

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7534028号
(P7534028)

(45)発行日 令和6年8月14日(2024.8.14)

(24)登録日 令和6年8月5日(2024.8.5)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 R 23/00 (2006.01)

H 0 4 R 23/00 3 2 0

H 0 4 R 3/00 (2006.01)

H 0 4 R 3/00 3 2 0

請求項の数 19 (全26頁)

(21)出願番号	特願2023-514944(P2023-514944)	(73)特許権者	503433420
(86)(22)出願日	令和3年9月2日(2021.9.2)		華為技術有限公司
(65)公表番号	特表2023-540983(P2023-540983 A)		HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.
(43)公表日	令和5年9月27日(2023.9.27)		中華人民共和国 5 1 8 1 2 9 広東省深
(86)国際出願番号	PCT/CN2021/116172		▲チェン▼市龍崗区坂田 華為総部▲ペ
(87)国際公開番号	WO2022/048588		ン▼公樓
(87)国際公開日	令和4年3月10日(2022.3.10)		Huawei Administrat
審査請求日	令和5年4月6日(2023.4.6)		ion Building, Banti
(31)優先権主張番号	202010924113.6		an, Longgang Distri
(32)優先日	令和2年9月4日(2020.9.4)		ct, Shenzhen, Guang
(33)優先権主張国・地域又は機関	中国(CN)		dong 5 1 8 1 2 9, P.R. C
		(74)代理人	hina
			100107766
			弁理士 伊東 忠重
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザマイクロフォン及び端末

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダイアフラム、レーザデバイス、制御回路、自己混合信号取得装置、及び信号処理回路を有するレーザマイクロフォンであって、

前記レーザデバイスは、前記ダイアフラムに光を放射し、前記ダイアフラムからのフィードバック光信号を受信するように構成され、前記フィードバック光信号が前記レーザデバイスの共振キャビティ内でレーザと干渉して自己混合光信号が得られ、前記レーザデバイスと前記ダイアフラムとの間の距離はLであり、Lの範囲は30 μm ≦ L ≦ 300 μmであり、

前記制御回路は、前記レーザデバイスに接続され、光を放射するように前記レーザデバイスを駆動及び制御するように構成され、

前記自己混合信号取得装置は、前記レーザデバイスに接続され、前記自己混合光信号に関係するターゲット電圧信号を取得及び出力するように構成され、

前記信号処理回路は、前記自己混合信号取得装置に接続され、前記自己混合信号取得装置によって出力された前記ターゲット電圧信号を受信し、前記ターゲット電圧信号をオーディオ電圧信号へと処理するように構成される、

レーザマイクロフォン。

【請求項 2】

前記自己混合信号取得装置の出力端が前記制御回路の入力端に接続され、前記自己混合信号取得装置によって出力された前記ターゲット電圧信号に基づいて前記制御回路が前記

レーザデバイスの駆動電流 A_j を決定する、請求項 1 に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 3】

前記レーザデバイスの j 回目の駆動電流変調が行われるとき、前記自己混合信号取得装置によって出力された前記ターゲット電圧信号に基づいて前記制御回路が前記レーザデバイスの駆動電流 A_j を決定することは、

S 1 1 : 前記制御回路により、前回の駆動電流変調後に得られた駆動電流 A_{j-1} に基づいて、現在の駆動電流変調の走査電流範囲 $[I_{min}, I_{max}]$ を決定し、 $I_{min} = A_{j-1} - I_0$ 、 $I_{max} = A_{j-1} + I_0$ 、 $0.1 \text{ mA} \leq I_0 \leq 0.5 \text{ mA}$ 、且つ $0.1 \text{ mA} \leq I_0 \leq 0.5 \text{ mA}$ であり、 j は、駆動電流変調の回数を表し、2 以上の整数であり、

10

S 1 2 : 前記制御回路により、初期値として I_{min} 、ステップサイズとして ΔI 、終了値として I_{max} を用いて、前記レーザデバイスに走査電流 I_t を印加し、各走査において前記走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、各走査中の出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を取得し、 ΔI は予め定められた電流であり、前記交流電流 I_c は予め定められた電流であり、交流電流 I_c の周波数は人間の耳で聞こえる音の最大周波数より高く、 ΔV_t は前記交流電流 I_c の前記周波数に関係し、 t は電流走査の回数を表し、

S 1 3 : S 1 2 を行う過程で得られた複数の ΔV_t のうちの最大値の ΔV_t に対応する走査電流 I_t を、前記現在の駆動電流変調を通じて得られた、前記レーザデバイスの前記駆動電流 A_j として決定する、

ことを有する、請求項 2 に記載のレーザマイクロフォン。

20

【請求項 4】

前記レーザデバイスが動作モードを開始するとき、前記自己混合信号取得装置によって出力された前記ターゲット電圧信号に基づいて前記制御回路が前記レーザデバイスの駆動電流 A_j を決定することは、

S 2 1 : 前記制御回路により、初期値として I_{min} 、ステップサイズとして ΔI 、終了値として I_{max} を用いて、前記レーザデバイスに走査電流 I_t を印加し、各走査において前記走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、各走査中の出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を取得し、 I_{min} は予め定められた最小駆動電流であり、 I_{max} は予め定められた最大駆動電流であり、 ΔI は予め定められた電流であり、前記交流電流 I_c は予め定められた電流であり、交流電流 I_c の周波数は人間の耳で聞こえる音の最大周波数より高く、 ΔV_t は前記交流電流 I_c の前記周波数に関係し、 t' は電流走査の回数

30

を表し、
S 2 2 : S 2 1 を行う過程で得られた複数の ΔV_t のうちの最大値の ΔV_t に対応する走査電流 I_t を、前記レーザデバイスの前記駆動電流 A_j として決定する、

ことを有する、請求項 2 又は 3 に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 5】

ΔI の範囲は $10 \mu\text{A} \leq \Delta I \leq 50 \mu\text{A}$ である、請求項 3 又は 4 に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 6】

前記交流電流 I_c の周波数範囲は $20 \text{ kHz} < I_c \leq 50 \text{ kHz}$ である、請求項 3 又は 4 に記載のレーザマイクロフォン。

40

【請求項 7】

前記自己混合信号取得装置は、前記レーザデバイスの前記共振キャビティ内の前記自己混合光信号を検出し、前記自己混合光信号に関係した前記ターゲット電圧信号を出力するように構成される、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 8】

前記自己混合信号取得装置は、光検出器及びトランスインピーダンス増幅器回路を有し、前記光検出器は、前記レーザデバイスに接続され、前記レーザデバイスの共振キャビティ内の前記自己混合光信号を検出し、前記自己混合光信号を電流信号に変換するように構成され、前記トランスインピーダンス増幅器回路は、前記光検出器に接続され、前記電流

50

信号を前記ターゲット電圧信号に変換するように構成される、請求項 7 に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 9】

前記光検出器及び前記レーザデバイスは、1つのチップ上にモノリシックに集積されており、前記光検出器は、前記ダイアフラムに面しない側の前記レーザデバイスの面上に配置されている、請求項 8 に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 10】

前記自己混合信号取得装置は、前記レーザデバイスに接続されたスナバ回路を有し、該スナバ回路は前記レーザデバイスの端子電圧を取得するように構成され、前記レーザデバイスの前記端子電圧は前記自己混合光信号に関係する、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のレーザマイクロフォン。

10

【請求項 11】

前記信号処理回路は、ハイパスフィルタ回路及び電圧増幅ローパスフィルタ回路を有し、前記ハイパスフィルタ回路は前記自己混合信号取得装置に接続され、前記電圧増幅ローパスフィルタ回路は前記ハイパスフィルタ回路に接続されている、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 12】

前記信号処理回路は更に、前記電圧増幅ローパスフィルタ回路に接続された利得制御回路を有し、該利得制御回路は、前記電圧増幅ローパスフィルタ回路の出力信号に基づいて前記電圧増幅ローパスフィルタ回路の利得を調節するように構成される、請求項 11 に記載のレーザマイクロフォン。

20

【請求項 13】

前記ダイアフラムに面する前記レーザデバイスの光放射面上に光ビーム結合装置が配置され、該光ビーム結合装置は1つ以上のレンズを有する、請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 14】

各レンズの横方向の寸法が $20\text{ }\mu\text{m}$ から $200\text{ }\mu\text{m}$ の範囲であり、各レンズの軸方向の寸法が $20\text{ }\mu\text{m}$ から $200\text{ }\mu\text{m}$ の範囲である、請求項 13 に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 15】

前記ダイアフラムは、MEMS ダイアフラム、金属ガラスダイアフラム、グラフェンダイアフラム、ポリマーフィルム、又は金属フィルムを有する、請求項 1 乃至 14 のいずれか一項に記載のレーザマイクロフォン。

30

【請求項 16】

前記レーザデバイスに面した前記ダイアフラムの面上に反射層が配置されている、請求項 15 に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 17】

前記レーザデバイスは垂直共振器型面発光レーザ又は端面発光型レーザである、請求項 1 乃至 16 のいずれか一項に記載のレーザマイクロフォン。

【請求項 18】

当該レーザマイクロフォンは更にハウジングを有し、前記ダイアフラム、前記レーザデバイス、前記制御回路、前記自己混合信号取得装置、及び前記信号処理回路が全て前記ハウジング内に配置され、前記ハウジング上の、前記ダイアフラムに対応する位置に、収音孔が配設されている、請求項 1 乃至 17 のいずれか一項に記載のレーザマイクロフォン。

40

【請求項 19】

請求項 1 乃至 18 のいずれか一項に記載のレーザマイクロフォンを有する端末。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この出願は、2020年9月4日に中国国家知識産権局に出願された、“レーザマイクロフォン及び端末”と題された中国特許出願第202010924113.6号に対する優先

50

権を主張するものであり、その出願をその全体にてここに援用する。

【0002】

この出願は、マイクロフォン技術の分野に関し、特に、レーザマイクロフォン及び端末に関する。

【背景技術】

【0003】

例えば音声制御及び音声インタラクションなどのシナリオに自動音声認識システムがますます適用されるようになってきている。一方で、より多くの人々がモバイルインターネットを通じてビデオコンテンツを記録及び共有している。音を拾うために使用されるマイクロフォンは、優れたユーザ体験を確保するために優れた性能を持つ必要がある。マイクロフォンの信号対雑音比 (S N R) は、拾う音の品質に影響を与える重要なパラメータである。高い S N R は、マイクロフォンが、遠距離にある弱いターゲットソースを拾うときに信号を増幅しながら低いバックグラウンドノイズを維持する助けとなり、それによって遠距離での收音 (sound pickup) 品質を向上させる。

10

【0004】

現在、例えばモバイル通信端末及びスマートホームなどの装置では、音声信号をキャプチャするために M E M S (Microelectromechanical Systems、微小電気機械システム) マイクロフォンが主に使用されている。このマイクロフォンは、M E M S 容量センサ、A S I C (Application Specific Integrated Circuit、特定用途向け集積回路) 変換回路、及びサウンドキャピティなどで構成される。M E M S キャパシタは、音を受けるためのシリコンダイアフラムとシリコンバック電極とを含み、シリコンダイアフラムは、音波によって生成される空気振動を感知し、それに従って振動することができ、シリコンバック電極とともに可変キャパシタを形成する。外部バイアスの下での可変キャパシタの変化が回路を通して検出され、電気信号出力へと処理され変換される。ダイアフラムとシリコンバック電極との間の距離が小さいため、高いスクイーズ膜減衰が導入されて高い機械的ノイズが導入され、それが S N R の改善を制限する。また、シリコンバック電極とシリコンダイアフラムとの間での引き込み効果に起因して、それらの間に特定の距離を保つ必要があり、それ故に、感度及び音響過負荷点の改善が制限される。従来の M E M S マイクロフォンでは、S N R を更に改善することのボトルネックに直面する。従って、より高い S N R を有するマイクロフォンを得るためには、及び音声認識率及び目覚め率を高めて遠距離での收音効果を向上させるためには、新たな技術的な道筋を模索する必要がある。

