全に同期するため、様々な変調方式が容易に実現できる。キャリア同期のための P L L も不要で回路規模も小さくて済み、受信周波数の選択も容易になる。加えて、ミリ波帯域の発振回路は低い周波数より時定数の小さいタンク回路を使って実現できるので、注入同期に要する時間も低い周波数比べて短くて済み、高速の伝送に向いている。このように、注入同期方式を適用することで、通常のベースバンド信号によるチップ間の信号に比べて、伝送速度を容易に高速化でき、入出力の端子数を削減することができる。ミリ波の小型アンテナをチップ上に構成することもでき、チップからの信号の取出し方に著しく大きな自由度を与えることもできる。さらに、注入同期によって送信側の周波数変動成分 が打ち消されるので、位相変調 (たとえば直交変調) など様々な変調が可能となる。

40

【 0 2 9 2 】

周波数分割多重による多チャンネル化を実現する場合でも、受信側では、送信側で変調に使用した搬送信号と同期した信号を再生して同期検波により周波数変換を行なうことで、搬送信号の周波数変動 があってもその影響 (いわゆる干渉の影響) を受けずに伝送信号を復元できる。図 1 2 (4) に示すように、周波数変換回路 (ダウンコンバータ) の前段に周波数選択フィルタとしてのバンドパスフィルタを入れなくても済む。

【 0 2 9 3 】

50

< 伝送路構造 >

[第 1 例]

図 1 3 は、本実施形態の無線伝送路構造の第 1 例を説明する図である。第 1 例の伝送路構造は、1つの電子機器の筐体内でミリ波により信号伝送を行なう場合での適用例である。電子機器としては固体撮像装置を搭載した撮像装置への適用例で示す。

【 0 2 9 4 】

第 1 通信装置 1 0 0 が制御回路や画像処理回路などを搭載したメイン基板に搭載され、第 2 通信装置 2 0 0 が固体撮像装置を搭載した撮像基板に搭載されているシステム構成となっている。図 1 3 では、基板間のミリ波信号伝送に着目して、撮像装置 5 0 0 の断面模式図を示しており、ミリ波信号伝送と関わりのない部品は適宜図示を省略している。

10

【 0 2 9 5 】

撮像装置 5 0 0 の筐体 5 9 0 内には、撮像基板 5 0 2 とメイン基板 6 0 2 が配置されている。撮像基板 5 0 2 には固体撮像装置 5 0 5 が搭載される。たとえば、固体撮像装置 5 0 5 は C C D (Charge Coupled Device) で、その駆動部 (水平ドライバや垂直ドライバ) も含めて撮像基板 5 0 2 に搭載する場合や、C M O S (Complementary Metal-oxide Semiconductor) センサの場合が該当する。

【 0 2 9 6 】

固体撮像装置 5 0 5 を搭載した撮像基板 5 0 2 との間で信号伝送を行なうメイン基板 6 0 2 に第 1 通信装置 1 0 0 (半導体チップ 1 0 3) を搭載し、撮像基板 5 0 2 に第 2 通信装置 2 0 0 (半導体チップ 2 0 3) を搭載する。前述のように、半導体チップ 1 0 3 , 2 0 3 には、信号生成部 1 0 7 , 2 0 7 、伝送路結合部 1 0 8 , 2 0 8 が設けられる。

20

【 0 2 9 7 】

図示しないが、撮像基板 5 0 2 には、固体撮像装置 5 0 5 や撮像駆動部が搭載される。図示しないが、メイン基板 6 0 2 には画像処理エンジンが搭載される。メイン基板 6 0 2 には図示しない操作部や各種のセンサが接続される。メイン基板 6 0 2 は図示しない外部インタフェースを介してパーソナルコンピュータやプリンタなどの周辺機器と接続可能になっている。操作部には、たとえば、電源スイッチ、設定ダイヤル、ジョグダイヤル、決定スイッチ、ズームスイッチ、リリーススイッチなどが設けられる。

【 0 2 9 8 】

固体撮像装置 5 0 5 や撮像駆動部は、無線伝送システム 1 における L S I 機能部 2 0 4 のアプリケーション機能部に該当する。信号生成部 2 0 7 や伝送路結合部 2 0 8 は固体撮像装置 5 0 5 とは別の半導体チップ 2 0 3 に収容してもよいし、固体撮像装置 5 0 5 や撮像駆動部などと一体的に作り込んでもよい。別体にした場合には、その間 (たとえば半導体チップ間) の信号伝送に関しては、電気配線により信号を伝送することに起因する問題が懸念されるので、一体的に作り込んだ方が好ましい。固体撮像装置 5 0 5 や撮像駆動部などは別の半導体チップ 2 0 3 であるとする。アンテナ 2 3 6 はパッチアンテナとしてチップ外に配置してもよいし、たとえば逆 F 型などでチップ内に形成してもよい。ミリ波通信においては、ミリ波の波長が数 mm と短いため、アンテナも小型で数 mm 角オーダーとなり、撮像装置 5 0 0 内のような狭い場所にも簡単にパッチアンテナを設置可能である。

30

【 0 2 9 9 】

画像処理エンジンは無線伝送システム 1 における L S I 機能部 1 0 4 のアプリケーション機能部に該当し、固体撮像装置 5 0 5 で得られた撮像信号を処理する画像処理部が収容される。信号生成部 1 0 7 や伝送路結合部 1 0 8 は画像処理エンジンとは別の半導体チップ 1 0 3 B に収容してもよいし、画像処理エンジンと一体的に作り込んでもよい。別体にした場合には、その間 (たとえば半導体チップ間) の信号伝送に関しては、電気配線により信号を伝送することに起因する問題が懸念されるので、一体的に作り込んだ方が好ましい。ここでは、画像処理エンジンとは別の半導体チップ 1 0 3 であるとする。アンテナ 1 3 6 はパッチアンテナとしてチップ外に配置してもよいし、たとえば逆 F 型などでチップ内に形成してもよい。

40

【 0 3 0 0 】

50

画像処理エンジンには、画像処理部の他に、たとえば、CPU（中央処理装置）や記憶部（ワークメモリやプログラムROMなど）などで構成されたカメラ制御部などの制御回路や制御信号生成部なども収容されている。カメラ制御部は、プログラムROMに記憶されているプログラムをワークメモリに読み出し、プログラムに従って撮像装置500の各部を制御する。

【0301】

カメラ制御部はまた、操作部の各スイッチからの信号に基づき撮像装置500全体を制御し、電源部を制御することで各部に電源を供給し、外部インタフェースを介して周辺機器と画像データの転送などの通信を行なう。

【0302】

カメラ制御部はまた、撮影に関するシーケンス制御を行なう。たとえば、カメラ制御部は、同期信号発生部や撮像駆動部を介して固体撮像装置505の撮像動作を制御する。同期信号発生部は信号処理のために必要な基本的な同期信号を発生し、撮像駆動部は同期信号発生部の発生する同期信号とカメラ制御部からの制御信号を受信して、固体撮像装置505を駆動するための詳細なタイミング信号を発生する。

【0303】

固体撮像装置505から画像処理エンジンに送られる画像信号（撮像信号）は、アナログ信号・デジタル信号の何れでもよい。デジタル信号にする場合において、固体撮像装置505がCCDであるのかCMOSであるのかなど種類を問わず、AD変換部と別体の場合には、撮像基板502にAD変換部が搭載される。

【0304】

撮像基板502には、無線伝送システム1を実現するべく、固体撮像装置505の他に、信号生成部207、伝送路結合部208が搭載される。同様に、メイン基板602には、無線伝送システム1を実現するべく、信号生成部107、伝送路結合部108が搭載される。撮像基板502側の伝送路結合部208とメイン基板602側の伝送路結合部108の間はミリ波信号伝送路9によって結合される。これによって、撮像基板502側の伝送路結合部208とメイン基板602側の伝送路結合部108の間で、ミリ波帯での信号伝送が双方向に行なわれる。

【0305】

片方向通信でよい場合は、送信側に信号生成部107および伝送路結合部108を配置し、受信側に信号生成部207および伝送路結合部208を配置すればよい。たとえば、固体撮像装置505で取得された撮像信号のみを伝送する場合であれば、撮像基板502側を送信側としメイン基板602側を受信側とすればよい。固体撮像装置505を制御するための信号（たとえば高速のマスタークロック信号や制御信号や同期信号）のみを伝送する場合であれば、メイン基板602側を送信側とし撮像基板502側を受信側とすればよい。

【0306】

2つのアンテナ136，236間でミリ波通信が行なわれることで、固体撮像装置505で取得される画像信号は、アンテナ136，236間のミリ波信号伝送路9を介してミリ波にのせられてメイン基板602へと伝送される。また、固体撮像装置505を制御する各種の制御信号は、アンテナ136，236間のミリ波信号伝送路9を介してミリ波にのせられて撮像基板502へと伝送される。

【0307】

ここで、ミリ波信号伝送路9としては、アンテナ136，236が対向して配置される形態、アンテナ136，236が基板の平面方向にズレて配置される形態の何れでもよい。アンテナ136，236が対向して配置される形態では、基板の法線方向に指向性を有するたとえばパッチアンテナを使用するとよい。アンテナ136，236が基板の平面方向にズレて配置される形態では、基板の平面方向に指向性を有するたとえばダイポールアンテナや八木宇田アンテナや逆F型アンテナなどを使用するとよい。

【0308】

10

20

30

40

50

ミリ波信号伝送路9のそれぞれは、図13(1)に示すように自由空間伝送路9Bでもよいが、図13各(2),(3)に示すような誘電体伝送路9Aや図13(4),(5)に示すような中空導波路9Lにすることが望ましい。

【0309】

自由空間伝送路9Bとする場合において、ミリ波信号伝送路9を近接して複数系統設ける場合は、好ましくは、各系統のアンテナ対の間での干渉を抑えるために、電波伝搬を妨げる構造物(ミリ波遮蔽材MY)を系統間に配置するのがよい。ミリ波遮蔽材MYは、メイン基板602および撮像基板502の何れか一方に配置してもよいし双方に配置してもよい。ミリ波遮蔽材MYを配置するか否かは、系統間の空間距離と干渉の度合いから決めればよい。干渉の度合いは送信電力とも関係するので、空間距離・送信電力・干渉の度合いを総合的に勘案して決めることになる。

10

【0310】

誘電体伝送路9Aとしては、たとえば、図13(2)に示すように、アンテナ136,236間を、たとえばシリコーン樹脂系のような柔らかい(柔軟性を持つ)誘電体素材で接続することが考えられる。誘電体伝送路9Aは、その周囲を遮蔽材(たとえば導電体)で囲んでもよい。誘電体素材の柔軟性を活かすためには、遮蔽材にも柔軟性を持たせるのがよい。誘電体伝送路9Aで接続されるが、その素材が柔らかいため、電気配線のように引回しが可能である。

【0311】

また誘電体伝送路9Aの他の例としては、図13(3)に示すように、メイン基板602上のアンテナ136の上に誘電体伝送路9Aを固定して、撮像基板502のアンテナ236が誘電体伝送路9Aと接触する位置に配置されるようにしてもよい。なお、逆に、誘電体伝送路9Aを撮像基板502側に固定してもよい。

20

【0312】

中空導波路9Lとしては、周囲が遮蔽材で囲まれ内部が中空の構造であればよい。たとえば、図13(4)に示すように、周囲が遮蔽材の一例である導電体MZで囲まれ内部が中空の構造にする。たとえば、メイン基板602上にアンテナ136を取り囲む形で導電体MZの囲いが取り付けられている。アンテナ136と対向する位置に撮像基板502側のアンテナ236の移動中心が配置されるようにする。導電体MZの内部が中空であるので誘電体素材を使用する必要がなく低コストで簡易にミリ波信号伝送路9を構成できる。

30

【0313】

導電体MZの囲いは、メイン基板602側、撮像基板502側の何れに設けてもよい。何れの場合も、導電体MZによる囲いと撮像基板502やメイン基板602との距離L(導電体MZの端から相対する基板までの隙間の長さ)はミリ波の波長に比べて十分小さい値に設定する。遮蔽材(囲い:導電体MZ)の大きさや形状は、アンテナ136,236の対向範囲が囲い(導電体MZ)の内側に存在するような大きさおよび平面形状に設定すればよい。その限りにおいて導電体MZの平面形状は、円形・三角・四角など任意である。

【0314】

中空導波路9Lは、基板上の導電体MZで囲いを形成することに限らず、たとえば、図13(5)に示すように、比較的厚めの基板に貫通穴または非貫通穴を設けて、その穴の壁面を囲いに利用するように構成してもよい。この場合、基板が遮蔽材として機能する。穴は、撮像基板502およびメイン基板602の何れか一方であってもよいし双方であってもよい。穴の側壁は導電体で覆われていてもよいし、覆われてなくてもよい。後者の場合は、基板と空気の比誘電率の比によって、ミリ波は反射され穴の中に強く分布することになる。穴を貫通させる場合には、半導体チップ103,203の裏面にアンテナ136,236を配置する(取り付ける)とよい。穴を貫通させずに途中で止める(非貫通穴とする)場合、穴の底にアンテナ136,236を設置すればよい。

