

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5315556号
(P5315556)

(45) 発行日 平成25年10月16日(2013.10.16)

(24) 登録日 平成25年7月19日(2013.7.19)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 R 33/36 (2006.01) GO 1 N 24/04 5 3 0 C
 GO 1 N 24/04 5 3 0 G

請求項の数 3 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-206871 (P2009-206871) (22) 出願日 平成21年9月8日(2009.9.8) (65) 公開番号 特開2011-58867 (P2011-58867A) (43) 公開日 平成23年3月24日(2011.3.24) 審査請求日 平成24年3月7日(2012.3.7)</p>	<p>(73) 特許権者 511132029 株式会社 JEOL RESONANCE 東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 (72) 発明者 官本哲雄 東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日本 電子株式会社内 (72) 発明者 池田博 東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日本 電子株式会社内 審査官 藤田 都志行</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 NMR検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

サンプルコイル L 1、該 L 1 の両端を結ぶ第 1 の容量素子 C 0、および該 L 1 の両端をそれぞれ接地するほぼ同容量の容量素子 C 2、C 3 からなり、

水素核 (¹H 核) やフッ素核 (¹⁹F 核) などの高い共鳴周波数を持つ観測核を共鳴させるための第 1 の高周波 H F と、重水素核 (²D 核) の共鳴周波数である第 2 の高周波 (ロック周波数) に対して、2 重同調できる平衡共振回路を構成し、

前記 H F は前記 L 1 の一端に接続されたポートから入出力される N M R 検出器において、前記平衡共振回路のロック周波数に共振する部分は、

前記 L 1 の両端に接続されてロック周波数共振回路にインダクタンス成分を提供すると共に、前記 L 1 に接続された端部とは反対側の端部がロック周波数入出力ポートに接続されて該ロック周波数入出力ポートへの前記 H F の進入を遮断する分離回路 D C P L 1、D C P L 2 と、

該 D C P L 1、D C P L 2 の L 1 側接続端とは反対側の端部を互いに結ぶ容量素子 C 1 0 0 と、

を備え、

該 D C P L 1、D C P L 2 の L 1 側接続端とは反対側の端部は、接地電位から浮いていることを特徴とする N M R 共振器。

【請求項2】

前記容量素子 C 1 0 0 は、複数の容量素子から構成されていることを特徴とする請求項 1

10

20

記載の NMR 検出器。

【請求項 3】

前記容量素子 C100 を構成している容量素子の一端からロック周波数を入出力させるようにしたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の NMR 検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、NMR 装置に用いられる NMR 検出器に関し、特に、異なる周波数で共振する複数の同調回路を備えた NMR 検出器に関する。

【背景技術】

10

【0002】

通常、多核観測用の NMR 検出器では、水素核 (^1H 核) などを測定する高い周波数 f_1 (例えば、700 MHz、以降 HF 周波数と呼ぶ) で共振するコイル (以降 HF コイルと呼ぶ) と、炭素核 (^{13}C 核)、窒素核 (^{15}N 核)、リン核 (^{31}P 核) などを測定する低い周波数 f_2 (例えば、 ^{13}C 核では 176 MHz、 ^{15}N 核では 71 MHz、 ^{31}P 核では 284 MHz、これらを以降 LF 周波数と呼ぶ) で共振するコイル (以降 LF コイルと呼ぶ) とを備えており、HF コイルには、重水素核 (^2D 核) を測定するロック用の周波数 f_3 (例えば、123 MHz、以降ロック周波数と呼ぶ) でも共振可能なように、二重同調回路が備えられている。

【0003】

20

図 1 は、従来の多重同調 NMR 検出器の一例を示す図である。最初に、HF の共振モードについて説明する。図 1 中、L1 がサンプルコイルである。HF 周波数を持った RF は、HF 入力ポート f_1 から導入される。 f_1 から導入された RF は、サンプルコイル L1、HF 同調コンデンサ C0、C2、および C3、HF 整合コンデンサ C1 により構成される LC 共振回路で平衡型共振し、サンプルコイル L1 近傍に置かれた図示しない NMR 試料に HF 周波数の RF 磁界を照射する。これにより、NMR 試料中で磁気共鳴が起きれば、試料から発生した NMR 信号がサンプルコイル L1 により検出され、ポート f_1 を介して外部に取り出される。尚、このモードでは、ヘリカルコイル L3、L4 は、分布インダクタンスとして働き、HF の $1/4$ 波長共振器として作用する。たとえば、HF が 700 MHz の場合、 $1/4$ 波長は 102 ~ 107 mm 程度になる。そのため、HF は、ノード 1、2 で電界振幅が最大になり、コンデンサ C4 とコンデンサ C6 の接地端で電界振幅がゼロになるような電磁界分布を取る。その結果、ノード 1 からヘリカルコイル L3 側寄り、および、ノード 2 からヘリカルコイル L4 側寄りの部分では HF は反射され、共振に関与しない。尚、HF の上記波長共振器としては、 $1/4$ 波長共振器として作用させる場合が一般的であるが、 $n/4$ 波長共振器 (n は奇数) として作用させても良い。

