

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2016年2月25日(25.02.2016)



(10) 国際公開番号  
WO 2016/027526 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02K 3/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063707
- (22) 国際出願日: 2015年5月13日(13.05.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2014-167077 2014年8月20日(20.08.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.)  
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目  
6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 井村 真(IMURA Makoto); 〒1008280 東京  
都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日  
立製作所内 Tokyo (JP). 小山 貴之(KOYAMA  
Takayuki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁  
目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).  
中江 茂樹(NAKAE Shigeki); 〒1008280 東京都  
千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製  
作所内 Tokyo (JP). 飯塚 元信(IIZUKA Motonobu);  
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6  
号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 松本 正  
徳(MATSUMOTO Masanori); 〒1008280 東京都千  
代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製  
作所内 Tokyo (JP). 大高 英幸(OOTAKA Hidey-  
uki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6  
番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒  
1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号  
株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保  
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,  
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,  
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,  
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,  
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,  
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー  
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: ROTATING ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機

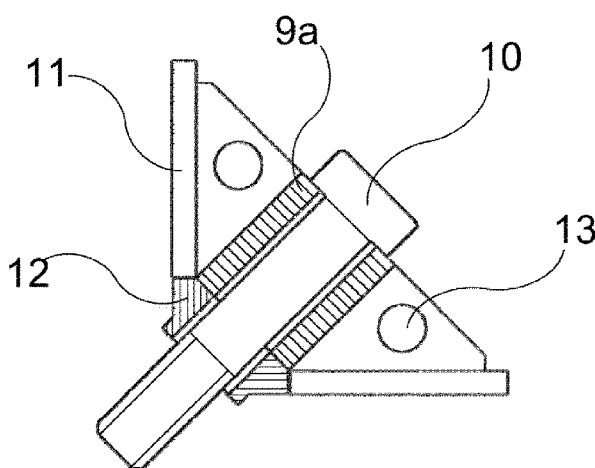


図15

見ても左右・前後対称な十字形状で、かつ、いずれの方向から見ても左右対称な形状になるよう形成され、回転軸方向に突出した部位に少なくとも2本以上のボルト締結部を設け、一方で、凹んだ箇所回転軸方向に貫通した孔を設けたことを特徴とする。 サポートの小型化による遠心力の低減と、サポートのボルト締結部の周辺の剛性を確保し、ボルト荷重負担の低減によるボルト締結部の信頼性向上を実現し、さらなる高速化に対応可能な回転電機を実現する。

(57) Abstract: Provided is a rotating electric machine equipped with a highly reliable salient pole rotor. As shown in Fig. 15, a coil support structure is constituted by: a bolt for fastening a support to a shaft; a coil spacer for electrically insulating a coil from the support; and a yoke spacer for transmitting the bolt-fastening force to the shaft and also ensuring the electrical insulating property. The coil support structure is characterized in that: the support has a cross shape symmetrical in the left/right and front/rear in a top view and is formed to be symmetrical in shape when viewed from any direction; at least two or more bolt-fastening portions are provided in a region projecting in the rotational shaft direction; and a hole passing through in the rotational shaft direction is provided in a recessed place. Centrifugal speed is reduced by reducing the size of the support, the rigidity around the bolt-fastened portions of the support is ensured, and the reliability of the bolt-fastening portions is improved by reducing a bolt-loading burden, thereby obtaining a rotating electric machine capable of coping with further increased speed.

(57) 要約: 信頼性の高い突極形回転子を備えた回転電機を提供する。 図15に示すように、サポートをシャフトに締結するボルト、コイルとサポートの間の電気を絶縁するためのコイルスペーサ、ボルト締結力をシャフトに伝達し、電気的に絶縁性も確保するヨークスペーサにより構成されるコイルサポート構造において、サポートが上面から



WO 2016/027526 A1

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称： 回転電機

### 技術分野

[0001] 本発明は、界磁コイルを磁極ごとに集中巻した突極形回転子と、これを備えた同期機を含む回転電機に関するものである。

### 背景技術

[0002] 同期機は、励磁を調整することで力率を制御でき、力率1.0または進み力率にて運転できる特長を有している。このことから、プラント設備における大容量の圧縮機やポンプの駆動源として、同期機が広く用いられている。同期機は、形式上、回転電機子形と回転界磁形の2種類に分類され、大容量機には、ほとんど回転界磁形が採用される。

[0003] 図1は、例として、磁極を4極構成した場合の回転界磁形の回転子の鳥瞰図である。図2は、その回転軸に垂直な面の切断面の図である。図2に示すように、磁極の先端が磁極数に応じて突出した形状の回転子を、突極形回転子と称する。この回転子の外側には回転子を内包するように固定子が配置される。

[0004] 回転子のシャフトの中央部には、シャフトボディの上に磁極の胴部を構成するポールボディが形成される。ポールボディから磁極の頭部を構成するポールシューが左右に突出して形成される領域に、コイルが巻装される。例えば、磁極の頭部を構成するポールシューにはボルトの通し穴があり、ポールボディ側にはネジ穴が設けられ、ポールシューはポールボディにボルト締結され、コイルを保持する。回転子と固定子にそれぞれ電力が投入されると、回転子側に形成される磁界と固定子側の磁界が回転しながら互いに引き合い、それぞれの磁界の回転速度が同期した状態で回転する。

[0005] 図3は、図2の一部を拡大した図である。上記のようにボルト締結の場合、各磁極のボルトは、回転により生じるコイルとポールシューの質量に相当する遠心力を負担する。主に、図3中の略0°方向と略90°方向の遠心力をそれ

ぞれ負担する。さらに、図3に示すように、磁極と磁極の間に本発明の主対象であるコイルサポート構造が装着される。このコイルサポート構造は、図3中の略45° 軸の両側から回転時にコイルが押し付けられて作用する遠心力を負担するためのものである。

[0006] 図4は、特許文献1において開示されている従来のコイルサポート構造の鳥瞰図である。

コイルサポート構造は、図4に示すように、サポートをシャフトに締結するボルト、コイルとサポートを電氣的に絶縁するためのコイルスペーサ、ボルトの締結力をシャフトに伝達し、電気も絶縁するヨークスペーサから構成される。回転時には、コイル、各スペーサおよび、サポートの質量に相当する遠心力を、ボルトがすべて負担することになる。

[0007] このような構成を有する回転電機をさらに高速化するためには、コイルサポート構造を小型軽量化して遠心力を低減し、ボルト締結体の強度信頼性を向上させることが必要になる。具体的には、サポートおよびボルト締結体の剛性、これらの疲労強度を意味する。特許文献1で開示されているコイルサポート構造においては、図5に示すように、サポートの内部のx軸方向に孔が設けられ、ボルトの胴部がむき出しの状態となっている。サポート自身の質量に相当する遠心力を低減させている。サポートの軽量化により遠心力を低減したコイルサポート構造がすでに開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0008] 特許文献1：特開2002-58188号公報

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、特許文献1に開示される構造は、さらなる高速化に対し、以下の理由から、ボルト締結体の疲労強度を確保することが容易ではないと思われる。

[0010] ボルト締結体に荷重が負荷される場合、ボルトの負担荷重はボルトと被締結体の剛性の比によって決まる。一般的に内力係数と定義されている。特許文献1に開示されているサポートは、図5に示すように、ボルト締結体の座面直下に設けられた孔のために、被締結体としての剛性を確保することが容易ではない。遠心力のうち、ボルトの負担する荷重が被締結体に対し大きくなる。このため、小型軽量化により遠心力を低減しても、かえってボルトの負担荷重が増えてしまう場合がある。

[0011] この解決手段として、ボルトの大径化や材質の高強度化が考えられる。大径化すると、ボルトに付与される締付力の及ぶ被締結体の確保とサポートの小型軽量化がトレードオフの関係になる。また、高強度材に置き換えても、上記と同じ理由で、遠心力を負担するボルト軸方向の断面積を稼げず、発生応力を低減することは容易ではない。加えて、高強度材は遅れ破壊が発声する可能性があり、脆性的に突然破損する可能性もある。

[0012] したがって、上記のいずれの手段も、高速化を図るうえで、本質的な解決手段にはならない。コイルサポート構造を小型軽量化して遠心力を低減し、かつ、サポートの剛性を確保することでボルトの荷重負担を低減させる課題を解決する必要がある。本発明は、この課題を解決し、信頼性の高い回転電機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

[0013] 上記の目的を達成するために本発明で開示する突極形回転子は、以下のとおりである。

[0014] 図9に示すように、サポートをシャフトに締結するボルト、コイルとサポートの間の電気を絶縁するためのコイルスペーサ、ボルト締結力をシャフトに伝達し、電氣的に絶縁性も確保するヨークスペーサにより構成されるコイルサポート構造において、

サポートが上面から見ても左右・前後対称な十字形状で、かつ、いずれの方向から見ても左右対称な形状になるよう形成され、回転軸方向に突出した部位に少なくとも2本以上のボルト締結部を設け、一方で、回転軸方向に凹ん

だ部位に回転軸方向に貫通した孔を設けたことを特徴とする。

## 発明の効果

[0015] 本発明によれば、

サポートの小型化による遠心力の低減と、サポートのボルト締結部の周辺の剛性が確保されるために、ボルト荷重負担の低減によるボルト締結部の信頼性が向上され、さらなる高速化に対応可能となる回転電機を実現できる。

## 図面の簡単な説明

[0016] [図1]突極形回転子の鳥瞰図である。

[図2]突極形回転子の回転軸に垂直な面の断面図である。

[図3]突極形回転子の回転軸に垂直な面の断面図の拡大図である。

[図4]特許文献1のコイルサポート構造の鳥瞰図である。

[図5]特許文献1のコイルサポート構造の回転軸に垂直な面の断面図である。

[図6]特許文献1のコイルサポート構造の上面図である。

[図7]特許文献1のコイルサポート構造の側面図である。

[図8]特許文献1のコイルサポート構造の1案の回転軸に垂直な面の断面図である。

[図9]本発明のコイルサポート構造の鳥瞰図である。

[図10]本発明のコイルサポート構造の上面図である。

[図11]本発明のコイルサポート構造の側面図である。

[図12]本発明のコイルサポート構造の回転軸に垂直な面の断面図である。

[図13]本発明のコイルサポート構造が遠心力により変形した際の模式図である。

[図14]本発明のコイルサポート構造のヨークスペーサの別案の側面図である。

[図15]本発明のコイルサポート構造の1案の回転軸に垂直な面の断面図である。

[図16]本発明のコイルサポート構造の別案の回転軸に垂直な面の断面図である。

[図17]本発明のコイルサポート構造の1案の側面図である。

[図18]本発明のコイルサポート構造の別案の側面図である。

[図19]本発明のコイルサポート構造を有する回転子全体の1案の側面図である

### 発明を実施するための形態

[0017] 本発明の実施例を図面に基づき以下に説明する。

[0018] 本発明は、突極形回転子とこれを備えた回転電機に関するもので、その基本構成を説明する。まず、回転電機の1種である同期機について説明する。同期機は、回転電機子形と回転界磁形の2種類に分類される。

[0019] 図1は、例として、磁極を4極構成した場合の回転界磁形の回転子1の鳥瞰図である。図2は、その回転軸に垂直な面の切断面の図である。図2に示すように、磁極の先端が磁極数に応じて突出した形状の回転子1を、突極形回転子と称する。この回転子1の外側には回転子1を内包するように固定子15が配置される。

[0020] 回転子1のシャフト1cの中央部には、シャフトボディ1bの上に磁極の胴部を構成するポールボディ1aが形成される。ポールボディ1aから磁極の頭部を構成するポールシュー2が左右に突出して形成された領域に、銅材製のコイル4が巻装される。例えば、磁極の頭部を構成するポールシュー2にはボルトの通し穴があり、ポールボディ1a側にはネジ穴が設けられる。ポールシュー2はポールボディ1aにボルトで締結される。固定子15の内周側には、周方向に等間隔に鋸歯形状の突出部が形成される。この部分にも銅線が巻き回され、コイルが形成される。

[0021] 回転子1と固定子15にそれぞれ電力が投入されると、固定子15側の磁界と回転子1側の磁界が互いに引き合う力が発生する。この力によってそれぞれの磁界の回転速度が同期した状態で回転する。

[0022] 図3は、図2の一部を拡大した図である。上記の場合、各磁極のボルト締結部は、回転により生じるコイル4およびポールシュー2の質量に相当する遠心力を負担する。図3中の略0°方向と略90°方向の遠心力をそれぞれ負担するものである。

