



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 051 269 B3** 2007.05.31

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 051 269.0**

(22) Anmeldetag: **26.10.2005**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **31.05.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C22C 49/00 (2006.01)**

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. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Infineon Technologies AG, 81669 München, DE**

(74) Vertreter:

**Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667 München**

(72) Erfinder:

**Mitic, Gerhard, Dr., 80809 München, DE;  
Ramminger, Siegfried, 81739 München, DE;  
Degischer, Peter, Prof. Dr., Wien, AT; Licht,  
Thomas, Dr., 59581 Warstein, DE**

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

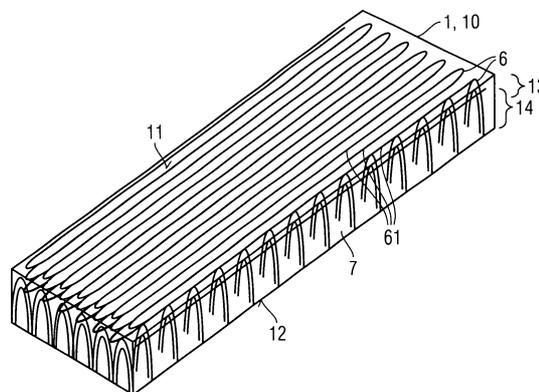
**DE 698 07 306 T2**

**US 68 15 084 B1**

**Tafelwerk Mathematik Physik Chemie. Ausgabe  
1967,  
Berlin; Volk und Wissen, Volkseigener Verlag,  
1969, S. 36;**

(54) Bezeichnung: **Verbundwerkstoff und Bodenplatte**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Verbundwerkstoff (1) sowie eine Bodenplatte (10) zur Montage von elektrischen Bauelementen (2) und zur Verbindung dieser Bauelemente (2) mit einer Kühleinrichtung aus diesem Verbundwerkstoff (1). Der Verbundwerkstoff (1) umfasst ein Matrix-Material (7) und darin eingebettete Fasern (6). Die Fasern (6) weisen dabei eine anisotrope, richtungsoptimierte Verteilung im Matrix-Material (7) auf, so dass örtlich begrenzt auftretende Wärme effektiv verteilt und abgeleitet werden kann. Das Material der Fasern (6) umfasst vorzugsweise SiC, hochgraphitisierten Kohlenstoff oder Diamant. Die Fasern (6) sind im Matrix-Material (7) in verschiedenen Ebenen (13, 14) angeordnet, wobei in den oberen Faserebenen (13) die Fasern (6) überwiegend horizontal orientiert und in den unteren Faserebenen (14) die Fasern (6) überwiegend vertikal orientiert sind.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen faserverstärkten Metallmatrix-Verbundwerkstoff mit richtungsoptimierter Wärmespreizung und Wärmeleitung sowie eine Bodenplatte für die Montage von elektrischen Bauelementen und für die Ableitung der von diesen Bauelementen erzeugten Verlustleistung zu einer Kühleinrichtung, die einen solchen Verbundwerkstoff umfasst.

**[0002]** Elektrische Bauelemente der Leistungs- und der Mikroelektronik umfassen beispielsweise Dioden, IGBT's (Insulated Gate Bipolartransistor) oder integrierte Bauelemente, die eine Vielzahl von elektrisch miteinander verbundenen einzelnen Bauelementen oder integrierten Schaltungen umfassen. Diese werden auf Grund- bzw. Bodenplatten aufgebaut, die sowohl der mechanischen Befestigung und Stabilisierung als auch der Abführung von Verlustwärme dienen. Mit zunehmender Integration, Funktionalität und steigender Betriebsspannung erhöht sich die Verlustleistungsdichte, das heißt die Wärmeleistung pro Flächeneinheit, die von den Bauelementen erzeugt wird und abgeführt werden muss. Besonders die Ausbildung von so genannten „Hot Spots“, das heißt kleinen Flächen mit hoher Verlustleistungsdichte, führt zu einer starken thermomechanischen Belastung des Verbindungsaufbaus zwischen den elektrischen Bauelementen und der Bodenplatte und damit zu einer Reduzierung der Zuverlässigkeit. Damit beschränkt die Wärmeableitung und Wärmeverteilung die maximal zugängliche Verlustleistungsdichte und damit die mögliche Integrationsdichte von Bauelementen.

**[0003]** Daher spielt sowohl die Aufbau- und Verbindungstechnik als auch die Kühltechnologie eine immer wichtigere Rolle in der weiteren Entwicklung der Leistungs- und Mikroelektronik. Hohe Verlustleistungsdichten lassen sich nur unter hohem Aufwand durch aktive Kühlverfahren wie Zweiphasnekühlung oder erzwungene Flüssigkeitskühlung abkühlen. Daher ist es erforderlich, die Wärme auf eine größere Fläche zu verteilen und anschließend an entsprechende Kühlmedien wie Luft, Öl oder Wasser abzu-leiten.

**[0004]** Bisher werden zum Abführen und Verteilen der Verlustwärme Bodenplatten aus Keramik, Metallen oder Verbundwerkstoffen, wie beispielsweise Cu, Al, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, AlN, Al-SiC, BeO, Cu-W oder Cu-Mo, eingesetzt. Diese Materialien weisen eine isotrope Wärmeleitfähigkeit im Bereich von 27 W/m·K (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bis 400 W/mK (Cu) auf. Für eine bessere Ableitung der Verlustleistung ist eine Wärmeleitfähigkeit von mindestens 600 W/m·K für einen Verbundwerkstoff angestrebt.

**[0005]** Die gegenüber dem Material des elektrischen Bauelements hohen thermischen Ausdehn-

nungskoeffizienten der bisher eingesetzten Bodenplattenmaterialien führen zu Spannungen im Verbindungsaufbau zwischen den Bauelementen und der Bodenplatte und damit zur Reduzierung der Zuverlässigkeit.

**[0006]** Zur Lösung dieser Probleme wurden, beispielsweise von der Firma Applied Sciences Incorporation, versuchsweise hochgraphitisierte Kohlenstofffasern in verschiedene Materialien, wie beispielsweise C, Cu oder Al, eingebracht. Dabei wiesen die Fasern einen Durchmesser von einigen µm sowie eine Länge von einigen mm auf und sind isotrop im Matrix-Material verteilt. Es wurden thermische Leitfähigkeiten von bis zu 910 W/m·K erreicht. Ebenso sind längere Fasern sowie deren Einbindung in verschiedene Materialien bekannt. Verfahren zum Einbringen von Fasern in Matrix-Materialien sind beispielsweise die Flüssigphaseninfiltration, das Heißisostatische Pressen (HIP) oder das Squeeze-Casting-Verfahren.

