

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6359735号
(P6359735)

(45) 発行日 平成30年7月18日 (2018. 7. 18)

(24) 登録日 平成30年6月29日 (2018. 6. 29)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 5/055 (2006.01)	A 6 1 B 5/055 3 5 0
G O 1 N 24/00 (2006.01)	A 6 1 B 5/055 3 5 5
	G O 1 N 24/00 5 8 0 A
	G O 1 N 24/00 5 8 0 G

請求項の数 14 外国語出願 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2017-150505 (P2017-150505)	(73) 特許権者	595068254
(22) 出願日	平成29年8月3日 (2017. 8. 3)		ブルーカー バイオスピン ゲゼルシャフ
(65) 公開番号	特開2018-47228 (P2018-47228A)		ト ミット ベシユレンクテル ハフツン
(43) 公開日	平成30年3月29日 (2018. 3. 29)		グ
審査請求日	平成29年11月29日 (2017. 11. 29)		Br u k e r B i o S p i n G m b H
(31) 優先権主張番号	10 2016 214 441.3		ドイツ連邦共和国 ラインシュテッテン
(32) 優先日	平成28年8月4日 (2016. 8. 4)		ジルバーシュトライフェン (番地なし)
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100125254
早期審査対象出願			弁理士 別役 重尚
		(74) 代理人	100118278
			弁理士 村松 聡
		(72) 発明者	ミヒャエル マイクスナー
			ドイツ連邦共和国 7 6 4 6 7 ビーティ
			ッヒハイム テオドル-レスラー-シュ
			トラーセ 2 7
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波インターフェース回路、高周波システム、並びに、高周波インターフェース回路を備える磁気共鳴装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送信モードにおいて、前記高周波インターフェース回路（6、6'）の入力（TX）を介して、HF発生器（5）が送信した信号をHFセットアップ（4）用のコネクタ（PR）に方向付ける高周波インターフェース回路（6、6'）であって、受信モードにおいて、前記高周波インターフェース回路（6、6'）の出力（RX）を介して、前記HFセットアップ（4）の前記コネクタ（PR）からの受信信号を受信システム（7）に方向付ける高周波インターフェース回路（6、6'）であって、前記高周波インターフェース回路（6、6'）は、

前記高周波インターフェース回路（6、6'）の前記入力（TX）を前記コネクタ（PR）に繋ぐ送信経路（SP）と、

前記コネクタ（PR）を前記高周波インターフェース回路（6、6'）の前記出力（RX）に繋ぐ受信経路（EP）であって、第1の回路（K1）を有する前記受信経路（EP）を備え、

前記第1の回路（K1）は、送信モードにおいて導電性であり、受信モードにおいて電気絶縁性である、第1のスイッチング素子（S1）を少なくとも有し、

送信モードにおいて、前記第1の回路（K1）は、前記高周波インターフェース回路（6、6'）の前記出力（RX）を前記コネクタ（PR）から絶縁する、直列に接続された2つの並列共振回路を形成する高周波インターフェース回路（6、6'）であって、

受信モードにおいて、前記第1の回路（K1）は、並列に接続された2つの直列共振回

10

20

路を備え、

前記受信経路（E P）は、送信モードにおいて導電性であって受信モードにおいて電気絶縁性である第2の接地用スイッチング素子（S 2）を備えることを特徴とする高周波インターフェース回路（6、6'）。

【請求項2】

前記第1の回路（K 1）は、第1の誘導性素子（L 1）と、第2の誘導性素子（L 2）と、第1の容量性素子（C 1）と、第2の容量性素子（C 2）と、を備え、

送信の場合では、前記第2の容量性素子（C 2）が前記第1の誘導性素子（L 1）と共に、前記第1の容量性素子（C 1）が前記第2の誘導性素子（L 2）と共に、それぞれが前記第1の回路（K 1）の前記2つの並列共振回路のうちの1つを形成し、

前記第1のスイッチング素子（S 1）は、前記第1の並列共振回路及び前記第2の並列共振回路の両方の一部分であり、

受信の場合では、前記第2の容量性素子（C 2）が前記第2の誘導性素子（L 2）と共に、前記第1の容量性素子（C 1）が前記第1の誘導性素子（L 1）と共に、それぞれが前記第1の回路（K 1）の前記2つの直列共振回路のうちの1つを形成することを特徴とする請求項1に記載の高周波インターフェース回路（6、6'）。

