

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7647524号  
(P7647524)

(45)発行日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(24)登録日 令和7年3月10日(2025.3.10)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 R 17/00 (2006.01)

H 0 4 R 17/00 3 3 0 G

請求項の数 23 (全39頁)

|          |                             |          |                         |
|----------|-----------------------------|----------|-------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2021-198458(P2021-198458) | (73)特許権者 | 000004695               |
| (22)出願日  | 令和3年12月7日(2021.12.7)        |          | 株式会社 S O K E N          |
| (65)公開番号 | 特開2023-84335(P2023-84335A)  |          | 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 |
| (43)公開日  | 令和5年6月19日(2023.6.19)        |          | 0                       |
| 審査請求日    | 令和5年11月16日(2023.11.16)      | (73)特許権者 | 000004260               |
|          |                             |          | 株式会社デンソー                |
|          |                             |          | 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地     |
|          |                             | (74)代理人  | 110001128               |
|          |                             |          | 弁理士法人ゆうあい特許事務所          |
|          |                             | (72)発明者  | 小山 優                    |
|          |                             |          | 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 |
|          |                             |          | 0 株式会社 S O K E N 内      |
|          |                             | (72)発明者  | 中俣 景太                   |
|          |                             |          | 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 |
|          |                             |          | 0 株式会社 S O K E N 内      |
|          |                             |          | 最終頁に続く                  |

(54)【発明の名称】 超音波センサおよび物体検知装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波センサ（1）であって、  
指向軸（DA）に沿った軸方向における一端部である基端部（41）と他端部である先端部（42）とを有し、超音波振動と電気信号との変換機能を奏する、変換素子（4）と、  
前記変換素子における前記先端部よりも前記基端部に近接するように設けられ、前記変換素子を固定的に支持する、固定部（3）と、  
前記変換素子の前記先端部と振動伝達可能に接続された、振動部を一次振動モードとする振動変換部（5）と、  
を備え、  
前記変換素子に前記電気信号である駆動信号の印加により前記変換素子にて発生した超音波振動が前記変換素子から前記振動変換部に伝達して前記振動変換部が超音波振動することで、前記振動変換部から前記変換素子よりも前記基端部から前記先端部に向かう送信方向に存在する外部空間（SG）に超音波である送信波を送信する送信機能  
および／または  
前記外部空間からの超音波の受信により励振された前記振動変換部から前記変換素子に伝達した超音波振動を前記変換素子にて前記電気信号である受信信号に変換する受信機能を奏するように構成され、  
前記振動変換部は、導体材料によって形成され、所定電位に設定された、  
超音波センサ。

## 【請求項 2】

前記振動変換部は、円錐台形状を有する、  
請求項 1 に記載の超音波センサ。

## 【請求項 3】

前記指向軸に沿った板厚方向を有し、前記指向軸と交差する面内方向における中心部（24）が前記指向軸に沿って移動する態様で超音波振動可能に設けられた、振動板（21）をさらに備え、

前記振動板は、前記外部空間側の表面である外表面（21a）とその裏面である内表面（21b）とを有し、

前記振動変換部は、前記振動板の前記内表面と接合される接合面（52）と前記内表面との外径の差の半値が前記送信波または前記超音波振動の波長の半値未満となるように、前記内表面と接合された、

請求項 1 または 2 に記載の超音波センサ。

## 【請求項 4】

前記指向軸に沿った板厚方向を有し、前記指向軸と交差する面内方向における中心部（24）が前記指向軸に沿って移動する態様で超音波振動可能に設けられた、振動板（21）をさらに備え、

前記駆動信号の印加により前記変換素子にて発生した超音波振動が前記変換素子から前記振動変換部を介して前記振動板に伝達して前記振動板が超音波振動することで、前記振動板から前記外部空間に前記送信波を送信する前記送信機能

および／または

前記外部空間からの超音波の受信により励振された前記振動板から前記振動変換部を介して前記変換素子に伝達した超音波振動を前記変換素子にて前記受信信号に変換する前記受信機能

を奏するように構成された、

請求項 1 に記載の超音波センサ。

## 【請求項 5】

前記振動変換部は、前記振動板の硬さ以上の硬さを有する、

請求項 4 に記載の超音波センサ。

## 【請求項 6】

前記振動変換部は、前記変換素子の前記先端部に近接する第一対向面（51）と、前記第一対向面の裏面であって前記振動板に近接する第二対向面（52）と、を有する、

請求項 4 または 5 に記載の超音波センサ。

## 【請求項 7】

前記振動変換部は、前記第二対向面の方が前記第一対向面よりも面積が大きくなるように形成された、

請求項 6 に記載の超音波センサ。

## 【請求項 8】

前記振動変換部は、前記第二対向面が前記振動板の面積に対応した面積を有することで前記振動板におけるスプリアス振動を抑制するように形成された、

請求項 6 または 7 に記載の超音波センサ。

## 【請求項 9】

前記振動板の前記指向軸と交差する面内方向における外縁部（25）を支持する、支持部（26）をさらに備え、

前記振動板は、前記支持部の前記軸方向における寸法よりも小さな板厚を有する、

請求項 4～8 のいずれか 1 つに記載の超音波センサ。

## 【請求項 10】

前記振動板は、前記支持部よりも柔らかい材料で形成された、

請求項 9 に記載の超音波センサ。

## 【請求項 11】

10

20

30

40

50

前記振動板は、移動体（V）の外板（V3）の一部であり、

前記振動板は、前記指向軸を取り囲むように前記指向軸を囲む周方向について一体的にまたは複数の分割して設けられる制振部（V8）と前記外板とを接合した場合における、前記制振部の内側の部分である、

請求項4～10のいずれか1つに記載の超音波センサ。

【請求項12】

前記振動板は、移動体（V）の外板（V3）の一部である前記振動部（V7）と振動伝達可能に接続され、

前記振動部は、前記指向軸を取り囲むように前記指向軸を囲む周方向について一体的にまたは複数の分割して設けられる制振部（V8）と前記外板とを接合した場合における、前記制振部の内側の部分である、

請求項4～10のいずれか1つに記載の超音波センサ。

【請求項13】

前記振動板の構造に関する情報である構造パラメータと前記振動板の環境に関する情報である環境パラメータとのうちの、少なくともいずれか一方に基づいて、前記送信波の周波数を調整するように構成された、

請求項4～12のいずれか1つに記載の超音波センサ。

【請求項14】

前記変換素子として、前記送信機能を奏する送信素子（451）と、前記受信機能を奏する受信素子（452）と、が設けられた、

請求項1～13のいずれか1つに記載の超音波センサ。

【請求項15】

前記送信素子は、積層型圧電素子である、

請求項14に記載の超音波センサ。

【請求項16】

前記受信素子は、単層型圧電素子である、

請求項14または15に記載の超音波センサ。

【請求項17】

前記受信素子は、前記送信素子よりも小さい面積で形成された、

請求項14～16のいずれか1つに記載の超音波センサ。

【請求項18】

前記送信素子と、前記送信素子と前記受信素子との間に挟持された連結部（453）と、前記受信素子とが、前記指向軸上にてこの順に配列された、

請求項14～17のいずれか1つに記載の超音波センサ。

【請求項19】

前記変換素子は、前記軸方向に厚さ方向を有する板状に形成された圧電素子としての構成を有し、

前記固定部は、前記変換素子が前記指向軸と交差する面内方向における中央部（431）を節または腹として屈曲振動する態様で超音波振動するように、かかる方向における前記変換素子の端部である固定端部（432）を固定的に支持する、

請求項1～13のいずれか1つに記載の超音波センサ。

【請求項20】

前記変換素子は、モノモルフ型またはバイモルフ型の圧電素子としての構成を有する、

請求項19に記載の超音波センサ。

【請求項21】

前記変換素子は、前記軸方向に厚さ方向を有する板状に形成された圧電素子を有するランジュバン型振動子としての構成を有する、

請求項1～13のいずれか1つに記載の超音波センサ。

【請求項22】

前記送信素子と前記受信素子とのうちの少なくともいずれか一方は、前記軸方向に厚さ

10

20

30

40

50

方向を有する板状に形成された圧電素子を有するランジュバン型振動子としての構成を有する、

請求項 1 4 ～ 1 8 のいずれか 1 つに記載の超音波センサ。

【請求項 2 3】

前記送信波の周波数を調整することで、所望の指向性を得る、

請求項 1 ～ 2 2 のいずれか 1 つに記載の超音波センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、移動体に搭載される超音波センサ、および、かかる超音波センサを備えた物体検知装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

超音波センサを用いて車両等の移動体の周辺の障害物を検知する技術が、従来種々開示されている。この種の超音波センサにおいて、所定の指向性が設定されることがある。具体的には、例えば、超音波センサを車両に用いた場合、路面や路面上の駐車用縁石は、障害物として検知したり警告したりしないことが望ましい。よって、この場合、水平方向における超音波の送受波範囲が広い一方で上下方向における超音波の送受波範囲が狭くなるような指向性、すなわち、水平方向の指向性に対して上下方向の指向性を絞ることが好適である。

【0 0 0 3】

この点、特許文献 1 に記載の超音波センサは、センサ筐体と、圧電振動子とを備えている。センサ筐体は、横断面形状がほぼ円形であり、その内部は中空部が形成され、一面が開口されている。圧電振動子は、センサ筐体の底面上の中心位置に接着剤等により固着されている。振動面は、圧電振動子を固着したセンサ筐体の底面の一部で与えられる。センサ筐体の開口側は、その左右が円弧状に切り落とされて、横断面形状が小判状の外形となっている。また、中空部は、センサ筐体の開口側の小判状の外形線に沿う形で形成され、その横断面形状が同様に小判状となっている。これにより、センサ筐体の底面の一部で与えられる超音波センサの振動面が、センサ筐体の開口側の外形線に沿った形で形成される。また、センサ筐体の開口側の外形線が曲率を有し、振動面の外形線がこれと同一の曲率を有する。また、搭載車両の路面垂直方向に寄与する側の振動面の外形線が、センサ筐体の振動面側の外形線の曲率と同一の曲率を有する。また、搭載車両の路面垂直方向に寄与する側の振動面の最も薄い部分の外形線が、センサ筐体の振動面側の外形線に沿った形で形成され、振動面の最も薄い部分の外形線とセンサ筐体の振動面側の外形線とが同一の曲率を有する。これにより、超音波の指向性を狭くすることが可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【文献】特許第 4 2 7 4 6 7 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

この種の超音波センサにおいて、所望の指向性をより安定的に実現したり、送受信特性をよりいっそう向上したりする試みがなされている。具体的には、例えば、特許文献 1 に記載の超音波センサにおいては、圧電振動子と振動面との接合構造によって決まる共振周波数以外の振動周波数では、極端に効率が低下する。よって、かかる構成においては、広帯域化が困難である。また、振動周波数の変化により、振動モードが変化する。さらに、温度変化によっても、振動モードが変化する。振動モードが変化すると、指向性も変化する。

【0 0 0 6】

本発明は、上記に例示した事情等に鑑みてなされたものである。すなわち、本発明は、例えば、超音波センサにおいて、所望の指向性をより安定的に実現したり、送受信特性をよりいっそう向上したりすることが可能な構成を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1に記載の超音波センサ(1)は、

指向軸(DA)に沿った軸方向における一端部である基端部(41)と他端部である先端部(42)とを有し、超音波振動と電気信号との変換機能を奏する、変換素子(4)と、  
前記変換素子における前記先端部よりも前記基端部に近接するように設けられ、前記変換素子を固定的に支持する、固定部(3)と、  
前記変換素子の前記先端部と振動伝達可能に接続された、振動部を一次振動モードとする振動変換部(5)と、

を備え、

前記変換素子に前記電気信号である駆動信号の印加により前記変換素子にて発生した超音波振動が前記変換素子から前記振動変換部に伝達して前記振動変換部が超音波振動することで、前記振動変換部から前記変換素子よりも前記基端部から前記先端部に向かう送信方向に存在する外部空間(SG)に超音波である送信波を送信する送信機能

および／または

前記外部空間からの超音波の受信により励振された前記振動変換部から前記変換素子に伝達した超音波振動を前記変換素子にて前記電気信号である受信信号に変換する受信機能を奏するように構成され、

前記振動変換部は、導体材料によって形成され、所定電位に設定されている。

【0008】

なお、出願書類中の各欄において、各要素に括弧付きの参照符号が付されている場合がある。この場合、参照符号は、同要素と後述する実施形態に記載の具体的構成との対応関係の単なる一例を示すものであるにすぎない。よって、本発明は、参照符号の記載によって、何ら限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第一実施形態に係る超音波センサを搭載した車両の外観を示す斜視図である。

【図2】図1に示された超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図3】図2に示された超音波センサの動作概要を示す断面図である。

【図4】図2に示された超音波センサの動作概要を示す断面図である。

【図5】第二実施形態に係る超音波センサを搭載した車両の外観を示す斜視図である。

【図6A】図5に示された超音波センサの概略構成の一例を示す断面図である。

【図6B】図5に示された超音波センサの概略構成の他の一例を示す断面図である。

【図7】図2、図6Aまたは図6Bに示された超音波センサの動作概要を示す断面図である。

【図8】図7に示された超音波センサの一変形例に係る概略構成および動作概要を示す断面図である。

【図9】図7に示された超音波センサの他の一変形例に係る概略構成および動作概要を示す断面図である。

【図10】図7に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成および動作概要を示す断面図である。

【図11】図2、図6Aまたは図6Bに示された超音波センサの一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図12】図2、図6Aまたは図6Bに示された超音波センサ他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図13】図2、図6Aまたは図6Bに示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 4】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 1 5】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 1 6】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例におけるセンサ筐体および振動変換部の構成例を示す背面図である。

【図 1 7】図 1 6 に示されたセンサ筐体および振動変換部を備えた超音波センサの動作概要を示す断面図である。

【図 1 8】図 1 6 に示されたセンサ筐体および振動変換部を備えた超音波センサの動作概要を示す断面図である。

10

【図 1 9】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 2 0】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 2 1】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 2 2】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 2 3】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

20

【図 2 4】図 2、図 6 A または図 6 B に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 2 5】第三実施形態に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 2 6】図 2 5 に示された超音波センサの一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 2 7】第四実施形態に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 2 8】第五実施形態に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 2 9】図 2 8 に示された超音波センサの一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 3 0】第六実施形態に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 3 1】図 3 0 に示された超音波センサの一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 3 2】図 3 0 に示された超音波センサの他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

30

【図 3 3】図 3 0 に示された超音波センサのさらに他の一変形例に係る概略構成を示す断面図である。

【図 3 4】第七実施形態に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 3 5】本開示に係る超音波センサを用いた物体検知装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図 3 6】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 3 7】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 3 8】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 3 9】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

40

【図 4 0】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 4 1】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 4 2】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 4 3】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 4 4】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 4 5】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 4 6】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 4 7】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【図 4 8】変形例に係る超音波センサの概略構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

50

## 【0010】

## (第一実施形態：車載構造)

以下、図1および図2を参照しつつ、第一実施形態に係る超音波センサ1の概略構成について説明する。まず図1を参照すると、超音波センサ1は、移動体としての車両Vに搭載されることで、かかる車両Vの周囲の外部空間SGに存在する物体（例えば障害物）の存在状態に対応する検知信号を生成および出力するように構成されている。すなわち、超音波センサ1は、車両Vを取付対象とする車載型のクリアランスソナーとしての構成を有している。

## 【0011】

車両Vは、典型的には、いわゆる四輪自動車であって、箱状の車体V1を備えている。車体V1は、外板を構成する板状のボディ部品である、車体パネルV2およびバンパーV3を備えている。バンパーV3は、車体V1の前端部および後端部のそれぞれに設けられている。本実施形態においては、超音波センサ1は、バンパーV3に取り付けられるように構成されている。超音波センサ1がバンパーV3に取り付けられることで車両Vに搭載された状態を、以下「搭載状態」と称する。

