

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6762006号  
(P6762006)

(45) 発行日 令和2年9月30日(2020.9.30)

(24) 登録日 令和2年9月10日(2020.9.10)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>G06K</b>	<b>19/067</b>	<b>(2006.01)</b>	G06K 19/067 020
<b>H01P</b>	<b>1/203</b>	<b>(2006.01)</b>	H01P 1/203
<b>H01P</b>	<b>7/08</b>	<b>(2006.01)</b>	H01P 7/08
<b>G06K</b>	<b>19/07</b>	<b>(2006.01)</b>	G06K 19/07 260
<b>H01P</b>	<b>1/212</b>	<b>(2006.01)</b>	H01P 1/212

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-105497 (P2016-105497)  
 (22) 出願日 平成28年5月26日(2016.5.26)  
 (65) 公開番号 特開2017-211873 (P2017-211873A)  
 (43) 公開日 平成29年11月30日(2017.11.30)  
 審査請求日 令和1年5月15日(2019.5.15)

(出願人による申告) (出願人による申告) 平成27年度、総務省「ワイヤレスM2M通信用チップレスRFIDタグシステムの研究開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 504133110  
 国立大学法人電気通信大学  
 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1  
 (74) 代理人 100067736  
 弁理士 小池 晃  
 (74) 代理人 100096677  
 弁理士 伊賀 誠司  
 (72) 発明者 和田 光司  
 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1  
 国立大学法人電気通  
 信大学内  
 (72) 発明者 佐川 守一  
 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1  
 国立大学法人電気通  
 信大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 共振器、ノッチフィルタ、及びRFIDタグ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チップレスRFIDに適用される共振器であって、  
 第1の伝送線路と、  
 前記第1の伝送線路の一端に接続される第2の伝送線路と、  
 前記第2の伝送線路の前記第1の伝送線路と接続される一端の反対側となる他端に接続される第3の伝送線路と、を備え、  
 前記第1の伝送線路、前記第2の伝送線路、及び前記第3の伝送線路のうち、前記第2の伝送線路の特性インピーダンスが最大であり、かつ、前記第1の伝送線路と前記第3の伝送線路の線路電気長が同一であり、  
 前記第2の伝送線路の何れかの部位に切断部が設けられることを特徴とする共振器。

【請求項2】

前記第1の伝送線路、前記第2の伝送線路、及び前記第3の伝送線路は、略U字型となるように各伝送線路が接続されることを特徴とする請求項1に記載の共振器。

【請求項3】

前記切断部は、前記第2の伝送線路の中央部に設けられることを特徴とする請求項1又は2に記載の共振器。

【請求項4】

両端に入出力端子が設けられる主伝送線路と、  
 請求項1乃至3の何れか1項に記載の共振器と、を備え、

前記共振器に備わる何れかの伝送線路が前記主伝送線路に平行結合されて構成されることを特徴とするノッチフィルタ。

【請求項 5】

共振周波数の異なる複数の前記共振器が前記主伝送線路に平行結合されて構成されることを特徴とする請求項 4 に記載のノッチフィルタ。

【請求項 6】

前記主伝送線路には、n 個の前記共振器が平行結合され、前記共振周波数を離調させた場合と離調させない場合に対して、それぞれ「0」又は「1」の何れかの異なる情報を付与し、n ビットの I D タグを構成することを特徴とする請求項 5 に記載のノッチフィルタ。

10

【請求項 7】

前記共振器の前記伝送線路と前記主伝送線路との距離を調整可能に構成されることを特徴とする請求項 4 乃至 6 の何れか 1 項に記載のノッチフィルタ。

【請求項 8】

請求項 4 乃至 7 の何れか 1 項に記載のノッチフィルタと、前記ノッチフィルタの両端に設けられる入出力端子に接続される広帯域アンテナと、を備えることを特徴とする R F I D タグ。

【請求項 9】

前記ノッチフィルタ及び前記広帯域アンテナは、透明導電膜材料で形成されることを特徴とする請求項 8 に記載の R F I D タグ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、チップレス R F I D に適用される共振器、ノッチフィルタ、及び R F I D タグに関する。

【背景技術】

【0002】

バーコードは、在庫管理、物流管理等に広く普及しており、I D タグが印刷で作成できることから極めて安価であり、読取装置もスマートフォン等のカメラで実現でき、タグシステムとしても安価であるという特長がある。しかしながら、バーコードの情報には、秘匿性がなく、汚れて誤認識したり、複製も容易で改ざんされるリスクもある等の信頼性に乏しい面や、読み取り領域が狭く、障害物があると読み取れないという欠点も有している。

30

【0003】

前述したバーコードの欠点を解消する技術として開発されている半導体チップを用いた R F I D ( Radio Frequency Identification ) は、読み取りだけでなく、書き込みも可能である等優れた特長を有している。しかしながら、R F I D は、半導体チップを用いるために、チップや基板実装でタグがコスト高になることや、半導体が誤動作するような高温や放射線の強い環境下では、適用困難という問題点があり、また、R F I D の読取装置のサイズが大きくなることから、消費電力も大きく、携帯化が困難で装置のコストも高いという課題も有している。

40

【0004】

このような R F I D の課題を解決するために、バーコードの機能を補完するチップレス R F I D が開発されている。チップレス R F I D に関する従来技術として、非特許文献 1 には、多数の共振素子を用いる構成で基本的に 1 つの共振器に 1 ビットを対応させたマルチ共振器構成となっているチップレス R F I D タグが開示されている。また、非特許文献 2 には、弾性表面波 ( S A W ) デバイスを利用し、信号の伝播遅延時間の差に情報を持たせたタグとその応用システムが開示されている。さらに、非特許文献 3 は、共振が 1 個で共振器の構造を変えて、その高次モードの変化に着目して共振周波数情報を利用したものが開示されている。また、特許文献 1 には、微細加工で作成した M E M S 共振器を多数用

50

いたタグの例が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-122585号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】P.Preradovic and N.C.Karmakar、"Chipless RFID: Bar Code of the Future"、IEEE Microwave Magazine、vol.11、No.7、pp.87-97、Dec.2010

【非特許文献2】野村、新井、小坂、斎藤、"多機能弾性表面波の開発- SAW RFIDセンサの開発-"、電子情報通信学会、信学技報ED2005-116、pp.33-38、2005年9月

