

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-5279

(P2016-5279A)

(43) 公開日 平成28年1月12日(2016.1.12)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
HO4R 23/00 (2006.01) HO4R 23/00 320 5D021

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-119957 (P2015-119957) (22) 出願日 平成27年6月15日 (2015.6.15) (31) 優先権主張番号 14305921.0 (32) 優先日 平成26年6月17日 (2014.6.17) (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)</p>	<p>(71) 出願人 501263810 トムソン ライセンシング Thomson Licensing フランス国, 92130 イッシー レ ムーリノー, ル ジヤヌヌ ダルク, 1-5 1-5, rue Jeanne d'Ar c, 92130 ISSY LES MOULINEAUX, France (74) 代理人 100107766 弁理士 伊東 忠重 (74) 代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦 (74) 代理人 100091214 弁理士 大貫 進介</p>
--	--

最終頁に続く

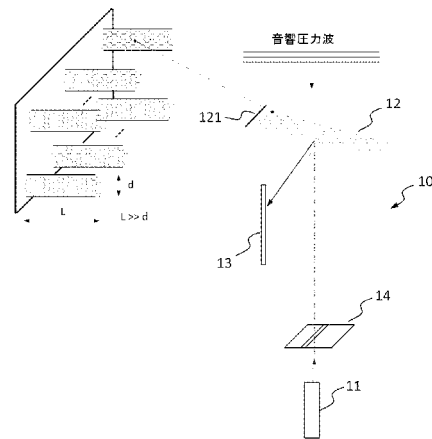
(54) 【発明の名称】 光マイクロホンおよびその使用方法

(57) 【要約】

【課題】 光マイクロホン(10)および該光マイクロホンを使う方法が記述される。

【解決手段】 光マイクロホン(10)は、光ビームを発するよう構成された光源(11)と、該光ビームを反射するよう構成された音響センサー(12)とを有する。音響センサー(12)は単層ナノチューブを含み、圧力波にตอบสนองして偏向する。光マイクロホン(10)の任意的な反射器(15)は、音響センサー(12)からの光ビームを再反射するよう構成される。検出器(13)が、音響センサー(12)または反射器(15)からの光ビームを検出するよう構成され、よって圧力波を測定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ビームを発するよう構成された光源と、
 単層ナノチューブを含む音響センサーであって、前記音響センサーは、圧力波に応答して偏向し、前記光源から発された光ビームを反射するよう構成されている音響センサーとを有する、
 光マイクロホン。

【請求項 2】

前記音響センサーによって反射された光ビームを検出するよう構成された検出器をさらに有する、請求項 1 記載の光マイクロホン。

10

【請求項 3】

前記音響センサーからの光ビームを再反射するよう構成された、多層ナノチューブを含む反射器をさらに有する、請求項 1 記載の光マイクロホン。

【請求項 4】

前記反射器からの光ビームを検出するよう構成された検出器をさらに有する、請求項 3 記載の光マイクロホン。

【請求項 5】

前記反射器は膜反射器であり、その上に多層ナノチューブがランダムに配置されている、請求項 3 記載の光マイクロホン。

【請求項 6】

前記光源からの光ビームが前記単層ナノチューブの側壁上に照射される、請求項 1 ないし 5 のうちいずれか一項記載の光マイクロホン。

20

【請求項 7】

前記光源がレーザーである、請求項 1 ないし 6 のうちいずれか一項記載の光マイクロホン。

【請求項 8】

前記光源から発された光ビームを偏光させるよう構成された偏光器をさらに有する、請求項 1 ないし 7 のうちいずれか一項記載の光マイクロホン。

【請求項 9】

前記音響センサーが平行に整列された単層ナノチューブのアレイを含む、請求項 1 ないし 8 のうちいずれか一項記載の光マイクロホン。

30

【請求項 10】

前記音響センサーがさらにベース基板を含み、前記単層ナノチューブは、該単層ナノチューブのナノチューブ軸が基板表面に垂直であるよう前記ベース基板上に配置される、請求項 1 ないし 9 のうちいずれか一項記載の光マイクロホン。