20

30

【発明の概要】

【0005】

この出願の実施形態は、高い信号対雑音比を持つレーザマイクロフォンを提供し、その結果、その音声認識率及び目覚め率を高めることができ、遠距離での收音効果が向上するようにする。

【0006】

具体的には、この出願の実施形態の第1態様は、ダイアフラム、レーザデバイス、制御回路、自己混合信号取得装置、及び信号処理回路を含んだレーザマイクロフォンを提供する。

40

【0007】

レーザデバイスは、ダイアフラムに光を放射し、ダイアフラムからのフィードバック光信号を受信するように構成され、フィードバック光信号がレーザデバイスの共振キャピティ内でレーザと干渉して自己混合光信号が得られる。レーザデバイスとダイアフラムとの間の距離は L であり、 L の範囲は $30\ \mu\text{m} \leq L \leq 300\ \mu\text{m}$ である。

【0008】

制御回路は、レーザデバイスに接続され、光を放射するようにレーザデバイスを駆動及び制御するように構成される。

【0009】

自己混合信号取得装置は、レーザデバイスに接続され、自己混合光信号に関係するター

50

ゲット電圧信号を取得するように構成される。

【 0 0 1 0 】

信号処理回路は、自己混合信号取得装置に接続され、自己混合信号取得装置によって出力されたターゲット電圧信号を受信し、ターゲット電圧信号をオーディオ電圧信号へと処理するように構成される。

【 0 0 1 1 】

この出願の実施形態で提供されるレーザマイクロフォンによれば、音声信号によって生じるダイアフラムの振動をレーザ自己混合デバイスが検出するように構成される。レーザ自己混合デバイスは、弱い振動信号を検出する強い能力を持つ。従って、マイクロフォンの音声認識感度を向上させることができる。さらに、レーザデバイスとダイアフラムとの間に適切な距離が設定され、それ故に、レーザデバイスの出力光ビームがダイアフラムで反射された後にレーザデバイスの共振キャビティに再び入ることのカップリング効率を向上させることができ、レーザマイクロフォンの信号対雑音比を効果的に向上させ、音声認識感度を向上させる。

【 0 0 1 2 】

例えば周囲温度の変動及びレーザデバイスの経年劣化などの理由により、レーザデバイスの電流の変動が引き起こされる。結果として、レーザデバイスの発光周波数がドリフトし、位相ノイズが導入される。位相ノイズを抑制又は除去し、レーザマイクロフォンの信号対雑音比を改善するために、この出願の実施形態では、ループを構成することによってレーザデバイスの更に駆動電流を変調し、最も高い感度を持つ電流動作点でレーザデバイスを安定させる。具体的には、この出願の一実装において、自己混合信号取得装置の出力端が制御回路の入力端に接続され、自己混合信号取得装置によって出力されたターゲット電圧信号に基づいて制御回路がレーザデバイスの駆動電流 A_j を決定する。

【 0 0 1 3 】

レーザデバイスの電流変動及びダイアフラムの振動は、レーザデバイスの共振キャビティにおける位相変動、すなわち、自己混合光信号の変動を引き起こす。この出願の実施形態では、レーザデバイスに小さい電流乱れを印加し、該電流乱れによって生じた、自己混合信号取得装置が出力する電圧信号の変化の度合い、すなわち、該電流乱れによって生じた自己混合光信号の変化の度合いに従って、最も高い感度を持つレーザデバイスの動作点が決定される。従って、ダイアフラムの振動に対して最も高い感度を持つ動作点にレーザデバイスを保つことができ、マイクロフォンの信号対雑音比を向上させることができる。

【 0 0 1 4 】

この出願の一実装において、レーザデバイスの j 回目の駆動電流変調が行われるとき、自己混合信号取得装置によって出力されたターゲット電圧信号に基づいて制御回路がレーザデバイスの駆動電流 A_j を決定することは、

S 1 1 : 制御回路により、前回の駆動電流変調後に得られた駆動電流 A_{j-1} に基づいて、現在の駆動電流変調の走査電流範囲 $[I_{min}, I_{max}]$ を決定し、 $I_{min} = A_{j-1} - I_0$ 、 $I_{max} = A_{j-1} + I_0$ 、 $0.1 \text{ mA} \leq I_0 \leq 0.5 \text{ mA}$ 、且つ $0.1 \text{ mA} \leq I_0 \leq 0.5 \text{ mA}$ であり、 j は、駆動電流変調の回数を表し、2以上の整数であり、

S 1 2 : 制御回路により、初期値として I_{min} 、ステップサイズとして ΔI 、終了値として I_{max} を用いて、レーザデバイスに走査電流 I_t を印加し、各走査において走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、各走査中の出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を取得し、 ΔI は予め定められた電流であり、交流電流 I_c は予め定められた電流であり、交流電流 I_c の周波数は人間の耳で聞こえる音の最大周波数より高く、 ΔV_t は交流電流 I_c の周波数に関係し、 t は電流走査の回数を表し、

S 1 3 : S 1 2 を行う過程で得られた複数の ΔV_t のうちの最大値の ΔV_t に対応する走査電流 I_t を、現在の駆動電流変調を通じて得られた、レーザデバイスの駆動電流 A_j として決定する、

ことを含む。

【 0 0 1 5 】

10

20

30

40

50

上述の駆動電流変調がレーザデバイスの動作モードで行われることで、レーザデバイスは、動作プロセス全体で、最も高い感度を持つ電流動作点で常に安定することができ、それにより、レーザマイクロフォンの収音品質及び遠距離での収音効果が向上されるとともに、レーザマイクロフォンの収音安定性が向上される。

【0016】

この出願の一実装において、レーザデバイスが動作モードを開始するとき、自己混合信号取得装置によって出力されたターゲット電圧信号に基づいて制御回路がレーザデバイスの駆動電流 A_j を決定することは、

S21: 制御回路により、初期値として I_{min} 、ステップサイズとして ΔI 、終了値として I_{max} を用いて、レーザデバイスに走査電流 I_t を印加し、各走査において走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、各走査中の出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を取得し、 I_{min} は予め定められた最小駆動電流であり、 I_{max} は予め定められた最大駆動電流であり、 ΔI は予め定められた電流であり、交流電流 I_c は予め定められた電流であり、交流電流 I_c の周波数は人間の耳で聞こえる音の最大周波数より高く、 ΔV_t は交流電流 I_c の周波数に関係し、 t' は電流走査の回数を表し、

10

S22: S21を行う過程で得られた複数の ΔV_t のうちの最大値の ΔV_t に対応する走査電流 I_t を、レーザデバイスの駆動電流 A_j として決定する、

ことを含む。

【0017】

レーザデバイスが動作モードを開始するとき、予め定められた最小駆動電流（一般的にレーザデバイス閾値）から予め定められた最大駆動電流まで走査することによって、最も高い感度を持つレーザデバイスの電流動作点が探索され、その結果、レーザマイクロフォンの収音品質及び遠距離での収音効果を向上させることができる。

20

【0018】

この出願の一実装において、 ΔI の範囲は $10\mu A \leq \Delta I \leq 50\mu A$ である。適切なステップサイズを設定することは、高い感度を持つ駆動電流点の値を正確に発見する助けとなる。

【0019】

この出願の一実装において、交流電流 I_c の周波数、すなわち、印加される電流乱れの周波数は、人間の耳で聞こえる音の最大周波数より高い。従って、電流乱れはレーザデバイスの安定動作に大きくは影響しない。この出願の一部の実装において、交流電流 I_c の周波数範囲は $20kHz < I_c \leq 50kHz$ である。交流電流 I_c のピークツーピーク値は $10\mu A$ と $50\mu A$ との間で制御され得る。同様に、小さい電流値の交流電流 I_c を印加することにより、レーザデバイスの安定動作に対する影響を抑制することができる。

30

【0020】

この出願の一実装において、自己混合信号取得装置は、レーザデバイスの共振キャビティ内の自己混合光信号を検出し、自己混合光信号に関係したターゲット電圧信号を出力するように構成される。

【0021】

この出願の特定の一実装において、自己混合信号取得装置は、光検出器及びトランスインピーダンス増幅器回路を含み、光検出器は、レーザデバイスに接続され、レーザデバイスの共振キャビティ内の自己混合光信号を検出し、自己混合光信号を電流信号に変換するように構成され、トランスインピーダンス増幅器回路は、光検出器に接続され、電流信号をターゲット電圧信号に変換するように構成される。光検出器とトランスインピーダンス増幅器回路を用いて自己混合信号を得ることにより、レーザデバイスの駆動電流を増加させて、より高い信号対雑音比を得ることができる。

40

【0022】

この出願の一実装において、光検出器及びレーザデバイスは、1つのチップ上にモノリシックに集積されており、光検出器は、ダイアフラムに面しない側のレーザデバイスの面、すなわち、レーザデバイスの光放射面の裏側に配置される。レーザデバイスと光検出器

50

が同一チップ上に集積されることで、レーザデバイスの裏から伝えられる光を光検出器にカップリングする効率を向上させることができ、それにより、信号対雑音比が向上されるのと同時に、振動や落下などの場合にディスクリット構成によって生じる光路ずれを避けることができる。これにより、マイクロフォンのライフサイクルを通して信号の一貫性が保たれる。

【 0 0 2 3 】

この出願の他の一実装において、自己混合信号取得装置は、レーザデバイスに接続されたスナバ回路を含み、スナバ回路はレーザデバイスの端子電圧を取得するように構成され、レーザデバイスの端子電圧は自己混合光信号に関係する。自己混合光信号に関係するターゲット電圧信号が、レーザデバイスの端子電圧を取得することによって得られ、それ故に、レーザデバイスの小さな駆動電流（すなわち、小さい電力消費）の下で適度な信号対雑音比を得ることができる。

10

【 0 0 2 4 】

この出願の一実装において、信号処理回路は、ハイパスフィルタ回路及び電圧増幅ローパスフィルタ回路を含み、ハイパスフィルタ回路は自己混合信号取得装置に接続され、電圧増幅ローパスフィルタ回路はハイパスフィルタ回路に接続される。ハイパスフィルタ回路と電圧増幅ローパスフィルタ回路とで、低周波の背景音と高周波の信号とをフィルタリングすることができる。

【 0 0 2 5 】

この出願の一部の実装において、信号処理回路は更に、電圧増幅ローパスフィルタ回路に接続された利得制御回路を含み、該利得制御回路は、電圧増幅ローパスフィルタ回路の出力信号に基づいて電圧増幅ローパスフィルタ回路の利得を調節するように構成される。利得制御回路を配設することで、電圧増幅ローパスフィルタ回路の調節可能な利得を実現することができる。

20

【 0 0 2 6 】

この出願の一実装において、ダイアフラムに面するレーザデバイスの光放射面上に光ビーム結合装置が配置され、該光ビーム結合装置は1つ以上のレンズを含む。レンズを配設することで、レーザデバイスの出力光ビームがダイアフラムで反射された後にレーザデバイスの共振キャビティに再び入ることのカップリング効率を向上させることができ、より高いフィードバック光強度、すなわち、より強い信号を有し、マイクロフォンの信号対雑音比が更に効果的に向上される。

30

【 0 0 2 7 】

この出願の一実装において、各レンズの横方向の寸法（すなわち、長さ寸法及び幅寸法）が $20\text{ }\mu\text{m}$ から $200\text{ }\mu\text{m}$ の範囲であり、各レンズの軸方向の寸法（すなわち、高さ寸法）が $20\text{ }\mu\text{m}$ から $200\text{ }\mu\text{m}$ の範囲である。上述の寸法のレンズは、レーザ直接書き込み又はマイクロナノプリンティングによって加工されることができ、また、上述の寸法のレンズは、レーザデバイス上に集積されて、より小型のアセンブリを実現することができ、ウエハ（wafer）上での直接生産の大量生産ソリューションが実現され得る。

