

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-359551
(P2002-359551A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002.12.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマト* (参考)
H 0 3 L	7/00	H 0 3 L 7/00	C 5 J 1 0 6
H 0 3 B	1/00	H 0 3 B 1/00	Z 5 K 0 6 0
// H 0 4 B	1/04	H 0 4 B 1/04	T

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 9 頁)

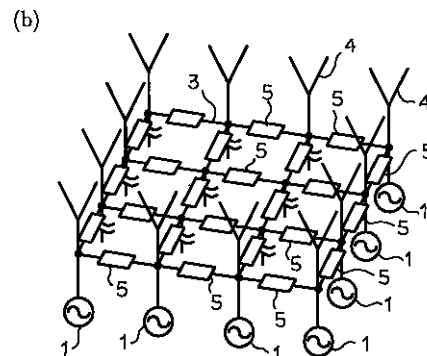
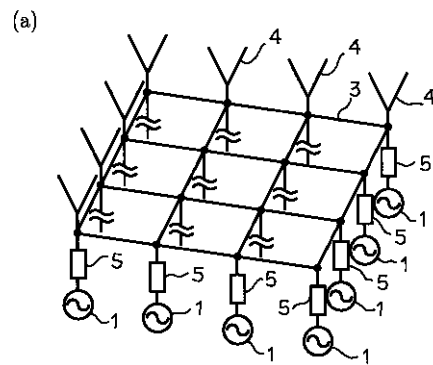
(21) 出願番号	特願2001-163793 (P2001-163793)	(71) 出願人	501217880 田中 久陽 東京都渋谷区富ヶ谷2-4-14
(22) 出願日	平成13年5月31日 (2001.5.31)	(72) 発明者	田中 久陽 東京都渋谷区富ヶ谷2-4-14
		(72) 発明者	長谷川 晃朗 岐阜県岐阜市則武137-1 プリシェール にしき202号室
		(74) 代理人	100091904 弁理士 成瀬 重雄
		Fターム (参考)	5J106 AA03 CC19 DD11 FF01 KK29 5K060 BB04 EE05 HH21

(54) 【発明の名称】 発振器間の相互同期システムおよび方法

(57) 【要約】

【課題】 モードロック解の発生を減少または解消することができる、発振器間の相互同期システムおよび相互同期方法を提供する。

【解決手段】 複数の発振器1と結合網3との間に制御手段5が配置される。制御手段5は、各発振器1と結合網3との結合を、一定の周期または確率でオンオフ制御する。このオンオフ制御を行うと、モードロック解は、過渡状態を経て消滅する。すなわち、最終的に得られる定常状態は、完全同期解のみとなる。したがって、各発振器1 どちらの位相を精度良く同期させることができる。すると、例えば、各発振器1からの合成出力パワーを増大させることができる。また、発振器1 どちらの位相差を正確に制御することが可能になるので、アンテナ4から放射される電磁波の指向性制御も容易となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の発振器と結合網と制御手段とを有し、前記結合網は、前記複数の発振器どうしを結合しており、前記制御手段は、前記複数の発振器のうちでいずれかの発振器と前記結合網との相互関係を変化させる構成となっていることを特徴とする、発振器間の相互同期システム。

【請求項 2】 前記複数の発振器は、ミリ波およびその近傍の周波数で発振するものであることを特徴とする請求項 1 記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 3】 前記結合網は、前記複数の発振器を、これらがアレー状となるように結合したものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 4】 前記アレー状とは、2次元アレー状であることを特徴とする請求項 3 記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 5】 前記制御手段は、前記発振器と前記結合網との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 6】 前記制御手段は、前記結合網の中間に配置されていることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 7】 前記制御手段は、前記発振器自体の動作を制御するものであることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 8】 前記制御手段は、前記発振器と前記結合網との相互関係をオンオフするスイッチであることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 9】 前記制御手段は、前記発振器と前記結合網との相互関係を連続的に変化させるものであることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 10】 前記制御手段は、前記発振器と前記結合網との相互関係を 2 以上の状態に変化させるものであることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 11】 前記結合網には、前記複数の発振器の位相を制御する外部発振器が接続されていることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 12】 前記外部発振器は、前記結合網の一侧と他側とに配置されていることを特徴とする請求項 11 記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 13】 前記結合網の一侧に配置された外部発振器と他側に配置された外部発振器とは、互いに異なる位相とされていることを特徴とする請求項 12 記載の発振器間の相互同期システム。

