

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-525075

(P2006-525075A)

(43) 公表日 平成18年11月9日(2006.11.9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
A61B 5/055 (2006.01)	A61B 5/05 355	4C096
GO1R 33/20 (2006.01)	GO1R 33/20	
HO1Q 7/00 (2006.01)	HO1Q 7/00	
GO1R 33/341 (2006.01)	GO1N 24/04 520B	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2006-509821 (P2006-509821)
 (86) (22) 出願日 平成16年4月8日(2004.4.8)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年12月22日(2005.12.22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2004/010859
 (87) 国際公開番号 W02004/097440
 (87) 国際公開日 平成16年11月11日(2004.11.11)
 (31) 優先権主張番号 10/425,780
 (32) 優先日 平成15年4月29日(2003.4.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 599060928
 バリアン・インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国カリフォルニア州, パロ・
 アルト, ハンセン・ウェイ3120
 (74) 代理人 100087701
 弁理士 稲岡 耕作
 (74) 代理人 100103517
 弁理士 岡本 寛之
 (74) 代理人 100101328
 弁理士 川崎 実夫
 (72) 発明者 ウォン, ワイ ハ
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95
 129, サン ホゼ, ベントーク レーン
 1134 番地

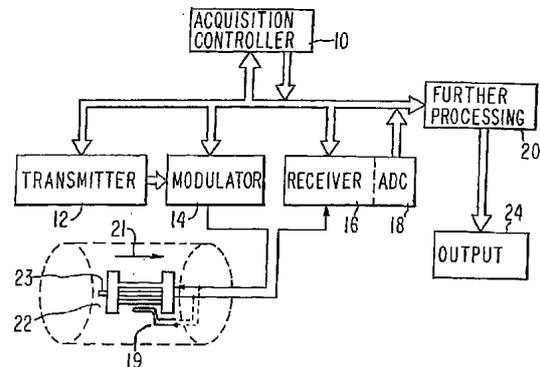
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波MR I用コイル

(57) 【要約】

【課題】 同調回路内のRFエネルギーの共鳴半波長と比べて小さな寸法を特徴とする表面コイルを実現する。

【解決手段】 NMRコイルは、コモンモードで動作する伝送ラインの分布静電容量およびインダクタンスから概略決定される同調LC回路を含む伝送ラインで形成されている。2導体伝送ラインの対向する導電体の間に互い違いに形成されたギャップを導入することにより、所望の分布静電容量と低減した有効インダクタンスとを構成し、通常と同調コイルで得られるよりも高い周波数における共鳴挙動を維持し、共鳴の半波長がコイルの寸法に近づくに従って寸法の制約が緩和される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

NMR 研究用多重同調コイルであって、

4 端子伝送ラインであって、前記伝送ラインが互いに間隔を置いて配設された少なくとも 2 本の導電体およびそれらの間に配設された誘電体を含み、前記 4 端子伝送ラインの第一のアクティブ端子が 1 本の前記導電体により共通のアクティブな端子に直接結合されて第一の RF 経路を構成し、前記 4 端子伝送ラインの第二の端子対が浮動端子に直接結合された第三のアクティブな端子を含み、前記第三のアクティブな端子が前記導電体の間で容量的に結合されて第二の RF 経路を形成している 4 端子伝送ラインと、

前記第一の RF 経路を含む第一の共鳴回路と、

前記第二の RF 経路を含む第二の共鳴回路とを含むコイル。

10

【請求項 2】

少なくとも 1 つの前記共鳴回路内に配設された周波数分離回路をさらに含む、請求項 1 記載の多重同調コイル。

【請求項 3】

NMR 研究用多重同調コイルであって、

4 端子伝送ラインであって、前記伝送ラインが互いに間隔を置いて配設された少なくとも第一および第二の導電体ならびにそれらの間に配設された誘電体を含み、前記 4 端子伝送ラインの第一の端子対が前記導電体の間で容量的に結合されて第一の RF 経路を構成し、前記 4 端子伝送ラインの第二の端子対が前記導電体の間で容量的に結合されて第二の RF 経路を形成し、前記第二の端子対が前記第一の端子対と異なる 4 端子伝送ラインと、

20

前記第一の RF 経路を含む第一の共鳴回路と、

前記第二の RF 経路を含む第二の共鳴回路と、

前記第一の RF 経路と前記第二の RF 経路との間の RF 分離を提供する少なくとも 1 つの周波数分離回路とを含むコイル。

【請求項 4】

第三の RF 経路をさらに含み、前記第三の経路は前記第一の導電体を含み、それにより第三の共鳴回路が実現されている、請求項 3 記載の多重同調コイル。

【請求項 5】

第四の RF 経路をさらに含み、前記第四の経路は前記第二の導電体を含み、それにより 4 個の共鳴回路が前記 4 端子伝送ラインによってサポートされる、請求項 4 記載の多重同調コイル。

30

【請求項 6】

前記コイルが表面コイルである、請求項 5 記載の多重同調コイル。

【請求項 7】

対象物の核スピンを調べるための NMR 装置であって、前記装置が、

偏向磁界 B_0 を発生する磁石、磁気共鳴を励起するための RF エネルギーを供給する少なくとも 1 つの RF 送信機、および磁気共鳴信号を検出するための RF 受信機と、

前記 RF 信号の励起と信号取得との間の協調を取るコントローラと、

前記 RF 送信機または前記受信機の 1 つを前記核スピンの局所化された一群に結合する表面コイルであって、1 対のアクティブなコモンモード端子を通してコモンモードの RF 電流をサポートするように配設された 4 端子伝送ラインを含む表面コイルとを含み、

40

前記伝送ラインが、

前記伝送ラインの 1 つのインダクタを含む第一および第三の端子と、

前記伝送ラインの他のインダクタを含む第二および第四の端子とを含み、

前記一つおよび別のインダクタがそれらの間の分布静電容量を介して容量的に結合されており、前記容量的に結合された少なくとも 1 対の端子がそれらの間に配設された第一の共鳴回路を含み、前記 4 個の端子の少なくとも他の 1 対がそれらの間に配設された第二の共鳴回路を含む、装置。

【請求項 8】

50

前記他の1対の端子が前記4個の端子の誘導性結合された対を含む、請求項7記載のNMR装置。

【請求項9】

前記他の1対の端子が容量性結合された別の対の端子を含む、請求項7記載のNMR装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、空間的に感度を有するNMR装置の分野に属し、かつ新規な構成の共鳴コイルに関し、さらに詳しくは局所的磁気共鳴の研究のための表面コイルに関する。

10

【背景技術】

【0002】

対象物の選択された内部領域をNMRで調べることは長い間、対象領域の近傍における対象物の外部表面上に配置された表面コイルを使用して、磁気共鳴励起に入射するRF共鳴信号を局所化することで行われてきた。表面コイルはアンテナの属性を有しており、対象領域よりも著しく大きな外部寸法を持たないことが望ましい。表面コイルは、同調可能共鳴回路と組み合わせたループアンテナになぞらえられることが多い。理想的な表面コイルは対象物の限定された領域に対して、向上した感度および最小の輻射損失で強い結合をもたらす。

