

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年11月13日 (3.11.2014)



(10) 国際公開番号  
WO 2014/181569 A 1

- (51) 国際特許分類 : H01Q 1/50 (2006.01) H01Q 9/30 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号 : PCT/JP2014/055350
  - (22) 国際出願日 : 2014年3月4日 (04.03.2014)
  - (25) 国際出願の言語 : 日本語
  - (26) 国際公開の言語 : 日本語
  - (30) 優先権データ : 特願 2013-100156 2013年5月10日 (10.05.2013) JP
  - (71) 出願人 : 株式会社村田製作所 (MURATA MANU - FACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
  - (72) 発明者 : 尾仲 健吾 (ONAKA, Kengo); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
  - (74) 代理人 : 来山 幹雄, 外 (KITAYAMA, Mikio et al); 〒1120002 東京都文京区小石川2-1-2 山京ビル3階 欧和特許事務所 東京事務所 Tokyo (JP).
  - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
  - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類 :  
- 国際調査報告 (条約第21条(3))

- (54) Title: ANTENNA APPARATUS
- (54) 発明の名称 : アンテナ装置

Fig.6A

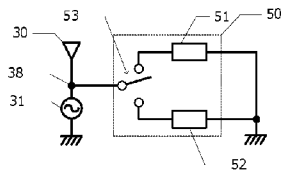


Fig.6B

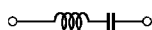


Fig.6C

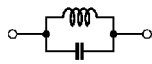
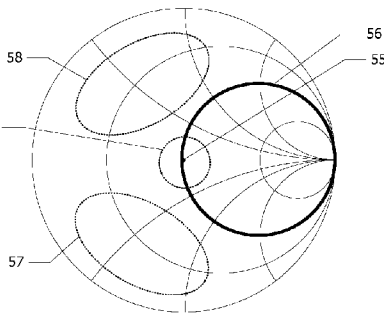


Fig.6D



(57) Abstract: According to the present invention, a variable resonance circuit is inserted between a ground conductor and the feeding point of a radiation element. When the variable resonance circuit is not inserted, the input impedance of the radiation element is below 50Ω and is capacitive in a first low-frequency band, is below 50Ω and is inductive in a second low-frequency band, and has a value close to 50Ω in a high-frequency band. When the variable resonance circuit displays a first resonance characteristic, the variable resonance circuit is inductive in the first low-frequency band, and impedance in the high-frequency band is higher than impedance in the first low-frequency band. When the variable resonance circuit displays a second resonance characteristic, the variable resonance circuit is capacitive in the second low-frequency band, and impedance in the high-frequency band is higher than impedance in the second low-frequency band.

(57) 要約 : 放射素子の給電点と、グラウンド導体との間に可変共振回路が挿入されている。可変共振回路が挿入されていないとき、放射素子の入力インピーダンスが、第1の低周波数帯において50Ωより低く、かつ容量性であり、第2の低周波数帯において50Ωより低く、かつ誘導性であり、高周波数帯において、50Ωに近い値である。可変共振回路が第1の共振特性を示すとき、可変共振回路は、第1の低周波数帯において誘導性であり、高周波数帯におけるインピーダンスは、第1の低周波数帯におけるインピーダンスよりも高い。可変共振回路が第2の共振特性を示すとき、可変共振回路は、第2の低周波数帯において容量性であり、高周波数帯におけるインピーダンスは、第2の低周波数帯におけるインピーダンスよりも高い。

V 2 14/181 69 A1

## 明 細 書

発明の名称 : アンテナ装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、低周波数側の少なくとも2つの周波数帯と、それよりも周波数の高い高周波数帯とで動作するアンテナ装置に関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献1に、マルチバンド対応のアンテナ装置が開示されている。このアンテナ装置は、リアクタンス可変部とマッチング部とを有する。リアクタンス可変部は、放射素子に直列接続され、マッチング部は、給電回路とリアクタンス可変部との間にシャント接続されている。リアクタンス可変部及びマッチング部は、ともにインダクタとキャパシタとの並列共振回路で構成される。

[0003] リアクタンス可変部の共振周波数を変化させることにより、複数のバンドに対応させることができる。マッチング部によってインピーダンスマッチングが行われる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1 : 国際公開第2010/113353号

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] リアクタンス可変部の共振周波数を変化させることによって、複数の動作帯域(バンド)から選択された1つのバンドで放射素子を動作させることが可能である。この場合、選択された動作対象のバンド以外のバンドにおいては、放射素子のリターンロスが大きくなり、効率的な動作を行うことが困難である。例えば、低周波数帯の複数のバンドから選択された1つのバンドと、高周波数帯のバンドとの両方で動作させたい場合、低周波数帯のバンドを切り替えるためにリアクタンス可変部の共振周波数を変化させると、その影

響が高周波数帯に及んでしまう。これにより、高周波数帯でのインピーダンス整合が崩れてしまう場合がある。

[0006] 本発明の目的は、低周波数帯のバンドを切り替えても、高周波数帯での動作を継続することが可能なアンテナ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] 本発明の一観点によると、

第1の低周波数帯、前記第1の低周波数帯より高い第2の低周波数帯、及び前記第2の低周波数帯より高い高周波数帯で動作する放射素子と、  
グラント導体と、

前記放射素子の給電点と、前記グラント導体との間に挿入され、少なくとも2つの第1の共振特性と第2の共振特性とを切り替えることができる可変共振回路と、

前記可変共振回路が前記給電点と前記グラント導体との間に挿入されていない開放状態のとき、前記放射素子の入力インピーダンスが、前記第1の低周波数帯において $50\Omega$ より低く、かつ容量性であり、前記第2の低周波数帯において $50\Omega$ より低く、かつ誘導性であり、前記高周波数帯において、前記第1の低周波数帯及び前記第2の低周波数帯における入力インピーダンスよりも $50\Omega$ に近く、

前記可変共振回路が前記第1の共振特性を示すとき、前記可変共振回路は、前記第1の低周波数帯において誘導性であり、前記高周波数帯における前記可変共振回路のインピーダンスは、前記第1の低周波数帯における前記可変共振回路のインピーダンスよりも高く、

前記可変共振回路が前記第2の共振特性を示すとき、前記可変共振回路は、前記第2の低周波数帯において容量性であり、前記高周波数帯における前記可変共振回路のインピーダンスは、前記第2の低周波数帯における前記可変共振回路のインピーダンスよりも高いアンテナ装置が提供される。

[0008] 可変共振回路が第1の共振特性を示すとき、第1の低周波数帯でインピーダンスマッチングが改善する。可変共振回路が第2の共振特性を示すとき、

第 2 の低周波数帯でインピーダンスマッチングが改善する。いずれの状態においても、高周波数帯におけるインピーダンスマッチング状態を維持することができる。

[0009] 前記第 1 の低周波数帯において、前記可変共振回路が前記第 1 の共振特性を示しているときの前記放射素子の入カインピーダンスが、前記開放状態のときの前記放射素子の入カインピーダンスよりも  $50\Omega$  に近く、

前記第 2 の低周波数帯において、前記可変共振回路が前記第 2 の共振特性を示しているときの前記放射素子の入カインピーダンスが、前記開放状態のときの前記放射素子の入カインピーダンスよりも  $50\Omega$  に近い構成とすることが好ましい。

[001 0] これにより、第 1 の低周波数帯または第 2 の低周波数帯において、十分なインピーダンスマッチングをとることができる。

[001 1] 前記給電点と前記グラウンドとが前記開放状態のとき、前記高周波数帯における前記放射素子のリターンロスが、前記第 1 の低周波数帯及び前記第 2 の低周波数帯における前記放射素子のリターンロスより小さい構成とすることが好ましい。

[001 2] すなわち、高周波数帯においては、可変共振回路を挿入しない状態でインピーダンスマッチングがとれていることが好ましい。

[001 3] 一例として、前記第 1 の低周波数帯は、 $704\text{MHz}$  から  $787\text{MHz}$  までの範囲であり、前記第 2 の低周波数帯は、 $824\text{MHz}$  から  $960\text{MHz}$  までの範囲であり、前記高周波数帯は、 $1710\text{MHz}$  から  $2690\text{MHz}$  までの範囲である。

[0014] 前記可変共振回路が、

前記第 1 の共振特性を示す第 1 の共振回路と、

前記第 2 の共振特性を示す第 2 の共振回路と、

前記放射素子の給電点と前記グラウンド導体との間に、前記第 1 の共振回路が挿入された状態と、前記第 2 の共振回路が挿入された状態とを切り替えるスイッチと

を含む構成とすることが可能である。

前記第 1 の共振回路及び前記第 2 の共振回路の一方は LC 直列共振回路で構成され、他方は、LC 直列共振回路または LC 並列共振回路で構成される。

[001 5] 前記可変共振回路が、相互に直列に接続されたインダクタと可変キャパシタとを含み、前記可変キャパシタのキャパシタンスを変動させることにより、前記第 1 の共振特性と前記第 2 の共振特性とが切り換えられる構成とすることも可能である。

[001 6] さらに、

前記放射素子の放射特性に影響を与える物体の接近を検出するセンサと、前記センサの検出結果に基づいて、前記可変キャパシタのキャパシタンスを変化させる制御回路とを有する構成としてもよい。

[001 7] さらに、前記放射素子と前記給電点との間に挿入されたマッチングトランスを有する構成としてもよい。

### 発明の効果

[001 8] 可変共振回路が第 1 の共振特性を示すとき、第 1 の低周波数帯でインピーダンスマッチングが改善する。可変共振回路が第 2 の共振特性を示すとき、第 2 の低周波数帯でインピーダンスマッチングが改善する。いずれの状態においても、高周波数帯におけるインピーダンスマッチング状態を維持することができる。

### 図面の簡単な説明

[001 9] [図 1] 図 1 A は、評価対象のアンテナ装置の等価回路図であり、図 1 B 及び図 1 C は、それぞれ図 1 A のアンテナ装置のリターンロスの周波数特性の測定結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図 2] 図 2 A は、評価対象のアンテナ装置の等価回路図であり、図 2 B 及び図 2 C は、それぞれ図 2 A のアンテナ装置のリターンロスの周波数特性の測定結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図3] 図3 A は、評価対象のアンテナ装置の等価回路図であり、図3 B 及び図3 C は、それぞれ図3 A のアンテナ装置のリターンロスの周波数特性の測定結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図4] 図4 A は、評価対象のアンテナ装置の等価回路図であり、図4 B 及び図4 C は、それぞれ図4 A のアンテナ装置のリターンロスの周波数特性の測定結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図5] 図5 A は、評価対象のアンテナ装置の等価回路図であり、図5 B 及び図5 C は、それぞれ図5 A のアンテナ装置のリターンロスの周波数特性の測定結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図6] 図6 A は、実施例1によるアンテナ装置の等価回路図であり、図6 B 及び図6 C は、それぞれ可変共振回路に適用されるLC直列共振回路及びLC並列共振回路の等価回路図であり、図6 D は、実施例1によるアンテナ装置の入カインピーダンスを示すスミスチャートである。

[図7] 図7 A ~ 図7 D は、可変共振回路の共振特性の例を示すグラフである。

[図8] 図8 は、実施例1によるアンテナ装置の斜視図である。

[図9] 図9 は、実施例1によるアンテナ装置の可変共振回路の平面図である。

[図10] 図10 は、実施例2によるアンテナ装置の等価回路図である。

[図11] 図11 A 及び図11 B は、それぞれ可変共振回路が挿入されていない状態のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図12] 図12 は、第1の共振回路がシャント接続された状態の実施例2によるアンテナ装置の等価回路図である。

[図13] 図13 A 及び図13 B は、それぞれ図12 に示した状態のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図14] 図14 は、第2の共振回路がシャント接続された状態の実施例2によるアンテナ装置の等価回路図である。

[図15] 図15 A 及び図15 B は、それぞれ図14 に示した状態のリターンロ

スの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図16] 図16Aは、実施例3によるアンテナ装置の等価回路図であり、図16Bは、実施例3の変形例によるアンテナ装置等価回路図である。

[図17] 図17は、第1の共振回路がシャント接続された状態の実施例3によるアンテナ装置の等価回路図である。

[図18] 図18A及び図18Bは、それぞれ図17に示した状態のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図19] 図19は、実施例4によるアンテナ装置の等価回路図である。

[図20] 図20は、実施例5によるアンテナ装置の等価回路図である。

[図21] 図21Aは、参考例によるアンテナ装置の等価回路図であり、図21B及び図21Cは、それぞれ図21Aに示したアンテナ装置のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図22] 図22Aは、参考例によるアンテナ装置の等価回路図であり、図22B及び図22Cは、それぞれ図22Aに示したアンテナ装置のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図23] 図23Aは、参考例によるアンテナ装置の等価回路図であり、図23B及び図23Cは、それぞれ図23Aに示したアンテナ装置のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図24] 図24Aは、可変共振回路がシャント接続されていない状態の実施例5によるアンテナ装置の等価回路図であり、図24B及び図24Cは、それぞれ図24Aに示したアンテナ装置のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図25] 図25Aは、可変共振回路がインダクタンスである状態の実施例5に

よるアンテナ装置の等価回路図であり、図25B及び図25Cは、それぞれ図25Aに示したアンテナ装置のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

[図26] 図26Aは、可変共振回路がインダクタンスである状態の実施例5によるアンテナ装置の等価回路図であり、図26B及び図26Cは、それぞれ図26Aに示したアンテナ装置のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示すグラフ、及びアドミタンスチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0020] マルチバンド対応アンテナ装置において、低周波数帯でのバンドの切り換えが高周波数帯に与える影響を評価するために、種々のアンテナ装置を作製し、アンテナ特性を測定した。以下、実施例について説明する前に、この評価実験の結果について説明する。

[0021] 図1Aに、評価対象のアンテナ装置の等価回路図を示す。給電回路31から放射素子30に高周波電力が供給される。放射素子30として、分岐モノポールアンテナを採用した。この分岐モノポールアンテナは、高周波数帯において整合回路なしでマッチングがとれるように設計されている。

[0022] 図1Bに、放射素子30のリターンロスの周波数特性の測定結果を示す。横軸は周波数を単位「MHz」で表し、縦軸はリターンロスを表す。縦軸のひと目盛が5dBに相当する。図1Bに示した丸付きの数字は、動作周波数帯域の下限周波数と上限周波数とを示す。点1及び点2が、それぞれ周波数704MHz及び784MHzを示し、バンド17とバンド13とを含む帯域の下限周波数及び上限周波数に相当する。点3及び点4が、それぞれ824MHz及び960MHzを示し、バンド5とバンド8とを含む帯域の下限周波数及び上限周波数に相当する。点5及び点6が、それぞれ周波数1710MHz及び2170MHzを示し、バンド1とバンド3とを含む帯域の下限周波数及び上限周波数に相当する。

[0023] 本明細書において、バンド17とバンド13とを含む704MHzから784MHzまでの帯域を「第1の低周波数帯」といい、バンド5とバンド8

とを含む824 MHzから960 MHzまでの帯域を「第2の低周波数帯」といい、バンド1とバンド3とを含む1710 MHzから2170 MHzまでの帯域を「高周波数帯」ということとする。高周波数帯でリターンロスが小さく、マッチングがとれていることがわかる。

[0024] 図1Cに、放射素子30の入カインピーダンスのアドミタンスチャート上における軌跡を示す。定コンダクタンス円32及び定サセプタンス円33が描かれている。アドミタンスチャートの上半分の領域が誘導性のインピーダンス、下半分が容量性のインピーダンスに対応する。なお、参考のために、50Ωの定抵抗円34を示している。定抵抗円34の内部が、50Ωより大きな入カインピーダンスに対応し、定抵抗円34の外部が、50Ωより小さな入カインピーダンスに対応する。

[0025] 第1の低周波数帯35における入カインピーダンスは、50Ωより小さく、かつ容量性である。第2の低周波数帯36における入カインピーダンスは、50Ωより小さく、かつ誘導性である。高周波数帯における入カインピーダンスの軌跡は、アドミタンスチャートの中心近傍に位置する。すなわち、高周波数帯においてインピーダンスマッチングがとれている。

[0026] 図2Aに示したアンテナ装置においては、放射素子30の給電点38とグランドとの間に、シャントインダクタ40が接続されている。一例として、シャントインダクタ40のインダクタンスは6.8 nHである。

[0027] 図2Bに、図2Aに示した放射素子30のリターンロスの周波数特性の測定結果を示し、図2Cに、図2Aに示した放射素子30の入カインピーダンスのアドミタンスチャート上における軌跡を示す。放射素子30の給電点38にシャントインダクタ40を接続すると、各周波数における入カインピーダンスを示す点が、矢印で示すように、定コンダクタンス円32に沿ってサセプタンスが減少する方向移動する。このため、第1の低周波数帯35における入カインピーダンスが50Ωに近づく（アドミタンスチャートの中心に近づく。）。これにより、図2Bに示したように、第1の低周波数帯35におけるリターンロスが低下する。

- [0028] 高周波数帯 37 におけるリターンロスは、シャントインダクタ 40 を接続していない場合に比べると大きい、十分小さな値に保たれている。このため、シャントインダクタ 40 を接続しても、高周波数帯 37 における動作が可能である。これは、高周波数帯 37 においてシャントインダクタ 40 のインピーダンスが十分大きくなるためである。
- [0029] 図 3 A に示したアンテナ装置においては、放射素子 30 の給電点 38 とグラウンドとの間に、シャントキャパシタ 41 が接続されている。一例として、シャントキャパシタ 41 のキャパシタンスは 2 p F である。
- [0030] 図 3 B に、図 3 A に示した放射素子 30 のリターンロスの周波数特性の測定結果を示し、図 3 C に、図 3 A に示した放射素子 30 の入力インピーダンスのアドミタンスチャート上における軌跡を示す。放射素子 30 の給電点 38 にシャントキャパシタ 41 を接続すると、各周波数における入力インピーダンスを示す点が、矢印で示すように、定コンダクタンス円 32 に沿ってセプタンスが増加する方向に移動する。このため、第 2 の低周波数帯 36 における入力インピーダンスが  $50 \Omega$  に近づく (アドミタンスチャートの中心に近づく。)。これにより、図 3 B に示したように、第 2 の低周波数帯 36 におけるリターンロスが低下する。
- [0031] 高周波数帯 37 において、シャントキャパシタ 41 のインピーダンスが 0 に近づく。すなわち、給電点 38 が接地された状態とほぼ同等の状態になる。このため、高周波数帯 37 において、放射素子 30 の入力インピーダンスが著しく小さくなる (アドミタンスチャートにおいて、入力インピーダンスを示す点が外周線に近づく。)。高周波数帯 37 におけるインピーダンスマッチングが崩れてしまうため、図 3 B に示したようにリターンロスが大きくなってしまう。
- [0032] 図 2 A ~ 図 2 C に示したアンテナ装置は、第 1 の低周波数帯 35 及び高周波数帯 37 の両方で動作可能であった。これに対し、図 3 A ~ 図 3 C に示したアンテナ装置は、第 2 の低周波数帯 36 で動作可能であるが、高周波数帯 37 では動作困難である。

[0033] 図4 A に示したアンテナ装置においては、放射素子30の給電点38とグランドとの間に、LC直列共振回路42がシャント接続されている。一例として、LC直列共振回路42のインダクタンスは18 nHであり、キャパシタンスは3.2 pFである。このLC直列共振回路42は、第1の低周波数帯35の中心周波数である約740 MHzにおいて、6.8 nHのインダクタンスと等価である。すなわち、740 MHzにおいて、図4 Aのアンテナ装置は、図2 Aのアンテナ装置と等価である。LC直列共振回路42のリアクタンスは、740 MHzより高い周波数帯において、740 MHzにおけるリアクタンスより大きくなる。

[0034] 図4 Bに、図4 Aに示した放射素子30のリターンロスの周波数特性の測定結果を示し、図4 Cに、図4 Aに示した放射素子30の入カインピーダンスのアドミタンスチャート上における軌跡を示す。放射素子30の給電点38にシャント接続されたLC直列共振回路42が、第1の低周波数帯35よりも高い周波数において、誘導性のインピーダンスを示すため、各周波数における入カインピーダンスを示す点が、矢印で示すように、定コンダクタンス円32に沿ってサセプタンスが減少する方向に移動する。このため、第1の低周波数帯35における入カインピーダンスが50 Ωに近づく（アドミタンスチャートの中心に近づく。）。これにより、図4 Bに示したように、第1の低周波数帯35におけるリターンロスが低下する。

