(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4685836号
(P4685836)
(45)発行日　平成23年5月18日(2011.5.18)　(24)登録日　平成23年2月18日(2011.2.18)

(51)Int.Cl.　　F I
H03F 1/52 (2006.01)　　H03F 1/52 Z
H03F 3/21 (2006.01)　　H03F 3/21

請求項の数 13　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願2007-140911 (P2007-140911)
(22)出願日　平成19年5月28日 (2007.5.28)
(65)公開番号　特開2008-294977 (P2008-294977A)
(43)公開日　平成20年12月4日 (2008.12.4)
審査請求日　平成21年12月3日 (2009.12.3)

(73)特許権者　000005821
パナソニック株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100098291
弁理士　小笠原　史朗
(72)発明者　牧原　弘和
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
(72)発明者　小泉　治彦
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
(72)発明者　立岡　一樹
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】高周波電力増幅器

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
エミッタ接地されたヘテロバイポーラトランジスタを用いた増幅段を複数接続した高周波多段電力増幅器であって、
コレクタ出力が検出される第１のヘテロバイポーラトランジスタを含む第１の増幅段と、
前記第１の増幅段よりも前の段に備えられ、前記検出の結果が反映される第２のヘテロバイポーラトランジスタを含む第２の増幅段と、
前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタと電源との間に挿入される第１の抵抗と、
前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタと前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間に接続され、前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタの出力を検出し、当該出力に応じて、前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタ電圧を減少させる保護回路とを備えることを特徴とする、高周波多段電力増幅器。
【請求項２】
前記保護回路は、
前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続されるアノード端と、カソード端とを有するダイオード回路と、
ベースが前記カソード端に接続され、コレクタが前記第２のヘテロバイポーラトランジ

スタのコレクタに接続され、エミッタが接地された第３のヘテロバイポーラトランジスタとで構成され、
前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタの電圧を検出することを特徴とする、請求項１に記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項３】
前記ダイオード回路は、複数のダイオードを直列接続して構成されることを特徴とする、請求項２に記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項４】
前記保護回路は、
前記アノード端と前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間に挿入される第２の抵抗と、
前記第３のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタと前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間に挿入される第３の抵抗とを更に含むことを特徴とする、請求項２又は３に記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項５】
前記保護回路は、
前記第３のヘテロバイポーラトランジスタのベース又はコレクタに一端が接続され他端が接地された容量を更に含むことを特徴とする、請求項２～４のいずれかに記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項６】
前記保護回路は、
前記第２の抵抗と前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間、又は、前記第３の抵抗と前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間に挿入されるインダクタを更に含むことを特徴とする、請求項２～５のいずれかに記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項７】
前記保護回路は、前記第３のヘテロバイポーラトランジスタのベースに一端が接続され他端が接地された抵抗を更に含むことを特徴とする、請求項２～６のいずれかに記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項８】
前記ダイオード回路に含まれるダイオードのいずれかのアノードとカソードとが抵抗で接続されていることを特徴とする、請求項３～７のいずれかに記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項９】
前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのベースとバイアス電源との間に挿入される第２の抵抗を更に備え、
前記保護回路は、更に前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのベースに接続され、前記コレクタ出力に応じて、更に前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのベース電圧を減少させることを特徴とする、請求項１に記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項１０】
前記保護回路は、
前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続されるアノード端と、カソード端とを有するダイオード回路と、
ベースが前記カソード端に接続され、コレクタが前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続され、エミッタが接地された第３のヘテロバイポーラトランジスタと、
ベースが前記カソード端に接続され、コレクタが前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのベースに接続され、エミッタが接地された第４のヘテロバイポーラトランジスタとで構成され、
前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタの電圧を検出することを特徴とす

る、請求項９に記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項１１】
前記保護回路は、
一端が前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続される第１の容量と、
前記第１の容量の他端に接続される入力端と、出力端とを有し、前記入力端から入力された電力を電圧に変換して前記出力端から出力するダイオード検波回路と、
ベースが前記ダイオード検波回路の出力端に接続され、コレクタが前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続され、エミッタが接地される第３のヘテロバイポーラトランジスタと、
前記第１の容量と前記ダイオード検波回路の入力端との間に一端を接地して並列接続される第２の抵抗とで構成され、
前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタの電力を検出することを特徴とする、請求項１に記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項１２】
前記ダイオード検波回路は、
前記入力端にアノードが接続され、前記出力端にカソードが接続されるダイオードと、
前記ダイオードのカソードと前記出力端との間に、一端を接地して並列接続される第３の抵抗及び一端を接地して並列接続される第２の容量とを有することを特徴とする、請求項１１に記載の高周波多段電力増幅器。
【請求項１３】
前記保護回路は、前記第３のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタと前記第２のヘテロバイポーラトランジスタコレクタとの間に、第４の抵抗を更に含むことを特徴とする、請求項１２に記載の高周波多段電力増幅器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、トランジスタを用いた高周波電力増幅器に関し、より特定的には、保護回路を備える高周波電力増幅器に関する。
【背景技術】
【０００２】
携帯電話等の移動体通信端末の高周波電力増幅器には、化合物半導体から成るトランジスタを２～３段構成として用いた多段増幅器が備えられている。また、近年、増幅器用デバイスとしては、単一電源動作が可能であるヘテロバイポーラトランジスタ（以下、ＨＢＴという）が主に使用されている。ＨＢＴは、電界効果トランジスタに比べて、単位面積あたりの電力密度が高く小型化が可能であるという利点を持つ一方で、電界効果トランジスタよりも負荷変動時の耐破壊特性が悪いという課題を持つ。
【０００３】
負荷変動時の耐破壊特性について以下に説明する。現在世界で最も普及している携帯電話の通信方式であるＧＳＭ（Ｇｌｏｂａｌ Ｓｙｓｔｅｍ ｆｏｒ Ｍｏｂｉｌｅ Ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎｓ）方式及び、近年普及し始めたＵＭＴＳ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ Ｍｏｂｉｌｅ Ｔｅｌｅｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎｓ Ｓｙｓｔｅｍ）方式の一部の移動体通信端末には、小型化等のために、高周波電力増幅器の負荷インピーダンスを安定化するアイソレータが用いられていない。このことによって、高周波電力増幅器のアンテナ側の終端条件が変動すると高周波電力増幅器の負荷条件も変動する。
【０００４】
図２１は、負荷変動時のＨＢＴの負荷線及び安全動作領域を示す一般的な図である。図２１のＩｃはコレクタ電流を示しＶｃはコレクタ電圧を示す。図２１において、負荷条件が変動すると負荷線は、大幅に変動する。そして、負荷線がＨＢＴの安全動作領域を超えた場合、つまり熱破壊領域又は耐圧破壊領域に達した場合には、ＨＢＴは破壊される。よ

り具体的には、ＨＢＴは、負荷線が耐圧限界を超える場合には耐圧破壊され、負荷線が熱的な安定動作限界を超える場合には熱破壊される。

【０００５】

図２２は、電源電圧の変動等によって定格値を超えるコレクタ電圧が印加された状態（以下、過電圧条件という）における、多段増幅器の負荷変動時の最終段ＨＢＴの負荷線を示す図である。図２２に示す通り、過電圧条件となった場合、負荷線は電圧（Ｖｃ）の増加方向にシフトして、耐圧破壊の原因となる。この様な、過電圧条件における負荷変動時の破壊を防ぐために、多段増幅器に保護回路を備え、当該保護回路を用いて最終段のＨＢＴのコレクタ電圧を検出して初段のＨＢＴのベース電圧を低減することによって、最終段のＨＢＴのベースへの入力電力を制限する方法が提案されている（特許文献１を参照）。