【非特許文献3】牧本、酒井、和田、"マルチモード・ステップインピーダンス共振器を用いたチップレスRFIDの検討"、電子情報通信学会、信学技報SRW2014-37(2014-37)、pp.11-16、2014年12月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、非特許文献1に開示されたチップレスRFIDタグでは、検出する周波数帯域が狭く、多ビット化に課題がある。非特許文献2に開示された方法では、微細加工を伴うためコストが高く、生成できる符号数も他の方式に比べて少ないという課題がある。非特許文献3に開示された方法では、コード数の拡大を図れるものの、読取装置にコードと高次モード共振周波数に対応したコードテーブルが必要となるため、読取装置の処理方式が複雑となり回路規模が増大することが懸念される。また、特許文献1に開示されたRFIDタグでは、小型化を図れるものの、作成に微細加工を伴うために生産コストが高く、対応可能な情報量も少なく、情報の書き込みが回路の作製時のみでしか行えないという情報付与に対する制約もある等の問題点がある。

【0008】

このように、従来技術によるチップレスRFIDタグでは、生成可能なコード数(情報量)を増やすことが困難であったり、微細加工が要求されることから低コスト化が困難であったり、タグへの情報の書き込みが容易でない等の課題がある。このことから、チップレスRFIDに関して、取り扱う情報量の拡張や、広い周波数帯域での使用の実現、タグへの情報の書き込みの容易化が望まれる。

【0009】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、チップレスRFIDに適用する際に、取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化の可能な、新規かつ改良された共振器、ノッチフィルタ、及びRFIDタグを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様は、チップレスRFIDに適用される共振器であって、第1の伝送線路と、前記第1の伝送線路の一端に接続される第2の伝送線路と、前記第2の伝送線路の前記第1の伝送線路と接続される一端の反対側となる他端に接続される第3の伝送線路と、を備え、前記第1の伝送線路、前記第2の伝送線路、及び前記第3の伝送線路のうち、前記第2の伝送線路の特性インピーダンスが最大であり、かつ、前記第1の伝送線路と前記第3の伝送線路の線路電気長が同一であり、前記第2の伝送線路の何れかの部位に切断部が設けられることを特徴とする。

【0011】

本発明の一態様によれば、簡素な構成で取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を実現でき、共振器を離調する切断箇所を設けることによって、離調周波数のバラつきを低減できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 2 】

このとき、本発明の一態様では、前記第1の伝送線路、前記第2の伝送線路、及び前記第3の伝送線路は、略U字型となるように各伝送線路が接続されることとしてもよい。

## 【 0 0 1 3 】

このようにすれば、共振器を小型化した上で取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を実現できる。

## 【 0 0 1 6 】

また、本発明の一態様では、前記切断部は、前記第2の伝送線路の中央部に設けられることとしてもよい。

## 【 0 0 1 7 】

このようにすれば、共振器を離調する切断箇所を共振器中央部の高インピーダンス部分で行うことによって切断が容易に行えると共に、切断する位置の特定が容易で、離調周波数のバラつきを低減できる。

## 【 0 0 1 8 】

また、本発明の他の態様は、ノッチフィルタであって、両端に入出力端子が設けられる主伝送線路と、上記の何れかに記載の共振器と、を備え、前記共振器に備わる何れかの伝送線路が前記主伝送線路に平行結合されて構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の他の態様によれば、取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を実現できる。

## 【 0 0 2 0 】

このとき、本発明の他の態様では、共振周波数の異なる複数の前記共振器が前記主伝送線路に平行結合されて構成されることとしてもよい。

## 【 0 0 2 1 】

このようにすれば、より確実に取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を実現できる。

## 【 0 0 2 2 】

また、本発明の他の態様では、前記主伝送線路には、n個の前記共振器が平行結合され、前記共振周波数を離調させた場合と離調させない場合に対して、それぞれ「0」又は「1」の何れかの異なる情報を付与し、nビットのIDタグを構成することとしてもよい。

## 【 0 0 2 3 】

このようにすれば、より確実にタグへの情報の書き込みの容易化を実現できる。

## 【 0 0 2 4 】

また、本発明の他の態様では、前記共振器の前記伝送線路と前記主伝送線路との距離を調整可能に構成されることとしてもよい。

## 【 0 0 2 5 】

このようにすれば、より確実に使用する周波数帯域の調整を図ることができる。

## 【 0 0 2 6 】

また、本発明の更に他の態様は、RFIDタグであって、上記の何れかに記載のノッチフィルタと、前記ノッチフィルタの両端に設けられる入出力端子に接続される広帯域アンテナと、を備えることを特徴とする。

## 【 0 0 2 7 】

本発明の更に他の態様によれば、取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を実現できる。

## 【 0 0 2 8 】

このとき、本発明の更に他の態様では、前記ノッチフィルタ及び前記広帯域アンテナは、透明導電膜材料で形成されることとしてもよい。

## 【 0 0 2 9 】

このようにすれば、取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を実現したRFIDタグを秘匿化可能な形で提供できる。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0030】

以上説明したように本発明によれば、チップレスRFIDに適用する際に、より簡素な構成で取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を低コストで実現できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0031】

【図1】(A)は、従来例のノッチフィルタのチップレスタグ用マルチ共振器の情報書き込み前の基本回路を示す構成図であり、(B)は、情報を書き込んだ状態の回路を示す構成図である。

10

【図2】(A)は、従来例のチップレスタグ用マルチ共振器の原回路、(B)は、従来例のチップレスタグ用マルチ共振器の周波数離調回路を示す構成図である。

【図3】従来例のチップレスタグ用マルチ共振器の  $\theta = 60^\circ$  とした場合の周波数特性を示すグラフである。

【図4】(A)は、本発明の一実施形態に係る共振器の一例を示す構成図であり、(B)は、本発明の一実施形態に係る共振器の他の一例を示す構成図である。

【図5】(A)は、本発明の一実施形態に係る共振器の原回路、(B)は、本発明の一実施形態に係る共振器の周波数離調回路を示す構成図である。

【図6】本発明の一実施形態に係るノッチフィルタの一例を示す構成図である。

【図7】本発明の一実施形態に係るノッチフィルタの周波数特性を示すグラフである。

20

【図8】(A)は、本発明の一実施形態に係るノッチフィルタを多周波ノッチフィルタとして適用した場合におけるデータ書き込み前の一例を示す構成図であり、(B)は、データ書き込み後の一例を示す構成図である。

