

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6323652号  
(P6323652)

(45) 発行日 平成30年5月16日 (2018. 5. 16)

(24) 登録日 平成30年4月20日 (2018. 4. 20)

(51) Int. Cl.

F I

H O 5 B 3/02 (2006. 01)

H O 5 B 3/02 B

H O 3 B 5/32 (2006. 01)

H O 3 B 5/32 A

H O 1 L 21/822 (2006. 01)

H O 3 B 5/32 H

H O 1 L 27/04 (2006. 01)

H O 1 L 27/04 R

H O 1 L 21/3205 (2006. 01)

H O 1 L 21/88 T

請求項の数 10 (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-265873 (P2013-265873)  
 (22) 出願日 平成25年12月24日 (2013. 12. 24)  
 (65) 公開番号 特開2015-122219 (P2015-122219A)  
 (43) 公開日 平成27年7月2日 (2015. 7. 2)  
 審査請求日 平成28年12月20日 (2016. 12. 20)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
 (74) 代理人 100090387  
 弁理士 布施 行夫  
 (74) 代理人 100090398  
 弁理士 大淵 美千栄  
 (72) 発明者 林 謙司  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 ーエプソン株式会社内  
 (72) 発明者 福澤 晃弘  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 ーエプソン株式会社内

審査官 土屋 正志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発熱体、振動デバイス、電子機器及び移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基板に形成された発熱手段と、  
 前記発熱手段と平面視で重なっている、前記発熱手段に電流を入力するための入力手段  
 と、を含み、

前記入力手段は、前記発熱手段と平面視で重なっている表面と前記表面に対して反対面  
の裏面とを有し、前記裏面と前記発熱手段とが電氣的に接続されており、

前記発熱手段に流れる電流は、前記入力手段の前記表面から入力され、前記表面から前  
記裏面に流れて前記発熱手段に入力される、発熱体。

【請求項2】

拡散抵抗層が形成された半導体基板と、  
 前記拡散抵抗層に第1の電圧を印加するための第1電極と、  
 前記拡散抵抗層に第2の電圧を印加するための第2電極と、を含み、  
 前記第1電極は、前記拡散抵抗層と平面視で重なっている状態で前記拡散抵抗層と接す  
る第1面と、平面視で前記第1面と重なり前記第1の電圧が印加される第2面とを有し、  
 前記第2電極は、前記拡散抵抗層と平面視で重なっている状態で前記拡散抵抗層と接す  
る第3面と、平面視で前記第3面と重なり前記第2の電圧が印加される第4面とを有し、  
前記第1電極、前記第2電極、および前記拡散抵抗層を介して流れる電流は、前記第2  
面から前記第1面に、および前記第3面から前記第4面に流れる、発熱体。

【請求項3】

10

20

前記第 1 電極および前記第 2 電極は、アルミニウム、またはアルミニウムを主成分とする合金である、請求項 2 に記載の発熱体。

【請求項 4】

前記第 1 電極と前記第 2 電極とは、前記半導体基板の外周縁に沿って同一辺領域に配置されている、請求項 2 又は 3 に記載の発熱体。

【請求項 5】

前記拡散抵抗層の上に形成された絶縁体層と、

前記第 2 面と電氣的に接続され、かつ、平面視で前記第 2 面と重なっている、前記絶縁体層の上に形成された第 1 パッドと、

前記第 4 面と電氣的に接続され、かつ、平面視で前記第 4 面と重なっている、前記絶縁体層の上に形成された第 2 パッドと、を有する、

請求項 2 乃至 4 のいずれか一項に記載の発熱体。

【請求項 6】

前記第 1 パッドおよび前記第 2 パッドは、前記第 1 電極および前記第 2 電極よりも抵抗率が低い、請求項 5 に記載の発熱体。

【請求項 7】

請求項 2 乃至 6 のいずれか一項に記載の発熱体と、

振動片と、を有し、

前記振動片が前記発熱体の表面に配置されている、振動デバイス。

【請求項 8】

前記発熱体は、前記半導体基板上に形成された感温素子を有し、

前記感温素子は、平面視で前記振動片と重なっている、請求項 7 に記載の振動デバイス

。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の発熱体、又は、請求項 7 又は 8 に記載の振動デバイスを含む、電子機器。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の発熱体、又は、請求項 7 又は 8 に記載の振動デバイスを含む、移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発熱体、振動デバイス、電子機器及び移動体に関し、例えば、恒温槽型水晶発振器に関する。

【背景技術】

【0002】

通信機器あるいは測定器等の基準の周波数信号源に用いられる水晶発振器は、温度変化に対して高い精度で出力周波数が安定していることが要求される。一般に、水晶発振器の中でも極めて高い周波数安定度が得られるものとして、恒温槽型水晶発振器（OCXO：Oven Controlled Crystal Oscillator）が知られている。OCXOは、一定温度に制御された恒温槽内に水晶振動子を収納したものであり、従来のOCXOとして、例えば、特許文献 1 には、発熱体を備えた集積回路上に水晶振動素子を配置し、その他の回路素子とともにパッケージ内に配置したOCXOが開示されている。また、特許文献 2 には、面状の発熱体が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 213280 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 123354 号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、特許文献1に記載のOCXOでは、発熱体を備えた集積回路上に水晶振動素子を配置する構成は記載されているが、一般的に発熱体に供給される電力は大きいいため、発熱体に電力を供給するための配線の構成によっては、配線に用いる金属がエレクトロマイグレーションを起こしてしまい、断線してしまう可能性がある。また、特許文献2では、面状の発熱体に電力を供給するリード線と発熱体を接続する配線を設けているが、例えば、発熱体到大電力を供給する場合、リード線と発熱体との間に表面に沿った方向に長い配線を用いると、配線に用いる金属がエレクトロマイグレーションを起こしてしまい、断線してしまう可能性がある。

10

## 【0005】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、本発明のいくつかの態様によれば、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減させることが可能な発熱体及び当該発熱体を用いた振動デバイス、並びに、当該発熱体若しくは当該振動デバイスを用いた電子機器及び移動体を提供することができる。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明は前述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の態様または適用例として実現することが可能である。

## 【0007】

20

## 〔適用例1〕

本適用例に係る発熱体は、半導体基板に形成された発熱手段と、前記発熱手段と平面視で重なっており、前記発熱手段に電流を入力するための入力手段と、を含み、前記入力手段は、表面と前記表面に対して反対面の裏面とを有し、前記裏面と前記発熱手段とが電氣的に接続されており、前記発熱手段に流れる電流は、前記入力手段の前記表面と前記裏面との間を流れて前記発熱手段に入力される。

## 【0008】

本適用例に係る発熱体によれば、半導体基板に形成された発熱手段に対して電流を入力するための入力手段は、表面と裏面との間に電流が流れるように配置されているため、入力手段の厚さが電流の流れる距離になり、入力手段の面積が電流の流れる断面積となる。このため、入力手段に流れる電流密度を小さくすることができ、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減することができる。

30

## 【0009】

## 〔適用例2〕

本適用例に係る発熱体は、拡散抵抗層が形成された半導体基板と、前記拡散抵抗層に第1の電圧を印加するための第1電極と、前記拡散抵抗層に第2の電圧を印加するための第2電極と、を含み、前記第1電極は、前記拡散抵抗層と接する第1面と、前記第1面の裏面となるとともに平面視で前記第1面と重なっている第2面とを有し、前記第2電極は、前記拡散抵抗層と接する第3面と、前記第3面の裏面となるとともに平面視で前記第3面と重なっている第4面とを有し、前記第1電極と前記第2電極とは、平面視で、前記拡散抵抗層が形成された領域と重なっており、前記第1電極、前記第2電極、および前記拡散抵抗層を介して流れる電流は、前記第1面と前記第2面との間、および前記第3面と前記第4面との間を流れる。

40

## 【0010】

本適用例に係る発熱体によれば、半導体基板に形成された拡散抵抗層に対して電流を入力又は出力する第1電極と第2電極は、それぞれ拡散抵抗層と接する面とその裏面の間に電流が流れるように配置されているため、第1電極および第2電極の厚さが電流の流れる距離になり、第1電極および第2電極の面積が電流の流れる断面積となる。このため、第1電極および第2電極に流れる電流密度を小さくすることができ、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減することができる。

50

## 【 0 0 1 1 】

## [ 適用例 3 ]

上記適用例に係る発熱体において、前記第 1 電極および前記第 2 電極は、アルミニウム、またはアルミニウムを主成分とする合金であってもよい。

## 【 0 0 1 2 】

本適用例に係る発熱体によれば、第 1 電極および第 2 電極としてエレクトロマイグレーションに対する耐量が低いアルミニウムまたはアルミニウムを主成分とする合金を用いても、第 1 電極および第 2 電極に流れる電流密度を小さくすることができるので、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減することができる。また、アルミニウムまたはアルミニウムを主成分とする合金は、安価であるとともに加工性に優れるため、発熱体の製造コストを低減するとともに、第 1 電極および第 2 電極を所望の形状となるように容易に形成することもできる。

10

## 【 0 0 1 3 】

## [ 適用例 4 ]

上記適用例に係る発熱体において、前記第 1 電極と前記第 2 電極とは、前記半導体基板の外周縁に沿って同一辺領域に配置されていてもよい。

## 【 0 0 1 4 】

本適用例に係る発熱体によれば、外部の電極と接続される配線を介する放熱により半導体基板の表面において相対的に温度が低い領域となる第 1 電極と第 2 電極の周辺領域を所定の辺に近い同一辺領域に制限することができる。従って、本適用例に係る発熱体によれば、半導体基板の表面の温度が低い領域を一部に集約し、放熱による所望の領域の発熱効率の低下を抑制することができる。

