

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
16. Januar 2014 (16.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/008891 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 23/373 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2013/100255

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juli 2013 (10.07.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 106 244.7 11. Juli 2012 (11.07.2012) DE

(71) Anmelder: **CURAMIK ELECTRONICS GMBH**
[DE/DE]; Am Stadtwald 2, 92676 Eschenbach (DE).

(72) Erfinder: **MEYER, Andreas**; Schützenheimweg 7, 93173
Wenzenbach (DE). **WEHE, Christoph**; Schönberger Str.
7, 93173 Wenzenbach (DE). **SCHULZ-HARDER,**
Jürgen; Mozartstraße 21, 91207 Lauf (DE).

(74) Anwalt: **GRAF GLÜCK KRITZENBERGER**;
Hermann-Köhl-Straße 2a, 93049 Regensburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METAL-CERAMIC SUBSTRATE

(54) Bezeichnung : METALL-KERAMIK-SUBSTRAT

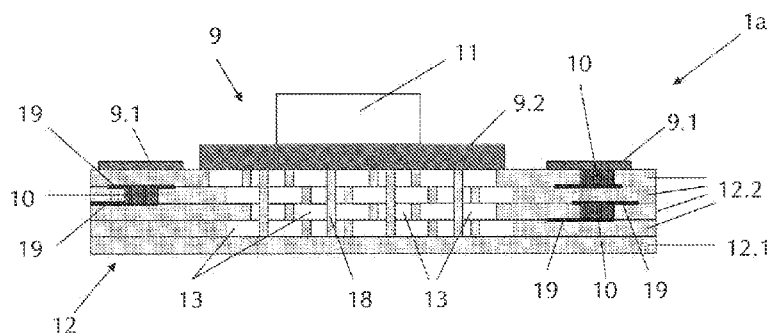


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a metal-ceramic substrate having a plurality of layers forming a substrate body, said layers lying one on top of the other in the manner of a stack and being connected face-to-face to form the substrate body and at least one of the layers consisting of a ceramics material, having at least one outer metallization that is provided on at least one surface face of the substrate body and is structured into order to form regions forming conductor tracks, contact areas and/or fastening areas for components, and having a cooler structure that is formed by at least one flow channel or cooling channel through which a cooling medium, preferably a liquid cooling medium, can flow.

(57) Zusammenfassung: Metall-Keramik-Substrat mit mehreren einen Substratkörper bildenden Schichten, die stapelartig aufeinander liegend und miteinander flächig zu dem Substratkörper verbunden sind und von denen wenigstens eine aus Keramik besteht, mit wenigstens einer äußeren Metallisierung, die an wenigstens einer Oberflächenseite des Substratkörpers vorgesehen und zur Ausbildung von Leiterbahnen, Kontaktflächen und/oder Befestigungsflächen für Bauelemente bildenden Bereichen strukturiert ist, sowie mit einer Kühlerstruktur, die von wenigstens einem von einem Kühlmedium, vorzugsweise von einem flüssigen Kühlmedium durchströmbaren Strömungs- oder Kühlkanal gebildet ist.

WO 2014/008891 A2

Metall-Keramik-Substrat

Die Erfindung bezieht sich auf ein Metall-Keramik-Substrat gemäß Oberbegriff Patenanspruch 1 oder 2.

5

Metall-Keramik-Substrate, insbesondere auch solche in Form von Leiterplatten für elektrische und elektronische Schaltkreise oder Module sowie Verfahren zum Herstellen derartiger Substrate sind bekannt. In der Regel bestehen diese Substrate aus einer keramischen Isolierschicht, die an ihren beiden Oberflächenseiten jeweils mit einer Metallisierung versehen ist. Diese ist dann beispielsweise von einer Metallsfolie, z.B. aus Kupfer aus einer Kupferlegierung gebildet ist, welches mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens vollflächig mit der keramischen Isolierschicht verbunden ist.

10

Bekannt ist u.a. das sogenannte „DCB-Verfahrens“ (Direct-Copper-Bond-Technology)

15

beispielsweise zum Verbinden von Metallschichten oder -blechen (z.B. Kupferblechen oder -folien) mit einander und/oder mit Keramik oder Keramikschichten, und zwar unter Verwendung von Metall- bzw. Kupferblechen oder Metall- bzw. Kupferfolien, die an ihren Oberflächenseiten eine Schicht oder einen Überzug (Aufschmelzschicht) aus einer chemischen Verbindung aus dem Metall und einem reaktiven Gas, bevorzugt Sauerstoff aufweisen. Bei diesem

20

beispielsweise in der US-PS 37 44 120 oder in der DE-PS 23 19 854 beschriebenen Verfahren bildet diese Schicht oder dieser Überzug (Aufschmelzschicht) ein Eutektikum mit einer Schmelztemperatur unter der Schmelztemperatur des Metalls (z.B. Kupfers), sodass durch Auflegen der Folie auf die Keramik und durch Erhitzen sämtlicher Schichten diese miteinander verbunden werden können, und zwar durch Aufschmelzen

25

des Metalls bzw. Kupfers im wesentlichen nur im Bereich der Aufschmelzschicht bzw. Oxidschicht.

Dieses DCB-Verfahren weist dann z.B. folgende Verfahrensschritte auf:

30

- Oxidieren einer Kupferfolie derart, dass sich eine gleichmäßige Kupferoxidschicht ergibt;
- Auflegen der Kupferfolie auf die Keramikschicht;
- Erhitzen des Verbundes auf eine Prozesstemperatur zwischen etwa 1025 bis 1083 °C, z.B. auf ca. 1071 °C;
- Abkühlen auf Raumtemperatur.

Analog zu diesem vorgenannten DCB-Verfahren zum Direct-Bonden von Kupfer auf Kupfer oder Kupfer auf Keramik sind auch andere Direct-Metal-Bond-Verfahren- oder Technologien bekannt, mit denen in analoger Weise das Verbinden von Metallschichten oder -blechen ganz allgemein miteinander und/oder mit Keramik- oder Keramikschichten möglich ist. Das DCB-Verfahren und die mit diesem analogen Verfahren werden nachstehend als DMB-Verfahren (Direct-Metal-Bond-Verfahren) bezeichnet werden.

Bekannt ist weiterhin das sogenannte Aktivlot-Verfahren (DE 2213115; EP-A-153 618) z.B. zum Verbinden von Metallisierungen bildenden Metallschichten oder Metallfolien, insbesondere auch von Kupferschichten oder Kupferfolien oder Aluminiumschichten oder Aluminiumfolien mit Keramikmaterial. Bei diesem Verfahren, welches speziell auch zum Herstellen von Metall-Keramik-Substraten verwendet wird, wird bei einer Temperatur zwischen ca. 800 - 1000°C eine Verbindung zwischen einer Metallfolie, beispielsweise Kupferfolie, und einem Keramiksubstrat, beispielsweise Aluminiumnitrid-Keramik, unter Verwendung eines Hartlots hergestellt, welches zusätzlich zu einer Hauptkomponente, wie Kupfer, Silber und/oder Gold auch ein Aktivmetall enthält. Dieses Aktivmetall, welches beispielsweise wenigstens ein Element der Gruppe Hf, Ti, Zr, Nb, Ce ist, stellt durch chemische Reaktion eine Verbindung zwischen dem Lot und der Keramik her, während die Verbindung zwischen dem Lot und dem Metall eine metallische Hartlöt-Verbindung ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Metall-Keramik-Substrat gemäß Oberbegriff Patentanspruch 1 so weiterzubilden, dass eine optimale Kühlwirkung auch von Leistungsbau-elementen erreicht wird, und zwar bei kompakter Ausbildung des Substrates. Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Metall-Keramik-Substrat entsprechen dem Patentanspruch 1 oder 2 ausgebildet.