【図9】本発明の一実施形態に係るノッチフィルタの構成例で11ビットのタグ用ノッチフィルタを設計した場合の周波数特性例を示すグラフである。

【図10】図9の初期状態のタグ用ノッチフィルタに情報を書き込んだ場合の周波数特性を示すグラフである。

【図11】本発明の一実施形態に係るノッチフィルタの構成例で書き込みデータビット数を拡大して21ビットのタグ用ノッチフィルタを設計した場合の周波数特性例を示すグラフである。

30

【図12】本発明の一実施形態に係るRFIDタグの一例を示す構成図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0032】

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

## 【0033】

本発明の一実施形態に係る共振器、ノッチフィルタ、及びRFIDタグは、チップレスRFIDに関するものであり、バーコードの機能を補完するものである。本実施形態では、共振周波数1個に1ビット対応させる構成をとるので、コードを付与する方式は、従来の共振器を利用するチップレスRFIDタグと同一であるが、適用する共振器の構造が異なるものとなる。

40

## 【0034】

すなわち、従来例では、マイクロストリップ線路を用いた先端開放1/2波長一様線路共振器や、この一様線路共振器をスパイラル状に小型化した共振器を用いている。これに対して、本発明の一実施形態に係る共振器、ノッチフィルタ、及びRFIDタグにおいては、線路の特性インピーダンスの異なる複数の伝送線路で構成した共振器(ステップインピーダンス共振器: Stepped Impedance Resonator、SIR)を適用している。

## 【0035】

まず、本発明の一実施形態に係る共振器の構造と共振特性について、従来例と比較しな

50

から説明する。図1(A)は、従来例のノッチフィルタのチップレスタグ用マルチ共振器の情報書き込み前の基本回路を示す構成図であり、図1(B)は、情報を書き込んだ状態の回路を示す構成図である。

#### 【0036】

従来例のノッチフィルタ10では、図1(A)に示すように、入出力端子12、13を持つ主伝送線路11に共振周波数の異なるn個の共振器20として、先端開放1/2波長一様線路共振器20\_1乃至20\_nを逆L字状に構成し、線路の一部を主伝送線路11に平行結合した回路となっている。回路の動作としては、共振周波数 $f_1 \sim f_n$ ごとにn個の減衰極を持つ狭帯域の帯域阻止フィルタであるノッチフィルタとなっている。回路の周波数特性を測定し、各共振器の共振点が観測される場合を‘1’、共振点がない場合を‘0’に対応させるとした場合、図1(A)では、全て‘1’のnビットを表していることになる。

10

#### 【0037】

次に、情報を書き込む場合について考える。この場合は、図1(B)に示すように、共振器20を構成する線路の一部を切断し、共振周波数を元の周波数より遥かに高く離調する手法をとる。図1(B)の例では、共振器20\_2と共振器20\_(n-1)にそれぞれ切断部25\_2、25\_(n-1)を設けて、共振周波数を $f_2$ から $f_2'$ 、及び $f_{n-1}$ から $f_{n-1}'$ に離調させ、情報を‘1’から‘0’に書き換えた状態を示している。このとき、 $f_1 < f_2 < \dots < f_{n-1} < f_n$ とすると、この例においては、 $f_n < f_2' < f_{n-1}'$ でなければならない。また、一様線路共振器の2次高次モード共振周波数は、1次(基本)共振の2倍となるから、離調前の原回路においても、 $f_n < 2f_1$ の制約条件もある。

20

#### 【0038】

周波数の制約条件について、図2(A)及び(B)を用いて更に詳しく説明する。図2(A)は、原回路(書き込み前)、図2(B)は、周波数離調(書き込み後)の回路を示す。共振器20は、通常、図2(A)に示すように、共振周波数で90°の電気長が伝送線路11に結合している。情報書き込みのために共振器20を離調するときは、図2(B)に示すように、共振器20の開放端20pからの位置に切断部25を設けるものとする。このとき、書き込み前と書き込み後の共振器20の共振周波数をそれぞれ $f_1$ 、 $f_1'$ として、簡単のため正規化周波数(書き込み前の原回路の最も低い共振周波数でそれぞれの周波数を除した値； $f_1 = 1$ )で表すものとする。

30

#### 【0039】

図2(B)に示す周波数離調回路において、 $\theta = 60^\circ$ とした場合の周波数特性を図3に示す。図3において、実線は、書き込み前の原回路の特性、破線は、書き込み後(切断後)の特性を示している。図3に示すように、 $f_1' < 1.5$ となり、前述のように、タグ用共振器の最も高い周波数 $f_n$ は、この値より小さく設定しなければならない。従って、この例では、タグとして利用できる周波数の帯域幅 $w (= (f_n - f_1))$ は、0.5以下となり、十分な数の共振器が割り当てられず、情報ビット数も少なくなる。 $w$ を大きくすれば、 $f_1'$ は、高くできるが、 $f_n < 2f_1$ の制約もあるので、帯域幅 $w$ を1以上に設定することができない。

40

#### 【0040】

次に、本発明の一実施形態に係る共振器の構成について、図面を使用しながら説明する。図4(A)は、本発明の一実施形態に係る共振器の一例を示す構成図であり、図4(B)は、本発明の一実施形態に係る共振器の他の一例を示す構成図であり、図5(A)は、本発明の一実施形態に係る共振器の原回路、図5(B)は、本発明の一実施形態に係る共振器の周波数離調回路を示す構成図であり、図6は、本発明の一実施形態に係るノッチフィルタの一例を示す構成図である。

#### 【0041】

本発明の一実施形態に係る共振器120は、チップレスRFIDに適用される共振器であって、図4(A)に示すように、第1の伝送線路121と、第1の伝送線路の一端に1

50

2 1 a 接続される第 2 の伝送線路 1 2 2 と、第 2 の伝送線路 1 2 2 の第 1 の伝送線路と接続される一端 1 2 2 b の反対側となる他端 1 2 2 a に接続される第 3 の伝送線路 1 2 3 と、を備える。そして、第 1 の伝送線路 1 2 1、第 2 の伝送線路 1 2 2、及び第 3 の伝送線路 1 2 3 のうち、第 2 の伝送線路 1 2 2 の特性インピーダンス  $Z_2$  が最大であり、かつ、第 1 の伝送線路 1 2 1 と第 3 の伝送線路 1 2 3 のそれぞれの線路電気長  $\theta_1$ 、 $\theta_3$  が同一であることを特徴とする。