[0035] 高周波数帯37において、LC直列共振回路42のインピーダンスが、図2 Aに示したシャントインダクタ40のインピーダンスよりも大きい。このため、高周波数帯37におけるインピーダンスマッチングの崩れが、図2 Aに示したアンテナ装置に比べて軽微である。このため、高周波数帯37において、十分小さなリターンロスが維持されている。このように、シャントインダクタ40（図2 A）に代えて、LC直列共振回路42を挿入することにより、高周波数帯37におけるアンテナ特性の劣化を軽減することができる。

[0036] 図5 A に示したアンテナ装置においては、放射素子30の給電点38とグ

ランドとの間に、LC直列共振回路43がシャント接続されている。一例として、LC直列共振回路43のインダクタンスは18 nHであり、キャパシタンスは0.8 pFである。このLC直列共振回路43は、第2の低周波数帯36の中心周波数である約880 MHzにおいて、2 pFのキャパシタンスを示す。すなわち、880 MHzにおいて、図5Aのアンテナ装置は、図3Aのアンテナ装置と等価である。また、LC直列共振回路43は、その共振周波数1326 MHzより高い周波数域においては、LC直列共振回路43のインピーダンスは誘導性になる。

[0037] 図5Bに、図5Aに示した放射素子30のリターンロスの周波数特性の測定結果を示し、図5Cに、図5Aに示した放射素子30の入カインピーダンスのアドミタンスチャート上における軌跡を示す。放射素子30の給電点38にシャント接続されたLC直列共振回路43が、第2の低周波数帯36において容量性のインピーダンスを示すため、各周波数における入カインピーダンスを示す点が、定コンダクタンス円32に沿ってサセプタンスが増加する方向に移動する。このため、第2の低周波数帯36における入カインピーダンスが50 Ωに近づく（アドミタンスチャートの中心に近づく。）。これにより、図5Bに示したように、第2の低周波数帯36におけるリターンロスが低下する。

[0038] 高周波数帯37において、図3Aのアンテナ装置のシャントキャパシタ41のインピーダンスは0に近づくが、図5Aのアンテナ装置のLC直列共振回路43は、共振周波数以上の周波数で誘導性のインピーダンスを示し、周波数が高くなるにしたがってインピーダンスが高くなる。高周波数帯37において、LC直列共振回路43が十分大きなインピーダンスを示すため、高周波数帯37におけるマッチング条件の崩れが軽微である。このため、図5Aに示したアンテナ装置は、高周波数帯37においても動作可能である。

[0039] 以下に説明する実施例では、アンテナ装置の動作周波数帯が、第1の低周波数帯35と第2の低周波数帯36とで切り替えられる。第1の低周波数帯35及び第2の低周波数帯36のどちらに切り替えた場合でも、高周波数帯

での動作が可能である。

[0040] [実施例 1]

図 6 A に、実施例 1 によるアンテナ装置の等価回路図を示す。給電回路 31 が、放射素子 30 の給電点 38 に高周波電力を供給する。このアンテナ装置は、第 1 の低周波数帯 (例えば、704 MHz ~ 784 MHz)、第 2 の低周波数帯 (824 MHz ~ 960 MHz)、及び高周波数帯 (1710 MHz ~ 2170 MHz) で動作するように設計されている。給電点 38 とグラウンドとの間に、可変共振回路 50 が挿入 (シャント接続) されている。

[0041] 可変共振回路 50 は、共振特性を、少なくとも 2 つの第 1 の共振特性と第 2 の共振特性との間で切り替えることができる。例えば、可変共振回路 50 は、第 1 の共振特性を示す第 1 の共振回路 51、第 2 の共振特性を示す第 2 の共振回路 52、及びスイッチ 53 を含む。スイッチ 53 には、例えば単極双投スイッチ (SPDT スイッチ) が用いられる。スイッチ 53 は、給電点 38 とグラウンドとの間に、第 1 の共振回路 51 が挿入された状態と、第 2 の共振回路 52 が挿入された状態とを切り替える。

[0042] 第 1 の共振回路 51 及び第 2 の共振回路 52 の一方は図 6 B に示した LC 直列共振回路で構成され、他方は、図 6 B に示した LC 直列共振回路または図 6 C に示した LC 並列共振回路で構成されている。

[0043] 図 6 D に示したスミスチャート (インピーダンスチャート) を参照して、放射素子 30 の入カインピーダンスについて説明する。可変共振回路 50 が給電点 38 とグラウンドとの間に挿入されていない開放状態のとき、放射素子 30 の入カインピーダンスが、第 1 の低周波数帯 35 において 50 Ω より低く、かつ容量性である。すなわち、放射素子 30 の入カインピーダンスを示す点は、50 Ω の定抵抗円 56 よりも外側で、かつスミスチャートの下半分の領域に位置する。例えば、放射素子 30 の、第 1 の低周波数帯 35 における入カインピーダンスを示す点は、図 6 D に示した領域 57 の中に位置する。

[0044] 可変共振回路 50 が給電点 38 とグラウンドとの間に挿入されていない開放

状態のとき、放射素子 30 の入力インピーダンスが、第 2 の低周波数帯 36 において  $50 \Omega$  より低く、かつ容量性である。すなわち、放射素子 30 の入力インピーダンスを示す点は、 $50 \Omega$  の定抵抗円 56 よりも外側で、かつスミスチャートの上半分の領域に位置する。例えば、放射素子 30 の、第 2 の低周波数帯 36 における入力インピーダンスを示す点は、図 6 D に示した領域 58 の中に位置する。

[0045] 高周波数帯 37 において、放射素子 30 の入力インピーダンスは、第 1 の低周波数帯 35 及び第 2 の低周波数帯 36 における入力インピーダンスよりも  $50 \Omega$  に近い。具体的には、放射素子 30 の、高周波数帯 37 における入力インピーダンスを示す点は、図 6 D に示した領域 57、58 よりもスミスチャートの中心 55 に近い領域に位置する。例えば、高周波数帯 37 における入力インピーダンスを示す点は、中心 55 を内包する領域 59 の中に位置する。

[0046] 図 7 A 及び図 7 B に、第 1 の共振回路 51 (図 6 A) の共振特性の一例を示す。横軸は周波数を表し、縦軸はリアクタンスを表し、原点が共振周波数に対応する。図 7 A に示した共振特性は、LC 直列共振回路 (図 6 B) で実現され、図 7 B に示した共振特性は、LC 並列共振回路 (図 6 C) で実現される。第 1 の共振回路 51 は、第 1 の低周波数帯 35 において、誘導性のインピーダンスを示し、高周波数帯 37 において、第 1 の低周波数帯 35 におけるインピーダンスより高いインピーダンスを示す。

[0047] 第 1 の低周波数帯 35 において誘導性を示す第 1 の共振回路 51 が、給電点 38 にシャント接続されると、放射素子 30 の入力インピーダンスが領域 57 (図 6 D) から中心 55 に近づく。このため、第 1 の低周波数帯 35 においてインピーダンスマッチングを改善することができる。高周波数帯 37 においては、第 1 の共振回路 51 が大きなインピーダンスを示すため、インピーダンスマッチング状態が維持される。

[0048] 第 1 の共振回路 51 が LC 直列共振回路で構成される場合には、図 7 A に示したように、共振周波数が第 1 の低周波数帯 35 よりも低くなる。この場

合、高周波数帯 3 7 におけるインピーダンスは、常に第 1 の低周波数帯 3 5 におけるインピーダンスより高くなる。

[0049] 第 1 の共振回路 5 1 が LC 並列共振回路で構成される場合には、図 7 B に示したように、共振周波数が、第 1 の低周波数帯 3 5 よりも高くなる。周波数が共振周波数より高い領域では、周波数が高くなるにしたがって、インピーダンスが  $0 \Omega$  に漸近する。高周波数帯 3 7 におけるインピーダンスを、第 1 の低周波数帯 3 5 におけるインピーダンスより大きくするために、共振周波数が、高周波数帯 3 7 の近傍、または高周波数帯 3 7 の内側に位置するように、第 1 の共振回路 5 1 が設計される。

[0050] 図 7 C に、第 2 の共振回路 5 2 の共振特性の一例を示す。横軸は周波数を表し、縦軸はリアクタンスを表し、原点が共振周波数に対応する。図 7 C に示した共振特性は、LC 直列共振回路 (図 6 B) で実現される。第 2 の共振回路 5 2 は、第 2 の低周波数帯 3 6 において容量性のインピーダンスを示し、高周波数帯 3 7 において、第 2 の低周波数帯 3 6 におけるインピーダンスより高いインピーダンスを示す。

[0051] 第 2 の低周波数帯 3 6 において容量性を示す第 2 の共振回路 5 2 が、給電点 3 8 にシャント接続されると、放射素子 3 0 の入力インピーダンスが領域 5 8 (図 6 D) から中心 5 5 に近づく。このため、第 2 の低周波数帯 3 6 においてインピーダンスマッチングを改善することができる。高周波数帯 3 7 においては、第 2 の共振回路 5 2 が大きなインピーダンスを示すため、インピーダンスマッチング状態が維持される。

[0052] 図 7 D に、LC 並列共振回路の共振特性を示す。LC 並列共振回路が第 2 の低周波数帯 3 6 において容量性を示すためには、共振周波数を第 2 の低周波数帯 3 6 よりも低くしなければならない。このとき、第 2 の低周波数帯 3 6 よりも高い周波数帯において、LC 並列共振回路のインピーダンスが、第 2 の低周波数帯 3 6 におけるインピーダンスより  $0 \Omega$  に近づく。このため、高周波数帯 3 7 において、第 2 の低周波数帯 3 6 におけるインピーダンスより高いインピーダンスを示すという条件を満たすことができない。従って、

第2の共振回路52を、LC並列共振回路で構成することができない。

[0053] 上述のように、スイッチ53により第1の共振回路51が選択されたとき、アンテナ装置は、第1の低周波数帯35及び高周波数帯37において、インピーダンスマッチングがとれた状態になる。スイッチ53により第2の共振回路52が選択されたとき、アンテナ装置は、第2の低周波数帯36及び高周波数帯37において、インピーダンスマッチングがとれた状態になる。

[0054] 図8に、実施例1によるアンテナ装置の概略斜視図を示す。このアンテナ装置は、例えば携帯無線端末に搭載される。長方形のグラント導体60の1つの縁の近傍に放射素子30が配置される。グラント導体60を形成するための基板として、例えばガラスエポキシ等の誘電体基板が用いられる。誘電体基板の両面に導電膜が形成されており、誘電体基板に形成された複数のスルーホールを介して、両面の導電膜が相互に接続されている。この導電膜がグラント導体60を構成する。放射素子30を形成するための誘電体キャリアには、例えばABS樹脂が用いられる。

[0055] 放射素子30は、高周波用放射素子30Aと低周波用放射素子30Bとを含む。図8に示された例では、放射素子30が分岐モノポールアンテナ構造を有する。なお、分岐モノポールアンテナに代えて、低周波数帯と高周波数帯との複数バンドで動作する他のアンテナを用いてもよい。例えば、低周波数帯で単共振が生じ、高周波数帯で複共振が生じる無給電素子付きアンテナを用いることも可能である。放射素子30の給電点38の近傍に、可変共振回路50が配置されている。

[0056] 理想的には、低周波用放射素子30Bを、グラント導体60から遠ざかる方向に引き伸ばし、その長さを動作周波数の波長の $1/4$ にすることが好ましい。ところが、携帯無線端末の小型化等の要請から、低周波用放射素子30Bをグラント導体60から遠ざかる方向に引き延ばすことが困難である。このため、低周波用放射素子30Bは、グラント導体60の一つの縁に沿って配置されることが多い。

[0057] 低周波用放射素子30Bをグラント導体60の縁に沿わせると、低周波用

放射素子 30 B とグラント導体 60 との間の浮遊容量が大きくなる。このため、低周波数帯において入力インピーダンスが小さくなり、整合回路無しでインピーダンスマッチングをとることが困難になる。これに対し、高周波用放射素子 30 A は、低周波用放射素子 30 B より短いため、整合回路無しでインピーダンスマッチングをとることが容易である。

[0058] 実施例 1 においては、可変共振回路 50 をシャント接続することにより、第 1 の低周波数帯または第 2 の低周波数帯においてインピーダンスマッチングがとられる。高周波数帯においては、整合回路無しでインピーダンスマッチングがとられている。特に、グラント導体 60 から、低周波用放射素子 30 B の最遠端までの距離が、動作周波数の波長に比べて短いほど、実施例 1 による構成を採用することの顕著な効果が得られる。

[0059] 図 9 に、可変共振回路 50 の平面図を示す。放射素子 30 の給電点 38 が、スイッチ 53 (図 6 A) により、第 1 の共振回路 51 及び第 2 の共振回路 52 の一方に接続される。第 1 の伝送線路 61 が、第 1 の共振回路 51 と接地点 65 とを接続する。第 2 の伝送線路 62 が、第 2 の共振回路 52 と接地点 65 とを接続する。接地点 65 は、誘電体基板に形成されたスルーホールを介して、背面の導電膜 (グラント導体) に接続されている。

[0060] 第 1 の共振回路 51 が給電点 38 に接続されているとき、第 2 の共振回路 52 に接続されている第 2 の伝送線路 62 がオープンスタブと同等の構造を有する。同様に、第 2 の共振回路 52 が給電点 38 に接続されているとき、第 1 の共振回路 51 に接続されている第 1 の伝送線路 61 がオープンスタブと同等の構造を有する。ところが、これらのスタブ状のパターンは、接地点 65 から伸びているため、アンテナ特性が、スタブ状パターンに起因する不要共振等による影響を受けにくい。

[0061] 可変共振回路 50 が、放射素子 30 の長さ方向の途中に比べて比較的電位の低い給電点 38 の近傍と、グラントとの間に配置される。このため、可変共振回路 50 を構成するインダクタ、キャパシタ、スイッチ等に、過度に高い電圧が印加されることを防止できる。

## [0062] [実施例 2]

図 10 に、実施例 2 によるアンテナ装置の等価回路図を示す。実施例 2 においては、実施例 1 による第 1 の共振回路 5 1 (図 6 A) が、6.7 nH のインダクタと、1.2 pF のキャパシタとの並列共振回路で構成され、第 2 の共振回路 5 2 (図 6 A) が、18 nH のインダクタと 0.8 pF のキャパシタとの直列共振回路で構成される。

[0063] 図 11 A に、給電点 3 8 とグラウンドとの間に、可変共振回路 5 0 が挿入されていない開放状態のときにおける放射素子 3 0 のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果を示す。第 1 の低周波数帯 3 5 及び第 2 の低周波数帯 3 6 においては、可変共振回路 5 0 (図 10) が挿入されていない状態でインピーダンスマッチングがとれていないため、リターンロスが大きい。高周波数帯 3 7 においては、可変共振回路 5 0 (図 10) が挿入されていない状態でもインピーダンスマッチングがとれているため、リターンロスが十分小さい。

[0064] 図 11 B に、開放状態のときの放射素子 3 0 の入力インピーダンスのアドミタンスチャート上における軌跡を示す。点 1 と点 2 が、それぞれ第 1 の低周波数帯 3 5 の周波数の下限値及び上限値を示す。点 3 と点 4 が、それぞれ第 2 の低周波数帯 3 6 の周波数の下限値及び上限値を示す。点 5 と点 6 が、それぞれ高周波数帯 3 7 の周波数の下限値及び上限値を示す。第 1 の低周波数帯 3 5 において、放射素子 3 0 の入力インピーダンスは 50 Ω より大きく、かつ容量性である。以下、放射素子 3 0 の入力インピーダンスを、単に「入力インピーダンス」という。第 2 の低周波数帯 3 6 における入力インピーダンスは 50 Ω より小さく、かつ誘導性である。高周波数帯 3 7 における入力インピーダンスは、第 1 の低周波数帯 3 5 及び第 2 の低周波数帯 3 6 における入力インピーダンスよりも 50 Ω (アドミタンスチャートの中心) に近い。

[0065] 給電点 3 8 (図 10) にシャントインダクタンスを挿入すると、アドミタンスチャート上において、入力インピーダンスに対応する点が矢印 7 1 で示

すように、定コンダクタンス円 3 2 に沿ってサセプタンスが減少する方向に移動する。これにより、第 1 の低周波数帯 3 5 における入力インピーダンスを  $50 \Omega$  に近づけることができる。

[0066] 給電点 3 8 (図 1 0) にシャントキャパシタンスを挿入すると、アドミタンスチャート上において、入力インピーダンスに対応する点が矢印 7 2 で示すように、定コンダクタンス円 3 2 に沿ってサセプタンスが増加する方向に移動する。これにより、第 2 の低周波数帯 3 6 における入力インピーダンスを  $50 \Omega$  に近づけることができる。

[0067] 図 1 2 に示すように、スイッチ 5 3 によって第 1 の共振回路 5 1 が給電点 3 8 とグラウンドとの間に挿入された状態のときのリターンロスのシミュレーション結果、及びアドミタンスチャート上における入力インピーダンスの軌跡を、それぞれ図 1 3 A 及び図 1 3 B に示す。第 1 の共振回路 5 1 は、第 1 の低周波数帯 3 5 において誘導性のインピーダンスを示す。このため、図 1 3 B に示すように、第 1 の低周波数帯 3 5 における入力インピーダンスを示す点が、矢印 7 1 の方向に移動する。すなわち、入力インピーダンスが  $50 \Omega$  に近づく。第 1 の低周波数帯 3 5 において放射素子 3 0 のインピーダンスマッチングが改善するため、第 1 の低周波数帯 3 5 におけるリターンロスが小さくなる。

[0068] 第 1 の共振回路 5 1 がシャント接続されても、第 1 の共振回路 5 1 のインピーダンスが高周波数帯 3 7 において十分高いため、高周波数帯におけるインピーダンスマッチングがとれた状態が維持される。

[0069] 図 1 4 に示すように、スイッチ 5 3 によって第 2 の共振回路 5 2 が給電点 3 8 とグラウンドとの間に挿入された状態のときのリターンロスのシミュレーション結果、及びアドミタンスチャート上における入力インピーダンスの軌跡を、それぞれ図 1 5 A 及び図 1 5 B に示す。第 2 の共振回路 5 2 は、第 2 の低周波数帯 3 6 において容量性のインピーダンスを示す。このため、図 1 5 B に示すように、第 2 の低周波数帯 3 6 における入力インピーダンスを示す点が、矢印 7 2 の方向に移動する。すなわち、入力インピーダンスが  $50 \Omega$

$\Omega$ に近づく。第2の低周波数帯36において放射素子30のインピーダンスマッチングが改善するため、第2の低周波数帯36におけるリターンロスが小さくなる。

[0070] 第2の共振回路52がシャント接続されても、第2の共振回路52のインピーダンスが高周波数帯37において十分高いため、高周波数帯におけるインピーダンスマッチングがとれた状態が維持される。

[0071] [実施例3]

図16Aに、実施例3によるアンテナ装置の等価回路図を示す。実施例3においては、実施例1による第1の共振回路51(図6A)が、18nHのインダクタと、3.8pFのキャパシタとの直列共振回路で構成される。第2の共振回路52(図6A)は、実施例2の第2の共振回路52(図10)と同様に、18nHのインダクタと0.8pFのキャパシタとの直列共振回路で構成される。実施例2では、第1の共振回路51及び第2の共振回路52の一方がLC直列共振回路で構成され、他方がLC並列共振回路で構成されていたが、実施例3では、両者がLC直列共振回路で構成されている。

[0072] 図16Bに示すように、18nHのインダクタを第1の共振回路51と第2の共振回路52とで共用し、0.8pFのキャパシタと3.8pFのキャパシタとを切り替える構成としてもよい。

[0073] 図17に示すように、スイッチ53によって第1の共振回路51が給電点38にシャント接続されたときのリターンロスのシミュレーション結果、及びアドミタンスチャート上における入力インピーダンスの軌跡を、それぞれ図18A及び図18Bに示す。第1の共振回路51は、第1の低周波数帯35において誘導性のインピーダンスを示す。