## 【0012】

具体的には、搭載状態にて、フロントバンパーすなわち車体V1における前面側のバンパーV3には、複数（例えば4つ）の超音波センサ1が取り付けられている。フロントバンパーに取り付けられた複数の超音波センサ1は、それぞれ、少なくとも車幅方向について異なる位置に配置されている。同様に、搭載状態にて、リアバンパーすなわち車体V1における後面側のバンパーV3には、複数（例えば4つ）の超音波センサ1が取り付けられている。本実施形態においては、バンパーV3には、超音波センサ1の取り付け用の貫通孔である取付孔V4が設けられている。

## 【0013】

図2は、バンパーV3に取り付けられた複数の超音波センサ1のうちの1つを、搭載状態にて示している。なお、図示の簡略化のため、図2において、互いに接合状態にある隣接構成要素同士を固定的に結合するための、接合層（例えば接着剤層等の接着層や溶着層等）あるいは固定具（例えばボルト、テープ等）は、特段の言及なき限り、図示が省略されているものとする。ここで、「接着層」は、接着剤層（すなわち接着剤を固化することで形成された合成樹脂層）の他に、両面テープ層（すなわち両面テープにおける表裏両面から剥離紙を剥離することで出現する粘着層）等を含む。

## 【0014】

図2を参照すると、超音波センサ1は、超音波を送信および／または受信可能に構成されている。すなわち、超音波センサ1は、超音波である送信波を指向軸DAに沿って外部空間SGに送信する送信機能、および／または、送信波の物体による反射波を外部空間SGから受信する受信機能を奏するように構成されている。「指向軸」とは、超音波センサ1から送信波の進行方向に沿って延びる仮想直線であって、指向角の基準となるものである。「指向軸」は「指向中心軸」あるいは「検出軸」とも称され得る。「指向角」は「半値角」とも称され得る。また、超音波センサ1は、車両Vの周囲に存在する物体による送信波の反射波を含む受信波を外部空間SGから受信して、受信波の受信結果に応じた検知信号を生成および出力するように構成されている。

## 【0015】

ここで、送信波の進行方向に沿った方向、具体的には、指向軸DAと平行な方向を、「軸方向」と称する。より詳細には、軸方向は、送信方向DTと受信方向DRとを含む。送信方向DTは、軸方向と平行で、且つ、超音波センサ1から外部空間SGに向かう方向である。すなわち、送信方向DTは、指向軸DA上にて、送信波が進行する方向である。一方、受信方向DRは、送信方向DTとは反対に、軸方向と平行で、且つ、外部空間SGから超音波センサ1に向かう方向である。すなわち、受信方向DRは、指向軸DA上にて、受信波が進行する方向である。また、或る構成要素の「軸方向における先端」は、当該構成要素の送信方向DT側における端をいうものとする。これに対し、或る構成要素の「軸

10

20

30

40

50

方向における基端」は、当該構成要素の、受信方向 D R 側における端をいうものとする。また、軸方向と直交する任意の方向を「面内方向」と称する。「面内方向」は、指向軸 D A を法線とする仮想平面と平行な方向である。また、或る構成要素の、当該仮想平面に投影した形状を、「面内形状」と称する。なお、面内方向は、「径方向」を含む。「径方向」は、上記の仮想平面と指向軸 D A との交点を起点として当該仮想平面内に半直線を描いた場合に、当該半直線が延びる方向である。換言すれば、「径方向」は、上記の仮想平面と指向軸 D A との交点を中心として当該仮想平面内に円を描いた場合の、当該円の半径方向である。

#### 【0016】

図 2 を参照すると、バンパー V 3 は、バンパー外表面 V 5 とバンパー内表面 V 6 とを有している。バンパー外表面 V 5 は、車両 V の外側の空間である外部空間 S G に面するように設けられている。バンパー内表面 V 6 は、バンパー外表面 V 5 の裏面である。取付孔 V 4 は、バンパー外表面 V 5 およびバンパー内表面 V 6 にて開口するように設けられている。取付孔 V 4 は、指向軸 D A を中心軸とする円孔として形成されている。

#### 【0017】

(第一実施形態：センサ構造)

本実施形態に係る超音波センサ 1 は、センサ筐体 2 と、固定部 3 と、変換素子 4 と、振動変換部 5 とを備えている。以下、本実施形態に係る超音波センサ 1 における各部の具体的な構成例について説明する。

#### 【0018】

センサ筐体 2 は、筒状の側壁の軸方向における先端を底壁で閉塞する一方で基端を開放した形状を有する、有底筒状に形成されている。センサ筐体 2 は、例えば、アルミニウムやアルミニウム合金等の金属材料、ポリプロピレンやポリアセタール（すなわち P O M ）やアクリル樹脂等の合成樹脂材料、C F R P 等の複合材料、等によって構成され得る。P O M は P o l y o x y m e t h y l e n e の略である。C F R P は C a r b o n F i b e r R e i n f o r c e d P l a s t i c s の略である。

#### 【0019】

(振動板)

本実施形態においては、センサ筐体 2 は、振動板 2 1 を有している。振動板 2 1 は、指向軸 D A に沿った板厚方向を有する板状に形成されている。すなわち、振動板 2 1 は、有底筒状のセンサ筐体 2 における、指向軸 D A と交差する底壁により形成されている。振動板 2 1 は、円形、楕円形、多角形、等の、任意の面内形状を有している。振動板 2 1 は、搭載状態にて外部空間 S G に露出する外表面 2 1 a と、外表面 2 1 a の裏面である内表面 2 1 b とを有している。なお、図 2 においては、本開示の内容を簡略に説明するため、振動板 2 1 は、典型的な構成例として、一定の板厚を有する平板状の形状を有しているものとする。よって、本具体例においては、外表面 2 1 a および内表面 2 1 b は、振動板 2 1 における一対の主面として設けられている。「主面」とは、板状の部分あるいは部材における、板厚方向を法線方向とする表面である。すなわち、外表面 2 1 a および内表面 2 1 b は、指向軸 D A と直交するように設けられている。しかしながら、本開示がこのような構成に限定されないことは、後述の各変形例の記載からも明らかである。

#### 【0020】

振動板 2 1 には、非接続部 2 2 と接続部 2 3 とが形成され得る。非接続部 2 2 は、振動板 2 1 の径方向における外縁側の部分であって、振動板 2 1 の内表面 2 1 b と振動変換部 5 とが対向しない部分である。これに対し、接続部 2 3 は、内表面 2 1 b と振動変換部 5 とが対向する、振動板 2 1 の径方向における非接続部 2 2 よりも内側の部分である。

#### 【0021】

振動板 2 1 は、面内方向における中心部 2 4 が指向軸 D A に沿って移動する態様で超音波振動可能に設けられている。具体的には、センサ筐体 2 は、振動板 2 1 の面内方向における外縁部 2 5 を支持する支持部 2 6 を有している。すなわち、支持部 2 6 は、有底筒状のセンサ筐体 2 における、指向軸 D A を囲む側壁により形成されている。振動板 2 1 は、

10

20

30

40

50

支持部 2 6 の軸方向における寸法よりも小さな板厚を有している。振動板 2 1 は、支持部 2 6 よりも柔らかい材料で形成され得る。振動板 2 1 の外縁部 2 5 は、支持部 2 6 の軸方向における先端部と結合されている。なお、振動板 2 1 と支持部 2 6 とが同一材料によって形成される場合、センサ筐体 2 は、継ぎ目なく一体に成形され得るが、後述するように、本発明は、かかる態様に限定されない。そして、振動板 2 1 は、面内方向における外縁部 2 5 を節とし且つ中心部 2 4 を腹とする一次振動モードで超音波振動可能に設けられている。支持部 2 6 は、外周面 2 7 と内周面 2 8 とを有している。外周面 2 7 は、円柱面状に形成されている。外周面 2 7 の少なくとも軸方向における先端部は、搭載状態にて、取付孔 V 4 の内側に收容されている。振動板 2 1 が円形状を有している場合、内周面 2 8 は、指向軸 D A に面する円筒内面状に形成されている。

#### 【0022】

##### (固定部)

固定部 3 は、センサ筐体 2 の軸方向における基端側の開口を閉塞するように設けられている。固定部 3 は、金属材料、合成樹脂材料、複合材料、等によって形成され得る。固定部 3 は、固定面 3 1 と背面 3 2 とを有している。固定面 3 1 は、振動板 2 1 の内表面 2 1 b と対向するように設けられている。固定面 3 1 は、支持部 2 6 の軸方向における基端部と、接着剤等の接合層を介して接合されている。かかる接合層は、送受信波の波長に対して充分小さい（例えば  $100\text{ }\mu\text{m}$  以下あるいは波長の 8 分の 1 未満となるような）厚さに形成されている。背面 3 2 は、固定面 3 1 の裏側に設けられている。なお、図 2 においては、本開示の内容を簡略に説明するため、固定部 3 は、典型的な構成例として、一定の板厚を有する平板状の形状を有しているものとする。よって、本具体例においては、固定面 3 1 および背面 3 2 は、固定部 3 における、指向軸 D A と交差する（すなわち具体的には直交する）一対の主面として設けられている。しかしながら、本開示がこのような構成に限定されないことは、後述の各変形例の記載からも明らかである。また、背面 3 2 側には、振動変換部 5 と電気接続された不図示の回路基板が設けられている。

#### 【0023】

支持部 2 6 の軸方向における基端部と固定面 3 1 とを接合することでセンサ筐体 2 と固定部 3 とによって囲まれる空間内には、変換素子 4 と振動変換部 5 とが收容されている。変換素子 4 と振動変換部 5 とは、指向軸 D A 上にて、互いに隣接配置されている。具体的には、固定部 3 と、変換素子 4 と、振動変換部 5 とが、この順に、送信方向 D T に沿って配列されている。センサ筐体 2 と固定部 3 と変換素子 4 と振動変換部 5 とによって、超音波スピーカおよび／または超音波マイクとしての、いわゆる超音波トランスデューサが構成されている。

#### 【0024】

##### (変換素子)

変換素子 4 は、軸方向に沿った超音波振動と電気信号との変換機能を奏する、電気－機械エネルギー変換素子によって構成されている。具体的には、変換素子 4 としては、圧電素子や、モノモルフ型あるいはバイモルフ型の振動子や、ランジュバン型振動子、等が用いられ得る。モノモルフ型あるいはバイモルフ型の振動子は、圧電素子を板材に貼り合わせた構成を有している。ランジュバン型振動子は、軸方向に厚さ方向を有する板状に形成された圧電素子を一対のブロックで挟み込んだ構成を有している。

#### 【0025】

変換素子 4 は、軸方向における一端部である基端部 4 1 と、他端部である先端部 4 2 とを有している。基端部 4 1 は、固定部 3 における固定面 3 1 に、接着剤層等の接合層を介して固定されている。かかる接合層は、送受信波の波長に対して充分小さい（例えば  $100\text{ }\mu\text{m}$  以下あるいは波長の 8 分の 1 未満となるような）厚さに形成されている。先端部 4 2 は、固定部 3 から軸方向における先端側すなわち送信方向 D T に向かって突設されている。このように、固定部 3 は、変換素子 4 における先端部 4 2 よりも基端部 4 1 に近接するように配置されつつ、変換素子 4 を固定的に支持するように設けられている。そして、超音波センサ 1 は、変換素子 4 に電気信号である駆動信号が印加されることで変換素子 4

よりも送信方向D T（すなわち基端部4 1から先端部4 2に向かう方向）側に存在する外部空間S Gに送信波を送信する送信機能を奏するように構成されている。あるいは、超音波センサ1は、受信波の受信により外部空間S Gから変換素子4に伝達した超音波振動を変換素子4にて電気信号である受信信号に変換する受信機能を奏するように構成されている。

#### 【0026】

##### （振動変換部）

振動変換部5は、振動板2 1と変換素子4との間に設けられている。振動変換部5は、変換素子4の先端部4 2と振動伝達可能に接続されている。また、振動変換部5は、振動板2 1と振動伝達可能に接続されている。すなわち、振動変換部5は、変換素子4における超音波振動（例えば軸方向に沿った伸縮振動）と振動板2 1における超音波振動（例えば膜振動）とのうち的一方から他方への振動変換機能を奏するように設けられている。そして、超音波センサ1は、駆動信号の印加により変換素子4にて発生した超音波振動が変換素子4から振動変換部5を介して振動板2 1に伝達して振動板2 1が超音波振動することで振動板2 1から外部空間S Gに送信波を送信する送信機能を奏するように構成されている。あるいは、超音波センサ1は、外部空間S Gからの受信波の受信により励振された振動板2 1から振動変換部5を介して変換素子4に伝達した超音波振動を変換素子4にて受信信号に変換する受信機能を奏するように構成されている。

#### 【0027】

振動変換部5は、変換素子4の先端部4 2に近接する第一対向面5 1と、第一対向面5 1の裏面であって振動板2 1に近接する第二対向面5 2とを有している。本具体例においては、第一対向面5 1および第二対向面5 2は、指向軸D Aと交差する（すなわち具体的には直交する）平面状に形成されている。すなわち、第一対向面5 1と第二対向面5 2とは、互いに略平行に設けられている。第一対向面5 1は、変換素子4の先端部4 2と、接着剤層等の接合層を介して接合されている。第二対向面5 2は、振動板2 1の接続部2 3における内表面2 1 bと、接着剤層等の接合層を介して接合されている。これらの接合層は、送受信波の波長に対して充分小さい（例えば100  $\mu\text{m}$ 以下あるいは波長の8分の1未満となるような）厚さに形成されている。

#### 【0028】

本実施形態においては、振動変換部5は、第一対向面5 1と第二対向面5 2とが互いに異なる面積を有することで、振動面の面積変換機能を奏するように形成されている。具体的には、図2に示されているように、本具体例においては、振動変換部5は、第二対向面5 2の方が第一対向面5 1よりも面積が大きくなるように形成されている。このため、第一対向面5 1と第二対向面5 2との間に設けられた端面5 3は、直線状の母線をもつ送信方向D Tに向かうにつれて面内形状が大きくなる部分錐体面状に形成されている。

#### 【0029】

超音波センサ1は、振動板2 1における振動モードが振動変換部5により上記の一次振動モードに限定されるような構成を有している。具体的には、振動変換部5は、送信機能にて変換素子4により送信方向D Tに付勢された場合に、振動板2 1の接続部2 3を効率的に送信方向D Tに押し出せるように、振動板2 1の硬さ以上の硬さを有している。ここにいう「硬い」とは、密度および／またはヤング率が高いことをいうものとする。一般的に、密度が高く、ヤング率が高い場合、音響インピーダンスが高い。すなわち、振動変換部5は、振動板2 1と変換素子4との間の振動伝達に際して剛体的に振る舞うように構成されている。換言すれば、振動変換部5は、変換素子4の超音波振動に伴って、第二対向面5 2がほとんど撓まず（すなわち面内形状をほとんど変化させず）に軸方向に平行移動するような態様で超音波振動するように設けられている。

#### 【0030】

振動変換部5は、振動板2 1と変換素子4との間の振動伝達効率を高めるように構成されている。具体的には、振動変換部5は、音響インピーダンスが振動板2 1以上且つ変換素子4以下となるような材料で形成されている。但し、変換素子4の音響インピーダンス

10

20

30

40

50

は、振動板 2 1 の音響インピーダンスよりも大きいものとする。例えば、振動変換部 5 は、アルミニウムやアルミニウム合金やマグネシウム合金等の金属材料、P B T やガラスエポキシ樹脂等の合成樹脂材料、C F R P 等の複合材料、等によって構成され得る。P B T は *polybutylene terephthalate* の略である。振動変換部 5 は、金属等の導体材料によって形成されている場合、所定電位（例えば接地電位等の基準電位）に設定され得る。

