(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2015-533034
(P2015-533034A)
(43)公表日　平成27年11月16日(2015.11.16)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H03F	***1/12***	***(2006.01)***	H03F	1/12		5J500
H03F	***3/45***	***(2006.01)***	H03F	3/45	Z	
H03F	***3/34***	***(2006.01)***	H03F	3/34	A	

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 20 頁）

(21)出願番号　特願2015-531290 (P2015-531290)
(86)(22)出願日　平成25年9月9日 (2013.9.9)
(85)翻訳文提出日　平成27年5月1日 (2015.5.1)
(86)国際出願番号　PCT/US2013/058784
(87)国際公開番号　WO2014/039982
(87)国際公開日　平成26年3月13日 (2014.3.13)
(31)優先権主張番号　13/609,107
(32)優先日　平成24年9月10日 (2012.9.10)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　514176114
クレーン　エレクトロニクス、インコーポレーテッド
アメリカ合衆国、ワシントン州　９８０５２、レドモンド　ウィローズ　ロード　１０２０１
(74)代理人　110000877
龍華国際特許業務法人
(72)発明者　ラム、クオン
アメリカ合衆国、ワシントン州　９８０５２、レドモンド　ウィローズ　ロード　１０２０１　クレーン　エレクトロニクス、インコーポレーテッド内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】可変的な環境で使用する演算増幅器のためのインピーダンス補償

(57)【要約】
二重補償演算増幅器は、複数の周辺エネルギーレベルにおいて複数の変動を受ける環境において使用するのに好適である。二重補償インピーダンスは、入力オフセット電圧もしくは入力バイアス電流、または双方の複数の影響を無効または補償するように判断され得る。二重補償インピーダンスが、異なる複数の目標動作環境において予期される複数の状況に対して事前設定されるか、またはその場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）において自動的に調整され得るように、様々な環境状況に対する較正データに基づいて、二重補償インピーダンスに対する複数の調整は行われ得る。そのような二重補償インピーダンスから利益を得ることができる複数の目標動作環境は、複数の温度限界もしくは可変温度、高い高度、宇宙、または高放射線環境に曝される遠隔区域を含む。

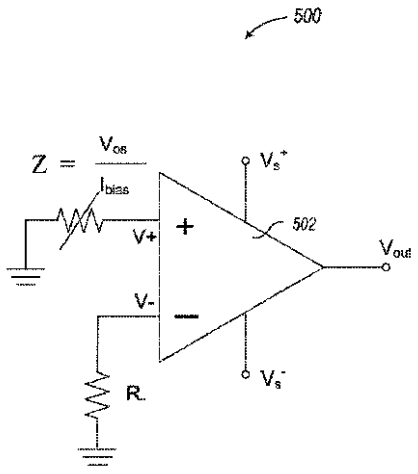


Fig. 5

【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の周辺エネルギーレベルにおける複数の変動を受ける環境において演算増幅器と共に用いる回路であって、
第１入力インピーダンスおよび第２入力インピーダンスを均衡させることなく、入力オフセット電圧および入力バイアス電流における環境的に誘起された複数の変化を補償する二重補償インピーダンスを有する、二重補償インピーダンスステージを備え、
前記演算増幅器は、
第１入力信号を受け、前記第１入力インピーダンスに関連する第１入力端子と、
第２入力信号を受け、第２入力インピーダンスに関連する第２入力端子と、
前記第１入力信号および前記第２入力信号に基づいて出力信号を生成する出力端子と、
前記入力オフセット電圧および前記入力バイアス電流を生成する複数の内部コンポーネントとを有する、回路。
【請求項２】
前記演算増幅器を更に備え、
前記入力オフセット電圧および前記入力バイアス電流は、前記複数の周辺エネルギーレベルにおける前記複数の変動に応答して変化する、請求項１に記載の回路。
【請求項３】
前記二重補償インピーダンスは、前記演算増幅器の一体的単位部分である、請求項２に記載の回路。
【請求項４】
前記第１入力端子は、非反転入力端子であり、
前記二重補償インピーダンスは、前記第１入力端子に電気的に結合された追加の第１抵抗を含む、請求項１から３のいずれか１項に記載の回路。
【請求項５】
前記追加の第１抵抗は、前記二重補償インピーダンスを選択的に調整するポテンショメータを含む、請求項４に記載の回路。
【請求項６】
前記演算増幅器は、内部オフセットヌルを更に有し、
前記二重補償インピーダンスは、前記入力バイアス電流を補償するべく、前記第１入力端子に適用される、請求項１から５のいずれか１項に記載の回路。
【請求項７】
前記二重補償インピーダンスは、前記入力オフセット電圧と、前記入力バイアス電流との比率に比例する、請求項１から６のいずれか１項に記載の回路。
【請求項８】
前記入力オフセット電圧の値および前記入力バイアス電流の値は、目標環境において前記演算増幅器を動作させる間に、測定されたデータから判断される、請求項７に記載の回路。
【請求項９】
前記入力オフセット電圧の値および前記入力バイアス電流の値は、非一時的記憶媒体内に格納された較正データのセットから判断され、予期される目標環境における複数の周辺エネルギーレベルの影響を補償する、請求項７または８に記載の回路。
【請求項１０】
前記入力オフセット電圧の値および前記入力バイアス電流の値は、論理回路により前記較正データから外挿される、請求項９に記載の回路。
【請求項１１】
１または複数のエネルギーレベルセンサを更に備え、
前記論理回路は、前記目標環境において周辺エネルギーレベルに応答する１または複数のエネルギーレベルセンサを含む、請求項１０に記載の回路。
【請求項１２】

前記１または複数のエネルギーレベルセンサは、温度センサおよび放射線レベルセンサのうち１または複数を含む、請求項１０または１１に記載の回路。
【請求項１３】
前記二重補償インピーダンスの値は、シミュレーションされた目標環境において得られたデータから判断される、請求項１から１２のいずれか１項に記載の回路。
【請求項１４】
前記第２入力端子は、反転入力端子であり、
前記二重補償インピーダンスステージは、前記第２入力端子に電気的に結合された第２抵抗を更に含む、請求項４に記載の回路。
【請求項１５】
前記第１抵抗の値および前記第２抵抗の値は、前記入力オフセット電圧および前記入力バイアス電流のうち１または複数による複数の影響を無効にするように不均衡である、請求項１４に記載の回路。
【請求項１６】
前記第１抵抗および前記第２抵抗は、前記入力オフセット電圧および前記入力バイアス電流のうち１または複数による複数の影響に対する過補償を提供するように不均衡である、請求項１４または１５に記載の回路。
【請求項１７】
前記二重補償インピーダンスステージは、前記第１入力端子に結合された接地と、前記第１入力端子と前記接地との間で電気的に結合される第３抵抗とを更に含む、請求項１４から１６のいずれか１項に記載の回路。
【請求項１８】
前記二重補償インピーダンスステージは、前記第２入力端子と前記出力端子との間で電気的に結合された第４抵抗を更に含む、請求項１７に記載の回路。
【請求項１９】
演算増幅器に影響する複数の周辺エネルギーレベルにおける複数の変動の可変補償の方法であって、
前記演算増幅器の第１入力端子において第１電圧および第１電流を感知する段階と、
前記演算増幅器の第２入力端子において第２電圧および第２電流を感知する段階と、
前記第１電圧と前記第２電圧との間の差異に基づいて入力オフセット電圧を判断する段階と、
前記第１電流と前記第２電流との間の差異に基づいて入力バイアス電流を判断する段階と、
前記入力オフセット電圧および前記入力バイアス電流から入力インピーダンスを判断する段階と、
前記入力インピーダンスを補償するべく、二重補償インピーダンスステージを前記演算増幅器に電気的に結合させる段階とを備え、
前記第２入力端子は、接地に電気的に結合され、
前記入力インピーダンスは、複数の周辺エネルギーレベルにおける前記複数の変動に応じて変化する、方法。
【請求項２０】
二重補償インピーダンスステージを電気的に結合させる前記段階は、前記入力オフセット電圧と、前記入力バイアス電流との比率に比例する第１抵抗を提供する段階を有する、請求項１９に記載の方法。
【請求項２１】
較正データのセットを生成するべく、異なる複数のシミュレーション済み環境状況において、感知する前記段階および判断する前記段階とを反復する段階と、
前記較正データから、予期される目標環境における動作に対する前記第１抵抗の値を判断する段階とを更に備える、請求項２０に記載の方法。
【請求項２２】