【請求項 11】

前記光源、前記音響センサーおよび/または前記検出器および/または前記反射器および/または前記偏光器が含まれる筐体をさらに有する、請求項 1 ないし 10 のうちいずれか一項記載の光マイクロホン。

【請求項 12】

前記筐体が単層ナノチューブから構成される内壁を含む、請求項 11 記載の光マイクロホン。

40

【請求項 13】

前記筐体が、前記音響センサーを不純物から保護するために前記音響センサーに近接して配置された保護要素を含む、請求項 11 または 12 記載の光マイクロホン。

【請求項 14】

音響波を検出する方法であって：

光ビームを発する段階と、

単層ナノチューブを含む音響センサーを使って発された光ビームを反射する段階とを含み、前記音響センサーは圧力波に応答して偏向する、

50

方法。

【請求項 15】

反射器を使って前記音響センサーからの光ビームを再反射する段階と、
前記反射器からの再反射された光ビームを検出する段階とを含む、
請求項 14 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光マイクロホンおよび該光マイクロホンを使う方法に関する。より詳細には、
本発明は、ナノチューブを含み、音響圧力波に応答して偏向する音響センサーを有する光
マイクロホンに関する。

10

【背景技術】

【0002】

光マイクロホンは、通常のマイクロホンのようにキャパシタンスまたは磁場の変化を感
知するのではなく、光ビームを検出することによって音響圧力波を電気信号に変換する。
光マイクロホンは電場および磁場に反応せず、熱および湿気に対して堅牢なので、産業用
タービンまたは磁気共鳴撮像 (MRI) 設備環境など通常のマイクロホンを使うのが非効果
的であるまたは危険である領域における使用のために理想的である。

【0003】

光マイクロホンは、光源、反射表面を有する膜のような音響センサー、光ファイバーの
ような光伝送器および光検出器を含む。光源は光ビームを発生し、該光ビームは前記伝送器
によって音響センサーまで伝送され、案内される。音響センサーは音響圧力波を検出し、
光ビームを光検出器に反射することができる音感応体である。検出される音響圧力波に依
存して、音響センサーは種々の属性をもつ光ビームを反射し、反射されたビームはその後
、検出器によって電気信号に変換される。こうして、音響圧力波は解析され、測定される
ことができる。

20

【0004】

光マイクロホン内の上記の音響膜は電気信号ではなく光ビームを検出するので、光マイ
クロホンの大きさは、通常のマイクロホンよりずっと小さくできる。しかしながら、人体
内での医療用途などの特定の条件において使われるべき、より一層小さな光マイクロホン
に対する需要がある。

30

【0005】

音響膜の振動パターンが検出器に直接伝送されるので、膜の振動パターンが高速でカオ
ス的である場合には、検出は不正確で、信頼できないことがある。この場合、本物の信号
とノイズを区別することが難しくなる。光マイクロホンの検出の信号対雑音比 (SNR) を
改善する必要がある。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献 1】Kohei Mizuno et al., "A black body absorber from vertic
ally aligned single-walled carbon nanotubes", PNAS 2009, 106(15): 6044-6
047

40

【非特許文献 2】Ertugrul Cubukcu et al., "Aligned carbon nanotubes", PNAS
2009, 106(8): 2495-2499

【非特許文献 3】T. Saleh et al., "Transforming carbon nanotube forest fr
om darkest absorber to reflective mirror", Appl. Phys. Lett. 101, 0619
13 (2012)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

したがって、改善された光マイクロホンおよび該光マイクロホンを使う方法を提案することが本発明の一つの目的である。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の光マイクロホンのある好ましい実施形態は、光ビームを発するよう構成された光源と、光源から発された光ビームを反射するよう構成された音響センサーとを有する。音響センサーは、平行に整列された単層ナノチューブを含み、圧力波に応答して偏向する。平行に整列された単層ナノチューブは好ましくはアレイの形である。光マイクロホンはさらに、音響センサーによって反射された光ビームを検出するよう構成された検出器を有する。