- [0023] また、磁極と磁極の間には、図3に示すように、コイルサポート構造8が装着される。このコイルサポート構造8は、遠心力によりコイル4が広がった場合に、図3中の略45° 軸の両側からコイル4を押し付ける力を負担するためのものである。回転時のコイルのずれを防ぐことも目的とする。一般的には、回転軸に相当する図3中のx軸方向に数箇所、装着される。
- [0024] 次に、本発明の主対象であるコイルサポート構造8の構成について、特許文献1において開示されている従来構造を例に説明する。
- [0025] 図4は、特許文献1において開示されているコイルサポート構造8の鳥瞰図である。図5は、特許文献1のコイルサポート構造の回転軸に垂直な面の断面図である。図6は、特許文献1のコイルサポート構造の上面図である。図7は、特許文献1のコイルサポート構造の側面図である。図8は、特許文献1のコイルサポート構造の1案の回転軸に垂直なAA' 面の断面図である。
- [0026] コイルサポート構造8は、図4に示すように、サポート9をシャフト1cに締結するボルト10、コイル4の遠心力をサポート9に伝達し、コイル4に流れる界磁電流をサポート9に対して絶縁するためのコイルスペーサ11、同じく電氣的に絶縁し、主にボルト締結力をシャフト1cに伝達するためのヨークスペーサ12から構成される。
- [0027] サポート9とボルト10は、主に金属材料で製作される。各スペーサ11と12は、絶縁性能が求められることから、非金属材料、軽量かつ剛性・強度を有する繊維強化樹脂の積層板が適用される。
- [0028] 回転時には、コイル4、各スペーサ11および12、サポート9の質量に相当する遠心力を、ボルト10が負担する。回転電機をさらに高速化するため、コイルサポート構造8を小型軽量化して遠心力を低減し、ボルト締結体の信頼性を向上させる必要がある。
- [0029] このため、特許文献1では、図5に示すように、サポート9の軽量化による遠心力を低減したコイルサポート構造8を開示している。図5に示すように、サポート9の内部には、回転軸方向に相当するx軸方向に一方向に肉抜きされた孔13が設けられている。ボルト10の胴部がむき出しの状態になっている。サ

ポート9自身の質量を削減し、遠心力を低減させる効果がある。

[0030] ボルト締結体に遠心力が負荷された場合、その際のボルト10の負担荷重は、ボルト10と被締結体の剛性の比によって決まる。その比は、ボルト10の剛性をボルト10と被締結体の剛性の和で除して求められる。一般的に、内力係数と称される。

[0031] 上記の各剛性とその内力係数は、ボルト軸方向に荷重が負荷された場合に寄与するボルト軸方向の引張成分と、ボルト軸に対してモーメントが負荷された場合に寄与するボルト軸に対する曲げ成分に分類される。

[0032] ボルト軸方向の引張成分の剛性は、各構成材料のヤング率に、ボルト10に付与される締付力が作用する概略円形領域の面積を乗じ、これをボルト軸方向の長さで除して求められる。この円形領域の面積が大きいほど、ボルト10と被締結体の剛性はともに向上する。一方で、ボルト軸方向の長さが大きくなるほど、ボルト10と被締結体の剛性はともに低下する。円形領域の寸法は剛性に2乗で影響しているのに対し、長さは1乗である。

[0033] また、曲げ成分の剛性は、各構成材料のヤング率に、上記の円形領域を断面とした円筒形状の断面2次モーメントを乗じたものを、ボルト軸方向の長さで除して求まる。引張成分と同様、円形領域の面積が大きくなるほど、ボルト10と被締結体の剛性はともに向上する。一方、ボルト軸方向の長さが大きくなるほど、ボルト10と被締結体の剛性はともに低下する。円形領域の寸法は剛性に3乗で影響しているのに対し、長さは1乗である。

[0034] サポート9の内部に設けられた孔13を大きくすると、自身の軽量化の効果によって遠心力は低減される。しかし、ボルト締結体の座面直下を貫通するように設けられるために、ボルト10がむき出しの状態となり、被締結体が回転軸方向に関して中空の構造となる。中空構造の剛性が中実構造に対し低いのは明らかである。このような中空の状態のボルト締結体の内力係数は、引張成分と曲げ成分いずれも中実のものに対し相対的に大きくなる。よって、軽量化により遠心力が低減しても、ボルト10の負担荷重が大きくなってしまいやすい構成である。

- [0035] 本発明によるコイルサポート構造8は、構造全体を小型化して軽量化することによって遠心力を低減し、かつ、サポート9の剛性を確保してボルト10の荷重負担を低減させるものである。以下に、その実施構成を説明する。
- [0036] 図9は、本発明のコイルサポート構造の鳥瞰図である。図10は、本発明のコイルサポート構造の上面図である。図11は、本発明のコイルサポート構造の側面図である。図12は、本発明のコイルサポート構造の回転軸に垂直なAA'面の断面図である。
- [0037] 図9に示すように、サポート9をシャフト1cに締結するボルト10、コイルスペーサ11、ヨークスペーサ12で構成される。
- [0038] 図10に示すように、サポート9は上面から見て左右・前後対称な十字形状になるように形成される。サポート9は少なくとも2本以上のボルト10で締結される。コイル4とボルト10の干渉を防ぐことを意図し、突出部9a同士を結ぶ中心線上に回転軸方向にボルト10が配置され、ボルト締結される。
- [0039] ボルト締付力の及ぶ範囲の被締結体の剛性を確保できる構成となっている。このため、サポート9は突出部9aの両側が回転軸方向に凹んでいるために従来構造よりも小型化される。この効果により、自身が軽量化されてサポート9自身の質量に相当する遠心力が低減される。
- [0040] さらに、回転時には、回転子1の外表面に内気を冷却する気流が回転軸方向に循環する。気流が外表面を伝うことにより、コイル4を直接冷却している。本発明の構造は、凹部9bを設けたことによって、サポート9とコイルスペーサ10の接する面積を従来構造に比べて小さくできる。したがって、コイル4の放熱面積を確保する副次的な効果も高めることができる。
- [0041] 図13は、本発明のコイルサポート構造8がコイル4の遠心力により変形した際の模式図である。この構成によると、ボルト軸心から遠心力の作用する面中心が偏心する。このため、図13に示すように、それぞれのボルト10は左右対称に曲げ変形する。
- [0042] しかしながら、本発明の構成では、ボルト座面直下に被締結体が確保されている。図のような曲げ変形は少なからず発生するものの、上記のように、

内力係数が低く、ボルト10の荷重負担が少ない構成とすることができる。よって、本発明により、ボルト10の負担荷重が低く、ボルト締結体の強度信頼性を向上した構成とすることができる。

[0043] 図14は、本発明のコイルサポート構造8において、ヨークスペーサ12の別案を有する構成の側面図である。本発明の別構成の1案として、図14に示すように、ヨークスペーサ12の両端の一部を削除した構成も実施構成の範囲である。ボルト座面直下には、ボルト10の締付力をシャフト1cに伝達するヨークスペーサ12の一部が被締結体として確保されており、内力係数を低めることができ、図11の構成とほぼ同じ効果が得られる。

[0044] 続いて、図15は、本発明のコイルサポート構造8の1案の回転軸に垂直なAA'面の断面図である。図16は、本発明のコイルサポート構造8の別案の回転軸に垂直なAA'面の断面図である。

[0045] 図15と図16に示すように、サポート9の突出した部位9aの両側が回転軸方向に凹んでおり、凹んだ箇所9bに回転軸方向に貫通した孔13を設けている。ここで、孔13の形状は、サポート9を介してコイル4の遠心力をボルト10に伝達可能な程度に剛性を有していれば、図15と図16に示すように、円形でも三角形でも多角形であってもよく、実施構成の範囲に含まれる。

[0046] また、図16に示すように、これらの孔13を複数個組み合わせてもよい。この場合、孔13と孔13の間に形成される概略板形状の仕切り14は、コイルスペーサ11がサポート9と接する面に対し、図中に点線で示す略法線方向に沿うように形成されるのが好ましい。

[0047] 略法線方向から傾いた状態で形成されると、コイル4の遠心力が仕切り14に対し偏心して作用する。仕切り14が曲げ変形してしまう。この結果、サポート9を介してコイル4の遠心力をボルト10に効率よく分散し伝達しづらい構造となってしまう。

[0048] よって、上記の仕切り14は複数形成されていてもよく、上記と同様に、図中に点線で示す略法線方向に平行になるように複数形成される構成も実施構成の範囲に含まれる。

- [0049] 磁極が4極の場合、一方のコイルスペーサ11が、もう一方のコイルスペーサ11に対して、おおむね $90^\circ$ 傾いている。さらに、図中に1点鎖線で示すボルト座面とコイルスペーサ11のサポート9と接する面はおおむね $45^\circ$ 傾いている。仕切り14もボルト座面に対しおおむね $\theta = 45^\circ$ 傾いている。仕切り14は、コイルスペーサ11がサポート9と接する面に対し、図中に点線で示す略法線方向に沿うように形成されている。
- [0050] 本発明の突極形回転子は、一般的に、磁極数が4, 6, 8,  $\dots 2n$  ( $n$ は2以上の整数)となるように偶数で形成される。この場合、本発明による実施構成における仕切り14は、コイルスペーサ11がサポート9と接する面に対し、図中に点線で示す略法線方向に沿うように形成されることが好ましい。よって、図中に1点鎖線で示すボルト座面と仕切り14の成す角 $\theta$ が、磁極数に応じておおむね $90^\circ \div n$  ( $n$ は2以上の整数)となる関係が成り立つ。このようにすることで、コイル4の遠心力が仕切り14に対し偏心して作用するのを防ぎ、仕切り14の曲げ変形を抑制できるようになる。
- [0051] また、遠心力を効率よく分散し伝達するトラス構造とするには、ボルト座面を起点として仕切り14が少なくとも1つ形成されることが最も望ましい。ただし、必ずしもボルト座面を起点としない形態も実施構成に含まれる。
- [0052] 具体的には、図中に矢印でその範囲を示すように、コイルスペーサ11がサポート9と接する面において、コイル4の高さ方向の中央位置とヨークスペーサ12側の端部の間、もしくは、これと反対側の場合の2つのケースで、上記の仕切り14が形成される構成が考えられる。
- [0053] ボルト締結体の剛性を効率よく発揮するため、締付力が作用する概略円形領域を大きくすることを目的として、コイルスペーサ11がサポート9と接する面において、コイル4の高さ方向の中央位置とヨークスペーサ12側の端部の上に上記の仕切り14が形成されることが好ましい。
- [0054] 本発明の実施構成の範囲に含まれる仕切り14の配置は、孔13の形状が円形や角形によらず、上記のトラス構造により曲げ変形を抑制し、遠心力を効率よく分散し伝達しやすい構成である。上記の図15と図16に示す構成は、サポ

ート9が図10の構成に対して凹んだ箇所9bに形成した孔13の分だけ従来構造に対しさらに軽量になる。サポート9のボルト締結部の剛性を確保し、遠心力も低減できる。

[0055] また、図17は、本発明のコイルサポート構造の1案の側面図である。図18は、本発明のコイルサポート構造の別案の側面図である。

[0056] 図17に示すように、サポート9の突出部9aの両側の凹んだ箇所9bに回転軸方向に貫通した孔13が設けられている。これらの孔13の中心線は、図中に1点鎖線で示すように、回転軸に相当するx軸方向に平行になるように設けられる。しかし、図18に示すように、図中に1点鎖線で示す孔13の中心線が、回転軸に対して傾いた状態であってもよい。このような構成により、以下の理由により回転電機の内気の冷却効果が少なからず向上する。

[0057] 回転時には、回転子1の外表面を伝うように、内気を冷却する気流が回転軸方向に循環する。回転子1の左右いずれかからの一方向であっても、両方向から回転子1の中央に向かう方式であってもよい。上記の孔13は、回転軸方向の通風孔の機能も果たすこともできる。傾きを設けることで、気流の入口側と出口側で圧力差が生じ、通風速度が向上する。内気を循環させる効果も得られる。

[0058] 図19は、本発明のコイルサポート構造を有する回転子全体の1案の側面図である。上記のように、コイルサポート構造8のボルト軸方向の高さ大きいと、少なからず冷却風の通風抵抗が増大する。