Bei der Erfindung sind sämtliche, die Kühlerstruktur bildende Strömungs- oder Kühlkanäle jeweils ausschließlich in wenigstens einer Schicht aus Keramik ausgebildet. Bei einer Ausführungsform des Metall-Keramik-Substrates mit einem Substratkörper mit mehreren Schichten aus Keramik sind weiterhin innere Metallisierungen und Durchkontaktierungen vorgesehen, und zwar außerhalb der Kühlerstruktur. Hierdurch ergibt sich bei Aufrechterhaltung einer optimalen Kühlung auch die Möglichkeit einer sehr komplexen und vielseitigen Ausbildung der von den äußeren und inneren Metallisierung gebildeten Leiterbahnstrukturen bei reduziertem Substrat-Bauvolumen.

„Durchkontaktierung“ bedeutet im Sinne der Erfindung ganz allgemein einen Bereich, der in einer Schicht aus dem keramischen Werkstoff vorgesehen ist, diese Schicht vollständig durchdringt, d.h. von einer Oberflächenseite dieser Schicht bis an deren andere Oberflächenseite reicht, aus einem metallischen Werkstoff besteht und vorzugsweise massiv ausgebildet ist sowie eine elektrische und/oder thermische Verbindung durch die Schicht aus dem keramischen Werkstoff herstellt.

„Keramischer Werkstoff“ bedeutet im Sinne der Erfindung Keramik oder Mischkeramik.

Der Ausdruck „im Wesentlichen“ bzw. „etwa“ bedeutet im Sinne der Erfindung Abweichungen vom jeweils exakten Wert um $\pm 10\%$, bevorzugt um $\pm 5\%$ und/oder Abweichungen in Form von für die Funktion unbedeutenden Änderungen.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Metall-Keramik-Substrat mit mehreren einen Substratkörper bildenden Schichten, die jeweils aus einem keramischen Werkstoff bestehen und stapelförmig aufeinander liegend und miteinander flächig zu dem Substratkörper verbunden sind, mit wenigstens einer von einem metallischen Werkstoff gebildeten äußeren Metallisierung, die an wenigstens einer Oberflächenseite des Substratkörpers vorgesehen und zur Ausbildung von Leiterbahnen, Kontaktflächen und/oder Befestigungsflächen für Bauelemente bildenden Bereichen strukturiert ist, mit einer Kühlerstruktur, die ausschließlich in den Schichten aus dem keramischen Werkstoff vorgesehen und von wenigstens zwei aneinander anschließenden Schichten aus dem keramischen Werkstoff gebildet ist, die zur Ausbildung wenigstens eines Kühlkanals, der von einem Kühlmedium durchströmbar ist, mit einer Vielzahl von Öffnungen derart versehen sind, dass der Kühlkanal Strömungswege für das Kühlmedium aufweist, die sich in Achsrichtung parallel zu den Oberflächenseiten der Schichten sowie senkrecht hierzu verzweigen.

Dieses Metall-Keramik-Substrat ist dann so ausgebildet, dass die Öffnungen in den die Kühlerstruktur bildenden Schichten eine siebartige Struktur bilden, in der die Öffnungen von sich kreuzenden Materialstegen aus dem keramischen Werkstoff umgeben und durch diese von einander getrennt sind, dass die Öffnungen in benachbarten die Kühlerstruktur bildenden Schichten derart gegeneinander versetzt angeordnet sind, dass jeder Öffnung in einer Schicht ein Materialsteg aus dem keramischen Werkstoff einer benachbarten Schicht gegenüberliegt,

dass Kreuzungspunkte der Materialstege jeder Schicht Kreuzungspunkten der Materialstege (16) der benachbarter Schicht in einer Achsrichtung senkrecht zu den Oberflächenseiten der Schichten aneinander anschließen und dadurch Pfosten bilden, die sich über die gesamte Höhe der Kühlerstruktur erstrecken, und

- 5 dass die wenigstens eine äußere Metallisierung von einer Folie aus dem metallischen Werkstoff gebildet ist, die durch DCB-Bonden oder Aktivlötten mit dem Substratkörpers verbunden ist und eine Dicke im Bereich zwischen 0,02 mm – 1 mm aufweist.

- 10 Mehrere Materialstege bilden dabei bevorzugt die Öffnungen umgebende polygonartige Strukturen. Weiterhin weisen die Materialstege senkrecht zu ihrer Längserstreckung bevorzugt eine Breite auf, die kleiner ist als der Durchmesser der jeweiligen von den Materialstegen umgebenen Öffnung.

- In Weiterbildung der Erfindung ist das Metall-Keramik-Substrat beispielsweise so ausgebildet,
- 15 dass die Kühlerstruktur mit dem wenigstens einen Strömungskanal ausschließlich in wenigstens zwei Schichten aus dem keramischen Werkstoff ausgebildet ist, und/oder
- dass sich die inneren Metallisierungen und/oder Durchkontaktierungen außerhalb des die Kühlerstruktur bildenden Bereichs des Substratkörpers befinden,
- 20 und/oder
- dass sich zumindest eine innere Metallisierung zwischen zwei Schichten des Substratkörpers befindet, von denen wenigstens eine Schicht auch die Kühlerstruktur mit dem wenigstens einen Strömungskanal bildet, und/oder
- 25 dass wenigstens eine Durchkontaktierung in einer Schicht des Substratkörpers vorgesehen ist, die zugleich Teil der Kühlerstruktur ist, und dass sich diese Durchkontaktierung außerhalb des Bereichs der Kühlerstruktur befindet, und/oder
- dass die wenigstens eine Kühlerstruktur von mehreren aneinander anschließenden
- 30 Schichten oder Teilschichten gebildet ist, die jeweils an der wenigstens einen Kühlerstruktur eine siebartige Struktur mit einer Vielzahl von durch Materialstege getrennten Öffnungen und diese umgebenden Materialstegen ausgebildet und derart gegeneinander versetzt angeordnet sind, dass jeder Öffnung einer Schicht oder Teilschicht ein Materialsteg einer benachbarten Schicht oder Teilschicht gegenüberliegt und die
- 35 Öffnungen eine Kühlerstruktur mit sich verzweigenden Strömungswegen bilden, insbesondere mit Strömungswegen, die sich in Achsrichtungen parallel zu den