**[0007]** Aus der DE 698 07 306 T2 ist ein Verbundwerkstoff mit Carbonfasern, die in Schichten parallel zu der Längsrichtung des Verbundwerkstoffteils angeordnet sind und zur Erhöhung der Steifigkeit und der Dimensionsstabilität in Längsrichtung dienen, bekannt.

**[0008]** Aus der US 6 815 084 B1 ist ein Verbundwerkstoff mit einer anisotropen, bezüglich der Wärmespreizung optimierten Verteilung von hochwärmeleitfähigen Fasern bekannt, bei dem die Fasern parallel zu einer Bezugsfläche des Werkstoffes angeordnet sind.

**[0009]** Nachteilig an der isotropen Verteilung der Fasern im Werkstoff von beispielsweise Bodenplattenmaterialien ist die ungenügende Verteilung der Verlustwärmespitzen an auftretenden „Hot Spots“ auf eine große Fläche, was zu Spannungen im Material selbst und an den Grenzflächen zu anderen Materialien und einer reduzierten Zuverlässigkeit des Gesamtaufbaus führt.

**[0010]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Verbundwerkstoff zur Verfügung zu stellen, der es ermöglicht, lokal anfallende Wärme zunächst effektiv auf eine größere Fläche aufzuspreizen und die Wärme dann durch ein Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit gerichtet an ein Kühlmedium einer Kühleinrichtung abzuführen.

**[0011]** Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, eine Bodenplatte für die Montage von elektrischen Bauelementen und zur Verbindung dieser Bauelemente mit einer Kühleinrichtung zur Verfügung zu stellen, die eine effektive Aufspreizung und Ableitung hoher Verlustleistungsdichten der elektrischen Bauelemente ermöglicht.

**[0012]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in den Patentansprüchen 1 und 23 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0013]** Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff umfasst ein Matrix-Material und darin eingebettete Fasern, wobei diese Fasern eine anisotrope Verteilung im Matrix-Material aufweisen. Die Fasern besitzen eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit in Längsrichtung, jedoch nur eine geringe Wärmeleitfähigkeit in Querrichtung. Damit wird die Wärme in eine durch die Orientierung der Fasern vorgegebene Richtung abgeleitet. Erfindungsgemäß sind die Fasern nun nicht mehr isotrop im Matrix-Material verteilt und orientiert, sondern weisen eine festgelegte, anisotrope Orientierung und Anordnung auf, so dass lokal begrenzt anfallende Wärme gezielt auf eine größere Fläche verteilt und in eine definierte Richtung, beispielsweise zu einer Kühleinrichtung hin, abgeleitet werden kann. Ein weiterer Vorteil der eingebetteten Fasern ist die deutliche Reduzierung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Verbundwerkstoffes. Durch die gezielte Aufspreizung der Wärme auf eine größere Fläche, deren gerichtete Ableitung und den verringerten thermischen Ausdehnungskoeffizienten werden die Höhe der zyklischen Belastung im Verbundwerkstoff und in den angrenzenden Verbindungsschichten und damit die Ermüdungsneigung reduziert und die Lebensdauer erhöht.

**[0014]** Vorzugsweise umfasst das Material der Fasern SiC, hochgraphitisierten Kohlenstoff oder Diamant. Diese bekannten Fasern weisen eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit in Längsrichtung auf. Applied Sciences Incorporation gibt beispielsweise eine Wärmeleitfähigkeit von 1950 W/m·K für eine solche Faser an. Denkbar ist auch der Einsatz von Diamantfasern in Ausführungsformen, die noch entwickelt werden.

**[0015]** Vorzugsweise weist das Matrix-Material eine Wärmeleitfähigkeit von mindestens 100 W/m·K auf. Eine hohe Wärmeleitfähigkeit des Matrix-Materials verringert Spannungen im Verbundwerkstoff aufgrund der Unterschiede im thermischen Ausdehnungskoeffizienten.

**[0016]** Das Matrix-Material des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes umfasst vorzugsweise Cu, Al, Ag, Pt oder Au, da diese Stoffe eine hohe Wärmeleitfähigkeit sowie günstige mechanische und chemische Eigenschaften aufweisen, wie beispielsweise mechanische Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

**[0017]** Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff umfasst mehrere Faserebenen, wobei die Fasern in den oberen Ebenen überwiegend horizontal zu einer ersten Bezugsfläche orientiert und in den unteren

Ebenen überwiegend vertikal zu der ersten Bezugsfläche orientiert sind. Als Bezugsfläche dient beispielsweise die Oberfläche des Werkstoffes, die einer Wärmequelle zugewandt ist, wobei die Ebenen parallel zu dieser Oberfläche angeordnet sind. Die oberen Faserebenen befinden sich dabei nahe der Oberfläche des Verbundwerkstoffes, die der Wärmequelle zugewandt ist. Die unteren Faserebenen befinden sich in einer größeren Tiefe des Verbundwerkstoffes, gemessen von der gleichen Oberfläche des Verbundwerkstoffes. Damit wird zunächst eine effektive Aufspreizung der Wärme auf eine größere Fläche in den oberen Faserebenen und danach eine gerichtete Ableitung der Wärme, beispielsweise zu einer Kühleinrichtung hin, in den unteren Faserebenen erreicht.

**[0018]** Vorzugsweise umfasst mindestens eine der oberen Faserebenen geradlinig ausgebildete Fasern, die sich über nahezu die gesamte Länge des Verbundwerkstoffes erstrecken und mindestens abschnittsweise parallel zueinander angeordnet sind. Die Fasern sind einzeln ausgebildet und können zumindest in einigen Abschnitten voneinander beabstandet sein oder sich zumindest in einem Punkt berühren. Dadurch wird die erzeugte Wärme entlang einer Faser über die gesamte Länge des Verbundwerkstoffes verteilt.

**[0019]** Vorzugsweise umfasst mindestens eine der oberen Faserebenen Fasern, die als eine Endlosfaser in Schlaufenform in das Matrix-Material eingebracht sind, wobei die einzelnen geradlinigen Abschnitte der Faser zumindest abschnittsweise, das heißt über einen Teil der Länge der geradlinigen Fasern, parallel zueinander angeordnet sind. Die einzelnen geradlinigen Faserabschnitte können teilweise voneinander beabstandet sein oder sich zumindest in einem Punkt berühren. Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit in Längsrichtung der Faser wird damit die Wärme gleichmäßig auf die ganze Fläche der betreffenden Faserebene verteilt.

