

(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
2020年5月7日(07.05.2020)



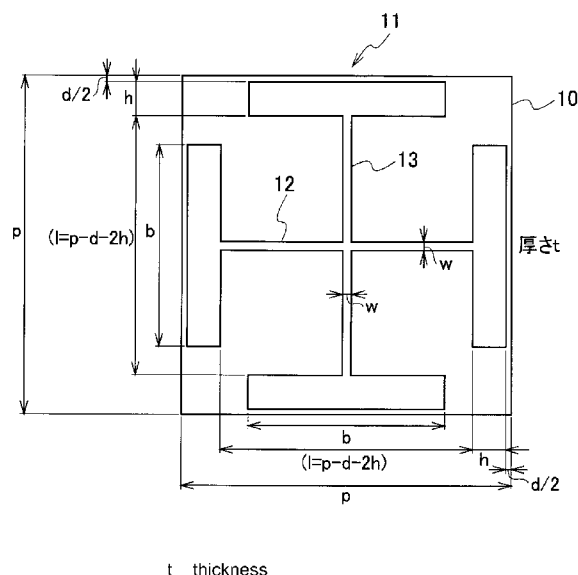
(10) 国際公開番号

WO 2020/090482 A1

- (51) 国際特許分類:
H01Q 15/14 (2006.01) *G06F 17/50* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/040738
- (22) 国際出願日: 2019年10月16日(16.10.2019)
- (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 2018-203815 2018年10月30日(30.10.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 伊丹 豪 (ITAMI Go); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鳥海 陽平 (TORIUMI Yohei); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 加藤 潤 (KATO Jun); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー 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,

(54) Title: FREQUENCY SELECTIVE SURFACE DESIGNING DEVICE

(54) 発明の名称: 周波数選択板設計装置



(57) Abstract: The present invention accurately estimates the frequency characteristics of a frequency selective surface from structure parameters thereof. This frequency selective surface designing device is provided with: an LC generation unit 20 that generates inductance L and capacitance C of a unit cell by using structure parameters as inputs; a correction resonance point calculation unit 30 that models a correction circuit by a circuit where a transmission line through which virtual capacitances are connected in parallel to respective distribution

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

inductances obtained by dividing the inductance L by the number n of rounds of calculation is terminated by the capacitance C by using, as inputs, the capacitance C , the inductance L , and the number n of rounds of calculation inputted from the outside, and calculates a correction resonance frequency f_c from the impedance of the correction circuit; and a characteristic calculation unit 40 that calculates a pre-correction resonance frequency from the inductance L and the capacitance C by using, as inputs, the capacitance C , the inductance L , and the correction resonance frequency f_c , calculates a correction coefficient by dividing the correction resonance frequency f_c by the pre-correction resonance frequency, and calculates an insertion loss and a reflection loss after the correction.

(57) 要約: 周波数選択板の構造パラメータからその周波数特性を精度良く推定する。構造パラメータを入力として単位セルのインダクタンス L とキャパシタンス C を生成する LC 生成部20と、外部から入力される計算回数 n 、インダクタンス L 、及びキャパシタンス C を入力として、補正回路を、インダクタンス L を計算回数 n で分割した分布インダクタンスのそれぞれに仮想キャパシタンスが並列に接続された伝送線路がキャパシタンス C で終端される回路でモデル化し、補正回路のインピーダンスから補正共振周波数 f_c を計算する補正共振点計算部30と、インダクタンス L 、キャパシタンス C 、及び補正共振周波数 f_c を入力とし、インダクタンス L とキャパシタンス C から補正前共振周波数を計算し、補正共振周波数 f_c を補正前共振周波数で除して補正係数を求め、補正後の反射損失と挿入損失を計算する特性計算部40とを備える。

明 細 書

発明の名称：周波数選択板設計装置

技術分野

[0001] 本発明は、共振器の単位セルを平面上に配列した周波数選択板の設計を支援する周波数選択板設計装置に関する。

背景技術

[0002] 情報通信機器の小型化、高機能化が進み、無線LANやLTE等の回線を使った無線通信サービスが急速に普及している。これに伴い、無線通信端末からの電波の送受信が広域かつ頻繁に行われるようになり、周囲の他の電子機器への影響が懸念されている。

[0003] 懸念される影響としては、無線環境の劣化、通信障害、及びセキュリティへの脅威などが考えられる。これらの影響を抑制する技術が求められている。

[0004] 電波環境及び電磁環境を制御する目的で周波数選択板（FSS：Frequency Selective Surfaces）を用いることができる。周波数選択板は、波長と同程度以下の寸法の導体パターンで形成された共振器（単位セル）を周期的に配列することで、入射する電磁波の透過特性／反射特性に周波数依存性を持たせたものである。

[0005] 周波数選択板には、様々な周波数特性を持つ共振構造が存在する。例えば、特定の周波数のみを反射するバンドストップフィルタ特性を持つものは、導体部を共振構造としたものが主であり、リング型、ダイポールアレイ型、トライホール型、パッチ型、及びエルサレムクロス型などがある（非特許文献1）。

[0006] 周波数選択板は、考慮すべき構造パラメータの数が多く、パラメータがインダクタンス成分とキャパシタンス成分の増減に相反して関係する場合もある。また、単位セルの配列の仕方によってもその特性は変化し、理論として複雑である（非特許文献2）。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1：牧野 滋、「[チュートリアル講演]周波数選択板の基礎と応用」、信学技法、A・P 2015-5, Apl. 2015.

非特許文献2：BEN A. MUNK, "Frequency Selective Surfaces Theory and Design", 2000.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 周波数選択板の構造パラメータから、既存の理論式に基づいてその周波数特性を推定することは可能である。しかし、実特性とのずれが大きく、それを改善する方法ない。つまり、周波数選択板の周波数特性を、その構造パラメータから物理原則に基づいて精度良く推定する方法がない。したがって、周波数選択板の設計は、コスト、労力を要するという課題がある。

[0009] 本発明は、この課題に鑑みてなされたものであり、周波数選択板の構造パラメータからその周波数特性を精度良く推定することができる周波数選択板設計装置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] 本発明の一態様に係る周波数選択板設計装置は、共振器の単位セルを平面上に配列した周波数選択板の設計を支援する周波数選択板設計装置であって、前記単位セルの構造を表す構造パラメータを入力として該単位セルのインダクタンスとキャパシタンスを生成するLC生成部と、外部から入力される計算回数、前記インダクタンス、及び前記キャパシタンスを入力として、補正回路を、前記インダクタンスを前記計算回数で分割した分布インダクタンスのそれぞれに仮想キャパシタンスが並列に接続された伝送線路が前記キャパシタンスで終端される回路でモデル化し、前記仮想キャパシタンスは前記単位セルで生じる位相差と前記伝送線路で生じる位相差を整合させるものである前記補正回路のインピーダンスから補正共振周波数を計算する補正共振

点計算部と、前記インダクタンス、前記キャパシタンス、及び前記補正共振周波数を入力とし、前記インダクタンスと前記キャパシタンスから補正前共振周波数を計算し、前記補正共振周波数を前記補正前共振周波数で除して補正係数を求め、補正前の反射損失と挿入損失にそれぞれ前記補正係数を乗じて補正後の反射損失と挿入損失を計算する特性計算部とを備えることを要旨とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、周波数選択板の構造パラメータからその周波数特性を精度良く推定することが出来る。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]エルサレムクロス型の単位セルの平面図を模式的に示す図である。

[図2]共振周波数の理論値 f_{th} と電磁界解析で求めた共振周波数を示す図である。

[図3]単位セルの周期 p と入射波長 λ の比 p/λ と、電磁界解析で求めた共振周波数 f_a と理論値 f_{th} の比 f_a/f_{th} との関係を示す図である。

[図4]本発明の第1実施形態に係る周波数選択板設計装置の機能構成例を示すブロック図である。

[図5]図4に示す周波数選択板設計装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図6]モデル化した補正回路の例を示す図である。

