(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2025年2月13日(13.02.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/032703 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 1/05 (2023.01) *C22C 1/10* (2023.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/028807

(22) 国際出願日： 2023年8月7日(07.08.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者:千葉原 宏幸(**CHIBAHARA, Hiroyuki**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 谷原 康友(**TANIHARA, Yasutomo**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人:高村 順(**TAKAMURA, Jun**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎ノ門ダイビルイースト 弁理士法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

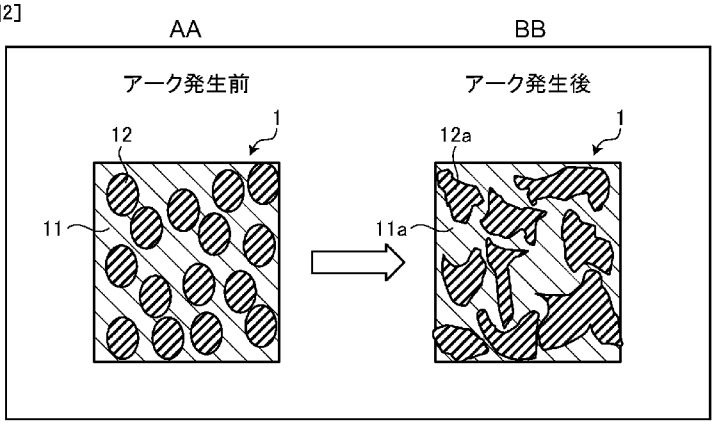
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) **Title:** ELECTRICAL CONTACT MATERIAL AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称： 電気接点材料およびその製造方法

[図2]



AA... BEFORE ARC GENERATION
BB... AFTER ARC GENERATION

(57) **Abstract:** An electrical contact material (1) according to the present disclosure includes: Ag that is a conductive component phase (11); and complex-oxide particles (12) that contain complex oxides that are an arc-resistant component oxide that is an oxide of an arc-resistant component element that inhibits consumption of the conductive component phase (11) during arc generation, and a rare earth oxide that is an oxide of a rare earth element having a work function lower than the work functions of the conductive component phase (11) and the arc-resistant component oxide. The complex-oxide particles (12) are dispersed in the conductive component phase (11).

(57) 要約：本開示に係る電気接点材料（１）は、導電成分相（１１）であるＡｇと、アーク発生時の導電成分相（１１）の消耗を抑制する耐弧成分元素の酸化物である耐弧成分酸化物と、導電成分相（１１）および耐弧成分酸化物の仕事関数よりも低い仕事関数を有する希土類元素の酸化物である希土類酸化物と、の複酸化物からなる複酸化物粒子（１２）と、を有し、複酸化物粒子（１２）が導電成分相（１１）内で分散している。

WO 2025/032703 A1

［続葉有］

MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 電気接点材料およびその製造方法

技術分野

[0001]　本開示は、アークの発生時に電気接点の近傍に配置される消弧部品へとアークを転流させる電気接点材料およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002]　気中用遮断器、開閉器、リレーなどに用いられる電気接点材料として、種々の材料が提案されている。特許文献１には、Ａｇ（銀）－Ｇｒ（グラファイト）系接点にＣａＯ（酸化カルシウム）、ＢａＯ（酸化バリウム）、ＳｒＯ（酸化ストロンチウム）等のアルカリ土類金属酸化物を添加した電気接点材料が開示されている。これらのアルカリ土類金属酸化物は、Ａｇおよびグラファイトよりも仕事関数が非常に低い。具体的には、ＣａＯの仕事関数は１．６ｅＶであり、ＢａＯの仕事関数は１．１ｅＶであり、ＳｒＯの仕事関数は１．２７ｅＶである。このような仕事関数が低いアルカリ土類金属酸化物を電気接点材料に分散することで、電気接点の開閉時にアークが分散する。この結果、耐消耗性に優れた電気接点材を提供することができると記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１５－１６５０４１号公報

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、特許文献１に記載の電気接点材は、ＣａＯ、ＢａＯ、ＳｒＯ等のアルカリ土類金属酸化物を含むため、このアルカリ土類金属酸化物が空気中の水分と反応して水酸化物を容易に形成したり、空気中の二酸化炭素と反応して炭酸化合物に変質したりするという問題があった。また、電気接点材の中でグラファイトとアルカリ土類金属酸化物とは物理的に分離した状

態にある。このため、アークが発生したときに、アークを転流させやすい箇所と転流させにくい箇所とが接点上で存在してしまうという問題点もあった。

[0005] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、空気中の水分および二酸化炭素との反応を抑制しながら表面でのアークの転流させやすさを従来に比して均一化することができる電気接点材料を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示に係る電気接点材料は、導電成分相であるＡｇと、アーク発生時の導電成分相の消耗を抑制する耐弧成分元素の酸化物である耐弧成分酸化物と、導電成分相および耐弧成分酸化物の仕事関数よりも低い仕事関数を有する希土類元素の酸化物である希土類酸化物と、の複酸化物からなる複酸化物粒子と、を有し、複酸化物粒子が導電成分相内で分散している。

発明の効果

[0007] 本開示に係る電気接点材料は、空気中の水分および二酸化炭素との反応を抑制しながら表面でのアークの転流させやすさを従来に比して均一化することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]低仕事関数成分を含むＡｇ－ＳｎO_2からなる電気接点材料のアーク発生前後の組織の一例を模式的に示す図

[図2]実施の形態１に係る電気接点材料のアーク発生前後の組織の一例を模式的に示す図

[図3]実施の形態１に係る電気接点材料のアーク発生前後の組織の一例を模式的に示す図

[図4]黒鉛鋳型の構成の一例を示す図

[図5]実施の形態２に係る電気接点材料の製造方法における黒鉛鋳型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図6]実施の形態２に係る電気接点材料の製造方法における黒鉛鋳型への粉末

の充填の手順の一例を示す断面図

[図7]実施の形態２に係る電気接点材料の製造方法における黒鉛鋳型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図8]実施の形態２に係る電気接点材料の製造方法における黒鉛鋳型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図9]実施の形態２に係る電気接点材料の製造方法における黒鉛鋳型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図10]実施の形態２に係る電気接点材料の製造方法における黒鉛鋳型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図11]実施の形態２に係る電気接点材料の製造方法における黒鉛鋳型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図12]放電プラズマ焼結（Spark　Plasma　Sinter：ＳＰＳ）装置での焼結の様子の一例を模式的に示す図

[図13]実施の形態２に係る電気接点材料で構成される焼結体の構成の一例を示す斜視図

[図14]実施の形態２に係る電気接点材料から作成された電気接点の一例を示す図

[図15]固定電極の製造方法の手順の一例を模式的に示す図

[図16]固定電極の製造方法の手順の一例を模式的に示す図

[図17]開極動作試験装置の概要を示す図

[図18]開極動作試験装置で電気接点が開極したときのイメージを示す図

[図19]転流時間測定時の波形の一例を示す図

[図20]転流時間が短い場合の転流時間測定時の波形の一例を示す図

[図21]電気接点の接触抵抗の測定方法の一例を模式的に示す図

[図22]SnO_2：La_2O_3＝１５：１０の条件で製造した実施例２の試験後のＡｇ－SnO_2－La_2O_3系の電気接点の表面付近における断面の走査型電子顕微鏡（Scanning　Electron　Microscope：ＳＥＭ）像および波長分散型Ｘ線分光法（Wavelength　Dispersive　X-ray　Spectroscopy：ＷＤＳ）による元素

マッピング結果を示す図

[図23]SnO_2：CeO_2＝１５：１０の条件で製造した比較例６の試験後のＡｇ－SnO_2－CeO_2系の電気接点の表面付近における断面のＳＥＭ像およびＷＤＳによる元素マッピング結果を示す図

[図24]SnO_2：Sm_2O_3＝１５：１０の条件で製造した比較例１２の試験後のＡｇ－SnO_2－Sm_2O_3系の電気接点の表面付近における断面のＳＥＭ像およびＷＤＳによる元素マッピング結果を示す図

[図25]金型の構成の一例を示す図

[図26]実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図27]実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図28]実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図29]実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図30]実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図31]実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図32]実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図33]実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図

[図34]熱処理後の焼結体の構成の一例を示す図

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本開示の実施の形態に係る電気接点材料およびその製造方法を図面に基づいて詳細に説明する。

[0010] 実施の形態１．

気中用遮断器、開閉器、リレーなどの配電制御機器に用いられる電気接点を構成する材料である電気接点材料の１つにＡｇ－SnO_2（酸化スズ）がある。Ａｇ－SnO_2の電気接点材料において、Ａｇは導電成分であり、SnO_2は耐弧成分である。Ａｇ－SnO_2はＡｇ－Ｃｕ（銅）、Ａｇ－Ｎｉ（ニッケル）等の純金属の電気接点と異なり、耐溶着性および耐アーク性に優れる利点があるため、５０Ａ以上の定格電流の配電制御機器製品に使用されることが多い。また、SnO_2は、ＣｄＯ（酸化カドミウム）およびＺｎＯ（酸化亜鉛）と比較して分解温度が高いため、酸化物系の電気接点材料の中では耐消耗性に優れる利点がある一方、電気接点の表面に残留して電気接点の接触抵抗を上昇させやすい欠点も併せ持っている。

[0011] Ａｇ－SnO_2によって構成される電気接点の接触抵抗が上昇しやすいことを考えると、遮断時には、電気接点上でアークを膠着させることなく、できるだけ短い時間で、アークランナーなど消弧部品側にアークを転流させることが望ましい。電気接点間に発生したアークを効率的に転流させるには、アークを安定的に維持しながら、アークランナーへと電気接点上を移動させる必要がある。通常は電気接点の表面から電気接点材料が金属蒸気として蒸発し、アークを維持しているが、金属蒸気の蒸発量が多いとアークを維持しやすくなるものの、電気接点の消耗が増加してしまう。そこで、熱電子放出性に優れ、導電成分であるＡｇおよび耐弧成分であるSnO_2に比して仕事関数の低い材料を添加することによって、アークを維持しながら、電気接点の消耗を減少させる方法が考えられる。電気接点に通常使用されるＡｇ，Ｃｕ，Ｗ（タングステン）等の純金属よりも仕事関数の低い化合物に、金属酸化物、金属炭化物、金属硼化物がある。これらの中では、ＢａＯ、ＳｒＯなどのアルカリ土類金属酸化物、LaB_6（六硼化ランタン）などの金属硼化物、ＷＣ（炭化タングステン）などの金属炭化物の順に仕事関数が高くなる。以下では、導電成分および耐弧成分の仕事関数に比して仕事関数が低いことは、「低仕事関数」と称される。アークを維持し、転流させるためには、低仕事

関数の材料の添加量を増加させることが望ましい。

[0012] 図１は、低仕事関数成分を含むＡｇ－ＳｎＯ$_2$からなる電気接点材料のアーク発生前後の組織の一例を模式的に示す図である。電気接点材料１００は、アーク発生時にアークを安定的に維持する導電成分相１１１と、アーク発生時における電気接点材料の消耗、具体的にはアーク発生時の導電成分相１１１の消耗を抑制する耐弧成分粒子１１２と、アーク発生時のアークを転流させる低仕事関数成分粒子１１３と、を有する。導電成分相１１１の一例はＡｇである。耐弧成分粒子１１２の一例はＳｎＯ$_2$である。低仕事関数成分粒子１１３の一例は、図１の例ではアルカリ土類金属酸化物である。導電成分相１１１は、一例では複数の導電成分粒子によって構成されている。

[0013] アーク発生前は、左側の図に示されるように、電気接点材料１００では、導電成分相１１１に、耐弧成分粒子１１２と低仕事関数成分粒子１１３とが分散している。つまり、耐弧成分粒子１１２と低仕事関数成分粒子１１３とが物理的に分散している。そして、低仕事関数成分粒子１１３は微視的に見ると、耐弧成分粒子１１２に比して互いに離れた位置に存在している。このように、耐弧成分粒子１１２と低仕事関数成分粒子１１３とが物理的に分離している場合には、アークを転流させやすい箇所と転流させにくい箇所とが電気接点材料１００上で存在してしまう。また、アーク発生後は、図１の右側の図に示されるように、アークで電気接点材料１００の表面が一度溶融、再凝固した際には、導電成分相１１１、耐弧成分粒子１１２および低仕事関数成分粒子１１３も溶融、再凝固して、それぞれ導電成分相１１１ａ、耐弧成分粒子１１２ａおよび低仕事関数成分粒子１１３ａとなる。耐弧成分粒子１１２ａおよび低仕事関数成分粒子１１３ａは、溶融、再凝固するため、表面形状、具体的には耐弧成分粒子１１２ａおよび低仕事関数成分粒子１１３ａと導電成分相１１１ａとの界面形状が複雑な形状となる。従来ではアーク発生後も耐弧成分粒子１１２ａと低仕事関数成分粒子１１３ａとは物理的に分離した状態を維持している。

[0014] このように、耐弧成分粒子１１２を含む電気接点材料１００に低仕事関数

成分粒子１１３を含ませるだけでは、電気接点材料１００の表面でアークを転流させやすい箇所と転流させにくい箇所とが存在してしまう。また、低仕事関数成分粒子１１３は、アルカリ土類金属酸化物で構成されるため、このアルカリ土類金属酸化物が空気中の水分および二酸化炭素と反応して、水酸化物を形成したり炭酸化合物に変質したりする。そこで、本開示では、耐弧成分粒子１１２を酸化物とし、低仕事関数成分粒子１１３を酸化物として、これらの酸化物同士によって構成される複酸化物を導電成分相１１１に分散させるようにする。

[0015] 図２は、実施の形態１に係る電気接点材料のアーク発生前後の組織の一例を模式的に示す図である。図２の左側の図に示されるように、電気接点材料１は、導電成分相１１と、アーク発生時における電気接点の消耗を抑制するとともにアークを転流させる複酸化物粒子１２と、を有する。つまり、複酸化物粒子１２は、耐弧成分の元素である耐弧成分元素と低仕事関数成分の元素である低仕事関数成分元素とを含む。導電成分相１１の一例は、Ａｇである。複酸化物粒子１２は、アーク発生時の導電成分相１１の消耗を抑制する耐弧成分元素の酸化物である耐弧成分酸化物と、導電成分相１１および耐弧成分酸化物の仕事関数よりも低い仕事関数を有する低仕事関数成分となる希土類酸化物と、が混合した複酸化物の粒子である。耐弧成分酸化物の一例は、SnO_2である。この場合、耐弧成分元素は、Ｓｎである。希土類酸化物は、希土類元素の酸化物である。複酸化物は、混合酸化物とも称される。複酸化物粒子１２は、導電成分相１１中に分散している。つまり、図１の場合とは異なり、耐弧成分酸化物と低仕事関数成分の希土類酸化物とは分離せずに、複酸化物を形成した状態となっている。また、アーク発生後は、図２の右側の図に示されるように、アークで電気接点材料１の表面を構成する導電成分相１１、複酸化物粒子１２が溶融、再凝固して、それぞれ導電成分相１１ａ、複酸化物粒子１２ａとなる。導電成分相１１ａおよび複酸化物粒子１２ａは、それぞれ導電成分相１１および複酸化物粒子１２と同じ組成および結晶構造を有する。ただし、複酸化物粒子１２は外形が粒子状であるが、複酸

化物粒子１２ａは、溶融、再凝固するため、表面形状が複雑な形状となる。

[0016] なお、実施の形態１に係る電気接点材料１において、図２の左側の図に示されるようにアーク発生前では複酸化物粒子１２は、導電成分相１１に分散して存在しているが、図２の右側の図に示されるようにアーク発生後でも、複酸化物粒子１２ａは、導電成分相１１ａに分散して存在する状態が維持される。アークで電気接点材料１の表面が一度溶融、再凝固した際にも耐弧成分酸化物と低仕事関数成分の希土類酸化物とが分離せずに、複酸化物を形成した状態が維持するように、耐弧成分酸化物と低仕事関数成分の希土類酸化物とが、より具体的には耐弧成分元素と低仕事関数成分元素とが、選定される。これによって、低仕事関数成分元素を有する複酸化物粒子１２，１２ａが、電気接点材料１の内部に均一に分布することになり、アークを転流させやすい箇所が電気接点材料１上に均一に存在することになる。つまり、アークを転流させやすい箇所と転流させにくい箇所とが電気接点材料１上に存在してしまうことを抑制することができる。また、低仕事関数成分の希土類酸化物は、アルカリ土類金属酸化物とは異なり、空気中の水分および二酸化炭素との反応が抑制される。これによって、アークの転流性能を高めて、電気接点の消耗を抑制することが可能になる。

[0017] 図２では、アーク発生前の状態、すなわち電気接点材料１を製造した段階で、耐弧成分酸化物と低仕事関数成分の希土類酸化物とが複酸化物粒子１２を構成していたが、実施の形態１に係る電気接点材料１がこの形態に限定されるものではない。具体的には、アーク発生前には耐弧成分酸化物粒子と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子とが独立に導電成分相１１中に分散していてもよく、アーク発生後に耐弧成分酸化物粒子と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子とが複酸化物粒子１２ａを構成し、この複酸化物粒子１２ａが導電成分相１１中に分散するものであってもよい。

[0018] 図３は、実施の形態１に係る電気接点材料のアーク発生前後の組織の一例を模式的に示す図である。通常、粉末冶金法で電気接点を試作するときには、導電成分粉末であるＡｇ粉末と酸化物粉末とを混合、成形した圧粉体を、

Ａｇの融点近傍まで昇温して焼結を行う。このとき、使用する耐弧成分酸化物および低仕事関数成分の希土類酸化物の融点がどちらも高い場合には、Ａｇの融点近傍の焼結温度程度では複酸化物を形成しないこともある。この場合には、図３の左側の図のように電気接点の試作時、すなわちアーク発生前の電気接点材料１Ａでは、耐弧成分酸化物である耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物である希土類酸化物粒子１４とが導電成分相１１内で分離して存在している。しかし、３，０００度以上とも言われる高温のアークの発生によって電気接点材料１Ａの表面の層が溶融、再凝固する。これによって、図３の右側の図に示されるように、導電成分相１１が溶融、再凝固した導電成分相１１ａ中で、耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４とが混合して複酸化物粒子１２ａを形成するようになる。本開示の電気接点は、このような電気接点材料１Ａが使用されるものであってもよい。

[0019] 実施の形態１に係る電気接点材料１，１Ａに含まれる複酸化物粒子１２，１２ａの特徴について説明する。表１は、ＩＩＩ族の希土類元素名についての原子半径およびイオン半径を示す表である。ＩＩＩ族の希土類元素として、Ｓｃ（スカンジウム）、Ｙ（イットリウム）、Ｌａ、Ｃｅ（セリウム）、Ｐｒ（プラセオジム）、Ｎｄ（ネオジム）、Ｐｍ（プロメチウム）、Ｓｍ（サマリウム）、Ｅｕ（ユーロピウム）、Ｇｄ（ガドリニウム）、Ｔｂ（テルビウム）およびＤｙ（ディスプロシウム）を例示することができる。表２は、耐弧成分酸化物に使用されることの多い耐弧成分元素についての原子半径およびイオン半径を示す表である。耐弧成分元素として、Ｚｎ（亜鉛）、Ｓｎ、Ｔｉ（チタン）およびＺｒ（ジルコニウム）を例示することができる。表３は、酸素についての原子半径およびイオン半径を示す表である。

[0020]

[表1]

(表1)

