

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4358242号  
(P4358242)

(45) 発行日 平成21年11月4日(2009.11.4)

(24) 登録日 平成21年8月14日(2009.8.14)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>HO1Q</b> 7/00	<b>(2006.01)</b>	HO1Q	7/00
<b>GO6K</b> 17/00	<b>(2006.01)</b>	GO6K	17/00
<b>HO4B</b> 5/02	<b>(2006.01)</b>	HO4B	5/02

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-32368 (P2007-32368)	(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2月13日(2007.2.13)	(73) 特許権者	593108990 鹿野 快男 群馬県高崎市城山町二一四一七
(65) 公開番号	特開2008-199306 (P2008-199306A)	(74) 代理人	100081961 弁理士 木内 光春
(43) 公開日	平成20年8月28日(2008.8.28)	(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
審査請求日	平成19年2月13日(2007.2.13)	(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

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】

所定の搬送周波数により外部と通信可能な第1のアンテナコイルに対して、双峰特性が生じる結合共振回路を構成するように配設された第2のアンテナコイルを有し、

前記双峰特性のピークのうちの一方が、前記搬送周波数に合っ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】

前記第1のアンテナコイルに対する前記第2のアンテナコイルの面積比が、1を超えることを特徴とする請求項1記載のブースターアンテナコイル。

【請求項3】

前記結合共振回路の結合係数が、概ね0.0015以上の双峰特性が生じる磁気結合であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のブースターアンテナコイル。

【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。

#### 【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。

10

#### 【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。

20

#### 【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）を用いる技術である。

30

#### 【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

40

#### 【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を配置しても、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

50

す（非特許文献1参照）。この状態においては、ブースターを用いているにも係わらず、共振周波数において電流が小さくなり、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、通信ができなくなる可能性がある。

【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、結合係数を大きくして通信を確保しつつ、電流も大きくすることができ、通信距離を十分に延長可能なブースターアンテナ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、本発明のブースターアンテナコイルは、所定の搬送周波数により外部と通信可能な第1のアンテナコイルに対して、双峰特性が生じる結合共振回路を構成するように配設された第2のアンテナコイルを有し、前記双峰特性のピークのうちの一方が、前記搬送周波数に合っていることを特徴とする。

【0012】

なお、他の具体的態様としては、以下のブースターアンテナコイルが考えられる。

- (1) 第1のアンテナコイルに対する第2のアンテナコイルの面積比が1を超える。
- (2) 結合共振回路の結合係数が、概ね0.0015以上の双峰特性が出現する磁気結合である。

【0013】

以上のような発明では、第1のアンテナコイルと第2のアンテナコイルとの通信を確保するために結合係数を大きく保持しながら、これにより生じる双峰特性のいずれか一方のピークに搬送周波数を合わせて、電流を大きくすることにより、発生磁束を大きくすることができ、通信距離の十分な延長が可能となる。

【発明の効果】

【0014】

以上の通り、本発明では、第1及び第2のアンテナコイルの双峰特性により電流を大きくすることができ、両コイル間の結合係数を大きくすることにより、通信を確保しつつ通信距離を十分に延長可能なブースターアンテナ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】

【0015】

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、本実施形態は、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。

【0016】

また、以下の説明では、本実施形態の基本構成を説明し、それぞ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、本実施形態の作用効果を説明する。

【0017】

[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。

【0018】

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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 1 9 】

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。

【 0 0 2 0 】

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。

【 0 0 2 1 】

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する。そして、Pコイル11とQコイル21のそれぞれの共振周波数を調節することにより、RFIDシステムの搬送周波数に、双峰特性のピークの一つが合うように設定する。

【 0 0 2 2 】

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<sub>p</sub>：Pコイルの巻き数  
 N<sub>q</sub>：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

【 0 0 2 3 】

【 数 1 】

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

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<sub>p</sub>：Pコイルのインダクタンス  
 L<sub>q</sub>：Qコイルのインダクタンス

【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

【数 2】

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

したがって、Pコイル 1 1 と Qコイル 2 1 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。

【0025】

さらに、Qコイル 2 1 の共振周波数  $f_0$  は、Qコイル 2 1 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。 10

【数 3】

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

【0026】

[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。 20

【0027】

[実施例 1]

まず、比較例 1, 2 と、本実施形態を適用した実施例 1 について、アンテナ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アンテナ電流について行ったのは、次の理由による。

