

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4558625号  
(P4558625)

(45) 発行日 平成22年10月6日(2010.10.6)

(24) 登録日 平成22年7月30日(2010.7.30)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>H04R</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H04R</b>	<b>3/00</b>	<b>310</b>
<b>G10L</b>	<b>19/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G10L</b>	<b>19/00</b>	<b>220C</b>
<b>H04R</b>	<b>3/04</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H04R</b>	<b>3/04</b>	

請求項の数 6 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2005-300620 (P2005-300620)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成17年10月14日(2005.10.14)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2007-110536 (P2007-110536A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(43) 公開日	平成19年4月26日(2007.4.26)	(74) 代理人	100097113
審査請求日	平成20年2月20日(2008.2.20)		弁理士 堀 城之
		(74) 代理人	100124316
			弁理士 塩田 康弘
		(72) 発明者	神成 貴紀
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		審査官	鈴木 圭一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 騒音キャンセルヘッドフォン、及びその聴取方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

音楽信号を入力して周囲の騒音がキャンセルされた音声を聴取することができる騒音キャンセルヘッドフォンにおいて、

1ビット信号の偏差信号を入力し、騒音を抑えたい特定の周波数帯域に設定されたフィルタ特性でパスさせる1ビット信号処理のデジタルフィルタと、

前記デジタルフィルタの出力をアナログ信号に変換した信号を入力して音声として再生するスピーカと、

前記スピーカに近接して設けられ、前記スピーカで再生された音声と周囲からの騒音を集音して電気信号に変換して出力するマイクと、

前記マイクからの信号を1ビット信号に変換して帰還させるフィードバック回路と、

前記音楽信号の1ビット信号と前記フィードバック回路からの1ビット信号の差分をとり1ビット信号の前記偏差信号として出力する1ビット信号加算部と、

前記デジタルフィルタのフィルタ特性用として複数のフィルタ特性を記憶した記憶手段と、

外部からの選択信号により前記記憶手段に記憶された前記複数のフィルタ特性から任意の1つを選択して自己のフィルタ特性として設定する手段を備えたことを特徴とする騒音キャンセルヘッドフォン。

【請求項2】

前記デジタルフィルタの前記複数のフィルタ特性とは、低域カットオフ周波数が20H

z乃至30Hzであり、高域カットオフ周波数が800Hz乃至2kHzの通過周波数帯域を有する第1のバンドパスフィルタ特性と、前記第1のバンドパスフィルタ特性より狭い通過周波数帯域の第2のバンドパスフィルタ特性を含むことを特徴とする請求項1に記載の騒音キャンセルヘッドフォン。

【請求項3】

前記第2のバンドパスフィルタ特性は、通過周波数帯域が異なる複数のバンドパスフィルタ特性を含むことを特徴とする請求項2に記載の騒音キャンセルヘッドフォン。

【請求項4】

前記第2のバンドパスフィルタ特性の最大ゲインは、前記第1のバンドパスフィルタ特性の最大ゲインより大きく設定されていることを特徴とする請求項2又は請求項3のいずれかに記載の騒音キャンセルヘッドフォン。

10

【請求項5】

外部から聴取者が操作できるフィルタ特性選択手段を備え、前記フィルタ特性選択手段から出力される信号を前記選択信号として所望のフィルタ特性が選択されて、前記デジタルフィルタに設定されることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか一項に記載の騒音キャンセルヘッドフォン。

【請求項6】

前記デジタルフィルタの複数のフィルタ特性に対応する複数のフィルタ係数の組を記憶する記憶手段と、前記フィルタ特性選択手段から出力される選択信号により、前記記憶手段に記憶された前記複数のフィルタ係数から選択されて、フィルタ係数レジスタに設定する手段を備えたことを特徴とする請求項5に記載の騒音キャンセルヘッドフォン。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、騒音キャンセルヘッドフォンに係り、特に騒音キャンセルモードで聴取する際、騒音キャンセル用フィードバックループに使用されるバンドパスフィルタの通過周波数帯域特性を、周囲の騒音の周波数に合わせた特性にすることにより、効果的に騒音を低減する騒音キャンセルヘッドフォンの聴取方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

近年、周囲の騒音をキャンセルして音楽などを聴取することができる騒音キャンセルヘッドフォンが各社より製品化されている。これらの騒音キャンセルヘッドフォンは、周囲の騒音をマイクから入力して逆位相で打ち消し、低騒音化を実現している。騒音を逆位相で打ち消す方法として、大きく分けて、閉ループによるもの（例えば特許文献1）と、開ループによるもの（例えば特許文献2）がある。

【0003】

図13は、閉ループによる騒音キャンセルを実現する従来技術における制御構成の概略を示したものである。図13を参照して閉ループによる騒音キャンセルの制御について簡単に説明する。なお、以下の説明では音響を含めて音声として記載する。

40

【0004】

騒音キャンセル制御では、騒音をキャンセルする為に、吸音材などを利用した受動騒音制御だけでなく、電氣的に制御して騒音と逆相の信号を音源から発生することにより騒音を直接打ち消す能動騒音制御を行っている。これにより、受動騒音制御だけではキャンセルできない低域分を能動騒音制御によりキャンセルすることができる。以下の図13を参照して、従来の騒音低減制御のうち能動騒音制御について説明する。

【0005】

図13において、1は騒音キャンセルヘッドフォンの制御回路部である。2は騒音キャンセルヘッドフォンの音声再生部（以下ヘッドフォンという）を示す。また、3は音楽などの音声信号をアナログ音声信号として出力する音声信号再生装置であり、図13ではシ

50

リコンプレーヤ（音楽データを記憶する記憶媒体が半導体メモリである携帯型オーディオ装置）となっている。制御回路部 1 とヘッドフォン 2 は、一体に構成されたものや別体として構成されたものがある。また、ヘッドフォン 2 はヘッドフォン型の他にイヤホン型のものもある。

【 0 0 0 6 】

音声信号再生装置 3 から入力されたアナログ音声信号は、制御回路部 1 で音声信号処理されてヘッドフォン 2 に出力され音声 S として再生される。

【 0 0 0 7 】

制御回路部 1 は、補正回路 4、信号増幅器 5、アナログフィルタ 6、切替スイッチ 17、ヘッドフォンアンプ 7、マイクアンプ 8、騒音キャンセルスイッチ 9、電源スイッチ 10、電池 11 などで構成されている。ヘッドフォン 2 は、スピーカ 13、マイク 14、ヘッドフォンハウジング 12、バンド 16 などで構成されている。なお、15 は聴取者の耳を簡略化して描いたものである。

【 0 0 0 8 】

音声信号再生装置 3 の出力部は補正回路 4 の入力部に接続されている。また、補正回路 4 の出力部は信号増幅器 5 の正入力端子に接続されると共に切替スイッチ 17 の b 端子に接続される。また、信号増幅器 5 の出力部はアナログフィルタ 6 の入力部に接続される。アナログフィルタ 6 の出力部は切替スイッチ 17 の a 端子に接続される。また、切替スイッチ 17 は a 端子又は b 端子が c 端子に切替接続される切替スイッチとなっており、c 端子はヘッドフォンアンプ 7 の入力部に接続されている。また、ヘッドフォンアンプ 7 の出力部はスピーカ 13 に接続されている。スピーカ 13 とマイク 14 はヘッドフォンハウジング 12 内に近接して取り付けられている。ユーザがヘッドフォン 2 を装着した状態で、マイク 14 はスピーカ 13 からの音声 S とヘッドフォンハウジング 12 を介してマイク 14 に届いた周囲の騒音 N の両方を集音するようになっている。ここで、騒音はヘッドフォンハウジング 12 を介してヘッドフォンハウジング 12 内の耳空間に届くので、ヘッドフォンハウジング 12 の外側の騒音を N'、内側の騒音を N と表現している。

【 0 0 0 9 】

補正回路 4 は、音声信号再生装置 3 から入力された音声信号を補正して、スピーカ 13 から出力される音声 S の可聴周波数範囲での周波数特性がほぼフラットの特性となるように設けられた補正回路である。また、信号増幅器 5 は、補正回路 4 から正入力端子に入力された音声信号と、マイクアンプ 8 から負入力端子に入力されたフィードバック信号の差分を増幅する偏差増幅器となっている。また、アナログフィルタ 6 は騒音を低減したい周波数帯域でゲインを大きくしたバンドパスフィルタとなっている。また、ヘッドフォンアンプ 7 は入力された信号を電力増幅してスピーカ 13 に供給する。マイク 14 は、スピーカ 13 から出力された音声 S 及び騒音 N を集音して電気信号に変換し、マイクアンプ 8 に供給する。マイクアンプ 8 はマイク 14 からの信号を増幅し、信号増幅器 5 の負入力端子にフィードバック信号として帰還させる。

【 0 0 1 0 】

このように制御回路部 1、ヘッドフォン 2、音声信号再生装置 3 で構成された音声再生システムは、切替スイッチ 17 を a 端子側に切り替えたとき、信号増幅器 5、アナログフィルタ 6、ヘッドフォンアンプ 7、スピーカ 13、マイク 14、マイクアンプ 8 により負帰還のフィードバックループを構成する。このとき、音声再生モードは騒音キャンセル制御モードとなる。また、切替スイッチ 17 を b 端子側に切り替えたとき、アナログフィルタ 6 の出力が遮断されてフィードバックループが解除され、補正回路 4 の出力が切替スイッチ 17 の b、c 端子を介してヘッドフォンアンプ 7 の入力に接続される。このとき、音声再生モードは騒音キャンセル制御を行わない通常の音声再生モードとなる。

【 0 0 1 1 】

いま、騒音キャンセル制御モードにおけるフィードバックループを考える。図 13 の音声再生システムの制御回路構成を、伝達関数を使ったブロック線図で表現すると図 14 のようになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

補正回路 4 の出力部 x ( = 信号増幅器 5 の正入力端子であり、音楽信号 I が入力される ) からスピーカ 1 3 の出力部 ( = 音声 S が出力される ) までの前向きのループゲインを G 1、マイク 1 4 の入力部 y ( = 聴取者の耳空間部であり、音声 S と騒音 N の混合した音が入力される ) から信号増幅器 5 の負入力端子までの後ろ向きのループゲインを G 2 とする。また、聴取者の耳空間部 y に入力点 z から騒音 N が外乱として入力される。

【 0 0 1 3 】

図 1 4 において、1 0 1 は前向きループゲイン G 1、1 0 2 は後ろ向きループゲイン G 2、1 0 3 はフィードバック信号加算部、1 0 4 は騒音 N の加算点を示している。スピーカ 1 3 からの音声 S は、音楽信号 I による音と騒音 N による音が混合している。また、耳空間部 y では、スピーカ 1 3 からの音声 S と騒音 N が混合している。

