(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2006-45677
(P2006-45677A)
(43)公開日　平成18年2月16日(2006.2.16)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
C22C 21/00	(2006.01)	C22C	21/00	N	4K029
C23C 14/14	(2006.01)	C23C	14/14	B	

審査請求 有　請求項の数 29　ＯＬ　（全 19 頁）

(21)出願番号　特願2005-225303 (P2005-225303)
(22)出願日　平成17年8月3日 (2005.8.3)
(31)優先権主張番号　A1329/2004
(32)優先日　平成16年8月3日 (2004.8.3)
(33)優先権主張国　オーストリア(AT)

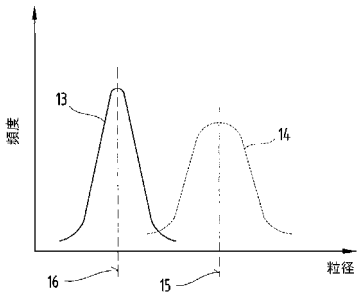
(71)出願人　504101245
ミーバ　グライトラガー　ゲゼルシャフト　ミット　ベシュレンクテル　ハフツング
オーストリア国，アー　４６６３　ラーキルヘン，ドクトアーミッテルバウアーシュトラーセ　３
(74)代理人　100099759
弁理士　青木　篤
(74)代理人　100077517
弁理士　石田　敬
(74)代理人　100087413
弁理士　古賀　哲次
(74)代理人　100111903
弁理士　永坂　友康

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トライボロジカルに負荷される表面のためのアルミニウム合金

(57)【要約】
【課題】　トライボロジカルな性質が改善されたアルミニウム合金を提供すること。
【解決手段】　少なくとも軟質相と硬質相とを埋め込んだアルミニウムマトリックス（20）を有する、トライボロジカルに負荷される表面を被覆するためのアルミニウム合金において、アルミニウムマトリックス（20）中の軟質相および／または硬質相がほぼ微細に分布していて、軟質相もしくは軟質相粒子（18）の少なくとも80%が最大３μmの平均直径を有しているように、構成する。
【選択図】　図２

図2



【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくとも軟質相と硬質相とを埋め込んだアルミニウムマトリックス（20）を有する、トライボロジカルに負荷される表面を被覆するためのアルミニウム合金であって、前記硬質相が、第１の元素群に属する、クロム、鉄、コバルト、銅、マンガン、ニッケル、モリブデン、マグネシウム、ニオブ、白金、スカンジウム、銀、ケイ素、バナジウム、タングステン、ジルコニウムのうち少なくとも１つの元素および／または第１の元素群に属する元素の炭化物、ケイ化物、窒化物、ホウ化物より形成されるか、あるいは第１の元素群に属する元素を有するアルミニウムより形成され、前記軟質相が、第２の元素群に属する、銀、アルミニウム、金、ビスマス、炭素（グラファイト）、カルシウム、銅、インジウム、マグネシウム、鉛、パラジウム、白金、スカンジウム、スズ、イットリウム、亜鉛およびランタニドのうち少なくとも１つの元素より形成されており、その際、前記軟質相の元素が硬質相の元素とは一致しないアルミニウム合金において、
アルミニウムマトリックス（20）中の軟質相および／または硬質相がほぼ微細に分布していて、軟質相もしくは軟質相粒子（18）の少なくとも80％が最大３μｍの平均直径を有することを特徴とする、トライボロジカルに負荷される表面を被覆するためのアルミニウム合金。
【請求項２】
軟質相もしくは軟質相粒子（18）が、最大２μｍの平均直径を有することを特徴とする請求項１に記載のアルミニウム合金。
【請求項３】
軟質相もしくは軟質相粒子（18）が、200nm～700nmの範囲の平均直径を有することを特徴とする請求項１に記載の装置アルミニウム合金。
【請求項４】
硬質相もしくは硬質相粒子（19）の少なくとも90％が、軟質相粒子（18）よりも小さい平均直径を有することを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【請求項５】
硬質相もしくは硬質相粒子（19）の平均直径が、軟質相もしくは軟質相粒子（18）の平均直径の最大50％であることを特徴とする請求項４に記載のアルミニウム合金。
【請求項６】
軟質相の割合が、15重量％と45重量％の間の範囲にあることを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【請求項７】
軟質相の割合が、23重量％と28重量％の間の範囲にあることを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【請求項８】
硬質相の割合が、1.5重量％と40重量％の間の範囲にあることを特徴とする請求項１～７のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【請求項９】
硬質相の割合が、２重量％と20重量％の間の範囲にあることを特徴とする請求項１～８のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【請求項１０】
硬質相が、ケイ素より形成されており、および／または合金に占めるケイ素の割合が、３重量％と13.5重量％の間の範囲にあることを特徴とする請求項１～９のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【請求項１１】
合金に占めるケイ素の割合が、7.5重量％と8.5重量％の間の範囲にあることを特徴とする請求項１～１０のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【請求項１２】

硬質相が、少なくとも銅より形成されており、かつ銅の割合が、0.5重量％と10重量％の間の範囲にあることを特徴とする請求項１～１１のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。

【請求項１３】

合金が、24重量％～26重量％のスズと、７重量％～８重量％のケイ素と、残余のアルミニウムと、通常存在し得る不純物とより形成されていることを特徴とする請求項１～１２のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。

【請求項１４】

硬質相の割合が、軟質相の割合に等しいか、またはそれよりも小さいことを特徴とする請求項１～１３のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。

【請求項１５】

アルミニウム合金が請求項１～１４のいずれか１項に従って形成されていることを特徴とする、アルミニウム合金からなる被覆体（8）。

【請求項１６】

被覆体（8）の厚さが５μmと40μmの間の範囲にあることを特徴とする請求項１５に記載の被覆体（8）。

【請求項１７】

少なくとも１つの支持体（11）とその上に配置された表面層（9）とからなる複合材料（10）であって、表面層（9）が請求項１５又は１６に記載の被覆体（8）より形成されていることを特徴とする複合材料（10）。

【請求項１８】

支持体（11）と表面層（9）との間に別の層が、拡散遮断層および／または付着層として形成されていることを特徴とする請求項１７に記載の複合材料（10）。

【請求項１９】

別の層の厚さが、0.5μmと５μmの間の範囲にあることを特徴とする請求項１７又は１８に記載の複合材料（10）。

【請求項２０】

別の層が、純金属および／または第１の元素群または第２の元素群に属する元素の二元合金または三元合金より形成されていることを特徴とする請求項１８又は１９に記載の複合材料（10）。