**[0020]** Vorzugsweise umfasst mindestens eine obere Faserebene Fasern, die spiralförmig angeordnet. Dabei verlaufen sie von einem Mittelpunkt aus spiralförmig nach außen.

**[0021]** Weiterhin umfasst mindestens eine obere Faserebene Fasern, die geradlinig ausgebildet und radial angeordnet sind. Die Fasern bilden dabei Strahlen, die sich um einen Mittelpunkt herum („Hot Spot“) kreuzen.

**[0022]** Durch die spiralförmige oder radiale Anordnung der horizontal orientierten Fasern kann besonders effektiv die Wärme von Orten mit nur geringer lateraler Ausdehnung, aber hoher Wärmedichte, so genannten „Hot Spots“, abgeleitet und auf eine größere Fläche aufgespreizt werden.

**[0023]** Es sind aber auch andere Gestaltungsmöglichkeiten der Form und Anordnung der Fasern innerhalb einer Faserebene möglich und denkbar, die an die jeweiligen Erfordernisse angepasst werden können. Insbesondere können Fasern mit verschiedener Anordnung und horizontaler Ausrichtung in eine Faserebene eingebracht werden. Beispielsweise können sowohl geradlinige Fasern als auch spiralförmige Fasern in einer Faserebene angeordnet oder sogar miteinander verbunden werden.

**[0024]** Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes ergeben sich aus der Anordnung verschieden gestalteter oberer Faserebenen übereinander, die eine gleichmäßige Verteilung der Wärme über die gesamte Fläche des Verbundwerkstoffes ermöglichen.

**[0025]** Vorzugsweise sind die geradlinigen, parallel verlaufenden Fasern bzw. Faserabschnitte einer Endlosfaser in mindestens zwei der oberen Faserebenen in voneinander abweichenden Winkeln zu einer ersten Bezugsrichtung angeordnet. Diese Bezugsrichtung kann beispielsweise eine Kante der Oberfläche des Verbundwerkstoffes sein. Damit wird eine gleichmäßige Wärmeverteilung auf eine große Fläche über mehrere Faserebenen hinweg erreicht.

**[0026]** Vorzugsweise sind die Fasern in mindestens einer der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $0^\circ$  zu einer ersten Bezugsrichtung und die Fasern in mindestens einer anderen der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $90^\circ$  zu der ersten Bezugsrichtung angeordnet.

**[0027]** Weiterhin vorzugsweise sind die Fasern in mindestens einer der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $0^\circ$ , die Fasern in mindestens einer zweiten der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $60^\circ$  und die Fasern in mindestens einer dritten der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $-60^\circ$  zu der ersten Bezugsrichtung angeordnet.

**[0028]** Vorzugsweise sind die Fasern in mindestens einer der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $0^\circ$ , die Fasern in mindestens einer zweiten der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $45^\circ$ , die Fasern in mindestens einer dritten der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $-45^\circ$  und die Fasern in mindestens einer vierten der oberen Faserebenen in einem Winkel von  $90^\circ$  zu der ersten Bezugsrichtung angeordnet.

**[0029]** Vorzugsweise umfasst mindestens eine der oberen Faserebenen unterschiedlich bezüglich einer ersten Bezugsrichtung orientierte Fasern, die in der Art eines Gewebes miteinander verbunden sind. Dabei können die Fasern verschiedene Winkel zueinander aufweisen. Über die Verknüpfungspunkte kann die Wärme an andere, nicht direkt mit dem Ort der

Wärmeerzeugung verbundene Fasern weitergeleitet und damit gleichmäßig über die gesamte Fläche der Faserebene verteilt werden.

**[0030]** Vorzugsweise sind die Fasern des Gewebes in einer Faserebene senkrecht zueinander angeordnet.

**[0031]** Es sind aber auch andere Anordnungen und Verknüpfungen von Fasern in einem Gewebe möglich.

**[0032]** Vorzugsweise enthält der Verbundwerkstoff Fasern in den oberen oder unteren Faserebenen, deren Enden direkt mit Fasern in den jeweils anderen Faserebenen verbunden sind. Mit anderen Worten: Enden von Fasern in den oberen Faserebenen können direkt mit Fasern der unteren Faserebenen bzw. Enden von Fasern der unteren Faserebenen können direkt mit Fasern der oberen Faserebenen verbunden sein. Damit wird ein guter Übergang von der horizontal erfolgenden Aufspreizung der Wärme zu ihrer vertikal erfolgenden Ableitung hin zu einer Kühleinrichtung erzielt.

**[0033]** Vorzugsweise überlappen die oberen und die unteren Faserebenen und bilden dabei einen Bereich, in dem sie graduell ineinander übergehen. Dieser graduelle Übergang reduziert die mechanischen Spannungen im Verbundwerkstoff und erhöht damit dessen Zuverlässigkeit.

**[0034]** Vorzugsweise wird der graduelle Übergang dadurch erreicht, dass die unteren Faserebenen Fasern enthalten, die Schlaufen bilden, und diese Schlaufen mit den Fasern der oberen Faserebenen überlappen. Dabei verstärken die horizontalen Strecken der Schlaufen, mit denen die vertikalen Fasern der unteren Faserebenen die oberen Faserebenen überlappen, den Wärmespreizeffekt der oberen Faserebenen.

**[0035]** Vorzugsweise sind in die unteren Faserebenen zusätzliche vertikale Kurzfasern eingebracht, die die Räume zwischen den mit den oberen Faserebenen verbundenen Fasern bis zu einem maximalen Volumenanteil von 90% auffüllen. Diese Fasern erhöhen die Wärmeleitfähigkeit der unteren Faserebenen und führen damit zu einer verbesserten Ableitung der aufgespreizten Wärme.

**[0036]** Vorzugsweise beträgt der Anteil der gleichorientierten Fasern in einer Faserebene etwa 70 % des Volumens des Verbundwerkstoffes in dieser Faserebene. Der maximal erreichbare Volumenanteil aller Fasern in einer Faserebene beträgt etwa 90 %.

**[0037]** Die Gesamtdicke der oberen Faserebenen beträgt vorzugsweise etwa 0,1 bis 1 mm.

**[0038]** Sowohl in der Form des gesamten Verbundwerkstoffes als auch der Dicke der oberen Faserebenen sind aber auch andere Gestaltungsmöglichkeiten denkbar, die an die Erfordernisse der Wärmeableitung und an andere Randbedingungen angepasst werden können.