#### 【0031】

また、振動変換部 5 は、第二対向面 5 2 が振動板 2 1（すなわち内表面 2 1 b）の面積に対応した面積を有することで振動板 2 1 におけるスプリアス振動を抑制するように形成されている。すなわち、振動変換部 5 は、第二対向面 5 2 の外径が内表面 2 1 b の外径以下であって両者の差が可及的に小さくなるような形状を有している。そして、振動変換部 5 は、非接続部 2 2 の径方向における幅、すなわち、内表面 2 1 b の外径と第二対向面 5 2 の外径との差の半値が、送受信波の波長の半値未満となるように、振動板 2 1 に接合されている。

#### 【0032】

（効果）

以下、上記構成を有する、本実施形態に係る超音波センサ 1 の動作概要を、同構成により奏される効果とともに、図 2～図 4 を用いて説明する。なお、説明を簡略化するため、以下の動作概要説明においては、超音波センサ 1 は、少なくとも送信機能を有しているものとし、変換素子 4 は、軸方向に伸縮するような態様で超音波振動するタイプの構成を有しているものとする。そして、主として、送信機能の発現時、すなわち、超音波センサ 1 が送信波を外部空間 S G に送信する送信時の動作について説明する。

#### 【0033】

送信時において、変換素子 4 に、駆動信号が印加される。これにより、変換素子 4 は、軸方向に伸縮するような態様で超音波振動する。具体的には、正電圧印加時において、変換素子 4 は、図 2 に示された状態よりも軸方向に伸長される。ここで、変換素子 4 の基端部 4 1 は、バンパー V 3 に固定的に支持された固定部 3 に固定されている。このため、図 3 に示されているように、変換素子 4 が軸方向に伸長されることで、変換素子 4 の先端部 4 2 は、送信方向 D T に移動する。すると、振動変換部 5 は、変換素子 4 の先端部 4 2 により、送信方向 D T に付勢される。このとき、振動変換部 5 は、振動板 2 1 に接合された第二対向面 5 2 の平面状態を保持したまま、送信方向 D T に移動する。これにより、振動板 2 1 における接続部 2 3 は、第二対向面 5 2 との接合面形状を維持したまま、送信方向 D T に押し出される。

#### 【0034】

一方、負電圧印加時において、変換素子 4 は、図 2 に示された状態よりも軸方向に圧縮される。ここで、変換素子 4 の基端部 4 1 は、バンパー V 3 に固定的に支持された固定部 3 に固定されている。このため、図 4 に示されているように、変換素子 4 が軸方向に圧縮されることで、変換素子 4 の先端部 4 2 は、受信方向 D R に移動する。すると、振動変換部 5 は、変換素子 4 の先端部 4 2 により、受信方向 D R に付勢される。このとき、振動変換部 5 は、振動板 2 1 に接合された第二対向面 5 2 の平面状態を保持したまま、送信方向 D T に移動する。これにより、振動板 2 1 における接続部 2 3 は、第二対向面 5 2 との接合面形状を維持したまま、受信方向 D R に引き込まれる。

#### 【0035】

このように、変換素子 4 への駆動信号の印加により、振動板 2 1 は、外縁部 2 5 を節とし且つ中心部 2 4 を腹とする一次振動モードで超音波振動する。そして、振動板 2 1 における振動モードは、振動変換部 5 により、上記の一次振動モードに限定される。これにより、一次振動モードよりも高次の振動モードの発生による指向性の崩れが、良好に抑制され得る。特に、振動板 2 1 を、支持部 2 6 の軸方向における寸法よりも小さな板厚に形成したり、支持部 2 6 よりも柔らかい材料で形成したりすることで、振動板 2 1 と支持部 2 6 とからなるセンサ筐体 2 において、実質的に振動板 2 1 のみを振動させることができる

。これにより、良好な送受信特性、すなわち、高出力化および／または高感度化を図ることが可能となる。

#### 【0036】

また、振動板21における上記のような態様の振動は、非共振で実現可能である。このため、任意の送受信周波数を実現することが可能となる。すなわち、例えば、送信周波数を可変として、指向性を調整することが可能となる。具体的には、一次振動モードの場合、指向角 $\propto$ 波長／振動長の比例の関係が近似で成り立つことが知られている。このため、周波数を高くすることで、狭指向性を実現される。一方、周波数を低くすることで、広指向性を実現される。あるいは、温度変化による指向性の変動の影響を、良好に抑制することが可能となる。特に、温度変化により物性値変化が生じやすい合成樹脂系材料でセンサ筐体2すなわち振動板21や支持部26を構成した場合であっても、所望の指向性をより安定的に実現することが可能となる。

10

#### 【0037】

また、従来技術においては、狭指向性と広帯域化とは、トレードオフの関係にあった。すなわち、例えば、振動板21の外径を大きくすると、狭指向性となるとともに、共振周波数が低くなる。一方、振動板21の外径を小さくすると、広指向性となるとともに、共振周波数が高くなる。そして、送受信可能な周波数帯域は、振動板21を含むセンサ筐体2と圧電素子との接合体における電気－機械エネルギー変換特性に依存していた。これに対し、本実施形態によれば、振動発生部としての変換素子4と、指向性設計部としての振動板21とが分離されるため、指向性と帯域とのトレードオフの関係が解消され、設計自由度が向上する。具体的には、例えば、狭指向性で且つ広帯域の超音波センサ1を実現することが可能となる。また、広指向性で且つ広帯域の超音波センサ1も実現可能となることは明らかである。

20

#### 【0038】

また、振動変換部5を金属等の導体材料によって形成し、これを所定電位（例えば接地電位等の基準電位）に設定することで、変換素子4が良好に電磁的にシールドされ得る。これにより、バンパーV3に取り付けられることで様々なノイズ環境に曝される超音波センサ1において、優れたEMC特性を実現することが可能となる。EMCはElectromagnetic Compatibilityの略である。特に、センサ筐体2を非導電性材料（例えば合成樹脂）で一体に形成した場合における、好適なEMC対策が実現され得る。

30

#### 【0039】

このように、本実施形態は、振動板21を面で押し出したり引き込んだりする態様で超音波振動させる構成を採用している。これにより、所望の指向性をより安定的に実現したり、送受信特性をよりいっそう向上したりすることが可能となる。なお、必ずしも引き込む必要はなく、「押ししたり、戻したり」でもよい。

#### 【0040】

##### （第二実施形態）

以下、第二実施形態について、図5、図6Aおよび図6Bを参照しつつ説明する。なお、以下の第二実施形態の説明においては、主として、上記第一実施形態と異なる部分について説明する。また、第一実施形態と第二実施形態とにおいて、互いに同一または均等である部分には、同一符号が付されている。したがって、以下の第二実施形態の説明において、第一実施形態と同一の符号が付された構成要素に関しては、技術的矛盾または特段の追加説明なき限り、上記第一実施形態における説明が適宜援用され得る。後述の第三実施形態以降の他の実施形態についても同様である。

40

#### 【0041】

図5に示されているように、本実施形態においては、バンパーV3には、図1に示された取付孔V4は設けられていない。すなわち、本実施形態に係る超音波センサ1は、かかる取付孔V4をバンパーV3に形成しなくてもバンパーV3に取り付け可能である。換言すれば、かかる超音波センサ1は、これを搭載しない状態で一旦工場出荷された車両Vで

50

ある非搭載車のバンパーV3に対しての「後付け」を容易に行うことが可能である。かかる構成を有する本実施形態に係る超音波センサ1は、搭載状態にて、取付孔V4を有しないバンパーV3により外側から覆われる。よって、かかる構成を、以下、「インビジブルソナー構成」と称することがある。

#### 【0042】

具体的には、本実施形態に係る超音波センサ1は、バンパーV3の一部を振動板21として、かかる振動板21における超音波振動を用いて超音波を送信および／または受信するように構成されている。図6Aは、かかる構成の一例を示す。図6Aに示されているように、振動板21は、バンパーV3の一部の振動部V7によって構成されている。具体的には、振動板21すなわち振動部V7は、指向軸DAを囲むように配置される筒状、リング状、塀状、あるいは壁状の部品である制振部V8を、接着剤層等の接合層を介してバンパー内表面V6に接合することによって形成されている。すなわち、制振部V8は、指向軸DAを取り囲むように、指向軸DAを囲む周方向について一体的にまたは複数の分割して設けられている。指向軸DAを囲む「周方向」とは、指向軸DAと交差する（すなわち典型的には直交する）仮想平面上に、指向軸DAを囲む単一閉曲線を描いた場合の、当該単一閉曲線上の点が当該単一閉曲線上を動く軌跡の方向である。「単一閉曲線」とは、3次元ユークリッド空間内において、自身と交わらない閉じた曲線のことであり、単純閉曲線あるいはジョルダン曲線とも称され得る。「単一閉曲線」は、矩形等の多角形を含む。換言すれば、制振部V8は、指向軸DAを取り囲むように配置された、少なくとも1つの部品によって構成されている。後述するように、制振部V8を、周方向に配列された複数の部品によって構成する場合、隣接する部品間には、スリットあるいは隙間が設けられ得る。このように、制振部V8は、周方向について指向軸DAを断続的にあるいは不連続的に囲むように設けられ得る。同様に、制振部V8を、周方向について指向軸DAを連続的に囲む筒状に形成する場合も、周方向について1つあるいは複数のスリットや開口部が設けられ得る。そして、振動部V7は、バンパーV3と制振部V8とを接合した場合における、制振部V8の内側の部分である。かかる接合層は、送受信波の波長に対して充分小さい（例えば100μm以下あるいは波長の8分の1未満となるような）厚さに形成されている。超音波センサ1は、搭載状態にて、制振部V8の内周面である保持面V9内に、図6Bに示された後述する支持部26に対応する制振部V8と、振動変換部5と、変換素子4と、固定部3で構成されるセンサ筐体2とが、バンパー内表面V6に固定されている。

本実施形態においては、振動変換部5は、バンパーV3の一部である振動板21と振動伝達可能に接続されている。具体的には、振動変換部5の外表面である第二対向面52と、振動板21におけるバンパー内表面V6とは、隙間すなわち空気層が生じないように、当接あるいは接合されている。この場合、振動変換部5は、図6Bに示された後述する音響整合層61をも兼ねるものである。なお、振動変換部5の外表面である第二対向面52と、振動板21におけるバンパー内表面V6との間には、隙間すなわち空気層が生じないように、上記の音響整合層61が設けられていてもよい。すなわち、この場合、かかる音響整合層61は、振動変換部5と振動板21との間で挟持されている。具体的には、例えば、かかる音響整合層61は、振動変換部5と振動板21とのうちの一方に固定されている。

振動変換部5とバンパーV3すなわち振動板21との間に介在する音響整合層61は、両者の間の振動伝達効率を高めるように設けられている。すなわち、音響整合層61は、振動変換部5と振動板21との間の振動伝達効率が可能な限り高くなるように構成されている。具体的には、音響整合層61は、音響インピーダンスが振動板21つまりバンパーV3以上且つ振動変換部5以下となるような材料で形成されている。但し、振動変換部5の音響インピーダンスは、振動板21すなわちバンパーV3の音響インピーダンスよりも大きいものとする。音響整合層61は、例えば、エポキシ樹脂等の硬化型合成樹脂により形成され得る。あるいは、音響整合層61は、50μm以下の厚さに形成され得る。

かかる構成を有する本実施形態の超音波センサ1は、送信時に、バンパーV3の一部を振動板21として振動させることで、送信波を送信する。また、受信機能が発現される受

信時に、受信波により励振された振動板 2 1 の振動を電気信号に変換して、受信信号を生成する。そして、本実施形態においても、上記第一実施形態と同様の効果が奏され得る。なお、図 6 A に示された構成例は、以下に説明する図 6 B に示された構成例を簡略化したものである。具体的には、図 6 A に示された構成例においては、図 6 B に示された構成例に設けられていたセンサ筐体 2 における、振動板 2 1 とバンパー V 3 とが一体化され、且つ、支持部 2 6 と制振部 V 8 とが一体化されている。

図 6 B は、図 6 A に示された構成の別例を示す。具体的には、本実施形態に係る超音波センサ 1 は、バンパー V 3 の一部を振動部 V 7 として、かかる振動部 V 7 における超音波振動を用いて超音波を送信および／または受信するように構成されている。図 6 B に示されているように、振動部 V 7 は、指向軸 D A を囲む筒状、リング状、塀状、あるいは壁状の部品である制振部 V 8 を、接着剤層等の接合層を介してバンパー内表面 V 6 に接合することによって形成されている。すなわち、制振部 V 8 は、指向軸 D A を取り囲むように、指向軸 D A を囲む周方向について一体的にまたは複数に分割して設けられている。換言すれば、制振部 V 8 は、指向軸 D A を取り囲むように配置された、少なくとも 1 つの部品によって構成されている。そして、振動部 V 7 は、バンパー V 3 と制振部 V 8 とを接合した場合における、制振部 V 8 の内側の部分である。かかる接合層は、送受信波の波長に対して充分小さい（例えば  $100\text{ }\mu\text{m}$  以下あるいは波長の 8 分の 1 未満となるような）厚さに形成されている。超音波センサ 1 は、搭載状態にて、制振部 V 8 の内周面である保持面 V 9 内にセンサ筐体 2 が収容されつつ、バンパー内表面 V 6 に固定されている。

#### 【0043】

本実施形態においては、振動板 2 1 は、振動部 V 7 と振動伝達可能に接続されている。具体的には、振動板 2 1 の外表面 2 1 a と、振動部 V 7 におけるバンパー内表面 V 6 の間には、隙間すなわち空気層が生じないように、音響整合層 6 1 が設けられている。すなわち、音響整合層 6 1 は、振動板 2 1 と振動部 V 7 との間で挟持されている。音響整合層 6 1 は、振動板 2 1 と振動部 V 7 とのうちの一方に固定されている。

#### 【0044】

振動板 2 1 とバンパー V 3 すなわち振動部 V 7 との間に介在する音響整合層 6 1 は、両者の間の振動伝達効率を高めるように設けられている。すなわち、音響整合層 6 1 は、振動板 2 1 と振動部 V 7 との間の振動伝達効率が可能な限り高くなるように構成されている。具体的には、音響整合層 6 1 は、音響インピーダンスが振動部 V 7 以上且つ振動板 2 1 以下となるような材料で形成されている。但し、振動板 2 1 の音響インピーダンスは、振動部 V 7 すなわちバンパー V 3 の音響インピーダンスよりも大きいものとする。音響整合層 6 1 は、例えば、エポキシ樹脂等の硬化型合成樹脂により形成され得る。あるいは、音響整合層 6 1 は、 $50\text{ }\mu\text{m}$  以下の厚さに形成され得る。

#### 【0045】

かかる構成を有する本実施形態の超音波センサ 1 は、送信時に、バンパー V 3 の一部を振動部 V 7 として振動させることで、送信波を送信する。また、受信機能が発現される受信時に、受信波により励振された振動部 V 7 の振動を電気信号に変換して、受信信号を生成する。そして、本実施形態においても、上記第一実施形態と同様の効果が奏され得る。

#### 【0046】

##### （振動変換部の構造）

図 7 ～図 10 は、超音波センサ 1 における、振動変換部 5 の構造を変更した場合の指向性の変化の様子を示す。各図において、振動板 2 1 における外表面 2 1 a の振動変位、および、これによる送信波の伝播の様子が、点線で示されている。また、指向性が、二点鎖線で概略的に示されている。なお、図 7 ～図 10 の例においては、いずれも、第一対向面 5 1 の面積よりも第二対向面 5 2 の面積の方が大きい、すなわち、第一対向面 5 1 の外径よりも第二対向面 5 2 の外径の方が大きいものとする。また、図 7 ～図 10 の例において、固定部 3 および変換素子 4 の構成は同一であるものとし、振動板 2 1 および振動変換部 5 の面内形状すなわち外径も同一であるものとし、外縁部 2 5 における振動板 2 1 の板厚も同一であるものとする。

