

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-513278

(P2018-513278A)

(43) 公表日 平成30年5月24日(2018.5.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>C23C 28/00 (2006.01)</b>	C23C 28/00	Z 3J044
<b>F16J 9/26 (2006.01)</b>	F16J 9/26	D 4K029
<b>F02F 5/00 (2006.01)</b>	F16J 9/26	C 4K030
<b>C23C 16/27 (2006.01)</b>	F02F 5/00	F 4K044
<b>C23C 16/34 (2006.01)</b>	F02F 5/00	P
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-555567 (P2017-555567)  
 (86) (22) 出願日 平成28年4月19日 (2016.4.19)  
 (85) 翻訳文提出日 平成29年12月22日 (2017.12.22)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2016/028227  
 (87) 国際公開番号 W02016/172071  
 (87) 国際公開日 平成28年10月27日 (2016.10.27)  
 (31) 優先権主張番号 14/693,194  
 (32) 優先日 平成27年4月22日 (2015.4.22)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 599058372  
 フェデラルーモグル・リミテッド・ライ  
 アビリティ・カンパニー  
 FEDERAL-MOGUL LLC  
 アメリカ合衆国、48034 ミシガン州  
 、サウスフィールド、ウエスト・イレブン  
 ・マイル・ロード、27300  
 (74) 代理人 110001195  
 特許業務法人深見特許事務所  
 (72) 発明者 カントラ、トロイ  
 アメリカ合衆国、48189 ミシガン州  
 、ウィットモア・レイク、ロリ・リン・レ  
 ーン、4388

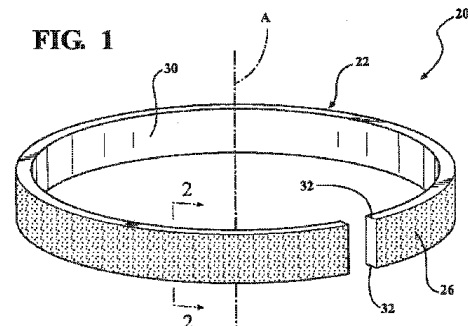
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被覆された摺動要素

## (57) 【要約】

基板、ベースコーティング、および比較的薄いスライドコーティングを備える、ピストンリングなどの摺動要素が提供される。ベースコーティングは、PVD、CVD、ガルバニック蒸着、電着、または溶射プロセスによって基板の滑走面に塗布されるのが典型的である。スライドコーティングは、ポリマーマトリックス、およびこのマトリックスの全体にわたって配置された硬質粒子を含む。ベースコーティングが依然として塗布されたままの状態であってその表面粗さが少なくとも  $4.0\ \mu\text{m}$  であるときに、スライドコーティングはベースコーティングに塗布される。摺動要素の使用時、薄いスライドコーティングは犠牲ランイン層として機能する。加えて、スライドコーティングのポリマーマトリックスが摩耗すると、硬質粒子は、ベースコーティングの粗い表面を研磨する。したがって、摺動要素の使用に先立って、塗布されたままの状態のベースコーティングの研磨またはラップ仕上げが不要になる。

FIG. 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、

前記基板に塗布され、厚さおよび少なくとも  $4.0\ \mu\text{m}$  の表面粗さ ( $R_z$ ) を有するベースコーティングと、

前記ベースコーティングに塗布され、少なくとも 1 種類のポリマーによって形成されたマトリックスを含み、前記マトリックスに配置された硬質粒子を含み、前記ベースコーティングの前記厚さの  $2\% \sim 60\%$  の厚さを有するスライドコーティングと、を備え、前記硬質粒子は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、および金属のうちの少なくとも 1 つから形成される、摺動要素。

10

## 【請求項 2】

前記ベースコーティングは、 $5.0\ \mu\text{m} \sim 8.0\ \mu\text{m}$  の表面粗さ ( $R_z$ ) および  $0.6\ \mu\text{m} \sim 0.8\ \mu\text{m}$  の表面粗さ ( $R_a$ ) を有する、請求項 1 に記載の摺動要素。

## 【請求項 3】

前記ベースコーティングは、クロム (Cr)、窒化クロム (CrN)、炭化クロム (CrC)、酸窒化クロム (CrON)、窒化チタン (TiN)、窒化ジルコニウム (ZrN)、窒化チタンアルミニウム (AlTiN)、クロムおよび酸化アルミニウム、クロムおよびセラミック、クロムおよびダイヤモンド、ダイヤモンド、ならびにダイヤモンドライクカーボン (DLC) のうちの少なくとも 1 つから選択される組成を有する、請求項 1 に記載の摺動要素。

20

## 【請求項 4】

前記スライドコーティングの前記マトリックスは、ポリアミドイミドから構成され、かつ、前記スライドコーティングの全体積に対して少なくとも  $40.0\ \text{vol.}\%$  の量で存在し、前記硬質粒子は前記スライドコーティングの全体積に対して  $0.1 \sim 20.0\ \text{vol.}\%$  の量で存在し、前記硬質粒子は、前記スライドコーティングの全体積に対して  $0.1 \sim 15.0\ \text{vol.}\%$  の量の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を含む、請求項 1 に記載の摺動要素。

## 【請求項 5】

前記硬質粒子は、前記スライドコーティングの全体積に対して  $3.0 \sim 5.0\ \text{vol.}\%$  の量の、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  と異なる他の粒子を含み、前記他の粒子は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、および金属からなる群から選択され、前記硬質粒子は、少なくとも  $600\ \text{HV} / 0.5$  の硬度および  $0.01 \sim 5.0\ \mu\text{m}$  の粒径を有し、

30

前記スライドコーティングは、前記スライドコーティングの全体積に対して  $5.0 \sim 30.0\ \text{vol.}\%$  の量の固体潤滑剤を含み、前記固体潤滑剤は、 $\text{MoS}_2$ 、グラファイト、 $\text{WS}_2$ 、六方晶窒化ホウ素 (h-BN)、PTFE、および金属硫化物のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 4 に記載の摺動要素。

## 【請求項 6】

前記摺動要素はピストンリングであり、前記摺動要素は、中心軸に面しかつ前記中心軸の周りで周方向に延在する内面、前記内面の反対側に面する滑走面、および各々が前記内面および前記滑走面を相互接続する側面の対を呈し、前記ベースコーティングは前記滑走面に塗布される、請求項 1 に記載の摺動要素。