[図7]エルサレムクロス型の単位セルの平面を模式的に示す平面図である。

[図8]補正回路を伝送路で示す図である。

[図9]電磁界解析して求めた共振周波数と補正係数を示す図である。

[図10]4端子回路を示す図である。

[図11]補正前共振周波数 f_{th} の S_{21} に補正係数 f_c/f_{th} を乗じて補正後の共振周波数 f_c の S_{21} を計算する様子を模式的に示す図である。

[図12]本発明の第2実施形態に係る周波数選択板設計装置の機能構成例を示すブロック図である。

[図13]図 1 2 に示す周波数選択板設計装置の処理手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明の実施形態を説明する前に、本発明に係る共振器の単位セル、及びその構造パラメータについて図面を用いて説明する。

[0014] (単位セル)

周波数選択板は、波長と同程度以下の寸法の導体パターンで形成された共振器の単位セルが一定の周期 p で配列される。単位セルの構造には、リング型、ダイポールアレイ型、トライホール型、パッチ型、及びエルサレムクロス型などがある。

[0015] この中で、共振周波数の定式化が比較的容易なモデルは、エルサレムクロス型である。図 1 は、エルサレムクロス型の単位セルの平面図を模式的に示す図である。

[0016] 図 1 に示すようにエルサレムクロス型の単位セル 11 は、誘電体基板 10 の上に十字状の導電パターンを形成したものである。単位セル 11 は一定の周期 p で誘電体基板 10 の上に配置される。導電パターンの厚さは t である。

[0017] 導電パターンの形状は、幅 w 、長さ l の横パターン 12 と、同寸法の縦パターン 13 が十字を形成し、横パターン 12 と縦パターン 13 のそれぞれの端部には幅 h 、長さ b の電極パターン 4 が 4 つ形成される形状である。電極パターン 4 の幅 h 方向の端部は、隣接する同形状の単位セル 11 の電極パターン 4 と電極間距離 d の間隔を空けて対向する。

[0018] 横パターン 12 と縦パターン 13 のそれぞれはインダクタンス L を形成する。また、4 つの電極パターン 4 のそれぞれは、隣接する単位セル 11 の電極パターン 4 との間でキャパシタンス C を形成する。

[0019] このように単位セル 11 の形状は、単位セル 11 の周期 p 、横パターン 12 と縦パターン 13 の幅 w 、横パターン 12 と縦パターン 13 の長さ l 、電極パターン 4 の幅 h 、電極パターン 4 の長さ b 、各導電パターンの厚さ t 、

及び電極間距離 d によって特定される。

[0020] 以降、単位セル 1 1 の形状を特定するこれらのパラメータを構造パラメータと称する。この構造パラメータによって、単位セル 1 1 のインダクタンス L とキャパシタンス C は、次式で表せる。

[0021] [数1]

$$L = \mu_0 \frac{p}{2\pi} \log \frac{1}{\sin\left(\frac{\pi w}{2p}\right)} \quad (1)$$

$$C = \epsilon_0 \frac{2d}{\pi} \log \frac{1}{\sin\left(\frac{\pi d}{2p}\right)} + \epsilon_0 \frac{ht}{d} \quad (2)$$

[0022] ここで周期 p は、 $p = l + d + 2h$ で表せる。

[0023] なお、構造パラメータのそれぞれの値は、次のようにすると良い。インダクタンス L は、周期 p によって決定されるので、 l/p の値は例えば 0.7～0.9 程度にすると良い。またインダクタンス L の近似では、 $t \ll w$ を仮定しているので $t < 0.1w$ とすると良い。また、 $w \ll h \leq 0.1 \sim 0.3p$ 程度、 $d/p \geq 0.01$ 程度、 $w \ll h$ 、 $h/p > 0.3$ 程度にすると良い。

[0024] 共振周波数の理論値 f_{th} は次式で表せる。

[0025] [数2]

$$f_{th} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

[0026] 図 2 は、式 (3) で計算した共振周波数の理論値 f_{th} と、電磁界解析で求めた共振周波数を示す図である。共振周波数は、挿入損失 S_{21} の周波数特性で示す。図 2 において、実線は電磁界解析の結果、破線は理論値 f_{th} である。また、パラメータは、単位セル 1 1 の周期 p と入射波長 λ の比 p/λ とした。

[0027] 図 2 に示すように、電磁界解析の結果と理論値 f_{th} との間に乖離が見られ

る。その乖離は、パラメータの p/λ が大きくなるほど増加する。

[0028] 図3は、単位セル11の周期 p と入射波長 λ の比 p/λ と、電磁界解析で求めた共振周波数 f_a と理論値 f_{th} の比 f_a/f_{th} との関係を示す図である。図3に示すように $p/\lambda=0.1$ 付近から、共振周波数の理論値 f_{th} からの乖離が増え始め、単位セル11の周期 p が理論値 f_{th} の波長の1/4倍 (0.25) になると、電磁界解析で求めた共振周波数 f_a は理論値 f_{th} の70%程度になる。つまり、単位セル11を小さくすると理論値 f_{th} との乖離が大きくなる。

[0029] 本実施形態に係る周波数選択板設計装置100は、この乖離を小さくすることを目的とする。

[0030] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。複数の図面中同一のものには同じ参照符号を付し、説明は繰り返さない。

[0031] 〔第1実施形態〕

図4は、本発明の第1実施形態に係る周波数選択板設計装置の機能構成例を示すブロック図である。図4に示す周波数選択板設計装置100は、LC生成部20、補正共振点計算部30、及び特性計算部40を備える。

[0032] 周波数選択板設計装置100は、例えば、ROM、RAM、CPU等からなるコンピュータで実現される。各機能構成部をコンピュータによって実現する場合、各機能構成部が有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。

[0033] 図5は、周波数選択板設計装置100の処理手順を示すフローチャートである。図5も参照してその動作を説明する。

[0034] LC生成部20は、単位セル11の構造を表す構造パラメータを入力とする(ステップS1)。構造パラメータは、上記の単位セル11の周期 p 、横パターン12と縦パターン13の幅 w 、横パターン12と縦パターン13の長さ l 、電極パターン4の幅 h 、電極パターン4の長さ b 、各導電パターンの厚さ t 、及び電極間距離 d である。構造パラメータは、利用者によって入力される。各構造パラメータには、上記のように好ましい範囲がある。

[0035] 次に、LC生成部20は、入力された構造パラメータに基づいて、上記の

式（１）と式（２）に基づいてインダクタンス L とキャパシタ C を生成する（ステップ $S2$ ）。生成されたインダクタンス L とキャパシタ C は、補正共振点計算部 30 と特性計算部 40 に出力される。

[0036] 補正共振点計算部 30 は、補正回路を、外部から入力される計算回数 n 、 L C 生成部 20 で生成されたインダクタンス L とキャパシタンス C を入力として、インダクタンス L を計算回数 n で分割した分布インダクタンス L/n のそれぞれに仮想キャパシタンス C_v が並列に接続された伝送線路が、キャパシタンス C で終端される回路でモデル化する。モデル化した補正回路を図 6 に示す。

[0037] 図 6 に示すように、補正回路は、インダクタンス L を n 分割した分布インダクタンス L/n に仮想キャパシタ C_v が並列に接続されて伝送路化され、その伝送路の出力がキャパシタンス C で終端されて構成される。

[0038] 補正回路で生じる位相差 $\Delta\phi'$ は、電信方程式から次式によって定まる。

[0039] [数3]

$$\Delta\phi' = k'\Delta x = \omega \sqrt{\left(\frac{L}{n}\right) C_v} \quad (4)$$

[0040] ここで実際の位相差を、エルサレムクロス型の単位セルで考える。

[0041] 図 7 は、エルサレムクロス型の単位セルの平面を模式的に示す平面図である。図 7 に示すように、単位セル 11 の電極パターン 4 は、縦横に隣接する単位セルの電極パターン 4 との間でキャパシタンス C で結合する。

