



(10) **DE 10 2016 106 178 B4** 2021.01.28

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 106 178.6**
(22) Anmeldetag: **05.04.2016**
(43) Offenlegungstag: **13.10.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.01.2021**

(51) Int Cl.: **C09D 11/03 (2014.01)**
H01B 3/00 (2006.01)

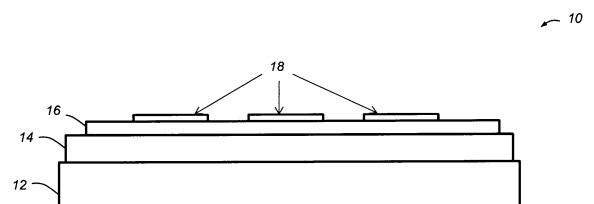
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz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

(30) Unionspriorität: 14/680,200 07.04.2015 US	(72) Erfinder: Albaugh, Lisa M., Kokomo, Ind., US; Smith, David A., Kokomo, Ind., US; Guse, Timothy J., Peru, Ind., US															
(73) Patentinhaber: GM Global Technology Operations LLC (n. d. Ges. d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US	(56) Ermittelter Stand der Technik:															
(74) Vertreter: Manitz Finsterwald Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB, 80336 München, DE	<table><tr><td>DE</td><td>25 53 178</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>27 14 196</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>37 88 432</td><td>T2</td></tr><tr><td>DE</td><td>21 26 909</td><td>A</td></tr><tr><td>US</td><td>4 788 163</td><td>A</td></tr></table>	DE	25 53 178	A1	DE	27 14 196	A1	DE	37 88 432	T2	DE	21 26 909	A	US	4 788 163	A
DE	25 53 178	A1														
DE	27 14 196	A1														
DE	37 88 432	T2														
DE	21 26 909	A														
US	4 788 163	A														

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Leistungsmoduls**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Leistungsmoduls (10) für Hybridfahrzeuge, das umfasst, dass:

eine Metallschicht (16), ein Substrat (12) und eine thermisch leitende, dielektrische Dickfilmtinte bereitgestellt werden;
eine Schicht (14) der dielektrischen Dickfilmtinte mittels Siebdruck bis zu einer Dicke auf das Substrat (12) aufgetragen wird, die im Bereich von 45 bis 75 µm liegt;
die auf das Substrat (12) aufgetragene Schicht (14) der dielektrischen Dickfilmtinte nach einem Trocknen gebrannt wird, wobei das organische Medium entfernt und der Glasbinder geschmolzen wird, so dass die anorganischen Komponenten einen dichten gleichförmigen Film bilden, der fest mit der Substratfläche verbunden ist;
eine Metallschicht (16) auf der gebrannten Schicht (14) der dielektrischen Dickfilmtinte abgeschieden wird;
an der Metallschicht (16) elektrische Komponenten durch Löten oder Sintern aufgebracht werden;
wobei die thermisch leitende dielektrische Dickfilmtinte ein organisches Medium, einen Glasbinder und ein technisches Keramikpulver umfasst,
wobei das organische Medium in einer Menge von 14,0 bis 32,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden ist und 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol, Diethylenglykol-Dibutylether, Dodecylalkohol, Tridecylalkohol und Ethylzellulose umfasst, wobei das 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol in einer Menge von 81,0 Gewichts-% bis 82,0 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden ist, der Diethylenglykoldibutylether in einer ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren zur Herstellung elektronischer Leistungsmodul unter Verwendung von dielektrischen Dickfilmtinten.

[0002] Dickfilmtinten werden üblicherweise in der Elektronikindustrie verwendet und sind zunehmend von Wichtigkeit, da der Trend zu kleineren Schaltungen geht. Dickfilmschaltungen werden durch einen iterativen Siebdruckprozess hergestellt, der allgemein die Abscheidung mehrerer aufeinanderfolgender Schichten von Leitern und dielektrischer Tinten auf ein Substrat betrifft. Dickfilmschaltungen sind in Elektronikvorrichtungen für die Kraftfahrzeugindustrie weit verbreitet und umfassen Vorrichtungen, wie elektronische Leistungsmodul für Wechselstromgeneratoren, Regulatoren und Wechselrichter, die für Hybridfahrzeuge verwendet werden. Elektronische Leistungsmodul erzeugen einen großen Wärmebeitrag aufgrund der hohen Niveaus an Strom und Spannungen und erfordern somit Materialien mit hoher thermischer Leitfähigkeit und Diffusivität, während sie dennoch eine elektrische Isolierung zwischen leitenden Komponenten bereitstellen.

