

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4602621号
(P4602621)

(45) 発行日 平成22年12月22日 (2010.12.22)

(24) 登録日 平成22年10月8日 (2010.10.8)

(51) Int. Cl. F I
HO4S 1/00 (2006.01)
 HO4S 1/00 B
 HO4S 1/00 E

請求項の数 22 (全 57 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2001-528430 (P2001-528430) | (73) 特許権者 | 500561300 |
| (86) (22) 出願日 | 平成12年10月4日 (2000.10.4) | | エスアールエス・ラブス・インコーポレーテッド |
| (65) 公表番号 | 特表2003-511881 (P2003-511881A) | | SRS Labs, Inc. |
| (43) 公表日 | 平成15年3月25日 (2003.3.25) | | アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92705、サンタ・アナ、ダイムラー・ストリート 2909 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US2000/027323 | (74) 代理人 | 100084618 |
| (87) 国際公開番号 | W02001/026422 | | 弁理士 村松 貞男 |
| (87) 国際公開日 | 平成13年4月12日 (2001.4.12) | (74) 代理人 | 100092196 |
| 審査請求日 | 平成19年9月28日 (2007.9.28) | | 弁理士 橋本 良郎 |
| (31) 優先権主張番号 | 09/411, 143 | (74) 代理人 | 100095441 |
| (32) 優先日 | 平成11年10月4日 (1999.10.4) | | 弁理士 白根 俊郎 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響補正装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2以上のスピーカにより再生された音響の空間的および周波数応答特性を強調するオーディオ補正システム(120)において、

前記音響が複数のスピーカ(246、247、250)によって再生されるとき、音響の知覚される垂直イメージを補正するように構成されたイメージ補正モジュール(122)と、

前記音響が複数のスピーカによって再生されるとき、前記音響の知覚される低音応答特性を強調するように構成された低音強調モジュール(101)と、

前記音響が複数のスピーカによって再生されるとき、音響の水平イメージを強調するように構成されたイメージ強調モジュール(124)とを具備しており、

前記低音強調モジュール(101)は、

左チャンネル信号の少なくとも一部を右チャンネル信号の少なくとも一部と組合せて結合された信号を生成する第1の結合器(1406)と、

それぞれ異なる中心周波数を有する複数のバンドパスフィルタ(1411、1412、1413、1415)とそれらのバンドパスフィルタの中から選択されたフィルタを選択するように構成されたスイッチ(1416)とを具備し、前記結合された信号の一部分を選択して濾波された信号を生成するように構成されているフィルタ(1407)と、

前記濾波された信号のエンベロープの振幅変化にตอบสนองして前記濾波された信号を調節して低音強調信号を生成する可変利得モジュール(1420)と、

前記左チャンネル信号と前記低音強調信号の少なくとも一部とを組合せるように構成さ

れている第2の結合器(1424)と、

前記右チャンネル信号と前記低音強調信号の少なくとも一部とを組合せるように構成されている第3の結合器(1432)とを具備しており、

前記イメージ補正モジュール(122)により行われる前記補正は前記低音強調モジュール(101)によって行われる強調に先行して行われ、

前記低音強調モジュール(101)によって行われる低音強調は、前記イメージ強調モジュール(124)によって与えられるイメージ強調に先行して行われるオーディオ補正システム。

【請求項2】

前記イメージ補正モジュール(122)は、左信号チャンネル中の音響を濾波する左チャンネルフィルタと右信号チャンネル中の音響を濾波する右チャンネルフィルタとを具備している請求項1記載のオーディオ補正システム。

10

【請求項3】

前記左チャンネルフィルタと右チャンネルフィルタは、音響源の垂直位置の関数として人間の聴覚システムの周波数応答特性の変化にしたがって前記左チャンネルおよび前記右チャンネルを濾波するように構成されている請求項1記載のオーディオ補正システム。

【請求項4】

前記左チャンネルフィルタと右チャンネルフィルタは、高い周波数の部分に比較して低い周波数の部分の信号を強調するように構成されている請求項3記載のオーディオ補正システム。

20

【請求項5】

前記低音強調モジュール(101)は、複数の入力信号を受信し、入力信号の高い周波数の部分に比較して低い周波数の共通モード部分を強調するように構成されている請求項1記載のオーディオ補正システム。

【請求項6】

前記イメージ強調モジュール(124)は、左チャンネル入力(594)と右チャンネル入力(596)とを含む入力信号を受信するように構成され、前記イメージ強調モジュール(124)はさらに、前記入力信号の共通モード部分に応答して共通モード特性を与え、前記入力信号の差動モード部分に応答して差動モード特性を与えるように構成されている請求項1記載のオーディオ補正システム。

30

【請求項7】

前記イメージ強調モジュール(124)は、共通モード伝達関数および差動モード伝達関数を与えるように構成されている請求項1記載のオーディオ補正システム。

【請求項8】

前記差動モード伝達関数は高い周波数の部分に比較して低い周波数の部分を強調する請求項1記載のオーディオ補正システム。

【請求項9】

前記差動モード伝達関数は、第1の周波数帯域の周波数成分に対しては第1の強調緩和を与え、第2の周波数帯域の周波数成分に対しては第2の強調緩和を与え、第3の周波数帯域の周波数成分に対しては第3の強調緩和を与え、第4の周波数帯域の周波数成分に対しては第4の強調緩和を与え、前記第1の周波数帯域は前記第2の周波数帯域よりも低く、前記第2の周波数帯域は前記第3の周波数帯域よりも低く、前記第3の周波数帯域は前記第4の周波数帯域よりも低く、前記第2の強調緩和は前記第1および第3の強調緩和よりも低い請求項1記載のオーディオ補正システム。

40

【請求項10】

知覚された音響ステージを改善し、前記音響の知覚された低音成分を改善するためのオーディオサウンドの強調方法において、

複数のスピーカ(246、247、250)によって再生された見掛け上の音響ステージ知覚された高さを改善するために音響信号の高さを補正し、

前記スピーカ(246、247、250)の知覚される低音応答特性を強調するように前記音

50

響信号の低音強調を行い、

前記低音強調動作において、

左チャンネル信号の少なくとも一部を右チャンネル信号の少なくとも一部と組合せて結合された信号を生成し、

前記結合された信号を濾波して濾波された信号を生成し、

前記濾波された信号のエンベロープの振幅変化にしたがって前記濾波された信号を増幅して低音強調された信号を生成し、

前記低音強調された信号の少なくとも一部分を前記左チャンネル信号と組合せ、

前記低音強調された信号の少なくとも一部分を前記右チャンネル信号と組合せ、

マルチチャンネル音響信号の幅を、前記マルチチャンネル音響信号によって生成された見掛け上の音響ステージの知覚された幅に補正し、高さの補正は低音強調に先行して行われ、低音強調は幅の補正に先行して行われるオーディオサウンドの強調方法。

【請求項 1 1】

前記高さ補正の動作は、リスナーによって聴かれたとき前記見掛け上の音響ステージの知覚された垂直位置を変更するための前記音響信号の濾波を含んでいる請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 2】

前記高さの補正の動作において、前記左信号チャンネル中の信号の濾波動作および前記右信号チャンネル中の信号の濾波動作を含んでいる請求項 1 1 記載の方法。

【請求項 1 3】

前記濾波動作において、前記左信号チャンネルおよび前記右信号チャンネルの周波数成分を人間の聴覚の垂直空間的周波数応答特性の変化にしたがって調整する請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 4】

前記濾波動作において、高い周波数に比較して低い周波数を強調する請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 5】

前記低音強調動作において、高い周波数の部分に比較して低い周波数の部分の信号を強調する請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 6】

前記低音強調動作において、マルチチャンネル入力信号の高い周波数の部分に比較してマルチチャンネル入力信号の低い周波数の共通モード部分を強調する請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 7】

前記増幅動作において、濾波された信号のエンベロープの振幅の増加するアタック期間においてフォワード利得を増加させる請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 8】

前記増幅動作において、濾波された信号のエンベロープの振幅の減少するディケイ期間においてフォワード利得を増加させる請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 9】

前記幅を強調する動作において、前記マルチチャンネル音響信号の共通モード部分を識別し、共通モード特性にしたがって前記共通モード部分を調整し、前記マルチチャンネル音響信号の差動モード部分を識別し、差動モード特性にしたがって前記差動モード部分を調整する請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 2 0】

前記幅強調動作において、前記マルチチャンネル音響信号に対して共通モード伝達関数および差動モード伝達関数を適用する請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 2 1】

前記差動モード伝達関数の適用は、高い周波数の部分に比較して低い周波数の部分を強調する動作を含んでいる請求項 2 0 記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 2 2】

前記差動モード伝達関数を適用する動作において、

第 1 の強調緩和値にしたがって第 1 の周波数帯域の周波数成分の強調を緩和させ、

第 2 の強調緩和値にしたがって第 2 の周波数帯域の周波数成分の強調を緩和させ、第 2 の周波数帯域の周波数は第 1 の周波数帯域の周波数よりも高く、

第 3 の強調緩和値にしたがって第 3 の周波数帯域の周波数成分の強調を緩和させ、第 3 の周波数帯域の周波数は第 2 の周波数帯域の周波数よりも高く、第 2 の強調緩和値は第 1 および第 3 の強調緩和値よりも低く、

第 4 の強調緩和値にしたがって第 4 の周波数帯域の周波数成分の強調を緩和し、第 4 の周波数帯域の周波数は前記第 3 の周波数帯域の周波数よりも高く、前記第 4 の強調緩和値は前記第 1 および第 3 の強調緩和値よりも低い請求項 2 0 記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、オーディオ強調システムに関するものであり、とくに、ステレオ音響再生を改善するように設計されたシステムおよび方法に関するものである。さらに、とくに、本発明は、リスナーによって感知される音響システムの音響イメージおよび周波数応答特性の問題を克服する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

20

音響再生環境では、種々の要因がリスナーによって感知される再生音響の品質を低下させる可能性がある。そのような要因によって、音響再生音はもとの音響ステージの音と異なるようになる。そのような要因の一つは、音響ステージにおけるスピーカの位置であり、それは適切に配置されれば可聴周波数スペクトルにわたる歪まされた音響圧力を生じる可能性がある。スピーカの位置はまた音響ステージの知覚される幅にも影響する。例えば、スピーカは、実際の音響ステージで容易に知覚される反響音を再生する能力が制限された点音源として作用する。事実、多くのオーディオ再生システムの知覚される音響ステージの幅はリスナーの前方に位置されたとき 1 対のスピーカの分離距離によって制限される。再生音響の品質を低下させる別の要因は人間の聴覚系が音を感知する方法とは異なった方法で音を記録するマイクロホンによって生じるものである。再生音響の品質を低下させる

30

【0003】

ステレオイメージ強調における努力は人間の耳の音響能力および限界についても検討された。人間の耳の可聴特性は音の強度、音の間の位相差、音自身の周波数、音源の方向に敏感である。人間の聴覚系の複雑性にもかかわらず、人間の耳の周波数応答特性は人によってほとんど変化しない。

【0004】

全ての周波数にわたって一定の音響圧力レベルを有する音響波が単一の位置からリスナーに向けられたとき、人間の耳は音の個々の周波数成分に対して異なった反応を示す。例えば、等しい音圧がリスナーの前方からリスナーの方向に伝搬されるとき 1000 Hz の音によってリスナーの耳内に生成される圧力レベルは 2000 Hz の音の場合とは異なっている。

40

【0005】

周波数感度に加えて、人間の聴覚系は種々の角度から耳に到達する音に対して異なった反応を示す。とくに、人間の耳内の音響圧力レベルは音の方向によって変化する。外耳、耳たぶ、または内耳導管の形状は方向の関数として音の周波数特性形状に大きく影響する。

【0006】

人間の聴覚系の特性は、音源の方位および高低方向の両者の変化に対して敏感である。これはとくに、複雑な音響信号、すなわち多数の周波数成分を有している信号の場合および

50

一般的に高い周波数成分を有している信号の場合に当てはまる。耳内の周波数成分間の音圧の変化は音源の指示を与えるために脳によって解析される。録音された音が再生される時、音源に対する方向の指示は音圧情報から耳によって解析され、したがって音を再生するスピーカの実際の位置に依存する。

【 0 0 0 7 】

一定の音圧レベル、すなわちフラットな音圧と周波数との関係は、リスナーの直接前方に位置するスピーカからリスナーの耳に到達する。そのような応答特性はしばしばリアルな音響イメージを得るために望ましい。しかしながら、スピーカのセットの品質は理想的なものではなく、それらは音響的にもっとも好ましい位置に配置される可能性は少ない。それら両方の要因はしばしば音響圧力特性の劣化を招く。従来技術の音響システムは、空間的に正確な応答特性を生成するためにスピーカから放射される音圧を補正して結果的に音響イメージを改善する方法を開示している。

10

【 0 0 0 8 】

【 発明が解決しようとする課題 】

所定の音響システムに対してさらに空間的に正確な応答特性を得るために、オーディオ信号に対してヘッド関連伝達関数 (H R T F) を選択して適用することが知られている。このH R T Fは人間の聴覚系の音響特性に基づいている。H R T Fの応用は、空間的歪みに対して補償するためにオーディオ信号の一部の振幅を調節するために使用される。H R T Fベースの原理はまた最適でない状態で配置されたスピーカからのステレオイメージを再配置するために使用することもできる。

20

【 0 0 0 9 】

第2の形式の欠点は、しばしば低音のような低い周波数の音響を適切に再生することが困難であるために生じる。低い周波数の音響出力を改善するための種々の通常の方法には、大きなコーン面積、大きな磁石、大きな容器、あるいは大きなコーン変位距離を有するスピーカの使用方法が含まれている。さらに、通常システムでは、共振チャンバおよびスピーカの周囲の自由空間の音響インピーダンスとスピーカの音響インピーダンスを整合させるホーンにより低い周波数の音響を再生することが試みられている。

【 0 0 1 0 】

しかしながら、全てのシステムではないが、単に低い周波数の音響を再生するために高価な、または強力なスピーカを使用することも行われている。例えば、コンパクトオーディオシステムおよびマルチメディアコンピュータシステムのようないくつかの通常音響システムは小型のスピーカを使用している。さらに、コストのために、多くのオーディオシステムでは正確度の低いスピーカを使用している。そのようなスピーカでは低い周波数の音響を適切に再生する能力はなく、結果として音響は典型的に低い周波数の音響を正確に再生するシステムのように良好で楽しめるものではない。

30

【 0 0 1 1 】

いくつかの通常強調システムは、スピーカに信号を入力する前に、低い周波数の信号を増幅することにより貧弱な低周波数音響再生を補償することを試みている。低い周波数の信号を増幅することによってスピーカに多量のエネルギーを供給して大きな力でスピーカを駆動することができる。しかしながら、このような低い周波数の信号を増幅する試みはスピーカの過駆動を生じる。残念ながらスピーカの過駆動は背景雑音を増加させ、大きい歪みを生じ、スピーカを損傷させる可能性がある。

40

【 0 0 1 2 】

さらに別の通常強調システムは、低い周波数の信号低下を補償しようとして高い周波数の再生に歪みを生じさせ、望ましくない音響コロレーションを付加する。

【 0 0 1 3 】

第3の欠点は、多数の位置から生じる音響はオーディオシステムでしばしば適切に再生されないことである。音響再生を改善しようとする方法の一つとして多数の記録トラックを有するサラウンド音響システムがある。多数の記録トラックは多数の位置から発生される音に関連した空間的な情報を記録するために使用される。

50

【 0 0 1 4 】

例えば、サラウンド音響システムでは、いくつかの記録トラックはリスナーの前方から発生した音を含み、一方、他の記録トラックはリスナーの後方から発生した音を含む。多数のスピーカがリスナーの周囲に配置されたとき、記録トラックに含まれたオーディオ情報はリスナーによりリアルな間隔を与えるように音響を生成する。しかしながら、このようなシステムは、多数の記録トラックおよび多数のスピーカを使用しないシステムに比較して高価なシステムである。

【 0 0 1 5 】

コストを低く保持するために、多くの通常の2スピーカシステムは左信号と右信号との間の不自然な時間遅延または位相シフトを導入することによってサラウンド音響の間隔をシミュレートしようとする。残念ながら、そのようなシステムはしばしば再生音響に不自然な影響を生じる。

10

【 0 0 1 6 】

既知の音響強調技術の一つは、“和”および“差”信号と呼ばれる信号を使用する。和信号はモノフォニック信号とも呼ばれ、左信号と右信号との和である。これは左信号と右信号とを加算または結合するもの(L + R)として概念が与えられる。

【 0 0 1 7 】

他方、差信号は左信号と右信号との差を表している。これは左信号から右信号を減算するもの(L - R)として概念が与えられる。差信号はまた周囲信号と呼ばれることもある。

【 0 0 1 8 】

差信号中のある周波数を変更して左右のスピーカから放射される音響を広げることができる。広げられた音響イメージは典型的に差信号中に存在する反響音を変化させることによって生じる。

20

【 0 0 1 9 】

しかしながら、和および差信号を生成する回路は左入力信号と右入力信号とを処理することによって和および差信号を生成する。さらに、回路が和および差信号を生成すると、付加的な回路が別に処理して強調された音響効果を得るために和信号と差信号を再結合する。

【 0 0 2 0 】

典型的に、和信号と差信号の生成および処理は、デジタル信号プロセッサ、演算増幅器等によって行われる。そのような構成は通常複雑な回路を必要とし、システムのコストを増加させる。したがって、従来技術の寄与にもかかわらず、強調された聴取感覚を生成するのに関連するコストを減少させる簡単なオーディオ強調システムに対する必要性が存在している。

30

【 0 0 2 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、オーディオシステムのイメージサイズ、低音特性およびダイナミック性を顕著に改善し、オーディオパフォーマンスの関係する強力な表現でリスナーを囲む信号処理技術を提供することによって上記のおよびその他の問題を解決する。それはコンピュータ、マルチメディア、テレビジョン、ブームボックス、自動車、ホームオーディオおよびポータブルオーディオシステムを含む種々の応用に対する聴取経験を改善する。1実施形態では、音響補正システムは、スピーカの見掛けの位置、スピーカによって生成されたイメージ、およびスピーカにより生成された低周波応答特性の補正を行う。1実施形態では、音響補正システムは、2以上のスピーカによって生成された音の空間的および周波数応答特性を強調する。オーディオ補正システムは、スピーカにより生成された音のリスナーにより知覚された垂直イメージを補正するイメージ補正モジュールと、リスナーに知覚されるスピーカの低音特性を改善する低音強調モジュールと、見掛け上の音響ステージのリスナーにより知覚された水平イメージを強調するイメージ強調モジュールとを具備している。

40

【 0 0 2 2 】

1実施形態では、3つの処理技術が使用される。スピーカの境界の外側に位置する音に対

50

する応答の空間的な兆候はヘッド関連伝達関数(HRTF)を使用して等化される。これらのHRTF補正曲線はリスナーの前面のスピーカにより再生されたときであっても、リスナーの側面に対して音の位置を脳がどのように感知するかを考慮に入れる。その結果、楽器およびバイオリンの表現は室内の全ての間接的な音および反響音を伴ってそれらの適切な位置で生成される。HRTF補正曲線の第2のセットは、音響ステージがスピーカの位置に比較して広い割合のスケールを音響ステージが採用するようにステレオイメージの見掛けの大きさを拡大し高める。最後に低音特性は、スピーカが一層容易に再生できるダイナミックに増加する高調波によって低周波基本波トーンの知覚を修復する音響精神分析技術により強調される。

【0023】

音響補正システムおよびそれに関連する動作方法は、不完全な再生環境で垂直、水平、およびスペクトル音響イメージを改善する高度に洗練された効率的なシステムを提供する。1実施形態では、システムはまず最初にスピーカにより生成された垂直イメージを補正し、次に低音が強調され、最後に水平イメージが補正される。垂直イメージ強調は典型的に音の低い周波数部分の若干の強調を含んでおり、したがって低音強調が低音強調処理の全体の効果に影響する前に垂直強調を行う。低音強調は、ステレオ信号中の低周波情報の左および右部分の共通部分(共通モード)の若干の混合を行う。それと対照的に、水平イメージの強調は左部分と右部分の差の若干の強調および成形を行う(差モード)。したがって、1実施形態では、低音強調はステレオ信号の共通部分と差部分を平衡させるために水平イメージの強調の前に行うことが有効であり、リスナーに好ましい効果を与える。

【0024】

垂直平面で改良されたステレオイメージを得るために、イメージ補正装置は入力信号を第1および第2の周波数範囲に分割し、それらは全体として実質上全てのオーディオ周波数スペクトルを含んでいる。第1および第2の周波数範囲内の入力信号の周波数特性は別々に補正され、結合されてリスナーに関して比較的平坦な周波数応答特性を有する出力信号を生成する。周波数の補正レベル、すなわち音響エネルギー補正は再生環境に依存し、そのような環境の音響限界を克服するために調整される。音響補正装置の設計は、空間的に補正され、再配置された音響イメージを得るために個々の周波数範囲内の入力信号の容易で独立した補正を可能にする。

【0025】

オーディオ再生環境では、スピーカは不適切な位置に配置され、そのためリスナーにより知覚される音響イメージに悪影響が与えられる可能性がある。例えば、ヘッドホンは、そのトランスデューサがリスナーの耳のすぐ右に位置していることが多いために好ましくない音響イメージを生成する。本発明の音響補正装置はより好ましい位置に音響イメージを再配置する。

【0026】

音響補正装置の応用により、オーディオ信号の再生により生成されたステレオイメージはスピーカの位置から異なった垂直および/または水平位置を有する原点の知覚源を移動させるように空間的に補正されてもよい。リスナーにより知覚される原点の正確な音源は空間的な補正のレベルに依存する。

【0027】

空間的な歪みの補正により一度知覚される原点が得られると、補正されたオーディオ信号は拡大されたステレオイメージを与えるために強調される。1実施形態では、位置を再設定されたオーディオイメージのステレオイメージ強調はリアルな音響ステージにリスナーが含まれるように人間の聴覚の音響原理を考慮する。聴いている位置が固定されている音響再生環境(例えば自動車の内部、マルチメディアコンピュータシステム、本棚のスピーカシステム等)では、オーディオ信号に与えられるステレオイメージ強調の量はリスナーに関するスピーカの実際の位置によって部分的に決定される。

【0028】

ある低周波の音響を再生しないスピーカにおいては、本発明は、失われた低周波音響が存

10

20

30

40

50

在する錯覚を生成する。すなわち、リスナーは低周波数を感知し、それはスピーカが実際に正確に再生することのできる周波数よりも低い周波数である。この錯覚効果は、人間の聴覚系統が音響を処理するユニークな方法を開発することによって達成される。

【 0 0 2 9 】

本発明の1実施形態では、リスナーが音楽その他の音響をどのようにメンタルに知覚するかを利用している。音響再生プロセスはスピーカにより生成される音響エネルギーに止まらず、リスナーの耳、聴覚神経、脳、思考プロセスを含んでいる。ヒヤリングは耳および聴覚神経系の作用により開始される。人間の耳は、音響変化を受取り、それらの変化を神経パルスに変換し、最終的に音の“知覚”すなわち音の認識に変換するデリケートな変換システムとして動作する。

10

【 0 0 3 0 】

本発明のいくつかの実施形態では、人間の耳がオーバートーンおよび低周波音をどのように処理して存在しない低周波音がスピーカから放射されている知覚を生成するかを利用する。いくつかの実施形態では、高い周波数帯域の周波数は選択的に処理されて低周波信号の錯覚を生じる。別の実施形態では、ある周波数帯域が複数のフィルタ機能により変更される。

【 0 0 3 1 】

さらに、本発明のいくつかの実施形態は、音楽のようなポピュラーなオーディオプログラム材料の低周波強調を改良するように設計される。大抵の音楽は高調波に富んでいる。したがって、これらの実施形態は人間の耳が低周波音を処理するために利用する音楽の広い範囲の種々の形式を変更することができる。既存のフォーマットの音楽は所望の効果を生成するように処理されることができる。

20

【 0 0 3 2 】

この新しい方法は多くの顕著な効果を生じる。リスナーは実際には存在しない低周波音を知覚するため大型のスピーカ、大きいコーンの変位距離、または付加的なホーンの必要性は減少する。したがって、1実施形態では、大きいスピーカが低周波音を放射するかのようように小型のスピーカが動作することができる。予測されるように、この実施形態は、大型のスピーカに対しては小さすぎる音響環境において低音のような低周波オーディオの知覚を生成する。強調された低周波音の知覚を生成することによって大型のスピーカのような効果が得られる。

30

【 0 0 3 3 】

さらに、本発明の1実施形態によれば、手持ち型、あるいはポータブルな音響システムの小型のスピーカがより好ましい低周波音の知覚を生成する。したがって、リスナーは携帯形で低周波音の品質を犠牲にする必要はない。

【 0 0 3 4 】

本発明の1実施形態では、廉価なスピーカが低周波音の錯覚を生成する。多くの廉価なスピーカは適切に低周波音を再生することはできない。高価なスピーカ容器、高性能の部品および大型の磁石により実際に低周波音を再生するのではなく、本発明の実施形態では、低周波音の錯覚を生成するために高い周波数を使用する。その結果、廉価なスピーカを使用して一層リアルで優れた聴取状態を生成することができる。

40

【 0 0 3 5 】

さらに、1実施形態では、低周波音の錯覚は高められた聴取状態を生成し、それは音のリアルさを増加させる。すなわち、多くの廉価な従来のシステムで存在する濁った不安定な低周波音の再生の代わりに、本発明の1実施形態では、より正確で明瞭に知覚される音響を生成する。そのような廉価なオーディオ装置およびオーディオビデオ装置には例えばラジオ、自動車オーディオシステム、コンピュータゲーム、コンパクトディスク、(CD)プレーヤ、デジタル多能ディスク(DVD)プレーヤ、マルチメディア表示装置、コンピュータ音響カード、等が含まれる。

