

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 12 月 16 日 (16.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/108988 A1

(51) 国際特許分類⁷: C23C 26/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/001318

(22) 国際出願日: 2004 年 2 月 9 日 (09.02.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-158896 2003 年 6 月 4 日 (04.06.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP). 石川島播磨重工業株

式会社 (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008182 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).

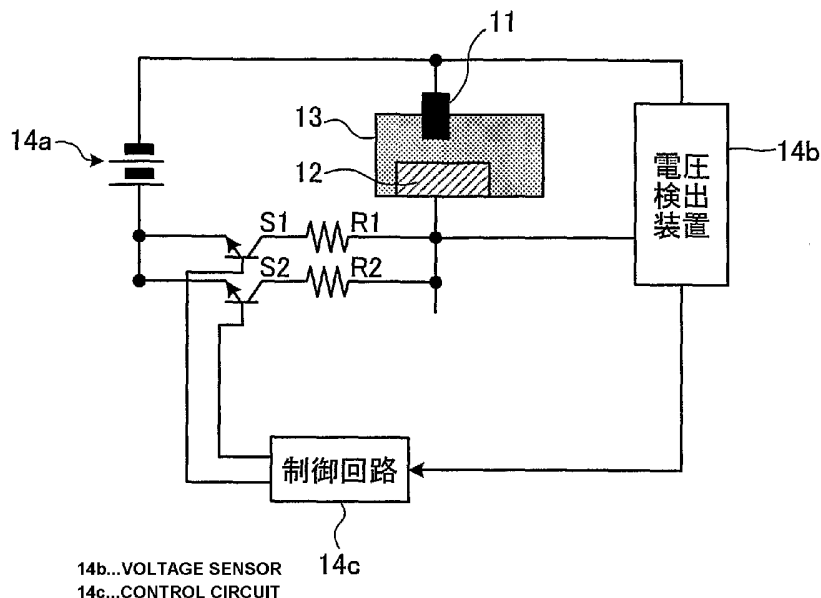
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 後藤 昭弘 (GOTO, Akihiro) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 秋吉 雅夫 (AKIYOSHI, Masao) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 松尾 勝弘 (MATSUO, Katsuhiko) [JP/JP]; 〒4620823 愛知県名古屋市中区東大曾根町上五丁目 1071 番地 菱電工機エンジニアリング株式会社内 Aichi (JP). 落合 宏行 (OCHIAI, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒1008182 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 石川島播磨重工業株式会社内 Tokyo (JP). 渡辺 光敏

/ 続葉有 /

(54) Title: DISCHARGE SURFACE TREATMENT METHOD AND DISCHARGE SURFACE TREATMENT APPARATUS

(54) 発明の名称: 放電表面処理方法および放電表面処理装置



(57) Abstract: A discharge surface treatment method in which the voltage between an electrode under discharge and a work is detected when a thick film is formed by discharge surface treatment, and an unstable phenomenon in discharge surface treatment is detected reliably by making a decision that the discharge surface treatment condition is abnormal when a drop in the voltage is detected. Thanks to the method an appropriate countermeasure can be taken before the condition of the coating and the condition of the electrode deteriorate due to the unstable phenomenon. In other words, the coating and the electrode are protected against damage by judging the stability of discharge surface treatment.

(57) 要約: 放電表面処理により厚膜の形成を行うために、放電中の電極とワークとの間の電圧を検出し、該電圧が低下したことを検出した場合に放電表面処理状態が異常である

/ 続葉有 /



WO 2004/108988 A1



(WATANABE, Mitsutoshi) [JP/JP]; 〒1008182 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 石川島播磨重工業株式会社内 Tokyo (JP). 古川 崇 (FURUKAWA, Takashi) [JP/JP]; 〒1008182 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 石川島播磨重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東京都千代田区霞ヶ関三丁目2番6号 東京倶楽部ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

と判断することにより放電表面処理の不安定現象を的確に検出し、該不安定現象に起因して被膜の状態及び電極の状態が悪化する前に適切な対応処理を実施することが可能とする。すなわち、放電表面処理の安定度を判別することにより、被膜及び電極の損傷を防止する。

明 細 書

放電表面処理方法および放電表面処理装置

5 技術分野

この発明は、放電表面処理技術に関するものであり、詳細には、金属粉末または金属の化合物の粉末、または、セラミックスの粉末を圧縮成形した圧粉体電極を電極として、電極とワークの間にパルス状の放電を発生させ、そのエネルギーにより、ワーク表面に電極材料または電極材料が放電エネルギーにより反応した物質からなる被膜を形成する放電表面処理方法および放電表面処理装置に関するものである。

背景技術

従来の放電表面処理は、常温での耐磨耗に主眼をおいており、TiC（炭化チタン）などの硬質材料の被膜を形成していた（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1

国際公開第99/85744号パンフレット

しかしながら、近年、常温での耐磨耗を目的とした硬質セラミックス被膜だけでなく、100 μ m程度以上の厚膜形成に対する要求が強くなっている。そして、厚膜に要求される機能としては、高温環境下での耐磨耗性、潤滑性などがあり、このような機能を有する厚膜が形成されるのは、高温環境下で使用される部品などが対象である。

このような厚膜を形成するためには、硬質セラミックス膜を形成するためのセラミックスを主成分とした電極とは異なる電極であり、金属成分を主成分とした粉末を圧縮成形し、その後必要に応じて加熱処理を行って形成した電極を使用する。

また、放電表面処理により厚膜を形成するには、電極の硬さをある程度低くす

るなど所定の特徴を電極に持たせる必要がある。これは放電のパルスにより電極材料を多量にワーク側に供給する必要があるためである。

ところで、放電表面処理は通常は安定して被膜形成ができるが、突発的に被膜形成が不安定な状態になり、一旦不安定な状態になると容易に安定した状態に回復できないという問題があった。これは以下のような理由によると考えられる。