10

【0009】

本発明のある好ましい実施形態では、光マイクロホンはさらに、多層ナノチューブを含み、音響センサーからの光ビームを再反射するよう構成された反射器を有する。その際、検出器は、反射器からの再反射された光ビームを検出するよう構成される。反射器は、任意的には、膜反射器であり、その上に多層ナノチューブがランダムまたは擬似ランダムに配置される。

【0010】

本発明のある好ましい実施形態では、光マイクロホンはさらに、光源から発される光ビームを偏光させるよう構成された偏光器を有する。

【0011】

本発明のある好ましい実施形態では、音響センサーはさらに、その上に単層ナノチューブが配置されるベース基板を含む。単層ナノチューブのナノチューブ軸は、基板表面に垂直である。

20

【0012】

本発明の好ましい実施形態のために、光マイクロホンは有利にはさらに、光源、音響センサーおよび/または検出器および/または反射器および/または偏光器および/または他の補助マイクロホン素子が含まれる筐体を有する。筐体は好ましくは、内壁および保護要素を含む。

【0013】

本発明のある好ましい実施形態では、筐体の内壁は単層ナノチューブから構成され、該単層ナノチューブは好ましくは非金属的な特性をもち、整列されたSWNTの森の形である。保護要素は、音響センサーを不純物から保護するために音響センサーの近傍に配置される。

30

【0014】

同様に、本発明の音響波を検出する方法は：光ビームを発し；発された光ビームを反射するよう音響センサーを使うことを含む。音響センサーは、平行に整列された単層ナノチューブを含み、圧力波に応答して偏向する。

【0015】

ある好ましい実施形態では、本方法はさらに、音響センサーからの光ビームを再反射するよう反射器を使い；反射器からの再反射された光ビームを検出することを含む。

40

【0016】

本発明の光マイクロホンは、その音響センサーを使うことによって音響圧力波を検出する。音響センサーは、音響圧力波を受けたときに偏向し、対応して光マイクロホンの光源からの光ビームを反射する。反射された光ビームを検出器で検出することによって、音響圧力波は光マイクロホンによって検出され、測定される。音響センサーはナノチューブを含んでいるので、音響センサーの、よって光マイクロホンの寸法はきわめて小さくでき、よって特殊な条件において使用できる。さらに、反射器を使って光ビームを再反射することによって、光ビームの高い反射が達成でき、よって屈折されたビームが光検出器上をターゲットとされ、光検出器によって検出されることができ。こうして、光ビームのおよび音響圧力波の測定が改善される。

50

【図面の簡単な説明】

【0017】

本発明のよりよい理解のために、本発明について図面を参照して以下の記述においてより詳細に説明する。本発明がこの開示された例示的实施形態に限定されないこと、および特定された特徴が附属の請求項において定義される本発明の範囲から外れることなく便利に組み合わされるおよび/または修正されることもできることは理解される。

【図1】本発明に基づく光マイクロホンのある好ましい実施形態を示す概略図である。

【図2】本発明に基づく光マイクロホンのもう一つの好ましい実施形態を示す概略図である。

【図3】本発明に基づく方法のある好ましい実施形態を示すフローチャートである。

10

【発明を実施するための形態】

【0018】

図1は、本発明に基づく光マイクロホンのある例示的な実施形態を示している。光マイクロホン10は、光ビームを発するよう構成された光源11と、平行に整列された単層ナノチューブ(SWNT: single-wall nanotube)を含む音響センサー12とを有する。音響センサー12は圧力波、たとえば音響圧力波に応答して偏向し、光源11から発された光ビームを反射するよう構成される。音響センサー12の平行に整列されたSWNTは、SWNTのナノチューブ軸が互いに平行であるような仕方配置される。SWNTは特にカーボン・ナノチューブであることが好ましい。

【0019】

20

さらに、光マイクロホン12は、音響センサー12によって反射された光ビームを検出する検出器13を有する。検出器13は、実現可能であり、光検出のために有用な任意の種類検出器であることができる。