Oberflächenseiten der Schichten oder Teilschichten sowie senkrecht hierzu verzweigen, wobei vorzugsweise Kreuzungspunkte der Materialstege jeder Teilschicht oder Schicht an Kreuzungspunkte der Materialstege benachbarter Teilschichten oder Schichten in einer Achsrichtung senkrecht zu den Oberflächenseiten der Schichten oder Teilschichten aneinander anschließen, und zwar zur Ausbildung von Pfosten, die sich über die gesamte Höhe der Kühlerstruktur erstrecken,

und/oder

dass die von den Kreuzungspunkten gebildeten Pfosten vorzugsweise mit einem Kern aus metallischem Werkstoff versehen sind,

und/oder

dass die die wenigstens eine äußere Metallisierung aufweisende Oberflächenseite des Substratkörpers von einer Schicht aus dem keramischen Werkstoff gebildet ist,

und/oder

dass der Substratkörper an seinen beiden einander abgewandten und jeweils von einer Schicht aus dem keramischen Werkstoff gebildeten Oberflächenseiten mit einer äußeren Metallisierung, vorzugsweise mit einer äußeren strukturierten Metallisierung versehen ist, und dass vorzugsweise an beiden äußeren Metallisierungen (9) wenigstens ein Bauelement angeordnet ist,

und/oder

dass der Substratkörper hinsichtlich seiner Schichten, deren Dicke und der Art des für die Schichten verwendeten Werkstoffs symmetrisch oder im Wesentlichen symmetrisch zu einer parallel zu den Oberflächenseiten des Substratkörpers verlaufenden Mittelebene ausgebildet ist,

und/oder

dass bei Ausbildung der Kühlerstruktur ausschließlich in wenigstens einer Schicht aus dem keramischen Werkstoff der wenigstens eine Strömungskanal bis an die äußere Metallisierung oder wenigstens einen Bereich der äußeren Metallisierung reicht,

und/oder

dass bei Ausbildung der Kühlerstruktur ausschließlich in wenigstens einer Schicht aus dem keramischen Werkstoff zwischen dem wenigstens einen Strömungskanal der Kühlerstruktur und der wenigstens einen äußeren Metallisierung zumindest eine Schicht aus dem keramischen Werkstoff vorgesehen ist, und dass in dieser Schicht vorzugsweise wenigstens eine Durchkontaktierung ausgebildet ist, die bis an die äußere Metallisierung reicht,

und/oder

dass an einer Oberflächenseite des Substratkörpers Anschlüsse zum Zuführen und/oder Abführen des Kühlmediums vorgesehen sind,

und/oder

dass die äußeren Metallisierungen von Folien aus einem metallischen Werkstoff gebildet

5 sind, vorzugsweise mit einer Dicke im Bereich zwischen 0,02 mm – 1 mm, beispielsweise im Bereich zwischen 0,15 mm und 0,6 mm,

und/oder

dass die inneren Metallisierungen in Dick- oder Dünnschichttechnik durch Einbrennen einer elektrisch leitenden Paste hergestellt sind, und zwar mit einer Dicke kleiner als die Dicke

10 der äußeren Metallisierungen,

und/oder

dass der keramische Werkstoff wenigstens ein Material der nachstehenden Gruppe Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Siliziumnitrid, Siliziumcarbid oder eine Mischkeramik aus Aluminiumoxid und Zirkonoxid ist,

15 und/oder

dass der Werkstoff der äußeren und inneren Metallisierungen sowie der Durchkontaktierungen Kupfer oder Kupferlegierung oder Aluminium oder eine Kupfer- oder Aluminiumlegierung ist,

und/oder

20 dass die Schichten des Substratkörpers durch flächiges Bonden, vorzugsweise durch Aktivlöten und/oder DMB-Bonden und/oder durch Kleben und/oder durch Sinterbonden miteinander verbunden sind,

und/oder

dass die wenigstens eine äußere Metallisierung durch flächiges Bonden, vorzugsweise

25 durch Aktivlöten oder DMB-Bonden und/oder durch Kleben mit dem Substratkörper verbunden ist,

wobei die vorgenannten Merkmale jeweils einzeln oder in beliebiger Kombination verwendet sein können.

30 Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und aus den Figuren. Dabei sind alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger

Kombination grundsätzlich Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung. Auch wird der Inhalt der Ansprüche zu einem

35 Bestandteil der Beschreibung gemacht.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren an Ausführungsbeispielen näher erläutert.
Es zeigen:

- Fig. 1 in vereinfachter Darstellung und im Schnitt den Aufbau eines gekühlten Metall-
5 Keramik-Substrates gemäß der Erfindung;
Fig. 2 in vereinfachter Darstellung und in Draufsicht eine der die Kühlerstruktur bildenden
Schichten aus Keramik des Substrates der Figur 1;
Fig. 3 in vergrößerter Teildarstellung und in Draufsicht einen die Kühlerstruktur bildenden
Bereich der Schicht aus Keramik;
10 Fig. 4 in Einzeldarstellung einen Schnitt durch Pfosten der Kühlerstruktur des Substrates
der Figur 3;
Fig. 5 – 7 jeweils in vereinfachter Darstellung und im Schnitt weitere Ausführungsformen des
erfindungsgemäßen Metall-Keramik-Substrates;
Fig. 8 in vereinfachter Darstellung und im Schnitt eine Schicht aus keramischen Werkstoff.
15

Das in der Figur 1 allgemein mit 1a bezeichnete gekühlte Metall-Keramik-Substrat besteht im Wesentlichen aus einem plattenförmigen Substratkörper 12, der von mehreren stapelartig übereinander angeordneten und flächig miteinander verbundenen Schichten 12.1 und 12.2 ausschließlich aus Keramik besteht, und zwar bei der dargestellten Ausführungsform aus einer
20 Schicht 12.1 und aus insgesamt vier Schichten 12.2. Die Schicht 12.1 bildet bei der für die Figur 1 gewählten Darstellung die Unterseite des Metall-Keramik-Substrates 1a bzw. des Substratkörpers 12. Auf die Oberseite des Substratkörpers 12 bzw. auf der oberen Schicht 12.2 ist eine äußere Metallisierung 9 aufgebracht, die zur Ausbildung von Bereichen 9.1 und 9.2 in Form von Leiterbahnen, Kontaktflächen, Montageflächen usw. in geeigneter Weise strukturiert
25 ist. Bei der dargestellten Ausführungsform besitzt der Bereich 9.2, auf dem ein elektrisches Bauelement 11 in Form eines Leistungsbauelements aufgebracht ist, eine gegenüber den anderen Bereichen 9.1 deutlich vergrößerte Dicke, sodass dieser das Bauelement 11 tragende und seitlich über das Bauteil 11 vorstehende Bereich 9.2 zugleich auch optimal als Wärmespreizer dient. Der Bereich 9.2 ist beispielsweise dadurch realisiert, dass die
30 Metallisierung 9 dort mehrlagig ausgeführt ist. In den Schichten 12.2 ist eine Kühlerstruktur mit einer Vielzahl von Kühl- oder Strömungskanälen ausgebildet, die in der Figur 1 sehr schematisch mit 13 angedeutet sind und im Verwendungsfall des von dem Metall-Keramik-Substrat 1a und von dem Bauelement 11 sowie gegebenenfalls von weiteren Bauelementen gebildeten Schaltkreises zur Kühlung von dem flüssigen Kühlmedium (z.B. Wasser) durchströmt
35 werden.

