

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-535321
(P2008-535321A)

(43) 公表日 平成20年8月28日(2008.8.28)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H03F 1/07 (2006.01)	H03F 1/07	5 J 500
H03F 3/24 (2006.01)	H03F 3/24	
H03F 3/68 (2006.01)	H03F 3/68	Z
H03F 1/32 (2006.01)	H03F 1/32	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 13 頁)

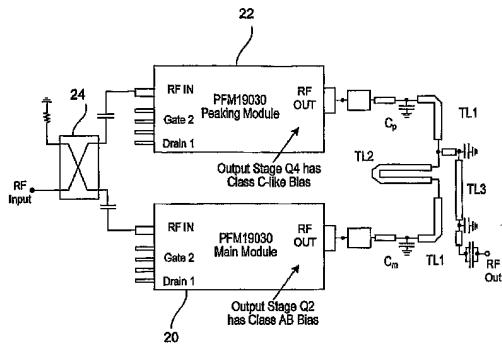
(21) 出願番号	特願2008-503161 (P2008-503161)	(71) 出願人	504029020 クリー マイクロウェーブ リミテッド ライアビリティ カンパニー アメリカ合衆国 27703 ノースカロ ライナ州 ダラム シリコン ドライブ 4600
(86) (22) 出願日	平成18年3月16日 (2006.3.16)	(71) 出願人	592054856 クリー インコーポレイテッド CREE INC.
(85) 翻訳文提出日	平成19年9月25日 (2007.9.25)	(71) 出願人	アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2 7703 ダラム シリコン ドライブ 4600
(86) 國際出願番号	PCT/US2006/010498	(74) 代理人	100077481 弁理士 谷 義一
(87) 國際公開番号	W02006/102466		
(87) 國際公開日	平成18年9月28日 (2006.9.28)		
(31) 優先権主張番号	11/090,577		
(32) 優先日	平成17年3月24日 (2005.3.24)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】多段モジュールを用いた高電力ドハティ増幅器

(57) 【要約】

高電力ドハティRF増幅器は、それを構成する主増幅器とピーク増幅器の双方に、多段増幅器モジュールを用いている。2方路2段の実施形態では、おのおのの増幅器モジュールの初段に、信号プリディストーション機能を含み、それにより初段と次段の歪を補償することができる。設計は簡単で、高利得で高効率な増幅器が可能である。1つの実施形態では、主増幅器とピーク増幅器の双方に、市販のCREE PFM19030SM電力モジュールが用いられている。



させるための、第1のインピーダンス整合の手段、および、

(e) 前記主増幅器と前記ピーク増幅器からの出力信号を、共通の出力に結合させるための、第2のインピーダンス整合の回路、
を備えたことを特徴とするRF電力増幅器。

【請求項12】

おのののの増幅器の第1段の増幅工程が、前記第1段の増幅工程と前記後段の増幅工程に対する信号プリディストーションを与えることを特徴とする請求項11に記載のRF電力増幅器。

【請求項13】

前記主増幅器と前記ピーク増幅器の中の、前記2段の増幅工程が、それぞれ、基板上に表面実装され、パッケージされた厚膜ハイブリッドマイクロエレクトロニクス回路の中に仕切り実装され、直列に接続された、トランジスタを有することを特徴とする請求項12に記載のRF電力増幅器。

10

【請求項14】

前記第1段の増幅工程が5Wで、前記第2段の増幅工程が30Wであることを特徴とする請求項13に記載のRF電力増幅器。

【請求項15】

前記2段の増幅工程が、CREE PFM19030SM電力モジュールを有することを特徴とする請求項14に記載のRF電力増幅器。

20

【請求項16】

前記主増幅器と前記ピーク増幅器のおののが、横方向拡散MOSトランジスタ、MESFET、HEMT、HBT、および、バイポーラトランジスタにより構成されるグループから選択される、トランジスタを有することを特徴とする請求項13に記載のRF電力増幅器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的には、無線周波数(RF)電力増幅器に関し、より詳細には、多段モジュールを用いることにより、改善された効率と線形性を持つ、高電力増幅器に関する。