【請求項２１】

少なくとも１つの支持体（11）とその上に配置された表面層（9）とからなる複合材料（10）を製造する方法において、

請求項１～１４のいずれか１項に記載のアルミニウム合金を気相から堆積させて基体（11）上に表面層（9）として形成することを特徴とする複合材料（10）の製造方法。

【請求項２２】

支持体（11）と表面層（9）との間に最初に、別の層を支持体（11）上の拡散遮断層および／または付着層として堆積させることを特徴とする請求項２１に記載の方法。

【請求項２３】

気相からの堆積をＰＶＤ法によって実施することを特徴とする請求項２１又は２２に記載の方法。

【請求項２４】

ＰＶＤ法をスパッタ法によって実施することを特徴とする請求項２３に記載の方法。

【請求項２５】

被覆温度が、軟質相の溶融温度の90％より低いことを特徴とする請求項２１～２４のいずれか１項に記載の方法。

【請求項２６】

堆積速度を0.1μm/minより大きく選択することを特徴とする請求項２１～２５のいずれか１項に記載の方法。

【請求項２７】

スパッタガスとしてアルゴンを使用することを特徴とする請求項２１～２６のいずれか１項に記載の方法。
【請求項２８】
滑り部材の滑り層を作製するために請求項１～１４のいずれか１項に記載のアルミニウム合金を使用する方法。
【請求項２９】
トライボロジカルに負荷される部材を被覆するために請求項１～１４のいずれか１項に記載のアルミニウム合金を使用する方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、少なくとも軟質相と硬質相とを埋め込んだアルミニウムマトリックスを有する、トライボロジカルに負荷される表面を被覆するためのアルミニウム合金であって、硬質相が、第１の元素群に属する元素、すなわちクロム、鉄、コバルト、銅、マンガン、ニッケル、モリブデン、マグネシウム、ニオブ、白金、スカンジウム、銀、ケイ素、バナジウム、タングステン、ジルコニウムのうち少なくとも１つの元素および／または第１の元素群に属する元素の炭化物、ケイ化物、窒化物、ホウ化物より形成されるか、あるいは第１の元素群に属する元素を有するアルミニウムより形成され、軟質相が、第２の元素群に属する元素、すなわち銀、アルミニウム、金、ビスマス、炭素（グラファイト）、カルシウム、銅、インジウム、マグネシウム、鉛、パラジウム、白金、スカンジウム、スズ、イットリウム、亜鉛およびランタニドのうち少なくとも１つの元素より形成されており、その際、軟質相の元素が硬質相の元素とは一致しないアルミニウム合金、このアルミニウム合金からなる、特に滑り部材のための被覆体（コーティング）、少なくとも１つの支持体とその上に配置された表面層とからなる複合材料、少なくとも１つの支持体とその上に配置された表面層とからなる複合材料を製造する方法、ならびにこのアルミニウム合金を滑り部材の滑り層の作製もしくはトライボロジカルに負荷される部材の被覆に使用することに関する。
【背景技術】
【０００２】
トライボロジカルに負荷される部材もしくは表面の被覆は、種々の要求を満たさなければならない。一方では比較的軟らかく、そのため消耗に起因する減耗および滑り相手部材に良好に適合できる、可能な限り摩擦の少ない被覆が所望される。他方では、静的振動荷重のほかに動的振動荷重も吸収できるようにし、それによって耐久性と寿命を高めるために、十分大きい機械的な安定性と強度が与えられていなければならない。たとえばエンジン産業における発展の動向は、特に排ガス基準がますます厳しくなることに鑑みて、内燃機関の効率、したがって経済性と環境適合性を高めるために、比出力を上げる方向に進んでいる。この発展は内燃機関の多数の構成部材に関係している。一例を挙げると、たとえば直接噴射式ターボディーゼルエンジンにおいて、非常に高いトルクと、燃焼プロセスを最適化するために絶えず増大する点火圧とによって非常に高い荷重を受けるラジアル滑り軸受がそうである。標準滑り軸受はこうした荷重に十分耐えられない。この種類のエンジンの高性能な噴射方式により噴射ポンプの構成部材にも高い荷重がかかり、また滑り荷重がかかる他の部材、たとえばタペット、ピンまたはローラもより高い出力によって同様に高い荷重に曝露される。これらの構成部材に対してアルミニウム合金が使用されることが多い。なぜならば、アルミニウム合金によって達成可能な特性とそれに要する費用との間の良好な関係が実現できるからである。
【０００３】
特許文献１は、スズを含有したアルミニウム軸受合金と、中間層軸受材料としてのその使用を開示している。何よりもスズ、ケイ素および鉛を添加することにより、アルミニウムマトリックス内でケイ素粒子に隣接して堆積したスズ合金粒子および鉛合金粒子からなる組織が発生する。それによってこの軸受材料は、改善された性質、たとえばより高い耐

疲労性および腐食に対するより高い安全性を持つとされる。
【０００４】
特許文献２は、アルミニウム・ケイ素・鉄の三元合金系中間金属化合物および硬質粒子としてケイ素粒子を含んだアルミニウム合金を開示している。これにより、耐ブロッキング性が改善され、しかも疲労強度は減少しない。
【０００５】
特許文献３は、合金元素としてケイ素およびスズを含有し、過半数のケイ素粒子の直径が５μｍを越えるアルミニウム基合金を開示している。これにより、疲労強度もしくは耐摩耗性を高めるとしている。
【０００６】
特許文献４は、支持層、中間層および軸受層を有する、アルミニウム合金からなる多層軸受を開示している。軸受層は、スズ・ケイ素を含有する、ビッカース硬さ50未満のアルミニウム合金から形成されている。これにより、高い適合性もしくは許容性、およびまた高い疲労強度が達成されるとしている。
【０００７】
【特許文献１】ドイツ特許第３６３１０２９号明細書
【特許文献２】ドイツ特許公開第１０１３５８９５号公報
【特許文献３】米国特許第４４７１０２９号明細書
【特許文献４】ドイツ特許第４３１２５３７号明細書
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
本発明の課題は、トライボロジカルな性質が改善されたアルミニウム合金を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
本発明の上記の課題は、それぞれ、アルミニウムマトリックス中に軟質相および／または硬質相がほぼ微細に分布していて、軟質相もしくは軟質相粒子の少なくとも80％、好ましくは90％が最大３μｍの平均直径を有する冒頭記載のアルミニウム合金、このアルミニウム合金からなる被覆体（コーティング）、本発明による被覆体から形成された表面層を有する複合材料、ならびに本発明によるアルミニウム合金を気相からの堆積により支持体上に表面層として形成する冒頭記載の方法によって解決される。
【発明の効果】
【００１０】
本発明の利点は、当該アルミニウム合金で被覆した部材は高いトライボロジカルな適合性を有し、それにもかかわらず静的作用および動的作用に関して高い機械的負荷能力を有することを可能にする組織を備えたアルミニウム合金を提供することが可能なことである。軟質相粒子は非常に小さい平均直径を有し、アルミニウムマトリックス内に微細に分布している。この微細な分布は、組織構造を変化させることにより、合金から形成された被覆体の構造的な強度に不利な影響を与える恐れのある、互いに関連する軟質相網の形成を困難にする。さらに、腐食摩耗に対する高い耐久性もしくはトライボロジカルな適合性および優れた埋め込み性が与えられている。従来の技術で製造したアルミニウム合金においては、これらの性質を達成するためには必ず機械的性質の著しい劣化もしくは強度の低下を伴った。微細な分布およびサイズの小さい軟質相粒子により、アルミニウムマトリックスの脆弱化が妨げられ、それによって強度を高める硬質相の作用が初めて十全に発揮されるようになる。平均直径が３μｍより大きい軟質相粒子の数が少ないことにより、たとえば被覆体の構造的強度や滑り性は不利な影響を受けない。本発明による被覆体が気相からの堆積によって形成されることにより、本発明によるアルミニウム合金で被覆した部材に面倒な、したがってコストのかかる後処理を施すことなく、小さい平均粒径において硬質相もしくは軟質相の微細に分散した分布が達成されて、従来技術で公知のように、分散を