その場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）において、前記目標環境における周辺エネルギーレベルを感知する段階と、

前記目標環境にある間に、前記較正データおよび前記周辺エネルギーレベルから、前記演算増幅器の動作に対する前記第１抵抗の値を判断する段階とを更に備える、請求項２１に記載の方法。

【請求項２３】

時間間隔が終了すると、前記方法を反復することにより複数の環境的変化に適合するべく、前記二重補償インピーダンスステージを調整する段階を更に備える、請求項１９から２２のいずれか１項に記載の方法。

【請求項２４】

前記第２入力端子に第２抵抗を提供する段階を更に備える、請求項２０に記載の方法。

【請求項２５】

前記第２入力端子に前記第２抵抗を提供する段階と組み合わせて、前記第１入力端子に前記第１抵抗を提供する段階は、前記入力インピーダンスの電気的影響を無効にする不均衡を生成する、請求項２４に記載の方法。

【請求項２６】

前記第２入力端子に前記第２抵抗を提供する段階と組み合わせて、前記第１入力端子に前記第１抵抗を提供する段階は、前記入力インピーダンスの電気的影響を補償する不均衡を生成する、請求項２４に記載の方法。

【請求項２７】

前記第１入力端子を接地する段階と、

前記第１入力端子と前記接地との間に第３抵抗を提供する段階とを更に備える、請求項２４から２６のいずれか１項に記載の方法。

【請求項２８】

前記演算増幅器の前記第２入力端子と出力端子との間に第４抵抗を提供する段階を更に備える、請求項２７に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、概ね、電気回路および電子回路において用いられる演算増幅器に関し、具体的には、一定の環境において生じる性能の変化を補償するべく、演算増幅器を調整する態様に関する。

【０００２】

複数の演算増幅器（「オペアンプ」）は、多くの異なる用途用の電子回路において通常、用いられる汎用の差動電圧増幅器である。例えば、複数のオペアンプは、多くの場合、音声を増幅する復号信号処理回路を伴う複数のオーディオシステム内において複数のブロックを構築するものとして用いられる。図１Ａに示される理想的なオペアンプ１００は、２つの入力端子V^+（非反転入力部）、V^-（反転入力部）、および１つの出力端子V_{OUT}を有する、３つの端子のデバイスである。（更なる端子が電源（例えば、バッテリ）をV_s^+およびV_s^-で接続するべく提供される。）増幅される差動入力電圧は、

【数１】

$$\Delta V = V^+ - V^-$$

である。理想的なオペアンプ１００の内部の複数のコンポーネントにより、差動入力電圧

【数２】

$$\Delta V$$

は、出力端子に現れ、増幅係数または利得により倍加されるので、

【数３】

$$V_{out} = A\Delta V$$

となる。複数のオペアンプに対する増幅係数は、約１０００～１００，０００の範囲であり得る。この特性は、複数のオペアンプを、小さい信号における複数の変化が誇張され、従って複数の変化を容易に監視および検出し得る多くの用途において、複数のセンサとして用いられるのに好適なものとする。

【０００３】

固定基準電圧Ｖ$_{ref}$が非反転入力部に適用されると、オペアンプは、図１Ｂに示される、反転入力部における入力電圧をＶ$_{ref}$と比較するコンパレータデバイス１５０として機能する。入力電圧Ｖ$_{in}$がＶ$_{ref}$にほぼ等しい場合、増幅される出力Ｖ$_{out}$は、依然として小さい。Ｖ$_{in}$は、Ｖ$_{ref}$からわずかに乖離するので、乖離は増幅され、従って、Ｖ$_{out}$は非常に大きくなり、下流デバイスに対するトリガ信号として機能し得る。

【０００４】

センサまたはコンパレータとして用いられるオペアンプの精度を試験する１つの態様は、（例えば、２つの入力部を一緒に接続し、または入力部の双方を接地することにより）差動入力電圧

【数４】

$$\Delta V$$

をゼロに意図的に設定し、Ｖ$_{out}$もゼロであることを確認することである。しかし、オペアンプの様々な内部コンポーネントにおける複数の固有誤差は、混合し、入力オフセット電圧Ｖ$_{os}$として参照される検出可能なゼロ誤差を生じさせ得る。非ゼロ電位Ｖ$_{os}$が２つの入力部全体にわたり存在する場合、Ｖ$_{os}$自体が増幅され、出力部において著しい誤検出の非ゼロ電圧を生成し得る。オペアンプに関連するゼロ点誤差は、あるスケールに関連するゼロ点誤差に相似するものと考えられ得るが、これは、物体がスケール上に配置される前に、スケールが非ゼロの重みを登録するときに明らかである。通常、複数のスケールは、これらのゼロ誤差を補正する複数の機械的なゼロイング調整で装備される。同様に、オペアンプの入力オフセット電圧Ｖ$_{os}$は、「オフセットヌル」ステージをオペアンプのＶ$^{-}$入力部に電気的に結合することにより補正され、または無効になり得る。

【０００５】

図２は、入力オフセット電圧Ｖ$_{os}$を示す従来のオペアンプ２０２がそのようなオフセットヌルステージ２０４を特徴とする、既存の電圧補償されたオペアンプ２００の一例を示す。この例において、オフセットヌルステージは、誤検出の入力オフセット電圧を効果的にゼロにする電圧源Ｖｎｕｌｌの形態である。通常、無効にされる入力オフセット電圧Ｖ$_{os}$は、約１マイクロボルト（μＶ）～約１ミリボルト（ｍＶ）の範囲である。オフセットヌルステージ２０４は、例えば、１または複数の固定抵抗器、可変抵抗器、ポテンショメータ、電流源、またはサイリスタ等の他の形態を取り得る。入力オフセット電圧Ｖ$_{os}$が一定であることが知られる場合、一定の抵抗（例えば、固定抵抗器または複数の固定抵抗器のネットワーク）を有するオフセットヌルが適用され得る。入力オフセット電圧Ｖ$_{os}$が変動して

