CH 652 526 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 652 526 A5

(51) Int. Cl.[4]: H 01 H 1/06
H 01 H 11/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 5674/80

(22) Anmeldungsdatum: 24.07.1980

(30) Priorität(en): 24.07.1979 NL 7905720

(24) Patent erteilt: 15.11.1985

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.11.1985

(73) Inhaber:
Hazemeijer B.V., Hengelo (NL)

(72) Erfinder:
Lipperts, Joseph Hubertus Franciscus G., Hengelo (NL)

(74) Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

(54) Schalterkontaktstück und Verfahren zu seiner Herstellung.

(57) Schalterkontaktstücke, insbesondere für Vakuumschalter, die sich durch eine hohe Spannungsfestigkeit, ein niedriges Chopping-Niveau und hohe elektrische Leitfähigkeit auszeichnen, enthalten zumindest in einem Oberflächenbereich, wo beim Schalten eine elektrische Entladung auftreten kann, mindestens ein durch Ionenimplantation eingebrachtes Legierungs- oder Zusatzmaterial. Ein Verfahren zum Herstellen solcher Schalterkontaktstücke besteht darin, dass zumindest in einen Oberflächenbereich, an dem bei Schaltvorgängen elektrische Entladungen auftreten können, Ionen mindestens eines Materials implantiert werden, das die Eigenschaften der Schalterkontaktstücke verbessert, z.B. hinsichtlich der Spannungsfestigkeit, der Leitfähigkeit und des Abreissstromes.

PATENTANSPRÜCHE

1. Schalterkontaktstück mit einem Oberflächenbereich, an dem bei einem Schaltvorgang eine elektrische Entladung auftreten kann, dadurch gekennzeichnet, dass das den Oberflächenbereich bildende Material durch Ionenimplantation dotiert ist.

2. Verfahren zum Herstellen eines Schalterkontaktstücks nach Anspruch 1, insbesondere für einen Vakuumschalter, dadurch gekennzeichnet, dass Ionen eines Materials, das die Spannungsfestigkeit erhöht und/oder das Zerhackungs-Niveau herabsetzt und/oder die elektrische Leitfähigkeit erhöht, zumindest in einen Oberflächenbereich des Kontaktstückes implantiert werden, an dem bei einem Schaltvorgang eine Entladung auftreten kann.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Material aus einer Legierung oder einer Kombination von Werkstoffen besteht.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material eines oder mehrere der Elemente Titan, Vanadium, Beryllium, Silicium, Nickel oder Tantal enthält.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Implantation mittels eines durch einen Beschleuniger auf eine Energie zwischen etwa 20 und 600 keV beschleunigten Ionenstrahls in einer Vakuumkammer erfolgt, in der ein Druck zwischen 10^{-4} und 10^{-7} mbar herrscht.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ionen bis zu einer Tiefe von 0,1 bis 1,0 Mikrometer implantiert werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Implantation bis zu einer Fremdionenkonzentration von mindestens 10 Gewichtsprozent durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Implantation bis zum Erreichen einer Dosis von mindestens 1×10^{17} Ionen/cm^2 durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das implantierte Material aus Cr^{52} besteht und mittels eines 340-keV-Ionenstrahls bei einem Druck von 3×10^{-6} mbar implantiert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der zur Implantation verwendete Ionenstrahl bezüglich der bestrahlten Oberfläche abgelenkt wird.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kontaktstück gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 2.

An die Kontaktstücke von elektrischen Schaltern, insbesondere von Vakuumschaltern, werden oft einander widersprechende Anforderungen gestellt. Z.B. sollen die Kontaktstücke einerseits völlig wartungsfrei sein und andererseits eine hohe Lebensdauer haben. Die Kontaktstücke eines Schalters müssen oft hohe Schaltfrequenzen und extrem kurze Schaltzeiten aushalten, während andererseits der Abreissstrom oder das Zerhacker-Niveau (Chopping level) möglichst niedrig sein sollen. Vor allem die Kontaktstücke von Vakuumschaltern sollen auch bei der Unterbrechung hoher Ströme möglichst wenig Gas emittieren.

Aus diesen Forderungen ergeben sich bestimmte Eigenschaften der Schalterkontakte und diese Eigenschaften werden ihrerseits durch die verwendeten Metalle, die Struktur und die Herstellungsverfahren bestimmt. Da viele der Forderungen nicht generell erfüllbar sind, bestehen Schalterkontaktstücke im allgemeinen aus mehreren Materialien, wie Cu, W, Mo, Ag, Cr, Be usw.