Entsprechend den Figuren 2 und 3 sind diese Strömungskanäle 13 dadurch gebildet, dass die Schichten 12.2 in ihrem die Kühlerstruktur bildenden Bereich 14 mit einer Vielzahl von Öffnungen 15 ausgebildet sind, die von einer Oberflächenseite der jeweiligen Schicht 12.2 bis an deren andere Oberflächenseite reichen. Das Kühlmedium durchströmt vorzugsweise von einem Einlass 13.1 zu einem Auslass 13.2. Die Öffnungen 15 sind von Materialstegen 16 umgeben, die sich an Kreuzungsbereichen 17 kreuzen. Im Detail sind die Öffnungen 15 in den Schichten 12.2 so ausgeführt, dass die Materialstege 16 in der in den Figuren 2 und 3 mit dem Doppelpfeil A angedeuteten Achsrichtung Paare von jeweils zwei unmittelbar aufeinander folgenden Kreuzungspunkten 17 bilden. Hierdurch ist es möglich, benachbarte Schichten 12.2 in der Achsrichtung A derart um den Achsabstand der benachbarten Kreuzungsbereiche 17 versetzt anzuordnen, sodass die Öffnungen 15 einer Schicht 12.2 deckungsgleich mit Materialstegen 16 der benachbarten Schicht 12.2 liegen, sich also Strömungswege oder -kanäle 13 für das Kühlmedium ergeben, die sich für eine optimale Kühlwirkung in wenigstens drei senkrecht zueinander verlaufenden Raumachsen verzweigen. Die Kreuzungsbereiche 17 benachbarter Schichten 12.2 sind dabei deckungsgleich angeordnet und bilden durchgehende Pfosten 18, die aus Keramik bestehen und von der Oberseite des Substratkörpers 12 bis an die den Schichten 12.2 zugewandte Oberflächenseite der Schicht 12.1 reichen.

Bei dem Metall-Keramik-Substrat 1a sind zwar die Strömungskanäle 13 der Kühlerstruktur ausschließlich in den Schichten 12.2 aus Keramik durch entsprechende Strukturierung dieser Schichten gebildet, die Strömungskanäle 13 sind aber an der Oberseite des Substratkörpers 12 durch die Metallisierung 9 bzw. deren Bereich 9.2 verschlossen, sodass die Strömungskanäle 13 bis unmittelbar an die Metallisierung 9 bzw. den Bereich 9.2 reichen und das Kühlmedium die obere Metallisierung 9 und dabei insbesondere auch den das Bauelement 11 tragenden Bereich 9.2 unmittelbar anströmt und kühlt.

Eine Besonderheit des Metall-Keramik-Substrates 1a besteht auch darin, dass zusätzlich zu der äußeren Metallisierung 9 innere, ebenfalls strukturierte Metallisierungen 19 mit geringer Dicke zwischen den Schichten aus Keramik vorgesehen sind, und zwar bei der dargestellten Ausführungsform zwischen den Schichten 12.2. Mit Durchkontaktierungen 10 aus dem metallischem Werkstoff, vorzugsweise aus dem Werkstoff der Metallisierungen 9 oder 19 sind Bereiche 9.1 der äußeren Metallisierung 9 mit Bereichen der inneren Metallisierung 19 sowie auch Bereiche der inneren Metallisierung 19 untereinander elektrisch, aber auch thermisch verbunden. Die Durchkontaktierungen 10 befinden sich dabei außerhalb der die Strömungskanäle 13 bildenden Kühlerstruktur.

Die Strukturierung der Schichten 12.2 zur Ausbildung der Öffnungen 15 erfolgt bevorzugt durch entsprechendes Formen, Stanzen oder Schneiden (auch Laserschneiden) der noch grünen, nicht gebrannten Keramikschichten oder -folien.

- 5 Eine Besonderheit des Metall-Keramik-Substrates 1a besteht auch darin, dass die Strukturen der äußeren Metallisierung 9 teilweise über Durchkontaktierungen 10 aus metallischem Werkstoff, beispielsweise aus dem für die Metallisierungen 9, 19 verwendeten metallischen Werkstoff elektrisch sowie auch thermisch mit den inneren Metallisierungen 19 verbunden sind, und zwar vorzugsweise mit Bereichen der Metallisierungen 9, 19, die außerhalb der von den
- 10 Strömungskanälen 13 gebildeten Kühlstruktur liegen.

- Die Figur 4 zeigt in Einzeldarstellung einen der Pfosten 18 bei einer abgewandelten Ausführungsform des Metall-Keramik-Substrates 1a. Während vorstehend davon ausgegangen wurde, dass die Pfosten 18 ausschließlich von den Kreuzungsbereichen 17 der Schichten 12.2
- 15 gebildet sind und somit jeweils durchgehend aus Keramik bestehen, zeigt die Figur 4 eine Ausbildung, bei der die Pfosten 18 jeweils innen liegend mit einem Kern 20 ausgeführt sind, der von der Keramik der Schichten 12.2 umschlossen ist und aus einem metallischen Werkstoff, beispielsweise aus dem Werkstoff der Metallisierungen 9 und/oder 19 besteht.

- 20 Die Figur 5 zeigt in einer Darstellung ähnlich Figur 1 als weitere Ausführungsform ein gekühltes Metall-Keramik-Substrat 1b, welches sich von dem Metall-Keramik-Substrat 1a im Wesentlichen nur dadurch unterscheidet, dass der Substratkörper 12 nicht nur an der Unterseite, sondern auch an der mit der Metallisierung 9 versehenen Oberseite die durchgehende, nicht
- 25 strukturierte Schicht 12.1 aus Keramik aufweist, also die die eigentliche Kühlstruktur bildenden und mit den Öffnungen 15 versehenen Schichten 12.2 aus Keramik zwischen den beiden äußeren Schichten 12.1 angeordnet sind. Bei der in der Figur 5 dargestellten Ausführungsform weist der Substratkörper 12 insgesamt drei Schichten 12.2 und zwei Schichten 12.1 auf. Durch diese Ausbildung sind die Strömungskanäle 13 nicht nur ausschließlich in den Schichten 12.2 aus Keramik vorgesehen, sondern auch ausschließlich durch keramisches Material begrenzt,
- 30 d.h. die Wandungen der Strömungskanäle 13 bestehen ausschließlich aus Keramik, was u.a. hinsichtlich der Vermeidung von Korrosionen Vorteile bietet.

- Auch bei dem Metall-Keramik-Substrat 1b sind wiederum außerhalb der von den Strömungskanälen 13 gebildeten Kühlerstruktur in den Schichten 12.1 und 12.2
- 35 Durchkontaktierungen 10 vorgesehen, die Bereiche 9.1 der strukturierten äußeren Metallisierung 9 mit Bereichen der strukturierten inneren Metallisierung 19 zwischen den

Schichten 12.1 und 12.2 und Bereiche der strukturierten inneren Metallisierung 19 miteinander verbinden.