[0059] そこで、図19に示すように、コイルサポート構造8の高さを回転軸方向に段階的に調節することで、上記と同じ気流の入口側と出口側で圧力差が生じ、その結果、冷却効果も少なからず高めることが可能となる。

[0060] 以上の実施構成を範囲とする本発明によれば、サポート9の小型軽量化による遠心力の低減と、サポート9のボルト締結部の周辺の剛性を確保し、ボルト荷重負担の低減によるボルト締結部の信頼性向上を実現し、さらなる高速化に対応可能な突極形回転子を備えた同期機を含む回転電機を実現できるようになる。

## 符号の説明

- [0061] 1 回転子
- 1a ポールボディ
  - 1b シャフトボディ
  - 1c シャフト
- 2 ポールシュー
- 4 コイル
- 8 コイルサポート構造
- 9 サポート
- 9a 突出部
  - 9b 凹部
- 10 サポート固定用ボルト
- 11 コイルスペーサ
- 12 ヨークスペーサ
- 13 孔
- 14 仕切り
- 15 固定子

## 請求の範囲

- [請求項1] サポートをシャフトに締結するボルト、コイルとサポートの間の電気を絶縁するためのコイルスペーサ、ボルト締結力をシャフトに伝達し、電氣的に絶縁性を確保するヨークスペーサにより構成されるコイルサポート構造において、
- サポートが上面から見ても左右・前後対称な十字形状で、かつ、いずれの方向から見ても左右対称な形状になるよう形成され、回転軸方向に突出した部位に少なくとも2本以上のボルト締結部を設けてあり、突出部同士を結ぶ中心線上に回転軸方向にボルトが配置されて締結されたことを特徴とする突極形回転子と、これを備えた同期機を含む回転電機。
- [請求項2] 請求項1に記載のコイルサポート構造において、回転軸方向に凹んだ部位に回転軸方向に貫通した孔を複数設けたことを特徴とするコイルサポート構造を有する突極形回転子と、これを備えた同期機を含む回転電機。
- [請求項3] 請求項2に記載のコイルサポート構造において、回転軸方向に凹んだ部位に回転軸方向に貫通した孔が複数設けられ、その孔同士の間の仕切りの面内方向がコイルスペーサのサポートと接する面のおおむね法線方向に沿うように、仕切りが複数形成されていることを特徴とするコイルサポート構造を有する突極形回転子と、これを備えた同期機を含む回転電機。
- [請求項4] 請求項3に記載のコイルサポート構造において、回転軸方向に凹んだ部位に回転軸方向に貫通した孔が複数設けられ、その孔同士の間の仕切りの面内方向がコイルスペーサのサポートと接する面のおおむね法線方向に沿うように、仕切りが複数形成されていて、これらの仕切りは、コイルスペーサがサポートと接する面において、コイルの高さ方向の中央位置とヨークスペーサ側の端部の範囲に複数形成されることを特徴とするコイルサポート構造を有する突極形回転子と、これを

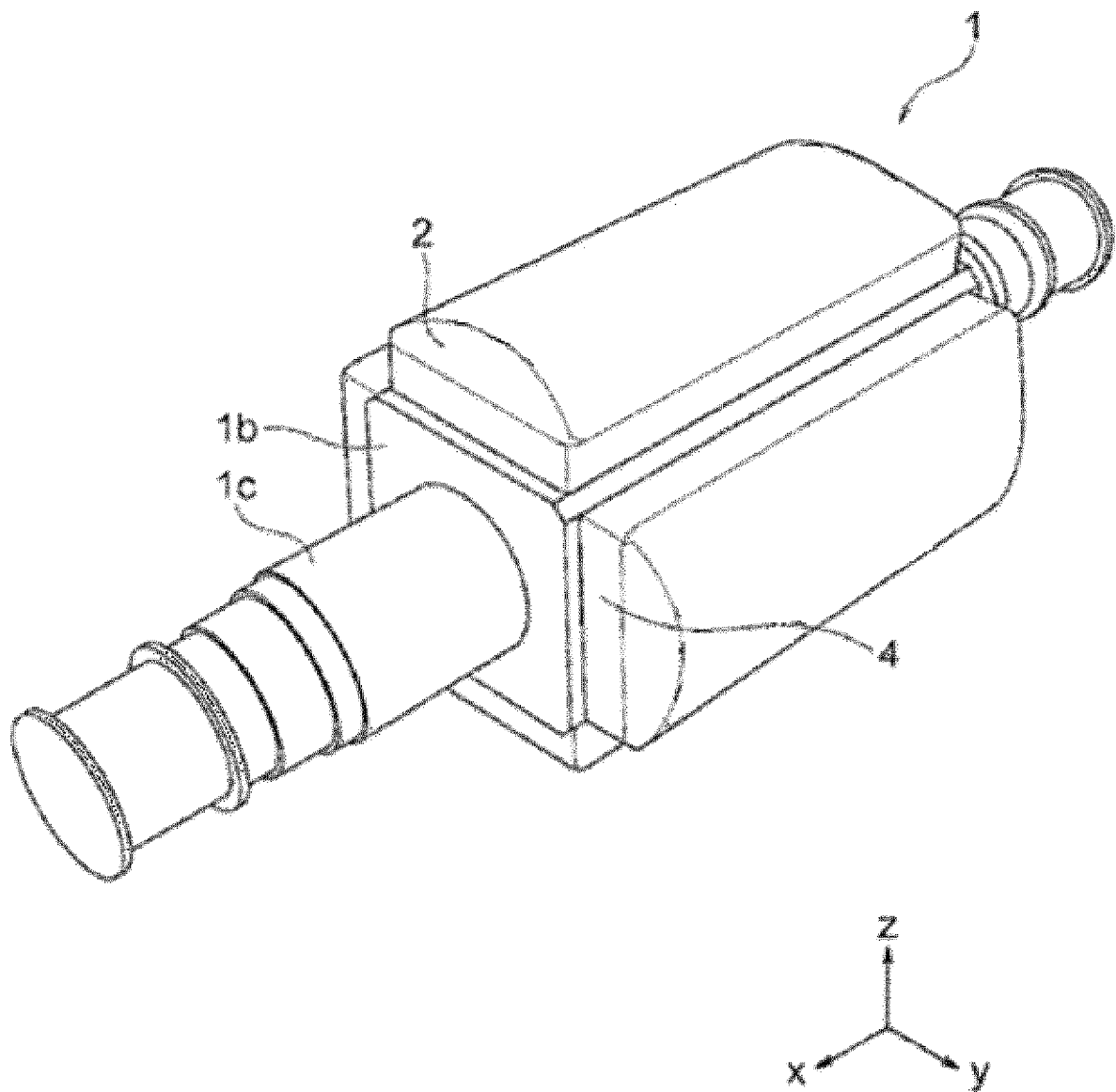
備えた同期機を含む回転電機。

[請求項5] 請求項4に記載のコイルサポート構造において、回転軸方向に凹んだ部位に貫通した複数の孔が回転軸方向に対して傾いた状態で形成されたことを特徴とするコイルサポート構造を有する突極形回転子と、これを備えた同期機を含む回転電機。

[請求項6] 請求項5に記載のコイルサポート構造において、回転軸方向に複数装着されたコイルサポート構造のおおのこの高さが回転軸方向に段階的に差が設けられていることを特徴とする突極形回転子と、これを備えた同期機を含む回転電機。

[請求項7] 請求項1から6のいずれかの特徴を有するコイルサポート構造を有する突極形回転子と、これを備えた同期機を含む回転電機。

[図1]



[図1]

[図2]

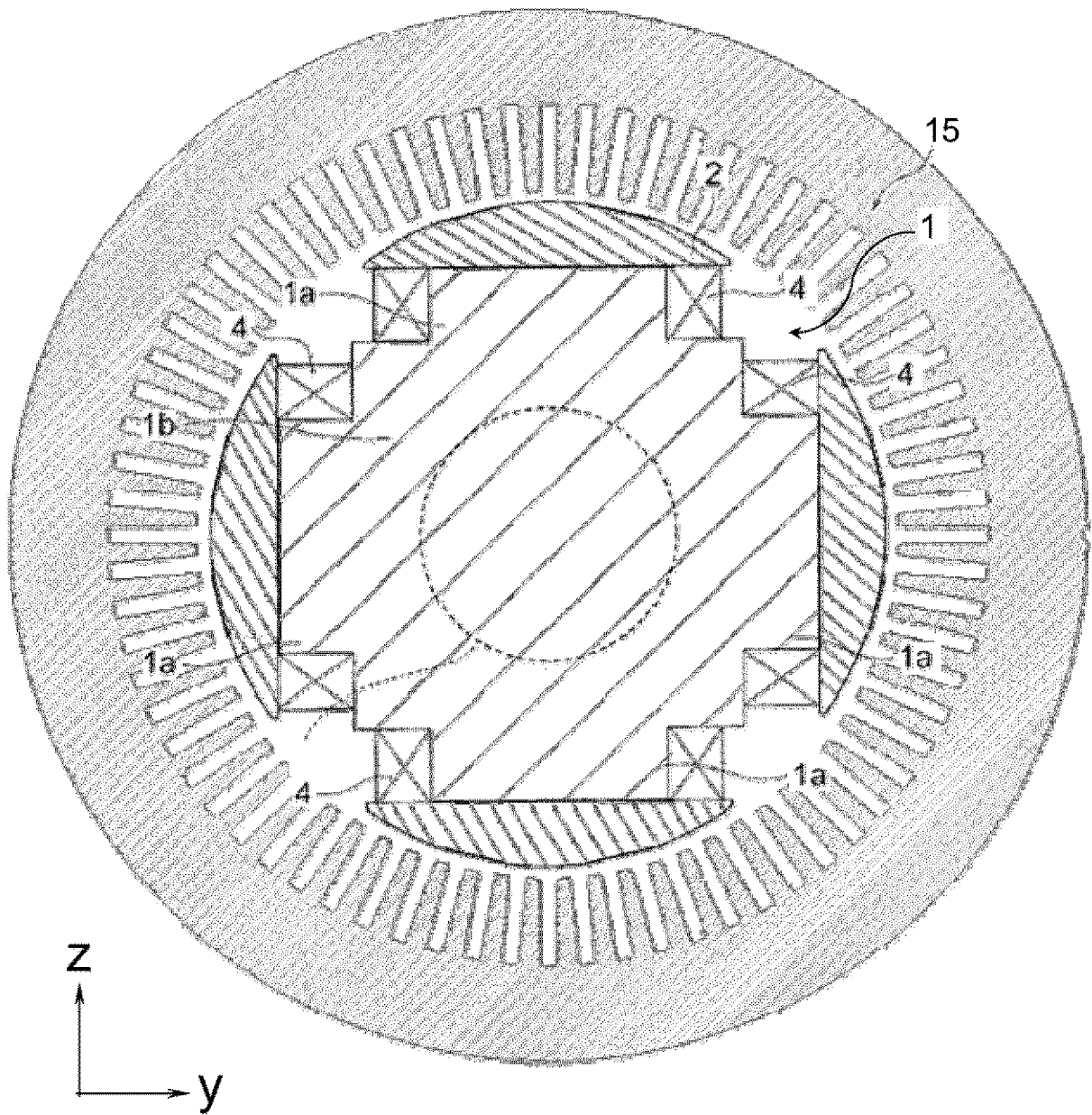
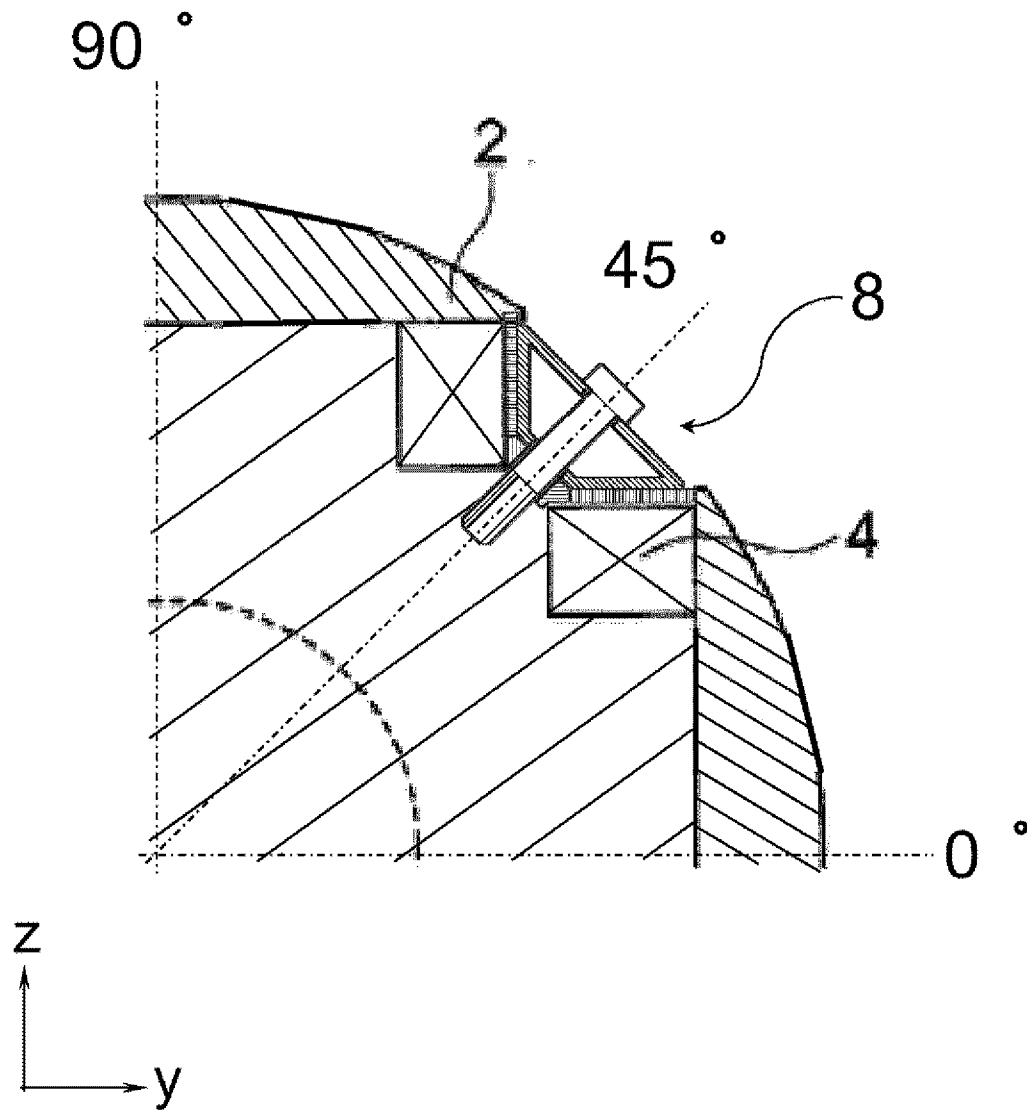


