

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5587515号
(P5587515)

(45) 発行日 平成26年9月10日 (2014.9.10)

(24) 登録日 平成26年8月1日 (2014.8.1)

(51) Int. Cl.	F 1
GO 1 R 29/08 (2006.01)	GO 1 R 29/08 D
GO 1 R 29/10 (2006.01)	GO 1 R 29/10 E
HO 5 K 9/00 (2006.01)	GO 1 R 29/08 G
	HO 5 K 9/00 N
	HO 5 K 9/00 T

請求項の数 21 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2013-549706 (P2013-549706)	(73) 特許権者	501372798
(86) (22) 出願日	平成24年1月18日 (2012.1.18)		ザ ユニバーシティ オブ ホンコン
(65) 公表番号	特表2014-504724 (P2014-504724A)		The University of H ong Kong
(43) 公表日	平成26年2月24日 (2014.2.24)		ホンコン ポクフルム ロード
(86) 国際出願番号	PCT/CN2012/070517		Pokfulam Road Hong Kong
(87) 国際公開番号	W02012/097732	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成24年7月26日 (2012.7.26)		弁理士 村山 靖彦
審査請求日	平成25年11月15日 (2013.11.15)	(74) 代理人	100064908
(31) 優先権主張番号	61/433,816		弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成23年1月18日 (2011.1.18)	(74) 代理人	100089037
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小型電子的残響室

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

筐体を形成するように構成された1つまたは複数の壁、
1つまたは複数の制御信号を発生させるコントローラ及び
1つまたは複数の前記制御信号に反応して調整可能であり、前記筐体内に、分極がランダムまたは疑似ランダムであるが強度が十分に均一である電磁場を発生させる1つまたは複数の可変集中定数素子を備える、装置。

【請求項 2】

1つまたは複数の前記壁の少なくとも1つが、可変移相壁を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

1つまたは複数の前記壁の少なくとも1つが、導電性メッシュ材料を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

1つまたは複数の前記可変素子が、1つまたは複数の前記壁の少なくとも一部の表面インピーダンスを入れ替え、または影響を与えるように調整可能である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

1つまたは複数の前記可変集中定数素子が、少なくとも1つのバラクタダイオードを備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

1 つまたは複数の前記壁が、それぞれ表面インピーダンスを有する複数の副領域に分割される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

1 つまたは複数の前記壁が、セル構造を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記セル構造が、前記セル構造の対向する面に配置された金属層を備える交差構造を備える、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

前記セル構造が、相補的正方形ループ共振器を備える、請求項 7 に記載の装置。

10

【請求項 10】

前記筐体が、ファラデーケージを備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

1 つまたは複数の前記可変集中定数素子が、LC 共振回路を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】

1 つまたは複数の前記可変集中定数素子が、前記筐体内の電磁場を十分にランダム化するように調整可能である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 13】

1 つまたは複数の前記可変集中定数素子が、前記筐体内において複雑な電磁環境の電磁場分布を模擬するように調整可能である、請求項 1 に記載の装置。

20

【請求項 14】

1 つまたは複数の制御信号を生成する段階及び

1 つまたは複数の前記制御信号を 1 つまたは複数の可変集中定数素子に伝送する段階を備え、

1 つまたは複数の前記可変集中定数素子が、1 つまたは複数の前記制御信号に反応して、筐体内に、分極がランダムまたは疑似ランダムであるが強度が十分に均一である電磁場を発生させるように調整可能である、方法。

【請求項 15】

前記筐体内の 1 つまたは複数の壁の少なくとも一部の表面インピーダンスを入れ替えまたは影響を与えるように 1 つまたは複数の前記可変素子を調整する 1 つまたは複数の前記制御信号を伝送する段階をさらに備える、請求項 14 に記載の方法。

30

【請求項 16】

1 つまたは複数の前記壁の少なくとも 1 つが、可変移相壁を備える、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記筐体が、ファラデーケージを備える、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 18】

1 つまたは複数の制御信号を発生させ、

1 つまたは複数の前記制御信号の 1 つまたは複数の可変集中定数素子への伝送を開始する特殊用途の装置によって実行可能である機械可読命令を備える蓄積媒体を備え、

40

1 つまたは複数の前記可変集中定数素子が、1 つまたは複数の前記制御信号に反応して、筐体内に、分極がランダムまたは疑似ランダムであるが強度が十分に均一である電磁場を発生させるように調整可能である、製品。

【請求項 19】

前記機械可読命令が、前記筐体の 1 つまたは複数の壁の少なくとも一部の表面インピーダンスを入れ替えまたは影響を与えるように 1 つまたは複数の前記可変素子を調整する 1 つまたは複数の前記制御信号の伝送を開始する前記特殊用途の装置によってさらに実行可能である、請求項 18 に記載の製品。

【請求項 20】

50

1つまたは複数の前記壁の少なくとも1つが、可変移相壁を備える、請求項19に記載の製品。

【請求項21】

1つまたは複数の制御信号を発生させる電子デバイスとの特定の接続を利用するコンピュータに実装された方法であって、

1つまたは複数の前記制御信号を1つまたは複数の可変集中定数素子に伝送する段階、

1つまたは複数の前記可変集中定数素子において前記制御信号を受容し、1つまたは複数の前記制御信号に反応して前記素子にそのインピーダンスを変更させる段階及び

筐体内に、前記素子のインピーダンスに基づいて分極がランダムまたは疑似ランダムであるが強度が十分に均一である電磁場を発生させる段階を備える、コンピュータに実装された方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、参照によって本明細書に組み込まれた2011年1月18日に出願された米国仮出願61/433816号の優先権の利益を主張する。

【0002】

本発明は、残響室内の電子機器の電磁両立性／電磁干渉または耐性（EMC／EMI）試験を行うための均一な電場環境を発生させるために用いられる分極制御可能な電磁（EM）セルに関する。特に、本発明は、幅広い電磁周波数を提供できる一方、同時に従来技術よりも電気的エネルギーを必要としない制御可能な電磁セルに指向される。

20

【背景技術】

【0003】

残響室は、モード攪拌チャンバーとしても知られ、工学的研究分野に関連する電磁場（EM）において次第に興味深く見られている。いくつかの例として、携帯電話、ラップトップまたは携帯型メディアプレイヤーのようなある一般的な電子デバイスは、実際の使用状態においてマルチパス環境内に入った状態でありえ、例えば様々な電磁場からの干渉の結果、性能が悪化することがありうる。残響室は、人工的にチャンバー内にランダムなまたは疑似ランダムなEM場分布を発生させ、電子機器が遭遇しうる実際のマルチパス環境を模擬するものでありうる。そのため残響室は電磁両立性（EMC）測定または電磁耐性（EMI）評価に関して望ましいものとなりつつある。

30

【0004】

現在、横電磁（TEM）伝達ラインセルデバイスが、遮蔽された環境内に標準的なEM場を確立するために用いられる。TEMセルは、電磁関連工学においてますます研究の興味を増している。携帯電話、ラップトップ及び携帯型メディアプレイヤーのようないくつかの日常的に用いる電子機器は、実際の生活における電磁干渉環境にさらされる。残響室は、実際の世界の平面入射するEM波を模擬する均一な場の分布を発生させることができ、今日、電磁両立性（EMC）測定または電磁耐性（EMI）評価にとって次第に重要なものとなっている。

【0005】

従来のTEMセルにおいて、横断面における電場は、静的な場の分布に従い、中央導体上の電圧及び境界条件としてのグラウンドでラプラス方程式を解くことにより計算することが可能である。電子デバイスがEMC／EMI試験のためにTEMセル内に置かれるとき、固定された分極のEM波が、試験下のデバイス（DUT）に指向される。それでもなお、DUTのEMC／EMI特性全体を、固定された分極での試験において全体的に評価することはできない。DUTの方向を変えなければならず、DUTのEMC／EMI特性を完全に特性評価するために複数回の測定を繰り返さなければならない。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

50

【非特許文献1】Dr. John Pendry著、“Metamaterials in the Sunshine” (Nature Materials 5 559)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、現実の世界で一般に使用される電子機器に作用するEM波を模擬するセル内に均一な場を発生させることが可能であるTEMセルが必要とされる。さらには、EMC/EMI特性の完全な測定結果を得るためにDUTの方向を変化させる必要のない小型デバイスが必要とされる。

【課題を解決するための手段】

10

【0008】

本発明は、残響室の壁を構成する複数の可変電磁表面を用いることにより、電磁両立性または電磁耐性の試験のための等価的なランダムまたは疑似ランダムな場の環境を発生させるデバイスに指向される。可変表面のそれぞれの活性化を制御するために、本発明のデバイスは、波の伝搬方向を制御し、残響室内の分極を3次元で調整することができる。

【0009】

本発明はまた、EM場分極の動的な3次元(3D)操作を容易にし、小型残響室内に均一な場の分布を発生させる、改善された残響室に指向される。この改善された残響室は、チャンバーの可変表面の状態を入れ替えることによって、異なる分極の波の照射のためにDUTを回転させる必要なく、場の分極の精密な制御を可能とする。

20

【0010】

本発明の前述の及びその他の特徴は、以下の本発明の例示的な実施形態の詳細な説明及び図面からより容易に明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】シンガポールのナンヤン理工大学における従来技術の電磁効果研究所(EMERL)の残響室の画像である。