Die Figur 6 zeigt als weitere Ausführungsform ein Metall-Keramik-Substrat 1c, welches
5 wiederum eine Keramikstruktur oder ein Keramiksubstrat 21 aus mehreren stapelartig
übereinander und flächig miteinander verbundenen Schichten 22 – 25 ausschließlich aus
Keramik aufweist, von denen bei der für die Figur 7 gewählten Darstellung die Schicht 22 die
Oberseite und die Schicht 25 die Unterseite des Keramiksubstrats 21 bilden. Auf den übrigen
10 Schichten abgewandte obere Oberflächenseite der Schicht 22 ist die strukturierte äußere
Metallisierung 9 mit den Bereichen 9.1 und 9.2 aufgebracht. Auf die den übrigen Schichten
abgewandte untere Oberflächenseite der Schicht 25 ist ebenfalls eine strukturierte
Metallisierung 9 aufgebracht, die u.a. den Bereich 9.1 bildet. Auf den Bereichen 9.1 und 9.2
der oberen äußeren Metallisierung 9 sowie auf den Bereich 9.1 der unteren äußeren
15 Metallisierung 9 ist jeweils ein Bauelement 11 aufgebracht. In der Schicht 23 ist wenigstens ein
Strömungskanal 26 vorgesehen, und zwar für ein flüssiges Kühlmedium, welches dem
Strömungskanal 26 entsprechend dem Pfeil B über einen an der Unterseite des Metall-Keramik-
Substrates 1c vorgesehenen Anschluss 27 zugeführt und nach dem Durchströmen des
Strömungskanals 26 an einem ebenfalls an der Unterseite des Metall-Keramik-Substrats 1c
20 vorgesehenen Anschluss 28 entsprechend dem Pfeil C aus dem Strömungskanal 26 abgeführt
wird. Die beiden Anschlüsse 27 und 28 sind z.B. jeweils von Hülsen oder Rohrstücken aus
einem metallischen Werkstoff, vorzugsweise aus dem Werkstoff der unteren äußeren
Metallisierung 9 oder aus einem mit diesem Werkstoff kompatiblen Werkstoff gefertigt. Der
wenigstens eine Strömungskanal 26 ist durch die Schicht 22 von der oberen, äußeren
25 Metallisierung 9 getrennt. Die Anschlüsse 27 und 28 sind jeweils über Anschlusskanäle
bildende und in den Keramikschichten 24 und 25 vorgesehene Öffnungen 29 mit dem
Strömungskanal 26 verbunden.

Für die dichte Verbindung der Anschlüsse 27 und 28 ist die untere Metallisierung 9
beispielsweise so strukturiert, dass sie jeweils einen den betreffenden Anschluss 27 bzw. 28
30 umschließenden ringförmigen oder schlitzförmigen Bereich 9.3 bildet, mit dem der jeweilige
Anschluss 27 bzw. 28 in geeigneter Weise, beispielsweise durch Lötten verbunden ist.

Auch das Metall-Keramik-Substrat 1c weist wiederum mehrere Durchkontaktierungen 10 in
dem Keramiksubstrat 21 bzw. in den dortigen Schichten 21 und 24 auf, die sich außerhalb der
35 Kühlerstruktur bzw. des wenigstens einen Strömungskanals 26 befinden und die Bereiche 9.1
der äußeren Metallisierung 9 mit Bereichen der zwischen den Schichten 22 und 23

ausgebildeten inneren Metallisierung oder aber zwischen den Schichten 23 – 25 ausgebildete innere Metallisierungen 19 elektrisch, aber auch thermisch miteinander verbinden.

Die Figur 7 zeigt als weitere Ausführungsform ein gekühltes Metall-Keramik-Substrat 1d, welches sich von dem Metall-Keramik-Substrat 1c zunächst dadurch unterscheidet, dass die Kühlstruktur bzw. der wenigstens eine Kühl- oder Strömungskanal 26 in der Schicht 24 vorgesehen ist, die bei der für die Figur 7 gewählten Darstellung auf die die Unterseite des Metall-Keramik-Substrats 1d bildende untere Schicht 25 unmittelbar folgt. Weiterhin weist das Metall-Keramik-Substrat 1d den Bereich 9.1 der unteren, äußeren Metallisierung 9 mit dem Bauelement 11 nicht auf, wohl aber die für die Befestigung der Anschlüsse 27 und 28 dienenden ringförmigen Bereiche 9.3. Die Bereiche 9.1 der oberen, äußeren Metallisierung 9 bilden teilweise Kontaktflächen oder Leiterbahnen sowie auch Befestigungsflächen für Bauelemente 11. Der Bereich 9.2 der oberen Metallisierung 9 ist wiederum zur Aufnahme eines Leistungsbauelements 11 ausgebildet. Um eine möglichst gute Kühlwirkung zu erreichen, sind in den Schichten 22 und 23 metallische Durchkontaktierungen 10 vorgesehen, die unmittelbar bis an den Bereich 9.2 der oberen Metallisierung 9 reichen bzw. mit diesem Bereich 9.2 verbunden sind und die trotz der Vielzahl der Keramikschichten eine optimale Wärmeübertragung vom Bereich 9.2 an die zusätzliche Keramikschicht 30 und damit an das den Strömungskanal 24 durchströmende Kühlmittel gewährleisten. Die Schichten 22 – 25 und 30 sind wiederum solche ausschließlich aus Keramik.

Allen vorbeschriebenen Metall-Keramik-Substraten 1a, 1b, 1c und 1d ist also u.a. gemeinsam, dass dieses Substrat mit wenigstens einer inneren, von einem flüssigen Kühlmedium durchströmbaren Kühlstruktur sowie insbesondere auch mehrschichtig mit inneren Metallisierungen 19 ausgeführt ist. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit der Schaffung sehr komplexer Schaltkreise oder Module, und zwar trotz optimaler Kühlung bzw. Ableitung von Verlustwärme durch die innere Kühlerstruktur. Besonders vorteilhafte Ausführungen ergeben sich dann, wenn die innere Kühlerstruktur von Metallschichten Schichten 12.2 aus Keramik mit den Öffnungen 15 gebildet ist.

Allen vorbeschriebenen Metall-Keramik-Substraten 1a, 1b, 1c und 1d ist u.a. auch gemeinsam, dass die inneren Metallisierungen 19 zwischen Schichten 12.1, 12.2, 22 – 25 und 30 vorgesehen sind, die zugleich auch Teil der Kühlerstruktur sind, so dass eine vor allem auch hinsichtlich der Leiterbahnen sehr komplexe Ausbildung des jeweiligen Substrates bei kompakter Ausbildung bzw. reduziertem Substrat-Bauvolumen möglich ist.

Als Werkstoff für die Metallisierungen 9, 19 sowie für die Durchkontaktierungen 10 eignet sich beispielsweise Kupfer oder Aluminium oder Kupfer- oder Aluminiumlegierungen, wobei die Metallisierungen 9 bevorzugt von Folien aus Kupfer oder Aluminium oder Kupfer- oder Aluminiumlegierungen gebildet sind. Die inneren Metallisierungen 19 sind bevorzugt in Dünn- oder Dickfilmtechnik unter Verwendung von entsprechende Metalle enthaltenden Pasten und durch Einbrennen erzeugt. Selbstverständlich können für die inneren Metallisierungen 19 auch bevorzugt dünne Folien aus metallischem Werkstoff, beispielsweise aus Kupfer oder Aluminium oder aus Kupfer- oder Aluminiumlegierungen verwendet sein. Als keramischer Werkstoff für die Schichten 12.1, 12.2, 22 – 25 und 30 eignet sich beispielsweise ein Material der nachstehenden Gruppe Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Siliziumnitrid, Siliziumcarbid oder eine Mischkeramik aus Aluminiumoxid und Zirkonoxid.

Das Verbinden der die Metallisierungen 9, 19 bildenden Metallfolien mit den Schichten aus Keramik sowie der Metallfolien oder Schichten aus Metall des Bereichs 9.2 untereinander erfolgt beispielsweise durch DMB-Bonden oder durch Löten, insbesondere Aktivlöten. Auch andere Verfahren, beispielsweise Verbinden durch Kleben sind grundsätzlich möglich.

