

(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
31. August 2017 (31.08.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/144331 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C04B 37/02 (2006.01) C04B 41/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/053449

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Februar 2017 (16.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 203 058.2
26. Februar 2016 (26.02.2016) DE

(71) Anmelder: HERAEUS DEUTSCHLAND GMBH &
CO. KG [DE/DE]; Heraeusstrasse 12-14, 63450 Hanau
(DE).

(72) Erfinder: HERBST, Kai; Frankfurter Str. 10, 61118 Bad
Vilbel (DE). MUSCHELKNAUTZ, Christian; Am
Brombeerberg 3, 64291 Darmstadt (DE).

(74) Anwalt: HAGGENMÜLLER, Christian; MAIWALD
PATENTANWALTS GMBH, Elisenstr. 3 / Elisenhof,
80335 Munich (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, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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.

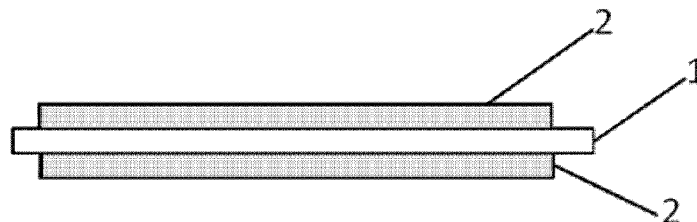
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: COPPER-CERAMIC COMPOSITE

(54) Bezeichnung : KUPFER-KERAMIK-VERBUND



Figur 1

(57) Abstract: The present invention relates to a copper-ceramic composite comprising - a ceramic substrate which contains aluminum oxide, the aluminum oxide having particle sizes in the range of 0.01 μm to 25 μm and a quantity distribution of the particle sizes with a median value d_{50} and an arithmetic mean value d_{arith} , and the ratio of d_{50} to d_{arith} being in the range of 0.75 to 1.10, - a coating made of copper or a copper alloy provided on the ceramic substrate.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kupfer-Keramik- Verbund, umfassend - ein Keramiksubstrat, das Aluminiumoxid enthält, wobei das Aluminiumoxid Korngrößen im Bereich von 0,01 μm bis 25 μm und eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem Medianwert d_{50} und einem arithmetischen Mittelwert d_{arith} aufweist und das Verhältnis von d_{50} zu d_{arith} im Bereich von 0,75 bis 1,10 liegt, - eine auf dem Keramiksubstrat vorliegende Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung.



WO 2017/144331 A1

5

Kupfer-Keramik-Verbund

10

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kupfer-Keramik-Verbund sowie ein diesen Verbund enthaltendes Modul, das in Leistungselektronikbauteilen verwendet werden kann.

15

Keramikschtaltungsträger sind aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit, hohen Formstabilität bzw. mechanischen Festigkeit sowie ihrer hohen Isolationsfestigkeit insbesondere im Bereich der Hochleistungselektronik von Interesse.

20

Für die Metallisierung eines Keramiksubstrats stehen verschiedene Verfahren wie z.B. Direct-Copper-Bonding (üblicherweise als DCB-Verfahren bezeichnet) oder Active-Metal-Brazing (üblicherweise als AMB-Verfahren bezeichnet) zur Verfügung.

25

Das nach der Metallisierung des Keramiksubstrats erhaltene Verbundmaterial wird auch als Metall-Keramik-Substrat oder Metall-Keramik-Verbund bezeichnet. Sofern es beispielsweise durch ein DCB-Verfahren hergestellt wurde, wird häufig auch die Bezeichnung „DCB-Substrat“ verwendet.

30

Bei dem DCB-Verfahren wird ausgenutzt, dass Sauerstoff den Schmelzpunkt des Kupfers von 1083°C auf die eutektische Schmelztemperatur von 1065°C reduziert. Durch die Oxidation von Kupferfolien vor der Metallisierung des Keramiksubstrates oder durch Sauerstoffzufuhr während des Hochtemperaturprozesses (beispielsweise bei einer Temperatur zwischen 1065°C und 1080°C) entsteht eine dünne eutektische Schmelzschicht. Diese reagiert mit der Oberfläche des Keramiksubstrats, so dass

35

Keramik und Metall haftfest miteinander verbunden werden können.

DCB-Verfahren werden beispielsweise in US 3,744,120 oder DE 23 19 854 beschrieben.

40

Die Metallisierung kann beispielsweise nur auf einer Seite des Keramiksubstrats („Single-Layer-Bonding“ SLB) oder alternativ auch auf beiden Seiten des Keramiksubstrates gleichzeitig („Double-Layer-Bonding“ DLB) erfolgen. Außerdem ist es möglich, zunächst eine erste Seite des Substrats durch einen ersten SLB-Schritt

zu metallisieren und anschließend auch die gegenüberliegende Substratseite in einem weiteren SLB-Schritt zu metallisieren.

- 5 Bekannt ist auch, die aufgebrachte Metallbeschichtung für die Ausbildung von Leiterbahnen zu strukturieren, beispielsweise über Ätzverfahren.

10 In vielen Anwendungen der Leistungselektronik unterliegt der Metall-Keramik-Verbund hohen Temperaturwechselbelastungen, bei denen deutliche Temperaturänderungen (z.B. im Bereich von -40°C bis $+150^{\circ}\text{C}$) auftreten können.

- 15 Bedingt durch die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Keramiksubstrats und der Metallbeschichtung ergeben sich am Übergang zwischen diesen Schichten bei Temperaturschwankungen erhebliche mechanische Spannungen, die letztlich zu einer zumindest partiellen Ablösung des Metalls von der Keramikoberfläche führen können. Bekannt ist, dass durch eine spezifische Strukturierung der Metallschicht auf makroskopischer Ebene in ihrem Randbereich Zug- und Druckspannungen verringert und somit die Temperaturwechselbeständigkeit verbessert werden kann. DE 40 04 844 A1 und DE43 18 241 A1 beschreiben Metallbeschichtungen auf Keramiksubstraten, die an 20 ihren Kanten Randabschwächungen in Form von Vertiefungen oder Löchern aufweisen.

- 25 Die im Betrieb auftretenden Temperaturwechselbelastungen können in der Keramik zu Rissbildungen führen. Weiterhin können bereits beim Transport oder beim Einbau in ein elektronisches Bauteil mechanische Belastungen auftreten, die ebenfalls Rissbildungen in der Keramik verursachen.

- 30 Um Rissbildungen in der Keramik aufgrund von Temperaturwechselbelastungen oder sonstiger mechanischer Belastungen möglichst zu minimieren, sollte das Keramiksubstrat des Metall-Keramik-Verbunds eine möglichst hohe mechanische Festigkeit (beispielsweise in Form einer möglichst hohen Biegebruchfestigkeit) aufweisen.

- 35 Im Betrieb kontaktiert die strukturierte Metallbeschichtung elektronische Bauteile wie z.B. Chips. In den Bereichen dieser elektronischen Bauteile kann es zu einer beträchtlichen Wärmeentwicklung kommen. Diese Wärme sollte über das Keramiksubstrat möglichst schnell abgeführt werden.

- 40 Prinzipiell ist also wünschenswert, dass das Keramiksubstrat sowohl eine gute mechanische Festigkeit als auch eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist. In der Praxis stellt es sich aber als schwierig heraus, beide Eigenschaften gleichzeitig zu optimieren. Häufig wird die Verbesserung eines Parameters auf Kosten des anderen Parameters erreicht.

Weitere relevante Eigenschaften eines Kupfer-Keramik-Verbunds für Anwendungen in der Elektronik sind außerdem eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit, eine möglichst feste Bindung der Metallbeschichtung an die Keramikoberfläche, wobei diese Bindung auch unter längeren Temperaturwechselbelastungen ausreichend fest bleibt sollte, und ein gutes Bondingverhalten der Kupferbeschichtung gegenüber Bondingdrähten.

In der DE 10 2012 110 322 wird das Keramiksubstrat des Metall-Keramik-Verbunds hinsichtlich seiner Kornstruktur (also seiner Struktur auf mikroskopischer Ebene) eingehender definiert. Das Keramiksubstrat enthält ein mit Zirkonoxid verstärktes Aluminiumoxid, wobei die mittlere Korngröße des Aluminiumoxids im Bereich von 2-8 μm liegt und das Verhältnis der Länge der Korngrenzen der Al_2O_3 -Körner zu der Gesamtlänge aller Korngrenzen $>0,6$ ist. Nach den Angaben der DE 10 2012 110 322 trägt diese Kornstruktur zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit bei.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt in der Bereitstellung eines Metall-Keramik-Verbunds mit verbessertem Eigenschaftsprofil, insbesondere einer hohen mechanischen Festigkeit und einer hohen Wärmeleitfähigkeit.

Gelöst wird die Aufgabe durch einen Kupfer-Keramik-Verbund, umfassend

- ein Keramiksubstrat, das Aluminiumoxid enthält,
- eine auf dem Keramiksubstrat vorliegende Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung,

wobei das Aluminiumoxid Korngrößen im Bereich von 0,01 μm bis 25 μm aufweist.

