



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 42 295.1**  
(22) Anmeldetag: **12.09.2003**  
(43) Offenlegungstag: **14.04.2005**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **02.02.2012**

(51) Int Cl.: **H01L 23/28** (2006.01)  
**B29C 63/02** (2006.01)  
**H01L 23/498** (2011.01)  
**H01L 21/50** (2011.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Infineon Technologies AG, 81669, München, DE;**  
**Siemens AG, 80333, München, DE**

(72) Erfinder:  
**Auerbach, Franz, Dr., 59494, Soest, DE; Bayerer,**  
**Reinhold, Dr., 59581, Warstein, DE; Licht,**  
**Thomas, Dr., 59581, Warstein, DE; Weidner, Karl,**  
**81245, München, DE**

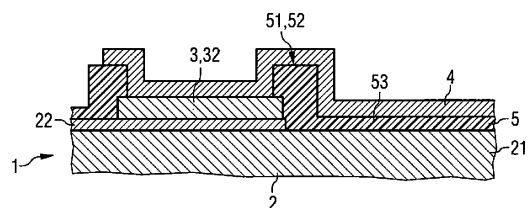
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

<b>US</b>	<b>2003 / 0 003 699</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2003 / 0 107 041</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>6 054 752</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>5 510 174</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>5 412 247</b>	<b>A</b>
<b>WO</b>	<b>2003/ 030 247</b>	<b>A2</b>

(54) Bezeichnung: **Anordnung eines elektrischen Bauelements mit einer elektrischen Isolationsfolie auf einem Substrat und Verfahren zum Herstellen der Anordnung**

(57) Hauptanspruch: Anordnung (1) eines elektrischen Bauelements (3) auf einem Substrat (2), wobei

- mindestens eine elektrische Isolationsfolie (5) zur elektrischen Isolierung des Bauelements vorhanden ist,
- zumindest ein Teil (52) der Isolationsfolie (5) mit dem Bauelement (3) und dem Substrat (2) derart verbunden ist, dass eine durch das Bauelement (3) und das Substrat (2) gegebene Oberflächenkontur (11) in einer Oberflächenkontur (51) des Teils (52) der Isolationsfolie (5) abgebildet ist,
- zumindest der Teil der Isolationsfolie (5) mit der Oberflächenkontur eine Spannungsfestigkeit gegenüber einer elektrischen Feldstärke aus dem Bereich von einschließlich 10 kV/mm bis einschließlich 200 kV/mm aufweist,
- die Isolationsfolie (5) einen Verbundwerkstoff aufweist, dessen Basismaterial ein Polyimid ist, und
- zumindest der Teil (52) der Isolationsfolie (5) mit der Oberflächenkontur (51) eine im Vergleich zu einem weiteren Teil (53) der Isolationsfolie (5) größere Folienstärke aufweist, wobei
- die Isolationsfolie (5) einen Füllstoff aufweist, und...



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Anordnung eines elektrischen Bauelements auf einem Substrat, wobei mindestens eine elektrische Isolationsfolie zur elektrischen Isolierung des Bauelements vorhanden ist und zumindest ein Teil der Isolationsfolie mit dem Bauelement und dem Substrat derart verbunden ist, dass eine durch das Bauelement und das Substrat gegebene Oberflächenkontur in einer Oberflächenkontur des Teils der Isolationsfolie abgebildet ist. Daneben wird ein Verfahren zum Herstellen dieser Anordnung angegeben.

**[0002]** Eine derartige Anordnung und ein Verfahren zum Herstellen dieser Anordnung sind beispielsweise aus der WO 03/030247 A2 oder aus der US 2003/0107041 A1 bekannt. Das Substrat ist beispielsweise ein DCB(Direct Copper Bonding)-Substrat, das aus einer Trägerschicht aus einer Keramik besteht, an der beidseitig elektrisch leitende Schichten aus Kupfer aufgebracht sind. Auf eine dieser elektrisch leitenden Schichten aus Kupfer wird beispielsweise ein Halbleiterbauelement derart aufgelötet, dass eine vom Substrat wegweisende elektrische Kontaktfläche des Halbleiterbauelements vorhanden ist.

**[0003]** Auf diese Anordnung aus dem Halbleiterbauelement und dem Substrat wird eine Isolationsfolie auf Polyimid oder Epoxidbasis unter Vakuum auf laminiert, so dass die Isolationsfolie mit dem Halbleiterbauelement und dem Substrat eng anliegend verbunden ist. Die Isolationsfolie ist mit dem Halbleiterbauelement und dem Substrat form- und kraftschlüssig verbunden. Die Oberflächenkontur (Topologie), die durch das Halbleiterbauelement und das Substrat gegeben ist, wird in der Oberflächenkontur der Isolationsfolie abgebildet. Die Isolationsfolie folgt der Oberflächenkontur des Halbleiterbauelements und des Substrats.