【０００６】

図２３は、上記した保護回路によって、多段増幅器の初段ＨＢＴのベース電圧を低減した場合の初段ＨＢＴの負荷線を示す図である。図２３に示す通り、ベース電圧を低減することによって、初段ＨＢＴの負荷線は、コレクタ電流（Ｉｃ）の低下方向にシフトする。このことによって、初段ＨＢＴの出力電力は低減するので、最終段ＨＢＴに入力される電力は低減される。図２４は、過電圧条件において保護回路によって初段ＨＢＴのベース電圧を低減して、最終段ＨＢＴの入力電力を低減した場合の負荷変動時の最終段ＨＢＴの負荷線を示す図である。図２４に示す通り、最終段ＨＢＴの入力電力が低減されたことによって、最終段ＨＢＴの負荷線は縮小する。このことによって、最終段ＨＢＴの負荷線は安全動作領域を超えないので、最終段ＨＢＴの破壊を防止することができる。

【特許文献１】特開２００５－６４６５８号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

しかしながら、特許文献１に開示された技術には、以下の問題がある。図２５は、保護回路によってベース電圧が低減された初段ＨＢＴにおいて、定格電力を超える高周波信号がベースに入力された場合の負荷線を示す図である。図２５に示す通り、初段ＨＢＴのベースに定格電力を超える高周波信号が入力されるとき（以下、過入力時という）には、初段ＨＢＴの負荷線は、コレクタ電流の増加方向にシフトし、かつ、入力電力の増加によって拡大する。つまり、初段ＨＢＴの出力電力は、増加する。これは、入力される高周波信号の電圧振幅によって初段ＨＢＴのベース電圧が上昇する現象に起因する。図２６は、初段ＨＢＴの負荷線がコレクタ電流の増加方向にシフトした図２５に示す場合における、負荷変動時の最終段ＨＢＴの負荷線を示す図である。初段ＨＢＴが過入力時には初段ＨＢＴの出力電力を低減できないので（図２５を参照）、最終段ＨＢＴへの入力電力は低減されず、図２６に示す通り、負荷変動時の最終段ＨＢＴの負荷線は拡大し、安全動作領域を超える場合には破壊に至る。以上に説明した通り、特許文献１に開示された技術では、初段ＨＢＴのベースが過入力時には、保護回路によって初段ＨＢＴのベース電圧を低減しても初段ＨＢＴの出力電力を低減できないので、最終段ＨＢＴが破壊する恐れがある。

【０００８】

図２７は、特許文献１に開示された技術を適用した２段電力増幅器において、前段ＨＢＴのベースに定格電力の高周波信号が入力された場合及び定格電力を超える高周波信号が入力された場合の後段ＨＢＴの出力電力を示す図である。なお、２段電力増幅器の動作周波数は０．９ＧＨｚ、前段ＨＢＴのデバイスサイズはエミッタ面積２００ｕｍ^2、後段ＨＢＴのデバイスサイズはエミッタ面積８００ｕｍ^2、前段ＨＢＴのコレクタ電圧Ｖｃは１．８Ｖ（固定）、後段ＨＢＴの定格コレクタ電圧は３．５Ｖ、入出力整合回路及び段間整合回路によって２段電力増幅器の入出力インピーダンスは５０Ωに整合されている。図２７に示す通り、前段ＨＢＴのベースの入力電力Ｐｉｎが０ｄＢｍの場合には、後段ＨＢＴのコレクタ電圧Ｖｃが定格電圧３．５Ｖを超える過電圧条件において、前段ＨＢＴの出力電力が低減され、この結果として後段ＨＢＴの出力電力Ｐｏｕｔは減少している。しかし、前段ＨＢＴのベースの入力電力Ｐｉｎが＋５ｄＢｍの場合（過入力条件の場合）には、

前段ＨＢＴの出力電力が低減されず、この結果として後段ＨＢＴのコレクタ電圧Ｖｃが定格電圧３．５Ｖを超える過電圧条件において、後段ＨＢＴの出力電力Ｐｏｕｔは上昇していることが解る。

【０００９】

それ故に、本発明の目的は、後段のＨＢＴのコレクタ電圧が定格電圧を超える過電圧条件において、前段のＨＢＴのベースに定格電力を超える高周波信号が入力される場合であっても、後段のＨＢＴの破壊を防止する高周波電力増幅器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

本発明は、エミッタ接地されたヘテロバイポーラトランジスタを用いた増幅段を複数接続した高周波多段電力増幅器に向けられている。そして、上記目的を達成させるために本発明の高周波多段電力増幅器は、コレクタ出力が検出される第１のヘテロバイポーラトランジスタを含む第１の増幅段と、第１の増幅段よりも前の段に備えられ、検出の結果が反映される第２のヘテロバイポーラトランジスタを含む第２の増幅段と、第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタと電源との間に挿入される第１の抵抗と、第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタと第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間に接続され、第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタの出力を検出し、当該出力に応じて、第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタ電圧を減少させる保護回路とを備える。

【００１１】

また、好ましくは、保護回路は、第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続されるアノード端と、カソード端とを有するダイオード回路と、ベースがカソード端に接続され、コレクタが前記第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続され、エミッタが接地された第３のヘテロバイポーラトランジスタとで構成され、第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタの電圧を検出する。

【００１２】

また、好ましくは、ダイオード回路は、複数のダイオードを直列接続して構成される。

【００１３】

また、好ましくは、保護回路は、アノード端と前記第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間に挿入される第２の抵抗と、第３のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタと第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間に挿入される第３の抵抗とを更に含む。

【００１４】

また、好ましくは、保護回路は、第３のヘテロバイポーラトランジスタのベース又はコレクタに一端が接続され他端が接地された容量を更に含む。

【００１５】

また、好ましくは、保護回路は、第２の抵抗と第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間、又は、第３の抵抗と第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタとの間に挿入されるインダクタを更に含む。

【００１６】

また、好ましくは、保護回路は、第３のヘテロバイポーラトランジスタのベースに一端が接続され他端が接地された抵抗を更に含む。

【００１７】

また、好ましくは、ダイオード回路に含まれるダイオードのいずれかのアノードとカソードとが抵抗で接続されている。

【００１８】

また、好ましくは、第２のヘテロバイポーラトランジスタのベースとバイアス電源との間に挿入される第２の抵抗を更に備え、保護回路は、更に第２のヘテロバイポーラトランジスタのベースに接続され、コレクタ出力に応じて、更に第２のヘテロバイポーラトランジスタのベース電圧を減少させる。

