

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4885092号
(P4885092)

(45) 発行日 平成24年2月29日(2012.2.29)

(24) 登録日 平成23年12月16日(2011.12.16)

(51) Int. Cl.		F I	
HO1Q 7/00	(2006.01)	HO1Q 7/00	
HO1Q 19/02	(2006.01)	HO1Q 19/02	
G06K 17/00	(2006.01)	G06K 17/00	F

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-231148 (P2007-231148)	(73) 特許権者	390005223 株式会社タムラ製作所 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
(22) 出願日	平成19年9月6日(2007.9.6)	(74) 代理人	100081961 弁理士 木内 光春
(65) 公開番号	特開2009-65426 (P2009-65426A)	(72) 発明者	大島 泰雄 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内
(43) 公開日	平成21年3月26日(2009.3.26)	(72) 発明者	繁田 進 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内
審査請求日	平成19年12月27日(2007.12.27)	審査官	佐藤 当秀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブースターアンテナコイル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1のアンテナコイル、キャパシタ及び電源を含み、所定の共振周波数により共振する第1の共振回路と、第2のアンテナコイル及びキャパシタを含み、所定の共振周波数により共振する第2の共振回路とを有する結合共振回路を備え、

前記第1のアンテナコイルと前記第2のアンテナコイルは、双峰特性が生じる位置に配設され、

双峰特性の2つのピークに大小の差が出るように、前記第1のアンテナコイルを含む前記第1の共振回路と前記第2のアンテナコイルを含む前記第2の共振回路とは、互いに異なる共振周波数が設定され、

前記第1のアンテナコイルを含む前記第1の共振回路は、外部との通信用の搬送周波数が、双峰特性の2つのピークのうち、高い方のピークに設定されていることを特徴とするブースターアンテナコイル。

【請求項2】

第1のアンテナコイル、キャパシタ及び電源を含み、所定の共振周波数により共振する第1の共振回路と、第2のアンテナコイル及びキャパシタを含み、所定の共振周波数により共振する第2の共振回路とを有する結合共振回路を備え、

前記第1のアンテナコイルと前記第2のアンテナコイルは、双峰特性が生じる位置に配設され、

双峰特性の2つのピークに大小の差が出るように、前記第1のアンテナコイルを含む前

記第 1 の共振回路と前記第 2 のアンテナコイルを含む前記第 2 の共振回路とは、互いに異なる共振周波数が設定され、

前記第 1 のアンテナコイルを含む前記第 1 の共振回路は、外部との通信用の搬送周波数が、前記第 1 のアンテナコイルを含む前記第 1 の共振回路と前記第 2 のアンテナコイルを含む前記第 2 の共振回路の共振周波数が同じ場合の双峰特性のピークを超える範囲に設定されていることを特徴とするブースターアンテナコイル。

【請求項 3】

前記第 1 のアンテナコイルを含む前記第 1 の共振回路と前記第 2 のアンテナコイルを含む前記第 2 の共振回路との結合係数が、概ね 0.004 以上となるように、前記第 1 のアンテナコイルのインダクタンス、前記第 2 のアンテナコイルのインダクタンス、前記第 1 のアンテナコイル及び前記第 2 のアンテナコイルの相互インダクタンスが設定されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載のブースターアンテナコイル。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、RFID（無線周波数識別：Radio Frequency Identification）システムなどに、通信距離の延長のために用いられるブースターアンテナコイルに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、情報を電子的に記憶することができる IC チップと、この IC チップと外部との間で情報をやり取りするインタフェースを備えたカードやタグを利用したシステムが、その多様な可能性から注目を集めている。かかるシステムは、一般的には、RFID システムと呼ばれ、小型の記録媒体（カードやタグ）とこれに読み書きを行う RFID リーダライタとの組み合わせによって、様々な場面での固体認証やデータの送受信に利用することができる。

