

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7164282号

(P7164282)

(45)発行日 令和4年11月1日(2022.11.1)

(24)登録日 令和4年10月24日(2022.10.24)

(51)国際特許分類

G 0 1 F 1/684(2006.01)

F I

G 0 1 F

1/684

A

請求項の数 10 (全24頁)

(21)出願番号	特願2022-505781(P2022-505781)	(73)特許権者	509186579
(86)(22)出願日	令和2年12月25日(2020.12.25)		日立Astemo株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/048699		茨城県ひたちなか市高場2520番地
(87)国際公開番号	WO2021/181827	(74)代理人	110002572弁理士法人平木国際特許事務所
(87)国際公開日	令和3年9月16日(2021.9.16)		
審査請求日	令和4年8月1日(2022.8.1)	(72)発明者	ファティン ファハナー ビンティ ハリダン
(31)優先権主張番号	特願2020-40656(P2020-40656)		茨城県ひたちなか市高場2520番地
(32)優先日	令和2年3月10日(2020.3.10)		日立Astemo株式会社内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	阿部 博幸
			茨城県ひたちなか市高場2520番地
			日立Astemo株式会社内
		(72)発明者	余語 孝之
			茨城県ひたちなか市高場2520番地
			日立Astemo株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 空気流量測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

リードフレームと、

該リードフレームに実装され、検出部を有する空気流量測定素子と、

少なくとも前記検出部が露出するように、前記リードフレームと前記空気流量測定素子とを封止する封止樹脂部材と、を有する樹脂封止パッケージを備える空気流量測定装置において、

前記空気流量測定素子の前記封止樹脂部材から露出する露出部の曲率半径 が 2 . 1 3 以下である空気流量測定装置。

【請求項2】

前記封止樹脂部材の硬化収縮率 は、 0 . 1 8 % 以上である請求項1に記載の空気流量測定装置。

【請求項3】

前記封止樹脂部材は、一对の通路壁と前記検出部が露出する底壁とを有する凹溝状の通路を有しており、

前記樹脂封止パッケージの前記通路を形成する前記一对の通路壁が前記空気流量測定素子の両側の縁を覆っている請求項1又は2に記載の空気流量測定装置。

【請求項4】

前記封止樹脂部材の前記リードフレームよりもセンサ素子側の最大厚み h_3 は、前記封止樹脂部材の前記リードフレームよりも裏面側の最大厚み h_1 の 2 倍以上である請求項3

に記載の空気流量測定装置。

【請求項 5】

前記リードフレームは、前記検出部を前記空気流量測定素子の表面に垂直な方向で前記リードフレームに投影した領域に孔が形成されており、

前記リードフレームの裏面側に前記孔を覆うようにテープが張り付けられている請求項 4 に記載の空気流量測定装置。

【請求項 6】

前記テープの一部が露出するように前記封止樹脂部材は開口部を有している請求項 5 に記載の空気流量測定装置。

【請求項 7】

前記開口部は、前記リードフレームから離れるほど開口径が大きくなる円錐台形状である請求項 6 に記載の空気流量測定装置。

【請求項 8】

前記通路壁は、前記検出部に近づくにつれて前記通路の開口面積が徐々に狭まる絞り形状を備える請求項 3 から請求項 7 の何れか一項に記載の空気流量測定装置。

【請求項 9】

空気流量測定素子と該空気流量測定素子を実装されたリードフレームとを金型にセットし、封止樹脂部材のモールド樹脂を金型に流し込み熱硬化させることで樹脂封止パッケージを製造する方法であって、

前記封止樹脂部材の硬化収縮率が 0.18% 以上となるように樹脂封止することを特徴とする樹脂封止パッケージの製造方法。

【請求項 10】

前記空気流量測定素子の前記封止樹脂部材から露出している露出部の曲率半径が 2.13 以下となるように樹脂封止することを特徴とする請求項 9 に記載の樹脂封止パッケージの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば自動車の内燃機関に吸入される空気の流量を測定する空気流量測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

このような空気流量測定装置として、例えば特許文献 1 に記載の技術がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2013-120103 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載の空気流量測定装置では、空気流量測定素子と空気流量測定素子を実装されているリードフレームとの線膨張係数が異なっているので、合成樹脂で空気流量測定素子およびリードフレームを封止して樹脂封止パッケージを形成する際に、薄膜部である薄膜部に対して合成樹脂の熱収縮による応力が作用し、薄膜部が空洞部から突出する方向に反ってしまう可能性があるという問題があった。薄膜部に反りが発生すると、空気の流量を精度よく測定することが困難という課題があった。

【0005】

一方で、薄膜部の反りを緩和するために、空気流量測定素子とリードフレームとの間に空気流測定素子と線膨張係数が近いガラスプレートやシリコンプレートなどの中間部材を設けた場合、部品点数および組立工数の増加により、空気流量測定装置のコストが増大し

10

20

30

40

50

てしまうとともに、中間部材分の厚みが増大してしまうという課題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、空気流測定素子をリードフレームに実装し、空気流量測定素子およびリードフレームを封止する樹脂封止パッケージを形成する場合に、薄膜部に反りが発生するのを抑制して空気の流量を精確に測定することができる空気流量測定装置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】

【 0 0 0 7 】

本発明に係る空気流量測定装置は、リードフレームと、該リードフレームに実装され、検出部を有する空気流量測定素子と、少なくとも前記検出部が露出するように、前記リードフレームと前記空気流量測定素子とを封止する封止樹脂部材と、を有する樹脂封止パッケージを備える空気流量測定装置において、前記空気流量測定素子の前記封止樹脂部材から露出する露出部の曲率半径が 2.13 以下であることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、空気流測定素子をリードフレームに実装し空気流量測定素子およびリードフレームを封止する樹脂封止パッケージを形成する場合に、薄膜部に反りが発生するのを抑制して空気の流量を精確に測定することができる空気流量測定装置を提供することができる。

【 0 0 0 9 】

20

本発明に関連する更なる特徴は、本明細書の記述、添付図面から明らかになるものである。また、上記した以外の、課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】空気流量測定装置が使用される内燃機関の構成図。

【図 2】空気流量測定装置の構成を説明する図であり、図 2 (a) は、上面図、図 2 (b) および図 2 (d) は、側面図、図 2 (c) は、正面図。

【図 3】ハウジングの正面図。

【図 4】樹脂封止パッケージの構成を説明する図であり、図 4 (a) は、斜視図、図 4 (b) は、図 4 (a) の A - A 断面を示す断面図。

30

【図 5】樹脂封止パッケージの断面の一部を拡大した拡大断面図。

【図 6】パッケージの曲げ応力のメカニズムを説明する説明図であり、図 6 (a) は、薄膜部が凸状態の素子の断面図を示し、図 6 (b) は、薄膜部が凹状態の素子の断面図、図 6 (c) は、メカニズムを説明するための計算式の各記号を示す表。

【図 7】モールド樹脂の熱収縮により素子およびリードフレームに作用する力を説明する図。

【図 8】薄膜部の反り量を説明する図であり、図 8 (a) は、樹脂封止パッケージの断面を模式的に示す図、図 8 (b) は、樹脂封止パッケージの斜視図、図 8 (c) は、薄膜部の断面を模式的に示す図、図 8 (d) は、素子の縦方向および横方向の測定を説明する説明図。

40

【図 9】素子の縦方向と横方向の薄膜部の反り量を表すグラフと、横方向の反り量と距離との関係を表すグラフおよび縦方向の反り量と距離との関係を表すグラフをそれぞれ示す図。

【図 10】樹脂の硬化収縮率と反り量との関係を示すグラフであり、図 10 (a) は、樹脂の硬化収縮率と薄膜部の反り量との関係を示す図、図 10 (b) は、樹脂の硬化収縮率とパッケージの反り量および薄膜部の反り量との関係を示す図。

【図 11】樹脂封止パッケージの硬化収縮率に応じた反り量を説明する説明図であり、図 11 (a) は、硬化収縮率が 0.09% の場合を示す図、図 11 (b) は、硬化収縮率が 0.3% の場合を示す図。

50

【図 1 2】樹脂封止パッケージの各項目と記号、および各項目に対する薄膜部の異なる複数の厚みを説明する説明図。

【図 1 3】樹脂の硬化収縮率と薄膜部の反り量との関係、曲率と薄膜部の反り量との関係、曲率半径と薄膜部の反り量との関係、上型樹脂と下側樹脂との比率と薄膜部反り量との関係をそれぞれ表すグラフ。

【図 1 4】素子の曲率半径と薄膜部の反り量を説明する説明図。

【0011】

以下に説明する、発明を実施するための形態（以下、実施形態）は、実際の製品として要望されている種々の課題を解決しており、特に空気の流量を測定する空気流量測定装置として使用するために望ましい色々な課題を解決し、種々の効果を奏している。下記実施形態が解決している色々な課題の内の一つが、上述した発明が解決しようとする課題の欄に記載した内容であり、また下記実施形態が奏する種々の効果のうちの1つが、発明の効果の欄に記載された効果である。下記実施形態が解決している色々な課題について、さらに下記実施形態により奏される種々の効果について、下記実施形態の説明の中で述べる。したがって、下記実施形態の中で述べる、実施形態が解決している課題や効果は、発明が解決しようとする課題の欄や発明の効果の欄の内容以外の内容についても記載されている。

【0012】

以下の実施形態で、同一の参照符号は、図番が異なっても同一の構成を示しており、同じ作用効果を成す。既に説明済みの構成について、図に参照符号のみを付し、説明を省略する場合がある。

【0013】

本発明に係る空気流量測定装置を電子燃料噴射方式の内燃機関制御システム1に適用した実施形態に係る空気流量測定装置20について図面を参照して説明する。内燃機関制御システム1は、図1に示すように、エンジンシリンダ11とエンジンピストン12を備える内燃機関10の動作に基づき、吸入空気2がエアクリーナ21から吸入され、主通路22aを有する吸気ボディ22と、スロットルボディ23と、吸気マニホールド24を介してエンジンシリンダ11の燃焼室に導かれる。燃焼室に導かれる吸入空気2の流量は、本発明に係る空気流量測定装置20で検出され、その検出された流量に基づいて燃料噴射弁14より燃料が供給され、吸入空気2と共に混合気の状態では燃焼室に導かれる。なお、本実施形態では、燃料噴射弁14は内燃機関の吸気ポートに設けられ、吸気ポートに噴射された燃料が吸入空気2と共に混合気を形成し、吸気弁15を介して燃焼室に導かれ、燃焼して機械エネルギーを発生する。

