

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7038120号

(P7038120)

(45)発行日 令和4年3月17日(2022.3.17)

(24)登録日 令和4年3月9日(2022.3.9)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 B	7/06 (2006.01)	H 0 4 B	7/06	9 8 2
H 0 4 B	17/15 (2015.01)	H 0 4 B	17/15	
H 0 1 Q	3/26 (2006.01)	H 0 1 Q	3/26	Z
H 0 1 Q	21/06 (2006.01)	H 0 1 Q	21/06	
G 0 1 R	29/08 (2006.01)	G 0 1 R	29/08	A

請求項の数 13 (全15頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2019-528638(P2019-528638)

(86)(22)出願日 平成29年12月7日(2017.12.7)

(65)公表番号 特表2020-512707(P2020-512707  
A)

(43)公表日 令和2年4月23日(2020.4.23)

(86)国際出願番号 PCT/US2017/065129

(87)国際公開番号 WO2018/111683

(87)国際公開日 平成30年6月21日(2018.6.21)

審査請求日 令和2年11月24日(2020.11.24)

(31)優先権主張番号 15/381,618

(32)優先日 平成28年12月16日(2016.12.16)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73)特許権者 507308186

ライトポイント・コーポレーション

LitePoint Corporat  
ion

アメリカ合衆国 9 5 1 3 4 カリフォル

ニア州 サンノゼ ローズ オーチャード

ウェイ 1 8 0

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和

(74)代理人 100095500

弁理士 伊藤 正和

(74)代理人 100111235

弁理士 原 裕子

(74)代理人 100195257

弁理士 大淵 一志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アンテナアレイから発信された無線周波数信号の、予想される位相シフトの確認を可能にする方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

アンテナアレイのそれぞれの素子から発信された無線周波数(RF)信号の、予想される位相シフトの確認を可能にする方法であって、

アンテナアレイの複数のアンテナ素子の1つから発信されたRF信号を受信することと、前記受信されたRF信号の位相シフトを検出し、それに応答して、前記受信されたRF信号をサンプリングしてRF信号サンプルを生成することと、

前記受信することと前記検出およびサンプリングすることとを繰り返して複数のRF信号サンプルを生成することであって、前記受信されたRF信号が複数の所定の信号位相シフトを含むとともに、前記複数のRF信号サンプルのそれぞれ1つが、それに関連付けされた、先行RF信号サンプルおよび後続RF信号サンプルの一方または両方の信号位相に対する信号位相を有することと、

前記複数のRF信号サンプルのそれぞれ1つと、前記先行RF信号サンプルおよび前記後続RF信号サンプルの一方または両方との信号位相差を、1つ以上の予想される信号位相差との比較のために測定することと

を含み、

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の少なくとも一部から発信されたRF信号を受信することは、連続波(CW)RF信号を受信することを含む方法。

## 【請求項 2】

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の1つから発信されたRF信号を受信すること

は、周期的に位相シフトされた R F 信号を受信することを含む、請求項 1 の方法。

【請求項 3】

前記 R F 信号は、位相差だけ離れた第 1 の信号位相および第 2 の信号位相を有する少なくとも第 1 の信号成分および第 2 の信号成分を含み、

前記受信された R F 信号の位相シフトを検出することは、前記第 1 の信号位相と前記第 2 の信号位相との前記位相差の変化を検出することを含む、請求項 1 の方法。

【請求項 4】

前記 R F 信号は、位相差だけ離れた第 1 の信号位相および第 2 の信号位相を有する少なくとも第 1 の信号成分および第 2 の信号成分を含み、

前記受信された R F 信号の位相シフトを検出し、それに応答して、前記受信された R F 信号をサンプリングすることは、前記位相差を検出し、前記検出された位相差が所定値を超過するときに前記受信された R F 信号をサンプリングすることを含む、請求項 1 の方法。

10

【請求項 5】

前記アンテナアレイの前記複数のアンテナ素子の別の 1 つから発信された別の 1 つの R F 信号を受信することと、

前記受信された別の 1 つの R F 信号の位相シフトを検出し、それに応答して、前記受信された別の 1 つの R F 信号をサンプリングして別の 1 つの R F 信号サンプルを生成することと、

前記受信することと前記検出およびサンプリングすることとを繰り返して別の複数の R F 信号サンプルを生成することとであって、前記受信された R F 信号が複数の所定の信号位相シフトを含むとともに、前記別の複数の R F 信号サンプルのそれぞれ 1 つが、それに関連付けされた、先行 R F 信号サンプルおよび後続 R F 信号サンプルの一方または両方の信号位相に対する別の 1 つの信号位相を有することと、

20

前記複数の R F 信号サンプルのそれぞれ 1 つと、前記先行 R F 信号サンプルおよび前記後続 R F 信号サンプルの一方または両方との信号位相差を、1 つ以上の予想される信号位相差との比較のために測定することと

をさらに含む、請求項 1 の方法。

【請求項 6】

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の 1 つから発信された R F 信号を受信することは、連続波 ( C W ) R F 信号を受信することを含み、

30

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の別の 1 つから発信された別の 1 つの R F 信号を受信するステップは、別の 1 つの連続波 ( C W ) R F 信号を受信することを含む、請求項 5 の方法。

【請求項 7】

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の 1 つから発信された R F 信号を受信することは、周期的に位相シフトされた R F 信号を受信することを含み、

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の別の 1 つから発信された別の 1 つの R F 信号を受信することは、別の 1 つの周期的に位相シフトされた R F 信号を受信することを含む、請求項 5 の方法。

【請求項 8】

40

アンテナアレイのそれぞれの素子から発信された無線周波数 ( R F ) 信号の、予想される位相シフトの確認を可能にする方法であって、

アンテナアレイの複数のアンテナ素子の 1 つから発信された R F 信号を受信することと、前記受信された R F 信号の位相シフトを検出し、それに応答して、前記受信された R F 信号をサンプリングして R F 信号サンプルを生成することと、

前記受信することと前記検出およびサンプリングすることとを繰り返して複数の R F 信号サンプルを生成することとであって、前記受信された R F 信号が複数の所定の信号位相シフトを含むとともに、前記複数の R F 信号サンプルのそれぞれ 1 つが、それに関連付けされた、先行 R F 信号サンプルおよび後続 R F 信号サンプルの一方または両方の信号位相に対する信号位相を有することと、

