

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4902125号
(P4902125)

(45) 発行日 平成24年3月21日(2012.3.21)

(24) 登録日 平成24年1月13日(2012.1.13)

(51) Int. Cl.	F I				
GO2B 5/08	(2006.01)	GO2B	5/08	A	
BO1J 21/18	(2006.01)	BO1J	21/18	M	
BO1J 35/02	(2006.01)	BO1J	35/02	J	
BO1J 35/06	(2006.01)	BO1J	35/02	Z	
		BO1J	35/06	J	

請求項の数 5 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2005-54930 (P2005-54930)
 (22) 出願日 平成17年2月28日(2005.2.28)
 (65) 公開番号 特開2006-243044 (P2006-243044A)
 (43) 公開日 平成18年9月14日(2006.9.14)
 審査請求日 平成20年1月21日(2008.1.21)

(73) 特許権者 000173809
 財団法人電力中央研究所
 東京都千代田区大手町1丁目6番1号
 (74) 代理人 100099667
 弁理士 武政 善昭
 (74) 代理人 100107467
 弁理士 員見 正文
 (74) 代理人 100120101
 弁理士 畑▲崎▼ 昭
 (72) 発明者 古谷 正裕
 東京都千代田区大手町1-6-1 財団法人電力中央研究所CS推進本部CS推進部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鏡面を有する多機能材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チタン又はチタン合金からなる基体の表面を、炭化水素を主成分とするガスの燃焼炎を用いて高温で加熱処理するか、炭化水素を主成分とするガスの燃焼ガス雰囲気中で高温で加熱処理することにより、表面層の少なくとも一部を、炭素がTi-C結合の状態でドーブされた酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる炭素ドーブ酸化チタン層とし、該炭素ドーブ酸化チタン層に研磨による鏡面加工を施してなる、ことを特徴とする鏡面を有する多機能材。

【請求項2】

チタン又はチタン合金からなる基体の表面を、炭化水素を主成分とするガスの燃焼炎を用いて高温で加熱処理するか、炭化水素を主成分とするガスの燃焼ガス雰囲気中で高温で加熱処理することにより、表面層の少なくとも一部を、炭素がTi-C結合の状態でドーブされた酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の突起部を有する炭素ドーブ酸化チタン層とし、該炭素ドーブ酸化チタン層に研磨による鏡面加工を施してなる、ことを特徴とする鏡面を有する多機能材。

【請求項3】

チタン又はチタン合金からなる基体の表面を、炭化水素を主成分とするガスの燃焼炎を用いて高温で加熱処理するか、炭化水素を主成分とするガスの燃焼ガス雰囲気中で高温で加熱処理することにより、表面層の少なくとも一部を、炭素がTi-C結合の状態でドーブされた酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出してお

り、該微細柱が林立している層とし、該炭素ドーブ酸化チタン層に研磨による鏡面加工を施してなる、ことを特徴とする鏡面を有する多機能材。

【請求項4】

炭素ドーブされた酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる層が炭素を0.3～15at%含有している、ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の鏡面を有する多機能材。

【請求項5】

電解研磨またはバフ研磨による鏡面加工が施されてなる、ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載の鏡面を有する多機能材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

第1の発明は、表面層の少なくとも一部に炭素ドーブされた酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる層を有し、該炭素がTi-C結合の状態でもドーブされ、表面層に研磨による鏡面加工が施されてなる鏡面を有する多機能材に関し、より詳しくは、炭素がTi-C結合の状態でもドーブされており、耐久性（高硬度、耐スクラッチ性、耐磨耗性、耐薬品性、耐熱性）に優れ且つ可視光応答型光触媒として機能する層を有し、さらに表面層に鏡面加工が施されレーザーなどの高強度光の反射効果に優れた鏡面を有する多機能材に関する。

また、第2の発明は、鏡面を有する多機能材に関し、より詳しくは、表面層の少なくとも一部に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の突起部を有しているので揮発性有機化合物（VOC）も容易に吸着でき、表面積が大きく且つ炭素ドーブされているので光触媒としての活性が高く且つ可視光応答型光触媒として機能し、また硬度も高く、耐剥離性、耐磨耗性、耐薬品性、耐熱性に優れ、さらに表面層に鏡面加工が施されているのでレーザーなどの高強度光の反射効果にも優れた鏡面を有する多機能材に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、光触媒機能を呈する物質として二酸化チタンTiO₂（本明細書、請求の範囲においては、単に、酸化チタンという）が知られている。チタン金属上に酸化チタン膜を形成する方法として、1970年代より、チタン金属上に陽極酸化によって酸化チタン膜を形成する方法、酸素を供給した電気炉中でチタン金属板上に熱的に酸化チタン膜を形成する方法、チタン板を都市ガスの1100～1400の火炎中で加熱してチタン金属上に酸化チタン膜を形成する方法等が知られている（非特許文献1参照）。

【0003】

このような光触媒機能により消臭、抗菌、防曇や防汚の効果が得られる光触媒製品を製造する場合、一般的には、酸化チタンゾルをスプレーコーティング、スピンドコーティング、ディッピング等により基体上に付与して成膜している（例えば、特許文献1～3参照）が、そのように成膜された皮膜は剥離や摩耗が生じやすいので、長期に亘っての使用が困難であった。なお、スパッタリング法によって光触媒皮膜を成膜する方法も知られている（例えば、特許文献4～5参照）。

【0004】

また、酸化チタンを光触媒として機能させるためには波長が400nm以下の紫外線が必要であるが、種々の元素をドーブして可視光により機能する酸化チタン光触媒の研究が数多く実施されている。例えば、F、N、C、S、P、Ni等をそれぞれドーブした酸化チタンを比較して、窒素ドーブ酸化チタンが可視光応答型光触媒として優れているという報告がある（非特許文献2参照）。

【0005】

また、このように他元素をドーブした酸化チタン光触媒としては、酸化チタンの酸素サイトを窒素等の原子で置換してなるチタン化合物、酸化チタンの結晶の格子間に窒素等の原子をドーピングしてなるチタン化合物、或いは酸化チタン結晶の多結晶集合体の粒界に窒素等の原子を配してなるチタン化合物からなる光触媒が提案されている（例えば、特許

10

20

30

40

50

文献6～9等参照)。しかしながら、そのような光触媒は耐摩耗性等の耐久性の点については必ずしも満足できるものではない。更に、例えば、天然ガス及び酸素の流量を調整することによって燃焼炎の温度が850℃付近に維持された天然ガス燃焼炎をチタン金属に当てることにより化学修飾酸化チタンである $n\text{-TiO}_2\text{-xCx}$ が得られ、これが535nm以下の光を吸収する旨の報告がある(非特許文献3参照)。

【0006】

更に、CVD法又はPVD法などの各種製法により作製した結晶核を無機金属化合物又は有機金属化合物から成るゾル溶液中加入するか、又は該結晶核にゾル溶液を塗布し、固化させ、熱処理して酸化チタン結晶を該結晶核より成長させることにより、その結晶核より成長させた酸化チタン結晶の結晶形状が柱状結晶を成すことで高活性な光触媒機能が得られることが知られている(例えば、特許文献10～12参照)。しかしながら、その場合には単に基体上に置かれた種結晶から柱状結晶が成長するだけであるので、形成された柱状結晶は基体への付着強度が充分ではなく、それでそのようにして作製された光触媒は耐摩耗性等の耐久性の点については必ずしも満足できるものではない。

【特許文献1】特開平09-241038号公報

【特許文献2】特開平09-262481号公報

【特許文献3】特開平10-053437号公報

【特許文献4】特開平11-012720号公報

【特許文献5】特開2001-205105号公報

【特許文献6】特開2001-205103号公報(特許請求の範囲)

【特許文献7】特開2001-205094号公報(特許請求の範囲)

【特許文献8】特開2002-95976号公報(特許請求の範囲)

【特許文献9】国際公開第01/10553号パンフレット(請求の範囲)

【特許文献10】特開2002-253975号公報

【特許文献11】特開2002-370027号公報

【特許文献12】特開2002-370034号公報

【非特許文献1】A. Fujishima et al., J. Electrochem. Soc. Vol. 122, No. 11, p. 1487-1489, November 1975

【非特許文献2】R. Asahi et al., SCIENCE Vol. 293, 2001年7月13日, p. 269-271

【非特許文献3】Shahed U. M. Khan et al., SCIENCE Vol. 297, 2002年9月27日, p. 2243-2245

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ここで従来の酸化チタン系光触媒は、紫外線応答型のもの及び可視光応答型のものの何れも耐久性(高硬度、耐スクラッチ性、耐摩耗性、耐薬品性、耐熱性)に問題があり、実用化の面でのネックとなっていた。

【0008】

そこで第1の発明は、表面層として耐久性(高硬度、耐スクラッチ性、耐摩耗性、耐薬品性、耐熱性)に優れ且つ可視光応答型光触媒として機能する炭素ドープ酸化チタン層を有し、さらにレーザなどの高温である高強度光の反射に適した鏡面を有する多機能材を提供することを目的としている。

【0009】

また、第2の発明は、VOCも容易に吸着でき、表面積が大きく且つ炭素ドープされているので光触媒としての活性が高く且つ可視光応答型光触媒として機能し、耐剥離性、耐摩耗性、耐薬品性、耐熱性に優れ、高強度光の反射に適した鏡面を有する多機能材を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者は上記の目的を達成するために鋭意検討した結果、表面層がチタン又はチタン

10

20

30

40

50

合金からなる基体の表面を、炭化水素を主成分とするガスの燃焼炎を用いて高温で加熱処理等し、さらに表面層に研磨を施すことにより、炭素がTi-C結合の状態にドーブされており、耐久性（高硬度、耐スクラッチ性、耐磨耗性、耐薬品性、耐熱性）に優れ且つ可視光応答型光触媒として機能する炭素ドーブ酸化チタンを表面層として有し、レーザなどの高温である高強度光の反射に適した部材（鏡面を有する多機能材）が得られることを見出し、本発明を完成させるに至った。

【0011】

即ち、本発明の第1の鏡面を有する多機能材は、チタン又はチタン合金からなる基体の表面を所定の条件下で加熱処理することにより、少なくとも表面層が炭素ドーブ酸化チタン層からなり、該炭素がTi-C結合の状態にドーブされており、表面層に研磨による鏡面加工が施されてなり、耐久性に優れ且つ可視光応答型光触媒として機能し、さらに高強度光の反射効果に適した多機能材（第1の鏡面を有する多機能材）であることを特徴とする。

10

【0012】

さらに、本発明者は上記の目的を達成するために鋭意検討した結果、少なくとも表面層がチタン又はチタン合金からなる基体の表面に不飽和炭化水素、特にアセチレンの燃焼炎を直接当てて特定の条件下で加熱処理するか、又は該基体の表面を特定の条件下で不飽和炭化水素、特にアセチレンの燃焼排ガス雰囲気中で加熱処理することによって、該表面層内部に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が形成されること、該微細柱が林立している層を該表面層に沿う方向で切断させて該基体上の少なくとも一部に該酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出している部材と、薄膜上に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している部材とが得られること、即ち、この両者とも表面の少なくとも一部に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の突起部を有していること、この両者とも有用な多機能材であること、また該酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる突起部である微細柱、連続した狭幅突起部が炭素ドーブされていることにより、光触媒活性が高く、可視光応答型光触媒として機能し、更にVOCも容易に吸着でき、硬度も高く、耐剥離性、耐磨耗性、耐薬品性、耐熱性に優れた多機能材が得られること、そして、当該多機能材の表面層に研磨を施すことによりレーザなどの高強度光の反射効果が得られることを見出し、本発明を完成した。

20

30

【0013】

即ち、本発明の第2の鏡面を有する多機能材は、表面の少なくとも一部に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の突起部を有しており、例えば、表面の少なくとも一部に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出しているか又は薄膜上に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出しており、該突起部、例えば該微細柱、該狭幅突起部が炭素ドーブされ、さらに表面層に研磨による鏡面加工が施されてなる多機能材（第2の多機能材）であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明の第1の鏡面を有する多機能材は、耐久性（高硬度、耐スクラッチ性、耐磨耗性、耐薬品性、耐熱性）に優れ且つ可視光応答型光触媒として機能するので、可視光応答型光触媒として使用できるだけでなく、従来硬質クロムめっきが利用されていた種々の技術分野にも有意に利用できる。また、基材の電位を低下させて孔食や全面腐食、並びに応力腐食割れ等の防止等を目的とする製品への応用が期待できる。さらに、紫外線のみならず線等の放射線に反応する放射線応答型触媒として使用すれば、他の成膜手法と比較して容易に成膜でき、かつ耐久性を向上させることもできる。また、表面層に研磨による鏡面加工が施されているので、レーザなどの反射効果を得ることができる。なおこの多機能材は耐熱性が高いため高温である高強度光の反射板に用いるのに特に適している。

40

【0015】

50

本発明の第2の鏡面を有する多機能材は、光触媒活性が高く、可視光応答型光触媒として機能し、更にVOCも容易に吸着でき、硬度も高く、耐剥離性、耐摩耗性、耐薬品性、耐熱性に優れ、さらにレーザなどの高強度光の反射効果を得ることもできる。

【0016】

なお本発明の鏡面を有する多機能材は、その耐久性により海水中や薬品中で利用した場合にも腐食することがほとんどなく、また、有機質分解作用により海中で使用される場合にも海洋生物の付着が低減される。

さらに本発明の鏡面を有する多機能材は、湿度が高い場所で利用されても、光親水性による防曇効果が発現し、曇りにくいといった効果もある。

【0017】

なお、耐久性を重視するなら第1の多機能材を用いるのが好ましく、光触媒活性の高さを重視するなら第2の多機能材を用いるのが好ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明を実施するための最良の一形態について説明する。

【0019】

本発明の第1の鏡面を有する多機能材は、少なくとも表面層がチタン又はチタン合金からなる基体の表面を、例えば、炭化水素を主成分とするガスの燃焼炎を用いて高温で加熱処理することにより製造することができるが、この少なくとも表面層がチタン又はチタン合金からなる基体は、その基体の全体がチタン又はチタン合金で構成されていても、或いは表面部形成層と心材とで構成されていてそれらの材質が異なってもよい。また、その基体の形状については、高硬度、耐スクラッチ性、耐摩耗性、耐薬品性、耐熱性等の耐久性が望まれる最終商品形状（平板状や立体状）や、表面に可視光応答型光触媒機能を有することが望まれる最終商品形状であってもよい。