Bei dem Keramiksubstrat eines Kupfer-Keramik-Verbunds handelt es sich allgemein um ein polykristallines Material, das aus kleinen Kristalliten (die auch als Körner bezeichnet werden) besteht. Auf mikroskopischer Ebene können polykristalline Materialien anhand ihrer Kornstruktur (z.B. Korngrößenverteilungen, Form der Körner, Textur, etc.) eingehender charakterisiert werden.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde festgestellt, dass ein Keramiksubstrat, welches Aluminiumoxid (Al_2O_3) mit Korngrößen im Bereich von 0,01 μm bis 25 μm aufweist, sowohl eine hohe mechanische Festigkeit als auch eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist.

Eine verbesserte mechanische Festigkeit zeigt sich insbesondere an einer verbesserten Biegebruchfestigkeit. Erfindungsgemäß wird unter einer verbesserten Biegebruchfestigkeit der Keramik verstanden, dass bei einer Drei-Punkt-Biegung die zum Bruch führende Kraft erhöht ist. Dem Fachmann ist beispielsweise zur Biegebruchfestigkeitsbestimmung der Keramik die DIN EN 843-1 (2008). Bevorzugt weicht die Probengeometrie gegenüber der DIN EN 843-1 (2008) dahingehend ab, dass die Proben eine Abmessung von 20 x 40 x 0,38 mm^3 oder 20 x 40 x 0,63 mm^3 aufweisen.

Erfindungsgemäß versteht man unter einer Temperaturwechselbeständigkeit den Widerstand bzw. die Widerstandsfähigkeit der Kupferschicht gegen Delamination von der Keramik eines Kupfer-Keramik-Substrates, wobei der Widerstand in Folge von zumindest einem Temperaturwechsel der Kupferschicht gegenüber der Keramik bestimmt wird. Eine verbesserte Temperaturwechselbeständigkeit bedeutet, dass die Anzahl der widerstandenen Temperaturwechsel sich vergrößert.

Erfindungsgemäß wird unter einem verbesserten Drahtbonding verstanden, dass die Kraft, mit der der Bonddraht von der Kupferoberfläche eines Kupfer-Keramik-Verbundes abgelöst werden kann, erhöht ist.

Erfindungsgemäß wird unter einer verbesserten Kupferhaftfestigkeit eine Haftfestigkeit des Kupfers gegenüber dem Kupfer-Keramik-Verbundes verstanden, so dass die Kraft, mit der die gebondete Kupferfolie von der Keramikoberfläche eines Kupfer-Keramik-Verbundes abgelöst werden kann, erhöht ist. Aus der DE102004012231B4 ist dem Fachmann ein beispielhaftes Meßverfahren bekannt (Figuren 2 und 3 der DE102004012231B4).

Bevorzugt liegen die Korngrößen des Aluminiumoxids im Bereich von 0,3 µm bis 23 µm, noch bevorzugter im Bereich von 0,5 µm bis 20 µm.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind diese Werte nicht als strikte Unter- und Obergrenzen für die Korngrößenverteilung anzusehen, sondern können um +/- 10% variieren. In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich jedoch um die Untergrenze, die nicht unterschritten wird, und Obergrenzen, die nicht überschritten wird, der Korngrößenverteilung des Aluminiumoxids. In dieser bevorzugten Ausführungsform weist daher das Aluminiumoxid keine Körner auf, die außerhalb der oben genannten Bereiche liegen. Es ist also bevorzugt, dass $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3) \geq 0,01 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3) \leq 25 \mu\text{m}$, bevorzugter $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3) \geq 0,3 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3) \leq 23 \mu\text{m}$, noch bevorzugter $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3) \geq 0,5 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3) \leq 20 \mu\text{m}$, wobei $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ und $d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ die minimalen bzw. maximalen Korngrößen des Aluminiumoxids sind.

Durch Verwendung eines Keramik-Ausgangsmaterials mit geeigneter Al_2O_3 -Korngrößenverteilung können die gewünschten Al_2O_3 -Korngrößen im Kupfer-Keramik-Verbund eingestellt werden. Solche Keramikmaterialien sind kommerziell erhältlich oder können über Standardverfahren erhalten werden. Eine Feineinstellung der Korngrößen kann gegebenenfalls durch eine thermische Behandlung des Keramik-Ausgangsmaterials erfolgen.

Wie dem Fachmann grundsätzlich bekannt ist, kann die Bestimmung der Korngrößenverteilung unter Bezugnahme auf die Anzahl der Körner (d.h. Anzahlverteilung) oder alternativ auch unter Bezugnahme auf die Masse (d.h.

Massenverteilung) oder das Volumen der Körner erfolgen. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird die Verteilung der Korngrößen auf Basis der Körneranzahl bestimmt.

- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Aluminiumoxid des Keramiksubstrats eine Anzahlverteilung der Korngrößen auf, in der höchstens 5% der Körner eine Korngröße von weniger als $0,1\ \mu\text{m}$, bevorzugter weniger als $0,3\ \mu\text{m}$, noch bevorzugter weniger als $0,5\ \mu\text{m}$ aufweisen; und/oder in der mindestens 95% der Körner eine Korngröße von weniger als $15\ \mu\text{m}$, bevorzugter weniger als $10\ \mu\text{m}$, noch bevorzugter weniger als $7\ \mu\text{m}$ aufweisen.

- Wie allgemein bekannt ist, sind charakteristische Werte einer Korngrößenverteilung unter anderem deren d_{50} -Wert, d_5 -Wert und d_{95} -Wert. Für den d_{50} -Wert, der häufig auch als Medianwert bezeichnet wird, gilt Folgendes: 50% der Körner weisen einen
- 15 Durchmesser auf, der kleiner ist als der d_{50} -Wert.

Analog gilt für den d_5 -Wert, dass 5% der Körner einen Durchmesser aufweisen, der kleiner ist als dieser d_5 -Wert, und für den d_{95} -Wert gilt, dass 95% der Körner einen Durchmesser aufweisen, der kleiner ist als dieser d_{95} -Wert.

- Der arithmetische Mittelwert d_{arith} einer Korngrößenverteilung ergibt sich aus der
- 20 Summe der Korngrößen der einzelnen Körner dividiert durch die Körneranzahl.

- Die Symmetrie einer Korngrößenverteilung kann über das Verhältnis von Medianwert d_{50} zu dem arithmetischen Mittelwert d_{arith} dieser Verteilung ausgedrückt werden (d.h. durch den Quotienten d_{50}/d_{arith} ; nachfolgend auch als Symmetriewert
- 25 einer Korngrößen-Anzahlverteilung bezeichnet). Je näher der Wert dieses Quotienten bei 1,0 liegt, desto symmetrischer ist die Korngrößenverteilung.

- Wie im Rahmen der vorliegenden Erfindung überraschend festgestellt wurde, kann eine weitere Optimierung der mechanischen Festigkeit und der Wärmeleitfähigkeit
- 30 erzielt werden, wenn die Korngrößenverteilung des Aluminiumoxids im Keramiksubstrat möglichst symmetrisch ist. In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Al_2O_3 des Keramiksubstrats daher eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem Medianwert d_{50} und einem arithmetischen Mittelwert d_{arith} auf, wobei das Verhältnis von d_{50} zu d_{arith} (d.h. d_{50}/d_{arith}) im Bereich von 0,75 bis 1,10, bevorzugter
- 35 im Bereich von 0,78 bis 1,05, noch bevorzugter im Bereich von 0,80 bis 1,00 liegt.

- Geeignete Methoden, mit denen die Symmetrie der Korngrößenverteilung im Aluminiumoxid, beispielsweise bereits bei der Herstellung des Ausgangssubstrats, eingestellt werden können, sind dem Fachmann bekannt. Beispielsweise kann die
- 40 Symmetrie der Korngrößenverteilung durch Sinterdauer und Sintertemperatur bei der Herstellung des Ausgangssubstrats beeinflusst werden. Al_2O_3 -Substrate, mit denen im finalen Kupfer-Keramik-Verbund die oben angegebenen Symmetriewerte realisiert werden können, sind kommerziell erhältlich oder können über Standardverfahren erhalten werden.

Im Rahmen der Erfindung konnte ferner festgestellt werden, dass durch Auswahl weiterer Produktparameter Produkteigenschaften verbessert werden konnten.

- 5 Es wurde überraschend festgestellt, dass eine weitere Optimierung der mechanischen Festigkeit und der Wärmeleitfähigkeit erzielt werden kann, wenn die Breite der Korngrößenverteilung des Aluminiumoxids gewissen Bedingungen genügt. Wird eine zu enge Korngrößenverteilung gewählt, so kann sich dies nachteilig auf die Wärmeleitfähigkeit auswirken, während eine zu breite Korngrößenverteilung für die mechanische Festigkeit nachteilig sein kann. Die Breite der Korngrößenverteilung kann durch das Verhältnis von d_5 -Wert zu d_{95} -Wert ausgedrückt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Aluminiumoxid eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem d_5 -Wert und einem d_{95} -Wert auf, wobei das Verhältnis von d_5 zu d_{95} im Bereich von 0,1 bis 0,4, bevorzugter im Bereich von 0,11 bis 0,35, noch bevorzugter im Bereich von 0,12 bis 0,30 liegt.