[0003] Substrate mit direkt gebundenem Kupfer (DBC) werden üblicherweise in Leistungsmodul aufgrund ihres hohen Niveaus an thermischer Leitfähigkeit verwendet. DBC-Substrate bestehen aus einer Keramikfliese, wie Aluminiumoxid oder Siliziumnitrid, mit einer Schicht aus Kupfer, die an eine oder beide Seiten der Keramikfliese angebunden ist. Die obere Kupferschicht kann vorgeformt oder geätzt sein, um eine elektrische Schaltung zu bilden, während die untere Kupferschicht eine feste Lage bleibt. Das DBC-Substrat wird dann an ein Rückplattensubstrat gelötet, das typischerweise aus Aluminium oder einem anderen leitenden Metall besteht und als eine Wärmesenke bzw. als ein Kühlkörper dient.

[0004] Während DBC-Substrate in Leistungsmodul ein erforderliches Niveau an elektrischer Isolierung und thermischer Leitfähigkeit bereitstellen, tragen die mehreren Schichten zu Masse und Komplexität bei. Zusätzlich ist die Lötverbindung, die das DBC-Substrat mit der Rückplatte verbindet, ein potentieller Ausfallort aufgrund der hohen Strömen und Spannungen, die zu einer Verschlechterung der Verbindung beitragen.

[0005] Die DE 21 26 909 A offenbart eine dielektrische Zusammensetzung, die einen Glasbinder, ein keramisches Material und einen organischen Träger aufweist. Hierbei liegen der Glasbinder und das keramische Pulver in solchen Mengen vor, dass das resultierende Dielektrikum, das durch Brennen der Zusammensetzung gebildet wird, den lötbaren Leiter nicht benetzt, wenn er bei einer Mindesttemperatur,

bei der dielektrische Zusammensetzungen gebrannt werden, heißgelötet wird. Der Glasbinder besteht dabei aus Blei-Borsilikatglas und das keramische Pulver ist $ZrSiO_4$.

[0006] DE 25 53 178 A1 beschreibt eine Glasurmasse zur Herstellung eines Dielektrikums für Dickfilmkondensatoren unter Verwendung eines keramischen Pulvers, einer Glasfritte und eines organischen Anteilmittels. Dabei besteht das keramische Pulver aus TiO_2 , $BaTiO_3$, ZrO_2 und $MnCO_3$ oder $CaSnO_3$ und die Glasfritte umfasst B_2O_3 , SiO_2 , ZnO , Al_2O_3 , ZrO_2 , Na_2O und CaO oder PbO , wobei das organische Anteilmittel nicht näher beschrieben ist.

[0007] DE 27 14 196 A1 offenbart dielektrische Zusammensetzungen aus Magnesiumtitanat auf einem Aluminiumoxids substrat. Die dielektrischen Zusammensetzungen umfassen dabei Glas aus SiO_2 , BaO , CaO , B_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , ZnO und PbO und kristallines Oxid in Form von $AgTiO_3$, MgO und TiO_2 . Als organischer Träger werden Azetate und Propionate; Teroene, Lösungen aus Polyisobutylmethacrylat in 2,2,4-Trimethylpentandiol-1,3-monoisobutyrat; Lösungen von Harzen, wie Polymethacrylate niedriger Alkohole; oder Lösungen aus Ethylzellulose verwendet.

[0008] DE 37 88 432 T2 beschreibt eine druckfähige Dickfilmtintenzusammensetzung, die aus einem Aluminoborosilikatglas, einem keramischen Material, wie Al_2O_3 oder SiO_2 , und einem organischen Medium besteht.

[0009] US 4 788 163 A offenbart eine Glasfritte, die aus Zinkoxid, Bariumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Magnesium- oder Kalziumoxid, Phosphorpentoxid und Zirkoniumsilikat besteht. Ferner ist ein organischer Träger verwendet, der Ethylzellulose, Polyacrylate, Polymethacrylate, Polyester, Polyolefine, Terpeneol, Butylcarbitolacetat und 2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol-Monoisobutyrat umfasst.