50

前記複数の R F 信号サンプルのそれぞれ 1 つと、前記先行 R F 信号サンプルおよび前記後続 R F 信号サンプルの一方または両方との信号位相差を、1 つ以上の予想される信号位相差との比較のために測定することと、

前記アンテナアレイの前記複数のアンテナ素子の別の 1 つから発信された別の 1 つの R F 信号を受信することと、

前記受信された別の 1 つの R F 信号について、前記検出およびサンプリングすることと前記測定することとを繰り返すことと

を含み、

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の 1 つから発信された R F 信号を受信することとは、連続波 ( C W ) R F 信号を受信することを含み、

10

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の別の 1 つから発信された別の 1 つの R F 信号を受信することは、別の 1 つの連続波 ( C W ) R F 信号を受信することを含む方法。

【請求項 9】

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の 1 つから発信された R F 信号を受信することとは、周期的に位相シフトされた R F 信号を受信することを含み、

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の別の 1 つから発信された別の 1 つの R F 信号を受信することは、別の 1 つの周期的に位相シフトされた R F 信号を受信することを含む、請求項 8 の方法。

【請求項 10】

アンテナアレイのそれぞれの素子から発信された無線周波数 ( R F ) 信号の、予想される位相シフトの確認を可能にする方法であって、

20

被試験デバイス ( D U T ) のアンテナアレイの複数のアンテナ素子の 1 つから R F 信号を発信することと、

前記発信された R F 信号の位相シフトを検出し、それに応答して、前記発信された R F 信号をサンプリングして R F 信号サンプルを生成することと、

前記発信することを繰り返すことであって、前記発信することが繰り返された R F 信号の後続信号が、前記発信することが繰り返された R F 信号の先行信号から所定量だけシフトされた信号位相を有することと、

前記発信することが繰り返された R F 信号の前記検出およびサンプリングすることを繰り返すことであって、前記複数の R F 信号サンプルのそれぞれ 1 つが、それに関連付けされた、先行 R F 信号サンプルおよび後続 R F 信号サンプルの一方または両方の信号位相に対する信号位相を有することと、

30

前記複数の R F 信号サンプルのそれぞれ 1 つと、前記先行 R F 信号サンプルおよび前記後続 R F 信号サンプルの一方または両方との信号位相差を、1 つ以上の予想される信号位相差との比較のために測定することと、

前記アンテナアレイの前記複数のアンテナ素子の別の 1 つから別の 1 つの R F 信号を発信することと、

前記発信された別の 1 つの R F 信号について、前記検出およびサンプリングすることと、前記測定することとを繰り返すことと

を含み、

40

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の 1 つから R F 信号を発信することは、連続波 ( C W ) R F 信号を発信することを含み、

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の別の 1 つから別の 1 つの R F 信号を発信するステップは、別の 1 つの連続波 ( C W ) R F 信号を発信することを含む方法。

【請求項 11】

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の 1 つから R F 信号を発信することは、周期的に位相シフトされた R F 信号を発信することを含み、

前記アンテナアレイの複数のアンテナ素子の別の 1 つから別の 1 つの R F 信号を発信することは、別の 1 つの周期的に位相シフトされた R F 信号を発信することを含む、請求項 10 の方法。

50

## 【請求項 1 2】

前記 R F 信号は、位相差だけ離れた第 1 の信号位相および第 2 の信号位相を有する少なくとも第 1 の信号成分および第 2 の信号成分を含み、  
 前記受信された R F 信号の位相シフトを検出することは、前記第 1 の信号位相と前記第 2 の信号位相との前記位相差の変化を検出することを含み、  
 前記別の 1 つの R F 信号は、別の 1 つの位相差だけ離れた第 3 の信号位相および第 4 の信号位相を有する少なくとも第 3 の信号成分および第 4 の信号成分を含み、  
 前記受信された別の 1 つの R F 信号の位相シフトを検出することは、前記第 3 の信号位相と前記第 4 の信号位相との前記別の 1 つの位相差の変化を検出することを含む、請求項 5、8 及び 10 のいずれか一項の方法。

10

## 【請求項 1 3】

前記 R F 信号は、だけ離れた第 1 の信号位相および第 2 の信号位相が位相差を有する少なくとも第 1 の信号成分および第 2 の信号成分を含み、  
 前記受信された R F 信号の位相シフトを検出し、それに応答して、前記受信された R F 信号をサンプリングすることは、前記位相差を検出し、前記検出された位相差が所定の値を超過するときに前記受信された R F 信号をサンプリングすることを含み、  
 前記別の 1 つの R F 信号は、別の 1 つの位相差だけ離れた第 3 の信号位相および第 4 の信号位相を有する少なくとも第 3 の信号成分および第 4 の信号成分を含み、  
 前記受信された別の 1 つの R F 信号の位相シフトを検出し、それに応答して、前記受信された別の 1 つの R F 信号をサンプリングすることは、前記別の位相差を検出し、前記検出された別の 1 つの位相差が別の所定の値を超過するときに前記受信された別の 1 つの R F 信号をサンプリングすることを含む、請求項 5、8 及び 10 のいずれか一項の方法。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ビーム形成を実行するように設計された無線周波数 ( R F : r a d i o f r e q u e n c y ) 信号送信機の試験に関し、特に、予想される信号位相差と比較するために、アンテナアレイの素子から発信された R F 信号の位相シフトの検出に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

今日の電子デバイスの多くは、接続性および通信の両方の目的のためにワイヤレス信号技術を使用している。ワイヤレスデバイスが電磁エネルギーを送信し、受信するため、また、2 つ以上のワイヤレスデバイスが信号周波数および電力ベクトル密度によって、互いの動作に干渉する可能性があるため、これらのデバイスおよびワイヤレス信号技術は、様々なワイヤレス信号技術規格の仕様に準拠していなければならない。

30

## 【0003】

このようなワイヤレスデバイスを設計する際に、技術者は、このようなデバイスが、それらに含まれているそれぞれのワイヤレス信号技術に規定されている規格に基づく仕様に確実に合致するか、または上回るように、特別の注意を払っている。さらに、その後これらのデバイスが量産される際には、これらのデバイスは、製造上の欠陥が原因で動作不良を起こすことがないように、含まれているワイヤレス信号技術の規格に基づく仕様に確実に準拠していることも含めて試験される。