【0003】

20

典型的な画像形成装置およびその使用においては、調べようとする対象物の体積領域にわたって共鳴の励起を与える体積コイルを使用して、核磁気共鳴の励起が行われる。表面コイルによって局所的励起が得られるが、表面コイルを受信チャンネル内で使用の方が一般的である。これはいかなる意味でも本発明に関する制約とはならない。

NMRで使用するためのある種の表面コイルは、対象物の核スピンとRF信号源またはシンクとの間で特に効果的な結合を生じるためのラダー回路の使用によって影響されたものである。下記特許文献1および下記特許文献2参照。ラダー回路は伝送ラインに対する通常の分析モデルであるが、分布インダクタンスおよび分布静電容量を間に生じる2本の間隔を開けて配置された導電体のインダクタンスを考慮して、伝送ラインはLCラダー回路としてモデル化されることが多い。ラダー回路は4端子回路/装置として便宜的に解析される。この回路は回路全体に分布した誘導性および容量性リアクタンスを示す。ラダー回路は一般に基本的なメッシュまたはループの周期構造を有する、すなわち周期性を有する軸が認められ、その軸に沿って基本構成のメッシュ単位が繰り返されてラダーを構成する。ラダー回路は従来から使用されてきたが、いかなるラダー回路/表面コイルを形成するにも、回路設計の一貫性を守るために離散回路部品を注意深く選定することと、様々な部品からコイルを製造する手間のかかる工程が必要となることが明らかであろう。インダクタンスおよび静電容量が連続的に分布すると、回路は伝送ラインの機能的な側面を有するようになる。通常の使用においては、伝送ライン/ラダー回路の軸方向の一端の端子に入力されたRF電流は、(軸方向の)他端の端子に接続された所定の負荷または短絡に向かって、周期性の軸に沿って伝播する。伝送ライン/ラダー回路の軸方向の長さが、 n を整数として $n/2$ になると、伝送ライン/ラダー回路は同調回路の特性を有するようになる。この形態の従来技術の一例においては、表面コイルが従来と同軸伝送ライン部品で実現されていた。そのような1つの構成では、同軸ケーブル内にループが形成され、内部導電体の自由端は外部導電体の自由端に短絡され、この短絡された端部は外部導電体の停留部分に接続されてループを形成する。この接続点の反対側、すなわちループの頂点(例えば接続点から 180° 離れた点)では、外部導電体が中断されて小さなギャップを形成する。これにより、ギャップの両側の外部導電体はギャップの反対側で電氣的に結合され、内部導電体の自由端は同様にループの頂点で外部導電体に短絡される。ループから導出される同軸導電体の残りの長さ部分は増幅器に導通する。この従来技術では、増幅器からループを回って頂点までの全ライン長は $n/2$ となる。下記特許文献3参照。

30

40

50

【特許文献1】米国特許第5,898,306号明細書

【特許文献2】米国特許第6,169,401号明細書

【特許文献3】米国特許第4,816,766号明細書

【非特許文献1】CookおよびLowe、J.Mag.Res.、第49巻p346-349、1982年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

表面コイルに対する寸法の制約は望ましくない。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、同軸、ストリップライン、ツイストペア導電体、またはその他の形態の伝送ラインに固有の直列に分布した静電容量を利用して、NMRコイルの形態の同調回路を実現し、特に同調回路内のRFエネルギーの共鳴半波長と比べて小さな寸法を特徴とする表面コイルを実現する。伝送ラインの構造は、ラインの全長にわたって分布したインダクタンスとライン導電体間に分布した静電容量とを（本質的に）有する2本の互いに間隔を開けて配置された導電体を含む4端子LC回路として特徴付けられる。容易に分かるように、各導電体の両端の端子が直接結合され、2本の互いに間隔を開けて配置された導電体は主に容量的に結合されている。本発明では、典型的な伝送ラインの構成を採用していない。その代わりに、それぞれの導電体に対応する伝送ラインの（軸方向の）両端にあるそれぞれのRFに対してアクティブな端子によって、コモンモードのRF電流がサポートされ、したがって直接結合されてはいない。ここで、「アクティブ」な端子とは、信号源であれ受信側であれ、RFに対してアクティブな装置に接続された端子を言う。浮動（フローティング）端子は、物理的に実在するかどうか、またラダー回路/伝送ラインが4端子装置のままかどうかに関係なく、浮動端子と呼ぶことにする。）伝送ラインの機能的なコモンモードを選択して、調べようとする対象物への電界の結合をほぼまたは完全に排除したRF磁界の媒体を通して、実在の対象物への共鳴結合を行う同調回路を形成する。電界の結合を抑制することは、NMR研究において損失を低減するために、特に望ましいことである。便宜上、コモンモードの電流をサポートする分布静電容量を実現するための手段としての伝送ラインにしばしば言及するが、コモンモード伝送ラインとはコモンモードの電流をサポートする伝送ライン構造のことであると理解される。

10

20

30

【0006】

ここで示す様々な構成は典型的には、（主に）互いの間に分布した静電容量を介して互いに結合した、互いに間隔を置いて配置された誘導性の導電体を含み、選択された名目周波数で共鳴するLC回路を形成する伝送ラインのループを特徴とする。1つの形態では、各誘導性の導電体は駆動された（より一般的には「アクティブ」な）端部（端子）と、浮動端部（端子）とを有する。本発明では、伝送ラインは、図2Dに模式的に示すように、互いの間にほぼ一様に分布した静電容量を示す、一般に互いに間隔を置いて配置された2つの誘導性部材を含む4端子LCラダー回路と見なされる。4個の端子は一貫して、第一のインダクタのアクティブな端子と浮動端子とを表す直接結合された端子AおよびC、ならびに第二のインダクタの端子としての直接結合された端子BおよびDとして示される。端子Bがアクティブであるか浮動かは実施形態によって異なるが、一貫した表記を行うために、Bはアクティブな端子Aに物理的に近接していると見なされる。これらの約束の上で、伝送ライン50は便宜的に長方形の記号で表し、対角線上に向き合った（コモンモード）端子（AおよびD、またはBおよびC）は容量性結合を示し、軸方向に並んだ端子（AおよびC、またはBおよびD）は直接に結合されているものと認識される。導電性部材の有限な抵抗値と相互インダクタンスによって決まる効果は、本発明を理解するためには具体的に扱う必要は無い。

40

【0007】

したがって導電体のアクティブな端部は、他の導電体の浮動端に空間的に近接している。本発明における2個のアクティブな端子は、RF磁界をサポートするRF電流用のコモ

50

ンモードの容量性結合された経路を定義する。伝送ラインの表面コイルは、その分布した静電容量とインダクタンスとにより同調 LC 回路を形成する。伝送ラインは所望の形状のループに形成され、核磁気共鳴を励起 / 検出するための偏向磁界を横切る RF 磁界に向けられている。両端子間に接続された外部の可変コンデンサが、共鳴周波数をより精密に調整するための補助を与える。RF 信号源 / 受信機へのインピーダンスマッチングは、表面コイルと RF 信号源 / 受信機との間の適切な直列コンデンサにより一般に得られる。本発明では、伝送ラインまたはそれと同等の回路の明示された「伝送」特性を利用しないが、この構造は便宜的に伝送ラインと考えられ、ここではそのように呼ぶ。