すなわち、突発的な不安定な状態の発生が放電の集中によるものであり、一旦不安定な状態になると、電極の放電が集中した部分が広く溶融・再凝固する。ここで、電極の部分が溶融すると、その部分の電極形状が変形し、放電が発生しやすい状態になる。

そして、電極の溶融・再凝固した部分に放電が発生し、溶融・再凝固する範囲をさらに拡大する。また、電極の溶融した部分に放電が集中すると、その部分が加熱されるため、より放電が発生しやすい状態になる。

このように、電極において一旦放電が集中した部分は放電が発生しやすい状態になり、その部分のダメージが拡大するため、被膜形成の安定な状態に回復することは困難である。

しかし、被膜形成が不安定な状態になった初期の段階で、放電パルスの休止時間を延ばすなどの処理を施せば、被膜形成が安定な状態に回復させることが可能な場合もある。したがって、放電表面処理が不安定な状態になった場合には、被膜形成の不安定現象を的確に検出し、該不安定現象に起因して被膜の状態及び電極の状態が悪化する前に適切な対応処理を施すことが必要である。

本発明は、上記に鑑みてなされたもので、被膜形成の不安定現象を的確に検出し、該不安定現象に起因して被膜の状態及び電極の状態が悪化する前に適切な対応処理を実施することを可能とするための放電表面処理方法および放電表面処理装置を提供することを目的とする。

発明の開示

本発明にかかる放電表面処理方法にあつては、金属粉末または金属の化合物の

粉末、または、セラミックスの粉末を圧縮成形した圧粉体を電極として、電極とワークの間にパルス状の放電を発生させ、そのエネルギーにより、ワーク表面に電極の材料からなる被膜または電極の材料が放電エネルギーにより反応した物質からなる被膜を形成する放電表面処理方法であって、放電中の電極とワークとの間の

5 電圧を検出し、該電圧が低下したことを検出した場合に、放電表面処理状態が異常であると判断することを特徴とする。

この発明によれば、放電表面処理時において放電表面処理の不安定現象を的確に検出する。これにより、放電表面処理の不安定現象に起因して被膜の形成状態及び電極の状態が悪化する前に適切な対応処理を実施することが可能となる。すなわち、放電表面処理の安定度を判別することにより、被膜及び電極の損傷を防

10 止することができる。

図面の簡単な説明

第1図は、放電表面処理用電極の製作の工程を示す図であり、第2図は、厚膜

15 形成用の放電表面処理用電極を用いた放電表面処理装置により放電表面処理を行なう様子を示す図であり、第3図は、図2の電気回路を示した図であり、第4A図は、放電表面処理が正常に行われている場合の電圧波形を示す特性図であり、第4B図は、第4A図の電圧波形に対応する電流波形を示す特性図であり、第5図Aは、放電表面処理が異常な場合の電圧波形を示す特性図であり、第5図Bは、

20 第5A図の電圧波形に対応する電流波形を示す特性図であり、第6図は、電極の一部が過度の熱により溶融した状態を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明をより詳細に説術するために、添付の図面に従って本発明の実施の形態

25 を説明する。なお、本発明は、以下の記述に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。また、添付の図面においては、理解の容易のため、各部材における縮尺が異なる場合がある。

まず、放電表面処理により厚膜を形成するために必要な技術思想について説明する。

放電表面処理により厚膜を形成すべく、電極として金属成分を主成分とした材料を用いて形成した電極を使用し、加工液として油を使用する場合には、炭化物を形成しやすい材料が電極中に大量に含まれていると、該炭化物を形成しやすい材料が加工液である油に含まれる炭素と反応して炭化物になってしまうために厚膜を形成しにくいということが見出された。

発明者らの研究では、数 μm 程度の粉末を使用して製造した電極により被膜を形成する場合には、C o（コバルト）、N i（ニッケル）、F e（鉄）などの炭化物を形成しにくい材料を電極中に含ませないと、安定して緻密な厚膜を形成することは困難であることが見出されている。

ここで、使用する粉末の粒径・材質などにもよるが、概略上記のような炭化物を形成しにくい材料が40体積%以上含まれていることが厚膜形成には必要である。電極中に炭化物を形成しにくい材料が40体積%以上含まれることにより、安定して緻密な厚膜を形成することができる。ただし、粒径が1 μm よりも小さくなると、必ずしもこれらの材料が上記のような量含まれなくとも厚膜の形成ができる場合もある。

次に、本実施の形態にかかる放電表面処理方法について説明する。第1図は、この発明の実施の形態1における放電表面処理用電極の製造方法の概念を示す断面図である。まず、第1図を参照して本発明に用いられる電極の一例として電極材料にC o合金の粉末を使用した場合について説明する。第1図において、金型の上パンチ2、金型の下パンチ3、金型のダイ4で囲まれた空間には、C o合金粉末1が充填される。そして、このC o合金粉末1を圧縮成形することにより圧粉体を形成する。放電表面処理にあたっては、この圧粉体が放電電極とされる。

第1図に示す電極の製作工程は以下の通りである。まず、C o合金粉末1を金型に入れて、上パンチ2及び下パンチ3により該C o合金粉末1に圧力をかけてプレスする。このようにして所定のプレス圧をC o合金粉末1にかけることで該

C o 合金粉末 1 は固まり、圧粉体となる。

プレスの際に C o 合金粉末 1 の内部へのプレスの圧力の伝わりを良くするために、C o 合金粉末 1 にパラフィンなどのワックスを混入すると C o 合金粉末 1 の成形性を改善することができる。しかし、電極内のワックスの残留量が多くなる
5 ほど電気伝導度が悪くなる。このため、C o 合金粉末 1 にワックスを混入した場合には、後の工程でワックスを除去することが好ましい。

上記のようにして圧縮成形された圧粉体は、圧縮により所定の硬さが得られている場合にはそのまま放電表面処理用の電極として使用することができる。また、圧縮成形された圧粉体は、所定の硬さが得られていない場合には加熱することで
10 圧粉体の強度、すなわち硬さを増すことができる。