40

## 【0004】

このようなワイヤレスデバイスの試験には通常、被試験デバイス ( D U T : d e v i c e u n d e r t e s t ) の受信および送信サブシステムの試験が伴う。試験システムは、例えば、様々な周波数、電力レベル、および / または信号変調技術を用いて所定の順序の試験データパケット信号を D U T に送り、D U T の受信サブシステムが適切に動作しているかどうかを判定する。同様に、D U T は、試験システムが受信し、処理するために多様な周波数、電力レベル、および / または変調技術で試験データパケット信号を送って、D U T の送信サブシステムが適切に動作しているかどうかを判定する。

50

## 【0005】

これらのデバイスを製造および組み立て後に試験するために、現行のワイヤレスデバイス試験システムは通常、各被試験デバイス(DUT)に試験信号を供給し、各DUTから受信した信号を分析するための様々なサブシステムを有する試験システムを採用している。システム(「テスト」と呼ばれる場合が多い)によっては、少なくとも、DUTに送信されるソース信号を供給するためのベクトル信号発生器(VSG: vector signal generator)と、DUTによって生成された信号を分析するためのベクトル信号分析器(VSA: vector signal analyzer)と、を含む。VSGによる試験信号の生成、およびVSAによって実行される信号の分析は概して、異なる周波数範囲、帯域幅、および信号変調特性を有する多様なワイヤレス信号技術規格への準拠に関して多様なデバイスの試験にそれぞれ使用できるように、(例えば、内蔵のプログラム可能な制御装置、またはパーソナルコンピュータなどの外付けのプログラム可能な制御装置を使用することにより)、プログラム可能である。

10

## 【0006】

ワイヤレスデバイス、例えば携帯電話、スマートフォン、タブレットなどは、IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ad(“Wi-Fi”)、3GPP LTE、およびBluetooth(登録商標)などの規格に基づいた技術を利用している。これらの技術の基礎となる規格は、信頼性の高いワイヤレス接続性および/または通信を供給するように設計されている。規格は、概してワイヤレススペクトルに隣接するか、またはワイヤレススペクトルを共有する同一の、あるいは他の技術を使用してエネルギー効率が良く、デバイス間の干渉を最小限に抑えるように設計されている、物理的な高水準の仕様を規定している。

20

## 【0007】

これらの規格によって規定された試験は、このようなデバイスが、規格に規定された仕様に適合するように設計されていること、および、製造されたデバイスが、引き続きそれらの規定された仕様に適合することを保証するように意図されている。デバイスのほとんどは、少なくとも1つ以上の受信機および送信機を包含している送受信機である。このため、試験は、受信機および送信機の両方が適合しているかどうかを確認するように意図されている。DUTの1つまたは複数の受信機の試験(RX試験)には、通常、受信機に試験パケットを送る試験システム(テスト)、およびDUT受信機が、それらの試験パケットにどのように応答するかを判定する何らかの方法が伴う。DUTの送信機は、DUTの送信機にパケットを試験システムに送らせ、次に、試験システムがDUTによって送信された信号の物理的特性を評価することにより試験される。

30

## 【0008】

より詳細には、IEEE 802.11ad規格は、公称約60GHzを中心とするミリメートル波周波数を用いるワイヤレス通信のための仕様を提供する。それらの周波数では、802.11nなどの低周波のWi-Fi規格に比べて、信号減衰がかなり顕著である。そのため、無指向性の信号の放射は問題が多い。代わりに、IEEE 802.11adに加入するデバイスは概して、ビーム形成を用いて指向性の信号利得を得ている。802.11adリンクを確立している2つのデバイスが、ペイロードデータを包含しているデータパケットを送る前に、協働して最適な信号対雑音比(SNR: signal-to-noise ratio)を生成する信号経路を決定するように設計されている。このような2つのデバイスのうちの少なくとも1つが、その最適な信号経路を実現するためにビーム形成する能力を有することになる。これを実現する一般的な方法は、ビーム形成デバイスが、各アンテナ素子とその送信された信号を所定の増分で位相シフトさせる(例えば、90度の増分で4つの異なる位相を生成したり、11.25度の増分で32個の異なる位相を生成したりすること)が可能でアンテナアレイを使用することである。アンテナ素子が特定の位相シフトでそれらの送信信号を発信すると、これにより、その素子から放射する信号と他の素子から放射する信号との相互作用の仕方が変わる。要するに、これらの信号が空間で出会うところで、それらは建設的(加法的)または破壊的(減法的)干渉を受

40

50

けることになる。結果として生じるこのような干渉の事例の集約は、一方のデバイスから他方のデバイスまで実現される正味の信号利得を決定する。このような位相シフトを適切に調節することによって、2つのデバイス間で最適な有効S N Rを実現することができる。

【0009】

製造中に、組み込まれたアンテナアレイまたは外付けのアンテナアレイを駆動する信号位相のシフトを制御するように設計されたデバイスは、デバイスが位相をシフトする能力およびビーム形成する能力に部分的に、または全面的に悪影響を及ぼす製造上の欠陥に遭遇する可能性がある。ゆえに、製造試験の間に、十分な試験により、デバイスが、アンテナアレイの素子を駆動し、そこから放射されている信号の位相を適切にシフトしているかどうか、ならびに、結果として生じる有効放射信号電力が適用可能な仕様内にとどまっているかどうかを判定することができる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、各アンテナ素子に対して位相シフトごとに各デバイスを試験することは通常、比較的かなりの試験時間を要する。したがって、位相シフト事例の検出およびこのような位相変化の前後の信号特性の捕捉とともに位相シフト調節が行われたときに、開始および停止制御を減らし、連続信号のフローをサポートする技術があれば、望ましいであろう。この技術があれば、試験に要する時間を短縮し、その分試験のコストを低減することになる。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

ビーム形成に必要な指向性R F信号放射パターンを提供するために使用されるフェーズドアレイアンテナなどの、アンテナアレイのそれぞれの素子から発信された無線周波数(R F)信号の、予想される位相シフトの確認を可能にするための方法。アンテナアレイのアンテナ素子を介して送信されたR F信号の位相がシフトするとき、例えば、階段状に移るときに、得られる受信R F信号がモニタリングされる。位相シフトの検出に続いて、例えば、送信された信号の指向性を特徴付けする1つ以上の予想される信号位相差との比較などの後の分析のために、受信R F信号のサンプルが捕捉され、格納される。