**[0039]** Vorzugsweise beträgt die Länge der Fasern einige Zehntel mm bis einige m. Es können also Kurzfasern von 0,1 bis 0,9 mm Länge, Endlosfasern mit einer Länge von größer 10 m, sowie Fasern mit einer beliebigen Länge dazwischen eingesetzt werden. Die Auswahl der Faserlänge ist durch den Fachmann der jeweiligen Anordnung der Fasern in einer Faserebene anzupassen. Weiterhin ist die Länge der Fasern im Verbundwerkstoff, speziell der Endlosfasern, von den Abmaßen des Verbundwerkstoffes abhängig.

**[0040]** Vorzugsweise haben die Fasern einen Durchmesser von 1 bis 200 µm, wobei typische Durchmesser vom Material der Fasern abhängen. So betragen beispielsweise für Kohlenstofffasern typische Durchmesser 1 bis 20 µm und für SiC-Fasern bis zu 200 µm. Fasern mit einem geringen Durchmesser lassen sich gut verarbeiten, das heißt beispielsweise zu einem Gewebe verknüpfen, während große Durchmesser der Fasern eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit garantieren. Die genannten Fasern können auch gemischt als hybride Faseranordnungen eingesetzt werden.

**[0041]** Die erfindungsgemäße Bodenplatte zur Montage von elektrischen Bauelementen und zur Verbindung dieser Bauelemente mit einer Kühleinrichtung umfasst einen erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff gemäß den Patentansprüchen 1 bis 22. Die oberen Faserebenen werden dabei nahe der den elektrischen Bauelementen zugewandten Seite der Bodenplatte und die unteren Faserebenen nahe der der Kühleinrichtung zugewandten Seite der Bodenplatte angeordnet. Die effektive Spreizung und gezielte Ableitung der auftretenden Verlustleistungen der Bauelemente reduziert die thermomechanische Belastung des Verbindungsaufbaus zwischen den Bauelementen und der Bodenplatte und führt damit zu einer Reduzierung der Ermüdungsneigung und einer Erhöhung der Zuverlässigkeit. Weiterhin wird durch die bessere Aufspreizung und Ableitung der Wärme eine größere maximal zulässige Verlustleistungsdichte und damit eine weitere Integration von Bauelementen möglich.

**[0042]** Vorzugsweise hat die erfindungsgemäße Bodenplatte eine Dicke von 3 bis 10 mm, wobei eine typische Dicke, beispielsweise für Bodenplatten in der Leistungs- oder Mikroelektronik, 5 mm beträgt.

**[0043]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert, wobei füreinander ent-

sprechende Bauteile und Schichten die gleichen Bezugszeichen verwendet werden. Es zeigen:

**[0044]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung des Aufbaus eines Moduls, das elektrische Bauelemente und eine Bodenplatte umfasst,

**[0045]** [Fig. 2](#) eine perspektivische Darstellung des Aufbaus des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes in einer ersten Ausführungsform,

**[0046]** [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung der Wärmespreizung und Wärmeleitung im erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff in einer ersten Ausführungsform,

**[0047]** [Fig. 4](#) Seitenansicht ([Fig. 4A](#)) und Draufsicht ([Fig. 4B](#)) des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes in einer ersten Ausführungsform,

**[0048]** [Fig. 5](#) Draufsicht auf weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes.

**[0049]** In [Fig. 1](#) ist der Aufbau eines Moduls, das elektrische Bauelemente **2** und eine Bodenplatte **10** umfasst, schematisch dargestellt. Die elektrischen Bauelemente **2**, die auch beispielsweise integrierte Schaltungen umfassen können, sind mittels einer ersten Verbindungsschicht **3**, die elektrisch leitend oder nichtleitend sein kann, auf dem Substrat **4** aufgebracht. Das Substrat **4** enthält Leiterbahnen oder andere elektrisch leitfähige Verbindungen, die den elektrischen Anschluss der Bauelemente **2** nach außen ermöglichen. Das Substrat **4** ist mittels einer zweiten Verbindungsschicht **5** auf der Oberseite **11** der Bodenplatte **10** befestigt. Die Unterseite **12** der Bodenplatte **10** ist mit einer Kühleinrichtung (hier nicht dargestellt) in der Art verbunden, dass Wärme aus der Bodenplatte **10** an die Kühleinrichtung abgeführt werden kann.

**[0050]** [Fig. 2](#) zeigt eine perspektivische Darstellung des Aufbaus des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes **1** in einer ersten Ausführungsform. Der Verbundwerkstoff **1** weist hier die Form einer Bodenplatte **10** auf. Es sind aber verschiedenste äußere Formen des Verbundwerkstoffes **1** möglich.

**[0051]** In das Matrix-Material **7** des Verbundwerkstoffes **1** sind Fasern **6** aus hochgraphitisiertem Kohlenstoff oder SiC eingebettet, die in den oberen Faserebenen **13** überwiegend horizontal orientiert sind, das heißt die Fasern sind parallel zur Oberseite **11** des Verbundwerkstoffes **1** angeordnet. Dagegen sind die Fasern **6** in den unteren Faserebenen **14** überwiegend vertikal zur Oberseite **11** des Verbundwerkstoffes **1** orientiert und erstrecken sich über das gesamte Volumen der Faserebenen **14** des Verbundwerkstoffes **1**. Die Fasern **6** in den oberen Faserebe-

nen **13** sind in der hier dargestellten Ausführungsform durch Endlosfasern realisiert, die in Schlaufenform in das Matrix-Material **7** eingebettet sind, so dass die geradlinigen Abschnitte **61** der Fasern **6** parallel zueinander angeordnet und voneinander beabstandet sind. Die Fasern **6** in den oberen Faserebenen **13** können aber auch einzeln ausgebildet sein und ohne Schlaufen in das Matrix-Material **7** eingebettet sein, wie in [Fig. 5A](#) dargestellt. Die Fasern **6** in den unteren Faserebenen **14** sind ebenfalls in Schlaufenform ausgebildet und überlappen teilweise mit den oberen Faserebenen **13**. Durch den graduellen Übergang zwischen den Ebenen **13**, die der Wärmespreizung auf eine große Fläche dienen, und den Ebenen **14**, die der Abführung der Wärme zur Kühleinrichtung hin dienen, werden mechanische Spannungen im Matrix-Material **7** reduziert.

**[0052]** Zur Verdeutlichung der verschiedenen Funktionen der Faserebenen **13** und **14** sind in der [Fig. 3](#) die Richtungen des Wärmetransportes anhand von Pfeilen beispielhaft dargestellt. In den oberen Faserebenen **13** wird die Wärme zunächst entlang der Fasern **6** in einer horizontalen Ebene weg von den Orten E ihrer Erzeugung abgeleitet und damit auf eine größere Fläche verteilt. Durch die überlappenden Schlaufen der unteren Faserebenen **14** wird die Wärme dann vertikal in Richtung Unterseite **12** des Verbundwerkstoffes **1** transportiert und dort an die Kühleinrichtung abgegeben.

