



(10) **DE 10 2013 215 592 A1** 2015.02.12

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 215 592.1**  
(22) Anmeldetag: **07.08.2013**  
(43) Offenlegungstag: **12.02.2015**

(51) Int Cl.: **H01L 23/29** (2006.01)  
**H01L 23/48** (2006.01)  
**H01L 21/60** (2006.01)  
**H05K 3/30** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Mitic, Gerhard, 81827 München, DE; Weidner,  
Karl, 81245 München, DE; Kiefl, Stefan, 80992  
München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2012 201 612</b>	<b>B3</b>
<b>DE</b>	<b>100 55 454</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2007 005 233</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2007 039 904</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2007 039 905</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>6 295 205</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>2009 / 0 250 799</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2003/ 030 247</b>	<b>A2</b>

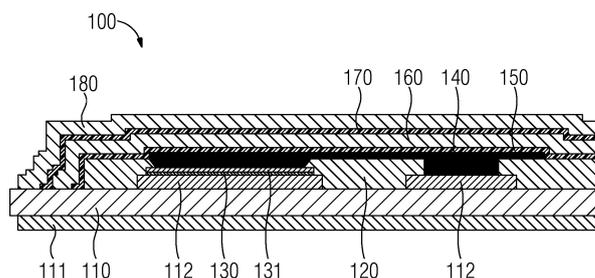
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Leistungselektronische Schaltung mit planarer elektrischer Kontaktierung**

(57) Zusammenfassung: Leistungselektronische Schaltung, umfassend:

- ein Substrat,
- wenigstens ein auf dem Substrat angeordnetes leistungselektronisches Bauelement,
- eine das Substrat und das leistungselektronische Bauelement in Teilen bedeckende elektrisch isolierende Schicht,
- wenigstens eine die elektrisch isolierende Schicht wenigstens in Teilen bedeckende Metallschicht,
- wenigstens ein die Metallschicht formschlüssig zumindest teilweise überdeckender Pufferschichtaufbau zur Pufferung gegen mechanische Ausdehnung, wobei der Pufferschichtaufbau wenigstens eine erste Schicht aus einem duktilen ersten Material und wenigstens eine zweite Schicht aus einem hochreißfesten zweiten Material aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine leistungselektronische Schaltung mit planarer elektrischer Kontaktierung, die ein Substrat, wenigstens ein auf dem Substrat angeordnetes leistungselektronisches Bauelement, eine das Substrat und das leistungselektronische Bauelement zumindest in Teilen bedeckende elektrisch isolierende Schicht und wenigstens eine die elektrisch isolierende Schicht wenigstens in Teilen bedeckende Metallschicht umfasst.

**[0002]** Beim elektrischen Versagen von IGBT-Modulen wird eine erhebliche thermische Energie freigesetzt, bevor es zum Abschalten des Moduls kommt bzw. ein dauerhafter Kurzschluss vorliegt. Diese thermische Energie führt dann unter Umständen zu einer Zerstörung der Materialien, die dann mit hoher Energie weggeschleudert werden, was den Charakter einer Explosion hat. Kommerzielle Module weisen hierfür Sollbruchstellen auf, die einer definierten Ableitung des Überdrucks dienen.

**[0003]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine leistungselektronische Schaltung anzugeben, die für den Fall eines sehr hohen Eintrags von Wärme gesichert ist gegen eine Explosion.

**[0004]** Diese Aufgabe wird durch eine leistungselektronische Schaltung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0005]** Die erfindungsgemäße leistungselektronische Schaltung umfasst ein Substrat, beispielsweise ein DCB-Substrat (= direct copper bond). Weiterhin umfasst die leistungselektronische Schaltung wenigstens ein auf dem Substrat angeordnetes leistungselektronisches Bauelement, beispielsweise einen IGBT oder einen anderen leistungselektronischen Schalter.

**[0006]** Auf dem Substrat und dem leistungselektronischen Bauelement ist eine in Teilen bedeckende elektrisch isolierende Schicht aufgebracht. Diese Schicht kann beispielsweise eine isolierende Folie, insbesondere eine Polyimid-Folie sein. Zweckmäßig umfasst die Folie Fenster, d.h. Löcher, im Bereich von Kontaktflächen des leistungselektronischen Bauelements.