以上のような工程で製作された厚膜形成用の硬さの低い放電表面処理用電極を用いた本発明にかかる放電表面処理装置により放電表面処理を行なう様子の概念図を第 2 図に示す。第 2 図では、パルス状の放電が発生している様子を示している。また、第 3 図は、第 2 図の電気回路を示した図である。

第 2 図に示すように本実施の形態にかかる放電表面処理装置は、上述した放電表面処理用電極であり、C o 合金粉末 1 を圧縮成形した圧粉体、またはこの圧粉体を加熱処理した圧粉体からなる放電表面処理用電極 1 1（以下、単に電極 1 1 と称する場合がある。）と、加工液 1 3 である油と、電極 1 1 とワーク 1 2 との間に電圧を印加してパルス状の放電（アーク柱 1 5）を発生させる放電表面処理
15 用電源装置 1 4 とを備えて構成される。

ここで、放電表面処理用電源装置 1 4 は、第 3 図に示す電源本体 1 4 a、電圧検出装置 1 4 b、スイッチング素子 S 1、S 2・・・、各スイッチング素子に接続されている抵抗器 R 1、R 2・・・、およびスイッチング素子 S 1、S 2・・・をオン・オフする制御回路 1 4 c とを備えている。第 3 図においては、理解の容易
25 のために分離して示してある。

また、なお、電極 1 1 とワーク 1 2 の相対位置を制御する駆動装置、加工液 1 3 を貯留する加工液槽などの本発明に直接関係のない部材は記載を省略している。

この放電表面処理装置によりワーク表面に被膜を形成するには、電極 1 1 とワーク 1 2 とを加工液 1 3 の中で対向配置する。そして、加工液中において、放電表面処理用電源装置 1 4 を用いて電極 1 1 とワーク 1 2 との間にパルス状の放電を発生させる。具体的には、制御回路 1 4 c によりスイッチング素子 S 1 または S 2 …をオン・オフすることで電極 1 1 とワークとの間に電圧を印加し、放電を発生させる。放電のアーク柱 1 5 は第 2 図に示すように電極 1 1 とワーク 1 2 との間に発生する。

オン・オフさせるスイッチング素子は放電した場合に流したい電流により決める。具体的に説明すると、第 3 図において各スイッチング素子はそれぞれ決められた抵抗値の抵抗器に接続されており、それぞれのスイッチング素子が ON した状態で放電が発生すると、抵抗値と電源の電圧から決まる電流が流れる。複数のスイッチング素子が ON した状態で放電が発生すると、それぞれの値の電流が足された値の電流が流れる。

例えば、直流電源の電圧を E、極間の電圧を V_g とすると、スイッチング素子 S 1 がオンされたときに流れる電流値は、 $(E - V_g) / R_1$ になる。同様に、スイッチング素子 S 2 がオンされたときに流れる電流値は、 $(E - V_g) / R_2$ になる。また、スイッチング素子 S 1 とスイッチング素子 S 2 とが同時にオンされたときに流れる電流値は、 $(E - V_g) / R_1 + (E - V_g) / R_2$ になる。

なお、本回路は抵抗器により電流を制限する方式であるが、流れる電流を所望の値に決めるような回路方式を用いることも可能である。

そして、電極 1 1 とワーク 1 2 との間に発生させた放電の放電エネルギーにより電極材料の被膜をワーク表面に形成し、または放電エネルギーにより電極材料が反応した物質の被膜をワーク表面に形成する。極性は、電極 1 1 側がマイナスの極性、ワーク 1 2 側がプラスの極性として使用する。

このような回路構成を有する放電表面処理装置において、放電表面処理を行う場合の放電のパルス条件の一例を第 4 A 図と第 4 B 図とに示す。第 4 A 図と第 4

B図は、放電表面処理時における放電のパルス条件の一例を示す図であり、第4 A図は、放電時の電極11とワーク12の間にかかる電圧波形を示し、第4 B図は、放電時に放電表面処理装置に流れる電流の電流波形を示している。第4 A図に示されるように時刻 t_0 で両極間に無負荷電圧 u_i がかけられるが、放電遅れ
5 時間 t_d 経過後の時刻 t_1 に両極間に放電が発生し、電流が流れる。このときの電圧が放電電圧 u_e であり、このとき流れる電流がピーク電流値 i_e である。そして時刻 t_2 で両極間への電圧の供給が停止されると、電流は流れなくなる。

時刻 $t_2 - t_1$ をパルス幅 t_e という。この時刻 $t_0 \sim t_2$ における電圧波形を、休止時間 t_o をおいて繰り返して両極間に印加する。つまり、この第4 A図
10 に示されるように、電極11とワーク12との間に、パルス状の電圧を印加させる。

放電中の電圧は、正常に放電表面処理が行なわれている場合には、およそ50 V程度の値を示し、範囲としては40 V～60 V程度の値を示す場合が多い。ただし電極11の成形条件などの諸条件により多少上下にずれる場合がある。

15 電極11が、硬度が硬く作られた場合には、電極11とワーク12との間の電圧は低くなる。一方、電極11が、硬度が軟らかく作られた場合には、電極11とワーク12との間の電圧は高くなる。

この現象は次のような理由による。電極11とワーク12との間の電圧、すなわちアーク電圧そのものは通常25 V～30 V程度である。しかしながら、本発明において用いる厚膜形成用の電極11は、粉末を固めて作製したものであるため電気抵抗値が高い。
20

このため第3図の電圧検出装置17での測定結果は、アーク電圧に電極11における電圧降下がプラスされた電圧となり、電極の電気抵抗値が低い場合に比べて高い値になる。

25 以上のように放電表面処理により厚膜を安定に形成している場合には、検出される放電中の極間の電圧、すなわち電極11とワーク12との間の電圧 V_1 は第4 A図に示すように高い値となるが、安定に被膜形成ができなくなった場合には、