【0020】

好ましくは、光源11および音響センサー12は、光源11からの光ビームが音響センサー12のSWNTの側壁に照射されるよう対応して位置される。たとえば、図1に示されるように、光源11は音響センサー12の下に位置され、上方に向けて、音響センサー12のSWNTの側壁に対して光ビームを発する。しかしながら、光源11および音響センサー12が水平に整列されるまたは他の任意の適正な配位で位置されることもできることは理解しておくべきである。

30

【0021】

本発明の光マイクロホン10は、音響センサー12の偏向を使って音響圧力波を検出するよう構成されている。主としてSWNTを有する音響センサー12の寸法、よって光マイクロホン10全体の寸法はきわめて小さいので、より高いまたはより低い周波数のいずれをもって光マイクロホン10に入射する音響圧力波でも平面波と考えることができる。

【0022】

平面波が音響センサー12のSWNTに入射するとき、SWNTは、SWNTに対する前記波の力に起因して、平面波の密度および方向に応じて異なる仕方偏向する。SWNTの偏向は、光源11から発された光ビームの反射に影響し、これを変える。反射された光ビームが次いで検出器13によって検出される。図1および図2において示されるように、光ビームの反射角(たとえば角 θ)は、SWNTの偏向に関係し、比例する。したがって、入射する音響圧力波は光マイクロホン10によって測定されることができる。

40

【0023】

好ましくは、音響センサー12に含まれるSWNTは、平行に整列されたSWNTのアレイの形である。より好ましくは、SWNTアレイの諸SWNTは孤立しており、互いから離れている。SWNTアレイの孤立したSWNTは、音響圧力波を受けたときにそれぞれ偏向し、波が消えたときにもとの位置に戻る。SWNTは束ねられていないので、ファンデルワールス力はなく、よってSWNTは、圧力波からの外力がないときにはデフォルトの位置を取り戻すことができる。より好ましくは、SWNTアレイのSWNTは金属的な特性、すなわちアームチェア型カイラリティーをもつ。金属的なSWNTは既知であり、広いスペクトルについて光の反射のために有用

50

である。この場合、金属的な特性をもつSWNTの孤立は、非金属的な特性をもつ基板に取り付けることによって達成される。

【0024】

任意的に、光源11は、合焦したコヒーレントな光ビームを発するレーザーであり、それから発された光ビームを偏光させるために偏光器14が光源11の前に位置される。非特許文献1では、SWNTの光吸収が、光の偏光がナノチューブ軸に垂直なときは強く抑制されることが示されている。したがって、音響センサー12のSWNTのナノチューブ軸に直交する直線偏光をもつレーザー・ビームを使うときに、光ビームの高い反射が達成でき、このことは光ビームについての、また音響圧力波についての改善された検出につながる。この場合ラマンまたはレイリー（非弾性または弾性）散乱も考えられる。非特許文献2では、SWNTのラマンおよびレイリー分光研究により、強い偏光依存性の実証されている。任意的に、光マイクロホンのさらに小さな寸法を達成するために、単一のファイバーを介して間接的に活性化されるナノチューブが、光源11としてのレーザー・ビームのために使用されることができる。

10

【0025】

音響センサー12はさらに、ベース基板121を含むことができ、該ベース基板121の上にSWNTアレイのSWNTが配置される。図1に示されるように、SWNTのナノチューブ軸が基板表面に垂直であることが好ましい。より好ましくは、ベース基板121は非金属的であり、低い反射率の材料で構成され、このことは、ベース基板121からの、光ビームの検出および反射の擾乱を防ぐことができる。

20

【0026】

図2は、本発明に基づく光マイクロホンのもう一つの例示的な実施形態を示している。この実施形態は、光マイクロホン10が、音響センサー12からの光ビームを再反射するよう構成されている反射器15を有する点で第一の実施形態と異なっている。再反射された光ビームはその後、検出器13によって検出される。むろん、検出器13、反射器15および他のマイクロホン要素の配位は柔軟であることができ、先記の実施形態とは異なることができる。好ましくは、反射器15は多層ナノチューブ(MWNT: multi-wall nanotube)を含む。より好ましくは、反射器15は、上にMWNTがランダムまたは擬似ランダムに配置されている膜反射器である。非特許文献3において、ランダムに向き付けられたMWNTは反射鏡と同様の振る舞いをするが示されている。反射器15は、光ビームの高い反射を改善し、可能にする。それにより、反射された光ビームは検出器13上をターゲットとされることができ、よって光ビームおよび音響圧力波は精密に解析され、測定されることができる。

