

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6943452号  
(P6943452)

(45) 発行日 令和3年9月29日(2021.9.29)

(24) 登録日 令和3年9月13日(2021.9.13)

(51) Int. Cl. F I  
 GO 1 J 3/45 (2006.01) GO 1 J 3/45  
 GO 1 J 3/26 (2006.01) GO 1 J 3/26

請求項の数 36 (全 28 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-564831 (P2018-564831)                  (86) (22) 出願日 平成29年6月15日 (2017.6.15)                  (65) 公表番号 特表2019-522189 (P2019-522189A)                  (43) 公表日 令和1年8月8日 (2019.8.8)                  (86) 国際出願番号 PCT/US2017/037684                  (87) 国際公開番号 W02017/218778                  (87) 国際公開日 平成29年12月21日 (2017.12.21)                  審査請求日 令和2年3月17日 (2020.3.17)                  (31) 優先権主張番号 62/350,486                  (32) 優先日 平成28年6月15日 (2016.6.15)                  (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 511248294                  シーウェア システムズ                  S I - W A R E S Y S T E M S                  アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91                  011, ラカナダ, フットヒルズブルー                  バード 1150, スイート エム                  (74) 代理人 110001302                  特許業務法人北青山インターナショナル                  サブリイ, ヤセル, エム.                  (72) 発明者 エジプト国 11371, カイロ, ナスル                  シティー, アブド エライ ヘガジ スト                  リート 22</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一体型スペクトルユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一体型スペクトルユニットにおいて：

第1の基板と；

前記第1の基板に結合された第2の基板と；

前記第1の基板内に作成したMEMS干渉計であって、入力光ビームを受光し、光路に沿って当該入力光ビームを方向付けるように光学的に結合され、前記光路に沿って前記入力光ビームが経験した干渉によって生じる出力光ビームを生成するMEMS干渉計と；

前記第2の基板の両側に一体的に設けられた光方向変換構造であって、当該光方向変換構造が第1のミラーを有し、当該第1のミラーが、前記第1の基板に対して面外方向に伝搬する前記入力光ビームを受信し、前記第1の基板に対して面内方向に前記入力光ビームを方向変換して、MEMS干渉計に向けるように構成されている、光方向変換構造と；  
 を具えることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

【請求項2】

請求項1に記載の一体型スペクトルユニットが更に：

前記MEMS干渉計からの出力光ビームを受光して、前記出力光ビームからインターフェログラムを生成するように、光学的に結合された検出器を、具えることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

【請求項3】

前記光方向変換構造が更に、前記MEMS干渉計から前記第1の基板に対して面内方向

に伝搬する前記出力光ビームを受け取り、前記出力光ビームを前記検出器に方向変換するように光学的に結合された第2のミラーを具えることを特徴とする請求項2に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項4】

請求項3に記載の一体型スペクトルユニットにおいて、前記検出器が、前記第1の基板に対して面内方向に配向されており、前記第2のミラーから前記第1の基板に対して面外方向に伝搬する出力光ビームを受光する、ことを特徴とする一体型スペクトルユニット。

【請求項5】

請求項4に記載の一体型スペクトルユニットにおいて、前記検出器が前記第2の基板上に取り付けられていることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

10

【請求項6】

請求項5に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記第2の基板が、前記MEMS干渉計を有する前記第1の基板上に延在するキャッピング層であって、前記MEMS干渉計を密封するキャッピング層を具え、

前記検出器が前記キャッピング層に取り付けられていることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

【請求項7】

請求項6に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記検出器が、前記キャッピング層の外側面上に取り付けられており、前記第2のミラーが、前記キャッピング層を通る出力光ビームを、前記検出器に向けて反射するように構成されていることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

20

【請求項8】

請求項6に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記検出器が、前記キャッピング層の内側面に取り付けられており；

前記キャッピング層が、前記検出器に電氣的接続を提供するように構成された貫通ビアを具えることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

【請求項9】

前記検出器が前記第1の基板上に取り付けられていることを特徴とする、請求項4に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項10】

30

請求項9に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記第1の基板が、デバイス層、ハンドル層、およびデバイス層とハンドル層との間の埋め込み酸化物層を具え；

前記MEMS干渉計が、前記デバイス層内に作製されており；

前記検出器が、前記ハンドル層に設けられ、前記MEMS干渉計と前記検出器が前記第1の基板の同じ側にある；

ことを特徴とする一体型スペクトルユニット。

【請求項11】

前記ハンドル層が、前記検出器への電氣的接続を提供するように構成された貫通ビアを具えることを特徴とする、請求項10に記載の一体型スペクトルユニット。

40

【請求項12】

請求項4に記載の一体型スペクトルユニットが更に：

前記第1の基板と第2の基板が取り付けられている第3の基板を具え、前記検出器が当該第3の基板上に取り付けられていることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

【請求項13】

前記検出器が、前記第3の基板内の溝の中に位置していることを特徴とする、請求項12に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項14】

前記検出器が、前記第1の基板の開口内の前記第3の基板の表面上に位置していることを特徴とする、請求項12に記載の一体型スペクトルユニット。

50

## 【請求項 15】

請求項 12 に記載の一体型スペクトルユニットが更に：

前記第 1 の基板と、前記第 2 の基板と、前記第 3 の基板とを具えるパッケージを具え、前記第 3 の基板が、前記パッケージ内にパッケージ基板を具えることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

## 【請求項 16】

請求項 15 に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記パッケージが、MEMS 干渉計の動作波長範囲内で透明である窓を具え；

前記入力光ビームが、当該窓を通して、前記第 1 の基板に対する面外方向に、前記光方向変換構造の第 1 のミラーに向かって伝播する；

ことを特徴とする一体型スペクトルユニット。

10

## 【請求項 17】

請求項 16 に記載の一体型スペクトルユニットが更に：

前記光パッケージ内にあり、前記入力光ビームを放出するように構成された、光源を具えることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

## 【請求項 18】

請求項 17 に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記光源が前記光方向変換構造上に取り付けられており；

前記光方向変換構造が、更に、前記光源からの入力光ビームを方向変換するように光学的に結合された光学部品を具える；

ことを特徴とする一体型スペクトルユニット。

20

## 【請求項 19】

前記光源が前記第 1 の基板上に一体化されていることを特徴とする、請求項 17 に記載の一体型スペクトルユニット。

## 【請求項 20】

前記窓が更に、前記入力光ビームを、前記光方向変換構造の前記第 1 のミラー上で合焦させるように光学的に結合されたレンズを具えることを特徴とする、請求項 16 に記載の一体型スペクトルユニット。

## 【請求項 21】

請求項 16 に記載の一体型スペクトルユニットが更に：

前記窓に取り付けられた蓋であって、前記窓を通る入力光ビームを前記光方向変換構造の第 1 のミラーに向ける開口を有する蓋を具えることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

30

## 【請求項 22】

請求項 12 に記載の一体型スペクトルユニットにおいて、前記光方向変換構造が、前記光方向変換構造を前記第 3 の基板上の前記 MEMS 干渉計と共に取り付けるのを容易にするスペーサまたはパッドを具えることを特徴とする一体型スペクトルユニット。

## 【請求項 23】

前記第 1 のミラーと前記第 2 のミラーの少なくとも一方が曲面を具えることを特徴とする、請求項 3 に記載の一体型スペクトルユニット。

40

## 【請求項 24】

前記検出器が、前記第 1 の基板に対して面外方向に配向され、前記 MEMS 干渉計から前記第 1 の基板に対して面内方向に伝搬する前記出力光ビームを受け取るように光学的に結合されていることを特徴とする、請求項 2 に記載の一体型スペクトルユニット。

## 【請求項 25】

前記光方向変換構造が更に、前記出力光ビームを受光し、前記検出器の前に前記出力光ビームを被試験試料に向けるように光学的に結合された第 2 のミラーを具える、ことを特徴とする請求項 2 に記載の一体型スペクトルユニット。

## 【請求項 26】

前記第 1 のミラーが、入れ子式で光学的に結合された第 1 の入力ミラーと第 2 の入力ミ

50

ラーとを具えることを特徴とする、請求項 1 に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項 27】

前記第 1 のミラーが、前記光方向変換構造内に全反射ミラーを具えることを特徴とする、請求項 1 に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項 28】

請求項 1 に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記 MEMS 干渉計が一又はそれ以上の溝を具え；

前記光方向変換構造が、各々が一又はそれ以上の溝のうちの対応する溝に適合する一又はそれ以上の突起を具える；

ことを特徴とする一体型スペクトルユニット。

10

【請求項 29】

前記一又はそれ以上の突起のうちの少なくとも 1 つが、前記入力光ビームを前記 MEMS 干渉計に向ける、または前記 MEMS 干渉計からの出力光ビームを導く導波路を具えることを特徴とする、請求項 28 に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項 30】

前記光方向変換構造を具える前記第 2 の基板が精密成形部品を具えることを特徴とする、請求項 1 に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項 31】

前記精密成形部品がプラスチック成形部品またはガラス成形部品を具えることを特徴とする、請求項 30 に記載の一体型スペクトルユニット。

20

【請求項 32】

前記光方向変換構造が更に、前記入力光ビームが前記第 1 のミラーに向かって通過する開口を具えることを特徴とする、請求項 1 に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項 33】

請求項 1 に記載の一体型スペクトルユニットが更に：

前記光方向変換構造の上に延在するキャッピング層を具え；

前記第 2 の基板と前記キャッピング層が前記第 1 の基板に接合されており；

前記入力光ビームが、第 1 のミラーに向けて前記キャッピング層と前記光方向変換構造を通過する；

ことを特徴とする一体型スペクトルユニット。

30

【請求項 34】

前記 MEMS 干渉計がマイケルソン干渉計またはカスケード型ファブリー・ペロー干渉計を具えることを特徴とする、請求項 1 に記載の一体型スペクトルユニット。

【請求項 35】

請求項 34 に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記 MEMS 干渉計が、少なくとも 1 つのアクチュエータに結合された少なくとも 1 つの可動ミラーを具え、当該アクチュエータが前記少なくとも 1 つの可動ミラーを変位させて、前記 MEMS 干渉計内の光路を変えるように構成されており；

前記第 1 の基板が、更に、前記少なくとも 1 つのアクチュエータへの電氣的接続を提供するように構成された少なくとも 1 つの貫通ビアを具える；

ことを特徴とする一体型スペクトルユニット。

40

【請求項 36】

請求項 1 に記載の一体型スペクトルユニットにおいて：

前記 MEMS 干渉計が、並列に接続された複数の干渉計を具え；

前記第 1 のミラーが、各々が前記複数の干渉計のうちの対応する干渉計に、前記入力光ビームを向けなおすように光学的に接続されている；

ことを特徴とする一体型スペクトルユニット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

## [ 優先権の主張 ]

本出願は、2016年6月15日に米国特許商標庁に出願された暫定出願第62/350,486号に対する優先権およびその利益を主張する。その全内容は、以下に全体が適用可能なすべての目的で完全に記載されているかのように、参照により本明細書に組み入れられている。

## 【 0 0 0 2 】

以下に説明する技術は、干渉測定とスペクトル分析用の集積干渉型デバイスに関するものであり、特に、集積微小電気機械システム(MEMS)ベースの干渉型デバイスに関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 3 】

小型干渉計および集積型検出器を具える小型光センサは、分光法およびコヒーレンス撮像を含む多くの用途に利用されている。例えば、小型光学センサーは、ガス、拡散反射光測定、および生物医学的撮像を含む流体分光センシング用途に使用することができる。このような小型の光学センサは、携帯機器に実装されることが多く、限られた環境で見られる。

