

(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
2019年6月6日(06.06.2019)



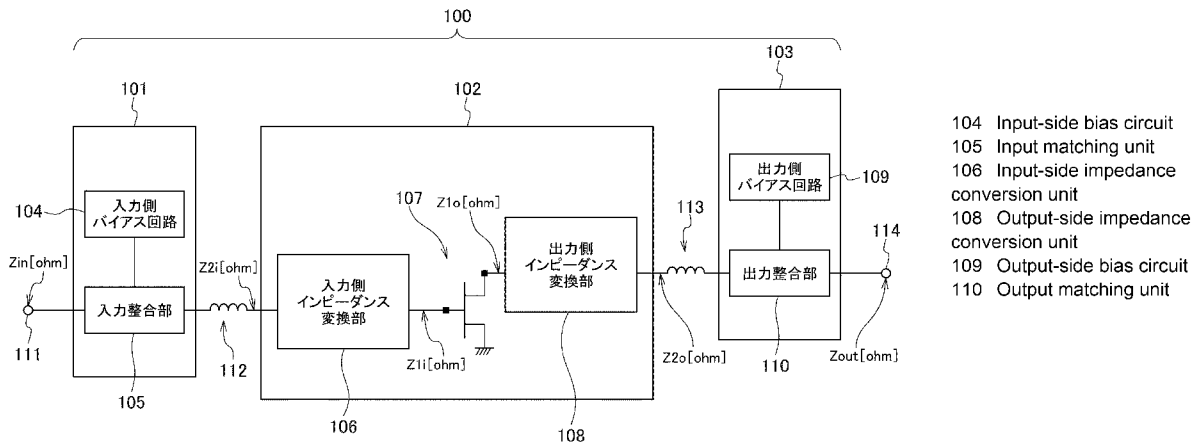
(10) 国際公開番号

WO 2019/106909 A1

- (51) 国際特許分類:
H03F 3/24 (2006.01) *H03F 3/60* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/033733
- (22) 国際出願日: 2018年9月12日(12.09.2018)
- (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 2017-229882 2017年11月30日(30.11.2017) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 川村 昂 (KAWAMURA Takashi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 佐藤 正啓 (SATO Masahiro); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 渡邊 薫 (WATANABE Kaoru); 〒1080074 東京都港区高輪2丁目20番29号 サクセス泉岳寺ビル3階 薫風国際特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: HIGH FREQUENCY AMPLIFIER, ELECTRONIC DEVICE, AND COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: 高周波増幅器、電子機器および通信機器



(57) Abstract: Provided is a high frequency amplifier in which a circuit board can be miniaturized to reduce costs. The high frequency amplifier is provided with: a first board having a matching unit; and a second board having a transistor and a first impedance conversion unit which are connected to each other, wherein the matching unit of the first board and the first impedance conversion unit are connected to each other via a first connection unit. Also, the high frequency amplifier is further provided with a third board having a matching unit, the second board is further provided with a second impedance conversion unit connected to a transistor, and the second impedance conversion unit and the matching unit of the third board can be connected to each other via a second connection unit.

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))

(57) 要約：回路基板を小型化してコストを削減できる高周波増幅器を提供すること。高周波増幅器は、整合部を有する第1基板と、互いに接続されたトランジスタおよび第1のインピーダンス変換部を有する第2基板と、を備え、第1基板の整合部と第1のインピーダンス変換部とが第1の接続部を介して接続されている。また、高周波増幅器は、整合部を有する第3基板をさらに備え、第2基板は、トランジスタに接続された第2のインピーダンス変換部をさらに有し、第2のインピーダンス変換部と第3基板の整合部とが第2の接続部を介して接続されていてもよい。

明 細 書

発明の名称：高周波増幅器、電子機器および通信機器

技術分野

[0001] 本技術は、高周波増幅器、電子機器および通信機器に関し、特に、インピーダンスを整合する構成を備える高周波増幅器の技術に関する。

背景技術

[0002] 近年開発が進められている第5世代移動通信システム（5G）用のアンテナ側の送受信端回路であるフロントエンド回路では、5G向けの電力増幅器（PA）が、GaAs基板やGaN基板等の半導体チップ上に、例えば50Ωまでの整合回路を含めて実装されている。

[0003] このような電力増幅器は、消費電力が大きいため、低消費電力化および発熱抑制の観点から、高効率化が重要である。特に、5Gで使われるような高周波数（例えば、28GHzなど）では、トランジスタの性能が悪化するため、電力増幅器の高効率化はより重要となる。ところが、トランジスタの入出力インピーダンスを増幅器の入出力インピーダンス（一般に50Ω）まで変換する整合部が半導体チップ内にあり、チップサイズの大半を占めていることから整合回路のサイズが大きく、より高性能とされるGaN基板等の高価な材料を使う場合にコストが嵩むこととなる。

[0004] この半導体チップサイズの低減による低コスト化を図る手法としては、例えば、整合回路を別基板に形成し、その別基板と半導体チップとの接続部として使用する、ワイヤやバンプのバラつきを調整することが知られている。

[0005] ここで、半導体チップのワイヤのバラつきを調整する技術の一例として、特許文献1には、誘導体基板上に形成された入力整合回路および出力整合回路と、上記入力整合回路からの信号を増幅して、上記出力整合回路へ出力するトランジスタとを有する集積回路のマイクロ波増幅器において、上記トランジスタの接地端子に接続される誘導性リアクタンス回路を、上記誘導体基板上にマイクロ波の伝搬方向と垂直に設けられるストリップ導体と金属細線

とを含み構成したことを特徴とするマイクロ波増幅器が開示されている。

[0006] また、特許文献2には、入力側及び出力側に整合回路が接続されたトランジスタと、上記トランジスタと入力側の整合回路間に挿入されたプリマッチ回路とを備えたマイクロ波増幅器において、上記プリマッチ回路の特性インピーダンスと線路長が所定の関係を満足するように、その特性インピーダンスと線路長を設定することを特徴とするマイクロ波増幅器が開示されている。

[0007] また、特許文献3には、マイクロ波集積回路が設けられた半導体素子と、前記半導体素子が接合された金属板と、前記半導体素子を囲みかつ前記金属板に接合された絶縁体枠部と、前記絶縁体枠部に設けられかつ 50Ω の特性インピーダンスを有する第1の伝送線路と、を有する実装部材と、前記半導体素子と前記第1の伝送線路との間の前記金属板上に配置され、 50Ω の特性インピーダンスを有する第2の伝送線路と、前記第2の伝送線路から離間して配置され前記第2の伝送線路の中央部に接続可能な容量性スタブと、を有する中継基板と、前記第1の伝送線路の内部端と、前記第2の伝送線路の第1の端部と、を接続する第1のボンディングワイヤと、前記半導体素子の第1の電極と、前記第2の伝送線路の前記第1の端部とは反対の側の第2の端部と、を接続する第2のボンディングワイヤと、を備えた高周波半導体装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開平02-079607号公報

特許文献2：特開2002-064346号公報

特許文献3：特開2017-055224号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、特許文献1から3で提案された技術では、回路基板を小型

化してコストを削減する技術のさらなる向上が図れないおそれがある。

[0010] そこで、本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、回路基板を小型化してコストを削減できる高周波増幅器を提供することを主目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を解決するために、本技術の一例である高周波増幅器は、整合部を有する第1基板と、互いに接続されたトランジスタおよび第1のインピーダンス変換部を有する第2基板と、を備え、第1基板の整合部と第1のインピーダンス変換部とが第1の接続部を介して接続されている。また、本技術の一例である高周波増幅器は、整合部を有する第3基板をさらに備え、第2基板は、トランジスタに接続された第2のインピーダンス変換部をさらに有し、第2のインピーダンス変換部と第3基板の整合部とが第2の接続部を介して接続されている。

[0012] また、本技術の一例である電子機器は、入力信号または出力信号を増幅し、整合部を有する第1基板と、互いに接続されたトランジスタおよび第1のインピーダンス変換部を有する第2基板と、を備え、第1基板の整合部と第1のインピーダンス変換部とが第1の接続部を介して接続されている高周波増幅器を備えている。

[0013] また、本技術の一例である通信機器は、送信信号または受信信号を増幅し、整合部を有する第1基板と、互いに接続されたトランジスタおよび第1のインピーダンス変換部を有する第2基板と、を備え、第1基板の整合部と第1のインピーダンス変換部とが第1の接続部を介して接続されている高周波増幅器を備えている。

発明の効果

[0014] 本技術によれば、回路基板を小型化してコストを削減できる高周波増幅器を提供することができる。なお、本技術の効果は、必ずしも上記の効果に限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本技術に係る第1実施形態の高周波増幅器を示す回路構成図である。
- [図2]図1の高周波増幅器を流れる信号を示す回路構成図である。
- [図3]図1の高周波増幅器の出力側インピーダンス変換部を示す模式図である。
- 。
- [図4]図1の高周波増幅器内のインピーダンスの動きを示すスミスチャート図である。
- [図5]本技術に係る第2実施形態の高周波増幅器を示す回路構成図である。
- [図6]図5の高周波増幅器の出力側インピーダンス変換部を示す模式図である。
- 。
- [図7]図5の高周波増幅器内のインピーダンスの動きを示すスミスチャート図である。
- [図8]スミスチャートとアドミタンスチャートの関係を示す図である。(A)はスミスチャート図であり、(B)はアドミタンスチャート図である。
- [図9]接続部の挿入損失劣化量とインピーダンス実部との関係を示すグラフである。
- [図10]従来技術を適用した高周波増幅器の接続部のワイヤ長の変化量と通過特性との関係を示すグラフである。
- [図11]本技術を適用した高周波増幅器の接続部のワイヤ長の変化量と通過特性との関係を示すグラフである。
- [図12]本技術を適用した高周波増幅器の使用例を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0016] 以下、本技術を実施するための好適な形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本技術の代表的な実施形態の一例を示したものであり、これにより本技術の範囲が狭く解釈されることはない。また、本技術は、下記の各実施形態およびその変形例のいずれかを互いに組み合わせることもできる。

- [0017] なお、説明は以下の順序で行う。

1. 第1実施形態の高周波増幅器
 - (1-1) 高周波増幅器の回路構成例
 - (1-2) 高周波増幅器の動作例
 - (1-3) インピーダンス変換部の構成例
 - (1-4) インピーダンスの動き
2. 第2実施形態の高周波増幅器
 - (2-1) 高周波増幅器の回路構成例
 - (2-2) インピーダンス変換部の構成例
 - (2-3) インピーダンスの動き
 - (2-4) インピーダンスとアドミタンスとの関係
3. 本技術を適用した高周波増幅器の実施例
4. 第3実施形態の電子機器
5. 第4実施形態の通信機器
6. 本技術を適用した高周波増幅器の使用例