【0014】

燃焼室に導かれた燃料および吸入空気2は、燃料と吸入空気2との混合状態を成しており、点火プラグ13の火花着火により、爆発的に燃焼し、機械エネルギーを発生する。燃焼後の気体は排気弁16から排気管に導かれ、排気ガス3として排気管から車外に排出される。燃焼室に導かれる吸入空気2の流量は、アクセルペダルの操作に基づいてその開度が変化するスロットルバルブ25により制御される。燃焼室に導かれる吸入空気の流量に基づいて燃料供給量が制御され、運転者はスロットルバルブ25の開度を制御して燃焼室に導かれる吸入空気の流量を制御することにより、内燃機関が発生する機械エネルギーを制御することができる。

【0015】

エアクリーナ21から取り込まれ主通路22aを流れる吸入空気2の流量、温度、湿度、圧力が空気流量測定装置20により検出され、空気流量測定装置20から吸入空気2の流量を表す信号が制御装置4に送信される。また、スロットルバルブ25の開度を検出するスロットル角度センサ26の信号が制御装置4に送信され、さらに内燃機関のエンジンピストン12や吸気弁15や排気弁16の位置や状態、さらに内燃機関の回転速度を測定するために、回転角度センサ17の信号が、制御装置4に送信される。排気ガス3の状態から燃料量と空気量との混合比の状態を測定するために、酸素センサ28の信号が制御装置4に送信される。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

制御装置 4 は、空気流量測定装置 2 0 の出力である吸入空気 2 の流量と、回転角度センサ 1 7 の出力および検出された内燃機関の回転速度とに基づいて、燃料噴射量や点火時期を演算する。これら演算結果に基づいて、燃料噴射弁 1 4 から供給される燃料量、また点火プラグ 1 3 により点火される点火時期が制御される。燃料供給量や点火時期は、実際にはさらに空気流量測定装置 2 0 で検出される温度やスロットル角度の変化状態、エンジン回転速度の変化状態、酸素センサ 2 8 で検出された空燃比の状態に基づいて、きめ細かく制御されている。制御装置 4 は、さらに内燃機関のアイドル運転状態において、スロットルバルブ 2 5 をバイパスする空気量をアイドルエアコントロールバルブ 2 7 により制御し、アイドル運転状態での内燃機関の回転速度を制御する。

10

【 0 0 1 7 】

内燃機関の主要な制御量である燃料供給量や点火時期はいずれも空気流量測定装置 2 0 の出力を主パラメータとして演算される。したがって、空気流量測定装置 2 0 の検出精度の向上や、経時変化の抑制、信頼性の向上が、車両の制御精度の向上や信頼性の確保に関して重要である。

【 0 0 1 8 】

特に近年、車両の省燃費に関する要望が非常に高く、また排気ガス浄化に関する要望が非常に高い。これらの要望に応えるには、空気流量測定装置 2 0 により検出される吸入空気の流量の測定精度の向上が極めて重要である。また、空気流量測定装置 2 0 が高い信頼性を維持していることも大切である。

20

【 0 0 1 9 】

空気流量測定装置 2 0 が搭載される車両は、温度や湿度の変化が大きい環境で使用される。空気流量測定装置 2 0 は、その使用環境における温度や湿度の変化への対応や、塵埃や汚染物質などへの対応も、考慮されていることが望ましい。

【 0 0 2 0 】

また、空気流量測定装置 2 0 は、内燃機関からの発熱の影響を受ける吸気管に装着される。このため、内燃機関の発熱が吸気管を介して空気流量測定装置 2 0 に伝わる。空気流量測定装置 2 0 は、吸入空気 2 と熱伝達を行うことにより吸入空気 2 の流量を測定するので、外部からの熱の影響をできるだけ抑制することが重要である。

【 0 0 2 1 】

30

車に搭載される空気流量測定装置 2 0 は、以下で説明するように、単に発明が解決しようとする課題の欄に記載された課題を解決し、発明の効果の欄に記載された効果を奏するのみでなく、以下で説明するように、上述した色々な課題を十分に考慮し、製品として求められている色々な課題を解決し、色々な効果を奏している。空気流量測定装置 2 0 が解決する具体的な課題や奏する具体的な効果は、以下の実施形態の記載の中で説明する。

【 0 0 2 2 】

< 空気流量測定装置の全体構成 > 空気流量測定装置 2 0 は、図 1、図 2 (a)、図 2 (b)、図 2 (c) および図 2 (d) に示すように、ハウジング 1 0 0 と、カバー 2 0 0 と、チップパッケージ 3 0 0 とを有している。空気流量測定装置 2 0 は、吸気ボディ 2 2 の通路壁に設けられた取り付け孔から主通路 2 2 a の内部に挿入して吸気ボディ 2 2 に固定された状態で使用される。

40

【 0 0 2 3 】

ハウジング 1 0 0 は、図 3 に示すように、例えば合成樹脂製材料を射出成形することによって構成されており、空気流量測定装置 2 0 を吸気ボディ 2 2 に固定するためのフランジ 1 1 1 と、フランジ 1 1 1 から突出して外部機器との電気的な接続を行うために吸気ボディ 2 2 から外部に露出するコネクタ 1 1 2 と、フランジ 1 1 1 から主通路 2 2 a の中心に向かって突出するように延びる計測部 1 1 3 を有している。

【 0 0 2 4 】

計測部 1 1 3 は、図 2 (b)、図 2 (c) および図 2 (d) に示すように、フランジ 1 1 1 から真っ直ぐ延びる薄くて長い形状を成し、幅広な正面 1 2 1 と背面 1 2 2、および

50

幅狭な一对の側面 1 2 3、1 2 4 を有している。計測部 1 1 3 は、空気流量測定装置 2 0 を吸気ボディ 2 2 に取り付けられた状態で、吸気ボディ 2 2 の内壁から主通路 2 2 a の通路中心に向かって突出する。そして、正面 1 2 1 と背面 1 2 2 が主通路 2 2 a の中心軸に沿って平行に配置され、計測部 1 1 3 の幅狭な側面 1 2 3、1 2 4 のうち計測部 1 1 3 の長手方向一方側の側面 1 2 3 が主通路 2 2 a の上流側に対向配置され、計測部 1 1 3 の短手方向他方側の側面 1 2 4 が主通路 2 2 a の下流側に対向配置される。空気流量測定装置 2 0 を吸気ボディ 2 2 に取り付けられた状態で、計測部 1 1 3 の先端部を下面 1 2 5 とする。

【 0 0 2 5 】

計測部 1 1 3 は、側面 1 2 3 に副通路入口 1 3 1 が設けられ、側面 1 2 4 に第 1 出口 1 3 2 および第 2 出口 1 3 3 が設けられている。副通路入口 1 3 1 と第 1 出口 1 3 2 および第 2 出口 1 3 3 は、フランジ 1 1 1 から主通路 2 2 a の中心方向に向かって延びる計測部 1 1 3 の先端部に設けられている。したがって、吸気ボディ 2 2 の内壁面から離れた中央部に近い部分の気体を副通路に取り込むことができる。このため、空気流量測定装置 2 0 は、吸気ボディ 2 2 の内壁面から離れた部分の気体の流量を測定することができ、熱などの影響による計測精度の低下を抑制できる。

【 0 0 2 6 】

空気流量測定装置 2 0 は、計測部 1 1 3 が吸気ボディ 2 2 の外壁から中央に向かう軸に沿って長く伸びる形状を成しているが、側面 1 2 3、1 2 4 の幅は、図 2 (d) に示すように、比較的狭い形状を成している。これにより、空気流量測定装置 2 0 は、吸入空気 2 に対しては流体抵抗を小さい値に抑えることができる。

【 0 0 2 7 】

計測部 1 1 3 は、吸気ボディ 2 2 に設けられた取り付け孔から内部に挿入され、フランジ 1 1 1 が吸気ボディ 2 2 に当接され、ねじで吸気ボディ 2 2 に固定される。フランジ 1 1 1 は、所定の板厚からなる平面視略矩形状を有しており、図 2 (a) に示すように、対角線上の角部には固定穴部 1 4 1 が対をなして設けられている。固定穴部 1 4 1 は、フランジ 1 1 1 を貫通する貫通孔 1 4 2 を有している。フランジ 1 1 1 は、固定穴部 1 4 1 の貫通孔 1 4 2 に、図示しない固定ネジが挿入されて吸気ボディ 2 2 のネジ穴にねじ結合されることにより吸気ボディ 2 2 に固定される。

【 0 0 2 8 】

コネクタ 1 1 2 は、図 2 (a) に示すように、その内部に 4 本の外部端子 1 4 7 と補正用端子 1 4 8 が設けられている。外部端子 1 4 7 は、空気流量測定装置 2 0 の計測結果である流量や温度などの物理量を出力するための端子および空気流量測定装置 2 0 が動作するための直流電力を供給するための電源端子である。

【 0 0 2 9 】

補正用端子 1 4 8 は、生産された空気流量測定装置 2 0 の計測を行い、それぞれの空気流量測定装置 2 0 に関する補正值を求めて、空気流量測定装置 2 0 内部のメモリに補正值を記憶するのに使用する端子であり、その後の空気流量測定装置 2 0 の計測動作では上述のメモリに記憶された補正值を表す補正データが使用され、この補正用端子 1 4 8 は使用されない。

【 0 0 3 0 】

したがって、外部端子 1 4 7 と他の外部機器との接続において、補正用端子 1 4 8 が邪魔にならないように、補正用端子 1 4 8 は、外部端子 1 4 7 とは異なる形状をしている。この実施形態では外部端子 1 4 7 より補正用端子 1 4 8 が短い形状をしており、外部端子 1 4 7 に接続される外部機器の接続端子がコネクタ 1 1 2 に挿入されても、接続の障害にならないように構成されている。

【 0 0 3 1 】

なお、以下の説明では、図 3 に示すように、フランジ 1 1 1 から計測部 1 1 3 が延びる方向である計測部 1 1 3 の長手方向を Z 軸、計測部 1 1 3 の副通路入口 1 3 1 から第 1 出口 1 3 2 に向かって延びる方向である計測部 1 1 3 の短手方向を X 軸、計測部 1 1 3 の正面 1 2 1 から背面 1 2 2 に向かう方向である計測部 1 1 3 の厚さ方向を Y 軸と称する場合

10

20

30

40

50

がある。

【 0 0 3 2 】

ハウジング 1 0 0 には、副通路 1 3 4 を形成するための副通路溝 1 5 0 と、回路基板 3 1 1 を収容するための回路室 1 3 5 が設けられている。回路室 1 3 5 と副通路溝 1 5 0 は、計測部 1 1 3 の正面に形成されている。回路室 1 3 5 は、吸入空気 2 の流れ方向上流側の位置となる X 軸方向一方側（側面 1 2 3 側）の領域に設けられている。そして、副通路溝 1 5 0 は、回路室 1 3 5 よりも計測部 1 1 3 の Z 軸方向先端側（下面 1 2 5 側）の領域と、回路室 1 3 5 よりも吸入空気 2 の流れ方向下流側の位置となる X 軸方向他方側（側面 1 2 4 側）の領域に亘って設けられている。

