

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6933791号  
(P6933791)

(45) 発行日 令和3年9月8日(2021.9.8)

(24) 登録日 令和3年8月24日(2021.8.24)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>C 2 3 C</b>	<b>14/06</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 3 C 14/06 F
<b>C 2 3 C</b>	<b>14/58</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 3 C 14/58 B
<b>C 2 3 C</b>	<b>16/27</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 3 C 16/27
<b>C 2 3 C</b>	<b>16/56</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 3 C 16/56

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2018-557530 (P2018-557530)	(73) 特許権者	000102511
(86) (22) 出願日	平成29年9月1日(2017.9.1)		S M C株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/031528		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(87) 国際公開番号	W02018/116532	(74) 代理人	100077665
(87) 国際公開日	平成30年6月28日(2018.6.28)		弁理士 千葉 剛宏
審査請求日	令和1年12月2日(2019.12.2)	(74) 代理人	100116676
(31) 優先権主張番号	特願2016-245205 (P2016-245205)		弁理士 宮寺 利幸
(32) 優先日	平成28年12月19日(2016.12.19)	(74) 代理人	100191134
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 千馬 隆之
		(74) 代理人	100136548
			弁理士 仲宗根 康晴
		(74) 代理人	100136641
			弁理士 坂井 志郎
		(74) 代理人	100180448
			弁理士 関口 亨祐

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐食部材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材(16)と、  
前記基材(16)の表面に形成されるアモルファスカーボン(a-C)又は水素化アモルファスカーボン(a-C:H)からなるダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)と、  
少なくとも前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)の開気孔(24)に充填されエポキシ樹脂を含有するコーティング材(20)と、を備え、  
前記コーティング材(20)は、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)の少なくとも一部を覆うコーティング層(20a)を形成し、  
前記開気孔(24)に前記コーティング材(20)が充填された状態で、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)の表面を、前記コーティング層(20a)から露呈させた摺動面(26)を有することを特徴とする耐食部材(10)。

【請求項2】

アルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材(16)と、  
前記基材(16)の表面に形成されるアモルファスカーボン(a-C)又は水素化アモルファスカーボン(a-C:H)からなるダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)と、  
少なくとも前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)の開気孔(24)に充填されエポキシ樹脂を含有するコーティング材(20)と、を備え、  
前記コーティング材(20)の樹脂成分は、エポキシ樹脂のみであることを特徴とする耐食部材(10)。

## 【請求項 3】

アルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材(16)と、  
 前記基材(16)の表面に形成されるアモルファスカーボン(a-C)又は水素化アモルファスカーボン(a-C:H)からなるダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)と、  
 少なくとも前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)の開気孔(24)に充填されエポキシ樹脂を含有するコーティング材(20)と、を備え、  
 前記コーティング材(20)は、メラミン樹脂及びアルキド樹脂の両方を含むことを特徴とする耐食部材(10)。

## 【請求項 4】

請求項1~3の何れか1項に記載の耐食部材(10)において、  
 前記コーティング材(20)は、酸化チタンと、カーボンブラックとをさらに含有することを特徴とする耐食部材(10)。

10

## 【請求項 5】

請求項4記載の耐食部材(10)において、  
 前記コーティング材(20)は、質量比で、エポキシ樹脂：酸化チタン：カーボンブラック=5：1：1~20：10：10であることを特徴とする耐食部材(10)。

## 【請求項 6】

請求項1~3の何れか1項に記載の耐食部材(10)において、  
 前記コーティング材(20)は、酸化クロムをさらに含有することを特徴とする耐食部材(10)。

20

## 【請求項 7】

請求項6記載の耐食部材(10)において、  
 前記コーティング材(20)は、質量比で、エポキシ樹脂：酸化クロム=5：1~20：10であることを特徴とする耐食部材(10)。

## 【請求項 8】

請求項1~7の何れか1項に記載の耐食部材(10)において、  
 前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)は、アルミニウムと、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)を構成するアモルファスカーボン(a-C)又は水素化アモルファスカーボン(a-C:H)とを含有する中間層(22)を介して前記基材(16)の表面に形成されることを特徴とする耐食部材(10)。

30

## 【請求項 9】

請求項2又は3記載の耐食部材(10)において、  
 前記コーティング材(20)は、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)の少なくとも一部を覆うコーティング層(20a)を形成することを特徴とする耐食部材(10)。

## 【請求項 10】

請求項9記載の耐食部材(10)において、  
 前記開気孔(24)に前記コーティング材(20)が充填された状態で、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜(18)の表面を、前記コーティング層(20a)から露呈させた摺動面(26)を有することを特徴とする耐食部材(10)。

40

## 【請求項 11】

請求項1又は10記載の耐食部材(10)において、  
 前記摺動面(26)は、相手材(12)と摺動し、  
 前記相手材(12)の材料は、ステンレス鋼、ポリアセタール樹脂、ポリテトラフルオロエチレンの何れかであることを特徴とする耐食部材(10)。

## 【請求項 12】

請求項11記載の耐食部材(10)において、  
 前記相手材(12)の材料となるステンレス鋼は、SUS304、SUS303、SUS316の何れかであることを特徴とする耐食部材(10)。

## 【請求項 13】

50

請求項 1 1 又は 1 2 記載の耐食部材 ( 1 0 ) において、  
前記摺動面 ( 2 6 ) と前記相手材 ( 1 2 ) との間に、フッ素系グリス ( 2 8 ) が介在することを特徴とする耐食部材 ( 1 0 ) 。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 ~ 1 3 の何れか 1 項に記載の耐食部材 ( 1 0 ) において、  
前記相手材 ( 1 2 ) を軸受部材とする軸部材であることを特徴とする耐食部材 ( 1 0 ) 。

【請求項 1 5】

請求項 1 ~ 1 4 の何れか 1 項に記載の耐食部材 ( 1 0 ) において、  
飲料又は食品を扱う装置を構成することを特徴とする耐食部材 ( 1 0 ) 。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材の表面にダイヤモンドライクカーボン皮膜が形成された耐食部材に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、食品や飲料を扱う装置等は、水、塩水、酸性又はアルカリ性の食品や飲料、洗浄剤、殺菌・消毒剤等と接触する場合がある。このような環境下においても腐食が生じることを回避するため、上記の装置等は、耐食性を有する耐食部材を用いて構成される。このような耐食部材としては、例えば、特開 2 0 0 3 - 1 6 0 8 3 9 号公報に記載されるように、ステンレス鋼からなるものが一般的である。

