

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-134259

(P2020-134259A)

(43) 公開日 令和2年8月31日(2020.8.31)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO1R	27/28	(2006.01)	GO1R	27/28	Z	2G003		
GO1R	31/26	(2020.01)	GO1R	31/26	A	2G028		
HO3F	3/21	(2006.01)	HO3F	3/21		5J500		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2019-26262 (P2019-26262)
 (22) 出願日 平成31年2月18日 (2019.2.18)

(71) 出願人 597065329
 学校法人 龍谷大学
 京都府京都市伏見区深草塚本町67番地
 (74) 代理人 100121337
 弁理士 藤河 恒生
 (72) 発明者 石崎 俊雄
 滋賀県大津市瀬田大江町横谷1-5 学校
 法人龍谷大学内
 (72) 発明者 川辺 健太郎
 滋賀県大津市瀬田大江町横谷1-5 学校
 法人龍谷大学内
 Fターム(参考) 2G003 AA01 AB08 AE03 AE10 AH06
 2G028 AA05 BB13 BD05 CG15 CG17
 DH15 LR09

最終頁に続く

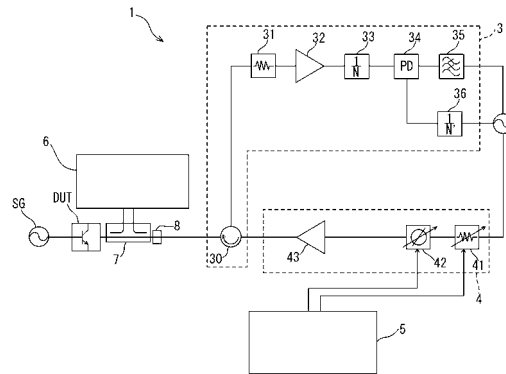
(54) 【発明の名称】 アクティブロードブル測定システム

(57) 【要約】

【課題】 反射係数 Γ の大きさが1以内の全領域で安定的に測定でき、また、システムとして簡素化及び低コスト化が可能なアクティブロードブル測定システムを提供する。

【解決手段】 このアクティブロードブル測定システム1は、発振器2と、被測定デバイス(DUT)の出力信号に発振器2を位相同期させる位相同期部3と、発振器2からの信号の位相と振幅を制御して擬似反射波を生成し被測定デバイス(DUT)に注入する擬似反射波注入部4と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

発振器と、
被測定デバイスの出力信号に前記発振器を位相同期させる位相同期部と、
前記発振器からの信号の位相と振幅を制御して擬似反射波を生成し前記被測定デバイスに注入する擬似反射波注入部と、
を備えることを特徴とするアクティブロードプル測定システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のアクティブロードプル測定システムにおいて、
前記発振器は、電圧制御型発振器であり、
前記位相同期部は、前記被測定デバイスの出力信号の位相と前記発振器の出力信号の位相とを比較する位相比較器と、該位相比較器の出力を平滑化して前記発振器を制御するループフィルタと、を有することを特徴とするアクティブロードプル測定システム。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載のアクティブロードプル測定システムにおいて、
前記位相同期部は、前記被測定デバイスの出力信号を入力する D U T 出力信号抽出器と、該 D U T 出力信号抽出器からの信号を分周する第 1 分周器と、前記発振器の出力信号を分周する第 2 分周器と、を更に有し、
前記位相比較器は、前記第 1 分周器の出力信号の位相と前記第 2 分周器の出力信号の位相とを比較することを特徴とするアクティブロードプル測定システム。

20

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のアクティブロードプル測定システムにおいて、
被測定デバイスの出力信号の一部を抽出して直流電圧に変換する振幅追従部を更に備え、
前記擬似反射波注入部は、電圧制御型可変利得増幅器を含み、
前記振幅追従部は、前記直流電圧により前記電圧制御型可変利得増幅器の利得を制御することを特徴とするアクティブロードプル測定システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

30

【0001】

本発明は、マイクロ波領域で用いる電力増幅器（マイクロ波電力増幅器）の設計手法として好適なアクティブロードプル測定システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

トランジスタを用いたマイクロ波電力増幅器で最大出力（又は最高効率）を得るために、ロードプル測定システムを使用した回路設計がよく行われている。通常、トランジスタの最大出力（又は最高効率）は、線形デバイスとして扱うことは出来ない非線形の領域（例えば、出力が飽和に近づいた領域など）で動作させた時に得られる。そのため、実際の入力信号レベルにおいてロードプル測定システムで測定を行い、基本波や高調波に対する最適な負荷インピーダンスを設計することが必要である。一般的に用いられるロードプル測定システムは、トランジスタなどの D U T (Device Under Test (被測定デバイス)) の出力端に接続される線路に機械式のパッシブチューナを設けてその負荷インピーダンスを変化させるパッシブロードプル測定システムである。