【図2】波数ベクトル平面における電磁モード分布のプロットである。

【図3】本発明の実施形態の概略図である。

【図4】本発明の素子の実施形態の一例の概略図である。

30

【図5】本発明の一部の実施形態の概略図である。

【図6】相補的な正方形ループ共振器によって実現するユニットセルの実施形態の一例の斜視図である。

【図7】本発明の素子の実施形態の例示的な斜視図である。

【図8】図7に示された実施形態の例示的な上面図である。

【図9】並列共振LC回路の実施形態の概略図である。

【図10】相補的な正方形ループ共振器ユニットセルの実施形態のS11散乱パラメータのシミュレーションされた位相の一部のチャートである。

【図11】電子的残響室の実施形態に関して周波数に対する電磁場強度の標準偏差を示すプロットである。

40

【図12】電子的残響室の実施形態に関して周波数に対する電磁場強度の標準偏差を示すプロットである。

【図13】本発明の実施形態の素子を詳細に示す概略図である。

【図14】本発明の実施形態の概略図の側面図である。

【図15】本発明の実施形態及びその相互に関連する構成要素を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

概要及び導入として、本発明は、EM場分極の動的な3次元(3D)操作を容易にし、その試験領域内に均一な場の分布を発生させる改善されたEMセルを提供する方法及び装置に関する。本発明はさらに、再構成可能なスロットラインを用いてスロットラインモー

50

ドの伝搬方向を制御しEM場の3D分極制御を可能とする方法及び装置に指向される。

【0013】

発明の詳細な説明のいくつかの部分は、特定の装置または特殊用途の計算装置またはプラットフォームのメモリ内に蓄積された2進デジタル信号上での動作のアルゴリズムまたはシンボリックな表現の用語で表される。この具体的な明細書の文脈において、その特定の装置との用語またはその類似のものは、汎用コンピュータまたはその他の計算装置を含み、プログラムソフトウェアからの命令に従う特定の機能を実施するようにプログラムされる。アルゴリズム的な記載またはシンボリックな表現は信号処理または関連する技術分野の当業者によって、その仕事の実態を他の当業者へ運ぶために用いられる技術の例である。アルゴリズムは本明細書では、また一般的には、ある所望の結果を導く自己矛盾のない操作の順序または類似の信号処理段階であると考えられる。この文中において、操作または処理は、物理的な量を物理的に操作することを伴う。典型的には、しかし必要でないが、物理的な量は蓄積され、移送され、結合され、比較されまたは操作されることができ電氣的または磁氣的信号の形態をとるものであってよい。

10

【0014】

原理的に一般的な使用の理由のため、ビット、データ、値、要素、シンボル、文字、用語、数、数表示または類似の信号を参照することが時に便利であると証明されている。しかしながら、これら全てまたは類似の用語が、適切な物理量に関連すべきであり、単なる便利な指標に過ぎないことを理解すべきである。以下の議論で明らかになるように、具体的にその他の言及がなされなければ、一貫して「処理する」、「演算する」、「計算する」、「決定する」またはその類似のような用語を利用する本明細書の議論は、特殊用途のコンピュータまたは類似の特殊用途の電子計算機のような具体的な装置の動作または処理を指すことは了解される。従って、本明細書の文中において、特殊用途のコンピュータまたは類似の特殊用途の電子計算機は、典型的には特殊用途のコンピュータまたは類似の特殊用途の電子計算機のメモリ、レジスタまたはその他の情報蓄積デバイス、伝達デバイスまたはディスプレイデバイス内における物理的な電氣的または磁氣的量で表される信号を操作しまたは伝送することが可能である。例えば、特定の計算装置は、1つまたは複数の特定の機能を実行する命令でプログラムされた1つまたは複数のプロセッサを備えるものであってもよい。

20

【0015】

残響室は、金属の壁によって閉鎖された電磁遮蔽キャビティを備えるものであってもよく、大きなものでありうる。残響室は、遮蔽筐体内に存在しうる多くの電磁モードを攪拌しまたはランダム化して、電磁干渉のホストが可能であるような環境内における実際の使用を模擬するものでありうる。従って、様々な電磁モードを可能にするキャビティであることが望ましいものでありうる。電磁モードは、例えば回転するパドルやファンのような、遮蔽キャビティ内で動作する金属製の攪拌機によって効率的に攪拌されまたはランダム化されるものでありうる。1つまたは複数の攪拌機が、例えば電磁境界条件に影響を与えまたは変化させることができるように、大きさが考慮されるものであってもよい。場の均一性又は場のランダムさのような、EMCまたはEMIのための試験環境または測定環境が、残響室内に作られるものであってもよい。

30

40

【0016】

図1（従来技術）に見られるように、従来のEMERL残響室100のチャンバーは、大きなものでありうる。実際に、図1に示されたもののような、部屋の大きさのEMERL残響室100は、導電性材料からなる6枚の壁で電磁遮蔽筐体を形成する。この例の動作原理は、残響室内に存在する様々な電磁モード（この例においては少なくとも60モード）を機械的に攪拌することである。従って、EMERL残響室100のような従来の残響室は、様々なモードを発生させることができるように、比較的大きなものでありうる。残響室内の電磁モードは、金属製の攪拌機によって機械的に攪拌され、様々なモードがランダムなまたは疑似ランダムな状態になるものでありうる。攪拌機（図1の水平パドル105及び垂直パドル110として示される）もまた、チャンバーのキャビティ

50

または筐体の電磁境界条件に影響を与えまたは変化させることができるような大きさで構成されうる。

【0017】

動作する残響室は、残響室内の電磁場または電場が空間的に近似的に均一であり近似的にランダムまたは疑似ランダムに分極された電磁バックグラウンドを発生させることができるものでありうる。本明細書では、「電磁場」及び「電場」という用語は、この明細書を通して同義的に用いられることに注意する。試験下の電子的デバイス(DUT)は、等方性的に、例えば近似的にまたは略等価的に様々な方向から照射されることが望ましい。動作源がEMERL残響室100のような従来の残響室に加えられると、電磁モードの数は増大しうる。摂動構造(例えば、攪拌機)が動き、回転すると、所定の電磁モードの固有周波数は連続的にシフトして、モードの場の分布に変化が発生することになりうる。

10

【0018】

図2は、本発明の実施形態に関連して発生しうるような波数ベクトル平面内の電磁モード分布200のプロットである。摂動構造(攪拌機)の回転または移動は、電磁モード分布200に見られるように、固有モードのシフトを発生させうる。シフトの量は、攪拌機の規模に関連して増大しうる。従って、従来は、十分なシフトとなるように、攪拌機は十分な大きさを有する従来技術の残響室に用いられる。励起した電磁モードの強度は、固有モード周波数のシフトによって調整されうる。従って、ランダムなまたは疑似ランダムな変動が発生し、残響室内に平均的な均一な場の分布を提供しうる。従来の残響室に関して、より低い動作周波数は、例えば、より長い波長であることを示し、そのためより大きな筐体または攪拌機となることを示しうる。

20

【0019】

残響室はまた、少なくとも近似的に光線のような電磁波を取り扱うものとして理解されうる。従って、どのような観察位置においても電磁場は複雑なマルチパス環境内で発生した光線の重畳の結果でありうる。そのため、電磁モード攪拌機の導入は、効率的に光線の経路をランダム化しうる。

【0020】

本明細書に記載されたデバイスの1つの実施形態は、移相壁を利用するものでありえ、可変集中定数素子の変化が、移相壁の副領域の表面インピーダンスを入れ替えまたは影響を与えるように用いられる。そのため、壁からの反射波の移相は、効率的に $-\pi$ から $+\pi$ へ入れ替えられる。従って移相壁の使用は、類似の性能を有する従来の残響室と比較してより小さな規模の残響室の構成を可能にする。

30

【0021】

図示されたデバイスの1つまたは複数の実装例または実施形態に従えば、相対的に規模の小さい残響室が形成され、この残響室はそれにもかかわらず、電子機器の電磁両立性(EMC)または電磁耐性(EMI)試験のために従来の残響室から発生されうるのと等価なランダムまたは疑似ランダムな場の環境を発生させうる。例えば、1つまたは複数の実装例または実施形態に従えば、可変電磁表面が用いられて閉鎖された領域内に電磁場に関する電磁境界条件を発生させまたは生成する壁を作成する。

【0022】

従来は、導電性平板が残響室の壁を構築するために用いられる。しかしながら、特定の实装例に従えば、例えば、電子的残響室は、その代わりに可変移相器を利用しうる特許請求される対象に従って提供される。特許請求される対象はこの点における範囲に限定されないが、ある実施形態に関して、例えば、大きさまたは規模は類似の性能のために従来利用されるものよりも小さいものでありえ、機械的に移動する攪拌機以外の技術が、後述のように適用されうる。

40

【0023】

図3に示されるように、可変移相壁300が、本発明の素子として提供される。可変移相壁300は、いくつかの副領域に分割され、特定の表面インピーダンス Z_i ($i = 1, 2, 3 \dots$)を割り当てられうる。そのため、可変移相壁300の副領域に作用した

50

は入射する電磁波は、以下により詳細に述べるように、特定の移相（数式1）で反射される。表面インピーダンス Z_i は、外部システムによって効率的に調整されて、反射移相（数式2）が例えば時間依存し、 $(-\pi, \pi)$ の範囲で変化する。しかしながら、もちろん、特許請求される対象はこの点における範囲に限定されない。これは単に1つの例示的な実施形態にすぎない。

