

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **90106098.8**

51 Int. Cl.⁵: **H01C 10/30**

22 Anmeldetag: **30.03.90**

30 Priorität: **06.04.89 DE 3911101**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.10.90 Patentblatt 90/41

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH FR GB IT LI

71 Anmelder: **HORST SIEDLE KG**

D-7743 Furtwangen(DE)

72 Erfinder: **Hohmann, Hans**

Raffaelweg 6

D-7000 Stuttgart 1(DE)

Erfinder: **Halder, Ernst**

Scharnhäuser Strasse 85/3

D-7302 Ostfildern 1(DE)

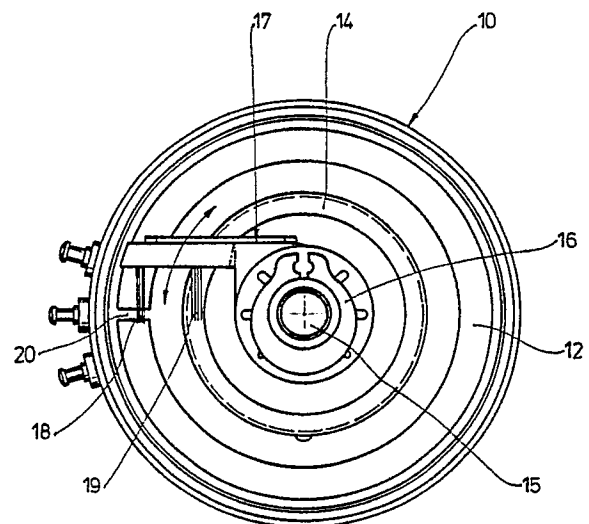
74 Vertreter: **Otte, Peter, Dipl.-Ing.**

Tiroler Strasse 15

D-7250 Leonberg(DE)

54 **Potentiometer.**

57 Bei einem Potentiometer insbesondere in der Form eines schnell durchdrehbaren Präzisionspotentiometers oder eines linearen Weggebers zur Erzeugung von Rückführgrößen bei Maschinen wird vorgeschlagen, Widerstands-bzw. Kollektorbahn einerseits und/oder die diesen Bahnen zugewandten Gleitflächen eines Schleifers bzw. von Schleiferfingern mit einer aufgrund eines plasmatechnologischen Vorgangs gewonnenen, zusätzlichen Hartcoating-Schicht zu beschichten, so daß sich diamantähnliche Kohlenstoff- oder graphitähnliche Kohlenstoffbeschichtungen, vorzugsweise mit Metallzusätzen oder auch isolierende sehr dünnen Polyamid-schichten ergeben. Hierdurch wird insbesondere einem adhäsiven Verschleiß begegnet.



Potentiometer

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Potentiometer nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Potentiometer sind in vielfältiger Form bekannt, so daß im folgenden lediglich stellvertretend auf eine Veröffentlichung für viele in Form der DE-OS 32 24 069 verwiesen wird, die den grundsätzlichen Aufbau eines Präzisions-Drehpotentiometers genauer beschreibt.

Üblicherweise sind daher Präzisions-Drehpotentiometer im Grundaufbau so getroffen, daß ein Trägerflansch eine Platte lagert, auf welcher eine zur Zuführung der am Potentiometer anliegenden Spannung unterbrochene Widerstandsmassebahn, üblicherweise auf Leitplastikbasis sowie gegebenenfalls eine durchlaufende Kollektoring-Massebahn aufgebracht sind. Der Trägerflansch lagert ferner, gegebenenfalls über Kugellager, eine Welle, die ihrerseits den Abgriff trägt, der in Querrichtung von der Welle ausgehend einen an ihm befestigten Schleifer über die Widerstandspiste oder -bahn und gegebenenfalls die Kollektorpiste oder -bahn führt. Der Schleifer kann ein einstückiges metallisches Gleitteil sein und besteht üblicherweise aus einer Anzahl nebeneinander angeordneter einzelner Schleiferfinger, die auf der Widerstandspiste und der Kollektorpiste gleiten, so daß die abgegriffene Spannung auf den Kollektor übertragen und dann von diesem abgenommen werden kann.

