

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4670757号  
(P4670757)

(45) 発行日 平成23年4月13日(2011.4.13)

(24) 登録日 平成23年1月28日(2011.1.28)

|                        |              |   |
|------------------------|--------------|---|
| (51) Int. Cl.          | F I          |   |
| GO 1 J 1/02 (2006.01)  | GO 1 J 1/02  | Q |
| GO 1 J 5/08 (2006.01)  | GO 1 J 1/02  | H |
| GO 1 J 5/48 (2006.01)  | GO 1 J 5/08  | Z |
| HO 1 L 27/14 (2006.01) | GO 1 J 5/48  | F |
|                        | HO 1 L 27/14 | K |

請求項の数 20 (全 18 頁)

|           |                              |           |                  |
|-----------|------------------------------|-----------|------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2006-186232 (P2006-186232) | (73) 特許権者 | 000003997        |
| (22) 出願日  | 平成18年7月6日(2006.7.6)          |           | 日産自動車株式会社        |
| (65) 公開番号 | 特開2008-14795 (P2008-14795A)  |           | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 |
| (43) 公開日  | 平成20年1月24日(2008.1.24)        | (74) 代理人  | 110000486        |
| 審査請求日     | 平成21年3月26日(2009.3.26)        |           | とこしえ特許業務法人       |
|           |                              | (74) 代理人  | 100075753        |
|           |                              |           | 弁理士 和泉 良彦        |
|           |                              | (72) 発明者  | 太田 最実            |
|           |                              |           | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 |
|           |                              |           | 日産自動車株式会社        |
|           |                              |           | 内                |
|           |                              | (72) 発明者  | 廣田 正樹            |
|           |                              |           | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 |
|           |                              |           | 日産自動車株式会社        |
|           |                              |           | 内                |
|           |                              |           | 最終頁に続く           |

(54) 【発明の名称】 赤外線センサおよび該赤外線センサの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の赤外線検出素子を格子状に配置した素子基板と、赤外線を透過する材料から形成された封止基板と、前記赤外線検出素子を真空封止する空間を前記素子基板と前記封止基板との間に形成するために挿入された支柱基板とを接合した赤外線センサにおいて、

前記赤外線検出素子は、入射した赤外線を熱に変換する受光部と、前記受光部の温度上昇を検出する熱型検出部を備えつつ、前記受光部を離間して支持する支持部とを備え、

前記封止基板は、入射した赤外線を前記赤外線検出素子の前記受光部へ集光する複数の集光部を備え、

前記集光部は、前記封止基板に格子状に形成されたV字溝の凹部側面に形成されたミラーからなることを特徴とする赤外線センサ。

10

【請求項2】

前記V字溝は、前記ミラーを形成する材料で満たされていることを特徴とする請求項1に記載の赤外線センサ。

【請求項3】

前記ミラーは、金属で形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の赤外線センサ。

【請求項4】

前記集光部は、4面の前記ミラーからなることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の赤外線センサ。

20

## 【請求項 5】

前記複数の集光部が形成された領域内で、かつ、前記素子基板と前記封止基板との間に、支持バンプを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の赤外線センサ。

## 【請求項 6】

前記支持バンプは、前記 V 字溝の交差点に配置されることを特徴とする請求項 5 に記載の赤外線センサ。

## 【請求項 7】

前記封止基板における前記支持バンプと接触する位置に、前記ミラーを形成しないことを特徴とする請求項 5 乃至 6 のいずれかに記載の赤外線センサ。

10

## 【請求項 8】

前記素子基板は前記赤外線検出素子からの検出信号を外部に出力するための電極を備え、  
前記支柱基板および前記封止基板は、前記電極と導通する信号用貫通配線を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の赤外線センサ。

## 【請求項 9】

前記信号用貫通配線は、前記ミラーを形成する金属と同じ金属で形成されることを特徴とする請求項 8 に記載の赤外線センサ。

## 【請求項 10】

前記封止基板は、該封止基板を貫通する接地用貫通配線を備え、  
前記複数の集光部は前記接地用貫通配線を介して接地されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の赤外線センサ。

20

## 【請求項 11】

前記接地用貫通配線は、前記ミラーを形成する金属と同じ金属で形成されることを特徴とする請求項 10 に記載の赤外線センサ。

## 【請求項 12】

入射した赤外線を熱に変換する受光部と、前記受光部の温度上昇を検出する熱型検出部を備えつつ、前記受光部を離間して支持する支持部とを含む赤外線検出素子を備える赤外線センサの製造方法であって、

複数の前記赤外線検出素子を素子基板に格子状に配置し、  
赤外線を透過する材料から形成された封止基板に格子状に V 字溝を形成し、  
前記 V 字溝に金属を蒸着して、入射した赤外線を前記赤外線検出素子の前記受光部へ集光する複数の集光部を形成し、

30

前記赤外線検出素子を真空封止する空間を前記素子基板と前記封止基板との間に形成するために挿入する支柱基板と、前記素子基板を接合し、

前記支柱基板と前記封止基板を真空中で接合することを特徴とする赤外線センサの製造方法。

## 【請求項 13】

前記素子基板に前記赤外線検出素子からの検出信号を外部に出力するための電極を形成し、

40

前記封止基板および前記支柱基板に、信号用貫通配線を形成するための貫通孔を形成し、

前記支柱基板と前記封止基板の接合後、前記貫通孔に半田を流し込み、前記電極と導通する前記信号用貫通配線を形成することを特徴とする請求項 12 に記載の赤外線センサの製造方法。

## 【請求項 14】

前記封止基板に、前記複数の集光部の接地用の溝および貫通孔を形成し、  
前記集光部を形成する工程で、同時に前記接地用の溝を使用して、接地用配線を形成し、  
前記支柱基板と前記封止基板の接合後、前記接地用の貫通孔に半田を流し込み、接地用

50

貫通配線を形成することを特徴とする請求項 1 2 または 1 3 に記載の赤外線センサの製造方法。

【請求項 1 5】

前記支柱基板と前記素子基板を接合した後、前記 V 字溝の交差点に対応する前記素子基板の位置に、前記素子基板と前記封止基板の反りを低減させるための支持バンプを配置することを特徴とする請求項 1 2 乃至 1 4 のいずれかにより記載の赤外線センサの製造方法。

【請求項 1 6】

前記封止基板における前記支持バンプと接触する位置に、前記 V 字溝を形成しないことを特徴とする請求項 1 5 に記載の赤外線センサの製造方法。

【請求項 1 7】

入射した赤外線を熱に変換する受光部と、前記受光部の温度上昇を検出する熱型検出部を備えつつ、前記受光部を離間して支持する支持部とを含む赤外線検出素子を備える赤外線センサの製造方法であって、

複数の前記赤外線検出素子を素子基板に格子状に配置し、

赤外線を透過する材料から形成された封止基板に格子状に V 字溝を形成し、

前記 V 字溝に金属を鍍金して、前記 V 字溝を前記金属で満たし、

前記封止基板の両面を研磨して、入射した赤外線を前記赤外線検出素子の前記受光部へ集光する複数の集光部を形成し、

前記赤外線検出素子を真空封止する空間を前記素子基板と前記封止基板との間に形成するために挿入する支柱基板と、前記素子基板を接合し、

前記支柱基板と前記封止基板を真空中で接合することを特徴とする赤外線センサの製造方法。

【請求項 1 8】

前記素子基板に前記赤外線検出素子からの検出信号を外部に出力するための電極を形成し、

前記封止基板に信号用貫通配線を形成するための貫通孔を形成し、

前記集光部を形成する工程で、同時に前記貫通孔を使用して、前記信号用貫通配線を形成し、

前記支柱基板と前記素子基板を接合した後、前記信号用貫通配線に対応する前記素子基板の位置に、前記信号用貫通配線と前記電極を導通する配線用バンプを配置することを特徴とする請求項 1 7 に記載の赤外線センサの製造方法。

