

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2025-43321
(P2025-43321A)

(43)公開日 令和7年3月28日(2025.3.28)

(51)国際特許分類
H 0 2 J 7/00 (2006.01)

F I
H 0 2 J 7/00
H 0 2 J 7/00

3 0 1 A
Q

テーマコード (参考)
5 G 5 0 3

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全47頁)			
(21)出願番号 特願2024-158551(P2024-158551)		(71)出願人	504242618
(22)出願日 令和6年9月12日(2024.9.12)			ロッキード マーティン コーポレーション
(31)優先権主張番号 18/468,156			LOCKHEED MARTIN COR
(32)優先日 令和5年9月15日(2023.9.15)			PORATION
(33)優先権主張国・地域又は機関 米国(US)			アメリカ合衆国 メリーランド州 208
(特許庁注：以下のものは登録商標)			17-1803 ベセスダ ロックレッジ
1. BLUETOOTH		(74)代理人	ドライブ 6801
2. ZIGBEE			100103610
			弁理士 ▲吉▼田 和彦
		(74)代理人	100109070
			弁理士 須田 洋之
		(74)代理人	100119013
			弁理士 山崎 一夫
		(74)代理人	100130937
			弁理士 山本 泰史
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 ワイヤレスハーネス自動測定システムの充電カート用のシステムおよび方法

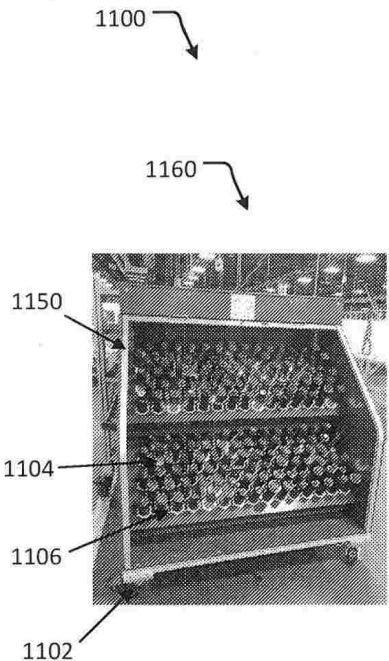
(57)【要約】

【課題】例えば航空機や自動車の製造の際に用いられるワイヤレスハーネス自動測定システム（WHAMS）の充電装置および方法を提供する。

【解決手段】

WHAMSを充電する装置（1100）は、充電カート（1150）、モバイルフレーム（1102）、複数の発光ダイオード（LED）表示器（1104）、および複数の充電スロット（1106）を有する。充電カートは、WHAMSの複数のワイヤレス試験モジュール（WTM）を充電することができる。モバイルアルミニウム製フレームは、充電カートを支持することができる。複数のLED表示器は、WHAMSの試験中に複数のWTMの状態を識別することができる。複数の充電スロットは、複数のWTMを充電することができる。複数の充電スロットの各々は、複数のLED表示器の各々とそれぞれ関連している。

【選択図】 図11A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワイヤレスハーネス自動測定システム（WHAMS）を充電する装置であって、
前記WHAMSの複数のワイヤレス試験モジュール（WTM）を充電するよう動作できる充電カートと、
前記充電カートを支持することができるモバイルフレームと、
前記WHAMSの試験中に前記複数のWTMの状態を識別するよう動作できる複数の発光ダイオード（LED）表示器と、
前記複数のWTMを充電するよう動作できる複数の充電スロットとを有し、前記複数の充電スロットの各々は、前記複数のLED表示器の各々とそれぞれ関連している、装置。

10

【請求項 2】

前記複数のWTMを並列に充電するために1500ワット（W）の電力を供給するよう動作できる電源をさらに有する、請求項1記載の装置。

【請求項 3】

前記充電カートは、150個から200個までの範囲にある複数個の充電スロットを備えたダブルデッキ型充電カートである、請求項1記載の装置。

【請求項 4】

前記充電カートは、50個から100個までの範囲にある複数個の充電スロットを備えたシングルデッキ型充電カートである、請求項1記載の装置。

【請求項 5】

前記充電カートは、20個から30個までの範囲にある複数個の充電スロットを備えたミニ型充電カートである、請求項1記載の装置。

20

【請求項 6】

前記充電カートは、複数のシートおよびパイプで組み立てられた基礎部を有し、前記基礎部は、前記充電カート上に溶接されていて前記複数の充電スロットを割り振る1つ以上のデッキからなり、

前記複数の充電スロットは、前記複数のWTMが正しく配置されるようにするために前記複数のWTMを受け入れるキー付きスロットである、請求項1記載の装置。

【請求項 7】

前記充電カートは、ボルトを用いて前記フレームに連結されている、請求項1記載の装置。

30

【請求項 8】

前記複数のLED表示器の各々は、赤色LEDおよび緑色LEDを含む、請求項1記載の装置。

【請求項 9】

前記複数のLED表示器の各々は、当該LED表示器と関連した識別済みのWTMが目下充電中であることを指示するよう赤色に変わり、

前記複数のLED表示器の各々は、当該LED表示器と関連していて試験前の定位置にある識別済みのWTMを指示するよう緑色に変わり、

前記複数のLED表示器の各々は、当該LED表示器と関連した識別済みのWTMが充電を完了していることを指示するよう消灯する、請求項8記載の装置。

40

【請求項 10】

前記複数の充電スロットの各々は、前記複数のWTMを充電するために4ポゴピンレイアウトを用い、

前記4ポゴピンレイアウトは、5ボルト（V）ピン、アースピン、緑色LEDピン、および赤色LEDピンを含む、請求項8記載の装置。

【請求項 11】

方法であって、

モバイル充電カートを用いて、ワイヤレスハーネス自動測定システム（WHAMS）の複数のワイヤレス試験モジュール（WTM）を受け取るステップを含み、

50

前記モバイル充電カートを用いて、前記複数のW T Mを充電するステップを含み、前記モバイル充電カートは、前記充電カートを支持することができるモバイルフレームと、前記W H A M Sの試験中に前記複数のW T Mの状態を識別するよう動作できる複数の発光ダイオード（L E D）表示器と、前記複数のW T Mを充電するよう動作できる複数の充電スロットとを有し、前記複数の充電スロットの各々は、前記複数のL E D表示器の各々とそれぞれ関連し、

前記モバイル充電カートを用いて、前記W H A M Sの試験中に前記複数のW T Mの状態を識別するステップを含む、方法。

【請求項 1 2】

前記複数のW T Mを並列に充電するために1 5 0 0ワット（W）の電力を供給するよう動作できる電源を使用するステップを含む、請求項 1 1記載の方法。

【請求項 1 3】

前記充電カートは、1 5 0個から2 0 0個までの範囲にある複数個の充電スロットを備えたダブルデッキ型充電カートである、請求項 1 1記載の方法。

【請求項 1 4】

前記充電カートは、5 0個から1 0 0個までの範囲にある複数個の充電スロットを備えたシングルデッキ型充電カートである、請求項 1 1記載の方法。

【請求項 1 5】

前記充電カートは、2 0個から3 0個までの範囲にある複数個の充電スロットを備えたミニ型充電カートである、請求項 1 1記載の方法。

【請求項 1 6】

前記充電カートは、複数のシートおよびパイプで組み立てられた基礎部を有し、前記基礎部は、前記充電カート上に溶接されていて前記複数の充電スロットを割り振る1つ以上のデッキからなり、

前記複数の充電スロットは、前記複数のW T Mが正しく配置されるようにするために前記複数のW T Mを受け入れるキー付きスロットである、請求項 1 1記載の方法。

【請求項 1 7】

前記充電カートは、ボルトを用いて前記フレームに連結されている、請求項 1 1記載の方法。

【請求項 1 8】

前記複数のL E D表示器の各々は、赤色L E Dおよび緑色L E Dを含む、請求項 1 1記載の方法。

【請求項 1 9】

前記複数のL E D表示器の各々は、当該L E D表示器と関連した識別済みのW T Mが目下充電中であることを指示するよう赤色に変わり、

前記複数のL E D表示器の各々は、当該L E D表示器と関連して試験前の定位置にある識別済みのW T Mを指示するよう緑色に変わり、

前記複数のL E D表示器の各々は、当該L E D表示器と関連した識別済みのW T Mが充電を完了していることを指示するよう消灯する、請求項 1 8記載の方法。

【請求項 2 0】

前記複数の充電スロットの各々は、前記複数のW T Mを充電するために4ポゴピンレイアウトを用い、

前記4ポゴピンレイアウトは、5ボルト（V）ピン、アースピン、緑色L E Dピン、および赤色L E Dピンを含む、請求項 1 8記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示内容（本発明）は、一般に、ワイヤレスハーネス自動測定システム（W H A M S）のモバイル充電カートの実装、特に、W H A M S充電システムおよび方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

電気ワイヤリングハーネス（ワイヤハーネスまたは配線ハーネスともいう）は、多種多様な業界やビークルで利用されている。例えば、非常に多くの電線やコネクタを含む大型かつ複雑な電気ワイヤリングハーネスは、航空宇宙産業によって航空機の製造の際に利用されている。もう1つの例として、電気ワイヤリングハーネスは、自動車業界によって自動車の製造の際に利用されている。ビークル、例えば航空機や自動車用の電気ワイヤリングハーネスは、典型的には、電気ワイヤリングハーネスのコネクタまたは電線に欠陥がないようにするために厳密にかつ徹底的に試験されなければならない。例えば、電気ワイヤリングハーネスは、電線またはワイヤのショートがなく、コネクタピンの取り換えがなく、電線の損傷がなく、その他の問題がないようにするために試験される。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の解決すべき課題は、上述の問題を考慮して、厳格な電気ワイヤリングハーネス試験を行うためにWHAMSの充電システムおよび方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0004】

幾つかの実施形態によれば、本システムは、コンピュータシステムおよび複数のワイヤレス試験モジュールを含む。各ワイヤレス試験モジュールは、ワイヤレストランシーバを含み、ワイヤレス試験モジュールは、電気ワイヤリングハーネスに物理的に結合することができる。コンピュータシステムは、自動試験計画に従って、試験命令を複数のワイヤレス試験モジュールに送るよう動作できる。各ワイヤレス試験モジュールは、ワイヤレストランシーバを用いてコンピュータシステムからの複数の試験命令のうちの1つ以上をワイヤレスで受け取り、そして、コンピュータシステムから受け取った1つ以上の命令に従って、1つ以上の試験を電気配線ハーネスに対して実施するよう動作できる。各ワイヤレス試験モジュールはさらに、ワイヤレストランシーバを用いて試験結果をコンピュータシステムにワイヤレス送信するよう動作できる。

20

【0005】

幾つかの実施形態によれば、システムは、コンピュータシステムおよびワイヤレス試験モジュールを含む。ワイヤレス試験モジュールは、電気ワイヤリングハーネスに物理的に結合することができる。ワイヤレス試験モジュールは、ワイヤレストランシーバを含む。コンピュータシステムは、自動試験計画に従って複数の試験命令をワイヤレス試験モジュールに送信することができる。コンピュータシステムは、ワイヤレストランシーバを用いてコンピュータシステムからの複数の試験命令のうちの1つ以上をワイヤレス受信し、そして、コンピュータシステムから受け取った1つ以上の試験命令に従って、1つ以上の試験を電気ワイヤリングハーネスに対して実施するよう動作できる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、ワイヤレストランシーバを用いて試験結果をコンピュータシステムにワイヤレス送信するよう動作できる。

30

【0006】

幾つかの実施形態では、システムは、ワイヤレス試験モジュールのシャーシをワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドに連結するホットスワップ型コネクタを含む。ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドは、航空機コネクタに嵌合することができる。ホットスワップ型コネクタは、ワイヤレス試験モジュールのシャーシとワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドとの間に配置されたWTM側ホットスワップ型コネクタおよびフロントエンド側ホットスワップ型コネクタを含む。WTM側ホットスワップ型コネクタは、ワイヤレス試験モジュールのシャーシをワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドに連結するためにフロントエンド側ホットスワップ型コネクタに嵌合することができる。WTM側ホットスワップ型コネクタは、メス型コネクタ、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドに結合するよう構成されたアライメントペグ、ワイヤレス試験モジュールを定位置に固定するよう構成されたスリップリング、および回路板上に実

40

50

装されていて、航空機コネクタのデータの読み取り／書き込みを行うよう動作できる電氣的消去可能プログラマブルリードオンリーメモリ（EEPROM）読み取り／書き込みワイヤを含む。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタは、雄型コネクタ、ワイヤレス試験モジュールのシャーシに結合するよう構成されたアラインメントペグ、WTM側ホットスワップ型コネクタのスリップリングに結合するよう構成されたねじ山、および回路板上に実装されていて、航空機コネクタのデータを記憶するよう動作できるEEPROMを有する。

【0007】

幾つかの実施形態によれば、WTM側ホットスワップ型コネクタはさらに、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドをワイヤレス試験モジュールのシャーシに取り付けるよう動作できる。WTM側ホットスワップ型コネクタはさらに、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドをワイヤレス試験モジュールのシャーシから取り外すよう動作できる。WTM側ホットスワップ型コネクタはさらに、ワイヤレス試験モジュールのシャーシとワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドが嵌合した場合に、データをワイヤレス試験モジュールに転送するよう動作できる。WTM側ホットスワップ型コネクタは、ワイヤレス試験モジュールのシャーシの端のところに配置されたユニバーサルコネクタであり、このユニバーサルコネクタは、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドの端のところに配置されたフロントエンド側ホットスワップ型コネクタに取り付けられる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、ワイヤレストランシーバを用いて、コンピュータシステムとワイヤレス通信して、EEPROM読み取り／書き込みワイヤと関連したEEPROM上に記憶されているデータを転送するよう動作できる。メス型コネクタは、48個から128個までの範囲にある複数の接点を含む。EEPROM読み取り／書き込みワイヤは、ワイヤレス試験モジュールのシャーシに結合するよう構成されている。WTM側ホットスワップ型コネクタは、ワイヤレス試験モジュールに結合するよう構成されたジャンパーハーネスをさらに含む。WTM側ホットスワップ型コネクタは、ワイヤレス試験モジュールの誤動作の場合にアドレス情報がリアルタイムで自動的にアップデートされた異なるワイヤレス試験モジュールに切り替わるよう動作できる。

【0008】

幾つかの実施形態によれば、フロントエンド側ホットスワップ型コネクタはさらに、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドをワイヤレス試験モジュールのシャーシに取り付けるよう動作できる。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタはさらに、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドをワイヤレス試験モジュールのシャーシから取り外すよう動作できる。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタはさらに、ワイヤレス試験モジュールのシャーシとワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドが嵌合した場合に、データをワイヤレス試験モジュールに転送するよう動作できる。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタは、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドの端のところに配置されたユニバーサルコネクタであり、このユニバーサルコネクタは、ワイヤレス試験モジュールのシャーシの端のところに配置されたWTM側ホットスワップ型コネクタに取り付けられる。雄型コネクタは、48個から128個までの範囲にある複数のコネクタを含む。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタは、航空機コネクタのワイヤジャンパーに結合するよう構成された複数のコネクタをさらに含む。ワイヤレス試験モジュールはさらに、ワイヤレストランシーバを用いて、コンピュータシステムとワイヤレス通信して、EEPROM上に記憶されたデータを転送するよう動作できる。EEPROM上のデータは、ヒューマンデータエントリなしで中央コンピュータシステムの試験ソフトウェア中に自動的に組み込まれる。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタはさらに、ワイヤレス試験モジュールの誤動作の場合にアドレス情報がリアルタイムで自動的にアップデートされた異なるワイヤレス試験モジュールに切り替わるよう動作できる。

【0009】

幾つかの実施形態によれば、システムは、ワイヤレス試験モジュール用のバッテリーパッ

クモジュールを含む。バッテリーパックモジュールは、ワイヤレス充電バッテリー、ワイヤレス充電バッテリーを収容することができるワイヤレスバッテリーパックホルダ、複数のポゴピンを含む射出成形ポゴピンホルダ、およびワイヤレス充電バッテリーをワイヤレス充電するよう動作できるワイヤレス充電受信機を含む。射出成形ポゴピンホルダは、1組のねじを用いてワイヤレスバッテリーパックホルダに結合される。射出成形ポゴピンホルダは、ワイヤレス試験モジュールに結合するよう動作できる。バッテリーパックモジュールは、鋼製の引き込み可能なばねブランジャを含み、このばねブランジャは、第2の組をなすねじを用いてWTMの取り付けによって、バッテリーパックモジュールを互いに保持するよう動作できるプルリングを含む。バッテリーパックモジュールは、WTM上にラッチ留め可能なワイヤレス充電受信機に取り付けられた磁石を含む。ワイヤレス充電受信機は、磁石と適合性のある磁石プレートを含む5ボルト（V）Qi規格ワイヤレス充電受信機である。ワイヤレスバッテリーパックホルダは、ワイヤレスバッテリーパックホルダがWTMの端部上に滑って嵌まるようにする形状からなる3次元（3D）印刷部品である。WTMは、コンピュータシステムから受け取った複数の試験命令に従って電気ワイヤリングハーネスを検証するために1つ以上の試験を実施するよう動作可能である。1つ以上の試験は、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、および抵抗測定チェックを含む複数の試験から選択される。WTMは、Wi-Fi、Bluetooth、またはZigbeeを用いてコンピュータシステムとワイヤレス通信することができる。WTMは、電気ワイヤリングハーネスのワイヤリングハーネスコネクタに結合することができる電気コネクタを含む。

10

20

【0010】

幾つかの実施形態によれば、システムは、コンピュータシステムおよびWHAMSの複数のワイヤレス試験モジュールを動作させるコンピュータにより実現される方法を含む。コンピュータ実現方法は、コンピュータサーバを用いて複数の電気ワイヤリングハーネス、試験基準、およびWHAMSにアクセスすることができる。複数の電気配線ハーネスの各々は、WHAMSのワイヤレス試験モジュールの各々のエンドポイントに接続される。コンピュータ実現方法は、試験基準に基づいて複数の電気配線ハーネスのための試験計画を作成し、そして試験計画およびWHAMSを用いて複数のワイヤレス試験モジュールを選択することができる。特に、試験計画は、複数の電気ワイヤリングハーネスのマップ、複数のワイヤレス試験モジュールの各々と関連した複数のハーネス接続、フックアップファイル、および複数の電気ワイヤリングハーネスと関連した複数の試験を含む。フックアップファイルは、複数のハーネス接続部に割り当てられた複数のワイヤレス試験モジュールを規定する。例えば、試験計画は、スプライス、受動機器、およびルーズリードのリサイメントの追加のハーネス情報を用いて作成される。もう1つの例として、試験計画は、複数の電気配線ハーネスの各々に関するネットワーク構成におけるワイヤおよび未使用ピンをチェックするよう作成される。コンピュータ実現方法は、複数のワイヤレス試験モジュールを用いて、複数の試験命令に従って1つ以上の試験を複数の電気ワイヤリングハーネスに対して実施するのがよい。1つ以上の試験は、導通性チェック、電圧分離チェック、時間領域反射率測定（TDR）試験、光ファイバ試験、ダイオード極性チェック、および抵抗測定チェックを含む複数の試験から選択される。コンピュータ実現方法は、複数のWTMを用いて、試験結果を表示するためにコンピュータサーバにワイヤレス伝送することができる。コンピュータ実現方法は、WTMボード支持パッケージを実装して複数のワイヤレス試験モジュールのコアオペレーティングアプリケーションを適用して複数の試験命令に従って、1つ以上の試験を複数の電気ワイヤリングハーネスに対して実施することができる。コンピュータ実現方法は、カスタム電力コントローラスイートを具体化して複数のワイヤレス試験モジュールの複数のバッテリーを管理することができる。コンピュータ実現方法は、双方向試験アプローチを実施して複数の試験命令に従って、1つ以上の試験を複数の電気ワイヤリングハーネスに対して実施することができる。コンピュータ実現方法は、互いに異なる色を用いて試験結果を強調表示することによって、色分けされた報告により試験結果の状態を評価することができる。コンピュータ実現方法は、複数のワイ

30

40

50

ワイヤレス試験モジュールとワイヤレス通信して、複数のワイヤレス試験モジュールの各々と関連したソフトウェアパッケージおよび1つ以上のスマート試験アダプタを1つ以上のスマート試験アダプタの部品番号およびピン構成データを用いてアップデートすることができる。

【0011】

幾つかの実施形態によれば、システムは、ワイヤレス試験モジュールの大型モジュールまたは小型モジュールを操作するシステムおよびコンピュータ実現方法を含む。システムは、ワイヤレストランシーバ、電気配線ハーネス、およびワイヤレス試験モジュールを含むのがよい。ワイヤレス試験モジュールは、電気ワイヤリングハーネスに物理的に結合することができる。ワイヤレス試験モジュールは、シャーシおよびホットスワップ型コネクタを用いてシャーシに連結される可変フロントエンドを有する。シャーシは、高電圧能力ソリッドステート多重化を可能にするよう設計された複数の電気リレーおよび充電式バッテリーを含む。特に、シャーシは、中央処理・メモリブロックおよび、電気ワイヤリングハーネスを製造してデバッグするための測定値を求めるよう動作できる回路部を有する。可変フロントエンドは、電気ワイヤリングハーネスのワイヤリングハーネスコネクタに結合することができる電気コネクタを含む。例えば、電気コネクタは、最大128個のピンコネクタを支持する。もう1つの例として、電気コネクタは、最大48個のピンコネクタを支持する。可変フロントエンドは、ワイヤレス試験モジュールの取り外し可能な部分である。可変フロントエンドは、互いに異なるコネクタのために迅速に相互交換可能なホットスワップ型インターフェースを含む。