20

## 【 0 0 1 5 】

## [ 適用例 5 ]

上記適用例に係る発熱体は、前記拡散抵抗層の上に絶縁体層と、前記絶縁体層の上に形成された第 1 パッドおよび第 2 パッドとを有し、前記第 1 パッドは、前記第 2 面と電氣的に接続されているとともに、平面視で前記第 2 面と重なっており、前記第 2 パッドは、前記第 4 面と電氣的に接続されているとともに、平面視で前記第 4 面と重なっていてもよい。

## 【 0 0 1 6 】

本適用例に係る発熱体によれば、第 1 パッドと第 2 パッドを設けることで、第 1 電極と第 2 電極を直接的に外部電極と配線接続する必要がなくなり、外部との配線方法の自由度が向上する。

30

## 【 0 0 1 7 】

## [ 適用例 6 ]

上記適用例に係る発熱体において、前記第 1 パッドおよび前記第 2 パッドは、前記第 1 電極および前記第 2 電極よりも抵抗率が低くてもよい。

## 【 0 0 1 8 】

本適用例に係る発熱体によれば、第 1 パッドおよび第 2 パッドが、第 1 電極および第 2 電極よりも抵抗率が低い場合、エレクトロマイグレーションの耐量が高くなるので、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減するとともに、第 1 パッドおよび第 2 パッドの形状の自由度を上げることができる。

40

## 【 0 0 1 9 】

## [ 適用例 7 ]

本適用例に係る振動デバイスは、上記のいずれかの発熱体と、振動片と、を有し、前記振動片が前記発熱体の表面に配置されている。

## 【 0 0 2 0 】

振動デバイスは、例えば、種々の発振器やセンサーなどである。

## 【 0 0 2 1 】

本適用例によれば、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減させた発熱

50

体を用いるので、信頼性の高い振動デバイスを実現することができる。

【0022】

[適用例8]

上記適用例に係る振動デバイスにおいて、前記発熱体は、前記半導体基板上に形成された感温素子を有し、前記感温素子は、平面視で前記振動片と重なっていてもよい。

【0023】

本適用例によれば、振動片の温度をより正確に検出することができるので、より信頼性の高い振動デバイスを実現することができる。

【0024】

[適用例9]

本適用例に係る電子機器は、上記のいずれかの発熱体、又は、上記のいずれかの振動デバイスを含む。

【0025】

[適用例10]

本適用例に係る移動体は、上記のいずれかの発熱体、又は、上記のいずれかの振動デバイスを含む。

【0026】

これらの適用例に係る電子機器及び移動体によれば、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減させた発熱体又はこの発熱体を用いて加熱される振動片を有する振動デバイスを含むので、信頼性の高い電子機器及び移動体を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)の機能ブロック図。

【図2】本実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)の構造を示す断面図。

【図3】発熱用ICの回路構成の一例を示す図。

【図4】第1実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)における発熱用ICのレイアウトパターンを概略的に示す図。

【図5】図4の矩形領域Aの拡大図。

【図6】図4の矩形領域Aを矢印Bの方向から見た側面図。

【図7】発熱用ICが有するMOSトランジスタのレイアウトパターンの一部を示す図

。

【図8】比較例のMOSトランジスタのレイアウトパターンの一部を示す図。

【図9】第2実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)における発熱用ICの矩形領域Aを矢印Bの方向から見た側面図。

【図10】第3実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)における発熱用ICの矩形領域Aに相当する領域の拡大図。

【図11】第3実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)における発熱用ICの矩形領域Aに相当する領域を矢印Bの方向から見た側面図。

【図12】第4実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)における発熱用ICのレイアウトパターンを概略的に示す図。

【図13】図12の矩形領域Aの拡大図。

【図14】図12の矩形領域Aを矢印Bの方向から見た側面図。

【図15】第5実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)における発熱用ICのレイアウトパターンを概略的に示す図。

【図16】本実施形態の電子機器の機能ブロック図。

【図17】本実施形態の移動体の一例を示す図。

【図18】発熱用ICのレイアウトパターンの変形例を概略的に示す図。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説

10

20

30

40

50

明する実施の形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0029】

また、以下では、本発明に係る振動デバイスとして、恒温槽型水晶発振器（OCXO）を例に挙げて説明するが、本発明に係る振動デバイスは、発熱体と振動片を含む他の種類のデバイス（例えば、OCXO以外の発振器やセンサー等）であってもよい。

【0030】

1. 恒温槽型水晶発振器（OCXO）

1-1. 第1実施形態

図1は、振動デバイスの一例である本実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）の機能ブロック図である。図1に示すように、本実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）1は、振動片2、発振回路3、発熱回路4、温度センサー5及び温度制御回路6を含んで構成されている。なお、本実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）1は、これらの要素の一部を省略又は変更し、あるいは他の要素を追加した構成としてもよい。

【0031】

本実施形態では、振動片2は、基板材料として水晶を用いた振動片（水晶振動子）であり、例えば、ATカットやSCカットの水晶振動子が用いられる。ただし、振動片2は、SAW（Surface Acoustic Wave）共振子やMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）振動子であってもよい。また、振動片2の基板材料としては、水晶の他、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電単結晶や、ジルコン酸チタン酸鉛等の圧電セラミックス等の圧電材料、又はシリコン半導体材料等を用いることもできる。また、振動片2の励振手段としては、圧電効果によるものを用いてもよいし、クーロン力による静電駆動を行ってもよい。また、振動片2としては、物理量を検出する素子、例えば、慣性センサー（加速度センサー、ジャイロセンサー等）、力センサー（傾斜センサー等）であってもよい。

【0032】

発振回路3は、振動片2の両端に接続され、振動片から出力される信号を増幅して振動片2にフィードバックさせることにより、振動片2を発振させるための回路である。

【0033】

振動片2と発振回路3で構成された回路は、例えば、ピアース発振回路、インバーター型発振回路、コルピッツ発振回路、ハートレー発振回路などの種々の発振回路であってもよい。

【0034】

発熱回路4は、抵抗に電流が流れることで発熱する回路である。本実施形態では、発熱回路4は、振動片2を加熱するために振動片2の近傍に配置される。

【0035】

温度センサー5は、振動片2に近在して設置され、温度に応じた信号（例えば、温度に応じた電圧を有する信号）を出力する。

【0036】

温度制御回路6は、温度センサー5の出力信号（温度情報）に基づき、発熱回路4の抵抗を流れる電流量を制御し、振動片2を一定温度に保つための回路である。例えば、温度制御回路6は、温度センサー5の出力信号から判定される現在の温度が設定された基準温度よりも低い場合には、発熱回路4の抵抗に所望の電流を流し、現在の温度が基準温度よりも高い場合には発熱回路4の抵抗に電流が流れないように制御する。また、例えば、温度制御回路6は、現在の温度と基準温度との差に応じて、発熱回路4の抵抗を流れる電流量を増減させるように制御してもよい。

【0037】

図2は、本実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）1の構造を示す断面図である。図2に示すように、本実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）1は、振動片2、パッケージ10、リッド11、発熱用IC20及び発振用IC30を含んで構成されている。

## 【 0 0 3 8 】

パッケージ 10 は、例えば、セラミックパッケージ等の積層パッケージであり、振動片 2、発熱用 IC 20 及び発振用 IC 30 を同一空間内に収容するためのものである。具体的には、パッケージ 10 の上部には開口部が設けられており、当該開口部をリッド 11 で覆うことにより収容室が形成され、当該収容室に、振動片 2、発熱用 IC 20 及び発振用 IC 30 が収容されている。

## 【 0 0 3 9 】

発振用 IC 30 は、下面がパッケージ 10 の下から 2 番目の層の上面に接着固定されており、発振用 IC 30 の上面に設けられている各電極（パッド）とパッケージ 10 の下から 3 番目の層の上面に設けられている各電極とがワイヤー 12 によりボンディングされている。本実施形態では、発振用 IC には、図 1 に示した発振回路 3 と温度制御用回路 6 が含まれている。

10

## 【 0 0 4 0 】

発熱用 IC 20（発熱体の一例）は、下面の一部がパッケージ 10 の下から 4 番目の層の上面に接着固定されており、発熱用 IC 20 の上面に設けられている各電極（パッド）とパッケージ 10 の下から 5 番目の層の上面に設けられている各電極とがワイヤー 12 によりボンディングされている。本実施形態では、発熱用 IC には、図 1 に示した発熱回路 4 と温度センサー 5 が含まれている。

## 【 0 0 4 1 】

振動片 2 は、下面の一部に設けられている電極が発熱用 IC 20 の上面に設けられている電極（パッド）と導電性部材 13 により接着固定されており、振動片 2 の上面に設けられている電極（パッド）とパッケージ 10 の下から 5 番目の層の上面に設けられている電極とがワイヤー 12 によりボンディングされている。

20

## 【 0 0 4 2 】

また、パッケージ 10 の内部又は表面には、振動片 2 の上面電極とワイヤーボンディングされている電極や発熱用 IC 20 の各電極とワイヤーボンディングされている各電極と、発振用 IC 30 の各電極とワイヤーボンディングされている各電極とを電氣的に接続するための不図示の配線が設けられている。

## 【 0 0 4 3 】

さらに、パッケージ 10 の下面には、不図示の電源端子や接地端子、その他の外部端子（発振信号の出力端子等）が設けられており、パッケージ 10 の内部又は表面には、電源端子及び接地端子と発熱用 IC 20 及び発振用 IC 30 とを電氣的に接続するための配線やその他の外部端子と発振用 IC 30 とを電氣的に接続するための配線も設けられている。

