

- 1 -

Schmelzleiter, Schmelzsicherung, Verfahren zum Herstellen einer Schmelzsicherung, SMD-Sicherung und SMD-Schaltung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schmelzleiter,
5 eine Schmelzsicherung, ein Verfahren zum Herstellen einer Schmelzsicherung, eine SMD-Sicherung und eine SMD-Schaltung.

Für viele Schaltungsanwendungen, beispielsweise in der Automobil-Technik, Mess- und Regelungstechnik, usw., werden
10 kleine, oberflächenmontierbare (Surface-Mounted Device SMD) Gerätesicherungen, bzw. Schmelzsicherungen benötigt. Aus technischen Gründen sowie aus Kostengründen werden solche Gerätesicherungen wie in der Leiterplattentechnik üblich realisiert. SMD-Sicherungen, welche Schmelzsicherungen
15 umfassen, werden meist automatisch durch Pick-and-Place Automaten auf FR4-Leiterplatten positioniert und platziert. Anschliessend werden die SMD-Sicherungen mittels Reflow-Lötprozesse oder Wellenlötverfahren auf der Leiterplatte verlötet. Als Basismaterialien für SMD-Sicherungen werden
20 beispielsweise FR4-Leiterplattenmaterialien oder Al_2O_3 -Keramiken verwendet, also alle üblichen Basismaterialien zur Leiterplattenherstellung.

Schmelzsicherungen umfassen einen auf einem Basisträger angeordneten Schmelzleiter, welcher beispielsweise Kupfer
25 umfasst. Der Schmelzleiter dient üblicherweise zum Absichern von Überströmen und schützt hierdurch nachgeordnete elektronische Bauteile.

Schmelzsicherungen haben einen Nachteil, dass die Basisträger zumeist begrenzte Betriebstemperaturen haben. So liegt beispielsweise die Betriebstemperatur eines Basisträgers aus FR4-Basismaterial bei lediglich 200°C.

- 5 Höhere Temperaturen schädigen das FR4-Basismaterial. Hierbei delaminiert das Material und löst sich der zumeist aus einer Kupferfolie bestehende Schmelzleiter vom Basisträger ab. Nach kurzer Zeit treten eine Dekomposition und Verkohlung des Materials auf. Durch die Verkohlung
10 entstehen wiederum leitfähige Schichten mit einem im Vergleich geringen elektrischen Widerstand, welche dann unzulässig tiefe Isolationswiderstände erzeugen.

- Um diesem Problem zu begegnen, ist es bekannt, den Basisträger aus einer Al_2O_3 -Keramik herzustellen, welche
15 wesentlich höhere Temperaturen als beispielsweise 200°C ertragen kann ohne Schaden zu nehmen. Es wirkt sich allerdings als nachteilig aus, dass der Ausdehnungskoeffizient (Coefficient of Thermal Expansion CTE) dieser Al_2O_3 -Keramik meist weniger als 8 ppm/K beträgt
20 und sich somit stark vom Ausdehnungskoeffizienten CTE von Kupfer unterscheidet, welcher 17 ppm/K beträgt. Durch diese hohe Differenz zwischen den Ausdehnungskoeffizienten des Basisträgers aus Al_2O_3 -Keramik und Kupfer entstehen mechanische Spannungen zwischen dem Kupfer-Schmelzleiter
25 und dem Keramik-Basisträger. Hierdurch besteht eine erhöhte Bruchgefahr. Zudem sind Keramiksubstrate an sich sehr brüchig und entziehen dem Schmelzleiter viel Wärmeenergie. Somit sind Schmelzsicherungen mit kleinen Nennströmen und flinker Charakteristik auf dieser Al_2O_3 -Keramik schwierig
30 zu realisieren. Zudem brechen diese Keramik-

Schmelzsicherungen häufig, sobald der Schmelzleiter auf Torsion oder Biegung belastet wird.

Es besteht ein Nachteil im Stand der Technik, dass Thermosicherungen nicht auf SMD-Basis mittels

- 5 beispielsweise Reflow-Lötprozess verlötet werden können. Der Grund hierfür ist darin zu finden, dass die bekannten Thermosicherungen bei den hierbei auftretenden hohen Temperaturen in einem Bereich von 240°C bis 265°C sofort auslösen.

- 10 Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Schmelzleiter, eine Schmelzsicherung, ein Verfahren zum Herstellen einer Schmelzsicherung, eine SMD-Sicherung und eine SMD-Schaltung bereitzustellen, bei welchen die zuvor genannten Probleme gelöst sind.

- 15 Diese Aufgabe wird durch einen Schmelzleiter gemäss Anspruch 1 gelöst.

Erfindungsgemäss umfasst der Schmelzleiter zwei Anschlusskontakte und eine zwischengeordnete Leiterbahn, wobei die Leiterbahn wenigstens abschnittsweise einen in

- 20 Relation zu den Anschlusskontakten reduzierten Leitungsquerschnitt hat, ferner umfassend wenigstens eine Auflage, wobei der Schmelzleiter und die Auflage jeweils Materialien umfassen, welche beim Überschreiten einer vorbestimmten Umgebungstemperatur und beim Leiten eines
25 elektrischen Stroms durch den Schmelzleiter eine Diffusion eingehen.

Hierdurch ist auf überraschend einfache Weise ein Schmelzleiter geschaffen, welcher bei den beim Verlöten auftretenden hohen Temperaturen nicht auslöst, jedoch im

Betrieb bei hohen Umgebungstemperaturen von beispielsweise mehr als 200°C auslösen wird.

Erzielt wird dieser Vorteil durch einen Diffusionsprozess, welcher aktiviert wird, sobald die Umgebungstemperatur eine vorbestimmte Temperatur, beispielsweise 200°C, übersteigt und zusätzlich ein elektrischer Strom (z.B. Nennstrom) durch den Schmelzleiter fließt. Dieser Diffusionsprozess findet in einem Bereich statt, in welchem die wenigstens eine Auflage mit dem Schmelzleiter in Verbindung steht (auch Diffusionszone genannt). Unter diesen Umständen umfasst der Diffusionsprozess ein Eindiffundieren der Atome des Materials des Schmelzleiters in das Material von der Auflage. Hierdurch wird eine Legierung aus diesen beiden Materialien gebildet. Durch den Diffusionsprozess wird die Diffusionszone hochohmig mit hoher Verlustleistung $P=I_n^2 \times R$ auch bei Nennstrom. Hierdurch sinkt wiederum die Schmelztemperatur der Diffusionszone von 1080°C auf ca. 500°C. Innerhalb dieser Diffusionszone wird somit die reduzierte Schmelztemperatur von ca. 500°C auch schon bei geringen Strömen (z.B. Nennstrom) erreicht, wodurch der Schmelzleiter auslösen wird und vorteilhafterweise der Stromkreis zuverlässig unterbrochen wird. Neben der neuen Eigenschaft der Schmelzsicherung zum Absichern gegen Übertemperatur, behält die Schmelzsicherung unter ursprünglichen Bedingungen die Eigenschaft bei, weiterhin als Schmelzsicherung zum Absichern gegen Überstrom zu wirken. Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemässen Schmelzleiters besteht darin, dass der Schmelzleiter im Betrieb bei vorbestimmten hohen Umgebungstemperaturen (Übertemperatur-Schwellwert) von beispielsweise mehr als

- 5 -

200°C auslöst, auch wenn kein Überstrom fließt. Unter dem Begriff Auslösen ist hierbei ein Schmelzen bzw. Durchbrennen des Schmelzleiters gemeint.