希土類元素	原子半径[Å]	イオン半径[Å]
Sc	1.84	1.6
Y	2.12	1.85
La	1.95	1.95
Ce	1.85	1.85
Pr	2.47	1.85
Nd	2.06	1.85
Pm	2.05	1.85
Sm	2.38	1.75
Eu	2.31	1.85
Gd	2.33	1.8
Tb	2.25	1.75
Dy	2.28	1.75

[0021] [表2]

(表2)

耐弧成分元素	原子半径[Å]	イオン半径[Å]
Zn	1.42	1.35
Sn	1.45	1.45
Ti	1.76	1.4
Zr	2.06	1.55

[0022] [表3]

(表3)

元素名	原子半径[Å]	イオン半径[Å]
O	0.48	0.6

[0023] 複酸化物として有名なものにチタン酸バリウムＢａＴｉO_3などのペロブスカイト化合物がある。これは、単位格子内に、１個の金属元素Ａと、１個の金属元素Ｂと、３個の元素Ｘと、が含まれ、化学式ＡＢX_3で示される。チタン酸バリウムの場合には、金属元素ＡはＢａであり、金属元素ＢはＴｉであり、元素ＸはＯである。ペロブスカイト化合物では、ペロブスカイト構造が

成立するための条件として許容因子ｔが知られている。ここで、金属元素Ａのイオン半径をＲａとし、金属元素Ｂのイオン半径をＲｂとし、元素Ｘのイオン半径をＲｘとおいたとき、許容因子ｔは次式（１）で定義される。

[0024] $t=(R_a+R_x)/\{2^{1/2}(R_b+R_x)\}$　・・・（１）

[0025] ペロブスカイト化合物では、許容因子ｔはほぼ０．７５＜ｔ＜１を満たすことがわかっている。ペロブスカイト化合物では、金属元素Ａのイオン半径が大きく、金属元素Ｂのイオン半径が小さい組み合わせとなっている。たとえば$BaTiO_3$ではＢａのイオン半径は２．１５Åであり、Ｔｉのイオン半径は１．４Åとなり、Ｏのイオン半径は０．６Åとなる。（１）式にしたがって許容因子ｔを計算すると０．９７とほぼ１に近い値になる。

[0026] また、ABO_3で表されるペロブスカイト酸化物では、Ｏの価数が－２であるため、金属元素Ａが２価のプラスイオンである場合には、金属元素Ｂは４価のプラスイオンであるという制約がある。$BaTiO_3$の場合、金属元素ＡはBa^{2+}であり、金属元素ＢはTi^{4+}である。ＢａはＩＩ族のアルカリ土類金属であり、ＴｉはＩＶ族の金属である。金属元素Ａが３価のプラスイオンの場合には、金属元素Ｂも３価のプラスイオンである。また、金属元素Ａが１価のプラスイオンの場合には、金属元素Ｂは５価のプラスイオンということになる。

[0027] 実施の形態１の一例として金属元素ＡがＳｎであり、金属元素ＢがＬａである場合を提案している。しかし、ＳｎはＩＶ族の元素であり、４価のプラスイオンとなり、ＬａはＩＩＩ族の元素であり、３価のプラスイオンとなるため、酸化物同士が複合化してもペロブスカイトの構成条件には当てはまらない。しかし、表１および表２に示されるように、イオン半径の大きさの違いは、酸化物同士が複合化しやすい大きな指標になる。

[0028] 実施の形態１に係る電気接点材料１，１Ａは、許容因子ｔがｔ＞０．８を満たすイオン半径の大きい金属元素Ａである希土類元素と、耐弧成分となり、金属元素Ａよりもイオン半径の小さい金属元素Ｂとの酸化物からなる複酸化物ABO_3と、Ａｇと、を主成分として含む。

[0029] また、複酸化物を形成するために、耐弧成分酸化物量に対して、希土類酸化物量が微量では遮断時のアークの転流性能が発現しにくい。このため、希土類酸化物は、低仕事関数成分としてある程度の添加量が必要となる。

[0030] 以下に、低仕事関数成分の希土類酸化物と、耐弧成分酸化物と、の組み合わせで許容因子ｔを計算したものを示す。以下に示す材料の組み合わせでは、許容因子ｔは０．７５＜ｔ＜１を満たすので、これらの材料の組み合わせが電気接点材料１，１Ａにおける複酸化物粒子１２，１２ａの候補となる。

・La_2O_3とSnO_2：ｔ＝０．８８

・CeO_2とSnO_2：ｔ＝０．８４５

・Sm_2O_3とSnO_2：ｔ＝０．８４５

・La_2O_3とＺｎＯ：ｔ＝０．９２

・CeO_2とＺｎＯ：ｔ＝０．８９

・Y_2O_3とSnO_2：ｔ＝０．８５

[0031] 以下の実施の形態２から４に示されるように、これらのうち、許容因子ｔが０．８５以上１未満である希土類酸化物と耐弧成分酸化物との組み合わせが複酸化物を形成する傾向にある。

[0032] 実施の形態１に係る電気接点材料１，１Ａは、導電成分相１１であるＡｇと、耐弧成分酸化物および低仕事関数成分の希土類酸化物とによって形成される複酸化物粒子１２と、を含む。このように、実施の形態１では、アルカリ土類金属酸化物を用いないため、電気接点材料１，１Ａの空気中の水分および二酸化炭素との反応を抑制することができる。また、耐弧成分酸化物および低仕事関数成分の希土類酸化物は複酸化物を形成し、導電成分相１１の中に均一に分布することになる。このため、電気接点材料１，１Ａの表面のどの箇所においても、低仕事関数成分を含む複酸化物粒子１２，１２ａが均一に存在するため、アークを転流させやすくなる。つまり、従来の技術のように、電気接点材料１００の表面で、アークを転流させやすい箇所とアークを転流させにくい箇所とが混在することがなく、アークの転流させやすさを電気接点材料１，１Ａの表面で従来に比して均一化することができる。これ

によって、アークの転流効果を高めることができるという効果を有する。

[0033] また、低仕事関数成分の希土類酸化物は、金属元素Ａである希土類元素の酸化物であり、耐弧成分酸化物は、金属元素Ｂの酸化物であり、金属元素Ａおよび金属元素Ｂのイオン半径をそれぞれＲａ，Ｒｂとし、酸素のイオン半径をＲｘとしたときに、（１）式で表される許容因子が０．８５以上１未満である。これによって、金属元素Ａおよび金属元素Ｂで複酸化物を形成することが可能となり、空気中の水分および二酸化炭素との反応を抑制しながら表面でのアークの転流させやすさを従来に比して均一化することができるという効果を有する。

[0034] 実施の形態２．

実施の形態２では、実施の形態１の最後に示した耐弧成分元素であるＳｎを含む耐弧成分酸化物、および低仕事関数成分元素であるＬａ，ＣｅまたはＳｍを含む低仕事関数成分元素の希土類酸化物の組み合わせのうち複酸化物粒子１２を有する電気接点材料１を形成することができる条件について説明する。

[0035] ここでは、最初に電気接点材料１の製造方法の一例と、電気接点材料１によって構成される電気接点を用いた遮断試験の方法および結果について順に説明する。まず、電気接点材料１の原料である導電成分相１１を構成する導電成分粉末と、耐弧成分酸化物粉末と、低仕事関数成分の希土類酸化物粉末と、を秤量する。

[0036] 具体的には、電気接点材料１の原料として、平均粒径が４μｍであるＡｇ粉末と、平均粒径が１μｍであるSnO_2粉末と、希土類酸化物粉末と、を用意する。希土類酸化物粉末は、平均粒径が１．５μｍであるLa_2O_3粉末、平均粒径が３μｍであるCeO_2粉末または平均粒径が３μｍであるSm_2O_3粉末である。表４は、実施例１から４および比較例１から１５における電気接点材料の原料の体積割合および質量割合を示す表である。表４に示されるように、Ａｇの添加量が７５ｖｏｌ％で一定になるようにして、SnO_2粉末と希土類酸化物粉末との合計値が２５ｖｏｌ％になるように、各粉末を秤量する

。

[0037] [表4]

(表4)

条件	備考	vol%表示			wt%表示		
		Ag [vol%]	SnO2 [vol%]	希土類酸化物 [vol%]	Ag [wt%]	SnO2 [wt%]	希土類酸化物 [wt%]
比較例1	希土類酸化物なし	75	25	0	81.9	18.1	0
比較例2	La2O3 2vol%	↑	23	2	82	16.7	1.4
実施例1	La2O3 5vol%	↑	20	5	82.1	14.5	3.4
実施例2	La2O3 10vol%	↑	15	10	82.3	10.9	6.8
実施例3	La2O3 15vol%	↑	10	15	82.5	7.3	10.2
実施例4	La2O3 20vol%	↑	5	20	82.7	3.7	13.7
比較例3	La2O3 23vol%	↑	2	23	82.8	1.5	15.8
比較例4	CeO2 2vol%	↑	23	2	81.8	16.6	1.6
比較例5	CeO2 5vol%	↑	20	5	81.6	14.4	4
比較例6	CeO2 10vol%	↑	15	10	81.3	10.8	7.9
比較例7	CeO2 15vol%	↑	10	15	81	7.2	11.8
比較例8	CeO2 20vol%	↑	5	20	80.7	3.6	15.7
比較例9	CeO2 23vol%	↑	2	23	80.6	1.4	18
比較例10	Sm2O3 2vol%	↑	23	2	81.7	16.6	1.7
比較例11	Sm2O3 5vol%	↑	20	5	81.3	14.4	4.3
比較例12	Sm2O3 10vol%	↑	15	10	80.7	10.7	8.6
比較例13	Sm2O3 15vol%	↑	10	15	80.2	7.1	12.8
比較例14	Sm2O3 20vol%	↑	5	20	79.6	3.5	16.9
比較例15	Sm2O3 23vol%	↑	2	23	79.3	1.4	19.3

[0038] 次いで、秤量した導電成分粉末と、耐弧成分酸化物粉末と、低仕事関数成分の希土類酸化物粉末と、を混合する。一例では、乾式混合装置によって、Ａｇ粉末、SnO_2粉末および希土類酸化物粉末の組み合わせと、Ａｇ粉末およびSnO_2粉末だけの組み合わせと、に分け、それぞれ３０分ずつ混合する。

[0039] その後、混合した粉末である混合粉末を鋳型に充填し、定められた成形圧力で混合粉末を成形する。一例では、粉末の混合後、黒鉛鋳型の中に粉末を充填する。図４は、黒鉛鋳型の構成の一例を示す図である。黒鉛鋳型３０は、ダイ３１と、上パンチ３２と、下パンチ３３と、を有し、それぞれが分かれている。ダイ３１には、成形対象となる粉末を収容し、上パンチ３２および下パンチ３３を挿入可能な貫通孔３１ａが設けられている。貫通孔３１ａの直径は、一例ではΦ１５ｍｍである。ダイ３１には温度を測定する熱電対用の小孔３１ｂが設けられている。この小孔３１ｂに熱電対３４が挿入される。熱電対３４の先端と粉末とは直接触れないように距離を開けて熱電対３４は設置される。

[0040] 図５から図１１は、実施の形態２に係る電気接点材料の製造方法における黒鉛鋳型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図である。図５に示されるように、黒鉛鋳型３０のダイ３１と、ダイ３１に設けられる貫通孔３１ａに挿入された下パンチ３３と、によって、粉末を入れる空間３５が形成される。このとき、黒鉛鋳型３０の粉末が触れる面には、成形作業で粉末が固着しないようにＢＮ（窒化硼素）スプレーが塗布される。図６に示されるように、黒鉛鋳型３０のダイ３１と下パンチ３３とによって形成される空間３５に、Ａｇ粉末、SnO_2粉末および希土類酸化物粉末を混合した混合粉末５１、あるいはＡｇ粉末およびSnO_2粉末を混合した混合粉末５１を充填する。このとき電気接点の完成時に厚さが２ｍｍになる量が空間３５に充填される。その後、図７に示されるように、摺り切り板３６でダイ３１の上面よりも上側に存在する余剰な混合粉末５１が摺り切られる。これによって、空間３５に充填された混合粉末５１の表面が平坦にされる。

[0041] 次いで、図８に示されるように、下パンチ３３を予め定められた距離だけ下げてダイ３１内の混合粉末５１の上部に隙間３５ａが形成される。その後、図９に示されるように、ダイ３１内に形成された隙間３５ａにＡｇ粉末５２のみが充填される。このとき、混合粉末５１の上に敷いたＡｇ粉末５２は、混合粉末５１が焼結することによって構成される接点層の１／１０の厚さ

になるように秤量される。次いで、図１０に示されるように、摺り切り板３６で、ダイ３１の上面よりも上側に存在する余剰なＡｇ粉末５２が摺り切られる。これによって、隙間３５ａに充填されたＡｇ粉末５２の表面が平坦にされる。その後、図１１に示されるように、Ａｇ粉末５２の上から上パンチ３２が被せられる。これが焼結されると２層からなる成形体５３が形成される。

[0042] 次に、混合粉末５１を圧力をかけながら、定められた焼結温度で焼結し、焼結体を形成する。一例では、混合粉末５１およびＡｇ粉末５２を充填した黒鉛鋳型３０をＳＰＳ装置にセットする。図１２は、ＳＰＳ装置での焼結の様子の一例を模式的に示す図である。ＳＰＳ装置６０は、真空チャンバ６１と、上部電極６２と、下部電極６３と、を備える。真空チャンバ６１の内部に黒鉛鋳型３０が導入され、黒鉛鋳型３０は、上部電極６２と下部電極６３とによって挟み込まれる。このとき、黒鉛鋳型３０には、３ｋＮほどの与圧が上部電極６２および下部電極６３によってかけられ、仮固定される。その後、真空チャンバ６１の内部を、図示しない真空ポンプで真空引きして、１５Ｐａ以下の真空度になるまで待機する。真空ポンプとして、ロータリポンプおよびメカニカルブースタポンプを使用することができる。

[0043] 次いで、黒鉛鋳型３０の上パンチ３２と下パンチ３３との間の圧力を７ｋＮまで増加させる。これによって、Φ１５ｍｍの黒鉛鋳型３０にかかる圧力は約４０ＭＰａとなる。また、上部電極６２と下部電極６３との間への通電を行い、成形体５３を加熱する。一例では、成形体５３は、２０℃／ｍｉｎの昇温速度で加熱され、８５０℃に到達すると、８５０℃で１０分間保持され、その後、通電を停止して降温させる。通電時の最大電圧は約２．５Ｖであり、電流は約５００Ａである。混合粉末５１がＡｇ粉末およびSnO_2粉末のみの場合には８５０℃で焼結を行う。しかし、混合粉末５１がＡｇ粉末、SnO_2粉末および希土類酸化物粉末を混合したものであり、SnO_2粉末と希土類酸化物粉末との混合比率が１０：１５または１５：１０の条件では、８５０℃ではＡｇが溶融しはじめるため、８３０℃に温度を下げて焼結を行う

。これによって、成形体５３は、焼結体となる。

[0044] 熱電対３４の測温値が５０℃以下になるまで冷却されるのを待ってから、黒鉛鋳型３０を真空チャンバ６１から取り出し、さらに黒鉛鋳型３０から焼結体を取り出す。図１３は、実施の形態２に係る電気接点材料で構成される焼結体の構成の一例を示す斜視図である。図１３に示されるように、焼結された粉末である焼結体７０は、混合粉末５１が焼結した接点層７１とＡｇ粉末５２が焼結したＡｇ層７２とによって構成される。黒鉛鋳型３０から取り出した状態では、上部側がＡｇ層７２であり、下部側が接点層７１であるが、図１３では、上下を逆にした焼結体７０が示されている。

[0045] 以下では、図１３に示される電気接点材料１によって構成される焼結体７０から電気接点を切り出し、切り出した電気接点を用いて遮断器を製造し、電気接点の評価試験を行う手順について説明する。図１４は、実施の形態２に係る電気接点材料から作成された電気接点の一例を示す図である。焼結体７０を製造した後、焼結体７０を加工して電気接点を得る。一例では、図１３に示される出来上がった焼結体７０から放電加工機を用いて加工を行うことで、図１４に示されるように、長方形形状の電気接点８０を２個くり抜く。電気接点８０は、焼結体７０と同様に混合粉末５１が焼結した長方形の板状の接点層８１と、接点層８１の一方の面に配置され、Ａｇ粉末５２が焼結した長方形の板状のＡｇ層８２と、を有する。一例では、電気接点８０は、５．５ｍｍ×７ｍｍのサイズとなるようにくり抜かれる。なお、図１３の縮尺と図１４の縮尺とは異なるものである。

[0046] そして、電気接点８０を用いて、固定電極および可動電極が製造される。ここでは、固定電極の製造方法について説明する。図１５および図１６は、固定電極の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。図１５は斜視図であり、図１６は断面図である。図１５に示されるように、銅の直方体ブロックからなる銅台座９１を用意する。銅台座９１は、遮断器における固定電極および可動電極の一部を構成する電極ブロックである。銅台座９１の第１面９１ａには図示しないねじ穴が加工されている。銅台座９１のサイズは、

一例では、１４ｍｍ×１４ｍｍ×１０ｍｍである。ねじ穴の径は一例ではＭ８である。銅台座９１の第１面９１ａとは反対側の第２面９１ｂ、すなわち第１面９１ａと対向する第２面９１ｂに、図１４でくり抜いた電気接点８０を固定する。一例では、ろう材９２を銅台座９１の第２面９１ｂに配置し、長方形形状の電気接点８０のＡｇ層８２側がろう材９２側となるように長方形形状の電気接点８０と銅台座９１とでろう材９２を挟み込む。そして、通電加熱によって長方形形状の電気接点８０を銅台座９１の第２面９１ｂにろう付けする。ろう材９２は、ＢＡｇ７のような銀ろう材を用いてもよいし、ＢＣｕＰ５のようなリン銅ろう材を用いてもよい。

[0047] 次いで、図１６に示されるように、電気接点８０をろう付けした銅台座９１を、固定電極の一部を構成する角棒９３に固定する。角棒９３は、一方向に延在した直方体形状を有し、銅などの導電性を有する材料によって構成される。角棒９３の一方の端部の銅台座９１と接続される位置にねじ孔９３ａが加工されている。ねじ孔９３ａの径は一例ではＭ８である。ここでは、ねじ孔９３ａは角棒９３を貫通している。銅台座９１と角棒９３とを位置合わせして、角棒９３のねじ孔９３ａから銅台座９１のねじ穴９１ｃまで固定部材であるねじ９４を螺合させることで、角棒９３に対して、銅台座９１が固定される。以上によって、固定電極が製造される。

[0048] ここでは、固定電極の製造方法を例に挙げたが、可動電極も同様にして、電気接点８０をろう付けした銅台座９１を可動電極の一部を構成する角棒にねじ９４を用いて固定することで製造される。

[0049] 図１７は、開極動作試験装置の概要を示す図である。以下では、固定電極９８に取り付けられる電気接点８０は、電気接点８０ａと表記され、可動電極９９に取り付けられる電気接点８０は、電気接点８０ｂと表記される。開極動作試験装置１５０は、電気接点８０ｂと電気接点８０ａとを接触させた状態で通電を開始し、電気接点８０ａに対して電気接点８０ｂを開いて電流を遮断する簡易試験装置である。可動電極９９では、銅台座９１が角棒９５に固定されており、角棒９５に回転軸９５ａが取り付けられている。そして