【0024】

【数1】

$$\varphi_i$$

10

【0025】

【数2】

$$\varphi_i(t)$$

【0026】

記載されるデバイスの特定の実施形態において、調整する表面インピーダンスは変化可能なものでありうる。しかしながら、単純化の目的のために、例示される実施形態のデバイスは、様々な副領域に渡って一定の表面インピーダンスを維持し、または特定のパターンに従って副領域の表面インピーダンスを調整する。代替的な実施形態に従えば、デバイスは、表面インピーダンスを特定の副領域に関して、 $-\pi$ から $+\pi$ のみを備える移相（数式3）に関して取りうる値で、独立に調整する。そのため、調整の様々な手法が、ランダムまたは疑似ランダムな場の分布を発生させる潜在的な候補を提供しうる。しかしながら、いくつかの調整手法は、より複雑な調整手法と比較してより自由度が少ないものでありうる。それにもかかわらず、例示されたデバイスの、より単純な調整機能が、実装例またはトラブルシューティングに関して満足できる結果を提供できる一方で、より複雑さまたはコストを減ずることができることに注意すべきである。同様に、記載されるシステムの使用または維持は、既存の従来技術におけるものよりも複雑さまたは高価さが減じられる。

20

【0027】

【数3】

$$\varphi_i(t)$$

30

【0028】

少なくとも1つの実施形態における可変表面は、一般に分布定数素子または集中定数素子を介して形成される。特定の実施形態において、移相副領域の物理的な実現性は、ユニットセルを形成するメタマテリアルを用いることによって少なくとも部分的に実装される。この文中において、「メタマテリアル」という用語は、自然界には一般に発見されない特性を有するように生成された構造を指す。例えば、電磁メタマテリアルは、自然に発生する材料には見つからない電磁特性を有する材料または構造を指し、例えば、非特許文献1に議論されている。

40

【0029】

図4は、本デバイスの実施形態の一例を図示しており、ユニットセル400はメタマテリアル型の原理に従って形成されている。この実施形態において、特定の交差構造が用いられて、自然には発生しない電磁特性を発生させまたは提供する。図示された実施形態において、遮蔽筐体はファラデーケージに従って実現され、ユニットセル400は金属材料405の交差構造に従って形成される。この実施形態において、交差構造メタマテリアル405は、他の表面410（後述する）の上に位置する。さらに、図示される実施形態において、可変移相壁の副領域は、特定の調整パターンを適用する副領域内に複数のユニッ

50

トセルによって形成されうる。

【0030】

図5は、例えば電子的残響室の実施形態500の概略図であるが、当然特許請求される対象は、この特定の実施形態の範囲に限定されない。図5において、電子的残響室の実施形態500は、少なくとも部分的に図4で示されたようなユニットセル構造400と結合したファラデーケージの適用に基づく。

【0031】

図5に示されるように、本発明の電子的残響室デバイス500は、ワイヤーメッシュのファラデーケージを含む。電子的残響室500は、この実施形態においては、特定の波長のマイクロ波をチャンバー内に効率的に維持し、外部環境に逃さない電子レンジの前面の金属メッシュスクリーン窓と同様に機能することができる。この特定の実施形態において、特定の周波数範囲の電磁エネルギーは、ワイヤーメッシュケージ内に捕獲される。しかしながら、メッシュワイヤーが十分厚く穴が放射波長よりも十分小さければ、ワイヤーメッシュ構造はまた、電子的残響室の実施形態500の内部を外部の電磁放射から効率的に遮蔽しうる。さらには、ワイヤーメッシュは、バラクタダイオードのような、電子的に調整されうる集中定数素子を含み得る。様々な可変集中定数素子は、ワイヤーメッシュの表面インピーダンスを入れ替えまたは影響を与え、それによってワイヤーメッシュからの反射波の位相を入れ替えまたは影響を与えうる。具体的な実施形態において、ワイヤーメッシュは可変集中定数素子と共に結合して、反射移相器として働く。この実施形態において、移相器が効率的に働き、反射波に与えられる移相の量が変化する場合、ランダムまたは疑似ランダムな電磁場がワイヤーメッシュケージ内で発生する。

【0032】

図6は、相補的な正方形ループ共振器によって実現されるユニットセルの例示的な実施形態600を図示する。図4及び6は共に類似した実施形態のわずかに変化したものを示しており、金属材料(405、605)は誘電体、ポリマーまたはその他の絶縁材料のような他の材料410及び610上に配置されまたは形成されている。図示された実施形態において、金属の層もまた材料410及び610の反対側に位置する。そのため、材料410及び610は2つの金属層の間にサンドイッチされたものでありうる。図示されたデバイスの実施形態によって、図示された構造が、印刷回路基板(PCB)技術を用いることによって実現可能となる。図4に示されるような金属の交差部は、より詳細に後述するように可変集中定数素子415を含みうる。同様に、図6に図示されるように、可変集中定数素子615は、正方形のループの間隙上に位置しうる。

【0033】

本デバイスの素子の1つの構成例において、バラクタダイオードが、可変集中定数素子415及び615として利用される。バラクタダイオードの静電容量は一般にバラクタダイオードの端子間に印加される電圧の関数である。可変移相壁の副領域の反射位相(数式4)は、例えば、後述するように、バラクタダイオードの静電容量を変化させることによって調整されうる。

【0034】

【数4】

$$\phi_i(t)$$

【0035】

ランダムなまたは疑似ランダムな電磁場分布の発生に加えて前述のように、図示された実施形態はまた特定の複雑な電磁場分布環境を特許請求される対象に従う電子的残響室の実施形態で模擬するように構成されうる。

【0036】

移相壁が特定の構成において損失が多くなるように作られている場合、特定の周波数範囲内の入射波を吸収しうる。しかしながら、いくつかの電子デバイスは典型的には実際に

は単一のまたは狭い周波数の組み合わせで働く。そのため、電磁波吸収周波数範囲は1つまたは複数の実装例または実施形態に関して柔軟に調整されうる。そのため、本発明の電子的残響室の実施形態は、残響室としての動作に加えて無響室（すなわち、電磁波の反射を停止させるように設計されたチャンバー）として単一周波数の試験または測定を実施するように構成されることが可能である。このことは、1つまたは複数の実施形態に関して多機能性チャンバーの可能性を提供する。

【0037】

上で示唆したように、残響室を備える実施形態は図5に図示されている。例えば、メタマテリアル型の表面（ワイヤーマッシュのファラデーケージなど）は、残響室を構築するために利用されうる。さらには、線形または非線形集中定数素子（例えば、バラクタダイオードのような分布定数素子または集中定数素子のいずれか）が表面に実装され、残響室の表面インピーダンスを可変として内部の電磁場を制御しうる。電気的に操作される人工表面境界条件もまた、ランダムまたは疑似ランダムな電磁場をチャンバー内部に生成するために利用されうる。同様に、示唆したように、複雑な電磁環境の電磁場分布もまた、残響室内で模擬されうる。特定の電気的な条件下で（例えば、バラクタダイオードに逆バイアスが印加されて）、類似の構造または構成が無響室としても働く。

【0038】

例として、図5の電子的残響室500は、図3に示される移相壁300がチャンバー内に組み込まれるように構成される。そのような壁の中のユニットセルは、例えば図4のユニットセル400のような交差構造を有して形成されうる。ワイヤーマッシュは図4に関連して上述したようなサンドイッチ構造を形成する層を有するバラクタダイオードを含み得る。同様に、電圧は、バラクタダイオードにかけられまたは印加されうる。

【0039】

図7及び8は、印刷回路基板715上にバラクタダイオード710を有するワイヤーマッシュ705を備える移相壁の実施形態700の、それぞれ斜視図及び上面図を示す。本発明の特定の実施形態において、移相壁700上に入射する電磁波は、ワイヤーマッシュ705内を流れる電流を誘導する。この時電荷はワイヤーマッシュ705、バラクタダイオード710を通過し、印刷回路基板715の底部に位置する金属板を介して経路を回って流れる。バラクタダイオードは、一般にその端子に印加された電圧の関数でありうる可変静電容量を有しうる。いくつかの実装例においては、もちろん、バラクタダイオード710以外の可変集中定数素子が、例えば後述するように用いられてもよい。

【0040】

図9は、並列共振LC回路900を組み込んだ本発明の素子を図示する。移相壁のユニットセルの大きさが作動波長よりも十分に小さい場合には、並列共振LC回路900は、移相器を近似するように用いられうる。所定の実施形態において、1cmの大きさのユニットセルが移相器を近似するものである場合、10cmまたはそれ以上の波長がそれとともに用いられうる。例えば、表面インピーダンスZが移相壁の表面に関して実現され、位相壁は等価集中定数インピーダンス値を有する。

【0041】

反射位相がインピーダンスの関数（数式5）でありうる。ここで、Zは数式6、 η は数式7であり、移相壁内のバラクタダイオードの静電容量を調整することによって、反射位相（数式5）を作ることができうる。移相壁によって発生する模擬された振動の強度が作動波長に相当する場合または作動波長の程度である場合、壁の1つが正弦振動を模擬しその他は静的な状態を保つ長方形金属キャビティもまた、ほぼ均一な電磁場分布を残響デバイス内に達成することが可能でありうる。

【0042】

10

20

30

40

【数 5】

$$\varphi = \text{Im} \left\{ \ln \left(\frac{Z - \eta}{Z + \eta} \right) \right\}$$

【0043】

【数 6】

$$Z = \frac{j\omega L}{1 - \omega^2 LC}$$

10

【0044】

【数 7】

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$$

20

【0045】

本デバイスの1つの所定の実施形態は、模擬された振動壁を効果的な移相器として実装することが可能であり、これはその位置に静止しているが異なる瞬間に異なる反射位相を供給する。結果的に、本デバイスは、残響デバイス内の電磁波のキャリア周波数よりもずっと低いものでありうる移相壁の模擬された機械的振動周波数を提供し、その結果、いくつかの観測点において電場の遅い可変エンベロープとなる。しかしながら、模擬された壁の振動の強度が作動波長よりも短くない場合を再び仮定すると、エンベロープは、少なくとも部分的には異なる瞬間の異なる反射位相のためにランダム状を呈しうる。振動がより強くなると、場はよりカオス状又はランダム状を呈しうる。例えば、入射波及び反射波の両方が固定された位置を有する場合、移相壁によってより長い伝搬経路が電磁波に導入されると、より大きな移相となりうる。