[0074] 図18Bに示すように、第1の低周波数帯35における入力インピーダンスを示す点が、アドミタンスチャートの中心、すなわち50 $\Omega$ に近づく。第1の低周波数帯35においてインピーダンスマッチングが改善するため、図18Aに示したように、第1の低周波数帯35においてリターンロスが低下している。また、高周波数帯37においては、第1の共振回路51が大きな

インピーダンスを示すため、インピーダンスマッチング条件にほとんど影響を与えない。このため、高周波数帯 37 においてインピーダンスマッチングがとれた状態が維持される。

[0075] スイッチ 53 によって第 2 の共振回路 52 (図 17) が給電点 38 にシャント接続された状態は、実施例の図 14 に示した状態と同一である。このため、図 15 A 及び図 15 B に示したように、第 2 の低周波数帯 36 において、インピーダンスマッチングが改善され、リターンロスが低下する。

[0076] [実施例 4]

図 19 に、実施例 4 によるアンテナ装置の等価回路図を示す。実施例 4 においては、可変共振回路 50 が、固定インダクタと可変キャパシタとの直列共振回路で構成される。可変キャパシタのキャパシタンスを変動させることにより、可変共振回路の共振特性を、第 1 の共振特性と第 2 の共振特性との間で切り換えることができる。

[0077] 固定インダクタのインダクタンスは、例えば 18 nH である。可変キャパシタのキャパシタンスを 3.8 pF に調整すると、実施例 3 の第 1 の共振回路 51 (図 17) が給電点 38 にシャント接続された状態と同一の状態が実現される。可変キャパシタのキャパシタンスを 0.8 pF に調整すると、実施例 3 の第 2 の共振回路 52 (図 17) が給電点 38 にシャント接続された状態と同一の状態が実現される。

[0078] 実施例 4 によるアンテナ装置は、さらにセンサ 75 及び制御回路 76 を含む。センサ 75 は、放射素子 30 の放射特性に影響を与える物体、例えば人体、導電体等の接近を検出する。センサ 75 による検出結果が制御回路 76 に与えられる。制御回路 76 は、センサ 75 の検出結果に基づいて、可変キャパシタのキャパシタンスを変化させる。これにより、人体や導電体の接近によるインピーダンスマッチング状態の崩れを補償し、マッチング状態を維持することが可能になる。

[0079] [実施例 5]

図 20 に、実施例 5 によるアンテナ装置の等価回路図を示す。実施例 5 に

よるアンテナ装置は、給電点 38 と放射素子 30 との間にマッチングトランス 77 が挿入されている。その他の構成は、図 6 A に示した実施例 1 によるアンテナ装置の構成と同一である。実施例 5 によるアンテナ装置の動作及び効果を説明する前に、図 2 1 A ~ 図 2 3 C を参照して、参考例によるアンテナ装置について説明する。

[0080] 図 2 1 A に、整合回路が挿入されていない状態のアンテナ装置の等価回路図を示す。給電回路 31 から放射素子 30 に高周波電力が供給される。図 2 1 B 及び図 2 1 C に、それぞれ図 2 1 A に示した放射素子 30 のリターンロスの周波数特性のシミュレーション結果、及びアドミタンスチャート上における入力インピーダンスの軌跡を示す。整合回路が挿入されていないため、第 1 の低周波数帯 35 及び第 2 の低周波数帯 36 においてインピーダンス整合がとれていない。すなわち、図 2 1 B に示したように、リターンロスが大きく、図 2 1 C に示したように、入力インピーダンスを示す点がアドミタンスチャートの中心から遠い領域に位置する。図 2 1 B 及び図 2 1 C では表されていないが、高周波数帯 37 (例えば図 1 1 A) においては、インピーダンスマッチングがとれている。

[0081] 図 2 2 A に示すように、5.1 nH のシャントインダクタを挿入したときのリターンロスのシミュレーション結果、及びアドミタンスチャートにおける入力インピーダンスの軌跡を、それぞれ図 2 2 B 及び図 2 2 C に示す。5.1 nH のシャントインダクタを挿入することにより、第 1 の低周波数帯 35 においてインピーダンスマッチングが改善される。ところが、第 1 の低周波数帯 35 の周波数の上限値である 787 MHz の近傍におけるリターンロスが、下限値である 704 MHz の近傍におけるリターンロスに比べて大きいことがわかる。すなわち、第 1 の低周波数帯 35 の全域において、十分低いリターンロスが得られているとはいえない。

[0082] 図 2 2 C に示すように、シャントインダクタを挿入すると、周波数の上限値に対応する点 2 が、定コンダクタンス円 32 に沿ってサセプタンスが減少する方向に移動する。図 2 2 C に示した条件では、点 2 を定コンダクタンス

円32に沿ってサセプタンスが減少する方向に移動させたとしても、アドミタンスチャートの中心55に十分近づけることができない。すなわち、第1の低周波数帯35の周波数の上限値近傍において、シャントインダクタのみでは、インピーダンスマッチングを改善することが困難である。

[0083] 図23Aに示すように、6pFのシャントキャパシタを挿入したときのリターンロスのシミュレーション結果、及びアドミタンスチャートにおける入力インピーダンスの軌跡を、それぞれ図23B及び図23Cに示す。6pFのシャントキャパシタを挿入することにより、第2の低周波数帯36においてインピーダンスマッチングが改善される。ところが、第2の低周波数帯36の周波数の下限値である824MHzの近傍におけるリターンロスが、上限値である960MHzの近傍におけるリターンロスに比べて大きい。すなわち、第2の低周波数帯36の全域において、十分低いリターンロスが得られているとはいえない。

[0084] 図23Cに示すように、シャントキャパシタを挿入すると、周波数の下限値に対応する点3が、定コンダクタンス円32に沿ってサセプタンスが増加する方向に移動する。図23Cに示した条件では、点3を定コンダクタンス円32に沿ってサセプタンスが増加する方向に移動させたとしても、アドミタンスチャートの中心55に十分近づけることができない。すなわち、第2の低周波数帯36の周波数の下限値近傍において、シャントインダクタのみでは、インピーダンスマッチングを改善することが困難である。

[0085] 以下に説明する実施例5によるアンテナ装置においては、シャントインダクタやシャントキャパシタのみではインピーダンスマッチングの改善が困難であった第1の低周波数帯35の周波数の上限値近傍、及び第2の低周波数帯36の周波数の下限値近傍においても、インピーダンスマッチングの十分な改善が可能である。図24A～図26Cを参照して、実施例5によるアンテナ装置の動作及び効果について説明する。

[0086] 図24Aに示すように、給電点38とグランドとの間に可変共振回路50が挿入されていないときのリターンロスのシミュレーション結果、及びアド

ミタンスチャートにおける入力インピーダンスの軌跡を、それぞれ図24B及び図24Cに示す。図24Cに示した破線は、給電点38とグラウンドとの間に可変共振回路50が挿入されていない状態のときの、給電点38から放射素子30側を見た入力インピーダンスの軌跡を示している。マッチングトランス77の2つのインダクタンスのうち、放射素子30に接続されたインダクタンスが60 nHであり、給電点38に接続されたインダクタンスが120 nHである。すなわち、トランス比が1:2である。可変共振回路50が挿入されていないため、第1の低周波数帯35及び第2の低周波数帯36においてインピーダンスマッチングがとれていない。

[0087] 図24Cに示すように、マッチングトランスを挿入することによって、給電点38から放射素子30を見た入力インピーダンスの軌跡が、アドミタンスチャート上で右方に移動する。

[0088] 図25Aに示すように、可変共振回路50の位置に11 nHのインダクタ(シャントインダクタ)を接続したときのリターンロスのシミュレーション結果、及びアドミタンスチャート上における入力インピーダンスの軌跡を、それぞれ図25B及び図25Cに示す。第1の低周波数帯35においてインピーダンスマッチングが改善されている。

[0089] 第1の低周波数帯35の周波数の上限値に相当する点2が、マッチングトランスを接続することによってアドミタンスチャート上において右方に移動し、さらに、シャントインダクタを接続することによって、定コンダクタンス円32に沿ってサセプタンスが減少する方向に移動する。このため、第1の低周波数帯35の周波数の上限値の近傍における入力インピーダンスを50 Ωに十分近づけることが可能になる。

[0090] マッチングトランスを接続していないアンテナ装置のリターンロス(図22B)と、マッチングトランスを接続しているアンテナ装置のリターンロス(図25B)とを比較すると、第1の低周波数帯35の全域において、ロスよく、低いリターンロスが得られていることがわかる。

[0091] 図26Aに示すように、可変共振回路50の位置に3.5 pFのキャパシ

タ（シャントキャパシタ）を接続したときのリターンロスのシミュレーション結果、及びアドミタンスチャート上における入力インピーダンスの軌跡を、それぞれ図26B及び図26Cに示す。第2の低周波数帯36においてインピーダンスマッチングが改善されている。

[0092] 第2の低周波数帯36の周波数の下限値に相当する点3が、マッチングトランスを接続することによってアドミタンスチャート上において右方に移動し、さらに、シャントキャパシタを接続することによって、定コンダクタンス円32に沿ってサセプタンスが増加する方向に移動する。このため、第2の低周波数帯36の周波数の下限値の近傍における入力インピーダンスを50Ωに十分近づけることが可能になる。

[0093] マッチングトランスを接続していないアンテナ装置のリターンロス（図23B）と、マッチングトランスを接続しているアンテナ装置のリターンロス（図26B）とを比較すると、第2の低周波数帯36の全域において、バランスよく、低いリターンロスが得られていることがわかる。

[0094] 以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

#### 符号の説明

- [0095] 30 放射素子  
30A 高周波用放射素子  
30B 低周波用放射素子  
31 給電回路  
32 定コンダクタンス円  
33 定サセプタンス円  
34 定抵抗円  
35 第1の低周波数帯  
36 第2の低周波数帯  
37 高周波数帯

- 38 給電点
- 40 ショントインダクタンス
- 41 ショントキャパシタンス
- 42、43 LC直列共振回路
- 50 可変共振回路
- 51 第1の共振回路
- 52 第2の共振回路
- 53 スイッチ
- 55 スミスチャートの中心
- 56  $50\Omega$ の定抵抗円
- 57 第1の低周波数帯における入力インピーダンス領域
- 58 第2の低周波数帯における入力インピーダンス領域
- 59 高周波数帯における入力インピーダンス領域
- 60 グランド導体
- 61、62 伝送線路
- 65 接地点
- 71、72 矢印
- 75 センサ
- 76 制御回路
- 77 マッチングトランス

## 請求の範囲

[請求項 1]

第 1 の低周波数帯、前記第 1 の低周波数帯より高い第 2 の低周波数帯、及び前記第 2 の低周波数帯より高い高周波数帯で動作する放射素子と、

グラウンド導体と、

前記放射素子の給電点と、前記グラウンド導体との間に挿入され、少なくとも 2 つの第 1 の共振特性と第 2 の共振特性とを切り替えることができる可変共振回路と、

前記可変共振回路が前記給電点と前記グラウンド導体との間に挿入されていない開放状態のとき、前記放射素子の入力インピーダンスが、前記第 1 の低周波数帯において  $50\ \Omega$  より低く、かつ容量性であり、前記第 2 の低周波数帯において  $50\ \Omega$  より低く、かつ誘導性であり、前記高周波数帯において、前記第 1 の低周波数帯及び前記第 2 の低周波数帯における入力インピーダンスよりも  $50\ \Omega$  に近く、

前記可変共振回路が前記第 1 の共振特性を示すとき、前記可変共振回路は、前記第 1 の低周波数帯において誘導性であり、前記高周波数帯における前記可変共振回路のインピーダンスは、前記第 1 の低周波数帯における前記可変共振回路のインピーダンスよりも高く、

前記可変共振回路が前記第 2 の共振特性を示すとき、前記可変共振回路は、前記第 2 の低周波数帯において容量性であり、前記高周波数帯における前記可変共振回路のインピーダンスは、前記第 2 の低周波数帯における前記可変共振回路のインピーダンスよりも高いアンテナ装置。

[請求項 2]

前記第 1 の低周波数帯において、前記可変共振回路が前記第 1 の共振特性を示しているときの前記放射素子の入力インピーダンスが、前記開放状態のときの前記放射素子の入力インピーダンスよりも  $50\ \Omega$  に近く、

前記第 2 の低周波数帯において、前記可変共振回路が前記第 2 の共

振特性を示しているときの前記放射素子の入力インピーダンスが、前記開放状態のときの前記放射素子の入力インピーダンスよりも $50\ \Omega$ に近い請求項1に記載のアンテナ装置。

[請求項3]

前記給電点と前記グラウンド導体とが前記開放状態のとき、前記高周波数帯における前記放射素子のリターンロスが、前記第1の低周波数帯及び前記第2の低周波数帯における前記放射素子のリターンロスより小さい請求項1または2に記載のアンテナ装置。

[請求項4]

前記第1の低周波数帯は、 $704\ \text{MHz}$ から $787\ \text{MHz}$ までの範囲であり、前記第2の低周波数帯は、 $824\ \text{MHz}$ から $960\ \text{MHz}$ までの範囲であり、前記高周波数帯は、 $1710\ \text{MHz}$ から $2690\ \text{MHz}$ までの範囲である請求項1乃至3のいずれか1項に記載のアンテナ装置。

[請求項5]

前記可変共振回路は、  
前記第1の共振特性を示す第1の共振回路と、  
前記第2の共振特性を示す第2の共振回路と、  
前記放射素子の前記給電点と前記グラウンド導体との間に、前記第1の共振回路が挿入された状態と、前記第2の共振回路が挿入された状態とを切り替えるスイッチと  
を含み、  
前記第1の共振回路及び前記第2の共振回路の一方はLC直列共振回路で構成され、他方は、LC直列共振回路またはLC並列共振回路で構成されている請求項1乃至4のいずれか1項に記載のアンテナ装置。

[請求項6]

前記可変共振回路は、相互に直列に接続されたインダクタと可変キャパシタとを含み、前記可変キャパシタのキャパシタンスを変動させることにより、前記第1の共振特性と前記第2の共振特性とが切り換えられる請求項1乃至4のいずれか1項に記載のアンテナ装置。

[請求項7]

さらに、

前記放射素子の放射特性に影響を与える物体の接近を検出するセンザと、

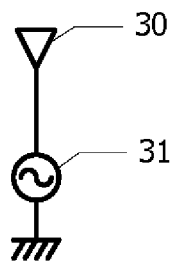
前記センサの検出結果に基づいて、前記可変キャパシタのキャパシタンスを変化させる制御回路と  
を有する請求項 6 に記載のアンテナ装置。

[請求項 8]

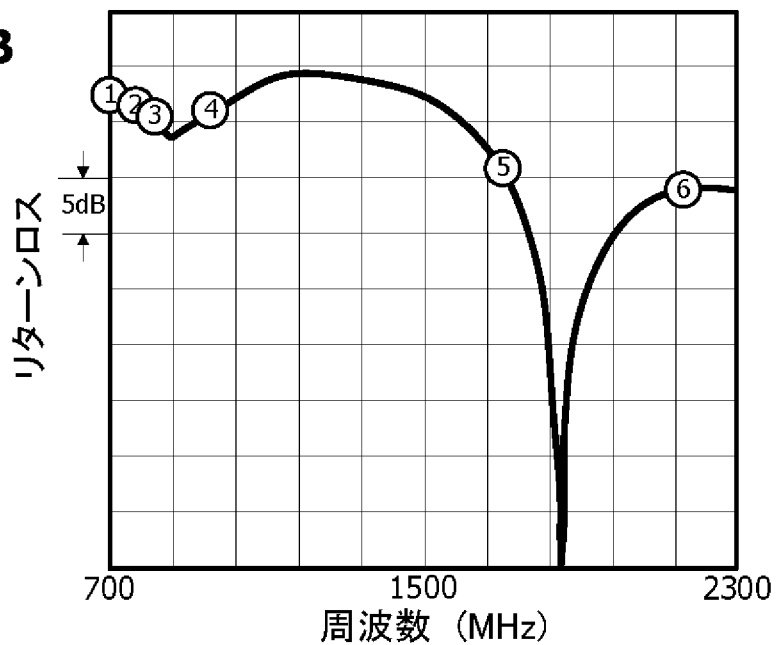
さらに、前記放射素子と前記給電点との間に挿入されたマッチングトランスを有する請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

[図1]

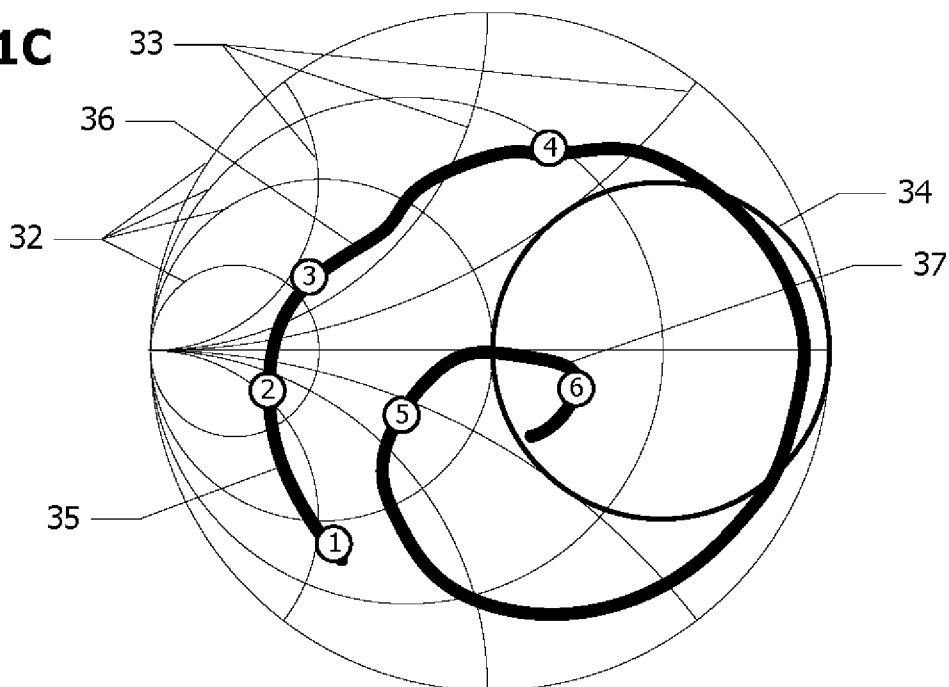
**Fig.1A**



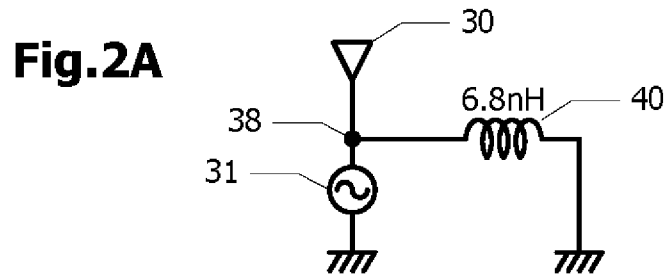
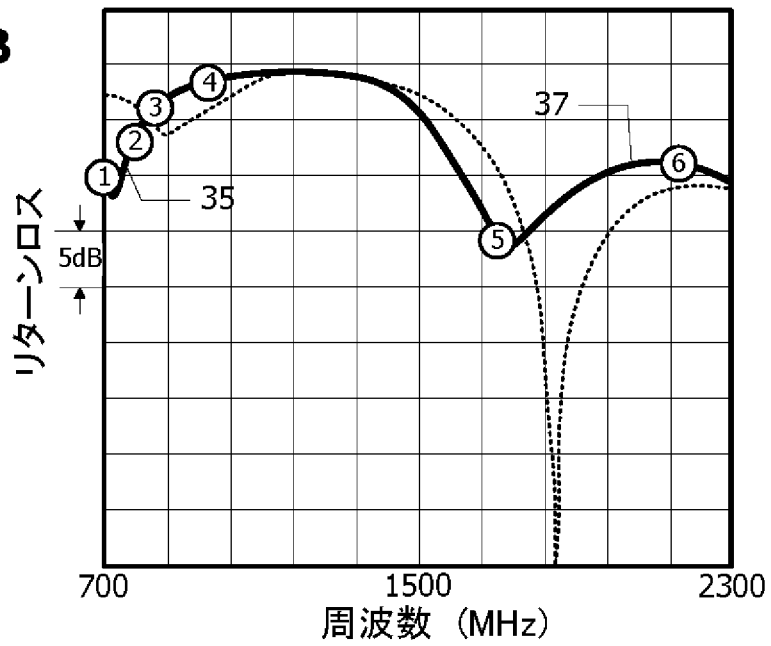
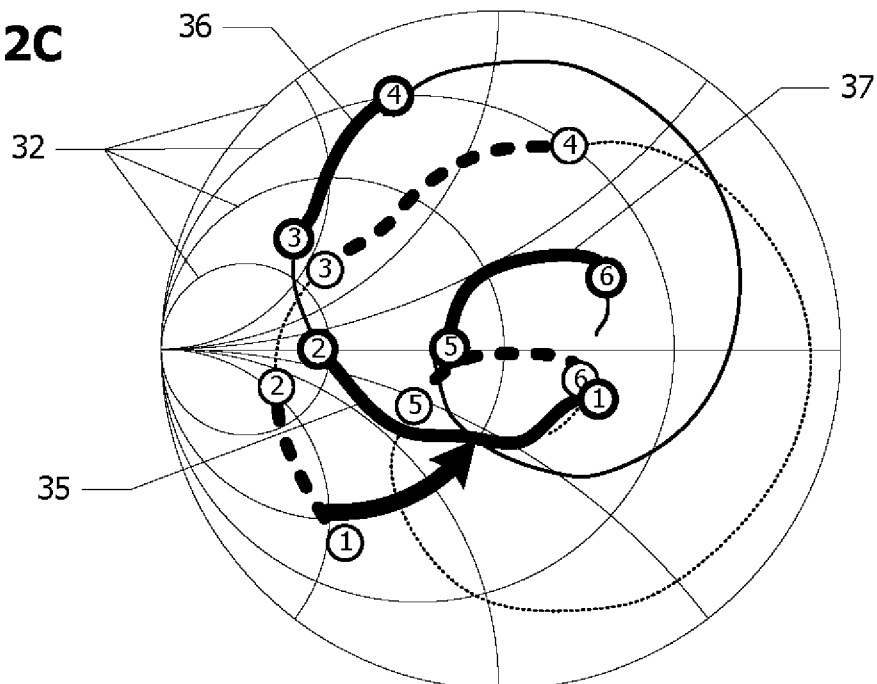
**Fig.1B**