20

【0003】

しかしながら、ステンレス鋼は耐食性に優れるものの、金属材料のなかでも密度が大きく、しかも、材料費や加工費が高い傾向にある。このため、ステンレス鋼からなる耐食部材では、重量が増大してしまったり、製造コストが高んだりする懸念がある。さらに、ステンレス鋼は、潤滑性が低く凝着による摩耗等が生じ易い。すなわち、摺動性が低いため、耐食部材を、軸受等の相手材と摺動する軸部材等として用いることも困難である。

【0004】

そこで、特開 2 0 0 1 - 1 9 1 2 9 2 号公報には、アルミニウムからなる基材の表面に、アルマイト処理により陽極酸化皮膜を形成することや、フッ素樹脂コーティングを行うことで耐食性等の向上を図った耐食部材が提案されている。アルミニウムは、ステンレス鋼に比して密度が小さく、材料費や加工費を削減することが可能である。このため、ステンレス鋼に代えてアルミニウムを用いることで、耐食部材の軽量化や、低コスト化を図ることが可能になる。

30

【発明の概要】

【0005】

上記のように、基材に陽極酸化皮膜やフッ素樹脂コーティングを設けた耐食部材では、強酸や強アルカリ等が接触した場合に、基材の腐食を十分に抑制することが困難であり、耐食性が不足する懸念がある。また、基材に陽極酸化皮膜やフッ素樹脂コーティングを設けても、耐食部材の摺動性や耐摩耗性を十分に向上させることは困難である。さらに、基材に対する高温焼き付けによってフッ素樹脂コーティングを設ける場合、基材が高温となって、その硬度が低下してしまう懸念がある。

40

【0006】

本発明の主たる目的は、基材の硬度を低下させることなく、軽量化及び低コスト化を図ることや、摺動性及び耐摩耗性の向上を図ることが可能な耐食部材を提供することにある。

【0007】

本発明の別の目的は、強酸や強アルカリ等に対して優れた耐食性を示す耐食部材を提供することにある。

50

## 【 0 0 0 8 】

本発明の一実施形態によれば、耐食部材であって、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材と、前記基材の表面に形成されるアモルファスカーボン ( a - C ) 又は水素化アモルファスカーボン ( a - C : H ) からなるダイヤモンドライクカーボン皮膜と、少なくとも前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜の開気孔に充填されエポキシ樹脂を含有するコーティング材と、を備える耐食部材が提供される。

## 【 0 0 0 9 】

本発明に係る耐食部材は、ステンレス鋼等に比して密度が小さく、材料費や加工費を削減することが可能なアルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材を備えることで、軽量化や低コスト化を図ることができる。

10

## 【 0 0 1 0 】

この基材の表面には、 a - C 又は a - C : H からなるダイヤモンドライクカーボン皮膜 ( 以下、単に D L C 皮膜ともいう ) が形成されている。 a - C 及び a - C : H は、テトラヘドラルアモルファスカーボン ( t a - C ) 及び水素化テトラヘドラルアモルファスカーボン ( t a - C : H ) に比して、 s p<sup>3</sup> 結合に対する s p<sup>2</sup> 結合の割合が大きく、柔軟性が高い。

## 【 0 0 1 1 】

このため、 a - C 又は a - C : H からなる D L C 皮膜は、比較的柔らかいアルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材の表面に対しても、所望の厚さで良好に接合することができ、基材から剥離し難い。また、この D L C 皮膜は、高硬度であり、潤滑性にも優れる。つまり、この D L C 皮膜を基材に設けた耐食部材では、優れた摺動性及び耐摩耗性を長期にわたって良好に示すことができる。

20

## 【 0 0 1 2 】

また、 D L C 皮膜の外部に通じる気孔である開気孔には、コーティング材が充填されている。換言すると、 D L C 皮膜はコーティング材によって封孔されている。このコーティング材は、他の樹脂材料等に比して、耐食性が高いエポキシ樹脂を含む。従って、上記の通り、 D L C 皮膜が基材から剥離し難いことも相俟って、耐食部材の耐食性を良好に向上させることが可能である。

## 【 0 0 1 3 】

さらに、このコーティング材は、 D L C 皮膜が形成された基材に対して、エポキシ樹脂や溶媒を含む樹脂材料を塗布して加熱する、いわゆる焼き付け処理によって形成することができる。この焼き付け処理は、例えば、 1 4 0 ~ 1 8 0 以下の温度、換言すると、基材の硬度が低下することのない温度で行うことが可能である。従って、例えば、高温焼き付けによってフッ素樹脂コーティングを設ける場合とは異なり、コーティング材を設ける際に基材が高温となって、その硬度が低下してしまうような懸念がない。このため、機械部品として好適に用いることが可能な耐食部材を得ることができる。

30

## 【 0 0 1 4 】

以上から、この耐食部材では、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材を備えることで、軽量化や低コスト化を図ることができ、しかも、該基材の表面に形成された D L C 皮膜によって摺動性及び耐摩耗性にも優れる。さらに、 D L C 皮膜が、上記のコーティング材により封孔されるため、水や塩水に対してのみならず、強酸及び強アルカリや、次亜塩素酸ナトリウム等の殺菌・消毒剤に対しても優れた耐食性を示す。さらにまた、このコーティング材は、基材の硬度が低下するような高温とすることなく設けることができる。

40

## 【 0 0 1 5 】

上記の耐食部材において、前記コーティング材は、酸化チタンと、カーボンブラックとをさらに含有することが好ましい。この場合、耐食部材の耐食性のさらなる向上を図ることができ、特に耐酸性を顕著に向上させることができる。従って、強酸に対しても優れた耐食性を示す耐食部材を得ることができる。

## 【 0 0 1 6 】

50

上記の耐食部材において、前記コーティング材は、エポキシ樹脂と、酸化チタンと、カーボンブラックとの質量比が、5 : 1 : 1 ~ 20 : 10 : 10であることが好ましい。この場合、耐食部材の耐食性、なかでも耐酸性を一層効果的に向上させることができる。