【0020】

少なくとも表面層がチタン又はチタン合金からなる基体が表面部形成層と心材とで構成されていてそれらの材質が異なっている場合には、その表面部形成層の厚さは形成される炭素ドーパ酸化チタン層の厚さと同様であっても（即ち、表面部形成層全体が炭素ドーパ酸化チタン層となる）、厚くてもよい（即ち、表面部形成層の厚さ方向の一部が炭素ドーパ酸化チタン層となり、一部がそのまま残る）。また、その心材の材質は第1の発明の製造方法における加熱処理の際に燃焼したり、溶融したり、変形したりするものでなければ、特に制限されることはない。例えば、心材として鉄、鉄合金、非鉄合金、セラミックス、その他の陶磁器、高温耐熱性ガラス等を用いることができる。このような薄膜状の表面層と心材とで構成されている基体としては、例えば、心材の表面にチタン又はチタン合金からなる皮膜をスパッタリング、蒸着、溶射等の方法で形成したもの、あるいは、市販の酸化チタンゾルをスプレーコーティング、スピコーティングやディッピングにより心材の表面上に付与して皮膜を形成したもの等を挙げることができる。

【0021】

また、第1の鏡面を有する多機能材は、炭素ドーパされた酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる層と中間層と心材とで構成されており、該中間層がチタン又はチタン合金であり、該心材がチタン又はチタン合金以外の材質で構成されていてもよい。

【0022】

上記のチタン合金として公知の種々のチタン合金を用いることができ、特に制限されることはない。例えば、Ti-6Al-4V、Ti-6Al-6V-2Sn、Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo、Ti-10V-2Fe-3Al、Ti-7Al-4Mo、Ti-5Al-2.5Sn、Ti-6Al-5Zr-0.5Mo-0.2Si、Ti-5.5Al-3.5Sn-3Zr-0.3Mo-1Nb-0.3Si、Ti-8Al-1Mo-1V、Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo、Ti-5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr、Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn、Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn、Ti-15Mo-5Zr-3Al、Ti-15Mo-5Zr、Ti-13V-11Cr

10

20

30

40

50

- 3 A 1 等を用いることができる。

【 0 0 2 3 】

第 1 の鏡面を有する多機能材の製造においては、炭化水素、特にアセチレンを主成分とするガスの燃焼炎を用いることができ、特に還元炎を利用することが望ましい。第 1 の鏡面を有する多機能材の製造においてはこの炭化水素を主成分とするガスとは炭化水素を少なくとも 5 0 容量%含有するガスを意味し、例えば、アセチレンを少なくとも 5 0 容量%含有し、適宜、空気、水素、酸素等を混合したガスを意味する。この鏡面を有する多機能材の製造においては、炭化水素を主成分とするガスがアセチレンを 5 0 容量%以上含有することが好ましく、炭化水素がアセチレン 1 0 0 %であることが最も好ましい。不飽和炭化水素、特に三重結合を有するアセチレンを用いた場合には、その燃焼の過程で、特に還元炎部分で、不飽和結合部分が分解して中間的なラジカル物質が形成され、このラジカル物質は活性が強いので炭素ドーブが生じ易いと考えられる。

10

【 0 0 2 4 】

第 1 の鏡面を有する多機能材の製造において、加熱処理する基体の表面層がチタン又はチタン合金である場合には、該チタン又はチタン合金を酸化する酸素が必要であり、その分だけ空気又は酸素を含んでいる必要がある。

【 0 0 2 5 】

第 1 の鏡面を有する多機能材の製造においては、表面層がチタン又はチタン合金からなる基体の表面を、炭化水素を主成分とするガスの燃焼炎を用いて高温で加熱処理するが、この場合に、基体の表面に炭化水素を主成分とするガスの燃焼炎を直接当てて高温で加熱処理しても、そのような基体の表面を炭化水素を主成分とするガスの燃焼ガス雰囲気中で高温で加熱処理してもよく、この加熱処理は例えば炉内で実施することができる。燃焼炎を直接当てて高温で加熱処理する場合には、上記のような燃料ガスを炉内で燃焼させ、その燃焼炎を該基体の表面に当てればよい。燃焼ガス雰囲気中で高温で加熱処理する場合には、上記のような燃料ガスを炉内で燃焼させ、その高温の燃焼ガス雰囲気を利用する。

20

【 0 0 2 6 】

加熱処理については、基体の表面温度が 9 0 0 ~ 1 5 0 0 、好ましくは 1 0 0 0 ~ 1 2 0 0 となり、基体の表面層として炭素が T i - C 結合の状態にドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層が形成されるように加熱処理する必要がある。基体の表面温度が 9 0 0 未満で終わる加熱処理の場合には、得られる炭素ドーブ酸化チタン層を有する基体の耐久性は不十分となり、且つ可視光下での光触媒活性も不十分となる。一方、基体の表面温度が 1 5 0 0 を超える加熱処理の場合には、加熱処理後の冷却時にその基体表面部から極薄膜の剥離が生じ、第 1 の発明で目的としている耐久性（高硬度、耐スクラッチ性、耐磨耗性、耐薬品性、耐熱性）の効果が得られない。又、基体の表面温度が 9 0 0 ~ 1 5 0 0

30

の範囲内となる加熱処理の場合であっても、加熱処理時間が長くなると、加熱処理後の冷却時にその基体表面部から極薄膜の剥離が生じ、第 1 の発明で目的としている耐久性（高硬度、耐スクラッチ性、耐磨耗性、耐薬品性、耐熱性）の効果が得られないので、加熱処理後の冷却時にその基体表面部に剥離をもたらさない程度の時間であることが必要である。即ち、その加熱処理時間は該表面層を炭素が T i - C 結合の状態にドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層とするのに十分な時間であるが加熱後の冷却時にその基体表面部からの極薄膜の剥離をもたらすことのない時間である必要がある。この加熱処理時間は加熱温度と相関関係にあるが、約 4 0 0 秒以下であることが好ましい。

40

【 0 0 2 7 】

第 1 の鏡面を有する多機能材の製造においては、加熱温度及び加熱処理時間を調整することにより炭素を 0 . 3 ~ 1 5 a t %、好ましくは 1 ~ 1 0 a t %含有する炭素が T i - C 結合の状態にドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層を比較的容易に得ることができる。炭素のドーブ量が少ない場合には炭素ドーブ酸化チタン層は透明であり、炭素のドーブ量が増えるに従って炭素ドーブ酸化チタン層は半透明、不透明となる。従って、透明な板状心材の上に透明な炭素ドーブ酸化チタン層を形成することにより耐久性（高硬度、耐スクラッチ性、耐磨耗性、耐薬品性、耐熱性）に優れ且つ可視光応答型光触媒として機能する

50

透明板を得ることができ、また、表面に有色模様を有する板上に透明な炭素ドーブ酸化チタン層を形成することにより耐久性（高硬度、耐スクラッチ性、耐摩耗性、耐薬品性、耐熱性）に優れ且つ可視光応答型光触媒として機能する化粧板を得ることができる。

【0028】

炭素がTi-C結合の状態で行われた炭素ドーブ酸化チタン層を有する鏡面を有する多機能材においては、炭素ドーブ酸化チタン層の厚さは10nm以上であることが好ましく、高硬度、耐スクラッチ性、耐摩耗性を達成するためには50nm以上であることが一層好ましい。炭素ドーブ酸化チタン層の厚さが10nm未満である場合には、得られる炭素ドーブ酸化チタン層を有する鏡面を有する多機能材の耐久性は不十分となる傾向がある。炭素ドーブ酸化チタン層の厚さの上限については、コストと達成される効果とを考慮する必要はあるが、特に制限されるものではない。

10

【0029】

第1の鏡面を有する多機能材の炭素ドーブ酸化チタン層は、前記した非特許文献3に記載されているような化学修飾酸化チタンや、従来から提案されている種々の原子又はアニオンXをドーブしてなるチタン化合物Ti-O-Xを含有する酸化チタンとは異なり、炭素を比較的少量に含有し、ドーブされた炭素がTi-C結合の状態に含まれている。この結果として、耐スクラッチ性、耐摩耗性等の機械的強度が向上し、ビッカース硬度が著しく増大すると考えられる。また、耐熱性も向上する。

【0030】

第1の鏡面を有する多機能材の炭素ドーブ酸化チタン層は、300以上、好ましくは500以上、さらに好ましくは700以上、最も好ましくは1000以上のビッカース硬度を有している。1000以上のビッカース硬度は硬質クロムめっきの硬度よりも固いものである。従って、第1の鏡面を有する多機能材は、従来硬質クロムめっきが利用されていた種々の技術分野に有意に利用できる。

20

【0031】

第1の鏡面を有する多機能材の炭素ドーブ酸化チタン層は、紫外線は勿論、400nm以上の波長の可視光にも応答し、光触媒として有効に作用するものである。従って、第1の鏡面を有する多機能材は可視光応答型光触媒として使用することができ、室外は勿論、室内でも光触媒機能を発現する。また、第1の鏡面を有する多機能材の炭素ドーブ酸化チタン層は接触角3°以下の超親水性を示す。

30

【0032】

更に、第1の鏡面を有する多機能材の炭素ドーブ酸化チタン層は耐薬品性にも優れており、1M硫酸及び1M水酸化ナトリウムのそれぞれの水溶液に一週間浸漬した後、皮膜硬度、耐摩耗性及び光電流密度を測定し、処理前の測定値と比較したところ、有為な変化はみられなかった。因みに、市販の酸化チタン皮膜については、一般的にはバインダーはその種類によって酸又はアルカリに溶解するので膜が剥離してしまい、耐酸性、耐アルカリ性がほとんどない。

【0033】

更に、本発明の第1の鏡面を有する多機能材の炭素ドーブ酸化チタン層は、線等の放射線にも応答する触媒としても使用できる。すなわち、本発明者らは、酸化チタン等の溶解膜が放射線に応答して原子炉構造部材の応力腐食割れやスケール付着等を抑制することを先に発明しているが、本発明の第1の鏡面を有する多機能材の炭素ドーブ酸化チタン層も同様にこのような放射線応答型触媒として使用した場合に、基材の電位を低下させて孔食や全面腐食、並びに応力腐食割れを抑制でき、また酸化力によりスケールや汚れ等を分解することができるという効果を奏する。他の放射線触媒の成膜法と比較して簡便であり、かつ耐薬品性及び耐摩耗性等の耐久性の観点からも優れている。

40

【0034】

本発明の第1の鏡面を有する多機能材の製造においては、上述した加熱処理が施されたあと、多機能材の表面を鏡面化するための研磨処理が施される。鏡面化は、多機能材の表面を平滑化する場合には例えば電解研磨やバフ研磨などの研磨方法による。「電解研磨」

50

は、正極とされた多機能材の表面層と対極との間に、電解液を介して直流電流を流すことで、多機能材の表面を平滑化する研磨方法である。電解研磨によって多機能材の表面が平滑化されると、その表面が光沢のある鏡面状となる。すなわち、多機能材の表面は鏡面加工が施された状態となり、鏡面を有する多機能材の表面に入射したレーザ光などの光が反射されるようになる。このように、電解研磨処理による鏡面加工が施されることによって、レーザなどの高強度光の反射効果を得ることができる。

【0035】

なお、研磨処理が施された鏡面を有する多機能材においては、研磨処理が施される前の状態にて得られていた上述した各種効果がほぼそのまま維持されている。

【0036】

因みに本発明の鏡面を有する多機能材は波長の短い可視光や紫外線を吸収するため、これを鏡として利用するときには問題が生じる場合がある。しなしながらその場合には、上記加熱処理で望ましいとされている還元炎を中性炎に近づける方法か、成膜後に酸素や一酸化炭素ガスなどの酸化力の高いガス雰囲気中で酸化させる方法の一方または両方の方法により、カーボンドープ量を減少させ、これにより吸収波長帯をルチルの410nmまで短波長化ができる。

【0037】

本発明の第2の鏡面を有する多機能材は、少なくとも表面層がチタン又はチタン合金からなる基体の表面を例えば不飽和炭化水素、特にアセチレンの燃焼炎で加熱処理して、該表面層内部に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層を形成させ、次いで、例えば熱応力、剪断応力、引張力を与えて、該微細柱が林立している層を該表面層に沿う方向で切断させて該基体上の少なくとも一部に、普通には該基体上の大部分に該酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出している部材と、薄膜上に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している部材とを得ることにより製造できる。

【0038】

この少なくとも表面層がチタン又はチタン合金からなる基体は、その基体の全体がチタン又はチタン合金で構成されていてもよく、或いはチタン又はチタン合金からなる表面部形成層とその他の材質からなる心材とで構成されていてもよい。また、その基体の形状については、光触媒活性及び/又は超親水性が望まれる如何なる最終商品形状(平板状や立

【0039】

少なくとも表面層がチタン又はチタン合金からなる基体が、チタン又はチタン合金からなる表面部形成層とその他の材質からなる心材とで構成されている場合には、その表面部形成層の厚さ(量)は形成される酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層の量に匹敵する厚さであっても(即ち、表面部形成層全体が酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層となる)、それより厚くてもよい(即ち、表面部形成層の厚さ方向の一部が酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層となり、残部が変化しないでそのまま残る)。また、その心材の材質は第2の鏡面を有する多機能材の製造における加熱処理の際に燃焼したり、熔融したり、変形したりするものでなければ、特に制限されることはない。例えば、心材として鉄、鉄合金、非鉄合金、ガラス、セラミックス、その他の陶磁器を用いることができる。このような薄膜状の表面層と心材とで構成されている基体としては、第1の発明で記載されたものと、同様のものを使用することができる。この表面層の厚さについては好ましくは0.5μm以上、より好ましくは4μm以上である。