**[0007]** Zur elektrischen Leitung ist weiterhin wenigstens eine die elektrisch isolierende Schicht wenigstens in Teilen bedeckende Metallschicht vorgesehen. Die Metallschicht kann dabei eine oder mehrere getrennte Leiterbahnen ausbilden. Sie kann auch flächig vorliegen. Zweckmäßig besteht eine elektrische Verbindung der Metallschicht durch eines der Fenster in der isolierenden Schicht zu einer der Kontakt-

flächen. Die Metallschicht besteht bevorzugt im Wesentlichen aus Kupfer. Beispielsweise kann die Metallschicht aus mehreren Teilschichten bestehen, wobei die obere Schicht galvanisch aufgebracht ist.

**[0008]** Schließlich umfasst die leistungselektronische Schaltung wenigstens einen die Metallschicht formschlüssig zumindest teilweise überdeckenden Pufferschichtaufbau zur Pufferung gegen mechanische Ausdehnung. Der Pufferschichtaufbau weist wenigstens eine erste Schicht aus einem duktilen ersten Material und wenigstens eine zweite Schicht aus einem im Vergleich zum duktilen Material hochzug-, hochdruck- und hochreiß-festem zweiten Material auf.

**[0009]** Für die Erfindung wurde erkannt, dass bei einer leistungselektronischen Schaltung, die eine planare Kontaktierung aufweist, wie beispielsweise aus der WO 2003/030247 A2 bekannt, ein guter Explosionsschutz erreichbar ist, indem ein Pufferschichtaufbau formschlüssig realisiert wird. Der Pufferschichtaufbau umfasst dabei Energie absorbierende Schichten. Die kinetische Energie wird dabei von dem mehrlagigen System aus erster und zweiter Schicht aufgenommen und auf eine möglichst große Fläche verteilt. Die kinetische Energie wird von dem Schichtaufbau aufgenommen, ohne dass Materialien der leistungselektronischen Schaltung nach außen durchdringen und Schädigungen im Umfeld verursachen. Dabei eignet sich die planare Aufbautechnologie besonders für die Aufbringung des mehrlagigen Schichtaufbaus, da die leistungselektronische Schaltung keine Bonddrähte besitzt und die Schichten direkt auf die elektrischen Verbindungen aufgebracht werden können. Dadurch, dass die Schichten direkt auf den planaren Kontaktierungsschichten formschlüssig aufgebracht werden, können hohe thermischen Verluste im Kurzschlussfall keine lokal hohen kinetischen Energien aufbauen, da es rasch zur Absorption der kinetischen Energie kommt. Die Aufbautechnik beispielsweise durch geschlossene Metallschichten ermöglicht gleichzeitig eine hermetische Ausführung von Leistungsmodulen, was das Eindringen von Feuchte oder Gasen verhindert.

**[0010]** Vorteilhaft ist es, wenn jeweils mehrere duktile und hochzug-, hochdruck- oder hochreiß-feste Schichten abwechselnd aufgebracht sind. Die Dicke der Schichten oder des gesamten Schichtaufbaus ist dabei vorteilhaft an die Leistungsdichte der leistungselektronischen Schaltung angepasst.

**[0011]** Die Schicht aus duktilem Material kann beispielsweise eine ein- oder mehrschichtige Netz- oder Folienstruktur aufweisen, beispielsweise aus reißfestem Gewebe aus Kohlefasern (Kevlar, Aramid) oder Kunststoffen, wie beispielsweise Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht. Darüber hinaus können auch strukturierte Metallschäume mit gezielten Po-

rositäten als duktile Schicht dienen. Die Schicht aus dem zweiten Material kann eine Metallschicht, vorzugsweise aus Hartmetallen, z.B. Nickellegierungen, Wolframcarbid sein. Andere Beispiele für das zweite Material sind Funktionskeramiken wie Oxidkeramik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder Siliziumcarbid SiC oder AlSiCu, AlN, LTCC, HTCC, Metalle (Eisenlegierungen), Polyethylenplatten oder Glasgewebeschichten. Die Schichten werden bevorzugt galvanisch aufgebracht, können aber auch als Folien auflaminiert, plasma- oder kaltgasgesprüht werden.