40

## 【請求項 7】

前記ベースコーティングは前記側面のうちの少なくとも 1 つに塗布される、請求項 5 に記載の摺動要素。

## 【請求項 8】

前記基板は鉄系材料で形成されたピストンリングであり、前記基板は、中心軸に面しかつ前記中心軸の周りで周方向に延在する内面、前記内面の反対側に面する滑走面、および各々が前記内面および前記滑走面を相互接続する側面の対を呈し、

前記ベースコーティングは、前記滑走面と前記側面の対のうちの少なくとも 1 つとに塗布され、

前記ベースコーティングは、 $5.0\ \mu\text{m} \sim 8.0\ \mu\text{m}$  の表面粗さ ( $R_z$ ) および  $0.6$

50

$\mu\text{m} \sim 0.8 \mu\text{m}$ の表面粗さ ( $R_a$ ) を有し、

前記ベースコーティングは、塗布されたままの状態であり、研磨またはラップ仕上げが施されず、

前記ベースコーティングは  $300 \mu\text{m}$  以下の厚さを有し、

前記ベースコーティングは、クロム ( $\text{Cr}$ )、窒化クロム ( $\text{CrN}$ )、炭化クロム ( $\text{CrC}$ )、酸窒化クロム ( $\text{CrON}$ )、窒化チタン ( $\text{TiN}$ )、窒化ジルコニウム ( $\text{ZrN}$ )、窒化チタンアルミニウム ( $\text{AlTiN}$ )、クロムおよび酸化アルミニウム、クロムおよびセラミック、クロムおよびダイヤモンド、ダイヤモンド、ならびにダイヤモンドライクカーボン ( $\text{DLC}$ ) のうちの少なくとも1つから選択される組成を有し、

前記ベースコーティングは、物理蒸着、化学蒸着、ガルバニック蒸着、電着、電気化学蒸着、および溶射プロセスからなる群から選択されるプロセスによって塗布され、

前記スライドコーティングは、前記ベースコーティングの前記厚さの  $10\% \sim 50\%$  の厚さを有し、

前記スライドコーティングは、 $50 \mu\text{m}$  以下の厚さを有し、

前記スライドコーティングの前記マトリックスは、ポリアミドイミドから構成され、前記スライドコーティングの全体積に対して少なくとも  $40.0 \text{ vol. } \%$  の量で存在し、

前記硬質粒子は前記スライドコーティングの全体積に対して  $0.1 \sim 20.0 \text{ vol. } \%$  の量で存在し、前記硬質粒子は、前記スライドコーティングの全体積に対して  $0.1 \sim 15.0 \text{ vol. } \%$  の量の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、および、 $3.0 \sim 5.0 \text{ vol. } \%$  の量の、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  と異なる他の粒子を含み、前記他の粒子は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、および金属からなる群から選択され、

前記硬質粒子は、少なくとも  $600 \text{ HV} / 0.5$  の硬度および  $0.01 \sim 5.0 \mu\text{m}$  の粒径を有し、

前記スライドコーティングは、前記スライドコーティングの全体積に対して  $5.0 \sim 30.0 \text{ vol. } \%$  の量の固体潤滑剤を含み、前記固体潤滑剤は、 $\text{MoS}_2$ 、グラファイト、 $\text{WS}_2$ 、六方晶窒化ホウ素 ( $\text{h-BN}$ )、 $\text{PTFE}$ 、および金属硫化物のうちの少なくとも1つを含み、

前記摺動要素が内燃機関で使用される場合、前記スライドコーティングは前記内燃機関の全寿命の  $1\%$  未満の間だけ前記摺動要素上にとどまり、前記ベースコーティングは前記内燃機関の全寿命にわたって前記摺動要素上にとどまる、請求項1に記載の摺動要素。

#### 【請求項9】

摺動要素を形成する方法であって、

厚さおよび少なくとも  $4.0 \mu\text{m}$  の表面粗さ ( $R_z$ ) を有するベースコーティングを基板に塗布するステップと、

スライドコーティングを前記ベースコーティングに塗布するステップとを含み、前記スライドコーティングは少なくとも1種類のポリマーによって形成されたマトリックスを含み、前記スライドコーティングは前記マトリックスに配置された硬質粒子を含み、前記硬質粒子は窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、および金属のうちの少なくとも1つから形成され、前記スライドコーティングは前記ベースコーティングの前記厚さの  $2\% \sim 60\%$  の厚さを有する、方法。

#### 【請求項10】

前記ベースコーティングは、 $5.0 \mu\text{m} \sim 8.0 \mu\text{m}$  の表面粗さ ( $R_z$ ) および  $0.6 \mu\text{m} \sim 0.8 \mu\text{m}$  の表面粗さ ( $R_a$ ) を有する、請求項9に記載の方法。

#### 【請求項11】

前記スライドコーティングを塗布するステップは、前記ベースコーティングが塗布されたままの状態であって少なくとも  $4.0 \mu\text{m}$  の表面粗さを有するときに、前記スライドコーティングを前記ベースコーティングに塗布することを含む、請求項9に記載の方法。

#### 【請求項12】

前記ベースコーティングを前記基板に塗布するステップは、物理蒸着、化学蒸着、ガルバニック蒸着、電着、電気化学蒸着、および溶射プロセスからなる群から選択されるプロ

10

20

30

40

50

セスを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 13】

前記ベースコーティングは、クロム (Cr)、窒化クロム (CrN)、炭化クロム (CrC)、酸窒化クロム (CrON)、窒化チタン (TiN)、窒化ジルコニウム (ZrN)、窒化チタンアルミニウム (AlTiN)、クロムおよび酸化アルミニウム、クロムおよびセラミック、クロムおよびダイヤモンド、ダイヤモンド、ならびにダイヤモンドライクカーボン (DLC) のうちの少なくとも 1 つから選択される組成を有する、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記ベースコーティングの前記組成は、クロム、クロムおよび酸化アルミニウム、またはクロムおよびダイヤモンドから構成され、前記ベースコーティングを塗布するステップは、ガルバニック蒸着を含む、請求項 13 に記載の方法。

10

【請求項 15】

前記ベースコーティングの前記組成はクロムおよび窒素から構成され、前記ベースコーティングを塗布するステップは物理蒸着を含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 16】

前記ベースコーティングの前記組成はダイヤモンドライクカーボン (DLC) から構成され、前記ベースコーティングを塗布するステップは、物理蒸着、化学蒸着、またはプラズマアシスト化学蒸着 (PA-CVD) を含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 17】