【請求項 14】 結合網により結合された複数の発振器

を有し、前記複数の発振器のうちいずれかの発振器と前記結合網との相互関係を変化させることによって、前記複数の発振器どうしの間での同期を行うことを特徴とする発振器間の相互同期方法。

【請求項 15】 前記結合網の一侧と他側とにそれぞれ外部発振器を接続し、前記外部発振器どうしの位相を異ならせることにより、前記複数の発振器における発振周波数の間に定常的な位相差を与えることを特徴とする請求項 14 記載の発振器間の相互同期方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発振器間の相互同期システムおよび方法に関するものである。

【0002】

【発明の背景】ミリ波、あるいは、それ以上の高周波（本明細書においては、高周波とは、準ミリ波、ミリ波および光の周波数帯域を含む意味とする）を発生する電子デバイスは、それ自体が微細な構造のため、本質的に、1つ1つの出力パワーが小さい。したがって、多数の素子を集積することにより、出力パワーを合成することが必要となる。このため、従来では、高周波の発振器を1次元あるいは2次元アレー状に配置することによって出力パワーを得ることが提案されている。しかしながら、各発振器1における発振に位相差がある場合には、十分な合成出力パワーを得ることができない。したがって、各発振器1における発振の位相を同期させる必要がある。

【0003】そこで、図1に示されるように、発振器1どうしを配線2で接続することにより、1次元アレー状に配置された発振器1どうしの位相を同期させる技術が提案されている。この同期の原理を以下に説明する。一般に、2つ（あるいはそれ以上）の発振器を相互結合する配線が存在すると、隣接する発振器間に、その電位差に応じた電荷の移動が生じる。この電流がさほど大きくない場合、発振の振幅は、相互結合の存在しない元の発振器の発振波形と比べて、ほとんど差異は生じない。この性質は、発振器の発振が外乱に対してロバストである性質を反映している。その反面、発振波形の位相は、電荷移動に比例して徐々にシフトされる。これは、発振器間に生じる電流の一部が発振器内部に流れ、その内部の信号の位相に僅かなずれを生じることに起因する。図1における発振器1間の配線2を通常の単純な配線としたとき、電流は、いずれの方向にも同様に流れることができる。このため、発振器自体の特性に依存するが、全ての発振器の発振位相は、（初期の過渡状態を経て）相互にある位相関係となり、安定する。1次元アレーの場合、各発振器の発振は同期することが知られている。

【0004】また、高周波（例えばミリ波）を生成して、そのビームの指向性を制御する際は、隣り合う発振器の発振出力の位相がある位相差を定常的に持つように

制御することが必要となる。そのために、従来のマイクロ波等のアレーアンテナでは、発振器毎に移相器を付加して、個々の位相を制御している。ところが、ミリ波以上の高周波の場合、個々の素子のサイズは小さく、集積密度が高いため、全ての素子に移相器を付加することが困難となる。そのため、個々の発振器の位相を制御する代わりに、図1で示すような一次元アレーの両外側に、外部発振器（図示せず）を接続する手法が提案されている。これによれば、外部発振器の発振に位相差を付けることで、各発振器1の間に、相互に、定常的な位相差を与えることができる。このことは、例えば、文献1

(R. A. York, "Nonlinear Analysis of Phase Relationships in Quasi-Optical Oscillator Arrays," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 41, pp. 1779 - 1809, 1993) において報告されている。

【0005】しかしながら、図2に示すように、発振器1が2次元アレー状の結合網3により結合された場合には、前記手段による位相同期や位相差設定は困難になる。その本質的な理由の1つは、モードロックと呼ばれ

$$d\psi_i / dt = \omega_i + \varepsilon \sum_j H(\psi_j - \psi_i) \quad (1)$$

【0007】方程式(1)において、 ω_i は、第i番目の発振器における自然周波数である。H(・)の特性は、回路の非線形性を反映して与えられるが、最も普通に見られるのはsin(・)である。 ε は、第i番目とこれに隣接する第j番目の発振器における相互作用の強度を表し、小さい値をもつ(ここで考えるような場合は、各発振器はほぼ揃った特性を持つので、その際は ω_i はiに依存しないとみなしてもよい。)。方程式(1)で記述される現象は非常に広く知られている。例えば、ミリ波の生成アレー(文献1および後述する文献2、3)のみならず、位相同期回路(PLL)のアレー(文献4…後述)、神経系の活動等(文献5…後述)において現れるものである。

【0008】前記した文献2～5を下記に示す。

文献2 : K. D. Stephan and W. A. Morgan, "Analysis of Interinjection-Locked Oscillators for Integrated Phased Arrays," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 35, pp. 771 -- 781, 1987.