## 【0047】

図7の例においては、図2や図6A等に示された構成と同様に、振動板21は、一定の板厚を有する平板状に形成されている。また、第一対向面51および第二対向面52は、互いに平行な平面状に形成されている。さらに、端面53は、直線状の母線を有し送信方向DTに向かうにつれて面内形状が大きくなる部分錐体面状に形成されている。この例においては、図7に示されているように、中心すなわち指向軸DA付近で進行波に凹みが生じ、サイドローブが発生する。

## 【0048】

図8の例は、図7の例における、振動変換部5の端面53の形状を、凸面状に変更したものである。この例においては、図8に示されているように、中心すなわち指向軸DA付近における進行波の凹みが解消され、平面波が放射される。また、サイドローブも良好に抑制される。

## 【0049】

なお、平面状の第一対向面51および第二対向面52を、互いに平行とすることで、変換素子4から振動板21への振動伝達効率が高められ得る。但し、これらの平行度や平面度は、所望の指向性や送受信特性が得られる範囲で、適宜変更され得る。すなわち、製造誤差や許容偏差の範囲内で、平行度や平面度は、所定程度変動し得る。あるいは、所望の指向性や送受信特性を達成するため、これらの平行度や平面度が、意図的に調整される場合もあり得る。

## 【0050】

図9の例は、図8の例における、振動変換部5の第二対向面52の形状を、凸面状、すなわち、送信方向DTに向かって凸となる曲面状に変更したものである。この例においては、図9に示されているように、中心すなわち指向軸DA付近における進行波の凹みが解消され、送信方向DTに向かって凸の球面波が放射される。なお、指向性は、図8の例よりも広がる。また、サイドローブは、図8の例よりも、さらに良好に抑制される。

## 【0051】

図10の例は、図8の例における、振動変換部5の第二対向面52の形状を、図9の例とは逆に、凹面状、すなわち、送信方向DTに向かって凹となる曲面状に変更したものである。この例においては、図10に示されているように、中心すなわち指向軸DA付近で進行波に比較的大きな凹みが生じる。そして、正面方向すなわち指向軸DA周辺における送信波の音圧が、干渉によって低減される。かかる指向性によれば、路面段差や天井突出物を良好に検知することが可能となる。

## 【0052】

## (低コスト化)

図11および図12は、図2や図6A等に示された超音波センサ1を低コスト化した構成を示す。図11に示されているように、振動変換部5を振動板21と一体に形成することで、低コスト化が可能となる。具体的には、例えば、振動変換部5は、振動板21と、同一材料で継ぎ目なく一体に形成することが可能である。また、図12に示されているように、変換素子4を薄板状の圧電素子とすることによっても、低コスト化が可能となる。

## 【0053】

## (送受信特性)

上記の通り、振動板21の外径を大きくすると狭指向性となる一方、振動板21の外径を小さくすると広指向性となる。このため、振動板21の外径により、指向性が調整され得る。

## 【0054】

また、上記の各具体例のように、振動変換部5を第二対向面52の方が第一対向面51よりも面積すなわち外径が大きくなるように形成することで、変換素子4の径方向サイズを小型化することが可能となり、コストダウンが図られ得る。また、受信時すなわち受信方向DRの振動伝達において、振動変換部5により、面積を縮小させる態様での面積変換機能が奏される。このため、面積と圧力との積が一定となるというパスカルの定理によれ

10

20

30

40

50

ば、面積縮小により圧力増加が生じ、これにより受信感度の向上が図られ得る。逆に、振動変換部 5 を第二対向面 5 2 の方が第一対向面 5 1 よりも面積すなわち外径が小さくなるように形成することで、送信時すなわち送信方向 D T の振動伝達において、振動変換部 5 により、面積を縮小させる態様での面積変換機能が奏される。これにより、送信時における出力すなわち音圧の向上が図られ得る。

【0055】

このように、振動板 2 1 の外径と、振動変換部 5 の形状とを調整することで、所望の指向性および送受信特性が実現され得る。具体的には、例えば、図 2 や図 6 A 等 に示されている構成は、高受信感度且つ狭指向性に対応する。すなわち、かかる構成は、狭指向性の受信用センサに適用することが好適である。「受信用センサ」とは、送信機能を有さず受信機能を有する超音波センサ 1 をいうものとする。これに対し、受信機能を有さず送信機能を有する超音波センサ 1 を「送信用センサ」と称する。また、送信機能と受信機能との双方を有する超音波センサ 1 を「送受信一体型センサ」と称する。

10

【0056】

これに対し、図 1 3 に示されている構成は、振動板 2 1 の外径を小さくし、且つ、振動変換部 5 を第二対向面 5 2 の方が第一対向面 5 1 よりも面積すなわち外径が大きくなるように形成したものである。かかる構成は、広指向性の受信用センサに適用することが好適である。なお、かかる構成においては、変換素子 4 の径方向サイズの小型化を維持しつつスプリアス振動を抑制するため、支持部 2 6 は、軸方向における先端側すなわち送信方向 D T に向かうにつれて、厚さすなわち径方向寸法が大きくなるように形成され得る。具体的には、図 1 3 においては、支持部 2 6 は、外周面 2 7 が円柱面状に形成される一方で、内周面 2 8 が直線状の母線を有し送信方向 D T に向かうにつれて径が小さくなる円錐台面状に形成されている。

20

【0057】

図 1 4 に示されている構成は、振動板 2 1 の外径を大きくし、且つ、振動変換部 5 を第二対向面 5 2 の方が第一対向面 5 1 よりも面積すなわち外径が小さくなるように形成したものである。かかる構成は、高送信出力且つ狭指向性に対応する。すなわち、かかる構成は、狭指向性の送信用センサに適用することが好適である。なお、かかる構成において、スプリアス振動を抑制するため、支持部 2 6 の軸方向における先端部には、テーパ部 2 6 1 が設けられ得る。テーパ部 2 6 1 は、軸方向における先端側すなわち送信方向 D T に向かうにつれて、厚さすなわち径方向寸法が大きくなるように形成されている。

30

【0058】

図 1 5 に示されている構成は、振動板 2 1 の外径を小さくし、且つ、振動変換部 5 を第二対向面 5 2 の方が第一対向面 5 1 よりも面積すなわち外径が小さくなるように形成したものである。かかる構成は、高送信出力且つ広指向性に対応する。すなわち、かかる構成は、広指向性の送信用センサに適用することが好適である。なお、かかる構成においても、スプリアス振動を抑制するため、支持部 2 6 の軸方向における先端部には、テーパ部 2 6 1 が設けられ得る。

【0059】

(偏指向性)

40

図 1 6 ～図 1 8 は、水平方向と上下方向とで指向性が異なる、いわゆる「偏指向性」を実現するための構成を示す。図 1 6 に示されているように、振動板 2 1 は、第一面内方向（すなわち図中左右方向）に長手方向を有し第二面内方向（すなわち図中上下方向）に短手方向を有する面内形状（例えば、楕円状、長円状、長方形状、等）を有している。第一面内方向と第二面内方向とは、互いに直交する面内方向である。また、振動変換部 5 も、振動板 2 1 の面内形状に対応する面内形状を有するように形成されている。

【0060】

かかる構成によれば、図 1 7 および図 1 8 に示されているように、長手方向と短手方向とで異なる指向性が実現される。すなわち、変換素子 4 の形状や構造を変更しなくても、振動板 2 1 および振動変換部 5 の面内形状により、水平方向の指向性と上下方向の指向性

50

とを設計することが可能となる。周波数つまり波長を固定とした場合、振動板 2 1 の振動長が大きい場合、指向性は狭くなる。また、振動長を固定とした場合、周波数が高いつまり波長が短い場合、指向性は狭くなる。その逆はでは指向性は広くなる。

【0061】

(センサ筐体構造)

図 1 9 および図 2 0 に示されているように、振動板 2 1 は、いわゆる「フロート構造」により支持されていてもよい。具体的には、かかる構成においては、支持部 2 6 は、剛体部 2 6 2 と弾性部 2 6 3 とを有している。剛体部 2 6 2 は、支持部 2 6 の軸方向における弾性部 2 6 3 よりも基端側の部分であって、金属等の剛体材料により形成されている。弾性部 2 6 3 は、支持部 2 6 の軸方向における先端部であって、シリコンゴム等のエラストマ材料により形成されている。剛体部 2 6 2 と弾性部 2 6 3 とは、接着剤等の接合層により接合され得る。

10

【0062】

板状部材である振動板 2 1 は、その径方向における外側の端部にて、弾性部 2 6 3 と、接着剤等の接合層により接合されている。すなわち、振動板 2 1 は、剛体部 2 6 2 により、弾性部 2 6 3 を介して弾性的に支持されている。かかる構成によれば、振動板 2 1 を面で押し出したり引き込んだりする態様の超音波振動が、良好に実現され得る。なお、図 2 0 に示されているように、剛体部 2 6 2 は、振動板 2 1 の径方向における外側の端部を収容する凹部 2 6 4 を有していてもよい。

【0063】

20

図 2 1 ~ 図 2 3 に示されているように、センサ筐体 2 には、スリット 2 6 5 が設けられていてもよい。これにより、送受信特性、すなわち、送信出力や受信感度が向上され得る。具体的には、例えば、図 2 1 に示されているように、スリット 2 6 5 は、支持部 2 6 の内周面 2 8 にて指向軸 D A に向かって開口するように、支持部 2 6 の軸方向における先端部に設けられ得る。あるいは、例えば、図 2 2 に示されているように、スリット 2 6 5 は、振動板 2 1 の内表面 2 1 b にて受信方向 D R に開口するように、振動板 2 1 の径方向における端部に設けられ得る。あるいは、例えば、図 2 3 に示されているように、スリット 2 6 5 は、支持部 2 6 の軸方向における基端面にて受信方向 D R に開口するように、指向軸 D A に沿って設けられ得る。

【0064】

30

図 2 4 に示されているように、センサ筐体 2 と固定部 3 とを締結ボルト 2 6 6 により締結することで、変換素子 4 を振動変換部 5 に向けて付勢する方向の初期荷重が加わるようにしてもよい。かかる構成によれば、送信時の振動板 2 1 の変位量が増大することで、送信出力が向上する。また、接合層が省略され得る。さらに、負電圧印加時に、初期荷重が打ち消される位置まで振動板 2 1 が変位した後、振動板 2 1 の弾性エネルギーの勢いでさらに受信方向 D R に変位する。したがって、負電圧印加時の電圧が良好に低電圧化され得る。あるいは、負電圧を印加しなくても、良好な駆動が実現され得る。

【0065】

(変換素子構造)

上記の通り、変換素子 4 として、様々な種類の電気-機械エネルギー変換素子を用いることが可能である。例えば、上記の各具体例においては、説明の簡略化のため、変換素子 4 は、軸方向に沿って伸縮振動するタイプのものとした。しかしながら、本発明は、かかる態様には限定されない。

40

【0066】

図 2 5 は、変換素子 4 として、撓み振動する板状の圧電素子を用いた例を示す。かかる変換素子 4 は、固定部 3 における固定面 3 1 にて送信方向 D T に突設された突設部 3 3 1 により支持されている。具体的には、ブロック状に形成された突設部 3 3 1 には、支持突起 3 3 2 が設けられている。支持突起 3 3 2 は、突設部 3 3 1 の軸方向における先端面から送信方向 D T に突設されている。また、支持突起 3 3 2 は、突設部 3 3 1 の径方向における外側の端部に設けられている。

50

## 【0067】

変換素子4は、軸方向に厚さ方向を有する板状に形成された、モノモルフ型の圧電素子としての構成を有している。具体的には、変換素子4は、支持板401と圧電薄板402とを有している。支持板401は、軸方向に厚さ方向を有する板状部材であって、金属等により形成されている。支持板401は、断面視にて、面内方向における両端部が支持突起332によって支持された、いわゆる両持ち梁としての構成を有するように設けられている。圧電薄板402は、支持板401と略同一の面内形状に形成された圧電素子板であって、支持板401と接合されている。

## 【0068】

変換素子4は、面内方向における中央部431を節または腹として屈曲振動する態様で超音波振動するように設けられている。すなわち、固定部3は、変換素子4の面内方向における端部である固定端部432を固定的に支持するように構成されている。かかる構成によれば、変換素子4の共振設計により、高い送信出力あるいは高い受信感度を得ることが可能となる。

## 【0069】

図26も、図25と同様に、変換素子4として、撓み振動する板状の圧電素子を用いた例を示す。本例においては、突設部331は、筒状に形成されている。そして、変換素子4は、軸方向に厚さ方向を有する板状に形成された、モノモルフ型またはバイモルフ型の圧電素子としての構成を有している。なお、図26においては、図示の簡略化のため、変換素子4は、一枚の板状に示されている。図26に示された構成においては、よりいっそうの高出力化あるいは高感度化のため、変換素子4の面内方向におけるサイズが、図25に示された構成よりも大きくされている。

## 【0070】

かかる構成によれば、変換素子4の撓み量に対応して、振動変換部5すなわち第二対向面52の軸方向における変位量が生じる。すなわち、変換素子4の屈曲運動による振動が、振動変換部5により、第二対向面52の平行移動による軸方向の振動に変換される。

## 【0071】

(送受信一体構造)

ところで、送信用センサに設けられる変換素子4としては、例えば、積層型圧電素子、モノモルフ振動子、バイモルフ振動子、ランジュバン振動子、等が好適に用いられ得る。一方、受信用センサに設けられる変換素子4としては、例えば、単層型圧電素子、モノモルフ振動子、バイモルフ振動子、等が好適に用いられ得る。

## 【0072】

図2や図6A等にも示されている具体例のように、軸方向に沿って伸縮振動するタイプの変換素子4を用いる場合、送信出力の観点からは積層化すなわち多層化することが好ましく、受信感度の観点からは単層化することが好ましい。このため、この場合、送受信一体型センサを実現する際に、送信出力と受信感度とがトレードオフになることが想定される。

## 【0073】

この点、図27は、かかるトレードオフを回避するため、1つの変換素子4の機能を、積層型圧電素子と単層型圧電素子とで切り替え可能とした構成を示す。すなわち、図27に示されているように、変換素子4は、複数の圧電層441と、少なくとも1つの絶縁層442と、1つの基準電極層443と、1つの駆動電極層444と、少なくとも1つの内部基準電極層445と、少なくとも1つの内部駆動電極層446と、を有している。

## 【0074】

圧電層441は、チタン酸ジルコン酸鉛(すなわちPZT)等の圧電材料により形成されている。複数の圧電層441は、軸方向に配列されている。絶縁層442は、絶縁性の非圧電材料(例えばアルミナセラムックス等)により形成され、軸方向について隣接する2つの圧電層441の間に配置されている。圧電層441および絶縁層442は、軸方向に厚さ方向を有する層状あるいは膜状に形成されている。

## 【0075】

基準電極層 4 4 3 は、変換素子 4 の軸方向における先端面、すなわち、複数の圧電層 4 4 1 のうちの最も軸方向における先端側に配置されたものの軸方向における先端面に設けられている。駆動電極層 4 4 4 は、変換素子 4 の軸方向における基端面、すなわち、複数の圧電層 4 4 1 のうちの最も軸方向における基端側に配置されたものの軸方向における基端面に設けられている。内部基準電極層 4 4 5 は、複数の圧電層 4 4 1 のうちの最も軸方向における先端側に配置されたもの以外のものの軸方向における先端面と絶縁層 4 4 2 との間で挟まれるように設けられている。内部駆動電極層 4 4 6 は、複数の圧電層 4 4 1 のうちの最も軸方向における基端側に配置されたもの以外のものの軸方向における基端面と絶縁層 4 4 2 との間で挟まれるように設けられている。基準電極層 4 4 3、駆動電極層 4 4 4、内部基準電極層 4 4 5、および内部駆動電極層 4 4 6 は、例えば、銀ペースト等を用いて、軸方向に厚さ方向を有する層状あるいは膜状に形成されている。