30

## 【 0 0 4 4 】

図 3（A）は、図 2 に示した発熱用 IC 20 の回路構成の一例を示す図である。図 3（A）に示すように、発熱用 IC 20 は、電源端子 VD、接地端子 VS、発熱制御信号の入力端子 G 及び温度情報信号の出力端子 TS を有し、発熱回路 4 と温度センサー 5 を含んで構成されている。

## 【 0 0 4 5 】

発熱回路 4 は、電源端子と接地端子との間に抵抗 14 と MOS トランジスタ 15 とが直列に接続されて構成されており、MOS トランジスタ 15 のゲートには、入力端子 G を介して、図 1 に示した温度制御用回路 6 が出力する発熱制御信号が入力される。この発熱制御信号により、抵抗 14 を流れる電流が制御され、これにより抵抗 14 の発熱量が制御される。

40

## 【 0 0 4 6 】

温度センサー 5 は、出力端子 TS と接地端子との間に、1 又は複数のダイオード 16 が順方向に直列に接続されて構成されている。この出力端子 TS には、図 1 に示した温度制御用回路 6 に設けられている定電流源により一定の電流が供給され、これにより、ダイオード 16 に一定の順方向電流が流れる。ダイオード 16 に一定の順方向電流を流した時、

50

ダイオード 16 の両端の電圧は温度変化に対してほぼ線形に変化する（例えば、約 - 6 mV / °C の割合で変化する）ため、出力端子 TS の電圧は温度に対して線形な電圧となる。従って、この出力端子 TS から出力される信号を温度情報信号として利用することができる。

#### 【0047】

また、図 3 (B) は、図 2 に示した発熱用 IC 20 の回路構成の他の一例を示す図である。図 3 (B) では、図 3 (A) の回路に対して、出力端子 TS と接地端子との間に、ダイオード 16 に代えて 1 又は複数のバイポーラトランジスタ 17 が直列に接続されている。各バイポーラトランジスタ 17 はベースとコレクターが接続されており、バイポーラトランジスタ 17 のコレクター - エミッター間に一定の順方向電流を流した時、ベース - エミッター間の電圧は温度変化に対してほぼ線形に変化するため、出力端子 TS の電圧は温度に対して線形な電圧となる。従って、この出力端子 TS から出力される信号を温度情報信号として利用することができる。

10

#### 【0048】

図 4 は、図 2 及び図 3 に示した発熱用 IC 20 のレイアウトパターンを概略的に示す図である。また、図 5 は、図 4 の矩形領域 A の拡大図であり、図 6 は、図 4 の矩形領域 A を矢印 B の方向から見た側面図である。なお、図 4 は、一部の層のみが図示されており、図 6 では、図 4 の MOS トランジスタ配置領域に配置される MOS トランジスタの図示が省略されている。

#### 【0049】

20

図 4 ~ 図 6 に示すように、発熱用 IC 20 は、半導体基板（ウェハー基板）21 の表面に不純物がドーピングされた拡散層 22 が形成されている。本実施形態では、半導体基板 21 はシリコン基板にボロン（B）等の不純物が混入されて形成される P 型の半導体基板であり、拡散層 22 は P 型の半導体基板 21 の表面にリン（P）等の不純物がドーピングされることにより形成される N 型の拡散層である。この拡散層 22（拡散抵抗層の一例）は、図 3 (A) 及び図 3 (B) に示した抵抗 14 として機能する。ただし、半導体基板 21 はシリコン基板にリン（P）等の不純物が混入されて形成される N 型の半導体基板であり、拡散層 22 は N 型の半導体基板 21 の表面にボロン（B）等の不純物がドーピングされることにより形成される P 型の拡散層であってもよい。また、拡散層 22 は、例えば、ポリシリコンやフォトレジスト等で不純物をドーピングしたい領域のみを開口したパターンを半導体基板 21 上に形成した後に、不純物をイオン注入法等で半導体基板 21 にドーピングすることで形成することが可能であるため、拡散層 22 を所望の形状となるように容易に形成することができる。

30

#### 【0050】

拡散層 22 の上には、絶縁層 24 が形成されている。絶縁層 24 として、例えば、二酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）を材料とする絶縁膜を用いることができる。

#### 【0051】

絶縁層 24 の上には、絶縁体の表面保護膜 27 が形成されている。表面保護膜 27 として、例えば、二酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）やポリイミドを材料とする保護膜を用いることができる。

40

#### 【0052】

表面保護膜 27 の一部には開口部（パッド開口部）が形成されており、この開口部において、絶縁層 24 の表面に矩形状のパッド 26a ~ 26l が形成されている。

#### 【0053】

パッド 26a は、図 3 (A) 及び図 3 (B) に示した電源端子 VD として機能するパッドであり、パッド 26a は絶縁層 24 の開口部に形成されている複数のビア 25a を介して拡散層 22 と電氣的に接続されている。パッド 26a と複数のビア 25a は、拡散層 22 に電源電圧（第 1 の電圧の一例）を印加するための電極（第 1 電極の一例）として機能する。同様に、パッド 26i は電源端子 VD として機能するパッドであり、絶縁層 24 の開口部に形成されている不図示の複数のビアを介して拡散層 22 と電氣的に接続され、パ

50



ッド26iと不図示の複数のビアは、拡散層22に電源電圧（第1の電圧の一例）を印加するための電極（第1電極の一例）として機能する。

【0054】

パッド26bは、図3（A）及び図3（B）に示した接地端子VSとして機能するパッドであり、絶縁層24の開口部に形成されている複数のビア25bを介して拡散層22と電氣的に接続されている。パッド26bと複数のビア25bは、拡散層22に接地電圧（第2の電圧の一例）を印加するための電極（第2電極の一例）として機能する。同様に、パッド26c、26d、26f、26g、26hは、接地端子VSとして機能するパッドであり、それぞれ絶縁層24の開口部に形成されている不図示のビアを介して拡散層22と電氣的に接続され、パッド26b、26c、26d、26f、26g、26hのそれぞれと不図示の複数のビアは、拡散層22に接地電圧（第2の電圧の一例）を印加するための電極（第2電極の一例）として機能する。

10

【0055】

パッド26j及びパッド26kは、それぞれ、図3（A）及び図3（B）に示した出力端子TS及び入力端子Gとして機能するパッドである。

【0056】

縦4列、横8列に並ぶ32個のパッド261は、振動片2の下面に設けられている下面電極と電氣的に接続されるパッドであり、発熱用IC20の平面視（Z軸の+側から-側を見た時の平面視）において、図4に破線で示した振動片2の搭載領域と重なるように形成されている。

20

【0057】

パッド26eは、不図示の配線パターンにより32個のパッド261と電氣的に接続されており、振動片2をパッド261に接着固定すると、パッド26eと振動片2の下面電極とが電氣的に接続される。

【0058】

パッド26a～261は、例えば、アルミニウム又はアルミニウムを主成分とする合金である。パッド26a～26kは、ワイヤーボンディングにより、パッケージ10に設けられた各電極と接続され、パッド261は、導電性部材13を介して振動片2の下面電極と接続される。

【0059】

また、本実施形態では、発熱用IC20の平面視において、パッド26b、26c、26d、26e、26f、26g、26hに対してY軸の+方向側の近傍領域にMOSトランジスタ15が配置されている。

30

【0060】

また、本実施形態では、発熱用IC20の平面視において、振動片2の搭載領域と重なる位置に温度センサー5が配置されている。すなわち、本実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）1は、温度センサー5（感温素子の一例）が発熱用ICの平面視において振動片2と重なっており、温度センサー5が振動片2に極めて近い位置に配置されている。従って、温度センサー5は、振動片2の温度を精度よく検出することができる。

【0061】

また、本実施形態では、半導体基板21の表面には、発熱用ICの平面視においてパッド26aとパッド26bとを結ぶ仮想直線（パッド26aの重心とパッド26bの重心とを結ぶ直線）と交わるようにスリット23aが形成されている。また、パッド26iとパッド26hとを結ぶ仮想直線（パッド26iの重心とパッド26hの重心とを結ぶ直線）と交わるようにスリット23bが形成されている。このスリット23a、23bは、拡散層22が形成されていない領域であり、スリット23a、23bは拡散層22よりも抵抗率の高い領域である。

40

【0062】

このように構成された本実施形態の発熱用IC20では、エレクトロマイグレーションによる配線破壊を抑制するために、パッド26a、26iから拡散層22への電流経路と

50

なる配線パターン及び拡散層 22 からパッド 26 b, 26 c, 26 d, 26 f, 26 g, 26 h への電流経路となる配線パターンを工夫している。アルミニウム又はアルミニウムを主成分とする配線はエレクトロマイグレーションの耐量 (EM 耐量) が低いため、当該配線を Z 軸と垂直な方向に伸ばすと、数 mm オーダーの配線幅が必要となり、現実的ではない。そこで、本実施形態では、図 5 及び図 6 に示すように、平面視において、パッド 26 a と拡散層 22 とを電氣的に接続する複数のビア 25 a はパッド 26 a の開口部 (第 1 電極の第 1 面の裏面となる第 2 面の一例) と重なるように形成されている。すなわち、電流が入力されるパッド 26 a と複数のビア 25 a とで構成される電流入力電極 (第 1 電極及び入力手段の一例) は、平面視で、拡散層 22 が形成された領域内にあり、当該電流入力電極を介して拡散層 22 に流れる電流は、パッド 26 a の開口部の上面 (第 1 電極の第 1 面の裏面となる第 2 面の一例) と拡散層 22 と接するビア 25 a の下面 (第 1 電極の第 1 面の一例) との間を流れる。