20

【0003】

小型の記録媒体については、RFID カード、IC カード、ワイヤレスカード、RFID タグ、IC タグ等、種々の称呼がある。以下、RFID タグと呼ぶが、特定の種類のものに限定する意図ではなく、上記のような種々のカードやタグ等を全て含む広い概念である。このような RFID タグは、従来のカードに用いられていた磁気記録方式のものに比べて、IC チップのメモリに大量の情報を記憶しておくことができ、偽造の防止も可能となるため、クレジットカード、電子マネー、電子乗車券、テレフォンカード、ID カード、貨物管理用タグ等として、広く利用されている。

30

【0004】

また、RFID リーダライタとの間で情報を送受信するための方式としては、RFID タグの表面に設けられた電極接点と RFID リーダライタに設けられた接触端子とを接触させる接触型、RFID タグと RFID リーダライタに設けられたアンテナコイルを介して無線により行う非接触型がある。特に、非接触型の RFID タグは、接触による磨耗がないこと、RFID リーダライタ側に RFID タグを移動させる機構が必要ないこと、送受信の際の方向性の自由度が高いことなどから、高い耐久性と利便性を有するものとして、普及が期待されている。

40

【0005】

ところで、上記のような非接触型の RFID リーダライタと RFID タグとの通信距離は、数 cm である。しかし、上述のように、種々の用途が考えられる RFID システムは、多様な用途が考えられるものであり、適用分野によっては、通信距離をさらに延長することが望ましい。これに対処するため、RFID タグと RFID リーダライタとの間に、ブースターアンテナを配置することが提案されている。これは、基本的には、共振回路を含む RFID リーダライタ用のアンテナコイル（以下、P コイルと呼ぶ）と、共振用コンデンサを含む RFID ブースターアンテナコイル（以下、Q コイルと呼ぶ）とを用い

50

る技術である。

【0006】

例えば、Pコイルの法線方向にQコイルを配置して、通信距離を延長する技術が特許文献1に開示されている。また、RFIDタグの前方に、RFIDタグ用のQコイルを配置して、通信距離を延長する技術が特許文献2に開示されている。さらに、非接触ICカード用カードケースに、ブースターを設けたブースター付カードケースが、特許文献3に開示されている。

【0007】

【特許文献1】特開2000-138621号公報

【特許文献2】特開2005-323019号公報

【特許文献3】特開2005-332015号公報

【非特許文献1】電気工学ハンドブック、日本国、電気学会、再版3昭和46年（初版昭和42年）、132-133頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、上記のように、RFIDタグとRFIDリーダライタとの間にブースターアンテナを構成しても、通信距離の十分な延長を望めない場合が生じる。例えば、RFIDリーダライタ用のPコイルとブースター用のQコイルとによって構成される結合共振回路において、その結合係数が大きい場合には、共振周波数が2つに分かれることにより、いわゆる双峰特性を示す（非特許文献1参照）。この状態においては、ブースターアンテナを用いているにも係わらず、搬送周波数において電流が小さくなり、発生磁界強度が小さくなるため、通信距離の十分な延長ができない。

【0009】

一方、結合係数を小さくすることにより、単峰特性を得ることができるが、その場合には、RFIDリーダライタ用のPコイルと、ブースター用のQコイルとの結合が小さくなり、通信距離が低下する。また、結合係数を小さくするためPコイルとQコイル間の距離を大きくすると、所要スペースが大きくなる。

【0010】

本発明は、上記のような従来技術の問題点を解決するために提案されたものであり、その目的は、通信距離を十分に延長できるブースターアンテナコイルを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の目的を達成するため、本発明は、第1のアンテナコイル、キャパシタ及び電源を含み、所定の共振周波数により共振する第1の共振回路と、第2のアンテナコイル及びキャパシタを含み、所定の共振周波数により共振する第2の共振回路とを有する結合共振回路を備えたブースターアンテナコイルにおいて、以下のような特徴を有する。

【0012】

(1) 前記第1のアンテナコイルと前記第2のアンテナコイルは、双峰特性が生じる位置に配設されている。

(2) 双峰特性の2つのピークに大小の差が出るように、前記第1のアンテナコイルを含む前記第1の共振回路と前記第2のアンテナコイルを含む前記第2の共振回路とは、互いに異なる共振周波数が設定されている。

