



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 12 179 T2 2004.01.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 046 326 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 12 179.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/25417**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 960 572.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/029147**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.11.1998**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **10.06.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.10.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **12.03.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.01.2004**

(51) Int Cl.7: **H05K 1/16**  
**H01H 69/02**

(30) Unionspriorität:  
**982589 02.12.1997 US**

(73) Patentinhaber:  
**Littelfuse, Inc., Des Plaines, Ill., US**

(74) Vertreter:  
**BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE**

(72) Erfinder:  
**KRUEGER, J., David, Arlington Heights, US;**  
**NEUHALFEN, J., Andrew, Algonquin, US**

(54) Bezeichnung: **GEDRUCKTE SCHALTUNGSPLATINE MIT INTEGRIERTER SCHMELZSICHERUNG**

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

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein Leiterplattenanordnungen mit direkt in die Schaltkreisgeometrie integrierten Dünnschichtsicherungen.

[0002] Herkömmliche Leiterplatten weisen allgemein eine laminare Konstruktion aus einem elektrisch isolierenden Substrat, einer leitfähigen Schicht und einem Kleber auf. Der Kleber verbindet die leitfähige Schicht mit dem isolierenden Substrat. Zum Beispiel bedeckt eine Kupferumhüllung eine Oberfläche des isolierenden Substrats, das allgemein aus einem der folgenden Materialien gebildet ist: FR4-Epoxidharz, Keramik, Glas-Epoxidharzmischungen, Polimiden, Melamin und elektrisch isolierenden Polymeren. Von Leiterplatten-Herstellern werden verschiedene Techniken angewendet, um Abschnitte der leitfähigen Schicht wegzuzäten, wodurch leitfähige Spuren zurückbleiben, die die gewünschten elektrischen Schaltkreisgeometrien definieren.

[0003] Das Dokument WO 96/41359 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für eine oberflächenbefestigte Sicherungsvorrichtung, die auf einer Leiterplatte zu befestigen ist und insofern nicht in sie integriert ist.

[0004] Das US-Patent 3,619,725 offenbart einen in einer Struktur eines Verbindungsschaltkreises einer integrierten Schaltung umfaßten Sicherungseinsatz, wobei der Sicherungseinsatz einen dünnen Film aus Titan mit einem oder ohne einen dünnen Film aus Platin auf dem Titanfilm umfaßt.

[0005] Zusätzlich sind verschiedene Technologien angewendet worden, um getrennte oberflächenbefestigte elektronische Bauteile, einschließlich Sicherungen, an diesen leitfähigen Spuren zu befestigen oder mit diesen zu verbinden, um Schaltkreismodule, Anordnungen oder Unteranordnungen zu bilden. Diese getrennten oberflächenbefestigten elektronischen Bauelemente werden typischerweise an die leitfähigen Spuren gelötet oder elektrisch mit ihnen verbunden. Heutzutage treiben jedoch bei vielen Anwendungen die Miniaturisierungsvoraussetzungen die Konstruktion der Leiterplatten voran, einschließlich einzelner Leiterplattenanwendungen, wo das ebene "Grundstück" der Leiterplatte minimal sein kann und bei Mehrfach-Plattenanwendungen eine Vielzahl von Leiterplatten vertikal gestapelt werden muß. Entsprechend gibt es einen Bedarf für Leiterplattenanordnungen mit elektrischen Dünnschichtsicherungen, die direkt in die Schaltkreisgeometrie oder die leitfähigen Spuren integriert sind, um einen Schutz für die definierten Schaltkreisgeometrien zu bieten.

[0006] Die Erfindung ist gestaltet, um diesen Bedarf zu erfüllen und dieses und andere Probleme zu lösen.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Schutz einer integrierten Schaltung für die definierten Schaltkreisgeometrien einer Leiterplattenanordnung zu schaffen.

[0008] Es ist ferner Aufgabe der Erfindung ein Ver-

fahren zum Herstellen einer Leiterplattenanordnung mit einem Schutz des integrierten Schaltkreises zu schaffen.

[0009] Nach einem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Leiterplattenanordnung mit einer leitfähigen Spur geschaffen, die eine elektrische Schaltkreisgeometrie auf einer ersten Oberfläche einer Leiterplatte definiert. Eine Dünnschichtsicherung auf der Leiterplatte verbindet erste und zweite Abschnitte der leitfähigen Spur elektrisch. Die Dünnschichtsicherung weist eine schmelzbare Verbindung, einschließlich einer ersten leitfähigen Schicht und einer zweiten leitfähigen Schicht auf. Die zweite leitfähige Schicht umfaßt ein anderes leitfähiges Material als das Material, welches die erste leitfähige Schicht umfaßt.

[0010] Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine elektrische Anordnung mit einem isolierenden Substrat geschaffen, das eine erste leitfähige Spur und eine zweite leitfähige Spur auf einer ersten Oberfläche aufweist. Die leitfähigen Spuren sind angepaßt, um hieran ein elektrisches Bauelement zu verbinden. Eine schmelzbare Verbindung ist auf der ersten Oberfläche des Substrats gebildet und verbindet die erste leitfähige Spur und die zweite leitfähige Spur elektrisch. Die schmelzbare Verbindung umfaßt eine erste leitfähige Schicht und eine zweite leitfähige Schicht, wobei die zweite leitfähige Schicht ein anderes Material als ein Material umfaßt, welches die erste leitfähige Schicht umfaßt. Eine Schutzschicht bedeckt die schmelzbare Verbindung.

[0011] Nach einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Anordnung mit einem Schutz einer integrierten Schaltung geschaffen. Die elektrische Anordnung umfaßt ein elektrisch isolierendes Substrat mit einer leitfähigen Spur auf einer ersten Oberfläche hiervon, um eine elektrische Schaltkreisgeometrie zu definieren. Das Verfahren umfaßt das Entfernen eines Abschnitts der leitfähigen Spur, um das elektrisch isolierende Substrat freizulegen, um somit erste und zweite Schaltkreisspuren zu bilden. Eine erste leitfähige Schicht wird auf dem freigelegten Substrat abgeschieden und verbindet die erste Schaltkreisspur und die zweite Schaltkreisspur. Eine zweite leitfähige Schicht wird auf der ersten leitfähigen Schicht abgeschieden, um eine schmelzbare Verbindung zu bilden.

[0012] Nach einem vierten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Anordnung mit einem Schutz eines integrierten Schaltkreises geschaffen. Das Verfahren umfaßt das Konditionieren der Oberfläche eines isolierenden Substrats, um die Substratoberfläche für eine Verbindung mit einer leitfähigen Schicht förderlich zu machen. Eine erste leitfähige Schicht, d. h. ein schmelzbares Element, wird auf die aufgerauhte Oberfläche des isolierenden Substrats aufgebracht. Leitfähige Spuren werden auf das isolierende Substrat beschichtet, so daß das schmelzbare Element die leitfähigen Spuren elektrisch verbindet. Eine zweite leit-

fähige Schicht wird auf die erste leitfähige Schicht aufgebracht, um eine schmelzbare Verbindung zu bilden. Schließlich wird eine Schutzschicht auf die schmelzbare Verbindung aufgebracht.

[0013] Nach einem letzten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen einer Leiterplattenanordnung mit einem Schutz eines integrierten Schaltkreises geschaffen. Die Leiterplattenanordnung umfaßt ein elektrisch isolierendes Substrat mit einer an eine Oberfläche des Substrats befestigten ersten leitfähigen Schicht. Das Verfahren zum Herstellen umfaßt die Schritte des Entfernens eines Abschnitts der leitfähigen Schicht, um eine Schaltkreisgeometrie zu definieren. Eine zweite leitfähige Schicht wird auf die Schaltkreisgeometrie aufgebracht, um eine schmelzbare Verbindung zu bilden. In einem letzten Schritt wird eine Schutzschicht auf die schmelzbare Verbindung aufgebracht.

[0014] Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den folgenden Zeichnungen deutlich werden.