【 0 0 3 6 】

1実施形態では、低周波音の錯覚の生成は、低周波音を実際に再生するのに比較して少な

50

いエネルギーしか必要としない。したがって、バッテリーで動作し、低電力環境で動作し、小型のスピーカ、マルチメディアスピーカ、ヘッドホン等で動作するシステムは、単に低周波音を増幅または増強させるだけのシステムと比較して多くの貴重なエネルギーを消費せずに、低周波音の錯覚を生成することができる。

【0037】

本発明の1実施形態は、特別の回路により低周波信号の錯覚を生成する。これらの回路は従来の低周波増幅器よりも簡単であり、したがって製造コストを減少させることができる。これらのコストは複雑な回路を付加している従来の音響強調装置よりも少ない。

【0038】

さらに、本発明の別の実施形態はマイクロプロセッサに依存しており、それは開示された低周波強調技術を実行している。場合によっては、既存のオーディオ部品の処理は本発明の1以上の実施形態の開示されたユニークな低周波信号強調技術を提供するために再プログラムされることができる。その結果、既存のシステムに低周波強調を追加するコストは著しく減少させることができる。

【0039】

1実施形態では、音響強調装置はホストシステムから1以上の入力信号を受信し、1以上の強調された出力信号を発生する。とくに、2つの入力信号は処理されて1対のスペクトルの強調された出力信号を発生し、それはスピーカで再生され、リスナーによって聴かれたとき拡張された低音の感覚を生成する。1実施形態では、低周波オーディオ情報は高周波オーディオ情報とは異なった方法で修正される。

【0040】

本発明の1実施形態では、音響強調装置は1以上の入力信号を受信し、1以上の強調された出力信号を発生する。とくに、入力信号は第1の周波数範囲と第2の周波数範囲とを含む波形を有する。入力信号は処理されて強調された出力信号を生成し、それはスピーカで再生され、リスナーによって聴かれたとき拡張された低音の感覚を生成する。さらに、この実施形態では、第1の周波数範囲の情報を第2の周波数範囲の情報とは異なった方法で変形してもよい。ある実施形態では、第1の周波数範囲は所望のスピーカに対しては低すぎる低音周波数範囲であってもよく、第2の周波数範囲はスピーカが再生することのできる中低音周波数であってもよい。

【0041】

1実施形態は、2つのチャンネルに共通ではないエネルギーとは異なった方法で2つのステレオチャンネルに共通であるオーディオ情報を修正する。両方の入力信号に共通のオーディオ情報は結合された信号と呼ばれる。1実施形態では、強調システムはクリッピングを減少させるために結合された信号の位相および周波数の振幅をスペクトル的に成形し、そのクリッピングはオーディオ情報がステレオである感覚を除去することなく高い振幅の入力信号から生じる。

【0042】

以下さらに詳細に説明するように、音響強調システムの1実施形態は結合された信号を種々のフィルタでスペクトル的に成形して、強調された信号を生成する。この実施形態では、結合された信号内の選択された周波数帯域を強調することによって、実際のスピーカ帯域幅より広く知覚されるスピーカ帯域幅が得られる。

【0043】

音響強調装置の1実施形態は、2つのステレオチャンネル用のフィードフォワード信号路と、結合された信号路用の3つの並列フィルタとを含んでいる。4つの並列のフィルタはそれぞれ、3つの直列接続された4乗(biquad)フィルタから構成された6次のバンドパスフィルタを含んでいる。これら4つのフィルタに対する伝達関数はとくに、オーディオ信号の低周波内容の種々の高調波の位相および、または振幅成形を行うように選択される。成形によって、スピーカによって再生されたときにオーディオ信号の知覚される帯域幅が予想外に増加する。別の実施形態では、6次のフィルタはそれより低次のチェビシェフフィルタによって置換される。

【 0 0 4 4 】

スペクトル成形は結合された信号に関して行われ、その後、その信号はフィードフォワード路においてステレオ情報と結合されるため、結合された信号中の周波数は、両ステレオチャンネルが影響を受け、ある周波数範囲内のいくつかの信号が1つのステレオチャンネルから別のステレオチャンネルに結合されるように変化させられる可能性が高い。その結果、種々の実施形態において、強調されたオーディオ音響が完全に独特で新しい予想できない方法で生成される。

【 0 0 4 5 】

音響強調装置は1以上の後続する信号処理段に接続される。これらの後続する処理段は改善された音響ステージを提供し、あるいは改善された空間処理を行う。出力信号はまた、音響強調装置の動作に影響を与えずに、録音装置、電力増幅器、スピーカのような別のオーディオ装置に導かれることができる。

10

【 0 0 4 6 】

本発明はまた、音響イメージの水平方向のアスペクトを改善するユニークな差遠近補正装置を提供する。この差遠近補正装置は、他の音響強調装置とは全く異なった方法によって音を強調する。この差遠近補正装置の実施形態は、たとえば、ラジオ、自動車のオーディオシステム、コンピュータゲーム、マルチメディア表示装置等が含まれることのできる広範囲にわたる廉価なオーディオおよびオーディオ・ビジュアル装置において音を強調するために有効に使用されることが可能である。

【 0 0 4 7 】

広い意味で述べると、差遠近補正装置は2つの入力信号をホストシステムから受取って、2つの強調された出力信号を発生する。とくに、2つの入力信号は、1対の空間的に補正された出力信号を供給するようにまとめて処理される。さらに、1実施形態において、両方の入力信号に共通するオーディオ情報は、両方の入力信号に共通しないオーディオ情報とは異なった方法で修正される。

20

【 0 0 4 8 】

両方の入力信号に共通するオーディオ音響情報は、共通モード情報、あるいは共通モード信号と呼ばれる。共通モードの音響情報は、入力信号の和を含んでいるのではなく、任意の所定の瞬間に両方の入力信号中に存在するオーディオ情報だけを含んでいるという点で和信号とは異なっている。信号はディスクリートな信号として存在していない。

30

【 0 0 4 9 】

それと対照的に、両方の入力信号に共通しないオーディオ情報は、差情報または差信号と呼ばれる。この差情報は共通モード情報とは異なった方法で処理されるが、差信号はディスクリートな信号ではない。以下さらに詳細に説明するように、差遠近補正装置は種々のフィルタにより差信号をスペクトル的に成形して、等化された差信号を生成する。差信号中の選択された周波数帯域を等化することによって、差遠近補正装置はリスナーの正面に配置された1対のスピーカから投射された知覚される音響イメージを広げる。

【 0 0 5 0 】

クロスオーバーインピーダンスネットワークは差信号中の周波数範囲を等化するので、共通モード信号中の周波数に影響を与えずに、差信号中の周波数が変化されることができる。その結果、オーディオ音響は完全に特有の新しい方法で強調される。

40

【 0 0 5 1 】

【 発明の実施の形態 】

図1は、ステレオイメージ補正システム122、低音強調システム101およびステレオイメージ強調システム124を直列に含んでいる音響補正装置120のブロック図である。ステレオイメージ補正システム122は、左ステレオ信号と右ステレオ信号とを低音強調システム101に供給する。低音強調装置は左および右ステレオ信号をステレオイメージ強調システム124の左および右入力にそれぞれ出力する。ステレオイメージ強調システム124は信号を処理して、左出力信号130および右出力信号132を供給する。その後、出力信号130および132はある別の形態の信号調整システムに接続されてもよいし、あるいはスピーカま

50

たはヘッドホン（示されていない）に直接接続されてもよい。

【0052】

スピーカに接続された場合、補正システム120はスピーカの配置、スピーカにより生成されたイメージおよびスピーカによって生成された低周波応答特性の欠点を補正する。音響補正装置120は、スピーカによって再生される音の空間的および周波数応答特性を強調する。音響補正装置120において、ステレオイメージ補正システム122はスピーカにより再生された見掛け上の音響ステージのリスナーにより知覚される垂直イメージを補正し、低音強調システム101はその音のリスナーにより知覚される低音応答特性を改善し、ステレオイメージ強調システム124は見掛け上の音響ステージのリスナーにより知覚される水平イメージを強調する。

10

【0053】

音響補正装置120は、音響再生環境における欠点とスピーカの欠点とを補正することによりスピーカにより再生された音を改善する。この装置120は再生環境におけるスピーカの位置を補償することにより元の音響ステージの再生を改善する。音響ステージの再生は、可聴周波数スペクトルにわたって見掛け上の（すなわち、再生された）音響ステージの水平および垂直の両アスペクトを強調する方法で改善される。装置120は、生の音響ステージにおいて容易に知覚される反響音を都合よく修正するので、スピーカが能力の制限された点音源として動作しても、反響音はまた再生環境においてリスナーにより知覚される。装置120はまた、人間の聴覚系が音を感知するのは異なった方法でマスクロホンがしばしば音を録音することを補償する。装置120は人間の聴覚をまねるフィルタおよび伝達関数を使用して、マイクロホンにより生成された音を補正する。

20

【0054】

音響システム120は、人間の聴覚器官の応答特性を使用することによって複合音の見掛け上の方位および高さ地点を調節する。補正はリスナーの脳により使用され、音の発生源を示す。補正装置120はまた、最も音響学的に望ましい位置にないスピーカのような、理想とはいえない条件で配置されたスピーカを補正する。

【0055】

所定の音響システムに対して空間的に正確な応答特性を得るために、音響補正装置120は、音響情報の周波数応答特性の成形に関してヘッド関連伝達関数（HRTF）のある特徴を使用して、音響ステージの見掛け上の幅および高さを補正するためにスピーカの配置を補正すると同時にスピーカの低周波応答特性の欠点を補正する。

30

【0056】

このようにして音響補正装置120は、スピーカが理想的とはいえない位置に配置されている場合や、スピーカ自身が所望の音を適切に再生する能力に欠けている場合でも、より自然で現実的な音響ステージをリスナーに提供する。

【0057】

補正装置によって行われる種々の音響補正は、後続の補正が先行の補正を妨害しないような順序で実施される。1実施形態において、補正は、装置120により行われた前の補正がその装置120により行われる後の補正を強調すると共に、これに貢献する望ましい順序で行われる。

40

【0058】

1実施形態において、補正装置120は、改善された低音応答特性によりサラウンドサウンドシステムをシミュレートする。この補正装置120によって、リスナーの周囲に多数のスピーカが配置されており、また多数の録音トラックに含まれている音響情報が多数のスピーカ装置に供給されている錯覚が生じる。

【0059】

音響補正システム120は、不完全な再生環境において垂直、水平およびスペクトル音響イメージを改善する高性能で実効的なシステムを提供する。イメージ補正システム122は最初に、スピーカによって生成された垂直イメージを補正する。その後、低音強調システム101は、十分な低周波再生能力に欠いている小型スピーカの低周波数出力を強調するよう

50

にして音響信号の低周波数成分を調節する。最後に、水平音響イメージは、イメージ強調システム124 によって補正される。

【 0 0 6 0 】

イメージ補正システム122 によって行われる垂直イメージ強調には典型的に音の低周波部分のある強調が含まれ、それによって低音強調システム101 が低音強調処理の全体的な効果に貢献する前に垂直強調を行う。低音強調システム101 は、ステレオ信号中の低周波数情報の左および右部分の共通した部分のある混合を行う（共通モード）。対照的に、イメージ強調システム124 によって行われる水平イメージ強調は、その信号の左部分と右部分との間の差の強調および成形を行う（差モード）。このようにして、補正システム120 において、ステレオ信号の共通モードおよび差モード部分のバランスをとってリスナーに心地好い効果を生成するために水平イメージ強調の前に低音強調が都合よく行われる。

10

【 0 0 6 1 】

上述したように、ステレオイメージ補正システム122 、低音強調システム101 およびイメージ強調システム124 は共同して音響再生環境の音響上の欠点を克服する。音響再生環境は入り組んだ劇場のような広いものであってもよく、あるいは可搬性電子キーボード程度の小さいものであってもよい。音響補正装置はまたマルチメディアコンピュータシステム（たとえば、図3を参照）、家庭用オーディオ、テレビジョン、ヘッドホン、ブームボックス、自動車等に大きな利点を提供する。

【 0 0 6 2 】

図2は、受信機220 を備えたステレオオーディオシステムを示している。受信機220 は左チャンネル信号を左スピーカ246 に供給し、右チャンネル信号を右スピーカ247 に供給する。その代わりに、受信機220 はテレビジョン、可搬性ステレオシステム（たとえば、ブームボックス）、クロックラジオ等と置換されることができる。受信機220 はまた左および右チャンネル信号をヘッドホン250 に供給する。リスナー（ユーザ）248 は、ヘッドホン250 またはスピーカ246 , 247 を使用して左および右チャンネル信号を聞くことができる。音響補正装置120 は、受信機220 内でアナログ装置を使用して、あるいは受信機220 内のデジタル信号プロセッサ（DSP）で実行するソフトウェアによって構成されることができる。

20

【 0 0 6 3 】

スピーカ246 , 247 は所望のステレオイメージをユーザに提供する最適な位置に配置されず、したがってリスナーのリスニングの満足感を減少させることが多い。同様に、ヘッドホン250 のようなヘッドホンは、それがリスナーの正面ではなく、耳に隣接して配置されたために、心地好くない音を生成することが多い。さらに、多数の小型のブックシェルフスピーカ、マルチメディアスピーカおよびヘッドホンの低周波数応答特性は貧弱であり、それがリスナーのリスニング満足感をさらに減少させる。受信機220 内の音響補正装置（またはソフトウェア）120 は左および右信号を補正して、スピーカ246 , 247 またはヘッドホン250 によって再生されたときにもっと心地好い音を生成する。1実施形態において、受信機220 は、リスナー248 が聞いているのはスピーカ246 , 247 またはヘッドホン250 のいずれであるかにしたがって、左および右チャンネルにおいて生成された音をそのリスナー248 が調節することを可能にするために制御装置（図38に示されている幅制御装置3846および、または図38に示されている低音制御装置3827のような）を含んでいる。

30

40

【 0 0 6 4 】

図3は、本発明の1実施形態を有効に使用して、スピーカ246 , 247 によって生成されるオーディオ性能を改善することのできる典型的なコンピュータオーディオシステム300 を示している。スピーカ246 , 247 は典型的にコンピュータ装置304 内部の音響カード（示されていない）に接続されている。この音響カードはオーディオ出力を生成する任意のコンピュータインターフェースカードであることができ、それにはラジオカード、テレビジョンチューナカード、PCMCIAカード、内部モデム、プラグインデジタル信号プロセッサ（DSP）等が含まれる。コンピュータ304 は、スピーカ246 によって音波に変換されるオーディオ信号を音響カードに発生させる。

50

【 0 0 6 5 】

図 4 の A は、音響再生環境内においてリスナーの外耳で生じる所望の周波数応答特性を表すグラフを示している。曲線460 はデシベルで測定された音圧レベル (S P L) の、周波数に対する関数である。図 4 A において認められるように、音圧レベルは全ての可聴周波数に対して比較的一定である。曲線460 は、リスナーの真正面でほぼ耳の高さに配置された 1 対の理想的なスピーカによってピンク雑音の再生から得られることが可能である。ピンク雑音は、オクターブ当り等しいエネルギーを有するオーディオ周波数スペクトルによって伝送された音のことである。実際に、曲線460 の平坦な周波数応答特性は、スピーカシステムの固有の音響限界に応答して変動する可能性がある。

【 0 0 6 6 】

曲線460 は、リスナーの聴覚による処理の前に存在する音圧レベルを表している。再び図 2 を参照すると、曲線460 によって表される平坦な周波数応答特性は、スピーカが間隔を隔てられて、リスナー248 のほぼ正面に配置されたときにそのリスナー248 に向かって放射された音と一致する。人間の耳は、それ自身の聴覚応答特性を音響信号に適用させることによって曲線460 によって表されるようにこのような音を処理する。人間の聴覚応答特性は、外部耳介および内耳管部分によって決定される。

【 0 0 6 7 】

残念ながら、多数の家庭および自動車の音響再生システムの周波数応答特性は、図 4 の A に示されている望ましいものではない。対照的に、スピーカは、別の人間工学的要求に合わせるために音響学的に望ましくない位置に配置される可能性がある。スピーカ246 , 247 から放射された音は、リスナー248 に関するスピーカ246 および247 の位置だけによってスペクトル的に歪められる可能性がある。さらに、リスニング環境内の物体および表面のために、結果的に得られた音が吸収され、あるいはその振幅が歪みを与えられる可能性がある。このような吸収は、高い周波数においてよく発生する。

【 0 0 6 8 】

スペクトルおよび振幅の両方の歪みの結果、リスナー248 により知覚されるステレオイメージは、望ましくないリスニング体験を与える空間的に歪みを与えられたものとなる。図 4 の B 乃至 D は、種々の音響再生システムおよびリスニング環境に対する空間的歪みのレベルをグラフで示している。図の 4 B 乃至 D に示されている歪み特性は、リスナーの耳の近くのデシベルで測定された音圧レベルを表している。

【 0 0 6 9 】

図 4 の B の周波数応答曲線464 は、ほぼ 1 0 0 H z より上の周波数で減少する音圧レベルを有している。この曲線464 はスピーカから発生される可能な音圧特性を表し、これにはリスナーより低い位置に取付けられたウーファーおよびツイターの両方が含まれる。たとえば、図 2 のスピーカ246 がツイターを含んでいると仮定すると、このようなスピーカ246 によって再生されたオーディオ信号だけが図 4 B の応答特性を示す。

【 0 0 7 0 】

減少する曲線464 に関連した特定の傾斜は変化し、リスニング領域、スピーカの品質およびリスニング領域内におけるスピーカの正しい配置に応じて、完全に線形ではないかもしれない。たとえば、表面が比較的硬質であるリスニング環境では、比較的柔らかい（たとえば、布、カーペット、防音タイル等）表面のリスニング環境よりオーディオ信号の、とくに高周波の反射率が高くなる。スペクトル的な歪みのレベルは、スピーカがリスナーから遠くに離されて配置されたために変化する。

【 0 0 7 1 】

図 4 の C の音圧対周波数特性468 のグラフは、第 1 の周波数範囲のオーディオ信号は空間的に歪みを与えられているが、高周波範囲の信号は歪みを受けていない。特性曲線468 は、低周波数から中間の周波数のスピーカがリスナーより低い位置に配置され、高周波スピーカがリスナーの耳の高さに、あるいはその近くに位置しているスピーカ装置から得られることができる。特性曲線468 から得られる音響イメージは、図 2 のリスナー248 より下方に位置する低周波数成分と、リスナーの耳の高さ近くに位置する高周波成分とを有して

10

20

30

40

50

いる。

【 0 0 7 2 】

図 4 の D は、低い周波数において減少した音圧レベルを有し、高い周波数において増加する音圧レベルを有する音圧対周波数特性 470 のグラフを示している。この特性 470 は、中間の周波数から低周波数のスピーカがリスナーより低く配置され、高い周波数のスピーカがリスナーの上方に配置されたスピーカ装置から得られる。図 4 の D の曲線 470 により示されているように、1 0 0 0 H z より高い周波数での音圧レベルは、低い周波数より著しく高くなり、近くのリスナーにとって望ましくないオーディオ効果を生じさせる可能性がある。曲線 470 から結果的に得られた音響イメージは、図 2 のリスナー 248 より下方に位置する低周波数成分と、リスナー 248 の上方に位置する高周波成分とを有している。

10

【 0 0 7 3 】

図 4 の B 乃至 D のオーディオ特性は、一般的なリスニング環境において得られることが可能であり、リスナー 248 に聞こえる種々の音圧レベルを表している。図 4 の B 乃至 D のオーディオ応答特性曲線は、リスナーの耳に存在するオーディオ信号が種々のオーディオ再生システムによってどのようにして歪みを与えられるかを示す数例に過ぎない。所定の周波数での空間的歪みの正確なレベルは、再生システムおよび再生環境に応じて広範囲にわたって変化する。見掛け上の位置は、固定したリスナーに関して見掛け上の高さおよび方位座標によって規定されるスピーカシステムに対して発生されることが可能であり、これは実際のスピーカ位置とは異なっている。

【 0 0 7 4 】

図 5 は、左および右ステレオ信号 126 および 128 を入力するステレオイメージ補正システム 122 のブロック図である。イメージ補正システム 122 は、比較的低い周波数を含む第 1 の周波数成分と比較的高い周波数を含む第 2 の周波数成分とに可聴周波数スペクトルを都合よく分割することによって、種々の音響システムの歪みを与えられたスペクトル密度を補正する。左および右の各信号 126 および 128 は対応した低周波数補正システム 580 , 582 および高周波数補正システム 584 , 586 によって別々に処理される。1 実施形態において、補正システム 580 および 582 はほぼ 1 0 0 乃至 1 0 0 0 H z の比較的“低い”周波数で動作し、一方システム 584 および 586 はほぼ 1 0 0 0 乃至 1 0 0 0 0 H z の比較的“高い”周波数で動作することが指摘されなければならない。これは、低い周波が 1 0 0 H z までの周波数を表わし、中間の周波数が 1 0 0 H z 乃至 4 k H z の周波数を表わし、高い周波数が 4 k H z より高い周波数を表す一般的なオーディオ用語と混同されてはならない。

20

30

【 0 0 7 5 】

入力オーディオ信号を低い周波数成分と高い周波数成分とに分離することによって、音圧レベルの補正がある周波数範囲とは無関係の別の周波数範囲において行われることができる。補正システム 580 , 582 , 584 および 586 は入力信号 126 および 128 を修正して、スピーカによる再生時に入力信号のスペクトル的および振幅的な歪みを補正する。結果的に得られた信号は元の入力信号 126 および 128 と共に、各合計結合器 590 および 592 において結合される。補正された左ステレオ信号 L。および補正された右ステレオ信号 R。は低音強調装置 101 に出力される。

40

【 0 0 7 6 】

低音強調装置 101 に供給された補正されたステレオ信号は、リスナー 248 (図 2 および 3 に示されている) の耳付近に現れる平坦な、すなわち、均一な周波数応答特性を有している。この空間的に補正された応答特性は、図 2 または 3 のスピーカ 246 によって再生されたときに、リスナー 248 の真正面に配置されているように思われる見掛け上の音源を生成する。

【 0 0 7 7 】

音源がオーディオ信号のエネルギー補正によって適切に配置されると、低音強調装置 101 はスピーカ 246 における低周波欠点を補正し、低音補正された左および右チャンネル信号をステレオイメージ強調システム 124 に供給する。ステレオイメージ強調システム 124 は、

50

見掛け上の音源から生じるステレオイメージを広くする（水平方向に）ようにステレオ信号を調整する。図8のAおよびBと共に説明するように、ステレオイメージ強調システム124は音源の実際の位置を補償するようにステレオオリエンテーション装置により調節されることが可能である。

【0078】

1実施形態において、ステレオイメージ強調システム124は左および右ステレオ信号中に存在する差信号情報を等しくする。

【0079】

低音強調装置101から供給された左および右の信号は強調システム124によって差信号発生器501および和信号発生器504に入力される。補正された左および右入力信号の立体音響内容を表す差信号（ $L_c - R_c$ ）は差信号発生器501の出力502から発生される。補正された左および右ステレオ信号の和を表す和信号（ $L_c + R_c$ ）は和信号発生器504の出力506において発生される。

【0080】

出力502および506における和および差信号は、随意のレベル調節装置508および510にそれぞれ供給される。装置508および510は典型的に電位差計または類似の可変インピーダンス装置である。装置508および510の調節は典型的に、出力信号中に存在する和および差信号の基本レベルを制御するように手動で行われる。これによって、ユーザは、再生される音のタイプにしたがって、およびユーザの個人的な嗜好に応じてステレオ強調のレベルおよびアスペクトを調整することが可能になる。和信号の基本レベルを増加することにより、1対のスピーカの間での中央ステージでのオーディオ情報が強調される。対照的に、差信号の基本レベルを増加させると、周囲の音響情報が強調され、それによって広いサウンドイメージ感が生成される。音楽のタイプおよびシステム構成パラメータが知られているか、あるいは手動調節が実際には役立たないいくつかのオーディオ装置では、調節装置508および510が除去され、和および差信号レベルは予め定められて固定されている必要がある。

【0081】

装置510の出力は、ステレオ強調等化装置520に入力522から供給される。この等化装置520は、以下図7に示されているように、入力522に発生した差信号をスペクトル的に成形する。

【0082】

成形された差信号はミキサ542に供給され、このミキサ542はまた装置506から和信号を受取る。1実施形態において、ステレオ信号594および596もまたミキサ542に供給される。これらの信号は全てミキサ542内で結合され、強調されて空間的に補正された左出力信号530および右出力信号532を生成する。

【0083】

入力信号126および128は典型的に補正された立体音響ソース信号を表しているが、それらはまたモノフォニックソースから合成的に発生されてもよい。

【0084】

[イメージ補正特性]

図6のA乃至Cは、1対のステレオ信号から発生された移動されて位置を変更されたイメージを得るために“低”および“高”周波数補正システム580, 582, 584, 586によって行われた空間補正のレベルをグラフで表している。

【0085】

最初に図6のAを参照すると、補正システム580および582によって行われる可能なレベルの空間補正が、異なった振幅対周波数特性を有する曲線として示されている、補正システム580および582によって行われる最大レベルの補正、すなわちブースト（dBで測定された）は、補正曲線650によって表されている。曲線650はほぼ1000Hz乃至10000Hzの第1の周波数範囲内で増加するブーストレベルを示している。10000Hzより高い周波数において、ブーストのレベルはかなり一定したレベルに維持される。曲線652