【請求項 1 9】

前記封止基板に、前記複数の集光部の接地用の溝および貫通孔を形成し、

前記集光部を形成する工程で、同時に前記接地用の溝および前記貫通孔を使用して、接地用配線および接地用貫通配線を形成することを特徴とする請求項 1 7 または 1 8 に記載の赤外線センサの製造方法。

【請求項 2 0】

前記支柱基板と前記素子基板を接合した後、前記 V 字溝の交差点に対応する前記素子基板の位置に、前記素子基板と前記封止基板の反りを低減させるための支持バンプを配置することを特徴とする請求項 1 7 乃至 1 9 のいずれかにより記載の赤外線センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、赤外線検出素子を真空封止した赤外線センサおよび該赤外線センサの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、赤外線検出素子毎に集光ミラーを形成した赤外線センサが発案されている（特許文献 1 参照）。上記の赤外線センサは、赤外線検出素子を形成した素子基板と、赤外線検出素子毎に形成された集光ミラーを備える赤外線集光部とを備え、素子基板上に赤外線集

10

20

30

40

50

光部を設けている。赤外線検出素子は、入射赤外線を熱に変換する赤外線吸収部と、赤外線吸収部の温度上昇を検出するサーモパイルやボロメータ等の熱型検出部を含み、赤外線吸収部を離間して支持する梁とを備えている。上記のような構成を備えることにより、赤外線検出素子周りの配線部分へ入射する光を、赤外線検出素子の赤外線吸収部の受光面へ向けて集光させて、実質的な受光面の開口率を拡大している。

【特許文献1】特開2003-4527号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記の赤外線検出素子毎に集光ミラーを形成した赤外線センサでは、梁へ入射する赤外線を赤外線吸収部に集光させていないため、受光部50へと入射する赤外線の集光効率を上げることができず、実質的な開口率を上昇させることができない場合を否定できないといった問題もあった。更に、梁に入射する赤外線を赤外線吸収部に集光させるために、赤外線吸収部を露出させつつ、梁を覆うように集光ミラーを形成した場合、赤外線集光部を素子基板上に接着しているため、赤外線集光部と梁が接触し、赤外線集光部と赤外線吸収部との熱分離性が悪くなり感度が低下する危険があるといった問題もあった。そのため、赤外線集光部と素子基板をスペーサなどで分離する必要があった。

【0004】

しかし、上記の赤外線検出素子毎に集光ミラーを形成した赤外線センサにおいて、素子基板にスペーサを接合した後、スペーサに封止基板を接合し、更に、封止基板に赤外線集光部を接合することにより、素子基板と赤外線集光部との間に封止基板を挿入した場合、赤外線集光部の集光ミラーと赤外線吸収部の距離が離れることから、集光ミラーを通過した赤外線が散乱し易くなり、赤外線検出素子の赤外線吸収部の受光面からはみ出すので、赤外線検出素子によって検出できなくなり、感度が低下するといった問題もあった。これを補うため、赤外線検出素子の赤外線吸収部を大きくすることが考えられるが、赤外線吸収部を大きくすると、赤外線検出素子そのものも大きくなり、画素単体の大きさが大きくなり、赤外線検出素子を格子状に並べるときの高解像度化が困難になるといった問題があった。

【0005】

本発明は、こうした問題に鑑みてなされたものであり、赤外線検出素子を大きくすること無く感度の低下を防止できる赤外線センサおよび該赤外線センサの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的達成のため、本発明に係る赤外線センサでは、複数の赤外線検出素子を格子状に配置した素子基板と、赤外線を集光する複数の集光部を有する封止基板と、赤外線検出素子を真空封止する空間を素子基板と封止基板との間に形成するために挿入された支柱基板とから構成される。また、赤外線検出素子は、赤外線を熱に変換する受光部と、受光部の温度上昇を検出する熱型検出部を備えつつ、受光部を離間して支持する支持部とを備える。更に、集光部を封止基板のV字溝の凹部側面に形成されたミラーで形成したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明により、赤外線が透過する封止基板に集光部を形成したので、集光部と赤外線検出素子の受光部との距離を支柱基板の高さのみに減少できることから、赤外線検出素子を大きくすること無く、赤外線検出素子の感度の低下を防止できる赤外線センサを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明に係る赤外線センサについて、サーモパイルを用いた赤外線検出素子を含む赤外

10

20

30

40

50

線センサを例として説明する。

【0009】

(第1の実施形態)

第1の実施形態の赤外線センサ100を、図1乃至図6を参照して説明する。図1は本発明に係る第1の実施形態の赤外線センサ100の構成を示す平面図、図2は赤外線センサ100のA-A'線における断面図、図3は図1に示す封止基板4の斜視図である。

【0010】

第1の実施形態の赤外線センサ100は、主に、9個の赤外線検出素子2を格子状に2次元に配置した赤外線検出素子アレイ(不図示)が形成されたSiからなる素子基板1と、9個の赤外線集光部15を格子状に2次元に配置したマイクロミラーアレイ16を有し、赤外線を透過する材料であるGeからなる封止基板4と、素子基板1と封止基板4との間に空間12を形成するための支柱基板3とを備えている。そして、素子基板1と封止基板4との間に存在し、赤外線検出素子2と赤外線集光部15が接触しないように分離する空間12を低圧の真空状態としている。すなわち、本発明の赤外線センサ100は、赤外線検出素子アレイをウェハレベルで真空封止した構成となっている。

【0011】

ここで、素子基板1には、赤外線検出素子アレイの赤外線検出素子2と不図示の配線で接続された電極6が形成されている。一方、支柱基板3および封止基板4には、半田からなる4個の信号用貫通配線である貫通配線7が形成されている。図2に示すように、電極6と貫通配線7は導通している。そして、上記の4個の貫通配線7の内の1つを用いて、赤外線検出素子アレイからの検出信号を赤外線センサ100の外部へ出力する。また、他の1つを用いて、サンプリング用のデジタル信号を赤外線検出素子アレイに入力する。これから、上記の赤外線センサ100では、封止基板4から素子基板1に向けて入射された赤外線をマイクロミラーアレイ16で集光し、赤外線検出素子アレイの赤外線検出素子2で検出している。そして、当該検出信号を電極6および貫通配線7を介して、赤外線センサ100の外部へ出力している。

【0012】

また、赤外線集光部15は、封止基板4における赤外線の入射側対向面、すなわち、空間12との接触面に形成されたV字溝11(図6参照)の凹部側面、すなわち、台形状の平坦傾斜面に、赤外線に対して反射率が高い金属であるAuを蒸着することにより形成された4個のマイクロミラー5からなる。これから、図3に示すように、封止基板4のマイクロミラー5が形成された部分は入射側よりも入射側対向面の方が狭く形成され、逆ピラミッドのような形状をしている。このため、封止基板4に入射した赤外線は、マイクロミラー5で反射され、狭い入射側対向面に向かって進行する。よって、集光効率が上昇する。更に、赤外線集光部15は、各赤外線検出素子2と対応する位置に、各赤外線検出素子2間のピッチと等しいピッチhで形成されている。これにより、赤外線集光部15によって集光された赤外線は、赤外線検出素子2に効率良く入射する。なお、第1の実施形態の赤外線センサ100では、赤外線検出素子2のピッチおよび赤外線集光部15のピッチh、すなわち、V字溝11の谷部間の寸法を100μmとしている。よって、赤外線集光部15のサイズは100μm角となる。なお、V字溝11の谷部において相対するマイクロミラー5の連結により、9個の赤外線集光部15は連結し、マイクロミラーアレイ16を形成している。