30

【0046】

結果として、電子的残響室の大きさが作動波長と同等であったとしても、本デバイスの実施形態が可変集中定数素子を採用することによって比較的大きな移相を発生させる電子的残響室を提供することができる。従って、従来の残響室よりも小さな規模を有する電子的残響室の実施形態が作成されうる。

【0047】

図10は、図6に示されるような相補的正方形ループ共振器の実施形態のS11散乱パラメータの位相位置に関するシミュレーションされた信号値のチャート1000を示す。チャート1000に示されるように、1.25GHzから2GHzまでの周波数範囲で、0.6pFから2.6pFまで移相壁のバラクタダイオードの静電容量を調整することにより、反射位相は少なくとも近似的に-180度から+180度まで調整されうる。有限差分時間領域(FDTD)法が、国際電気標準会議(IEC)標準に従うように、図3から8に従う設計が十分均一であるか否かを評価するために用いられうる。

40

【0048】

残響室内におけるEMC試験は、独立な副試験を備えうる。副試験は異なる電磁環境で実施されうる。従来の残響室においては、条件は金属攪拌機またはパドルを数度回転させるなど可動部の位置を変更しまたは調整することによって実現されうる。そのため、1回

50

の副試験に関していくつかの観測点で記録された電磁場強度や分極のような情報を含む1つの測定サンプルが得られうる。副試験の実施後、測定結果はサンプル全体に渡って平均され、統計的な電磁分析が行われ、このことは複雑な時間変化する境界条件を有する電磁問題に関して便利でありうる。

【0049】

均一性は、残響室の特性の測定または指標として用いられうる。残響室内の8つの点が、長方形の作動体積を形成するために選択され、これはまた「均一場の体積」とも呼ばれうる。8つの頂点 ($i = 1, 2, \dots, 8$) は、観測点として選択されうる。いくつかの場合、電磁場が頂点の観測点に渡って比較的均一であるならば、作動体積内に発生した電磁場はほぼ十分に均一でありうることを示唆する。

10

【0050】

N 個のサンプルが、 $\theta_j = \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N$ として攪拌機の回転の間で示される。回転の間の観測点 (x_i, y_i, z_i) において単一軸の電場成分 (数式8) の極端な値は数式9で表される。電場成分の標準偏差は数式10として計算されうる。

【0051】

【数8】

$$\tilde{E}_{\zeta,i} \quad \text{ここで } \zeta = x, y, z$$

20

【0052】

【数9】

$$\tilde{E}_{\zeta,i} = \max_{\theta_j = \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N} |E_{\zeta}(x_i, y_i, z_i)|_{\theta_j}$$

【0053】

【数10】

$$\sigma_{\zeta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 \tilde{E}_{\zeta,i} - \langle \tilde{E}_{\zeta} \rangle}{8-1}} \quad \text{ここで } \langle \tilde{E}_{\zeta} \rangle = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \tilde{E}_{\zeta,i}$$

30

【0054】

デシベル表記が、より便利な表現 (数式11) を得るために用いられうる。デシベル表記はまた、強度 (数式12) にも適用されうる。

【0055】

【数11】

$$\tilde{\sigma}_{\zeta} = 20 \log_{10} \frac{\sigma_{\zeta} + \langle \tilde{E}_{\zeta} \rangle}{\langle \tilde{E}_{\zeta} \rangle}$$

40

【0056】

【数 1 2】

$$\left| E(x_i, y_i, z_i) \right|_{\theta_j} = \sqrt{\left| E_x \right|^2 + \left| E_y \right|^2 + \left| E_z \right|^2} \Big|_{\theta_j}^{(x_i, y_i, z_i)}$$

【0057】

許容可能なモード攪拌に関して、周波数に対してプロットされた標準偏差（数式 1 3）は、例えば、IEC 標準に準拠する許容水準以下であるべきである。換言すれば、残響室の作動周波数が 80 MHz から 100 MHz の範囲の場合、標準偏差（数式 1 3）は 4 dB よりも小さいものであるべきである。作動周波数が 100 MHz から 400 MHz に達する場合、標準偏差（数式 1 3）は 4 dB から 3 dB まで線形的に減少すべきである。作動周波数が 400 MHz を超える場合、標準偏差（数式 1 3）は 3 dB よりも小さいものであるべきである。これらのパラメータの範囲内で、残響室における場の分布は十分均一であると考えられる。

10

【0058】

【数 1 3】

$$\tilde{\sigma}_s$$

20

【0059】

図 5 に示されるように、残響室の実施形態 500 は、集中定数電流密度の項をアンペールの法則の公式における伝導電流及び変位電流に加えることにより、集中定数素子を構成する拡張 FDTD 法によってシミュレーションされる。例えば、ある実装例において、シミュレーションされた電子的残響室の x、y、z 軸に沿った大きさは、52 cm、60 cm 及び 68 cm でありうる。28 × 32 × 36 の FDTD ユニットグリッドの計算空間及びユニットグリッドが一辺 2 cm の長さを有する立方体であると仮定する。提案された残響室シミュレーションは、26 × 30 × 34 グリッドを占有しうる。8 つの観測点によって決定される長方形の作動体積は、16 × 20 × 24 グリッドを占有しうる。残響室及び作動体積は、FDTD 座標系において位置（14、16、18）に位置する一致する中心を有しうる。デルタパルス源がシミュレーションの開始部分内の位置（5、5、5）における場の成分 E_x 、 E_y 、 E_z に加えられる。

30

【0060】

残響室は遮蔽構造を備えるので、X 軸に対して垂直な 2 つのチャンバー面の 1 つが移相平面で置き換えられ、導電体境界条件が残りの 5 つのチャンバー面に設定される。後述するように、移相平面上のバラクタダイオードは、設計及び動作において簡略さのために類似した時間変化するパターンに従いうる。例えば、このシミュレーションにおいて、62 の数値的な副試験が実施されて 62 のサンプルを生成しうる。特定の副試験において固定された静電容量がバラクタダイオードに印加されるが、62 の副試験の静電容量は互いに異なるものでありうる。従って、62 の静電容量値に対応する 62 の繰り返しのないサンプルが得られ、これらは従来の残響室において 62 の異なる攪拌機の位置が採用されるのと類似している。このシミュレーションのサンプルにおいて、アプリケーションプログラムは 65536 回の FDTD 時間ステップを走らせて安定性を達成し、高速フーリエ変換が適用されて周波数領域信号値情報を得うる。

40

【0061】

移相壁が残響室に追加されてバラクタダイオードが反復の間慎重に印加された DC 電圧を有する場合、作動体積内の実質的にまたは十分に均一な場の分布が得られる。上述のシミュレーションにおいて、62 のシミュレーションサンプルが得られた。

【0062】

図 11 は、特許請求される対象に従う電子的残響室の実施形態に関して周波数に対する

50

各電場成分の標準偏差のプロット1100である。図12は、特許請求される対象に従う電子的残響室の実施形態に関して周波数に対する電場強度の標準偏差のプロット1200である。

【0063】

プロット1100及び1200に示されるように、十分な均一性が得られ、IEC標準がほとんどの場合に達成される。換言すれば、特許請求される対象に従う残響室の実施形態は、相対的に広いバンド幅に関して良好に働く。シミュレーションの結果は、十分に均一な場の分布が、単純なパターンを用いて移相壁のバラクタダイオードを調整することにより実現されうることを示唆している。

【0064】

いくつかのシミュレーションで好適となりうるような大きな作動体積を得るために、可変集中定数素子のバイアス電圧はチュア回路におけるキャパシタ電圧からサンプリングされうる。そのため、バラクタダイオードの変化するパターンは、残響室内でより大きな量の疑似ランダムさを呈しうる。同様に、バラクタダイオードが同じパターンで振る舞う必要はない。異なる静電容量が平面上の異なるバラクタダイオードに印加されうる。印加において、例えば残響室が共振周波数よりも低い副波長効果を有しうるため、望まれるなら6つの移相平面が筐体を形成するために用いられうる。

【0065】

図13は、アドレス可能な移相壁システム1300の実施形態を図示する。アドレス可能な移相壁システム1300は、移相表面1305、誘電体スペーサー（背面にグラウンド）1310、アドレス可能なネットワーク1315及びマイクロコントローラ1325によって実行されてDCバイアスに影響を与えるソフトウェアまたはプログラミング命令1320を備えうる。アドレス可能な移相壁システム1300はまた、電磁場特性をモニターするメーター1330を含み得る。移相表面1305の局所的な位相特性は、図6に示されるもののような個々の相補的正方形ループ共振器ユニットセルの操作によって達成されうる。この構造を採用する実施形態は、図7及び8に示されるワイヤーネット構造に対応する性能を達成する。図示された素子の代替的な構成において、個々の相補的正方形ループ共振器ユニットセルが製造され用いられる。