図 2

[図3]



[図3]

[図4]

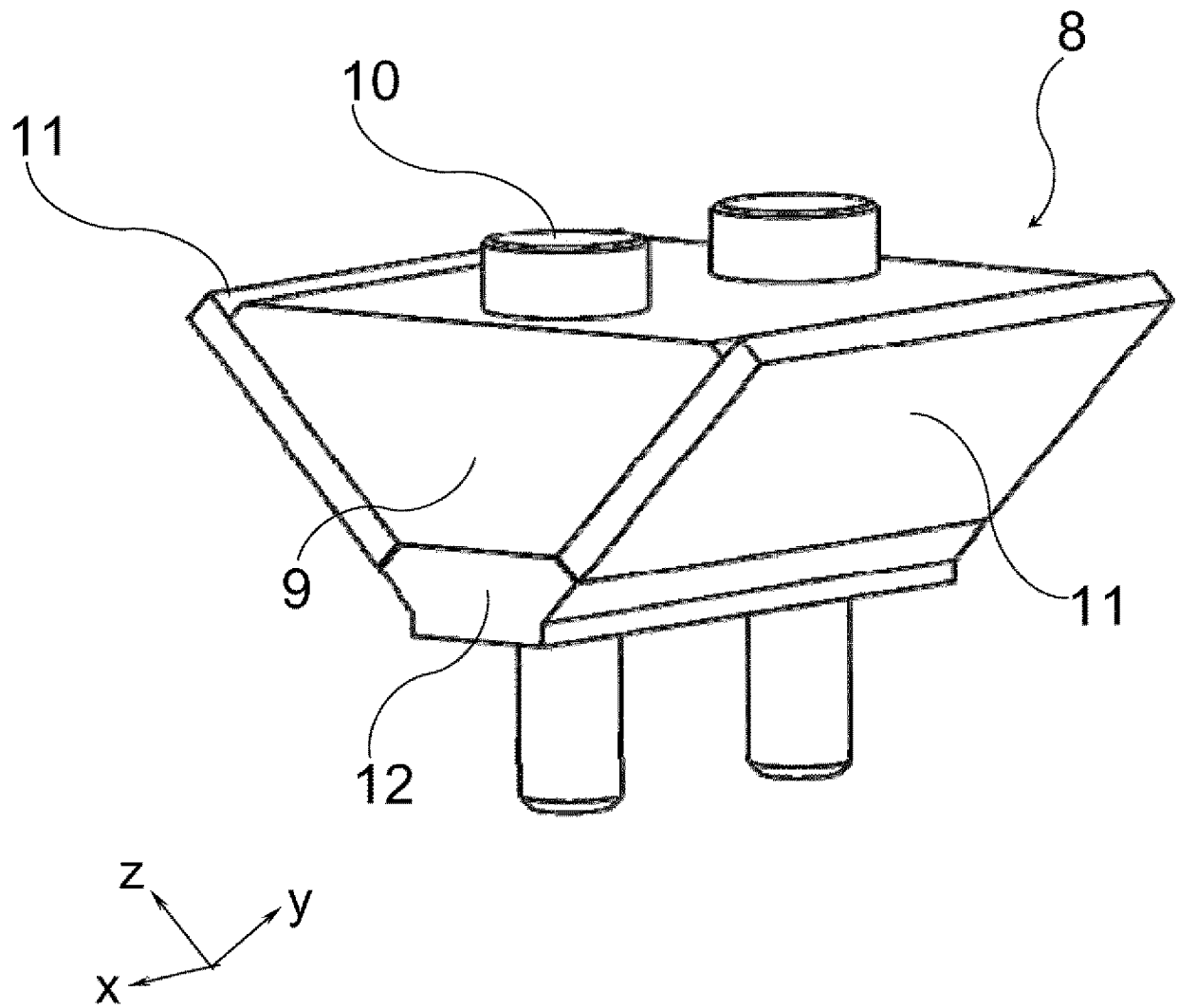
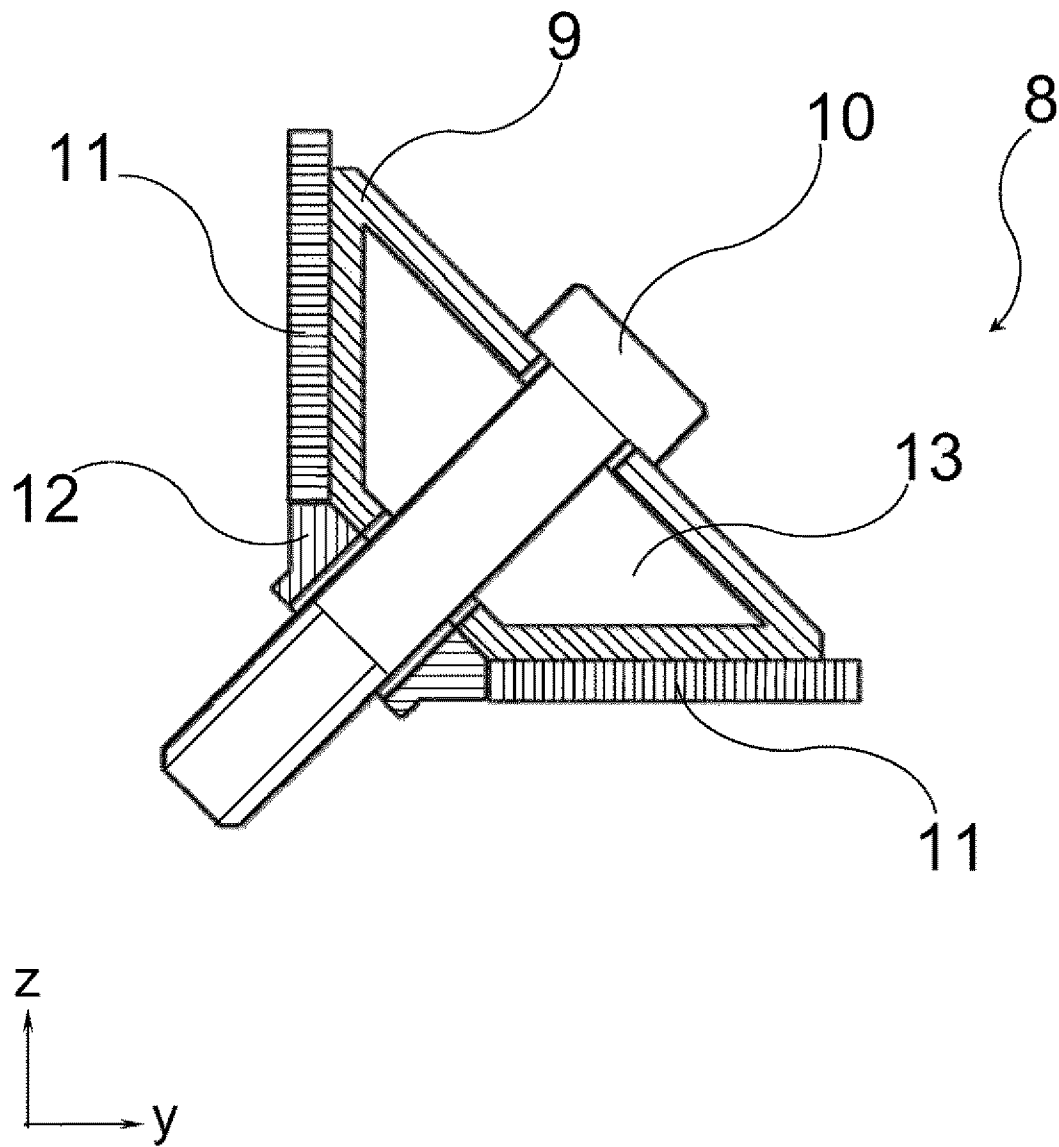


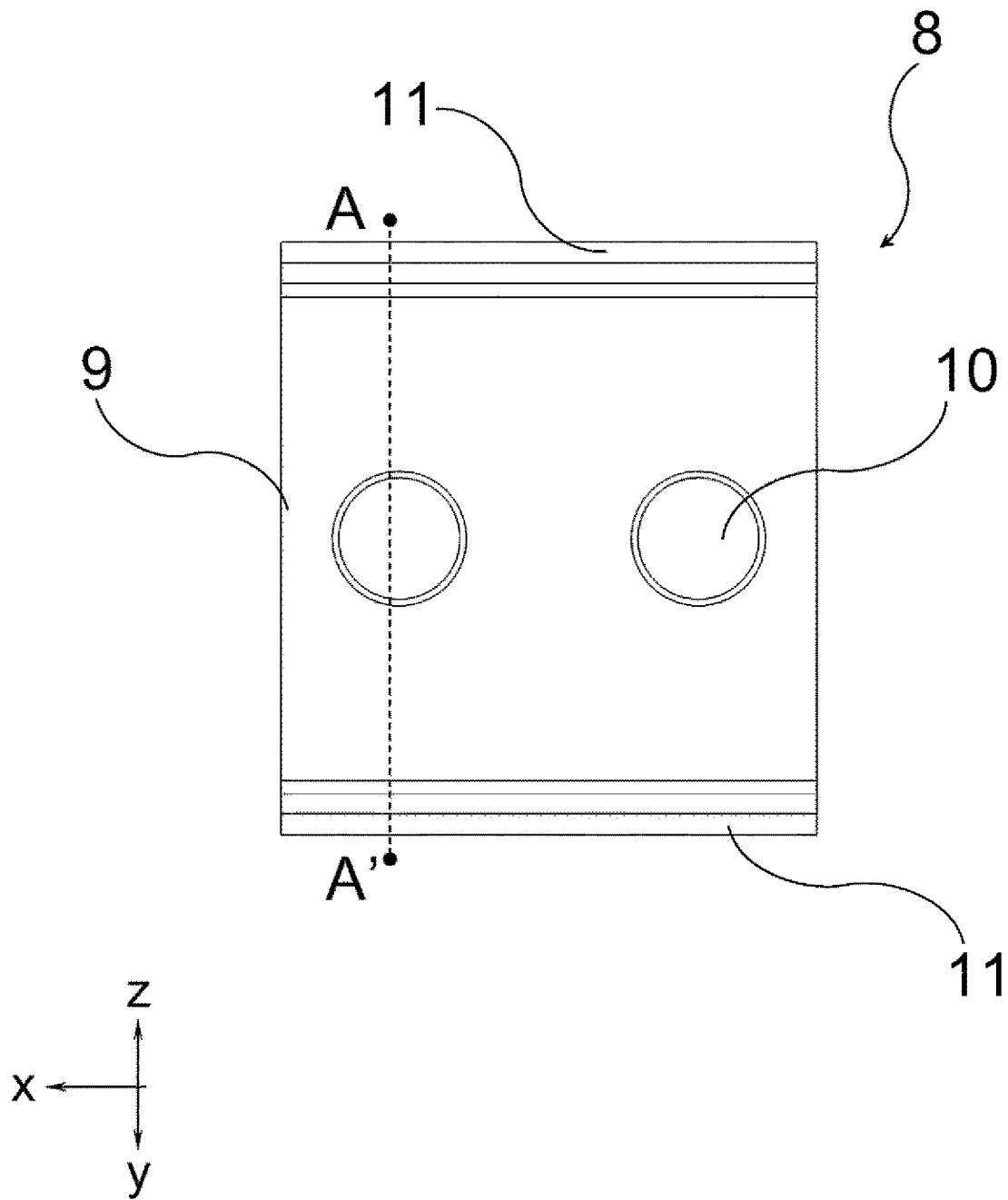
図4

[図5]