【 0 0 2 8 】

この出願の実装において、ダイアフラムの具体的なタイプは限定されず、導電性に関する特別な要件は存在しない。オーディオが必要とする振動特性のみを考慮すればよい。ダイアフラムは、既存のマイクロフォンに使用可能な様々なダイアフラムとし得る。具体的には、MEMSダイアフラム、金属ガラスダイアフラム、グラフェンダイアフラム、ポリマーフィルム、金属フィルム、又はこれらに類するものが含まれ得る。

40

【 0 0 2 9 】

この出願の一実装において、レーザデバイスに面したダイアフラムの面上に反射層が配置される。該反射層の反射率は70%よりも高い。具体的には、該反射層は、金、アルミニウム、又はこれらに類するもので作製され得る。反射層を配置することで、ダイアフラムに放射されたときの、レーザデバイスの出力光ビームの、レーザデバイスの共振キャビティ内へと反射され返す反射率を向上させることができる。また、ダイアフラムの全体的

50

な応力を小さい範囲内に制御し、音圧変位感度を向上させるために、ダイアフラムは一般に複数の異なる応力膜レイヤを含む複合膜構造である。斯くして、金属反射層の配置によって反射率を高めることに加えて、ダイアフラムの負の応力を補償してダイアフラムの安定性を向上させることもできる。

【 0 0 3 0 】

この出願の一実装において、レーザデバイスは自己混合レーザデバイスであり、その具体的なタイプは限定されない。レーザデバイスは垂直共振器型面発光レーザであってもよいし、端面発光型レーザであってもよい。レーザデバイスの出力波長は 7 5 0 n m から 1 6 0 0 n m の範囲とし得る。

【 0 0 3 1 】

この出願の一実装において、当該レーザマイクロフォンは更にハウジングを含み、ダイアフラム、レーザデバイス、制御回路、自己混合信号取得装置、及び信号処理回路が全てハウジング内に配置され、ハウジング上の、ダイアフラムに対応する位置に、が配設される。この収音孔を通して外部の音情報が拾われる。

【 0 0 3 2 】

この出願の一実施形態は更に端末を提供する。当該端末は、この出願の実施形態の第 1 態様に従ったレーザマイクロフォンを含む。当該端末は、外部ハウジングと該外部ハウジング内に配置された回路基板とを含み、該回路基板上にレーザマイクロフォンが配置される。端末の外部ハウジングに、レーザマイクロフォンの位置に対応する受音孔が配設され、外部ハウジングの受音孔を通して外部の音がレーザマイクロフォンに伝えられる。レーザマイクロフォンは、当該端末の前面に対応して配置されてもよいし、当該端末の背面に対応して配置されてもよいし、当該端末のサイドミドルフレームに対応して配置されてもよい。当該端末は、例えば、携帯電話 (mobile phone)、ノートブックコンピュータ、タブレットコンピュータ、スマート TV、スマートスピーカ、ヘッドセット、ビデオカメラ、ネットワークカメラ、ウェアラブル装置、ゲーム装置、車載オーディオシステム若しくはマイクロフォン、音声ナビゲーション装置、口述音声認識装置、音声・ツー・テキスト変換器、又はこれらに類するものなどの、音声コマンド制御が必要とされるシナリオ又は音声をキャプチャ、記録、処理、若しくは分析する必要があるシナリオにおける端末製品とし得る。

【 0 0 3 3 】

この出願の実施形態で提供されるレーザマイクロフォンは、レーザ自己混合デバイスに基づいて、音声信号によって生じるダイアフラムの振動を検出し、弱い振動信号を検出する強い能力を持つ。従来の MEMS マイクロフォンと比較して、当該レーザマイクロフォンはいっそう高い信号対雑音比を持つ。この出願の実施形態におけるレーザマイクロフォンによれば、レーザデバイスとダイアフラムとの間に適切な距離が設定され、それ故に、レーザデバイスの出力光ビームがダイアフラムで反射された後にレーザデバイスの共振キャビティに再び入ることのカップリング効率が向上され、それにより信号対雑音比を効果的に向上させ、音声認識感度を向上させる。さらに、この出願の実施形態におけるレーザマイクロフォンによれば、ループを構成することによってレーザデバイスの駆動電流が変調されて、最も高い感度を持つ電流動作点でレーザデバイスを安定させ、これは、電流変動によって生じる位相ノイズを抑制又は除去することができ、その結果、当該レーザマイクロフォンはライフサイクル全体において動作中に高い信号対雑音比を維持することができる。この出願の実施形態によれば、当該レーザマイクロフォンは、静かな状況におけるソフトスポークンモードでの収音、遠距離での弱い音声信号の検出、及び遠距離ビデオ記録中の収音品質を有意に向上させることができ、それによりユーザ体験を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 4 】

【図 1】この出願の一実施形態に従ったレーザマイクロフォンの回路構成の概略図である。

【図 2】この出願の他の一実施形態に従ったレーザマイクロフォンの回路構成の概略図で

10

20

30

40

50

ある。

【図 3】この出願の一実施形態に従った信号処理回路 50 の概略構成図である。

【図 4 A】図 4 A - 図 4 C は、この出願の一実施形態に従ったレーザマイクロフォンの回路構成の概略図である。

【図 4 B】図 4 A - 図 4 C は、この出願の一実施形態に従ったレーザマイクロフォンの回路構成の概略図である。

【図 4 C】図 4 A - 図 4 C は、この出願の一実施形態に従ったレーザマイクロフォンの回路構成の概略図である。

【図 5 A】図 5 A - 図 5 C は、この出願の他の一実施形態に従ったレーザマイクロフォンの回路構成の概略図である。

10

【図 5 B】図 5 A - 図 5 C は、この出願の他の一実施形態に従ったレーザマイクロフォンの回路構成の概略図である。

【図 5 C】図 5 A - 図 5 C は、この出願の他の一実施形態に従ったレーザマイクロフォンの回路構成の概略図である。

【図 6】この出願の一実施形態に従った頂部受音構造を持つレーザマイクロフォンの概略構造図である。

【図 7】この出願の一実施形態に従った底部受音構造を持つレーザマイクロフォンの概略構造図である。

【図 8】この出願の一実施形態に従ったレンズの概略配置図である。

【図 9】この出願の一実施形態に従った端末におけるレーザマイクロフォンの配置位置の概略図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0035】

以下、この出願の実施形態内の添付図面を参照して、この出願の実施形態を説明する。

【0036】

図 1 及び図 2 を参照するに、この出願の一実施形態は、ダイアフラム 10、レーザデバイス 20、制御回路 30、自己混合信号取得装置 40、及び信号処理回路 50 を含んだレーザマイクロフォン 100 を提供する。ダイアフラム 10 は、外部の音によって発生される音波を受けて振動を生成するように構成され、光放射面が位置するレーザデバイス 20 の面がダイアフラム 10 に対向し、レーザデバイス 20 は、ダイアフラム 10 に光を放射し、ダイアフラム 10 からのフィードバック光信号を受信するように構成される。レーザ自己混合干渉効果に基づいて、フィードバック光信号がレーザデバイス 20 の共振キャビティ内でレーザと干渉して自己混合光信号が得られる。制御回路 30 の出力端 30 b がレーザデバイス 20 に接続され、制御回路 30 は、光を放射するようにレーザデバイス 20 を駆動及び制御するように構成される。自己混合信号取得装置 40 はレーザデバイス 20 に接続され、自己混合信号取得装置 40 は、自己混合光信号に関係するターゲット電圧信号を取得するように構成される。信号処理回路 50 の入力端 50 a が自己混合信号取得装置 40 の第 1 出力ポート 40 b に接続され、自己混合信号取得装置 40 によって出力されたターゲット電圧信号を受信し、該ターゲット電圧信号をオーディオ電圧信号へと処理するように構成される。

30

40

【0037】

この出願の実施形態におけるレーザマイクロフォン 100 の動作機構は、次のとおりである：外部の音によって発生された音波がダイアフラム 10 に作用し、音波の音圧が変化するときダイアフラム 10 が振動変位を生成する。制御回路 30 がレーザデバイス 20 に駆動電流を供給して、光を放射するようにレーザデバイス 20 を駆動し、レーザビームがダイアフラム 10 に放射され、そしてダイアフラム 10 で反射されて、フィードバック光信号が得られ、該フィードバック光信号は、ダイアフラム 10 の振動情報を搬送しており、放射光に対して位相を変化させている。該フィードバック光信号がレーザデバイス 20 の共振キャビティに反射され返し、キャビティ内でレーザとの自己混合干渉が起こって自己混合光信号が得られる。自己混合信号取得装置 40 が、レーザデバイス 20 の自己混

50

合光信号に関係するターゲット電圧信号を取得し、信号処理回路 50 が、自己混合信号取得装置 40 によって出力されたターゲット電圧信号を受信し、ターゲット電圧信号に対して例えば増幅及びフィルタリングなどの処理を行って、最終的に出力オーディオ電圧信号を取得する。

【0038】

この出願の一実装において、レーザデバイス 20 とダイアフラム 10 との間の距離は L であり、 L の範囲は $30\ \mu\text{m}$ L $300\ \mu\text{m}$ である。すなわち、レーザデバイス 20 のダイアフラム 10 に近い側の光放射面とダイアフラム 10 の反射面との間の距離は $30\ \mu\text{m}$ から $300\ \mu\text{m}$ である。レーザデバイス 20 の光放射面とダイアフラム 10 の反射面との間の距離を等価外部キャビティと考え得る。レーザビームの方向におけるダイアフラム 10 の表面の振動変位が、ダイアフラムの反射面とレーザデバイスの光放射面とで形成される外部反射キャビティの長さを変化させ、更にフィードバック光の位相を変化させる。この出願の実施形態では、レーザデバイスとダイアフラムとの間に適切な距離が設定され、すなわち、外部キャビティの適切な長さが維持され、それ故に、レーザデバイスの出力光ビームがダイアフラムで反射された後にレーザデバイスの共振キャビティに再び入ることのカップリング効率が向上され、それにより信号対雑音比を効果的に向上させ、音声認識感度を向上させる。

10

【0039】

この出願の一部の実装において、自己混合信号取得装置 40 は、レーザデバイス 20 の共振キャビティ内の自己混合光信号を取得し、自己混合光信号に関係するターゲット電圧信号を出力するように構成される。具体的には、図 1 に示すように、自己混合信号取得装置 40 は、光検出器 41 及びトランスインピーダンス増幅器回路 42 を含み、光検出器 41 がレーザデバイス 20 に接続され、トランスインピーダンス増幅器回路 42 の入力端が光検出器 41 に電氣的に接続される。光検出器 41 は、レーザデバイスの共振キャビティ内の自己混合光信号を検出し、自己混合光信号を電流信号に変換するように構成され、トランスインピーダンス増幅器回路 42 は、光検出器 41 によって出力された電流信号を電圧信号に変換するように構成される。この実装では、ダイアフラムによる反射を通して得られたフィードバック光信号がレーザデバイス 20 の共振キャビティに反射され返し、キャビティ内の光場との自己混合干渉が起こって、それがレーザデバイスの光強度の変化を引き起こす。自己混合によって生じた光強度の変化が光検出器 41 により検出され、光検出器 41 が光信号を光電流信号に変換する。トランスインピーダンス増幅器回路 42 が光電流信号を増幅されたターゲット電圧信号に変換する。そして、信号処理回路 50 が例えば信号増幅及びフィルタリングなどの処理を行い、最終的にその信号をオーディオ電圧信号として出力する。

20

30

【0040】

この出願の一部の他の実装において、自己混合信号取得装置 40 は、レーザデバイス 20 から自己混合光信号に関係するターゲット電圧信号を直接取得するように構成される。具体的には、図 2 に示すように、自己混合信号取得装置 40 は、レーザデバイス 20 の出力端に接続されたスナバ回路 43 を含む。スナバ回路 43 はレーザデバイス 20 の端子電圧を取得し得る。この出願において、レーザデバイス 20 の端子電圧は、レーザデバイスの両端間の電圧差、又はグランドに対するレーザデバイスの一端の電圧を指す。スナバ回路 43 は、電流上昇を抑圧することができる保護回路である。