- Bevorzugt weist die Anzahlverteilung der Korngrößen des Aluminiumoxids einen d_{95} -Wert von $\leq 15,0 \mu\text{m}$, bevorzugter im Bereich von $4,0 \mu\text{m}$ bis $15,0 \mu\text{m}$, noch bevorzugter im Bereich von $4,5 \mu\text{m}$ bis $10,0 \mu\text{m}$, noch weiter bevorzugt im Bereich von $5,0 \mu\text{m}$ bis $8,0 \mu\text{m}$ aufweist. Der d_5 -Wert der Korngrößen-Anzahlverteilung des Aluminiumoxids ist bevorzugt $\geq 0,1 \mu\text{m}$; bevorzugter liegt der d_5 -Wert im Bereich von $0,1 \mu\text{m}$ bis $2,5 \mu\text{m}$, noch bevorzugter im Bereich von $0,3 \mu\text{m}$ bis $2,5 \mu\text{m}$, noch weiter bevorzugt im Bereich von $0,5 \mu\text{m}$ bis $2,0 \mu\text{m}$.

- 25 Ein bevorzugter d_{50} -Wert der Korngrößen-Anzahlverteilung des Aluminiumoxids liegt beispielsweise im Bereich von $1,0 \mu\text{m}$ bis $3,0 \mu\text{m}$.

- Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann es bevorzugt sein, dass die d_5 -, d_{95} - und d_{50} -Werte der Korngrößen-Anzahlverteilung des Aluminiumoxids so gewählt werden, dass sie der folgenden Bedingung genügen:

$$9,5 \geq (d_{95} - d_5)/d_{50} \geq 0,7$$

- Eine weitere Optimierung der mechanischen Festigkeit kann erzielt werden, wenn die Körner des Aluminiumoxids in ihrer zweidimensionalen Projektion in einer Ebene parallel zur Oberfläche des Keramiksubstrats eine Form aufweisen, die möglichst kreisförmig bzw. rund ist. Die Form eines individuellen Al_2O_3 -Korns lässt sich über seinen Formfaktor R_K ausdrücken, der das Verhältnis des maximalen Korndurchmessers $d_{K,\text{max}}$ zu dem senkrecht zu $d_{K,\text{max}}$ verlaufenden Korndurchmesser $d_{K,\text{ortho}}$, bestimmt auf halber Länge von $d_{K,\text{max}}$, ist (d.h. $R_K = d_{K,\text{ortho}}/d_{K,\text{max}}$).

- 40 Aus dem arithmetischen Mittelwert der Formfaktoren R_K der Al_2O_3 -Körner erhält man den mittleren Korn-Formfaktor $R_a(\text{Al}_2\text{O}_3)$ des Aluminiumoxids. Enthält ein Aluminiumoxidmaterial beispielsweise einen hohen Anteil länglicher Körner, so wird der mittlere Korn-Formfaktor dieses Kupfers einen relativ niedrigen Wert

aufweisen. Andererseits gilt, dass sich der mittlere Korn-Formfaktor umso mehr dem Wert 1,0 annähert, je höher der Anteil von relativ runden, kreisförmigen Körnern ist.

- Bevorzugt ist der mittlere Korn-Formfaktor $R_a(\text{Al}_2\text{O}_3)$ des Aluminiumoxids $\geq 0,40$,
5 noch bevorzugter $\geq 0,60$ oder $\geq 0,80$. Geeignete Methoden, mit denen die Form der Aluminiumoxidkörner, beispielsweise bereits bei der Herstellung des Ausgangssubstrats, eingestellt werden können, sind dem Fachmann bekannt. Beispielsweise kann die Form der Al_2O_3 -Körner durch Sinterdauer und Sintertemperatur bei der Herstellung des Ausgangssubstrats beeinflusst werden.
- 10 Al_2O_3 -Substrate, mit denen im finalen Kupfer-Keramik-Verbund der oben angegebene Korn-Formfaktor $R_a(\text{Al}_2\text{O}_3)$ realisiert werden kann, sind kommerziell erhältlich oder können über Standardverfahren erhalten werden.
- 15 Eine geeignete Dicke des Keramiksubstrats in einem Kupfer-Keramik-Verbund ist dem Fachmann bekannt. Üblicherweise weist das Keramiksubstrat über mindestens 70% seiner Fläche, bevorzugter mindestens 90% seiner Fläche eine Dicke im Bereich von 0,2-1,2 mm auf. Eine Dicke des Keramiksubstrates ist beispielsweise etwa 0,38 mm oder etwa 0,63 mm.
- 20 Bevorzugt sind die Dicke des Keramiksubstrats (D_{cer}) und der Medianwert d_{50} der Korngrößen-Anzahlverteilung des Aluminiumoxids im Keramiksubstrat so ausgewählt, dass das Verhältnis D_{cer} zu d_{50} (d.h. D_{cer} / d_{50}) im Bereich von 0,001 bis 0,01, bevorzugter im Bereich von 0,002 bis 0,009, noch bevorzugter im Bereich von 0,004 bis 0,008 liegt. Hierzu wird die Dicke D_{cer} des Keramiksubstrats an einer Stelle
25 bestimmt und durch den Medianwert d_{50} der Korngrößen-Anzahlverteilung des Aluminiumoxids dividiert. Bevorzugt liegt das Verhältnis D_{cer}/d_{50} über mindestens 70%, bevorzugter mindestens 90% der Fläche des Keramiksubstrats im Bereich von 0,05 bis 0,40.
- 30 Optional kann das Aluminiumoxid noch mit Zirkonoxid (ZrO_2) verstärkt sein. Ein solches ZrO_2 -verstärktes Al_2O_3 enthält, bezogen auf seine Gesamtmasse, das Zirkonoxid üblicherweise in einem Anteil von 0,5-30 Gew%. Das Zirkonoxid wiederum kann optional mit einem oder mehreren Dotieroxid(en), insbesondere Yttriumoxid, Calciumoxid, Ceroxid oder Magnesiumoxid, dotiert sein, üblicherweise
35 in einem Anteil von bis zu 0,01 Gew% oder sogar bis zu 5 Gew%, bezogen auf die Gesamtmasse Zirkonoxid und Aluminiumoxid.
- Bevorzugt enthält das Keramiksubstrat mindestens 65 Gew% Al_2O_3 . Sofern kein ZrO_2 zur Verstärkung des Al_2O_3 vorliegt, kann das Keramiksubstrat beispielsweise
40 zu mindestens 95 Gew%, bevorzugter 96 Gew% aus Al_2O_3 bestehen.

Sofern ein mit ZrO_2 verstärktes Aluminiumoxid verwendet wird (wobei das ZrO_2 , wie oben erwähnt, optional noch dotiert ist), kann das Keramiksubstrat

beispielsweise zu mindestens 96 Gew%, bevorzugter zu mindestens 98 Gew% aus diesem ZrO_2 -verstärkten Al_2O_3 bestehen.

- 5 Das Keramiksubstrat kann beispielsweise eine Wärmeleitfähigkeit von ≥ 20 W/mK, und/oder eine Biegebruchfestigkeit von ≥ 400 MPa aufweisen.

- 10 Das Keramiksubstrat kann in Form eines Einzelsubstrats vorliegen. Alternativ ist es auch möglich, dass das Keramiksubstrat eine oder mehrere (bevorzugt geradlinig verlaufende) Sollbruchlinien aufweist, die das Keramiksubstrat in zwei oder mehr Bereiche unterteilen und zumindest in einem dieser Bereiche eine Metallbeschichtung (z.B. eine Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung) aufgebracht ist. Hinsichtlich des Aufbaus eines solchen Mehrfachsubstrats mit Sollbruchlinien kann beispielhaft auf DE 43 19 944 A1 und DE 199 27 046 A1 verwiesen werden.

- 15 Geeignete Abmessungen (Länge x Breite) des Keramiksubstrats (entweder als Einzelsubstrat oder auch als Mehrfachsubstrat) in einem Metall-Keramik-Verbund sind dem Fachmann bekannt. Beispielsweise kann das Keramiksubstrat eine Abmessung, Länge x Breite, von (180-200 mm) x (130-150 mm) oder
20 (180-200 mm) x (270-290 mm) aufweisen. Auch kleinere Abmessungen, beispielsweise (8-12 mm) x (8-12 mm), sind möglich.

- 25 Wie oben ausgeführt, liegt auf dem Keramiksubstrat eine Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung vor.

- 30 Für die Metallisierung eines Keramiksubstrats stehen verschiedene Verfahren wie z.B. Direct-Copper-Bonding (üblicherweise als DCB-Verfahren bezeichnet) oder Active-Metal-Brazing (üblicherweise als AMB-Verfahren bezeichnet) zur Verfügung.