、回転軸９５ａを中心に可動電極９９の電気接点８０ｂを円弧上に回転させて開極する仕組みになっている。静止状態では、可動電極９９に設けられ、引張ばねによって構成される接圧ばね１５５によって、電気接点８０ｂと電気接点８０ａとは一定の力で押し付けられている。可動電極９９の回転軸９５ａに対して電気接点８０ｂと反対側には、電磁石１５４を利用した開極動作機構が取り付けられている。開極動作機構は、電磁石１５４と、鉄板１５３と、開極ばね１５６と、を有する。電磁石１５４に吸着させる鉄板１５３には、吸着面の反対側に、引張ばねによって構成される開極ばね１５６が取り付けられている。鉄板１５３を電磁石１５４で吸着させた状態で、開極ばね１５６を引っ張ることによって蓄勢していくが、鉄板１５３と可動電極９９との間の間隔がわずかに開いているため、開極ばね１５６に蓄勢しても、電気接点８０ａおよび電気接点８０ｂ同士は接圧ばね１５５による押し付け状態のままになっている。

[0050] 固定電極９８の近傍にアークを転流させるためのアークランナー１５１が設置されているが、電気接点８０ａとアークランナー１５１とは直接接触はしていない。一方、可動電極９９側には、等間隔に配置した鉄板に、遮断器消弧室内のいわゆるグリッド１５２の役割を持たせている。可動電極９９、固定電極９８およびアークランナー１５１には通電用配線が取り付けられている。可変コンデンサ１６３の充電用に直流高電圧電源１６４が用意されており、直流高電圧電源１６４には可変コンデンサ１６３と、可変リアクトル１６１と、が接続されている。開極動作試験装置１５０は、可変コンデンサ１６３と可変リアクトル１６１との組み合わせによってインピーダンスを調整して、試験電流を変化させる仕組みになっている。なお、図１７の例では、直流高電圧電源１６４と可変コンデンサ１６３とをセットにしたものは、コンデンサバンク電源に対応する。コンデンサバンク電源は、直流高電圧電源１６４を用いて、可変コンデンサ１６３に電荷を貯め、この電荷を放電する際に大電流を流すことができる電源である。可変コンデンサ１６３に直流電荷を貯め、放電すると、コイルである可変リアクトル１６１と可変コンデ

ンサ１６３とでＬＣの共振回路が構成され、疑似的に交流が作り出される。疑似的に作り出される交流電流が試験電流として使用される。

[0051] 開極動作試験装置１５０における試験の手順は、直流高電圧電源１６４の両端のスイッチ１６７，１６８をオンにして、可変コンデンサ１６３に充電する。可変コンデンサ１６３に電荷がたまったところで、直流高電圧電源１６４の両端のスイッチ１６７，１６８をオフにしてから、可変リアクトル１６１側の通電開始スイッチ１６２をオンにして、開極動作試験装置１５０への通電を開始する。電流を測定するため、通電用配線には、系全体の電流測定用の固定電極側ロゴスキーコイル電流プローブ１６５と、アーク電流測定用のアークランナー側ロゴスキーコイル電流プローブ１６６と、が取り付けられている。アークがアークランナー１５１に転流すると、アークランナー１５１側の配線の電流が増える仕組みになっている。また、高電圧測定用電圧計１５７によって固定電極９８と可動電極９９との間の電圧が測定される。

[0052] 図１８は、開極動作試験装置で電気接点が開極したときのイメージを示す図である。図１７で鉄板１５３を電磁石１５４に吸着させた状態で開極ばね１５６に蓄勢しておき、電気接点８０ａ，８０ｂを開極させるタイミング、すなわち通電開始スイッチ１６２をオンにするタイミングで、電磁石１５４への通電をオフにする。すると、図１８に示されるように、鉄板１５３が開極ばね１５６に引かれて電磁石１５４から離れ、可動電極９９の角棒９５の電気接点８０ｂとは反対側の端部を押す。接圧ばね１５５よりも開極ばね１５６の方が十分に強いため、電気接点８０ａ，８０ｂが開極する。通電開始スイッチ１６２をオンにするタイミングと、電磁石１５４への通電をオフにするタイミングと、は、一例ではシーケンサを用いることによって自由に調整することができる。また、ばね定数の異なる接圧ばね１５５または開極ばね１５６に交換することで、接圧または開極速度を自由に変更することができる。通電試験では、電気接点８０ａ，８０ｂ間の開極距離が３０ｍｍになり、電気接点８０ａ，８０ｂの接触時の接圧が１０Ｎになり、開極速度が３

ｍ／ｓになるように接圧ばね１５５および開極ばね１５６が選定される。

[0053] 図１９は、転流時間測定時の波形の一例を示す図である。この図で、横軸は時刻ｔを示し、縦軸は電流値Ｉまたは電圧値Ｖを示している。図１９は、一例では、電気接点８０ａ，８０ｂがＡｇ－ＳｎＯ$_2$で構成される場合の転流時間測定時の波形を示している。グラフＩｏは、系全体に流れる電流の時間変化を示している。系全体を流れる電流の波形は、可変コンデンサ１６３と可変リアクトル１６１との共振回路によって作り出された疑似的な交流波形となっている。電気接点８０ａ，８０ｂが接触した状態である閉極状態で、電流を通電しはじめるが、半波の時間は、交流６０Ｈｚの半波長の時間である８．３３ｍｓとほぼ同じ８．５ｍｓに調整される。

[0054] 通電開始後約２ｍｓで電流が最大値に向かって増加しているタイミングｔ１で、電気接点８０ａ，８０ｂの開極が始まるように電磁石１５４への通電をオフにする。開極が開始される直後、すなわち通電開始から２ｍｓ後にグラフＶｃに示されるように、電気接点８０ａ，８０ｂ間に電圧が立ちはじめ、アークが出はじめるが、電気接点８０ａ，８０ｂ間の距離がまだ小さいため、グラフＩａｒに示されるようにアークランナー１５１への転流は殆ど起こらない。

[0055] 系全体を流れる電流の第１半波が終了し、プラスマイナスが反転して、第２半波に入ったところで、アークランナー１５１への転流が開始される。第２半波が終了した時点で、遮断が成功し、系全体を流れる電流の電流値はゼロになる。第２半波の通電開始から、グラフＩａｒでアークランナー１５１への電流が立ち上がるまでの時間が転流時間Δｔｃである。転流時間Δｔｃは、転流開始時間とも称される。アークランナー１５１は、転流しやすいように電気接点８０ａと同じ高さで、銅台座９１に接触しない距離、一例では２ｍｍだけ離して配置されている。可動電極９９側に配置されるグリッド１５２は可動電極９９の電気接点８０ｂの軌道から、一例では３ｍｍ離れて配置されている。転流時間測定時において、アークが他の部位に転移しないように、銅台座９１の電気接点８０ａ，８０ｂ以外の部分には絶縁テープが貼

り付けられている。

[0056] 図２０は、転流時間が短い場合の転流時間測定時の波形の一例を示す図である。この図で、横軸は時刻ｔを示し、縦軸は電流値Ｉまたは電圧値Ｖを示している。図２０は、一例では、電気接点８０ａ，８０ｂがＡｇ－SnO_2－La_2O_3で構成される場合、すなわち、Ａｇからなる導電成分相１１の中にSnO_2とLa_2O_3とからなる複酸化物粒子１２が分散している場合の転流時間測定時の波形を示している。図２０では、第１半波でアークランナー１５１に転流しないのは同じであるが、第２半波に入って間もなく転流していることがわかる。つまり、転流時間Δｔｃが図１９の場合に比して短くなっている。

[0057] つぎに、通電試験前と通電試験後とで電気接点８０ａ，８０ｂの接触抵抗を測定する。図２１は、電気接点の接触抵抗の測定方法の一例を模式的に示す図である。電気接点８０ａ，８０ｂの抵抗の測定は、開極動作試験装置１５０を用いて行うことができる。通電試験前と通電試験後とで電気接点８０ａ，８０ｂの抵抗を測定するため、コンデンサバンク電源を取り外し、直流定電流電源１８１を接続する。そして、電気接点８０ａ，８０ｂを一例では１０Ｎの接圧で閉極させた状態で、四端子法で電気接点８０ａ，８０ｂの抵抗を測定する。一例では、直流定電流電源１８１によって固定電極９８と可動電極９９との間に１０Ａの電流を流して、電流計１８２で電気接点８０ａ，８０ｂ間を流れる電流を測定し、２つの銅台座９１に接続した電圧計１８３で電気接点８０ａ，８０ｂ間の電圧を測定し、測定した電流および電圧を用いて電気接点８０ａ，８０ｂの抵抗を求める。

[0058] 表５は、実施例１から４および比較例１から１５について遮断試験を行ったときの電気接点の特性の測定結果を示す表である。ここでは、系全体を流れる電流の第１半波の実効値（Root Mean Square値：ＲＭＳ値）が５ｋＡになるように可変コンデンサ１６３と可変リアクトル１６１とを調節して、遮断試験を実施するときの各電気接点８０ａ，８０ｂでのアークの転流時間、電気接点８０ａ，８０ｂの平均消耗量、試験前後での電気接点８０ａ，８

０ｂの接点抵抗についてまとめたものである。試験後の電気接点８０ａ，８０ｂはレーザ式の非接触３次元測定器を用いて形状測定を行い、新品すなわち試験前の電気接点８０ａ，８０ｂのときからの体積の平均消耗量を算出する。ここでは、電気接点８０ａ，８０ｂの試験前の体積に対する平均消耗量の百分率を接点の平均消耗量に示している。低仕事関数成分である希土類酸化物を含まない比較例１の消耗量に対して、他の条件で製造される電気接点８０ａ，８０ｂがどのくらい消耗するかを比較例１との接点消耗比率に示している。

[0059]

[表5]

(表5)

		5kA遮断				
条件	備考	転流時間[ms]	接点の平均消耗量[%]	比較例1との接点消耗比率	試験前接点抵抗[mΩ]	試験後接点抵抗[mΩ]
比較例1	希土類酸化物なし	4.69	22.0	–	0.17	0.274
比較例2	La2O3 2vol%	4.26	22.3	1.01	0.151	0.235
実施例1	La2O3 5vol%	1.83	20.8	0.95	0.191	0.273
実施例2	La2O3 10vol%	1.16	19.8	0.90	0.2	0.266
実施例3	La2O3 15vol%	1.35	18.0	0.82	0.166	0.207
実施例4	La2O3 20vol%	1.05	19.5	0.89	0.198	0.255
比較例3	La2O3 23vol%	1.22	30.2	1.37	0.291	0.381
比較例4	CeO2 2vol%	5.12	22.2	1.01	0.221	0.388
比較例5	CeO2 5vol%	7.12	25.2	1.15	0.302	0.669
比較例6	CeO2 10vol%	4.71	26.0	1.18	0.440	0.620
比較例7	CeO2 15vol%	4.99	25.0	1.14	0.411	0.712
比較例8	CeO2 20vol%	6.12	29.0	1.32	0.393	1.012
比較例9	CeO2 23vol%	3.25	33.1	1.50	0.326	0.812
比較例10	Sm2O3 2vol%	5.93	23.0	1.05	0.179	0.354
比較例11	Sm2O3 5vol%	7.77	25.4	1.15	0.193	0.515
比較例12	Sm2O3 10vol%	9.76	27.5	1.25	0.203	0.415
比較例13	Sm2O3 15vol%	8.23	28.4	1.29	0.228	0.421
比較例14	Sm2O3 20vol%	5.55	29.3	1.33	0.252	0.415
比較例15	Sm2O3 23vol%	7.1	31.0	1.41	0.28	0.391

[0060] 表５を参照すると、転流時間は実施例１から４および比較例２，３の低仕事関数成分の希土類酸化物としてＬａ$_2$Ｏ$_3$を含む電気接点８０ａ，８０ｂと、

比較例９の低仕事関数成分の希土類酸化物としてCeO_2を含む電気接点８０ａ，８０ｂが比較例１と比較して短い。しかし、低仕事関数成分の希土類酸化物としてLa_2O_3を含む電気接点８０ａ，８０ｂであっても、体積含有率が５ｖｏｌ％よりも低い比較例２の電気接点８０ａ，８０ｂと、低仕事関数成分の希土類酸化物として他の希土類酸化物を含む電気接点８０ａ，８０ｂは、La_2O_3を含む電気接点８０ａ，８０ｂほど改善は見られない。

[0061] 遮断試験前後での接触抵抗、すなわち試験前接点抵抗および試験後接点抵抗の変化を調べると、遮断試験前では低仕事関数成分の希土類酸化物としてCeO_2を含む電気接点８０ａ，８０ｂであるCeO_2系接点が、比較例１に比較してやや抵抗値が高い。遮断試験後では、比較例１のＡｇ－SnO_2からなる電気接点８０ａ，８０ｂと、実施例１から４および比較例２，３のＡｇ－SnO_2－La_2O_3からなる電気接点８０ａ，８０ｂと、はほぼ同等の抵抗値であるが、Ａｇ－SnO_2－Sm_2O_3からなる電気接点８０ａ，８０ｂは比較例１に比してやや高く、Ａｇ－SnO_2－CeO_2からなる電気接点８０ａ，８０ｂは比較例１に比してさらに高い。

[0062] 以上より、転流時間および電気接点８０ａ，８０ｂの消耗で比較例１であるＡｇ－SnO_2からなる電気接点８０ａ，８０ｂよりも改善がみられるのは、低仕事関数成分の希土類酸化物としてLa_2O_3を５ｖｏｌ％以上２０ｖｏｌ％以下添加する条件で製造した電気接点８０ａ，８０ｂである。

[0063] 試験後の電気接点８０ａ，８０ｂを断面ＳＥＭで観察し、酸化物がどのようになっているかを調べるためにＷＤＳを用いて元素分析を実施する。図２２は、SnO_2：La_2O_3＝１５：１０の条件で製造した実施例２の試験後のＡｇ－SnO_2－La_2O_3系の電気接点の表面付近における断面のＳＥＭ像およびＷＤＳによる元素マッピング結果を示す図である。ここでの観察倍率は２００倍である。元素マッピングは、ＳＥＭ像で示される範囲について実施される。つまり、図２２には、Ａｇ－SnO_2－La_2O_3系の電気接点８０ａ，８０ｂの断面のＳＥＭ像と、このＳＥＭ像におけるＡｇ，Ｏ，Ｓｎ，Ｌａの元素マッピング図と、が示されている。図２２に示されるように、開極時のアー

クによって電気接点８０ａ，８０ｂの表面が溶融、再凝固した痕が見られる。また、ＬａとＳｎとＯとが同じ箇所で検出されていることがわかる。これは、倍率を上げて３，０００倍にしても結果は同じである。つまり、ＬａとＳｎとＯとが混合された状態で、すなわち複酸化物の状態で析出していることがわかる。

[0064] 図２３は、SnO_2：CeO_2＝１５：１０の条件で製造した比較例６の試験後のＡｇ－SnO_2－CeO_2系の電気接点の表面付近における断面のＳＥＭ像およびＷＤＳによる元素マッピング結果を示す図である。ここでの観察倍率は１，０００倍である。元素マッピングは、ＳＥＭ像で示される範囲について実施される。また、図２３では、Ａｇの元素マッピングは省略されている。つまり、図２３には、Ａｇ－SnO_2－CeO_2系の電気接点８０ａ，８０ｂの断面のＳＥＭ像と、このＳＥＭ像におけるＯ，Ｓｎ，Ｃｅの元素マッピング図と、が示されている。図２３に示されるように、ＳｎとＣｅとは別々の位置に存在している。このため、ＳｎとＣｅとＯとは複酸化物を形成していない。

[0065] 図２４は、SnO_2：Sm_2O_3＝１５：１０の条件で製造した比較例１２の試験後のＡｇ－SnO_2－Sm_2O_3系の電気接点の表面付近における断面のＳＥＭ像およびＷＤＳによる元素マッピング結果を示す図である。ここでの観察倍率は５００倍である。元素マッピングは、ＳＥＭ像で示される範囲について実施される。また、図２４では、Ａｇの元素マッピング結果は省略されている。つまり、図２４には、Ａｇ－SnO_2－Sm_2O_3系の電気接点８０ａ，８０ｂの断面のＳＥＭ像と、このＳＥＭ像におけるＯ，Ｓｎ，Ｓｍの元素マッピング図と、が示されている。図２４に示されるように、ＳｎとＳｍとは別々の位置に存在している。このため、ＳｎとＳｍとＯとは複酸化物を形成していない。

[0066] 電気接点８０ａ，８０ｂの断面分析の結果から、低仕事関数成分の希土類酸化物を添加しても、希土類酸化物の種類および添加量が適切でなければ、電気接点８０ａ，８０ｂの内部では、希土類酸化物は耐弧成分酸化物と複酸

化物を形成することはなく、分離する状態となってしまう。希土類酸化物と耐弧成分酸化物とが分離している状態では、表５に示されるように、転流時間が早くならないことがわかる。これは、希土類酸化物が均一に耐弧成分酸化物中に分散されていない状態では、熱電子放出が電気接点８０ａ，８０ｂ上の各場所で安定せず、結果としてアークの膠着を抑制してアークランナー１５１への転流を加速する機能が不十分になる、ということを示している。なお、La_2O_3とSnO_2とを含む電気接点８０ａ，８０ｂの許容因子ｔは、ｔ＝０．８８であり、CeO_2とSnO_2とを含む電気接点８０ａ，８０ｂの許容因子ｔはｔ＝０．８４５であり、Sm_2O_3とSnO_2とを含む電気接点８０ａ，８０ｂの許容因子ｔはｔ＝０．８４５である。このことから、低仕事関数成分の希土類酸化物と耐弧成分酸化物とが複酸化物を形成する許容因子ｔは０．８４５よりも大きく１未満であることが望ましいと言える。

[0067] 以上のように、実施の形態２に係る電気接点８０ａ，８０ｂは、低仕事関数成分の希土類酸化物であるLa_2O_3と、耐弧成分酸化物であるSnO_2と、によって形成される複酸化物であり、希土類酸化物の電気接点８０ａ，８０ｂに対する含有量が５ｖｏｌ％以上２０ｖｏｌ％以下である。また、電気接点８０ａ，８０ｂの許容因子ｔは０．８４５よりも大きく１未満となるように、低仕事関数成分の希土類酸化物と耐弧成分酸化物との組み合わせが選択される。このような構成によって、空気中の水分および二酸化炭素との反応を抑制しながら表面でのアークの転流させやすさを従来に比して均一化することができるという効果を有する。

[0068] 実施の形態３．

実施の形態３では、実施の形態１の最後に示した耐弧成分元素であるＺｎを含む耐弧成分酸化物、および低仕事関数成分元素であるＬａまたはＣｅを含む低仕事関数成分元素の希土類酸化物の組み合わせのうち複酸化物粒子１２を有する電気接点材料１を形成することができる条件について説明する。

[0069] ここでは、最初に電気接点材料１の製造方法の一例と、電気接点材料１によって構成される電気接点を用いた遮断試験の方法および結果について順に

説明する。なお、実施の形態２で説明したものと同様の部分については、その説明を省略する。まず、電気接点材料１の原料である導電成分相１１を構成する導電成分粉末と、耐弧成分酸化物粉末と、低仕事関数成分の希土類酸化物粉末と、を秤量する。

[0070] 具体的には、電気接点材料１の原料として、平均粒径が４μｍであるＡｇ粉末と、平均粒径が１μｍであるＺｎＯ粉末と、希土類酸化物粉末と、を用意する。希土類酸化物粉末は、平均粒径が１．５μｍであるLa_2O_3粉末または平均粒径が３μｍであるCeO_2粉末である。表６は、実施例５から７および比較例１６から２１における電気接点材料の原料の体積割合および質量割合を示す表である。表６に示されるように、Ａｇの添加量が８０ｖｏｌ％で一定になるようにして、ＺｎＯ粉末と希土類酸化物粉末との合計値が２０ｖｏｌ％になるように、各粉末を秤量する。