【００１９】
また、好ましくは、保護回路は、第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続されるアノード端と、カソード端とを有するダイオード回路と、ベースがカソード端に接続され、コレクタが第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続され、エミッタが接地された第３のヘテロバイポーラトランジスタと、ベースがカソード端に接続され、コレクタが第２のヘテロバイポーラトランジスタのベースに接続され、エミッタが接地された第４のヘテロバイポーラトランジスタとで構成され、第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタの電圧を検出する。
【００２０】
また、好ましくは、保護回路は、一端が第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続される第１の容量と、第１の容量の他端に接続される入力端と、出力端とを有し、入力端から入力された電力を電圧に変換して出力端から出力するダイオード検波回路と、ベースがダイオード検波回路の出力端に接続され、コレクタが第２のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタに接続され、エミッタが接地される第３のヘテロバイポーラトランジスタと、第１の容量と前記ダイオード検波回路の入力端との間に一端を接地して並列接続される第２の抵抗とで構成され、第１のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタの電力を検出する。
【００２１】
また、好ましくは、ダイオード検波回路は、入力端にアノードが接続され、出力端にカソードが接続されるダイオードと、ダイオードのカソードと出力端との間に、一端を接地して並列接続される第３の抵抗及び一端を接地して並列接続される第２の容量とを有する。
【００２２】
また、好ましくは、保護回路は、第３のヘテロバイポーラトランジスタのコレクタと第２のヘテロバイポーラトランジスタコレクタとの間に、第４の抵抗を更に含む。
【発明の効果】
【００２３】
上記のように、本発明によれば、後段のＨＢＴのコレクタ電圧が定格電圧を超える過電圧条件において、前段のＨＢＴのベースに定格電力を超える高周波信号が入力される場合であっても、後段のＨＢＴの破壊を防止する高周波電力増幅器を提供することができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００２４】
（第１の実施形態）
図１は、本発明の第１の実施形態に係る高周波電力増幅器１００の構成例を示す図である。図１に示す通り、高周波電力増幅器１００は、ＨＢＴ１と、ＨＢＴ２と、保護回路３と、抵抗４と、入力整合回路５と、段間整合回路６と、出力整合回路７と、バイアス回路８と、バイアス回路９とを備える。入力整合回路５の入力には入力端子２１が接続され、入力整合回路５の出力にはＨＢＴ１のベースとバイアス回路８とが接続されている。ＨＢＴ１のエミッタは接地され、コレクタは抵抗４の入力に接続される。抵抗４の出力は、段間整合回路６の入力と電源電圧端子２５に接続される。段間整合回路６の出力は、ＨＢＴ２のベースとバイアス回路９とに接続される。ＨＢＴ２のエミッタは接地され、コレクタは出力整合回路７の入力と電源電圧端子２６とに接続される。出力整合回路７の出力は、出力端子２２に接続される。保護回路３は、検出端子２４と電流入力端子２３とを含み、検出端子２４はＨＢＴ２のコレクタに接続され、電流入力端子２３はＨＢＴ１のコレクタに接続される。
【００２５】
以下に、高周波電力増幅器１００の動作について図１を参照して説明する。入力端子２１に入力された電力（高周波信号）は、入力整合回路５を介してＨＢＴ１のベースに入力される。ＨＢＴ１のベースに入力された電力は、増幅されてＨＢＴ１のコレクタから出力される。ＨＢＴ１のコレクタから出力された電力は、抵抗４及び段間整合回路６を介して

、ＨＢＴ２のベースに入力される。ＨＢＴ２のベースに入力された電力は、増幅されてＨＢＴ２のコレクタから出力される。ＨＢＴ２のコレクタから出力された電力は、出力整合回路７を介して、出力端子２２に出力される。つまり、入力端子２１に入力された電力は、ＨＢＴ１で増幅された後にＨＢＴ２で増幅される。

【００２６】

保護回路３は、検出端子２４を介して、ＨＢＴ２のコレクタ電圧を検出する。そして、検出するＨＢＴ２のコレクタ電圧が所定値以上になると、保護回路３には、検出端子２４を介してＨＢＴ２のコレクタから電流Ｉｄが流入する。検出端子２４を介して電流Ｉｄが流入すると、保護回路３には、電流入力端子２３を介してＨＢＴ１のコレクタから電流Ｉｐが流入する。ここで、ＨＢＴ２のコレクタ電圧の所定値は、ＨＢＴ２が安全動作領域で動作する電圧値であり、かつ、ＨＢＴ２が所望の増幅利得を確保できる電圧値である。また、電流Ｉｄは、ＨＢＴ２のコレクタ電圧の所定値を超えた電圧に対して、正の相関関係をもつ。また、電流Ｉｐは、電流Ｉｄに対して、正の相関関係をもつ。従って、電流Ｉｐは、ＨＢＴ２のコレクタ電圧の所定値を超えた電圧に対して、正の相関関係をもつ。なお以下では、保護回路３に電流Ｉｐが流入している状態を保護回路３のオン状態といい、保護回路３に電流Ｉｐが流入していない状態を保護回路３のオフ状態という。

【００２７】

ここで、ＨＢＴ１のコレクタに流入する電流をＩｃ１とし、ＨＢＴ１のコレクタ端の電圧をＶｃ１＿ｄｅｖｉｃｅとし、抵抗４の抵抗値をＲ１とし、電源電圧端子２５に印加される電源電圧をＶｃ１とする。この場合、保護回路３のオフ状態では、Ｖｃ１＿ｄｅｖｉｃｅは、以下の式１で表される。

【数１】

$$Vc1_device = Vc1 - R1 \times Ic1 \quad \cdots (1)$$

一方、保護回路３のオン状態では、保護回路３に電流Ｉｐが流入するので、抵抗４に流れる電流はＩｃ１＋Ｉｐとなる。このことによって、Ｖｃ１＿ｄｅｖｉｃｅは、以下の式２で表される。

【数２】

$$Vc1_device = Vc1 - R1(Ic1 + Ip) = Vc1 - R1 \times Ic1 - R1 \times Ip \quad \cdots (2)$$

式１及び式２から、保護回路３のオン状態におけるＨＢＴ１のコレクタにかかる電圧Ｖｃ１＿ｄｅｖｉｃｅは、保護回路３のオフ状態におけるＨＢＴ１のコレクタにかかる電圧Ｖｃ１＿ｄｅｖｉｃｅよりもＲ１×Ｉｐだけ低下することが解る。

【００２８】

ＨＢＴ１のコレクタ電圧（Ｖｃ１＿ｄｅｖｉｃｅ）が低下すると、ＨＢＴ１のコレクタから出力される電力が減少することとなる。このことによって、ＨＢＴ２のベースに入力される電力が減少するので、ＨＢＴ２のコレクタから出力される電力は低減される。そして、既に説明した通り、電流ＩｐはＨＢＴ２のコレクタ電圧の所定値を超えた電圧に対して正の相関関係をもつので、当該所定値を超えた電圧が増加するに伴ってＨＢＴ１のコレクタ電圧は低下し、ＨＢＴ１のコレクタからの出力電力も減少する。この結果として、ＨＢＴ２が安全動作領域を超えた状態で動作することを回避することができるので、ＨＢＴ２の破壊を防止することができる。

【００２９】

以下では、図２、図４、図６に示す負荷変動時のＨＢＴ２の負荷線、図３、図５に示すＨＢＴ１の負荷線及び図１を用いて、高周波電力増幅器１００の動作について更に詳しく説明する。なお、図２～図６において、Ｖｃはコレクタ電圧を示し、Ｉｃはコレクタ電流を示す。

【００３０】

まず、ＨＢＴ１のベースに入力される高周波信号の電力が、定格電力である場合について説明する。過電圧条件となることで、負荷変動時のＨＢＴ２の負荷線がＶｃの増加方向

にシフトして、安全動作領域を超える図２に示す状態となる前に、保護回路３は、検出端子２４を介してＨＢＴ２のコレクタ電圧の所定値を検出する。そして、保護回路３はオン状態になり、検出端子２４を介して保護回路３に電流Ｉｄが流入する（図１を参照）。保護回路３に電流Ｉｄが流入すると、保護回路３に電流入力端子２３を介して電流Ｉｐが流入する。保護回路３に電流Ｉｐが流入すると、式２を用いて既に説明した通り、ＨＢＴ１のＶｃは減少して図３の状態となる（負荷線がＶｃの減少方向にシフトする）。図３に示す通り、Ｖｃが減少した状態ではＨＢＴ１の負荷線はＨＢＴの飽和領域によって制限されるので、ＨＢＴ１から出力される電力は減少する。このことによって、ＨＢＴ２のベースに入力される電力は低減される。入力電力が低減されると、ＨＢＴ２の負荷線は、図４に示す通り、縮小して破壊領域には到達しない。この結果として、ＨＢＴ２の破壊は防止される。

