

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6864311号
(P6864311)

(45) 発行日 令和3年4月28日(2021.4.28)

(24) 登録日 令和3年4月6日(2021.4.6)

(51) Int. Cl. F 1
GO 1 B 11/30 (2006.01) GO 1 B 11/30 1 O 2 Z

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2016-216081 (P2016-216081)	(73) 特許権者	000125370 学校法人東京理科大学 東京都新宿区神楽坂一丁目3番地
(22) 出願日	平成28年11月4日(2016.11.4)	(73) 特許権者	390033628 中国塗料株式会社 広島県大竹市明治新開1番7
(65) 公開番号	特開2017-90453 (P2017-90453A)	(73) 特許権者	501204525 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術 研究所 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(43) 公開日	平成29年5月25日(2017.5.25)	(74) 代理人	110001070 特許業務法人 S S I N P A T
審査請求日	令和1年11月1日(2019.11.1)	(72) 発明者	川口 靖夫 東京都新宿区神楽坂一丁目3番地 学校法 人東京理科大学内
(31) 優先権主張番号	特願2015-216467 (P2015-216467)		
(32) 優先日	平成27年11月4日(2015.11.4)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面粗さ評価装置及び表面粗さ評価方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定物体表面の粗さを評価する表面粗さ評価装置であって、
前記被測定物体表面を2次元的に測定可能な変位計と、
前記変位計により得られた前記被測定物体表面の粗さ曲線データに基づき被測定物体表面の3次元形状を算出する演算手段と、を備え、
前記演算手段は、
前記粗さ曲線データのピーク高さHと、その裾野幅2Rとを順次求め、
複数のピーク高さHと、その裾野幅2RとからH/R比の平均値を算出し、
得られたピーク高さのヒストグラムを近似して得られた2次元確率密度関数 $f_1(z; h_{peak})$ と、前記H/R比の平均値とに基づき、3次元確率密度関数 $f_3(z; h_{peak})$ を導出するように構成されていることを特徴とする表面粗さ評価装置。

10

【請求項 2】

前記演算手段は、
前記被測定物体の表面粗さを、円錐形、半球形、回転楕円体のいずれかと仮定して、前記2次元確率密度関数 $f_1(z; h_{peak})$ と、前記H/R比の平均値とに基づき、前記3次元確率密度関数 $f_3(z; h_{peak})$ を導出するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の表面粗さ評価装置。

【請求項 3】

前記演算手段は、

20

前記 2 次元確率密度関数 $f_2(h_{p,3D})$ と、対数正規分布関数又は正規分布関数とに基づき、前記 3 次元確率密度関数 $f_3(h_{p,3D})$ を導出するように構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の表面粗さ評価装置。

【請求項 4】

前記演算手段は、

前記 3 次元確率密度関数 $f_3(h_{p,3D})$ に基づき、前記被測定物体表面の高さ、ピークの個数、断面積のうち少なくともいずれかを算出するように構成されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の表面粗さ評価装置。

【請求項 5】

被測定物体表面の粗さを評価する表面粗さ評価方法であって、

前記被測定物体表面を 2 次元的に測定し、前記被測定物体表面の粗さ曲線データを取得する工程と、

前記粗さ曲線データのピーク高さ H と、その裾野幅 $2R$ とを順次求める工程と、

複数のピーク高さ H と、その裾野幅 $2R$ とから H/R 比の平均値を算出する工程と、

得られたピーク高さのヒストグラムを近似して得られた 2 次元確率密度関数 $f_2(h_{p,3D})$ と、前記 H/R 比の平均値とに基づき、3 次元確率密度関数 $f_3(h_{p,3D})$ を導出する工程と、を備えることを特徴とする表面粗さ評価方法。