[0071]

[表6]

(表6)

条件	備考	vol%表示				wt%表示			
		Ag [vol%]	ZnO [vol%]	希土類酸化物 [vol%]		Ag [wt%]	ZnO [wt%]	希土類酸化物 [wt%]	
比較例16	希土類酸化物なし	80	20	0		88.2	11.8	0	
実施例5	La2O3 5vol%	↑	15	5		87.8	8.8	3.4	
実施例6	La2O3 10vol%	↑	10	10		87.4	5.8	6.8	
実施例7	La2O3 15vol%	↑	5	15		87	2.9	10.1	
比較例17	La2O3 18vol%	↑	2	18		86.7	1.2	12.1	
比較例18	CeO2 5vol%	↑	15	5		87.3	8.7	4	
比較例19	CeO2 10vol%	↑	10	10		86.4	5.8	7.9	
比較例20	CeO2 15vol%	↑	5	15		85.5	2.9	11.7	
比較例21	CeO2 18vol%	↑	2	18		84.9	1.1	13.9	

[0072] 次いで、秤量した導電成分粉末と、耐弧成分酸化物粉末と、低仕事関数成分の希土類酸化物粉末と、を混合する。その後、混合した粉末である混合粉末を鋳型に充填し、定められた成形圧力で混合粉末を成形する。一例では、乾式混合装置によって、Ａｇ粉末、ＺｎＯ粉末および希土類酸化物粉末の組み合わせと、Ａｇ粉末およびＺｎＯ粉末だけの組み合わせと、に分け、それぞれ３０分ずつ混合する。混合後、矩形金型の中に粉末を充填する。図２５

は、金型の構成の一例を示す図である。金型２００は、ダイ２０１と、上パンチ２０２と、下パンチ２０３と、を有し、それぞれが分かれている。ダイ２０１には、成形対象となる粉末を収容し、上パンチ２０２および下パンチ２０３を挿入可能な断面が矩形状の貫通孔２０１ａが設けられている。金型２００は、一例ではＳＫＤ（Steel Kogu Dice）１１鋼で形成されている。ＳＫＤ１１鋼は、日本産業規格（Japanese Industrial Standards：ＪＩＳ）のＧ ４４０４：２０１５に規定される合金工具鋼鋼材である。

[0073] 図２６から図３３は、実施の形態３に係る電気接点材料の製造方法における金型への粉末の充填の手順の一例を示す断面図である。図２６に示されるように、金型２００のダイ２０１と、ダイ２０１に設けられる貫通孔２０１ａに挿入された下パンチ２０３と、によって、粉末を入れる空間２０５が形成される。このとき、成形作業で粉末が固着しないように粉末が触れる金型２００の面に潤滑油が薄く塗布される。次いで、図２７に示されるように、金型２００のダイ２０１と下パンチ２０３とによって形成される空間２０５に、Ａｇ粉末、ＺｎＯ粉末および希土類酸化物粉末を混合した混合粉末２２１、あるいはＡｇ粉末およびＺｎＯ粉末を混合した混合粉末２２１を充填する。このとき、電気接点の完成時に混合粉末２２１が焼結することによって形成される接点層の厚さが１．５ｍｍになる量の混合粉末２２１が空間２０５に充填される。その後、図２８に示されるように、摺り切り板２２６でダイ２０１の上面よりも上側に存在する余剰な混合粉末２２１が摺り切られる。これによって、空間２０５に充填された混合粉末２２１の表面が平坦にされる。

[0074] 次いで、図２９に示されるように、金型２００の下パンチ２０３を予め定められた距離だけ下げてダイ２０１内の混合粉末２２１の上部に隙間２０５ａが形成される。その後、図３０に示されるように、ダイ２０１内に形成された隙間２０５ａにＡｇ粉末２２２のみが充填される。このとき、混合粉末２２１の上に敷いたＡｇ粉末２２２は、焼結後の厚さが接点層の１／１０の厚さになるように秤量される。次いで、図３１に示されるように、摺り切り

板２２６で、ダイ２０１の上面よりも上側に存在する余剰なＡｇ粉末２２２が摺り切られる。これによって、隙間２０５ａに充填されたＡｇ粉末２２２の表面が平坦にされる。その後、図３２に示されるように、Ａｇ粉末２２２の上から上パンチ２０２が被せられる。そして、図３３に示されるように、金型２００を上下反転させてから、予め定められた成形圧力で成形する。一例では、成形圧力は、６４０ＭＰａである。これによって、２層の成形体２２３が形成される。

[0075] その後、混合粉末２２１を成形した成形体２２３を定められた焼結温度で焼結し、焼結体を形成する。一例では、金型２００から取り出した２層の成形体２２３をＡｇ層が下になるようにアルミナ製トレーの上に並べ、熱処理装置である大気炉で熱処理を行い、２層の成形体２２３を焼結させて焼結体を形成する。一例では、９４０℃で２時間の焼結を行う。焼結後、大気炉内の温度が５０℃程度になるまで十分に降温させてから、焼結体を取り出す。図３４は、熱処理後の焼結体の構成の一例を示す図である。図３４に示されるように、取り出した焼結体２４０は、接点層２４１とＡｇ層２４２とが同時に形成されている。

[0076] 以下では、この焼結体２４０を電気接点８０として用いて遮断器を製造し、電気接点８０の評価試験を行う手順について説明する。具体的には、焼結体２４０を電気接点８０として用いて、遮断器を構成する固定電極および可動電極を製造する。実施の形態２の図１５および図１６に示した製造方法と同様に、銅台座９１の第２面９１ｂと電気接点８０のＡｇ層２４２との間にろう材９２を挟んでから抵抗加熱によって、電気接点８０を銅台座９１にろう付けする。また、電気接点８０をろう付けした銅台座９１を固定電極の一部を構成する角棒９３、および銅台座９１を可動電極の一部を構成する角棒９５に、それぞれねじ９４を用いて固定する。

[0077] 電気接点８０ａをろう付けした銅台座９１および角棒９３を有する固定電極９８と、電気接点８０ｂをろう付けした銅台座９１および角棒９５を有する可動電極９９と、を図１７に示されるように、開極動作試験装置１５０の

電極に取り付け、通電試験を行う。通電試験では、一例では、電気接点８０ａ，８０ｂ間の開極距離が３０ｍｍになり、電気接点８０ａ，８０ｂの接触時の接圧が７Ｎになり、開極速度が３ｍ／ｓになるように接圧ばね１５５および開極ばね１５６が選定される。

[0078] 表７は、実施例５から７および比較例１６から２１について遮断試験を行ったときの電気接点の特性の測定結果を示す表である。系全体を流れる電流の第１半波の実効値が３ｋＡになるように可変コンデンサ１６３と可変リアクトル１６１とを調節して、遮断試験を実施するときの各電気接点８０ａ，８０ｂでのアークの転流時間、電気接点８０ａ，８０ｂの平均消耗量、試験前後での電気接点８０ａ，８０ｂの接点抵抗についてまとめたものである。試験後の電気接点８０ａ，８０ｂはレーザ式の非接触３次元測定器を用いて形状測定を行い、新品すなわち試験前の電気接点８０ａ，８０ｂのときからの体積の平均消耗量を算出する。ここでは、電気接点８０ａ，８０ｂの試験前の体積に対する平均消耗量の百分率を接点の平均消耗量に示している。低仕事関数成分である希土類酸化物を含まない比較例１６の消耗量に対して、他の条件で製造される電気接点８０ａ，８０ｂがどのくらい消耗するかを比較例１６との接点消耗比率に示している。

[0079]

[表7]

(表7)

条件	備考	3kA遮断				
		転流時間[ms]	接点の平均消耗量[%]	比較例16との接点消耗比率	試験前接点抵抗[mΩ]	試験後接点抵抗[mΩ]
比較例16	希土類酸化物なし	5.5	18.8	–	0.121	0.235
実施例5	La2O3 5vol%	2.01	15.3	0.81	0.099	0.165
実施例6	La2O3 10vol%	1.84	16.1	0.86	0.119	0.214
実施例7	La2O3 15vol%	1.31	14.6	0.78	0.109	0.222
比較例17	La2O3 18vol%	1.51	21.3	1.13	0.123	0.251
比較例18	CeO2 5vol%	5.88	20.1	1.07	0.237	0.431
比較例19	CeO2 10vol%	5.92	23.8	1.27	0.323	0.512
比較例20	CeO2 15vol%	4.99	24.4	1.30	0.301	0.612
比較例21	CeO2 18vol%	6.13	25.0	1.33	0.289	0.442

[0080] 表７を参照すると、転流時間について、比較例１６よりも少ないのは、実施例５から７および比較例１７の低仕事関数成分の希土類酸化物としてＬａ$_2$

O_3を含む電気接点８０ａ，８０ｂと、比較例２０の低仕事関数成分の希土類酸化物としてCeO_2を含む電気接点８０ａ，８０ｂと、である。電気接点８０ａ，８０ｂの消耗が比較例１６よりも少ないのは、低仕事関数成分の希土類酸化物としてLa_2O_3を含み、希土類酸化物の含有量が５ｖｏｌ％以上１５ｖｏｌ％以下の範囲の実施例５から７の条件で製造される電気接点８０ａ，８０ｂである。また、遮断試験前後での接触抵抗が比較例１６よりも少ないのは、低仕事関数成分の希土類酸化物としてLa_2O_3を含み、希土類酸化物の含有量が５ｖｏｌ％以上１５ｖｏｌ％以下の範囲の実施例５から７の条件で製造される電気接点８０ａ，８０ｂである。なお、La_2O_3とＺｎＯとを含む電気接点８０ａ，８０ｂの許容因子ｔは、ｔ＝０．９２である。実施の形態２の場合と合わせると、低仕事関数成分の希土類酸化物と耐弧成分酸化物とが複酸化物を形成する許容因子ｔは０．８４５よりも大きく１未満であることが望ましいと言える。ただし、CeO_2とＺｎＯとを含む電気接点８０ａ，８０ｂの許容因子ｔは、ｔ＝０．８９であるので、金属元素ＡとしてＣｅを除く必要がある。つまり、金属元素ＡはＣｅを除く希土類元素であり、許容因子ｔが０．８４５よりも大きく１未満であることが望ましい。

[0081] 試験後に電気接点８０ａ，８０ｂの断面をＳＥＭ観察およびＷＤＳを用いた元素分析によって確認すると、耐弧成分であるＺｎＯと、一緒に添加したLa_2O_3と、は複酸化物を形成しているが、耐弧成分であるＺｎＯとCeO_2とは複酸化物を形成していないことが確かめられる。これは、希土類酸化物の中でもＣｅは、CeO_2といった４価の価数をとるため、複酸化物を形成しないと考えられる。このため、CeO_2とＺｎＯとの組み合わせの許容因子は、ｔ＝０．８９となるが、CeO_2とＺｎＯとの組み合わせは、複酸化物を形成しないので、複酸化物粒子１２，１２ａの候補からは除外される。

[0082] 以上のように、実施の形態３に係る電気接点８０ａ，８０ｂは、Ａｇによって形成される導電成分相１１と、低仕事関数成分の希土類酸化物であるLa_2O_3および耐弧成分酸化物であるＺｎＯによって形成される複酸化物粒子１２と、を含み、電気接点材料１に対する希土類酸化物の含有量が５ｖｏｌ％

以上１５ｖｏｌ％以下である。このような構成によって、空気中の水分および二酸化炭素との反応を抑制しながら表面でのアークの転流させやすさを従来に比して均一化することができるという効果を有する。

[0083] 実施の形態４．

実施の形態４では、実施の形態１の最後に示した耐弧成分元素であるＳｎを含む耐弧成分酸化物、および低仕事関数成分元素であるＹを含む低仕事関数成分元素の希土類酸化物の組み合わせのうち複酸化物粒子１２を有する電気接点材料１を形成することができる条件について説明する。

[0084] ここでは、最初に電気接点材料１Ａの製造方法の一例と、電気接点材料１Ａによって構成される電気接点を用いた遮断試験の方法および結果について順に説明する。なお、実施の形態２，３で説明したものと同様の部分については、その説明を省略する。まず、電気接点材料１Ａの原料である導電成分相１１を構成する導電成分粉末と、耐弧成分酸化物粉末と、低仕事関数成分の希土類酸化物粉末と、を秤量する。

[0085] 具体的には、電気接点材料１Ａの原料として、平均粒径が４μｍであるＡｇ粉末と、平均粒径が１μｍであるSnO_2粉末と、平均粒径が７μｍであるY_2O_3粉末と、を用意する。Y_2O_3粉末は、低仕事関数成分の希土類酸化物粉末である。表８は、実施例８から１０および比較例２２から２３における電気接点材料の原料の体積割合および質量割合を示す表である。表８に示されるように、Ａｇの添加量が７８ｖｏｌ％で一定になるようにして、SnO_2粉末と希土類酸化物粉末との合計値が２２ｖｏｌ％になるように、各粉末を秤量する。

[0086]

[表8]

(表8)

条件	備考	vol%表示			wt%表示		
		Ag [vol%]	SnO2 [vol%]	希土類酸化物 [vol%]	Ag [wt%]	SnO2 [wt%]	希土類酸化物 [wt%]
比較例22	希土類酸化物なし	78	22	0	84.3	15.7	0
実施例8	Y2O3 5vol%	↑	17	5	85.1	12.3	2.6
実施例9	Y2O3 10vol%	↑	12	10	86	8.8	5.3
実施例10	Y2O3 15vol%	↑	7	15	86.9	5.2	8
比較例23	Y2O3 18vol%	↑	4	18	87.4	3	9.6

[0087] 次いで、秤量した導電成分粉末と、耐弧成分酸化物粉末と、低仕事関数成分の希土類酸化物粉末と、を混合する。一例では、乾式混合装置によって、Ａｇ粉末、ＳｎＯ$_2$粉末およびＹ$_2$Ｏ$_3$粉末の組み合わせと、Ａｇ粉末およびＳｎＯ$_2$粉末だけの組み合わせと、に分け、それぞれ３０分ずつ混合する。

[0088] その後、混合した粉末である混合粉末を鋳型に充填し、定められた成形圧力で混合粉末を成形する。一例では、混合後、図４に示されるような黒鉛鋳

型３０の中に、図５から図１１に示される手順で混合粉末５１およびＡｇ粉末５２を充填し、成形体５３を形成する。この例では、黒鉛鋳型３０の貫通孔３１ａの直径Φは１５ｍｍである。また、混合粉末５１が焼結することによって形成される接点層７１の上に形成されるＡｇ層７２を形成するＡｇ粉末５２は、接点層７１の厚さの１／１０程度になるように秤量される。

[0089] 次に、混合粉末５１を圧力をかけながら、定められた焼結温度で焼結し、焼結体７０を形成する。一例では、混合粉末５１およびＡｇ粉末５２を充填した黒鉛鋳型３０を図１２に示されるＳＰＳ装置６０で焼結する。ここでは、黒鉛鋳型３０の上パンチ３２と下パンチ３３との間の圧力は７ｋＮとされ、２０℃／ｍｉｎの昇温速度で加熱され、８５０℃に到達すると、８５０℃で１０分間保持され、その後、通電を停止して降温させる。通電時の最大電圧は約２．５Ｖであり、電流は約５００Ａである。混合粉末５１がＡｇ粉末およびSnO_2粉末のみの場合には８５０℃で焼結を行う。しかし、混合粉末５１がＡｇ粉末、SnO_2粉末およびY_2O_3粉末である場合でSnO_2粉末およびY_2O_3粉末の混合比率が１０：１５または１５：１０の条件では、８５０℃ではＡｇが溶融しはじめるため、８３０℃に温度を下げて焼結を行う。これによって、成形体５３は、焼結体７０となる。

[0090] 熱電対３４の測温値が５０℃以下になるまで冷却されるのを待ってから、黒鉛鋳型３０を真空チャンバ６１から取り出し、さらに黒鉛鋳型３０から焼結体７０を取り出す。出来上がった焼結体７０に対して放電加工機を用いて加工を行うことで、図１４に示されるように、長方形形状の電気接点８０を２個くり抜く。一例では、電気接点８０は、５．５ｍｍ×７ｍｍのサイズとなるようにくり抜かれる。

[0091] この電気接点８０を用いて、遮断器を構成する固定電極および可動電極が製造される。実施の形態２の図１５および図１６に示した製造方法と同様に、銅台座９１の第２面９１ｂと電気接点８０のＡｇ層８２との間にろう材９２を挟んでから抵抗加熱によって、電気接点８０を銅台座９１にろう付けする。また、電気接点８０をろう付けした銅台座９１を固定電極の一部を構成

する角棒９３、および銅台座９１を可動電極の一部を構成する角棒９５に、それぞれねじ９４を用いて固定する。

[0092] 電気接点８０ａをろう付けした銅台座９１および角棒９３を有する固定電極９８と、電気接点８０ｂをろう付けした銅台座９１および角棒９５を有する可動電極９９と、を図１７に示されるように、開極動作試験装置１５０の電極に取り付け、通電試験を行う。通電試験では、一例では、電気接点８０ａ，８０ｂ間の開極距離が３０ｍｍになり、電気接点８０ａ，８０ｂの接触時の接圧が１０Ｎになり、開極速度が３ｍ／ｓになるように接圧ばね１５５および開極ばね１５６が選定される。

[0093] 表９は、実施例８から１０および比較例２２から２３について遮断試験を行ったときの電気接点の特性の測定結果を示す表である。表９は、１回目の遮断試験と２回目の遮断試験とを実施するときの各電気接点８０ａ，８０ｂでのアークの転流時間、電気接点８０ａ，８０ｂの平均消耗量、試験前後での電気接点８０ａ，８０ｂの接点抵抗についてまとめたものである。１回目の通電では、系全体を流れる電流の第１半波の実効値が１ｋＡになるように可変コンデンサ１６３と可変リアクトル１６１とを調節して、１回目の遮断試験を実施する。その後、同じ電気接点８０ａ，８０ｂの状態で、系全体を流れる電流の第１半波の実効値が５ｋＡになるように可変コンデンサ１６３と可変リアクトル１６１とを再調節して、２回目の遮断試験を実施する。電気接点８０ａ，８０ｂの消耗および抵抗は１ｋＡおよび５ｋＡの遮断をそれぞれ１回ずつ実施した後に計測する。実施例８から１０では、１ｋＡの通電ではそれほど転流時間は短くないものもあるが、２回目の５ｋＡの通電では、希土類酸化物が無い条件である比較例２２と比べて、明らかに転流時間が短縮している。また接点の平均消耗量も比較例２２よりも少なくなっており、接触抵抗の変化は同等である。

[0094]

[表9]

(表9)

条件	備考	1kA遮断	5kA遮断				
		1回目転流時間[ms]	2回目転流時間[ms]	接点の平均消耗量[%]	比較例22との接点消耗比率	試験前接点抵抗[mΩ]	試験後接点抵抗[mΩ]
比較例22	希土類酸化物なし	6.1	4.93	25.0	–	0.158	0.281
実施例8	Y2O3 5vol%	7.11	1.69	23.0	0.92	0.171	0.255
実施例9	Y2O3 10vol%	5.11	1.41	22.4	0.90	0.162	0.270
実施例10	Y2O3 15vol%	3.12	1.23	23.0	0.92	0.155	0.248
比較例23	Y2O3 18vol%	2.79	1.51	26.8	1.07	0.172	0.412