20

前記ベースコーティングの前記組成はクロムおよび窒素から構成され、前記ベースコーティングを塗布するステップは物理蒸着を含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 18】

前記スライドコーティングの前記マトリックスは、ポリアミドイミドから構成され、前記スライドコーティングの全体積に対して少なくとも 40.0 vol. % の量で存在し、

前記硬質粒子は、前記スライドコーティングの全体積に対して 0.1 ~ 20.0 vol. % の量で存在し、前記硬質粒子は、前記スライドコーティングの全体積に対して 0.1 ~ 15.0 vol. % の量の  $Fe_2O_3$ 、および、3.0 ~ 5.0 vol. % の量の、 $Fe_2O_3$  と異なる他の粒子を含み、前記他の粒子は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、および金属からなる群から選択され、前記硬質粒子は、少なくとも 600 HV / 0.5 の硬度および 0.01 ~ 5.0  $\mu m$  の粒径を有し、

30

前記スライドコーティングは、前記スライドコーティングの全体積に対して 5.0 ~ 30.0 vol. % の量の固体潤滑剤を含み、前記固体潤滑剤は、 $MoS_2$ 、グラファイト、 $WS_2$ 、六方晶窒化ホウ素 (h-BN)、PTFE、および金属硫化物のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 19】

前記摺動要素はピストンリングであり、前記摺動要素は、中心軸に面しかつ前記中心軸の周りで周方向に延在する内面、前記内面の反対側に面する滑走面、および各々が前記内面および前記滑走面を相互接続する側面の対を呈し、前記ベースコーティングは前記滑走面に塗布される、請求項 9 に記載の方法。

40

【請求項 20】

前記基板を設けることを含み、前記基板は鉄系材料で形成されたピストンリングであり、前記基板は、中心軸に面しかつ前記中心軸の周りで周方向に延在する内面、前記内面の反対側に面する滑走面、および各々が前記内面および前記滑走面を相互接続する側面の対を呈し、

前記ベースコーティングは、5.0  $\mu m$  ~ 8.0  $\mu m$  の表面粗さ ( $R_z$ ) および 0.6  $\mu m$  ~ 0.8  $\mu m$  の表面粗さ ( $R_a$ ) を有し、前記ベースコーティングは、塗布されたままの状態であり、研磨またはラップ仕上げが施されず、前記ベースコーティングは、クロム (Cr)、窒化クロム (CrN)、炭化クロム (CrC)、酸窒化クロム (CrON)、窒化チタン (TiN)、窒化ジルコニウム (ZrN)、窒化チタンアルミニウム (Al

50

TiN)、クロムおよび酸化アルミニウム、クロムおよびセラミック、クロムおよびダイヤモンド、ダイヤモンド、ならびにダイヤモンドライクカーボン(DLC)のうちの少なくとも1つから選択される組成を有し、

前記スライドコーティングの前記マトリックスは、ポリアミドイミドから構成され、前記スライドコーティングの全体積に対して少なくとも40.0vol.%の量で存在し、前記硬質粒子は、前記スライドコーティングの全体積に対して0.1~20.0vol.%の量で存在し、前記硬質粒子は、前記スライドコーティングの全体積に対して0.1~15.0vol.%の量の $Fe_2O_3$ 、および、3.0~5.0vol.%の量の、 $Fe_2O_3$ と異なる他の粒子を含み、前記他の粒子は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、および金属からなる群から選択され、前記硬質粒子は、少なくとも600HV/0.5の硬度および0.01~5.0 $\mu m$ の粒径を有し、前記スライドコーティングは、前記スライドコーティングの全体積に対して5.0~30.0vol.%の量の固体潤滑剤を含み、前記固体潤滑剤は、 $MoS_2$ 、グラファイト、 $WS_2$ 、六方晶窒化ホウ素(h-BN)、PTFE、および金属硫化物のうちの少なくとも1つを含み、

前記ベースコーティングを塗布するステップは、前記ベースコーティングを前記滑走面と前記側面のうちの少なくとも1つとに塗布することを含み、

前記ベースコーティングを前記基板に塗布するステップは、物理蒸着、化学蒸着、ガルバニック蒸着、電着、電気化学蒸着、および溶射プロセスからなる群から選択されるプロセスを含み、

前記ベースコーティングを塗布するステップは、前記ベースコーティングが300 $\mu m$ 以下の厚さを有するまで前記ベースコーティングを前記基板の前記表面に塗布することを含み、

前記スライドコーティングを塗布するステップは、前記ベースコーティングが塗布されたままの状態であって少なくとも4.0 $\mu m$ の表面粗さを有するときに、前記スライドコーティングを前記ベースコーティングに塗布することを含み、

前記スライドコーティングを塗布するステップは、前記スライドコーティングが50 $\mu m$ 以下の厚さを有するまで前記スライドコーティングを塗布することを含み、

前記スライドコーティングを塗布するステップは、前記スライドコーティングを前記ベースコーティングの前記厚さの10%~50%の厚さになるように塗布することを含む、請求項9に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

本願は、2015年4月22日に出版された米国実用出願連続番号第14/693,194号の利益を主張し、ここにその全体が引用により援用される。

【0002】

発明の背景

1. 技術分野

本発明は、ピストンリングなどの被覆された摺動要素、および該被覆された摺動要素を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0003】

2. 関連技術

エンジン用途における摺動要素は、摺動特性を最適化するように改変された表面を有する多層材料から構成されることが典型的である。たとえば、摺動要素は鉛、すず、またはアルミニウム系の金属層を含むこともあり、これらの金属層は、ガルバニックプロセス、蒸着、またはイオンプレーティングによって塗布される。また、特定の特性、負荷容量、および耐摩耗性を得るために改変された人工樹脂ベースを有するような非金属摺動層も知られている。

10

20

30

40

50

## 【0004】

公知の被覆によって高い負荷容量がもたらされるが、負荷容量の限界を超えた場合、摺動機能が故障することがある。これに関連して基板材料が露出すると、摺動要素の全体的な故障につながる焼付きを引き起こすことがある。

## 【0005】

また、樹脂系スライドコーティングは、機械的構成において摩擦を減少するために長年使用されてきた。金属、プラスチック、およびゴム部品が通常被覆されるが、これらの部品は、さらに潤滑を必要とすることなく、容易に移動可能でなければならない。典型的な用途では、負荷はやや低く、温度や媒体などの境界条件は臨界状態ではない。さまざまな文献、特にEP0984182A1から、エンジン用途、たとえば、クランク軸受がそのような摺動要素を用いて可能になることも知られている。この文献では、摩耗を減らすために、特に、 $Fe_3O_4$ を添加可能な、ポリイミド(PI)、ポリアミドイミド(PAI)、エポキシ樹脂、またはフェノール樹脂のマトリックスによる覆いについて記載されている。