【請求項3】

前記受信経路（E P）における前記第2のスイッチング素子（S 2）は、高周波インターフェース回路（6、6'）の前記出力（R X）の直前に配置されることを特徴とする請求項1に記載の高周波インターフェース回路（6、6'）。

【請求項4】

前記受信経路（E P）は、前記第1の回路（K 1）に直列に接続された第2の回路（K 2）を備え、前記第2のスイッチング素子（S 2）は、前記第2の回路（K 2）の一部分であり、前記第2の回路（K 2）は、受信モードにおいてローパスフィルタを形成し、送信モードにおいて第3の並列共振回路を形成することを特徴とする請求項1又は3に記載の高周波インターフェース回路（6'）。

【請求項5】

前記第2の回路（K 2）は、第3の誘導性素子（L 3）と第3の容量性素子（C 3）とを備え、前記第3の誘導性素子（L 3）と前記第3の容量性素子（C 3）とは共に、送信モードにおいて前記第3の並列共振回路の一部分を形成し、受信モードにおいて前記ローパスフィルタの一部分を形成することを特徴とする請求項4に記載の高周波インターフェース回路（6'）。

【請求項6】

前記第2の回路（K 2）は、第4の容量性素子（C 4）と、送信モードにおいて導電性であって受信モードにおいて電気絶縁性である第3の接地用スイッチング素子（S 3）と、を追加的に備え、送信モードにおいて、前記第4の容量性素子（C 4）は、前記第3の並列共振回路の一部分であることを特徴とする請求項4又は5に記載の高周波インターフェース回路（6'）。

【請求項7】

前記第2の回路（K 2）は、前記第2のスイッチング素子（S 2）に対して並列に配置されており受信モードにおいてローパスフィルタの一部分である第5の容量性素子（C 5）を追加的に含むことを特徴とする請求項4乃至6のいずれか1項に記載の高周波インターフェース回路（6'）。

【請求項8】

前記第3の誘導性素子（L 3）のインダクタンスは、前記第1の誘導性素子（L 1）又は前記第2の誘導性素子（L 2）のインダクタンスの半分であることを特徴とする請求項5乃至7のいずれか1項に記載の高周波インターフェース回路（6'）。

【請求項9】

前記送信経路（S P）は、送信モードにおいて導電性であって受信モードにおいて電気絶縁性である第4のスイッチング素子（S 4）を有する入力アイソレータ回路を備えるこ

10

20

30

40

50

とを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の高周波インターフェース回路（6、6'）。

【請求項10】

前記入力アイソレータ回路は、送信モードにおいてHFフィルタであることを特徴とする請求項9に記載の高周波インターフェース回路（6、6'）。

【請求項11】

HF信号を生成するHF発生器（5）と、HF信号を送信及び検出するHFセットアップ（4）と、検出したHF信号を処理する受信システム（7）と、請求項1乃至10のいずれか1項に記載の高周波インターフェース回路（6、6'）と、を有し、前記HF発生器は前記高周波インターフェース回路（6、6'）の前記入力（TX）に接続され、前記受信システム（7）は前記出力（RX）に接続され、前記HFセットアップは前記高周波インターフェース回路（6、6'）の前記コネクタ（PR）に接続される、高周波システム。

10

【請求項12】

磁気共鳴を起こしてMR信号を受信するHFセットアップ（4）を有し、且つ請求項1乃至10のいずれか1項に記載の高周波インターフェース回路（6、6'）を有する、磁気共鳴装置（1）。

【請求項13】

前記HFセットアップ（4）はMRプローブであることを特徴とする請求項12に記載の磁気共鳴装置（1）。

20

【請求項14】

磁気共鳴装置（1）における請求項1乃至10のいずれか1項に記載の高周波インターフェース回路（6、6'）の使用方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高周波インターフェース回路に関し、送信モードにおいて、高周波インターフェース回路の入力を介して、HF発生器が送信した信号をHFセットアップ用のコネクタに方向付け、受信モードにおいて、高周波回路の出力を介して、HFセットアップのコネクタからの受信信号を受信システムに方向付ける、高周波インターフェース回路において、インターフェース回路が、高周波インターフェース回路の入力をHFセットアップを接続するためのコネクタに繋ぐ送信経路と、HFセットアップを接続するためのコネクタを高周波インターフェース回路の出力に繋ぐ受信経路であって、第1の回路を有する受信経路を備え、第1の回路が、送信モードにおいて導電性であり、受信モードにおいて電気絶縁性である、第1のスイッチング素子を少なくとも有し、送信モードにおいて、第1の回路が、高周波インターフェース回路の出力をコネクタから絶縁する、直列に接続された2つの並列共振回路を形成してHFセットアップを接続する、高周波インターフェース回路に関する。