【0040】

チタン合金としては、公知の種々のチタン合金を用いることができ、特に制限されることはなく、第1の鏡面を有する多機能材と同様のものが用いられる。

【0041】

第2の鏡面を有する多機能材の製造においては、例えば、不飽和炭化水素、特にアセチ

10

20

30

40

50

レンを主成分とするガスの燃焼炎を用い、特に還元炎を利用することが望ましい。第2の鏡面を有する多機能材の製造においては不飽和炭化水素を少なくとも50容量%含有するガス、例えば、アセチレンを少なくとも50容量%含有し、適宜、空気、水素、酸素等を混合したガスを用いることが好ましい。第2の鏡面を有する多機能材の製造においては、燃料成分がアセチレン100%であることが最も好ましい。不飽和炭化水素、特に三重結合を有するアセチレンを用いた場合には、その燃焼の過程で、特に還元炎部分で、不飽和結合部分が分解して中間的なラジカル物質が形成され、このラジカル物質は活性が強いので炭素ドーブが生じ易く、ドーブされた炭素がTi-C結合の状態に含まれる。このように微細柱に炭素ドーブが生じると微細柱の硬度が高くなり、結果として鏡面を有する多機能材の硬度、耐磨耗性等の機械的強度が向上し、耐熱性も向上する。

10

【0042】

第2の鏡面を有する多機能材の製造においては、表面層がチタン又はチタン合金からなる基体の表面に燃焼炎を直接当てて加熱処理するか、又は該基体の表面を燃焼排ガス雰囲気中で加熱処理するのであるが、この加熱処理は例えばガスバーナーにより、或いは炉内で実施することができる。燃焼炎を直接当てて高温で加熱処理する場合には、ガスバーナーにより、その燃焼炎を該基体の表面に当てればよい。燃焼排ガス雰囲気中で高温で加熱処理する場合には、上記のような燃料ガスを炉内で燃焼させ、その高温の燃焼排ガスを含む雰囲気を利用すればよい。

【0043】

加熱処理については、少なくとも表面層がチタン又はチタン合金からなる該表面層内部に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層を形成させ、次いで、例えば熱応力、剪断応力、引張力を与えて、該微細柱が林立している層を該表面層に沿う方向で切断させて該基体上の少なくとも一部に該酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出している部材と、薄膜上に該酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の連続した幅狭突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している部材とを得ることが可能なように、加熱温度、加熱処理時間を調整する必要がある。この加熱処理は600以上の温度で実施することが好ましい。

20

【0044】

このような条件下で加熱処理することにより、微細柱が林立している層の高さが1~20 μm 程度であり、その上の薄膜の厚さが0.1~10 μm 程度であり、微細柱の平均太さが0.2~3 μm 程度である中間体が形成される。その後、例えば熱応力、剪断応力、引張力を与えて、該微細柱が林立している層を該表面層に沿う方向で切断させることにより、該基体上の少なくとも一部に該酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出している部材（即ち、基体上の微細柱が林立している層の上に存在していた薄膜の全部又は大部分が剥離するが、微細柱が林立している層の上に存在していた薄膜の一部が剥離しないで残ることがある）と、薄膜上に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している部材とを得る。

30

【0045】

熱応力を与えて微細柱が林立している層を表面層に沿う方向で切断させる場合には、例えば、基体の表面及び裏面の何れか一方を冷却するか、又は加熱することにより基体の表面と裏面との間に温度差を設ける。この冷却方法として例えば上記の熱い中間体の表面又は裏面の何れかを冷却用物体、例えばステンレスブロックと接触させるか、冷氣（常温の空気）を上記の熱い中間体の表面又は裏面の何れかに吹き付ける。上記の熱い中間体を放冷しても熱応力が生じるが、その程度は低い。

40

【0046】

剪断応力を与えて微細柱が林立している層を表面層に沿う方向で切断させる場合には、例えば、上記の中間体の表面及び裏面に摩擦力により相対的に逆方向の力を与える。また、引張力を与えて微細柱が林立している層を表面層に沿う方向で切断させる場合には、例えば、真空吸着盤等を用いて上記の中間体の表面及び裏面をそれらの面の垂直方向で逆方

50

向に引張る。なお、基体上の少なくとも一部に該酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出している部材のみを利用する場合には、上記の中間体の薄膜上に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している部材に相当する部分を研磨、スパッタリング等によって除去することもできる。

【0047】

上記のようにして得られた基体上の少なくとも一部に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出している部材においては、微細柱が林立している層を表面層に沿う方向で切断させた微細柱の高さ位置によって微細柱が林立している層の高さが変化するが、微細柱が林立している層の高さは一般的には1~20 μm 程度であり、微細柱の平均太さが0.5~3 μm 程度である。この部材はVOCを容易に吸着でき、表面積が大きいので光触媒としての活性が高く、更には皮膜硬度も高く、耐剥離性、耐摩耗性、耐薬品性、耐熱性にも優れた鏡面を有する多機能材である。

10

【0048】

一方、上記のようにして得られた薄膜上に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している部材は小片状となり、各小片上の突起部の高さは2~12 μm 程度であり、該微細柱の高さは微細柱が林立している層を表面層に沿う方向で切断させた微細柱の高さ位置によって変化するが、微細柱が林立している層の高さは一般的には1~5 μm 程度であり、微細柱の平均太さが0.2~0.5 μm 程度である。しかし、微細柱が林立している層を表面層に沿う方向で切断させる条件によっては微細柱がほとんど存在しないで多数の連続した幅狭突起部が露出している場合もある。この部材もVOCを吸着でき、表面積が大きいので光触媒としての活性が高い。また、この部材はそのまま用いることも粉碎して用いることもでき、その粉碎物もVOCを容易に吸着でき、表面積が大きいので光触媒としての活性が高い。

20

【0049】

第2の鏡面を有する多機能材においては、酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱、多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が炭素ドーピングされているので、紫外線は勿論、400nm以上の波長の可視光にも応答し、光触媒として特に有効に作用し、可視光応答型光触媒として使用することができ、室外は勿論、室内でも光触媒機能を発現する。

30

【0050】

第2の鏡面を有する多機能材を構成する酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層の各々の微細柱の形状については、図10及び図13の顕微鏡写真から判断されるように、角柱状、円柱状、角錐状、円錐状、逆角錐状若しくは逆円錐状等で、基板の表面とは直角方向又は傾斜した方向に真っ直ぐ伸びているもの、湾曲又は屈曲しながら伸びているもの、枝状に分岐して伸びているもの、それらの複合体状のもの等がある。また、その全体形状としては、霜柱状、起毛カーペット状、珊瑚状、列柱状、積木で組み立てられた柱状等の種々の表現で示すことができる。また、それらの微細柱の太さ、高さ、その付け根(底面)の大きさ等は加熱条件等により変化する。

40

【0051】

薄膜状に酸化チタン又はチタン合金酸化物からなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している部材は、図12の顕微鏡写真から判断されるように、その多数の連続した幅狭突起部はクルミの殻の外側の外見、軽石の外見をしていると見ることができ、また各々の連続した狭幅突起部は湯じわやちぢみ状の様子が屈曲していると見ることができ、また、該突起部上に林立している微細柱の形状は上記した基体上の微細柱が林立している層の各々の微細柱の形状と同様であるが、微細柱と薄膜との接合部で切断されるものが多いので、該突起部上に林立している微細柱の密度は上記の基体上の微細柱が林立している層の微細柱の密度よりも一般的に小さくなる。

【実施例】

【0052】

50

以下に、実施例及び比較例に基づいて本発明をさらに詳細に説明する。

【0053】

[実施例1～3]

アセチレンの燃焼炎を用い、厚さ0.3mmのチタン板をその表面温度が約1100となるように加熱処理することにより、表面層として炭素がTi-C結合の状態にドーピングされた炭素ドーピング酸化チタン層を有するチタン板を形成した。1100での加熱処理時間をそれぞれ5秒(実施例1)、3秒(実施例2)、1秒(実施例3)に調整することにより炭素ドーピング量及び炭素ドーピング酸化チタン層の厚さが異なる炭素ドーピング酸化チタン層を有するチタン板を形成した。

【0054】

この実施例1～3で形成された炭素がTi-C結合の状態にドーピングされた炭素ドーピング酸化チタン層について蛍光X線分析装置で炭素含有量を求めた。その炭素含有量に基づいて $TiO_{2-x}C_x$ の分子構造を仮定すると、実施例1については炭素含有量8at%、 $TiO_{1.76}C_{0.24}$ 、実施例2については炭素含有量約3.3at%、 $TiO_{1.90}C_{0.10}$ 、実施例3については炭素含有量1.7at%、 $TiO_{1.95}C_{0.05}$ であった。また、実施例1～3で形成された炭素がTi-C結合の状態にドーピングされた炭素ドーピング酸化チタン層は、水滴との接触角が2°程度の超親水性であった。

【0055】

[比較例1]

市販されている酸化チタンゾル(石原産業製STS-01)を厚さ0.3mmのチタン板にスピコートした後、加熱して密着性を高めた酸化チタン皮膜を有するチタン板を形成した。

【0056】

[比較例2]

SUS板上に酸化チタンがスプレーコートされている市販品を比較例2の酸化チタン皮膜を有する基体とした。

【0057】

試験例1(ピッカース硬度)

実施例1の炭素がTi-C結合の状態にドーピングされた炭素ドーピング酸化チタン層及び比較例1の酸化チタン皮膜について、ナノハードネステスター(NHT)(スイスのCSM Instruments製)により、圧子:ベルコピッチタイプ、試験荷重:2mN、負荷除荷速度:4mN/minの条件下で皮膜硬度を測定したところ、実施例1の炭素がTi-C結合の状態にドーピングされた炭素ドーピング酸化チタン層はピッカース硬度が1340と高い値であった。一方、比較例1の酸化チタン皮膜のピッカース硬度は160であった。

【0058】

これらの結果を図1に示す。なお、参考のため、硬質クロムメッキ層及びニッケルメッキ層のピッカース硬度の文献値(友野、「実用めっきマニュアル」、6章、オーム社(1971)から引用)を併せて示す。実施例1の炭素がTi-C結合の状態にドーピングされた炭素ドーピング酸化チタン層は、ニッケルメッキ層や硬質クロムメッキ層よりも高硬度であることは明らかである。

【0059】

試験例2(耐スクラッチ性)

実施例1の炭素がTi-C結合の状態にドーピングされた炭素ドーピング酸化チタン層及び比較例1の酸化チタン皮膜について、マイクロスクラッチテスター(MST)(スイスのCSM Instruments製)により、圧子:ロックウェル(ダイヤモンド)、先端半径200μm、初期荷重:0N、最終荷重:30N、負荷速度:50N/min、スクラッチ長:6mm、ステージ速度:10.5mm/minの条件下で耐スクラッチ性試験を実施した。スクラッチ痕内に小さな膜の剥離が起こる「剥離開始」荷重及びスクラッチ痕全体に膜の剥離が起こる「全面剥離」荷重を求めた。その結果は第1表に示す通りであった。

【表 1】

	実施例 1	比較例 1
剥離開始荷重 (N)	18.7	3.7
全面剥離荷重 (N)	25.7	5.9

10

【0060】

この表からも明らかのように、実施例 A の炭素ドーブ酸化チタン層が比較例 1 の酸化チタン皮膜よりも耐スクラッチ性に優れていることが分かる。

【0061】

試験例 3 (耐摩耗性)

実施例 1 の炭素が Ti - C 結合の状態でもうドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層及び比較例 1 の酸化チタン皮膜について、高温トライボメーター (HT - TRM) (スイスの C S M I n s t r u m e n t s 製) により、試験温度: 室温及び 470、ボール: 直径 12.4 mm の SiC 球、荷重: 1 N、摺動速度: 20 mm / s e c、回転半径: 1 mm、試験回転数: 1000 回転の条件下で摩耗試験を実施した。

20

【0062】

この結果、比較例 1 の酸化チタン皮膜については、室温及び 470 の両方について剥離が発生したが、実施例 1 の炭素が Ti - C 結合の状態でもうドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層については、室温及び 470 の両方の条件下で有意なトレース摩耗は検出されなかった。

【0063】

試験例 4 (耐薬品性)

実施例 1 の炭素が Ti - C 結合の状態でもうドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層を有するチタン板を 1 M 硫酸水溶液及び 1 M 水酸化ナトリウム水溶液にそれぞれ室温で 1 週間浸漬した後、上記の皮膜硬度、耐摩耗性、及び後記する光電流密度を測定したところ、浸漬の前後で、結果に有意な差は認められなかった。即ち、実施例 1 の炭素が Ti - C 結合の状態でもうドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層は高い耐薬品性を有することが認められた。

30

【0064】

試験例 5 (炭素が Ti - C 結合の状態でもうドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層の構造)

実施例 1 の炭素が Ti - C 結合の状態でもうドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層について、X 線光電子分光分析装置 (XPS) で、加速電圧: 10 kV、ターゲット: Al とし、2700 秒間 Ar イオンスパッタリングを行い、分析を開始した。このスパッタ速度が SiO₂ 膜相当の 0.64 / s とすると、深度は約 173 nm となる。その XPS 分析の結果を図 2 に示す。結合エネルギーが 284.6 eV である時に最も高いピークが現れる。これは Cls 分析に一般的に見られる C - H (C) 結合であると判断される。次に高いピークが結合エネルギー 281.7 eV である時に現れる。Ti - C 結合の結合エネルギーが 281.6 eV であるので、実施例 1 の炭素ドーブ酸化チタン層中では C が Ti - C 結合としてドーブされていると判断される。なお、炭素ドーブ酸化チタン層の深さ方向の異なる位置の 11 点で XPS 分析を行った結果、全ての点で 281.6 eV 近傍に同様なピークが現れた。

40

【0065】

また、炭素ドーブ酸化チタン層と基体との境界でも Ti - C 結合が確認された。従って、炭素ドーブ酸化チタン層中の Ti - C 結合により硬度が高くなっており、また、炭素ド

50

ーブ酸化チタン層と基体との境界でのTi-C結合により皮膜剥離強度が著しく大きくなっていることが予想される。

【0066】

試験例6（波長応答性）

実施例1～3の炭素がTi-C結合の状態でドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層及び比較例1、2の酸化チタン皮膜の波長応答性をOriell社のモノクロメーターを用いて測定した。具体的には、それぞれの層、皮膜に対し、0.05M硫酸ナトリウム水溶液中で対極との間に電圧を0.3V印加し、光電流密度を測定した。