[0095] 試験前後に電気接点８０ａ，８０ｂの断面をＳＥＭ観察およびＷＤＳを用いた元素分析によって確認すると、試験前の接点では、図３の左側の図に示

されるように、耐弧成分酸化物粒子１３のSnO_2と、低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４のY_2O_3と、は分かれて導電成分相１１であるＡｇの内部に存在していることが確認される。しかし、通電試験後では、図３の右側の図に示されるように、耐弧成分酸化物粒子１３のSnO_2と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４のY_2O_3とは複酸化物粒子１２ａを形成していることが確認される。これは、電気接点８０ａ，８０ｂの製造時のＡｇの融点以下の熱処理では、温度が足りず、SnO_2とY_2O_3とは複酸化物を形成しないが、１回目の通電試験で、アークに曝されて電気接点８０ａ，８０ｂの表面が溶融、再凝固する際に、SnO_2とY_2O_3とが複酸化物を形成するため、２回目の通電試験の転流時間が短くなったものと考えられる。なお、Y_2O_3とSnO_2とを含む電気接点８０ａ，８０ｂの許容因子ｔは、ｔ＝０．８５である。実施の形態２，３の場合と合わせると、金属元素Ａは、Ｃｅを除く希土類元素であり、低仕事関数成分の希土類酸化物と耐弧成分酸化物とが複酸化物を形成する許容因子ｔは０．８５以上１未満であることが望ましいと言える。

[0096] なお、実施の形態４に係る電気接点８０ａ，８０ｂは、使用前には、導電成分相１１中に、耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４とが分散した状態となっている。そして、遮断器として使用され、アークに曝されて溶融、再凝固した部分に存在する耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４とが複酸化物を形成する。ただし、複酸化物を形成するためには、耐弧成分酸化物粒子１３の耐弧成分元素と、低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４の希土類元素と、が複酸化物を形成する元素の組み合わせでなければならない。このように、実施の形態４に係る電気接点８０ａ，８０ｂは、耐弧成分元素および希土類元素を含む複酸化物粒子１２ａが存在するアークで溶融した部分と、耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４とが分散した状態のアークで溶融していない部分と、を有することになる。

[0097] また、図１に示される耐弧成分粒子１１２と低仕事関数成分粒子１１３とが導電成分相１１１に分散した電気接点材料１００では、右側の図に示され

るように、アーク発生後も耐弧成分粒子１１２ａと低仕事関数成分粒子１１３ａとは複酸化物を形成せず、導電成分相１１１に分散したままであった。これは、耐弧成分粒子１１２を構成する耐弧成分元素と低仕事関数成分粒子１１３を構成するアルカリ土類元素とが複酸化物を形成しない組み合わせであったためであると考えられる。一方、実施の形態４では、耐弧成分酸化物粒子１３を構成する耐弧成分元素と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４を構成する希土類元素とは複酸化物を形成する組み合わせとしている。このため、アークで溶融した部分では、耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４とが溶融、再凝固によって複酸化物粒子１２ａを構成することが可能となる。

[0098] 以上のように、実施の形態４に係る電気接点８０ａ，８０ｂは、導電成分相１１であるＡｇと、耐弧成分酸化物粒子１３と、低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４と、を含み、耐弧成分酸化物粒子１３を構成する耐弧成分元素と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４を構成する希土類元素とは複酸化物を形成する材料からなる。電気接点８０ａ，８０ｂの製造時は、導電成分相１１中に耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４とが分離して存在し、遮断によるアークによって電気接点８０ａ，８０ｂの表面が溶融、再凝固したときに耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４とが複酸化物粒子１２ａを形成する。つまり、耐弧成分酸化物粒子１３と低仕事関数成分の希土類酸化物粒子１４とはＡｇの融点よりも高い温度で複酸化物を形成する材料からなる。このとき、希土類酸化物がY_2O_3であり、Y_2O_3の含有量が５ｖｏｌ％以上１５ｖｏｌ％以下とすることができる。このような構成によって、１回目のアークの発生時には、転流速度は希土類酸化物が存在しない場合と比較してあまり変わらないが、２回目以降のアークの発生時には、転流速度を向上させるとともに、電気接点８０ａ，８０ｂの消耗率を低減させることができる。つまり、空気中の水分および二酸化炭素との反応を抑制しながら表面でのアークの転流させやすさを従来に比して均一化することができるという効果を有する。

[0099] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0100] １，１Ａ，１００　電気接点材料、１１，１１ａ，１１１　導電成分相、１２，１２ａ　複酸化物粒子、１３　耐弧成分酸化物粒子、１４　希土類酸化物粒子、３０　黒鉛鋳型、３１，２０１　ダイ、３１ａ，２０１ａ　貫通孔、３１ｂ　小孔、３２，２０２　上パンチ、３３，２０３　下パンチ、３４　熱電対、３５，２０５　空間、３５ａ，２０５ａ　隙間、３６，２２６　摺り切り板、５１，２２１　混合粉末、５２，２２２　Ａｇ粉末、５３，２２３　成形体、６０　ＳＰＳ装置、６１　真空チャンバ、６２　上部電極、６３　下部電極、７０，２４０　焼結体、７１，８１，２４１　接点層、７２，８２，２４２　Ａｇ層、８０，８０ａ，８０ｂ　電気接点、９１　銅台座、９１ａ　第１面、９１ｂ　第２面、９１ｃ　ねじ穴、９２　ろう材、９３，９５　角棒、９３ａ　ねじ孔、９４　ねじ、９５ａ　回転軸、９８　固定電極、９９　可動電極、１１２，１１２ａ　耐弧成分粒子、１１３，１１３ａ　低仕事関数成分粒子、１５０　開極動作試験装置、１５１　アークランナー、１５２　グリッド、１５３　鉄板、１５４　電磁石、１５５　接圧ばね、１５６　開極ばね、１６１　可変リアクトル、１６２　通電開始スイッチ、１６３　可変コンデンサ、１６４　直流高電圧電源、１６５　固定電極側ロゴスキーコイル電流プローブ、１６６　アークランナー側ロゴスキーコイル電流プローブ、１６７，１６８　スイッチ、１８１　直流定電流電源、２００　金型。

請求の範囲

[請求項1] 導電成分相であるＡｇと、

アーク発生時の前記導電成分相の消耗を抑制する耐弧成分元素の酸化物である耐弧成分酸化物と、前記導電成分相および前記耐弧成分酸化物の仕事関数よりも低い仕事関数を有する希土類元素の酸化物である希土類酸化物と、の複酸化物からなる複酸化物粒子と、

を有し、

前記複酸化物粒子が前記導電成分相内で分散していることを特徴とする電気接点材料。

[請求項2] 前記希土類酸化物に含まれる前記希土類元素をＡとし、前記耐弧成分元素をＢとする場合に、前記希土類元素Ａ、前記耐弧成分元素Ｂおよび酸素のイオン半径をそれぞれＲａ，ＲｂおよびＲｘとしたときに、次式（１）で算出されるｔが０．８５≦ｔ＜１を満たすことを特徴とする請求項１に記載の電気接点材料。

$t = (R_a + R_x) / \{2^{1/2} (R_b + R_x)\}$ ・・・（１）

[請求項3] 前記耐弧成分酸化物がSnO_2であり、

前記希土類酸化物がLa_2O_3であり、

前記希土類酸化物の前記電気接点材料の全体積に対する含有量が５ｖｏｌ％以上２０ｖｏｌ％以下であることを特徴とする請求項１または２に記載の電気接点材料。

[請求項4] 前記耐弧成分酸化物がＺｎＯであり、

前記希土類酸化物がＬａの酸化物であり、

前記希土類酸化物の前記電気接点材料の全体積に対する含有量が５ｖｏｌ％以上１５ｖｏｌ％以下であることを特徴とする請求項１または２に記載の電気接点材料。

[請求項5] 導電成分相であるＡｇと、

アーク発生時の前記導電成分相の消耗を抑制する耐弧成分元素の酸化物である耐弧成分酸化物粒子と、

前記導電成分相および前記耐弧成分元素の酸化物の仕事関数よりも低い仕事関数を有する希土類元素の酸化物である希土類酸化物粒子と、

を有し、

前記導電成分相中に前記耐弧成分酸化物粒子と前記希土類酸化物粒子とが分散して存在し、

前記耐弧成分元素および前記希土類元素は複酸化物を形成する組み合わせの元素であることを特徴とする電気接点材料。

[請求項6] 前記耐弧成分元素および前記希土類元素は、アークによって前記導電成分相、前記耐弧成分酸化物粒子および前記希土類酸化物粒子が溶融、再凝固したときに、前記耐弧成分酸化物粒子および前記希土類酸化物粒子が複酸化物を形成する前記耐弧成分元素および前記希土類元素の組み合わせであることを特徴とする請求項５に記載の電気接点材料。

[請求項7] 前記希土類酸化物粒子は、Y_2O_3粒子であり、

前記Y_2O_3粒子の前記電気接点材料の全体積に対する含有量が５ｖｏｌ％以上１５ｖｏｌ％以下であることを特徴とする請求項５に記載の電気接点材料。

[請求項8] 前記アークによって溶融、再凝固した部分は、前記耐弧成分酸化物粒子および前記希土類酸化物粒子によって形成される複酸化物粒子が前記導電成分相中に分散し、

前記アークによって溶融されていない部分は、前記耐弧成分酸化物粒子および前記希土類酸化物粒子が前記導電成分相中に分散していることを特徴とする請求項６に記載の電気接点材料。

[請求項9] 導電成分相であるＡｇと、アーク発生時の前記導電成分相の消耗を抑制する耐弧成分元素の酸化物である耐弧成分酸化物と、前記導電成分相および前記耐弧成分酸化物の仕事関数よりも低い仕事関数を有する希土類元素の酸化物である希土類酸化物と、の複酸化物からなる複

酸化物粒子と、を有する電気接点材料の製造方法であって、

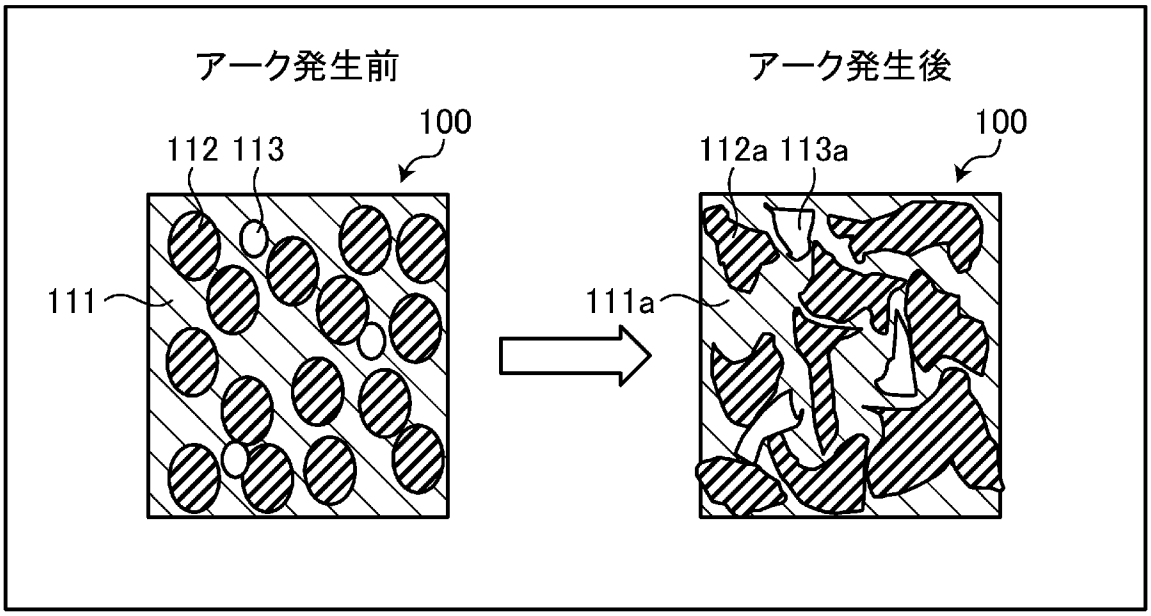
前記導電成分相を構成する導電成分粉末と、前記耐弧成分酸化物を構成する耐弧成分酸化物粉末と、前記希土類酸化物を構成する希土類酸化物粉末と、を混合し、混合粉末を形成する工程と、

前記混合粉末を鋳型または金型に充填し、定められた成形圧力で成形し、成形体を形成する工程と、

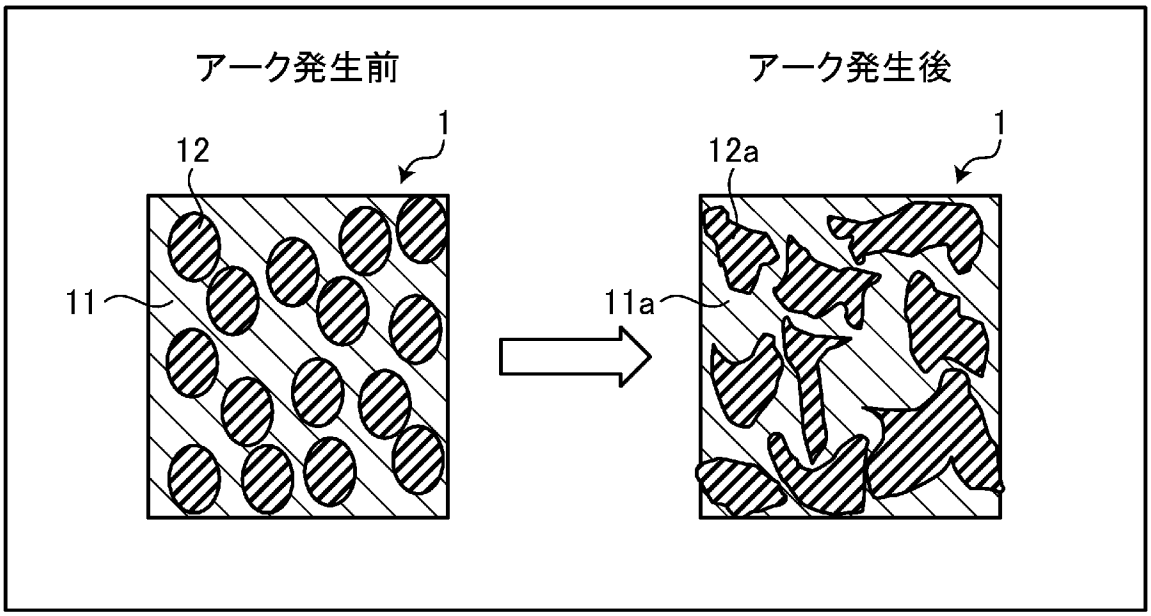
前記成形体を定められた焼結温度で焼結し、焼結体を形成する工程と、

を含むことを特徴とする電気接点材料の製造方法。

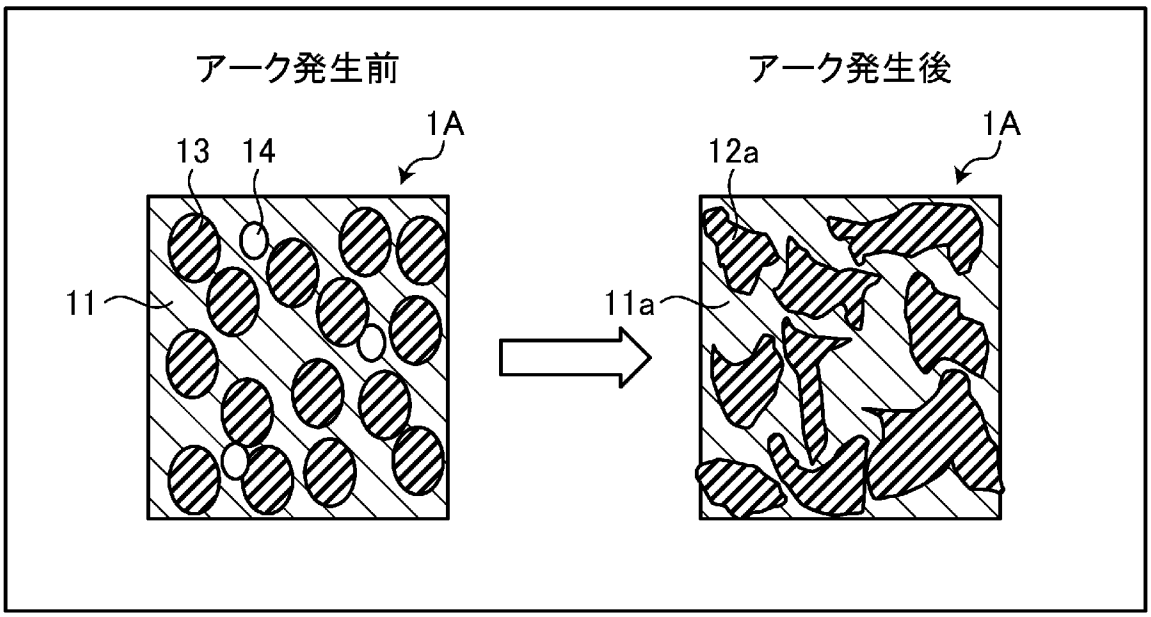
[図1]


アーク発生前
アーク発生後
100
112 113
111
112a 113a
111a
100

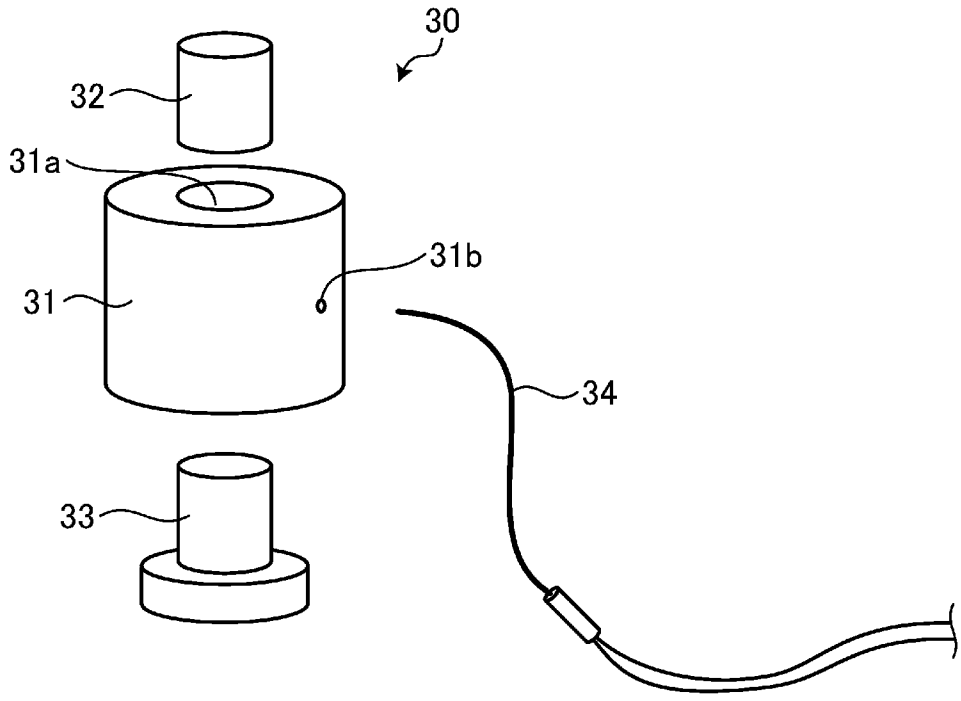
[図2]