**[0004]** Die Isolationsfolie der bekannten Anordnung besteht aus einem elektrisch isolierenden Kunststoff. Zur elektrischen Kontaktierung der Kontaktfläche des Halbleiterbauelements wird in der Isolationsfolie ein Fenster geöffnet. Dadurch wird die Kontaktfläche des Halbleiterbauelements freigelegt. Nachfolgend wird auf die Kontaktfläche elektrisch leitendes Material aufgebracht.

**[0005]** An einer Metallisierungskante des Leistungshalbleiterbauelements oder einer Verbindungsleitung des Leistungshalbleiterbauelements kann es aufgrund der für die Ansteuerung des Leistungshalbleiterbauelements notwendigen hohen Spannungen zu einer besonders stark ausgeprägten Feldüberhöhung kommen. Aufgrund der Feldüberhöhung kann es zu einem elektrischen Überschlag kommen. Als Folge

davon kann das elektrische Bauelement zerstört werden.

**[0006]** Zur elektrischen Isolierung von elektrischen Bauelementen werden alternativ zur aufgezeigten Laminierungstechnik auch Isolationschichten aus einem aufgetragenen, elektrisch isolierenden Lack verwendet. Gerade an einer Metallisierungskante kann aber eine Isolationschicht aus einem Lack ausgedünnt sein. Das Ausdünnen kann beispielsweise durch Abfließen des Lacks beim Auftragen auf die Metallisierungskante erfolgen. Durch das Ausdünnen resultierte eine verminderte Spannungsfestigkeit, der nur durch zusätzliche Maßnahmen, beispielsweise durch Auftragen einer besonders dicken Lackschicht, entgegengewirkt werden kann.

**[0007]** Aus der US 2003/003699 A1 sind Verfahren zur Erzeugung von CVD-Isolationschichten bekannt, mit denen eine Verbesserung der Durchschlagsfestigkeit erreichbar ist. Aus der US 6,054,752 A sind Verfahren bekannt, die Durchschlagsfestigkeit von MOSFET-Aufbauten zu erhöhen. Die US 5,412,247 A offenbart ein Verfahren zum hermetischen Abschließen (Packaging) von Halbleiteraufbauten

**[0008]** Aus der US 5,510,174 A sind Füllmaterialien wie Titandiborid TiB<sub>2</sub> für thermisch leitfähige Schichten, beispielsweise Polymerschichten bekannt.

**[0009]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, aufzuzeigen, wie ein elektrisches Bauelement auf einem Substrat effizient gegen Feldüberhöhungen geschützt werden kann.

**[0010]** Zur Lösung der Aufgabe wird eine Anordnung eines elektrischen Bauelements auf einem Substrat angegeben, wobei mindestens eine elektrische Isolationsfolie zur elektrischen Isolierung des Bauelements vorhanden ist und zumindest ein Teil der Isolationsfolie mit dem Bauelement und dem Substrat derart verbunden ist, dass eine durch das Bauelement und das Substrat gegebene Oberflächenkontur in einer Oberflächenkontur des Teils der Isolationsfolie abgebildet ist. Die Anordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der Teil der Isolationsfolie mit der Oberflächenkontur eine Spannungsfestigkeit gegenüber einer elektrischen Feldstärke aus dem Bereich von einschließlich 10 kV/mm bis einschließlich 200 kV/mm aufweist. Weiterhin weist die Isolationsfolie einen Verbundwerkstoff auf, dessen Basismaterial ein Polyimid ist, und zumindest der Teil der Isolationsfolie mit der Oberflächenkontur weist eine im Vergleich zu einem weiteren Teil der Isolationsfolie größere Folienstärke auf. Schließlich weist die Isolationsfolie einen Füllstoff auf, wobei der Füllstoff ein Geflecht aus PTFE-Fasern ist.

**[0011]** Zur Lösung der Aufgabe wird auch ein Verfahren zum Herstellen der Anordnung mit folgenden Verfahrensschritten angegeben: a) Bereitstellen einer Anordnung mindestens eines elektrischen Bauelements auf einem Substrat und b) Auflaminieren der Isolationsfolie auf das Bauelement und das Substrat, so dass die durch das Bauelement und das Substrat gegebene Oberflächenkontur in der Oberflächenkontur der Isolationsfolie abgebildet wird.

**[0012]** Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass mit Hilfe einer Isolationsfolie gerade an exponierten Stellen des Bauelements, also an einer Ecke, Kante oder Spitze des Bauelements eine für den Betrieb des Bauelements notwendige Spannungsfestigkeit sicher gestellt werden kann. Die hohe Spannungsfestigkeit wird durch das Folienmaterial, die Folienstärke und vor allem durch die Anbindung der Isolationsfolie an das Bauelement erreicht. Vorzugsweise wird eine hochspannungstaugliche Isolationsfolie verwendet. Unter Hochspannung ist in diesem Zusammenhang eine Spannung von mehreren hundert Volt zu verstehen. Durch das Auflaminieren der Isolationsfolie wird ein fester, inniger Kontakt mit dem elektrischen Bauelement erzielt. Dies gilt auch für die exponierten Stellen des Bauelements. Es resultiert eine für die hohe Spannungsfestigkeit notwendige innige und feste Verbindung zwischen der Isolationsfolie und dem Bauelement. Mit Hilfe der auflaminierten Isolationsfolie wird die elektrische Isolierung des Bauelements auch bei einer Ansteuerspannung von mehreren hundert Volt aufrecht erhalten. Es kommt zu keinem elektrischen Überschlag.