- Der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn ist in einer Ebene
- 5 senkrecht zur Längsrichtung des Schmelzleiters in Relation zu dem Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte wenigstens abschnittsweise reduziert. Diese Relation hat hierbei einen Wert kleiner 1 (<1). Beispielsweise sind die
- Leitungsquerschnitte der Anschlusskontakte in Relation
- 10 zueinander konstant. Somit ist ein Schmelzleiter geschaffen welcher in der Draufsicht ein H-Profil aufweist. Der Schmelzleiter kann selbstverständlich auch ein anderes Profil aufweisen, solange die Flächen der Anschlusskontakte in Relation zur Leiterbahn möglich gross sind. Die Flächen
- 15 der Anschlusskontakte können rechteckig, kreisförmig, elliptisch oder dreieckig sein. Der Schmelzleiter kann durch Ausstanzen eines einstückigen Materials ausgebildet sein. Alternativ kann der Schmelzleiter durch Zuschnitt, beispielsweise mittels Laser, ausgebildet sein.
- 20 Die jeweilige Umgebungstemperatur, bei welcher der Schmelzleiter auslöst, kann durch Auswahl der Relation von dem Leitungsquerschnitt der Leiterbahn zum Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte vorbestimmt werden. Durch entsprechende Auswahl der zuvor erwähnten
- 25 Relation kann ebenfalls ein Überstrom-Schwellwert definiert werden, ab welchem der Schmelzleiter auslösen wird.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht darin, dass eine mit einem solchen Schmelzleiter bereitgestellte Schmelzsicherung auf SMD-Basis durch beispielsweise einen

- 6 -

Reflow-Lötprozess mit der Leiterplatte verbunden werden kann, ohne dass der Schmelzleiter bei den hierbei auftretenden hohen Temperaturen auslösen wird. Da nämlich im Verlaufe dieses Prozesses (Reflow-Lötprozess) kein Strom
5 fließt, rufen diese hohen Temperaturen auch keine Veränderung beim Schmelzleiter hervor. Somit kann eine mit diesem Schmelzleiter bereitgestellte Schmelzsicherung problemlos durch einen Reflow-Lötprozess nach beispielsweise JEDEC Norm (240°C bis 265°C, 10s) auf der
10 Leiterplatte verlötet werden.

Vorzugsweise ist die wenigstens eine Auflage wenigstens abschnittsweise innerhalb der Leiterbahn angeordnet. Hierdurch wird zuverlässig sichergestellt, dass im Falle eines Auslösens des Schmelzleiters, d.h. beim Schmelzen
15 oder Durchbrennen der Leiterbahn des Schmelzleiters, keinerlei Strom zwischen den Anschlusskontakten fließen wird. Durch entsprechende Auswahl der jeweiligen Erstreckung der dem Schmelzleiter bereitgestellten Auflage (z.B. Länge, Breite und Dicke in Relation zum
20 Schmelzleiter) können Auslösecharakteristiken der Leiterbahn des Schmelzleiters bestimmt werden.

Vorzugsweise ist die wenigstens eine Auflage innerhalb der Leiterbahn angrenzend zu einem der Anschlusskontakte des Schmelzleiters angeordnet. Hierdurch kann die
25 Diffusionszone besonders dicht an einem angrenzenden, im Hinblick auf Überstrom und Übertemperatur zu schützenden elektronischen Bauelement (z.B. Leistungstransistor) platziert werden. Es kann eine Auflage angrenzend zu einem Anschlusskontakt vorgesehen sein oder es können zwei

- 7 -

Auflagen jeweils angrenzend zu den beiden Anschlusskontakten vorgesehen sein. Schmelzsicherungen werden zunehmend für die Absicherung von Leistungstransistoren auf Schaltplatinen zur Anwendung in energiereichen Einrichtungen benötigt, wie beispielsweise Automobiltechnik, Heizungs- und Lüftungstechnik, erneuerbare Energien, usw. Energiereiche Anwendungen werden heutzutage optimal geregelt, um somit beispielsweise den Energieverbrauch zu reduzieren. Hierbei arbeiten die Leistungstransistoren oftmals im Pulsbetrieb. Im fehlerfreien Betrieb wird die maximale thermische Belastung der Leistungstransistoren im Pulsbetrieb nicht überschritten. Werden die Leistungstransistoren hingegen im Fehlerfall mit einem konstanten Signal angesteuert oder ist der Leistungstransistor beschädigt, treten im Leistungstransistor hohe Temperaturen von beispielsweise über 200°C auf. Hierdurch entsteht eine Brandgefahr. Durch den Schmelzleiter gemäss der Erfindung, welcher bei einem Übersteigen von einer vorbestimmten hohen Temperatur unverzüglich auslöst, wird jedoch diese Gefahr verhindert. Dieser vorteilhafte Effekt wird weiter erhöht, indem die Schmelzsicherung in unmittelbarer Nähe des Leistungstransistors montiert wird. Indem die Diffusionszone, d.h. die Auflage, in einem Bereich der Leiterbahn angrenzend zu einem der Anschlusskontakte des Schmelzleiters angeordnet wird, d.h. indem die Diffusionszone nahe der Kontakte des Schmelzleiters und somit möglichst nahe am Leistungstransistor bereitgestellt wird, kann die Zuverlässigkeit des Auslösens des Schmelzleiters weiter erhöht werden.

Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung liegt darin, dass ein dem Schmelzleiter zugrundeliegender Basisträger am Randbereich, d.h. angrenzend zu einem der Anschlusskontakte des Schmelzleiters, eine verminderte Wärmeableitfähigkeit aufweist als beispielsweise im Mittenbereich. Indem die Diffusionszone somit in einem so weit wie möglich aussermittigen Bereich des Basisträgers angeordnet wird, d.h. in einem Bereich angrenzend zu einem der Kontakte des Schmelzleiters, wird das Überschreiten einer vorbestimmten Umgebungstemperatur, beispielsweise 200°C, rascher und zuverlässiger detektiert und somit unmittelbar zum Auslösen des Schmelzleiters führen. Dieser Effekt wird unterstützt, indem, in Draufsicht auf den Schmelzleiter betrachtet, die Fläche eines jeweiligen Anschlusskontaktes in Relation zur Leiterbahn möglichst gross ausgebildet ist. Hierdurch weisen die Anschlusskontakte in Relation zur Leiterbahn bessere Eigenschaften zur Wärmeableitung auf. In Längsrichtung des Schmelzleiters betrachtet, werden somit die höchsten Temperaturwerte vorteilhafterweise in der Mitte der Leiterbahn auftreten. Durch Auswahl der Relation zwischen der jeweiligen Breite der Anschlusskontakte und der Breite der Leiterbahn, in Längsrichtung des Schmelzleiters betrachtet, ist einer von mehreren Design-Parametern gegeben, durch welchen ein Auslösen des Schmelzleiters bei Übertemperatur und/oder Überstrom vorbestimmt werden kann. Ein weiterer Design-Parameter ist gegeben durch die Auswahl ob ein oder zwei Auflagen vorgesehen werden.