【0013】

また、支柱基板3および封止基板4には、半田からなる接地用貫通配線14も形成されている。接地用貫通配線14は、封止基板4に形成された接地用配線13を介して、マイクロミラーアレイ16と導通すると共に、赤外線センサ100の外部の接地端子(不図示)と導通している。これにより、赤外線センサ100の外部から飛来する電磁波を遮断することができる。赤外線センサ100では、上述のように、赤外線集光部15のピッチhを100μmとしているので、波長100μm以上の電磁波をカットすることができ、当該電磁波によるノイズを低減することができる。なお、図3に示した封止基板4は、支柱

10

20

30

40

50

基板 3 および素子基板 1 と接合する前の状態を示していることから、貫通配線 7 の代わりに貫通孔 10 が示されている。同様に、接地用貫通配線 14 の代わりに、接地用の貫通孔が示されている。一方、マイクロミラーアレイ 16 を形成しているため、マイクロミラーアレイ 16 と同時に形成される接地用配線 13 が示されている。

【 0 0 1 4 】

次に、赤外線検出素子 2 について説明する。図 4 は、図 1 に示す赤外線検出素子 2 の構成を示す図である。ここで、図 4 ( a ) は赤外線検出素子 2 の平面図、図 4 ( b ) は赤外線検出素子 2 の X X ' 線における断面図である。

【 0 0 1 5 】

赤外線検出素子 2 は、入射した赤外線を熱に変換する受光部 50 と、受光部 50 の温度上昇を検出する熱型検出部であるサーモパイルを備えつつ、受光部 50 を離間して支持する支持部である梁 51 とからなる。赤外線検出素子 2 は、図 4 ( b ) に示すような空隙 53 を形成した素子基板 1 に設けられている。具体的には、図 4 ( a ) に示すように、2 本の梁 51 によって、素子基板 1 から機械的に受光部 50 を離間させている。これにより、受光部 50 を素子基板 1 から熱分離させることができる。また、上述したように、空間 12 を低圧の真空状態にしていることから、赤外線検出素子 2 が置かれる雰囲気は真空状態となる。これにより、赤外線検出素子 2 の受光部 50 から気体への熱拡散によって受光部 50 の温度が低下することを防止でき、受光部 50 と封止基板 1 の熱分離性の悪化を防止でき、赤外線検出素子 2 の感度の低下を防止できる。

【 0 0 1 6 】

ここで、空隙 53 は、エッチングスリット 52 を通して、Si ( 1 0 0 ) 面を露出するヒドラジンや KOH などを用いた結晶異方性エッチングによって形成されている。また、サーモパイルは、P 型ポリシリコン 61 a と N 型ポリシリコン 61 b を直列につなぐことで形成されている。赤外線センサ 100 では、赤外線検出素子 2 は 2 本のサーモパイルを備えている。そして、2 本のサーモパイルは、受光部内アルミ配線 62 およびアルミ配線 63 により直列に接続されている。更に、出力端子 64 と接続されている。上記のような構成の赤外線検出素子 2 の受光部 50 に赤外線が入射すると、受光部 50 において赤外線を吸収し、熱に変換する。そのため、受光部 50 の温度が上昇する。サーモパイルは、温度上昇した受光部 50 と素子基板 1 との温度差から熱起電力を発生する。サーモパイルによって発生した熱起電力を、検出信号として出力端子 64 から赤外線検出素子 2 の外部に出力する。

【 0 0 1 7 】

次に、受光部 50 とマイクロミラー 5 の位置関係について説明する。図 5 は、図 4 に示す受光部 50 とマイクロミラー 5 の位置関係を示す断面図である。なお、図 5 は、図 4 ( b ) に封止基板 4 を追加した図である。ここで、上記の通り、赤外線センサ 100 の赤外線検出素子 2 は、100 μm のピッチで素子基板 1 に形成されている。同様に、V 字溝 11 も 100 μm のピッチ h で封止基板 4 に形成されている。また、赤外線センサ 100 では、50 μm 角の受光部 50 を含む赤外線検出素子 2 を使用している。更に、受光部 50 の受光面と相対する封止基板 4 の入射側対向面を 50 μm 角としている。このような構成にすることにより、図 6 に示すように、受光部 50 の両端部と封止基板 4 の入射側対向面の両端部を、入射側から見て同じ位置に配置している。これから、マイクロミラー 5 は赤外線検出素子 2 の梁 51 を覆い隠している。

【 0 0 1 8 】

また、封止基板 4 の入射側対向面を通過した赤外線は、赤外線検出素子 2 の受光部 50 に到達するまでに散乱してしまう。この散乱は支柱基板 3 の厚さによって決まる。よって、赤外線検出素子 2 の受光部 50 を 50 μm 角としていることから、支柱基板 3 の厚さを受光部 50 と同様に 50 μm とした。このような構成を有することで、マイクロミラー 5 が梁 51 および赤外線検出素子 2 周りの配線部分を覆い隠していることから、梁 51 および赤外線検出素子 2 周りの配線部分に入射する赤外線を受光部 50 へ集光することができ、受光部 50 へと入射する赤外線の集光効率を上げることができ、よって、実質的な開口

10

20

30

40

50

率を上昇させることができる。

【0019】

次に、第1の実施形態の赤外線センサ100の製造方法について説明する。図6は、図1に示す赤外線センサ100の製造工程を示す図である。なお、図6(a)~(f)は、各製造工程における断面図である。

【0020】

まず、第1の工程として、図6(a)に示すように、金型加工により、貫通配線7の一部を形成するための貫通孔10と、マイクロミラー5を形成するためのV字溝11と、接地用配線13を形成するための接地用の溝(不図示)と、接地用貫通配線14を形成するための接地用の貫通孔(不図示)とを封止基板4に形成する。なお、V字溝11の谷部である先端部分は、鋭角になっているほど良く、5 $\mu$ m以下の幅が望ましい。第2の工程として、図6(b)に示すように、封止基板4のV字溝11が形成された面に、赤外線に対して反射率の高い金属であるAuを蒸着する。第3の工程として、図6(c)に示すように、CMPなどにより、封止基板4のV字溝11が形成された面を研磨し、第2の工程で形成したAu金属膜を除去する。この工程の後、V字溝11の凹部側面だけにAu金属膜が残る。このようにして、マイクロミラー5(赤外線集光部15およびマイクロミラーアレイ16)を形成する。同時に、接地用の溝にもAu金属膜が残る。このようにして、接地用配線13を形成する。次に、第4の工程として、図6(d)に示すように、赤外線検出素子2を格子状に配置し、電極6を形成した素子基板1と貫通配線7の一部を形成するための貫通孔20を備える支柱基板3との接合を行う。ここで、支柱基板3の材料は、ガラスなどの絶縁体である。素子基板1と支柱基板3との接合は、陽極接合で行った。第5の工程として、図6(e)に示すように、マイクロミラー5および接地用配線13を形成した封止基板4と素子基板1とを真空中において、陽極接合で支柱基板3を介して接合する。実際には、支柱基板3と封止基板4とを接合する。これにより、低圧の真空状態になっている空間12を形成している。第6の工程として、図6(f)に示すように、貫通孔10および貫通孔20に半田を流し込み、貫通配線7を形成する。同時に、接地用貫通配線14を形成するための接地用の貫通孔に半田を流し込み、接地用貫通配線14を形成する。なお、接地用貫通配線14用の接地用の貫通孔と空間12とは、支柱基板3によって分断されている。以上の工程により、第1の実施形態の赤外線センサ100を製造する。