40

【0315】

穴の断面の大きさや形状は、アンテナ136,236の対向範囲が囲いとして機能する基板側壁の内側に存在するような大きさおよび平面形状に設定すればよい。その限りにお

50

いて断面形状は円形・三角・四角など任意である。

【0316】

1つの電気機器（この例では撮像装置500）の筐体内に第1通信装置100と第2通信装置200を配置してミリ波信号伝送を行なう際に、ミリ波信号伝送路9を自由空間伝送路9Bとする場合、筐体内の部材による反射の影響が懸念される。特に、注入同期方式を適用する場合、同方式を適用しない場合よりも総じて送信電力が大きくなり、反射に起因する干渉やマルチパスの問題が顕在化することが予想される。これに対して、誘電体伝送路9Aや中空導波路9Lなどのようなミリ波閉じ込め構造（導波路構造）のミリ波信号伝送路9にすれば、筐体内の部材による反射の影響を受けない。加えて、一方のアンテナ136から放出したミリ波信号をミリ波信号伝送路9に閉じ込めて他方のアンテナ236側に伝送できるため、放出電波の無駄が少なくなるので注入同期方式を適用する場合でも送信電力を小さくできる。

10

【0317】

[第2例]

図13Aは、本実施形態の無線伝送路構造の第2例を説明する図である。第2例の伝送路構造は、複数の電子機器が一体となった状態での電子機器間でミリ波により信号伝送を行なう場合での適用例である。たとえば、一方の電子機器が他方の（たとえば本体側の）電子機器に装着されたときの両電子機器間の信号伝送への適用である。

【0318】

たとえば、中央演算処理装置（CPU）や不揮発性の記憶装置（たとえばフラッシュメモリ）などが内蔵されたいわゆるICカードやメモリカードを代表例とするカード型の情報処理装置を本体側の電子機器に装着可能（着脱自在）にしたものがある。一方（第1）の電子機器の一例であるカード型の情報処理装置を以下では「カード型装置」とも称する。本体側となる他方（第2）の電子機器を以下では単に電子機器とも称する。

20

【0319】

電子機器101Aとメモリカード201Aの間のスロット構造4Aは、電子機器101Aに対して、メモリカード201Aの着脱を行なう構造であり、電子機器101Aとメモリカード201Aの固定手段の機能を持つ。

【0320】

図13A(2)に示すように、スロット構造4Aは、電子機器101A側の筐体190に、メモリカード201A（その筐体290）を開口部192から挿抜して固定可能な構成となっている。筐体190の開口部192とは反対側（外側）の一面に基板102が支持材191により取り付けられている。

30

【0321】

スロット構造4Aのメモリカード201Aの端子との接触位置には受け側のコネクタが設けられる。ミリ波伝送に置き換えた信号についてはコネクタ端子（コネクタピン）が不要である。

【0322】

なお、電子機器101A側（スロット構造4A）において、ミリ波伝送に置き換えた信号についてもコネクタ端子を設けておくことが考えられる。この場合、スロット構造4Aに挿入されたメモリカード201Aが第2例のミリ波伝送路構造が適用されていない従前のもの場合には、従前のように電気配線により信号伝送を行なえる。

40

【0323】

電子機器101Aとメモリカード201Aは、嵌合構造として、凹凸の形状構成を具備する。ここでは、図13A(2)に示すように、電子機器101Aの筐体190に円筒状の凸形状構成198A（出っ張り）を設け、図13A(1)に示すように、メモリカード201Aの筐体290に円筒状の凹形状構成298A（窪み）を設けている。つまり、図13A(3)に示すように、筐体190において、メモリカード201Aの挿入時に、凹形状構成298Aの位置に対応する部分に凸形状構成198Aが設けられている。

【0324】

50

このような構成により、スロット構造 4 A に対するメモリカード 2 0 1 A の装着時に、メモリカード 2 0 1 A の固定と位置合せを同時に行なうようにしている。なお、凹凸形状の嵌合にガタがあっても、アンテナ 1 3 6 , 2 3 6 が遮蔽材 (囲い : 導体 1 4 4) の外に出ないような大きさに設定すればよく、凹凸形状構成の平面形状は、図のように円形であることは必須ではなく、三角や四角など任意である。

【 0 3 2 5 】

たとえば、メモリカード 2 0 1 A の構造例 (平面透視および断面透視) が図 1 3 A (1) に示されている。メモリカード 2 0 1 A は、基板 2 0 2 の一方の面上に信号生成部 2 0 7 (ミリ波信号変換部) を具備する半導体チップ 2 0 3 を有する。半導体チップ 2 0 3 には、ミリ波信号伝送路 9 と結合するためのミリ波送受信端子 2 3 2 が設けられている。基板 2 0 2 の一方の面上には、ミリ波送受信端子 2 3 2 と接続された基板パターンによるミリ波伝送路 2 3 4 とアンテナ 2 3 6 (図ではパッチアンテナ) が形成されている。ミリ波送受信端子 2 3 2 、ミリ波伝送路 2 3 4 、およびアンテナ 2 3 6 で、伝送路結合部 2 0 8 が構成されている。

10

【 0 3 2 6 】

パッチアンテナは、法線方向の指向性が鋭くないので、アンテナ 1 3 6 , 2 3 6 はオーバーラップ部分の面積がある程度大きくとれていれば多少ズレて配置されても、受信感度には影響を受けない。ミリ波通信においては、ミリ波の波長が数 mm と短いため、アンテナも小型で数 mm 角オーダーとなり、小型のメモリカード 2 0 1 内のような狭い場所にも簡単にパッチアンテナを設置可能である。

20

【 0 3 2 7 】

なお、アンテナ 1 3 6 , 2 3 6 を半導体チップ 1 0 3 , 2 0 3 内に形成する場合は、たとえば逆 F 型など、さらに小型のアンテナが求められる。因みに、逆 F 型アンテナは、無指向性であり、換言すると、基板の厚さ (法線) 方向だけではなく平面方向にも指向性を持つので、ミリ波信号伝送路 9 との結合をとる伝送路結合部 1 0 8 , 2 0 8 に反射板を設けるなどの工夫をすることで伝送効率を向上させるのがよい。

【 0 3 2 8 】

筐体 2 9 0 は、基板 2 0 2 を保護するための覆いであり、少なくとも凹形状構成 2 9 8 A の部分は、ミリ波信号伝送可能な比誘電率を有した誘電体素材を含む誘電体樹脂で構成される。凹形状構成 2 9 8 A の誘電体素材には、たとえば、アクリル樹脂系、ウレタン樹脂系、エポキシ樹脂系などからなる部材が使用される。筐体 2 9 0 の少なくとも凹形状構成 2 9 8 A の部分の誘電体素材もミリ波誘電体伝送路を構成するようになる。

30

【 0 3 2 9 】

筐体 2 9 0 において、アンテナ 2 3 6 と同一面に凹形状構成 2 9 8 A が形成される。凹形状構成 2 9 8 A は、スロット構造 4 A に対するメモリカード 2 0 1 A の固定を行なうとともに、スロット構造 4 A が具備するミリ波信号伝送路 9 とのミリ波伝送の結合に対する位置合せを行なう。

【 0 3 3 0 】

基板 2 0 2 の一辺には、筐体 2 9 0 の決められた箇所電子機器 1 0 1 A と接続するための接続端子 2 8 0 (信号ピン) が、筐体 2 9 0 の決められた位置に設けられている。第 1 実施形態の場合、メモリカード 2 0 1 A は、低速・小容量の信号用や電源供給用に、従前の端子構造の一部を備えることになる。クロック信号や複数本のデータ信号は、ミリ波での信号伝送の対象となるので、図中に点線で示すように、端子を取り外している。

40

【 0 3 3 1 】

電子機器 1 0 1 A の構造例 (平面透視および断面透視) が図 1 3 A (2) に示されている。電子機器 1 0 1 A は、基板 1 0 2 の一方 (開口部 1 9 2 側) の面上に信号生成部 1 0 7 (ミリ波信号変換部) を具備する半導体チップ 1 0 3 を有する。半導体チップ 1 0 3 には、ミリ波信号伝送路 9 と結合するためのミリ波送受信端子 1 3 2 が設けられている。基板 1 0 2 の一方の面上には、ミリ波送受信端子 1 3 2 と接続された基板パターンによるミリ波伝送路 1 3 4 とアンテナ 1 3 6 (図ではパッチアンテナ) が形成されている。ミリ波

50

送受信端子 132、ミリ波伝送路 134、およびアンテナ 136 で、伝送路結合部 108 が構成されている。

【0332】

筐体 190 には、スロット構造 4A として、メモリカード 201A が挿抜される開口部 192 が形成されている。

【0333】

筐体 190 には、メモリカード 201A が開口部 192 に挿入されたときに、凹形状構成 298A の位置に対応する部分に、ミリ波閉じ込め構造（導波路構造）を持つミリ波信号伝送路 9 を構成するように凸形状構成 198A が形成されている。本例では、凸形状構成 198A は、誘電素材が内部に充填された誘電体導波管 142 を筒型の導体 144 内に形成することで誘電体伝送路 9A となるように構成されており、伝送路結合部 108 のアンテナ 136 に対して誘電体導波管 142 の中心が一致するように固定的に配置される。凹凸の嵌合構造に、アンテナ 136、236 間の結合を強化する構造として誘電体導波管 142 を設けている。

10

【0334】

なお、誘電体導波管 142 を設けることは必須ではなく、筐体 190、290 の誘電体素材のままでミリ波信号伝送路 9 が構成されるようにしておいてもよい。また、誘電体伝送路 9A ではなく、周囲が遮蔽材で囲まれ内部が中空の中空導波路 9L に変形してもよい。たとえば、筒型の導体 144 内を空洞（中空）状態に形成することで中空導波路 9L を構成すればよい。このような構造の中空導波路 9L でも、囲いの機能を持つ導体 144 によってミリ波が中空導波路 9L の中に閉じ込められるため、ミリ波の伝送損失が少なく効率的に伝送できる、ミリ波の外部放射を抑える、EMC 対策がより楽になるなどの利点を得られる。

20

【0335】

誘電体導波管 142 の径、長さ、素材などのパラメータは、ミリ波信号を効率よく伝送可能なように決定される。素材としては、前述のように、アクリル樹脂系、ウレタン樹脂系、エポキシ樹脂系、シリコン系、ポリイミド系、シアノアクリレート樹脂系からなるものなど、比誘電率が 2 ~ 10（好ましくは 3 ~ 6）程度、誘電正接が 0.00001 ~ 0.01（好ましくは 0.00001 ~ 0.001）程度の誘電体素材を用いるのがよい。ミリ波信号を誘電体伝送路 9A に閉じ込めることで、伝送効率の向上を図ることができ、ミリ波の信号伝送が不都合なく行なえる。素材を適正に選択することで、導体 144 を設けなくてもよい場合もある。

30

【0336】

導体 144 の径は、メモリカード 201A の凹形状構成 298A の径に対応するように構成される。導体 144 は、誘電体導波管 142 内に伝送されるミリ波の外部放射を抑える遮蔽材としての効果もある。

【0337】

電子機器 101A のスロット構造 4A（特に開口部 192）にメモリカード 201A が挿入されたときの構造例（断面透視）が図 13A（3）に示されている。図示のように、スロット構造 4A の筐体 190 は開口部 192 からのメモリカード 201A の挿入に対し、凸形状構成 198A（誘電体伝送路 9A）と凹形状構成 298A が凹凸状に接触するようなメカ構造を有する。凹凸構造が嵌合するときに、アンテナ 136、236 が対向するとともに、その間にミリ波信号伝送路 9 として誘電体伝送路 9A が配置される。

40

以上の構成によって、メモリカード 201A とスロット構造 4A の固定が行なわれる。また、アンテナ 136、236 の間で、ミリ波信号を効率よく伝送するように、ミリ波伝送の結合に対する誘電体伝送路 9A の位置合わせが実現される。

【0338】

つまり、電子機器 101A においては、凸形状構成 198A の部分に伝送路結合部 108（特にアンテナ結合部）が配置され、メモリカード 201A においては、凹形状構成 298A の部分に伝送路結合部 208（特にアンテナ結合部）が配置されるようにしている

50

。凹凸が合致したときに、伝送路結合部 108, 208 のミリ波伝送特性が高くなるように配置するのである。

【0339】

このような構成により、スロット構造 4A に対するメモリカード 201A の装着時に、メモリカード 201A の固定とミリ波信号伝送に対する位置合せを同時に行なうことが可能となる。メモリカード 201A においては、誘電体伝送路 9A とアンテナ 236 の間に筐体 290 を挟むが、凹形状構成 298A の部分の素材が誘電体素材であるのでミリ波の伝送に大きな影響を与えるものではない。この点は、誘電体導波管 142 を凸形状構成 198A の部分に設けずに筐体 190 の誘電体素材のままとしておいた場合でも同様で、各筐体 190, 290 の誘電体素材によりアンテナ 136, 236 間にミリ波信号伝送路 9 (誘電体伝送路 9A) が構成される。