Vorzugsweise geht der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn schrittweise zunehmend auf den Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte über. Der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn kann hierbei linear oder nicht-linear zunehmen.

- 5 In dieser Ausführungsform nimmt der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn an jeweils beiden Enden der Leiterbahn mit minimalem Leitungsquerschnitt schrittweise zu und wächst auf einen maximalen Leitungsquerschnitt an, welcher gleich dem Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte ist. Der
- 10 Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte kann von diesem Abschnitt ausgehend konstant verlaufen. In dieser Ausgestaltung nimmt der Schmelzleiter eine in Draufsicht anmutende Knochenform an.

- Vorzugsweise ist die wenigstens eine Auflage wenigstens
- 15 abschnittsweise innerhalb der Leiterbahn in einem Bereich des schrittweise zunehmenden Leitungsquerschnitts angeordnet. Hierdurch ist ein weiterer Design-Parameter gegeben, durch welchen eingestellt werden kann, ab welcher Temperatur und/oder ab welchem Stromwert der Schmelzleiter
- 20 auslösen soll.

- Vorzugsweise ist die wenigstens eine Auflage in einem Bereich der Leiterbahn mit schrittweise zunehmendem Leitungsquerschnitt angrenzend zu einem Abschnitt der Leiterbahn mit minimalem Leitungsquerschnitt angeordnet.
- 25 Hierdurch löst der Schmelzleiter zuverlässig bei Übertemperatur und/oder Überstrom aus.

Vorzugsweise umfasst der Schmelzleiter ferner wenigstens eine in die Leiterbahn eingebrachte Ausnehmung, in welcher die wenigstens eine Auflage angeordnet ist. Hierdurch ist

die Diffusionszone insgesamt verdünnt, so dass eine zum Auslösen des Schmelzleiters notwendige bzw. ausreichende Diffusion der Atome des Materials des Schmelzleiters in das Material der Auflage hinein schneller abläuft. Mit

5 abnehmender Materialstärke der Leiterbahn des Schmelzleiters im Bereich der Ausnehmung, resp. mit zunehmender Tiefe der Ausnehmung, sinkt der Temperatur-Schwellwert zum Auslösen des Schmelzleiters. Auch sinkt der Strom-Schwellwert zum Auslösen bei Überstrom. Somit ist das
10 Ausmass der Ausnehmung ein wichtiger Design-Parameter, durch welchen der Temperatur-Schwellwert und der Strom-Schwellwert eingestellt bzw. definiert werden.

Vorzugsweise ist die wenigstens eine Ausnehmung durchgehend quer zur Längsrichtung der Leiterbahn ausgerichtet. Der
15 Schmelzleiter ist üblicherweise als ein langgestreckter, dünner Streifenkörper ausgebildet. Die Ausnehmung ist an der Oberfläche und senkrecht zur Stromrichtung in das Material der Leiterbahn eingebracht. Im Falle eines Auslösens des Schmelzleiters kann somit der Stromfluss
20 komplett unterbrochen werden. Die Ausnehmung wird beispielsweise mittels Fotolithographie, eines Lasers, usw. in die Leiterbahn eingebracht. Diese Ausnehmung wird dann mit dem Material der Auflage gefüllt, beispielsweise mittels eines galvanischen Prozesses. Die Ausnehmung kann
25 teilweise oder vollständig gefüllt werden. Die Ausnehmung kann auch über den Rand der Ausnehmung hinweg mit dem Material der Auflage gefüllt werden. Es kann eine oder es können mehrere Ausnehmungen vorgesehen sein, welche jeweils mit einer Auflage befüllt werden.

- 11 -

Vorzugsweise umfasst das Material des Schmelzleiters Kupfer und umfasst das Material der Auflage Zinn. Herkömmliche Schmelzleiter zum Schutz gegen Überstrom sind üblicherweise aus Kupfer ausgebildet. Mit der Auswahl von Zinn als

5 Material der Auflage ist ein hervorragendes Material gefunden, welches bei Übertemperatur und Stromfluss durch den Schmelzleiter eine Diffusion mit dem Kupfer als Material des Schmelzleiters eingeht. Im Falle des Diffusionsprozesses diffundieren die Kupferatome ins Zinn

10 ein und wird somit eine Kupfer-Zinn-Legierung gebildet. Im Normalbetrieb, beispielsweise beim Leiten eines Nennstroms durch den Schmelzleiter bei Umgebungstemperaturen von 125°C über einen längeren Zeitraum, ruft diese Belastung beim Schmelzleiter keinerlei Veränderung hervor.

15 Die zuvor genannte Aufgabe wird ebenso durch eine Schmelzsicherung gelöst, welche einen Schmelzleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und ferner einen Basisträger aus einem elektrisch isolierenden Material umfasst, wobei der Schmelzleiter auf einer Fläche des Basisträgers

20 angeordnet ist. Als Basisträger kann beispielsweise ein FR4-Basismaterial oder eine Al₂O₃-Keramik verwendet werden. Ein Vorteil dieser Schmelzsicherung besteht darin, dass sie nicht nur gegen Überstrom sondern zusätzlich gegen Übertemperatur zuverlässig absichert. Im Gegensatz zu

25 bekannten Thermosicherungen löst die Schmelzsicherung gemäss der Erfindung jedoch nicht beim Verlöten, beispielsweise mittels eines Reflow-Lötprozesses, aus. Übliche Thermosicherungen würden bei den hierzu notwendigen hohen Temperaturen von beispielsweise 240°C - 265°C sofort

30 auslösen, sodass hiergegen bislang aufwendige

- 12 -

Gegenmassnahmen getroffen werden, wie beispielsweise die Bereitstellung von Drahtabschlüssen. Durch den besonderen Vorteil der Schmelzsicherung gemäss der Erfindung ist eine automatische Bestückung möglich und ist zudem der Aufwand

5 hierzu im Gegensatz zum Stand der Technik stark reduziert, da beispielsweise auf die Bereitstellung von Drahtabschlüssen verzichtet werden kann. Zudem ist die erfindungsgemässe Schmelzsicherung günstiger und viel kleiner als bislang bekannte Thermosicherungen. Die

10 Schmelzsicherung hält zudem alle bekannten Approbationen (IEC 60127 und UL248-14 Norm) ein. Ausserdem ist die Schmelzsicherung resistent gegenüber starken Stromimpulsen.