10

20

30

40

50

はほぼゼロレベルの補正を表している。

【 0 0 8 6 】

当業者には、典型的なフィルタは通常遮断周波数によって分離された周波数の通過帯域および阻止帯域によって通常特徴付けられる。図 6 の A 乃至 C の補正曲線は、典型的な信号フィルタを表すものであるが、通過帯域、阻止帯域および転移帯域によって特徴付けられることができる。図 6 の A の特性にしたがって構成されたフィルタはほぼ 1 0 0 0 H z より高い通過帯域と、ほぼ 1 0 0 乃至 1 0 0 0 H z の転移帯域と、およびほぼ 1 0 0 H z より低い阻止帯域とを有している。図 6 の B および C によるフィルタはほぼ 1 0 k H z より高い通過帯域と、ほぼ 1 k H z 乃至 1 0 k H z の転移帯域と、およびほぼ 1 k H z より低い阻止帯域とを有している。1 実施形態において、フィルタは 1 次フィルタである。

10

【 0 0 8 7 】

図 6 の A 乃至 C に示されているように、システム 580 , 582 , 584 および 586 によるオーディオ信号の空間的補正は、通過帯域内において実質的に均一であるが、転移帯域内では顕著に周波数に依存する。オーディオ信号に対して適用される音響補正の量はステレオイメージ補正システム 622 の調節による周波数の関数として変化され、それによって図 6 の A 乃至 C の転移帯域の傾斜を変化させることができる。その結果、周波数依存性の補正が 1 0 0 H z 乃至 1 0 0 0 H z の第 1 の周波数範囲と、1 0 0 0 乃至 1 0 , 0 0 0 H z の第 2 の周波数範囲とに適用される。補正システム 580 , 582 , 584 および 586 の独立的な調節によって無限数の補正曲線が可能である。

【 0 0 8 8 】

20

1 実施形態によると、高周波のステレオ信号成分の空間的補正は、ほぼ 1 0 0 0 H z 乃至 1 0 , 0 0 0 H z において行われる。これらの信号成分のエネルギー補正は図 6 の B に示されているように正であってよく、すなわち、ブーストされてもよく、あるいは図 6 の C に示されているように負であってよく、すなわち、減衰されてもよい。補正システム 584 , 586 によって行われるブーストの範囲は、最大ブースト曲線 660 および最小ブースト曲線 162 によって特徴付けられている。曲線 664 , 666 および 668 は、異なった音響再生システムから生じた音を空間的に補正するために必要とされることのできるさらに別のレベルのブーストを表している。図 6 の C は、本質的に図 6 の B に示されたものと逆のものであるエネルギー補正曲線を示している。

【 0 0 8 9 】

30

図 6 の A 乃至 C の曲線で表された低周波および高周波補正ファクタは合計されるので、広範囲にわたる可能な空間補正曲線が 1 0 0 乃至 1 0 , 0 0 0 H z の周波数範囲に適用される。図 6 の D は、ステレオイメージ補正システム 522 によって行われた複合空間補正特性の範囲を示すグラフである。とくに、実線の曲線 680 は、曲線 650 (図 6 A) と曲線 660 (図 6 B) とから成る最大レベルの空間補正を表している。低周波数の補正は γ_1 によって示された範囲を通過して実線の曲線 680 から変化する可能性がある。同様に、高周波数の補正は γ_2 によって示された範囲を通過して実線の曲線 680 から変化する可能性がある。したがって、1 0 0 乃至 1 0 0 0 H z の第 1 の周波数範囲に与えられるブーストの量はほぼ 0 乃至 1 5 d B の間で変化し、一方 1 0 0 0 乃至 1 0 , 0 0 0 H z の第 2 の周波数範囲に対して行われる補正の量はほぼ 1 3 d B 乃至 - 1 5 d B の間で変化する可能性がある。

40

【 0 0 9 0 】

[イメージ強調特性]

次に本発明のステレオイメージ強調特徴を検討すると、一連の遠近強調、すなわち、正規化曲線が図 7 においてグラフで示されている。上記の式 1 および 2 における信号 (L_c - R_c)_p は、図 7 の周波数応答特性にしたがってスペクトル的に成形された処理された差信号を表している。これらの周波数応答特性は図 5 中の等化装置 520 によって適用され、部分的に H R T F 原理に基づいたものである。

【 0 0 9 1 】

一般に、差信号を選択的に増幅することによって、差信号中に存在している可能性があるが強度の直接フィールド音でマスクされる周辺音または反響音効果が強調される。これら

50

の周辺音は、適当なレベルで生の音響ステージにおいて容易に知覚される。しかしながら、録音された演奏では、周辺音は生演奏に関して減衰される。1対の立体音響左および右信号から得られた差信号のレベルをブーストすることによって、リスナーの正面に配置された1対のスピーカから投射される音響イメージを著しく広げることができる。

【0092】

図7の遠近曲線790, 792, 794, 796 および798 は、対数フォーマットで表示された可聴周波数に対する利得の関数として表されている。種々のオーディオ再生システムを考慮するために、図7の異なった等化レベル曲線が必要である。1実施形態において、差信号の等化レベルは、オーディオ再生システム内のリスナーに関するスピーカの実際の位置の関数である。曲線790, 792, 794, 796 および798 は一般に、中間帯域の周波数に關してそれより低いおよび高い差信号周波数がブーストされる周波数等高線(contouring)特性を表している。

10

【0093】

1実施形態によると、図7の遠近曲線に対する範囲は、ほぼ125乃至150Hzで認められるほぼ10乃至15dBの最大利得によって規定される。この最大利得値は、図7の曲線790, 792, 794, 796 および798 の傾斜が正の値から負の値に変化する曲線の曲がりめを示している。図7では、このような曲がりめはポイントA, B, C, DおよびEとして符号で表わされている。125Hzより低い場合、遠近曲線の利得はオクターブ当たりほぼ6dBのレートで減少する。125Hzより高い場合には、図7の曲線の利得はほぼ-2乃至+10dBの最小利得の曲がりめに向かって可変的なレートで減少する。最小利得の曲がりめは曲線790, 792, 794, 796 および798 間で著しく異なっている。最小利得の曲がりめはポイントA', B', C', D' およびE' として符号でそれぞれ表わされている。最小利得の曲がりめが発生する周波数はほぼ曲線790 に対する2.1kHzから曲線798 に対する5kHzまでばらばらである。曲線790, 792, 794, 796 および798 の利得は、それらの各最小利得周波数より上の周波数においてほぼ10kHzまで増加する。10kHzより高い周波数では、遠近曲線によって与えられる利得は水平になり始める。全ての曲線はほぼ120kHzすなわち人間にとって可聴な最高の周波数まで利得の増加を示し続ける。

20

【0094】

上記の利得および周波数の図は単なる設計の目的のものであり、実際の図はシステムによってまちまちである。さらに、信号レベル装置508 および510 の調節は、最大および最小利得値、ならびに最大利得周波数と最小利得周波数との間の利得分離に影響を及ぼすこととなる。

30

【0095】

図7による差信号の等化は、高い強度の差信号成分を過度に強調することなく、統計的に低い強度の差信号成分のブーストを意図したものである。典型的なステレオ信号の高い強度の差信号成分は、ほぼ1乃至4kHzの中間の周波数範囲に認められる。人間の聴覚はこれら同じ中間範囲の周波数に対して非常に感度が高い。したがって、強調された左および右出力信号530 および532 により、非常に改善されたオーディオ効果が生成される。これは、周辺音が選択的に強調され、リスナーを再生された音響ステージ内に完全に包み込むためである。

40

【0096】

図7において認識できるように、125Hzより低い差信号周波数は、それが存在するならば、遠近曲線を適用することによって減少された量のブーストを受ける。この減少は非常に低い、すなわち低音の周波数の過度の増幅を避けることを意図したものである。多くのオーディオ再生システムにおいて、この低周波範囲内のオーディオ差信号を増幅することにより、低音応答特性が多過ぎる不快で非現実的なサウンドイメージが生じる可能性が高い。このようなオーディオ再生システムの例には、マルチメディアコンピュータシステムおよび家庭用ステレオシステムのような近音場または低パワーオーディオシステムが含まれる。これらのシステムにおける多量の電力導入は高ブースト期間中に増幅器による“

50

クリッピング”を発生させるか、あるいはスピーカを含むオーディオシステムの部品に損傷を与える可能性がある。差信号の低音応答特性を制限することはまた、大部分の近音場オーディオ強調用途においてこれらの問題を回避する助けとなる。

【0097】

1実施形態によると、リスナーが固定されているオーディオ環境における差信号の等化レベルは、実際のスピーカのタイプおよびリスナーに関するそれらの位置に依存する。この決定の基礎をなす音響原理は、図8のAおよびBを使用して最もよく説明されることができる。図8のAおよびBは、このような音響原理をスピーカシステムの方位の変化に関して説明することを意図されている。

【0098】

図8のAは、スピーカ800 および802 がリスナー804 より若干前方の両側においてそのリスナーに向けられて配置されている音響再生環境を上方から見た図を示している。スピーカ800 および802 はまたリスナー804 より下方の、図2に示されているスピーカ246 と類似した高さの位置に配置されている。基準面AおよびBはリスナー804 の両耳806 および808 と整列されている。示されているように、平面AおよびBはリスナーの視線と平行である。

【0099】

スピーカの位置は、スピーカ810 および812 の位置に対応していることが好ましい。1実施形態において、スピーカが望ましい位置に配置されることができない場合、差信号を選択的に等化することによって見掛け上のサウンドイメージの強調が行われることができる。すなわち、差信号の利得は周波数と共に変化する。図7の曲線790 は、破線のスピーカ810 および812 に対応した実際のスピーカ位置に関して望ましいレベルの差信号等化を表している。

【0100】

[低音強調]

本発明はまた、オーディオ信号を強調するための方法およびシステムを提供する。音響強調システムは特有の音響強調プロセスにより音の迫真性を改善する。一般的には、音響強調プロセスは左入力信号および右入力信号という2つの入力信号を受取り、その後、左出力信号および右出力信号である2つの強調された出力信号を発生する。

【0101】

左および右入力信号はまとめて処理され、1対の左および右出力信号として出力される。とくに、強調システム形態は、知覚される音の幅を広げて強調するようにして2つの入力信号間に存在する差を等化する。さらに、多くの形態は、クリッピングを減少するように両入力信号に共通した音のレベルを調節する。いくつかの実施形態では、デジタル信号処理を必要としない簡単化された廉価な製造し易いアナログシステムにより音響強調が有効に行われる。

【0102】

ここでは1つの音響強調システムを参照として実施形態が説明されているが、本発明はそれに制限されず、音響強調システムの種々の実施形態を種々の状況に適合させることが望ましいその他の種々の状況において使用されることが可能である。

【0103】

マルチメディアコンピュータ、自動車、小型ステレオシステム、可搬性ステレオシステム、ヘッドホン等において使用される典型的な小型のスピーカシステムは、約150Hzでロールオフする音響出力応答特性を有しているであろう。図9は、人間の聴覚の周波数応答特性にほぼ対応した曲線906を示している。図9はまた、高い周波数を再生する高周波駆動装置(ツイーター)と中間範囲および低音の周波数を再生する4インチの中・低音駆動装置(ウーファー)とを使用する典型的な小型コンピュータスピーカシステムの測定された応答特性908を示している。2つの駆動装置を使用するこのようなシステムはしばしば、ツーウェイシステムと呼ばれる。3以上の駆動装置を使用するスピーカシステムは技術的に知られており、それは本発明により使用されるであろう。応答特性908は、20Hz

10

20

30

40

50

乃至 20 kHz の周波数を示す X 軸と直交するプロット上に示されている。この周波数帯域は、正常な人間の聴覚の範囲に対応している。図 9 の Y 軸は、0 dB から -50 dB までの正規化された振幅応答特性を示している。曲線 908 はほぼ 2 kHz 乃至 10 kHz の中音周波数帯域では比較的平坦であり、10 kHz より上でロールオフを示している。低周波範囲において、曲線 908 は、ほぼ 150 Hz と 2 kHz との間の中低音帯域から始まる低周波数ロールオフを示し、したがって 150 Hz より下ではスピーカシステムが生成する音響出力はごくわずかとなる。

【0104】

図 9 に示されている周波数帯域の位置は単なる例示に過ぎず、これに制限されるものではない。深い低音帯域、中低音帯域および中間範囲の帯域の実際の周波数範囲は、スピーカおよびそのスピーカが使用される用途に応じて変化する。深い低音という用語は、たとえば中低音帯域等でのそれより高い周波数におけるスピーカ出力と比較して正確度の低い出力をスピーカが生成する帯域の周波数を全体的に示すために使用されている。中低音帯域という用語は、深い低音帯域より上の周波数を全体的に示すために使用されている。中間範囲という用語は、中低音帯域より上の周波数を全体的に示すために使用されている。

【0105】

多数のコーン型の駆動装置は、そのコーンの直径が音波の波長より小さい場合、低周波数で音響エネルギーを生成するときに非常に非効率的である。コーンの直径が音波の波長より小さい場合、コーンからの音響出力の均一な音圧レベルを維持するには、そのコーンの変位距離を、周波数が低下する各オクターブについて 4 倍（2 のファクタ）で増加させる必要がある。単に駆動装置に供給される電力をブーストすることにより低周波数応答特性を改善しようと試みた場合、急速にその駆動装置の最大許容コーン変位に到達する。

【0106】

したがって、ある限界を越えて駆動装置の低周波数出力を増加させることはできず、これは大部分の小型スピーカシステムの低周波音質が悪いことを意味している。曲線 908 は、直径がほぼ 4 インチの低周波数駆動装置を使用する大部分の小型スピーカシステムを代表するものである。大型の駆動装置を備えたスピーカシステムは、曲線 908 で示されているものよりいくぶん低い周波数に対してかなりの音響出力を生成する傾向があり、小型の低周波数駆動装置を有するシステムは典型的に曲線 908 で示されている低さの出力を生成しない。

【0107】

上述したように、現在までシステム設計者は、拡張された低周波数応答特性を有するスピーカシステムを設計するときに彼等には殆ど選択肢がなかった。以前から知られている解決方法は高価であり、生産されるスピーカはデスクトップには大き過ぎるものであった。低周波数の問題に対してよく行われている 1 つの解決方法は、通常コンピュータシステム付近の床上に配置されるサブウーファースの使用である。サブウーファースは十分な低周波数出力を供給することができるが、それらは高価であり、したがって廉価なデスクトップスピーカと比較してあまり一般的ではない。

【0108】

本発明の 1 実施形態は、大きい直径のコーンを有する駆動装置、すなわちサブウーファースを使用するのではなく、スピーカシステムによって低周波数音響エネルギーが生成されない場合でも、このようなエネルギーを知覚させる人間の聴覚系の特性を使用することによって小型システムの低周波数限界を克服する。

【0109】

人間の聴覚系は非線形であることが知られている。非線形系は簡単に述べると、入力が増加に出力の比例的な増加が追従しない系である。したがって、たとえば、耳において音圧レベルを 2 倍にすることは、音源の音量が 2 倍にされていることを知覚させるものではない。実際に人間の耳は、第 1 の近似として音響エネルギーの強度ではなく電力にตอบสนองする 2 乗デバイスである。この耳の非線形機構は、音響波の実際の周波数のオーバートーンまたは高調波として聞かれる相互変調周波数を生成する。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 0 】

図 1 0 には、人間の聴覚における非線形性の相互変調効果が示されている。図 1 0 は、2 つの純音の理想化された振幅スペクトルを示している。図 1 0 におけるスペクトル図は、5 0 H z でスピーカ駆動装置（たとえば、サブウーファー）によって生成される音響エネルギーに対応する第 1 のスペクトルライン 1004 を示している。第 2 のスペクトルライン 1002 は 6 0 H z で示されている。ライン 1004 および 1002 は、駆動装置により生成された実在する音響エネルギーに対応した実際のスペクトルラインであり、他の音響エネルギーは存在しないと仮定されている。しかしながら、人間の耳はその固有の非線形性のために 2 つの実際のスペクトル周波数の和とその 2 つのスペクトル周波数の差に対応した相互変調積を生成することとなる。

10

【 0 1 1 1 】

たとえば、スペクトルライン 1004 および 1002 によって表される音響エネルギーを聞いた人間は、スペクトルライン 1006 によって示されているように 5 0 H z で、およびスペクトルライン 1006 によって示されているように 6 0 H z で、およびスペクトルライン 1010 によって示されているように 1 1 0 H z で音響エネルギーを知覚するであろう。スペクトルライン 1010 は、スピーカにより生成された実在する音響エネルギーに対応せず、むしろ耳の非線形性によって耳の内部で生成されたスペクトルラインに対応している。このライン 1010 は、2 つの実際のスペクトルラインの和（ $1 1 0 \text{ H z} = 5 0 \text{ H z} + 6 0 \text{ H z}$ ）である 1 1 0 H z の周波数で発生する。耳の非線形性はまた 1 0 H z（ $1 0 \text{ H z} = 6 0 \text{ H z} - 5 0 \text{ H z}$ ）の差周波数でスペクトルラインを生成するが、そのラインは、それが人間の可聴範囲より下

20

【 0 1 1 2 】

図 1 0 は、人間の耳の内部における相互変調のプロセスを示しているが、それは、音楽のような実際の演奏材料に比較していくぶん単純化されている。音楽のような典型的な演奏材料は高調波に富んでいるため、大部分の音楽は、図 1 1 に示されているように、ほぼ連続したスペクトルを示している。図 1 1 は、図 1 1 における曲線が連続したスペクトルとして示されていることを除いて、図 1 0 に示されている実際の音響エネルギーと知覚された音響エネルギーとの間の比較と同じタイプの比較を示している。図 1 1 は、実際の音響エネルギー曲線 1120 および対応した知覚されたスペクトル 1130 を示している。

30

【 0 1 1 3 】

大部分の非線形システムのように、耳の非線形性は、その系が大きい変位（たとえば、大きい信号レベル）を行っているときのほうが小さい変位に対するよりも顕著である。したがって、人間の耳に関しては、非線形性は、鼓膜および耳の他の構成要素が低い音量レベルでも比較的大きい機械的変位を行う低周波数でさらに顕著である。したがって、図 1 1 は、実際の音響エネルギー 1120 と知覚された音響エネルギー 1130 との間の差が低周波数範囲で最大となり、高周波数範囲において比較的小さくなる傾向があることを示している。

【 0 1 1 4 】

図 1 0 および 1 1 に示されているように、多数の音または周波数を含んでいる低周波数音響エネルギーは、中低音範囲の音響エネルギーが実際に存在する以上にスペクトル内容を含んでいる知覚をリスナーに生じさせる。人間の脳は、情報が失われたとみなされた状況に直面した場合、潜在意識レベルで失われた情報を“充填”しようとする。この充填現象は、多くの眼の錯覚の基礎である。本発明の 1 実施形態において、このような低周波数情報の中低音効果を脳に与えることによって、実際には存在しない低周波数情報を充填したものと脳に錯覚を起こさせることができる。

40

【 0 1 1 5 】

換言すると、低周波数音響エネルギーが存在していた場合に耳により生成されることになる高調波（たとえば、スペクトルライン 1010）が脳に与えられた場合、脳は適当な条件下において、それが存在している“はずである”とみなした低周波数スペクトルライン 1006 および 1008 を潜在意識レベルで充填する。この充填プロセスは、検出器効果として知られている人間の耳の非線形性の別の効果によって増加させられる。

50

【 0 1 1 6 】

また、人間の耳の非線形性のために、耳は、振幅変調（AM）受信機内のダイオード検出器に類似した検出器のように動作する。中低音の高調波音が深い低音によってAM変調された場合、耳は変調された中低音搬送波を復調して深い低音エンベロープを再生する。図12のAおよびBは変調および復調信号をグラフで示している。図12のAは、深い低音信号により変調された高周波搬送波信号（たとえば、中低音搬送波）を含む変調された信号を時間軸で示している。

【 0 1 1 7 】

高い周波数の信号の振幅は低い周波数の音によって変調され、したがって高い周波数の振幅は低い周波数の音の周波数にしたがって変化する。耳の非線形性は、耳が高い周波数の信号の低周波数エンベロープを検出するように信号を部分的に復調し、したがって実際の音響エネルギーが低い周波数で生成されなかったとしても、低周波数の音の知覚を生じさせる。上述の相互変調効果に関するように、検出器効果は中低音周波数範囲における信号の適切な信号処理によって強調されることができる。適切な信号処理を使用することによって、低周波数音響エネルギーを生成できない、あるいはこのようなエネルギーで効率の悪いスピーカを使用した場合でも、このようなエネルギーの知覚を生じさせる音響強調システムを設計することが可能である。

10

【 0 1 1 8 】

スピーカによって生成された音響エネルギー中に存在する実際の周波数の知覚は、1次効果と考えられる。実際の音響周波数中には存在しない付加的な高調波の知覚は、このような高調波の生成が相互変調歪みによるものであろうが、検出によるものであろうが、2次効果であると考えられる。

20

【 0 1 1 9 】

[低音強調エキスパンダ]

図13のAは、音響強調機能が低音強調装置1304によって行われる音響システムのブロック図である。低音強調装置1304はオーディオ信号を信号源1302から受取る。信号源1302は、図1に示されている信号処理ブロック122を含む任意の信号源であってもよい。低音強調装置1304は受取られたオーディオ信号を修正するように信号処理を行って、オーディオ出力信号を生成する。オーディオ出力信号はスピーカ、増幅器、または別の信号処理装置に供給されてもよい。

30

【 0 1 2 0 】

図13のBは、第1の入力1309、第2の入力1311、第1の出力1317および第2の出力1319を有している2チャンネル低音強調装置1304に対するテクノロジーのブロック図である。第1の入力1309および第1の出力1317は第1のチャンネルに対応している。第2の入力1311および第2の出力1319は第2のチャンネルに対応している。第1の入力1309は結合器1310の第1の入力と、信号処理ブロック1313の入力とに供給される。信号処理ブロック1313の出力は、結合器1314の第1の入力に供給される。第2の入力1311は結合器1310の第2の入力と、信号処理ブロック1315の入力とに供給される。信号処理ブロック1315の出力は、結合器1316の第1の入力に供給される。結合器1310の出力は信号処理ブロック1312の入力に与えられる。信号処理ブロック1312の出力は結合器1314の第2の入力と、結合器1316の第2の入力とに供給される。結合器1314の出力は第1の出力1317に供給される。第2の結合器1316の出力は第2の出力1319に供給される。

40

【 0 1 2 1 】

第1および第2の入力1309および1311からの信号は結合され、信号処理ブロック1312によって処理される。信号処理ブロック1312の出力は、信号処理ブロック1313および1315の各出力と結合されたときに、低音強調された出力1317および1319を生成する信号である。

【 0 1 2 2 】

図13のCは、2チャンネル低音強調装置1344に対する別のトポロジーのブロック図である。図13のCにおいて、第1の入力1309は信号処理ブロック1321の入力と、信号処理ブロック1322の入力とに供給される。信号処理ブロック1321の出力は結合器1325の第1の入

50

力に供給され、信号処理ブロック1322の出力は結合器1325の第2の入力に供給される。第2の入力1311は信号処理ブロック1323の入力と、信号処理ブロック1324の入力とに供給される。信号処理ブロック1323の出力は結合器1326の第1の入力に供給され、信号処理ブロック1324の出力は結合器1326の第2の入力に供給される。結合器1325の出力は第1の出力1317に供給され、第2の結合器1326の出力は第2の出力1319に供給される。

【0123】

図13のBに示されているトポロジとは異なり、図13のCに示されているトポロジは2つの入力信号1309と1311とを結合するのではなく、2つのチャンネルが分離したままにされ、各チャンネルに関して低音強調処理が行われる。

【0124】

図14は、図13のAに示されている低音強調システム1304の1実施形態1400のブロック図である。低音強調システム1400は、低音パンチ装置1420を使用して、時間依存強調ファクタを発生する。図14はまた、本発明の1実施形態の信号処理動作を行うDSPまたはその他のプロセッサ上で実行するプログラムを説明するフローチャートとして使用されてもよい。図14には、左チャンネル入力1402および右チャンネル入力1404である2つの入力が見られている。前の実施形態に関するように、左および右は便宜上使用されているに過ぎず、それに限定されない。入力1402および1404は共に加算器1406に供給され、この加算器1406により、2つの入力の組合せである出力が生成される。

【0125】

加算器1406の出力は、ローパスフィルタ1409の入力に供給される。ローパスフィルタ1409の出力は、第1のバンドパスフィルタ1412、第2のバンドパスフィルタ1413、第3のバンドパスフィルタ1415、第4のバンドパスフィルタ1411および第5のバンドパスフィルタ1414に供給される。バンドパスフィルタ1413の出力は、加算器1418の入力に供給される。

【0126】

バンドパスフィルタ1415の出力は、単極双投(SPD T)スイッチ1416の第1の位置に供給される。バンドパスフィルタ1411の出力はSPD Tスイッチ1416の第2の位置に供給される。このスイッチ1416は加算器1418の入力に接続されている。

【0127】

バンドパスフィルタ1412の出力は、単極双投(SPD T)スイッチ1419の第1の第1の位置に供給されている。バンドパスフィルタ1414の出力はSPD Tスイッチ1419の第2の位置に供給される。このスイッチ1419の切換端子は加算器1418の入力に接続されている。