[0015] Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen:

[0016] **Fig. 1** eine Draufsicht auf eine elektrische Anordnung mit einem Schutz eines integrierten Schaltkreises gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0017] **Fig. 2** eine Seitenansicht einer elektrischen Anordnung mit einem Schutz eines integrierten Schaltkreises gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0018] **Fig. 3A-3K** eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform des Direktabscheideverfahrens zum Herstellen einer elektrischen Anordnung;

[0019] **Fig. 4A-4E** eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform des Direktabscheideverfahrens zum Herstellen einer elektrischen Anordnung; Figuren 5A-5F eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform eines Direktätzverfahrens zum Herstellen einer elektrischen Anordnung;

[0020] **Fig. 6** eine Vorderansicht einer nach dem erfindungsgemäßen Direktabscheideverfahren hergestellten elektrischen Anordnung; und

[0021] **Fig. 7** eine Vorderansicht einer gemäß dem erfindungsgemäßen Direktätzverfahren hergestellten elektrischen Anordnung.

[0022] Obwohl diese Erfindung in vielen verschiedenen Ausführungsformen ausgeführt werden kann, sind in den Zeichnungen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gezeigt und werden detailliert hierin beschrieben, wobei es deutlich sein sollte, daß die gegenwärtige Offenbarung als ein erläuterndes Beispiel der Prinzipien der Erfindung anzusehen ist, und es nicht beabsichtigt ist, die breiten Aspekte der Erfindung auf die dargestellten Ausführungsformen einzugrenzen.

[0023] Die Erfindung integriert eine Dünnschichtsicherung direkt in den Schaltkreis einer Leiterplatte.

Eine erfindungsgemäße elektrische Anordnung **10** in **Fig. 1** umfaßt ein elektrisch isolierendes Substrat **15** mit einer ersten Oberfläche **20**. Eine erste leitfähige Spur **25** und eine zweite leitfähige Spur **30** befinden sich auf der ersten Oberfläche **20** und sind angepaßt, so daß zusätzliche elektrische Bauteile hiermit verbunden werden können. Eine schmelzbare Verbindung **35** befindet sich auf der ersten Oberfläche **20** und verbindet die erste leitfähige Spur **25** mit der zweiten leitfähigen Spur **30** elektrisch. Die schmelzbare Verbindung **35** umfaßt eine erste leitfähige Schicht **40** und eine zweite leitfähige Schicht **45**. Die zweite leitfähige Schicht **45** ist auf eine Oberfläche der ersten leitfähigen Schicht **40** abgeschieden und umfaßt ein anderes Material als ein Material, daß die erste leitfähige Schicht **40** umfaßt. Eine Schutzschicht **50** bedeckt die schmelzbare Verbindung **35**, um die schmelzbare Verbindung **35** vor Einwirkung und Oxidation zu schützen.

[0024] **Fig. 2** zeigt eine elektrische Anordnung **10**, die aus vertikal gestapelten Leiterplatten **15a**, **15b** besteht. Die Leiterplatte **15a** weist einen integrierten Sicherungsschutz auf einer Oberfläche hiervon auf d. h. die leitfähigen Spuren **25**, **30** sind über die schmelzbare Verbindung **35** elektrisch verbunden. Die schmelzbare Verbindung umfaßt eine erste leitfähige Schicht **40** und eine zweite leitfähige Schicht **45**. Die Schutzschicht **50** bedeckt die schmelzbare Verbindung **35**. Die Leiterplatte **15b** ist vertikal auf die Leiterplatte **15a** gestapelt. Letztendlich sind die Leiterplatten **15a**, **15b** aufeinander geschichtet, um eine einzelne Anordnung zu bilden. Die Leiterplatte **15b** weist Öffnungen **51**, **52** auf, die einen elektrischen Zugang zu den elektronischen Bauelementen, einschließlich der schmelzbaren Verbindung **35**, erlauben, die mit der Leiterplatte **15a** verbunden sind. Es sollte offensichtlich sein, daß die Erfindung ebenso eine elektrische Anordnung in Erwägung zieht, die eine Vielzahl vertikal gestapelter Leiterplatten umfaßt, wie es beispielsweise in **Fig. 2** gezeigt ist.

[0025] Zwei bevorzugte Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Anordnung mit einer direkt in den Schaltkreis der Leiterplatte integrierten Dünnschichtsicherung werden erörtert. Bei dem ersten bevorzugten Verfahren wird ein Abschnitt des bestehenden Schaltkreises entfernt, wodurch das isolierende Substrat der Leiterplatte freigelegt wird. Eine Dünnschichtsicherung wird dann auf dem isolierenden Substrat mit Hilfe herkömmlicher Abscheidetechniken aufgebaut. Dieses Verfahren wird hierin als "direktes Abscheideverfahren" bezeichnet. Bei dem zweiten bevorzugten Verfahren kann eine Dünnschichtsicherung direkt in die Leiterplatte mit Hilfe des Ätzens der Sicherung direkt in den bestehenden Schaltkreis integriert werden. Dieses Verfahren wird hierin als "direktes Ätzverfahren" bezeichnet.

[0026] Die in den Figuren 3A-3K dargestellte Ausführungsform Verschiedene Schritte zum Herstellen einer elektrischen Anordnung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des direkten Abscheidever-

fahrens werden mit Bezug auf die Figuren 3A-3K beschrieben. Wie in den **Fig. 3A** und **3B** dargestellt ist, ist eine Leiterplatte **60** mit einer leitfähigen Umhüllungsoberfläche **65** mit einem Photolackmaterial **70** bedeckt. Typischerweise ist die Leiterplatte **60** ein Laminat eines elektrisch isolierenden Substrats (z. B. Keramik, Glas-Epoxidharz, elektrisch isolierender Polymere und FR4-Epoxidharz), eines Klebers und einer leitfähigen Folie. Mehrere leitfähige Spuren **120** werden auf die Leiterplatte **60** mit Hilfe einer Maske oder im Stand der Technik bekannter photolithografischer Verfahren abgebildet. Das nicht abgedeckte Photolackmaterial **71**, das die gewünschte Geometrie der leitfähigen Spuren **120** bildet, wird gehärtet.

[0027] In der **Fig. 3C** wird das gehärtete Photolackmaterial **71** entwickelt, wobei das ungehärtete Photolackmaterial entfernt wird und die leitfähige Umhüllungsoberfläche **65**, die die leitfähigen Spuren **120** definiert, freigelegt wird. Bei dem nächsten Schritt, der in **Fig. 3D** dargestellt ist, wird die freigelegte leitfähige Umhüllungsoberfläche vorzugsweise weggeätzt, indem die Schicht **65** einer Eisenchloridlösung ausgesetzt wird, wodurch ein isolierendes Substrat **87** der Leiterplatte **60** freigelegt wird und die Geometrie der leitfähigen Spuren **120** zurückbleibt, die von dem ausgehärteten Photolack **71** geschützt sind.

[0028] In **Fig. 3E** werden Abschnitte des gehärteten Photolacks **71** (ungefähr gleich zu der Länge der schmelzbaren Verbindung) abgelöst, wodurch Mittelabschnitte **121** der leitfähigen Spuren **120** freigelegt werden. Die freigelegten Mittelabschnitte **121** werden weggeätzt, indem die Abschnitte **121** einer Eisenchloridlösung ausgesetzt werden, wodurch das elektrisch isolierende Substrat **87** zwischen den Abschnitten der leitfähigen Spuren **120** freigelegt wird. Da die schmelzbare Verbindung mit Hilfe des Abscheidens einer leitfähigen Schicht auf dem freigelegten isolierenden Substrat **87** zwischen den Abschnitten der leitfähigen Spuren **120** erzeugt werden wird, ist es wichtig sicherzustellen, daß die Oberfläche des isolierenden Substrats **87** frei von irgendwelchem Kleber ist. Dieses wird für eine zuverlässige Verbindung zwischen der abgeschiedenen schmelzbaren Verbindung und dem freigelegten isolierenden Substrat **87** gewährleisten. Der verbleibende die leitfähigen Spuren **120** bedeckende Photolack wird dann entfernt, wodurch mehrere erste und zweite Schaltkreisspuren **125**, **130** (**Fig. 3F**) gebildet werden.