**[0053]** [Fig. 4A](#) zeigt eine Seitenansicht der in [Fig. 2](#) perspektivisch dargestellten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes, während [Fig. 4B](#) die Draufsicht auf diese Ausführungsform zeigt. In [Fig. 4A](#) sind deutlich die horizontal verlaufenden Fasern **6** in den oberen Faserebenen **13** und die vertikal verlaufenden Fasern **6** in den unteren Faserebenen **14** zu unterscheiden. Ebenfalls deutlich zu erkennen ist der Bereich, in dem die oberen und die unteren Faserebenen **13** und **14** überlappen. In der Draufsicht, dargestellt in [Fig. 4B](#), ist die Schlaufenform der Endlosfaser **6** in den oberen Faserebenen **13** verdeutlicht, wobei die Endlosfaser **6** am Punkt A beginnt und am Punkt B endet. Die geradlinigen Abschnitte **61** der Faser **6** sind dabei parallel zueinander angeordnet.

**[0054]** [Fig. 5](#) zeigt weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes **1** in Draufsicht. In [Fig. 5A](#) sind die Fasern **6** in den oberen Faserebenen **13** geradlinig und getrennt voneinander ausgeführt und parallel angeordnet. Damit ist die Endlosfaser des ersten Ausführungsbeispiels durch einzelne, voneinander beabstandete Fasern **6** ersetzt, die geradlinig und parallel zueinander verlaufen und sich über nahezu die ganze Länge des Verbundwerkstoffes **1** erstrecken.

**[0055]** Die [Fig. 5B](#) und [Fig. 5C](#) zeigen zwei andere

Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes **1**, die sich besonders zur Wärmeableitung von vielen, dichter gepackten Orten der Verlustwärmeerzeugung mit jeweils nur geringer lateraler Ausdehnung, so genannten „Hot Spots“, eignen.

**[0056]** Dabei erfolgt die Wärmespreizung in der in der [Fig. 5B](#) gezeigten Ausführungsform jeweils durch eine Faser **6**, die von einem Anfangspunkt A aus in Form einer Spirale zu einem Endpunkt B führt. Bei der in [Fig. 5C](#) gezeigten Ausführungsform kreuzen sich mehrere geradlinige Fasern **6** in einem Gebiet um einen zentralen Punkt C herum und bilden damit eine radiale Form, die dem Speichensystem eines Rades ähnelt.

**[0057]** Die Enden der horizontal orientierten Fasern **6** in den oberen Faserebenen **13** können beispielsweise direkt mit vertikal orientierten Fasern **6** der unteren Faserebenen **14** verbunden sein und die Wärmeableitung zur Kühleinrichtung damit weiter verbessern.

**[0058]** Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus der Anordnung verschieden gestalteter oberer Faserebenen **13** übereinander oder der Verknüpfung von unterschiedlich orientierten Fasern **6** in einer oberen Faserebene **13** in der Art eines Gewebes. Dabei können beispielsweise Faserebenen **13** mit Fasern **6**, die einen Winkel von 0° zu einer lateralen Kante **15** des Verbundwerkstoffes **1** aufweisen, alternierend mit Faserebenen **13** mit Fasern **6**, die einen Winkel von 90° zur selben lateralen Kante **15** aufweisen, angeordnet werden ([Fig. 5D](#)). Werden Fasern **6**, die eine wie in [Fig. 5D](#) beschriebene Orientierung besitzen, in einer Faserebene miteinander verknüpft, so entsteht ein Gewebe ([Fig. 5E](#)).

**[0059]** Es sind viele weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes **1** möglich, die auf unterschiedlichen Anordnungen von Faserebenen **13** und **14**, verschiedenen Orientierungen der Fasern **6** in den einzelnen Faserebenen **13**, verschiedenen Verknüpfungen von Fasern **6** in einer oberen Faserebene **13** oder verschiedenen Verbindungen der horizontal orientierten Fasern **6** der oberen Faserebenen **13** mit den vertikal orientierten Fasern **6** der unteren Faserebenen **14** beruhen. Diese sind in ihrer Gesamtheit hier nicht darstellbar, für den Fachmann aber ausführbar und den jeweiligen Erfordernissen, beispielsweise der lateralen Verteilung der Verlustleistungsdichte über die Gesamtfläche der Bodenplatte **10**, anpassbar.

## Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Verbundwerkstoff
<b>10</b>	Bodenplatte
<b>11</b>	Oberseite des Verbundwerkstoffes bzw. der Bodenplatte
<b>12</b>	Unterseite des Verbundwerkstoffes bzw. der Bodenplatte
<b>13</b>	Obere Faserebenen
<b>14</b>	Untere Faserebenen
<b>15</b>	laterale Kante des Verbundwerkstoffes
<b>2</b>	Elektrisches Bauelement
<b>3</b>	erste Verbindungsschicht
<b>4</b>	Substrat
<b>5</b>	zweite Verbindungsschicht
<b>6</b>	Fasern
<b>61</b>	geradlinige Faserabschnitte
<b>7</b>	Matrix-Material
<b>A</b>	Anfangspunkt der Faser
<b>B</b>	Endpunkt der Faser
<b>C</b>	Mittelpunkt
<b>E</b>	Ort der Erzeugung der Verlustwärme

## Patentansprüche

1. Verbundwerkstoff, umfassend ein Matrix-Material (7) und darin eingebettete, hochwärmeleitfähige Fasern (6), die eine anisotrope Verteilung im Matrix-Material (7) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbundwerkstoff (1) mehrere Faserebenen umfasst, wobei in den oberen Ebenen (13) die Fasern (6) überwiegend horizontal zu einer ersten Bezugsfläche orientiert und in den unteren Ebenen (14) die Fasern (6) überwiegend vertikal zu der ersten Bezugsfläche orientiert sind.

2. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Fasern (6) SiC, hochgraphitisierten Kohlenstoff oder Diamant umfasst.

3. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrix-Material eine Wärmeleitfähigkeit von mindestens 100 W/m·K aufweist.

4. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrix-Material (7) Cu, Al, Ag, Pt oder Au umfasst.

5. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine obere Faserebene (13) Fasern (6) umfasst, die geradlinig ausgebildet sind, sich über nahezu die gesamte Länge des Verbundwerkstoffes (1) erstrecken und mindestens abschnittsweise parallel zueinander angeordnet sind.

6. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine obere Faserebene (13) Fasern (6) umfasst, die als eine Endlos-

faser in Schlaufenform in das Matrix-Material eingebracht sind, wobei die einzelnen geradlinigen Abschnitte (61) der Faser (6) mindestens abschnittsweise parallel zueinander angeordnet sind.

7. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine obere Faserebene (13) Fasern (6) umfasst, die spiralförmig, beginnend in einem Anfangspunkt (A), angeordnet sind.

8. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine obere Faserebene (13) Fasern (6) umfasst, die geradlinig ausgebildet und radial angeordnet sind in der Art, dass sie sich nahe einem Mittelpunkt (C) wie sich kreuzende Strahlen kreuzen.

9. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern (6) in mindestens zwei der oberen Faserebenen (13) in voneinander abweichenden Winkeln zu einer ersten Bezugsrichtung angeordnet sind.

10. Verbundwerkstoff nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern (6) in mindestens einer der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von 0° zu der ersten Bezugsrichtung angeordnet sind und die Fasern (6) in mindestens einer anderen der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von 90° zu der ersten Bezugsrichtung angeordnet sind.

11. Verbundwerkstoff nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern (6) in mindestens einer der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von 0°, die Fasern (6) in mindestens einer zweiten der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von 60° und die Fasern (6) in mindestens einer dritten der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von -60° zu der ersten Bezugsrichtung angeordnet sind.

12. Verbundwerkstoff nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern (6) in mindestens einer der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von 0°, die Fasern (6) in mindestens einer zweiten der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von 45°, die Fasern (6) in mindestens einer dritten der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von -45° und die Fasern (6) in mindestens einer vierten der oberen Faserebenen (13) in einem Winkel von 90° zu der ersten Bezugsrichtung angeordnet sind.

13. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine obere Faserebene (13) unterschiedlich bezüglich einer ersten Bezugsrichtung orientierte Fasern (6) umfasst, die in der Art eines Gewebes miteinander verbunden sind.

14. Verbundwerkstoff nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern (6) des Gewebes senkrecht zueinander angeordnet sind.

15. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbundwerkstoff (1) Fasern (6) in den oberen oder unteren Faserebenen (13, 14) umfasst, deren Enden direkt mit Fasern (6) in den jeweils anderen Faserebenen (13, 14) verbunden sind.

bis 10 mm beträgt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

16. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die oberen und die unteren Faserebenen (13, 14) graduell ineinander übergehen.

17. Verbundwerkstoff nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die unteren Faserebenen (14) Fasern (6) umfassen, die Schlaufen bilden und diese Schlaufen mit den Fasern (6) der oberen Faserebenen (13) überlappen.

18. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass in die unteren Faserebenen (14) zusätzliche vertikale Kurzfasern eingebracht sind, die die Räume zwischen den mit den oberen Faserebenen (13) verbundenen Fasern (6) in der Art auffüllen, dass der Anteil der parallel verlaufenden Fasern (6) in einer unteren Faserebene (14) maximal 90 % des Volumens des Verbundwerkstoffes (1) beträgt.

19. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil der gleichorientierten Fasern (6) in einer Faserebene (13, 14) etwa 70 % des Volumens des Verbundwerkstoffes (1) in dieser Faserebene (13, 14) beträgt.

20. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtdicke aller oberen Faserebenen (13) etwa 0.1 bis 1 mm beträgt.

21. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Fasern (6) 0,1 mm bis einige m beträgt.

22. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern (6) einen Durchmesser von 1 bis 200 µm aufweisen.

23. Bodenplatte zur Montage von elektrischen Bauelementen (2) und zur Verbindung dieser Bauelemente (2) mit einer Kühleinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die Bodenplatte (10) einen Verbundwerkstoff (1) nach einem der Patentansprüche 1 bis 22 umfasst, wobei die oberen Faserebenen (13) nahe der den elektrischen Bauelementen zugewandten Seite der Bodenplatte (10) und die unteren Faserebenen (14) nahe der der Kühleinrichtung zugewandten Seite der Bodenplatte (10) angeordnet sind.