【0128】

加算器1418の出力は、低音パンチ装置1420の入力に供給される。低音パンチ装置1420の出力は、(SPD T)スイッチ1422の第1の位置に接続されている。SPD Tスイッチ1422の第2の位置は接地されている。SPD Tスイッチ1422は左チャンネル加算器1424の第1の入力と右チャンネル加算器1432の第1の入力とに接続されている。左チャンネル入力1402は左チャンネル加算器1424の第2の入力に供給され、右チャンネル入力1404は右チャンネル加算器1432の第2の入力に供給される。左チャンネル加算器1424および右チャンネル加算器1432の出力は、それぞれ信号処理ブロック1400の左チャンネル出力1430および右チャンネル出力1433である。スイッチ1422および1416は随意であり、固定された接続によって置換されてもよい。

【0129】

スイッチ1416および1419は、フィルタ1411乃至1415が3つの異なった、すなわち40乃至100、60乃至150、および100乃至200の周波数範囲に対して構成されることを可能にする。

【0130】

フィルタ1411乃至1415によって行われるフィルタ処理動作と結合器1418とが結合されて図14に示されている複合フィルタ1407にされる。たとえば、別の実施形態では、フィルタ1411乃至1415は、ほぼ40Hzから250Hzまでの通過帯域を有する単一のバンドパスフィルタに結合されてもよい。低音周波数を処理するために、複合フィルタ1407の通過帯

10

20

30

40

50

域は、低いほうがほぼ20Hzから100Hzであり、高いほうがほぼ150Hzから350Hzであることが好ましい。複合フィルタ1407はまた、たとえばハイパスフィルタ、シェルピングフィルタ等を含む別のフィルタ伝達関数を有していてもよい。複合フィルタはまた、グラフィック等化装置と同様に動作して、その通過帯域内のある周波数をその通過帯域内の別の周波数に関して減衰するように構成されてもよい。

【0131】

示されているように、図14は、信号処理ブロック1313および1315が1の伝達関数を有し、信号処理ブロック1312が複合フィルタ1407および低音パンチ装置1420を含む図13のBに示されているトポロジーにほぼ対応している。しかしながら、図14に示されている信号処理は図13のBに示されているトポロジーに制限されない。図14の構成要素はまた、信号処理ブロック1321および1323が1の伝達関数を有し、信号処理ブロック1322および1324が複合フィルタ1407および低音パンチ装置1420を含む図13のCに示されているトポロジーで使用されてもよい。図14には示されていないが、信号処理ブロック1313、1315、1321および1324は、たとえば、ローパス周波数を除去するハイパスフィルタ処理、低音パンチ装置420によって処理された周波数を除去するハイパスフィルタ処理、高周波音を強調する高周波強調、低音パンチシステムを補助する付加的な中低音処理等の、付加的な信号処理を行ってもよい。その他の組合せもまた考えられる。

【0132】

図15は、バンドパスフィルタ1411乃至1413、1415の伝達関数の一般的な形状を示す周波数ドメイン図である。図15は、バンドパスフィルタ1411乃至1415にそれぞれ対応したバンドパス伝達関数1501乃至1505を示している。伝達関数1501乃至1505は、それぞれ40Hz、60Hz、100Hz、150Hzおよび200Hzを中心とするバンドパス関数として示されている。

【0133】

1実施形態において、バンドパスフィルタ1411は40Hzのような100Hzより低い周波数に同調されている。スイッチ1416が第1の位置のとき、それはバンドパスフィルタ1411を選択し、バンドパスフィルタ1415を除外し、それによって40Hz、60Hzおよび100Hzにおけるバンドパスフィルタを提供する。スイッチ1416が第2の位置であるとき、それはバンドパスフィルタ1411を除外し、バンドパスフィルタ1415を選択し、それによって60Hz、100Hzおよび150Hzにおけるバンドパスフィルタを提供する。

【0134】

したがって、スイッチ1416は、強調されるべき周波数範囲をユーザが選択できるようにすることが望ましい。直径3乃至4インチのウーファのような小型ウーファを備えたスピーカシステムのユーザは典型的に、40Hz、60Hz、100Hzおよび150Hzにそれぞれ同調されるバンドパスフィルタ1412、1413、1415によって提供される高い周波数範囲を選択することになる。直径5インチ以上のような若干大きいウーファを提供するスピーカシステムのユーザは典型的に、40、60、100、150Hzにそれぞれ同調されたバンドパスフィルタ1411乃至1413、1415によって与えられる低い周波数範囲を選択することとなる。当業者は、もっと多くのバンドパスフィルタおよびもっと多くの周波数範囲の選択を可能にするようにさらに多くのスイッチが取付けられることが可能であることを認識するであろう。バンドパスフィルタは廉価であり、また単投スイッチにより異なったバンドパスフィルタが選択されることができるので、異なった周波数範囲を提供するために異なったバンドパスフィルタを選択することは望ましい技術である。

【0135】

1実施形態において、低音パンチ装置1420は、内部サーボフィードバックループを備えた線形増幅器を含む自動利得制御(AGC)を使用する。サーボは、その制御入力における信号の平均振幅と整合するように出力信号の平均振幅を自動的に調節する。制御入力の平均振幅は典型的に制御信号のエンベロープを検出することによって得られる。制御信号はまた、たとえばローパスフィルタ処理、バンドパスフィルタ処理、ピーク検出、RMS平均化、平均値平均化等を含む別の方法によって得られてもよい。

【 0 1 3 6 】

低音パンチ装置1420の入力に供給された信号のエンベロープの振幅の増加にตอบสนองして、サーボループは低音パンチ装置1420のフォワード利得を増加させる。反対に、低音パンチ装置1420の入力に供給された信号のエンベロープの振幅の減少にตอบสนองして、サーボループは低音パンチ装置1420のフォワード利得を増加させる。1実施形態において、低音パンチ装置1420の利得の増加はその利得の減少よりも急速である。図16は、単位ステップ入力にตอบสนองしている低音パンチ装置1420の利得を示す時間ドメイン図である。当業者は、図16では出力信号ではなく、利得が時間の関数として示されていることを認識するであろう。大部分の増幅器は、固定された利得を有しているので、利得はあまり図示されることがない。しかしながら、低音パンチ装置1420中の自動利得制御（AGC）は、入力信号のエンベロープにตอบสนองして低音パンチ装置1420の利得を変化させる。

10

【 0 1 3 7 】

単位ステップ入力は曲線1609として示され、利得は曲線1602として示されている。入力パルス1609の前縁にตอบสนองして、アタック時定数1604に対応した期間中利得が上昇する。期間1604の終りに、利得1602は A_0 の定常状態利得に達する。入力パルス1609の後縁にตอบสนองして、減衰（ディケイ）時定数1606に対応した期間中に利得は下降してゼロに戻る。

【 0 1 3 8 】

アタック時定数1604およびディケイ時定数1606は、増幅器およびスピーカのようなこのシステムの他の素子を過励振せずに、低音周波数の強調を行うように選択されることが望ましい。図17は、バスギター、バスドラム、シンセサイザ等のような楽器によって演奏された典型的な低音音調の時間ドメイン図1700である。この時間ドメイン図1700は、変調エンベロープ1742を有する低い周波数部分によって振幅変調された高い周波数部分1740を示している。エンベロープ1742はアタック部分1746と、これに後続するディケイ部分1747と、これに続く持続部分1748と、および最後に、これに続く解放部分1749とを有している。図1700の最大振幅は、アタック部分1746とディケイ部分1747との間の時点で発生するピーク1750である。

20

【 0 1 3 9 】

説明したように、波形1744は、大部分とは言わないが多くの楽器を代表している。たとえば、ギターの弦は、それが引張って離されたときに最初に数個の大きい振幅の振動を発生させ、その後、長期間にわたってゆっくりと減衰するほぼ定常状態の振動に落ち着く。ギターの弦の最初に大きい変位振動はアタック部分1746およびディケイ部分1747に対応する。ゆっくりと減衰する振動は、持続部分1748および解放部分1749に対応する。ピアノの弦は、ピアノのキーに取付けられたハンマーによって叩かれたとき、同様の動作をする。

30

【 0 1 4 0 】

ピアノの弦では、ピアノのキーから手を放すまでハンマーが戻らずに弦の上に位置しているため、持続部分1748から解放部分1749への転移がもっと顕著になる可能性がある。ピアノのキーが押された状態を保持されている持続期間1748のあいだ、弦は自由に振動し、その減衰は比較的わずかである。キーから手を放したとき、フェルトカバー付きのハンマーがそのキー上に位置され、解放期間1749中に弦の振動は急激に減衰させられる。

【 0 1 4 1 】

同様に、ドラムヘッドは、それが叩かれたとき、アタック部分1746およびディケイ部分1747に対応した最初の1組の大きい変位振動を生成する。大きい変位振動が静まった後（ディケイ部分1717の終りに対応した）、ドラムヘッドは、持続部分1748および解放部分1749に対応した期間のあいだ振動し続ける。多くの楽器の音は、期間1746乃至2049の長さを制御するだけで生成されることが可能である。

40

【 0 1 4 2 】

図12のAと関連して説明したように、高周波信号の振幅は低周波音（そのエンベロープ）によって変調され、したがって高周波信号の振幅は低周波音の周波数にしたがって変化する。耳の非線形性は信号を部分的に復調するので、耳は高周波信号の低周波エンベロープを検出し、それによって実際の音響エネルギーが低い周波数で生成されていなかったとし

50

ても、低周波数音を知覚させる。検出器効果は、典型的にその低いほうが50乃至150 Hzであり、高いほうが200 Hz乃至500 Hzの中低音周波数範囲の信号の適切な信号処理によって強調される。適切な信号処理を使用することによって、低周波音響エネルギーを生成することのできないスピーカを使用した場合でもこのようなエネルギーの知覚を生じさせる音響強調システムを設計することができる。

【0143】

スピーカによって生成された音響エネルギーに存在する実際の周波数の知覚は、1次効果と考えられる。実際の音響周波数中には存在しない付加的な高調波の知覚は、このような高調波の生成が相互変調歪みによるものであると見られるが、検出によるものであると見られる。

10

【0144】

しかしながら、ピーク1750の振幅が高過ぎる場合、スピーカ（および、おそらく電力増幅器）は過励振させられる。スピーカの過励振は著しい歪みを生じせることとなり、スピーカに損傷を与える可能性がある。

【0145】

低音パンチ装置1420は、ピーク1750の過励振効果を減少させながら中低音領域において強調された低音を供給することが望ましい。低音パンチ装置1420によって与えられたアタック時定数1604は、低音パンチ装置1420による利得の立上がり時間を制限する。低音パンチ装置1420のアタック時定数は、その長いアタック期間1764（遅いエンベロープ立上がり時間）が波形に対して及ぼす影響は比較的小さく、またその短いアタック期間1746（速いエンベロープ立上がり時間）が波形に対して及ぼす影響は比較的大きい。

20

【0146】

[ピーク圧縮による低音パンチ]

低音楽器（たとえば、バスギター）により演奏された音調のアタック部分は、比較的高い振幅の初期パルスから始まることが多い。このピークは、いくつかの場合において、増幅器またはスピーカを過励振させて、歪みのある音を発生し、おそらくスピーカまたは増幅器に損傷を与える。低音強調プロセッサは、低音信号中のエネルギーを増大させ、それによって全体的な低音感を増加させながら、低音信号中のピークを平坦にする。

【0147】

信号中のエネルギーは、信号の振幅および信号の持続期間の関数である。換言すると、エネルギーはその信号のエンベロープの下の面積に比例する。低音音調の初期パルスは比較的大きい振幅を有している可能性があるが、そのパルスは、その持続期間が短いため、エネルギーをほとんど含んでいないことが多い。したがって、エネルギーをほとんど含まない初期パルスは低音の知覚にそれ程影響を及ぼさないことが多い。したがって、通常、低音の知覚に影響を与えずに、初期パルスはその振幅を減少されることができる。

30

【0148】

図18は、低音音調の初期パルスのようなパルスの振幅を制御するためにピークコンプレッサを使用して低音強調を行う低音強調システム1800の信号処理ブロック図である。システム1800において、ピークコンプレッサ1802は結合器1418とパンチ装置1420との間に配置されている。結合器1418の出力は、ピークコンプレッサ1802の入力に供給され、ピークコンプレッサ1802の出力は低音パンチ装置1420の入力に供給される。

40

【0149】

図14を図13のBおよびCに関連させている上記の説明は、図18に示されているトポロジーにも当てはまる。例えば、示されているように、図18は図13のBに示されているトポロジーにほぼ対応しており、信号処理ブロック1313および1315が1の伝達関数を有し、信号処理ブロック1312が複合フィルタ1407と、ピークコンプレッサ1802と、および低音パンチ装置1420とを含んでいる。しかしながら、図18に示されている信号処理は、図13のBに示されているトポロジーに制限されない。図18の素子はまた、図13のCに示されているトポロジーで使用されてもよい。図18には示されていないが、信号処理ブロック1313、1315、1321および1323は、たとえば、ローパス周波数を除去するハイパスフ

50

フィルタ処理、低音パンチ装置1402およびピークコンプレッサ1802によって処理された周波数を除去するハイパスフィルタ処理、高周波音を強調する高周波強調、低音パンチシステム1420およびピークコンプレッサ1802を補助する付加的な中低音処理のような付加的な信号処理を行ってもよい。別の組合せもまた考えられる。

【0150】

ピークコンプレッサ1802はその入力において供給された信号のエンベロープを“平坦化”する。大きい振幅を有する入力信号に対して、ピークコンプレッサ1802の見掛け上の利得は減少される。小さい振幅を有する入力信号に対しては、ピークコンプレッサ1802の見掛け上の利得は増加される。このようにして、圧縮装置は入力信号のエンベロープのピークを減少させる（と共に、入力信号のエンベロープにおける谷(trough)を充填する）。ピークコンプレッサ1802の入力に供給された信号に無関係に、ピークコンプレッサ1802の出力信号のエンベロープ（たとえば、平均振幅）は比較的均一な振幅を有している。

10

【0151】

図19は、比較的高い振幅の初期パルスをもつエンベロープに対するピークコンプレッサの効果を示す時間ドメイン図である。図19は、大きい初期振幅パルスが小さい振幅の信号の長い期間によって後続される入力エンベロープ1914の時間ドメイン図を示している。出力エンベロープ1916は、入力エンベロープ1914に対する低音パンチ装置1420の効果（ピークコンプレッサ1802なしの）を示している。出力エンベロープ1917は、ピークコンプレッサ1802および低音パンチ装置1420の両方を入力信号に通過させた効果を示している。

20

【0152】

図19に示されているように、入力信号1914の振幅は増幅器またはスピーカを過励振させるのに十分であると仮定すると、低音パンチ装置は入力信号1914の最大振幅を制限せず、したがって出力信号1916もまた増幅器またはスピーカを過励振させるのに十分である。

【0153】

しかしながら、信号1917に関連して使用されたパルス圧縮装置1802は大きい振幅のパルスを圧縮する（大きい振幅のパルスの振幅を減少させる）。圧縮装置1802は入力信号1914の大きい振幅の変位を検出し、最大振幅を圧縮する（減少させる）ので、出力信号1917が増幅器またはスピーカを過励振させる可能性は低い。

【0154】

圧縮装置1802は信号の最大振幅を減少させるため、出力信号1917が増幅器またはスピーカを過励振させる可能性をあまり減少せずに、パンチ装置1420によって与えられる利得を増加させることが可能である。信号1917は、低音パンチ装置1420の利得が増加される実施形態に対応している。したがって、長期のディケイ部分のあいだ、信号1917は曲線1916より大きい振幅を有している。

30

【0155】

上述のように、信号1914、1916および1917中のエネルギーは、各信号を表す曲線の下に面積に比例している。信号1917は、その最大振幅が小さくても、信号1917を表す曲線の下に面積が信号1914または1916のいずれよりも広いので、それらより大きいエネルギーを有している。信号1917は大きいエネルギーを有しているため、リスナーは信号1917中の低音を知覚することとなる。

40

【0156】

このようにして、ピークコンプレッサを低音パンチ装置1420と組合せて使用することによって、低音強調システムは、強調された低音信号が増幅器またはスピーカを過励振させる可能性を減少させながら、低音信号中のエネルギーを増加させることを可能にする。

【0157】

[ステレオイメージ強調]

本発明はまた、特有の差動知覚補正システムにより音のリアリズム（とくに、音響ステージの水平方向のアスペクト）を改善する方法およびシステムを提供する。一般的に述べると、差動知覚補正装置は左入力信号および右入力信号である2つの入力信号を受取って、図5に関連して示されている左出力信号および右出力信号である2つの強調された出力信

50

号発生する。

【0158】

左および右入力信号はまとめて処理され、1対の空間的に補正された左および右出力信号を供給する。とくに1実施形態において、リスナーにより知覚される音を広げて強調する方法で2つの入力信号間に存在している差が等化される。さらに、1実施形態において、クリッピングを減少させるように両入力信号に共通する音のレベルが調節される。1実施形態において、図5に示されている共通および差信号を処理するために別々の回路を必要としない単純化された廉価で製造し易い回路により音響強調が有効に行われる。

【0159】

ここにおいていくつかの実施形態が種々の音響強調システムを参照として説明されているが、本発明はそれに制限されず、異なった状況に音響強調システムの異なった実施形態を適応させることが望ましい種々の他の状況において使用されることができ、本発明の完全な理解を容易にするために、その詳細な説明の残りのものは以下の項にまとめられている：

図20は、第1の入力信号2010および第2の入力信号2012を供給される差遠近補正装置2002のブロック図である。1実施形態において、第1および第2の入力信号2010および2012はステレオ信号である。しかしながら、第1および第2の入力信号2010および2012はステレオ信号でなくてもよく、広範囲のオーディオ信号を含むことが可能である。以下さらに詳細に説明するように、差遠近補正装置2002は、第1および第2の入力信号2010および2012の両者に共通のオーディオ音響情報を、第1および第2の入力信号2010および2012の両者に共通しないオーディオ音響情報とは異なった方法で修正する。

【0160】

第1および第2の入力信号2010および2012の両者に共通するオーディオ音響情報は、共通モード情報、あるいは共通モード信号（示されていない）と呼ばれる。1実施形態では、共通モード信号はディスクリートな信号として存在していない。したがって、共通モード信号という用語は、任意の瞬間に第1および第2の入力信号2010および2012の両者の中に存在するオーディオ情報を概念的に示すためにこの詳細な説明の中で一貫して使用されている。たとえば、1ボルトの信号が第1および第2の入力信号2010および2012の両者に供給された場合、その共通モード信号は1ボルトから構成されている。

【0161】

共通モード信号の調節は、共通モード特性ブロック2020において概念的に示されている。共通モード特性ブロック2020は、共通モード信号の変化を表している。1実施形態では、高い振幅の入力信号から生じる可能性のあるクリッピングを減少させるために共通モード信号の周波数の振幅を減少させる。

【0162】

それと対照的に、第1および第2の入力信号2010および2012の両者に共通しないオーディオ情報は、差情報または差信号（示されていない）と呼ばれる。1実施形態において、差信号はディスクリートな信号ではなく、この詳細な説明の中で一貫して、第1および第2の入力信号2010および2012間の差を表すオーディオ情報を示している。たとえば、第1の入力信号2010がゼロボルトであり、第2の入力信号2012が2ボルトである場合、差信号は2ボルト（2つの入力信号2010および2012の間の差）である。

【0163】

差信号の修正は、差モード特性ブロック2022内において概念的に示されている。以下詳細に説明するように、差遠近補正装置2002は差信号中の選択された周波数帯域を等化する。すなわち、1実施形態において、差信号中のオーディオ情報は共通モード信号中のオーディオ情報とは異なった方法で等化される。

【0164】

差遠近補正装置2002は、種々のフィルタにより差モード特性ブロック2022において差信号をスペクトル的に成形して、等化された差信号を生成する。差信号内の選択された周波数帯域を等化することにより、差遠近補正装置2002はリスナーの正面に配置された1対のス

10

20

30

40

50

ピーカから投射された知覚される音響イメージを広げる。

【 0 1 6 5 】

さらに、共通モード特性ブロック2020および差モード特性ブロック2022は別々のブロックとして概念的に表されているが、1実施形態では、これらの機能は単一の固有に適合されたシステムにより行われる。したがって、1実施形態において、共通モードおよび差の両オーディオ情報が同時に処理される。1実施形態には、オーディオ入力信号をディスクリートな共通モードおよび差信号に分離する複雑な回路は必要ないという利点がある。さらに、1実施形態では、1組の強調された出力信号を発生するために処理された共通モード信号と処理された差信号とを再結合するミキサが不要である。

【 0 1 6 6 】

差遠近補正装置2002は1以上の出力バッファ2006に接続されている。出力バッファ2006は強調された第1の出力信号2030および第2の出力信号2032を出力する。以下さらに詳細に説明するように、出力バッファ2006は、第1および第2の出力信号2030および2032に結合される別の素子から差遠近補正装置2002を分離する。たとえば、第1および第2の出力信号2030および2032は、差遠近補正装置2002の動作を変化させずに録音装置、電力増幅器、1対のスピーカのような別のオーディオ装置に導かれることができる。

【 0 1 6 7 】

図21は、図20に示されている差遠近補正を行うために差動増幅器を使用するシステムのブロック図である。図21において、第1の入力2010は第1の差動増幅器2102の非反転入力と、クロスオーバーインピーダンスブロック2106の第1の入力とに供給される。第2の入力2012は第2の差動増幅器2104の非反転入力と、クロスオーバーインピーダンスブロック2106の第2の端子とに供給される。第1の差動増幅器2102の非反転入力にはクロスオーバーインピーダンスブロック2107の第1の端子と、第1のフィードバックインピーダンス2108の第1の端子とに供給される。第1の差動増幅器2102の出力は第1の出力2030と、第1のフィードバックインピーダンス2108の第2の端子とに供給される。第2の差動増幅器2104の非反転入力にはクロスオーバーインピーダンスブロック2107の第2の端子と、第1のフィードバックインピーダンス2108の第1の端子とに供給される。第2の差動増幅器2104の出力は第2の出力2032と、第2のフィードバックインピーダンス2109の第2の端子とに供給される。

【 0 1 6 8 】

ブロック2106、2107、2108および2109のインピーダンスは典型的に周波数依存性であり、たとえば、抵抗、キャパシタおよび、またはインダクタを使用するフィルタとして構成されてもよい。1実施形態において、インピーダンス2108および2109は周波数依存性ではない。

【 0 1 6 9 】

図22は、左および右出力端子2030および2032における共通モード利得を示す振幅対周波数チャートである。共通モード利得は、第1の共通モード利得曲線2200により表されている。第1の共通モード利得曲線2200で示されているように、ほぼ130ヘルツ(Hz)より下の周波数は、ほぼ130Hzより上の周波数よりも緩く強調されている。ほぼ130Hzより上の周波数に対して、周波数はほぼ6デシベル均一に減少されている。

【 0 1 7 0 】

図23は第1および第2の交差ネットワーク2106と2107の組み合わせにより生成された全体的な補正曲線2300を示している。全体的な補正曲線2300内の種々の周波数の近似的な相対的な利得値はゼロ(0)dB基準値に対して測定されることができる。

【 0 1 7 1 】

このような基準により、全体的な補正曲線2300は点Aと点Bとして符号を付けられた2つの転換点により規定されている。1実施形態では、約2125Hzである点Aでは、補正曲線の勾配は正の値から負の値へ変化する。1実施形態では約21.8kHzである点Bでは、補正曲線の勾配は負の値から正の値へ変化する。

【 0 1 7 2 】

10

20

30

40

50

したがって、約2125 Hzより下の周波数は2125 Hzに近い周波数に関して強調緩和される。特に2125 Hzより下では、全体的な補正曲線2300の利得はオクターブ当たり約8 dBの率で減少する。2125 Hzより下の信号周波数の強調緩和により非常に低い（即ち低音）周波数の過強調を阻止する。多数のオーディオ再生システムにより、高い周波数に関してこの低い周波数範囲のオーディオ信号の過強調は過大な低音応答を有する不快で非現実的な音のイメージを生成できる。さらに、これらの周波数の過強調はスピーカを含む種々のオーディオ部品に損傷を与える。

【0173】

点Aと点Bの間では、1つの全体的な補正曲線の勾配は負である。即ち約2125 Hzと約21.8 kHzの間の周波数は2125 Hzに近い周波数に関して強調緩和される。したがって点Aと点Bの間の周波数に関する利得は約21.8 kHzで8 dBの最大の等化点方向に可変率で減少する。

10

【0174】

21.8 kHzを超えると、利得は可変率で、約120 kHzまで、即ち人間の耳に可聴な最も高い周波数まで増加する。即ち約21.8 kHzを超える周波数は21.8 kHzに近い周波数に関して強調される。したがって点8を超える周波数に関する利得は可変率で120 kHz方向に増加する。

【0175】

これらの相対的な利得および周波数値は単なる設計目標であり、実際の指数はシステムによって変化する。さらに、利得および周波数値は音のタイプまたはユーザの嗜好に基づいて本発明を逸脱せずに変更されてもよい。例えば交差ネットワークの数の変更と、各交差ネットワーク内の抵抗およびキャパシタ値の変更は全体的な遠近補正曲線2300が再生音のタイプに対して調整されることを可能にする。

20

【0176】

差信号の選択的な等化は差信号に存在する周囲または反響音効果を強調する。前述したように、差信号の周波数は適切なレベルの生の音響ステージで容易に知覚される。残念ながら、記録されたパフォーマンスの再生では、音響イメージは生のパフォーマンスと同一の360度の効果を与えない。しかしながら、差遠近補正装置2002により差信号の周波数を等化することによって、投射された音のイメージは非常に広くされることができ、それによってリスナーの正面に置かれた1対のスピーカで生の演奏の経験を再生する。

