



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 14 965 T2** 2008.04.17

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 424 713 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H01H 37/76** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 14 965.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 019 382.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **27.08.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.06.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.07.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.04.2008**

(30) Unionspriorität:
2002342066 26.11.2002 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FI, GB

(73) Patentinhaber:
Uchihashi Estec Co., Ltd., Osaka, JP

(72) Erfinder:
Tanaka, Yoshiaki, Osaka-shi, Osaka, JP

(74) Vertreter:
Fleuchaus & Gallo, 81479 München

(54) Bezeichnung: **Thermische Legierungsschmelzsicherung und Material für ein Sicherungselement**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Bereich der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Material für ein thermisches Bi-In-Sn-Sicherungselement und außerdem eine thermische Sicherung vom Legierungstyp.

[0002] Eine thermische Sicherung vom Legierungstyp wird verbreitet als Thermoschutzeinrichtung für ein Elektrogerät oder ein Schaltungselement verwendet, beispielsweise eine Halbleitervorrichtung, einen Kondensator oder einen Widerstand.

[0003] Eine solche thermische Sicherung vom Legierungstyp hat eine Konfiguration, in der eine Legierung mit einem vorbestimmten Schmelzpunkte als Sicherungselement verwendet wird, das Sicherungselement zwischen einem Paar Anschlussleiter verbunden [bonded] wird, ein Flussmittel auf das Sicherungselement aufgebracht wird und das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement mit einem Isolator abgedichtet wird.

[0004] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp hat folgende Funktionsweise.

[0005] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp wird so angeordnet, dass sie ein zu schützendes Elektrogerät oder Schaltungselement thermisch kontaktiert. Wenn das Elektrogerät oder das Schaltungselement durch irgendeine Anomalität dazu gebracht wird, Wärme zu erzeugen, wird die Sicherungselementlegierung der thermischen Sicherung durch die erzeugte Wärme geschmolzen, und die geschmolzene Legierung wird aufgrund der Benetzbarkeit hinsichtlich der Anschlussleiter oder Elektroden bei gleichzeitigem Vorhandensein des aktivierten Flussmittels geteilt und sphäroidisiert. Schließlich wird die Stromzufuhr infolge des Fortschreitens der Sphäroidteilung unterbrochen. Die Temperatur des Gerätes wird durch die Unterbrechung der Stromzufuhr gesenkt, und die getrennten, geschmolzenen Legierungen werden verfestigt, womit der nicht rückstellende Unterbrechungsvorgang abgeschlossen ist.

[0006] Normalerweise wird eine Technik eingesetzt, in der als ein solches Sicherungselement eine Legierungszusammensetzung mit einer engen fest-flüssigen Region zwischen der Solidus- und der Liquidustemperatur, und idealerweise eine eutektische Zusammensetzung, verwendet wird, so dass das Sicherungselement ungefähr bei der Liquidustemperatur durchschmilzt (in einer eutektischen Zusammensetzung ist die Solidustemperatur gleich der Liquidustemperatur). In einem Sicherungselement, das eine Legierungszusammensetzung aufweist, in der es eine fest-flüssige Region gibt, besteht nämlich die Möglichkeit, dass das Sicherungselement bei einer unsicheren Temperatur in der fest-flüssigen Region durchschmilzt. Wenn eine Legierungszusammensetzung eine breite fest-flüssige Region aufweist, wird die unsichere Temperaturbreite groß, in der ein Sicherungselement in der fest-flüssigen Region durchschmilzt, und die Auslösetemperatur ist weit gestreut. Um die Streuung zu verringern, wird daher normalerweise die Technik eingesetzt, bei der als ein solches Sicherungselement eine Legierungszusammensetzung, welche eine enge fest-flüssige Region aufweist, und idealerweise eine eutektische Zusammensetzung verwendet wird.

[0007] Aufgrund des gestiegenen Umweltschutzbewusstseins wächst in letzter Zeit als Anforderung an eine thermische Sicherung vom Legierungstyp die Tendenz, die Verwendung von gesundheitsschädlichen Materialien zu verbieten. Auch bei einem Element für eine solche thermische Sicherung wird erwartet, dass es kein schädliches Material enthält.

BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

[0008] Als Legierungszusammensetzung für ein solches thermisches Sicherungselement ist ein Bi-In-Sn-System bekannt. Herkömmlicherweise sind Legierungszusammensetzungen bekannt wie z.B. eine solche aus 47 bis 49% Sn, 51 bis 53% In und Bi zum Ausgleich (offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 56-114237), eine solche aus 42 bis 44% Sn, 51 bis 53% In und 4 bis 6% Bi (offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 59-8229), eine solche aus 44 bis 48% Sn, 48 bis 52% In und 2 bis 6% Bi (offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 3-236130), eine solche aus 0,3 bis 1,5% Sn, 51 bis 54% In und Bi zum Ausgleich (offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 6-325670), eine solche aus 33 bis 43% Sn, 0,5 bis 10% In, Bi zum Ausgleich (offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2001-266723), eine solche aus 40 bis 46% Sn, 7 bis 12% Bi, In zum Ausgleich (offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2001-266724), eine solche aus 2,5 bis 10% Sn, 25 bis 35% Bi, In zum Ausgleich (offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2001-291459) und

eine solche aus 1 bis 15% Sn, 20 bis 33% Bi und In zum Ausgleich (offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2001-325867).

[0009] Wenn das Liquidusphasendiagramm einer ternären Bi-In-Sn-Legierung ermittelt wird, ergeben sich ein binärer eutektischer Punkt von 52In-48Sn und ein ternärer eutektischer Punkt von 21Sn-48In-31Bi, und die binäre eutektische Kurve, die sich von dem binären eutektischen Punkt zu dem ternären eutektischen Punkt erstreckt, verläuft ungefähr durch einen Rahmen von 24 bis 47 Sn, 50 bis 47 In und 0 bis 28 Bi.

[0010] Bekanntlich wird, wenn eine Wärmeenergie mit konstanter Rate auf eine Legierung angewandt wird, die Wärmeenergie nur dabei verbraucht, die Temperatur der Legierung so weit zu erhöhen, wie der Solidus- oder Liquiduszustand aufrecht erhalten wird. Beginnt die Legierung jedoch zu schmelzen, so wird die Temperatur erhöht, während ein Teil der Energie in dem Phasenwechsel verbraucht wird. Wenn die Verflüssigung dann beendet ist, wird die Energie nur im Temperaturanstieg verbraucht, während der Phasenzustand unverändert bleibt. Der Temperaturanstiegs-/Wärmeenergiezustand kann durch eine dynamische Differenzkalorimetrieanalyse ermittelt werden [in der ein Referenz-Probestück (unverändert) und ein Mess-Probestück in einem mit N₂-Gas gefüllten Behälter untergebracht sind, einer Heizvorrichtung des Behälters ein elektrischer Strom zugeführt wird, um die Probestücke mit konstanter Geschwindigkeit zu erwärmen, und eine Variation der zugeführten Menge an Wärmeenergie aufgrund eines Phasenwechsels des Mess-Probestücks durch ein Differentialthermoelement erkannt wird, und die als DSC bezeichnet wird].

[0011] Die Ergebnisse der DSC-Messung variieren je nach Legierungszusammensetzung. Der Erfinder hat DSCs von Bi-In-Sn-Legierungen verschiedener Zusammensetzungen gemessen und gründlich untersucht. Als Ergebnis zeigen die DSCs je nach Zusammensetzung Schmelzcharakteristiken der Muster, die in (A) bis (D) aus [Fig. 11](#) dargestellt sind, und es wurde unerwartet das folgende Phänomen festgestellt. Das Muster von (A) aus [Fig. 11](#) befindet sich in einer spezifischen Region, die von der binären eutektischen Kurve getrennt ist. Wird eine Bi-In-Sn-Legierung mit diesem Schmelzmuster als Sicherungselement verwendet, so können die Sicherungselemente in der Nähe der maximalen endothermischen Spitze konzentrisch durchgeschmolzen werden.

[0012] Es wird nun das Muster von (A) aus [Fig. 11](#) beschrieben. Bei der Solidustemperatur beginnt eine Legierung sich zu verflüssigen (zu schmelzen). Entsprechend dem Fortschreiten der Verflüssigung wird die Menge der absorbierten Wärmeenergie erhöht und erreicht das Maximum bei einer Spitze p. Nach dem Überschreiten dieses Punktes wird die Menge der absorbierten Wärmeenergie allmählich reduziert und erreicht null bei der Liquidustemperatur b, womit die Verflüssigung beendet wird. Danach wird die Temperatur im Zustand der Liquidusphase erhöht.

[0013] Der Grund, weshalb ein Teilungsvorgang des Sicherungselementes in der Nähe der maximalen endothermischen Spitze p auftritt, wird folgendermaßen eingeschätzt. Eine Bi-In-Sn-Zusammensetzung mit einer solchen Schmelzcharakteristik enthält große Mengen In und Sn und weist daher ausgezeichnete Benetzbarkeit in der fest-flüssigen Region in der Nähe der maximalen endothermischen Spitze p auf, in der die Liquidusphase noch nicht vollkommen erreicht ist. Daher kommt es zu sphäroidischer Teilung, bevor ein Zustand erreicht wird, der die fest-flüssige Region überschreitet.

[0014] In dem Schmelzmuster in (C) aus [Fig. 11](#) wird die Wärmeenergie langsam absorbiert, und die Benetzbarkeit wird nicht abrupt verändert. Daher wird der Punkt eines Teilungsvorgangs des Sicherungselementes nicht in einem engen Bereich bestimmt. In dem Schmelzmuster in (D) aus [Fig. 11](#) gibt es mehrere endothermische Spitzen. Bei jeder der endothermischen Spitzen kann ein Teilungsvorgang des Sicherungselementes der Wahrscheinlichkeit nach auftreten. Sowohl in (C) als auch in (D) aus [Fig. 11](#) kann der Punkt eines Teilungsvorgangs des Sicherungselementes nicht in einem engen Bereich konzentriert werden.

[0015] Von einer thermischen Sicherung wird verlangt, dass sie Überlastcharakteristik und dielektrisches Durchschlagverhalten aufweist.

[0016] Die Überlastcharakteristik bedeutet externe Stabilität, wobei selbst dann, wenn eine thermische Sicherung bei erhöhter Umgebungstemperatur in dem Zustand auslöst, in dem ein Strom und eine Spannung eines spezifizierten Grades an die thermische Sicherung angelegt werden, die Sicherung nicht beschädigt wird oder keinen Lichtbogen, keine Flamme oder dergleichen erzeugt, wodurch das Auftreten einer gefährlichen Situation vermieden wird. Das dielektrische Durchschlagverhalten bedeutet eine Isolationsicherheit, bei der selbst bei einer spezifizierten hohen Spannung eine thermische Sicherung, die ausgelöst hat, kein dielektrisches Durchschlagen verursacht und die Isolierung aufrechterhalten werden kann.