40

【0041】

図 3 を参照するに、この出願の一部の実装において、信号処理回路 50 は、ハイパスフィルタ回路 51 及び電圧増幅ローパスフィルタ回路 52 を含む。ハイパスフィルタ回路 51 の入力端子 51a が、自己混合信号取得装置 40 の第 1 出力ポート 40b に接続される。電圧増幅ローパスフィルタ回路 52 の入力端子 52a が、ハイパスフィルタ回路 51 の出力端子 51b に接続される。ハイパスフィルタ回路 51 は、自己混合信号取得装置 40 の出力信号を DC 遮断するとともに低周波ノイズをフィルタリング除去し得る。電圧増幅ローパスフィルタ回路 52 は、ハイパスフィルタ回路 51 によって出力される DC 遮断さ

50

れた高周波交流信号に対して増幅及びローパスフィルタリング処理を行い得る。この出願の一部の実装において、信号処理回路 50 は更に利得制御回路 53 を含み得る。利得制御回路 53 の入力端子 53 a が、電圧増幅ローパスフィルタ回路 52 の出力端子 52 b に接続される。利得制御回路 53 の出力端子 53 b が、電圧増幅ローパスフィルタ回路 52 の入力端子 52 c に接続される。利得制御回路 53 は、電圧増幅ローパスフィルタ回路 52 の出力信号に基づいて電圧増幅ローパスフィルタ回路 52 の利得を調節する。電圧増幅ローパスフィルタ回路 52 の出力端子 52 b は、信号処理回路 50 の出力端として機能して信号を出力する。

【0042】

例えば周囲温度の変動及びレーザデバイスの経年劣化などの理由により、レーザデバイスの電流の変動が引き起こされる。結果として、レーザデバイスの発光周波数がドリフトし、位相ノイズが導入される。位相ノイズを抑制又は除去し、マイクロフォンの信号対雑音比を改善するために、この出願の実施形態では、ループを構成することによってレーザデバイスの駆動電流を変調し、ダイアフラムの振動に対して最も高い感度を持つ駆動電流の動作点でレーザデバイスを安定させる。レーザデバイスの電流変動及びダイアフラムの振動は、レーザデバイスの共振キャビティにおける位相変動、すなわち、自己混合光信号の変動を引き起こす。この出願の実施形態では、レーザデバイスに小さい電流乱れを印加し、該電流乱れによって生じた自己混合信号取得装置の出力信号の変化の度合い、すなわち、該電流乱れによって生じた自己混合光信号の変化の度合いに従って、最も高い感度を持つレーザデバイスの駆動電流の動作点が決定される。従って、レーザデバイスはまた、ダイアフラムの振動に対して最も高い感度を持つ駆動電流の動作点に保たれることができ、マイクロフォンの信号対雑音比を向上させることができる。この出願において、レーザデバイスの駆動電流は直流である。

【0043】

以下、この出願の実施形態に従った、ループを構築することによってレーザデバイスの駆動電流が変調される具体的なソリューションを説明する。

【0044】

図 1 及び図 2 を参照するに、この出願の一実装において、自己混合信号取得装置 40 の第 2 出力ポート 40 c が制御回路 30 の入力端子 30 a に接続される。制御回路 30 は、自己混合信号取得装置 40 の第 2 出力ポート 40 c からの出力信号に従ってレーザデバイス 20 の駆動電流 A_j を決定する。すなわち、自己混合信号取得装置 40 から 2 つの信号が出力され、一方の信号は信号処理回路 50 に出力され、他方の信号は制御回路 30 に出力され、これら 2 つの信号は同じ電圧信号である。

【0045】

この出願の一実装において、レーザデバイスが動作モードを開始するとき、自己混合信号取得装置 40 によって出力されたターゲット電圧信号に基づいて制御回路 30 がレーザデバイス 20 の駆動電流 A_j を決定することは、以下のステップを含む。

【0046】

S 21: 制御回路が、初期値として I_{min} 、ステップサイズとして ΔI 、終了値として I_{max} を用いて、レーザデバイスに走査電流 I_t を印加し、各走査において走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、各走査中の出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を取得し、

ここで、 I_{min} は予め定められた最小駆動電流であり、 I_{max} は予め定められた最大駆動電流であり、 ΔI は予め定められた電流であり、交流電流 I_c は予め定められた電流であり、交流電流 I_c の周波数は人間の耳で聞こえる音の最大周波数より高く、 ΔV_t は交流電流 I_c の周波数に関係し、 t' は電流走査の回数を表す。

【0047】

この実施形態のステップ S 21 にて、制御回路 30 は、各走査において走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、重ね合わせ後に得られた電流をレーザデバイス 20 に出力し、自己混合信号取得装置 40 は、 I_t 及び I_c に基づいてターゲット電圧信号 V_1 を出力

する。ターゲット電圧信号 V_1 を取得した後、制御回路 30 は、ターゲット電圧信号 V_1 に対して FFT (Fast Fourier Transform、高速フーリエ変換) を実行し、交流電流 I_c の周波数での出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を特定する。 ΔV_t が交流電流 I_c の周波数に関係するということが意味するのは、重ね合わされる交流電流 I_c の周波数に従って、その周波数での出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t が、FFT が実行される電圧信号において特定されるということである。例えば、重ね合わされる交流電流 I_c の周波数が 25 kHz である場合、25 kHz の周波数での出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を特定する必要がある。

【0048】

この出願の一実装において、レーザデバイスの予め定められた最小駆動電流 I_{min} 及び予め定められた最大駆動電流 I_{max} は、レーザデバイスの具体的な要求に基づいて適切に設定され得る。例えば、この出願の一部の実装において、予め定められた最小駆動電流 I_{min} は 0.5 mA とすることができ、予め定められた最大駆動電流 I_{max} は 3 mA とすることができる。

10

【0049】

一回の走査は、制御回路が、ある特定の点の値の走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、得られた電流をレーザデバイスに印加し、走査電流 I_t の作用下で交流電流 I_c が重ね合わされたときのレーザデバイスの出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を得るプロセスを指す。ピークツーピーク (peak-to-peak、pk - pk) ΔV_t は、波形図における最大の正の電圧値と最大の負の電圧値との間の差を指す。

20

【0050】

S22: S21 を行う過程で得られた複数の ΔV_t のうちの最大値の ΔV_t に対応する走査電流 I_t を、レーザデバイスの駆動電流 A_j として決定する。制御回路は、S22 で決定した駆動電流 A_j に従って、レーザデバイスに駆動電流 A_j を安定的に印加する。

【0051】

レーザデバイスが動作モードを開始するというのは、レーザデバイスが收音を無効にするモードから收音モードを開始するその都度のプロセスを指す。レーザデバイスの電源オンから電源オフまでの期間が 1 周期として定義される。各電源オン後に收音モードを開始することが、常に、動作モードを開始することである。1 周期内で、スタンバイモードから收音モードに切り換わるプロセスも、動作モードを開始することとみなされる。レーザデバイスの動作モードは、レーザデバイスの收音モード、すなわち、レーザデバイスが動作モードを開始した後の收音モード状態を指す。

30

【0052】

この出願の一実装において、レーザデバイスの j 回目の駆動電流変調が行われるとき、自己混合信号取得装置 40 によって出力されたターゲット電圧信号に基づいて制御回路 30 がレーザデバイスの駆動電流 A_j を決定することは、以下のステップを含む。

【0053】

S11: 制御回路が、前回の駆動電流変調後に得られた駆動電流 A_{j-1} に基づいて、現在の駆動電流変調の走査電流範囲 $[I_{min}, I_{max}]$ を決定し、 $I_{min} = A_{j-1} - I_0$ 、 $I_{max} = A_{j-1} + I_0$ 、 $0.1 \text{ mA} \leq I_0 \leq 0.5 \text{ mA}$ 、且つ $0.1 \text{ mA} \leq I_0 \leq 0.5 \text{ mA}$ であり、 j は、駆動電流変調の回数を表し、2 以上の整数である。

40

【0054】

ステップ S11 において、 j が 2 に等しいとき、すなわち、レーザデバイスが動作モードを開始した後の最初の駆動電流変調において、前回の駆動電流変調後に得られた駆動電流 A_{j-1} は、動作モードが開始されたときに S21 及び S22 が行われた後に決定された駆動電流である。 j が 2 より大きいとき、前回の駆動電流変調後に得られた駆動電流 A_{j-1} は、レーザデバイスの動作モードにおいて前回 S11 - S13 を行われた後に決定された駆動電流とし得る。次の駆動電流変調が行われる前、制御回路は、前回の駆動電流変調が行われた後に得られた駆動電流をレーザデバイスに続けて印加する。従って、通常、レーザデバイスの前回の駆動電流変調後に得られた駆動電流が現在のレーザデバイスの

50

動作駆動電流である。

【 0 0 5 5 】

この出願の一実装において、 I_0 と I_0 は同じ値を持ってもよいし、異なる値を持ってもよい。この出願の一部の実装において、走査電流範囲 $[I_{min}, I_{max}]$ は、現在の動作電流のプラス又はマイナス 0.3 mA の範囲内であるように決定され、すなわち、 $I_{min} = A_{j-1} - 0.3\text{ mA}$ 、及び $I_{max} = A_{j-1} + 0.3\text{ mA}$ である。他の一部の実装において、走査電流範囲 $[I_{min}, I_{max}]$ は、代わりに、現在の動作電流のプラス又はマイナス 0.4 mA の範囲内、あるいはプラス又はマイナス 0.5 mA の範囲内に決定されてもよい。具体的には、この範囲はレーザデバイスの電流変動状況に応じて設定され得る。

10

【 0 0 5 6 】

この出願の一実装において、 I_{max} の値は I_{max} 以下とされ、 I_{min} の値は I_{min} 以上である。

【 0 0 5 7 】

従って、走査電流範囲 $[I_{min}, I_{max}]$ が現在の動作電流のプラス又はマイナス 0.3 mA の範囲内、すなわち、 $I_{min} = A_{j-1} - 0.3\text{ mA}$ 、及び $I_{max} = A_{j-1} + 0.3\text{ mA}$ であるように予め決定される場合、 $A_{j-1} + 0.3\text{ mA}$ が予め定められた最大駆動電流 I_{max} 以下であるときには、 $I_{max} = A_{j-1} + 0.3\text{ mA}$ と決定され、 $A_{j-1} + 0.3\text{ mA}$ が予め定められた最大駆動電流 I_{max} より大きいときには、 $I_{max} = I_{max}$ と決定される。同様に、 $A_{j-1} - 0.3\text{ mA}$ が予め定められた最小駆動電流 I_{min} 以上であるときには、 $I_{min} = A_{j-1} - 0.3\text{ mA}$ と決定され、 $A_{j-1} - 0.3\text{ mA}$ が予め定められた最小駆動電流 I_{min} より小さいときには、 $I_{min} = I_{min}$ と決定される。

20

【 0 0 5 8 】

S 1 2 : 制御回路が、初期値として I_{min} 、ステップサイズとして ΔI 、終了値として I_{max} を用いて、レーザデバイスに走査電流 I_t を印加し、各走査において走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、各走査中の出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を取得し、

ここで、 ΔI は予め定められた電流であり、交流電流 I_c は予め定められた電流であり、交流電流 I_c の周波数は人間の耳で聞こえる音の最大周波数より高く、 ΔV_t は交流電流 I_c の周波数に関係し、 t は電流走査の回数を表す。