## 【 0 0 0 4 】

340 - 780 nmの波長範囲で動作する従来の小型分光計は、相補型金属酸化膜半導体(CMOS)画像センサチップと、凸レンズと反射型回折格子を有するガラス配線板とを利用している。強エッチング技術を用いてCMOS画像センサチップ上に入射スリットを形成し、ナノインプリント技術を用いて反射回折格子を形成する。光はスリットに導かれ、格子で回折する。分離された波長はCMOS画像センサーに当たる。センサ内の各画素は特定の波長の光を受け取る。しかしながら、この分光計を赤外線(IR)に拡張すると、センサアレイを組み込む必要があるために、法外な費用がかかることがある。

## 【 0 0 0 5 】

近赤外線(NIR)で作動するもう一つの従来の小型分光計は、波長可変フィルタとして機能するMEMSファブリ-ペロー干渉計を具える。フィルタの後には、インジウムガリウムヒ素(InGaAs)PINフォトダイオードと配線基板がある。干渉計内のエアギャップは透過率応答を制御し、所定の波長を通過させる。この分光計では、単一のIR検出器が使用されるが、波長可変フィルタの自由スペクトル範囲およびフィルタミラーの多層構造によって制限されているため、波長範囲は1550 - 1850 nmである。この分光計では、波長範囲とスペクトル分解能との間の矛盾も問題である。

## 【 0 0 0 6 】

マイケルソン構造とフーリエ変換の概念に基づく強エッチングされた自己整合分光計も開発されている。MEMS分光計の構造は、バランスインターフェースを使用して垂直性および分散の問題を補償している。MEMSチップは、例えば、シリコンの深堀り反応性イオンエッチング(DRIE)を使用して製造することができ、すべての機械的、光学および電氣的構造をすべて単一のリソグラフィステップで画定することができ、自己整合分光計が得られる。全構造体をシリコン・オン・インシュレータ(SOI)ウエハのデバイス層にエッチングすることができ、デバイス層とハンドル層との間に埋め込んだ酸化層を用いてハンドル層に固定した固定構造体を有する。このようなMEMS干渉計は十分に用途が広く、スペクトル範囲が非常に広いIRで機能する。更に、検出器は、MEMSチップ上に統合することもできる。マイケルソン干渉計を、直列接続した低フィネスのファブリ-ペロー干渉計で置き換えても、よりコンパクトな分光計アーキテクチャを達成することができる。

## 【 0 0 0 7 】

MEMSアーキテクチャに基づいて、オンチップに集積した光検出器を有するが、入力光がマルチモード光ファイバを使用して送達される、小型の分光計も開発されている。この光検出器は、MEMS干渉計のデバイス層の上に取り付けることができる。しかしながら、片持ちスタイルの検出器の集積は信頼性の問題を引き起こすことがある。更に、ME

10

20

30

40

50

MS干渉計のデバイス層内の検出器と他の電気素子との間の電氣的絶縁は困難である。

【0008】

その他の小型化努力も報告されている。例えば、光検出器は、MEMSベースのIR検出器として実装することができ、この場合、IR吸収剤層に入射する光が温度上昇を引き起こし、容量変化によって検知することができる垂直方向の変位が生じる。更に、電子デバイス、光検出器、光源、および可動デバイスがすべて組付けられているシリコンの薄層を含む集積ダイレベル光干渉計システムも開発されている。小型化努力が小型光センサの能力を急速に進歩させ続けている一方で、更なる強化により、コストを削減し、動作波長範囲を拡大し、このようなコンパクトな光センサをハンドヘルド装置に集積できることが望まれている。

10

【発明の概要】

【0009】

本開示の一又はそれ以上の態様の簡単な概要を提示して、このような態様の基本的な理解を提供する。この概要は、本開示の考えられるすべての特徴の広範な概要ではなく、本開示のすべての態様の重要な要素または重要な要素を特定することも、本開示の任意のまたはすべての態様の範囲を描写することも意図していない。唯一の目的は、後述する詳細な説明の前置きとして、本開示の一又はそれ以上の態様のいくつかの概念を簡略化して提示することである。

【0010】

本開示の様々な態様は、第1基板内に取り付けられた微小電気機械システム(MEMS)干渉計と、第2基板上に一体化させた光方向変換構造とを具える一体型スペクトルユニットを提供するものであり、第2基板は第1基板に接続されている。光方向変換構造は、第1基板に対して面外方向に伝搬する入力光ビームを受け取り、この入力光ビームをMEMS干渉計に向けて第1基板に対して面内方向に方向変換させる、少なくとも1つのミラーを具える。MEMS干渉計は、受信した入力光ビームを光路に沿って導き、この光路に沿って入力光ビームが受ける干渉から出力光ビームを生成するように構成されている。

20

【0011】

これらのおよびその他の本発明の態様は、以下の詳細な説明を精査することによってより完全に理解されるであろう。本発明の他の態様、特徴、および実施形態は、添付の図面と併せて本発明の特定の例示的な実施形態の以下の説明を検討すると、当業者には明らかになるであろう。本発明の特徴は、以下の特定の実施形態および図面に関して論じているが、本発明のすべての実施形態は、本明細書で論じている一又はそれ以上の有利な特徴を具えている。言い換えれば、一又はそれ以上の実施形態は特定の有利な特徴を有するものとして説明されている、このような特徴のうちの一又はそれ以上は、本明細書で説明されている本発明の様々な実施形態に従って使用することができる。同様に、例示的な実施形態は以下に、装置、システム、または方法の実施形態として論じられており、このような例示的な実施形態は様々な装置、システム、および方法で実施できることを理解されたい。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本開示のいくつかの態様による、半導体基板内にマイクロ光学ベンチデバイスとして製造することができるMEMS干渉計の一例を示す図である。

【図2】図2は、本開示のいくつかの態様による、マイクロ光学ベンチデバイスとして製造することができるマイケルソン干渉計の一例を示す図である。

【図3】図3は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計および光方向変換構造を具える一体型スペクトルユニットの一例を示す図である。

【図4】図4は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計および光方向変換構造を含む一体型スペクトルユニットの別の例を示す図である。

【図5】図5は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計、検出器、および光方向変換ミラーを具える一体型スペクトルユニットの平面図である。

40

50

【図6】図6は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計および光方向変換構造を具える一体型スペクトルユニットの別の例を示す図である。

【図7】図7は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計と光方向変換構造として動作するキャッピング層とを具える一体型スペクトルユニットの更なる例を示す図である。

【図8】図8は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計と、光方向変換構造として動作するキャッピング層とを具える一体型スペクトルユニットの更なる例を示す図である。

【図9】図9は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計と、光方向変換構造として動作するキャッピング層とを具える一体型スペクトルユニットの更なる例を示す図である。

10

【図10】図10は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計と、光方向変換構造として動作するキャッピング層とを具える一体型スペクトルユニットの更なる例を示す図である。

【図11】図11は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計と光方向変換構造とを具える一体型スペクトルユニットの更なる例を示す図である。

【図12】図12は、本開示のいくつかの態様による、光方向変換構造の一例を示す図である。

【図13】図13は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計と光方向変換構造を具える一体型スペクトルユニットの更なる例を示す図である。

20

【図14】図14は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計と光方向変換構造を具える一体型スペクトルユニットの更なる例を示す図である。

【図15】図15は、本開示のいくつかの態様による、一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの一例を示す図である。

【図16】図16は、本開示のいくつかの態様による、一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの更なる例を示す図である。

【図17】図17は、本開示のいくつかの態様による、一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの更なる例を示す図である。

【図18】図18は、本開示のいくつかの態様による、一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの更なる例を示す図である。

30

【図19】図19は、本開示のいくつかの態様による、一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの更なる例を示す図である。

【図20】図20は、本開示のいくつかの態様による、一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの更なる例を示す図である。

【図21】図21は、本開示のいくつかの態様による、一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの更なる例を示す図である。

【図22】図22は、本開示のいくつかの態様による、複数のMEMS干渉計を具える一体型スペクトルユニットの概略図である。

【図23】図23は、本開示のいくつかの態様による、一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの一例の平面図である。

40

【図24】図24は、本開示のいくつかの態様による、集積型一体型スペクトルユニットを具えるパッケージの一例を示す斜視図である。

【図25】図25は、本開示のいくつかの態様による、光方向変換構造の一例を示す斜視図である。

【図26】図26は、本開示のいくつかの態様による、光方向変換構造の別の例を示す斜視図である。

【図27】図27は、本開示のいくつかの態様による、MEMS干渉計および光方向変換構造の受動的アラインメント構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

50

添付の図面を参照して以下に記載する詳細な説明は、様々な構成を説明することを意図したものであり、本明細書に記載されている概念を実施し得る唯一の構成であることを意図するものではない。詳細な説明は、様々な概念の完全な理解を提供するための特定の詳細を含む。しかしながら、これらの概念がこれらの具体的な詳細なしでも実施し得ることは当業者には明らかであろう。いくつかの事例では、そのような概念を曖昧にすることを回避するために、よく知られている構造および構成要素がブロック図形式で示されている。

**【 0 0 1 4 】**

本開示の態様によれば、一体型スペクトルユニットは、第1の基板内にMEMS干渉計を製造し、第2の基板上に光方向変換構造を合体させ、第1および第2の基板を連結して小型のハンドヘルド装置に組み込むことによって、より低コストでかつ拡張した波長範囲で製造することができる。光方向変換構造は、第1の基板に対して面外方向に伝搬する入力光ビームを受け取り、入力光ビームをMEMS干渉計に向けて第1の基板に対して面内方向に方向変換する第1のミラーを具える。MEMS干渉計は、受光した入力光ビームを光路に沿って案内し、光路に沿って入力光ビームが受ける干渉から生じる出力光ビームを生成するように構成されている。

10

**【 0 0 1 5 】**

一体化されたスペクトルユニットは、更に、MEMS干渉計からの出力光ビームを受けて、この出力光ビームからインターフェログラムを生成する検出器を具えていてもよい。いくつかの例では、この検出器の活性領域は、第1の基板に対して面外方向に向けて、第1の基板に対して面内方向に伝搬する出力ビームを受光するようにしてもよい。

20

**【 0 0 1 6 】**

その他の例では、この検出器の活性領域は、第1の基板に対して面内方向に向けてもよい。この例では、光方向変換構造は、MEMS干渉計の出力に第2のミラーを設けて、第1の基板に対して面内方向に伝搬する出力ビームを受光し、この出力ビームを基板の面外方向に検出器に向けて方向変換するようにしてもよい。いくつかの例では、第1のミラーと第2のミラーの一方または両方が、トロイダル面などの曲面を有していてもよい。第1および第2のミラーは更に、光方向変換構造内にモノリシックに製造することができ、自己整合するようにしてもよい。いくつかの例では、第1のミラーは、入れ子式構造で光学的に結合された第1の入力ミラーと第2の入力ミラーを具えていてもよい。いくつかの例では、第1のミラーは、光方向変換構造内に全反射ミラーを具えていてもよい。

30

**【 0 0 1 7 】**

いくつかの例では、この検出器は光方向変換構造上で取り付ける（例えば、この構造に取り付ける）ことができる。例えば、光方向変換構造は、MEMS干渉計の上に延在するキャッピング層を形成して、MEMS干渉計を気密密封することができ、またこの検出器は、このキャッピング層の上面または下面に一体化することができる。他の例では、この検出器は第1の基板上または第3の基板上に取り付けるか、または一体化できる。検出器が第3の基板上に取り付けられているか、または一体化されている場合、第1の基板および第2の基板は第3の基板上に取り付けることができる。例えば、検出器は、第3の基板の溝内、または第1の基板の開口内の第3の基板表面に配置できる。光方向変換構造は、スペーサまたはパッドを更に具えており、第3の基板上のMEMS干渉計とともに光方向変換構造の取り付けを容易にすることができる。