Das unmittelbare Verbinden der Schichten aus Keramik erfolgt bevorzugt durch Sintern. Auch andere Verfahren sind möglich, beispielsweise Aktivlöten, DMB-Bonden unter Verwendung jeweils einer dünnen oxidierten Metallfolie zwischen den miteinander zu verbindenden Schichten aus Keramik oder Verbinden durch Kleben.

Zumindest eine der Schichten 12.1, 12.2, 22 – 25, 30 aus Keramik kann ihrerseits auch mehrschichtig, beispielsweise mit einer Basisschicht 3.1 aus Keramik, z.B. aus Silizium-Nitrid, und mit Zwischenschichten 3.2 beispielsweise aus einer oxidischen Keramik an beiden Oberflächenseiten der Basisschicht 3.1 ausgebildet sein, wie dies in der Figur 8 für die Schicht 3 gezeigt ist.

Die Erfindung wurde voranstehend an Ausführungsbeispielen beschrieben. Es versteht sich, dass zahlreiche Änderungen sowie Abwandlungen möglich sind, ohne dass dadurch der der Erfindung zugrunde liegende Erfindungsgedanke verlassen wird.

Bezugszeichenliste

	1a – 1d	Metall-Keramik-Substrat
	3	Schicht
5	3.1	Basisschicht
	3.2	Zwischenschichten
	9	äußere Metallisierung
	9.1, 9.2, 9.3	strukturierter Bereich der Metallisierung 9
	10	Durchkontaktierung
10	11	Bauelement
	12	Substratkörper
	12.1, 12.2	Keramikschiicht
	13	Strömungs- oder Kühlkanal
	14	Bereich
15	15	Öffnung
	16	Materialsteg
	17	Kreuzungsbereich der Materialstege 16
	18	Pfosten
	19	innere Metallisierung
20	20	metallischer Kern der Pfosten 18
	21	Substratkörper
	22 – 25	Keramikschiicht
	26	Strömungs- oder Kühlkanal
	27, 28	Anschluss
25	29	Öffnung
	30	zusätzliche Keramikschiicht
	A	Achsrichtung
	B	Kühlmittelzulauf
	C	Kühlmittelrücklauf

Patentansprüche

1. Metall-Keramik-Substrat mit mehreren einen Substratkörper (12, 21) bildenden Schichten,
5 die stapelartig aufeinander liegend und miteinander flächig zu dem Substratkörper (12, 21) verbunden sind und von denen wenigstens eine aus Keramik besteht, mit wenigstens einer äußeren Metallisierung (9), die an wenigstens einer Oberflächenseite des Substratkörpers (12, 21) vorgesehen und zur Ausbildung von Leiterbahnen, Kontaktflächen und/oder Befestigungsflächen für Bauelemente (11) bildenden Bereichen (9.1, 9.2) strukturiert ist,
10 sowie mit einer Kühlerstruktur, die von wenigstens einem von einem Kühlmedium, vorzugsweise von einem flüssigen Kühlmedium durchströmbaren Strömungs- oder Kühlkanal (13, 26) gebildet ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass jeder die Kühlerstruktur bildende Strömungs- oder Kühlkanal (13, 26) ausschließlich in
15 wenigstens einer Schicht (12.2, 23, 24) aus Keramik vorgesehen ist.
2. Metall-Keramik-Substrat mit mehreren einen Substratkörper (12) bildenden Schichten (12.1, 12.2), die jeweils aus einem keramischen Werkstoff bestehen und stapelförmig aufeinander liegend und miteinander flächig zu dem Substratkörper (12, 21) verbunden sind, mit
20 wenigstens einer von einem metallischen Werkstoff gebildeten äußeren Metallisierung (9), die an wenigstens einer Oberflächenseite des Substratkörpers (12, 21) vorgesehen und zur Ausbildung von Leiterbahnen, Kontaktflächen und/oder Befestigungsflächen für Bauelemente (11) bildenden Bereichen (9.1, 9.2) strukturiert ist,
mit einer Kühlerstruktur, die ausschließlich in den Schichten (12.2) aus dem keramischen
25 Werkstoff vorgesehen und von wenigstens zwei aneinander anschließenden Schichten (12.2) aus dem keramischen Werkstoff gebildet ist, die zur Ausbildung wenigstens eines Kühlkanals (13, 26), der von einem Kühlmedium durchströmbar ist, mit einer Vielzahl von Öffnungen (15) derart versehen sind, dass der Kühlkanal (13, 26) Strömungswege für das Kühlmedium aufweist, die sich in Achsrichtung parallel zu den Oberflächenseiten der
30 Schichten (12.2, 23, 24) sowie senkrecht hierzu verzweigen,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Öffnungen (15) in den die Kühlerstruktur bildenden Schichten (12.2) eine siebartige Struktur bilden, in der die die Öffnungen (15) von sich kreuzenden Materialstegen (16) aus dem keramischen Werkstoff umgeben und durch diese von einander getrennt sind,
35 dass die Öffnungen (15) in benachbarten die Kühlerstruktur bildenden Schichten (12.2)

derart gegeneinander versetzt angeordnet sind, dass jeder Öffnung (15) in einer Schicht (12.2) ein Materialsteg (16) aus dem keramischen Werkstoff einer benachbarten Schicht (12.2) gegenüberliegt,

5 dass Kreuzungspunkte (17) der Materialstege (16) jeder Schicht (12.2) Kreuzungspunkten (17) der Materialstege (16) der benachbarter Schicht (12.2) in einer Achsrichtung senkrecht zu den Oberflächenseiten der Schichten (12.2) aneinander anschließen und dadurch Pfosten (18) bilden, die sich über die gesamte Höhe der Kühlerstruktur erstrecken, und
10 dass die wenigstens eine äußere Metallisierung (9) von einer Folie aus dem metallischen Werkstoff gebildet ist, die durch DCB-Bonden oder Aktivlötten mit dem Substratkörpers (12) verbunden ist und eine Dicke im Bereich zwischen 0,02 mm – 1 mm aufweist.

3. Metall-Keramik-Substrat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder die Kühlerstruktur bildende Strömungs- oder Kühlkanal (13, 26) ausschließlich in wenigstens zwei Schichten (12.2, 23, 24) aus Keramik vorgesehen ist.

15 4. Metall-Keramik-Substrat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jeder die Kühlerstruktur bildende Strömungs- oder Kühlkanal (13, 26) ausschließlich von keramischen Material begrenzt ist.

20 5. Metall-Keramik-Substrat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein die Kühlerstruktur bildender Strömungs- oder Kühlkanal (13, 26) einseitig von einer Metallisierung begrenzt ist.

25 6. Metall-Keramik-Substrat nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Strömungskanal (13) bis an die äußere Metallisierung (9) oder wenigstens einen Bereich (9.2) der äußeren Metallisierung (9) reicht.

30 7. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem wenigstens einen Strömungskanal (13, 26) der Kühlerstruktur und wenigstens einer äußeren Metallisierung (9) zumindest eine Schicht (12.1, 22, 23) aus Keramik vorgesehen ist, und dass vorzugsweise in dieser wenigstens einen Schicht (12.1, 22, 23) aus Keramik wenigstens eine Durchkontaktierung (10) vorgesehen ist, die bis an die äußere Metallisierung (9) reicht.

