

(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2004-271529
(P2004-271529A)

(43) 公開日 平成16年9月30日(2004.9.30)

(51) Int. Cl.⁷
G01S 13/26

F I
G O I S 13/26

テーマコード(参考)
5 J O 7 0

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-66464 (P2004-66464) (22) 出願日 平成16年3月10日(2004.3.10) (31) 優先権主張番号 10/385814 (32) 優先日 平成15年3月11日(2003.3.11) (33) 優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(71) 出願人 503084750 メイコム インコーポレイテッド アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 O 1 8 5 4, ローウェル, ポーチュケット ブールバード 1 0 1 1 (74) 代理人 000227995 タイコエレクトロニクスアンプ株式会社 (72) 発明者 アラン ジェンキンス アメリカ合衆国 O 1 4 5 0 マサチュー セッツ州 グロートン ロングレーロード 3 5 1 Fターム(参考) 5J070 AB01 AB09 AC02 AD02 AH04 AH39 AK04 BA01</p>
---	--

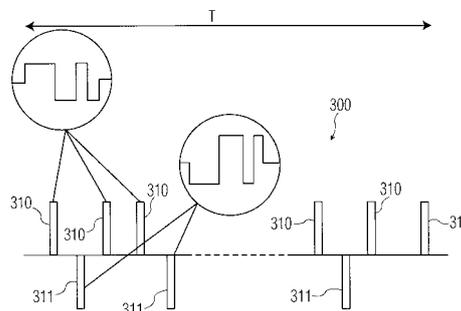
(54) 【発明の名称】 レーダ信号送信方法、複数のレーダ送信器の送信方法、レーダ、及びレーダ送信器

(57) 【要約】

【課題】レーダシステムにおける干渉及びノイズの効果を低減するシステム及び方法の提供。

【解決手段】レーダ信号送信方法は、各パルスがパルス間時間分離しており且つ異なる符号の第1コードに従って変調される一連のパルス310, 311を送信する工程からなる。互いに近傍に位置する複数のレーダ送信器を作動する方法は、複数のレーダ送信器の各々に、複数のレーダ送信器のうち他のレーダ送信器に付与された第1コードと異なる第1コードを付与する工程と、送信器に付与された各々の第1コードに従ってパルス間変調された各送信器から一連のパルスを送信する工程とからなる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

各パルスがパルス間時間分離しており且つ異なる符号の第 1 コードに従って変調される一連のパルスを送信する工程からなることを特徴とする、レーダ信号送信方法。

【請求項 2】

前記変調が二相位相変調であることを特徴とする請求項 1 記載のレーダ信号送信方法。

【請求項 3】

前記一連のパルスがバッチを構成することを特徴とする請求項 1 記載のレーダ信号送信方法。

【請求項 4】

前記第 1 コードの長さが前記バッチ内のパルスの数に等しいことを特徴とする請求項 3 記載のレーダ信号送信方法。

【請求項 5】

パルス及び前記第 1 コードの符号の間に 1 対 1 対応があることを特徴とする請求項 1 記載のレーダ信号送信方法。

【請求項 6】

前記一連のパルス間の複数パルス間時間中に電磁エネルギーを受信する工程と、前記第 1 コードに従って前記受信された電磁エネルギーを逆相関する工程とをさらに具備することを特徴とする請求項 1 記載のレーダ信号送信方法。

【請求項 7】

複数のパルスコード符号を具備し且つ各パルスの一部が前記パルスコード符号に従って変調されるパルスコードで各パルスを変調することにより、一連の各パルスをコード化する工程をさらに具備することを特徴とする請求項 1 記載のレーダ信号送信方法。

【請求項 8】

パルスコードで各パルスを変調する前記工程が、前記第 1 コードに従って書くパルスを変調するために使用される変調と同じタイプを使用して実行されることを特徴とする請求項 7 記載のレーダ信号送信方法。

【請求項 9】

互いに近傍に位置する複数のレーダ送信器を作動する方法であって、複数のレーダ送信器の各々に、前記複数のレーダ送信器のうち他のレーダ送信器に付与された第 1 コードと異なる第 1 コードを付与する工程と、送信器に付与された各々の前記第 1 コードに従ってパルス間変調された前記各送信器から一連のパルスを送信する工程とを特徴とする複数レーダ送信器の作動方法。