【0067】

その結果を図3に示す。図3には、得られた光電流密度 j_p を照射波長に対して示してある。実施例1～3の炭素がTi-C結合の状態でドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層の波長吸収端は、490nmに及んでおり、炭素ドーブ量の増大に伴って光電流密度が増大することが認められた。なお、ここには示していないが、炭素ドーブ量が10at%を越えると電流密度が減少する傾向になり、さらに15at%を越えるとその傾向は顕著になることがわかった。よって、炭素ドーブ量が1～10at%程度に最適値があることが認められた。一方、比較例1、2の酸化チタン皮膜では、光電流密度が著しく小さく、且つ波長吸収端も410nm程度であることが認められた。

10

【0068】

試験例7（光エネルギー変換効率）

実施例1～3の炭素がTi-C結合の状態でドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層及び比較例1、2の酸化チタン皮膜について、式

$$= j_p (E_{ws} - E_{app}) / I$$

で定義される光エネルギー変換効率を求めた。ここで、 E_{ws} は水の理論分解電圧（=1.23V）、 E_{app} は印加電圧（=0.3V）、 I は照射光強度である。この結果を図4に示す。図4は光エネルギー変換効率を照射光波長に対して示してある。

20

【0069】

図4から明らかのように、実施例1～3の炭素がTi-C結合の状態でドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層の光エネルギー変換効率は著しく高く、波長450nm付近での変換効率が比較例1、2の酸化チタン皮膜の紫外線領域（200～380nm）での変換効率より優れていることが認められた。また、実施例1の炭素がTi-C結合の状態

30

でドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層の水分解効率は、波長370nmで約8%であり、350nm以下では10%を越える効率が得られることがわかった。

【0070】

試験例8（消臭試験）

実施例1及び2の炭素がTi-C結合の状態でドーブされた炭素ドーブ酸化チタン層及び比較例1の酸化チタン皮膜について、消臭試験を実施した。具体的には、消臭試験に一般的に用いられるアセトアルデヒドを炭素ドーブ酸化チタン層を有する基体と共に1000mlのガラス容器に封入し、初期の吸着による濃度減少の影響が無視できるようになってから、UVカットフィルタ付き蛍光灯にて可視光を照射し、所定の照射時間毎にアセトアルデヒド濃度をガスクロマトグラフィーで測定した。なお、各皮膜の表面積は8.0cm²とした。

40

【0071】

この結果を図5に示す。図5には、アセトアルデヒド濃度を可視光照射後の経過時間に対して示してある。実施例1及び2の炭素ドーブ酸化チタン層のアセトアルデヒド分解速度は、比較例1の酸化チタン皮膜のアセトアルデヒド分解速度の約2倍以上の高い値となっており、また、炭素ドーブ量が多く、光エネルギー変換効率の高い実施例1の炭素ドーブ酸化チタン層の方が、実施例2の炭素ドーブ酸化チタン層と比較して分解速度が高いことがわかった。

【0072】

試験例9（防汚試験）

50

実施例 1 の炭素ドーブ酸化チタン層及び比較例 1 の酸化チタン皮膜について、防汚試験を実施した。各皮膜を（財）電力中央研究所内の喫煙室内に設置し、145 日後の表面の汚れを観察した。なお、この喫煙室内には太陽光の直接の入射はない。

【0073】

この結果を示す写真を図 6 に示す。比較例 1 の酸化チタン皮膜の表面には脂が付着し、薄い黄色を呈していたが、実施例 1 の炭素ドーブ酸化チタン層の表面は特に変化がみられず、清浄に保たれており、防汚効果が十分に発揮されたことが認められた。

【0074】

[実施例 4 ~ 7]

実施例 1 ~ 3 と同様にアセチレンの燃焼炎を用い、厚さ 0.3 mm のチタン板を、第 2 表に示す表面温度で第 2 表に示す時間の間加熱処理することにより、表面層として炭素ドーブ酸化チタン層を有するチタン板を形成した。

【0075】

[比較例 3]

天然ガスの燃焼炎を用い、厚さ 0.3 mm のチタン板を、第 2 表に示す表面温度で第 2 表に示す時間の間加熱処理した。

【0076】

試験例 10

実施例 4 ~ 7 の炭素ドーブ酸化チタン層及び比較例 3 の皮膜について、上記の試験例 1 と同様にしてビッカース硬度 (HV) を測定した。それらの結果を第 2 表に示す。また、実施例 4 ~ 11 で形成された炭素ドーブ酸化チタン層は、水滴との接触角が 2° 程度の超親水性であった。

【表 2】

	燃 料	表面温度	加熱時間	HV
実施例 4	アセチレン	1000℃	10秒	1200
実施例 5	アセチレン	1100℃	5秒	1200
実施例 6	アセチレン	1200℃	1秒	1200
実施例 7	アセチレン	1500℃	0.5秒	1200
比較例 3	天然ガス	850℃	5秒	160

【0077】

第 2 表に示すデータから明らかなように、天然ガスの燃焼ガスで表面温度が 850 になるように加熱処理した場合にはビッカース硬度 160 の皮膜しか得られなかったが、表面温度が 1000 以上になるようにアセチレンの燃焼ガスを用いて加熱処理した実施例 4 ~ 7 の場合にはビッカース硬度 1200 の炭素ドーブ酸化チタン層が得られた。

【0078】

試験例 11

実施例 4 ~ 7 の炭素ドーブ酸化チタン層及び比較例 1 及び 3 の酸化チタン皮膜について、試験例 6 と同様に、0.05 M 硫酸ナトリウム水溶液中で対極との間に電圧を 0.3 V 印加し、300 nm ~ 520 nm の光を照射して光電流密度を測定した。その結果を図 7 に示す。図 7 には、得られた光電流密度 j_p を電位 ECP (V vs. SSE) に対して示してある。

【0079】

アセチレンの燃焼ガスを用いて表面温度が1000～1200 になるように加熱処理して得た実施例4～6の炭素ドーブ酸化チタン層は、相対的に光電流密度が大きく優れていることがわかった。一方、表面温度が850 になるように加熱処理して得た比較例3の酸化チタン及び表面温度が1500 になるように加熱処理して得た実施例7の炭素ドーブ酸化チタン層は光電流密度が相対的に小さいことがわかった。

【0080】

[実施例8]

アセチレンの燃焼炎を用い、厚さ0.3mmのTi-6Al-4V合金板をその表面温度が約1100 となるように加熱処理することにより、表面層が炭素ドーブ酸化チタンを含有するチタン合金からなる合金板を形成した。1100 での加熱処理時間を60秒とした。このようにして形成された炭素ドーブ酸化チタンを含有する層は水滴との接触角が2°程度の超親水性であり、また実施例4で得られた炭素ドーブ酸化チタン層と同様な光触媒活性を示した。

10

【0081】

[実施例9]

厚さ0.3mmのステンレス鋼板(SUS316)の表面にスパッタリングによって膜厚が約500nmのチタン薄膜を形成した。アセチレンの燃焼炎を用い、その表面温度が約900 となるように加熱処理することにより、表面層として炭素ドーブ酸化チタン層を有するステンレス鋼板を形成した。900 での加熱処理時間を15秒とした。このようにして形成された炭素ドーブ酸化チタン層は水滴との接触角が2°程度の超親水性であり、また、実施例4で得られた炭素ドーブ酸化チタン層と同様な光触媒活性を示した。

20

【0082】

[実施例10]

粒径20µmの酸化チタン粉末をアセチレンの燃焼炎中に供給し、燃焼炎中に所定時間滞留させてその表面温度が約1000 となるように加熱処理することにより、表面層として炭素ドーブ酸化チタン層を有するチタン粉末を形成した。1000 での加熱処理時間を4秒とした。このようにして形成された炭素ドーブ酸化チタン層を有するチタン粉末、実施例4で得られた炭素ドーブ酸化チタン層と同様な光触媒活性を示した。

【0083】

[実施例11～12]

厚さ1mmのガラス板(パイレックス(登録商標))の表面にスパッタリングによって膜厚が約100nmのチタン薄膜を形成した。アセチレンの燃焼炎を用い、その表面温度が1100 (実施例11)、又は1500 (実施例12)となるように加熱処理することにより、表面層として炭素ドーブ酸化チタン層を有するガラス板を形成した。1100、又は1500 での加熱処理時間を10秒とした。このようにして形成された炭素ドーブ酸化チタン層は表面温度が1100 の場合には図8(a)に写真で示すように透明であったが、表面温度が1500 の場合には図9に示すように海に浮かぶ多数の小島状の起伏が表面に生じており、図8(b)に示すように半透明となった。

30

【0084】

[実施例13～16]

厚さ0.3mmのチタン板の表面を、アセチレンの燃焼炎により、第3表に示す表面層温度で第3表に示す時間加熱処理した。その後その燃焼炎を当てた表面を厚さ30mmのステンレスブロックの平らな面と接触させて冷却すると、チタン板表面の大部分に白色の酸化チタンからなる微細柱が林立している層が露出している部材と、薄膜上に白色の酸化チタンからなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している小片部材とに分離した。即ち、加熱処理で表面層内部に形成された酸化チタンからなる微細柱が林立している層がその後の冷却で該微細柱が林立している層が該表面層に沿う方向で切断された。このようにして実施例13～16を得た。

40

【0085】

図10は、実施例13で得られた部材の顕微鏡写真であり、チタン板表面1上に白色の

50

酸化チタンからなる微細柱が林立している層 2 が露出しており、薄膜上に白色の酸化チタンからなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している小片部材 3 がその層 2 上の一部に残っているの状態を示している。なお、実施例 13 ~ 16 の製造法ではチタン板表面 1 は露出しないが、図 10 の顕微鏡写真は微細柱が林立している層 2 の一部を除去した状態を示している。図 11 は薄膜上に白色の酸化チタンからなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している小片部材 3 の薄膜側表面の状態を示す顕微鏡写真であり、図 12 は薄膜上に白色の酸化チタンからなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している小片部材 3 の多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している側の表面の状態を示す顕微鏡写真であり、図 13 は白色の酸化チタンからなる微細柱が林立している層 2 の状態を示す顕微鏡写真である。

10

【 0 0 8 6 】

[実施例 1 7]

厚さ 0.3 mm の Ti - 6 Al - 4 V 合金板の表面を、アセチレンの燃焼炎により、第 3 表に示す表面層温度で第 3 表に示す時間加熱処理した。その後その燃焼炎を当てた表面を厚さ 30 mm のステンレスブロックの平らな面と接触させて冷却すると、チタン合金板表面の大部分にチタン合金酸化物からなる微細柱が林立している層が露出している部材と、薄膜上にチタン合金酸化物からなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している小片部材とに分離した。

【 0 0 8 7 】

20

[実施例 1 8]

厚さ 0.3 mm のステンレス鋼板 (S U S 3 1 6) の表面に電子ビーム蒸着によって膜厚が約 3 μ m のチタン薄膜を形成した。その薄膜表面を、アセチレンの燃焼炎により、第 3 表に示す表面層温度で第 3 表に示す時間加熱処理した。その後その燃焼炎を当てた表面を厚さ 30 mm のステンレスブロックの平らな面と接触させて冷却すると、ステンレス鋼板表面の大部分に白色の酸化チタンからなる微細柱が林立している層が露出している部材と、薄膜上に白色の酸化チタンからなる多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している小片部材とに分離した。

【 0 0 8 8 】

[比較例 4]

30

市販されている酸化チタンゾル (石原産業製 S T S - 0 1) を厚さ 0.3 mm のチタン板にスピコートした後、加熱して密着性を高めた酸化チタン皮膜を有するチタン板を形成した。

【 0 0 8 9 】

試験例 1 2 (引っかき硬度試験 : 鉛筆法)

実施例 13 ~ 18 で得られた基板表面に微細柱が林立している層が露出している部材の微細柱側表面について、J I S K 5 6 0 0 - 5 - 4 (1 9 9 9) に基づき、三菱鉛筆株式会社製ユニ H ~ 9 H 鉛筆を用いて鉛筆引っかき硬度試験を実施した。その結果は第 3 表に示す通りであった。即ち、全ての試験片について 9 H の鉛筆を用いた場合にも損傷は認められなかった。

40

【 0 0 9 0 】

試験例 1 3 (耐薬品性試験)

実施例 13 ~ 18 で得られた基板表面に微細柱が林立している層が露出している部材を 1 M 硫酸水溶液及び 1 M 水酸化ナトリウム水溶液にそれぞれ室温で 1 週間浸漬し、水洗し、乾燥させた後、上記の引っかき硬度試験 : 鉛筆法を実施した。その結果は第 3 表に示す通りであった。即ち、全ての試験片について 9 H の鉛筆を用いた場合にも損傷は認められず、高い耐薬品性を有することが認められた。

【 0 0 9 1 】

試験例 1 4 (耐熱性試験)

実施例 13 ~ 18 で得られた基板表面に微細柱が林立している層が露出している部材を

50

管状炉内に入れ、大気雰囲気下で室温から1時間かけて500℃まで昇温させ、500℃の恒温で2時間保持し、更に1時間かけて室温まで静置冷却した後、上記の引っかき硬度試験：鉛筆法を実施した。その結果は第3表に示す通りであった。即ち、全ての試験片について9Hの鉛筆を用いた場合にも損傷は認められず、高い耐熱性を有することが認められた。

【表3】

	燃料	表面層温度	加熱時間	引っかき硬度	耐薬品性	耐熱性
実施例13	アセチレン	1100℃	10分	9H超	9H超	9H超
実施例14	アセチレン	1200℃	7分	9H超	9H超	9H超
実施例15	アセチレン	1220℃	8分	9H超	9H超	9H超
実施例16	アセチレン	1250℃	10分	9H超	9H超	9H超
実施例17	アセチレン	1100℃	10分	9H超	9H超	9H超
実施例18	アセチレン	1100℃	8分	9H超	9H超	9H超