30

【背景技術】

【0002】

このようなインターフェース回路が、特許文献1から知られている。

40

【0003】

磁気共鳴方法では、HF発生器で生成した信号を試験試料に照射する。そして、その試料から放出される高周波MR信号を検出する。いずれの作用においても、送受信アンテナ（プローブ、共鳴装置）が使用される。送信信号は、高周波インターフェース回路を介して、HF発生器から送受信アンテナに方向付けられ、送受信アンテナからの受信信号は、受信セットアップに方向付けられる。受信MR信号と比較して、送信される送信信号の出力が極めて大きいことから、例えば特許文献1で説明されているように、受信システムに損傷を与えないために、送信信号を強力に抑制する2つのトラップ回路をインターフェース回路の受信経路に設けることが知られている。送信信号の周波数は、励起しようとする

50

原子核の種類によって決まる。

【0004】

しかしながら、特許文献1から知られるインターフェース回路の場合、一方で、数多くの構成部品が必要になり、他方で、受信経路におけるフィルタ回路を通して狭い周波数範囲だけしか伝送できないことが問題となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第6198288号明細書

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、簡素且つ廉価なセットアップを用いて、より広い帯域幅において低レベルの損失で送信／受信のスイッチングを可能にする、インターフェース回路並びに高周波システム及び磁気共鳴装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

このため、本発明は、受信モードにおいて、第1の回路が、並列に接続された2つの直列共振回路を備えることを提供する。

【0008】

20

受信モードでは、第1のスイッチング素子が非導通状態（開いている）であり、並列に接続された直列共振回路によって、幅広い周波数範囲で低インピーダンスとなる。これにより、広帯域且つ低損失の受信が達成される。送信モードでは、第1のスイッチング素子が導通状態（閉じている）であり、並列共振回路と直列に接続されたHF受信システムの送信出力（HF発生器が生成したHF信号の出力）に対して高インピーダンスが使用可能となる。これにより、HF発生器の出力が、送信中にほとんど損失されずにHFセットアップに到達すること、並びに、受信システムが、送信出力に起因する破壊から保護されることが確実になる。

【0009】

本発明の場合では、このように、受信モードにおいて、互いに並列に置かれる2つの信号経路が提供される。これにより、最高周波数と最低周波数との周波数比が5倍を超える帯域幅が達成できる。

30

【0010】

好ましくは、第1の回路は、第1の誘導性素子と、第2の誘導性素子と、第1の容量性素子と、第2の容量性素子と、を備え、送信の場合では、第2の容量性素子が第1の誘導性素子と共に、第1の容量性素子が第2の誘導性素子と共に、それぞれが第1の回路の2つの並列共振回路のうちの1つを形成し、第1のスイッチング素子が、第1の並列共振回路及び第2の並列共振回路の両方の一部分である。受信の場合では、第2の容量性素子が第2の誘導性素子と共に、第1の容量性素子が第1の誘導性素子と共に、それぞれが第1の回路の2つの直列共振回路のうちの1つを形成する。

40

【0011】

本発明に係る高周波インターフェース回路の特に好ましい実施形態の場合では、受信経路は、送信モードにおいて導電性であって受信モードにおいて電気絶縁性である第2の接地用回路素子を備える。

【0012】

受信経路における第2のスイッチング素子は、追加的な受信機保護の役割を果たすことができ、したがって、好ましくは、高周波インターフェース回路の出力の直前に配置される。次いで、第2のスイッチング素子は、受信経路に沿って様々な回路を通過したであろう送信出力を、後段の受信回路にとって安全なレベルに制限する。

【0013】

50

本発明の特に好ましい実施形態の場合では、受信経路は、第1の回路に直列に接続された第2の回路を備え、第2のスイッチング素子が、第2の回路の一部分であり、第2の回路が、受信モードにおいてローパスフィルタを形成し、送信モードにおいて第3の並列共振回路を形成する。第2の回路は、第1の回路の後段、すなわち、第1の回路と高周波インターフェース回路の出力との間に配置される。