10

#### 【0076】

かかる構成によれば、基準電極層 4 4 3 および内部基準電極層 4 4 5 は、基準電位に設定される。そして、送信時においては、基準電極層 4 4 3 と内部駆動電極層 4 4 6 との間や、内部基準電極層 4 4 5 と内部駆動電極層 4 4 6 との間や、内部基準電極層 4 4 5 と駆動電極層 4 4 4 との間に、高周波の駆動電圧が印加される。これにより、変換素子 4 は、積層型圧電素子として動作する。一方、受信時においては、例えば、複数の圧電層 4 4 1 のうちの最も軸方向における先端側に配置されたものの両面に設けられた、基準電極層 4 4 3 と内部駆動電極層 4 4 6 との間の電圧に基づいて、受信信号が生成される。これに対し、その他の内部駆動電極層 4 4 6 や駆動電極層 4 4 4 は、基準電位に設定される。これにより、変換素子 4 は、単層型圧電素子として動作する。

20

#### 【0077】

このように、かかる構成によれば、1つの変換素子 4 の機能が、かかる変換素子 4 に電気接続された不図示の制御回路におけるスイッチング動作により、積層型圧電素子と単層型圧電素子とで切り替え可能となる。したがって、高い送信出力と高い受信感度とを両立可能な、送受信一体型センサを、簡略な構成で実現することが可能となる。

#### 【0078】

##### (送受信素子別体構造)

図 28 は、変換素子 4 として、送信機能を奏する送信素子 4 5 1 と、受信機能を奏する受信素子 4 5 2 とが、別個に設けられた構成を示す。すなわち、変換素子 4 は、送信素子 4 5 1 と、受信素子 4 5 2 と、連結部 4 5 3 とを備えている。

30

#### 【0079】

送信素子 4 5 1 としては、例えば、積層型圧電素子、モノモルフ振動子、バイモルフ振動子、ランジュバン振動子、等が用いられ得る。受信素子 4 5 2 としては、例えば、単層型圧電素子、モノモルフ振動子、バイモルフ振動子、等が用いられ得る。連結部 4 5 3 は、送信素子 4 5 1 と受信素子 4 5 2 との間に挟持されている。送信素子 4 5 1 と、連結部 4 5 3 と、受信素子 4 5 2 とは、指向軸 DA 上にて、この順に配列されている。本例においては、送信素子 4 5 1 は、変換素子 4 の基端部 4 1 側に設けられている。また、受信素子 4 5 2 は、変換素子 4 の先端部 4 2 側に設けられている。

#### 【0080】

40

連結部 4 5 3 は、送信素子 4 5 1 に対向する主面である送信素子対向面 4 5 4 と、受信素子 4 5 2 に対向する主面である受信素子対向面 4 5 5 とを有している。送信素子対向面 4 5 4 および受信素子対向面 4 5 5 は、指向軸 DA と略直交し互いに平行な平面状に形成されている。連結部 4 5 3 は、送信素子対向面 4 5 4 にて、送信素子 4 5 1 と、接着剤層等の接合層を介して接合されている。連結部 4 5 3 は、受信素子対向面 4 5 5 にて、送信素子 4 5 1 と、接着剤層等の接合層を介して接合されている。これらの接合層は、送受信波の波長に対して充分小さい（例えば  $100\text{ }\mu\text{m}$  以下あるいは波長の 8 分の 1 未満となるような）厚さに形成されている。

#### 【0081】

本例においては、受信素子 4 5 2 は、送信素子 4 5 1 よりも小さい面積で形成されてい

50

る。これに対応して、連結部４５３は、受信素子対向面４５５が送信素子対向面４５４よりも面積すなわち外径が小さくなるように、略錐台形状に形成されている。連結部４５３は、振動変換部５と同様に、送信素子４５１と受信素子４５２との間の振動伝達に際して剛体的に振る舞うように構成されている。すなわち、連結部４５３は、送信素子４５１または受信素子４５２の超音波振動に伴って、送信素子対向面４５４および受信素子対向面４５５がほとんど撓まずに軸方向に平行移動するような態様で超音波振動するように設けられている。

#### 【００８２】

送信素子４５１は、面積すなわち外径を大きくすることで、送信出力が向上する。これに対し、受信素子４５２は、面積すなわち外径を小さくすることで、受信感度が向上する。この点、かかる構成においては、例えば、図２８に示されているように、送信素子４５１を大径の積層型圧電素子とし、受信素子４５２を小径の単層型圧電素子とすることが可能となる。これにより、高い送信出力と高い受信感度とを両立可能な、送受信一体型センサを、簡略な構成で実現することが可能となる。また、面内形状が相違する送信素子４５１と受信素子４５２とを連結部４５３により良好に接続することで、送信素子４５１と受信素子４５２との間の振動伝達ロスが良好に回避され得る。

#### 【００８３】

ここで、図２８は、振動板２１の外径を大きくした狭指向性向けの構成を示している。すなわち、かかる構成は、高送受信特性且つ狭指向性に対応する。これに対し、図２９は、振動板２１の外径を小さくした広指向性向けの構成を示している。すなわち、かかる構成は、高送受信特性且つ広指向性に対応する。なお、かかる構成において、スプリアス振動を抑制するため、図２９に示されているように、支持部２６は、第一側板部２６７と、第二側板部２６８と、段差部２６９とを有する、段付き形状に形成され得る。

#### 【００８４】

第一側板部２６７は、支持部２６の軸方向における基端側の部分であって、大径の送信素子４５１に対応する大径の内径を有している。第二側板部２６８は、支持部２６の軸方向における先端側の部分であって、小径の受信素子４５２に対応する小径の内径を有している。段差部２６９は、第一側板部２６７における大径の内径と第二側板部２６８における小径の内径とを接続するように設けられている。第一側板部２６７と、第二側板部２６８と、段差部２６９とは、同一の外形を有している。すなわち、支持部２６は、軸方向について内径が変化する略円筒形状に形成されている。

#### 【００８５】

##### （第三実施形態）

以下、第三実施形態について、図３０～図３３を参照しつつ説明する。本実施形態は、図２等にて示された上記の各実施形態における振動変換部５を省略しつつ、これらの実施形態と同様の効果が得られる構成を示す。

#### 【００８６】

図３０に示されているように、本実施形態においては、超音波センサ１は、センサ筐体２と、固定部３と、変換素子４とを備えている。センサ筐体２は、振動板２１を有している。振動板２１は、指向軸ＤＡに沿った板厚方向を有し、指向軸ＤＡと交差する面内方向における中心部２４が指向軸ＤＡに沿って移動する態様で超音波振動可能に、支持部２６により支持されている。変換素子４は、先端部４２が直接あるいは上記の接合層を介して振動板２１の内表面２１ｂに当接するように設けられている。すなわち、変換素子４は、固定部３と振動板２１との間で挟持されている。そして、変換素子４は、振動板２１を面で押し出したり引き込んだりする態様で超音波振動させるように設けられている。

#### 【００８７】

このように、本実施形態に係る超音波センサ１は、駆動信号の印加により変換素子４にて発生した超音波振動が変換素子４から振動板２１に伝達して振動板２１が超音波振動することで、振動板２１から外部空間ＳＧに送信波を送信する送信機能を奏するように構成されている。あるいは、かかる超音波センサ１は、外部空間ＳＧからの超音波の受信によ

10

20

30

40

50

り励振された振動板 2 1 から変換素子 4 に伝達した超音波振動を変換素子 4 にて受信信号に変換する受信機能を奏するように構成されている。

【0088】

以下、上記構成を有する、本実施形態に係る超音波センサ 1 の動作概要を、同構成により奏される効果とともに、図 30 を用いて説明する。なお、説明を簡略化するため、以下の動作概要説明においては、超音波センサ 1 は、少なくとも送信機能を有しているものとし、変換素子 4 は、軸方向に伸縮するような態様で超音波振動するタイプの構成を有しているものとする。そして、主として、送信機能の発現時、すなわち、超音波センサ 1 が送信波を外部空間 S G に送信する送信時の動作について説明する。

【0089】

送信時において、変換素子 4 に、駆動信号が印加される。これにより、変換素子 4 は、軸方向に伸縮するような態様で超音波振動する。具体的には、正電圧印加時において、変換素子 4 は、図 30 に示された状態よりも軸方向に伸長される。ここで、変換素子 4 の基端部 4 1 は、バンパー V 3 に固定的に支持された固定部 3 に固定されている。このため、変換素子 4 が軸方向に伸長されることで、変換素子 4 の先端部 4 2 は、送信方向 D T に移動する。すると、振動板 2 1 は、変換素子 4 の先端部 4 2 により、送信方向 D T に付勢される。このとき、振動板 2 1 は、変換素子 4 の先端部 4 2 との接合部における平面状態を保持したまま、送信方向 D T に移動する。これにより、振動板 2 1 は、変換素子 4 の先端部 4 2 との接合面形状を維持したまま、送信方向 D T に押し出される。

【0090】

一方、負電圧印加時において、変換素子 4 は、図 30 に示された状態よりも軸方向に圧縮される。ここで、変換素子 4 の基端部 4 1 は、バンパー V 3 に固定的に支持された固定部 3 に固定されている。このため、変換素子 4 が軸方向に圧縮されることで、変換素子 4 の先端部 4 2 は、受信方向 D R に移動する。すると、振動板 2 1 は、変換素子 4 の先端部 4 2 により、受信方向 D R に付勢される。このとき、振動板 2 1 は、変換素子 4 の先端部 4 2 との接合部における平面状態を保持したまま、送信方向 D T に移動する。これにより、振動板 2 1 は、変換素子 4 の先端部 4 2 との接合面形状を維持したまま、受信方向 D R に引き込まれる。

【0091】

このように、変換素子 4 への駆動信号の印加により、振動板 2 1 は、外縁部 2 5 を節とし且つ中心部 2 4 を腹とする一次振動モードで超音波振動する。そして、振動板 2 1 における振動モードは、かかる一次振動モードに限定される。これにより、一次振動モードよりも高次の振動モードの発生による指向性の崩れが、良好に抑制され得る。

【0092】

なお、図 31 に示されているように、かかる構成において、スプリアス振動を抑制するため、支持部 2 6 の軸方向における先端部には、テーパ部 2 6 1 が設けられ得る。また、図 32 に示されているように、変換素子 4 と振動板 2 1 との間には、音響整合層 6 1 が設けられていてもよい。音響整合層 6 1 は、薄板状に形成されていてもよいし、比較的厚めに形成されていてもよい。

【0093】

さらに、図 33 に示されているように、変換素子 4 は、送信素子 4 5 1 と、受信素子 4 5 2 と、連結部 4 5 3 とを備えていてもよい。本例においても、図 28 の例と同様に、受信素子 4 5 2 は、送信素子 4 5 1 よりも小さい面積で形成されている。一方、本例においては、図 28 の例とは異なり、送信素子 4 5 1 と、受信素子 4 5 2 と、連結部 4 5 3 との配列順が逆となっている。すなわち、受信素子 4 5 2 と、連結部 4 5 3 と、送信素子 4 5 1 とが、この順に送信方向 D T に配列されている。

【0094】

かかる構成によれば、大径の積層型圧電素子である送信素子 4 5 1 で振動板 2 1 を面で押し出すことで、振動板 2 1 は、外縁部 2 5 を節とし且つ中心部 2 4 を腹とする一次振動モードで超音波振動する。そして、振動板 2 1 における振動モードは、かかる一次振動モ

10

20

30

40

50

ードに限定される。これにより、一次振動モードよりも高次の振動モードの発生による指向性の崩れが、良好に抑制され得る。また、かかる態様の超音波振動は、非共振で実現可能である。このため、任意の送受信周波数を実現することが可能となる。さらに、温度変化に伴う送受信特性の変化が、良好に抑制され得る。したがって、高い送信出力と高い受信感度とを両立可能な、送受信一体型センサを、簡略な構成で実現することが可能となる。

【0095】

(第四実施形態)

以下、第四実施形態について、図34を参照しつつ説明する。本実施形態は、図2等にて示された上記の第一実施形態および第二実施形態における振動板21を省略しつつ、これらの実施形態と同様の効果が得られる構成を示す。

【0096】

図30に示されているように、本実施形態においては、超音波センサ1は、センサ筐体2と、固定部3と、変換素子4と、振動変換部5とを備えている。センサ筐体2は、図2等にて示された振動板21を有しない非有底の筒状に形成されている。振動変換部5は、変換素子4の先端部42に固定されることで、先端部42と振動伝達可能に接続されている。具体的には、振動変換部5は、変換素子4の先端部42に近接する第一対向面51と、第一対向面51の裏面である第二対向面52とを有している。第一対向面51は、変換素子4の先端部42と、接着剤層等の接合層を介して接合されている。第二対向面52は、搭載状態にて外部空間SGに面するように設けられている。

【0097】

本例においては、振動変換部5は、第二対向面52の方が第一対向面51よりも面積が大きくなるように形成されている。第二対向面52は、外径が支持部26の内周面28の内径よりも若干小さくなるように形成されている。そして、振動変換部5の軸方向における先端部と支持部26との隙間を埋めるように、シール材621が設けられている。シール材621は、例えば、振動変換部5の軸方向における往復振動を妨げないように、シリコンゴム等のエラストマ材料により形成され得る。

【0098】

このように、本実施形態に係る超音波センサ1は、駆動信号の印加により変換素子4にて発生した超音波振動が変換素子4から振動変換部5に伝達して振動変換部5が超音波振動することで、振動変換部5から外部空間SGに送信波を送信する送信機能を奏するように構成されている。あるいは、かかる超音波センサ1は、外部空間SGからの超音波の受信により励振された振動変換部5から変換素子4に伝達した超音波振動を変換素子4にて受信信号に変換する受信機能を奏するように構成されている。

【0099】

かかる構成を有する超音波センサ1においては、振動変換部5は、第一対向面51および第二対向面52の平面状態を維持しつつ軸方向に往復移動する態様で、超音波振動する。したがって、かかる構成によれば、常に一次振動モードでの送受信を行うことが可能となる。かかる態様の超音波振動は、非共振で実現可能である。このため、任意の送受信周波数を実現することが可能となる。また、温度変化に伴う送受信特性の変化が、良好に抑制され得る。

【0100】

(物体検知装置)

以下、上記の通りの構成を有する超音波センサ1を備えた物体検知装置700について、主として図35を参照しつつ説明する。物体検知装置700は、複数の超音波センサ1を備えている。また、物体検知装置700は、送信回路701と、受信回路702と、駆動信号生成部703と、受信信号処理部704と、制御部705とを備えている。

【0101】

送信回路701は、超音波センサ1に駆動信号を入力するように、超音波センサ1に電気接続されている。具体的には、送信回路701は、デジタル／アナログ変換回路等を有している。すなわち、送信回路701は、駆動信号生成部703から出力された駆動信号

10

20

30

40

50

に対してデジタル／アナログ変換等の処理を施し、これにより生成された交流電圧を超音波センサ１における変換素子４に印加するように構成されている。受信回路７０２は、超音波センサ１における超音波の受信結果に対応して変換素子４にて生成された受信信号に対して増幅やアナログ／デジタル変換等の信号処理を行って受信信号処理部７０４に出力するように設けられている。具体的には、受信回路７０２は、増幅回路やアナログ／デジタル変換回路等を有している。送信回路７０１および受信回路７０２は、複数の超音波センサ１の各々に対応して設けられ得る。