【００３１】

次に、ＨＢＴ１のベースに入力される高周波信号の電力が、定格電力を超える場合（過入力時）について説明する。上記した通り、過電圧条件となって負荷変動時のＨＢＴ２の負荷線が安全動作領域を超える状態（図２を参照）となる前に、保護回路３は、オン状態になりＨＢＴ１のコレクタ電圧Ｖｃを減少させる（図３を参照）。このときに、ＨＢＴ１のベースの入力電力が増加して過入力時となった場合、ＨＢＴ１のコレクタ電流Ｉｃ１は増加する。ここで、ＨＢＴ１のコレクタと電源電圧端子２５との間には、抵抗４が接続されている（図１を参照）。このため、ＨＢＴ１のコレクタ電流Ｉｃ１が増加すると、抵抗４によってＨＢＴ１のコレクタ端の電圧降下は、更に大きくなる（式２を参照）。この場合のＨＢＴ１の負荷線は、図５に示す様に、ベースへの入力電力の増加によって拡大すると共にＶｃの減少方向に更にシフトし、ＨＢＴの飽和領域によって更に制限される。このことによって、過入力条件においてもＨＢＴ１から出力される電力を十分に低減することができる。入力電力が低減されると、ＨＢＴ２の負荷線は、図６に示す通り、縮小して破壊領域には到達しない。この結果として、第１の実施形態に係る高周波電力増幅器１００は、ＨＢＴ１のベースに入力される高周波信号の電力が定格電力を超える過入力時であっても、ＨＢＴ１の出力電力を十分に抑制できるので、ＨＢＴ２の破壊を防止できる。

【００３２】

図７は、高周波電力増幅器１００において、ＨＢＴ１のベースに定格電力の高周波信号が入力された場合及び定格電力を超える高周波信号が入力された場合のＨＢＴ２の出力電力を示す図である。なお、デバイスサイズ等の諸条件は、図２７で説明したものと同じである。図７に示す通り、ＨＢＴ２のベースの入力電力Ｐｉｎが＋５ｄＢｍ（過入力条件）の場合であっても、ＨＢＴ１のベースの入力電力Ｐｉｎが０ｄＢｍ（定格入力条件）の場合と同様に、ＨＢＴ２のコレクタ電圧Ｖｃが定格電圧３．５Ｖを超える過電圧条件において、ＨＢＴ１の出力電力が低減され、結果としてＨＢＴ２の出力電力Ｐｏｕｔは制限されていることが解る。

【００３３】

以下では、保護回路３の具体的な構成について説明する。図８は、保護回路３の構成例を示す図である。まず、図８の（Ａ）について説明する。図８の（Ａ）に示す通り、保護回路３は、１つのダイオードＤｉ１又はダイオード（Ｄｉ１～Ｄｉｎ、ｎ＞１）を直列接続して成るダイオード回路３３と、ＨＢＴ３０と、抵抗３１と、抵抗３２とで構成される。検出端子２４は、抵抗３２を介してダイオードＤｉ１のアノードと接続される。ダイオードＤｉｎのカソードはＨＢＴ３０のベースに接続される。ＨＢＴ３０のエミッタは、接地される。ＨＢＴ３０のコレクタは、抵抗３１を介して電流入力端子２３と接続される。ここで、ダイオードＤｉ１～Ｄｉｎの閾値電圧をそれぞれＶｄとし、ＨＢＴ３０のベース－エミッタ間のオン電圧をＶｂｅとし、ダイオードの直列数をｎとする。この場合、検出端子２４の電圧が、ｎ×Ｖｄ＋Ｖｂｅを超えた場合にダイオードＤｉ１～Ｄｉｎ及びＨＢＴ３０がオンになり、電流入力端子２３からＨＢＴ３０のコレクタへ電流が流れ込む。そして、ダイオードの段数ｎを変更することによって、保護回路３がオンする電圧を調整することができる。また、抵抗３１及び抵抗３２は、電圧検出の感度及び電流入力端子２３

に流れる電流量Ｉｐを調整する機能を有するが、不要である場合には、図８の（Ｂ）に示す様に省略してもよい。

【００３４】

図８の（Ｃ）の回路は、図８の（Ａ）回路の構成に対して、ダイオードＤｉ１を構成するＨＢＴのベースとコレクタとを接続する抵抗３４を追加した構成である。図８の（Ｄ）の回路は、図８の（Ａ）回路の構成に対して、ダイオードＤｉ１のアノードとカソードとを接続する抵抗３５を追加した構成である。図８の（Ｅ）の回路は、図８の（Ａ）回路の構成に対して、ＨＢＴ３０のベースを接地する抵抗３６を追加した構成である。図８の（Ｃ）～（Ｅ）の構成によって、図８の（Ｃ）～（Ｅ）の回路は、電圧検出の感度を調整することができる。図９は、図８の（Ｄ）の回路の特性（検出端子２４に流れる電流ＩｄとＨＢＴ２のコレクタ電圧Ｖｃの関係）を説明するための図である。図９において、実線はｎ段のダイオードを有する図８の（Ｄ）の回路の特性を示し、一点破線はｎ段のダイオードを有する図８の（Ａ）の回路の特性を示し、破線は、ｎ－１段のダイオードを有する図８の（Ａ）の回路の特性を示す。図９に示す通り、図８の（Ｄ）の回路は、図８の（Ａ）の回路と比べて、低い電圧Ｖｃから電流Ｉｄが流れ始めるので、保護回路を緩やかに動作させることができる。つまり、電圧検出感度を低くすることができる。図８の（Ｃ）及び（Ｅ）も同様の特性を持つ。

【００３５】

なお、保護回路３を上記した図８に示す各構成とした場合は、保護回路３がオン状態においては、図１０に示す通り、ＨＢＴ２のコレクタから保護回路３を介してＨＢＴ１のコレクタへ高周波信号が帰還する。このことによって、高周波電力増幅器１００のアイソレーション特性は劣化する。図１１は、保護回路３を図８の（Ａ）に示す構成とした場合において、保護回路３がオン状態及びオフ状態の高周波電力増幅器１００のアイソレーション特性を説明する図である。図１１に示す通り、保護回路３のオン状態では、保護回路３のオフ状態よりも０．９ＧＨｚ付近において約７ｄＢアイソレーション特性が劣化していることが解る。図１２は、保護回路３を図８の（Ａ）に示す構成とした場合において、保護回路３がオン状態及びオフ状態の高周波電力増幅器１００の安定係数ｋを説明する図である。図１２に示す通り、保護回路３のオン状態では、安定係数ｋが信号周波数０．９ＧＨｚ付近において１以下になり高周波電力増幅器１００の安定性が大幅に悪化していることが解る。なお、抵抗３１及び抵抗３２の抵抗値を上げることによって、上記したアイソレーション特性及び安定係数ｋを改善することはできる。しかしこの場合には、ＨＢＴ１のコレクタ電圧を低減する本発明の効果が減少するので好ましくない。