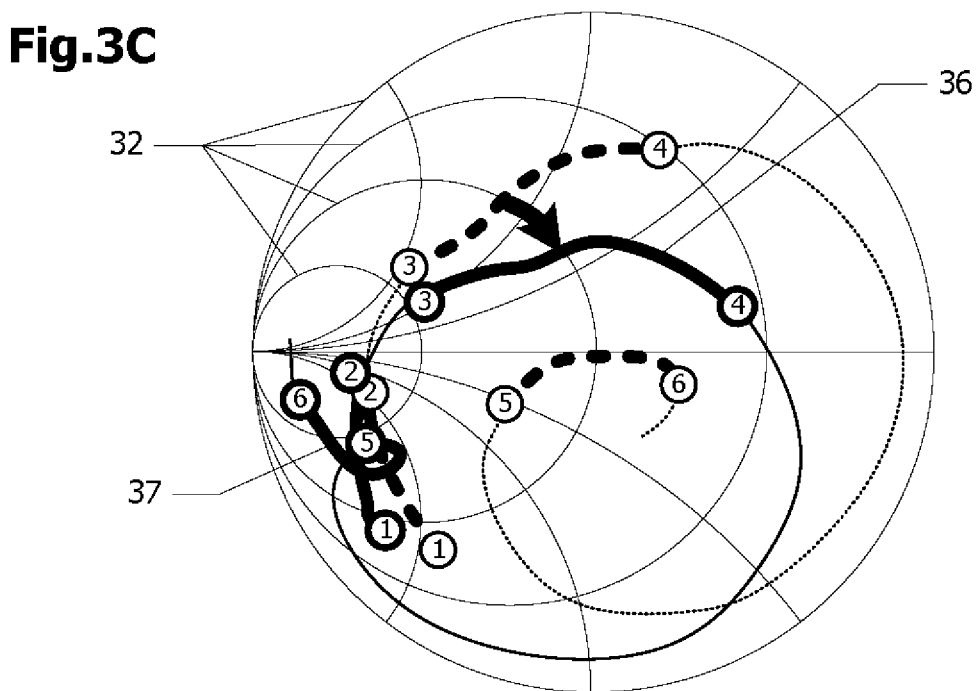
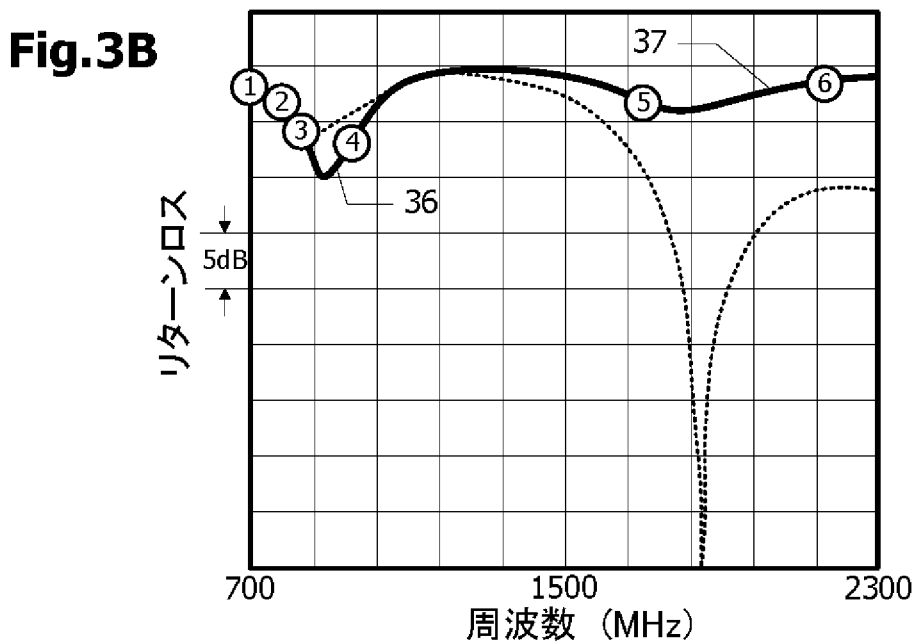
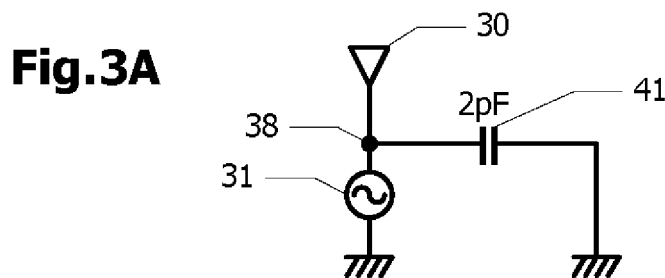
**Fig.1C**



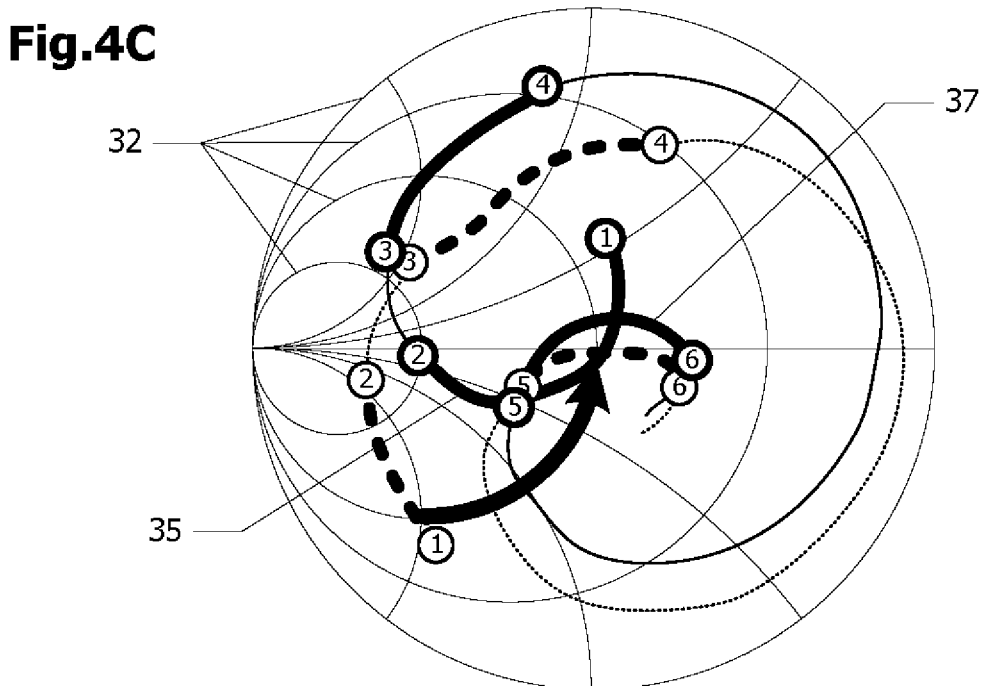
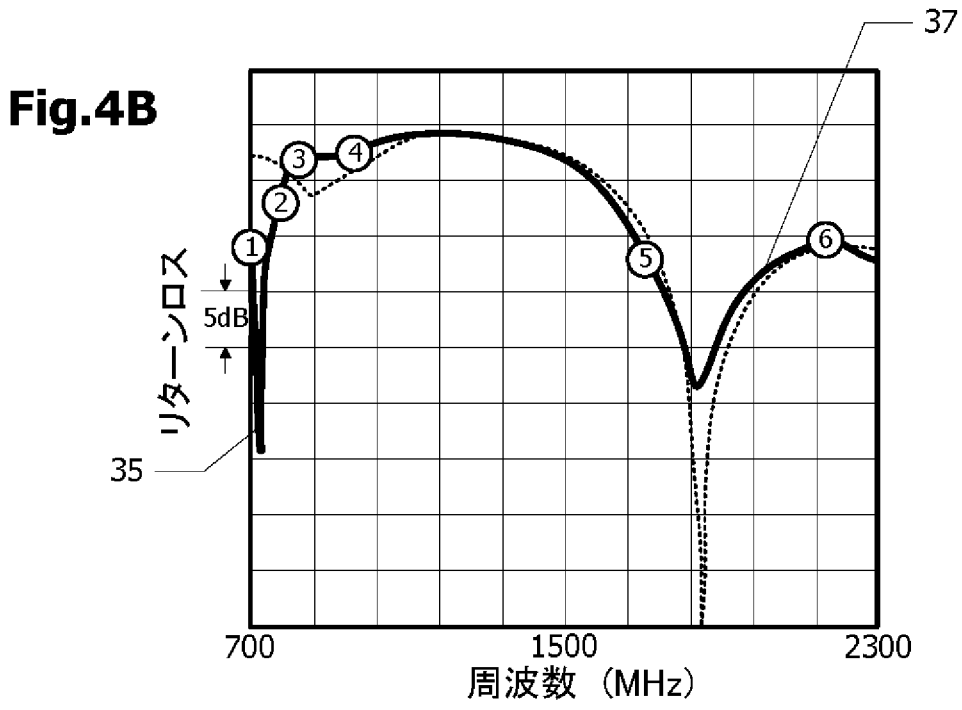
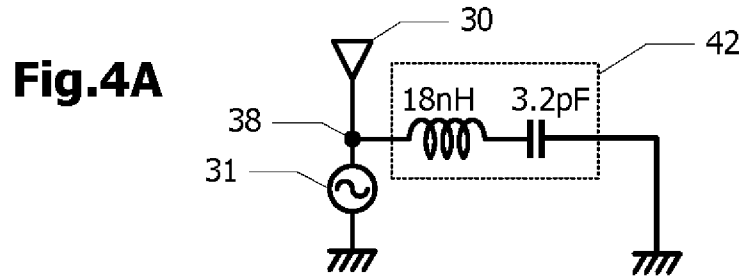
[図2]

**Fig.2B****Fig.2C**

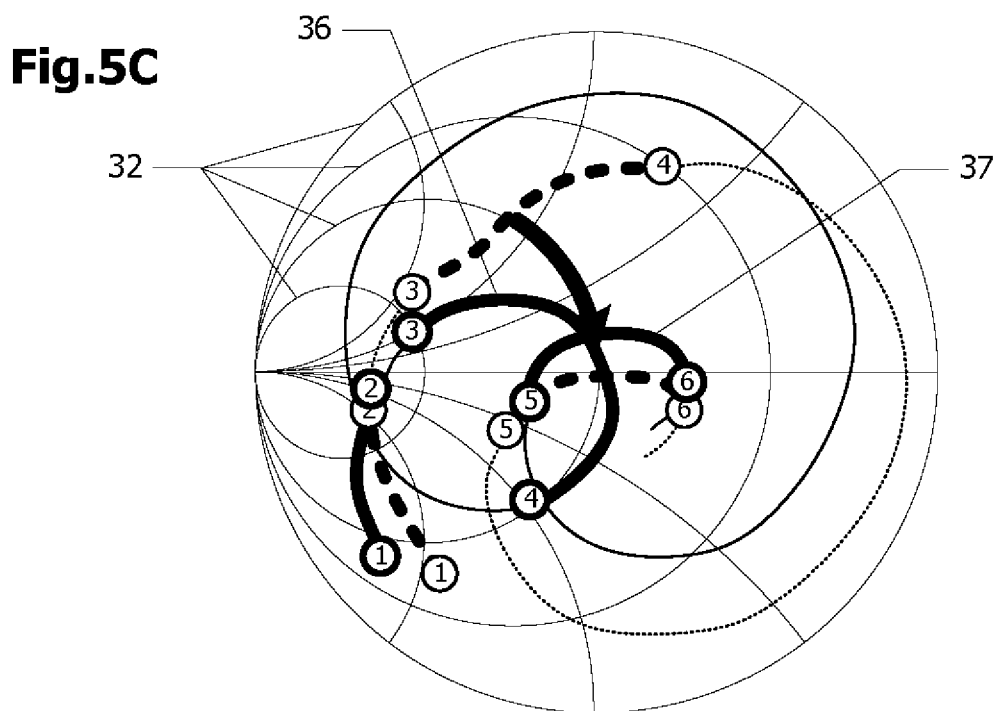
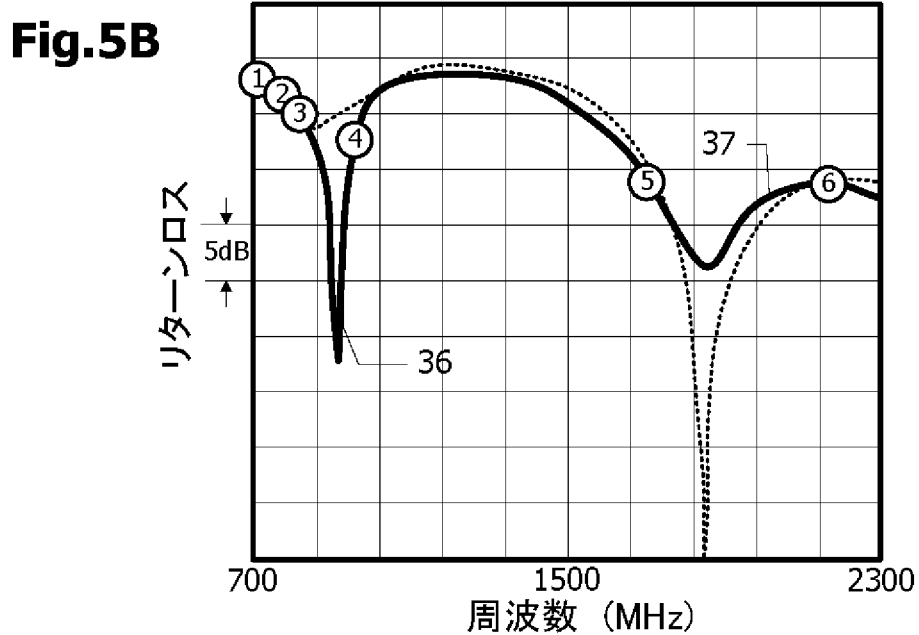
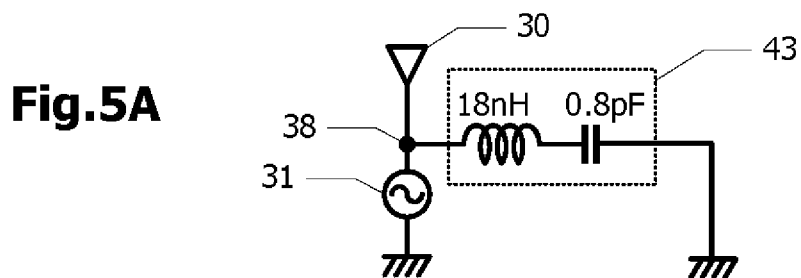
[図3]



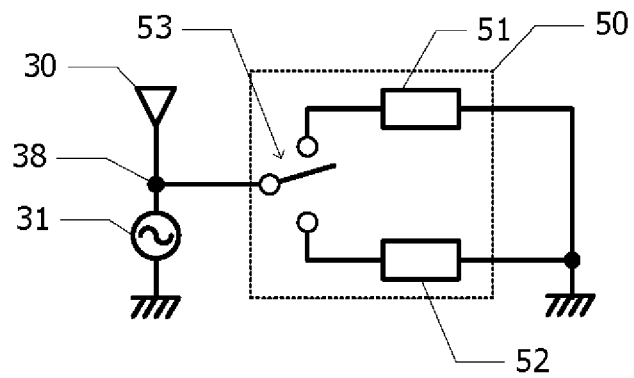
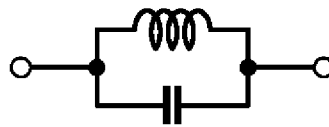
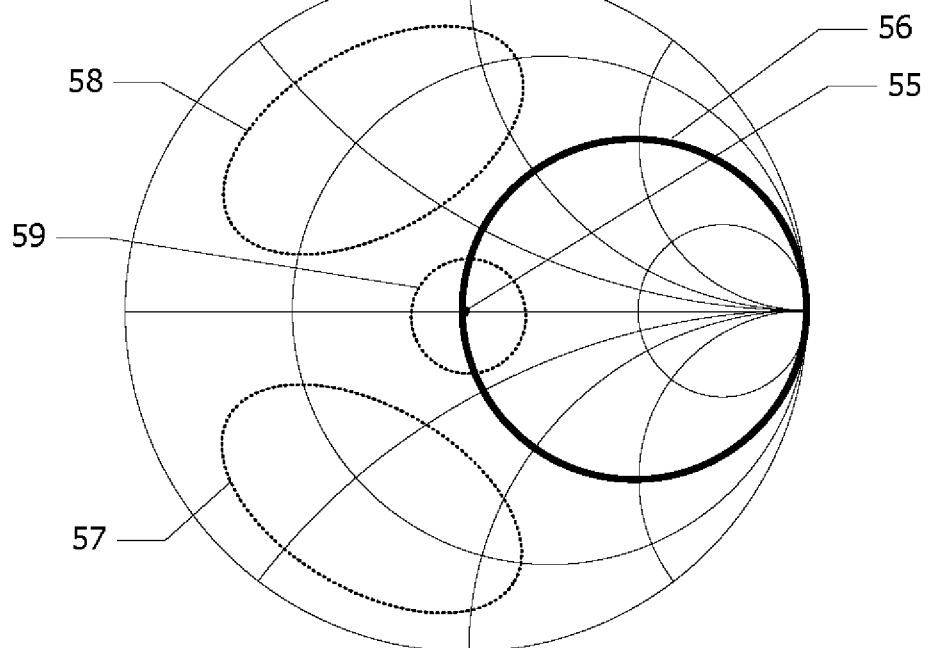
[図4]