10

**【0063】**

同様に、パッド 26 i と拡散層 22 を電氣的に接続する不図示の複数のビアはパッド 26 i の開口部 (第 1 電極の第 1 面の裏面となる第 2 面の一例) と重なるように形成されている。すなわち、パッド 26 i と不図示の複数のビアとで構成される電流入力電極 (第 1 電極及び入力手段の一例) は、平面視で、拡散層 22 が形成された領域内にあり、パッド 26 i と当該複数のビアとで構成される電流入力電極を介して拡散層 22 に流れる電流は、パッド 26 i の開口部の上面 (第 1 電極の第 1 面の裏面となる第 2 面の一例) と拡散層 22 と接する不図示のビアの下面 (第 1 電極の第 1 面の一例) との間を流れる。

20

**【0064】**

すなわち、パッド 26 a の開口部およびパッド 26 i の開口部と拡散層 22 とをそれぞれ電氣的に接続する、Z 軸と垂直な方向に伸びる配線は存在しないので、パッド 26 a の開口部の上面および 26 i の開口部の上面から拡散層 22 に流れる電流は、Z 軸の + 方向から - 方向に最短経路で流れるようになっている。

なお、パッド 26 a におけるパッド 26 a の開口部の上面以外の領域、およびパッド 26 i におけるパッド 26 i の開口部の上面以外の領域は、電流入力電極を介して拡散層 22 に流れる電流の経路としては機能していないため、平面視において、拡散層 22 と重ならない領域に形成されていてもよい。

**【0065】**

30

また、本実施形態では、図 5 及び図 6 に示すように、平面視において、パッド 26 b と拡散層 22 とを電氣的に接続する複数のビア 25 b はパッド 26 b の開口部 (第 2 電極の第 3 面の裏面となる第 4 面の一例) と重なるように形成されている。すなわち、電流が出力されるパッド 26 b と複数のビア 25 b とで構成される電流出力電極 (第 2 電極の一例) は、平面視で拡散層 22 が形成された領域内にあり、拡散層 22 から当該電流出力電極を介して流れる電流は、拡散層 22 と接するビア 25 b の下面 (第 2 電極の第 3 面の一例) とパッド 26 b の開口部の上面 (第 2 電極の第 3 面の裏面となる第 4 面の一例) との間を流れる。

**【0066】**

同様に、パッド 26 c, 26 d, 26 f, 26 g, 26 h と拡散層 22 をそれぞれ電氣的に接続する不図示の複数のビアはそれぞれパッド 26 c, 26 d, 26 f, 26 g, 26 h の開口部 (第 2 電極の第 3 面の裏面となる第 4 面の一例) と重なるように形成されている。すなわち、パッド 26 c, 26 d, 26 f, 26 g, 26 h と不図示の複数のビアとで構成される各電流出力電極は、平面視で、拡散層 22 が形成された領域内にあり、拡散層 22 から当該各電流出力電極を介して流れる電流は、それぞれ、拡散層 22 と接する不図示のビアの下面 (第 2 電極の第 3 面の一例) とパッド 26 c, 26 d, 26 f, 26 g, 26 h の各開口部の上面 (第 2 電極の第 3 面の裏面となる第 4 面の一例) との間を流れる。

40

**【0067】**

すなわち、パッド 26 b, 26 c, 26 d, 26 f, 26 g, 26 h と拡散層 22 とを

50

それぞれ電氣的に接続する、Z軸と垂直な方向に伸びる配線は存在しないので、拡散層22からパッド26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hに流れる電流は、Z軸の-方向から+方向に最短経路で流れるようになっている。

なお、パッド26bにおけるパッド26bの開口部以外の領域、パッド26cにおけるパッド26cの開口部以外の領域、パッド26dにおけるパッド26dの開口部以外の領域、パッド26fにおけるパッド26fの開口部以外の領域、パッド26gにおけるパッド26gの開口部以外の領域、およびパッド26hにおけるパッド26hの開口部以外の領域は、拡散層22を介して電流出力電極に流れる電流の経路としては機能していないため、平面視において、拡散層22と重ならない領域に形成されていてもよい。

#### 【0068】

このように、本実施形態では、拡散層22に流れる電流は、電流入力電極の表面から裏面に流れ、電流出力電極の裏面から表面に流れるため、XY平面上のビアの総面積（正確には、平面視でボンディングワイヤーが接続される領域と重なるビアの総面積）を電流入力電極又は電流出力電極の断面積と考えることができるので、電流入力電極および電流出力電極に流れる電流密度を小さくするとともに、電流の流れる距離を短くすることができ、十分なEM耐量を実現することができる。

#### 【0069】

また、本実施形態では、振動片2を効率良く加熱するためにスリット23a, 23bを設けている。パッド26a, 26iと電氣的に接続されている拡散層22の第1領域とパッド26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hと電氣的に接続されている拡散層22の第2領域との間に電位差を印加され、第1領域から第2領域に向けて電流が流れることで拡散層22（発熱手段の一例）が発熱する。これに対して、拡散層22の第1領域と第2領域とを結ぶ仮想直線と交わるように配置されているスリット23a, 23bは、P型の半導体基板21とN型の拡散層22で形成されるダイオードに逆方向電圧がかかるため、拡散層22の第1領域および第2領域よりも抵抗率が高い領域となり、拡散層22（発熱手段の一例）の第1領域および第2領域を流れる電流よりも少ない電流が流れる、または電流が流れない領域である。よって、スリット23a, 23b（第3領域の一例）は、拡散層22（発熱手段の一例）よりも発熱量が小さいか発熱しない領域となる。すなわち、スリット23a, 23bは、拡散層22よりも発熱量が小さい領域である。

このため、パッド26a, 26iから入力された電流は、スリット23a, 23bを迂回するようにパッド26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hまで流れる。これにより、拡散層22における振動片2の搭載領域に十分な電流が流れ、振動片2を効率よく加熱することができる。

#### 【0070】

また、本実施形態では、振動片2を効率良く加熱するために、パッド26a, 26i, 26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hの配置を工夫している。パッド26a, 26i、26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hは、ワイヤーボンディングにより、パッケージ10に設けられた各電極と接続されるため、ワイヤーからの放熱により、パッド26a, 26i、26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hの周辺は半導体基板21の表面において相対的に温度が低い領域となる。そこで、本実施形態では、パッド26a, 26i, 26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hを、半導体基板21の外周縁に沿って、振動片2の搭載領域から遠い同一辺領域に配置することで、振動片2の搭載領域の温度が低下しない（相対的に高くなる）ようにしている。なお、同一辺領域とは、任意の第1の辺からの距離が当該第1の辺に垂直な第2の辺の長さの1/3以下の領域とし、図4では一点鎖線で囲まれた領域Xが同一辺領域に相当する。このように、本実施形態によれば、発熱用IC20において、相対的に温度が高い領域と低い領域とを分け、温度が高い領域に振動片2を搭載することで、振動片2を効率よく加熱することができる。

#### 【0071】

さらに、本実施形態では、振動片2を効率良く加熱するために、MOSトランジスター

10

20

30

40

50

15のレイアウトパターンも工夫している。図7は、本実施形態のMOSトランジスタ15のレイアウトパターンの一部を示す図である。一方、比較例として、図8に、複数のMOSトランジスタを並列に接続する場合の一般的なレイアウトパターンを示す。なお、図7及び図8では、ゲートとして機能するPoly層の配線28、ドレイン(D)として機能する拡散層22a及びソース(S)として機能する拡散層22b以外のレイアウトパターンについては図示が省略されている。

#### 【0072】

図7と図8のいずれでもMOSトランジスタ15は、複数のMOSトランジスタが並列に接続されて構成されている。図8では、複数のMOSトランジスタの各ゲートとして機能するPoly配線28は、互いに分離されており、それぞれY軸に平行になるように形成されている。従って、X軸方向に各MOSトランジスタのソース(S)とドレイン(D)が交互に形成されることになり、振動片2の搭載領域を経由してMOSトランジスタ15の配置領域に流れ込む電流は、ドレイン(D)が形成された一部の領域に集中する。そのため、振動片2の搭載領域を流れる電流の粗密が大きくなり、振動片2を効率良く加熱することができないおそれがある。

#### 【0073】

これに対して、図7に示す本実施形態では、複数のMOSトランジスタの各ゲートとして機能するPoly配線28は、破線で囲んだように、X軸及びY軸方向に対して階段状に形成されており、かつ、分離されていない。要するに、各ゲートとして機能する階段状のパターンがX軸方向に折り返しながら連続し、全体としてみれば略V字型のパターンが繰り返される、1本のPoly配線が形成されている。従って、各MOSトランジスタのドレイン(D)は、振動片2の搭載領域に近い側ほどX軸方向の幅が広くなり、各MOSトランジスタのソース(S)は、接地されるパッド26b, 26c, 26d, 26e, 26f, 26g, 26hに近い側ほどX軸方向の幅が広がる。そのため、振動片2の搭載領域を経由してMOSトランジスタ15の配置領域に流れ込む電流は、一部の領域に集中せず、振動片2の搭載領域を流れる電流の粗密を小さくすることができるので、振動片2を効率良く加熱することができる。

#### 【0074】

以上に説明したように、第1実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)によれば、半導体基板21に形成された拡散層22に対して電流を入力する電流入力電極と電流を出力する電流出力電極は、それぞれ拡散層22と接する面とその裏面の間に電流が流れるように配置されているため、電流入力電極および電流出力電極の厚さが電流の流れる距離になり、電流入力電極および電流出力電極の面積が電流の流れる断面積となる。このため、電流入力電極および電流出力電極に流れる電流密度を小さくするとともに、電流の流れる距離を短くすることができ、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減することができる。