[0017] Ein Verfahren zur Beurteilung des Überlastverhaltens und des dielektrischen Durchschlagverhaltens ist in der IEC-(International Electrotechnical Commission)-Norm 60691, bei der es sich um eine typische Norm handelt, wie folgt spezifiziert. Wenn, während eine Nennspannung $\times 1,1$ und ein Nennstrom $\times 1,5$ an einer thermischen Sicherung anliegen, die Temperatur mit einer Geschwindigkeit von 2 ± 1 K/min erhöht wird, um ein Auslösen der Sicherung zu bewirken, erzeugt die Sicherung keinen Lichtbogen, keine Flamme oder dergleichen, so dass das Auftreten einer gefährlichen Situation vermieden wird. Nachdem die thermische Sicherung auslöst, kommt es auch dann nicht zu einer Entladung oder zu dielektrischem Durchschlagen, wenn eine Spannung in Höhe der Nennspannung $\times 2 + 1.000$ V eine Minute lang zwischen einer um Sicherungskörper und Anschlussleiter gewickelten Metallfolie angelegt wird, und selbst wenn 1 Minute lang eine Spannung in Höhe der Nennspannung $\times 2$ zwischen den Anschlussleitern angelegt wird.

[0018] Der Erfinder hat festgestellt, dass in einer Bi-In-Sn-Legierungszusammensetzung mit einem Schmelzmuster wie dem von (A) aus [Fig. 11](#) ausgezeichnete Überlastcharakteristik und ausgezeichnetes dielektrisches Durchschlagverhalten erzielt werden.

[0019] In dem Schmelzmuster von (B) aus [Fig. 11](#), das ein Muster einer Zusammensetzung in der Nähe der binären eutektischen Kurve ist, liegen die Solidustemperatur a und die Liquidustemperatur b nahe beieinander, und die Voraussetzung für ein Sicherungselement entsprechend der oben genannten gewöhnlichen Technik wird erfüllt. Es ist jedoch festgestellt worden, dass ein Problem hinsichtlich der Überlastcharakteristik und des dielektrischen Durchschlagverhaltens besteht.

[0020] Der Grund hierfür wird folgendermaßen eingeschätzt. Da das Sicherungselement eine enge fest-flüssige Region aufweist, wechselt die Legierung bei der Zuführung von Energie und dem Temperaturanstieg unmittelbar von der festen Phase in die flüssige Phase, wodurch es während eines Auslösens der Sicherung leicht zur Bildung eines Lichtbogens kommt. Wenn ein Lichtbogen erzeugt wird, kommt es zu einem lokalen und plötzlichen Temperaturanstieg. Infolgedessen wird das Flussmittel verdampft, so dass der innere Druck ansteigt, oder das Flussmittel verkohlt, so dass es leicht zu physikalischer Zerstörung kommt. Darüber hinaus wird die geschmolzene Legierung oder das verkohlte Flussmittel infolge der Energiezufuhr intensiv verstreut. Diese Verstreuerung ist intensiver, da die Oberflächenspannung höher ist. Daher kommt es leicht zu physikalischer Zerstörung durch Lichtbogenbildung aufgrund von erneutem Leiten zwischen verkohlten Flussmittelteilen. Außerdem wird der Isolationsabstand durch die verstreute Legierung oder das verkohlte Flussmittel verkürzt, so dass es leicht zu dielektrischem Durchschlagen durch erneutes Leiten kommt, wenn nach einem Auslösen eine Spannung angelegt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0021] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, auf der Basis der Ergebnisse eine thermische Sicherung vom Legierungstyp bereitzustellen, bei der ein Sicherungselement aus einer Bi-In-Sn-Legierung verwendet wird und die eine ausgezeichnete Überlastcharakteristik und ein ausgezeichnetes dielektrisches Durchschlagverhalten aufweist.

[0022] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, den spezifischen Widerstand eines Sicherungselementes zu senken und das Sicherungselement dünner zu gestalten, wodurch ermöglicht wird, dass eine thermische Sicherung vom Legierungstyp dünner gestaltet und miniaturisiert wird.

[0023] Das thermische Sicherungselement gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung besteht aus einer Legierungszusammensetzung gemäß dem unabhängigen Anspruch 1.

[0024] Bei dem thermischen Sicherungselement gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung werden 0,1 bis 3,5 Gewichtsanteile von einem, zwei oder mehr Bestandteilen, die aus der Gruppe ausgewählt sind, die aus Ag, Au, Cu, Ni, Pd, Pt, Sb, Ga und Ge besteht, zu 100 Gewichtsanteilen der Legierungszusammensetzung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung hinzugesetzt.

[0025] Die Materialien für ein thermisches Sicherungselement gemäß dem ersten und dem zweiten Aspekt der Erfindung dürfen unvermeidliche Verunreinigungen enthalten, die bei der Herstellung von Metallen aus Rohmaterialien und auch beim Schmelzen und Rühren der Rohmaterialien entstehen und die in einer Menge vorliegen, welche die Eigenschaften nicht wesentlich beeinflusst. In den thermischen Sicherungen vom Legierungstyp wird unvermeidlich bewirkt, dass eine winzige Menge eines Metallmaterials oder eines Metallschichtmaterials der Anschlussleiter oder der Schichtelektroden durch Festkörperdiffusion in das Sicherungselement einwandert, und wenn die Eigenschaften nicht wesentlich beeinflusst werden, dürfen diese als unvermeidliche

Verunreinigungen existieren.

[0026] In der thermischen Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein thermisches Sicherungselement gemäß dem ersten oder zweiten Aspekt der Erfindung verwendet.

[0027] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass in der thermischen Sicherung vom Legierungstyp gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung die Legierungszusammensetzung des Sicherungselementes unvermeidliche Verunreinigungen enthält.

[0028] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung ist eine thermische Sicherung vom Legierungstyp, in welcher in der thermischen Sicherung vom Legierungstyp gemäß dem dritten oder vierten Aspekt der Erfindung das Sicherungselement zwischen Anschlussleitern verbunden ist und wenigstens ein Abschnitt jedes der Anschlussleiter, der mit dem Sicherungselement verbunden ist, mit einer Sn- oder Ag-Schicht bedeckt ist.

[0029] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem sechsten Aspekt der Erfindung ist eine thermische Sicherung vom Legierungstyp, bei der in der thermischen Sicherung gemäß einem der dritten bis fünften Aspekte der Erfindung Anschlussleiter jeweils mit Enden des Sicherungselementes verbunden sind, ein Flussmittel auf das Sicherungselement aufgebracht wird, das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement durch ein zylindrisches Gehäuse geführt wird, Zwischenräume zwischen Enden des zylindrischen Gehäuses und den Anschlussleitern abdichtend verschlossen werden, Enden der Anschlussleiter eine scheibenartige Form haben und Enden des Sicherungselementes mit den Vorderseiten der Scheiben verbunden werden.

[0030] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem siebten Aspekt der Erfindung ist eine thermische Sicherung vom Legierungstyp, bei der in der thermischen Sicherung vom Legierungstyp gemäß dem dritten oder vierten Aspekt der Erfindung ein Paar Schichtelektroden durch Drucken von Leitpaste, die Metallpartikel und ein Bindemittel enthält, auf einem Substrat gebildet werden, das Sicherungselement zwischen den Schichtelektroden verbunden wird und die Metallpartikel aus einem Material bestehen, das aus der Gruppe ausgewählt ist, welche aus Ag, Ag-Pd, Ag-Pt, Au, Ni und Cu besteht.

[0031] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem achten Aspekt der Erfindung ist eine thermische Sicherung vom Legierungstyp, bei welcher in der thermischen Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem der dritten bis siebten Aspekte der Erfindung zusätzlich ein Heizelement zum Durchschmelzen des Sicherungselementes angeordnet ist.

[0032] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem neunten Aspekt der Erfindung ist eine thermische Sicherung vom Legierungstyp, bei der in der thermischen Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem der dritten bis fünften Aspekte der Erfindung ein Paar Anschlussleiter von einer Fläche einer isolierenden Platte zu einer anderen Fläche freiliegen, das Sicherungselement mit den freiliegenden Abschnitten der Anschlussleiter verbunden ist und die andere Fläche der isolierenden Platte mit einem isolierenden Material bedeckt ist.

[0033] Die thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem zehnten Aspekt der Erfindung ist eine thermische Sicherung vom Legierungstyp, bei der in der thermischen Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem der dritten bis fünften Aspekte der Erfindung das zwischen einem Paar Anschlussleiter verbundene Sicherungselement sandwichartig zwischen isolierenden Schichten angeordnet ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0034] [Fig. 1](#) ist eine Ansicht, die ein Beispiel der erfindungsgemäßen thermischen Sicherung vom Legierungstyp darstellt;

[0035] [Fig. 2](#) ist eine Ansicht, die ein anderes Beispiel der erfindungsgemäßen thermischen Sicherung vom Legierungstyp darstellt;

[0036] [Fig. 3](#) ist eine Ansicht, die ein weiteres Beispiel der erfindungsgemäßen thermischen Sicherung vom Legierungstyp darstellt;

[0037] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht, die wiederum ein weiteres Beispiel der erfindungsgemäßen thermischen Sicherung vom Legierungstyp darstellt;

rung vom Legierungstyp darstellt;

[0038] [Fig. 5](#) ist eine Ansicht, die wiederum ein weiteres Beispiel der erfindungsgemäßen thermischen Sicherung vom Legierungstyp darstellt;

[0039] [Fig. 6](#) ist eine Ansicht, die wiederum ein weiteres Beispiel der erfindungsgemäßen thermischen Sicherung vom Legierungstyp darstellt;

[0040] [Fig. 7](#) ist eine Ansicht, die wiederum ein weiteres Beispiel der erfindungsgemäßen thermischen Sicherung vom Legierungstyp darstellt;

[0041] [Fig. 8](#) ist eine Ansicht, die eine thermische Sicherung vom Legierungstyp vom Zylindergehäusetyp und ihren Auslösezustand darstellt;

[0042] [Fig. 9](#) ist eine Ansicht, die wiederum ein weiteres Beispiel der erfindungsgemäßen thermischen Sicherung vom Legierungstyp darstellt;

[0043] [Fig. 10](#) ist eine Ansicht, die eine DSC-Kurve eines Sicherungselements aus Beispiel 1 darstellt; und

[0044] [Fig. 11](#) ist eine Ansicht, die verschiedene Schmelzmuster einer ternären Sn-In-Bi-Legierung darstellt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0045] Erfindungsgemäß wird ein Sicherungselement aus einem Runddraht oder einem Flachdraht verwendet. Der Außendurchmesser bzw. die Dicke wird auf 100 bis 800 μm , bevorzugt 300 bis 600 μm eingestellt.

[0046] Der Grund dafür, dass gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung das Sicherungselement eine Legierungszusammensetzung von $46\% < \text{Gewicht von Sn} \leq 70\%$, $1\% \leq \text{Gewicht von Bi} \leq 12\%$ und $18\% \leq \text{Gewicht von In} < 48\%$ aufweist, ist folgender. Die Überlappung mit den oben genannten bekannten Legierungszusammensetzungen kann eliminiert werden. Es kann die Legierungsschmelzcharakteristik des in (A) aus [Fig. 11](#) gezeigten Musters erzielt werden, in der, obwohl getrennt von der binären eutektischen Kurve von dem binären eutektischen Punkt von 52In-48Sn zu dem ternären eutektischen Punkt von 21Sn-48In-31Bi in dem Liquidusphasendiagramm einer ternären Bi-In-Sn-Legierung, ein Teilungsvorgang des Sicherungselementes definitiv in der Nähe der maximalen endothermischen Spitze erfolgen kann.