10

【0340】

第 2 例のミリ波伝送路構造によれば、メモリカード 201A がスロット構造 4A に装着されたときに、伝送路結合部 108, 208 (特にアンテナ 136, 236) 間に誘電体導波管 142 を具備する誘電体伝送路 9A を介在させる構成を採用している。ミリ波信号を誘電体伝送路 9A に閉じ込めることで高速信号伝送の効率向上を図ることができる。

【0341】

考え方としては、カード装着用のスロット構造 4A の嵌合構造 (凸形状構成 198, 凹形状構成 298) の部分以外の所でアンテナ 136 とアンテナ 236 を対向させるようにミリ波信号伝送路 9 を形成することもできる。しかしながらこの場合は位置ズレによる影響がある。それに対して、カード装着用のスロット構造 4A の嵌合構造にミリ波信号伝送路 9 を設けることで位置ズレによる影響を確実に排除できる。

20

【0342】

特に、本構成例では嵌合構造 (スロット構造 4A) を利用してミリ波閉じ込め構造 (導波路構造) のミリ波信号伝送路 9 (この例では誘電体伝送路 9A) を構築しているので、筐体やその他の部材による反射の影響を受けないし、一方のアンテナ 136 から放出したミリ波信号を誘電体伝送路 9A に閉じ込めて他方のアンテナ 236 側に伝送できる。そのため、放出電波の無駄が少なくなるので注入同期方式を適用する場合でも送信電力を小さくできる。

【0343】

30

[第 3 例]

図 13B は、本実施形態の無線伝送路構造の第 3 例を説明する図であり、特に、電子機器の変形例を説明するものである。無線伝送システム 1 は、第 1 の電子機器の一例として携帯型の画像再生装置 201K を備えるとともに、画像再生装置 201K が搭載される第 2 (本体側) の電子機器の一例として画像取得装置 101K を備えている。画像取得装置 101K には、画像再生装置 201K が搭載される載置台 5K が筐体 190 の一部に設けられている。なお、載置台 5K に代えて、第 2 例のようにスロット構造 4 にしてもよい。一方の電子機器が他方の電子機器に装着されたときの両電子機器間において、ミリ波帯の無線で信号伝送を行なうという点では第 2 例の伝送路構造の場合と同じである。以下では、第 2 例との相違点に着目して説明する。

40

【0344】

画像取得装置 101K は概ね直方体 (箱形) の形状をなしており、もはやカード型とは言えない。画像取得装置 101K としては、たとえば動画データを取得するものであればよく、たとえばデジタル記録再生装置や地上波テレビ受信機が該当する。画像再生装置 201K には、アプリケーション機能部 205 として、画像取得装置 101K 側から伝送されてくる動画データを記憶する記憶装置や、記憶装置から動画データを読み出して表示部 (たとえば液晶表示装置や有機 EL 表示装置) にて動画を再生する機能部が設けられる。構造的には、メモリカード 201A を画像再生装置 201K に置き換え、電子機器 101A を画像取得装置 101K に置き換えたと考えればよい。

【0345】

50

載置台 5 K の下部の筐体 1 9 0 内には、たとえばミリ波伝送路構造の第 2 例（図 1 3 A）と同様に、半導体チップ 1 0 3 が収容されており、ある位置にはアンテナ 1 3 6 が設けられている。アンテナ 1 3 6 と対向する筐体 1 9 0 の部分には、内部の伝送路が誘電体素材で構成された誘電体伝送路 9 A とし、その外部が導体 1 4 4 で囲まれた誘電体導波管 1 4 2 が設けられている。なお、誘電体導波管 1 4 2（誘電体伝送路 9 A）を設けることは必須ではなく、筐体 1 9 0 の誘電体素材のままミリ波信号伝送路 9 が構成されるようにしておいてもよい。これらの点は前述の他の構造例と同様である。なお、第 8 例で説明したように、複数のアンテナ 1 3 6 を平面状に併設し、本番の信号伝送に先立ち、画像再生装置 2 0 1 K のアンテナ 2 3 6 から検査用のミリ波信号を送出し、最も受信感度の高いアンテナ 1 3 6 を選択するようにしてもよい。

10

【 0 3 4 6 】

載置台 5 K に搭載される画像再生装置 2 0 1 K の筐体 2 9 0 内には、たとえばミリ波伝送路構造の第 2 例（図 1 3 A）と同様に、半導体チップ 2 0 3 が収容されており、ある位置にはアンテナ 2 3 6 が設けられている。アンテナ 2 3 6 と対向する筐体 2 9 0 の部分は誘電体素材によりミリ波信号伝送路 9（誘電体伝送路 9 A）が構成されるようにしてある。これらの点は前述の第 2 例のミリ波伝送路構造と同様である。

【 0 3 4 7 】

このような構成により、載置台 5 K に対する画像再生装置 2 0 1 K の搭載（装着）時に、画像再生装置 2 0 1 K のミリ波信号伝送に対する位置合せ行なうことが可能となる。アンテナ 1 3 6 ， 2 3 6 の間に筐体 1 9 0 ， 2 9 0 を挟むが、誘電体素材であるのでミリ波の伝送に大きな影響を与えるものではない。

20

【 0 3 4 8 】

第 3 例のミリ波伝送路構造は、嵌合構造という考え方ではなく壁面突当て方式を採り、載置台 5 K の角 1 0 1 a に突き当てられるように置かれたときにアンテナ 1 3 6 とアンテナ 2 3 6 が対向するようにしているので、位置ズレによる影響を確実に排除できる。

【 0 3 4 9 】

画像再生装置 2 0 1 K が載置台 5 K の規定位置に装着されたときに、伝送路結合部 1 0 8 ， 2 0 8（特にアンテナ 1 3 6 ， 2 3 6）間に誘電体伝送路 9 A を介在させる構成を採用している。ミリ波信号を誘電体伝送路 9 A に閉じ込めることで高速信号伝送の効率向上を図ることができる。筐体やその他の部材による反射の影響を受けないし、一方のアンテナ 1 3 6 から放出したミリ波信号を誘電体伝送路 9 A に閉じ込めて他方のアンテナ 2 3 6 側に伝送できる。そのため、放出電波の無駄が少なくなるので注入同期方式を適用する場合でも送信電力を小さくできる。

30

【 0 3 5 0 】

< システム構成：第 1 適用例 >

図 1 4 は、本実施形態の無線伝送システム 1 の第 1 適用例を説明する図である。第 1 適用例は、1 つの電子機器の筐体内または複数の電気機器間において、CMOS プロセスで形成されている 2 つの半導体チップ 1 0 3 A ， 2 0 3 A 間で、前述の注入同期方式を適用してミリ波帯で信号伝送を行なう例である。

【 0 3 5 1 】

第 1 通信装置 1 0 0 A 側の筐体 1 9 0 A と第 2 通信装置 2 0 0 A 側の筐体 2 9 0 A は、その外観形状は、立方体（直方体）に限らず、球体、円柱体、半円柱体であっても、楕円柱でもよい。1 つの筐体内での信号伝送の場合は、たとえば、同一基板上に半導体チップ 1 0 3 A と半導体チップ 2 0 3 B が搭載されているものと考えればよい。あるいは、第 1 通信装置 1 0 0 A 側の筐体 1 9 0 A と第 2 通信装置 2 0 0 A 側の筐体 2 9 0 A が兼用されているものと考えればよい。第 1 通信装置 1 0 0 A を具備する電子機器に第 2 通信装置 2 0 0 A を具備する電子機器が載置された機器間での信号伝送の場合は、第 1 通信装置 1 0 0 A 側の筐体 1 9 0 A と第 2 通信装置 2 0 0 A 側の筐体 2 9 0 A が図中の点線部分で接触しているものと考えればよい。

40

【 0 3 5 2 】

50

筐体 190A, 290A は、たとえば、デジタル記録再生装置、地上波テレビ受像機、カメラ、ハードディスク装置、ゲーム機、コンピュータ、無線通信装置などの外装（外観）のケースに対応するものである。

【0353】

たとえば、無線伝送システム 1 においては、映画映像やコンピュータ画像などの高速性と大容量性が求められる信号を伝送するべく、搬送周波数 f_1 が $30\text{GHz} \sim 300\text{GHz}$ のミリ波帯の送信信号 S_{out_1} にしてミリ波信号伝送路 9_1 を伝送させる。

【0354】

ミリ波信号伝送路 9_1 は、筐体 190A, 290A の内部の自由空間、その内部に構築された誘電体伝送路や、導波管および / または導波路から構成され、導波路には、スロットラインおよび / またはマイクロストリップラインが含まれる。ミリ波信号伝送路 9_1 は、ミリ波の送信信号 S_{out_1} が伝送できれば何でもよい。筐体 190A, 290A の内部に充填された樹脂部材などの誘電体物質自体もミリ波信号伝送路 9_1 を構成する。

【0355】

ミリ波は容易に遮蔽でき、外部に漏れ難いため、安定度の低い搬送周波数 f_1 の搬送信号を使用することができる。このことは、半導体チップ 103A, 203A 間の伝搬チャネルの設計の自由度を増すことにも繋がる。たとえば、半導体チップ 103A, 203A を封止する封止部材（パッケージ）構造と伝搬チャネルを併せて誘電体素材を使用して設計することで、自由空間でのミリ波信号伝送に比べて、より信頼性の高い良好な信号伝送を行なえる。

【0356】

たとえば、筐体 190A, 290A の内部は自由空間とすることで、アンテナ 136A, 236A 間に自由空間伝送路が構成されるようにしてもよいし、その内部全体を樹脂部材などの誘電体素材で充填してもよい。これらの場合、筐体 190A, 290A は、ミリ波帯の送信信号 S_{out_1} が外部に漏れないように、たとえば、外部六面が金属板で囲まれたシールドケースの他に、その内部に樹脂部材でコーティングされたケースのようなものにするのが望ましい。筐体 190A, 290A は、また、外部六面が樹脂部材で囲まれたケースの他に、その内部に金属部材でシールドされたケースのようなものとしてもよい。何れも、注入同期方式を適用しない場合よりも注入同期方式を適用する場合の方が送信振幅を大きくする傾向があるので、その点を勘案したシールド対策をしておくのがよい。

【0357】

好ましくは、筐体 190A, 290A の内部を自由空間としつつアンテナ 136A, 236A 間を、誘電体伝送路、中空導波路、導波管構造などにして、ミリ波信号を伝送路中に閉じ込めつつミリ波信号を伝送させる構造を持つミリ波閉じ込め構造（導波路構造）にする。ミリ波閉じ込め構造にすれば、筐体 190A, 290A での反射の影響を受けることがなく、アンテナ 136A, 236A 間でミリ波帯の信号を確実に伝送できる。加えて、アンテナ 136A から放出したミリ波信号（送信信号 S_{out_1} ）をミリ波信号伝送路 9_1 に閉じ込めてアンテナ 236A 側に伝送できるので、無駄を少なくできる（無くすることができる）ため送信電力を抑えることができる。注入同期方式を適用する場合でも、送信電力を極めて小さくできるため、外部に電磁誘導障害（EMI）を与えないので、筐体 190A, 290A は、金属のシールド構造を省略してもよくなる。

【0358】

半導体チップ 103A は、変調機能部 8300（周波数混合部 8302、送信側局部発振部 8304）と増幅部 8117 を備え、増幅部 8117 は伝送路結合部 108 の一部をなすアンテナ 136A と接続されている。半導体チップ 103A は、伝送対象信号 S_{IN_1} をミリ波信号に変換（変調）してアンテナ 136A から送信信号 S_{out_1} を放出する。

【0359】

半導体チップ 203A は、増幅部 8224 と復調機能部 8400（周波数混合部 8402、受信側局部発振部 8404）と低域通過フィルタ 8412 を備え、増幅部 8224 は伝送路結合部 208 の一部をなすアンテナ 236A と接続されている。半導体チップ 20

10

20

30

40

50

3 A は、アンテナ 2 3 6 A で受信した受信信号 S_{in_1} (S_{out_1} と対応する) から伝送対象信号 S_{OUT_1} (S_{IN_1} と対応する) を復元 (復調) する。つまり、半導体チップ 1 0 3 A, 2 0 3 A は、アンテナ 1 3 6 A, 2 3 6 A 間のミリ波信号伝送路 9_1 を介してミリ波帯で信号伝送を行なう。

【0360】

ミリ波用のアンテナ 1 3 6 A, 2 3 6 A は、波長が短いので、超小型のアンテナ素子を半導体チップ 1 0 3 A, 2 0 3 A 上に構成することが可能となる。アンテナ 1 3 6 A, 2 3 6 A が小型化できるので、アンテナ 1 3 6 A からの送信信号 S_{out_1} の放射のし方やアンテナ 2 3 6 A からの受信信号 S_{in_1} の取り出し方にも、著しく大きな自由度を与えることができる。