#### 【 0 0 4 2 】

なお、本実施形態の共振器 1 2 0 は、伝送線路 1 2 1、1 2 2、1 2 3 が 3 つの場合に限定されず、上述したような技術的特徴を有する少なくとも 3 つ以上の伝送線路を備える構成となっていればよい。例えば、図 4 ( B ) に示すように、共振器 1 2 0 ' は、図 4 ( A ) に示す第 2 の伝送線路 1 2 2 を 2 つの第 2 の伝送線路 1 2 2 - 1、1 2 2 - 2 に分断して、第 4 の伝送線路 1 2 4 を挿入した構造としてもよい。この線路インピーダンスを  $Z_4$  とし、 $Z_4 > Z_2$  となるように選定すると、図 4 ( A ) で示す構成のものと同様の技術的特徴を有する共振器となる。また、第 4 の伝送線路 1 2 4 の線路電気長を  $\theta_4$  とすると、この線路は、波長に比して十分短いので、線路電気長  $\theta_4$  を持つ第 2 の伝送線路 (インピーダンス  $Z_2$ ) に等価的に置き換えることができる。ただし、 $\tan \theta_4 = (Z_2 / Z_4) \tan \theta_2$  である。従って、後述するように、共振器の共振条件の検討において、この構造の共振器 1 2 0 ' も 3 個の伝送線路を持つ共振器 1 2 0 として取り扱うことが可能となる。

#### 【 0 0 4 3 】

本発明の一実施形態では、利用できる帯域幅を広げ、生成できる情報ビット数を拡大するために、用いる共振器 1 2 0 として、図 4 ( A ) に示すようなマイクロストリップ線路を用いた共振器構造としている。この共振器 1 2 0 は、特性インピーダンス  $Z_1$ 、電気長  $\theta_1$  の第 1 の伝送線路 1 2 1 の一端 1 2 1 a に、特性インピーダンス  $Z_2$ 、電気長  $\theta_2$  の第 2 の伝送線路 1 2 2 を接続し、更に第 2 の伝送線路 1 2 2 の他の一端 1 2 2 a に特性インピーダンス  $Z_3$ 、電気長  $\theta_3$  の伝送線路 1 2 3 を接続して構成される。

#### 【 0 0 4 4 】

このような構造の共振器は、ステップインピーダンス共振器 (Stepped Impedance Resonator; SIR) と称され、通常では、対称構造が用いられることが多いが、本発明の一実施形態に係る共振器 1 2 0 では、非対称構造も含めて適用することを特徴とする。ここで、簡単のため、各伝送線路 1 2 1、1 2 2、1 2 3 の接続部と開放端の浮遊容量を無視して、これら伝送線路 1 2 1、1 2 2、1 2 3 を無損失と仮定すると、伝送線路 1 2 3 の開放端 1 2 3 a から見た共振器 1 2 0 の入力アドミタンスは、以下の式のように表すことができる。

$$Y_i = j A / B$$

ただし、 $A = Y_3 (\tan \theta_1 + R_{Z_1} \cdot \tan \theta_2 + R_{Z_1} \cdot R_{Z_2} \cdot \tan \theta_3 - R_{Z_2} \cdot \tan \theta_1 \cdot \tan \theta_2 \cdot \tan \theta_3)$

$B = R_{Z_1} \cdot R_{Z_2} - R_{Z_2} \cdot \tan \theta_1 \cdot \tan \theta_2 - R_{Z_1} \cdot \tan \theta_1 \cdot \tan \theta_3 - \tan \theta_3 \cdot \tan \theta_1$

$R_{Z_1} = Z_1 / Z_2$ 、 $R_{Z_2} = Z_2 / Z_3$  : インピーダンス比

#### 【 0 0 4 5 】

また、共振条件は、 $Y_i = j A / B = 0$  として求めることができる。ここで、例として、 $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$  の場合を考えて、1 次モード及び 2 次モードの共振電気長をそれぞれ  $\theta_{01}$ 、 $\theta_{02}$  とすると、上式より共振条件は、以下の式で求めることができる。

$$\tan \theta_{01} = ((1 + R_{Z_1} + R_{Z_1} \cdot R_{Z_2}) / R_{Z_2})^{1/2}$$

$$\tan \theta_{02} = ((1 + R_{Z_1} + R_{Z_1} \cdot R_{Z_2}) / R_{Z_2})^{1/2}$$

#### 【 0 0 4 6 】

上記の式で、 $Z_1 = Z_3 = 40$ 、 $Z_2 = 80$  とすれば、 $R_{Z_1} = 1 / R_{Z_2} = 40 / 80 = 0.5$  であるから、下記の関係式が成立する。

$$\theta_{01} = \arctan (5 / 4)^{1/2} = 51.3^\circ$$

10

20

30

40

50

$$\theta_{02} = \arctan \left( - \left( 5 / 4 \right) \right)^{1/2} = 180^\circ - \theta_{01} = 128.7^\circ$$

【0047】

また、共振器全電気長は、 $3 \theta_{01}$  であるから、1次(基本)モード共振周波数において  $154.0^\circ$  となる。一様線路の場合、共振器全電気長は、 $180^\circ$  であるから、共振器長を85%に短縮して小型化設計可能となることがわかる。また、1次(基本)モードの共振周波数  $f_{01}$  と2次モードの共振周波数  $f_{02}$  の比は、電気長の比となるから、下記の式が成立する。

$$f_{02} / f_{01} = \theta_{02} / \theta_{01} = 128.7 / 51.3 = 2.51$$

【0048】

上記の式から、2次モード共振周波数を一様線路共振器に比して、遥かに高く設定できることがわかる。

10

【0049】

また、一般的に共振条件式において、 $R_{Z1} < 1$ 、 $R_{Z2} > 1$  とすれば、下記の式が成立する。

$$\begin{aligned} \tan \theta_{01} &= \left( (1 + R_{Z1} + R_{Z1} \cdot R_{Z2}) / R_{Z2} \right)^{1/2} \\ &= \left( 1 / R_{Z2} + R_{Z1} / R_{Z2} + R_{Z1} \right)^{1/2} \\ &< \left( 3 \right)^{1/2} \end{aligned}$$