[0018] <1. 第1実施形態の高周波増幅器>

図1から図4を用いて、本技術に係る第1実施形態の高周波増幅器について説明する。本実施形態の高周波増幅器は、例えば、第5世代移動通信システム（5G）用のアンテナ側の送受信端回路であるフロントエンド回路に用いることができる高周波増幅器である。

[0019] (1-1) 高周波増幅器の回路構成例

まず、図1を用いて、本実施形態に係る高周波増幅器の回路構成の一例について説明する。図1は、本実施形態の高周波増幅器を示す回路構成図である。図1に示すように、本実施形態の高周波増幅器100は、入力側の外部基板である第1基板101と、半導体チップからなる回路基板の第2基板102と、出力側の外部基板である第3基板103と、を備えている。

[0020] 第1基板101は、入力側バイアス回路104と、入力側バイアス回路104と電氣的に接続されている入力整合部105と、を有している。入力側バイアス回路104は、入力側のバイアス電圧またはバイアス電流を加える

ための電子回路である。入力整合部 105 は、入力側のインピーダンスと回路内のインピーダンスとを、例えば 50 Ω に整合させる構成である。

[0021] 第2基板 102 は、第1のインピーダンス変換部である入力側インピーダンス変換部 106 と、トランジスタ 107 と、第2のインピーダンス変換部である出力側インピーダンス変換部 108 と、を有している。入力側インピーダンス変換部 106 は、トランジスタ 107 のゲート端子と電氣的に接続されている。トランジスタ 107 のドレイン端子は、出力側インピーダンス変換部 108 と電氣的に接続され、トランジスタ 107 のソース端子は、グランドに接続されている。入力側インピーダンス変換部 106 および出力側インピーダンス変換部 108 は、高周波増幅器 100 の入力インピーダンス Z_{in} および高周波増幅器 100 の出力インピーダンス Z_{out} とトランジスタ 107 のインピーダンスとを整合させる構成である。

[0022] 第3基板 103 は、出力側バイアス回路 109 と、出力側バイアス回路 109 と電氣的に接続されている出力整合部 110 と、を有している。出力側バイアス回路 109 は、出力側のバイアス電圧またはバイアス電流を加えるための電子回路である。出力整合部 110 は、回路内のインピーダンスと出力側のインピーダンスとを、例えば 50 Ω に整合させる構成である。

[0023] 高周波増幅器 100 の入力端子 111 は、入力整合部 105 の一端と接続されている。入力整合部 105 の他端は、第1の接続部である入力側接続部 112 を介して入力側インピーダンス変換部 106 と接続されている。また、出力側インピーダンス変換部 108 は、第2の接続部である出力側接続部 113 を介して出力整合部 110 の一端と接続されている。出力整合部 110 の他端は、高周波増幅器 100 の出力端子 114 と接続されている。入力側接続部 112 および出力側接続部 113 には、例えば、ワイヤやバンプ等が使用される。このように、高周波増幅器 100 は、入力側インピーダンス変換部 106 および／または出力側インピーダンス変換部 108 によってトランジスタの出力インピーダンス実部を高くしてから入力側接続部 112 ／または出力側接続部 113 を接続し、接続部の影響を低減している。

[0024] (1-2) 高周波増幅器の動作例

次に、図1および図2を用いて、本実施形態に係る高周波増幅器の動作の一例について説明する。図2は、本実施形態の高周波増幅器を流れる信号を示す回路構成図である。

[0025] 図2に示すように、本実施形態の高周波増幅器100では、例えば、ミキサや直交変調器などからRF信号201が入力端子111を介して入力整合部105に入力される。入力整合部105に入力されたRF信号201は、入力側接続部112を介して入力側インピーダンス変換部106に入力され、入力側インピーダンス変換部106からトランジスタ107を介して増幅され、出力側インピーダンス変換部108に入力される。出力側インピーダンス変換部108に増幅されて入力されたRF信号201は、出力側接続部113を介して出力整合部110に入力される。そして、出力整合部110に入力されたRF信号201は、出力端子114を介して、例えば、アンテナに出力される。

[0026] 図1および図2に示すように、本実施形態では、トランジスタ107の入力インピーダンスを Z_{1i} [ohm] とし、入力側接続部112の第2基板102側の端点のインピーダンスを Z_{2i} [ohm] とし、高周波増幅器100の入力インピーダンスを Z_{in} [ohm] としている。また、本実施形態では、トランジスタ107の出力インピーダンスを Z_{1o} [ohm] とし、出力側接続部113の第2基板102側の端点のインピーダンスを Z_{2o} [ohm] とし、高周波増幅器100の出力インピーダンスを Z_{out} [ohm] としている。

[0027] ここで、インピーダンス Z の実部を $\text{Re}(Z)$ とすると、高周波増幅器100は、

$$\text{Re}(Z_{1i}) < \text{Re}(Z_{2i}) < \text{Re}(Z_{in}) \cdots (\text{式1})$$

または、

$$\text{Re}(Z_{1o}) < \text{Re}(Z_{2o}) < \text{Re}(Z_{out}) \cdots (\text{式2})$$

の少なくとも一方を満たしている。

例えば、 $Z_{1i}=5-5j[\Omega]$ 、 $Z_{in}=50[\Omega]$ なら、(式1)より、 $5 < \text{Re}(Z_{2i})$

＜50であれば良い。

[0028] さらに、高周波増幅器100は、

$$0.1 * \text{Re}(Z_{in}) < \text{Re}(Z_{2i}) < 0.9 * \text{Re}(Z_{in}) \dots (\text{式3})$$

または、

$$0.1 * \text{Re}(Z_{out}) < \text{Re}(Z_{2o}) < 0.9 * \text{Re}(Z_{out}) \dots (\text{式4})$$

の少なくとも一方を満たしている。

例えば、 $Z_{in}=50[\Omega]$ なら、(式3)より、 $5 < \text{Re}(Z_{2i}) < 45$ であれば良い。

[0029] (1-3) インピーダンス変換部の構成例

次に、図3を用いて、本実施形態に係る第2基板102の出力側インピーダンス変換部108の構成の一例について説明する。図3は、本実施形態の高周波増幅器の出力側インピーダンス変換部を示す模式図である。

[0030] 出力側インピーダンス変換部108は、伝送線路301と、伝送線路301と電氣的に接続されている容量性素子302と、を備えている。伝送線路301は、出力側インピーダンス変換部108のトランジスタ側入力端子303と接続部側出力端子304との間に直列接続されている。容量性素子302は、伝送線路301と接続部側出力端子304との間で分岐して接続されている。容量性素子302の構成例としては、MIM容量+Backside VIAや容量性オープンスタブ等がある。

[0031] ここで、一例として、高周波増幅器100のインピーダンスを、 $\text{Re}(Z_{1o})=10\Omega$ 、 $\text{Re}(Z_{2o})=30\Omega$ 、 $\text{Re}(Z_{out})=50\Omega$ とすると、トランジスタ側入力端子303のインピーダンスは、 $10-j*10[\text{ohm}]$ であり、接続部側出力端子304のインピーダンスは、 $30-j*10[\text{ohm}]$ である。

[0032] (1-4) インピーダンスの動き

次に、図4を用いて、本実施形態に係る高周波増幅器100内のインピーダンスの動きの一例について説明する。図4は、本実施形態の出力側インピーダンス変換部108のインピーダンスの動きを示すスミスチャート図である。

[0033] 図4のスミスチャート図に示すように、同心円の円周状の曲線群401は、インピーダンス実部の等高線を表し、曲線群401と交わる曲線群402は、インピーダンス虚部の等高線を表している。スミスチャートの円の直径を表す左右方向の線分上において、図4の左端が 0Ω で右端が $\infty\Omega$ を示し、左端から右端に向かうにつれてインピーダンス実部が大きくなっている。一例として、基準インピーダンスを 50Ω とすると、図4の点P₀は、 $25-j*25\Omega$ である。

[0034] 図4の点P1から点P2に向かう曲線403は、伝送線路301によるインピーダンスの変化を表し、図4の点P2から点P3に向かう曲線404は、容量性素子302によるインピーダンスの変化を表す。図4に示すように、出力側インピーダンス変換部108では、インピーダンス虚部を変化させずに、点P1から点P3へインピーダンス実部を高く変換している。ただし、インピーダンス虚部は変換の前後で変化していてもよい。

[0035] 以上述べたように、本実施形態に係る高周波増幅器100は、従来、半導体チップの第2基板102内に配置されていた入力整合部105および出力整合部110を、それぞれの外部基板である第1基板101および第3基板103に設置している。これにより、高周波増幅器100のより高性能とされるGaN基板などの高価な材料を使う半導体チップサイズを低減することができる。また、出力側インピーダンス変換部108は、インピーダンス変換比を小さくできるため、トランジスタ107のインピーダンスを高周波増幅器100の入出力インピーダンスまで変換しなくて良いので、半導体チップを小型化できる。したがって、出力側接続部113のワイヤ長等を調整することなく、高周波増幅器100の第2基板102を小型化してコストを削減することができる。

[0036] さらに、本実施形態に係る高周波増幅器100は、出力側インピーダンス変換部108でインピーダンス実部を増加させるため、出力側接続部113での製造バラつきが高周波増幅器100の特性に与える影響を低減することができる。このように、高周波増幅器100は、半導体チップと外部基板間

にワイヤ等を使ったとしても、製造バラツキの影響を十分小さく抑えることができるので、製造バラツキに対してロバストな（誤差因子に強い）設計が可能となる。また、高周波増幅器 100 は、出力側接続部 113 のインピーダンス実部をトランジスタ 107 の端子部分より高くすることができる。これによっても、高周波増幅器 100 は、出力側接続部 113 の製造バラツキに対してロバストな設計を実現することができる。なお、製造バラツキとは、例えば、ワイヤの長さの違いにより、インダクタンスがずれることをいう。

[0037] <2. 第2実施形態の高周波増幅器>

図5から図8を用いて、本技術に係る第2実施形態の高周波増幅器について説明する。本実施形態の高周波増幅器が、第1実施形態の高周波増幅器 100 と相違する点は、第2基板内のインピーダンス変換部の途中にバイアス接続部が接続されている点である。なお、第1実施形態の構成と同様の構成には、同一の符号を記し、説明は省略する。

[0038] (2-1) 高周波増幅器の回路構成例

まず、図5を用いて、本実施形態に係る高周波増幅器の回路構成の一例について説明する。図5は、本実施形態の高周波増幅器を示す回路構成図である。図5に示すように、本実施形態の高周波増幅器 500 は、入力側の外部基板である第1基板 501 と、半導体チップからなる第2基板 502 と、出力側の外部基板である第3基板 503 と、を備えている。

