

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6113544号  
(P6113544)

(45) 発行日 平成29年4月12日(2017.4.12)

(24) 登録日 平成29年3月24日(2017.3.24)

(51) Int.Cl.	F 1
B64C 3/34 (2006.01)	B64C 3/34
B64C 1/00 (2006.01)	B64C 1/00
B64D 45/02 (2006.01)	B64D 45/02
B60K 15/03 (2006.01)	B60K 15/03
HO1M 8/04 (2016.01)	HO1M 8/04

請求項の数 6 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-64444 (P2013-64444)
(22) 出願日	平成25年3月26日(2013.3.26)
(65) 公開番号	特開2014-189070 (P2014-189070A)
(43) 公開日	平成26年10月6日(2014.10.6)
審査請求日	平成28年2月15日(2016.2.15)

(73) 特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都港区港南二丁目16番5号
(74) 代理人	100112737 弁理士 藤田 考晴
(74) 代理人	100118913 弁理士 上田 邦生
(72) 発明者	神原 信幸 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
(72) 発明者	岸本 和昭 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】燃料タンク、主翼、航空機胴体、航空機及び移動体

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

炭素繊維を含む補強材と、プラスチックを含むマトリックスとを有する炭素繊維強化プラスチックを用いた構造部材を備え、

前記構造部材は、前記炭素繊維強化プラスチックのプリプレグ間に導電性シートが積層され成形されており、ボルトが締結される締結孔が設けられ、

燃料が収容される内部に、前記構造部材の切削面が露出している燃料タンク。

## 【請求項 2】

前記ボルトと前記締結孔との間に塗布された導電性を有するシーラントを更に備える請求項 1 に記載の燃料タンク。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の燃料タンクを構造体とする主翼。

## 【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の燃料タンクを備える航空機胴体。

## 【請求項 5】

請求項 3 に記載の主翼、又は、請求項 4 に記載の航空機胴体を備える航空機。

## 【請求項 6】

請求項 1 又は 2 に記載の燃料タンクを備える移動体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

**【0001】**

本発明は、構造部材として炭素繊維強化プラスチックを用いた燃料タンク、主翼、航空機胴体、航空機及び移動体に関するものである。

**【0002】**

航空機の主翼は、燃料を収容することが可能な燃料タンクとして使用される場合がある。主翼と一体化し、翼構造を油が漏れない液密構造とした燃料タンクは、インテグラルタンクと呼ばれる。インテグラルタンクは、重量軽減を目的として、複合材、例えば炭素繊維強化プラスチック（CFRP）が適用される傾向にある。CFRPは、補強材として炭素繊維が用いられ、マトリックスとして合成樹脂が用いられる。

**【0003】**

特許文献1では、3次元繊維強化樹脂複合材の発明であって、生産性を損なうことなく、繊維強化樹脂複合材に導電性を付与するため、耳糸が面内方向糸より導電性の高い導電性材料から構成される技術が開示されている。また、特許文献2では、プリプレグ及び炭素繊維強化複合材料の発明であって、優れた耐衝撃性と導電性とを兼ね備えることを目的として、導電性の粒子又は繊維を含ませる技術が開示されている。更に、特許文献3では、改良型複合材料の発明であって、導電性を有し、標準の複合材料と比較してほとんど又は全く重量増加させないことを目的として、高分子樹脂中に分散した導電性粒子を含ませる技術が開示されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開2007-301838号公報

【特許文献2】特開2010-280904号公報

【特許文献3】特開2011-168792号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

ところで、航空機の燃料タンクにおいて、複数の材料同士を締結する場合、ボルトが用いられている。このとき、主翼への着雷時に、雷電流がボルト締結部を流れるとき、ボルトの締結孔と締結孔に挿入されたボルトの間でスパークが発生するおそれがある。従来、スパークの発生を防止するため、締結孔の孔径をボルト径よりも小さくする隙間ばめや、材料に形成した孔にスリーブを設置してボルトを締結するスリーブボルトが用いられている。また、ボルトと締結孔の隙間を埋めるため、ボルトにシーラントを塗布して孔にボルトを挿入する場合もある。

**【0006】**

しかし、ボルトと材料との間の抵抗を小さくすることが重要であり、締結孔の孔径の品質がそのまま耐雷性能に直結するため、孔径の品質管理要求が厳しくなる。これにより、品質管理に掛かる時間やコストが増加する。