【0066】

図13に示されるように、アドレス可能な移相壁システム1300の最上層は、いくつかの正方形ループ開口を組み込み、これらは最大4つのバラクタダイオードを含んで相対的により大きな調整範囲が達成されうる。構造は入射波が水平に偏光しているか垂直に偏光しているかに関わらず、かなり良好に機能しうる。好適なバラクタダイオードの例は、スカイワーク（登録商標）の製品SMV1405を含む。最上層の金属部は例えば銅またはアルミニウムを備えうる。誘電体スペーサー1310（例えば、FR-4 PCB積層体など）は、最上層の真下にいくつかの穴を含み、その背面に銅のグラウンドを含みうる。FR-4 PCB積層体は、印刷回路基板として一般に用いられるベース材料を指す。略称「FR」は「Flame Retardant、難燃性」を意味し、種類の「4」は編み上げられたガラス強化エポキシ樹脂を意味する。制御ボード上の他の層が、アドレス可能なネットワークまたは回路1315を備えうる。制御ボード上に、ユニットセルのバラクタダイオードに印加されるDCバイアスを操作するように設計されうるいくつかのマイクロコントローラ1325が含まれうる。

【0067】

図14は、アドレス可能な移相壁1400の実施形態の側面図を示している。図14は、穴が底面から上面へあけられてバラクタダイオードが個別にバイアスされ得ることを示している。

【0068】

図13に示されるマイクロコントローラ1325は、デジタルポテンシオメータ、オペアンプ及びアンプ出力バイアスを導入される高周波電流から分離しうるいくつかの表面実装型抵抗を備えうる。信号は、ソフトウェア1320に従って発生され、個々のポテンシ

10

20

30

40

50

ョメータに印加されうる。ポテンショメータの出力範囲は、典型的にはSMV1405バラクタダイオードの全静電容量調整範囲にアクセスできるほど十分に広くはないものでありうる。そのため、オペアンプを利用してオペアンプの出力信号をバラクタダイオードに印加される逆バイアスとして利用しうる。

【0069】

図15は、残響室1510内の電磁場を制御するためのコンピュータ1505を備える実施形態1500のブロック図である。コンピュータ1505は、メモリ1515、コントローラ1520、出力デバイス1525及び入力デバイス1530のようないくつかの素子を含み得る。メモリ1515は、コントローラ1520によって実行可能な機械可読な命令を蓄積しうる。コントローラ1520は、1つまたは複数の制御信号を発生させて残響室1510内の電場を制御しうる。入力デバイス1530は、例えば、コンピュータマウス、スタイラス、トラックボール、キーボードまたは使用者もしくはその他のデバイスからの入力を受け付けることが可能なその他のようなデバイスも含みうる。出力デバイス1525は、コントローラ1520によって発生した1つまたは複数の制御信号を、残響室1510の移相表面1535に伝送しうる。

10

【0070】

移相表面1535は、1つまたは複数の制御信号に反応して調整可能である1つまたは複数の可変集中定数素子を備えうる。可変集中定数素子は調整可能であって、筐体内に、分極がランダムまたは疑似ランダムであるが強度が十分に均一である電磁場を発生させうる。1つまたは複数の実施形態において、残響室は、1つまたは複数の壁を有する筐体を備え、移相表面1535は1つまたは複数の壁の少なくとも1つの上に配置されうる。

20

【0071】

残響室の実施形態は、6つの移相壁を含みうる。残響室内には、多くのユニットセルが存在しうる。残響室の作動状態を良好に保つために、単純だが堅牢な診断回路がマイクロコントローラに付加されうる。作動状態は、小さな表示灯によって示されうる。バラクタダイオードのようなチップまたは非線形集中定数部が損傷した場合、対応する表示灯が点灯しうる。試験メーターもまた、診断サブシステムが故障した場合には、時々集中定数素子をチェックするために利用されうる。本発明はまた、記載された装置を用いて電子機器のEMC/EMI試験のための均一な電場環境を発生、維持及び変調する機能を実行し達成するための方法も組み込む。そのような方法は、1つまたは複数の制御信号が信号生成器によって生成される生成段階を伴うが、それに限定されることはない。1つまたは複数の制御信号を1つまたは複数の可変集中定数素子に伝送する伝送段階もまた提供され、1つまたは複数の可変集中定数素子が、筐体内で分極がランダムまたは疑似ランダム状であるが、強度が十分に均一である電磁場を生成する1つまたは複数の制御信号に反応して可変である。本方法はまた、任意選択の第2の伝送段階も含み、1つまたは複数の可変素子を調整して筐体の1つまたは複数の壁の少なくとも一部の表面インピーダンスを入れ替えまたは影響を与える1つまたは複数の制御素子の伝送が実行される。

30

【0072】

上述の処理機能は、コンピュータが実行可能なコードの1つまたは複数のモジュールを用いる適切に構成されたコンピュータシステムによって実行される一連のプログラムされた段階として動作可能である。例えば、一組のソフトウェアモジュールは、互いに協調してプロセッサを構成し、実行時に前述の機能を制御するように設計された様々なモジュールの正確な制御を提供するように構成可能である。

40

【0073】

前述のように、残響室の実施形態は、電子機器またはデバイスのEMC/EMI試験のためのランダムまたは疑似ランダムな電磁場環境を発生させるのに用いられうる。特許請求される対象に従う残響室の実施形態は、従来手法に対して利点を有しうる。例えば、大きさは小さくなり、機械的な構造（例えば金属のパドルやファンのような攪拌機）は必要でなくなりうる。さらに、1つの実施形態は、特定の領域において内部電磁場を発生させるために可変電磁表面を使用しうる。可変表面は、線形及び非線形電子素子（例えば

50

、分布定数素子及び集中定数素子)を用いて発生されうる。

【0074】

記載された方法及び装置の1つまたは複数の実装例に従えば、メタマテリアル型可変移相壁は、調整電圧が対応する可変集中定数素子(例えば、バラクタダイオードなど)に印加される調整段階を行うことにより、壁の副領域の表面インピーダンスを発生させる。そのため、副領域は、比較的大きなバンド幅で、 -180 度から $+180$ 度の範囲で位相調整を有する反射電磁波を発生させる。残響室の実施形態は、例えば、比較的複雑な時間変化するインピーダンス境界条件を電磁場に供給してランダムまたは疑似ランダムな電磁場分布とし、実際のマルチパス環境を模擬する。

【0075】

本明細書に記載された方法は、特定の特徴または例に従って所望の応用例に少なくとも部分的に依存する様々な手法によって実装されうる。例えば、手順はハードウェア、ファームウェア、ソフトウェアまたはそれらのどのような組み合わせにも実装されうる。しかしながら、特許請求される対象はそれ自体ソフトウェアをカバーすることを意図するものではない。ハードウェアの実装において、例えば、処理ユニットは1つまたは複数の応用特定集積回路(ASIC)、デジタル信号プロセッサ(DSP)、デジタル信号処理デバイス(DSPD)、プログラマブルロジックデバイス(PLD)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、電子デバイス、または本明細書に記載されたような機能を実行するように設計されたその他のデバイスユニット、またはそれらのいずれかの組み合わせで実装されうる。

【0076】

同様に、いくつかの実施形態において、本方法は本明細書に記載された機能を実行するためのモジュール(例えば、手順、関数など)またはそれらのいずれかの組み合わせで実装されうる。例えば命令を有形具現するどのような機械的可読媒体も用いられうる。ある実施形態において例えば、ソフトウェアまたはコードは、メモリ内に蓄積され、処理ユニットによって実行されうる。メモリは、処理ユニット内または処理ユニットの外部に実装されうる。本明細書で用いられるように、「メモリ」という用語は、長期間、短期間、揮発性、不揮発性、またはその他のメモリのどのような種類も指し示し、いかなる特定の種類のメモリ、メモリの数、メモリを生成するのに用いられる媒体の種類にも限定されるものではない。

【0077】

同様に、蓄積媒体は、製造品の形態をとりうる。蓄積媒体は、コンピュータ、計算プラットフォーム、計算デバイスまたは類似のものによってアクセスされうるどのような利用可能な媒体を備えてもよい。例として、しかし限定的ではなく、コンピュータ可読媒体または機械可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMもしくはその他の光学ディスク蓄積デバイス、磁気ディスク蓄積デバイスもしくはその他の磁気蓄積デバイス、またはコンピュータ、計算プラットフォームまたは計算デバイスによってアクセスされうる命令または信号サンプル値の形態の所望のプログラムコードを運びまたは蓄積するために用いられうるそのどのような媒体も備えうる。

【0078】

例示的な特徴として現在考えられるものが例示され記載されたが、当業者であれば特許請求される対象から逸脱することなくその他さまざまな改良がなされ、等価物が代用されうることは理解するであろう。さらに、本明細書に記載された概念から逸脱することなく、特許請求される対象の教示に特定の状況を適合させるために様々な改良がなされうる。従って、特許請求される対象は開示された特定の例に限定されるのではなく、そのような特許請求される対象は、添付された特許請求の範囲またはその等価物の範囲に含まれるすべての態様も含みうることを意図される。

【符号の説明】

【0079】

10

20

30

40

50

1 0 0	残響室	
1 0 5	水平パドル	
1 1 0	垂直パドル	
2 0 0	電磁モード分布	
3 0 0	可変移相壁	
4 0 0	ユニットセル	
4 0 5、6 0 5	金属材料	
4 1 0	表面	
4 1 5、6 1 5	可変集中定数素子	
5 0 0	電子的残響室	10
7 0 0	移相壁	
7 0 5	ワイヤーメッシュ	
7 1 0	バラクタダイオード	
7 1 5	印刷回路基板	
9 0 0	回路	
1 0 0 0	チャート	
1 3 0 0	移相壁システム	
1 3 0 5	移相表面	
1 3 1 0	誘電体スペーサー	
1 3 1 5	回路	20
1 3 2 0	プログラミング命令	
1 3 2 5	マイクロコントローラ	
1 3 3 0	メーター	
1 4 0 0	移相壁	
1 5 0 5	コンピュータ	
1 5 1 0	残響室	
1 5 1 5	メモリ	
1 5 2 0	コントローラ	
1 5 2 5	出力デバイス	
1 5 3 0	入力デバイス	30
1 5 3 5	移相表面	