Vorzugsweise sind die Schmelzleiter auf gegenüberliegenden Flächen des Basisträgers angeordnet. Hierdurch kann eine

15 Schmelzsicherung auf Basis einer Multilayer-Konstruktion mit zwei Schmelzleitern in Parallelschaltung bereitgestellt werden. Beispielsweise können die Diffusionszonen der einzelnen Schmelzleiter in Relation zur Längsrichtung an zueinander versetzten Positionen angeordnet sein. Hierdurch

20 ist eine weiter zuverlässige Auslösung der Schmelzsicherung im Falle einer Übertemperatur gewährleistet.

Vorzugsweise umfasst die Schmelzsicherung ferner zwei Basiskontakte, welche mit jeweils über den Basisträger gegenüberliegenden Anschlusskontakten der Schmelzleiter

25 elektrisch verbunden sind. Somit ist auf einfache Weise eine Schmelzsicherung geschaffen, welche parallel verschaltete Schmelzleiter umfasst. Diese Basiskontakte können ebenfalls aus Kupfer ausgebildet sein.

Vorzugsweise umfasst der Basisträger ein Rogers4000 Material. Übliche Schmelzsicherungen sind zumeist aus Basisträgern zusammengesetzt, welcher beispielsweise FR4-Basismaterialien, bzw. Leiterplattenmaterialien, oder

5 Al₂O₃-Keramiken umfassen. Das FR4-Basismaterial besteht aus Glasgewebe, welches mit Epoxidharz verstärkt ist. Dieses Material weist gute Ausdehnungskoeffizienten in x- und y-Richtung auf. Diese Ausdehnungskoeffizienten liegen im Bereich von 14 bis 17 ppm/K und kommen dem

10 Ausdehnungskoeffizienten von Kupfer als Material des Schmelzleiters mit 17 ppm/K sehr nahe. Kupferfolien, welche verschiedene Stärken haben, beispielsweise 6, 9, 12, 18, 35, 70, 120 und 240µm, werden auf dem FR4 Basismaterial unter Druck und Temperatur aufgepresst und bilden die Basis

15 für den Schmelzleiter. Nachteilig wirken sich jedoch die begrenzten Betriebstemperaturen der FR4-Basismaterialien aus, welche ca. max. 200°C betragen. Noch höhere Temperaturen schädigen das FR4-Basismaterial. Hierbei delaminiert das FR4-Basismaterial und löst sich eine

20 beispielsweise als Schmelzleiter bereitgestellte Kupferfolie von dem FR4-Basismaterial ab. Hiernach treten eine Dekomposition und Verkohlung des FR4-Basismaterials auf. Die Verkohlung ruft leitfähige, relativ niederohmige Schichten hervor, welche somit unzulässig tiefe

25 Isolationswiderstände erzeugen.

Wie zuvor beschrieben, ist es ebenso bekannt, eine Al₂O₃-Keramik als Material des Basisträgers bereitzustellen. Diese Keramik hält gegenüber dem FR4-Basismaterial höheren Temperaturen stand. Allerdings ist der

30 Ausdehnungskoeffizient dieser Keramik von weniger als 8

ppm/K sehr gering, sodass mechanische Spannungen (Bruchgefahr) zwischen dem Schmelzleiter aus Kupfer und der Keramik entstehen. Zudem sind Keramiksubstrate sehr brüchig und entziehen dem Schmelzleiter viel Wärmeenergie. Eine

5 Schmelzsicherung mit kleinen Nennströmen und flinker Charakteristik ist auf Basis von Al_2O_3 -Keramik als Material des Basisträgers somit schwierig zu realisieren. Zudem bricht eine solche Schmelzsicherung leicht bei Beanspruchung des Schmelzleiters auf Torsion oder Biegung.

10 Indem wie vorgeschlagen Rogers4000 Material als Material des Basisträgers verwendet wird, werden vorteilhafterweise alle Vorteile der Al_2O_3 -Keramik und des FR4-Basismaterials vereinigt. Das Rogers4000 Material eignet sich daher ausgezeichnet als Material des Basisträgers der

15 Schmelzsicherung. Dies gilt für alle Arten und Grössen des Basisträgers. Das Rogers4000 Material ist zudem kompatibel mit allen Leiterplattenprozessen und ist selbst bei Temperaturen von bis zu 300°C dauerhaft beständig.

Vorzugsweise ist der wenigstens eine Schmelzleiter mit
20 einem Schutzlack, insbesondere einem Polymer-Schutzlack, beschichtet. Hierdurch ist der Schmelzleiter zuverlässig gegen Umwelteinflüsse geschützt.

Die zuvor genannte Aufgabe wird ebenso durch ein Verfahren zum Herstellen einer Schmelzsicherung gelöst, wobei das
25 Verfahren die Schritte umfasst: Bereitstellen von wenigstens einem Schmelzleiter umfassend zwei Anschlusskontakte und eine zwischengeordnete Leiterbahn, derart, dass die Leiterbahn wenigstens abschnittsweise einen in Relation zu den Anschlusskontakten reduzierten

- 15 -

Leitungsquerschnitt hat; Bereitstellen von einem Basisträger; Bereitstellen des Schmelzleiters mit wenigstens einer Auflage, wobei der Schmelzleiter und die Auflage jeweils aus Materialien ausgewählt werden, welche
5 beim Überschreiten einer vorbestimmten Umgebungstemperatur und beim Leiten eines elektrischen Stroms durch den Schmelzleiter eine Diffusion eingehen; und Anordnen des wenigstens einen Schmelzleiters auf dem Basisträger. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine Schmelzsicherung
10 hergestellt, welche schnell und zuverlässig bei Übertemperatur auslöst. Zudem lässt sich diese Schmelzsicherung durch nur wenige Schritte kostengünstig herstellen.

Durch jeweilige Auswahl der Relation zwischen dem
15 Leitungsquerschnitt der Leiterbahn und dem Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte wird die Umgebungstemperatur (Übertemperatur-Schwellwert) vorbestimmt, bei welcher der Schmelzleiter auslösen soll. Durch diese Auswahl der Relation kann ebenfalls ein
20 Überstrom-Schwellwert definiert werden, ab welchem der Schmelzleiter auslösen wird. Der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn ist in einer Ebene senkrecht zur Längsrichtung des Schmelzleiters in Relation zum Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte reduziert. Somit ist ein Schmelzleiter
25 geschaffen, welcher in der Draufsicht ein H-Profil aufweist. Alternativ kann der Leitungsquerschnitt des Schmelzleiters linear oder nicht-linear auf den Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte anwachsen. Somit ist ein Schmelzleiter geschaffen, welcher in der Draufsicht
30 einem Knochen-Profil entspricht. Der Schmelzleiter wird im

- 16 -

Falle von Übertemperatur und/oder Überstrom stets in dem Abschnitt mit reduziertem Leitungsquerschnitts, d.h. im Verlaufe der Leiterbahn, auslösen. Der Schmelzleiter wird beispielsweise durch Ausstanzen eines einstückigen

5 Materials ausgebildet. Alternativ wird der Schmelzleiter durch Zuschnitt, beispielsweise mittels Laser, ausgebildet.

Vorzugsweise wird die wenigstens eine Auflage wenigstens abschnittsweise innerhalb der Leiterbahn des Schmelzleiters angeordnet. Beim Auslösen des Schmelzleiters, d.h. beim

10 Schmelzen oder Durchbrennen der Leiterbahn, wird der Stromfluss zwischen den Anschlusskontakten somit zuverlässig unterbrochen.