#### 【0075】

また、第1実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)によれば、電源端子として機能するパッド26a, 26iと接地端子として機能するパッド26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hとの間を流れる電流は、拡散層22よりも抵抗率の高いスリット23a, 23bを迂回するように流れ、パッド26aとパッド26bとを結ぶ直線あるいはパッド26iとパッド26hとを結ぶ直線よりも長い経路で流れるので、振動片2の搭載領域を効率よく発熱させることができる。

#### 【0076】

また、第1実施形態の恒温槽型水晶発振器(OCXO)によれば、パッケージ10に形成された電極とボンディングワイヤーで接続されるために放熱により半導体基板21の表面において相対的に温度が低い領域となるパッド26a, 26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26h, 26iの周辺領域を同一辺領域Xに制限することができる。従って、半導体基板21の表面の温度が低い領域を一部に集約し、ボンディングワイヤーからの放熱による振動片2の搭載領域の発熱効率の低下を抑制することができる。

## 【 0 0 7 7 】

また、第 1 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）によれば、拡散層 2 2 を半導体基板 2 1 の表面に、所望の形状となるように容易に形成することができる。

## 【 0 0 7 8 】

そして、第 1 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）によれば、発熱用 IC 2 0 の表面に振動片 2 を搭載するので、発熱用 IC 2 0 で発生する熱の伝導性が良く、エレクトロマイグレーションによる断線の可能性を低減させながら振動片 2 を効率よく加熱することができる。

## 【 0 0 7 9 】

## 1 - 2 . 第 2 実施形態

第 1 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）では、拡散層 2 2 により形成される抵抗 1 4 の抵抗値が高すぎる場合があるため、第 2 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）では、拡散層と導体層で構成される抵抗率を低下させた拡散抵抗層により抵抗 1 4 を実現する。

## 【 0 0 8 0 】

第 2 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）における発熱用 IC 2 0 のレイアウトパターンは図 4 と同様であるため、図示を省略する。図 9 は、第 2 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）において、図 4 の矩形領域 A を矢印 B の方向から見た側面図である。なお、図 9 では、図 4 の MOS トランジスタ配置領域に配置される MOS トランジスタの図示が省略されている。

## 【 0 0 8 1 】

図 9 に示すように、本実施形態では、拡散層 2 2 の表面に導体層であるシリサイド 2 9 が形成されている。この拡散層 2 2 とシリサイド 2 9 で構成されている拡散抵抗層は、図 3（A）及び図 3（B）に示した抵抗 1 4 として機能する。

## 【 0 0 8 2 】

第 2 実施形態におけるその他の構成は、第 1 実施形態と同様であるため、図示及び説明を省略する。

## 【 0 0 8 3 】

このように、第 2 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）によれば、拡散層 2 2 の表面に導体層であるシリサイド 2 9 を形成することで拡散抵抗層が比較的低い抵抗率を有するので、過剰な発熱量となることを抑制し、適切な発熱量とすることができる。また、導体層により、拡散抵抗層の抵抗率を所望の値に調整することができ、設計の自由度をあげることができる。

## 【 0 0 8 4 】

その他、第 2 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）は第 1 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）と同様の効果を奏する。

## 【 0 0 8 5 】

## 1 - 3 . 第 3 実施形態

第 1 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）では、パッド 2 6 a とパッド 2 6 b とを結ぶ仮想直線と交わるようにスリット 2 3 a が形成され、パッド 2 6 i とパッド 2 6 h とを結ぶ仮想直線と交わるようにスリット 2 3 b が形成されているが、第 3 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）では、スリット 2 3 a , 2 3 b に代えて 2 つのオフ状態の MOS トランジスタを配置し、これらの MOS トランジスタを迂回するように拡散層 2 2 に電流を流す。

## 【 0 0 8 6 】

第 3 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）における発熱用 IC 2 0 のレイアウトパターンは、スリット 2 3 a , 2 3 b に代えて 2 つの MOS トランジスタが設けられている点を除き、図 4 と同様であるため、図示を省略する。図 1 0 は、第 3 実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）における図 4 の矩形領域 A に相当する領域の拡大図であり、図 1 1 は、矩形領域 A に相当する領域を矢印 B の方向から見た側面図である。なお、図 1

10

20

30

40

50

1では、図4のMOSトランジスタ配置領域に配置されるMOSトランジスタの図示が省略されている。

【0087】

図10及び図11に示すように、本実施形態では、半導体基板21の表面には、パッド26aとパッド26bとを結ぶ仮想直線（パッド26aの重心とパッド26bの重心とを結ぶ直線）と交わるように、Poly配線40aが配置されており、このPoly配線40aをゲート、パッド26a側の拡散層22をドレイン（D）、パッド26b側の拡散層22をソース（S）とするMOSトランジスタが形成されている。また、図示を省略するが、パッド26iとパッド26hとを結ぶ仮想直線（パッド26iの重心とパッド26hの重心とを結ぶ直線）と交わるように、Poly配線が配置されており、このPoly配線をゲート、パッド26i側の拡散層22をドレイン（D）、パッド26h側の拡散層22をソース（S）とするMOSトランジスタが形成されている。

【0088】

この2つのMOSトランジスタのゲートは、不図示の配線パターンによりパッド26b、26c、26d、26f、26g、26hと電気的に接続されており、接地されている。これにより、この2つのMOSトランジスタはオフしており、ゲート直下にチャネルが形成されず、ドレインからソースには電流が流れないが、2つのMOSトランジスタが形成されている領域を流れる電流は拡散層22を流れる電流よりも少ない。すなわち、この2つのMOSトランジスタが配置されている領域は、拡散層22よりも抵抗率の高い領域であり、パッド26a、26iから入力された電流は、この2つのMOSトランジスタが配置されている領域を迂回するようにパッド26b、26c、26d、26f、26g、26hまで流れる。従って、第3実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）によれば、拡散層22における振動片2の搭載領域にも電流が流れることになり、振動片2を効率よく加熱することができる。なお、本実施例では、2つのMOSトランジスタのゲートが接地されている例を示したが、これに限らず、不図示の配線により2つのMOSトランジスタのゲートに信号を印加して、2つのMOSトランジスタの動作を制御（オン、オフ動作）することで、パッド26a、26iから26b、26c、26d、26f、26g、26hの間を流れる電流の経路を制御してもよい。

【0089】

その他、第3実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）は第1実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）と同様の効果を奏する。

【0090】

#### 1-4. 第4実施形態

第1実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）では、発熱用IC20において絶縁層24の表面に形成されたパッド26a～26kとパッケージ10に形成された各電極とがボンディングワイヤーで接続され、パッド26lと振動片2の下面電極とが導電性部材13により接続されている。これに対して、第4実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）では、発熱用IC20において、表面保護膜27の表面に再配線層を設け、再配線層に形成されたパッドと振動片2の下面電極及びパッケージ10に形成された電極とが接続される。

【0091】

図12は、第4実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）における発熱用IC20のレイアウトパターンを概略的に示す図である。また、図13は、図12の矩形領域Aの拡大図であり、図14は、図12の矩形領域Aを矢印Bの方向から見た側面図である。なお、図12は、一部の層のみが図示されており、図14では、図12のMOSトランジスタ配置領域に配置されるMOSトランジスタの図示が省略されている。

【0092】

図12～図14に示すように、本実施形態では、表面保護膜27の開口部において、絶縁層24の表面に矩形状の電極26a～26lが形成され、表面保護膜27（絶縁体層の一例）の表面（開口部も含む）に再配線層が設けられ、この再配線層において、矩形状の

パッド41a～41lが形成されている。

【0093】

パッド41a（第1パッドの一例）は、図3（A）及び図3（B）に示した電源端子VDとして機能するパッドであり、平面視で、電極26a及び電極26aに接続される複数のビア25aと重なっており、電極26aの開口部の上面（第1電極の裏面となる第2面の一例）と接続されている。同様に、パッド41i（第1パッドの一例）は、電源端子VDとして機能するパッドであり、平面視で、電極26i及び電極26iに接続される不図示の複数のビアと重なっており、電極26aの開口部の上面（第1電極の裏面となる第2面の一例）と接続されている。

【0094】

パッド41b（第2パッドの一例）は、図3（A）及び図3（B）に示した接地端子VSとして機能するパッドであり、平面視で、電極26b及び電極26bに接続される複数のビア25bと重なっており、電極26bの開口部の上面（第2電極の第3面の裏面となる第4面の一例）と接続されている。同様に、パッド41c、41d、41f、41g、41h（第2パッドの一例）は、接地端子VSとして機能するパッドであり、それぞれ、平面視で、電極26c、26d、26f、26g、26hのそれぞれ及び電極26c、26d、26f、26g、26hのそれぞれと接続される不図示の複数のビアと重なっており、それぞれ電極26c、26d、26f、26g、26hの開口部の上面（第2電極の第3面の裏面となる第4面の一例）と接続されている。

【0095】

パッド41jは、図3（A）及び図3（B）に示した出力端子TSとして機能するパッドであり、平面視で電極26jと重なっており、電極26jの上面と接続されている。

【0096】

パッド41kは、図3（A）及び図3（B）に示した入力端子Gとして機能するパッドであり、平面視で電極26kと重なっており、電極26kの上面と接続されている。

【0097】

パッド41lは、平面視で32個の電極26lと重なっており、32個の電極26lの上面と接続されている。このパッド41lは、平面視において、図12に破線で示した振動片2の搭載領域と重なるように形成されている。