30

【0004】

次に、ロック周波数の共振モードについて説明する。図 1 中、サンプルコイル L1、ヘリカルコイル L3、ヘリカルコイル L4 を合わせたものが、ロック周波数に共振する共振コイルである。このモードでは、ヘリカルコイル L3、L4 は、集中インダクタンスとして働く。L3 と L4 のインダクタンスは、L1 のインダクタンスよりも数倍大きいため、L1 のインダクタンスは共振にほとんど寄与しない。ロック周波数を持った RF は、ロック用 RF 入力ポート f_2 から導入される。ポート f_2 から導入された RF は、L1、L3、L4、および、ロック用同調コンデンサ C4 および C6、ロック用整合コンデンサ C5 により構成される LC 共振回路で平衡型共振し、サンプルコイル L1 近傍に置かれた図示しない NMR 試料にロック周波数の RF 磁界を照射する。これにより、NMR 試料中で磁気共鳴が起きれば、試料から発生したロック信号がサンプルコイル L1 により検出され、ポート f_2 を介して外部に取り出される。

40

【0005】

図 1 のヘリカルコイル L3、L4 の代わりに、L3 と C7 から成る第 1 の LC 並列共振回路と L4 と C8 からなる第 2 の LC 並列共振回路を HF リジェクト回路に採用した NM

50

R 検出器が図 2 に示される NMR 検出器である。また、図 1 のヘリカルコイル L 3、L 4 の代わりに、第 1 の波長共振器 T L 1 (例えばヘリカル共振、1/4 波長レゾネータ) と第 2 の波長共振器 T L 2 を H F リジェクト回路に採用した NMR 検出器が図 3 に示される NMR 検出器である。

【 0 0 0 6 】

図 4 は、図 1 のヘリカルコイル、図 2 の L C 並列共振回路、図 3 の波長共振器を総じて、一般的に D C P L (分離回路 decoupling circuit の略称) とし、かつ更に一般的な NMR 検出器である多核 (^{13}C 核、 ^{15}N 核、 ^{31}P 核など、いわゆる L F 周波数核種と呼ぶもの) も観測できる機能を備えた標準的な NMR 検出器を示す。

【 0 0 0 7 】

L F の共振モードについて説明する。図 4 中、L 2 は L F コイル (第 2 のサンプルコイル) である。L F 周波数を持った R F は、L F 入力ポート f 4 から導入される。ポート f 4 から導入された R F は、L F コイル L 2、L F 同調コンデンサ C 0 0、C 1 1、および C 1 2、L F 整合コンデンサ C 1 0 により構成される L C 共振回路で平衡型共振し、L F コイル L 2 近傍に置かれた図示しない NMR 試料に L F 周波数の R F 磁界を照射する。これにより、NMR 試料中で磁気共鳴が起きれば、試料から発生した NMR 信号が L F コイル L 2 により検出され、ポート f 4 を介して外部に取り出される。

【 0 0 0 8 】

図 5 は、この標準プローブのサンプルコイル L 1、L 2 の相対的な配置を、同心円状に配する場合で示している。観測コイルは内側に位置する L 2 コイル、照射コイルは外側に位置する L 1 コイルである。一般に、感度を得たい核を観測する場合、試料に一番近い配置を取る (つまり内側に位置する) サンプルコイルにその核の同調をする。従って、場合によっては、L 1 と L 2 の配置は逆配置であっても良い。

【 0 0 0 9 】

図 5 の例では、ポート f 4 の核種が最も感度を欲する核になる。f 4 側の回路は、単同調回路を示している。平衡回路の例と不平衡回路の例を併記した理由は、その利用方法において、適当と思われる場合、いずれかを選択して使用するからである。

【 0 0 1 0 】

本題に関わる技術内容なので、ここで平衡回路と不平衡回路を簡単に説明する。サンプルコイルの両端がキャパシタで浮いている回路を構成するのが平衡共振回路である。逆にサンプルコイルの一端が接地され、他端がキャパシタで浮いている回路を構成するのが平衡共振回路である。その違いは 2 つほどあり、1 つは、平衡共振回路の場合、接地から浮いているので、サンプルコイルおよびその周辺の浮遊容量が共振容量に寄与する割合が軽減されて、より高域の周波数範囲をカバーできることである。