[0039] 第1基板 501 は、入力側バイアス回路 104 と、入力整合部 105 と、を有している。ただし、第1基板 501 では、入力側バイアス回路 104 と入力整合部 105 とは、電氣的な接続がされていない。

[0040] 第2基板 502 は、第1のインピーダンス変換部である入力側インピーダンス変換部 506 と、トランジスタ 107 と、第2のインピーダンス変換部である出力側インピーダンス変換部 508 と、を有している。入力側インピーダンス変換部 506 は、トランジスタ 107 のゲート端子と電氣的に接続されている。トランジスタ 107 のドレイン端子は、出力側インピーダンス

変換部508と電氣的に接続され、トランジスタ107のソース端子は、グラウンドに接続されている。

[0041] 入力側インピーダンス変換部506は、直列に接続された2つの伝送線路515および伝送線路516を有している。出力側インピーダンス変換部508は、直列に接続された2つの伝送線路517および伝送線路518を有している。なお、入力側インピーダンス変換部506および出力側インピーダンス変換部508が有する伝送線路は、2つに限らず3つ以上であってもよい。

[0042] 第3基板503は、出力側バイアス回路109と、出力整合部110と、を有している。ただし、第3基板503では、出力側バイアス回路109と出力整合部110とは、電氣的な接続がされていない。

[0043] 高周波増幅器500の入力端子111は、入力整合部105の一端と接続されている。入力整合部105の他端は、入力側接続部112を介して入力側インピーダンス変換部506と接続されている。また、出力側インピーダンス変換部508は、出力側接続部113を介して出力整合部110の一端と接続されている。出力整合部110の他端は、高周波増幅器500の出力端子114と接続されている。

[0044] 一方、入力側バイアス回路104は、入力側バイアス接続部522を介して入力側インピーダンス変換部506内の伝送線路515および伝送線路516の間に接続されている。また、出力側バイアス回路109は、出力側バイアス接続部523を介して出力側インピーダンス変換部508内の伝送線路517および伝送線路518の間に接続されている。入力側バイアス接続部522および出力側バイアス接続部523には、例えば、ワイヤやバンプ等が使用される。

[0045] また、第1実施形態と同様に、トランジスタ107の入力インピーダンスを Z_{1i} [ohm] とし、入力側接続部112の第2基板502側の端点のインピーダンスを Z_{2i} [ohm] とし、高周波増幅器500の入力インピーダンスを Z_{in} [ohm] としている。また、トランジスタ107の出力インピーダンスを Z

10 [ohm] とし、出力側接続部 113 の第 2 基板 502 側の端点のインピーダンスを Z_{20} [ohm] とし、高周波増幅器 500 の出力インピーダンスを Z_{out} [ohm] としている。さらに、伝送線路 515 および伝送線路 516 間の入力側バイアス接続部 522 への分岐点の入力インピーダンスを Z_{0i} [ohm] とし、伝送線路 517 および伝送線路 518 間の出力側バイアス回路 109 への分岐点の出力インピーダンスを Z_{0o} [ohm] としている。

[0046] ここで、高周波増幅器 500 は、第 1 実施形態と同様に、上述の (式 1) または (式 2) の少なくとも一方を満たしている。さらに、高周波増幅器 500 は、上述の (式 3) または (式 4) の少なくとも一方を満たしている。

[0047] (2-2) インピーダンス変換部の構成例

次に、図 6 を用いて、本実施形態に係る第 2 基板 502 の出力側インピーダンス変換部 508 の構成の一例について説明する。図 6 は、本実施形態の高周波増幅器の出力側インピーダンス変換部を示す模式図である。

[0048] 出力側インピーダンス変換部 508 は、直列に接続された 2 つの伝送線路 517 および伝送線路 518 と、2 つの容量性素子 601 および容量性素子 602 と、を備えている。伝送線路 517 および伝送線路 518 は、出力側インピーダンス変換部 508 のトランジスタ側入力端子 603 と接続部側出力端子 604 との間に直列接続されている。容量性素子 601 は、トランジスタ側入力端子 603 と伝送線路 517 との間で分岐して接続されている。容量性素子 602 は、伝送線路 518 と接続部側出力端子 604 との間で分岐して接続されている。

[0049] 出力側インピーダンス変換部 508 は、伝送線路 517 および伝送線路 518 の間の分岐点 Q とバイアス接続部側出力端子 605 とが接続されている。本実施形態において、分岐点 Q は、給電点を示している。

[0050] ここで、一例として、高周波増幅器 500 のインピーダンスを、 $\text{Re}(Z_{10})=10\Omega$ 、 $\text{Re}(Z_{20})=30\Omega$ 、 $\text{Re}(Z_{out})=50\Omega$ とし、 $\text{Re}(1/Z_{10})=0.05S$ 、 $\text{Re}(1/Z_{0o})=0.25S$ 、 $\text{Re}(1/Z_{out})=0.02S$ とする。このとき、トランジスタ側入力端子 603 のインピーダンスは、 $10-j*10$ [ohm] であり、給電点である

分岐点Qのインピーダンスは、 4 [ohm] であり、接続部側出力端子604のインピーダンスは、 $30-j*10\text{ [ohm]}$ である。

[0051] (2-3) インピーダンスの動き

次に、図7を用いて、本実施形態に係る高周波増幅器500内のインピーダンスの動きの一例について説明する。図7は、本実施形態の出力側インピーダンス変換部508のインピーダンスの動きを示すスミスチャート図である。図4と同様に、図7のスミスチャート図に示す同心円の円周状の曲線群401は、インピーダンス実部の等高線を表し、曲線群401と交わる曲線群402は、インピーダンス虚部の等高線を表している。

[0052] 図7の点Q2から点Q3に向かう曲線701は、伝送線路517によるインピーダンスの変化を表し、図7の点Q3から点Q4に向かう曲線702は、伝送線路518によるインピーダンスの変化を表す。図7の点Q1から点Q2に向かう曲線703は、容量性素子601によるインピーダンスの変化を表し、図7の点Q4から点Q5に向かう曲線704は、容量性素子602によるインピーダンスの変化を表す。図7に示すように、出力側インピーダンス変換部508では、インピーダンス虚部を変化させずに、点Q1から点Q5へインピーダンス実部を高く変換している。ただし、インピーダンス虚部は変換の前後で変化していてもよい。

[0053] (2-4) インピーダンスとアドミタンスとの関係

次に、図8を用いて、本実施形態に係る高周波増幅器500のインピーダンスとアドミタンスとの関係の一例について説明する。図8は、スミスチャートとアドミタンスチャートの関係を示す図である。図8Aは、図7と同様のスミスチャート図であり、図8Bは、図8Aに対応するアドミタンスチャート図である。

[0054] 図8Aのスミスチャート図に示す同心円の円周状の曲線群401は、図7と同様に、インピーダンス実部の等高線を表し、曲線群401と交わる曲線群402は、インピーダンス虚部の等高線を表している。一例として、基準インピーダンスを 50Ω とすると、図8Aの点P_Aは、 $25-j*25\Omega$ である。

[0055] 図8Bのアドミタンスチャート図に示すように、同心円の円周状の曲線群801は、アドミタンス実部の等高線を表し、曲線群801と交わる曲線群802は、アドミタンス虚部の等高線を表している。アドミタンスチャートの円の直径を表す左右方向の線分上において、図8Bの右端が0Sで左端が ∞ Sを示し、右端から左端に向かうにつれてアドミタンス実部が大きくなっている。一例として、基準インピーダンスを $50[\Omega] = 0.02[S]$ とすると、図8Bの点P_Bは、 $1/(25-j*25)[\Omega] = 0.02+j0.02[S]$ である。

[0056] 上記より、トランジスタ107の入力アドミタンスは、 $1/Z_{1i}[S]$ となり、入力側バイアス接続部522の第2基板502側の端点（分岐点）におけるアドミタンスは、 $1/Z_{0i}[S]$ となる。また、トランジスタ107の出力アドミタンスは、 $1/Z_{1o}[S]$ となり、出力側バイアス接続部523の第2基板502側の端点（分岐点）におけるアドミタンスは、 $1/Z_{0o}[S]$ となる。

[0057] ここで、アドミタンス $1/Z$ の実部を $\text{Re}(1/Z)$ とすると、高周波増幅器500は、

$$\text{Re}(1/Z_{1i}) \leq \text{Re}(1/Z_{0i}) \cdots (\text{式5})$$

と、

$$\text{Re}(1/Z_{1o}) \leq \text{Re}(1/Z_{0o}) \cdots (\text{式6})$$

の少なくとも一方を満たしている。

例えば、 $Z_{1i}=5-5j[\Omega]$ なら、 $1/(Z_{1i})=0.1+0.1j[S]$ なので、(式5)より、 $0.1 \leq \text{Re}(1/Z_{0i})$ であれば良い。

[0058] さらに、高周波増幅器500は、

$$\text{Re}(1/Z_{0i}) > 2 * \text{Re}(1/Z_{in}) \cdots (\text{式7})$$

または、

$$\text{Re}(1/Z_{0o}) > 2 * \text{Re}(1/Z_{out}) \cdots (\text{式8})$$

の少なくとも一方を満たしている。

例えば、 $Z_{in}=50[\Omega]$ なら、 $1/Z_{in}=0.02[S]$ なので、(式7)より、 $0.04 < \text{Re}(1/Z_{0i})$ であれば良い。

[0059] 以上述べたように、本実施形態に係る高周波増幅器500は、第1実施形態に係る高周波増幅器100と同様に、高周波増幅器500の第2基板502を小型化してコストを削減することができる。また、高周波増幅器500は、第1実施形態に係る高周波増幅器100と同様に、入力側インピーダンス変換部506および／または出力側インピーダンス変換部508でインピーダンス実部を増加させて製造バラツキの影響を十分小さく抑えることができるので、製造バラツキに対してロバストな設計が可能となる。また、高周波増幅器500は、第1実施形態に係る高周波増幅器100と同様に、出力側接続部113のインピーダンス実部をトランジスタ107の端子部分より高くすることができる。これによっても、高周波増幅器500は、出力側接続部113の製造バラツキに対してロバストな設計を実現することができる。

[0060] さらに、本実施形態に係る高周波増幅器500は、入力側バイアス接続部522および／または出力側バイアス接続部523のアドミタンス実部がトランジスタ107の入出力アドミタンス以上になるように、入力側インピーダンス変換部506および／または出力側インピーダンス変換部508を構成している。これにより、入力側バイアス回路104および／または出力側バイアス回路109内の回路は、高周波増幅器500の入出力部やトランジスタ107からあまり変化しなくなり、特性への影響が小さくなるので、上記バイアス回路を容易に調整することができる。