10

【 0 0 1 4 】

補正回路 4 の出力部 x を入力点としてマイク 1 4 の入力部 y を出力点とする閉ループゲイン H 1 は制御理論から明らかなように次の式で表される ( \* は乗算を意味する。以下同様 )。

【 0 0 1 5 】

H1=G1/(1+G1\*G2) . . . . . ( 1 )

【 0 0 1 6 】

また、騒音 N の入力部 z を入力点としマイク 1 4 の入力部 y を出力点とする閉ループゲイン H 2 は次のようになる。

20

【 0 0 1 7 】

H2=1/(1+G1\*G2) . . . . . ( 2 )

【 0 0 1 8 】

音楽信号 I の入力と騒音 N の入力に対応する総合的な耳空間部 y の音は、音声 S と騒音 N の合成になり、次のようになる。

【 0 0 1 9 】

S+N=H1\*I+H2\*N
={G1/(1+G1\*G2)}\*I+{1/(1+G1\*G2)}\*N . . . . . ( 3 )

【 0 0 2 0 】

( 3 ) 式の第 1 項は音楽信号 I による音声、第 2 項は騒音 N による音声を示している。騒音をキャンセルするときは第 2 項を小さくすればよいことがわかる。

30

【 0 0 2 1 】

ゲイン G 1 とゲイン G 2 の積、すなわち閉ループゲイン G 1 \* G 2 が 1 に対して非常に大きくなったとき、補正回路 4 の出力部 x からマイク 1 4 の入力部 y までの閉ループゲイン H 1 は ( 1 ) 式から、

【 0 0 2 2 】

H 1 1 / G 2 . . . . . ( 4 )

【 0 0 2 3 】

となり、また、騒音 N の入力部 z からマイク 1 4 の入力部 y までの閉ループゲイン H 2 は ( 2 ) 式から、

40

【 0 0 2 4 】

H 2 1 / G 1 \* G 2 0 . . . . . ( 5 )

【 0 0 2 5 】

となる。したがって、( 3 ) と ( 5 ) 式から、図 1 4 の伝達関数のブロック線図において閉ループゲイン G 1 \* G 2 を大きくすると騒音が低減されることがわかる。

【 0 0 2 6 】

また、このとき、フィードバックループの安定性は閉ループゲイン G 1 \* G 2 により判定できることはよく知られたことであり、図 1 5 を使って簡単に説明すると次のようになる。

【 0 0 2 7 】

50

図15の(a)は開ループゲイン $G_1 * G_2$ のゲイン特性を表している。図示のように低域のカットオフ周波数が20 Hz ~ 30 Hz、高域のカットオフ周波数が800 Hz ~ 2 kHzのバンドパス特性となっている。また、図15の(b)は開ループゲイン $G_1 * G_2$ の位相特性を表している。サーボ制御理論より、フィードバックループが安定であるためには、ゲイン特性が0 dBになる周波数で位相余裕が約30°以上有り、位相特性が180°になる周波数でゲイン余裕が約10 dB以上有ることが必用である。位相余裕、又はゲイン余裕がこれより小さいときは発振現象を起こしハウリングし異常状態となる。

【0028】

上記のゲイン $G_1$ はアナログフィルタ6のゲインを調整することにより行われている。ゲイン $G_1$ は騒音低減のためには大きいほうがよいが、大きくするとフィードバックループの安定性が損なわれて異常状態になる。また、ゲイン $G_2$ の変動には、マイク14、マイクアンプ8のハード的な特性に起因する変動要因と、聴取者のヘッドフォン装着状態に起因する変動要因がある。従来は安定性を確保するため、アナログフィルタ6の可変ボリュームによりゲイン調整してゲイン $G_1$ を必要以上に小さく設定し、十分なゲイン余裕と位相余裕を得るようにしておき、聴取者のヘッドフォン装着状態によりゲイン $G_2$ が大きく変わっても発振現象を起こさないようにしていた。

【特許文献1】特開平6-343195号公報

【特許文献2】特開平11-196488号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0029】

上記従来技術では、聴取者のヘッドフォン装着状態によりゲイン $G_2$ が大きく変わっても発振現象を起こさないようにアナログフィルタ6の可変ボリュームによりゲイン調整してゲイン $G_1$ を必要以上に小さく設定し、十分なゲイン余裕と位相余裕を得るようにしていた。(4)式と(5)式を合わせて考えると、騒音低減の効果を大きく得るためにはゲイン $G_1$ をなるべく大きく設定する必用がある。従来は聴取者のヘッドフォン装着状態によるゲイン $G_2$ の変動に対応することができないのでゲイン $G_1$ を必要以上に小さく設定し、十分なゲイン余裕と位相余裕を得るようにしていたものである。

【0030】

本発明は安定性を確保できる範囲でゲイン $G_1$ をなるべく大きく、しかもゲイン $G_1$ 、 $G_2$ のばらつき、及びヘッドフォン装着状態におけるゲイン $G_2$ のばらつきの影響が少なくなるように精度良く調整された状態で自動設定することを目的にするが、アナログ的に実現された従来のアナログフィルタ6の可変ボリュームの調整方法ではこれを実現することが困難である。そこで本発明ではゲイン $G_1$ の調整機構をデジタル化して実現することを考える。

【0031】

ところで、上記背景技術の欄で従来技術は騒音をキャンセル為に、吸音材などを利用した受動騒音制御だけでなく、騒音と逆相の信号を音源から発生することにより、騒音を直接打ち消す能動騒音制御を行っていることを述べたが、これはスピーカなどの動作遅れにより能動騒音制御の応答が高く取れないため、能動騒音制御で約1 kHz以下の騒音を低減し、それ以上の騒音は受動騒音制御で低減するようにしていることによるものであった。例えばスピーカ13の動作遅れが一番大きく約100  $\mu$ secあり、その他の構成要素の遅れも入れて音声再生システムとしての応答周波数が約1 kHz以下となっているものである。

【0032】

ゲイン $G_1$ の調整機構をデジタル化してPCM音楽データをデジタル処理しようとした場合、マイク14からのアナログフィードバック信号をデジタル信号に変換するアナログ/デジタル変換器(以下ADCという)と、デジタル音声信号を処理してアナログ信号の音声信号に変換しスピーカ13に出力するためにデジタル/アナログ変換器(以下DACという)が少なくとも1個ずつ必要となる。そこでADCとDACの遅れ時間を検討する

10

20

30

40

50

と、A D C が約 3 4 0  $\mu$  sec、D A C が約 3 4 0  $\mu$  sec の遅れ時間を持っており、現状のスピーカなどの動作遅れ約 1 0 0  $\mu$  sec よりかなり大幅な遅れとなる。したがって、A D C や D A C を使ったのでは応答が約 1 0 0 H z 程度以下に落ちてしまいデジタル化により実現することができない。

このように、従来技術ではデジタル制御で応答周波数 1 k H z を実現することは困難であり、このことが従来技術でデジタルフィルタが採用されなかった理由でもある。

【 0 0 3 3 】

また、従来技術では、例えば騒音が低音、あるいは高音に偏っているような場合、アナログフィルタを使用しているため、アナログフィルタのバンドパス特性、すなわち通過周波数帯域を任意に変えて騒音キャンセル効果を高めることは困難であった。アナログフィルタの場合、複数のフィルタを用意して、これらを切り替えるなどしなければならず、したがって、例えば騒音が低音、あるいは高音に偏っているような場合、この音域に狙いを定めて効果的にキャンセルさせるようなことはできなかった。

【 0 0 3 4 】

本発明は上記問題点に鑑み、デジタル制御技術を使って応答周波数 1 k H z を実現し、G 1、G 2 のばらつきを自動的に調整することを目的とする。また、本発明は、騒音キャンセルモードで聴取する際、周囲の騒音の周波数に合わせた特性にすることにより、効果的に騒音を低減することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 3 5 】

本発明の請求項 1 に係る発明の要旨は、音楽信号を入力して周囲の騒音がキャンセルされた音声を聴取することができる騒音キャンセルヘッドフォンにおいて、1ビット信号の偏差信号を入力し、騒音を抑えたい特定の周波数帯域に設定されたフィルタ特性でパスさせる1ビット信号処理のデジタルフィルタと、前記デジタルフィルタの出力をアナログ信号に変換した信号を入力して音声として再生するスピーカと、前記スピーカに近接して設けられ、前記スピーカで再生された音声と周囲からの騒音を集音して電気信号に変換して出力するマイクと、前記マイクからの信号を1ビット信号に変換して帰還させるフィードバック回路と、前記音楽信号の1ビット信号と前記フィードバック回路からの1ビット信号の差分をとり1ビット信号の前記偏差信号として出力する1ビット信号加算部と、前記デジタルフィルタのフィルタ特性用として複数のフィルタ特性を記憶した記憶手段と、外部からの選択信号により前記記憶手段に記憶された前記複数のフィルタ特性から任意の1つを選択して自己のフィルタ特性として設定する手段を備えたことを特徴とする騒音キャンセルヘッドフォンに存する。

また、本発明の請求項 2 に係る発明の要旨は、前記デジタルフィルタの前記複数のフィルタ特性とは、低域カットオフ周波数が 2 0 H z 乃至 3 0 H z であり、高域カットオフ周波数が 8 0 0 H z 乃至 2 k H z の通過周波数帯域を有する第 1 のバンドパスフィルタ特性と、前記第 1 のバンドパスフィルタ特性より狭い通過周波数帯域の第 2 のバンドパスフィルタ特性を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の騒音キャンセルヘッドフォンに存する。

また、本発明の請求項 3 に係る発明の要旨は、前記第 2 のバンドパスフィルタ特性は、通過周波数帯域が異なる複数のバンドパスフィルタ特性を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の騒音キャンセルヘッドフォンに存する。

また、本発明の請求項 4 に係る発明の要旨は、前記第 2 のバンドパスフィルタ特性の最大ゲインは、前記第 1 のバンドパスフィルタ特性の最大ゲインより大きく設定されていることを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 のいずれかに記載の騒音キャンセルヘッドフォンに存する。

また、本発明の請求項 5 に係る発明の要旨は、外部から聴取者が操作できるフィルタ特性選択手段を備え、前記フィルタ特性選択手段から出力される信号を前記選択信号として所望のフィルタ特性が選択されて、前記デジタルフィルタに設定されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の騒音キャンセルヘッドフォンに存する。