(3) 前記第1のアンテナコイルを含む前記第1の共振回路は、外部との通信用の搬送周波数が、双峰特性の2つのピークのうち、高い方のピークに設定されている。

【0013】

以上のような発明では、第1のアンテナコイルと第2のアンテナコイルの共振周波数を異なるものとしているので、双峰特性の2つのピークに大小の差が出る。この2つのピークのうち、高いほうのピークに搬送周波数を合わせることで、第2のアンテナコイルに流

10

20

30

40

50

れる電流が増加し、発生磁界強度が大きくなり、通信距離を十分に延長できる。

【0014】

このような通信距離の延長効果は、第1のアンテナコイルと第2のアンテナコイルの共振周波数が同じ場合を想定して、その場合の双峰特性のピークを超える範囲に、搬送周波数を設定することによっても得ることができる。さらに、通信距離の延長効果を得るためには、結合係数は、概ね0.004以上とすることが望ましい。

【発明の効果】

【0015】

以上の通り、本発明では、通信距離を十分に延長できるブースターアンテナコイルを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明を実施するための最良の形態（以下、実施形態とする）を説明する。なお、各実施形態は、例えば、RFIDリーダライタに適用されるブースターアンテナであるが、RFIDリーダライタ及びこれと通信を行うRFIDタグの具体的構造については、特定のものには限定されないため、説明を省略する。

【0017】

また、以下の説明では、実施形態の基本構成を説明し、これに対応して作製した実施例に基づく測定結果によって、実施形態の作用効果を説明する。

【0018】

[実施形態の構成]

まず、本実施形態の基本構成を、図1及び図2を参照して説明する。すなわち、本実施形態は、RFIDリーダライタ1側に設けられたPコイル11及び共振用回路12、ブースターアンテナ2を構成するQコイル21及びキャパシタ22、RFIDリーダライタ1との通信を行うRFIDタグ3等によって構成されている。

【0019】

Pコイル11、Qコイル21は、導体が巻回するように形成された電波の送受信用のアンテナコイルであり、図示しないRFIDの回路に電気的に接続されている。このPコイル11及びQコイル21は、例えば、絶縁性の基板上に銅若しくはアルミニウム等によってエッチングや印刷等で形成したり、ワイヤやリードで構成することが考えられるが、これらには限定されない。

【0020】

そして、Pコイル11及びQコイル21は、互いに法線方向がほぼ同一（同軸且つ平行）となるように配置されている。但し、Pコイル11及びQコイル21の位置関係はこれには限定されない。Pコイル11及びQコイル21の支持構造については、用途に応じて種々のものが考えられる。どのような形状及び材質のケース、フレーム等を用いるか、一部若しくは全部を外部へ露出するか否か、携帯型、可搬型若しくは設置型とするか等は、自由である。

【0021】

上記のRFIDリーダライタ1とブースターアンテナ2によって構成される結合共振回路の一例を、図2の回路図に示す。共振周波数は、Pコイル11、Qコイル21、抵抗R1～R3、キャパシタC1～C3の仕様等に従うので、所望の共振周波数が得られる部品を選択する。例えば、Pコイル11、Qコイル21、抵抗R1～R3の仕様を固定とすると、キャパシタC1～C3の容量を選択することにより、各コイルの共振周波数を所望の値に変えることができる。可変コンデンサ等を用いることにより、所望の周波数への変更が容易となるように構成してもよい。実験の際には、可変コンデンサを用いることが便宜である。

【0022】

本実施形態においては、双峰特性を示すように、共振回路の結合係数を大きく設定する。このとき、Pコイル11とQコイル21の共振周波数を異なるものとするにより、

10

20

30

40

50

双峰特性の2つのピークの一つが他方よりも高くなるようにする。そして、大きい方のピークに、搬送周波数を合わせる。但し、搬送周波数の設定は、必ずしもピークに一致させる必要はない。Pコイル11とQコイル21の共振周波数が同じ場合の双峰特性のピーク(2つのピークがほぼ同じ高さ)よりも、高くなる位置とすればよい。

【0023】

なお、Pコイル11とQコイル21の特性を求める式を示すと、以下の通りとなる。まず、Pコイル11とQコイル21の相互インダクタンスは、下記の条件によると、式1で表すことができる。