第5A図に示すように放電中の極間の電圧の電圧、すなわち電極11とワーク12との間の電圧V1が低下することがわかった。

これは、以下のような理由による。加工状態、すなわち放電表面処理の処理状態が不安定になった場合には放電の集中により電極11の一部が放電の熱で加熱されて第6図に示すように溶融・再凝固した部分11aが生じる。そして、この溶融・再凝固した部分11aの電気抵抗が下がったために、電圧検出装置17での検出電圧のうちの電極11での電圧降下分が小さくなったためである。

なお、第5図Aでは、すべてのパルスの放電電圧が低くなっているが、突発的に加工（放電表面処理）が不安定になった場合は、特に初期段階においては、放電電圧が低いパルスと高いパルスとが混在することも多い。

いずれの場合も、このような放電表面処理の不安定現象が発生した場合は、第6図に示すように電極11の一部に過度の熱により溶融・再凝固した部分11aが生じた状態になっており、この溶融・再凝固した部分11aに放電が発生した場合に放電電圧が低くなることが本発明者の実験によりわかった。

そして、一旦このような状態になると、電極11の溶融・再凝固した部分11a部分はソリッドの電極と同様になり電気抵抗が下がり、放電が同じ位置に発生しやすくなり、電極の損傷を拡大してしまう。

そこで、本発明においては、第3図に示した電圧検出装置14bにより、放電中の電極11とワーク12との間の電圧が安定加工時、すなわち放電表面処理が安定して行われているときよりも低下したことを検出する。たとえば、放電が発生してから所定時間後に極間電圧検出タイミングのパルスを発生し、そのパルスのタイミングで、極間電圧を安定加工中と不安定の境界の電圧であるしきい値と比較する等の方法が考えられる。上記検出のタイミングは、放電発生から所定の時間、たとえば $1\mu s$ ～数 μs でも良いし、放電継続時間の真ん中というような処理としても良い。そして、電圧検出装置14bは、制御回路14cに所定の信号、例えば電圧の検出結果の信号を送信する。制御回路14cは電圧検出装置14bでの検出結果に基づいて放電状態の良否を判断する。制御回路14cは、放

電状態が異常である（悪い）と判断した場合には、さらに制御回路 1 4 c は判断結果に基づいて例えばスイッチング素子 S 1 または S 2 をオフすることで放電の発生を完全に停止する。

5 これにより、放電表面処理の不安定現象を的確に検出し、該不安定現象に起因して電極の状態が悪化する前に適切な対応処理を実施することが可能となる。すなわち、放電表面処理の安定度を判別することにより、電極の損傷を防止することができる。

なおここでは、制御回路 1 4 c が電圧検出装置 1 4 b での検出結果に基づいて放電状態の良否を判断する機能を有する場合について説明しているが、電圧検出装置 1 4 b での検出結果に基づいて放電状態の良否を判断する機能を有する手段を制御回路 1 4 c と別個に設けても良い。

電極 1 1 とワーク 1 2 との間の電圧を検出するタイミングは、放電継続時間中の 1 点を選んでよく、また、放電継続時間中の電極 1 1 とワーク 1 2 との間の電圧の平均値を選んでよい。

15 安定加工時の電極 1 1 とワーク 1 2 との間の電圧値は使用する電極により異なるが、それぞれの電極によりほぼ一定している。したがって、予め測定して決めた電圧よりも低い値に閾値を設けておき、その値を下回った場合に、異常と判断すればよい。

また、ある数のパルスの放電中の電圧値の平均値を算出する回路を配置し、該回路で算出された平均値よりも所定の割合、例えば 1 0 % 低い電圧値の放電が発生した場合に異常と判断することも可能である。

さらに、簡便な方法としては、以下のような方法も用いることができる。例えば電極が金属で構成されており電極での電圧降下がない場合には、放電表面処理の際の極間の電圧値、すなわち電極とワークとの間の電圧値は 2 5 V ~ 3 0 V 程度
25 度の範囲内に入るため、例えば極間の電圧値が 3 5 V 以上であれば正常と判断することができる。

電極 1 1 の損傷を防ぐためには、上述したように放電の発生を完全に停止する

ほかにも、例えば放電休止時間 t_o を延ばすなどの放電条件の操作も効果がある。例えば、放電休止時間 t_o を延ばして電極 11 の損傷を防止するには、閾値を下回った放電電圧のパルスが発生した場合に次のパルスから休止時間を 2 倍にする、などの方法がある。

- 5 ただし、放電休止時間 t_o が長くなりすぎると、極間間隙を制御するサーボの動作が不安定になるため（通常、概略放電のパルス毎に制御しているため、制御間隔が長くなるので）、ある程度（例えば、1 ms 程度）の上限を設けておいたほうがよい。

- 10 以上、放電表面処理により被膜を形成する場合の、電極損傷の防止技術について述べたが、上述したこの発明のための試験の結果より、以下のことがわかる。安定加工中、すなわち放電表面処理が安定して行われているときに放電電圧が上昇する原因である電極における電圧降下は、電極全体で起きているのではなく、電極表面のアーク柱の足の部分で起きている。

- 15 これは、電極内部を電流が流れる際には広い範囲を電流が流れるが、アークの部分は非常に狭い部分を電流が流れることになり、電気抵抗が大きくなるためと推測している。このことは、電極の一部が熔融・再凝固して電気抵抗が部分的に下がったところに放電が発生した時に、電極における電圧降下が小さくなることから確認できる。

- 20 なお、放電表面処理において、放電電圧が突然所定の範囲を飛び出る、すなわち所定の範囲を外れるのは、放電表面処理の最中に電極が異常な状態になった場合と判断できる。また、放電電圧が常に所定の範囲を飛び出ている場合には、電極が最初から異常な状態にあると判断できる。これは、正常な状態に作製された電極を使用した場合には、放電中の電圧は所定の範囲に入るからであり、その所定の範囲に常に入らない（所定の範囲を超える、又は所定の範囲よりも低い）場合、
25 電極が最初から異常な状態にあったと判断できるからである。