Vorzugsweise wird die wenigstens eine Auflage innerhalb der Leiterbahn angrenzend zu einem der Anschlusskontakte des

15 Schmelzleiters angeordnet. Durch Anordnen der Auflage in einem Bereich angrenzend zu einem der Anschlusskontakte des Schmelzleiters kann somit die Diffusionszone in nächster Nähe zu einem zu schützenden elektronischen Bauelement, beispielsweise ein Leistungstransistor, angeordnet werden.

20 Durch die nächstmögliche Nähe zu diesem elektronischen Bauelement kann die Zuverlässigkeit weiter erhöht werden, mit welcher der Schmelzleiter beim Überschreiten einer vorbestimmten Temperatur schnell und zuverlässig auslösen wird.

25 Vorzugsweise umfasst der Schritt des Bereitstellens des Schmelzleiters mit der wenigstens einen Auflage ein Anordnen der Auflage in wenigstens einer in der Leiterbahn eingebrachten Ausnehmung. In Abhängigkeit von dem Ausmass der Ausnehmung (Länge, Breite und Geometrie in

Längsrichtung des Schmelzleiters betrachtet) und der Tiefe von der Ausnehmung kann ein Temperatur-Schwellwert bestimmt bzw. definiert werden, bei dessen Überschreitung die Schmelzsicherung auslösen wird. Somit können

- 5 Auslösecharakteristiken des Schmelzleiters einfach bestimmt werden.

Die zuvor genannte Aufgabe wird ebenso durch eine SMD-Sicherung gelöst, welche eine Schmelzsicherung nach einem der Ansprüche 10 bis 14 umfasst. Hierdurch ist die

- 10 Bestückung einer SMD-Leiterplatine mit einer SMD-Sicherung als Thermoelement möglich.

Die zuvor genannte Aufgabe wird ebenso durch eine SMD-Schaltung gelöst, welche eine SMD-Sicherung nach Anspruch 19 umfasst. Hierdurch wird eine SMD-Schaltung geschaffen,

- 15 welche wenigstens eine SMD-Sicherung zur thermischen Überwachung von einzelnen elektronischen Bauelementen umfasst.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden

- 20 nachstehend anhand von Figuren noch näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Schmelzsicherung gemäss der Erfindung in Perspektivdarstellung;

- Figur 2 die in Figur 1 gezeigte Schmelzsicherung gemäss der
25 Erfindung in einer Schnittansicht;

Figur 3 einen Schmelzleiter gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung in Perspektivdarstellung;

- 18 -

Figur 4 den in Figur 3 gezeigten Schmelzleiter gemäss der ersten Ausführungsform der Erfindung in einer Schnittansicht;

Figur 5 einen Schmelzleiter gemäss einer zweiten

5 Ausführungsform der Erfindung in Perspektivdarstellung; und

Figur 6 den in Figur 5 gezeigten Schmelzleiter gemäss der zweiten Ausführungsform der Erfindung in einer Schnittansicht.

- 10 Bezugnehmend auf Figuren 1 und 2 umfasst eine Schmelzsicherung 10 gemäss der Erfindung zwei Schmelzleiter 12', 12'', welche jeweils auf in Längsrichtung der Schmelzsicherung 10 betrachtet gegenüberliegenden Flächen eines Basisträgers 14 angeordnet sind. Der Basisträger 14
- 15 besteht aus einem elektrisch isolierenden Material, welches auch bei hohen Temperaturen, beispielsweise bis zu 300°C, dauerhaft beständig ist. Besonders bevorzugt wird Rogers4000 Material als Material des Basisträgers 14 verwendet. Die auf dem Basisträger 14 aufliegenden
- 20 Schmelzleiter 12', 12'' sind jeweils an ihrer der Aussenseite zugewandten Oberfläche mit einer Auflage 16', 16'' bereitgestellt. Die Auflagen 16', 16'' erstrecken sich jeweils in einem Bereich der Schmelzleiter 12', 12'', welcher sich quer zur Stromrichtung erstreckt.
- 25 Jeweilige Enden der gegenüberliegenden Schmelzleiter 12', 12'', auch als Anschlusskontakte bezeichnet, welche in Längsschnittrichtung der Schmelzsicherung 10 betrachtet auf einer Ebene liegen, sind jeweils über Basiskontakte 18', 18'' elektrisch miteinander verbunden. Diese Basiskontakte

- 19 -

18', 18'' dienen als Anschlüsse der Schmelzsicherung 10 zum
Leiten eines elektrischen Stroms in Längsrichtung der
Schmelzsicherung 10. Die Schmelzleiter 12', 12'' und die
Basiskontakte 18', 18'' sind beispielsweise aus Kupfer
5 ausgebildet. Sobald der durch die Schmelzsicherung 10
geleitete Strom eine vorbestimmte bzw. definierte
Stromgrösse (Strom-Schwellwert) übersteigt, wird auf
übliche Weise einer der Schmelzleiter 12', 12'' schmelzen
bzw. durchbrennen. Aufgrund des somit reduzierten
10 Leitungsquerschnitts wird dann unmittelbar der weitere
Schmelzleiter ebenfalls schmelzen bzw. durchbrennen. Der
Strompfad ist somit unterbrochen.

Neben diesem Schutz vor Überstrom bietet die
Schmelzsicherung 10 ebenfalls einen Schutz gegen
15 Übertemperatur. Hierbei kommt die zuvor erwähnte Auflage
16', 16'' zum Tragen. Übersteigt nämlich die
Umgebungstemperatur einen vorbestimmten Temperatur-
Schwellwert, beispielsweise 200°C, und fliesst zusätzlich
ein elektrischer Strom durch die Schmelzleiter 12', 12'',
20 wird erfindungsgemäss ein Diffusionsprozess aktiviert, bei
welchem die Atome des Materials des Schmelzleiters (Kupfer)
in das Material der Auflage 16', 16'' eindiffundieren. Als
Diffusionspartner ist hierzu das Material der Auflage 16',
16'' aus Zinn gewählt. In diesem Beispiel wird durch das
25 Eindiffundieren der Kupferatome in die Zinn-Auflage eine
Kupfer-Zinn-Legierung gebildet. Wie im Folgenden
detaillierter erläutert, ist die Auflage 16', 16'' zur
Verstärkung des Diffusionsprozesses in einer in das
Material des Schmelzleiters 12', 12'' eingebrachten
30 Ausnehmung 20', 20'' eingefüllt.