Die Erfindung ist nicht auf ein solches Präzisions-Drehpotentiometer beschränkt, sondern für alle Arten von Stellwiderständen, linearen Längswiderständen und Potentiometer geeignet, insbesondere für solche, bei denen sehr schnell ablaufende Bewegungen zu realisieren sind, etwa wenn sie als Sensoren oder Istwertgeber bei Maschinen oder Nachlaufregelungen eingesetzt werden oder in Form von Drehpotentiometern beispielsweise zur Erzeugung von Sägezahnspannungen u. dgl. Spezielle Ausführungsformen solcher Präzisionspotentiometer, die beispielsweise im Schleiferbereich eine dämpfende Kunststoffbeschichtung zusätzlich tragen, sind in der Lage, mit unterschiedlichen, zum Teil sehr hohen Geschwindigkeiten sich unter Umständen millionenfach wiederholende Arbeitsdreh- oder Längsbewegungen durchzuführen, wobei die Notwendigkeit besteht, die ursprüngliche Linearisierung und den Spannungsgradienten möglichst unverfälscht über die Lebensdauer des Elementes aufrecht zu erhalten, auch bei entsprechender Alterung, bei auftretendem Verschleiß u. dgl. Ein solcher Verschleiß ergibt sich deshalb, weil der auf der Leitplastikbasis gleitende Schleifer mit seinen Fingern

(gegenseitigen) Abrieb verursacht, was zu Linearitätsveränderungen und auch zu einer Änderung des Übergangswiderstandes zwischen Schleifer und Piste im Sinne einer Erhöhung führen kann. Die Wirkung des Verschleißes und die Änderung der Linearitätsverhältnisse können bis zum Ausfall des Potentiometers führen.

Hier sind noch genauere Untersuchungen von Bedeutung, die auf die spezielle Art des Verschleißes abstellen. Der üblicherweise auftretende abrasive Verschleiß ist ein linearer Verschleiß und kann in seiner Beziehung zur Lebensdauer, also über der Zeit mehr oder weniger vorausgesagt werden, auch in seinen Wirkungen und in den Änderungen, die sich an den Daten des Potentiometers voraussichtlich ergeben.

Eine zweite, wesentlich unangenehmere Verschleißwirkung ist der sogenannte adhäsive Verschleiß, der sich bei einer Paarung von Schleifer und Pistenmaterial beispielsweise dadurch ergibt, daß einer der Partner Material von dem anderen Partner aufnimmt und an sich anlagert, so daß es beispielsweise an diesem aufnehmenden Partner festklebt. Dieser adhäsive Verschleiß verschleißt sich allerdings einer qualifizierten Voraussage, da er mehr oder weniger statistisch auftritt und auch nicht immer sichergestellt ist, daß es nun gerade der "harte" Partner bei der Materialpaarung ist, der stärker in Mitleidenschaft gezogen wird.

Der adhäsive Verschleiß beruht also auf Transportmechanismen zwischen den beiden Partnern und hängt vermutlich hauptsächlich von metallischen Oberflächenspannungen zum Beispiel des Schleifermaterials ab, so daß bei unglücklicher Paarung statt des üblichen Grenzflächenverhältnisses Schleifermaterial/Piste mit einem doppelten Übergang gerechnet werden muß, also Schleifer/Pistenmaterial/Piste. Durch seine metallischen Oberflächenspannungen versucht der Schleifer sich mit anderem, verfügbarem Material zu überziehen, und dies ist dann üblicherweise das Pistenmaterial der Leitplastikbasis. Hierdurch können sich im Übergangsbereich zwischen Piste und Abgriff erheblich veränderte Widerstandsverhältnisse ergeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, hier Abhilfe zu schaffen und bei einem Potentiometer beliebiger Art dafür zu sorgen, daß unter allgemeiner Vermeidung von Verschleißerscheinungen insbesondere der sogenannte adhäsive Verschleiß vermieden werden kann.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs und hat den Vorteil, daß üblicherweise sehr dünne, auf der Basis plasmatechnologischer Vorgänge aufgebraachte Hartschichten, vorzugsweise mit Metallzusatz, sowohl sehr gute Verschleiß- als auch Gleiteigenschaften aufweisen und, wie Versuche ergeben haben, gegen jede Art von adhäsivem Verschleiß geschützt sind und daher entsprechend auch Schleifer schützen können, auf deren Gleitflächen sie bevorzugt aufgebracht werden.