【請求項 10】

前記パルス間変調が二相位相変調であることを特徴とする請求項 9 記載の複数レーダ送信器の作動方法。

【請求項 11】

前記一連のパルスの各々がバッチを構成することを特徴とする請求項 9 記載の複数レーダ送信器の作動方法。

【請求項 12】

前記第 1 コードの長さが前記バッチ内のパルスの数に等しいことを特徴とする請求項 1 記載の複数レーダ送信器の作動方法。

【請求項 13】

各パルス及び前記第 1 コードの単一符号の間に 1 対 1 対応があることを特徴とする請求項 9 記載の複数レーダ送信器の作動方法。

【請求項 14】

前記送信器の各々において前記一連のパルス間の複数パルス間時間中に電磁エネルギーを受信する工程と、

前記送信器の各々においてそれぞれの前記第 1 コードに従って前記受信された電磁エネ

10

20

30

40

50

ルギーを逆相関する工程と

をさらに具備することを特徴とする請求項 9 記載の複数レーダ送信器の作動方法。

【請求項 15】

イントラパルス変調スキームで前記一連のパルスの各々をコード化する工程をさらに具備することを特徴とする請求項 9 記載の複数レーダ送信器の作動方法。

【請求項 16】

前記イントラパルス変調及び前記パルス間変調は、同一のタイプの変調を使用して実行されることを特徴とする請求項 15 記載の複数レーダ送信器の作動方法。

【請求項 17】

アンテナに結合可能であって、第 1 コードに従ってパルス間変調された一連のパルスを送信するよう構成された送信器と、

アンテナに結合可能であって、前記アンテナからの前記一連のパルスからエコーを受信し、前記第 1 コードに従って前記エコーを逆相関するよう構成された受信器とを具備することを特徴とするレーダ。

【請求項 18】

前記受信器は、前記一連のパルスから受信された前記エコーをバッチ処理するよう構成されたことを特徴とする請求項 17 記載のレーダ。

【請求項 19】

前記第 1 コードの長さは、前記受信器によりバッチ処理されたパルスの数に等しいことを特徴とする請求項 18 記載のレーダ。

【請求項 20】

前記第 1 コードの長さは、前記受信器によりバッチ処理されたパルスの数より大きいことを特徴とする請求項 17 記載のレーダ。

【請求項 21】

前記送信器はさらに、パルスコードに従って各パルスをイントラパルス変調するよう構成されていることを特徴とする請求項 17 記載のレーダ。

【請求項 22】

前記イントラパルス変調は、前記パルス間変調と同じタイプの変調を使用して実行されることを特徴とする請求項 21 記載のレーダ。

【請求項 23】

発振器と、
該発振器に接続され、時間で分離された一連のパルスを出力部に提供するよう構成されたパルス形成器と、

該パルス形成器の前記出力部に接続され、第 1 コードに従って前記一連のパルスをイントラパルス変調するよう構成された変調器とを具備することを特徴とするレーダ送信器。

【請求項 24】

前記変調器は、パルスコードに従って前記一連のパルスの各々をイントラパルス変調するよう構成されていることを特徴とする請求項 23 記載のレーダ送信器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーダの分野に関し、より詳細にはレーダシステムに対するエラー検知 / 訂正技法及び符号化技法に関する。

【背景技術】

【0002】

RADio Detection And Rangingの頭文字であるレーダは、(通常、無線周波数又はマイクロ波周波数における)電磁エネルギーの送信により所定距離の物体を検知するのに使用される技法である。レーダシステムは、例えば嵐を検知するために(例えばNEXRADシステム等の)気象を含む広範囲の目的に使用される。レーダは複数の航空機及び船舶で

10

20

30

40

50

使用され、軍事用及び民生用の双方のために表面上及び空中の物体を検知及び追跡するために使用される。このようなシステムの例には、水上艦艇及びミサイル等の小さな低空飛行物体を検知するのに使用される、ノースロップ・グルマン・ノーデン・システム社 (Northrop Grumman Norden Systems, Inc.) から販売されているAN/SPQ-9(b)海軍レーダシステムや、他の船舶の検知や航法目的に使用される、レイセオン社 (Raytheon Corp.) から販売されているパスファインダ (Pathfinder) 商業用船上レーダシステムがある。レーダは自動車の衝突防止にも使用されている。また、天体及び地球の双方の画像化にレーダを使用することも公知である。例えば、共同監視標的攻撃レーダシステム (JSTARS) は、改造された707機体の下側に実装された合成開口レーダ (SAR) を使用し、戦車等の軍事車両の存在を明かすことができる地上画像を形成する。

