



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 34 909 T2** 2007.07.05

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 142 849 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 34 909.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP99/05910**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 949 425.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/024692**

(86) PCT-Anmeldetag: **25.10.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **04.05.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **17.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.07.2007**

(51) Int Cl.⁸: **C04B 37/02 (2006.01)**

C04B 35/584 (2006.01)

H01L 23/08 (2006.01)

H01L 23/15 (2006.01)

H05K 1/03 (2006.01)

H05K 3/38 (2006.01)

H05K 1/05 (2006.01)

H01L 23/14 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

30649798 28.10.1998 JP

(73) Patentinhaber:

**Sumitomo Electric Industries, Ltd., Osaka, Osaka,
JP**

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**ITO, Ai, Itami-shi, Hyogo 664-0016, JP;
MIYANAGA, Michimasa, Itami-shi, Hyogo
664-0016, JP; YOSHIMURA, Masashi, Itami-shi,
Hyogo 664-0016, JP**

(54) Bezeichnung: **SUBSTRAT AUF DER BASIS EINES SILIZIUMNITRIDKOMPOSITES**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Komposit- bzw. Verbundsubstrat, zum Beispiel auf ein Energiemodul und dgl. das montierte exotherme elektronische Teile wie zum Beispiel Halbleiterelemente, auf einem keramischen Verbundsubstrat bzw. keramischen Kompositsubstrat umfaßt, welches eine Struktur hat, die ein keramisches Substrat verbunden mit einer Metallschicht umfaßt und das ausgezeichnete Wärmestrahlungseigenschaften, ausgezeichnete mechanische Festigkeit und ausgezeichnete Wärmezyklusbeständigkeitseigenschaften hat.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Herkömmlicherweise werden keramische Komposit- bzw. -verbundsubstrate, die durch Verbinden einer Metallplatte, die hauptsächlich aus Kupfer und Aluminium besteht, als elektrisch leitende Schicht mit der Oberfläche eines keramischen Substrats, hergestellt aus Al_2O_3 , AlN , BeO und dgl., das elektrische Isolierungseigenschaften hat, hergestellt werden, in großem Umfang Teile verschiedener elektrischer Geräte verwendet.

[0003] Von diesen herkömmlichen keramischen Kompositsubstraten können solche, die ein Al_2O_3 -Substrat als keramisches Substrat verwenden, keine ausgezeichneten Wärmestrahlungseigenschaften erwerben, und zwar infolge der geringen thermischen Leitfähigkeit von Al_2O_3 ; und solche, die ein BeO -Substrat verwenden, haben hohe thermische Leitfähigkeit und ausgezeichnete Wärmestrahlungseigenschaften. Der Nachteil ist allerdings, daß sie infolge ihrer Toxizität bei der Herstellung schwer zu handhaben sind. Kompositsubstrate bzw. Verbundsubstrate, die ein AlN -Substrat verwenden, sind wegen der hohen thermischen Leitfähigkeit von AlN bezüglich der Wärmestrahlungseigenschaften hervorragend; allerdings haben sie den Nachteil, daß sie durch mechanischen Schock und durch thermische Belastung bei wiederholter Verwendung unter praktischen Bedingungen infolge der geringen mechanischen Festigkeit von AlN leicht reißen.

[0004] Andererseits sind Keramiken, die hauptsächlich Si_3N_4 enthalten, Materialien, die im allgemeinen ausgezeichnete Wärmebeständigkeit selbst unter einer Atmosphäre hoher Temperatur bei 1000°C oder mehr zeigen und einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten haben und auch ausgezeichnete Abschreckbeständigkeit haben, und zwar zusätzlich zu inhärenten Eigenschaften hoher Festigkeit. Folglich wurde die Anwendung der Keramiken als Hochtemperaturstrukturmaterial für verschiedene Hochtemperatur-Hochfestigkeits-Teile versucht.

[0005] Kürzlich wurden Studien an einem Keramiksubstrat, das in einem Kompositsubstrat zu verwenden ist, durchgeführt, indem die hohen Festigkeitseigenschaften, die Keramiken eigen sind, die hauptsächlich Si_3N_4 enthalten, genutzt wurden. Beispielsweise offenbaren JP-B Nr. 269870 und JP-A Nr. 9-157054 einen Versuch, in dem eine unzureichende thermische Leitfähigkeit kompensiert wird, indem die Wärmestrahlungseigenschaften des ganzen Schaltkreises in einer Verbund-Leiterplatte erhöht werden, die Si_3N_4 -Substrate verbunden mit einer Metallschaltkreisplatte umfaßt, indem die Dicke des Si_3N_4 -Substrats kleiner als 1 mm gemacht wird.