10

【0092】

試験例15（防汚試験）

試料として、実施例16で得られた基板表面に微細柱が林立している層が露出している表面積8cm²の部材及び比較例4で得られた酸化チタン皮膜を有する表面積8cm²のチタン板を用いて防汚試験を実施した。具体的には、それらの試料をそれぞれ、約10μmol/Lの濃度に調整したメチレンブルー水溶液80mL中に浸漬し、初期の吸着による濃度減少の影響が無視できるようになってから、松下電器産業株式会社製のUVカットフィルター付き蛍光灯により可視光を照射し、所定の照射時間毎に波長660nmにおけるメチレンブルー水溶液の吸光度をHACH社製水質検査装置DR/2400で測定した。その結果は図14に示す通りであった。

20

【0093】

図14から、実施例16で得られた基板表面に微細柱が林立している層が露出している部材は、比較例4で得られた酸化チタン皮膜を有するチタン板に比較して、メチレンブルーの分解速度が速く、防汚効果が高いことが分かる。

30

【0094】

試験例16（結晶構造と結合状態）

実施例15で得られた基板表面に微細柱が林立している層が露出している部材の微細柱から得た試料についてX線解析(XRD)を行った結果、ルチル型の結晶構造を有することが判明した。

【0095】

また、実施例15で得られた基板表面に微細柱が林立している層が露出している部材の微細柱部分について、X線光電子分光分析装置(XPS)で、加速電圧：10kV、ターゲット：Alとし、2700秒間Arイオンスパッタリングを行い、分析を開始した。このスパッタ速度がSiO₂膜相当の0.64/sとすると、深度は約173nmとなる。そのXPS分析の結果は図15に示す通りであった。結合エネルギーが284.6eVである時に最も高いピークが現れる。これはC1s分析に一般的に見られるC-H(C)結合であると判断される。次に高いピークが結合エネルギー281.6eVである時に現れる。Ti-C結合の結合エネルギーが281.6eVであるので、実施例15の微細柱中ではCがTi-C結合としてドーブされていると判断される。なお、微細柱の高さ位置の異なる位置の14点でXPS分析を行った結果、全ての点で281.6eV近傍に同様なピークが現れた。

40

50

【 0 0 9 6 】

【 実施例 1 9 】

試験片として直径 3 2 m m、厚さ 0 . 3 m m の円板を用い、その表面を表面温度が約 1 1 5 0 に維持されるようにアセチレンの燃焼炎により加熱した。第一の試験片については加熱時間 1 2 0 秒の時点で加熱を止めて放冷した。第二の試験片については 1 8 0 秒の時点で加熱を止めて放冷した。第三の試験片については 4 8 0 秒間加熱し、直ちにその燃焼炎を当てた表面を厚さ 3 0 m m のステンレスブロックの平らな面と接触させて冷却した。この冷却によりチタン板表面から薄膜が剥離し、その下から白色の酸化チタンからなる微細柱が林立している層が露出している部材が得られた。これらの 3 枚の試験片について、セイコーインスツルメンツ社製 F I B - S E M 装置 S M I 8 4 0 0 S E を用いて試験片表面に 3 μ m × 1 2 μ m で深さ 1 0 μ m の穴を掘り、その側面及び底面をキーエンス社製 S E M 装置 V E 7 8 0 0 により観察を行った。1 2 0 秒後の試験片の S E M 写真は図 1 6 であり、1 8 0 秒後の試験片の S E M 写真は図 1 7 であり、4 8 0 秒後の試験片の S E M 写真は図 1 8 である。1 8 0 秒後の図 1 7 では皮膜下部に微細柱構造の兆候が現れ始めており、更に火炎処理を続けることで微細柱長く伸びて本発明で目的とするような微細柱構造が形成されると考えられる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 7 】

【 図 1 】 試験例 1 の皮膜硬度試験の結果を示す図である。

【 図 2 】 試験例 5 の X P S 分析の結果を示す図である。

20

【 図 3 】 試験例 6 の光電流密度の波長応答性を示す図である。

【 図 4 】 試験例 7 の光エネルギー変換効率の試験結果を示す図である。

【 図 5 】 試験例 8 の消臭試験の結果を示す図である。

【 図 6 】 試験例 9 の防汚試験の結果を示す写真である。

【 図 7 】 試験例 1 1 の結果を示す図である。

【 図 8 】 実施例 1 1 及び 1 2 で得られた炭素ドーパ酸化チタン層の光透過状態を示す写真である。

【 図 9 】 実施例 1 1 で得られた炭素ドーパ酸化チタン層の表面状態を示す写真である。

【 図 1 0 】 実施例 1 3 で得られた鏡面を有する多機能材の状態を示す顕微鏡写真である。

【 図 1 1 】 薄膜上に白色の酸化チタンからなる多数の連続した狭幅突起部及び突起部上に林立している微細柱が露出している小片部材 3 の薄膜側表面の状態を示す顕微鏡写真である。

30

【 図 1 2 】 薄膜上に白色の酸化チタンからなる多数の連続した狭幅突起部及び突起部上に林立している微細柱が露出している小片部材 3 の多数の連続した狭幅突起部及び該突起部上に林立している微細柱が露出している側の表面の状態を示す顕微鏡写真である。

【 図 1 3 】 白色の酸化チタンからなる微細柱が林立している層 2 の状態を示す顕微鏡写真である。

【 図 1 4 】 試験例 1 5 (防汚試験) の結果を示すグラフである。

【 図 1 5 】 試験例 1 6 (結晶構造と結合状態) の結果を示すグラフである。

【 図 1 6 】 実施例 1 9 における加熱時間 1 2 0 秒後の S E M 写真である。

40

【 図 1 7 】 実施例 1 9 における加熱時間 1 8 0 秒後の S E M 写真である。

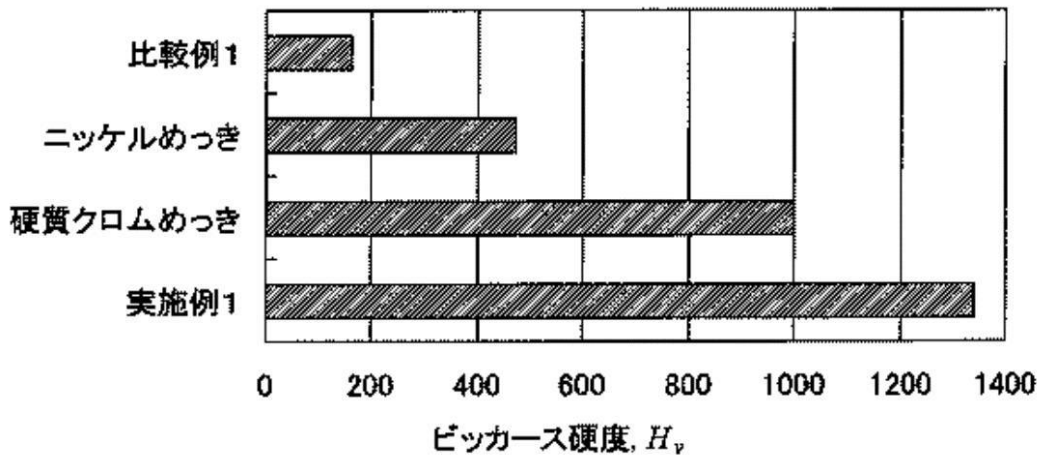
【 図 1 8 】 実施例 1 9 における加熱時間 4 8 0 秒後の S E M 写真である。