文献3 : R. A. York and T. Itoh, "Injection- and Phase-Locking Techniques for Beam Control," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 46, pp. 1920 -- 1955, 1998.

文献4 : V. Gutnik and A. Chandrakasan, Proceedings of the 2000 IEEE International Solid-State Circuits Conference (2000).

文献5 : G. B. Ermentrout and D. Kleinfeld, "Traveling Electrical Waves in Cortex: Insights from Phase Dynamics and Speculation on a Computational Role

の現象の存在であると考えられる。なお、図2は、各発振器1にアンテナ4が接続された状態を示している。以下、モードロックの最も単純な場合を、図3を用いて模式的に説明する。図3は、2次元格子状の各ノードに発振器1(図2参照)が存在していること、および、近接する発振器1どうしが結合網3(図2参照)により相互作用を行っていることを前提としている。各区分がノード(発振器)に対応している。中心にある4つの発振器は、それぞれ、0、 $\pi/2$ 、 π 、 $3\pi/2$ の発振位相差を持っている。その周りを囲む発振器も、同様に、0から 2π まで、その位置に応じて等分された位相差を持っている。

【0006】本発明者の知見によれば、このようなモードロックが安定して存在することは、2次元アレーの発振器の発振位相に関する下記の方程式から説明できる。すなわち、第i番目の格子状における発振器の発振位相を ϕ_i とすると、一般に、位相のダイナミクスは、次の方程式により与えられる。

【数1】

e," Neuron, vol. 29, pp. 33 -- 44, 2001.

【0009】方程式(1)において定常な解は、2パターン存在する。1つは、全ての位相 ϕ_i が(ほぼ)揃って完全同期しているものである。もう1つは、図3のように、特定の中心(コアと呼ばれる)を中心に、同心円上に、位相の勾配が存在するものである。これは、モードロック解(文献4)あるいは渦巻パターン(文献5)として知られている。完全同期解とモードロック解の両者は、ともに安定な解であり、どちらが現れるかは、方程式(1)における位相 ϕ_i の初期条件によって決まる。

【0010】したがって、2次元アレーにおいては、モードロック解が一定の確率で発生し、その結果、各発振器の位相が、制御不能な状態で非定常にずれることになる。そうすると、前記のような、複数発振器のアレー配置による、発振周波数の正確な同期や位相制御は困難になる。すなわち、前記のようなモードロック解の発生を減少または解消できる技術が必要になる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前記の背景に基づいてなされたもので、その目的は、モードロック解の発生を減少または解消することができる、発振器間の相互同期システムおよび方法を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発振器間の相互同期システムは、複数の発振器と結合網と制御手段とを有し、前記結合網は、前記複数の発振器どうしを

結合しており、前記制御手段は、前記複数の発振器のうちいずれかの発振器と前記結合網との相互関係を変化させる構成となっているものである。

【0013】請求項2記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1記載のものにおいて、前記複数の発振器は、ミリ波およびその近傍の周波数で発振するものとされている。

【0014】請求項3記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1または2に記載のものにおいて、前記結合網は、前記複数の発振器を、これらがアレー状となるように結合したものとされている。

【0015】請求項4記載の発振器間の相互同期システムは、請求項3記載のものにおいて、前記アレー状を、2次元アレー状としたものである。

【0016】請求項5記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1～4のいずれか1項記載のものにおいて、前記制御手段は、前記発振器と前記結合網との間に配置されている構成となっている。

【0017】請求項6記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1～4のいずれか1項記載のものにおいて、前記制御手段は、前記結合網の中間に配置されている構成となっている。

【0018】請求項7記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1～4のいずれか1項記載のものにおいて、前記制御手段は、前記発振器自体の動作を制御する構成とされている。