[0029] Eine erste leitfähige Schicht **135** wird in **Fig. 3G** auf das Substrat **87** abgeschieden, wodurch die erste Schaltkreisspur **125** entsprechend mit der zweiten Schaltkreisspur **130** verbunden wird. Bei einem bevorzugten Verfahren umfaßt die erste leitfähige Schicht **135** Kupfer und wird auf das Substrat unter der Verwendung herkömmlicher stromloser Abscheidungstechniken auf dem Substrat abgeschieden.

[0030] Bei dem nächsten Schritt wird die Geometrie der schmelzbaren Verbindung definiert. Dieses wird

in der gleichen Weise wie das Definieren der leitfähigen Spuren (siehe **Fig. 3A-3D**) bewerkstelligt. Es wird Bezug auf die **Fig. 3H-3J** genommen. Ein Photolackmaterial **70** wird auf die ersten leitfähigen Schichten **135** aufgebracht. Die Geometrie der schmelzbaren Verbindung wird auf das Photolackmaterial mit Hilfe einer Maske oder nach dem Stand der Technik wohlbekannter Photolithografiertechniken abgebildet. Das unabgedeckte, die Geometrie der schmelzbaren Verbindung schützende Photolackmaterial **71** wird gehärtet. Der gehärtete Photolack **71** wird entwickelt, wodurch das ungehärtete Photolackmaterial entfernt wird und Abschnitte der ersten leitfähigen Schichten **135** freigelegt werden. Die freigelegten Abschnitte der ersten leitfähigen Schichten **135** werden vorzugsweise mit Hilfe einer Eisenchloridlösung weggeätzt. Die mit Hilfe des gehärteten Photolackmaterials **71** geschützten Geometrien der schmelzbaren Verbindung bleiben zurück (**Fig. 3I**).

[0031] Bei der in **Fig. 3I** dargestellten bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Geometrie der schmelzbaren Verbindung ein dünnes schmelzbares Element **136**, das Anschlußflächen **137** verbindet, welche die ersten leitfähigen Spuren **125** bzw. die zweiten leitfähigen Spuren **130** teilweise überliegen, um eine zuverlässige elektrische Verbindung zu gewährleisten. Es ergibt sich, daß die Geometrie der schmelzbaren Verbindung, einschließlich der Gesamtabmessungen, entsprechend der gewünschten Anwendung und der Einstufung der integrierten Sicherung und der elektrischen Anordnung variieren kann.

[0032] Die Abschnitte des gehärteten Photolackmaterials **71**, die die dünnen schmelzbaren Elemente **136** schützen, werden in **Fig. 3J** abgelöst, wodurch die erste leitfähige Schicht **135** freigelegt wird. Eine zweite leitfähige Schicht **138**, vorzugsweise Zinn oder eine Zinn/Blei-Legierung, wird auf die freigelegten Abschnitte der dünnen schmelzbaren Elemente **136** aufgebracht, um schmelzbare Verbindungen **139** zu bilden. Das verbleibende gehärtete Photolackmaterial wird von den Anschlußflächen **137** und dem dünnen schmelzbaren Element **136** abgelöst, wodurch die erste leitfähige Schicht **135** freigelegt wird. In einem abschließenden Schritt, der in **Fig. 3K** dargestellt ist, wird eine Schutzschicht **140** auf die schmelzbaren Verbindungen **139** aufgebracht. Die Schutzschicht ist vorzugsweise ein polymerisches Material. Eine Polycarbonatschicht ist für die Verwendung als Schutzschicht **140** gut geeignet.

[0033] Die erste leitfähige Schicht **135** weist eine Dicke  $t_{ct}$  auf. Die Schaltkreisspuren **125**, **130** weisen eine Dicke  $t_{ct}$  auf. Bei der bevorzugten Ausführungsform, bei der die leitfähige Schicht **135** stromlos abgeschiedenes Kupfer ist und die Schaltkreisspuren **125**, **130** typischerweise aus einer Kupferfolie sind, ist  $t_{ct}$  geringer als  $t_{ct}$ .

[0034] In den Figuren **4A-4E** dargestellte Ausführungsform Eine zweite Ausführungsform des direkten Abscheideverfahrens wird mit Bezug auf die **Fig. 4A-4E** beschrieben. Bei diesem Verfahren wird

ein isolierendes Substrat **150** bereitgestellt. Die Oberfläche des isolierenden Substrats ist vorbehandelt oder aufgeraut, um die Plattierbarkeit zu steigern. Die Oberfläche kann chemisch mit Hilfe des Aussetzens gegenüber  $MnO_4$  oder mechanisch vorbehandelt sein, z. B. mittels Sandstrahlens. Eine erste leitfähige Schicht **135** wird auf die behandelte Oberfläche des isolierenden Substrats **150** aufgebracht (Fig. 4B). Die leitfähige Schicht kann mit Hilfe irgendeiner herkömmlichen Technik aufgebracht werden, z. B. Laminierung oder stromlosen Abscheidens. Vorzugsweise umfaßt die erste leitfähige Schicht **135** stromlos abgeschiedenes Kupfer.

[0035] In Fig. 4C sind die Schaltkreisspuren **125**, **130** auf das isolierende Substrat **150** laminiert, so daß die Schaltkreisspuren **125**, **130** elektrisch mit der ersten leitfähigen Schicht **135** verbunden sind. Eine zweite leitfähige Schicht **138** wird auf die erste leitfähige Schicht **135** aufgebracht, um eine schmelzbare Verbindung **139** zu bilden (Fig. 4D). In einem abschließenden Schritt, der in Fig. 4E dargestellt ist, wird eine Schutzschicht **140** auf die schmelzbare Verbindung **139** aufgebracht, um die schmelzbare Verbindung **139** vor der Bildung von Oxiden und der Anwendung mechanischer Spannungen zu schützen.

In den Fig. 5A-5F dargestellte Ausführungsform

[0036] Die verschiedenen Schritte zur Herstellung einer elektrischen Anordnung gemäß des Direktätzverfahrens werden mit Bezug auf die Fig. 5A-5H beschrieben. In Fig. 5A wird das Direktätzverfahren an einer herkömmlichen "jungfräulichen" Leiterplatte **60** mit einer äußeren, ersten leitfähigen Schicht **65** ohne eine definierte Schaltkreisgeometrie ausgeführt. Typischerweise ist die Leiterplatte **60** ein Laminat eines elektrisch isolierenden Substrats (z. B. Keramik, Glas-Epoxidharz, elektrisch isolierenden Polymeren und FR4-Epoxidharz), eines Klebers und einer leitfähigen Schicht. Es ergibt sich für den Fachmann, daß das Direktätzverfahren ebenso an einer Leiterplatte ausgeführt werden kann, die bereits eine definierte Schaltkreisgeometrie aufweist.

[0037] Bei dem Direktätzverfahren der Erfindung wird die Schaltkreisgeometrie in die erste leitfähige Schicht **65** mit Hilfe herkömmlicher Photolithografiertechniken geätzt. Zuerst wird nach Fig. 5B die Leiterplatte **60** mit einem Photolackmaterial **70** bedeckt. Die Schaltkreisspuren **125**, **130** und das Sicherungselement **85** werden auf die Leiterplatte **60** mit Hilfe einer Maske oder Photolithografiertechniken abgebildet, wie oben erläutert ist. Nicht abgedecktes Photolackmaterial **71** (d. h. das die Schaltkreisspuren **125**, **130** und das Sicherungselement **85** schützende Material) wird gehärtet.