【数５】

$$\Delta V_{os}$$

を生じさせると、調整可能な抵抗またはポテンショメータを含むオフセットヌルが適用され得る。オフセットヌルは、複数の入力部の１つのまたは双方においてオペアンプに適用され得、またはオフセットヌルは、オペアンプの内部のビルトインオフセットヌルステージとして提供され得る。

【０００６】
図３は、入力オフセット電圧を示す従来のオペアンプ３０２（その内部コンポーネントが示される）がビルトインオフセットヌルステージ３０４を提供される、電圧補償されたオペアンプ３００の別の実施形態を示す。
【０００７】
図４を参照すると、入力オフセット電流$I_{io}=|I_{+}-I_{-}|$として参照される２つの入力部Ｉ＋およびＩ－における電流間に差異が存在する、従来のオペアンプ４００が示される。これら２つの入力電流の平均は、入力バイアス電流$I_{bias}=(I_{+}+I_{-})/2$と呼ばれる。理想的なオペアンプにおいて、入力抵抗は、入力電流Ｉ＋およびＩ－の双方が無視できるほどに高く、従って$I_{bias}=0$である。そして、オペアンプ４００の複数の入力端子に現れるいずれの電流も、大抵の用途、入力オフセット電圧をキャンセルすることに注意が払われる用途においてさえも無視できる小さい漏洩電流である。通常、入力バイアス電流は、ほぼマイクロアンペア～ピコアンペアと同じ小ささの範囲である。しかし、いくつかの用途において、非ゼロの入力バイアス電流I_{bias}は、キャンセルを保証する別の環境依存的で、変動する誤差源
【数６】

$$\Delta I_{bias}$$

を生じさせる。従って、入力バイアス電流が存在する場合、V_{os}（または
【数７】

$$\Delta V_{os}$$

）を単にキャンセルするオフセットヌルステージの使用では不十分であることがある。入力バイアス電流は、回路に複数の抵抗器を追加することにより無効にされ得、これに対して複数の抵抗値が注意深く選択され、回路性能に影響することなくバイアス電流を正確にキャンセルし得ることが好ましい。
【０００８】
入力オフセット電圧
【数８】

$$\Delta V_{os}$$

もしくは入力バイアス電流
【数９】

$$\Delta I_{bias}$$

のいずれか、または双方における複数の変動は、例えば、温度変化等の環境状況における複数の変化により生じ得る。一般に、オペアンプの内部の電子コンポーネントの複数の材料特性（例えば、抵抗率、可動性）が温度依存的な特性であるので、V_{os}およびI_{bias}におけるこれらのドリフトが生じる。一般に、これらおよび他の環境依存的な特性を考慮して、オペアンプの入力オフセット電圧および入力バイアス電流は、増幅器の動作環境に応じて異なることがある。大抵の用途において、温度誘起されたドリフトは、問題とはなり得ない。電子機器内に位置する複数のオペアンプは、通常、室温に近い適度な温度、または少なくとも制御された温度環境に維持されるからである。しかし、オペアンプが車両、航空機、宇宙船、船舶、潜水艦等で使用され、またはオペアンプが複数の温度限界、または広範に変化する温度環境もしくは放射線環境を概ね含む軍事的および／または環境的な仕様に従って機能することが予期される場合、複数の環境依存的な固有誤差をどのようにして最適に制御もしくは調整し、またはそれらを補正する代替的な態様を見出すかという問題に対応することが必要となり得る。
【０００９】

【数１０】

$$\Delta I_{bias}$$

および

【数１１】

$$\Delta V_{os}$$

の双方の影響を回避する１つの態様は、入力バイアス電流および入力オフセット電圧における複数の変化が回路性能にあまり影響を受けないように、信号レベルを高くすることである。しかし、この手法は、回路内に不要に高いストレスを生じさせ、過剰な量の電力の放散をもたらし得る。他の解決法は、各入力部（例えば、図４のＲ$^{+}$およびＲ$^{-}$）におけるインピーダンスを均衡させることである。これによりＩ$_{bias}$を補償するが、

【数１２】

$$\Delta V_{os}$$

には対応することはできない。温度に対する感度を下げるべく、不自然な温度依存性を有する複数のサーミスタを利用する他の複数の解決法は、放射線による複数の影響に対応できない。更に、例えば、宇宙環境または真空チャンバ等の多くの用途において、放射線による複数の影響は、無視できるものではないことがある。それにも拘わらず、設計者は、高エネルギー電磁放射線、またはイオン化された複数の粒子の存在下で直面する放射線をイオン化する他の複数の源等、他の複数の周辺エネルギー源からの影響を考慮することができないことがある。

【００１０】

Ｖ$_{os}$およびＩ$_{bias}$の双方の関数である二重補償インピーダンスを用いることにより、温度における複数の変動および他の複数の周辺エネルギーレベルに起因して生じ得る可変入力オフセット電圧および可変入力バイアス電流を示す、演算増幅器は、複数の源および誤差について補正され得る。二重補償インピーダンスは、例えば、１または複数の抵抗器、ポテンショメータ、サイリスタ、電流源、および電圧源、またはこれらの組み合わせの形態を取り得る。Ｖ$_{os}$およびＩ$_{bias}$を判断する様々な方法は、デバイスを極端な環境状況または変動する環境状況に曝し得る異なる複数の目標環境においてオペアンプを動作させることを予期して、これらの誤差をオフセットまたは補償する複数の態様を提供する。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

複数の図面において、同一の複数の参照番号は、類似の複数の要素または動作を識別する。複数の図面における複数の要素の寸法および相対的位置は、縮尺通りに必ずしも描かれない。例えば、様々な要素の形状および角度は、縮尺通りに描かれず、これらの要素のいくつかは、図面の見やすさを改善するべく、任意に拡大および位置決めされる。更に、描かれる複数の要素の複数の特定形状は、複数の特定要素の実際の形状に関する情報を伝達することを意図せず、専ら、図面において理解しやすいように選択されている。