【0017】

上記の耐食部材において、前記コーティング材は、酸化クロムをさらに含有することが好ましい。この場合、耐食部材の耐食性のさらなる向上を図ることができ、特に耐アルカリ性を顕著に向上させることができる。従って、強アルカリに対しても優れた耐食性を示す耐食部材を得ることができる。

【0018】

上記の耐食部材において、前記コーティング材は、エポキシ樹脂と、酸化クロムとの質量比が、5 : 1 ~ 20 : 10であることが好ましい。この場合、耐食部材の耐食性、なかでも耐アルカリ性を一層効果的に向上させることができる。

【0019】

上記の耐食部材において、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜は、アルミニウムと、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜を構成するアモルファスカーボン ( a - C ) 又は水素化アモルファスカーボン ( a - C : H ) とを含有する中間層を介して前記基材の表面に形成されることが好ましい。

【0020】

このように構成される中間層は、基材の構成金属であるアルミニウムを含むために基材に対して良好になじみ、且つ DLC 皮膜を構成する a - C 又は a - C : H を含むために DLC 皮膜に対しても良好になじむ。このため、中間層は、基材及び DLC 皮膜の双方に対して堅牢に接合する。この中間層を介することで、DLC 皮膜を基材に堅牢に接合することができる。その結果、DLC 皮膜の高硬度や高潤滑性に基づく優れた摺動性及び耐摩耗性や、DLC 皮膜及びコーティング材に基づく優れた耐食性を、長期にわたって良好に維持することが可能になる。

【0021】

上記の耐食部材において、前記コーティング材は、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜の少なくとも一部を覆うコーティング層を形成する。この場合、耐食部材に酸やアルカリが接触しても、DLC 皮膜の少なくとも一部がコーティング層によって覆われている分、該酸やアルカリが DLC 皮膜ないしは基材まで到達することを効果的に回避できる。これによって、耐食部材の耐食性を一層良好に向上させることができる。

【0022】

上記の耐食部材において、前記開気孔に前記コーティング材が充填された状態で、前記ダイヤモンドライクカーボン皮膜の表面を、前記コーティング層から露呈させた摺動面を有する。このように、DLC 皮膜が露呈する摺動面では、該 DLC 皮膜の優れた摺動性及び耐摩耗性をそのまま活かすことができるため、該摺動面を設けることにより、耐食部材を摺動部材として好適に用いることが可能になる。この際、摺動面における DLC 皮膜の開気孔にもコーティング材が充填されているため、水、塩水、強酸、強アルカリ、殺菌・消毒剤 ( 次亜塩素酸ナトリウム ) 等に対する優れた耐食性を維持することができる。すなわち、この耐食部材は、優れた摺動性及び耐摩耗性と、耐食性とを兼ね備える

【0023】

上記の耐食部材において、前記摺動面は、相手材と摺動し、前記相手材の材料は、ステンレス鋼、ポリアセタール樹脂、ポリテトラフルオロエチレン ( PTFE ) の何れかであることが好ましい。この場合、摺動面及び相手材の両方の摩耗や、耐食部材の摩耗を効果的に抑制することができ、耐食部材や相手材の耐久性を向上させることができる。前記相手材の材料をステンレス鋼とした場合、該ステンレス鋼は、SUS304、SUS303、SUS316の何れかであることが一層好ましい。

【0024】

上記の耐食部材において、前記摺動面と前記相手材との間に、フッ素系グリスが介在することが好ましい。この場合、フッ素系グリスによって、摺動面及び相手材の摩耗をさら

10

20

30

40

50

に良好に抑制することができる。このフッ素系グリスは、他のグリスに比して耐食性に優れる。また、食品機械用潤滑剤のフッ素系グリスを用いることで、たとえ、飲料又は食品に接触しても安全な構成とすることができる。

【0025】

上記の耐食部材は、前記相手材を軸受部材とする軸部材として好適に用いることができる。この耐食部材は、軸受部材に対する摺動面の摺動性及び耐摩耗性と、軸部材全体の耐食性とを兼ね備えるためである。

【0026】

上記の耐食部材は、飲料又は食品を扱う装置を構成することが好ましい。上記の通り、耐食部材は耐食性に優れるため、例えば、水、塩水、酸性又はアルカリ性の食品や飲料、洗剤、殺菌・消毒剤等と接触しても、腐食することを効果的に回避できる。また、DLC皮膜及びコーティング材の何れも、飲料又は食品に接触しても安全な構成とすることができる。従って、耐食部材によって、飲料又は食品を扱う装置を構成することによって、該装置の食品安全性を維持しつつ、耐食性を向上させることができ、しかも、軽量化や低コスト化を図ることも可能となる。

【0027】

添付した図面と協同する次の好適な実施の形態例の説明から、上記の目的、特徴及び利点がより明らかとなるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】図1は、本発明の実施形態に係る耐食部材と相手材との要部概略断面図である。

【図2】図2は、図1の耐食部材の要部拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明に係る耐食部材につき好適な実施形態を挙げ、添付の図面を参照して詳細に説明する。

【0030】

本発明に係る耐食部材は、例えば、飲料又は食品を扱う装置を構成するものとして好適に用いることができる。なお、前記装置としては、例えば、飲料又は食品の原料や製品を混合、混練、攪拌、粉碎、加熱、乾燥、冷却、充填、包装、貯蔵等する際に用いられる機械類が挙げられる。

【0031】

また、この耐食部材は、例えば、飲料又は食品の混練、攪拌、粉碎等に使用される各種加工機械の回転軸又は直動軸を構成する軸部材として特に好適に適用することができる。そこで、本実施形態では、耐食部材は軸部材であり、該耐食部材を摺動自在に支持する軸受部材である相手材とともに、食品加工用のすべり軸受け装置を構成する例について説明する。しかしながら、耐食部材が適用される装置は、飲料又は食品を扱うものに限定されず、相手材を備えていなくてもよい。また、耐食部材及び相手材のそれぞれは、軸部材及び軸受部材であることに限定されず、例えば、耐食部材がシリンダボディであり、相手部材がピストン等であってもよい。