【００３６】

図１３は、アイソレーション特性及び安定係数ｋを改善した保護回路３の構成例を示す図である。図１３の（Ｆ）は、図８の（Ａ）の構成に対して、ＨＢＴ３０のベースに並列接続されて一端が接地された容量３７を追加した構成である。図１４は、保護回路３のオン状態における、保護回路３を図１３の（Ｆ）に示す構成とした場合及び図８の（Ａ）に示す構成とした場合の高周波電力増幅器１００のアイソレーション特性を説明する図である。図１４に示す通り、図１３の（Ｆ）に示す構成とした場合は、図８の（Ａ）に示す構成とした場合よりも大幅にアイソレーション特性が改善し、保護回路３のオフ状態近くまでアイソレーション特性が改善している（図１１を参照）。図１５は、保護回路３のオン状態における、保護回路３を図１３の（Ｆ）に示す構成とした場合及び図８の（Ａ）に示す構成とした場合の高周波電力増幅器１００の安定係数ｋを説明する図である。図１５に示す通り、図１３の（Ｆ）に示す構成とした場合は、図８の（Ａ）に示す構成とした場合よりも大幅に安定係数ｋが改善し、保護回路３のオフ状態近くまで安定係数ｋが改善している（図１２を参照）。

【００３７】

図１３の（Ｇ）は、図８の（Ａ）の構成に対して、ＨＢＴ３０のコレクタに並列接続されて一端が接地された容量３８を追加した構成である。この構成では、上記したアイソレーション特性の改善に加えて、抵抗３１と容量３８とから成る直列回路を高周波電力増幅

器１００の段間整合に用いることができるという利点がある。図１３の（Ｈ）は、図８の（Ａ）の構成に対して、検出端子２４と抵抗３２との間にインダクタ３９を挿入した構成である。図１３の（Ｉ）は、図８の（Ａ）の構成に対して、電流入力端子２３と抵抗３２との間にインダクタ４０を挿入した構成である。これらの構成では、上記したアイソレーション特性の改善に加えて、容量３７又は容量３８を用いた場合と異なり、接地から入力する雑音を低減できる。

【００３８】

以上に説明したように、本発明の第１の実施形態に係る高周波電力増幅器１００は、ＨＢＴ２のコレクタ電圧を検出して、検出したコレクタ電圧に応じて、ＨＢＴ１のコレクタ電圧を調整する保護回路３を備える。このことによって、高周波電力増幅器１００は、ＨＢＴ２のコレクタ電圧が定格電圧を超える過電圧条件において、ＨＢＴ１のベースに定格電力を超える高周波信号が入力される場合（過入力時）であっても、ＨＢＴ１から出力される電力を十分に低減することができる。この結果として、高周波電力増幅器１００は、過入力時においても、ＨＢＴ２のベースに入力される電力を十分に制限してＨＢＴ２の破壊を防止することができる。

【００３９】

（第２の実施形態）

図１６は、本発明の第２の実施形態に係る高周波電力増幅器２００の構成例を示す図である。図１６に示す通り、高周波電力増幅器２００は、第１の実施形態に係る高周波電力増幅器１００の構成（図１を参照）に対して、抵抗５２を追加し、保護回路３の替わりに保護回路５０を備えた構成である。なお、高周波電力増幅器２００において、高周波電力増幅器１００と同じ構成要素については、同様の参照符号を付して、重畳する説明は省略する。抵抗５２は、バイアス回路８とＨＢＴ１のベースとの間に挿入される。保護回路５０は、保護回路３と同様に、検出端子２４と電流入力端子２３とを含み、検出端子２４はＨＢＴ２のコレクタに接続され、電流入力端子２３はＨＢＴ１のコレクタに接続される。また、保護回路５０は、電流入力端子５１を更に含み、電流入力端子５１はＨＢＴ１のベースに接続される。

【００４０】

高周波電力増幅器２００は、高周波電力増幅器１００と同様に、検出したＨＢＴ２のコレクタ電圧に応じて、ＨＢＴ１のコレクタ電圧を低減する。加えて、高周波電力増幅器２００は、検出したＨＢＴ２のコレクタ電圧に応じて、ＨＢＴ１のコレクタ電圧を低減する方法（抵抗４による電圧降下を利用する方法）と同様の方法（抵抗５２による電圧降下を利用する方法）で、ＨＢＴ１のベース電圧を低減する。

【００４１】

図１７は、保護回路５０の構成例を示す図である。図１７に示す通り、保護回路５０は、保護回路３の構成に対して、ＨＢＴ５３と抵抗５４と抵抗５５とを追加した構成である。なお、図１７に示す保護回路５０に含まれる保護回路３の構成は、一例として図８の（Ａ）に示す構成としている。しかし、保護回路５０に含まれる保護回路３の構成は、図８及び図１３に示す構成のいずれでもよい。また、保護回路５０において、保護回路３と同じ構成要素については、同様の参照符号を付して、重畳する説明は省略する。ＨＢＴ５３のベースは、抵抗５４を介してダイオード回路３３のカソード端に接続される。ＨＢＴ５３のエミッタは接地される。ＨＢＴ５３のコレクタは、抵抗５５を介して電流入力端子５１に接続される。

【００４２】

図１８は、保護回路３がオン状態である第１の実施形態の高周波電力増幅器１００と、保護回路５０がオン状態である第２の実施形態の高周波電力増幅器２００と、保護回路３がオフ状態である高周波電力増幅器１００とにおいて、ＨＢＴ１のベースに定格電力を超える高周波信号が入力された場合のＨＢＴ２の出力電力を示す図である。なお、デバイスサイズ等の諸条件は、図２７で説明したものと同じである。図１８に示す通り、高周波電力増幅器２００は、高周波電力増幅器１００よりも、ＨＢＴ２のコレクタ電圧Ｖｃの広範

囲にわたって出力電力を安定させることができる。

【００４３】

以上に説明した通り、本発明の第２の実施形態に係る高周波電力増幅器２００は、検出したＨＢＴ２のコレクタ電圧に応じて、ＨＢＴ１のコレクタ電圧を調整し、更に、ＨＢＴ１のベース電圧を調整する保護回路５０を備える。このことによって、高周波電力増幅器２００は、ＨＢＴ２のコレクタ電圧が定格電圧を超える過電圧条件において、ＨＢＴ１のベースに定格電力を超える高周波信号が入力される過入力時であっても、ＨＢＴ２のベースに入力される電力を、第１の実施形態に係る高周波電力増幅器１００よりも制限してＨＢＴ２の破壊を防止することができる。

【００４４】

なお、以上の実施形態では、ＨＢＴ２のコレクタの電圧を検出して、検出した電圧に応じてＨＢＴ１のコレクタ等の電圧を調整していた。しかし、ＨＢＴ２のコレクタの電力を検出して、検出した電力に応じてＨＢＴ１のコレクタ等の電圧を調整してもよい。図１９は、電力を検出する場合の保護回路３の構成例を示す図である。図１９に示す通り、電力を検出する場合の保護回路３は、容量６０と、ダイオード検波回路６１と、抵抗６４と、ＨＢＴ６２と、抵抗６３とを備える。容量６０の一端は検出端子２４に接続され、他端はダイオード検波回路６１の入力端に接続される。ダイオード検波回路６１の入力端には、一端が接地された抵抗６４が並列に接続される。ダイオード検波回路６１の出力端には、ＨＢＴ６２のベースが接続される。ＨＢＴ６２のエミッタは接地される。ＨＢＴ６２のコレクタは抵抗６３の一端に接続される。抵抗６３の他端は、電流入力端子２３に接続される。ダイオード検波回路６１は、ダイオード６５と、抵抗６６と、容量６７とを含む。ダイオード６５のアノードはダイオード検波回路６１の入力端に接続される。ダイオード６５のカソードはダイオード検波回路６１の出力端に接続される。抵抗６６と容量６７とは、それぞれ、一端を接地されてダイオード６５のカソードに並列に接続される。図２０は、図１９に示す電力を検出する場合の保護回路３がオン状態の場合とオフ状態の場合とで、ＨＢＴ１のベースに定格電力を超える高周波信号が入力された場合のＨＢＴ２の出力電力を示す図である。図２０に示す通り電力を検出する場合の保護回路３がオン状態の場合は、オフ状態の場合よりも、ＨＢＴ２の出力電力を安定させることができる。