[0047] Um die Überlappung mit den bekannten Bi-In-Sn-Zusammensetzungen des herkömmlichen thermischen Sicherungselements zu eliminieren, wird der Bereich ausgeschlossen, in dem Sn 46% oder weniger beträgt und In mehr als 50% beträgt. Der Bereich, in dem Bi mehr als 12% und weniger als 1% beträgt, Sn mehr als 70% beträgt und In weniger als 18% beträgt, wird aus folgenden Gründen ausgeschlossen. Der Bereich überschneidet sich mit dem in einer anderen Patentanmeldung des Inhabers der vorliegenden Erfindung angegebenen Bereich. Zwar ist die fest-flüssige Region möglicherweise breit, jedoch ergibt eine DSC-Messung das Muster von (C) oder (D) aus [Fig. 11](#) zur Förderung der Streuung der Auslösetemperatur. Der spezifische Widerstand ist übermäßig erhöht. Es ist schwierig, eine Haltetemperatur (Auslösetemperatur $- 20^\circ\text{C}$), die später beschrieben wird, so einzustellen, dass sie gleich der oder niedriger als die Solidustemperatur ist.

[0048] Der bevorzugte Bereich ist $50\% \leq \text{Gewicht von Sn} \leq 60\%$, $5\% \leq \text{Gewicht von Bi} \leq 10\%$ und $35\% \leq \text{Gewicht von In} \leq 45\%$. Die Referenzzusammensetzung ist 55% Sn, 8% Bi und 37% In. Die Zusammensetzung hat eine Liquidustemperatur von ca. 157°C und eine Solidustemperatur von ca. 84°C . [Fig. 10](#) zeigt ein Ergebnis einer DSC-Messung bei einer Temperaturanstiegsrate von $5^\circ\text{C}/\text{min}$. Es besteht eine einzelne maximale endothermische Spitze bei einer Temperatur von ca. 97°C .

[0049] Die erfindungsgemäßen Sicherungselemente haben folgende Leistungseigenschaften.

(1) In dem endothermischen Verhalten in dem Schmelzvorgang existiert eine einzelne maximale endothermische Spitze, und die Differenz der Wärmeabsorptionsmenge an der Spitze ist wesentlich größer als die Differenz der Wärmeabsorptionsmenge in einem anderen Abschnitt des endothermischen Prozesses. Die Gesamtmenge an In und Sn, die eine geringere Oberflächenspannung aufweisen, ist größer als die Menge an Bi, die eine größere Oberflächenspannung aufweist. Daher wird die Benetzbarkeit der fest-flüssigen Region bei der maximalen endothermischen Spitze noch vor Beendigung der Verflüssigung ausreichend erhöht, so dass eine Sphäroidteilung des thermischen Sicherungselementes in der Nähe der maximalen endothermischen Spitze erfolgen kann.

- (2) Daher kann die Streuung der Auslösetemperatur unter den thermischen Sicherungen so eingestellt werden, dass sie innerhalb eines zulässigen Bereiches von $\pm 5^\circ\text{C}$ liegt.
- (3) Wenn es in einem Sicherungselement zu Selbsterhitzung aufgrund eines fließenden Stroms kommt, löst eine thermische Sicherung bei einer niedrigeren Umgebungstemperatur aus als in einem Fall ohne Last. Bei einer thermischen Sicherung ist es deshalb erforderlich, eine maximale Haltetemperatur einzustellen, bei welcher die Sicherung auch dann nicht auslöst, wenn ein Nennstrom 168 Stunden lang kontinuierlich fließt. Die maximale Haltetemperatur wird als Haltetemperatur bezeichnet und in der Regel auf (Auslösetemperatur $- 20^\circ\text{C}$) eingestellt. In diesem Fall ist es erforderlich, dass die Solidustemperatur gleich der oder höher als die Haltetemperatur ist. Die Sicherungselemente erfüllen diese Anforderung.
- (4) Da In und Sn in relativ hoher Menge enthalten sind, sind die Sicherungselemente mit ausreichender Duktilität versehen, wie für das Ziehen zu einem dünnen Draht erforderlich, so dass das Ziehen zu einem dünnen Draht von 200 bis 300 $\mu\text{m}\varnothing$ ermöglicht wird.
- (5) Ausgezeichnete Überlastcharakteristik und ausgezeichnetes dielektrisches Durchschlagverhalten können sichergestellt werden. Wie oben beschrieben, ist bei einem Sicherungselement von dem in (B) aus [Fig. 11](#) gezeigten Muster die fest-flüssige Region eng, und daher wechselt die Legierung während der Energiezufuhr und des Temperaturanstiegs unmittelbar von der festen Phase in die flüssige Phase, so dass während des Auslösens leicht ein Lichtbogen erzeugt wird. Beim Erzeugen eines Lichtbogens kommt es zu einem lokalen und plötzlichen Temperaturanstieg. Als Resultat wird das Flussmittel verdampft, so dass der innere Druck erhöht wird, oder das Flussmittel wird verkohlt. Darüber hinaus wird die geschmolzene Legierung oder das verkohlte Flussmittel infolge eines plötzlichen Energiezufuhrvorgangs intensiv verstreut. Daher kommt es leicht zu physikalischer Zerstörung, wie zum Beispiel einer Entstehung von Rissen, aufgrund eines lokalen und plötzlichen Anstiegs des inneren Drucks, oder zu erneutem Leiten zwischen verkohlten Flussmittelteilen. Außerdem wird durch die verstreute Legierung oder das verkohlte Flussmittel der Isolierabstand verkürzt. Daher wird leicht ein dielektrisches Durchschlagen durch erneutes Leiten ausgelöst, wenn nach einem Auslösen eine Spannung angelegt wird. Bei einem Sicherungselement mit der Legierungszusammensetzung der Erfindung dagegen ist die Legierungszusammensetzung deutlich von der binären eutektischen Kurve getrennt und weist eine relativ breite fest-flüssige Region auf. Der Gesamtgehalt an In und Sn, die eine geringere Oberflächenspannung aufweisen, ist größer als der Gehalt an Bi, das eine größere Oberflächenspannung aufweist. Daher wird das Sicherungselement auch während Energiezufuhr und Temperaturanstieg in einem breiten fest-flüssigen Zustand geteilt, und daher kann die Erzeugung eines Lichtbogens unmittelbar nach einem Auslösen zufriedenstellend unterdrückt werden. Aufgrund eines Synergieeffektes der ausreichenden Unterdrückung der Lichtbogenerzeugung unmittelbar nach einem Auslösen und der verringerten Oberflächenspannung aufgrund des geringen Bi-Gehaltes kommt es auch in einer Überlastprüfung entsprechend der Nennlast nicht zu der oben erwähnten physikalischen Zerstörung, so dass der Isolierwiderstand nach einem Auslösen in ausreichender Höhe aufrechterhalten werden und ein ausgezeichnetes dielektrisches Durchschlagverhalten sichergestellt werden kann.

[0050] In der Erfindung werden 0,1 bis 3,5 Gewichtsanteile von einem, zwei oder mehr Elementen, die aus der Gruppe ausgewählt sind, welche aus Ag, Au, Cu, Ni, Pd, Pt, Sb, Ga und Ge besteht, zu 100 Gewichtsanteilen der Legierungszusammensetzung hinzugefügt, um den spezifischen Widerstand der Legierung zu verringern und die mechanische Festigkeit zu verbessern. Wenn die zugesetzte Menge kleiner ist als 0,1 Gewichtsanteile, können die Wirkungen nicht ausreichend erzielt werden, und wenn die zugesetzte Menge größer ist als 3,5 Gewichtsanteile, wird die oben genannte Schmelzcharakteristik kaum aufrechterhalten.

[0051] Im Hinblick auf ein Ziehverfahren werden weiterhin erhöhte Festigkeit und Duktilität bereitgestellt, so dass das Ziehen zu einem dünnen Draht von 100 bis 300 $\mu\text{m}\varnothing$ leicht durchführbar ist. Enthält ein Sicherungselement eine relativ große Menge an In, so ist die Kohäsionskraft beträchtlich. Auch wenn das Sicherungselement unzureichend an Anschlussleiter oder dergleichen geschweißt oder verbondet ist, wird daher oberflächlich ein Erscheinungsbild erzeugt, in dem das Element verbunden ist. Die Zusetzung des Elements bzw. der Elemente verringert die Kohäsionskraft, so dass dieser Defekt eliminiert werden kann und die Genauigkeit des Abnahmekriteriums in einer Prüfung nach dem Schweißen verbessert werden kann.

[0052] Es ist bekannt, dass ein zu verbindendes Material wie z.B. ein Metallmaterial der Anschlussleiter, ein Dünnschichtmaterial oder ein partikuläres Metallmaterial in der Schichtelektrode durch Festkörperdiffusion in das Sicherungselement einwandert. Wird dem Sicherungselement zuvor dasselbe Element wie das zu verbindende Material, wie z.B. Ag, Au, Cu oder Ni, zugesetzt, so kann das Einwandern unterdrückt werden. Daher wird ein Einfluss des zu verbindenden Materials eliminiert, der sonst die Eigenschaften beeinflussen kann (z.B. verursacht Ag, Au oder dergleichen aufgrund des gesenkten Schmelzpunktes eine lokale Verringerung oder Streuung der Auslösetemperatur, und Cu, Ni oder dergleichen verursacht eine Streuung der Auslösetemperatur oder eine Fehlfunktion aufgrund einer vergrößerten intermetallischen Verbindungsschicht, die im Grenzbe-

reich zwischen verschiedenen Phasen gebildet wird), und es kann sichergestellt werden, dass die thermische Sicherung normal, ohne Beeinträchtigung der Funktion des Sicherungselementes, auslöst.

[0053] Das Sicherungselement der thermischen Sicherung vom Legierungstyp gemäß der Erfindung kann gewöhnlich in einem Verfahren hergestellt werden, bei dem ein Strang hergestellt wird, der Strang mit einem Extruder zu einem Walzdraht geformt wird und der Walzdraht mit einem Ziehwerkzeug (dice) zu einem Draht gezogen wird. Der Außendurchmesser beträgt 100 bis 800 μm , vorzugsweise 300 bis 600 μm . Der Draht kann zuletzt durch Kalandrierwalzen geführt werden, um als Flachdraht Verwendung zu finden.

[0054] Alternativ kann das Sicherungselement im Rotationstrommelspinnverfahren hergestellt werden, bei dem ein Zylinder mit Kühlflüssigkeit rotiert wird, die Kühlflüssigkeit durch Rotations-Zentrifugalkraft schichtartig gehalten wird und ein Strahl aus geschmolzenem Material aus einer Düse in die Kühlflüssigkeitsschicht eingeleitet wird, so dass er sich abkühlt und verfestigt, wodurch ein dünnes Drahtelement erzeugt wird.

[0055] Bei der Herstellung darf die Legierungszusammensetzung unvermeidliche Verunreinigungen enthalten, die bei der Herstellung von Metallen aus Rohmaterialien und auch beim Schmelzen und Rühren der Rohmaterialien entstehen.