[0061] <3. 本技術を適用した高周波増幅器の実施例>

図9から図11を用いて、本技術を適用した高周波増幅器の実施例について説明する。

[0062] まず、図9を用いて、接続部の挿入損失劣化量とインピーダンス実部との関係について説明する。図9は、接続部の挿入損失劣化量とインピーダンス実部との関係を示すグラフである。図9の横軸は、高周波増幅器の出力インピーダンス(Z_{out})に対するトランジスタの出力インピーダンス(Z_{tr})の割合の実部 $\text{Re}(Z_{tr}/Z_{out})$ を示し、図9の縦軸は、高周波増幅器の接続部

の挿入損失劣化量 [dB] を示している。本実施例では、一例として、 $Z_{out} = 50\Omega$ を用いている。

[0063] 図9中の曲線L1は、周波数 $f = 28\text{GHz}$ において、約 0.1nH からのずれが $+0.02\text{nH}$ の場合を表している。図9中の曲線L2は、周波数 $f = 28\text{GHz}$ において、 0.1nH からのずれが $+0.04\text{nH}$ の場合を表している。

[0064] 図9に示すように、例えば、トランジスタの出力インピーダンス実部 $\text{Re}(Z_{tr})$ が 10Ω 以下の場合、接続部の通過特性が大きく低下することがわかる。特に、上記インピーダンス実部 $\text{Re}(Z_{tr}/Z_{out})$ の約 0.1nH からのずれが大きい曲線L2の方が、ずれが小さい曲線L1よりも、接続部の通過特性が顕著に低下している。そこで、接続部の直前のインピーダンス実部を大きくし、接続部（ワイヤ）の影響を低減することが必要となる。

[0065] 次に、接続部であるワイヤ長の変化量と通過特性との関係について説明する。図10は、従来技術を適用した高周波増幅器の接続部のワイヤ長の変化量と通過特性との関係を示すグラフである。図11は、本技術を適用した高周波増幅器の接続部のワイヤ長の変化量と通過特性との関係を示すグラフである。図10および図11において、横軸は周波数 [GHz] を示し、縦軸はトランジスタのドレイン端子の出力から高周波増幅器（整合回路）の出力までの挿入損失 [dB] を示している。

[0066] 図10および図11において、元のワイヤ長 $300\mu\text{m}$ に対し、曲線C1はワイヤ長の変化量が $\pm 0\mu\text{m}$ の場合、曲線C2はワイヤ長の変化量が $+50\mu\text{m}$ の場合、曲線C3はワイヤ長の変化量が $+100\mu\text{m}$ の場合、曲線C4はワイヤ長の変化量が $+150\mu\text{m}$ の場合、曲線C5はワイヤ長の変化量が $+200\mu\text{m}$ の場合、を表している。

[0067] 図10に示すように、例えばワイヤ長 $+200\mu\text{m}$ で、 28GHz における挿入損失が $\pm 0\mu\text{m}$ に対して約 1dB 劣化している。このことから、図10の曲線C1から曲線C5に示すように、従来技術を適用した高周波増幅器は、周波数が高くなると、ワイヤ長の変化量によって出力側のワイヤ長の製造バラつきによる影響が大きくなることがわかる。

[0068] これに対し、図 11 に示すように、例えばワイヤ長 + 200 μm で、28 GHz における挿入損失が劣化せずに改善されている。したがって、図 11 の曲線 C1 から曲線 C5 に示すように、本技術を適用した高周波増幅器は、周波数が高くなっても、ワイヤ長の変化量によって出力側のワイヤ長の製造バラつきによる影響を低減できることがわかった。

[0069] <4. 第3実施形態の電子機器>

本技術に係る第3実施形態の電子機器は、本技術に係る第1実施形態および第2実施形態のいずれかの高周波増幅器を備える電子機器である。本技術に係る第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器は上記のとおりであるので、ここでは説明を省略する。本技術に係る第3実施形態の電子機器は、小型化して優れた信頼性を有する高周波増幅器を備えるので、電子機器の小型化や特性等の性能の向上を図ることができる。

[0070] <5. 第4実施形態の通信機器>

本技術に係る第4実施形態の通信機器は、本技術に係る第1実施形態および第2実施形態のいずれかの高周波増幅器を備える機器である。本技術に係る第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器は上記のとおりであるので、ここでは説明を省略する。本技術に係る第4実施形態の通信機器は、小型化して優れた信頼性を有する高周波増幅器を備えるので、送受信信号の増幅等の性能の向上を図ることができる。本実施形態の通信機器としては、例えば、移動通信端末（携帯電話、スマートフォン）、移動通信基地局、その他の無線局、IoT機器、レーダー等がある。

[0071] <6. 本技術を適用した高周波増幅器の使用例>

図 12 は、本技術に係る第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器の使用例を示す図である。

[0072] 上述した第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器は、例えば、以下のように、可視光や、赤外光、紫外光、X線等の光をセンシングするさまざまなケースに使用することができる。すなわち、図 12 に示すように、例えば、鑑賞の用に供される画像を撮影する鑑賞の分野、交通の分野、家電の

分野、医療・ヘルスケアの分野、セキュリティの分野、美容の分野、スポーツの分野、農業の分野等において用いられる固体撮像素子（イメージセンサ）を備える装置（例えば、上述した第3の実施形態の電子機器）に、第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0073] 具体的には、鑑賞の分野においては、例えば、デジタルカメラやスマートフォン、カメラ機能付きの携帯電話機等の、鑑賞の用に供される画像を撮影するための装置に、第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0074] 交通の分野においては、例えば、自動停止等の安全運転や、運転者の状態の認識等のために、自動車の前方や後方、周囲、車内等を撮影する車載用センサ、走行車両や道路を監視する監視カメラ、車両間等の測距を行う測距センサ等の、交通の用に供される装置に、第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0075] 家電の分野においては、例えば、ユーザのジェスチャを撮影して、そのジェスチャに従った機器操作を行うために、テレビ受像機や冷蔵庫、エアコンディショナ等の家電に供される装置で、第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0076] 医療・ヘルスケアの分野においては、例えば、内視鏡や、赤外光の受光による血管撮影を行う装置等の、医療やヘルスケアの用に供される装置に、第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0077] セキュリティの分野においては、例えば、防犯用途の監視カメラや、人物認証用途のカメラ等の、セキュリティの用に供される装置に、第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0078] 美容の分野においては、例えば、肌を撮影する肌測定器や、頭皮を撮影するマイクロスコープ等の、美容の用に供される装置に、第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0079] スポーツの分野において、例えば、スポーツ用途等向けのアクションカメラやウェアラブルカメラ等の、スポーツの用に供される装置に、第1実施形

態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0080] 農業の分野においては、例えば、畑や作物の状態を監視するためのカメラ等の、農業の用に供される装置に、第1実施形態および第2実施形態の高周波増幅器を使用することができる。

[0081] なお、本技術の実施形態は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。例えば、上述した複数の実施形態の全てまたは一部を組み合わせた形態を採用することができる。また、本明細書に記載された効果はあくまでも例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。

[0082] また、本技術は、以下のような構成を取ることができる。

(1)

整合部を有する第1基板と、互いに接続されたトランジスタおよび第1のインピーダンス変換部を有する第2基板と、を備え、

前記第1基板の整合部と前記第1のインピーダンス変換部とが第1の接続部を介して接続されている高周波増幅器。

(2)

整合部を有する第3基板をさらに備え、

前記第2基板は、前記トランジスタに接続された第2のインピーダンス変換部をさらに有し、

前記第2のインピーダンス変換部と前記第3基板の整合部とが第2の接続部を介して接続されている(1)に記載の高周波増幅器。

(3)

前記第1基板および前記第3基板の少なくとも一方が、バイアス回路を有し、

前記バイアス回路を有する基板内において、前記バイアス回路が前記整合部に接続されている(2)に記載の高周波増幅器。

(4)

前記トランジスタの入力(出力)インピーダンスを Z_{1i} (Z_{1o}) とし、入力

(出力) 側接続部の第2基板側の端点のインピーダンスを Z_{2i} (Z_{2o}) とし、増幅器の入力 (出力) インピーダンスを Z_{in} (Z_{out}) としたとき、

$\text{Re}(Z_{1i}) < \text{Re}(Z_{2i}) < \text{Re}(Z_{in})$ 、または、 $\text{Re}(Z_{1o}) < \text{Re}(Z_{2o}) < \text{Re}(Z_{out})$ の少なくとも一方を満たす、(2) または (3) に記載の高周波増幅器。

(5)

$0.1 * \text{Re}(Z_{in}) < \text{Re}(Z_{2i}) < 0.9 * \text{Re}(Z_{in})$ 、または、 $0.1 * \text{Re}(Z_{out}) < \text{Re}(Z_{2o}) < 0.9 * \text{Re}(Z_{out})$ の少なくとも一方を満たす、(4) に記載の高周波増幅器。

(6)

前記第1基板および前記第3基板内の少なくとも一方の前記バイアス回路が、バイアス接続部を介して前記第1または前記第2のインピーダンス変換部に接続されている、(3) に記載の高周波増幅器。

(7)

前記トランジスタの入力 (出力) アドミタンスを $1/Z_{1i}$ ($1/Z_{1o}$) とし、前記バイアス接続部の第2基板側の端点におけるアドミタンスを $1/Z_{0i}$ ($1/Z_{0o}$) としたとき、

$\text{Re}(1/Z_{1i}) \leq \text{Re}(1/Z_{0i})$ と、 $\text{Re}(1/Z_{1o}) \leq \text{Re}(1/Z_{0o})$ の少なくとも一方を満たす、(6) に記載の高周波増幅器。

(8)

$\text{Re}(1/Z_{0i}) > 2 * \text{Re}(1/Z_{in})$ または $\text{Re}(1/Z_{0o}) > 2 * \text{Re}(1/Z_{out})$ の少なくとも一方を満たす、(7) に記載の高周波増幅器。

(9)

前記第1のインピーダンス変換部は、前記第1の接続部と直列接続される伝送線路と、前記第1の接続部と並列接続される容量性素子と、を有する(1) から (8) のいずれかに記載の高周波増幅器。

(10)

入力信号または出力信号を増幅する、(1) から (9) のいずれかに記載

の高周波増幅器を備える電子機器。

(11)