**[0012]** Ein bevorzugtes, jedoch keinesfalls einschränkendes Ausführungsbeispiel für die Erfindung wird nunmehr anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei sind die Merkmale stark schematisiert und nicht maßstäblich dargestellt. Es zeigen

**[0013]** Fig. 1 und Fig. 2 eine leistungselektronische Schaltung mit planarer Kontaktierungstechnologie.

**[0014]** Fig. 1 stellt eine erste leistungselektronische Schaltung **100** mit planarer Kontaktierungstechnologie im Querschnitt dar. Die leistungselektronische Schaltung **100** ist dabei auf ein DCB-Substrat **110** aufgebaut. Das DCB-Substrat **110** umfasst eine nicht weiter strukturierte unterseitige Kupferschicht **111** und eine strukturierte oberseitige Kupferschicht **112** auf. Die oberseitige Kupferschicht **112** ist dabei weitgehend entfernt und nur noch an in diesem Beispiel zwei Stellen vorhanden, an denen eine Kontaktierung erfolgt.

**[0015]** An einer ersten der zwei Stellen ist über eine Lötsschicht **130** ein IGBT **131** aufgebracht. Der IGBT **131** wird unterseitig durch die oberseitige Kupferschicht **112** kontaktiert. Die Bereiche zwischen den Kontaktstellen der oberseitigen Kupferschicht **112** sind mit einer auflaminierten, isolierenden Polyimidfolie **120** verfüllt und isoliert.

**[0016]** Auf der Oberseite des IGBT **131** ist in der Polyimidfolie **120** ein Fenster zur Durchkontaktierung geschaffen. Auf der Polyimidfolie **120** ist eine Kupferschicht **140** aufgebracht, die eine Kontaktierung des IGBT **131** von oben erlaubt. Die Kupferschicht **140** ist über ein zweites Fenster mit der oberseitigen Kupferschicht **112** verbunden.

**[0017]** Auf der Kupferschicht **140** ist den gesamten Aufbau überdeckend eine weitere elektrisch isolierende Schicht **160** aufgebracht. Auf diese wiederum ist formschlüssig und den gesamten Aufbau bedeckend eine Pufferschicht **160** aus duktilem Material, beispielsweise ein gesprühter Metallschaum aufgebracht. Eine dritte isolierende Schicht **170** bedeckt die Pufferschicht **160**.

**[0018]** Schließlich wird der gesamte Aufbau abgeschlossen von einer im Vergleich zur Pufferschicht

**160** hochreißfesten Metallschicht **180**, beispielsweise Eisen bzw. Eisenlegierungen oder Metallverbundwerkstoffe wie Wolframcarbid. Diese Metallschicht **180** überdeckt wiederum den gesamten Aufbau und ist elektrisch durch die isolierenden Schichten **150**, **170** von den leistungselektronischen Elementen getrennt.

**[0019]** Fig. 2 zeigt einen sehr ähnlichen Aufbau einer zweiten leistungselektronischen Schaltung **200**, bei dem die meisten Elemente mit denen der ersten leistungselektronischen Schaltung **100** übereinstimmen. Im Gegensatz zur ersten leistungselektronischen Schaltung **100** ist auf der Oberseite des IGBT **131** ein Kühlkörper **210** angeordnet. Dieser durchdringt dabei die isolierenden Schichten **150**, **170** und die Pufferschicht **160** und stellt somit eine direkte Wärmeleitverbindung zwischen dem IGBT **131** und der Metallschicht **180** her. Dadurch wird ein effizienter Wärmetransport vom IGBT **131** nach außen, beispielsweise zu einer die leistungselektronische Schaltung **200** umgebenden Kühlflüssigkeit her.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- WO 2003/030247 A2 [0009]