**[0013]** Es kann aber auch eine Spannungsfestigkeit gegenüber höheren Feldstärken vorliegen.

**[0014]** Die hohe Spannungsfestigkeit kann entlang der gesamten Isolationsfolie vorhanden sein. Die hohe Spannungsfestigkeit ist aber insbesondere an exponierten Stellen der Isolationsfolie vorhanden. Vorzugsweise weist daher die durch das Bauelement und das Substrat gegebene Oberflächenkontur mindestens eine aus der Gruppe Ecke und/oder Kante ausgewählte geometrische Form auf. Gerade an solchen Stellen des Bauelements kann es zu Feldüberhöhungen kommen. An diesen Stellen ist es daher wichtig, mit einer entsprechend angepassten Isolationsfolie und deren Anbindung an das Bauelement und das Substrat für die notwendige Spannungsfestigkeit zu sorgen.

**[0015]** Zur Erhöhung der Spannungsfestigkeit weist in einer besonderen Ausgestaltung zumindest der Teil der Isolationsfolie mit der Oberflächenkontur einen Mehrschichtaufbau auf. Durch mehrere, übereinander angeordnete Isolationsfolien wird die Spannungsfestigkeit erhöht. Dabei kann der Mehrschichtaufbau sich auch über die gesamte Isolationsfolie erstrecken. Der Mehrschichtaufbau wird insbesondere

re durch wiederholtes Auflaminieren von einzelnen Isolationsfolien erzeugt. Insgesamt entsteht eine aus mehreren einzelnen Lagen bestehende Isolationsfolie. Die einzelnen Lagen der mehrschichtigen Isolationsfolie können aus dem gleichen Folienmaterial bestehen. Denkbar ist aber auch, dass die einzelnen Lagen der Isolationsfolie unterschiedliche Folienmaterialien aufweisen.

**[0016]** Zumindest der Teil der Isolationsfolie mit der Oberflächenkontur weist in einer nicht erfindungsgemäßen Alternative eine im Wesentlichen konstante Folienstärke auf. Es tritt kein Ausdünnen der Isolationsfolie auf, wie es im Fall der Lackbeschichtung an exponierten Stellen der Fall sein kann. Eine effiziente elektrische Isolierung des Bauelements ist gewährleistet.

**[0017]** In der erfindungsgemäßen Ausgestaltung weist zumindest der Teil der Isolationsfolie mit der Oberflächenkontur eine im Vergleich zu einem weiteren Teil der Isolationsfolie unterschiedliche Folienstärke auf. An den Stellen, an denen es im Betrieb des Bauelements zu Feldüberhöhungen kommen kann, wird die Isolationsfolie gezielt verstärkt. Dabei kann eine Verstärkung durch Einführen eines oben beschriebenen mehrlagigen Aufbaus erreicht werden. Die Verstärkung kann aber auch durch die Verwendung einer vorgeformten Isolationsfolie erzielt werden. In einer besonderen Ausgestaltung ist daher zumindest der Teil der Isolationsfolie mit der Oberflächenkontur vorgeformt. Die vorgeformte Isolationsfolie ist beispielsweise thermisch vorgeformt. Das Vorformen umfasst dabei insbesondere ein Vorprägen und/oder Vorstrukturieren.

**[0018]** Als Kunststoff der Isolationsfolie ist jeder beliebige duroplastische (duromere) und/oder thermoplastische Kunststoff denkbar. In einer besonderen Ausgestaltung weist die Isolationsfolie mindestens einen aus der Gruppe Polyacrylat, Polyimid, Polyethylen, Polyphenol, Polyetheretherketon, Polytetrafluorethylen und/oder Epoxid ausgewählten Kunststoff auf. Mischungen der Kunststoffe und/oder Copolymerisate aus Monomeren der Kunststoffe sind ebenfalls denkbar.

**[0019]** Erfindungsgemäß weist die Isolationsfolie einen Füllstoff auf. Der Verbundwerkstoff bildet alleine oder mit weiteren Werkstoffen das Folienmaterial, aus dem die Isolationsfolie besteht. Bei dem Verbundwerkstoff bildet der Kunststoff eine Matrix, in die der Füllstoff eingebettet ist. Der Kunststoff ist das Basismaterial des Verbundwerkstoffs. Der Füllstoff kann dabei als Streckungsmittel dienen. Insbesondere wird aber der Füllstoff zum Beeinflussen einer elektrischen und/oder mechanischen Eigenschaft der Isolationsfolie verwendet. Denkbar ist dabei insbesondere die Verwendung eines elektrisch isolierenden und thermisch leitfähigen Füllstoffs. Es resul-

tiert eine elektrisch isolierende, aber thermisch leitfähige Isolationsfolie. Durch die Verwendung einer Isolationsfolie mit einem thermisch leitfähigen Füllstoff ist es möglich, eine im Betrieb des Bauelements entstehende Wärme vom Bauelement abzuleiten. Die thermische Leitfähigkeit (Wärmeleitfähigkeit)  $\lambda$  des Füllstoffs bei Raumtemperatur beträgt mindestens  $1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Um die thermische Leitfähigkeit des Füllstoffs auszunutzen, ist ein Füllgrad (Gehalt) des Füllstoffs im Kunststoff so gewählt, dass eine Koagulationsgrenze des Füllstoffs im Basismaterial überschritten ist. Unterhalb der Koagulationsgrenze ist eine Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering, dass sich die einzelne Füllstoffpartikel berühren.