30

【0177】

全体的な補正曲線2300にしたがった差信号の等化は高い強度の信号成分に関して統計的に低い信号成分を強調緩和することを意図する。典型的なオーディオ信号の高い強度の差信号成分は約2乃至4 kHz間の中間の周波数範囲に見られる。この範囲の周波数では、人間の耳は高い感度を有する。したがって強調された左および右の出力信号は非常に改良されたオーディオ効果を生成する。

【0178】

交差ネットワークの数とその中のコンポーネントの数はヘッド関連伝達関数(HRTF)をシミュレートするため他の実施形態で変更されることができる。ヘッド関連伝達関数は音が左右の耳によって知覚されるのにかかる時間を考慮するように1対のスピーカにより発生される音響を調節するための差信号等化技術を示している。有効に没入音響効果は十分に没入する位置の音響フィールドを生成するようにHRTFベースの伝達関数を差信号へ適用することによって位置付けられる。

40

【0179】

ある知覚された方位を得るために使用されることができるHRTF伝達関数の例は、ここで参考文献とされているE.A.B.Shawの題名“Transformation of Sound Pressure Level From the Free Field to the Eardrum in the Horizontal Plane”、J.Acoust.SocAm.、56巻、No.6、1974年12月と、S.MehrgardtとV.Mellertの題名“Transformation Characteristics of the External Human Ear”、J.Acoust.SocAm.、61巻、No.6、1977年6月に記載されている。

50

【 0 1 8 0 】

[単一チップ構造]

図 2 4 は単一チップで構成されることができ音響強調システム2400の1実施形態のブロック図である。前述の図 1 - 2 3 と共に説明されているように、システム2400は垂直のイメージ強調ブロック2402と、低音強調ブロック2404と、垂直イメージ強調ブロック2406を含んでいる。システム2400への外部接続はコネクタピンP1 - P27 により行われる。正の供給電圧はピンP25 に与えられ、負の供給電圧はピンP26 に与えられ、接地電位はピンP27 に接続されている。圧縮結合キャパシタ2421の第 1 の端子はピンP10 に接続され、圧縮結合キャパシタ2421の第 2 の端子はピンP11 に接続されている。圧縮結合キャパシタ2420の第 1 の端子はピンP13 に接続され、圧縮結合キャパシタ2420の第 2 の端子はピンP14 に接続されている。幅制御抵抗2430の第 1 の端子はピンP19 に接続され、幅制御抵抗2430の第 2 の端子はピンP20 に接続されている。幅制御抵抗2431の第 1 の端子はピンP21 に接続され、幅制御抵抗2431の第 2 の端子はピンP22 に接続されている。1実施形態では、幅制御抵抗2430と2431は可変抵抗である。

10

【 0 1 8 1 】

図 2 5 の A は垂直イメージ強調ブロック2402の左チャンネルの概略図である。図 2 5 の B は垂直イメージ強調ブロック2402の右チャンネルの概略図である。図 2 5 の A では、左チャンネル入力はピンP2に接続され、左チャンネルバイパス入力はピンP1に接続されている。ピンP1は抵抗2501の第 1 の端子に接続されている。抵抗2501の第 2 の端子は抵抗2502の第 1 の端子とキャパシタ2503の第 1 の端子に接続される。ピンP2は抵抗抵抗2504の第 1 の端子とキャパシタ2505の第 1 の端子に接続されている。キャパシタ2505の第 2 の端子は抵抗2506の第 1 の端子と抵抗2507の第 1 の端子に接続されている。抵抗2506の第 2 の端子は接地されている。

20

【 0 1 8 2 】

抵抗2502の第 2 の端子はキャパシタ2503の第 2 の端子と抵抗2504の第 2 の端子と、抵抗2507の第 2 の端子と、抵抗2508の第 1 の端子と、演算増幅器 (o p a m p) 2510の反転入力とに接続されている。o p a m p 2510の非反転入力は接地されている。抵抗2508の第 2 の端子は抵抗2509の第 1 の端子とキャパシタ2512の第 1 の端子に接続されている。抵抗2509の第 2 の端子はキャパシタ2512の第 2 の端子と、o p a m p 2510の出力と、左チャンネル出力2511とに接続されている。

30

【 0 1 8 3 】

1実施形態では、抵抗2501は 9 . 0 9 k オームであり、抵抗2502は 2 7 . 4 k オームであり、キャパシタ2503は 0 . 1 μ f であり、抵抗2504は 2 2 . 6 k オームであり、キャパシタ2502は 0 . 1 μ f であり、抵抗2506は 3 . 0 1 k オームであり、抵抗2507は 4 . 9 9 k オームであり、抵抗2508は 9 . 0 9 k オームであり、抵抗2509は 2 7 . 4 k オームであり、キャパシタ2512は 0 . 1 μ f であり、o p a m p 2510は T L 0 7 4 型またはその均等物である。

【 0 1 8 4 】

図 2 5 の B で示されている左チャンネルは図 2 5 の A で示されている右チャンネルに類似し、ピンP3からのバイパス入力と、ピンP4からの右チャンネル入力と右チャンネル出力2514とを有する。

40

【 0 1 8 5 】

図 2 6 は低音強調ブロック2404の概略図である。図 2 5 の A からの左チャンネル出力2511は抵抗2601の第 1 の端子と抵抗2611の第 1 の端子へ接続される。図 2 5 の B からの右チャンネル出力2514は抵抗2602の第 1 の端子と抵抗2614の第 1 の端子へ接続される。

【 0 1 8 6 】

抵抗2601の第 2 の端子は抵抗2602の第 2 の端子と、抵抗2625の第 1 の端子と、キャパシタ2603の第 1 の端子に接続される。抵抗2603の第 2 の端子は接地されている。抵抗2625の第 2 の端子は o p a m p 2606の反転入力と、キャパシタ2605の第 1 の端子と、抵抗2604の第 1 の端子に接続される。o p a m p 2606の非反転入力は接地されている。o p a m p 2606

50

の出力は抵抗2604の第2の端子と、キャパシタ2605の第2の端子と、(図27でさらに詳細に示されている)フィルタブロック2607の入力とに接続される。第1、第2、第3のフィルタブロック2607の出力は、opamp 2608の反転入力と抵抗2609の第1の端子に接続されている。opamp 2608の非反転入力は接地されている。opamp 2608の出力は抵抗2609の第2の端子とピンP10とに接続されている。

【0187】

ピンP10はまた(図28でさらに詳細に示されている)コンプレッサ2610の入力に接続される。コンプレッサ2610の出力はピンP12に接続される。ピンP12はピンP16に接続される。ピンP16は抵抗2610の第1の端子と抵抗2613の第1の端子に接続される。

【0188】

抵抗2612の第2の端子は抵抗2611の第2の端子とopamp 2620の反転入力と抵抗2619の第1の端子に接続されている。opamp 2620の非反転入力は接地されている。opamp 2620の出力は抵抗2619の第2の端子と抵抗2621の第1の端子に接続される。抵抗2621の第2の端子はピンP17に接続される。opamp 2620の出力も左チャンネル出力2630として接続される。

【0189】

抵抗2613の第2の端子は抵抗2614の第2の端子とopamp 2815の反転入力と抵抗2617の第1の端子に接続されている。opamp 2615の非反転入力は接地されている。opamp 2615の出力は抵抗2617の第2の端子と抵抗2618の第1の端子に接続される。抵抗2618の第2の端子はピンP18に接続される。opamp 2615の出力はまた右チャンネル出力2631である。

【0190】

1実施形態では、抵抗2601、2602、2604は43.2kオームであり、キャパシタ2603は0.022μfであり、抵抗2625は21.5kオームであり、キャパシタ2605は0.01μfである。1実施形態では、抵抗2609は100kオームであり、抵抗2611、2612、2613、2614、2617、2619は10kオームであり、抵抗2618、2621は200オームである。1実施形態では、opamp 2606、2608、2615、2620はTL074型またはその均等物である。

【0191】

図27はフィルタシステム2607の概略図である。図27では、入力抵抗2701-2704の第1の端子に接続される。抵抗2701の第2の端子は抵抗2710の第1の端子と、キャパシタ2721の第1の端子と、キャパシタ2720の第1の端子とに接続されている。キャパシタ2721の第2の端子は抵抗2722の第1の端子と、opamp 2732の反転入力とに接続されている。opamp 2732の非反転入力は接地されている。opamp 2732の出力はキャパシタ2720の第2の端子と、抵抗2722の第2の端子と、抵抗2723の第1の端子とに接続されている。抵抗2723の第2の端子は第1のフィルタの出力に接続されている。

【0192】

抵抗2702の第2の端子は抵抗2712の第1の端子とピンP5に接続されている。抵抗2712の第2の端子は接地されている。

【0193】

抵抗2703の第2の端子は抵抗2713の第1の端子とピンP7に接続されている。抵抗2713の第2の端子は接地されている。

【0194】

ピンP6はキャパシタ2724の第1の端子とキャパシタ2728の第1の端子に接続されている。キャパシタ2728の第2の端子は抵抗2725の第1の端子と、抵抗2726の第1の端子と、opamp 2729の反転入力とに接続されている。opamp 2729の非反転入力は接地されている。opamp 2729の出力はキャパシタ2724の第2の端子と、抵抗2726の第2の端子と、抵抗2730の第1の端子に接続されている。キャパシタ2724の第2の端子はピンP8に接続されている。抵抗2725の第2の端子はピンP9に接続されている。抵抗2730の第2の端子は第2のフィルタ出力に接続されている。

【0195】

10

20

30

40

50

ピンP5がピンP6およびピンP8と短絡され、ピンP9が開いているとき、第2のフィルタの出力は低周波数出力(例えば40Hz)である。ピンP7がピンP6に短絡され、ピンP8がピンP9に短絡されるとき、第2のフィルタの出力は高周波数出力(例えば150Hz)である。

【0196】

抵抗2704の第2の端子は、抵抗2714の第1の端子とキャパシタ2731の第1の端子と、キャパシタ2735の第1の端子とに接続されている。キャパシタ2735の第2の端子は抵抗2734の第1の端子と、opamp2736の反転入力に接続されている。opamp2736の非反転入力は接地されている。opamp2736の出力はキャパシタ2731の第2の端子と、抵抗2734の第2の端子と、抵抗2737の第1の端子に接続されている。抵抗2737の第2の端子は第3

10

【0197】

1実施形態では、(前述したように)第1のフィルタ出力は100Hzを中心とする帯域通過フィルタであり、第3のフィルタ出力は60Hzを中心とする帯域通過フィルタであり、第2のフィルタ出力は40Hzまたは150Hzを中心とする帯域通過フィルタである。

【0198】

1実施形態では、抵抗2701は31.6kオームであり、2702は56.2kオームであり、抵抗2703は21kオームであり、抵抗2704は37.4kオームであり、抵抗2710は4.53kオームであり、抵抗2712は13kオームであり、抵抗2713は3.09kオームであり、抵抗2714は8.87kオームであり、抵抗2722は63.4kオームであり、抵抗2723は100kオームであり、抵抗2725は57.6kオームであり、抵抗2726は158kオームであり、抵抗2730は100kオームであり、抵抗2734は107kオームであり、抵抗2737は100kオームである。1実施形態では、opamp2732、2729、2736はTL074型またはその均等物である。

20

【0199】

図28はコンプレッサ2610の概略図である。コンプレッサ2610はピーク検出器2804、バイアス回路2802、利得制御ブロック2806、出力バッファ2810を含んでいる。ピーク検出器はダイオード1810とダイオード1811を中心にして組立てられている。バイアス回路はトランジスタ2820とツェナーダイオード1816を中心にして組立てられている。利得制御回路はFET2814を中心にして組立てられている。出力バッファはopamp2824を中心にして組立てられている。

30

【0200】

コンプレッサ2610への入力ピンP10に接続されている。ピンP10は抵抗2827の第1の端子に接続されている。抵抗2827の第2の端子はFET2814のドレインと抵抗2822の第1の端子に接続されている。抵抗2822の第2の端子はopamp2824の反転入力と抵抗2823の第1の端子に接続されている。opamp2824の非反転入力は接地されている。opamp2824の出力は抵抗2823の第2の端子と、ピンP12に接続されている。ピンP12はコンプレッサ2616の出力である。

【0201】

FET2814のソースは接地されている。FET2814は抵抗2813の第1の端子と、抵抗2815の第1の端子と、ピンP13に接続されている。ピンP14は抵抗2815の第2の端子に接続されている。

40

【0202】

抵抗2813の第2の端子はダイオード2811の陰極に接続されている。ダイオード2811の陽極はダイオード2810とピンP11に接続されている。ダイオード2810の陽極は抵抗2812の第1の端子に接続されている。抵抗2812の第2の端子はピンP14に接続されている。

【0203】

ピンP14は抵抗2818の第1の端子と、PNPトランジスタ2820のエミッタに接続されている。抵抗2818の第2の端子は接地されている。PNPトランジスタ2820のベースは抵抗28

50

17の第1の端子と抵抗2819の第1の端子に接続されている。抵抗2817の第2の端子は接地されている。PNPトランジスタ2820のコレクタは抵抗2819の第2の端子と、ツェナーダイオード2816の陽極とピンP15と接続されている。ツェナーダイオード2816の陰極は接地されている。ピンP15は電流制限抵抗がツェナーダイオードと負のパワー供給電圧との間に接続されることを可能にするために設けられている。

【0204】

キャパシタ2421はピンP10とピンP11のピーク検出器回路への入力のAC結合間に接続されている。ピンP13とピンP14の間に接続されているキャパシタ2420は圧縮の開始時に一定の遅延時間を与える。

【0205】

1実施形態では、ダイオード2810と2811は1N4148型またはそれと等価のものである。1実施形態では、FET2814は2N3819型またはそれと等価のものであり、PNPトランジスタ2820は2N2907型またはそれと等価のものであり、ツェナーダイオードは2816は3.3ボルトツェナー(1N746Aまたはそれに等しいもの)である。1実施形態では、opamp2824はTL074型またはそれと等価のものである。キャパシタ2420はDCブロックであり、キャパシタ2421は圧縮遅延を設定する。1実施形態では、抵抗2812は1kオームであり、抵抗2813は10kオームであり、抵抗2815は100kオームであり、抵抗2817は4.12kオームであり、抵抗2818は1.2kオームであり。抵抗2819は806kオームであり、抵抗2822は10kオームであり、抵抗2827は1kオームであり、抵抗2823は100kオームである。

【0206】

利得制御ブロック2806は電圧制御された電圧分割器として動作する。電圧分割器は抵抗2827と、FET2814のドレインソース間抵抗により形成される。FET2814のドレインソース間抵抗はFET2814のゲートに接続される電圧により制御される。出力バッファ2810は電圧制御された電圧分割器により発生された電圧(即ちFET2814のドレインの電圧)を増幅し、ピンP12で出力電圧を与える。バイアス回路2802はFET2814を線形の動作区域へバイアスする。ピーク検出回路2804はピンP10で接続された信号のピークの大きさを検出し、ピークの大きさの増加にตอบสนองして(FET2814のドレインソース間抵抗を変更することによって)利得制御装置2806の“利得”を減少する。

【0207】

図29は水平イメージ強調ブロック2406の概略図である。ブロック2406では、低音モジュール2404からの左チャンネル信号2630は抵抗2903の第1の端子と、抵抗2901の第1の端子に与えられる。抵抗2901の第2の端子は接地されている。低音モジュール2404からの右チャンネル信号2631は抵抗2904の第1の端子と、抵抗2902の第1の端子に与えられる。抵抗2902の第2の端子は接地されている。

【0208】

抵抗2903の第2の端子は抵抗2905の第1の端子と、opamp2914の非反転入力に接続される。抵抗2904の第2の端子はキャパシタ2906の第1の端子と、opamp2912の非反転入力とに接続される。キャパシタ2906の第2の端子は抵抗2905の第2の端子に接続されている。

【0209】

opamp2912の反転入力にはキャパシタ2911の第1の端子と、キャパシタ2907の第1の端子と、キャパシタ2910の第1の端子と、ピンP10とに接続されている。opamp2912の出力は抵抗2913の第1の端子と、ピンP22と、キャパシタ2911の第2の端子へ接続されている。

【0210】

opamp2914の反転入力にはキャパシタ2915の第1の端子と、ピンP19と、抵抗2908の第1の端子と、抵抗2909の第1の端子に接続されている。抵抗2909の第2の端子はキャパシタ2910の第2の端子に接続されている。抵抗2908の第2の端子はキャパシタ2907の第2の端子に接続されている。抵抗2908の第2の端子はキャパシタ2907の第2の端子に接続され

10

20

30

40

50

ている。o p a m p 2914の出力は抵抗2917の第1の端子と、ピンP20 と、キャパシタ2915の第2の端子とに接続されている。

【0211】

抵抗2913の第2の端子は右チャンネル出力としてピンP24 に接続されている。抵抗2917の第2の端子は左チャンネル出力としてピンP23 に接続されている。ピンP19 とP20 との間に接続されている可変抵抗2430は左チャンネルの明白な空間的イメージ幅を制御する。ピンP21 とP22 との間に接続されている可変抵抗2431は右チャンネルの明白な空間的イメージ幅を制御する。1実施形態では、可変抵抗2930と2931は、1つの抵抗の変化が他の抵抗も変化するように機械的に接続されている。

【0212】

1実施形態では、抵抗2901と2902は100kオームであり、抵抗2903と2904は10kオームであり、抵抗2905は8.66kオームであり、抵抗2908は15kオームであり、抵抗2909は30.1kオームであり、抵抗2917と2913は200kオームである。1実施形態ではキャパシタ2906は0.018μfであり、キャパシタ2907は0.001μfであり、キャパシタ2910は0.082μfであり、キャパシタ2915と2911は22pfである。1実施形態では、可変抵抗2430と2431は最大抵抗100kオームを有する。1実施形態では、o p a m p はTL074型またはそれと等価のものである。

【0213】

図30は補正システム3000の概略図であり、これはステレオイメージ強調システム124として使用されることができる。システム3000は差動増幅器を含み、それは共通のモード特性3020と、差モード特性3022を与える。

【0214】

システム3000は2つのトランジスタ3010と3012と、多数のキャパシタ3020、3022、3024、3026、3028と、多数の抵抗3040、3042、3044、3046、3048、3050、3052、3054、3056、3058、3060、3062、3064を含んでいる。トランジスタ3010と3012の間には交差ネットワーク3070、3072、3074が位置している。第1の交差ネットワーク3070は抵抗3060とキャパシタ3024を含んでいる。第2の交差ネットワーク3072は抵抗3062とキャパシタ3026を含んでおり、第3の交差ネットワーク3074は抵抗3064とキャパシタ3028を含んでいる。

【0215】

左入力端子3000(L E F T I N)はキャパシタ3020と抵抗3040を経てトランジスタ3010のベースへ左入力信号を与える。電源 V_{CC} 3040は抵抗3042を経てトランジスタ3010のベースに接続されている。電源 V_{CC} 3040は抵抗3046を経てトランジスタ3010のコレクタにも接続されている。トランジスタ3010のベースはまた抵抗3044を経て接地点3041に接続されており、トランジスタ3010のエミッタは抵抗3048を経て接地点2041に接続されている。

【0216】

キャパシタ3020は左入力端子3000で入力信号の直流電流(DC)分離を行う減結合キャパシタである。抵抗3042、3044、3046、3048は他方で、トランジスタ3010の安定な動作を与えるバイアス回路を生成する。特に抵抗3042、3044はトランジスタ3010のベース電圧を設定する。抵抗3046は第3の交差ネットワーク3074と組合わせて共にトランジスタ3010のコレクタエミッタ間電圧のDC値を設定する。抵抗3048は第1および第2の交差ネットワーク3070、3072と組合わせて共にトランジスタ3010のエミッタのDC電流を設定する。

【0217】

1実施形態では、トランジスタ3010はNPN 2N2222Aトランジスタであり、これは広範囲のトランジスタの生業業者から共通して入手可能である。キャパシタ3020は0.22マイクロファラドである。抵抗3040は22kオームであり、抵抗3042は41.2kオームであり、抵抗3046は10kオームであり、抵抗3048は6.8kオームである。しかしながら、当業者は異なる値が使用されることができる種々のトランジスタ、キャパシタ、抵抗を認識するであろう。

【0218】

右入力端子3002はキャパシタ3022と抵抗3050を経てトランジスタ3012のベースへ右入力信

10

20

30

40

50

号を与える。電源 V_{CC} 3040は抵抗3052を経てトランジスタ3012のベースに接続されている。電源 V_{CC} 3040は抵抗3056を経てトランジスタ3012のコレクタにも接続されている。トランジスタ3012のベースはまた抵抗3054を経て接地点3041に接続されており、トランジスタ3012のエミッタは抵抗3058を経て接地点2041に接続されている。

【0219】

キャパシタ3022は右入力端子3002で入力信号の直流電流(DC)分離を行う減結合キャパシタである。抵抗3052、3054、3056、3058は他方で、トランジスタ3012の安定な動作を与えるバイアス回路を生成する。特に抵抗3052、3054はトランジスタ3012のベース電圧を設定する。抵抗3056は第3の交差ネットワーク3074と組合わせて共にトランジスタ3012のコレクタエミッタ間電圧のDC値を設定する。抵抗3058は第1および第2の交差ネットワーク3070、3072と組合わせて共にトランジスタ3012のエミッタのDC電流を設定する。

10

【0220】

1実施形態では、トランジスタ3012はNPN 2N2222Aトランジスタであり、これは広範囲のトランジスタの生業業者から共通して入手可能である。キャパシタ3022は0.22マイクロファラドである。抵抗3050は22kオームであり、抵抗3052は41.2kオームであり、抵抗3056は10kオームであり、抵抗3058は6.8kオームである。しかしながら、当業者は異なる値が使用されることができ種々のトランジスタ、キャパシタ、抵抗を認識するであろう。

【0221】

システム3000は2つのタイプの電圧利得、即ち共通モードの電圧利得と、差電圧利得を生成する。共通のモードの電圧利得は左入力端子3000と右入力端子3002との両者に共通している電圧の変化である。差利得は左入力端子3000と右入力端子3002に接続される電圧の差による出力電圧の変化である。

20

【0222】

システム3000では、高い振幅の入力信号から生じるクリッピングを減少するように設計されている。1実施形態では、左出力端子3004の共通モード利得は主として抵抗3040、3042、3044、3046、3048により規定される。1実施形態では共通モードの利得は約6デシベルである。

【0223】

約30ヘルツ(Hz)よりも低い周波数は約30Hzを超える周波数よりも強調緩和される。30Hzより上の周波数では、周波数は約6デシベルだけ均一に減少される。

30

【0224】

しかしながら、共通モードの利得は抵抗3040、3042、3044、3050、3052、3054の値を変化することによって所定の構造のために変化されてもよい。

【0225】

左入力端子3004と右入力端子3006との間の差利得は抵抗3046と3048の比と抵抗3056と3058の比と、3つの交差ネットワーク3070、3072、3074によって主として規定される。以下さらに詳細に説明するように、1実施形態では異なる入力である周波数範囲を等化する。従って差利得は左入力信号と右入力信号の周波数に基づいて変化する。

【0226】

交差ネットワーク3070、3072、3074は差入力の周波数範囲を等化するので、差信号の周波数は共通モード信号の周波数に影響せずに変更されることができる。その結果として、1実施形態では全体的に特有で優れた方法により強調されたオーディオ音響を発生できる。さらに、差遠近補正装置102は多数の他のオーディオ強調システムよりも非常に簡単で、構成する価格が効率的である。

40

【0227】

3つの交差ネットワーク3070、3072、3074に注目すると、交差ネットワーク3070、3072、3074は差信号をスペクトル的に成形するフィルタとして作用する。フィルタは通常、周波数の阻止帯域から周波数の通過帯域を分離するカットオフ周波数を有することを特徴とする。カットオフ周波数は通過帯域のエッジと、阻止帯域への転移の開始をマークする周波

50

数である。典型的に、カットオフ周波数は通過帯域中の他の周波数に関して3デシベルだけ強調緩和される周波数である。周波数の通過帯域は、基本的に等化または減衰がなくフィルタを通過する周波数である。他方、周波数の阻止帯域はフィルタが等化または減衰する周波数である。

【0228】

図31は丁度、第1の交差ネットワーク3070を有する本発明の1実施形態を示している。第1の交差ネットワーク3070は抵抗3060とキャパシタ3024を具備し、これはトランジスタ3010と3012のエミッタを相互接続している。第1の交差ネットワーク3070は周波数スペクトルの下部の周波数を等化するので、したがってハイパスフィルタと呼ばれる。1実施形態では、抵抗3060の値は約27.01kオームであり、キャパシタ3024の値は約0.68マイクロファラドである。

10

【0229】

抵抗3060とキャパシタ3024の値は低い範囲の周波数のカットオフ周波数を規定するために選択される。1実施形態では、カットオフ周波数は約78Hzであり、阻止帯域は約78Hzよりも低く、通過帯域は約78Hz以上である。約78Hzよりも低い周波数は約78Hzを超える周波数に関して強調緩和される。しかしながら、第1の交差ネットワーク3070が唯一の1次フィルタであるので、カットオフ周波数を規定する周波数が設計目標である。正確な特性周波数は所定の構成に対して変化してもよい。さらに、抵抗3060とキャパシタ3024に対する他の値は他の所望の周波数を強調緩和するようにカットオフ周波数を変化するために選択されることができる。