【0050】

従って、下記の式が成立する。

$$\begin{aligned} \theta_{01} &< 60^\circ \\ \theta_{02} &= 180^\circ - \theta_{01} > 120^\circ \end{aligned}$$

20

【0051】

これより、下記の関係式が成立する。

$$f_{02} / f_{01} = \theta_{02} / \theta_{01} > 120^\circ / 60^\circ = 2.0$$

【0052】

上記の関係式から、2次の高次モード共振周波数を1次(基本)共振周波数の2倍に設定できることがわかる。この条件は、インピーダンス比の定義より、 $Z_1 < Z_2$ 、 $Z_3 < Z_2$  に対応する。

【0053】

なお、ここでは簡単のため、 $Z_1 = Z_2 = Z_3 =$  の場合を考えたが、線路インピーダンスに  $Z_1 < Z_2$ 、 $Z_3 < Z_2$  の条件があれば、線路電気長の条件には関係せず、2次の高次モード共振周波数を1次(基本)共振周波数の2倍に設定可能となることが共振条件式を検討することで分かる。

30

【0054】

チップスタグの共振素子として用いる場合は、図5(A)に示すように、第1の伝送線路121、第2の伝送線路122、及び第3の伝送線路123は、略U字型となるように各伝送線路が接続される構成としていることが好ましい。すなわち、共振器120を小型化した上で取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を実現するためには、各伝送線路121、122、123を略U字状に配置し、第1の伝送線路121でノッチフィルタ110を構成する主伝送線路110(図6参照)と平行結合させる構成をとることが好ましい。

40

【0055】

また、本実施形態では、共振器120の共振周波数を離調させるために、図5(B)に示すように、第2の伝送線路122の何れかの部位に切断部125を設けることによって、切断部125が他の線路より細くて切断し易く、切断場所の特定も容易にしている、このように、共振器120を離調する切断部125を設けることによって、離調周波数のバラつきを低減できる。特に、本実施形態では、共振器120を離調する切断部125の設置を共振器120の中央部の高インピーダンス部分で行うことによって、切断が容易に行えると共に、切断する位置の特定を容易にして、離調周波数のバラつきを確実に低減するために、切断部125は、第2の伝送線路122の中央部に設けられている。

50



## 【 0 0 5 6 】

次に、本発明の一実施形態に係るノッチフィルタの構成及び動作について、図面を使用しながら説明する。図6は、本発明の一実施形態に係るノッチフィルタの一例を示す構成図であり、図7は、本発明の一実施形態に係るノッチフィルタの周波数特性を示すグラフである。なお、図7では、横軸は、原回路の基本(1次)共振周波数 $f_1$ で正規化した正規化周波数で表し、実線が原回路の特性、破線が切断後の離調特性を示している。

## 【 0 0 5 7 】

本実施形態では、ノッチフィルタ110は、図6に示すように、両端に入出力端子112、113が設けられる主伝送線路111に、前述した共振器120の第1の伝送線路121が当該主伝送線路111に平行結合されて構成されている非対称構造SIRである。本実施形態では、ノッチフィルタが形成される基板の比誘電率10.2、基板厚さ0.63mm、誘電正接0.002の誘電体基板(図示せず)を用いて設計している。

10

## 【 0 0 5 8 】

また、本実施形態では、共振器120を構成する3つの伝送線路121, 122, 123の特性インピーダンスと共振周波数における電気長は、それぞれ50、80、40、及び70°、23°、70°としている。共振器120は、前述したように、入出力端子112、113を持つ主伝送線路111に平行結合させてノッチフィルタ110を構成している。さらに、本実施形態では、共振器120の第1の伝送線路121と主伝送線路111との距離を調整可能に構成されるようにして、より確実に使用する周波数帯域の調整を図るようにしている。

20

## 【 0 0 5 9 】

なお、本実施形態では、平行結合線路部は、奇モードと偶モードの特性インピーダンスを持つが、この設計では、その相乗平均インピーダンスが50になるように設計している。また、本実施形態では、ノッチフィルタ110は、第1の伝送線路121が当該主伝送線路111に平行結合されて構成されているが、何れかの伝送線路121、122、123が主伝送線路111に平行結合される構成となっていればよい。

## 【 0 0 6 0 】

さらに、本実施形態では、共振器120を第1の伝送線路121、第2の伝送線路122、及び第3の伝送線路123を略U字型に接続させて、第1の伝送線路121を主伝送線路111に平行結合させる構成としているが、共振器120の形状は、略U字型に限定されない。すなわち、少なくとも何れかの伝送線路121、122、123が主伝送線路111と平行結合される構成であれば、例えば、略L字型の構成としてもよい。

30

## 【 0 0 6 1 】

また、図7に示すように、原回路の2次の高次モード共振周波数は、離調後の基本(1次)共振周波数 $f_1'$ にほぼ一致し、 $2.35f_1$ となっていることが分かる。このように、原回路の2次の高次モード共振周波数も、離調後の基本周波数も $2f_1$ より十分大きく設定できるため、前述した図3に示す従来の一様線路共振器の場合と比較して、チップレスタグとして適用可能な周波数帯域が拡大可能であることが分かる。また、共振条件を検討すると、共振器120の第2の伝送線路122のインピーダンスをより高くして、かつ、第3の伝送線路123のインピーダンスをより低く設定すれば、更に適用可能な周波数帯域が広がることが分かる。

40

## 【 0 0 6 2 】

図8(A)は、本発明の一実施形態に係るノッチフィルタを多周波ノッチフィルタとして適用した場合におけるデータ書き込み前のパターンの一例を示す構成図であり、図8(B)は、データ書き込み後の一例を示す構成図を示す。本実施形態では、入出力端子112、113を持つ主伝送線路111に共振周波数が $f_1 \sim f_n$ と互いに異なるn個の前述した非対称構造SIRとなる共振器120\_1乃至120\_nを平行結合させて、nビットのタグに対応した多周波ノッチフィルタを実現している。すなわち、共振周波数の異なる複数の共振器120\_1乃至120\_nが主伝送線路111に平行結合されて構成されることによって、より確実に取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及び