【0008】

伝送ラインの導電性部材中に 1 つ（またはそれ以上の）ギャップを導入することは、2 つ（またはそれ以上の）伝送ラインを直列に接続する（通信させる）ことと解析的には等価である。ギャップの 1 つの実際的な機能に関する効果は、伝送ラインの有効インダクタンスを分布静電容量に対して相対的に低減することである。それにより、コモンモードの伝送ラインを含む回路に対する比較的高い共鳴周波数での共鳴応答が可能になる。本発明の伝送ラインの表面コイルの実施形態に増大する複数のギャップ（対向する導電体中に互い違いに設けられた）を組み込んだものは、より狭い帯域での反応を示すことが見出された。

10

【0009】

多重共鳴 LC 回路はまた、伝送ラインの共鳴回路で実現される。伝送ラインを通り、それぞれ対応する周波数依存のインピーダンスを有する別々の RF 電流経路が、1 つの実施形態では 4 端子伝送ラインの直接結合された一对の端子を 1 つの共鳴回路内に組み込み、一对のコモンモード端子を他の共鳴回路内に組み込むことで実現される。別の実施形態では、この 2 つの回路をそれぞれの共鳴回路内のコモンモード端子の別々の対を含むものとして定義する。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図 1 は模式化された一般的な NMR 装置で表された本発明の構成を示す。取得 / 制御用プロセッサ 10 は、RF 送信源 12、変調装置 14 および RF 受信機 16 と通信を行い、アナログ - デジタル変換器 18 および別のデジタルプロセッサ 20 を含む。変調された RF 電力は通常は、指定された周波数成分、継続時間および位相を有する RF パルスの系列を含み、（体積）励起コイル 22 を貫通する磁界 21 内で対象物 / サンプル 23 を照射する。他の磁界成分または勾配を、RF 変調との所定の同期条件において磁界 21 に重ね合わせることもできる。サンプル / 対象物の応答は同じコイル 22、または受信機 16 と通信状態にあるコイル 19 で択一的に遮断（インターセプト）される。コイル 22 および / または 19 は体積形状または表面形状のうち、特定の調査に適切な方の構成を有する。応答は、典型的には遷移的な時間ドメインの波形または自由誘導崩壊の形態をとる。この遷移波形は一定の間隔でサンプリングされ、サンプルは ADC 18 でデジタル化される。デジタル化された時間ドメインの波形は、次にプロセッサ 20 で更に処理される。このような処理は、時間ドメインの波形を多くの同様の波形にわたって平均することを含んでもよく、平均化された時間ドメインの波形を周波数ドメインに変換することにより、出力装置 24 に向けられた球面分布関数が得られる。画像形成の形式としては、出力装置 24 は空間的に選択的なスペクトルを表示するか、または取得されたスペクトル分布データを励起された核スピンの密度分布を表す画像に変換する。この手順を選択されたパラメータを変化させながら繰り返し、このデータセットからの変換が表示またはその後の分析を行うための任意の数の状態を取ることができる。

30

40

【0011】

本発明の説明は、最も単純な単一共鳴の実施形態を考慮することで開始するのが最もよく、そのような実施形態は伝送ラインの異なる選択を表す異なる構成によって得られる。（いくつかの図において、同様の部品には共通の符号を与える。）図 2 a は、調べようとする対象物の核スピンの共鳴結合させるための単一ループの表面コイルを示す。同軸導電

50

体 40 は、軸（ステム）部分 35 を通して駆動されるループ部分 39 に形成されている。同軸ケーブルの内部導電体 36 は一端 A で駆動され、浮動端 C を有する。外部導電体 32 は、内部導電体 30 のアクティブな端 D に近接した浮動端 B を有する。外部導電体 32 はその他端 37 から活性化 / 駆動される。内部導電体と外部導電体とは同じ長さである必要は無い。内部導電体の長さは、同軸導電体の分布静電容量および内部および外部導電体のインダクタンスの積分値が、所望の中心周波数での効果的な LC 回路の共鳴をもたらすようなものである。駆動される端子間に同調コンデンサ c_t が接続されて共鳴挙動を所望の範囲にわたって変化させる。分布静電容量 c_d および同調静電容量 c_t の値は $c_d + c_t$ となるように選ばれ、すなわち同調静電容量 c_t の範囲を超えて c_t が $c_d + c_t$ まで大幅に増加するようにする。一般に、 c_t と直列静電容量 c_m とは、同調された表面コイルの共鳴特性を調整し、また同調された表面コイルのインピーダンスを RF 信号源または受信機にマッチングするための同調およびマッチング回路の例である。内部導電体 36 の長さは、（同軸ケーブルの特性に対して）分布静電容量 c_d の所望の値を与えるように選ばれ、表面コイルのループ部分の半径 r または外周は、好適にはコイルの RF 磁界分布を発生するためにある程度選択可能である。軸部 35 により、ループ部分 39 を同調およびマッチング部品から比較的離れて配設することが可能になる。

10

【0012】

ここで図 2 b を参照して、図 2 a の同軸表面コイルに付随するストリップラインの実施形態を示す。誘電体基板 42 の対向する両側に、第一および第二の導電性トレース 47 および 48 がほぼ位置を合わせて形成される。あわせて投影すると、2 本の導電体はループによって定義される表面の内部点の周囲に約 2 だけ延びる軸部分およびループ部分を描く。2 本の導電体は重なった領域を共有するが、しかし同じ長さである必要は無い。重なった領域は導電性トレース 47 および 48 の間の所定の容量性結合を与える。適切に選んだコンデンサ c_m は外部の RF 装置へのインピーダンスマッチングを与え、それぞれのアクティブな端子 44 および 46 の間の可変コンデンサ c_t が所望の RF 共鳴条件を確保するために必要な同調調節を与える。同調されたコイルの所望の共鳴特性によって決まる可能性のある様々な回路によって、同調およびマッチング機能が達成される。便宜上、同調およびマッチ回路 52 は一般的な意味で記号化される。

20

【0013】

図 2 a および図 2 b は、表面コイルの形状と寸法とが独立して指定される一般的な構成で示されていることに注意する。形状をそのように独立して指定しなければ、表面コイルのループ部分は通常、ループのほぼ 2 ラジアン の 挟角 にわたって両導電体の間に静電容量が分布することになる。伝送ラインの異なる形式により、誘電率、形状特性その他の選択を通して分布静電容量の値を選択する対応する便宜を与える。