10

【0003】

レーダシステムは連続波タイプ又はパルス波タイプのいずれかである。両タイプのシステムにおいて、送信アンテナにより物体に向かって送信されるエネルギーの一部は、受信アンテナに向かって反射されて物体に関する情報を提供する。連続波レーダシステムでは (典型的には無線周波数又はマイクロ波周波数における) 電磁エネルギーが連続的に送信されるが、パルスレーダシステムではデンジエネルギーが、パルス繰返し周波数すなわち $p r f$ と称される周波数で短いバーストすなわちパルスで送信される。 $p r f$ は、標的検知が望まれている最大予想範囲に基づいて選択されることが多い。この範囲は、明確 (unambiguous) 範囲と称される。このようなパルスシステムにおいて、パルスは、パルス間の周期と比較して典型的には短い周期すなわちパルス幅 ($p r f$ の逆数) を有する。パルスが送信された後、受信器は、物体で反射された送信パルスのエコーを「聴く」。エコーが受信されると、物体は検知されたことになる。

20

【0004】

パルスシステムにおいて、(物体の範囲が明確範囲より小さいと仮定すると) 送信パルス及びエコー受信間の時間を決定することにより、物体の範囲を決定することができる。送信アンテナ及び受信アンテナの一方又は両方 (同一のアンテナが両機能に使用されることが多い) が指向性を有する場合、標的の姿勢 (方向) に関する情報もエコーによって明らかにできる。

【0005】

また、レーダは、レーダシステムに対する物体の相対速度の決定に使用することができる。例えば、ドップラレーダシステムにおいて、エコーの周波数シフト及び位相シフトの一方または両方は、物体及びシステム間の相対速度を明らかにすることができる。このようなパルスレーダシステムにおいて、いくつかのパルスから受信されたエコーは、「バッチ」すなわち結合される (例えば、付加され平均化される) ことが多い。このように結合された複数のパルスからのエコーは、バッチと称されることが多い。5~10°のオーダのビーム幅及び1~10秒のオーダの回転速度を有する回転方向アンテナが使用される監視レーダ用途において、2~16パルスのバッチが典型的であり、一方、50~250パルスのバッチは、自動車の衝突防止用に使用されるタイプのように、非回転アンテナを有する高解像度レーダシステムにより一般的である。バッチは、エコーのSN比の増加と、必要な処理量の減少の双方に役立つ。

30

40

【特許文献1】特開平11-264867号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

レーダシステムは、他の通信システムのように、可能な限り最低のコスト及び最高速度で情報を伝送することが望ましい。また、レーダシステムは、他の通信システムのように、干渉及びノイズの結果生ずる性能劣化を受ける。このことは、システムの各レーダ送信器/受信器が、システムの他の送信器及び車両の一方又は双方から干渉を受けるばかりでなく、付近の複数の車両からも干渉を受ける可能性がある、自動車の衝突防止レーダシステム等のレーダシステムに特に顕著である。干渉及びノイズに直面するレーダシステムの

50

性能の改良は、長いことレーダシステム技術者の目標であった。レーダが誕生して以来60年以上の間に大きな進歩はあったが、改良は依然として望ましく且つ必要である。

【0007】

従って、レーダシステムにおける干渉及びノイズの効果を低減するシステム及び方法に対するニーズがある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、公知の符号化ノエラー訂正技法をレーダシステムに適用して性能を改良し、上述のニーズに大きく合致するものである。特にパルスレーダシステムに適用可能な本発明の好適な実施形態において、(コード分割マルチプルアクセスすなわちCDMAとも称される)直接シーケンススペクトラム拡散技法が使用される。この実施形態において、パルスのバッチは符号(symbol)として取り扱われる。符号は擬似ノイズ(PN)コードにより変調され、擬似ノイズコードの各チップは、単一パルスに関連した周期に対応する(すなわち、チップ速度がprfに対応する)。変調技法は好適には二相位相変調(BPSK)であるが、多相符号化(例えばQPSK)も使用可能である。符号内の各パルスから受信されたエコーは、PNコードの関数として結合又は相関される。ビタビ復号を受信器に使用することができる。PNコードは、例えばゴールドコード、ウォルシュコード、ターボコード等の他の通信システムに広く使用されている任意のタイプであってもよい。好適な一実施形態において、システムはまた、パルス符号化を使用する。