改善するためにストロンチウムなどの元素を添加する必要はない。またほぼ球状の形状が達成されることにより、もしくは角の鋭い針または槍のない形状により、腐食に対する性質が改善され、そのうえアルミニウムマトリックスの強靭性およびその引張強度と破断伸びが増加する。総じて、標準軸受に比べて摩損限界は高くなり、軸受荷重が大きい場合でも摩耗強度が増し、非常に高い耐キャビテーション性が生じる。さらに幾何学的に単純な物体、たとえば滑り軸受に本発明による被覆体を施すことは、従来の方法、たとえば鋳造、圧延した帯材にめっきする場合に比べて簡単に実施できる。しかもまた、幾何学的に複雑な部材や構造にも、簡単に被覆体を施すことができる。さらに、非常に小さい構造も確実に被覆できる。多層皮膜の形成も、多大なコストをかけずに可能である。総じて，非常に良好な皮膜性質が生じ、膜厚も極めて正確に必要に応じることができる。

【００１１】

軟質相もしくは軟質相粒子が最大２μm、特に最大１μmの平均直径を有するようにしたアルミニウム合金の構成、および軟質相もしくは軟質相粒子が200nm～700nmの間の範囲、特に350nm～550nmの間の範囲の平均直径を有するようにしたアルミニウム合金の構成によれば、有利なことに、被覆体の良好なトライボロジカルな適合性をさらに高め、それにも関わらず高い強度を維持することができる。

【００１２】

硬質相もしくは硬質相粒子の少なくとも90%、好ましくは少なくとも95%が、軟質相粒子よりも小さい平均直径を有することによって、被覆体の高い強度が達成される。なぜならば、硬質相粒子が一様に微細に分布していることにより、大きい凝塊によりアルミニウムマトリックスが局所的に脆弱化することが防止されるからである。

【００１３】

硬質相もしくは硬質相粒子の平均直径が、軟質相もしくは軟質相粒子の平均直径の最大50%、好ましくは最大25%であることによって、合金の機械的性質がさらに改善され、その結果として軸受の寿命が長くなり、または耐久性が増大する。

【００１４】

別の構成によれば、軟質相の割合が15重量%と45重量%の間の範囲、好ましくは20重量%と40重量%の間の範囲にあることによって、運転において良好な滑り性と、導入段階における滑り相手部材への高い適応性が達成される。さらに、この合金もしくはこの合金からなる被覆体は、高い非常運転特性を有しており、そのためたとえば滑り軸受の寿命は著しく上昇する。

【００１５】

軟質相の割合が23重量%と28重量%の間の範囲にあるようにした変形態様によると、適応性もしくは滑り性に関する特性を最適化でき、トライボロジカルな性質と達成可能な強度とのの良好な関係を維持できる。

【００１６】

別の構成によれば、硬質相の割合が1.5重量%と40重量%の間の範囲、もしくは硬質相の割合が２重量%と20重量%の間の範囲、特に2.5重量%と17重量%の間の範囲にあることが可能である。このようにすることよってもたらされる利点は、合金もしくは被覆体の機械的性質が広い範囲で必要性に適合でき、それによって特に被覆体の耐摩耗性および構造的強度を広範囲に調整できることである。この場合、アルミニドもしくは中間金属化合物が形成され得るが、それらの球状形態によりマトリックスが強化される。

【００１７】

硬質相がケイ素により形成されており、および／または合金に占めるケイ素の割合が３重量%と13.5重量%の間の範囲、好ましくは４重量%と11.5重量%の間の範囲にあるか、または合金に占めるケイ素の割合が7.5重量%と8.5重量%の間の範囲にあることが可能である。このようにすることによってもたらされる利点は、硬いケイ素粒子によって疲労特性のほかに、耐ブロッキング性および耐摩耗性が改善されることである。ケイ素粒子もしくはケイ素体は、滑り相手部材の表面のエッジやまくれなどを削り取り、それによって腐食摩耗に対する抵抗性が高まる。共晶に近い組成により、ケイ素粒子の微細な分布が生じ

、それによって合金もしくは被覆体の強靭性および強度に関して肯定的な効果が生まれる。

【００１８】

硬質相が少なくとも銅により形成されており、銅の割合が0.5重量％と10重量％の間の範囲、特に１重量％と７重量％の間の範囲にあることが可能である。なぜならば、そうすることにより混晶硬質化によってより高い強度を達成でき、疲労強度が増すからである。

【００１９】

合金が24重量％～26重量％のスズと、７重量％～８重量％のケイ素と、残余のアルミニウムと、通常存在し得る、換言すると、不可避的に混入し得る不純物とより形成されていることにより、トライボロジカルな適合性およびそれによって達成される機械的負荷能力に関して良く調和した特性を有する合金が提供される。

【００２０】

硬質相の割合が軟質相の割合に等しいか、またはより小さくてもよい。それによって過度な硬さによる合金の脆化が避けられる。

【００２１】

被覆の別の形成により、被覆の厚さが５μｍと40μｍの間の範囲、好ましくは10μｍと25μｍの間の範囲にあることも可能である。こうすることによって、発生する荷重に合わせて厚さを調整でき、それによって最適な材料使用を達成できる。