また、スリーブボルトを使用する場合は、スリーブが挿入される孔の周りの材料を破損させながらスリーブを取り付けることになるため、強度が通常のボルトを使用する場合よりも弱まる。また、スリーブによって重量が増加する。

**【0007】**

なお、上述した課題は、CFRP製の材料同士の締結だけでなく、CFRPと金属材料との締結、金属材料同士の締結でも生じる。また、航空機の主翼と一体化したインテグラルタンクに限られず、燃料が流通する燃料電池の容器にも生じる。以下では、燃料電池の容器も燃料タンクに含めて説明する。また、燃料タンクを有する航空機の胴体、航空機以外の燃料タンクを搭載した自動車等の移動体にも同様の課題が生じる。

**【0008】**

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、品質管理における作業時間やコストを低減し、重量の増加を防止することが可能な燃料タンク、主翼、航空機胴体、

10

20

30

40

50

航空機及び移動体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】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の燃料タンク、主翼、航空機胴体、航空機及び移動体は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明に係る燃料タンクは、炭素繊維を含む補強材と、プラスチックを含むマトリックスとを有する炭素繊維強化プラスチックを用いた構造部材を備え、前記構造部材は、前記炭素繊維強化プラスチックのプリプレグ間に導電性シートが積層され成形されており、ボルトが締結される締結孔が形成されている。

【0010】

10

また、本発明に係る燃料タンクは、ボルトが締結される締結孔が形成された構造部材と、前記ボルトと前記締結孔との間に塗布された導電性が付与されているシーラントと、を備える。

【0011】

また、本発明に係る主翼は、上記の燃料タンクを構造体とし、本発明に係る航空機胴体は、上記の燃料タンクを備える。本発明に係る航空機は、上記の主翼又は航空機胴体を備える。さらに、本発明に係る移動体は、上記の燃料タンクを備える。

【発明の効果】

【0012】

20

本発明によれば、ボルトの締結部分において、ボルトと構造部材との間の抵抗が小さくなることから、ボルトの締結孔を形成する際の孔径の管理を簡略化でき、品質管理における作業時間やコストを低減し、重量の増加を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1実施形態に係る主翼を示す斜視図であり、一部を破断して示す。

【図2】本発明の第1実施形態に係る主翼を示す縦断面図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係るリブのフランジを示す端面図であり、図5のIII-III線矢視図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係る上側スキン及びリブを示す部分縦断面図であり、図2のIV-IV線で切断した断面図である。

30

【図5】本発明の第1実施形態に係るリブのフランジを示す上面図である。

【図6】従来のリブのフランジを示す上面図である。

【図7】本発明の第1実施形態に係るリブのフランジの締結部分を示す縦断面図である。

【図8】各試験体における相対スパーク発生電流[%]を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下に、本発明に係る実施形態について、図面を参照して説明する。

【第1実施形態】

まず、本実施形態に係る航空機の主翼1の構成について説明する。

主翼1は、図1及び図2に示すように、上側スキン3と、下側スキン5と、前側スパー7と、後側スパー9と、複数のリブ11などを備える。

40

上側スキン3及び下側スキン5は、主翼1の外形を構成し、空力面も兼ねる薄板である。上側スキン3及び下側スキン5は、前側スパー7、後側スパー9及びストリンガ(図示せず。)と共に主翼1に作用する引っ張り荷重や、圧縮荷重の一部を受け持つ。

【0015】

前側スパー7及び後側スパー9は、図1に示すように、主翼1の翼長方向に延設される構造部材であって、上側スキン3及び下側スキン5との間に配置される。複数のストリンガは、上側スキン3又は下側スキン5の内側面に主翼1の翼長方向に延設される補助部材であって、前側スパー7と後側スパー9との間に配置される。

【0016】

50

リブ11は、図1に示すように、主翼1の翼幅方向に設けられる構造部材であって、上側スキン3及び下側スキン5の間に配置される。すなわち、リブ11は、前側スパー7及び後側スパー9と略直交する方向に延設される構造部材であって、主翼1の縦断面形状に形成された板状の部材である。リブ11には、図1や図2に示すように、長手方向に複数の開口部14が形成されている。