【0361】

送信側の半導体チップ 1 0 3 A と受信側の半導体チップ 2 0 3 A の何れも、従来方式のような外部のタンク回路を用いることなく、前述のようにタンク回路を含む送信側局部発振部 8 3 0 4 や受信側局部発振部 8 4 0 4 の全体が同一チップ上に形成されているものとする。送信側の半導体チップ 1 0 3 A は、たとえば、送信側局部発振部 8 3 0 4 で生成された搬送周波数 f_1 の搬送信号を伝送対象信号 S_{IN_1} に基づき A S K 方式で変調することでミリ波の送信信号 S_{out_1} に周波数変換する。

【0362】

受信側の半導体チップ 2 0 3 A は、たとえば、送信側の半導体チップ 1 0 3 A から送られてきたミリ波信号 (送信信号 S_{out_1} = 受信信号 S_{in_1}) を受信側局部発振部 8 4 0 4 への注入信号として使用し、それに基づく再生搬送信号を受信側局部発振部 8 4 0 4 が取得する。周波数混合部 8 4 0 2 は、その再生搬送信号を使い受信信号 S_{in_1} を復調する。復調された信号を低域通過フィルタ 8 4 1 2 に通すことで、伝送対象信号 S_{IN_1} と対応する伝送対象信号 S_{OUT_1} が復元される。

【0363】

筐体 1 9 0 A 内の半導体チップ 1 0 3 A と筐体 2 9 0 A 内の半導体チップ 2 0 3 A は、配設位置が特定 (典型的には固定) されたものとなるので、両者の位置関係や両者間の伝送チャンネルの環境条件 (たとえば反射条件など) を予め特定できる。よって、送信側と受信側との伝搬チャンネルの設計が容易である。また、送信側と受信側を封止する封止構造と伝搬チャンネルを併せて誘電体素材を使って設計すれば、自由空間伝送よりも信頼性の高い良好な伝送が可能になる。

【0364】

伝搬チャンネルの環境が頻繁に変化するというようなことはなく、前述したコントローラ部 8 3 4 6, 8 4 4 6 による注入同期がとれるようにするための制御も一般の無線通信のように動的にアダプティブに頻繁に行なう必要がなくなる。そのため、制御によるオーバーヘッドを一般の無線通信に比べて小さくすることができる。このことは、高速・大容量の信号伝送を行なう伝送無線伝送システム 1 を、小型、低消費電力で実現することに寄与する。

【0365】

また、製造時や設計時に無線伝送環境を校正し、個体のばらつきなどを把握すれば、そのデータを参照して注入同期がとれるようにコントローラ部 8 3 4 6, 8 4 4 6 が各種の設定を行なえる。注入同期状態の判定とそれを受けての各種の設定値の変更を繰り返すと言うことが不要になり、注入同期がとれるようにするための各種の設定が簡単になる。

【0366】

<システム構成：第2適用例>

図 1 5 は、本実施形態の無線伝送システム 1 の第 2 適用例を説明する図である。第 2 適用例は、1 つの電子機器の筐体内または複数の電気機器間において、C M O S プロセスで形成されている 3 つの半導体チップ 1 0 3 B, 2 0 3 B_1, 2 0 3 B_2 間で、前述の注入同期方式を適用してミリ波帯で信号伝送を行なう例である。第 1 適用例との相違は、1 対 2 で信号伝送を行なう点にある。典型的には、1 つの送信側の半導体チップ 1 0 3 B から

10

20

30

40

50

2つの受信側の半導体チップ203B₁, 203B₂に同報(一斉)通信を行なう点である。図では、受信側を2つにしているが、3以上にしてもよい。なお、使用する搬送周波数 f_2 は30GHz~300GHzのミリ波帯である。以下、第1適用例との相違点について説明する。

【0367】

1つの筐体内での信号伝送の場合は、たとえば、同一基板上に半導体チップ103Bと半導体チップ203B₁, 203B₂が搭載されているものと考えればよい。あるいは、第1通信装置100B側の筐体190Bと第2通信装置200B₁, 200B₂側の筐体290B₁, 290B₂が兼用されているものと考えればよい。第1通信装置100Bを具備する電子機器に対して2つの第2通信装置200B₁, 200B₂を具備する電子機器が載置された機器間での信号伝送の場合は、第1通信装置100B側の筐体190Bと第2通信装置200B₁, 200B₂側の筐体290B₁, 290B₂が図中の点線部分で接触しているものと考えればよい。

10

【0368】

送信側の半導体チップ103Bは、たとえば、送信側局部発振部8304で生成された搬送周波数 f_2 の搬送信号を伝送対象信号 S_{IN_2} に基づきASK方式で変調することでミリ波の送信信号 S_{out_2} に周波数変換する。送信信号 S_{out_2} はアンテナ136Bを介してミリ波信号伝送路9₂に供給され、受信側の2つのアンテナ236B₁, 236B₂に到達する。受信側の半導体チップ203B₁, 203B₂は、たとえば、送信側の半導体チップ103Bから送られてきたミリ波信号(送信信号 S_{out_2} =受信信号 S_{in_2})を受信側局部発振部8404への注入信号として使用し、それに基づく再生搬送信号を受信側局部発振部8404が取得する。周波数混合部8402は、その再生搬送信号を使って受信信号 S_{in_2} を復調する。復調された信号を低域通過フィルタ8412に通すことで、伝送対象信号 S_{IN_2} と対応する伝送対象信号 S_{OUT_2} が復元される。

20

【0369】

このように、第2適用例では、送信側の半導体チップ103Bと受信側の半導体チップ203B₁, 203B₂間で、1対2の伝送チャンネルを構成するミリ波信号伝送路9₂により同報通信が実現される。

【0370】

<システム構成：第3適用例>

図16~図16Bは、本実施形態の無線伝送システム1の第3適用例を説明する図である。第3適用例は、送信側にはN組(Nは2以上の正の整数)の送信部を配置し、受信側にはM組(Mは2以上の正の整数)の受信部を配置し、送信部と受信部の組で各別の搬送周波数を用いて伝送する構成である。つまり、複数の搬送周波数を用いて、それぞれ異なる信号を伝送する周波数分割多重伝送を行なう。以下では、説明を簡単にするために、搬送周波数 f_1 , f_2 を使用する2系統の通信で説明する。

30

【0371】

図16~図16Aに示す第3適用例(その1)は、送信側および受信側の何れもが各別のアンテナを使用する場合であり、前述の第1適用例の構成と第2適用例の構成を組み合わせ無線伝送システム1を構築する例である。各半導体チップを送信側と受信側の何れに見立てることもでき、各半導体チップの配置場所の制約が基本的にはない形態である。これに対して、図16Bに示す第3適用例(その2)は、送信側および受信側の何れもが共通のアンテナを使用する場合である。

40

【0372】

第3適用例(その1)において、第1適用例の構成を採用する部分で使用する搬送周波数 f_1 は30GHz~300GHzのミリ波帯であり、第2適用例の構成を採用する部分で使用する搬送周波数 f_2 も30GHz~300GHzのミリ波帯である。ただし、各搬送周波数 f_1 , f_2 は、各変調信号が干渉しない程度に離れているものとする。以下、第1・第2適用例との相違点について説明する。

【0373】

50

1つの筐体内での信号伝送の場合は、たとえば、同一基板上に半導体チップ103A, 103Bと半導体チップ203A, 203B₁, 203B₂が搭載されているものと考えればよい。

【0374】

機器間での信号伝送の場合は、たとえば、図16に示す第3適用例(その1-1)のように、半導体チップ103A, 103Bが収容された第1通信装置100Cを具備する電子機器に対して半導体チップ203A, 203B₁, 203B₂が収容された第2通信装置200Cを具備する電子機器が載置され、第1通信装置100C側の筐体190Cと第2通信装置200C側の筐体290Cが図中の点線部分で接触しているものと考えればよい。

10

【0375】

また、図16Aに示す第3適用例(その1-2)のように、半導体チップ103A, 203B₁, 203B₂が収容された第1通信装置100Cを具備する電子機器に対して半導体チップ103B, 203Aが収容された第2通信装置200Cを具備する電子機器が載置され、第1通信装置100C側の筐体190Cと第2通信装置200C側の筐体290Cが図中の点線部分で接触しているものと考えればよい。特に説明しないが、第3適用例(その2)においても同様に考えればよい。

【0376】

第3適用例(その1)において、送受信間のアンテナは、単一のミリ波信号伝送路9₃で結合される。機能的には、第1適用例の構成を採用する部分がミリ波信号伝送路9₁で第1の通信チャンネルが形成され、第2適用例の構成を採用する部分がミリ波信号伝送路9₂で第2の通信チャンネルが形成される。単一のミリ波信号伝送路9₃であるから、たとえばミリ波信号伝送路9₁の搬送周波数 f_1 の電波がミリ波信号伝送路9₂側へ伝達されるし、ミリ波信号伝送路9₂の搬送周波数 f_2 の電波がミリ波信号伝送路9₁側へ伝達され得る。

20

【0377】

第1適用例の構成が採用される部分では、搬送周波数 f_1 を用いて、半導体チップ103A, 203A間でミリ波信号伝送路9₁を介してミリ波帯で信号伝送が行なわれる。第2適用例の構成が採用される部分では、搬送周波数 f_2 (f_1)を用いて、半導体チップ103Bと半導体チップ203B₁, 203B₂間でミリ波信号伝送路9₂を介してミリ波帯で同報通信が行なわれる。つまり、第3適用例では、1対1および1対2の伝送システムが混在する。このとき、通信チャンネルごとに異なった搬送周波数 f_1 , f_2 を設定することで干渉の影響を受けることなくそれぞれの信号伝送が実現される。

30

【0378】

たとえば、図16中に点線で示すように、半導体チップ203B₁が搬送周波数 f_2 の送信信号 S_{out_2} (=受信信号 S_{in_2})を受信して注入同期しているときに、搬送周波数 f_1 の送信信号 S_{out_1} も到来したとする。この場合、半導体チップ203B₁は搬送周波数 f_1 に注入同期することはなく、再生搬送信号を使って同期検波し低域通過フィルタ8412を通すことで、搬送周波数 f_1 の送信信号 S_{out_1} を半導体チップ203B₁で復調処理したとしても、伝送対象信号 S_{IN_1} の成分が復元されることはない。つまり、半導体チップ203B₁が搬送周波数 f_2 に注入同期しているときに搬送周波数 f_1 の変調信号を受信しても、搬送周波数 f_1 の成分の干渉の影響を受けることはない。

40

【0379】

また、図16中に点線で示すように、半導体チップ203Aが搬送周波数 f_1 の送信信号 S_{out_1} (=受信信号 S_{in_1})を受信して注入同期しているときに、搬送周波数 f_2 の送信信号 S_{out_2} も到来したとする。この場合、半導体チップ203Aは搬送周波数 f_2 に注入同期することはなく、再生搬送信号を使って同期検波し低域通過フィルタ8412を通すことで、搬送周波数 f_2 の送信信号 S_{out_2} を半導体チップ203Aで復調処理したとしても、伝送対象信号 S_{IN_2} の成分が復元されることはない。つまり、半導体チップ203Aが搬送周波数 f_1 に注入同期しているときに搬送周波数 f_2 の変調信号を受信し

50

ても、搬送周波数 f_2 の成分の干渉の影響を受けることはない。

【0380】

第3適用例(その2)においては、一方(送信側)の半導体チップ103にはN組の送信側信号生成部110が収容され、他方(受信側)の半導体チップ203にはM組の受信側信号生成部220が収容され、各送信側信号生成部110から各受信側信号生成部220に同一方向に、周波数分割多重を適用して同時の信号伝送を可能にする形態である。送信部と受信部はそれぞれ前述の注入同期方式を適用するものとする。

【0381】

たとえば、第1通信装置100Cには第1・第2の送信側信号生成部110_1, 110_2を配置し、第2通信装置200Cには第1・第2・第3の受信側信号生成部220_1, 220_2, 220_3を配置する。第1の送信側信号生成部110_1と第1の受信側信号生成部220_1の組では第1の搬送周波数 f_1 を使用し、第2の送信側信号生成部110_1と第2・第3の受信側信号生成部220_2, 220_3の組では第2の搬送周波数 f_2 (f_1) を使用するものとする。

【0382】

各送信側信号生成部110_1, 110_2で生成された搬送周波数 f_1 , f_2 のミリ波信号は多重化処理部113の一例である結合器で1系統に纏められ、伝送路結合部108のアンテナ136を介してミリ波信号伝送路9を伝送する。受信側のアンテナ236は、ミリ波信号伝送路9を伝送してきたミリ波信号を受信し単一化処理部228の一例である分配器で3系統に分離し、各受信側信号生成部220_1, 220_2, 220_3に供給する。

【0383】

受信側信号生成部220_1は送信側信号生成部110_1が変調に使用した搬送周波数 f_1 の搬送信号に注入同期した再生搬送信号を生成し、受信した搬送周波数 f_1 のミリ波信号を復調する。受信側信号生成部220_2, 220_3は送信側信号生成部110_2が変調に使用した搬送周波数 f_2 の搬送信号に注入同期した再生搬送信号を生成し、受信した搬送周波数 f_2 のミリ波信号を復調する。