【００２２】

複合材料の別の構成に従い、支持体と表面層との間に別の層が拡散遮断層および／または付着層として形成されていることにより、たとえば安定化のために設けられた鋼支持層のように層構造が極めて異なっていても、双方の層の原子が互いに拡散することが効果的に防止され、もしくは本発明による被覆体の良好な付着が達成され得る。

【００２３】

上記した別の層の厚さが0.5μｍと５μｍの間の範囲、好ましくは１μｍと３μｍの間の範囲にあることが可能である。これにより、各層の間で高い付着強度が達成され、または被覆成分にかかわりなく十分大きい拡散遮断層を形成できる。

【００２４】

さらに別の構成に従い、上記した別の層が純金属および／または第１の元素群または第２の元素群に属する元素の二元合金または三元合金により形成されることにより、明確に規定された特性が達成され、拡散係数をできるだけ小さく押さえることができる。

【００２５】

本方法の別の構成に従い、支持体と表面層との間に最初に、別の層を支持体上の拡散遮断層または付着層として堆積させることによって、たとえば支持体である金属支持層上における本発明による被覆体の付着が改善されるという利点が達成され、または本発明による被覆体から支持層に、およびその逆に原子が拡散することが防止される。

【００２６】

気相からの堆積をＰＶＤ法によって実施することが可能である。それによって達成される利点は、被覆すべき部材の温度負荷が比較的小さくなり、そのため特に薄肉部材も部材の歪みを生じることなく被覆できることである。

【００２７】

さらに別の構成に従い、ＰＶＤ法をスパッタ法、特に直流マグネトロンスパッタ法によって実施することにより、高い堆積速度が達成されるという利点が生じる。それによって、時間およびまたコストを節約でき、さらに電圧を印加することにより平坦化作用が生じて、皮膜の表面品質の改善が達成される。

【００２８】

さらに別の構成に従い、処理温度を軟質相の溶融温度の90％より低くすることによって得られる利点は、軟質相粒子が完全に溶融することが防止できると同時に、支持体に与える負荷は小さいながら粒子の高い付着性が達成されることである。

【００２９】

堆積速度を0.1μm/minより大きく選択することによって得られる利点は、より急速な、したがってまたより経済的な皮膜形成において、より高い皮膜品質が達成されることである。

【００３０】

スパッタガスとしてアルゴンを使用することにより、スパッタリング作業を経済的に実施できる。

【００３１】

本発明はさらに、アルミニウム合金を、滑り部材、たとえば滑り軸受、摩耗リングまたはブシュの滑り層を作製するために、またはトライボロジカルに負荷される部材、たとえばシャフトまたは連接棒を被覆するために使用することも包含する。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３２】

最初に確認しておくと、本明細書に記載された種々の構成形態において、同じ部材は同じ参照符号もしくは同じ部材名称が付されている。この場合、本明細書の全体に含まれている開示内容は同じ参照符号もしくは同じ部材名称を有する同じ部材に準用される。本明細書の中で選択された位置の指示、たとえば上、下、側方なども、直接説明の対象となっている表示された図面を基準としており、位置が変化した場合は新しい位置に準用される。さらに、図示および説明された種々の実施例から生じる個別の特徴または特徴の組み合せは、それ自体独自の発明的な解決または本発明による解決と見なすことができる。

【００３３】

図１は、スパッタリング装置１の概略的な構造を示している。本発明によるアルミニウム合金の良好な特性、特に小さい粒径もしくはその分布は、驚くべきことに気相から堆積法によって達成できた。

【００３４】

本発明に従い、堆積のためにCVD法またはPVD法を使用することが可能である。

【００３５】

CVD法（化学蒸着法）では、化学反応によって、成膜材料を気相から被覆すべき部材の表面に直接形成する。

【００３６】

成膜時の堆積速度および膜の組成と構造に影響する幾つかのパラメーターは、気体雰囲気の組成、被覆すべき部材の温度、成膜気体の流速および被覆時間である。

【００３７】

CVD法は、幾何学的に複雑な形態、物体もしくは支持体の被覆も可能であるという利点を有している。

【００３８】

PVD法では、本発明による合金が物理的プロセスによって気相に移行し、凝縮によって支持体表面に堆積する。被覆体は、プラズマから出るイオンと中性粒子によって形成され、プラズマ内への合金の取り込みは電子放射またはアークを用いた蒸着または陰極スパッタリングによって行われる。

【００３９】

陰極スパッタリング法では、イオン２は相応の発生源３の高周波電流域で加速されて、目標電極もしくはターゲット４に誘導される。このような方法においては、陰極がそのままターゲット４である。

【００４０】

イオン２の発生源として、イオン化された貴ガスもしくはプラズマ５を用いる。加速されたイオン２は、ターゲット４に衝突すると、ターゲット材料の表面から原子６をたたき出し、これらの原子６は高速で基体７に向かって進み、そこで被覆体８として堆積する。

【００４１】

もちろんすべての方法において、塗工と同時に塗工された膜を熱処理によって緻密化することが可能である。

【００４２】
基体７は、図１に示された板状形態に制限されるものではなく、本発明に従いそれとは異なる形状、たとえば軸受半割シェルあるいはまた全シェルも使用でき、たとえば相応の形状に形成されたターゲット４の回りに配置できる。
【００４３】
本発明により、被覆体８は、複合材料10の表面層９を形成できる。
【００４４】
基体７は、複合材料10の支持体11を形成できる。たとえば支持体11は、鋼層または類似の適当な素材によって形成されてよい。支持体11を多層金属基体７として形成することも可能である。
【００４５】
（図１には示されていないが、）表面層９と支持体11との間にもう１つ別の層を、たとえば拡散斜断層または付着層として形成できる。これはたとえば、鉛青銅または純金属からなる層である。
【００４６】
実施可能な軸受構造の例として、多数の可能性を代表して、AlSn25Si7.5接触層を挙げることができる。支持体11は、鋼支持シェルとCuPb20Sn2軸受金属層によって形成されてよい。別の層として、Ni中間層が拡散斜断層および付着層として配置されている。Ni層の上には、本発明による被覆体８が表面層９として塗布されている。
【００４７】
軸受金属層に関して注記すると、これは、本発明の範囲内で鉛を含有して、たとえば10重量％Pbと10重量％Sn含有した青銅を形成することもできるが、有利には本発明によるアルミニウム合金により無鉛で、たとえば銅スズ合金もしくは銅亜鉛合金として形成できる。
【００４８】
たとえばスパッタガスを供給、または真空を作り出すための複数の通路12を設けることができる。
【００４９】
直流マグネトロンスパッタ法が実施可能であり、スパッタガスとしてアルゴンを5×10^{-3}mbarの圧力で使用できる。
【００５０】
堆積速度、層構成および層構造に影響する重要なパラメーターは、蒸着速度、反応ガスの分圧、基体の電圧、補助陽極電圧、被覆温度である。
【００５１】
被覆体の良好な特性は、たとえば被覆速度約0.75μm/minおよび被覆温度155℃においても達成された。
【００５２】
試験の結果、本発明によるAlSn25Si7.5スパッタ層は、標準AlSn20Cuスパッタ軸受と比べて、摩損限界荷重が約30％高められ、100Mpaを越える比軸受荷重において著しく高められた摩耗強度が達成された。
【００５３】
図２は、アルミニウム合金の粒子の頻度と分布を概略的に示す。
【００５４】
本発明によるアルミニウム合金の硬質相もしくは軟質相の特定の粒径が発生する頻度の概略的な推移13が示されている。
【００５５】
これと比較して、従来技術による相応の合金の硬質相もしくは軟質相の特定の粒径が発生する頻度の推移14が示されている。
【００５６】
ここで注意を促すと、「粒子」という概念もしくはその広がりや分布に関するデータは