このように放電表面処理において、放電電圧が突然所定の範囲から外れた場合には、放電表面処理の最中に電極が異常な状態になったと判断し、また、放電電

圧が常に所定の範囲から外れている場合には、電極が最初から異常な状態にあったと判断することにより、この時点で放電の集中により、電極、被膜にダメージを与える現象を防止することが可能となるため、電極の損傷を効果的に防止することができる。

- 5 また、放電表面処理では、電極材料が溶融してワーク側に移動することが必要であり、そのためには、電極は電気抵抗がある程度大きい状態にしておくことが必要である。放電表面処理中において、放電が電極の局部に集中して発生するなど異常な状態が発生すると、電極においてはその部分、すなわち放電が集中して発生する部分の溶融が進む。そして、この場合、電極の電気抵抗値は下がった状態になる。この電極の状態の変化を放電電圧、すなわち、（極間のアーク電位）
10 +（電極での電圧降下）により検出することができる。

放電電圧が下がった状態（電極での抵抗による電圧降下が小さくなった状態）は、電極に異常が発生したことを示しており、放電数発のタイミングでその現象を検出することが可能である。

- 15 また、放電除去加工の場合とは異なり、放電表面処理によりワークに被膜を形成する場合には、被膜に異常が発生してしまうと、その修復が極めて困難である。これは、被膜を良好な状態で形成できずに被膜に凹みができってしまうと、放電表面処理を継続しても、その凹み部分を埋めることができないためである。凹みができってしまった被膜を良好な状態に修復するためには、その部分を除去してしま
20 い、追加処理するしか方法がない。

- しかし、被膜形成が不安定な状態になった初期の段階で、放電パルスの休止時間を延ばすなどの処理を施せば、被膜形成が安定な状態に回復させることが可能な場合もある。すなわち、放電表面処理が不安定な状態になった場合には、被膜形成の不安定現象を的確に検出し、該不安定現象に起因して被膜の状態が悪化する
25 前に適切な対応処理を施すことが必要である。

そこで、本発明においては、放電表面処理の不安定現象を的確に検出し、該不安定現象に起因して被膜の形成状態が悪化する前に適切な対応処理を実施するこ

とが可能となる。すなわち、放電表面処理の安定度を判別することにより、被膜の形成状態の悪化を防止することができる。

したがって、本発明によれば、突発的に発生する被膜形成の不安定現象を的確に検出し、該不安定現象に起因して被膜の状態及び電極の状態が悪化する前に適切な対応処理を実施することが可能となる。すなわち、本発明によれば、放電表面処理の安定度を判別することにより、被膜及び電極の損傷を防止することができる。

なお、上記においては、加工液中において放電表面処理を行う場合について説明したが、本発明は加工液中において放電表面処理を行う場合に限定されるものではなく、気体雰囲気中において放電表面処理を行う場合についても適用可能である。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかる放電表面処理方法は、被加工物表面に被膜を形成する表面処理関連産業に用いられるのに適しており、特に被加工物表面に厚膜を形成する表面処理関連産業に用いられるのに適している。

請 求 の 範 囲

1. 金属粉末または金属の化合物の粉末、または、セラミックスの粉末を圧縮成形した圧粉体を電極として、前記電極とワークの間にパルス状の放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記ワーク表面に前記電極の材料からなる被膜または前記電極の材料が放電エネルギーにより反応した物質からなる被膜を形成する放電表面処理方法であって、

放電中の前記電極とワークとの間の電圧を検出し、該電圧が低下したことを検出した場合に、放電表面処理状態が異常であると判断すること
10 を特徴とする放電表面処理方法。

2. 金属粉末または金属の化合物の粉末、または、セラミックスの粉末を圧縮成形した圧粉体を電極として、前記電極とワークの間にパルス状の放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記ワーク表面に前記電極の材料からなる被膜または前記電極の材料が放電エネルギーにより反応した物質からなる被膜を形成する放電表面処理方法であって、

放電中の前記電極とワークとの間の電圧を検出し、該電圧が常に所定の範囲にない場合に、電極自体が異常であると判別すること
20 を特徴とする放電表面処理方法。

3. 金属粉末または金属の化合物の粉末、または、セラミックスの粉末を圧縮成形した圧粉体を電極として、前記電極とワークの間にパルス状の放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記ワーク表面に前記電極の材料からなる被膜または前記電極の材料が放電エネルギーにより反応した物質からなる被膜を形成する放電表面処理装置であって、

放電中の前記電極と前記ワークとの間の電圧を検出する電圧検出手段と、
前記電圧検出手段における検出結果に基づいて放電状態の良否を判断する良否

判断手段と、

を有することを特徴とする放電表面処理装置。

4. 前記良否判断手段の判断結果に基づいて放電の停止または処理条件の変更
5 を行なう制御手段を有することを特徴とする請求の範囲第3項に記載の放電表面
処理装置。

5. 金属粉末または金属の化合物の粉末、または、セラミックスの粉末を圧縮
成形した圧粉体を電極として、前記電極とワークの間にパルス状の放電を発生さ
10 せ、そのエネルギーにより、前記ワーク表面に前記電極の材料からなる被膜または
前記電極の材料が放電エネルギーにより反応した物質からなる被膜を形成する放電
表面処理装置であって、