【0014】

第2の回路における並列共振回路（第3の並列共振回路）は、第1の回路と第2の回路とを相互に接続することによって送信出力のためのインピーダンスをさらに高めるように、インダクタンス及びキャパシタンスの電氣的レベルによって特定される周波数範囲において、送信出力に対して高いインピーダンスを呈する。これには、幅広い範囲の送信周波数（HF発生器が生成したHF信号の周波数）において、送信出力を、低損失で、受信システムから効果的に隔離するという効果がある。

10

【0015】

好ましくは、第2の回路は、第3の誘導性素子と第3の容量性素子とを備え、第3の誘導性素子と第3の容量性素子とは共に、送信モードにおいて第3の並列共振回路の一部分を形成し、受信モードにおいてローパスフィルタの一部分を形成する。これにより、インターフェース回路の帯域幅が増える。第2のスイッチング素子と第3の誘導性素子との間の導通接続は、インターフェース回路の最大電源周波数の波長の10分の1の線長を超えるべきではない。

【0016】

20

本発明に係る高周波インターフェース回路の特別な実施形態の場合では、第2の回路は、第4の容量性素子と、送信モードにおいて導電性であって受信モードにおいて電気絶縁性である第3の接地用回路素子と、を追加的に備え、送信モードにおいて、第4の容量性素子が、第3の並列共振回路の一部分である。この第4の容量性素子によって、本発明に係る高周波インターフェース回路の帯域幅が増える。

【0017】

帯域幅を増やすことに関して、第2の回路が、受信モードにおいてローパスフィルタの一部分である第5の容量性素子を追加的に備えるとさらに有益である。送信モードにおいて、第3の回路素子が接地用接続を確立することによって、第5の容量性素子は作用しない状態にされる。

30

【0018】

受信モードにおける極めて良好な帯域幅及び送信モードにおける出力の極めて良好な抑制は、第3の誘導性素子のインダクタンスが第1の誘導性素子又は第2の誘導性素子のインダクタンスの半分である場合に生じる。好ましくは、第1の誘導性素子と第2の誘導性素子とは同じインダクタンスを有する。誘導性素子はまた、複数のコイル素子を備える。より好ましくは、同一の誘導性素子を並列に接続することによってインダクタンスが半分になることを利用し、その結果、先に言及した構成（第3の誘導性素子のインダクタンスが第1の誘導性素子又は第2の誘導性素子のインダクタンスの半分）を達成するのに、単一のコイルの仕様だけで功を奏し得る。これにより、インターフェース回路のセットアップに要する様々な構成部品の数が減る。

40

【0019】

送信経路は、好ましくは、送信モードにおいて導電性であって受信モードにおいて電気絶縁性である第4の回路素子を有する入力アイソレータ回路を含む。

【0020】

好ましくは、入力アイソレータ回路は、送信モードではHFフィルタである。したがって、受信モードでは、スイッチング素子は導通状態ではなく、入力アイソレータ回路は、雑音信号に対して高いインピーダンスを選択的にもたらす。それによって、受信モードでは、送信経路は受信経路から分離される。受信信号は、ほとんど損失がない状態で受信システムに到達する。送信モードでは、スイッチング素子は導通状態にあって、入力アイソレータ回路はHFフィルタとして作用し、最大でHFフィルタのカットオフ周波数までの

50

全ての周波数の大部分が、いかなる損失もなく伝達される。

【0021】

H Fフィルタは、好ましくは、別の（第4の）誘導性素子を備え、そのインダクタンスが、受信経路における第1の誘導性素子又は第2の誘導性素子のインダクタンスの半分であり得る。さらにまた、第4の誘導性素子（送信経路）は、第3の誘導性素子（受信経路）と同じ誘導性レベルを有し得る。

【0022】

本発明に係るインターフェース回路の特別な実施形態の場合では、先に言及した誘導性素子の全てが、同じコイル素子（すなわち、同じインダクタンスを有するコイル素子）を用いて作られ、第3の誘導性素子及び第4の誘導性素子については、2つのインダクタンス素子がそれぞれ並列に接続され、それによって、インダクタンスのレベルが半分に削減される。これにより、様々な構成部品の数、ひいてはコスト要因を減らすことができ、性能における極めてわずかな損失を受容するだけでよい。

【0023】

本発明に係るインターフェース回路は、好ましくは、磁気共鳴装置使用されるが、高エネルギー多周波信号がアンテナを介して交互に送受信される（例えば、モバイル通信）、他の技術分野においてもまた使用できる。