40

【0003】

パッシブロードプル測定システムは、パッシブチューナにおいて線路に近接して反射を起こすプローブの位置を機械的（物理的）に変更することで反射波の振幅と位相を変化させるものである。しかし、パッシブチューナによる損失が大きいため D U T に対し大きな反射波の負荷インピーダンスを形成することは難しく、つまり、反射係数 Γ の大きさが 1 に近いスミスチャートの周辺部を測定することは困難である。また、プローブの位置を

50

変化させて反射波の位相を変化させるため、位相を360度変えるためには装置が大型化し、測定に時間を要し、また、負荷インピーダンスの変化をリアルタイムに観測することができない。

【0004】

これらの問題点を解決するために、アクティブロードブル(Active Load-Pull)測定システムが提案されている。アクティブロードブル測定システムでは、図8(及び図10)に示すように、リファレンスとなる入力信号を可変減衰器141(又は241)と可変移相器142(又は242)で調整し、その調整した信号を補助増幅器143(又は243)で増幅して擬似反射波を形成し、サーキュレータ144(又は244)を介してその擬似反射波をDUTの出力端に注入する。DUTの出力信号(出力波)は、上記サーキュレータ144(又は244)を介して終端抵抗145(又は245)に吸収させる。アクティブロードブル測定システムは、可変減衰器141(又は241)と可変移相器142(又は242)で擬似反射波の振幅と位相を制御するため、理論上、スミスチャート全域の負荷インピーダンスを電子的に(機械的(物理的)制御を含まずに)作り出すことができる。

10

【0005】

また、アクティブロードブル測定システムは、図8(及び図10)に示すように、ネットワークアナライザ6、方向性結合器7、バイアスT回路8などを用いて構成することができる。DUTの出力端に接続された方向性結合器7により、線路上をDUTから負荷に向かう信号(出力波)と負荷からDUTに向かう信号(反射波)を取り出してネットワークアナライザ6で測定し、それらの比を取ることでDUTから見た負荷の反射係数 Γ_L 、すなわち負荷インピーダンスが求められる。従って、負荷インピーダンス(反射係数 Γ_L)のリアルタイムな観測が可能である。

20

【0006】

従来のアクティブロードブル測定システムは、一般には、開ループ型と閉ループ型に類別される。開ループ型のアクティブロードブル測定システム101は、リファレンスとなる入力信号に、図8に示すように外部信号源SGからの信号を用いたり、或いは外部信号源SGと同期を取った別の外部信号源からの信号を用いたりするものである。一方、閉ループ型のアクティブロードブル測定システム201は、図10に示すように、抽出器(方向性結合器又はサーキュレータ)240を介してDUTの出力信号の一部を抽出して(取り出して)リファレンスとなる入力信号に用いるものである。

30

【0007】

開ループ型の利点としては、閉ループ型よりも構成するコンポーネントの数が少ないことが挙げられる。また、擬似反射波を生成する補助増幅器143に要求される仕様も、DUTの最大出力電力と同程度の汎用性の高い一般的な増幅器を用いることが出来るため、比較的簡単なハードウェア構成で実現可能である。また、システムとして安定して動作する。一方、閉ループ型は、出力電力の変化に対し注入する擬似反射波の強度が追従し、一度、可変減衰器241を設定すれば、ソフトウェア上での精密な制御の必要なく、位相のみを変化させて等高線図に近い円状の曲線を描きながら反射係数 Γ_L を測定することが可能である。

40

【0008】

なお、特許文献1には、本願の上記図8で示した開ループ型のアクティブロードブル測定システムとほぼ同様な構成に加え、擬似反射波を注入する補助増幅器とDUTの間の整合を取るために、それらの間にトランスフォーマを設けた構成が開示されている。特許文献2の図1には、本願の上記図8で示した開ループ型のアクティブロードブル測定システムと基本的構成がほぼ同様なものが開示されており、また、特許文献2の図2aには、本願の上記図10で示した閉ループ型のアクティブロードブル測定システムと基本的構成がほぼ同様なものが開示されている。また、特許文献3の図1には、本願の上記図8で示した開ループ型のアクティブロードブル測定システムと基本的構成がほぼ同様なものが開示されており、特許文献3の図2以下の図には、本願の上記図8で示した開ループ型のアク

50

ティブロードブル測定システムとほぼ同様な基本的構成に加え、擬似反射波を注入する補助増幅器とDUTの間の整合を取るために、それらの間に前述したパッシブロードブル測定システムのもと同様なパッシブチューナを設けた構成が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2004-271186号公報

【特許文献2】特表2006-528769号公報

【特許文献3】米国特許9213056号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、従来の開ループ型及び閉ループ型いずれのアクティブロードブル測定システムも、以下に述べるような実使用上の課題がある。