10

20

【0012】

幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュールは、ワイヤレストランシーバを用いて、コンピュータシステムからの自動試験計画に従って複数の試験命令をワイヤレス受信するよう動作可能である。ワイヤレス試験モジュールはさらに、可変フロントエンドを用いて、複数の試験命令に従って1つ以上の試験を電気ワイヤリングハーネスに対して実施するよう動作可能である。1つ以上の試験は、導通性チェック、電圧分離チェック、TDR試験、光ファイバ試験、ダイオード極性チェック、および抵抗測定チェックを含む複数の試験から選択される。ワイヤレス試験モジュールはさらに、ワイヤレストランシーバを用いて、試験結果をコンピュータシステムにワイヤレス伝送するよう動作可能である。ワイヤレス試験モジュールは、プリズム形、ピラミッド形、円筒形、および球形を含む複数の形状から選択された形状を有する。ワイヤレス試験モジュールはさらに、Wi-Fi、Bluetooth、またはZigbeeを用いてコンピュータシステムとワイヤレス通信することができる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、当初のハードウェア選択およびハーネスフックアッププロセスのためにピックバイライト (pick-by-light) 機能を適用することができる。

30

【0013】

幾つかの実施形態によれば、ワイヤレス試験モジュールはさらに、電気ワイヤリングハーネスの試験を実施するために、内部電源を電気ワイヤリングハーネスの1本以上の電線に適用するよう動作でき、内部電源は、高電圧ソースまたは低電圧ソースである。ワイヤレス試験モジュールはさらに、誤動作の場合には、不作動シャーシを別の利用可能なユニットで置き換えるよう動作できる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、抵抗／導通試験のために約2.4ボルト(V)の低電圧出力を生じさせるよう動作できる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、抵抗が1オームから50オームまでの範囲にある場合、10%±1オームの精度で抵抗を測定することができる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、抵抗が51オームから250オームまでの範囲にある場合、5%±1オームの精度で抵抗を測定することができる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、抵抗が251オームから1メガオームまでの範囲にある場合、10%±1オームの精度で抵抗を測定することができる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、高電圧試験の場合、100Vから500Vまでの範囲内にある電圧出力を生じさせるよう動作できる。ワイヤレス試験モジュールはさらに、高電圧を用いて6%から10%までの範囲の精度で抵抗を測定するよう動作できる。

40

50

ワイヤレス試験モジュールはさらに、可変フロントエンドを識別するよう動作できる。

【0014】

幾つかの実施形態によれば、システムは、WHAMSを充電する装置を含む。装置は、充電カート、モバイルアルミニウム製フレーム、複数の発光ダイオード（LED）表示器、および複数の充電スロットを有する。WHAMSは、複数のワイヤレス試験モジュールを含む。複数の充電スロットの各々は、WHAMSのそれぞれのワイヤレス試験モジュールと関連している。充電カートは、WHAMSの複数のワイヤレス試験モジュールを充電するよう動作できる。モバイルアルミニウム製フレームは、充電カートを支持することができる。複数のLED表示器は、WHAMSのセットアップ中および貯蔵中、複数のワイヤレス試験モジュールの状態を識別するよう動作できる。

10

【0015】

幾つかの実施形態によれば、充電カートは、複数のワイヤレス試験モジュールを並列に充電するために1500ワット（W）の電力を供給することができる電源をさらに含む。充電カートは、150個から200個までの範囲にある複数個の充電スロットを備えたダブルデッキ型充電カートである。充電カートは、50個から100個までの範囲にある複数個の充電スロットを備えたシングルデッキ型充電カートである。充電カートは、20個から30個までの範囲にある複数個4充電スロットを備えたミニ充電カートである。充電カートは、複数のシートおよびパイプで組み立てられた基礎部を有し、基礎部は、充電カート上に溶接されていて複数の充電スロットを割り振る1つ以上のデッキからなる。複数の充電スロットは、複数のWTMが正確に配置されるようにするために複数のWTMを受け入れるキー付きスロットである。充電カートは、ボルトを用いてフレームに連結される。複数のLED表示器の各々は、赤色LEDおよび緑色LEDを含む。複数のLED表示器の各々は、当該LEDと関連した識別済みのWTMが目下充電中であることを指示するよう赤色に変わる。複数のLED表示器の各々は、当該LEDと関連していて試験前の定位置にある識別済みのWTMを指示するよう緑色に変わる。複数のLED表示器の各々は、当該LEDと関連した識別済みのWTMが充電を完了していることを指示するよう消灯する。複数の充電スロットの各々は、複数のWTMを充電するために4ポゴピンレイアウトを用いる。4ポゴピンレイアウトは、5ボルト（V）ピン、アースピン、緑色LEDピン、および赤色LEDピンを含む。

20

【0016】

幾つかの実施形態によれば、システムはコンピュータシステムおよび較正ジグを含む。較正ジグは、WHAMSのワイヤレス試験モジュールを較正するよう動作できる。ワイヤレス試験モジュールは、複数の電界効果トランジスタ（FET）を含む。複数のFETは、光学的に絶縁されたMOFFETSであるのがよい。較正ジグは、複数の抵抗器を含む。較正ジグは、ワイヤレス試験モジュールのための複数の内部測定試験において、複数のFETの第1の抵抗値および第2の抵抗値を測定することによって抵抗較正值を測定するよう動作できる。較正ジグは、較正ジグの複数の抵抗器を用いた抵抗精度試験（RAT）をワイヤレス試験モジュールに対して実施するよう動作できる。RATは、較正ジグおよびWTMと関連した試験の複数の抵抗器からの抵抗器を選択するのがよく、抵抗器は、標的抵抗値と関連している。RATは、較正ジグおよび試験を用いて、複数の較正ファクタを測定することができる。RATは、複数の較正ファクタを用いて測定抵抗値を求めることができる。RATは、測定抵抗値および標的抵抗値をコンピュータサーバのデータベースに保存することができる。複数のFETは、ハイサイド抵抗をもつハイサイドFETおよびローサイド抵抗をもつローサイドFETを含む。試験は、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、および抵抗測定チェックを含む複数の試験から選択される。FETの第1の抵抗値は、ハイサイドFETと関連したハイサイド抵抗の大きさを示す。FETの第2の抵抗値は、ハイサイドFETと関連したハイサイド抵抗とローサイドFETと関連したローサイド抵抗の両方の合計の大きさを示している。第1の抵抗値は、80オームから90オームまでの範囲にあり、第2の抵抗値は、120オームから140オームまでの範囲にある。複数の抵抗器は、1オームから50メガオームまでの範囲

30

40

50

にある複数個の抵抗値を有する。導通試験に関する複数の校正ファクタは、ソース側のハイサイド校正指標値、シンク側のハイサイド校正ファクタ、および初期抵抗値を含む。導通試験のための測定抵抗値は、ソース側のハイサイド校正ファクタおよびシンク側のハイサイド校正ファクタを初期抵抗値から減算することによって求められる。校正ジグはさらに、校正ジグの複数の抵抗器を用いてW T Mに対して複数のR A Tを実施するよう動作できる。校正ジグはさらに、複数の校正ファクタおよびR A Tに関連したR A T履歴をコンピュータサーバのデータベースに保存するよう動作できる。校正ジグはさらに、制御された定期的な校正をW H A M Sに対して実施して、ある期間にわたってF E Tドリフトの抵抗を用いて潜在的な故障モードを検出するよう動作できる。

【0017】

10

ある幾つかの実施形態の技術的利点としては、航空機、自動車、または他のビークルおよびデバイスで利用される電気ワイヤリングハーネスを試験する改良されたシステムおよび方法を提供できることにある。本発明のワイヤレスハーネス自動測定システムおよび方法は、電気ワイヤリングハーネス試験のあらゆる段階における適用のために、ハードウェア融通性とモビリティのユニークな組み合わせを提供する。ハードワイヤードアダプタを備えた典型的なかさばった試験キャビネットに代えて、開示した実施形態は、試験中、電気配線ハーネスに物理的に結合し、次に、結果を中央コンピュータにワイヤレス伝送して戻す1つ以上のワイヤレス試験モジュールを利用する。これにより、ハードウェアの最大利用を保証するワイヤレスかつスケール変更可能なアーキテクチャが得られる。ワイヤレス試験モジュールのワイヤレス通信能力は、ハードワイヤード試験システムによっては（例えば、ハードワイヤード試験ケーブルアダプタ付きのキャビネット型電気リレーボックスシステムによっては）従来接近するのが困難であった環境において電気試験への道を拓く。

20

【0018】

さらに、試験を開始する上で最小限の機器要件は、試験への参入障壁を下げ、そしてシステムの効率を高める。開示した実施形態は、オペレータによって必要とされるタスクがほとんどなく、または全くない状態で、迅速かつ自動化された試験計画の作成を保証する単純な情報入力フォーマットを提供する。他の技術的利点は、以下の図、説明、および特許請求の範囲の記載から当業者には容易に明らかになる。さらに、特定の利点を上記したが、種々の実施形態は、上記した利点のうちの全て、または幾つかを含み、あるいは、上記した利点をどれも含まない場合がある。

30

【0019】

本発明およびその利点のより完全な理解を得るため、次に、添付の図面を参照して行われる以下の説明を参照する。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】幾つかの実施形態としてのワイヤレスハーネス自動測定システムを示す図である。

【図2A】幾つかの実施形態に従って、図1のワイヤレスハーネス自動測定システムによる電気ワイヤリングハーネスの試験の仕方を示す図である。

40

【図2B】幾つかの実施形態に従って、図1のワイヤレスハーネス自動測定システムによる電気ワイヤリングハーネスの試験の仕方を示す図である。

【図3】幾つかの実施形態に従って、図1のワイヤレスハーネス自動測定システムによって利用できるワイヤレス試験モジュールを示す図である。

【図4】幾つかの実施形態に従って、図3のワイヤレス試験モジュールの分解組立図である。

【図5】幾つかの実施形態による図3のワイヤレス試験モジュールの内部図である。

【図6】幾つかの実施形態による図3のワイヤレス試験モジュールの機能ブロック図である。

【図7A】幾つかの実施形態による図3の可変フロントエンドに結合されているW T M側

50

ホットスワップ型コネクタを示す図である。

【図 7 B】幾つかの実施形態による図 3 のワイヤレス試験モジュールに結合されたフロントエンド側ホットスワップ型コネクタを示す図である。

【図 7 C】幾つかの実施形態による図 3 のワイヤレス試験モジュールに結合されたフロントエンド側ホットスワップ型コネクタを示す図である。

【図 8 A】幾つかの実施形態に従って図 3 のワイヤレス試験モジュールに取り付けることができる例示の可変フロントエンドを示す図である。

【図 8 B】幾つかの実施形態に従って図 3 のワイヤレス試験モジュールに取り付けることができる例示の可変フロントエンドを示す図である。

【図 8 C】幾つかの実施形態に従って図 3 のワイヤレス試験モジュールに取り付けることができる例示の可変フロントエンドを示す図である。

【図 9 A】幾つかの実施形態によるワイヤレス試験モジュール用のバッテリーパックを示す図である。

【図 9 B】幾つかの実施形態によるワイヤレス試験モジュール用のバッテリーパックを示す図である。

【図 9 C】幾つかの実施形態によるワイヤレス試験モジュール用のバッテリーパックを示す図である。

【図 1 0】幾つかの実施形態による図 9 A～図 9 C のバッテリーパックの射出成形ポゴピンホルダを示す図である。

【図 1 1 A】幾つかの実施形態に従って多数のワイヤレス試験モジュールを貯蔵する充電カートシステムを示す図である。

【図 1 1 B】幾つかの実施形態に従って多数のワイヤレス試験モジュールを貯蔵する充電カートシステムを示す図である。

【図 1 1 C】幾つかの実施形態に従って多数のワイヤレス試験モジュールを貯蔵する充電カートシステムを示す図である。

【図 1 1 D】幾つかの実施形態に従って多数のワイヤレス試験モジュールを貯蔵する充電カートシステムを示す図である。

【図 1 1 E】幾つかの実施形態に従って多数のワイヤレス試験モジュールを貯蔵する充電カートシステムを示す図である。

【図 1 1 F】幾つかの実施形態に従って多数のワイヤレス試験モジュールを貯蔵する充電カートシステムを示す図である。

【図 1 2】幾つかの実施形態による図 1 1 A～図 1 1 F の充電カートの細部を示す図である。

【図 1 3】幾つかの実施形態による図 1 1 A～図 1 1 F の充電カートの細部を示す図である。

【図 1 4 A】幾つかの実施形態による図 1 1 A～図 1 1 F の充電カートの細部を示す図である。

【図 1 4 B】幾つかの実施形態による図 1 1 A～図 1 1 F の充電カートの細部を示す図である。

【図 1 4 C】幾つかの実施形態による図 1 1 A～図 1 1 F の充電カートの細部を示す図である。

【図 1 4 D】幾つかの実施形態による図 1 1 A～図 1 1 F の充電カートの細部を示す図である。

【図 1 5】幾つかの実施形態によるワイヤレス試験モジュール用の較正ジグを示す図である。

【図 1 6 A】幾つかの実施形態に従って、図 1 5 の較正ジグを用いる内部測定試験を示す図である。

【図 1 6 B】幾つかの実施形態に従って、図 1 5 の較正ジグを用いる内部測定試験を示す図である。

【図 1 7】幾つかの実施形態による図 1 5 の較正ジグを用いた抵抗精度試験を示す図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 1 8 A】 特定の実施形態に従って、図 1 のワイヤレスハーネス自動測定システムによって複数の電気ワイヤリングハーネスの試験を可能にするオペレーティングソフトの例示のアプリケーションインターフェースを示す図である。

【図 1 8 B】 特定の実施形態に従って、図 1 のワイヤレスハーネス自動測定システムによって複数の電気ワイヤリングハーネスの試験を可能にするオペレーティングソフトの例示のアプリケーションインターフェースを示す図である。

【図 1 9】 特定の実施形態に従ってワイヤレス試験モジュールの試験のための例示の方法を示す流れ図である。

【図 2 0】 特定の実施形態に従って、本明細書において提供する種々の技術の諸観点を具体化するために利用できる例示のコンピュータシステムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 2 1】

電気ワイヤリングハーネスは、多種多様な業界やビークルで利用されている。例えば、非常に多くの電線やコネクタを含む大型かつ複雑な電気ワイヤリングハーネスは、航空宇宙産業によって航空機の製造の際に利用されている。もう 1 つの例として、電気ワイヤリングハーネスは、自動車業界によって自動車の製造の際に利用されている。ビークル、例えば航空機や自動車用の電気ワイヤリングハーネスは、典型的には、電気ワイヤリングハーネスのコネクタまたは電線に欠陥がないようにするために厳密にかつ徹底的に試験されなければならない。例えば、電気ワイヤリングハーネスは、電線またはワイヤのショートがなく、コネクタピンの取り換えがなく、電線の損傷がなく、その他の問題がないようにするために試験される。

【0 0 2 2】

典型的には、電気ワイヤリングハーネスは、試験中の電気ワイヤリングハーネスのコネクタと電気リレーボックスの両方に物理的に結合するハードワイヤードインターフェース接続試験ケーブルアダプタを備えた大型キャビネット型の電気リレーボックスを用いて試験される。電気機械作動が集中管理キャビネット内で起こり、他方、ハードワイヤードケーブルアダプタは、試験中の電気ワイヤリングハーネスに達するよう一意的嵌合コネクタ用の延長コードとして働く。しかしながら、かかるシステムは、ある特定の状況では問題を生じる場合がある。例えば、キャビネット型試験機械をハーネス試験の際に、例えばセットアップ、試験、修理（ハーネスおよびツール）、および故障の際に使用することは非効率的である。典型的なキャビネット型試験機械は、大型でありかつ重量がありしかも比較的動かしにくく、かかるキャビネット型試験機械は、カスタマイズ化の度合いの高い試験ケーブルアダプタセットを利用しているので、変化する電氣的試験上の要望を満たすよう効率的にスケール変更されることが可能ではない。もう 1 つの例として、オペレータは、通常、航空機 1 機当たりハーネス試験の際にキャビネット型試験機械、例えばトラブルシューティングシステムを用いる場合に数百時間もの時間を費やして航空宇宙、国防、および輸送／鉄道業界において製品の品質を保証する。もう 1 つの例として、典型的なキャビネット型試験機械は、種々の独立した組をなす試験ケーブルやワイヤハーネスフォームボードにおいて製作工具類に適したジグを試験する必要がある。

【0 0 2 3】

電気ワイヤリングハーネスを試験するための典型的なシステムに関するこれらの問題および他の問題を解決するため、本開示は、ワイヤレスハーネス自動測定システムおよび方法を提供する。ある幾つかの開示する実施形態は、各々が試験中の電気ワイヤリングハーネスのコネクタに物理的にかつ電氣的に結合する 1 つ以上のワイヤレス試験モジュール（WTM）を利用する。1 つ以上のワイヤレス試験モジュールは、キャビネット型試験機械を用いて伝統的なケーブルを利用する試験の非効率性を軽減しながら電気ハーネスを検証するモバイル試験ソリューションのためのワイヤレスハーネス自動測定システム（WHAMS）で利用されている。ワイヤレス試験モジュールは、電気ワイヤリングハーネスの 1 本以上の電線により電気試験信号を送受信し、次に、現行のハードワイヤードソリューシ

10

20

30

40

50

ョンとは異なり、試験結果を中央コンピュータシステム、例えばラップトップにワイヤレスで報告返送する。すなわち、各ワイヤレス試験モジュールは、中央コンピュータシステムに物理的には接続されず、これとは異なり、中央コンピュータシステムとワイヤレス通信する。これにより、ワイヤレス試験モジュールを中央コンピューティングシステムまたは嵩張ったリレーキャビネットをどのように動かすかということについて心配する必要なく、電気ワイヤリングハーネスの設置場所に運ぶことができる。これにより、電気ワイヤリングハーネスの試験の際の生産性および有効性が高められる。幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュールは、形状が円筒形であり、寸法形状が典型的な懐中電灯に類似している。この小さなフォームファクタにより、技術者は、多数のワイヤレス試験モジュールを容易に携帯し、そして、中央コンピューティングシステムから物理的に遠くに（例えば、隣の部屋内または床上に）配置されている場合のある試験対象の電気ワイヤリングハーネスにこれらワイヤレス試験モジュールを取り付けることができる。

10

【0024】

各ワイヤレス試験モジュールは、2つの主要な部品、すなわち、シャーシとフロントエンドを有する。ワイヤレス試験モジュールのシャーシは、電気ワイヤリングハーネスに対する電気試験（例えば、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなど）を実行するためのエレクトロニクスやコンポーネント（例えば、バッテリー、リレーなど）を収容する。ワイヤレス試験モジュールの取り外し可能なフロントエンドは、電気ワイヤリングハーネスのコネクタに接続可能な特定の嵌合コネクタを有し、ワイヤレス試験モジュールのフロントに設けられた共通インターフェースと迅速に交換可能である。ワイヤレス試験モジュールは、相互に交換可能であり、しかも任意特定のワイヤリングハーネスまたはシステムに専用であるというわけではない。ワイヤレスハーネス自動測定システムの構成により、フロントエンドのカatalogを電気コネクタに対する様々な要望に合わせて構成することができ、他方、最大のハードウェア利用性に必要なワイヤレス試験モジュールの数を最小限に抑えることができる。ワイヤレス試験モジュールシャーシのハードウェア共通性はまた、誤動作の場合に容易な交換を可能にする。1つのワイヤレス試験モジュールが不作動状態になった場合、重大な試験活動は、不作動状態のワイヤレス試験モジュールシャーシをもう1つの利用可能なユニットで単に置き換えることによって遅延なく続行することができる。その結果、試験オペレータは、試験機器トラブルシューティングまたは修理の必要なく、電気ワイヤリングハーネスの試験を完了させることができる。

20

30

【0025】

本発明のワイヤレスハーネス自動測定システムおよび方法は、電気ワイヤリングハーネス試験のあらゆる段階において適応可能にハードウェア融通性およびモビリティのユニークな組み合わせを提供する。ある幾つかの開示する実施形態は、ハードウェアの最大利用を保証するワイヤレスかつスケール変更可能なアーキテクチャを提供する。ワイヤレス試験モジュールのワイヤレス通信能力は、ハードワイヤード試験システムによっては（例えば、ハードワイヤード試験ケーブルアダプタ付きのキャビネット型電気リレーボックスシステムによっては）従来接近するのが困難であった環境において電気試験への道を拓く。さらに、試験を開始する上での機器要件を最小限にすることにより、試験エントリーバリエーションが下げられるとともにシステムの効率が向上する。ある幾つかの開示する実施形態は、オペレータに必要な手作業を殆どなくまたは全くない状態で迅速かつ自動化された試験計画作成を保証する単純化された情報入力フォーマットを提供する。

40

【0026】

本発明の良好な理解を容易にするため、ある幾つかの実施形態の以下の実施例が与えられている。本発明の範囲を限定しまたは定めるように以下の実施例を決して読むべきでない。本発明の実施形態およびその利点は、添付の図を参照することによって最も良く理解され、図中、同一の符号は、同一または対応の部分を示すために用いられている。

【0027】

WHAMS 全体的システム

50

図 1 は、幾つかの実施形態としてのワイヤレスハーネス自動測定システム 100 を示している。ワイヤレスハーネス自動測定システム 100 は、試験中の電気ワイヤリングハーネス 110、1 つ以上のワイヤレス試験モジュール 120（例えば、120A、120B、120C、120D）、中央コンピュータシステム 130、およびワイヤレスインターフェース 140 を含む。特定の数のワイヤレス試験モジュール 120 が図 1 に示されているが、他の実施形態は、任意の数のワイヤレス試験モジュール 120 を利用することができる。

【0028】

一般に、ワイヤレスハーネス自動測定システム 100 は、電気ワイヤリングハーネス 110 の機能性を試験するよう 1 つ以上のワイヤレス試験モジュール 120 を利用している。各ワイヤレス試験モジュール 120 は、可変フロントエンド 126（例えば、126A、126B、126C、126D）を有し、この可変フロントエンドは、試験中のワイヤレス試験モジュール 120 のワイヤリングハーネスコネクタ 115（例えば、115A、115B、115C、115D）に物理的かつ電氣的に結合する少なくとも 1 つのコネクタを有する。ワイヤレス試験モジュール 120 は、電気ワイヤリングハーネス 110 の 1 本以上の電線 111 を通って電気試験信号を送受信し、その目的は、例えば導通性チェック（例えば、ワイヤリングハーネスコネクタ 115 のピンが間違った場所に位置しているかどうか、ワイヤリングハーネスコネクタ 115 のピンがショートしているかどうかなど）、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、および抵抗測定チェックなどのような試験を行うことにある。その場合、嵩張ったリレーキャビネットにハードワイヤードされた典型的なソリューションとは異なり、ワイヤレス試験モジュール 120 は、ワイヤレストランシーバ（例えば、121A、121B、121C、121D）を用いて試験結果 160 を中央コンピュータシステム 130 にワイヤレス報告返送する。すなわち、各ワイヤレス試験モジュール 120 は、中央コンピュータシステム 130 に物理的には接続されず、これとは異なり、ワイヤプロトコル、例えば、Zigbee、Bluetooth、または Wi-Fi を用いて中央コンピュータシステム 130 とワイヤレス通信する。ワイヤレス試験モジュールが小さなフォームファクタのものであることにより、技術者は、多数のワイヤレス試験モジュール 120 を容易に携帯し、そして、電気ワイヤリングハーネス 110 が中央コンピューティングシステム 130 から物理的に遠くに配置されている場合であっても、電気ワイヤリングハーネス 110 に設けられているワイヤリングハーネスコネクタ 115 にこれらワイヤレス試験モジュールを取り付けることができる。