Hierbei hat sich herausgestellt, daß ein solchermaßen beschichteter Schleifer beispielsweise Durchläufe bei einem Drehpotentiometer in der Größenordnung von 10 Millionen zurücklegen kann, bis ein Abtrag dieser plasmatechnologisch aufgetragenen Hartcoating-Schicht etwa im stärker vorspringenden Mittenbereich der Schleiferfinger-Gleitfläche auftritt. Es läßt sich dann feststellen, daß nach nur weiterer kürzerer Betriebsdauer an dem durch den Abtrag der Hartcoating-Schicht freigelegten eigentlichen Schleifermaterial wieder adhäsive Verschleißerscheinungen auftreten, also eine Anlagerung hier von Leitplastikmaterial, während die angrenzenden, noch die Hartcoating-Beschichtung aufweisenden Flächen völlig sauber und unbeeinflusst bleiben. Hieraus ergibt sich auch deutlich der Vorteil, der sich aufgrund einer solchen Beschichtung im Gleitbereich von Potentiometern realisieren läßt.

Grundsätzlich kann die Hartcoating-Schicht auch auf das herkömmliche Widerstandselement, also auf die Leitplastikbasis aufgebracht werden, wodurch sich in Verbindung mit geeigneten Schleifersystemen die erwähnten Vorteile ergeben; in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung sind es aber die Schleifersysteme selbst, die allein oder zusätzlich zu einer Hartcoating-Schicht auf dem Widerstandselement plasmatechnologisch beschichtet werden, so daß neben der allgemeinen Verschleißreduzierung auch wesentliche Verbesserungen im Bereich der erforderlichen Drehmomente Schleifer/Piste erzielt werden können.

Vorteilhaft ist ferner, daß durch die erreichten Fortschritte im Bereich der Plasmatechnologie das Aufbringen von Hartcoating-Schichten im Bereich oder jedenfalls nahe Raumtemperatur ($< 200^{\circ}\text{C}$) durchgeführt werden kann, so daß eine merkliche Beeinflussung von Plastikmaterialien, die ebenfalls Verwendung finden können, beispielsweise auch das schon erwähnte Leitplastikmaterial für die Widerstands- und Kollektorpiste, ausgeschlossen werden kann.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der Erfindung möglich. Besonders vorteilhaft ist die Ausbildung der Hartcoating-Schichten in Form sogenannter Diamond-like-

Carbon(DLC)- bzw. Graphite-like-Carbon(GLC)-Beschichtungen, die Metallzusätze enthalten, so daß sich bestimmte Leitfähigkeiten ergeben, die bis zu $10^{-4} \text{ Ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$ betragen können. Es ist dann möglich, solche Schichten auch dicker aufzubringen, so daß sich besonders günstige Arbeitsbedingungen für den Dauerbetrieb ergeben.

Als Metallzusätze mit sehr guten Verschleiß- und Gleiteigenschaften können beispielsweise verwendet werden Wolfram (W), Tantal (Ta) und Niob (NB).

In diesem Zusammenhang ist noch darauf hinzuweisen, daß Metall enthaltende Kohlenwasserstoffverbindungen (metal-containing hydrogenated carbon films) in Form von Beschichtungen oder Filmen, die auf der Basis plasmatechnologischer Verfahren auf Träger aufgebracht werden, für sich gesehen schon bekannt sind, beispielsweise aus der Veröffentlichung: Appl. Phys. Lett. 50(16), 20. April 1987 als Aufsatz von H. Dimigen, H. Hübsch und R. Memming aus dem Philips GmbH Forschungslaboratorium Hamburg.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt in Draufsicht in spezieller Anwendung auf ein Drehpotentiometer parallel nebeneinanderliegende Widerstands- und Kollektorpisten, die von einem gemeinsamen Schleifer überstrichen werden.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele
der Grundgedanke vorliegender Erfindung besteht darin, mindestens einen der Gleitpartner, die sich bei einem Stellwiderstand oder Potentiometer ergeben, also Schleifer und/oder die Leitplastikbasis mit einer nach plasmatechnologischen Gesichtspunkten hergestellten Hartcoating-Schicht zu versehen, so daß neben einer allgemeinen Reduzierung des abrasiven Verschleißes hauptsächlich der adhäsive Verschleiß beseitigt ist.

In Fig. 1, die zum allgemeinen Verständnis des Grundanwendungsgebiets vorliegender Erfindung angegeben ist, ist eine Trägerplatte 10 vorgesehen, auf welcher sich eine Widerstandsbahn 12 und eine Kollektorbahn 14 befinden.