30

【背景技術】

【0002】

基地局の電力増幅器は、しばしばピーク電力よりずっと低い出力電力レベルで動作をする。あいにく、バックオフ電力レベルは、送信機における電力増幅器の効率を低めてしまう。従来の増幅器では、効率と入力駆動レベルには、直接的な関係がある。従って、RF入力駆動レベルが、増幅器の抑圧、または飽和が起こるほどに十分に大きくなるまで、高い効率(直流(DC)からRFへの変換効率)は得られない。マルチキャリア通信システムにおいては、増幅器は極力線形であることが要求されるので、この飽和させる高効率領域は用いることができない。

【0003】

バックオフ電力レベルで動作させてより高い効率を得る電力増幅器回路の設計は、ドハティ増幅器の回路であり、ドハティ増幅器は、主増幅器とピーク増幅器の出力を合成して出力電力を得る方法である。参考文献W. H. Doherty著、「A New High-Efficiency Power Amplifier for Modulated Waves」、Proc. IRE、24巻、9号、1163-1182ページ、1936年発行、に説明されている。従来のドハティの構成では、図1Aに示すように、主増幅器または、搬送波増幅器10とピーク増幅器12は、最適効率で最大電力を負荷Rに供給するように設計されている。主増幅器または、搬送波増幅器は通常のB級増幅器であり、一方、ピーク増幅器は、ある小さい値の閾値を超える信号だけを増幅するように設計される。横方向拡散MOS(LDMOS)電力トランジスタを用いれば、C級動作と同様な動作を行うように直流バイアス電圧をトランジスタのピンチオフ電圧以下に設定

40

50

することにより、この条件は達成することができる。2つの増幅器の出力が、特性インピーダンスがRである1/4波長伝送路によって結合され、最適負荷抵抗Rの半分の値の負荷がピーク増幅器の出力に接続される。RF入力電力は、等しい電力に2分割され、ピーク増幅器の入力では1/4波長の位相差が与えられる。従って、2つの増幅器の同相の電力が負荷R/2へ供給される。このように、2つの増幅器の出力は負荷抵抗R/2のところで同相になる条件が確保されるであろう。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

これまで、ドハティ増幅器は、搬送波増幅器モジュールとピーク増幅器モジュールには、どちらも個別の1段の増幅器を用いてきた。本発明は、個別の1段の増幅器の使用では得られない利点を実現させるものである。 10

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に従うと、ドハティ増幅器においては、主増幅器とピーク増幅器のどちらにも、多段の増幅器モジュールが用いられる。

【0006】

2方路2段増幅器の1つの実施形態では、おののの増幅器モジュールの初段は、信号プリディストーションを含むことができる。この信号プリディストーションでは、初段に含まれる信号プリディストーションが、初段と次段の両方の歪を補償している。回路設計は簡単で、高利得で高効率の増幅器を得ることができる。 20

【0007】

本発明と、本発明の目的、および主要特長は、図面とともに、下記の詳細なる説明と付随した特許請求の範囲から容易に理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明は、従来の個別部品のトランジスタを用いた1段のドハティ増幅器と比べて、改善された利得と線形性を持つ高電力ドハティ増幅器を提供する。本発明においては、ドハティ増幅器は、1つの主増幅器または搬送波増幅器と、1つ以上のピーク増幅器を持ち、ハイブリッド組み立てによる製造が可能な多段の増幅器ユニットを用いている。 30

【0009】

図1は、本発明の実施形態に従うドハティ増幅器のなかに用いることのできる、市販の2段の厚膜マイクロエレクトロニック増幅器(CREE PFM19030SM)の機能的ブロック図である。モジュールの初段は、RF入力に入力整合回路とプリディストーション回路を通して結合される電界効果トランジスタQ1を含む。トランジスタQ1の出力は、分布表面実装技術を用いて作られる出力整合回路を通して第2の電界効果トランジスタQ2を含む第2段へと入力される。トランジスタQ2は、入力整合回路を通してQ1の出力を受けるべく接続され、増幅した出力を、出力整合回路を通してRF出力へと供給する。

【0010】

この回路の内部構成では、消費電力の大きいデバイスは、RF接地を構成するとともに熱放散としても機能する金属の仕切り板の上に設置する。ここに、整合回路、バイアス供給回路、バイパス回路は、表面実装(SMT)受動素子を含む厚膜マイクロストリップ回路を用いて実現される。図1のブロック図は増幅器の内部構成を示す。 40