【 符号の説明 】

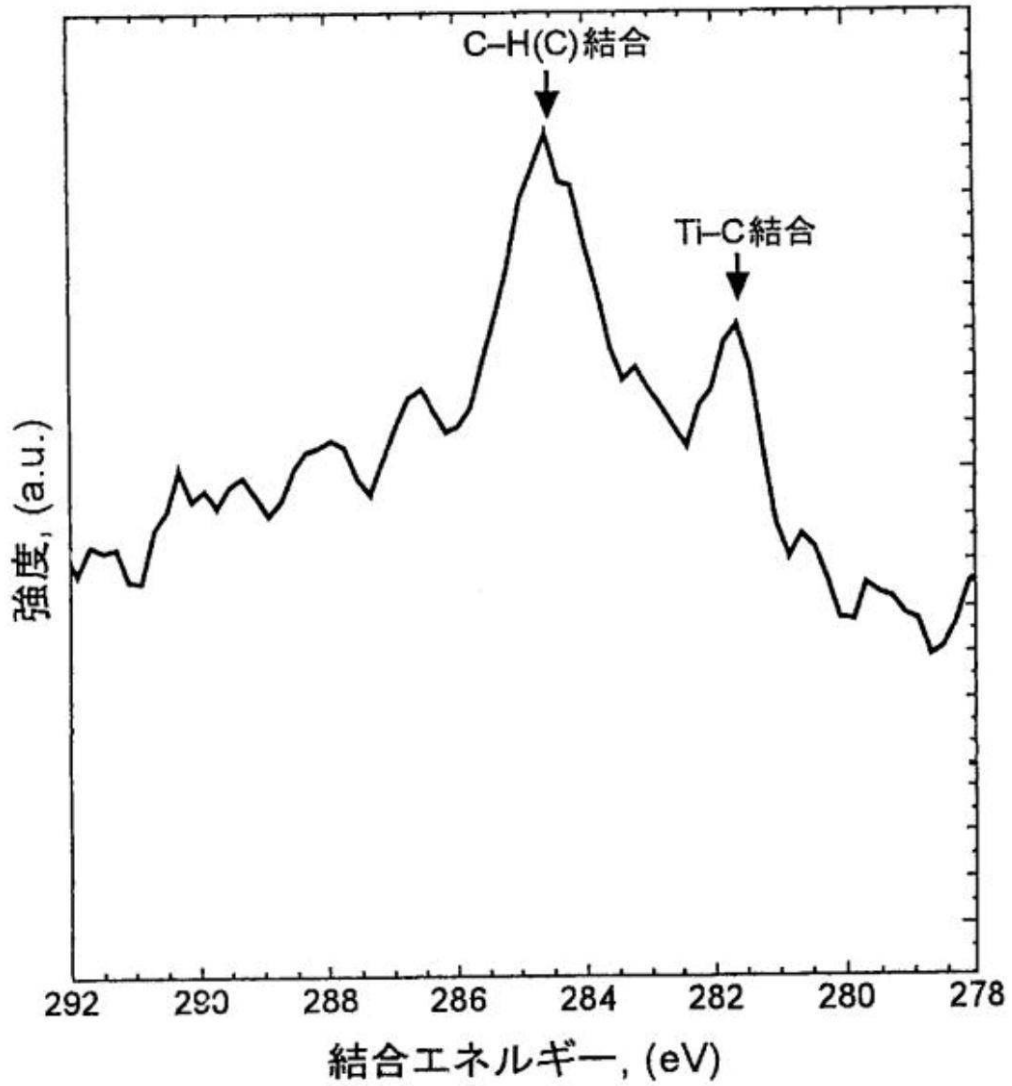
【 0 0 9 8 】

- 1 基体の表面
- 2 微細柱
- 3 薄膜

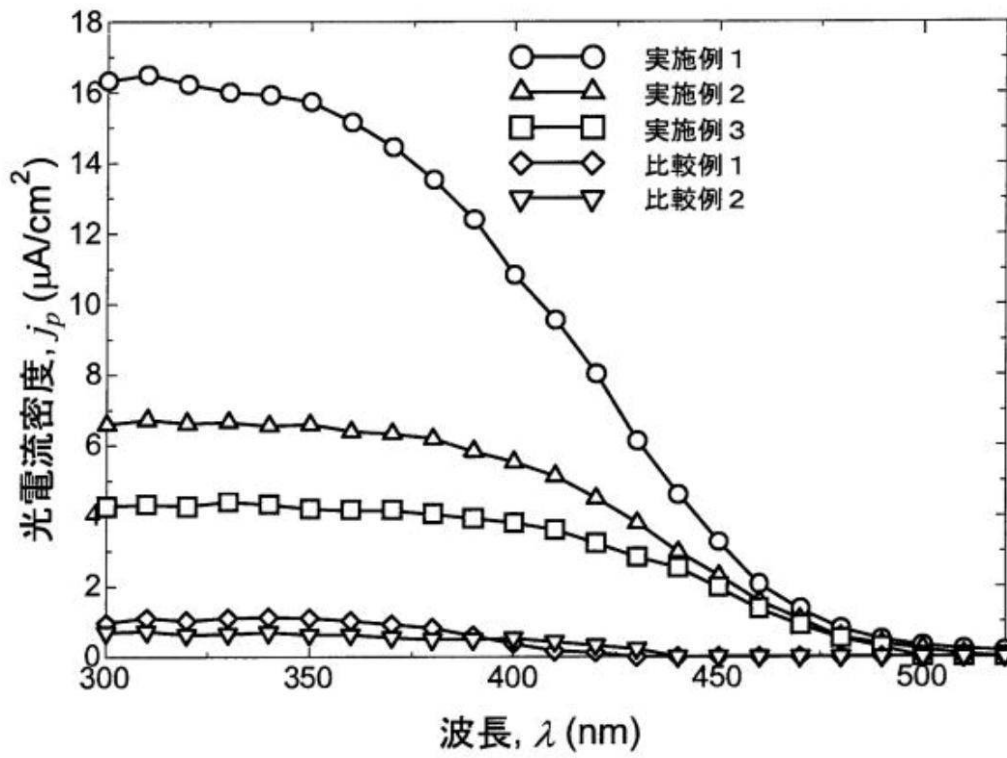
【図1】



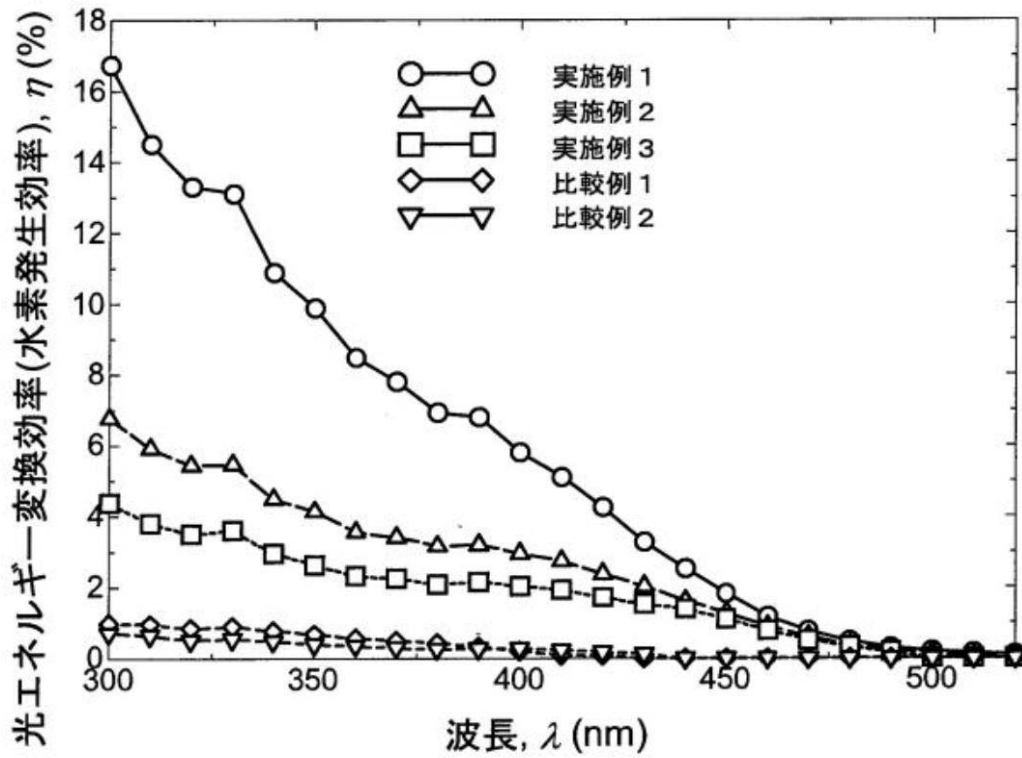
【図2】



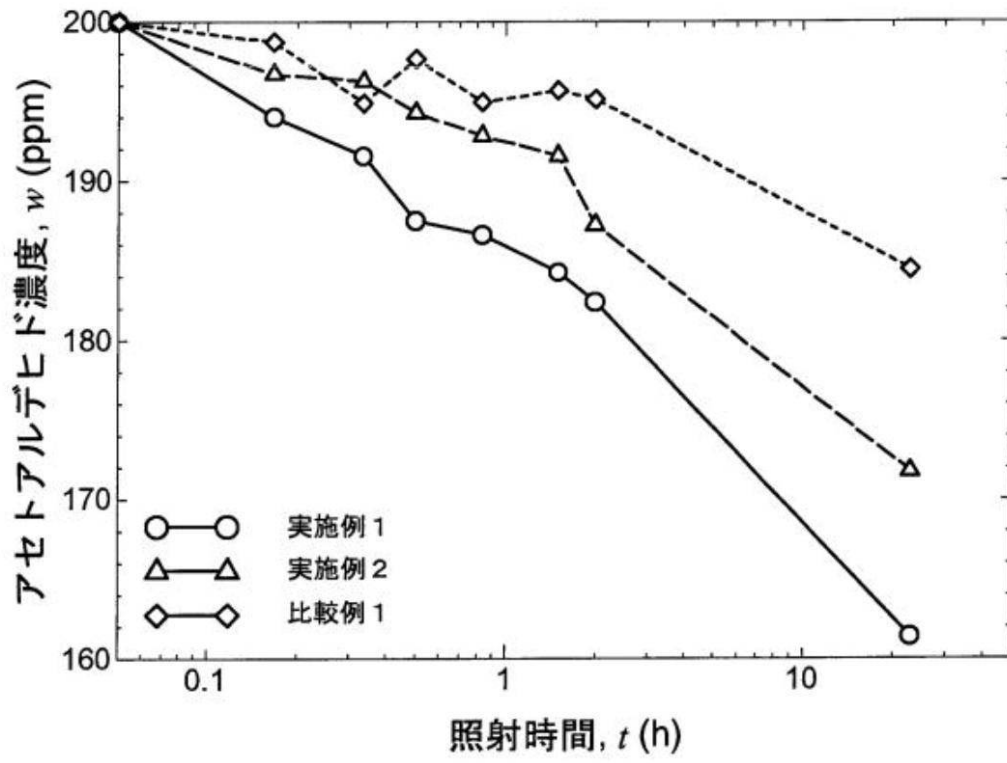
【 図 3 】



【 図 4 】



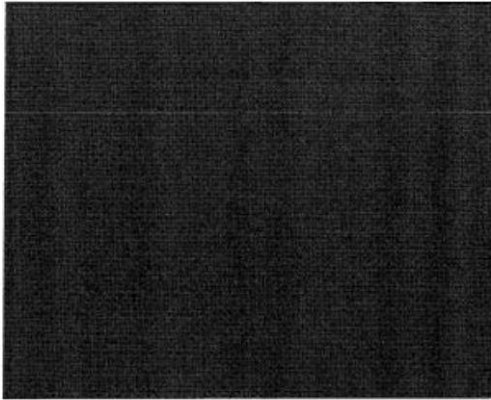
【 図 5 】



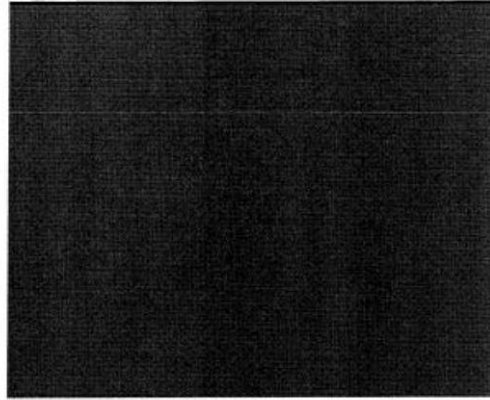
【図6】

(a) 実施例1

成膜時

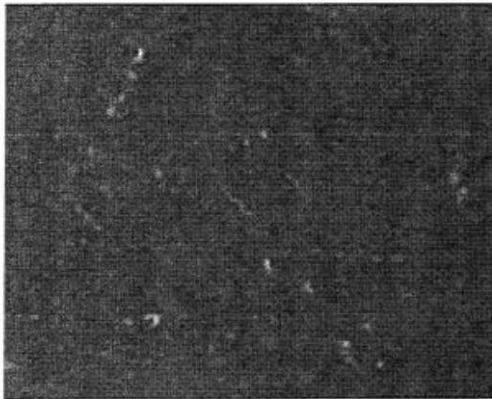


喫煙室145日後

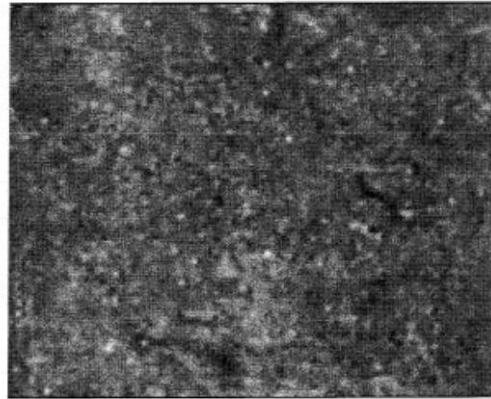


(b) 比較例1

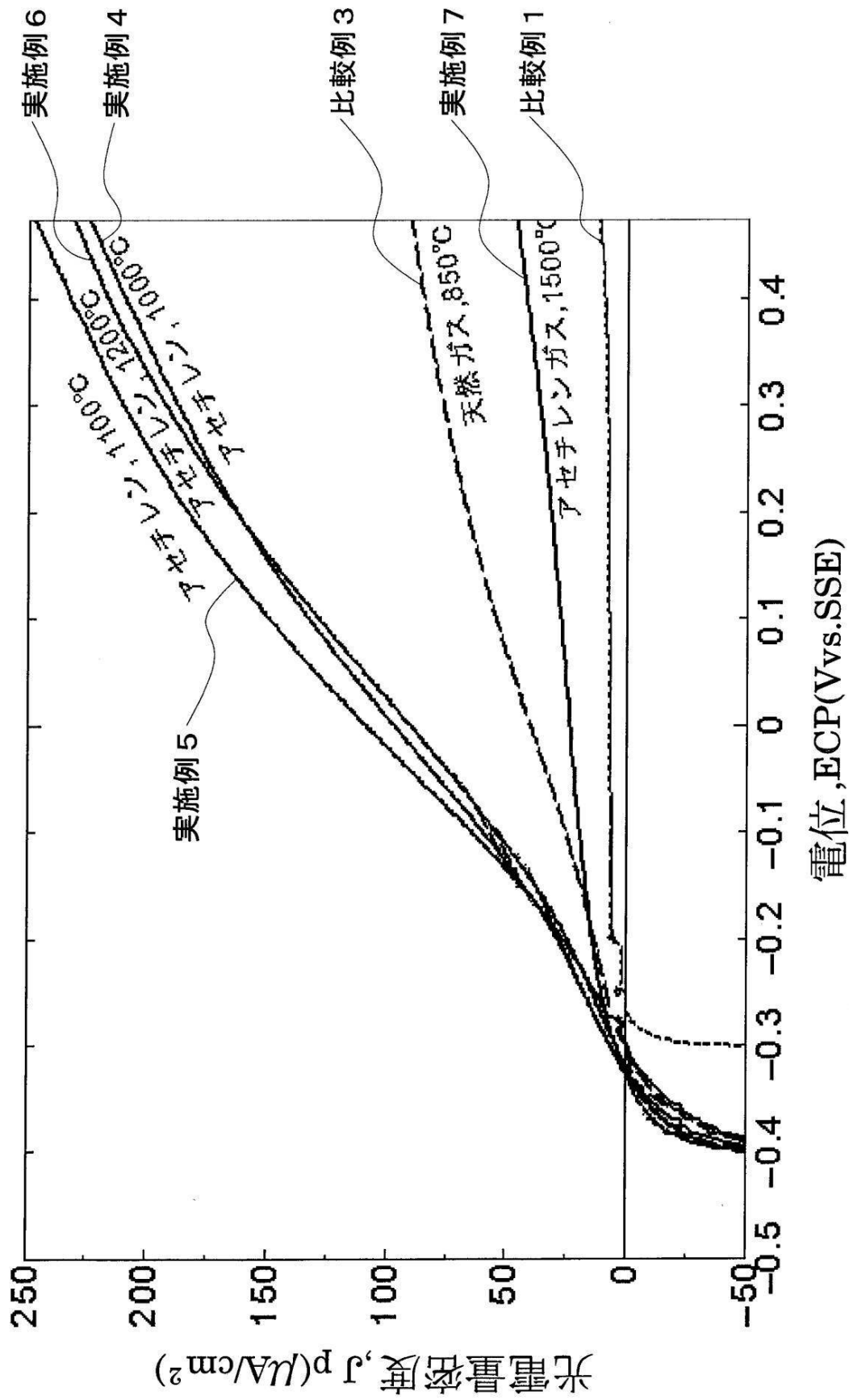
成膜時



喫煙室145日後

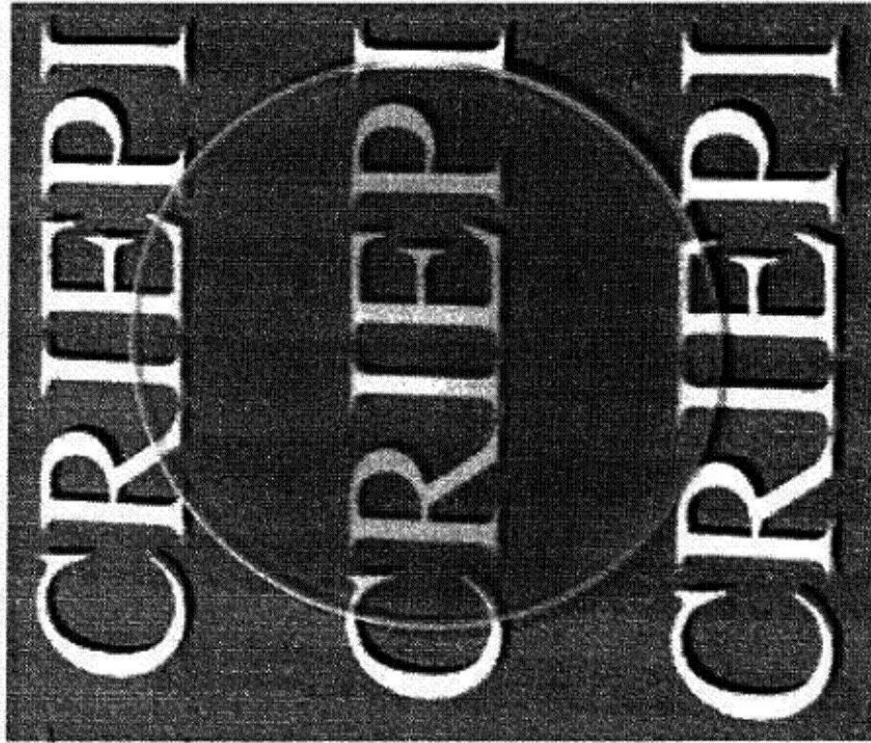


【図7】

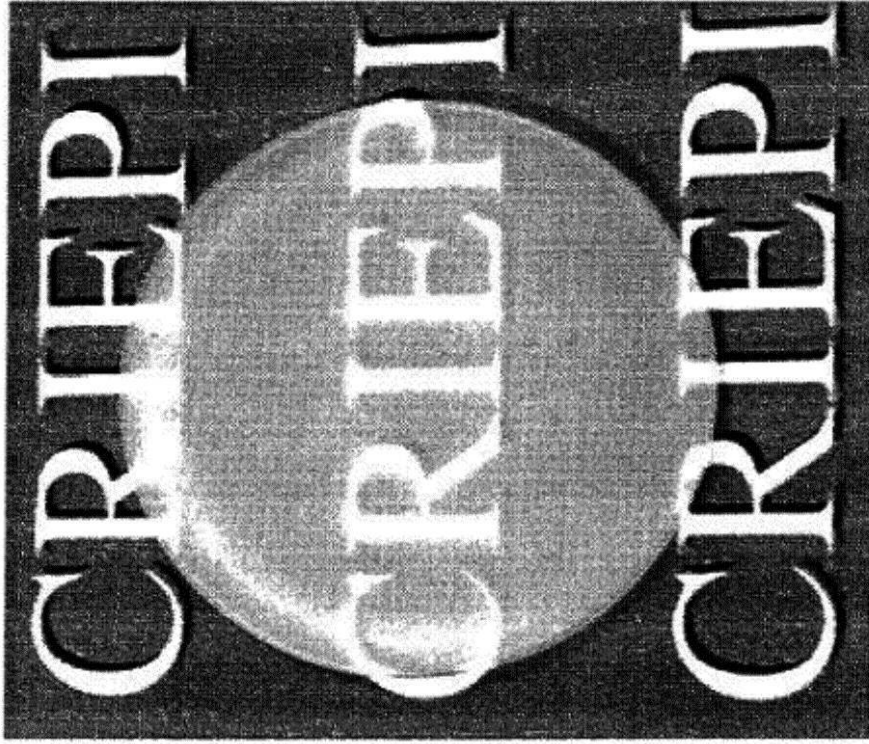


【 図 8 】

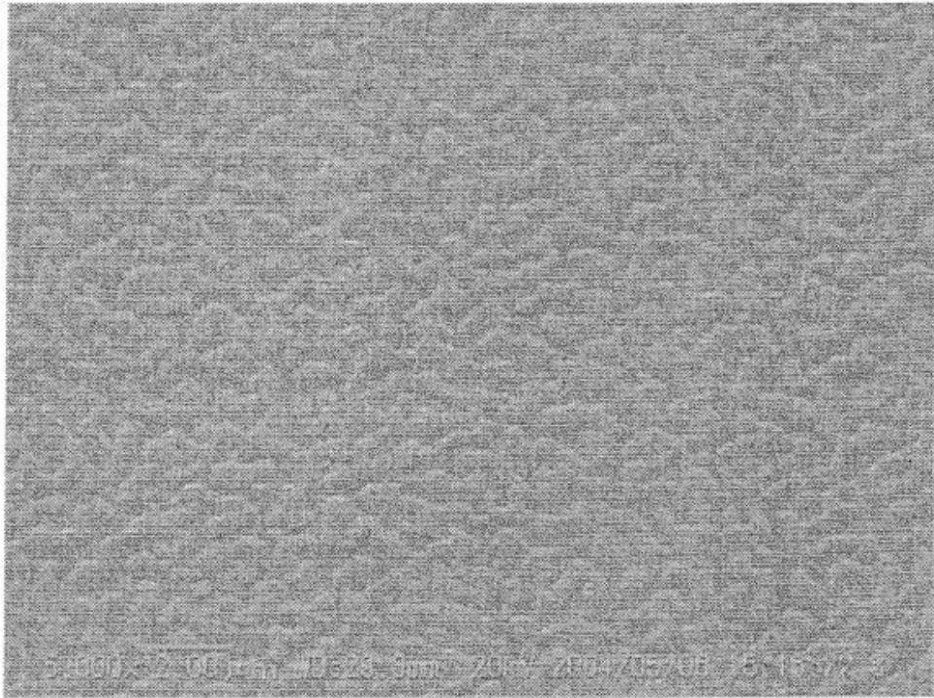
(a) 実施例 11