[0042] 図 7 において、単位セル 11 の中心に対して片方の半分の面を n 分割したときに発生する位相差は式（５）で表せる。

[0043] [数4]

$$\Delta\phi = k\Delta x = \frac{\pi p}{n\lambda} \quad (5)$$

[0044] なお、従来この位相差（式（５））は考慮されていなかった。そのために、単位セル１１を小さくすると理論値 f_{th} との乖離が大きくなる（図３）。

[0045] したがって、補正回路で生じる単位位相差 $\Delta\phi'$ と、実際の単位位相差 $\Delta\phi$ を等しくする（式（６））ようにすれば、適切な共振周波数を計算することが可能になる。

[0046] [数5]

$$\omega \sqrt{\left(\frac{L}{n}\right)} C_v = \frac{\pi p}{n\lambda} \quad (6)$$

[0047] 式（６）から仮想キャパシタンス C_v を求めると式（７）で表せる。

[0048] [数6]

$$C_v = \frac{1}{nL} \left(\frac{kp}{2\omega} \right)^2 \quad (7)$$

[0049] 自由空間の電磁波の分散関係 $k c_0 = \omega$ で伝搬する入射電磁波と結合することを踏まえると、次式（８）が得られる。

[0050] [数7]

$$C_v = \frac{1}{nL} \left(\frac{p}{2c_0} \right)^2 \quad (8)$$

[0051] ここで c_0 は真空中の光速である。つまり、周期 p とインダクタンス L と分割数 n が決定すれば、実特性を模擬した適切な周波数設計が可能になる。例えば、周期 $p=10\text{mm}$ 、 $n=50$ 、 $L=6.4\times 10^9\text{H}$ とすると、仮想キャパシタンス $C_v \doteq 0.0036\text{pf}$ となる。

[0052] また、単位セル１１の縦横の周期 p が同じ場合、TMモード、TEモードのどちらでも同じ位相差が発生するため同様に適用可能である。分割数 n は

、補正回路の分割数を表すため、大きくすると計算量は多くなるが、その分、精度を上げることができる。上記の位相整合条件導出には、十分に大きな数の分割数 n を仮定している。

[0053] 補正回路におけるインピーダンスを考えたとき、分割数 n が十分大きいと仮定し、 $k \Delta x = k$ と見る。そうすると、補正回路は、図 8 に示す伝送路で表すことができる。図 8 に示す伝送線路のインピーダンス Z' は次式で表せる。 Z_r は、キャパシタンス C のインピーダンスである。

[0054] [数8]

$$Z' = \frac{V}{I} = Z \frac{Z_r + jZ \tan\left(\frac{kp}{2}\right)}{Z + jZ_r \tan\left(\frac{kp}{2}\right)} \quad (9)$$

[0055] 共振条件 $Z' = 0$ より、補正共振周波数 f_c と、式 (3) で計算した補正前共振周波数 f_{th} との関係は、単位セル 11 の周期 p と共振波長の比 p/λ を用いて式 (10) で表せる。式 (10) は補正係数を意味する。

[0056] [数9]

$$\frac{f_c}{f_{th}} = \sqrt{\frac{\pi\left(\frac{p}{\lambda}\right)}{\tan\pi\left(\frac{p}{2}\right)}} \quad (10)$$

[0057] 単位セル 11 の構造パラメータを変化させて電磁界解析で求めた共振周波数と、式 (10) で求めた補正共振周波数 f_c の比較を行った。表 1 に、電磁界解析を行った単位セル 11 の構造パラメータを示す。

[0058]

[表1]

モデルNo.	l (mm)	h (mm)	p (mm)	d (mm)	C _v (fF)
1	7.0	6.0	10.0	1.0mm	0.069
2	7.5	6.0	10.0	0.5mm	0.138
3	7.0	6.5	10.0	1.0mm	0.074
4	12.5	10.0	15.0	0.5mm	0.023
5	12.6	10.0	15.0	0.4mm	0.029
8	12.5	11.0	15.0	0.5mm	0.025
7	12.6	11.0	15.0	0.4mm	0.032

[0059] 図9は、表1に示す構造パラメータの単位セル11を電磁界解析して求めた共振周波数をプロットし、式(10)の補正係数を実線で示す。図9の横軸は単位セル11の周期pと共振波長の比 p/λ 、縦軸は補正係数 f_c/f_{th} である。

[0060] 図9に示すように、理論曲線(式(10))と、電磁界解析して求めた共振周波数は良く一致する。このように補正係数は、補正前共振周波数 f_{th} と補正共振周波数 f_c を良く一致させる。

[0061] 特性計算部40は、LC生成部20で生成されたインダクタンスLとキャパシタンスC、及び補正共振点計算部30で計算された補正共振周波数 f_c を入力として、インダクタンスLとキャパシタンスCから補正前共振周波数 f_{th} を計算し、補正共振周波数 f_c を補正前共振周波数 f_{th} で除して補正係数を求め、補正前の反射損失と挿入損失にそれぞれ補正係数を乗じて補正後の反射損失と挿入損失を計算する(ステップS4)。

[0062] 補正前共振周波数 f_{th} は、インダクタンスLとキャパシタンスCからなるLC直列共振回路で構成されるインピーダンスZの4端子回路から S_{11} と S_{21} の周波数特性を算出する。図10は、4端子回路を示す図である。

[0063] S_{11} は端子1の反射損失(リターンロス)、 S_{21} は端子1から端子2への挿入損失(インサクションロス)を表す。図10に示す Z_0 は、自由空間の特性インピーダンスである。

[0064] 次に、特性計算部40は、補正前共振周波数 f_{th} の S_{11} と S_{21} の周波数軸に補正係数 f_c/f_{th} を乗じて補正後の共振周波数 f_c の S_{11} と S_{21} を計算する。この方法によれば、 L/C の値を一定に保ち曲線の外形を変化させない。

[0065] 図11は、補正前共振周波数 f_{th} の S_{21} に補正係数 f_c/f_{th} を乗じて補正後の共振周波数 f_c の S_{21} を計算する様子を模式的に示す図である。実験結果を実線、シミュレーション結果を破線で示す。

[0066] 図11に示すように、補正後の共振周波数は、実験結果の周波数（実線）に近づいていることが分かる。

[0067] 以上説明したように、本実施形態に係る周波数選択板設計装置100は、共振器の単位セル11を平面上に配列した周波数選択板の設計を支援する周波数選択板設計装置であって、単位セル11の構造を表す構造パラメータを入力として該単位セル11のインダクタンス L とキャパシタンス C を生成する LC 生成部20と、外部から入力される計算回数 n 、インダクタンス L 、及びキャパシタンス C を入力として、補正回路を、インダクタンス L を計算回数 n で分割した分布インダクタンスのそれぞれに仮想キャパシタンス C_v が並列に接続された伝送線路がキャパシタンス C で終端される回路でモデル化し、仮想キャパシタンス C_v は単位セル11で生じる位相差と伝送線路で生じる位相差を整合させるものである補正回路のインピーダンスから補正共振周波数 f_c を計算する補正共振点計算部30と、インダクタンス L 、キャパシタンス C 、及び補正共振周波数 f_c を入力とし、インダクタンス L とキャパシタンス C から補正前共振周波数 f_{th} を計算し、補正共振周波数 f_c を補正前共振周波数 f_{th} で除して補正係数 f_c/f_{th} を求め、補正前の反射損失 S_{11} と挿入損失 S_{21} にそれぞれ補正係数 f_c/f_{th} を乗じて補正後の反射損失 S_{11} と挿入損失 S_{21} を計算する特性計算部40とを備える。

[0068] これにより、周波数選択板の構造パラメータからその周波数特性を精度良く推定することが出来る。

[0069] 〔第2実施形態〕

図12は、本発明の第2実施形態に係る周波数選択板設計装置の機能構成

例を示すブロック図である。図 12 に示す周波数選択板設計装置 200 は、構造パラメータ再設定部 240 を備える点で周波数選択板設計装置 100 (図 4) と異なる。