また、本発明の請求項 6 に係る発明の要旨は、前記デジタルフィルタの複数のフィルタ特性に対応する複数のフィルタ係数の組を記憶する記憶手段と、前記フィルタ特性選択手段から出力される選択信号により、前記記憶手段に記憶された前記複数のフィルタ係数から選択されて、フィルタ係数レジスタに設定する手段を備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の騒音キャンセルヘッドフォンに存する。

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、デジタル制御技術を使って応答周波数 1 kHz を実現し、ゲイン  $G_1$ 、 $G_2$  のばらつきを自動的に調整することができる。

また、本発明によれば、騒音キャンセルモードで聴取する際、複数のフィルタ特性の中から周囲の騒音にあったフィルタ特性を選択してバンドパスフィルタに設定できるので、周囲の騒音の影響をより効果的に抑制できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

次に、本発明を実施するための最良の形態を、図面を参照して具体的に説明する。

【0038】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は本発明による騒音キャンセルヘッドフォンの制御構成の第 1 の実施の形態を示している。

【0039】

まず、騒音キャンセルヘッドフォンの制御構成を説明する。

【0040】

図 1 において、31 は騒音キャンセルヘッドフォンの制御回路部である。なお、ステレオ音声の場合、制御回路部 31 と同じ構成をした左右の制御回路部があるが、左右における一方のみを示し、他方は図示を省略している。64、65 はイヤホン型の音声再生部である。64、65 はイヤホン型に限定されず、ヘッドホン型であってもよい。以下 64、65 をヘッドホンという。また、ヘッドホン 64 と制御回路部 31 は、一体に構成、或いは別体として構成することができる。

【0041】

32、33 はシリコンプレーヤであるが、シリコンプレーヤ 32 は PCM のデジタル音楽信号が出力される。また、シリコンプレーヤ 33 はアナログの音楽信号が出力される。

【0042】

34 はシリコンプレーヤ 32 から PCM のデジタル音楽信号を取り込んで 1 ビット信号に変換する PCM / 1bit 変換器である。また、35 はシリコンプレーヤ 33 からアナログ音楽信号を取り込んで 1 ビット信号に変換するアナログ / 1bit 変換器である。

【0043】

36 はセレクトタであり、入力された信号のいずれかを選択して出力する。セレクト信号は図示を省略しているが、シリコンプレーヤ 32、33 の接続状態によってセレクト信号を発生して切り替えるようにすればよい。

【0044】

37 乃至 39 はセレクトタであり、入力された信号のいずれかを選択して出力する。セレクト信号は切替信号生成回路から出力される。

【0045】

40 は補正回路であり、セレクトタ 36 で選択された PCM / 1bit 変換器 34 からの 1 ビット信号、或いはアナログ / 1bit 変換器 35 からの 1 ビット信号を補正して、スピーカ 13 から出力される音声の可聴周波数範囲での周波数特性が所望の特性となるように設けられた補正回路である。以下で説明する騒音キャンセル用のフィードバック制御回路の存在により周波数特性が可聴範囲でフラットな特性でなくなるため、これを補正回路 40 により補正して可聴範囲でフラットな特性とする。補正回路 40 はイコライザ機能を兼ねることも可能で、そのときは補正回路 40 により聴取者の所望の特性になるように調整

10

20

30

40

50

することができる。

【 0 0 4 6 】

4 1 はデジタルフィルタであり、図 1 3 に示したアナログフィルタ 6 に代わるものであり、騒音を低減するために設けられている。デジタルフィルタ 4 1 は、フィルタ係数を変えることにより、フィルタの特性が変えられるようになっている。デジタルフィルタ 4 1 には、デジタルフィルタ 4 1 のゲインを決めるデフォルト値  $A_0$  が記憶されており、電源が投入されると、まずこのデフォルト値  $A_0$  によりフィルタ係数が決められフィルタ係数レジスタが設定されるようになっている。また、フィルタ係数レジスタに設定された値は、外部から入力されるゲイン調整値により更新されるようになっている。なお、デフォルト値  $A_0$  は、デジタルフィルタ 4 1 内に設けた ROM に記憶してもよいし、ハード的に設定する（例えば電源電圧と接地電位を使って 1、0 の信号を設定する）ようにしてもよい。

10

【 0 0 4 7 】

4 2 はスイッチングアンプであり、1 ビットパルスの波高値を揃え、またスピーカ 4 6 で音声を出力するための電力増幅を行うために設けられている。

【 0 0 4 8 】

また、4 3 はローパスフィルタであり、スイッチングアンプ 4 2 で波高値が揃えられた 1 ビットパルスのパルス列の高周波分を濾波するために設けられている。ローパスフィルタ 4 3 を通過した 1 ビット信号はパルス列の粗密に応じたアナログ信号となる。そして、ローパスフィルタ 4 3 のアナログ音楽信号がスピーカ 4 4 ( 4 5 ) に供給されることにより音声再生される。スイッチングアンプ 4 2 とローパスフィルタ 4 3 は、1 ビット信号をアナログ信号に変換する 1 ビット信号 D / A 変換部を構成する。

20

【 0 0 4 9 】

4 6 ( 4 7 ) はマイクであり、スピーカ 4 4 ( 4 5 ) からの音声信号と周囲の騒音を集音して電気信号に変換する。4 8 乃至 5 1 は信号線である。また、6 6、6 7 は聴取者の耳を表している。( ) 書きした上記スピーカ ( 4 5 )、マイク ( 4 7 ) は、ステレオ音声の場合の左右一方のスピーカ 4 4、マイク 4 6 に対し、他方のものを示している。一方と他方は、基本的な制御動作は同じなので、他方の説明は省略する。

【 0 0 5 0 】

5 2 はマイクアンプであり、マイク 4 6 からの電気信号を増幅して出力する。5 3 はマイクアンプ 5 2 からのアナログ信号を 1 ビット信号のデジタル信号に変換する 1 ビット信号 A D 変換器である。

30

【 0 0 5 1 】

5 4 は補正回路 4 0 の 1 ビット信号と 1 ビット信号 A D 変換器 5 3 からフィードバックされてきた 1 ビット信号をデジタル的に引き算して、その差分として 1 ビット信号の偏差信号を出力するデジタル加算器である。

【 0 0 5 2 】

5 5 はデジタルフィルタ 4 1 の出力から音楽信号のレベルをデジタル的に検出するレベル検出器である。このレベル検出器 5 5 は、アップダウンカウンタを使って信号レベルを検出する。レベル検出器 5 5 の動作は後述する。

40

【 0 0 5 3 】

5 6 はレベル決め回路 ( 出荷時 ) であり、出荷時の信号レベル調整作業において、レベル検出器 5 5 の出力信号 ( ばらつき調整用のレベル検出値 ) を入力し、EEPROM 5 8 にデジタルフィルタ 4 1 のゲイン調整値を出力する。なお、後で詳述するが、騒音キャンセル機能を動作させるときに形成される閉ループ回路は、このばらつき調整用のレベル検出を行う際にはセレクト 3 8 で信号が遮断されるので開ループとなる ( この開ループをばらつき調整用開ループと呼ぶことにする )。レベル決め回路 ( 出荷時 ) 5 6 には、出荷時調整の際に形成されるこのばらつき調整用開ループの開ループゲイン調整目標値  $A_0$  ( 具体的には例えば 1 5 d B ) が記憶されている。

【 0 0 5 4 】

50



EEPROM 58 は書き替え可能な不揮発性メモリである。EEPROM 58 には出荷時のばらつき調整作業において、レベル決め回路（出荷時）56 から送られてきたデジタルフィルタ 41 のゲイン調整値が記憶される。

【0055】

また、57 はレベル決め回路（装着時）であり、聴取者がヘッドフォンを装着し騒音キャンセル制御モードで動作させたときのレベル検出器 55 の出力信号（ばらつき調整用のレベル検出値）を入力し、このレベル検出値を基にデジタルフィルタ 41 のゲイン調整値を求めてセクタ 37 に出力する。これも後で詳述するが、出荷時調整と同様、ばらつき調整用開ループが形成される。レベル決め回路（出荷時）57 には、装着時調整の際に形成されるばらつき調整用開ループの開ループゲイン調整目標値  $A_1$ （具体的には例えば 20 dB）が記憶されている。

10

59 はばらつき調整用の信号を生成するばらつき調整用信号生成回路で、本実施の形態では 200 Hz の正弦波信号を生成する 200 Hz 生成回路となっている。

【0056】

60 は電池 63 からの制御電源を入り切りする電源スイッチである。また、61 は出荷時ばらつき調整用の出荷時調整スイッチである、また、62 は騒音キャンセルモードに切り替える騒音キャンセルスイッチである。68 は切替信号生成回路であり、電源スイッチ 60、出荷時調整スイッチ 61、騒音キャンセルスイッチ 62 からの ON、OFF 信号を入力して、セクタ 37、38 を切り替えるための信号、及びデジタルフィルタへの書き込み信号を生成する。

20

【0057】

出荷時調整スイッチ 61 が ON すると、出荷時調整スイッチ 61 が ON している間、セクタ 37 は切替信号生成回路 68 から EEPROM 58 の出力データを通させ、また、騒音キャンセルスイッチ 62 が ON すると、セクタ 37 は騒音キャンセルスイッチ 62 が ON したときから所定時間だけレベル決め回路（装着）57 の出力データを通させる。

【0058】

切替信号生成回路 68 は出荷時調整スイッチ 61 が ON すると、出荷時調整スイッチ 61 が ON している間、セクタ 38 を 200 Hz 生成回路 59 側に切り替える信号を出力する。

30

【0059】

また、切替信号生成回路 68 は騒音キャンセルスイッチ 62 が ON すると、騒音キャンセルスイッチ 62 が ON したときから所定時間だけセクタ 38 を 200 Hz 生成回路 59 側に切り替える信号を出力する。セクタ 38 は 200 Hz 生成回路 59 側に切り替えられると、200 Hz 正弦波信号を通させる。

【0060】

また、セクタ 39 は騒音キャンセルスイッチ 62 が ON すると、騒音キャンセルスイッチ 62 が ON している間、セクタ 38 からの信号を選択して通させる。

【0061】

デジタルフィルタ 41 は、切替信号生成回路 68 からの書き込み信号によりフィルタ係数を決めるレジスタの値を更新する。

40

【0062】

これにより製品出荷時のゲイン調整値、あるいは騒音キャンセル制御モードで聴取するごとにデジタルフィルタ 41 のゲインが自動的に更新され、デジタルフィルタ 41 のゲインは常に最適な値となる。

【0063】

次に、1 ビット信号処理の遅れ時間について説明する。

【0064】

フィードバックループの構成要素のうちデジタル的に動作するもので動作時間遅れの最も大きいものは、1 ビット信号 AD 変換器 53 である。そこで、1 ビット信号生成として