[0010] Weiterer Stand der Technik ist in der DE102012222049 A1, der DE102010008581 A1, der DE102010008452 A1, der WO2009132055 A2, der US20100129531 A1, der DE102014204729 A1, der DE102013215135 A, der DE102013201910 A1, der DE102012002371 A, der WO201031516 A1, der US20090214874 A1, der DE102007029428 A1, der US20130096215 A1, der DE102012208533 A, der DE102010054779 A1, der DE102010036054 A1, der DE102008034000 A1, der US20140139304A1, der DE102011112999 A1, der US20110151238 A, der US20100047584 A1, der DE102008033999 A1, der US20080095928 A1, der US20070248830 A1, der DE102006017858 A1 und der WO2006052408 A2 gezeigt.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Leistungsmoduls für ein Hybridfahrzeug zu schaffen, mit dem es möglich ist, eine höchstmögliche thermische Leitfähigkeit und Durchschlagsspannung pro Dickeneinheit an Dickfilmtinte zu erreichen.

[0012] Die Aufgabe wird durch den Gegenstand von Anspruch 1 gelöst.

[0013] Gemäß einer beispielhaften Ausführungsform ist ein Verfahren zum Herstellen einer elektronischen Vorrichtung vorgesehen, wobei das Verfahren die Schritte umfasst, dass die thermisch leitende dielektrische Dickfilmtinte so abgeschieden wird, dass sie auf einem Substrat liegt, wobei die thermisch leitende dielektrische Dickfilmtinte ein Gemisch aus organischem Medium, einem Glasbinder und einem keramischen Pulver umfasst. Das Verfahren kann ferner umfassen, dass die thermisch leitende, dielektrische Dickfilmtinte gebrannt wird, um eine Bindung mit dem Substrat zu bilden, und eine Bahn aus leitender Dickfilmtinte auf der thermisch leitenden dielektrischen Dickfilmtinte abgeschieden wird.

Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Leistungsmodulanordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 2 ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren zum Herstellen des Leistungsmoduls von **Fig. 1** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0014] Eine beispielhafte Ausführungsform betrifft ein Verfahren zum Herstellen elektronischer Vorrichtungen unter Verwendung einer dielektrischen Dickfilmtinte und insbesondere zum Herstellen von elektronischen Leistungsmodulen vor, wie beispielsweise Wechselstromgeneratoren, Regulatoren und Wechselrichtern. Elektronische Leistungsmodulen sehen eine physikalische Aufnahme für verschiedene elektronische Komponenten, üblicherweise Leistungshalbleitervorrichtungen (d.h. Chips) vor, die an eine Metallbahn gelötet oder gesintert sind. Einige Leistungsmodulen enthalten eine einzelne Diode oder einen Leistungselektronikschalter (z.B. MOSFET, IGBT, BJT, Thyristor, GTO oder JFET), während andere mehrere Halbleiterchips enthalten, die verbunden sind, um eine elektrische Schaltung mit einem gewissen Aufbau zu bilden, wie einem Leistungswechselrichter, der in Hybridfahrzeugen verwendet ist.

[0015] Die dielektrische Dickfilmtinte weist ein organisches Medium, einen Glasbinder sowie ein keramisches Pulver auf, das gewählt ist aus: Berylliumoxid,. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist die dielektrische Dickfilmtinte beispielsweise über Siebdrucken so abgeschieden, dass sie auf einem Rückplattensubstrat liegt, das allgemein aus Alumi-

nium, einer Aluminiumlegierung oder einem anderen thermisch leitenden Metall besteht. Die dielektrische Dickfilmtinte wird getrocknet und dann beispielsweise in einem Ofen gebrannt, um ein Dielektrikum zu bilden, das über dem Rückplattensubstrat liegt. Die Zusammensetzung der dielektrischen Dickfilmtinte, die hier offenbart ist, ist direkt auf das Rückplattensubstrat druckbar, weist im Wesentlichen keine elektrische Leitfähigkeit sowie eine hohe thermische Leitfähigkeit auf.