40

**【 0 0 1 8 】**

いくつかの例では、第3の基板がパッケージ基板であり、このパッケージが更に、MEMS干渉計の動作の波長範囲内で透明である窓を具えている。この例では、入力光ビームがこの窓を通して光方向変換構造の第1のミラーに向かって、第1の基板に対して面外方向に伝搬する。この窓は、例えばガラスの蓋であってもよく、光方向変換構造の第1のミラー上に入力光ビームを集束させるように光学的に連結されたガラスモールドレンズを具える。

**【 0 0 1 9 】**

50

このパッケージは、更に、入力光ビームを出射する光源を具備していてもよい。いくつかの例では、この光源は、光方向変換構造上に取り付けるかまたは一体化するようにしてもよく、光方向変換構造は、更に、この光源からの入力光ビームを方向変換するように光学的に連結された光学部品を具備していてもよい。他の例では、この光源は第1の基板に取り付けるかまたは一体化するようにしてもよい。

#### 【0020】

いくつかの例では、MEMS干渉計が1つまたは複数の溝を具備しており、光方向変換構造が、各々がこの1つ又は複数の溝の対応する一つに合体して、MEMS干渉計と光方向変換構造の一体化が、受動的アラインメント態様で行われる。いくつかの例では、一の又は複数の突起が導波路として機能して、入力光ビームをMEMS干渉計の方向に向けることができる。

10

#### 【0021】

いくつかの例では、光方向変換構造を具備する第2の基板は、プラスチック射出成形、またはガラス成形によって製造することができる精密成形部品である。この例では、第1のミラーを薄膜（例えば金属）で被覆して、反射率を向上させるようにしている。入力光ビームは、光方向変換構造を通して伝播して第1のミラーに当たるか、または光方向変換構造の開口を通して第1のミラーに向けられる。

#### 【0022】

MEMS干渉計は、マイケルソン干渉計か、またはカスケード型ファブリ-ペロー干渉計を具備していてもよい。したがって、MEMS干渉計は、少なくとも1つのアクチュエータに連結された少なくとも1つの可動ミラーを具備しており、このアクチュエータは少なくとも1つの可動ミラーを変位させてMEMS干渉計内の光路を変えるように構成されている。この例では、第1の基板がこの少なくとも1つのアクチュエータへ電気的接続を提供するように構成された少なくとも1つの貫通ビアを更に具備していてもよい。

20

#### 【0023】

いくつかの例では、第1の基板がシリコンオンインシュレータ(SOI)ウェハであり、デバイス層、ハンドル層、およびデバイス層とハンドル層との間に埋め込み酸化層を具備する。MEMS干渉計は、デバイス層内に製造することができる。例えば、MEMS干渉計は、デバイス層の強エッチングを使用して製造したマイクロ光学ベンチデバイスであってもよい。更に、いくつかの例では、検出器が、第1の基板のMEMS干渉計と同じ側のハンドル層の上に取り付けるかまたは一体化することができる。この例では、ハンドル層が、検出器に電気的接続を提供するように構成された貫通ビアを更に具備する。

30

#### 【0024】

図1は、半導体基板110内に深掘り反応性イオンエッチング(DRIE)などの強エッチング技術を使用して、半導体基板110内にマイクロ光学ベンチデバイスとして製造できるMEMS干渉計100の一例を示している。半導体基板110は、例えば、デバイス層120、ハンドル層140、およびデバイス層120とハンドル層140との間に挟まれた埋め込み酸化層(BOX)層130を具備する、シリコン・オン・インシュレータ(SOI)ウェハであってもよい。ミラー150、155、MEMSアクチュエータ160、及びその他の光学部品などのMEMS干渉計の様々な部品は、単回のリソグラフィステップを使用して画定され、強異方性プロセスを使用してエッチング停止(BOX)層130に達するまでデバイス層120内にエッチングすることができる。可動ミラー150やMEMSアクチュエータ160などの可動部品は、可動部品の下のBOX層130を選択的に除去することによって解放できる。

40

#### 【0025】

図2は、図1に示すように、マイクロ光学ベンチ装置として製造できるMEMS干渉計200の一例を示す。図2に示す例は、マイケルソン干渉計である。しかしながら、その他の実施例では、ファブリペロー干渉計や、マッハツェンダー干渉計など、その他の種類の干渉計を利用してもよい。図2では、広帯域光源210からの平行光 $I_0$ が、ビームスプリッタ220によって、2つのビーム $I_1$ と $I_2$ に分割される。一方のビーム $I_1$ は固

50

定ミラー 230 で反射され、他方のビーム  $I_2$  は MEMS アクチュエータなどのアクチュエータ 250 に連結された移動ミラーで反射される。

【0026】

一実施例では、MEMS アクチュエータ 250 は、櫛歯ドライブとスプリングで形成された静電アクチュエータである。櫛歯ドライブに電圧を印加することで、アクチュエータ 250 に電位差が生じ、アクチュエータ 250 内に静電容量が生じ、駆動力を発生するとともに、スプリングから復元力が発生し、これによってビーム  $L_2$  を反射させる所望の位置へ可動ミラー 240 に変位が生じる。次いで、反射光ビーム間に、ミラー 240 の変位のほぼ 2 倍に等しい光路長差 (OPD) が生じる。その他の実施例では、MEMS アクチュエータ 250 は、熱アクチュエータまたはその他の種類のアクチュエータを具備して

10

【0027】

反射ビームはビームスプリッタ 220 で干渉して出力光ビーム  $I_0$  を生成し、移動ミラーによって提供される異なる各光路差 (OPD) で光の時間的コヒーレンスを測定することができる。出力光ビーム  $I_0$  に対応する信号は、移動ミラーの多くの個別位置で検出器 260 によって検出、測定されて、インターフェログラムを生成することができる。いくつかの実施例では、検出器 260 は検出器アレイまたは単一の画素検出器を具備して

20

【0028】

プロセッサ 270 は、単一の処理装置又は複数の処理装置である。このような処理装置は、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、マイクロコンピュータ、中央処理装置、フィールドプログラマブルゲートアレイ、プログラマブル論理装置、論理回路、アナログ回路、デジタル回路、および/または、回路および/またはは操作指示のハードコーディングに基づいて信号 (アナログ及び/又はデジタル) を操作する任意の装置である。プロセッサ 270 は、関連するメモリおよび/またはメモリ要素を有しており、これらは単一のメモリ装置、複数のメモリ装置、および/またはプロセッサの埋め込み回路である。このようなメモリデバイスは、読み出し専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、スタティックメモリ、ダイナミックメモリ、フラッシュメモリ、キャッシュメモリ、および/またはデジタル情報を記憶する任意のデバイスであり得る。

30

【0029】

本開示の様々な態様によれば、図 1 又は 2 に示す MEMS 干渉計 200 を一体型スペクトルユニット内に含めて、MEMS 干渉計を小型のハンドヘルド装置に組み込むコストを削減することができる。図 3 は、MEMS 干渉計 310 を具える一体型スペクトルユニット 300 の一例を示す。MEMS 干渉計 310 は、図 1 に示すように、SOI ウェハなどの第 1 の基板 320 内に製造される。一体型スペクトルユニット 300 は、第 2 の基板 340 上に一体化された光方向変換構造 330 を更に具える。第 2 の基板 340 は、例えば、半導体基板、あるいは精密成形部品であってもよい。例えば、第 2 の基板 340 は、高精度射出成形を使用して製造したプラスチック成形部品またはガラス成形部品である。

40

【0030】

光方向変換構造 330 は、第 1 の基板 320 (例えば、MEMS 干渉計基板) に対して面外方向に伝搬する入力光ビーム 360 を受け取るように光学的に結合された第 1 のミラー 350 を具える。光方向変換構造 330 は更に、第 2 の基板 340 内に開口 335 を具えており、入力光ビーム 360 は第 2 の基板 340 内に形成された第 1 のミラー 350 に向かってこの開口を通過する。

【0031】

第 1 のミラー 330 は、更に、この入力光ビームを MEMS 干渉計 310 に向けて第 1 の基板 320 に対して面内方向に方向変換するように配向される。いくつかの実施例では

50

、図3に示すように、第1のミラー350がトロイダル面などの湾曲面355を有しており、入力光ビーム360をMEMS干渉計310に方向変換させる。その他の実施例では、第1のミラー350が第1の基板320の面に対して45度の角度に配向された平面を有しており、入力光ビーム360をMEMS干渉計310に向けて方向変換する。

#### 【0032】

MEMS干渉計310の光路に沿って入力光ビーム360が経験する干渉から生成された出力光ビーム365は、検出器370に入力される。検出器370は、出力ビーム365を受け取り、この出力ビーム365からインターフェログラムを生成するように、光学的に接続されている。図3に示す実施例では、検出器370は、光方向変換構造330上に取り付けられており、検出器370の活性領域が第1の基板320に対して面外方向に配向されるようにする。したがって、検出器370は、MEMS干渉計310から第1の基板320に対して面内方向に伝搬する出力光ビーム365を受け取るように光学的に接続される。

10

#### 【0033】

加えて、電気的経路380が光方向変換構造330上に更に形成され、検出器370に電気的接続を提供する。例えば、インターフェログラムは、出力光ビーム365からのエネルギーを、電気的ルート380を介して検出器からプロセッサへ出力する、電流又は電圧の変化といった別の形に変換することによって、検出器370から出力できる。いくつかの実施例では、電気経路380を、光方向変換構造330上に製造して、従来のワイヤボンディングまたはフリップチップパッケージングを利用できるようにしている。電気経路380は、光方向変換構造330の製造方法に基づいて光方向変換構造330上に更に製造することができる。例えば、プラスチック成形光方向変換構造330の場合、電気経路380は、射出成型回路部品(MIDs)の形で熱可塑性プラスチック材料のレーザ直接構造化を使用して製造することができる。このプロセスは、ドープした熱可塑性材料を使用し、電気経路380は、レーザ放射とそれに続く化学浴中での金属配線によって活性化される。

20

#### 【0034】

第1の基板320と第2の基板340は更に、第3の基板390上に取り付けることができる。いくつかの例では、第3の基板390はパッケージ基板であってもよく、MEMS干渉計310と、光方向変換構造330と、検出器370を単一パッケージ内に一体化することができる。

30

#### 【0035】

図4は、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の別の例を示す図である。図4に示す実施例では、検出器370は、検出器370の活性領域面が第3の基板390に対して面内に向くように、第3の基板390上に取り付けられる。検出器370の背面(例えば、検出器ダイの背面)は、第1の基板320の背面(例えば、MEMSダイの背面)と同じレベルにあってもよく、または図4に示すように、第1の基板320の背面からオフセットさせて、MEMS干渉計310から検出器370への結合効率を最適化するようにしてもよい。図4に示すように、検出器370は、第3の基板390内の溝395の中で、第3の基板390上に取り付けるようにしてもよい。いくつかの実施例では、この溝の深さは結合効率を最適化するように選択される。

40

#### 【0036】

光方向変換構造330は、更に、MEMS干渉計310から第1の基板320に対して面内方向に伝搬する出力光ビーム365を受け取り、検出器370に向けて第1の基板320に対して面外方向に出力光ビーム365を方向変換するように、光学的に結合された第2のミラー450を具える。いくつかの実施例では、図4に示すように、第2のミラー450は、トロイダル面などの湾曲面455を具えており、出力光ビーム365を検出器370に方向変換することができる。その他の実施例では、第2のミラー450は、第1の基板320の平面に対して45度に配向されて、出力光ビーム365を検出器370の方に方向変換するように配向された、平面を有していてもよい。

50

## 【 0 0 3 7 】

いくつかの実施例では、第1および第2のミラー面355と455は、結合効率を向上させ、光スループットの損失を最小にするように最適化することができる。したがって、図4に示すように、第1のミラー350と第2のミラー450は、共に、好ましくはトロイダル面形状を有する湾曲面355と455をそれぞれ具える。このトロイダルプロファイルは、2つの直交する平面においてミラー350と450について異なる曲率半径を有し、ミラー表面355及び455上での光（入力光ビーム360と出力光ビーム365）の軸外入射を考慮する設計の柔軟性を提供する。