[0038] Das gehärtete Photolackmaterial **71** ist in Fig. 5C entwickelt und das ungehärtete Photolackmaterial entfernt, wodurch die erste leitfähige Schicht **65** auf der Leiterplatte **60** freigelegt ist. Das gehärtete Photolackmaterial **71** definiert und schützt die Schalt-

kreisspuren **125**, **130** und das schmelzbare Element **85** während der weiteren Bearbeitungsschritte. Die freigelegte erste leitfähige Schicht **65** auf der Leiterplatte **60** wird vorzugsweise mit Hilfe des Aussetzens der freigelegten ersten leitfähigen Schicht **65** gegenüber einer Eisenchloridlösung weggeätzt, wodurch das isolierende Substrat **87** der Leiterplatte **60** freigelegt wird (Fig. 5D).

[0039] Im Gegensatz zu der elektrischen Anordnung, die gemäß dem Direktabscheideverfahren hergestellt ist, werden bei dem Direktätzverfahren die Schaltkreisspuren **125**, **130** und das schmelzbare Element **85** aus der selben Struktur gebildet, d. h. der ersten leitfähigen Schicht **65** (vgl. Fig. 6 und 7). Bei herkömmlichen Leiterplatten ist diese Struktur allgemein eine Metallschicht, typischerweise Kupfer. Um ein Durchbrennen der Sicherung herbeizuführen, wird das Sicherungselement vorzugsweise eine geringere Breite als die Breite der Schaltkreisspuren **125**, **130** aufweisen. Die Abmessungen des Sicherungselements **85** und der Schaltkreisspuren **125**, **130** können während des Abbildungsschritts gesteuert werden, der oben in Verbindung mit Fig. 5B beschrieben wurde.

[0040] Eine zweite leitfähige Schicht **138** wird auf das Sicherungselement **85** aufgebracht, um ein schmelzbare Verbindung **139** zu erzeugen. Das Aufbringen der zweiten leitfähigen Schicht **138** auf das Sicherungselement **85** senkt die Schmelzpunkttemperatur der schmelzbaren Verbindung **139** unterhalb derer, der Schaltkreisspuren **125**, **130**. Dieses ist allgemein als M-Effekt bekannt.

[0041] Bei der bevorzugten Ausführungsform, bei der die Schaltkreisspuren **125**, **130** eine Kupferschicht umfassen und die zweite leitfähige Schicht **138** Lot, Zinn, Blei oder Legierungen hiervon umfassen, beträgt die Differenz bei den Schmelzpunkttemperaturen zwischen den leitfähigen Spuren **125**, **130** und der schmelzbaren Verbindung **139** ungefähr  $1250^{\circ}F$ . Indem die Schmelzpunkttemperatur der schmelzbaren Verbindung **139** abgesenkt wird, kann die Einstufung der integrierten Sicherung gesteuert werden. Zusätzlich kann eine Kohlenstoff Kriechweg-Bildung und ein Aufladen vermieden werden, welches aufgrund der Gegenwart eines Klebers der Leiterplatte auftreten könnte. Wie in Fig. 5E gezeigt ist, wird die zweite leitfähige Schicht **138** auf das Sicherungselement **85** aufgebracht, indem ein Abschnitt des gehärteten Photolackmaterials von dem Sicherungselement **85** weg abgelöst wird, um die erste leitfähige Schicht **65** freizulegen. Die zweite leitfähige Schicht **138** wird dann auf den freigelegten Abschnitt der ersten leitfähigen Schicht **65** mit Hilfe irgendeines herkömmlichen Abscheideverfahrens (z. B. Aufdampfens, Spatterns, Platieren) aufgebracht, um die schmelzbare Verbindung **139** zu bilden.

[0042] Wie oben erwähnt ist, umfaßt die schmelzbare Verbindung **139** bei einer bevorzugten Ausführungsform das Sicherungselement **85** und die zweite leitfähige Schicht **138**. Um die Schmelzpunkttempe-

ratur der schmelzbaren Verbindung **139** abzusenken, beinhaltet die zweite leitfähige Schicht **138** ein anderes Material als ein Material, daß die erste leitfähige Schicht **65** umfaßt, d. h. die zweite leitfähige Schicht **138** ist Lot, Zinn, Blei oder eine Legierung hiervon und die erste leitfähige Schicht beinhaltet ein aus der Gruppe ausgewähltes Metall, welche Kupfer, Silber, Nickel, Titan, Aluminium und Legierungen hiervon beinhaltet.

[0043] Schließlich wird das verbleibende gehärtete Photolackmaterial **71** von den Schaltkreisspuren **125**, **130** und dem Sicherungselement **185** weg abgelöst und eine Schutzschicht **140** über der schmelzbaren Verbindung **139** abgeschieden, um die Verbindung **139** vor Einwirkung und Oxidation zu schützen. Vorzugsweise ist die Schutzschicht ein polymerisches Material. Eine Polycarbonatschicht ist für die Verwendung als Schutzschicht **140** gut geeignet.

[0044] **Fig. 6** stellt eine Vorderansicht einer gemäß dem erfindungsgemäßen Direktabscheideverfahrens hergestellten elektrischen Anordnung **10** dar. **Fig. 7** zeigt die Vorderansicht einer gemäß des erfindungsgemäßen Direktätzverfahrens hergestellten elektrischen Anordnung **10**. Obwohl nur eine einzelne integrierte Sicherung **150** in den **Fig. 6** und **7** gezeigt ist und obwohl die verschiedenen Arbeitsschritte in den **Fig. 3A-3K**, den **Fig. 4A-4E** und den **Fig. 5A-5F** als an einer begrenzten Anzahl von integrierten Sicherungen ausgeführt dargestellt sind, ist es für den Fachmann offensichtlich, daß die erfindungsgemäßen elektrischen Anordnungen **10** eine Vielzahl integrierter Sicherungen aufweisen können.

### Patentansprüche

1. Elektrische Anordnung mit einem elektrisch isolierenden Substrat (**15**), das eine erste Schaltkreisspur (**25**) und eine zweite Schaltkreisspur (**30**) auf einer ersten Oberfläche (**20**) aufweist, wobei die Schaltkreisspuren (**25**, **30**) aus einem ersten leitfähigen Material mit einer Dicke  $t_{ct}$  bestehen und angepaßt sind, um hieran ein elektrisches Bauelement zu verbinden; und einer schmelzbaren Verbindung (**35**), die auf der ersten Oberfläche des Substrats (**15**) und Abschnitten der ersten Schaltkreisspur (**25**) und der zweiten Schaltkreisspur (**30**) angeordnet ist und elektrisch die erste Schaltkreisspur und die zweite Schaltkreisspur verbindet, wobei die erste schmelzbare Verbindung eine erste leitfähige Schicht und eine zweite leitfähige Schicht (**45**) umfaßt, wobei die erste leitfähige Schicht (**40**) der schmelzbaren Verbindung (**35**) eine Dicke  $t_{ct}$  aufweist, welche geringer als  $t_{ct}$  ist, und wobei die zweite leitfähige Schicht ein anderes Material als ein Material umfaßt, welches die erste leitfähige Schicht (**40**) umfaßt.

2. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die schmelzbare Verbindung (**35**) eine erste und eine zweite Anschlußkontaktfläche umfaßt, wobei die erste und die zweite An-

schlußkontaktfläche die schmelzbare Verbindung (**35**) mit den Schaltkreisspuren physikalisch und elektrisch verbinden.

3. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrisch isolierende Substrat (**15**) mehrere erste und zweite Schaltkreisspuren (**25**, **30**) auf der ersten Oberfläche (**20**) umfaßt, wobei die mehreren ersten und zweiten Schaltkreisspuren (**25**, **30**) mittels mehrerer schmelzbarer Verbindungen (**35**) entsprechend verbunden sind.

4. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht (**40**) der schmelzbaren Verbindung (**35**) dasselbe Metall beinhaltet wie die erste und die zweite Schaltkreisspur (**25**, **30**).

5. Elektrische Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jede der mehreren schmelzbaren Verbindung (**35**) eine erste und eine zweite Anschlußkontaktfläche umfaßt, wobei jede erste und zweite Anschlußkontaktfläche elektrisch eine der mehreren ersten und zweiten Schaltkreisspuren (**25**, **30**) mit einer entsprechenden schmelzbaren Verbindung (**35**) verbindet.

6. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht (**40**) der schmelzbaren Verbindung (**35**) die erste Schaltkreisspur (**25**) mit der zweiten Schaltkreisspur (**30**) verbindet.

7. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht (**40**) der schmelzbaren Verbindung (**35**) insbesondere eines der Metalle Kupfer, Silber, Nickel, Titan, Aluminium und Legierungen hiervon umfaßt.

8. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Schutzbeschichtung (**50**), die die schmelzbare Verbindung (**35**) bedeckt.

9. Elektrische Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzbeschichtung (**50**) ein polymerisches Material umfaßt.

10. Elektrische Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das polymerische Material Polycarbonat umfaßt.

11. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite leitfähige Schicht (**45**) der schmelzbaren Verbindung (**35**) eine Schmelzpunktemperatur aufweist, die geringer als eine Schmelzpunktemperatur der ersten leitfähigen Schicht (**40**) der schmelzbaren Verbindung (**35**) ist.

12. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite leitfähige

Schicht (45) der schmelzbaren Verbindung (35) Zinn umfaßt.

13. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite leitfähige Schicht (45) der schmelzbaren Verbindung (35) eine Mischung aus Zinn und Blei umfaßt.

14. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht (40) der schmelzbaren Verbindung (35) Kupfer umfaßt und die zweite leitfähige Schicht (43) der schmelzbaren Verbindung (35) Zinn umfaßt.

15. Elektrische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrisch isolierende Substrat (15) insbesondere eines der Materialien Keramik, Glas-Epoxy und elektrisch isolierende Polymere umfaßt.

16. Leiterplattenanordnung mit:  
einer Leiterplatte (60), die eine isolierende Schicht und eine leitfähige Schicht umfaßt;  
einer leitfähigen Spur, die eine elektrische Schaltkreisgeometrie auf einer ersten Oberfläche der Leiterplatte (60) definiert, wobei die leitfähige Spur eine Dicke  $t_{ct}$  aufweist und aus der leitfähigen Schicht der Leiterplatte (60) gebildet ist und wobei Material entfernt worden ist, um eine erste und eine zweite Schaltkreisspur (125, 130) zu definieren; und  
einer Dünnsicherung mit einer schmelzbaren Verbindung, die eine erste leitfähige Schicht (135) und eine zweite leitfähige Schicht (138) umfaßt, wobei die erste leitfähige Schicht (135) der schmelzbaren Verbindung auf einer isolierenden Schicht der Leiterplatte angeordnet ist und die erste und zweite Schaltkreisspur (125, 130) überlappt und die erste leitfähige Schicht (135) der schmelzbaren Verbindung eine Dicke  $t_{ct}$  aufweist, die geringer als  $t_{ct}$  ist, und ein anderes Material als ein Material umfaßt, welches die zweite leitfähige Schicht der schmelzbaren Verbindung umfaßt.

17. Leiterplattenanordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die schmelzbare Verbindung eine erste und eine zweite Anschlußkontaktfläche (137) umfaßt, die elektrisch die erste und die zweite Schaltkreisspur (125, 130) der leitfähigen Spur verbinden.

18. Leiterplattenanordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiterplatte (60) mehrere leitfähige Spuren umfaßt, die mehrere elektrische Schaltkreisgeometrien definieren, wobei jede leitfähige Spur entsprechend eine erste und eine zweite Schaltkreisspur (125, 130) aufweist; wobei mehrere Dünnsicherungen eine schmelzbare Verbindung aufweisen, die eine erste leitfähige Schicht (135) und eine zweite leitfähige Schicht (138) umfaßen,

wobei die erste leitfähige Schicht (135) jeder schmelzbaren Verbindung auf einer isolierenden Schicht der Leiterplatte angeordnet ist und entsprechend eine der ersten und der zweiten Schaltkreisspuren (125, 130) überdeckt; und die erste leitfähige Schicht (135) jeder schmelzbaren Verbindung einer Dicke  $t_{ct}$  aufweist, welche geringer als  $t_{ct}$  ist, und ein anderes Material als ein Material umfaßt, welches die zweite leitfähige Schicht (138) jeder schmelzbaren Verbindung umfaßt.

19. Leiterplattenanordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähige Spur eine Metallfolie umfaßt.

20. Leiterplattenanordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht (135) der schmelzbaren Verbindung Kupfer umfaßt.

21. Leiterplattenanordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähige Schicht der Leiterplatte eine Metallfolie umfaßt und die erste leitfähige Schicht (135) der schmelzbaren Verbindung ein stromlos abgeschiedenes Metall umfaßt.

22. Leiterplattenanordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallfolie und das stromlos abgeschiedene Metall Kupfer sind.

23. Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Anordnung mit einem elektrisch isolierenden Substrat (87), das eine leitfähige Spur auf einer ersten Oberfläche hiervon aufweist, um eine elektrische Schaltkreisgeometrie zu definieren, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

Entfernen eines Abschnitts der leitfähigen Spur, um das elektrisch isolierende Substrat (87) freizulegen und eine erste und eine zweite Schaltkreisspur (125, 130) zu bilden, die ein erstes leitfähiges Material mit einer Dicke  $t_{ct}$  umfassen und angepaßt sind, um hieran ein elektrisches Bauelement zu verbinden; und

Abscheiden einer ersten leitfähigen Schicht (135) auf dem freigelegten Substrat, wobei die erste leitfähige Schicht (135) die erste und die zweite Schaltkreisspur (125, 130) elektrisch verbindet; und  
Abscheiden einer zweiten leitfähigen Schicht (138) auf der ersten leitfähigen Schicht (135) und Ausbilden einer schmelzbaren Verbindung (139), die auf der ersten Oberfläche des Substrats und Abschnitten der ersten und der zweiten Schaltkreisspur (125, 130) angeordnet ist, um die Spuren (125, 130) elektrisch zu verbinden, wobei die erste leitfähige Schicht (135) der schmelzbaren Verbindung (139) eine Dicke  $t_{ct}$  aufweist, welche geringer als  $t_{ct}$  ist, und die zweite leitfähige Schicht (138) der schmelzbaren Verbindung (139) ein anderes Material als ein Material umfaßt, das die erste leitfähige Schicht (135) umfaßt.

24. Verfahren nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch das Aufbringen einer Schutzschicht (**140**) auf die schmelzbare Verbindung.

25. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Entferns eines Abschnitts der leitfähigen Spur, um das elektrisch isolierende Substrat freizulegen und die erste und die zweite Schaltkreisspur (**125**, **130**) zu bilden, ferner die Schritte umfaßt:

Abdecken eines ersten und eines zweiten Abschnitts der leitfähigen Spur (**120**), wobei ein Abschnitt der leitfähigen Spur unbedeckt belassen wird;

Entfernen des unabgedeckten Abschnitts der leitfähigen Spur, um das isolierende Substrat (**87**) freizulegen; und

Entfernen der Abdeckung von dem ersten und dem zweiten Abschnitt der leitfähigen Spur, um die erste und die zweite Schaltkreisspur zu definieren.

26. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens einer ersten leitfähigen Schicht auf dem freigelegten Substrat, um die erste und die zweite Schaltkreisspur elektrisch zu verbinden, ferner die Schritte umfaßt:

Aufbringen eines leitfähigen Materials auf das freigelegte Substrat und Abschnitte der ersten und der zweiten Schaltkreisspur;

Abdecken des leitfähigen Materials;

Unbedecklassen eines Abschnitts des leitfähigen Materials; und

Entfernen des unbedeckten leitfähigen Materials, um eine erste und eine zweite Anschlußkontaktfläche und ein Sicherungselement zu definieren.

27. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht auf dem freigelegten Substrat mittels stromlosen Abscheidens abgeschieden wird.

28. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht Kupfer umfaßt.

29. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens einer zweiten leitfähigen Schicht auf der ersten leitfähigen Schicht, um eine schmelzbare Verbindung auszubilden, ferner die Schritte umfaßt:

Abdecken der ersten leitfähigen Schicht und von Abschnitten der ersten und der zweiten Schaltkreisspur; Freilegen eines Abschnitts der ersten leitfähigen Schicht;

Abscheiden der zweiten leitfähigen Schicht auf dem freigelegten Abschnitt der ersten leitfähigen Schicht; und

Entfernen der Abdeckung von der ersten leitfähigen Schicht und den Abschnitten der ersten und der zweiten Schaltkreisspur.

30. Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Anordnung, die ein elektrisch isolierendes Substrat mit einer hierauf abgeschiedenen leitfähigen Schaltkreisgeometrie und mindestens einer in die leitfähige Schaltkreisgeometrie integrierten schmelzbaren Verbindung, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt:

Konditionieren des isolierenden Substrats;

Abscheiden einer ersten leitfähigen Schicht auf dem isolierenden Substrat;

elektrisches Verbinden einer ersten und einer zweiten leitfähigen Schicht mit der ersten leitfähigen Schicht, um eine leitfähige Schaltkreisgeometrie zu erzeugen; wobei die Spuren ein erstes leitfähiges Material mit einer Dicke  $t_{ct}$  umfassen und angepaßt sind, um hieran ein elektrisches Bauelement zu verbinden; und

Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht auf die erste leitfähige Schicht, um die schmelzbare Verbindung zu bilden, die auf dem Substrat und Abschnitten der ersten und der zweiten Schaltkreisspur angeordnet ist, um die Spuren elektrisch zu verbinden, wobei die erste leitfähige Schicht der schmelzbaren Verbindung eine Dicke  $t_{ci}$  aufweist, welche geringer als  $t_{ct}$  ist, und wobei die zweite leitfähige Schicht der schmelzbaren Verbindung ein anderes Material als ein Material umfaßt, welches die erste leitfähige Schicht umfaßt

31. Verfahren nach Anspruch 30, gekennzeichnet durch den Schritt des Abdeckens der schmelzbaren Verbindung mit einer Schutzschicht.

32. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite leitfähige Spur auf dem isolierenden Substrat abgeschieden werden, wobei jeweils ein Abschnitt der ersten und der zweiten leitfähigen Spur auf der ersten leitfähigen Schicht abgeschieden sind.

33. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite leitfähige Spur eine Dicke aufweisen, die größer als eine der Dicke der ersten leitfähigen Schicht ist.

34. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht auf dem isolierenden Substrat mittels stromlosen Abscheidens abgeschieden wird.

35. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht Kupfer ist.

36. Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Anordnung mit einem elektrisch isolierenden Substrat, das eine auf einer Oberfläche hiervon definierte elektrische Schaltkreisgeometrie aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

Liefers eines elektrisch isolierenden Substrats mit einer ersten an der Oberfläche des Substrats anhaften-



den leitfähigen Schicht, wobei die erste leitfähige Schicht eine gewünschte Schaltkreisgeometrie definiert:

Erzeugen einer ersten und einer zweiten Schaltkreisspur in der ersten leitfähigen Schicht, wobei die erste und die zweite Schaltkreisspur ein erstes leitfähiges Material mit einer Dicke  $t_{ct}$  umfassen und angepaßt sind, um ein elektrisches Bauelement hieran zu verbinden;

Erzeugen eines schmelzbaren Elements in der ersten leitfähigen Schicht, wobei das schmelzbare Element elektrisch mit der ersten und der zweiten Schaltkreisspur verbunden wird; und

Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht auf die erste leitfähige Schicht, um eine schmelzbare Verbindung zu bilden, die auf dem Substrat und Abschnitten der ersten und der zweiten Schaltkreisspur angeordnet ist, um die Spuren elektrisch zu verbinden, wobei die erste leitfähige Schicht der schmelzbaren Verbindung eine Dicke  $t_{ci}$  aufweist, welche geringer als  $t_{ct}$  ist, und wobei die zweite leitfähige Schicht der schmelzbaren Verbindung ein anderes Material als ein Material umfaßt, welches die erste leitfähige Schicht umfaßt.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht ein Material, insbesondere Kupfer, Silber, Titan, Aluminium und Legierungen hiervon umfaßt.

38. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite leitfähige Schicht ein Material, insbesondere Zinn, Lötmittel, Blei und Legierungen hiervon umfaßt.

39. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Erzeugens der ersten und der zweiten Schaltkreisspur und des schmelzbaren Elements ausgeführt wird, indem ein Abschnitt der ersten leitfähigen Schicht abgedeckt wird; und der unbedeckte Abschnitt der ersten leitfähigen Schicht weggeätzt wird.

40. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Schaltkreisspur eine Breite  $W_1$  aufweisen und das schmelzbare Element eine Breite  $W_2$  aufweist, wobei  $W_1$  größer als  $W_2$  ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

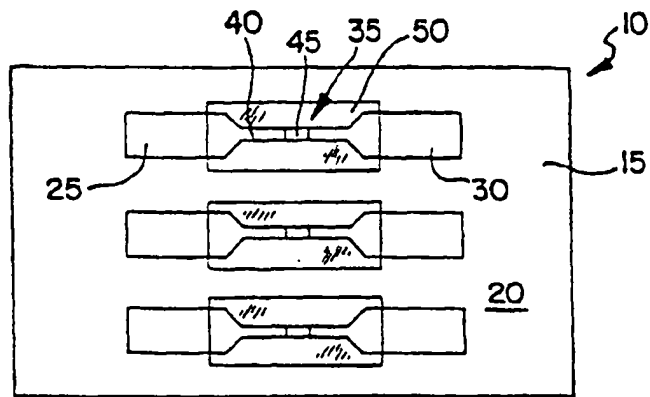
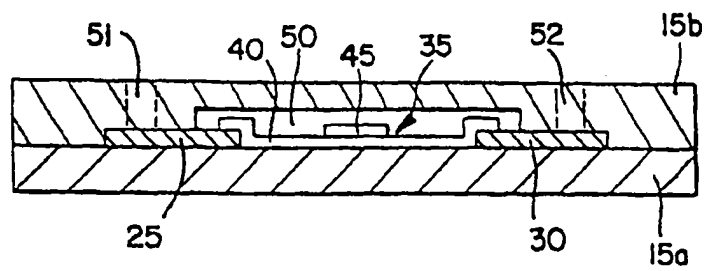