M : 相互インダクタンス
 N_p : Pコイルの巻き数
 N_q : Qコイルの巻き数
 a : Pコイルの半径
 b : Qコイルの半径
 z : 中心軸上の距離
 k : 結合係数

10

【0024】

【数1】

$$M = \frac{\mu_0 N_p N_q \pi a^2 b^2}{2(z^2 + a^2)^{3/2}} \propto k \quad (\text{式1}) \quad 20$$

【0025】

したがって、結合係数kは、相互インダクタンスMに比例する。また、結合係数kは、下記の条件で、式2により表せる。

L_p : Pコイルのインダクタンス
 L_q : Qコイルのインダクタンス

【数2】

$$M = k \sqrt{L_p L_q} \quad (\text{式2}) \quad 30$$

したがって、Pコイル11とQコイル21の位置関係から、結合係数kを計算によって導くことができる。

【0026】

さらに、Qコイル21の共振周波数f₀は、Qコイル21のインダクタンスL_q、キャパシタの静電容量C_qである場合、式3で表すことができる。

【数3】

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_q C_q}} \quad (\text{式3}) \quad 40$$

【0027】

[実施形態の作用効果]

以上のような本実施形態の作用効果を、実際に作製した複数の実施例と比較例に基づいて説明する。

【0028】

[出力電流のシミュレーション]

50

比較例 1 ~ 4 と、本実施形態を適用した実施例 1 ~ 4 について、所定の入力電圧による出力電流について、シミュレーションを行った結果のデータを示す。ここで、シミュレーションを出力電流に着目して行ったのは、次の理由による。

【 0 0 2 9 】

まず、以下の式 4 に示すように、アンテナ中心軸上の磁界はアンテナコイル部分の電流に比例する。

【数 4】

$$H(z) = N \frac{Ia^2}{2(z^2 + a^2)^{3/2}} \quad (\text{式4}) \quad 10$$

なお、式 4 における条件は、次の通りである。

Z : コイル中心からの距離 (m)

a : コイルの半径

H (z) : コイル中心からの距離 Z での磁界の強さ (A / m)

N : 巻き数

I : コイル電流 (A)

【 0 0 3 0 】

そして、以下の式 5 に示すように、RFID タグ 3 の誘起電圧 V m は、磁界の強さ H に比例する。つまり、磁界を強くすれば、それだけ誘起電圧が大きくなり、通信距離の更なる改善が見込める。従って、出力電流の差異を示すことによって、磁界強度、さらには通信距離の長短が判断できることになる。

【 0 0 3 1 】

【数 5】

$$Vm = 2\pi F \cdot N \cdot S \cdot \mu_0 H = \alpha \cdot H \quad (\text{式5}) \quad 30$$

なお、式 5 における条件は、次の通りである。

V m : 誘起電圧

F : 周波数

N : 巻き数

S : 受信コイル断面積

H : 磁界強度

$\mu_0 : 4 \times 10^{-7} \text{ T / (A / m)}$

: 比例定数

【 0 0 3 2 】

ここでは、下記の B , C , E に対応する比較例 1 ~ 3、D , F に対応する実施例 1 , 2 について、表 1、表 2 に示す条件、図 2 の回路図で、P コイル 1 1 の電流 I p、Q コイル 2 1 の電流 I q のシミュレーションを実行した (搬送周波数 1 3 . 5 6 M H z)。シミュレーションの入力電圧は 1 V とした。なお、共振周波数、結合係数は、次の記号を用いる。

F p : P コイルの共振周波数

F q : Q コイルの共振周波数

K : P コイルと Q コイルの結合係数

【 0 0 3 3 】

【表 1】

項目	Pコイルの共振周波数	Qコイルの共振周波数	PコイルとQコイルの結合係数	Iq(mA)	
B	13.56MHz	13.56MHz	0.05	46	比較例1
C	13.88MHz	13.88MHz	0.05	105	比較例2
D	14.10MHz	13.75MHz	0.05	159	実施例1