50

タグへの情報の書き込みの容易化を実現するようにしている。

【0063】

このとき、 $k$  番目の共振器  $120\_k$  が  $f_k$  ( $k = 1 \sim n$ ) で共振している場合を '1'、そうでない場合を '0' に対応させると、全ての共振器  $120\_1 \sim 120\_n$  が  $f_1 \sim f_n$  で共振している初期状態となる図 8 (A) では、全て '1' を示すことになる。データを書き込む場合は、非対称構造 S I R である共振器  $120$  の高インピーダンス線路となる第 2 の伝送線路  $122$  (図 5 (B) 参照) の部分を切断し、基本共振周波数を  $f_n$  より高い方に離調することで '0' を実現する。図 8 (B) に示す例では、共振器  $120\_2$ 、 $120\_n$  に切断部  $125\_2$ 、 $125\_n$  を設けることによって、共振周波数を  $f_2$  から  $f_2'$ 、 $f_n$  から  $f_n'$  に離調して '0' を書き込んだ状態を示す。

10

【0064】

このように、本実施形態では、主伝送線路  $111$  に  $n$  個の共振器  $120\_1 \sim 120\_n$  が平行結合され、共振周波数を離調させた場合と離調させない場合に対して、それぞれ '0' 又は '1' の何れかの異なる情報を付与し、 $n$  ビットの ID タグを構成している。このため、より確実にタグへの情報の書き込みの容易化を実現できる。

【0065】

前述した本発明の一実施形態に係るノッチフィルタ  $110$  の構成例で  $11$  ビットのタグ用ノッチフィルタを設計した場合の周波数特性例のグラフを図 9 に示す。本実施形態では、周波数利用帯域として正規化周波数で  $1 \sim 2$  (オクターブバンド) を適用し、非対称構造 S I R として、図 6 に示す構造のノッチフィルタ  $110$  を用い、線路長がそれぞれの共振周波数において  $70^\circ$  及び  $23^\circ$  になるように構造を決定している。この周波数特性は、初期状態が全て '1' の状態を示している。

20

【0066】

2 次の高次共振モードは、スプリアス応答として図に示しているが、情報を書き込む 1 次 (基本) モードの周波数帯域と十分離れているので、情報を正確に検出可能であることが分かる。また、検出帯域に関しては、従来の一様線路共振器は、オクターブバンドを実現することが困難であるが、本発明の一実施形態に係る方式では、余裕を持って対応可能である。このように、共振器  $120$  の構造を従来例と変えることによって、更なる広帯域化も期待できることが分かる。

30

【0067】

図 9 の初期状態のタグ用ノッチフィルタに情報を書き込んだ場合の周波数特性のグラフについて、図 10 に示す。図 10 に示す例では、3、5、6、10 ビット目の共振器の共振周波数を線路の切断により離調して、'0' を書き込んだ状態を示している。

【0068】

この周波数応答から分かるように、3、5、6、10 ビット目の共振器は、離調しているため、ノッチ特性は、発生せず、また、スプリアス応答は、変化するが、情報を書き込んでいる周波数検出帯域には、殆ど影響を与えていないことが分かる。このように、本実施形態のノッチフィルタ  $110$  では、周波数書き込みを容易に行うことができ、しかも、その検出も書き込みによる影響のない特性を有していることが分かる。

40

【0069】

本発明の一実施形態に係るノッチフィルタ  $110$  の構成例で書き込みデータビット数を拡大して、21 ビットのタグ用ノッチフィルタを設計した場合の周波数特性例のグラフについて、図 11 に示す。ここでも、図 8 に示す構成を適用し、非対称構造 S I R も図 6 に示す構造を用いている。検出周波数帯域幅も図 9 に示す例と同じくオクターブバンドとし、用いる共振器の共振周波数間隔を狭くして、同一帯域内で多ビット化を実現している。

【0070】

この例では、既に情報を書き込んだ例であるが、帯域内で周波数分解能に余裕を持って情報ビットを読み取れる特性を実現している。また、この場合も図 10 に示した例と同じく、スプリアス応答も周波数検出領域より十分に離れて発生するため、情報読み取りに影

50

響を殆ど与えないことが分かる。

【0071】

次に、本発明の一実施形態に係るRFIDタグについて、図面を使用しながら説明する。図12は、本発明の一実施形態に係るRFIDタグの一例を示す構成図である。本実施形態のRFIDタグ100は、図8(A)に示す本実施形態のノッチフィルタ110の両端に設けられる入出力端子112、113に送受信するための広帯域アンテナ131、132を接続させた構成となっている。また、本実施形態のRFIDタグ100は、図12に示すように、主伝送線路111の両側に、共振周波数が $f_1 \sim f_{2n}$ となる非対称構造SIRである共振器120<sub>1</sub>～120<sub>2n</sub>を平行結合させた構造としている。

【0072】

送受信アンテナとなる広帯域アンテナ131、132として、例えば、円形又は矩形状の広帯域モノポールアンテナが適用でき、送受信を分離するために、図12に示すように、偏波面が互いに直交するように配置している。共振器120<sub>1</sub>～120<sub>2n</sub>の配置は、主伝送線路111の片側でも実現できるが、主伝送線路111の両側に配置することによって、タグサイズの小型化が期待できる。

【0073】

また、データの書き込みは、前述した図5(B)に示すように、共振器120の第2の伝送線路122、すなわち、非対称構造SIRの線路インピーダンスの高い $Z_2$ の部分を実線部分を切断することによって行う。このような構成を採用することで、小型で多ビット、かつ、データ書き込みが容易なチップレスRFIDタグが実現可能となる。

【0074】

なお、本実施形態では、RFIDタグ100は、ノッチフィルタ110及び広帯域アンテナ131、132をITO(酸化インジウム・スズ)や酸化亜鉛、酸化スズ等の透明導電膜材料で形成してもよい。このように、ノッチフィルタ110及び広帯域アンテナ131、132を透明導電膜材料で形成することによって、より確実に秘匿化を可能とした上で、取り扱う情報量の拡張、広い周波数帯域での使用の実現、及びタグへの情報の書き込みの容易化を実現させられる。

【0075】

このように、本発明の一実施形態に係る共振器120、ノッチフィルタ110、及びRFIDタグ100は、チップレスRFIDに適用されるものであり、バーコードの機能を補完するものである。本発明の一実施形態に係るチップレスRFIDタグ100は、基本的に共振器120の共振特性を利用して、回路内部は、回路パターンをコーティングすることによって、外部から見えないようにすることが可能なので、情報の秘匿性が高く、かつ、複製も困難であることから、改ざんに対する耐性がバーコードよりも遥かに強いものとなっている。