【００１２】

【図１Ａ】それぞれ、汎用オペアンプ（異なる増幅器）および従来のコンパレータの概略図である。

【図１Ｂ】それぞれ、汎用オペアンプ（異なる増幅器）および従来のコンパレータの概略図である。

【図２】外部オフセットヌル補正が適用される入力オフセット電圧を示す従来のオペアンプの概略図である。

【図３】複数の内部コンポーネントを示し、ビルトインオフセットヌル補正が適用される入力オフセット電圧を示す、従来のオペアンプの概略図である。

【図４】入力バイアス電流を示す従来のオペアンプの概略図である。

【図５】本明細書において教示されるように二重補償インピーダンスステージが適用される、環境的に誘起された入力オフセット電圧および環境的に誘起された入力バイアス電流を示す、オペアンプの概略図である。
【図６】複数の内部コンポーネントを示し、ビルトインオフセットヌル補正が適用される入力オフセット電圧と、補償インピーダンスが適用される入力バイアス電流とを示す、二重補償オペアンプの概略図である。
【図７】不均衡二重補償インピーダンスステージとして複数の抵抗器のネットワークが適用される、環境的に誘起された入力オフセット電圧および環境的に誘起された入力バイアス電流を示す、オペアンプの概略図である。
【図８】図示される一実施形態による、オペアンプに影響する周辺エネルギーレベルにおける変動に対する可変インピーダンス補償の方法を示す、フロー図である。
【図９Ａ】較正データの使用を伴う、図示された別の実施形態のよる、目標環境に影響する、予期される複数の周辺エネルギーレベルにおける複数の変動に対する可変インピーダンス補償の方法を図示する。
【図９Ｂ】較正データの使用を伴う、図示された別の実施形態のよる、目標環境に影響する、予期される複数の周辺エネルギーレベルにおける複数の変動に対する可変インピーダンス補償の方法を図示する。
【図１０Ａ】較正データと組み合わせたセンサの使用を伴う、図示された別の実施形態による、目標環境における動作中の複数の周辺エネルギーレベルにおける、複数の変動に対する可変インピーダンス補償の方法を図示する。
【図１０Ｂ】較正データと組み合わせたセンサの使用を伴う、図示された別の実施形態による、目標環境における動作中の複数の周辺エネルギーレベルにおける、複数の変動に対する可変インピーダンス補償の方法を図示する。
【図１１Ａ】選択された時間間隔でインピーダンス補償を周期的に調整し得る、その場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）におけるセンサ装置の使用を伴う図示された別の実施形態による、目標環境における動作中の複数の周辺エネルギーレベルにおける、複数の変動に対する可変インピーダンス補償の方法を図示する。
【図１１Ｂ】選択された時間間隔でインピーダンス補償を周期的に調整し得る、その場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）におけるセンサ装置の使用を伴う図示された別の実施形態による、目標環境における動作中の複数の周辺エネルギーレベルにおける、複数の変動に対する可変インピーダンス補償の方法を図示する。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下の説明において、開示される様々な実施形態の完全な理解を提供するべく、一定の具体的な複数の詳細が記載される。しかし、当業者は、これらの特定の詳細のうち１または複数を用いずに、または他の複数の方法、構成要素、材料等を用いて、複数の実施形態が実施され得ることを理解するであろう。他の複数の例において、複数の演算増幅器に関連する周知の複数の構造、および関連する複数の回路は、複数の実施形態の説明を不必要に不明瞭にすることを回避するべく、詳細には示されず、または説明されない。
【００１４】
本明細書およびそれに続く特許請求の範囲を通して、文脈が別途要求しない限り、「ｃｏｍｐｒｉｓｅ（備える）」という語、ならびに「ｃｏｍｐｒｉｓｅｓ」および「ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ」等、その変形は、開かれた、包含的意味、すなわち、「含むが、それに限定されない」ものとして解釈される。
【００１５】
本明細書全体における「一実施形態」または「実施形態」への参照は、実施形態に関して説明される具体的な特徴、構造、または特性が少なくとも一実施形態に含まれることを意味する。従って、「一実施形態において」または「実施形態において」という文言が本明細書全体で様々な個所において現れても、全てが同一の実施形態を必ずしも指す訳ではない。更に、特定の複数の特徴、構造、または特性は、１または複数の実施形態において

、任意の好適な様式で組み合わされ得る。

【００１６】

本明細書および添付の特許請求の範囲において用いられるように、文脈が明確にそうでないと指示しない限り、単数形「ａ」、「ａｎ」、および「ｔｈｅ」は、複数の指示物を含む。また、「または」という用語は、文脈が明確にそうでないと指示しない限り、一般に、「および／または」を含む意で使用されることに留意されたい。

【００１７】

本明細書において提供される本開示の見出しおよび要約は、専ら利便性のためであって、実施形態の範囲または意味を解釈するものではない。

【００１８】

図５を参照すると、二重補償オペアンプ５００は、従来のオペアンプ５０２内の環境に対する感度に対応する。従来のオペアンプ５０２は、固有誤差V_{os}およびI_{bias}の双方のタイプを示すデバイスを表し、二重補償オペアンプ５００は、入力バイアス電流および入力オフセット電圧の双方を同時に補償する。二重補償オペアンプ５００は、二重補償インピーダンスＺが概ね、V_{os}およびI_{bias}の双方の関数である入力インピーダンスにほぼ等しくなるように設定される、二重補償インピーダンスステージを導入する。例えば、入力インピーダンスがV_{os}／I_{bias}の比率である場合、二重補償インピーダンスＺは、入力インピーダンスをオフセットするべく、この比率にほぼ等しくなるように設定され得る。あるいは、二重補償インピーダンスＺは、V_{os}およびI_{bias}、またはそれらの比率にその他の方法で関連し得る。更に、入力オフセット電圧における変化である

【数１３】

$$\Delta V_{os}$$

を生じさせる環境的影響は、入力バイアス電流における同量の変化

【数１４】

$$\Delta I_{bias}$$

も生じさせる傾向にあり、可変二重補償インピーダンス

【数１５】

$$\Delta Z = \Delta V_{os} / \Delta I_{bias}$$

を二重補償オペアンプ５００の非反転入力部に適用することにより、双方の変化が考慮され得る。例えば、温度変化がV_{os}を係数２だけ増大させるとき、I_{bias}も、係数２だけ増大することができ、この場合に、複数の影響が釣り合い、可変二重補償インピーダンス

【数１６】

$$\Delta Z$$

は変化しない。オペアンプへの双方の入力電流を均衡させる通常の慣行を行うことに代えて、入力部のうち１つに二重補償インピーダンス

【数１７】

$$Z \pm \Delta Z$$

を提供すると、誤差の双方の固有の源、ならびに誤差における環境的に誘起された複数の変化を同時に補償する不均衡を生成する。

【００１９】

図６を参照すると、一実施形態において、部分的補償オペアンプ６００は、オペアンプ３０２の非反転入力部V^{+}に適用された二重補償インピーダンスステージを含み、オペア

ンプ３０２は、V_{os}を補償する内部オフセットヌル３０４をすでに含んでいる。この場合、二重補償インピーダンスＺは、I_{bias}のみを補償し、または内部オフセットヌル３０４が不十分であると判明した場合に、追加のオフセット電圧補償を提供するように調整され得る。二重補償オペアンプ５００および部分的補償オペアンプ６００のそれぞれについて、二重補償インピーダンスステージは、単一の抵抗の形態を取ってもよく、または二重補償インピーダンスは、抵抗器、サイリスタ、サーミスタ、抵抗器ネットワーク、可変抵抗器、ポテンショメータ等、１または複数の抵抗性コンポーネントを含んでもよい。また、二重補償インピーダンスステージは、部分的補償オペアンプ６００に組み込まれてもよい。