【0032】

図1に示すように、本実施形態に係る耐食部材10は、回転軸を構成する軸部材であり、軸受部材である相手材12とともにすべり軸受装置14を構成する。耐食部材10は、基材16と、ダイヤモンドライクカーボン皮膜(DLC皮膜)18と、コーティング材20とを備える。

【0033】

基材16は、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる中実軸である。なお、アルミニウム合金の好適な例としては、日本工業規格(JIS)に規格されるA2017、A6060、ADC12、A5052等が挙げられる。

【0034】

10

20

30

40

50

DLC皮膜18は、中間層22を介して基材16の表面に形成され、アモルファスカーボン(a-C)又は水素化アモルファスカーボン(a-C:H)からなる。a-C及びa-C:Hは、テトラヘドラルアモルファスカーボン(ta-C)及び水素化テトラヘドラルアモルファスカーボン(ta-C:H)に比して、sp<sup>3</sup>結合に対するsp<sup>2</sup>結合の割合が大きいダイヤモンドライクカーボンである。また、a-Cは炭素元素のみからなり、a-c:Hは水素を含有する。

#### 【0035】

また、DLC皮膜18の好ましい厚さは1~4µmであり、一層好ましくは2.5~3.5µmである。DLC皮膜18の好ましいピッカース硬さは1000~4000HVであり、一層好ましくは1400~3000HVである。DLC皮膜18の厚さ及びピッカース硬さのそれぞれを上記の範囲に設定することにより、後述するように、耐食部材10の摺動性及び耐摩耗性や、耐食性を良好に向上させることが可能になる。

10

#### 【0036】

中間層22は、基材16を構成する金属(アルミニウム)と、DLC皮膜18を構成するa-C又はa-C:H(以下、これらを総称してDLCともいう)とを含有する。中間層22は、基材16に近接するにつれてアルミニウムの組成比が大きくなる一方でDLCの組成比が小さくなること、換言すると、基材16から離間するにつれ、アルミニウムの組成比が小さくなる一方でDLCの組成比が大きくなるのが好ましい。この場合、中間層22は、その厚み方向においてアルミニウム/DLCの組成比が変化する傾斜層となり、基材16及びDLC皮膜18の各々と中間層22とをより堅牢に接合することが可能になる。中間層22の厚さは、特に限定されるものではないが、0.01~1.0µm程度に設定すれば十分である。

20

#### 【0037】

図2は、耐食部材10の要部拡大断面図である。図2に示すように、DLC皮膜18及び中間層22に生じる欠陥のなかには、DLC皮膜18の表面を介して外部に通じる開気孔24が存在する。コーティング材20は、少なくとも、このような開気孔24に充填されている。つまり、DLC皮膜18はコーティング材20によって封孔されている。

#### 【0038】

本実施形態では、コーティング材20は、開気孔24に充填されるとともに、DLC皮膜18の摺動面26を除く部位を被覆するコーティング層20aを形成する。なお、摺動面26は、後述するように、相手材12と摺動する部位であり、勿論、該摺動面26の開気孔24にもコーティング材20が充填されている。コーティング層20aの厚さは、耐食部材10の用途や形状、使用環境等に応じて適宜設定すればよいが、例えば、該厚さを5~30µmとした場合に、耐食部材10の耐食性を良好に向上させることが可能になる。

30

#### 【0039】

コーティング材20は、エポキシ樹脂を含有し、酸化チタン及びカーボンブラック、又は酸化クロムをさらに含有することが好ましい。コーティング材20がエポキシ樹脂と、酸化チタン及びカーボンブラックとを含有する場合、これらの好適な質量比(エポキシ樹脂:酸化チタン:カーボンブラック)は、5:1:1~20:10:10である。これによって、耐食部材10の耐食性、なかでも耐酸性を効果的に向上させることができる。

40

#### 【0040】

一方、コーティング材20がエポキシ樹脂及び酸化クロムを含有する場合、これらの好適な質量比(エポキシ樹脂:酸化クロム)は、5:1~20:10である。この場合、耐食部材10の耐食性、なかでも耐アルカリ性を効果的に向上させることができる。

#### 【0041】

図1に示すように、相手材12は、耐食部材10を回転摺動可能に保持する軸受部材であり、該相手材12の内周面と耐食部材10の摺動面26とが摺動する。相手材12の材料は、特に限定されるものではないが、例えば、ステンレス鋼、ポリアセタール樹脂、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)等が好適である。また、相手材12の材料となる

50

ステンレス鋼は、SUS304、SUS303、SUS316等とすることが好ましい。これらの材料を選定することによって、後述するように、摺動面26及び相手材12の両方の摩耗を効果的に抑制することができ、耐食部材10及び相手材12の耐久性を一層向上させることができる。

#### 【0042】

図1に示すように、耐食部材10の摺動面26と相手材12の内周面との間には、該摺動面26を覆うように食品機械用潤滑剤のフッ素系グリス28が介在することが好ましい。この場合、フッ素系グリス28によって摺動面26及び相手材12の摩耗を良好に抑制できる。また、このフッ素系グリス28は、他のグリスに比して耐食性に優れるとともに、飲料又は食品に接触しても安全である。

10

#### 【0043】

本実施形態に係る耐食部材10は、基本的には上記のように構成される。以下、耐食部材10の製造方法の一例について説明する。

#### 【0044】

まず、基材16に対して、アルゴンイオン等を用いたプラズマ洗浄を行う。これによって、この後に形成される中間層22の密着を一層強固にすることができる。次に、アルゴン等の不活性ガスと、グラファイトターゲットとを用いたスパッタリングによって、基材16に中間層22及びDLC皮膜18を形成する。

#### 【0045】

なお、中間層22及びDLC皮膜18は、上記の方法に限らず、公知の方法によって成膜することができる。例えば、a-CからなるDLC皮膜18を形成する場合は種々の物理蒸着法(PVD)を採用することができ、a-C:HからなるDLC皮膜18を形成する場合は種々の化学蒸着法(CVD)を採用することができる。