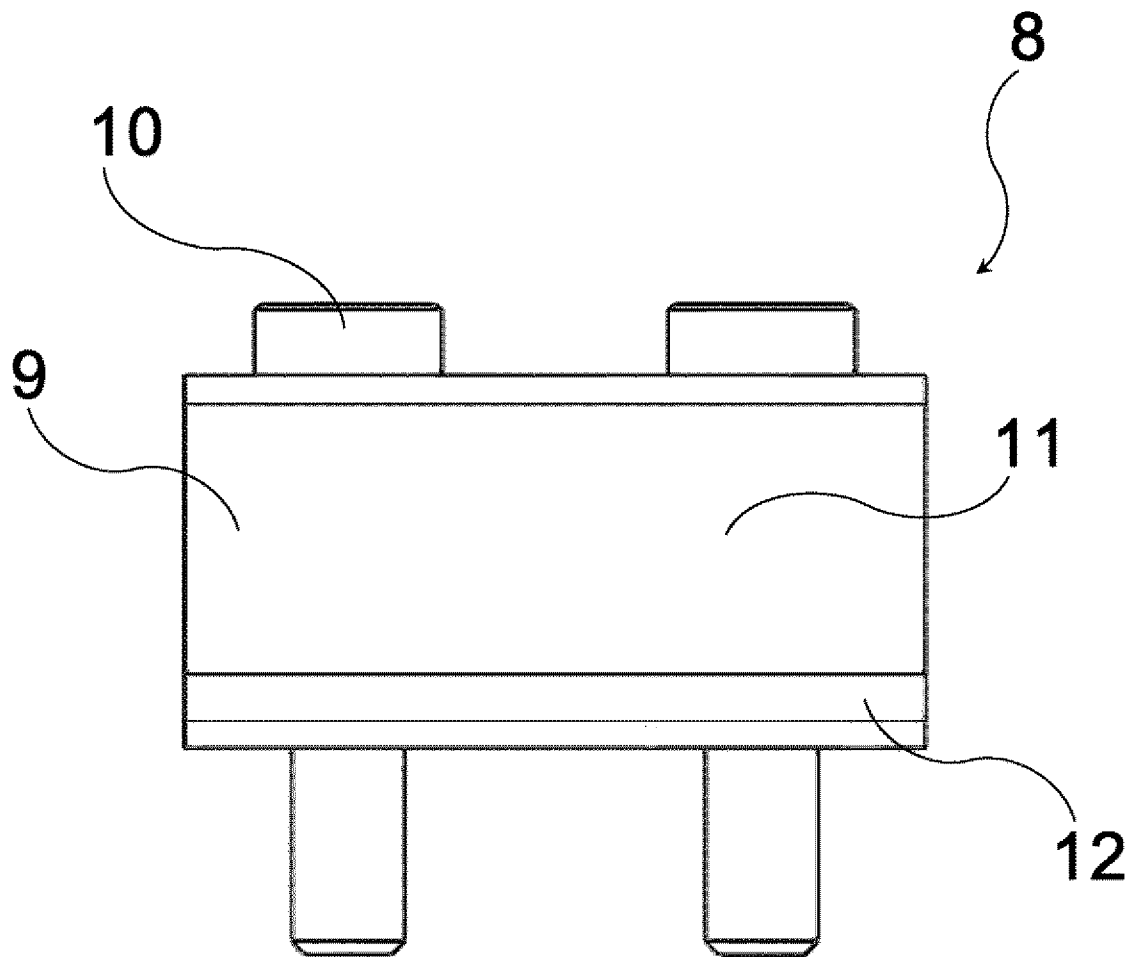
[図5]

[図6]



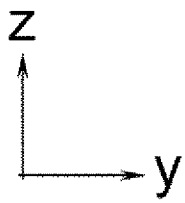
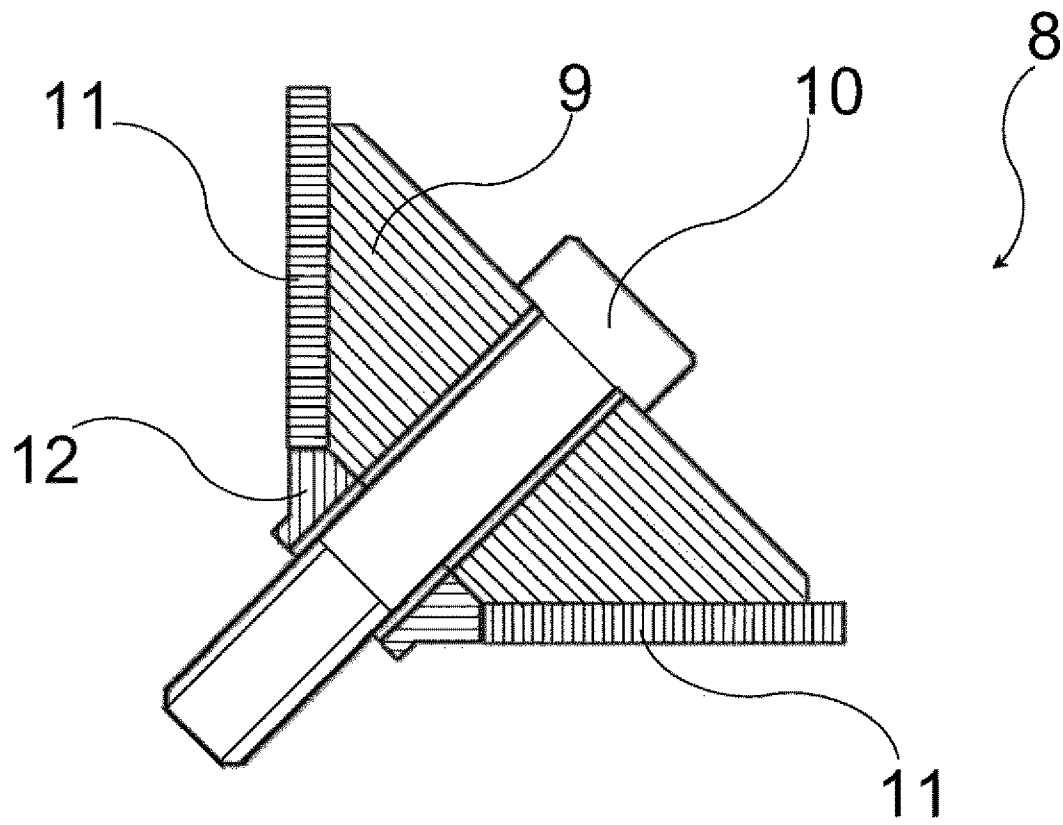
[図6]

[図7]



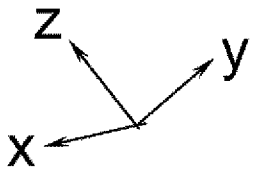
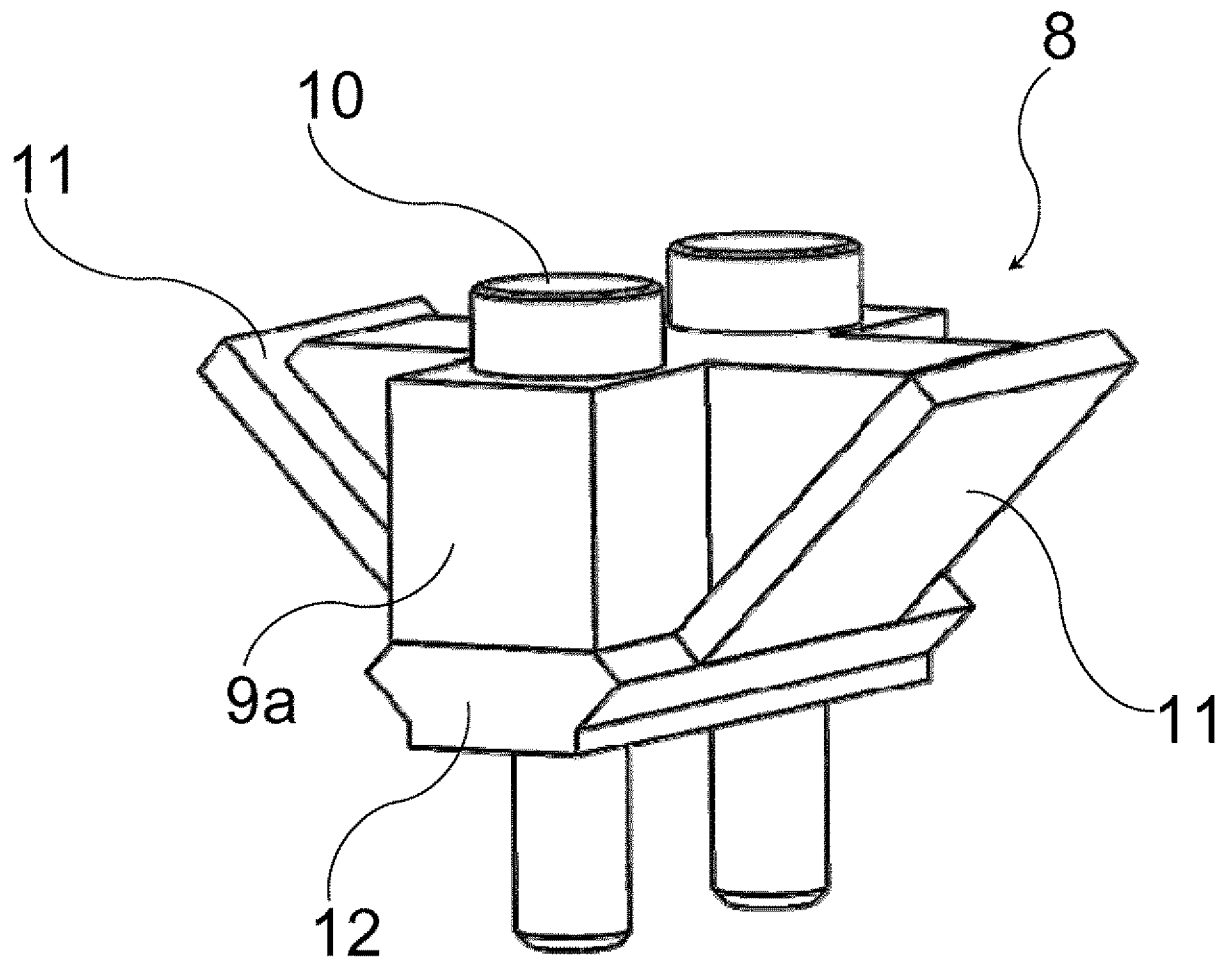
[図7]

[図8]