Eine zentrale Achse 15 lagert, beispielsweise über einen Sprengling 16 befestigt, einen (metallischen) Abgriff 17, der seinerseits wieder einen aus mehreren einzelnen Schleiferfingern 18 und 19 bestehenden Schleifer so lagert, daß dieser mit seinen federnden Endbereichen auf der Widerstandsbahn 12 und der Kollektorbahn 14 aufliegt. Die Widerstandsbahn ist bei 20 unterbrochen, weist also Endbereiche auf, die der äußeren Spannungs-

zuführung dienen.

Widerstandsbahn oder -piste und Kollektorbahn oder -piste bestehen üblicherweise aus einem speziellen Leitplastikmaterial, auf welchen die Schleiferfinger gleiten, die üblicherweise aus einer Legierung bestimmter edler Metalle wie Palladium Gold, Platin u.dgl. bestehen können, aber infolge dieser Beschichtung nunmehr auch aus kostengünstigeren Materialien, wie Kupfer-Beryllium oder Edelstahl, bestehen können.

Die Unterseite der Schleiferfinger im vorderen Ansatz, also dort, wo diese Schleiferfinger mit ihren Auflageflächen auf den Leitplastiksichten von Widerstands- und Kollektorpiste gleiten, wird entsprechend vorliegender Erfindung mit den Hartcoating-Schichten versehen, die auf plasmatechnologischer Grundlage aufgebracht werden, so daß sich als Schichten sogenannte Metall-Carbon-Wasserstoffe oder Graphit-Carbon-Wasserstoffe, aber auch isolierende Polyamidschichten ergeben. Durch Metallzusätze zu den Metall-Carbon-Wasserstoff-bzw. den Graphit-Carbon-Wasserstoffschichten gewinnt man die elektrische Leitfähigkeit, die erforderlich ist, während man bei isolierenden Polyamidschichten in Form von Hartcoatings bevorzugt mit sehr dünnen Schichtdicken arbeitet, die beispielsweise im Bereich von 10 Nanometer liegen. Durch diese geringe Schichtdicke gelingt es, die Polyamid-Isolationsschicht elektrisch unsichtbar zu machen, wobei die Leitfähigkeit beispielsweise von Tunnelelektroden übernommen werden kann.

Die andere und hier bevorzugte Art einer Hartcoating-Schichtausbildung umfaßt die schon genannten Metall-bzw. Graphit-Kohlenwasserstoffe.

Die Plasmatechnologie ermöglicht die Herstellung solcher Schichten, indem physikalisch aus einer Plasmawolke heraus homogene Schichtablagerungen vorgenommen werden. Hierzu gehört hauptsächlich die sogenannte Hochvakuum-Sputtering-Technik, durch welche extrem dichte und glatte, sehr dünne Schichten im Bereich zwischen 10 Nanometer bis etwa 2000 Nanometer aufgebracht werden können, bestehend aus verschiedenen Arten von Materialien, wie beispielsweise Metallverbindungen, Oxyde, Nitride oder Carbide.

Da wie erwähnt die Temperaturen bei diesen Vorgängen niedrig liegen, können auch Kunststoffe auf diese Weise metallisiert werden.

Die Grundform einer plasmatechnologischen Schichtaufbringung läuft so ab, daß von einem hochionisierten Dampf ausgegangen wird (Plasma). Man kann dies realisieren durch Anlegen einer Vorspannung oder durch Zuführen eines Strahls beschleunigter Partikel, wobei im ersten Fall eine durch die Vorspannung verursachte Zerlegung von Kohlenwasserstoffen in die Plasmaform oder im zweiten Fall eine Ionenstrahlerlegung erfolgt.

Durch ein solches Vorgehen lassen sich dünne Filme mit den gewünschten Eigenschaften ablagern. Da solche plasmatechnologischen Vorgänge für sich gesehen bekannt sind, wird im folgenden hierauf nicht genauer eingegangen; es wird beispielsweise verwiesen auf die genannte Veröffentlichung. Die bekannten Zerlegungsverfahren zur Gewinnung von Kohlenwasserstoffen können unterteilt werden in die Zerlegung von Kohlenwasserstoffgasen und solche, bei denen fester Kohlenstoff als Kohlenstoffquelle selbst verwendet wird. Im ersten Fall kann beispielsweise Methan, Äthan o. dgl. durch Glimmentladung zerlegt und Kohlenstoffionen gebildet werden. Diese Ionen werden dann in Richtung auf ein elektrisch vorgespanntes Substrat beschleunigt.