【請求項 6】

前記被測定物体の表面粗さを、円錐形、半球形、回転楕円体のいずれかと仮定して、前記 2 次元確率密度関数 $f_2(h_{p,3D})$ と、前記 H/R 比の平均値とに基づき、前記 3 次元確率密度関数 $f_3(h_{p,3D})$ を導出することを特徴とする請求項 5 に記載の表面粗さ評価方法。

【請求項 7】

前記 2 次元確率密度関数 $f_2(h_{p,3D})$ と、対数正規分布関数又は正規分布関数とに基づき、前記 3 次元確率密度関数 $f_3(h_{p,3D})$ を導出することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の表面粗さ評価方法。

【請求項 8】

前記 3 次元確率密度関数 $f_3(h_{p,3D})$ に基づき、前記被測定物体表面の高さ、ピークの個数、断面積のうち少なくともいずれかを算出することを特徴とする請求項 5 から 7 のいずれかに記載の表面粗さ評価方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、不規則な粗さを有する物体表面の 3 次元形状を、より簡単な 2 次元計測により適切に把握・評価するために用いる表面粗さ評価装置及び表面粗さ評価方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、線上で物体表面の粗さを計測（2 次元計測）する装置は、接触式、非接触式など様々な原理によるものが知られている。市販されている表面粗さ計測装置には、例えば、取得した粗さ曲線进行处理して、最大・最低高さ、10 点平均粗さ、粗さの実効値などといった統計量を計算して出力するものもある。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】 P.A. Langston, A. S. Burbidge, T.F.Jones, M.J.H. Simmons, "Particle and droplet size analysis from chord measurements using Bayes' theorem". Powder Technology 116 (1), pp.33-42, 2001.

【非特許文献 2】 C.A. Fernandes, F. Ramos, L. Moriconi and J.B.R. Loureiro, "Experimental validation of particle size distribution estimation from FBRM data", Proc. 8th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, 2013

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、このような装置では、忠実に3次元的な曲面形状を計測しているわけではなく、曲面形状を1つの断面で切断し、曲線を取り出して評価を加えている。

このことから、2次元的な線上計測は、実際の物体表面において3次元的な凸部の頂点近くを切断することもあれば、凸部の裾近くを切断することもあり、3次元的な曲面を正しく代表するものではない。

【0005】

2次元計測の切断面は、必ず3次元的な凸部の頂点を通る保証がないため、2次元計測で計測した凸部の最大値は、3次元的な凸部の最大値よりも小さくなってしまう。

一方で、十分な精度で3次元計測を行うためには、高価な装置を用いて莫大な表面形状データを取得する必要があり、測定時間も長くなってしまいうため実用的ではない。

【0006】

このため、より少ない表面形状データの計測から、妥当な確率・統計的処理を行って3次元的な曲面形状を算出する表面粗さ評価装置が求められている。

非特許文献1, 2には、粒子又は液滴の直径の分布を、レーザーの光路上の弦(Chord)の確率密度関数から求めることが開示されている。しかしながら、非特許文献1, 2に開示された方法は、粒子又は液滴を対象としたものであり、物体表面の粗度にそのまま適用することができるものではない。

【0007】

本発明では、このような現状に鑑み、2次元計測により得られたデータに基づき、迅速に被測定物体表面の3次元形状を予測・評価することが可能な表面粗さ評価装置及び表面粗さ評価方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、前述するような従来技術における課題を解決するために発明されたものであって、本発明の表面粗さ評価装置は、

被測定物体表面の粗さを評価する表面粗さ評価装置であって、

前記被測定物体表面を2次元的に測定可能な変位計と、

前記変位計により得られた前記被測定物体表面の粗さ曲線データに基づき被測定物体表面の3次元形状を算出する演算手段と、を備え、

前記演算手段は、

前記粗さ曲線データのピーク高さ H と、その裾野幅 $2R$ とを順次求め、

複数のピーク高さ H と、その裾野幅 $2R$ とから H/R 比の平均値を算出し、

得られたピーク高さのヒストグラムを近似して得られた2次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、前記 H/R 比の平均値とに基づき、3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出するように構成されていることを特徴とする。