【 0 0 1 1 】

2 つには、サンプルコイル両端の共振電圧が仮に 4 kV_{pp} とすると、平衡共振回路ではサンプルコイルの両端のキャパシタで電圧分割ができるため、1 つのキャパシタにかかる電圧が軽減されることである。仮に図 5 に示す回路で言うと、C 1 1 と C 1 2 がほぼ似たような容量であれば、個々のキャパシタにかかる電圧は 2 kV_{pp} となる。ところが、不平衡回路では、C 1 1 に 4 kV_{pp} が直接かかることになる。つまり、不平衡回路では、キャパシタの耐電圧仕様がたいへん厳しくなるので、このような回路では放電を心配して、検出器には大きな R F 電圧を入れることができない。

【 0 0 1 2 】

逆を言えば、平衡回路では、2 倍大きな R F 電力を入れることができる。耐電圧仕様が半分で済むということは、電圧比の 2 乗、つまり 4 倍の電力を平衡回路では入れられることになる。これは、不平衡回路に対し、大きく優る特徴である。

【 0 0 1 3 】

図 6 と図 7 は、これまで述べてきた二重共鳴 (H F / L F) と違い、更に 1 回路が増設された三重共鳴回路 (H F / L F / L F) を含む検出器について、従来技術を記載している。このように、分離回路を介して、順に所望の周波数の同調回路を増設することができ

10

20

30

40

50

るが、平衡回路を組み込んだ構成では、必ずゴーストと呼ばれる不要信号共振モードが副次的に生成される。

【 0 0 1 4 】

図 6 と図 7 では、このような回路網解析に使用されるネットワークアナライザ測定器の S パラ解析グラフに基づいて、出現するゴースト信号の大まかな背景、つまりどのような範囲に出るかなど、本来の周波数群との相対的な関係を模式的に分かるようにしている。ちなみに、グラフの縦軸は随意的指数で示す反射特性周波数分布で、話題の周波数に対し、ゴースト信号が出る位置関係の手助けを示す程度のものである。

【 0 0 1 5 】

仮に、HF が 6 0 0 M H z の装置で話をすると、図 6、図 7 のいずれの場合でも、ゴースト信号は隣り合う周波数に影響が及ぶことが想像できる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 6 】

特開 2 0 0 6 - 2 0 8 2 1 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 7 】

標準プローブの話に戻るが、例として、LF 観測（または LF 照射）、HF 照射（または HF 観測）²D（重水素）NMR-ロックがあるとすると、ここで、LF 回路側は、言葉で説明できる範囲に入るので、図を省略する。ただし、説明の中では、LF 回路は常に存在しているものとして話を進める。

20

【 0 0 1 8 】

例として、f 1（HF：¹H）、f 2（ロック：²D）を得る二重同調回路の分離回路が波長共振回路で構成されている例で説明する。図 8 で示す。この分離回路は既に述べたように、種々の回路が想定されるが、ここでは適度な特性インピーダンスと適度な長さ（一般的には、1 / 4 波長共振する線路に設計するが、その奇数倍などの変形も当然ある）で波長共振させ、周波数を分離する。

【 0 0 1 9 】

図 8 では、HF 共振回路は、L₁、C₀、C₂、C₃を主要素子として構成され、ロック共振回路は、TL₁、TL₂、C₄、C₆を主要素子として構成される。また、先に述べたゴースト信号の共振回路は、TL₁、TL₂、C₄、C₆、C₂、C₃の素子群から生じ、LF と干渉する。

30

【 0 0 2 0 】

図 8 のように構成された回路を 6 0 0 M H z N M R 装置に使用する場合、その周波数特性は、図 9 のようなものとなる。左図は f 1 端子での反射特性（直線で示す線）と f 1 端子から f 2 端子への通過特性である。右図は f 2 端子での反射特性（直線で示す線）と f 2 端子から f 1 端子への通過特性である。

【 0 0 2 1 】

この例では、ゴースト信号は、3 2 6 M H z に出ている。省略している LF 側の周波数 f 4 が例えば³¹P（2 4 3 M H z）の場合、ゴースト信号がこの³¹P の共鳴周波数に干渉する。本例では、比較的穏やかなデバイス定数配置に設定されているが、極端な場合には、ゴースト信号の出る位置が ~ 2 7 0 M H z 付近となる。図 1 0 に示す。

40

【 0 0 2 2 】

図 1 0 では、f 1（¹H：HF）、f 2（²D：ロック）、f 3（ゴースト）、f 4（³¹P の例：LF）を含めたネットワーク仕様の各周波数の S パラ特性を示している。その中で、本案に関係するところだけ記述する。