20

#### 【0046】

次に、コーティング材20を形成するための樹脂材料をDLC皮膜18に塗装する塗装工程を行う。酸化チタン及びカーボンブラック、酸化クロムの何れも含有しないコーティング材20を形成するための樹脂材料の好適な例としては、3質量%のエポキシ樹脂と、残部の溶媒とを含有するものが挙げられる。

#### 【0047】

また、酸化チタン及びカーボンブラックを含有するコーティング材20を形成するための樹脂材料の好適な例としては、5~20質量%のエポキシ樹脂と、1~10質量%の酸化チタンと、1~10質量%のカーボンブラックと、残部の溶媒とを含有するものが挙げられる。

30

#### 【0048】

さらに、酸化クロムを含有するコーティング材20を形成するための樹脂材料の好適な例としては、5~20質量%のエポキシ樹脂と、1~10質量%の酸化クロムと、残部の溶媒とを含有するものが挙げられる。

#### 【0049】

塗装工程によって、DLC皮膜18の開気孔24に前記樹脂材料を充填するとともに、該樹脂材料によってDLC皮膜18の全体を覆う塗装膜を形成する。なお、塗装工程では、ハケ塗り、ローラー塗り、吹付塗装、バーコーター、ロールコーター、焼付塗装、浸漬塗り等、公知の塗装方法を採用することができる。

40

#### 【0050】

次に、基材16に塗装した樹脂材料を、例えば、180以下の温度で加熱して、焼き付け処理を行う。これにより、樹脂材料が硬化してコーティング材20が形成される。すなわち、DLC皮膜18の開気孔24内にコーティング材20が充填されるとともに、硬化した塗装膜であるコーティング層20aによりDLC皮膜18の全体が覆われる。

#### 【0051】

このように、コーティング材20は、基材の硬度が低下することのない比較的低い温度での焼き付け処理によって形成することが可能である。従って、例えば、高温焼き付けに

50

よってフッ素樹脂コーティングを設ける場合とは異なり、コーティング材 20 を設ける際に基材 16 が高温となって、その硬度が低下してしまう懸念がない。

【0052】

次に、耐食部材 10 の摺動面 26 となる部位のコーティング材 20 を除去する除去工程を行い、コーティング層 20 a から DLC 皮膜 18 を露呈させる。除去工程は、切削、研磨等の公知の手法を用いて行うことができる。

【0053】

これによって、耐食部材 10 が得られる。そして、相手材 12 の内周面が摺動面 26 と摺動するように耐食部材 10 に対して相手材 12 を組み付けることで軸受装置 14 が得られるに至る。

10

【0054】

上記したように、耐食部材 10 は、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材 16 を備える。アルミニウム又はアルミニウム合金は、ステンレス鋼等に比して密度が小さく、材料費や加工費を削減することが可能である。このため、上記の基材 16 を備えることで、耐食部材 10 の軽量化や、低コスト化を図ることが可能になる。

【0055】

基材 16 を覆う DLC 皮膜 18 は、 $sp^3$  結合に対する  $sp^2$  結合の割合が大きい a - C 又は a - C : H からなるので柔軟性に富む。従って、比較的軟質なアルミニウム又はアルミニウム合金からなる基材 16 の表面に対しても、DLC 皮膜 18 を所望の厚さで形成することができ、且つ基材 16 と DLC 皮膜 18 とを良好に接合することができる。また、DLC 皮膜 18 は、摩擦係数が低いことに基づき良好な摺動性を示すとともに、高硬度であることに基づき良好な耐摩耗性を示す。従って、このような DLC 皮膜 18 を設けることにより、耐食部材 10 の摺動性及び耐摩耗性を良好に向上させることができる。

20

【0056】

DLC 皮膜 18 と基材 16 との間には、アルミニウムと、a - C 又は a - C : H とを含有する中間層 22 が介在する。このように構成される中間層 22 は、基材 16 の構成金属を含むために基材 16 に対して良好になじみ、且つ DLC 皮膜 18 を構成する a - C 又は a - C : H を含むために DLC 皮膜 18 に対しても良好になじむ。このため、中間層 22 は、基材 16 及び DLC 皮膜 18 の双方に対して堅牢に接合する。この中間層 22 を介することで、DLC 皮膜 18 を基材 16 に堅牢に接合できる。その結果、基材 16 から DLC 皮膜 18 が剥離することを抑制できるため、耐食部材 10 の摺動面 26 では、DLC 皮膜 18 の優れた摺動性及び耐摩耗性を長期にわたって良好に維持することが可能になる。

30

【0057】

DLC 皮膜 18 及び中間層 22 は、コーティング材 20 によって封孔され、DLC 皮膜 18 の摺動面 26 を除く部位は、さらにコーティング材 20 からなるコーティング層 20 a によって被覆されている。このコーティング材 20 は、他の樹脂材料等に比して耐食性が高いエポキシ樹脂を含有する。

【0058】

このようなコーティング材 20 で封孔されることで、たとえ、酸やアルカリ等が接触した場合であっても、これらが開気孔 24 を介して基材 16 に到達することを回避できる。また、耐食部材 10 のコーティング層 20 a で覆われた部位では、酸やアルカリ等が DLC 皮膜 18 ないしは基材 16 まで到達することをより一層効果的に回避できる。その結果、この耐食部材 10 は、水や塩水に対してのみならず、強酸及び強アルカリや、次亜塩素酸ナトリウム等の殺菌・消毒剤に対しても優れた耐食性を示す。

40

【0059】

また、コーティング材 20 が、酸化チタン及びカーボンブラックをさらに含有する場合、耐食部材 10 の耐食性のさらなる向上を図ることができ、特に耐酸性を顕著に向上させることができる。従って、強酸に対しても優れた耐食性を示す耐食部材 10 を得ることができる。

【0060】

50

コーティング材 20 が、酸化クロムをさらに含有する場合、耐食部材 10 の耐食性のさらなる向上を図ることができ、特に耐アルカリ性を顕著に向上させることができる。従って、強アルカリに対しても優れた耐食性を示す耐食部材 10 を得ることができる。