30

【0027】

図2に示されるように、音響センサー12は、さまざまな圧力波にตอบสนองして異なる仕方で偏向し、それに相応して光ビームを反射する。最初の反射および再反射についての光ビームの反射角（たとえば角度 および ）は互いに関係しているので、音響圧力波に間接的に対応する光ビームのシフトが、切片定理(intercept theorem)に基づいて検出されることができる。さらに、反射器15は光ビームを反射しながら、該光ビームを、たとえばその波長および/または周波数を修正するよう設計されることができる。同時に光ビームを反射および修正することによって、測定手順全体の後処理ステップが単純化され、よってそのコストが軽減される。

40

【0028】

本発明の光マイクロホンのもう一つの好ましい実施形態について、光マイクロホン10はさらに、図2に示される筐体16を有する。筐体16は、光源11、音響センサー12、検出器13、任意的な偏光器14および反射器15、および光マイクロホン10の他の補助的要素をその中に含むよう構成される。たとえば、図2の例示的な筐体16は、中空の円筒状の容器である。好ましくは、筐体16は、きわめて多様な入射角をもつ光ビームについての反射を防止し、不純物からマイクロホン要素を保護する内壁161を含む。このようにして、検出される光ビームについてのノイズが軽減され、光ビームの、よって音

50

響圧力波の検出および測定が改善される。

【0029】

内壁161のある実施形態はSWNTから構成され、該SWNTは好ましくは非金属的な特性をもち、整列されたSWNTの森の形である。非特許文献1では、平行に整列された非金属的なSWNTの森は、散乱光(diffuse light)がナノチューブ軸の方向に光る場合は黒体と同様に振る舞うことが示されている。よって、内壁161の非金属的なSWNTは、きわめて多様な入射角について光の反射を防ぎ、よって背景雑音を低減し、音響圧力波の検出を改善することができる。内壁161の非金属的なSWNTのより高い密度が、望ましくない光の反射を防止するよりよい効果を含意し、好ましい。内壁161および/または光マイクロホン10の他の要素に対する非金属的なSWNTの整列は、光源11、音響センサー12などの対応する配位に依存して、柔軟かつ調節可能である。たとえば、図2に示される実施形態において、非金属的なSWNTは好ましくは内壁161上に、該非金属的なSWNTのナノチューブ軸が内壁161の表面に垂直であるような配向で、配置される。このようにして、この実施形態についての内壁161の機能は優秀である。むしろ、内壁161は、光マイクロホン10において使用されるのに好適な他の任意の材料から構成されることもできる。

10

【0030】

任意的に、筐体16は、音響センサー12に近接して配置される、該音響センサー12を不純物から保護するための保護要素162を含む。たとえば、保護要素162は、音響センサー12の上または隣に位置される膜であることができる。むしろ、保護要素162は、長方形または円形のようなさまざまな形をもち、好適な材料で構成される、光マイクロホンにおいて使用されるのに好適な任意の種類の保護器であることができる。保護要素162は、光マイクロホン10についての種々の要請を充足するよう柔軟であり、調節可能であることができる。さらに、保護要素162は、筐体16内部の主光ビームを乱しうる他の光ビームが光マイクロホン10の外からきて光マイクロホン10を通じて照らすことを防ぐためにも使用できる。

20

【0031】

SWNTアレイのSWNTが配置されている音響センサー12の上述したベース基板121は、任意的に、筐体16の内壁161から別個であるまたは含まれることができる。ベース基板121は、内壁161の一部であることができ、製造工程において内壁161と一緒に製造されることができる。あるいはまた、ベース基板121は任意の種類の好適な接続方法により内壁161に接続されたまたは固定された別個の要素であることができる。