【0098】

また、パッド41eは、平面視で電極26eと重なっており、電極26eの上面と接続されている。

【0099】

さらに、再配線層において、32個のパッド41lとパッド41eを接続するための配線41mが形成されている。

【0100】

再配線層に形成されるパッド41a～41l及び配線41mは、電極26a～26l（例えば、アルミニウム又はアルミニウムを主成分とする合金）よりも抵抗率が低い、例えば、銅又は銅を主成分とする合金である。また、パッド41a～41l及び配線41mは、ボンディングワイヤーとの接続性、導電性接合部剤との接続性、または他の回路素子との接続性等を良好に保つために、他の金属、例えば、金、銀、それらを主成分とする合金、またははんだ等により表面が覆われていてもよい。

【0101】

第4実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）のその他の構成は第1実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）と同様であるため、図示及び説明を省略する。

【0102】

第1実施形態と同様に、本実施形態でも、半導体基板21の表面には、電極26aと電極26bとを結ぶ仮想直線（電極26aの重心と電極26bの重心とを結ぶ直線）と交わるようにスリット23aが形成されるとともに、電極26iと電極26hとを結ぶ仮想直線（電極26iの重心と電極26hの重心とを結ぶ直線）と交わるようにスリット23b

10

20

30

40

50

が形成されている。従って、第4実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）によれば、パッド41a, 41iから入力された電流は、スリット23a, 23bを迂回するようにパッド41b, 41c, 41d, 41e, 41f, 41g, 41hまで流れる。これにより、拡散層22における振動片2の搭載領域に十分な電流が流れ、振動片2を効率よく加熱することができる。

【0103】

また、第1実施形態と同様に、本実施形態でも、図13及び図14に示すように、平面視において、電極26aの開口部の上面と複数のビア25aはパッド41aが形成される領域と重なるように形成されており、パッド41aから電極26aと複数のビア25aとで構成される電流入力電極を介して拡散層22に流れる電流は、電極26aの開口部の上面とビア25aの下面との間を流れる。同様に、電極26iと不図示の複数のビアはパッド41iが形成される領域と重なるように形成されており、パッド41iから電極26iと不図示の複数のビアとで構成される電流入力電極を介して拡散層22に流れる電流は、電極26iの開口部の上面と不図示のビアの下面との間を流れる。

10

【0104】

すなわち、電極26aの開口部の上面および電極26iの開口部の上面と拡散層22とをそれぞれ電氣的に接続する、Z軸と垂直な方向に伸びる配線は存在しないので、パッド41a, 41iから拡散層22に流れる電流は、Z軸の+方向から-方向に最短経路で流れるようになっている。

【0105】

20

また、本実施形態では、図13及び図14に示すように、平面視において、電極26bの開口部の上面と複数のビア25bはパッド41bが形成される領域と重なるように形成されており、拡散層22から電極26bと複数のビア25bとで構成される電流出力電極を介してパッド41bに流れる電流は、ビア25bの下面と電極26bの開口部との間を流れる。同様に、電極26c, 26d, 26f, 26g, 26hのそれぞれの開口部の上面と拡散層22とをそれぞれ電氣的に接続する不図示の複数のビアはそれぞれパッド41c, 41d, 41f, 41g, 41hが形成される領域と重なるように形成されており、拡散層22から電極26c, 26d, 26f, 26g, 26hと不図示の複数のビアとでそれぞれ構成される各電流出力電極を介してパッド41c, 41d, 41f, 41g, 41hに流れる電流は、それぞれ、不図示のビアの下面と電極26c, 26d, 26f, 26g, 26hの開口部の上面との間を流れる。

30

【0106】

すなわち、電極26b, 26c, 26d, 26f, 26g, 26hのそれぞれの開口部の上面と拡散層22とをそれぞれ電氣的に接続する、Z軸と垂直な方向に伸びる配線は存在しないので、拡散層22からパッド41b, 41c, 41d, 41f, 41g, 41hに流れる電流は、Z軸の-方向から+方向に最短経路で流れるようになっている。

【0107】

このように、第4実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）によれば、拡散層22に流れる電流は、電流入力電極の表面から裏面に流れ、電流出力電極の裏面から表面に流れるため、XY平面上のビアの総面積（正確には、平面視でボンディングワイヤーが接続される領域と重なるビアの総面積）を電流入力電極又は電流出力電極の断面積と考えることができるので、電流入力電極および電流出力電極に流れる電流密度を小さくするとともに、電流の流れる距離を短くすることができ、十分なEM耐量を実現することができる。

40

【0108】

なお、再配線層の配線は抵抗率が低く、かつ、厚みを大きくすることで十分なEM耐量を得ることができるので、再配線層において、拡散層22に流す電流を入力又は出力するための配線をZ軸と垂直な方向に形成してもよい。

【0109】

その他、第4実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）は第1実施形態の恒温槽型水晶発振器（OCXO）と同様の効果を奏する。

50



## 【 0 1 1 0 】

## 1 - 5 . 第 5 実施形態

第 1 実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) では、振動片 2 の下面電極と発振用 I C 3 0 の端子とを電氣的に接続するために、振動片 2 を発熱用 I C 2 0 のパッド 2 6 1 に接着固定し、発熱用 I C 2 0 のパッド 2 6 e をパッケージ 1 0 の電極とワイヤーボンディングしているが、第 5 実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) では、振動片 2 は下面電極を有さない構成 ( 2 つの上面電極を有する構成 ) とし、振動片 2 の 2 つの上面電極とパッケージ 1 0 の 2 つの電極をワイヤーボンディングする。従って、第 5 実施形態では、発熱用 I C 2 0 は、振動片 2 とパッケージ 1 0 の電極とを電氣的に接続させるためのパッドが不要となる。

10

## 【 0 1 1 1 】

図 1 5 は、第 5 実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) における発熱用 I C 2 0 のレイアウトパターンを概略的に示す図である。なお、図 1 5 は、一部の層のみが図示されている。図 1 5 に示すように、第 5 実施形態における発熱用 I C 2 0 では、図 4 に示した第 1 実施形態の発熱用 I C 2 0 と比較して、パッド 2 6 e 及び複数のパッド 2 6 1 が存在せず、振動片 2 の搭載領域は絶縁体の表面保護膜で覆われている。この表面保護膜は、熱伝導性が高いことが望ましい。

## 【 0 1 1 2 】

そして、本実施形態では、発熱用 I C 2 0 の振動片 2 の搭載領域に形成されている表面保護膜の上面に接着部材を介して振動片 2 が接着固定される。あるいは、振動片 2 と発熱用 I C 2 0 との間に導熱体を介在させてもよい。

20

## 【 0 1 1 3 】

第 5 実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) のその他の構成は第 1 実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) と同様であるため、図示及び説明を省略する。

## 【 0 1 1 4 】

第 5 実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) によれば、振動片 2 と発熱用 I C 2 0 とが電極を介して接続されなくても、第 1 実施形態と同様に、発熱用 I C 2 0 により振動片 2 を効率良く加熱することができる。

## 【 0 1 1 5 】

その他、第 5 実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) は第 1 実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) と同様の効果を奏する。

30

## 【 0 1 1 6 】

## 2 . 電子機器

図 1 6 は、本実施形態の電子機器の機能ブロック図である。本実施形態の電子機器 3 0 0 は、振動デバイス 3 1 0 、 C P U ( Central Processing Unit ) 3 2 0 、操作部 3 3 0 、 R O M ( Read Only Memory ) 3 4 0 、 R A M ( Random Access Memory ) 3 5 0 、通信部 3 6 0 、表示部 3 7 0 を含んで構成されている。なお、本実施形態の電子機器は、図 1 6 の構成要素 ( 各部 ) の一部を省略又は変更し、あるいは、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

## 【 0 1 1 7 】

振動デバイス 3 1 0 は、振動片 3 1 2 と発熱体 3 1 4 を備え、発熱体 3 1 4 で加熱された振動片 3 1 2 の発振に基づく発振信号を発生させる。この発振信号は C P U 3 2 0 に出力される。

40

## 【 0 1 1 8 】

C P U 3 2 0 は、 R O M 3 4 0 等に記憶されているプログラムに従い、振動デバイス 3 1 0 から入力される発振信号に基づき各種の計算処理や制御処理を行う。その他、 C P U 3 2 0 は、操作部 3 3 0 からの操作信号に応じた各種の処理、外部装置とデータ通信を行うために通信部 3 6 0 を制御する処理、表示部 3 7 0 に各種の情報を表示させるための表示信号を送信する処理等を行う。

## 【 0 1 1 9 】

50

操作部 330 は、操作キーやボタンスイッチ等により構成される入力装置であり、ユーザーによる操作に応じた操作信号を CPU 320 に出力する。

【0120】

ROM 340 は、CPU 320 が各種の計算処理や制御処理を行うためのプログラムやデータ等を記憶している。

【0121】

RAM 350 は、CPU 320 の作業領域として用いられ、ROM 340 から読み出されたプログラムやデータ、操作部 330 から入力されたデータ、CPU 320 が各種プログラムに従って実行した演算結果等を一時的に記憶する。

【0122】

通信部 360 は、CPU 320 と外部装置との間のデータ通信を成立させるための各種制御を行う。

【0123】

表示部 370 は、LCD (Liquid Crystal Display) 等により構成される表示装置であり、CPU 320 から入力される表示信号に基づいて各種の情報を表示する。表示部 370 には操作部 330 として機能するタッチパネルが設けられていてもよい。

【0124】

発熱体 314 として例えば上述した各実施形態の発熱用 IC 20 を適用し、あるいは、振動デバイス 310 として例えば上述した各実施形態の恒温槽型水晶発振器 (OCXO) 1 を適用することにより、信頼性の高い電子機器を実現することができる。