30

【0014】

図 2 c は、図 2 a および図 2 b の表面コイルの、ツイストペア（ねじり線対の）導電体の形態での更に別の実現を示す。3 つの図示した形態の間の違いは、同軸導電体か、ストリップラインかツイストペアかという伝送ラインの特徴だけである。本発明を実施する上で可能なその他の伝送ラインが除外されるものではない。図 2 a ~ 図 2 c は、本発明の同じ実施形態の別の実現である。そこで図 2 d は図 2 a ~ 図 2 c に適用可能な等価回路の機能的な表現である。図 2 d は伝送ラインに対するラダー回路モデルの例を示し、以後伝送ラインは単純な 4 端子装置として示される。図 2 a を参照して、伝送ライン 50 の各導電体はそれぞれインダクタンス L_1 および L_2 （これらは一般的に同じ値である必要は無い）を示し、これらは（全）分布静電容量 c_d を介して容量的に結合されていることがわかる。ここで使用されている各導電体は、アクティブな端子および浮動端子によって区切られている。駆動される、すなわちアクティブな端部は各々対応する導電体の 1 つの端子を含み、対応する浮動端部はアクティブでない端子のままとなり、これにより伝送ラインを 4 端子装置として定義する。典型的な実施においては、回路の共鳴特性を調整するためにアクティブな端子間に可変コンデンサが補助 c_t として接続され、一方 RF 装置のインピーダンスの共鳴回路へのマッチングのために別のコンデンサ c_m が RF 装置（信号源または受

40

50

信機)と直列に接続されている。本発明の各実施形態に関するマッチングおよび同調手段は周知のものであり、コンデンサ回路、LC回路(比較的低い周波数の場合)および4分の1波長伝送線など多くの形態を取ることができる。これらはRF信号源/受信機のインピーダンスを共鳴回路によって示されるインピーダンスに合わせ、かつ同調された回路の共鳴応答を別に調節するという周知の機能を果たす。単純な伝送ラインのループで表され、かつ全分布静電容量 c_d によって特徴付けられる実施形態の場合、外部同調およびマッチング回路は比較的広い範囲にわたって調整可能である。

【0015】

伝送ラインの代表的な形態は、導電体の電気的および/または幾何学的対称性によって特徴付けられるということに、注意すべきである。ストリップライン、ツイストペア、平行2線などが厳密な幾何学的および電気的な対称を実現できるのに対して、同軸導電体の例はその本質的な非対称性において独特である。同軸形状の本質的な非対称性は、同軸ケーブルに対する電界の完全な閉じ込め(シールド)をもたらす。2本の導電体はまた、(非対称の)等しくない電流密度およびインダクタンスによって特徴付けられる。ツイストペア、平行2線、ストリップラインなどが完全に対称形の構成を可能にするのに対して、意図的に非対称にした設計によって得られる利点も存在する。別の例として、調べようとする表面の法線に沿って変位させられた平行な導電体対として構成されたストリップラインを考える。調べようとする対象物の表面に近接した導電体が、遠い方の導電体の幅よりも多少大きな幅を有するのが望ましい。この幾何学的および電気的な非対称性は、2本の導電体間の周辺の電界を対象物の表面から離れる方向に向け、それにより調べる対象物中の電界の損失を抑制する効果を有する。電気的な非対称性の他の利点を、複数の共鳴コイルの場合について以下説明する。

【0016】

様々な形態の伝送ラインが、所望の同調回路に対する可変パラメータの様々な範囲を可能にする。例えばストリップラインは、導電体の寸法だけでなく誘電率および誘電体の厚みも、分布静電容量およびインダクタンスの選定された値に寄与することによって特徴付けられる。同軸導電体は同様の選択を与え、電界を完全に排除または閉じ込めるといった別の利点を有している。同調およびマッチング回路は任意のそのようなRF共鳴負荷に対して採用されることが理解され、この機能のための回路の特性は当業者には周知のことである。かかる回路は、様々な集中定数型の要素で実現でき、あるいは周波数、電力その他の要求に適合すれば通常の伝送ラインのスタブで実現できる。ここで示す同調およびマッチング機能のための具体的な構成は、いずれも単に代表的なものを示すに過ぎない。

【0017】

図3aはシールドされた同軸表面コイルの一例を示し、独立したシールドケーブルが伝送ライン50のアクティブなコモンモード端子AおよびDへのシールドされたアクセスを提供し、シールドされた導電体62および64を通してコイルのループ部分を形成している。ループ電流はアースに関してバランスされていることに注意する。内部の軸部導電体にはそれぞれ大きさが等しく向きが反対の電流が流れる。シールドされた導電体はユニポテンシャル(同電位:接地)シールドによって特徴付けられ、そのため伝送ライン50とは異なるRF特性を示す。実際問題として、シールドされた導電体62および64は同調およびマッチング回路52の構成要素である。

【0018】

図3bは、図3aのシールドされた伝送ラインの表面コイルと分析的に等価な図である。コイルのループ部分は伝送ライン50を含み、図2a~図2dの実施形態と同一である。図3aのシールドされた実施形態の場合、アクティブなコモンモード端子AおよびDは各々シールドされた導電体62および64を通して外部のRF装置と通信を行い、これらの導電体は4端子伝送ライン50と異なり3端子装置として認識することが出来る。

【0019】

図3cは図3aの変形で、リード線が単一の同軸導電体で表されるものを示す。この実施形態では、外側のシールドされた導電体66が回路のアクティブな部分であるから、こ

10

20

30

40

50

れはシールド無しの実施形態であり、回路の性能はシールド導電体 6 6 のアースとの関係に依存する。

実際問題として、表面コイルの局所化された性能は、検査対象の身体のうち表面コイルのループ部分によって定義されたすぐ近傍の外側にある領域に対しては応答が極めて小さいかまたはゼロであることが好ましい。そのようなコイルは長細い導電体（「リード」部分）を通して装置と通信を行い、ループ部分と区別されたコイルのリード部分が、調べようとする対象物の核スピンと有効に結合されていないことが好ましい。図示した単純な形状の場合、図 2 a ~ 図 2 c の共鳴コイルのループ部分の輻射パターンは、「ループ」部分の物理的な延長のためのリードを構成する伝送ライン 5 0 の直線的な延長部分によって乱されることが予想されるということに気づくかもしれない。周知のように、リードの近傍における R F 磁界は、2 本のリードを流れる大きさが等しく向きが反対の電流が近接していることによってほぼ相殺される。平衡型および非平衡型の同軸導電体の実施形態の測定は、どちらもループの角度範囲にわたってループの外周に接近し、またリード部分に近接した R F ピックアップループを使用して行なわれた。平衡型の実施形態(図 3 a)では、応答の変化は約 - 9 d B から - 1 1 d B 程度であり、リードに沿って約 - 3 4 d B の変化が観察された。非平衡型の同軸の実施形態(図 3 b)でも同様の結果が得られた。