10

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0009】

本発明のより完全な理解及びその付随する特徴及び利点は、以下の説明を添付図面と関連して考えるとよりよく理解されよう。

【0010】

以下、好適実施形態を参照して本発明を説明する。変調スキームのタイプ及びコード長さ等の特定の詳細は、本発明を完全に理解するために記載される。本明細書に記載された好適実施形態は、本発明を限定するものと理解すべきでない。さらに、理解を容易にするために、ある方法の工程は別の工程として描写される。しかし、これらの工程は、必ずしも明確なものとして、また性能が順序に依存すると解釈すべきでない。

【0011】

30

図1は、周期 T_B を有するバッチ100として処理された一連のパルス110を示す。図1のパルス110は、実際のパルスの符号を代表するものである。各パルス110は、レーダシステムが電磁エネルギーを伝送する時間間隔を表わす。パルス間隔と称されるパルス間の時間間隔において、レーダシステムは、物体により反射されたパルスのエコーを聞く。各パルス110は、時にパルス幅と称される時間 T_p を有する。パルス110の拡大された時間ベースの図は、切取り部分120に図示されている。切取り部分120から理解されるように、各パルスは変調されている。

【0012】

図2(A)は、図1のパルス110を符号で表わした図である。一方、図2(B)は、対応する波形を表わしたものである。さて、図2(A)を参照すると、(パルス変調とも称される)パルス符号化が当業界で周知の方法でパルスに加えられたことを理解することができる。パルス幅 T_p は、チップと称される多数のサブパルスに分割され、各々は等しいサブパルス時間すなわちサブパルス幅 T_c を有する。各サブパルス時間 T_c は+又は-符号に関連する。図2(B)を参照すると理解されるように、対応するサブパルスが+符号に関連すると信号220の位相変調は起こらないが、-符号に関連するサブパルス時間 T_c に対しては 180° の位相ずれが起こる。+及び-のパターンは(この場合、7ビットバーカーコードである)コードと称され、このコードに従ったパルス変調処理はパルスコード化又はパルス変調と称される。あるコードを有する単一パルス変調を、本明細書ではイントラパルスコード化と称することにする。7ビットバーカーコードは図2に示されるが、(例えば他の長さの)バーカーコード又は他のコードを使用することが可能である。(BP

40

50

S Kすなわち二相位相変調とも称される)二相コード化/変調が図2に示される。しかし、例えばフランクコード化又は四相位相変調(Q P S K)等の多相(3位相以上)コード化も使用可能である。1990年発行のM. Skolnik著「レーダハンドブック第2版」の10.15~10.26に十分に記載されているように、位相コード化は、非圧縮パルスと比較すると付加的な電力伝送及び範囲解像の一方又は双方を可能にするパルス圧縮の一形態である。

【0013】

図1に戻って参照すると、バッチ時間 T_B の間に全く同一のパルス110が多数回送信されることを見ることができる。上述したように、バッチ内で多数のパルスは変化できるが、自動車で使用する衝突防止においてはバッチ当たり200パルスのオーダであるのが典型的である。図1のバッチ100のパルスは、情報の単位、すなわち符号として考えることができる。スペクトラム拡散技法を使用すると、この情報ユニット/符号をコード化することにより通信(レーダ)システムの性能を改良することが可能である。特に、符号/バッチは、CDMA用途で広く使用されている擬似ノイズ(PN)コードを含みこの目的に公知の任意のコードを使用して符号を変調することにより実施できる直接シーケンススペクトラム拡散技法を使用してコード化可能である。