[0016] **Fig. 1** zeigt eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbare elektronischen Vorrichtung **10** mit einem Substrat **12**, einer Schicht **14** aus dielektrischer Dickfilmtinte und einer Metalllage **16**, die eine Schaltung bilden, an der elektronische Komponenten **18** angeordnet sind. Das Substrat **12** dient als ein Kühlkörper und kann beispielsweise ein leitendes Metallsubstrat mit einem relativ hohen Schmelzpunkt sein, wie Aluminium, Kupfer oder rostfreien Stahl, oder kann alternativ ein Keramiksubstrat sein, das Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumcarbid oder Aluminiumnitrid enthält. Beispielsweise sollte bei einer bestimmten Ausführungsform der Schmelzpunkt einer gegebenen Aluminiumlegierung über 550°C liegen, so dass die Schicht **14** aus dielektrischer Dickfilmtinte richtig gebrannt werden und an dem Substrat **12** anhaften kann. Andere Substrate von elektronischen Vorrichtungen, die dem Fachmann bekannt sind, können ebenfalls verwendet werden.

[0017] Die Schicht **14** aus dielektrischer Dickfilmtinte haftet an dem Substrat **12** und isoliert das Substrat **12** elektrisch von der Metallschicht **16**. Die Schicht **14** aus dielektrischer Dickfilmtinte ist auch thermisch leitend, um Wärme weg von den temperaturempfindlichen Bereichen der Vorrichtung **10** zu übertragen. Die Schicht **14** aus dielektrischer Dickfilmtinte weist ein organisches Medium, einen Glasbinder sowie ein technisches Keramikpulver auf.

[0018] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist das organische Medium in einer Menge von etwa 14,0 Gewichts-% bis etwa 32,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden. Das organische Medium umfasst 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol, Diethylenglykol-Dibutylether, Dodecylalkohol, Tridecylalkohol und Ethylzellulose. Bei einer Ausführungsform ist das 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol in einer Menge von etwa 81,0 Gewichts-% bis etwa 82,0 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden, der Diethylenglykoldibutylether ist in einer Menge von etwa 7,0 Gewichts-% bis etwa 11,0 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden, der Dodecylalkohol ist in einer Menge von etwa 2 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden, der Tridecylalkohol ist in einer Menge von etwa 1,0 Gewichts-% bis etwa 4,0 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden, und die Ethylzellulose ist in einer Menge von etwa 3,

0 Gewichts-% bis etwa 6,5 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden.

[0019] Das organische Medium wird allgemein durch Zuwiegen von Lösemitteln (d.h. Gewichts-%) in einen Becher und Hinzugeben der Ethylzellulose vorbereitet. Das gesamte Gemisch wird solange erhitzt und gerührt, bis die Ethylzellulose gelöst ist. Die Mischung wird dann auf Raumtemperatur gekühlt. Einige organische Medien besitzen verschiedene Lösemittel sowie thixotrope Mittel, können jedoch alle gemäß der obigen Vorgehensweise hergestellt werden. Das organische Medium der dielektrischen Dickfilmtinte **14** kann andere organische Additive aufweisen, die dem Fachmann bekannt sind.

[0020] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Glasbinder in einer Menge von etwa 48,0 Gewichts-% bis etwa 82,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden. Der Glasbinder weist eine mittlere Partikelgröße zwischen etwa 1,0 bis etwa 5,0 μm sowie eine Oberfläche zwischen 2,0 - 4,0 m^2/g auf. Der Erweichungspunkt des Glasbinders liegt zwischen etwa 535°C bis etwa 540°C. Der Glasbinder weist Blei-(II)-Oxid, Siliziumdioxid, Bortrioxid und Aluminiumoxid auf. Das Blei-(II)-Oxid ist in einer Menge von etwa 65,0 Gewichts-% bis etwa 67,5 Gewichts-% des Glasbinders vorhanden, das Siliziumdioxid ist in einer Menge von etwa 21,5 Gewichts-% bis etwa 22,5 Gewichts-% des Glasbinders vorhanden, das Bortrioxid ist in einer Menge von etwa 8,0 Gewichts-% bis etwa 9,0 Gewichts-% des Glasbinders vorhanden, und das Aluminiumoxid ist in einer Menge von etwa 2,0 Gewichts-% bis etwa 3,0 Gewichts-% des Glasbinders vorhanden.