【 0 0 3 3 】

副通路溝 1 5 0 は、カバー 2 0 0 によって覆われることにより副通路 1 3 4 を形成する。副通路溝 1 5 0 は、第 1 副通路溝 1 5 1 と、第 1 副通路溝 1 5 1 の途中で分岐する第 2 副通路溝 1 5 2 とを有している。第 1 副通路溝 1 5 1 は、計測部 1 1 3 の一方側の側面 1 2 3 に開口する副通路入口 1 3 1 と、計測部 1 1 3 の他方側の側面 1 2 4 に開口する第 1 出口 1 3 2 との間に亘って、計測部 1 1 3 の X 軸方向に沿って延在するように形成されている。第 1 副通路溝 1 5 1 は、吸入空気 2 を副通路入口 1 3 1 から取り込み、その取り込んだ吸入空気 2 を第 1 出口 1 3 2 から主通路 2 2 a に戻す第 1 副通路 A をカバー 2 0 0 との協働により形成する。第 1 副通路 A は、副通路入口 1 3 1 から主通路 2 2 a 内における吸入空気 2 の流れ方向に沿って延在し、第 1 出口 1 3 2 までつながる流路を有する。

【 0 0 3 4 】

第 2 副通路溝 1 5 2 は、第 1 副通路溝 1 5 1 の途中位置で分岐して計測部 1 1 3 の基端部側（フランジ側）に向かって屈曲され、計測部 1 1 3 の Z 軸方向に沿って延在する。そして、計測部 1 1 3 の基端部で計測部 1 1 3 の X 軸方向他方側（側面 1 2 4 側）に向かって折れ曲がり、計測部 1 1 3 の先端部に向かって U ターンし、再び計測部 1 1 3 の Z 軸方向に沿って延在する。そして、第 1 出口 1 3 2 の手前で計測部 1 1 3 の X 軸方向他方側（側面 1 2 4 側）に向かって屈曲され、計測部 1 1 3 の側面 1 2 4 に開口する第 2 出口 1 3 3 に連続するように設けられている。第 2 出口 1 3 3 は、主通路 2 2 a における吸入空気 2 の流れ方向下流側に向かって対向配置される。第 2 出口 1 3 3 は、第 1 出口 1 3 2 とほぼ同等若しくは若干大きい開口面積を有しており、第 1 出口 1 3 2 よりも計測部 1 1 3 の長手方向基端部側に隣接した位置に形成されている。

【 0 0 3 5 】

第 2 副通路溝 1 5 2 は、第 1 副通路 A から分岐されて流れ込んだ吸入空気 2 を通過させて第 2 出口 1 3 3 から主通路 2 2 a に戻す第 2 副通路 B をカバー 2 0 0 との協働により形成する。第 2 副通路 B は、計測部 1 1 3 の Z 軸方向に沿って往復する流路を有する。つまり、第 2 副通路 B は、第 1 副通路 A の途中で分岐して、計測部 1 1 3 の基端部側（第 1 副通路 A から離れる方向）に向かって延在する往通路部 B 1 と、計測部 1 1 3 の基端部側（離反通路部の端部）で折り返されて U ターンし、計測部 1 1 3 の先端部側（第 1 副通路 A に接近する方向）に向かって延在する復通路部 B 2 を有している。復通路部 B 2 は、副通路入口 1 3 1 よりも主通路 2 2 a 内における吸入空気 2 の流れ方向下流側の位置において吸入空気 2 の流れ方向下流側に向かって開口する第 2 出口 1 3 3 につながる。

【 0 0 3 6 】

第 2 副通路 B は、往通路部 B 1 の途中位置に後述するチップパッケージ 3 0 0 が配置されている。第 2 副通路 B は、計測部 1 1 3 の長手方向に沿って延在して往復するように通路が形成されているので、通路長さをより長く確保することができ、主通路 2 2 a 内に脈動が生じた場合に、チップパッケージ 3 0 0 への影響を小さくすることができる。

【 0 0 3 7 】

カバー 2 0 0 は、ハウジング 1 0 0 と同様に、合成樹脂材料の射出成形品によって形成されおり、ハウジング 1 0 0 を覆うようにしてハウジング 1 0 0 の側面に取り付けられている。カバー 2 0 0 は、例えば、アルミニウム合金などの金属材料で、ロストワックスやダイカストなどの精密鑄造によって形成されていてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

チップパッケージ 3 0 0 は、図 4 (a)、図 4 (b) および図 5 に示すように、空気流量測定素子 (以下、単に素子という。) 3 0 1 と、リードフレーム 3 0 2 と、封止樹脂部材 3 0 3 と、ポリイミドテープ 3 0 4 と、ダイアタッチフィルム (以下、 D A F という。) 3 0 5 とにより構成されている。チップパッケージ 3 0 0 は、素子 3 0 1 と素子 3 0 1 が実装されたリードフレーム 3 0 2 とを金型にセットし、モールド樹脂を金型に流し込み熱硬化させることによって製造される。

【 0 0 3 9 】

チップパッケージ 3 0 0 は、平面視略矩形の平板形状を有する封止樹脂部材 3 0 3 を有している。封止樹脂部材 3 0 3 は、ハウジング 1 0 0 の回路室 1 3 5 に配置される長手方向一方側の基端部と、ハウジング 1 0 0 の第 2 副通路 B に配置される長手方向他方側の先端部とを有している。封止樹脂部材 3 0 3 の基端部には、複数本の端子部 T が短手方向に沿って互いに離反する方向に向かって突出するように配置されている。そして、封止樹脂部材 3 0 3 の先端部には、短手方向に沿って延在するように凹溝が凹設されている。凹溝は、封止樹脂部材 3 0 3 の先端部の表面に設けられており、吸入空気 2 が流れる通路 K t を形成する。封止樹脂部材 3 0 3 の先端部は、図 3 に示すハウジング 1 0 0 の第 2 副通路 B を形成する往通路部 B 1 と復通路部 B 2 のうち、往通路部 B 1 に配置されている。チップパッケージ 3 0 0 は、第 2 副通路 B 内を流れる吸入空気 2 の流量を測定し、制御装置 4 に測定結果の信号を送信する。

【 0 0 4 0 】

素子 3 0 1 は、図 5 に示すように、基板となる素子本体 4 0 1 を有している。素子本体 4 0 1 は、平坦な板状部材によって構成されており、裏面との間に設けられた D A F 3 0 5 によりリードフレーム 3 0 2 に接合されている。素子本体 4 0 1 の表面は、検出部として封止樹脂部材 3 0 3 から露出している。素子本体 4 0 1 は、裏面に開口するように開口 K d が形成されており、素子本体 4 0 1 の表面側で開口 K d を塞ぐように薄膜部 4 0 2 が形成されている。薄膜部 4 0 2 は、被計測媒体の主流れ方向に配列した第 1 の温度差センサ 4 0 7、第 1 のヒータ温度センサ 4 0 5、ヒータ 4 0 4、第 2 のヒータ温度センサ 4 0 6、第 2 の温度差センサ 4 0 8 を備えており、被計測媒体の流量を検出するための検出部である。配列方向を横方向 (短手方向)、配列方向に垂直な方向を縦方向 (長手方向) と以下表現する。素子 3 0 1 は、素子本体 4 0 1 の表面に、検出部である薄膜部 4 0 2 と、薄膜部 4 0 2 の周囲に連続して広がる周辺領域部 4 0 3 とを有している。

【 0 0 4 1 】

薄膜部 4 0 2 は、例えば厚さ数 μm 未満の薄膜で構成されており、封止樹脂部材 3 0 3 の通路 K t に露出している。薄膜部 4 0 2 には、図 8 (c) に示すように、第 1 の温度差センサ 4 0 7、第 1 のヒータ温度センサ 4 0 5、ヒータ 4 0 4、第 2 のヒータ温度センサ 4 0 6 及び第 2 の温度差センサ 4 0 8 が形成されており、薄膜部 4 0 2 より上側の周囲には P I Q 層 4 0 9 が形成されている。薄膜部 4 0 2 は、薄膜部 4 0 2 の面に沿った方向の温度分布に基づいて薄膜部 4 0 2 の表面を流れる吸入空気 2 の流量を測定することができる。素子本体 4 0 1 は、薄膜部 4 0 2 の裏面側に、薄膜部 4 0 2 の裏面から離れるほど開口径が大きくなる円錐台形状の開口 K d が形成されている。

【 0 0 4 2 】

素子 3 0 1 は、封止樹脂部材 3 0 3 によりモールドされる前の単体の状態では、素子本体 4 0 1 の表面および裏面が、湾曲のない平坦な面形状を有している。素子 3 0 1 は、封止樹脂部材 3 0 3 によってリードフレーム 3 0 2 とともにモールドされると、封止樹脂部材 3 0 3 およびリードフレーム 3 0 2 との間における樹脂の収縮により曲げ応力が発生する。モールド成型される際に、粘性流体から硬化する過程において封止樹脂部材 3 0 3 の分子間の架橋密度や体積収縮の変化が生じるため、硬化後には体積が減少している。

【 0 0 4 3 】

したがって、成型収縮率とは、金型に注入された封止樹脂部材が冷却された後に体積が収縮することであり、一般に収縮した比率 (以下、収縮率という。) は下記式 (2) によ

10

20

30

40

50

り定義される。

【数 1】

$$\text{成型収縮率 (\%)} = \frac{\text{成型直後の体積} - \text{成型冷却後の体積}}{\text{成型直後の体積}} \times 100 \quad \cdots \text{式(2)}$$

【0044】

また、金型条件及び封止樹脂部材 303 の試験片条件に伴う JIS K 6911 規格によっても、下記式(3)で表される。室温での金型の寸法は D_1, D_2, D_3, D_4 、室温での成型物の寸法は d_1, d_2, d_3, d_4 とした際の測定部 4ヶ所によって平均化すると、封止樹脂部材 303 の収縮の比率が下記式(3)により求められる。

10

【数 2】

$$\text{成型収縮率 (\%)} = \frac{1}{4} \times \left[\frac{D_1 - d_1}{D_1} + \frac{D_2 - d_2}{D_2} + \frac{D_3 - d_3}{D_3} + \frac{D_4 - d_4}{D_4} \right] \quad \cdots \text{式(3)}$$