【0024】

本発明はまた、H F信号を生成するH F発生器と、H F信号を送信及び検出するH Fセットアップと、検出したH F信号を処理する受信システムと、上述の高周波インターフェース回路と、を有し、H F発生器が、高周波インターフェース回路の入力に接続され、受信システムが、出力に接続され、H Fセットアップが、それに設けられた高周波インターフェース回路のコネクタに接続される、高周波システムを含む。

【0025】

本発明はまた、磁気共鳴を起こしてMR信号を受信するH Fセットアップを有し、且つ上述の高周波インターフェース回路を有する、磁気共鳴装置を含む。

【0026】

好ましくは、H Fセットアップには、MRプローブが備わる。

【0027】

さらにまた、本発明は、磁気共鳴装置、特に、多重共鳴MR測定のための磁気共鳴装置における上述の高周波インターフェース回路の使用方法を含む。これにより、全く同一の送受信回路を用いた様々な共鳴周波数の原子核の励起と、多重核増強磁気共鳴記録の実行とが可能になる。

【0028】

本発明のさらなる利点については、発明を実施するための形態及び図面にて述べる。同様に、本発明によれば、上述の特徴及びこれから詳述する特徴はまた、それぞれの場合において、個別に使用してもよいし、任意の組み合わせで組み合わせて使用してもよい。図示及び説明される実施形態は、網羅的の列挙と理解されるべきではなく、本発明を説明するための、どちらかといえば例示的な特徴を有すると理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明に係る磁気共鳴装置の概略的なレイアウト図である。

【図2】本発明に係る高周波インターフェース回路の簡単な実施形態の回路図である。

【図3】本発明に係る高周波インターフェース回路の特に好ましい実施形態の回路図である。

【図4】送信モードにおける図3の本発明に係る高周波インターフェース回路の等価回路図である。

【図5】受信モードにおける図3の本発明に係る高周波インターフェース回路の等価回路図である。

【図6】特許文献1から知られる高周波インターフェース回路と比較した、図3の本発明

10

20

30

40

50

に係る高周波インターフェース回路に関する、送信機からHFセットアップにおける通過帯域曲線のシミュレーション及び整合曲線を示す図である。これによって、構成部品の数値が選択され、可能な限り最高に使い勝手のよい帯域幅が使用できるようになる。

【図7】特許文献1から知られる高周波インターフェース回路と比較した、図3の本発明に係る高周波インターフェース回路に関する、HFセットアップから受信システムにおける通過帯域曲線のシミュレーション及び整合曲線を示す図である。これによって、構成部品の数値が選択され、可能な限り最高に使い勝手のよい帯域幅が使用できるようになる。

【発明を実施するための形態】

【0030】

図1は、主磁石2の長手方向zに時間的に一定の主磁場を発生するための主磁石2と、傾斜磁場システム3と、HFセットアップ4と、を備える、本発明1に係る磁気共鳴装置のセットアップを示す。HF信号が、HF発生器5によって、送信モードのインターフェース回路6、6'を介して、試験空間内に高周波励起パルスを発生するHFセットアップ4（ここでは、HF送受信コイル）に送信される。HFセットアップ4として作用するHF送受信コイルは、例として、MR本体コイルのための鞍型コイルとして表現されている。受信モードのインターフェース回路6は、HFセットアップが受信したMR信号を受信システム7に方向付け、次いで、ここから、制御装置8に送信される。制御装置8は、HF発生器5を制御し、且つ傾斜磁場システム3のための傾斜磁場増幅器9を制御するように働く。

【0031】

本発明に係るインターフェース回路6の基本原理を図2に示す。

【0032】

インターフェース回路6は、入力TXと、出力RXと、HFセットアップ4に接続するコネクタPRと、入力TXをコネクタPRに接続する送信経路SPと、コネクタPRを出力RXに接続する受信経路EPと、を備える。

【0033】

このようにして、送信モードでは、（送信される）HF信号を、インターフェース回路6の送信経路SPを介して、HF発生器5からHFセットアップ4に方向付けることができ、受信システムへと通過するHF信号を遮断できる。したがって、第1の回路K1は受信経路EPに設けられ、第1のスイッチング素子S1と、第1及び第2の容量性素子C1、C2と、第1及び第2の誘導性素子L1、L2と、を備える。第1のスイッチング素子S1は、誘導性素子L1、L2の両方と容量性素子C1、C2の両方とに接続されており、スイッチング素子が閉じている場合では、トラップ回路（トラップ回路1：L1、C2；トラップ回路2：L2、C1）として動作する、直列に接続された2つの並列共振回路が存在している。したがって、第1のスイッチング素子S1は、第1及び第2の並列共振回路の両方の一部となる。第1のスイッチング素子S1が開いている場合では、並列に接続された2つの直列共振回路（直列共振回路1：L1、C1；直列共振回路2：L2、C2）が存在する。