[0021] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist das technische keramische Pulver in einer Menge von etwa 4,0 Gewichts-% bis etwa 22,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden. Technische Keramiken können allgemein in drei getrennte Materialkategorien klassifiziert sein: Oxide, Nicht-Oxide und Verbundmaterialien. Oxide umfassen Aluminiumoxid, Berylliumoxid, Ceroxid und Zirkoniumoxid; Nicht-Oxide umfassen Carbid, Borid, Nitrid und Silizid; und Verbundmaterialien umfassen partikelverstärkte, faserverstärkte und Kombinationen von Oxiden und Nicht-Oxiden. Bevorzugt für die hier offenbarte dielektrische Dickfilmtinte sind die technischen Keramiken in den Oxid- und Nicht-Oxid-Kategorien mit hoher thermischer Leitfähigkeit; nämlich Aluminiumnitrid, Siliziumcarbid, Berylliumoxid, Bornitrid und Siliziumnitrid. Bei einer Implementierung der dielektrischen Dickfilmtinte weist das Aluminiumnitridpulver eine mittlere Partikelgröße zwischen etwa 1,0 und etwa 5,0 μm , eine Oberfläche zwischen etwa 2,2 - 2,8 m^2/g und eine thermische Leitfähigkeit von 285 W/mK auf; das Siliziumcarbid weist eine mittlere Partikelgröße zwischen etwa 0,1 bis etwa 0,9 μm auf, jedoch allgemein nicht größer als 2,0 μm , eine Ober-

fläche zwischen etwa 2,5 - 2,9 m^2/g und eine thermische Leitfähigkeit von 200 W/mK auf; das Berylliumoxid weist eine mittlere Partikelgröße zwischen 1,0 - 5,0 μm , eine Oberfläche zwischen 2,5 - 5,0 m^2/g und eine thermische Leitfähigkeit von 250 W/mK auf; das Bornitrid (kubisch) weist eine mittlere Partikelgröße zwischen etwa 0,1 bis etwa 0,5 μm , allgemein jedoch nicht größer als 1,0 μm , eine Oberfläche zwischen etwa 2,5 - 5,0 m^2/g sowie eine thermische Leitfähigkeit von 740 W/mK auf; und das Siliziumnitrid weist eine mittlere Partikelgröße zwischen etwa 0,1 - 1,5 μm , eine Oberfläche von 2,5 - 5,0 m^2/g und eine thermische Leitfähigkeit von 54 W/mK auf.

[0022] Die Formulierung für die dielektrische Dickfilmtinte ist so optimiert, dass die höchstmögliche thermische Leitfähigkeit und Durchschlagsspannung pro Dickenheit bereitgestellt wird. Wenn die Anforderungen hinsichtlich Durchschlagsspannung zunehmen, nimmt die Dicke der Schicht **14** aus dielektrischer Dickfilmtinte durch Ausführen zusätzlicher Druckschritte bis zu einem Punkt zu, bei dem Eigenschaften der thermischen Übertragung abzunehmen beginnen. In einer Ausführungsform erreicht die optimale Dicke der Schicht **14** aus dielektrischer Dickfilmtinte 45 - 75 μm für eine elektronische Vorrichtung **10**, um eine Durchschlagsspannung von größer als 1000 Volt Wechselstrom zu erreichen. Eine zusätzliche Leistungsfähigkeit kann durch Zusatz zusätzlicher Druckvorgänge erreicht werden, um die Dicke der Schicht **14** aus dielektrischer Tinte zu erhöhen. Die Formulierung kann durch Einstellen des Gewichtsprozentverhältnisses und insbesondere des Verhältnisses der technischen keramischen Pulver zu dem organischen Medium eingestellt werden. Bei einem spezifisch nicht beschränkenden Beispiel umfasst die dielektrische Dickfilmtinte das organische Medium, das in einer Menge von etwa 32,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden ist, den Glasbinder, der in einer Menge von 48,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden ist, und das technische keramische Pulver, das in einer Menge von etwa 20,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden ist.