【0017】

主翼1では、前側スパー7、後側スパー9、上側スキン3及び下側スキン5で囲まれた部分が燃料を収容する燃料タンク13として用いられる。燃料タンク13は、機体構造物自体が容器とされており、インテグラルタンク(integral tank)と呼ばれている。そして、前側スパー7、後側スパー9、上側スキン3、下側スキン5及びリブ11は、燃料タンク13の構造部材でもある。燃料タンク13は、燃料が外部に漏れない液密構造を有する。

10

【0018】

燃料タンク13の内側には、燃料を燃料タンク13へ供給する燃料配管(図示せず。)、燃料油量を検出する複数の燃料油量計(図示せず。)、及び燃料油量計の配線(図示せず。)などが設置される。

【0019】

次に、燃料タンク13の構造部材について説明する。

燃料タンク13の構造部材、すなわち、前側スパー7、後側スパー9、上側スキン3、下側スキン5及びリブ11は、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)が用いられる。そして、燃料タンク13に適用される本実施形態の構造部材は、製造時において、CFRP15のプリプレグ間に導電性シート17が積層されて成形される。したがって、構造部材は、図3に示すように、CFRP15と導電性シート17による積層構造を有する。

20

【0020】

CFRP15は、炭素繊維を含有する補強材と、プラスチックを含有するマトリックスなどからなる。なお、マトリックスは、導電性が付与されなくてもよいし、導電性が付与されてもよい。マトリックスに導電性が付与されている場合、CFRP15自身も、導電性を有する。

【0021】

マトリックスは、例えば、不飽和ポリエステル、エポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂等のプラスチックを含む。マトリックスに導電性を付与する方法は、熱硬化性樹脂等のプラスチックに対して導電性を付与する様々な技術を適用することができ、本明細書では詳細な説明を省略する。マトリックスに導電性を付与する方法としては、例えば、プラスチック内に導電性の粒子又は繊維を含ませる方法や、プラスチックそのものに導電性を付与する方法などがある。

30

【0022】

導電性シート17は、シート状であって、電気抵抗の低い部材である。導電性シート17は、金属製でもよいし、非金属製でもよい。金属製の導電性シート17は、例えば、銅又はチタンなどであり、開口を有さない均一なシート状、開口を有するパンチングメタル状、又は、メッシュ状などである。非金属製の導電性シート17は、例えば、炭素繊維などからなり、不織布又はガーゼのような平織りなどに形成されたものを含む。また、炭素繊維は、カーボンナノチューブを用いてもよい。

40

なお、導電性シート17には、CFRP15の炭素と接触することによって電池を形成する金属、例えば、ニッケルやアルミニウムを用いることは望ましくない。

【0023】

導電性シート17は、構造部材の外部に設けられるスパーク場所、すなわち、雷電流が最終的に流れる場所と接続されている。

【0024】

なお、図3では、リブ11について示しているが、他の部材についても同様である。燃料タンク13において、前側スパー7、後側スパー9、上側スキン3、下側スキン5及び

50

リブ 1 1 の全てを、 CFRP 1 5 を有する構造部材で形成しなくてもよく、部分的にアルミニウム合金等の金属で形成されてもよい。

【 0 0 2 5 】

燃料タンク 1 3 の CFRP 1 5 と導電性シート 1 7 による構造部材は、燃料が収容される燃料タンク 1 3 の内部において、切削加工によって形成された切削面が露出している。例えば、図 4 に示すように、リブ 1 1 がフランジ 1 1 A とウェブ 1 1 B 等からなる場合、フランジ 1 1 A の端部において、切削面 1 1 a が燃料タンク 1 3 の内部に露出する。

【 0 0 2 6 】

本実施形態では、 CFRP 1 5 を有する構造部材に、高い導電性を持つ導電性シート 1 7 が挿入されていることから、図 5 に示すように、主翼 1 のリブ 1 1 への着雷時に、着雷地点 P から雷電流 C が構造部材を流れる際、雷電流 C が構造部材のうち導電性シート 1 7 にも流れる。その結果、 CFRP 1 5 に流れ込む雷電流 C が減ることによって、構造部材の切削面 1 1 a において、スパークが発生しにくい。

10

【 0 0 2 7 】

本実施形態と異なり、構造部材に導電性シート 1 7 が挿入されていない場合、図 6 に示すように、主翼 1 のリブ 1 1 への着雷時に、着雷地点 P から雷電流 C が CFRP 部品の表面又は切削面 1 1 a を流れる際、補強材の端部において、補強材間でスパーク D ( 図 6 参照 ) が発生するおそれがある。従来、このスパーク対策として、図 6 に示すように CFRP 部品の表面又は切削面 1 1 a にシーラント 1 2 などを塗布し、発生した電流を内部に閉じ込める方法が採用されている。しかし、シーラント 1 2 の塗布作業によって、燃料タンク 1 3 の製造工程は、作業時間やコストが増加する。また、塗布されたシーラント 1 2 によって、主翼 1 の重量が増える。