【００４５】

また、以上の実施形態では、２つの増幅用ＨＢＴを用いて後段の増幅用ＨＢＴの出力を検出して前段の増幅用ＨＢＴの動作を制御した。しかし、３つ以上の増幅用ＨＢＴを用いて、２段目以降の段の増幅用ＨＢＴの出力を検出して、当該検出した段の増幅用ＨＢＴよりも前の段の増幅用ＨＢＴの動作を制御するものであればよい。

【００４６】

また、保護回路３又は保護回路５０が備えるダイオードには、ＨＢＴのベースとコレクタとを接続して成るＢ－Ｃショートダイオードを用いてもよいし、ショットキーバリアダイオードを用いてもよい。

【００４７】

また、以上の実施形態において、段間整合回路６は、抵抗４とＨＢＴ２との間に接続されているが、ＨＢＴ１と抵抗４との間に接続されてもよい。また、以上の実施形態において、抵抗４は、ＨＢＴ１と段間整合回路６との間に直列接続されているが、ＨＢＴ１と段間整合回路６との間に並列接続されて電源電圧Ｖｃ１を電源電圧端子２５からＨＢＴ１のコレクタに供給してもよい。

【産業上の利用可能性】

【００４８】

本発明は、高周波電力増幅器等に利用可能であり、特に、最終段トランジスタへの過入力を防ぎ負荷変動時の破壊を防ぎたい場合等に有用である。

【図面の簡単な説明】

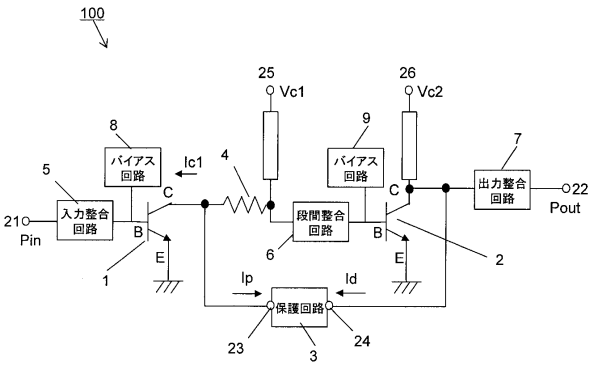
【００４９】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る高周波電力増幅器１００の構成例を示す図

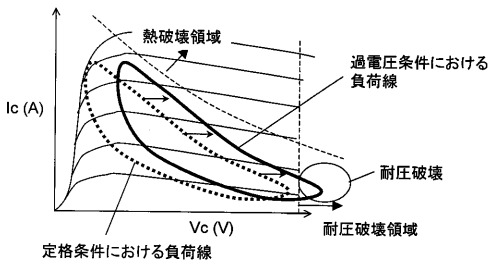
【図２】負荷変動時のＨＢＴ２の負荷線を示す図
【図３】ＨＢＴ１の負荷線を示す図
【図４】負荷変動時のＨＢＴ２の負荷線を示す図
【図５】ＨＢＴ１の負荷線を示す図
【図６】負荷変動時のＨＢＴ２の負荷線を示す図
【図７】高周波電力増幅器１００において、ＨＢＴ１のベースに定格電力の高周波信号が入力された場合及び定格電力を超える高周波信号が入力された場合のＨＢＴ２の出力電力を示す図
【図８】保護回路３の構成例を示す図
【図９】図８の（Ｄ）の回路の特性（検出端子２４に流れる電流ＩｄとＨＢＴ２のコレクタ電圧Ｖｃの関係）を説明するための図
【図１０】高周波電力増幅器１００の高周波信号の帰還を示す図
【図１１】保護回路３を図８の（Ａ）に示す構成とした場合において、保護回路３がオン状態及びオフ状態の高周波電力増幅器１００のアイソレーション特性を説明する図
【図１２】保護回路３を図８の（Ａ）に示す構成とした場合において、保護回路３がオン状態及びオフ状態の高周波電力増幅器１００の安定係数ｋを説明する図
【図１３】アイソレーション特性及び安定係数ｋを改善した保護回路３の構成例を示す図
【図１４】保護回路３のオン状態における、保護回路３を図１３の（Ｆ）に示す構成とした場合及び図８の（Ａ）に示す構成とした場合の高周波電力増幅器１００のアイソレーション特性を説明する図
【図１５】保護回路３のオン状態における、保護回路３を図１３の（Ｆ）に示す構成とした場合及び図８の（Ａ）に示す構成とした場合の高周波電力増幅器１００の安定係数ｋを説明する図
【図１６】本発明の第２の実施形態に係る高周波電力増幅器２００の構成例を示す図
【図１７】保護回路５０の構成例を示す図
【図１８】保護回路３がオン状態である第１の実施形態の高周波電力増幅器１００と、保護回路５０がオン状態である第２の実施形態の高周波電力増幅器２００と、保護回路３がオフ状態である高周波電力増幅器１００とにおいて、ＨＢＴ１のベースに定格電力を超える高周波信号が入力された場合のＨＢＴ２の出力電力を示す図
【図１９】電力を検出する場合の保護回路３の構成例を示す図
【図２０】図１９に示す電力を検出する場合の保護回路３がオン状態の場合とオフ状態の場合とで、ＨＢＴ１のベースに定格電力を超える高周波信号が入力された場合のＨＢＴ２の出力電力を示す図
【図２１】負荷変動時のＨＢＴの負荷線及び安全動作領域を示す一般的な図
【図２２】電源電圧の変動等により、定格値よりも大きなコレクタ電圧が印加された状態における、多段増幅器の負荷変動時の最終段ＨＢＴの負荷線を示す図
【図２３】保護回路によって、多段増幅器の初段ＨＢＴのベース電圧を低減した場合の初段ＨＢＴの負荷線を示す図
【図２４】過電圧条件において保護回路によって初段ＨＢＴのベース電圧を低減して、最終段ＨＢＴの入力電力を低減した場合の負荷変動時の最終段ＨＢＴの負荷線を示す図
【図２５】保護回路によってベース電圧が低減された初段ＨＢＴにおいて、定格電力を超える高周波信号がベースに入力された場合の負荷線を示す図
【図２６】初段ＨＢＴの負荷線がコレクタ電流の増加方向にシフトした図２５に示す場合における、負荷変動時の最終段ＨＢＴの負荷線を示す図
【図２７】特許文献１に開示された技術を適用した２段電力増幅器において、前段ＨＢＴのベースに定格電力の高周波信号が入力された場合及び定格電力を超える高周波信号が入力された場合の後段ＨＢＴの出力電力を示す図
【符号の説明】
【００５０】
１、２、３０、５３、６２　　ＨＢＴ