[0070] 図 13 は、周波数選択板設計装置 200 の処理手順を示すフローチャートである。周波数選択板設計装置 200 の処理手順は、周波数選択板設計装置 100 の処理手順に対してステップ S5 以降の手順が追加される点で異なる。

[0071] 構造パラメータ再設定部 250 は、特性計算部 40 で計算された補正後の反射損失 S_{11} 及び挿入損失 S_{21} の共振周波数 f_c と、外部から入力される所望の共振周波数 f_0 との差分を計算する (ステップ S5)。

[0072] 構造パラメータ再設定部 250 で計算された差分が、所定量よりも小さければ、周波数選択板設計装置 200 は動作を終了する (ステップ S6 の NO)。また、差分が所定量よりも大きければ差分が小さくなるように構造パラメータを再設定する (ステップ S7)。

[0073] 再設定は、横パターン 12 と縦パターン 13 の幅 w 、横パターン 12 と縦パターン 13 の長さ l 、電極パターン 4 の幅 h 、電極パターン 4 の長さ b 、各導電パターンの厚さ t 、及び電極間距離 d の何れかを新たに設定する。差分が大きい場合は、キャパシタンス C を決める構造パラメータを再設定する。差分を微調整する場合は、インダクタンス L を決める構造パラメータを再設定する。

[0074] 差分が大きい場合は、電極間距離 d を変更する。また、差分が小さい場合は、横パターン 12 と縦パターン 13 の長さ l 又は電極パターン 4 の長さ b を変更する。

[0075] 変更方法は、周波数を低くする場合は、横パターン 12 と縦パターン 13 の長さ l を大きく、電極間距離 d を小さく、電極パターン 4 の長さ b を大きくの何れか又はその全部を行う。周波数を高くする場合は、その逆を行う。

[0076] 構造パラメータが再設定された後は、差分が所定量よりも小さくなるまでステップ S3 ~ S7 を繰り返す。この差分を最適化するアルゴリズムには、

例えば遺伝アルゴリズム（GA）等の既存のアルゴリズムを用いることができる。

[0077] 以上述べたように、本実施形態に係る周波数選択板設計装置200は、特性計算部40で計算された補正後の反射損失と挿入損失、及び外部から入力される所望の共振周波数を入力とし、補正後の共振周波数 f_c と所望の共振周波数 f_o の差を求め、該差から構造パラメータを再設定する構造パラメータ再設定部250を備え、構造パラメータ再設定部250は、差が所定の大きさになるまで構造パラメータの再設定を繰り返す。これにより、周波数選択板の周波数特性の精度を高めることができる。

[0078] 以上説明したように本実施形態に係る周波数選択板設計装置100、200によれば、周波数選択板の周波数特性を定量的に推定することができる。なお、上記の実施形態の説明において、導電パターンの形状は、エルサレムクロス型（図1）の例で説明したが、本発明はこれらの例に限定されない。構造パラメータによってインダクタンスL及びキャパシタCが定式化できれば、本発明を適用することができる。

[0079] このように、本発明はここでは記載していない様々な実施形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

符号の説明

- [0080] 1、2：端子
10：誘電体基板
11：単位セル
20：LC生成部
30：補正共振点計算部
40：特性計算部
100、200：周波数選択板設計装置
250：構造パラメータ再設定部

請求の範囲

[請求項1] 共振器の単位セルを平面上に配列した周波数選択板の設計を支援する周波数選択板設計装置であって、

前記単位セルの構造を表す構造パラメータを入力として該単位セルのインダクタンスとキャパシタンスを生成するLC生成部と、

外部から入力される計算回数、前記インダクタンス、及び前記キャパシタンスを入力として、補正回路を、前記インダクタンスを前記計算回数で分割した分布インダクタンスのそれぞれに仮想キャパシタンスが並列に接続された伝送線路が前記キャパシタンスで終端される回路でモデル化し、前記仮想キャパシタンスは前記単位セルで生じる位相差と前記伝送線路で生じる位相差を整合させるものである前記補正回路のインピーダンスから補正共振周波数を計算する補正共振点計算部と、

前記インダクタンス、前記キャパシタンス、及び前記補正共振周波数を入力とし、前記インダクタンスと前記キャパシタンスから補正前共振周波数を計算し、前記補正共振周波数を前記補正前共振周波数で除して補正係数を求め、補正前の反射損失と挿入損失にそれぞれ前記補正係数を乗じて補正後の反射損失と挿入損失を計算する特性計算部と

を備えることを特徴とする周波数選択板設計装置。

[請求項2] 前記単位セルは、

誘電体基板の上に十字状の導電パターンを形成したものであって、十字を形成する横パターンと縦パターンは、それぞれの方向に所定の長さ延長され、その所定の長さ延長された先は直交する誘電体基板上の両方向に、前記横パターン及び前記縦パターンの幅よりも太い幅の導電パターンが所定の長さ延長された導電パターンを備え、

前記構造パラメータは、当該導電パターンの形状を特定するものである

ことを特徴とする請求項 1 に記載の周波数選択板設計装置。

[請求項3]

前記分布インダクタンスは、前記インダクタンスを前記計算回数の n で等分割した値であり、

前記仮想キャパシタンスは、前記単位セルの中心に対して片方の半分の表面を前記 n で分割した場合に発生する位相差と、前記伝送線路の単位位相差とを等しくする位相整合条件から求めた値であり、

前記補正共振周波数は、計算された複数の共振周波数の中で最も低い共振周波数である

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の周波数選択板設計装置。

[請求項4]

前記補正前共振周波数は、

前記インダクタンスと前記キャパシタンスを直列に接続させた LC 直列共振回路の共振周波数である

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の周波数選択板設計装置。

[請求項5]