アーク発生前
アーク発生後
1
12
11
12a
11a
1

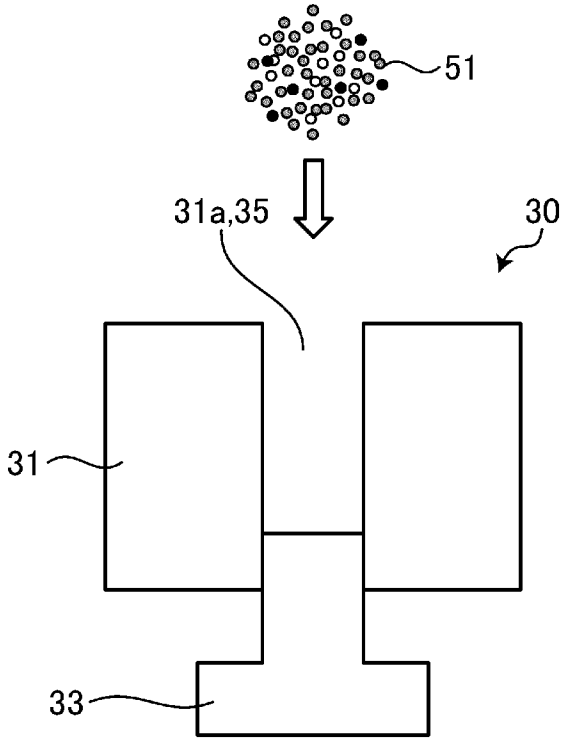
[図3]



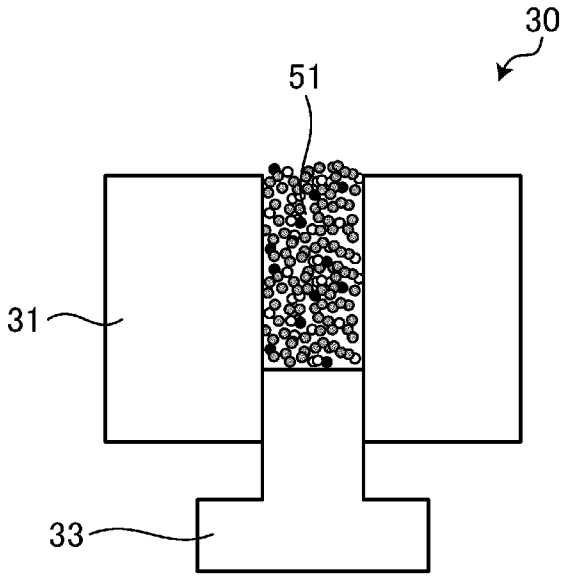
[図4]



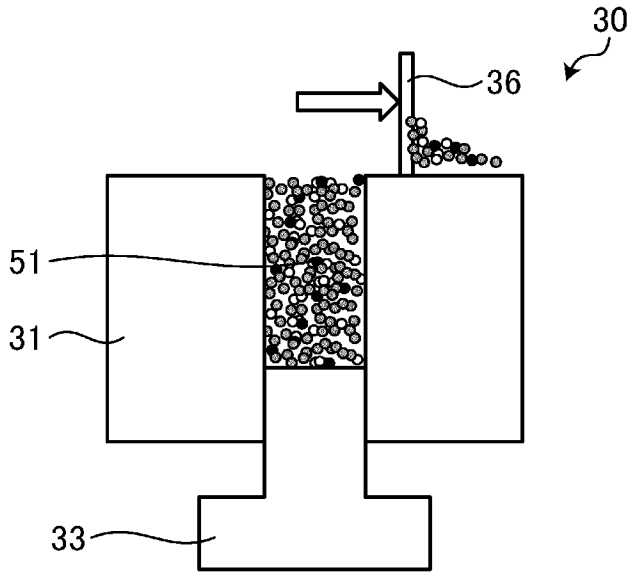
[図5]



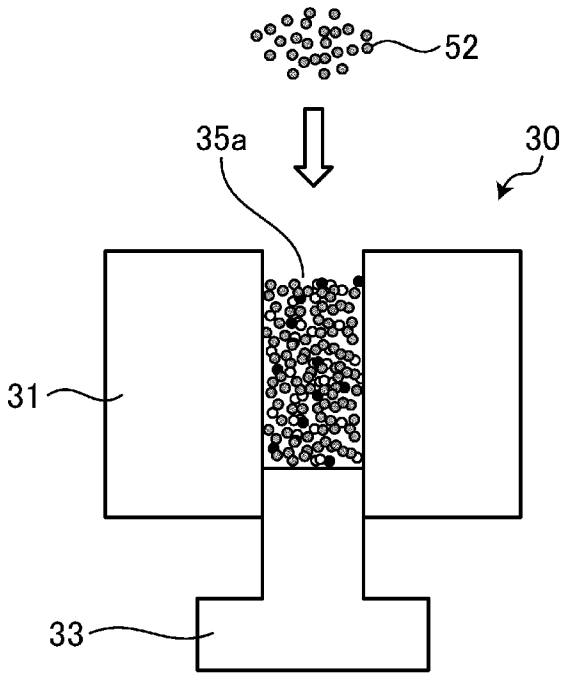
[図6]



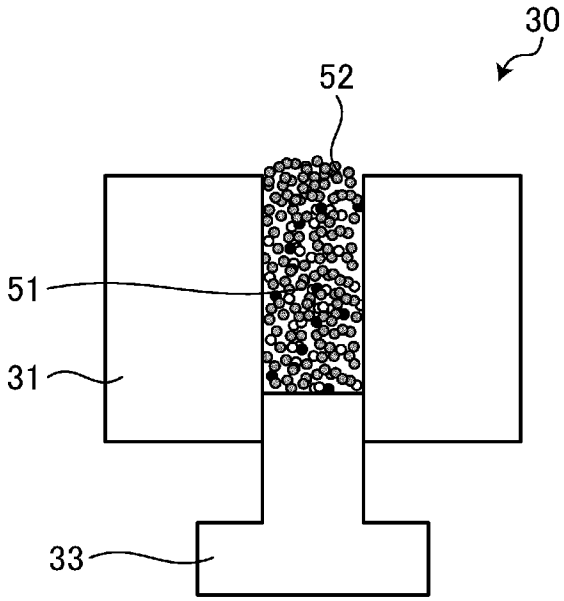
[図7]



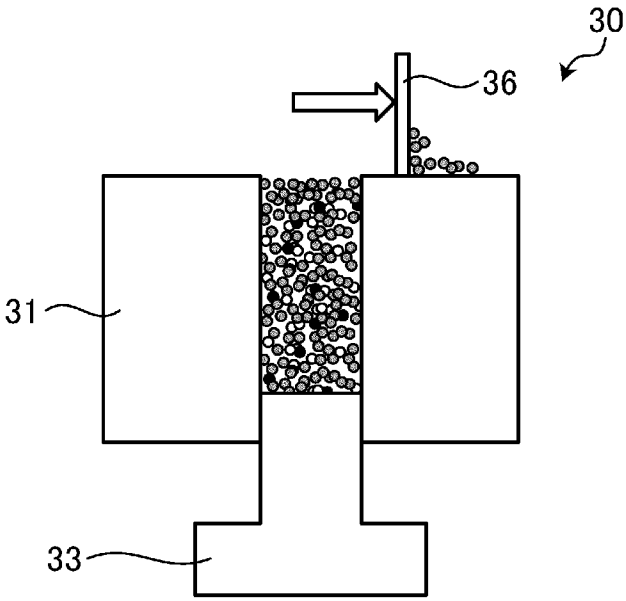
[図8]



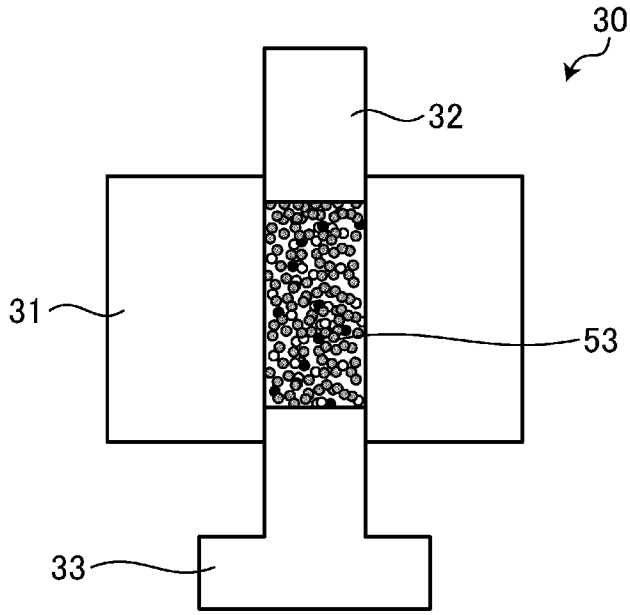
[図9]



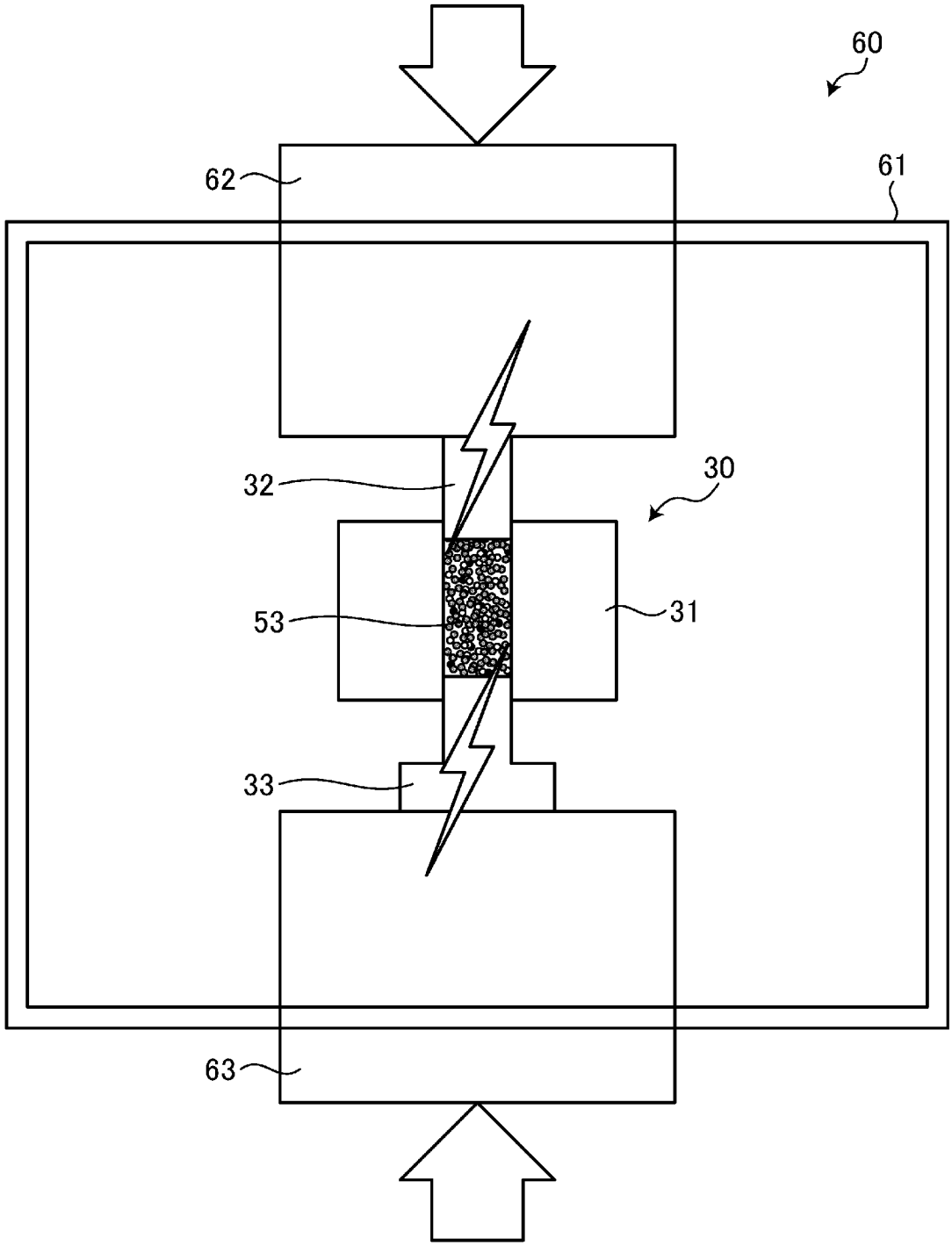
[図10]



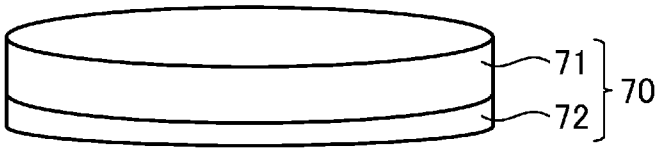
[図11]



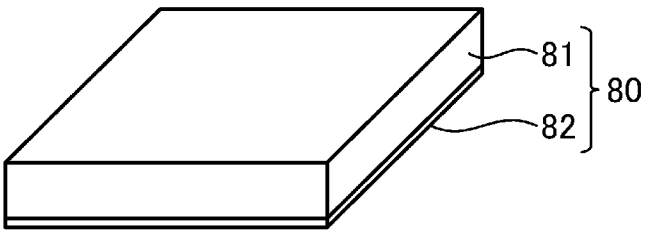
[図12]



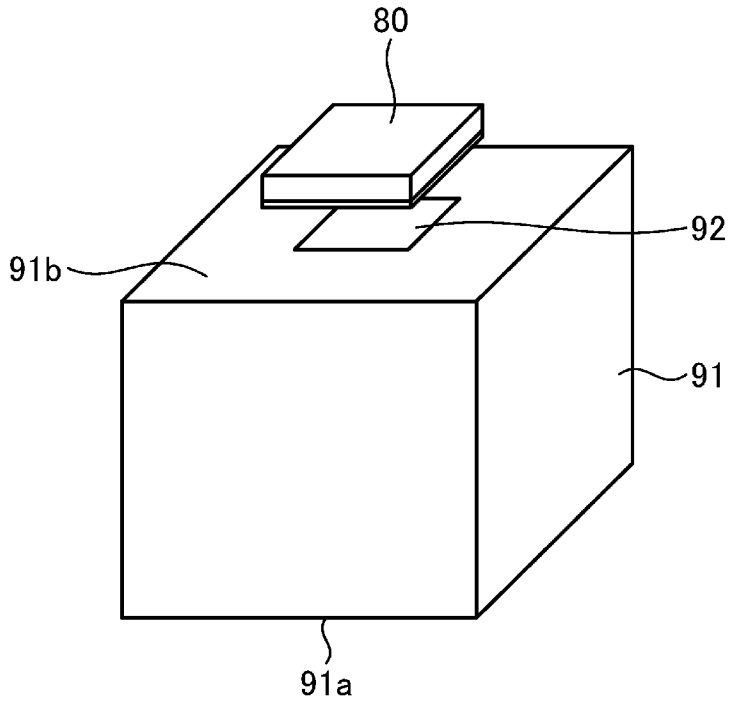
[図13]



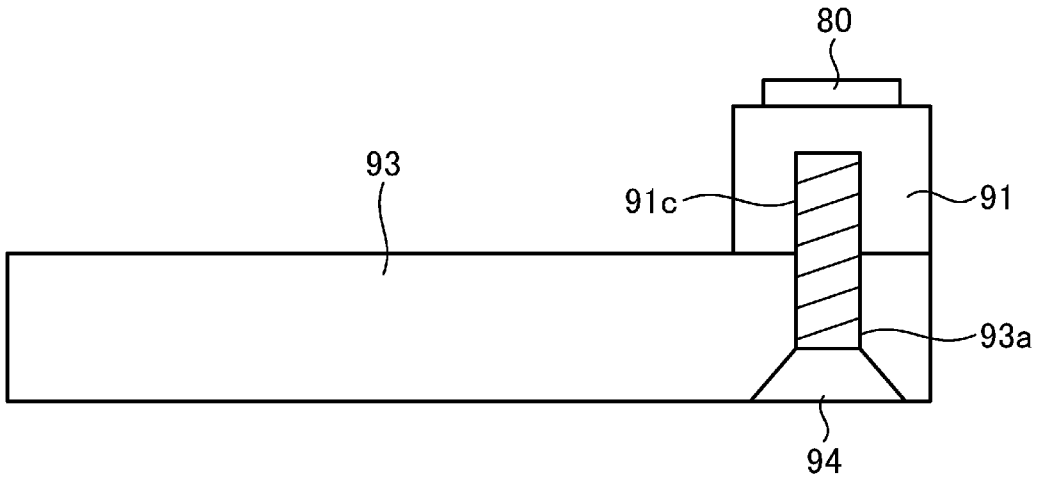
[図14]



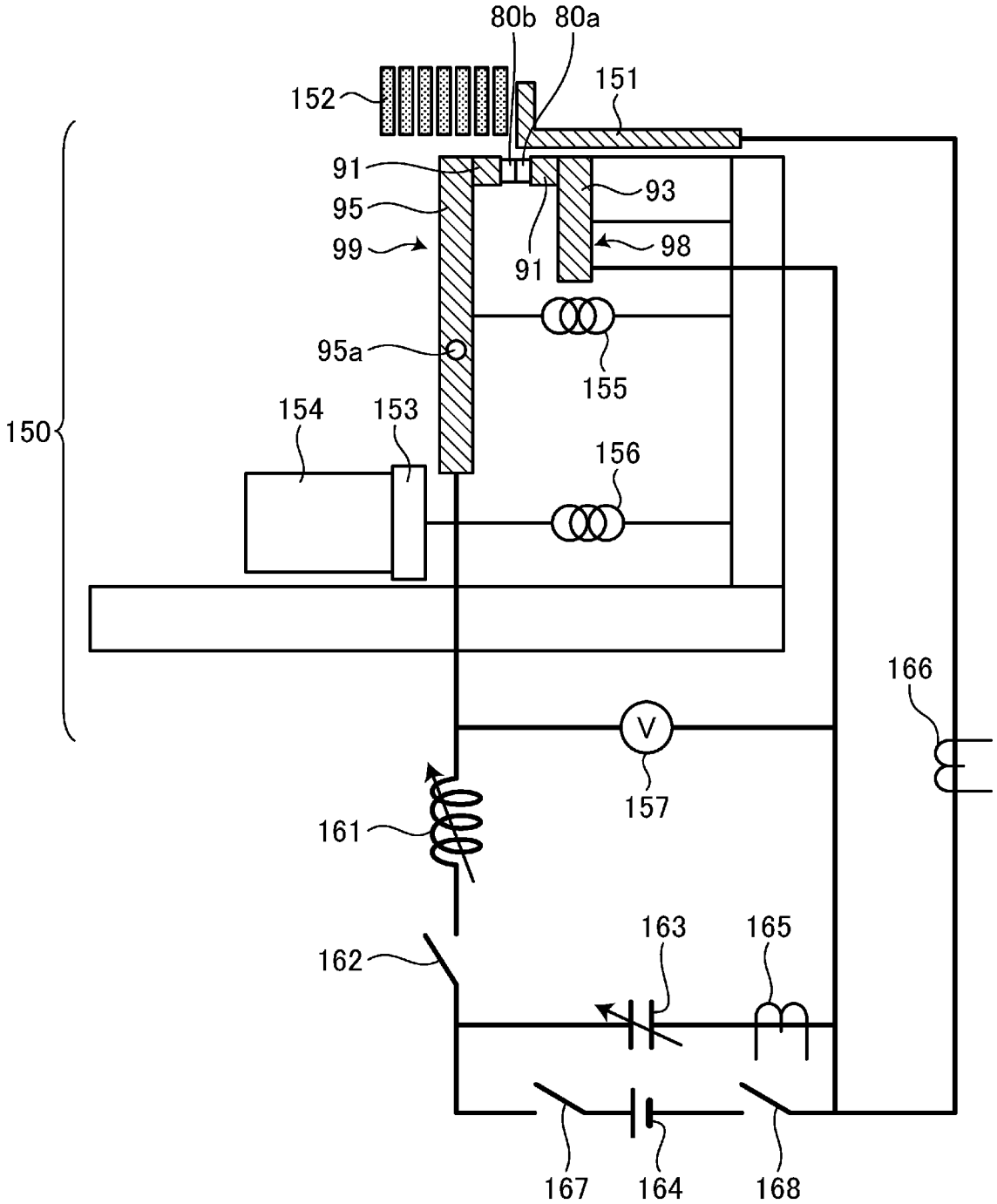
[図15]