10

## 【0006】

DE19614105A1は、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)または熱可塑性フッ素重合体、 $Fe_2O_3$ 、および固体潤滑剤からなるマトリックス材料で構成される、耐摩耗、耐キャビテーションプラスチック摺動層を開示している。この材料は、軸受用に、たとえば緩衝器のガイド要素として使用され、その構造および柔軟なフッ素重合体マトリックスによって、摺動速度が遅くて負荷が低い場合にのみ好適である。

20

## 【0007】

EP1775487A2は、金属キャリア材料と、この金属キャリア材料に塗布されるアルミニウム合金およびプラスチック摺動層とを有する滑り軸受けを開示している。プラスチック摺動層の接合強度およびキャビテーション抵抗を改善するために、PI、PAI、ポリベンゾイミダゾール(PBI)、エンジニアリング(EP)、機能性ポリマー(FP)、ならびに $MoS_2$ 、グラファイト、PTFE、およびBNなどの固体潤滑剤からなるボンディング材を有する材料が示唆されている。

## 【発明の概要】

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

30

## 発明の概要

本発明は、耐摩耗性が改良された、高ピーク負荷容量を有する摺動要素を提供する。摺動要素は、たとえば内燃機関内の移動要素上で高温及び高摺動速度で使用可能である。摺動要素は、基板、基板に塗布されたベースコーティング、およびベースコーティングに塗布されたスライドコーティングを備える。ベースコーティングは、厚みを有し、少なくとも $4.0\mu m$ の表面粗さ( $R_z$ )を有する。スライドコーティングは、少なくとも1種類のポリマーで形成されたマトリックスを含む。また、スライドコーティングはマトリックスに配置された硬質粒子を含み、硬質粒子は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、および金属のうちの少なくとも1つから形成される。スライドコーティングは、ベースコーティングの厚さの2%~60%の厚さを有する。

40

## 【0009】

本発明の他の態様は、摺動要素を製造する方法を提供する。この方法は、ベースコーティングを基板に塗布することと、スライドコーティングをベースコーティングに塗布することを含む。

## 【0010】

摺動要素の使用時、スライドコーティングは他の構成要素に沿って摺動する際に、犠牲ランイン層として作用する。加えて、スライドコーティングのポリマーマトリックスが摩耗すると、硬質粒子はベースコーティングの表面を研磨する、または、その表面粗さを減少させる。これによって、摺動要素の使用に先立って、塗布したままの状態のベースコーティングの研磨またはラップ仕上げが不要になる。

50

## 【 0 0 1 1 】

本発明の他の利点は、添付の図面に関連付けて以下の詳細な説明を参照することによって、より容易に認識され、かつ、よりよく理解されるであろう。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 実施形態の一例に係る、被覆されたピストンリングの斜視図である。

【 図 2 】 図 1 の線 2 - 2 に沿った、被覆されたピストンリングの断面図である。

【 図 3 A 】 実施形態のある例に係る、被覆されたピストンリングの光学顕微鏡画像を示す図である。

【 図 3 B 】 実施形態のある例に係る、被覆されたピストンリングの光学顕微鏡画像を示す図である。

【 図 4 A 】 実施形態のある例に係る、被覆されたピストンリングの光学顕微鏡画像を示す図である。

【 図 4 B 】 実施形態のある例に係る、被覆されたピストンリングの光学顕微鏡画像を示す図である。

【 図 5 】 本発明の摺動要素の例の摩擦係数を比較例の摺動要素の摩擦係数と比較する実験の結果を示すグラフである。

【 図 6 A 】 実験後の本発明の摺動要素の例に沿った摩耗痕の S E M 画像を示す図である。

【 図 6 B 】 実験後の本発明の摺動要素の例に沿った摩耗痕の S E M 画像を示す図である。

【 図 6 C 】 実験後の本発明の摺動要素の例に沿った摩耗痕の S E M 画像を示す図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 3 】

## 実施可能な実施形態の説明

本発明の一態様は、基板 2 2、ベースコーティング 2 4、およびベースコーティング 2 4 に塗布されたスライドコーティング 2 6 を備える摺動要素 2 0 を提供する。摺動要素 2 0 は内燃機関用途、好ましくは、高ピーク負荷の流体潤滑用途で使用されるのが典型的である。たとえば、摺動要素 2 0 は、クランクシャフト、ピストンスカート、またはピストンリングの軸受として使用可能である。図 1 および図 2 は、摺動要素 2 0 がピストンリングを含む例示的な実施形態を示す。

## 【 0 0 1 4 】

摺動要素 2 0 の基板 2 2 は、金属で形成されていることが典型的であるが、非金属で形成されていてもよい。例示的な実施形態では、基板 2 2 は、鋳鉄または鋳鋼などの金属系材料で形成されている。また、基板 2 2 は、ベースコーティング 2 4 およびスライドコーティング 2 6 が塗布される、少なくとも 1 つの滑走面 2 8 を呈する。図 1 および図 2 の例示的な実施形態では、基板 2 2 は、中心軸 A 面しておりかつ中心軸 A の周りで周方向に延在する内面 3 0 を呈するピストンリングである。滑走面 2 8 は内面 3 0 と反対側に面し、側面 3 2 の対は、内面 3 0 と滑走面 2 8 とを相互接続する。図 1 および図 2 に示すように、側面 3 2 は互いに平行に延在し得る。代替的に、側面 3 2 はキーストーン構成（図示せず）をもたらす角度で配置可能である。加えて、図 1 および図 2 に示すように、滑走面 2 8 および内面 3 0 は互いに平行であり得る。代替的に、滑走面 2 8 および / または内面 3 0 は、傾斜していても、凸状でも、または凹状でもよい。

## 【 0 0 1 5 】

ベースコーティング 2 4 は基板 2 2 の少なくとも滑走面 2 8 に塗布されるが、他の表面のうちの 1 つ以上に塗布してもよい。例示的な実施形態では、ベースコーティング 2 4 は、基板 2 2 の滑走面 2 8 および側面 3 2 の双方に塗布される。