【0029】

電気ワイヤリングハーネス 110 は、一束の電線 111 である。電気ワイヤリングハーネス 110 は、1 本以上の電線 111 に結合された 1 つ以上のワイヤリングハーネスコネクタ 115 を有する。例えば、図 1 の電気ワイヤリングハーネス 110 は、4 つのワイヤリングハーネスコネクタ 115：115A～115D を有する。ワイヤリングハーネスコネクタ 115 は、任意適当な電気コネクタであってよく、しかも任意数のピンまたは電気接点を有してよい。ワイヤリングハーネスコネクタ 115 の例としては、信号コネクタ、電力コネクタなどが挙げられる。電気ワイヤリングハーネス 110 は、任意のデバイスまたはビークル、例えば航空機、自動車、ウォータークラフト、スペースクラフト（宇宙航空機）などの中に取り付けられるのがよい。ワイヤレス自動測定システム 100 は、これがその意図したデバイス、航空機、またはビークル内に据え付けられる前にまたはその後のいずれかにおいて電気ワイヤリングハーネス 110 を試験するために利用できる。

【0030】

各ワイヤレス試験モジュール 120（120A～120D）は、電気ワイヤリングハーネス 110 のワイヤリングハーネスコネクタ 115 に対する物理的接続を行い、中央コンピュータシステム 130 によって命令されたように電気ワイヤリングハーネス 110 に対して 1 つ以上の電気試験を行い、かつ／あるいは電気試験からの試験命令 150 を中央コンピュータシステム 130 にワイヤレス通信して戻すポータブル試験デバイスである。電気ワイヤリングハーネスのための既存の試験システムは、ワイヤリングハーネスコネクタ

110に接続されるハードワイヤード試験アダプタを備えた大型の嵩張ったリレーキャビネットを含む。かかるシステムは、輸送するのが困難であり、適合が容易ではなく、スケール変更が容易ではない。しかしながら、小さなフォームファクタを有するとともに携帯が容易なワイヤレス試験モジュール120を利用することによって、ワイヤレスハーネス自動測定システム100は、遠距離のところ（例えば、別の部屋または床内）に配置された電気ワイヤリングハーネス110を試験するために利用できる。さらに、任意の数のワイヤレス試験モジュール120が電気ワイヤリングハーネス110を試験するようワイヤレスハーネス自動測定システム100によって利用でき、それにより、既存のハードワイヤード試験リレーキャビネットと比較して、ワイヤレスハーネス自動測定システム100の適合性およびスケール変更性（スケーラビリティ）が高められる。

10

【0031】

各ワイヤレス試験モジュール120は、ワイヤレストランシーバ121、シャーシ122（例えば、122A, 122B, 122C, 122D）、および可変フロントエンド126を有する。ワイヤレストランシーバ121により、ワイヤレス試験モジュール120は、任意適当なワイヤレスプロトコル（例えば、Zigbee、Bluetooth、またはWi-Fiなど）を用いて中央コンピュータシステム130とワイヤレス通信する（直接的にか、ワイヤレスインターフェース140を介してかのいずれかで）ことができる。シャーシ122は、ワイヤレス試験モジュール120の本体であり、このシャーシは、例えばバッテリー、リレー、プロセッサ、メモリなどのようなコンポーネントを収容する。可変フロントエンド126は、ワイヤレス試験モジュール120の取り外し可能な部分であり、この取り外し可能な部分は、電気ワイヤリングハーネス110のワイヤリングハーネスコネクタ115に嵌合するよう構成された電気コネクタを有する。例えば、ワイヤリングハーネスコネクタ115Aが典型的な3つの差し込み先のあるプラグである場合、可変フロントエンド126は、3つの差し込み先の雌型電気プラグを含むのがよい。もう1つの例として、ワイヤリングハーネスコネクタ115が雄型の同軸電気コネクタである場合、可変フロントエンド126は、雌型同軸電気コネクタを含むのがよい。ワイヤレス試験モジュール120およびそのコンポーネントに関する細部に関しては、図2～図8Cを参照して以下において詳細に説明する。

20

【0032】

中央コンピュータシステム130は、任意適当な物理的形態をした任意適当なコンピューティングシステムであってよい。一例として、中央コンピュータシステム130は、埋め込み形コンピュータシステム、システムオンチップ（SOC）、シングルボードコンピュータシステム（SBC）、（例えば、コンピュータオンモジュール（COM）またはシステムオンモジュール（SOM））、デスクトップ形コンピュータシステム、ラップトップ形またはノートブック形コンピュータシステム、メインフレーム、メッシュ接続コンピュータシステム、携帯電話、パーソナルデジタルアシスタント（PDA）、サーバ、タブレット形コンピュータシステム、拡張／仮想リアリティデバイス、またはこれらのうちの2つ以上の組み合わせであってよいが、これらには限定されない。適宜、中央コンピュータシステム130は、1つ以上のコンピュータシステムを含むのがよく、または分散型であってよく、多数の場所にまたがっていてもよく、多数のマシンにまたがっていてもよく、多数のデータセンタにまたがっていてもよく、または、1つ以上のネットワーク内の1つ以上のクラウドコンポーネントを含む場合のあるクラウド内に常駐してもよい。該当する場合、中央コンピュータシステム130は、実質的な空間または時間的制約なしに、本明細書において説明しまたは図示する1つ以上の方法の1つ以上のステップを実行してもよい。一例として、中央コンピュータシステム130は、リアルタイムでまたはバッチモードで、本明細書において説明しまたは図示する1つ以上の方法の1つ以上のステップを実行することができるが、これらには限定されない。中央コンピュータシステム130は、互いに異なる時刻にまたは互いに異なる場所で、適宜、本明細書において説明しまたは図示する1つ以上の方法の1つ以上のステップを実行することができる。中央コンピュータシステム130の特定の例について図20を参照して説明する。

30

40

50

【0033】

ワイヤレスインターフェース140は、中央コンピュータシステム130とワイヤレス試験モジュール120とのワイヤレス通信を提供することができる任意適当なデバイスである。幾つかの実施形態では、ワイヤレスインターフェース140は、中央コンピュータシステム140に通信可能に結合された（例えば、ワイヤードされ、ワイヤレス結合され、または物理的にプラグ接続された）別個のデバイスである。他の実施形態では、ワイヤレスインターフェース140は、中央コンピュータシステム130の内部に位置しまたはこの中に組み込まれている。幾つかの実施形態では、ワイヤレスインターフェース140は、Zigbeeトランシーバモジュール、Wi-Fiルータ、またはBluetoothトランシーバである。

10

【0034】

試験命令150は、中央コンピュータシステム130からワイヤレス試験モジュール120にワイヤレス送信される1つ以上の信号、操作、指令などである。試験命令150は、電気ワイヤリングハーネス110に対する1つ以上の電気試験を行うためにワイヤレス試験モジュール120によって利用される。電気試験は、例えば、導通性チェック（例えば、ワイヤリングハーネスコネクタ115のピンが間違った場所に位置しているかどうか、ワイヤリングハーネスコネクタ115のピンがショートしているかどうか、電線111が損傷しているかどうかなど）、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、および抵抗測定チェックなどのような試験を行うことにある。幾つかの実施形態では、試験命令150は、電気ワイヤリングハーネス110に対する試験計画に従って中央コンピュータシステム130によって定められる。試験命令150の一例について図18Aおよび図18Bを参照して説明する。

20

【0035】

試験結果160は、ワイヤレス試験モジュール120から中央コンピュータシステム130にワイヤレス通信される（直接的にかワイヤレスインターフェース140を介してかのいずれかにより）1つ以上の信号、値、合格／不合格表示器などである。試験結果160は、ワイヤレス試験モジュール120によって電気ワイヤリングハーネス110に対して行われた1つ以上の電気試験の結果である。試験結果160は、ハーネス試験結果に直接的には関連づけられない状態および他の信号メタデータをさらに含む。試験結果160の一例について図18Aを参照して説明する。

30

【0036】

図2Aおよび図2Bは、幾つかの実施形態に従って、ワイヤレスハーネス自動測定システム100によって電気ワイヤリングハーネス110を試験する種々の実施例を示している。図2Aでは、2つのワイヤレス試験モジュール120、すなわち、出所ワイヤレス試験モジュール120Aと行先ワイヤレス試験モジュール120Bが電気ワイヤリングハーネス110に対する試験を実施するよう利用される。この実施例では、出所ワイヤレス試験モジュール120Aは、第1のワイヤリングハーネスコネクタ115Aに物理的に結合され、行先ワイヤレス試験モジュール120Bは、第2のワイヤリングハーネスコネクタ115Bに物理的に結合されている。2本の電線151、すなわち、第1の電線111Aと第2の電線111Bがこのシナリオにおいて試験中に利用される。第2の電線111Bは、この実施例では、戻りラインとして用いられる。電線111Aと電線111Bの両方は、出所ワイヤレス試験モジュール120Aと行先ワイヤレス試験モジュール120Bの両方にワイヤリングハーネスコネクタ（例えば、図1のワイヤレスワイヤリングハーネスコネクタ115A、115B）経由で物理的にかつ電氣的に結合されている。出所ワイヤレス試験モジュール120Aは、電流の流れを第1の電線111Aに送り、行先ワイヤレス試験モジュール120Bは、例えば電気リレーを用いて内部で第1の電線111Aを第2の電線111Bに接続している。次に、出所ワイヤレス試験モジュール120Aは、本明細書において説明するように種々の電気試験を実行するために第1の電線111Aおよび第2の電線111B全体を通る電圧および電流を測定することができる。行先ワイヤレス試験モジュール120Bもまた、電流が実際に行先ワイヤレス試験モジュール120B

40

50

に達するようにするために電流および電圧を測定する。行先ワイヤレス試験モジュール 120B は、信号を種々のスイッチングおよびデジタル制御アプリケーションにおいて 1 つ以上のチャンネルにより送ることによって接続を可能にするよう構成されたピン多重化コンポーネント、例えば高電圧能力ソリッドステート多重化ブロック 616 を有する。

【0037】

図 2A の実施例の他の実施形態では、第 2 の電線 111B 以外のオプションを電気戻り経路またはアースのために利用できる。例えば、電気ワイヤリングハーネス 110 内の電気遮蔽体を電気戻り経路またはアースのために利用することができる。もう 1 つの実施例として、電気ジャンパー（例えば、電線）が出所ワイヤレス試験モジュール 120A と行先ワイヤレス試験モジュール 120B の両方に物理的に接続されるのがよく、そして電気戻り経路またはアースとして使用されるのがよい。

【0038】

図 2B では、単一のワイヤレス試験モジュール 120A が電気ワイヤリングハーネス 110 に対する試験を実施するために利用されている。この実施例では、ワイヤレス試験モジュール 120A が第 1 のワイヤリングハーネスコネクタ（例えば、図 1 のワイヤリングハーネスコネクタ 115A）に物理的に結合され、ループバックコネクタ（または他の類似のデバイス）202 が第 2 のワイヤリングハーネスコネクタ（例えば、図 1 のワイヤリングハーネスコネクタ 115B）に物理的に結合されている。2 本の電線 111、すなわち、第 1 の電線 111A と第 2 の電線 111B がこのシナリオにおいて試験に利用される。第 2 の電線 111B は、この実施例では、戻りラインとして用いられる。電線 111A と電線 111B の両方は、ワイヤレス試験モジュール 120A に物理的にかつ電氣的に結合されるとともに、ループバックデバイスを用いて互いに結合されている。ワイヤレス試験モジュール 120A は、電流の流れを第 1 の電線 111A に送り、この電流は、第 2 の電線 111B でワイヤレス試験モジュール 120A に戻される。次に、ワイヤレス試験モジュール 120A は、本明細書において説明するように種々の電気試験を実行するために第 1 の電線 111A および第 2 の電線 111B 全体を通る電圧および電流を測定することができる。

【0039】

動作原理において、図 1、図 2A、および図 2B を参照すると、ワイヤレスハーネス自動測定システム 100 は、電気ワイヤリングハーネス 110 を試験するために中央コンピュータシステム 130 および 1 つ以上のワイヤレス試験モジュール 120 を利用している。第 1 に、1 つ以上のワイヤレス試験モジュール 120 は、電気ワイヤリングハーネス 110 の 1 つ以上のワイヤレス配線コネクタ 115 に物理的に接続されている。例えば、図 2A に示すように、出所ワイヤレス試験モジュール 120A は、第 1 のワイヤリングハーネスコネクタ 115A に物理的に結合され、行先ワイヤレス試験モジュール 120B は、第 2 のワイヤリングハーネスコネクタ 115B に物理的に結合されている。もう 1 つの例として、図 2B に示すように、出所ワイヤレス試験モジュール 120A は、第 1 のワイヤリングハーネスコネクタ 115A に物理的に結合され、ループバックコネクタ（または他の同様なデバイス）が第 2 のワイヤリングハーネスコネクタ 115B に物理的に結合される。次に、中央コンピュータシステム 130 は、自動試験計画に従って、試験命令 150 を 1 つ以上のワイヤレス試験モジュール 120 に送る。電気ワイヤリングハーネス 110 を試験するために用いられる自動試験計画の詳細および実施例について以下に詳細に説明する。幾つかの実施形態では、試験命令 150 は、ワイヤレスインターフェース 140 を用いて 1 つ以上のワイヤレス試験モジュール 120 に送られる。試験命令 150 は、任意適当なワイヤレスプロトコル、例えば Wi-Fi、Bluetooth、または Zigbee を用いて送られるのがよい。

【0040】

ワイヤレストランシーバ 121 を用いて試験命令 150 を受け取った後、ワイヤレス試験モジュール 120 は、中央コンピュータ 130 からの受け取り試験命令 150 に従ってワイヤリングハーネスコネクタ 115 に対して 1 つ以上の試験を行う。電気試験は、例え

ば、導通性チェック（例えば、ワイヤリングハーネスコネクタ 1 1 5 のピンが間違っただ場所に位置しているかどうか、ワイヤリングハーネスコネクタ 1 1 5 のピンがショートしているかどうかなど）、電線 1 1 1 が損傷しているかどうかなど）、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、および抵抗測定チェックなどであるのがよい。例えば、ワイヤレス試験モジュール 1 2 0 は、1 つ以上の内部電気リレーをアクティブ状態／非アクティブ状態することができ、そして電流を内部電源から電気ワイヤリングハーネス 1 1 0 の 1 本の以上の電線 1 1 1 に流すことができ、その目的は、電気ワイヤリングハーネス 1 1 0 に対して導通性チェックを行うことにある。各ワイヤレス試験モジュール 1 2 0 は、受け取り試験命令 1 5 0 に従って 1 本以上の接続電線 1 1 1 に加わる電圧および電流を変化させることができる。中央コンピュータシステム 1 3 0 の受け取り試験命令 1 5 0 に従って電気ワイヤリングハーネス 1 1 0 に対して 1 つ以上の試験を行った後、ワイヤレス試験モジュール 1 2 0 は、試験結果 1 6 0 をワイヤレス送信により中央コンピュータシステム 1 3 0（直接的にかワイヤレスインターフェース 1 4 0 を介するかのいずれかにより）戻す。試験結果 1 6 0 が中央コンピュータシステム 1 3 0 によっていったん受け取られると、中央コンピュータシステム 1 3 0 は、1 つ以上のワイヤレス試験モジュール 1 2 0 から受け取った試験結果 1 6 0 を電子ディスプレイ上に表示することができる。

10

【0041】

WHAMS のワイヤレス試験モジュール

幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュールは、WHAMS の一次電気試験ハードウェアである。ワイヤレス試験モジュールは、航空機の別々の電気コネクタまたは他の電気ハーネスと嵌合することによって様々な電気チェックアウトを行うことができる円筒形のワイヤレスにより使用可能な通信および試験ノードである。ワイヤレス試験モジュールは、中央コンピュータシステム 1 3 0 によって電力供給される無線トランシーバと通信することができる。その結果、中央コンピュータシステム 1 3 0 は、種々の命令を試験実施および報告可能にワイヤレス試験モジュールに送る。ワイヤレス試験モジュールは、大型ハーネス組立体上で使用可能にそれ自体または複数のワイヤレス試験モジュールのスケール変更可能ネットワーク内で動作することができる。

20

【0042】

図 3 は、幾つかの実施形態に従って、図 1 のワイヤレスハーネス自動測定システムによって利用できるワイヤレス試験モジュール 1 2 0 を示している。各ワイヤレス試験モジュール 1 2 0 は、ワイヤレストランシーバ 1 2 1（図 1 に示す）、シャーシ 1 2 2、および可変フロントエンド 1 2 6 を有する。ワイヤレス試験モジュール 1 2 0 は、WHAMS の主要な電気試験ハードウェアである。幾つかの実施形態では、伝統的な電気ハーネス試験ハードウェアは、1 つ以上の大型充電キャビネットおよび端に独特の試験アダプタを備えた長いケーブルを含む。1 つ以上の充電キャビネットは、機能的な電気ハーネス検証のために必要とされる互いに異なる試験タイプを実施するために用いられる数百個のリレーおよび他の電気部品を収容するよう構成されているのがよい。特に、個々の充電キャビネットは、数千個の試験箇所を試験することができ、そして多数の充電キャビネットを互いに接続することによって拡張可能である。しかしながら、1 つ以上の充電キャビネットは、多くの小刻みな試験箇所スケール可能であるよう構成されている。例えば、1 つ以上の充電キャビネットは、必要とする試験箇所が所定数よりも少なくまたは等しいハーネス形態に合わせて配備可能であるよう構成されている。その結果、1 つ以上の充電キャビネット構成を最適化して特に多様性の高いローピンカウント（low-pin-count: LPC）を含む小形電気ハーネス組立体に関してコストを減少させることは困難である。通常、1 つ以上の充電キャビネットは、完了中の仕事の大部分について種々のピンカウント、形式、およびユニットを備えた複数のコネクタを有する。

30

40

【0043】

幾つかの実施形態では、1 つ以上の大型充電キャビネットは、複数の試験アダプタケーブルがプラグ接続するための汎用コネクタインターフェースのパネルを用いる。複数の試験アダプタは、ダブルエンドであってかつ長さが一意であり、それにより伝統的な電気ハ

50

ーネス試験ハードウェアの重量が増すとともにその制作費が増大する。かくして、伝統的な電気ハーネス試験ハードウェアをマルチビルド環境使用可能にアジャイルした状態で輸送して配備することは困難である。

【0044】

幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュール120は、より小さな充電キャビネットを使用するよう構成されている。具体的に説明すると、ワイヤレス試験モジュール120は、電気ハーネス試験についてフルおよびクローズドループワイヤレス機能が得られるようワイヤレス試験モジュール120をタイトなフォームファクタで収容することができる移動性かつ迅速に構成可能なキャビネット形態を有する。ワイヤレス試験モジュール120は、電池式であり、別個のアーキテクチャに基づいて、他のワイヤレス試験モジュールとは別個独立に動作する。かくして、ワイヤレス試験モジュール120は、即時電源またはケーブル接続試験アダプタにもはやテザリングされていない1つ以上の試験を行うことができる。その結果、ワイヤレス試験モジュール120は、様々なサイズのハーネスを試験する上でより高い性能を提供することができそして新たな試験アダプタを立ち上げる上で必要な非反復エンジニアリング(NRE)を減少させることができる。

【0045】

幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュール120は、円筒形のワイヤレスで使用可能な通信および試験ノードである。シャーシ122は、複数の電子部品を収容した回路カードアセンブリ(CCA)シャーシであるのがよい。ワイヤレス試験モジュール120では、誤動作の場合、動作できないシャーシ122を別の使用可能なユニットで置き換えることができる。幾つかの実施形態では、可変フロントエンド126は、電気コネクタ302(および適宜、バックシェル)、プラスチックアダプタ(例えば、電気コネクタ302をシャーシ122に接続するホットスワップインターフェース124)、および電気コネクタ302からシャーシ122への接続を行うワイヤハーネス(例えば、図7Aのジャンパーハーネス708)を有する。可変フロントエンド126は、ワイヤレス試験モジュール120の取り外し可能な部分である。ワイヤレス試験モジュール120は、ワイヤレス試験モジュール120に接続された試験アダプタ、例えば可変フロントエンド126を自動的に識別するよう構成されているのがよい。可変フロントエンド126は、電気ワイヤリングハーネスのワイヤリングハーネスコネクタに結合するために電気コネクタ302を使用するのがよい。かくして、ワイヤレス試験モジュール120は、1つ以上の電気試験(例えば、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなど)を電気ワイヤリングハーネスに対して実施するための電気ワイヤリングハーネスに物理的に結合するよう構成されているのがよい。具体的に説明すると、ワイヤレス試験モジュール120は、中央コンピュータシステム(例えば、図1の中央コンピュータシステム130)からの自動試験計画に従って、ワイヤレストランシーバ121を用いて複数の試験命令(例えば、図1の試験命令150)をワイヤレスで受信するよう構成されているのがよい。ワイヤレス試験モジュール120は、複数の試験命令に従って、かつ中央コンピュータシステムからの自動試験計画に基づいて、可変フロントエンド126を用いて1つ以上の試験を電気ワイヤリングハーネスに対して実施するよう構成されている。ワイヤレス試験モジュール120は、ワイヤレストランシーバ121を用いて試験結果を中央コンピュータシステムにワイヤレス伝送するよう構成されている。