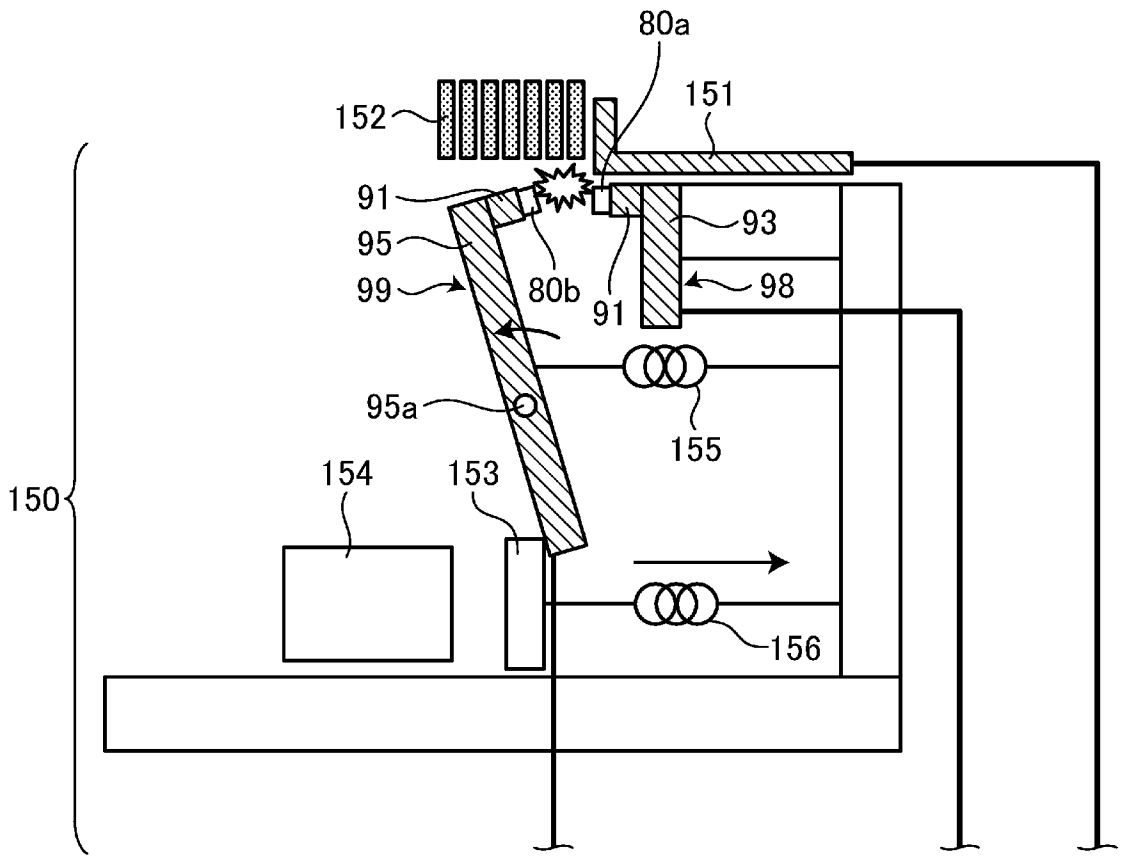
[図16]



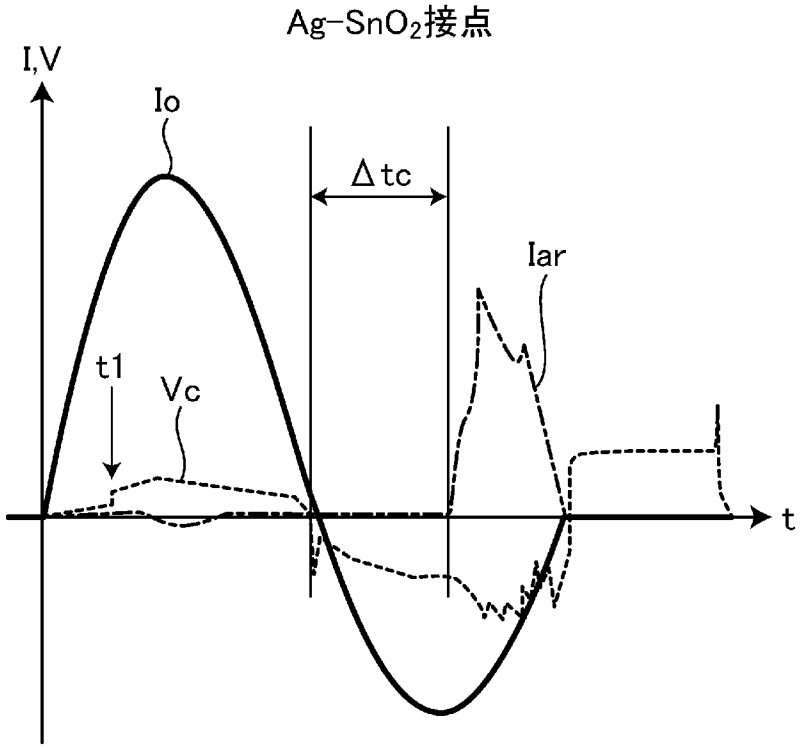
[図17]


80b
80a
151
152
91
93
95
99
98
91
95a
155
154
153
150
156
166
V
157
161
163
165
162
167
164
168

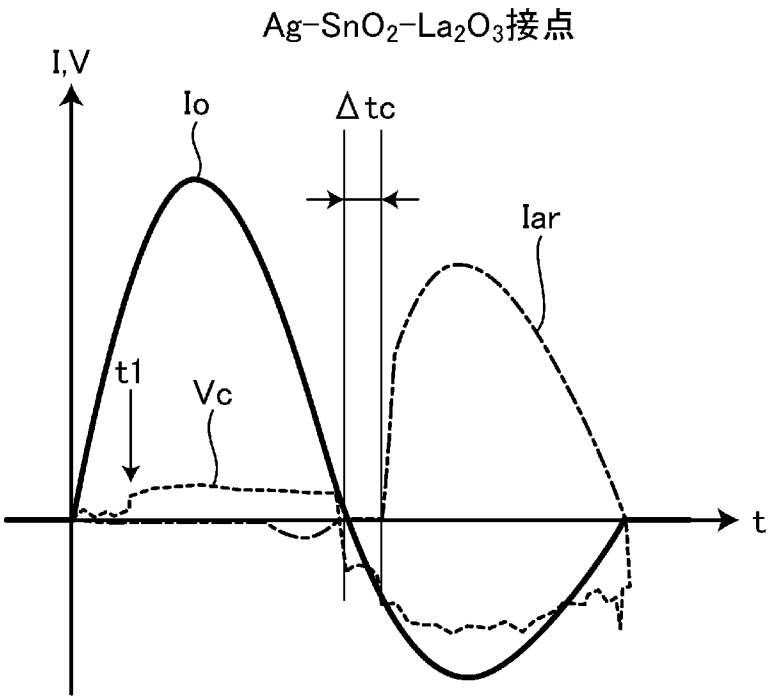
[図18]



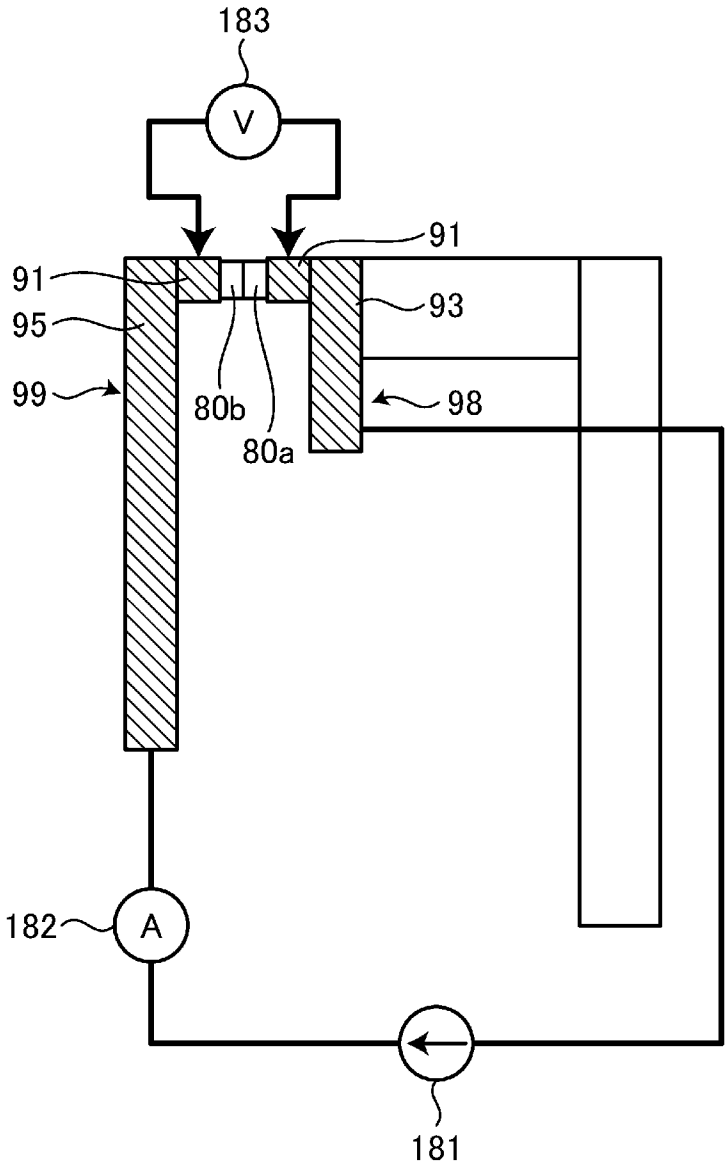
[図19]


Ag-SnO2接点
I,V
Io
Δtc
Iar
t1
Vc
t

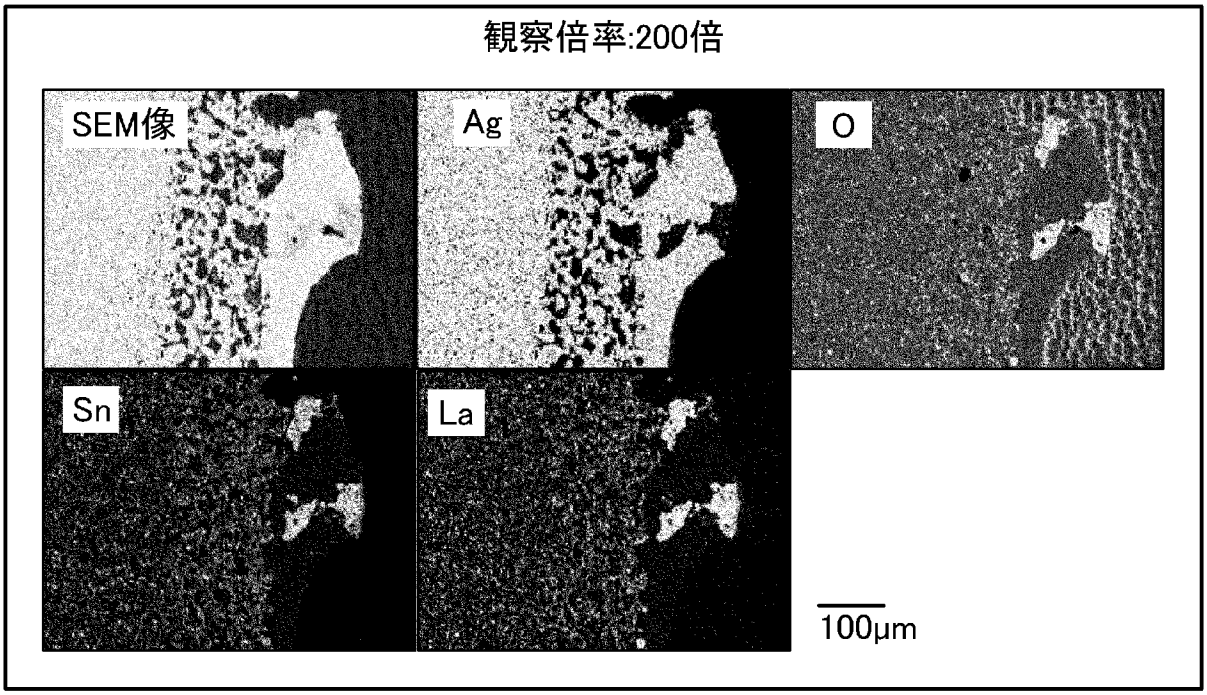
[図20]


Ag-SnO2-La2O3接点
I,V
Io
Δtc
Iar
t1
Vc
t

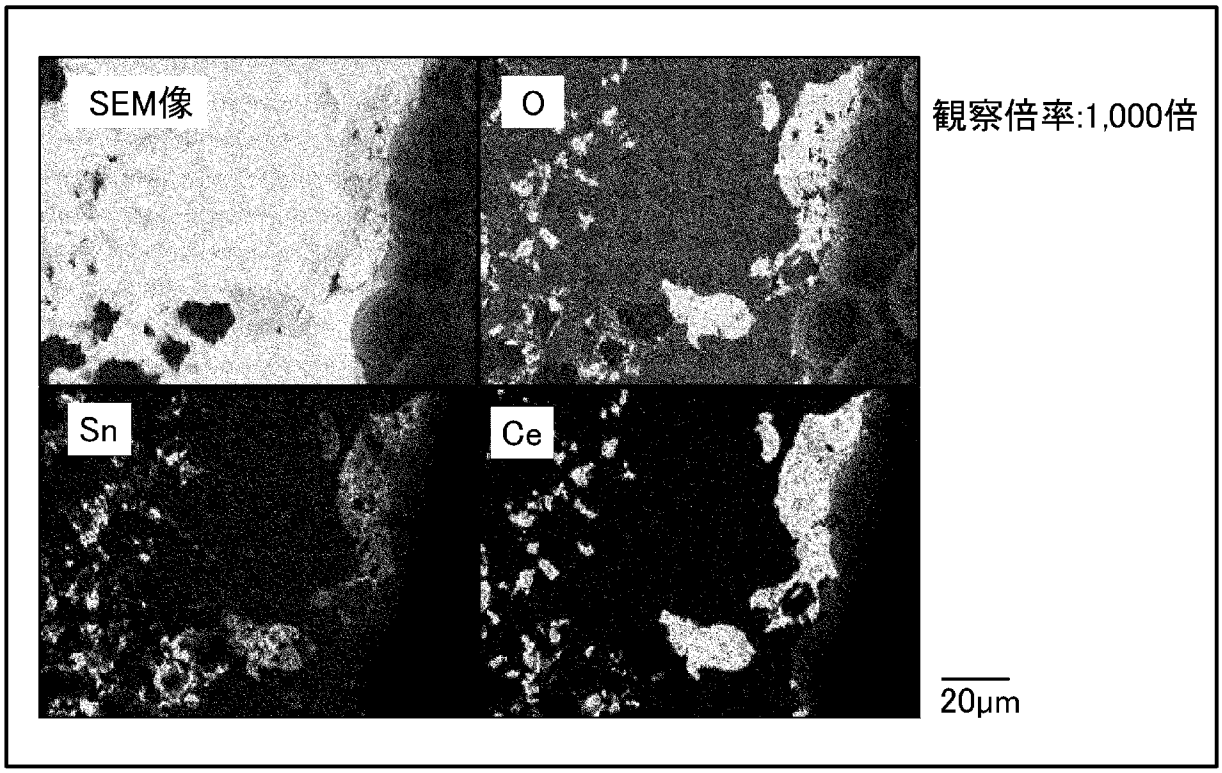
[図21]



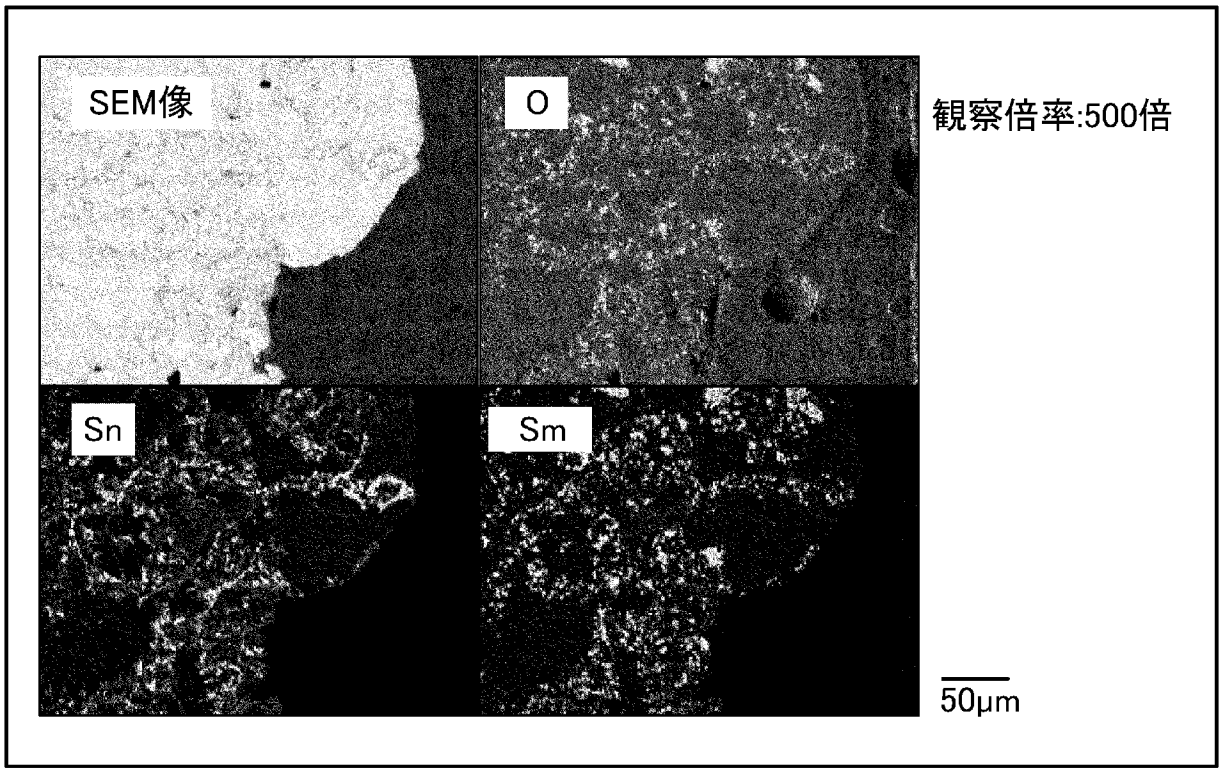
[図22]