20

【0230】

図32は第2、第3の交差ネットワーク3070と3072の両者を有する差遠近補正装置3200の概略図である。第1の交差ネットワーク3070のように、第2の交差ネットワーク3072も好ましくは差信号中のある周波数を等化するフィルタである。しかしながら第1の交差ネットワーク3070とは異なって、第2の交差ネットワーク3072は、差信号中の高い周波数に関して差信号中の低い周波数を強調緩和するハイパスフィルタである。

【0231】

図32で示されているように第2の交差ネットワーク3072はトランジスタ3010と3012のエミッタを相互接続する。さらに、第2の交差ネットワーク3072は、抵抗3062とキャパシタ3026を具備している。好ましくは抵抗3062の値は約1kオームであり、キャパシタンス3026の値は約0.01マイクロファラドである。

30

【0232】

これらの値は高い範囲の周波数のカットオフ周波数を規定するために選択される。1実施形態ではカットオフ周波数は約15.9キロヘルツである。約15.9kHzよりも低い阻止帯域の周波数は15.9kHzを超える通過帯域の周波数に関して強調緩和される。

【0233】

しかしながら、第2の交差ネットワーク3072は、第1の交差ネットワーク3070のように1次フィルタであり、通過帯域を規定する周波数が設計目標である。正確な特性周波数は所定の構成に対して変化してもよい。さらに、抵抗3062とキャパシタ3026の他の値は他の所望の周波数を強調緩和するようにカットオフ周波数を変化するために選択されることができる。

40

【0234】

図33を参照すると、第3の交差ネットワーク3074はトランジスタ3010と3012のコレクタを相互接続する。第3の交差ネットワーク3074は、抵抗3064とキャパシタ3028を含んでおり、これらは中間の範囲の周波数より上の周波数を強調緩和するローパスフィルタを生成するために選択される。1実施形態では、ローパスフィルタのカットオフ周波数は約795Hzである。好ましくは抵抗3064の値は約9.09kオームであり、キャパシタ3028の値は約0.022マイクロファラドである。

【0235】

第3の交差ネットワーク3074により生成される補正では、約795Hzを超える阻止帯域

50

の周波数は約 7 9 5 H z より低い通過帯域の周波数に関して強調緩和される。前述したように、第 3 の交差ネットワーク 3074 が唯一の 1 次フィルタであるので、第 3 の交差ネットワーク 3074 でローパスフィルタを規定する周波数が設計目標である。周波数は所定の構成によって変化されてもよい。さらに、抵抗 3064 とキャパシタ 3028 の他の値は他の所望の周波数を強調緩和するようにカットオフ周波数を変化するために選択されることができる。

【 0 2 3 6 】

動作において、第 1、第 2、第 3 の交差ネットワーク 3070、3072、3074 は空間的に差信号を成形するために組合わせて動作する。

【 0 2 3 7 】

(図 2 3 で示されている) 全体的な補正曲線 2300 は、点 A と点 B でラベルを付けられた 2 つの転換点により規定されている。1 実施形態では約 1 2 5 H z である点 A では、補正曲線の勾配は正の値から負の値へ変化する。1 実施形態では約 1 . 8 k H z である点 B では、補正曲線の勾配は負の値から正の値へ変化する。

10

【 0 2 3 8 】

したがって、約 1 2 5 H z よりも低い周波数は 1 2 5 H z に近い周波数に関して強調緩和される。特に、1 2 5 H z よりも下では、全体的な補正曲線 800 の利得は 1 オクターブ当たり約 6 d B の率で減少する。この 1 2 5 H z よりも低い信号周波数の強調緩和により、非常に低い (即ち低音) 周波数の過強調を阻止する。多数のオーディオ再生システムにより、高い周波数に関してこの低い周波数範囲の過強調されたオーディオ信号は、過大な低音応答を有する不快で非現実的な音のイメージを生成する可能性がある。さらに、これらの周波数の過強調はスピーカを含む種々のオーディオコンポーネントに損傷を与える。

20

【 0 2 3 9 】

点 A と点 B の間では、1 つの全体的な補正曲線の勾配は負である。即ち約 1 2 5 H z と約 1 . 8 k H z の間の周波数は 1 2 5 H z に近い周波数に関して強調緩和される。したがって点 A と点 B の間の周波数に関する利得は約 1 . 8 k H z で 8 d B の最大の等化点方向に可変率で減少する。

【 0 2 4 0 】

1 . 8 k H z を超えると、利得は可変率で、約 2 0 k H z まで、即ち人間の耳に可聴な最も高い周波数まで増加する。即ち約 1 . 8 k H z を超える周波数は 1 . 8 k H z に近い周波数に関して強調される。したがって点 8 を超える周波数に関する利得は可変率で 2 0 k H z に向けて増加する。

30

【 0 2 4 1 】

これらの相対的な利得および周波数値は単なる設計目標であり、実際の指数は使用されるコンポーネントの実際値に基づいて回路によって変化する。さらに、利得および周波数値は音のタイプまたはユーザの嗜好に基づいて本発明を逸脱せずに変更されてもよい。例えば交差ネットワークの数の変更と、各交差ネットワーク内の抵抗およびキャパシタ値の変更は全体的な遠近補正曲線 2300 が再生音のタイプに調整されることを可能にする。

【 0 2 4 2 】

差信号の選択的な等化は差信号に存在する周囲または反響音効果を強調する。前述したように、差信号中の周波数は適切なレベルの生の音響ステージで容易に知覚される。残念ながら、記録されたパフォーマンスの再生では、音響イメージは生のパフォーマンスと同一の 3 6 0 度の効果を与えない。しかしながら、差信号の周波数を等しくすることによって、投射された音のイメージは非常に広くされることができ、それによってリスナーの正面に置かれた 1 対のスピーカで生のパフォーマンスの経験を再生することができる。

40

【 0 2 4 3 】

全体的な補正曲線 2300 にしたがって差信号を等しくすることは高い強度の信号成分に関して統計的に低い信号成分を強調緩和することを意図する。典型的なオーディオ信号の高い強度の差信号成分は約 1 乃至 4 k H z 間の中間の周波数範囲に見られる。この範囲の周波数では、人間の耳は高い感度を有する。したがって強調された左および右の出力信号は非常に改良されたオーディオ効果を生成する。

50

【 0 2 4 4 】

交差ネットワーク数とその中のコンポーネント数はヘッド関連伝達関数（H R T F）をシミュレートするため他の実施形態で変更されることができる。有効に没入音響効果は十分に没入する位置音響フィールドを生成するようにH R T Fベースの伝達関数を差信号へ提供することによって位置付けられることができる。

【 0 2 4 5 】

図33はユーザが全体的な差利得量を変化することを可能にする差遠近補正装置3300を示している。この実施形態では、第4の交差ネットワーク3301はトランジスタ3010と3012のエミッタを相互接続する。この実施形態では、第4の交差ネットワーク3301は可変抵抗3302を具備している。

10

【 0 2 4 6 】

可変抵抗3302はレベル調節装置として作用し、理想的には電位差計または類似の可変抵抗装置である。可変抵抗3302の抵抗の変化は全体的な遠近補正回路の相対的な等化を上げ下げする。可変抵抗の調節は典型的には手で行われ、それによってユーザは再生される音のタイプにしたがって、ユーザの個人的な嗜好に基づいて差利得のレベルと特性を調整できる。典型的に、差信号の全体レベルの減少は狭い音響イメージの知覚を生む周囲の音情報を減少する。

【 0 2 4 7 】

図34はユーザが共通モードの利得量を変更することを可能にする差遠近補正装置3400を示している。差遠近補正装置3400は第4の交差ネットワークを含んでいる。第4の交差ネットワークは抵抗3402と、抵抗3404と、キャパシタ3406と、可変抵抗3408とを含んでいる。キャパシタ3406は差情報を除去し、可変抵抗と抵抗3402と3404が共通のモード利得を変更することを可能にする。

20

【 0 2 4 8 】

抵抗3402と3404は共通のモードの所望の範囲に基づいた広範囲の値である。他方で可変抵抗3408はレベル調節装置として作用し、所望の範囲内の共通のモードの利得を調節する。理想的に、可変抵抗3408は電位差計または類似の可変抵抗装置である。可変抵抗3408の抵抗の変化はトランジスタ3010と3012との両者に同等に影響し、それによって全体的な共通のモード利得の相対的な等化を上げ下げする。

【 0 2 4 9 】

可変抵抗の調節は典型的には手で行われ、それによってユーザは共通モードの利得のレベルおよび特性を調整できる。共通モードの利得の増加はオーディオ情報を強調し、これは入力信号3002と3004に共通である。例えば、音響システムにおける1対のスピーカ間に位置する中央ステージにおいてオーディオ情報を強調する。

30

【 0 2 5 0 】

図35はトランジスタ3010と3012のエミッタ間に位置する第1の交差ネットワーク3501と、トランジスタ3010と3012のコレクタ間に位置する第2の交差ネットワーク3502とを有する差遠近補正装置3500を示している。

【 0 2 5 1 】

第1の交差ネットワーク3501は周波数スペクトルの下部の周波数を強調緩和するハイパスフィルタである。1実施形態では第1の交差ネットワーク3501は抵抗3510とキャパシタ3512を具備している。抵抗3510とキャパシタ3512の値は約350Hzのカットオフ周波数を有するハイパスフィルタを規定するために選択される。したがって、抵抗3510の値は約27.01kオームであり、キャパシタ3512の値は約0.15マイクロファラドである。動作において、30Hzよりも低い周波数は350Hzを超える周波数に関して強調緩和される。

40

【 0 2 5 2 】

第2の交差ネットワーク3502はトランジスタ3510と3512のコレクタを相互接続する。第2の交差ネットワーク3502は周波数スペクトルの下部の周波数を強調緩和するローパスフィルタである。1実施形態では第2の交差ネットワーク3502は抵抗3520とキャパシタ3522を

50

具備している。

【0253】

抵抗3520とキャパシタ3522の値は約27.3kHzのカットオフ周波数を有するローパスフィルタを規定するために選択される。したがって、抵抗3520の値は約9.09kオームであり、キャパシタ3522の値は約0.0075マイクロファラドである。動作において、27.3kHzを超える周波数は27.3kHzよりも低い周波数に関して強調緩和される。

【0254】

第1、第2の交差ネットワーク3501、3502はスペクトル的に差信号を成形するために組合わせて動作する。約5kHzよりも低い周波数は5kHzに近い周波数に関して強調緩和される。特に、5kHzより下では全体的な補正曲線1400の利得は1オクターブ当たり約5dBの率で増加する。さらに5kHzを超えると、全体的な補正曲線1400の利得は1オクターブ当たり約5dBの率で減少する。

10

【0255】

差遠近補正装置の前述の実施形態は図36で示されているように出力バッファ3630を含むこともできる。出力バッファ3600は左出力端子4004と右出力端子3006に接続された回路によって与えられる負荷の変化から遠近補正の差動装置を隔離するように設計されている。例えば左出力端子3004と右出力端子3006が1対のスピーカに接続されるとき、スピーカのインピーダンス負荷は差遠近補正装置が差信号を等化する方法を変更しない。したがって、出力バッファ3630なしで、回路、スピーカ、およびその他のコンポーネントは差遠近補正装置102が差信号を等化する方法を変更する。

20

【0256】

1実施形態では、左出力バッファ3630Aは左出力トランジスタ3601、抵抗3604、キャパシタ3604を含んでいる。電源 V_{CC} 3040はトランジスタ3601のコレクタに直接接続されている。トランジスタ3601のコレクタは、抵抗3603を経て接地点3041に接続されており、キャパシタ3602を経て左出力端子3004に接続されている。さらに、トランジスタ3601のベースはトランジスタ3010のコレクタに接続されている。

【0257】

1実施形態では、トランジスタ3601はNPN 2N2222Aトランジスタであり、抵抗3604は1kオームであり、キャパシタ3602は0.22マイクロファラドである。抵抗3604、キャパシタ3602、トランジスタ3601は1利得を生成する。即ち左出力バッファ3630Aは強調された音響信号をさらに等化せずに左出力端子3004へ主に通過させる。

30

【0258】

同様に、右出力バッファ3630Bは右出力トランジスタ3610、抵抗3612、キャパシタ3614を含んでいる。電源 V_{CC} 3040はトランジスタ3610のコレクタに直接接続されている。トランジスタ3610のコレクタは、抵抗3612を経て接地点3041に接続されており、キャパシタ3614を経て右出力端子に接続されている。さらに、トランジスタ3610のベースはトランジスタ3012のコレクタに接続されている。

【0259】

1実施形態では、トランジスタ3610はNPN 2N2222Aトランジスタであり、抵抗3612は1kオームであり、キャパシタ3614は0.22マイクロファラドである。抵抗3612、キャパシタ3614、トランジスタ3610は1利得を生成する。即ち右出力バッファ3630Bは強調された音響信号をさらに等化せずに右出力端子3006へ主に通過する。

40

【0260】

当業者は出力バッファ3630はまた例えばopamps等の他の増幅器を使用して構成されることができることを認識するであろう。

【0261】

図37はステレオイメージ強調プロセッサ124のさらに別の実施形態を示している。図37では、左入力2630は抵抗3710の第1の端子と、抵抗3716の第1の端子と、抵抗3740の第1の端子に接続されている。抵抗3710の第2の端子は抵抗3711の第1の端子と、opam

50

p 3712の非反転入力に接続されている。右入力2631は抵抗3713の第1の端子と、抵抗3741の第1の端子と、抵抗3746の第1の端子に接続されている。抵抗3713の第2の端子は抵抗3714の第1の端子と、opamp 3712の非反転入力に接続されている。抵抗3714の第2の端子は接地されている。抵抗3740の第2の端子と抵抗3741の第2の端子はopamp 3744の非反転入力と、抵抗3742の第1の端子に接続されている。抵抗3742の第2の端子は接地されている。

【0262】

opamp 3744の出力は抵抗3761の第1の端子に接続されている。抵抗3761の第2の端子はopamp 3744の反転入力に接続されている。抵抗3743の第2の端子は接地されている。opamp 3712に戻ると、opamp 3712の出力は抵抗3711の第2の端子に接続されている。opamp 3712の出力はまた抵抗3715の第1の端子に接続されている。抵抗3715の第2の端子はキャパシタ3717の第1の端子に接続されている。キャパシタ3717の第2の端子は抵抗3718の第1の端子と、抵抗3719の第1の端子と、キャパシタ3721の第1の端子と、抵抗3722の第1の端子に接続されている。抵抗3718の第2の端子は接地されている。抵抗3719の第2の端子は抵抗3720の第2の端子と、抵抗3725の第2の端子に接続されている。抵抗3721の第2の端子は抵抗3720の第1の端子と、抵抗3723の第1の端子に接続されている。抵抗3722の第2の端子は抵抗3725の第1の端子とキャパシタ3724の第1の端子に与えられている。抵抗3723の第2の端子とキャパシタ3724の第2の端子は両者とも接地されている。

【0263】

抵抗3719の第2の端子は抵抗3726の第1の端子とopamp 3727の反転入力に接続されている。opamp 3727の非反転入力に接地されている。抵抗3726の第2の端子はopamp 3727の出力に接続されている。opamp 3727の出力は電位差計3728の第1の固定した端子に接続されている。電位差計3728の第2の固定した端子は接地されている。電位差計3728のワイパーは抵抗3747の第1の端子と、抵抗3720の第1の端子に接続されている。

【0264】

opamp 3744の出力は電位差計3745の第1の固定した端子に与えられる。電位差計3745の第2の固定した端子は接地されている。電位差計3745のワイパーは抵抗3730の第1の端子と抵抗3751の第1の端子に与えられている。抵抗3747の第2の端子は抵抗3748の第1の端子と、opamp 3749の反転入力に接続されている。

【0265】

opamp 3749の非反転入力に接地されている。opamp 3749の出力は抵抗3748の第2の端子と抵抗3750の第1の端子に与えられている。抵抗3750の第2の端子は抵抗3729の第2の端子に接続されている。抵抗3730の第2の端子はopamp 3735の非反転入力に接続されている。抵抗3731の第1の端子はまたopamp 3735の非反転入力に接続されている。抵抗3731の第2の端子は接地されている。opamp 3735の非反転入力に抵抗3734の第1の端子と抵抗3732の第1の端子に接続されている。抵抗3732の第2の端子は接地されている。opamp 3735の出力は抵抗3734の第2の端子に与えられている。抵抗3750の第2の端子と、抵抗3751の第2の端子と、抵抗3746の第2の端子と、抵抗3752の第1の端子は全てopamp 3755の非反転入力に接続されている。抵抗3752の第2の端子は接地されている。opamp 3755の非反転入力に抵抗3753の第1の端子と抵抗3754の第1の端子に接続されている。opamp 3755の出力は抵抗3754の第2の端子に接続されている。

【0266】

opamp 3735の出力は左チャンネル出力として与えられ、opamp 3755の出力は右チャンネル出力として与えられる。

【0267】

抵抗3710、3711、3713、3714、3740、3741、3742、3743、37、3761は全て33.2Kオームの抵抗である。抵抗3716と3746は両者とも80.6Kオームである。電位差計3745と3728は両者とも10.0Kの線形電位差計である。抵抗3715は1.0Kであり、キャパシタ3717は0.47 μ fであり、抵抗3718は4.42Kであり、抵抗3719は121Kであり、

10

20

30

40

50

キャパシタ3721は0.0047 μ fであり、抵抗3720は47.5Kであり、抵抗3722は1.5Kであり、抵抗3723は3.74Kであり、抵抗3725は33.2Kであり、キャパシタ3724は0.47 μ fである。抵抗3726は121Kである。抵抗3747と3748は両者とも16.2Kである。抵抗3729と3750は両者とも11.5Kである。抵抗3730と3751は両者とも37.9Kである。抵抗3731、3732、3752、3753は全て16.2Kである。抵抗3734、3754は両者とも38.3Kである。opamp3712、3744、3727、3749、3735、3755は全てTL074型またはそれと等価のものである。

【0268】

[デジタル信号プロセッサ構造]

音響補正システムは図3に関連して説明したようにソフトウェアで容易に構成されることもできる。適切なプロセッサは汎用プロセッサと、デジタル信号プロセッサ(DSP)等を含んでいる。

10

【0269】

図38は音響補正システム120のソフトウェアによる実施形態のブロック図である。図38では、左チャンネル入力3801は10dB減衰器3803の入力に与えられる。減衰器3803の出力はフィルタ3804の入力と、DPDTスイッチ3805の第1のスイッチ位置に与えられている。フィルタ3804の出力はスイッチ3805の第2のスイッチ位置に与えられている。右チャンネル入力3802は10dB減衰器3806の入力に与えられる。減衰器3806の出力はフィルタ3807の入力と、スイッチ3805の第1のスイッチ位置に与えられている。フィルタ3807の出力はスイッチ3805の第2のスイッチ位置に与えられている。

20

【0270】

スイッチ3805の第1の切換え端子は加算器3828の第1の入力と加算器3828の第1の入力に与えられている。スイッチ3805の第2の切換え端子は加算器3829の第1の入力と加算器3808の第2の入力に与えられている。加算器3808の出力はローパスフィルタ3809の入力に与えられている。ローパスフィルタ3809の出力はデュアルバンド帯域通過フィルタ3810の入力と、デュアルバンド帯域通過フィルタ3811の入力と、100Hz帯域通過フィルタ3812の入力に与えられている。

【0271】

フィルタ3810の出力は加算器3821の第1の入力に与えられ、フィルタ3811の出力は加算器3821の第2の入力に与えられ、フィルタ3812の出力は加算器3812の第3の入力に与えられる。加算器3821の出力は2.75dBの増幅器3863の入力と、乗算器3824の第1の入力と、絶対値ブロック3822の入力に与えられている。絶対値ブロック3822の出力は高速アタック低速ディケイ(FASD)コンプレッサ3823の入力に設けられている。FASDコンプレッサ3823の出力は乗算器3824の第2の入力に与えられている。

30

【0272】

増幅器3863の出力は減算器3825の正の入力に与えられている。乗算器3824は減算器3825の負の入力に与えられている。減算器3825の出力は乗算器3826の第1の入力に与えられている。低音制御装置3827の出力は乗算器3826の第2の入力に与えられている。乗算器3826の出力はSPDTスイッチ3860を経て加算器3828の第2の入力と、加算器3829の第2の入力に与えられている。

40

【0273】

加算器3828の出力は、加算器3830の第1の入力と、9dB減衰器3833の入力と、減算器3837の正の入力と、DPDTスイッチ3836の第1のスイッチ位置に与えられている。加算器3829の出力は減算器3837の負の入力と、加算器3830の第2の入力と、9dB減衰器3834の入力と、スイッチ3836の第1のスイッチ位置に与えられている。

【0274】

加算器3838の出力は5dB減衰器3832の入力に与えられる。減衰器3832の出力は加算器3835の第1の入力と、加算器3866の第1の入力へ与えられる。減衰器3833の出力は加算器3835の第2の入力へ与えられる。減衰器3834の出力は加算器3866の第2の入力に与えられる。加算器3835の出力はスイッチ3836の第2のスイッチ位置に与えられる。加算器3866の出

50

力はスイッチ3836の第2のスイッチ位置に与えられる。

【0275】

減算器3837の出力は48Hzのハイパスフィルタ3838の入力に与えられる。ハイパスフィルタ3838の出力は6dB減衰器3840の入力と、7kHzハイパスフィルタ3841の入力と、200Hzローパスフィルタ3842の入力に与えられる。減衰器3840の出力は加算器3844の第1の入力へ与えられ、ハイパスフィルタ3841の出力は加算器3844の第2の入力へ与えられ、ローパスフィルタ3842の出力は3dB減衰器3843を経て加算器3844の第3の入力へ与えられる。加算器3844の出力は乗算器3845の第1の入力に与えられる。幅制御装置3846の出力は乗算器3845の第2の入力に与えられる。乗算器3845の出力は加算器3835の第3の入力へ与えられ、インバータ(即ち-1の利得)を経て加算器3866の第3の入力へ与えられる。

10

【0276】

スイッチ3836の第1の切換え端子は左チャンネル出力3850へ接続される。スイッチ3836の第2の切換え端子は右出力3851へ接続される。

【0277】

図38で示されているように、左および右ステレオ入力信号は左入力3803および右入力3802にそれぞれ与えられる。処理の低音強調部分(図1示されている低音強調ブロック101に対応する)では、左および右チャンネルは加算器3808により共に加算され、モノフォニック信号として処理され、その後強調されたステレオ信号を形成するために加算器3828と3829により左および右チャンネルに戻されて加算される。低音周波数信号には典型的にほとんどもステレオ分離がないので低音情報はモノフォニック信号として処理され、2つのチャンネルの処理を複製する必要はほとんどない。

20

【0278】

図38はソフトウェアユーザ制御装置を示しており、これは低音強調量を制御するためのソフトウェア制御装置3827と、見掛けの音響ステージの幅を制御するためのソフトウェア制御装置3846と、垂直、低音、幅イメージ強調を個別にエネーブルまたはディスエーブルするためのソフトウェアスイッチ3805、3860、3836を含んでいる。アプリケーションに応じて、これらのユーザ制御装置はダイナミックに変更可能であるか、特定の構造に固定されることができる。ユーザ制御装置はダイアログボックスのスライダ、チェックボックス等の制御装置に“接続”されることができ、それによってユーザは音響補正システムの動作を制御できる。

30

【0279】

図38では、左入力3801および右入力3802はバイパスレベルを設定し、後の処理中に信号が飽和しないようにするため最初に-10dBの利得で処理される。各チャンネルはその後、図4乃至6に関連して説明したように、音響ステージの高低および拡張を行うため高低フィルタ(それぞれ左および右のフィルタ3804、3807)を経て処理される。

【0280】

高低フィルタの後、左および右チャンネルは共に混合され、帯域通過フィルタ3810乃至3812のバンクが後続するローパスフィルタ3809を経て伝送される。ローパスフィルタ3809は284Hzのカットオフ周波数を有する。それぞれ後続する4つのフィルタ3810乃至3812は2次帯域通過フィルタである。フィルタ3810は40Hzまたは150Hzとして選択可能である。フィルタ3811は60Hzまたは200Hzとして選択可能である。したがって、スピーカのサイズに対して3つの有効な構造、即ち小型、中型、大型が存在する。全ての3つの構造は3つの帯域通過フィルタを使用するが、フィルタ3810と3811で異なる中心周波数を有する。

40

【0281】

3つのアクティブフィルタの出力はその後、加算器3821により共に加算され、合計は低音制御段に与えられる。

【0282】

低音制御段は絶対値検出器3822と、高速アタック低速ディケイピーク検出器3823と、乗算

50

器3824を有するエキスパンダ回路を含んでいる。ピーク検出器3823の出力はダイナミック範囲の信号を膨張するためエキスパンダ入力信号の乗算器として使用される。

【0283】

低音制御段の第2の部分は増幅器3863により与えられた2.75 dB利得を有する同一の入力信号からその段の入力信号の伸長バージョンを減算する。これは小さい一定の利得を低い振幅信号に加算しながら高い振幅の信号レベルを制限する効果を有する。

【0284】

低音制御段の出力はそれぞれ加算器3828と3829により左チャンネル信号と右チャンネル信号の両者に加算される。左および右チャンネルに混合される強調された低音信号の量は低音制御装置3827により決定される。