【0046】

図4は、幾つかの実施形態による図3のワイヤレス試験モジュール120の分解組立図である。ワイヤレス試験モジュール120は、修理を容易にするとともにシステムの動作停止時間を解消するためにユニットの容易な交換を可能にする共通の複製モジュールピースである。可変フロントエンド126(図1に示す)は、カスタマイズされるのがよく、シャーシ122は、そのままである。例えば、可変フロントエンド126は、互いに異なるコネクタについて迅速に相互交換できるフロントエンド側ホットスワップ型コネクタ404を有するのがよい。シャーシ122は、ワイヤレス試験モジュール120がWi-Fi、Bluetooth、またはZigbeeを用いて中央コンピュータシステム例えば、図1の中央コン

10

20

30

40

50

ピュータシステム 130) とワイヤレス通信することができるようにする複数の電子部品を収容するよう構成されているのがよい。ワイヤレス試験モジュール 120 は、Zigbee 通信プロトコルを用いて試験ソフトウェアおよびワイヤレストランシーバ (例えば、図 1 のワイヤレストランシーバ 121) と通信するのがよい。かくして、ワイヤレス試験モジュール 120 は、中央コンピュータシステムと通信するようケーブル接続試験アダプタを用いることのない移動性かつモジュール式の電気ハーネステストを提供する。

【0047】

図 5 は、幾つかの実施形態による図 3 のワイヤレス試験モジュール 120 の内部図である。ワイヤレス試験モジュール 120 は、多種多様な嵌合形電気コネクタ 406 を有するのがよい。例えば、ワイヤレス試験モジュール 120 は、最高 120 個のピン電気コネクタ 406 を指示することができる。もう 1 つの例として、ワイヤレス試験モジュール 120 は、最高 48 個のピン電気コネクタ 406 を支持することができる。電気コネクタ 406 は、電気ワイヤリングハーネスのワイヤリングハーネスコネクタに結合するようワイヤレス試験モジュール 120 中に組み込まれるのがよい。

【0048】

図 6 は、幾つかの実施形態による図 3 のワイヤレス試験モジュール 120 の機能ブロック図 600 である。ワイヤレス試験モジュールは、複数の電子部品、例えばワイヤレスブロック 602、充電・電力ロック 604、中央処理・メモリブロック 606、充電式リチウムイオンバッテリー 608、高電圧源 610、低電圧源 612、アナログ測定回路部 614、および高電圧能力ソリッドステート多重化ブロック 616 を有する。高電圧能力ソリッドステート多重化ブロック 616 は、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンド (例えば、図 3 の可変フロントエンド 126) に接続されている。ある幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュールの中央処理・メモリブロック 606 は、例えばアナログ測定回路部 614 のような回路部と組み合わせられており、その結果、ワイヤレス試験モジュールは、代表的には、ケーブルハーネスを製造するとともにデバッグする際に得られた測定値を取得するよう設計されている。幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュールは、高電圧能力ソリッドステート多重化ブロック 616 向きに設計された複数の電気リレーを有する。ある幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュールは、充電式リチウムイオンバッテリー 608 (例えば、3400 ミリアンペア・時間 (mAh) 充電式リチウムイオンバッテリー) を有し、この充電式電池は、ケーブル接続された充電キャビネットを不要にする。その結果、ワイヤレス試験モジュールは、低電流高圧試験を行い、そしてバッテリーパワー下において中央コンピュータシステム (例えば、図 1 の中央コンピュータシステム 130) とワイヤレス通信するよう構成されているのがよい。

【0049】

幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュールは、航空機や自動車用の電子ワイヤリングハーネスの複数の別々の電気コネクタと嵌合することによって様々な電気チェックアウトを行うために複数の電子コンポーネントを用いるよう構成されている。例えば、ワイヤレス試験モジュールは、航空機や自動車用の電子ワイヤリングハーネスの試験中、測定値を取得するよう中央処理・メモリブロック 606 およびアナログ測定回路部 614 を用いることができる。同様に、ワイヤレス試験モジュールは、初期ハードウェア選択およびハーネスフックアッププロセスのためにピックバイライト (pick-by-light) 機能を適用するよう中央処理メモリブロック 606 を用いるのがよい。もう 1 つの例として、ワイヤレス試験モジュールは、コントロールラップトップ、例えば中央コンピュータシステムによって電力供給される無線トランシーバと通信するようワイヤレスブロック 602 を用いるのがよく、無線トランシーバは、様々な形式の試験命令 (例えば、図 1 の試験命令 150) を試験実行および報告のためにワイヤレス試験モジュールに送る。もう 1 つの例として、ワイヤレス試験モジュールは、内部電力源を電気ワイヤリングハーネスの 1 本以上の電線に適用して電気ワイヤリングハーネスに対して試験を実行するのがよい。内部電源は、高電圧源 610 および／または低電圧源 612 を含むのがよい。

【0050】

幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュール（例えば、図1のワイヤレス試験モジュール120）は、ユーザがワイヤレス試験モジュールをターンオンし、ターンオフし、またはリセットすることができるようにするための電源ボタン（電源スイッチ）を有する。ワイヤレス試験モジュールは、ワイヤレス試験モジュールを充電するためにミニUSBコネクタ、ワイヤレス試験モジュールの充電ポート、および充電・電力ブロック604を使用するよう構成されているのがよい。同様に、ワイヤレス試験モジュールは、ミニUSBコネクタをソフトウェアデバッグポートとして用いてワイヤレス試験モジュールの1つ以上のソフトウェアパッケージを高速でアップデートするよう構成されているのがよい。特に、ワイヤレス試験モジュールの充電ポートは、WHAMS充電カートの各スロット内に配置された複数のポゴピンとインターフェースするのがよい。複数のポゴピンは、ワイヤレス試験モジュールのバッテリパック用にも使用できる。ワイヤレス試験モジュールへの電力供給を止めて電力を充電ポートに加えると、ワイヤレス試験モジュールは、パワーオンして充電を開始するよう構成されているのがよい。ワイヤレス試験モジュールは、ユーザとのビジュアルコミュニケーションを視覚的に容易にするために複数の発光ダイオード（LED）表示器を有するのがよい。例えば、LED表示器は、橙色に着色されていてワイヤレス試験モジュール120の端部上に配置されている。

10

【0051】

幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュール（図1のワイヤレス試験モジュール120）は、別個独立にまたは大型ハーネスアセンブリ上で使用可能にワイヤレス試験モジュールのスケール変更可能なネットワーク内で動作するよう構成されているのがよい。具体的に説明すると、ワイヤレス試験モジュールは、平行／導通性試験のために約2.4ボルト（V）の低電圧出力を発生させるよう構成されているのがよい。同様に、ワイヤレス試験モジュールは、出力電圧について $\pm 3\% \pm 2V$ の許容度で高電圧試験のために100Vから500Vまでの範囲内で電圧出力を発生するよう構成されているのがよい。その結果、ワイヤレス試験モジュールは、1オームから50オームまでの範囲内の抵抗について $10\% \pm 1$ オームの精度で抵抗を測定するよう構成されているのがよい。ワイヤレス試験モジュールは、51オームから250オームまでの範囲内の抵抗について $5\% \pm 1$ オームの精度で抵抗を測定するよう構成されているのがよい。ワイヤレス試験モジュールは、251オームから100万（M）オームまでの範囲内の抵抗について $10\% \pm 1$ オームの精度で抵抗を測定するよう構成されているのがよい。ワイヤレス試験モジュールは、高電圧を用いて6%から10%までの範囲の精度で抵抗を測定するよう構成されているのがよい。例えば、100V高電圧を用いる抵抗測定精度は、1Mオームから50Mまでの範囲内の抵抗について10%である。もう1つの例として、500V高電圧を用いる抵抗測定精度は、1Mオームから50Mまでの範囲内の抵抗について6%である。

20

30

【0052】

WHAMSホットスワップ（Hot-Swap）型コネクタ

幾つかの実施形態では、WHAMSは、例えば航空機や自動車のようなビークルについて複数の電子ワイヤリングハーネスに対して機能自動チェック（FAC）のための1つ以上の電子試験を実行するよう構成されている。ビークルに関するコネクタタイプの多様性は限りなく広い。WHAMSは、ビークルのあらゆる固有のまたは一意的なコネクタを試験するよう複数のワイヤレス試験モジュールを用いる場合がある。ビークルは、部品の状態に分解された状態で試験されるので、複数のワイヤレス試験モジュールは、ホットスワップ型コネクタを用いてコネクタを複数のワイヤレス試験モジュールから分離してWHAMSの製造費を減少させるとともにその融通性を高めるのがよい。

40

【0053】

図7Aは、幾つかの実施形態に従って可変フロントエンド（例えば、図3の可変フロントエンド126）に結合するよう動作可能なWTM側ホットスワップ型コネクタ402を示している。ワイヤレス試験モジュール（例えば、図1のワイヤレス試験モジュール120）は、ワイヤレス試験モジュールのシャーシとワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドとの間に配置された1対のホットスワップ型コネクタ、例えば図4のWTM側ホ

50

ットスワップ型コネクタ 402 とフロントエンド側ホットスワップ型コネクタ 404 を有する。WHAMS は、複数の電気ワイヤリングハーネスの試験中、FAC のための幾つかの形式のコネクタを有する複数のワイヤレス試験モジュールを使用することができる。特に、あらゆる一意的コネクタを例えば航空機や自動車のようなビークルのための FAC において考慮に入れる。伝統的な WHAMS は、処理機能の全てを含むワイヤレス試験モジュールに永続的に取り付けられた複数のコネクタを含む。各一意的コネクタについて少なくとも 1 つのワイヤレス試験モジュールが必要となるので、伝統的な WHAMS は、複数の電気ワイヤリングハーネスを試験するためには高い製造費を招く場合がある。ホットスワップ型コネクタは、ホットスワップ型コネクタをワイヤレス試験モジュールから分離することによって、WHAMS の製造費を大幅に減少させるとともにその融通性を大幅に高めることができる。ワイヤレス試験モジュールの個数は、WHAMS に必要な試験の回数に基づいて決定される。

10

【0054】

幾つかの実施形態では、WTM 側ホットスワップ型コネクタ 402 は、カスタム設計されたユニバーサルコネクタである。WTM 側ホットスワップ型コネクタ 402 は、ワイヤレス試験モジュールと嵌合する可変フロントエンドの端のところに配置された別のカスタム設計のユニバーサルコネクタ、例えばフロント側ホットスワップ型コネクタに取り付けられたワイヤレス試験モジュールのシャーシの端上に配置されるのがよい。かくして、WTM 側ホットスワップ型コネクタ 402 は、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドをワイヤレス試験モジュールのシャーシに取り付けることができる。同様に、WTM 側ホットスワップ型コネクタ 402 は、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドをワイヤレス試験モジュールのシャーシから取り外すことができる。WTM 側ホットスワップ型コネクタ 402 は、ワイヤレス試験モジュールのシャーシとワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドが嵌合すると、データをワイヤレス試験モジュールから伝送したりワイヤレス試験モジュールに伝送したりするよう動作できる。WTM 側ホットスワップ型コネクタ 402 は、ワイヤレス試験モジュールの誤動作の場合に、アドレス情報がリアルタイムで自動的にアップデートされた異なるワイヤレス試験モジュールに切り替わるよう動作できる。

20

【0055】

幾つかの実施形態では、WTM 側ホットスワップ型コネクタ 402 は、アライメントペグ 702、スリップリング 704、電氣的に消去可能なプログラマブルリードオンメモリ (EEPROM) 読み取り／書き込みワイヤ 706、ジャンパーハーネス 708 および雌型コネクタ、例えば表面実装雌型コネクタ 710 を有する。アライメントペグ 702 は、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドに嵌合するよう構成されている。スリップリング 704 は、ワイヤレス試験モジュールを迅速かつ確実に接続可能な定位置に固定するよう構成されている。かくして、可変フロントエンドは、ワイヤレス試験モジュールから迅速に脱着可能である。EEPROM 読み取り／書き込みワイヤ 706 は、ワイヤレス試験モジュールのデータの読み取り／書き込みを行うために回路板上に一体化されるのがよい。EEPROM 読み取り／書き込みワイヤ 706 は、ワイヤレス試験モジュールのシャーシに結合するよう構成されているのがよい。ワイヤレス試験モジュールは、ワイヤレストランスシーバを用いて中央コンピュータシステムとワイヤレス通信し、それにより EEPROM 読み取り／書き込みワイヤ 706 と関連した EEPROM (例えば、図 7B の EEPROM 726) に記憶されたデータを伝送するよう動作できる。ジャンパーハーネス 708 は、ワイヤレス試験モジュールに結合するよう構成されている。表面実装雌型コネクタ 710 は、48 個から 128 個までの範囲にある複数個の接点を有する。例えば、表面実装雌型コネクタ 710 は、100 個の接点を有するのがよい。

30

40

【0056】

図 7B および図 7C の幾つかの実施形態に従って図 3 のワイヤレス試験モジュール 120 に結合したフロントエンド側ホットスワップ型コネクタ 404 を示している。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタ 404 は、ワイヤレス試験モジュールの可変フロント

50

エンドの端上に配置されたカスタム設計ユニバーサルコネクタであり、これは、ワイヤレス試験モジュールのシャーシの端上に配置された別のカスタム設計のユニバーサルコネクタ、例えばWTMホットスワップ型コネクタに取り付けられる。かくして、フロントエンド側ホットスワップ型コネクタ404は、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドをワイヤレス試験モジュールのシャーシに取り付けるよう働くことができる。同様に、フロントエンド側ホットスワップ型コネクタ404は、ワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドをワイヤレス試験モジュールのシャーシから取り外すことができる。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタ404は、ワイヤレス試験モジュールのシャーシとワイヤレス試験モジュールの可変フロントエンドが嵌合すると、データをワイヤレス試験モジュールから伝送したりワイヤレス試験モジュールに伝送したりするよう動作できる。フロントエンド側ホットスワップ型コネクタ404は、ワイヤレス試験モジュールの誤動作の場合に、アドレス情報がリアルタイムで自動的にアップデートされた異なるワイヤレス試験モジュールに切り替わるよう動作できる。

10

20

30

【0057】

幾つかの実施形態では、フロントエンド側ホットスワップ型コネクタ404は、アライメントペグ722、ねじ山724、EEPROM726、複数のコネクタ728、および雄型コネクタ、例えば表面実装雄型コネクタ730を有する。アライメントペグ722は、ワイヤレス試験モジュールのシャーシに嵌合するよう構成されている。ねじ山724は、ワイヤレス試験モジュールを迅速かつ確実な接続可能に定位置に固定するようスリップリング（例えば、図7Aのスリップリング704）と嵌合するよう構成されている。その結果、可変フロントエンドは、ワイヤレス試験モジュールから迅速に着脱可能である。取り付けられると、可変フロントエンドは、スリップリングおよびねじ山724と共に確実に定位置に保持される。EEPROM726は、ワイヤレス試験モジュールのデータを記憶するよう回路板上に実装されるのがよい。ワイヤレス試験モジュールは、ワイヤレストランスシーバを用いて中央コンピュータシステムとワイヤレス通信し、それによりEEPROM726上に記憶されたデータを伝送するよう動作できる。EEPROM726上のデータは、ヒューマンデータエントリなしで中央コンピュータシステムの試験ソフトウェア中に自動的に組み込み可能である。複数のコネクタ728は、ワイヤジャンパーにより航空機コネクタに結合するよう構成されている。表面実装雄型コネクタ730は、48個から128個までの範囲にある複数個の接点を有する。例えば、表面実装雄型コネクタ730は、100個の接点を有するのがよい。

【0058】

図8A～図8Cは、幾つかの実施形態に従って図3のワイヤレス試験モジュール120上に取り付け可能な例示の可変フロントエンド802を示している。具体的に説明すると、図8A～図8Cの可変フロントエンド802は、種々のピンを備えたワイヤリングハーネスコネクタ（例えば、図1のワイヤリングハーネスコネクタ115）、例えば航空機用コネクタに結合可能である。

【0059】

WHAMSバッテリーパック

幾つかの実施形態では、ワイヤレス試験モジュールは、WHAMSのワイヤレス試験モジュールが試験中、ローバッテリー状態で電池切れを起こしたときに余剰の電力を供給するための携帯可能な充電バッテリーパックを用いることができる。携帯型充電パックは、ワイヤレス試験モジュールが長期間にわたって非充電状態のままである場合に、WHAMSのワイヤレス試験モジュールに対してバッテリー寿命を延長するよう構成されている。

40

【0060】

図9A～図9Cは、幾つかの実施形態によるワイヤレス試験モジュール用のバッテリーパック900を示している。バッテリーパック900は、試験中、低バッテリーレベルの際に余剰の電力をワイヤレス試験モジュールに供給するためのワイヤレス試験モジュール用の携帯式充電ソリューションとなる。バッテリーパック900は、ワイヤレス充電バッテリー、ワイヤレスバッテリーパックホルダ902、射出成形ポゴピンホルダ904、およびワイヤレ

50

ス充電受信機 906 を含む。ワイヤレスバッテリーパックホルダ 904 は、ワイヤレス充電バッテリーを収容することができる。ある幾つかの実施形態では、ワイヤレスバッテリーパックホルダ 904 は、ワイヤレスバッテリーパックホルダ 902 がワイヤレス試験モジュールの端部に滑って嵌まるようにする形状からなる 3 次元 (3D) 印刷部品である。かくして、ワイヤレスバッテリーパックホルダ 904 は、バッテリーパック 900 を機能的にするのに必要な複数のコンポーネントを収容することができる。

【0061】

幾つかの実施形態では、射出成形ポゴピンホルダ 904 は、複数のポゴピン (例えば、図 10 のポゴピン 1002) を有する。射出成形ポゴピンホルダ 904 は、第 1 の組をなす締結具 (例えば、ねじ) を用いてワイヤレスバッテリーパックホルダ 902 に結合されている。同様に、射出成形ポゴピンホルダ 904 は、ワイヤレス試験モジュールに結合可能である。ワイヤレス充電受信機 906 は、ワイヤレス充電バッテリーをワイヤレス充電するよう動作できる。かくして、バッテリーパック 900 は、複数のポゴピンを適合性のあるワイヤレス充電バッテリーパックに接触させることにより、ワイヤレス試験モジュールを充電するよう構成されている。具体的に説明すると、バッテリーパックは、スチール製の引っ込み可能なばねブランジャ 908 を有し、このブランジャは、第 2 の組をなす締結具 (例えば、ねじ) を用いてワイヤレス試験モジュールに結合することによってバッテリーパック 900 を一緒に保持することができるプルリングを有する。バッテリーパック 900 は、ワイヤレス充電受信機 906 に取り付けられた磁石 910 を含む。磁石 910 は、バッテリーパック 900 をワイヤレス試験モジュール上にラッチ止めするよう動作できる。ある幾つかの実施形態では、ワイヤレス充電受信機 906 は、磁石 910 と適合性のある磁石プレートを含む 5 ボルト (V) Qi 規格ワイヤレス充電受信機 912 を含む。

【0062】

幾つかの実施形態では、バッテリーパック 900 は、ワイヤレス試験モジュールが長期間にわたって非充電状態のままである場合に、WHAMS のワイヤレス試験モジュールに対してバッテリー寿命を延長するよう構成されている。例えば、バッテリーパック 900 は、1 つ以上の電気試験 (例えば、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなど) を電気ワイヤリングハーネスに対して実施するための余剰の電力を提供するようワイヤレス試験モジュールに結合可能である。特に、ワイヤレス試験モジュールは、電気ワイヤリングハーネスのワイヤリングハーネスコネクタに嵌合することができる電気コネクタを有するのがよい。ワイヤレス試験モジュールは、中央コンピュータ 130 からの受け取り試験命令に従って電気ワイヤリングハーネスを検証するよう 1 つ以上の試験を行うことができる。特に、ワイヤレス試験モジュールは、Wi-Fi、Bluetooth、または Zigbee を用いて中央コンピュータシステムとワイヤレス通信することができる。

【0063】

図 10 は、幾つかの実施形態による図 9A ~ 図 9C のバッテリーパックの射出成形ポゴピンホルダ 904 を示している。射出成形ポゴピンホルダ 904 は、ワイヤレスバッテリーホルダに締結できる (例えば、ねじ止めできる) 複数のポゴピン 1002 を有するのがよい。

【0064】

WHAMS の充電カート

幾つかの実施形態では、WHAMS は、複数のワイヤレス試験モジュールを並列的に充電するためのモバイル充電カートを使用するのがよい。モバイル充電カートは、複数のワイヤレス試験モジュールを保持してこれらを充電し、そして試験のために必要な場合には複数のワイヤレス試験モジュールを配置するよう構成されている。その結果、モバイル充電カートは、複数のワイヤレス試験モジュールが製品使用時点において完全に充電されるようにすることができる。同様に、モバイル充電カートは、ピックアップフライト (pick by flight) 機能により複数のワイヤレス試験モジュールの存在場所を突き止めることができ、このピックアップフライト機能は、試験のために必要な場合には呼び出される複数の

ワイヤレス試験モジュールをライトアップする。

【0065】

図11A～図11Fは、幾つかの実施形態に従って、多数のワイヤレス試験モジュールを貯蔵する充電カートシステム1100を示している。充電カートシステム1100は、製造用途のために複数のワイヤレス試験モジュールを保持してこれらを充電するよう構成された大量充電装置である。充電カートシステム1100は、3つのサイズすなわち、(1)図11Aに示すようなダブルデッキ形充電カート1160、(2)図11Bに示すようなシングルデッキ形充電カート1170および(3)図11Cに示すようなミニ充電カート1180を有する。図11Aは、ダブルデッキ形充電カート1160が150個から200個までの範囲にある複数の充電スロットをどのように保持することができるかを示している。図11Bは、シングルデッキ形充電カート1170が50個から100個までの範囲にある複数の充電スロットをどのように保持することができるかを示している。図11Cは、ミニ充電カート1180が20個から30個までの範囲にある複数の充電スロットをどのように保持することができるかを示している。例えば、ダブルデッキ形充電カート1160は、174個の充電スロットを保持することができる。もう1つの例として、シングルデッキ形充電カート1170は、87個の充電スロットを保持することができる。もう1つの例として、ミニ充電カート1180は、25個の充電スロットを保持することができる。