、一般に軟質相もしくは硬質相、特にまた中間金属層に適用でき、意味内容に応じて置き換えることができる。

【００５７】

「軟質相」という概念は、本発明による合金もしくは被覆体８に異質物に対する良好な適応性と埋め込み性という特性を付与する粒子を表わしており、何よりも高い機械的安定性および耐久性を受け持つ硬質相と比べて硬さが著しく小さい。この場合、硬質相は、純粋なアルミニウムマトリックスよりも硬さが大きいか、またはマトリックスの硬さを増大させる。

【００５８】

近似的に、２つの推移13、14は標準分布を満たしていると仮定できる。なぜならば、平均値からの偏差は互いに独立した多数の偶然変数を満たしているからである。

【００５９】

本発明によるアルミニウム合金において有利なのは、従来技術の合金と比較して平均粒径が小さいことである。

【００６０】

従来技術による比較可能なアルミニウム合金において、メジアン15は、より大きい粒径の方にずれている。

【００６１】

本発明に従い、軟質相粒子の少なくとも80％、好ましくは90％が、最大３μｍの平均直径を有している。

【００６２】

メジアン16は、仮定された標準分布に従ってそれより低い位置にある。

【００６３】

本発明によるアルミニウム合金の有利な構成において、軟質相もしくは軟質相粒子の少なくとも80％、好ましくは90％は、最大２μｍ、特に最大１μｍの平均直径を有している。

【００６４】

ここで注記しておくと、図１に示された推移13もしくは14は、推移が評価の基礎に置かれた十分大きい基本的全体においてのみ測定結果と一致する統計的プロセスの所与を反映したものにすぎない。これに従い、実際の推移においては偏差もしくは非対称性が生じる可能性がある。

【００６５】

軟質相もしくは軟質相粒子が200nm～700nmの間の範囲、特に350nm～550nmの間の範囲の平均直径を有する場合、従来技術により公知の合金に対する平均粒径の差は拡大する。粒径が小さいことにより、アルミニウム合金の特性曲線はさらに改善され得る。

【００６６】

さらに、本発明によるアルミニウム合金の粒径の頻度分布は、従来技術によるアルミニウム合金におけるよりも狭いということが示されている。この狭い推移13により、被覆体８の均一な組織が生じ、それによって、吸収可能な静的荷重および動的荷重に関する機械的特性の点でその被覆体が改善される。よって、被覆体８の特性値の再現性もより大きくなり、厳しい仕様の下で不良品の量を減らすことができる。

【００６７】

本発明の有利な構成において、硬質相粒子の少なくとも90％、好ましくは少なくとも95％が、軟質相粒子よりも小さい平均直径を有する場合、推移13は、アルミニウム合金中に分散した硬質相粒子も本質的に代表している。

【００６８】

本発明によるアルミニウム合金の軟質相もしくは硬質相の粒径が小さいことによって、軟質相の割合が高いにもかかわらず、トライボロジカルな適合性を実現するために、被覆体８の高い機械的負荷能力が達成される。さらに、個々の硬質相、たとえばケイ素の切り欠き効果が減少するという利点も生じる。

【００６９】

被覆体８の高い硬さが達成され、同時に脆化が避けられ、それによって従来技術より公知の合金に対して機械的特性の点で利点が生じる。

【００７０】

被覆体８の硬さが115HV0.001と150HV0.001との間、特に120HV0.001と145HV0.001との間の範囲にあることが可能であり、それによって特に高い静的荷重に対して、膜の高い強度と高い機械的安定性が達成される。

【００７１】

次の表は、アルミニウム合金の幾つかの変形実施態様を示す。数値は、アルミニウム合金を基準とした重量％である。

【００７２】

【表１】

No.	Sn	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Co	Zr	Zn	Fe	Ni	Al
1	18.5	0.2	1.5	0.15	–	–	0.25	–	–	–	0.75	残余
2	18	7.5	–	0.35	–	–	0.5	–	–	0.6	0.65	残余
3	25	7.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	残余
4	24.5	7.5	–	–	–	–	–	–	–	0.15	–	残余
5	30	7.5	–	–	–	–	–	–	–	0.15	–	残余
6	24.5	14.5	–	–	–	–	–	–	–	0.15	–	残余
7	30	14.5	–	–	–	–	–	–	–	0.15	–	残余
8	24.5	–	12	0.5	–	0.1	0.1	0.1	–	0.15	–	残余
9	23	<0.2	1.1	0.4	–	0.05	0.05	0.05	–	0.05	–	残余
10	27	<0.2	1.85	0.8	–	0.15	0.15	0.15	–	0.25	–	残余
11	25	1.5	1.0	–	1.0	–	–	0.1	4.5	–	–	残余
12	25	12	0.5	–	1.0	–	–	–	–	–	–	残余
13	25	7.5	1	–	1	–	–	–	–	–	1	残余
14	25	3.5	1	–	1	–	–	–	–	–	1	残余
15	24.5	–	1.2	0.5	–	–	0.1	0.1	–	0.15	–	残余