【0019】請求項8記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1～7のいずれか1項記載のものにおいて、前記制御手段を、前記発振器と前記結合網との相互関係をオンオフするスイッチとしたものである。

【0020】請求項9記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1～7のいずれか1項記載のものにおいて、前記制御手段を、前記発振器と前記結合網との相互関係を連続的に変化させる構成としたものである。

【0021】請求項10記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1～7のいずれか1項記載のものにおいて、前記制御手段を、前記発振器と前記結合網との相互関係を2以上の状態に変化させる構成としたものである。

【0022】請求項11記載の発振器間の相互同期システムは、請求項1～10のいずれか1項記載のものにおいて、前記結合網に、前記複数の発振器の位相を制御する外部発振器を接続したものである。

【0023】請求項12記載の発振器間の相互同期システムは、請求項11記載のものにおいて、前記外部発振器を、前記結合網の側と他側に配置したものである。

【0024】請求項13記載の発振器間の相互同期システムは、請求項12記載のものにおいて、前記結合網の側に配置された外部発振器と他側に配置された外部発

振器とを、互いに異なる位相としたものである。

【0025】請求項14記載の発振器間の相互同期方法は、結合網により結合された複数の発振器を有し、前記複数の発振器のうちいずれかの発振器と前記結合網との相互関係を変化させることによって、前記複数の発振器どうしの間での同期を行う構成とされている。

【0026】請求項15記載の発振器間の相互同期方法は、請求項14記載のものにおいて、前記結合網の側と他側にそれぞれ外部発振器を接続し、前記外部発振器どうしの位相を異ならせることにより、前記複数の発振器における発振周波数の間に定常的な位相差を与える構成とされている。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1実施形態に係る発振器間の相互同期システムおよび方法を、図4

(a)に基づいて説明する。なお、前記した従来技術と同様の構成については、同一符号を付すことで、詳細な説明を省略する。

【0028】本実施形態の相互同期システムは、複数の発振器1と、結合網2と、制御手段5とを備えている。

【0029】発振器1は、ミリ波および/またはその近傍の周波数(例えば準ミリ波)で発振するように構成されている。そのような構成は公知なので、詳細の説明は省略する。ただし、発振器1としては、ミリ波またはその近傍の発振器に限らず、光の周波数で発振するレーザや、マイクロ波発振回路であってもよい。要するに、発振器1は、発振周波数によっては限定されない。また、発振器1としては、無線通信用のものであっても、コンピュータのクロック発生用のものであってもよい。すなわち、発振器1は、用途によっても限定されない。なお、図4および後述する図5においては、発振器1は、煩雑を避けるために一部のみを示している。発振器1自体の配置は、図2と同様である。

【0030】結合網2は、複数の発振器1どうしを結合するものである。この実施形態では、結合網2は、複数の発振器1どうしを、アレー状、特に、2次元アレー状をなすように結合している。ただし、アレーは2次元に限らず、3次元でもよい。要するに、発振器1どうしの結合状態は、任意の網構造でよい。

【0031】制御手段5は、複数の発振器1のうちいずれかの発振器1と結合網3との相互関係を変化させるものである。本実施形態では、制御手段5は、各発振器1と結合網3との間に配置されている。また、本実施形態では、制御手段5は、発振器1と結合網3との結合関係をオンオフするスイッチを備えている。制御手段5のオンオフパターンとしては、例えば、下記のいずれかのものがある。ただし、両者は本質的には同じものである。

(a) 各スイッチにおいて一定サイクルでオンオフを繰り返すものであって、一定時間(=T_{on})でオンにな

り、一定時間(= T_{off})でオフになるもの、または(b)一定確率(p_{on})でオンになり、一定確率($p_{off} = 1 - p_{on}$)でオフになるもの。以下の説明では、前記(a)のパターンでオンオフ制御がされるものとする。このオンオフ制御は、コンピュータ(図示せず)によりスイッチを操作することで容易に実現できるので、その詳細の説明は省略する。また、スイッチの例としては、半導体スイッチを用いることができるが、これに限らない。なお、図4および後述する図5においては、一部のアンテナ4を記載しているが、これは基本的に従来(例えば図2のもの)と同様なので、説明を省略する。