【0021】

以上説明したように、第1の実施形態の赤外線センサ100では、赤外線に対して反射率の高い金属であるAuからなるマイクロミラー5からなる赤外線集光部15を封止基板4に形成し、赤外線集光部15で赤外線を集光することにより、集光効率を向上することができる。また、赤外線検出素子2は、入射した赤外線を熱に変換する受光部50と、受光部50の温度上昇を検出するサーモパイルを備え、空隙53を形成した素子基板1と受光部50とを離間させた状態で、受光部50を支持する梁51とからなるので、受光部50を素子基板1から熱分離させることができる。また、空間12を低圧の真空状態にすることで、赤外線検出素子2が置かれる雰囲気を実真空状態としているので、赤外線検出素子2の受光部50から気体への熱拡散によって受光部50の温度が低下することを防止でき、受光部50と素子基板1の熱分離性の悪化を防止でき、赤外線検出素子2の感度の低下を防止できる。更に、赤外線集光部15が形成された封止基板4と素子基板1との間に支柱基板3を挿入しているため、赤外線検出素子2の梁51を覆い隠すように赤外線集光部15を配置しても、赤外線集光部15と梁51が接触することが無く、受光部50と赤外線集光部15の熱分離性の悪化を防止でき、赤外線検出素子2の感度の低下を防止できる。更に、赤外線検出素子2の梁51を覆い隠すように、赤外線集光部15を形成しているため、梁51および赤外線検出素子2周りの配線部分に入射する赤外線を受光部50へ集光することができることから、受光部50へと入射する赤外線の集光効率を上げることができ、実質的な開口率を上昇させることができる。

【0022】

また、赤外線集光部15を封止基板4に形成することにより、空間12の真空封止のた

10

20

30

40

50

め気密性を確保する必要がある接合面は、素子基板 1 と支柱基板 3 との接合面および支柱基板 3 と封止基板 4 との接合面の 2 面であるので、信頼性の低下を防止することもできる。また、素子基板 1、支柱基板 3 および封止基板 4 により形成される空間 1 2 が低圧の真空状態であるため、素子基板 1 および封止基板 4 には大気圧と真空圧との差圧による力がかかり、素子基板 1 および封止基板 4 に反りが発生する場合があります。この反りの発生を防止するため、素子基板 1 および封止基板 4 を所定の厚さとする必要があるため、赤外線センサ 1 0 0 の全体的な厚さが厚くなるものの、封止基板 4 に赤外線集光部 1 5 を形成することで、赤外線センサ 1 0 0 の全体的な厚さを薄くすることもできる。また、赤外線検出素子 2 の受光部 5 0 までの距離が支柱基板 3 のみの厚さと等しくなるので、封止基板 4 の入射側対向面を通過した赤外線が散乱し難くなり、赤外線検出素子 2 の感度の低下を防止  
10  
できる。よって、赤外線検出素子 2 を大きくする必要が無くなるため、赤外線検出素子 2 を小さくすることもでき、高解像度化を実現することが容易に可能となる。また、赤外線検出素子 2 のピッチと同じピッチで格子状に形成したマイクロミラーアレイ 1 6 を、封止基板 4 に形成された接地用配線 1 3 および接地用貫通配線 1 4 を介して、赤外線センサ 1 0 0 の外部の接地端子（不図示）と導通させているので、赤外線センサ 1 0 0 の外部から飛来する電磁波を遮断することができ、当該電磁波によるノイズを低減することもできる。また、V 字溝 1 1、貫通孔 1 0、接地用の溝および接地用の貫通孔を金型加工により形成し、マイクロミラー 5 を形成する工程で、同時に接地用配線 1 3 も形成し、貫通配線 7 を形成する工程で、同時に接地用貫通配線 1 4 も形成しているため、赤外線センサ 1 0 0 の製造工程の増加を防止できる。  
20

#### 【 0 0 2 3 】

##### （第 2 の実施形態）

次に、第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 について、第 1 の実施形態の赤外線センサ 1 0 0 と異なる点を中心に図 7 および図 8 を参照して説明する。また、第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 について、第 1 の実施形態の赤外線センサ 1 0 0 と同様の構造には同じ番号を付し、説明を省略する。なお、第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 の構造は、第 1 の実施形態の赤外線センサ 1 0 0 の構造と基本的には同じである。第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 が、第 1 の実施形態と異なる点は、封止基板 4 に格子状に形成された V 字溝 1 1 の交差点における封止基板 4 の入射側対向面の各端部と素子基板 1 との間に、支持パンプ 8 を設けていることだけである。よって、第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 を製造する工程・方法も第 1 の実施形態と同様である。これから、第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 は、第 1 の実施形態と同様の効果を取得できる。  
30

#### 【 0 0 2 4 】

図 7 は本発明に係る第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 の構成を示す平面図、図 8 は図 7 に示す赤外線センサ 2 0 0 の断面図である。ここで、図 8 ( a ) は赤外線センサ 2 0 0 の矢視 B B から見た断面図、図 8 ( b ) は赤外線センサ 2 0 0 の矢視 C C から見た断面図である。第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 も、第 1 の実施形態と同様に、空間 1 2 を真空封止しているため、素子基板 1 および封止基板 4 が大気圧と真空圧との差圧による大きな力を受ける。素子基板 1 および封止基板 4 の間に支柱基板 3 を挿入して空間 1 2 を形成しているが、マイクロミラーアレイ 1 6 および赤外線検出素子 2 の形成のため、支柱基板 3 は赤外線センサ 2 0 0 の外枠にしか形成されていない。更に、封止基板 4 の中央部分に V 字溝 1 1 を形成している。そのため、封止基板 4 の中央部分が最も反りが発生しやすい。そこで、第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 では、図 7 および図 8 に示すように、封止基板 4 に格子状に形成された V 字溝 1 1 の交差点における封止基板 4 の入射側対向面の各端部と素子基板 1 との間に 1 個の支持パンプ 8 を設けている。図 8 ( a ) および図 8 ( b ) に示すように、支持パンプ 8 は、支柱基板 3 の厚さより若干高い高さで形成されている。そのため、支持パンプ 8 は、素子基板 1 および封止基板 4 にかかる大気圧と真空圧との差圧による大きな力によって、封止基板 4 に格子状に形成された V 字溝 1 1 の交差点における封止基板 4 の入射側対向面の各端部と素子基板 1 から 5 方向の力を受けて固定される。なお、第 2 の実施形態の赤外線センサ 2 0 0 では、支持パンプ 8 を、図 6 ( e )  
40  
50

に示した工程と同様の工程において、V字溝11の交差点にあたる素子基板1の位置に配置している。その後、支柱基板3と封止基板4とを接合することで、赤外線センサ200を形成している。

#### 【0025】

以上より、素子基板1および封止基板4が大気圧と真空圧との差圧による大きな力を受けても、封止基板4の中央部分、すなわち、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点における封止基板4の入射側対向面の各端部と素子基板1との間に支持パンプ8を設けることで、素子基板1および封止基板4の反りを低減することができる。また、支持パンプ8は、素子基板1および封止基板4にかかる大気圧と真空圧との差圧による大きな力によって、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点における封止基板4の入射側対向面の各端部と素子基板1とから5方向の力を受けるため、特に何もしなくても、上記の位置に固定することができる。これにより、支持パンプ8を赤外線集光部15のマイクロミラー5で覆い隠すこともでき、受光部50へと入射する赤外線の集光効率を劣化させることなく、第1の実施形態と同様の効果を取得できる。更に、第1の実施形態では、素子基板1および封止基板4にかかる大気圧と真空圧との差圧による力によって、素子基板1および封止基板4に発生する反りを防止するため、素子基板1および封止基板4を所定の厚さとしていたが、第2の実施形態の赤外線センサ200では、支持パンプ8を設けることにより、素子基板1および封止基板4の反りを低減できるので、素子基板1および封止基板4を所定の厚さよりも薄くすることが可能となり、赤外線センサ200の全体的な厚さを薄くすることもできる。

#### 【0026】

(第3の実施形態)

次に、第3の実施形態の赤外線センサ300について、第2の実施形態の赤外線センサ200と異なる点を中心に図9および図10を参照して説明する。また、第3の実施形態の赤外線センサ300について、第2の実施形態の赤外線センサ200と同様の構造には同じ番号を付し、説明を省略する。第3の実施形態の赤外線センサ300が、第2の実施形態と異なる点は、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点に、赤外線に対して反射率の高い金属であるAuを蒸着していないことだけである。よって、第3の実施形態の赤外線センサ300を製造する工程・方法も第2の実施形態と同様である。これから、第3の実施形態の赤外線センサ300は、第2の実施形態と同様の効果を取得できる。