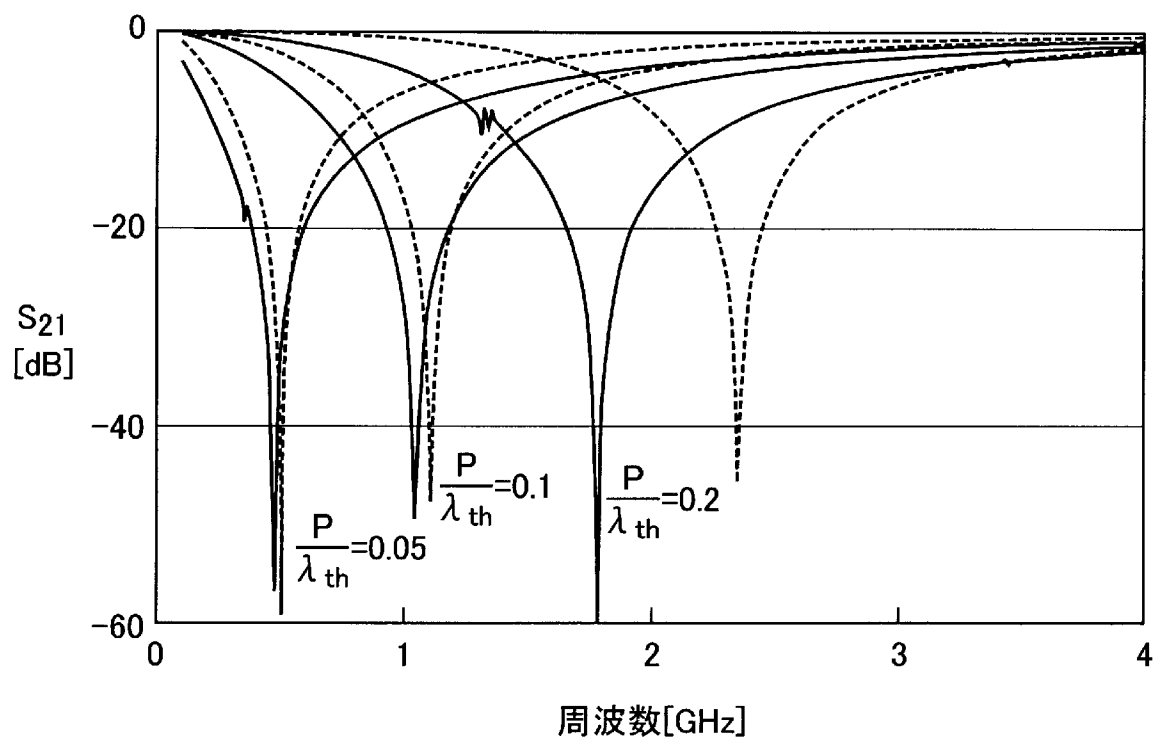
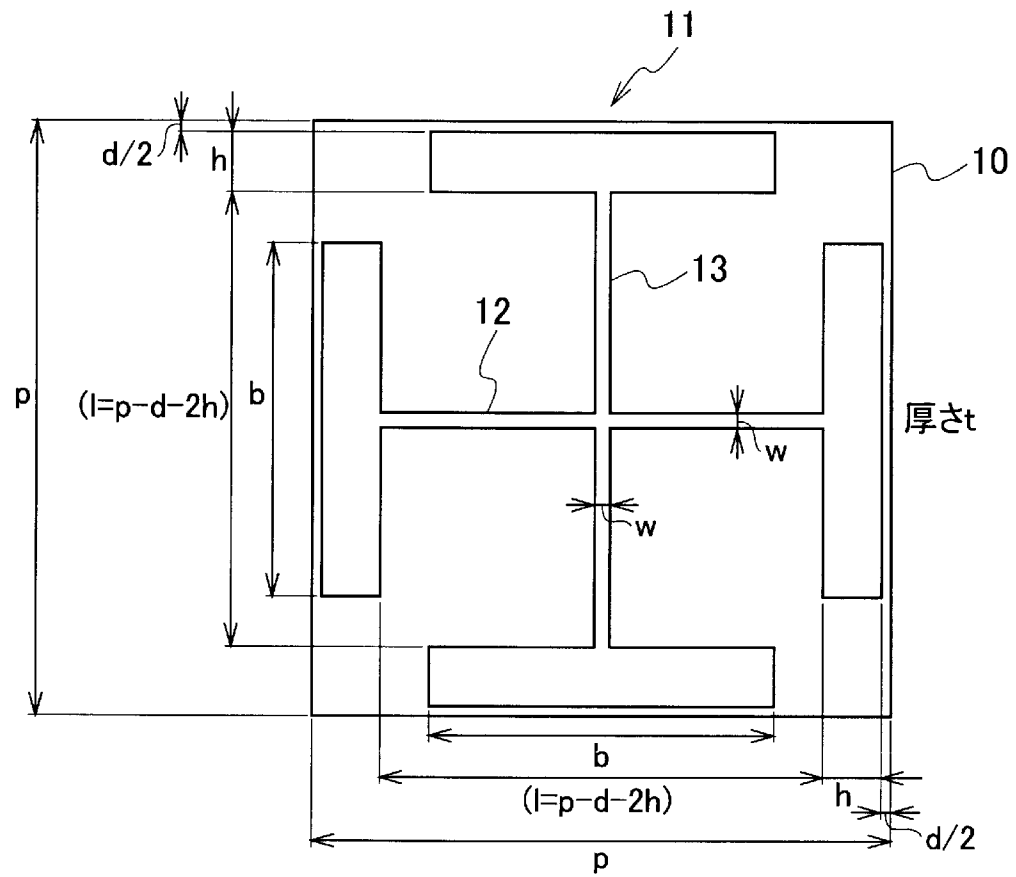
前記特性計算部で計算された補正後の反射損失と挿入損失、及び外部から入力される所望の共振周波数を入力とし、補正後の共振周波数と前記所望の共振周波数の差を求め、該差から前記構造パラメータを再設定する構造パラメータ再設定部を