20

【 0 0 2 8 】

これに対して、本実施形態によれば、 CFRP 1 5 を有する構造部材に、高い導電性を持つ導電性シート 1 7 が挿入されているため、切削面 1 1 a が燃料タンク 1 3 の内部に露出していたとしても、構造部材の切削面 1 1 a におけるスパークの発生を防止できる。その結果、構造部材の表面又は切削面 1 1 a に塗布されるシーラントを不要としたり、シーラントの塗布方法を簡便化したりすることができる。したがって、燃料タンクの製造工程やシーラント塗布の品質管理について、作業時間やコストを低減できる。また、シーラント分の重量も削減が可能となる。

30

【 0 0 2 9 】

次に、図 7 を参照して、上述した CFRP 1 5 を有する構造部材と金属材料 3 0 との締結構造について説明する。

CFRP 1 5 を有する構造部材は、ボルト 2 0 が締結される締結孔 2 2 が形成されている。そして、ボルト 2 0 には導電性を有する導電性シーラント 2 3 が塗布されて、ボルト 2 0 が締結孔 2 2 に挿入される。その結果、ボルト 2 0 と締結孔 2 2 との間には導電性シーラント 2 3 が設置される。

CFRP 1 5 を有する構造部材と金属材料 3 0 は、ボルト 2 0 とナット 2 1 によって締め付けられることによって、互いに強固に固定される。なお、導電性シーラント 2 3 を製造する方法は、シーラントに導電性を付与する様々な技術を適用することができ、本明細書では詳細な説明を省略する。

40

【 0 0 3 0 】

このような締結構造では、ボルト 2 0 と上述した導電性シート 1 7 とが導電性シーラント 2 3 を介して電気的に接触することによって、ボルト 2 0 と CFRP 1 5 を有する構造部材との間の抵抗を小さくすることができ、着雷時のスパークの発生を低減又は防止できる。特に、締結孔 2 2 にボルト 2 0 の皿部分に対応した円錐状の開口が形成され、開口部分に導電性シート 1 7 が位置するように構造部材が形成されている場合、ボルト 2 0 と導電性シート 1 7 の距離が互いに短くなる。この場合、確実にボルト 2 0 と CFRP 1 5 を有する構造部材との間の抵抗を小さくできる。

また、導電性シーラント 2 3 がボルト 2 0 と締結孔 2 2 との間に設置される場合に限定

50

されず、ボルト 20 と締結孔 22 との間に導電性シーラント 23 が設置されない領域が生じる場合もある。この場合、ボルト 20 と上述した導電性シート 17 とが物理的に接触することによって、ボルト 20 と CFRP 15 を有する構造部材との間の抵抗を小さくすることができ、着雷時のスパークの発生を低減又は防止できる。

したがって、従来のように、隙間ばめのための孔径の形成が不要になり、ボルトの締結孔を形成する際の孔径の管理を簡略化でき、品質管理における作業時間やコストを低減し、重量の増加を防止することができる。また、スリーブボルトの使用もしなくてよいため、強度低下がなく、同じ強度を確保しようとする場合、より軽量化を図ることができる。

#### 【0031】

次に、本発明の第 1 実施形態と、従来例のそれぞれについて、試験体を作成し、耐雷試験を実施した結果について説明する。 10

本試験では、導電性を有する導電性シート 17 が積層された CFRP を備える構造部材（本実施形態）と、導電性シート 17 が積層されていない CFRP（従来）において、試験体に大電流波形を印加してスパークが発生する電流値の違いを比較した。

耐雷試験の試験方法は、SAE international の Aircraft Lightning Test Methods (ARP5416) の Conducted Current Test の記載に従った。試験体に印加した大電流波形は、ARP5412A に規定される雷模擬電流のコンポーネント A 波形である。

#### 【0032】

図 8 は、各試験体における相対スパーク発生電流 [%] を示している。導電性シート 17 の種類又は積層枚数の異なる複数の試験体に対して耐雷試験を実施した結果、図 7 に示す結果が得られた。図 8 では、導電性シートが積層されていない CFRP のスパーク発生電流値を 100% としたときの各試験体のスパーク発生電流値を割合で示している。 20