#### 【0027】

図9は本発明に係る第3の実施形態の赤外線センサ300の構成を示す平面図、図10は図9に示す赤外線センサの断面図である。ここで、図10(a)は赤外線センサ300のDD'線における断面図、図10(b)は赤外線センサ300のEE'線における断面図である。図9および10(a)に示すように、第3の実施形態の赤外線センサ300の構成は、第2の実施形態と同様である。そして、第3の実施形態の赤外線センサ300も、第2の実施形態と同様に、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点における封止基板4の入射側対向面の各端部と素子基板1との間に支持パンプ8を設けている。

#### 【0028】

しかし、第3の実施形態の赤外線センサ300では、第2の実施形態と異なり、図9および図10(b)に示すように、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点に、赤外線に対して反射率の高い金属であるAuを蒸着していない。具体的には、第3の実施形態の赤外線センサ300の製造工程において、図6(a)に示した封止基板4にV字溝11を形成する工程と同様の工程で、封止基板4のV字溝11の交差点に柱17を形成する。これにより、柱17の材料は、封止基板4を形成する材料と同じになる。ここで、柱17を支持パンプ8と同程度の大きさで形成する。次に、図6(b)に示した工程と同様の工程で、封止基板4のV字溝11が形成された面に、赤外線に対して反射率の高い金属であるAuを蒸着する。これにより、V字溝11の交差点に形成された柱17の表面にもAu金属膜が形成される。次に、図6(c)に示した工程と同様の工程で、封止基板4

のV字溝11が形成された面を研磨し、封止基板4のV字溝11が形成された面に形成したAu金属膜を除去する。このとき、柱17の支持バンプ8と接触する面に形成したAu金属膜も除去される。以後、第2の実施形態と同様の工程で、第3の実施形態の赤外線センサ300を製造する。このような工程を経ることで、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点にAuを蒸着することなく、マイクロミラーアレイ16を形成している。そこで、第2の実施形態と同様に、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点における封止基板4の入射側対向面の各端部と素子基板1との間に支持バンプ8を設けた場合、図9に示したように、封止基板4を透過して支持バンプ8が見える。このため、支持バンプ8を素子基板1と封止基板4を接合する際の目印にすることができる。

#### 【0029】

以上より、第3の実施形態の赤外線センサ300では、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点にAuを蒸着しないで、V字溝11の交差点における封止基板4の入射側対向面の各端部と素子基板1との間に支持バンプ8を設けていることから、支持バンプ8を素子基板1と封止基板4を接合する際の目印にすることができる。よって、素子基板1と封止基板4を接合する際、支持バンプ8を位置合わせの目印に使用することができる。画素毎の合わせ精度を向上させることができる。

#### 【0030】

(第4の実施形態)

次に、第4の実施形態の赤外線センサ400について、第2の実施形態の赤外線センサ200と異なる点を中心に図11乃至図13を参照して説明する。また、第4の実施形態の赤外線センサ400について、第2の実施形態の赤外線センサ200と同様の構造には同じ番号を付し、説明を省略する。なお、第4の実施形態の赤外線センサ400の構造は、第2の実施形態の赤外線センサ200の構造と基本的には同じである。第4の実施形態の赤外線センサ400が、第2の実施形態と異なる点は、マイクロミラー5の代わりに、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11にAuを充填することで形成したマイクロミラー19と、素子基板1に形成された電極6と封止基板4に形成された貫通配線18を導通させる配線用バンプ9とを設けていることだけである。

#### 【0031】

図11は本発明に係る第4の実施形態の赤外線センサ400の構成を示す平面図、図12は図11に示す赤外線センサの断面図である。ここで、図12(a)は赤外線センサ400のFF'線における断面図、図12(b)は赤外線センサ400のGG'線における断面図である。第4の実施形態の赤外線センサ400では、図12(a)に示すように、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11に、赤外線の反射率が高い金属であるAuを充填し、満たしている。これにより、マイクロミラー19を形成している。更に、図11に示すように、4個のマイクロミラー19から赤外線集光部15を形成している。なお、隣接する2個の赤外線集光部15は1のマイクロミラー19を共有している。また、第4の実施形態の赤外線センサ400は、第2の実施形態と同様に、9個の赤外線集光部15からなるマイクロミラーアレイ16を備えている。

#### 【0032】

また、図12(a)に示すように、封止基板4に形成された貫通孔10(図13参照)に、マイクロミラー19を形成する材料と同じ材料であるAuを充填して、信号用貫通配線である貫通配線18を形成している。これにより、マイクロミラー19と貫通配線18を同一工程で同時に形成している。更に、素子基板1に形成された電極6と貫通配線18を導通させるため、電極6と貫通配線18との間に配線用バンプ9を設けている。貫通配線18は、貫通配線7と同様の用途に用いられている。また、図11および図12(b)に示したように、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11の交差点には、支持バンプ8が設けられている。これにより、第2の実施形態と同様の効果を取得できる。

#### 【0033】

次に、第4の実施形態の赤外線センサ400の製造方法について説明する。図13は、図11に示す赤外線センサ400の製造工程を示す図である。なお、図13(a)~(e)

10

20

30

40

50

)は、各製造工程における断面図である。

【0034】

まず、第1の工程として、図13(a)に示すように、金型加工により、貫通配線18を形成するための貫通孔10と、マイクロミラー19を形成するためのV字溝11と、接地用配線13を形成するための接地用の溝(不図示)と、接地用貫通配線14を形成するための接地用の貫通孔(不図示)とを封止基板4に形成する。なお、V字溝11の谷部である先端部分は、鋭角になっているほど良く、5 $\mu$ m以下の幅が望ましい。第2の工程として、図13(b)に示すように、赤外線に対して反射率の高い金属であるAuを鍍金などの方法により、封止基板4全面に形成する。第3の工程として、図13(c)に示すように、CMPなどにより、封止基板4が露出するまで両面を研磨する。上記の工程により、V字溝11にAuが充填されたマイクロミラー19、接地用配線13、接地用貫通配線14および貫通配線18を同時に形成している。次に、第4の工程として、図13(d)に示すように、赤外線検出素子2を格子状に配置し、電極6を形成した素子基板1と支柱基板3との接合を行う。ここで、支柱基板3の材料は、ガラスなどの絶縁体である。素子基板1と支柱基板3との接合は、陽極接合で行った。第5の工程として、図13(e)に示すように、支持バンプ8および配線用バンプ9を形成した後、封止基板4のV字溝11の交差点にあたる素子基板1の位置に支持バンプ8を配置する。更に、素子基板1の電極6上に配線用バンプ9を配置する。次に、封止基板4と素子基板1とを真空中において、陽極接合で支柱基板3を介して接合する。実際には、支柱基板3と封止基板4とを接合する。以上の工程により、第4の実施形態の赤外線センサ400を製造している。

10

20

【0035】

以上より、第4の実施形態の赤外線センサ400も、封止基板4の中央部分にV字溝11を形成していることから、大気圧と真空圧との差圧による大きな力によりV字溝11の角度が鈍角になることで、封止基板4の中央部分に最も反りが発生しやすい。しかし、封止基板4に格子状に形成されたV字溝11にAuを充填して、マイクロミラー19を形成することにより、Auと封止基板4との接合力が反力となるため、V字溝11の角度が鈍角になり難くなり、封止基板4の反りを低減することができる。また、マイクロミラー19を形成する材料と同じ材料で、接地用配線13、接地用貫通配線14および貫通配線18を形成し、素子基板1に形成された電極6と貫通配線18を配線用バンプ9で導通させることで、マイクロミラー19、接地用配線13、接地用貫通配線14および貫通配線18を同一工程で同時に形成できる。よって、真空封止の前に配線用バンプ9を素子基板1の電極6上に配置する工程が増加したものの、接地用貫通配線14および貫通配線18を形成する工程を削減できたので、製造工程を増やさずに、マイクロミラー19を形成することができる。