【図 2】

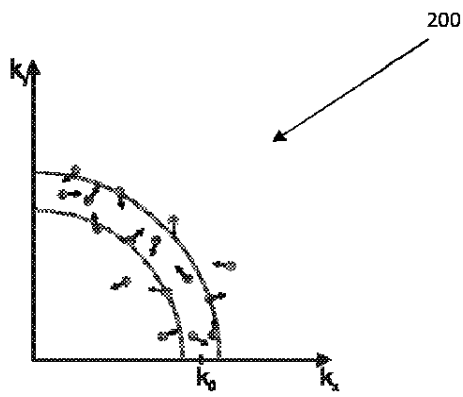


FIG. 2

【図 4】

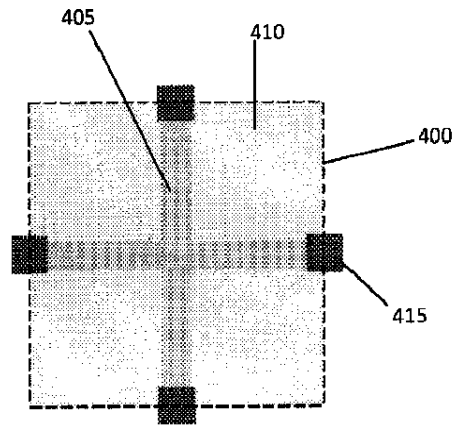


FIG. 4

【図 3】

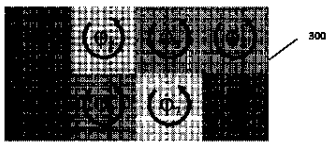


FIG. 3

【図 6】

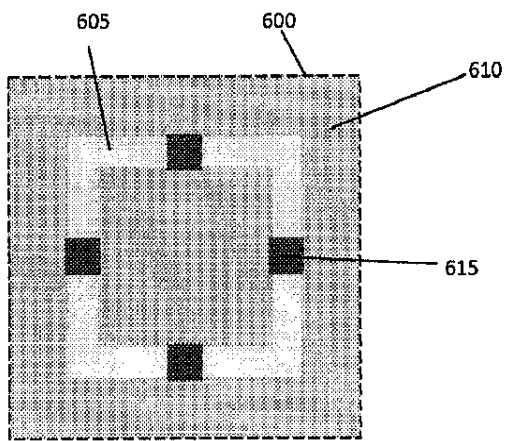


FIG. 6

【図 8】

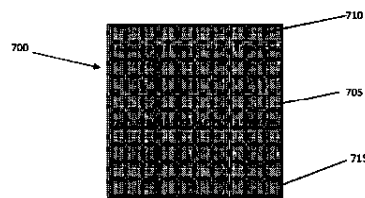


FIG. 8

【図 7】

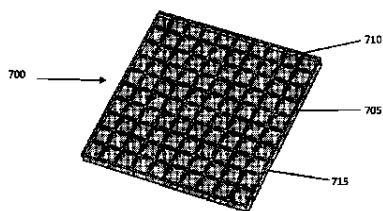


FIG. 7

【図 9】

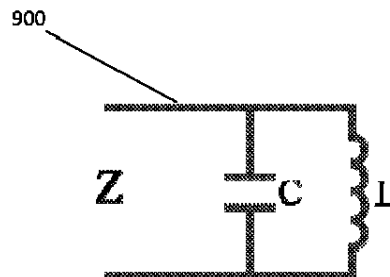
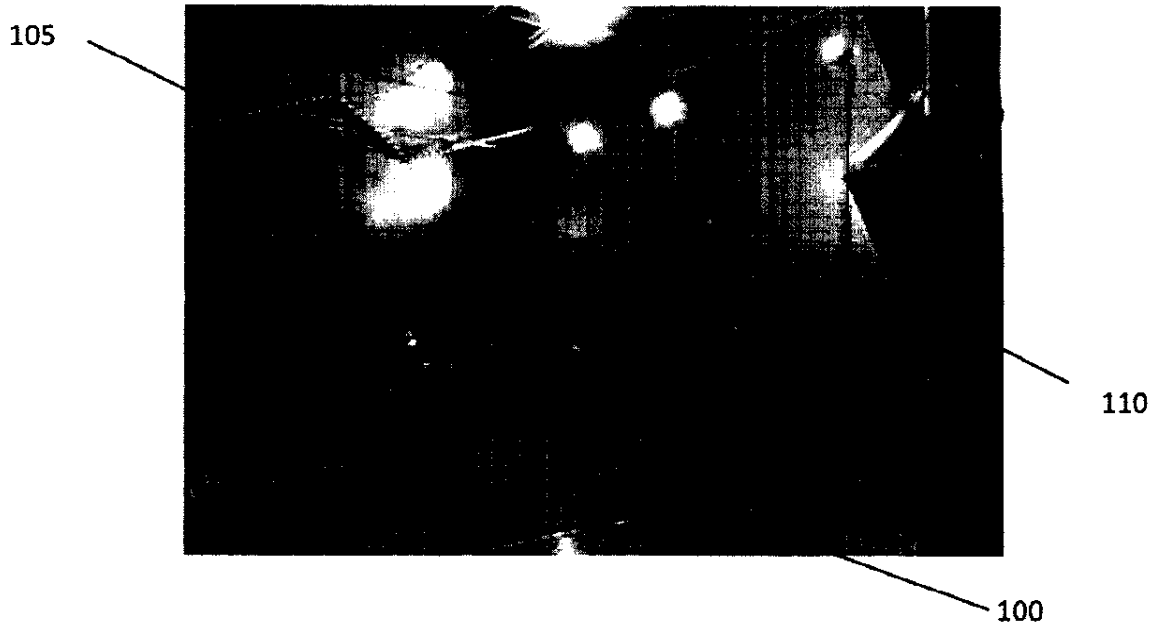