【0032】つぎに、前記した相互同期システムの動作について説明する。まず、初期状態として、各制御手段5におけるスイッチが全てオンであることを仮定する。このときは、背景技術として説明した通り、モードロック解を発生する可能性がある。本実施形態においては、ある時刻で各制御手段5のスイッチがオンである確率は $p_{on} (= T_{on} / (T_{on} + T_{off}))$ である。これは、等価的に、2次元アレー全体に対して、 $1 - p_{on}$ の割合で、格子点に欠陥が生じたことになる(最近傍の発振器のみに相互作用が生じると考えているため)。このように格子点上に欠陥が生じて、その確率 $1 - p_{on}$ が少なければ、発振器1の集団は1つのクラスターを形成することが、確率的に保証される(文献6:高安秀樹,「フラクタル」, [朝倉書店, 1986] p. 90, pp. 131-137)。なお、逆に $1 - p_{on}$ がある値より大きくなると、複数のクラスターに分離する。1つのクラスター上で、任意の発振器は、他の発振器と直接または間接に相互作用を行うために、方程式(1)より、完全同期解が存在することが保証される。一方、方程式(1)におけるもう一つの定常解であったモードロック解は、ある特定の中心(コア)における4つの発振器の1つでも、結合網3との接続がオフとなって欠陥が生じると、存在し得なくなる。したがって、発振器1のアレーを構成し、そこにオンオフスイッチを付加すると、 p_{on} がある程度の大きさを持つときは、(過渡状態の経過後に)最終的に得られる定常状態は、完全同期解のみとなる。すなわち、過渡状態で生じるモードロック解は次第に解消され、やがては消滅する。

【0033】このように、本実施形態によれば、モードロック解を減少または解消させることができる。したがって、結合された各発振器1の位相を精度良く同期させることが可能となる。これにより、例えば、ミリ波の合成出力を大きくすることができ、また、コンピュータの複数クロックにおいて正確に同期したクロッキングを行うことができる。

【0034】なお、前記第1実施形態では、制御手段5を、発振器1と結合網3の間に配置したが、これに限らず、図4(b)に示されるように、結合網3の中間に配

置してもよい。この場合は、結合網3の中間部での接続をオンオフすることになる。さらに、制御手段5は、発振器1自体のオンオフ動作を制御するものであってもよい。これらにおいても、発振器1と結合網3との相互状態を変化させることでモードロック解の解消を行うことができる。その原理は前記と同様なので説明を省略する。また、制御手段5は、発振器1と結合網3との相互関係を連続的に変化させるものであってもよい。さらには、制御手段5は、発振器1と結合網との相互関係を2以上の状態に変化させる(例えば、オンオフ以外の中間的な状態をとる)ものであってもよい。これらの場合も基本的な動作は前記と同様である。

【0035】つぎに、本発明の第2実施形態に係る発振器間の相互同期システムおよび方法を、図5に基づいて説明する。ここに示した例は、図4(a)に示した構成に対応している。なお、前記した第1実施形態と同様の構成については、同一符号を付すことで、詳細な説明を省略する。この実施形態では、結合網3に、複数の発振器1の位相を制御する外部発振器5が接続されている。外部発振器5は、結合網3の少なくとも一側と他側に配置される。具体的には、本実施形態では、外部発振器5が結合網3の周囲に配置されている。結合網3の一端に配置された外部発振器6と他側に配置された外部発振器6とは、互いに異なる位相とされている。

【0036】本実施形態の相互同期システムによれば、両側における外部発振器6相互の位相を異ならせることにより、複数の発振器1どうしの位相差を制御することができる。しかも、第1実施形態において説明した原理により、第2実施形態においても、モードロック解の発生は防止できる。

【0037】したがって、本実施形態によれば、複数の発振器1どうしの間、定常的な位相差を与えることができる。すると、例えば、アンテナ4から放射されるミリ波ビームの指向性を制御することができるという利点がある。

【0038】

【実施例】前記各実施形態に対応したシミュレーション結果を図6に示す。図6(a)は第1実施形態に、同図(b)は第2実施形態に対応したシミュレーション結果である。図6(b)のシミュレーションでは、図5中上端側の外部発振器6の周波数を高く、逆に下端側のものの周波数を低くし、さらに、両サイドのもの周波数は、上端から下端まで、順次、周波数が高→低となるように勾配を持たせている。