[0056] Die Erfindung kann in der Form einer thermischen Sicherung implementiert werden, die als unabhängige Thermoschutzeinrichtung dient. Alternativ kann die Erfindung in der Form implementiert werden, in der ein thermisches Sicherungselement seriell an eine Halbleitervorrichtung, einen Kondensator oder einen Widerstand angeschlossen wird, ein Flussmittel auf das Element aufgebracht wird, das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement in der Nähe der Halbleitervorrichtung, des Kondensators oder des Widerstandes angeordnet wird und das Sicherungselement mit einer Kunstharzform, einem Gehäuse oder dergleichen zusammen mit der Halbleitervorrichtung, dem Kondensator oder dem Widerstand dicht verschlossen wird.

[0057] [Fig. 1](#) zeigt eine thermische Sicherung vom zylindrischen Gehäusertyp gemäß der Erfindung. Ein Sicherungselement **2**, das aus einem Material für ein thermisches Sicherungselement gemäß Anspruch 1 oder 2 hergestellt ist, ist zwischen einem Paar Anschlussleiter **1**, z.B. durch Schweißen, verbunden. Ein Flussmittel **3** wird auf das Sicherungselement **2** aufgebracht. Das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement wird durch ein isolierendes Rohr **4** mit ausgezeichneter Wärmefestigkeit und thermischer Leitfähigkeit geführt, z.B. ein Keramikrohr. Zwischenräume zwischen den Enden des isolierenden Rohrs **4** und den Anschlussleitern **1** werden mit einem Dichtungsmittel **5** wie z.B. einem kalthärtenden Epoxidharz abdichtend verschlossen.

[0058] [Fig. 2](#) zeigt eine Sicherung vom Radialgehäusertyp. Ein Sicherungselement **2**, hergestellt aus einem Material für ein thermisches Sicherungselement gemäß Anspruch 1 oder 2, wird z.B. durch Schweißen zwischen den Enden von parallelen Anschlussleitern **1** verbunden. Ein Flussmittel **3** wird auf das Sicherungselement **2** aufgebracht. Das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement wird mit einem isolierenden Gehäuse **4** umschlossen, dessen eines Ende geöffnet ist, z.B. einem Keramikgehäuse. Die Öffnung des isolierenden Gehäuses **4** wird mit Dichtungsmittel **5** wie z.B. einem kalthärtenden Epoxidharz abdichtend verschlossen.

[0059] [Fig. 3](#) zeigt eine Sicherung des dünnen Typs. In der Sicherung sind bandförmige Anschlussleiter **1** mit einer Dicke von 100 bis 200 μm beispielsweise mit einem Klebemittel oder durch Schmelzschweißen an einer Kunststoff-Basisfolie **41** befestigt, die eine Dicke von 100 bis 300 μm aufweist. Ein Sicherungselement **2** aus einem Material für ein thermisches Sicherungselement gemäß Anspruch 1 oder 2 mit einem Durchmesser von 250 bis 500 μm ist zwischen den bandförmigen Anschlussleitern z.B. durch Schweißen verbunden. Ein Flussmittel **3** wird auf das Sicherungselement **2** aufgebracht. Das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement wird, z.B. unter Verwendung eines Klebemittels oder durch Ultraschall-Schmelzschweißen mit einer Kunststoff-Deckfolie **42** abgedichtet, die eine Dicke von 100 bis 300 μm aufweist.

[0060] [Fig. 4](#) zeigt eine weitere Sicherung des dünnen Typs. In der Sicherung sind bandförmige Anschlussleiter **1** mit einer Dicke von 100 bis 200 μm beispielsweise mit einem Klebemittel oder durch Schmelzschweißen an einer Kunststoff-Basisfolie **41** befestigt, die eine Dicke von 100 bis 300 μm aufweist. Teile der bandförmigen Anschlussleiter liegen zu der Seite der anderen Fläche der Basisfolie **41** hin frei. Ein Sicherungselement **2** aus einem Material für ein thermisches Sicherungselement gemäß Anspruch 1 oder 2 mit einem Durchmesser von 250 bis 500 μm wird z.B. durch Schweißen zwischen den freiliegenden Abschnitten der bandförmigen Anschlussleiter verbunden. Ein Flussmittel **3** wird auf das Sicherungselement **2** aufgebracht. Das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement wird mit einer Kunststoff-Deckfolie **42** mit einer Dicke von 100 bis 300 μm durch Fixierung unter Verwendung von beispielsweise einem Klebemittel oder Ultraschall-Schmelz-

schweißen abgedichtet.

[0061] [Fig. 5](#) zeigt eine Sicherung vom radialen Kunstharz-Tauchtyp. Ein Sicherungselement **2** aus einem Material für ein thermisches Sicherungselement gemäß Anspruch 1 oder 2 wird zwischen den Enden von parallelen Anschlussleitern **1**, beispielsweise durch Schweißen, verbunden. Ein Flussmittel **3** wird auf das Sicherungselement **2** aufgebracht. Das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement wird in eine Kunstharzlösung getaucht, um das Element mit einem isolierenden Dichtungsmittel wie z.B. einem Epoxidharz **5** abzdichten.

[0062] [Fig. 6](#) zeigt eine Sicherung vom Substrattyp. Ein Paar Schichtelektroden **1** wird auf einem isolierenden Substrat **4** wie z.B. einem Keramiksubstrat durch Drucken von Leitpaste gebildet. Anschlussleiter **11** sind jeweils mit den Elektroden **1** verbunden, z.B. durch Schweißen oder Löten. Ein Sicherungselement **2** aus einem Material für ein thermisches Sicherungselement gemäß Anspruch 1 oder 2 ist zwischen den Elektroden **1** verbunden, beispielsweise durch Schweißen. Ein Flussmittel **3** wird auf das Sicherungselement **2** aufgebracht. Das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement wird mit einem Dichtungsmittel **5** wie z.B. einem Epoxidharz bedeckt. Die Leitpaste enthält Metallpartikel und ein Bindemittel. Beispielsweise können Ag, Ag-Pd, Ag-Pt, Au, Ni oder Cu als Metallpartikel verwendet werden, und ein Material, das eine Glasfritte, einen hitzehärtbaren Kunststoff und dergleichen enthält, kann als Bindemittel verwendet werden.

[0063] In dem Fall, in welchem die Joule'sche Wärme des Sicherungselement zu vernachlässigen ist, ist in der thermischen Sicherung vom Legierungstyp die Temperatur T_x des Sicherungselementes, wenn die Temperatur des zu schützenden Gerätes die zulässige Temperatur T_m erreicht, um 2 bis 3°C niedriger, und der Schmelzpunkt des Sicherungselementes wird in der Regel auf $[T_m - (2 \text{ bis } 3^\circ\text{C})]$ eingestellt.

[0064] Die Erfindung kann in der Form implementiert werden, dass zusätzlich ein Heizelement zum Durchschmelzen des Sicherungselementes an der thermischen Sicherung vom Legierungstyp angeordnet wird. Wie z.B. in [Fig. 7](#) dargestellt, wird ein Leiternmuster **100** mit Sicherungselement-Elektroden **1** und Widerstandselektroden **10** durch Drucken von Leitpaste auf dem isolierenden Substrat **4** wie z.B. einem Keramiksubstrat gebildet, und ein Schichtwiderstand **6** wird durch Auftragen und Ausbacken von Widerstandspaste (z.B. Paste aus Metalloxidpulver wie z.B. Rutheniumoxid) zwischen den Widerstandselektroden **10** angeordnet. Ein Sicherungselement **2** gemäß dem ersten oder zweiten Aspekt der Erfindung wird beispielsweise durch Schweißen zwischen den Sicherungselementelektroden **1** verbunden. Ein Flussmittel **3** wird auf das Sicherungselement **2** aufgebracht. Das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement **2** und der Schichtwiderstand **6** werden mit einem Dichtungsmittel **5** wie z.B. einem Epoxidharz bedeckt.

[0065] In der Sicherung mit einem elektrischen Heizelement wird eine vorgeschaltete Einrichtung erkannt, welche anormale Wärmeentwicklung eines Gerätes verursacht, dem Schichtwiderstand wird Energie zugeführt, um in Reaktion auf ein Signal, das dieses Erkennen anzeigt, Wärme zu erzeugen, und das Sicherungselement wird durch die Wärmeentwicklung durchgeschmolzen.

[0066] Das Heizelement kann an der oberen Seite eines isolierenden Substrats angeordnet sein. Eine wärmebeständige und thermisch leitende, isolierende Schicht wie z.B. eine Schicht aus gebackenem Glas wird auf dem Heizelement ausgebildet. Ein Paar Elektroden werden angeordnet, flache Anschlussleiter werden jeweils mit den Elektroden verbunden, und das Sicherungselement wird zwischen den Elektroden verbunden. Ein Flussmittel bedeckt einen Bereich über dem Sicherungselement und den Enden der Anschlussleiter. Eine isolierende Deckschicht wird auf dem isolierenden Substrat angeordnet, und die Peripherie der isolierenden Deckschicht wird durch ein Klebemittel abdichtend mit dem isolierenden Substrat verbunden.

[0067] Unter den thermischen Sicherungen vom Legierungstyp können diejenigen des Typs, bei dem das Sicherungselement direkt an die Anschlussleiter verbunden wird ([Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#)) auf folgende Weise konfiguriert werden. Wenigstens Teile der Anschlussleiter, wo das Sicherungselement verbunden ist, werden (durch elektrochemische Beschichtung oder dergleichen) mit einer dünnen Schicht aus Sn oder Ag bedeckt (die eine Dicke von beispielsweise 15 µm oder kleiner, vorzugsweise 5 bis 10 µm aufweist), wodurch die Verbindungsfestigkeit hinsichtlich des Sicherungselementes erhöht wird.

[0068] In der thermischen Sicherung vom Legierungstyp besteht die Möglichkeit, dass ein Metallmaterial oder ein dünnes Schichtmaterial in den Anschlussleitern oder ein partikuläres Metallmaterial in der Schichtelektrode durch Festkörperdiffusion in das Sicherungselement einwandert. Wie oben beschrieben, können jedoch die Eigenschaften des Sicherungselementes durch vorheriges Zusetzen desselben Elementes wie des Dünnschichtmaterials zu dem Sicherungselement ausreichend aufrechterhalten werden.

[0069] Als Flussmittel wird allgemein ein Flussmittel mit einem Schmelzpunkt verwendet, der unter demjenigen des Sicherungselementes liegt. Zweckmäßig ist zum Beispiel ein Flussmittel, das 90 bis 60 Gewichtsanteile Kolophonium, 10 bis 40 Gewichtsanteile Stearinsäure und 0 bis 3 Gewichtsanteile eines Aktivierungsmittels enthält. In diesem Fall kann als Kolophonium ein natürliches Kolophonium, ein modifiziertes Kolophonium (z.B. ein hydriertes Kolophonium, ein inhomogenes Kolophonium oder ein polymerisiertes Kolophonium) oder ein daraus gereinigtes Kolophonium verwendet werden. Als Aktivierungsmittel können Hydrochlorid oder Hydrobromid eines Amins wie z.B. Diethylamin oder eine organische Säure wie z.B. Adipinsäure verwendet werden.