【００７３】

【表２】

No.	Sn	Si	Cu	Ca	Au	W	V	Ag	Sc	Nb	Mo	Al
16	15	10	1.1	−	−	1.5	−	−	0.5	1	−	残余
17	40	−	2.5	−	−	2	−	−	2	1.34	0.45	残余
18	18.5	2.2	0.95	−	−	1.1	−	−	3.4	2	−	残余
19	22	−	4	−	−	−	−	0.55	1	3.4	−	残余
20	21.3	−	2.2	−	−	−	−	1.2	−	1	−	残余
21	31.5	−	2.2	15.1	−	−	1.5	−	−	−	−	残余
22	17	−	−	−	−	−	2.21	2	3.75	0.45		残余
23	19	3.4	−	−	−	−	2.2	1.1	1	1.1	−	残余
24	22	8	−	−	−	−	3	0.9	0.25	0.75	−	残余
25	23.5	11	−	−	−	−	2.4	0.8	0.21	−	−	残余
26	25	4.5	−	−	−	−	0.45	1	1	−	−	残余
27	26	−	−	−	1.21	1.23	−	−	−	−	−	残余
28	21.5	−	−	2.4	−	−	−	−	−	−	−	残余
29	22	−	2.3	−	0.35	−	−	−	−	3.4	−	残余
30	35	−	3.7	−	−	−	2.5	1.15	−	−	1.75	残余
31	41	−	5.6	−−	−	−	2.3	−	−	2.45	3.2	残余
32	28	−	2.5	−	−	2.4	−	−	−	1	0.9	残余
33	28	4.5	−	1	−	0.65	−	−	4.4	1	−	残余

【００７４】

上記の表に記載された幾つかの合金の有利な特性を抜粋すると、次の通りである。

【００７５】

No.3、4：AlSiマトリックスの組成は、共晶の付近にあり、そのため特に微粒組織が達成される。その結果、良好な機械的特性が生じる。

No.6：同様に微粒組織。トライバロジカル特性はNo.３またはNo.４より良好。

No.9：軟質相の割合が小さい。良好な機械的特性。

No.10：良好なマトリックス強度

No.11：高いマトリックス強度。自動硬化作用。

No.12：Mg_2Si相による硬化作用。

【００７６】

本明細書に記載されたアルミニウム合金は、本明細書における記載量を過大なものとしないために、明細書に記載し切れない他の多数の合金を代表する例として挙げたものにすぎない。この分野の当業者は、具体的な教示に基づき、所定の限界内で他の元素と組み合わせたアルミニウム合金を形成することができ、これらの組成は本発明の範囲から排除されない。このことは、特に上記の表に例として記載されていない、請求項に記載された元素の組み合わせ、たとえばBi、C、In、Pb、Pd、Pt、Y、Cc、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luに該当する。これらの元素は、それ自体で、または互いに組み合わせて、あるいは請求項もしくは上記の表に記載された元素と組み合わせて、請求項に記載された割合の範囲で本発明による合金中に存在することができる。

【００７７】

本発明により軟質相の割合が15重量％と45重量％の間、好ましくは20重量％と40重量％の間にあることが可能であり、それによって腐食傾向を減らすことができる。

【００７８】
硬質相がケイ素によって形成されており、合金に占める割合が３重量％と13.5重量％の範囲、好ましくは４重量％と11.5重量％の間の範囲にあることも可能である。ケイ素を添加することによって、摩耗および疲労強度に対する抵抗が高まる。ケイ素はアルミニウムマトリックス中に分散して存在し、硬さが大きいためアルミニウムマトリックスの補強材として働き、同時にケイ素の高い熱安定性により高い熱荷重の下でもその作用は与えられている。
【００７９】
本発明に従い、硬質相の割合が1.5重量％と40重量％の間の範囲にあるか、または２重量％と20重量％の間の範囲、特に2.5重量％と17重量％の間の範囲で合金中に含まれており、第１の元素群に属する元素、すなわちクロム、鉄、コバルト、銅、マンガン、ニッケル、モリブデン、マグネシウム、ニオブ、白金、スカンジウム、銀、ケイ素、バナジウム、タングステン、ジルコニウムにより、もしくはこれらの元素とアルミニウムとからなる中間金属相により形成され、および／または第１の元素群に属する元素の炭化物、ケイ化物、窒化物、ホウ化物により、もしくは第１の元素群に属する元素もしくはこれらの元素からなる中間金属相により形成できる。
【００８０】
中間金属相を形成することにより、強度や疲労強度などの機械的特性が高まる。
【００８１】
本発明により第１の元素群の幾つかの元素をアルミニウム合金に添加でき、それによって当該アルミニウム合金の特性を的確に調整できる。
【００８２】
たとえば銅とマグネシウムは、マトリックスを強化するように作用し、しかも材料の延性が劣化することはない。さらに耐疲労性が高まる。
【００８３】
クロム、マンガン、コバルトおよび鉄は、硬さを増加し、ひいてはアルミニウムを含んだ中間金属相を形成することにより機械的強度を高める。
【００８４】
マンガンは、強度のほかに耐腐食性も高める。
【００８５】
ジルコニウムおよび／またはニッケルを添加することにより、中間金属化合物が形成されて、膜の耐疲労性を改善する。
【００８６】
図３は、実施可能なアルミニウム合金からなる被覆体８の顕微鏡写真17を示す。この合金では、軟質相としてスズ、硬質相として本質的にケイ素が含まれている。
【００８７】
ケイ素7.5重量％、スズ18重量％のほかにマンガン、鉄、コバルト、ニッケルなどその他の元素が含まれているが、これらの元素の割合は合計で２重量％未満であり、図３のデータに関しては無視してよい。
【００８８】
顕微鏡写真17から明らかなように、軟質相粒子18（中位の明るさ）も硬質相粒子19（明るい領域）も微細に分散し、アルミニウムマトリックス20（暗い領域）中にほぼ球状に存在している。凝集の割合はわずかであり、それゆえ被覆体８の特性の劣化を招くことはない。
【００８９】
総じて、上述したことにより、本発明による被覆体８の機械的およびトライボロジカルな特性が生じる。
【００９０】
顕微鏡写真17の倍率もしくは縮尺は、図３の下縁部に読み取ることができる。
【００９１】

実施例は、合金および被覆体８の可能な実施態様を示したものである。この場合、本発明は特に記載された実施態様に制限されるものではなく、いくつかの実施態様を種々組み合わせることも可能であることに留意されたい。これらの変更の可能性は、具体的発明による技術的行為に関する教理に基づいて当該技術分野の当業者の技量の範囲に属している。それゆえ、図示され、説明された実施態様の個々の詳細を組み合せることによって可能である、考えられるすべての実施態様もまた保護範囲に含まれている。

【００９２】

念のため最後に付記しておくと、被覆体８およびスパッタリング装置１の構造を理解しやすくするために、これらのものは、その部材も含めて一部縮尺通りではなく、拡大および／または縮小して示してある。