- 35 Bevorzugt liegen die Korngrößen des Kupfers oder der Kupferlegierung im Bereich von 10 μm bis 300 μm , bevorzugter im Bereich von 15 μm bis 250 μm , noch bevorzugter im Bereich von 20 μm bis 210 μm . In diesem Korngrößenbereich zeigt das Kupfer oder die Kupferlegierung auch dann noch eine gute Haftung auf einem Keramiksubstrat, wenn der Kupfer-Keramik-Verbund häufigen Temperaturwechselbelastungen ausgesetzt ist. Gleichzeitig ermöglicht das Kupfer oder die Kupferlegierung mit diesen Korngrößen ein effizientes Drahtbonding. Eine Metallbeschichtung zeigt ein gutes Drahtbonding, wenn sich eine möglichst starke Verbindung zu einem Bonddraht ausbilden lässt und dadurch das Risiko einer
40 unerwünschten Ablösung des Bonddrahts minimiert wird. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind diese Werte nicht als strikte Unter- und Obergrenzen für die Korngrößenverteilung anzusehen, sondern können um $\pm 10\%$ variieren. In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich jedoch um die Untergrenze, die nicht unterschritten wird, und die Obergrenze, die nicht überschritten wird, der

Korngrößenverteilung des Kupfers oder der Kupferlegierung. In dieser bevorzugten Ausführungsform weist daher das Kupfer oder die Kupferlegierung keine Körner auf, die außerhalb der oben genannten Bereiche liegen. Es ist also bevorzugt, dass $d_{\min}(\text{Cu}) \geq 10 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Cu}) \leq 300 \mu\text{m}$, bevorzugter $d_{\min}(\text{Cu}) \geq 15 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Cu}) \leq 250 \mu\text{m}$, noch bevorzugter $d_{\min}(\text{Cu}) \geq 20 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Cu}) \leq 210 \mu\text{m}$, wobei $d_{\min}(\text{Cu})$ und $d_{\max}(\text{Cu})$ die minimalen bzw. maximalen Korngrößen des Kupfers sind.

10 Durch Verwendung einer Kupferausgangsfolie mit geeigneter Korngrößenverteilung können die gewünschten Korngrößen im Kupfer-Keramik-Verbund eingestellt werden. Solche Kupferfolien sind kommerziell erhältlich oder können über Standardverfahren erhalten werden. Eine Feineinstellung der Korngrößen kann gegebenenfalls durch eine thermische Behandlung der Ausgangsfolie erfolgen.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Kupfer oder die Kupferlegierung eine Anzahlverteilung der Korngrößen auf, in der höchstens 5% der Körner eine Korngröße von weniger als $15 \mu\text{m}$, bevorzugt weniger als $20 \mu\text{m}$, noch bevorzugter weniger als $25 \mu\text{m}$ aufweisen; und/oder in der mindestens 95% der Körner eine Korngröße von weniger als $250 \mu\text{m}$, bevorzugt weniger als $230 \mu\text{m}$, noch
20 bevorzugter weniger als $200 \mu\text{m}$ aufweisen.

Bevorzugt weist die Anzahlverteilung der Korngrößen des Kupfers oder der Kupferlegierung einen d_{95} -Wert von $\leq 250 \mu\text{m}$, bevorzugter im Bereich von $140 \mu\text{m}$ bis $250 \mu\text{m}$, noch bevorzugter im Bereich von $140 \mu\text{m}$ bis $230 \mu\text{m}$, noch weiter
25 bevorzugt im Bereich von $150 \mu\text{m}$ bis $200 \mu\text{m}$ auf. Der d_5 -Wert der Korngrößen-Anzahlverteilung des Kupfers oder der Kupferlegierung ist bevorzugt $\geq 15 \mu\text{m}$; bevorzugter liegt der d_5 -Wert im Bereich von $15 \mu\text{m}$ bis $80 \mu\text{m}$, noch bevorzugter im Bereich von $20 \mu\text{m}$ bis $75 \mu\text{m}$, noch weiter bevorzugt im Bereich von $25 \mu\text{m}$ bis $70 \mu\text{m}$. Damit kann eine weitere Optimierung der Temperaturwechselbeständigkeit und
30 des Bondingverhaltens des Kupfers oder der Kupferlegierung erzielt werden.

Ein bevorzugter d_{50} -Wert der Korngrößen-Anzahlverteilung des Kupfers oder der Kupferlegierung liegt beispielsweise im Bereich von $55 \mu\text{m}$ bis $115 \mu\text{m}$.

35 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann es bevorzugt sein, dass die d_5 -, d_{95} - und d_{50} -Werte der Korngrößen-Anzahlverteilung des Kupfers oder der Kupferlegierung so gewählt werden, dass sie der folgenden Bedingung genügen:

$$4,0 \geq (d_{95} - d_5)/d_{50} \geq 0,5$$

40 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Kupfer oder die Kupferlegierung eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem Medianwert d_{50} und einem arithmetischen Mittelwert d_{arith} auf, wobei das Verhältnis von d_{50} zu d_{arith} (d.h. d_{50}/d_{arith} ; nachfolgend auch als Symmetriewert $S(\text{Cu})$ der Korngrößen-Anzahlverteilung des Kupfers oder der Kupferlegierung bezeichnet) im Bereich von

- 0,75 bis 1,10, bevorzugter im Bereich von 0,78 bis 1,05, noch bevorzugter im Bereich von 0,80 bis 1,00 liegt. Damit kann eine weitere Optimierung der Temperaturwechselbeständigkeit und der Drahtbondingeigenschaften erzielt werden. Geeignete Methoden, mit denen die Symmetrie der Korngrößenverteilung im Kupfer, beispielsweise bereits in der Kupferausgangsfolie, eingestellt werden können, sind dem Fachmann bekannt. Beispielsweise kann die Symmetrie der Korngrößenverteilung in einer Kupferfolie durch eine geeignete Verarbeitungstemperatur oder einen Walzprozess beeinflusst werden. Kupferausgangsfolien, mit denen im finalen Kupfer-Keramik-Verbund die oben angegebenen Symmetriewerte realisiert werden können, sind kommerziell erhältlich oder können über Standardverfahren erhalten werden.

- In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Kupfer oder die Kupferlegierung eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem d_5 -Wert und einem d_{95} -Wert auf, wobei das Verhältnis von d_5 zu d_{95} im Bereich von 0,1 bis 0,4, bevorzugter im Bereich von 0,11 bis 0,35, noch bevorzugter im Bereich von 0,12 bis 0,30 liegt. Damit kann eine weitere Optimierung der Temperaturwechselbeständigkeit und der Drahtbondingeigenschaften erzielt werden.
- Bevorzugt ist der mittlere Korn-Formfaktor $R_a(\text{Cu})$ des Kupfers oder der Kupferlegierung $\geq 0,40$, noch bevorzugter $\geq 0,60$ oder $\geq 0,80$. Wie oben bereits erläutert, lässt sich die Form eines individuellen Kornes über seinen Formfaktor R_K ausdrücken, der das Verhältnis des maximalen Korndurchmessers $d_{K,\text{max}}$ zu dem senkrecht zu $d_{K,\text{max}}$ verlaufenden Korndurchmesser $d_{K,\text{ortho}}$, bestimmt auf halber Länge von $d_{K,\text{max}}$, ist (d.h. $R_K = d_{K,\text{ortho}}/d_{K,\text{max}}$). Aus dem arithmetischen Mittelwert der Formfaktoren R_K der Körner erhält man den mittleren Korn-Formfaktor $R_a(\text{Cu})$ des Kupfers. Geeignete Methoden, mit denen die Form der Körner im Kupfer, beispielsweise bereits in der Kupferausgangsfolie, eingestellt werden können, sind dem Fachmann bekannt. Beispielsweise kann die Kornform in einer Kupferfolie durch eine geeignete Verarbeitungstemperatur oder einen Walzprozess beeinflusst werden. Kupferausgangsfolien, mit denen im finalen Kupfer-Keramik-Verbund der oben angegebene mittlere Korn-Formfaktor $R_a(\text{Cu})$ realisiert werden kann, sind kommerziell erhältlich oder können über Standardverfahren erhalten werden.
- Eine geeignete Dicke der Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung in einem Kupfer-Keramik-Verbund ist dem Fachmann bekannt. Wie nachfolgend noch erläutert, kann an einigen Stellen der Beschichtung, insbesondere in Randbereichen, ein Teil des Kupfers oder der Kupferlegierung wieder abgetragen werden, beispielsweise zur Ausbildung von Randabschwächungen. Daher ist es im Rahmen der vorliegenden Erfindung möglich, dass die Dicke der Metallbeschichtung variiert. Üblicherweise weist die Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung über mindestens 70% ihrer Fläche eine Dicke im Bereich von 0,2-1,2 mm auf. Beispielsweise ist es möglich, dass die Dicke etwa 300 μm beträgt.