【0125】

このような電子機器 300 としては種々の電子機器が考えられ、例えば、パーソナルコンピュータ (例えば、モバイル型パーソナルコンピュータ、ラップトップ型パーソナルコンピュータ、タブレット型パーソナルコンピュータ)、スマートフォンや携帯電話機などの移動体端末、デジタルスチールカメラ、インクジェット式吐出装置 (例えば、インクジェットプリンター)、ルーターやスイッチなどのストレージエリアネットワーク機器、ローカルエリアネットワーク機器、移動体端末基地局用機器、テレビ、ビデオカメラ、ビデオレコーダー、カーナビゲーション装置、リアルタイムクロック装置、ページャー、電子手帳 (通信機能付も含む)、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ゲーム用コントローラー、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS 端末、医療機器 (例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡)、魚群探知機、各種測定機器、計器類 (例えば、車両、航空機、船舶の計器類)、フライトシュミレーター、ヘッドマウントディスプレイ、モーショントレース、モーショントラッキング、モーションコントローラー、PDR (歩行者位置方位計測) 等が挙げられる。

【0126】

### 3. 移動体

図 17 は、本実施形態の移動体の一例を示す図 (上面図) である。図 17 に示す移動体 400 は、振動デバイス 410、エンジンシステム、ブレーキシステム、キーレスエントリーシステム等の各種の制御を行うコントローラー 420、430、440、バッテリー 450、バックアップ用バッテリー 460 を含んで構成されている。なお、本実施形態の移動体は、図 17 の構成要素 (各部) の一部を省略し、あるいは、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

【0127】

振動デバイス 410 は、不図示の振動片と発熱体とを備えており、発熱体で加熱された振動片の発振に基づく発振信号を発生させる。この発振信号は振動デバイス 410 からコントローラー 420、430、440 に出力される。

【0128】

バッテリー 450 は、振動デバイス 410 及びコントローラー 420、430、440 に電力を供給する。バックアップ用バッテリー 460 は、バッテリー 450 の出力電圧が

10

20

30

40

50

閾値よりも低下した時、振動デバイス 4 1 0 及びコントローラ 4 2 0 , 4 3 0 , 4 4 0 に電力を供給する。

【 0 1 2 9 】

振動デバイス 4 1 0 が備える発熱体として例えば上述した各実施形態の発熱用 IC 2 0 を適用し、あるいは、振動デバイス 4 1 0 として例えば上述した各実施形態の恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) 1 を適用することにより、信頼性の高い移動体を実現することができる。

【 0 1 3 0 】

このような移動体 4 0 0 としては種々の移動体が考えられ、例えば、自動車 ( 電気自動車も含む ) 、ジェット機やヘリコプター等の航空機、船舶、ロケット、人工衛星等が挙げられる。

10

【 0 1 3 1 】

本発明は本実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

【 0 1 3 2 】

例えば、上記各実施形態では、発熱用 IC 2 0 において、電源端子 V D 及び接地端子 V S として機能するパッド ( あるいは電極 ) 2 6 a , 2 6 b , 2 6 c , 2 6 d , 2 6 f , 2 6 g , 2 6 h , 2 6 i が振動片 2 の搭載領域から遠い同一辺領域に配置されているが、これに限られない。例えば、図 1 8 に示すように、電源端子 V D として機能するパッド ( あるいは電極 ) 2 6 n , 2 6 を同一辺領域 Y に配置し、接地端子 V S として機能するパッド ( あるいは電極 ) 2 6 p , 2 6 q を同一辺領域 Y と直交する同一辺領域 Z に配置し、スリット 2 3 等の高抵抗領域を設けることで、パッド ( あるいは電極 ) 2 6 n , 2 6 から拡散層 2 2 を介してパッド ( あるいは電極 ) 2 6 p , 2 6 q まで流れる電流がスリット 2 3 を迂回するようにしてもよい。この場合、パッド ( あるいは電極 ) 2 6 n , 2 6 , 2 6 p , 2 6 q の周辺は半導体基板 2 1 の表面において相対的に温度が低い領域となり、パッド ( あるいは電極 ) 2 6 n , 2 6 , 2 6 p , 2 6 q から最も遠い角に近い領域は相対的に温度が高い領域となる。従って、この相対的に温度が高い領域を振動片 2 の搭載領域とすることで振動片 2 を効率よく加熱することができる。

20

【 0 1 3 3 】

例えば、上記各実施形態では、電源端子 V D として機能するパッド ( あるいは電極 ) 2 6 a あるいは 2 6 i と接地端子 V S として機能するパッド ( あるいは電極 ) 2 6 b あるいは 2 6 h との間に抵抗率の高い領域としてスリット 2 3 a あるいは 2 3 b 若しくは MOS トランジスタを配置することで、抵抗率の高い領域を迂回するように拡散抵抗層に電流を流しているが、スリットや MOS トランジスタに代えて、半導体基板 2 1 の表面に溝を形成することで抵抗率の高い領域を実現してもよい。

30

【 0 1 3 4 】

上述した実施形態および変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。例えば、各実施形態および各変形例を適宜組み合わせることも可能である。

【 0 1 3 5 】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成 ( 例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成 ) を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

40

【 符号の説明 】

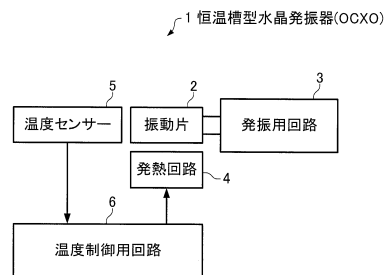
【 0 1 3 6 】

1 恒温槽型水晶発振器 ( O C X O ) 、 2 振動片、 3 発振用回路、 4 発熱回路、 5 温度センサー、 6 温度制御用回路、 1 0 パッケージ、 1 1 リッド、 1 2 ボンディングワイヤー、 1 3 導電性部材、 1 4 抵抗、 1 5 MOS トランジスタ、 1 6

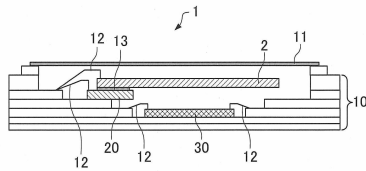
50

ダイオード、１７ バイポーラトランジスタ、２０ 発熱用ＩＣ、２１ 半導体基板、  
 ２２ 拡散層、２３，２３ａ，２３ｂ スリット、２４ 絶縁層、２５ａ，２５ｂ ピア、  
 ２６ａ～２６ｌ，２６ｎ～２６ｑ パッド（電極）、２７ 表面保護膜、２８ Ｐｏｌｙ  
 配線、２９ シリサイド、３０ 発振用ＩＣ、４０ａ Ｐｏｌｙ 配線、４１ａ～４１ｌ  
 パッド、４１ｍ 配線、３００ 電子機器、３１０ 振動デバイス、３１２ 振動片、  
 ３１４ 発熱体、３２０ ＣＰＵ、３３０ 操作部、３４０ ＲＯＭ、３５０ ＲＡＭ、  
 ３６０ 通信部、３７０ 表示部、４００ 移動体、４１０ 振動デバイス、４２０，４  
 ３０，４４０ コントローラ、４５０ バッテリー、４６０ バックアップ用バッテリ  
 ー