【００９３】

本発明による独自の解決の基礎となる課題は、本明細書から読み取ることができる。

【００９４】

特に図１、図２および図３に示された個々の構成は、当該図面の詳細な説明から読み取ることができる。

【００９５】

最後に、本発明の好ましい態様を要約すると、下記の通りである。

【００９６】

１．少なくとも軟質相と硬質相とを埋め込んだアルミニウムマトリックス（20）を有する、トライボロジカルに負荷される表面を被覆するためのアルミニウム合金であって、前記硬質相が、第１の元素群に属する元素、すなわちクロム、鉄、コバルト、銅、マンガン、ニッケル、モリブデン、マグネシウム、ニオブ、白金、スカンジウム、銀、ケイ素、バナジウム、タングステン、ジルコニウムのうち少なくとも１つの元素および／または第１の元素群に属する元素の炭化物、ケイ化物、窒化物、ホウ化物より形成されるか、あるいは第１の元素群に属する元素を有するアルミニウムより形成され、前記軟質相が、第２の元素群に属する元素、すなわち銀、アルミニウム、金、ビスマス、炭素（グラファイト）、カルシウム、銅、インジウム、マグネシウム、鉛、パラジウム、白金、スカンジウム、スズ、イットリウム、亜鉛およびランタニドのうち少なくとも１つの元素より形成されており、その際、軟質相の元素が硬質相の元素とは一致しないアルミニウム合金において、

アルミニウムマトリックス（20）中の軟質相および／または硬質相がほぼ微細に分布していて、軟質相もしくは軟質相粒子（18）の少なくとも80％、好ましくは90％が最大３μｍの平均直径を有することを特徴とする、トライボロジカルに負荷される表面を被覆するためのアルミニウム合金。

【００９７】

２．軟質相もしくは軟質相粒子（18）が、最大２μｍ、特に最大１μｍの平均直径を有することを特徴とする第１項に記載のアルミニウム合金。

【００９８】

３．軟質相もしくは軟質相粒子（18）が、200nm～700nmの範囲、特に350nm～550nmの範囲の平均直径を有することを特徴とする第１項に記載の装置アルミニウム合金。

【００９９】

４．硬質相もしくは硬質相粒子（19）の少なくとも90％、好ましくは少なくとも95％が、軟質相粒子（18）よりも小さい平均直径を有することを特徴とする第１項～第３項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。

【０１００】

５．硬質相もしくは硬質相粒子（19）の平均直径が、軟質相もしくは軟質相粒子（18）の平均直径の最大50％、好ましくは最大25％であることを特徴とする第４項に記載のアルミニウム合金。

【０１０１】

６．軟質相の割合が、15重量％と45重量％の間の範囲、好ましくは20重量％と40重量％の間の範囲にあることを特徴とする第１項～第５項のいずれか１項に記載のアルミニウム

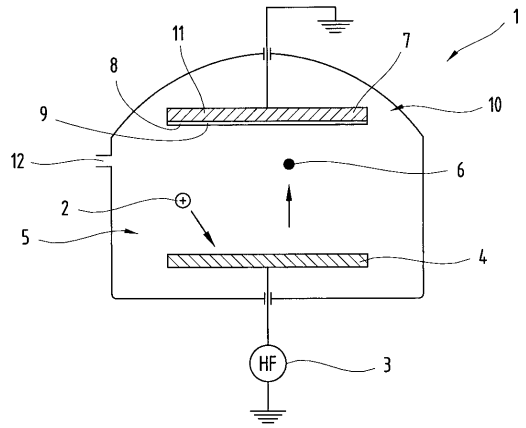
合金。
【０１０２】
７．軟質相の割合が、23重量％と28重量％の間の範囲にあることを特徴とする第１項～第５項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【０１０３】
８．硬質相の割合が、1.5重量％と40重量％の間の範囲にあることを特徴とする第１項～第７項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【０１０４】
９．硬質相の割合が、２重量％と20重量％の間の範囲、特に2.5重量％と17重量％の間の範囲にあることを特徴とする第１項～第８項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【０１０５】
１０．硬質相が、ケイ素より形成されており、および／または合金に占めるケイ素の割合が、３重量％と13.5重量％の間の範囲、好ましくは４重量％と11.5重量％の間の範囲にあることを特徴とする第１項～第９項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【０１０６】
１１．合金に占めるケイ素の割合が、7.5重量％と8.5重量％の間の範囲にあることを特徴とする第１項～第１０項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【０１０７】
１２．硬質相が、少なくとも銅により形成されており、かつ銅の割合が、0.5重量％と10重量％の間の範囲、特に１重量％と７重量％の間の範囲にあることを特徴とする第１項～第１１項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【０１０８】
１３．合金が、24重量％～26重量％のスズと、７重量％～８重量％のケイ素と、残余のアルミニウムと、通常存在し得る不純物とより形成されていることを特徴とする第１項～第１２項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【０１０９】
１４．硬質相の割合が、軟質相の割合に等しいか、またはそれよりも小さいことを特徴とする第１項～第１３項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金。
【０１１０】
１５．アルミニウム合金が第１項～第１４項のいずれか１項に従って形成されていることを特徴とする、アルミニウム合金からなる特に滑り部材のための被覆体（8）。
【０１１１】
１６．被覆体（8）の厚さが５μmと40μmの間の範囲、好ましくは10μmと25μmの間の範囲にあることを特徴とする第１５項に記載の被覆体（8）。
【０１１２】
１７．少なくとも１つの支持体（11）とその上に配置された表面層（9）とからなる複合材料（10）であって、表面層（9）が第１５項又は第１６項に記載の被覆体（8）より形成されていることを特徴とする複合材料（10）。
【０１１３】
１８．支持体（11）と表面層（9）との間に別の層が、拡散遮断層および／または付着層として形成されていることを特徴とする第１７項に記載の複合材料（10）。
【０１１４】
１９．別の層の厚さが、0.5μmと５μmの間の範囲、好ましくは１μmと３μmの間の範囲にあることを特徴とする第１７項又は第１８項に記載の複合材料（10）。
【０１１５】
２０．別の層が、純金属および／または第１の元素群または第２の元素群に属する元素の二元合金または三元合金より形成されていることを特徴とする第１８項又は第１９項に記載の複合材料（10）。
【０１１６】