【0011】

図8に示した開ループ型のアクティブロードブル測定システムでは、DUTに注入される擬似反射波の振幅は、DUTの出力波の振幅と無関係に注入される。負荷の反射係数 Γ_L が小さい、すなわち注入する擬似反射波の振幅が小さい時は、注入する擬似反射波の位相変化(振幅一定での位相変化)で、図9に示すように、反射係数 Γ_L の変動は小さい。一方、負荷の反射係数 Γ_L が大きい、すなわち注入する擬似反射波の振幅をDUTの出力波と同程度に大きくした場合、図9に示すように、反射係数 Γ_L が大きく変化し、反射係数 Γ_L の大きさが1を超える状況も発生し得るようになる。

【0012】

従って、開ループ型のアクティブロードブル測定システムでは、スミスチャート全域を測定するには、振幅と位相を細かなステップに設定して、その組み合わせ点で測定を行わなければならない。また、DUTが破壊等を起こさないように反射係数 Γ_L の大きさが1を超えないようにする必要がある。よって、開ループ型のアクティブロードブル測定システムは、システムの制御が複雑になる。この課題は、特許文献1~3に開示される開ループ型のアクティブロードブル測定システムにおいても、基本的には同様と考えられる。なお、特許文献3においては、パッシブチューナを設けている点でパッシブロードブル測定システムと同様な装置の大型化などの問題点が残る。

【0013】

一方、閉ループ型のアクティブロードブル測定システムにおける課題は、以下に示すように、実使用上、反射係数 Γ_L の大きな領域の測定が難しいことである。

【0014】

図11に、閉ループ型のアクティブロードブル測定システムの本願発明者が行った実験において、可変減衰器241の設定値を変化させて測定した時の反射係数 Γ_L を示す。図11における反射係数 Γ_L の変化は、図9に示した開ループ型のアクティブロードブル測定システムでの反射係数 Γ_L の変化とは大きく異なり、位相の変化にともなって円状の曲線を描き、振幅を変化させることによって等高線図に近い円状の曲線を描くようになる。ここで、実際に実現可能な反射係数 Γ_L の大きさは0.6程度が最大であり限界である。反射係数 Γ_L の大きさが1に近いスミスチャートの周辺部に反射係数 Γ_L を近づけようとして、可変減衰器241の減衰量を減らしてループ利得を増加させるとループを構成する系が発振するため、それ以上の測定は不可能である。

【0015】

本願発明者は、先に出願した特願2018-230466において、開ループ型のアクティブロードブル測定システムに対応する開ループ回路部と閉ループ型のアクティブロードブル測定システムに対応する閉ループ回路部の両方を有することで、反射係数 Γ_L の大きさが1以内の全領域で安定的に測定でき、また、システムとして簡素化及び低コスト化が可能なアクティブロードブル測定システムを提案した。本願発明者は、その提案とは別

10

20

30

40

50

に、閉ループ型のアクティブロードブル測定システムにおけるDUTの出力信号を利用するという考えと開ループ型のアクティブロードブル測定システムの基本構成の考えとを基に、反射係数 Γ の大きさが1以内の全領域で安定的に測定でき、また、システムとして簡素化及び低コスト化が可能なアクティブロードブル測定システムを研究し、本願発明を案出した。

【0016】

本発明は、係る事由に鑑みてなされたものであり、その目的は、反射係数 Γ の大きさが1以内の全領域で安定的に測定でき、また、システムとして簡素化及び低コスト化が可能なアクティブロードブル測定システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

10

【0017】

上記目的を達成するために、請求項1に記載のアクティブロードブル測定システムは、発振器と、被測定デバイスの出力信号に前記発振器を位相同期させる位相同期部と、前記発振器からの信号の位相と振幅を制御して擬似反射波を生成し前記被測定デバイスに注入する擬似反射波注入部と、を備えることを特徴とする。

【0018】

請求項2に記載のアクティブロードブル測定システムは、請求項1に記載のアクティブロードブル測定システムにおいて、前記発振器は、電圧制御型発振器であり、前記位相同期部は、前記被測定デバイスの出力信号の位相と前記発振器の出力信号の位相とを比較する位相比較器と、該位相比較器の出力を平滑化して前記発振器を制御するループフィルタと、を有することを特徴とする。

20

【0019】

請求項3に記載のアクティブロードブル測定システムは、請求項2に記載のアクティブロードブル測定システムにおいて、前記位相同期部は、前記被測定デバイスの出力信号を入力するDUT出力信号抽出器と、該DUT出力信号抽出器からの信号を分周する第1分周器と、前記発振器の出力信号を分周する第2分周器と、を更に有し、前記位相比較器は、前記第1分周器の出力信号の位相と前記第2分周器の出力信号の位相とを比較することを特徴とする。