【0384】

第3適用例(その2)では、このような仕組みにより、第3適用例(その1)と同様に、2組の搬送周波数 f_1 , f_2 を用いて、同一方向にそれぞれ異なる信号を伝送する周波数分割多重伝送を干渉問題を起すことなく実現できる。

【0385】

<システム構成：第4適用例>

図17～図17Aは、本実施形態の無線伝送システム1の第4適用例を説明する図である。第4適用例は、1対の双方向通信用の半導体チップ内にそれぞれ同数の送信部と受信部を配置し、送信部と受信部の組で各別の搬送周波数を用いて、全二重の双方向通信を行なう構成である。以下では、説明を簡単にするために一方の通信には搬送周波数 f_1 を使用し、前記一方とは逆方向への通信には搬送周波数 f_2 を使用する2系統の通信で説明する。搬送周波数 f_1 は30GHz～300GHzのミリ波帯であり、搬送周波数 f_2 も30GHz～300GHzのミリ波帯であるが、各搬送周波数 f_1 , f_2 は、各変調信号が干渉しない程度に離れているものとする。

【0386】

図17に示す第4適用例(その1)は、送信側および受信側の何れもが各別のアンテナを使用する場合である。これに対して、図17Aに示す第4適用例(その2)は、双方向通信用の各半導体チップの何れもが共通のアンテナを使用する場合である。

【0387】

1つの筐体内での信号伝送の場合は、たとえば、同一基板上に半導体チップ103D, 203Dが搭載されているものと考えればよい。機器間での信号伝送の場合は、たとえば、図17のように、半導体チップ103Dが収容された第1通信装置100Dを具備する電子機器に対して半導体チップ203Dが収容された第2通信装置200Dを具備する電子機器が載置され、第1通信装置100D側の筐体190Dと第2通信装置200D側の

10

20

30

40

50

筐体 290D が図中の点線部分で接触しているものと考えればよい。特に説明しないが、第 4 適用例（その 2）においても同様に考えればよい。

【0388】

第 4 適用例（その 1）において、2 系統の送受信間のアンテナは、単一のミリ波信号伝送路 9_4 で結合される。機能的には、ミリ波信号伝送路 9_1 で第 1 の通信チャンネルが形成され、ミリ波信号伝送路 9_2 で第 1 の通信チャンネルとは逆方向への伝送を行なう第 2 の通信チャンネルが形成される。単一のミリ波信号伝送路 9_4 であるから、たとえばミリ波信号伝送路 9_1 の搬送周波数 f_1 の電波がミリ波信号伝送路 9_2 側へ伝達され得るし、ミリ波信号伝送路 9_2 の搬送周波数 f_2 の電波がミリ波信号伝送路 9_1 側へ伝達され得る。

【0389】

たとえば、第 1 通信装置 100D の半導体チップ 103D には、送信側信号生成部 110 と受信側信号生成部 120 が設けられ、第 2 通信装置 200D の半導体チップ 203D には、送信側信号生成部 210 と受信側信号生成部 220 が設けられている。

【0390】

送信側信号生成部 110 は、変調機能部 8300（周波数混合部 8302、送信側局部発振部 8304）と増幅部 8117 を備え、増幅部 8117 は伝送路結合部 108 の一部をなすアンテナ 136_1 と接続されている。半導体チップ 103D（送信側信号生成部 110）は、伝送対象信号 S_{IN_1} をミリ波信号に変換（変調）してアンテナ 136_1 から送信信号 S_{out_1} を放出する。

【0391】

受信側信号生成部 220 は、増幅部 8224 と復調機能部 8400（周波数混合部 8402、受信側局部発振部 8404）と低域通過フィルタ 8412 を備え、増幅部 8224 は伝送路結合部 208 の一部をなすアンテナ 236_2 と接続されている。半導体チップ 203D（受信側信号生成部 220）は、アンテナ 236_2 で受信した受信信号 S_{in_1} （ S_{out_1} と対応する）から伝送対象信号 S_{OUT_1} （ S_{IN_1} と対応する）を復元（復調）する。つまり、半導体チップ 103D、203D は、アンテナ 136_1、236_2 間のミリ波信号伝送路 9_4（のミリ波信号伝送路 9_1）を介してミリ波帯で信号伝送を行なう。

【0392】

送信側信号生成部 210 は、変調機能部 8300（周波数混合部 8302、送信側局部発振部 8304）と増幅部 8117 を備え、増幅部 8117 は伝送路結合部 108 の一部をなすアンテナ 136_2 と接続されている。半導体チップ 203D（送信側信号生成部 210）は、伝送対象信号 S_{IN_2} をミリ波信号に変換（変調）してアンテナ 136_2 から送信信号 S_{out_2} を放出する。

【0393】

受信側信号生成部 120 は、増幅部 8224 と復調機能部 8400（周波数混合部 8402、受信側局部発振部 8404）と低域通過フィルタ 8412 を備え、増幅部 8224 は伝送路結合部 208 の一部をなすアンテナ 236_1 と接続されている。半導体チップ 103D（受信側信号生成部 120）は、アンテナ 236_1 で受信した受信信号 S_{in_2} （ S_{out_2} と対応する）から伝送対象信号 S_{OUT_2} （ S_{IN_2} と対応する）を復元（復調）する。つまり、半導体チップ 103D、203D は、アンテナ 136_2、236_1 間のミリ波信号伝送路 9_4（のミリ波信号伝送路 9_2）を介してミリ波帯で信号伝送を行なう。

【0394】

ここで、全二重の双方向伝送を可能とするべく、信号伝送する送信部と受信部の組ごとに別の周波数を基準搬送信号として割り当てる。たとえば、送信側信号生成部 110 と受信側信号生成部 220 の組では第 1 の搬送周波数 f_1 を使用し、送信側信号生成部 210 と受信側信号生成部 120 の組では第 2 の搬送周波数 f_2 （ f_1 ）を使用する。通信チャンネルごとに異なった搬送周波数 f_1 、 f_2 を設定することで干渉の影響を受けることなく全二重の双方向伝送が実現される。

【0395】

たとえば、半導体チップ 103D の受信側信号生成部 120 が搬送周波数 f_2 の送信信

10

20

30

40

50

号 Sout_2 (= 受信信号 Sin_2) を受信して注入同期しているときに、送信側信号生成部 110 側から搬送周波数 f1 の送信信号 Sout_1 も到来したとする。この場合、受信側信号生成部 120 は搬送周波数 f1 に注入同期することはなく、再生搬送信号を使って同期検波し低域通過フィルタ 8412 を通すことで、搬送周波数 f1 の送信信号 Sout_1 を受信側信号生成部 120 で復調処理したとしても、伝送対象信号 SIN_1 の成分が復元されることはない。つまり、受信側信号生成部 120 が搬送周波数 f2 に注入同期しているときに搬送周波数 f1 の変調信号を受信しても、搬送周波数 f1 の成分の干渉の影響を受けることはない。

【0396】

また、受信側信号生成部 220 が搬送周波数 f1 の送信信号 Sout_1 (= 受信信号 Sin_1) を受信して注入同期しているときに、送信側信号生成部 210 側から搬送周波数 f2 の送信信号 Sout_2 も到来したとする。この場合、受信側信号生成部 220 は搬送周波数 f2 に注入同期することはなく、再生搬送信号を使って同期検波し低域通過フィルタ 8412 を通すことで、搬送周波数 f2 の送信信号 Sout_2 を受信側信号生成部 220 で復調処理したとしても、伝送対象信号 SIN_2 の成分が復元されることはない。つまり、受信側信号生成部 220 が搬送周波数 f1 に注入同期しているときに搬送周波数 f2 の変調信号を受信しても、搬送周波数 f2 の成分の干渉の影響を受けることはない。

【0397】

第4適用例(その2)においても、双方向通信の半導体チップ内には、1つずつの送信部と受信部を配置する。送信部と受信部はそれぞれ前述の注入同期方式を適用するものとする。たとえば、第1通信装置 100D の半導体チップ 103D には、送信側信号生成部 110 と受信側信号生成部 120 が設けられ、第2通信装置 200D の半導体チップ 203D には、送信側信号生成部 210 と受信側信号生成部 220 が設けられている。

【0398】

全二重の双方向伝送を可能とするべく、信号伝送する送信部と受信部の組ごとに別の周波数を基準搬送信号として割り当てる。たとえば、送信側信号生成部 110 と受信側信号生成部 220 の組では第1の搬送周波数 f1 を使用し、送信側信号生成部 210 と受信側信号生成部 120 の組では第2の搬送周波数 f2 (f1) を使用するものとする。

【0399】

半導体チップ 103D の送信側信号生成部 110 で生成された搬送周波数 f1 のミリ波信号は伝送路結合部 108 のアンテナ切替部の一例であるサーキュレータを介してアンテナ 136 に伝達されミリ波信号伝送路 9_4 に伝送される。半導体チップ 203D は、ミリ波信号伝送路 9_4 を伝達してきたミリ波信号をアンテナ 236 で受信し伝送路結合部 208 のアンテナ切替部の一例であるサーキュレータを介して受信側信号生成部 220 に供給する。受信側信号生成部 220 は送信側信号生成部 110 が変調に使用した搬送周波数 f1 に注入同期した再生搬送信号を生成し受信したミリ波信号を復調する。

【0400】

逆に、半導体チップ 203D 側の送信側信号生成部 210 で生成された搬送周波数 f2 のミリ波信号は伝送路結合部 208 のアンテナ切替部の一例であるサーキュレータを介してアンテナ 236 に伝達され、ミリ波信号伝送路 9_4 に伝送される。半導体チップ 103D 側は、ミリ波信号伝送路 9_4 を伝達してきたミリ波信号をアンテナ 136 で受信し伝送路結合部 108 のアンテナ切替部の一例であるサーキュレータを介して受信側信号生成部 120 に供給する。受信側信号生成部 120 は送信側信号生成部 210 が変調に使用した搬送周波数 f2 に注入同期した再生搬送信号を生成し受信したミリ波信号を復調する。

【0401】

第4適用例(その2)では、このような仕組みにより、第4適用例(その1)と同様、2組の搬送周波数 f1, f2 を用いた周波数分割多重の適用において、互いに逆方向にそれぞれ異なる信号を伝送する全二重の双方向通信を干渉問題を起すことなく実現できる。