【0011】

Q1とQ2はLDMOSであり、おのののLDMOSトランジスタダイの入出力インピーダンスは1~5の値を示す(チップとワイヤ間のインピーダンス整合回路を加える前)。チップワイヤ間のインピーダンス整合回路と、30Wトランジスタ(Q2)の出力にある分布定数回路によるインピーダンス整合回路との組み合わせで、電力整合の最適インピーダンス(AB級動作)を公称値の20レベルに変換する。これにより、ドハティ

10

20

30

40

50

増幅器サブシステムに要求されるモジュール外整合回路を簡単化できる。

【0012】

それぞれの1つの増幅器モジュール集合は、銅の底板(1.0mm厚)に半田付けされた2つ(5Wと30W)のダイキャリアを含む。シリコンのLDMOSトランジスタダイ(Cree Microwave製)は金属の仕切り板に溶融接着される。底板はまた、ダイキャリアを置くための切り抜き部を持つ0.5mm厚の単層アルミナ厚膜基板を支持している。アルミナ基板は導電性エポキシにより銅の底板に貼り付けられる。ダイからの熱はダイキャリア(仕切り金属板)と厚い銅底板を通して放散され、外部に出て行く。

【0013】

2段の表面実装モジュールは、プリント基板上に配置すれば、個別パッケージ30Wトランジスタ(従来のボルト締めの金属フランジを持つ)が占めるであろう面積より、少し広いだけである。RF入力とRF出力のリード線に加えて、初段のドレインと内部の温度補償回路に接続するリード線がある。バイパス回路は、広いビデオ帯域幅を支持し、それによるメモリー効果を最小にするために、モジュール内に含められている。

【0014】

図2は、本発明の実施形態に従う、図1の2つのPFM19030SMモジュールを用いた、2方路2段のドハティ増幅器の機能的ブロック図である。図2に示すように、増幅器は、分配器24からRF入力信号を受ける主増幅器モジュール20とピーク増幅器モジュール22を含む。主増幅器モジュール20はAB級動作にバイアスされ、ピーク増幅器モジュール22は、公称的には、C級動作にバイアスされる。

【0015】

モジュール入力は直接に4分岐3dB結合器に接続される。出力は、短い低インピーダンス伝送線素子とシャント用のコンデンサCpとCmを用いて整合がとられる。モジュールの出力インピーダンスは、整合をとっていない個別LDMOSトランジスタのインピーダンスと比べて、ずっと大きい値なので、加える整合回路は極力小さく抑えられる。CpとCmの値は、異なった動作モード(C級とAB級)に対して適するように、異なった値になる(Cp << Cm)。

【0016】

さらなるインピーダンス変成が伝送線TL1(主増幅器とピーク増幅器のあのおので)により達成される。主増幅器モジュールの側のTL2部分は、古典的な2方路ドハティ設計に典型的であるように、公称値90度の移相を与える。出力部分TL3と関連するコンデンサはインピーダンス変成器を構成する。すべての素子(伝送線路とシャントコンデンサ)の値は、回路解析と最適化過程で調整される。CMCデバイスマルの適正さと適用電力は、これまでに報告されている結果を得るために初期の試験的回路で調べた結果、コンデンサの値だけを調整すればよかった(伝送線路の長さと幅に関しては、最初に設定した値から変更する必要はなかった)、という経験により検証された。

【0017】

コンデンサの値は、主として、最適なピーク電力レベルを達成するために調整される。バイアス条件は、増幅器の線形性と効率に関わる最も敏感な決定要因である。回路の線形性は、動作をAB級またはC級に設定して、効率に関する案配を行うことにより最適化される。線形性は目的としている応用において重要な要因であり、プリディストーションによるさらなる改善の必要性も予想される。主な達成目的は、プリディストーションだけ(フィードフォワードの損失なしに)、システムレベルの線形性の基準を達成することである。この方法論はシステム効率を最大にし、回路の複雑さを減少させることを可能にする力を持っている。