#### 【0033】

導電性シート 17 が積層された CFRP を備える構造部材の試験体として、非金属製の導電性シート 17 を 1 枚積層したもの、及び非金属製の導電性シート 17 を 4 枚積層したもの用意した。

試験結果によれば、本実施形態に係る試験体は、相対スパーク発生電流が高くなり、導電性シート 17 が積層されていない CFRP に比べて、着雷時の雷電流によるスパークの発生を抑制できることが確認された。

また、積層するシートの枚数が 1 枚、4 枚のいずれの場合でも、相対スパーク発生電流がほぼ同値であり、少なくとも 1 枚の導電性シート 17 が CFRP に積層されることによって、着雷時の雷電流によるスパークの発生を抑制できることが確認された。 30

#### 【0034】

なお、上述した本発明の第 1 実施形態は、CFRP と金属材料との締結において、CFRP を有する構造部材に導電性シート 17 を積層する場合について説明したが、本発明はこの例に限定されない。すなわち、導電性シート 17 が積層された CFRP を用いずに、ボルト 20 と締結孔 22 との間に導電性シーラント 23 を塗布するだけでもよい。この場合でも、ボルト 20 と締結孔 22 が形成された材料との間の抵抗を小さくすることができ、ボルト 20 と締結孔 22 との間に発生するスパークを防止できる。

#### 【0035】

また、上述した本発明の第 1 実施形態は、CFRP と金属材料との締結による場合について説明したが、本発明はこの例に限定されない。すなわち、CFRP 製の材料同士の締結にも適用できる。そして、ボルト 20 と締結孔 22 との間に導電性シーラント 23 を塗布するという発明は、金属材料同士の締結の場合にも適用できる。 40

#### 【0036】

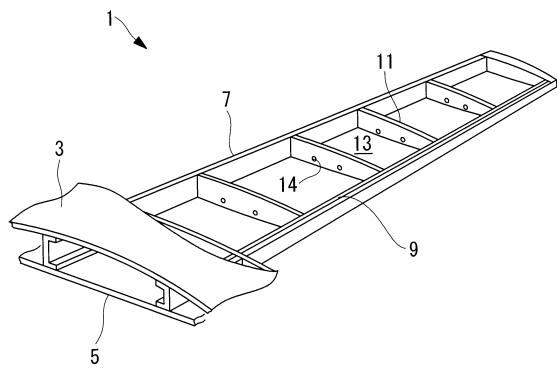
さらに、上述した実施形態は、航空機の主翼と一体化したインテグラルタンクと呼ばれる燃料タンク 13 の場合について説明したが、本発明は、この例に限られない。例えば、燃料が流通する燃料電池の容器（燃料タンク）に用いられる構造部材にも適用できる。また、航空機の胴体に設置される燃料タンクの構造部材、航空機以外の自動車等の移動体に搭載される燃料タンクの構造部材にも適用可能である。 50

## 【 符号の説明 】

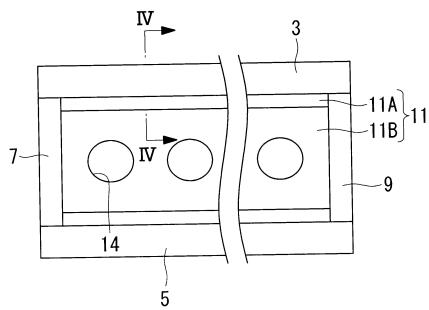
【 0 0 3 7 】

- 1 主翼  
3 上側スキン  
5 下側スキン  
7 前側スパー  
9 後側スパー  
1 1 リブ  
1 1 a 切削面  
1 1 A フランジ  
1 1 B ウェブ 10  
1 2 シーラント  
1 3 燃料タンク  
1 5 C F R P  
1 7 導電性シート