10

【0285】

結果的な左および右チャンネル信号はL + R信号を形成するため加算器3830により共に加算され、L - R信号を形成するため減算器3827により減算される。L - R信号はそれを遠近曲線(図7)を経て処理することによりスペクトル的に成形され、これには以下のようにフィルタおよび利得調節のネットワークによって構成される。最初に、信号は48 Hzハイパスフィルタ3838を通過する。このフィルタの出力は分割され、7 kHzハイパスフィルタ3841と200 Hzローパスフィルタ3842を通過される。3つのフィルタの出力が加算器3844により共に加算され、それによって利得調節、即ち48 Hzハイパスフィルタ3838では6 dB、7 kHzハイパスフィルタ3841では0 dB(調節なし)、200 Hzローパスフィルタ3842では+3 dBの調節を使用して遠近曲線信号を形成する。幅制御装置3846は最終的な加算器3835と3866を通過する遠近曲線信号の量を決定する。

20

【0286】

最後に、左チャンネル信号L + R、右チャンネル信号L - Rは最終的な左および右チャンネル出力をそれぞれ発生するため加算器3835と3866により共に混合される。左チャンネル出力はL + R信号を-5 dB利得調節し、左チャンネル信号を-9 dB利得調節し、遠近曲線信号を幅制御装置3846により行われる利得調節以外の利得のない調節をすることにより混合することにより形成される。右チャンネル出力はL + R信号を-5 dB利得調節し、右チャンネルを-9 dB利得調節し、反転された遠近曲線信号を幅制御装置3846以外の利得のない調節をすることにより混合して形成される。

【0287】

高速アタック低速ディケイ(FASD)ピーク検出器3823のアルゴリズムは以下のように疑似コードで表される。

30

```
if [ in > out(previous) ] then
out = in - [ [in - out(previous)]*attack ]
else
out = in + [ [out(previous) - in]*decay ]
endif
```

ここで、out(previous) は先のサンプル期間からの出力を表す。

【0288】

アタックとディケイの値は、スルーレートが実時間に相関されなければならないのでサンプルレート依存である。それぞれの公式は以下ようになる。

40

```
attack = 1 - ( 1 / ( . 0 1 * sampleRate ) )
decay = 1 - ( 1 / ( . 1 * sampleRate ) )
```

ここでサンプルレートはサンプル/秒である。

【0289】

FASDピーク検出器3123への入力、これが絶対値関数3122の出力から来るので、常にゼロ以上である。

【0290】

フィルタ3809 - 3812はサンプル周波数44.1の有限インパルス応答(IIR)フィルタとして構成される。このフィルタはバイリニア変換方法を使用して設計される。各フィル

50

タは1つのセクションを有する2次フィルタである。フィルタは32ビットの分数固定小数点算術を使用して構成される。各フィルタについての特別な情報は以下の表1で与えられている。さらにフィルタ3810乃至3812の伝達関数は図32乃至35でそれぞれ示されている。付加的な200Hz帯域通過フィルタの伝達関数(図31で示されていない)は図36で示されている。ローパスフィルタ3809の伝達関数は図37で示されている。

【0291】

表 1
帯域通過フィルタ

| フィルタ周波数 (Hz) | -3dB低 (Hz) | 中心 (Hz) | -3dB高 (Hz) | 帯域通過 利得 | 帯域通過 利得(dB) |
|-----------------|---------------|------------|---------------|------------|----------------|
| 40 | 30 | 38.7 | 50 | 1.43 | 3.12 |
| 60 | 45 | 58.1 | 75 | 1.43 | 3.12 |
| 100 | 78 | 96.8 | 129 | 1.00 | 0.0 |
| 150 | 116 | 145.1 | 192 | 1.00 | 0.0 |
| 200 | 150 | 193.6 | 250 | 0.71 | -2.93 |

10

ローパスフィルタ

| -3dB (Hz) | -153dB (Hz) | 帯域通過 利得 | 帯域通過 利得(dB) |
|--------------|----------------|------------|----------------|
| 285 | 1021 | 1.00 | 0.0 |

20

低音制御装置3827はオーディオ信号に与えられる低音強調量を決定し、0と1の間の値を乗算器3826へ与える。

【0292】

幅制御装置3846は最終的な出力に与えられるステレオ幅強調量を決定する。幅制御装置は0と2.82(9dB)間の値を乗算器3845へ与える。

【0293】

[その他の実施形態]

ここで説明した全体的な音響補正システムは、DSPまたはパーソナルコンピュータで動作するソフトウェアによって、ハイブリッド回路構造としてのまたは適切な外部コンポーネントの調節用の端子を有する半導体基板内のディスクリートな回路コンポーネントによって容易に構成されてもよい。ユーザによる調節は現在、低周波数および高周波数エネルギーレベルの補正を含んでおり、種々の信号レベル調節は和信号と差信号、方向レベルの調節を含んでいる。

30

【0294】

前述の説明および添付図面を通じて、本発明は現在の音響補正およびステレオ強調システムよりも重要な利点を有することを示した。先に詳細な説明を示し説明し、本発明の基本的な優れた特性を指摘したが、示された装置の形態および細部の種々の省略と置換、変更が本発明の技術的範囲を逸脱せずに当業者により行われてもよいことが理解されよう。それ故、本発明は特許請求の範囲によってのみその技術的範囲で限定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

40

【図1】 1対の入力ステレオ信号からリアルなステレオイメージを生成するためのステレオ強調システムおよび低音強調システムに動作可能に接続されたステレオイメージ補正システムのブロック図。

【図2】 1つのステレオ受信機と2つのスピーカを含んでいるステレオシステムの概略図。

【図3】 典型的なマルチメディアコンピュータシステムの概略図。

【図4】 オーディオ再生システムの所望の音響-圧力対周波数特性のグラフと、第1のオーディオ再生環境に対応する音響-圧力対周波数特性のグラフと、第2のオーディオ再生環境に対応する音響-圧力対周波数特性のグラフと、第3のオーディオ再生環境に対応する音響-圧力対周波数特性のグラフ。

50

【図5】 1対の入力ステレオ信号からリアルなステレオイメージを生成するためのステレオイメージ強調システムに動作可能に接続されたエネルギー補正システムの概略ブロック図。

【図6】 1実施形態にしたがった低周波数補正システムにより与えられる種々の信号変更レベルのグラフと、1実施形態にしたがったオーディオ信号の高周波数成分をブーストするための高周波数補正システムにより与えられる種々の信号変更レベルのグラフと、1実施形態にしたがったオーディオ信号の高周波数成分を減衰するための高周波数補正システムにより与えられる種々の信号変更レベルのグラフと、ステレオイメージを再度位置付けるための音響 - 圧力補正の可能な範囲を示している複雑なエネルギー - 補正曲線のグラフ。

10

【図7】 ステレオイメージ強調の量変化を実現するためオーディオ差信号に与えられた種々の等化レベルのグラフ。

【図8】 第1の位置に置かれたスピーカからリスナーによって聞かれる知覚された音響と、実際の音響源と、第2の位置に置かれたスピーカからリスナーによって聞かれる知覚された音響と、実際の音響源とを示している説明図。

【図9】 典型的な小型のスピーカシステムの周波数応答の特性図。

【図10】 2つのディスクリートな周波数により表される信号の実際のスペクトルと知覚されたスペクトルを示した図。

【図11】 周波数の連続的なスペクトルにより表される信号の実際のスペクトルと知覚されたスペクトルを示した図。

20

【図12】 変調された搬送波の時間波形と、それを検出器によって検出した後の時間波形を示した図。

【図13】 低音強調処理による音響システムのブロック図と、多数のチャンネルを1つの低音チャンネルに結合する低音強調プロセッサのブロック図と、多数のチャンネルを別々に処理する低音強調プロセッサのブロック図。

【図14】 選択可能な低音応答特性を有する低音強調を行うシステムの信号処理のブロック図。

【図15】 図14で示されている信号処理で使用される帯域通過フィルタの伝達関数のグラフ。

【図16】 パンチシステムの時間 - 振幅応答特性を示した時間ドメインの図。

30

【図17】 エンベロープがアタック、ディケイ、サステイン、リリース部分を示している楽器により演奏される典型的な低音の信号とエンベロープ部分を示した時間ドメインの図。

【図18】 ピークコンプレッサおよび低音パンチシステムを使用して低音強調を行うシステムの信号処理のブロック図。

【図19】 高速アタックによるエンベロープのピークコンプレッサの効果を示している時間ドメインの図。

【図20】 ステレオイメージ（差遠近）補正システムの概略ブロック図。

【図21】 明確な和と差の信号を発生しないステレオイメージ（差遠近）補正システムのブロック図。

40

【図22】 差遠近補正システムの共通モード利得のグラフ。

【図23】 差遠近補正システムの全体的な差信号等化曲線のグラフ。

【図24】 単一チップで構成されることができ音響強調システムの1実施形態のブロック図。

【図25】 図24で示されているシステムで使用するのに適した垂直イメージ強調ブロックの左チャンネルの概略図および右チャンネルの概略図。

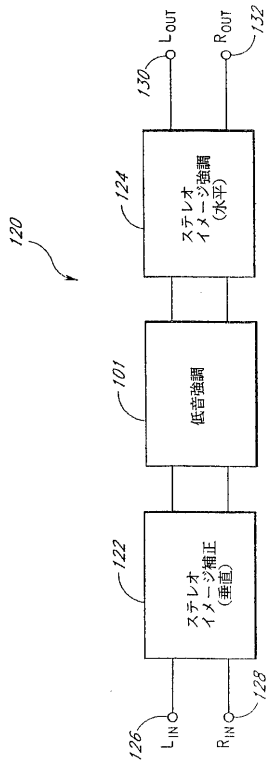
【図26】 図24で示されているシステムで使用するのに適した低音強調ブロックの概略図。

【図27】 図26で示されている低音強調システムで使用するのに適したフィルタシステムの概略図。

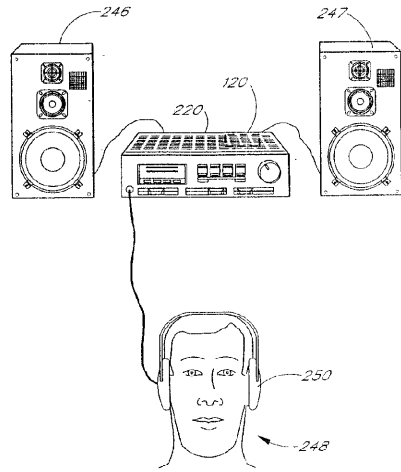
50

- 【図28】 図26で示されている低音強調システムで使用するのに適したコンプレッサの概略図。
- 【図29】 図24で示されているシステムで使用するのに適した水平イメージ強調ブロックの概略図。
- 【図30】 ステレオイメージ強調システムとして使用されることができる差遠近補正システムのブロック図。
- 【図31】 1つの交差ネットワークを使用する差遠近補正システムの回路図。
- 【図32】 2つの交差ネットワークを使用する差遠近補正装置の回路図。
- 【図33】 ユーザが全体的な差利得量を変化することを可能にする差遠近補正装置の回路図。 10
- 【図34】 ユーザが共通モードの利得量を変更することを可能にする差遠近補正装置の回路図。
- 【図35】 差対のトランジスタのエミッタ間に位置する第1の交差ネットワークと、差対のトランジスタのコレクタ間に位置する第2の交差ネットワークを有する差遠近補正装置の回路図。
- 【図36】 出力バッファを有する差遠近補正装置の回路図。
- 【図37】 イメージ強調システムの6個のopampのバージョンの回路図。
- 【図38】 音響補正システムのソフトウェアの実施形態のブロック図。
- 【図39】 図38で示されているブロック図で使用するための40Hzの帯域通過フィルタの伝達関数の図。 20
- 【図40】 図38で示されているブロック図で使用するための80Hzの帯域通過フィルタの伝達関数の図。
- 【図41】 図38で示されているブロック図で使用するための100Hzの帯域通過フィルタの伝達関数の図。
- 【図42】 図38で示されているブロック図で使用するための150Hzの帯域通過フィルタの伝達関数の図。
- 【図43】 図38で示されているブロック図で使用するための200Hzの帯域通過フィルタの伝達関数の図。
- 【図44】 図38で示されているブロック図で使用するためのローパスフィルタの伝達関数の図。 30

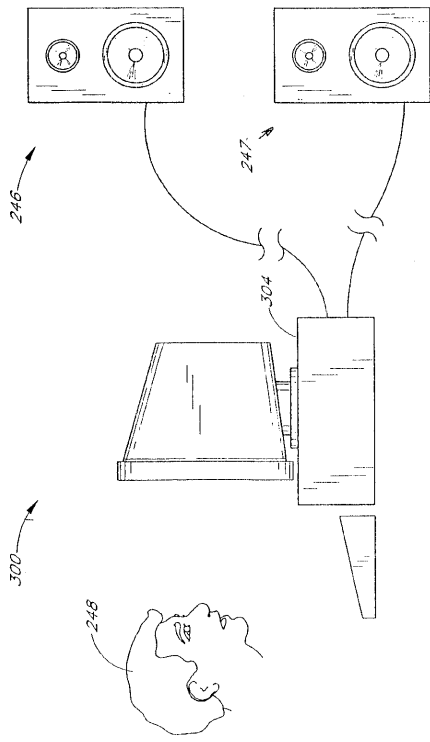
【図1】



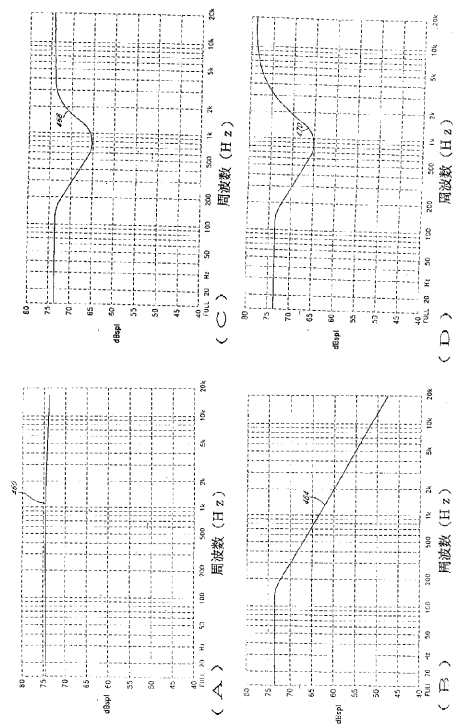
【図2】



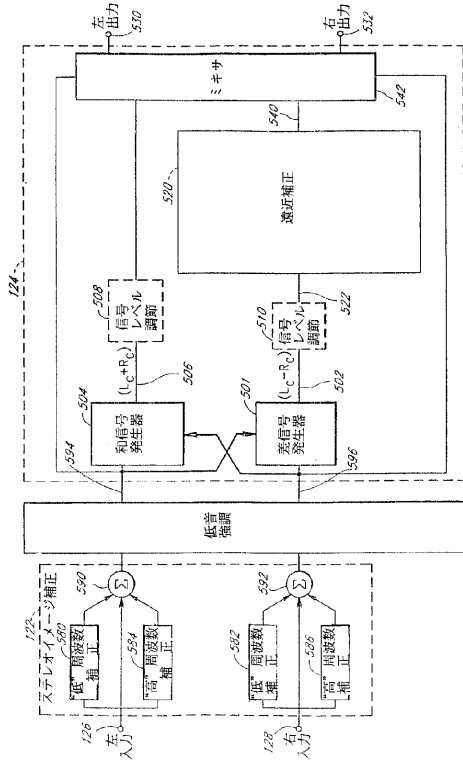
【図3】



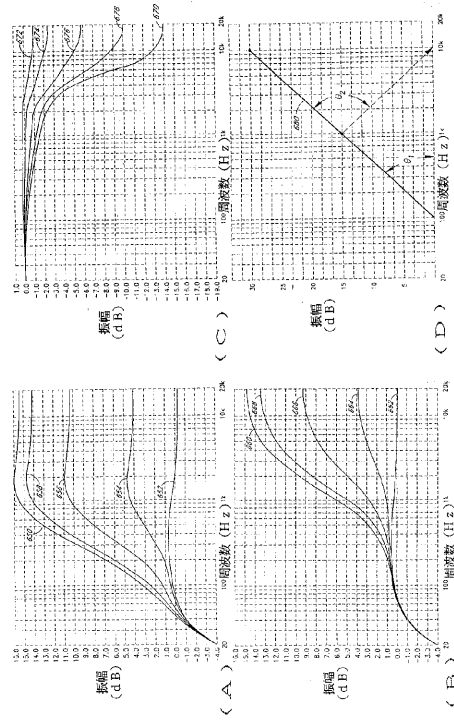
【図4】



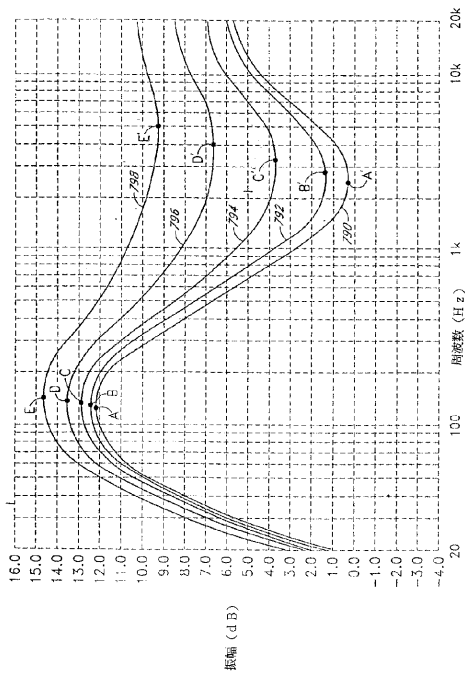
【図5】



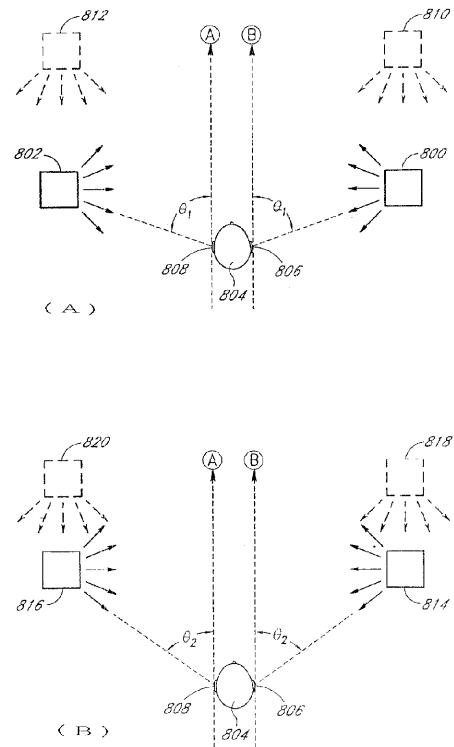
【図6】



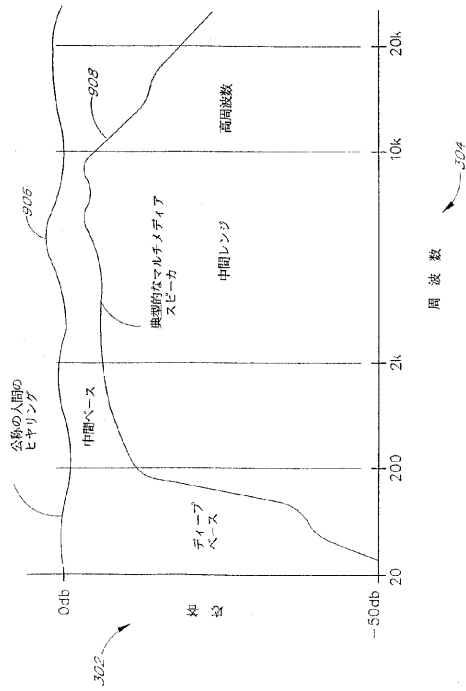
【図7】



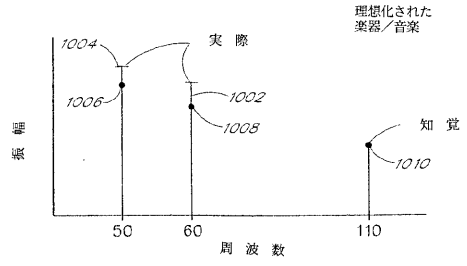
【図8】



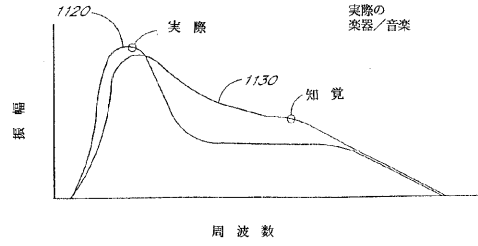
【図 9】



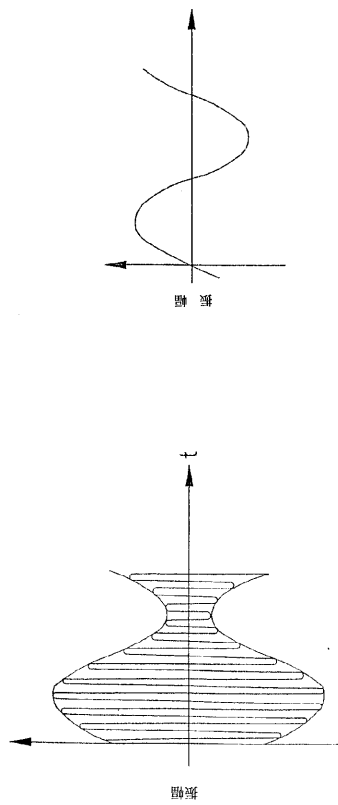
【図 10】



【図 11】

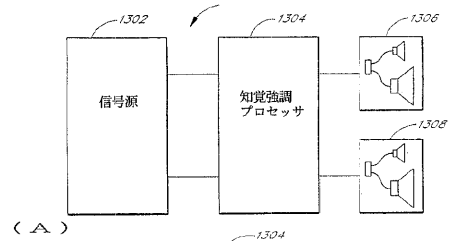


【図 12】

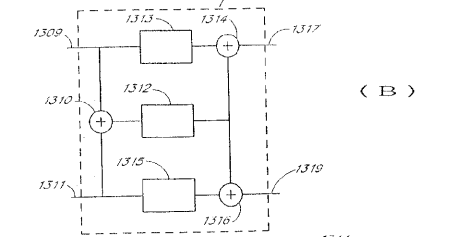


【図 13】

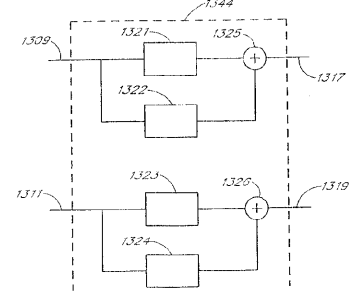
(B)



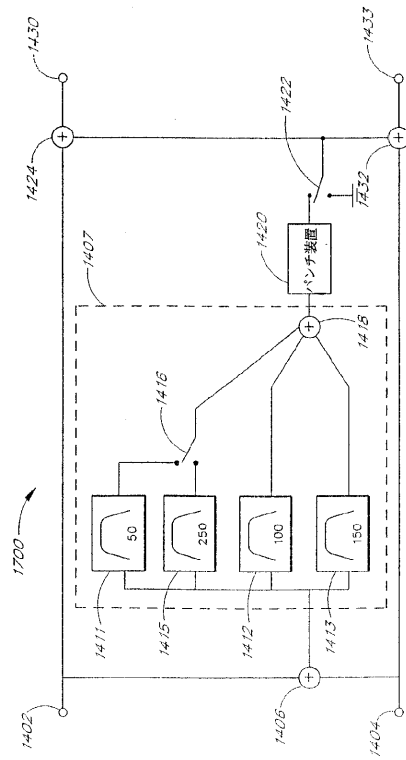
(A)



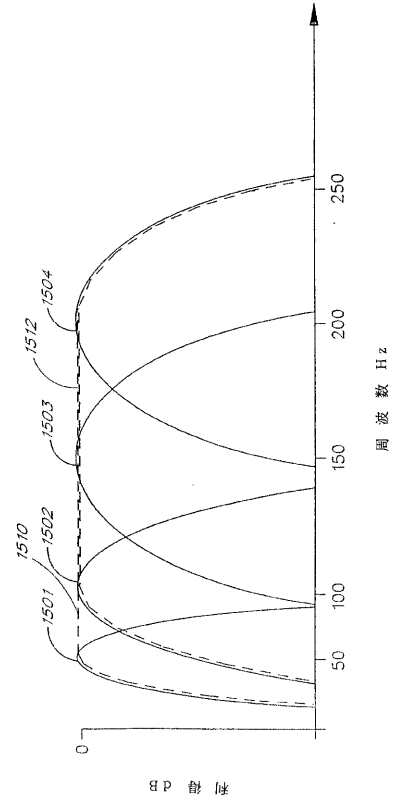
(C)