【0018】

図2の2方路2段増幅器の利得とリターンロスが図3に示されている。利得は1930MHz-1960MHzにおいて26±0.2dBである。図4は、CW出力電力に対する利得と効率の測定値に関し、ドハティ増幅器と正規のAB級バイアスにて動作させた個別のモジュールを比較したものである。AB級の個別モジュールは公称的には30W(+

10

20

30

40

50

44.8 dBm) のピーク出力電力の能力を持つのに対し、ドハティ出力は公称値 60 W (+47.8 dBm) である。どちらの回路も、最適なピーク電力や効率に対してではなくて、最適な線形性に対してバイアスレベルが敏感でないことに注意を要する。効率対出力電力特性の形の比較が特に興味深い。ドハティ増幅器は、個別モジュールと比較して、2倍の出力電力の能力を持つが、低い電力レベルでは、効率は同程度である。

【0019】

図5は、ドハティ増幅器の、出力電力に対する利得と相対移相(AM/PM)を示す。この非常に低いAM/PMは、この増幅器の2調波CWとWCDMAの入出力特性に関して優れた線形性が得られることに貢献している。

【0020】

この2方路ドハティ増幅器の1つの特徴は、片方の増幅器が帯域の中心から偏倚すると線形性の劣化することである。これは一般的に、2方路ドハティ増幅器の典型的な特性であると考えられる。図7は、帯域中央と帯域側端でのCW2調波3次相互変調歪(IMD)を示している。CW2調波のIMDは、2周波数WCDMAの試験で得られる結果よりも大きな周波数依存性を示している。

【0021】

標準的なWCDMA試験として、1960 MHzが中心で10 MHz離れた2周波の信号(3GPP基準信号で、ピーク値/平均値は8.5 dB)で試験が行われた。測定結果(図8)は、10 MHz離れたIM3積が主なる歪となり、3次相互変調(IM3)の非対称性は電力が低くなると大きくなる(この現象は、標準的なAB級の動作条件での個別モジュールでも起こる)ことを示している。図9には隣接チャネル漏洩電力比(ACLR)とIM3抑圧が3つのRF周波数に対してプロットされている。測定システムの動作可能範囲は約-55 dB(電力の低いところ)~-60 dB(電力の高いところ)に限られている。

【0022】

適用を広げるための鍵となる目標は、プリディストーションを用いて、さらに線形性を改善することである。図10は、ドハティ増幅器の線形性を高めるために、PMC-Sierra Paladin 15 のデジタルプリディストーションを用いた2信号WCDMAのデータである。

【0023】

この場合の信号は、クレストファクタが7.5 dBの2周波のWCDMA信号である。平均出力電力12.5 W、効率は26.8%であり、このときのACLRは-51 dBc、IM3は-54 dBcである。RF帯域幅(1930 MHz - 1990 MHz)における効率は28% - 26%であり、ACLRは-49 dBc以下、IM3は-50 dBc以下である。プリディストーションを施した後のIM3の非対称は非常に小さい。これは、プリディストーションとともにこのドハティ設計用いて設計することにより、優れた線形性と効率が得られることを示している。

【0024】

図2の2方路2段ドハティ増幅器では、2方路60 Wドハティ増幅器の中に用いられる能動素子として、小さな表面実装ハイブリッドモジュールを用いている。この設計により、10 W平均出力の時、2つの3GPP WCDMA信号に対して、高い効率(26%)が得られることが示される。この場合、ACLRは-40 dBcであり、IM3は-38 dBc(相関なし)である。プリディストーションによりさらに改善を行えば、1930 MHz - 1990 MHzの帯域全体にわたり、効率が26%、ACLR/IM3が-49 dBc / -50 dBcで、12.5 WのWCDMA出力が得られる。このときの電力利得が26 dBで、リターンロスも小さいという事実は、本発明がシステム設計を容易にするという実用性を示すものである。