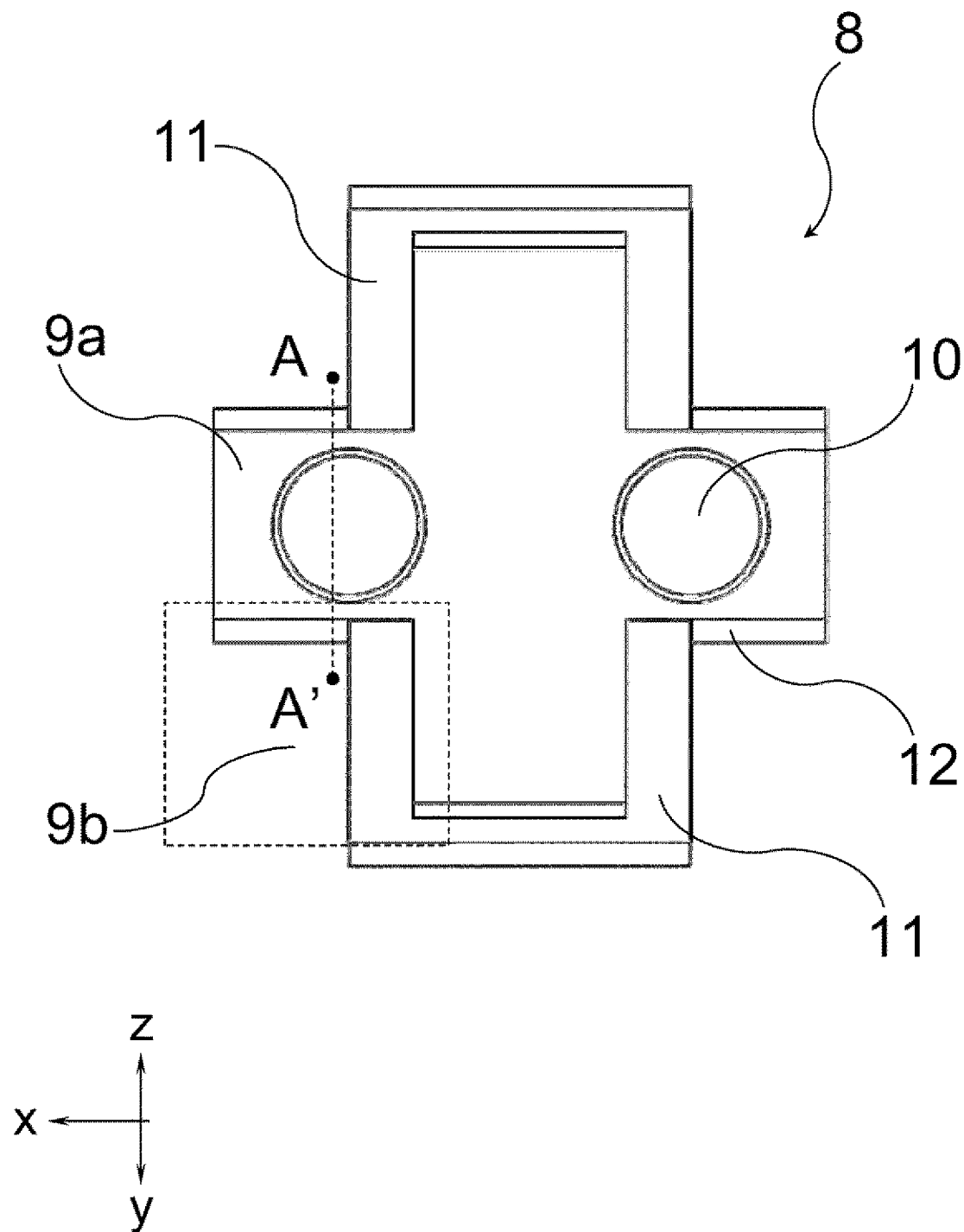
[図8]

[図9]



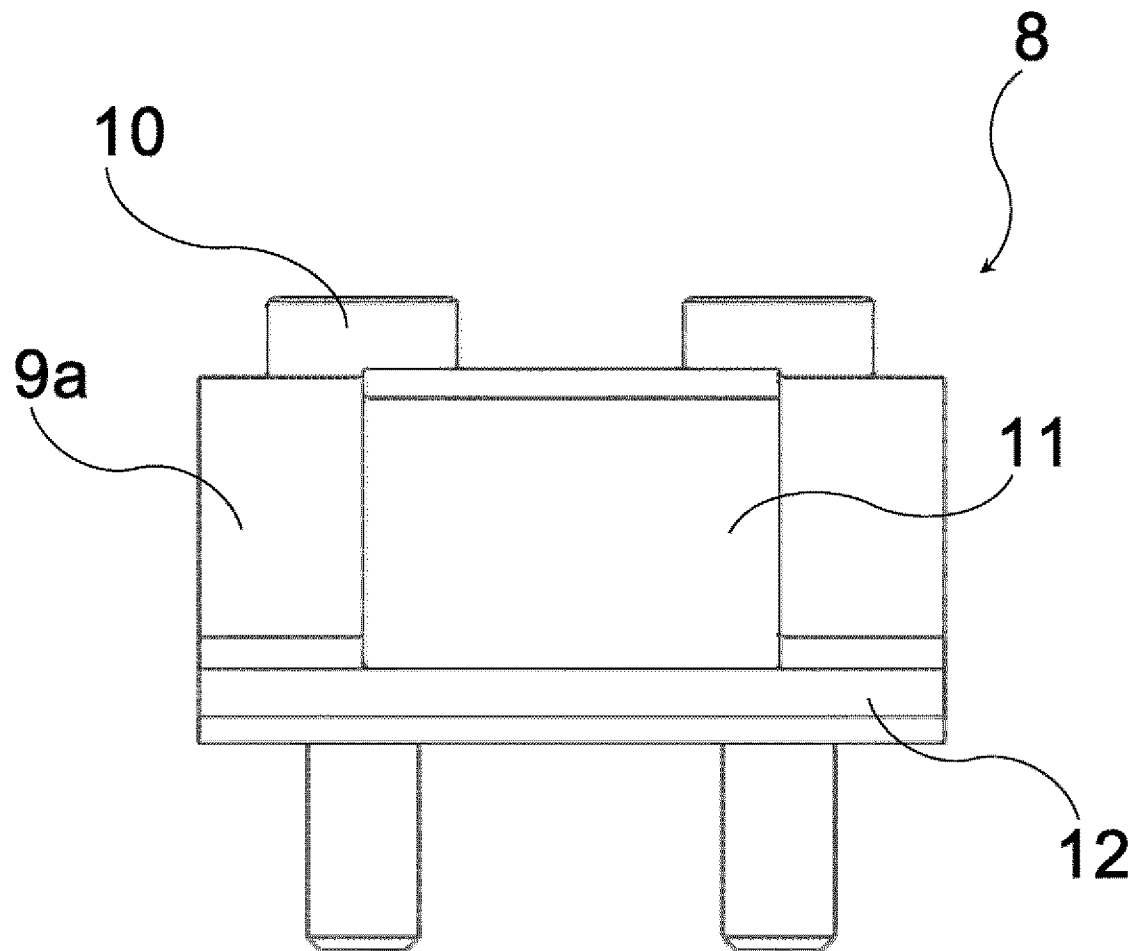
[図9]

[図10]



[図] 10

[図11]



[図11]

[図12]

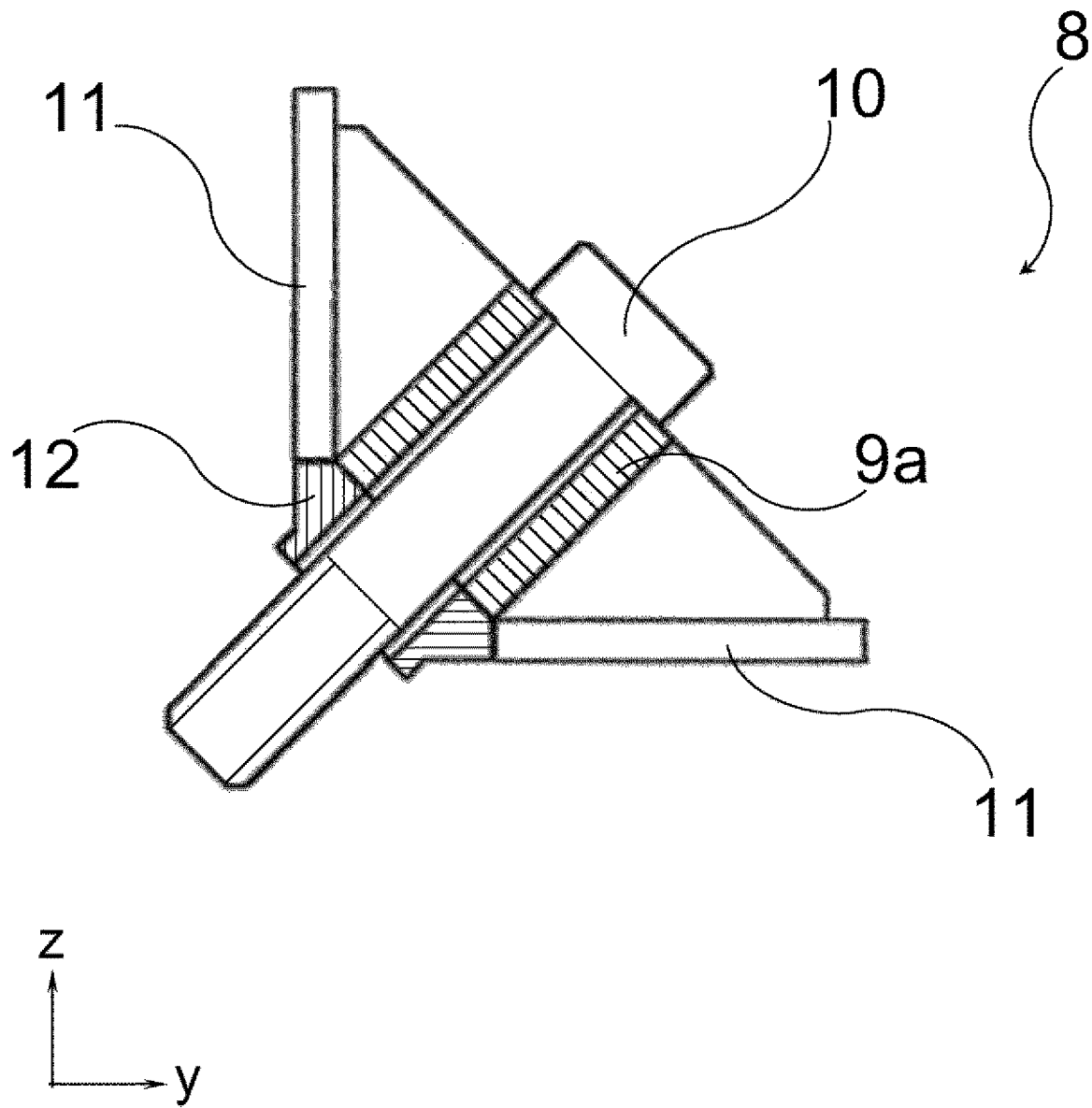


図 1 2

[図13]