10

【 0 0 2 0 】

図 4 a および図 4 b は、伝送ライン（ここでは図 4 a の外部同軸導電体 7 0 - 7 0 '）または内部同軸導電体 7 2 - 7 2 '（図 4 b）内にギャップ 7 4 を設けることによって形成される複合伝送ラインを示す。ストリップラインおよびツイストペアによる変形は、その特定のタイプの伝送ラインの一方の導電体または他方の中に同等のギャップを設けたものに相当する。この実施形態の分析的回路図を図 4 c に示す。ここでギャップ 7 4 は単に 1 本の直接結合されたインダクタ（A - C '）に中断部分を生じて、2 個の近接した浮動端子（C - A '）を形成している。かかるギャップの機能的な効果が、2 本の連通している伝送ライン 5 0 ' と伝送ライン 5 0 " との間にインターフェースを生じることであると認識することは役に立つ。2 本の伝送ラインの間のインターフェースが D - B '（図 4 c）または D - A '（図 4 d）のいずれかの接続によって橋渡しされるということは注意に値する。これら 2 つの例は、厳密に対称形の導電体に関しては厳密な意味で電氣的に同一である。同軸導電体の場合、実際のほとんどの応用において対称性からの本質的なずれは小さなものである。

20

30

【 0 0 2 1 】

図 4 a または図 4 b のいずれかの実施形態の一方の導電体に導入されたギャップは、その導電体を L C 伝送ライン回路 5 0 '、5 0 " それぞれの 2 つのインダクタンス（例えば導電体 7 0 および 7 0 '）に分離する。しかし、これら 2 つの回路は、概略同じ分布静電容量に対して、より低いインダクタンスとして特徴付けることのできる全体的な結果との組み合わせを示し、従って、対応する単一のコモンモード伝送ラインよりも高い周波数での共鳴挙動が可能である。

【 0 0 2 2 】

伝送ラインの一方の導電体中に単一のギャップを導入する構成を一般化して、一方または両方の導電体中に複数のギャップを形成してもよい。図 4 e は伝送ラインの各々の誘導性部材中に複数のギャップ 7 4 '、7 4 "、7 4_Nを導入した伝送ラインであり、かかる誘導性部材の一つのギャップが他の誘導性部材のギャップに対して位置がずれているものの機能的に分析された形態の図である。非導電性のギャップは導電体の個別部分の軸方向の長さと比較して小さく、 L_{x1} 、 L_{x2} 、 \dots 、 L_{xN-1} 、 L_{xN} のように 1 本の導電体 x を区分化したインダクタンスとし、また各ギャップが導電体 A - C および導電体 B - D の間で交代する。1 本の（区分化された）導電体を含み、ギャップで分離された誘導性部材は好適には、ギャップで分離された他の（区分化された）導電体の誘導性部材に関して互い違いとなる。かかるセットの誘導性部材は、分布静電容量の 1 部分を通じて反対の誘導性部材セットのギャップで分離された 2 つの誘導性部材に結合されていると見なすことができる。これにより 2 つのコモンモード R F 経路はいくつかのギャップの間で交代する。非常

40

50

に定性的な意味では、これは本質的に隣接する誘導性部材を並列に結びつけ、有効インダクタンスを大幅に低減する。このような回路の解析的な扱いはここでの範囲から外れるが、単純な伝送ライン中の複数のギャップが有効インダクタンスを低減する効果を持ち、本発明の原理に従ってより高い周波数での同調回路をより容易に実現することにつながるという点を指摘することで、実際の概要としては明らかであろう。

【0023】

4端子装置の電氣的な形状(トポロジー)は、多重共鳴同調回路をサポートするように適応させることが出来る。以下説明するように、4種類の共鳴周波数までサポートできる。先ず図5aに示す二重同調構成を考える。ここでは同軸伝送ラインが二重共鳴実施形態をサポートするように適応されている。一般に伝送ラインは、直接結合されたアクティブな端子AおよびCを有し、周波数 ω_1 に対するRF経路を形成し、比較的高いインダクタンスのA-C区画を組み込むインダクタ102を含む。インダクタ104はアクティブな端子Dと浮動端子Bとを含む。 ω_2 で共鳴する別のRF経路は、コモンモード経路A-Dを通して定義できる。このようにして、より低い周波数 ω_1 と比較的高い周波数 ω_2 が可能となる。周波数分離フィルター54および/または54'が、ここで望みに応じて、低域通過、高域通過または帯域通過の単純なフィルターの形態で示されるように、一方または両方のループに備えられている。各々の回路には、対応する共鳴挙動をより精密に調整するための同調コンデンサが備えられている。図5bは対向する導電体108~110を含む同様の構成を示し、ここで1本のストリップ導電体110は分布静電容量の設計された積分を与えるように選択された長さを有する。図5aおよび図5bの二重共鳴特性を実現するツイストペア構成も同様に得られる。図5cは図5aおよび図5bの物理的実施形態の分析的モデル図である。このモデルでは、伝送ライン50を通じて実現される2つのRFループがあり、一方には直接結合された(A-C)RF経路が組み込まれ、他方にはコモンモードの(A-D)RF経路が組み込まれていることに注意する。

10

20

【0024】

図5dは別々のコモンモードRF経路、例えばA-DおよびB-Cで実現され、対応する別々の共鳴RF電流ループのために機能する二重同調回路を示す。このような使用法では、完全に対称形の伝送ラインはコモンモードRF経路を共有する2つのチャンネルに対して非常に強い結合を与える。

可能な両方のコモンモードがそれぞれの回路ループ内で別々の共鳴をサポートできると同様に、2つの直接結合された経路A-CおよびB-Dもまた各々それぞれの回路ループ内に組み込むことができることが明らかであろう。従って、両方の直接結合された部分と両方のコモンモード部分とを組み合わせることで、4重共鳴コイルが容易に実現できる。各ループはそれぞれの同調およびマッチング回路と、好適には対応する周波数分離フィルターとを組み込むことが理解される。

30

【0025】

多重共鳴の応用は、例えば周波数分離用補助回路またはフィルター54, 54'などのように、適切な周波数分離をそれぞれのループ内に含むことで向上した性能を示す。そのようなフィルターは、場合に応じて高域通過、低域通過、または帯域通過フィルターの形態を取ることができ、これらの構成の一般的な性質は当業者には周知のことである。

40

別の実施形態の物理的な形態を図6aに示し、その機能的分析形態の図を図6bに示す。周波数分離機能の一部は、それぞれの周波数チャンネル中の4分の1波長(通常の)伝送ラインのスタブ80および80'で表される。周波数が低い(インダクタンスが高い)方の経路はA-(C=B')-D'を含む直接結合されたループにおいて明らかであり、ここではギャップ74が前に述べたように直列に連通する伝送ラインの対を形成し、CとB'とが実効的に同一の点であることが理解される。高い方の周波数は直列に連通するコモンモードの経路B-(C=B')-C'を含むループの共鳴特性を通じてサポートされる。