備え、

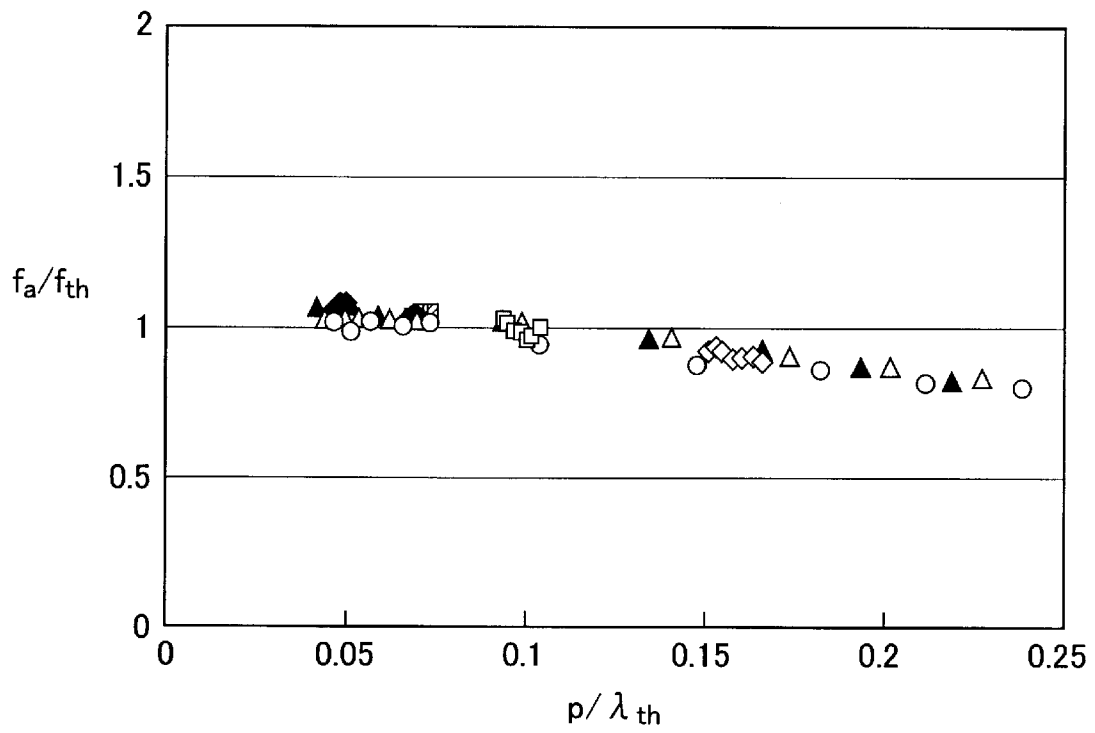
前記構造パラメータ再設定部は、

前記差が所定の大きさになるまで前記構造パラメータの再設定を繰り返す

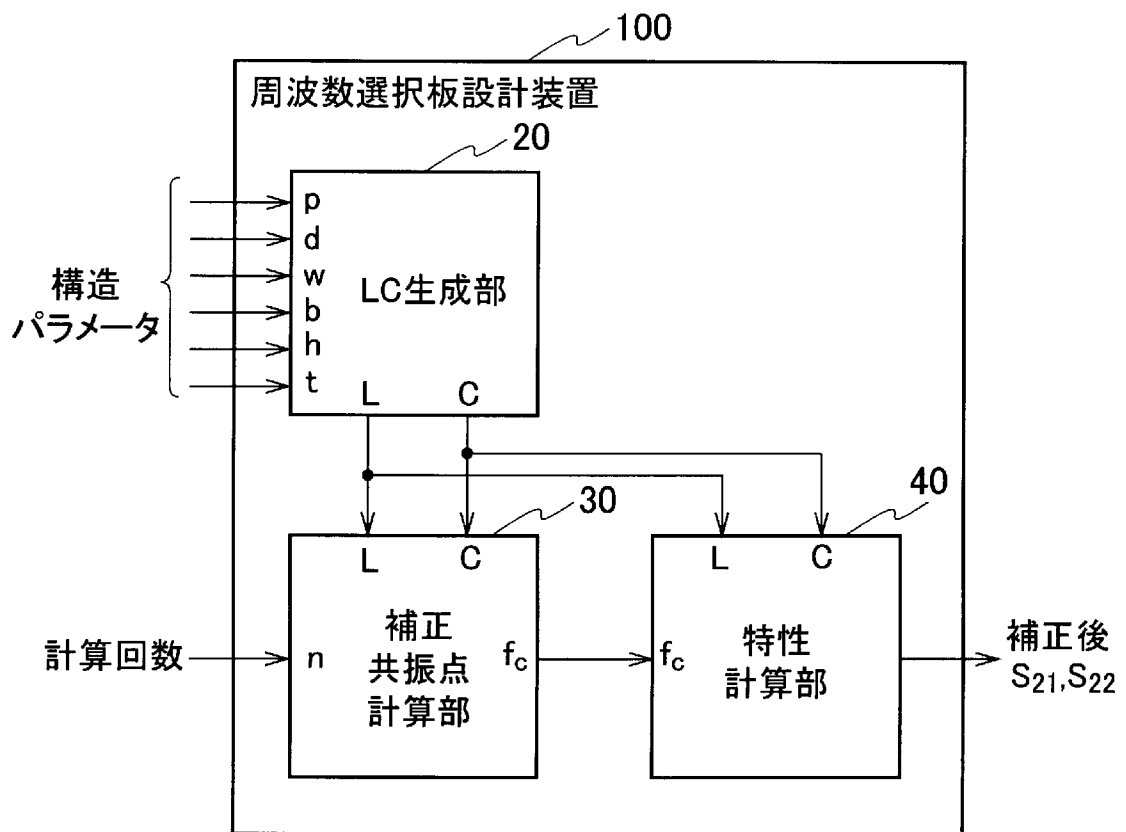
ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の周波数選択板設計装置。



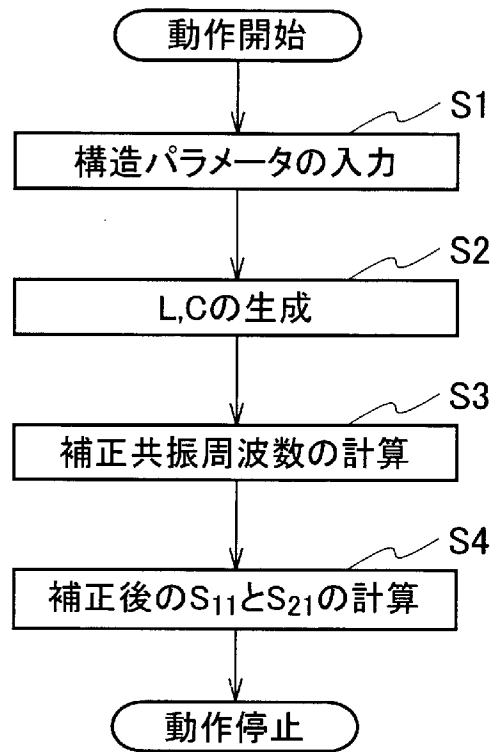
[図3]



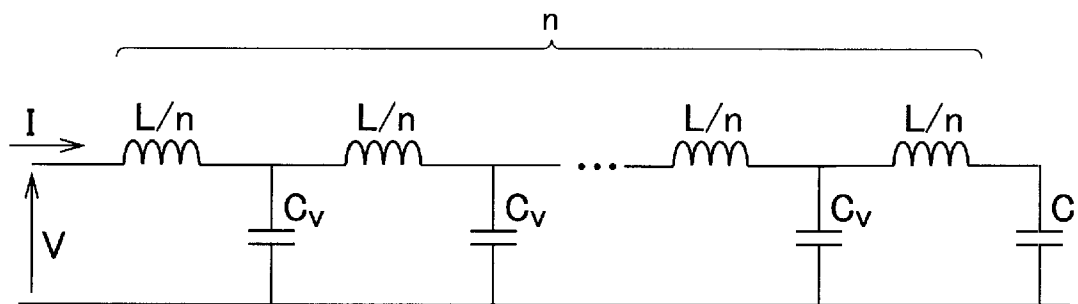
[図4]



[図5]

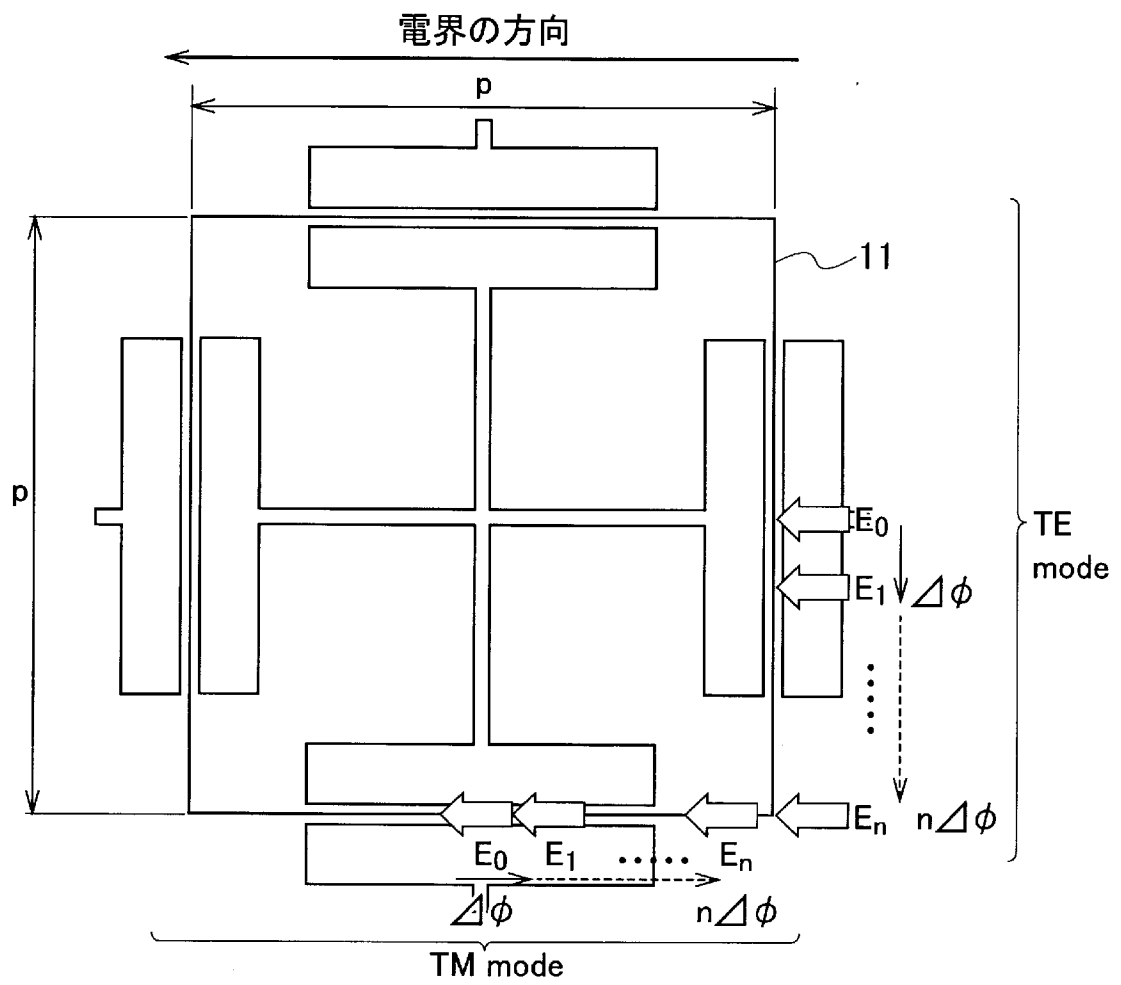


[図6]