【0028】

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】

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

そして、通信距離は磁界の強さに比例する。従って、アンテナ電流を示すことによって、通信距離の長短が判断できることになる。

【0029】

ここでは、下記の A, B の比較例 1, 2、C の実施例 1 について、表 1 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。 40

A : Qコイルがない場合 (比較例 1)

B : Qコイルがある場合 (比較例 2)

C : Qコイルがあり、双峰特性の一方を 13.56 MHz にした場合 (実施例 1)

【表 1】

項目	Qコイルの有無	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K	
A	無	13.56MHz	-	-	比較例1
B	有	13.56MHz	14.15MHz	0.15	比較例2
C	有	14.15MHz	14.15MHz	0.15	実施例1

## 【0030】

10

シミュレーションの結果として、電流  $I_p$  の周波数特性を、図3のグラフに示し、電流  $I_q$  の周波数特性を、図4のグラフに示す。この結果から明らかな通り、比較例2では、Pコイル11とQコイル21が結合（結合係数  $k = 0.15$ ）することで双峰特性となり、周波数  $13.56\text{MHz}$  において電流が低下する。しかし、実施例1のように、双峰特性の一方を周波数  $13.56\text{MHz}$  に合わせることによって、大きな電流が得られる。

## 【0031】

なお、実施例1では、Pコイル11とQコイル21ともに、共振周波数を  $14.15\text{MHz}$  にすることによって、双峰特性のピークが  $13.56\text{MHz}$  に合うようになっている。しかし、双峰特性のピークを搬送周波数に合わせるために、Pコイル11とQコイル21の共振周波数を具体的にどのような値とするかは、他の諸条件によって異なる。また、図4とは別の（他方の）ピークに合わせてもよいが、その場合には、当然に共振周波数の値も異なってくる。

20

## 【0032】

次に、上記の比較例1、2、実施例1について、表2のA～Cの条件で、アンテナ中心軸からの距離  $Z$  と磁界の強さの関係を、式4に基づいて計算した結果を図5のグラフに示す。

## 【表 2】

項目	電流: $I(\text{mA})$	半径: $a(\text{mm})$		巻き数: $N$		
		P	Q	P	Q	
A	113	3.5	なし	7	なし	比較例1
B	26	3.5	10	7	5	比較例2
C	88	3.5	10	7	5	実施例1

30

## 【0033】

比較例2は、Pコイル11よりも半径の大きいQコイル21を用いることによって、比較例1よりも磁界強度が大きくなっている。そして、実施例1は、比較例2よりも電流  $I$  が大きいため、比較例2よりも磁界強度が大きくなっている。

## 【0034】

40

このことから、双峰特性の一方を周波数  $13.56\text{MHz}$  に合わせることで、大きな電流が得られて、強い磁界が発生することがわかる。特に、以下の式5に示すように、RF IDタグ3の誘起電圧  $V_m$  は、磁界の強さ  $H$  に比例するため、磁界が強ければ、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。

## 【数 5】

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

50

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 5 】

さらに、上記の実施例 1 について、下記条件の Q コイル 2 1 を作成して、P コイル 1 1 から距離 6 mm 離れた場所に配置 (結合係数  $k = 0.15$ ) して、通信距離の測定を行った。

10

半径... 10 mm

巻き数... 5 巻

抵抗... 0.15

インダクタンス  $L$  ... 1.1  $\mu\text{H}$

キャパシタ  $C$  ... 115 pF

共振周波数... 14.15 MHz

【 0 0 3 6 】

そして、上記の比較例 1, 2 についても、同様に通信距離を測定した。この測定結果を、表 3 及び図 6 のグラフに示す。

20

【表 3】

項目	通信距離(mm)	
A	45	比較例1
B	69	比較例2
C	78	実施例1

30

この表 3 及び図 6 から明らかな通り、Q コイル 2 1 を配置するだけでも、通信距離は伸びる。そして、双峰特性の一方を周波数 13.56 MHz に合わせることによって、さらに通信距離が伸びることがわかる。このことは、上記のシミュレーションと一致する。

【 0 0 3 7 】

[ 実施例 2 ~ 6 ]

比較例 3, 4 と、本実施形態の実施例 2 ~ 6 について、通信距離の測定を行った結果のデータを示す。測定対象である比較例 3, 4、実施例 2 ~ 6 は、以下の D ~ J である。

D : Q コイルがない場合 (比較例 3)