10

【0014】

符号として(バッチ内の一連のパルス等)一連のパルスを取り扱うこと、及びコードに従ってバッチ内の各パルスを変調することは、本明細書では(単一パルスのコード化と称するイントラパルス変調と区別されるものとして)パルス間変調と称することにする。これらのコードは好適には直交する。すなわち、これらのコードは、低い相互相関(他のコードとの相関)を有する高い自己相関(自身との相関)を有する。このことは、符号を変調するのに使用される同一コード以外の任意のコードを使用して逆相関(decorrelation)が実行されると、出力はほぼ零である。ゴールドコード、ウォルシュコード及びターボコード等のコードを使用することが可能である。コード長が符号長さと等しい短コードスキームは、バッチ内の多数のパルスが十分な数の特異コード用に設けられる際に使用することができる。また、コード長が符号長さを超える長コードスキームも、バッチ内の多数のパルスが小さい場合、特に使用することができる。任意の変調タイプを使用することができるが、レーダシステム、とりわけBPSKイントラパルス変調を使用する特に好適な実施形態において、システムをすでに表わす二相変調器の利点を有するので、BPSK変調が好適である。

20

30

【0015】

本発明の一実施形態に従ったバッチ/符号300用のイントラパルス変調及びパルス間変調の双方を使用する典型的変調スキームは、図3に図示されている。バッチ300は複数のパルス310, 311を具備する。いくつかのパルス310は、図1のパルス110と同様にイントラパルス変調される。すなわち、パルスはサブパルス(すなわちチップ)に分割され、各チップは、未変更のままか、或いは7ビットバーカーコードに従って180°位相がシフトされる。他のパルス311は、位相が180°シフトされた、パルス310の位相シフトされたものである。このため、バッチ300のパルスはパルス間変調されている。パルス310, 311がシフトされた又はシフトされていないパターンは、システムに関連したコードにより指示される。受信エコーは、同一コードを使用して逆相関(非拡散)される。

40

【0016】

実際には、典型的なCDMAシステムにおいて各携帯電話に異なるPNコードが付与されるのと同じ方法で、各レーダ送信器に異なるPNコードが付与される。各レーダ送信器は、単一の車両に配置されてもよく、また複数の車両に配置されてもよい。このように、本発明は、自動車衝突防止レーダシステムに使用される場合、他の車両からの干渉と同様に、同一自動車のレーダ送信器間の干渉を低減するのに使用することができる。短コードスキームが使用されると、可能な異なる多数のコードが、この場合バッチ内の多数のパルスである、符号の「チップ」に依存する。バッチが200パルスのシステムにおいて、個別の送信器に対して付与するために多数の直交コードが使用可能である。

50

【0017】

本発明の一実施形態に従ったシステム400の一実施形態のブロック図が、上述の図1と同様の図4に示される。図4において、マイクロ波発生源10は、FM変調モジュール11により安定化される。マイクロ波発生源の出力はバッファ増幅器12により増幅され緩衝される(周波数の引き寄せが防止される)。バッファ増幅器12の出力は、スイッチドライバ15により制御されて所望のパルス幅でパルスを形成するパルス形成器414に入力される。パルス形成器414からのパルスは、イントラパルス変調及びパルス間二相変調を実行する二相変調器16に入力される。二相変調器16はXORゲート401の出力により制御される。XORゲート401への一方の入力は、イントラパルス変調(パルス圧縮)目的のためにパーカーコードに対応する波形を供給することが任務であるパルス変調ドライバ17に接続される。このため、パルス変調ドライバ17による波形出力は図2(A)の波形に対応する。XORゲート401への他方の入力は、PNコードメモリ403に記憶されたPNコードを使用してバッチ時間にわたりPNコードに従って変化する波形を出力してパルス間変調機能を果たすバッチ変調器ドライバ402に接続される。このため、XORゲート401は、二相変調器16を制御するために、パルス変調器ドライバ17及びバッチ変調器ドライバ402により生成される波形を結合し、図3に符号で表わされるパルス間変調及びイントラパルス変調された出力を生成する。次に、二相変調器の出力は、送信サイクル中に二相変調器16の出力がアンテナ30を介した送信用に増幅器25, 26に接続されるようにスイッチドライバ28に制御された送受信スイッチ18に入力され、受信サイクル中に受信器のIミキサ44及びQミキサ45のローカル発振器の入力部に入力される。

【0018】

特に好適な一実施形態において、破線409で囲まれた要素15, 17, 28, 401, 402, 403により実行される機能は、プログラマブルゲートアレー又はASIC等の単一ICで実施される。しかし、破線409内の要素も個別部品を使用して実施することができる。