【 0 0 2 3 】

ゴースト信号は、ほぼ 2 7 0 M H z 付近に現れ、³¹P（2 4 3 M H z）と干渉している。仮に干渉が起きない場合での³¹P の感度を 1 0 0 % とすると、この程度の干渉でも感度

50

は50～70%ぐらいに低下する。パルス幅にすると、1.4～2倍に長くなる。

【0024】

H F側の同調は、その多くが ^{19}F 核(600MHz NMR装置では565MHz)までの同調範囲をカバーしているが、このような場合、図11に示すように、ゴースト信号は完全にf4にかぶさってしまい、その感度を著しく低下させる。パルス幅も著しく長くなる。

【0025】

このような問題を抱えているのが従来技術である。かなり古い技術である不平衡回路では、このようなゴースト信号は現れない。図12と図13に示す。しかしながら、先ほど説明したように、現代のように超高磁場NMR装置が現れ、広い励起帯域を望み、かつ、高感度を要求される時代では、大きなRF電力を投入でき、なお700/800/900MHz級の高域周波数まで設計対応が利く平衡回路の優位性は絶大で、不平衡回路のような古い技術はどうしても陳腐になる。

10

【0026】

平衡回路ではこのようなゴースト信号がなぜ出のかを説明する。図8で示す回路で説明する。TL1、TL2を誘導成分で簡略的に近似すると、L(TL1)、L(TL2)である。共振する容量成分を関係する周辺容量も含めて丸め、C2はC2*、C3はC3*、C4はC4*、C6はC6*になるとする。

【0027】

関係するf1、f2、f3であるが、f1はHFなので、L1とC0、C3*、C2*から成る並列共振で生成される信号である。さて、f2、f3は図14、図15に模式的に示すような信号である。

20

【0028】

図14では、本来は2つのコイル間にサンプルコイルL1が入る。しかし、HF共振を考えると、L1のインダクタンスとしての値は～20nH前後に過ぎないので、ここでは無視している。すなわち、図15と釣り合いを取るため、意図的に省いている。

【0029】

図15の平衡回路では、2つの並列共振ができ、その間を容量で結合する場合は双峰に分裂した周波数特性となる。また、容量の代わりにサンプルコイルが入ると、図15のように直結状態と等価になるので、シングルの合成周波数が生成される。これがゴーストと呼ばれるもので、このような平衡回路の構成を取る場合は必然的に現れる。

30

【0030】

このため、HFの同調容量、C2*またはC3*のいずれかを変化させると、この合成周波数は大きく移動することになる。図11で示すようなゴーストの動きを起こす理由である。図16は、そのようにしてHF同調相当Cを適当に大きく変化させた場合のゴーストの変化を示したものである。

【0031】

図16から明らかなように、当初3百数十MHzにいたゴースト信号が、219MHz域まで変化しており、極めて大きな変化を起こしている。このような問題を抱えたゴースト信号の存在は重大で、このようなゴースト信号が出ない回路構成のアイデアが発案されることが長い間期待されていた。

40

【0032】

本発明は、上述した点に鑑み、LF近傍にゴースト信号が出現するのを防止することができる平衡回路方式のNMR検出器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0033】

この目的を達成するため、本発明にかかるNMR検出器は、サンプルコイルL1、該L1の両端を結ぶ第1の容量素子C0、および該L1の両端をそれぞれ接地するほぼ同容量の容量素子C2、C3からなり、水素核(^1H 核)やフッ素核(^{19}F 核)などの高い共鳴周波数を持つ観測核を共鳴させる

50

ための第1の高周波HFと、重水素核(^2D 核)の共鳴周波数である第2の高周波(ロック周波数)に対して、2重同調できる平衡共振回路を構成し、
 前記HFは前記L1の一端に接続されたポートから入出力されるNMR検出器において、
 前記平衡共振回路のロック周波数に共振する部分は、
 前記L1の両端に接続されてロック周波数共振回路にインダクタンス成分を提供すると共に、前記L1に接続された端部とは反対側の端部がロック周波数入出力ポートに接続されて該ロック周波数入出力ポートへの前記HFの進入を遮断する分離回路DCPL1、DCPL2と、
 該DCPL1、DCPL2のL1側接続端とは反対側の端部を互いに結ぶ容量素子C100と、
 を備え、
 該DCPL1、DCPL2のL1側接続端とは反対側の端部は、接地電位から浮いていることを特徴としている。