【0009】

この場合、前記演算手段は、

前記被測定物体の表面粗さを、円錐形、半球形、回転楕円体のいずれかと仮定して、前記2次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、前記 H/R 比の平均値とに基づき、前記3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出するように構成することが好ましい。

【0010】

また、前記演算手段は、

前記2次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、対数正規分布関数又は正規分布関数とに基づき、前記3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出するように構成することが好ましい。

【0011】

また、本発明の表面粗さ評価装置では、前記演算手段により、

前記3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ に基づき、前記被測定物体表面の高さ、ピークの

個数、断面積のうち少なくともいずれかを算出することができる。

【0012】

また、本発明の表面粗さ評価方法は、

被測定物体表面の粗さを評価する表面粗さ評価方法であって、

前記被測定物体表面を2次的に測定し、前記被測定物体表面の粗さ曲線データを取得する工程と、

前記粗さ曲線データのピーク高さ H と、その裾野幅 $2R$ とを順次求める工程と、

複数のピーク高さ H と、その裾野幅 $2R$ とから H/R 比の平均値を算出する工程と、

得られたピーク高さのヒストグラムを近似して得られた2次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、前記 H/R 比の平均値とに基づき、3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出する工程と

、を備えることを特徴とする。

10

【0013】

この場合、前記被測定物体の表面粗さを、円錐形、半球形、回転楕円体のいずれかと仮定して、前記2次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、前記 H/R 比の平均値とに基づき、前記3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出することが好ましい。

【0014】

また、前記2次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、対数正規分布関数又は正規分布関数とに基づき、前記3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出することが好ましい。

また、前記3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ に基づき、前記被測定物体表面の高さ、ピークの個数、断面積のうち少なくともいずれかを算出することができる。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、3次元計測に比べて計測データの少ない2次元計測により得られた粗さ曲線データに基づき、被測定物体表面の3次元形状を表す3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出するため、被測定物体表面の粗さを低コストかつ迅速に予測・評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1は、本実施例における表面粗さ評価装置を説明するための概略構成図である。

30

【図2】図2は、図1の表面粗さ評価装置の変位計によって得られた粗さ曲線データの一部を示すグラフである。

【図3】図3は、図2に示す粗さ曲線データにおいてピークを特定した例を示すグラフである。

【図4】図4は、2次元ピーク高さ h_{peak} の確率密度分布 $f_1(h_{peak})$ の例を示すグラフである。

【図5】図5は、2次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、 H/R 比の平均値とに基づき導出された3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ の例を示すグラフである。

【図6】図6は、面測定が可能なレーザー変位計を用いて取得した被測定物体表面の面的な粗さ形状データの一部を示すグラフである。

40

【図7】図7は、3次元計測により得られたピーク高さのヒストグラムと、本発明の表面粗さ評価装置によって導出された3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ との比較を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態(実施例)を図面に基づいてより詳細に説明する。

図1は、本実施例における表面粗さ評価装置を説明するための概略構成図、図2は、図1の表面粗さ評価装置の変位計によって得られた粗さ曲線データの一部を示すグラフである。

【0018】

50

図 1 に示すように、本実施例の表面粗さ評価装置 10 は、被測定物体表面 16 を 2 次元的に点測定可能な変位計 12 と、変位計 12 により得られた粗さ曲線データに基づき被測定物体表面の 3 次元形状を算出する演算手段 14 とを備えている。

【0019】

なお、変位計 12 は、被測定物体表面 16 を点測定可能であれば特に限定されるものではなく、接触式変位計であっても、非接触式変位計であっても構わない。被測定物体表面 16 を安定的に精度良く評価するためには、非接触式変位計が好ましく、特に、レーザー式変位計（例えば、キーエンス社製超高速インラインプロファイル測定器（LJ V7200）など）が好ましい。