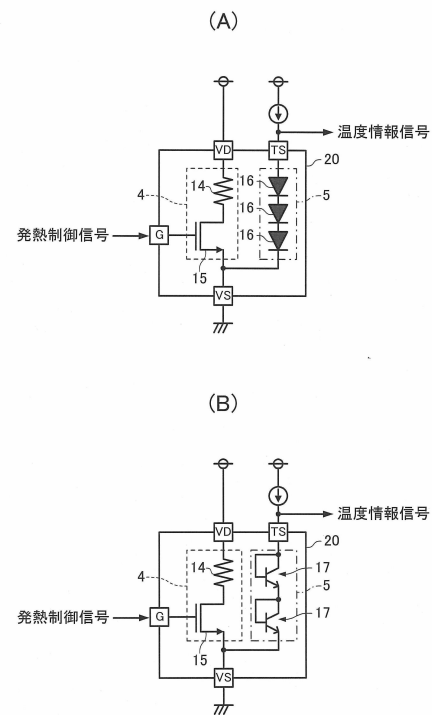
【図１】



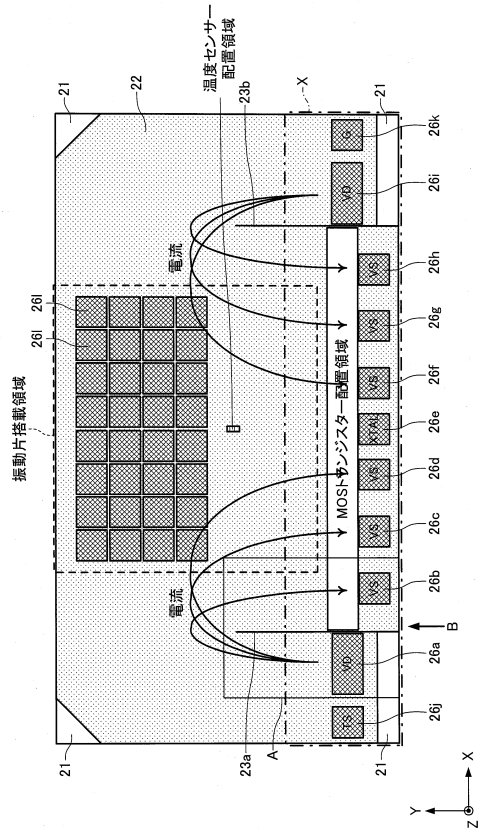
【図２】



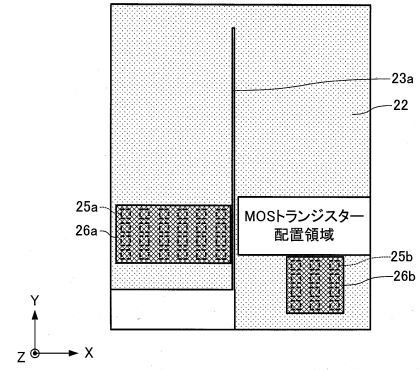
【図３】



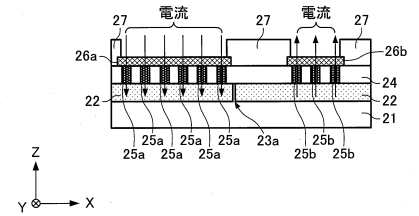
【図 4】



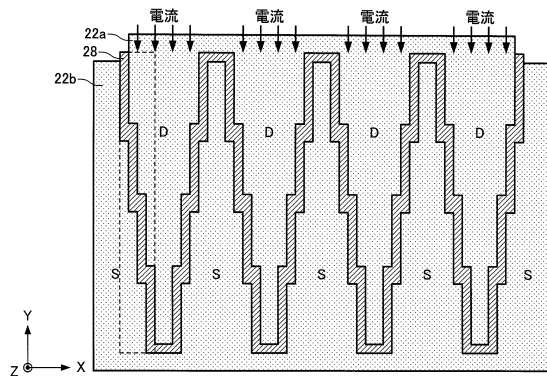
【図 5】



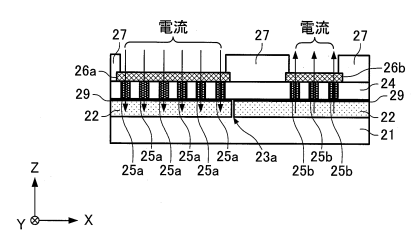
【図 6】



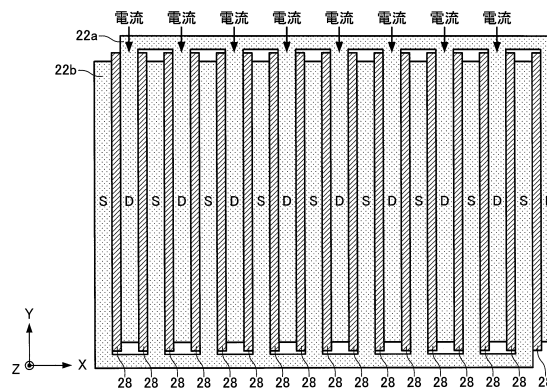
【図 7】



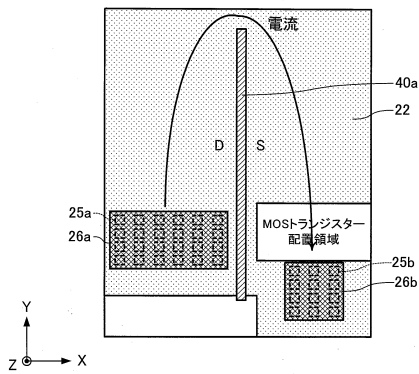
【図 9】



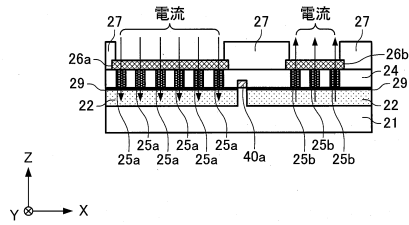
【図 8】



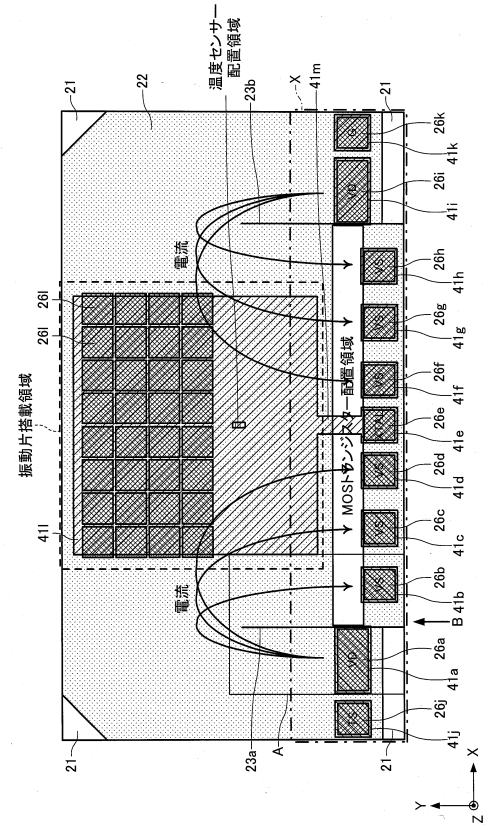
【図 10】



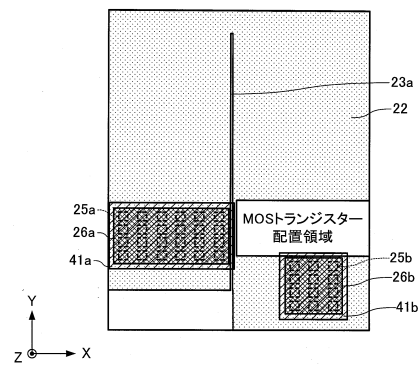
【図 1 1】



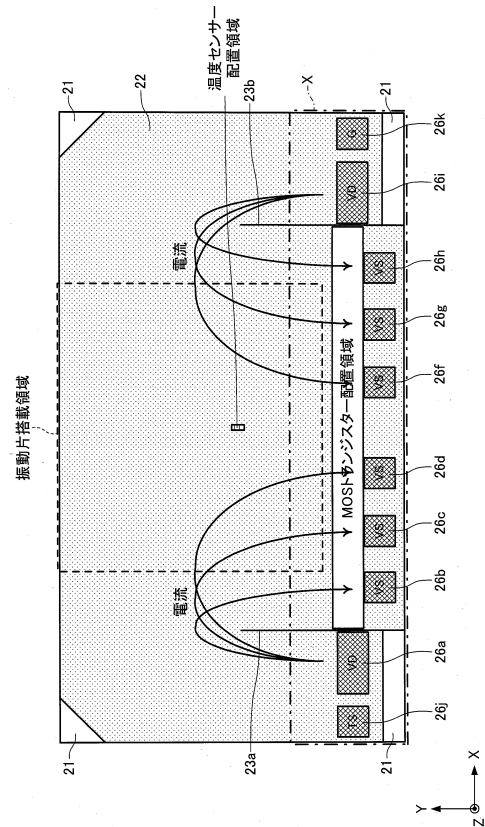
【図 1 2】



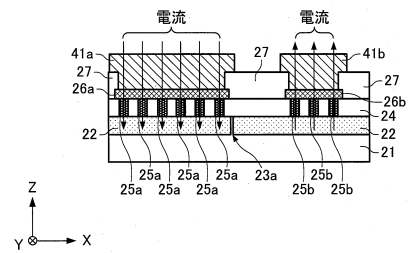
【図 1 3】



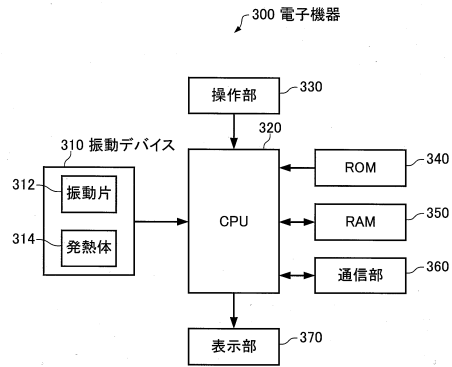
【図 1 5】



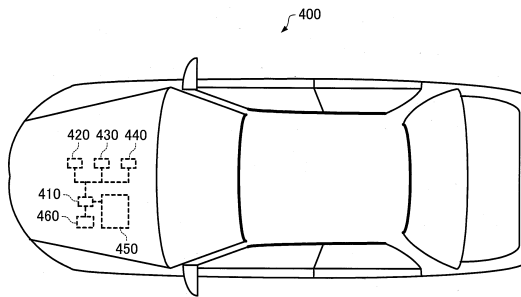
【図 1 4】



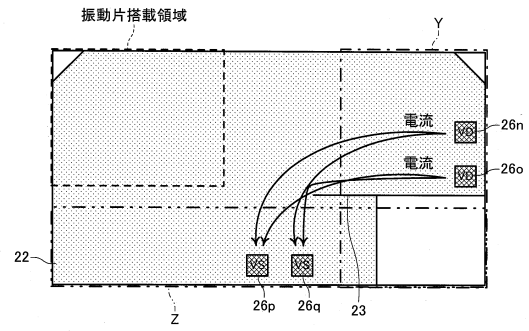
【図 16】



【図 17】



【図 18】



---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
<i>H 0 1 L</i>	<i>21/768</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 5 B</i> 1/00
<i>H 0 1 L</i>	<i>23/522</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>B 8 1 B</i> 3/00
<i>H 0 5 B</i>	<i>1/00</i>	<i>(2006.01)</i>	
<i>B 8 1 B</i>	<i>3/00</i>	<i>(2006.01)</i>	

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 3 / 1 6 8 3 3 2 ( W O , A 1 )  
 特開 2 0 0 7 - 2 4 2 4 4 5 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 2 - 0 1 6 0 6 5 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 0 - 2 1 3 2 8 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

<i>H 0 5 B</i>	<i>3 / 0 2</i>
<i>B 8 1 B</i>	<i>3 / 0 0</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>2 1 / 3 2 0 5</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>2 1 / 7 6 8</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>2 1 / 8 2 2</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>2 3 / 5 2 2</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>2 7 / 0 4</i>
<i>H 0 3 B</i>	<i>5 / 3 2</i>
<i>H 0 5 B</i>	<i>1 / 0 0</i>