２１．少なくとも１つの支持体（11）とその上に配置された表面層（9）とからなる複合材料（10）を製造する方法において、
第１項～第１４項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金を気相から堆積させて基体（11）上に表面層（9）として形成することを特徴とする複合材料（10）の製造方法。
【０１１７】
２２．支持体（11）と表面層（9）との間に最初に、別の層を支持体（11）上の拡散遮断層および／または付着層として堆積させることを特徴とする第２１項に記載の方法。
【０１１８】
２３．気相からの堆積をＰＶＤ法によって実施することを特徴とする第２１項又は第２２項に記載の方法。
【０１１９】
２４．ＰＶＤ法をスパッタ法、特に直流マグネトロンスパッタ法によって実施することを特徴とする第２３項に記載の方法。
【０１２０】
２５．被覆温度が、軟質相の溶融温度の90%より低いことを特徴とする第２１項～第２４項のいずれか１項に記載の方法。
【０１２１】
２６．堆積速度を0.1μｍ/minより大きく選択することを特徴とする第２１項～第２５項のいずれか１項に記載の方法。
【０１２２】
２７．スパッタガスとしてアルゴンを使用することを特徴とする第２１項～第２６項のいずれか１項に記載の方法。
【０１２３】
２８．滑り部材、たとえば滑り軸受、摩耗リングまたはブシュの滑り層を作製するための、第１項～第１４項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金の使用。
【０１２４】
２９．トライボロジカルに負荷される部材、たとえばシャフトまたは連接棒を被覆するための、第１項～第１４項のいずれか１項に記載のアルミニウム合金の使用。
【図面の簡単な説明】
【０１２５】
【図１】スパッタリング装置の概略的な構造を示す模式図である。
【図２】アルミニウム合金の粒子の頻度と分布を概略的に示すグラフである。
【図３】可能なアルミニウム合金からなる被覆の顕微鏡写真である。
【符号の説明】
【０１２６】
1　スパッタリング装置
2　イオン
3　発生源
4　ターゲット
5　プラズマ
6　原子
7　基体
8　被覆体
9　表面層
10　複合材料
11　支持体
12　通路
13　推移
14　推移
15　メジアン

16　メジアン
17　顕微鏡写真
18　軟質相粒子
19　硬質相粒子
20　アルミニウムマトリックス

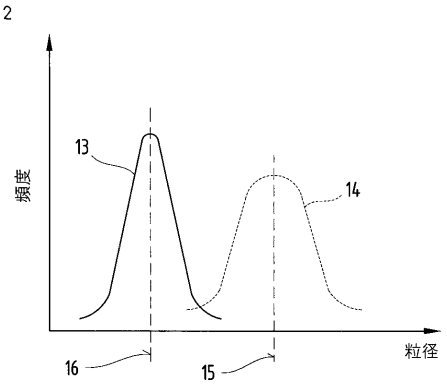
【図１】

図1



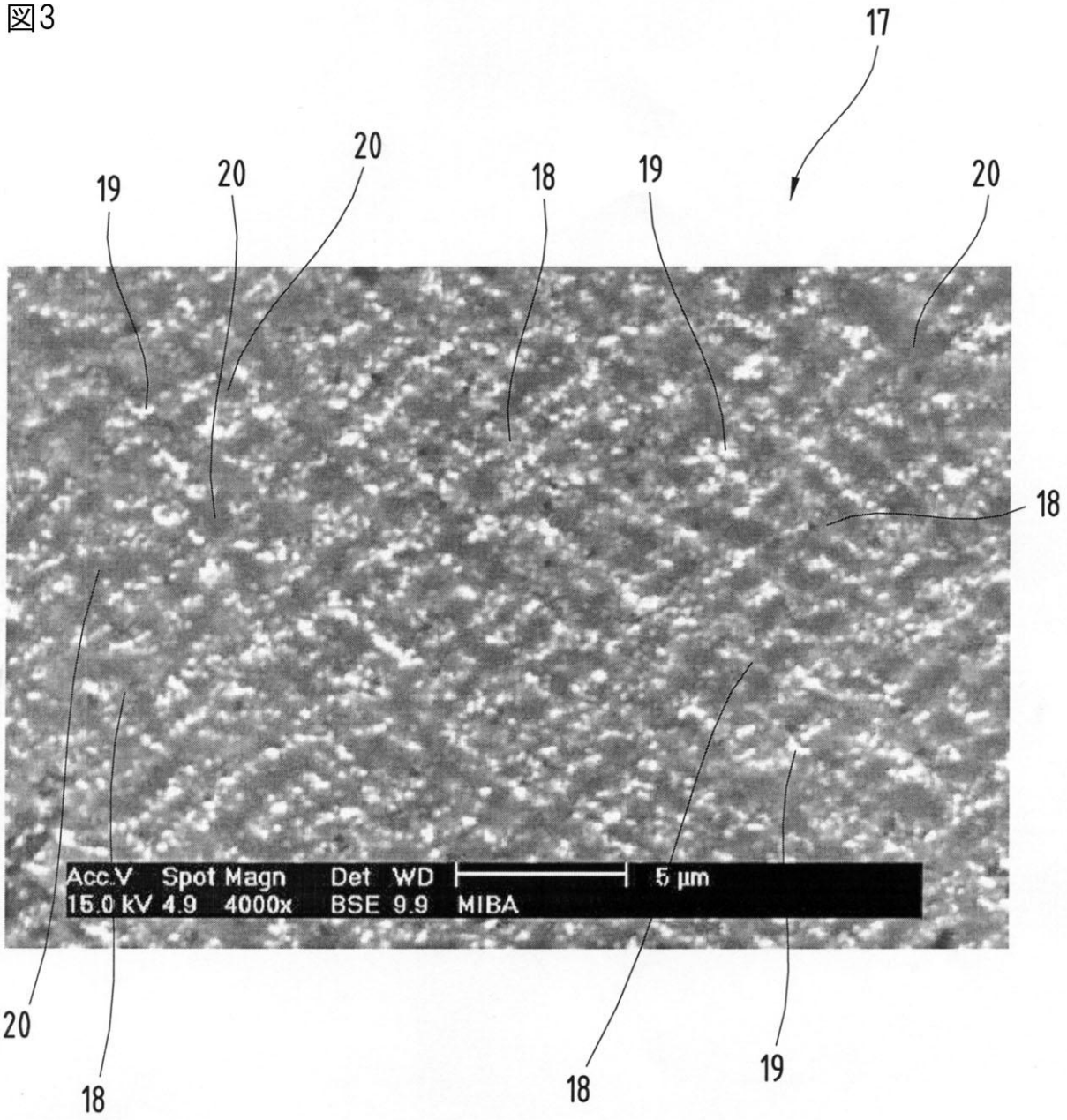
【図２】

図2



【図３】

図3


17
19
20
20
18
19
20
18
20
18
18
19
Acc.V Spot Magn Det WD 5 µm
15.0 kV 4.9 4000x BSE 9.9 MIBA

フロントページの続き

(74)代理人 100082898
弁理士 西山 雅也
(72)発明者 ロベルト メルゲン
オーストリア国, アー－４８１３ アルトミュンスター, アム ビーゼンホフ ６１
(72)発明者 バルター ゲルトナー
オーストリア国, アー－４８１０ グムンデン, イン ダー アウ ４４アー

Ｆターム(参考) 4K029 AA02 BA23 BC02 BD04 CA05 DC04 DC34 DC39