【0025】

本発明は具体的な実施形態を参照して説明されたが、説明は例証的に行われたものであり、本発明をより限定的にするものではないと解釈されるべきである。例えば、トランジ

スタは、横方向拡散MOSシリコン電界効果トランジスタ、MESFET、HEMT、HBT、または、バイポーラトランジスタであってもよい。さらに、本発明は、2つ以上のピーク増幅器を持ち、2段以上の増幅工程を持つモジュールを用いた増幅器への適用性も持っている。例えば、3つのCREEPFM19030モジュールを用いた、全体利得24dB、単一調波出力電力90W以上の3方路2段増幅器に関してのシミュレーションも成功した。このように、種々なる変形と応用は、本明細書に付随した特許請求の範囲において明確にされる、本発明の真なる精神と意図から逸脱せずに、当業者には可能であろう。

【図面の簡単な説明】

【0026】

10

【図1】本発明の実施形態に用いることのできる、従来技術である2段ハイブリッド増幅器モジュールの機能的ブロック図である。

【図2】図1のハイブリッド増幅器モジュールを用いた、2方路2段RF電力増幅器の機能的ブロック図である。

【図3】本発明の1つの実施形態における増幅器の、利得と入出力のリターンロスを周波数に対してプロットした図面である。

【図4】ドハティ増幅器と個別のAB級モジュールの利得と効率をCW出力電力に対して示したグラフである。

【図5】ドハティ増幅器の利得とAM/PM特性をCW出力電力に対して示したグラフである。

20

【図6】ドハティ増幅器の2調波CW相互変調積を平均出力電力に対して示したグラフである。

【図7】ドハティ増幅器の相互変調積を3周波数での平均出力電力に対して示したグラフである。

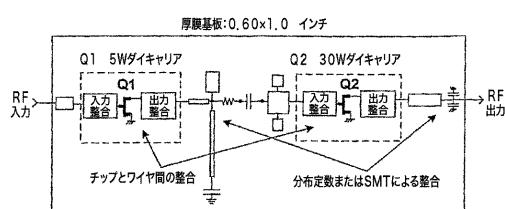
【図8】ドハティ増幅器における2周波WCDMA信号に対するACLRと相互変調抑圧を平均出力電力に対して示したグラフである。

【図9】ドハティ増幅器における信号のACLRとIM3を3周波数での平均出力電力に対して示したグラフである。

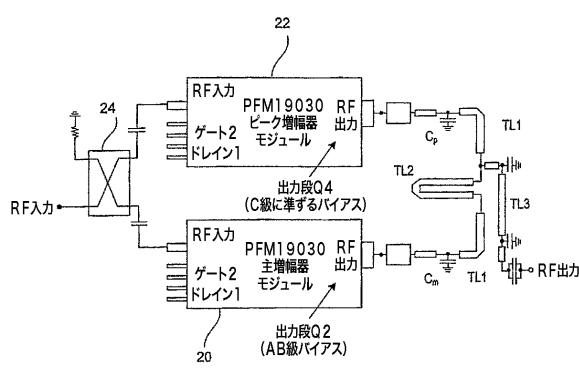
【図10】本発明の実施形態に従う、12.5Wの2周波WCDMAの信号スペクトラムを得るための、プリディストーション付きドハティ増幅器、の特性明細を示したグラフである。