送信信号または受信信号を増幅する、(1)から(9)のいずれかに記載の高周波増幅器を備える通信機器。

符号の説明

- [0083] 100、500 高周波増幅器
- 101、501 第1基板
- 102、502 第2基板
- 103、503 第3基板
- 104 入力側バイアス回路
- 105 入力整合部
- 106、506 入力側インピーダンス変換部
- 107 トランジスタ
- 108、508 出力側インピーダンス変換部
- 109 出力側バイアス回路
- 110 出力整合部
- 111、303、603 入力端子
- 112、113、522、523 接続部
- 114、304、604、605 出力端子
- 201 RF信号
- 301、515～518 伝送線路
- 302、601、602 容量性素子
- 401、402、801、802 曲線群（等高線）

請求の範囲

- [請求項1] 整合部を有する第1基板と、互いに接続されたトランジスタおよび第1のインピーダンス変換部を有する第2基板と、を備え、
 前記第1基板の整合部と前記第1のインピーダンス変換部とが第1の接続部を介して接続されている高周波増幅器。
- [請求項2] 整合部を有する第3基板をさらに備え、
 前記第2基板は、前記トランジスタに接続された第2のインピーダンス変換部をさらに有し、
 前記第2のインピーダンス変換部と前記第3基板の整合部とが第2の接続部を介して接続されている請求項1に記載の高周波増幅器。
- [請求項3] 前記第1基板および前記第3基板の少なくとも一方が、バイアス回路を有し、
 前記バイアス回路を有する基板内において、前記バイアス回路が前記整合部に接続されている請求項2に記載の高周波増幅器。
- [請求項4] 前記トランジスタの入力（出力）インピーダンスを Z_{1i} (Z_{1o}) とし、
 入力（出力）側接続部の第2基板側の端点のインピーダンスを Z_{2i} (Z_{2o}) とし、増幅器の入力（出力）インピーダンスを Z_{in} (Z_{out}) としたとき、
 $\text{Re}(Z_{1i}) < \text{Re}(Z_{2i}) < \text{Re}(Z_{in})$ 、または、 $\text{Re}(Z_{1o}) < \text{Re}(Z_{2o}) < \text{Re}(Z_{out})$ の少なくとも一方を満たす、請求項2に記載の高周波増幅器。
- [請求項5] $0.1 * \text{Re}(Z_{in}) < \text{Re}(Z_{2i}) < 0.9 * \text{Re}(Z_{in})$ 、または、 $0.1 * \text{Re}(Z_{out}) < \text{Re}(Z_{2o}) < 0.9 * \text{Re}(Z_{out})$ の少なくとも一方を満たす、請求項4に記載の高周波増幅器。
- [請求項6] 前記第1基板および前記第3基板内の少なくとも一方の前記バイアス回路が、バイアス接続部を介して前記第1または前記第2のインピーダンス変換部に接続されている、請求項3に記載の高周波増幅器。
- [請求項7] 前記トランジスタの入力（出力）アドミタンスを $1/Z_{1i}$ ($1/Z_{1o}$)

）とし、前記バイアス接続部の第2基板側の端点におけるアドミタンスを $1/Z_{0i}$ ($1/Z_{0o}$) としたとき、

$\text{Re}(1/Z_{1i}) \leq \text{Re}(1/Z_{0i})$ と、 $\text{Re}(1/Z_{1o}) \leq \text{Re}(1/Z_{0o})$ の少なくとも一方を満たす、請求項6に記載の高周波増幅器。

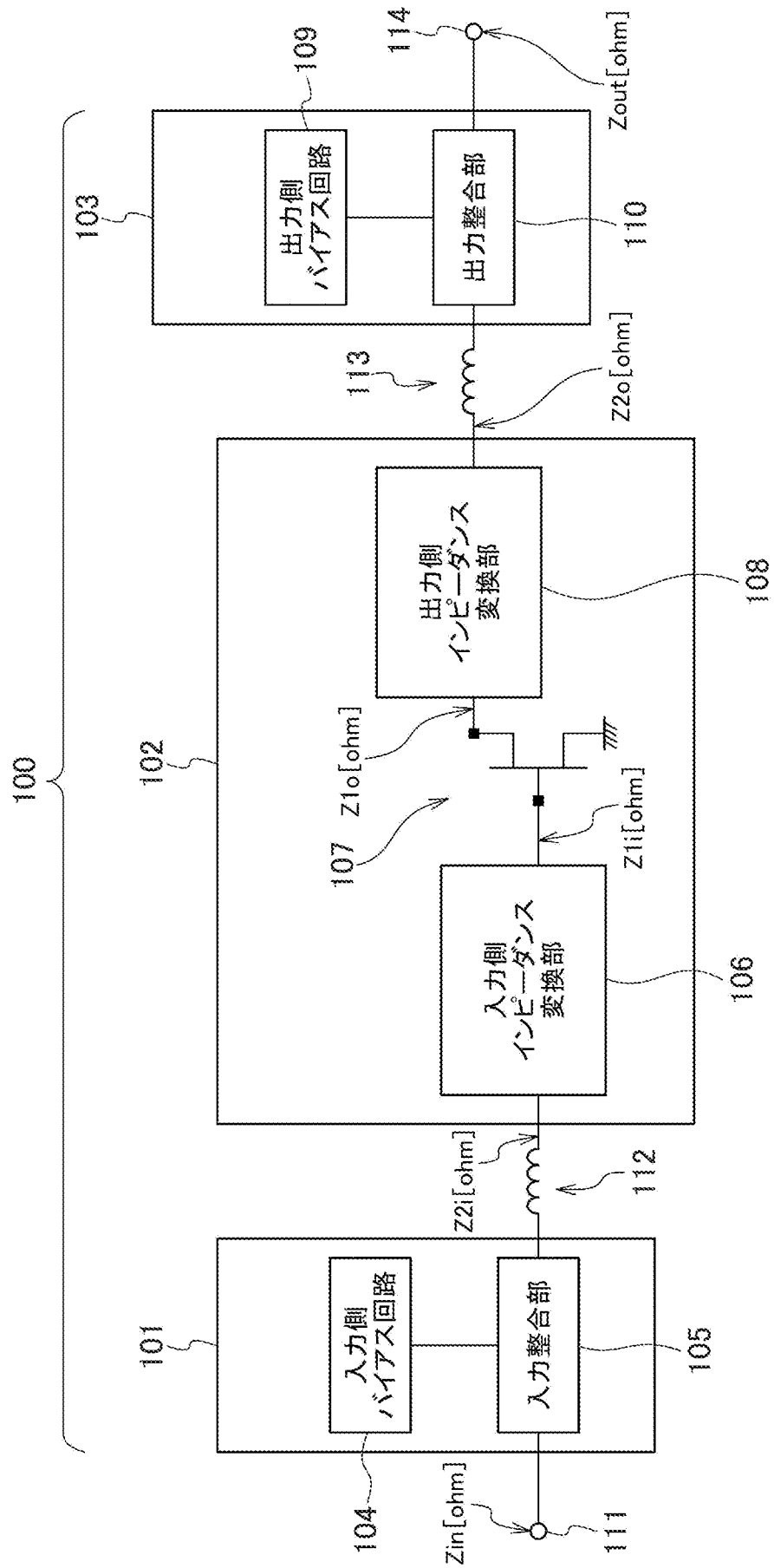
[請求項8] $\text{Re}(1/Z_{0i}) > 2 * \text{Re}(1/Z_{in})$ または $\text{Re}(1/Z_{0o}) > 2 * \text{Re}(1/Z_{out})$ の少なくとも一方を満たす、請求項7に記載の高周波増幅器。

[請求項9] 前記第1のインピーダンス変換部は、前記第1の接続部と直列接続される伝送線路と、前記第1の接続部と並列接続される容量性素子と、を有する請求項1に記載の高周波増幅器。

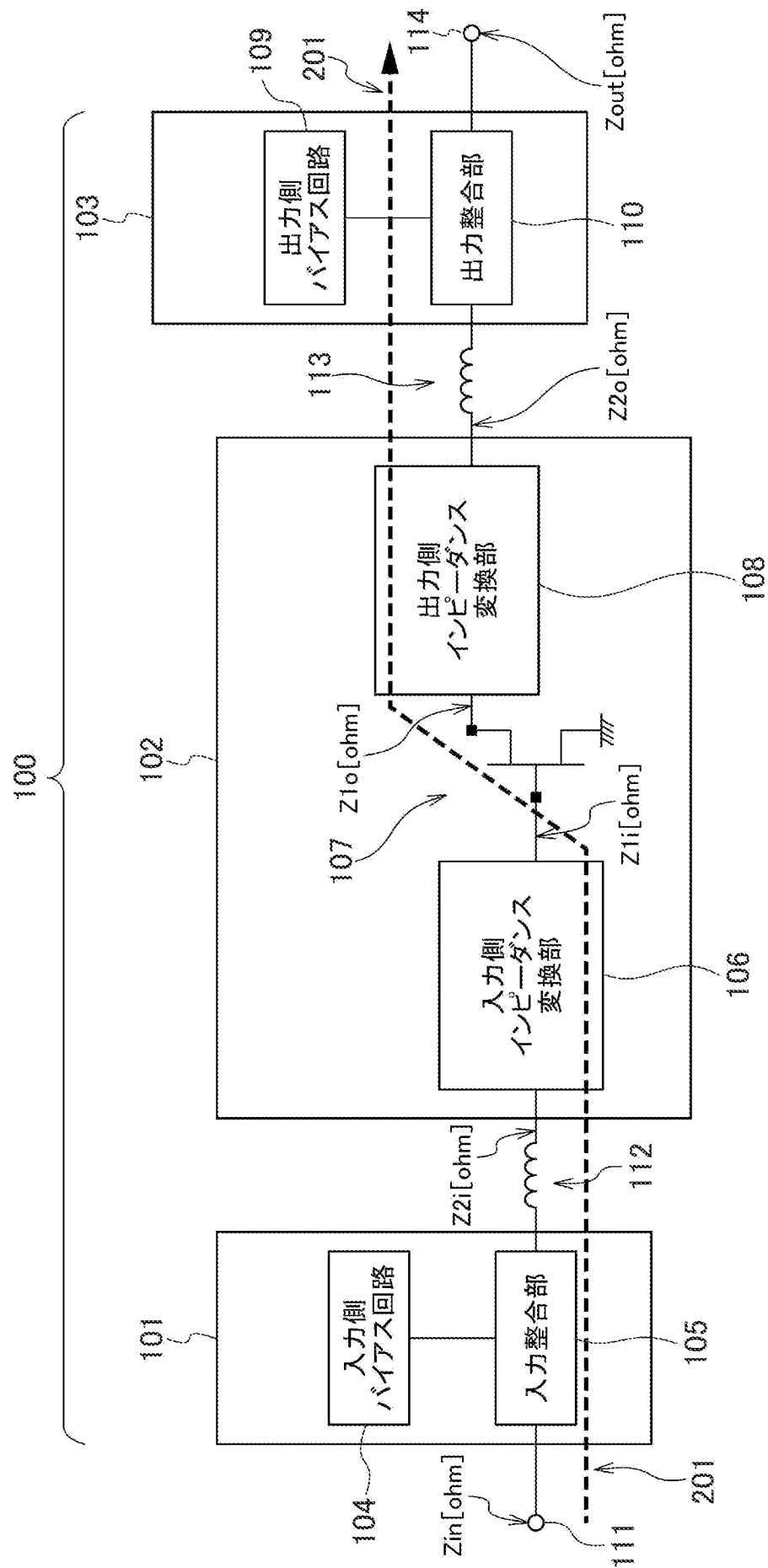
[請求項10] 入力信号または出力信号を増幅する、請求項1に記載の高周波増幅器を備える電子機器。