【0045】

なお、素子 301 は、封止樹脂部材 303 によってモールドされると、素子本体 401 の表面側が平坦状から凸状に突出して湾曲するように変形する。このように変形した場合に、素子 301 は、素子 301 の封止樹脂部材 303 から露出する露出部の曲率半径が 2.13 以下となる。より詳しくは、素子本体 401 の表面のうち、薄膜部 402 を含まない領域である周辺領域部 403 の曲率半径 (mm) が、0 以上であり、図 5 に示すように、チップパッケージ 300 の長手方向において 2.13 の関係を満たすように形成されている。図 5 に示すように、素子 301 の上面は、具体的には、素子 301 と素子 301 の上面を覆う封止樹脂部材 303 との境界部分となる。曲率半径は、下記式(1)で表される。

20

【数 3】

$$\frac{1}{\rho} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{h_1^3 + h_2^3 + h_3^3 + h_4^3 + h_5^3} (1 - \beta) \quad \cdots \text{式(1)}$$

【0046】

30

但し、式(1)中、図 5 に示すように、 h_1 (mm) は、リードフレーム 302 を間に介して素子 301 が設けられている封止樹脂部材 303 の表面側と、素子 301 と反対側となる封止樹脂部材の裏面側のうち、封止樹脂部材 303 のリードフレーム 302 よりも裏面側の厚み (以下、裏面樹脂部 S の厚みという。)、 h_2 (mm) は、リードフレーム 302 の厚み (mm)、 h_3 (mm) は、封止樹脂部材 303 のリードフレーム 302 よりも表面側の厚み (以下、表面樹脂部 U の厚みという。)、 h_4 (mm) は素子本体 401 の厚み、 h_5 (mm) は、薄膜部 402 の厚み、 $(\%)$ は、封止樹脂部材 303 の硬化収縮率をそれぞれ表している。

【0047】

40

なお、素子本体 401 の表面の周辺領域部 403 の曲率半径は、以下の方法で測定することができる。即ちチップパッケージ 300 を素子 301 の位置で切断することにより、切断面に現れる素子本体 401 の表面の曲率半径を測定することができる。また、レーザビームなどの光を利用した非接触変位測定法により、非破壊で曲率半径を測定することができる。また、3次元測定機 (3D スキャナーともいう。)により、素子本体 401 の表面の周辺領域部 403 を走査することによっても非破壊で曲率半径を測定することができる。

【0048】

曲率半径について、封止樹脂部材 303 の曲げ応力の一般式を用いて算出する。図 6 (c) に計算式の項目と、項目の各記号を示す。一般的な梁において、ヤング率 E 、断面二次モーメント I 、曲げモーメント M とし、 ρ は梁の曲率半径とすると、下記式 (a) が

50

求められる。

【数 4】

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \dots\dots (a)$$

図 6 (a) に示すように、薄膜部 4 0 2 が凸に変形する場合は、

【数 5】

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} < 0 \dots\dots (b)$$

10

となり、図 6 (b) に示すように、薄膜部 4 0 2 が凹に変形する場合は、

【数 6】

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} > 0 \dots\dots (c)$$

となる。実施形態の封止樹脂部材 3 0 3 となる積層体において、薄膜部 4 0 2 の反り量を決定させるのは、図 6 (c) に示す、 h_1 、 h_2 、 h_3 の複合バランスとなる。そこで、 $h_1 \sim h_5$ の見掛け上の反りを求める。

20

【 0 0 4 9】

さらに、樹脂の硬化収縮率を β とした場合に、 ρ は下記式 (d) の関係にある。

【数 7】

$$\frac{1}{\rho} \propto (1 - \beta) \dots\dots (d)$$

【 0 0 5 0】

この式 (d) から、式 (a) は、

【数 8】

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} (1 - \beta) \dots\dots (f)$$

30

となる。曲げモーメント M は、

【数 9】

$$M = \sum (h_i \times \alpha_i \times \Delta T)$$

$$= (h_1 + h_3) \alpha_1 \times \Delta T + h_2 \times \alpha_2 \times \Delta T + (h_4 + h_5) \alpha_3 \times \Delta T$$

$$= (h_1 \times \alpha_1 + h_2 \times \alpha_2 + h_3 \times \alpha_1 + h_4 \times \alpha_3 + h_5 \times \alpha_3)$$

$$= \Delta T \{ \alpha_1 (h_1 + h_3) + \alpha_2 (h_2) + (h_4 + h_5) \}$$

40

で表される。ここで、 M に掛かる E 、 I 、 T を無次元とすると、下記式 (g) が得られる。

【数 1 0】

$$EI \propto \sum (h_i) = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \dots\dots (g)$$

【 0 0 5 1】

また、下記式 (h) および式 (i) が得られる。

【数 1 1】

50

$$M \propto \sum \left(\frac{1}{12} h_i^3 \right) \dots\dots\dots (h)$$

$$EI \propto \sum (h_i^3) = h_1^3 + h_2^3 + h_3^3 + h_4^3 + h_5^3 \dots\dots\dots (i)$$

【 0 0 5 2 】

ここで、(h) (i) (f) とすると、下記式 (j) が得られる。

【 数 1 2 】

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} (1 - \beta) = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{h_1^3 + h_2^3 + h_3^3 + h_4^3 + h_5^3} (1 - \beta) \dots\dots\dots (j)$$

10

【 0 0 5 3 】

したがって、梁の曲率 (1 /) の式 (a) から薄膜部 4 0 2 の反りが 0、または本実施形態の構造の場合、反りが 3 μ m となることは、本実施形態に係るチップパッケージ 3 0 0 の下記複合厚み により求められる。

【 数 1 3 】

$$\gamma = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{h_1^3 + h_2^3 + h_3^3 + h_4^3 + h_5^3}$$

20

【 0 0 5 4 】

ここで、 を式 (j) に代入すると、

【 数 1 4 】

$$\frac{1}{\rho} = \gamma (1 - \beta)$$

となり、曲率の一般式が得られる。この一般式の具体的な検証は後述する。

【 0 0 5 5 】

リードフレーム 3 0 2 は、高い導電性を有する銅 (C u) などの金属材料薄板で形成されており、図示しないパターン部と、図 4 (a) に示す端子部 T とを有している。端子部 T は、回路基板 3 1 1 の端子パッドに接続されている。リードフレーム 3 0 2 は、D A F 3 0 5 を介して、素子 3 0 1 を支持し固定している。即ち、リードフレーム 3 0 2 は、素子 3 0 1 を実装している。リードフレーム 3 0 2 には、図 5 に示すように、薄膜部 4 0 2 の開口 K d に連通する貫通孔 K h が形成され、さらに後述する表面樹脂部 U の開口 K 3 に連通する貫通孔 K u が形成されており、貫通孔 K h と貫通孔 K u は、連通路 R によって繋がっている (図 4 (b) を参照)。貫通孔 K h、貫通孔 K u および連通路 R は、薄膜部 4 0 2 の開口 K d 内の圧力と、大気圧がほぼ等しくなるように機能する。

30

【 0 0 5 6 】

封止樹脂部材 3 0 3 は、図 4 (b) および図 5 に示すように、合成樹脂、いわゆるモールド樹脂の材料からなる厚み h 1 の裏面樹脂部 S および厚み h 3 の表面樹脂部 U を有している。表面樹脂部 U の厚み h 3 は、裏面樹脂部 S の厚み h 1 の 2 倍以上の厚みを有している。封止樹脂部材 3 0 3 は、裏面樹脂部 S および表面樹脂部 U により、素子 3 0 1 およびリードフレーム 3 0 2 を覆って各構成要素を一体化している。モールド樹脂は、0 . 1 8 % 以上の硬化収縮率 を有する材料が選択される。モールド樹脂は、硬化収縮率 が 0 . 1 8 % 以上の合成樹脂であれば、樹脂の材質は特に限定されない。

40

【 0 0 5 7 】

封止樹脂部材 3 0 3 には、図 4 および図 5 に示すように、薄膜部 4 0 2 および薄膜部 4 0 2 の周囲を露出させ、空気流を通す通路 K t が形成されている。また、封止樹脂部材 3 0 3 の裏面樹脂部 S には、リードフレーム 3 0 2 から離れるほど開口径が大きくなる円錐台形状の開口 (開口部) K 1 が形成されている。開口 K 1 は、リードフレーム 3 0 2 を間

50

に介して素子 301 と反対側の位置に設けられている。さらに、封止樹脂部材 303 の表面樹脂部 U には、封止樹脂部材 303 の長手方向（縦方向）において通路 Kt と反対側の端部に、開口 K2 が形成されている。そして、封止樹脂部材 303 の裏面樹脂部 S には、封止樹脂部材 303 の長手方向において開口 K1 と反対側の端部に、開口 K3 が形成されている。

【0058】

封止樹脂部材 303 は、図 4（b）および図 5 に示すように、表面に凹溝状の通路 Kt を有している。封止樹脂部材 303 の通路 Kt は、一对の通路壁 Th と素子本体 401 の表面が露出する底壁とを有している。一对の通路壁 Th は、検出部である薄膜部 402 に近づくにつれて通路 Kt の開口面積（断面積）が徐々に狭まる絞り形状を備えている。封止樹脂部材 303 は、通路 Kt を形成する一对の通路壁 Th が、通路 Kt を通る空気流に直交する方向における素子 301 の両側の縁を覆っていると同時に、薄膜部 402 が通路 Kt に露出するように表面樹脂部 U が形成されている。したがって、封止樹脂部材 303 が熱収縮により変形すると、素子 301 も表面樹脂部 U から応力を受けて封止樹脂部材 303 と一緒に変形する。

【0059】

ポリイミドテープ 304 は、イミド結合を含む高分子化合物からなり、高い耐熱性、優れた機械的性質および化学薬品に対する耐性を有している。ポリイミドテープ 304 は、リードフレーム 302 の素子 301 が実装された面と反対側の面に設けられており、リードフレーム 302 の貫通孔 Kh、貫通孔 Ku および連通路 R を塞いでいる。

【0060】

DAF 305 は、高い接着信頼性を有するフィルム接着材からなり、素子 301 とリードフレーム 302 の間に挟み込まれ、素子 301 とリードフレーム 302 とを接着している。DAF 305 には、薄膜部 402 の開口 Kd とリードフレーム 302 の貫通孔 Kh との間を連通する開口が設けられている。

【0061】

本実施形態に係るチップパッケージ 300 においては、封止樹脂部材 303 を形成する際の硬化により封止樹脂部材 303 が熱収縮して薄膜部 402 に反りが生ずるが、発生する反りについて具体的に検討した。薄膜部 402 の反り量（mm）が大きくなると、吸入空気 2 の流量の測定精度が低下してしまうので、薄膜部 402 の反り量は小さいことが好ましい。以下、薄膜部 402 の反り量、薄膜部 402 と硬化収縮率 との関係、曲率半径などの各諸元について図面を参照して具体的に説明する。