[0070] Unter den oben beschriebenen thermischen Sicherungen vom Legierungstyp ist bei der Sicherung vom Zylindergehäusetyp die Anordnung, in welcher die Anschlussleiter **1** so angeordnet sind, dass sie nicht exzentrisch zu dem zylindrischen Gehäuse **4** sind, wie in (A) aus [Fig. 8](#) gezeigt, eine Voraussetzung für die Ermöglichung der in (B) aus [Fig. 8](#) gezeigten normalen sphäroidischen Teilung. Sind die Anschlussleiter exzentrisch, wie in (C) aus [Fig. 8](#) gezeigt, so haften nach einem Auslösen leicht das Flussmittel (einschließlich eines verkohlten Flussmittels) und verstreute Legierungsteile an der inneren Wand des zylindrischen Gehäuses an, wie in (D) aus [Fig. 8](#) dargestellt. Infolgedessen wird der Isolationswiderstand gesenkt, und das dielektrische Durchschlagverhalten wird beeinträchtigt.

[0071] Um das Auftreten solcher Nachteile zu verhindern, wie in (A) aus [Fig. 9](#) dargestellt, ist eine Ausgestaltung wirksam, in der Enden der Anschlussleiter **1** zu einer scheibenartigen Form **d** ausgebildet sind und Enden des Sicherungselementes **2** jeweils mit den Vorderflächen der Scheiben **d** verbunden sind (beispielsweise durch Schweißen). Die äußeren Peripherien der Scheiben werden durch die innere Fläche des zylindrischen Gehäuses gestützt, und das Sicherungselement **2** wird so positioniert, dass es im Wesentlichen konzentrisch mit dem zylindrischen Gehäuse **4** ist [in (A) aus [Fig. 9](#) bezeichnet **3** ein auf das Sicherungselement **2** aufgebrachtes Flussmittel, **4** bezeichnet das zylindrische Gehäuse, **5** bezeichnet ein Dichtungsmittel wie z.B. ein Epoxidharz, und der Außendurchmesser jeder Scheibe ist ungefähr gleich dem Innendurchmesser des zylindrischen Gehäuses]. In diesem Fall, wie in (B) aus [Fig. 9](#) dargestellt, sammeln sich geschmolzene Teile des Sicherungselementes sphärisch an den Vorderseiten der Scheiben **d**, wodurch verhindert wird, dass das Flussmittel (einschließlich eines verkohlten Flussmittels) und die verstreuten Legierungsteile an der inneren Fläche des Gehäuses **4** anhaften.

[0072] In den folgenden Beispielen und Vergleichsbeispielen wurden thermische Sicherungen vom Zylindergehäusetyp mit einer Wechselstrombelastbarkeit von $3\text{ A} \times 250\text{ V}$ verwendet. Die Sicherungen haben folgende Abmessungen. Der äußere Durchmesser eines zylindrischen Keramikgehäuses beträgt 2,5 mm, die Dicke des Gehäuses beträgt 0,5 mm, die Länge des Gehäuses beträgt 9 mm, und ein Anschlussleiter ist ein Sn-beschichteter, geglühter Kupferdraht mit einem Außendurchmesser von 0,6 mm \varnothing , und der Außendurchmesser und die Länge eines Sicherungselementes betragen 0,6 mm \varnothing bzw. 3,5 mm. Eine Verbindung aus 80 Gewichtsanteilen Kolophonium, 20 Gewichtsanteilen Stearinsäure und 1 Gewichtsanteil Diethylaminhydrobromid wurde als Flussmittel verwendet. Ein kalthärtendes Epoxidharz wurde als Dichtungsmittel verwendet.

[0073] Die Solidus- und die Liquidustemperatur eines Sicherungselementes wurden bei einer Temperaturanstiegsrate von 5°C/min mit einem DSC gemessen.

[0074] Es wurden fünfzig Probestücke verwendet. Jedes der Probestücke wurde in ein Ölbad getaucht, in dem die Temperatur mit einer Geschwindigkeit von 1°C/min erhöht wurde, während dem Probestück ein Detektionsstrom von 0,1 A zugeführt wurde, und die Temperatur T_0 des Öls wurde gemessen, wenn die Stromzufuhr durch Durchbrennen des Sicherungselementes unterbrochen wurde. Eine Temperatur von $T_0 - 2^\circ\text{C}$ wurde als Auslösetemperatur des thermischen Sicherungselementes bestimmt.

[0075] Das Überlastverhalten und die Isolationsstabilität nach einem Auslösen einer thermischen Sicherung wurden auf der Basis des in IEC 60691 definierten Überlastprüfungsverfahrens und dielektrischen Durchschlagprüfungsverfahrens beurteilt (auf die Feuchtigkeitsprüfung vor der Überlastprüfung wurde verzichtet).

[0076] Insbesondere wurde das Vorhandensein von Zerstörung oder physikalischer Beschädigung beim Auslösen überprüft. Während einem Probestück eine Spannung von $1,1 \times$ der Nennspannung und ein Strom von $1,5 \times$ dem Nennstrom zugeführt wurde, und es wurde ein Auslösen der thermischen Sicherung durch Erhöhung der Umgebungstemperatur mit einer Geschwindigkeit von $(2 \pm 1)\text{ K/min}$ bewirkt. Unter den Probestücken, bei denen es nicht zu Zerstörung oder Beschädigung kam, wurden diejenigen, bei denen die Isolierung zwischen Anschlussleitern 1 min lang $2 \times$ der Nennspannung (500 V) standhielt und diejenige zwischen den Anschlussleitern und einer um den Sicherungskörper gewickelten Metallfolie nach einem Auslösen 1 min lang 2

× der Nennspannung + 1.000 V (1.500 V) standhielt, hinsichtlich des dielektrischen Durchschlagverhaltens als akzeptabel beurteilt, und diejenigen, bei denen der Isolationswiderstand zwischen den Anschlussleitern 0,2 MΩ oder mehr betrug, wenn eine Gleichstromspannung von 2 × der Nennspannung (500 V) angelegt wurde, und derjenige zwischen den Anschlussleitern und der um den Sicherungskörper gewickelten Metallfolie nach einem Auslösen 2 MΩ oder mehr betrug, wurden hinsichtlich des Isolationswiderstandes als akzeptabel beurteilt. Die Akzeptanz hinsichtlich sowohl des dielektrischen Durchschlagverhaltens als auch der Isolationscharakteristik wurde als Abnahmekriterium für die Isolationsstabilität festgelegt. Wenn 50 Probestücke verwendet wurden und alle 50 Probestücke hinsichtlich der Isolationsstabilität akzeptiert wurden, wurden die Probestücke mit O bewertet, und wenn auch nur eines der Probestücke nicht akzeptiert wurde, wurden die Probestücke mit × bewertet.

[Beispiel 1]

[0077] Als Zusammensetzung des Sicherungselementes wurde eine solche aus 55% Sn, 8% Bi und In zum Ausgleich verwendet. Ein Sicherungselement wurde durch ein Verfahren des Ziehens zu 300 µmØ unter den Bedingungen einer Flächenverringerung pro Ziehwerkzeug von 6,5% und einer Ziehgeschwindigkeit von 50 m/min hergestellt. Als Ergebnis wurde ausgezeichnete Bearbeitbarkeit erzielt, wobei kein Bruch auftrat und kein verengter Abschnitt gebildet wurde.

[0078] [Fig. 10](#) zeigt ein Ergebnis der DSC-Messung. Die Liquidustemperatur betrug ca. 157°C, die Solidustemperatur betrug ca. 84°C, und die maximale endothermische Spitzentemperatur betrug ca. 97°C.

[0079] Die Sicherungselementtemperatur beim Auslösen einer thermischen Sicherung betrug $94 \pm 2^\circ\text{C}$. Es ist daher ersichtlich, dass die Sicherungselementtemperatur beim Auslösen einer thermischen Sicherung ungefähr mit der maximalen endothermischen Spitzentemperatur übereinstimmt.

[0080] Auch wenn die Überlastprüfung durchgeführt wurde, war das Sicherungselement funktionsfähig, ohne dass irgendein physikalischer Schaden wie z.B. Zerstörung involviert gewesen wäre. Hinsichtlich der dielektrischen Durchschlagprüfung nach dem Auslösen hielt die Isolation zwischen Anschlussleitern für 1 mm oder länger 2 × der Nennspannung (500 V) stand, und diejenige zwischen den Anschlussleitern und einer um den Sicherungskörper gewickelten Metallfolie nach dem Auslösen hielt für 1 min oder länger 2 × der Nennspannung + 1.000 V (1.500 V) stand. Daher war das Sicherungselement akzeptabel. Hinsichtlich der Isolationscharakteristik war der Isolationswiderstand zwischen den Anschlussleitern, wenn eine Gleichstromspannung von 2 × der Nennspannung (500 V) anlag, 0,2 MΩ oder höher, und derjenige zwischen den Anschlussleitern und der um den Sicherungskörper gewickelten Metallfolie nach einem Auslösen war 2 MΩ oder höher, und daher wurde die Isolationsstabilität mit O bewertet.

[0081] Der Grund dafür, dass die Überlastcharakteristik und die Isolationsstabilität nach einem Auslösen ausgezeichnet sind, wie oben beschrieben, ist folgender. Auch während der Energiezufuhr und des Temperaturanstiegs erfolgt die Teilung des Sicherungselementes in der breiten fest-flüssigen Region. Daher wird das Auftreten eines Lichtbogens unmittelbar nach einem Auslösen ausreichend unterdrückt, und es kommt kaum zu einem plötzlichen Temperaturanstieg. Infolgedessen kann ein Druckanstieg durch Verdampfen des Flussmittels und Verkohlen des Flussmittels infolge des Temperaturanstiegs unterdrückt werden, und es tritt keine physikalische Zerstörung ein, und ein Verstreuen und dergleichen von geschmolzener Legierung oder verkohltem Flussmittel aufgrund eines Energiezufuhrvorgangs kann zufriedenstellend unterdrückt werden, wodurch ein ausreichender Isolationsabstand sichergestellt werden kann.

[Beispiele 2 bis 5]

[0082] Die Beispiele wurden auf dieselbe Weise wie Beispiel 1 durchgeführt, wobei jedoch die Legierungszusammensetzung aus Beispiel 1 wie in Tabelle 1 aufgeführt geändert wurde.

[0083] Die Solidus- und Liquidustemperaturen der Beispiele sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Sicherungselementtemperaturen bei einem Auslösen sind wie in Tabelle 1 dargestellt, weisen eine Streuung von $\pm 4^\circ\text{C}$ oder weniger auf und befinden sich in der fest-flüssigen Region.

[0084] Ebenso wie in Beispiel 1 sind sowohl die Überlastcharakteristik als auch die Isolationsstabilität akzeptabel. Der Grund hierfür wird folgendermaßen eingeschätzt. Wie in Beispiel 1 wird das Sicherungselement in einer breiten fest-flüssigen Region geteilt.

[0085] In allen Beispielen wurde wie in Beispiel 1 eine gute Drahtziehbarkeit erzielt.