35 8. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Kühlerstruktur von wenigstens zwei,

vorzugsweise von mehreren aneinander anschließenden Schichten (12.2) aus Keramik gebildet ist, die jeweils an der wenigstens einen Kühlerstruktur eine Struktur mit einer Vielzahl von Öffnungen (15) und diese umgebenden Materialstegen (16) ausgebildet und derart gegeneinander versetzt angeordnet sind, dass jeder Öffnung (15) einer Schicht (12.2) ein Materialsteg einer benachbarten Schicht (12.2) gegenüberliegt und die Öffnungen (15) eine Kühlerstruktur mit sich verzweigenden Strömungswegen bilden, insbesondere mit Strömungswegen, die sich in Achsrichtungen parallel zu den Oberflächenseiten der Schichten (12.2) sowie senkrecht hierzu verzweigen, wobei vorzugsweise Kreuzungspunkte (17) der Materialstege (16) jeder Schicht (12.2) an Kreuzungspunkte (17) der Materialstege (16) benachbarter Schichten (12.2) in einer Achsrichtung senkrecht zu den Oberflächenseiten der Schichten (12.2) aneinander anschließen, und zwar zur Ausbildung von Pfosten (18), die sich über die gesamte Höhe der Kühlerstruktur erstrecken.

9. Metall-Keramik-Substrat nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die von den Kreuzungspunkten (17) gebildeten Pfosten (18) mit einem Kern (20) aus metallischem Werkstoff versehen sind.

10. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch wenigstens eine innere Metallisierung (19) sowie durch wenigstens eine Durchkontaktierung (10) in wenigstens einer Schicht (12.1, 12.2, 22 – 25, 30) aus Keramik, wobei die wenigstens eine Durchkontaktierung (10) zumindest einen Bereich (9.1) der wenigstens einen äußeren Metallisierung (9) mit einem Bereich einer inneren Metallisierung (19) und/oder wenigstens zwei durch die Schicht (12.1, 12.2, 24) aus Keramik voneinander getrennte innere Metallisierungen (19) miteinander verbindet.

11. Metall-Keramik-Substrat nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sich die wenigstens eine innere Metallisierung (19) und/oder Durchkontaktierung (10) außerhalb des die Kühlerstruktur bildenden Bereichs des Substratkörpers (12, 21) befinden.

12. Metall-Keramik-Substrat nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass sich zumindest eine innere Metallisierung (19) zwischen zwei Schichten des Substratkörpers (12, 21) befindet, von denen wenigstens eine Schicht (12.2, 23, 24) auch die Kühlerstruktur mit dem wenigstens einen Strömungskanal (13, 26) bildet, und/oder dass wenigstens eine Durchkontaktierung (10) in einer Schicht (12.2, 24) des Substratkörpers (12, 21) vorgesehen ist, die zugleich Teil der Kühlerstruktur ist, und dass

sich diese Durchkontaktierung (10) außerhalb des Bereichs der Kühlerstruktur befindet.

13. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die die wenigstens eine äußere Metallisierung (9) aufweisende
5 Oberflächenseite des Substratkörpers (12, 21) von einer Schicht (22, 25) aus dem keramischen Werkstoff gebildet ist.
14. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Substratkörper (21) an seinen beiden einander abgewandten und
10 jeweils von einer Schicht (22, 25) aus dem keramischen Werkstoff gebildeten Oberflächenseiten mit einer äußeren Metallisierung (9), vorzugsweise mit einer äußeren strukturierten Metallisierung (9) versehen ist, und dass vorzugsweise an beiden äußeren Metallisierungen (9) wenigstens ein Bauelement (11) angeordnet ist.
- 15 15. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an einer Oberflächenseite des Substratkörpers (21) Anschlüsse (27, 28) zum Zuführen und/oder Abführen des Kühlmediums vorgesehen sind.
- 20 16. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die äußeren Metallisierungen (9) von Folien aus einem metallischen Werkstoff gebildet sind, vorzugsweise mit einer Dicke im Bereich zwischen 0,02 mm – 1 mm, beispielsweise im Bereich zwischen 0,15 mm und 0,6 mm.
- 25 17. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die inneren Metallisierungen (19) in Dick- oder Dünnschichttechnik durch Einbrennen einer elektrisch leitenden Paste hergestellt sind, und zwar mit einer Dicke kleiner als die Dicke der äußeren Metallisierungen (9).
- 30 18. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der keramische Werkstoff wenigstens ein Material der nachstehenden Gruppe Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Siliziumnitrid, Siliziumcarbid oder eine Mischkeramik aus Aluminiumoxid und Zirkonoxid ist, und/oder dass das Werkstoff der äußeren und inneren Metallisierungen (5, 9), sowie der
35 Durchkontaktierungen (10) Kupfer oder Kupferlegierung oder Aluminium oder eine Kupfer- oder Aluminiumlegierung ist.

19. Metall-Keramik-Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichten des Substratkörpers (12, 21) durch flächiges Bonden, vorzugsweise durch Aktivlöten und/oder DMB-Bonden und/oder durch Kleben und/oder durch Sinterbonden miteinander verbunden sind, und/oder
- 5 dass die wenigstens eine äußeren Metallisierung (9) durch flächiges Bonden, vorzugsweise durch Aktivlöten oder DMB-Bonden und/oder durch Kleben mit dem Substratkörper (2, 12, 21) verbunden ist.