#### 【０１０２】

駆動信号生成部７０３は、所定周波数の送信波を超音波センサ１にて出力するための駆動信号を生成して送信回路７０１に入力するように設けられている。具体的には、駆動信号生成部７０３は、制御部７０５から出力された制御信号に基づいて、駆動信号の周波数を変更可能に構成されている。受信信号処理部７０４は、受信回路７０２から出力された受信信号に対してフィルタ処理等の各種信号処理を行うように設けられている。また、受信信号処理部７０４は、各種信号処理の結果である処理信号を制御部７０５に出力するように設けられている。駆動信号生成部７０３および受信信号処理部７０４は、複数の超音波センサ１に共通して設けられ得る。

#### 【０１０３】

制御部７０５は、複数の超音波センサ１に共通して設けられている。制御部７０５は、図示しないＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、不揮発性リライタブルメモリ、等を備えた車載マイクロコンピュータとしての構成を有している。すなわち、制御部７０５は、ＲＯＭまたは不揮発性リライタブルメモリに格納された制御プログラムを読み出して実行することで、複数の超音波センサ１の各々における送受信動作を含む、物体検知装置７００の動作を制御するように構成されている。そして、制御部７０５は、複数の超音波センサ１の各々における受信信号に基づいて、外部空間ＳＧに存在する物体（例えば障害物）の存在状態に対応する検知信号を生成し、かかる検知信号を外部装置に出力するように構成されている。具体的には、制御部７０５は、車載マイクロコンピュータ上に実現される機能構成として、パラメータ取得部７５１と、周波数調整部７５２と、物体計測部７５３とを有している。

#### 【０１０４】

パラメータ取得部７５１は、超音波センサ１の送受信動作に影響を与える物理量に関するパラメータを取得するようになっている。かかるパラメータは、構造パラメータと環境パラメータとを含む。構造パラメータは、振動板２１を含む超音波センサ１の構造に関するパラメータであって、例えば、振動板２１の板厚、外径、物性値（ヤング率等）の温度特性、等である。環境パラメータは、振動板２１を含む超音波センサ１の環境に関するパラメータであって、例えば、温度等である。

#### 【０１０５】

周波数調整部７５２は、駆動信号の周波数を調整することで、送信波の周波数を所定周波数に設定するようになっている。すなわち、周波数調整部７５２は、超音波センサ１にて所定の指向性を得るために、送信波の周波数を調整するようになっている。また、周波数調整部７５２は、構造パラメータと環境パラメータとのうちの少なくともいずれか一方に基づいて駆動信号周波数を調整すなわち補正するようになっている。さらに、周波数調整部７５２は、隣接する２つの超音波センサ１における送信波の周波数が異なるように送信波の周波数を調整することで、混信の発生を抑制するようになっている。物体計測部７５３は、車両Ｖの周囲に存在する物体による送信波の反射波の受信結果に基づいて、かかる物体の形状を計測するようになっている。

#### 【０１０６】

かかる構成を有する物体検知装置７００においては、構造パラメータや環境パラメータに基づいて駆動信号の周波数を補正することで、指向性や音圧や感度等の送受信特性を規定値以内に調整することが可能となる。また、用途や搭載位置に応じて周波数を変えることで、所望の指向性を得ることが可能となる。特に、図５や図６Ａ等にも示されているよう

10

20

30

40

50

な、バンパーV3の一部を振動部V7として用いる構成においては、搭載場所によりキャリブレーションが必要となるため、非常に有効である。さらに、異なる指向性での物体計測結果に基づいて、物体の高さ情報を取得することが可能となる。

#### 【0107】

なお、混信対策により、同時計測や高頻度計測が可能となる。かかる観点から、送信波を変調することが好適である。具体的には、時間経過とともに周波数が変化する送信波を送信するとともに、送信波の変調態様に対応する基準信号と受信信号との間の相関検出を行うことで、良好な混信対策が可能である。また、周波数偏移変調と位相偏移変調とのうちの少なくともいずれか一方を有する送信波を用いることも好適である。

かかる構成によれば、混信による誤検知が、よりいっそう良好に回避され得る。また、S/N比や距離分解能の向上を図ることも可能となる。

#### 【0108】

##### (他の変形例)

本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。故に、上記実施形態に対しては、適宜変更が可能である。以下、代表的な変形例について説明する。以下の変形例の説明においては、上記実施形態との相違点を主として説明する。また、上記実施形態と変形例とにおいて、互いに同一または均等である部分には、同一符号が付されている。したがって、以下の変形例の説明において、上記実施形態と同一の符号を有する構成要素に関しては、技術的矛盾または特段の追加説明なき限り、上記実施形態における説明が適宜援用され得る。

#### 【0109】

本発明は、上記実施形態にて示された具体的な装置構成に限定されない。すなわち、例えば、適用対象である車両Vは、四輪自動車に限定されない。具体的には、車両Vは、三輪自動車であってもよいし、貨物トラック等の六輪または八輪自動車でもよい。車両Vの種類は、内燃機関のみを備えた自動車であってもよいし、内燃機関を備えない電気自動車または燃料電池車であってもよいし、いわゆるハイブリッド自動車であってもよい。車体V1の形状および構造も、箱状すなわち平面視における略矩形状に限定されない。さらに、適用対象である移動体は、車両Vに限定されず、例えば、船舶あるいは飛行体であってもよい。

#### 【0110】

超音波センサ1の取付対象は、バンパーV3に限定されない。具体的には、例えば、超音波センサ1は、車体パネルV2に取り付けられるものであってもよい。超音波センサ1の取付対象としての、車体パネルV2および／またはバンパーV3を構成する材料についても、特段の限定はない。すなわち、例えば、かかる材料は、FRP、CFRP、鋼板、等であってもよい。FRPはFiber Reinforced Plasticsの略である。CFRPはCarbon Fiber Reinforced Plasticsの略である。

#### 【0111】

あるいは、例えば、超音波センサ1がカーナビゲーション装置やセンターステーションディスプレイ装置等のヒューマン・マシン・インタフェース装置における入力デバイスにも適用され得る。この場合、超音波センサ1の取付対象は、車室内、すなわち、ダッシュボード、センタークンソール、車室天井、等であってもよい。

#### 【0112】

本発明は、車両V等の移動体に搭載される構成に限定されるものではない。具体的には、例えば、超音波センサ1は、携帯電話機、パーソナルコンピュータ、電化製品、工作機械、等における入力デバイスにも用いられ得る。あるいは、例えば、超音波センサ1は、自動ドアや防犯カメラ等における人検知センサとしても用いられ得る。

#### 【0113】

上記の通り、超音波センサ1は、送受信一体型の構成に限定されない。すなわち、例えば、超音波センサ1は、超音波の送信のみが可能な構成を有していてもよい。あるいは、

超音波センサ１は、他の超音波送信器から送信された超音波である送信波の、周囲に存在する物体による反射波を受信する機能のみを有するものであってもよい。

【０１１４】

超音波センサ１における各部の構成も、上記具体例に限定されない。例えば、各部における面内形状は、円形に限定されず、楕円形、四角形、六角形、八角形、等であってもよい。具体的には、例えば、センサ筐体２は、外形形状が多角柱状に形成されていてもよい。また、指向軸ＤＡを囲む筒状に形成されていた構成要素は、円筒状の他に、楕円筒状、多角筒状（例えば四角筒状）に形成され得る。あるいは、指向軸ＤＡを囲む筒状に形成されていた構成要素は、柱状、ブロック状、コーン状、壁状、等の任意の形状を有する構成要素を、指向軸ＤＡの周囲に複数配置することによっても実現され得る。各部を構成する材料についても、特段の限定はなく、合目的的に選択され得る。

10

【０１１５】

具体的には、図３６は、制振部Ｖ８を、円筒状あるいは円形リング状に形成した場合を示す。図３７は、制振部Ｖ８を、四角筒状に形成した場合を示す。制振部Ｖ８の面内形状は、これらの例に限定されず、例えば、楕円筒状であってもよいし、多角筒状（例えば四角筒状）であってもよい。

【０１１６】

図３８は、図３７に示された制振部Ｖ８を、周方向について複数に分割した場合を示す。なお、制振部Ｖ８の分割態様は、図３８に示された態様には限定されない。同様に、図３６に示された、円筒状あるいは円形リング状の制振部Ｖ８も、周方向について複数に分割され得る。楕円筒状や多角筒状の場合も同様である。制振部Ｖ８が複数に分割された場合の、１個の制振部Ｖ８の形状についても、特段の限定はなく、例えば、円柱状、楕円柱状、平板状、多角柱状、円筒状、楕円筒状、多角筒状、円錐台状、多角錐台状、等の任意の形状に形成され得る。

20

【０１１７】

図３９は、図６Ａに示された構成において、制振部Ｖ８をバンパーＶ３に接合層８０１を介して接合した例を示す。接合層８０１は、接着剤層や両面テープ層等によって形成されている。これに対し、図４０は、かかる接合層８０１を用いず、制振部Ｖ８をバンパーＶ３と一体に構成した例を示す。図４１は、図３９に示された構成において、振動変換部５と振動板２１すなわちバンパーＶ３との間に音響整合層６１を設けた例を示す。図４２は、図４０に示された構成において、振動変換部５と振動板２１すなわちバンパーＶ３との間に音響整合層６１を設けた例を示す。これらの例においても、図６Ａに示された構成と同様の効果が奏され得る。

30

【０１１８】

図４３は、上記第一実施形態の、図６Ａに示された構成の説明において適宜省略した、接合層や固定具について補足説明するための図である。図４３においては、固定部３は、制振部Ｖ８の内周面である保持面Ｖ９と対向する第一固定箇所Ｆ１にて、制振部Ｖ８に固定されている。第一固定箇所Ｆ１においては、螺子や嵌合構造（例えば係合穴と係合爪との係合構造）等が用いられ得る。また、制振部Ｖ８は、バンパー内表面Ｖ６と対向する第二固定箇所Ｆ２にて、バンパーＶ３に固定されている。第二固定箇所Ｆ２においては、図３９等々に示された接合層８０１あるいは溶着のような接合手段、あるいは、螺子等の固定具を用いた固定手段が用いられ得る。

40

【０１１９】

固定部３に変換素子４を固定する第三固定箇所Ｆ３には、接着剤等の接合手段や、隙間を埋めるための音響整合材が用いられ得る。変換素子４と振動変換部５との間の第四固定箇所Ｆ４についても同様である。振動板２１を構成するバンパーＶ３の振動部Ｖ７と振動変換部５との間の第五固定箇所Ｆ５においては、接着剤等の接合手段や、隙間を埋めるための音響整合材が用いられ得る。バンパーＶ３の振動部Ｖ７と振動変換部５との間に音響整合層６１が設けられる場合も同様である。

【０１２０】

50

図４５は、図１および図２に示された、バンパーＶ３に取付孔Ｖ４を設ける構成の変形例を示す。本例においては、合成樹脂製の振動板部９０１は、その外側表面がバンパー外表面Ｖ５とほぼ面一となるように、取付孔Ｖ４内に收容されている。振動板部９０１は、その面内方向における外側の部分にて、指向軸ＤＡを取り囲むように指向軸ＤＡを囲む周方向について一体的にまたは複数に分割して設けられた制振支持部９０２によって超音波振動可能に支持されている。すなわち、制振支持部９０２は、図２に示された支持部２６あるいは図６Ａに示された制振部Ｖ８と同様の構成および機能を有している。なお、振動板部９０１とバンパー外表面Ｖ５との面一を保つための、超音波センサ１をバンパーＶ３に固定するセンサ保持部については、図示を省略している。

#### 【０１２１】

制振支持部９０２は、軸方向における先端面９０３および基端面９０４を有している。先端面９０３および基端面９０４は、軸方向と直交する平面状に形成されている。制振支持部９０２は、先端面９０３にて、接合層８０１を介して振動板部９０１と接合されている。固定部３は、制振支持部９０２の側面であって指向軸ＤＡに対向する内側壁面９０５にて、制振支持部９０２に固定されている。図４６は、図４５に示された構成に対して、接合層８０１を用いず、振動板部９０１と制振支持部９０２とを一体に構成した例を示す。

#### 【０１２２】

図４７は、図４５に示された構成において、振動変換部５と振動板部９０１との間に音響整合層６１を設けた例を示す。図４８は、図４６に示された構成において、振動変換部５と振動板部９０１との間に音響整合層６１を設けた例を示す。

#### 【０１２３】

図１～図４８は、本発明の内容を簡潔に説明するために、装置構成を簡略化して示している。よって、実際に本発明が具体的な製品として実現された場合の詳細な構成は、図１～図４８に示された構成とは、必ずしも一致するとは限らない。すなわち、実際に本発明が具体的な製品として実現される場合の、超音波センサ１の各部の具体的な構成の細部は、図１～図４８に示された構成とは異なり得る。

#### 【０１２４】

上記の説明において、互いに継ぎ目無く一体に形成されていた複数の構成要素は、互いに別体の部材を貼り合わせることによって形成されてもよい。同様に、互いに別体の部材を貼り合わせることによって形成されていた複数の構成要素は、互いに継ぎ目無く一体に形成されてもよい。

#### 【０１２５】

上記の説明において、互いに同一の材料によって形成されていた複数の構成要素は、互いに異なる材料によって形成されてもよい。同様に、互いに異なる材料によって形成されていた複数の構成要素は、互いに同一の材料によって形成されてもよい。

#### 【０１２６】

上記実施形態を構成する要素は、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。また、構成要素の個数、量、範囲等の数値が言及されている場合、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに特定の数値に限定される場合等を除き、その特定の数値に本発明が限定されることはない。同様に、構成要素等の形状、方向、位置関係等が言及されている場合、特に必須であると明示した場合および原理的に特定の形状、方向、位置関係等に限定される場合等を除き、その形状、方向、位置関係等に本発明が限定されることはない。

#### 【０１２７】

変形例も、上記の例示に限定されない。例えば、複数の実施形態のうちの１つにおける全部または一部と、他の１つにおける全部または一部とが、技術的に矛盾しない限り、互いに組み合わせられ得る。組み合わせる数についても特段の限定はない。同様に、複数の変形例のうちの１つにおける全部または一部と、他の１つにおける全部または一部とが、技術的に矛盾しない限り、互いに組み合わせられ得る。さらに、複数の実施形態のうちの１つ

10

20

30

40

50

における全部または一部と、複数の変形例のうちの１つにおける全部または一部とが、技術的に矛盾しない限り、互いに組み合わせられ得る。具体的には、例えば、図 6 A や図 6 B に示されたインビジブルソナー構成は、図 1 1 ～図 3 4 に示された構成においても実現され得る。より詳細には、例えば、図 3 0 ～図 3 2 に示された構成において、振動板 2 1 および支持部 2 6 に代えて、図 6 A に示されたバンパー V 3 および制振部 V 8 が用いられ得る。

【符号の説明】

【 0 1 2 8 】

- 1          超音波センサ
- 2          センサ筐体
- 2 1        振動板
- 3          固定部
- 4          変換素子
- 4 1        基端部
- 4 2        先端部
- 5          振動変換部
- S G        外部空間
- V          車両（移動体）