50

変調器による1ビット信号(例えば特開2003-318665号公報、特開2005-151589号公報などを参照)を考えると、1ビット信号AD変換器53は、代表的な例において、7クロックで変換が完了する。このとき変調器のクロック周波数として2.8MHzを採用すると変換が完了するまでの経過時間は、

【0065】

$$T_d = 7 * 1 / 2.8 \text{ MHz} \\ 2.5 \mu \text{ sec}$$

【0066】

となる。デジタルフィルタ41、セレクタ38、39、スイッチングアンプ42は1ビット信号A/D変換器53の遅れに対し無視できる。

10

【0067】

制御ループ内にあるアナログ回路も含めて遅れ時間の最も大きなものを考えると、先にも述べたがスピーカの遅れ100μsecが最も大きい。このスピーカの遅れ100μsecに対して、2.8MHzクロックの変調器による1ビット信号AD変換器53の遅れ2.5μsecは無視できる程度に小さい。スイッチングアンプ42とローパスフィルタ43で構成される1ビット信号D/A変換部の遅れ時間は1ビット信号AD変換器53の遅れより小さくできる。したがって、2.8MHzクロックの変調器による1ビット信号AD変換器53を使用すれば、従来のアナログフィルタ6を使った応答1kHzとほぼ同じ程度の応答1kHzを実現することができる。

【0068】

次に、レベル検出器55の動作について説明する。

20

【0069】

図2はレベル検出回路55の構成例を示している。図2において、71は1ビット信号をカウントするアップダウンカウンタである。CK端子にクロック信号clockが入力され、このクロック信号clockが入力されるごとにU/Dの入力端子に接続された1ビット信号をカウントし、出力端子Qに出力する。72は最大値検出回路であり、アップダウンカウンタ71の出力Qの最大値を検出する。73は最大値出力部であり、最大値検出回路72の値を次の最大値検出タイミングまでホールドして、レベル決め回路(出荷時)56、及びレベル決め回路(装着時)57にばらつき調整用のレベル検出値として出力する。

【0070】

図3はレベル検出回路55の動作を説明する図である。図3の(a)はアップダウンカウンタ71に入力される1ビット信号のパルス列を示している。図3の(b)はアップダウンカウンタ71に入力されるリセット信号resetを示している。このリセット信号resetは、クロック信号clockを基に1024クロックごとにリセット信号発生器74からアップダウンカウンタ71のRES端子に出力される。図3の(c)は、アップダウンカウンタ71のサンプリング期間ごとの最終カウント値を示している。図3の(d)における実線(信号a)はアップダウンカウンタ71のカウント値を仮想的にアナログ的に表現したものである。また、図3の(d)における点線(信号b)は1ビット信号が表す値を仮想的にアナログ値で表現したものである。

30

【0071】

1ビット信号は信号レベル"1"と信号レベル"0"で表現されたものとなっているが、1ビット信号(例えば、変調器による1ビット信号)の特性として、信号のレベルが大きいときにはそのレベルに対応して信号レベル"1"の数が多く、信号のレベルが小さいときにはそのレベルに対応して信号レベル"0"の数が多くなっている。したがって、1ビット信号をアップダウンカウンタ71でカウントすることにより、信号Bに比例した信号Aが得られ、この信号の最大値を検出することにより1ビット信号の信号レベルを検出できる。図3の例では、仮想的に信号Bとして示した-6dBのアナログ信号に対し、(c)に示されたアップダウンカウンタ71のカウント値の最終値560が最大値として最大値検出回路72で検出される。予めアップダウンカウンタ71のカウント値と1ビット信号が表す信号レベル(dB)を対応付けておけば、最大値検出回路72の出力をレ

40

50

ベル検出値とすることができ、ばらつき調整用のレベル検出値とすることができる。

【0072】

ばらつき調整用のレベルを検出するときには、セレクタ38で200Hz生成回路からの200Hz正弦波信号を選択し、デジタルフィルタ41の出力をレベル検出回路55で検出する。200Hz正弦波信号は騒音キャンセルしようとしている騒音の周波数帯域20Hz～30Hz乃至1kHz～2kHzの中で代表的な周波数を選定すればよい。後述するように50Hz～500Hzの範囲の任意の値に選ぶことができるが、100Hz～300Hzの範囲の値に選ぶと調整が容易になる。本実施の形態では200Hzとしている。

【0073】

次に、ばらつき調整作業時のデジタルフィルタ41のゲイン調整について説明する。デジタルフィルタ41のゲイン調整は出荷時におけるばらつき調整と、聴取者がヘッドフォンを装着し騒音キャンセル機能を動作させたときのばらつき調整がある。出荷時におけるばらつき調整はヘッドフォン固有の制御ループゲインのばらつきを調整することを目的とし、聴取者がヘッドフォンを装着した状態で行うばらつき調整は、聴取者のヘッドフォン装着状態に起因する制御ループゲインのばらつきを調整することを目的とする。

【0074】

まず、出荷時のばらつき調整について説明する。

【0075】

出荷時の調整を行うときはヘッドフォンをHATSと呼ばれるダミー人形に装着する。そしてセレクタ38で200Hz生成回路59からの200Hz正弦波信号を選択する。この200Hz正弦波信号はスイッチングアンプ42、ローパスフィルタ43を介してスピーカ44に入力され音声Sとして再生される。この音声Sはマイク46で集音されるが、同時に騒音Nも集音される。マイク46で集音された音声Sと騒音Nはアナログの電気信号に変えられてマイクアンプ52に出力される。マイクアンプ52で増幅された信号は1ビットA/D変換器53で1ビット信号に変換され、加算器54に出力される。加算器54では補正回路40からの1ビット信号と1ビットA/D変換器53からの1ビット信号の差分を取りデジタルフィルタ41に出力される。なお、出荷時の調整を行うときは補正回路40からの1ビット信号の値は、音楽信号による影響を排除するため無信号の状態とされる。これにより、1ビットA/D変換器53からの1ビット信号を極性反転した値の信号がそのままデジタルフィルタ41に出力される。

【0076】

デジタルフィルタ41は200Hzを中心とするバンドパスフィルタ特性とされている。したがって入力された信号の低域成分と高域成分は遮断されて出力される。このデジタルフィルタ41のバンドパスフィルタ特性により、200Hz正弦波信号は通過され、その低域側と高域側の騒音信号は減衰し遮断される。このようにデジタルフィルタ41は200Hz正弦波信号を通過させ、それ以外の帯域の騒音信号を減衰させものとなるので、200Hz正弦波信号の信号レベルをレベル検出回路55で検出する際に、騒音Nの影響を小さくできる効果を奏する。

【0077】

なお、騒音キャンセル機能を動作させるときに形成される閉ループ回路は、このレベル検出を行う際にはセレクタ38で信号が遮断されるので開ループとなる。この開ループをばらつき調整用開ループと呼ぶことにする。

【0078】

レベル検出回路55で検出されたばらつき調整用のレベル検出値 $B_0$ がレベル決め回路(出荷)56に入力される。レベル決め回路(出荷時)56は入力されたばらつき調整用検出レベル $B_0$ の値が所定の範囲に入っていない場合には不良品と判断する。

【0079】

図4に出荷時のばらつき調整におけるレベル調整値のレベル決めの動作フローを示す。

【0080】

10

20

30

40

50

まず、ステップS 1として、例えば出荷時のばらつき調整用開ループの開ループゲイン調整目標値を $A_0$ 。(具体的には例えば15 dB)として、予めレベル決め回路(出荷時)56内に記憶しておく。また、ばらつき調整用開ループの開ループゲインがこの開ループゲイン調整目標値 $A_0$ になるためのデジタルフィルタ41のゲインは、設計値として予め求めることができるから、この設計値をデフォルト値 $0$ としてデジタルフィルタ41内に記憶しておく。

【0081】

なお、出荷後の使用状態が不明なので、出荷時のばらつき調整用開ループゲインの開ループゲイン調整目標値 $A_0$ はハウリング防止の観点から安定限界のゲインより多少低めに設定するのがよい。また、上記開ループゲイン調整目標値 $A_0$ を15 dBとしたのは一例であって、この目標値は制御回路の構成によってかわり、より詳しくはゲイン余裕が安定限界内に有るように設定される。

10

【0082】

ステップS 2において、出荷時調整スイッチ61がONされる。すると、ステップS 3において、出荷時調整スイッチ61からの信号を受けたセクタ38は200 Hz信号生成回路からの信号を選択する。

【0083】

200 Hz信号生成回路から発した200 Hz正弦波信号は、ばらつき調整用開ループを一巡し、ステップS 4においてその信号レベルがレベル検出回路55で検出される。この検出された信号レベルをばらつき調整用のレベル検出値 $B_0$ とする(例えば10 dBが検出されたとする)。なお、200 Hz正弦波信号の一巡した値をレベル検出回路55でレベルを検出することは、ばらつき調整用開ループのゲインを測定していることでもある。

20

【0084】

レベル検出回路55で検出されたレベル検出値 $B_0$ はレベル決め回路(出荷時)56に入力され、ステップS 5において、その大きさ $B_0$ が許容範囲(例えば10 dB~20 dBの範囲)にあるか否かが判定される。この判定はレベル決め回路(出荷時)56で行われる。10 dB~20 dBの許容範囲にあると判定された場合には開ループゲイン調整目標値 $A_0$ (15 dB)との比率 $A_0/B_0$ が求められ、レベル決め回路(出荷時)56はこの比率 $A_0/B_0$ をゲイン調整値としてEEPROM58に出力する。

30

【0085】

ステップS 7において、レベル決め回路(出荷時)56から出力されたゲイン調整値 $A_0/B_0$ は、EEPROM58に記憶される。例えば $A_0 = 15$  dBに対し $B_0 = 10$  dBであれば $A_0/B_0 = 1.5$ として記憶される。このEEPROM58に記憶された値は電源がOFFされてもその内容が保持され、出荷後に聴取者が電源ONしたときにデジタルフィルタ41のゲイン調整値としてデジタルフィルタ41のレジスタに設定されるものである。

【0086】

また、ステップS 5において、レベル検出回路55で検出されたレベル $B_0$ が10 dB~20 dBの範囲にないと判定された場合には、調整不可の不良品とする。不良品と判断されたとき、不良品であることをブザーを鳴らして知らせる。あるいは不良品と判断したことを外部に出力し、自動的に不良品として仕分けされるようにしておいてもよい。このようにして出荷時のレベル調整が行われたものは、ばらつき調整用開ループの開ループゲインが開ループゲイン調整目標値の $A_0$ に揃えられたことになる。