【0061】

一方、コーティング層 20 a から DLC 皮膜 18 が露呈する摺動面 26 では、該 DLC 皮膜 18 の優れた摺動性及び耐摩耗性をそのまま活かすことができる。従って、摺動面 26 を設けることにより、耐食部材 10 の摺動性及び耐摩耗性を向上させることができる。摺動面 26 における DLC 皮膜 18 の開気孔 24 にも勿論コーティング材 20 が充填されているため、摺動面 26 を設けても優れた耐食性を維持できる。すなわち、この耐食部材 10 では、優れた摺動性及び耐摩耗性と、耐食性とを兼ね備えることができる。

10

【0062】

本発明は、上記した実施形態に特に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0063】

例えば、上記の実施形態に係る耐食部材 10 では、中間層 22 を備えることとしたが、中間層 22 を備えていなくてもよい。

【0064】

上記の実施形態に係る耐食部材 10 では、摺動面 26 を設けることとしたが、該摺動面 26 を設けず、DLC 皮膜 18 の全体をコーティング層 20 a で被覆してもよい。この場合、耐食部材 10 の耐食性を特に良好に向上させることができるため、高い耐食性が求められる部材として、摺動部材以外の用途にも耐食部材 10 を好適に用いることができる。これとは逆に、耐食部材 10 にコーティング層 20 a を設けず、DLC 皮膜 18 の全体を露呈させてもよい。この場合、耐食部材 10 の全体が優れた摺動性及び耐摩耗性を示す。

20

【0065】

以下、本発明を実施例によって詳述するが、本発明が当該実施例に限定されるものではないことは勿論である。

【0066】

[実施例 1]

基材 16 として、A6061-T6 からなり、直径が 10 mm、長さが 50 mm である中実軸体の表面に鏡面研磨を施したものを選定した。この基材 16 に対して、中間層 22 及び DLC 皮膜 18 を合計厚さが 2.0 ~ 2.2  $\mu\text{m}$  となるように形成した。DLC 皮膜 18 表面の平均ビッカース硬さは 1350 HV であった。なお、平均ビッカース硬さは、JIS Z 2244 の試験方法に従って測定したものであり、荷重を 10 gf とした場合の 3 点平均値である。以下に示す平均ビッカース硬さについても同じである。

30

【0067】

コーティング材 20 を形成するための樹脂材料として、エポキシ樹脂を 3.0 質量%、キシレンを 17.0 質量%、エチルベンゼンを 11.0 質量%、n-ブタノールを 5.0 ~ 10.0 質量%、イソボタノールを 1.0 ~ 5.0 質量%、エチレングリコールモノブチルエーテルを 1.0 ~ 5.0 質量%、メタノールを 0.1 ~ 1.0 質量%、ホルムアルデヒドを 0.8 質量%、メラミン樹脂を 16.0 質量%、アルキド樹脂を 37.0 質量% の割合で含有するものを選定した。この樹脂部材を DLC 皮膜 18 に塗装し、焼き付け処理を施すことで、コーティング材 20 によって、DLC 皮膜 18 の開気孔 24 を封孔するとともに、該 DLC 皮膜 18 の全体を覆うように厚さが 22.0 ~ 26.0  $\mu\text{m}$  のコーティング層 20 a を形成して耐食部材 10 を得た。これを実施例 1 の試験部材とする。なお、実施例 1 のコーティング層 20 a 表面の平均ビッカース硬さは 12 HV であった。

40

【0068】

[実施例 2]

コーティング材 20 を形成するための樹脂材料として、エポキシ樹脂を 5 ~ 20 質量%、酸化チタンを 1 ~ 10 質量%、カーボンブラックを 1 ~ 10 質量%、キシレンを 5 ~ 15 質量%、メチルエチルケトンに 15 ~ 25 質量%、酢酸 2-エトキシエチルを 5 ~ 15

50

質量%、トルエンを10～20質量%、エチレングリコールモノブチルエーテルを1～10質量%の割合で含有するものを選定したこと、及びコーティング層20aの厚さを21.0～25.0 $\mu\text{m}$ としたことを除いて、実施例1と同様にして耐食部材10を得た。これを実施例2の試験部材とする。すなわち、実施例2の試験部材は、酸化チタン及びカーボンブラックを含有するコーティング材20を備える。なお、実施例2のコーティング層20a表面の平均ピッカース硬さは50HVであった。

【0069】

[実施例3]

樹脂材料として、エポキシ樹脂を5～20質量%、酸化第2クロムを1～10質量%、1,2ジ-クロロエタンを15～25質量%、メチルイソブチルケトン<sup>10</sup>を5～15質量%、メチルエチルケトン<sup>10</sup>を5～15質量%、ジアセトンアルコールを10～20質量%、エタノールを10～20質量%の割合で含有するものを選定したこと、及びコーティング層20aの厚さを25.0～30.0 $\mu\text{m}$ としたことを除いて、実施例1と同様にして耐食部材10を得た。これを実施例3の試験部材とする。すなわち、実施例3の試験部材は、酸化クロムを含有するコーティング材20を備える。なお、実施例3のコーティング層20a表面の平均ピッカース硬さは20HVであった。

【0070】

[実施例4～6]

基材16の材料としてA2017を選定したことを除いて、実施例1と同様にして得た耐食部材10を実施例4の試験部材とする。基材16の材料としてA2017を選定したことを除いて、実施例2と同様にして得た耐食部材10を実施例5の試験部材とする。基材16の材料としてADC12を選定したことを除いて、実施例2の試験部材と同様にして得た耐食部材10を実施例6の試験部材とする。<sup>20</sup>

【0071】

[比較例1]

比較のため、実施例1と同一の基材16のみからなる試験部材を比較例1とした。すなわち、比較例1の試験部材は、中間層22、DLC皮膜18、コーティング材20の何れも備えていない。

【0072】

[比較例2]

コーティング材20を設けていないことを除いて、実施例1と同様に作製した試験部材を比較例2とした。すなわち、比較例2の試験部材では、DLC皮膜18がコーティング材20によって封孔されていない。<sup>30</sup>

【0073】

[比較例3～5]