【0026】

本発明のコモンモード伝送ラインユーティリティは、その他の共鳴回路の応用において

50

も利用できることを理解すべきである。特にNMRの分野では、体積コイル構造はここに述べた原理を利用することもできる。これらはまた分析NMR研究にも有用である。図7aのサドルコイルと図7bのソレノイドコイルとを考へる。これらの構造は従来技術と類似しており、本発明に従って実現される。図2aの表面コイルとの完全な類推で示されるが、図2ないし図6のすべてに示した実施形態は体積コイルに適用可能である。従来技術では、ソレノイドコイルの各ループ間に静電容量を直列で与えるための多くのツイストペア導電体を特徴とする集中定数型の回路素子を直列にした共鳴体積コイルが知られている（非特許文献1）。このような構造で同様の機能的性能が得られるが、コモンモードの伝送ライン構造のこの利用が並外れて多くの利点を有していることが明らかである。電界の損失を排除することは、伝送ラインを完全にまたは部分的にシールドすることで実現される。製造の容易さと個々のコイルとの間のばらつきが無さが、伝送ラインの独立した厳しい許容度により大幅に改善される。従来のチップコンデンサの使用によって生じる不連続性は回避され、RFの一樣性が改善される。大略的に対称形の全体の中で、個別に調整された磁化率の値を有する一群の機械的部品内で、磁化率の補償が容易に達成される。更に、本発明のNMRコイルを形成する単純で大略的に対称形の機械的構造により、より小さな B_0 歪という結果が得られる。

10

【0027】

図2aの実施形態を標準的なワイヤ表面コイルと比較することにより、本発明で得られる向上した性能が理解できる。本発明の表面コイルとほぼ同一の形状（直径2cm）を有する標準的なワイヤ表面コイル。両表面コイルは400MHzで共鳴するように同調およびマッチングされ、サンプル負荷をかけずにベンチ試験にかけられ、それぞれのQ値が測定された。標準的な表面コイルのQ値が60であるのに比較して、本発明による表面コイルはQ値が178であった。本発明は感度および信号対雑音比において、従来よりも大幅に利点がある。

20

【0028】

上記の図面のいくつかにおいて、伝送ラインのループ部分の誘導性部品の導電体が対称形または非対称形の配列で示されている。表面コイルの形状設計に対していかなる制約も想定されていない。設計者は表面コイルのRFおよび形状特性の両方に関心があり、これらは独立しており、かつ/または互いの兼ね合いによる調整を受けることができる。アンテナとして働く表面コイルと結びついた輻射パターンは言うまでも無く、形状の影響を受ける。当業者であれば、本発明の範囲内での特定の応用の目的のために、伝送ラインのパラメータ、共鳴周波数および輻射パターンを調整することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の構成を模式的に示す。

【図2a】同軸導電体を実現された本発明の1実施形態を示す。

【図2b】図2aと同一の実施形態をストリップラインで実現したものである。

【図2c】図2aと同一の実施形態をツイストペアで実現したものである。

【図2d】図2a～図2cの伝送ラインの等価回路である。

【図2e】図2a～図2cの実施形態の記号的な等価物である。

40

【図3a】シールドされた同軸導電体の表面コイルである。

【図3b】図3aの表面コイルに対する機能的な分析的回路図である。

【図3c】シールドされていない同軸導電体の表面コイルである。

【図3d】図3cの表面コイルに対する機能的な分析的回路図である。

【図4a】2本の伝送ラインで形成された表面コイルである。

【図4b】図4aの別の物理的な実現形態である。

【図4c】図4aおよび図4bの表面コイルに対する機能的な分析的回路図である。

【図4d】図4cの変形である。

【図4e】コモンモードの伝送ライン各部分の直列配列を示す。

【図5a】同軸導電体で構成された二重同調表面コイルである。

50

- 【図5b】ストリップラインで構成された二重同調表面コイルである。
- 【図5c】別の二重同調構成に対する機能的な分析的回路図である。
- 【図5d】2連コモンモード周波数経路を表す機能的な分析的回路図である。
- 【図5e】4共鳴構成を表す機能的な分析的回路図である。
- 【図6a】2本のコモンモード伝送ラインを使用した本発明の二重同調表面コイルである。
- 【図6b】図6aの表面コイルに対する機能的な分析的回路図である。
- 【図6c】図6aの別の実施形態である。
- 【図7a】本発明を利用したサドル形状の体積コイルである。
- 【図7b】本発明を利用したソレノイド形状の体積コイルである。

【図1】

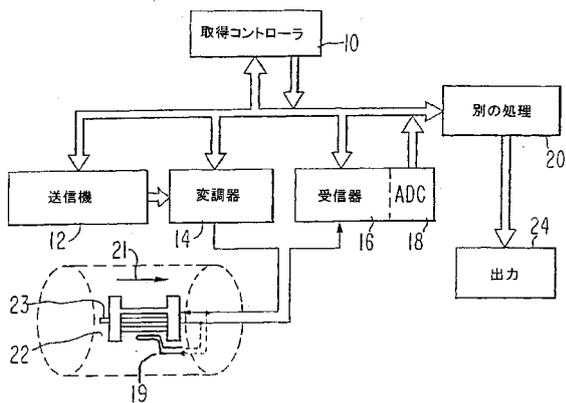


図1

【図2a】

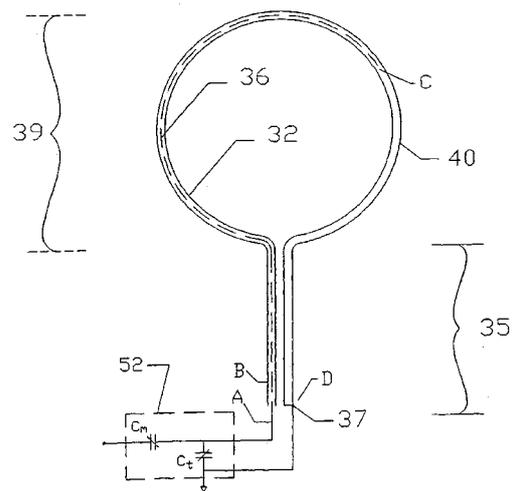
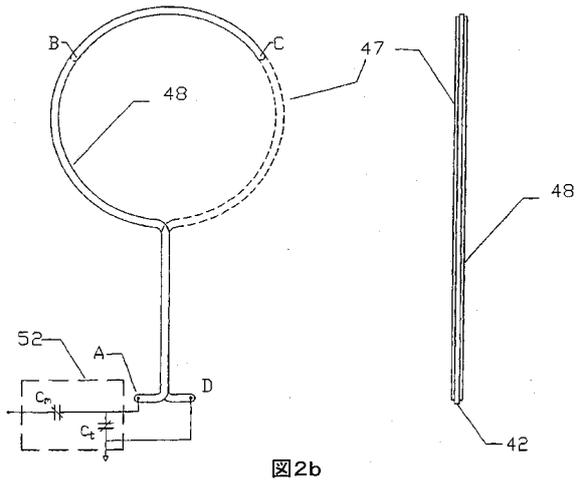