【0020】

請求項4に記載のアクティブロードブル測定システムは、請求項1～3のいずれか1項に記載のアクティブロードブル測定システムにおいて、被測定デバイスの出力信号の一部を抽出して直流電圧に変換する振幅追従部を更に備え、前記擬似反射波注入部は、電圧制御型可変利得増幅器を含み、前記振幅追従部は、前記直流電圧により前記電圧制御型可変利得増幅器の利得を制御することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0021】

本発明のアクティブロードブル測定システムによれば、反射係数 Γ の大きさが1以内の全領域で安定的に測定でき、また、システムとして簡素化及び低コスト化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

40

【0022】

【図1】本発明の実施形態に係るアクティブロードブル測定システムの構成を示すブロック図である。

【図2】同上のアクティブロードブル測定システムにおいて擬似反射波の振幅が回路によりDUTの出力信号の振幅の変動に追従できるようにした構成を示すブロック図である。

【図3】同上のアクティブロードブル測定システムの図2に示した構成における直流電圧変換回路の例を示す回路図である。

【図4】同上のアクティブロードブル測定システムの図1に示した構成の実験による反射係数 Γ を示すスミスチャートである。

【図5】同上のアクティブロードブル測定システムの図2に示した構成の実験による反射

50

係数 L を示すスミスチャートである。

【図 6】 同上のアクティブロードブル測定システムの図 2 に示した構成の実験による直流電圧生成回路に入力される電力に対する電圧制御型可変利得増幅器の利得を示す特性図である。

【図 7】 同上のアクティブロードブル測定システムの図 2 に示した発振器、位相同期部、擬似反射波注入部、振幅追隨部のセットを複数セット設けた構成を示すブロック図である。

【図 8】 従来の開ループ型のアクティブロードブル測定システムを示すブロック図である。

【図 9】 従来の開ループ型アクティブロードブル測定システムにおいて注入波の振幅と位相を変化させた時の L を示すスミスチャートである。

【図 10】 従来の閉ループ型アクティブロードブル測定システムを示すブロック図である。

【図 11】 従来の閉ループ型アクティブロードブル測定システムの実験において注入波の振幅と位相を変化させた時の L を示すスミスチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照しながら説明する。本発明の実施形態に係るアクティブロードブル測定システム 1 は、外部信号源 SG からの信号を DUT (被測定デバイス) の入力端子に入力し、DUT の出力信号に対する最適な負荷インピーダンスを求め

【0024】

発振器 2 は、後に詳述する位相同期部 3 により位相が制御される。発振器 2 は、電圧制御型発振器とすることができる。

【0025】

位相同期部 3 は、DUT の出力信号に発振器 2 を位相同期させるものである。位相同期部 3 は、DUT 出力信号抽出器 30 により DUT の出力信号を入力する。DUT 出力信号抽出器 30 は、擬似反射波注入部 4 の出力端子 (補助増幅器 43 の出力端子) と DUT の出力端子の間に設けることができる。DUT 出力信号抽出器 30 は、サーキュレータを用いることができる。DUT 出力信号抽出器 30 は、擬似反射波注入部 4 (補助増幅器 43) が出力する擬似反射波は通過させ、DUT の出力信号は位相同期部 3 の後段部分に向かわせる。なお、DUT 出力信号抽出器 30 による DUT の出力信号の入力は、DUT の出力信号の全部の入力他、DUT の出力信号の一部 (電力の一部) の入力であってもよい。

【0026】

位相同期部 3 は、減衰器 31 と増幅器 (リミッタアンプ) 32 を通して、入力した DUT の出力信号の電圧レベルなどを整えた信号を生成するようにすることができる。

【0027】

位相同期部 3 は、発振器 2 を電圧制御型発振器とした場合、第 1 分周器 33 と位相比較器 34 とループフィルタ 35 と第 2 分周器 36 とを有する。第 1 分周器 33 は、DUT 出力信号抽出器 30 からの信号を周波数が所定の分周比 (N 分の 1) になるように分周し、第 2 分周器 36 は、発振器 2 の出力信号を周波数が所定の分周比 (N' 分の 1) になるように分周する (N 及び N' は自然数)。位相比較器 34 は、第 1 分周器 33 の出力信号の位相と第 2 分周器 36 の出力信号の位相とを比較することで、つまりは、DUT の出力信号の位相と発振器 2 の出力信号の位相とを比較する。ループフィルタ 35 は、位相比較器 34 の出力を平滑化して発振器 2 が DUT の出力信号に追隨して位相同期するように発振器 2 を制御する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

第 1 分周器 3 3 の分周比 (N 分の 1) と第 2 分周器 3 6 の分周比 (N ' 分の 1) の両方又はいずれか片方は、可変にするのが好ましい。そうすると、例えば、 $N' = N$ とすると基本波 (D U T の入力端子に入力する外部信号源 S G からの信号に等しい周波数の信号) の擬似反射波とすることができ、 $N' = 2 N$ とすると基本波の 2 倍の高調波の擬似反射波とすることができる。また、擬似反射波を基本波のみとするならば、第 1 分周器 3 3 の分周比と第 2 分周器 3 6 の分周比を $N' = N$ で固定にしたり、場合によっては両方を省いたりすることも可能である。