[Tabelle 1]

Tabelle 1

	Bsp. 2	Bsp. 3	Bsp. 4	Bsp. 5
Sn (%)	48	60	65	70
Bi (%)	8	8	8	8
In	zum Ausgleich	zum Ausgleich	zum Ausgleich	zum Ausgleich
Solidustemperatur (°C)	84	84	84	102
Liquidustemperatur (°C)	135	165	177	188
Drahtziehbarkeit	gut	gut	gut	gut
Temperatur des Elementes beim Auslösen (°C)	96 ± 2	89 ± 3	101 ± 4	118 ± 4
Isolationsstabilität	O	O	O	O

[Beispiele 6 bis 9]

[0086] Die Beispiele wurden auf dieselbe Weise wie Beispiel 1 durchgeführt, wobei jedoch die Legierungszusammensetzung aus Beispiel 1 verändert wurde, wie in Tabelle 2 dargestellt.

[0087] Die Solidus- und Liquidustemperaturen der Beispiele sind in Tab. 2 dargestellt. Die Sicherungselementtemperaturen beim Auslösen sind wie in Tabelle 2 dargestellt, weisen eine Streuung von ± 4°C oder weniger auf und liegen in der fest-flüssigen Region.

[0088] In gleicher Weise wie in Beispiel 1 sind sowohl die Überlastcharakteristik als auch die Isolationsstabilität akzeptabel. Der Grund hierfür wird folgendermaßen eingeschätzt. In gleicher Weise wie in Beispiel 1 wird das Sicherungselement in einer breiten fest-flüssigen Region geteilt.

[0089] In allen Beispielen wurde in gleicher Weise wie in Beispiel 1 gute Drahtziehbarkeit erzielt.

[Tabelle 2]

Tabelle 2

nicht beobachtet	Bsp. 6	Bsp. 7	Bsp. 8	Bsp. 9
Sn (%)	55	60	65	70
Bi (%)	1	1	1	1
In	zum Ausgleich	zum Ausgleich	zum Ausgleich	zum Ausgleich
Solidustemperatur (°C)	109	110	112	137
Liquidustemperatur (°C)	141	158	179	198
Drahtziehbarkeit	gut	gut	gut	gut
Überlastcharakteristik	Beschädigung usw. nicht beobachtet	Beschädigung usw.	Beschädigung usw. nicht beobachtet	Beschädigung usw. nicht beobachtet
Isolationsstabilität	O	O	O	O

[Beispiele 10 bis 14]

[0090] Die Beispiele wurden auf dieselbe Weise wie Beispiel 1 durchgeführt, wobei allerdings die Legierungszusammensetzung aus Beispiel 1 wie in Tabelle 3 aufgeführt verändert wurde.

[0091] Die Solidus- und Liquidustemperaturen der Beispiele sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Sicherungselementtemperaturen beim Auslösen sind wie in Tabelle 3 dargestellt, weisen eine Streuung von $\pm 5^\circ\text{C}$ oder weniger auf und liegen in der fest-flüssigen Region.

[0092] In gleicher Weise wie in Beispiel 1 sind sowohl die Überlastcharakteristik als auch die Isolationsstabilität akzeptabel. Der Grund hierfür wird folgendermaßen eingeschätzt. In gleicher Weise wie in Beispiel 1 wird das Sicherungselement in einer breiten fest-flüssigen Region geteilt.

[0093] In allen Beispielen wurde in gleicher Weise wie in Beispiel 1 gute Drahtziehbarkeit erzielt.

[Tabelle 3]

Tabelle 3

	Bsp. 10	Bsp. 11	Bsp. 12	Bsp. 13	Bsp. 14
Sn (%)	48	55	60	65	70
Bi (%)	12	12	12	12	12
In	zum Ausgleich	zum Ausgleich	zum Ausgleich	zum Ausgleich	zum Ausgleich
Solidustemperatur ($^\circ\text{C}$)	61	61	82	99	122
Liquidustemperatur ($^\circ\text{C}$)	143	157	170	184	193
Drahtziehbarkeit	gut	gut	gut	gut	gut
Elementtemperatur beim Auslösen ($^\circ\text{C}$)	78 ± 3	77 ± 4	85 ± 4	114 ± 4	137 ± 5
Überlastcharakteristik	Beschädigung usw. nicht beobachtet	Beschädigung usw. nicht beobachtet	Beschädigung usw. nicht beobachtet	Beschädigung usw. nicht beobachtet	Beschädigung usw. nicht beobachtet
Isolationsstabilität	O	O	O	O	O

[Beispiel 15]

[0094] Das Beispiel wurde auf dieselbe Weise wie Beispiel 1 durchgeführt, wobei jedoch als Legierungszusammensetzung eines Sicherungselementes eine solche verwendet wurde, in der 1 Gewichtsanteil Ag zu 100 Gewichtsanteilen der Legierungszusammensetzung aus Beispiel 1 zugesetzt wurde.

[0095] Eine Drahteinheit für ein Sicherungselement von $300 \mu\text{m}$ wurde unter Bedingungen hergestellt, bei denen die Flächenverringerng pro Ziehwerkzeug 8% betrug und die Ziehgeschwindigkeit 80 m/min betrug und die strenger sind als diejenigen des Ziehvorgangs einer Drahteinheit für ein Sicherungselement aus Beispiel 1. Es trat jedoch kein Drahtbruch auf, und es wurden keine Probleme verursacht wie z.B. ein verengter Bereich, mit dem Ergebnis, dass das Beispiel ausgezeichnete Bearbeitbarkeit aufwies.

[0096] Die Solidustemperatur betrug 79°C , und die maximale endothermische Spitztemperatur sowie die Sicherungselementtemperatur beim Auslösen einer thermischen Sicherung wurden im Vergleich zu denen aus Beispiel 1 um nur 2°C gesenkt. Es wurde also bestätigt, dass die Auslösetemperatur und die Schmelzcharakteristik ohne große Unterschiede zu denen aus Beispiel 1 gehalten werden können.

[0097] In gleicher Weise wie in Beispiel 1 war das Sicherungselement auch beim Durchführen der Überlast-

prüfung funktionsfähig, ohne dass irgendein physikalischer Schaden wie z.B. Zerstörung involviert gewesen wäre. Daher war das Sicherungselement akzeptabel. Hinsichtlich der dielektrischen Durchschlagprüfung nach dem Auslösen hielt die Isolation für 1 min oder länger der $2 \times$ der Nennspannung (500 V) stand, und diejenige zwischen den Anschlussleitern und einer um den Sicherungskörper gewickelten Metallfolie nach dem Auslösen hielt für 1 min oder länger $2 \times$ der Nennspannung + 1.000 V (1.500 V) stand. Daher war das Sicherungselement akzeptabel. Hinsichtlich der Isolationscharakteristik war der Isolationswiderstand zwischen den Anschlussleitern, wenn eine Gleichstromspannung von $2 \times$ der Nennspannung (500 V) angelegt wurde, 0,2 M Ω oder höher, und derjenige zwischen den Anschlussleitern und der um den Sicherungskörper gewickelten Metallfolie nach dem Auslösen war 2 M Ω oder höher. Beide Widerstände waren akzeptabel, und daher wurde die Isolationsstabilität mit O bewertet. Somit wurde bestätigt, dass trotz der Zusetzung von Ag die gute Überlastcharakteristik und Isolationsstabilität gehalten werden kann.

[0098] Es wurde bestätigt, dass die oben genannten Wirkungen im Bereich der zugesetzten Menge von 0,1 bis 3,5 Gewichtsanteilen Ag erzielt werden.

[0099] In dem Fall, in dem das Metallmaterial der zu verbindenden Anschlussleiter, ein dünnes Schichtmaterial oder ein partikuläres Material in der Schichtelektrode Ag ist, wurde bestätigt, dass, wenn dasselbe Element bzw. Ag zuvor zugesetzt wird wie in dem Beispiel, verhindert werden kann, dass das Metallmaterial nach dem Verbinden eines Sicherungselementes mit der Zeit durch Festkörperdiffusion in das Sicherungselement einwandert, und dass eine lokale Reduktion oder Streuung der Auslösetemperatur aufgrund des gesenkten Schmelzpunktes eliminiert werden kann.

[Beispiele 16 bis 23]

[0100] Die Beispiele wurden auf dieselbe Weise durchgeführt wie Beispiel 1, wobei jedoch als Legierungszusammensetzung des Sicherungselementes eine solche verwendet wurde, in der 0,5 Gewichtsanteile von jeweils einem der Bestandteile Au, Cu, Ni, Pd, Pt, Ga, Ge und Sb zu 100 Gewichtsanteilen der Legierungszusammensetzung aus Beispiel 1 zugesetzt wurden.

[0101] Es wurde bestätigt, dass in gleicher Weise wie die Metallzugabe von Ag in Beispiel 15 auch die Zusetzung von Au, Cu, Ni, Pd, Pt, Ga, Ge oder Sb ausgezeichnete Bearbeitbarkeit realisiert, die Auslösetemperatur und Schmelzcharakteristik aus Beispiel 1 ausreichend sichergestellt werden kann, die gute Überlastcharakteristik und Isolationsstabilität gehalten werden kann und eine Festkörperdiffusion zwischen Metallmaterialien derselben Art unterdrückt werden kann.

[0102] Es wurde bestätigt, dass die oben erwähnten Wirkungen im Bereich der zugesetzten Menge von 0,1 bis 3,5 Gewichtsanteilen des entsprechenden der Bestandteile Au, Cu, Ni, Pd, Pt, Ga, Ge und Sb erzielt werden.

[Vergleichsbeispiel 1]

[0103] Das Vergleichsbeispiel wurde auf dieselbe Weise durchgeführt wie Beispiel 1, wobei jedoch die Zusammensetzung des Sicherungselement aus Beispiel 1 zu 42% Sn, 8% Bi und In zum Ausgleich geändert wurde.

[0104] Die Bearbeitbarkeit war zufriedenstellend. Da die fest-flüssige Region relativ eng ist, lag die Streuung der Auslösetemperatur innerhalb des zulässigen Bereichs.

[0105] In der Überlastprüfung funktionierte das Sicherungselement, ohne dass physikalische Beschädigung wie z.B. Beschädigung verursacht worden wäre. Daher war das Vergleichsbeispiel akzeptabel.

[0106] Jedoch betrug bei der dielektrischen Durchschlagprüfung nach einem Auslösen die Isolation zwischen Anschlussleitern nur 0,1 M Ω oder weniger. Wenn eine Spannung von $2 \times$ der Nennspannung (500 V) angelegt wurde, kam es häufig zu erneutem Leiten. Die Isolationsstabilität war daher \times .

[0107] Der Grund hierfür wird folgendermaßen eingeschätzt. Zwar bricht das Sicherungselement innerhalb der fest-flüssigen Region, jedoch ist diese Region relativ eng, und daher wechselt die Legierung während der Zufuhr von Energie schnell von der festen Phase in die flüssige Phase, was zur Erzeugung eines Lichtbogens unmittelbar nach einem Auslösen führt. Infolgedessen verkohlt leicht das Flussmittel aufgrund eines lokalen und plötzlichen Temperaturanstiegs. Daher wird während eines Auslösens durch die verstreute Legierung oder

das verkohlte Flussmittel der Isolierabstand verkürzt, und folglich ist der Isolationswiderstand nach einem Auslösen niedrig. Infolgedessen kommt es beim Anlegen einer Spannung zu erneutem Leiten, was zu einem dielektrischen Durchschlagen führt.