【0062】

<封止樹脂部材 303 の熱収縮の作用と薄膜部 402 の反り量> まず、本実施形態に係るチップパッケージ 300 の実施例 1 および実施例 2 と、比較例 1 および比較例 2 について、封止樹脂部材 303 の熱収縮の作用と薄膜部 402 の反り量を具体的に検証した。なお、薄膜部 402 の反り量（mm）は、反りが発生する前の薄膜部 402 の平坦な表面を基準として、薄膜部 402 の反りが発生して凸形状になった薄膜部 402 の基準から凸形状の頂部までの高さ（mm）をいう。

【0063】

比較例 1 に係るチップパッケージは、図 7 に示すように、リードフレーム 302 の線膨張係数（ppm/°C）は 17.7 であり、素子 301 とリードフレーム 302 の間には中間部材 306 が挟み込まれている。素子 301 の線膨張係数は 3、パッケージの線膨張係数は 7、モールド樹脂の硬化収縮率（%）は 0.11 または 0.3 である。

【0064】

比較例 2 に係るチップパッケージは、リードフレーム 302 の線膨張係数は 17.7 であり、素子 301 とリードフレーム 302 との間には中間部材は無し、素子 301 の線膨張係数は 3、封止樹脂部材 303 のモールド樹脂の線膨張係数は 7、パッケージのモールド樹脂の硬化収縮率は 0.11 である。

【0065】

実施例 1 に係るチップパッケージ 300 は、図 7 に示すように、リードフレーム 302 の線膨張係数は 17.7 であり、素子 301 とリードフレーム 302 との間に中間部材は無し、素子 301 の線膨張係数は 3、封止樹脂部材 303 のモールド樹脂の線膨張係数は 7、封止樹脂部材 303 のモールド樹脂の硬化収縮率は 0.3 である。

【0066】

実施例 2 に係るチップパッケージ 300 は、実施例 1 に係る空気流量測定装置 20 と同様に、リードフレーム 302 の線膨張係数は 17.7 であり、素子 301 とリードフレーム 302 との間に中間部材は無し、素子 301 の線膨張係数は 3、封止樹脂部材 303 のモールド樹脂の線膨張係数は 7、封止樹脂部材 303 のモールド樹脂の硬化収縮率は 0.3 である。

【0067】

実施例 2 に係るチップパッケージ 300 は、図 7 に示すように、実施例 1 に係るチップパッケージ 300 に対して、リードフレーム 302 の貫通孔 Kh の内径が大きく形成されている。

【0068】

比較例 1 に係るチップパッケージでは、モールド樹脂が硬化時に熱収縮する際に、モールド樹脂に、素子 301 の中心部に向かう（-）で表される圧縮力（N）と、素子 301 の中心部から離隔する方向に向かう（+）で表される引張力（N）が作用し、また、素子 301、中間部材 306 およびリードフレーム 302 には、素子 301 の中心部に向かう圧縮力が作用する。比較例 1 に係るチップパッケージは、リードフレーム 302 が収縮することにより発生する圧縮力を中間部材 306 で受けることができ、リードフレーム 302 からの圧縮力が素子 301 に集積するのを防ぐことができる。

【0069】

比較例 1 に係るチップパッケージは、素子 301 および中間部材 306 に作用する圧縮力と封止樹脂部材 303 に作用する引張力が釣り合っており、薄膜部 402 に作用する力が無くなり、薄膜部 402 の反りがキャンセルされる。比較例 1 は、モールド樹脂の硬化収縮率が 0.11 または 0.3 であっても、その大小に関わらず中間部材 306 の存在により薄膜部 402 の反りの発生が抑制されている。

【0070】

比較例 2 に係るチップパッケージでは、比較例 1 と同様に、封止樹脂部材 303 のモールド樹脂が硬化時に熱収縮する際に、封止樹脂部材 303 に、素子 301 の中心部に向かう圧縮力と、素子 301 の中心部から離隔する方向に向かう引張力が作用し、また、素子 301 およびリードフレーム 302 には、素子 301 の中心部に向かう圧縮力が作用する。比較例 2 では中間部材が設けられていないので、リードフレーム 302 が収縮することにより発生する圧縮力が素子 301 に直接作用して集積する。したがって、薄膜部 402 に、圧縮力が作用することになり、薄膜部 402 の反り量が大きくなっている。

【0071】

実施例 1 に係るチップパッケージ 300 は、図 7 に示すように、封止樹脂部材 303 のモールド樹脂が硬化時に熱収縮する際に、封止樹脂部材 303 に、素子 301 の中心部に向かう比較的大きな圧縮力と、素子 301 の中心部から離隔する方向に向かう比較的大きな引張力が作用し、また、素子 301 およびリードフレーム 302 には、素子 301 の中心部に向かう圧縮力が作用する。

【0072】

その結果、素子 301 およびリードフレーム 302 に作用する圧縮力に対して封止樹脂部材 303 に作用する引張力は比較的が大きくなって封止樹脂部材 303 の反りが大きくなる。封止樹脂部材 303 の反りが大きくなると、薄膜部 402 には比較的小さな圧縮力が作用することになり、薄膜部 402 の反り量が比較例 2 よりも低減されている。したがって、素子 301 を引張方向に積極的に反らせることで、薄膜部 402 の反りが低減されることがわかる。

【0073】

10

20

30

40

50

実施例 2 に係るチップパッケージ 3 0 0 は、実施例 1 と同様に、封止樹脂部材 3 0 3 のモールド樹脂が硬化時に熱収縮する際に、封止樹脂部材 3 0 3 に、素子 3 0 1 の中心部に向かう比較的に大きな圧縮力と、素子 3 0 1 の中心部から離隔する方向に向かう比較的に大きな引張力が作用し、また、素子 3 0 1 およびリードフレーム 3 0 2 には、素子 3 0 1 の中心部に向かう圧縮力が作用する。

【 0 0 7 4 】

しかしながら、実施例 2 は、実施例 1 とは異なり、リードフレーム 3 0 2 の貫通孔 K h が実施例 1 の貫通孔 K h よりも大きく形成されているので、リードフレーム 3 0 2 に作用する圧縮力は半減し比較的に小さくなっている。その結果、素子 3 0 1 およびリードフレーム 3 0 2 に作用する圧縮力に対して封止樹脂部材 3 0 3 に作用する引張力は比較的に大きくなって封止樹脂部材 3 0 3 の反りが大きくなる。封止樹脂部材 3 0 3 の反りが大きくなると、薄膜部 4 0 2 には比較的に小さな圧縮力が作用することになり、薄膜部 4 0 2 の反り量が実施例 1 と比べて大きく低減される。したがって、素子 3 0 1 を引張方向により大きく反らせることで、薄膜部 4 0 2 の反りがキャンセルされることがわかる。

【 0 0 7 5 】

比較例 1、比較例 2、実施例 1 および実施例 2 の結果から分かるように、封止樹脂部材 3 0 3 がモールド成形温度から常温に放冷される際に、各構成要素の線膨張係数の差によりリードフレーム 3 0 2 の収縮、いわゆる戻し量が素子 3 0 1 よりも大きいため、薄膜部 4 0 2 が圧縮され変形する原因となる。このとき、封止樹脂部材 3 0 3 のモールド樹脂の硬化収縮率が大きければ、リードフレーム 3 0 2 の収縮によって発生する薄膜部 4 0 2 の圧縮応力を、封止樹脂部材 3 0 3 に作用する引張力によって緩和することができる。したがって、薄膜部 4 0 2 に応力が集中し難くなり、薄膜部 4 0 2 の変形の発生が抑制されることになる。比較例 2 に対して、実施例 1 および実施例 2 のチップパッケージ 3 0 0 は、素子 3 0 1 に引張力を作用させているので、素子 3 0 1 に作用する圧縮応力、即ち素子 3 0 1 に作用する圧縮力による薄膜部 4 0 2 の反りが低減される。

【 0 0 7 6 】

< 薄膜部 4 0 2 の横方向と縦方向の反り量 > 次いで、本実施形態に係るチップパッケージ 3 0 0 における前述の比較例 1 と同様の中間部材有りの構成と、前述の実施例 1 と同様の構成に関し、薄膜部 4 0 2 の横方向の反り量 (mm) と縦方向の反り量 (mm) との関係について具体的に検証した。この検証では、図 8 (a) に示すチップパッケージ 3 0 0 について、薄膜部 4 0 2 の反り量 (mm) のクライテリア、即ち許容しうる反り量の判定基準が求められる。なお、図 9 のグラフ中の、黒丸印は、中間部材が無い構成のチップパッケージ 3 0 0 であり、黒四角印は、中間部材がある構成のチップパッケージを表している。また、図 9 の右側 2 列のグラフは、左側のグラフがダイアフラムの横方向の反り量を示し、右側のグラフがダイアフラムの縦方向の反り量を示している。

【 0 0 7 7 】

薄膜部 4 0 2 の横方向と縦方向については、図 8 (b)、図 8 (d) に示すように、チップパッケージ 3 0 0 の長手方向 (x 軸方向) であり、吸入空気 2 の流通方向と直交する方向を縦方向とし、チップパッケージ 3 0 0 の短手方向 (z 軸方向) であり、吸入空気 2 の流通方向を横方向とする。図 9 に示すように、薄膜部 4 0 2 の横方向の反り量が $10\ \mu\text{m}$ ~ $11\ \mu\text{m}$ のときは、薄膜部 4 0 2 の縦方向 x の反り量も $12\ \mu\text{m}$ ~ $14\ \mu\text{m}$ となっており双方とも大きい反り量となっている。薄膜部 4 0 2 の縦方向の反り量が $12\ \mu\text{m}$ ~ $14\ \mu\text{m}$ であると、反り量と距離との関係のグラフでは、縦方向における反りの形状が 2 山になっている。したがって、薄膜部 4 0 2 が出っ張って温度分布が NG となり、薄膜部 4 0 2 の計測精度が得られない。

【 0 0 7 8 】

また、薄膜部 4 0 2 の横方向の反り量が $7\ \mu\text{m}$ ~ $9\ \mu\text{m}$ のときは、薄膜部 4 0 2 の縦方向の反り量も $8\ \mu\text{m}$ ~ $12\ \mu\text{m}$ となっており双方とも大きい反り量となっている。薄膜部の縦方向の反り量が $8\ \mu\text{m}$ ~ $12\ \mu\text{m}$ であると、反り量と距離との関係のグラフでは、縦方向における反りの形状が 2 山になっている。したがって、この場合も、薄膜部 4 0 2 が