- 20 -

Sobald die Umgebungstemperatur den vorbestimmten Temperatur-Schwellwert erreicht, bzw. übersteigt, diffundiert die Kupferschicht komplett in die Zinnschicht ein. Es entsteht auch bei Nennstrom eine hochohmige

5 Diffusionszone mit hoher Verlustleistung $P=I_n^2 \times R$. Hierbei sinkt die Schmelztemperatur der Diffusionszone von beispielsweise 1080°C auf ca. 500°C . Die Diffusionszone ist durch entsprechende Wahl von Design-Parametern, wie beispielsweise Ausmass, Materialwahl, usw., derart

10 entworfen, dass die reduzierte Schmelztemperatur von ca. 500°C auch schon bei relativ geringen Strömen erreicht wird und der Stromkreis somit zuverlässig durch Auslösen bzw. Durchbrennen der Schmelzleiter 12', 12'' an der Stelle der Diffusionszone unterbrochen wird. Somit löst die

15 Schmelzsicherung 10 auch dann bei vorbestimmten Umgebungstemperaturen (Übertemperatur) aus, beispielsweise mehr als 200°C , wenn kein Überstrom fliesst. Die Funktionsweise und der Vorteil der Schmelzsicherung 10 werden im Folgenden nach genauerer Betrachtung der

20 Schmelzleiter erläutert.

Figuren 3 und 4 zeigen detailliert einen Schmelzleiter 12_1 gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung jeweils in einer Perspektivdarstellung und in einer Schnittansicht. Der Schmelzleiter 12_1 ist einstückig aus zwei

25 Anschlusskontakten 24_1', 24_1'' und einer zwischen den Anschlusskontakten 24_1', 24_1'' angeordneten Leiterbahn 26_1 zusammengesetzt, wobei die Leiterbahn 26_1 einen in Relation zu den Anschlusskontakten 24_1', 24_1'' durchgehend reduzierten Leitungsquerschnitt hat. Der

30 Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_1 ist über die

- 21 -

gesamte Erstreckung der Leiterbahn 26_1 hinweg konstant.
Zudem sind die Anschlusskontakte 24_1', 24_1'' in Relation
zur Leiterbahn 26_1 sehr grossflächig. Durch diese
Ausgestaltung ist im Bereich der Anschlusskontakte 24_1',
5 24_1'' eine wesentlich höhere Wärmeableitung ermöglicht als
im Bereich der Leiterbahn 26_1 selber. In Längsrichtung des
Schmelzleiters 12_1 betrachtet, ist die Temperatur ungefähr
in der Mitte der Leiterbahn 26_1 am höchsten und nimmt in
Richtung zu beiden Anschlusskontakten 24_1', 24_1'' hin ab.

10 In der Draufsicht betrachtet, nimmt die Aussenform des
Schmelzleiters 12_1 ein H-Profil an. Die Anschlusskontakte
24_1', 24_1'' sind rechteckig ausgebildet, wobei die
Anschlusskontakte 24_1', 24_1'' auch andere Formen
übernehmen können, solange insgesamt, in einer Ebene
15 senkrecht zur Längsrichtung des Schmelzleiters betrachtet,
der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_1 in Relation zu
dem Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte 24_1', 24_1''
reduziert ist. Beispielsweise ist der Schmelzleiter 12_1
durch Ausstanzen eines einstückigen Materials (z.B. Kupfer)
20 ausgebildet. Alternativ kann der Schmelzleiter 12 durch
Zuschnitt, beispielsweise mittels Laser, ausgebildet
werden.

Die Auflage 16_1 ist in die Ausnehmung 20_1 eingefüllt,
welche in dem Material der Leiterbahn 26_1 eingebracht ist.

25 Obwohl in Figuren 3 und 4 nicht gezeigt, können an beiden
Endabschnitten der Leiterbahn 26_1, an den Übergängen zu
den Anschlusskontakten 24_1', 24_1'', Ausnehmungen mit
jeweils eingefüllten Auflagen bereitgestellt sein. Durch
den im Bereich der Ausnehmung 20_1 reduzierten

- 22 -

Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_1 ist einer der Design-Parameter zum Einstellen bzw. Definieren des Temperatur-Schwellwerts aufgezeigt. Mit abnehmendem Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_1 (Kupfer) wird der Temperatur-Schwellwert zunehmend reduziert. Somit gestattet die geometrische Form der Ausnehmung 20_1 insgesamt eine Möglichkeit zum Einstellen bzw. Definieren des Temperatur-Schwellwerts. Sobald die Aussentemperatur diesen Temperatur-Schwellwert übersteigt, hat dies ein Schmelzen bzw. Durchbrennen des Schmelzleiters 12_1 im Bereich der Leiterbahn 26_1 zur Folge. Als ein weiterer Design-Parameter zum Einstellen bzw. Definieren des Temperatur-Schwellwerts dient die Materialmenge der Auflage 16_1, d.h. die Zinnmenge. Ein weiterer Design-Parameter zum Einstellen bzw. Definieren des Temperatur-Schwellwerts ist durch die Wahl der Materialzusammensetzung der beiden Diffusionspartner aufgezeigt. Neben den hier vorgestellten Diffusionspartnern Kupfer und Zinn können auch weitere geeignete Diffusionspartner gewählt werden.

Zum Schützen des Schmelzleiters 12_1 gegen schädigende Ausseneinwirkungen kann dieser mit einem Schutzlack 22_1, beispielsweise ein Polymer-Schutzlack, beschichtet sein (siehe Figur 4).

Figuren 5 und 6 zeigen detailliert einen Schmelzleiter 12_2 gemäss einer zweiten Ausführungsform der Erfindung jeweils in einer Perspektivdarstellung und in einer Schnittansicht. Der Schmelzleiter 12_2 ist einstückig aus zwei Anschlusskontakten 24_2', 24_2'' und einer zwischen den Anschlusskontakten 24_2', 24_2'' angeordneten Leiterbahn

26_2 zusammengesetzt, gleich dem in Figuren 4 und 5 gezeigten Aufbau des Schmelzleiters 12_1 der ersten Ausführungsform.

Der Schmelzleiter 12_2 gemäss der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich vom Schmelzleiter 12_1 gemäss der ersten Ausführungsform darin, dass sich der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_2 an beiden Endabschnitten stufenförmig auf den grösseren Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte 24_2', 24_2'' annähert. Im Gegensatz zur ersten Ausführungsform ist also der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_2 nicht über die gesamte Erstreckung der Leiterbahn 26_2 hinweg konstant.