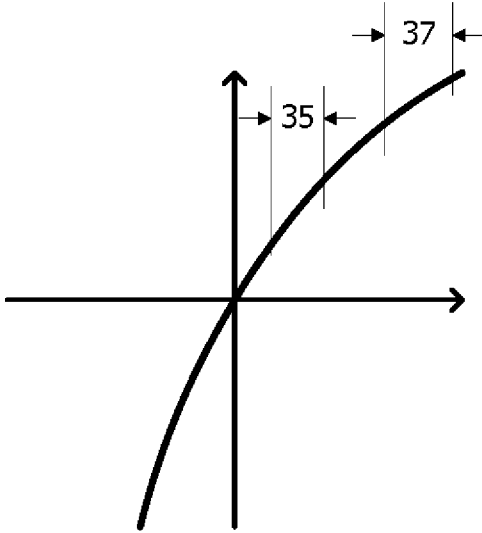
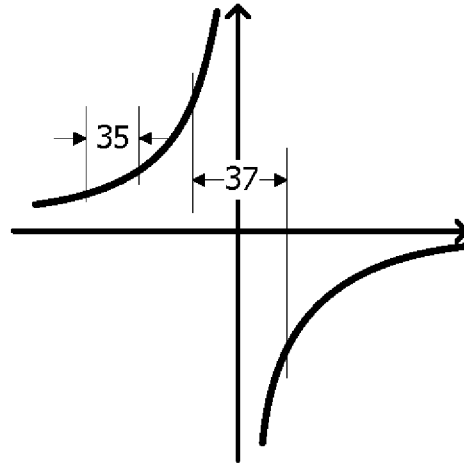
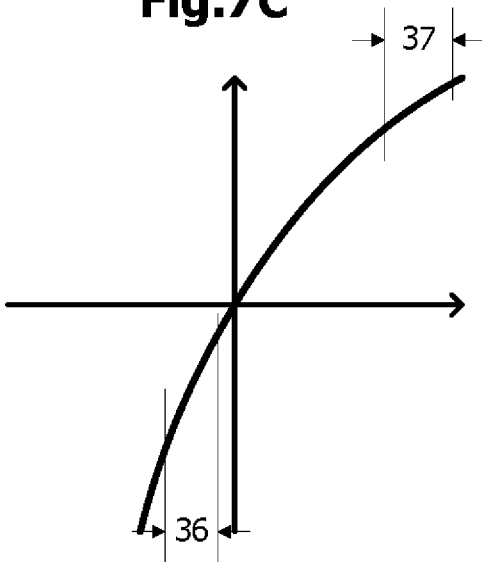
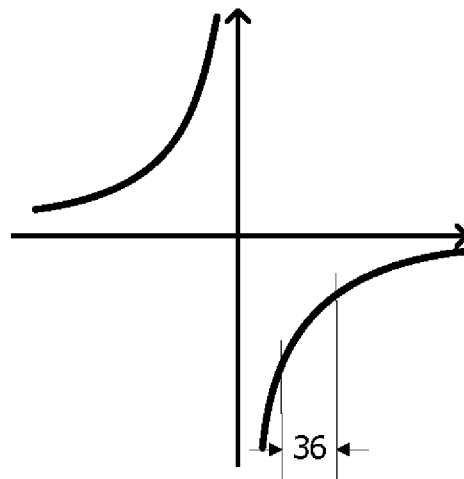
[図5]



[図6]

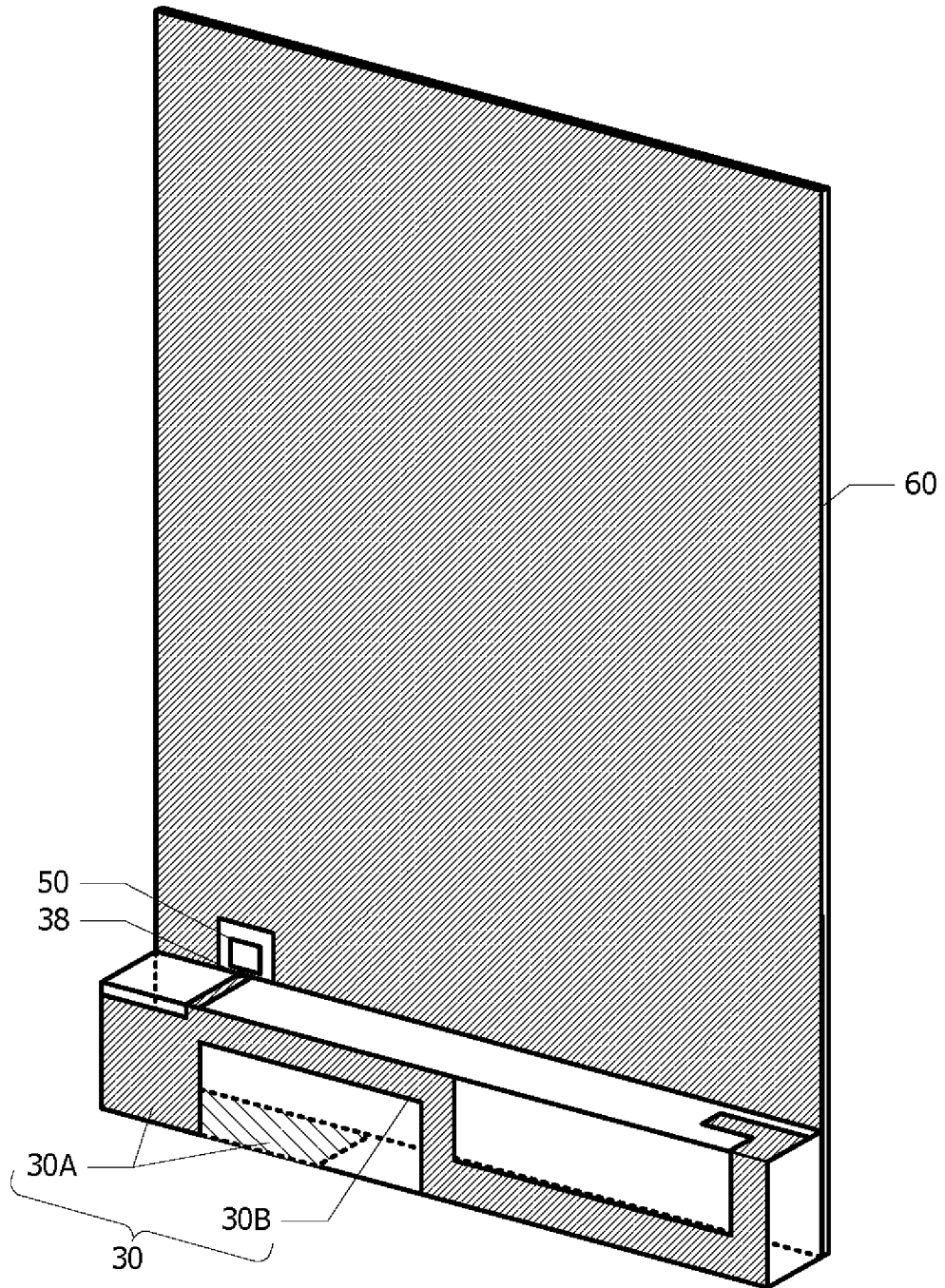
**Fig.6A****Fig.6B****Fig.6C****Fig.6D**

[圖7]

**Fig.7A****Fig.7B****Fig.7C****Fig.7D**

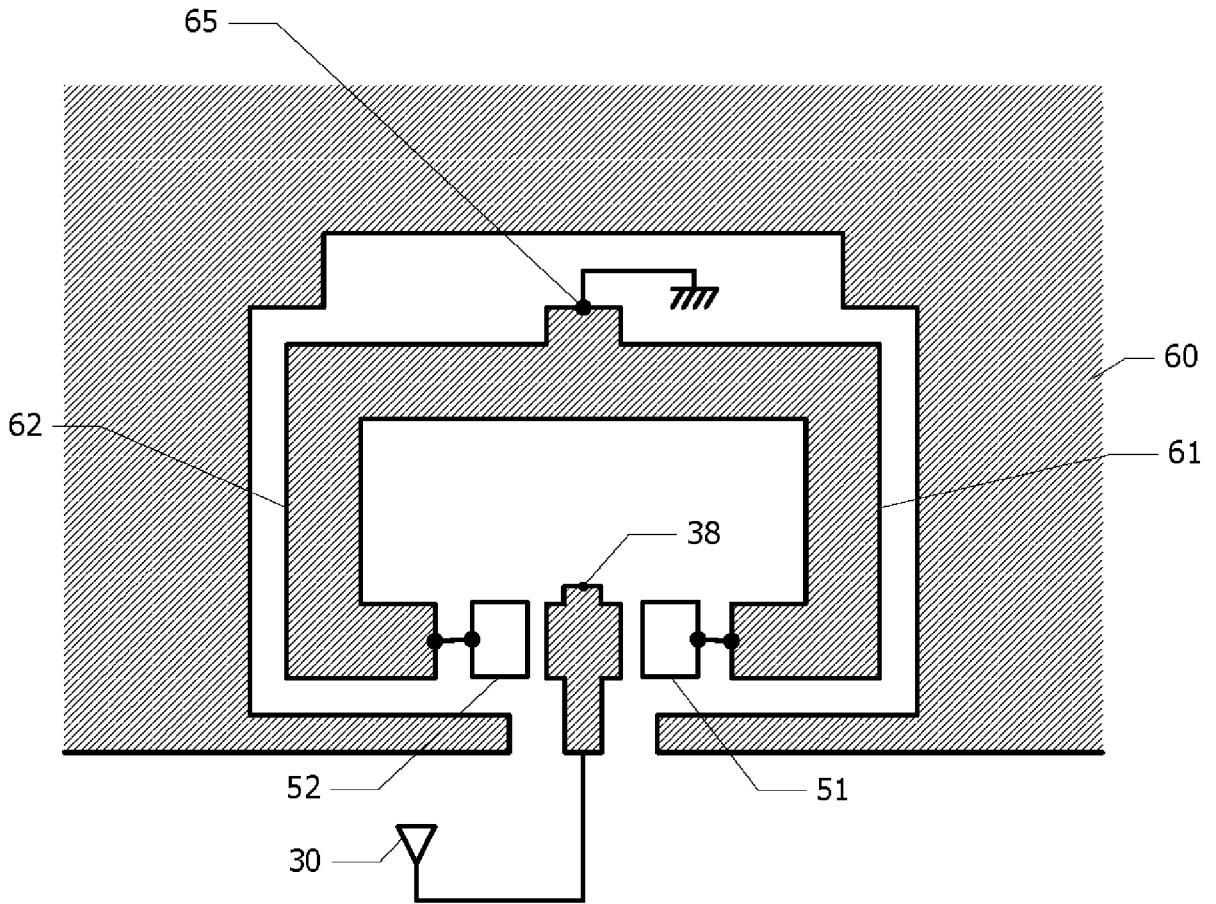
[図8]

Fig.8



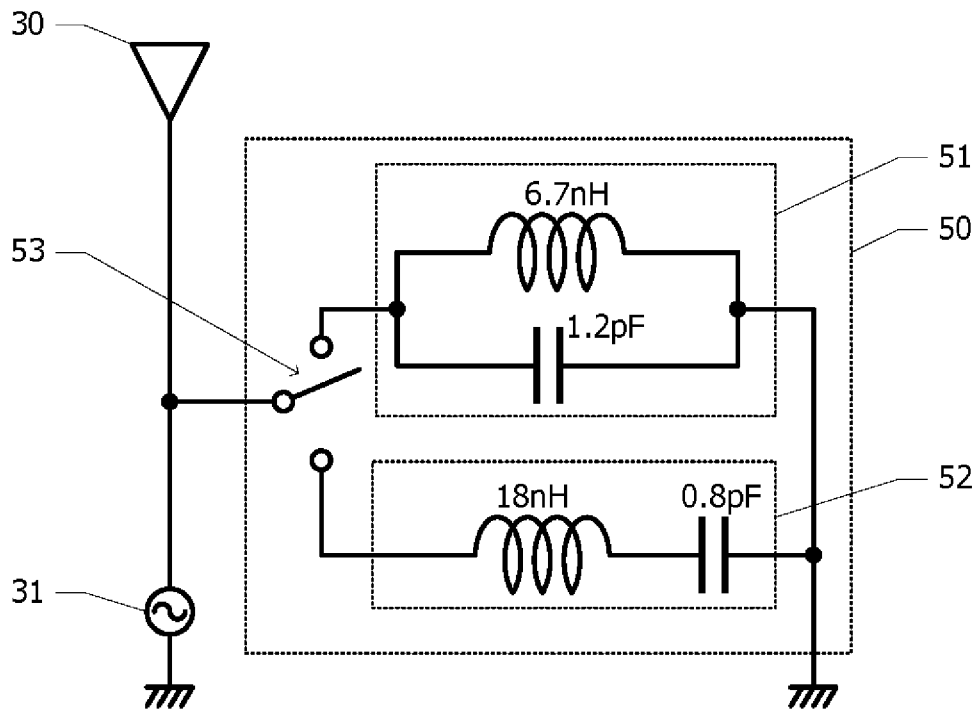
[図9]

**Fig.9**



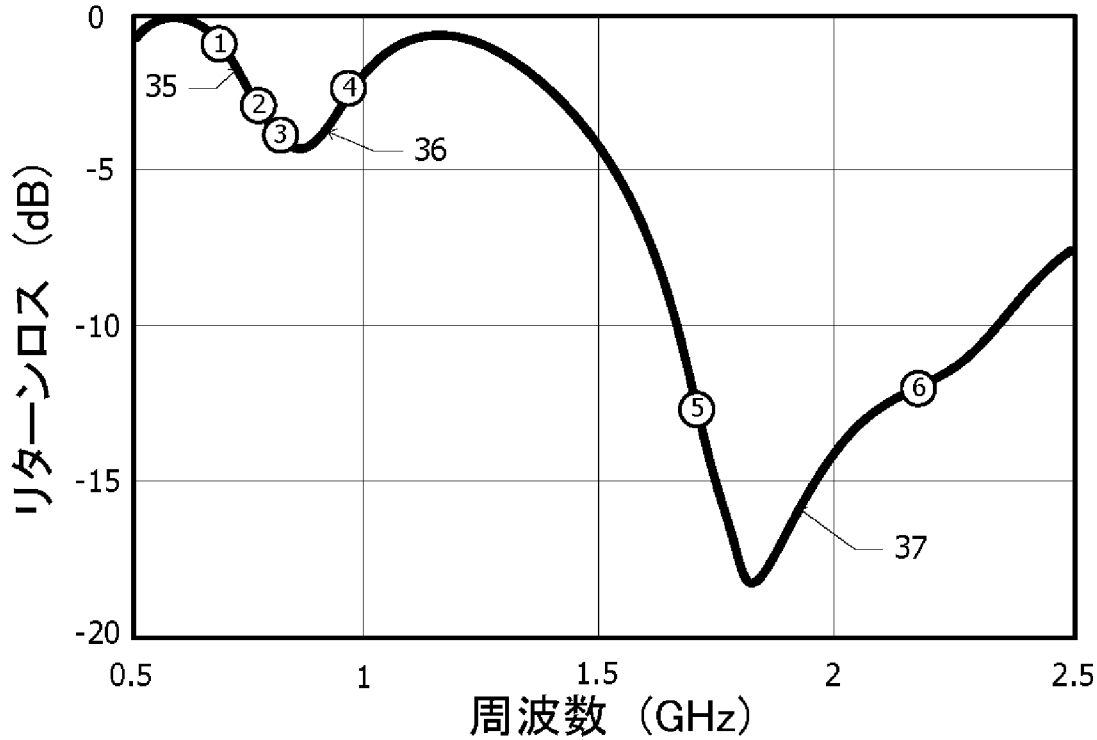
[図10]

Fig.10

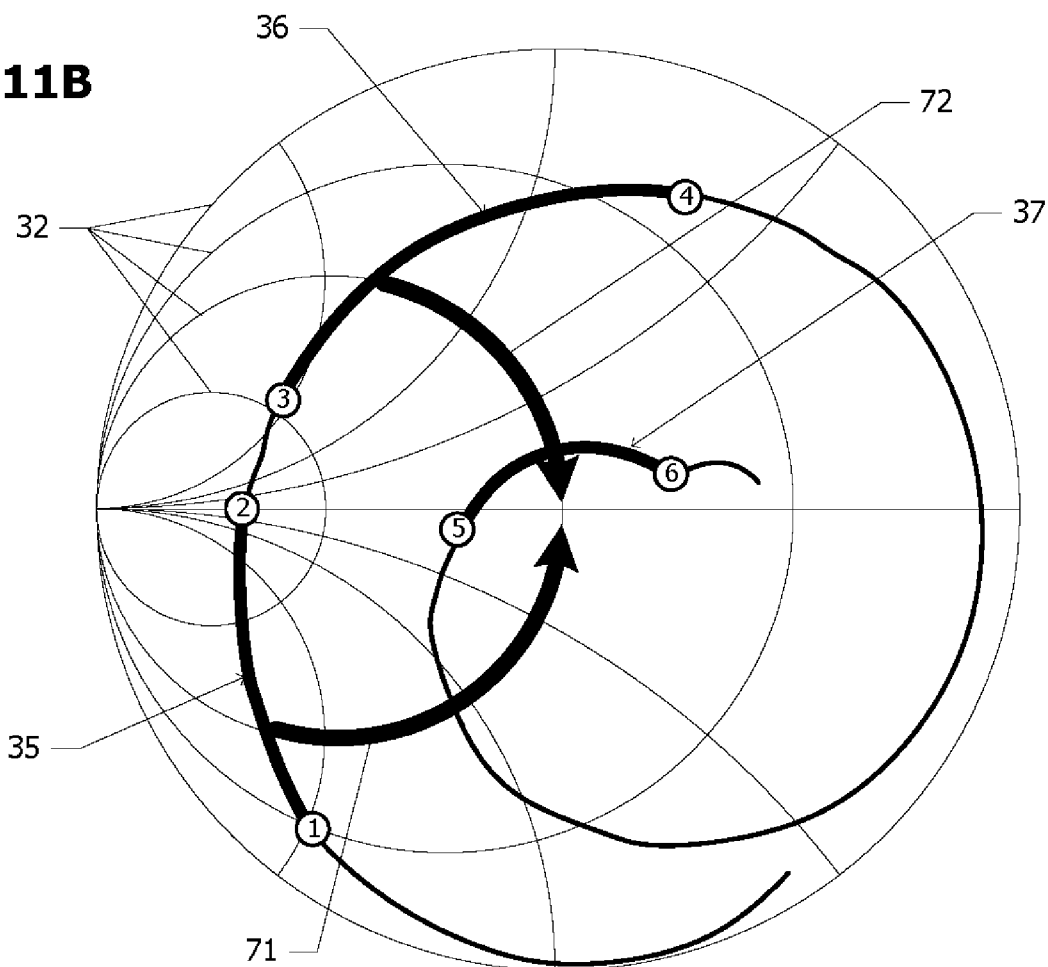


[図11]