10

20

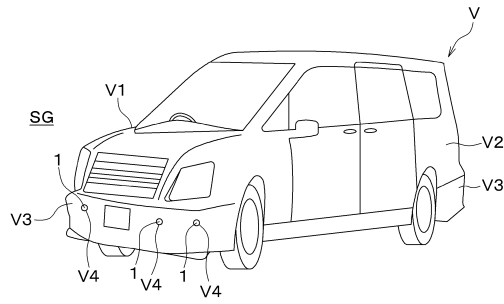
30

40

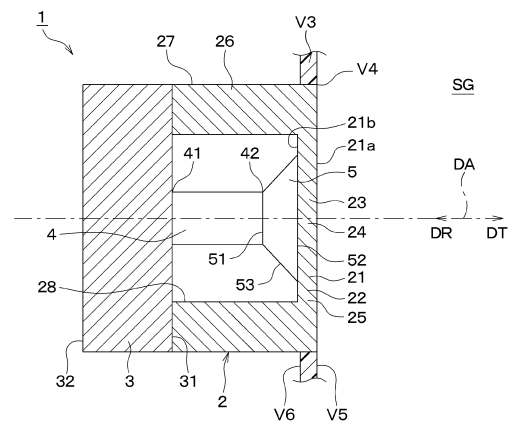
50

【図面】

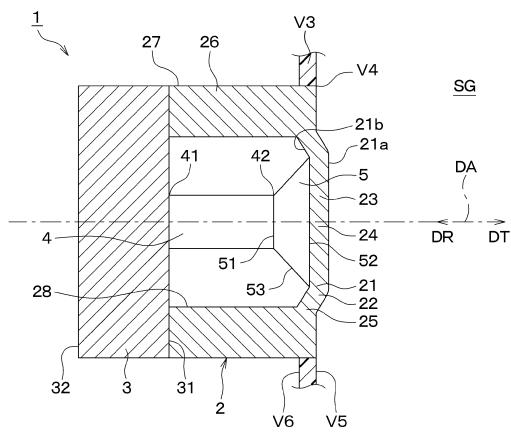
【図 1】



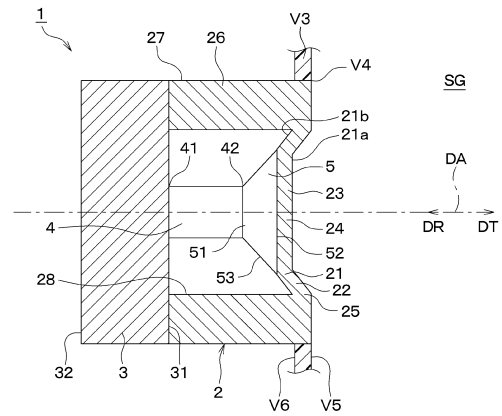
【図 2】



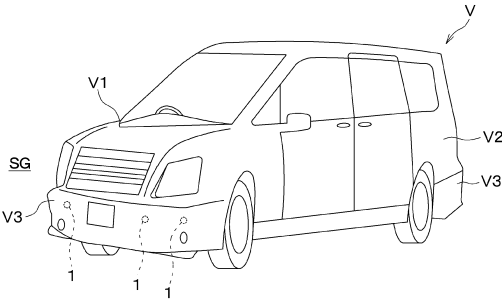
【図 3】



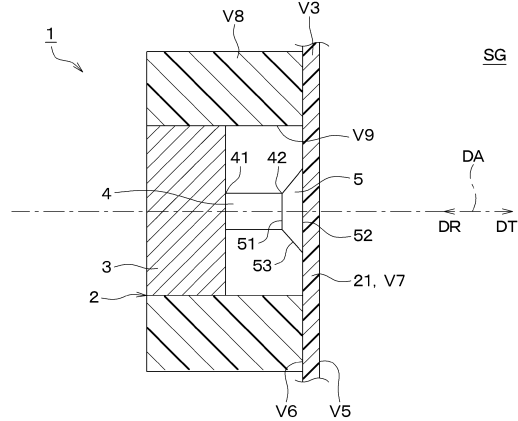
【図 4】



【図 5】

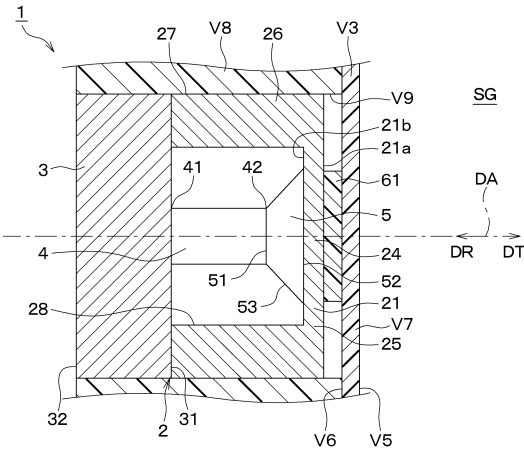


【図 6 A】

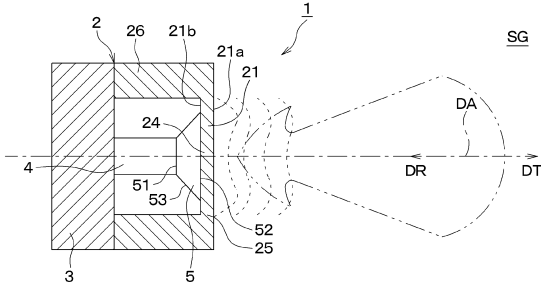


10

【図 6 B】

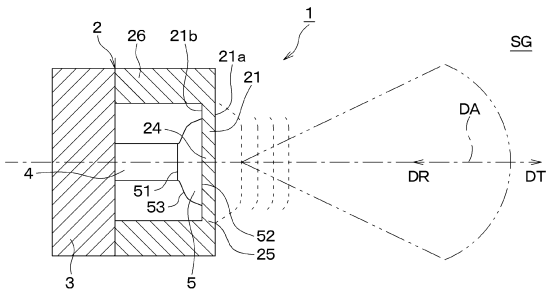


【図 7】

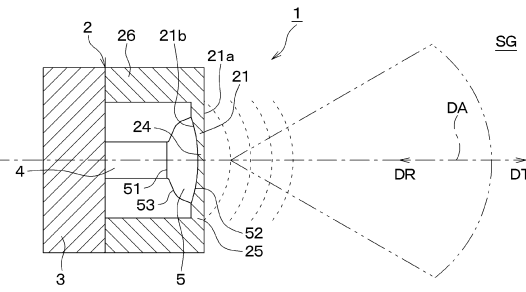


20

【図 8】



【図 9】

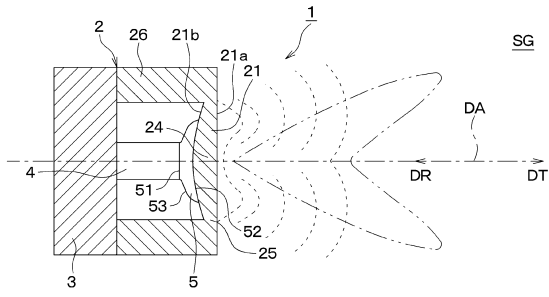


30

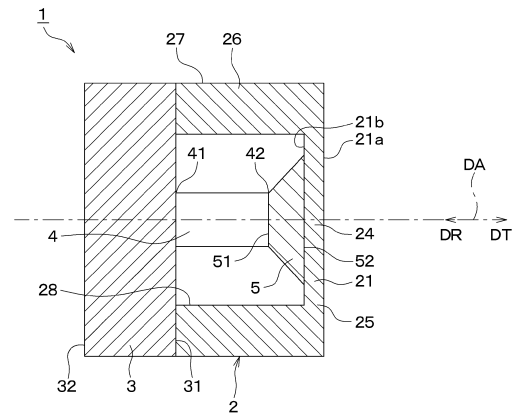
40

50

【図 10】

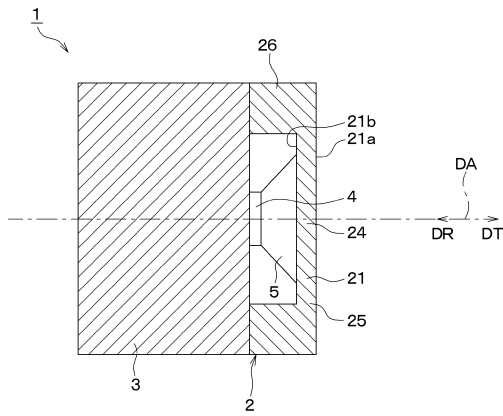


【図 11】

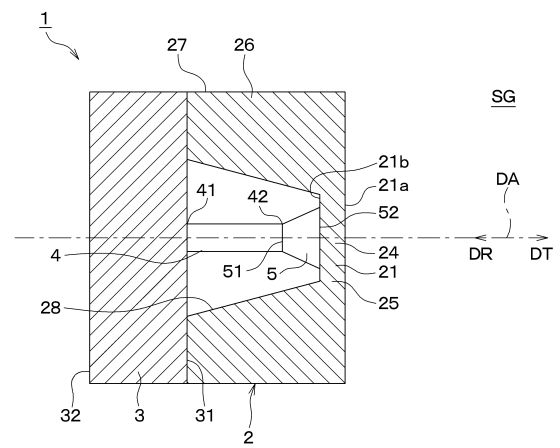


10

【図 12】



【図 13】



20

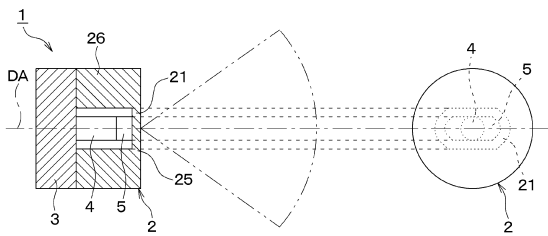
30

40

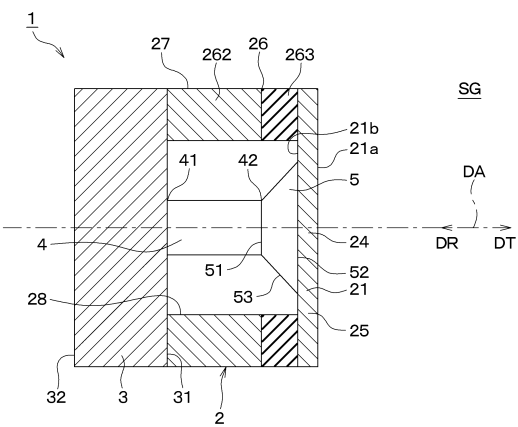
50



【図 18】

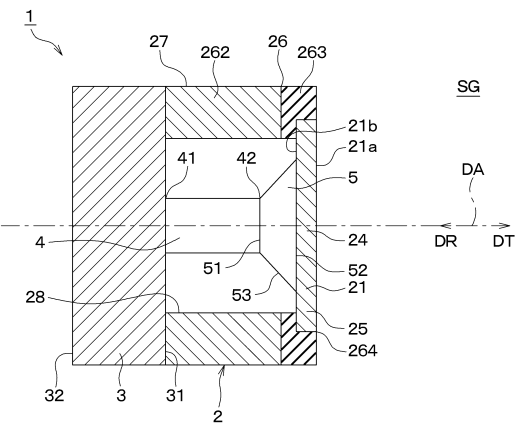


【図 19】

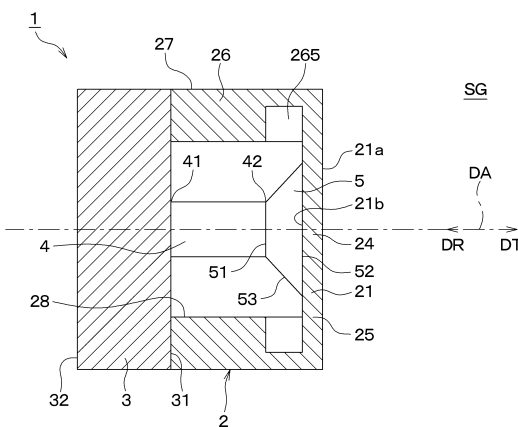


10

【図 20】



【図 21】



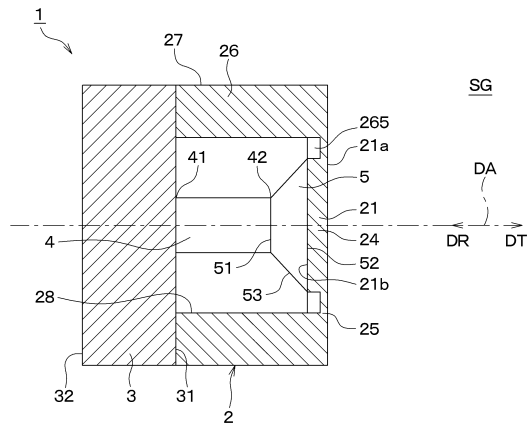
20

30

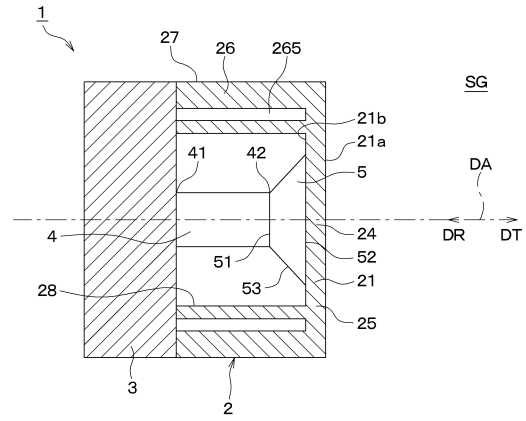
40

50

【圖 22】

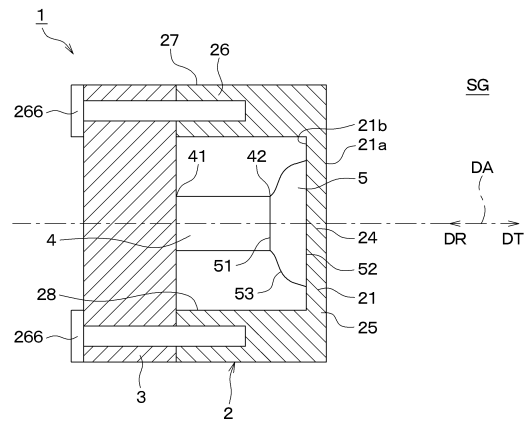


【図 23】

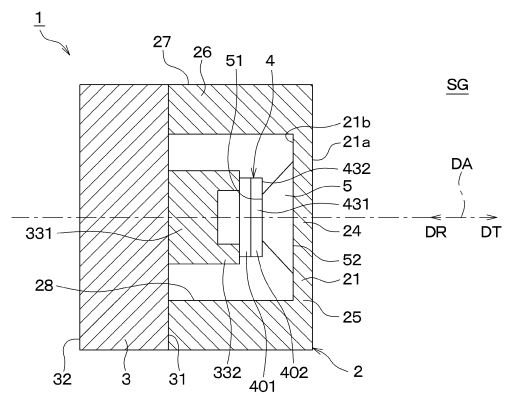


10

【図 24】



【圖 25】



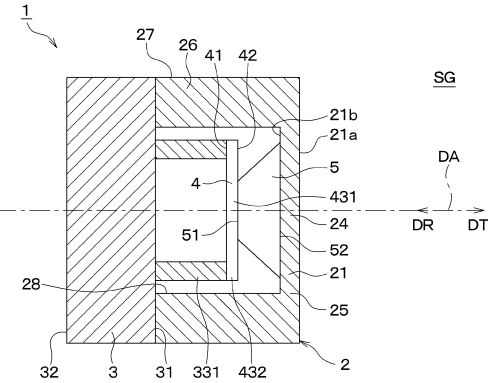
20

30

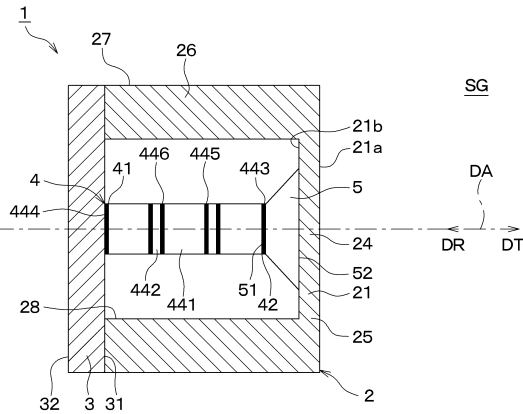
40

50

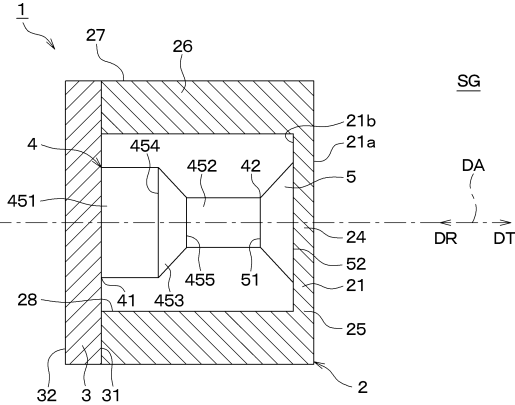
【図 2 6】



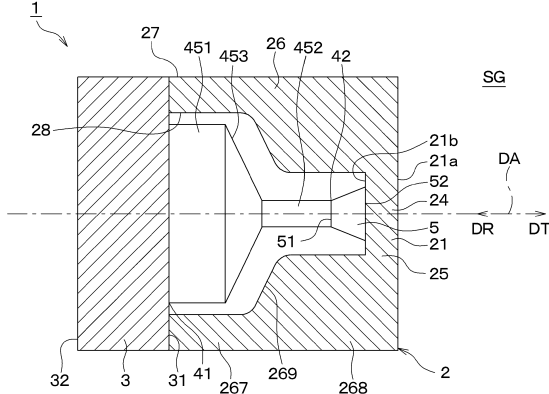
【図 2 7】



【図 2 8】



【図 2 9】



10

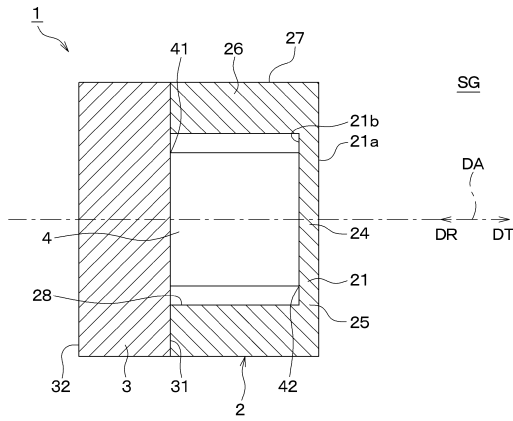
20

30