40

【0087】

次に、聴取者がヘッドフォンを装着したときのばらつき調整について説明する。

【0088】

実際に聴取者がヘッドフォンを装着した状態では、スピーカ44、マイク46、聴取者の耳66との関係が個人により異なるので、ばらつき調整用開ループの開ループゲインの大きさが異なってくる。したがって、聴取者がヘッドフォンを装着したときのばらつき調

50

整用開ループの開ループゲインは開ループゲイン調整目標値  $A_0$  を中心にばらつくことになる。

【0089】

聴取者がヘッドフォンを装着したときのレベル調整に対する基本的な考えは出荷時のレベル調整と同じであるが、具体的な調整の仕方が異なっている。

【0090】

例えばヘッドフォン装着時のばらつき調整用開ループの開ループゲイン調整目標値として  $A_1$  (具体的には例えば 20 dB) を予めレベル決め回路 (装着時) 57 内に記憶しておく。そして、電源スイッチ 60 が ON になるとデジタルフィルタ 41 のフィルタ係数の値はデフォルト値  $B_0$  で決められる値になる。電源スイッチ 60 が ON の信号を受けて、切替信号生成回路 68 は、所定時間後に EEPROM 58 を選択する信号をセレクタ 37 に送る。これにより EEPROM 58 に記憶されていた出荷時のゲイン調整値  $A_0 / B_0$  がデジタルフィルタ 41 に出力され、デジタルフィルタ 41 のゲインは  $A_0 / B_0$  によって更新される。この状態からヘッドフォン装着時のばらつき調整が行われる。

【0091】

聴取者がヘッドフォンを装着したときのばらつき調整の開始は、騒音キャンセルスイッチ 62 が ON となったときである。騒音キャンセルスイッチ 62 が ON になると、切替信号生成回路 68 は所定時間の間、セレクタ 38 が 200 Hz 生成回路 59 を選択する信号を出力する。

【0092】

したがって、出荷時調整と同様にセレクタ 38 で 200 Hz 生成回路 59 からの 200 Hz 正弦波信号が選択されるが、セレクタ 38 で 200 Hz 生成回路 59 からの 200 Hz 正弦波信号が選択されるタイミングは、出荷時調整と異なり、騒音キャンセルスイッチが ON になってから所定時間の間に限られる。そして、所定時間の間はばらつき調整用開ループが形成されてデジタルフィルタのゲイン調整が行われ、この所定時間が経過した後は騒音キャンセルモードで聴取できるように騒音キャンセル制御のフィードバック回路が形成される。

【0093】

ばらつき調整用開ループが形成されている間は、200 Hz 生成回路 59 からの 200 Hz 正弦波信号はスイッチングアンプ 42、ローパスフィルタ 43 を介してスピーカ 44 に入力され音声 S として再生される。この音声 S はマイク 46 で集音されるが、同時に騒音 N も集音される。マイク 46 で音声 S と騒音 N はアナログの電気信号に変えられてマイクアンプ 52 に出力される。マイクアンプ 52 で増幅された信号は 1 ビット A/D 変換器 53 で 1 ビット信号に変換され、加算器 54 に出力される。加算器 54 では補正回路 40 からの 1 ビット信号と 1 ビット A/D 変換器 53 からの 1 ビット信号の差分を取りデジタルフィルタ 41 に出力される。なお、出荷時の調整と同様に、補正回路 40 からの 1 ビット信号の値は、音楽信号による影響を排除するため無信号の状態とされる。これにより、1 ビット A/D 変換器 53 からの 1 ビット信号を極性反転した値の信号がそのままデジタルフィルタ 41 に出力される。

【0094】

デジタルフィルタ 41 はその特性にしたがって前記 1 ビット信号の差分信号を濾波して出力する。デジタルフィルタ 41 の出力信号はレベル検出回路 55 によりレベル検出値  $B_1$  として検出される。レベル検出回路 55 により検出されたレベル検出値  $B_1$  はレベル決め回路 (装着時) 57 に入力される。

【0095】

レベル決め回路 (装着時) 57 には装着時調整の際に形成されるばらつき調整用開ループの開ループゲイン調整目標値  $A_1$  が記憶されているので、レベル決め (装着時) 57 は、開ループゲイン調整目標値  $A_1$  とレベル検出回路 55 により検出されたレベル検出値  $B_1$  との比率  $A_1 / B_1$  を求めて、セレクタ 37 にゲイン調整値として出力する。したがって、デジタルフィルタ 41 のフィルタ係数の値はゲイン調整値  $A_1 / B_1$  により更新され

10

20

30

40

50

る。結局、騒音キャンセルモードでのデジタルフィルタ41の最終的なゲインは、 $G_0 * (A_0 / B_0) * (A_1 / B_1)$ となる。

【0096】

以下、図5のフローチャートを参照して、聴取者がヘッドフォンを装着したときのばらつき調整の動作を説明する。

【0097】

まず、ステップS11として、レベル決め回路(装着時)57に、予めばらつき調整用開ループの開ループゲイン調整目標値 $A_1$ を記憶させる。例えば具体的には例えば20dBを記憶させておく。なお、上記開ループゲイン調整目標値 $A_1$ を20dBとしたのは一例であって、ゲイン余裕が安定限界内に有る範囲で任意に選ぶことができる。

10

【0098】

次に、ステップS12において、電源スイッチ60をONさせる。電源スイッチ60がONすると、ステップS13に進み、デジタルフィルタ41には、ゲイン設定値としてデフォルト値 $G_0$ が設定される。また、電源スイッチ60のON信号を受けて、切替信号生成回路68は、所定時間後にEEPROM58を選択する信号をセクタ37に送る。これによりEEPROM58に記憶されていた出荷時のレベル調整値 $A_0 / B_0$ がデジタルフィルタ41に出力され、デジタルフィルタ41のゲインは $A_0 / B_0$ によって更新される。このときデジタルフィルタ41のゲインは $G_0$ の $A_0 / B_0$ 倍に更新される。

【0099】

ステップS14においてヘッドフォンが聴取者に装着される。騒音キャンセルモードのレベル調整は、聴取者の装着状態によるばらつきを補正するものであるから、必ずヘッドフォンが装着された状態でレベル調整を行うようにする。

20

【0100】

ステップS15において、騒音キャンセルスイッチ62がONされると、ステップS16において、騒音キャンセルスイッチ62からの信号を受けたセクタ38は200Hz信号生成回路からの信号を選択する。

【0101】

ステップS17において、ばらつき調整用開ループを一巡した200Hz正弦波信号のレベル検出値 $B_1$ としてレベル検出回路55で検出される。レベル検出回路55で検出されたレベル検出値 $B_1$ はレベル決め回路(装着時)57に入力される。

30

【0102】

ステップS18において、予め記憶して置いた開ループゲイン調整目標値 $A_1$ (20dB)との比率 $A_1 / B_1$ を求め、この比率 $A_1 / B_1$ をゲイン調整値としてレベル決め回路(装着時)57からセクタ37に出力する。

【0103】

騒音キャンセルスイッチ62がONされると、ステップS19において、切替信号生成回路68はセクタ37に対して所定時間だけレベル決め回路(装着時)57を選択する信号を出力している。この間に、レベル決め回路(装着時)57から出力されたゲイン調整値 $A_1 / B_1$ はセクタ37を介してデジタルフィルタ41に入力される。デジタルフィルタ41は入力されたゲイン調整値 $A_1 / B_1$ を基にデジタルフィルタ41のゲインを更新する。このときデジタルフィルタ41のゲインは $G_0 * A_0 / B_0 * A_1 / B_1$ となる。その結果、ばらつき調整用開ループの開ループゲインは開ループゲイン調整目標値の $A_1$ になる。

40

【0104】

ステップS20において、騒音キャンセル制御ループが形成され、聴取者は騒音キャンセルモードとして騒音が抑制された音声を聞くことができる。

【0105】

騒音キャンセル制御ループが形成されるタイミングは、スイッチ62がONされてから上記処理が済んで開ループゲイン調整目標値 $A_1$ が設定された後の所定時間にすることができるが、開ループゲイン調整目標値 $A_1$ されるまでの処理は短時間に終了する。

50

## 【 0 1 0 6 】

ここで、聴取者はこの調整中に200 Hzの音声を聞くことになる。この200 Hzの音声は騒音キャンセルモードになってばらつき調整が行われている間に聞くことができる。したがって、この200 Hzの音声を騒音キャンセルモードになったことと、ばらつき調整が開始されたことを聴取者に知らせるためのピーブ音として利用することができる。このピーブ音を聴取者に効果的に認識させるためにはある程度長い時間、例えば200 ms程度の間にするとよい。この時間は聴取者がピーブ音を効果的に認識する時間として200 msに限らず任意の値に設定することができる。

## 【 0 1 0 7 】

(第2の実施の形態)

次に、上記ばらつき調整におけるレベル検出を効果的に行うことのできるデジタルフィルタ14の特性設定について説明する。

## 【 0 1 0 8 】

ばらつき調整を行うとき、デジタルフィルタ14の特性は、聴取時のデジタルフィルタ14の特性とすることもできるが、マイク46は騒音Nも集音するので、レベル検出回路55で検出された値に騒音の影響が出てしまう。

## 【 0 1 0 9 】

そこで、本実施の形態では、特定の周波数、例えば200 Hz正弦波信号を使ってばらつき調整のレベル検出をおこなうとき、騒音の影響を少なくするように、デジタルフィルタ14の特性をモディファイする。

## 【 0 1 1 0 】

図6は、デジタルフィルタ14の特性をモディファイして、騒音キャンセルモードのフィードバックループの開ループゲイン特性と、ばらつき調整を行うときの開ループ特性とを変化させたときの開ループゲイン特性を示している。

## 【 0 1 1 1 】

図6において201は騒音キャンセルモードで聴取しているときのフィードバックループの開ループゲイン特性である。また、202はばらつき調整用のレベルを検出しているときのばらつき調整用開ループの開ループゲイン特性である。

## 【 0 1 1 2 】

騒音キャンセルモードで聴取しているときのフィードバックループの開ループゲイン特性201は、騒音を低減したい周波数帯域に合ったバンドパスフィルタの特性を有している。本実施の形態では、低域のカットオフ周波数が20 Hz ~ 30 Hz、高域のカットオフ周波数が800 Hz ~ 2 kHzのバンドパス特性となっている。これに対し、ばらつき調整用のレベルを検出しているときのばらつき調整用開ループの開ループゲイン特性202は、図で示したように、低周波側、高周波側のカットオフ周波数間の幅を調整用周波数である200 Hzを中心として狭くしてある。