30

【 0 0 5 9 】

この実施形態のステップS 1 2にて、制御回路3 0は、各走査において走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、重ね合わせ後に得られた電流をレーザデバイス2 0に出力し、自己混合信号取得装置4 0は、 I_t と I_c とに基づいてターゲット電圧信号 V_1 を出力する。ターゲット電圧信号 V_1 を取得した後、制御回路3 0はターゲット電圧信号 V_1 に対してFFTを実行し、交流電流 I_c の周波数での出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を特定する。 ΔV_t が交流電流 I_c の周波数に関係するということが意味するのは、重ね合わされる交流電流 I_c の周波数に従って、その周波数での出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t が、FFTが実行される電圧信号において特定されるということである。例えば、重ね合わされる交流電流 I_c の周波数が 25 kHz である場合、 25 kHz の周波数での出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を特定する必要がある。

40

【 0 0 6 0 】

一回の走査は、制御回路が、ある特定の点の値の走査電流 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、得られた電流をレーザデバイスに印加し、走査電流 I_t の作用下で交流電流 I_c が重ね合わされたときのレーザデバイスの出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を得るプロセスを指す。

【 0 0 6 1 】

S 1 3 : S 1 2を行う過程で得られた複数の ΔV_t のうちの最大値の ΔV_t に対応する走査電流 I_t を、現在の駆動電流変調を通じて得られた、レーザデバイスの駆動電流 A_j

50

として決定する。より大きい ΔV_t は、レーザデバイスの交流乱れによって生じる自己混合光信号の変化の度合いがより大きいこと、すなわち、レーザデバイスの電流乱れに対する自己混合光信号の感度がより高いことを示す。レーザデバイスの電流乱れ及びダイアフラムの振動は、レーザデバイスのキャビティ内の位相変動、すなわち、自己混合光信号の変動を引き起こす。従って、より大きい ΔV_t は、ダイアフラムの振動に対する自己混合光信号の感度がより高いことを示す。

【 0 0 6 2 】

この出願の一実装において、1回の駆動電流変調は、制御回路が I_{min} から I_{max} までのレーザデバイスの駆動電流の走査を完了し、同時に各走査電流点 I_t に交流電流 I_c を重ね合わせ、各走査で得られた出力電圧変動のピークツーピーク値に従って、電流変調

10

【 0 0 6 3 】

この出願の一実装において、レーザデバイスの動作モードにおいて、 $S_{11} - S_{13}$ の駆動電流変調プロセスは、例えば5秒毎に1回又は10秒毎に1回など、2秒から20秒の間隔で実行され得る。これは具体的に、レーザデバイスの実際の動作状態に基づいて決定され得る。これはこの出願において限定されることではない。レーザデバイスの電流が安定している場合、2つの電流変調間の間隔を長くすることができ、レーザデバイスの電流が不安定である場合には、2つの電流変調間の間隔を短くすることができる。

20

【 0 0 6 4 】

理解され得ることには、 $S_{21} - S_{22}$ の駆動電流変調プロセスも、レーザデバイスの動作モードでの駆動電流変調に使用され得る。しかしながら、 $S_{11} - S_{13}$ の駆動電流変調プロセスと比較して走査電流範囲が大きく、動作モードにおいて最も高い感度を持つ動作電流点を素早く見つけることには資さない。

【 0 0 6 5 】

この出願の一実装において、予め定められた電流の範囲 ΔI は $10\mu A$ 、 ΔI $50\mu A$ とし得る。具体的には、 ΔI の値は、以下に限定されないが、 $10\mu A$ 、 $20\mu A$ 、 $25\mu A$ 、 $30\mu A$ 、 $40\mu A$ 、又は $50\mu A$ とし得る。電流走査プロセスにおいて適切なステップサイズ ΔI を設定することは、高い感度を持つ駆動電流点の値を正確に発見する助けとなる。

30

【 0 0 6 6 】

この出願の一実装において、交流電流 I_c の周波数は、人間の耳で聞こえる音の最大周波数より高い。人間の耳で聞こえる音の周波数は一般に 20Hz から 20kHz の範囲であるため、交流電流 I_c の周波数は 20kHz より高く、具体的には $20\text{kHz} < I_c$ 50kHz とし得る。この出願の一部の実装において、交流電流 I_c の周波数は、 25kHz 、 30kHz 、 40kHz 、又は 50kHz である。この出願の一実装において、交流電流 I_c のピークツーピーク値は、 $10\mu A$ と $50\mu A$ との間で制御されることができ、具体的には、以下に限られないが、 $10\mu A$ 、 $20\mu A$ 、 $30\mu A$ 、 $40\mu A$ 、又は $50\mu A$ とし得る。交流電流 I_c の高い周波数及び小さいピークツーピーク値はレーザデバイスの安定した動作に有益である。

40

【 0 0 6 7 】

この出願の一実装において、自己混合信号取得装置40の出力端からの出力信号を制御回路30がキャプチャするサンプリング周波数は、例えば 100kHz 、 200kHz 、 300kHz 、又は 500kHz など、 100kHz と 500kHz との間とし得る。

【 0 0 6 8 】

この出願の具体的な一実施形態において、レーザマイクロフォンが動作モードを開始するとき、制御回路が電流変調を通じてレーザデバイスの駆動電流を決定するプロセスは、次のとおりである。

【 0 0 6 9 】

50

S 1 0 1 : レーザデバイスの駆動電流変調を起動し、交流電流 I_c のピークツーピーク値を $17 \mu A$ に設定し、変調周波数を $25 kHz$ に設定し、レーザデバイスの最初の走査電流値、すなわち、予め定められた最小駆動電流 I_{min} を $0.5 mA$ に設定し、レーザデバイスの走査電流終了値、すなわち、予め定められた最大駆動電流 I_{max} を $3 mA$ に設定し、そして、レーザデバイスの駆動電流の走査ステップサイズ ΔI を $25 \mu A$ に設定する。

【 0 0 7 0 】

S 1 0 2 : レーザデバイスの駆動電流を $0.5 mA$ から $3 mA$ まで増加させ、各走査において走査電流に $17 \mu A$ の交流を重ね合わせ、同時に、制御回路により、自己混合信号取得装置の出力端から各走査で出力されるターゲット電圧信号を $200 kHz$ のサンプリング周波数で取得し、取得したターゲット電圧信号に対して FFT を実行し、そして、 $25 kHz$ の変調周波数での出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を特定する。

10

【 0 0 7 1 】

1 回目の走査時、制御回路からレーザデバイスに出力される電流は、 $0.5 mA$ の走査電流と $17 \mu A$ の交流電流とを含む。2 回目の走査時、制御回路からレーザデバイスに出力される電流は、 $0.5 mA + \Delta I = 0.525 mA$ の走査電流と $17 \mu A$ の交流電流とを含む。3 回目の走査時、制御回路からレーザデバイスに出力される電流は、 $0.525 mA + \Delta I = 0.55 mA$ の走査電流と $17 \mu A$ の交流電流とを含む。走査電流が $3 mA$ に達するまで、残りは類推される。

【 0 0 7 2 】

20

S 1 0 3 : 走査電流を $0.5 mA$ から $3 mA$ まで増加させる過程において $25 kHz$ の変調周波数で ΔV_t が最大値を持つときのレーザデバイスの電流の値を探索し、 ΔV_t が最大値を持つときの走査電流の値にレーザデバイスの駆動電流を設定し、そして、変調を停止させる。

【 0 0 7 3 】

S 1 0 1 - S 1 0 3 の変調プロセスの後に、レーザデバイスは、最も高い感度を持つ駆動電流の最適動作点を発見し、次の駆動電流変調の前、レーザデバイスの駆動電流をその最適動作点で安定させる。この出願の一実施形態において、上述の変調プロセスは制御回路 30 によって制御及び実行される。変調が停止されると、制御回路 30 は自己混合信号取得装置 40 からのターゲット電圧信号をキャプチャするのを停止する。

30

【 0 0 7 4 】

この出願では、レーザマイクロフォンの動作モードにおいて、 j 回目の駆動電流変調が行われるとき、予め定められた最小駆動電流から予め定められた最大駆動電流まで走査を行わなくてもよく、現在の動作電流に基づいて適切な走査範囲を決定しさえすればよい。これは駆動電流変調プロセスを単純にすることができる。

【 0 0 7 5 】

この出願の具体的な一実施形態では、レーザマイクロフォンの動作モードにおいて、 j 回目の駆動電流変調を行うプロセスは次のとおりである。

【 0 0 7 6 】

S 2 0 1 : レーザデバイスの駆動電流変調を起動し、交流電流 I_c のピークツーピーク値を $17 \mu A$ に設定し、変調周波数を $25 kHz$ に設定し、レーザデバイスの現在の動作電流 $I_1 = 2.3 mA$ に従って最初の走査電流値を $I_{min} = 2.3 mA - 0.3 mA = 2.0 mA$ に決定するとともに、走査電流終了値を $I_{max} = 2.3 mA + 0.3 mA = 2.6 mA$ に決定し、そして、レーザデバイスの駆動電流の走査ステップサイズ ΔI を $25 \mu A$ に設定し、

40

ここで、レーザデバイスの現在の動作電流 I_1 は、実際には、この前に決定された、すなわち、 $(j - 1)$ 回目の変調で決定された駆動電流 I_{j-1} ある。

【 0 0 7 7 】

なお、レーザデバイスの現在の動作電流 I_1 が $2.75 mA$ に等しい場合、 $I_1 + 0.3 mA > 3 mA$ である。この場合、走査電流終了値 I_{max} は $3 mA$ であるように決定され

50

る。

【 0 0 7 8 】

S 2 0 2 : レーザデバイスの駆動電流を 2.0 mA から 2.6 mA まで増加させ、各走査において走査電流に $17 \mu\text{A}$ の交流を重ね合わせ、同時に、制御回路により、自己混合信号取得装置の出力端から各走査で出力されるターゲット電圧信号を 200 kHz のサンプリング周波数で取得し、取得したターゲット電圧信号に対して F F T を実行し、そして、 25 kHz の変調周波数での出力電圧変動のピークツーピーク値 ΔV_t を特定する。

【 0 0 7 9 】

1 回目の走査時、制御回路からレーザデバイスに出力される電流は、 2.0 mA の走査電流と $17 \mu\text{A}$ の交流電流とを含む。2 回目の走査時、制御回路からレーザデバイスに出力される電流は、 $2.0 \text{ mA} + \Delta I = 2.025 \text{ mA}$ の走査電流と $17 \mu\text{A}$ の交流電流とを含む。3 回目の走査時、制御回路からレーザデバイスに出力される電流は、 $2.025 \text{ mA} + \Delta I = 2.05 \text{ mA}$ の走査電流と $17 \mu\text{A}$ の交流電流とを含む。走査電流が 2.6 mA に達するまで、残りは類推される。

【 0 0 8 0 】

S 2 0 3 : 走査電流を 2.0 mA から 2.6 mA まで増加させる過程において 25 kHz の変調周波数で ΔV_t が最大値を持つときのレーザデバイスの電流の値を探索し、 ΔV_t が最大値を持つときの走査電流の値にレーザデバイスの駆動電流を設定し、そして、変調を停止させる。

【 0 0 8 1 】

この出願の実施形態では、ループを構築してレーザデバイスの駆動電流を変調することで、レーザデバイスの動作状態をリアルタイムに調節することができ、高い感度を持つ動作点でレーザデバイスを安定化させることができ、環境に関係する低周波位相ジッタを抑制又は除去することができ、それにより、自己混合レーザデバイスのフィードバック干渉機構をいっそう安定にすることができる。これは、レーザマイクロフォンが動作中に（すなわち、動作モードにおいて）及びそのライフサイクルを通して高い信号対雑音比を維持することを可能にする。