【００２０】

図７を参照すると、二重補償オペアンプ７００の一実施形態において、二重補償インピーダンスステージは、非反転入力端子V^+、反転入力端子V^-、出力端子V_{out}、またはこれらの組み合わせに選択的に電気的に結合された複数の抵抗のネットワークとして、オペアンプ５０２に適用され得る。例えば、二重補償インピーダンスＺは、第２抵抗Ｒ２を反転端子V^-に電気的に結合し、正の入力端子と接地との間で電気的に結合された第３抵抗Ｒ３を提供し、反転入力端子V^-と出力端子V_{out}、またはこれらの組み合わせとの間で電気的に結合された第４抵抗Ｒ４を提供することにより、オペアンプ５０２を補正するべく適用され得る。

【００２１】

更に、補償オペアンプ５００、６００および７００の様々な実施形態は、V_{os}およびI_{bias}の複数の値から派生する二重補償インピーダンスＺの正確で有益な値を提供する複数の方法における違いにより区別され得る。二重補償インピーダンスＺを調整するべく、複数のセンサ、計算、もしくは外挿法、またはこれらの組み合わせから得られ得る、V_{os}の値およびI_{bias}の値が、必要とされる。更に、変動するエネルギー環境、または遠隔の環境において、二重補償インピーダンスＺは、周期的に更新される必要があり得る。例えば、二重補償インピーダンスＺの値は、オペアンプが実験室、生産設備、または他の較正環境にある間に設定され得、その後に、オペアンプは、車両に取り付けられ、対象の目標動作環境に送られ得る。または、二重補償インピーダンスＺの判断は、複数の直接的測定値もしくは感知環境パラメータのいずれかに基づいて、必要な補償を外挿することにより、その場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）で、目標環境において行われ得る。

【００２２】

図８で説明される１つのシナリオにおいて、二重補償インピーダンスＺは、方法８００により、可能な限り密接にV_{os}およびI_{bias}を釣り合わせるように設定され得る。方法８００において、特定のオペアンプの実際の複数のゼロ測定は、目標環境またはシミュレーションされた目標環境（８０２）のいずれかにおいて行われる。これは、デバイスが遠隔の目標動作環境に到達した後に行われ、またはオペアンプは、シミュレーションされた目標環境において構成され得る。目標環境は、実験室の較正環境そのもの、または同等の地上環境であってもよく、またはそうでなくてもよい。８０４において、オペアンプの複数の電気特性（電圧および電流）が感知され、８０８において、V_{os}が判断され得る。例えば、V_{os}は、２つの入力端子V^+およびV^-を一緒に接続し、V_{out}を測定し、知られる利得係数Ａで除算することにより判断され得る。次に、I_{bias}は、８１０において、オペアンプが動作中に２つの入力端子で漏洩電流Ｉ＋およびＩ－を測定し、差異を算出することにより判断され得る。最期に、二重補償インピーダンスＺは、８１２において、オペアンプが補償抵抗により構成され、すでに存在するインピーダンス補正と共に顧客に提供され得るように、V_{os}のI_{bias}に対する比率を取ることにより判断され得る。次に、二重補償インピーダンスＺは、８１４においてオペアンプに適用され、次いで、デバイスは、８１６において目標環境で動作することが可能となる。オペアンプが複数の遠隔の状況をシミュレーションする環境において構成されている場合、動作のためにスイッチを入れる前に、オペアンプは、まず、目標環境に搬送され得る。

【００２３】

図９Ａおよび９Ｂにおいて図示される一実施形態によれば、二重補償インピーダンスＺは、予期されるレベルの誤差（V_{os}およびI_{bias}）の１つまたは双方の源を補償するように意図的に設定され得る。例えば、オペアンプが、知られた温度限界Ｔを有する目標環境において動作可能な航空機上の航空電子工学システムにおいて使用される場合、二重補償インピーダンスＺの値は、現在の環境の局地的周辺温度に起因する複数の影響をキャンセルするように設定されるのではなく、予期される将来の周辺温度Ｔの影響をキャンセルする時間に先立って推定され得る。図９Ａおよび９Ｂにおいて示されるように、これは、複数の顧客に複数のデバイスを配送する前に、実験室または生産設備において各デバイス用に較正曲線のセットを生成することにより、行われ得る。例えば、較正方法９００は、較正曲線９０８および９１０を生成する較正環境（例えば、実験室）９０１において実行され得る。較正曲線９０８および９１０は、遠隔の目標環境９５１（例えば、ある高度を飛行する飛行機）における複数の状況に適合するインピーダンス設定９１２に対する予測を外挿するべく、後で用いられ得る。まず、特定のオペアンプは、較正環境９０１で測定され、実験室の温度Ｔｃにおける入力オフセット電圧V_{osc}（９０２）および入力バイアス電流I_{biasc}（９０４）の値を判断し得る。次に、９０２および９０４において、較正環境における温度が変更され、V_{os}およびI_{bias}の連続する複数の測定が行われ、温度Ｔの関数として、V_{os}の較正曲線９０８およびI_{bias}の較正曲線９１０をそれぞれ生成することができる（９０６）。最期に、知られた温度Ｔｔを有する目標環境９５１については、知られた温度Ｔｔにおいて較正曲線９０８および９１０上に示された複数の誤差値を用いて比率$V_{ost}／I_{biast}$を算出することにより、目標環境９５１において用いる二重補償インピーダンスＺの正確な値の予測が得られ、オペアンプは、それに応じて設定され得る。曲線９０８および９１０のセットは、将来の参照用の電子メモリ等の非一時的記憶媒体内に将来の参照のために格納され得、較正データは、デバイスと共に顧客に提供されてもよい。温度に基づく較正曲線９０８および９１０を生成することに代えて、またはこれに加えて、周辺放射線レベル等の他の複数の環境状況を変動させることにより、他の複数のセットの曲線が生成され得る。

【００２４】

図９Ｂに図示される方法９５０は、目標環境が変化する場合に、二重補償インピーダンスＺの設定を更新するように用いられ得る。９５２において、新しい目標温度は、例えば、その場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）における測定により、または新しい動作目的地の知られた複数の特性から判断され得る。９５４において、二重補償インピーダンスＺの値は、上記の既存の較正曲線９０８および９１０から判断される。９５６において、二重補償インピーダンスＺの新しい値は、新しい目標環境におけるオペアンプに適用され、動作は、９５８において、目標環境が９６０で再び変化するまで継続し、このようにして方法９５０の反復をトリガする。９５４において、二重補償インピーダンスＺの外挿は、複数の較正曲線、または複数の較正曲線から派生した複数の較正表から複数の値を抽出し、二重補償インピーダンスＺの判断を電子的に行うべく、１または複数のプロセッサを用いて半自動的に実行され得る。

【００２５】

あるいは、図１０Ａおよび図１０Ｂにおいて図示されるように、例示的なフィードバック制御方法１０００は、変化する目標環境１００１におけるオペアンプの動作全体を通して、二重補償インピーダンスＺを正確な値に維持するべく、用いられ得る。本実施形態において、二重補償インピーダンスＺは、目標環境１００１に位置する例示的なフィードバック制御システム１００３を用いて、その場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）において自動的に設定され得る。方法１０００を用いて、二重補償インピーダンスＺは、温度および放射線等の目標環境１００１における変動する複数の周辺状況の測定に応じて調整される。例示的なフィードバック制御システム１００３は、目標環境における周辺エネルギーレベルを示す複数の信号を提供する、１または複数のエネルギーレベルセンサ１００５を含む。また、フィードバック制御システム１００３は、少なくとも１つのプロセッサ、および電子メモリ等の非一時的記憶媒体を含む、１または複数のコンピューティングデバイス１００７を含