## 【 0 1 1 3 】

このような特性とすることにより、レベル検出回路の検出信号は、調整用周波数200 Hzを中心として、低周波側と高周波側の騒音の影響が少ない値として検出できるようになる。また、本実施の形態では周波数帯域幅を狭くした200 Hz付近のゲインを大きくしているが、このようにすると、200 Hz正弦波信号のレベルをより精度良く検出できると共に、騒音の影響をより小さく抑えることができる。この場合、ばらつき調整用開ループの開ループゲイン調整目標値は第1の実施の形態のときの $A_0$ 、 $A_1$ に対し、ゲインを大きくして検出する分、これに見合った値に設定される。

## 【 0 1 1 4 】

デジタルフィルタ14の特性をモディファイするには、騒音キャンセルモードで聴取しているときのフィードバックループの開ループゲイン特性201に対するフィルタ係数と、ばらつき調整用のレベルを検出しているときのばらつき調整用開ループの開ループゲイン特性202に対するフィルタ係数の両方をデジタルフィルタ14内に記憶しておき、例えばセレクタ37への切替信号と、出荷時調整スイッチ61のON/OFF信号のOR信

10

20

30

40

50

号を使って選択するようにすればよい。この切替信号のタイムシーケンスの例を図7、図8に示す。

【0115】

図7は、出荷時のばらつき調整におけるデジタルフィルタ14の特性のモディファイ状態を示したものである。ここで、騒音キャンセルモードで聴取しているときのフィードバックループの開ループゲイン特性201をワイドバンド(第1の周波数帯域)、ばらつき調整用のレベルを検出しているときのばらつき調整用開ループの開ループゲイン特性202をナローバンド(第2の周波数帯域)と呼ぶことにする。

【0116】

図7の信号は、上から順に、電源スイッチ60のON、OFF信号、出荷時調整スイッチ61のON、OFF信号、騒音キャンセルスイッチ62のON、OFF信号、セクタ37、38、39のセレクト信号、セクタ37と出荷時調整スイッチ61のOR信号、EEPROM58へのゲイン調整値書き込み信号WR1、デジタルフィルタ41へのゲイン調整値書き込み信号WR2、デジタルフィルタ41のゲイン状態を示している。

【0117】

EEPROM58へのゲイン調整値書き込み信号WR1は出荷時調整スイッチ61のONから所定時間 $T_0$ が経過したとき切替信号生成回路68からEEPROM58に出力され、EEPROM58にレベル決め回路(出荷時)56からのレベル調整値が書き込まれる。

【0118】

デジタルフィルタ41の特性はセクタ37と出荷時調整スイッチ61のOR信号により切り替えられ、図7では出荷時調整スイッチ61がONになる前はワイドバンド、ONのときナローバンドになっていることが示されている。また、電源スイッチがONされるとデジタルスイッチ41のゲイン状態は $G_0$ となる。デジタルフィルタ41のフィルタ係数のレジスタは動作クロック(動作クロック周波数は、例えば2.8MHz)ごとに更新されるようになっているので、電源が投入されるとフィルタ係数のレジスタ値を更新してゲインがデフォルトの $G_0$ になるように設定される。

【0119】

図7に示したセクタ37、38、39のセレクト信号、セクタ37と出荷時調整スイッチ61のOR信号、EEPROM58へのゲイン調整値書き込み信号WR1、デジタルフィルタ41へのゲイン調整値書き込み信号WR2は、電源スイッチ60のON、OFF信号、出荷時調整スイッチ61のON、OFF信号、騒音キャンセルスイッチ62のON、OFF信号を基に、切替信号生成回路68によって作られる。

【0120】

図8は、ヘッドフォン装着時のばらつき調整におけるデジタルフィルタ14の特性のモディファイ状態を示したものである。図8の信号は、図7と同じである。電源スイッチがONされるとデジタルスイッチ41のゲイン状態はデフォルトの $G_0$ となる。すなわち、デジタルフィルタ41のフィルタ係数のレジスタは動作クロックごとに更新されるようになっているので、電源が投入されるとフィルタ係数のレジスタ値を更新して、まず、ゲインがデフォルトの $G_0$ になるように設定される。

【0121】

次に、電源スイッチ60のONから所定時間 $T_1$ が経過した時点で、デジタルフィルタ41へのゲイン調整値書き込み信号WR2が出力される。このとき、セクタ37はEEPROM58を選択しているため、EEPROM58に記憶されている出荷時のレベル調整値が書き込まれる。これによりデジタルフィルタ41はゲインをデフォルト値 $G_0$ から $A_0/B_0$ 倍に更新する。このときデジタルフィルタ41の特性はワイドバンドである。

【0122】

次に、騒音キャンセルスイッチ62がONされると、所定時間 $T_2$ の時間経過後にデジタルフィルタ41へのゲイン調整値書き込み信号WR2が出力される。このときセクタ37はレベル決め回路(装着時)57を選択しているため、レベル決め回路(装着時)5

10

20

30

40

50



7からのゲイン調整値 $A_1 / B_1$ がセレクタ37を介してデジタルフィルタ41に書き込まれる。これによりデジタルフィルタ41はゲインを、先に更新された $A_0 / B_0$ を更に $A_1 / B_1$ 倍して、 $A_0 * A_1 / B_0 * B_1$ となるように更新する。このときデジタルフィルタ41の特性は200Hz正弦波信号を使ったばらつき調整中なのでナローバンドとなっている。

デジタルフィルタ41の特性はセレクタ37と出荷時スイッチ61のOR信号となっているので、所定時間3後にセレクタ37が0になったときワイドバンドに切り替わる。

【0123】

ここで、所定時間3は、聴取者に上記したピープ音が聞こえる期間である。このピープ音を聴取者に効果的に認識させるためには、ある程度長い時間、例えば200ms程度の間にする事は既に述べた。

10

【0124】

このように、デジタルフィルタ41の特性は200Hz正弦波信号を使ったばらつき調整中はナローバンドに切り替わり、通常の聴取時や騒音キャンセルモードでの聴取時にはワイドバンドになる。このように、騒音キャンセルモードでの聴取時には騒音キャンセルしたい帯域幅のデジタルフィルタ41の特性が得られ、また、200Hz正弦波信号を使ったばらつき調整中は通常より帯域幅の狭い特性が得られる。したがって騒音キャンセルモードでの聴取時には効果的に騒音が低減できると共に、200Hz正弦波信号を使ったばらつき調整中は騒音の影響を受けないようにしてレベル検出が行える。

【0125】

20

なお、図7、図8において、デジタルフィルタ41の特性をナローバンドに切り替えなければ、実施の形態1と同じになる。

【0126】

図9は、ばらつき調整用開ループの開ループゲイン特性を実測したデータの一例を示したものである。低周波のカットオフ周波数が10Hz、高周波のカットオフ周波数が1kHzとなっている。また、100Hz~200Hzで20dBのゲインとなっている。この特性は一例であって、種々の要因によってばらつきを生じる。多くのデータを解析した結果、ばらつき調整の際にレベル検出回路55によってレベル検出値 $B_0$ 、 $B_1$ を、精度よく検出するには50Hz乃至500Hzの周波数範囲が良いことがわかった。ゲインの変動が少なくしかも大きな値として得られる周波数範囲として100Hz乃至300Hzとすれば、更に精度よく検出することができることがわかった。本発明では上記実施の形態として、200Hzとして、200Hz生成回路の信号を発生するようにしている。勿論、この周波数として50Hz乃至500Hzの範囲のものを採用することが可能であり、更に精度よく検出するためには100Hz乃至300Hzとすればよい。

30

【0127】

(第3の実施の形態)

次に、周囲の騒音のうち、特に騒音を抑えたい周波数帯域に狙いを定めて、その周波数帯域の騒音を効果的にキャンセルさせることのできる実施の形態について説明する。

本実施の形態は、デジタルフィルタの通過周波数帯域を複数の異なる通過周波数帯域に切り替えることができ、聴取者が気になる騒音を効果的にキャンセルして聴取できるところに特徴がある。しかも、デジタルフィルタとしては1つだけ用意すればよい。

40

【0128】

図10は、本実施の形態における騒音キャンセルヘッドフォンの制御回路構成を示したものである。図1に示した第1、第2の実施の形態における制御回路構成に対し、デジタルフィルタ76の特性を、複数のフィルタ特性の中から選択して設定できるようになっている点が異なる。図1と同じ符号のものは第1、第2の実施の形態と同じものであるので説明は省略する。

【0129】

図10において、75は本実施の形態の騒音キャンセルヘッドフォンの制御回路部である。また、76はデジタルフィルタであり、内部に複数のフィルタ特性を記憶しており、

50

このフィルタ特性の中から1つを選んで設定できるようになっている。

【0130】

77はフィルタ特性選択スイッチであり、聴取者により操作され、上記デジタルフィルタ76内に記憶された複数のフィルタ特性の中の1つを選択するフィルタ特性選択信号87を出力する。例えば6つのフィルタ特性の中から1つを選択する場合には、3ビットの信号が出力される。フィルタ特性選択スイッチ77は、スイッチとして構成するほかに、数字を入力する方法やメニューで選択する方法など種々考えられるが、いずれの方法によってもよい。

なお、記憶されるフィルタ特性は、フィードバックループの安定性が確保できる範囲で任意の特性を採用できる。

10

【0131】

図11はデジタルフィルタ76のより詳細な構成例を示したものである。

図11において、82はフィルタ特性記憶手段であり、複数のフィルタ特性を実現できる複数組のフィルタ係数が記憶されている。

また、83は選択回路であり、フィルタ特性選択スイッチ77から入力されたフィルタ特性選択信号87に基づき、目的のフィルタ特性に対応するフィルタ係数をフィルタ特性記憶手段82から選択して係数レジスタ84に設定する。

なお、本実施の形態では、フィルタ特性記憶手段82、選択回路83は、デジタルフィルタ76の内部にあるとしたが、デジタルフィルタ76の外部にあってもよい。

【0132】

係数レジスタ84に設定された係数の値によって、デジタルフィルタ76はフィルタ特性が所望の特性になる。

20

【0133】

また、85はゲイン倍率制御部である。また、86はデフォルト値 $G_0$ 記憶部である。デフォルト値 $G_0$ がゲイン倍率制御部85に取り込まれて、係数レジスタ84に設定された係数の値を調整する。また、第1、第2の実施の形態と同様に、ゲイン補正值データ88( $A_0/B_0$ 、 $A_1/B_1$ )が書き込み信号89(WR1、WR2)のタイミングで取り込まれ、デジタルフィルタ76のゲインを $G_0 * (A_0/B_0)$ 、あるいは $G_0 * (A_0/B_0) * (A_1/B_1)$ の倍率で補正するように係数レジスタの係数が更新される。90は動作クロックを示している。