【符号の説明】

【0402】

10

20

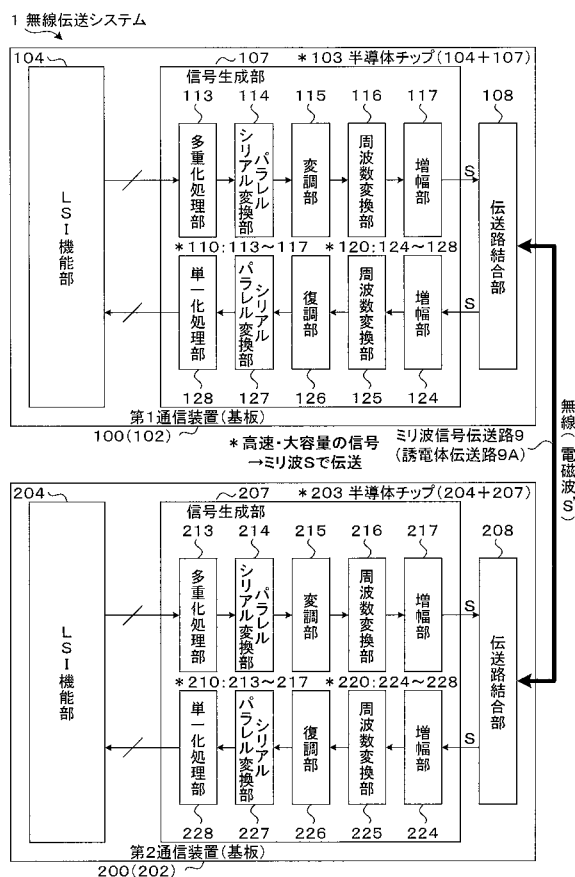
30

40

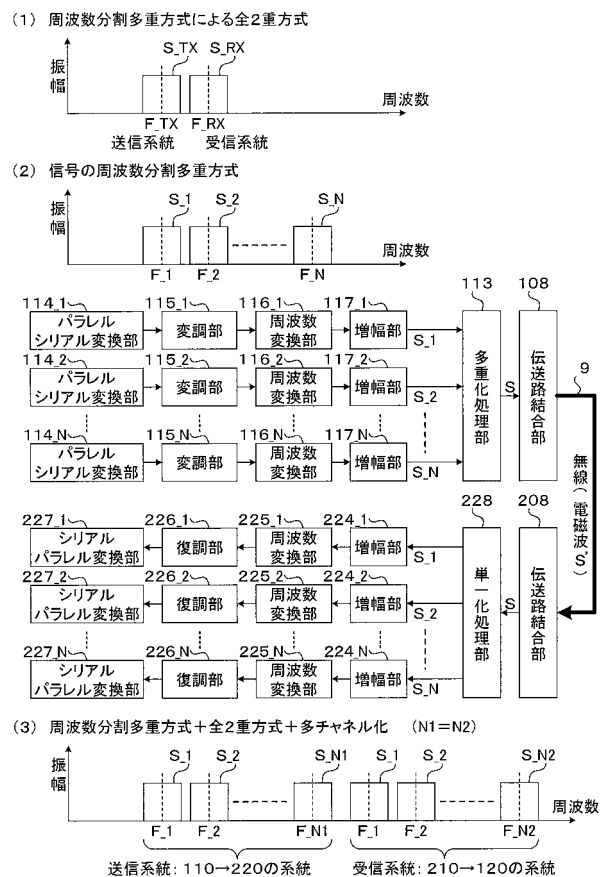
50

1...無線伝送システム、9...ミリ波信号伝送路、100...第1通信装置、101A...電子機器(本体側)、101K...画像取得装置(電子機器の一例)、102,202...基板、103,203...半導体チップ、104,204...LSI機能部、107,207...信号生成部、108,208...伝送路結合部、109,209...接続コネクタ、110,210...送信側信号生成部、113,213...多重化処理部、114,214...パラレルシリアル変換部、115,215...変調部、116,216...周波数変換部、117,217...増幅部、120,220...受信側信号生成部、124,224...増幅部、125,225...周波数変換部、126,226...復調部、127,227...シリアルパラレル変換部、128,228...単一化処理部、190,290...筐体、200...第2通信装置、201A...メモリカード(電子機器の一例)、201K...画像再生装置(電子機器の一例)、500...撮像装置(電子機器の一例)、590...筐体、8110...送信側信号生成部、8220...受信側信号生成部、8300...変調機能部、8301...変調対象信号処理部、8302...周波数混合部、8303...周波数逡倍部、8304...送信側局部発振部、8306...基準搬送信号処理部、8307...位相振幅調整部、8308...信号合成部、8346...コントローラ部(注入同期調整部の機能を持つ場合がある)、8400...復調機能部、8401...周波数分離部、8402...周波数混合部、8404...受信側局部発振部、8406...位相振幅調整部、8407...直流成分抑制部、8440...注入同期制御部、8442...注入同期検出部、8446...コントローラ部(注入同期調整部の機能を持つ場合がある)、8500...差動負性抵抗発振回路、8530...タンク回路

【図1】



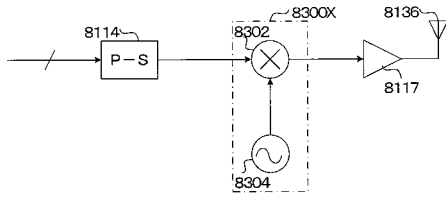
【図1A】



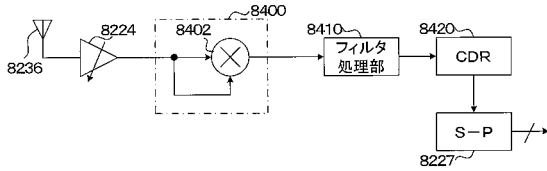
【図2】

<変調機能部と復調機能部の比較例>

(1) 変調機能部



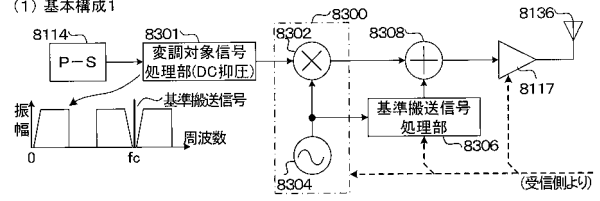
(2) 復調機能部



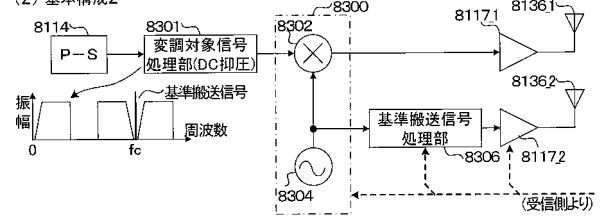
【図3】

<変調機能の基本構成:送信側信号生成部8110>

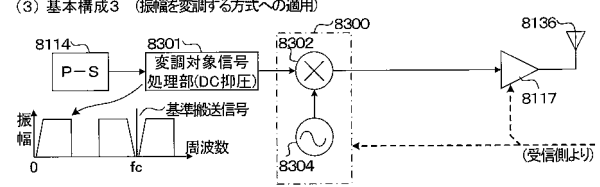
(1) 基本構成1



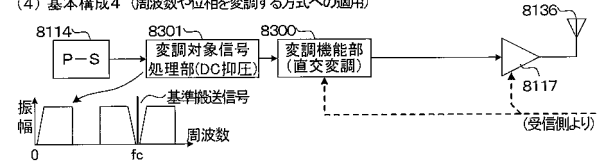
(2) 基本構成2



(3) 基本構成3 (振幅を変調する方式への適用)



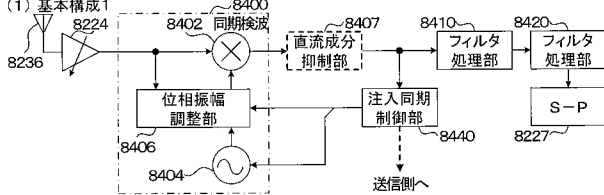
(4) 基本構成4 (周波数や位相を変調する方式への適用)



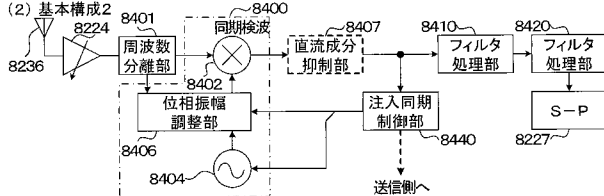
【図4】

<復調機能の基本構成:受信側信号生成部8220>

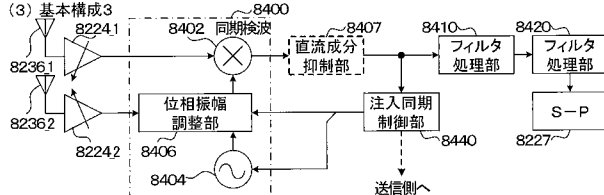
(1) 基本構成1



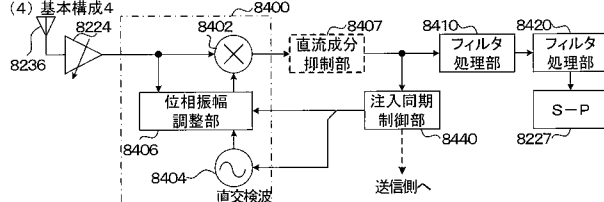
(2) 基本構成2



(3) 基本構成3

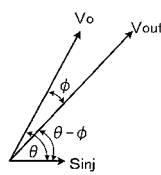


(4) 基本構成4



【図4A】

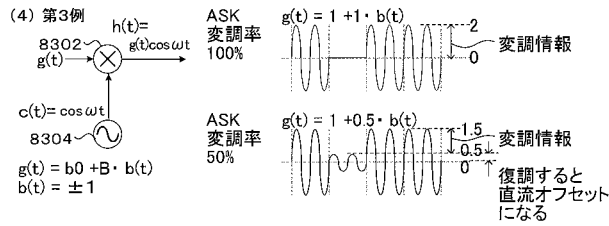
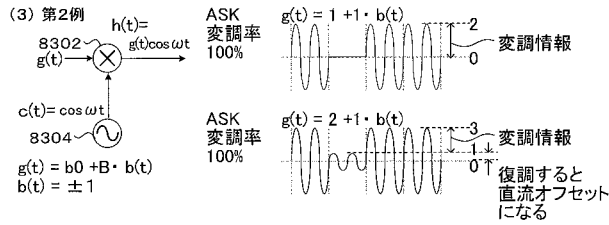
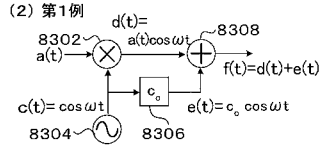
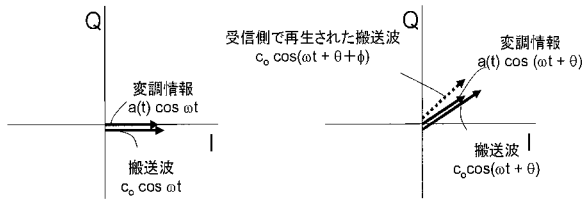
<注入同期の位相関係>



V_0 : 受信側局部発振部8404の出力信号
 ※自走出力
 V_{out} : 受信側局部発振部8404の出力信号
 ※注入同期出力
 S_{inj} : 注入信号
 $\theta - \phi$: 同期検波用の位相シフト分
 (変調軸と基準搬送軸が同相時)

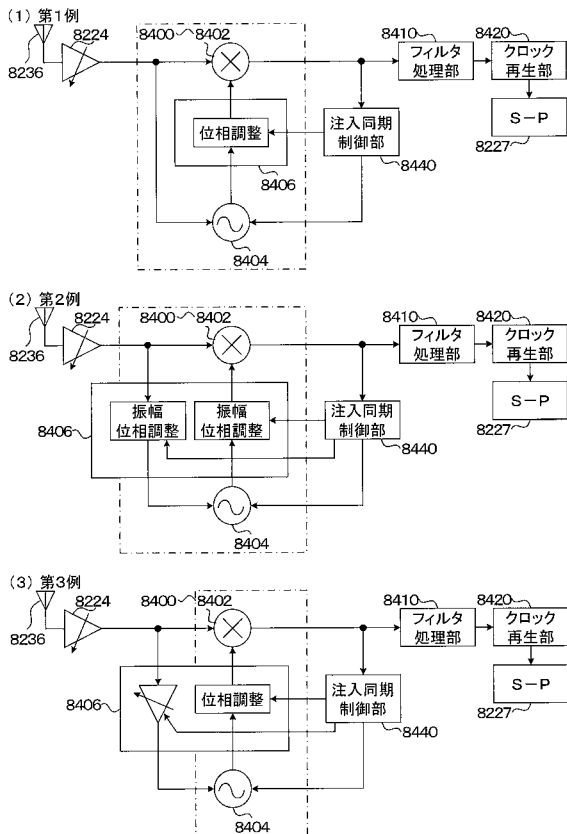
【図5】

<伝送情報と基準搬送信号が同相の場合>
(1) 送信側 (5) 受信側



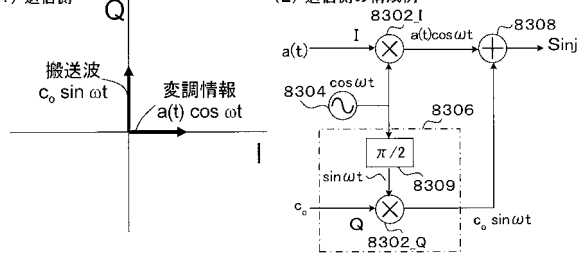
【図5B】

<伝送情報と基準搬送信号が直交の場合> ※受信側の回路構成の基本

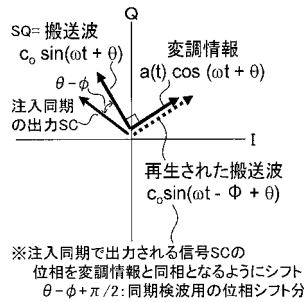


【図5A】

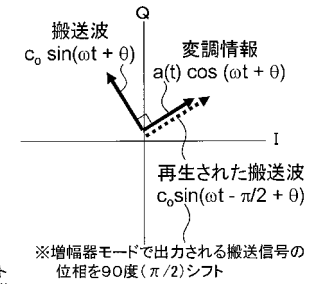
<伝送情報と基準搬送信号が直交の場合>
(1) 送信側 (2) 送信側の構成例



(3) 受信側(第1例) ※注入同期モード

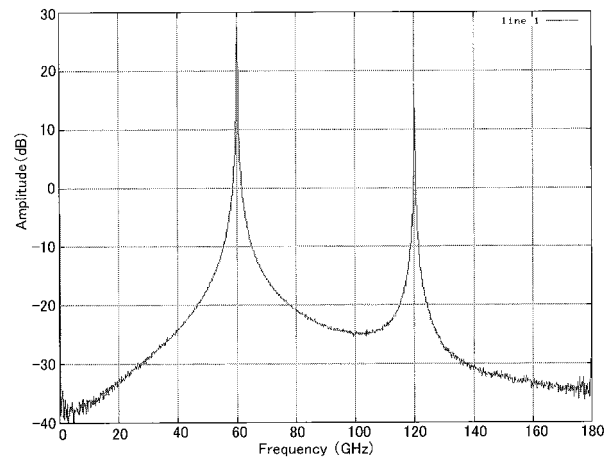


(4) 受信側(第2例) ※増幅器モード



【図6】

(1) 受信側周波数特性の自走発信時の出力信号Voutの周波数特性

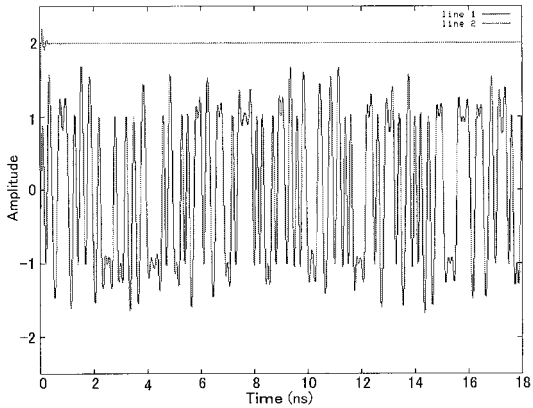


(2) 注入信号の仕様

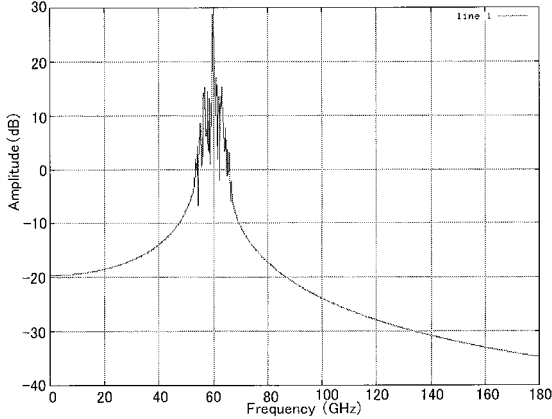
項目	仕様
I: データ	M系列 2 ¹¹ - 1
I: シンボルレート	10GS/s
I: Rolloff Factor	0.35, root raised cosine
Q:	DC
中心周波数	60GHz