**Fig.11A**

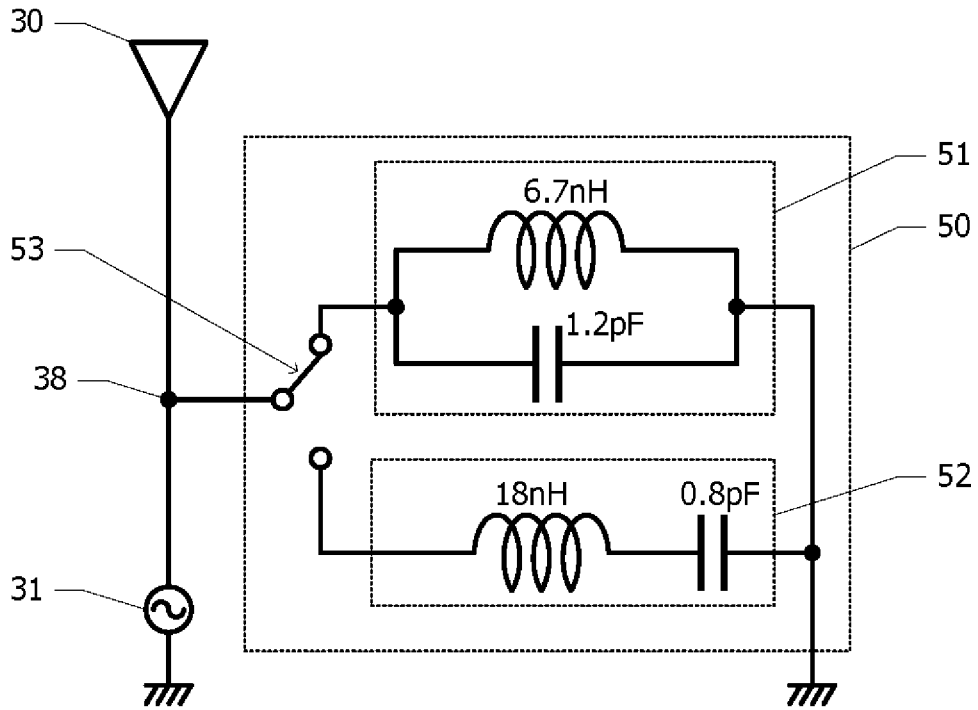


**Fig.11B**



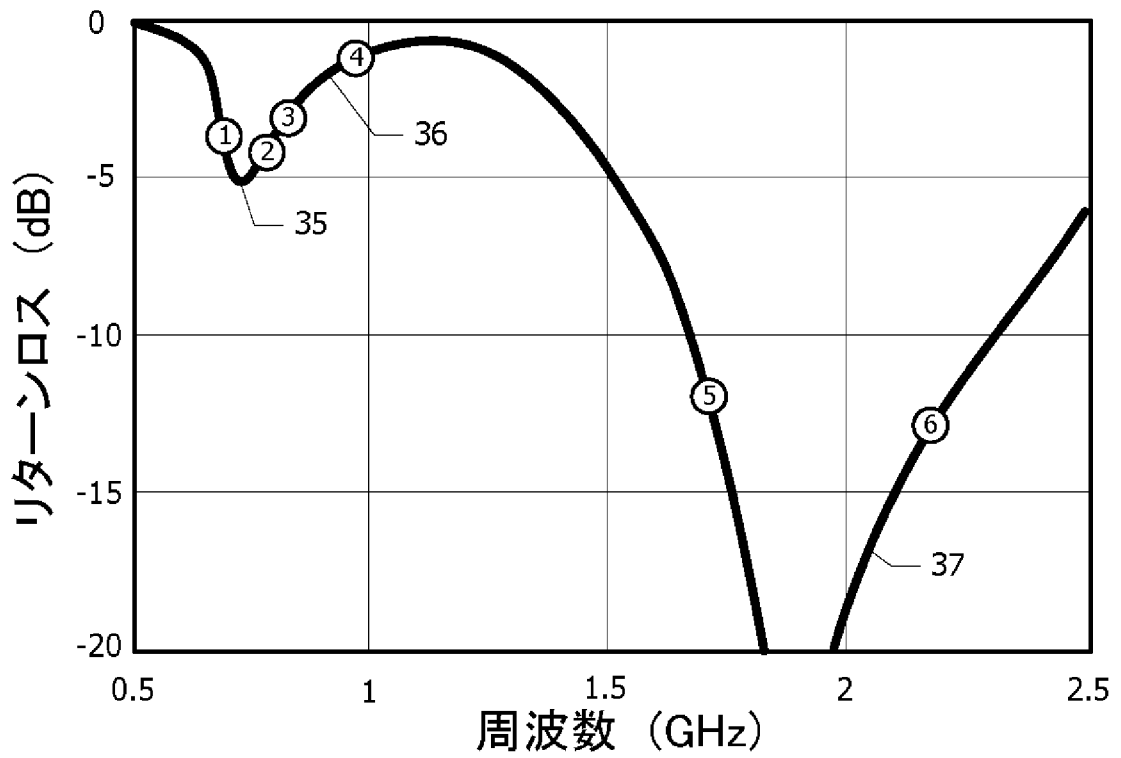
[図12]

Fig.12

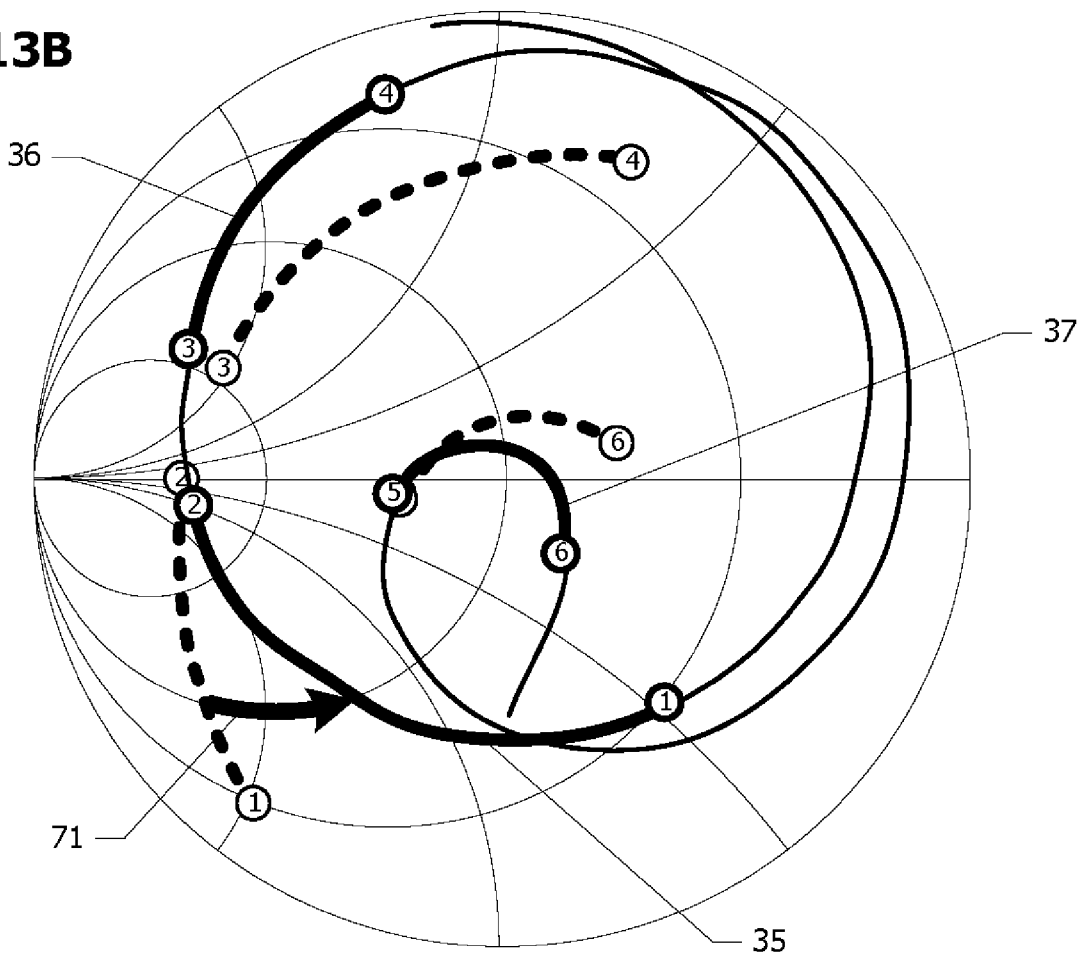


[図13]

**Fig.13A**

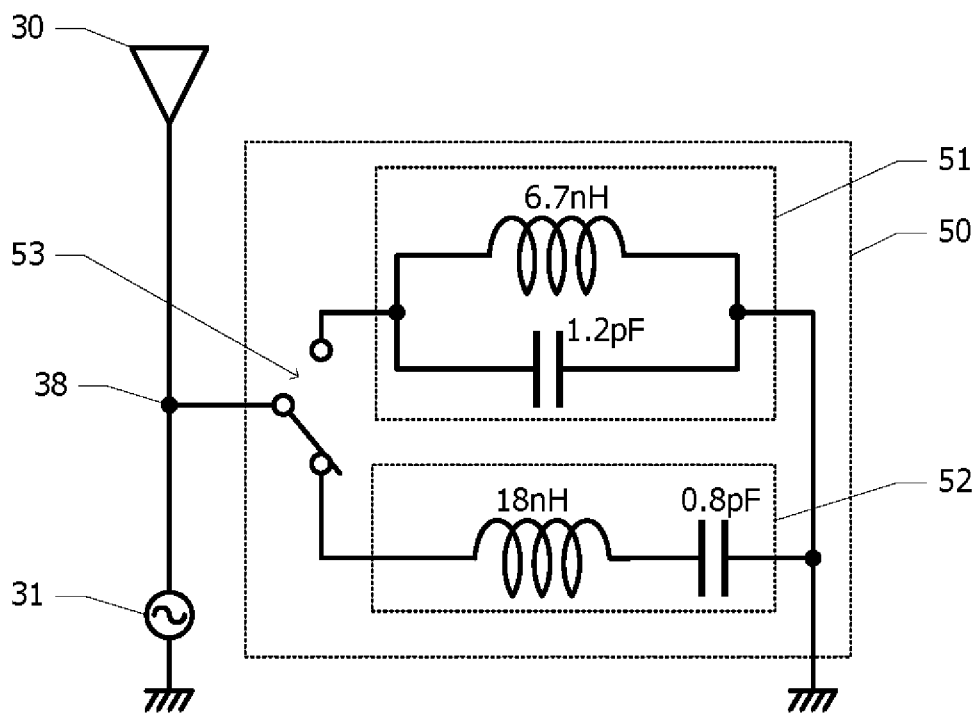


**Fig.13B**



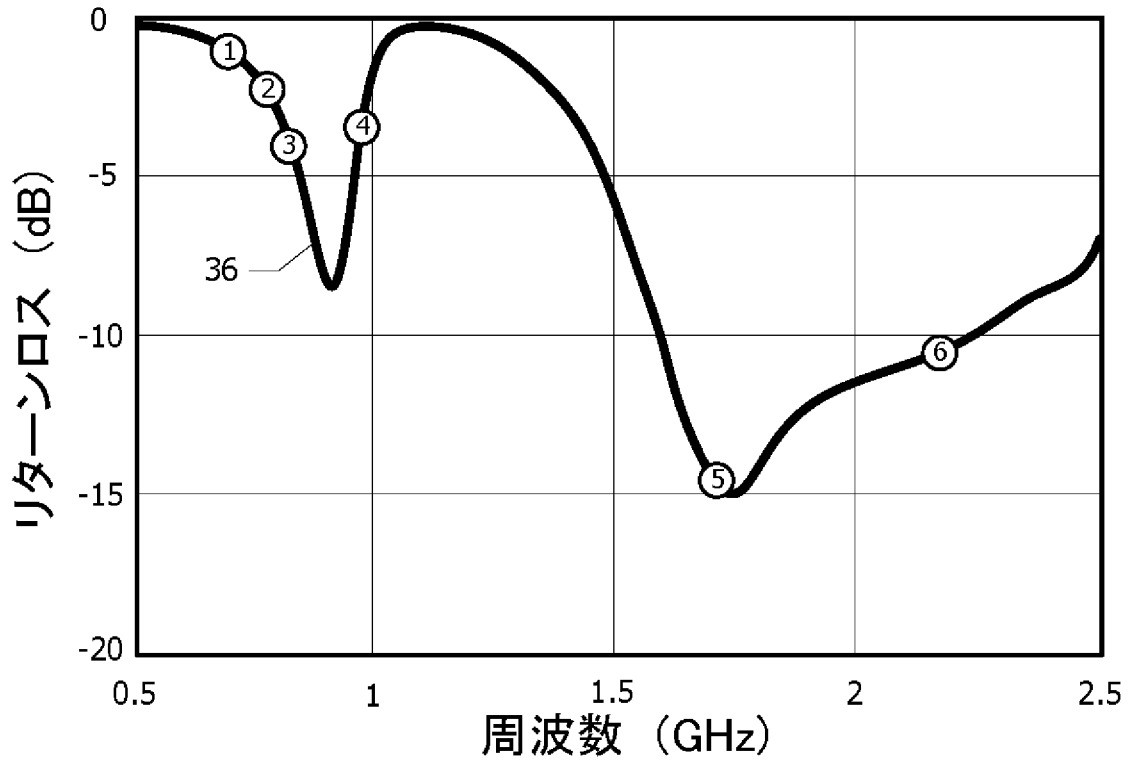
[図14]

Fig.14

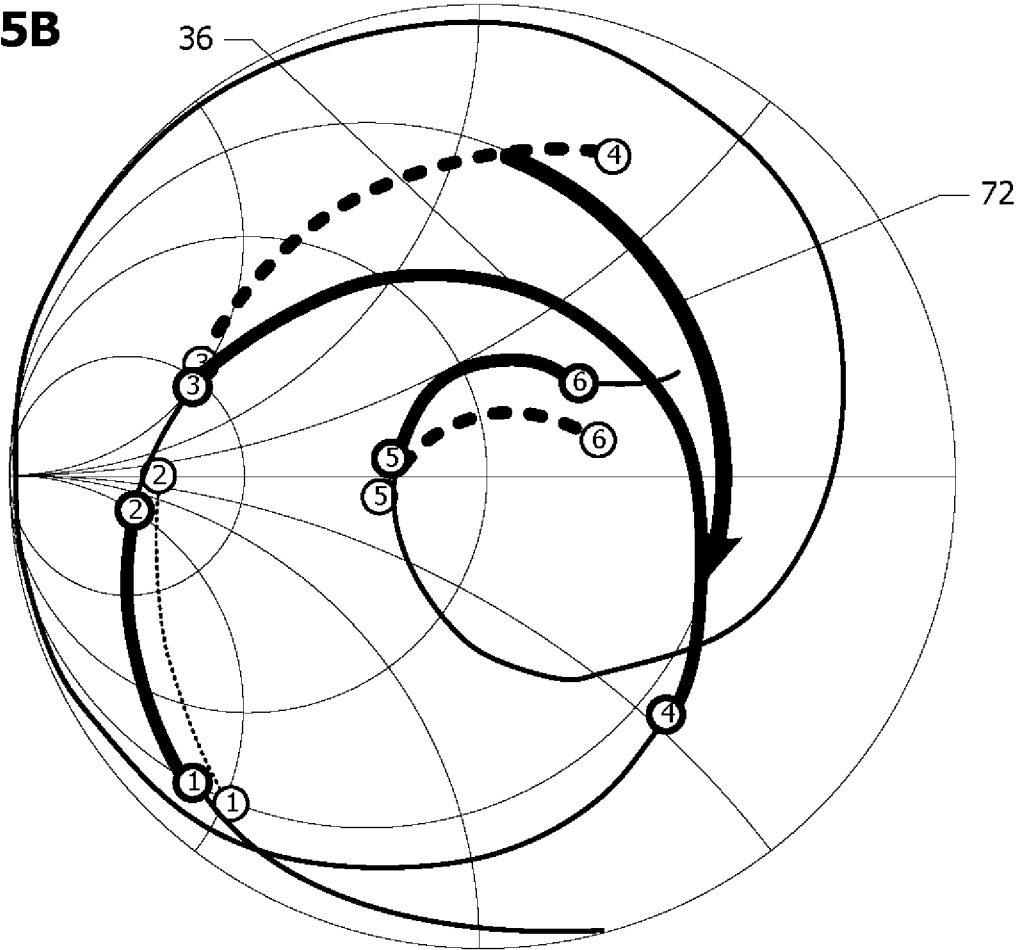


[図15]

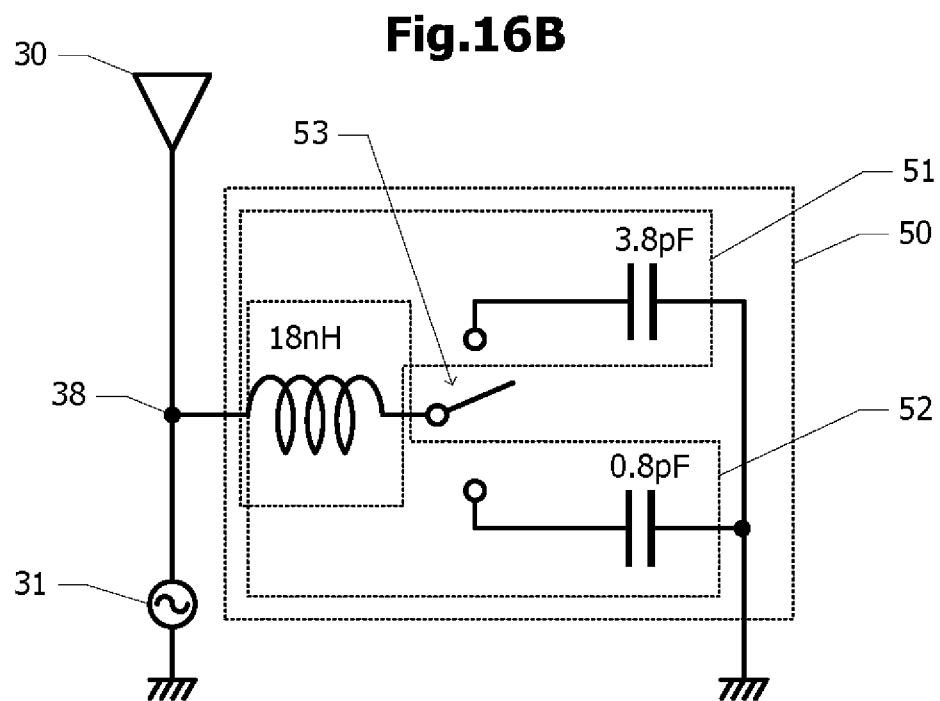
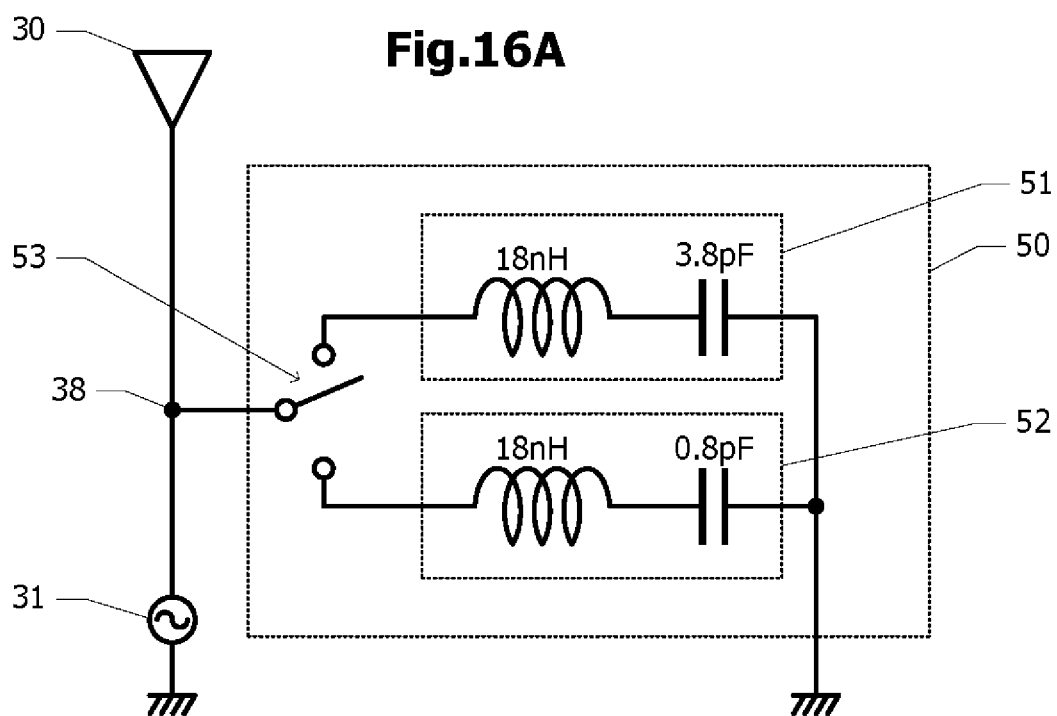
**Fig.15A**