【0076】

また、本発明の一実施形態に係るチップレスRFIDタグ100は、金属以外の紙、布、木材等の障害物があっても、情報の読み出しが可能で、ミリ波帯で小型化すれば、物体内部や生体に埋め込むことも可能となる等の特長を持たせることができる。さらに、本発明の一実施形態に係るチップレスRFIDタグ100は、受動回路だけで構成されるので、適用可能な温度範囲が広くなり、放射線等の環境下でもタグ自体が誤動作しない等の特性も有する。

【0077】

以上説明したように、本発明の一実施形態に係る共振器120、ノッチフィルタ110、及びRFIDタグ100は、非対称構造SIRをチップレスRFIDタグ用のノッチフィルタに適用することで、共振器120を小型化でき、U字状の形状を採用することによって、ノッチフィルタとしても小型化できる。

【0078】

また、2次の高次モード共振周波数を1次(基本)共振周波数の2倍以上に設定可能であり、また、共振器120の第2の伝送線路122の中央部を切断して切断部125を設

10

20

30

40

50

けることによって、1次共振モード周波数を2倍以上に離調できる。このため、チップレスタグに適用可能な周波数帯域をオクターブバンド以上に拡大できる。

【0079】

さらに、共振器120を離調する切断箇所を共振器中央部の高インピーダンス部分で行うことができ、切断が容易に行えると共に、切断する位置の特定が容易で、離調周波数のバラつきを低減できる。

【0080】

本発明の一実施形態に係る共振器120、ノッチフィルタ110、及びRFIDタグ100は、このような特長を生かすことで、低コストで、書き込みデータ容量が大きく、しかも書き込みが容易に行うことが可能なチップレスRFIDタグが期待でき、その工業的価値は、極めて大きい。

10

【0081】

なお、上記のように本発明の各実施形態及び各実施例について詳細に説明したが、本発明の新規事項及び効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは、当業者には、容易に理解できるであろう。従って、このような変形例は、全て本発明の範囲に含まれるものとする。

【0082】

例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義又は同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また、共振器、ノッチフィルタ、及びRFIDタグの構成、動作も本発明の各実施形態及び各実施例で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

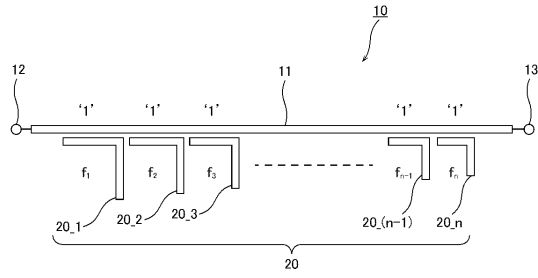
20

【符号の説明】

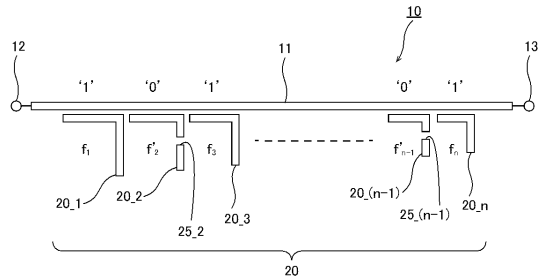
【0083】

100 RFIDタグ、110 ノッチフィルタ、111 主伝送線路、112、113 入出力端子、120、120\_1～120\_2n 共振器、121 第1の伝送線路、121a (第1の伝送線路の)一端、122 第2の伝送線路、122a (第2の伝送線路の)他端、122b (第2の伝送線路の)一端、123 第3の伝送線路、123a 開放端、125、125\_2、125\_(n-1) 切断部

【図1】

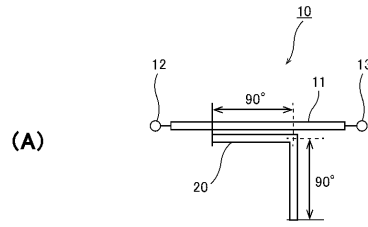


(A)

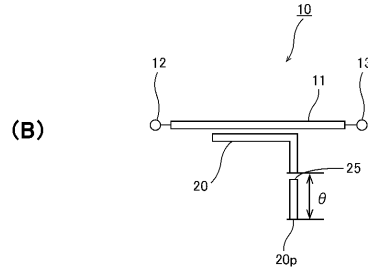


(B)

【図2】

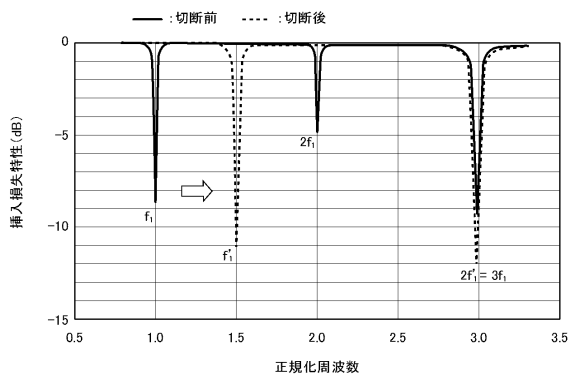


(A)

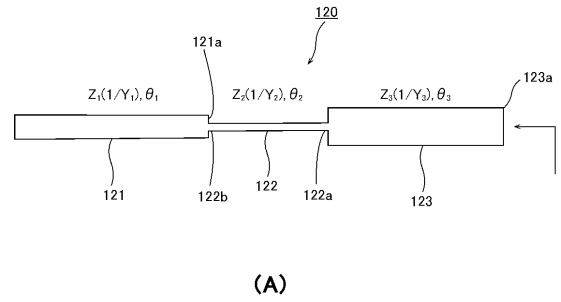


(B)