10

【0066】

幾つかの実施形態では、充電カートシステム1100は、モバイルアルミニウム製フレーム1102、充電カート1150、複数のLED表示器1104、および複数の充電スロット1106を含む。特に、図11D～図11Fは、底前部1108、底中間部1110、底後部1112、サイドレフト1114、サイドライト1116、バックシート1118、フロンシート1120、および複数のパイプ1122を有する充電カート1160を示している。これらコンポーネントは、充電カートを支持するためにポリ塩化ビニル(PVC)シートおよびPVCパイプを用いて組み立てられるのがよい。PVCシートは、厚さ0.5インチ(1.27cm)タイプ1のPVCシートであるのがよい。PVCパイプは、直径が2インチ(5.08cm)のスケジュール40PVCパイプであるのがよい。

20

【0067】

図11Eは、アルミニウム製フレーム1102を示している。充電カート1150は、締結具(例えば、ボルト)を用いてアルミニウム製フレーム1102に連結されている。図11Aの複数のLED表示器は、WHAMSの試験中、複数のワイヤレス試験モジュールの状態を識別するよう動作できる。図11Aの複数の充電スロットは、複数のワイヤレス試験モジュールを充電するよう動作できる。複数の充電スロットの各々は、複数のLED表示器1104の各々とそれぞれ関連している。幾つかの実施形態では、充電カートは、1500ワット(W)の電力を供給することができる電源を用いて100個を超えるワイヤレス試験モジュールを並列に充電することができる。もう1つの例として、充電カートは、ファインドバイフライト(find by light)機能により複数のワイヤレス試験モジュールの存在場所を突き止めることができ、このファインドバイフライト機能は、試験のために用いられる1つ以上のワイヤレス試験モジュールをライトアップする。その結果、充電カートは、複数のPVCシートおよびPVCパイプによって組み立てられた基礎を有するのがよい。基礎は、複数の充電スロットを割り当てるよう充電カートに溶接された1つ以上のデッキ、例えば図11Fのシート組立体1124を含むのがよい。複数の充電スロットは、複数のワイヤレス試験モジュールが正確に配置されるようにするよう複数のワイヤレス試験モジュールを受け入れるためのキー付きスロットである。図11Fは、各シート組立体1124がバックシート1118、フロントシート1112、および複数のPVCパイプ1122をどのように含むことができるかを示している。

30

40

【0068】

図12～図14Dは、幾つかの実施形態による図11A～図11Fの充電カートシステ

50

ム 1 1 0 0 の細部を示している。図 1 2 は、充電カートが射出成形ポゴピンブロック 1 2 0 4 を用いて充電スロット 1 1 0 6 に取り付けられているワイヤレス試験モジュール 1 2 0 を充電するようどのように構成されるのがよいかを示している。具体的に説明すると、射出成形ポゴピンブロック 1 2 0 4 は、ワイヤレス試験モジュール 1 2 0 を充電するための図 1 3 に示されているような 4 ピンレイアウト 1 3 0 0 および LED リング 1 2 0 6 を用いた光表示手段を有するのがよく、LED リング 1 2 0 6 に沿って複数の赤色 LED と複数の緑色 LED が交互の順番に設けられている。LED リング 1 2 0 6 は、リングカバー 1 2 0 2 (例えば、透明なポリカーボネートリングカバー) を有するのがよい。

【0069】

図 1 3 は、図 1 2 の射出成形ポゴピンブロック 1 2 0 4 のための 4 ピンレイアウト 1 3 0 0 を示している。4 ピンレイアウト 1 3 0 0 は、電源ピン 1 2 0 2、アース (接地) ピン 1 3 0 4、および複数の LED ピン 1 3 0 6 を含む。電源ピン 1 2 0 2 は、5 V ピンであるのがよい。複数の LED ピン 1 3 0 6 は、赤色 LED ピンおよび緑色 LED ピンを含むのがよい。その結果、充電カートは、射出成形ポゴピンブロックを用いてワイヤレス試験モジュールを充電するとともに、光表示手段を提供してワイヤレス試験モジュールの存在場所を突き止めるのを助けるよう構成されている。

【0070】

図 1 4 A および図 1 4 B は、図 1 1 A ~ 図 1 1 C の充電カートシステム 1 1 0 0 のデッキ上に設けられた複数の充電スロット 1 1 0 6 のレイアウト 1 4 0 0 を示している。複数の充電スロット 1 1 0 6 の各々は、射出成形ポゴピンブロック 1 2 0 4 の各々および LED リング 1 2 0 6 の各々とそれぞれ関連している。図 1 4 C は、電力を充電カート内の複数のワイヤレス試験モジュールに供給するよう動作可能な 1 5 0 0 W シングル出力電力供給装置を示している。図 1 4 D は、複数の LED 表示器 1 1 0 4 を示しており、LED 表示器 1 1 0 4 は、対応のワイヤレス試験モジュールの状態を識別するのを助けるとともに、ワイヤレス試験モジュールが任意所与の時点において存在する場所を突き止めるのを助けることができる。具体的に説明すると、複数の LED 表示器の各々は、赤色に変わって対応の LED 表記と関連した識別済みのワイヤレス試験モジュールが現時点において充電中であることを表示する。複数の LED 表示器の各々は、緑色に変わって、対応の LED 表示器と関連して、試験前に存在場所を突き止めるべき識別済みのワイヤレス試験モジュールを指示する。複数の LED 表示器の各々は、ターンオフして、対応の LED 表記と関連した識別済みのワイヤレス試験モジュールが充電を終えたことを指示する。例えば、赤色 LED 1 4 0 2 は、赤色 LED 1 4 0 2 と関連した識別済みのワイヤレス試験モジュールが現在充電中であることを指示する。もう 1 つの例として、緑色 LED 1 4 0 4 は、緑色 LED 1 4 0 4 と関連して、試験前に存在場所を突き止めるべき識別済みのワイヤレス試験モジュールを指示する。もう 1 つの例として、ライトオフ状態の LED 1 4 0 6 は、ライトオフ状態の LED 1 4 0 6 と関連した識別済みのワイヤレス試験モジュールが充電を終えていることを指示する。

【0071】

WHAMS 較正

ある幾つかの実施形態は、図 1 のワイヤレス試験モジュール 1 2 0 を較正する較正方法に関する。電気ワイヤリングハーネスに対する 1 つ以上の電気試験 (例えば、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなど) を実施すべき時点で、抵抗測定値を正確に読み取るために、WHAMS のワイヤレス試験モジュールを較正することが必要不可欠である。WHAMS の試験前にワイヤレス試験モジュールに制御された定期的較正プロセスを施し、それによりワイヤレス試験モジュールが抵抗を正確に読み取ることができるようにする。具体的に説明すると、ワイヤレス試験モジュールは、複数の電界効果トランジスタ (FET) を有するのがよい。複数の FET は、光学的に遮断された MOFFETS であるのがよい。ワイヤレス試験モジュールが適正に較正されない場合、ワイヤレス試験モジュールの複数の FET の内部抵抗の測定値は、経時的にドリフトする場合がある。

10

20

30

40

50

【0072】

図15は、幾つかの実施形態によるワイヤレス試験モジュール用の較正ジグ1500を示している。較正ジグ1500は、スイッチボード1502、コネクタ1504、およびアースケーブル1506を有する。ある幾つかの実施形態では、スイッチボード1502は、複数のスイッチ1508を含む。コネクタ1504は、較正ジグ1500をワイヤレス試験モジュールに取り付けるために用いられる。アースケーブル1506は、較正ジグ1500を大地に直接接続するために用いられる。較正方法は、較正ジグ1500を用いて制御された定期的較正プロセスを自動化された手法で適用して複数のFETの各々の内部抵抗を記録することができる。制御された定期的較正プロセスは、以下の5つの操作、すなわち、(1)内部測定試験を実行する操作、(2)抵抗精度試験(RAT)を実行する操作、(3)較正ファクタを記憶する操作、(4)RAT履歴を記憶する操作、および(5)アップデートされた較正ファクタを試験時点で呼び戻す操作のうちの1つ以上を含むのがよい。較正ジグ1500は、内部測定試験およびRATにおいてワイヤレス試験モジュールをショートさせて内部測定試験におけるワイヤレス試験モジュールおよびRAT内の複数の抵抗器の内部抵抗の測定を行うよう構成されている。その結果、複数の抵抗器を測定して較正済みオーム計、例えば較正ジグ1500によって定期的に記録するのがよい。較正方法は、RATの複数の抵抗器の測定値と元の較正標準と比較することによって抵抗器のシフトが存在するかどうかを判定することができる。

10

【0073】

図16Aおよび図16Bは、幾つかの実施形態に従って、図15の較正ジグ1500を用いた内部測定試験1600を示している。ワイヤレス試験モジュール120は、複数のFET、例えばハイサイドFET1602およびローサイドFET1604を備えたリレーを有する。ハイサイドFET1602は、ハイサイド抵抗を有する。ローサイドFET1604は、ローサイド抵抗を有する。同様に、較正ジグ1500は、第1のスイッチ1606および第2のスイッチ1608を有する。較正方法は、第1のスイッチ1606および第2のスイッチ1608を用いてワイヤレス試験モジュール120のリレーの互いに異なる「オン」抵抗成分を測定することができる。

20

【0074】

図16Aは、第1のスイッチ1606がターンオンされ、第2のスイッチ1608がターンオフされる状態を示している。較正方法が較正ジグ1500を用いてワイヤレス試験モジュール120に対して較正を行う場合、較正方法は、複数のFETの第1の抵抗値をワイヤレス試験モジュール120についての第1の内部測定試験から測定する。第1の測定値は、ワイヤレス試験モジュール120のハイサイドFET1602および較正ジグ1500に沿う第1の経路に加わる抵抗の大きさを示している。かくして、第1の抵抗値は、ハイサイドFET1602の抵抗、接触抵抗、および較正ボード上のトレース／電線抵抗と関連している。例えば、第1の抵抗値は、80オームから90オームまでの範囲にあるのがよい。

30

【0075】

図16Bは、第1のスイッチ1606がターンオフされ、第2のスイッチ1608がターンオンされている状態を示している。較正方法が較正ジグ1500を用いてワイヤレス試験モジュール120に対して較正を行う場合、較正方法は、複数のFETの第2の抵抗値をワイヤレス試験モジュール120についての第2の内部測定試験から測定する。第2の測定値は、ワイヤレス試験モジュール120のハイサイドFET1602および／または較正ジグ1500に沿う第1の経路に加わる抵抗の大きさを示している。かくして、第2の抵抗値は、ハイサイドFET1602の抵抗、ローサイドFET1604の抵抗、接触抵抗、および較正ボード上のトレース／電線抵抗と関連している。例えば、第1の抵抗値は、120オームから140オームまでの範囲にあるのがよい。その結果、FETの第1の測定値は、ハイサイドFET1602と関連したハイサイド抵抗の大きさを示している。FETの第2の抵抗値は、ハイサイドFET1602と関連したハイサイド抵抗とローサイドFET1604と関連したローサイド抵抗の両方の合計の大きさを示している。

40

50

【0076】

幾つかの実施形態では、較正方法は、複数のFETの第1の抵抗値を複数のFETの第2の抵抗値から減算することによって、抵抗較正值を求める。抵抗較正值は、ローサイド較正值である。例えば、抵抗較正值は、40オームから50オームまでの範囲にあるのがよい。較正方法は、抵抗較正值を所定の値と比較するのがよい。例えば、ローサイドFET1604に関する所定値が45オームである場合、較正方法は、抵抗較正值が所定値と合致していると判定することができる。その結果、較正方法は、較正ジグ1500の複数の抵抗器を用いてRATを実施するよう構成されている。もう1つの例として、ローサイドFET1604に関する所定値が60オームである場合、較正方法は、抵抗較正值が所定値に合致していないと判定することができる。較正方法は、ワイヤレス試験モジュール120について制御された定期的較正プロセスに関して試験結果が不合格であったと判定する。

10

【0077】

図17は、幾つかの実施形態に従って、図15の較正ジグ1500を用いた抵抗精度試験1700を示している。抵抗精度試験1700は、較正ジグ1500の複数の抵抗器を検証するよう構成されている。例えば、複数の抵抗器は、1オームから50Mオームまでの範囲にある抵抗値を有するのがよい。具体的に説明すると、較正ジグ1500は、較正ジグ1500の抵抗値を調節するために複数のピンを用いるのがよい。全てのピンが1オーム値でRATを実行し、1本のピンがこれよりも高い値でRATを実行する。較正方法は、較正ジグ1500の複数の抵抗器から抵抗器1702を選択するとともに、ワイヤレス試験モジュール120と関連した試験、例えば導通性試験を選択する。選択された抵抗器1702は、標的抵抗値、例えば2オームと関連している。較正方法は、較正ジグ1500およびこの試験を用いて複数の較正ファクタを測定する。例えば、導通性試験に関する較正ファクタは、ソース側のハイサイド較正指標値、シンク側のハイサイド較正ファクタ、および内部抵抗値を含む。

20

【0078】

幾つかの実施形態では、較正方法は、複数の較正ファクタを用いて測定された抵抗値を求める。例えば、導通性試験に関する測定抵抗値は、ソース側のハイサイド較正指標値およびシンク側のハイサイド較正ファクタを内部抵抗値から減算することによって求められる。その結果、較正方法は、測定された抵抗値を標的抵抗値と比較する。測定された抵抗値が、標的抵抗値と合致している場合、較正方法は、試験に合格したと判定する。測定抵抗値が標的抵抗値と合致していない場合、較正方法は、試験に不合格であったと判定する。その結果、較正方法は、測定抵抗値および標的抵抗値を中央コンピュータのデータサーバに保存するのがよい。同様に、較正方法は、複数の較正ファクタおよびRATと関連したRAT履歴を中央コンピュータサーバのデータベースに保存するのがよい。したがって、較正方法は、較正ジグ1500の複数の抵抗器を用いてワイヤレス試験モジュール120に対して複数回のRATを実行してある期間に渡ってドリフトしているFETの抵抗を用いて潜在的な失敗モードを検出することができる。

30

【0079】

WHAMSオペレーティングソフトウェア

幾つかの実施形態は、複数の電気ワイヤリングハーネスに対するWHAMSの複数のワイヤレス試験モジュールを管理する制御方法に関する。WHAMSの複数のワイヤレス試験モジュールは、中央コンピュータシステムとワイヤレス通信することができる。具体的に説明すると、制御方法は、WHAMSの試験中、複数の操作コンポーネント、すなわち、(1)ワイヤレス試験モジュールボード支持コンポーネント、(2)カスタムパワーコントローラコンポーネント、および(3)試験作成、実行、およびモジュール管理コンポーネントを用いて適用される。ワイヤレス試験モジュールボード支持コンポーネントは、複数のワイヤレス試験モジュールのためのコア操作アプリケーションを適用するためにワイヤレス試験モジュールボード支持パッケージを使用するよう構成されている。具体的に説明すると、コア操作アプリケーションは、中央コンピュータシステムから受け取った複

40

50

数の試験命令に従って、2方向試験アプローチを具体化して複数の電気ワイヤリングハーネスに対する1つ以上の電気試験（例えば、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなど）を実施するのがよい。

【0080】

幾つかの実施形態では、カスタムパワーコントローラコンポーネントは、カスタムパワーコントローラスイートを実施して複数のワイヤレス試験モジュールに関する複数のバッテリーを管理するよう構成されている。幾つかの実施形態では、試験作成、実行、およびモジュール管理コンポーネントは、1つ以上のアルゴリズムを実行して種々のシステム機能を実行するための試験計画および／またはグラフィックユーザインターフェース（GUI）を作成するよう構成されている。具体的に説明すると、試験計画は、複数の電気ワイヤリングハーネスのマップ、複数のワイヤレス試験モジュールの各々と関連した複数のハーネス接続部、フックアップファイル、および複数の電気ワイヤリングハーネスと関連した1つ以上の電気試験を含むのがよい。例えば、フックアップファイルは、複数のハーネス接続部に割り当てられた複数のワイヤレス試験モジュールを規定する。もう1つの例として、試験計画は、サプライス、パッシブ機器、およびルーズリードのリサインメント（resignment）についての追加のハーネス情報を用いて作成される。具体的に説明すると、試験計画は、複数の電気ワイヤリングハーネスの各々についてネットワーク形態における電線および未使用ピンをチェックするよう作成される。かくして、試験作成、実行、およびモジュール管理コンポーネントは、複数の電気ワイヤリングハーネスについて電線リストを解釈し、そしてユーザから受け取った試験基準に基づいて、試験計画を作成することができる。具体的に説明すると、試験作成、実行、およびモジュール管理コンポーネントは、各電気ワイヤリングハーネスを試験するための接地機構体を定め、そして各電気ワイヤリングハーネスを分析するために入力データを用いるよう構成されている。

【0081】

幾つかの実施形態では、制御方法は、中央コンピュータシステムを用いて複数の電気ワイヤリングハーネス、試験基準、およびWHAMSに接近する。制御方法は、試験基準に基づいて複数の電気ワイヤリングハーネスのための試験計画を作成し、そして試験計画およびWHAMSを用いて複数のワイヤレス試験モジュールを選択する。制御方法は、試験計画および複数のワイヤレス試験モジュールに基づいて、複数の試験命令を生成する。制御方法は、複数のワイヤレス試験モジュールに基づいて複数の試験命令に従って、複数の電気ワイヤリングハーネスに対して1つ以上の試験を実施する。制御方法は、複数のワイヤレス試験モジュールを用いて試験結果を表示のために中央コンピュータシステム130にワイヤレス伝送する。さらに、制御方法は、複数のワイヤレス試験モジュールとワイヤレス通信して、1つ以上のスマート試験アダプタの部品番号およびピン構成データを用いて、複数のワイヤレス試験モジュールの各々と関連したソフトウェアパッケージおよび／または1つ以上のスマート試験アダプタをアップデートするために使用されるのがよい。

【0082】

幾つかの実施形態では、図18Aおよび図18Bに示すアプリケーションインターフェース1800は、試験計画作成のための第1のユーザインターフェース1806を含む。第1のユーザインターフェース1806は、多数のハーネス特徴を定めて試験計画の作成状態をモニタし、そして潜在的な誤差に関する警告を変換して送るために具体化されるのがよい。

【0083】

幾つかの実施形態では、アプリケーションインターフェース1800は、試験計画の実行のための第2のユーザインターフェース1808を含む。第2のユーザインターフェース1808は、ユーザが色分けされた報告により電子ワイヤリングハーネスの状態を目視検査するために具体化されるのがよい。例えば、試験の合格は、緑色で強調され、試験の不合格は、試験結果の不合格である場合の不合格の状況に基づいて、異なる色、例えば赤色、橙色、または黄色で強調される。具体的には、ユーザは、第2のユーザインターフェース1808とインターフェースして種々の基準、例えば関与する出所および行先参照指

標値、試験状態、試験の種類などに基づいて、複数の電気ワイヤリングハーネスに対する1つ以上の試験を管理する。その結果、第2のユーザインターフェース1808は、種々の試験条件に基づいて、試験計画を実行するための融通性のあるソリューションとなる。試験計画の実行後、第2のユーザインターフェース1808は、最終の消費できる報告を作成し、この最終の消費できる報告は、デジタル記憶され、そして後処理され、それによりデータをトラブルシューティングまたはデータ分析の際にさらに利用できるよう抽出する。

【0084】

幾つかの実施形態では、アプリケーションインターフェース1800は、複数のワイヤレス試験モジュールの較正のための第3のユーザインターフェース1810を含む。第3のユーザインターフェース1810は、ユーザがWHAMSの較正ハードウェアを制御するとともに、WHAMSの複数のワイヤレス試験モジュールを自動的に較正するために具体化されるのがよい。かくして、第3のユーザインターフェース1810は、複数のワイヤレス試験モジュールのリレーおよびこれらの補償値を検証するよう利用されるのがよい。

10

【0085】

幾つかの実施形態では、アプリケーションインターフェース1800は、ビルトインテスト(BIT)較正のための第4のユーザインターフェース1812を含む。第4のユーザインターフェース1812は、試験の種類およびモジュール機能の較正のために具体化されるのがよい。例えば、第4のインターフェース1812は、WHAMSの複数のワイヤレス試験モジュールの健全性をチェックするよう具体化されるのがよい。もう1つの例として、第4のインターフェース1812は、ユーザがモジュール効率を高めるとともに、1つ以上の試験、例えば高電圧および低電圧導通性チェック、電圧分離チェック、データバスおよびダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなどを実施するようワイヤレス試験モジュールに適した電圧を定めるためのパラメータを規定するために具体化されるのがよい。

20

【0086】

幾つかの実施例では、アプリケーションインターフェース1800は、モジュールソフトウェアメンテナンスおよび更新のための第5のユーザインターフェース1814を含む。第5のユーザインターフェース1814は、ユーザが複数のワイヤレス試験モジュール上の1つ以上のソフトウェアパッケージをワイヤレス更新するために具体化されるのがよい。第5のユーザインターフェース1814は、タッチのための労力を最小限に抑えた状態でフロアへの新たな機能を楽しな移行を容易にするよう利用されるのがよい。

30

【0087】

幾つかの実施形態では、アプリケーションインターフェース1800は、試験デバッグおよび全体的なトラブルシューティングのための第6のユーザインターフェース1816を含む。第6のユーザインターフェース1816は、1回限りの試験を構築して電子ワイヤリングハーネスをトラブルシューティングするかあるいはモジュール機能をトラブルシューティングするかのいずれかを行うために具体化されるのがよい。1回限りの試験は、良好な性能が得られるよう1つだけの試験の複数のパラメータを変更することによって、選択された電子ワイヤリングハーネスのデータに基づいて、作成されるのがよい。

40

【0088】

幾つかの実施形態では、アプリケーションインターフェース1800は、試験デバッグおよび全体的なトラブルシューティングのための第7のユーザインターフェース1816を含む。第7のユーザインターフェース1816は、1回限りの試験を構築して電子ワイヤリングハーネスをトラブルシューティングするかあるいはモジュール機能をトラブルシューティングするかのいずれかを行うために具体化されるのがよい。1回限りの試験は、良好な性能が得られるよう1つだけの試験の複数のパラメータを変更することによって、選択された電子ワイヤリングハーネスのデータに基づいて、作成されるのがよい。