【0012】

30

本件出願に係る発明の1つの実施形態による、アンテナアレイのそれぞれの素子から発信された無線周波数(R F)信号の、予想される位相シフトの確認を可能にするための方法であって、

アンテナアレイの複数のアンテナ素子のうちの1つから発信されたR F信号を受信するステップと、

受信されたR F信号の位相シフトを検出し、それに応答して、受信されたR F信号をサンプリングしてR F信号サンプルを生成するステップと、

受信されたR F信号の検出およびサンプリングを繰り返して、複数のR F信号サンプルを生成するステップであって、前記受信されたR F信号が複数の所定の信号位相シフトを含むとともに、複数のR F信号サンプルのうちのそれぞれの1つが、それに関連付けされた、先のR F信号サンプルおよび後続のR F信号サンプルのうちの、一方または両方の信号位相に対する信号位相を有するステップと、

40

複数のR F信号サンプルのうちのそれぞれの1つと、先のR F信号サンプルおよび後続のR F信号サンプルのうちの、一方または両方との間の信号位相差を、1つ以上の予想される信号位相差との比較のために測定するステップと、を含む方法。

【0013】

本件出願に係る発明の別の実施形態による、アンテナアレイのそれぞれの素子から発信された無線周波数(R F)信号の、予想される位相シフトの確認を可能にするための方法であって、

アンテナアレイの複数のアンテナ素子のうちの1つから発信されたR F信号を受信するス

50

テップと、

受信された R F 信号の位相シフトを検出し、それに応答して、受信された R F 信号をサンプリングして R F 信号サンプルを生成するステップと、

受信された R F 信号の検出およびサンプリングを繰り返して、複数の R F 信号サンプルを生成するステップであって、前記受信された R F 信号が複数の所定の信号位相シフトを含むとともに、複数の R F 信号サンプルのうちのそれぞれの 1 つが、それに関連付けされた、先の R F 信号サンプルおよび後続の R F 信号サンプルのうちの、一方または両方の信号位相に対する信号位相を有するステップと、

複数の R F 信号サンプルのうちのそれぞれの 1 つと、先の R F 信号サンプルおよび後続の R F 信号サンプルのうちの、一方または両方との間の信号位相差を、1 つ以上の予想される信号位相差との比較のために測定するステップと、

10

アンテナアレイの複数のアンテナ素子の少なくとも別の部分から発信された別の R F 信号を受信するステップと、

別の受信された R F 信号について、検出し、サンプリングするステップ、および測定するステップを繰り返すステップと、を含む方法。

【 0 0 1 4 】

本件出願に係る発明の別の実施形態による、アンテナアレイのそれぞれの素子から発信された無線周波数 ( R F ) 信号の、予想される位相シフトの確認を可能にするための方法であって、

被試験デバイス ( D U T ) のアンテナアレイの複数のアンテナ素子のうちの 1 つから R F 信号を発信するステップと、

20

発信された R F 信号の位相シフトを検出し、それに応答して、発信された R F 信号をサンプリングして R F 信号サンプルを生成するステップと、

発信するステップを繰り返すステップであって、繰り返して発信された R F 信号のうちの後続の信号が、繰り返して発信された R F 信号のうちの先の信号から所定の量だけシフトされた信号位相を有するステップと、

繰り返して発信された R F 信号の検出およびサンプリングを繰り返すステップであって、複数の R F 信号サンプルのうちのそれぞれの 1 つが、それに関連付けされた、先の R F 信号サンプルおよび後続の R F 信号サンプルのうちの、一方または両方の信号位相に対する信号位相を有するステップと、

30

複数の R F 信号サンプルのうちのそれぞれの 1 つと、先の R F 信号サンプルおよび後続の R F 信号サンプルのうちの、一方または両方との間の信号位相差を、1 つ以上の予想される信号位相差との比較のために測定するステップと、

アンテナアレイの複数のアンテナ素子のうちの別の 1 つから別の R F 信号を発信するステップと、

別の発信された R F 信号について、検出し、サンプリングするステップ、および測定するステップを繰り返すステップと、を含む方法。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】本件出願に係る発明の例示的な実施形態による、アンテナアレイの素子から発信された R F 信号の位相シフトを検出するための無線 ( O T A : o v e r t h e a i r ) 試験環境を図示する。

40

【図 2】本件出願に係る発明の例示的な実施形態による、アンテナアレイの素子から発信された R F 信号の位相シフトを検出する際に用いられる送信信号に付与される所定の信号位相の例を図示する。

【図 3】本件出願に係る発明の例示的な実施形態による、アンテナアレイの素子から発信された R F 信号の位相シフトの検出に応答した連続波 ( C W ) R F 信号の部分の捕捉を図示する。

【図 4】本件出願に係る発明の例示的な実施形態による、アンテナアレイの素子から発信された R F 信号の位相シフトの検出に応答した連続波 ( C W ) R F 信号の部分の捕捉する

50

ための方法のステップの概要を示すフローチャートである。

【図5】図1のテストで使用される受信機回路構成および信号捕捉回路構成の例を図示する。

【図6】図5の信号捕捉回路構成で使用される例示的な位相トリガ回路構成を図示する。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下の詳細な説明は、添付の図面を参照して本件出願に係る発明の例示の実施形態を説明するものである。このような説明は、例示を意図するものであって、本発明の範囲に関して限定するものではない。このような実施形態は、当業者が主題となる本発明を实践することを可能にするように十分詳細に説明され、また、主題となる本発明の趣旨または範囲から逸脱することなく、いくつかの変更を加えて、他の実施形態が実践され得ることが理解されよう。