30

【0134】

図12は、本実施の形態で実現される騒音キャンセルモード時に使用するフィードバックループの開ループゲイン特性を示している。

【0135】

符号301で示したゲイン特性は、第1、第2の実施の形態で使用されるゲイン特性であり、低域のカットオフ周波数が20Hz~30Hz、高域のカットオフ周波数が800Hz~2kHzのバンドパス特性となっている。騒音キャンセルしようとする低域周波数20Hz~30Hzから高域周波数800Hz~2kHzまでの範囲で0dB以上のゲインを有し、最大、約20dBのゲインとしている。なお、この20dBのゲインは、フィードバックループでの制御が不安定性にならない範囲で、なるべく大きな値に設定されるものであり、20dBには限定されない。

40

【0136】

また、符号302乃至306で示したゲイン特性は、ゲイン特性301より狭い幅の周波数帯域に設定された複数の開ループゲイン特性であり、複数の周波数特性から特定の周波数範囲のものを選択して、その範囲の騒音を効果的にキャンセルさせるようになっている。

【0137】

ここで、ゲイン特性302乃至306は、ゲイン特性301より狭い幅の周波数帯域に設定されているので、最大ゲイン値を同じゲインとした場合、位相余裕が大きくなる。これは、ゲイン特性302乃至306の最大ゲイン値をゲイン特性301より大きくできる

50

ことを意味している。したがって、本実施の形態では、ゲイン特性 302 乃至 306 の最大ゲイン値をゲイン特性 301 より倍 ( $> 1$ ) している。このように最大ゲイン値を大きくすることにより、その周波数範囲の騒音キャンセル効果をより大きくすることができる。

#### 【0138】

フィルタ特性記憶手段 82 には、フィードバックループの開ループゲイン特性が、ゲイン特性 301 乃至 306 になるようなフィルタ係数が複数組記憶されている。このデジタルフィルタ 76 の特性は、フィードバックループの開ループゲイン特性とはデジタルフィルタ 76 を除いた他の要素分 (スイッチングアンプ 42、スピーカ 44、マイク 46、マイクアンプ 52、1 ビット A/D 変換器 53 など) だけ差が有るので、この差分を考慮することにより決定することができる。

10

#### 【0139】

聴取者は、ゲイン特性 301 を選択して聴取することにより、可聴範囲全体のノイズをキャンセルして聴取することができる。また、周囲の騒音が低音域で大きいときにはゲイン特性 302 を選択することにより、低音域の騒音を効果的にキャンセルすることができる。また、高音の騒音が大きいときはゲイン特性 306 を選択すればよい。このように、本実施の形態によれば、聴取者は、周囲の騒音の状況に応じてゲイン特性 301 ~ 306 を選択して、効果的に騒音を低減して聴取できる。

#### 【0140】

上記実施の形態における説明では、デジタルフィルタ 41、76 はバンドパス特性を有するものとしたが、デジタルフィルタ 41、76 をローパス特性、あるいはハイパス特性とすることもできる。即ち、スピーカ 44 やマイク 46 はハイパス特性を有しており、またローパスフィルタ 43 がフィードバックループ内の要素として備わっているため、これらの特性を利用することにより、デジタルフィルタ 41、76 をローパス特性、あるいはハイパス特性としてもトータルとしてバンドパス特性を得ることができる。この場合、ローパス特性、あるいはハイパス特性としたデジタルフィルタ 41、76 のゲイン特性、位相特性を調整することにより、上記実施の形態と同様に制御系の安定を図ることになる。

20

以上、具体的な実施の形態によって本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で変更して実施することができることは言うまでもない。

30

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0141】

本発明は、騒音キャンセルヘッドフォンに限らず、騒音を抑制しようとする装置に広く利用できる。例えば高速道路などの騒音対策用の装置などにも応用が可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0142】

【図 1】本発明による、騒音キャンセルヘッドフォンの第 1 の実施の形態を示す制御回路構成図である。

【図 2】本発明による、第 1 の実施の形態のレベル検出回路の詳細構成図である。

【図 3】本発明による、第 1 の実施の形態のレベル検出回路の動作説明図である。

40

【図 4】本発明による、第 1 の実施の形態の出荷時のばらつき調整のフローチャートである。

【図 5】本発明による、第 1 の実施の形態のヘッドフォン装着時のばらつき調整のフローチャートである。

【図 6】本発明による、第 2 の実施の形態のばらつき調整時のデジタルフィルタのモディファイの一例を示す図である。

【図 7】本発明による、第 2 の実施の形態の出荷時のばらつき調整時のタイミングチャートを示す。

【図 8】本発明による、第 2 の実施の形態のヘッドフォン装着時のばらつき調整時のタイミングチャートを示す。

50

【図 9】本発明による、ばらつき調整用開ループのゲイン特性の一例を示す。

【図 10】本発明による、騒音キャンセルヘッドフォンの第 3 の実施の形態を示す制御回路構成図である。

【図 11】本発明による第 3 の実施の形態の、デジタルフィルタのより詳細な構成図である。

【図 12】本発明による第 3 の実施の形態の、デジタルフィルタの特性を説明する図である。

【図 13】従来技術による、騒音キャンセルヘッドフォンの制御回路構成の例を示す図である。

【図 14】図 13 の従来技術の制御回路を伝達関数のブロック線図で表した図である。

10

【図 15】騒音キャンセルヘッドフォンのフィードバック制御の安定性を説明する図である。

【符号の説明】

【0143】

- 1、31、75・・・制御回路部
- 2、64、65・・・ヘッドフォン（音声再生部）
- 3、32、33・・・シリコンプレーヤ（音声信号再生装置）
- 4・・・補正回路
- 5・・・信号増幅器
- 6・・・アナログフィルタ
- 7・・・ヘッドフォンアンプ
- 8、52・・・マイクアンプ
- 9、62・・・騒音キャンセルスイッチ
- 10・・・電源スイッチ
- 11、63・・・電池
- 12・・・ヘッドフォンハウジング
- 13、44、45・・・スピーカ
- 14、46、47・・・マイク
- 15、66、67・・・耳
- 16・・・バンド
- 17・・・切替スイッチ
- 34・・・PCM/1bit変換器
- 35・・・アナログ/1bit変換器
- 36～39・・・セレクタ
- 40・・・補正回路
- 41、76・・・デジタルフィルタ
- 42・・・スイッチングアンプ
- 43・・・ローパスフィルタ
- 48～51・・・信号線
- 53・・・1ビット信号AD変換器
- 54・・・デジタル加算器
- 55・・・レベル検出器
- 56・・・レベル決め回路（出荷時）
- 57・・・レベル決め回路（装着時）
- 58・・・EEPROM
- 59・・・200Hz生成回路（ばらつき調整用信号生成回路）
- 60・・・電源スイッチ
- 61・・・出荷時調整スイッチ
- 68・・・切替信号生成回路
- 71・・・アップダウンカウンタ

20

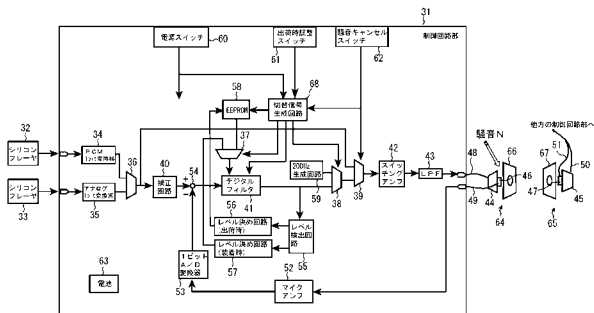
30

40

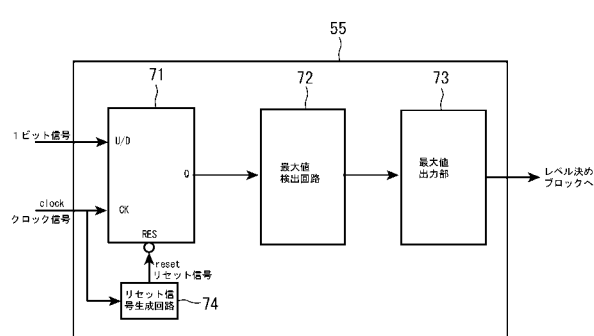
50

- 7 2 . . . 最大値検出回路
- 7 3 . . . 最大値出力部
- 7 4 . . . リセット信号発生器
- 7 7 . . . フィルタ特性選択スイッチ
- 8 2 . . . フィルタ特性記憶手段
- 8 3 . . . 選択回路
- 8 4 . . . 係数レジスタ
- 8 5 . . . ゲイン倍率制御部
- 8 6 . . . デフォルト値 0 記憶部
- 8 7 . . . フィルタ特性選択信号
- 8 8 . . . ゲイン補正值データ
- 8 9 . . . 書き込み信号
- 9 0 . . . 動作クロック
- 1 0 1 . . . 前向きループゲイン G 1
- 1 0 2 . . . 後ろ向きループゲイン G 2
- 1 0 3 . . . フィードバック信号加算部
- 1 0 4 . . . 加算点
- 3 0 1 ~ 3 0 6 . . . ゲイン特性