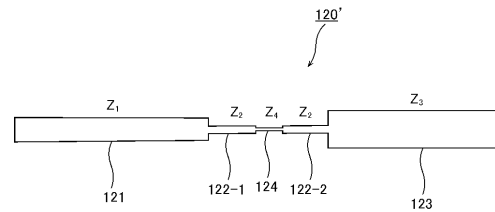
【図3】



【図4】

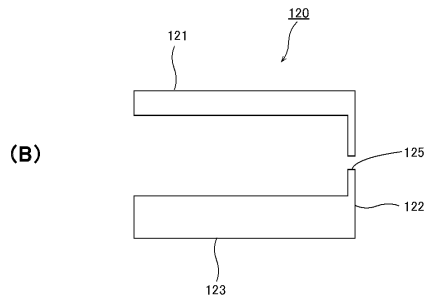
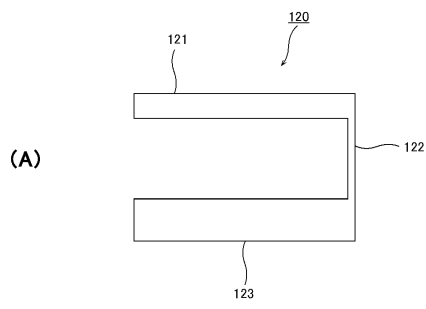


(A)

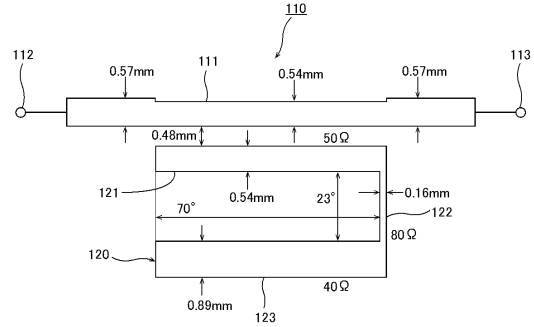


(B)

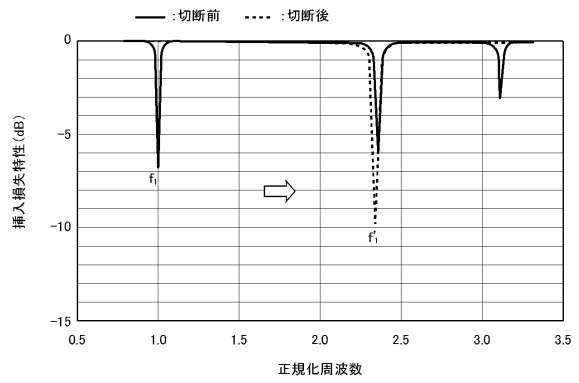
【図5】



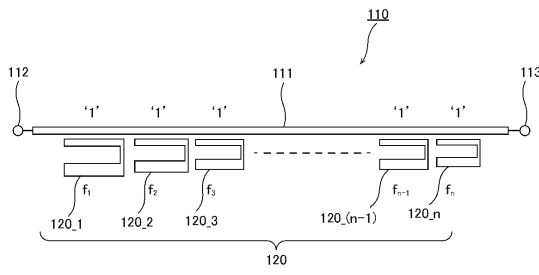
【図6】



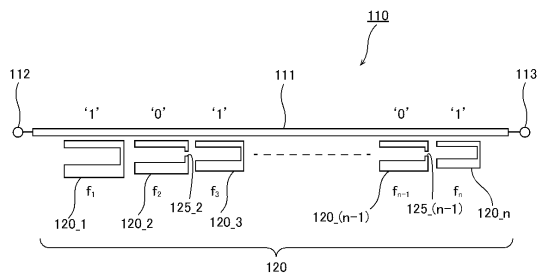
【図7】



【図8】

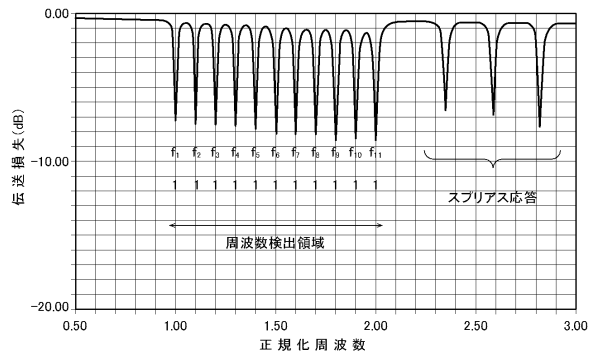


(A)

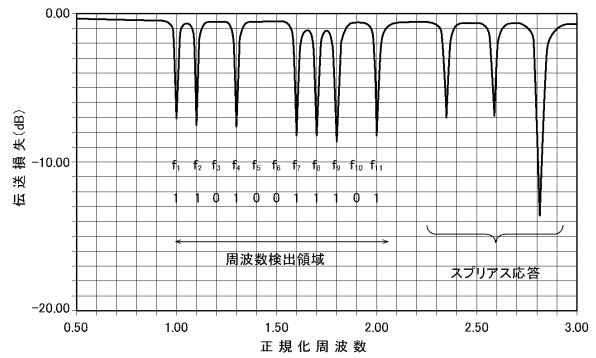


(B)

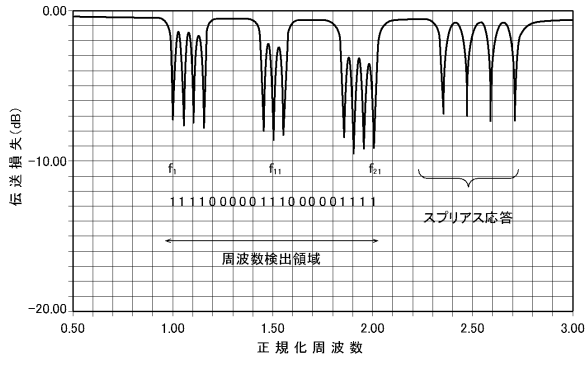
【図9】



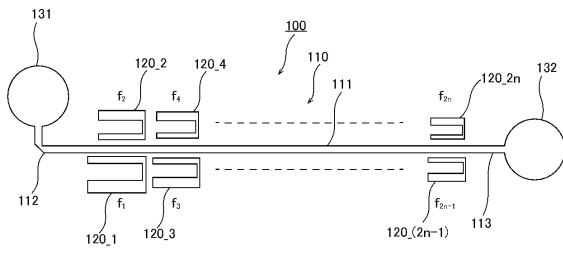
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



---

フロントページの続き

(72)発明者 牧本 三夫

東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1

国立大学法人電気通信大学内

審査官 梅沢 俊

(56)参考文献 国際公開第2015/061827(WO, A1)

米国特許出願公開第2006/0091979(US, A1)

国際公開第2009/126999(WO, A1)

特開昭63-276191(JP, A)

再公表特許第2005/013411(JP, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06K 19/067

G06K 19/07

H01P 1/203

H01P 1/212

H01P 7/08