【 0 0 2 9 】

擬似反射波注入部 4 は、発振器 2 の出力信号を基準にして、それとの相対的な位相 (換言すれば、D U T の出力信号との相対的な位相差) と振幅を制御して擬似反射波を生成し、その擬似反射波を D U T の出力端子に向けて注入するものである。つまり、擬似反射波注入部 4 は、閉ループ型のアクティブロードプル測定システムの基本構成の中で、外部信号源 S G からの信号でなく、発振器 2 からの信号を用いている、と言える。振幅は可変減衰器 4 1 で制御し、位相は可変移相器 4 2 で制御することができる。また、擬似反射波注入部 4 は、補助増幅器 4 3 が設けられそれにより増幅して出力することができる。

10

【 0 0 3 0 】

このように、アクティブロードプル測定システム 1 は、D U T の出力信号の位相を利用しており、閉ループ型のアクティブロードプル測定システムにおける D U T の出力信号を利用するという考えを取り入れている。

20

【 0 0 3 1 】

システム制御部 5 は、擬似反射波注入部 4 の可変減衰器 4 1 と可変移相器 4 2 を一定のアクティブロードプル測定方法の手順に従って制御する。システム制御部 5 は、通常、アクティブロードプル測定方法の手順をプログラムとして格納しており、その手順を C P U が実行する。

【 0 0 3 2 】

ネットワークアナライザ 6 は、市販の一般的な仕様のものを使用することができる。方向性結合器 7 は、一般的な仕様のものを使用することができる。D U T の出力端に接続された方向性結合器 7 により、線路上を D U T から負荷に向かう信号 (出力波) と負荷から D U T に向かう信号 (反射波) を取り出してネットワークアナライザ 6 で測定し、それらの比を取ることで D U T から見た負荷の反射係数 Γ_L が算出され、反射係数 Γ_L から負荷インピーダンスが求められる。従って、負荷インピーダンス (反射係数 Γ_L) のリアルタイムな観測が可能である。バイアス T 回路 8 は、D U T の出力にバイアスをかける一般的な仕様のものを使用することができる。

30

【 0 0 3 3 】

以上説明したアクティブロードプル測定システム 1 では、発振器 2 は、位相同期部 3 によって D U T の出力信号に位相同期され、一旦、位相同期されれば、同期はずれを起こさない限り、他の周波数で発振することはなくなる。また、位相同期部 3 と発振器 2 と擬似反射波注入部 4 において、D U T の出力信号を利用して D U T の出力端子に向けて注入する擬似反射波を生成しているために、一見、ループを構成する系が存在するが、ループを構成する系が位相同期部 3 から発振器 2 のところで一旦切れているので、ループを構成する系の利得が 1 より大きくなって発振するというようなことが防止できる。その結果、反射係数 Γ_L の大きさが 1 以内の全領域で安定的に測定でき、また、システムとして簡素化及び低コスト化が可能になる。

40

【 0 0 3 4 】

次に、アクティブロードプル測定システム 1 において、更に、擬似反射波の振幅が回路により D U T の出力信号の振幅の変動に追従できるようにしたアクティブロードプル測定システム 1 ' について説明する。アクティブロードプル測定システム 1 ' は、図 2 に示すように、発振器 2 と位相同期部 3 と擬似反射波注入部 4 ' とを備え、更に振幅追従部 9 を備える。また、アクティブロードプル測定システム 1 ' は、システム制御部 5 とネットワ

50

ークアナライザ 6 と方向性結合器 7 とバイアス T 回路 8 とを備えることができる。アクティブロードブル測定システム 1' の発振器 2、位相同期部 3、システム制御部 5、ネットワークアナライザ 6、方向性結合器 7、バイアス T 回路 8 は、アクティブロードブル測定システム 1 のものと同様のものを用いることができる。

【0035】

アクティブロードブル測定システム 1' の擬似反射波注入部 4' は、その中(より詳細には、信号処理経路の中)に電圧制御型可変利得増幅器 44 を含んでいる。擬似反射波注入部 4' におけるその他の構成は、上述した擬似反射波注入部 4 の構成と同様である。電圧制御型可変利得増幅器 44 は、特に限定されるものではないが、補助増幅器 43 の前段に設けることができる。電圧制御型可変利得増幅器 44 は、次に述べる振幅追従部 9 により利得が制御される。

10

【0036】

振幅追従部 9 は、それが出力する直流電圧 (DC 電圧) により電圧制御型可変利得増幅器 44 の利得を制御してその出力信号の振幅を DUT の出力信号の振幅に追従させるものである。振幅追従部 9 は、第 2 の DUT 出力信号抽出器 90 と直流電圧生成回路 91 と直流電圧変換回路 92 とを有する。