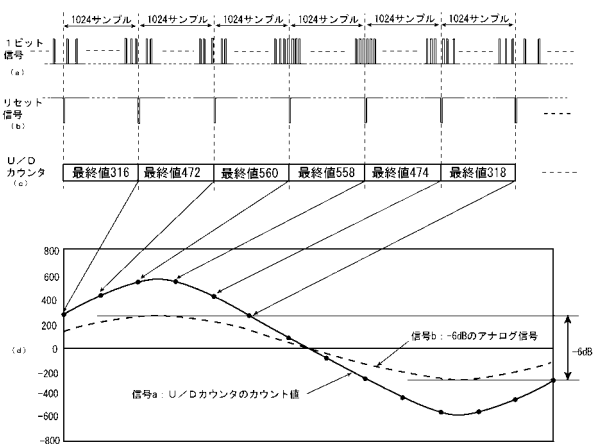
【図 1】



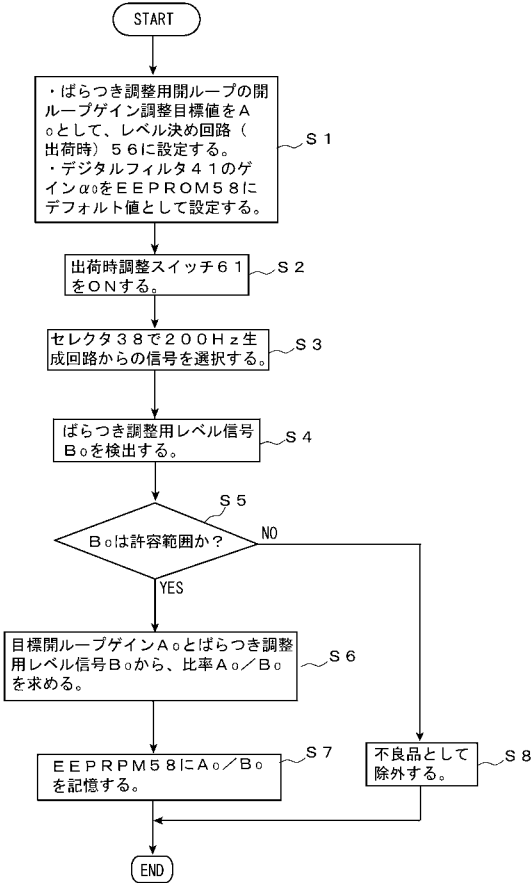
【図 2】



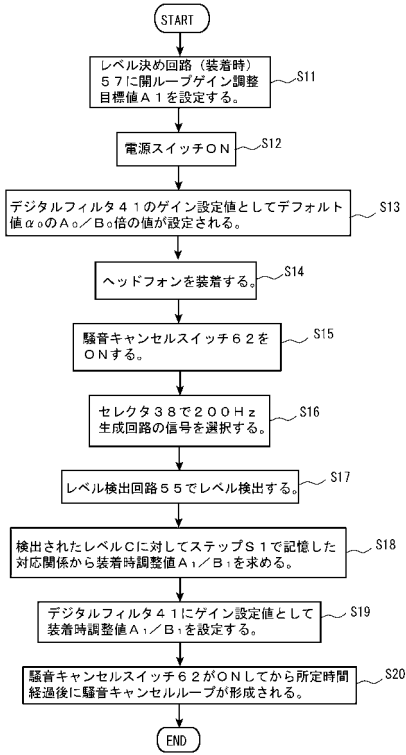
【図 3】



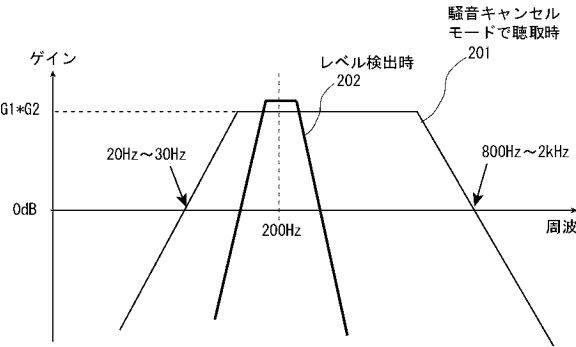
【図4】



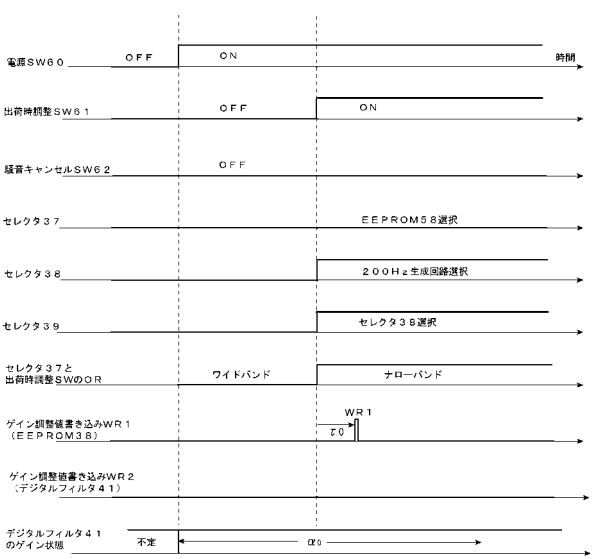
【図5】



【図6】

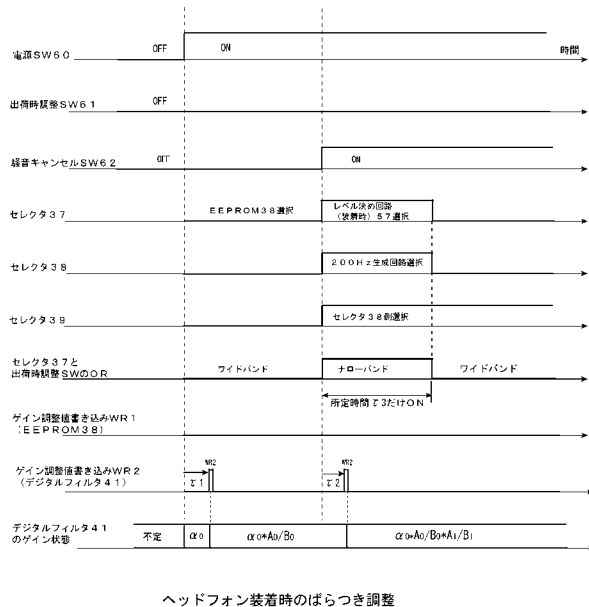


【図7】

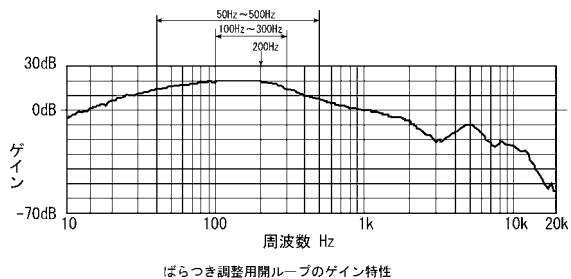


出荷時のばらつき調整

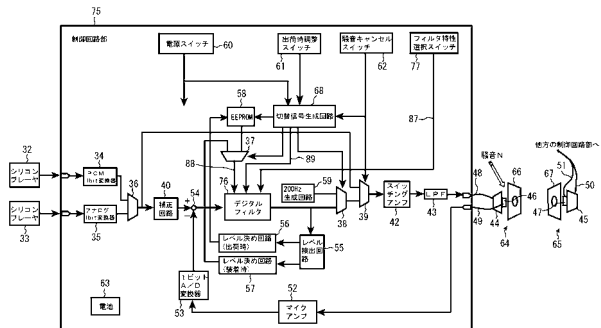
【図8】



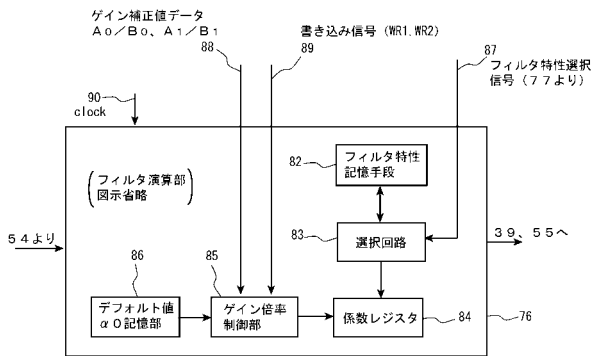
【図9】



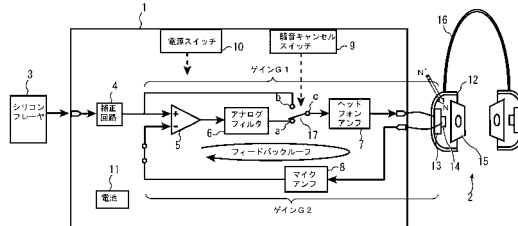
【図10】



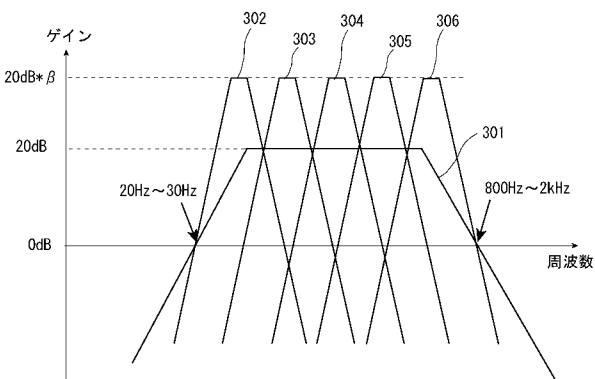
【図11】



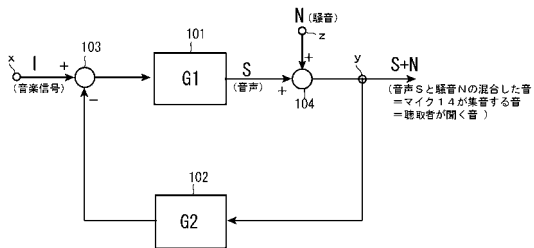
【図13】



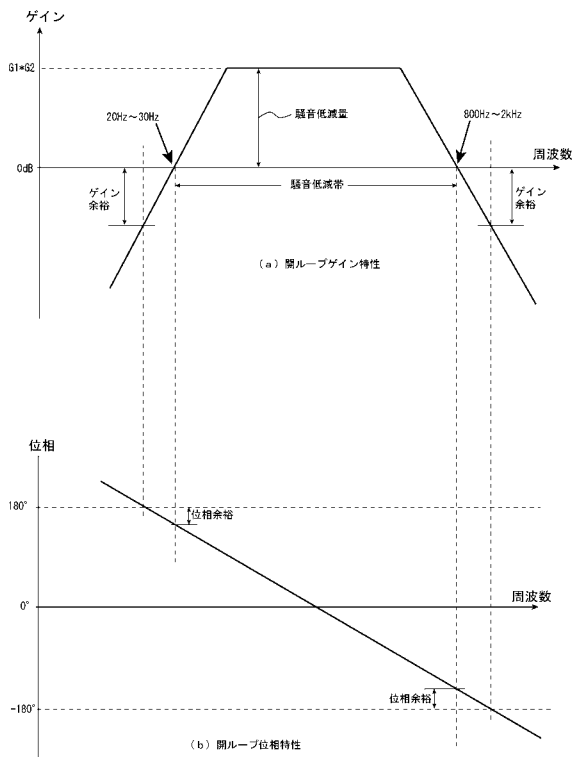
【図12】



【図14】



【 図 15 】





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-059876(JP,A)  
特開平06-343195(JP,A)  
特開平10-011901(JP,A)  
特開2001-154704(JP,A)  
特開平11-195226(JP,A)  
特開2007-110532(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 3/00 - 3/12  
H04R 1/10  
G10K 11/00 - 11/16  
G10L 19/00