30

【0036】

なお、以上に述べた実施形態は、本発明の実施の一例であり、本発明の範囲はこれらに限定されるものでなく、特許請求の範囲に記載した範囲内で、他の様々な実施形態に適用可能である。例えば、第1乃至第4の実施形態では、サーモパイルを用いた赤外線検出素子2を使用しているが、特にこれに限定されるものでなく、ボロメータを用いた赤外線検出素子を使用しても、同様の効果を取得できる。

40

【0037】

また、第1乃至第4の実施形態では、素子基板1、支柱基板3および封止基板4を陽極接合法で接合しているが、特にこれに限定されるものでなく、常温活性化接合法で接合しても良い。

【0038】

また、第1乃至第4の実施形態では、封止基板4に金型加工でV字溝11および貫通孔10を形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、ミリング、ワイヤソーなどで形成しても良い。

【0039】

また、第1乃至第4の実施形態では、素子基板1の材料をSiとしているが、特にこれ

50

に限定されるものでなく、他の半導体材料でも良い。同様に、第1乃至第4の実施形態では、封止基板4の材料をGeとしているが、特にこれに限定されるものでなく、赤外線効率よく透過させる材料であれば、他の材料でも良い。例えば、ZnSやSiなどの材料でも良い。

【0040】

また、第1乃至第3の実施形態では、マイクロミラー5をAuで形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、赤外線の反射率が高い他の金属であれば、例えば、Alで形成しても良い。同様に、第4の実施形態では、マイクロミラー19をAuで形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、赤外線の反射率が高い他の金属であれば、例えば、Alで形成しても良い。

10

【0041】

また、第1乃至第3の実施形態では、接地用配線13をAuで形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、接地用貫通配線14およびマイクロミラー5と導通できれば他の金属で形成しても良い。しかし、マイクロミラー5と同じ金属で形成すれば、第1の実施形態で示したように、マイクロミラー5を形成する工程で、同時に接地用配線13も形成できる。なお、接地用の溝の形状を説示していないが、どのような形状でも可能である。また、貫通配線7および接地用貫通配線14を半田で形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、他の金属で形成しても良い。更に、接地用貫通配線14を貫通配線7と同じ金属で形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、異なる金属で形成しても良い。しかし、同じ金属で形成すれば、貫通配線7を形成する工程で、同時に接地用貫通配線14も形成することができる。

20

【0042】

また、第4の実施形態では、接地用配線13をAuで形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、接地用貫通配線14およびマイクロミラー19と導通できれば他の金属で形成しても良い。しかし、マイクロミラー19と同じ金属で形成すれば、第4の実施形態で示したように、マイクロミラー19を形成する工程で、同時に接地用配線13も形成できる。なお、接地用の溝の形状を説示していないが、どのような形状でも可能である。また、接地用貫通配線14をAuで形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、他の金属でも良い。同様に、貫通配線18をAuで形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、他の金属でも良い。しかし、マイクロミラー19と同じ金属で形成すれば、マイクロミラー19を形成する工程で、接地用貫通配線14および貫通配線18も同時に形成できる。

30

【0043】

また、第1乃至第4の実施形態では、素子基板1に赤外線検出素子2を9個形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、何個でも良いのはいうまでもない。同様に、封止基板4に赤外線集光部15を9個形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、何個でも良い。

【0044】

また、第1乃至第4の実施形態では、支柱基板3の厚さを受光部50と同様に50 $\mu\text{m}$ としているが、特にこれに限定されるものでない。しかし、支柱基板3の厚さは薄いほうが、赤外線が散乱し難くなるので、より感度の低下を防止できる。

40

【0045】

また、第2乃至第4の実施形態では、支持バンプ8は支柱基板3より若干高い高さで形成されているが、特にこれに限定されるものでなく、V字溝11の交差点から別の位置、例えば、封止基板4の入射側対向面の中央に移動しなければ、同程度の高さでも良い。

【0046】

また、第2の実施形態では、支持バンプ8は1つであったが、特にこれに限定されるものでなく、数を限定するものではない。同様に、第3および第4の実施形態では、支持バンプ8は4つであったが、数を限定するものではない。

【0047】

50

また、第3の実施形態では、V字溝11の交差点にAuが蒸着しないように、封止基板4に柱17を形成しているが、特にこれに限定されるものでなく、V字溝11の交差点にAuが蒸着しない他の方法を採用すれば、柱17は無くても良い。

【0048】

また、第4の実施形態では、支持バンプ8を設けているが、特にこれに限定されるものでなく、支持バンプ8が無くても良い。しかし、支持バンプ8を設けることにより、反りをより低減できる。

【0049】

また、第4の実施形態では、V字溝11の交差点をAuで充填しているが、特にこれに限定されるものでなく、第3の実施形態のように、V字溝11の交差点にAuを充填しなくても良い。この場合、第3の実施形態と同様の効果を取得できる。なお、V字溝11の交差点にAuを充填しない赤外線センサは、第3の実施形態に示す工程と同様の工程で製造可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明に係る第1の実施形態の赤外線センサの構成を示す平面図

【図2】図1に示す赤外線センサのAA'線における断面図

【図3】図1に示す封止基板の斜視図

【図4】図1に示す赤外線検出素子の構成を示す図

【図5】図4に示す受光部とマイクロミラーの位置関係を示す断面図

20

【図6】図1に示す赤外線センサの製造工程を示す図

【図7】本発明に係る第2の実施形態の赤外線センサの構成を示す平面図

【図8】図7に示す赤外線センサの断面図

【図9】本発明に係る第3の実施形態の赤外線センサの構成を示す平面図

【図10】図9に示す赤外線センサの断面図

【図11】本発明に係る第4の実施形態の赤外線センサの構成を示す平面図

【図12】図11に示す赤外線センサの断面図

【図13】図11に示す赤外線センサの製造工程を示す図

【符号の説明】

【0051】

30

- 1 素子基板、2 赤外線検出素子、3 支柱基板、4 封止基板、  
 5 マイクロミラー、6 電極、7 信号用貫通配線である貫通配線、  
 8 支持バンプ、9 配線用バンプ、10 貫通孔、11 V字溝、  
 12 空間、13 接地用配線、14 接地用貫通配線、  
 15 集光部である赤外線集光部、16 マイクロミラーアレイ、17 柱、  
 18 信号用貫通配線である貫通配線、19 マイクロミラー、20 貫通孔、  
 50 受光部、51 支持部である梁、52 エッチングスリット、  
 53 空隙、61a p型ポリシリコン、61b n型ポリシリコン、  
 62 受光部内アルミ配線、63 アルミ配線、64 出力端子、  
 100 第1の実施形態の赤外線センサ、  
 200 第2の実施形態の赤外線センサ、  
 300 第3の実施形態の赤外線センサ、  
 400 第4の実施形態の赤外線センサ