10

【0017】

本開示の全体を通じて、文脈から反対のことが明示されない限り、説明されている個々の回路素子の数は、単数または複数とすることが可能であることが理解されよう。例えば、「回路」および「回路構成」という用語は、単一の構成要素または複数の構成要素のいずれかを含むことができ、それらは、能動（アクティブ）および/または受動（パッシブ）のいずれかであり、接続されるか、またはそれ以外の方法で互いに結合されて（例えば、1つ以上の集積回路チップとして）、説明されている機能を提供する。それに加え、「信号」という用語は、1つ以上の電流、1つ以上の電圧、またはデータ信号を指すことができる。図面内では、類似した要素または関連した要素は、類似した、または関連した英字、数字、または英数字の指示表記を有する。さらに、本発明は、ディスクリートな電子回路構成を（好ましくは、1つ以上の集積回路チップの形態で）使用する実施態様に関連して論じられているが、このような回路構成のいずれの部分の機能も、信号周波数または処理されるデータレートに応じて、適切にプログラムされた1つ以上のプロセッサを使用して代替的に実施することができる。さらには、各図面が様々な実施形態の機能ブロック図を図示する限りにおいて、その機能ブロックは、ハードウェア回路構成間の区分を必ずしも示すものではない。

20

【0018】

IEEE 802.11ad規格は、60GHzの周波数範囲で高いデータスループットを有する信号の近距離通信をサポートするように意図されている。この技術は、減衰および大気中の酸素吸収が大きいので、短距離に限られる。さらにまた、60GHzにおける信号は、挙動がより光学的になる傾向があり、金属表面に容易に反射され、信号経路内の非金属物によって容易に吸収される。10メートル未満の距離において、802.11ad準拠のデバイス間でスループットが非常に高い信号を転送することができる。しかしながら、802.11n準拠のデバイスに使用される信号のような、無指向性の信号の放射は、信頼性の高い60GHzリンクを提供しない。その原因は前述の信号減衰、反射、および吸収であり、これらが相まって、最善の場合でも、このようなリンクを大きく弱めるからである。

30

【0019】

それゆえ、IEEE 802.11ad規格は、ビーム形成を介しての指向性の信号放射を含み、802.11adネットワークスタックが、ディスカバリ、ビーム形成最適化、および高スループット変調をサポートしている。速度を高めるために複数のアンテナおよび複数の信号ストリームを使用する場合がある多入力多出力（MIMO: multiple-input, multiple-output）システムとは異なり、802.11adデバイスは、ビーム形成のために複数のアンテナ素子を利用する。2GHz帯域幅および直交周波数分割多重（OFDM: orthogonal frequency division multiplexing）変調は、ネットワークを必要とせずに、ハンドヘルドデバイス間のワイヤレスケーブルの交換および高速メディアファイル転送などの用途に十分なスループットを提供する。2つの802.11ad準拠デバイスがリンクを確立

40

50

しているとき、それらは最初に協働して、個々の素子の位相シフト、および各素子によって放射された信号の、もう一方の素子によって放射された信号に対する干渉効果によって生成され得る最適な S N R 信号経路を決定する。

#### 【 0 0 2 0 】

一般的な 8 0 2 . 1 1 a d を実装することにより、D U T は、一連の予め定義された移相器構成で動作させることが可能になる。位相シフティングは通常、被試験デバイス ( D U T ) の設計および開発中に決定され、すべての D U T が同じ一連のビーム形成構成を示すことを目標としている。個々の D U T を製造時に較正することは可能であるが、これを実現するとなると、それに必要な時間は、量産されるデバイスにはコストが法外に高くなるであろう。例えば、D U T から放射された信号の全伝達範囲を試験するには何時間もかかる場合がある。その伝達範囲が完了したら、所与の移相器セットがうまく機能する領域に細分しなければならない。このため、これは通常、単に数個のデバイスに対してのみ ( 例えば、新たな設計または改訂された設計を検査する目的で ) 行われ、次に、後でおそらく異なる送信機間で絶対較正を行い、その後は相対位相シフトのみの試験に依拠している。ゆえに、すべての出力間のこのような相対位相シフトの試験が、必ず適切に機能しているようにすることが重要である。

10

#### 【 0 0 2 1 】

最適な S N R 経路を決定するために協働するこのプロセスは、適切に動作する位相シフト回路を有するアンテナ素子と、それらの位相シフト回路を適切に動作させる制御と、その結果生じる信号であって、その電力が規格に規定された仕様内のそれらの位相シフトによって影響を受ける信号と、によって決まる。したがって、現行の試験は、D U T が位相シフティングを制御する能力を確認し、位相シフト角度を測定するとともに、位相シフト後の信号の電力が仕様内にあるかどうかを判定することになる。例えば、複数の位相シフト増分を有する 3 2 個の素子のアンテナアレイは通常、多数の停止および実行ステップ、ならびにデバイススタ制御通信のみならず、試験時間を増やす他の要因もまた必要である。

20

#### 【 0 0 2 2 】

このような試験の完全性を低下させることなく、試験時間を大幅に短縮することが可能である。重要となるのは、アンテナ素子の位相シフト回路を選択的に切り換えながら、D U T が連続波 ( C W ) 信号を送信するような試験を可能にすることである。テストはその C W 信号を検出し、位相シフトを検出すると、その信号の部分を捕捉し、格納するようにトリガされる。検出された位相シフトの前後の信号部分を捕捉し、格納することによって、テストは、シフトが生じたかどうか、および位相シフト角度を判定し、位相シフトの前後の信号電力を比較して、出力が依然として仕様内にあるかどうかを判定することができる。ゆえに、C W 信号を単にモニタリングし、このような位相シフト発生前後の信号のスナップショットを捕捉しながら、位相シフト発生後ただちにトリガすることによって、試験時間が大幅に短縮される。

30

#### 【 0 0 2 3 】

単一のアンテナ素子から送信する場合、特に C W 信号では、移相器の設定が異なれば、それとともに信号電力が変わる可能性は低い。位相シフトが、( 例えば、程度において ) 予想される範囲内 ( 例えば、+ / - X の程度、ここでの X は、予想されるべき電位変動である ) にあることを確認しさえすればよい。この許容位相変動 X が前もって決定されている場合には、試験基準は、「合格または不合格」とすることができる。