[0023] Die dielektrische Dickfilmtinte **14** wird gemäß Dickfilmtechnologiestandards hergestellt, die dem Fachmann gut bekannt sind. Um eine homogene Tinte zu erzeugen, werden das organische Medium, der Glasbinder und das technische Keramikpulver gemischt, um eine Paste zu erzeugen, die dann durch eine Dreiwalzenmühle geführt wird. Nach Herstellung bleiben die Keramikpartikel von dem technischen keramischen Pulver intakt, sind jedoch gleichförmig über die Tinte verteilt. Die thermische Leitfähigkeit der hergestellten Tinte hängt von dem technischen Keramikpulver ab, das verwendet ist. Es kann jedoch angenommen werden, dass sie geringer als die des rohen Keramikpulvers ist. Beispielsweise kann die thermische Leitfähigkeit von Alumini-

umnitridpulver in der Höhe von 285 W/m K für einzelne Kristalle liegen. Während eine beispielhafte Ausführungsform der dielektrischen Dickfilmtinte, die mit Aluminiumnitridpulver hergestellt ist, auf Grundlage experimenteller Ergebnisse eine thermische Leitfähigkeit von etwa 146 - 166 W/m K, jedoch genauer zwischen etwa 156 - 160 W/m-K besitzt. Allgemein beträgt die thermische Leitfähigkeit einer Tinte, die mit einer spezifischen technischen Keramik hergestellt ist, etwa 50 - 60 % ihrer thermischen Massenleitfähigkeit. Wenn beispielsweise eine gegebene technische Keramik eines Materials X in Pulverform eine thermische Leitfähigkeit von etwa 100 W/m K aufweist, wäre dann die thermische Leitfähigkeit der technischen Keramik der Tinte, die aus derselben technischen Keramik hergestellt ist, etwa 55 W/m K. Zusätzlich sei dem Fachmann zu verstehen, dass allgemein alles oberhalb 50 W/m-K als hohe thermische Leitfähigkeitseigenschaften aufweisend betrachtet werden kann.

[0024] Fig. 2 ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren **200** zum Herstellen der elektronischen Vorrichtung **10**, die in Fig. 1 gezeigt ist, darstellt. Bei Schritt **205** wird die dielektrische Dickfilmtinte **14** auf dem Substrat **12** aufgetragen. Bei einer Ausführungsform wird die Dickfilmtinte auf dem Substrat **12** über Siebdrucken aufgetragen, die eine Drucktechnik ist, die ein Gewebe verwendet, das eine Tinte blockierende Schablone trägt, um das gewünschte Bild oder Muster zu erhalten. Die Schablone bildet offene Maschenbereiche, die Tinte oder andere druckbare Materialien durchlassen, die durch die Maschen als ein scharfkantiges Bild auf ein Substrat gepresst werden können. Ein Füllspatel oder eine Rakel wird über die Siebschablone bewegt, wobei Tinte durch die Maschenöffnungen getrieben oder gepumpt wird, um das Substrat während des Rakelhubes zu benetzen. Das Siebmaterial ist durch den Fadendurchmesser und die Maschenzahl gekennzeichnet, die die Anzahl offener Räume pro Linearzoll ist. Für das Drucken der dielektrischen Dickfilmtinte **14** auf das Substrat **12** ist eine mittlere Maschenzahl von etwa 200 bis etwa 325 Drähten/Zoll mit einer stark offenen Fläche bevorzugt.

[0025] Bei Schritt **210** wird die Schicht aus dicker Tinte, die auf das Substrat **12** bei Schritt **205** abgeschieden ist, bei etwa 150° bis etwa 250°C für 5 - 10 Minuten getrocknet, um einen trockenen Film zu erzeugen und die leicht flüchtigen Lösemittel in der abgeschiedenen Tinte zu entfernen. Bei Schritt **215** wird die Schicht aus Dickfilmtinte in einem Ofen bei etwa 545° bis etwa 575°C abhängig von dem Substratmaterial gebrannt. Beispielsweise kann ein Aluminiumlegierungssubstrat bei 550°C mit einer Verweildauer von 6 - 8 Minuten bei Spitztemperatur gebrannt werden. Ein Brennen der Dickfilmtinte entfernt die schwereren organischen Stoffe, schmilzt den Glasbinder und ermöglicht, dass die anorganischen Kom-

ponenten einen dichten gleichförmigen Film bilden, der fest an die Substratfläche angebunden ist.

[0026] Bei Schritt **220** wird eine Bestimmung durchgeführt, ob eine gewünschte Dicke des Dickfilmdielektrikums erreicht worden ist. Wenn die gegenwärtige Dicke der dielektrischen Dickfilmschicht **14** die gewünschte Dicke nicht erreicht hat, werden dann die Druck-, Trocknungs- und Brennprozesse bei Schritt **205**, **210** und **215** wiederholt, bis die gewünschte Dicke der dielektrischen Dickfilmschicht **14** erreicht ist.