10

【0034】

また、前記容量素子C100は、複数の容量素子から構成されていることを特徴としている。

【0035】

また、前記容量素子C100を構成している容量素子の一端からロック周波数を入出力させるようにしたことを特徴としている。

【発明の効果】

20

【0036】

本発明にかかるNMR検出器によれば、
 サンプルコイルL1、該L1の両端を結ぶ第1の容量素子C0、および該L1の両端をそれぞれ接地するほぼ同容量の容量素子C2、C3からなり、
 水素核(^1H 核)やフッ素核(^{19}F 核)などの高い共鳴周波数を持つ観測核を共鳴させるための第1の高周波HFと、重水素核(^2D 核)の共鳴周波数である第2の高周波(ロック周波数)に対して、2重同調できる平衡共振回路を構成し、
 前記HFは前記L1の一端に接続されたポートから入出力されるNMR検出器において、
 前記平衡共振回路のロック周波数に共振する部分は、
 前記L1の両端に接続されてロック周波数共振回路にインダクタンス成分を提供すると共に、前記L1に接続された端部とは反対側の端部がロック周波数入出力ポートに接続されて該ロック周波数入出力ポートへの前記HFの進入を遮断する分離回路DCPL1、DCPL2と、
 該DCPL1、DCPL2のL1側接続端とは反対側の端部を互いに結ぶ容量素子C100と、
 を備え、
 該DCPL1、DCPL2のL1側接続端とは反対側の端部は、接地電位から浮いているので、

30

LF近傍にゴースト信号が出現するのを防止することができる平衡回路方式のNMR検出器を提供することが可能になった。

40

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】従来のNMR検出器の一例である。

【図2】従来のNMR検出器の一例である。

【図3】従来のNMR検出器の一例である。

【図4】従来のNMR検出器の一例である。

【図5】従来のNMR検出器の一例である。

【図6】従来のNMR検出器の一例である。

【図7】従来のNMR検出器の一例である。

【図8】従来のNMR検出器の一例である。

50

【図 9】従来の NMR 検出器の S パラ特性である。

【図 10】従来の NMR 検出器の S パラ特性である。

【図 11】従来の NMR 検出器の S パラ特性である。

【図 12】従来の NMR 検出器の一例である。

【図 13】従来の NMR 検出器の S パラ特性である。

【図 14】従来の NMR 検出器がロック周波数に共振する機構である。

【図 15】従来の NMR 検出器がゴースト周波数に共振する機構である。

【図 16】ゴースト共振の S パラ特性である。

【図 17】本発明にかかる NMR 検出器の一実施例である。

【図 18】本発明にかかる NMR 検出器の S パラ特性である。

10

【図 19】本発明にかかる NMR 検出器の S パラ特性である。

【図 20】本発明にかかる NMR 検出器の別の実施例である。

【図 21】本発明にかかる NMR 検出器の別の実施例である。

【図 22】本発明にかかる NMR 検出器の別の実施例である。

【図 23】本発明にかかる NMR 検出器の別の実施例である。

【発明を実施するための形態】

【実施例 1】

【0038】

図 17 は、本発明にかかる NMR 検出器の一実施例である。図 17 (a) に示すように、本実施例では、2つの分離回路 DCPL1、DCPL2 の端末が、キャパシタ C100 を介して、グランドから浮く形で互いに連結してある。また、図 17 (b) は浮遊容量があることを想定して、動作上の最適化を図るために、調整用の補助容量を加味して、C101 として記載した例である。

20

【0039】

尚、当然のことながら、DCPL1、DCPL2 は、このような平衡回路においては、ほぼ同一の回路構成を取ることが一般的なので、 f_2 としての入出力結合容量 C102 は、図の位置の反対側、すなわち、DCPL1 と C100 の共通ノードに当たる * 側を f_2 としての入出力結合容量 C102 の結合位置としても良い。

【0040】

また、場合によっては、C100 を複数の直列連結容量にして、連結中の任意のノードから C102 として f_2 の入出力結合を行なっても良い。これは設計の範囲である。

30

【0041】

要は、ゴーストの発現理由で説明したように、図 5 で示す C6* や C4* なる並列共振の条件を作らないことが重要である。

【0042】

また、分離回路は一般的な総称であり、これまで述べてきたような種々のリアクタンス回路で構成されていることは言うまでもない。

【0043】

図 15 で説明したゴーストは、C6* 相当容量と C4* 相当容量が直列連結されることで、存在しなくなるか、または極めて小さな値の浮遊容量で共振する合成周波数を形成することによって、はるか高域の周波数、つまり本願がターゲットとして考慮している周波数範囲からまったく関係しない高域領域へシフトすることになり、LF (^{31}P) への影響がなくなる。

40

【0044】

この回路の動作は次の通りである。C100 は、図 4 の従来技術における C4 と C6 に相当する容量をそのまま直列に連結した値にほぼ近い値とすることができる。この例では、C4 と C6 の直列容量なので、 $C100 = C4 \times C6 / (C4 + C6)$ なる合成容量と考えれば良い。