【0037】

振幅追従部 9 は、第 2 の DUT 出力信号抽出器 90 により位相同期部 3 が入力した DUT の出力信号の一部 (電力の一部) を抽出して (取り出して) 入力する。第 2 の DUT 出力信号抽出器 90 は、方向性結合器を用いることができる。

20

【0038】

直流電圧生成回路 91 は、第 2 の DUT 出力信号抽出器 90 を通して DUT の出力信号の一部 (電力の一部) を入力し、その電力に応じた直流電圧を生成する。直流電圧生成回路 91 は、市販の RF パワーディテクタを用いることができる。また、直流電圧変換回路 92 は、直流電圧生成回路 91 が出力する直流電圧の範囲を、電圧制御型可変利得増幅器 44 が適正に制御できる電圧範囲に変換する。直流電圧変換回路 92 は、例えば、図 3 に示すように入力端子 92i から入力した電圧を基準電圧に対して反転増幅する反転増幅器 921 と、バイアス電圧 922 と、反転増幅器 921 の出力電圧とバイアス電圧 922 とを所定の割合で加算して反転増幅して出力端子 92o に出力する加算回路 923 と、を有する構成とすることができる。

30

【0039】

アクティブロードブル測定システム 1' では、擬似反射波の振幅は、DUT の出力信号の振幅の変動に追従して変動するので、測定過程において、可変減衰器 41 による制御が容易になり、また、DUT の出力信号の振幅に対して過度に大きくなったり又は小さくなったりするのを防止することが可能である。

【0040】

アクティブロードブル測定システム 1 及び 1' を用いて本願発明者が行った実験について述べる。実験では、外部信号源 SG からの信号は 2.45 GHz とした。2.45 GHz は、マイクロ波加熱用に広く使用されるもので、DUT であるトランジスタの出力インピーダンスは、出力が大きいほど低インピーダンスとなりショートに近くなるため、そのトランジスタを用いて 100 W 以上の電力増幅器を設計するのは容易でないといわれるものである。DUT は、住友電工デバイス・イノベーション株式会社製の窒化ガリウム高電子移動度トランジスタ (GaN-HEMT) である EGN21C020MK を用いた。

40

【0041】

図 4 は、アクティブロードブル測定システム 1 において擬似反射波の振幅を 3 通り (可変減衰器 41 の減衰量が 20 dB、18 dB、7 dB) 変化させ、その変化ごとに位相を可変移相器 42 で所定角度ずつ変化させて測定した反射係数 Γ を示すスミスチャートである。図 5 は、アクティブロードブル測定システム 1' において擬似反射波の振幅を 4 通り (可変減衰器 41 の減衰量が 20 dB、18 dB、7 dB、5 dB) 変化させ、その変化ごとに位相を可変移相器 42 で所定角度ずつ変化させて測定した反射係数 Γ を示すス

50

ミスチャートである。図中、印は可変減衰器 4 1 の減衰量が 20 dB のとき、印は可変減衰器 4 1 の減衰量が 18 dB のとき、印は可変減衰器 4 1 の減衰量が 7 dB のとき、印は可変減衰器 4 1 の減衰量が 5 dB のとき、の反射係数 Γ を示す。

【0042】

図 4 及び図 5 において、擬似反射波の各振幅において位相を所定角度ずつ変化させて測定した反射係数 Γ のデータは、ほぼ等間隔の位相の変化を示し、スミスチャートの中央 ($\Gamma = 0$) の付近を中心とした円状又は円弧状の形を全体として形成する。擬似反射波の振幅を大きくして行く (可変減衰器 4 1 の減衰量を小さくして行く) と、スミスチャート上において反射係数 Γ のデータの形成する円状又は円弧状の形は、直径を変えながら、外枠の円 (Γ の大きさが 1 の円) 付近まで大きくなる。つまり、反射係数 Γ は、その大きさが 1 に近い領域まで測定できる。なお、図 4 においては、右上側で外枠の円 (Γ の大きさが 1 の円) 付近の領域は、反射係数 Γ の大きさが 1 を超えないようにしながら擬似反射波の振幅を更に大きくして (可変減衰器 4 1 の減衰量を小さくして) 測定することになる。

10

【0043】

なお、図 5 の測定では、直流電圧生成回路 9 1 はアナログ・デバイゼズ社の RF パワーディテクタ LT 5538 を用いた。直流電圧生成回路 9 1 に入力される電力に対する電圧制御型可変利得増幅器 4 4 の利得は、図 6 に示すように約 -40 dBm ~ 約 -20 dBm の範囲で良好な変化を示している。