【表 2】

10

項目	Pコイルの共振周波数	Qコイルの共振周波数	PコイルとQコイルの結合係数	Iq(mA)	
B	13.56MHz	13.56MHz	0.05	46	比較例1
E	13.23MHz	13.23MHz	0.05	102	比較例3
F	12.92MHz	13.37MHz	0.05	162	実施例2

【0034】

表 1 は、低周波側に大きなピークがくる場合であり ($F_p > F_q$)、その場合の I_q の波形を図 3 に示す。表 2 は、高周波側に大きなピークが来る場合であり ($F_p < F_q$)、その場合の I_q の波形を図 4 に示す。そして、表 1 及び図 3 に示した実施例 1 について、以下の式 6 により求めた電流強度比の波形を図 5 に示す。

【数 6】

$$\text{電流強度比} = \frac{F_p \neq F_q \text{ での電流強度}}{F_p = F_q \text{ での最大電流強度 (ピーク)}} \quad (\text{式6})$$

【0035】

30

表 1、表 2、図 3 及び図 4 から、次のことがわかる。

(1) $F_p = F_q$ の場合

双峰特性の 2 つのピークの高さは、殆ど同じである。

(2) $F_p \neq F_q$ の場合

$F_p > F_q$ では、双峰特性の 2 つのピークのうち、低周波側のピークが大きくなり、高周波側のピークが小さくなる。

$F_p < F_q$ では、双峰特性の 2 つのピークのうち、高周波側のピークが大きくなり、低周波側のピークが小さくなる。

【0036】

そして、ピークが大きいに搬送周波数を合わせた方が、出力電流が大きく、より大きな磁界が発生するため、通信距離の延長が期待できる。なお、図 5 の に示すように、双峰特性の大きい方のピークに搬送周波数を合わせた場合のみならず、 の範囲に示すように、 $F_p \neq F_q$ での電流強度に対する $F_p = F_q$ での最大電流強度の比が 1 を超える範囲に、搬送周波数を合わせるにより、従来技術を超える通信距離の延長が期待できる。

【0037】

[通信距離の実測]

比較例 0, 1, 2 と実施例 1 について、通信距離の測定を行った結果のデータを、表 3 及び図 6 のグラフに示す。測定対象である比較例 0, 1, 2、実施例 1 は、以下の A ~ D である (搬送周波数 13.56 MHz)。

A : P コイルのみで Q コイルがない場合

50

B : Qコイルを配置しただけの場合

C : $F_p = F_q$ で、2つのピークの一方に搬送周波数を設定した場合

D : $F_p > F_q$ で、2つのピークのうち、大きい方のピークに搬送周波数を設定した場合

【0038】

また、Pコイル11、Qコイル21の条件は、以下の通りである。

・ Pコイル : 半径 3.5 mm、巻き数 7 T

・ Qコイル : 半径 10 mm、巻き数 3 T

【0039】

【表3】

10

項目	Pコイルの共振周波数	Qコイルの共振周波数	PコイルとQコイルの結合係数	通信距離(mm)	
A	13.56MHz	なし	—	40	比較例0
B	13.56MHz	13.56MHz	0.05	38	比較例1
C	13.88MHz	13.88MHz	0.05	75	比較例2
D	14.10MHz	13.75MHz	0.05	83	実施例1

【0040】

この表3及び図6から明らかな通り、Qコイル21を用いないでPコイル11のみとした従来技術の比較例0の通信距離は40mmであり、Qコイル21を用いただけの比較例1では、通信距離が38mmと比較例3と同程度である。しかしながら、搬送周波数を2つのピークの一方に合わせた比較例2では通信距離が75mmと飛躍的に伸びている。特に、2つのピークの大きさが異なる実施例1では、搬送周波数を大きい方のピークに合わせるにより、通信距離を83mmと大幅に伸ばすことができる。

20

【0041】

[結合係数の設定]

次に、比較例2、4と、実施例3、4、5について、次の表4の条件において、Pコイル11の電流 I_p 、Qコイル21の電流 I_q のシミュレーションを実行した結果を、図7に示す(搬送周波数13.56MHz)。シミュレーションの入力電圧は1Vとした。実施例3、4、5は $F_p > F_q$ の場合の結合係数Kを変化させたものであり(G~I)、比較例4は比較例2の結合係数Kを変化させたものである(J)。