【0045】

図 18 は、本実施例の回路での S パラ特性をネットワーク仕様により表わしたものであ

50

る。f 1 (HF : この場合は¹H核)、f 2 (ロック : この場合は²D核)、f 4 (LF : この場合は³¹P核)としたときの、3モード周波数の周波数特性である。図9、図10、図11に示すようなゴーストはもはや存在しない。

【0046】

端的な例として、HL側の同調を図11のように¹⁹F核の共鳴周波数まで変えてみる。図11では、ゴーストが250MHz付近までシフトし、³¹P核の共鳴周波数243MHzに近接干渉を起こし、2つの周波数が双峰になって著しく性能を低下させていたが、図19に示すように、本実施例ではまったく干渉していない。そのため、LF側の性能は、100%保証される。つまり、装置感度をスポイルすることはないと言える。同時に、パルス幅も著しく長くなることはない。

10

【実施例2】

【0047】

図20は、本発明にかかるNMR検出器の別の実施例である。本実施例は、HF回路内の平衡共振回路を構成する容量のうち、一方がグランドに対して明確に容量により接地されていない場合である。これは、浮遊容量でグランドに接地している。

【実施例3】

【0048】

図21は、本発明にかかるNMR検出器の別の実施例である。本実施例は、実施例1の中で述べた変形例を具体的に記述したものである。

【実施例4】

20

【0049】

図22は、本発明にかかるNMR検出器の別の実施例である。本実施例も、実施例1の中で述べた変形例を具体的に記述したものである。

【実施例5】

【0050】

図23は、本発明にかかるNMR検出器の別の実施例である。本実施例は、LF側とHF/ロック側のクロストークにより、プローブ端子と外部につながるケーブルやフィルタなどの回路のインピーダンス条件によってNMR検出器側の回路インピーダンスが変化して、性能が低下する場合などに備えて、例としてフィルタ回路を付加した例である。

【0051】

30

インピーダンスの変化が著しい場合などでは、NMR検出器内の所定の場所に固定の抵抗R100などを入れて、インピーダンスを維持する場合もある。R100では、例として、システムインピーダンス50に設定する場合もある。

【実施例6】

【0052】

本実施例は、実施例1～5までの目的で付加される容量デバイスに、誘導デバイスが付加されたり、波長共振器が付加されたりする場合があります、その変形例について一言述べたものである。

【実施例7】

【0053】

40

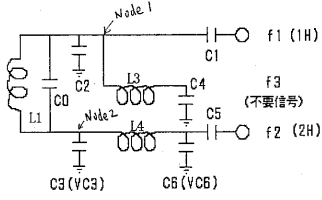
本発明のLF側は、メインではないので、一例の平衡回路形式しか示していないが、不平衡回路や、すでに図7で開示した三重同調回路を含むものであっても良い。

【産業上の利用可能性】

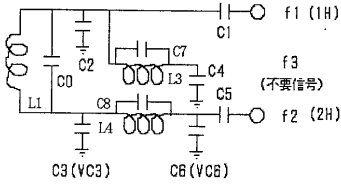
【0054】

多重共鳴のNMR検出器に広く利用できる。

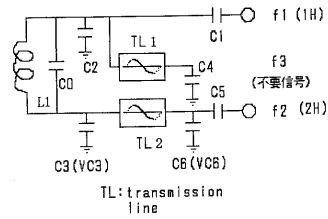
【図 1】



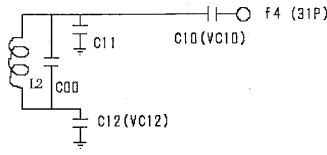
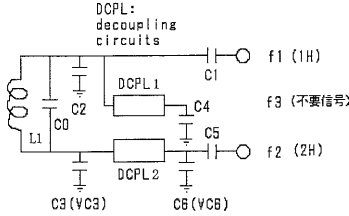
【図 2】