20

【0044】

以上、本発明の実施形態に係るアクティブロードブル測定システムについて説明したが、本発明は、上述の実施形態に記載したものに限られることなく、特許請求の範囲に記載する事項の範囲内でのさまざまな設計変更が可能である。例えば、上記の実験では、2.45 GHz (基本波) について行ったものであるが、その高調波についても適用可能である。また、その他の周波数の基本波、高調波についても適用可能である。

【0045】

また、基本波と高調波、或いは、高調波同士を同時に測定できるようにすることも可能である。例えば、図 7 に示すアクティブロードブル測定システム 1' のように、アクティブロードブル測定システム 1' における、発振器 2、位相同期部 3、擬似反射波注入部 4'、振幅追従部 9 のセットを複数セット (図 7 では、2 セット) 設け、それらを基本波用又は高調波用にし、電力合成器 4 A で接続するようにすることができる。電力合成器 4 A は、例えば、マルチプレクサなどを用いることができる。各々の位相同期部 3 の第 2 分周器 3 6 の分周比 (又は第 1 分周器 3 3 の分周比) の設定により、基本波用又は高調波用にすることが可能である。勿論、アクティブロードブル測定システム 1' における、発振器 2、位相同期部 3、擬似反射波注入部 4 のセットを複数セット設けてそれらを電力合成器 4 A で接続して、アクティブロードブル測定システム 1' と同様なシステムを構成することもできる。

30

【符号の説明】

【0046】

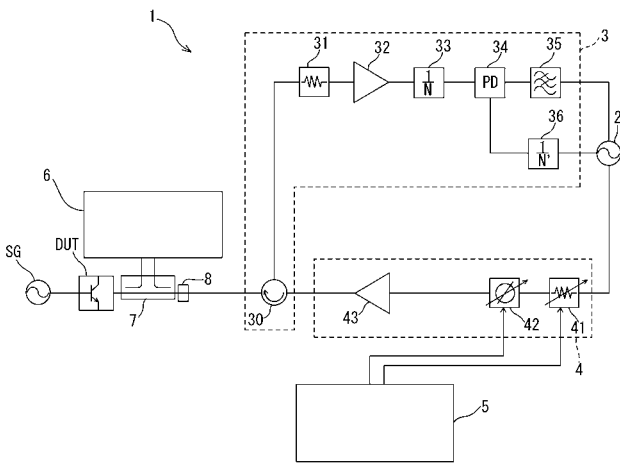
- 1、1' アクティブロードブル測定システム
- 2 発振器
- 3 位相同期部
- 3 0 DUT 出力信号抽出器
- 3 1 減衰器
- 3 2 増幅器
- 3 3 第 1 分周器
- 3 4 位相比較器
- 3 5 ループフィルタ
- 3 6 第 2 分周器
- 4、4' 擬似反射波注入部

40

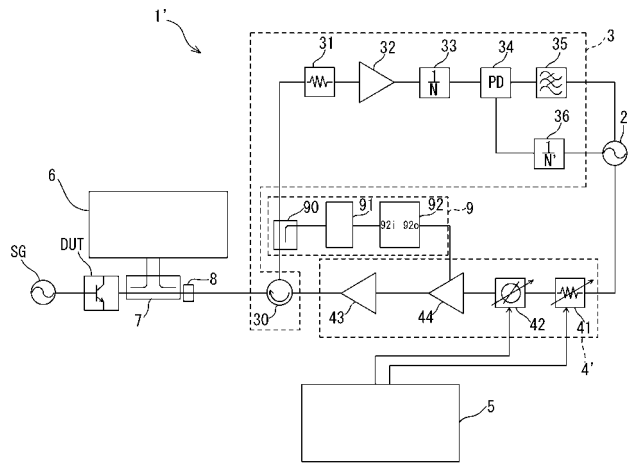
50

- 4 1 可変減衰器
- 4 2 可変移相器
- 4 3 補助増幅器
- 4 4 電圧制御型可変利得増幅器
- 4 A 電力合成器
- 5 システム制御部
- 6 ネットワークアナライザ
- 7 方向性結合器
- 8 パイアスT回路
- 9 振幅追従部
- 9 0 第2のDUT出力信号抽出器
- 9 1 直流電圧生成回路
- 9 2 直流電圧変換回路
- SG 外部信号源
- DUT 被測定デバイス