[請求項11] 送信信号または受信信号を増幅する、請求項1に記載の高周波増幅器を備える通信機器。

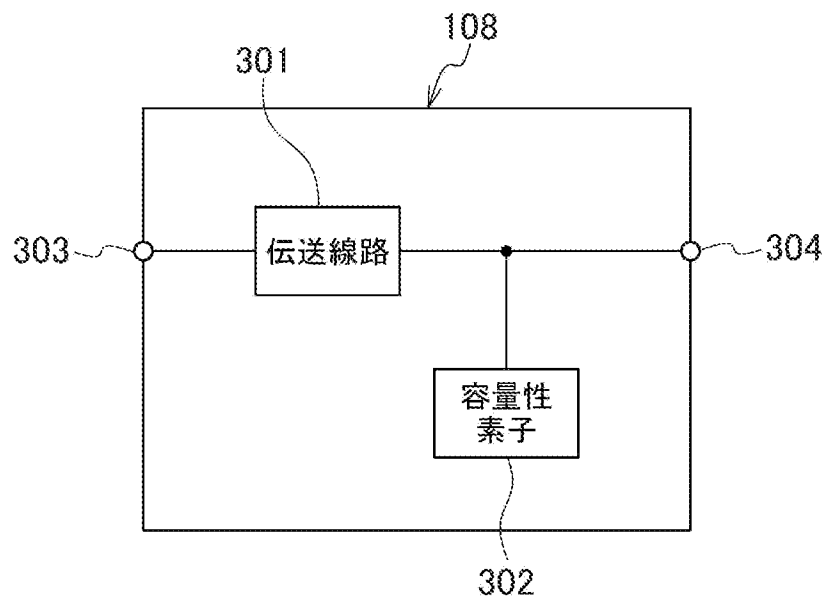
[図1]



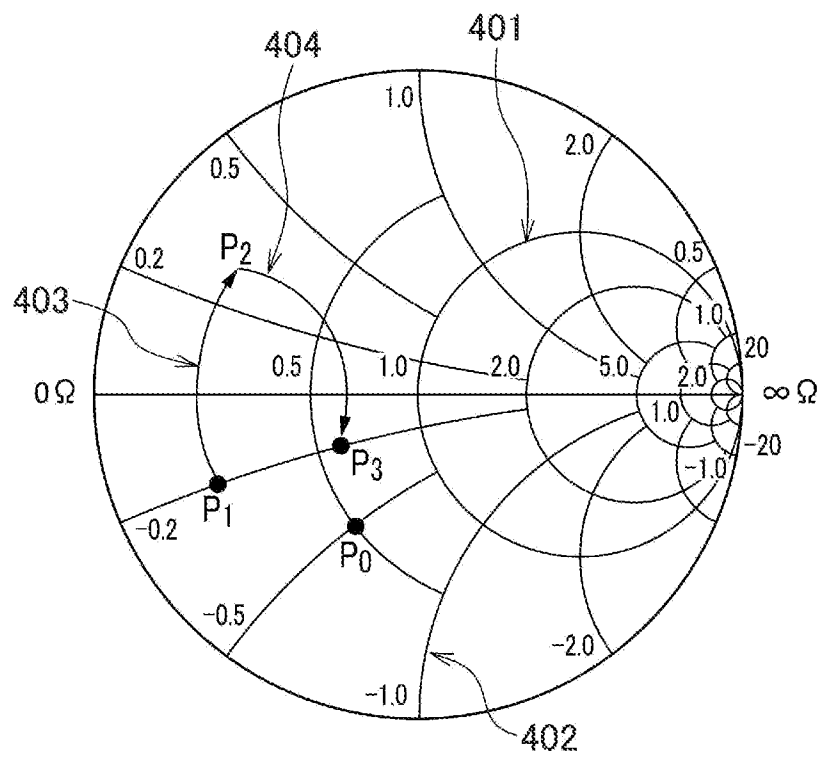
[図2]



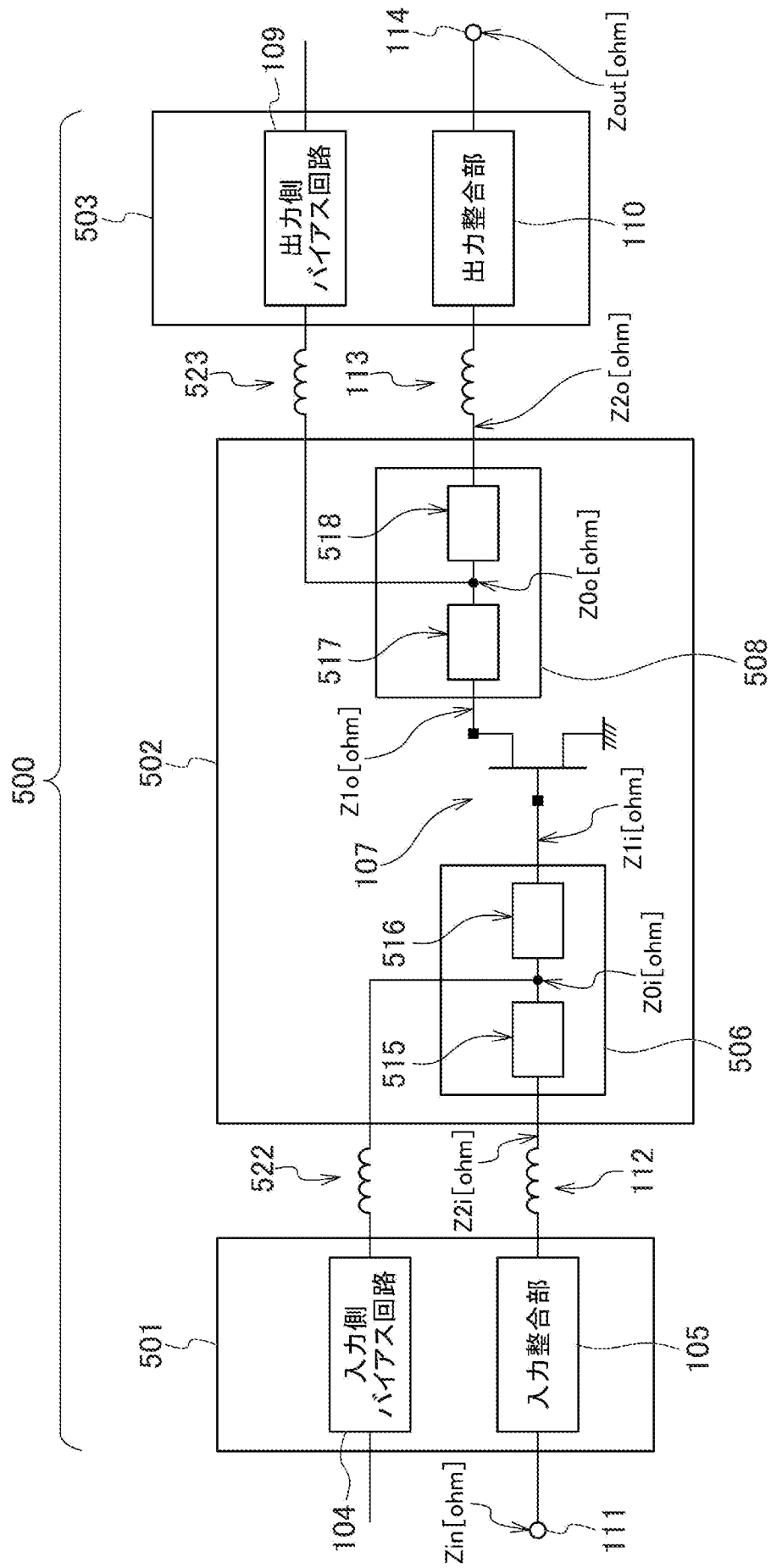
[図3]



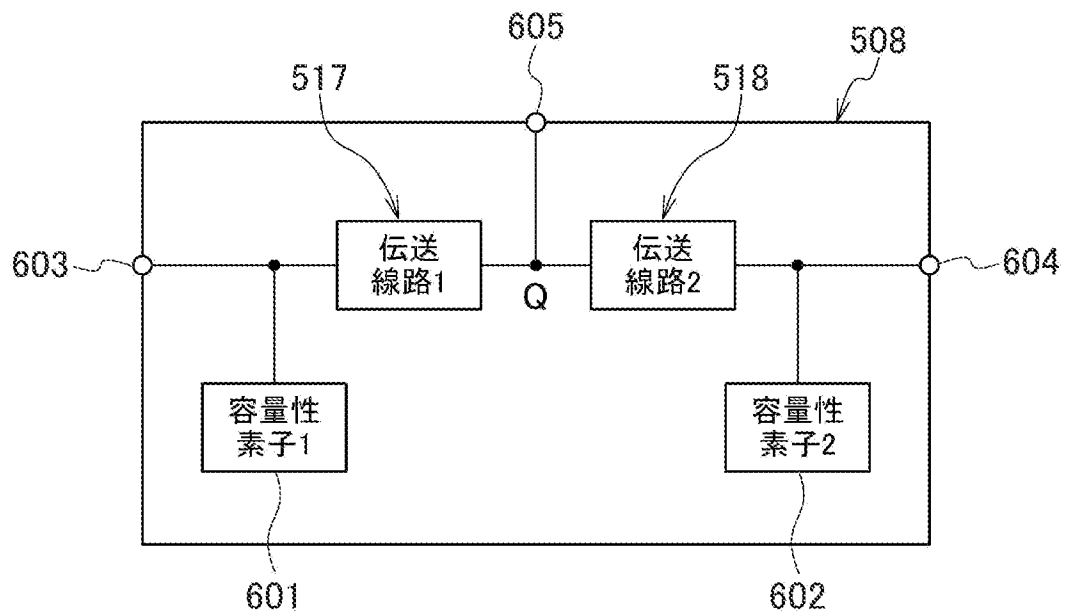
[図4]