実施例1と同一の基材16に対して陽極酸化処理を施して、厚さ13.0～16.0 $\mu\text{m}$ の陽極酸化皮膜( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を形成した試験部材を比較例3とした。比較例3の試験部材の陽極酸化皮膜を、実施例1と同一のコーティング材20で封孔するとともに被覆して、厚さが22.0～26.0 $\mu\text{m}$ のコーティング層20aを形成し、これを比較例4の試験部材とした。実施例2と同一のコーティング材20を選定したことを除いて、比較例4と同様にして比較例5の試験部材を得た。なお、比較例3～5の試験部材における陽極酸化皮膜表面の平均ピッカース硬さは320HVであった。<sup>40</sup>

【0074】

[比較例6]

コーティング材20を設けていないことを除いて、実施例4と同様に作製した試験部材を比較例6とした。すなわち、比較例6の試験部材は、DLC皮膜18がコーティング材20によって封孔されていない。

【0075】

以上の実施例1～6及び比較例1～6の試験部材と、互いに異なる7種の液体A～Gとを用いて耐食性評価試験を行った。第1に、実施例1～3及び比較例1～3、5の試験部<sup>50</sup>

材について、ピルスナー系ピールである液体 A ( pH 3 . 5 ) に対する耐食性評価試験を行った。具体的には、液体 A に上記の試験部材の全体を常温で 30 日間浸漬させる前と後における重量の変化量を求めた。この重量の変化量が小さいほど、試験部材の腐食等が抑制され、耐食性が高いと判断することができる。

【 0 0 7 6 】

第 2 に、実施例 1 ~ 5 及び比較例 1 ~ 3、5、6 の試験部材について、液体 B ( pH 1 . 0 ) に対する耐食性評価試験を、第 1 の試験と同様にして行った。液体 B は、主成分としてリン酸を 35 . 0 質量%含有する食品関連用酸性洗剤の 3 . 0 質量%水溶液である。

【 0 0 7 7 】

第 3 に、実施例 1 ~ 4 及び比較例 1 ~ 3、5、6 の試験部材について、液体 C ( pH 1 1 . 0 ) に対する耐食性評価試験を、第 1 の試験と同様にして行った。液体 C は、水酸化ナトリウムを主成分として 15 . 0 質量%含有する食品関連用アルカリ性洗剤の 3 . 0 質量%水溶液である。

10

【 0 0 7 8 】

第 4 に、実施例 1 ~ 3 及び比較例 5 の試験部材について、水酸化ナトリウムの 0 . 0 4 質量%水溶液である液体 D ( pH 1 2 . 0 ) に対する耐食性評価試験を、第 1 の試験と同様にして行った。

【 0 0 7 9 】

第 5 に、実施例 1 ~ 3 の試験部材について、水酸化ナトリウムの 0 . 4 質量%水溶液である液体 E ( pH 1 3 . 0 ) に対する耐食性評価試験を、第 1 の試験と同様にして行った。

20

【 0 0 8 0 】

第 6 に、実施例 1 ~ 6 及び比較例 5 の試験部材について、水酸化ナトリウムの 4 . 0 質量%水溶液である液体 F ( pH 1 4 . 0 ) に対する耐食性評価試験を、第 1 の試験と同様にして行った。

【 0 0 8 1 】

第 7 に、実施例 1 ~ 3 及び比較例 1、3、4 の試験部材について、濃度が 500 ppm の次亜塩素酸ナトリウム水溶液 ( 消毒・殺菌剤 ) である液体 G に対する耐食性評価試験を、第 1 の試験と同様にして行った。また、実施例 4、5 の試験部材について、液体 G に浸漬する期間を 17 日間としたことを除いて、第 1 の試験と同様にして耐食性評価試験を行

30

【 0 0 8 2 】

第 1 ~ 第 7 の試験の結果を表 1 に示す

【 0 0 8 3 】

【表 1】

	重量変化量 (mg)						
	液体A pH3.5	液体B pH1.0	液体C pH11.0	液体D pH12.0	液体E pH13.0	液体F pH14.0	液体G 殺菌剤
実施例 1	0.6	2.1	2.6	2.7	81.7	3310.2	0.2
実施例 2	0.3	0.4	0.3	0.8	21.2	51.0	0.2
実施例 3	0.7	1.2	0.3	0.3	1.7	4.9	0.2
実施例 4		1.5	0.6			937.9	0.2
実施例 5		0.1				8.4	0.3
実施例 6						84.9	
比較例 1	1.3	25.9	269.0				2.5
比較例 2	1.1	19.7	137.6				
比較例 3	1.2	16.6	272.4				1.5
比較例 4							0.7
比較例 5	0.4	0.8	0.5	0.8		3208.1	
比較例 6		11.9	119.3				

10

20

## 【0084】

表 1 から、DLC 皮膜 18 及びコーティング材 20 の両方を備える実施例 1 ~ 6 の試験部材は、全ての液体 A ~ G に対して、基材 16 のみからなる比較例 1 の試験部材、DLC 皮膜 18 のみからなる比較例 2、6 の試験部材、陽極酸化皮膜のみからなる比較例 3 の試験部材よりも優れた耐食性を示すことが分かった。

## 【0085】

エポキシ樹脂と、酸化チタン及びカーボンブラックとを含有するコーティング材 20 を備える実施例 2、5、6 の試験部材は、全ての液体 A ~ G に対して優れた耐食性を示すが、強酸である液体 A、B に対して特に優れた耐食性を示すことが分かった。

30

## 【0086】

エポキシ樹脂と、酸化クロムとを含有するコーティング材 20 を備える実施例 3 の試験部材は、全ての液体に対して優れた耐食性を示すが、強アルカリである液体 C ~ F に対して特に優れた耐食性を示すことが分かった。

## 【0087】

以上から、本実施形態に係る耐食部材 10 は、エポキシ樹脂を含有するコーティング材 20 によって封孔及び被覆された DLC 皮膜 18 を備えることで、強酸及び強アルカリや、次亜塩素酸ナトリウム等の殺菌・消毒剤に対して優れた耐食性を示す。

40

## 【0088】

また、コーティング材 20 が、酸化チタン及びカーボンブラックをさらに含有する場合、エポキシ樹脂のみを含有する場合よりも耐食性を向上させることができ、なかでも耐酸性を顕著に向上させることができる。