## 【 0 0 1 6 】

ベースコーティング 2 4 は、摺動要素 2 0 の使用中に基板 2 2 をスカuffing および摩耗から保護可能な材料で形成されている。ベースコーティング 2 4 の組成は、金属もしくはセラミックなどの非金属、または金属と非金属との混合物を含み得る。たとえば、ベースコーティング 2 4 の組成は、クロム（C r）、窒化クロム（C r N）、炭化クロム（

CrC)、酸窒化クロム(CrON)、窒化チタン(TiN)、窒化ジルコニウム(ZrN)、窒化チタンアルミニウム(AlTiN)、クロムおよび酸化アルミニウム、クロムおよびセラミック、クロムおよびダイヤモンド、ダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)、ならびにこれらの多層のうちの1つ以上から選択可能である。

【0017】

さまざまな異なるプロセスを使用して、ベースコーティング24を基板22に塗布可能である。たとえば、ベースコーティング24は、物理蒸着(PVD)、化学蒸着(CVD)、ガルバニック蒸着、電着、電気化学蒸着、および溶射などの熱プロセスからなる群から選択されるプロセスによって、塗布可能である。物理蒸着プロセスの例としては、プラズマアシスト物理蒸着(PA-PVD)、陰極アーク蒸着、スパッタリング、および電子

10

【0018】

一つの例示的な実施形態では、ベースコーティング24は、クロムから構成されており、ガルバニック蒸着によって塗布される。他の実施形態では、ベースコーティング24はクロムおよび酸化アルミニウム、たとえば、クロムセラミックコーティング(CKS(登録商標))と呼ばれる材料から構成され、ガルバニック蒸着または電気化学蒸着によって塗布される。さらに他の実施形態では、ベースコーティング24は、小亀裂網状組織に埋め込まれたクロムおよびダイヤモンド粒子、たとえばGOETZEダイヤモンドコーティング(GDC(登録商標))と呼ばれる材料から構成され、ガルバニック蒸着または電気化学蒸着によって塗布される。他の実施形態では、ベースコーティング24は全体的にクロムによって構成され、ガルバニック蒸着によって塗布される。さらに他の実施形態では、ベースコーティング24は、クロムおよび窒素によって構成され、物理蒸着によって塗布される。さらに他の実施形態では、ベースコーティング24は、ダイヤモンドまたはダイヤモンドライクカーボン(DLC)によって構成され、物理蒸着、化学蒸着、またはプラズマアシスト化学蒸着(PA-CVD)によって塗布される。

20

【0019】

ベースコーティング24を基板22に塗布するために使用されるプロセスによって、ベースコーティング24には、その塗布されたままの状態であって少なくとも4.0 $\mu$ mの表面粗さ( $R_z$ )が残る。例示的な実施形態では、ベースコーティング24は、5.0 $\mu$ m~8.0 $\mu$ mの表面粗さ( $R_z$ )、および0.6 $\mu$ m~0.8 $\mu$ mの表面粗さ( $R_a$ )を有する。また、ベースコーティング24は、50 $\mu$ m以下の厚さ $t_1$ になるよう塗布されることが典型的である。しかしながら、ガルバニックコーティングの場合、厚さは300 $\mu$ mまで可能である。ベースコーティング24には、研磨、ラップ仕上げ、または、表面粗さをスライドコーティング26の塗布に先立って減少させる他のいかなるプロセスも施されることはない。スライドコーティング26が塗布されるとき、ベースコーティング24は塗布された状態のままである。

30

【0020】

スライドコーティング26は、ベースコーティング24が依然として塗布されたままの状態であるため少なくとも4.0 $\mu$ mの表面粗さ( $R_z$ )を有しているときに、ベースコーティング24上に直接配置される。スライドコーティング26は、さまざまな異なる方法で塗布可能である。たとえば、スライドコーティング26は、液体または粉末材料として、化学的または物理的なプロセスによって塗布可能であり、かつ、連続した薄い層状に形成可能である。一実施形態では、スライドコーティング26をベースコーティング24に塗布するプロセスには、溶剤の蒸着または紫外線照射による硬化が含まれる。基板22がピストンリングである例示的な実施形態では、スライドコーティング26は、50 $\mu$ m以下、より典型的には、20 $\mu$ m未満の厚さ $t_2$ になるように塗布されることが好ましい。

40

【0021】

スライドコーティング26の厚さは、ベースコーティング24の厚さよりも小さい。例

50



示的な実施形態では、スライドコーティング 26 の厚さは、ベースコーティング 24 の厚さのわずか 2 % ~ 60 % である。より典型的には、スライドコーティング 26 の厚さは、ベースコーティング 24 の厚さの 10 % ~ 50 %、または、ベースコーティング 24 の厚さの 25 % ~ 45 % である。たとえば、スライドコーティング 26 は、 $5\text{ }\mu\text{m}$  ~  $25\text{ }\mu\text{m}$  の範囲の厚さを有し得、ベースコーティング 24 は  $20\text{ }\mu\text{m}$  ~  $60\text{ }\mu\text{m}$  の範囲の厚さを有し得る。しかしながら、各コーティング 24、26 の厚さ、したがって厚さ比は、摺動要素 20 の特定の用途またはその他の要因に応じて調節可能である。図 3 A および図 3 B は、2 つの異なる倍率の、摺動要素 20 のベースコーティング 24、具体的には、ピストンリングの滑走面 28 に塗布されたスライドコーティング 26 の光学顕微鏡画像を示す図であり、スライドコーティング 26 の厚さは、ベースコーティング 24 の厚さの約 41 % である。この例では、スライドコーティング 26 は  $13\text{ }\mu\text{m}$  の厚さを有し、ベースコーティング 24 は  $32\text{ }\mu\text{m}$  の厚さを有する。図 4 A および図 4 B は、2 つの異なる倍率の、ベースコーティング 24 が設けられていない摺動要素 20、具体的にはピストンリングの側面 32 に塗布されたスライドコーティング 26 の光学顕微鏡画像を示す図であり、スライドコーティング 26 の厚さは約  $9\text{ }\mu\text{m}$  である。

10

20

30

40

50

#### 【0022】

スライドコーティング 26 は、基板 22 の、ベースコーティング 24 と同じ表面に塗布されることが典型的である。しかしながら、スライドコーティング 26 は、ベースコーティング 24 を含まない基板 22 の他の表面に塗布することも可能であり、または、ベースコーティング 24 を含むだけの基板 22 の表面でもあり得る。基板 22 がピストンリングである例示的な実施形態では、ベースコーティング 24 およびスライドコーティング 26 は、双方とも滑走面 28 および側面 32 に塗布されている。