## 【 0 0 3 8 】

MEMS干渉計310と、検出器370ならびに光方向変換ミラー350および450の平面図を図5に示す。図に示すところでは、第1のミラー350の後のMEMS干渉計310への入力光ビーム360の光軸と、第2のミラー450の前のMEMS干渉計310からの出力光ビーム365の光軸は、直交している。しかしながら、MEMS干渉計310の設計によっては、鋭角またはその他の角度が存在してもよいと理解するべきである。いくつかの実施例では、MEMS干渉計310は、図5に示されており、図2を参照して説明したように、単一のマイケルソン干渉計を具えていてもよい。例えば、MEMS干渉計310は、アクチュエータ（図示せず）に結合されたビームスプリッタ220と、固定ミラー230と、移動ミラー240を具えていてもよい。その他の実施例では、MEMS干渉計310は、ファブリーペロー干渉計など、複数の並列または直列に接続した干渉計を具えていてもよい。

## 【 0 0 3 9 】

図6は、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の別の実施例を示す図である。図6に示すように、光方向変換構造330と検出器370の両方が第1の基板（例えばMEMSダイ）上に取り付けられている。第1の基板320が、デバイス層610、ハンドル層630、およびデバイス層610とハンドル層630との間の埋込み酸化物（BOX）層620を具えるSOI基板である実施例（図1に記載の例と同様）では、MEMS干渉計310の部品をデバイス層610に製造することができ、一方で、ハンドル層630が、MEMS干渉計310の固定部品用の支持と固定を提供している。更に、ハンドル層620も基板として作用し、その上に検出器370と光方向変換構造330が一体化されている。図4に示すように、光方向変換構造330は第1のミラー350と第2のミラー450の両方を具えており、入力/出力光ビーム360/365をMEMS干渉計310および検出器370へ/MEMS干渉計310および検出器370から方向変換することができる。

## 【 0 0 4 0 】

図7は、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の別の実施例を示す図である。図7に示す実施例では、光方向変換構造は、MEMS干渉計310を気密封止するMEMS干渉計310用のキャッピング層700として構成されている。キャッピング層700は、第1基板320のデバイス層610またはハンドル層630上に取り付けられてもよい。前者は図4に示されている。いくつかの例では、キャッピング層700は第1の基板320のデバイス層610又はハンドル層630の上に取り付けることができ、前者が図7に示されている。いくつかの実施例では、キャッピング層700はウェハ内にバッチ処理の形で製造することができ、キャッピング層700を具える第2の基板340は、分離前に、MEMS干渉計310を具える第1の基板320にウェハボンディングすることができる。

## 【 0 0 4 1 】

MEMS干渉計310を具える第1の基板320は、第3の基板390上に取り付けることができる。更に、検出器370は、第3の基板390上に一体化することができる。例えば、検出器370は、第1の基板320の開口内の第3の基板表面上に配置することができる。第3の基板390は、更に、検出器370および/またはMEMSの部品へ電気的接続を提供する一又はそれ以上の電極370を具えていてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0042】

一体型スペクトルユニット300の動作スペクトル範囲と、キャッピング層700（または光方向変換構造）の材料によっては、入力光ビームは、キャッピング層700（または光方向変換構造）の内部を伝搬することが可能になる。例えば、動作スペクトル範囲が1700nmより小さいか、1700nmに等しい波長範囲に制限されている場合、ブラシックの伝達特性は十分であるが、吸収損失はこの波長範囲を超えて著しく増加する。したがって、波長範囲がより大きい場合（例えば、2600nmまで）、入力光ビーム360がキャッピング層700（または光方向変換構造）通って伝播することが要求される場合は、キャッピング層700（または光方向変換構造）にガラスを利用することができる。この実施例では、キャッピング層700（または光方向変換構造）は、ガラス成形技術を使用して製造される。

10

## 【0043】

したがって、図7に示すように、光方向変換構造に開口を設ける代わりに、入力光ビーム360が、キャッピング層700を通してキャッピング層700の外側（外部）表面に形成した第1のミラー350に伝搬することができる。同様に、第2のミラー450を、キャッピング層700の外側（外側）表面に形成して、出力光ビーム365を検出器370に方向変換することができる。いくつかの実施例では、第1のミラー350および第2のミラー450の表面355および455が、各々、金属フィルムコーティングなどの薄膜コーティングを具えており、ミラー350および450の反射率を向上させている。更に、ミラー表面355および455は各々、第1の基板320の平面に対して45度に配向した湾曲形状または平坦形状を有していてもよく、後者は図8に示されている。

20

## 【0044】

図8は、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の別の実施例を示す図である。図8に示す例では、検出器370は、第1基板320のMEMS干渉計310が設けられている同じ側の第1基板320のハンドル層630上に取り付けられている。第1基板320のハンドル層630は、貫通ビア800を更に具えており、このビアは第1基板320の後側に位置する検出器370と電極810の間に電氣的接続を提供するように構成されている。更に、キャッピング層700は開口335を具え、キャッピング層700を通して伝搬することなく、入射光ビーム360を第1のミラー350に直接提供している。

30

## 【0045】

図9は、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の別の実施例を示す図である。図9に示す例では、検出器370はキャッピング層700の上に取り付けられている。具体的には、検出器370は、キャッピング層700の外側（上面）表面900の上に取り付けられている。したがって、第2のミラー450は、出力光ビーム365の方向を変えて、キャッピング層700を通して検出器370へ伝搬するように配向されている。キャッピング層700は更に、入力光ビーム360の視準と集束を制御してキャッピング層700を通して第1のミラー350に伝播させるレンズ910を具えていてもよい。キャッピング層700の外側面900上に更に電極920を設けて、検出器370への電氣的接続を提供することができる。したがって、検出器370の電気経路を、キャッピング層700の外側面900上に形成することができる。

40

## 【0046】

図10Aおよび図10Bは、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の更なる実施例を示す図である。図10Aおよび図10Bでは、検出器370が、キャッピング層700の内側（底）面1000の上に取り付けられている。いくつかの例では、検出器370を、第1の基板320（例えば、MEMSウェハ）に接合する前にキャッピング層700（たとえばキャッピングウェハ）に取り付けるようにしてもよい。

## 【0047】

この例では、第2のミラー450は、出力光ビーム365をキャッピング層700を通して伝播させることなく検出器370へ向け直すように配向されている。キャッピング層

50

700は、更に、検出器370への電氣的接続を提供するように構成された貫通ビア1010を具えている。例えば、この貫通ビア1010は、キャッピング層700の外側面900上で、検出器370と検出器電極1020との間に電氣的接続を提供することができる。

#### 【0048】

図10Aに示すように、一例では、キャッピング層700が開口335を具えており、キャッピング層700を通して伝播させることなく、入力光ビーム360を第1のミラー350に直接提供している。図10Aに示すように、MEMS電極1030（例えばパッド）は、第1の基板320のデバイス層610上に設けられており、MEMS電極への電氣的接続を提供している。

10

#### 【0049】

別の実施例では、図10Bに示すように、入力光ビーム360は、キャッピング層700を通して第1のミラー350に伝搬する。図10Bに示すように、第1の基板320のハンドル層630は、一又はそれ以上の貫通ビア1040を具えており、第1の基板320（例えば、MEMSウェハ）の裏側で、MEMSアクチュエータとMEMS電極1050との間に電氣的接続を提供している。

#### 【0050】

図11は、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の別の実施例を示す図である。図11に示す例では、光方向変換構造330が第1の基板320上に取り付けられており、キャッピング構造1100を利用して一体型スペクトルユニット300を気密封止している。更に、図11に示すように、検出器370は、図10A乃至図10Cに示す構成と同様に、光方向変換構造330の内側面（底面）1110上に取り付けるようにしてもよい。したがって、入力光ビーム360は、キャッピング構造1100と光方向変換構造330の両方を通して第1のミラー350に伝搬する。MEMS干渉計310を通過した後、出力光ビーム365は、第2のミラー450によって光方向変換構造330の底面1110上の検出器370へ方向変換される。

20

#### 【0051】

図11にも示されているように、第1の基板320のハンドル層630は、一又はそれ以上の貫通ビア1040を具えており、第1の基板320（例えば、MEMSウェハ）の後側でMEMSアクチュエータとMEMS電極1050との間に電氣的接続を提供する。更に、光方向変換構造330の周りに更に電気経路1120を形成して、第1の基板320のハンドル層630内の別のビア1140を介して、第1の基板320の後側の検出器電極1130に接続することができる。

30

#### 【0052】

図12は、第1（入力）ミラー350と第2（出力）ミラー450の両方を具える光方向変換構造330の一例を示す図である。入力光ビーム360は、第1ミラー350から反射され、MEMS干渉計（図示せず）に向けて方向変換するが、一方で、MEMSからの出力光ビーム365は、第2のミラー450で反射され、検出器370に向けて方向変換される。この検出器は、MEMS基板（例えば、第1の基板）またはパッケージ基板などの基板1200上に取り付けることができる。

40

#### 【0053】

いくつかの実施例では、高精度射出成形を使用して光方向変換構造330を製造することによって、ミラー350および450をモノリシックに一体化し、互いに対して自己整合させることができる。例えば、光方向変換構造330は、マスターモールドに射出される熱可塑性プラスチックを用いて製造することができる。マスターモールドは、例えば放電加工を使用して作成することができ、一方、高品質の光学面（例えば、ミラー350および450用のモールド）は、ダイヤモンド旋盤加工を行って、必要なプロファイルおよび表面粗さを達成することができる。

#### 【0054】

ミラー350および450の反射率を改善するために、ミラー表面の薄膜コーティング

50

を、例えば、スパッタリング、蒸着、または任意の薄膜堆積プロセスを用いて行うことができる。いくつかの例では、金属薄膜を利用して非常に広いスペクトル範囲を提供している。しかしながら、薄膜コーティングプロセスは、低コストのプラスチック射出成形装置に比べて費用がかかる。したがって、いくつかの例では、図13Aに示すように、多重コーティングプロセスを回避するために、ミラー350および450を別々に射出成形し、光方向変換構造330を形成するキャリアブロック1300内に取り付けるようにしている。次いで、キャリアブロック1300、MEMS干渉計310を具えるMEMSダイ(例えば第1の基板)320、および検出器370を、全て、第3の基板(例えばパッケージ基板)390上に取り付けることができる。いくつかの例では、キャリアブロック1300が開口335を具えており、特にキャリアブロック材料が不透明の場合に、入力光ビーム360が第1のミラー350に直接伝播することができる。MEMS干渉計310は、更に、キャッピング構造1310を具えており、MEMS干渉計310を気密封止することができる。

10

#### 【0055】

別の実施例では、図13Bに示すように、ミラー350および450を別々に射出成形する代わりに、ワンピース型光方向変換構造330のミラー350および450を、ミラー面355と455が同じ方向を向くように設計するようにしてもよい。このようにして、単一の蒸着プロセスを利用してミラー350と450をすべて同時にコーティングすることができる。図13Bに示す例では、ミラー350と450はそれぞれ下側に湾曲しており、ミラー面355と455は第3の基板390に向けられている。いくつかの例では、第3の基板390は開口1320を具えており、第3の基板390を通る入力光ビーム360が、一体型スペクトルユニット300の裏側から基板390を通過して透過できる。