【0034】

第2の接地用スイッチング素子S2は、受信経路EPに配置される。第1の回路K1は、HFセットアップ4のためのコネクタと第2のスイッチング素子S2との間（すなわち、受信経路内のコネクタ側）に配置される。

【0035】

さらにまた、本発明に係るインターフェース回路6の送信経路SPは、別のスイッチング素子S4を備え、これによって、送信経路SPは受信経路EPから分離可能となる。

【0036】

送信モードにおいて、上述のスイッチング素子S1、S2、S4は、閉じられる。HF発生器5が生成したHF信号は、このようにして、相互に接続された送信経路SPを介して、HFセットアップ4に到達し得る。受信経路EPの第1の回路K1における両方のトラップ回路によって、HF発生器5の送信出力に対して、高レベルのインピーダンスが生

じる。加えて、送信モードにおいて、第1の回路K1の両方のトラップ回路を通過する可能性があった送信出力が、閉じた第2のスイッチング素子S2によって接地される（受信機の保護）。

【0037】

送信モードにおいて、上述のスイッチング素子S1、S2、S4は、開かれる。すると、送信経路SPは、受信経路EPから分離される。HFセットアップ4が検出したHF信号（例えば、MR信号）は、受信システム7に方向付けられる。このことは、受信経路EPの第1の回路K1に属し、受信モードにおいて並列に接続された直列共振回路の両方と、第2のスイッチング素子S2によって切断された接地線とによって、広い周波数範囲で可能になる。

10

【0038】

図3に、本発明に係るインターフェース回路6'の最適化した実施形態を示す。

【0039】

ここで、受信経路EPは第2の回路K2を有し、第2の回路K2は、第2の接地用スイッチング素子S2に加えて、第3の接地用スイッチング素子S3と、第3の誘導性素子L3と、他の容量性素子（第3、第4及び第5の容量性素子C3、C4、C5）と、を備える。これによって、第3及び第5の容量性素子C3、C5が接地されている。第1の回路K1と第2の回路K2とは直列に接続され、これによって、第1の回路K1は、受信経路EP内のコネクタ側（コネクタPRと第2の回路K2との間）に配置され、第2の回路K2は、受信経路EP内の出力側（第1の回路K1と出力RXとの間）に配置される。

20

【0040】

送信経路SPには、別の誘導性素子（第4の誘導性素子L4）と、追加的な容量性素子C6、C7と、がある。これによって、追加的な容量性素子のうちの1つ（ここでは、C7）が接地される。追加的な容量性素子C6、C7及び他の誘導性素子L4は、HF発生器5の出力に対する整合を改善するように働く。さらにまた、さらなる誘導性素子L4は、追加的な容量性素子C6、C7と共に、最大でカットオフ周波数までの全ての周波数のHF信号を、損失なく大部分を送信する、HFフィルタを形成する。

【0041】

送信モード（全てのスイッチング素子S1、S2、S3、S4が閉じられている）では、第3の誘導性素子L3が、第3及び第4の容量性素子C3、C4と共に、第3のトラップ回路を形成する。送信モードの等価回路を図4に示す。HF信号は、HF発生器5から、送信経路SPのさらなる容量性素子C6及びさらなる誘導性素子L4を越えて、コネクタPRに到達する。コネクタPRでは、HF信号は、一方ではHFセットアップ4に到達し、他方では、直列に接続された、受信経路EPの3つのトラップ回路につきあたる。PINダイオードをスイッチング素子として使用する場合、PINダイオードのスイッチングに要する、HFセットアップを介して流れるスイッチング電流を無効にするために、容量性素子を、コネクタPRとHFセットアップとの間に設けることができる。

30

【0042】

送信モードから受信モードに変えるために、スイッチング素子S1、S2、S3、S4を非導通状態にする。受信モードの等価回路を図5に示す。第3の誘導性素子L3は、接地した第3及び第5の容量性素子C3、C5の両方と共に、ローパスフィルタを形成する。ここで、受信されるHF信号は、第1の回路K1の2つの並列接続された直列共振回路と、第2の回路K2のローパスフィルタと、を介して、HF受信システム7に到達する。