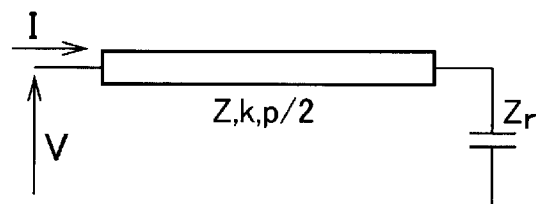


$$\Delta\phi' = k' \Delta x = \omega \sqrt{(L/n)C_v}$$

[図7]



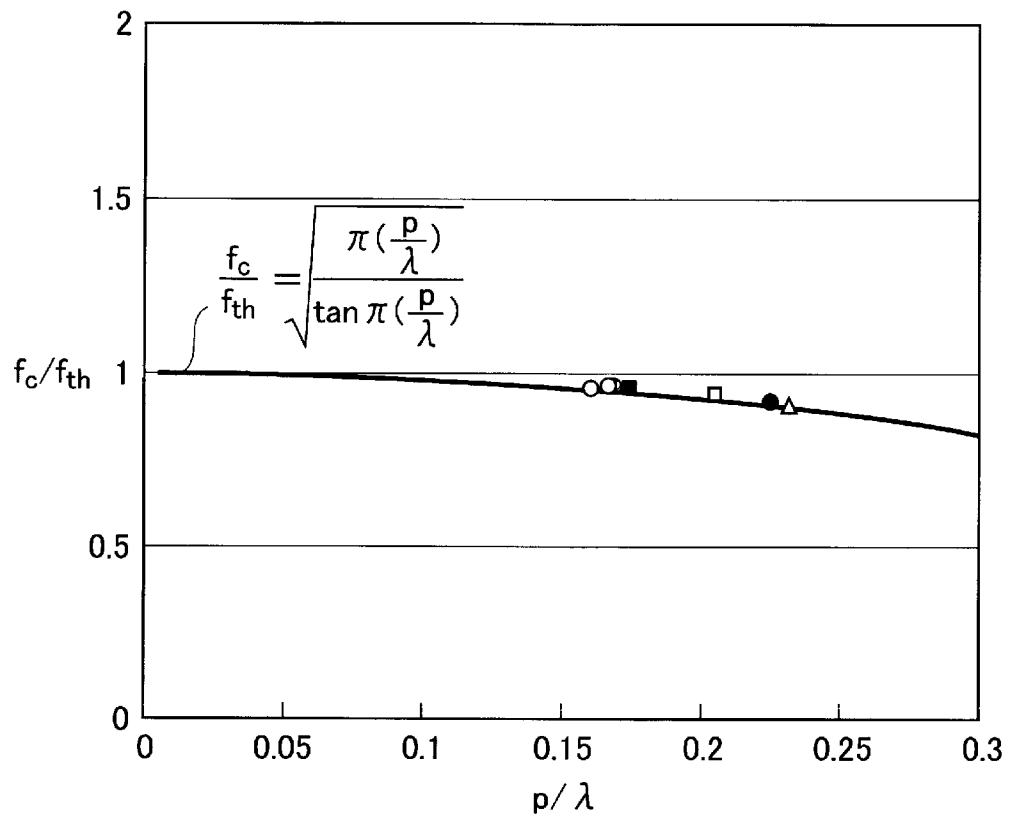
[図8]



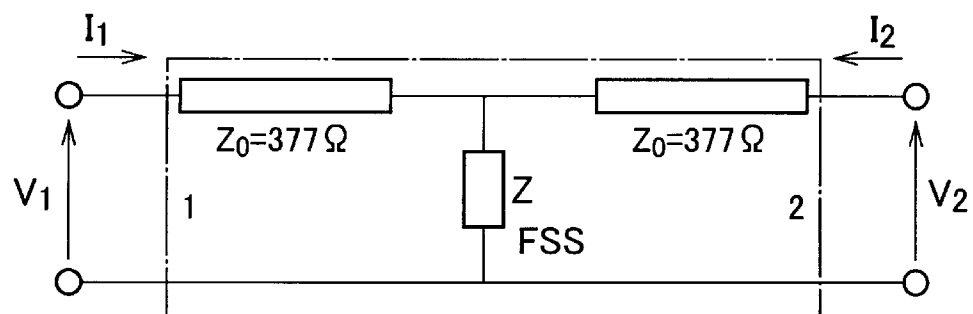
$$Z = \sqrt{(L/n)C_v}$$

$$k = \omega \sqrt{(L/n)C_v}$$

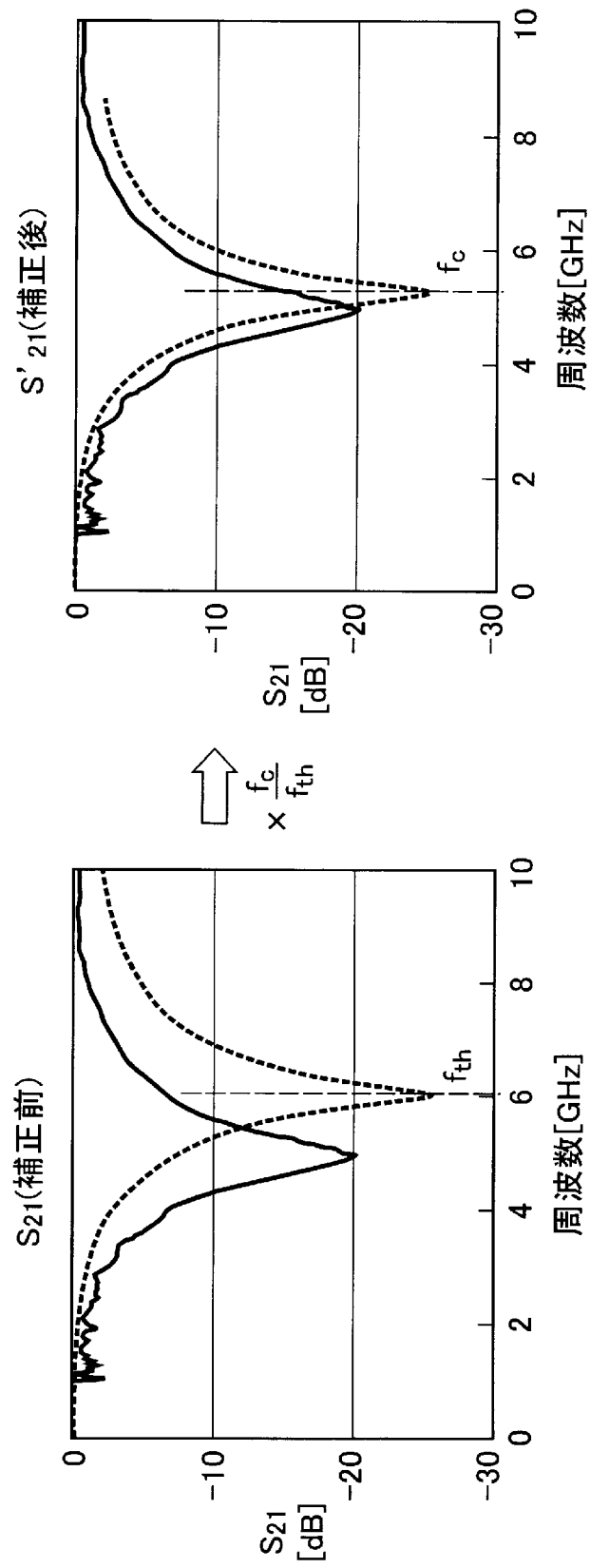
[図9]