20

#### 【0056】

図14は、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の別の実施例を示す図である。図14に示す例では、光方向変換構造330の第1のミラー350および第2のミラー450は、内部反射ミラーである。図14に示すように、内部反射ミラー350および450は各々、プリズムに似た平面ミラー、または曲面ミラーであり、MEMS干渉計310へ及び検出器370へのカップリング効率を改善している。更に、光方向変換構造330は更に、導波路1400および1410を具えており、MEMS干渉計310へ送達し/MEMS干渉計310から送達される間、入力/出力光ビーム360および365を閉じ込めることができる。検出器370と、MEMS干渉計310を具える第1の基板320は、両方とも第3の基板390上に取り付けることができ、光方向変換構造330を具える第2の基板340は、第1の基板320上に取り付けることができる。干渉計310は更にキャッピング構造1310を具えており、MEMS干渉計310を気密封止することができる。

30

#### 【0057】

図15は、MEMS干渉計310を具える一体型スペクトルユニット300の他の例を示す。図15に示す例では、一体型スペクトルユニット300は、パッケージ基板390を具えるパッケージ1500に組み込まれている。第1の基板320(例えば、MEMS干渉計310を具えるMEMSダイ)、第2の基板340(例えば、ミラー350および450を有する光方向変換構造330を具える光方向変換ダイ)、及び検出器370(例えば検出器ダイ)は、パッケージ1500に一体化することができ、例えば、ダイ間の熱膨張率のミスマッチを吸収するエポキシ樹脂を用いてパッケージ基板390上に取り付けることができる。MEMS干渉計310はキャッピング構造1310を更に具えており、MEMS干渉計310を気密封止することができる。

40

#### 【0058】

パッケージ1500は更に、パッケージ1500を閉じる又は密封するように構成された窓(または蓋)1510を具えていてもよい。窓1510は、一体型スペクトルユニット300の動作の波長範囲で透明である(例えば、窓1510は、入力光ビーム360に対して透明である)。いくつかの例では、反射防止コーティング層を窓1510に塗布し

50

て、窓 1510 の透過応答を向上させている。窓 1510 内に光学レンズ 1520 を更に設ける、あるいはモノリシックな態様で窓 1510 と一体的に製造することができる。例えば、窓 1510 とレンズ 1520 は、ガラス成形技術を使用してモノリシックに製造することができる。窓 1510 とレンズ 1520 を一緒に取り付ける場合、窓 1510 はプラスチック成形技術を使用して開口部と共に製造することができ、レンズ 1520 はエポキシを用いて開口内に取り付けることができる。その他の例では、レンズ 1520 を製造して、窓 1510 に接着している。この例では、平凸レンズを利用することができる。

【0059】

パッケージ 1500 は更に、一体型スペクトルユニット 300 の受光角度を制限するように構成された開口 1540 を具える。この開口 1540 は、第 1 の窓（又は蓋）1510 10 の上に取り付けた第 2 の窓（または蓋）1530 内に機械加工することができる。いくつかの例では、開口 1540 は、第 2 の蓋 1530 上の透明領域であってもよく、第 2 の蓋 1540 の残りの領域は、光を吸収する材料で被覆されている。いくつかの例では、第 2 の蓋 1540 は第 1 の蓋 1510 と同じであってもよい。

【0060】

図 16 は、MEMS 干渉計 310 を具える一体型スペクトルユニット 300 の別の実施例を示す図である。図 16 に示す例では、パッケージ 1500 が更に電子回路 1600 を具えており、MEMS ダイ 320 を駆動し、MEMS 干渉計 310 内の可動部分（例えば、MEMS アクチュエータおよび可動ミラー）の動きを感知し、検出器 370 で作られた 20 インターフェログラムに信号調節及び信号処理を行う。いくつかの例では、電子回路 1600 が、個別部品を有する特定用途向け単一集積回路（ASIC）チップまたは複数チップを具えていてもよい。この個別部品は、同じパッケージ 1500 内に集積することができ、あるいはパッケージ 1500 と共に電子回路基板上に取り付けることもできる。

【0061】

図 17 は、MEMS 干渉計 310 を具える一体型スペクトルユニット 300 の別の実施例を示す図である。図 17 に示す例では、パッケージ 1500 が更に、入力光ビーム 360 を放射するように構成された光源 1700 を具える。いくつかの例では、光源 1700 は、一又はそれ以上の広帯域熱放射源または対象となる波長範囲をカバーする発光素子アレイを有する量子光源を具えていてもよい。光源 1700 の出力（入力光ビーム 360）は更に、レンズまたは反射器（図示せず）を使用して光学的処理を行い、結合効率を高めるようにしてもよい。例えば、光源 1700 からの入力光ビーム 360 の結合に使用する 30 レンズは、光源 1700 自体に一体化された、またはパッケージ 1500 の窓 1510 に一体化された、成形ガラスで製造することができる。

【0062】

パッケージ 1500 は、更に、光源 1700 用のヒートシンク 1710 と、光源と一体型スペクトルユニット 300 との熱的分離部 1720 を具えていてもよい。いくつかの例では、光源 1700 は、パッケージ 1500 上に表面実装スタイルで取り付けて、取り付け及び電気はんだ付けの費用を低減するようにしてもよい。

【0063】

いくつかの実施例では、一体型スペクトルユニット 300 が、フーリエ変換（FT）分 40 光計として利用されている。ここでは、光源 1700 が光学的に接続されて、入力光ビーム 360 を被試験試料（SUT）1730 に向けて放射し、SUT 1730 へ伝送され、および/または SUT から反射された光 1740 は一体型スペクトルユニット 300 に入力される。この例では、検出器 370 からの出力データが、インターフェログラム信号対 MEMS 干渉計 310 内の一又はそれ以上の可動ミラーの動きによって生じる光路差、を含む。インターフェログラム信号を処理し、数学的変換を適用して、SUT 1730 からの光 1740 のスペクトルを取得することができる。

【0064】

図 18 は、MEMS 干渉計 310 を具える一体型スペクトルユニット 300 の別の実施例を示す図である。図 18 に示す例では、光源 1700 は光方向変換構造 330 上に取り 50

付けられており、光方向変換構造 330 は更に入力光ビーム 360 を SUT に方向変換する光学部品（例えば反射器）1800 を具え、入力光ビーム 360 の SUT への結合効率を改善するようにしている。この例では、反射器 1800、ならびに第 1 および第 2 のミラー 350 および 450 が、すべてモノリシックで、自己整合型であり、これにより取り付けコストが低減され、パッケージ 1500 の製造歩留まりが向上する。

#### 【0065】

図 19 は、MEMS 干渉計 310 を具える一体型スペクトルユニット 300 の別の実施例を示す図である。図 19 に示す例では、光源 1700 は、マイクロマシニング技術を用いて第 1 の基板（例えば、MEMS 基板）320 上に製造した小型デバイスである。例えば、光源 1700 は、加熱要素（図示せず）と共に製造して、光源 1700 を加熱し、黒体放射を誘発するようにしてもよい。いくつかの例では、光源 1700 は好ましくはシリコンで形成されており、一方、発熱要素は白金で形成されている。更に、光源 1700 はナノ構造またはマイクロ構造のシリコンの形態であり、放射率または放射および全体の電気から光へのエネルギー変換効率を改善している。いくつかの例では、第 1 の基板 320 上に光源 1700 を製造する代わりに、光源 1700 を追加の基板上に製造し、パッケージ 1500 内に一体化するようにしてもよい。

10

#### 【0066】

図 20 は、MEMS 干渉計 310 を具える一体型スペクトルユニット 300 の別の実施例を示す図である。図 20 に示す例では、光源 1700 と検出器 370 の両方が第 1 の基板（例えば MEMS 基板）320 上に製造されている。例えば、検出器 370 は第 1 の基板 320 のハンドル層 630 上に取り付けることができる。いくつかの例では、検出器 370 は、例えば赤外線（IR）範囲の吸収を改善するナノ構造またはマイクロ構造のシリコンに基づいて、ハンドル層 630 内に検出器を製造することによって、モノリシックに一体化することができる。検知機構は、光導電性検出器 370 の抵抗の測定、吸収による検出器 370 の温度変化、または検出器 370 の電流の変化の測定に基づくものでもよい。

20

#### 【0067】

図 21 は、MEMS 干渉計 310 を具える一体型スペクトルユニット 300 の別の実施例を示す図である。図 21 に示す例では、光源 1700 が光方向変換構造 330 の上に一体化されており、入力光ビーム 360 を直接第 1 のミラー 350 に向けて放射するように配向されている。MEMS 干渉計 310 からの出力光ビーム 365 は、第 2 のミラー 450 によって SUT に方向変換される。SUT 1730 へ送られおよび / または SUT から反射された光 1740 は、次いで検出器 370 に光学的に接続される。いくつかの例では、光方向変換構造 330 は追加のミラー 2100 を具えており、SUT 1730 からの光 1740 を検出器 370 に方向変換する。更に、第 1 の基板 320（例えば、MEMS チップ）は、一又はそれ以上の導波路（図示せず）を具え、光源 1700 から注入された入力光ビーム 360 を MEMS 干渉計 310 内に案内する、または MEMS 干渉計 310 からの出力光 365 を第 2 のミラー 450 に向けて案内する。

30

#### 【0068】

図 22 は、光源 1700 と、MEMS 干渉計 310 と、光方向変換構造 330 と、検出器 370 とを具える一体型スペクトルユニット 300 の概略図である。図 22 に示すように、MEMS 干渉計 310 は、並列に動作する複数の干渉計（干渉計 1、干渉計 2、...、干渉計 N）を具える。複数の干渉計は、同じ MEMS チップ内または別々の MEMS チップ内にモノリシックに集積することができる。光方向変換構造 330 は、光スプリッタと、並列に作用する複数の第 1 のミラーとを具え、光源 1700 からの入力光ビーム 360 を複数の干渉計のそれぞれに結合する。更に、光方向変換構造は、並列に動作する複数の第 2 のミラーを具えており、複数の干渉計の各々からの各出力光ビームを SUT 1730 に結合させる（例えば、光コンバイナを介して）ことができる。SUT 1730 から送達されおよび / または SUT から反射された光 1740 は、結合光学系 2200 を介して検出器 370 に提供される。結合光学系 2200 は、光方向変換構造 330 内に含まれて

40

50

いてもよく、または個別の構造体であってもよい。いくつかの例では、図 2 2 に示すように、SUTは、MEMS干渉計 3 1 0 の後かつ検出器 3 7 0 の前ではなく、光路内のMEMS干渉計 3 1 0 の前に配置することができる。

#### 【 0 0 6 9 】

図 2 3 は、一体型スペクトルユニット 3 3 0 を具えるパッケージ 1 5 0 0 の平面図である。パッケージ 1 5 0 0 は、パッケージ基板 3 9 0 を具え、その上には、MEMS干渉計 3 1 0 を具える第 1 の基板 3 2 0 と、光方向変換構造 3 3 0 を具える第 2 の基板 3 4 0 とが取り付けられている。光方向変換構造 3 3 0 は、少なくとも第 1 のミラー 3 5 0 を具えており、入力光ビームをMEMS干渉計 3 1 0 に向けて方向変換することができる。検出器（図示せず）は、第 1 の基板 3 2 0、第 2 の基板 3 4 0、またはパッケージの上に取り付けられるか、または集積されている。パッケージ 1 5 0 0 は、更に、MEMS干渉計 3 1 0 と検出器への電氣的接続を提供する配線 2 3 0 0 を具える。

10

#### 【 0 0 7 0 】

図 2 4 は、図 2 3 に示すパッケージ 1 5 0 0 の斜視図である。図 2 4 では、光方向変換構造 3 3 0 の底面に取り付けられた検出器 3 7 0 が示されている。したがって、MEMS干渉計 3 1 0 からの出力光ビームは、光方向変換構造内の一又はそれ以上のミラー（特に図示せず）を介して検出器 3 7 0 へ方向を変えることができる。