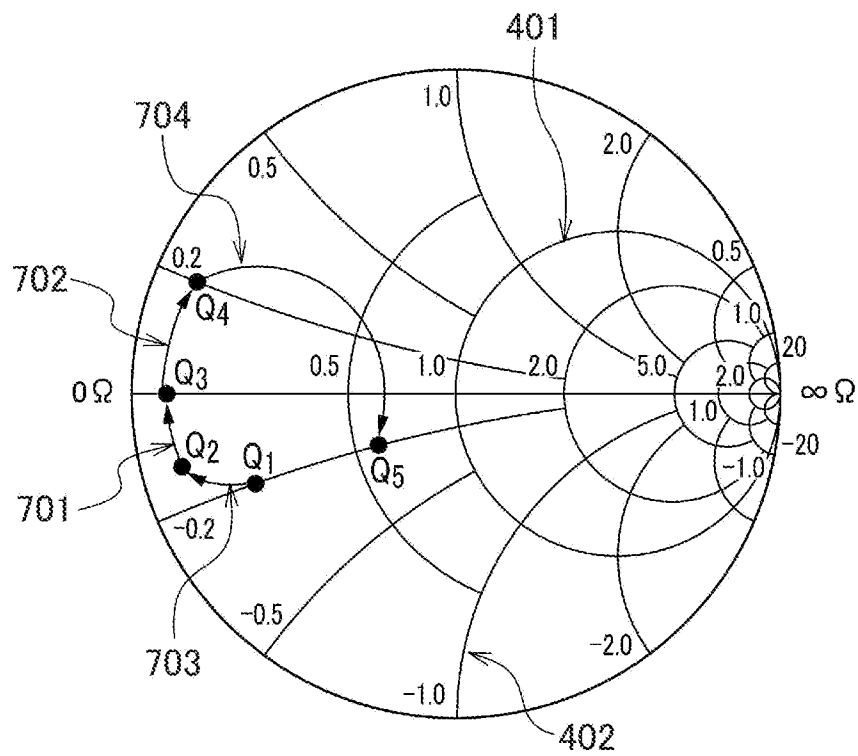
[図5]



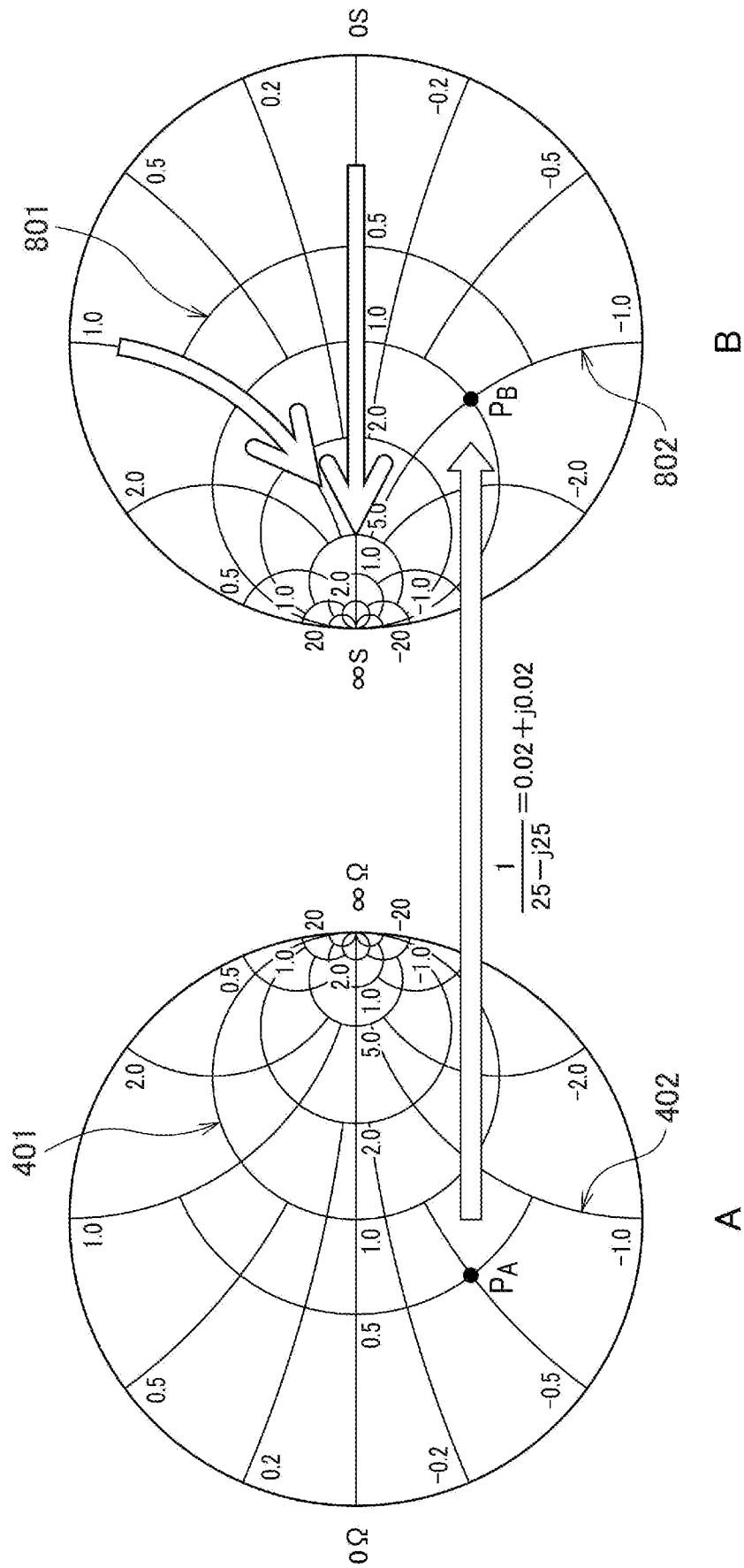
[図6]



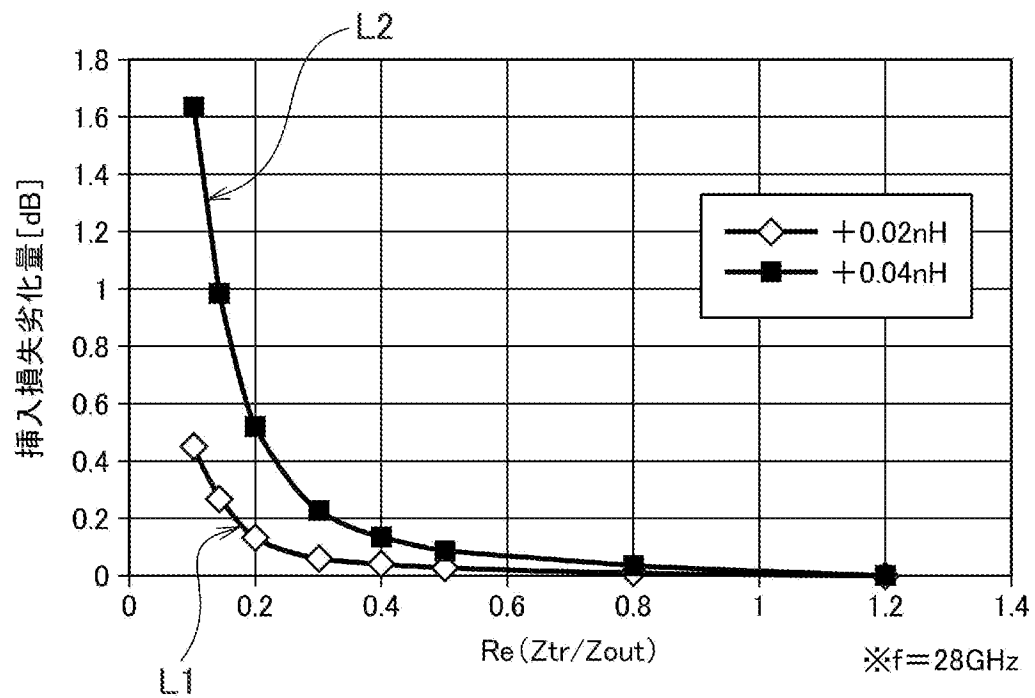
[図7]



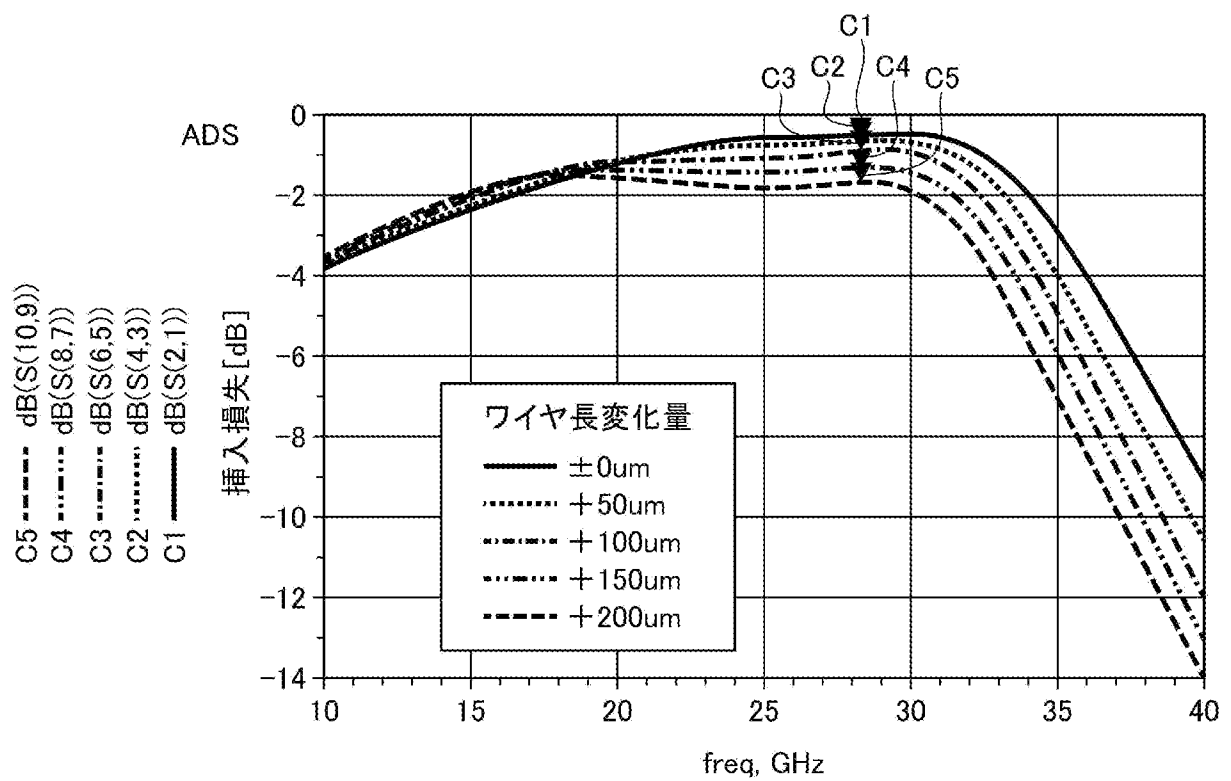
[図8]