40

#### 【 0 0 2 4 】

図 1 を参照する。本件出願に係る発明の例示的な実施形態による、ビーム形成を実行するように設計された R F 信号送信機を試験するための試験環境 1 0 0 は、概して示されているように相互に接続された D U T 1 0 2 と、テスト 1 4 0 ( 例えば、上述したものに類似したもの ) と、制御装置 1 6 0 ( 例えば、パーソナルコンピュータ ) と、を含む。D U T 1 0 2 は、D U T 送信信号 1 0 5 を供給するための R F 信号源回路構成 1 0 4 と、D U T 受信信号 1 0 7 を受信し、処理するための R F 信号受信機回路構成 1 0 6 と、を含む。送信信号 1 0 5 および受信信号 1 0 7 は、複数のアンテナ素子 1 2 2 ( 例えば、3 2 個の素

50

子 1 2 2 からなる平面マトリクス) を有するアンテナアレイ 1 2 0 との導電性 R F 信号接続 1 1 1 との間で、信号経路指定回路構成 1 1 0 (例えば、R F スイッチ) を介して経路指定されている。D U T 1 0 2 は、R F 信号源回路構成 1 0 4 および R F 信号受信機回路構成 1 0 6 を制御するための内部制御信号 1 0 9 a と、アンテナアレイ 1 2 0 の各アンテナ素子 1 2 2 を駆動する R F 送信信号 1 0 5 に加えられた個々の位相シフトを制御するための外部制御信号 1 0 9 b と、を供給する内部制御回路構成 1 0 8 をさらに含む。同様に、制御装置 1 6 0 は、D U T 1 0 2 およびテスト 1 4 0 に制御信号 1 6 1 a、1 6 1 b を供給する。

【 0 0 2 5 】

テスト 1 4 0 は、本件出願に係る発明に特に関連しない(このため、本明細書に記載されていない)他のサブシステムの中では、アンテナアレイ 1 2 0 の個々のアンテナ素子 1 2 2 によって発信され、そのアンテナシステム 1 5 0 の少なくとも一つのアンテナ素子 1 5 2 によって受信され、それとともに導電性 R F 信号接続 1 5 1 によって伝達される放射信号 1 2 1 を受信し、処理(例えば、周波数下方変換および復調)するための受信機回路構成 1 4 2 を含む。以下でより詳細に説明するように、受信機回路構成 1 4 2 によって供給される処理済みの受信信号 1 4 3 のサンプルは、信号データ捕捉回路構成 1 4 4 によって捕捉され、格納される。

【 0 0 2 6 】

ゆえに、このような試験環境 1 0 0 により、組み込まれたアンテナアレイまたは外付けのアンテナアレイであって、このアンテナアレイの素子 1 2 2 がそれぞれ、それに関連付けられた、所望量分だけ位相シフト角度を増分することが可能な位相シフト回路構成(図示せず)を有するアンテナアレイ 1 2 0 を有する、8 0 2 . 1 1 a d 準拠 D U T 1 0 2 の試験が可能になる。位相シフトサブシステムは、アンテナ制御信号 1 0 9 b を介して制御される。信号 1 2 1 は、その長さ、形状およびアレイ 1 2 0 内の位置に基づいて、各素子 1 2 2 から放射される。各アンテナ素子 1 2 2 およびその位相シフトサブシステムの動作を試験するために、これらの素子 1 2 2 から放射する信号 1 2 1 は、テストアンテナ 1 5 0 によって検出され、受信機回路構成 1 4 2 によって処理され、(以下でより詳細に説明する)捕捉回路構成 1 4 4 によってサンプリングされる。

【 0 0 2 7 】

R F 送受信機を試験するためのこのような試験環境は概して、少なくとも部分的に様々な電磁的に遮蔽された封入物の形態で収容され、動作する。指向性 R F 信号伝送を発信するためにアンテナアレイが使用されるものを含めた、このような遮蔽された試験環境の例は、米国特許第 8, 8 1 1, 4 6 1 号明細書および同第 8, 9 1 7, 7 6 1 号明細書、ならびに米国特許出願第 1 3 / 8 3 9, 1 6 2 号明細書、同第 1 3 / 8 3 9, 5 8 3 号明細書、同第 1 3 / 9 1 2, 4 2 3 号明細書、同第 1 4 / 4 6 1, 5 7 3 号明細書および同第 1 5 / 1 9 7, 9 6 6 号明細書に記載されており、それらの開示内容は、参照により本明細書に組み込まれる。

【 0 0 2 8 】

図 2 を参照する。本件出願に係る発明の例示的な実施形態による、信号位相シフトの発生について C W 信号のモニタリングは、以下のように導入することが可能である。図示されているようにこの例では、8 つの等距離の位相シフト(4 5 度、9 0 度、1 3 5 度、1 8 0 度、2 2 5 度、2 7 0 度、3 1 5 度および 3 6 0 度)が予想される。とはいえ、これよりも少ない、またはこれよりも多い位相シフトが使用可能であること、また、位相シフトは、概して先験的に知られているはずであるが、必ずしも等距離である必要がないことが容易に理解される。信号位相のモニタリングが最初に開始されるとき、それはゼロ位相 0 で始まったと見なすことができる。したがって、第 1 の予想される位相シフトは、4 5 度で検出され、次に 9 0 度等々で検出され、3 6 0 度の 8 番目のシフトまで検出されるはずであるが、この 8 番目のシフトは、位相シフトの次のシーケンスのゼロの開始位相でもある。信号サンプリング(以下でより詳細に説明する)が、各位相シフトの検出にตอบสนองして生じる。その結果、第 1 の位相シフト(4 5 度)の検出に続く第 2 の位相シフト(9 0 度

10

20

30

40

50

)の検出から始まり、各位相シフトによって開始されるトリガは、各位相シフトの前後に信号のサンプルのセットを生成することになる。例えば、第1の位相シフト(45度)の検出にตอบสนองして、信号はサンプリングされ、格納され、それに続いて、第2の位相シフト(90度)の検出にตอบสนองして、信号はサンプリングされ、格納され、これにより、第2の位相シフトの前に信号のサンプル(すなわち、第1の位相シフトの検出にตอบสนองするサンプル)と、第2の位相シフトの後に信号のサンプル(すなわち、第2の位相シフトの検出にตอบสนองするサンプル)と、を生成する。これは、位相シフトを連続して検出するたびに繰り返される。

#### 【0029】

付与されている位相シフトは、所定の、かつ、均一な値であるとともに、周期的に、または別の形態の所定のタイミングで行われることが好ましい。しかしながら、それらは必ずしも先験的に知られている必要はなく、値が均一でなくてもよいし、未知の、または無作為のタイミングであってもよい。