Wie in Figur 5 zu erkennen, nimmt der Leitungsquerschnitt linear zu. Die Leiterbahn 26_2 umfasst also, in der Draufsicht betrachtet, an ihren beiden Enden jeweils Abschnitte der Form von einem gleichschenkligen Trapez. In der Draufsicht betrachtet, nimmt die Aussenform des Schmelzleiters 12_2 somit ein knochenförmiges Profil an. Der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_2 kann alternativ auch nicht-linear zunehmen, wodurch den Endabschnitten der Leiterbahn 26_2, in der Draufsicht betrachtet, eine vom gleichschenkligen Trapez unterschiedliche geometrische Form verliehen wird.

Die Anschlusskontakte 24_2', 24_2'' sind in der Draufsicht weiterhin rechteckig ausgebildet, wobei sie auch andere geometrische Formen annehmen können, solange insgesamt der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_2 in Relation zu dem Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte 24_2', 24_2'' zur Mitte des Schmelzleiter 12_2 verlaufend abnimmt.

- 24 -

Im Gegensatz zu dem in Figuren 3 und 4 gezeigten Schmelzleiter umfasst der Schmelzleiter 12_2 gemäss der zweiten Ausführungsform zwei Ausnehmungen 20_2', 20_2'', welche in dem Material der Leiterbahn 26_2 eingebracht sind. Die Ausnehmungen 20_2', 20_2'' sind jeweils in jenen Bereichen der Leiterbahn 26_2 angeordnet, in welchen der Leitungsquerschnitt wie zuvor beschrieben zunimmt. Mit anderen Worten, sind die Ausnehmungen 20_2', 20_2'', in der Draufsicht betrachtet, jeweils an den stumpfen Spitzen der trapezförmigen Endabschnitte von der Leiterbahn 26_2 angeordnet.

In die Ausnehmungen 20_2', 20_2'' sind jeweils Auflagen 16_2', 16_2'' eingefüllt. Durch den somit im Bereich der Ausnehmungen 20_2', 20_2'' reduzierten Leitungsquerschnitt der Leiterbahn 26_2 und zusätzlich durch die jeweils trapezförmige Geometrie der Endabschnitte von der Leiterbahn 26_2 in der Draufsicht, ist einer von einer Vielzahl von Design-Parametern zum Einstellen bzw. Definieren des Temperatur-Schwellwerts aufgezeigt. Durch Auswahl der geometrischen Form der Ausnehmungen 20_2', 20_2'' wird insgesamt eine Möglichkeit zum Einstellen bzw. Definieren des Temperatur-Schwellwerts gegeben. Zum Schutz gegen schädigende Ausseneinwirkungen ist der Schmelzleiter 12_2 mit einem Schutzlack 22_2 beschichtet.

Die in Figuren 1 und 2 gezeigte Schmelzsicherung 10 kann einseitig oder doppelseitig mit einem oder mehreren Schmelzleitern 12_1 der ersten Ausführungsform (siehe Figuren 3 und 4) oder einem oder mehreren Schmelzleitern

- 25 -

12_2 der zweiten Ausführungsform (siehe Figuren 5 und 6) bestückt werden. Es sind auch Kombinationen möglich.

Insgesamt ist somit eine zuverlässige Schmelzsicherung 10 zur thermischen und zugleich elektrischen Überwachung von

5 beispielsweise nebengeordneten Leistungstransistoren geschaffen. Ein Vorteil besteht darin, dass die Schmelzsicherung 10 trotz Thermosicherung-Merkmal dazu geeignet ist, durch einen direkten Reflow-Lötprozess auf der Leiterplatte verlötet zu werden ohne auszulösen. Da

10 nämlich im Verlaufe dieses Reflow-Lötprozess kein Strom durch den Schmelzleiter 12 fließt, lösen die hierbei auftretenden hohen Temperaturen den Schmelzleiter 12 auch nicht aus. Erst im Betriebszustand, d.h. beim Durchleiten eines Stroms, beispielsweise Nennstrom, löst der

15 Schmelzleiter 12 auch bei Übertemperaturen aus, welche niedriger als die beim Reflow-Lötprozess auftretenden Temperaturen sein können.

Somit ist eine bislang noch nicht dagewesene SMD-Sicherung geschaffen, welche auf SMD-Basis automatisch bestückt und
20 verlötet werden kann. Durch den kleinen Formfaktor der SMD-Sicherung kann diese vorteilhafterweise besonders nahe an einem stark wärmeentwickelnden elektrischen Bauteil, beispielsweise Leistungstransistor, platziert werden.

Sobald dieses Bauteil eine Temperatur annimmt, welche einen
25 vorbestimmten Temperatur-Schwellwert übersteigt, z.B. hervorgerufen durch einen Defekt von dem Bauteil selber oder einen Defekt in der Schaltung, löst die SMD-Sicherung rasch aus, wodurch der Stromfluss an dieses defekte Bauteil zuverlässig unterbrochen wird.

- 26 -

Die Schmelzsicherung 10 hat einen kleinstmöglichen Formfaktor (beispielsweise 0201, 0402, 0603, 1206, 1812, 2010, 2512, 4018, usw.). Zudem besitzt die Schmelzsicherung 10 eine hohe Pulsbelastbarkeit, da der Schmelzleiter 12 auf dem Basisträger 14 fixiert ist.

Eine Multilayer-Konstruktion mit einem oder mehreren Schmelzleitern 12; 12', 12'' in Parallelschaltung ist ermöglicht. Zum Schutz vor Umwelteinflüssen ist der Schmelzleiter 12; 12', 12'' komplett durch einen Schutzlack 22; 22', 22'' geschützt. Durch entsprechende Wahl der zuvor genannten Design-Parameter ist der Einsatz bei maximalen Umgebungstemperaturen von bis zu 280°C möglich. Ebenso können Ströme im Bereich von einigen mA bis mehreren hundert A abgesichert werden. Aufgrund des kleinen Formfaktors kann die Schmelzsicherung 10 vorteilhafterweise besonders nahe an stark wärmeentwickelnden elektrischen Bauteilen, beispielsweise Leistungstransistoren, platziert werden. Hierdurch ist eine gute Wärmekopplung gestattet, durch welche unverzüglich erhöhte Temperaturen, beispielsweise eine erhöhte Temperatur des Leistungstransistors, welche aufgrund von einer Fehlfunktion des Leistungstransistors hervorgerufen ist, erfasst werden kann. Indem die Schmelzsicherung 10 beim Überschreiten der definierten Übertemperatur sofort auslöst, wird somit das Risiko einer Brandentwicklung eliminiert. Gegenüber herkömmlich bekannten Thermosicherungen bietet die Schmelzsicherung 10 insgesamt wesentliche Verbesserungen im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Kosten, Grösse, Gewicht, Verarbeitung, Pulsresistenz, Vibrationsfestigkeit, Ansprechverhalten, usw.

- 27 -

Es ist eine Schmelzsicherung 10 geschaffen, welche bisher bekannte Eigenschaften von Sicherungen im Hinblick auf Strom-Zeit-Verhalten, Temperaturverhalten, Impulsfestigkeit, Ausschaltvermögen, Isolationsfestigkeit, i2t-Werte, Material- und Fertigungskosten verbessert und
5 erweitert.