## Patentansprüche

1. Leistungselektronische Schaltung (**100, 200**), umfassend:

- ein Substrat (**110**),
- wenigstens ein auf dem Substrat (**110**) angeordnetes leistungselektronisches Bauelement (**131**),
- eine das Substrat (**110**) und das leistungselektronische Bauelement (**131**) in Teilen bedeckende elektrisch isolierende Schicht (**120**),
- wenigstens eine die elektrisch isolierende Schicht (**120**) wenigstens in Teilen bedeckende Metallschicht (**140**) zur elektrischen Leitung,
- wenigstens ein die Metallschicht (**140**) formschlüssig zumindest teilweise überdeckender Pufferschichtaufbau (**160, 170, 180**) zur Pufferung gegen mechanische Ausdehnung, wobei der Pufferschichtaufbau (**160, 170, 180**) wenigstens eine erste Schicht (**160**) aus einem duktilen ersten Material und wenigstens eine zweite Schicht (**180**) aus einem im Vergleich zum duktilen Material hochzug-, hochdruck- und hochreißfestem zweiten Material aufweist.

2. Leistungselektronische Schaltung (**100, 200**) gemäß Anspruch 1, bei der das erste Material aus den folgenden Materialien ausgewählt ist:

- poröses Metall;
- Kohlefasern, Kevlar, Aramid;
- ein hochreißfester Kunststoff, insbesondere ein Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht;

3. Leistungselektronische Schaltung (**100, 200**) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der das zweite Material aus den folgenden Materialien ausgewählt ist:

- Keramik;
- Polyethylen;
- Glasgewebe.

4. Leistungselektronische Schaltung (**100, 200**) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Pufferschichtaufbau (**160, 170, 180**) eine Dicke von wenigstens 10µm aufweist.

5. Leistungselektronische Schaltung (**100, 200**) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Pufferschichtaufbau (**160, 170, 180**) eine Mehrzahl von ersten und zweiten Schichten aufweist, die abwechselnd aufeinander aufgebracht sind.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

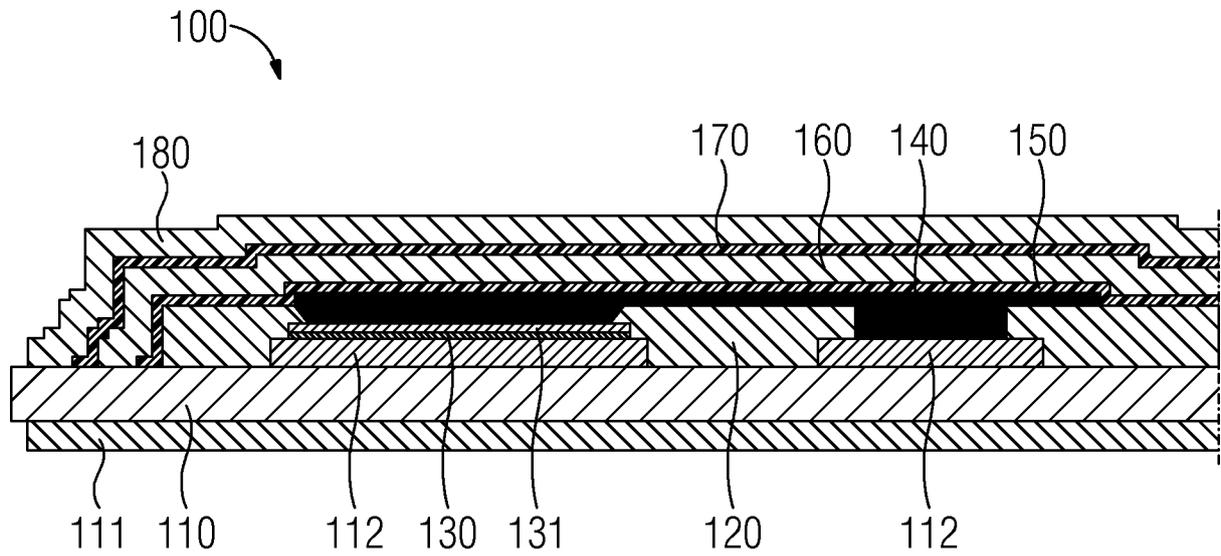


FIG 2