**[0020]** Wenn die Koagulationsgrenze überschritten wird, berühren sich die Füllstoffpartikel mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit. Daraus ergibt sich ein relativ hoher spezifischer Wärmeleitfähigkeitskoeffizient des Verbundwerkstoffs. Eine relativ hohe thermische Leitfähigkeit bei gleichzeitig niedriger elektrischer Leitfähigkeit kann insbesondere mit einem Füllstoff aus einem keramischen Werkstoff erreicht werden. Ein derartiger Werkstoff ist beispielsweise pulverförmiges Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Zur effizienten Wärmeableitung ist die Isolationsfolie vorteilhaft mit einer Wärmesenke thermisch leitend verbunden.

**[0021]** Ein Durchmesser der Füllstoffpartikel beträgt einige nm bis hin zu wenigen  $\mu\text{m}$ . Der Durchmesser der Füllstoffpartikel ist, genauso wie das Füllstoffmaterial des Füllstoffs und ein Gehalt des Füllstoffs im Basismaterial so bemessen, dass die Isolationsfolie die hohe Spannungsfestigkeit zeigt und gleichzeitig auflaminiert werden kann. Dies bedeutet, dass auch in Gegenwart des Füllstoffs eine Elastizität der Isolationsfolie erhalten bleibt, so dass die Isolationsfolie der Oberflächenkontur von Bauelement und Substrat folgen kann.

**[0022]** Vorzugsweise ist die Isolationsfolie durch Auswahl ihre Folienstärke und ihres Folienmaterials derart gestaltet, dass ein Höhenunterschied von bis zu  $1000 \mu\text{m}$  überwunden werden kann. Der Höhenunterschied ist unter anderem durch die Topologie des Substrats und der auf dem Substrat aufgetragenen Bauelemente gegeben. Der Höhenunterschied kann dabei durch eine oder mehrere Stufen hervorgerufen werden. Vorzugsweise weist die durch das Bauelement und das Substrat gegebene Oberflächenkontur einen Höhenunterschied auf, der aus dem Bereich von einschließlich  $200 \mu\text{m}$  bis einschließlich  $1000 \mu\text{m}$  ausgewählt ist.

**[0023]** Erfindungsgemäß liegt der Füllstoff in Form eines Geflechts vor. Bei einem Geflecht sind einzelne Fasern des Füllstoffs mit einander verwoben und/oder verflochten. Mit Hilfe des Gewebes wird sichergestellt, dass es beim Auflaminieren der Isolationsfolie an exponierten Stellen des Bauelements zu

keinem Ausdünnen der Isolationsfolie kommt. Damit bleibt die hohe Spannungsfestigkeit der Isolationsfolie erhalten. Gleichzeitig kann durch Verwendung eines thermisch leitenden Füllstoffs eine im Betrieb des Bauelements entstehende Wärme durch Wärmeleitung über die Fasern des Gewebes effizient abgeleitet werden.

**[0024]** Als Bauelement ist ein beliebiges passives und/oder aktives elektrisches Bauelement denkbar. Bevorzugt wird als Bauelement ein Halbleiterbauelement verwendet. Das Halbleiterbauelement ist vorzugsweise ein aus der Gruppe MOSFET, IGBT und/oder Bipolartransistor ausgewähltes Leistungshalbleiterbauelement. Für derartige Bauelemente auf einem Substrat eignet sich die oben beschriebene Anordnung besonders. Mit Hilfe der Isolationsfolien kann eine effiziente elektrische Isolierung des Leistungshalbleiterbauelements und gleichzeitig eine elektrische Kontaktierung verschiedener Kontaktflächen des Leistungshalbleiterbauelements auf einfache Weise realisiert werden. Darüber hinaus können weitere Funktionen in der Isolationsfolie, beispielsweise eine für den Betrieb des Leistungshalbleiterbauelements notwendige thermische Ableitung von Wärme, integriert werden.

**[0025]** Das Auflaminieren der Isolationsfolie führt zu einem innigen und festen Kontakt zwischen der Isolationsfolie und dem Bauelement und zwischen der Isolationsfolie und dem Substrat. Wenn die Isolationsfolie durch das Auflaminieren das Bauelement vollständig bedeckt ist, kann auf diese Weise das Bauelement hermetisch von äußeren Einflüssen abgeschirmt werden. Beispielsweise ist es so möglich, ein Vordringen von Wasser, beispielsweise von feuchter Atmosphäre, bis zum Bauelement zu unterbinden. Dies trägt zu einer verbesserten Spannungsfestigkeit der Isolationsfolie beziehungsweise der Verbindung aus Isolationsfolie und Bauelement bei.