FIG. 2



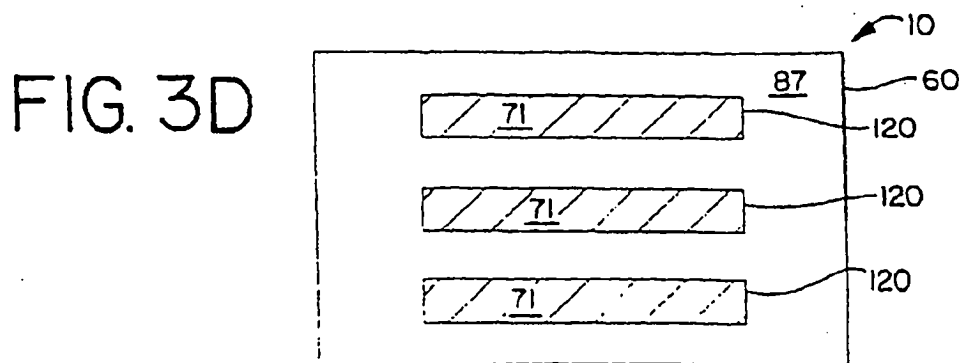
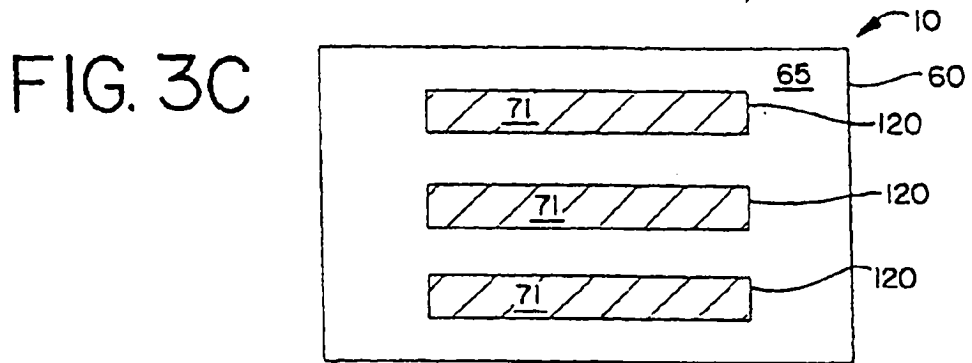
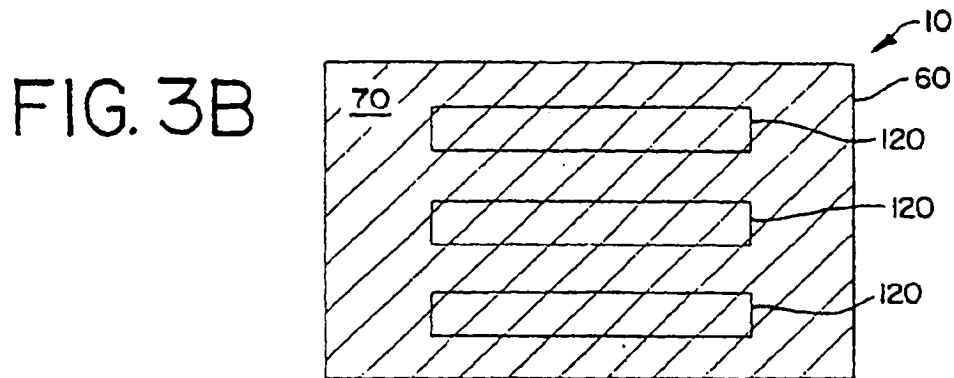
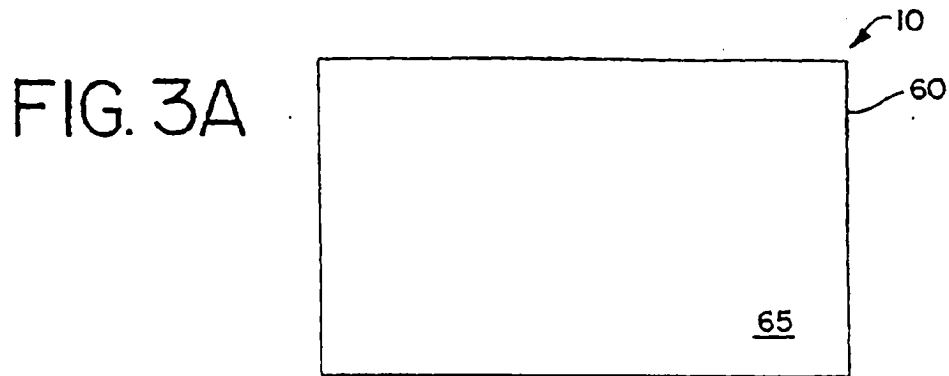