Bisher wurde die Zusammensetzung aus den erforderlichen Materialien durch Legieren, Sintern, Galvanisieren oder Plattieren hergestellt. Diese Verfahren haben jedoch eine Reihe von Nachteilen. Z.B. hängen die möglichen Verhältnisse der Bestandteile einer Legierung stark von der betreffenden Legierung ab und man kann nicht jede gewünschte Zusammensetzung herstellen. Grenzen sind hierbei z.B. durch die chemische Löslichkeit der Materialien ineinander bestimmt, die wieder von der Temperatur abhängt und manche Verhältnisse sind durch chemische Reaktionen der Materialien miteinander ausgeschlossen. Beim Sintern und Galvanisieren bzw. Plattieren treten ähnliche Probleme auf und ausserdem ist häufig ein mechanisches Nacharbeiten der Werkstücke erforderlich.

Alle bis heute entwickelten Kontaktwerkstoffe, einschliesslich binärer und ternärer Legierungen auf Kupferbasis oder gesinterter binärer und ternärer Legierungszusammensetzungen auf Kupferbasis haben ferner den Nachteil, dass ihre elektrische Leitfähigkeit wesentlich niedriger ist als die von reinem Kupfer. Ausserdem haben die meisten Kontaktstücke, die derzeit benutzt werden, eine Konfiguration, die eine Materialdicke von mindestens einigen Millimetern erfordert.

Einer der Hauptgründe dafür, dass trotzdem Legierungen verwendet werden, beruht auf der Forderung, den Einfluss des sogenannten Zerhackens oder «Choppens» des Stromes unter Kontrolle zu bringen. Bei Verwendung von niedrig legierten Kupferlegierungen (1 bis 2 Gewichtsprozent Legierungszusätze) ist der Einfluss der Legierungszusätze auf den Abreissstrom im allgemeinen niedrig. Erst bei höher legierten Kupferlegierungen (mit Legierungszusatz-Anteilen von 10 Gewichtsprozent und darüber) lässt sich ein Einfluss auf den Abreissstrom d.h. das Zerhackungs- oder Chopping-Niveau deutlich erkennen.

Ein Nachteil dieser höher legierten Kupferlegierungen ist jedoch, wie erwähnt, die im Vergleich zu Kupfer wesentlich herabgesetzte elektrische Leitfähigkeit. Beispielsweise ist die elektrische Leitfähigkeit von BeCu mit 0,8 Gewichtsprozent Be um 50% niedriger als die elektrische Leitfähigkeit von Reinkupfer.

Eine naheliegende Lösung dieses Problems besteht darin, die hochlegierte Kupferlegierung nur in einer extrem dünnen Schicht, mit einer Dicke von z.B. einigen Zehntel eines Mikrons, z.B. durch Galvanisieren, Aufdampfen und dergleichen aufzubringen. Ein Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass die Haftung einer solchen aufgebrachten Schicht auf Kontaktstücken aus Reinkupfer sehr oft zu wünschen übrig lässt und dass auch die gegenseitige Haftung der Teilchen der aufgebrachten Schicht sehr schlecht sein kann. Es können dann lose Metallteilchen entstehen, die insbesondere in einem Vakuumschalter die elektrische Isolation bei geöffneten Kontakten verheerend verschlechtern können.

Zusammenfassend gesagt weisen die bekannten Schalterkontaktstücke und Verfahren zu ihrer Herstellung die folgenden Nachteile auf: Die für Kontaktwerkstoffe am besten geeigneten Legierungszusammensetzungen lassen sich nicht immer herstellen; Kupferlegierungen haben eine niedrige elektrische Leitfähigkeit; die Haftung von aufgebrachten dünnen Legierungsschichten ist schlecht bis ungenügend und Kupfer ergibt unter bestimmten Bedingungen eine ungenügende Isolationsfestigkeit und ein hohes Zerhackungs-Niveau.

Der vorliegenden Erfindung liegt dementsprechend die Aufgabe zugrunde, Schalterkontaktstücke anzugeben, die den an sie gestellten Forderungen besser genügen als die bis-

her verfügbaren Schalterkontaktstücke, sowie Verfahren zum Herstellen solcher verbesserter Schalterkontaktstücke.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch ein Schalterkontaktstück mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teiles des Patentanspruchs 1 gelöst.

Das erfindungsgemässe Verfahren ist durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 2 angeführten Merkmale gekennzeichnet. Die Erfindung ist nachstehend beispielsweise näher erläutert.

Die Schalterkontaktstücke gemäss der Erfindung enthalten also zumindest in einem Oberflächenbereich, an dem bei einem Schaltvorgang eine Entladung auftreten kann, mindestens ein ionenimplantiertes Material, z.B. eines der oben erwähnten Legierungsmaterialien, zur Verbesserung der Kontakteigenschaften.