**[0026]** Um den innigen Kontakt zwischen der Isolationsfolie und dem Bauelement beziehungsweise dem Substrat zu verbessern, kann vor dem Auflaminieren ein Klebstoff auf die Isolationsfolie und/oder das Bauelement beziehungsweise das Substrat aufgetragen werden. Beispielsweise wird eine Isolationsfolie mit einer Klebebeschichtung verwendet. Zur Verbesserung des Kontakts erfolgt aber in einer besonderen Ausgestaltung des Herstellverfahrens das Auflaminieren unter Vakuum. Dadurch wird ein besonders inniger und fester Kontakt zwischen der Isolationsfolie und dem Substrat und dem Bauelement erzeugt. Durch das Auflaminieren unter Vakuum kann sichergestellt werden, dass die Oberflächenkontur, die durch das Substrat und das Bauelement gegeben ist, durch die Isolationsfolie nachgezeichnet wird. Die Oberflächenkontur der Isolationsfolie folgt der Oberflächenkontur des Bauelements und des Substrats. Das Auflaminieren erfolgt vorteilhaft in einer Vakuum-

presse. Dazu sind Vakuumziehen, hydraulisches Vakuumpressen, Vakuumgasdruckpressen oder ähnliche Laminierverfahren denkbar. Der Druck wird vorteilhaft isostatisch aufgebracht. Das Auflaminieren erfolgt beispielsweise bei Temperaturen von 100°C bis 250°C und einem Druck von 1 bar bis 10 bar. Die genauen Prozessparameter des Auflaminierens, also Druck, Temperatur, Zeit, etc. hängen unter anderem von der Oberflächenkontur des Substrate, des Folienmaterials der Isolationsfolie und der Folienstärke der Isolationsfolie ab.

**[0027]** Als besonders vorteilhaft erweist sich dabei eine Folienstärke der Isolationsfolie, die aus dem Bereich von 25 µm bis 150 µm ausgewählt ist. Größere Folienstärken von bis zu 500 µm sind ebenfalls denkbar. Um eine bestimmte Gesamtstärke zu erhalten, kann das Auflaminieren dünner Isolationsfolien mehrmals durchgeführt werden.

**[0028]** In einer besonderen Ausgestaltung wird während und/oder nach dem Auflaminieren der Isolationsfolie ein Tempersschritt durchgeführt. Denkbar ist beispielsweise, dass eine Isolationsfolie mit einem nicht oder nur teilweise vernetzten Kunststoff verwendet wird. Durch Temperaturerhöhung wird die Vernetzung des Kunststoffs vorangetrieben. Durch die weitere Vernetzung des Kunststoffs wird der innige Kontakt zwischen der Isolationsfolie und dem Substrat und dem Bauelement erzeugt. Denkbar ist neben der fortgesetzten Polymerisierung durch Temperaturerhöhung eine fortgesetzte Polymerisierung durch Belichtung.

**[0029]** Zur Verbesserung der Haftung der Isolationsfolie auf dem Bauelement und auf dem Substrat kann vor dem Auflaminieren eine Haftvermittlungsschicht auf der Isolationsfolie und/oder auf dem Bauelement bzw. auf dem Substrat aufgetragen werden. Denkbar ist dabei ein beliebiger ein- oder mehrkomponentiger Klebstoff. Besonders vorteilhaft erweist sich eine Haftvermittlungsschicht mit einem Polysilan. Durch die Haftvermittlungsschicht wird nicht nur ein form- und kraftschlüssiger, sondern zusätzlich ein stoffschlüssiger Kontakt hergestellt. Es resultiert ebenfalls eine verbesserte Spannungsfestigkeit.

**[0030]** Zusammenfassend ergeben sich mit der Erfindung folgende besonderen Vorteile:

- Durch die elektrische Isolierung des Bauelements der Anordnung mit Hilfe einer auflaminierten elektrischen Isolationsfolie mit hoher Spannungsfestigkeit resultiert ein Aufbau, der für Hochspannungsanwendungen geeignet ist.
- Insbesondere ist dabei eine effiziente elektrische Isolierung im Bereich von exponierten Steilen des Bauelements möglich, so dass es trotz Feldüberhöhung zu keinem elektrischen Überschlag kommt.

– Durch einfache Maßnahmen, beispielsweise durch die Verwendung geeigneter Füllstoffe, die Verwendung einer vorgeformten Isolationsfolie und/oder die Verwendung einer mehrlagigen Isolationsfolie kann die Spannungsfestigkeit der Isolationsfolie gezielt erhöht werden.

**[0031]** Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der dazugehörigen Figuren wird die Erfindung im Folgenden näher beschrieben. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabgetreuen Abbildungen dar.

**[0032]** Fig. 1 bis Fig. 3 zeigen jeweils einen Ausschnitt einer Anordnung eines elektrischen Bauelements auf einem Substrat in einem seitlichen Querschnitt.