３、５０　　保護回路
４、３１、３２、３４～３６、５２、５４、５５、６３、６４、６６　　抵抗
５、６、７　　整合回路
８、９　　バイアス回路
２１、２２、２３、２４、２５、２６、５１　　端子
３７、３８、６０、６７　　容量
３９、４０　　インダクタ
６５　　ダイオード
１００、２００　　高周波電力増幅器

【図１】

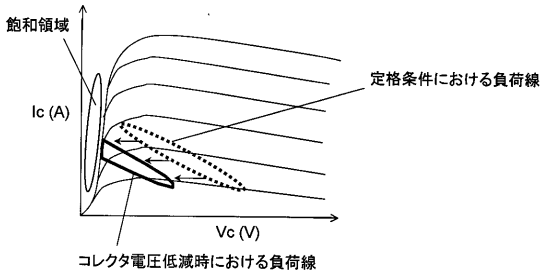


【図２】



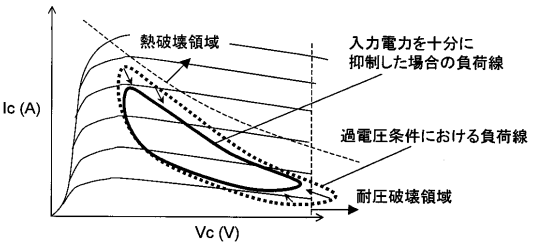
負荷変動時のHBT2の負荷線

【図３】



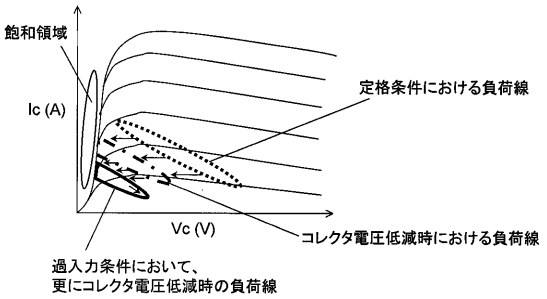
HBT1の負荷線

【図４】



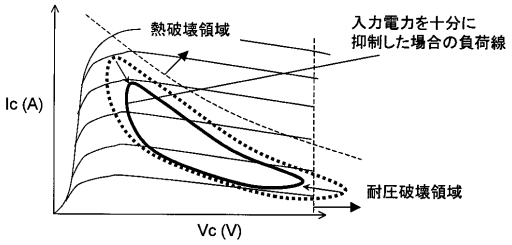
負荷変動時のHBT2の負荷線

【図５】



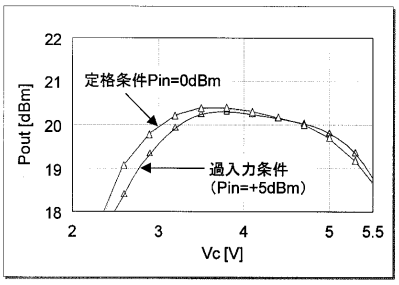
HBT1の負荷線

【図６】



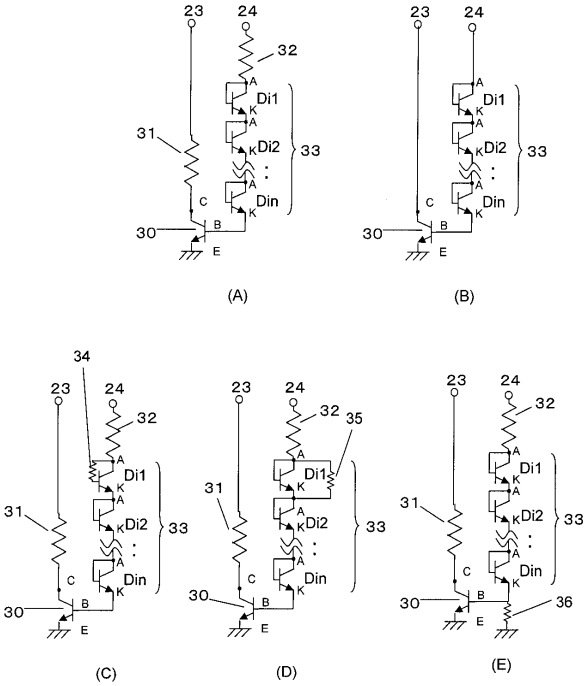
負荷変動時のHBT2の負荷線

【図７】

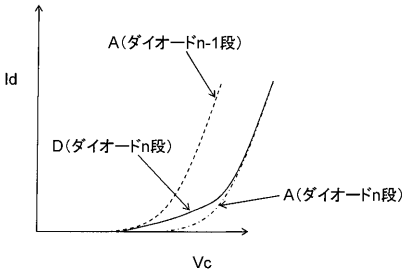


HBT2の出力電力

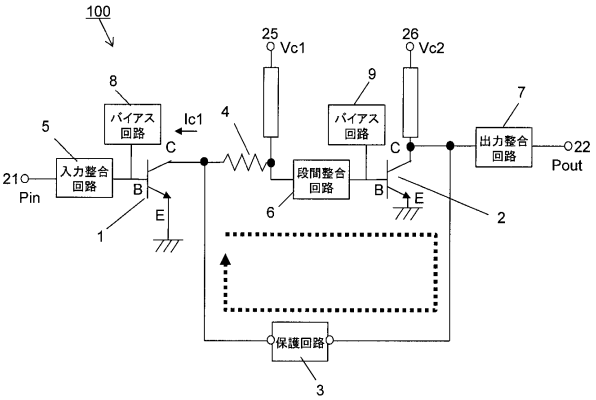
【図８】



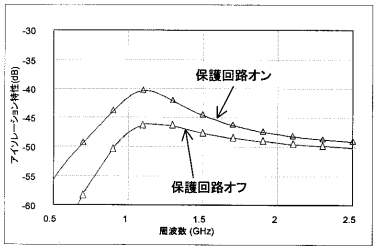
【図９】



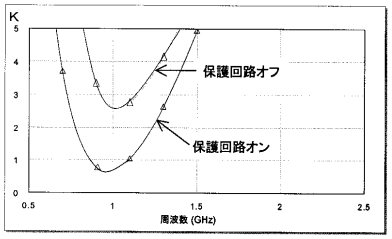
【図１０】



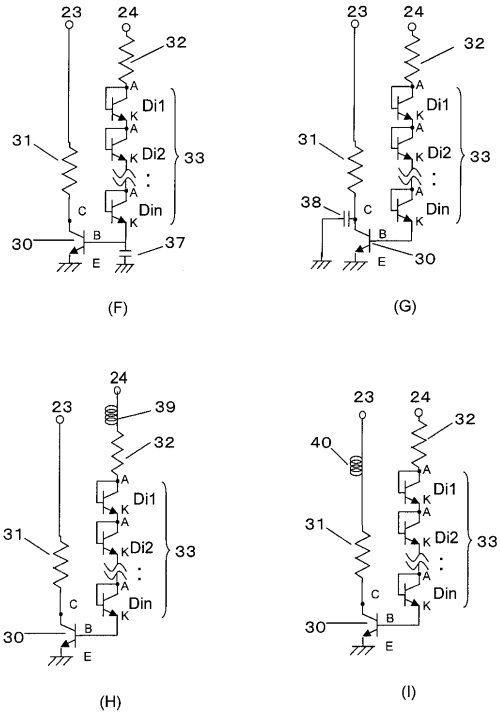
【図１１】



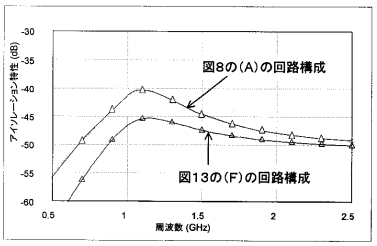
【図１２】



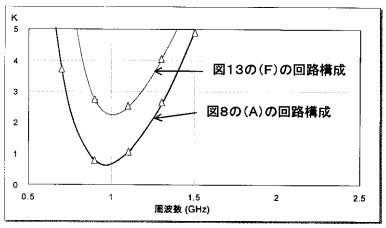
【図１３】



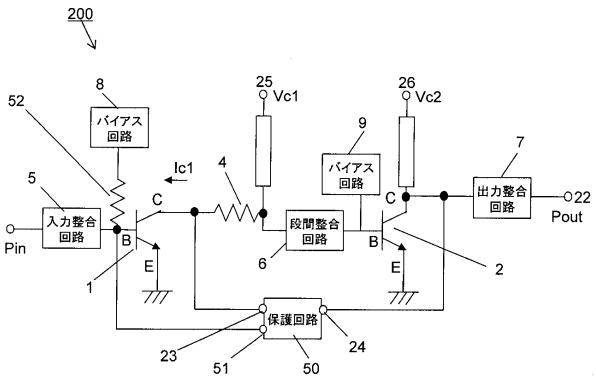
【図１４】



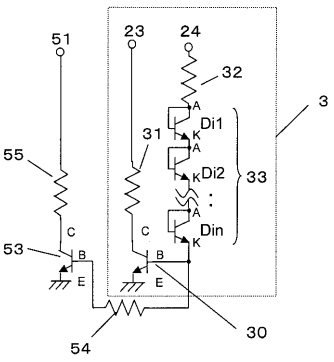
【図１５】



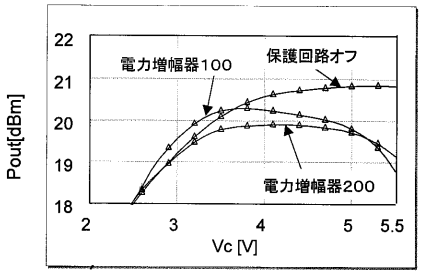
【図１６】



【図１７】

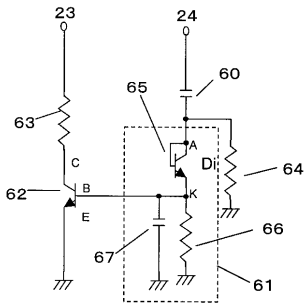


【図１８】

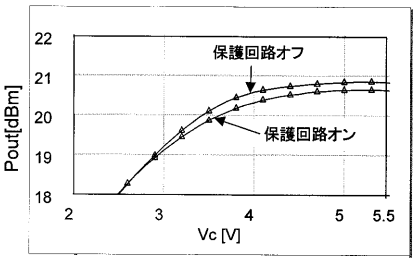