- Bevorzugt sind die Dicke der Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung (D_{Cu}) und der Medianwert d_{50} der Korngrößen-Anzahlverteilung des Kupfers oder der Kupferlegierung so ausgewählt, dass das Verhältnis D_{Cu} zu d_{50} im Bereich von 0.05 bis 0.40 liegt. Hierzu wird die Dicke D_{Cu} des Kupfers oder der Kupferlegierung
- 5 an einer Stelle der Beschichtung bestimmt und durch den Medianwert d_{50} der Korngrößen-Anzahlverteilung des Kupfers oder der Kupferlegierung dividiert. Bevorzugt liegt das Verhältnis D_{Cu}/d_{50} über mindestens 70%, bevorzugter mindestens 90% der Fläche der Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung im Bereich von 0,05 bis 0,40.
- 10 Bevorzugt weist das Kupfer der Beschichtung eine Reinheit von $\geq 99,50\%$, bevorzugter $\geq 99,90\%$, noch bevorzugter $\geq 99,95\%$ oder sogar $\geq 99,99\%$ auf.
- Bevorzugt wird die Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung über ein
- 15 DCB-Verfahren auf das Keramiksubstrat aufgebracht. Wie bereits oben erläutert, kann ein übliches DCB-Verfahren beispielsweise folgende Verfahrensschritte aufweisen:
- Oxidieren einer Kupferfolie, so dass sich an deren Oberfläche eine Kupferoxidschicht bildet;
 - 20 – Auflegen der Kupferfolie mit der Kupferoxidschicht auf das Keramiksubstrat;
 - Erhitzen des Verbundes auf eine Temperatur $< 1083^{\circ}\text{C}$ (z.B. eine Temperatur im Bereich von $1065\text{--}1080^{\circ}\text{C}$),
 - Abkühlen auf Raumtemperatur.
- 25 Als Folge des DCB-Verfahrens können zwischen der Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung und dem Keramiksubstrat Spinellkristallite vorliegen (z.B. Kupfer-Aluminium-Spinelle).
- Die Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung kann beispielsweise nur
- 30 auf einer Seite des Keramiksubstrats angebracht sein. Alternativ ist es möglich, dass beide Seiten (d.h. Ober- und Unterseite) des Keramiksubstrats mit der Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung versehen sind. Ein beispielhafter Kupfer-Keramik-Verbund, bei dem ein Keramiksubstrat 1 sowohl an seiner Unter- wie auch an seiner Oberseite eine Beschichtung 2 aus Kupfer oder einer Kupferlegierung
- 35 aufweist, wird in Figur 1 gezeigt. Ein beispielhafter Kupfer-Keramik-Verbund, bei dem das Keramiksubstrat 1 mehrere Bereiche aufweist, die jeweils mit einer Beschichtung 2 aus Kupfer oder Kupferlegierung versehen sind, wird in Figur 2 gezeigt. Wie nachfolgend noch erläutert wird, können die einzelnen metallisierten Bereiche durch Sollbruchlinien (nicht gezeigt in Figur 2) voneinander getrennt sein,
- 40 so dass durch Brechen entlang dieser Sollbruchlinien eine Vereinzelung dieser Bereiche erfolgen kann.
- Zur Ausbildung elektrischer Kontaktflächen kann die Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung zumindest teilweise eine Strukturierung aufweisen. Die

Strukturierung der Metallbeschichtung kann in bekannter Weise erfolgen, insbesondere über ein Ätzverfahren (beispielsweise unter Verwendung einer Ätzmaske).

- 5 In dem Ätzverfahren kann das Kupfer oder die Kupferlegierung in Teilbereichen vollständig entfernt werden, so dass in diesen Teilbereichen die Oberfläche des Keramiksubstrats freigelegt wird. Weiterhin ist es auch möglich, dass die Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung eine oder mehrere Vertiefungen (bevorzugt runde Vertiefungen) aufweist, die beispielsweise in dem Ätzverfahren
- 10 dadurch erhalten werden, dass beispielsweise das Kupfer oder die Kupferlegierung in dem Bereich der anzubringenden Vertiefung nur teilweise entfernt und die Oberfläche des Keramiksubstrats in diesem Bereich daher noch mit Kupfer oder Kupferlegierung belegt ist. Alternativ oder ergänzend ist es möglich, die Vertiefungen durch das Kupfer oder die Kupferlegierung hindurch bis auf die
- 15 Keramikoberfläche freizuätzen. Hinsichtlich der möglichen Anordnung solcher Vertiefungen, bevorzugt im Randbereich der Beschichtungen aus Kupfer oder Kupferlegierung, kann beispielsweise auf DE 40 04 844 C1 und DE 43 18 241 A1 verwiesen werden.
- 20 Eine weitere Verbesserung der Eigenschaften des Kupfer-Keramik-Verbunds kann realisiert werden, wenn die Korneigenschaften des Kupfers oder der Kupferlegierung und die Korneigenschaften des Aluminiumoxids im Keramiksubstrat aufeinander abgestimmt werden.
- 25 In einer bevorzugten Ausführungsform liegt das Verhältnis von $d_{50}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ zu $d_{50}(\text{Cu})$ im Bereich von 0,008 bis 0,055, bevorzugter im Bereich von 0,010 bis 0,045. Damit kann eine weitere Optimierung der Kupfer-Keramik-Adhäsion und Temperaturwechselbeständigkeit in dem Kupfer-Keramik-Verbund erzielt werden kann
- 30 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Kupfer oder die Kupferlegierung eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem Medianwert d_{50} , einem arithmetischen Mittelwert d_{arith} und einem Symmetriewert $S(\text{Cu}) = d_{50} / d_{\text{arith}}$ auf, das Aluminiumoxid weist eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem Medianwert
- 35 d_{50} , einem arithmetischen Mittelwert d_{arith} und einem Symmetriewert $S(\text{Al}_2\text{O}_3) = d_{50} / d_{\text{arith}}$ auf, wobei $S(\text{Al}_2\text{O}_3)$ und $S(\text{Cu})$ der folgenden Bedingung genügen: $0,7 \leq S(\text{Al}_2\text{O}_3) / S(\text{Cu}) \leq 1,4$.
- Bevorzugter genügen $S(\text{Al}_2\text{O}_3)$ und $S(\text{Cu})$ der folgenden Bedingung:
- 40 $0,74 \leq S(\text{Al}_2\text{O}_3) / S(\text{Cu}) \leq 1,35$;
noch bevorzugter der folgenden Bedingung
 $0,80 \leq S(\text{Al}_2\text{O}_3) / S(\text{Cu}) \leq 1,25$.

Damit lässt sich die Temperaturwechselbeständigkeit des Kupfer-Keramik-Verbunds verbessern.

- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform genügen der mittlere Korn-Formfaktor des Aluminiumoxids $R_a(\text{Al}_2\text{O}_3)$ und der mittlere Korn-Formfaktor des Kupfers oder der Kupferlegierung $R_a(\text{Cu})$ der folgenden Bedingung: $0,5 \leq R_a(\text{Al}_2\text{O}_3) / R_a(\text{Cu}) \leq 2,0$.

Noch bevorzugter gilt

- 10 $0,75 \leq R_a(\text{Al}_2\text{O}_3) / R_a(\text{Cu}) \leq 1,5$
und noch weiter bevorzugt gilt
 $0,80 \leq R_a(\text{Al}_2\text{O}_3) / R_a(\text{Cu}) \leq 1,20$.

Damit kann eine weitere Optimierung der Temperaturwechselbeständigkeit des Kupfer-Keramik-Verbunds realisiert werden.

- 15 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Aluminiumoxid Korngrößen im Bereich von $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ bis $d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ auf, das Kupfer oder die Kupferlegierung weist Korngrößen im Bereich von $d_{\min}(\text{Cu})$ bis $d_{\max}(\text{Cu})$ auf, und die Verhältnisse von $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ zu $d_{\max}(\text{Cu})$ und von $d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ zu $d_{\min}(\text{Cu})$ genügen folgenden Bedingungen (i) und (ii):
20 (i) $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3) / d_{\max}(\text{Cu}) \geq 1 \times 10^{-5}$ und
(ii) $2,5 \geq d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3) / d_{\min}(\text{Cu})$.

Noch bevorzugter genügen die Verhältnisse von $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ zu $d_{\max}(\text{Cu})$ und von $d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3)$ zu $d_{\min}(\text{Cu})$ folgenden Bedingungen (i) und (ii):

- 25 (i) $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3) / d_{\max}(\text{Cu}) \geq 0,001$ und
(ii) $1,5 \geq d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3) / d_{\min}(\text{Cu})$;
und am meisten bevorzugt folgenden Bedingungen (i) und (ii):
(i) $d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3) / d_{\max}(\text{Cu}) \geq 0,002$ und
(ii) $1,0 \geq d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3) / d_{\min}(\text{Cu})$.