E : Q コイルが P コイルと同形状の場合で、双峰特性の一方を周波数 13.56 MHz に合わせた (比較例 4)

40

F ~ J : Q コイルと P コイルの比が 1 を超える場合で、双峰特性の一方を周波数 13.56 MHz に合わせた (実施例 2 ~ 6)

【 0 0 3 8 】

E ~ J は、インダクタンスが一定で、断面積が異なる 6 種類の Q コイル 2 1 を用いている。具体的な Q コイル 2 1 の特性は、次の通りである。

インダクタンス  $L$  ... 1.1  $\mu\text{H}$

キャパシタ  $C$  ... 115 pF

共振周波数... 14.15 MHz

【 0 0 3 9 】

表 4 に、Q コイル 2 1 の作製条件 (巻き数、半径、面積、面積比) と通信距離の関係を

50

示す。面積は、環状のコイルが形成する領域の面積を示し、面積比 = ( Q コイル面積 ) / ( P コイル面積 ) である。また、面積比と通信距離の関係を、図 7 のグラフに示す。

【 0 0 4 0 】

【表 4】

項目	Q コイルの有無	ブースターアンテナコイル(Q コイル)				通信距離(mm)	
		巻き数(N)	半径(mm)	面積(mm <sup>2</sup> )	面積比		
D	無	-	-	-	-	45	比較例3
E	有	10	3.5	38	1.0	47	比較例4
F	有	8	5	79	2.1	62	実施例2
G	有	6	7.5	177	4.7	72	実施例3
H	有	5	10	314	8.3	78	実施例4
I	有	4	15	707	18.6	83	実施例5
J	有	3	18	1018	26.8	81	実施例6

この表 4、図 7 から明らかな通り、従来方法である Q コイル 2 1 を用いないで P コイル 1 1 のみである比較例 3 の通信距離は 4 5 mm であり、本発明である Q コイル 2 1 を用いた場合でも、P コイル 1 1 と Q コイル 2 1 の面積比が等しい ( 1 である ) 比較例 4 では、通信距離が 4 7 mm と比較例 3 と同程度である。しかしながら、図 7 から明らかなように、P コイル 1 1 と Q コイル 2 1 の面積比が 1 を超えると、急激に通信距離が大きくなり、表 4 における実施例 2 ~ 6 では、6 2 ~ 8 3 mm まで伸びていることがわかる。

【 0 0 4 1 】

[ 実施例 7 , 8 ]

比較例 5 と、本実施形態の実施例 7 , 8 について、双峰特性の有無を調べた結果のデータを示す。これは、表 5 に示すように、P コイル 1 1 と Q コイル 2 1 の結合係数が異なる場合に、双峰特性を示すかどうかを測定したものである。測定対象である比較例 5 は L、実施例 7 は M、実施例 8 は N である。L ~ N の出力電流の周波数特性を、図 8 のグラフに示す。

【表 5】

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:K	双峰特性	
L	13.56MHz	13.56MHz	0.001	×	比較例 5
M	13.58MHz	13.58MHz	0.0015	○	実施例 7
N	14.15MHz	14.15MHz	0.15	○	実施例 8

【 0 0 4 2 】

この表 5、図 8 から明らかな通り、結合係数が 0 . 0 0 1 以下では、双峰特性とならないことが分かる。このため、本発明は、結合係数が 0 . 0 0 1 を超える場合に有効であり、特に、0 . 0 0 1 5 以上であれば、通信距離の延長効果について、望ましい値が期待できる。

【 0 0 4 3 】

[ 他の実施形態 ]

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。P コイルと Q コイルとの間の距離の設定も自由である。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

また、PコイルとQコイルとの距離、位置及び方向についても、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。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明の一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とその比較例のPコイルの周波数特性を示す説明図である。 10

【図4】図1の実施形態を適用した実施例とその比較例のQコイルの周波数特性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とその比較例のアンテナ中心軸からの距離と磁界の強さの関係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とその比較例の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とその比較例のコイル面積と通信距離の関係を示す説明図である。