HBT2の出力電力

【図１９】

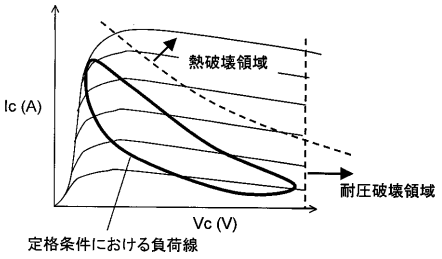


【図２０】



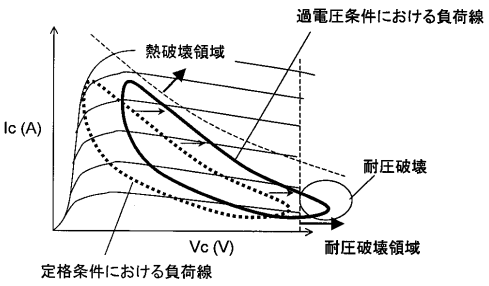
HBT2の出力電力

【図２１】



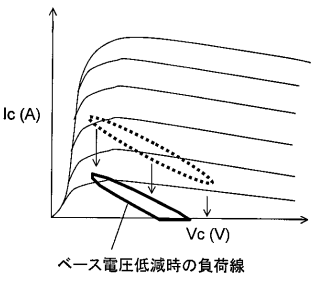
負荷変動時のHBTの負荷線及び安全動作領域

【図２２】



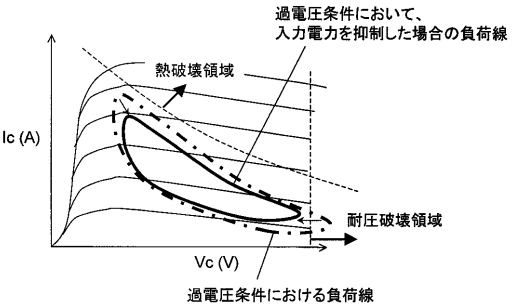
負荷変動時の最終段HBTの負荷線及び安全動作領域

【図２３】



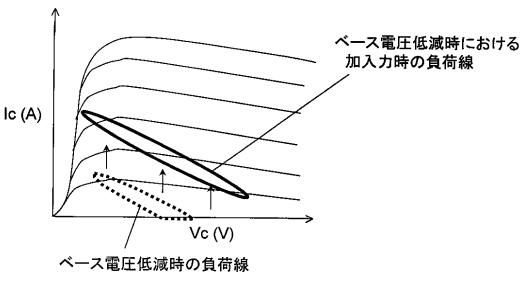
初段HBTの負荷線

【図２４】



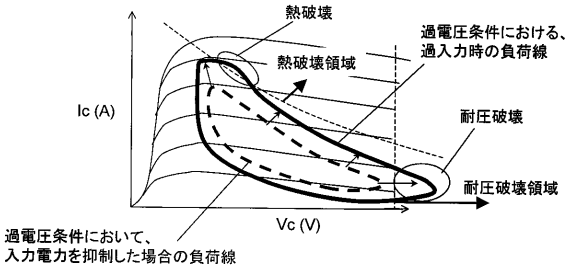
負荷変動時の最終段HBTの負荷線及び安全動作領域

【図２５】



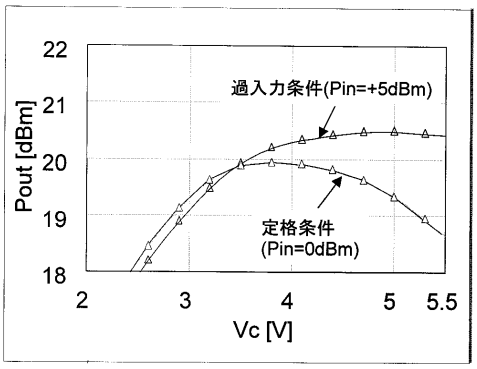
初段HBTの負荷線

【図２６】



負荷変動時の最終段HBTの負荷線及び安全動作領域

【図２７】



従来技術を適用した２段電力増幅器の後段ＨＢＴの出力電力

フロントページの続き

(72)発明者　稲森　正彦
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
(72)発明者　松田　慎吾
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内

審査官　宮本　秀一

(56)参考文献　特開２００５－０６４６５８（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－３４７８５７（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－３３５９４７（ＪＰ，Ａ）
特表２００５－５０６７５０（ＪＰ，Ａ）
特表２００５－５２８００１（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３４１０５２（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０６５８０３２１（ＵＳ，Ｂ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０３Ｆ　１／００－　３／７２、　７／００－　７／０６、
Ｈ０４Ｂ　１／０２－　１／０４