【 図 6 A 】

(1) 注入信号(ベースバンドのIQ信号)の波形例

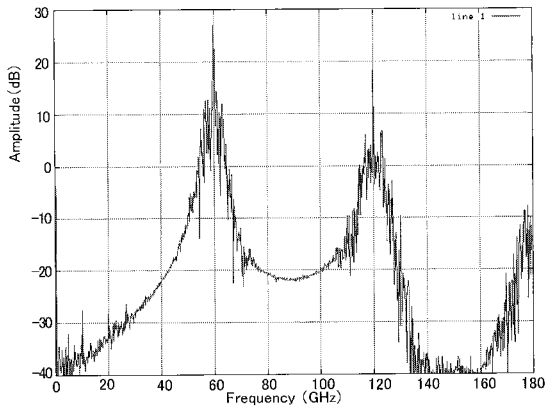


(2) 注入信号(ベースバンドのIQ信号)のスペクトラム例

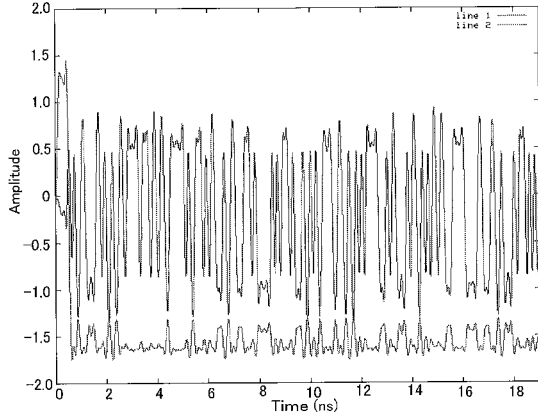


【 図 6 C 】

(1) 注入振幅を大きくする場合のスペクトラム例

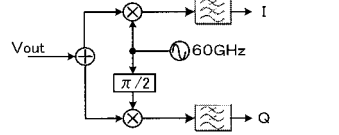


(2) 注入振幅を大きくする場合のダウンコンバートされたIQ信号例

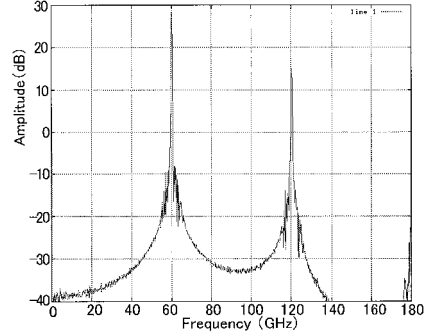


【 図 6 B 】

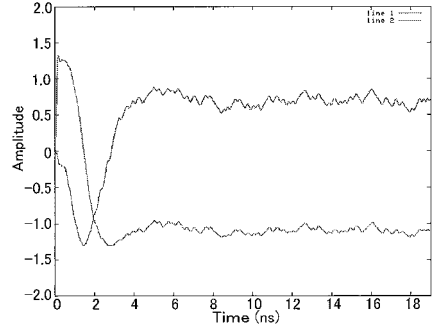
(1) 直交検波を使用してダウンコンバート



(2) 注入振幅を小さくする場合のスペクトラム例

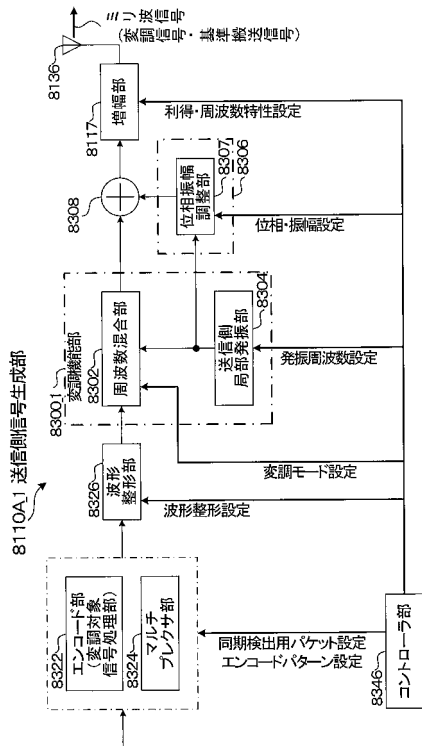


(3) 注入振幅を小さくする場合のダウンコンバートされたIQ信号例



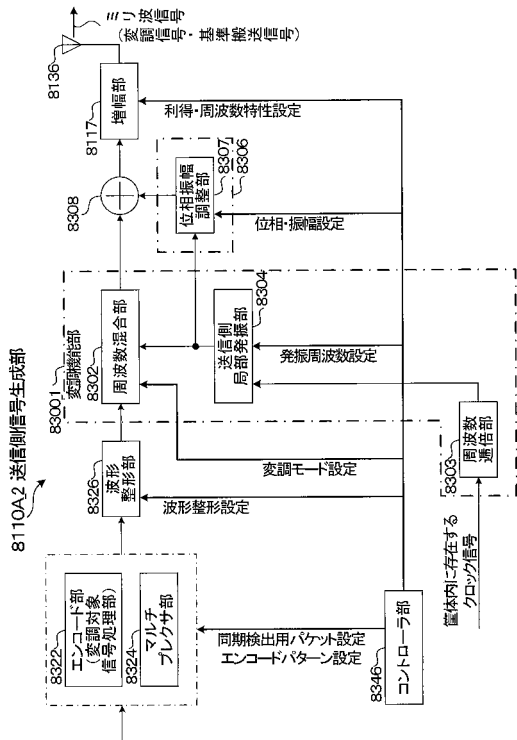
【 図 7 】

<注入同期方式:送信側信号生成部の詳細構成:第1実施形態(第1例)>



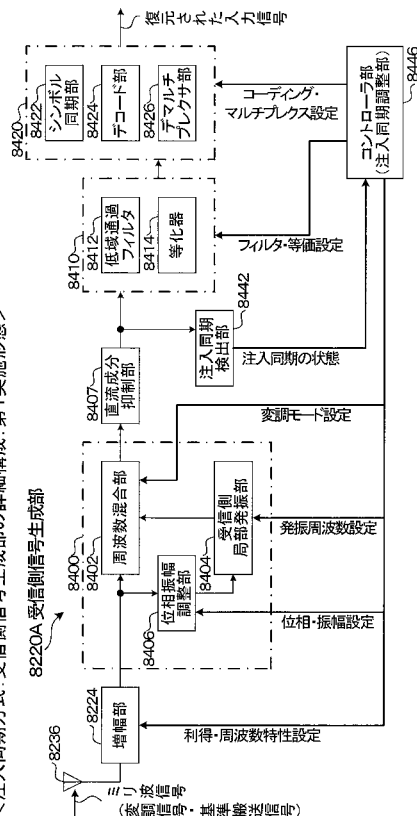
【図7A】

＜注入同期方式:送信側信号生成部の詳細構成:第1実施形態(第1例)＞



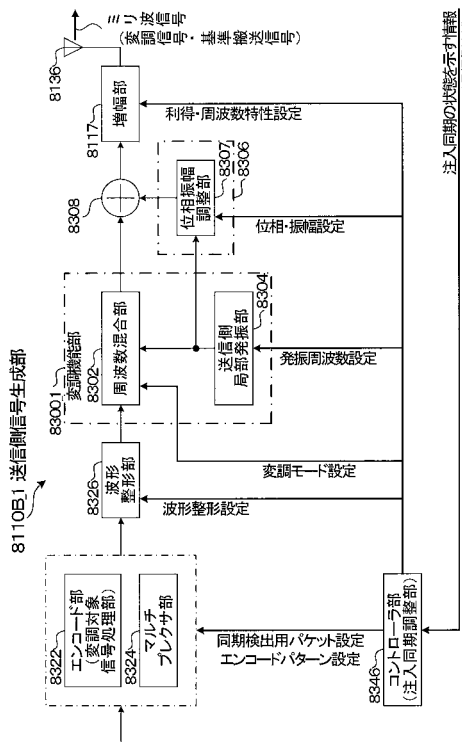
【図8】

＜注入同期方式:受信側信号生成部の詳細構成:第1実施形態＞



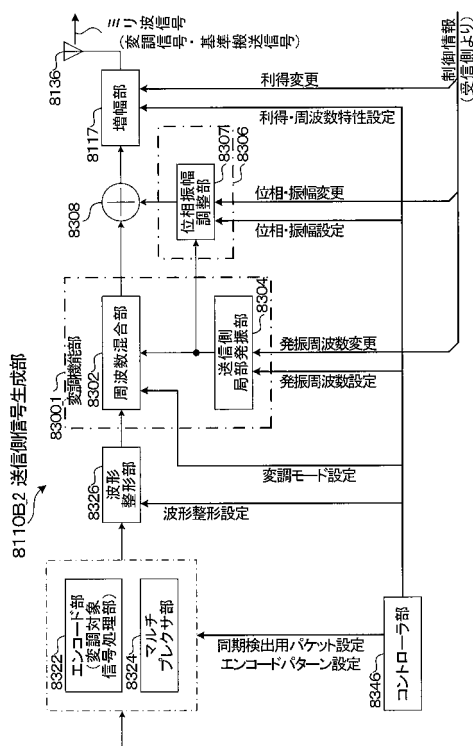
【図9】

＜注入同期方式:送信側信号生成部の詳細構成:第2実施形態(第1例)＞