**Fig.15B**

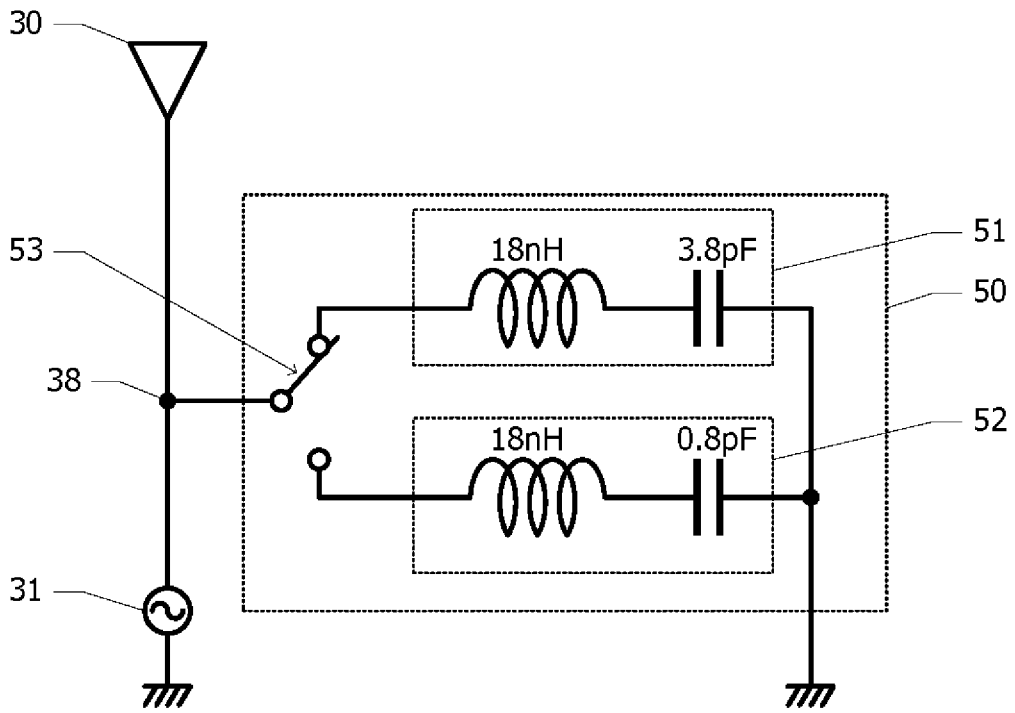


[図16]



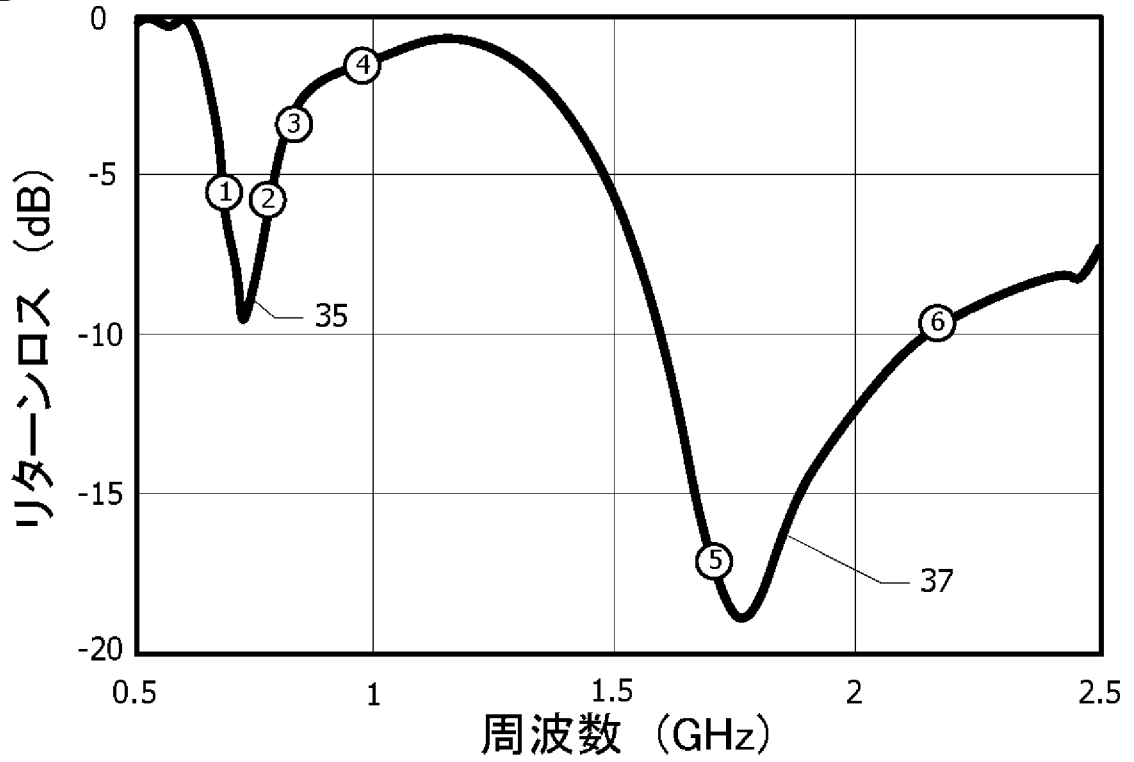
[圖17]

Fig.17

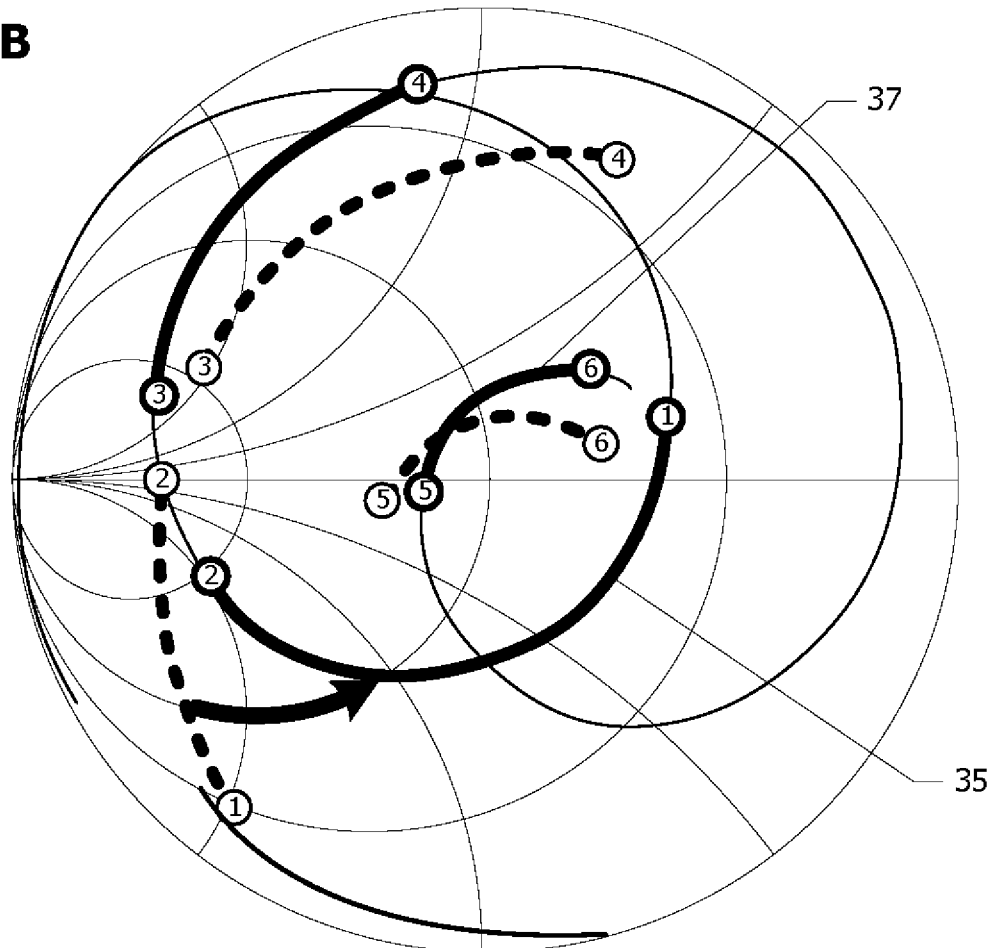


[図18]

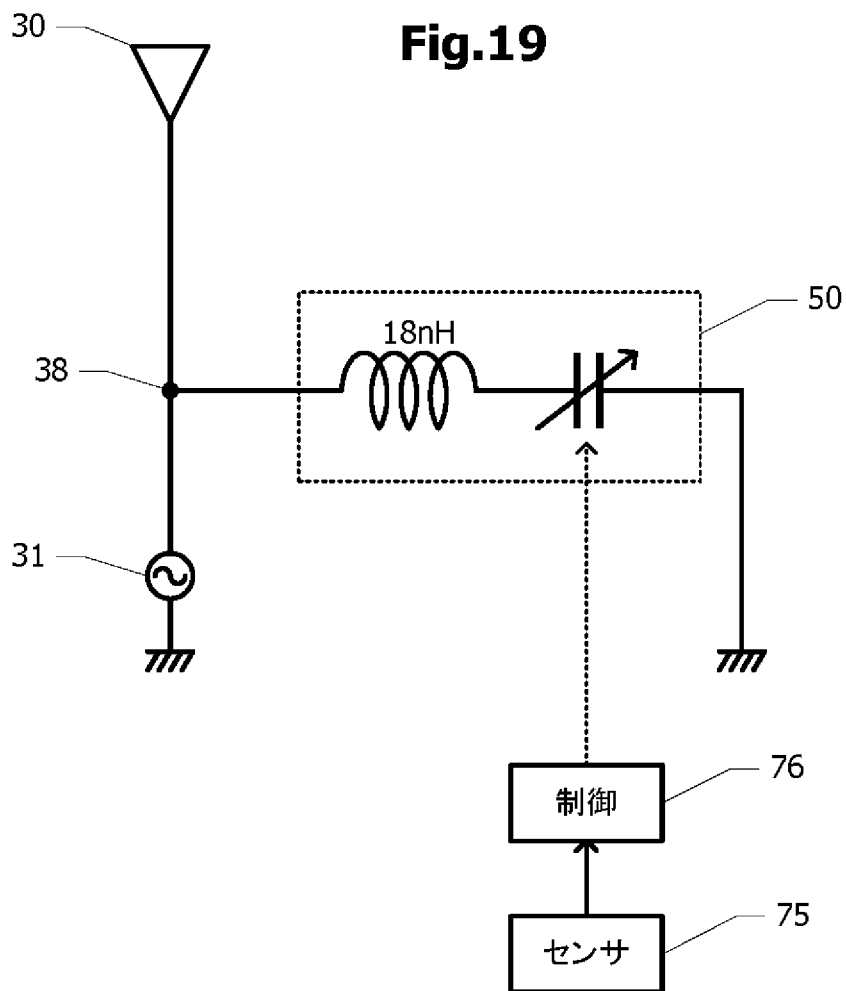
**Fig.18A**



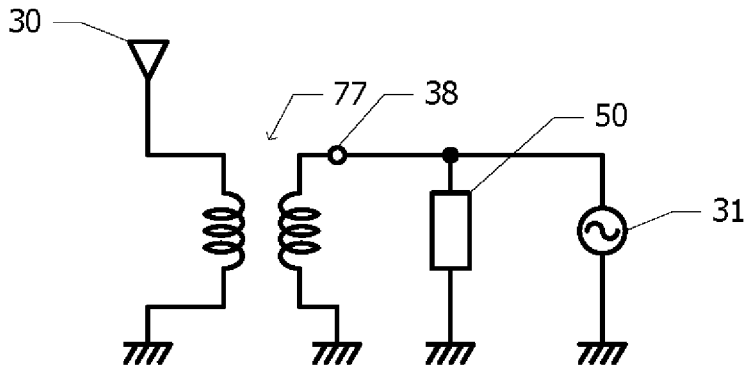
**Fig.18B**



[図19]



[圖20]

**Fig.20**

[図21]

Fig.21A

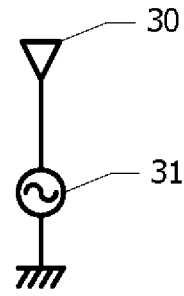


Fig.21B

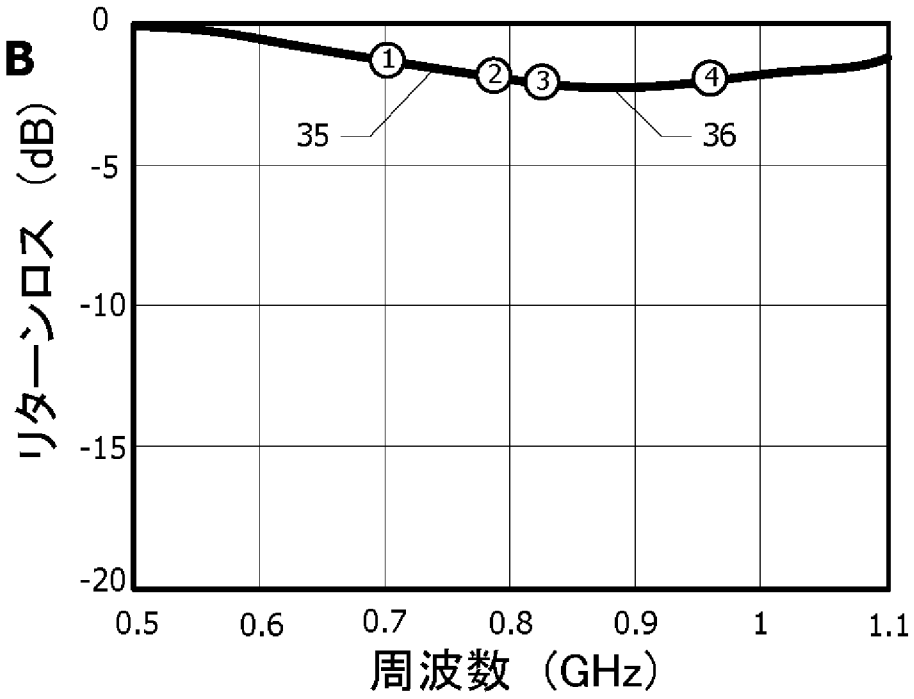
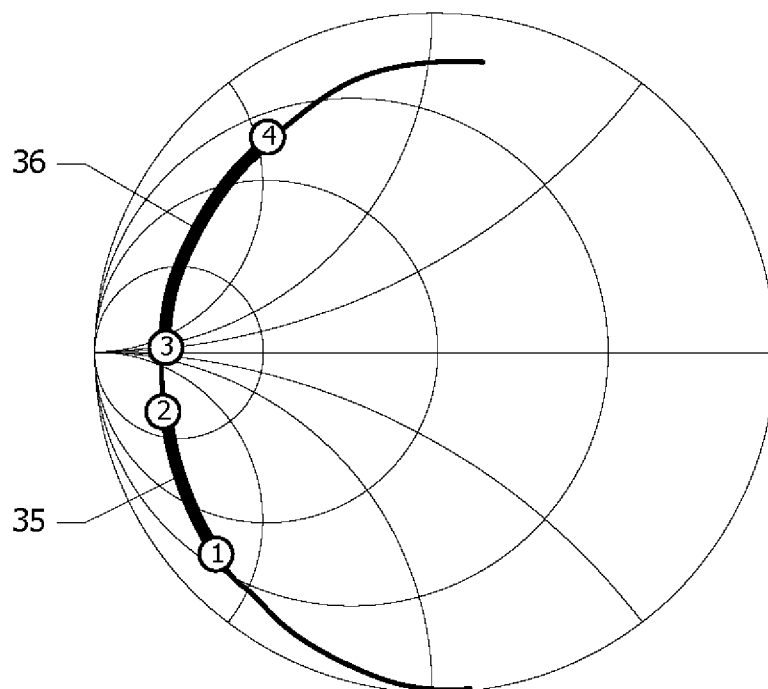


Fig.21C



[図22]

Fig.22A

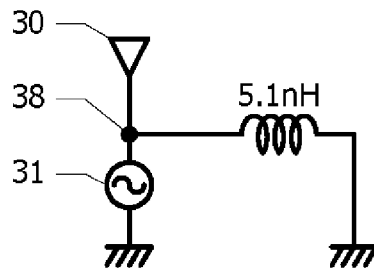


Fig.22B

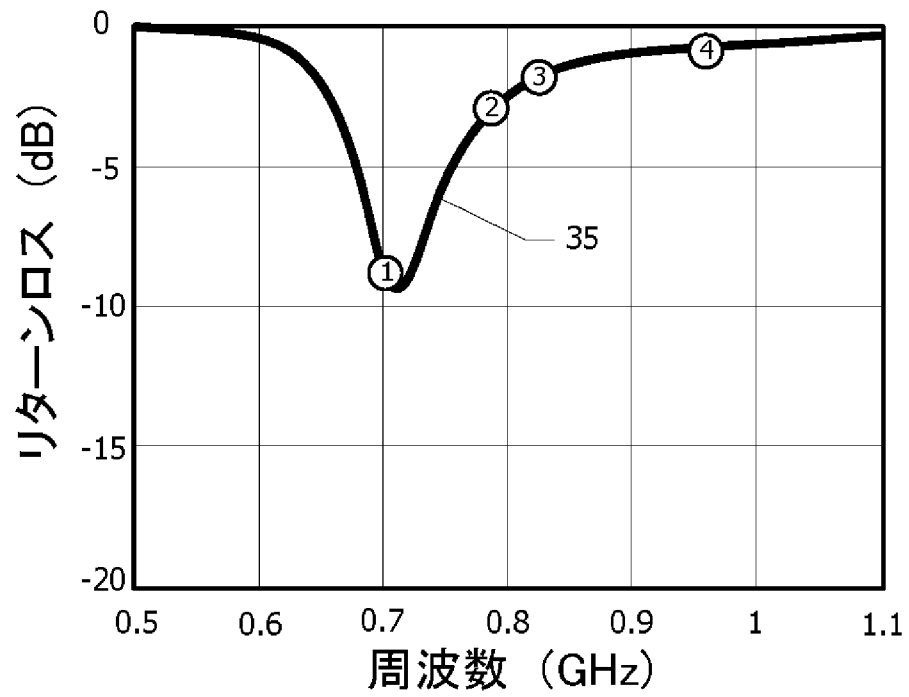
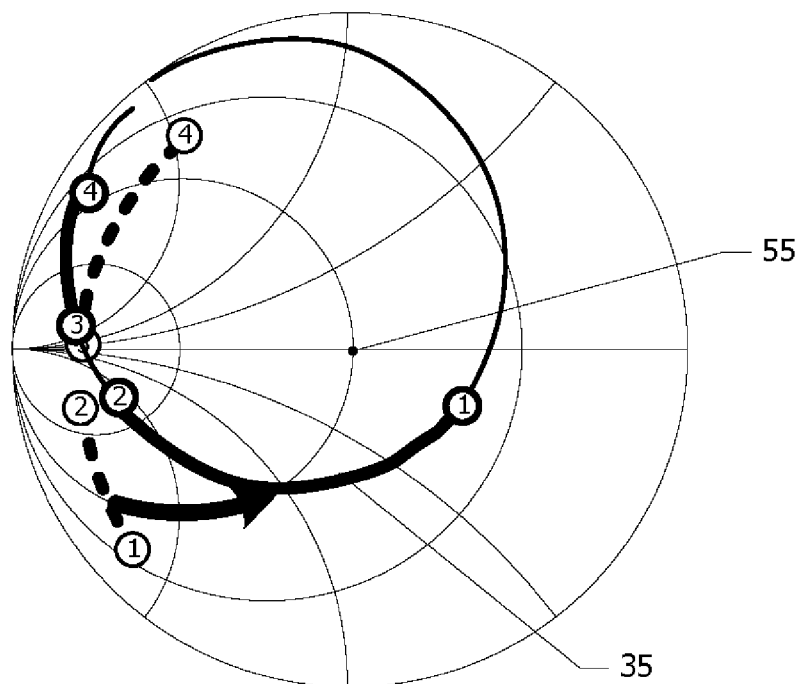


Fig.22C



[図23]