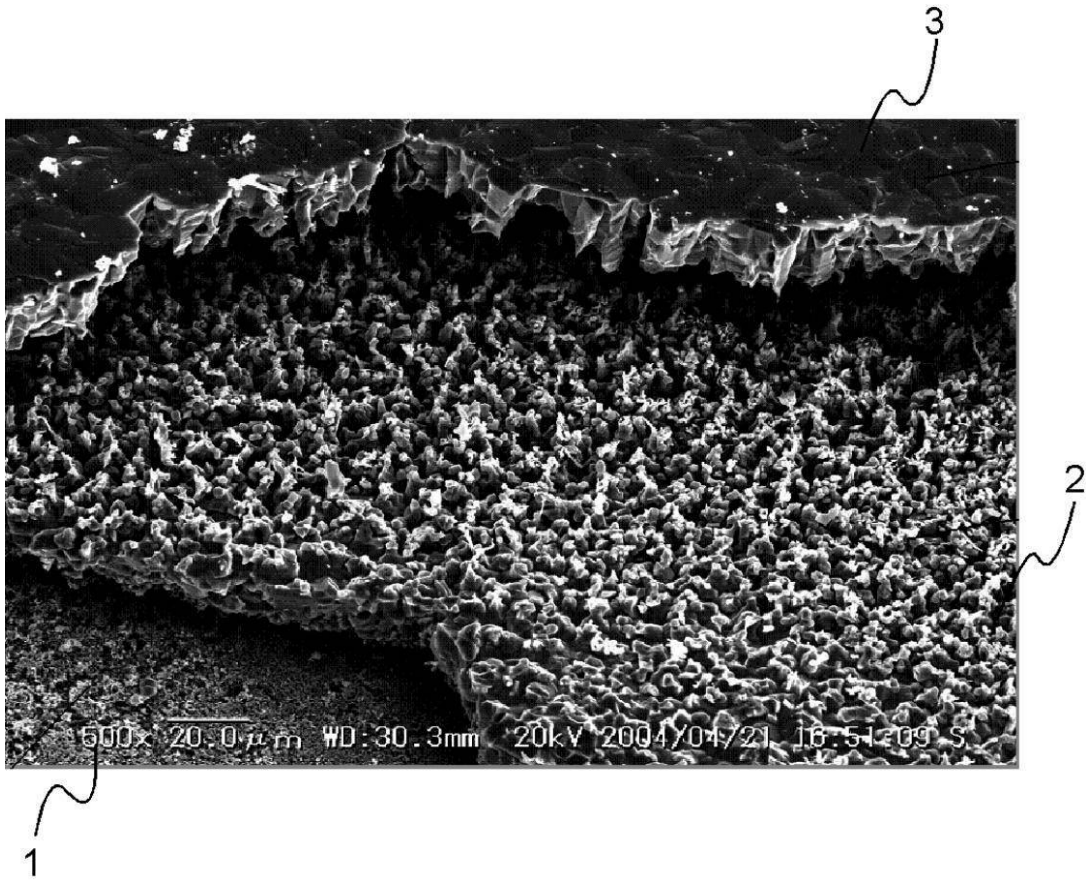
(b) 実施例 12



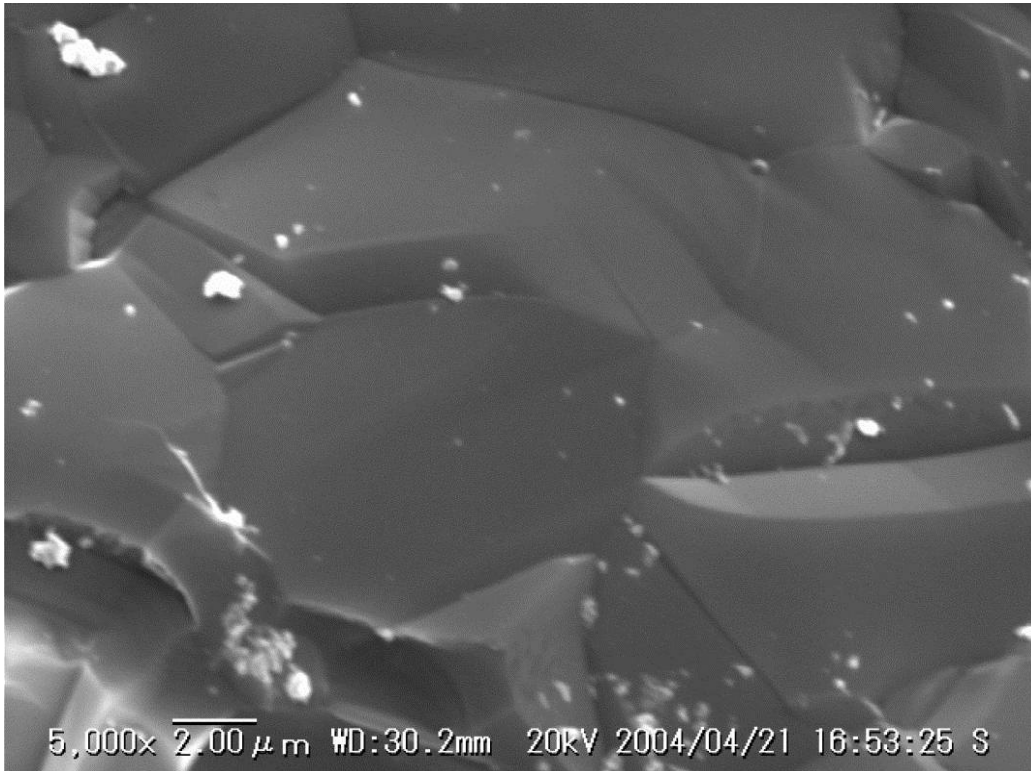
【図 9】



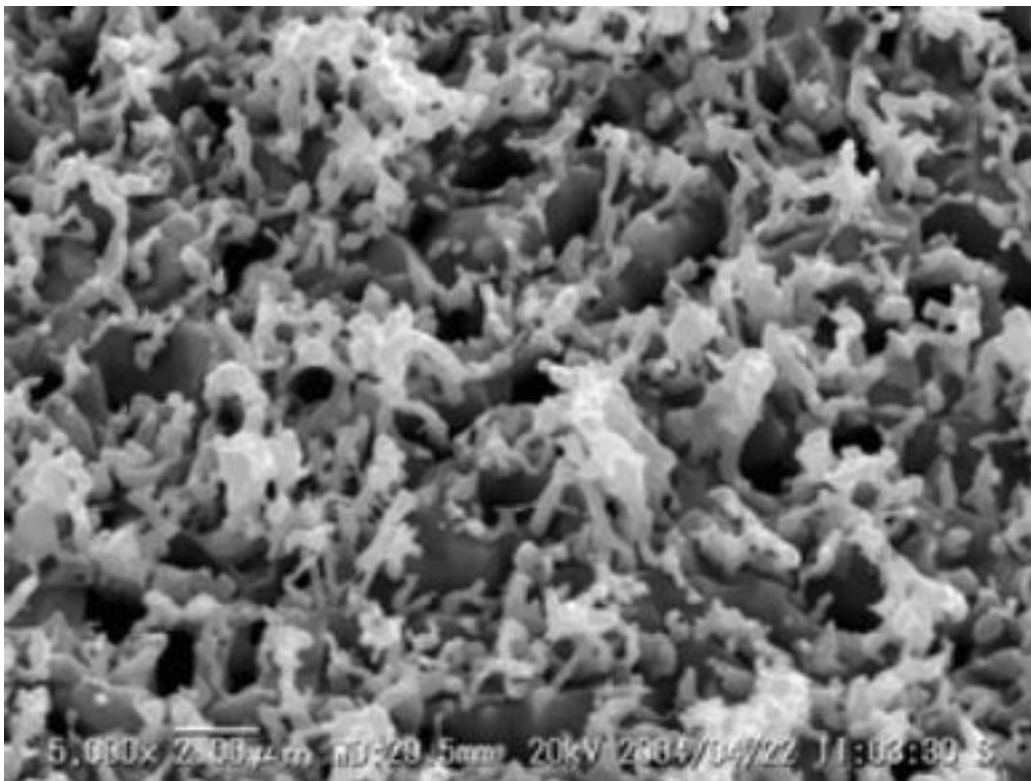
【図 10】



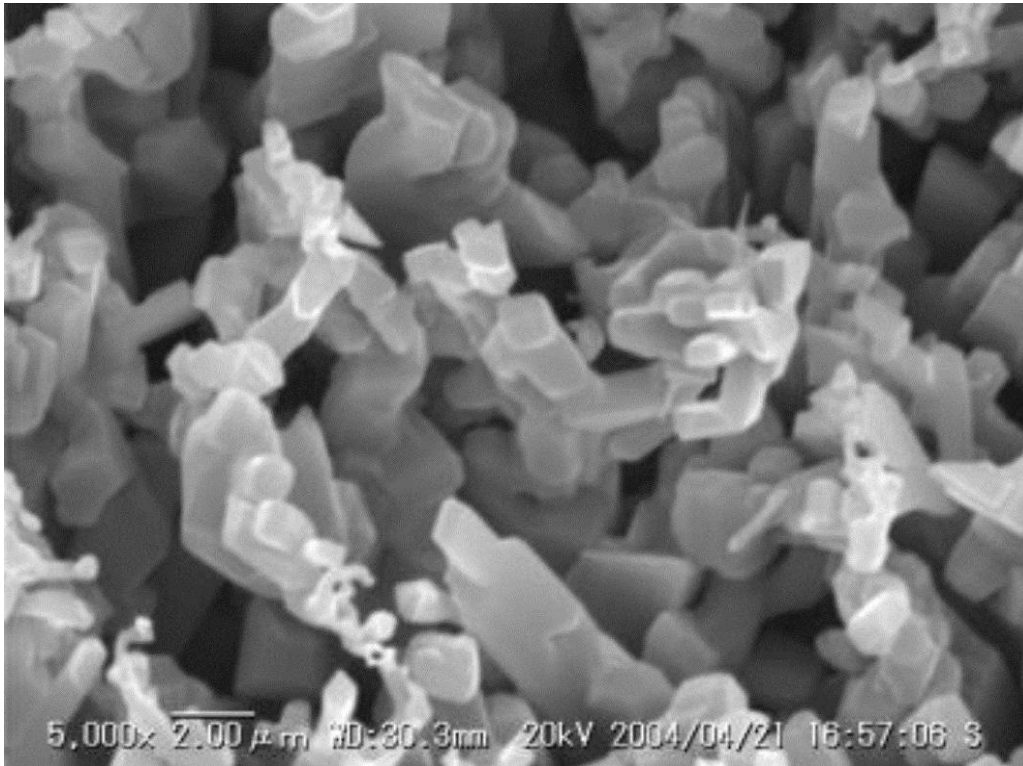
【図 1 1】



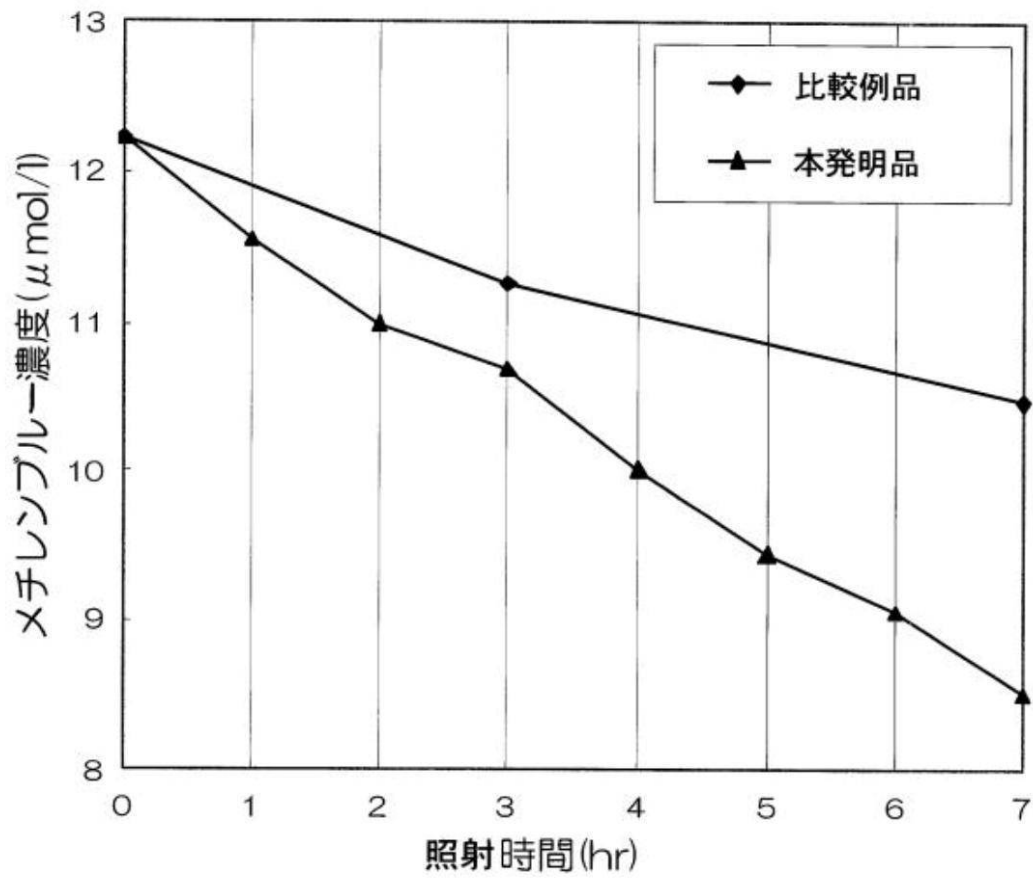
【図 1 2】



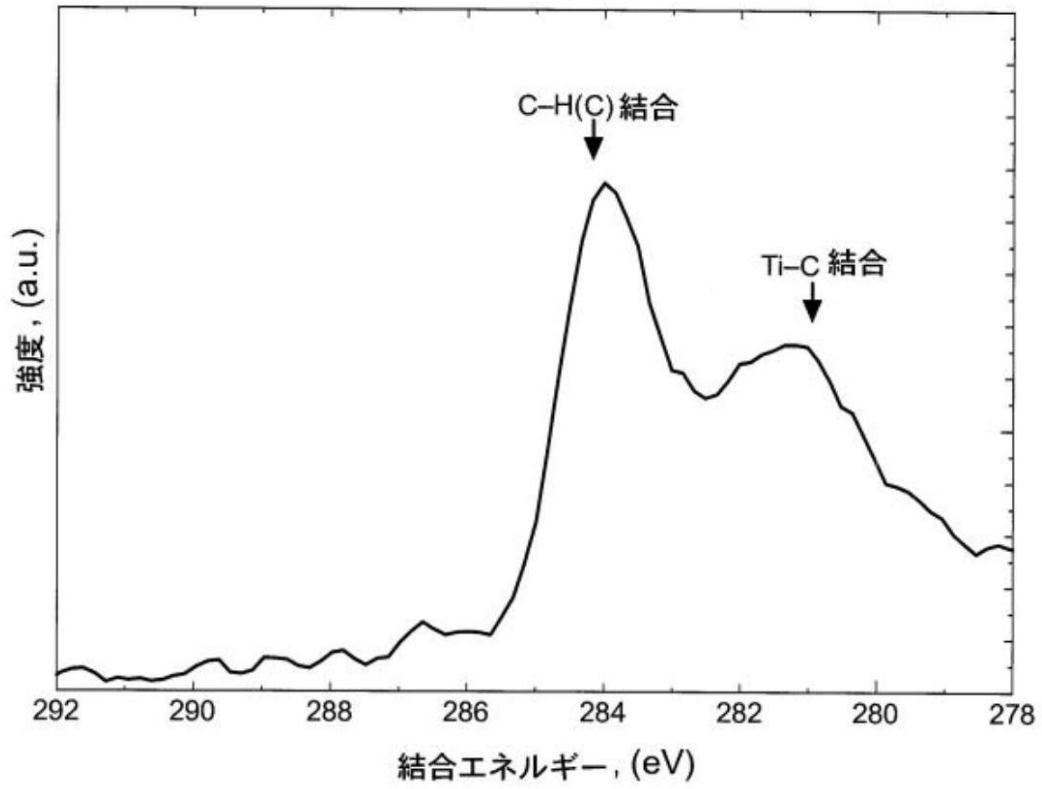
【図13】



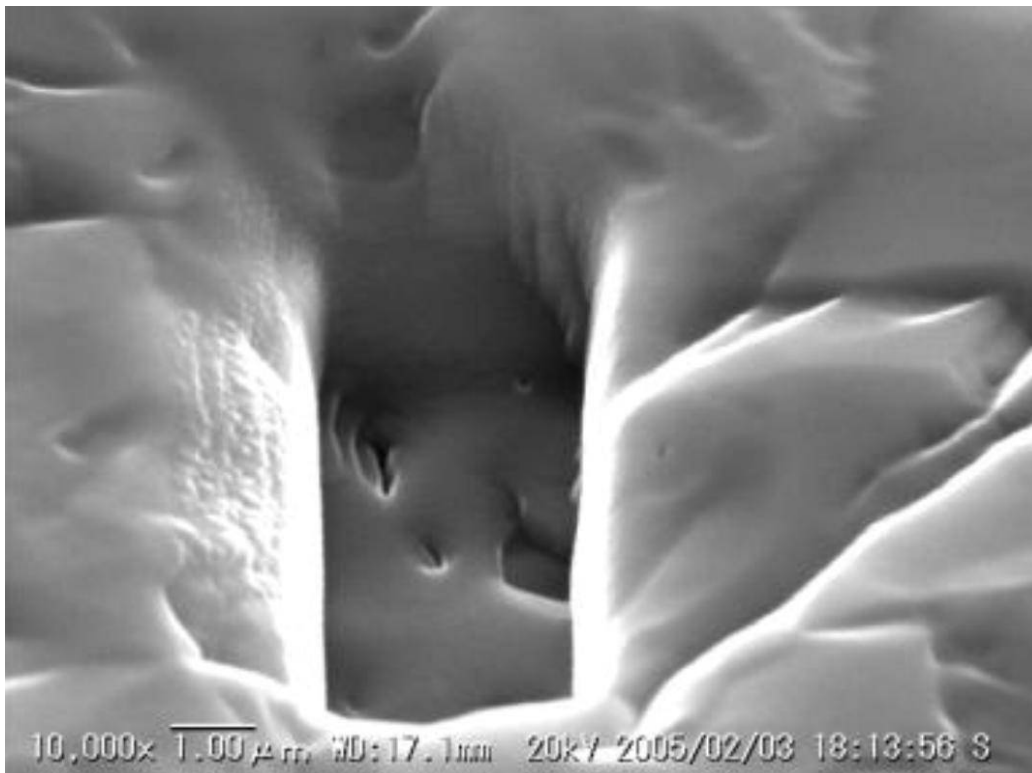
【図14】



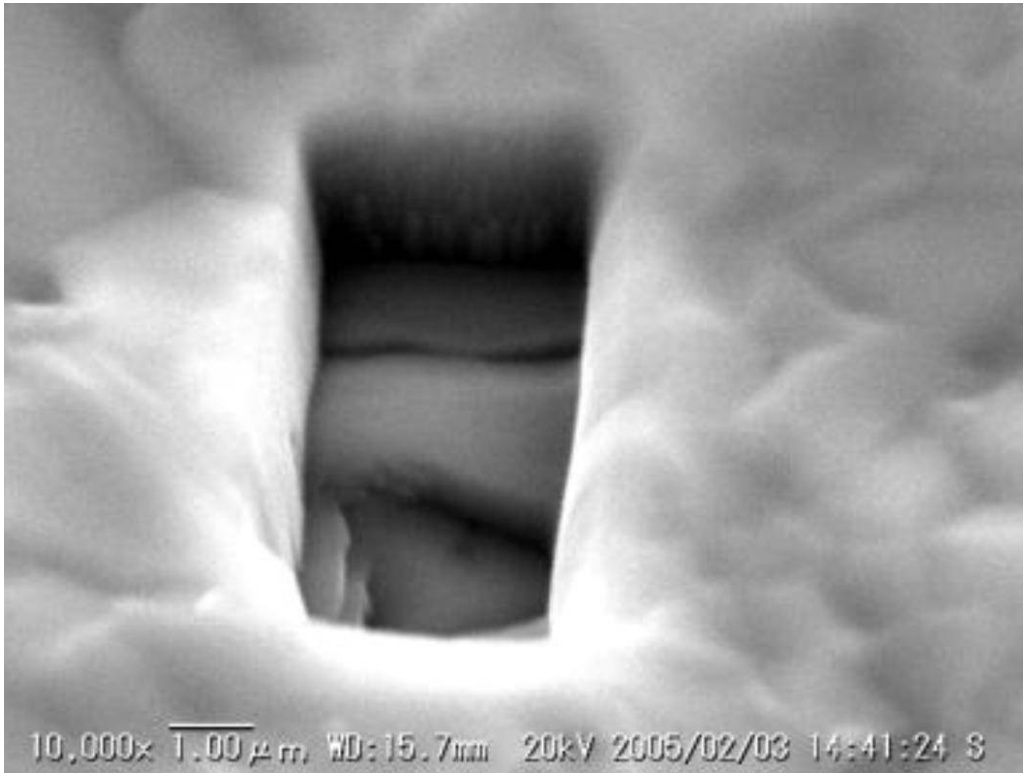
【 図 1 5 】



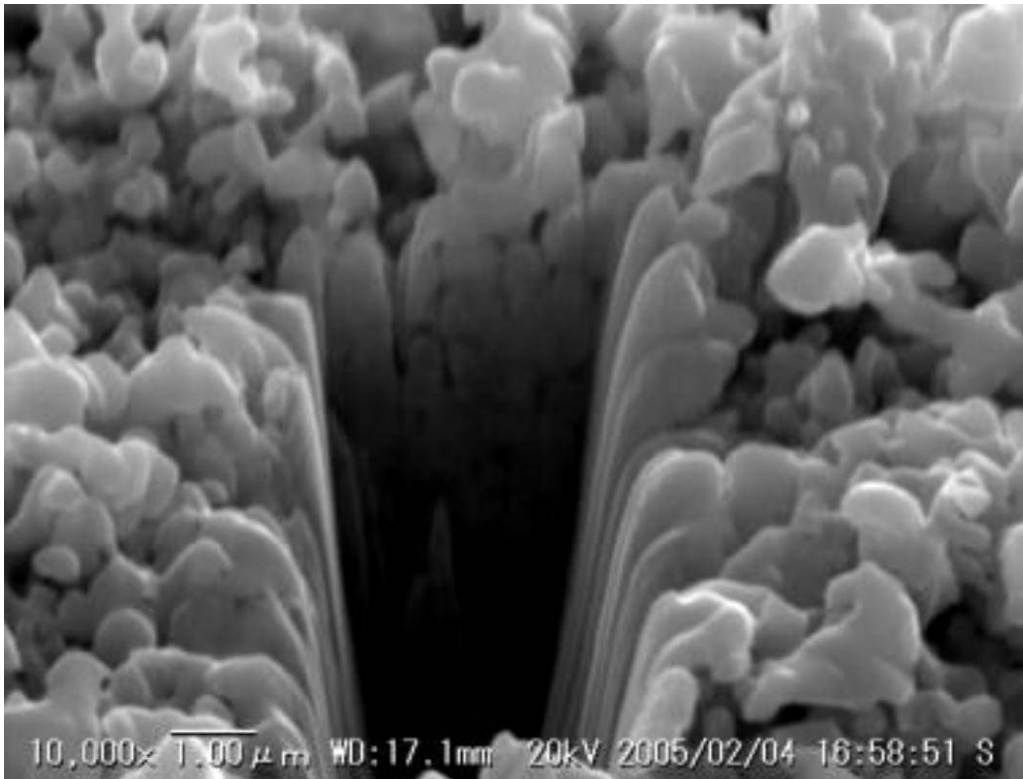
【 図 1 6 】



【 図 17 】



【 図 18 】



フロントページの続き

- (72)発明者 常磐井 守泰
東京都千代田区大手町1 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 C S 推進本部 C S 推進部内
- (72)発明者 高橋 毅
東京都千代田区大手町1 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 C S 推進本部 C S 推進部内
- (72)発明者 小林 博和
東京都千代田区大手町1 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 C S 推進本部 C S 推進部内
- (72)発明者 田中 伸幸
東京都千代田区大手町1 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 C S 推進本部 C S 推進部内
- (72)発明者 三上 己紀
東京都千代田区大手町1 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 C S 推進本部 C S 推進部内
- (72)発明者 黒田 昌宏
東京都千代田区大手町1 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 C S 推進本部 C S 推進部内

審査官 竹村 真一郎

- (56)参考文献 特開平09 - 087857 (JP, A)
特開平01 - 167272 (JP, A)
特開2002 - 253975 (JP, A)
特開2004 - 335975 (JP, A)
特開2004 - 167370 (JP, A)
特開平06 - 208015 (JP, A)
特開昭55 - 120003 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/08 - 5/136
B01J 21/18、35/02 - 35/06
D06F 31/00、35/00