#### 【0023】

スライドコーティング 26 は少なくとも 1 種類のポリマーで形成されたマトリックスを有する。さまざまな種類の樹脂およびプラスチックを使用して、架橋性接着剤、熱可塑性物質、およびデュプロプラスチックを含むポリマーマトリックスを形成可能である。たとえば、ポリマーマトリックスは、ポリアミドイミド (PAI)、ポリイミド (PI)、エポキシ樹脂、ポリベンゾイミダゾール (PBI)、シリコーン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、シリコーン、ポリアクリレート、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)、およびポリエーテルサルホン (PES) のうちの少なくとも 1 つを含み得る。230 を超える融点を有する他の高融点熱可塑性材料も使用可能である。例示的な実施形態では、ポリマーマトリックスは、ポリアミドイミド (PAI) から構成され、スライドコーティング 26 の全体積に対して少なくとも 40 vol. % の量で存在する。

#### 【0024】

また、スライドコーティング 26 は、マトリックス全体にわたって配置された硬質粒子を含む。硬質粒子は、スライドコーティング 26 の全体積に対して 0.1 ~ 20 vol. % の量で存在するのが典型的である。好ましくは、硬質粒子は、少なくとも 600 HV / 0.5 の硬度および  $0.01\text{ }\mu\text{m}$  ~  $5.0\text{ }\mu\text{m}$  の粒径を有する。例示的な実施形態では、硬質粒子は、スライドコーティング 26 の全体積に対して 0.1 ~ 15 vol. % の量の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、および、3.0 ~ 5.0 vol. % の量の、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  と異なる他の粒子を含む。他の粒子は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、および金属からなる群から選択される。他の硬質粒子の例としては、 $\text{SiC}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{B}_4\text{C}$ 、立方晶 BN、 $\text{TiO}_2$ 、または  $\text{SiO}_2$ 、ならびに、Ag、Pb、Au、SnBi および / または Cu からなる金属粉末が挙げられる。

#### 【0025】

また、スライドコーティング 26 は、スライドコーティング 26 の全体積に対して 5.0 ~ 30 vol. % の量の固体潤滑剤を含むのが典型的である。固体潤滑剤は、 $\text{MoS}_2$ 、グラファイト、 $\text{WS}_2$ 、六方晶窒化ホウ素 (h-BN)、PTFE、および金属硫化物のうちの少なくとも 1 つを含む。

#### 【0026】

本発明の他の態様は、摺動要素 20 を形成する方法を提供する。この方法には、ベースコーティング 24 を基板 22 に塗布することと、スライドコーティング 26 をベースコーティング 24 に塗布することが含まれる。ベースコーティング 24 を基板 22 に塗布するステップには、物理蒸着 (PVD)、化学蒸着 (CVD)、ガルバニック蒸着、着電、電気化学蒸着、および溶射プロセスからなる群から選択されるプロセスが含まれる。また、ベースコーティング 24 を塗布するステップには、ベースコーティング 24 が  $300\text{ }\mu\text{m}$  以下の厚さ、しかし典型的には  $50\text{ }\mu\text{m}$  以下の厚さを有するまでベースコーティング 24 を基板 22 の表面に塗布することが含まれる。スライドコーティング 26 を塗布するステップには、ベースコーティング 24 が塗布されたままの状態であって少なくとも  $4.0\text{ }\mu\text{m}$  の表面粗さを有する場合に、スライドコーティング 26 をベースコーティング 24 に塗布することが含まれる。また、スライドコーティング 26 を塗布するステップには、スライドコーティング 26 が  $50\text{ }\mu\text{m}$  以下の厚さを有するまで、スライドコーティング 26 を塗布することが含まれる。

10

20

30

40

50

#### 【0027】

ベースコーティング 24 とスライドコーティング 26 とを組み合わせることによって、摺動要素 20 の性能は改善され、全体的な製造コストおよび時間の減少にもつながる。スライドコーティング 26 およびベースコーティング 24 がピストンリングの滑走面 28 に塗布される例示的な実施形態では、スライドコーティング 26 は、犠牲ランイン層として機能し、ベースコーティング 24 の耐擦りきず性を改善し得る。スライドコーティング 26 がエンジン (図示せず) のシリンダボアにぶつかる、またはそれに沿って摺動すると、スライドコーティング 26 のポリマーマトリックスは摩耗し、硬質粒子はベースコーティング 24 の表面を研磨する、または、その表面粗さを減少させる。スライドコーティング 26 の厚さが薄いこと、およびその組成によって、スライドコーティング 26 はベースコーティング 24 よりもずっと早く摩耗する。スライドコーティング 26 はエンジンの全寿命の 1% 未満の間だけしか摺動要素 20 上に留まらないのに対して、ベースコーティング 24 はエンジンの全寿命の間摺動要素 20 上に留まることが典型的である。

#### 【0028】

内燃機関において被覆された摺動要素 20 を使用している間、スライドコーティング 26 はシリンダボア、または他の同等物に対してこすれ合い、それによって、スライドコーティング 26 のポリマーまたは硬質粒子が摩耗し、かつ、露出された硬質粒子がシリンダボアまたは他の同等物に対してこすれ合う。ポリマーが摩耗すると、ベースコーティング 24 はシリンダボアおよび同等物に対してこすれ合っている硬質粒子にさらされる。硬質粒子がシリンダボアまたは同等物にこすれる際の硬質粒子とベースコーティング 24 との間の摩擦によって、ベースコーティング 24 が研磨される。時間が経つにつれ、ベースコーティング 24 の表面粗さは、硬質粒子がシリンダボアまたは同等物にこすれることによって、許容レベルまで大幅に低減される。そのため、滑らかなベースコーティング 24 は、別の研磨、ラップ仕上げ、または別の態様では内燃機関で摺動要素 20 を使用する前にベースコーティング 24 の表面粗さを減少させることなく、実現可能である。加えて、スライドコーティング 26 が側面 32 に塗布される場合、スライドコーティング 24 は、ベースコーティング 24 および / または基板 22 の、ピストン (図示せず) のリング溝に対する摩耗を遅らせることができる。最終的に、滑走面 28 の外径 (OD) および側面 32 に塗布されると、スライドコーティング 26 は、ピストンの上方で作用するガスを含む初期封止機構をもたらし、構成要素の軸受接触が密接になるにしたがって、改善された封止状態を維持するであろう。