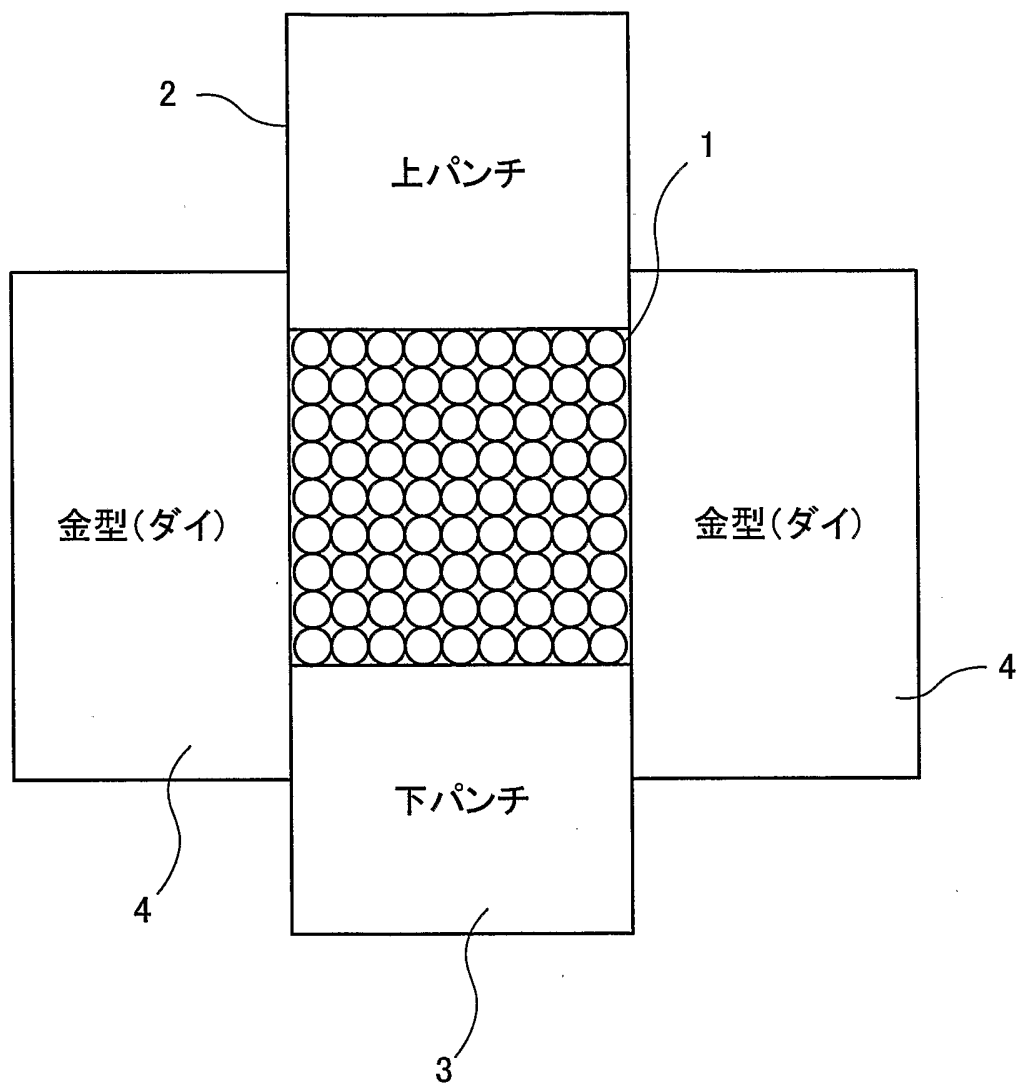
放電中の前記電極とワークとの間の電圧を検出する電圧検出手段と、

- 該電圧検出手段における検出結果が常に所定の範囲にない場合に電極自体の異
15 常と判別する判別手段と、

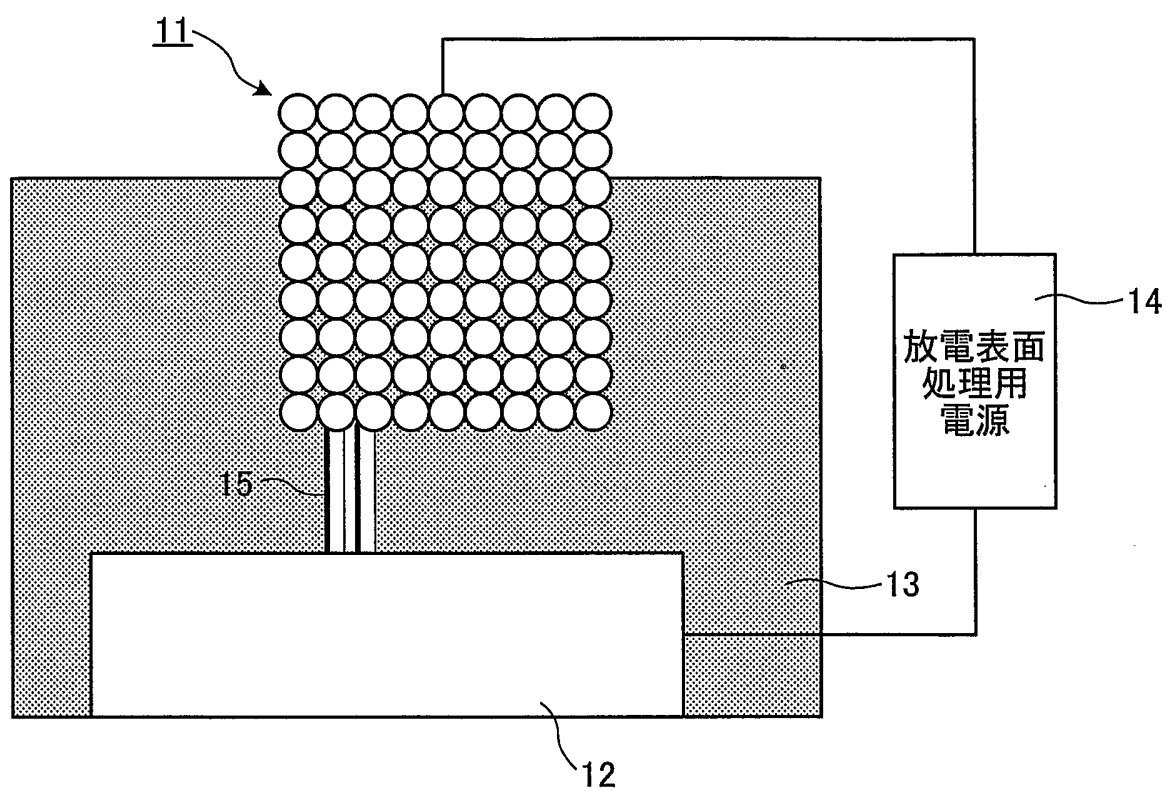
を有することを特徴とする放電表面処理装置。

6. 前記電極が炭化物を形成しにくい材料を40体積%以上含んでいることを
特徴とする請求の範囲第3項または第5項に記載の放電表面処理装置。

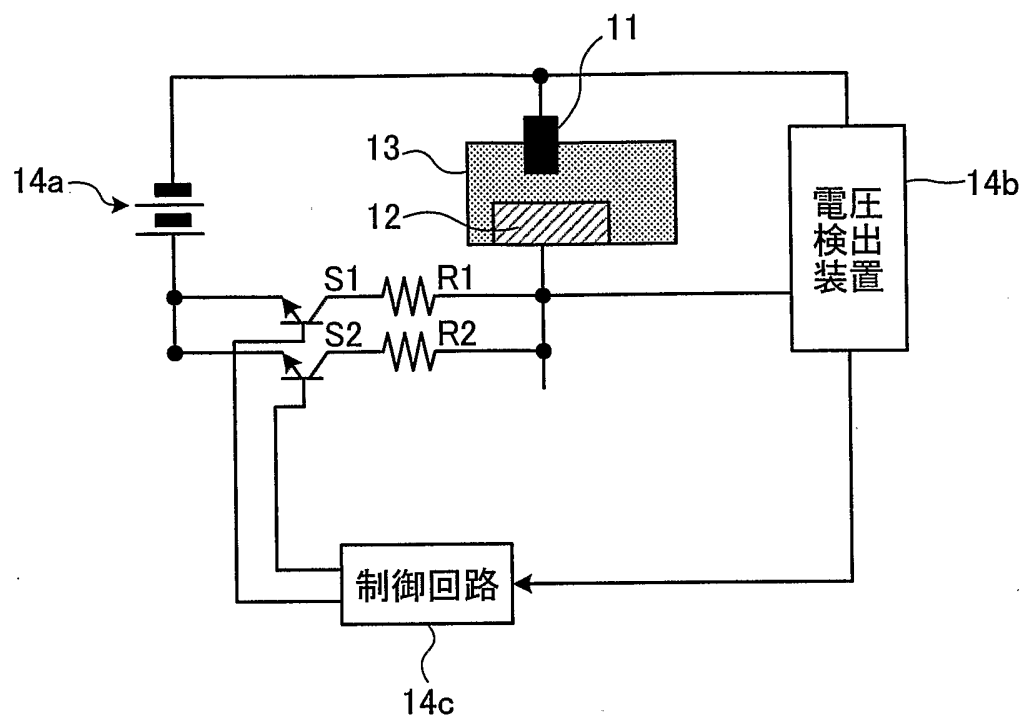
第1図



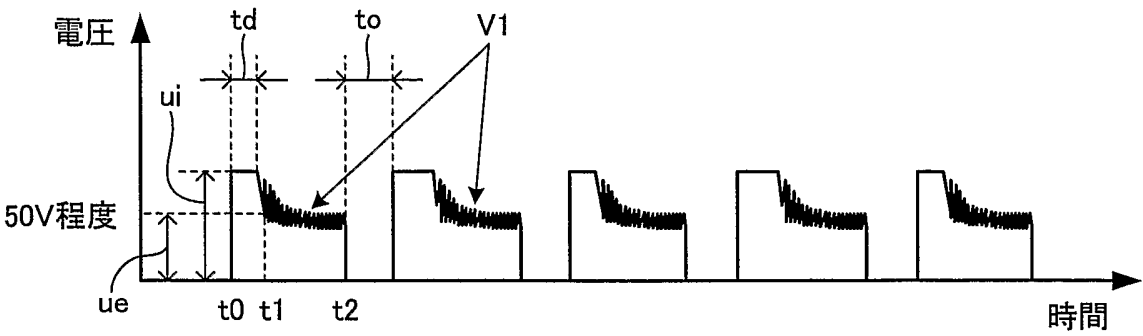
第2図



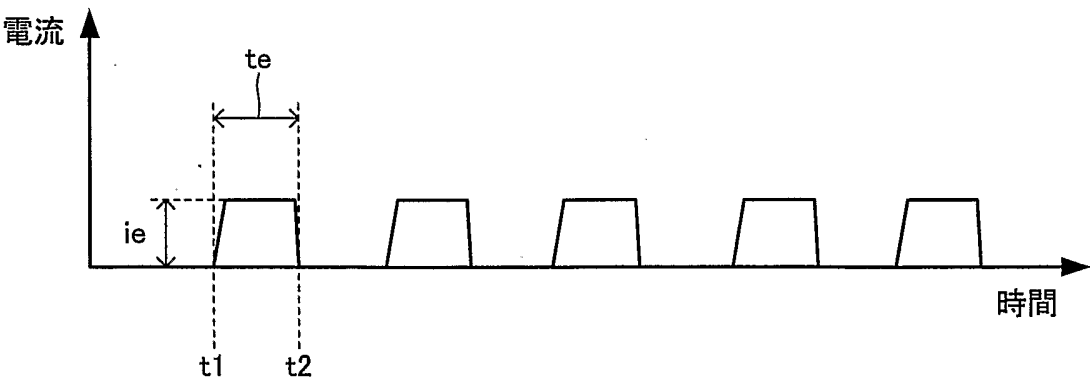
第3図



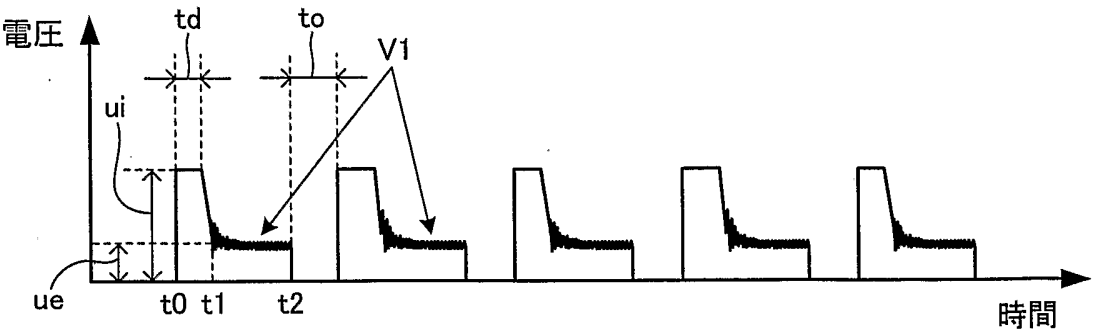
第4A図



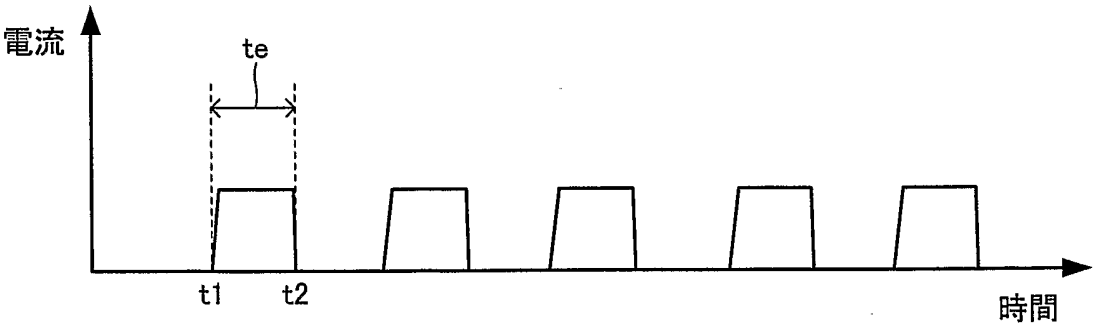
第4B図



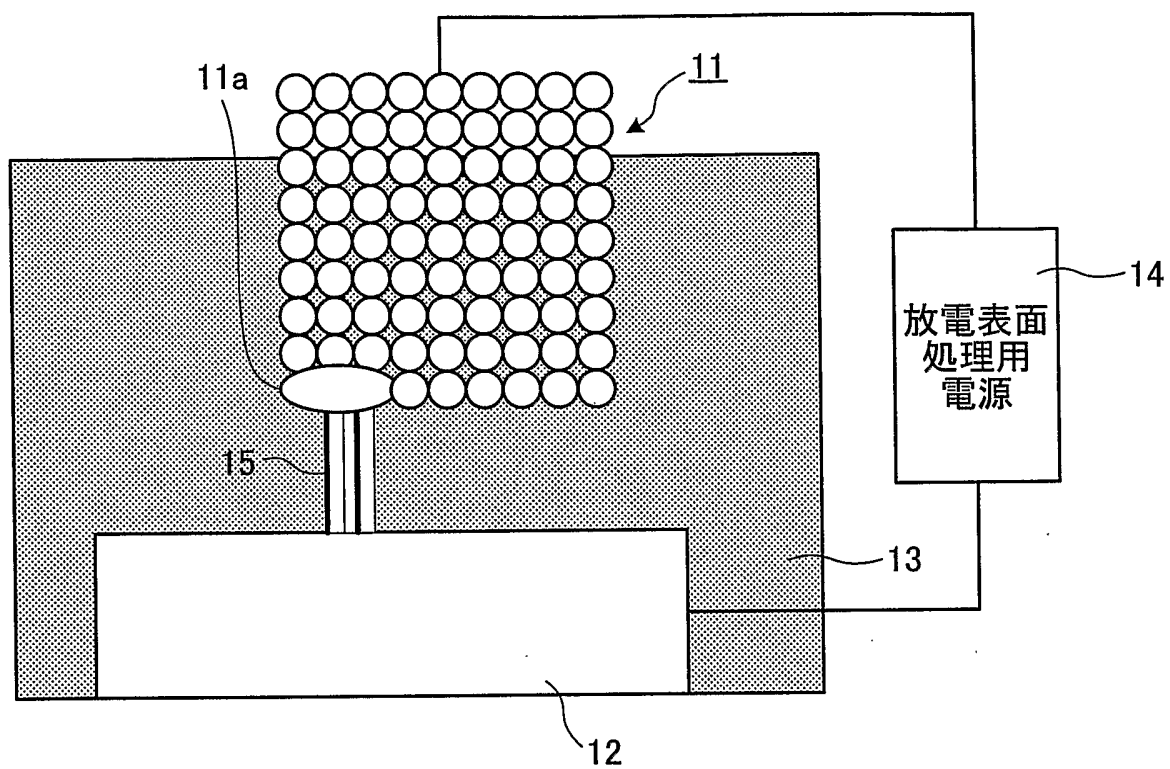
第5A図



第5B図



第6図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ C23C26/00

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)
Int.Cl⁷ C23C26/00, B23H1/02Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 99/58744 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 18 November, 1999 (18.11.99), Page 22, lines 1 to 21 & JP 3227454 B2	1-6
Y	JP 08-323544 A (Aisin AW Co., Ltd.), 10 December, 1996 (10.12.96), Claim 1 (Family: none)	1-6
Y	JP 07-070761 A (Research Development Corp. of Japan), 14 March, 1995 (14.03.95), Par. Nos. [0022], [0024]; Fig. 1 (Family: none)	1-6

☐ 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 June, 2004 (18.06.04)Date of mailing of the international search report
06 July, 2004 (06.07.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C23C26/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C23C26/00, B23H1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 99/58744 A1 (三菱電機株式会社) 1999. 11. 18, 第22頁第1行~第21行 & JP 3227454 B2	1-6
Y	JP 08-323544 A (アイシン・エイ・ダブリュ株式会社) 1996. 12. 10, 【請求項1】 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 07-070761 A (新技術事業団) 1995. 03. 14, 【0022】, 【0024】, 【図1】 (ファミリーなし)	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18. 06. 2004

国際調査報告の発送日

06. 7. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大畑 通隆

4 E

3 2 3 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3423