## 【0089】

一方、コーティング材 20 が、酸化クロムをさらに含有する場合、エポキシ樹脂のみを含有する場合よりも耐食性を向上させることができ、なかでも耐アルカリ性を顕著に向上させることができる。

## 【0090】

さらに、上記の通り、実施例 1 ~ 6 の DLC 皮膜 18 のピッカース硬さは 1350HV

50

であり、比較例 3 ~ 5 の陽極酸化皮膜のビッカース硬さ 3 2 0 H V に比して著しく大きい。また、D L C 皮膜 1 8 によれば、陽極酸化皮膜では得られない、優れた摺動性及び耐摩耗性を得られる。このため、D L C 皮膜 1 8 を備える耐食部材 1 0 は、摺動性及び耐摩耗性にも優れる。

【 0 0 9 1 】

一方、コーティング材 2 0 で封孔された陽極酸化皮膜を備える比較例 4、5 の試験部材では、何らの皮膜も備えない比較例 1 の試験部材等に比して耐食性を向上させることが可能であるものの、摺動性及び耐摩耗性が不足する。

【 0 0 9 2 】

次に、基材 1 6 の形状を直径 4 0 m m、厚さが 7 m m である円板状とした点と、端面のコーティング層 2 0 a を除去して摺動面 2 6 を形成した点とを除き、実施例 5 と同様にして耐食部材 1 0 を得て、試験部材とした。そして、この摺動面 2 6 と、複数種類の材料からなる相手材との間の摩擦摩耗特性評価を、試験部材をディスクとし、相手材をピンとするボールオンディスク法によって行った。

【 0 0 9 3 】

具体的には、荷重、線速度、回転速度及び摺動距離のそれぞれを、1 k g f、1 0 0 0 m m / 秒、6 6 0 r p m、1 k m に設定した。また、相手材を、直径が 1 0 m m の中実軸体とした。この相手材の材料としては、ステンレス鋼 ( S U S 3 0 3 )、ポリアセタール樹脂 ( P O M )、ポリテトラフルオロエチレン ( P T F E )、ハイシリコン合金 ( N H 4 1 ) と、ダイカスト用アルミ合金 ( A D C 1 2 )、鉛青銅鑄物 ( L B C )、真鍮 ( C 3 6 0 4 )、アルミニウム青銅鑄物 ( C A C 7 0 3 )、機械構造用炭素鋼 ( S 4 5 C ) を選定した。その結果を、表 2 に示す

【 0 0 9 4 】

【表 2】

材料		摩耗体積 (mm <sup>3</sup> )	
ディスク	ピン (相手材)	ディスク	ピン (相手材)
耐食部材 1 0	SUS 3 0 3	0. 0 1 0	0. 0 0 4
	POM	0. 0 0 1 以下	0. 5 4 8
	PTFE	0. 0 0 1 以下	5. 9 1 7
	NH 4 1	0. 0 2 0	0. 0 0 2
	ADC 1 2	0. 0 3 2	0. 0 3 7
	LBC	0. 0 4 6	3. 7 5 0
	C 3 6 0 4	0. 0 5 0	9. 0 9 7
	CAC 7 0 3	0. 0 3 3	1. 2 5 0
	S 4 5 C	0. 0 3 4	0. 0 2 5

【 0 0 9 5 】

表 2 から、耐食部材 1 0 の摺動面 2 6 と摺動する相手材の材料を S U S 3 0 3 とした場合、耐食部材 1 0 及び相手材の両方の摩耗量を低減させることができることが分かった。また、耐食部材 1 0 の摺動面 2 6 と摺動する相手材の材料を P O M、P T F E とすることで、耐食部材 1 0 の摩耗量を効果的に低減させることができることが分かった。

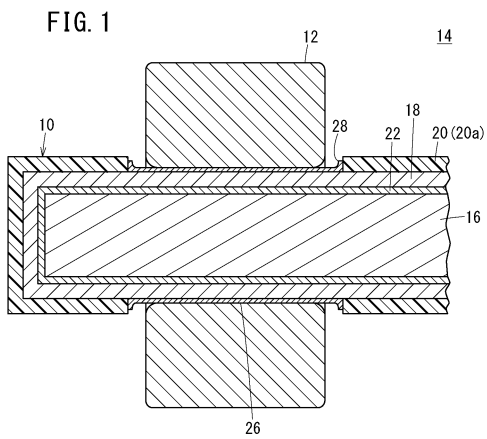
【 0 0 9 6 】

すなわち、本実施形態に係る耐食部材 1 0 では、相手材 1 2 の材料をステンレス鋼、ポリアセタール樹脂 ( P O M )、ポリテトラフルオロエチレン ( P T F E ) の何れかとする

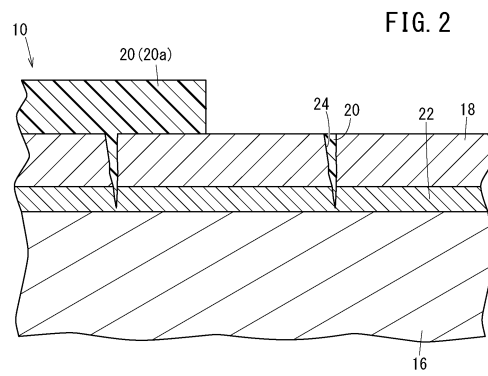
ことで、摺動面 2 6 及び相手材 1 2 の両方の摩耗を効果的に抑制することができ、耐食部

材 1 0 や相手材 1 2 の耐久性を向上させることができる。

【 図 1 】



【 図 2 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 奥平 宏行

茨城県つくばみらい市絹の台4丁目2番2号 SMC株式会社 筑波技術センター内

審査官 長谷川 真一

(56)参考文献 特開2015-152015(JP,A)  
特開2008-185124(JP,A)  
特開2015-232391(JP,A)  
特開2002-147460(JP,A)  
特開2008-069372(JP,A)  
特開2011-089172(JP,A)  
特開2015-071809(JP,A)  
国際公開第2009/099226(WO,A1)  
特開2016-120704(JP,A)  
特開2016-041790(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00 - 14/58  
C23C 16/00 - 16/56  
B32B 1/00 - 43/00  
C08G 59/00 - 59/72  
C09D 1/00 - 10/00  
C09D 101/00 - 201/10