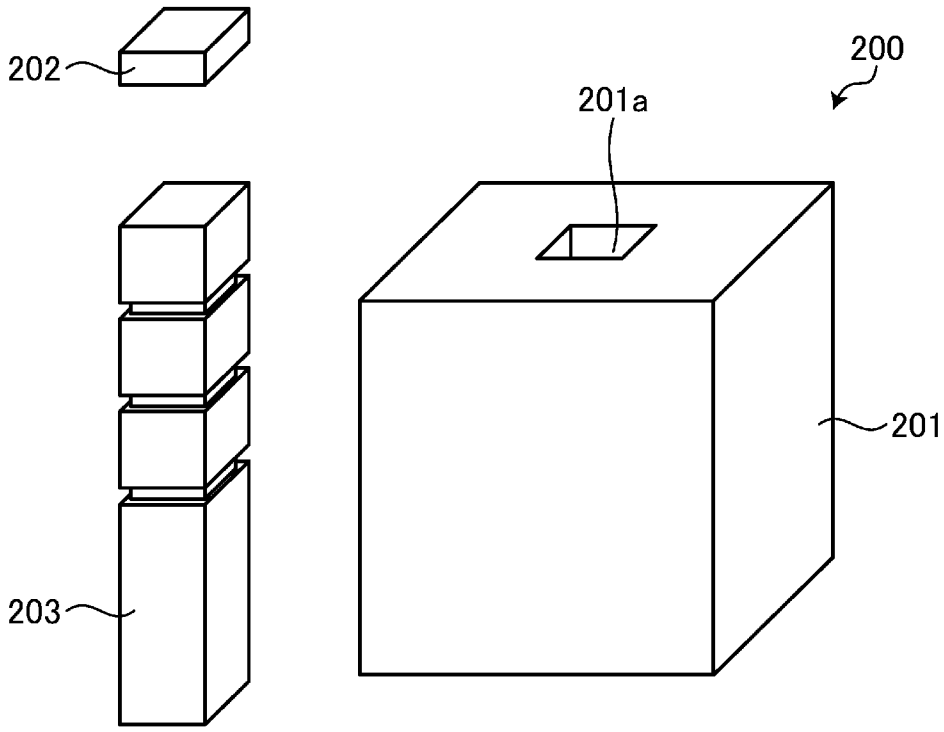
[図23]



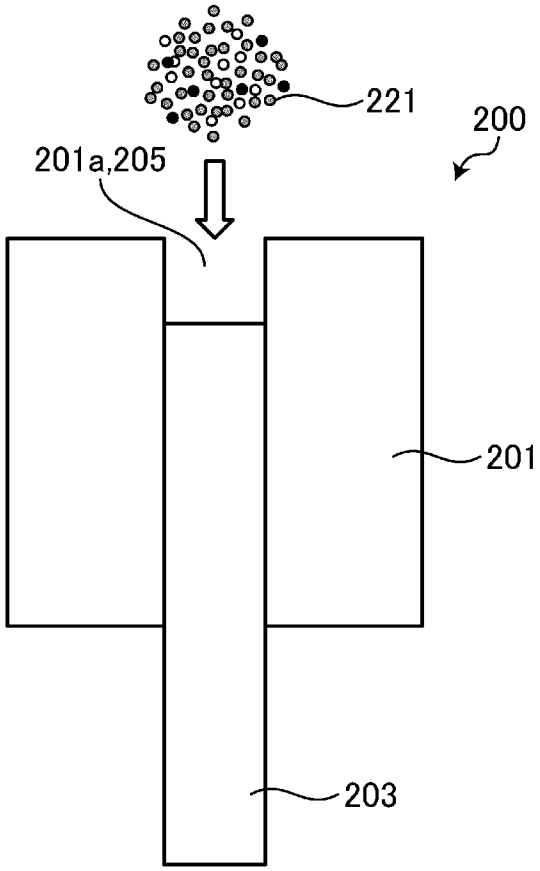
[図24]



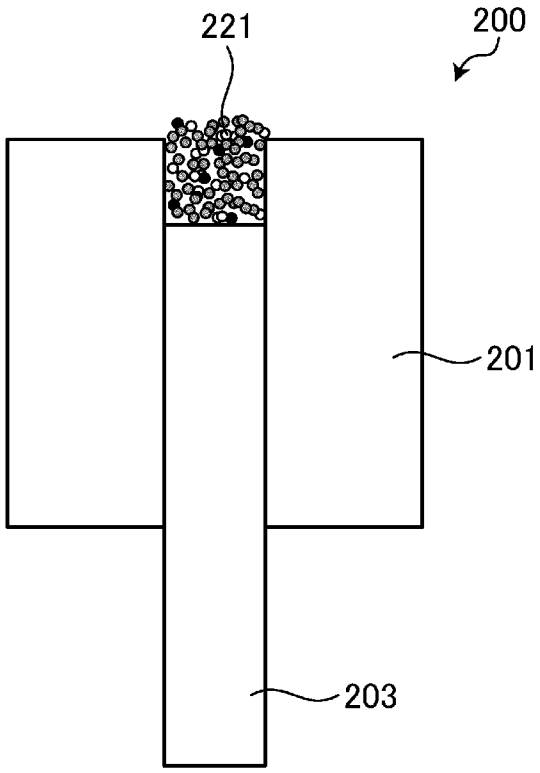
[図25]



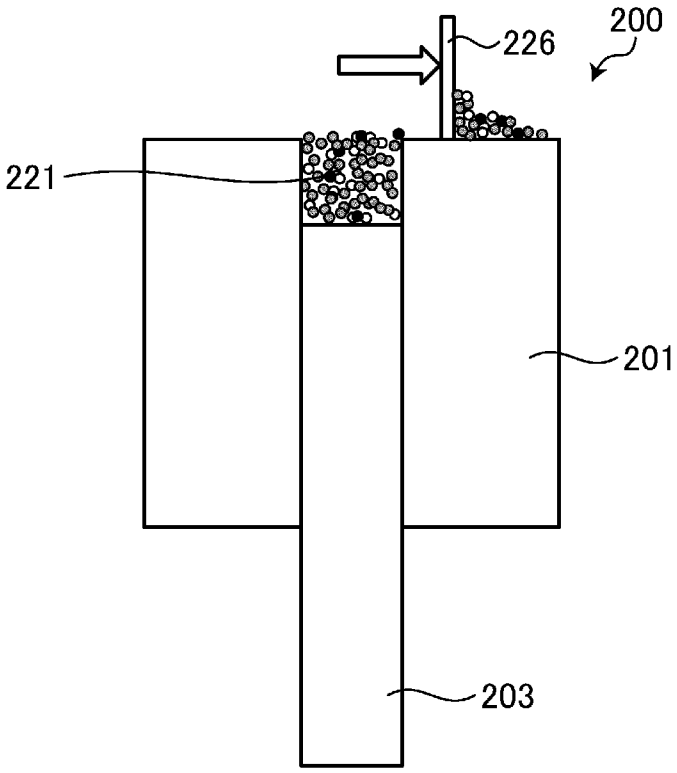
[図26]



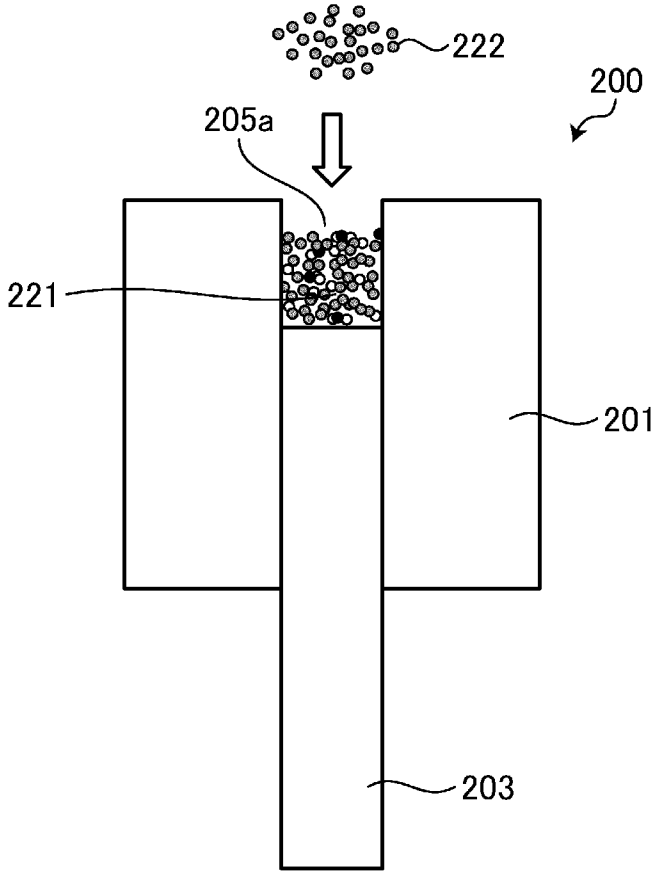
[図27]



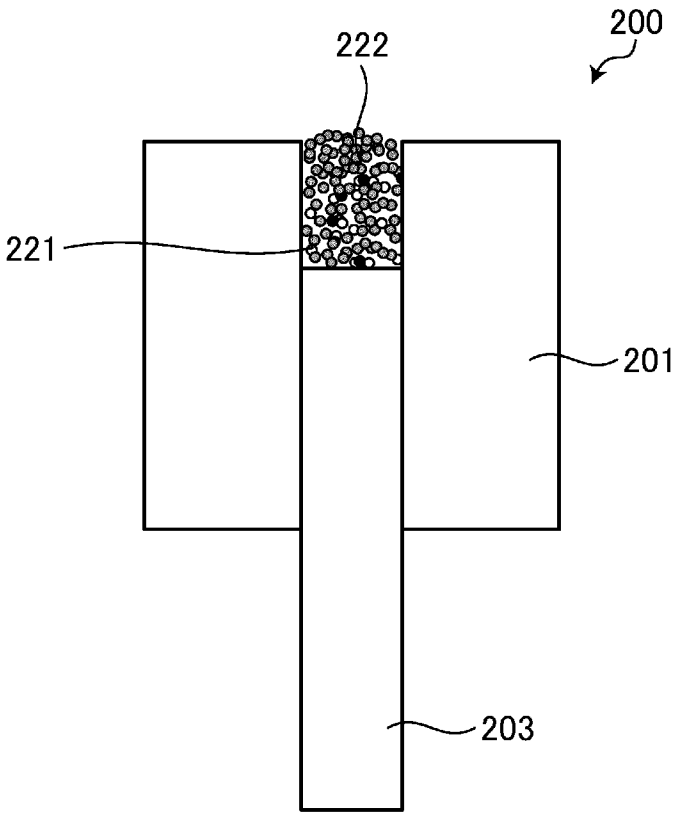
[図28]



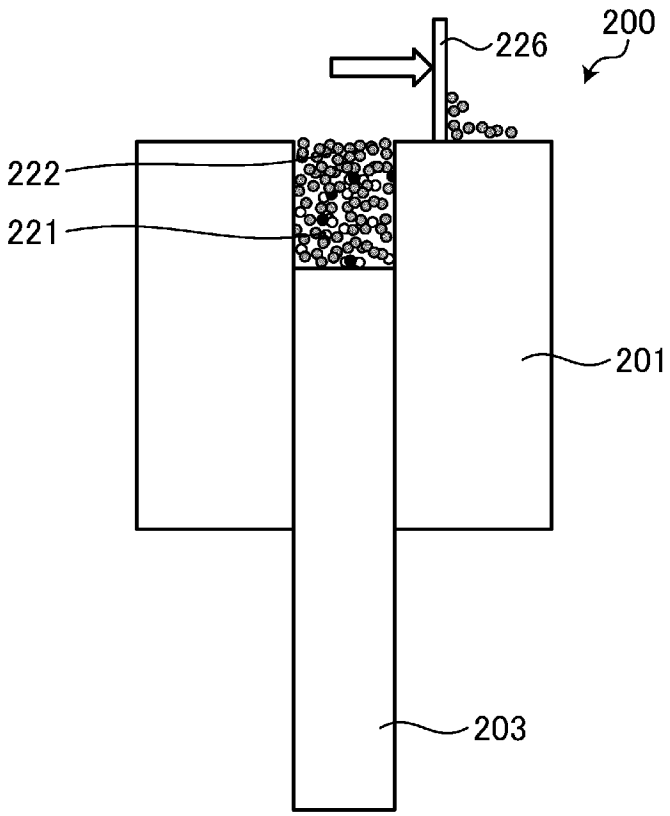
[図29]



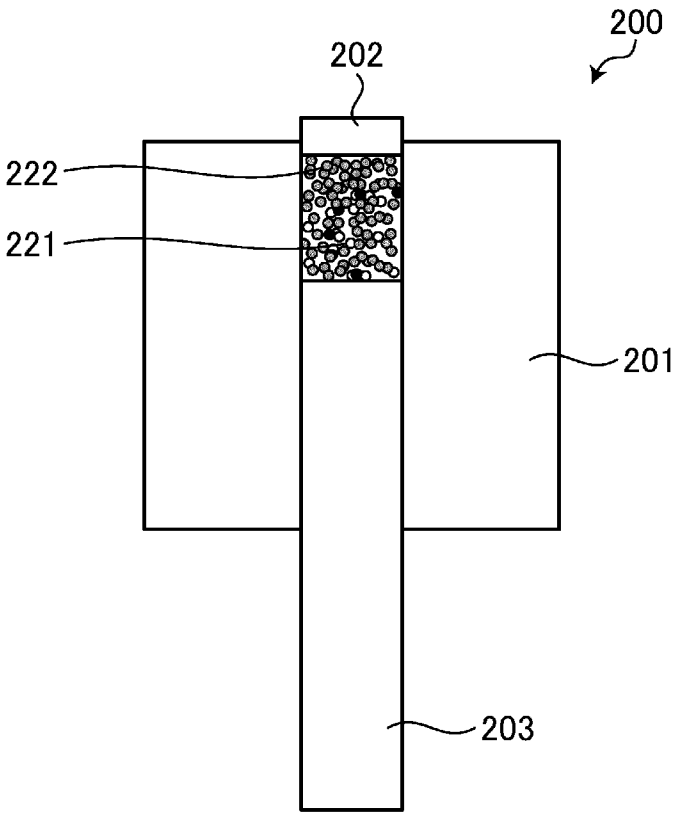
[図30]



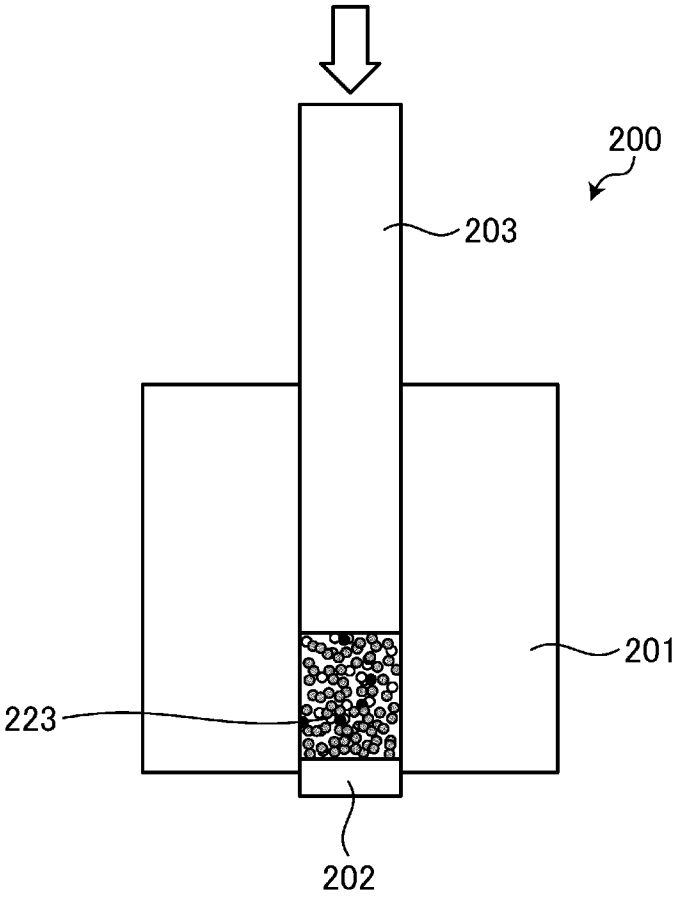
[図31]



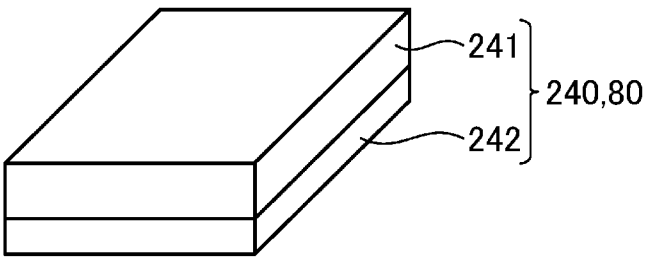
[図32]



[図33]



[図34]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/028807

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 1/05(2023.01)i; ***C22C 1/10***(2023.01)i
FI: C22C1/05 T; C22C1/10 D

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)

C22C1/05; C22C1/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
X	JP 2015-196903 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 09 November 2015 (2015-11-09) claims, paragraphs [0018]-[0019]	1-3, 9
A		4-8
X	CN 108929965 A (NINGBO KEYANG PRECIOUS METAL ALLOY TECHNOLOGY CO., LTD.) 04 December 2018 (2018-12-04) claims, paragraph [0036]	1-2, 9
X	JP 54-100922 A (NIPPON TUNGSTEN) 09 August 1979 (1979-08-09) claims, page 2, lower left column, line 15 - page 3, upper right column, line 6	1-3
X	JP 61-272338 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 02 December 1986 (1986-12-02) claims, page 2, upper right column, line 3 - lower left column, line 20	5-8

☐ 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	Date of mailing of the international search report
26 September 2023	**17 October 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/028807

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2015-196903 A	09 November 2015	CN 104942277 A claims, paragraphs [0051]-[0062]	
CN 108929965 A	04 December 2018	(Family: none)	
JP 54-100922 A	09 August 1979	(Family: none)	
JP 61-272338 A	02 December 1986	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/028807

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））
C22C 1/05(2023.01)i; C22C 1/10(2023.01)i
FI: C22C1/05 T; C22C1/10 D

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））
C22C1/05; C22C1/10

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　１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報　１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報　１９９４－２０２３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	関連する請求項の番号
X	JP 2015-196903 A (三菱電機株式会社) 09.11.2015 (2015-11-09) 特許請求の範囲，段落0018-0019	1-3,9
A		4-8
X	CN 108929965 A (NINGBO KEYANG PRECIOUS METAL ALLOY TECHNOLOGY CO., LTD.) 04.12.2018 (2018-12-04) 特許請求の範囲，段落0036	1-2,9
X	JP 54-100922 A (日本タングステン株式会社) 09.08.1979 (1979-08-09) 特許請求の範囲，第2頁左下欄第15行～第3頁右上欄第6行	1-3
X	JP 61-272338 A (住友電気工業株式会社) 02.12.1986 (1986-12-02) 特許請求の範囲，第2頁右上欄第3行～同頁左下欄第20行	5-8

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
26.09.2023	17.10.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
岡田　隆介 4E 3442

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/028807

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-196903 A	09.11.2015	CN 104942277 A 特許請求の範囲，段落 0051-0062	
CN 108929965 A	04.12.2018	（ファミリーなし）	
JP 54-100922 A	09.08.1979	（ファミリーなし）	
JP 61-272338 A	02.12.1986	（ファミリーなし）	