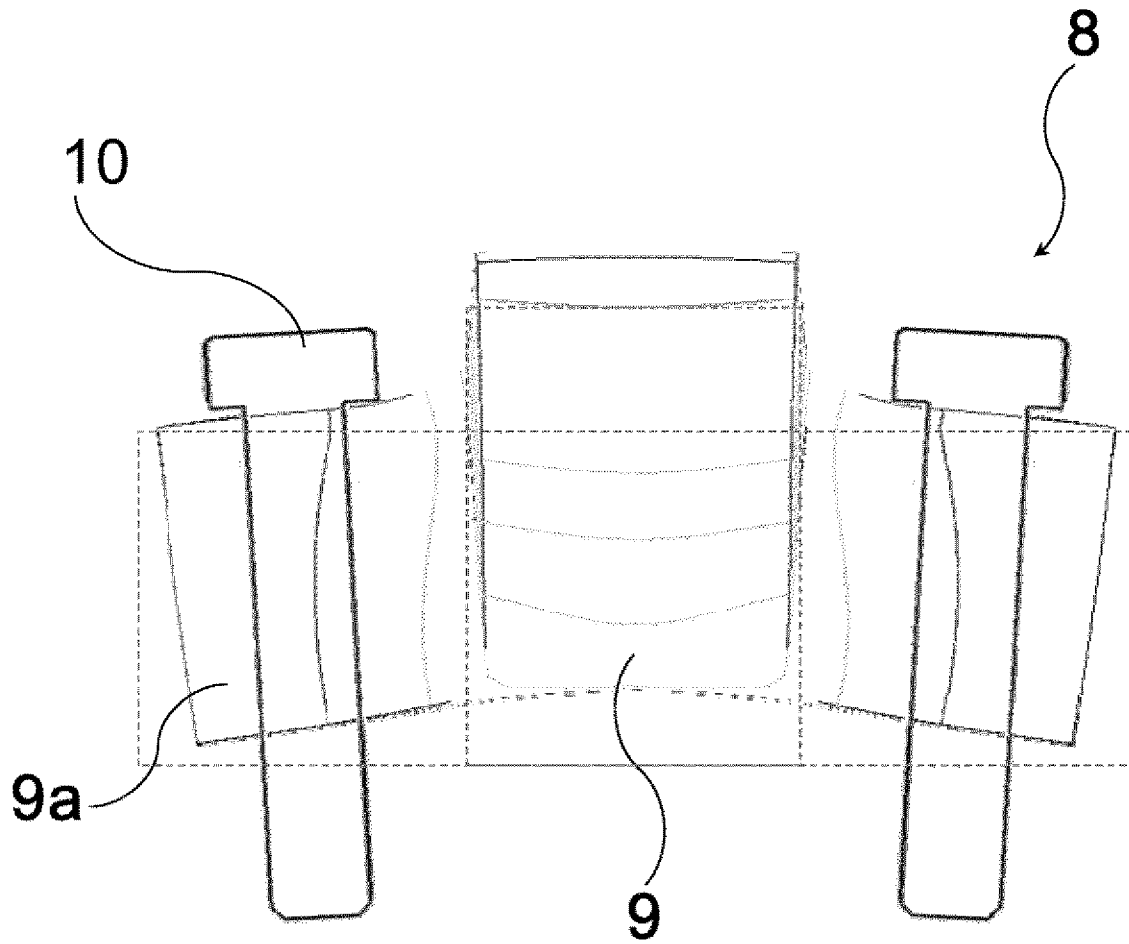


図 1 3

[図14]

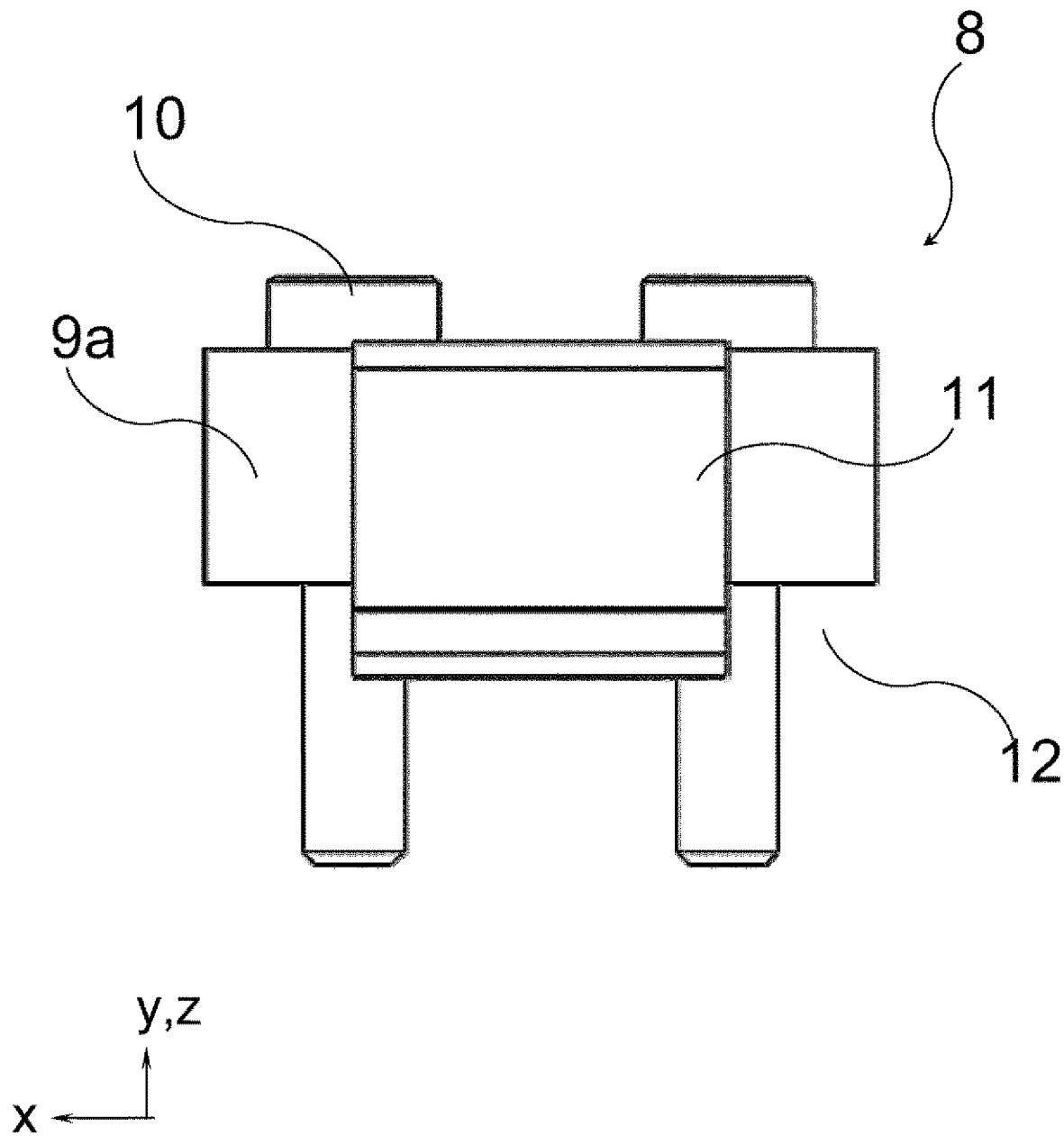


図 1 4

[図15]

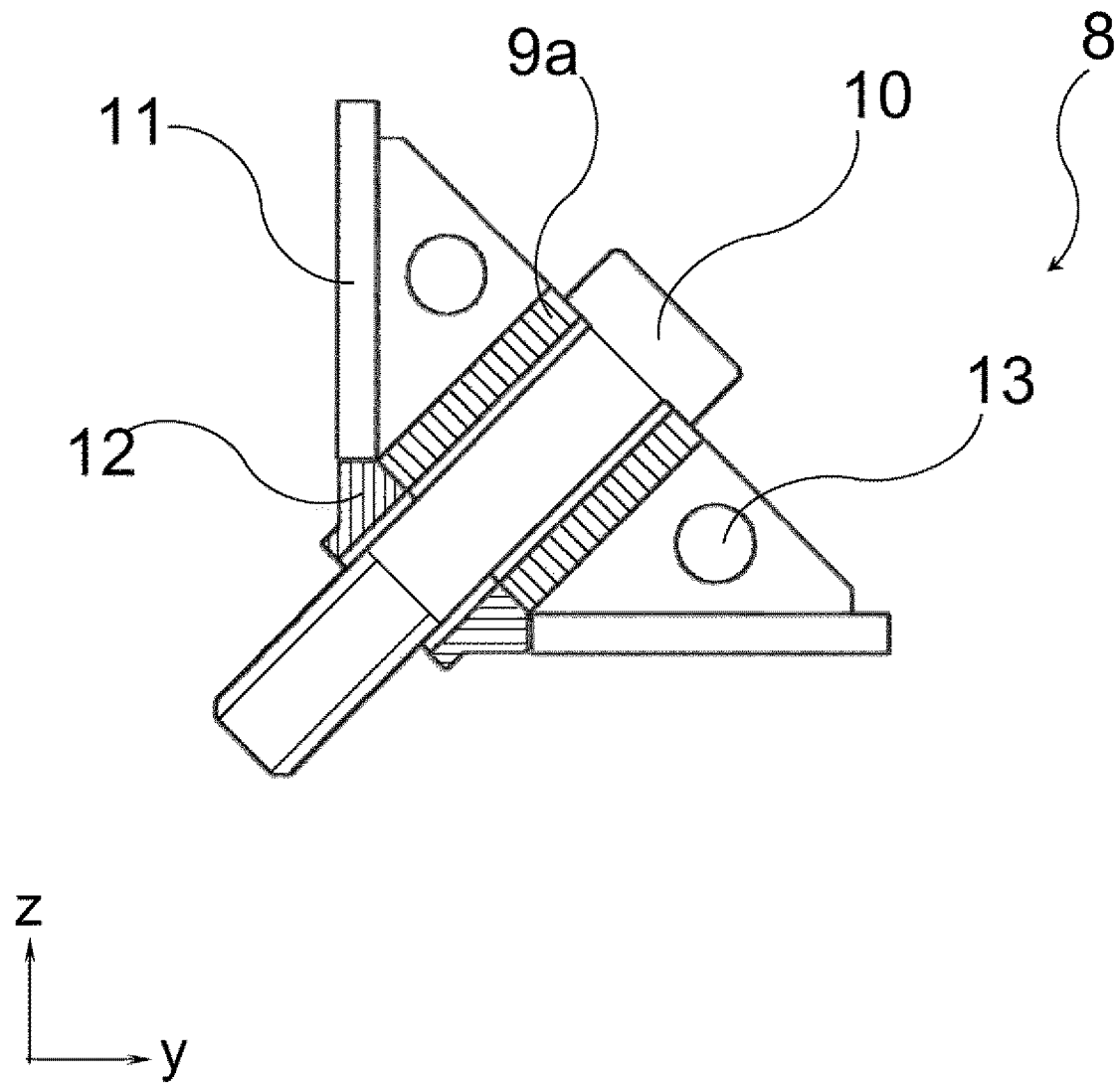


図 15

[図16]

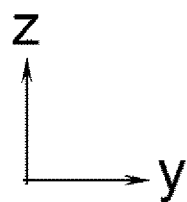
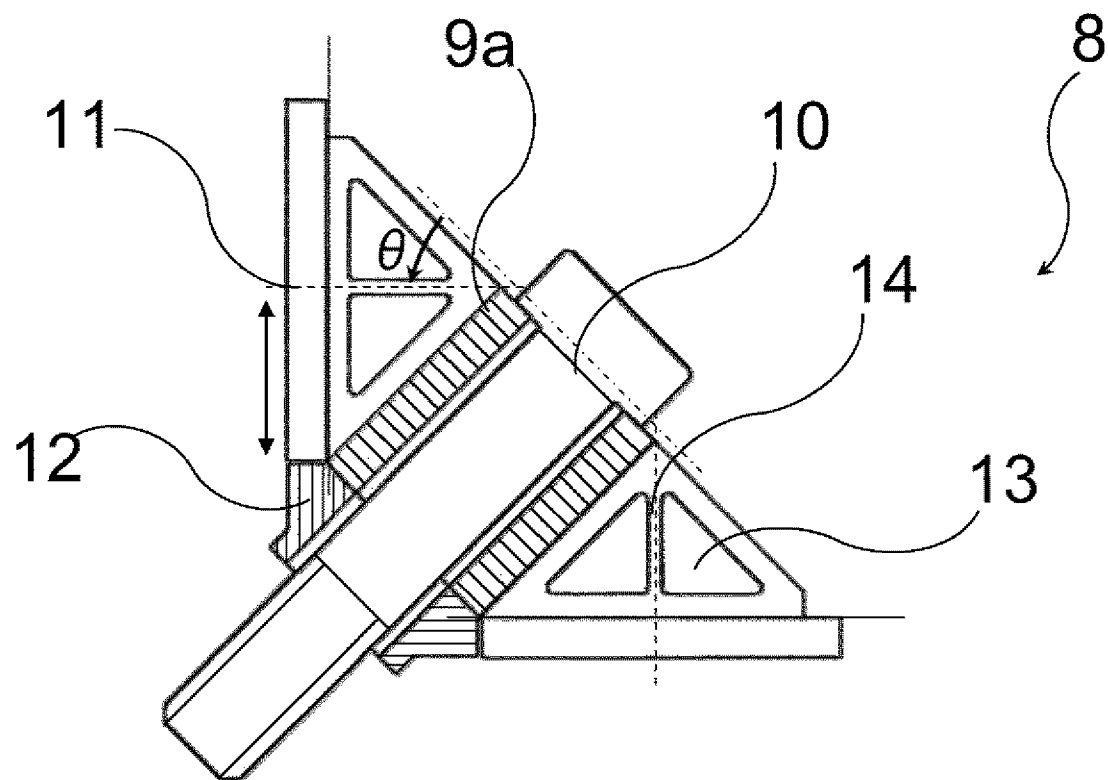