出っ張って温度分布がNGとなり、薄膜部402の計測精度が得られない。

【0079】

また、薄膜部402の横方向の反り量が $4\mu\text{m} \sim 6\mu\text{m}$ のときは、薄膜部402の縦方向の反り量も $6\mu\text{m} \sim 8\mu\text{m}$ となっており、双方とも比較的に大きい反り量となっている。薄膜部402の横方向の反り量が $6\mu\text{m} \sim 8\mu\text{m}$ であると、反り量と距離との関係のグラフでは、薄膜部402の横方向における反りの形状が2山となっており、この場合も、薄膜部402の計測精度が得られない。

【0080】

しかしながら、薄膜部402の横方向の反り量が $0.5\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ のときは、薄膜部402の縦方向の反り量は $3\mu\text{m} \sim 4\mu\text{m}$ となっており、双方とも比較的に小さい反り量となっている。この場合、横方向の反りおよび縦方向の反りについて、反り量と距離との関係のグラフでは、薄膜部402の反りが少なくなり、山が無く平坦な形状のグラフになっている。したがって、横方向および縦方向の薄膜部402の形状が平面となり、双方とも温度分布が良好であり、計測精度が得られる。

10

【0081】

なお、比較例1のように中間部材がある構成では、薄膜部402の横方向の反り量が $1.5\mu\text{m}$ のときに、薄膜部402の縦方向の反り量が $2\mu\text{m}$ となっており、双方とも比較的に小さい反り量となっている。この場合、横方向の反りおよび縦方向の反りについて、反り量と距離との関係のグラフでは、薄膜部402の反りが少なくなり、山が無く平坦なグラフになっている。したがって、横方向および縦方向の薄膜部402の形状が平面となり、双方とも温度分布が良好であり、計測精度が得られる。

20

【0082】

計測精度を確保するために、薄膜部402の反り量が小さく、且つ、横方向および縦方向ともに反り量と距離との関係のグラフで、反りの形状が2山とならず、平坦であることが前提となっているが、図9に示すように、薄膜部402の反りが $3\mu\text{m}$ 以下であれば、中間部材が有る構成のチップパッケージと同等レベルの精度が得られることが分かった。

【0083】

<モールド樹脂の硬化収縮率と薄膜部402の反り量> 次いで、本実施形態に係るチップパッケージ300における封止樹脂部材303のモールド樹脂の硬化収縮率と薄膜部402の反り量との関係について具体的に検証した。この検証では、図10(a)に示すチップパッケージ300について、モールド樹脂の硬化収縮率の最適値が求められる。

30

【0084】

図10(a)に示すように、樹脂の硬化収縮率が0.3%のとき、薄膜部402の反り量は $1.5\mu\text{m}$ となっており、樹脂の硬化収縮率が約0.14%のとき、薄膜部402の反り量は約 $3.2\mu\text{m}$ 、樹脂の硬化収縮率が約0.12%のとき、薄膜部402の反り量は約 $3.5\mu\text{m}$ 、樹脂の硬化収縮率が約0.11%のとき、薄膜部402の反り量は約 $3.9\mu\text{m}$ 、樹脂の硬化収縮率が約0.09%のとき、薄膜部402の反り量は約 $4.2\mu\text{m}$ となっている。

【0085】

前述のように、薄膜部402の反りが $3\mu\text{m}$ 以下であれば、中間部材が有る構成のチップパッケージと同等レベルの精度が得られるが、樹脂の硬化収縮率が約0.14%以下の黒丸印の4つの点は、 $3\mu\text{m}$ を超えてしまっている。また、図10(a)に示すように、黒丸印の点を直線の破線で結ぶと樹脂の硬化収縮率が0.18%で薄膜部402の反り量が $3\mu\text{m}$ になっていることが分かる。したがって、樹脂の硬化収縮率の最適値は、0.18%以上であることが求められる。

40

【0086】

<封止樹脂部材303の反りと薄膜部402の反りとの関係> 次いで、本実施形態に係るチップパッケージ300における封止樹脂部材303の反りと薄膜部402の反りとの関係について具体的に検証した。封止樹脂部材303の反りは、図10(b)に示すように、封止樹脂部材303の裏面樹脂部Sの下面における反りを表す。図10(b)に示

50

すグラフにおいて、サンプル 1 は、前述の実施例 1 と同様に構成され、サンプル 2 は、前述の実施例 2 と同様に構成されている。なお、封止樹脂部材 303 の反り量は棒グラフで示され、薄膜部 402 の反り量は折れ線で示されている。

【0087】

樹脂の硬化収縮率が 0.09% のとき、サンプル 1 の封止樹脂部材 303 の反り量は約 5.2 μm 、薄膜部 402 の反り量も約 5.2 μm 、サンプル 2 の封止樹脂部材 303 の反り量は約 5.8 μm 、薄膜部 402 の反り量は約 4.2 μm 、樹脂の硬化収縮率が 0.11% のとき、サンプル 1 の封止樹脂部材 303 の反り量は約 5.5 μm 、薄膜部 402 の反り量は約 4.8 μm 、サンプル 2 の封止樹脂部材 303 の反り量は約 5.5 μm 、薄膜部 402 の反り量は約 4.8 μm 、樹脂の硬化収縮率が 0.12% のとき、サンプル 2 の封止樹脂部材 303 の反り量は約 6.5 μm 、薄膜部 402 の反り量は約 3.5 μm 、樹脂の硬化収縮率が 0.14% のとき、サンプル 2 の封止樹脂部材 303 の反り量は約 6.6 μm 、薄膜部 402 の反り量は約 3.2 μm 、樹脂の硬化収縮率が 0.3% のとき、サンプル 1 の封止樹脂部材 303 の反り量は約 7.5 μm 、薄膜部 402 の反り量は約 2.2 μm 、サンプル 2 の封止樹脂部材 303 の反り量は約 7.8 μm 、薄膜部 402 の反り量は約 1.5 μm となっている。

【0088】

図 10 (b) に示すように、サンプル 1 およびサンプル 2 において、樹脂の硬化収縮率が 0.18% 以上であれば、中間部材のない構成の採用が可能となることが分かる。また、樹脂の硬化収縮率が増加すると、封止樹脂部材 303 の反りも増加し、樹脂の硬化収縮率と、封止樹脂部材 303 の反りとは比例関係にあることが分かり、封止樹脂部材 303 の反りが増大すると薄膜部の反りが減少し、封止樹脂部材 303 の反りと薄膜部 402 の反りは反比例の関係にあることが分かる。また、樹脂の硬化収縮率および封止樹脂部材 303 の反りの増大により、素子 301 に引張力が作用し薄膜部 402 の反りが減少することも分かる。

【0089】

< 各構成での反りの関係 > 次いで、本実施形態に係るチップパッケージ 300 における各構成での反りの関係について再度検証した。図 11 (a) に示すように、樹脂の硬化収縮率が 0.09% の場合、薄膜部 402 の反り量は 4.4 μm となっている。封止樹脂部材 303 の反りが小さいと薄膜部 402 の反りが大きくなり、互いに反比例の関係にあることが分かる。また、図 11 (b) に示すように、樹脂の硬化収縮率が 0.3% の場合、薄膜部 402 の反り量は 1.5 μm となっている。封止樹脂部材 303 の反りが大きいと薄膜部 402 の反りが小さくなり、互いに反比例の関係にあることが分かる。

【0090】

< 一般式を用いた具体的な数値の算出 > 次いで、本実施形態に係るチップパッケージ 300 における各構成での反りの具体的な数値について、曲率半径 の式 (1) に薄膜部 402 の厚み h_5 をパラメータとして代入し、検証した。ここでは、熱応力解析 (冷却前から冷却後) により薄膜部 402 の反り量を求めた。具体的な数値およびパラメータは、図 12 に記載の数値を用いた。なお、パラメータ h_5 以外は固定値とした。算出された曲率 $1/r$ および曲率半径 r は、 h_5 が 0.0005 の場合、 $1/r$ は 0.461、 r は 2.168、 h_5 が 0.001 の場合、 $1/r$ は 0.477、 r は 2.095、 h_5 が 0.002 の場合、 $1/r$ は 0.491、 r は 2.037、 h_5 が 0.0047 の場合、 $1/r$ は 0.505、 r は 1.980、 h_5 が 0.008 の場合、 $1/r$ は 0.509、 r は 1.983 となった。

【0091】

図 13 の硬化収縮率 と薄膜部 402 の反りとの関係から、薄膜部 402 の反り量は 3 μm 以下、硬化収縮率 は 0.18% 以上が最適値の基準であることは求められている。計算結果をこれらの最適値に照らして検証すると、曲率 $1/r$ は、0.47 以上であることが分かる。曲率 $1/r$ を曲率半径 r に変換すると曲率半径 r は 2.13 以下であることが分かる。また、表面樹脂部 U の厚みと裏面樹脂部 S の厚みとの比率 h_3/h_1 は、2 倍

以上が最適値であることが分かる。なお、硬化収縮率 の最適値は 0 . 1 8 % であることは検証されている。

【 0 0 9 2 】

< 曲率半径 の実測 > 次いで、本実施形態に係るチップパッケージ 3 0 0 における素子 3 0 1 の上面の曲率半径 について実測し、一般式の計算結果と一致しているかを検証した。図 1 4 に示すように、測定装置は、3 D スキャナーの V R - 3 0 0 0 を使用した。測定位置は素子 3 0 1 の酸化膜エリアとし、測定方法は、素子 3 0 1 の露出寸法（吸入空気 2 の通路の幅）を狙って、曲率半径 を導出するようにした。

【 0 0 9 3 】

測定結果は、図 1 4 のグラフに示すように、樹脂の硬化収縮率 が 0 . 1 1 % の場合、は 2 . 7 6 mm となり、これに対する薄膜部 4 0 2 の反り量は約 4 . 8 mm となった。樹脂の硬化収縮率 が 0 . 3 % の場合、は 2 . 0 5 mm となり、これに対する薄膜部 4 0 2 の反り量は約 1 . 5 mm となった。したがって、曲率半径 の実測値と、一般式の計算結果とが一致していることが検証された。

【 0 0 9 4 】

以下、本実施形態に係るチップパッケージ 3 0 0 の効果について説明する。（ 1 ）本実施形態に係るチップパッケージ 3 0 0 は、リードフレーム 3 0 2 と、リードフレーム 3 0 2 に実装され、薄膜部 4 0 2 を有する素子 3 0 1 と、少なくとも薄膜部 4 0 2 が露出するように、リードフレーム 3 0 2 と素子 3 0 1 とを封止する封止樹脂部材 3 0 3 と、を有している。そして、素子 3 0 1 の封止樹脂部材 3 0 3 から露出する露出部の曲率半径 が 2 . 1 3 以下であることを特徴としている。