**[0033]** Die Anordnung 1 weist ein elektrisches Bauelement 3 auf einem Substrat 2 auf. Das Substrat 2 ist ein DCB-Substrat mit einer Trägerschicht 21 aus einer Keramik und einer auf der Trägerschicht 21 aufgetragenen elektrisch leitenden Schicht aus Kupfer.

**[0034]** Das elektrische Bauelement 3 ist ein Leistungshalbleiterbauelement 32 in Form eines MOSFETs. Das Leistungshalbleiterbauelement 32 ist auf der elektrisch leitenden Schicht 22 aus Kupfer derart aufgelötet, dass eine Kontaktfläche 31 des Leistungshalbleiterbauelements 32 vom Substrat 2 abgewandt ist. Über die Kontaktfläche 31 ist einer der Kontakte des Leistungshalbleiterbauelements 32 (Source, Gate, Drain) elektrisch kontaktiert.

**[0035]** Zur elektrischen Kontaktierung der Kontaktfläche 31 des Leistungshalbleiterbauelements 32 ist eine Verbindungsleitung 4 auf dem Substrat 2 vorhanden.

**[0036]** Auf dem Substrat 2 und dem Leistungshalbleiterbauelement 32 ist eine etwa 50 µm dicke Isolationsfolie 5 aus einem Verbundwerkstoff derart auflaminiert, dass die Oberflächenkontur 11, die sich aus dem Leistungshalbleiterbauelement 32, der elektrisch leitenden Schicht 22 und der Trägerschicht 21 des DCB-Substrats ergibt, in der Oberflächenkontur 51 eines Teils 52 der Isolationsfolie 5 abgebildet wird. Die Oberflächenkontur 11 weist einen Höhenunterschied 12 von etwa 500 µm auf.

**[0037]** Zum Herstellen der Schaltungsanordnung 1 wird das Leistungshalbleiterbauelement 32 derart auf der elektrisch leitenden Schicht 22 des DCB-Substrats 2 aufgelötet, dass die Kontaktfläche 31 des Leistungshalbleiterbauelements 32 dem Substrat 2 abgewandt ist.

**[0038]** Im Weiteren wird die Isolationsfolie 5 auf der Kontaktfläche 31 des Halbleiterbauelements 32 und dem Substrat 2 unter Vakuum auflaminiert. Dabei

entsteht eine innige Verbindung zwischen der Isolationsfolie **5** und dem Leistungshalbleiterbauelement **32** bzw. dem Substrat **2**. Es entsteht ein form- und kraftschlüssiger Kontakt zwischen der Isolationsfolie **5** und dem Bauelement **32** bzw. dem Substrat **2**. Die Isolationsfolie **5** verbindet sich mit dem Leistungshalbleiterbauelement **32** und dem Substrat **2** derart, dass die Oberflächenkontur **11**, die im Wesentlichen durch die Form des Leistungshalbleiterbauelements **3** gegeben ist, durch die Oberflächenkontur **51** der Isolationsfolie **5** nachgezeichnet wird.

**[0039]** Die Isolationsfolie **5** ist eine hochspannungstaugliche Isolationsfolie. Die Isolationsfolie **5** weist eine Spannungsfestigkeit gegenüber einer Feldstärke von bis zu 50 kV/mm auf. Durch das Auflaminieren der Isolationsfolie **5** ist diese hohe Spannungsfestigkeit auch in dem Teilbereich gewährleistet, in dem sich eine Ecke **33** oder Kante **34** des Bauelements **3** befindet. An diesen Stellen kommt es bei der Ansteuerung des Leistungshalbleiterbauelements **32** zu extremen Feldüberhöhungen.

Beispiel 1 (nicht zur Erfindung gehörig):

**[0040]** Die Isolationsfolie **5** ist einlagig (**Fig. 1**). Die Isolationsfolie **5** besteht dabei aus einem Verbundwerkstoff. Das Basismaterial des Verbundwerkstoffs ist ein Kunststoff aus Polyimid. In dem Kunststoff ist pulverförmiges Aluminiumoxid als Füllstoff enthalten. Partikelgröße und Füllgrad des Aluminiumoxids sind dabei so gewählt, dass die Koagulationsgrenze überschritten ist. Aufgrund der Wärmeleitfähigkeit des Aluminiumoxids liegt eine Isolationsfolie **5** vor, die nicht nur der elektrischen Isolierung dient. Über die Isolationsfolie **5** kann Wärme, die im Betrieb des Leistungshalbleiterbauelements **32** entsteht, an eine nicht dargestellte Wärmesenke effizient abgeleitet werden.

Beispiel 2:

**[0041]** Die Isolationsfolie **5** weist ebenfalls einen Verbundwerkstoff auf. Das Basismaterial des Verbundwerkstoffs ist ebenfalls ein Polyimid. Im Unterschied zum vorangegangenen Beispiel ist der Füllstoff des Verbundwerkstoffs ein Geflecht aus Polytetrafluorethylen-Fasern. Durch das Geflecht wird die Wahrscheinlichkeit für das Ausdünnen der Isolationsfolie beim Auflaminieren erniedrigt. Es resultiert eine effiziente elektrische Isolierung des Bauelements **32**.