30

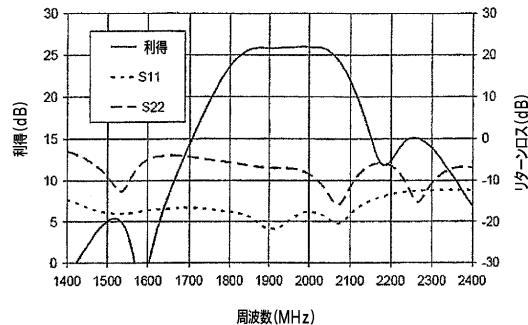
【図1】



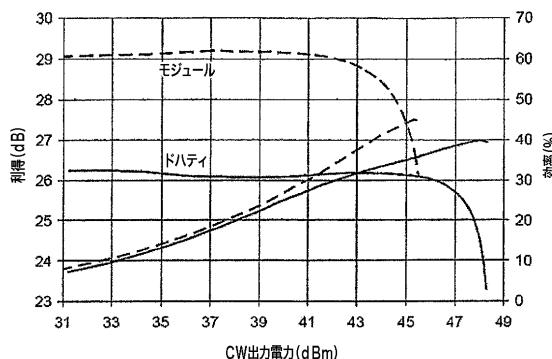
【図2】



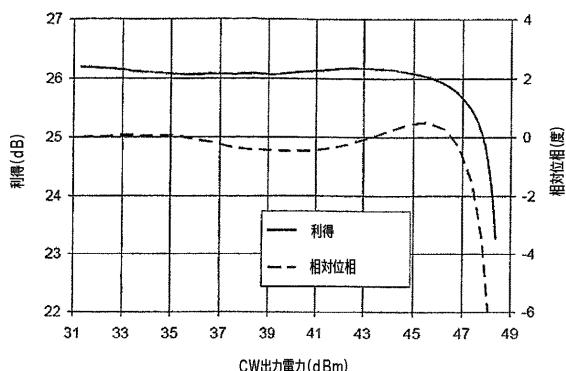
【図3】



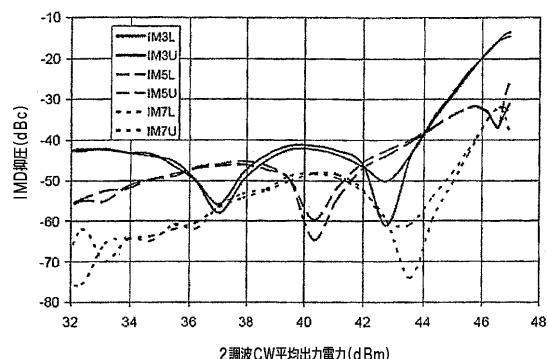
【図4】



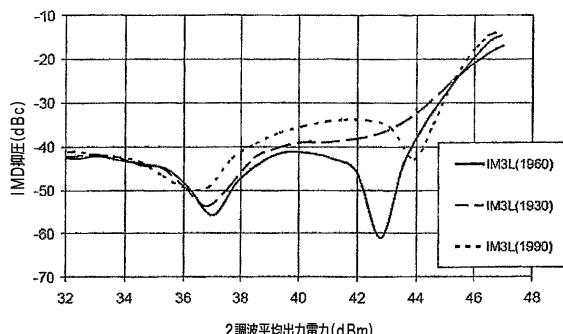
【図5】



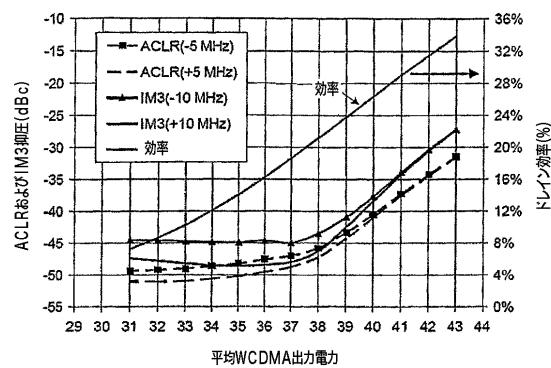
【図6】



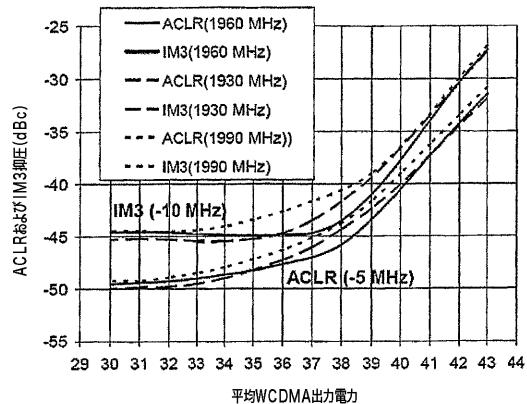
【図7】



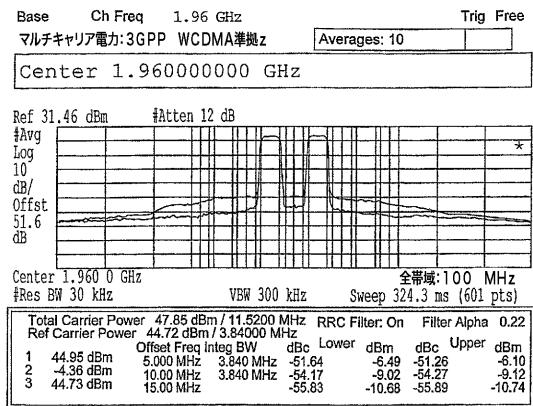
【図8】



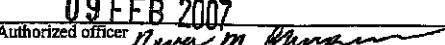
【図9】



【図10】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US06/10498																											
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: H03F 3/68(2006.01)																													
USPC: 330/295 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) U.S. : 330/295																													
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE																													
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Please See Continuation Sheet																													
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category *</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">X,E</td> <td style="padding: 2px;">US 2006/0114064 A1 (SKIKUMA) 01 June 2006 (01.06.2006) see entire document.</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1-16</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">---</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1-16</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1-16</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">X,E</td> <td style="padding: 2px;">US 7,061,314 B2 (KWON et al) 13 June 2006 (13.06.2006) see entire document.</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1, 2, 5-11</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">---</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1-16</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">US 6,864,742 B2 (KOBAYASHI) 08 March 2005 (08.03.2005) see entire document.</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1-16</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">A,P</td> <td style="padding: 2px;">US 6,947,711 B1 (LEYONHJELM) 20 September 2005 (20.09.2005) see entire document.</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1-16</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">A</td> <td style="padding: 2px;">US 6,320,462 B1 (ALLEY) 20 November 2001 (20.11.2001) see entire document.</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1-16</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X,E	US 2006/0114064 A1 (SKIKUMA) 01 June 2006 (01.06.2006) see entire document.	1-16	---		1-16	Y		1-16	X,E	US 7,061,314 B2 (KWON et al) 13 June 2006 (13.06.2006) see entire document.	1, 2, 5-11	---		1-16	Y	US 6,864,742 B2 (KOBAYASHI) 08 March 2005 (08.03.2005) see entire document.	1-16	A,P	US 6,947,711 B1 (LEYONHJELM) 20 September 2005 (20.09.2005) see entire document.	1-16	A	US 6,320,462 B1 (ALLEY) 20 November 2001 (20.11.2001) see entire document.	1-16