40

【0043】

図3に示すインターフェース回路6'は、HFセットアップ4に接続される、送信モードにおいて直列に接続される3つのアイソレータ回路を備える。受信経路EPに第3のトラップ回路を設けることによって、HF信号の送信出力を、従来技術の場合よりも効果的に且つ幅広い周波数範囲にわたって、受信システム7から隔離できる。受信モードでは、本発明に係るインターフェース回路6'は、HFセットアップ4を受信システム7に低損失で接続するために、2つの並列接続された直列共振回路によって、HF信号に関して幅

50

広い周波数範囲で低インピーダンスを提供する。したがって、本発明に係る送受信インターフェース回路6、6'は、インターフェース回路6、6'の受信システム7への出力RXを絶縁しながら、最大でインターフェース回路6、6'のカットオフ周波数までの任意の数の選択周波数の送信信号をHF発生器5からHFセットアップ4に方向付けでき、また、HF発生器5への入力TXを絶縁しながら、最大でインターフェース回路6、6'のカットオフ周波数までの任意の数の周波数の受信信号をHFセットアップ4から受信システム7に方向付けできる。

【0044】

例えば、スイッチング素子S1、S2、S3、S4は、事前通電の直流電流の効率的な利用のために、直流電流経路に沿って全て直列に接続されたPINダイオードとして実装されてもよい。この場合では、インターフェース回路6、6'の高周波特性に関して重要ではない、数個の他のコイル又は抵抗器及びコンデンサ（図示せず）のみがあればよく、それによって、回路の比較を単純化できる。しかしながら、代替的なダイオード直流電流制御回路もまた、回路の適切な動作のために使用できる。本発明に係るインターフェース回路を、約5Wを超える出力レベル且つ短HFパルスで動作させる場合、スイッチング素子S1、S2、S3、S4は、逆並列スイッチングダイオードを用いて実装され得る。この場合では、ダイオードがHF出力によって自ら導通状態に切り替わるため、送信モードから受信モードへスイッチングするための他の制御は必要とならない。この方式では、スイッチング時間は、非常に短くなる（数マイクロ秒）。

【0045】

図6に、本発明に係るインターフェース回路6'と従来技術に係るインターフェース回路とに関する、送信信号の減衰DS、DS'及び整合AS、AS'の、送信周波数に応じたシミュレーション結果をグラフで示す。AS、DSと記された曲線（破線及び一点鎖線）は、本発明に係るインターフェース回路6'を指し、AS'及びDS'と記された曲線（点線）は、従来技術に係るインターフェース回路を指す。ここで、送信モードの場合の本発明に係る回路では、従来技術と比較してかなり幅広い周波数範囲が利用可能であることがわかる。本発明に係る回路と従来技術から知られる回路とのシミュレーションから、本発明に係るセットアップの場合では、この反射損失、すなわち、たいいてい50オームである目標インピーダンスの偏差によって、15dBの減衰に関して、10～28MHz（周波数比2.8）である従来技術と比較して、8～63MHz（周波数比7.8）の一層幅広い周波数窓が可能になることがわかる。関連するHF構成部品を異なる寸法にすることによって、従来技術に関して、より大きい周波数比の他の周波数範囲を達成できる。

【0046】

図7に、本発明に係るインターフェース回路6'と従来技術に係るインターフェース回路とに関する、受信信号の減衰DE、DE'及び整合AE、AE'の送信信号周波数に応じたグラフを示す。AE、DEと記された曲線（破線及び一点鎖線）は、本発明に係るインターフェース回路6'を指し、AE'及びDE'と記された曲線（点線）は、従来技術に係るインターフェース回路を指す。ここで、同様に、本発明に係る回路によって、従来技術から知られるインターフェース回路よりも、かなり幅広い周波数スペクトルが可能になることがわかる。特に、MRアプリケーションの場合では、測定が、全く同一の送受信回路を用いて、異なる励起周波数によって、様々な原子核の共鳴周波数において実行され得ることから、幅広い周波数スペクトルを利用可能とすることが有益である。