FIG. 3E

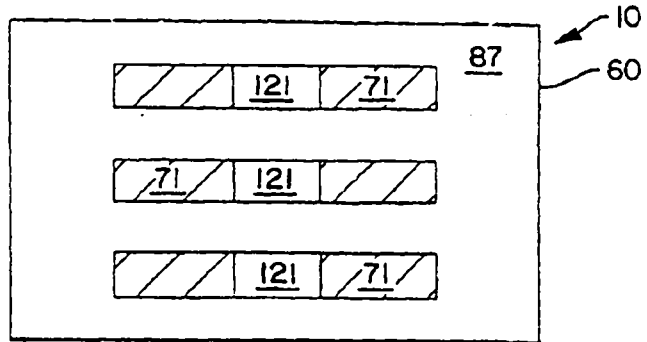


FIG. 3F

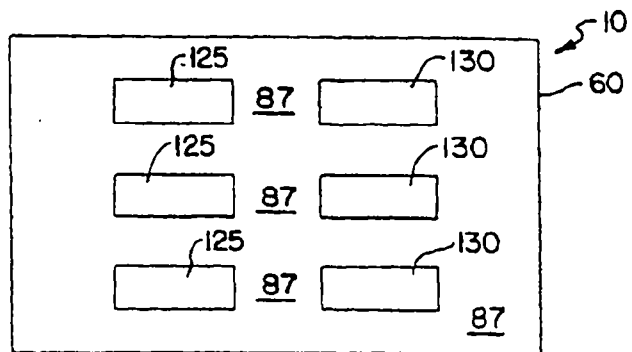


FIG. 3G

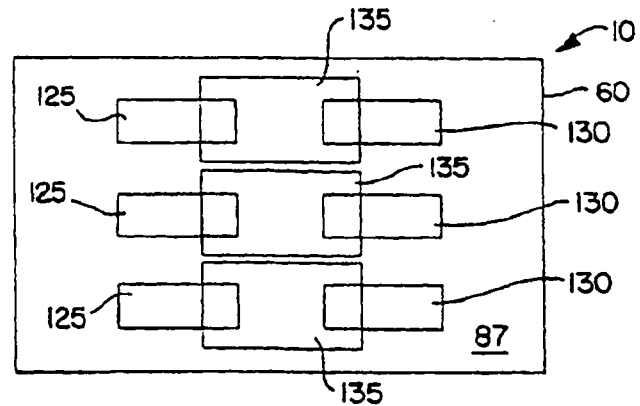


FIG. 3H

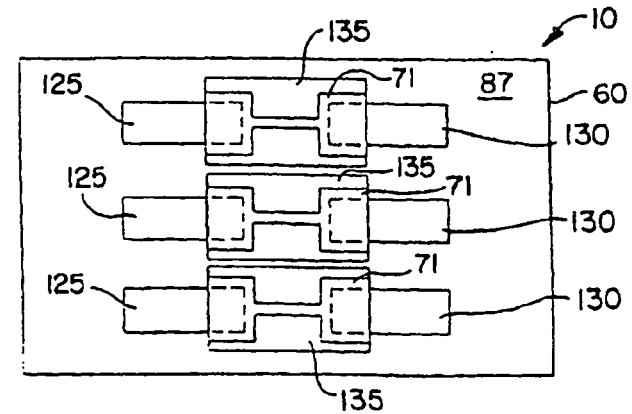


FIG. 3I

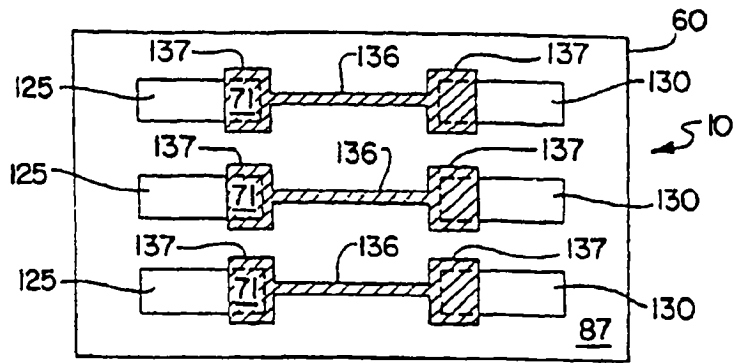


FIG. 3J

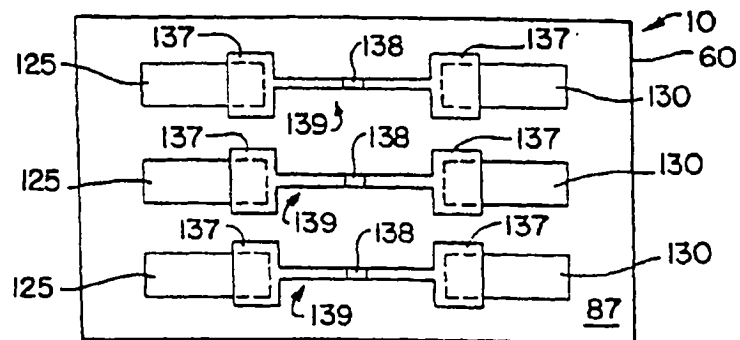


FIG. 3K

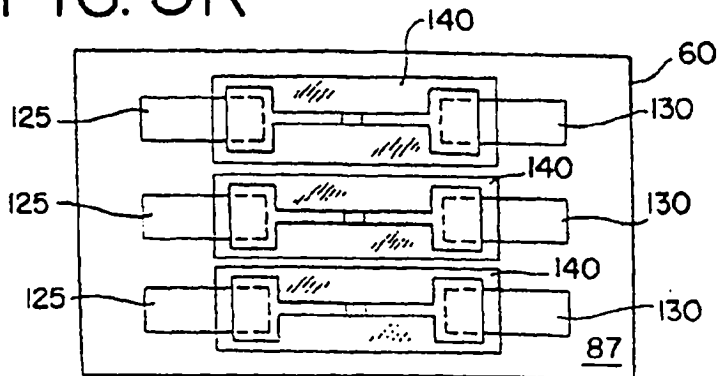


FIG. 4A

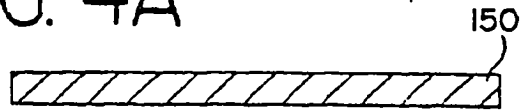


FIG. 4B

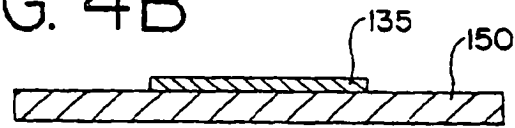


FIG. 4C

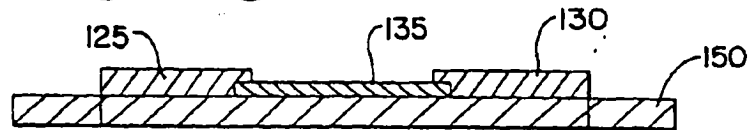


FIG. 4D

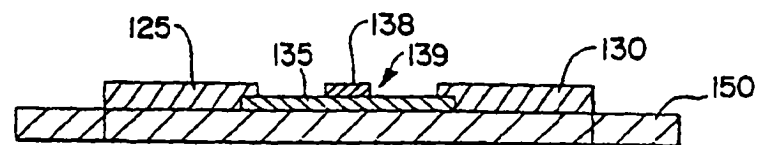


FIG. 4E

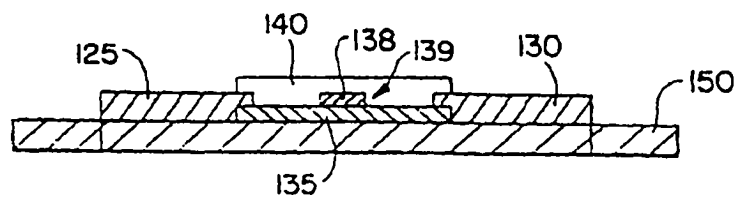


FIG. 5A

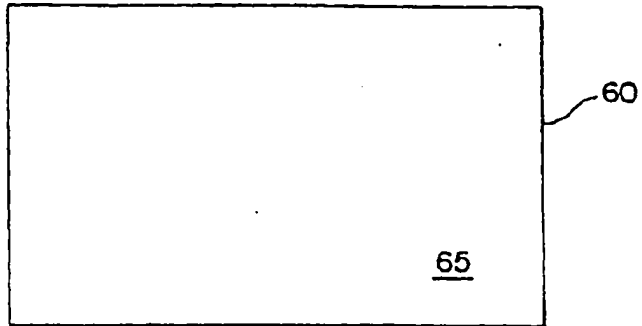


FIG. 5B

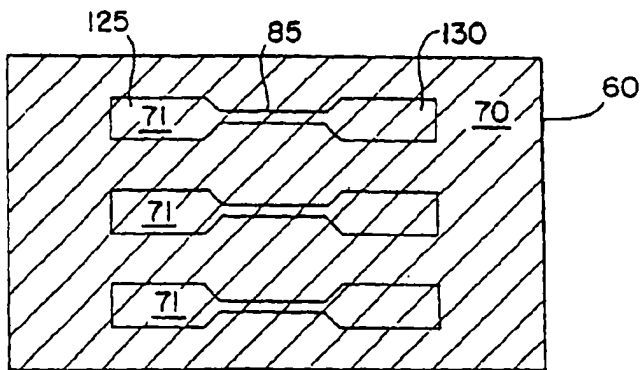


FIG. 5C

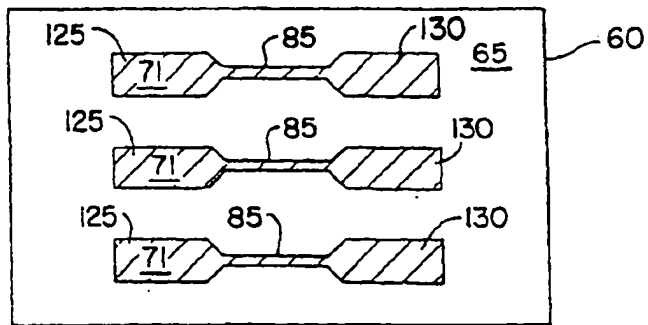


FIG. 5D

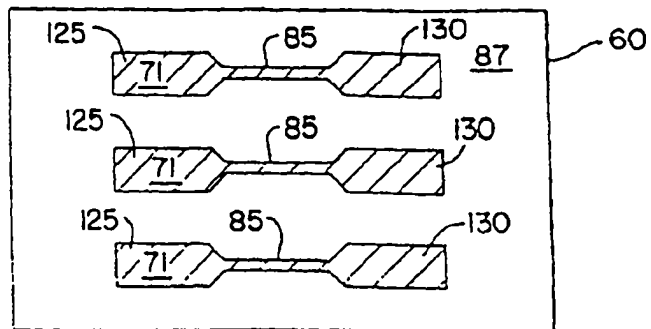


FIG. 5E

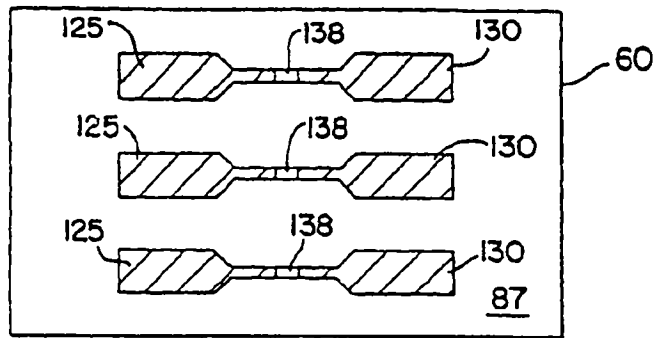


FIG. 5F

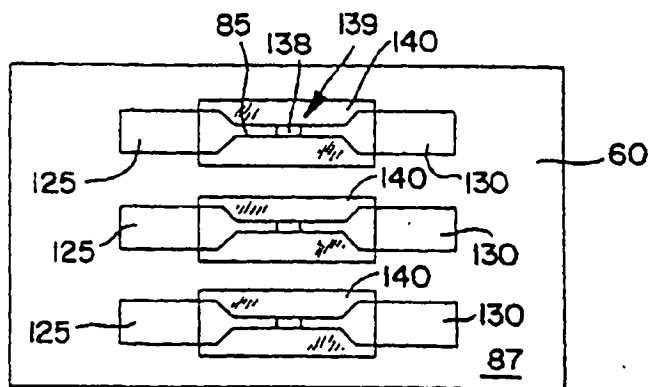


FIG. 6

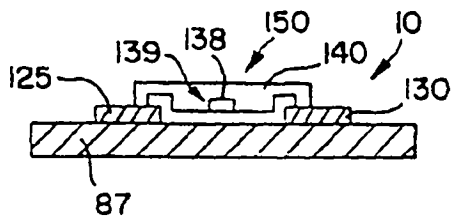


FIG. 7