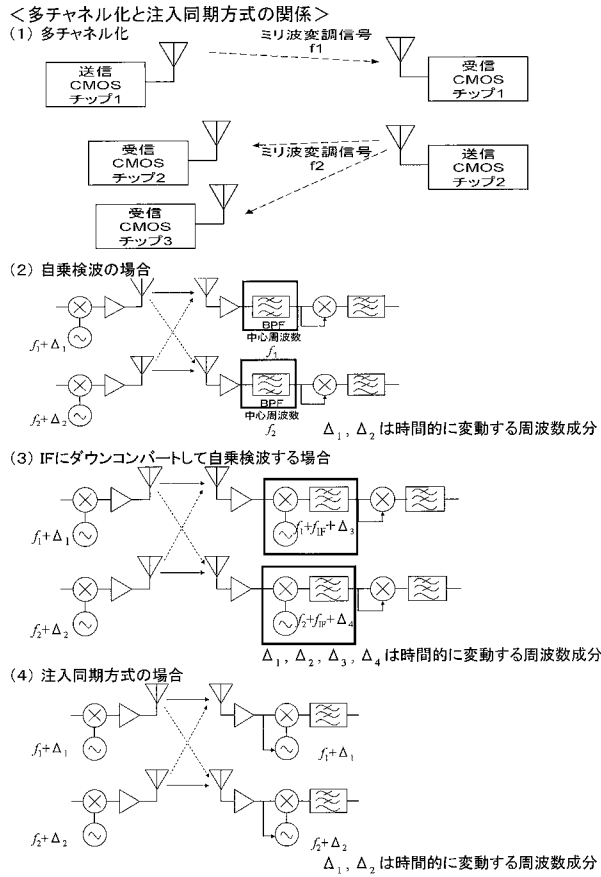


【図9A】

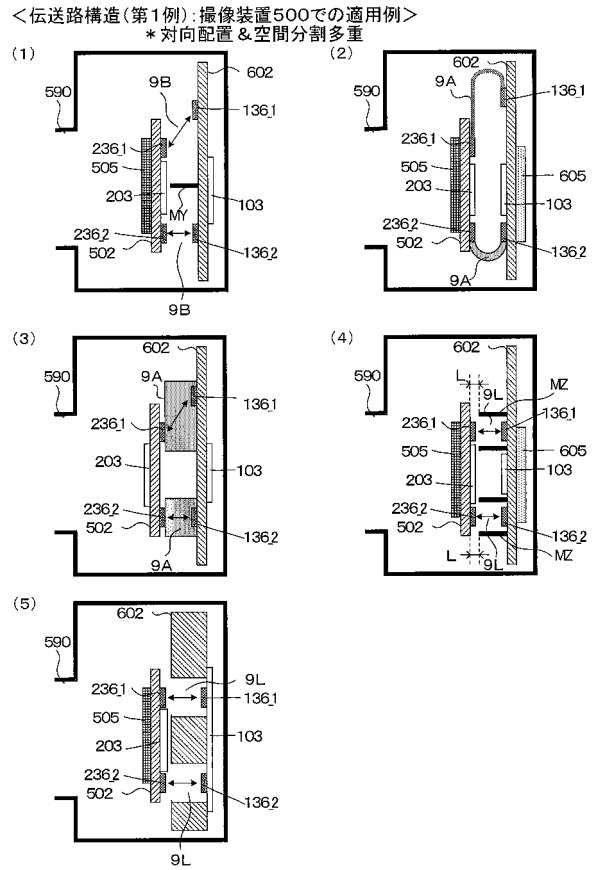
＜注入同期方式:送信側信号生成部の詳細構成:第2実施形態(第2例)＞



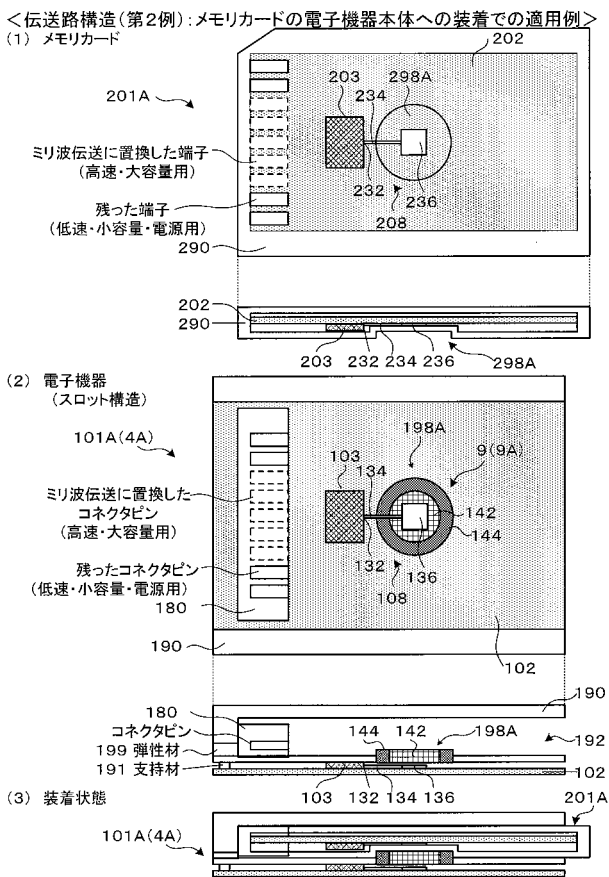
【図12】



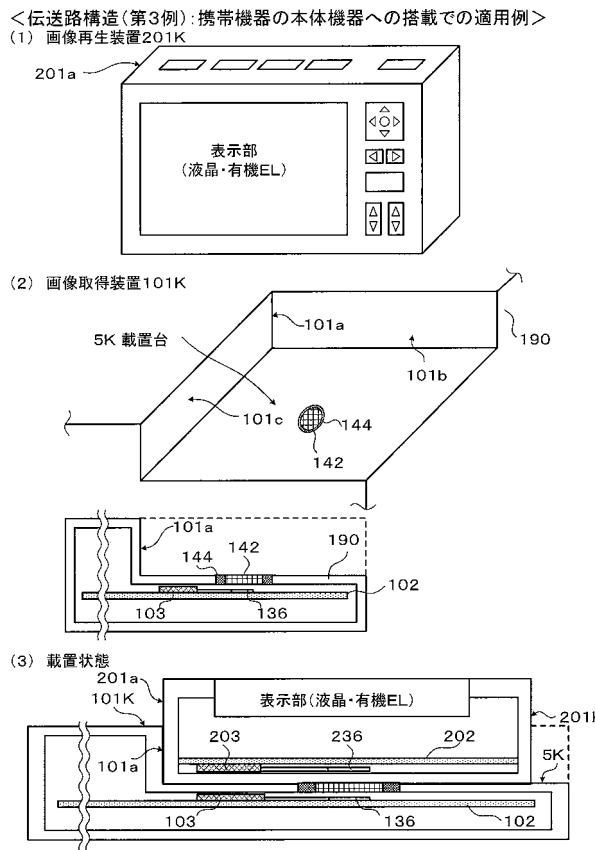
【図13】



【図13A】

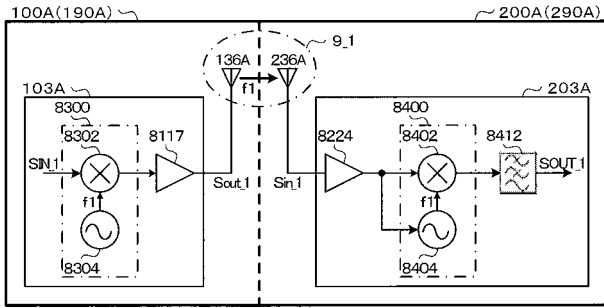


【図13B】



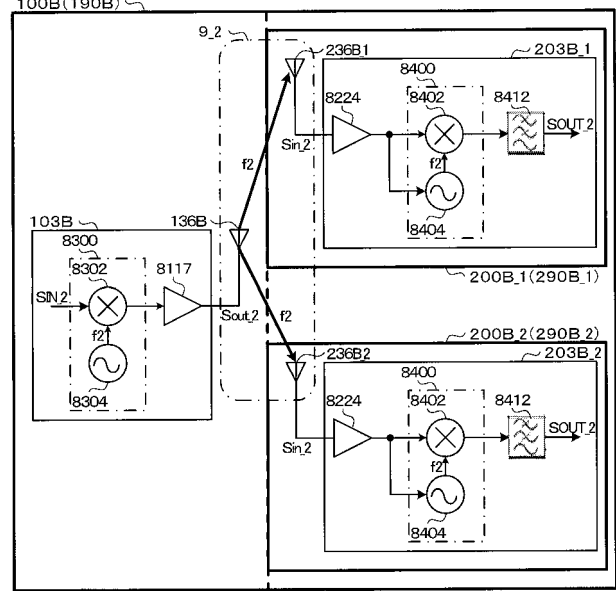
【 図 1 4 】

<無線伝送システムの第1適用例> 無線伝送システム



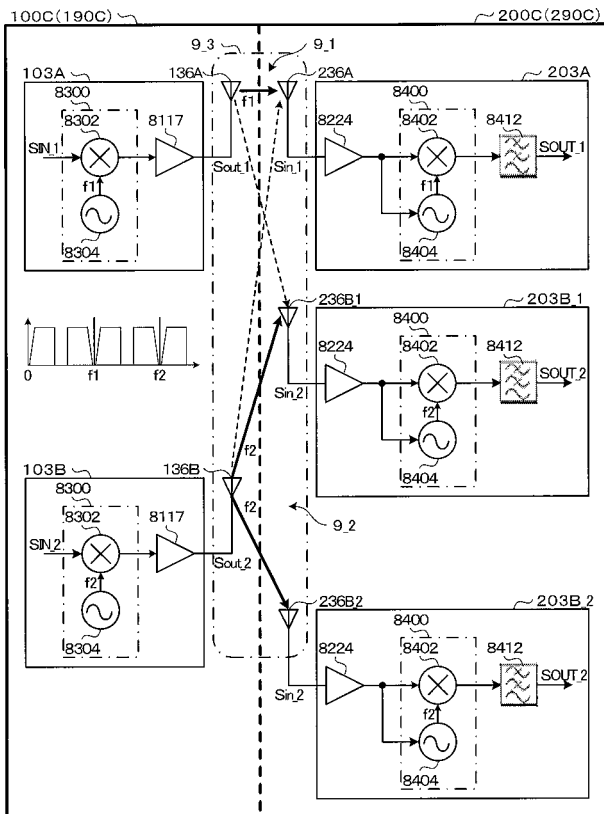
【 図 1 5 】

<無線伝送システムの第2適用例> 無線伝送システム



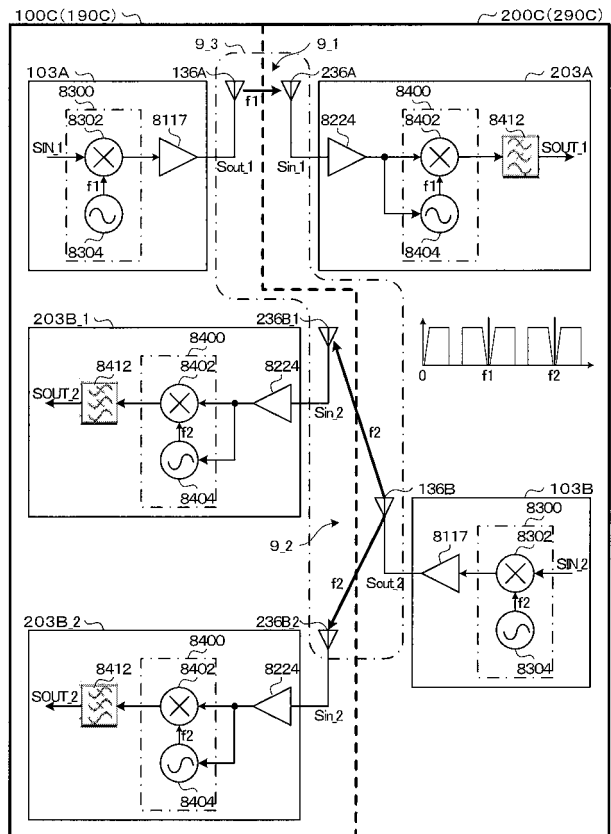
【 図 1 6 】

<無線伝送システムの第3適用例(その1-1)> 無線伝送システム



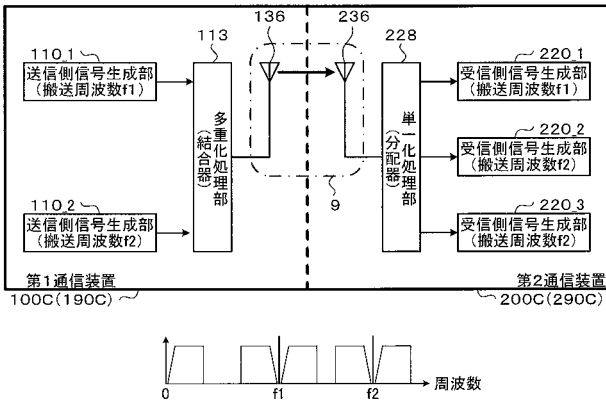
【 図 1 6 A 】

<無線伝送システムの第3適用例(その1-2)> 無線伝送システム



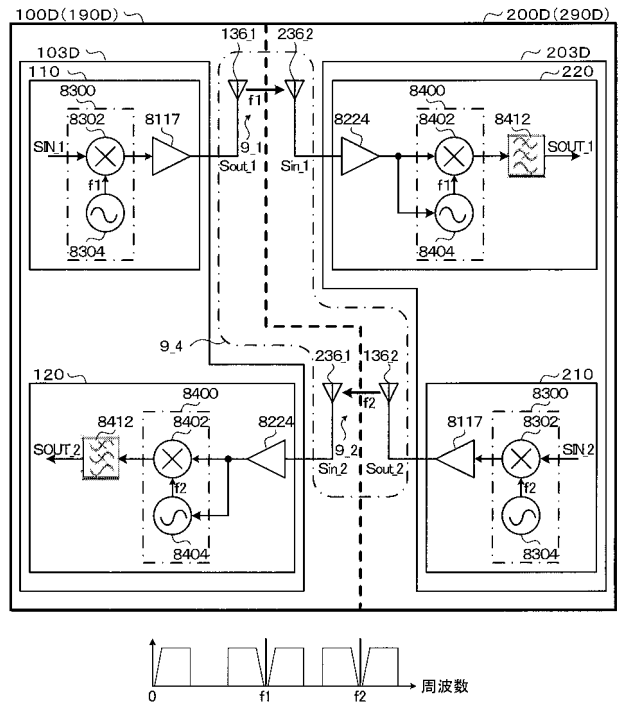
【図16B】

<無線伝送システムの第3適用例(その2)> 1 無線伝送システム
* 周波数分割多重・同一方向への多重通信



【図17】

<無線伝送システムの第4適用例(その1)> 1 無線伝送システム



【図17A】

<無線伝送システムの第4適用例(その2)> 1 無線伝送システム
* 周波数分割多重:全二重の双方向通信