【0047】

本発明に係るインターフェース回路6、6'の場合では、HF構成部品及びスイッチング素子を巧みに接続することによって受信システム7（例えば、プリアンプ）への信号経路が利用可能になり、受信システム7に伝達される送信出力に対して、受信の場合においてより広帯域且つより低損失を達成し、送信の場合では広帯域且つ低損失な遮断を達成する。したがって、本発明に係るインターフェース回路6、6'は、そのセットアップが簡易であるにも関わらず、より幅広い使用可能な周波数範囲を提供する。

【符号の説明】

【0048】

- 1 磁気共鳴装置
- 2 主磁石
- 3 傾斜磁場システム
- 4 HFセットアップ
- 5 HF発生器
- 6, 6' インターフェース回路
- 7 受信システム
- 8 制御装置
- 9 傾斜磁場増幅器

10

A E、A E' 受信経路の整合

A S、A S' 送信経路の整合

C 1～C 7 容量性素子

D S、D S' 送信信号の減衰

D E、D E' 受信信号の減衰

E P 受信経路

K 1 受信経路の第1の回路

K 2 受信経路の第2の回路

L 1～L 4 誘導性素子

P R HFセットアップのためのコネクタ

20

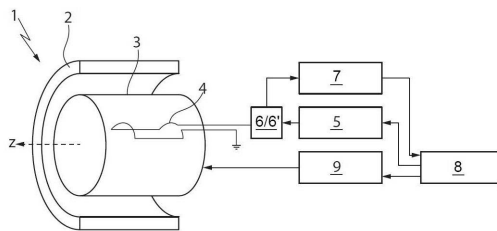
R X 受信システムへのインターフェース回路の出力

S 1～S 4 スイッチング素子

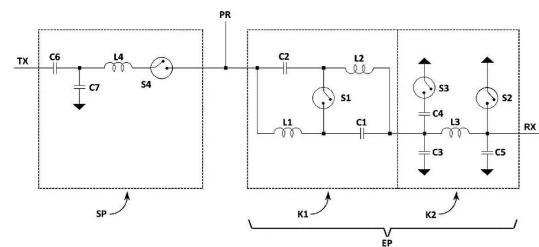
S P 送信経路

T X インターフェース回路の入力

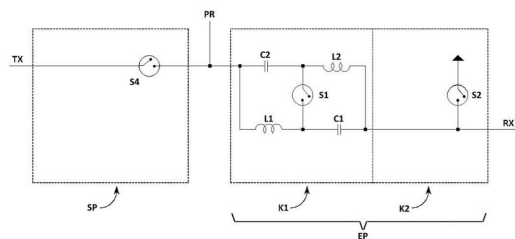
【図1】



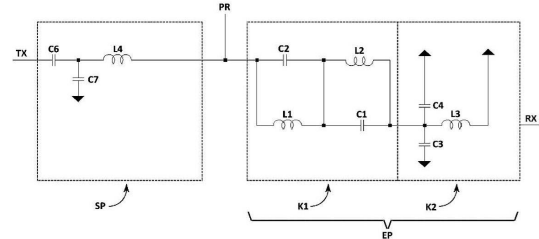
【図3】



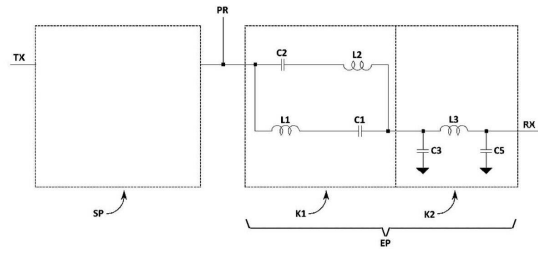
【図2】



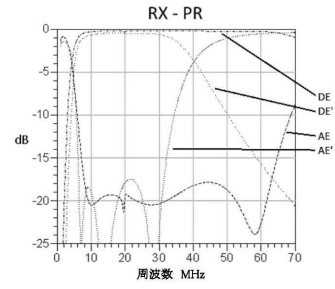
【図4】



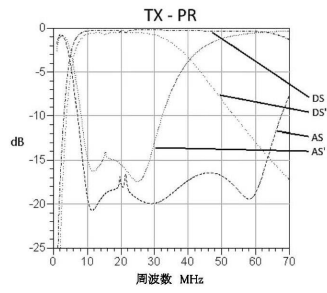
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

審査官 安田 明央

(56)参考文献 米国特許第06198288 (US, B1)
特開2008-194180 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B	5 / 0 5 5
G 0 1 N	2 4 / 0 0 - 2 4 / 1 4
G 0 1 R	3 3 / 2 0 - 3 3 / 5 8