【0020】

演算手段 14 は、変位計 12 によって得られた粗さ曲線データに基づき、後述するような演算が可能であれば特に限定されるものではなく、例えば、パーソナルコンピュータなどを用いることができる。

【0021】

以下、本実施例の表面粗さ評価装置 10 を用いて、被測定物体表面 16 の 3 次元形状を算出する流れを説明する。

まず、変位計 12 によって、被測定物体表面 16 を直線上に走査し、2 次元的な線上計測を行う。これによって、図 2 に示すように、粗さ曲線データが得られる。なお、図 2 に示す粗さ曲線データは、塗料を塗布して人為的に粗さを生成した被測定物体表面 16 を変位計 12 によって走査して得られたものである。

【0022】

次いで、図 3 に示すように、図 2 に示す粗さ曲線データに現れるピークを特定し、その高さ h_{peak} を求め、このピーク高さを整理してヒストグラムを計算する。ここで、図 3 中の dh はヒストグラムの 1 区分の幅であり、ヒストグラムの計算とは、この区分に納まるピークの数进行を计数することを言う。本実施例では、ヒストグラムの横軸となる区分数は 50 とした。

【0023】

そして、ヒストグラムの形を連続関数で近似し、下記式 (1) を満たすように縦軸を調整して、図 4 に示すように、2 次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ を導出する。

別途、図 2 に示す粗さ曲線データに現れるピーク高さ H と、その裾野幅 $2R$ とを順次求め、複数のデータに基づいて、 H/R 比の平均値を算出する。

【0024】

【数 1】

$$\int_0^{\infty} f_1(h_{peak}) dh_{peak} = 1 \quad (1)$$

【0025】

確率・統計理論に基づき、被測定物体の表面粗さを円錐形状であるとの仮定のもとに、2 次元対数正規分布の連続関数である 2 次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、 H/R 比の平均値とに基づき、下記式 (2) により、図 5 に示すような 3 次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出する。

【0026】

【数 2】

$$f_3(h_{peak}) = \frac{1}{2R} \frac{d}{dh_{peak}} f_1(h_{peak}) = -\frac{1}{2R} \frac{a}{\sqrt{2\pi_3} h_{peak}} \exp\left(-\frac{\ln(h_{peak}) - \mu}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

【0027】

なお、本実施例では、3 次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ は対数正規分布に従うものと仮定しているが、3 次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ が正規分布に従うものと仮定して導出することもできる。

すなわち、2 次元確率密度関数 $f_1(h_{peak})$ と、対数正規分布関数又は正規分布関数と

10

20

30

40

50

に基づき、3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出することができる。

ただし、対数正規分布を規定するパラメータである (a, μ, σ) が、 $f_3(h_{peak})$ から推算されることになる。また、区分数は図4に示す2次元ヒストグラムと対応するように、横軸 h_{peak} 上では50で計算を行っている。

【0028】

また、本実施例では、被測定物体の表面粗さを、円錐形状と仮定しているが、これに限定されるものではなく、半球形や回転楕円体と仮定して、2次元確率密度関数 $f_2(h_{peak})$ と、H/R比の平均値とに基づき、3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ を導出するようにしてもよい。

【0029】

このようにして得られた3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ の中で、確率密度が0でない値を持つ範囲を区切る横軸の上限値 h_{peak_max} が、3次元曲面の凸部の最大高さ h_{peak_max} に相当する。

【0030】

また、3次元ピーク高さのある区分 h_{peak} における確率密度 $f_3(h_{peak})$ は、その高さの凸部が、被測定物体表面16の面内に何個存在しているかを表している。例えば、 $A(m^2)$ の面積におけるそのピークの個数は $A \times f_3(h_{peak})$ であり、ピーク同士の平均的間隔は $A/f_3(h_{peak})$ の平方根で与えられる。