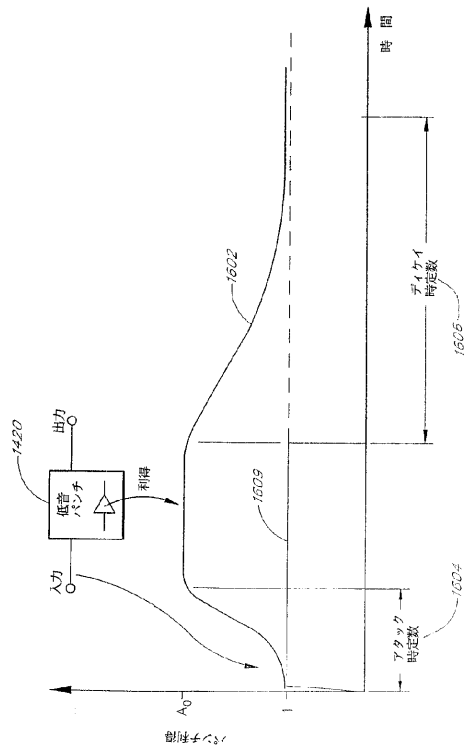
【図14】



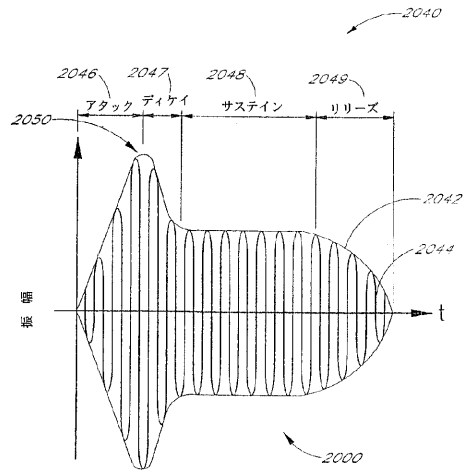
【図15】



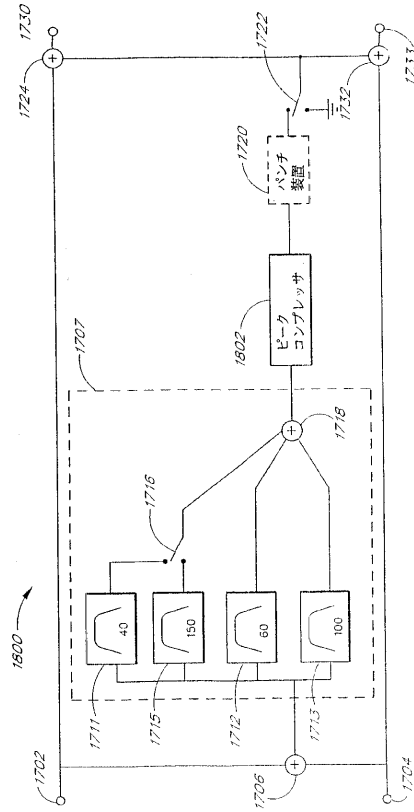
【図16】



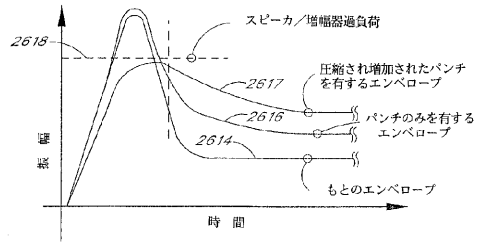
【図17】



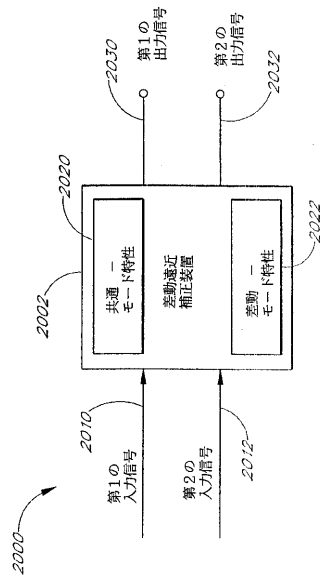
【図18】



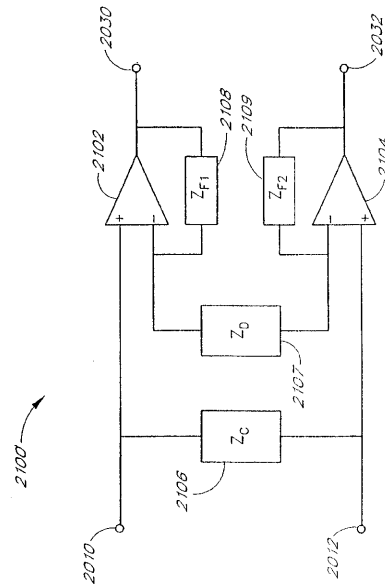
【図19】



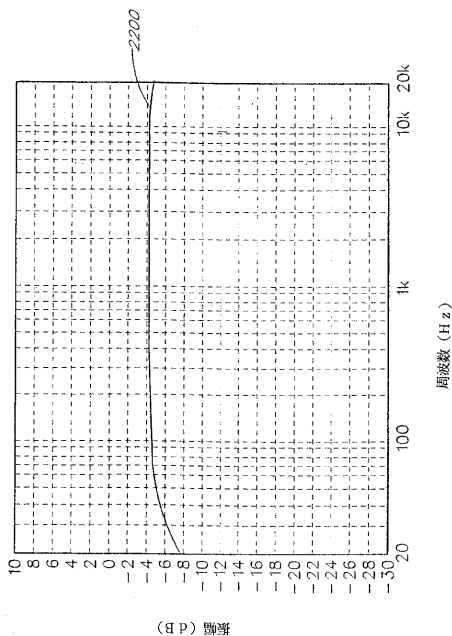
【図20】



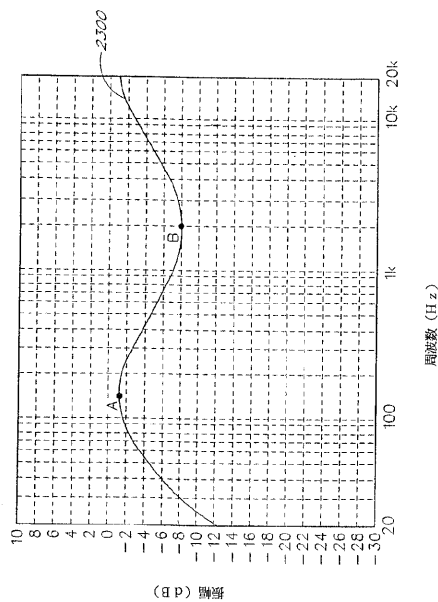
【図21】



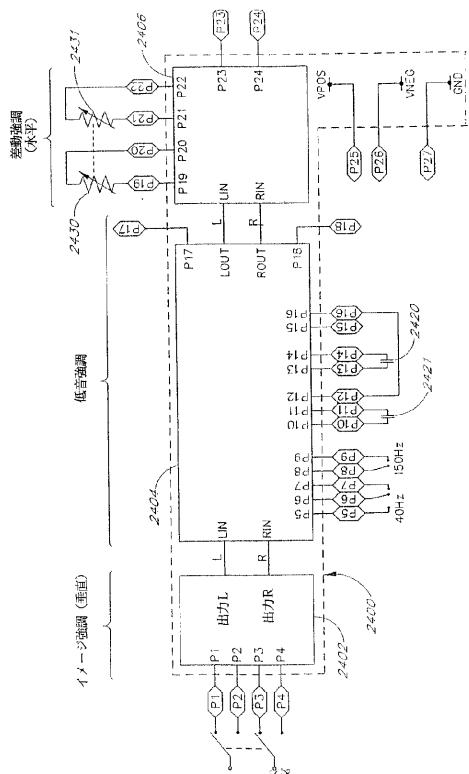
【図22】



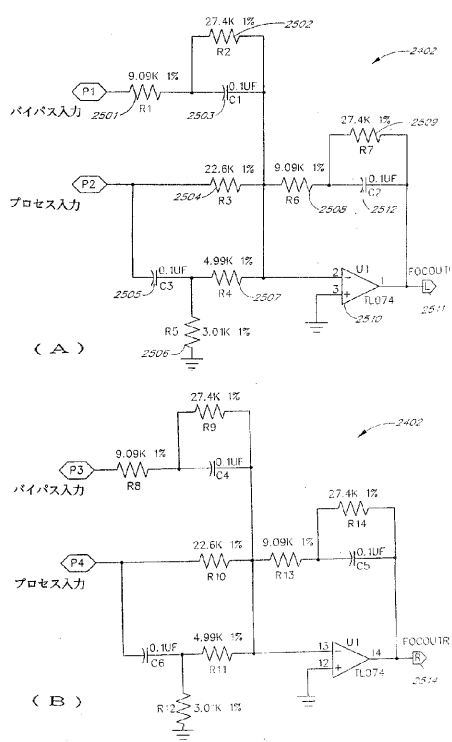
【図23】



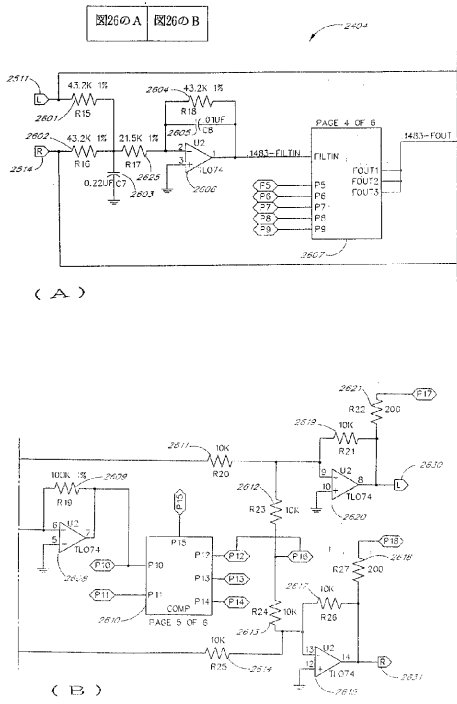
【図24】



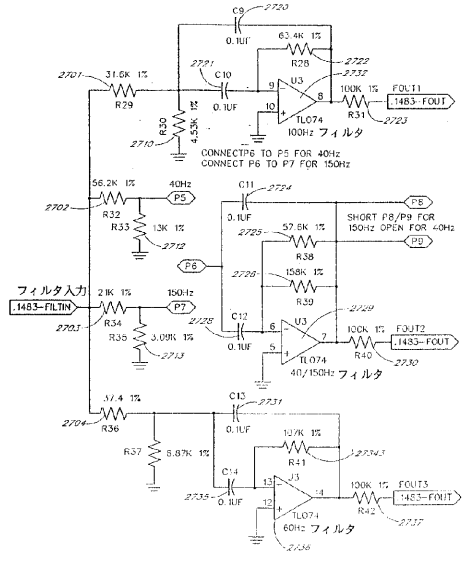
【図25】



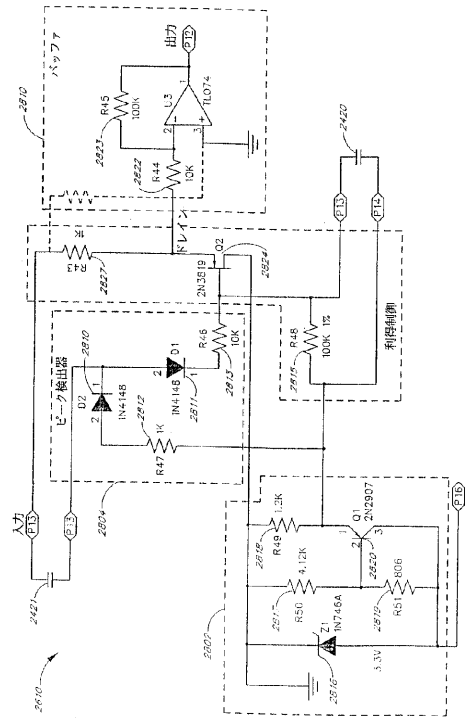
【図26】



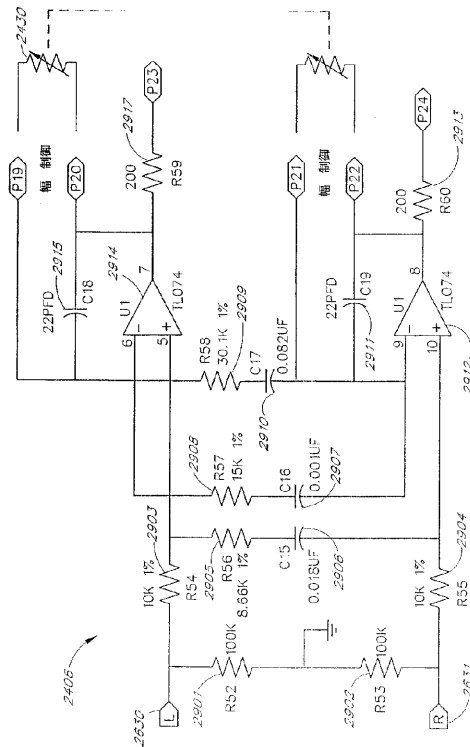
【図27】



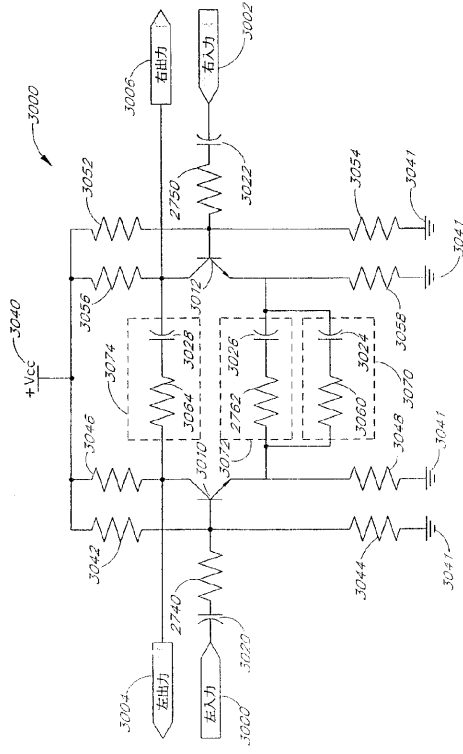
【図28】



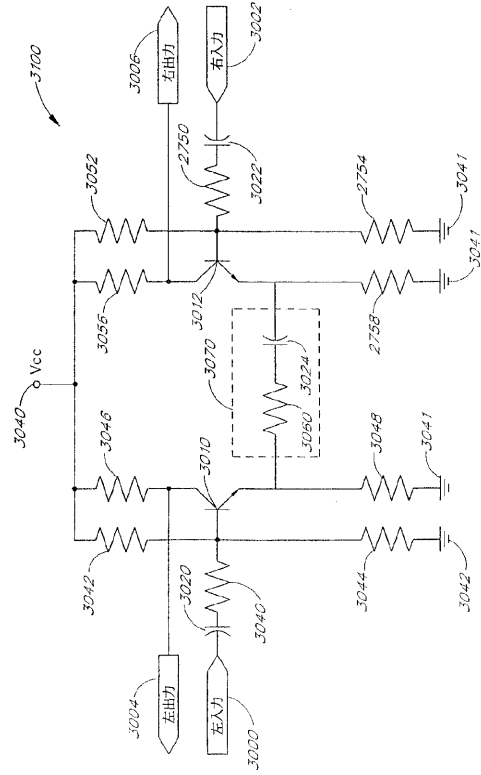
【図29】



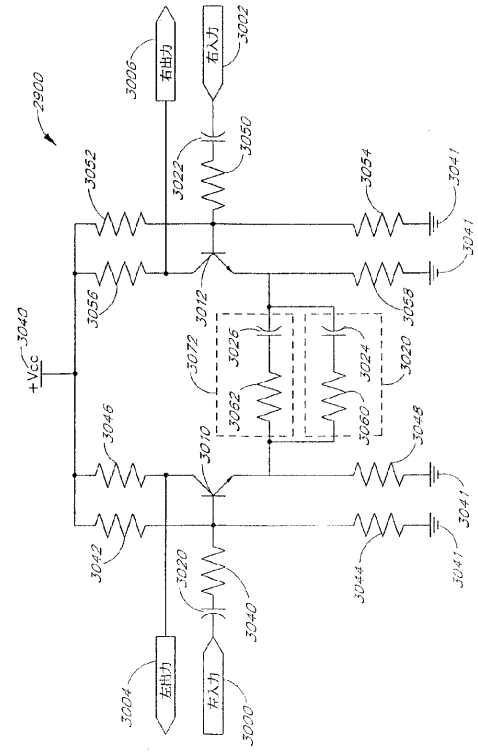
【図30】



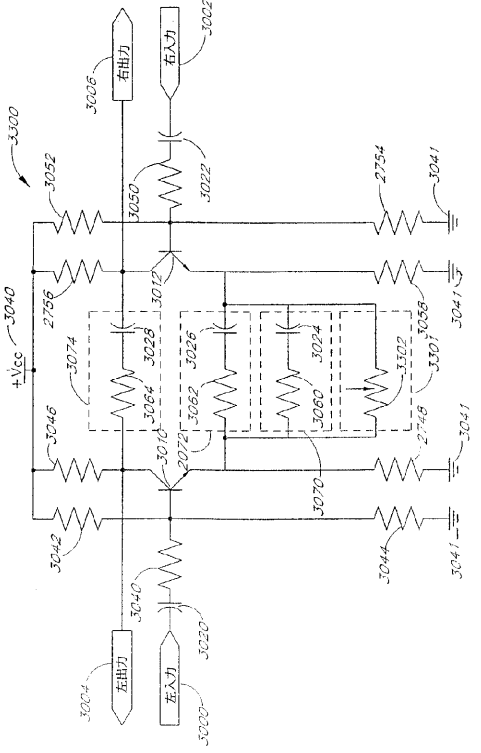
【図31】



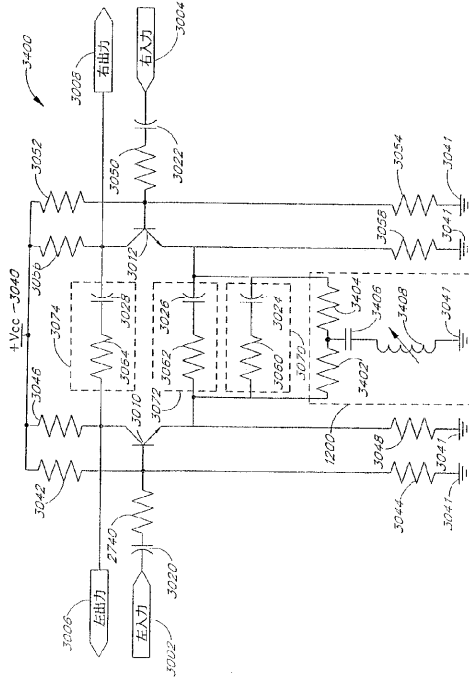
【図32】



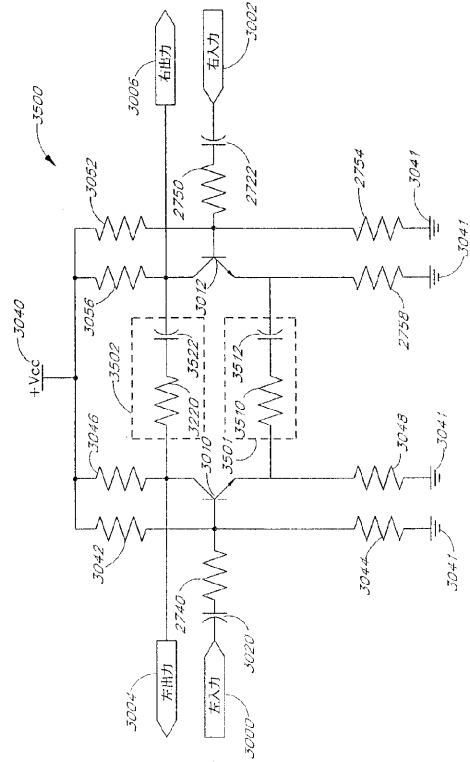
【図33】



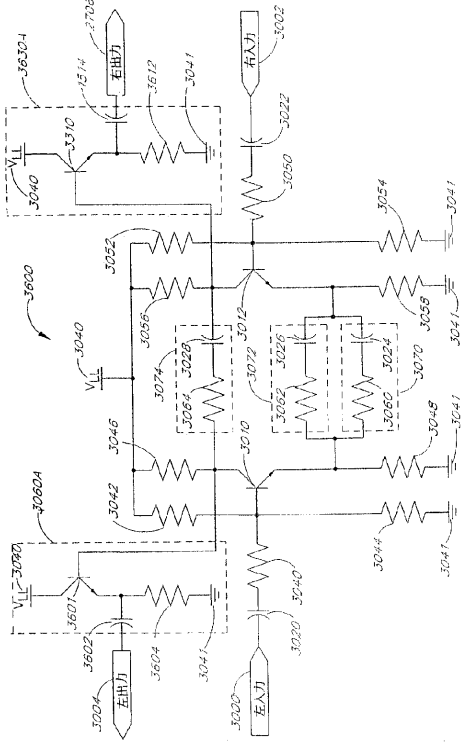
【図 34】



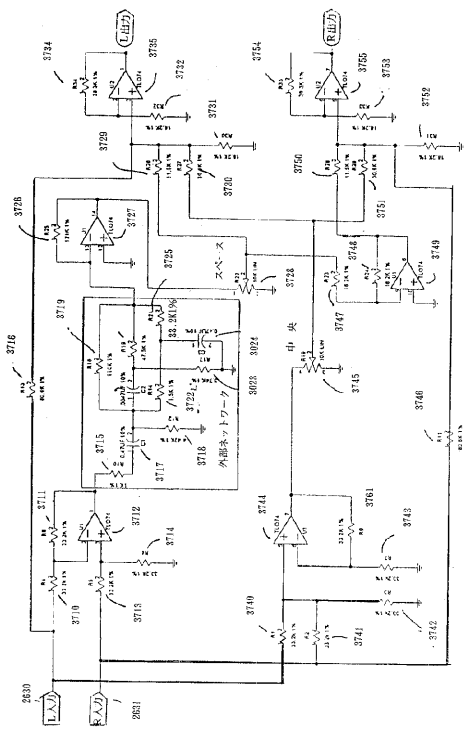
【図 35】



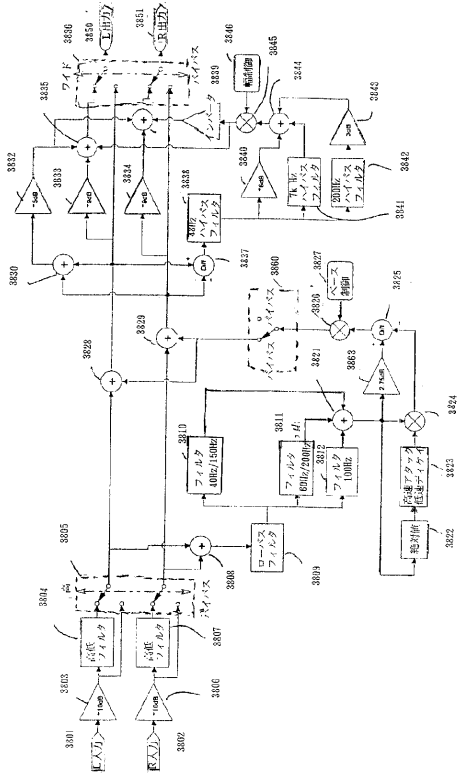
【図 36】



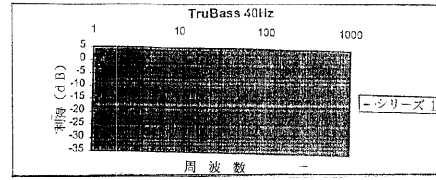
【図 37】



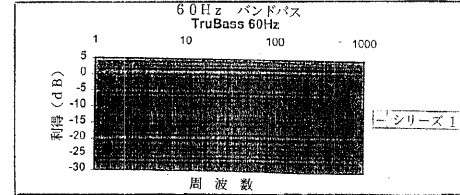
【図38】



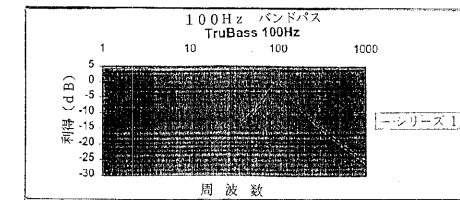
【図39】



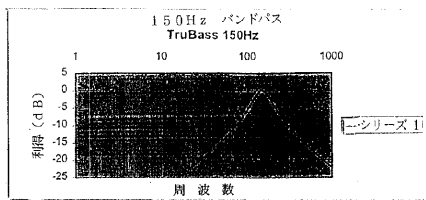
【図40】



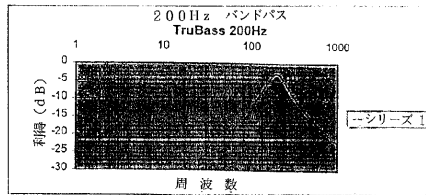
【図41】



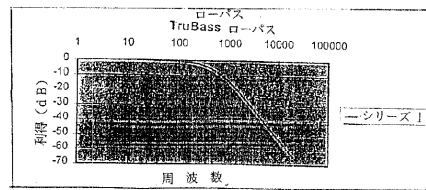
【図42】



【図43】



【図44】



フロントページの続き

- (72)発明者 ユエン、トーマス・シー・ケー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 6 6 0 ニューポート・ビーチ、ジュネーブ・ドライブ
1 6
- (72)発明者 クレーマー、アラン・ディー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 6 8 0 タスティン、シャデル・ドライブ 1 7 6 6 1
- (72)発明者 オリバー、リチャード
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 6 7 7 ラグナ・ビーチ、オーシャン・ビスタ・ドライ
ブ 2 1 6 2 9

審査官 井出 和水

- (56)参考文献 特表平 1 1 - 5 1 0 3 4 0 (J P , A)
特開平 0 5 - 1 4 5 9 9 3 (J P , A)
実開昭 6 2 - 0 1 0 5 9 9 (J P , U)
特開平 0 1 - 2 2 8 2 0 6 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 5 2 5 0 0 (J P , A)
特表平 0 8 - 5 0 9 1 0 4 (J P , A)
国際公開第 9 9 / 0 2 6 4 5 4 (W O , A 1)
国際公開第 9 8 / 0 2 1 9 1 5 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H04S 1/00 - H04S 7/00
H04R 3/00 - H04R 5/04