Bei der Verwendung von festem Kohlenwasserstoff kann eine Laser- oder Lichtbogenverdampfung von Kohlenwasserstoffen in Frage kommen. Es ist auch möglich, kombiniert zu arbeiten, also sowohl festen Kohlenstoff als auch ein Kohlenstoffwasserstoffgas oder Wasserstoff als Quelle für Strahlpartikel zu verwenden.

Zu den plasmatechnologischen Hauptherstellungsverfahren zählt daher die physikalische Dampfablagerung, die Ionenimplantation, gegebenenfalls thermische Sprayvorgänge, also überall dort, wo sich auf plasmatechnologischer Grundlage eine Oberflächenmodifikation von Materialien im Sinne der Bildung von speziellen Hartcoating-Schichten ergibt. Diese Schichten sind dann zur Realisierung vorliegender Erfindung so zu bestimmen bzw. auszuwählen, daß adhäsive Verschleißmöglichkeiten ausgeschlossen sind. Dies erreicht man beispielsweise speziell durch Aufbringen von diamantähnlichen und graphitähnlichen Kohlenwasserstoffschichten (DLC; GLC) - dort ergänzt durch Metallzusätze, wo dies aufgrund der erforderlichen Leitfähigkeiten sinnvoll ist. Es ergeben sich dann Metall-Carbon-Wasserstoffe und Graphit-Carbon-Wasserstoffe, die hauptsächlich als Beschichtungen für Schleiferflächen bei Potentiometern u. dgl. Systemen in Frage kommen.

Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

Ansprüche

1. Potentiometer, insbesondere durchdrehbares Präzisionspotentiometer oder linearer Weggeber, mit Widerstands- und gegebenenfalls Kollektorbahn und auf diesen gleitendem (mehrfingerigem) Schleifer, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens einer der einander zugewandten und aufeinander

ander gleitenden Flächen von Widerstands- bzw. Kollektorbahn einerseits und/oder des Schleifers bzw. der Schleiferfinger andererseits eine durch einen plasmatechnologischen Vorgang gewonnene (dünne) Hartbeschichtung (Hartcoating) aufgebracht ist. 5

2. Potentiometer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß lediglich die auf Widerstands-
bahn und/oder Kollektorbahn (12, 14) gleitende Schleiferfingerunterseite mit der Hartcoating-
Schicht versehen ist. 10

3. Potentiometer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hartcoating-Schicht aus einer diamantähnlichen Kohlenstoffschicht (DLC = Diamond-like-Carbon Coating) besteht. 15

4. Potentiometer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hartcoating-Schicht aus einer graphitähnlichen Kohlenstoffschicht (GLC = Graphit-like-Carbon Coating) besteht.

5. Potentiometer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hartcoating-Schicht eine Silizium-Carbid-Schicht ist. 20

6. Potentiometer nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erhöhung der Leitfähigkeit die in den Ansprüchen 3, 4 und 5 angegebenen Hartcoating-Schichten Metallzusätze aufweisen und insgesamt eine Schichtdicke zwischen 10 - 2000 nm haben. 25

7. Potentiometer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallzusätze Wolfram (W), Tantal (Ta) und Niob (Nb) sind. 30