Fig.23A

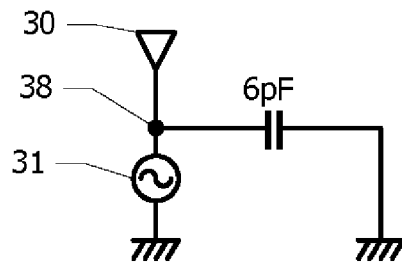


Fig.23B

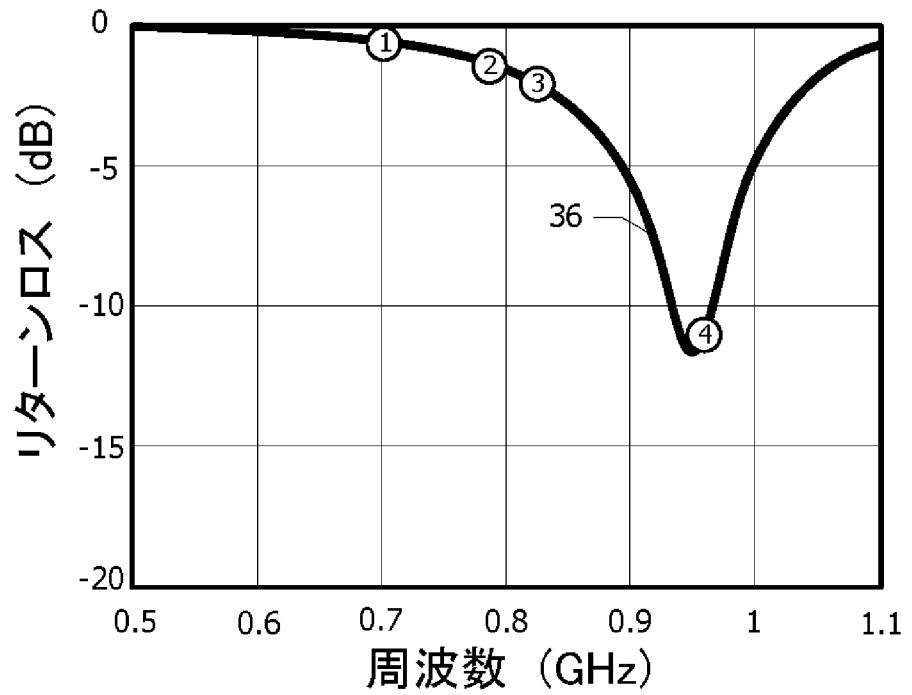
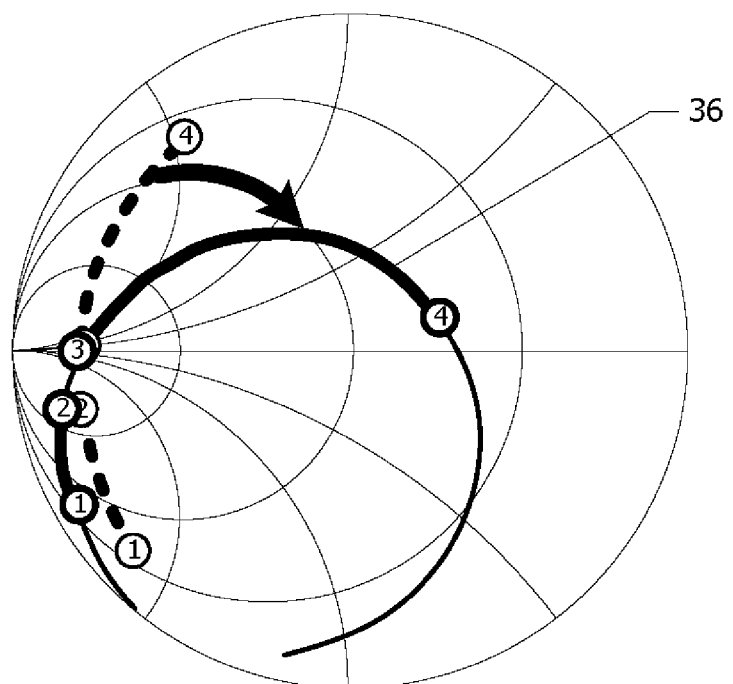
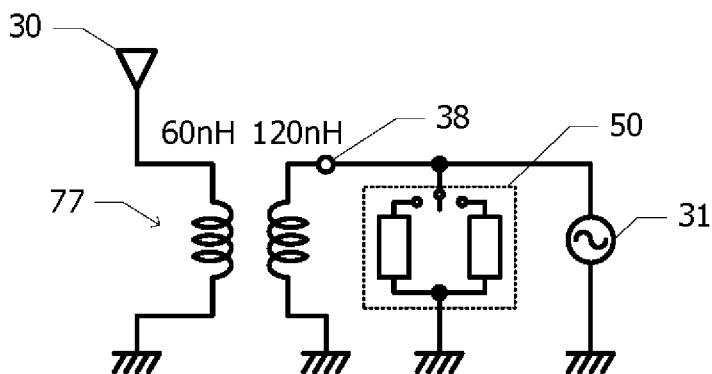


Fig.23C

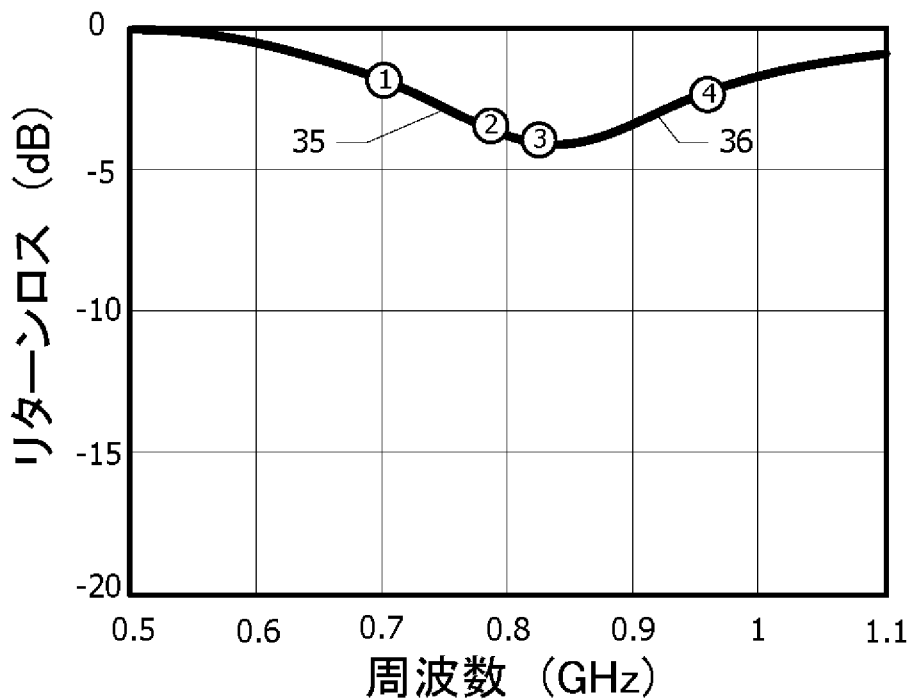


[図24]

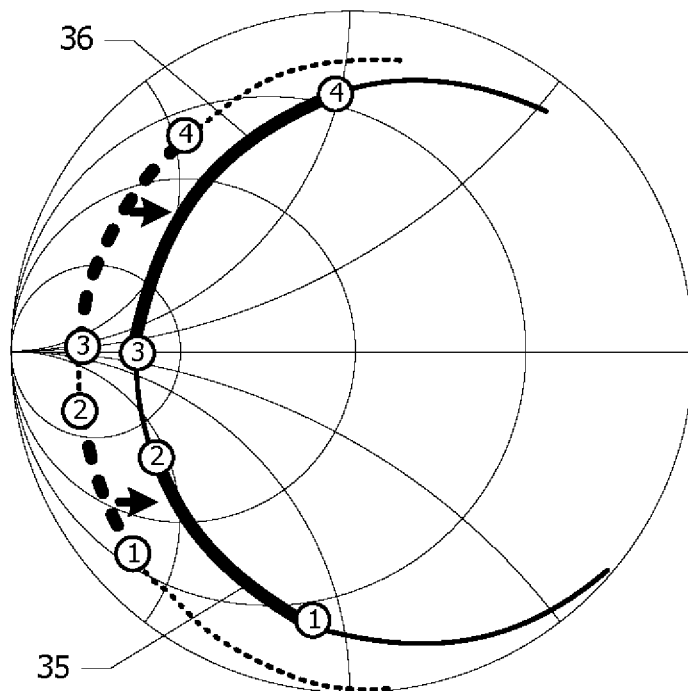
**Fig.24A**



**Fig.24B**

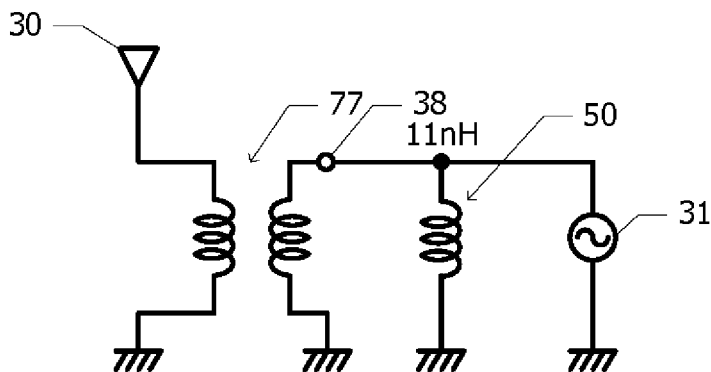


**Fig.24C**

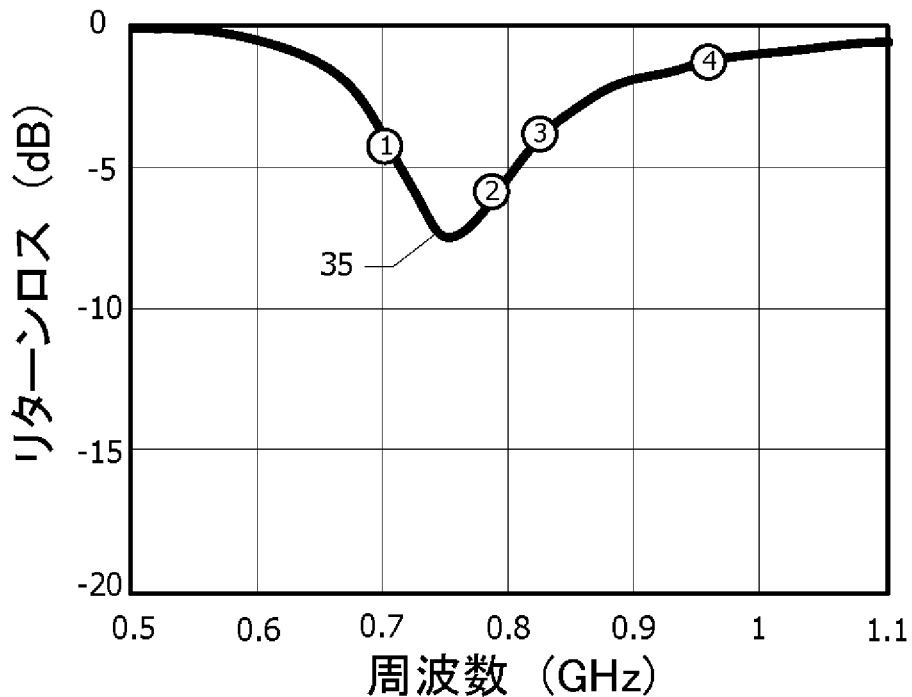


[図25]

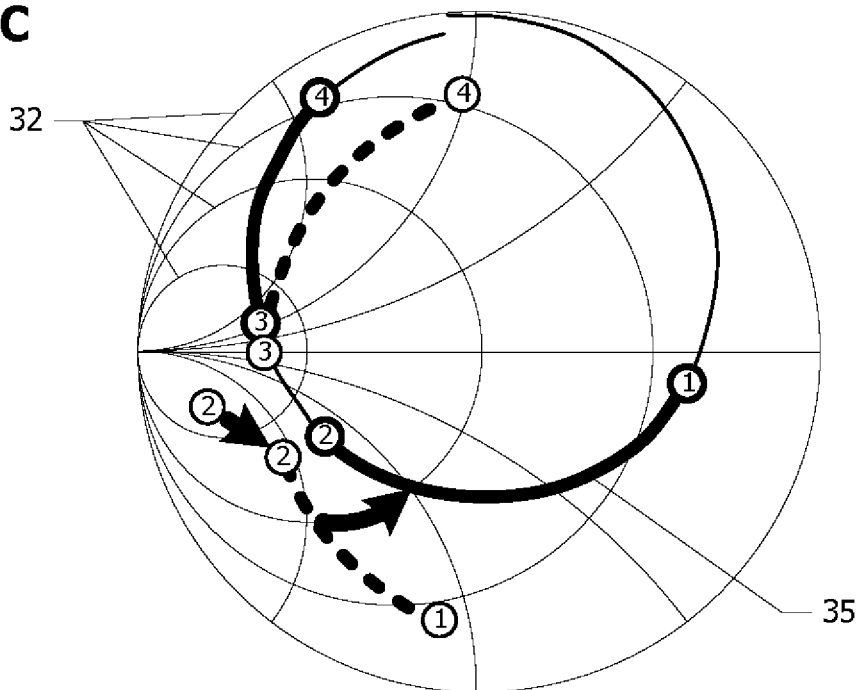
**Fig.25A**



**Fig.25B**

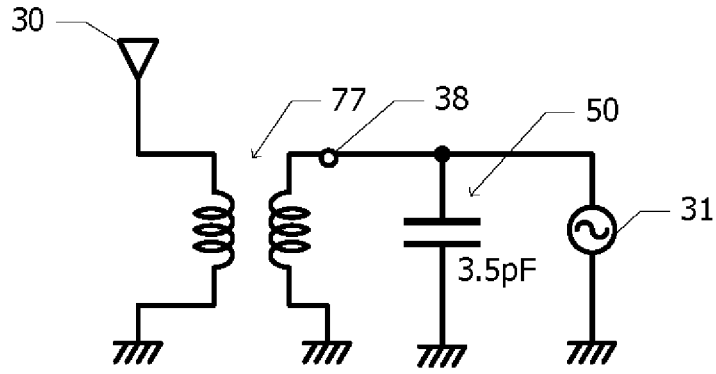


**Fig.25C**

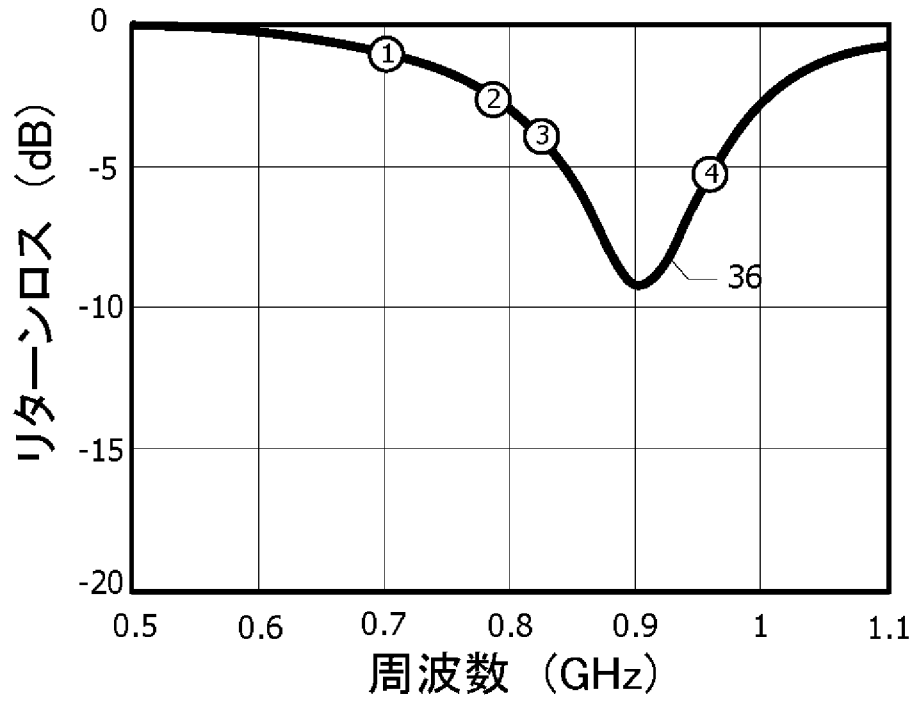


[図26]

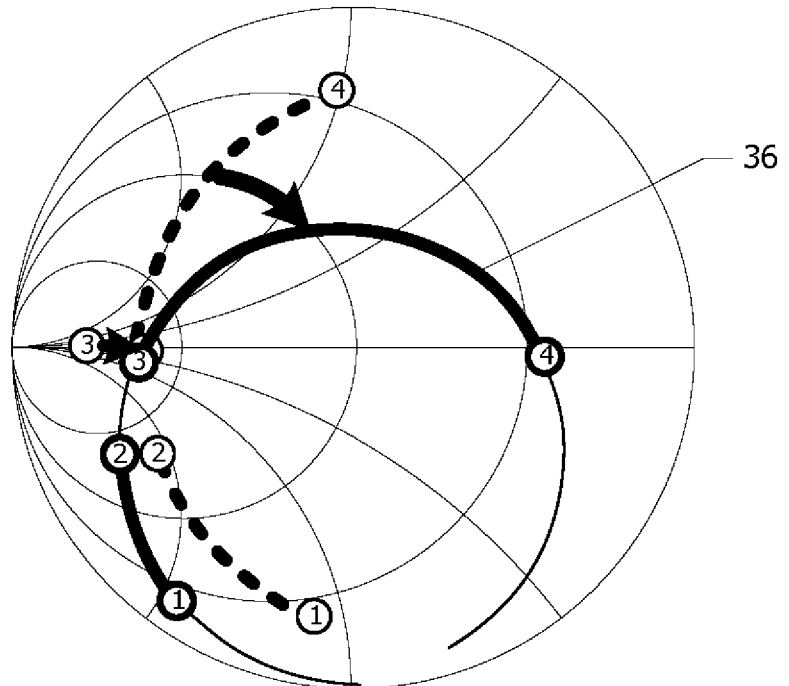
**Fig.26A**



**Fig.26B**



**Fig.26C**



## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H 0 1 Q 1 / 5 0 ( 2 0 0 6 . 0 1 ) i , H 0 1 Q 9 / 3 0 ( 2 0 0 6 . 0 1 ) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H 0 1 Q 1 / 5 0 , H 0 1 Q 9 / 3 0

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2014	
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2014	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-155626 A (Fuji Ltd.), 11 August 2011 (11.08.2011), entire text; all drawings & US 2011/0159832 A1 & EP 2348574 A1	1-8
A	WO 2011/024280 A1 (Tohiba Corp.), 03 March 2011 (03.03.2011), entire text; all drawings & US 2011/0183633 A1	1-8
A	JP 2002-76750 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 15 March 2002 (15.03.2002), entire text; all drawings & US 2002/0044092 A1 & DE 10140804 A & KR 10-2002-0016593 A & CN 1341978 A	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"G" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 May, 2014 (09.05.14)

Date of mailing of the international search report

20 May, 2014 (20.05.14)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 014 / 055350

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 63-177622 A (Seiko Epson Corp.), 21 July 1988 (21.07.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01Q1/50 (2006.01) i, H01Q9/30 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01Q1/50, H01Q9/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-
日本国公開実用新案公報	1971-2
日本国実用新案登録公報	1996-
日本国登録実用新案公報	1994-2

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  
 年

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-155626 A (富士通株式会社) 2011. 08. 11, 全文, 全図 & US 2011/0159832 AI & EP 2348574 AI	1-8
A	WO 2011/024280 AI (株式会社東芝) 2011. 03. 03, 全文, 全図 & US 2011/0183633 AI	1-8
A	JP 2002-76750 A (株式会社村田製作所) 2002. 03. 15, 全文, 全図 & US 2002/0044092 AI & DE 10140804 A & KR 10-2002-0016593 A & CN 1341978 A	1-8

c 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

- A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- [」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

- の日の後に公表された文献
- F」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- &」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
 09.05.2014

国際調査報告の発送日  
 20.05.2014

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA / JP)  
 郵便番号 100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
 麻生 哲朗  
 電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 63-177622 A (セイコーエプソン株式会社) 1988. 07. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8