24. Bodenplatte nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Bodenplatte (10) 3

FIG 1

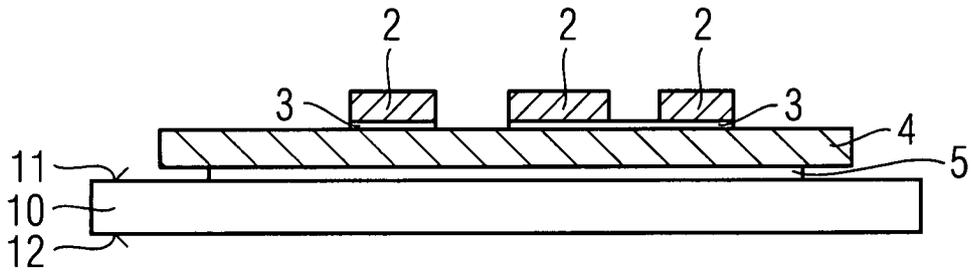


FIG 2

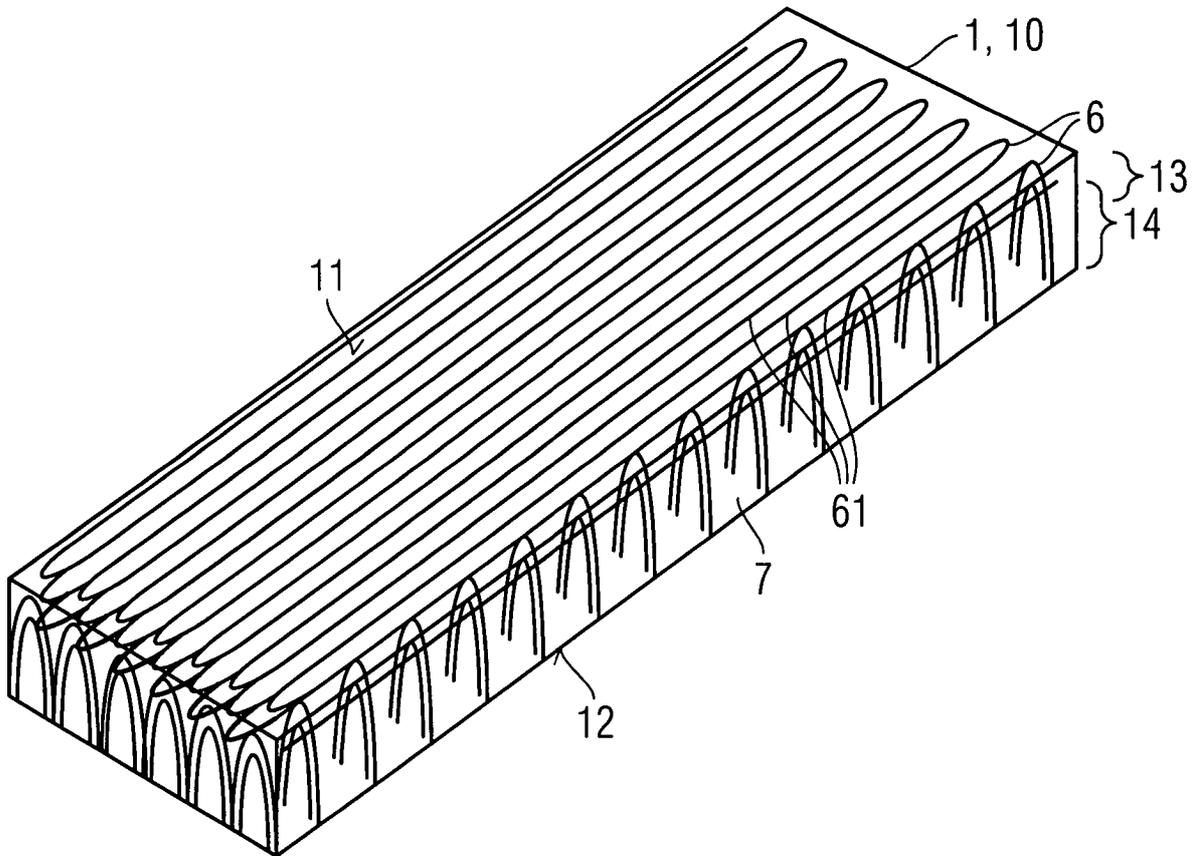


FIG 3

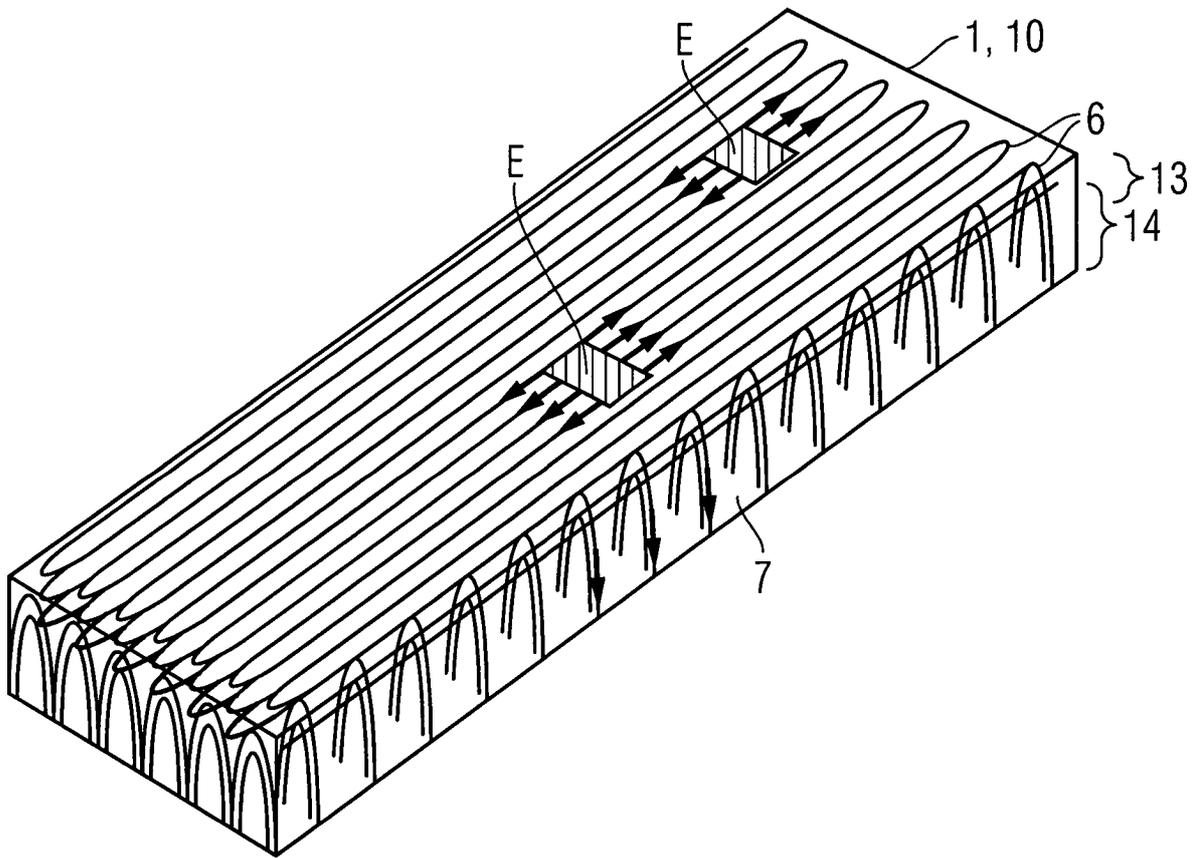


FIG 4A

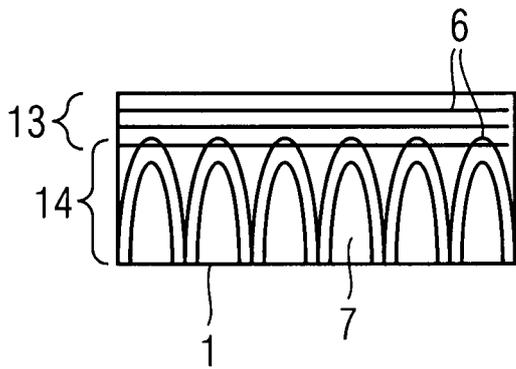