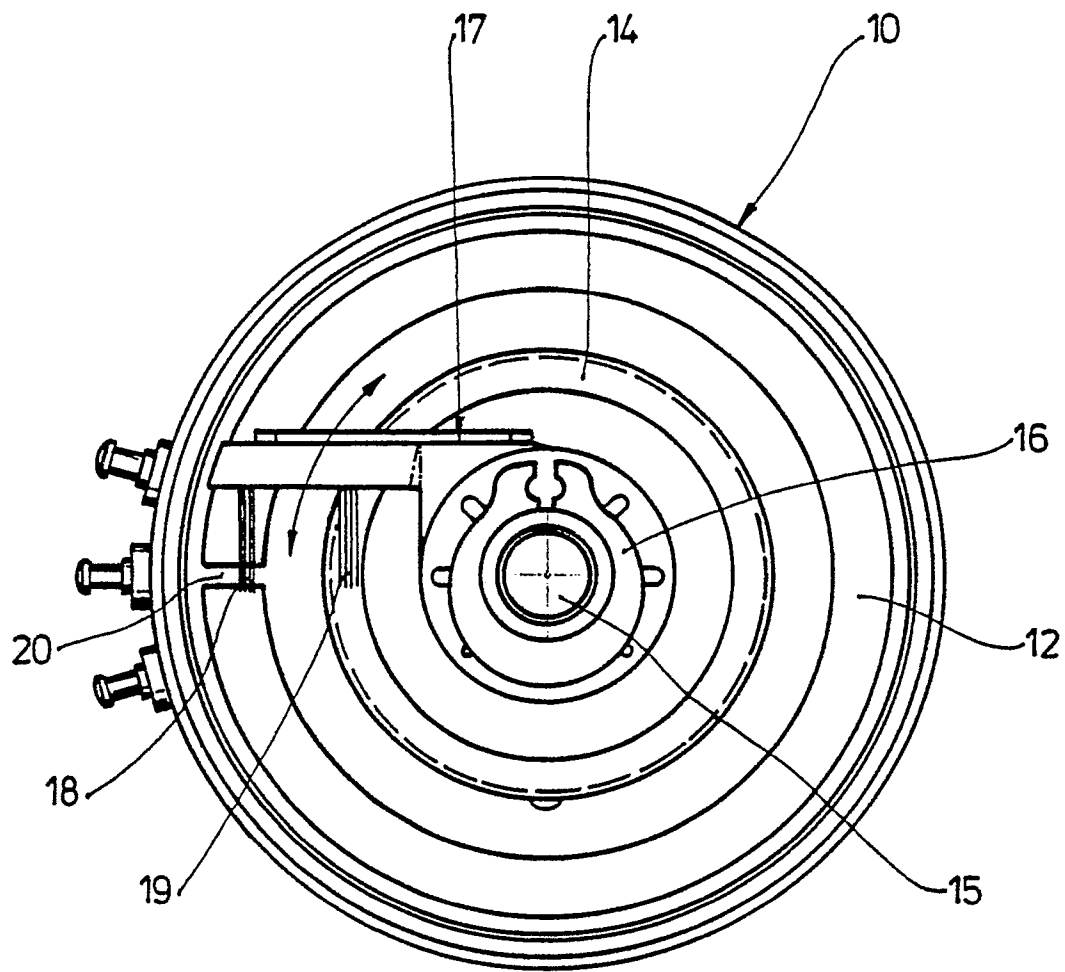
8. Potentiometer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hartcoating-Schicht eine isolierende, elektrisch unsichtbare Polyamid-Schicht ist mit Leitfähigkeit über Tunnelelektroden und einer Schichtdicke im Bereich von 10 nm. 35

9. Potentiometer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als die Beschichtung tragendes Material (Schleifergrundmaterial) Edelmetalle (Palladium, Gold, Platin, Iridium) oder deren Legierung vorgesehen sind. 40

10. Potentiometer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als die Beschichtung tragendes Trägermaterial (Schleifergrundmaterial) kostengünstigere Metalle, wie Kupfer-Beryllium oder Edelstahl, vorgesehen sind. 45

50

55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 10 6098

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CL.5)
Y	DE-A-2152419 (ROBERT BOSCH GMBH) * das ganze Dokument *	1, 2, 6, 7	H01C10/30
Y,D	APPLIED PHYSICS LETTERS vol. 50, no. 16, 20 April 1987, NEW YORK Seiten 1056 - 1058; H. DIMIGEN ET AL.: "TRIBOLOGICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF METAL-CONTAINING HYDROGENATED CARBON FILMS" * das ganze Dokument *	1, 2, 6, 7	
A	JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE vol. 24, no. 1, Januar 1989, LONDON, GB Seiten 293 - 297; Y. SAITO ET AL.: "DIAMOND-LIKE CARBON FILMS PREPARED FROM CH ₄ -H ₂ -H ₂ O MIXED GAS USING A MICROWAVE PLASMA" * Zusammenfassung *	3	
A	EP-A-104405 (IBM) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-5 *	5	
A	US-A-3717837 (D. F. A. MACLACHLAN) * Anspruch 1 *	1, 2, 6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. CL.5)
			H01C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 11 JULI 1990	Prüfer PUHL A. I.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			