【0031】

このように、3次元曲面の特性は、3次元ピークの確率密度分布と、H/R比とによって代表されるため、3次元確率密度関数 $f_3(h_{peak})$ に基づき、被測定物体表面16の高さ、ピークの個数、断面積などといった特性値を必要に応じて算出することもできる。

【0032】

以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、本発明の目的を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0033】

なお、本発明の信頼性を検証するために、以下のような確認実験を行った。

被測定物体表面16の3次元曲面の形状を正確に測るために、面測定が可能なレーザー変位計(キーエンス社製超高速インラインプロファイル測定器(LJ V7200))を用いて、被測定物体表面16を走査して面測定を行い、図6に示すように、面的な粗さ形状データを取得した。

【0034】

この粗さ形状データからピークを探索し、それぞれのピーク高さを集積して、図7に示すようにヒストグラムを作成した。

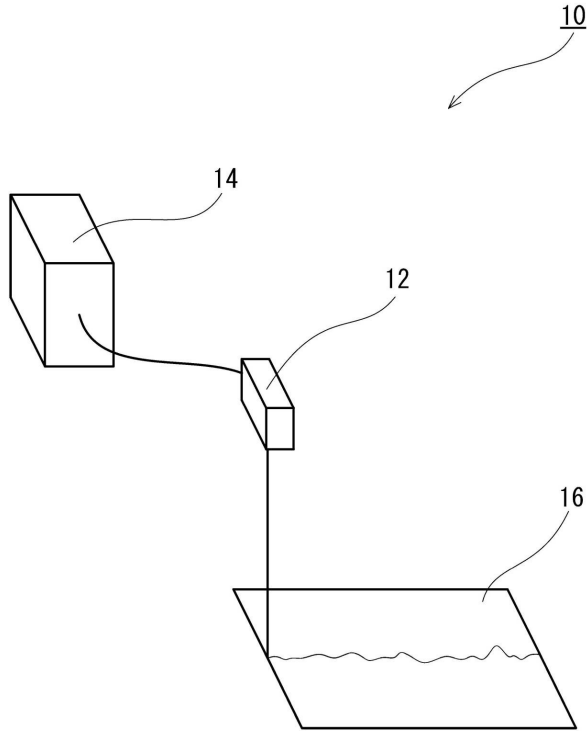
このように実測した3次元計測により得られたピーク高さのヒストグラムは、図5に示す2次元の粗さ曲線データから導出された3次元確率密度関数とよく一致していることから、本発明の表面粗さ評価装置及び表面粗さ評価方法により、被測定物体表面16の3次元形状を精度良く予測・評価することが可能であると言える。