【0039】図6では、各格子点の点の大きさは、各発振器1の発振位相に対応している。つまり、大小様々な点が存在するという事は、位相が区々であることを示している。例えば、図6(a)の(1)は、モードロック解が定常化している状態を示している(このときコアは複数個存在している)。ここで、制御手段5を起動し

てスイッチをオンオフさせた。起動後、少し時間が経過した時点での発振器1の状態を表示したものが、同図(2)である。ここでは、部分的に黒点が存在している。これらはスイッチがオフになっている点であり、前記した格子上の欠陥に対応する。その後しばらくすると、同図(3)のように、いくつかのコアは残っているものの、同図(1)における初期のコアは消滅し、全体として位相は完全同期に近づいている。その後、最終的に、同図(4)のように全てのコアは消滅した。このとき、全体の発振器1は(格子の欠陥を除き)ほぼ位相が揃っている。そこで制御手段5によりスイッチを停止する(すなわち常にオンにする)。その結果得られる状態が(5)の完全同期状態である。この状態は安定であり、持続できる。

【0040】同様に、図6(b)においても、前記の(1)から(5)までと同様の効果が得られている。ただし、図6(b)の(5)における最終状態は、完全同期解となる発振周波数が、外部発振器6の周波数勾配に

$$\sigma = (1/N) \left| \sum_{j=1}^N \exp(i\theta_j) \right|$$

により表すことが可能である。 $\sigma = 1$ は完全同期を表し、逆に、 $\sigma = 0$ は、全ての発振器の発振位相が均一に分布した状態を表す(Nは発振器の個数を表す)。一般に、モードロック状態においては、発振位相が広く分布しているために、 σ は0に近い値をもつ。

【0043】図7に、制御手段5によるオンオフを行ったことの効果を示す。図7(a)は、オンオフなし($T_{on} = 500$ [cycle] … 図中破線)の場合と、オンオフあり($T_{on} = 350$ [cycle]、 $T_{off} = 150$ [cycle] … 図中実線)の場合とにおいて、12000サイクルの発振時間後に、それぞれの同期度を比較したものである。それぞれ、毎回異なる初期条件をランダムに与え、100回試行している。その結果、オンオフなしの場合に見られるように、完全同期状態より、モードロック状態($\sigma \approx 0$)の方が、より多く存在している。一方、オンオフありの場合には(過渡状態を経過して)、確実にモードロック状態を解消して、完全同期状態($\sigma = 1$)に到達している。

【0044】図7(b)は、完全同期状態が達成されるのに要する時間を調べている。オンオフの条件は、図7(a)の場合($T_{on} = 350$ [cycle]、 $T_{off} = 150$ [cycle])と同様である。サイクル数 $t = 6000$ 、 9000 、 12000 [cycle]の3通りを、それぞれ100回試行した。その結果、6000サイクルではわずかにモードロック状態が残存しているものの、9000サイクルでは消滅し、12000サイクル後では、全ての試行において完全同期が達成されている。

【0045】なお、前記実施形態の記載は単なる一例に過ぎず、本発明に必須の構成を示したものではない。各部の構成は、本発明の趣旨を達成できるものであれば、

よりコントロールされ、位相の勾配を持っている。

【0041】さらに、図7に示すシミュレーション結果を説明する。ここでは、前記のようにモードロック解を回避/解消して完全同期に至るまでの過渡状態が説明される。一般に、この過渡状態の長さは、システムサイズ(すなわち発振器の個数)に比例すると考えられ、同時に初期状態にも依存する。そこで、制御手段5によるスイッチのオン/オフの時間を固定し($T_{on} = 490$ [cycle]、 $T_{off} = 10$ [cycle])、異なる経過時間後における完全同期の度合を確認した。シミュレーションの対象は、図4(a)または(b)の構成である。両者とも本質的な相違はない。アレーのサイズは、 50×50 (すなわち2500個の発振器)である。方程式(1)における ω_i の自然周波数は、1を基準に $\pm 5\%$ の範囲で一様に分布するとした。また、初期状態は、各発振器1の発振位相をランダムに設定している。

【0042】全体の同期度(coherency)は、次の量【数2】

上記に限らない。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、モードロック解の発生を減少または解消することができる、発振器間の相互同期システムおよび方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の1次元アレー状発振器を説明するための説明図である。