#### 【 0 0 7 1 】

図 2 5 は、図 2 4 に示す光方向変換構造 3 3 0 の斜視図である。この斜視図では、出力光ビームを検出器に方向変換する第 2 のミラー 4 5 0 が見える。しかし、光方向変換構造 3 3 0 は、入力光ビームをMEMS干渉計に方向変換する第 1 のミラー（図 2 5 に示す斜視図では見えない）を更に具えていてもよいと理解されたい。

20

#### 【 0 0 7 2 】

光方向変換構造体 3 3 0 は、更に、エポキシ接着によるパッケージ基板上での光方向変換構造 3 3 0 の取り付けを容易にする、スペーサまたはパッド 2 5 0 0 を具えていてもよい。いくつかの例では、少なくとも 3 つのスペーサまたはパッド 2 5 0 0 を用いて、パッケージ基板平面に対して光方向変換構造の基本平面（以下では基本平面と呼ぶ）を画定している。更に、このスペーサまたはパッド 2 5 0 0 は、同じ長さであってもよく、異なる長さを有していてもよい。例えば、長さが異なるスペーサ 2 5 0 0 を使用することによって、ベース面とパッケージ基板面との間に角度を導入することができる。対照的に、長さが等しいスペーサ 2 5 0 0 は、ベース面とパッケージ基板面との間のアラインメントを提供する。しかしながら、スペーサ 2 5 0 0 の数、スペーサ 2 5 0 0 のサイズ、およびスペーサ 2 5 0 0 の形状は、光方向変換構造 3 3 0 をパッケージ基板に固定するのに必要なエポキシ層（図示せず）の厚さと共に最適化パラメータとなるように考慮することができる。いくつかの例では、スペーサ 2 5 0 0 は、光方向変換構造 3 3 0 内にモノリシックに製造されている。

30

#### 【 0 0 7 3 】

図 2 6 は、別の光方向変換構造 3 3 0 の斜視図である。図 2 6 に示す光方向変換構造 3 3 0 では、第 1 のミラーが、入れ子式構造 2 6 2 0 で光学的に結合された 2 つの入力ミラー 2 6 0 0 と 2 6 1 0 を具える。このような入れ子式構造 2 6 2 0 は、受光角を小さく維持しながら、MEMS干渉計への入力光ビーム 3 6 0 の受光スポットサイズを制御することができる。これによって、ほぼ平行な入力光ビーム 3 6 0 を提供している。これによって、干渉の視認性が向上し、被測定試料（SUT）のあらゆる不均一性に対するスペクトル分析感度を向上させるために必要なより大きなスポットサイズを測定することが可能になる。更に、図 2 6 に示す光方向変換構造 3 3 0 においては、第 2 のミラー（出力ミラー）が単一のミラーを具え、出力光ビーム 3 6 5 を検出器 3 7 0 上に集束させている。

40

#### 【 0 0 7 4 】

図 2 7 は、MEMS干渉計 3 1 0 を具える第 1 の基板 3 2 0 と、光方向変換構造 3 3 0 を具える第 2 の基板 3 4 0 との受動的アラインメント構成を示す。図 2 7 に示すように、第 1 の基板 3 2 0 は一又はそれ以上の溝 2 7 0 0 を具え、第 2 の基板 3 4 0 は対応する溝 2

50

700に嵌合する一又はそれ以上の突起2710を具えており、MEMS干渉計310と光方向変換構造330の一体化が受動的アラインメントで行われている。溝2700は、様々な形状を有することができ、各々が光方向変換構造330のそれぞれの突起2710と嵌合する。その他の例では、突起2710を第1の基板320（例えばMEMS基板）に画定して、溝2700を、第2の基板340（例えば、光方向変換構造基板）に画定することができる。更に図27に示すように、第1の基板320は更に、MEMS干渉計310へ/からの入力/出力光ビームを案内する一又はそれ以上の導波路2720を具えていてもよい。MEMS干渉計310と同じ基板（例えば、第1の基板320）内に導波路2720を作ることによって、導波路は自己整合型であり、MEMSチップのモノリシック部分であってもよい。その他の例では、一又はそれ以上の導波路をMEMSチップ（例えば、第1の基板320）上、または別のチップ上に取り付けることができる。この例では、導波路は光ファイバである。

10

#### 【0075】

本開示内で、用語「例示的」は、「例、事例、または図示として作用する」ことを意味するために用いられている。「例示的」として本明細書に記載されている実装形態または態様は、必ずしも本開示の他の態様よりも好ましいまたは有利であると解釈するべきではない。同様に、「態様」という用語は、本開示のすべての態様が論じられた特徴、利点または動作モードを含むことを必要としない。「結合された」という用語は、本明細書では、2つの物体間の直接的または間接的な結合を指すことを意味する。例えば、物体A物体Bに物理的に接触しており、物体Bが物体Cに接触している場合、物体AとCは、互いに物理的に直接接触していなくても、互いに結合していると考えられる。例えば、第1の物体が第2の物体と直接物理的に接触していないとしても、第1の物体は第2の物体に結合され得る。「回路」という用語は広く使用されており、電子回路のタイプに関して限定することなく、接続および構成されたときに、本開示に記載された機能を実行できる電気デバイスと導体の両方のハードウェア実装を含むことを意図する。また、プロセッサで実行されたときに、本開示に述べた機能の実行できる情報および命令のソフトウェアによる実装を含む。

20

#### 【0076】

図1乃至27に示す構成要素、ステップ、特徴、および/または機能の一又はそれ以上は単一の構成要素、ステップ、特徴もしくは機能に、あるいはいくつかの構成要素、ステップもしくは機能に、再構成、及び/又は、組み合わせることができる。本明細書に開示された新規な特徴から逸脱することなく、追加の要素、構成要素、ステップ、および/または機能を追加することもできる。図1乃至27に示す装置、デバイス、および/または構成要素は、本明細書に記載の方法、特徴、またはステップの一又はそれ以上を実行するように構成できる。本明細書に記載の新規なアルゴリズムは、ソフトウェアで効率的に実装することができ、および/または、ハードウェアに埋め込むこともできる。

30

#### 【0077】

また、開示された方法におけるステップの特定の順序または階層は、例示的なプロセスを記載したものであることを理解すべきである。設計の好みに基づいて、方法におけるステップの特定の順序または階層は再配置できると理解される。添付の方法の請求項は、様々なステップの要素を例示的な順序で提示しており、そこに特に記載されていない限り、提示された特定の順序または階層に限定されるものではない。

40

#### 【0078】

前述した説明は、当業者が本明細書に記載の様々な態様を実施できるように提供されている。これらの態様に対する様々な修正は当業者には容易には自明であり、ここに定義された一般的な原理は他の態様に適用することができる。したがって、特許請求の範囲は、本明細書に示される態様に限定されることを意図するものではなく、特許請求の範囲の文言と矛盾しない範囲で一致するものとする。単数の要素への言及は、「一又はそれ以上」ではなく、特に明記していない限り、「1つ及び1つのみ」を意味する。特に明記しない限り、「いくつかの」という用語は一又はそれ以上を意味する。項目のリストのうちの「

50

少なくとも1つ」に言及するフレーズは、単一のメンバーを含む、これらの項目の任意の組み合わせを指す。一例として、「a、b、またはcのうちの少なくとも1つ」は、a；b；c；aとb；aとc；bとc；及びa、bとc、に及ぶことを意図する。当業者に知られている又は後に知られるようになる本明細書を通して述べられている様々な態様の要素のすべての構造的および機能的な均等物は、引用により本明細書に組み込まれており、特許請求の範囲が及ぶことを意図している。更に、本明細書に開示されていることは、そのような開示が特許請求の範囲に明示的に記載されているかどうかにかかわらず、一般に捧げることを意図していない。要素が「ための手段」という表現を使用して明示的に列挙されていない限り、または方法請求項の場合には、「ステップのための」という表現を使用して要素が列挙されている場合を除き、請求項の要素は、35 USC § 112 (f) の規定に従って解釈される。