10

#### 【0030】

図3を参照する。DUT102は、時間 $t_0$ で始まっている放射121されるCW送信信号105を発生させる。テスト140は信号を受信しているが、まだ捕捉してはいない。その後、時間 $t_1$ でテスト140によって位相シフトが加えられ、検出され、それにตอบสนองして、捕捉回路構成144が、信号のサンプル $S_1$ を捕捉する。このように、受信されたCW信号の小さな一部分 $S_1$ だけが捕捉される。同様に、時間 $t_2$ でテスト140によって別の位相シフトが加えられ、検出され、それにตอบสนองして、捕捉回路構成144が、信号の別のサンプル $S_2$ を捕捉する。追加の位相シフトが加えられ、検出されるときに、このプロセスが続き、それにตอบสนองして、追加の信号サンプルが捕捉される。次に、これらの信号サンプルをテスト140によって(または別の信号データ分析サブシステムによって)分析して、信号出力のシフトの角度の度合い、および任意の変化を決定することができる。このような分析をよりよく行うことができるように、これらの信号サンプルはまた、それらを捕捉するためのタイムスタンプ(例えば、サンプル $S_1$ に関連した時間 $t_1$ を識別するタイムスタンプ、サンプル $S_2$ に関連した時間 $t_2$ 等々を識別するタイムスタンプ)を含み、信号を捕捉するたびに相対位相の外挿が可能であるようにすることが好ましい。あるいは、タイムスタンプ以外の技法を用いて、前の信号の捕捉に関する情報に基づいて、新たな信号捕捉の相対位相の外挿が可能であるようにすることもできる。

20

30

#### 【0031】

図4を参照する。この試験方法は、示されているようなフローチャート形式で要約することができる。テスト140は、DUT102からCW信号を受信301し、位相変化の検出303を待っているときに、その信号位相をモニタリング302する。位相が変化しないままであるとき、このモニタリングを継続304する。位相変化が検出305されると、信号のサンプルが捕捉306され、分析のために格納307される。システムは、入来するCW信号の受信301およびモニタリング302を継続し、前述のアクションを繰り返す。

#### 【0032】

説明され、図示されるようにこのシーケンスは、アンテナアレイ120の素子122(図1)ごとに実行されることが好ましい。例えば、送信されたCW信号は、例えば、上述したように、所定の位相シフトが順次加えられて、第1の選択された素子122を駆動するとともに、位相シフトの検出にตอบสนองして信号サンプルが捕捉される。すべての位相シフトを伴う信号発信の完了に続いて、次に、送信されたCW信号が切り換えられて、やはり所定の位相シフトが順次加えられて、第2の選択された素子122を駆動するとともに、位相シフトの検出にตอบสนองして信号サンプルが捕捉される。様々な信号位相シフトが加えられて送信されたCW信号と、応答信号のサンプリングとのこの切り換えは、所望の数のアンテナ素子122(通常は全部)が使用されるまで繰り返される。

40

#### 【0033】

上述したように、あるアンテナ素子122から別のアンテナ素子までCW信号発信を移行

50

させながらシーケンスを実行し、繰り返すと、可能性として、検出可能な位相差がなくなり（例えば、あるアンテナ素子から別のアンテナ素子まで実際に位相差があるかも知れないが、それらが信号サンプルの始動に必要な所定の閾値未満であるか、またはDUTアンテナアレイ120に関連付けされた位相シフト回路構成の部分に欠陥がある可能性がある）、このため、位相検出のトリガ、および応答信号のサンプリングがなくなることがある。しかしながら、この一見変則的または誤った結果は、検出された位相シフトの合計数をカウントし、比較することにより判定することができる。あるいは、DUTが欠陥のある通過信号経路（例えば、移相器、アンテナ素子等々）を実際に有しているかどうか、またはおそらく実際の位相シフトがトリガを引き起こすのに不十分であるかどうかを確認するために、第2のアンテナ素子122を駆動するCW信号のDUTによる送信は、検出可能な位相シフトを発生させるように、その移相器のための異なる絶対位相設定で開始することができる。

10

#### 【0034】

図5を参照する。本件出願に係る発明の例示的な実施形態によれば、受信機回路構成142（図1）は、変換回路構成202と、I/Q復調回路構成204と、を含み、捕捉回路構成144は、位相トリガ回路構成242と、サンプリング回路構成244と、メモリ246と、を含む。変換回路構成202は、受信したRF信号151を（例えば、周波数下方変換を介して）ベースバンド信号に変換し、このベースバンド信号は次に、I/Q復調回路構成204によって復調されて、入来するIEEE802.11ad信号の同位相143i成分I、および直角位相143q成分Qを抽出する。位相トリガ回路構成242は、（以下でより詳細に説明する）信号成分143i、143q間の位相をモニタリングするとともに、位相変化の検出にตอบสนองしてトリガ信号243を生成する。サンプリング回路構成244は、トリガ信号243にตอบสนองして、変換された入来信号143sをサンプリングし、分析に利用可能であるようにメモリ246にそれを格納する。

20

#### 【0035】

図6を参照する。本件出願に係る発明の例示的な実施形態によれば、位相トリガ回路構成242は、以下のように動作する。毎秒2400メガサンプル（Msps）での補償およびサンプリングに続いて、入来信号成分I 143i、Q 143qは、8分の1の252i、252qにボックスカーフィルタ処理され、デシメート処理される（その後、信号チェーンの残りの部分は、300Mspsで動作する）。これらのデシメート処理後の信号サンプル253i、253qは、所定の信号レベルに正規化254され、得られた正規化後の信号サンプル255i、255qは、位相ロックループ（PLL：phase-locked loop）256によって追跡される。PLL256は、正規化後の信号サンプル255i、255qをモニタリングし、信号サンプル255i、255q間の公称位相が変化したかどうか、およびいつ変化したかを識別するエラー信号257を供給する。位相ロックの後、および位相ロックの間、このエラー信号257は、ゼロの公称値を有する。位相ロックが再度生じるまでの短い時間間隔の後、およびこの短い時間間隔の間、このエラー信号257は、ゼロ以外の値を有することになる。このゼロ以外の値の絶対値が所定の閾値258を超過すると、トリガ信号243がアサートされる。