図2a

【 図 2 b 】



【 図 2 c 】

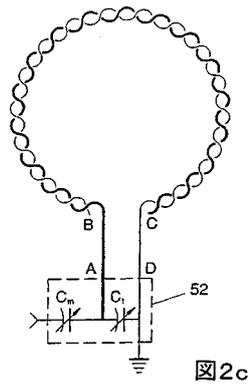


図2c

【 図 2 d 】

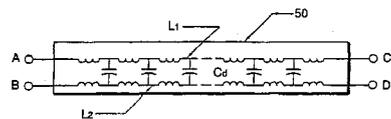


図2d

【 図 2 e 】

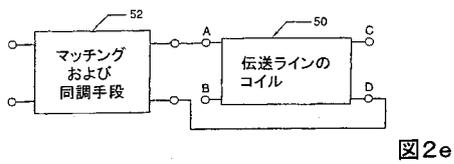


図2e

【 図 3 b 】

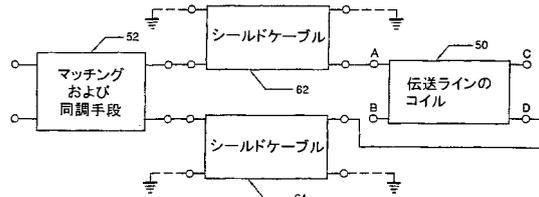


図3b

【 図 3 a 】

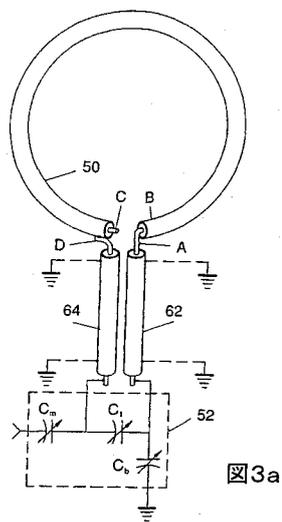


図3a

【 図 3 c 】

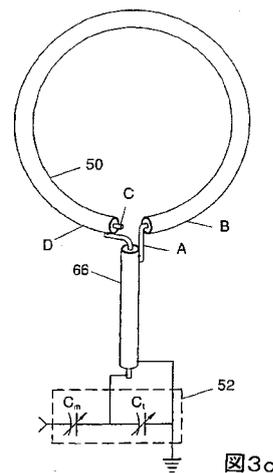
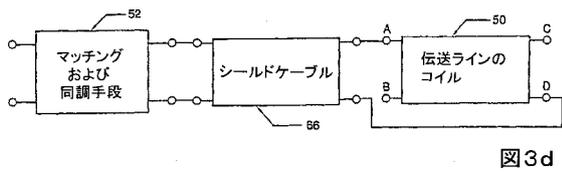
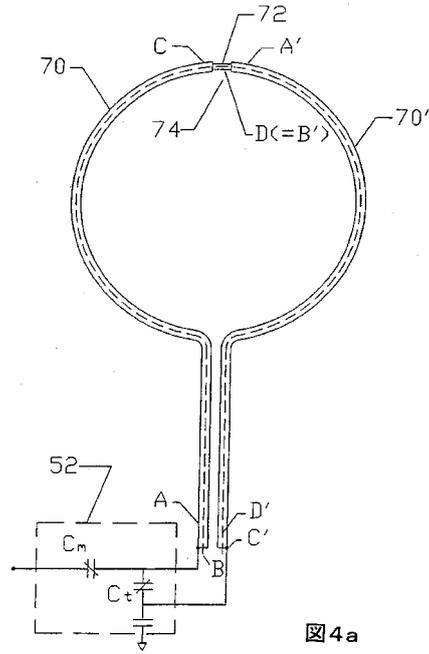