【 0 0 9 5 】

本実施形態に係るチップパッケージ 3 0 0 は、素子 3 0 1 の封止樹脂部材 3 0 3 から露出する露出部の曲率半径 （ mm ）が、 2 . 1 3 以下であるという条件を満たすように素子 3 0 1 が形成されているので、素子 3 0 1 およびリードフレーム 3 0 2 を封止する封止樹脂部材 3 0 3 を形成する際に、薄膜部 4 0 2 に反りが発生するのを抑制できるという効果が得られる。即ち、封止樹脂部材 3 0 3 を形成するモールド樹脂が硬化した後の素子 3 0 1 の表面のうち、周辺領域部の曲率半径 （ mm ）が 2 . 1 3 以下（ 2 . 1 3 ）であるという条件を満たしているので、薄膜部 4 0 2 の反り量が最適値の 3 μ m 以内になり、薄膜部 4 0 2 の表面の平坦性が確保され、吸入空気 2 の流量を精確に測定することができるチップパッケージ 3 0 0 が得られるという効果がある。

【 0 0 9 6 】

また、本実施形態に係るチップパッケージ 3 0 0 は、 が、次式（ 1 ）の関係を満たしているので、チップパッケージ 3 0 0 の h 1 ~ h 5 および硬化収縮率 を適宜選択することにより、確実に 2 . 1 3 を算出することができるという効果が得られる。

【 数 1 5 】

$$\frac{1}{\rho} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{h_1^3 + h_2^3 + h_3^3 + h_4^3 + h_5^3} (1 - \beta) \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

【 0 0 9 7 】

（ 2 ）また、本実施形態に係るチップパッケージ 3 0 0 は、封止樹脂部材 3 0 3 を形成するモールド樹脂の硬化収縮率 が、 0 . 1 8 % 以上であるので、封止樹脂部材 3 0 3 をモールド成形温度から常温に放冷する際に、封止樹脂部材 3 0 3 をその表面が凸状になるように積極的に反らせる方向に変形させることができる。したがって、リードフレーム 3 0 2 の収縮によって発生する薄膜部 4 0 2 の圧縮応力を、モールド樹脂に作用する引張力によって緩和させ、薄膜部 4 0 2 に応力が集中するのを防ぎ、薄膜部 4 0 2 が変形するのを抑制できるという効果が得られる。

その結果、中間部材を設けて線膨張係数 をマッチさせ薄膜部 4 0 2 の反りを低減した従来のチップパッケージと同等の測定精度が確保されるという効果が得られる。本実施形

10

20

30

40

50

態に係るチップパッケージ３００は、中間部材を設けていないので、中間部材を有する従来のチップパッケージに比べて生産コストが低減されるという効果が得られる。

【００９８】

(３)また、本実施形態に係るチップパッケージ３００は、封止樹脂部材３０３が一对の通路壁Ｔｈと素子本体４０１の表面が露出する底壁とを有する凹溝状の通路Ｋｔを有しており、封止樹脂部材３０３の通路Ｋｔを形成する一对の通路壁Ｔｈが素子３０１の空気流に直交する方向における両側の縁を覆っているとともに、薄膜部４０２が通路Ｋｔに露出している。この構成により、封止樹脂部材３０３がモールド成形温度から常温に放冷される際に、封止樹脂部材３０３の表面樹脂部Ｕが収縮変形すると、素子３０１も表面樹脂部Ｕと一緒に変形し、薄膜部４０２に引張力が作用し薄膜部の反り量が低減されるという効果が得られる。

10

【００９９】

(４)また、本実施形態に係るチップパッケージ３００は、封止樹脂部材３０３のリードフレーム３０２よりも表面側（素子３０１側）の厚みである表面樹脂部Ｕの最大厚み（ｍｍ）ｈ３は、封止樹脂部材３０３のリードフレーム３０２よりも裏面側の厚みである裏面樹脂部Ｓの最大厚み（ｍｍ）ｈ１の２倍以上の厚みで形成されている。この構成により、封止樹脂部材３０３がモールド成形温度から常温に放冷される際に、封止樹脂部材３０３の表面樹脂部Ｕが効果的に収縮変形して薄膜部４０２に引張力が作用し薄膜部の反り量が低減されるという効果が得られる。

【０１００】

20

(５)また、本実施形態に係るチップパッケージ３００は、リードフレーム３０２の一部において、薄膜部４０２を素子３０１の表面に垂直な方向でリードフレーム３０２に投影した領域に貫通孔Ｋｈが形成されており、リードフレーム３０２の裏面側に貫通孔Ｋｈを覆うようにポリイミドテープ３０４が張り付けられている。この構成により、封止樹脂部材３０３の外部に連通する連通路Ｒを形成することができ、薄膜部４０２に作用する圧力を大気圧と等しくすることができる。

【０１０１】

(６)また、本実施形態に係るチップパッケージ３００は、テープ３０４の一部が露出するように封止樹脂部材３０３が開口部Ｋ１を有している。

【０１０２】

30

(７)そして、開口部Ｋ１は、リードフレーム３０２から離れるほど開口径が大きくなる円錐台形状である。

【０１０３】

(８)通路壁Ｔｈは、薄膜部４０２（検出部）に近づくにつれて通路Ｋｔの開口面積が徐々に狭まる絞り形状を備える。

【０１０４】

(９)樹脂封止パッケージは、封止樹脂部材３０３の硬化収縮率が０．１８％以上となるように樹脂封止することにより製造される。

【０１０５】

(１０)樹脂封止パッケージは、封止樹脂部材３０３から露出している素子３０１の露出部の曲率半径が２．１３以下となるように樹脂封止することにより製造される。

40

【０１０６】

以上、本発明の実施形態について詳述したが、本発明は、前記の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の設計変更を行うことができるものである。例えば、前記した実施の形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。さらに、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