【符号の説明】

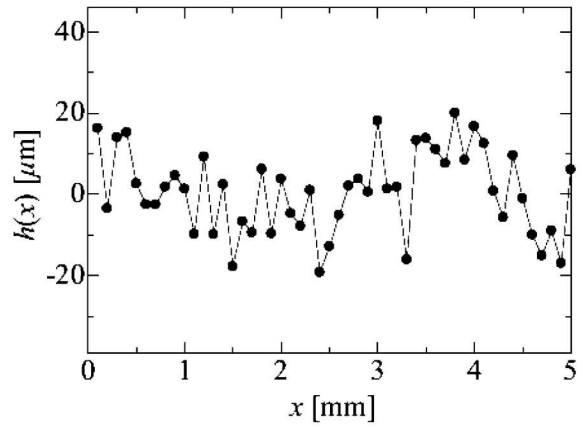
【0035】

- 10 表面粗さ評価装置
- 12 変位計
- 14 演算手段
- 16 被測定物体表面

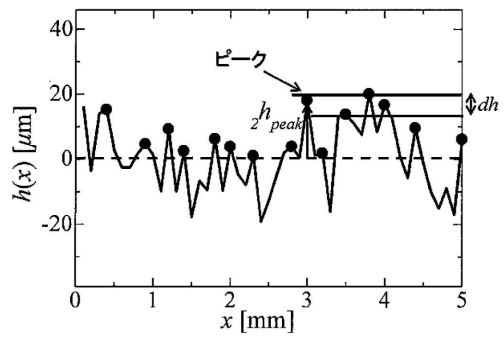
【図1】



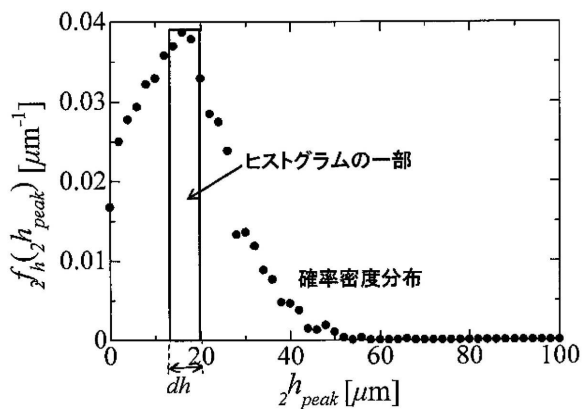
【図2】



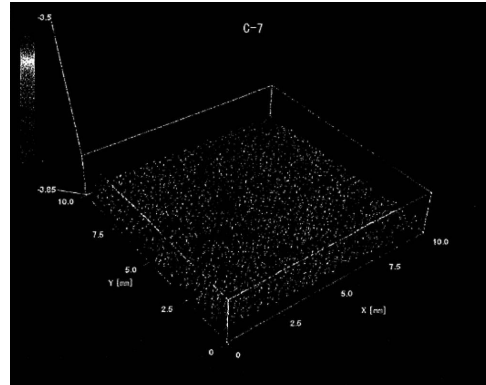
【図3】



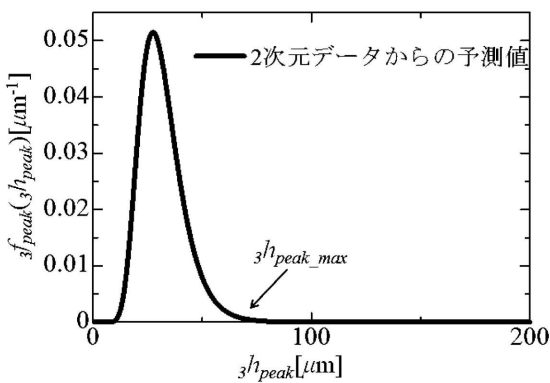
【図4】



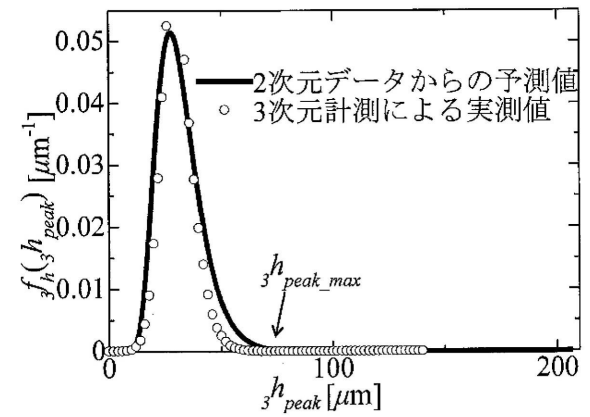
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 軍司 愛美

東京都新宿区神楽坂一丁目3番地 学校法人東京理科大学内

(72)発明者 三重野 紘央

広島県大竹市明治新開1番7 中国塗料株式会社内

(72)発明者 川島 英幹

東京都三鷹市新川6-38-1 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所内

審査官 國田 正久

(56)参考文献 特開平05-071953(JP,A)

特開2000-193450(JP,A)

新田勇, 如沢健, 表面あらさの解析 P.R.Nayakの理論の検討, 日本機械学会第70期全国大会講演論文集(Vol.E), 社団法人日本機械学会, 1992年 9月25日, p.291-293

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/30