FIG. 9

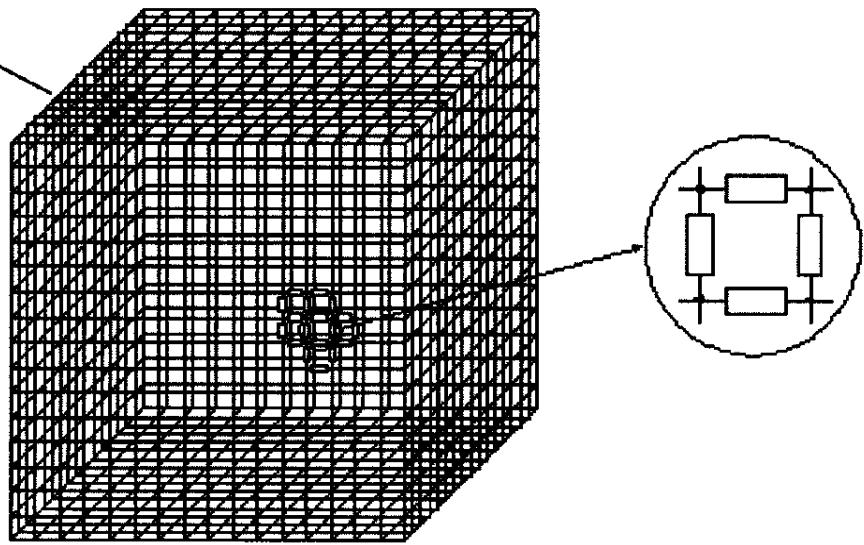
【図 1】

先行技術



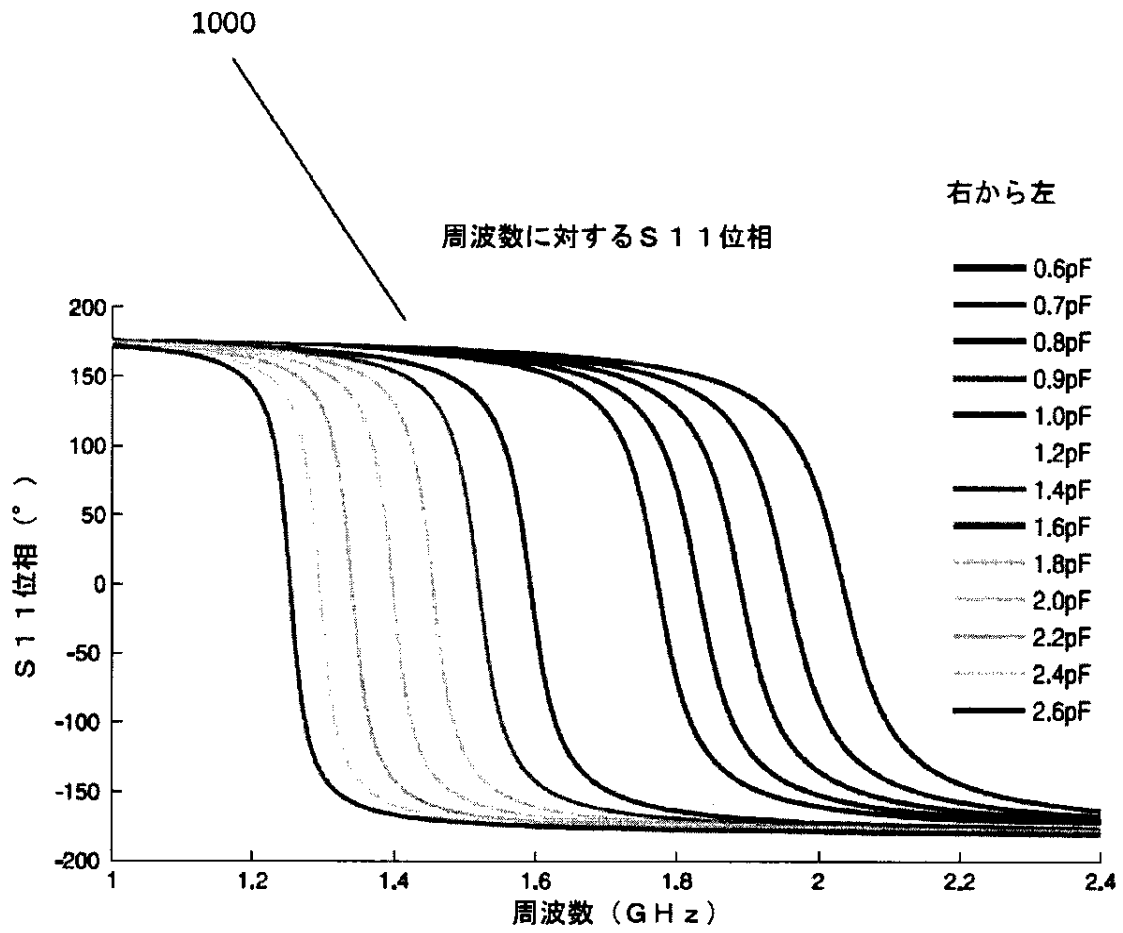
【図 5】

500

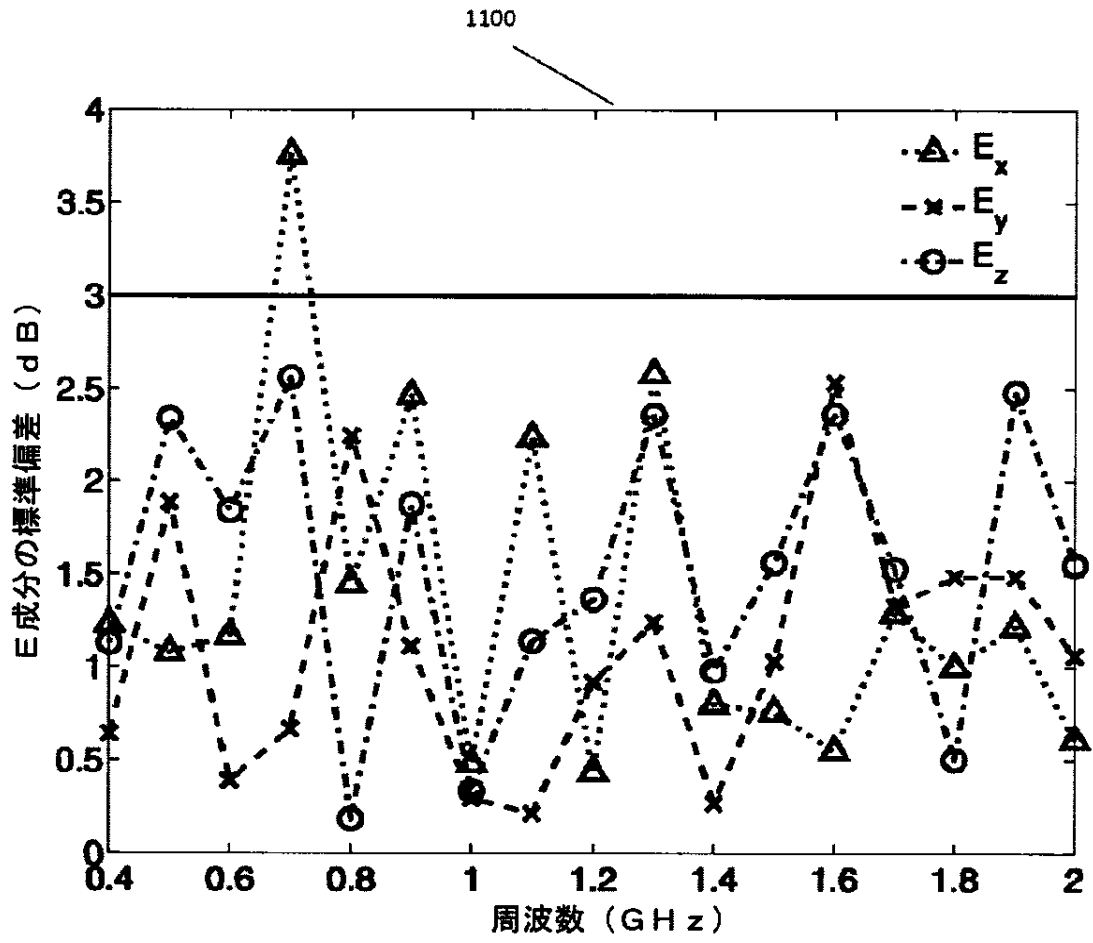


□ 可変集中定数素子

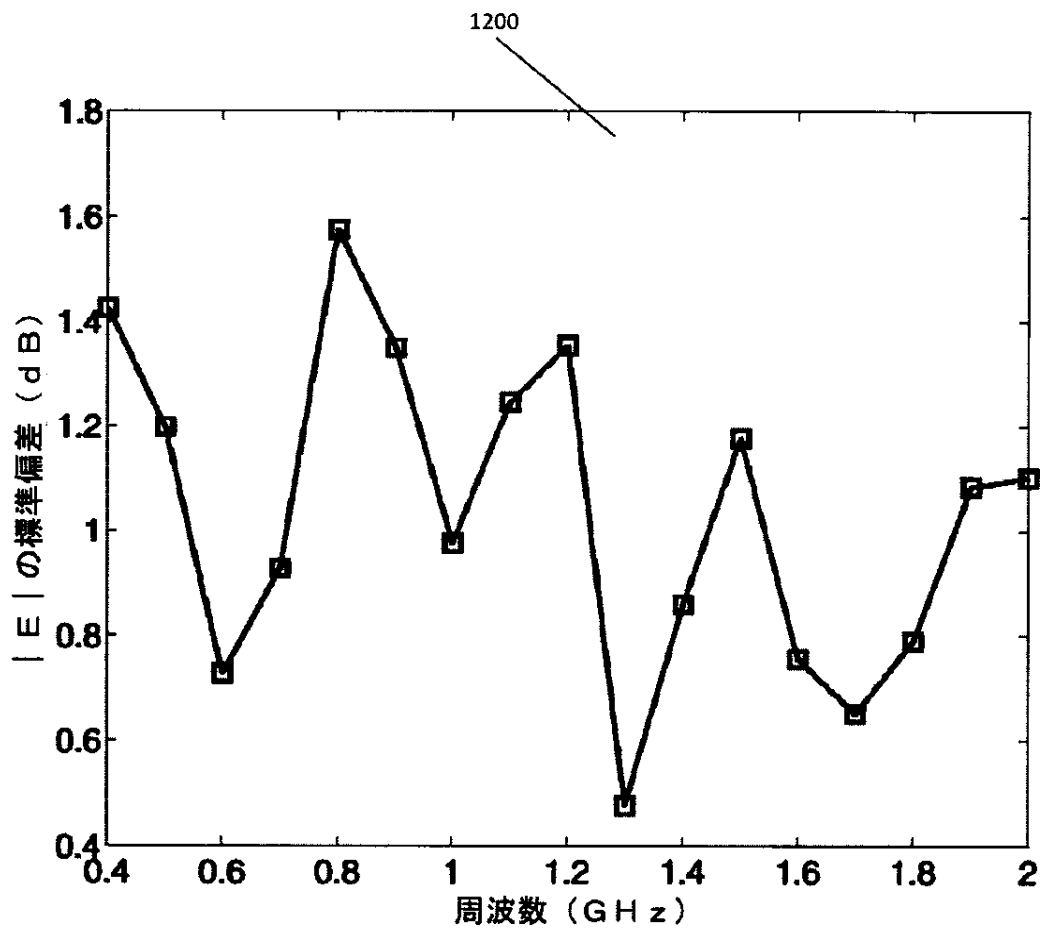
【図10】



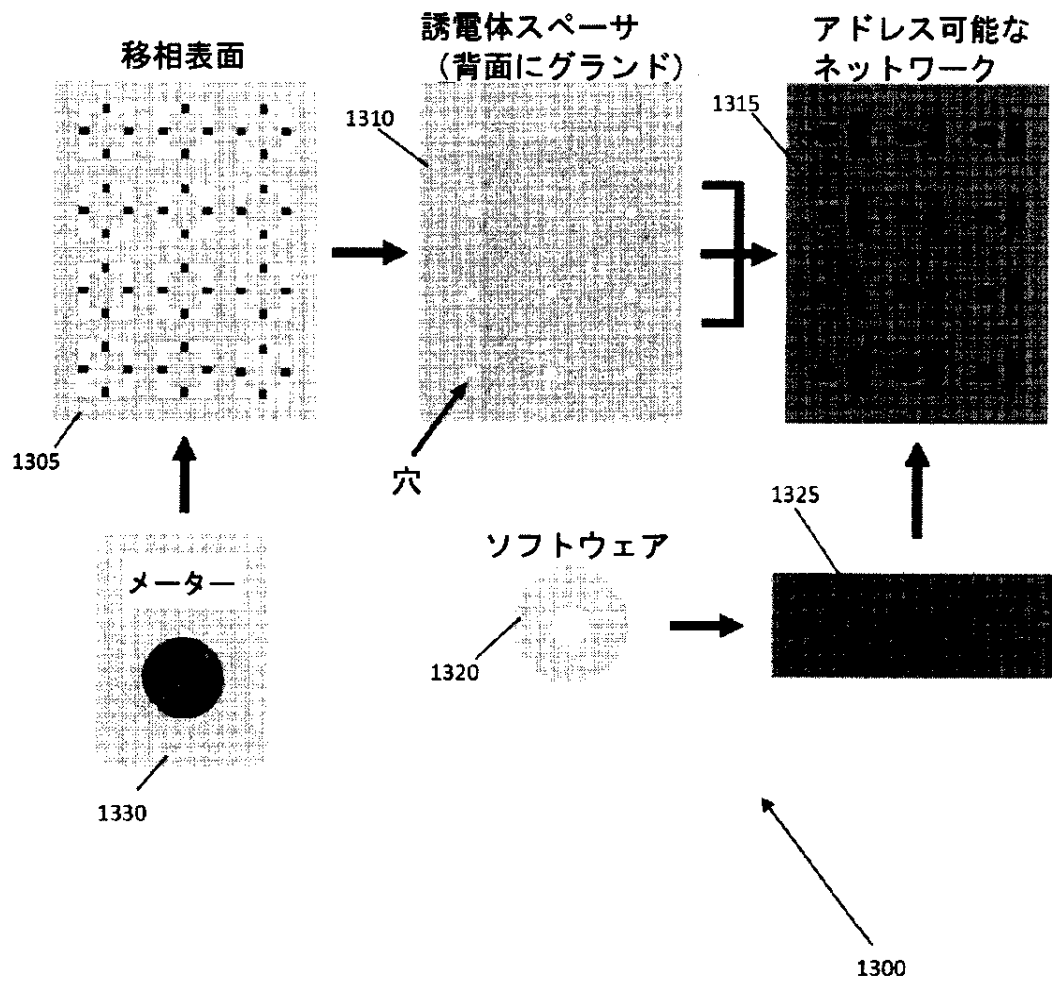
【図 11】



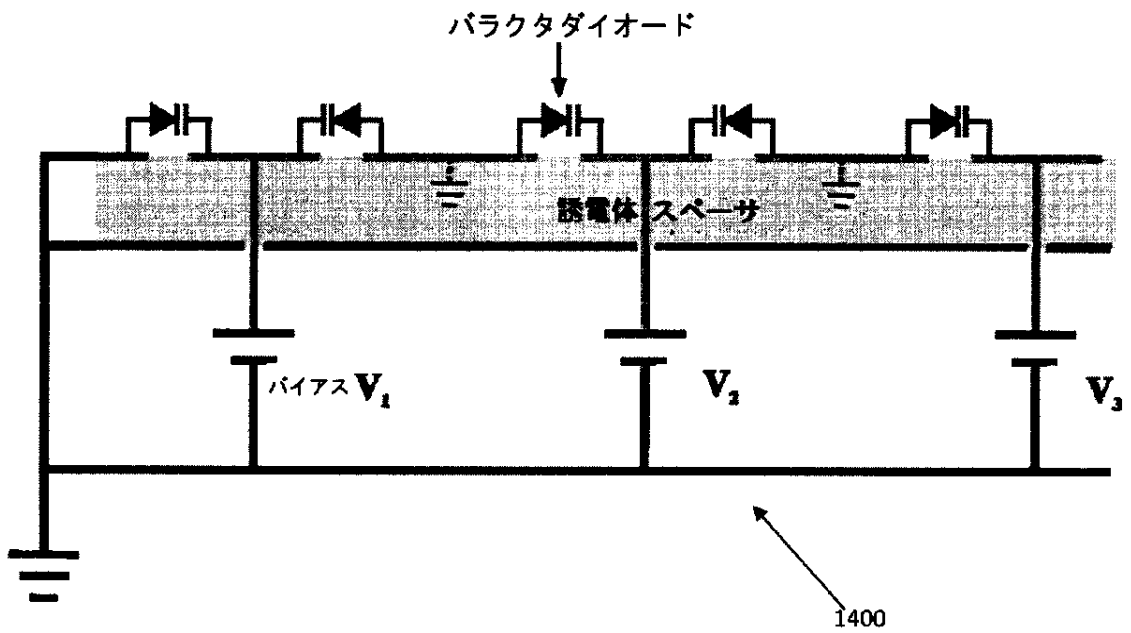
【図12】



【図13】

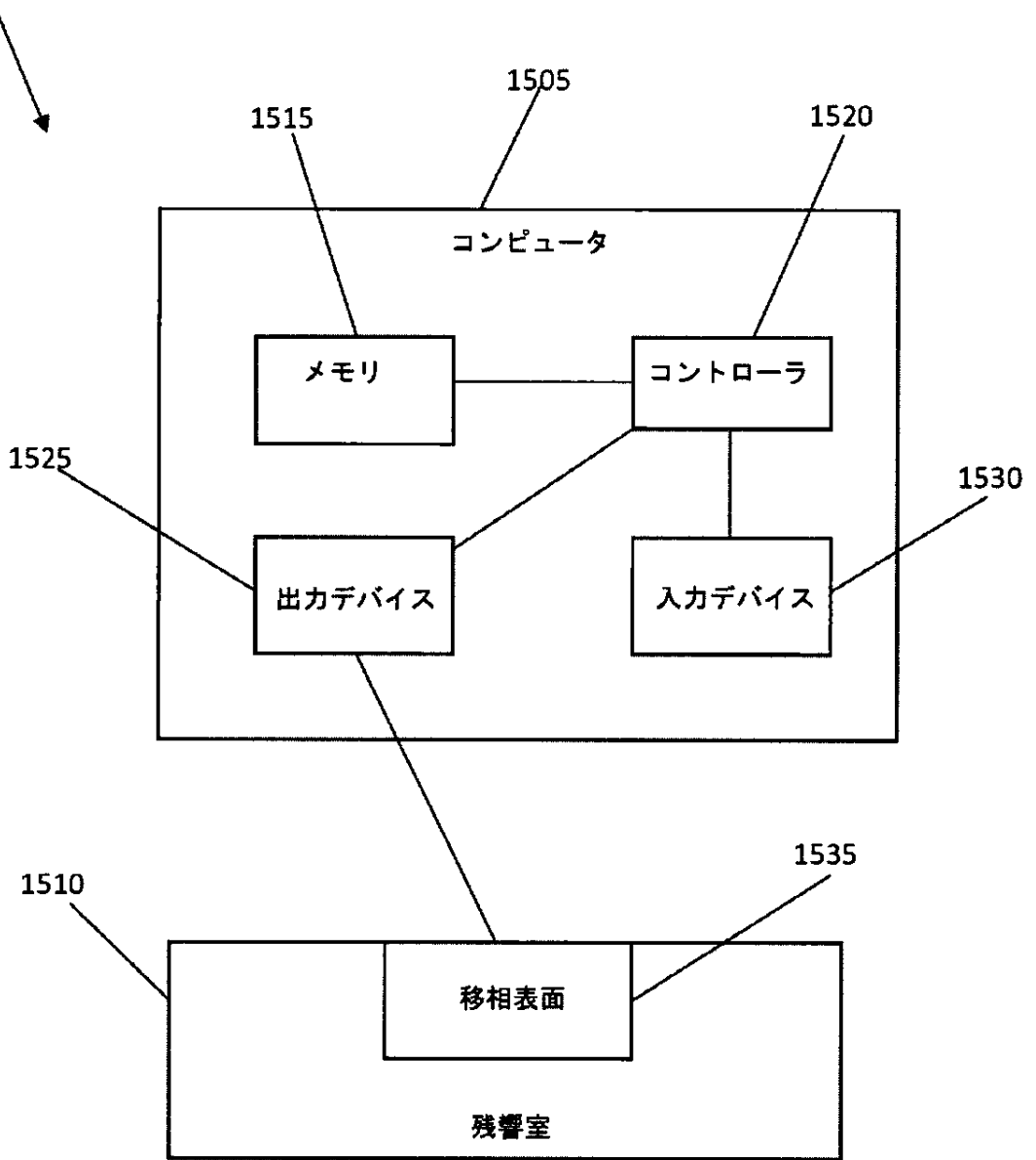


【図14】



【図15】

1500



フロントページの続き

- (72)発明者 ウェンチョ・チュウ
ホンコン・シャ・ワン・ドライブ・ポクフラム・23・パイン・コート・ブロック・1・エー7
- (72)発明者 リジュン・ジャン
ホンコン・シャ・ワン・ドライブ・ポクフラム・25・ブロック・1・フロア・8・フラット・9
ビー
- (72)発明者 ポ・ジュ
ホンコン・クイーン・ウェスト・ロード・590・シウ・イー・ビルディング・ルーム・309
- (72)発明者 キ・ダイ
ホンコン・サイ・チュン・ストリート・ホイ・タオ・ビルディング・サード・フロア・ナンバー・
7

審査官 續山 浩二

- (56)参考文献 特表2007-522735 (JP, A)
特表2003-529259 (JP, A)
特開昭56-012106 (JP, A)
特開2007-143044 (JP, A)
特開2010-226695 (JP, A)
特開平07-038275 (JP, A)
特開平05-005763 (JP, A)
特開2000-324063 (JP, A)
特開平06-284493 (JP, A)
特開2005-221436 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int. Cl., DB名)
G01R 29/08
G01R 29/10
H05K 9/00