[0006] Allerdings wird davon ausgegangen, daß selbst in einem Si_3N_4 -Substrat, das höhere Festigkeit als AlN hat, leicht eine Rißbildung durch mechanischen Schock bei der Installation und Montage oder durch Abschrecken durch einen Wärmezyklus ähnlich wie beim AlN -Substrat auftritt, und daß eine praktische Verwendung des Si_3N_4 -Substrats schwierig ist, wenn die Dicke des Substrats gering ist. Der Grund dafür ist beispielsweise, daß in einem Verfahren zur Einbringung eines keramischen Kompositsubstrats bzw. eines keramischen Verbundsubstrats in eine Apparatur das Kompositsubstrat durch Verschrauben und dgl. an dem Hauptteil der Apparatur fixiert werden muß. Allerdings ist das Auftreten von Rissen durch eine Druckkraft und durch Schlag bei der Handhabung unvermeidlich, selbst in einem Si_3N_4 -Substrat, das ausgezeichnete Festigkeit hat, wenn die Dicke desselben gering ist. Wenn eine solche Rißbildung auftritt, erfolgt ein Versagen der Isolierung in dem gerissenen Teil und das Verbundsubstrat bzw. Kompositsubstrat wird wegen eines dielektrischen Durchschlags unbrauchbar.

[0007] Ein Siliciumnitrid-Komposit bzw. -Verbundsubstrat, das eine Wärmeleitfähigkeit von $96 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ und eine Dreipunkt-Biegefestigkeit von etwa 750 MPa hat, mit Metallplatten an beiden Seiten ist in JP-A-9-153567 offenbart.

[0008] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines keramischen Komposit- bzw. keramischen Verbundsubstrats, das selbst durch mechanischen Schlag oder thermischen Schock keine

Rißbildung auf dem Substrat zeigt und das ausgezeichnete Wärmestrahlungseigenschaften und ausgezeichnete Wärmezyklus-Beständigkeitseigenschaft in Anbetracht solcher herkömmlichen Bedingungen hat.

Offenbarung der Erfindung

[0009] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben zur Lösung der oben genannten Aufgabe Untersuchungen durchgeführt und ein Si_3N_4 -Substratmaterial entwickelt, das eine hohe thermische Leitfähigkeit und eine hohe Festigkeit hat; sie haben festgestellt, daß, wenn das Verhältnis der Dicke des Si_3N_4 -Substrats zu der Dicke der Metallplatte auf einen gegebenen Wert in einem erhaltenen Verbundsubstrat eingestellt ist, das Problem der schnellen Rißbildung und dgl. in einem Herstellungsverfahren gelöst werden kann und die Wärmezyklus-Beständigkeits-Eigenschaften deutlich verbessert werden, und daß die Wärmestrahlungseigenschaften eines Verbundsubstrats beträchtlich verbessert werden, indem die Wärmeleitfähigkeit des Si_3N_4 -Substrats erhöht wird, was zu der Vollendung der Erfindung führte.

[0010] Ein keramisches Verbundsubstrat, das durch die vorliegende Erfindung bereitgestellt wird, umfaßt ein keramisches Siliciumnitrid-Substrat mit einer thermischen Leitfähigkeit von $90 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ oder mehr und einer Dreipunktbiegefestigkeit von 700 MPa oder mehr und eine Metallschicht verbunden mit einer Hauptoberfläche dessen; und im Verbundsubstrat genügen die Dicke t_c des keramischen Siliciumnitrid-Substrats und die Dicke t_m der Metallschicht der Beziehung: $2t_m < t_c \leq t_m$.

[0011] Außerdem umfaßt ein anderes Siliciumnitrid-Verbundsubstrat, daß durch die vorliegende Erfindung bereitgestellt wird, ein keramisches Siliciumnitrid-Substrat mit einer thermischen Leitfähigkeit von $90 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ oder mehr und einer Dreipunktbiegefestigkeit von 700 MPa oder mehr und Metallschichten, welche mit beiden Hauptoberflächen dessen verbunden sind, wobei im Verbundsubstrat die Dicke t_c des keramischen Nitritsubstrats und die Gesamtdicke t_{tm} der Metallschichten auf beiden Hauptoberflächen die Beziehung: $3,3t_m \leq t_c \leq 8,3t_m$ erfüllen.