30

#### 【0036】

本発明の範囲および趣旨から逸脱することのない、本発明の構造および動作方法における様々な他の修正および変更が、当業者には明らかであろう。本発明は、特定の好適な実施形態に関連して説明されているが、「特許請求の範囲」に記載の本発明は、このような特定の実施形態に不当に限定されるべきではないことを理解されたい。以下の「特許請求の範囲」は、本発明の範囲を画定することを意図し、これらの「特許請求の範囲」内の構造および方法、ならびにそれらの均等物が、この「特許請求の範囲」によって網羅されることを意図している。

40

【 図 面 】

【 図 1 】

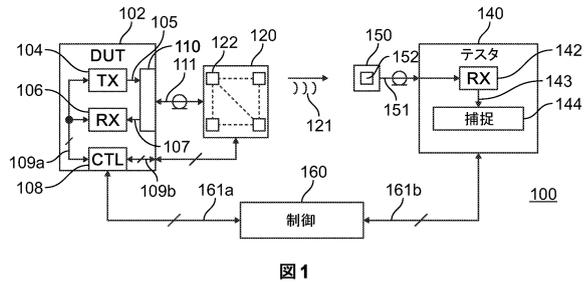


図 1

【 図 2 】

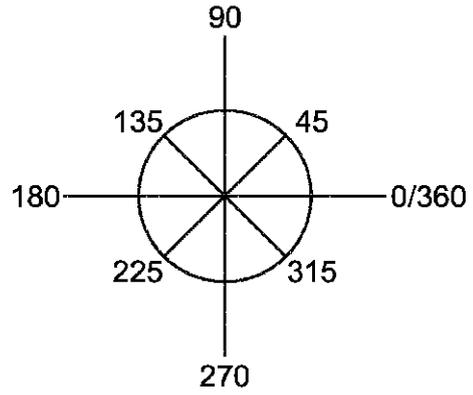


FIG. 2

【 図 3 】

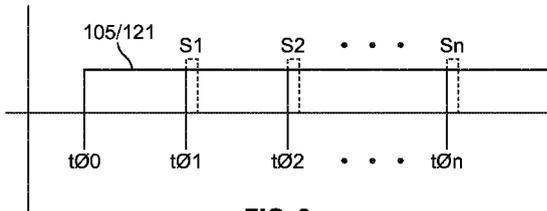


FIG. 3

【 図 4 】

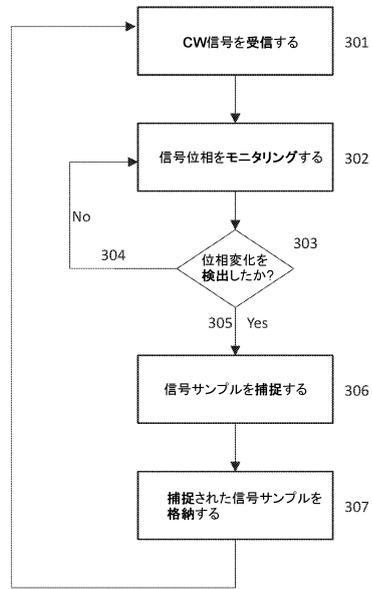


図 4

10

20

30

300

40

50

【図5】

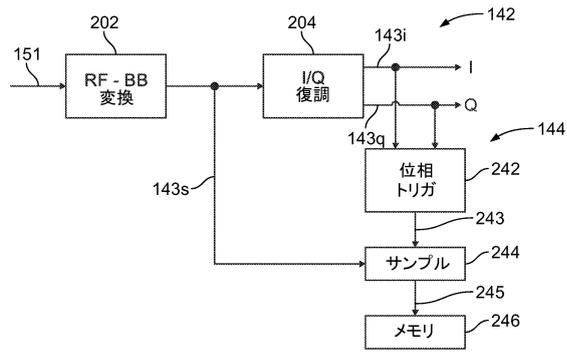


図5

【図6】

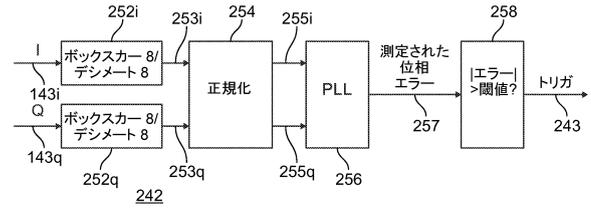


図6

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

G 0 1 R 29/10 (2006.01) F I G 0 1 R 29/10 Z

(72)発明者 オルガード、 クリスチャン ヴォルフ

アメリカ合衆国 9 5 0 7 0 カリフォルニア州 サラトガ サラトガ ヒルズ ロード 2 1 3 5 5

(72)発明者 ファン、 ジーヨン

アメリカ合衆国 9 4 5 3 9 カリフォルニア州 フリーモント セージ コート 1 0 0 1

(72)発明者 チャオ、 イェン - ファン

アメリカ合衆国 9 4 5 8 8 カリフォルニア州 プレザントン カルドウッチ ドライブ 5 0 0 9

(72)発明者 シルター、 ローマン

スイス国 8 8 0 5 チューリヒ ライトホルツシュトラーセ 4 4

(72)発明者 クルコフスキー、 シュテファン キルデガート

アメリカ合衆国 9 4 0 8 5 カリフォルニア州 サニーベール アノ ヌエボ アベニュー 3 9 5

審査官 阿部 弘

## (56)参考文献

特開平 1 1 - 2 6 1 3 2 3 ( J P , A )

米国特許第 0 5 8 6 1 8 4 3 ( U S , A )

特開 2 0 0 1 - 2 4 4 8 6 0 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 2 5 7 2 9 8 ( J P , A )

特開 2 0 1 4 - 1 7 9 7 8 5 ( J P , A )

中国特許出願公開第 1 0 4 3 3 5 5 0 7 ( C N , A )

## (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 4 B 7 / 0 6

H 0 4 B 1 7 / 1 5

H 0 1 Q 3 / 2 6

H 0 1 Q 2 1 / 0 6

G 0 1 R 2 9 / 0 8

G 0 1 R 2 9 / 1 0

3 G P P T S G R A N W G 1 - 4

S A W G 1 - 4

C T W G 1 , 4

I E E E 8 0 2 . 1 1

1 5

1 6