40

【 図 1 】

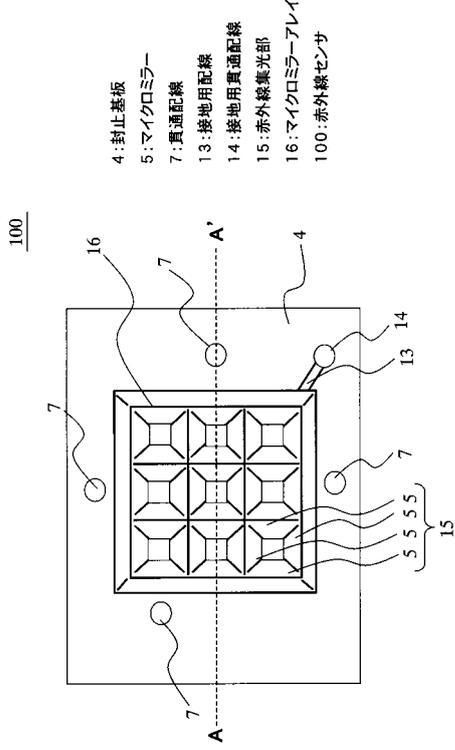


図1

【 図 2 】

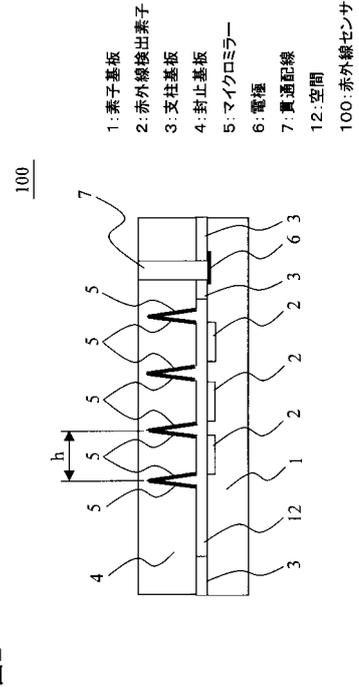


図2

【 図 3 】

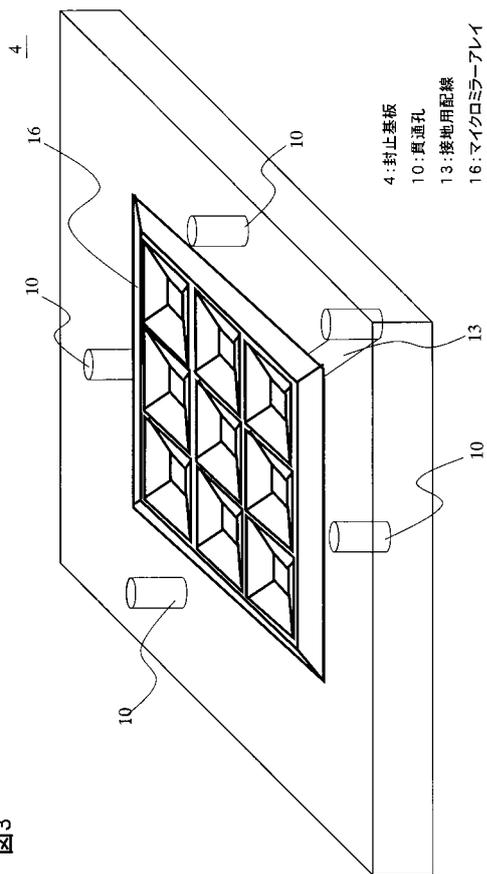


図3

【 図 4 】

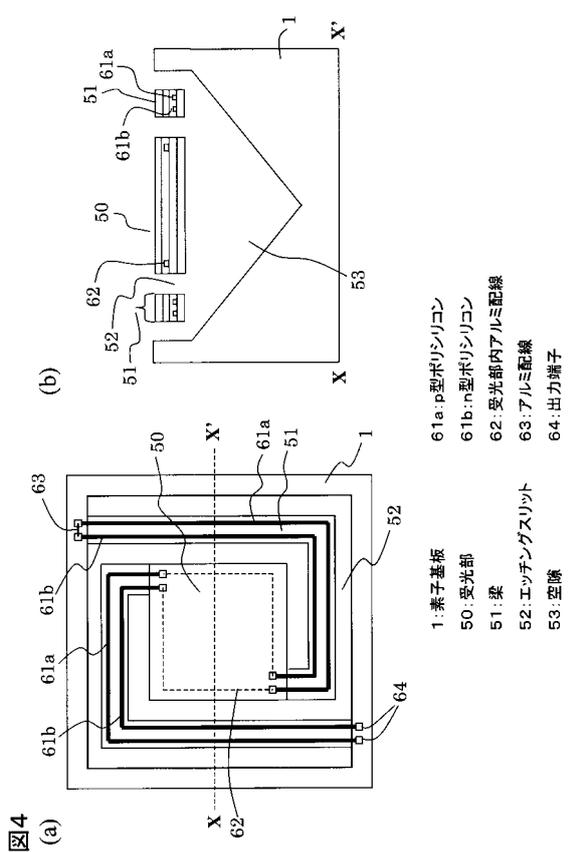


図4

【 図 5 】

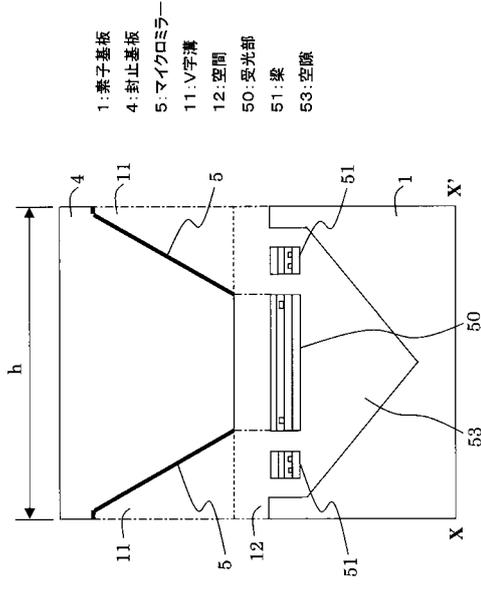


図5

【 図 7 】

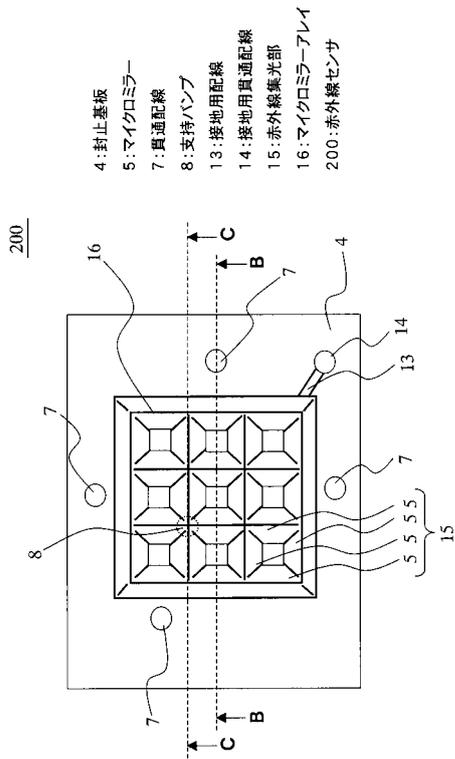
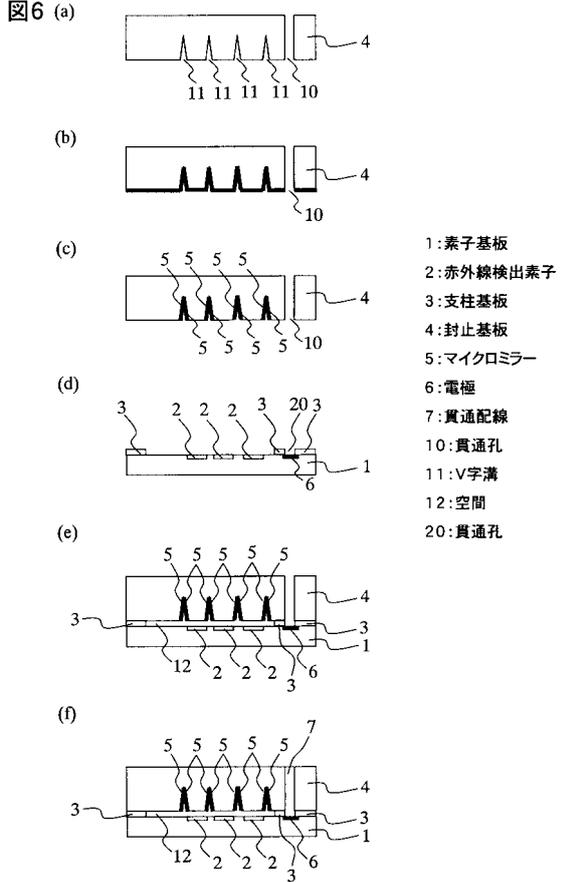