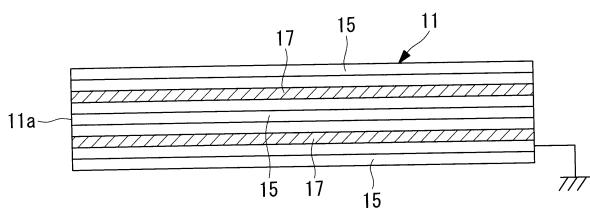
【 図 1 】



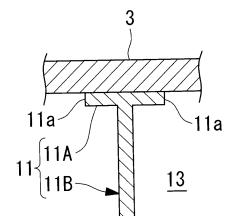
【 図 2 】



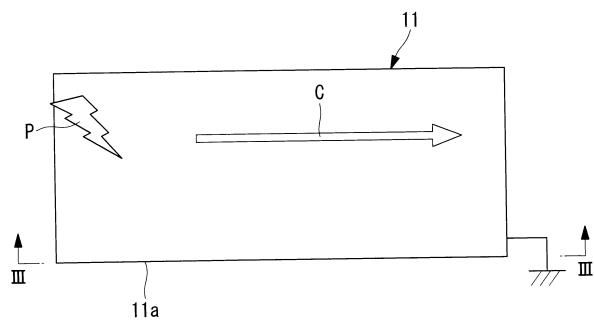
【図3】



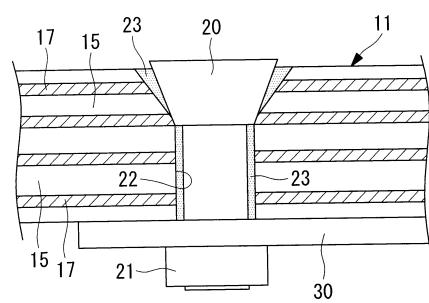
【 図 4 】



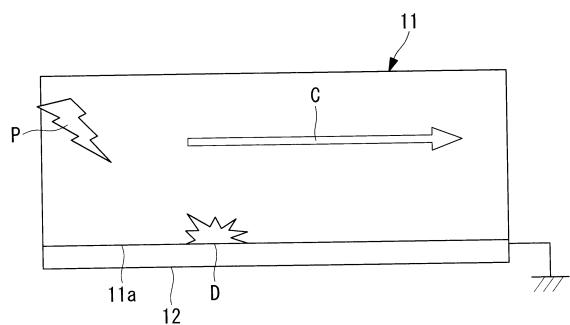
【図5】



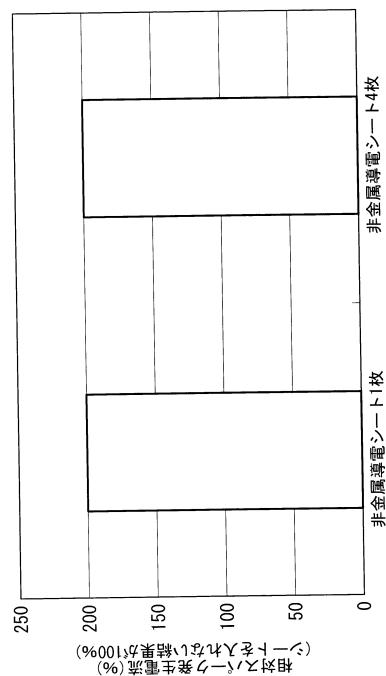
【図7】



【図6】



【図8】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
H 0 1 M	8/00	(2016.01)	H 0 1 M	8/00	Z
B 3 2 B	5/00	(2006.01)	B 3 2 B	5/00	A
B 3 2 B	7/02	(2006.01)	B 3 2 B	7/02	1 0 4

(72)発明者 阿部 俊夫  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内  
(72)発明者 神納 祐一郎  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 志水 裕司

(56)参考文献 米国特許第04556591(US, A)  
特表2001-510422(JP, A)  
米国特許第06327132(US, B1)  
特開平09-193296(JP, A)  
米国特許第04755904(US, A)  
特開2011-084138(JP, A)  
米国特許出願公開第2011/0008587(US, A1)  
米国特許出願公開第2010/0219287(US, A1)  
米国特許出願公開第2011/0255205(US, A1)  
特表2007-521995(JP, A)  
特開2010-235133(JP, A)  
特表2013-508646(JP, A)  
特許第5972967(JP, B2)  
特許第6071686(JP, B2)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 4 C	1 / 0 0	-	3 / 5 8
B 3 2 B	5 / 0 0		
B 3 2 B	7 / 0 2		
B 6 0 K	1 5 / 0 3		
B 6 4 D	3 7 / 0 0	-	3 7 / 3 4
B 6 4 D	4 5 / 0 2		
H 0 1 M	8 / 0 0		
H 0 1 M	8 / 0 4		