[Vergleichsbeispiel 2]

[0108] Das Vergleichsbeispiel wurde auf dieselbe Weise wie Beispiel 1 durchgeführt, wobei jedoch die Zusammensetzung des Sicherungselementes aus Beispiel 1 zu 72% Sn, 8% Bi und In zum Ausgleich verändert wurde. Die Bearbeitbarkeit war zufriedenstellend.

[0109] Jedoch betrug die Auslösetemperatur $138 \pm 7^\circ\text{C}$, und die Streuung war größer als der zulässige Bereich von $\pm 5^\circ\text{C}$.

[0110] Der Grund hierfür ist folgender. Die fest-flüssige Region ist zwar breit, aber die Schmelzgeschwindigkeit in der fest-flüssigen Region ist so niedrig, dass die Teilungstemperatur des Sicherungselementes nicht konzentriert werden kann. Ergebnisse der DSC-Messung gehören zu dem Muster von (C) aus [Fig. 11](#).

[0111] Die Solidustemperatur ist 121°C . Diese Temperatur ist nicht immer höher als (Auslösetemperatur – 20°C) und erfüllt daher nicht die Anforderung der Haltetemperatur.

[Vergleichsbeispiel 3]

[0112] Das Vergleichsbeispiel wurde auf dieselbe Weise durchgeführt wie Beispiel 1, wobei jedoch die Zusammensetzung des Sicherungselementes aus Beispiel 1 zu 55% Sn und In zum Ausgleich geändert wurde.

[0113] Die Bearbeitbarkeit war zufriedenstellend, und die Auslösetemperatur war in einem kleinen Bereich gestreut, so dass kein Problem verursacht wurde. In der Überlastprüfung funktionierte das Sicherungselement, ohne dass physikalische Beschädigung wie z.B. Zerstörung verursacht worden wäre. Daher war das Vergleichsbeispiel akzeptabel.

[0114] In der dielektrischen Durchschlagprüfung nach einem Auslösen betrug jedoch die Isolation zwischen Anschlussleitern nur $0,1 \text{ M}\Omega$ oder weniger. Wenn eine Spannung von $2 \times$ der Nennspannung (500 V) angelegt wurde, kam es häufig zu erneutem Leiten. Die Isolationsstabilität war daher \times .

[0115] Der Grund hierfür wird folgendermaßen eingeschätzt. Zwar bricht das Sicherungselement innerhalb der fest-flüssigen Region, jedoch ist diese Region relativ eng, und daher wechselt die Legierung während der Zufuhr von Energie und des Temperaturanstiegs schnell von der festen Phase in die flüssige Phase, was zur Erzeugung eines Lichtbogens unmittelbar nach einem Auslösen führt. Infolgedessen verkohlt leicht das Flussmittel aufgrund eines lokalen und plötzlichen Temperaturanstiegs. Daher wird durch die verstreute Legierung oder das verkohlte Flussmittel der Isolierabstand verkürzt, und folglich ist der Isolationswiderstand niedrig. Infolgedessen kommt es beim Anlegen einer Spannung zu erneutem Leiten, was zu einem dielektrischen Durchschlagen führt.

[Vergleichsbeispiel 4]

[0116] Das Vergleichsbeispiel wurde auf dieselbe Weise durchgeführt wie Beispiel 1, wobei allerdings die Zusammensetzung des Sicherungselementes aus Beispiel 1 zu 48% Sn, 2% Bi und In zum Ausgleich geändert wurde.

[0117] Die Bearbeitbarkeit war zufriedenstellend. Da die fest-flüssige Region relativ eng ist, lag die Streuung der Auslösetemperatur innerhalb des zulässigen Bereichs. In der Überlastprüfung funktionierte das Sicherungselement, ohne dass physikalische Beschädigung wie z.B. Zerstörung verursacht worden wäre. Daher war das Vergleichsbeispiel akzeptabel.

[0118] In der dielektrischen Durchschlagprüfung nach einem Auslösen betrug jedoch die Isolation zwischen Anschlussleitern nur $0,1 \text{ M}\Omega$ oder weniger. Wenn eine Spannung von $2 \times$ der Nennspannung (500 V) angelegt wurde, kam es häufig zu erneutem Leiten. Die Isolationsstabilität war daher \times .

[0119] Der Grund ist identisch mit dem aus Vergleichsbeispiel 3.

[0120] Das Vergleichsbeispiel wurde auf dieselbe Weise durchgeführt wie Beispiel 1, wobei jedoch die Zusammensetzung des Sicherungselements aus Beispiel 1 zu 70% Sn, 15% Bi und In zum Ausgleich geändert wurde.

[0121] Die Bearbeitbarkeit war zufriedenstellend. Jedoch gehören Ergebnisse der DSC-Messung dem Muster von (D) aus [Fig. 11](#) an, und die Auslösetemperatur war über den Bereich von ca. 150 bis 165°C bzw. hochgradig gestreut. Die Solidustemperatur beträgt 139°C. Diese Temperatur ist nicht immer höher als (Auslösetemperatur – 20°C) und erfüllt daher nicht die Anforderung der Haltetemperatur.

[0122] Mit dem Material für ein Sicherungselement und eine thermische Sicherung der Erfindung kann eine thermische Sicherung vom Legierungstyp mit ausgezeichneter Überlastcharakteristik, ausgezeichnetem dielektrischen Durchschlagverhalten nach einem Auslösen und ausgezeichneter Isolationscharakteristik bereitgestellt werden, indem eine Bi-In-Sn-Legierung verwendet wird, die kein gesundheitsschädliches Metall enthält.

[0123] Mit dem Material für ein thermisches Sicherungselement gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung und der thermischen Sicherung kann ein Sicherungselement aufgrund der ausgezeichneten Drahtziehbarkeit des Materials für ein thermisches Sicherungselement leicht dünner gestaltet werden, und die thermische Sicherung kann in vorteilhafter Weise miniaturisiert und dünner gestaltet werden. Auch in dem Fall, dass eine thermische Sicherung vom Legierungstyp durch Verbinden eines Sicherungselementes mit einem zu verbindenden Material ausgestaltet ist, das eigentlich einen Einfluss ausüben würde, kann eine normale Auslösung ohne Beeinträchtigung der Funktionen des Sicherungselementes sichergestellt werden.

[0124] Insbesondere können mit den thermischen Sicherungen vom Legierungstyp gemäß dem dritten bis zehnten Aspekt der Erfindung die obigen Wirkungen bei einer thermischen Sicherung vom Zylindergehäusertyp, einer thermischen Sicherung vom Substrattyp, einer dünnen thermischen Sicherung vom Bandtyp, einer thermischen Sicherung mit einem elektrischen Heizelement und einer thermischen Sicherung oder einer thermischen Sicherung mit einem elektrischen Heizelement, worin Anschlussleiter mit Ag oder dergleichen beschichtet sind, sichergestellt werden, wodurch die Nützlichkeit einer solchen thermischen Sicherung oder einer thermischen Sicherung mit einem elektrischen Heizelement weiter erhöht werden kann.

Patentansprüche

1. Thermisches Sicherungselement **(2)**, bestehend aus einer Legierungszusammensetzung in Gew.-%, worin Sn mehr als 46% und weniger als oder gleich 70% ist, Bi 1% oder mehr ist und weniger als oder gleich 12% ist und In 18% oder mehr ist und weniger als 48% ist.

2. Thermisches Sicherungselement **(2)**, wobei 0,1 bis 3,5 Gewichtsanteile von einem oder zwei oder mehr Bestandteilen, die aus der Gruppe ausgewählt sind, welche Ag, Au, Cu, Ni, Pd, Pt, Sb, Ga und Ge umfasst, zu 100 Gewichtsanteilen einer Legierungszusammensetzung gemäß Anspruch 1 zugesetzt sind.

3. Thermische Sicherung vom Legierungstyp mit einem thermischen Sicherungselement **(2)** gemäß Anspruch 1 oder 2.

4. Thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß Anspruch 3, wobei die Legierungszusammensetzung des Sicherungselementes **(2)** unvermeidbare Verunreinigungen enthält.

5. Thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei das Sicherungselement **(2)** zwischen Anschlussleitern **(1)** verbunden ist und wenigstens ein Bereich jedes der Anschlussleiter, welcher mit dem Sicherungselement verbunden ist, mit einer Schicht aus Sn oder Ag bedeckt ist.

6. Thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei Anschlussleiter **(1)** jeweils mit Enden des Sicherungselementes **(2)** verbunden sind, ein Flussmittel **(3)** auf das Sicherungselement aufgetragen wird, das mit dem Flussmittel versehene Sicherungselement durch ein zylindrisches Gehäuse **(4)** geführt wird, Zwischenräume zwischen Enden des zylindrischen Gehäuses und den Anschlussleitern abdichtend verschlossen werden, Enden der Anschlussleiter eine scheibenartige Form haben und Enden des Sicherungselementes mit vorderen Flächen der Scheiben verbunden werden.

7. Thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei ein Paar Schichtelektroden

(1) auf einem Substrat durch Aufdrucken von Leitpaste ausgebildet sind, welche Metallpartikel und ein Bindemittel enthält, das Sicherungselement (2) zwischen den Schichtelektroden verbunden ist und die Metallpartikel aus einem Material bestehen, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die Ag, Ag-Pd, Ag-Pt, Au, Ni und Cu umfasst.

8. Thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei zusätzlich ein Heizelement zum Schmelzen des Sicherungselementes (2) angeordnet ist.

9. Thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei ein Paar Anschlussleiter (1) von einer Fläche einer isolierenden Platte zu einer anderen Fläche teilweise offen liegen, das Sicherungselement (2) mit den offen liegenden Bereichen der Anschlussleiter verbunden ist und die andere Fläche der isolierenden Platte mit einem isolierenden Material bedeckt ist.