図7

【 図 6 】



【 図 8 】

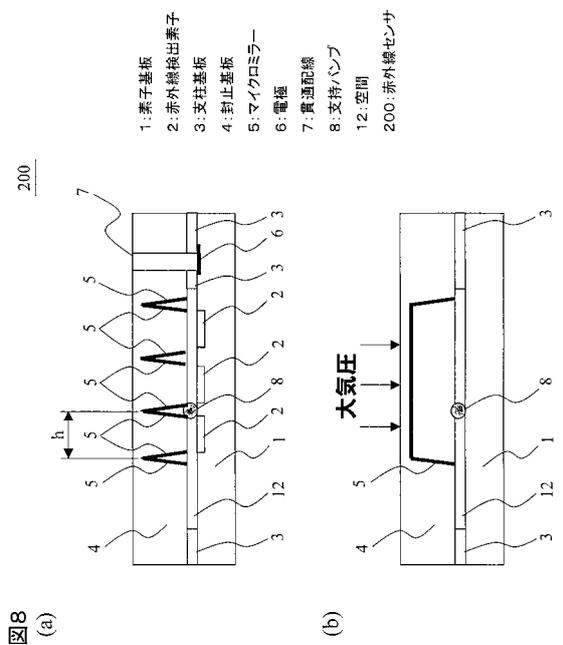


図8 (a)

(b)

【 図 9 】

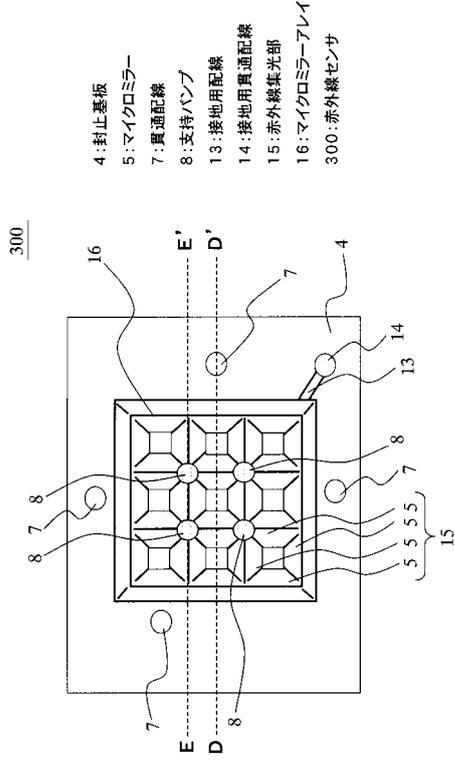


図9

【 図 1 1 】

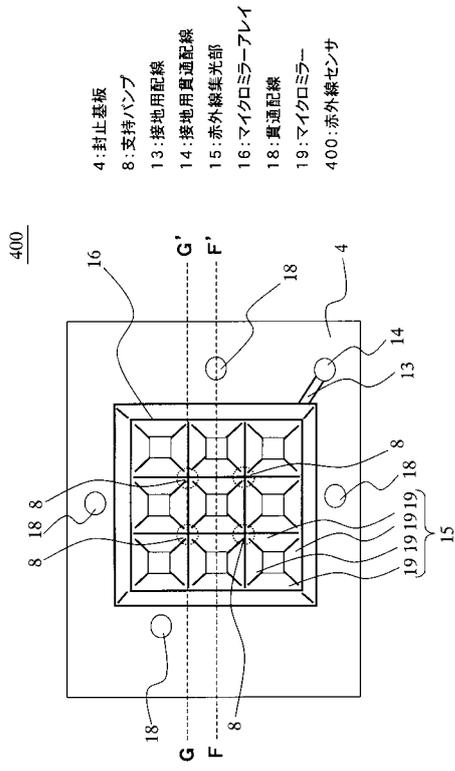


図11

【 図 1 0 】

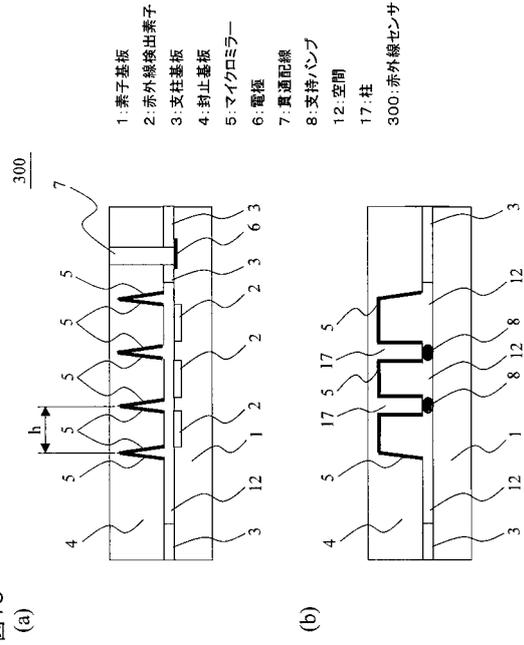


図10 (a)

(b)

【 図 1 2 】

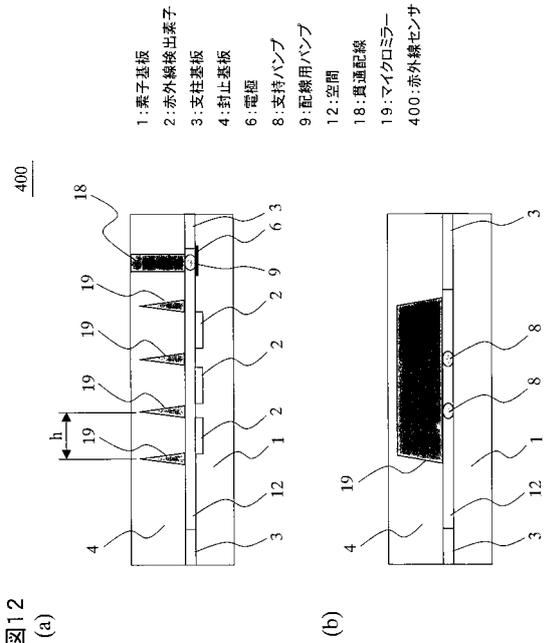
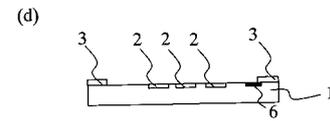
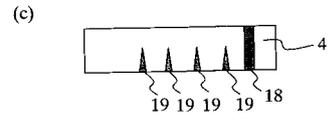
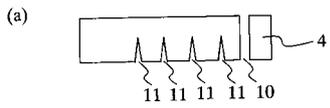


図12 (a)

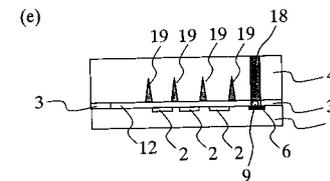
(b)

【図 13】

図13



- 1: 素子基板
- 2: 赤外線検出素子
- 3: 支柱基板
- 4: 封止基板
- 6: 電極
- 9: 配線用パンプ
- 10: 貫通孔
- 11: V字溝
- 12: 空間
- 18: 貫通配線
- 19: マイクロミラー



---

フロントページの続き

- (72)発明者 福山 康弘  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 広瀬 志恵  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

審査官 高 場 正光

- (56)参考文献 特開平09-113352(JP,A)  
特開2003-004527(JP,A)  
特開平05-259425(JP,A)  
特開2000-277791(JP,A)  
特開平08-321914(JP,A)  
特開昭62-036858(JP,A)  
特開平11-148862(JP,A)  
特開2004-257885(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J1/00-11/00  
H01L27/14  
H04N5/33-5/335