- 30 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind
(i) $0,005 \geq d_{\min}(\text{Al}_2\text{O}_3) / d_{\max}(\text{Cu}) \geq 0,002$ und
(ii) $1,0 \geq d_{\max}(\text{Al}_2\text{O}_3) / d_{\min}(\text{Cu}) \geq 0,05$.

Damit kann zwischen der Metallbeschichtung und dem Keramiksubstrat eine feste Bindung realisiert werden kann, die auch unter häufigeren

- 35 Temperaturwechselbelastungen Bestand hält.
Wie oben bereits erwähnt, ist bevorzugt, dass $d_{\min}(\text{Cu}) \geq 10 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Cu}) \leq 300 \mu\text{m}$, bevorzugter $d_{\min}(\text{Cu}) \geq 15 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Cu}) \leq 250 \mu\text{m}$, noch bevorzugter $d_{\min}(\text{Cu}) \geq 20 \mu\text{m}$ und $d_{\max}(\text{Cu}) \leq 210 \mu\text{m}$, wobei $d_{\min}(\text{Cu})$ und $d_{\max}(\text{Cu})$ die minimalen bzw. maximalen Korngrößen des Kupfers sind.

Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein Modul, enthaltend zumindest einen Metall-Keramik-Verbund gemäß der obigen Beschreibung und einen oder mehrere Bonddrähte. Üblicherweise sind der Bonddraht oder die Bonddrähte mit der Beschichtung aus Kupfer oder Kupferlegierung verbunden. Geeignete Bondingverfahren zum Verbinden von Drähten mit einer Metallbeschichtung sind dem Fachmann bekannt. Das Modul kann außerdem ein oder mehrere elektronische Bauteile wie z.B. einen oder mehrere Chips enthalten.

- 10 Die Kornstrukturen des Aluminiumoxids des Keramiksubstrats sowie des Kupfers bzw. der Kupferlegierung der Metallbeschichtung werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung folgendermaßen bestimmt:

Korngrößenverteilung des Aluminiumoxids des Keramiksubstrats

- 15 Von der Oberfläche des Keramiksubstrats wird eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (REM-Aufnahme) gemacht. Eine spezielle Probenpräparation in Form eines Schliffbildes ist nicht erforderlich. Die REM-Aufnahme wird an einer Stelle des Keramiksubstrats gemacht, die zuvor mit Kupfer belegt war und durch Ätzen freigelegt wurde.

- 20 Die Korngrößen werden über ein Linienschnittverfahren bestimmt. Linienschnittverfahren sind dem Fachmann bekannt und werden beispielsweise in ASTM 112-13 beschrieben.

- 25 Die Vergrößerung wird so gewählt, dass durch das Linienraster mindestens 50 Al_2O_3 -Körner geschnitten werden. Sofern das Keramiksubstrat noch Körner anderer chemischer Zusammensetzung, beispielsweise ZrO_2 -Körner, enthält, lassen sich diese in der REM-Aufnahme mit Hilfe von Sekundärelektronenkontrast gut von den Al_2O_3 -Körnern unterscheiden und werden somit nicht in die weiterfolgenden Berechnungen einbezogen.

- 30 In der vorliegenden Erfindung wurden jeweils 2 parallele Linien in x-Richtung und zwei parallele Linien in y-Richtung in die lichtmikroskopische Aufnahme gelegt. Die Linien unterteilen die Aufnahme jeweils in drei gleichmäßig breite Streifen. Dies ist schematisch in Figur 3 gezeigt. Wenn ein Korn von einer dieser Linien über eine Länge L hinweg geschnitten wird, so wird diese Länge L als Korngröße genommen. Für jedes von einer dieser Linien geschnittene Korn erhält man so eine Korngröße. Am Kreuzungspunkt zweier Linien erhält man für ein Korn zwei Werte, die beide in die Bestimmung der Korngrößenverteilung eingehen.

- 40 Aus den Korngrößen der geschnittenen Körner ergibt sich eine Korngrößenverteilung, aus der wiederum die d_5 -, d_{50} - und d_{95} -Werte sowie der arithmetische Mittelwert d_{arith} bestimmt werden können. Wie oben bereits erläutert und dem Fachmann allgemein bekannt ist, gilt für den d_{50} -Wert, der häufig auch als Medianwert bezeichnet wird, Folgendes: 50% der Körner

weisen einen Durchmesser auf, der kleiner ist als der d_{50} -Wert. Analog gilt für den d_5 -Wert, dass 5% der Körner einen Durchmesser aufweisen, der kleiner ist als dieser d_5 -Wert, und für den d_{95} -Wert gilt, dass 95% der Körner einen Durchmesser aufweisen, der kleiner ist als dieser d_{95} -Wert.

- 5 Der arithmetische Mittelwert der Korngrößenverteilung ergibt sich aus der Summe der Korngrößen der einzelnen Körner dividiert durch die Anzahl der geschnittenen Körner.

Korngrößenverteilung des Kupfers oder der Kupferlegierung

- 10 Von der Oberfläche der Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung (parallel zur beschichteten Substratoberfläche) wird eine lichtmikroskopische Aufnahme gemacht. Eine spezielle Probenpräparation in Form eines Schliffbildes ist nicht erforderlich.

- 15 Die Korngrößen werden über ein Linienschnittverfahren bestimmt. Linienschnittverfahren sind dem Fachmann bekannt und werden beispielsweise in ASTM 112-13 beschrieben.

- 20 Die Vergrößerung wird so gewählt, dass durch das Linienraster mindestens 50 Körner geschnitten werden.

Hinsichtlich der weiteren Auswertung über das Linienschnittverfahren kann auf die oben bei dem Aluminiumoxid gemachten Ausführungen verwiesen werden.

- 25 Sowohl die Korngrößen des Kupfers bzw. der Kupferlegierung wie auch die Korngrößen des Al_2O_3 werden also in einer Ebene bestimmt, die parallel zur beschichteten Substratoberfläche verläuft oder koplanar mit dieser ist.

Formfaktor einzelner Körner, mittlerer Korn-Formfaktor

30

Aluminiumoxid

Es wird die REM-Aufnahme herangezogen, die auch bei der Bestimmung der Korngrößenverteilung verwendet wurde.

35

Für die Bestimmung des Formfaktors eines individuellen Korns wird folgendermaßen vorgegangen:

Es wird dessen längste Abmessung $d_{K,max}$ bestimmt. Anschließend wird auf halber Länge von $d_{K,max}$ der senkrecht zu $d_{K,max}$ verlaufende Durchmesser $d_{K,ortho}$ des Korns bestimmt. Der Formfaktor des individuellen Korns R_K ergibt sich aus dem Verhältnis von $d_{K,ortho}$ zu $d_{K,max}$, d.h. $R_K = d_{K,ortho} / d_{K,max}$.

40

Dies ist schematisch in Figur 4 anhand eines Korns mit elliptischer Kornstruktur dargestellt. Je mehr sich die Form eines Korns in seiner zweidimensionalen Projektion derjenigen eines Kreises annähert, desto mehr nähert sich der Formfaktor

- 16 -

des Korns dem Wert 1,0 an. Der Formfaktor ist daher auch ein Maß für die Kreisförmigkeit/Rundheit der Körner.

- 5 Der Formfaktor wird für mindestens 50 Körner der REM-Aufnahme bestimmt. Es werden üblicherweise die Körner ausgewertet, die auch im Linienschnittverfahren von den Linien geschnitten wurden.

- 10 Der mittlere Korn-Formfaktor des Aluminiumoxids ergibt sich dann aus dem arithmetischen Mittelwert der Formfaktoren der individuellen Al_2O_3 -Körner (d.h. Summe der individuellen Formfaktoren dividiert durch die Anzahl der untersuchten Körner).

Kupfer, Kupferlegierung

- 15 Es wird die lichtmikroskopische Aufnahme herangezogen, die auch bei der Bestimmung der Korngrößenverteilung verwendet wurde.

- 20 Hinsichtlich der Bestimmung des Formfaktors individueller Körner sowie des mittleren Korn-Formfaktors des Kupfers oder der Kupferlegierung kann auf die oben beim Al_2O_3 gemachten Ausführungen verwiesen werden.

- 25 Sowohl die Korn-Formfaktoren des Kupfers bzw. der Kupferlegierung wie auch die Korn-Formfaktoren des Al_2O_3 werden also in einer Ebene bestimmt, die parallel zur beschichteten Substratoberfläche verläuft oder koplanar mit dieser ist.

Nachfolgend wird ein Bonding-Verfahren beschrieben, welches zur Herstellung der erfindungsgemäßen Kupfer-Keramik-Substrate bevorzugt verwendet wird:

- 30 Ein typischer Verfahrensprozess, der im Rahmen der vorliegenden Erfindung bevorzugt für das Aufbringen der Kupferbeschichtung auf das Keramiksubstrat verwendet wird, ist beispielsweise aus den Druckschriften US 3,744,120, US 3,994,430, EP 0 085 914 A oder der DE 23 19 854 A bekannt, deren entsprechende Offenbarung durch Bezugnahme in die vorliegende Erfindung eingeschlossen wird.