【0019】

アンテナ31を介して受信された信号は、増幅器40, 41で増幅され、次に分割されてミキサ44, 45に入力される。ミキサ44, 45は、送信パルスのレプリカ及び90°位相がシフトされた送信パルスのレプリカを有する(受信信号の方形部を形成する)入力信号をそれぞれ混成する。次に、ミキサ44, 45の下位変換された出力は、イントラパルス変調に対応して逆相関機能を果たす積分器47, 48に接続される。次に、積分器47, 48はフィルタ49, 50によりドップラフィルタリングされる。ドップラフィルタ49, 50の出力はスイッチ52, 54に接続される。スイッチ52, 54は、サンプラ51により制御され、当業界で周知の積分・ダンプ処理を実行する。スイッチング52, 54の出力は第2段階の積分器53, 55にそれぞれ接続される。

【0020】

図4に示される実施形態において、受信される信号はベースバンドに直接的に下位変換される。別の実施形態において、中間周波数(IF)発振器を組み込んで、受信される信号を最初にIFに下位変換することも可能である。このようなスキームにおいて、二相変調は、図4に示される送信周波数の代わりにIFで実行可能である。また、図4に示された逆相関は、受信信号を逆相関するための方法である。ピタピ復号を含む別の形態の逆相関も使用可能である。

【0021】

パルス間変調スキームを例示し、パルス間変調スキームを使用するレーダシステムの好適な実施形態を説明してきた。明らかに、上述の教示に鑑みて、本発明の種々の変形・変更が可能である。従って、添付の特許請求の範囲内で、本明細書に特に記載されたもの以外で本発明を実施することができるということが理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

10

20

30

40

50

【図 1】従来の処理においてバッチを具備する複数のパルス及びパルス間時間を示す概略図である。

【図 2】従来の処理による 7 要素バーカーコードに従った二相変調を示す単一パルスを時間支配で表わした図である。

【図 3】本発明の一実施形態に従った擬似ノイズによる変調後の図 1 のバッチ内のパルスを示す概略図である。

【図 4】本発明の一実施形態に従った図 2 の変調スキームを使用したレーダシステムのハードウェアブロック図である。

【符号の説明】

【 0 0 2 3 】

1 0 マイクロ波発生源（発振器）

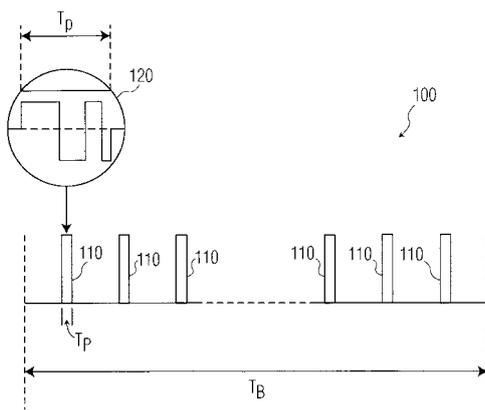
1 6 二相位相変調器

3 0 , 3 1 アンテナ

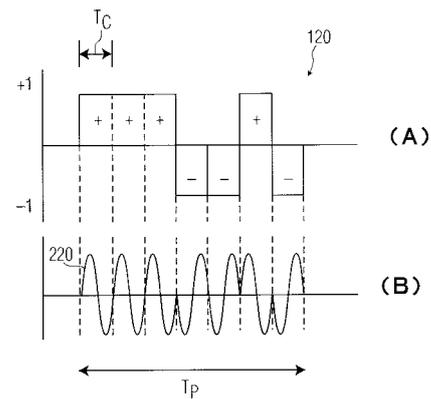
4 1 4 パルス形成器

10

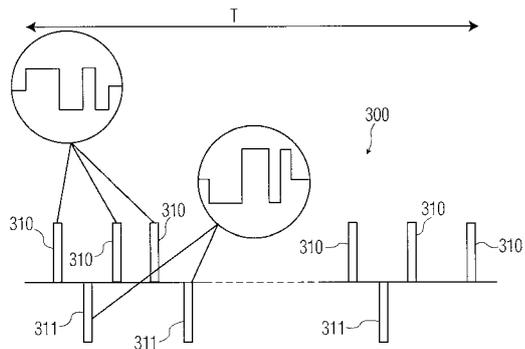
【図 1】



【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】