[0012] Noch ein anderes Siliciumnitrid-Verbundsubstrat, das durch die vorliegende Erfindung bereitgestellt wird, umfaßt ein keramisches Siliciumnitrid-Substrat mit einer thermischen Leitfähigkeit von $90 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ oder mehr und einer Dreipunkt-Biegefestigkeit von 700 MPa oder mehr und Metallschichten, welche mit beiden Oberflächen dessen verbunden sind, wobei die Dicke t_c des keramischen Siliciumnitrid-Substrats und die gesamte Dicke t_{tm} der Metallschichten auf beiden Hauptoberflächen die Beziehung: $t_m \leq t_c \leq 10t_m$ erfüllen und wobei die Dicke des Siliciumnitrid-Substrats 1 bis 6 mm beträgt.

[0013] In den oben genannten Siliciumnitrid-Verbundsubstrat der vorliegenden Erfindung wird das keramische Siliciumnitrid-Substrat vor der Verwendung der Metallplatten vorzugsweise eine Wölbung aufweisen, so daß die Hauptoberfläche, auf welcher Halbleiterelemente befestigt werden, eine konkave Oberfläche bildet; das spezifische Maß der Wölbung liegt vorzugsweise im Bereich von 10 bis $300 \mu\text{m}$ pro 25,4 mm (Inch) Länge des Substrats.

[0014] Das keramische Siliciumnitrid-Substrat, das in einem Siliciumnitrid-Verbundsubstrat der vorliegenden Erfindung verwendet wird, enthält ein Seltenerdelement in einer Menge von 0,6 bis 10 Gew.% als Oxid und wenigstens ein Element, ausgewählt aus Mg, Ti, Ta, Li und Ca, in einer Menge von 0,5 bis 1 Gew.% als Oxid und Sauerstoffverunreinigung in einer Menge von 2 Gew.% oder weniger und Al in einer Menge von 0,2 Gew.% oder weniger, als Oxid.

[0015] Das in dem keramischen Verbundsubstrat der vorliegenden verwendet Si_3N_4 -Substrat wird unten beschrieben. Von dem keramischen Substrat, das in einem Verbundsubstrat verwendet wird, wird verlangt, daß es ein kompakter Sinterkörper ist, der gleichzeitig die Eigenschaften hoher thermischer Leitfähigkeit und hoher Festigkeit hat. Der Grund für eine niedrigere thermische Leitfähigkeit eines herkömmlichen Si_3N_4 -Sinterkörpers ist, daß Verunreinigungen in Si_3N_4 -Partikeln des Sinterkörpers gelöst sind, und Phononen und Träger für Wärmeleitung verteilt sind. Da Si_3N_4 eine sinterresistente Keramik ist, ist der Zusatz eines Sinterhilfsmittels, das die Bildung einer flüssigen Phase bei niedrigeren Temperaturen erlaubt, notwendig, und es ist bekannt, daß dieses Sinterhilfsmittel unter Senkung der thermischen Leitfähigkeit in den Partikeln gelöst wird.

[0016] Folglich wird in der vorliegenden Erfindung die thermische Leitfähigkeit eines Si_3N_4 -Sinterkörpers zusätzlich zur inhärenten ausgezeichneten mechanischen Festigkeit verbessert, indem die Art an Sinterhilfsmittel ausgewählt wird und die Menge des zugesetzten Hilfsmittels in einem gegebenen Bereich kontrolliert wird; der resultierende Sinterkörper wird dann als ein keramisches Substrat eingesetzt. In der vorliegenden Erfindung werden ein Seltenerdoxid und ein Oxid wenigstens eines Elements, ausgewählt aus Mg, Ti, Ta, Li und Ca, zu-

sammen als Sinterhilfsmittel für Si_3N_4 verwendet.

[0017] Ein Seltenerdoxid ist für eine höhere thermische Leitfähigkeit eines Sinterkörpers wirksam, da das Oxid in Si_3N_4 -Partikeln kaum gelöst wird. Es ist bevorzugt, unter den Seltenerdoxiden Oxide von Y, Yb und Sm zu verwenden, da sie eine leichte Kristallisation der Korngrenzenphase ermöglichen. Eine Kristallisation der Korngrenzenphase ist für eine gleichzeitige Erreichung von hoher Festigkeit und hoher thermischer Leitfähigkeit wirksam, da durch diese Kristallisation die Festigkeit bei höheren Temperaturen zunimmt und eine Streuung von Phononen in der Korngrenzenphase verringert wird. Die Menge dieser zugesetzten Seltenerdoxide liegt vorzugsweise im Bereich von 0,6 bis 10 Gew.%. Wenn die Menge geringer als 0,6 Gew.% ist, wird die flüssige Phase nicht ausreichend gebildet und beim Sinterverfahren schreitet keine Verdichtung voran. Folglich nimmt die Porosität nach dem Sintern zu und die thermische Leitfähigkeit ab, und gleichzeitig nimmt auch die mechanische Festigkeit ab. Wenn andererseits die Menge geringer als 10 Gew.% ist, nimmt der Verhältnisannteil der Korngrenzenphase, die einen Sinterkörper besetzt, zu, und die thermische Leitfähigkeit nimmt an.