図 1 6

[図17]

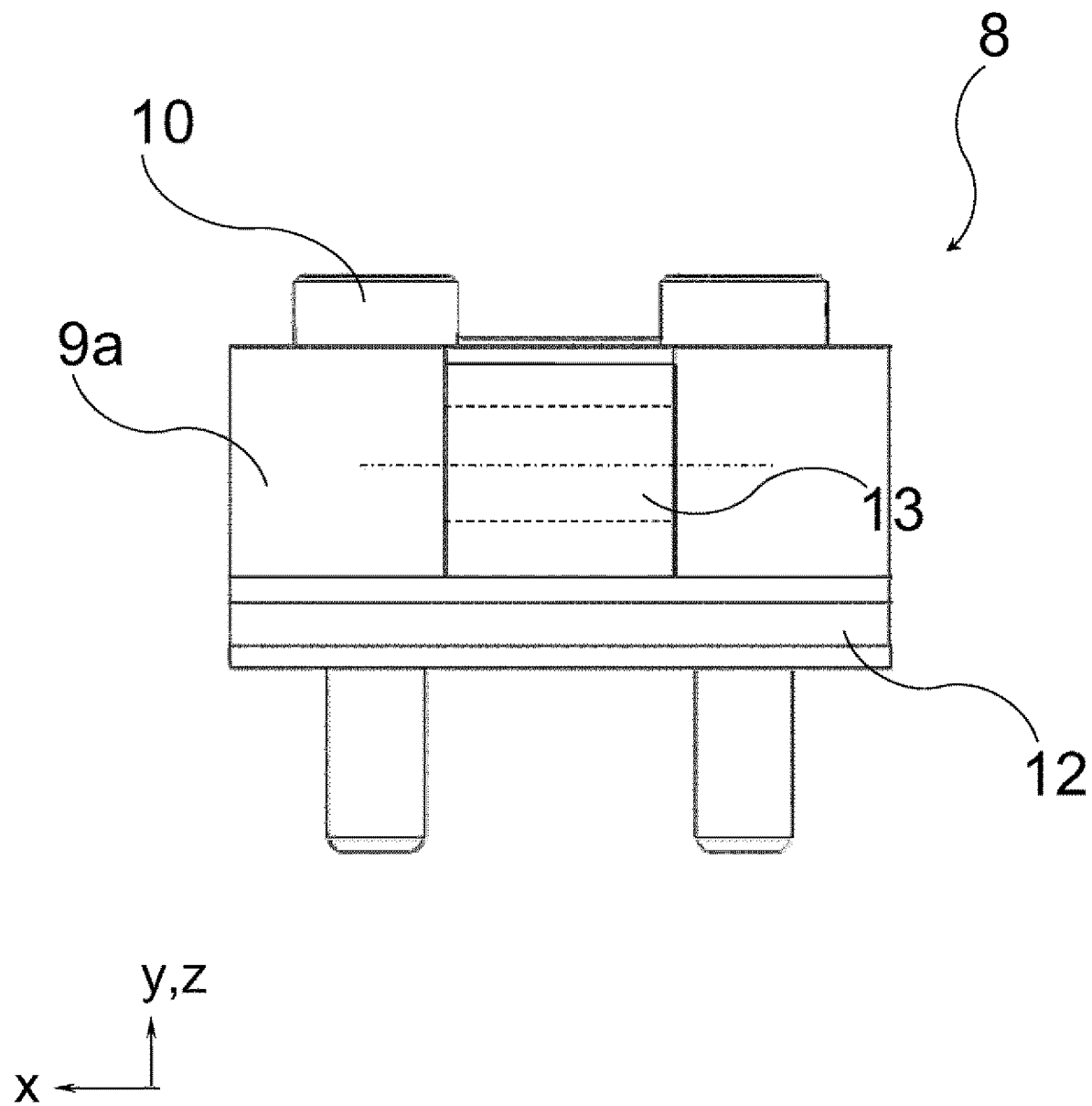


図 1 7

[図18]

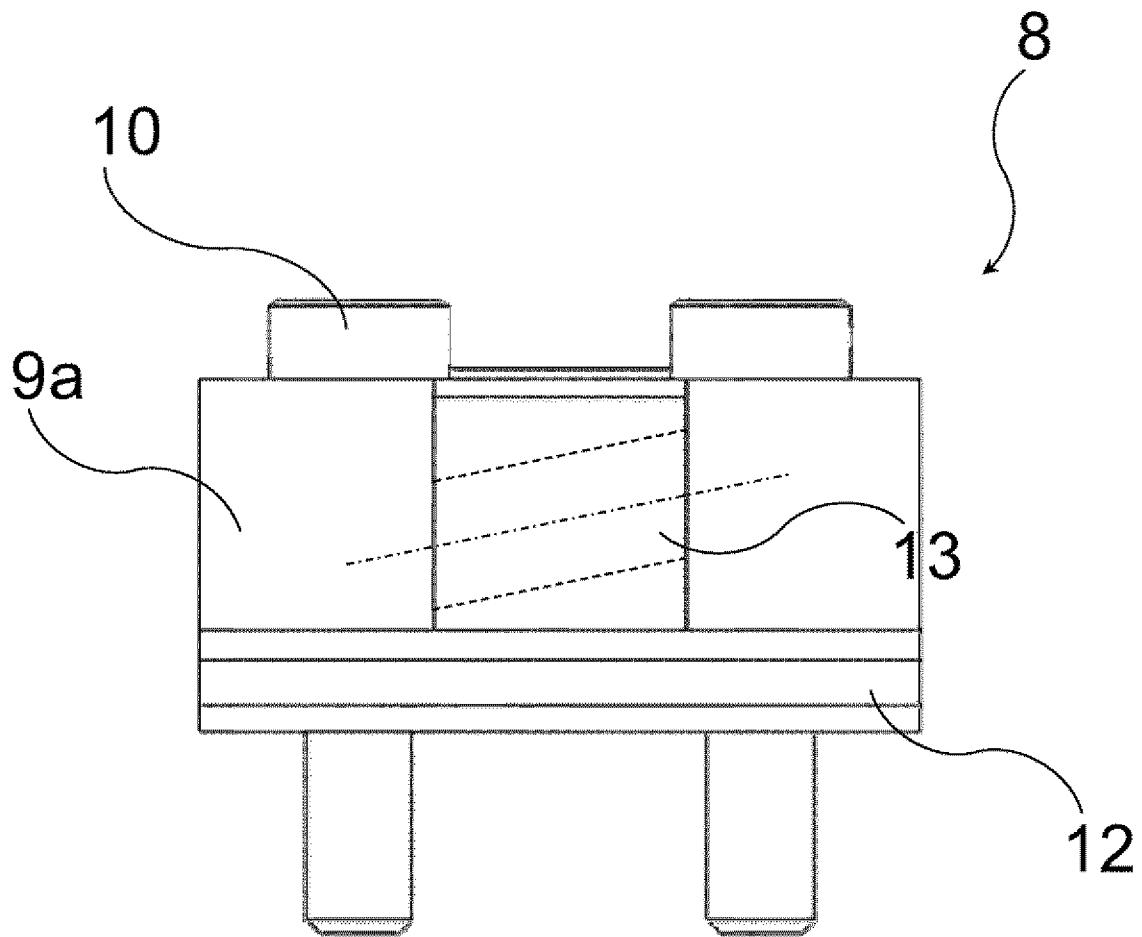


図 18

[図19]

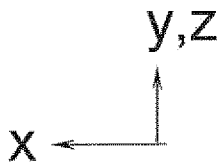
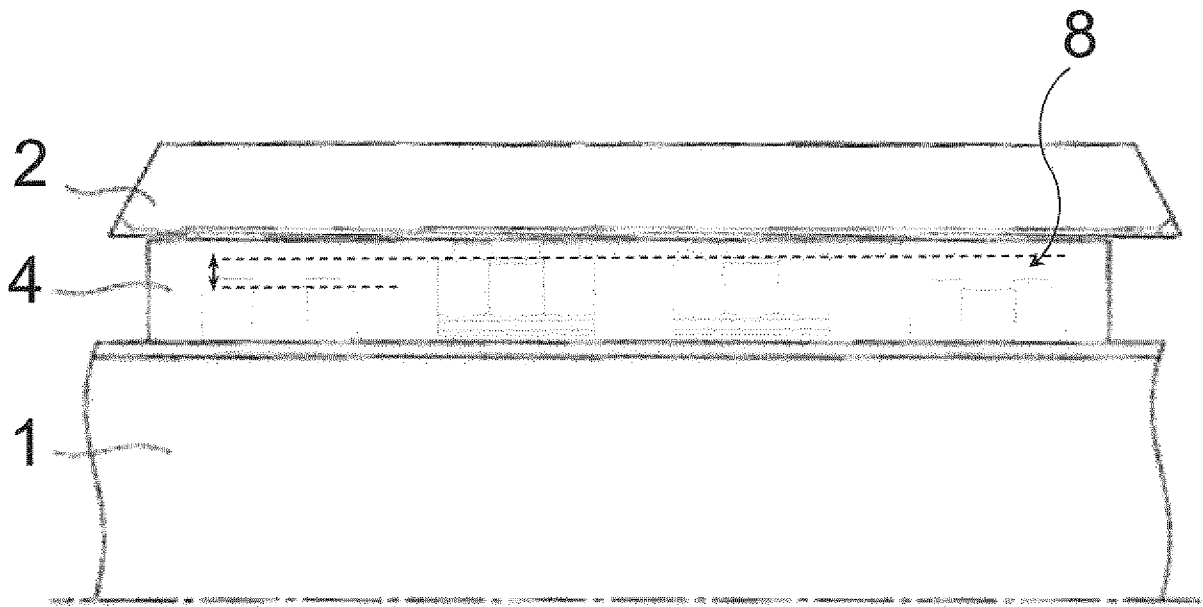


図 19

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/063707

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H02K3/46(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H02K3/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 46731/1988 (Laid-open No. 150449/1989) (Toshiba Corp.), 18 October 1989 (18.10.1989), specification, page 2; fig. 5 (Family: none)	1-2, 7 3-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 13 July 2015 (13.07.15)	Date of mailing of the international search report 21 July 2015 (21.07.15)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063707

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 42495/1990 (Laid-open No. 2963/1992) (Toshiba Corp.), 10 January 1992 (10.01.1992), specification, page 3, line 15 to page 4, line 6; fig. 1 (Family: none)	1-2, 7
Y	JP 2002-58188 A (Mitsubishi Electric Corp.), 22 February 2002 (22.02.2002), paragraphs [0046] to [0047]; fig. 18 (Family: none)	2, 7
A	JP 57-31045 U (Mitsubishi Electric Corp.), 18 February 1982 (18.02.1982), entire text (Family: none)	1-7
A	JP 57-31052 U (Mitsubishi Electric Corp.), 18 February 1982 (18.02.1982), entire text (Family: none)	1-7
A	JP 2008-283737 A (Hitachi, Ltd.), 20 November 2008 (20.11.2008), entire text (Family: none)	1-7
A	JP 10-42502 A (Shinko Electric Co., Ltd.), 13 February 1998 (13.02.1998), entire text (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02K3/46(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02K3/46		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	日本国実用新案登録出願 63-46731 号 (日本国実用新案登録出願公開 1-150449 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社東芝) 1989. 10. 18、明細書 2 頁、第 5 図 (ファミリーなし)	1-2, 7 3-6
Y	日本国実用新案登録出願 2-42495 号 (日本国実用新案登録出願公開 4-2963 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社東芝) 1992. 01. 10、明細書 3 頁 15 行~明細書 4 頁 6 行、第 1 図 (ファミリーなし)	1-2, 7
<input checked="" type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 13. 07. 2015	国際調査報告の発送日 21. 07. 2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 服部 俊樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	3V 3736

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2002-58188 A (三菱電機株式会社) 2002. 02. 22, 段落 0046-0047, 第 18 図 (ファミリーなし)	2, 7
A	JP 57-31045 U (三菱電機株式会社) 1982. 02. 18, 全文 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 57-31052 U (三菱電機株式会社) 1982. 02. 18, 全文 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2008-283737 A (株式会社日立製作所) 2008. 11. 20, 全文 (ファミリー なし)	1-7
A	JP 10-42502 A (神鋼電機株式会社) 1998. 02. 13, 全文 (ファミリーなし)	1-7