10. Thermische Sicherung vom Legierungstyp gemäß einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei das zwischen einem Paar Anschlussleiter (1) verbundene Sicherungselement sandwichartig zwischen isolierenden Schichten angeordnet ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

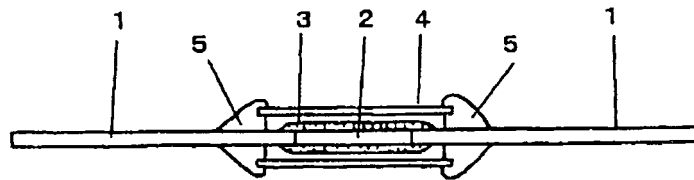


Fig. 2

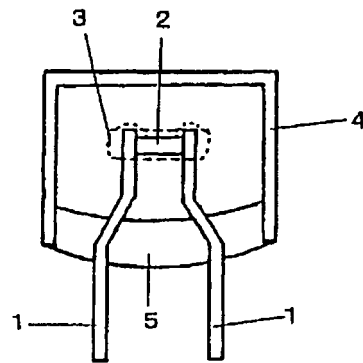


Fig. 3

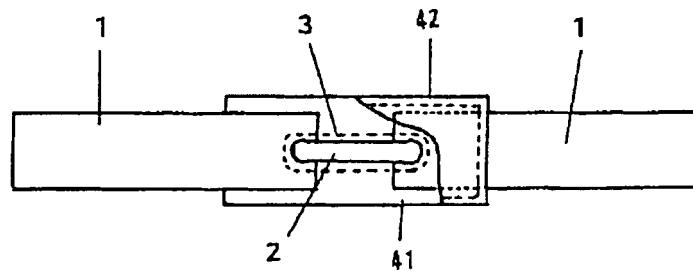


Fig. 4

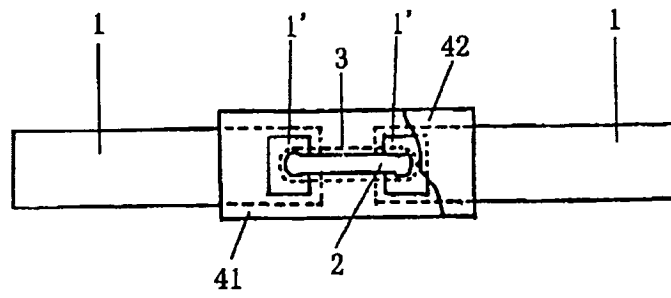


Fig. 5

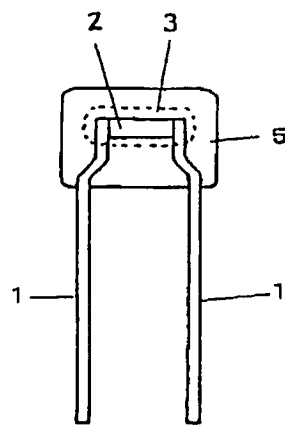


Fig. 6

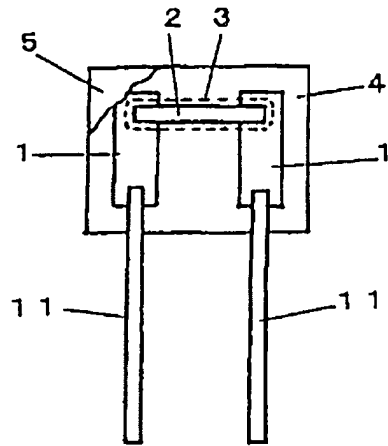


Fig. 7

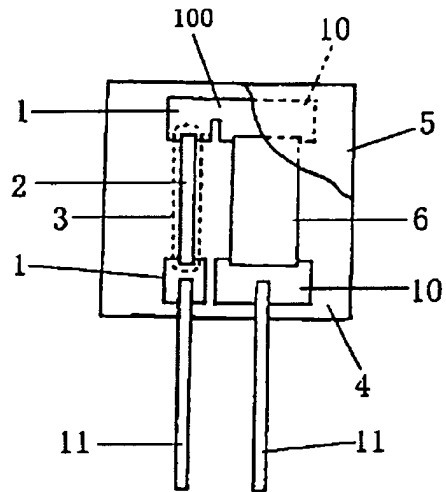


Fig. 8

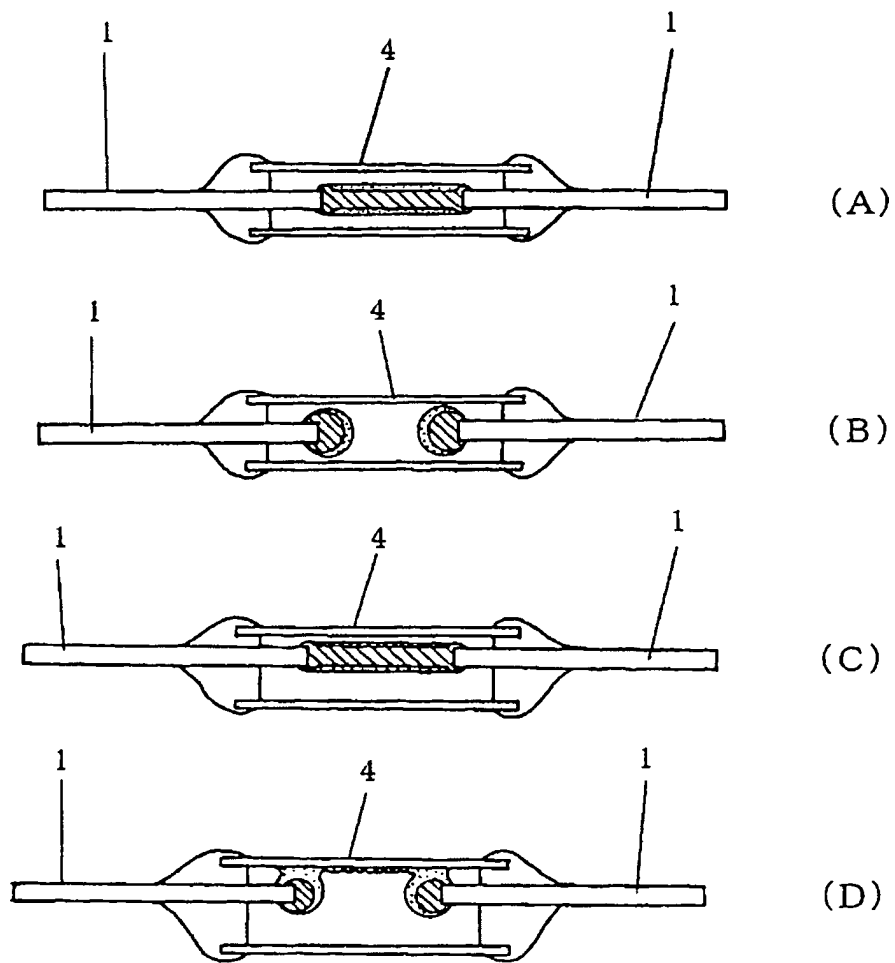


Fig. 9

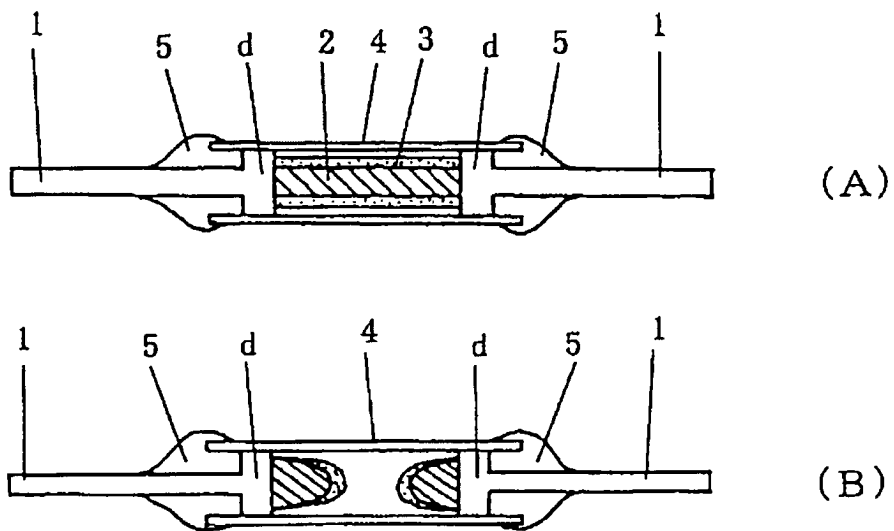


Fig. 10

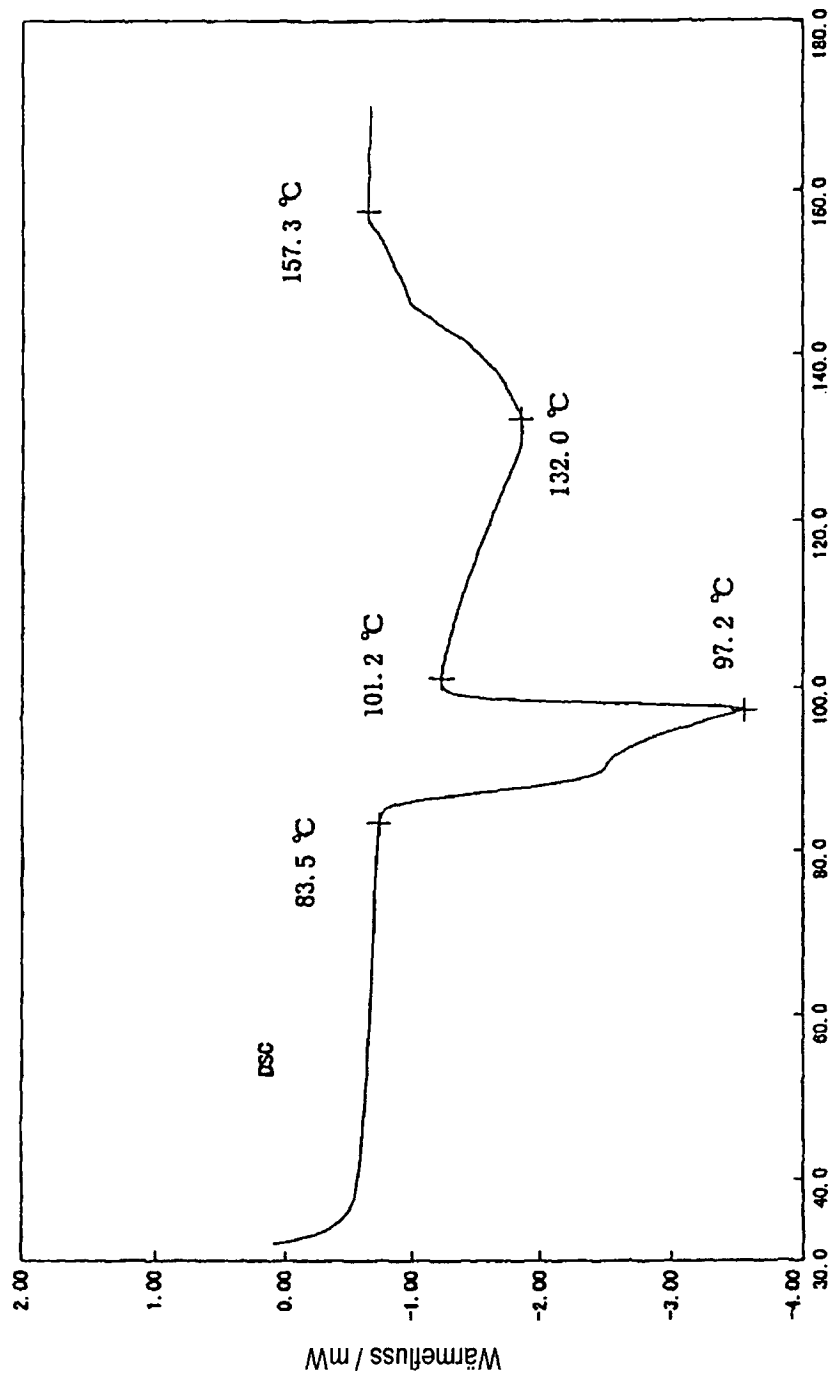


Fig. 11