30

【表4】

項目	Pコイルの共振周波数	Qコイルの共振周波数	PコイルとQコイルの結合係数	I_q (mA)	
C	13.88MHz	13.88MHz	0.05	105	比較例2
G	13.88MHz	13.56MHz	0.05	158	実施例3
H	13.88MHz	13.60MHz	0.02	210	実施例4
I	13.88MHz	13.87MHz	0.004	112	実施例5
J	13.88MHz	13.88MHz	0.003	82	比較例4

40

【0042】

この表4及び図7から明らかな通り、結合係数K 0.004で、比較例2よりも I_q が大きくなる。また、比較例4のように結合係数K = 0.003では、実施例4よりも I_q が小さくなる。従って、結合係数を0.004以上とすることにより、磁界強度が大きくなり、通信距離の延長が期待できる。

【0043】

[他の実施形態]

50

本発明は、上記のような実施形態に限定されるものではなく、各部材の材質、大きさ、形状、数、配置等は、適宜変更可能である。例えば、Pコイル、Qコイルの大きさや形状は、図1で例示したものには限定されない。従って、円形、楕円形、方形、その他の形状であってもよい。

【0044】

また、各実施形態における具体的な数値は例示であり、本発明は上記の数値には限定されない。例えば、搬送周波数の具体的な値や設定範囲については、式6で示した電流強度比が1を超える場合には通信距離の延長効果が期待できるので、必ずしもピークに合わせる必要はない。

【0045】

また、PコイルとQコイルとの距離、位置及び方向の設定についても、本発明の効果が得られる限り、どのようなものであってもよい。したがって、必ずしも互いに平行である必要はなく、軸が一致している必要もない（例えば、一方が他方に対して傾斜して配置されていてもよいし、直交する方向で配置されていてもよい）。さらに、ブースターアンテナのQコイルを、RFIDタグ側に適用することも可能である。

【0046】

また、PコイルとQコイルとの間に、磁性部材を配置することで、両コイル間の結合係数をコントロールできるので、両コイル間のスペースを縮小できる。この磁性部材は、例えば、軟磁性フェライトゴムや軟磁性金属等のシートとすることが考えられるが、これには限定されない。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本発明の第1の実施形態を適用したRFIDシステムを示す斜視図である。

【図2】図1の回路図である。

【図3】図1の実施形態を適用した実施例において、低周波側に大きなピークがくる場合を示す説明図である。

【図4】図1の実施形態を適用した実施例において、高周波側に大きなピークがくる場合を示す説明図である。

【図5】図1の実施形態を適用した実施例において、双峰特性のピークが異なる場合の電流強度と、PコイルとQコイルの共振周波数が等しい場合の最大電流強度との比を示す説明図である。