【図2】2次元アレー状発振器の構成例を説明するための説明図である。

【図3】2次元アレー状発振器において発生するモードロック解での位相状態を模式的に示す説明図である。

【図4】同図(a)および(b)は、本発明の第1実施形態における発振器間の相互同期システムを説明するための説明図である。

【図5】本発明の第2実施形態における発振器間の相互同期システムを説明するための説明図である。

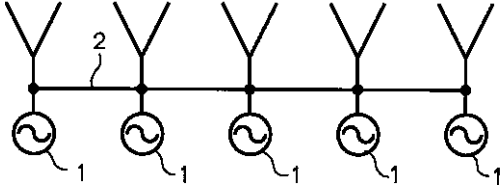
【図6】本発明の実施形態に対応する実験例としてのシミュレーション結果を示す説明図であって、同図(a)は第1実施形態に対応し、同図(b)は第2実施形態に対応するものである。

【図7】本発明の実施形態に対応する実験例としてのシミュレーション結果を示す説明図である。同図(a)および(b)において、横軸は同期度(coherency)、縦軸は頻度(number)を表している。

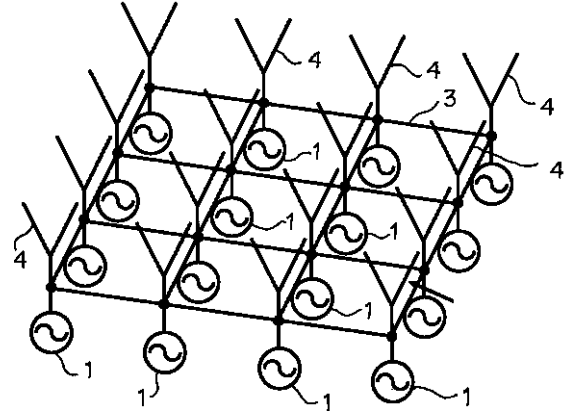