[0027] Sobald die gewünschte Dicke der dielektrischen Dickfilmschicht **14** erreicht ist, wird bei Schritt **225** eine Metallbahnschicht **16**, die eine Schaltung an der elektronischen Vorrichtung **10** bildet, gemäß bekannten Verfahren abgeschieden. Jedoch sei angemerkt, dass die Metallbahnschicht **16** zu einem Brennen bei einer ähnlich geringen Temperatur und zu einem guten Anhaften an der dielektrischen Dickfilmtinte nach dem Brennen in der Lage sein muss. Bei Schritt **230** werden die elektrischen Komponenten **18** oder Chips durch Löten oder Sintern aufgebracht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Leistungsmoduls (10) für Hybridfahrzeuge, das umfasst, dass:
 - eine Metallschicht (16), ein Substrat (12) und eine thermisch leitende, dielektrische Dickfilmtinte bereitgestellt werden;
 - eine Schicht (14) der dielektrischen Dickfilmtinte mittels Siebdruck bis zu einer Dicke auf das Substrat (12) aufgetragen wird, die im Bereich von 45 bis 75 µm liegt;
 - die auf das Substrat (12) aufgetragene Schicht (14) der dielektrischen Dickfilmtinte nach einem Trocknen gebrannt wird, wobei das organische Medium entfernt und der Glasbinder geschmolzen wird, so dass die anorganischen Komponenten einen dichten gleichförmigen Film bilden, der fest mit der Substratfläche verbunden ist;
 - eine Metallschicht (16) auf der gebrannten Schicht (14) der dielektrischen Dickfilmtinte abgeschieden wird;
 - an der Metallschicht (16) elektrische Komponenten durch Löten oder Sintern aufgebracht werden;
 - wobei die thermisch leitende dielektrische Dickfilmtinte ein organisches Medium, einen Glasbinder und ein technisches Keramikpulver umfasst;
 - wobei das organische Medium in einer Menge von 14,0 bis 32,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden ist und 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol, Diethylenglykol-Dibutylether, Dodecylalkohol, Tridecylalkohol und Ethylzellulose umfasst, wobei das 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol in einer Menge von 81,0 Gewichts-% bis 82,0 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden ist, der Diethylenglykoldi-

butylether in einer Menge von 7,0 Gewichts-% bis 11,0 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden ist, der Dodecylalkohol in einer Menge von 2,0 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden ist, der Tridecylalkohol in einer Menge von 1,0 Gewichts-% bis 4,0 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden ist und die Ethylzellulose in einer Menge von 3,0 bis 6,5 Gewichts-% des organischen Mediums vorhanden ist;

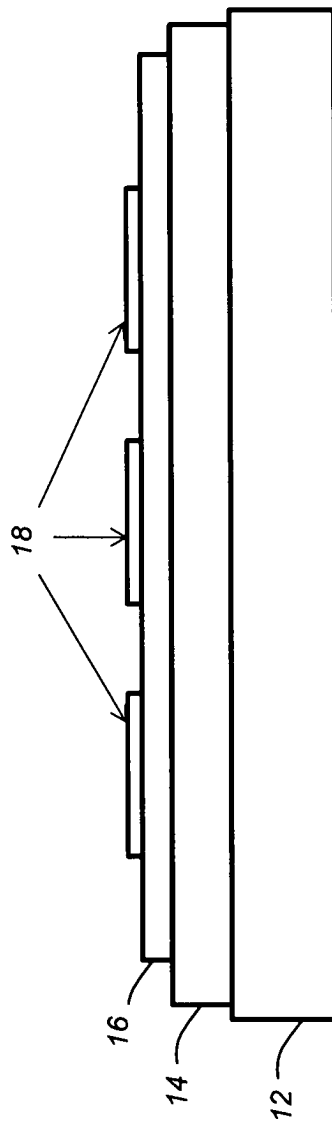
wobei der Glasbinder in einer Menge von 48,0 Gewichts-% bis 82,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden ist und Blei-(II)-Oxid, Siliziumdioxid, Bortrioxid und Aluminiumoxid umfasst, wobei das Blei-(II)-Oxid in einer Menge von 65,0 Gewichts-% bis 67,5 Gewichts-% des Glasbinders vorhanden ist, das Siliziumdioxid in einer Menge von 21,5 Gewichts-% bis 22,5 Gewichts-% des Glasbinders vorhanden ist, das Bortrioxid in einer Menge von 8,0 Gewichts-% bis 9,0 Gewichts-% des Glasbinders vorhanden ist und das Aluminiumoxid in einer Menge von 2,0 Gewichts-% bis 3,0 Gewichts-% des Glasbinders vorhanden ist;