【0089】

50

幾つかの実施形態では、アプリケーションインターフェース1800は、スマート試験アダプタ、例えばホットスワップ型フロントエンドをこれらのそれぞれの部品番号およびピン構成データでプログラムするための第8のユーザインターフェース1818を含む。第8のユーザインターフェース1818は、いったんプログラムされると、ワイヤレス試験モジュールに対応関係をなして接続されたフロントエンドを識別し、そしてこの情報を中継してアプリケーションインターフェース1800に戻すために具体化されるのがよい。その結果、第8のユーザインターフェース1818は、モジュールネットワークを動的に構築して、対応のワイヤレス試験モジュールに取り付けられたコネクタに基づいて、ハーネス試験状態をモニタするために具体化されるのがよい。

【0090】

図18Aおよび図18Bは、特定の実施形態に従って、図1のワイヤレスハーネス自動測定システムによって複数の電気ワイヤリングハーネスの試験を行うためのオペレーティングソフトウェアの例示のアプリケーションインターフェース1800を示している。ワイヤレスハーネス自動測定システムは、複数のワイヤレス試験モジュールを含む。複数のワイヤレス試験モジュールの各々は、試験のために電子ワイヤリングハーネスの各々にそれぞれ接続されている。図18Aは、第1の複数のワイヤレス試験モジュール1802のための第1の表1824上に較正チェックの第1の試験計画を示している。特に、第1の試験計画は、色分けされた報告により試験結果の状態1804を評価するために作成される。例えば、試験合格は、緑色で強調され、試験不合格は、試験不合格の状況に基づいて赤色、橙色、または黄色で強調される。

【0091】

図18Bは、第2の複数のワイヤレス試験モジュール1822のための第2の表1826上の高電圧隔離の第2の試験計画を示している。制御方法は、試験のために複数の電気ワイヤリングハーネスのマップを自動的に構築することができる。制御方法は、第2の複数のワイヤレス試験モジュール1822の各々に利用できる1つ以上の接続部を定めるのがよい。その結果、制御方法は、複数の試験を体系的に構築して第2の複数の試験モジュール1822の各々のための接続部の隔離状態または導通性を検証することができる。例えば、制御方法は、複数の電気ワイヤリングハーネスの各々について複数の導通性試験を作成することができる。制御方法は、ワイヤレス試験モジュールに割り当てられた出所および行先参照指標値を検証することができる。もう1つの例として、制御方法は、複数の電気ワイヤリングハーネスの各々について隔離チェックを生成することができる。同様に、第2の試験計画は、ハーネスショートまたは電線ミスが生じないようにするよう複数の電気ワイヤリングハーネスの電気コネクタの全ての推定では未使用のピンをチェックするよう利用される。

【0092】

幾つかの実施形態では、アプリケーションインターフェース1800は、複数の考えられるルートを増大させて試験のための接地回路を作成するための追加のモジュールを要求するために使用されるのがよい。特に、制御方法は、複数の電気ワイヤリングハーネスに対する1つ以上の電気試験、例えば高電圧および低電圧導通性チェック、電圧分離チェック、データバス極性およびダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなどを実施するために使用されるのがよい。かくして、制御方法は、ユーザがWHAMSの複数のワイヤレス試験モジュールに関して健全状態および機能性状態をモニタするためにアプリケーションインターフェース1800を使用するのがよい。特に、制御方法は、複数のワイヤレス試験モジュールに関する健全状態および機能性状態に基づき、WHAMS試験条件を定めることができる。同様に、制御方法は、複数の電気ワイヤリングハーネス試験を計画するための複数の行為、例えばモジュール識別、パワーオフ、およびハーネスフックアップを選択することができる。制御方法は、全体的なスケールネットワーク変更、例えば互いに異なる試験に関して互いに異なるハーネスの操作的ワイヤレスチャネルおよびローディングを考慮に入れることができる。

【0093】

図19は、特定の実施形態に従ってワイヤレス試験モジュールを試験する例示の方法1900を示す流れ図である。方法1900は、ステップ1910で始まるのがよく、このステップでは、複数の電気ワイヤリングハーネス、試験基準、およびワイヤレスハーネス自動測定システム(WHAMS)にコンピュータサーバを用いることによってアクセスする。幾つかの実施形態では、WHAMSは、複数のワイヤレス試験モジュールを含む。幾つかの実施形態では、複数の電気ワイヤリングハーネスの各々をWHAMSのワイヤレス試験モジュールの各々にそれぞれ接続する。

【0094】

ステップ1920では、試験計画を複数の電気ワイヤリングハーネスについて作成する。例えば、試験計画は、複数の電気ワイヤリングハーネスに対して1つ以上の電気試験(例えば、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなど)を含むのがよい。もう1つの例として、試験計画は、複数の電気ワイヤリングハーネス、複数のワイヤレス試験モジュールの各々と関連した複数のハーネス接続部を含む。

10

【0095】

ステップ1930では、試験計画およびWHAMSを用いて複数のワイヤレス試験モジュール(WTM)を決定する。例えば、複数のワイヤレス試験モジュールを種々の試験条件に基づいて選択する。もう1つの例として、較正ジグを用いて複数のワイヤレス試験モジュールを適正に較正する。

【0096】

ステップ1940では、複数の試験命令を試験計画および複数のワイヤレス試験モジュールに基づいて作成する。幾つかの実施形態では、複数のワイヤレス試験モジュールの各々は、コンピュータシステムからの複数の試験命令のうちの1つ以上をワイヤレスで受け取ることができる。複数の試験命令は、1つ以上の信号、操作、指令などである。

20

【0097】

ステップ1950では、複数の試験命令に従って複数のワイヤレス試験モジュールを用いて1つ以上の試験を複数の電気ワイヤリングハーネスに対して実施する。複数の試験命令を受け取ると、複数のワイヤレス試験モジュールは、複数の電気ワイヤリングハーネスに対する1つ以上の電気試験(例えば、導通性チェック、電圧分離チェック、ダイオード極性チェック、抵抗測定チェックなど)を自動的に実施するよう構成されている。

30

【0098】

ステップ1960では、複数のWTMを用いて試験結果をコンピュータシステムとワイヤレス通信することによってコンピュータシステムに送る。幾つかの実施形態では、試験結果を1つ以上の電気試験についてコンピュータシステムによって収集し、そしてユーザが色分け報告により複数の電子ワイヤリングハーネスの状態を目視検査するためのユーザインターフェース上に表示する。例えば、試験合格は、緑色で強調され、試験不合格は、試験不合格の状況に基づいて赤色、橙色、または黄色で強調される。ステップ1960の後、方法1900は、終了するのがよい。

【0099】

図20は、例示のコンピュータシステム2000を示している。特定の実施形態では、1つ以上のコンピュータシステム2000は、本明細書において上述しまたは図示した1つ以上の方法の1つ以上のステップを実行する。特定の実施形態では、1つ以上のコンピュータシステム2000は、本明細書において説明しまたは図示した機能を実行する。特定の実施形態では、1つ以上のコンピュータシステム2000上でランするソフトウェアは、本明細書において説明しまたは図示した1つ以上の方法の1つ以上のステップを実行し、あるいは本明細書において説明しまたは図示した機能を実行する。特定の実施形態は、1つ以上のコンピュータシステム2000の1つ以上の部分を含む。本明細書においては、コンピュータシステムと言った場合、これは、適宜、コンピューティングデバイスを含むのがよく、またその逆の関係が成り立つ。さらに、コンピュータシステムと言った場合、これは、適宜、1つ以上のコンピュータシステムを含むことができる。

40

50

【0100】

本発明は、任意適当な数のコンピュータシステム2000を想定している。本発明は、任意適当な物理的形態を取るコンピュータシステム2000を想定している。一例として、また本発明を限定するものではなく、コンピュータシステム2000は、埋め込み型コンピュータシステム、システムオンチップ（SOC）、シングルボードコンピュータシステム（SBC）（例えば、コンピュータオンモジュール（COM）またはシステムオンモジュール（SOM））、デスクトップ型コンピュータシステム、ラップトップまたはノートブック型コンピュータシステム、対話型キオスク、メインフレーム、コンピュータシステム網、携帯電話、パーソナルデジタルアシスタント（PDA）、サーバ、タブレット型コンピュータシステム、拡張型／バーチャルリアリティデバイス、またはこれらのうちの2つ以上の組み合わせであってよい。コンピュータシステム2000は、適宜、1つ以上のコンピュータシステム2000を含むことができ、ユニタリ型または分散型であってよく、多数の場所に及んでもよく、多数のマシンに及んでもよく、多重データセンタに及んでもよく、あるいは、1つ以上のネットワーク内に1つ以上のクラウドコンポーネントを含むのがよいクラウド内に常駐してもよい。適宜、1つ以上のコンピュータシステム2000は、実質的な空間または時間的制約なしに、本明細書において説明しまたは図示した1つ以上の方法の1つ以上のステップを実行することができる。一例として、本発明を限定するものではなく、1つ以上のコンピュータシステム2000は、リアルタイムでまたはバッチモードで、本明細書において説明しまたは図示した1つ以上の方法の1つ以上のステップを実行することができる。1つ以上のコンピュータシステム2000は、互いに異なる時点でまたは互いに異なる場所で、適宜、本明細書において説明しまたは図示した1つ以上の方法の1つ以上のステップを実行することができる。

10

20

【0101】

特定の実施形態では、コンピュータシステム2000は、プロセッサ2002、メモリ2004、記憶装置2006、入／出力（I／O）インターフェース2008、通信インターフェース2010、およびバス2012を含む。本開示は、特定の数の特定のコンポーネントを特定の配置状態で含む特定のコンピュータシステムを説明するとともに図示しているが、本開示は、任意適当な数の任意適当なコンポーネントを任意適当な配置状態で含む任意適当なコンピュータシステムを想定している。

【0102】

特定の実施形態では、プロセッサ2002は、命令、例えばコンピュータプログラムを構成する命令を実行するためのハードウェアを含む。一例として、本発明を限定するものではなく、命令を実行するため、プロセッサ2002は、これら命令を内部レジスタ、内部キャッシュ、メモリ2004、または記憶装置2006から検索する（またはフェッチする）のがよく、これら命令を複合化する実行するのがよく、次に、1つ以上の結果を内部レジスタ、内部キャッシュ、メモリ2004、または記憶装置2006に書き込むのがよい。特定の実施形態では、プロセッサ2002は、データ、命令、またはアドレスのための1つ以上の内部キャッシュを含むのがよい。本開示は、適宜、任意適当な数の任意適当な内部キャッシュを含むプロセッサ2002を想定している。一例として、本発明を限定するものではなく、プロセッサ2002は、1つ以上の命令キャッシュ、1つ以上のデータキャッシュ、および1つ以上の変換索引バッファ（TLB）を含むのがよい。命令キャッシュ中の命令は、メモリ2004または記憶装置2006内の命令のコピーであるのがよく、命令キャッシュは、プロセッサ1032によるこれら命令の検索をスピードアップすることができる。データキャッシュ中のデータは、プロセッサ2002のところで実行中の命令がオンに働くようにするためのメモリ2004または記憶装置2006中のデータのコピーであるのがよく、プロセッサ2002のところで実行中の次の命令によりアクセス可能にまたはメモリ2004または記憶装置2006に書き込み可能にプロセッサ1032のところで実行された先の命令の結果であってもよく、あるいは、他の適当なデータであってもよい。データキャッシュは、プロセッサ2002による読み取りまたは書き込み操作をスピードアップすることができる。TLBは、プロセッサ1032のための

30

40

50

仮想アドレス変換をスピードアップすることができる。特定の実施形態では、プロセッサ 2002 は、データ、命令、またはアドレスのための 1 つ以上の内部レジスタを含むのがよい。本発明は、適宜、任意適当な数の任意適当な内部レジスタを含むプロセッサ 2002 を想定している。プロセッサ 2002 は、適宜、算術論理演算ユニット (ALU) を含んでもよく、マルチコア型プロセッサであってもよく、あるいは 1 つ以上のプロセッサ 2002 を含んでもよい。本開示は、特定のプロセッサを説明するとともに図示しているが、本開示は、任意適当なプロセッサを想定している。

【0103】

特定の実施形態では、メモリ 2004 は、プロセッサ 2002 を実行させるための命令またはプロセッサ 2002 を作動させるためのデータを記憶するメインメモリを含む。一例として、本発明を限定するものではなく、コンピュータシステム 2000 は、命令を記憶装置 2006 または別のソース (例えば、別のコンピュータシステム 2000) からメモリ 2004 にロードすることができる。プロセッサ 2002 は、次に、命令をメモリ 2004 から内部レジスタまたは内部キャッシュにロードすることができる。命令を実行するため、プロセッサ 2002 は、命令を内部レジスタまたは内部キャッシュから検索し、そしてこれら命令を複合化するのがよい。命令の実行中または実行後、プロセッサ 2002 は、1 つ以上の結果 (これら結果は、中間結果であってもよく最終結果であってもよい) を内部レジスタまたは内部キャッシュに書き込むことができる。次に、プロセッサ 2002 は、これら結果のうちの 1 つ以上のメモリ 2004 に書き込むことができる。特定の実施形態では、プロセッサ 2002 は、1 つ以上の内部レジスタもしくは内部キャッシュまたはメモリ 2004 (記憶装置 2006 または別のどこかの部分とは対照的に) 内の命令だけを実行し、そして 1 つ以上の内部レジスタもしくは内部キャッシュまたはメモリ 2004 (記憶装置 2006 またはどこか別の部分とは対照的に) 内のデータだけに作用する。1 つ以上メモリバス (これらバスは各々、アドレスバスおよびデータバスを含むのがよい) は、プロセッサ 2002 をメモリ 2004 に結合することができる。バス 2012 は、以下に説明するように、1 つ以上のメモリバスを含むのがよい。特定の実施形態では、1 つ以上のメモリ管理装置 (MMU) は、プロセッサ 2002 とメモリ 2004 との間に常駐し、そしてプロセッサ 2002 によって要求されたメモリ 2004 へのアクセスを容易にする。特定の実施形態では、メモリ 2004 は、ランダムアクセスメモリ (RAM) を含む。この RAM は、適宜、揮発性メモリであるのがよい。この RAM は、適宜、ダイナミック RAM (DRAM) またはスタティック RAM (SRAM) であってもよい。さらに、この RAM は、適宜、シングルポート型 RAM であってもよく、マルチポート型 RAM であってもよい。本開示は、任意適当な RAM を想定している。メモリ 2004 は、適宜、1 つ以上のメモリ 2004 を含むのがよい。本開示は、特定のメモリを説明するとともに図示しているが、本開示は、任意適当なメモリを想定している。

【0104】

特定の実施形態では、記憶装置 2006 は、データまたは命令のための大量記憶装置を含む。一例として、本発明を限定するものではなく、記憶装置 2006 は、ハードディスクドライブ (HDD)、フロッピーディスクドライブ、フラッシュメモリ、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープ、またはユニバーサルシリアルバス (USB) ドライブまたはこれらのうちの 2 つ以上の組み合わせを含むことができる。記憶装置 2006 は、適宜、取り外し可能 (リムーバブル) または取り外し不能 (または固定された) メディアを含むことができる。記憶装置 2006 は、適宜、コンピュータシステム 2000 の内部に位置してもよく、この外部に位置していてもよい。特定の実施形態では、記憶装置 2006 は、不揮発性ソリッドステートメモリである。特定の実施形態では、記憶装置 2006 は、リードオンリーメモリ (ROM) を含む。この ROM は、適宜、マスクプログラムを ROM、プログラマブル ROM (PROM)、消去可能 PROM (EPROM)、電氣的消去可能 PROM (EEPROM)、電氣的消去を再書き込み ROM (EAROM)、もしくはフラッシュメモリまたはこれらのうちの 2 つ以上の組み合わせであるのがよい。本開示は、任意適当な物理的形態を取る大量記憶装置 2006 を想定している。記憶装置 20

06は、適宜、プロセッサ2002と記憶装置2006との通信を容易にする1つ以上の記憶装置制御ユニットを含むのがよい。記憶装置2006は、適宜、1つ以上の記憶装置2006を含むのがよい。本開示は、特定の記憶装置を説明するとともに図示しているが、本開示は、任意適当な記憶装置を想定している。

【0105】

特定の実施形態では、I/Oインターフェース2008は、コンピュータシステム2000と1つ以上のI/Oデバイスとの通信のための1つ以上のインターフェースを提供するハードウェア、ソフトウェア、またはこれら両方を含む。コンピュータシステム2006は、適宜、これらI/Oデバイスのうちの1つ以上を含むのがよい。これらI/Oデバイスうちの1つ以上は、人とコンピュータシステム2000との通信を実施可能にする。一例として、本発明を限定するものではなく、I/Oデバイスは、キーボード、キーパッド、マイクロホン、モニタ、マウス、プリンタ、スキャナ、スピーカ、スチールカメラ、スタイラス、タブレット、タッチスクリーン、トラックボール、ビデオカメラ、別の適当なI/Oポートまたはこれらの中の2つ以上の組み合わせを含むことができる。I/Oデバイスは、1つ以上のセンサを含むのがよい。本開示は、任意適当なI/OデバイスおよびこれらI/Oデバイスのための任意適当なI/Oデバイスをインターフェース2008に想定している。I/Oインターフェース2008は、適宜、プロセッサ2002がこれらI/Oデバイスのうちの1つ以上をドライブすることができるようにする1つ以上のデバイスまたはソフトウェアドライブを含むのがよい。I/Oインターフェース2008は、適宜、1つ以上のI/Oインターフェース2008を含むのがよい。本開示は、特定のI/Oインターフェースを説明するとともに図示しているが、本開示は、任意適当なI/Oインターフェースを想定している。

【0106】

特定の実施形態では、通信インターフェース2010は、コンピュータシステム2000と1つ以上の他のデバイスまたはシステムとの通信（例えば、ワイヤレス通信）のための1つ以上のインターフェースを提供するハードウェア、ソフトウェア、またはこれら両方を含む。一例として、本発明を限定するものではなく、通信インターフェース2010は、Ethernetまたは他のワイヤベースのネットワークまたはワイヤレスNIC（WNIC）と通信するネットワークインターフェースコントローラ（NIC）もしくはネットワークアダプタ、またはワイヤレスネットワーク、例えばWi-Fiネットワークと通信するワイヤレスアダプタを含むことができる。本開示は、任意適当なネットワークおよびこのための任意適当な通信インターフェース2010を想定している。一例として、本発明を限定するものではなく、コンピュータシステム2000は、アドホックネットワーク、パーソナルエリアネットワーク（PAN）、ローカルエリアネットワーク（LAN）、ワイドエリアネットワーク（WAN）、メトロポリタンエリアネットワーク（MAN）、もしくはInternetのうちの1つ以上の部分、またはこれらの中の2つ以上の組み合わせを含むことができる。これらネットワークのうちの1つ以上の1つ以上の部分は、ワイヤードであってもよく、ワイヤレスであってもよい。一例として、コンピュータシステム2000は、ワイヤレスPAN（WPAN）（例えば、Bluetooth WPAN）、Wi-Fiネットワーク、Wi-MAXネットワーク、セルラネットワーク、（例えば、モバイル通信用のグローバルシステム（GSM）ネットワーク、ロングタームエボリューション（LTE）ネットワーク、または5Gネットワーク）、もしくは他の適当なワイヤレスネットワーク、またはこれらの中の2つ以上の組み合わせと通信することができる。コンピュータシステム2000は、適宜、これらネットワークのうちの任意のものについて任意適当な通信インターフェース2010を含むことができる。通信インターフェース2010は、適宜、1つ以上の通信インターフェース2010を含むことができる。本開示は、特定の通信のインターフェースを説明するとともに図示しているが、本開示は、任意適当な通信インターフェースを想定している。

【0107】

特定の実施形態では、バス2012は、コンピュータシステム2000のコンポーネン

トを互いに結合するハードウェア、ソフトウェア、またはこれら両方を含む。一例として、本発明を限定するものではなく、バス2012は、アクセラレーテッドグラフィックスポート（AGP）もしくは他のグラフィックスバス、エンハンスド拡張業界標準アーキテクチャ（EISA）バス、フロントサイドバス（FSB）、ハイパートランスポート（HYPERTRANSPORT：HT）インターコネクト、業界標準（ISA）バス、インフィニバンド（INFINIBAND）インターコネクト、ローピンカウント（low-pin-count：LPC）バス、メモリバス、マイクロチャンネルアーキテクチャ（MCA）バス、ペリフェラルコンポーネントインターコネクト（PCI）バス、PCIエクスプレス（PCIe）バス、シリアルアドバンスドテクノロジーアタッチメント（SATA）バス、ビデオエレクトロニクス標準アソシエーション（ベサ）ローカルバス（VLB）、もしくは別の適当なバス、またはこれらのうちの2つ以上の組み合わせを含むことができる。バス2012は、適宜、1つ以上のバス2012を含むことができる。本開示は、特定のバスを説明するとともに図示しているが、本開示は、任意適当なバスまたはインターコネクトを想定している。

10

20

30

40

50

【0108】

本明細書において、1つまたは複数の記憶媒体またはメディアは、適宜、1つ以上の半導体利用のまたは他の集積回路（IC）（例えば、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）または特定用途向けIC（ASIC））、ハードディスクドライブ（HDD）、ハイブリッドハードドライブ（HHD）、光ディスク、光ディスクドライブ（ODD）、光磁気ディスク、光磁気ドライブ、フロッピーディスク、フロッピーディスクドライブ（FDD）、磁気テープ、ソリッドステートドライブ（SSD）、RAMドライブ、SECURE DIGITALカードまたはドライブ、任意他の適当なコンピュータ可読非一時的記憶メディアまたはこれらのうちの2つ以上の任意適当な組み合わせを含むことができる。コンピュータ可読非一時的記憶媒体は、適宜、揮発性、不揮発性、または揮発性と不揮発性の組み合わせであってよい。