む。１００２において、センサ１００５は、特定の周辺環境を特徴付ける情報（例えば、温度）を捕捉するべく用いられる。次に、感知情報は、１００４および１００６において、計算、複数のルックアップテーブル、または他の複数の方法により二重補償インピーダンスＺの適切な値を計算的に判断するべく、用いられ得る。例えば、上記の較正曲線９０８および９１０は、コンピューティングデバイス１００７内の電子コンピュータ内に保存され得る。従って、オペアンプ５００が目的地の環境に入ると、温度測定値は、センサ１００５により得られ、１００４において、誤差値V_{ost}およびI_{biast}は、保存された複数の較正曲線から外挿され、それに応じて入力インピーダンス値は、１００６において算出され得る。次に、別の温度測定が利用可能になり、または温度が推移し、二重補償インピーダンスＺが再び更新されることを要求するまで用いるために、二重補償インピーダンスＺは、１００８において入力インピーダンスをオフセットするべく適用され得る。

【００２６】

フィードバック制御方法１０００は、二重補償インピーダンスＺの判断がプログラミングされた複数の命令に従って行われ、プロセッサベースのシステム１００３からの出力信号に応答して、もたらされる二重補償インピーダンスＺの調整がオペアンプに直接に適用される、プロセッサベースのシステム１００３を用いることにより、自動化された方法として実装され得る。この自動化されたフィードバック制御方法１０００の１つの利点は、環境が変化するときに、二重補償インピーダンスＺが依然として現在の環境に合わせて最適に調整されることを確実にするべく、手順が必要な回数だけ反復され得ることである。第２の利点は、フィードバック制御方法１０００が人間の介在を要求しないことである。第３の利点は、フィードバック制御方法１０００が、代表的なセットの較正データの外挿法に依存するのではなく、実際の複数の周辺状況に基づくことである。

【００２７】

別の実施形態において、周期的なその場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）における較正方法１１００は、図１１Ａおよび図１１Ｂにおいて示されるように、その場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）における較正装置１１０１を用いて、選択された複数の時間間隔で目標環境において実行され得る。例示的なその場（ｉｎ－ｓｉｔｕ）における較正装置１１０１は、二重補償オペアンプ５００から複数の信号を収集し、二重補償オペアンプ５００に複数の信号を適用する、電子マルチメータ１１０３およびコンピューティングデバイス１１０５を含み得る。較正装置１１０１は、異なる複数の形態を呈し、例えば、較正装置１１０１は、オペアンプ５００の外部であり、または較正装置１１０１は、オペアンプ５００を含むチップに組み込まれ得る。ｉｎ－ｓｉｔｕ較正方法１１００によれば、１１０２において、二重補償オペアンプ５００は、動作モードから一時的に解放され、再較正用の誤差調整モードになり得る（あるいは、二重補償インピーダンスＺの値は、オペアンプ性能におけるドリフトを感知することに応答して、実行中に調整され得る）。再較正中に、非反転入力部における入力電圧および入力電流は、１１０４において感知され、反転入力部における電圧および電流は、１１０６において感知され得る。これらの測定値から、V_{os}およびI_{bias}の複数の誤差が、１１０８および１１１０においてそれぞれ判断され、入力インピーダンスは、１１１２において同様に判断され得る。次に、二重補償インピーダンスＺは、１１１４において、より多いか、またはより少ない抵抗を、例えば、二重補償オペアンプ５００の非反転入力部において提供し、またはＲ１、Ｒ２、Ｒ３、もしくはＲ４のいずれかを調整することにより、適用され得る。１１１４においてインピーダンス調整が行われると、オペアンプは、１１１６において動作モードに再び戻り、そこで初めて、判断ブロック１１１８は、現在の時間間隔がすでに終了したか否かを示すクロックに従い、別の更新の期限が到来したことを判断する。

【００２８】

上記の詳細な説明は、複数のブロック図、概略図、および例を用いることによる複数のデバイスおよび／または処理の様々な実施形態を記載した。そのような複数のブロック図、概略図、および例が１または複数の機能および／または動作を含む限りにおいて、当業

者は、そのような複数のブロック図、フロー図、または例における各機能および／または動作が広範なハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、または事実上、それらのいずれかの組み合わせにより個別に、および／または集合的に実装され得ることを理解するであろう。一実施形態において、本主題は、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）により実装され得る。しかし、当業者は、本明細書において開示される複数の実施形態が、１または複数のコンピュータ上で起動する１または複数のコンピュータプログラム（例えば、１または複数のコンピュータシステム上で起動する１または複数のプログラム）、１または複数のコントローラ上で起動する１または複数のプログラム（例えば、マイクロコントローラ）、１または複数のプロセッサ上で起動する１または複数のプログラム（例えば、マイクロプロセッサ）、ファームウェア、または事実上、それらのいずれかの組み合わせとして、従来の複数の集積回路において、全体として、または部分的に均等に実装され得、回路を設計し、および／またはソフトウェアおよび／もしくはファームウェア用のコードを書くことが、本開示に照らして当業者の技能に包含されることを理解するであろう。

【００２９】

当業者は、本明細書において提示される複数の方法およびアルゴリズムの多くが追加の複数の動作を利用し、いくつかの動作を省略し、および／または指定されるのとは異なる順序で複数の動作を実行し得ることを理解であろう。

【００３０】

更に、当業者は、本明細書において教示される複数のメカニズム、例えば、較正曲線またはロックアップテーブルが様々な形態のプログラム製品として配信され得、実際に配信を実行するべく用いられる特定のタイプの信号担持媒体とは関係なく、例示的な実施形態が同様に適用されることを理解するであろう。信号担持媒体の例としては、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスクドライブ、ＣＤ‐ＲＯＭ、デジタルテープ、およびコンピュータメモリ等、記録可能なタイプの媒体が挙げられるが、これらに限定されない。

【００３１】

上記の様々な実施形態は、更なる複数の実施形態を提供するべく組み合わされ得る。本明細書における具体的な教示および定義と一致しない限りにおいて、本明細書において参照される米国特許、米国特許出願公報、特許出願、外国特許、外国特許出願、および非特許公報の全ては、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。様々な特許、特許出願、および特許公報の複数のシステム、回路、およびコンセプトを利用して、更なる実施形態を提供することが必要であれば、複数の実施形態の態様は、修正され得る。