【図1】

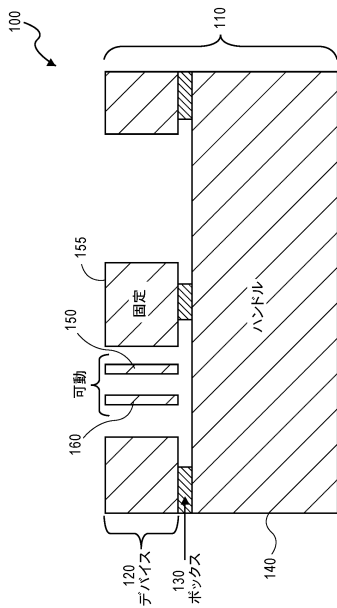


FIG. 1

【図2】

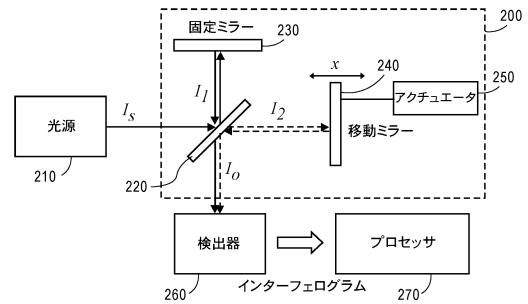


FIG. 2

【 図 3 】

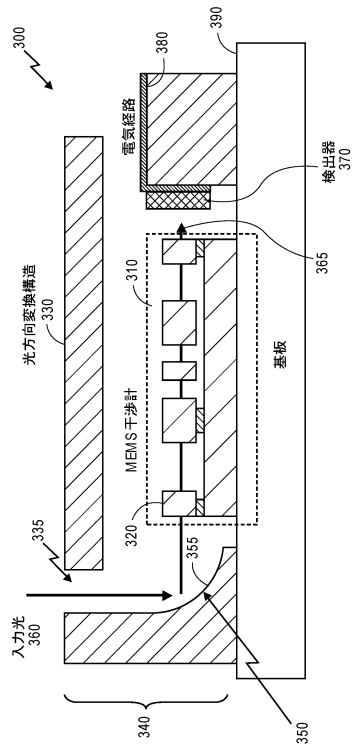


FIG. 3

【 図 4 】

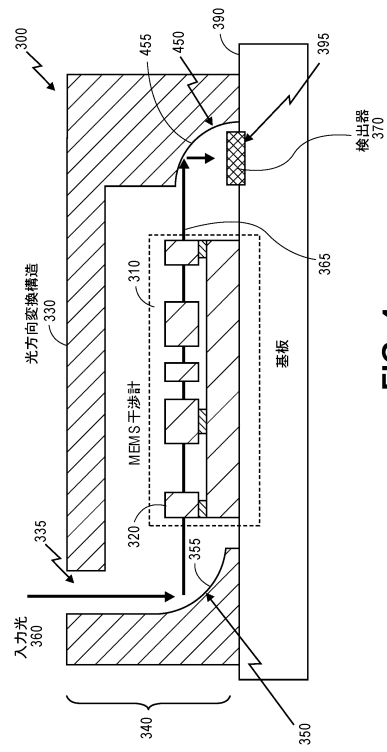


FIG. 4

【 図 5 】

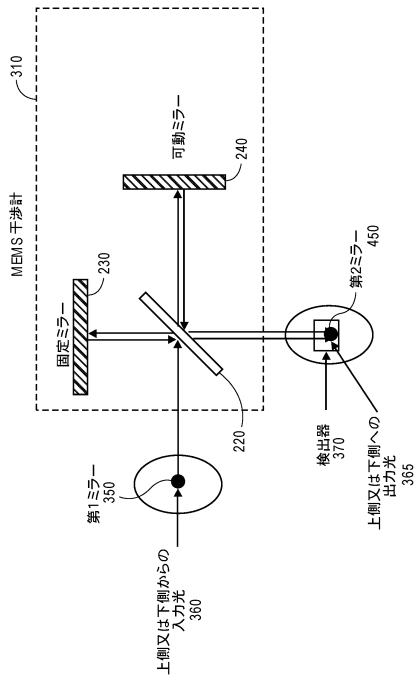


FIG. 5

【 図 6 】

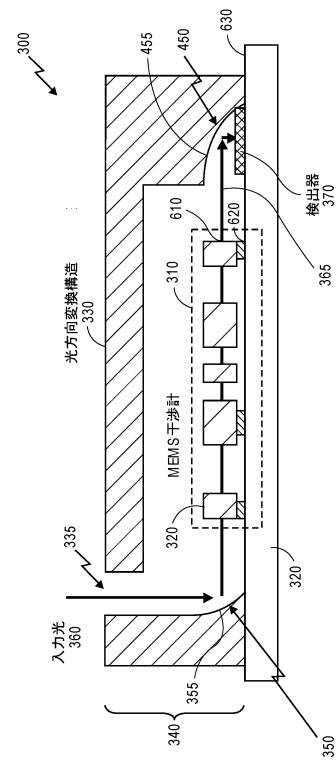


FIG. 6

【図7】

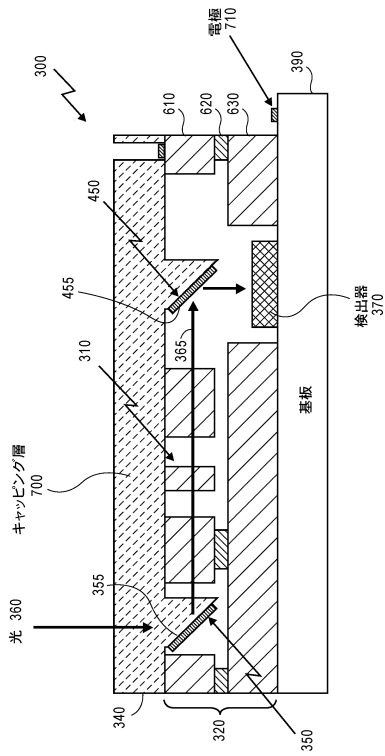


FIG. 7

【図8】

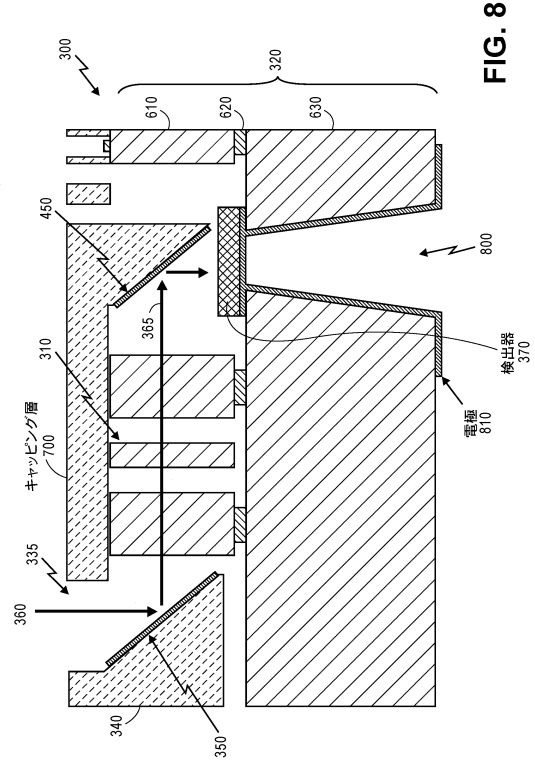


FIG. 8

【図9】

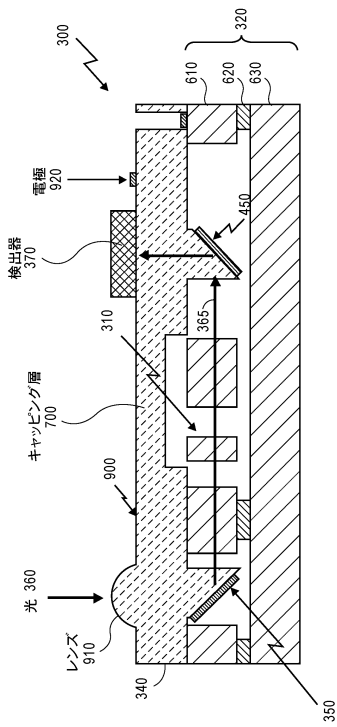


FIG. 9

【図10】

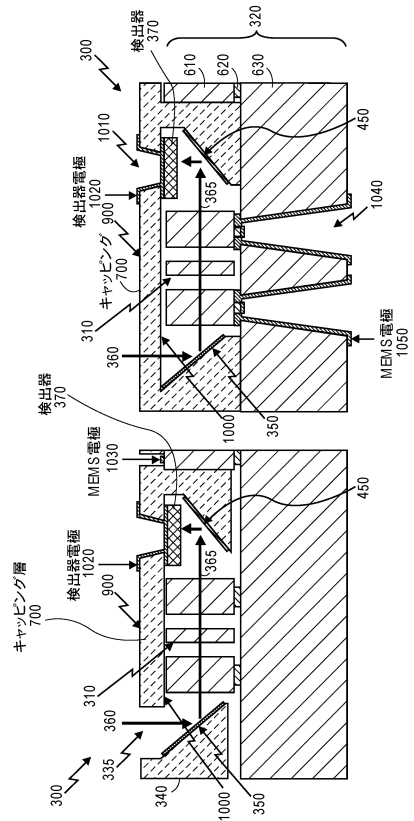


FIG. 10A

FIG. 10B

【図 1 1】

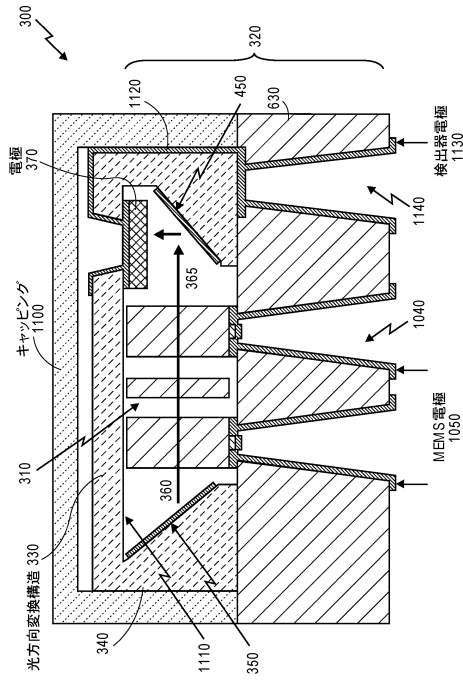


FIG. 11

【図 1 2】

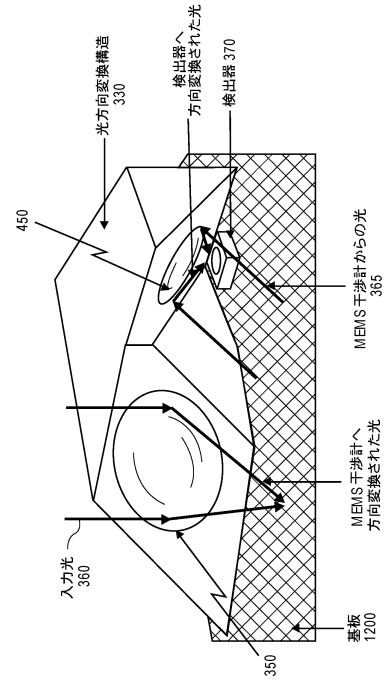


FIG. 12

【図 1 3】

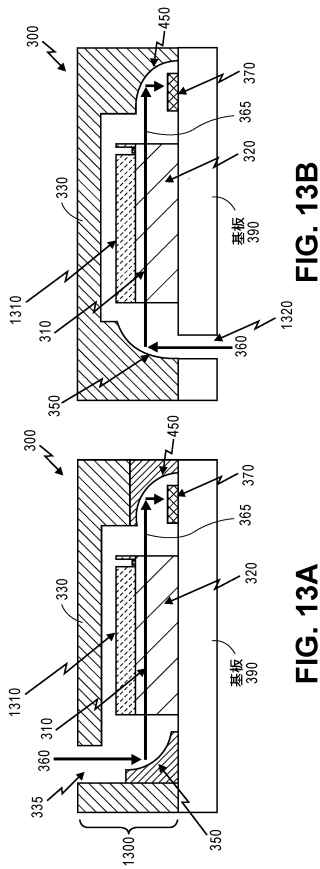


FIG. 13A

FIG. 13B

【図 1 4】

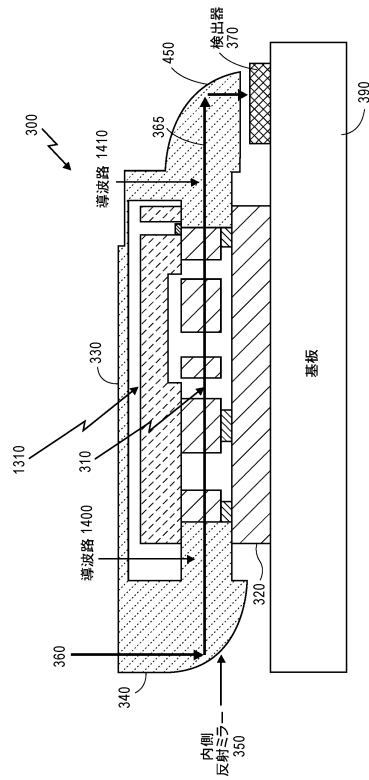


FIG. 14

【図 15】

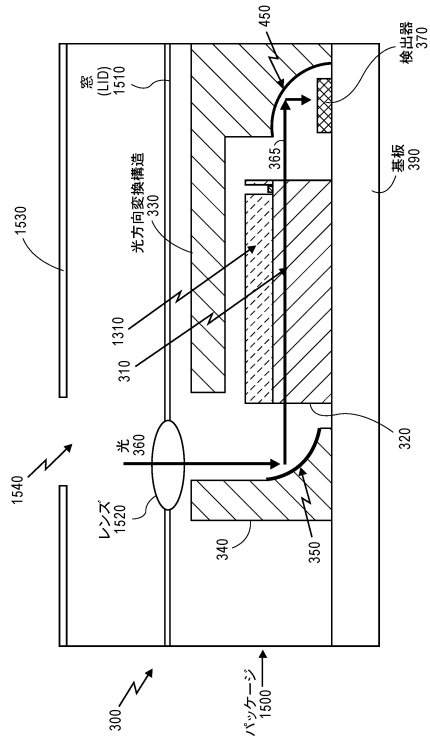


FIG. 15

【図 16】

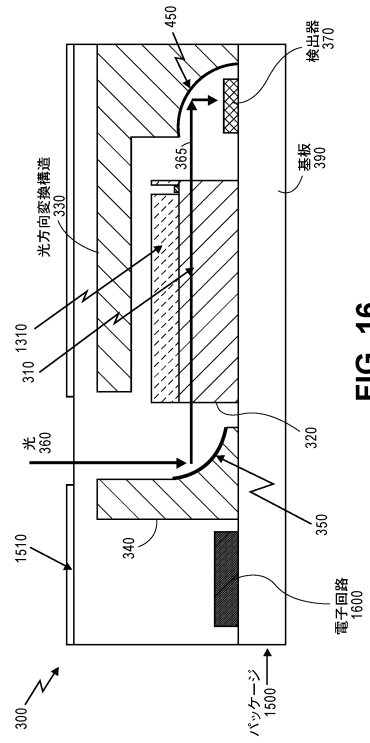


FIG. 16

【図 17】

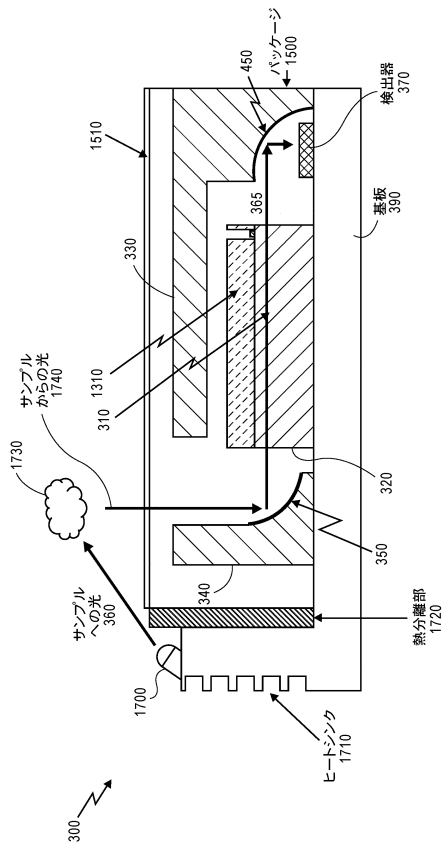


FIG. 17

【図 18】

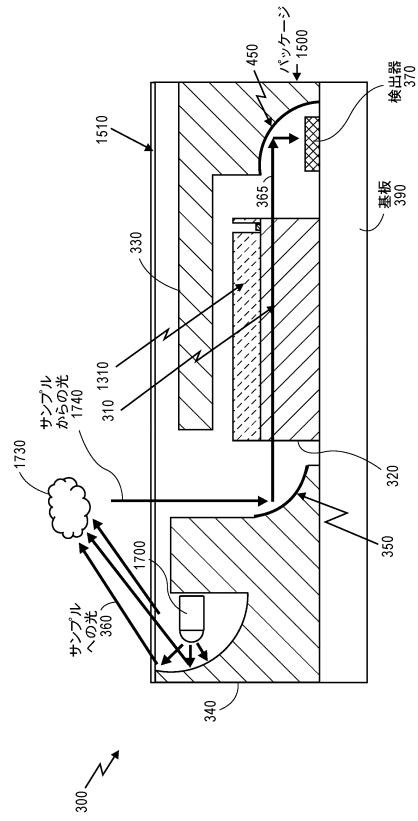