FIG 4B

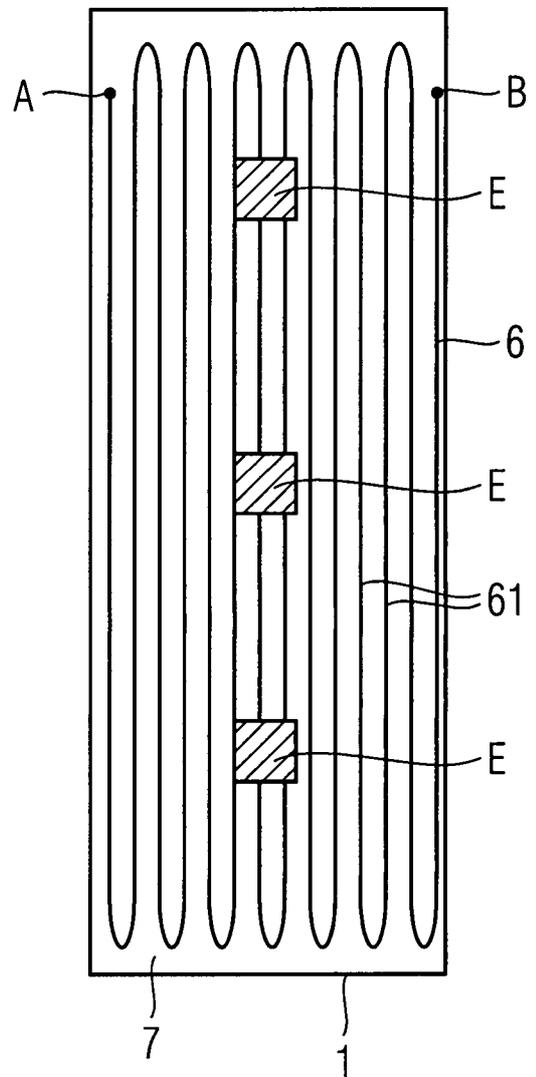


FIG 5A

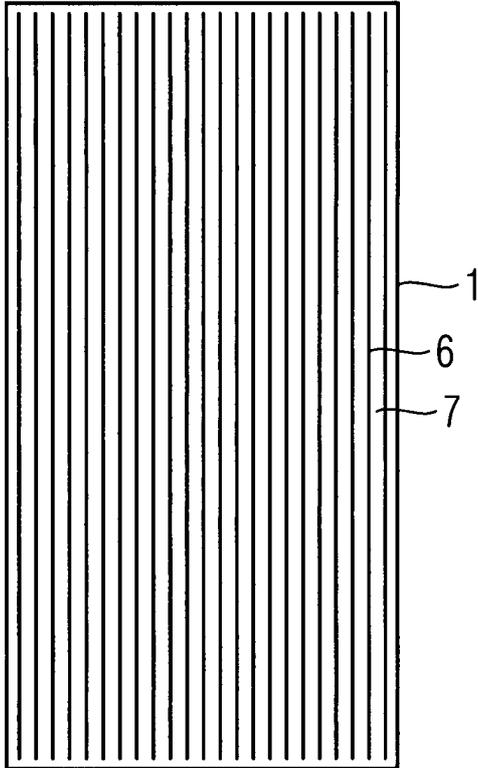


FIG 5B

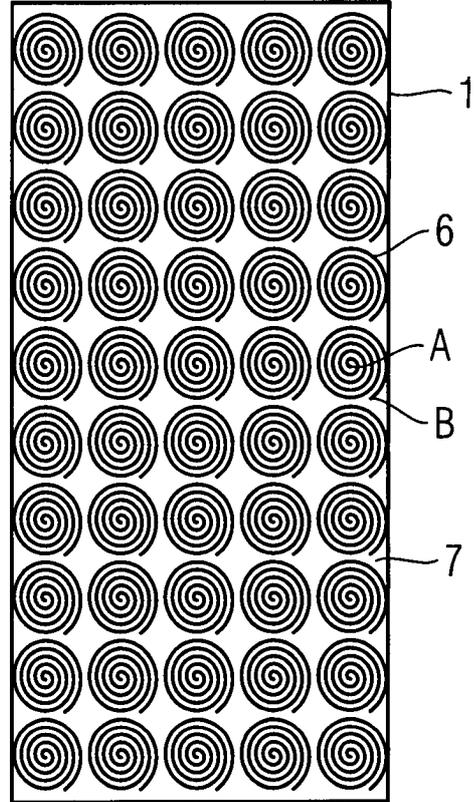


FIG 5C

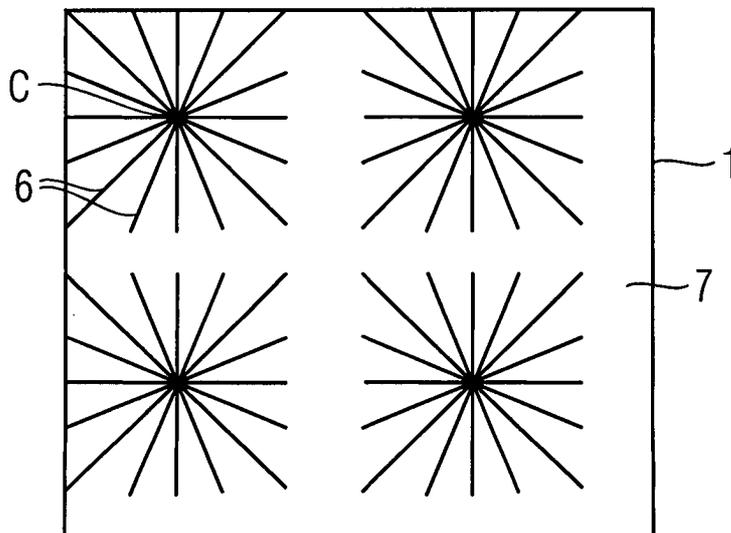


FIG 5D

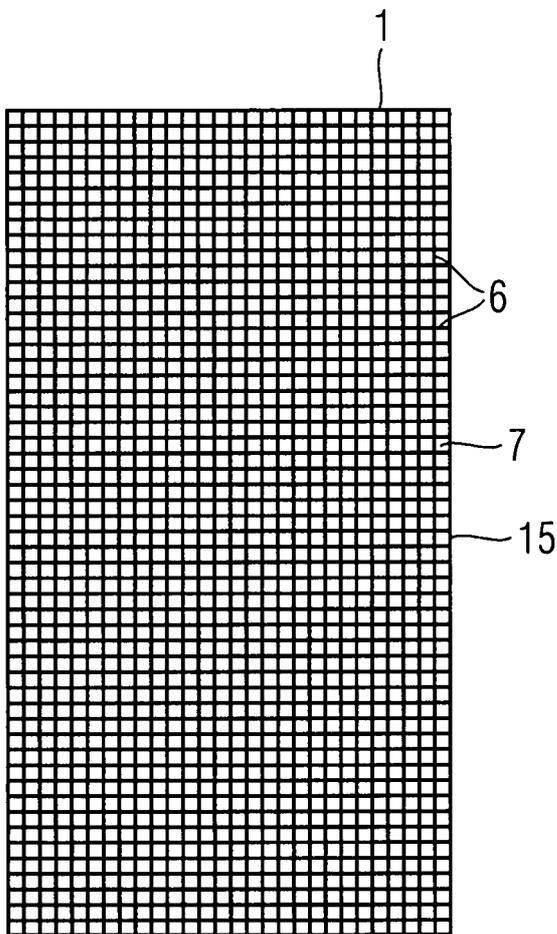


FIG 5E