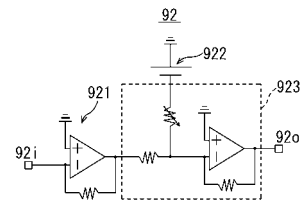
【図1】



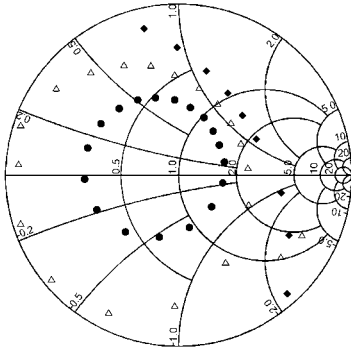
【図2】



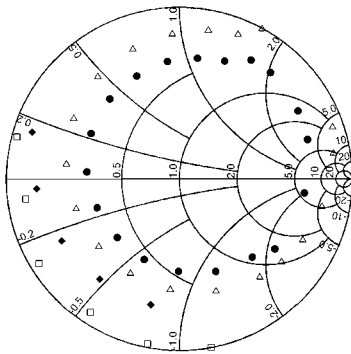
【図3】



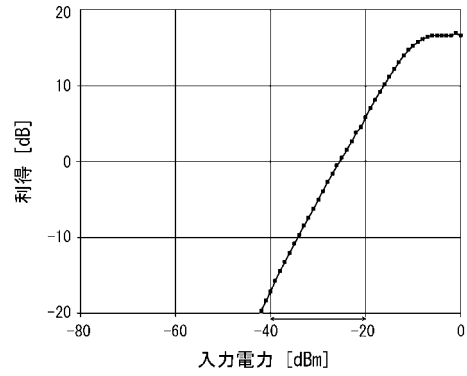
【 図 4 】



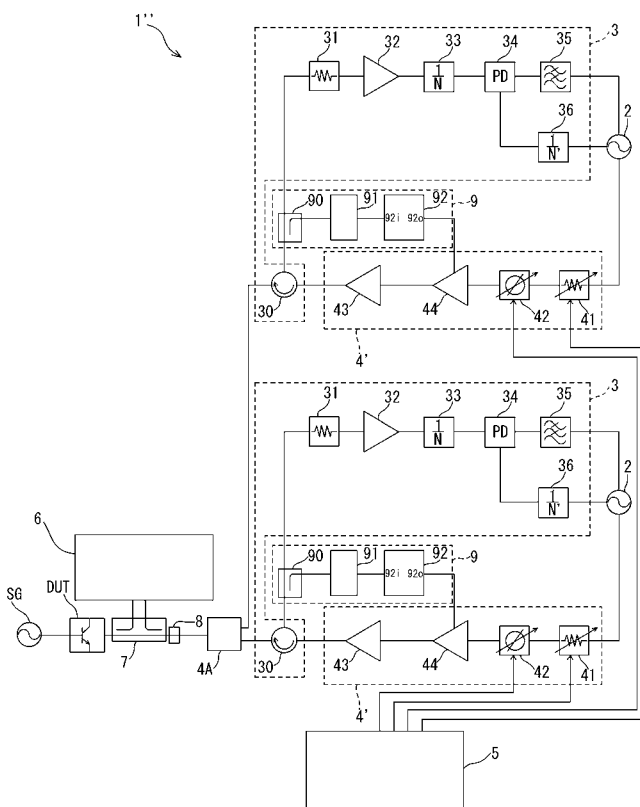
【 図 5 】



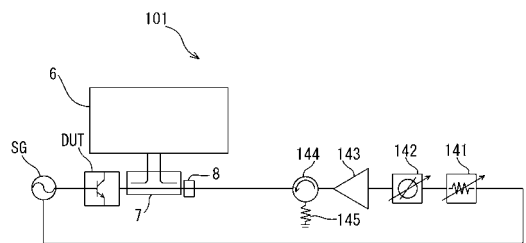
【 図 6 】



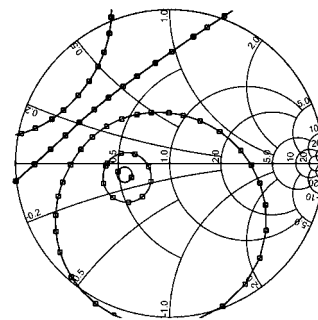
【 図 7 】



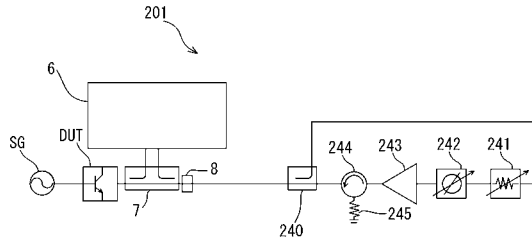
【 図 8 】



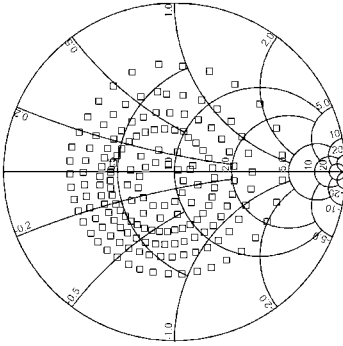
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J500 AA04 AA41 AC87 AC92 AC97 AF17 AH12 AH24 AK12 AK20
AK23 AK26 AK32 AK41 AK68 AM13 AT01 AT05