#### 【0029】

##### 実験

本発明の摺動要素 20 の摩擦係数を比較例の摺動要素の摩擦係数と比較するために実験が行なわれた。これら 2 つの摺動要素は、各々が KV4 鋳鉄材料から構成されてピストンリング (直径  $107\text{ mm}$ ) として設けられた、同一の基板を含んでいた。基板は、内面と、中心軸の周りで周方向に延在する、内面の反対側に面する滑走面とを備えていた。蒸着

されたクロムおよび窒素 (CrN) から構成されるベースコーティング 24 を、物理蒸着 (PVD) によって双方の基板の滑走面に塗布した。その後、PAIマトリックスおよび  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の硬質粒子を含むスライドコーティング 26 が本発明の摺動要素 20 のベースコーティング 24 に塗布されたが、比較例の摺動要素には塗布されなかった。

【0030】

その後、摺動要素にはキャメロンプリント試験プロトコルが施された。摺動要素の被覆された滑走面は、圧縮されたグラファイト鉄 (直径 11.8 mm) で形成されたシリンダライナに対して延びていた。試験中、摺動要素は、400 N の負荷 ( $F_N$ )、190 の温度、10 Hz の周波数、 $v = 13.5$  mm のストローク、および 5W30 潤滑油にさらされた。摺動要素に、4 時間にわたり負荷がかけられた。

10

【0031】

図 5 は、本発明の摺動要素 20 の被覆された滑走面によってもたらされた摩擦係数を含む、キャメロンプリント試験の結果を、比較例の摺動要素の被覆された滑走面によってもたらされた摩擦係数と比較して示す図表である。試験結果によると、ベースコーティング 24 およびスライドコーティング 26 の組合せを含む本発明の摺動要素 20 は、試験の全継続期間を通じて低い摩擦係数を実現した。

【0032】

図 6A ~ 図 6C は、キャメロンプリント試験を終えた後の本発明の摺動要素 20 の被覆された滑走面に沿った摩耗痕の SEM 画像を示す図である。この試験の間、スライドコーティング 26 が摩耗するにつれて、スライドコーティング 26 の硬質粒子はシリンダライナに対してこすれ始め、ベースコーティング 24 の表面を研磨した。図 6C は、キャメロンプリント試験後の、部分的に摩耗したコーティング 24、26 を明瞭に示すために大幅に拡大されている。

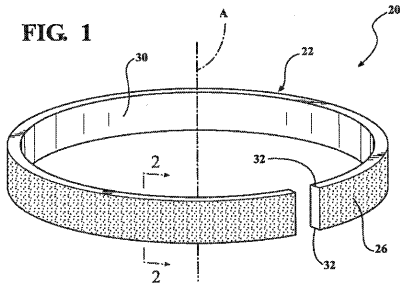
20

【0033】

上述の教示に鑑みると本発明の多くの修正例および変形例が実現可能であることが明らかであり、添付の特許請求の範囲内であれば、本発明が具体的に記載された以外の態様でも実施され得る。