【図6】図1の実施形態を適用した実施例における通信距離の実測値を示す説明図である。

【図7】図1の実施形態を適用した実施例において、結合係数を変化させた場合の出力電流を示す説明図である。

【符号の説明】

【0048】

1 ... RFIDリーダーライタ

2 ... ブースターアンテナ

3 ... RFIDタグ

11 ... Pコイル

21 ... Qコイル

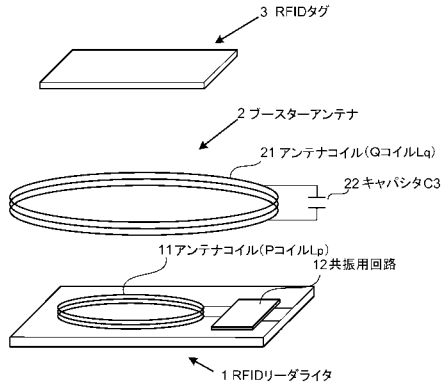
10

20

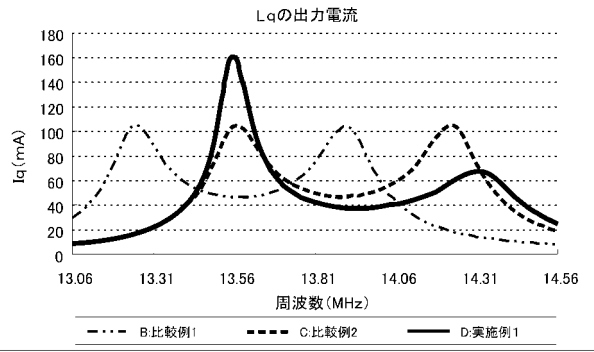
30

40

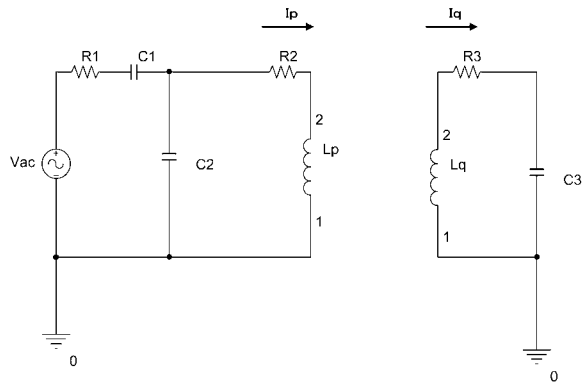
【図1】



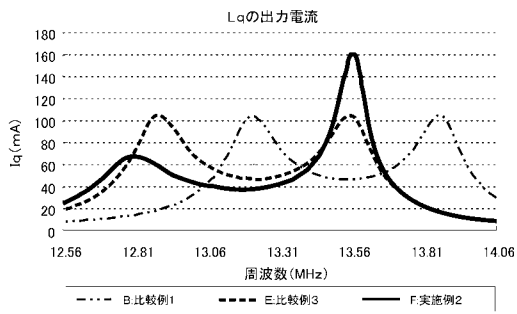
【図3】



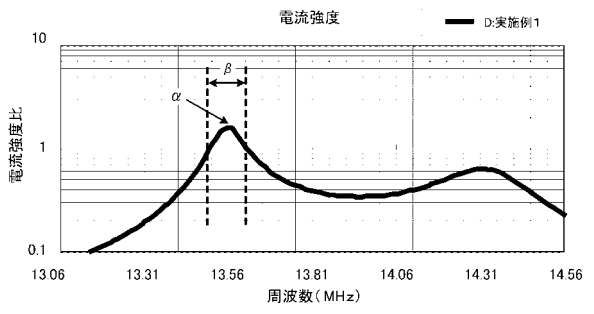
【図2】



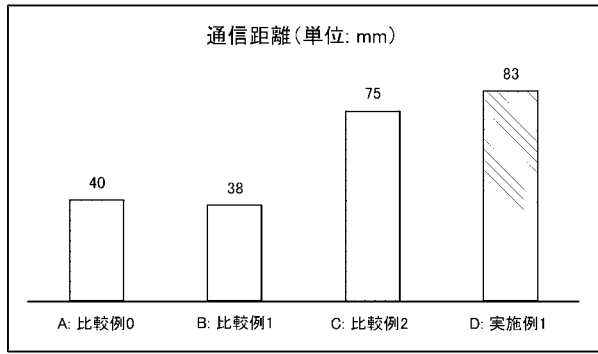
【図4】



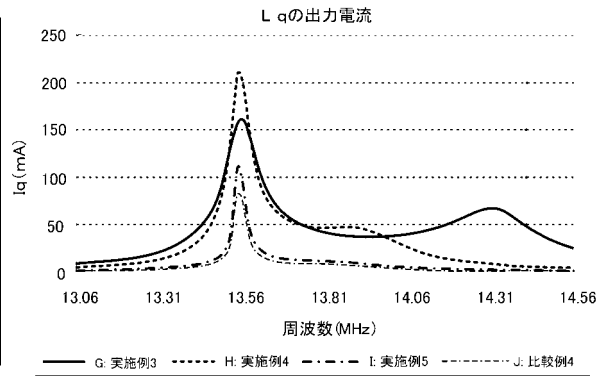
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-307039(JP,A)
特開2003-187195(JP,A)
特開2000-148932(JP,A)
特開2000-174676(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06K 17/00
G06K 19/07
H01Q 5/00 - 5/02
H01Q 7/00 - 7/08
H01Q 19/02