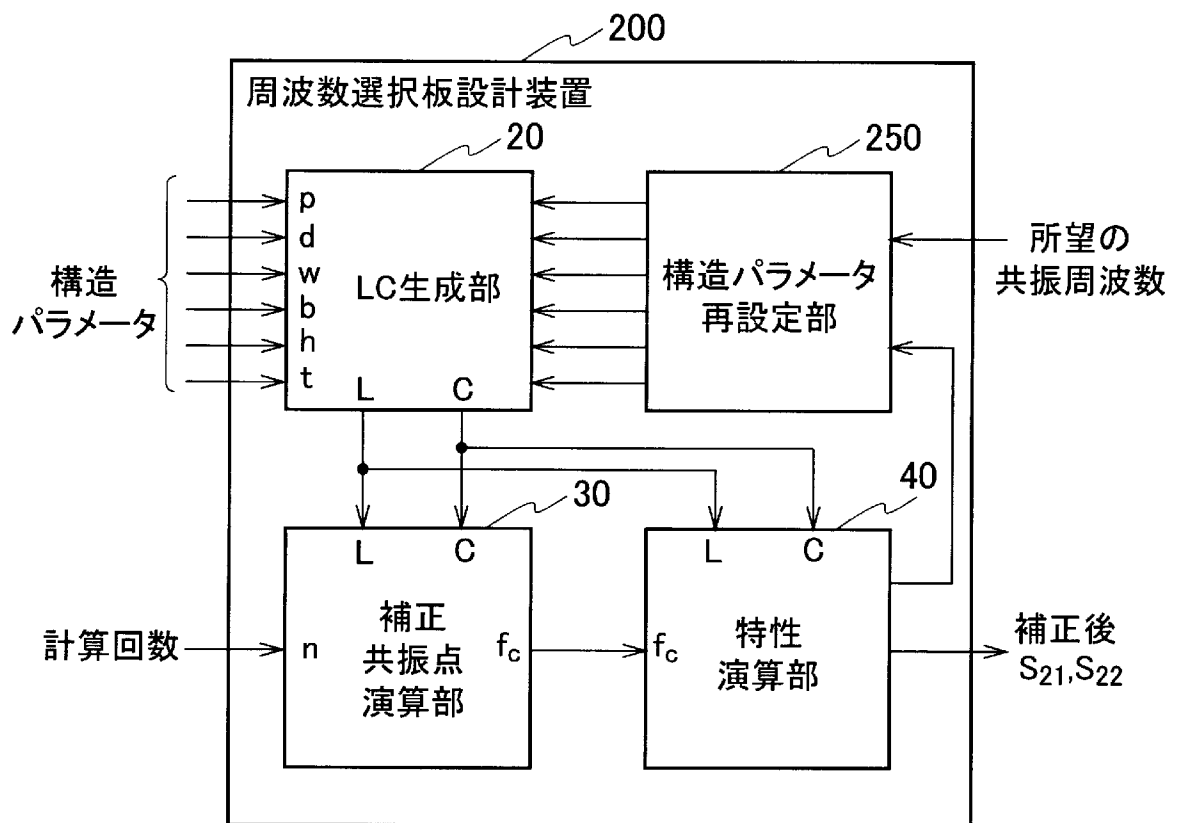
[図10]



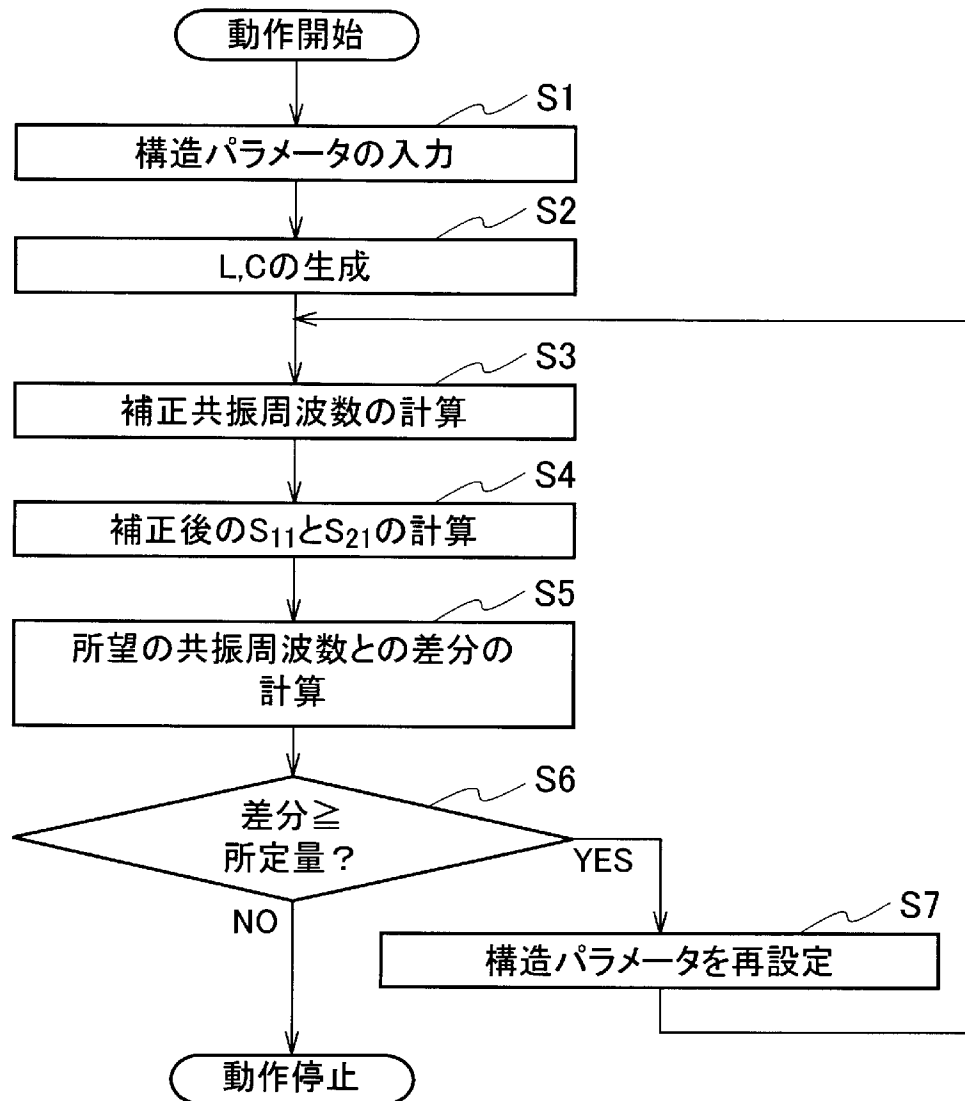
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/040738

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01Q15/14 (2006.01) i, G06F17/50 (2006.01) 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)

Int. Cl. H01Q15/14, G06F17/50

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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	CHEN et al., Fast Design of Jerusalem-Cross Parameters by Equivalent circuit Model and Least-Square Curve Fitting Technique, ACES JOURNAL, vol. 30, no. 7, July 2015, pp. 717-730	1-5
A	US 2008/0062059 A1 (FRENI et al.) 13 March 2008, & EP 1881556 A1	1-5
A	JP 2014-155102 A (THE YOKOHAMA RUBBER CO., LTD.) 25 August 2014 (Family: none)	1-5

☐ 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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11.11.2019

Date of mailing of the international search report
19.11.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01Q15/14(2006.01)i, G06F17/50(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. H01Q15/14, G06F17/50

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使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）

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	CHEN et al., Fast Design of Jerusalem-Cross Parameters by Equivalent circuit Model and Least-Square Curve Fitting Technique, ACES JOURNAL, Vol.30, No.7, 2015.07, p.717-730	1-5
A	US 2008/0062059 A1 (FRENI et al.) 2008.03.13, & EP 1881556 A1	1-5
A	JP 2014-155102 A (横浜ゴム株式会社) 2014.08.25, (ファミリーなし)	1-5

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

「L」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

「T」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

11.11.2019

国際調査報告の発送日

19.11.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

新田 亮

5 K

3857

電話番号 03-3581-1101 内線 3556