【 0 0 8 2 】

図 4 A 及び図 5 A を参照するに、この出願の一実装において、制御回路 3 0 は、第 1 コントローラ 3 1 と、第 1 コントローラ 3 1 に接続された駆動回路 3 2 とを含む。駆動回路 3 2 は、デジタルポテンショメータ 3 2 1、抵抗 R 7、抵抗 R 8、キャパシタ C 4、演算増幅器 O P 3、トランジスタ Q 1、及び抵抗 R 1 0 を含む。デジタルポテンショメータ 3 2 1 は可変抵抗 R 6 を含み、第 1 コントローラ 3 1 の出力ポート 3 1 a がデジタルポテンショメータ 3 2 1 に接続され、第 1 コントローラ 3 1 の入力端 3 1 b の入力信号は自己混合信号取得装置 4 0 の出力信号である。デジタルポテンショメータ 3 2 1 の第 1 の端部が演算増幅器 O P 3 の非反転入力端に接続され、デジタルポテンショメータ 3 2 1 の第 2 の端部が抵抗 R 1 0 の第 1 の端部に接続される。デジタルポテンショメータ 3 2 1 の第 2 の端部と抵抗 R 1 0 の第 1 の端部とが共に正電源に接続される。抵抗 R 7 の第 1 の端部とキャパシタ C 4 の第 1 の端部とが、デジタルポテンショメータ 3 2 1 の第 1 の端部と演算増幅器 O P 3 の非反転入力端との間に接続され、抵抗 R 7 の第 2 の端部とキャパシタ C 4 の第 2 の端部とが共に接地される。抵抗 R 1 0 の第 2 の端部がトランジスタ Q 1 のエミッタに接続され、演算増幅器 O P 3 の反転入力端が抵抗 R 1 0 の第 2 の端部とトランジスタ Q 1 のエミッタとの間に接続され、演算増幅器 O P 3 の出力端がトランジスタ Q 1 のベースに接続される。抵抗 R 8 の第 1 の端部がトランジスタ Q 1 のコレクタに接続され、抵抗 R 8 の第 2 の端部が制御回路 3 0 の出力端子として機能し、レーザデバイス 2 0 のアノードに接続される。図 1 及び図 2 を参照するに、第 1 コントローラ 3 1 の入力ポート 3 1 b が制御回路 3 0 の入力端子 3 0 b として機能し、自己混合信号取得装置 4 0 の出力ポート 4 0 c に接続される。制御回路 3 0 において、可変抵抗 R 6 及び抵抗 R 7 は分圧器抵抗であり、分圧器機能を実行し得る。抵抗 R 8 及び抵抗 R 1 0 は電流制限機能を実行することができ、トランジスタ Q 1 を通る抜ける電流を R 1 0 が制御することで、トランジスタ Q 1

10

20

30

40

50

の過大な電流によって生じる過大な電力消費を避けることができる。キャパシタ C 4 は、駆動回路 3 2 のソフトスタートを実現し得る。この出願の一実装において、第 1 コントローラ 3 1 は、可変抵抗 R 6 の有効抵抗値を制御すべく、取得した自己混合信号取得装置 4 0 の出力信号に基づいて制御信号を出力する。可変抵抗 R 6 の有効抵抗値を変化させることにより、駆動回路 3 2 がレーザデバイス 2 0 に出力する駆動電流を制御・調節することで、レーザデバイス 2 0 の駆動電流を調節することができる。駆動回路 3 2 は定電流源回路であり、動作点を安定させるように、温度とともに殆ど変化しない定直流バイアス電流をレーザデバイス 2 0 に対して供給し得る。

【0083】

図 4 A - 図 4 C を参照するに、この出願の一部の実装において、自己混合信号取得装置 4 0 は、光検出器 4 1 とトランスインピーダンス増幅器回路 4 2 とを含む。光検出器 4 1 はレーザデバイス 2 0 に接続され、トランスインピーダンス増幅器回路 4 2 の入力端が光検出器 4 1 に接続される。制御回路 3 0 の出力端、すなわち、抵抗 R 8 の第 2 の端部がレーザデバイス 2 0 のアノードに接続され、光検出器 4 1 のアノードがレーザデバイス 2 0 のカソードに電氣的に接続され、そして、光検出器 4 1 及びレーザデバイス 2 0 が同一の電極を介して接地される。光検出器 4 1 のカソードがトランスインピーダンス増幅器回路 4 2 の入力端に接続され、トランスインピーダンス増幅器回路 4 2 の出力端が自己混合信号取得装置 4 0 の出力ポート 4 0 b (図 1 参照) として機能し、ハイパスフィルタ回路 5 1 の入力端に接続される。

【0084】

この出願の一実装において、トランスインピーダンス増幅器回路 4 2 は、演算増幅器 O P 1、抵抗 R 1、及びキャパシタ C 1 を含む。光検出器 4 1 の出力端が演算増幅器 O P 1 の反転入力端に接続される。抵抗 R 1 の第 1 の端部とキャパシタ C 1 の第 1 の端部とが共に、光検出器 4 1 の出力端と演算増幅器 O P 1 の反転入力端との間に接続され、抵抗 R 1 の第 2 の端部とキャパシタ C 1 の第 2 の端部とが共に演算増幅器 O P 1 の出力端に接続される。光検出器の電流バイアスが演算増幅器 O P 1 の非反転入力端に入力され、演算増幅器 O P 1 の出力端が、自己混合信号取得装置 4 0 の出力端として機能し、ハイパスフィルタ回路 5 1 の入力端に接続される。キャパシタ C 1 は、光検出器のノードキャパシタンス及び演算増幅器の入力キャパシタンスを補償して回路を安定に保つフィードバック補償キャパシタである。抵抗 R 1 はフィードバック抵抗であり、電流信号を電圧信号に変換するように構成される。

【0085】

図 5 A - 図 5 C を参照するに、この出願の一部の他の実装において、自己混合信号取得装置 4 0 は、レーザデバイス 2 0 に接続されたスナバ回路 4 3 を含む。スナバ回路 4 3 は演算増幅器 O P 4 を含む。演算増幅器 O P 4 の非反転入力端がレーザデバイス 2 0 のアノードに接続され、レーザデバイス 2 0 のカソードがグランドに接続される。演算増幅器 O P 4 の出力端が、自己混合信号取得装置 4 0 の出力ポート 4 0 b (図 1 参照) として機能し、ハイパスフィルタ回路 5 1 の入力端に接続される。演算増幅器 O P 4 の反転入力端が、演算増幅器 O P 4 の出力端とハイパスフィルタ回路 5 1 の入力端との間に接続される。

【0086】

図 4 C 及び図 5 C を参照するに、この出願の一実装において、信号処理回路 5 0 は、ハイパスフィルタ回路 5 1、電圧増幅ローパスフィルタ回路 5 2、及び利得制御回路 5 3 を含む。

【0087】

ハイパスフィルタ回路 5 1 は、キャパシタ C 2 と抵抗 R 2 とを含む。キャパシタ C 2 の第 1 の端部がハイパスフィルタ回路 5 1 の入力端として機能し、自己混合信号取得装置 4 0 の出力ポート 4 0 b に接続され、キャパシタ C 2 の第 2 の端部が、ハイパスフィルタ回路 5 1 の出力端として機能し、電圧増幅ローパスフィルタ回路 5 2 に接続される。抵抗 R 2 の第 1 の端部がキャパシタ C 2 の第 2 の端部に接続され、抵抗 R 2 の第 2 の端部がグランドに接続される。キャパシタ C 2 と抵抗 R 2 とで形成されるハイパスフィルタ回路 5 1

10

20

30

40

50

は、DC電流及び低周波信号をフィルタリング除去することができる。電圧増幅ローパスフィルタ回路52は、演算増幅器OP2、キャパシタC3、デジタルポテンショメータ521、抵抗R3、及び抵抗R5を含む。演算増幅器OP2の非反転入力端が、電圧増幅ローパスフィルタ回路52の入力端として機能し、ハイパスフィルタ回路51の出力端に接続され、演算増幅器OP2の出力端が抵抗R5の第1の端部に接続される。抵抗R5の第2の端部が、電圧増幅ローパスフィルタ回路52の出力端、すなわち、信号処理回路50の出力端として機能し、オーディオ電圧信号を外部に出力する。抵抗R3の第1の端部、デジタルポテンショメータ521の第1の端部、及びキャパシタC3の第1の端部が全て、演算増幅器OP2の反転入力端に接続される。デジタルポテンショメータ521の第2の端部とキャパシタC3の第2の端部とが共に、演算増幅器OP2の出力端と抵抗R5の第1の端部との間に接続され、抵抗R3の第2の端部がグランドに接続される。デジタルポテンショメータ521は利得制御回路53に接続される。デジタルポテンショメータ521は1つの可変抵抗R4を含む。ローパスフィルタ回路は高周波信号をフィルタリング除去することができる。

【0088】

ハイパスフィルタ回路51と電圧増幅ローパスフィルタ回路52とでバンドパスフィルタ回路を形成することができ、バンドパスの下側の遮断周波数はR2とC2とで決定され、上側の遮断周波数はR4とC3とで決定される。バンドパスの範囲は20Hzから20kHzとすることができ、低周波の背景音及び高周波信号をフィルタリング除去し得る。2レベル増幅器回路システムOP1及びOP2は相異なる直流動作点にある。

【0089】

利得制御回路53は第2コントローラ531を含み、第2コントローラ531の入力端が信号処理回路50の出力端に接続され、信号処理回路50が出力する電圧信号をキャプチャするように構成され、第2コントローラ531の出力端がデジタルポテンショメータ521に接続される。第2コントローラ531は、デジタルポテンショメータ521の可変抵抗R4の有効抵抗値を制御するための制御信号を出力し、R4の有効抵抗値を変化させることによって、電圧増幅ローパスフィルタ回路52の利得の調節を実現することができる。出力信号に従って回路の動作状態をリアルタイムに最適化することができる。増幅器回路の利得は $A = 1 + R4 / R3$ である。

【0090】

この出願の一実装において、演算増幅器OP1、演算増幅器OP2、演算増幅器OP3、及び演算増幅器OP4は低雑音演算増幅器であり、高いPSRR(Power Supply Rejection Ratio、電源遮断率)を持つ電源回路(例えばLDOなど)を用いて電力を供給することができ、低雑音演算増幅器の使用は信号対雑音比を改善する助けとなる。上記の各抵抗の抵抗値は、抵抗によって発生される熱雑音を低減させるために、機能が満たされる条件の下で可能な限り小さくされる。この出願の一実装において、第1コントローラ31及び第2コントローラ531は別々に配置されてもよいし、同一のコントローラであってもよい。

【0091】

図6を参照するに、この出願の一実装において、レーザマイクロフォン100はハウジング1を含む。ハウジング1は、互いに対向して配置された基板11、蓋12、及びミドルフレーム13を含む。基板11、蓋12、及びミドルフレーム13が取り囲んで収容キャビティを形成する。ダイアフラム10、レーザデバイス20、光検出器41、及びASIC(Application Specific Integrated Circuit、特定用途向け集積回路)チップ2が全て収容キャビティ内に配置される。ダイアフラム10は蓋12に固定され、レーザデバイス20は基板11上に配置され、光検出器41は、ダイアフラム10に面しないレーザデバイス20の側に位置して基板11上に配置される。蓋12に収音孔121が配設され、ダイアフラム10と収音孔121とが対応して配置される。この実施形態のレーザマイクロフォン100は、同じ経路で光ビームを送信及びフィードバックし、干渉アームを参照する必要がなく、より少ないコンポーネントを有し、セルフアラインされた光路を持

10

20

30

40

50

ち、より小さいサイズでパッケージングされることができる。

【0092】

この出願の一実装において、ダイアフラム10とレーザデバイス20の光放射面（すなわち、ダイアフラム10に面する面）との間の距離は、 $30\mu\text{m}$ から $300\mu\text{m}$ の範囲内に設定される。適切な距離は、ダイアフラム10を介してレーザデバイスに反射され返す光とレーザデバイスのキャビティ内の光との間のカップリング効率を向上させることができる。具体的には、一部の实装において、ダイアフラム10とレーザデバイス20との間の距離は $50\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ の範囲内に設定され得る。一部の他の実装において、ダイアフラム10とレーザデバイス20との間の距離は $100\mu\text{m}$ から $200\mu\text{m}$ の範囲内に設定され得る。