50

【符号の説明】

【 0 1 0 7 】

1 0 0 ハウジング

1 1 3 計測部

1 3 1 副通路入口

1 3 4 副通路

1 3 5 回路室

1 5 0 副通路溝

1 5 1 第 1 副通路溝

1 5 2 第 2 副通路溝

10

3 0 0 チップパッケージ（樹脂封止パッケージ）

3 0 1 素子（空気流量測定素子）

3 0 2 リードフレーム

3 0 3 封止樹脂部材

3 0 4 ポリイミドテープ

3 0 5 D A F

4 0 1 素子本体

4 0 2 薄膜部（検出部）

K t 通路

T h 通路壁

20

曲率半径

硬化収縮率

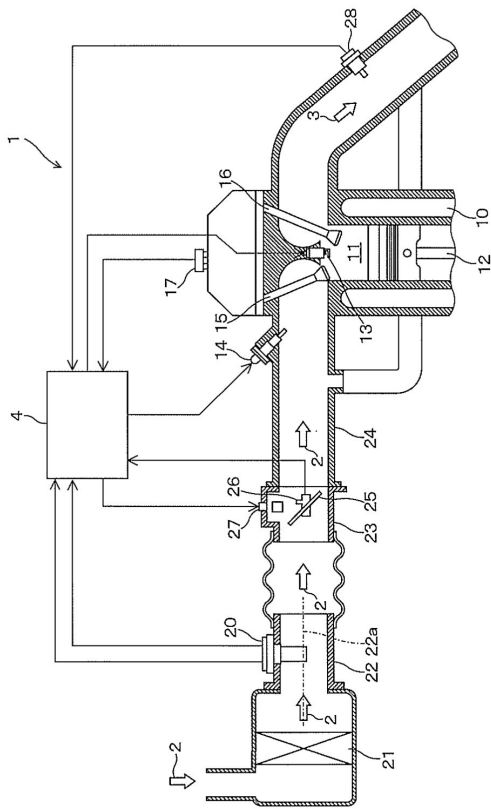
30

40

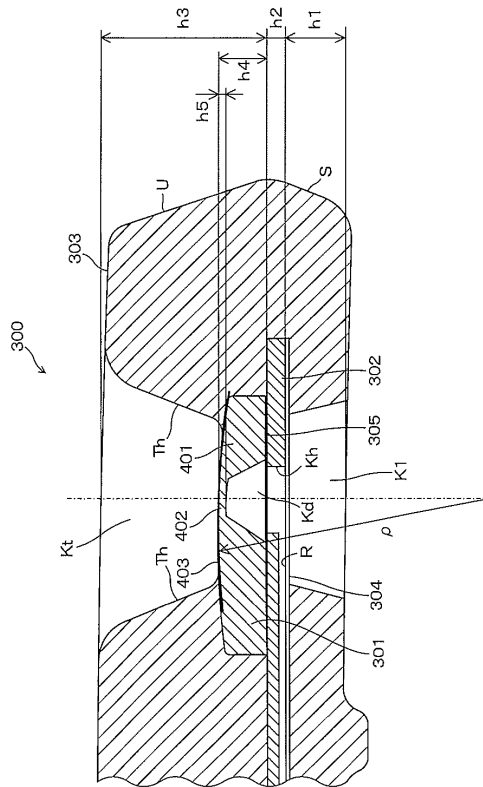
50

【図面】

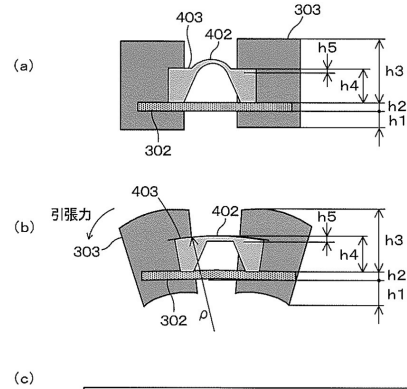
【図 1】



【 図 5 】

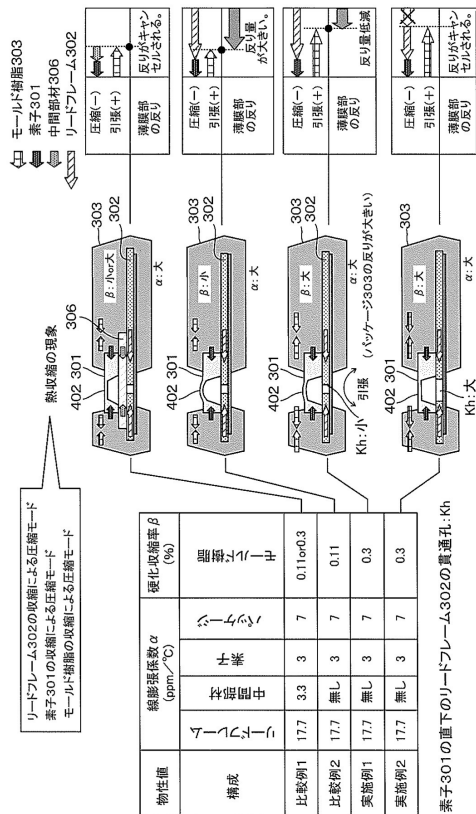


【 図 6 】



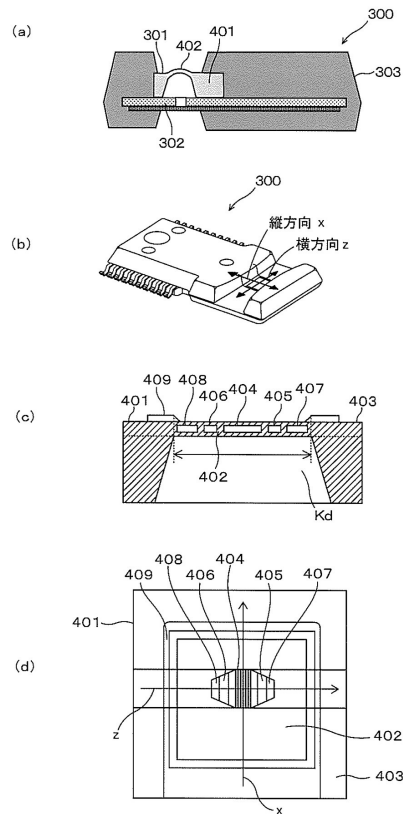
項目	記号
曲率半径	ρ
曲げモーメント	M
ヤング率	E
断面二次モーメント	I
線膨張係数	α
温度変化	ΔT
下側樹脂Sの厚み	h1
リードフレーム302の厚み	h2
上側樹脂Uの厚み	h3
素子301の厚み	h4
薄膜部402の厚み	h5
パッケージ303の硬化収縮率	β
複合厚み	$\frac{h1+h2+h3+h4+h5}{h1^3+h2^3+h3^3+h4^3+h5^3}$
	γ

【圖 7】

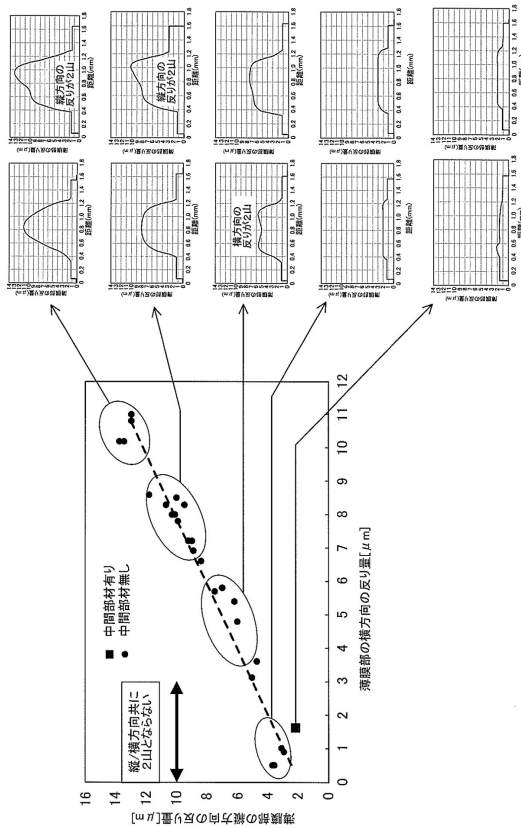


硬化収縮率 β が0.18%以上→素子301の表面側を引張方向に反らせることで薄膜部402の反りが低減される。

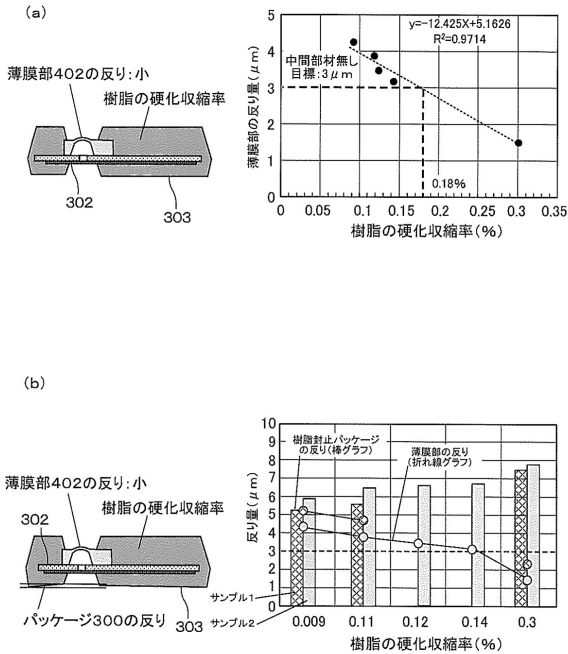
【 図 8 】



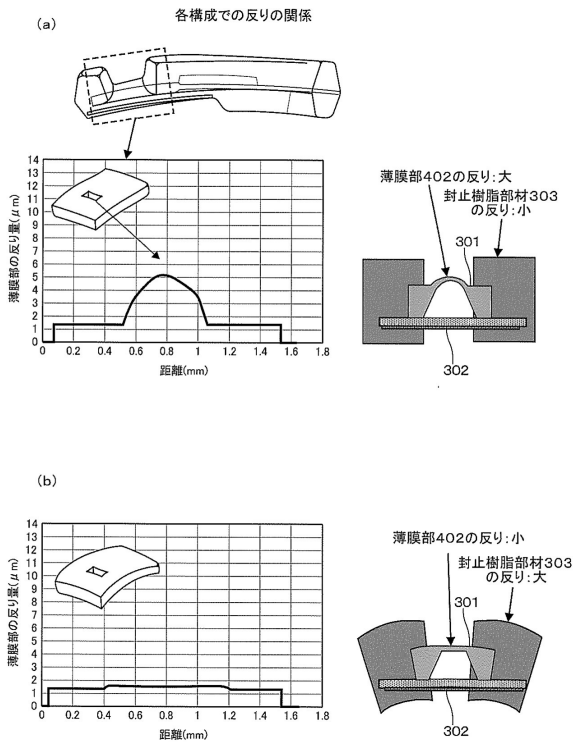
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

項目	記号	A	B	C	D	E
下側樹脂Sの厚み	h1	0.65	↓	↓	↓	↓
リードフレーム302の厚み	h2	0.15	↓	↓	↓	↓
上側樹脂Uの厚み	h3	1.525	↓	↓	↓	↓
素子301の厚み	h4	0.4	↓	↓	↓	↓
薄膜部402の厚み	h5	0.0005	0.001	0.002	0.0047	0.008
封止樹脂部材303の硬化収縮率	β	0.3	↓	↓	↓	↓
曲率	$\frac{1}{\rho}$	0.461	0.477	0.491	0.505	0.509
曲率半径	ρ	2.168	2.095	2.037	1.980	1.983

10

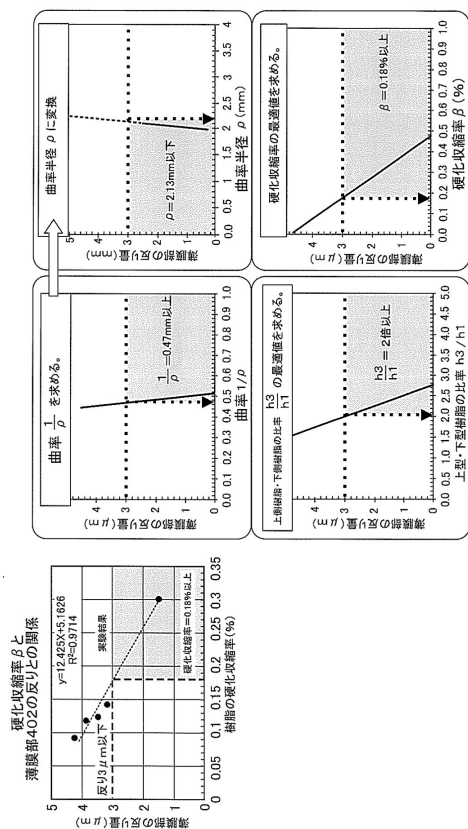
20

30

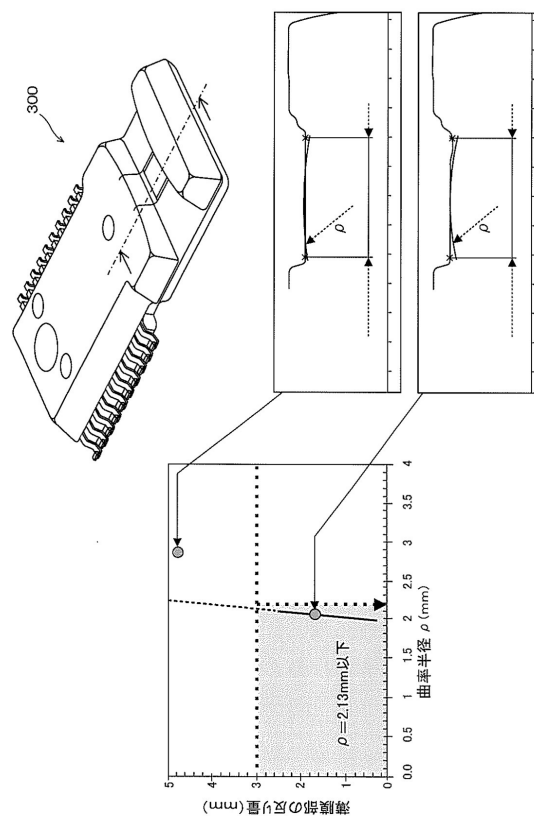
40

50

【 図 1 3 】



【圖 14】



フロントページの続き

(72)発明者 八文字 望
茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 A s t e m o 株式会社内

(72)発明者 伊集院 瑞紀
茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 A s t e m o 株式会社内

審査官 森 雅之

(56)参考文献 特許第 5 7 4 3 8 7 1 (J P , B 2)
特許第 6 0 4 3 8 3 3 (J P , B 2)
特許第 6 1 3 4 8 4 0 (J P , B 2)
特許第 6 2 1 5 5 0 2 (J P , B 2)
特許第 6 4 5 8 1 0 4 (J P , B 2)
特開 2 0 2 0 - 3 4 4 0 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 F 1 / 6 8 4

- - - - -
本件出願に対応する国際特許出願 P C T / J P 2 0 2 0 / 0 4 8 6 9 9
の調査結果が利用された。