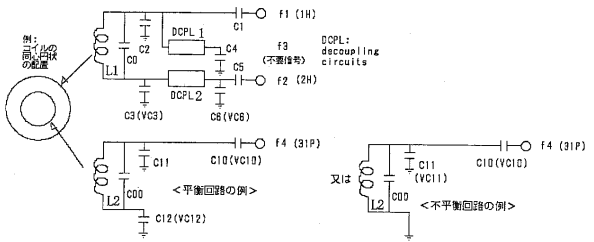
【図 3】



【図 4】

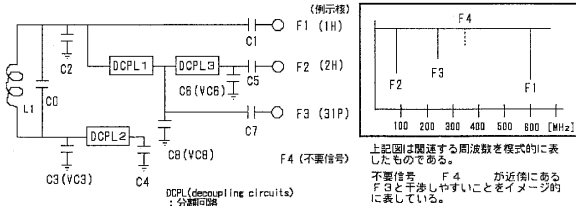


【図 5】



【図 6】

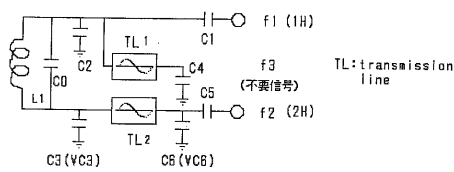
単独でも不要信号 F4 と干渉する核種 (例: F3 など) が出る場合



上記図は関連する周波数を模式的に表したものである。
不要信号 F4 が近傍にある F3 と干渉しやすいことをイメージ的に表している。

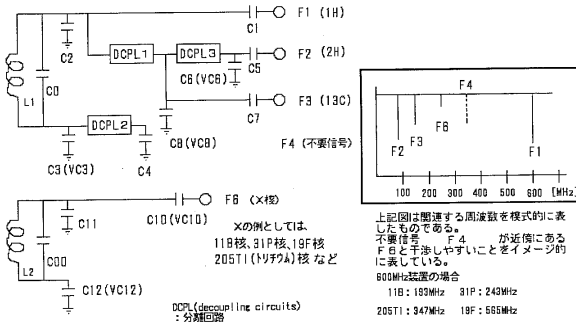
【図 8】

<平衡回路の例>



【図 7】

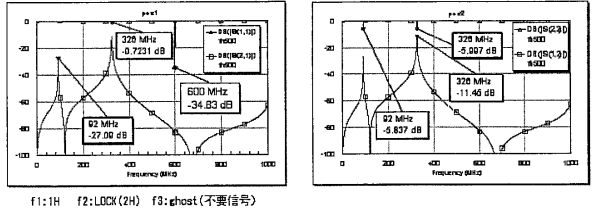
二つのサンプルコイルに構成した核種 F6 と F4 が干渉する場合



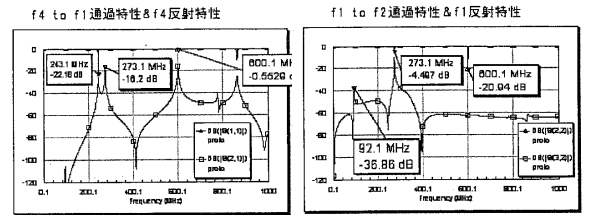
上記図は関連する周波数を模式的に表したものである。
不要信号 F4 が近傍にある F6 と干渉しやすいことをイメージ的に表している。