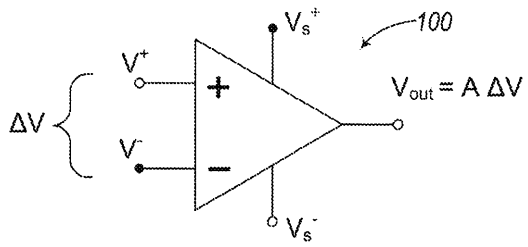
【００３２】

上記の説明に照らして、複数の実施形態に、これらおよび他の変更を行うことができる。一般に、以下の特許請求の範囲において、用いられる複数の用語は、本明細書および特許請求の範囲において開示される具体的な複数の実施形態に対する請求を限定するように解釈されるべきではなく、当該特許請求の範囲に権利付与される均等物の完全な範囲と共に、全ての可能な実施形態を含むものと解釈されるべきである。従って、特許請求の範囲は、本開示により限定されない。

【００３３】

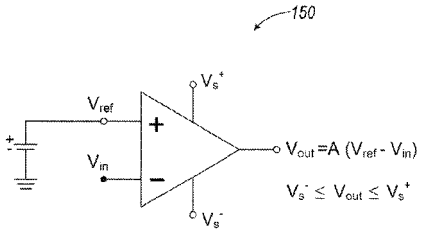
２０１２年９月１０日に出願された米国特許出願第１３／６０９，１０７号は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【図１Ａ】



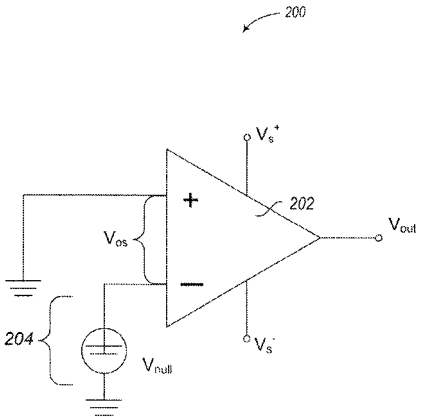
（従来技術）

【図１Ｂ】



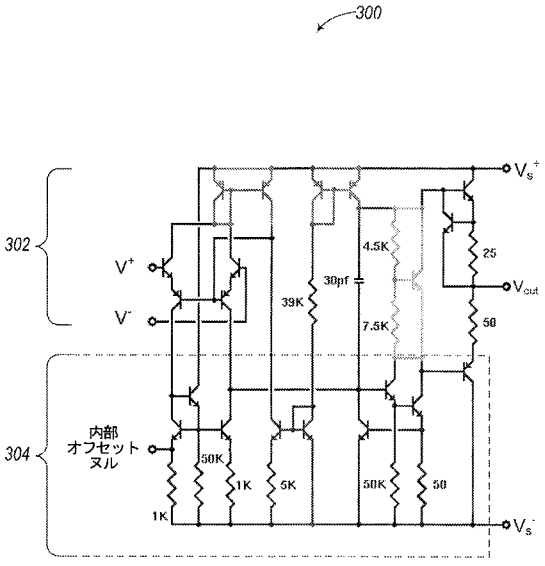
（従来技術）

【図２】



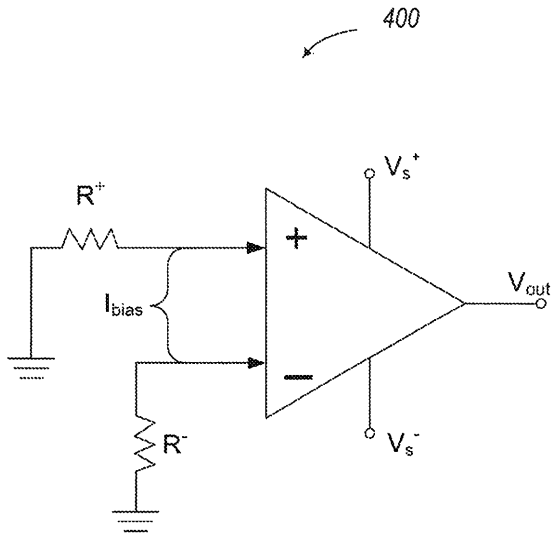
（従来技術）

【図３】



（従来技術）

【図４】



（従来技術）

【図５】

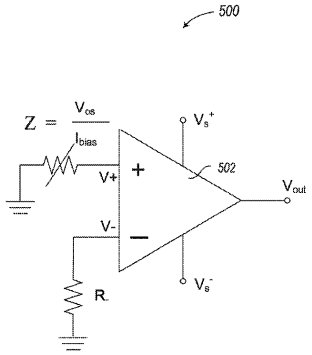
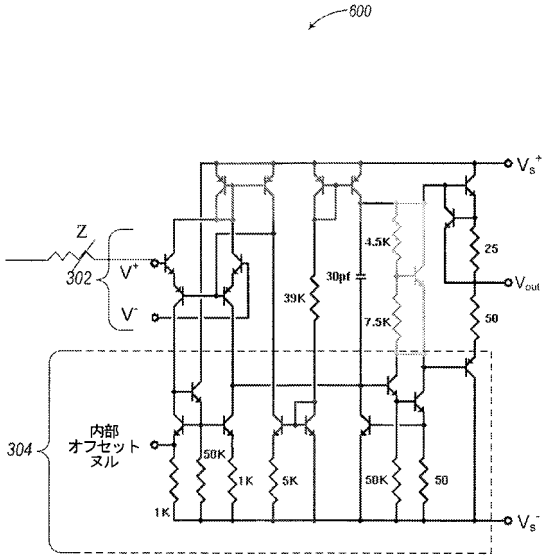


Fig. 5

【図６】



【図７】

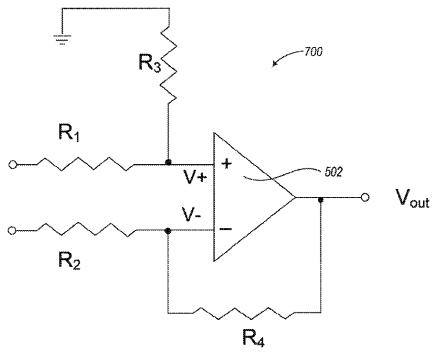
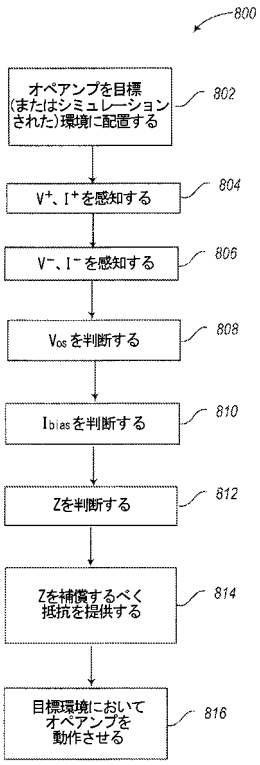
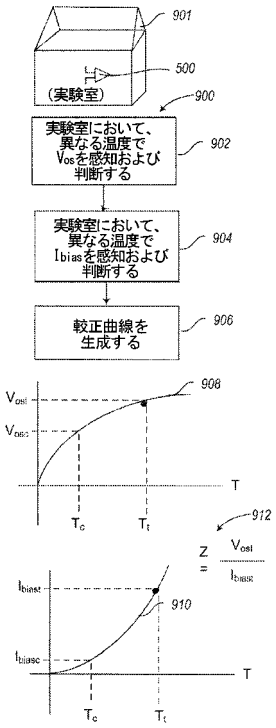