FIG. 18

【図19】

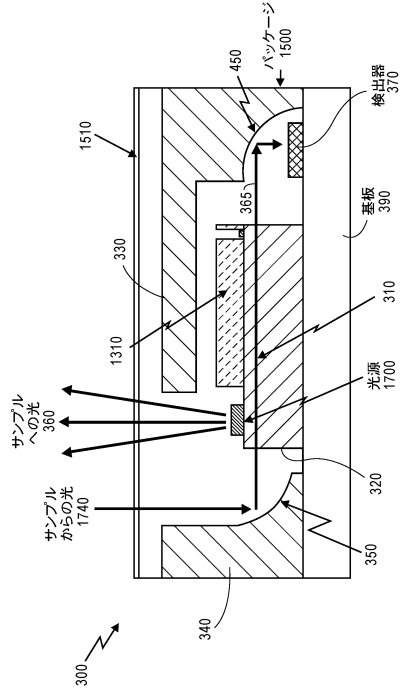


FIG. 19

【図20】

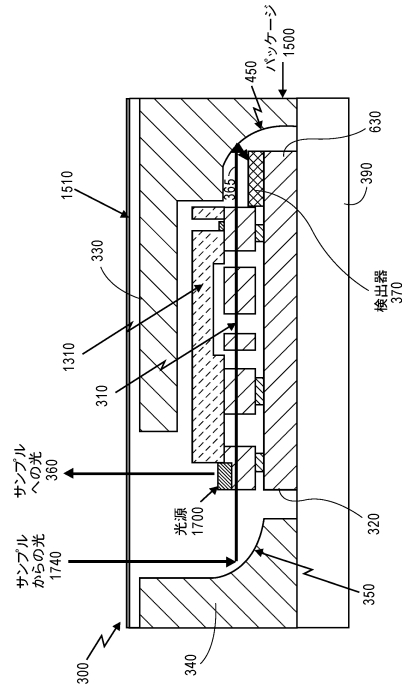


FIG. 20

【図21】

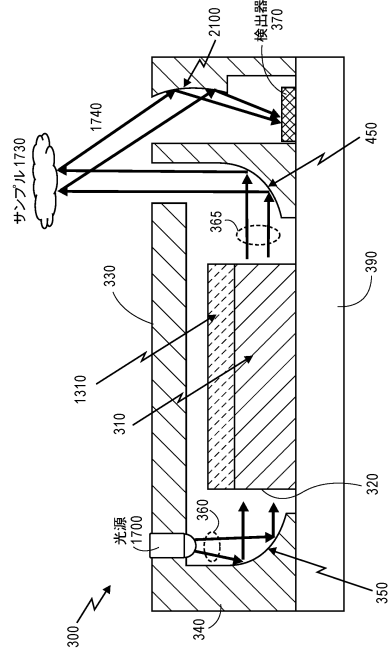


FIG. 21

【図22】

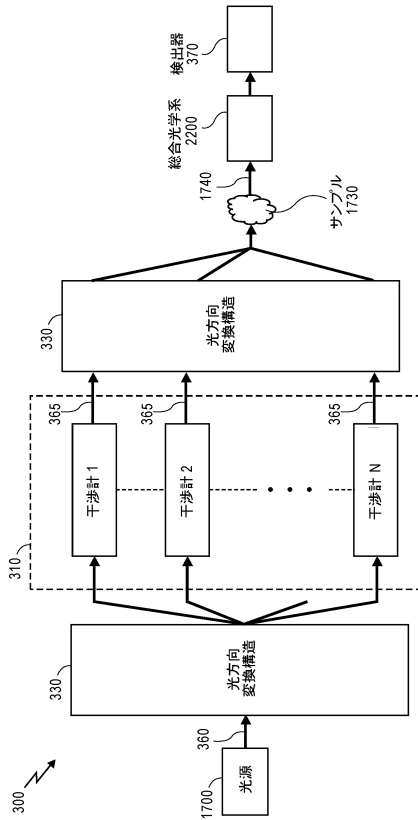


FIG. 22

【図 23】

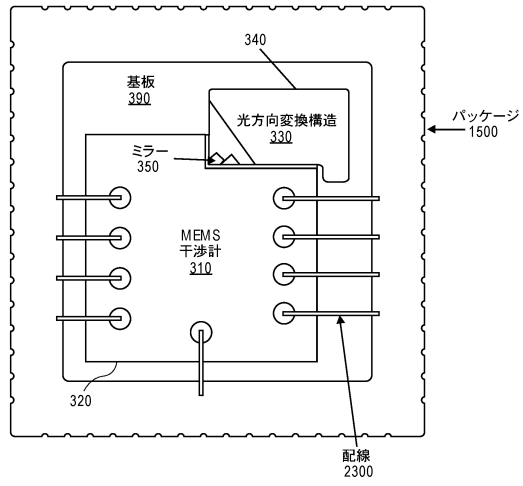


FIG. 23

【図 24】

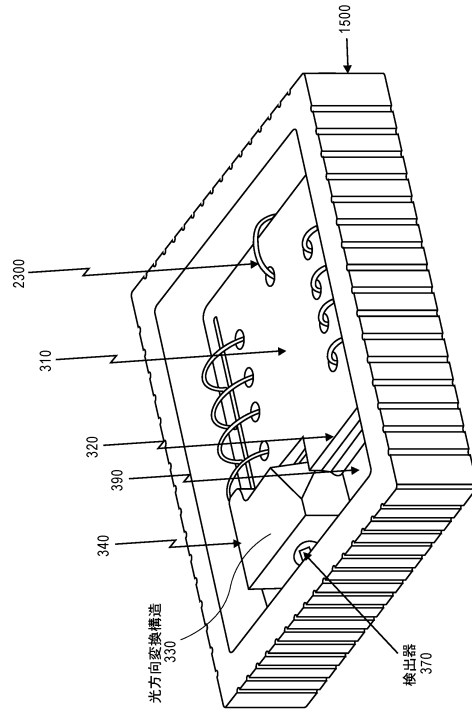


FIG. 24

【図 25】

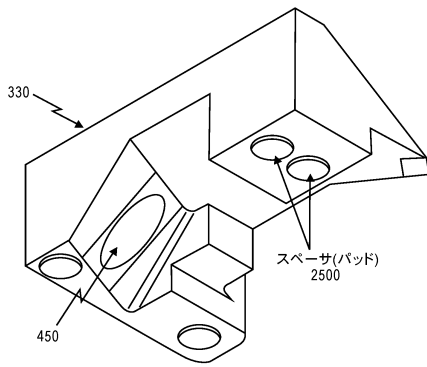


FIG. 25

【図 26】

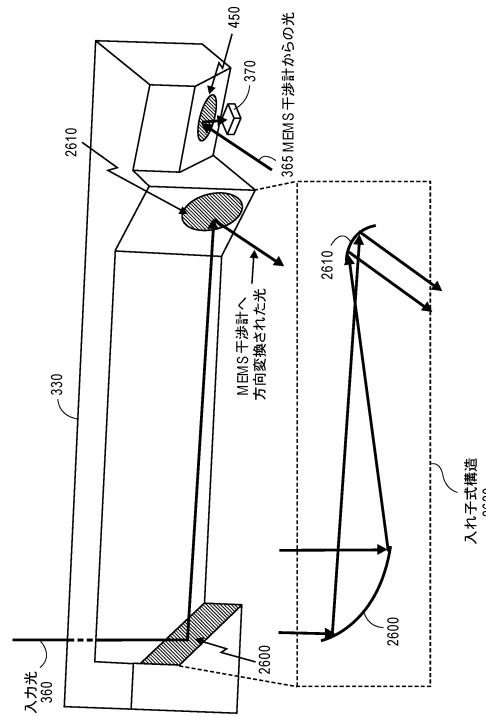


FIG. 26

【 図 27 】

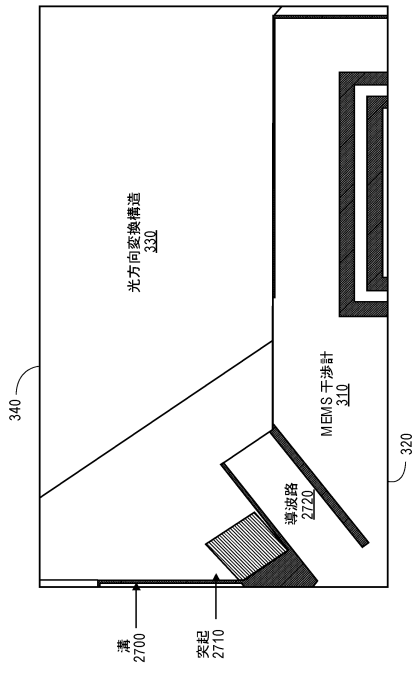


FIG. 27

## フロントページの続き

- (72)発明者 カーリル, ディアー アブデル, マジェド  
エジプト国 11361, カイロ, ヘリオポリス, シェラトンエリア, キャレド イブン エル-  
ワリドストリート 3
- (72)発明者 メダット, モスタファ  
エジプト国 11351, カイロ, ヘリオポリス, バガト ストリート 16
- (72)発明者 ハッダラ, ヒシャム  
エジプト国 11341, カイロ, ヘリオポリス, アード エル-ゴルフ, ムバラクストリート  
5
- (72)発明者 サダニイ, バサム  
エジプト国 11371, カイロ, ナスルシティー, ゲハド ストリート 7, ゾーン1
- (72)発明者 ハッサン, キャレド  
エジプト国 11759, カイロ, ナスルシティー, タウフェクシティー 128

審査官 今浦 陽恵

- (56)参考文献 特開2010-170029(JP, A)  
米国特許出願公開第2009/0262346(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01J 3/00 - 3/52  
G02B 26/00 - 26/08