Durch das Verfahren gemäss der Erfindung lässt sich eine extrem dünne Schicht herstellen, die insbesondere bei Verwendung im Vakuum besonders vorteilhafte Kontakt- und Schalteigenschaften ergibt. Vermutlich können bei dem erfindungsgemässen Verfahren infolge der hohen Stossenergien lokal derart hohe Temperaturen erreicht werden, dass eine Art von oberflächlicher Legierung stattfindet, bei der Atome des ursprünglichen Kontaktwerkstoffes durch die implantierten Ionen ersetzt werden. Hierdurch können Eigenschaften erreicht werden, die sich mit den klassischen metallurgischen Verfahren nicht erzielen lassen. Die aufgebrachten bzw. durch die Implantierung erzeugten Schichten sind extrem dünn, so dass die elektrische Leitfähigkeit des Basiswerkstoffes praktisch nicht beeinflusst wird; die dünne Schicht kann jedoch das Verhalten über eine wesentlich grössere Tiefe beeinflussen als die resultierende Eindringtiefe. Auch hinsichtlich der Wahl der Verhältnisse der Legierungsbestandteile bestehen praktisch keine Grenzen. Gasförmige Verunreinigungen können extrem genau dotiert werden. Es lassen sich binäre, ternäre und sogar auch noch komplexere Oberflächenlegierungen herstellen. Eine mechanische Nachbearbeitung der Schalterkontaktstücke kann im allgemeinen vollständig entfallen.

Die Ionenimplantation ist ein Verfahren, das schon seit einigen Jahren bekannt ist und u.a. eine quantitatv genau steuerbare Dotierung von Halbleitern mit extrem niedrigen Dotierungsstoffkonzentrationen ermöglicht. Es ist auch schon bekannt, die mechanischen Eigenschaften durch Ionenimplantation zu verbessern, z.B. von Bohrern, Ziehdüsen und Zahnrädern durch Implantierung von Stickstoffionen, wodurch sich eine höhere Abrieb-, Verschleiss- und Korrosionsfestigkeit ergibt.

An Schalterkontaktstücke, insbesondere solche von Vakuumschaltern, werden jedoch andere Anforderungen gestellt, während die Reibungsfestigkeit keine Rolle spielt. Eine Reibung zwischen Kontaktstücken muss im allgemeinen völlig vermieden werden, insbesondere bei Vakuumschaltern, wo es völlig unmöglich ist, ein Material mit Schmiermitteleigenschaften zu verwenden. An Schalterkontakten treten beim Schalten im allgemeinen Entladungen auf, insbesondere bei Leistungsschaltern, und es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass die äusserst dünnen Implantationsschichten eine ausgezeichnete Lösung für die verschiedensten Probleme darstellen.

Entladungen im Vakuum lassen sich in zwei Typen unterteilen, nämlich diffuse Entladungen und konzentrierte Entladungen.

Eine diffuse Entladung besteht aus einer Anzahl von konisch geformten Plasmasäulen, die sich über den Kathodenbrennflecken befinden, wo Elektronen, Neutralteilchen und Ionen emittiert werden. Im Falle von Kupfer gilt, dass bis zu einer Stromstärke von etwa 100 Ampere ein Brennfleck entsteht. Beim Übersteigen dieses Stromwertes teilt sich der Brennfleck auf, so dass bei einem nominalen Stromwert von beispielsweise 5000 Ampere im Mittel etwa 50 Kathodenbrennflecke auftreten. Die Erhöhung der Anzahl der Kathodenbrennflecke in Abhängigkeit vom Wert des Stromes ist jedoch nicht unbegrenzt. Je nach dem Kontaktstückdurchmesser, dem Kontaktabstand und dem Kontaktmaterial tritt bei etwa 10 kA eine konzentrierte Entladung auf, bei der sich eine grosse Anzahl von Kathodenbrennflecken in einer Lichtbogensäule vereinigen. Eine solche Lichtbogensäule hat eine wesentlich höhere Lichtintensität und Energiedichte als eine diffuse Entladung und die Lichtbogenspannung, die im Falle der diffusen Entladung etwa 20 Volt beträgt, kann bis etwa 180 Volt ansteigen. Eine solche konzentrierte Entladung kann eine starke örtliche Kontakterosion verursachen.

Durch geeignete Massnahmen, z.B. die Erzeugung eines axialen Magnetfeldes geeigneter Grösse, lässt sich die diffuse Entladung in einem wesentlich grösseren Strombereich aufrechterhalten, z.B. bis etwa 30 kA, und man kann gleichzeitig durch Verwendung geeigneter Schalterkontaktstücke, die nach den oben erläuterten bekannten Verfahren hergestellt sind, eine niedrige Lichtbogenspannung und Kontakterosion aufrecht erhalten.