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																											
X,E	US 2006/0114064 A1 (SKIKUMA) 01 June 2006 (01.06.2006) see entire document.	1-16																											
---		1-16																											
Y		1-16																											
X,E	US 7,061,314 B2 (KWON et al) 13 June 2006 (13.06.2006) see entire document.	1, 2, 5-11																											
---		1-16																											
Y	US 6,864,742 B2 (KOBAYASHI) 08 March 2005 (08.03.2005) see entire document.	1-16																											
A,P	US 6,947,711 B1 (LEYONHJELM) 20 September 2005 (20.09.2005) see entire document.	1-16																											
A	US 6,320,462 B1 (ALLEY) 20 November 2001 (20.11.2001) see entire document.	1-16																											
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 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																													
Date of the actual completion of the international search 25 January 2007 (25.01.2007)		Date of mailing of the international search report 09 FEB 2007																											
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioners for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (703) 273-3201		Authorized officer  Jose Dees Telephone No. 571-272-1569																											

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US06/10498
C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5,789,727 A (TERADAIRA et al) 04 August 1998 see entire document	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/US06/10498

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:
EAST; USPAT; peak near2 amplif\$, split\$ or coupl\$, impedance near2 match\$, parallel\$, (peak near2 amplif\$) near5 (class adj c)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100088915

弁理士 阿部 和夫

(72)発明者 レイモンド エス. ペンゲリー

アメリカ合衆国 27278 ノースカロライナ州 ヒルズボロー トレッドウェイ コート 8

(72)発明者 ジェームズ イー. クレセンジー ジュニア

アメリカ合衆国 93428 カリフォルニア州 カンブリア アシュビー レーン 640

(72)発明者 サイモン エム. ウッド

アメリカ合衆国 95032 カリフォルニア州 ロス ガトス ロックスバリー レーン 51
6

(72)発明者 トム スチュワート デッカー

アメリカ合衆国 27701 ノースカロライナ州 ダラム ワッツ ストリート 409

F ターム(参考) 5J500 AA04 AA21 AA41 AA63 AA65 AC21 AC36 AF15 AF20 AH09

AH10 AH25 AH29 AK29 AK68 AM08 AS14 AT01 AT02 AT03

CK06 NG03