【0109】

本明細書において、「または」は、別段の明示の指示がなければ、あるいは文脈上別段の示唆がなければ、包括的であって、排他的ではない。したがって、本明細書において、「AまたはB」は、別段の明示の指示がなければ、あるいは文脈上別段の示唆がなければ、「A、B、または両方」を意味する。さらに、「および」は、別段の明示の指示がなければ、あるいは文脈上別段の示唆がなければ、連帯と個別（joint and several）の両方を表す言葉である。したがって、別段の明示の指示がなければ、あるいは文脈上別段の示唆がなければ、本明細書において、「Aおよび（と）B」は、「Aおよび（と）B、連帯してまたは別々に」を意味する。

【0110】

本発明の範囲は、本明細書において説明しまたは図示した例示の実施形態に対する全ての変更、置換、変形、代替、および改造を含み、これらについては、当業者であれば理解されよう。本発明の範囲は、本明細書において説明しまたは図示した例示の実施形態には限定されない。さらに、本発明は、特定のコンポーネント、要素、特徴、機能、作用、またはステップを含むものとして本明細書においてそれぞれの実施形態を説明するとともに図示しているが、これら実施形態のうちの任意のものは、本明細書におけるどこか別の場所で説明しまたは図示したコンポーネント、要素、特徴、機能、作用、またはステップのうちの任意のものの任意の組み合わせまたは並び替えを含むことができ、これらについては、当業者であればその理解のうちに含まれるであろう。さらに、添付の特許請求の範囲において、装置もしくはシステム、または装置もしくはシステムのコンポーネントが特定の機能を実行するよう適合され、実行するよう配置され、実行することができ、実行するよう構成され、実行するよう実現でき、実行するよう作動でき、または実行するよう作動する、という記載は、当該装置、システム、またはコンポーネントがそのように適合され、配置され、でき、構成され、実現でき、作動でき、または作動する限り、当該特定機能が実施され、稼働され、あるいは発揮されるかどうかにかかわらず、当該装置、システム

またはコンポーネントを含む。加うるに、本開示は、特定の利点を提供するものとして特定の実施形態を説明しまたは図示しているが、特定の実施形態は、これら利点のうちのどれも提供しなくてもよく、あるいは、これら利点のうちの幾つかまたは全てを提供してもよい。

【0111】

本明細書において開示する実施形態は、例示に過ぎず、本発明の範囲は、これら実施形態には限定されない。特定の実施形態は、本明細書において開示した実施形態のコンポーネント、要素、特徴、機能、作用、またはステップの全て、これらのうちの幾つかを含むことができ、またはこれらを含んでもよく、あるいはこれらを全く含まなくてもよい。ある幾つかの実施形態は、特に、方法、記憶媒体、システムおよびコンピュータプログラム製品に関する特許請求の範囲の記載に開示されており、この場合、1つのクレームカテゴリ、例えば方法カテゴリにおいて言及された任意の特徴を別のクレームカテゴリ、例えばシステムカテゴリにおいてもクレーム請求することができる。特許請求の範囲の記載における従属性または「前記」記載は、形式的な理由でのみ選択されている。しかしながら、任意の先のクレームに対する意図的な「前記」記載の結果として生じる任意の発明内容もまた、クレーム請求でき、したがって、特許請求の範囲に記載された発明およびかかる発明の特徴の任意の組み合わせが開示され、そして特許請求の範囲において選択された従属性にもかかわらず、クレーム請求できる。クレーム請求できる発明内容は、特許請求の範囲に記載された特徴の組み合わせだけでなく、特許請求の範囲における特徴の任意他の組み合わせをも含み、この場合、特許請求の範囲において言及された各特徴を特許請求の範囲における任意他の特徴または他の特徴の組み合わせと組み合わせることができる。さらに、本明細書において説明しまたは図示した実施形態および特徴のうちの任意のものを別個のクレームにおいてかつ／あるいは本明細書において説明しまたは図示した任意の実施形態または特徴もしくは特許請求の範囲に記載された本発明の特徴のうちの任意のものの任意の組み合わせとしてクレーム請求できる。

【符号の説明】

【0112】

- 100 ワイヤレスハーネス自動測定システム（WHAMS）
- 110 電気ワイヤリングハーネス
- 120 試験モジュール
- 130 中央コンピュータシステム
- 140 ワイヤレスインターフェース
- 1100 充電カートシステム
- 1102 モバイルフレーム
- 1104 LED表示器
- 1106 充電スロット
- 1160 充電カート
- 1202 リングカバー
- 1204 ポゴピンブロック
- 1206 LEDリング