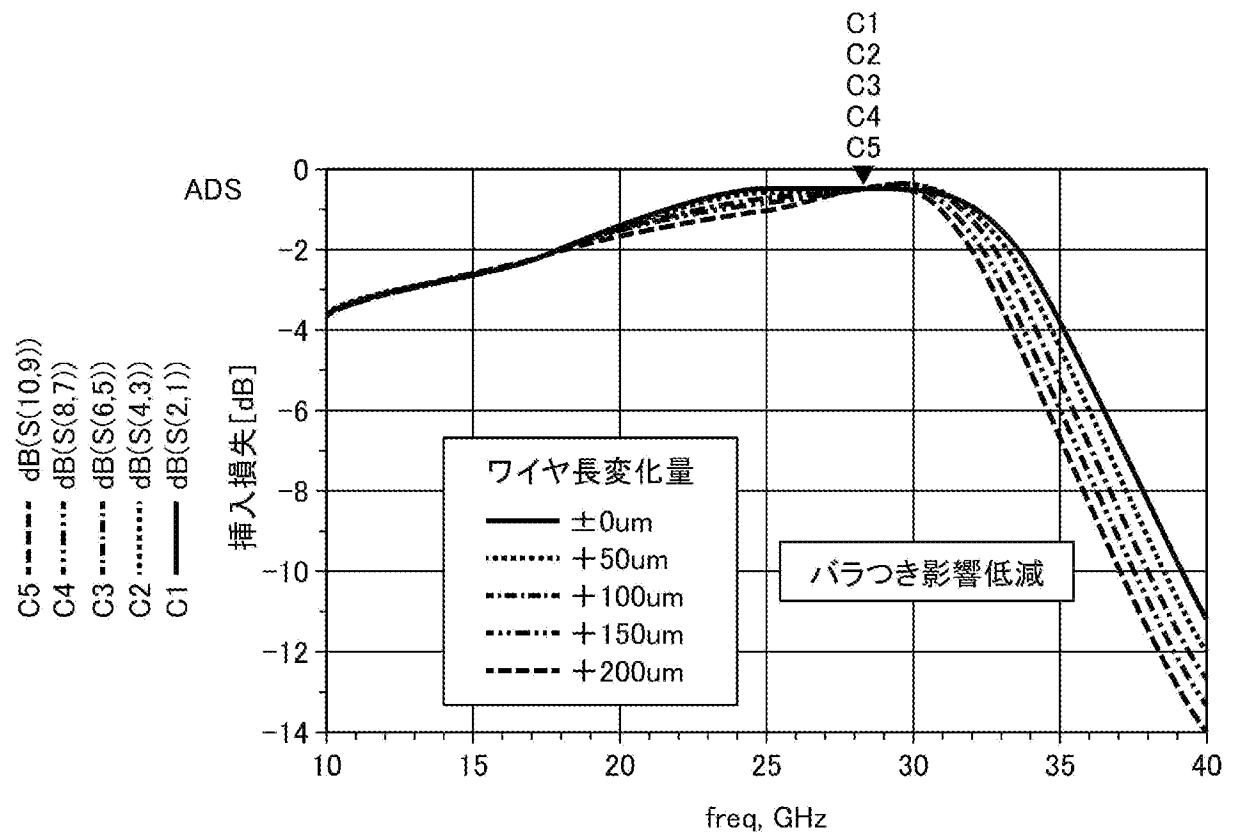
[図9]



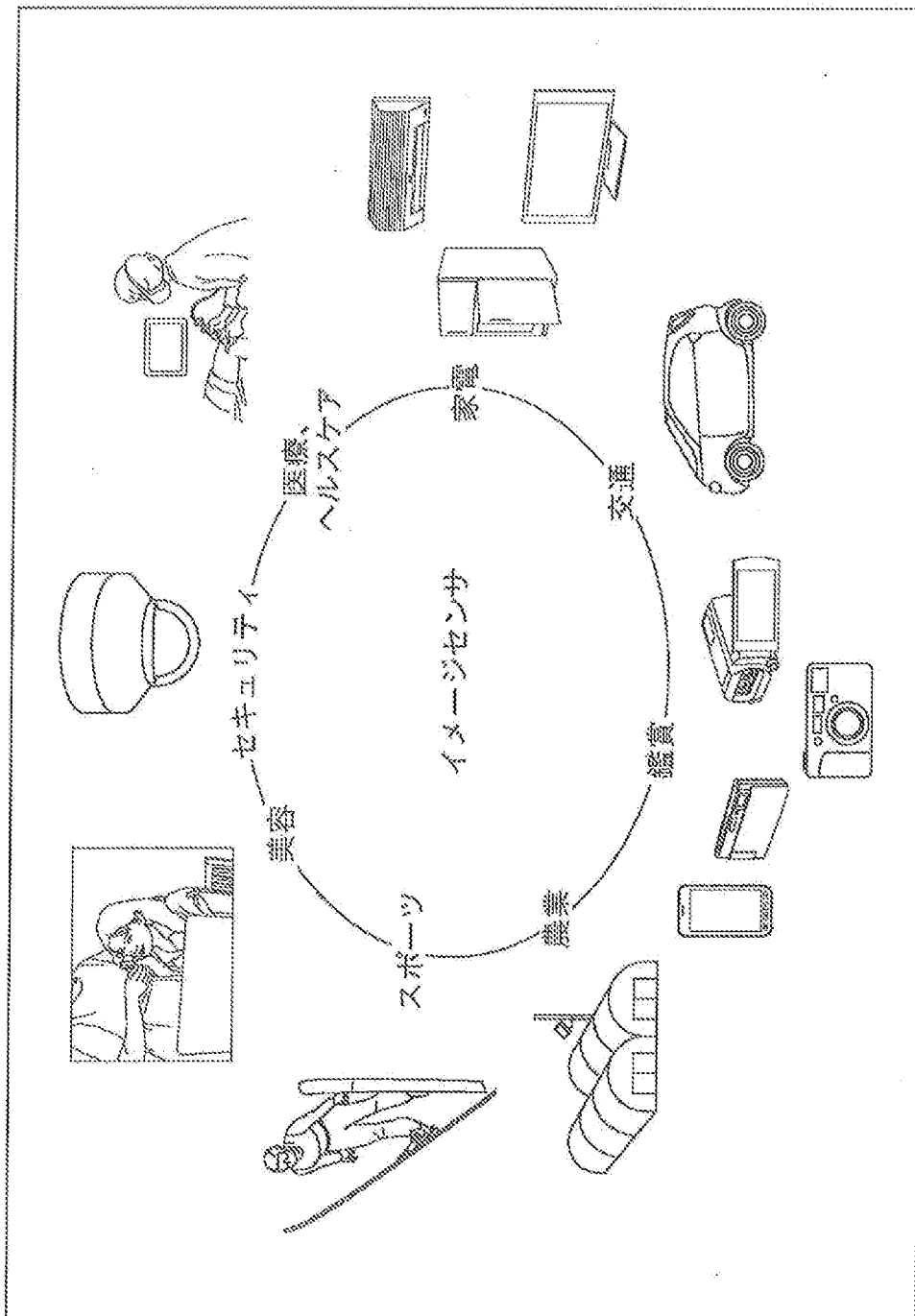
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/033733

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H03F3/24 (2006.01) i, H03F3/60 (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. H03F3/24, H03F3/60

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
X Y A	JP 4-287507 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 13 October 1992, paragraphs [0001]-[0005], [0008], [0011], [0014], [0015], fig. 1, 2, 6, 7 (Family: none)	1 2-3, 6, 10-11 4-5, 7-9
Y A	JP 8-293746 A (HITACHI, LTD.) 05 November 1996, paragraphs [0001]-[0006], [0012], [0019]-[0033], fig. 1, 2 (Family: none)	2-3, 6 4-5, 7-9



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
14.11.2018

Date of mailing of the international search report
27.11.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/033733

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2014-120582 A (SUMITOMO ELECTRIC DEVICE INNOVATIONS INC.) 30 June 2014, paragraphs [0001], [0002], [0024]-[0028], fig. 3 (Family: none)	10-11 4-5, 7-9
Y A	JP 2005-295193 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 20 October 2005, paragraphs [0001]-[0005], fig. 4 (Family: none)	10-11 4-5, 7-9
A	JP 57-57014 A (NEC CORPORATION) 06 April 1982, entire text, all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 6-5794 A (HITACHI, LTD.) 14 January 1994, entire text, all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03F3/24(2006.01)i, H03F3/60(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. H03F3/24, H03F3/60

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X Y A	JP 4-287507 A（三菱電機株式会社）1992.10.13, 段落[0001]-[0005], [0008], [0011], [0014]-[0015], 図1-2, 6-7 (ファミリーなし)	1 2-3, 6, 10-11 4-5, 7-9
Y A	JP 8-293746 A（株式会社日立製作所）1996.11.05, 段落[0001]-[0006], [0012], [0019]-[0033], 図1-2 (ファミリーなし)	2-3, 6 4-5, 7-9

☒ 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

14.11.2018

国際調査報告の発送日

27.11.2018

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）

及川 尚人

5W

5888

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

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
Y A	JP 2014-120582 A (住友電工デバイス・イノベーション株式会社) 2014.06.30, 段落[0001]-[0002], [0024]-[0028], 図3 (ファミリーなし)	10-11 4-5, 7-9
Y A	JP 2005-295193 A (住友電気工業株式会社) 2005.10.20, 段落 [0001]-[0005], 図4 (ファミリーなし)	10-11 4-5, 7-9
A	JP 57-57014 A (日本電気株式会社) 1982.04.06, 全文, 全図 (ファ ミリーなし)	1-11
A	JP 6-5794 A (株式会社日立製作所) 1994.01.14, 全文, 全図 (ファ ミリーなし)	1-11