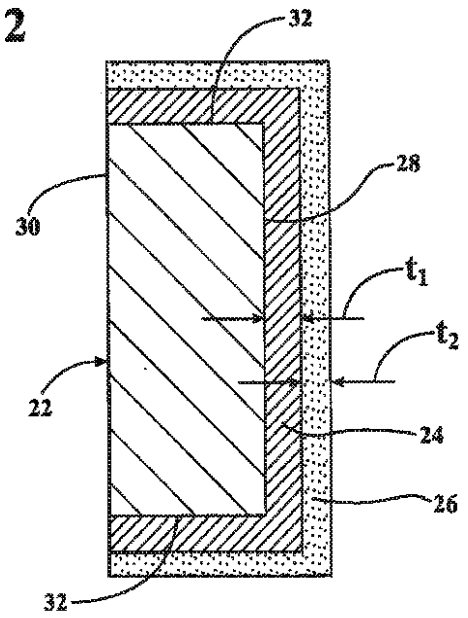
【 図 1 】

FIG. 1



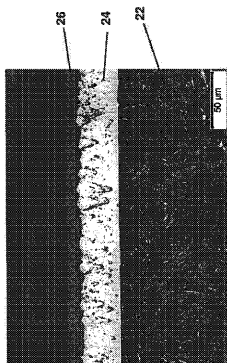
【 図 2 】

FIG. 2



【 図 3 A 】

FIG. 3A



【 図 3 B 】

FIG. 3B



【 図 4 A 】

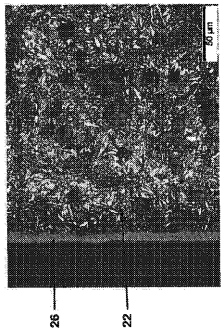


FIG. 4A

【 図 4 B 】



FIG. 4B

【 図 5 】

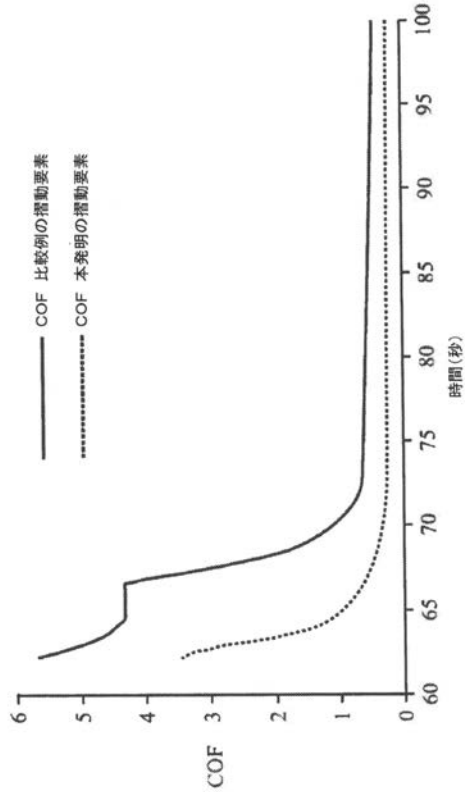


FIG. 5

【 図 6 A 】

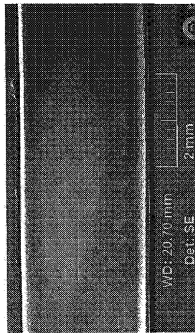


FIG. 6A

【図 6 B】

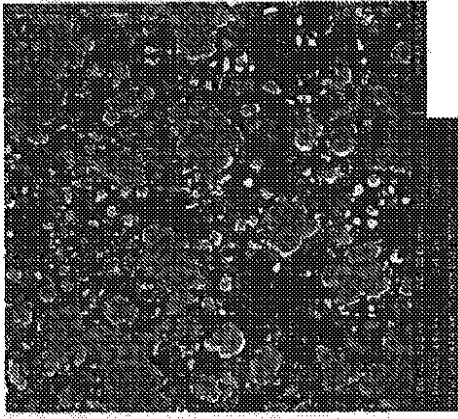


FIG. 6B

【図 6 C】

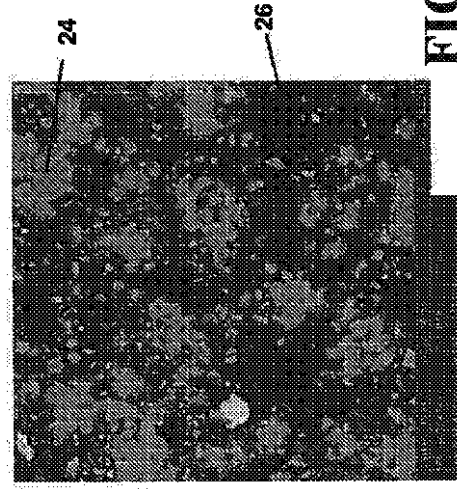


FIG. 6C

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2016/028227

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C23C28/00 C25D7/00 F16J1/16 F16J9/26  
ADD.

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)

C23C C25D F16J

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

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

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/268944 A1 (ADAM ACHIM [DE] ET AL) 3 November 2011 (2011-11-03)	1,4-7,9, 18,19
Y	paragraphs [0044] - [0052]; claims 34-70;	2,3, 10-17
A	tables 1,2	8,20
Y	DE 10 2012 020756 A1 (MAHLE INT GMBH [DE]) 24 April 2014 (2014-04-24)	2,3, 10-15,17
A	paragraphs [0035] - [0036]; claims 1-16; figure 1	1,9
Y	DE 10 2010 062114 A1 (FEDERAL MOGUL BURSCHEID GMBH [DE]) 31 May 2012 (2012-05-31)	16
A	claims 1-14	1,9
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 June 2016

Date of mailing of the international search report

07/07/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ruiz Martinez, Maria

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2016/028227

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 984 182 A1 (TAIHO KOGYO CO LTD [JP]) 8 March 2000 (2000-03-08) cited in the application paragraphs [0037] - [0043]; claim 1 -----	1-7, 9-11,18, 19
A	WO 2013/063342 A1 (FEDERAL MOGUL CORP [US]) 2 May 2013 (2013-05-02)  claims 1-20 -----	1-7, 9-11,18, 19
A	WO 2012/067735 A1 (FEDERAL MOGUL CORP [US]; ANDLER GERD [DE]; MEISTER DANIEL [DE]; SCHMIT) 24 May 2012 (2012-05-24) paragraphs [0024] - [0025], [0050]; claims 1-27; figure 7 -----	1-7,9-19



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2016/028227

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011268944 A1	03-11-2011	BR P10923730 A2 CA 2747067 A1 CN 102272468 A DE 102008055194 A1 EP 2370704 A1 EP 2853760 A1 JP 5698677 B2 JP 2012514170 A KR 20110106858 A RU 2011130442 A US 2011268944 A1 WO 2010076306 A1	19-01-2016 08-07-2010 07-12-2011 08-07-2010 05-10-2011 01-04-2015 08-04-2015 21-06-2012 29-09-2011 10-02-2013 03-11-2011 08-07-2010
DE 102012020756 A1	24-04-2014	CN 104812929 A DE 102012020756 A1 EP 2912207 A1 JP 2016500761 A KR 20150077451 A US 2015240347 A1 WO 2014063677 A1	29-07-2015 24-04-2014 02-09-2015 14-01-2016 07-07-2015 27-08-2015 01-05-2014
DE 102010062114 A1	31-05-2012	CN 103261476 A DE 102010062114 A1 EP 2646597 A1 JP 2014505837 A KR 20140005186 A RU 2013129841 A US 2013316156 A1 WO 2012072483 A1	21-08-2013 31-05-2012 09-10-2013 06-03-2014 14-01-2014 10-01-2015 28-11-2013 07-06-2012
EP 0984182 A1	08-03-2000	EP 0984182 A1 KR 100369456 B1 US 2002192490 A1 WO 9943963 A1	08-03-2000 24-01-2003 19-12-2002 02-09-1999
WO 2013063342 A1	02-05-2013	CN 103917808 A EP 2771594 A1 JP 2014532845 A KR 20140083927 A WO 2013063342 A1	09-07-2014 03-09-2014 08-12-2014 04-07-2014 02-05-2013
WO 2012067735 A1	24-05-2012	CN 103347629 A EP 2640538 A1 JP 5926277 B2 JP 2014505161 A KR 20130142110 A RU 2013127409 A US 2012114971 A1 WO 2012067735 A1	09-10-2013 25-09-2013 25-05-2016 27-02-2014 27-12-2013 27-12-2014 10-05-2012 24-05-2012

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
<b>C 2 3 C 14/06 (2006.01)</b>		C 2 3 C 16/27	
		C 2 3 C 16/34	
		C 2 3 C 14/06	F
		C 2 3 C 14/06	A

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, JP, 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

(72) 発明者 トス, ジェイムズ・アール

アメリカ合衆国、4 8 1 0 3 ミシガン州、アナーバー、ウィング・ドライブ、1 0 3 0

(72) 発明者 アハロノブ, ロバート・アール

アメリカ合衆国、4 8 3 2 2 ミシガン州、ウェスト・ブルームフィールド、アルダリー・ウェイ、6 5 5 2

F ターム (参考) 3J044 AA12 BA02 BB19 BB20 BB21 BB28 BB29 BB30 BB31 BB34  
BB35 BB36 BB37 BB39 BB40 BC06 DA09 EA10  
4K029 AA02 AA21 BA34 BA58 BC02 BD04 CA02 CA04 CA06 DB21  
EA01  
4K030 BA02 BA06 BA18 BA22 BA28 BA38 CA02 CA11 FA01 FA10  
JA01 LA23  
4K044 AA02 AB10 BA12 BA18 BA21 BB03 BC01 CA13 CA53