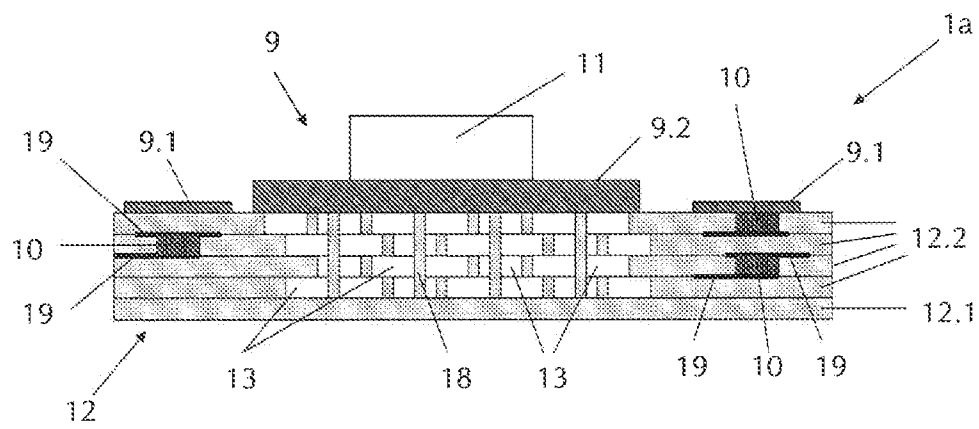


Fig. 1

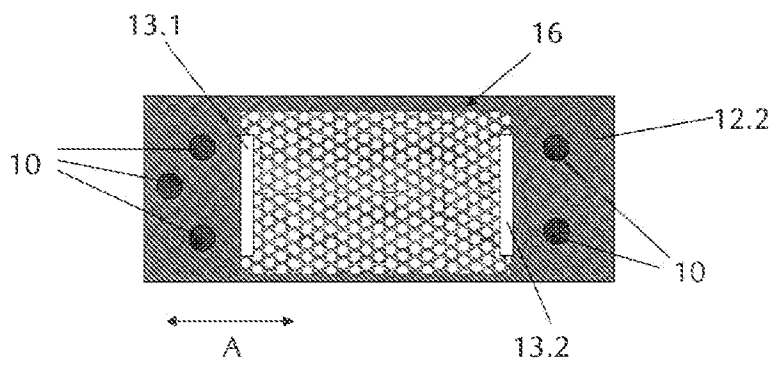


Fig. 2

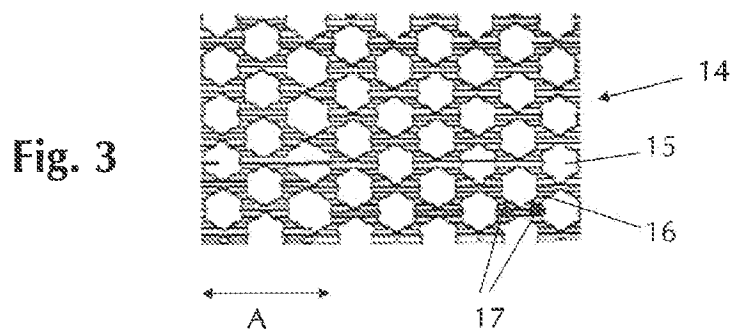


Fig. 3

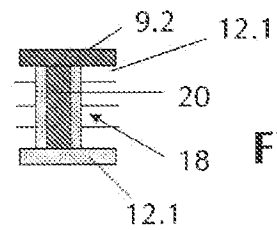


Fig. 4

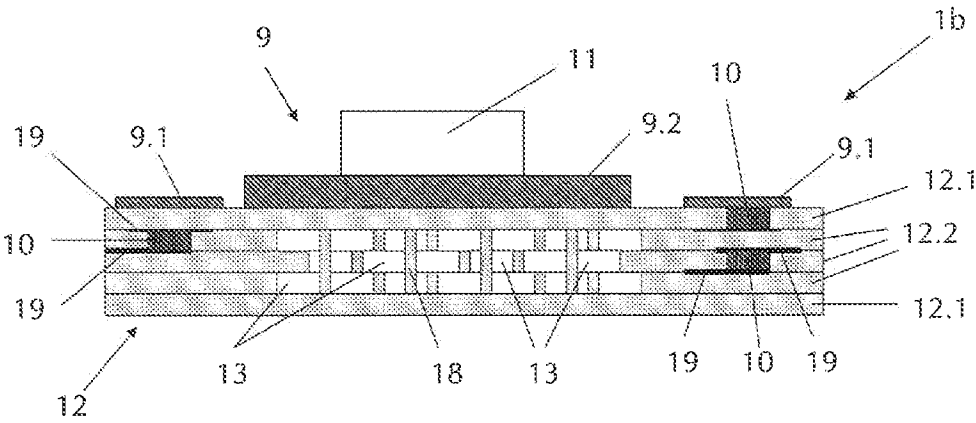


Fig. 5

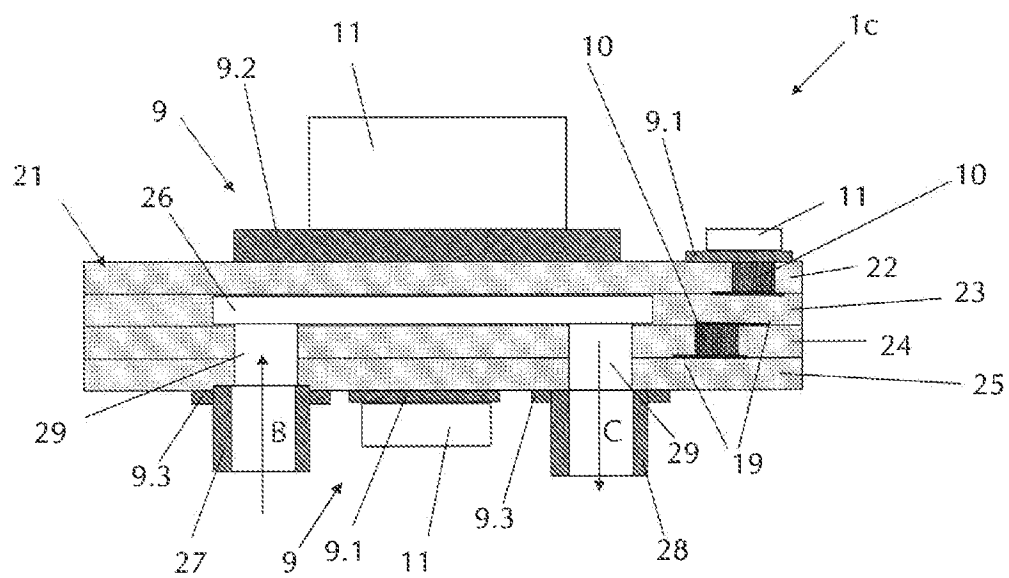


Fig. 6

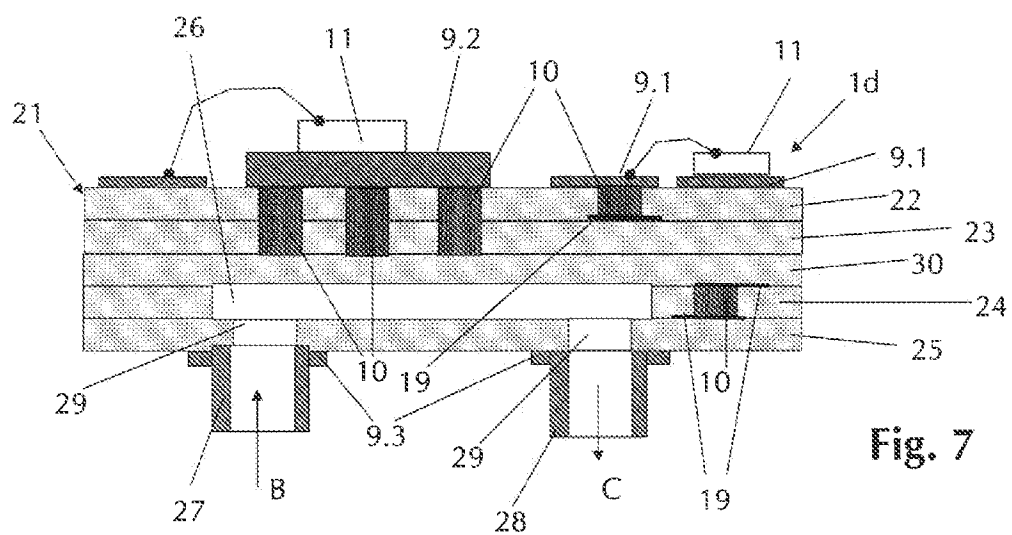


Fig. 7

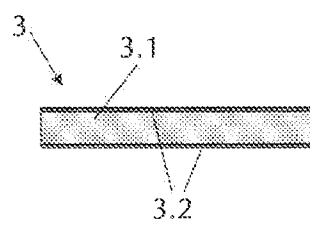


Fig. 8