10

【0093】

この出願の一実装において、ダイアフラム10は、外部の音波によって発生された空気振動を感知し、振動を生成し、レーザデバイスによって放射された光をレーザデバイスの共振キャビティに反射し返すことができる。外部の音波は、収音孔121を通してダイアフラム10に伝えられることができる。この出願の実施形態において、レーザマイクロフォンは、キャパシタンス検出機構を持つ従来のMEMSマイクロフォンとは異なり、背面電極板と共に配置される必要がない。従って、ダイアフラムの導電特性に対する特別な要求はない。ダイアフラム10は、MEMS（Micro-electro-mechanical System、微小電気機械システム）ダイアフラム、金属ガラスダイアフラム、グラフェンダイアフラム、ポリマーフィルム、又は金属フィルムとし得る。反射率を高めるために、レーザデバイス20に面するダイアフラム10の面に反射層を配設してもよい。該反射層の材料は、例えばアルミニウム又は金などの高反射率の金属とし得る。該反射層がめっきされたダイアフラム10の面が、レーザデバイス20の光放射面に面するとともに、中心を揃えられる。この出願の実施形態では、負の応力を持つSOI（Silicon-On-Insulator、シリコン・オン・インシュレータ）膜レイヤが、正の応力を持つ金属反射層と組み合わせられ、それによりダイアフラム上の応力を低減させ、ダイアフラムの音圧変位感度を更に向上させる。この出願の実施形態では、背面電極のないダイアフラムを用いることで、スクイーズ膜減衰が低減され、音圧変位感度が向上され、ノイズが低減される。この出願の実施形態におけるダイアフラムの設計は、より弱い音及びより強い音の信号応答振幅の検出を可能にし、それが高い信号対雑音比の実現を容易にする。

20

30

【0094】

この出願の一実装において、1つ以上のバランス孔がダイアフラム10に配設され、ダイアフラムの内側及び外側の大気圧をバランスさせるように構成される。バランス孔の直径は $1\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ の範囲（両端の値 $1\mu\text{m}$ 及び $5\mu\text{m}$ を含む）とし得る。この出願の一部の実装において、ダイアフラム10はMEMSシリコンダイアフラムであり、 300nm から 800nm の厚さと、 $600\mu\text{m}$ から $1200\mu\text{m}$ の直径とを持つ。MEMSシリコンダイアフラムの中心領域の表面が、例えばアルミニウム層又は金層といった高反射金属層でめっきされる。該金属層の厚さは 30nm から 100nm （両端の値 30nm 及び 100nm を含む）とすることができ、該金属層の半径は $20\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ である。MEMSシリコンダイアフラムの音圧変位感度は $0.05\mu\text{m}/\text{Pa}$ から $0.5\mu\text{m}/\text{Pa}$ の範囲である。例えば、この出願の具体的な一実施形態において、MEMSシリコンダイアフラムは、 400nm の厚さと $900\mu\text{m}$ の直径とを持つ。ダイアフラムの中心領域がアルミニウムでめっきされ、該アルミニウム層は 90nm の厚さと $30\mu\text{m}$ の半径とを持つ。ダイアフラムに2つのバランス孔が配設され、各バランス孔の直径は $2\mu\text{m}$ である。MEMSダイアフラムの音圧変位感度は $0.1\mu\text{m}/\text{Pa}$ である。この出願の実施形態において、ダイアフラムは、SOI又はポリシリコンをベースとするシリコン基板を使用して製造され、これは、応力を低減させるとともに音圧変位感度を向上させる助けとなる。金属反射層を配置することは、膜レイヤの応力をバランスさせるとともにダイアフラムの光反射率を高めることができる。応力制御を通じて、音圧の変化に伴うダイアフラムの振動振幅の線形性が更に向上される。

40

50

【 0 0 9 5 】

この出願の一実装において、レーザマイクロフォン 1 0 0 は頂部受音構造のものとし得る。図 6 に示すように、蓋 1 2 上にダイアフラム 1 0 が位置し、收音孔 1 2 1 が蓋 1 2 に配設される。ダイアフラム 1 0 と蓋 1 2 との間に前面チャンバ 3 が形成され、ダイアフラム 1 0 とハウジングとの間に背面チャンバ 4 が形成される。ダイアフラム 1 0 が蓋 1 2 上に配置されて、より大きい背面チャンバ 4 を形成する。頂部受音構造では、ダイアフラム 1 0、レーザデバイス 2 0、及び收音孔 1 2 1 が対応し合って配置され、特に同軸に配置され得る。一般に、頂部受音構造のレーザマイクロフォンは、基板 1 1 を用いて端子内の P C B 基板上に固定される。光検出器 4 1 は、金属ライン 5 を用いてチップ 2 に電気接続され、チップ 2 は基板 1 1 のビアを通じて外部の金属電極 6 と直接的に電気接続される。

10

【 0 0 9 6 】

この出願の一実装において、レーザマイクロフォン 1 0 0 は代わりに底部受音構造であってもよい。図 7 に示すように、基板 1 1 上にダイアフラム 1 0 が位置し、收音孔 1 2 1 が基板 1 1 に配設され、ダイアフラム 1 0 に対応して配置される。レーザデバイス 2 0 及び光検出器 4 1 は蓋 1 2 上に位置し、ダイアフラム 1 0 と基板 1 1 との間に前面チャンバ 3 が形成され、ダイアフラム 1 0 とハウジングとの間に背面チャンバ 4 が形成される。ダイアフラム 1 0 が基板 1 1 上に配置されて、より大きい背面チャンバ 4 を形成する。底部受音構造では、ダイアフラム 1 0、レーザデバイス 2 0、及び收音孔 1 2 1 が対応し合って配置され、特に同軸に配置され得る。1 つ以上の收音孔 1 2 1 が存在し得る。一般に、底部受音構造のレーザマイクロフォンは、基板 1 1 を用いて端子内の P C B 基板上に固定される。光検出器 4 1 は、金属ライン 5 を用いてチップ 2 に電気接続され、チップ 2 は金属ライン 5 及び基板 1 1 のビアを通じて外部の金属電極 6 と直接的に電気接続される。

20

【 0 0 9 7 】

上の 2 つの構造のレーザマイクロフォンは、より大きい空気量の背面チャンバを得ることで、音波が容易にダイアフラムを押し動かすことができ、それによりマイクロフォンの感度及び信号対雑音比を向上させる。

【 0 0 9 8 】

この出願の一実装において、ダイアフラム 1 0、レーザデバイス 2 0、光検出器 4 1、及び A S I C チップ 2 を信頼性高くパッケージングするために、基板 1 1、蓋 1 2、及びミドルフレーム 1 3 が全て P C B 材料を使用し、あるいは、基板 1 1 が P C B 材料又はセラミック材料を使用する。蓋 1 2 及びミドルフレーム 1 3 は一体化された構造のものであり、金属又はそれに類するもので作製される。

30

【 0 0 9 9 】

図 6 及び図 7 を参照するに、この出願の一実装において、自己混合光信号取得装置 4 0 が光検出器 4 1 とトランスインピーダンス増幅器回路 4 2 とを含む場合、光検出器 4 1 及びレーザデバイス 2 0 は 1 つの光学チップ上に集積されることができ、光検出器 4 1 は、ダイアフラム 1 0 に面しない側のレーザデバイス 2 0 の面上に位置する。トランスインピーダンス増幅器回路 4 2 は、1 つの A S I C チップ 2 上で制御回路 3 0 及び信号処理回路 5 0 と集積され得る。光検出器 4 1 及びレーザデバイス 2 0 が 1 つの光学チップ上に集積されることで、レーザデバイスの裏から伝えられる光を光検出器にカップリングする効率を向上させることができ、それにより、信号対雑音比が向上されるのと同時に、振動や落下などの場合にディスクリート構成によって生じる光路ずれを避けることができる。これにより、モジュールのライフサイクルを通して信号の一貫性が保たれる。確かなことには、この出願の一部の他の実装において、光検出器 4 1 及びレーザデバイス 2 0 は代わりに別々に配設されてもよい。レーザデバイス 2 0 を光検出器 4 1 に直接取り付けてもよく、レーザデバイス 2 0 の背面、すなわち、光を放射するダイアフラム 1 0 側ではない表面が代わりに光検出器 4 1 に直接結合され得る。この出願の一実装において、光検出器 4 1 の動作波長は 3 6 0 n m から 1 6 0 0 n m の範囲（両端の値 3 6 0 n m 及び 1 6 0 0 n m を含む）とし得る。

40

【 0 1 0 0 】

50

この出願の一部の他の実装において、自己混合信号取得装置 40 がスナバ回路を含む場合、スナバ回路、制御回路 30、及び信号処理回路 50 は 1 つの A S I C チップ 2 上に集積され得る。

【0101】

この出願の一実装において、レーザデバイス 20 は自己混合レーザデバイスであり、その具体的なタイプは限定されない。レーザデバイスは垂直共振器型面発光レーザであってもよいし、端面発光型レーザであってもよい。レーザデバイスの発光波長は 750 nm から 1600 nm の範囲とし得る。この出願の一部の実装において、レーザデバイス 20 は単一モード垂直共振器型面発光レーザ (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser、V C S E L) であり、その発光波長は 850 nm である。V C S E L の典型的な閾値電流は 0.7 mA であり、典型的な動作電流は約 2.5 mA であり、典型的な出力パワーは約 0.5 mW である、対応する光検出器の典型的な出力光電流は 0.5 mA である。V C S E L の典型的な寸法は、長さが 120 μ m から 200 μ m、幅が 120 μ m から 200 μ m、厚さが 100 μ m から 150 μ m の範囲とし得る。

【0102】

図 8 を参照するに、この出願の一部の実施形態において、レーザマイクロフォンは更に、レーザデバイス 20 とダイアフラム 10 との間に置かれた光ビーム結合装置を含む。光ビーム結合装置は 1 つ以上のレンズ 70 を含むことができ、レンズ 70 はレーザ 20 の光放射面上に作製される。この出願の一実装において、レンズ 70 はコリメーティングレンズであってもよいし、収束レンズであってもよい。出力光及び反射光をカップリングするためにレンズを用いることで、フィードバックカップリング効率を高めることはでき、ダイアフラムの振動を搬送する信号のフィードバック光強度を増加させることができ、それによりレーザマイクロフォンの信号対雑音比が向上される。図 8 に示すように、この出願の一部の実装において、レンズ 70 は、レンズシリンダーと曲面のレンズ表面とを含むコリメーティングレンズである。レンズシリンダーはフォトリソグラフィ又はレーザ直接書き込みなどの手法で製造されることができ、曲面のレンズ表面はエンボス加工又はインクジェットプリンティングなどの手法で製造されることができる。コリメーティングレンズは、レーザデバイスの出力光をダイアフラムの反射面へとコリメートするとともに、反射光をレーザデバイスの光放射孔にカップリングすることができる。コリメーティングレンズを配置することにより、レーザデバイスに反射され返す光を大幅に増加させることができ、それによりフィードバック信号の光強度が増加され、マイクロフォンの信号対雑音比が更に向上される。レンズの材料は、レーザデバイスの動作波長域内で 90 % より高い透過率を持つ材料である。この出願の一実装において、各レンズの横方向の寸法 (すなわち、長さ寸法及び幅寸法) は 20 μ m から 200 μ m の範囲 (両端の値 20 μ m 及び 200 μ m を含む) であり、各レンズの軸方向の寸法 (すなわち、高さ寸法) は 20 μ m から 200 μ m の範囲 (両端の値 20 μ m 及び 200 μ m を含む) である。

【0103】

この出願の一実装において、数値範囲を持つ全てのパラメータ値は両端の値を含む。

【0104】

この出願の実施形態におけるレーザマイクロフォンによれば、ダイアフラムの音圧変位感度が、背面電極を持たないダイアフラム設計に基づいて改善され、弱い振動信号の検出能力がレーザ自己混合干渉効果を通じて改善され、それにより振動応答感度及びダイナミックレンジが向上され、その結果、僅かな音声信号を拾うことができる。この実施形態において、ダイアフラムの振動は、高い検出感度を持つものであるレーザ自己混合コヒーレントの方式で検出される。この出願の実施形態によれば、レーザマイクロフォンは、静かな状況におけるソフトスポークンモードでの收音、遠距離での弱い音声信号の検出、及び遠距離ビデオ記録中の收音品質を有意に向上させることができる。この出願の実施形態におけるレーザマイクロフォンの信号対雑音比は 75 dB より高く、例えば 80 dB である。従来の M E M S マイクロフォン (65 dB の信号対雑音比を持つ) と比較して、信号対雑音比が大幅に向上される。