- 35 Diesen dort offenbarten Herstellungsverfahren ist beispielsweise im Rahmen des Direct-Copper-Bonding-Prozesses (DCB-Prozess) gemeinsam, dass eine Kupferfolie zunächst derartig oxidiert wird, dass sich eine im Wesentlichen gleichmäßige Kupferoxidschicht ergibt. Die resultierende Kupferfolie wird dann auf ein Keramik-Substrat positioniert und der Verbund aus Keramik-Substrat und Kupferfolie wird
40 auf eine Prozess- bzw. Bondtemperatur zwischen etwa 1025 und 1083 °C erwärmt, wodurch es zu der Ausbildung eines metallisierten Keramik-Substrats kommt. Die Kupferfolie stellt nach dem Bonden somit eine Beschichtung dar. Abschließend wird das resultierende metallisierte Keramik-Substrat abgekühlt.

- Die Durchführung des Verbindens von Keramik-Substrat und Kupferfolie erfolgt in einem Ofen, wobei im Allgemeinen sogenannte Bondöfen eingesetzt werden. Entsprechende Bondöfen, häufig auch als Tunnelöfen bezeichnet, umfassen unter anderem einen langgestreckten tunnelartigen Ofenraum (auch Muffel genannt) sowie
- 5 eine Transportvorrichtung mit einem Transportelement beispielsweise in Form eines flexiblen und hitzebeständigen Transportbandes zum Transportieren des Behandlungsgutes durch den mit einer Heizeinrichtung beheizten Ofenraum. Die Keramik-Substrate werden zusammen mit der Kupferfolie auf einen Träger auf dem Transportband positioniert und durchlaufen anschließend in dem Bondofen durch das
- 10 Transportband angetrieben einen Heizbereich, in welchem die erforderliche Bondtemperatur erreicht wird. Am Ende des Bondprozesses wird der resultierende Verbund aus Keramik-Substrat und Kupferfolie gemäß der Erfindung wieder abgekühlt.
- 15 Dieses Verfahren kann grundsätzlich zur Herstellung von einseitig metallisierten Keramik-Substraten sowie auch zur Herstellung von doppelseitig metallisierten Substraten angewendet werden. Dabei erfolgt die Herstellung von doppelseitig metallisierten Substraten in der Regel über einen zweistufigen Bondprozess, d.h. mittels eines zweistufigen Single-Layer-Prozesses (SLB-Verfahren). Im Rahmen der
- 20 Erfindung wird bevorzugt ein zweistufiger Bondprozess verwendet.
- Bei diesem zweistufigen Bondprozess zur Herstellung von doppelseitig metallisierten Keramik-Substraten gemäß der Erfindung wird die Keramik in zwei Ofendurchläufen mit den Kupferfolien auf den gegenüberliegenden Seiten des
- 25 Keramik-Substrats verbunden.
- Für diesen Zweck wird zunächst ein Keramik-Substrat auf einen Träger positioniert und anschließend auf der obenliegenden, d.h. auf der dem Träger abgewandten Seite, mit einer Kupferfolie bedeckt. Durch Wärmeeinwirkung wird diese Seite des Keramik-Substrats mit der Metallschicht verbunden und anschließend die
- 30 resultierende Anordnung abgekühlt.
- Anschließend wird das Substrat umgedreht und in einem zweiten Bondschritt wird die andere Seite des Substrats auf gleiche Weise mit einer Metallschicht, d.h. der Kupferfolie, versehen.
- 35 Es ist möglich Einzel-Teil-Karten herzustellen oder Großkarten, welche mehrere herausbrechbaren Einzelteil-Karten aufweisen.

Beispiele

- 40 Die nachfolgenden Beispiele zeigen, wie die Kornstruktur des Aluminiumoxids in dem Keramiksubstrat die mechanische Festigkeit und die Wärmeleitfähigkeit eines Kupfer-Keramik-Verbunds beeinflussen.

Es wurden 3 Kupfer-Keramik-Proben über ein DCB-Verfahren hergestellt, die sich in ihren Korngrößenverteilungen des Aluminiumoxids im Keramiksubstrat unterschieden:

- Kupfer-Keramik-Verbund 1, nachfolgend „K-K-V 1“ (erfindungsgemäß)
 - 5 Kupfer-Keramik-Verbund 2, nachfolgend „K-K-V 2“ (Vergleichsprobe)
 - Kupfer-Keramik-Verbund 3, nachfolgend „K-K-V 3“ (Vergleichsprobe)
 - Kupfer-Keramik-Verbund 2, nachfolgend „K-K-V 4“ (Vergleichsprobe)
 - Kupfer-Keramik-Verbund 3, nachfolgend „K-K-V 5“ (Vergleichsprobe)
- 10 In jedem dieser 5 Kupfer-Keramik-Verbunde wurde sowohl die Ober- wie auch die Unterseite des Keramiksubstrats mit einer Kupferbeschichtung versehen. Die Kupferbeschichtung wurde dabei zunächst mit einer Seite des Keramiksubstrates mittels des SLB-Verfahrens gebondet. Anschließend wurde die gegenüberliegende Seite des Keramiksubstrates mittels des SLB-Verfahrens mit einer weiteren
- 15 Kupferbeschichtung, so dass ein Kupfer-Keramik-Substrat entsteht, bei dem auf beiden Seiten der Keramik eine Kupferfolie gebondet ist. Jeweils eine der beiden Kupferbeschichtungen wurde in jeder Probe über ein Ätzverfahren nachfolgend strukturiert (gleiche Strukturierung für alle Proben). In allen 3 Beispielen bestanden die Substrate zu 96 Gew% aus Al_2O_3 , unterschieden sich jedoch in ihrer
- 20 Kornstruktur.

In jedem dieser 5 Kupfer-Keramik-Verbunde wies das Keramiksubstrat folgende Abmessungen auf:

- Dicke des Keramiksubstrats: 0,38 mm;
- 25 Länge x Breite des Keramiksubstrats: 190 x 140 mm²

Die Kupferbeschichtung wies jeweils eine Dicke von 0,3 mm auf.

- 30 Figur 5 zeigt eine REM-Aufnahme der Oberfläche des Keramiksubstrats von K-K-V 1, mittels der die Al_2O_3 -Korngrößen des Ausführungsbeispiels K-K-V-1 bestimmt wurden.

Korngrößenbereiche und Symmetriewerte der Korngrößenverteilungen des Al_2O_3 in den Proben K-K-V 1 bis K-K-V 5 sind in Tabelle 1 aufgelistet.

- 35 Für jede dieser 5 Proben wurden sowohl die Biegebruchfestigkeit wie auch die Wärmeleitfähigkeit des Keramiksubstrats im Kupfer-Keramik-Verbund bestimmt.

- 40 Bei der Bestimmung der Biegebruchfestigkeit wurde über eine Drei-Punkt-Biegung die zum Bruch führende Kraft bestimmt. Die Messung basierte auf der DIN EN 843-1 (2008), wobei die Probengeometrie gegenüber der DIN EN 843-1 (2008) dahingehend abwich, dass die Proben eine Abmessung von 20 x 40 x 0,38 mm³ oder 20 x 40 x 0,63 mm³ aufwiesen.

In der nachfolgenden Tabelle 1 werden die Ergebnisse zusammengefasst:

Tabelle 1: Mechanische Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit des Keramiksubstrats des Kupfer-Keramik-Verbunds

		Mechanische Festigkeit	Wärmeleitfähigkeit
Probe K-K-V 1 (erfindungsgemäß)	Korngrößenbereich: 0,63-13,3 μm	++	++
	Symmetriewert d_{50}/d_{arith} : 0,86		
Probe K-K-V 2 (Vergleich)	Korngrößenbereich: 0,74-15,1 μm	++	-
	Symmetriewert d_{50}/d_{arith} : 0,66		
Probe K-K-V 3 (Vergleich)	Korngrößenbereich: 0,58-9,7 μm	-	++
	Symmetriewert d_{50}/d_{arith} : 1,31		
Probe K-K-V 4 (Vergleich)	Korngrößenbereich: 3,1-28,4 μm	+	+
	Symmetriewert d_{50}/d_{arith} : 0,84		
Probe K-K-V 5 (Vergleich)	Korngrößenbereich: 0,003-1,49 μm	+++	-
	Symmetriewert d_{50}/d_{arith} : 0,85		

5

Weiterhin wurde der Einfluss der Breite der Korngrößenverteilung des Aluminiumoxids auf mechanische Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 2.

10 Tabelle 2: Einfluss der Breite der Al_2O_3 -Korngrößenverteilung

Breite der Al_2O_3 -Verteilung d_5/d_{95}	Mechanische Festigkeit	Wärmeleitfähigkeit
0,24	+	+
0,03	+	-
0,61	-	+

Wie Tabelle 2 zeigt, kann eine weitere Optimierung von mechanischer Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit des Keramiksubstrats erzielt werden, wenn die Breite der Korngrößenverteilung im erfindungsgemäßen Bereich liegt.