Beispiel 3:

**[0042]** Im Unterschied zu den vorangegangenen Beispielen ist der Teil **52** der Isolationsfolie **5** mit der Oberflächenkontur **51** verstärkt. Dieser Teil **52** befindet sich in dem Bereich des elektrischen Bauelements **3**, in dem es aufgrund der geometrischen Form des Bauelements **3** zu einer Feldüberhöhung

durch elektrische Ansteuerung mit hohen Spannungen kommen kann. Dies führt zu einer verbesserten Durchschlagfestigkeit im Bereich des Teils **52** der Isolationsfolie **5**.

**[0043]** Um die Verstärkung zu erzielen, wird eine vorgeformte Isolationsfolie **5** auflamiert (**Fig. 2**). Die vorgeformte Isolationsfolie **5** weist einen Teil **52** mit einer von einem weiteren Teil **53** der Isolationsfolie **5** abweichenden Folienstärke auf. Die Folienstärken des Teils **52** und des weiteren Teils **53** der Isolationsfolie **5** sind unterschiedlich. Der Teil **52** der Isolationsfolie **5**, durch den die Ecken **33** und Kanten **34** des Bauelements **3** elektrisch isoliert werden, weist eine höhere Folienstärke auf als der weitere Teil **53** der Isolationsfolie **5**, durch den eine Isolierung der elektrischen Verbindungsleitung **4** erreicht wird, bei der die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Feldüberhöhung niedrig ist.

Beispiel 4:

**[0044]** Um eine Verstärkung des Teils **51** der Isolationsfolie **5** zu erzielen, wird im Gegensatz zum vorangegangenen Beispiel eine Isolationsfolie **5** mit einem mehrlagigen Teil **52** verwendet (**Fig. 3**). Der Teil **52** der Isolationsfolie **5** weist einen Mehrschichtaufbau **54** auf. Die einzelnen Schichten **55** und **56** des Teils **52** der Isolationsfolie **5** bestehen aus dem gleichen Folienmaterial. Eine Gesamtfolienstärke der Isolationsfolie beträgt etwa 100 µm. Zum Herstellen dieser Anordnung **1** werden zwei Isolationsfolien von jeweils etwa 50 µm nacheinander auflamiert, wobei als zweite Isolationsfolie eine strukturierte Isolationsfolie verwendet wird.

### Patentansprüche

1. Anordnung (**1**) eines elektrischen Bauelements (**3**) auf einem Substrat (**2**), wobei
  - mindestens eine elektrische Isolationsfolie (**5**) zur elektrischen Isolierung des Bauelements vorhanden ist,
  - zumindest ein Teil (**52**) der Isolationsfolie (**5**) mit dem Bauelement (**3**) und dem Substrat (**2**) derart verbunden ist, dass eine durch das Bauelement (**3**) und das Substrat (**2**) gegebene Oberflächenkontur (**11**) in einer Oberflächenkontur (**51**) des Teils (**52**) der Isolationsfolie (**5**) abgebildet ist,
  - zumindest der Teil der Isolationsfolie (**5**) mit der Oberflächenkontur eine Spannungsfestigkeit gegenüber einer elektrischen Feldstärke aus dem Bereich von einschließlich 10 kV/mm bis einschließlich 200 kV/mm aufweist,
  - die Isolationsfolie (**5**) einen Verbundwerkstoff aufweist, dessen Basismaterial ein Polyimid ist, und
  - zumindest der Teil (**52**) der Isolationsfolie (**5**) mit der Oberflächenkontur (**51**) eine im Vergleich zu einem weiteren Teil (**53**) der Isolationsfolie (**5**) größere Folienstärke aufweist, wobei

– die Isolationsfolie (5) einen Füllstoff aufweist, und der Füllstoff ein Geflecht aus PTFE-Fasern ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die durch das Bauelement (3) und das Substrat (2) gegebene Oberflächenkontur (11) mindestens eine aus der Gruppe Ecke (33) und/oder Kante (34) ausgewählte geometrische Form aufweist.

3. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zumindest der Teil (52) der Isolationsfolie (5) mit der Oberflächenkontur (51) zur Erhöhung der Spannungsfestigkeit einen Mehrschichtaufbau (54) aufweist.

4. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zumindest der Teil (52) der Isolationsfolie (5) mit der Oberflächenkontur (51) vorgeformt ist.

5. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Füllstoff thermisch leitfähig ist.

6. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei durch die durch das Bauelement (3) und das Substrat (2) gegebene Oberflächenkontur (11) einen Höhenunterschied (12) aufweist, der aus dem Bereich von einschließlich 200 µm bis einschließlich 1000 µm ausgewählt ist.

7. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Bauelement ein Halbleiterbauelement (32) ist.

8. Anordnung nach Anspruch 7, wobei das Halbleiterbauelement ein aus der Gruppe MOSFET, IGBT und/oder Bipolar-Transistor ausgewähltes Leistungshalbleiterbauelement ist.