【図8】図1の実施形態を適用した実施例とその比較例とのPコイルの出力電流を示す説明図である。 20

【符号の説明】

【0046】

1 ... リーダライタ

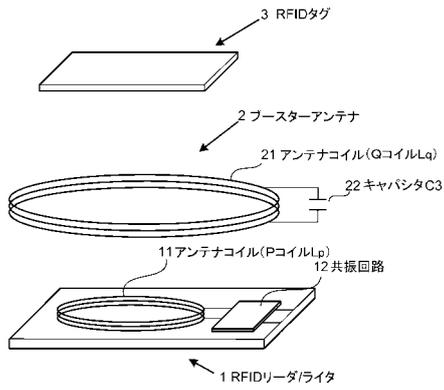
2 ... ブースターアンテナ

3 ... RFIDタグ

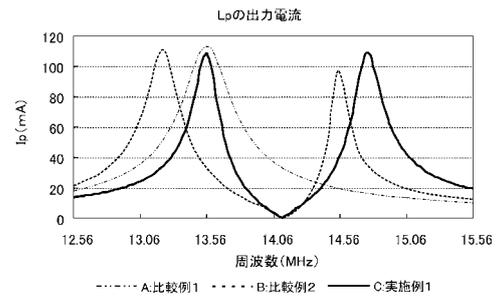
1 1 ... Pコイル

2 1 ... Qコイル

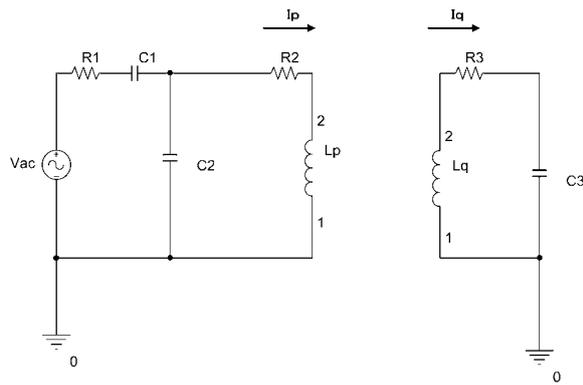
【図1】



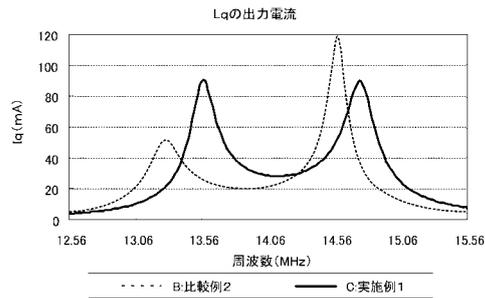
【図3】



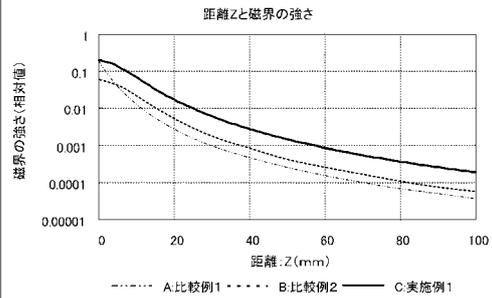
【図2】



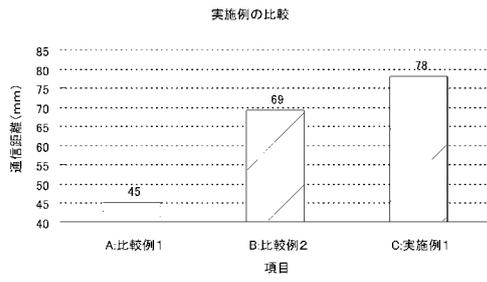
【図4】



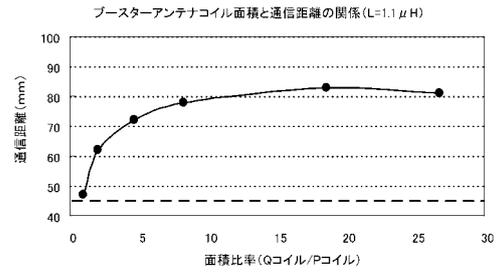
【図5】



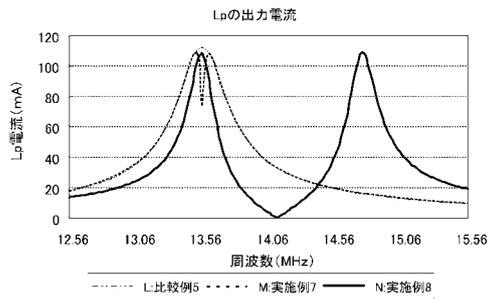
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 鹿野 快男

群馬県高崎市城山町2-14-17

審査官 岸田 伸太郎

(56)参考文献 特開2003-187195(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 7/00

G06K 17/00

G06K 19/00

H04B 5/02