Patentansprüche

1. Schmelzleiter (12_1; 12_2) umfassend zwei Anschlusskontakte (24_1', 24_1''; 24_2', 24_2'') und eine
5 zwischengeordnete Leiterbahn (26_1; 26_2), wobei die Leiterbahn (26_1; 26_2) wenigstens abschnittsweise einen in Relation zu den Anschlusskontakten (24_1', 24_1''; 24_2', 24_2'') reduzierten Leitungsquerschnitt hat, ferner umfassend wenigstens eine Auflage (16_1; 16_2', 16_2''),
10 wobei der Schmelzleiter (12_1; 12_2) und die Auflage (16_1; 16_2', 16_2'') jeweils Materialien umfassen, welche beim Überschreiten einer vorbestimmten Umgebungstemperatur und beim Leiten eines elektrischen Stroms durch den Schmelzleiter (12_1; 12_2) eine Diffusion eingehen.

15

2. Schmelzleiter (12_1; 12_2) nach Anspruch 1, bei welchem die wenigstens eine Auflage (16_1; 16_2', 16_2'') wenigstens abschnittsweise innerhalb der Leiterbahn (26_1; 26_2) angeordnet ist.

20

3. Schmelzleiter (12_1) nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem die wenigstens eine Auflage (16_1) innerhalb der Leiterbahn (26_1) angrenzend zu einem der Anschlusskontakte (24_1', 24_1'') des Schmelzleiters (12_1) angeordnet ist.

25

4. Schmelzleiter (12_2) nach Anspruch 1 oder 2,

- 29 -

bei welchem der Leitungsquerschnitt der Leiterbahn (26_2) schrittweise zunehmend auf den Leitungsquerschnitt der Anschlusskontakte (24_2', 24_2'') übergeht.

- 5 5. Schmelzleiter (12_2) nach Anspruch 4,
bei welchem die wenigstens eine Auflage (16_2', 16_2'')
wenigstens abschnittsweise innerhalb der Leiterbahn (26_2)
in einem Bereich des schrittweise zunehmenden
Leitungsquerschnitts angeordnet ist.

10

6. Schmelzleiter (12_2) nach Anspruch 4 oder 5,
bei welchem die wenigstens eine Auflage (16_2', 16_2'') in
einem Bereich der Leiterbahn (26_2) mit schrittweise
zunehmendem Leitungsquerschnitt angrenzend zu einem
15 Abschnitt der Leiterbahn (26_2) mit minimalem
Leitungsquerschnitt angeordnet ist.

7. Schmelzleiter (12_1; 12_2) nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
20 ferner umfassend wenigstens eine in die Leiterbahn (26_1;
26_2) eingebrachte Ausnehmung (20_1; 20_2', 20_2''), in
welcher die wenigstens eine Auflage (16_1; 16_2', 16_2'')
angeordnet ist.

- 25 8. Schmelzleiter (12_1; 12_2) nach Anspruch 7,

- 30 -

bei welchem die wenigstens eine Ausnehmung (20_1; 20_2', 20_2'') durchgehend quer zur Längsrichtung der Leiterbahn (26_1; 26_2) ausgerichtet ist.

5 9. Schmelzleiter (12_1; 12_2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei das Material des Schmelzleiters (12_1; 12_2) Kupfer umfasst und das Material der Auflage (16_1; 16_2', 16_2'') Zinn umfasst.

10

10. Schmelzsicherung (10), umfassend wenigstens einen Schmelzleiter (12; 12', 12'') nach einem der vorhergehenden Ansprüche und ferner umfassend einen Basisträger (14) aus einem elektrisch isolierenden Material, wobei der
15 Schmelzleiter (12; 12', 12'') auf einer Fläche des Basisträgers (14) angeordnet ist.

11. Schmelzsicherung (10) nach Anspruch 10,

bei welcher die Schmelzleiter (12', 12'') auf
20 gegenüberliegenden Flächen des Basisträgers (14) angeordnet sind.

12. Schmelzsicherung (10) nach Anspruch 10 oder 11,

ferner umfassend zwei Basiskontakte (18', 18''), welche mit
25 jeweils über den Basisträger (14) gegenüberliegenden Anschlusskontakten der Schmelzleiter (12', 12'') elektrisch verbunden sind.

- 31 -

13. Schmelzsicherung (10) nach einem der Ansprüche 10 bis 12,

bei welcher der Basisträger (14) ein Rogers4000 Material
5 umfasst.

14. Schmelzsicherung (10) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, bei welcher der wenigstens eine Schmelzleiter (12; 12', 12'') mit einem Schutzlack (22; 22', 22''), insbesondere
10 einem Polymer-Schutzlack, beschichtet ist.

15. Verfahren zum Herstellen einer Schmelzsicherung (10), umfassend die Schritte:

Bereitstellen von wenigstens einem Schmelzleiter (12; 12', 12'') umfassend zwei Anschlusskontakte (24', 24'') und eine
15 zwischengeordnete Leiterbahn (26), derart, dass die Leiterbahn (26) wenigstens abschnittsweise einen in Relation zu den Anschlusskontakten (24', 24'') reduzierten Leitungsquerschnitt hat;

20 Bereitstellen von einem Basisträger (14);

Bereitstellen des Schmelzleiters (12; 12', 12'') mit wenigstens einer Auflage (16; 16', 16''), wobei der Schmelzleiter (12; 12', 12'') und die Auflage (16; 16', 16'') jeweils aus Materialien ausgewählt werden, welche
25 beim Überschreiten einer vorbestimmten Umgebungstemperatur und beim Leiten eines elektrischen Stroms durch den Schmelzleiter (12; 12', 12'') eine Diffusion eingehen; und

- 32 -

Anordnen des wenigstens einen Schmelzleiters (12; 12', 12'') auf dem Basisträger (14).

16. Verfahren nach Anspruch 15,

- 5 bei welchem die wenigstens eine Auflage (16; 16', 16'') wenigstens abschnittsweise innerhalb der Leiterbahn (26) des Schmelzleiters (12; 12', 12'') angeordnet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,

- 10 bei welchem die wenigstens eine Auflage (16; 16', 16'') innerhalb der Leiterbahn (26) angrenzend zu einem der Anschlusskontakte (24', 24'') des Schmelzleiters (12; 12', 12'') angeordnet wird.

- 15 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei welchem der Schritt des Bereitstellens des Schmelzleiters (12; 12', 12'') mit der wenigstens einen Auflage (16; 16', 16'') ein Anordnen der Auflage (16; 16', 16'') in wenigstens einer in der Leiterbahn (26)
20 eingebrachten Ausnehmung (20; 20', 20'') umfasst.

19. SMD-Sicherung, umfassend eine Schmelzsicherung (10) nach einem der Ansprüche 10 bis 14.

- 25 20. SMD-Schaltung, umfassend eine SMD-Sicherung nach Anspruch 19.