15

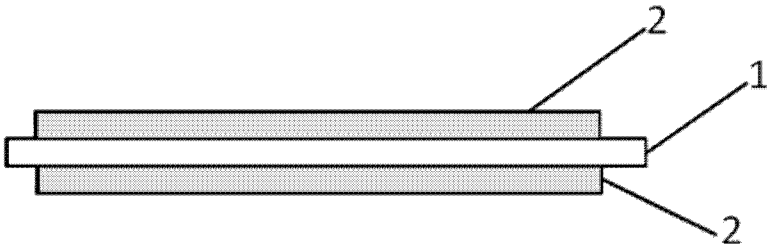
Ansprüche

1. Kupfer-Keramik-Verbund, umfassend
 - 5 - ein Keramiksubstrat, das Aluminiumoxid enthält,
wobei das Aluminiumoxid
 - Korngrößen im Bereich von $0,01\ \mu\text{m}$ bis $25\ \mu\text{m}$ aufweist und
 - eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem Medianwert d_{50} und einem arithmetischen Mittelwert d_{arith} aufweist und das
 - 10 - Verhältnis von d_{50} zu d_{arith} im Bereich von $0,75$ bis $1,10$ liegt,
 - eine auf dem Keramiksubstrat vorliegende Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung.
2. Kupfer-Keramik-Verbund nach Anspruch 1, wobei das Verhältnis von d_{50} zu
 - 15 d_{arith} im Bereich von $0,78$ bis $1,05$, noch bevorzugter im Bereich von $0,80$ bis $1,00$ liegt.
3. Kupfer-Keramik-Verbund nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Aluminiumoxid eine Anzahlverteilung der Korngrößen mit einem d_5 -Wert
 - 20 und einem d_{95} -Wert aufweist und das Verhältnis von d_5 zu d_{95} im Bereich von $0,1$ bis $0,4$, bevorzugter im Bereich von $0,11$ bis $0,35$, noch bevorzugter im Bereich von $0,12$ bis $0,30$ liegt.
4. Kupfer-Keramik-Verbund nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
 - 25 die Korngrößen des Aluminiumoxids im Bereich von $0,3\ \mu\text{m}$ bis $23\ \mu\text{m}$, bevorzugter im Bereich von $0,5\ \mu\text{m}$ bis $20\ \mu\text{m}$ liegen.
5. Kupfer-Keramik-Verbund nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
 - 30 das Keramiksubstrat zu mindestens $65\ \text{Gew}\%$ aus dem Aluminiumoxid besteht.

6. Kupfer-Keramik-Verbund nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung über ein DCB-Verfahren auf das Keramiksubstrat aufgebracht wird.
- 5
7. Kupfer-Keramik-Verbund nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung zur Ausbildung von elektrischen Kontaktflächen zumindest teilweise eine Strukturierung aufweist.
- 10
8. Kupfer-Keramik-Verbund nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Beschichtung aus Kupfer oder einer Kupferlegierung über mindestens 70% ihrer Fläche eine Dicke im Bereich von 0,2-1,2 mm aufweist; und/oder das Keramiksubstrat über mindestens 70% seiner Fläche eine Dicke im
- 15
- Bereich von 0,2-1,2 mm aufweist.
9. Modul, enthaltend zumindest einen Kupfer-Keramik-Verbund nach einem der vorstehenden Ansprüche 1-8 und einen oder mehrere Bonddrähte.
- 20

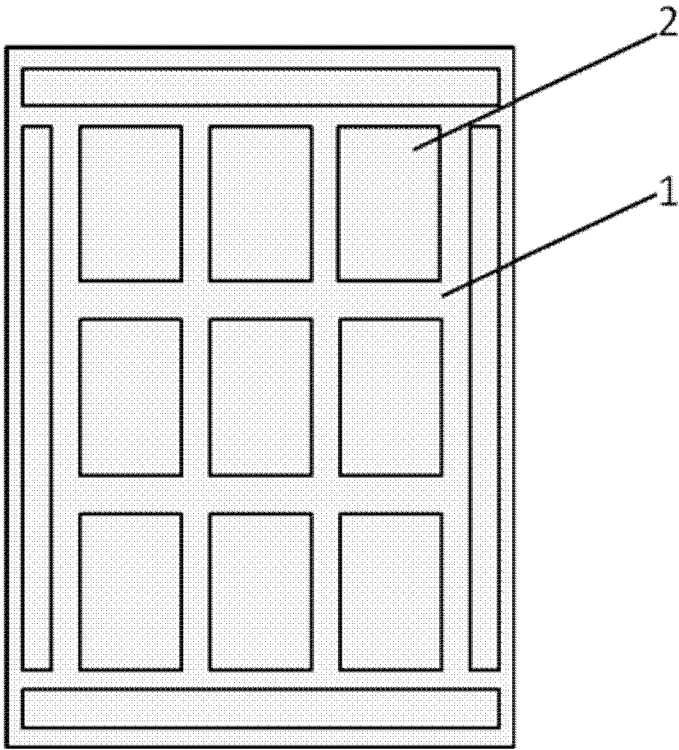
Figuren

5

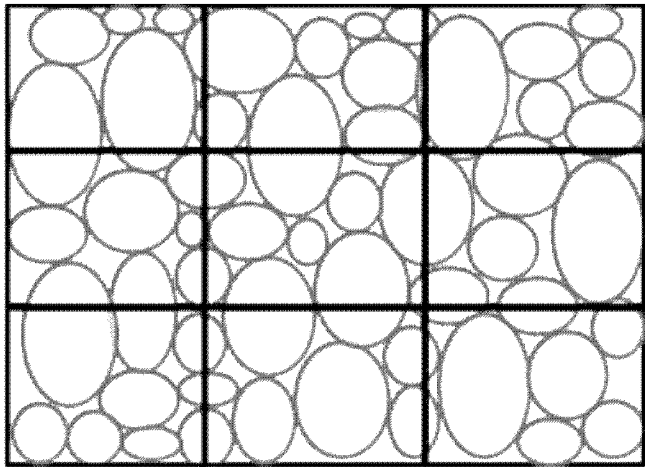


Figur 1

10

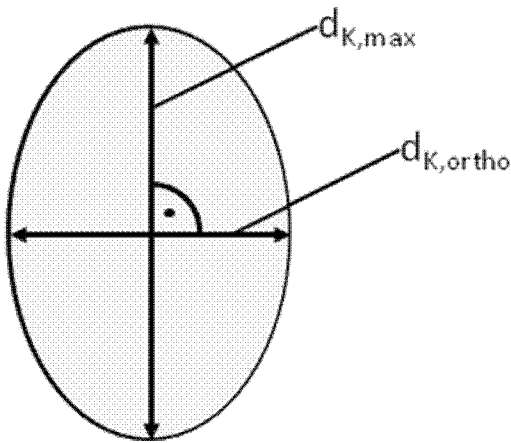


Figur 2



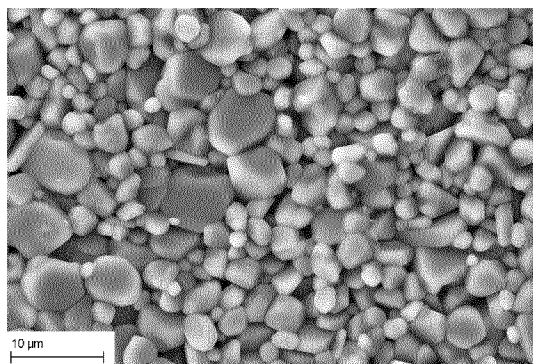
Figur 3

5



Figur 4

10



Figur 5

5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053449

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C04B37/02 C04B41/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2013/008919 A1 (TOSHIBA KK [JP]; TOSHIBA MATERIALS CO LTD [JP]; HOSHINO MASANORI; SATO) 17 January 2013 (2013-01-17) tables 1-3 paragraphs [0021] - [0033] paragraphs [0051] - [0054] paragraphs [0089] - [0091] paragraph [0100] -----	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 May 2017

Date of mailing of the international search report

17/05/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sow, Eve

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/053449

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2013008919 A1	17-01-2013	CN 103492345 A	01-01-2014
		JP 5972875 B2	17-08-2016
		JP W02013008919 A1	23-02-2015
		KR 20130135965 A	11-12-2013
		WO 2013008919 A1	17-01-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C04B37/02 C04B41/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C04B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2013/008919 A1 (TOSHIBA KK [JP]; TOSHIBA MATERIALS CO LTD [JP]; HOSHINO MASANORI; SATO) 17. Januar 2013 (2013-01-17) Tabellen 1-3 Absätze [0021] - [0033] Absätze [0051] - [0054] Absätze [0089] - [0091] Absatz [0100] -----	1-9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Mai 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/05/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sow, Eve

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/053449

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2013008919 A1	17-01-2013	CN 103492345 A	01-01-2014
		JP 5972875 B2	17-08-2016
		JP W02013008919 A1	23-02-2015
		KR 20130135965 A	11-12-2013
		WO 2013008919 A1	17-01-2013