図3c

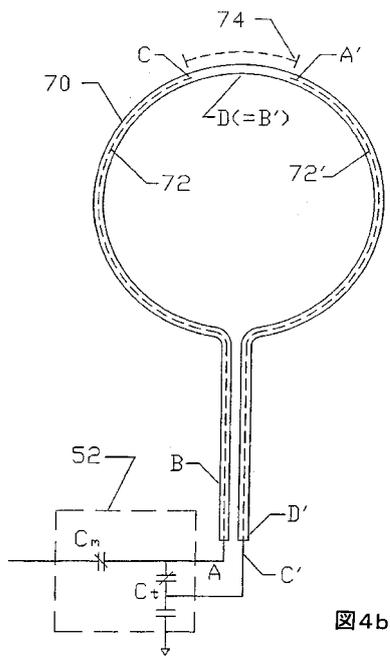
【図3d】



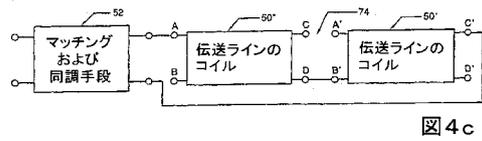
【図4a】



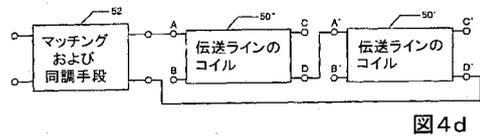
【図4b】



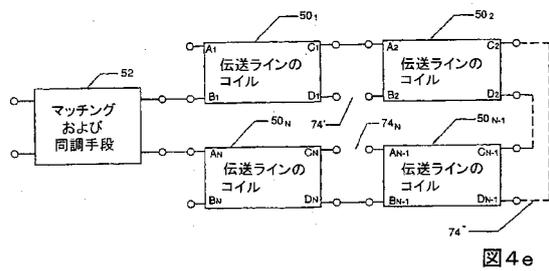
【図4c】



【図4d】



【図4e】



【図5a】

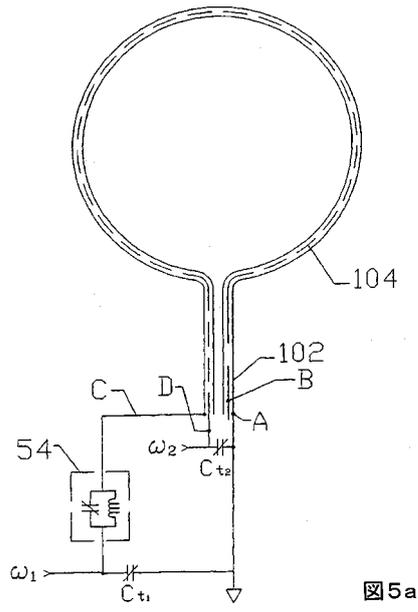


図5a

【図5b】

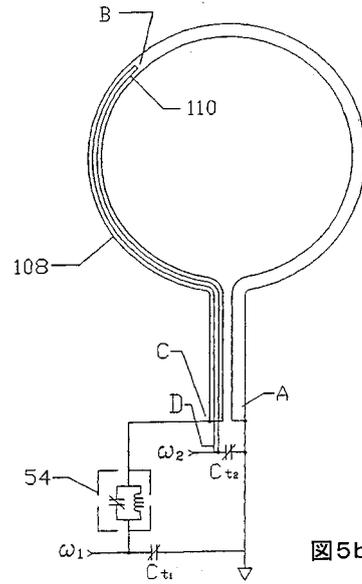


図5b

【図5c】

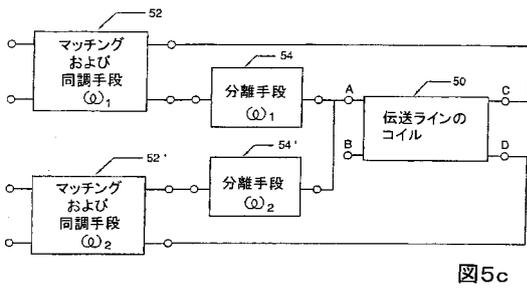


図5c

【図5e】

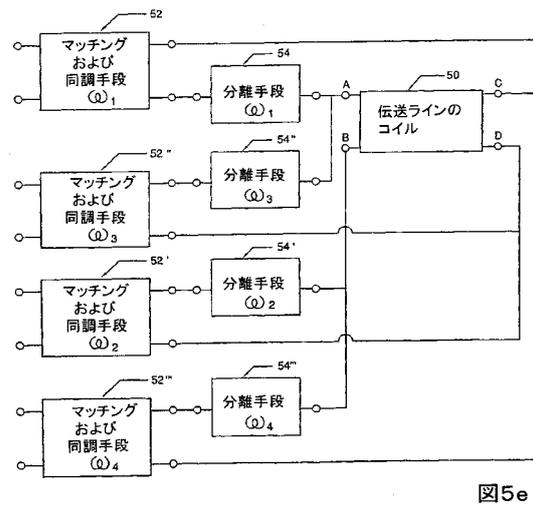


図5e

【図5d】

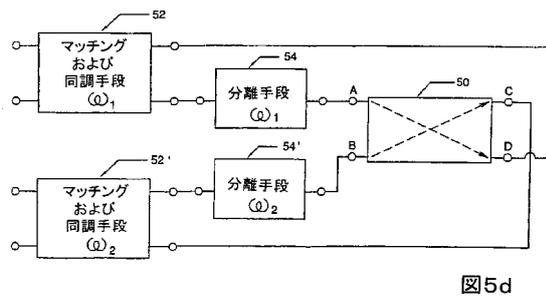


図5d

【 図 6 a 】

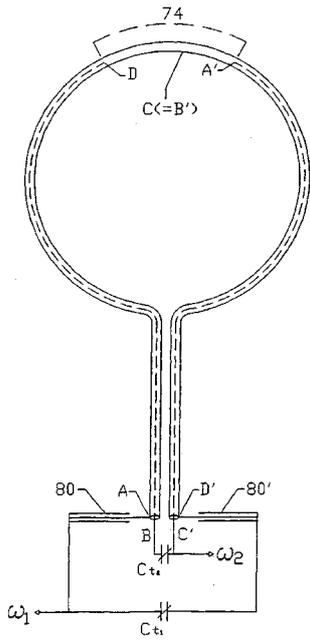


図6a

【 図 6 b 】

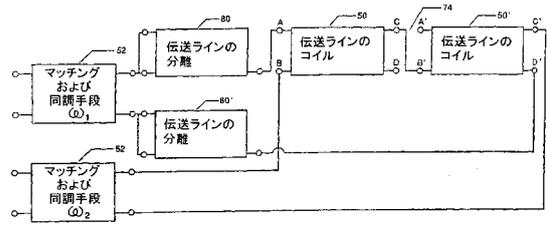


図6b

【 図 6 c 】

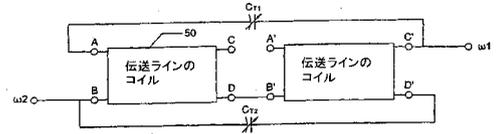


図6c

【 図 7 a 】

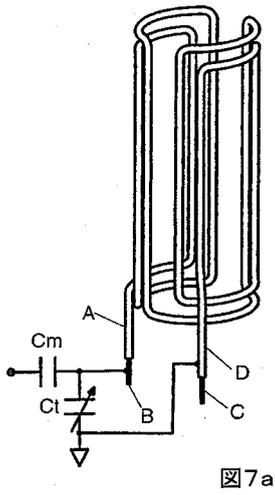


図7a

【 図 7 b 】

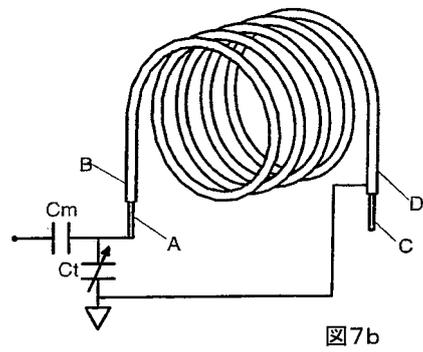


図7b

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2004/010859

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01R33/341 G01R33/36		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 621 237 A (TIMMS WILLIAM E) 4 November 1986 (1986-11-04) column 2, line 29 - line 52 the whole document	1-17, 19-26
X	GONORD P ET AL: "MULTIGAP PARALLEL-PLATE BRACELET RESONATOR FREQUENCY DETERMINATION AND APPLICATIONS" REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, US, vol. 65, no. 11, 1 November 1994 (1994-11-01), pages 3363-3366, XP000494637 ISSN: 0034-6748 abstract	18
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
E earlier document but published on or after the international filing date		*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		*Z* document member of the same patent family
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 5 November 2004		Date of mailing of the international search report 13/12/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Dragomir, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter	Application No
	PCT/US2004/010859

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 083 006 A (YOKOSHIMA ICHIRO) 4 April 1978 (1978-04-04) the whole document	1-26
A	GONORD P ET AL: "TWIN-HORSESHOE RESONATOR-AN INVESTIGATION" REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 65, no. 2, 1 February 1994 (1994-02-01), pages 509-510, XP000439451 ISSN: 0034-6748 abstract	1-26
A	US 4 816 766 A (LORENZ WALTER ET AL) 28 March 1989 (1989-03-28) the whole document	1-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intel	Application No
PCT/US2004/010859	

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4621237	A	04-11-1986	DE 3369885 D1	02-04-1987
			EP 0112361 A1	04-07-1984
			WO 8400214 A1	19-01-1984
			GB 2133558 A ,B	25-07-1984
US 4083006	A	04-04-1978	JP 50027464 A	20-03-1975
			JP 899295 C	25-02-1978
			JP 50034142 A	02-04-1975
			JP 52028616 B	27-07-1977
			DE 2433196 A1	30-01-1975
US 4816766	A	28-03-1989	DE 3675339 D1	06-12-1990
			DE 3689266 D1	09-12-1993
			EP 0222982 A1	27-05-1987
			EP 0352824 A1	31-01-1990
			JP 2068596 C	10-07-1996
			JP 7082942 B	06-09-1995
			JP 62128105 A	10-06-1987

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 レウン, ジミー

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 5 5 5, フレモント, ジャミー サークル 3 3 2 4 3
番地

(72) 発明者 フンク, アレクサンダー, エル.

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 0 4 1, マウンテン ビュー, ヒグドン アヴェニュー
1 8 5 1 - 1 番地

(72) 発明者 メーア, ナット

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 1 1 0, サンフランシスコ, ナンバー 3 0 4, フォルサム
ストリート 2 1 6 9 番地

Fターム(参考) 4C096 AA20 AB34 CC08 CC13 CC14