10

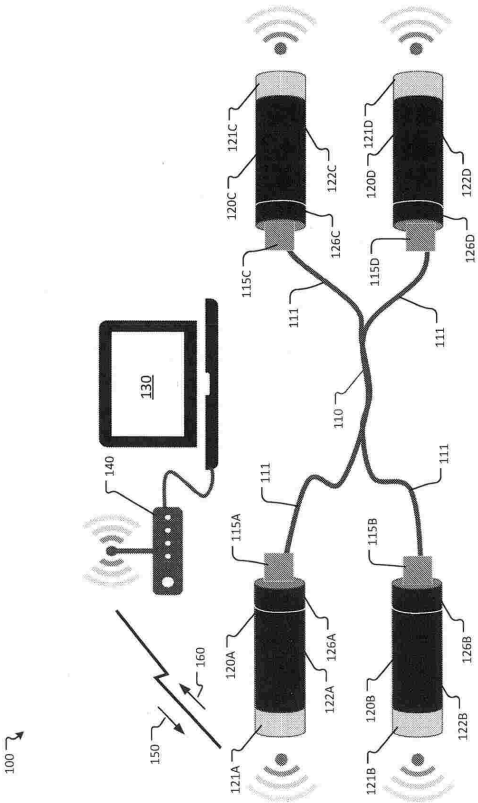
20

30

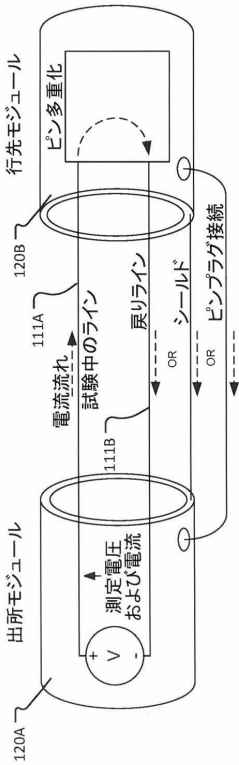
40

50

【図面】
【図 1】



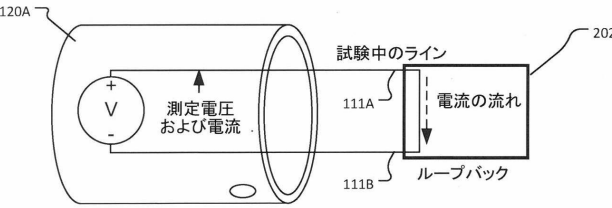
【図 2 A】



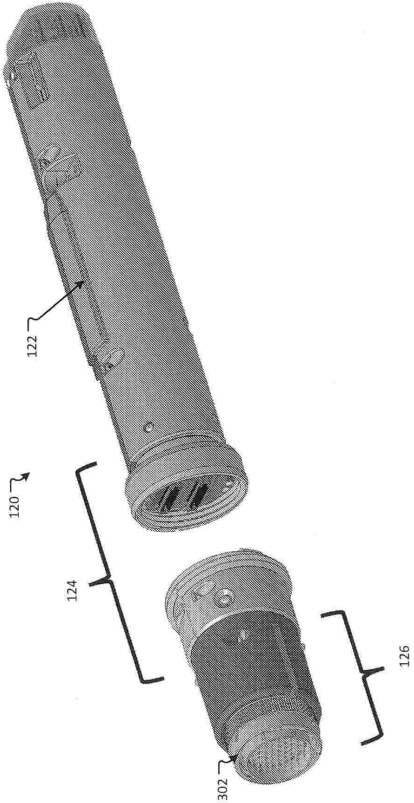
10

20

【図 2 B】



【図 3】

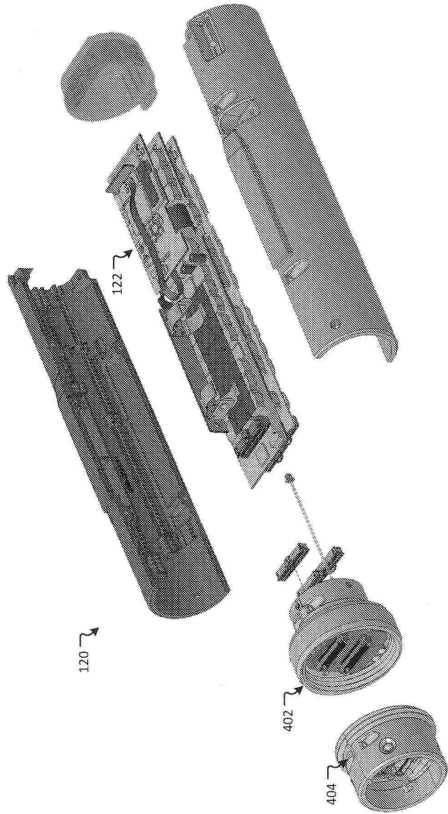


30

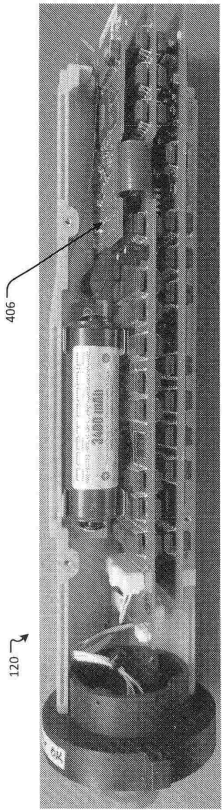
40

50

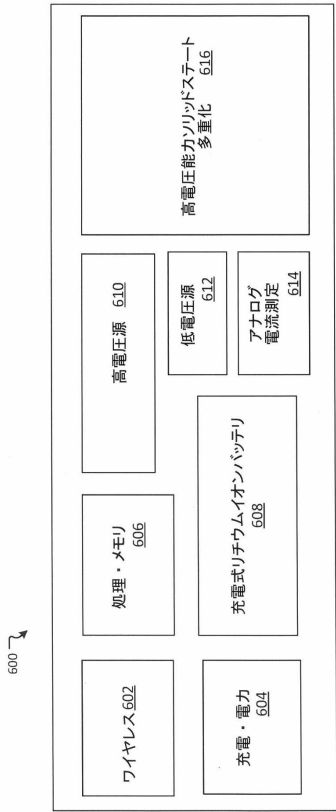
【図 4】



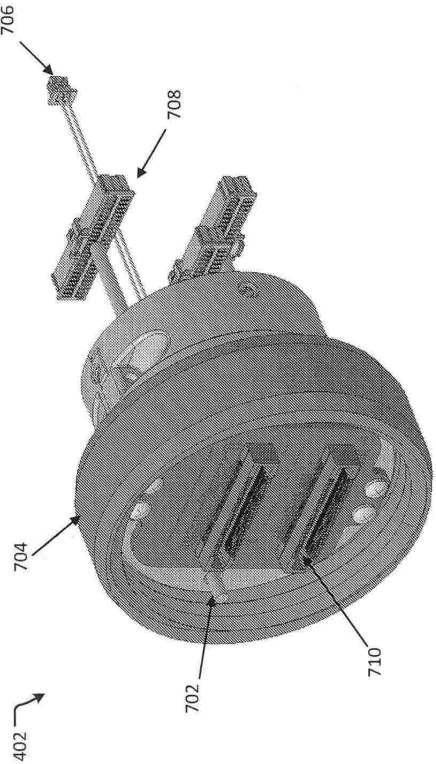
【図 5】



【図 6】



【図 7 A】



10

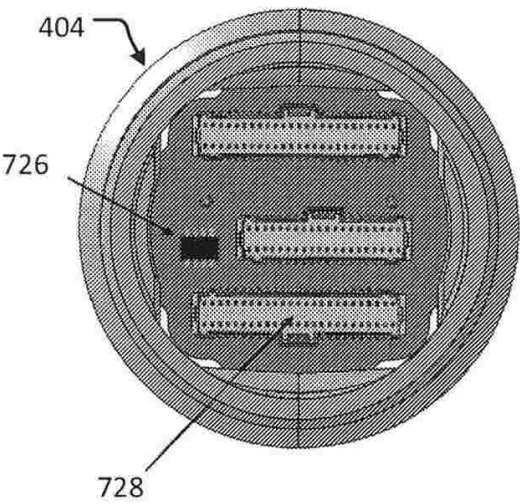
20

30

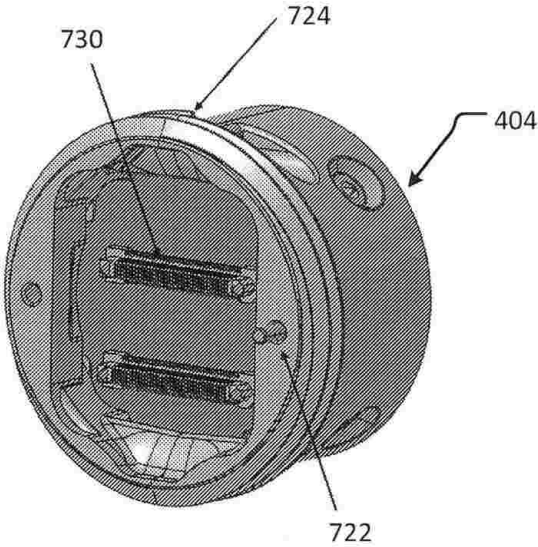
40

50

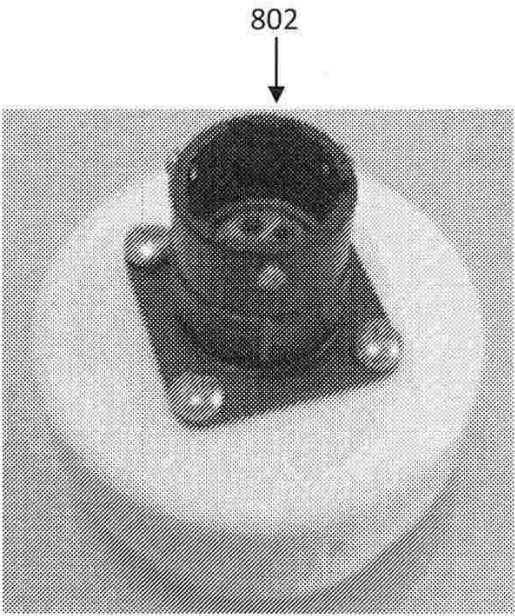
【図 7 B】



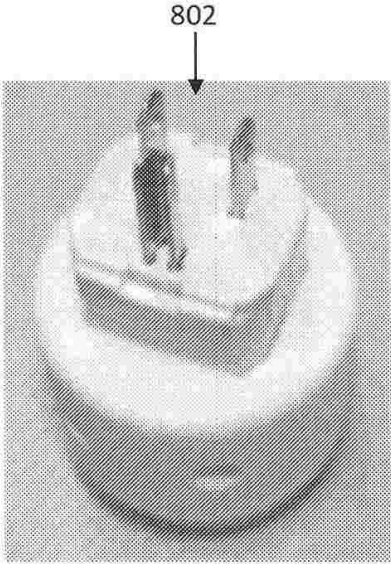
【図 7 C】



【図 8 A】



【図 8 B】



10

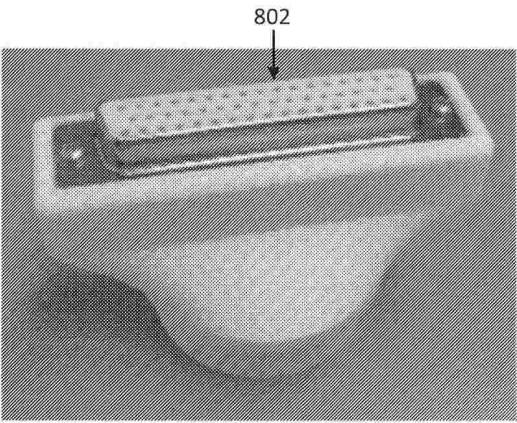
20

30

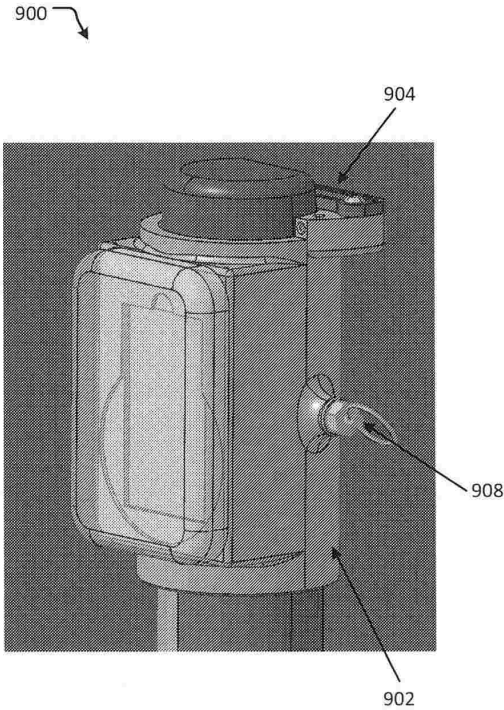
40

50

【図 8 C】



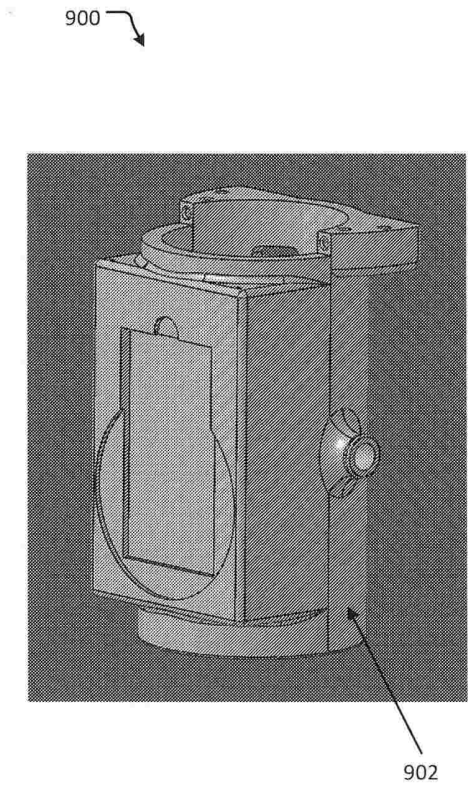
【図 9 A】



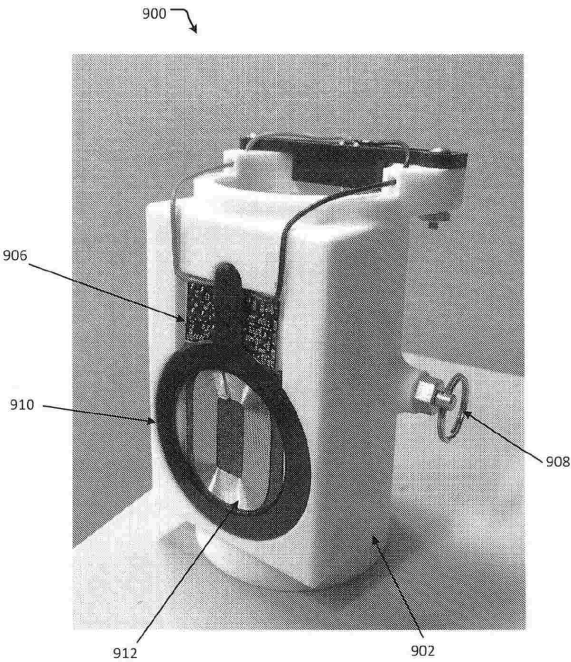
10

20

【図 9 B】



【図 9 C】

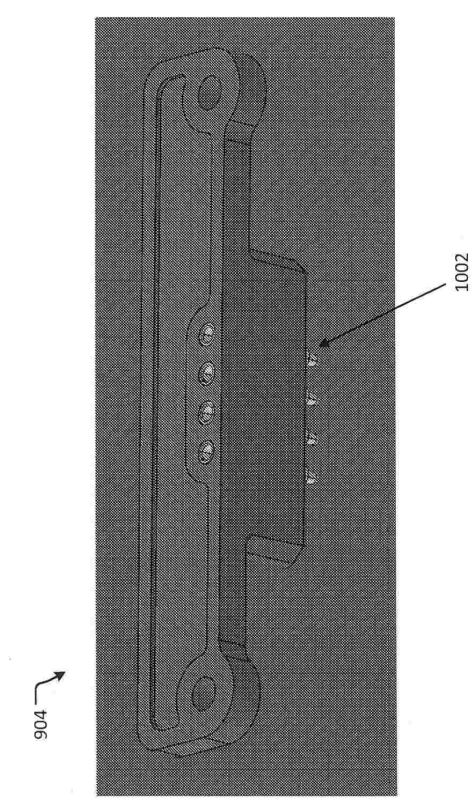


30

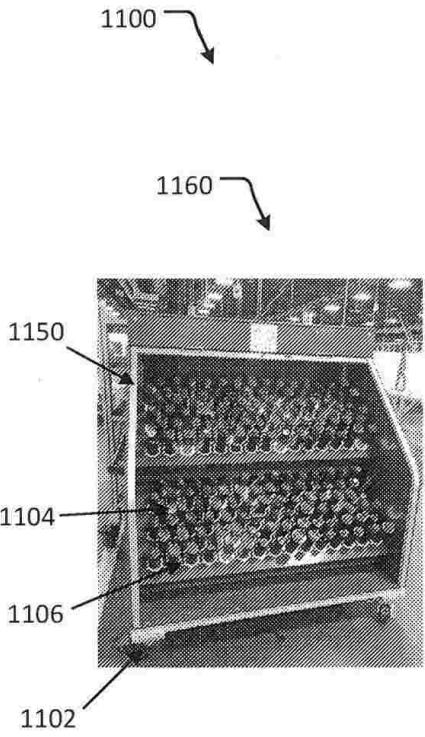
40

50

【図 1 0】



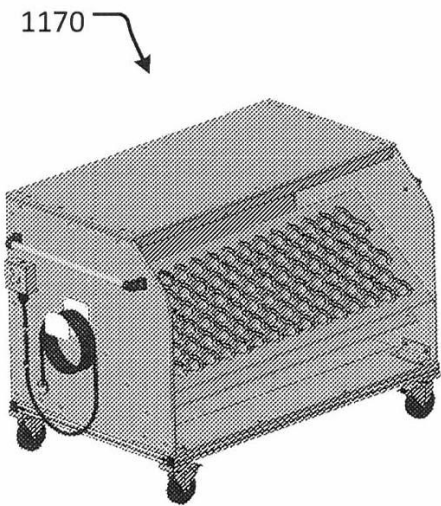
【図 1 1 A】



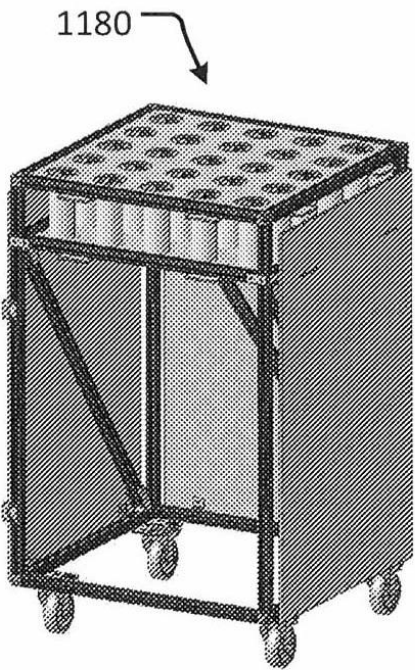
10

20

【図 1 1 B】



【図 1 1 C】

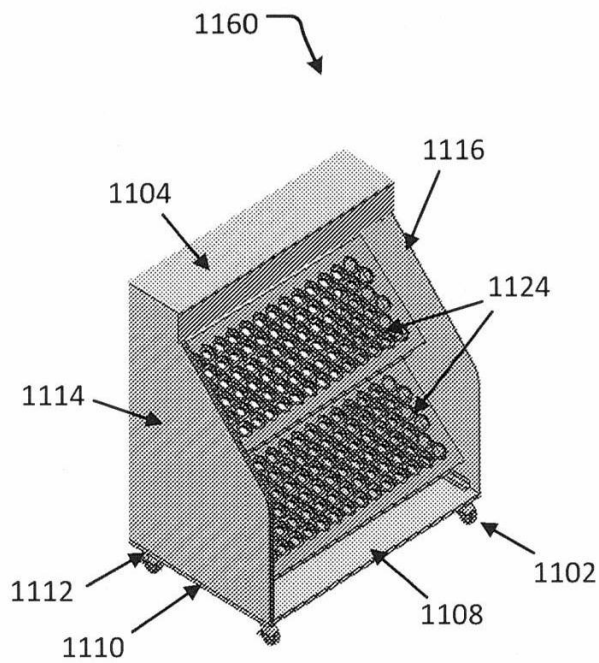


30

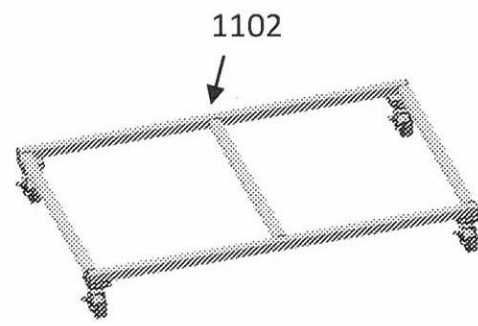
40

50

【図 1 1 D】

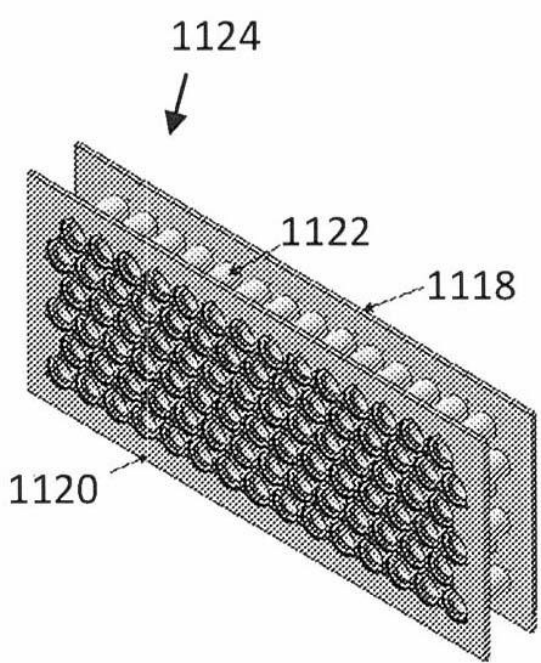


【図 1 1 E】

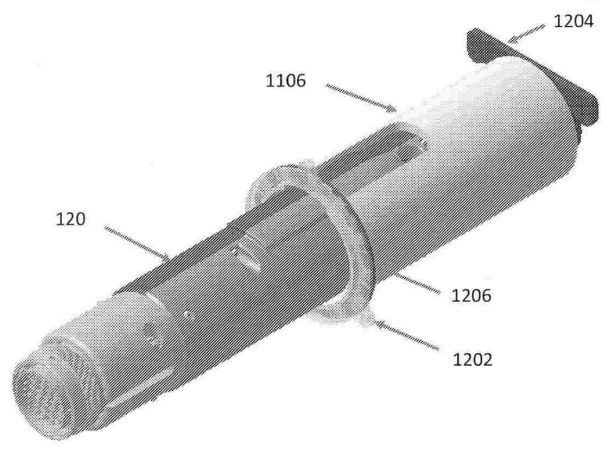


10

【図 1 1 F】



【図 1 2】

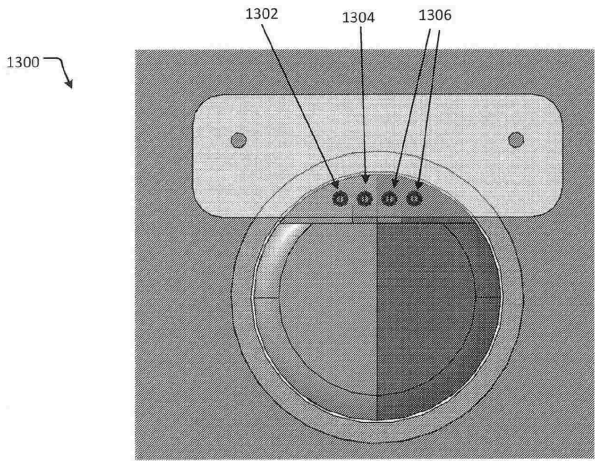


30

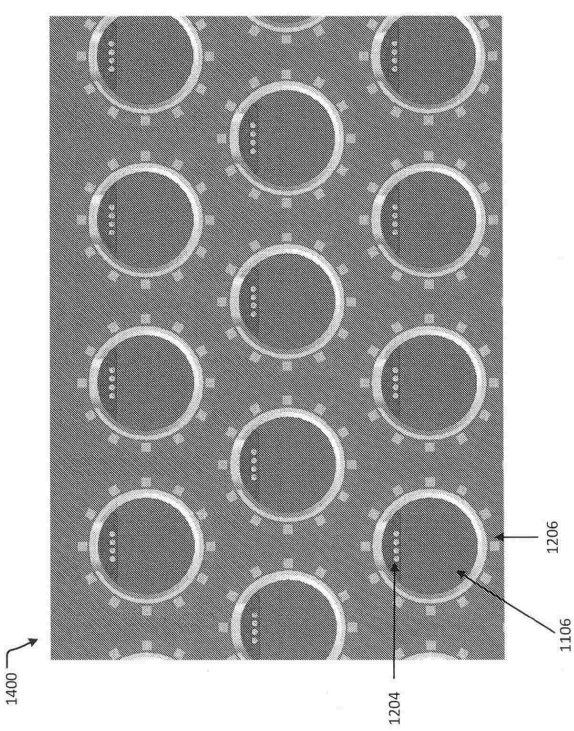
40

50

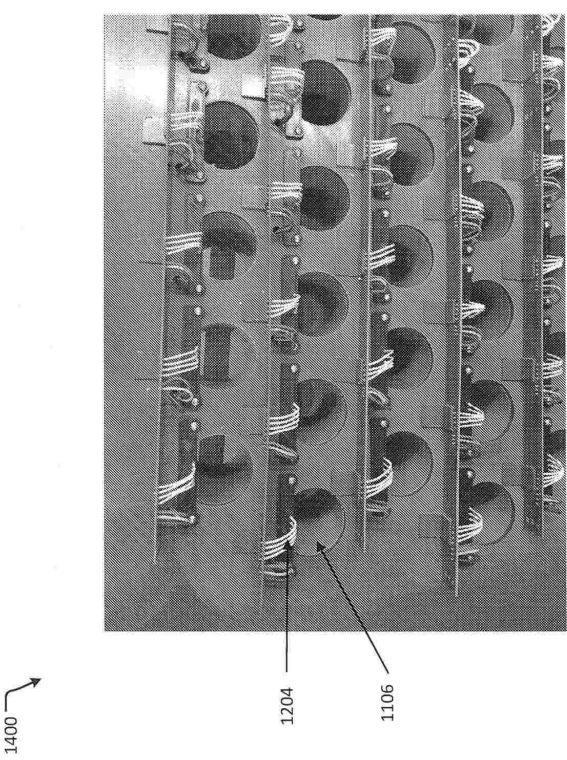
【図 1 3】



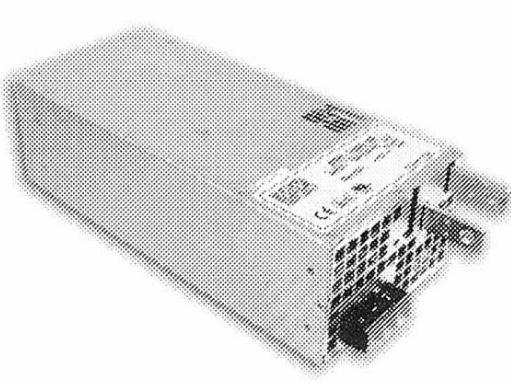
【図 1 4 A】



【図 1 4 B】



【図 1 4 C】



10

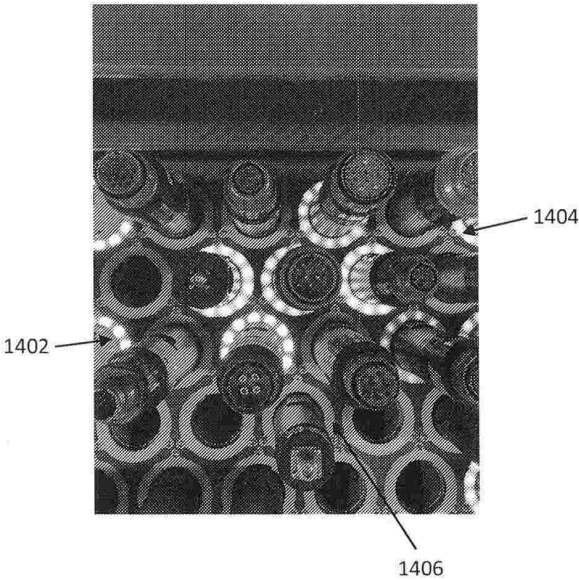
20

30

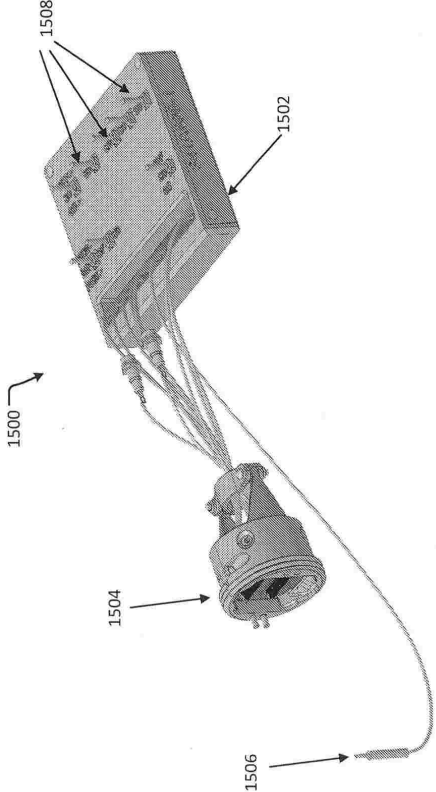
40

50

【図 1 4 D】



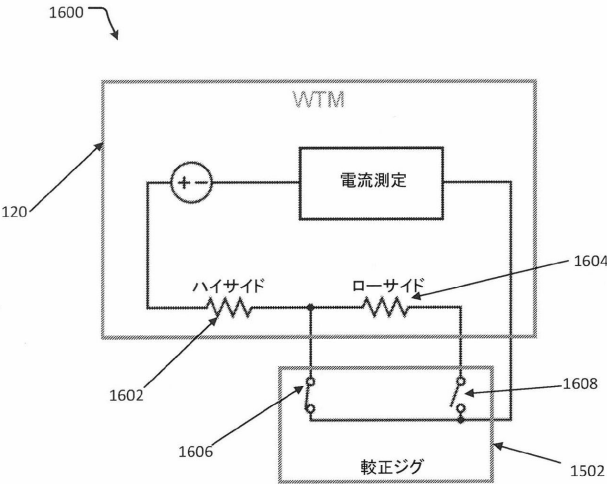
【図 1 5】



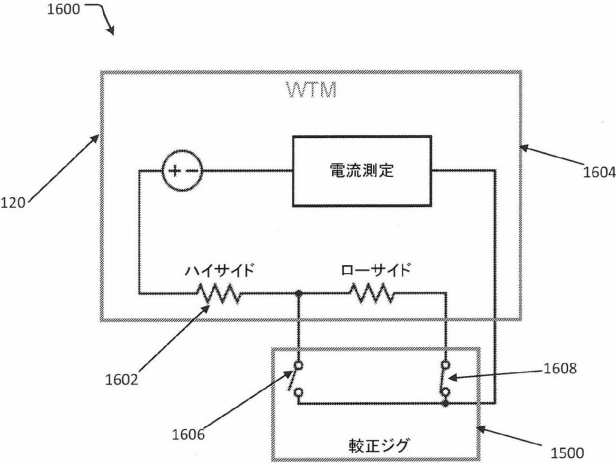
10

20

【図 1 6 A】



【図 1 6 B】

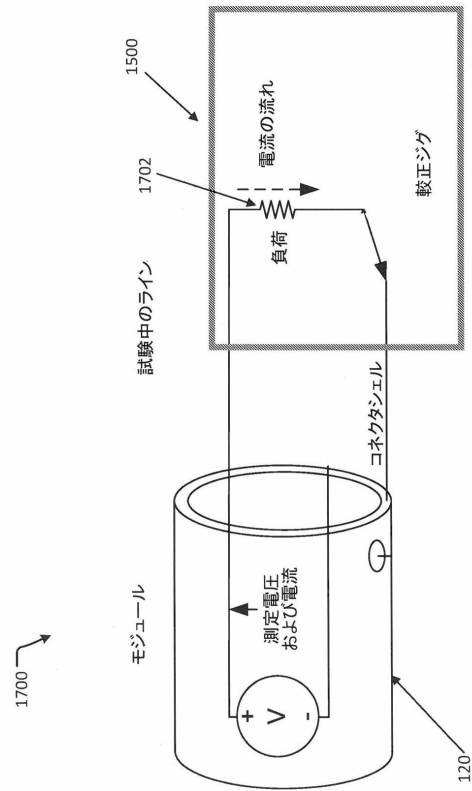


30

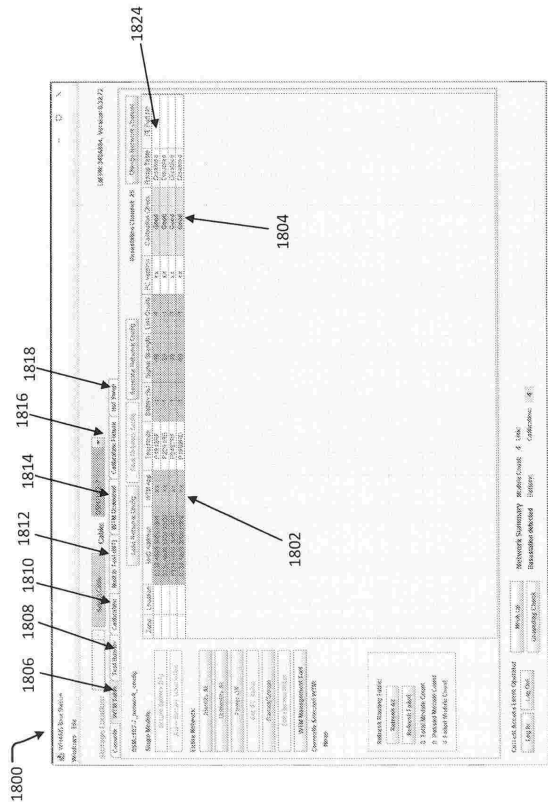
40

50

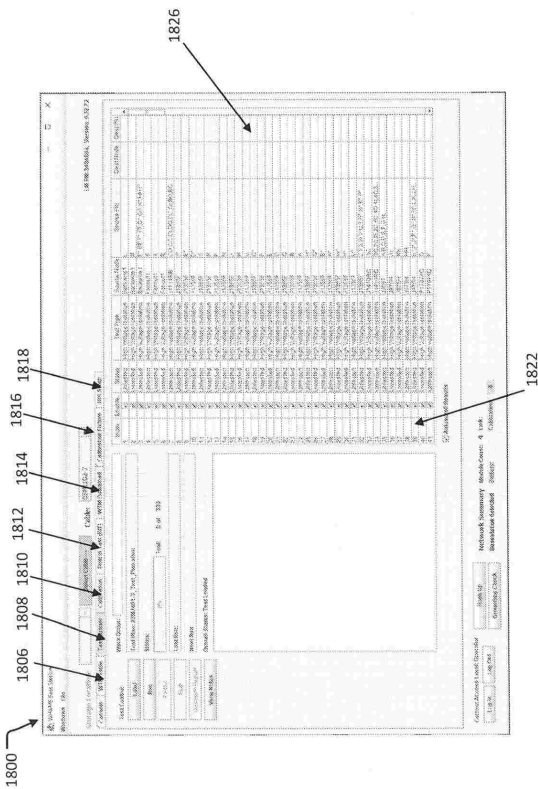
【図 17】



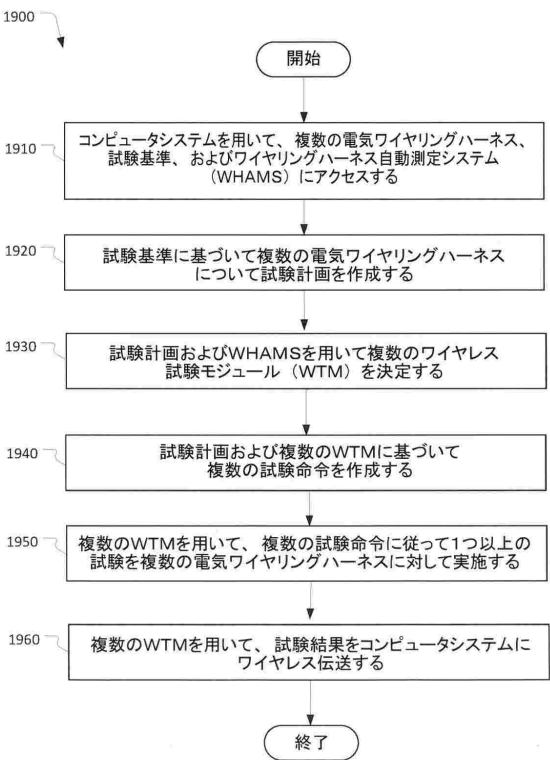
【図 18 A】



【図 18 B】



【図 19】



10

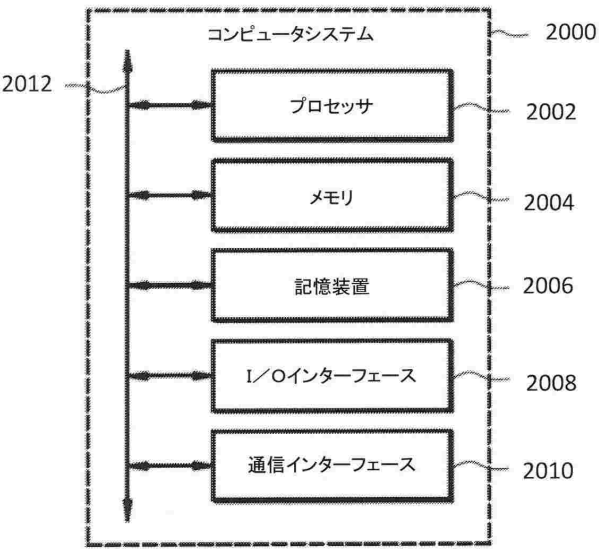
20

30

40

50

【図 20】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(74)代理人 100144451
弁理士 鈴木 博子

(74)代理人 100128428
弁理士 田巻 文孝

(72)発明者 ジョン ダニエル セメンズ
アメリカ合衆国 ジョージア州 3 0 3 5 0 サンディスプリングス スペンダー トレース 5 4 5

(72)発明者 ジョン フォスター ブラッディ
アメリカ合衆国 ジョージア州 3 0 0 4 0 カミング オーク ブルック ウェイ 6 9 0 5

(72)発明者 ケヴィン ベル
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 3 8 5 0 ヴェスタル マリエッタ ドライブ 4 0 2 1

(72)発明者 サミュエル ジャスパー フランクリン
アメリカ合衆国 ジョージア州 3 0 0 6 0 マリエッタ ジェンスミス アベニュー 8 2 6

(72)発明者 ギブソン リチャード ガーナー
アメリカ合衆国 ジョージア州 3 0 0 6 7 マリエッタ ガーデンゲート ウェイ サウスイースト
2 3 0 5

(72)発明者 エイミー ユアン マセム
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 3 5 3 6 ランカスター フェナー アベニュー 4 3 1 0 8

(72)発明者 ロバート ブレイク ロンガン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 1 3 5 5 サンタクラリタ デルモンテ ドライブ 2 3 7 0 5
ユニット 2 3 8

F ターム (参考) 5G503 AA01 BA04 BB01 EA09 FA01