【符号の説明】

- 1 (複数の) 発振器
- 3 結合網
- 4 アンテナ
- 5 制御手段

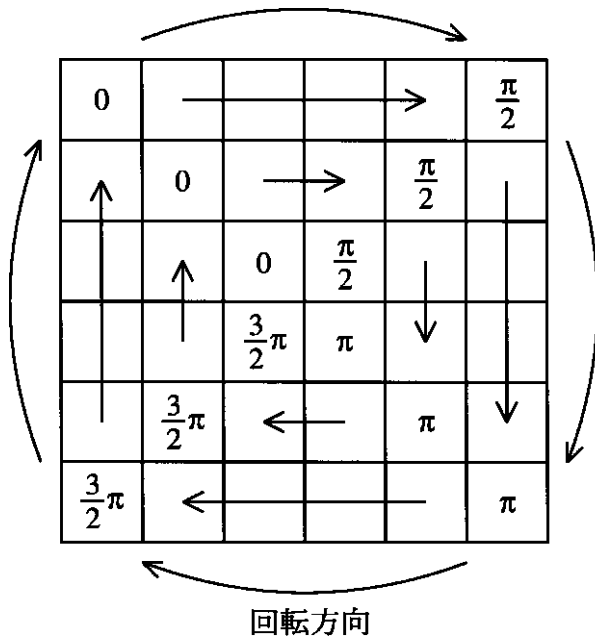
【図1】



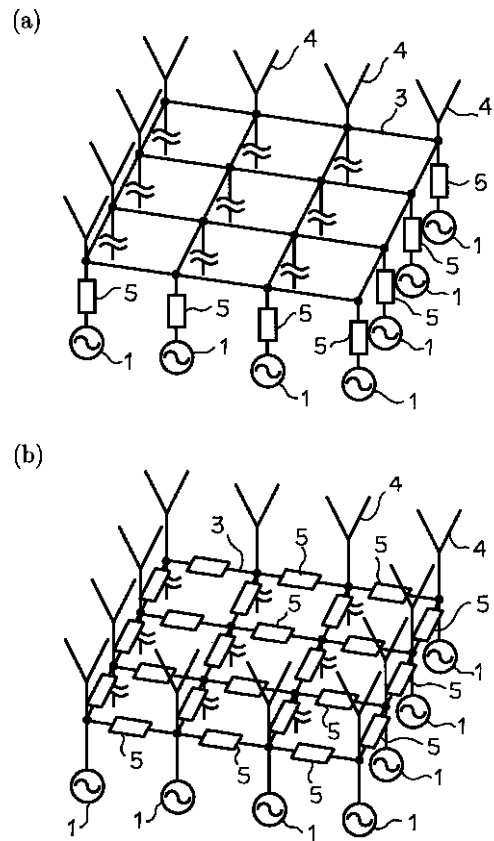
【図2】



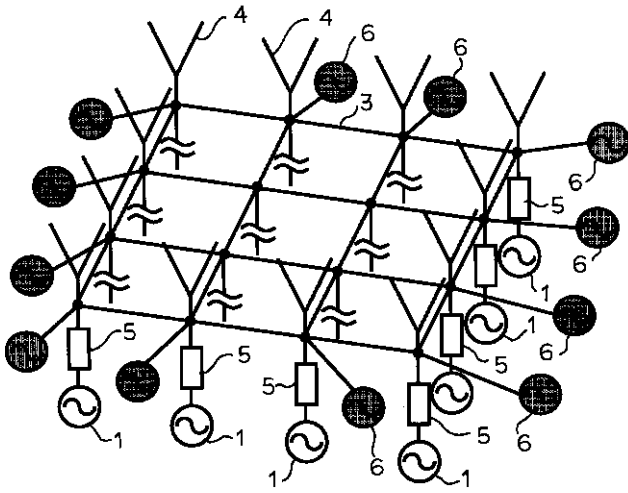
【図3】



【図4】

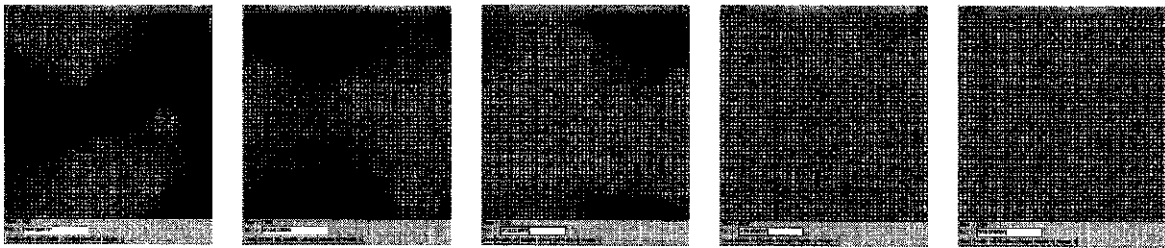


【图5】



【图6】

(a)



(1)

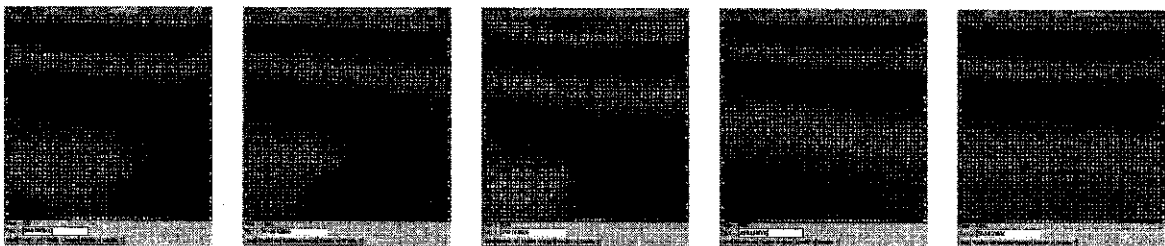
(2)

(3)

(4)

(5)

(b)



(1)

(2)

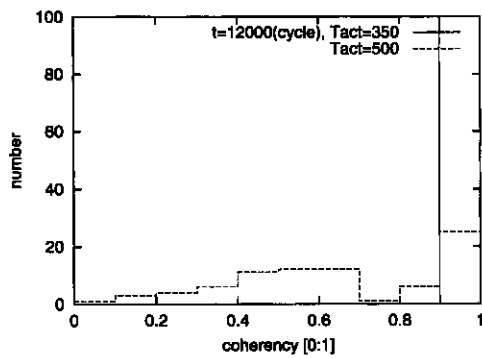
(3)

(4)

(5)

【 7 】

(a)



(b)