30

【0032】

本発明の例示的な光マイクロホン10を使うことにより、図3は本発明の方法のある好ましい実施形態を示している。本方法は、光源11によって光ビームを発する段階31と；発された光ビームを反射するよう、平行に整列された単層ナノチューブを含む音響センサー12を使う段階とを含む。上述した音響センサー12は、音響圧力波に応答して偏向する。任意的に、本方法はさらに、音響センサー12からの光ビームを再反射するよう反射器15を使う段階33と；反射器15からの再反射された光ビームを検出器13によって検出する段階34とを含む。

40

【0033】

光マイクロホン10が音響圧力波を受けたとき、該光マイクロホンの音響センサーは該波に応答して偏向し、対応して光源11からの光ビームを反射する。任意的に該光ビームを再反射し、検出することにより、本発明の光マイクロホン10は音響圧力波を精密に測定できる。音響センサーは主としてナノチューブを含んでいるので、光マイクロホン10の寸法はきわめて小さく、よって該音響センサーは特殊な条件において使用できる。たとえば、非常に小さな寸法をもつ複数のセンサーが必要とされるマイクロホン・アレイである。さらに、反射器15による光ビームの再反射により、検出のより高いSNRが達成され、よって音響圧力波の測定結果が改善される。

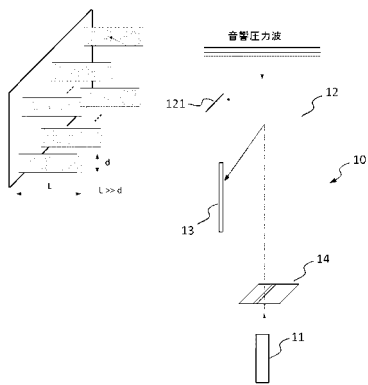
【符号の説明】

【0034】

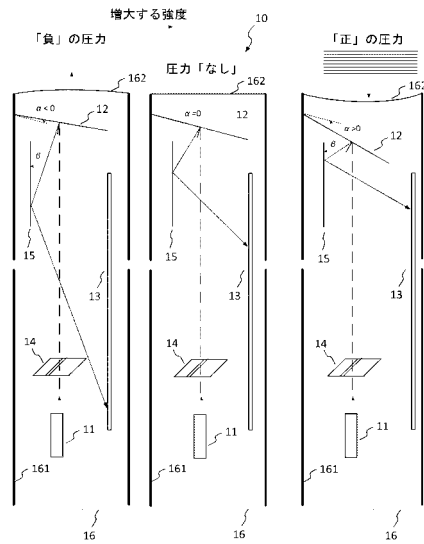
50

- 3 1 光ビームを放出
- 3 2 音響センサーを使って光ビームを反射
- 3 3 反射器を使って光ビームを再反射
- 3 4 光ビームを検出

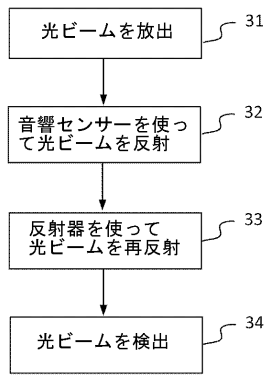
【図 1】



【図 2】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 オルガー クロップ

ドイツ連邦共和国 3 0 6 2 5 ハノーヴァー カール ヴィーヘルト アレ 7 4 ドイツェ・
トムソン・オーハーゲー リサーチ・アンド・イノベーション

(72)発明者 イェンス スピル

ドイツ連邦共和国 3 0 6 2 5 ハノーヴァー カール ヴィーヘルト アレ 7 4 ドイツェ・
トムソン・オーハーゲー リサーチ・アンド・イノベーション

(72)発明者 マルテ ボルズム

ドイツ連邦共和国 3 0 6 2 5 ハノーヴァー カール ヴィーヘルト アレ 7 4 ドイツェ・
トムソン・オーハーゲー リサーチ・アンド・イノベーション

Fターム(参考) 5D021 DD04

【外国語明細書】

2016005279000001.pdf