FIG. 7

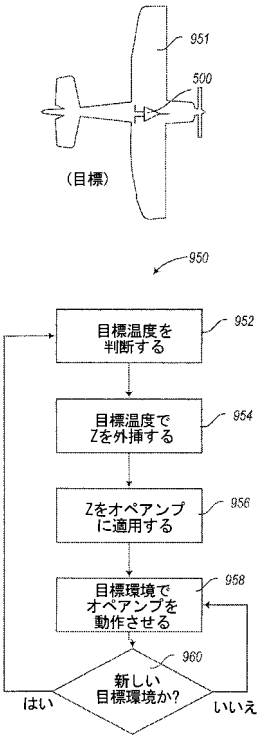
【図８】



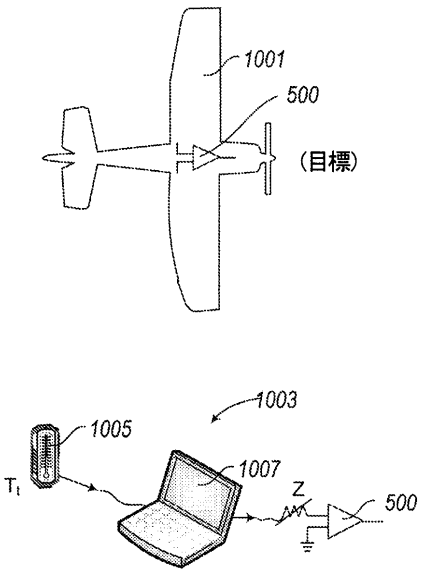
【図９Ａ】



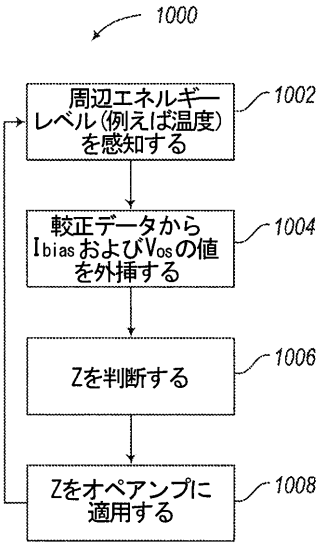
【図９Ｂ】



【図１０Ａ】



【図１０Ｂ】



【図１１Ａ】

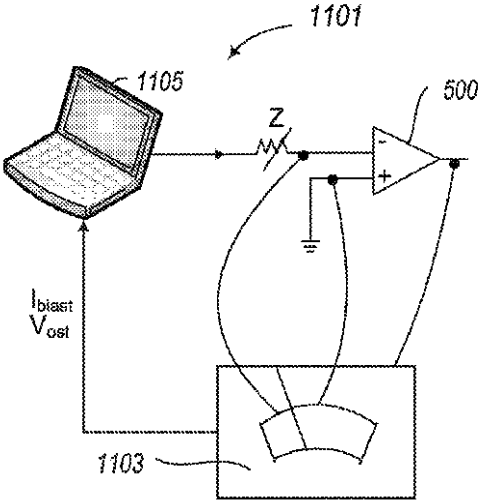
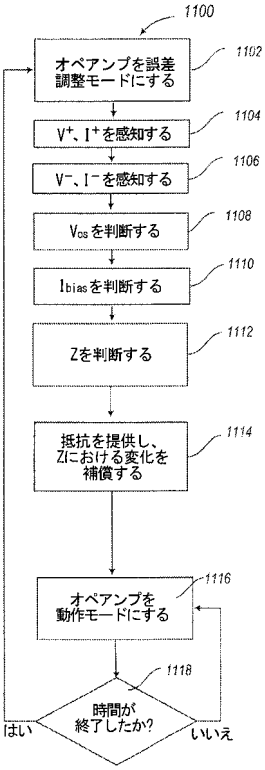


FIG 11A

【図１１Ｂ】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2013/058784

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03F 3/45(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H03F 3/45; H03F 3/34; G01R 31/316; H03F 1/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean utility models and applications for utility models
Japanese utility models and applications for utility models

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: operational amplifier, compensation, nullify, cancel, impedance, input, offset, voltage, bias, current, resistance, environment, temperature, ambient, fluctuation, change

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2008-0019196 A (ROHM CO., LTD.) 03 March 2008 See paragraphs [0052]-[0054], [0059], [0067]; claim 1 and figure 1.	1-28
A	JP 2007-263944 A (FUJI ELECTRIC DEVICE TECHNOLOGY CO., LTD.) 11 October 2007 See paragraphs [0020]-[0021], [0048], [0050], [0099] and figures 4, 14.	1-28
A	JP 2001-320250 A (NEC CORP.) 16 November 2001 See paragraphs [0031]-[0045]; claim 1 and figures 1, 4.	1-28
A	JP 2002-076799 A (HYNIX SEMICONDUCTOR INC.) 15 March 2002 See paragraphs [0006]-[0009], [0011], [0025] and figures 1-4.	1-28
A	KR 10-2008-0101784 A (NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION) 21 November 2008 See paragraphs [0024], [0026]-[0045]; claim 1 and figures 1-3.	1-28

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 December 2013 (19.12.2013)	**20 December 2013 (20.12.2013)**

Name and mailing address of the ISA/KR
Korean Intellectual Property Office
189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea
Facsimile No. +82-42-472-7140

Authorized officer
KIM, Sung Gon
Telephone No. +82-42-481-8746

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2013/058784

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 10-2008-0019196 A	03/03/2008	CN 101069343 A	07/11/2007
		CN 101069343 C0	07/11/2007
		JP 2007-027895 A	01/02/2007
		TW 200706898 A	16/02/2007
		US 2009-0259418 A1	15/10/2009
		US 7737733 B2	15/06/2010
		WO 2007-007765 A1	18/01/2007
JP 2007-263944 A	11/10/2007	JP 4882706 B2	22/02/2012
JP 2001-320250 A	16/11/2001	None	
JP 2002-076799 A	15/03/2002	KR 10-0511894 B1	02/09/2005
		KR 10-2002-0014597 A	25/02/2002
		US 2002-0021167 A1	21/02/2002
		US 6392475 B1	21/05/2002
KR 10-2008-0101784 A	21/11/2008	JP 2008-295060 A	04/12/2008
		JP 5283983 B2	04/09/2013
		US 2008-0284507 A1	20/11/2008
		US 7719351 B2	18/05/2010

フロントページの続き

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

(72)発明者 クエニー、ジェイ
アメリカ合衆国、ワシントン州 ９８０５２、レドモンド ウィローズ ロード １０２０１ クレーン エレクトロニクス、インコーポレーテッド内
(72)発明者 パーチリク、デイビッド
アメリカ合衆国、ワシントン州 ９８０５２、レドモンド ウィローズ ロード １０２０１ クレーン エレクトロニクス、インコーポレーテッド内

Ｆターム(参考) 5J500 AA01 AA47 AC02 AC13 AF00 AH08 AH25 AK00 AK01 AK09
AK48 AM13 AM23 DP01