9. Verfahren zum Herstellen einer Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche mit den Verfahrensschritten:

- a) Bereitstellen einer Anordnung mindestens eines elektrischen Bauelements auf einem Substrat und
- b) Auflaminieren der Isolationsfolie (5) auf das Bauelement (3) und das Substrat (2), so dass die durch das Bauelement (3) und das Substrat (2) gegebene Oberflächenkontur (11) in der Oberflächenkontur (51) der Isolationsfolie (5) abgebildet wird, und zumindest der Teil (52) der Isolationsfolie (5) mit der Oberflächenkontur (51) eine im Vergleich zu einem weiteren Teil (53) der Isolationsfolie (5) größere Folienstärke aufweist, und zumindest der Teil der Isolationsfolie (5) mit der Oberflächenkontur eine Spannungsfestigkeit gegenüber einer elektrischen Feldstärke aus dem Bereich von einschließlich 10 kV/mm bis einschließlich 200 kV/mm aufweist,

– die Isolationsfolie (5) einen Verbundwerkstoff aufweist, dessen Basismaterial ein Polyimid ist, und die

Isolationsfolie (5) einen Füllstoff aufweist, und der Füllstoff ein Geflecht aus PTFE-Fasern ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Auflaminieren der Isolationsfolie (5) unter Vakuum erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei während und/oder nach dem Auflaminieren der Isolationsfolie (5) ein Temperschritt durchgeführt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

FIG 1

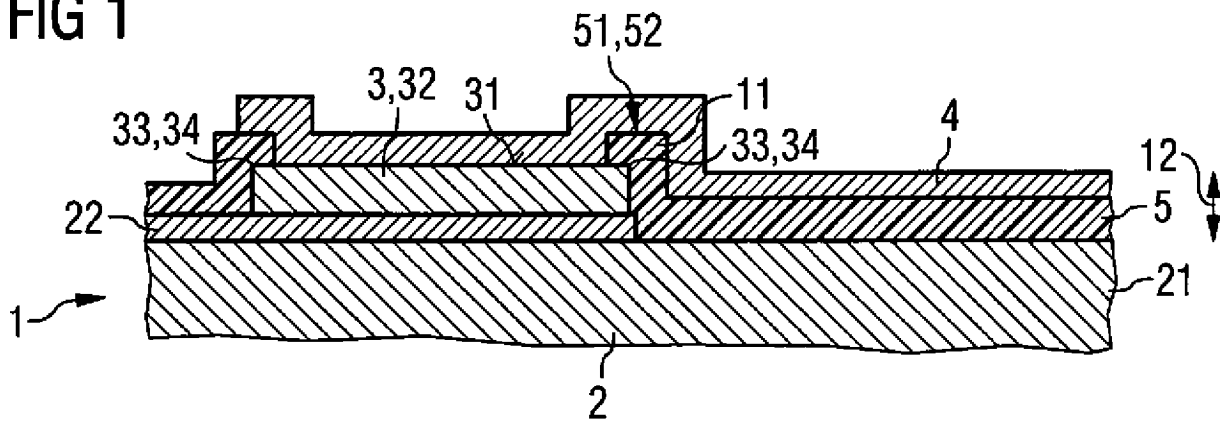


FIG 2

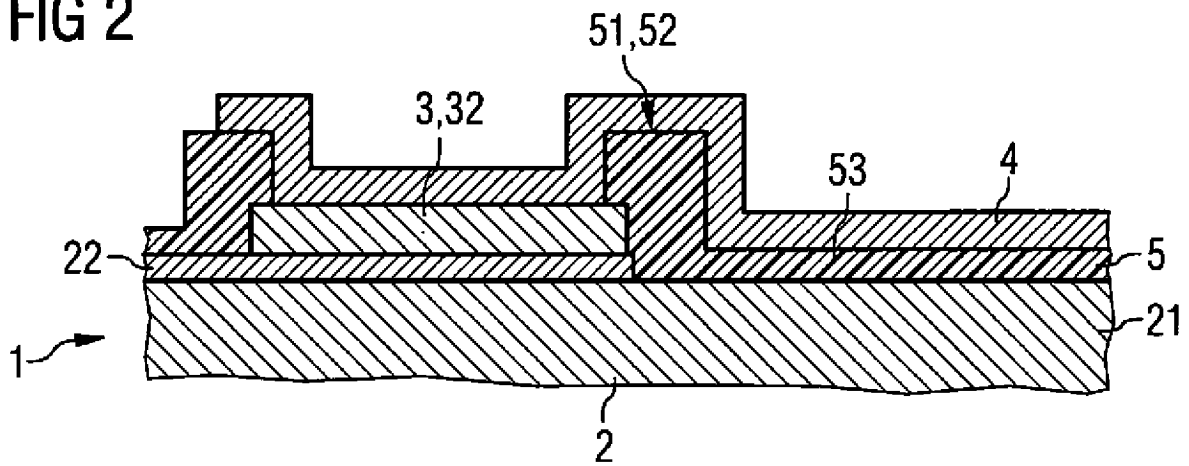


FIG 3