wobei das Keramikpulver in einer Menge von 4,0 Gewichts-% bis 22,0 Gewichts-% der dielektrischen Dickfilmtinte vorhanden ist und aus Berylliumoxidpulver besteht, das eine mittlere Partikelgröße zwischen 1,0 und 5,0 μm und eine Oberfläche zwischen 2,5 - 5,0 m^2/g und eine thermische Leitfähigkeit von 250 W/mK aufweist.

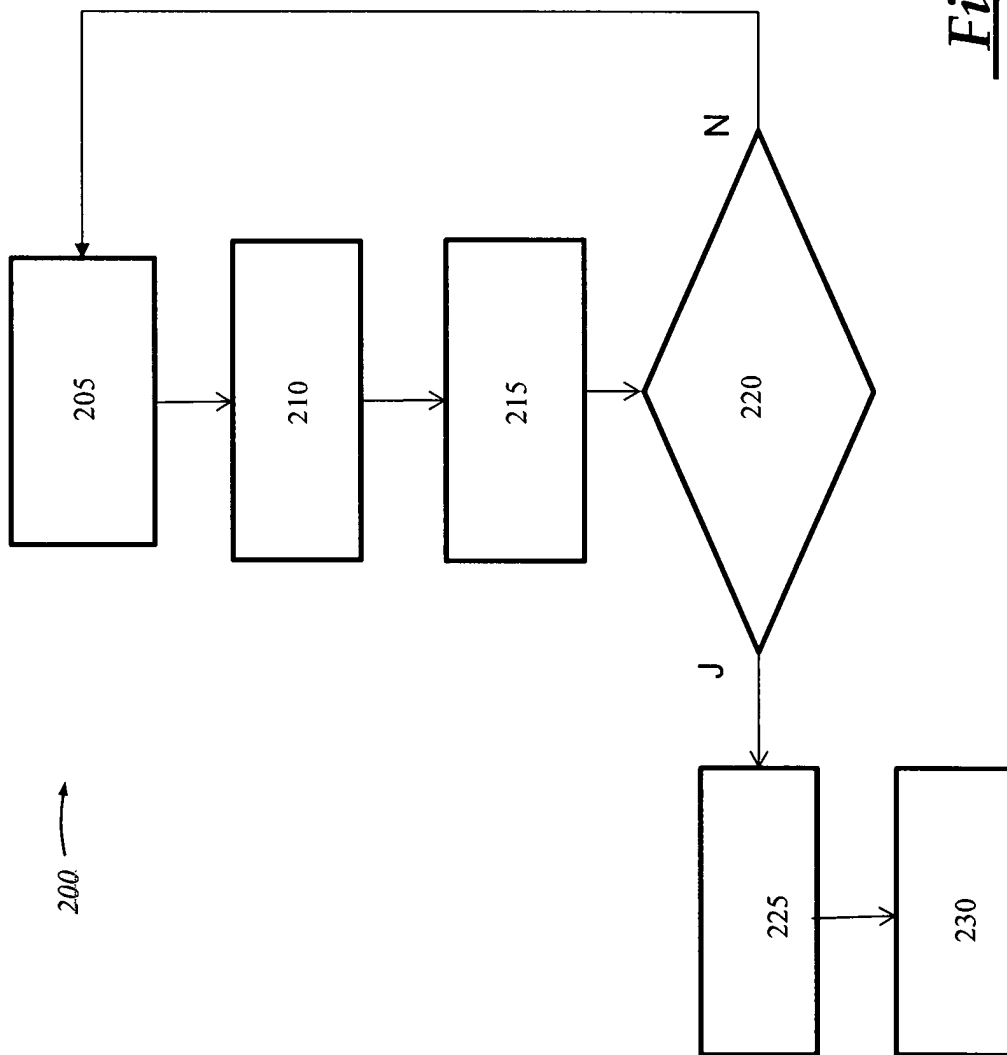
Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

10



Figur 1



Figur 2