60MHz装置の場合
11B: 193MHz 31P: 249MHz
205T1: 347MHz 18F: 565MHz

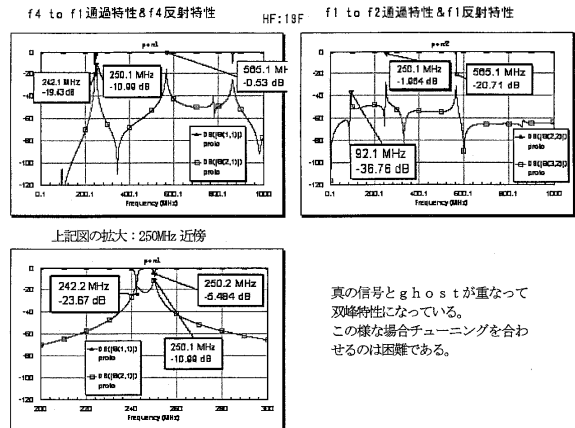
【図 9】



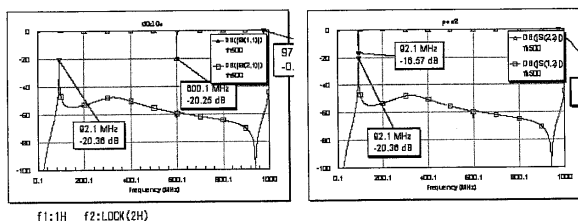
【図 10】



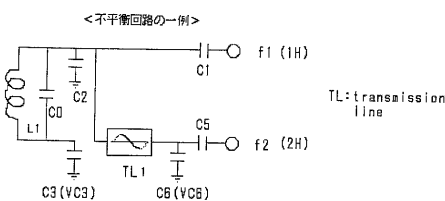
【図 1 1】



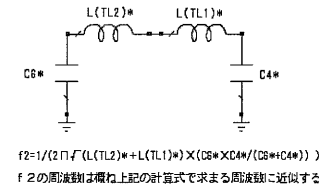
【図 1 3】



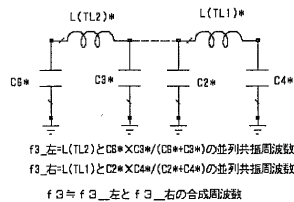
【図 1 2】



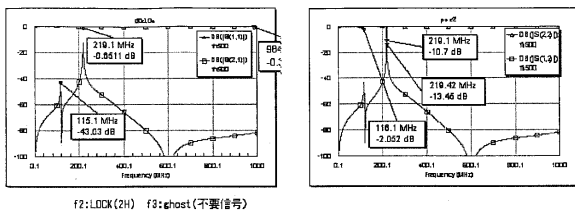
【図 1 4】



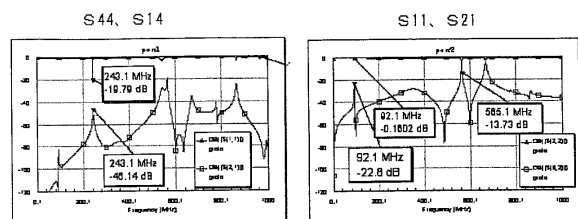
【図 1 5】



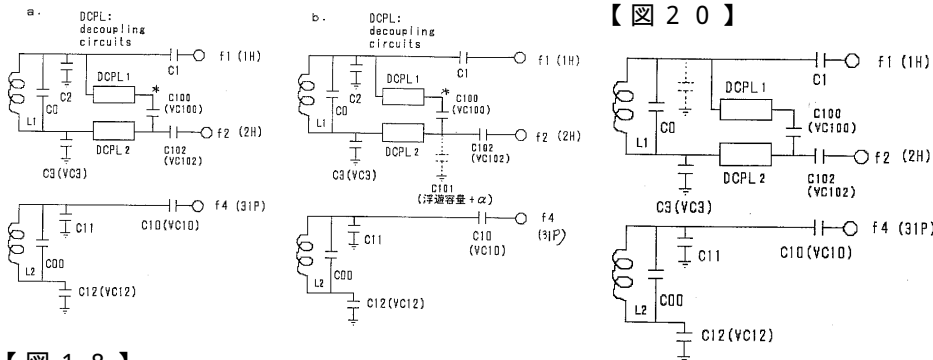
【図 1 6】



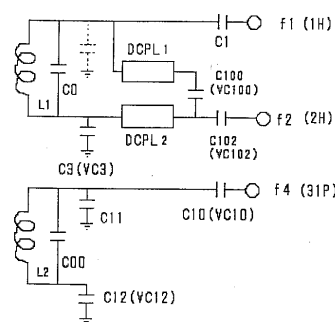
【図 1 9】



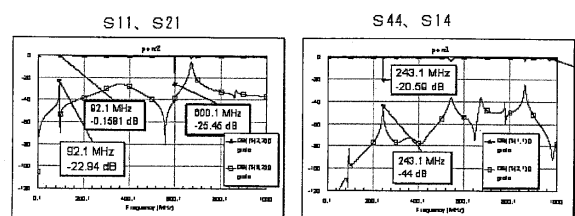
【図 1 7】



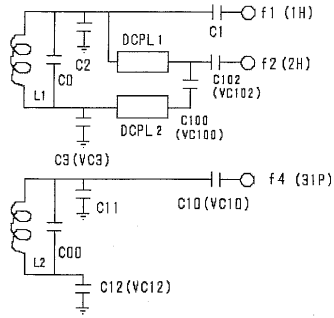
【図 2 0】



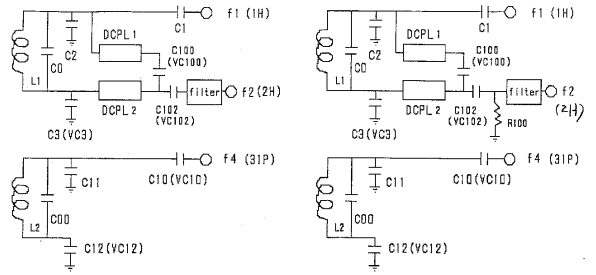
【図 1 8】



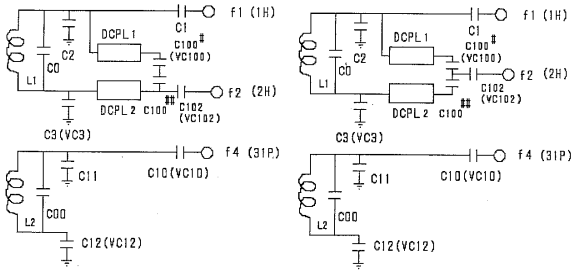
【 2 1 】



【 2 3 】



【 2 2 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-208216(JP,A)
特開2004-271395(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0184710(US,A1)
米国特許第4833412(US,A)
国際公開第88/08543(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 24/00 - 24/14

G01R 33/20 - 33/64

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)