【 0 1 0 5 】

図 9 を参照するに、この出願の一実施形態は更に、この出願の実施形態に従ったレーザマイクロフォン 1 0 0 を含む端末 2 0 0 を提供する。端末 2 0 0 は、外部ハウジングと該外部ハウジング内に配置された回路基板とを含み、該回路基板上にレーザマイクロフォンが配置される。端末の外部ハウジングに、レーザマイクロフォンの位置に対応する受音孔 1 0 1 が配設され、外部ハウジングの受音孔 1 0 1 を通して外部の音がレーザマイクロフォンに伝えられる。レーザマイクロフォン 1 0 0 は、当該端末の前面に対応して配置されることができ、それに対応して、受音孔 1 0 1 は端末の前面蓋 2 0 1 に配置される（図 9 のフロントビューを参照）。あるいは、レーザマイクロフォン 1 0 0 は、当該端末の背面に対応して配置されてもよく、それに対応して、受音孔 1 0 1 は端末の背面蓋 2 0 2 に配置される（図 9 のリアビューを参照）。レーザマイクロフォン 1 0 0 は、当該端末のサイドミドルフレーム 2 0 3 に対応して配置されてもよく、それに対応して、受音孔 1 0 1 は端末のサイドミドルフレーム 2 0 3 に配置される。具体的には、図 9 のボトムビューに示すように、受音孔 1 0 1 は端末の下側のサイドミドルフレームに配置され、あるいは、上側の、左側の、又は右側のサイドミドルフレームに配置され得る。レーザマイクロフォン 1 0 0 の收音孔は、端末の外部ハウジングの受音孔 1 0 1 に対応して配置され、具体的には同軸配置され得る。ミドルフレーム 2 0 3 と背面蓋 2 0 2 は一体に形成された構造であってもよいし、分離構造であってもよい。端末 2 0 0 は、例えば、携帯電話、ノートブックコンピュータ、タブレットコンピュータ、スマート TV、スマートスピーカ、ヘッドセット、ビデオカメラ、ネットワークカメラ、ウェアラブル装置、ゲーム装置、車載オーディオシステム若しくはマイクロフォン、音声ナビゲーション装置、口述音声認識装置、音声・ツー・テキスト変換器、又はこれらに類するものなどの、音声コマンド制御が必要とされるシナリオ又は音声をキャプチャ、記録、処理、若しくは分析する必要があるシナリオにおける端末製品とし得る。

【 図 面 】

【 図 1 】

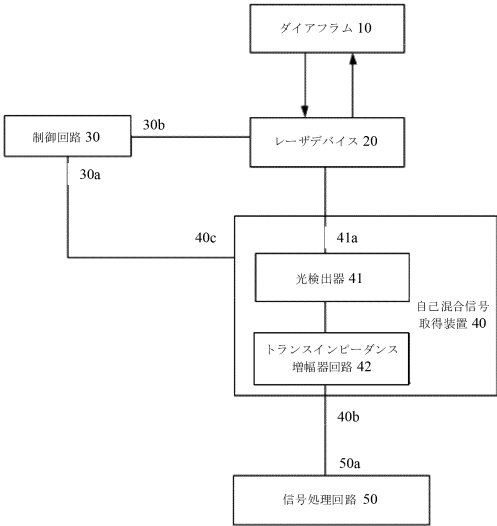


FIG. 1

【 図 2 】

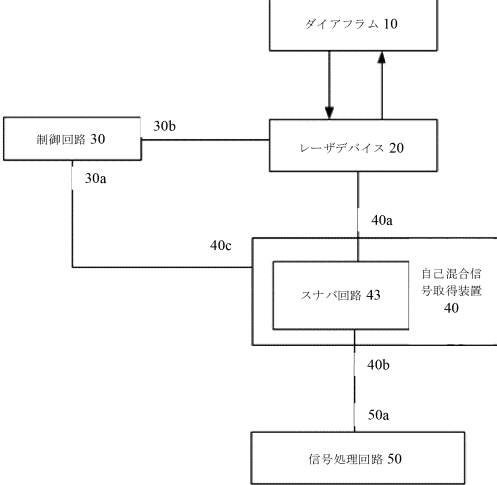


FIG. 2

10

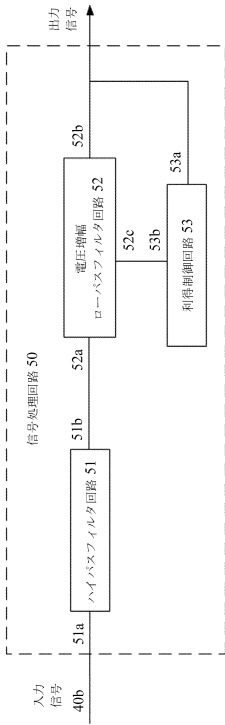
20

30

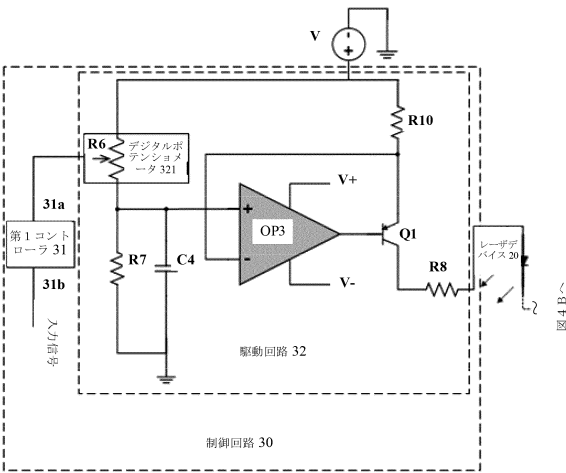
40

50

【図 3】



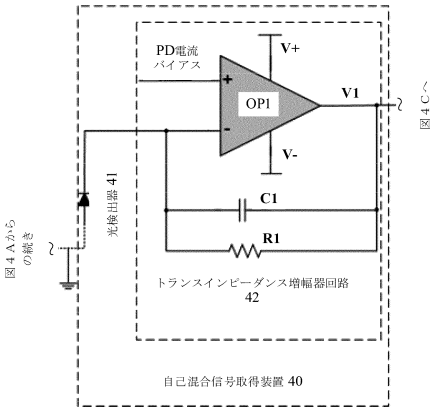
【図 4 A】



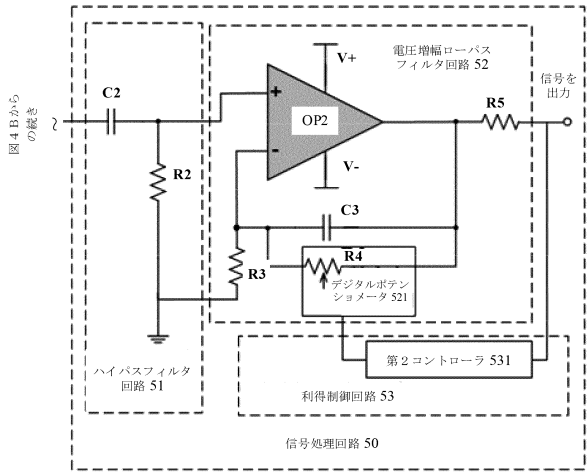
10

20

【図 4 B】



【図 4 C】

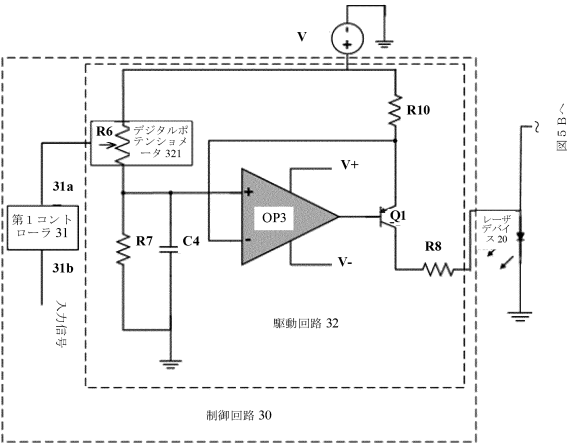


30

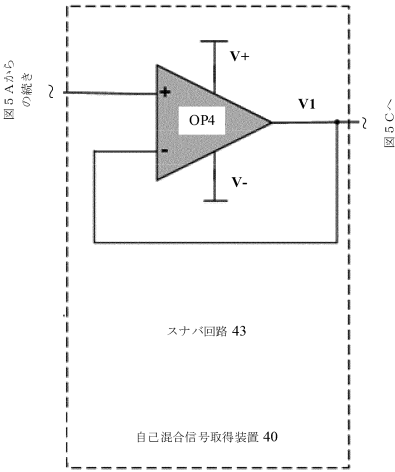
40

50

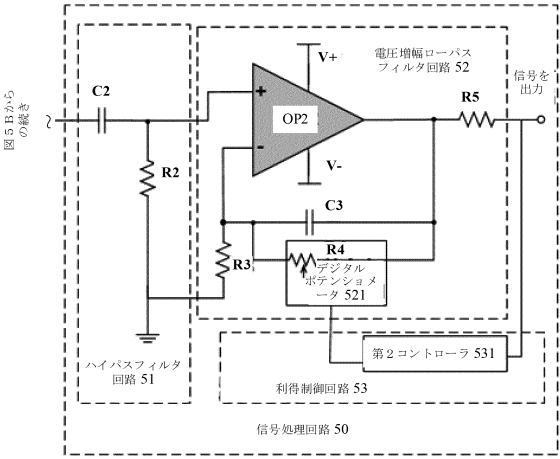
【図 5 A】



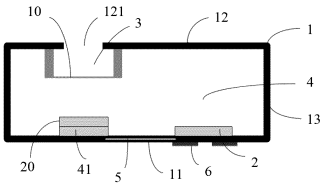
【図 5 B】



【図 5 C】



【図 6】



10

20

30

40

50

【図 7】

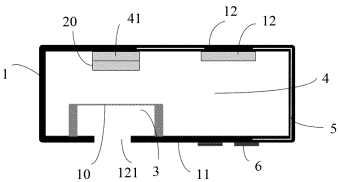


FIG. 7

【図 8】

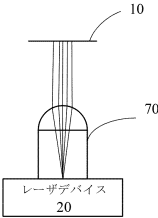


FIG. 8

【図 9】

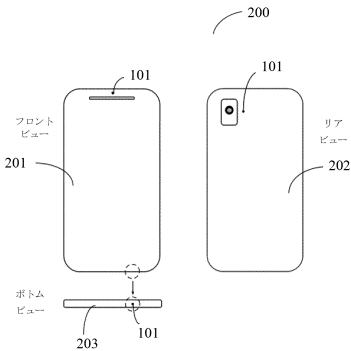


FIG. 9

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦
- (74)代理人 100135079
弁理士 宮崎 修
- (72)発明者 ホウ, シヤオコーア
中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホァウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング
- (72)発明者 ジャーン, シーシオーン
中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホァウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング
- (72)発明者 ウルワン, シュヨンジェ
中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホァウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング
- 審査官 大石 剛
- (56)参考文献 中国特許出願公開第 1 0 2 4 2 7 5 7 3 (C N , A)
中国特許出願公開第 1 1 0 1 8 6 5 4 8 (C N , A)
中国特許出願公開第 1 1 0 6 0 2 6 1 7 (C N , A)
特開 2 0 0 4 - 3 6 1 3 7 8 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
H 0 4 R 2 3 / 0 0
H 0 4 R 3 / 0 0