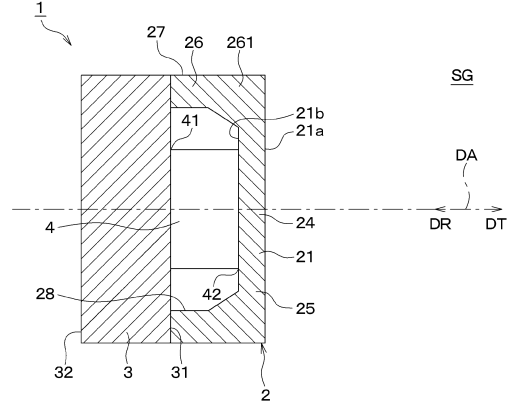
40

50

【図 30】

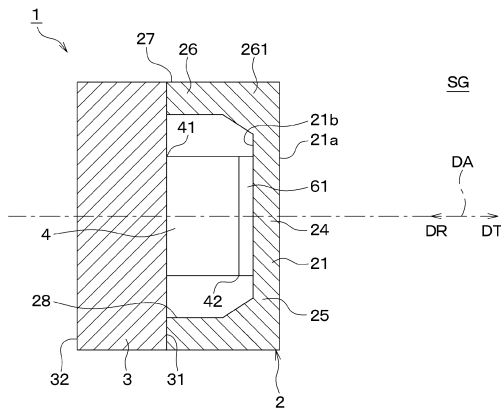


【図 3 1】

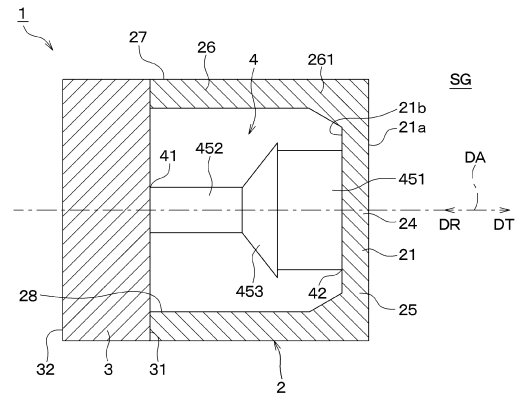


10

【図 3 2】

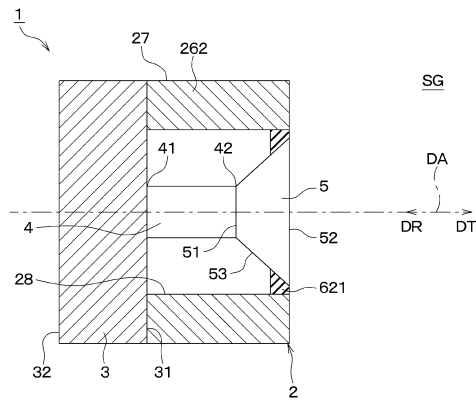


【図 3 3】

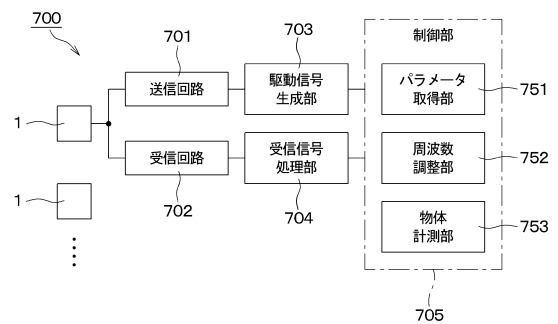


20

【図 3 4】



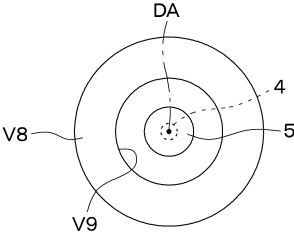
【図 3 5】



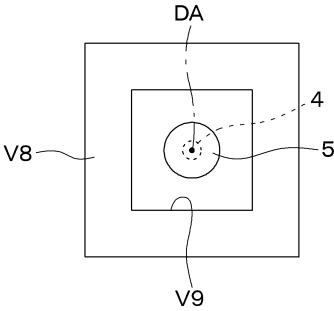
30

40

【図 3 6】

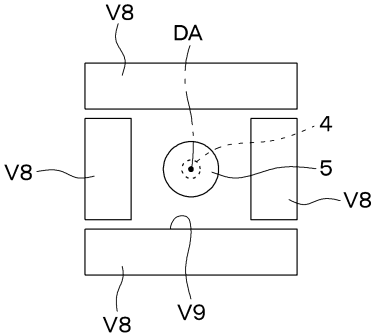


【図 3 7】

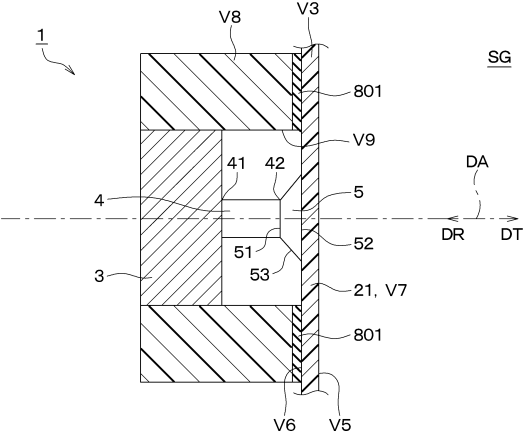


10

【図 3 8】

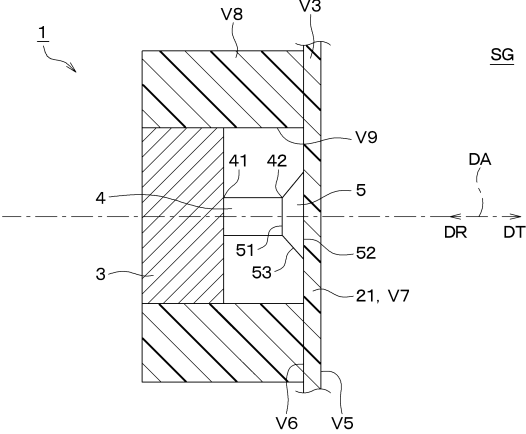


【図 3 9】

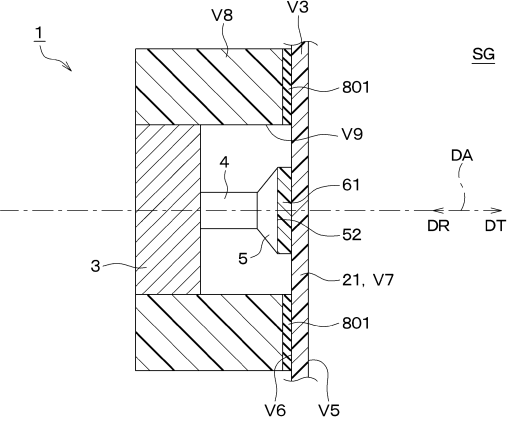


20

【図 4 0】



【図 4 1】

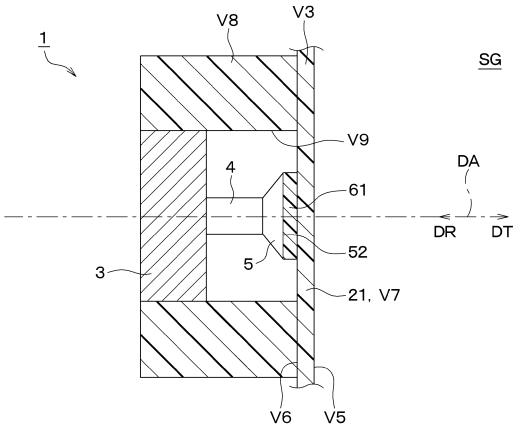


30

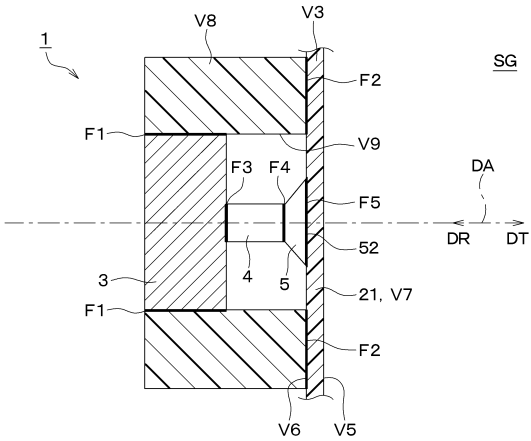
40

50

【図 4 2】

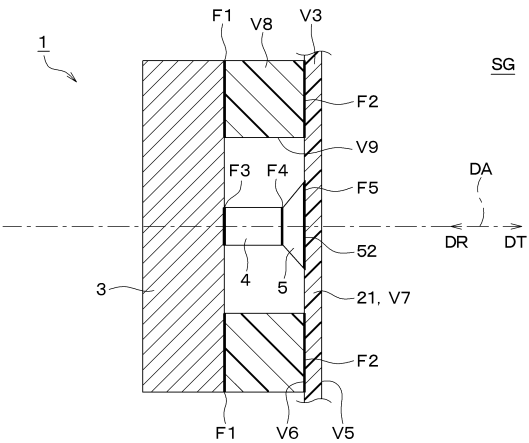


【図 4 3】

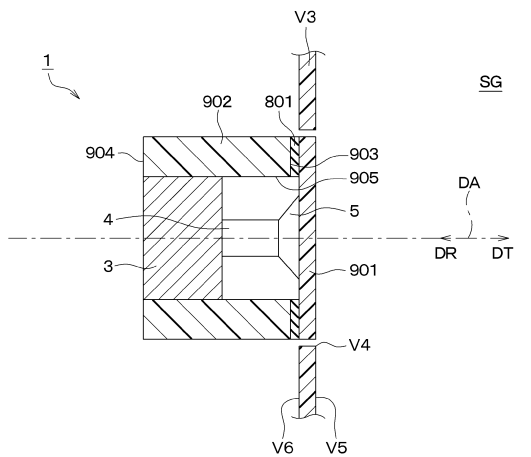


10

【図 4 4】



【図 4 5】



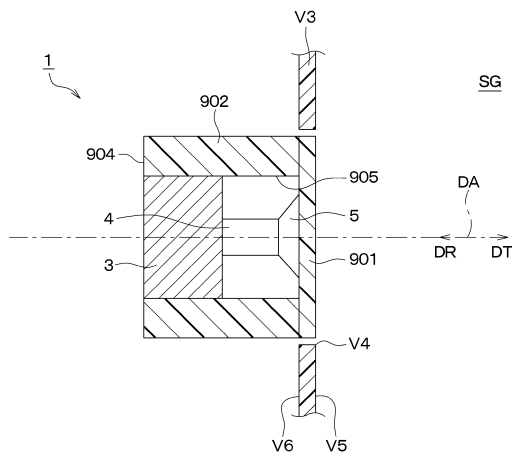
20

30

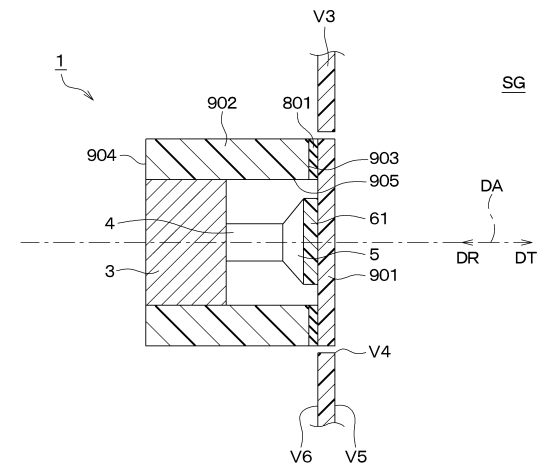
40

50

【図 4 6】

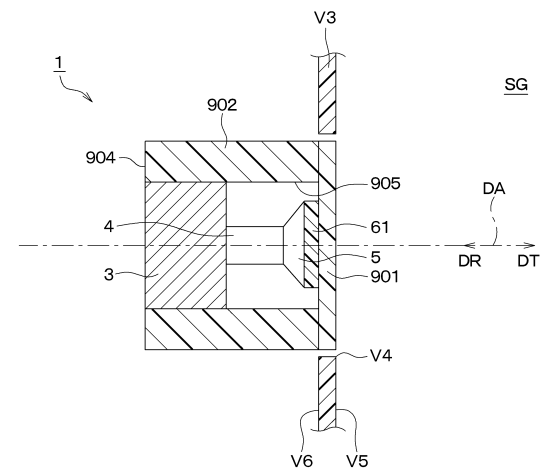


【図 4 7】



10

【図 4 8】



20

30

40

50

## フロントページの続き

(72)発明者 上月 康平

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 稲葉 崇

(56)参考文献 米国特許出願公開第2016/0209501 (US, A1)

国際公開第2018/139194 (WO, A1)

特開2009-065380 (JP, A)

特開2003-174695 (JP, A)

特開2001-258879 (JP, A)

特開平11-155863 (JP, A)

特開平11-266497 (JP, A)

実開平04-112598 (JP, U)

特開2021-078126 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04R 1/00-1/44

H04R 3/00、7/00、9/00

H04R 13/00、15/00

H04R 17/00、17/10

H04R 19/00、23/00、29/00

H04R 31/00