Durch Verwendung der nach dem Verfahren gemäss der Erfindung hergestellten Schalterkontaktstücke lässt sich nun nicht nur die Kontakterosion weiter herabsetzen, sondern auch die anderen oben erwähnten Eigenschaften erheblich verbessern. Dies ergibt eine wesentlich höhere Lebensdauer von Vakuumschaltern, die für höhere Nennströme und/oder höheres Schaltvermögen ausgelegt werden können, gleichzeitig lässt sich eine höhere Spannungsfestigkeit und ein niedrigerer Abreissstrom, d.h. ein niedrigeres Zerhackungs- oder Chopping-Niveau erreichen.

Die Ionenimplantation wird vorteilhafterweise in einem Hochvakuum von 10^{-4} bis 10^{-7} mbar durchgeführt, indem Ionen einer bestimmten Atomart erzeugt und dann je nach dem speziellen Verwendungszweck auf Energie zwischen etwa 20 und 600 keV beschleunigt werden. Bei diesen Energien werden die Ionen in die Kontaktstückoberfläche hineingeschossen. Die Eindringtiefe hängt von der Ionensorte, der Ionenenergie und dem Target- oder Basismaterial, d.h. dem reinen ursprünglichen Kontaktmaterial, ab und kann vorteilhafterweise zwischen 0,1 und 1,0 Mikrometer liegen.

Als Basismaterial für die Schalterkontaktstücke wird vorteilhafterweise reines Kupfer verwendet. Für die Ionenimplantation gemäss dem vorliegenden Verfahren werden vorteilhafterweise bekannte Kontaktlegierungsmaterialien verwendet, wie Chrom, Eisen, Zirkonium, Titan Vanadium, Beryllium, Kobalt, Silicium, Nickel, Tantal, Wolfram, Molybdän und gegebenenfalls Kombinationen dieser Elemente. Das Verfahren gemäss der Erfindung ist jedoch nicht auf diese üblichen Legierungsmaterialien beschränkt.

Das Verfahren gemäss der Erfindung wird im folgenden anhand eines speziellen Ausführungsbeispieles näher erläutert, bei dem Cr^{52} in Cu implantiert wird.

Für die Implantation werden eine Beschleunigungskammer mit einem Beschleuniger des Types HVEE und eine Beschleunigungsspannung von 300 kV verwendet. Es wurde ferner ein Massenseparator mit einem Auflösungsvermögen $M/\Delta M = 500$ verwendet. Als Ionenquelle diente ein abgewandelter Typ HVEE 911 A. Das verdampfte Material bestand aus gesintertem Chromnitrid (CrN).

Die Implantation wurde in einer Vakuumkammer mit einer flüssigen Stickstoff enthaltenden Kühlfalle durchgeführt und im System wurde ein Arbeitsdruck gleich oder kleiner als 3×10^{-6} mbar aufrechterhalten.

Bei der Bearbeitung eines scheibenförmigen Schalterkontaktstück-Rohlings, dessen Radius 30 mm betrug, wurde der

Ionenstrahl durch eine magnetische Ablenkvorrichtung rasterartig über eine Fläche von 70×70 m^2 abgelenkt.

Die Anzahl der Teilchen wurde mittels eines Stromintegrators und einer Target-Spannung von +120 V gemessen. Die Teilchen (Ionen) erreichten eine Energie von 340 keV.

Bei einer Eindringtiefe von 0,3 µm betrug das Gesamtvolumen, in dem Teilchen von Cr^{52} implantiert wurden, $3 \times 10^{-4} \cdot 2827$ mm^3 = 0,848 mm^3.

Das Verfahren wurde solange durchgeführt, bis die Konzentration der implantierten Teilchen mindestens 10 Gewichtsprozent betrug.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die bei dem obigen Beispiel verwendeten Werte und Einrichtungen beschränkt. Auch das Basismaterial braucht nicht reines Kupfer zu sein. Man kann insbesondere mit anderen, vor allem höheren Konzentrationen an implantierten Ionen bzw. Fremdstoffen arbeiten. Der Implantationsprozess kann fortgesetzt werden, bis eine Dosis von mindestens 1×10^{17} Ionen/cm^2 erreicht ist.

Mit dem Verfahren gemäss der Erfindung lassen sich aussergewöhnlich gute Ergebnisse erzielen, da die günstigen Eigenschaften von Legierungen erreicht werden, während die ungünstigen Eigenschaften von Legierungen, wie niedrige Leitfähigkeit und niedrige Spannungsfestigkeit vermieden werden und in dieser Hinsicht die günstigen Eigenschaften vom Basismaterial, insbesondere reinem Kupfer, erhalten bleiben.