[0018] Andere Sinterhilfsmittel, Oxide von Mg, Ti, Ta, Li und Ca, reagieren an der Oberfläche eines Si_3N_4 -Partikels bei Temperaturen von 160°C oder weniger mit SiO_2 unter Bildung einer flüssigen Phase, die zur Begünstigung der Verdichtung im Sinterverfahren wirksam ist. Der Zusatz dieser Oxide in einer Gesamtmenge von unter 0,5 bis 1 Gew.% verbessert die Sinterereigenschaften im Vergleich zu dem einfachen Zusatz von Seltenerdoxiden signifikant und beeinträchtigt darüber hinaus die Verringerung der thermischen Leitfähigkeit minimal. Wenn jedoch die gesamte zugesetzte Menge dieser Oxide von Mg, Ti, La und Ca über 1 Gew.% liegt, besteht die Gefahr einer deutlichen Verringerung der thermischen Leitfähigkeit, indem diese Elemente in Si_3N_4 -Partikeln gelöst werden. Wenn darüber hinaus Mg, Ti, Ta, Li und Ca in Komponenten der Korngrenzphase enthalten sind, wird eine amorphe Glaskomponente in der Korngrenzphase gebildet, was auch in einer Senkung der thermischen Leitfähigkeit und in einer Abnahme der Festigkeit bei höheren Temperaturen resultiert.

[0019] Außerdem kann die thermische Leitfähigkeit des resultierenden Si_3N_4 -Sinterkörpers durch Erhöhung der Reinheit eines Ausgangsmaterialpulvers verbessert werden. Es ist weithin bekannt, daß Sauerstoff und Al leicht in Si_3N_4 -Partikeln unter Verringerung der thermischen Leitfähigkeit gelöst werden. Daher kann in einem Si_3N_4 -Substrat der vorliegenden Erfindung die thermische Leitfähigkeit eines Si_3N_4 -Sinterkörpers weiter verbessert werden, indem die Sauerstoffmenge auf 2 Gew.% oder weniger und die Al-Menge auf 0,2 Gew.% oder weniger kontrolliert wird, wobei Sauerstoff und Al als Verunreinigungen in einem Ausgangsmaterialpulver des Sinterkörpers, insbesondere in einem Si_3N_4 -Pulver, verwendet werden.

[0020] Der auf diese Weise produzierte Si_3N_4 -Sinterkörper hat ausgezeichnete thermische Leitfähigkeitseigenschaften bei Raumtemperaturen von 90 E/m·K oder mehr und eine Dreipunktbiegefestigkeit von 700 MPa oder mehr. Indem die thermische Leitfähigkeit über die eines herkömmlichen Si_3N_4 -Substrats, das eine hohe thermische Leitfähigkeit hat, erhöht wird und gleichzeitig die mechanische Festigkeit wie oben beschrieben erhöht wird, kann die Dicke eines keramischen Substrats zu einem Level erhöht werden, der thermischen Schock und mechanischen Schock aushalten kann, während die Wärmebeständigkeit des gesamten keramischen Verbundsubstrats verringert wird.

[0021] Es wird nämlich ein Siliciumnitrid-Verbundsubstrat der vorliegenden Erfindung, ein Si_3N_4 -Substrat mit einer thermischen Leitfähigkeit von 90 W/m·K oder mehr und einer Dreipunktbiegefestigkeit von 700 MPa oder mehr verwendet, und wenn eine Metallschicht mit einer Hauptoberfläche davon verbunden wird, wird die Dicke des keramischen Substrats so kontrolliert, daß die Dicke t_c des Si_3N_4 -Substrats und die Dicke t_m der Metallschicht die folgende Beziehung 1 erfüllen:

$$2t_m < t_c \leq 20t_m$$

.

[0022] Zur Verbesserung der Wärmezyklus-Beständigkeits-Eigenschaften eines keramischen Verbundsubstrats ist es wirksam, die Metallschichten mit beiden Hauptoberflächen des keramischen Substrats zu verbinden, und in diesem Fall wird die Dicke des keramischen Substrats so kontrolliert, daß die oben genannte Dicke t_c und die Gesamtdicke t_{tm} der Metallschichten, die mit beiden Hauptoberflächen verbunden sind, die Beziehung 2 erfüllen: $3,3t_m \leq t_c \leq 8,3t_m$. In diesem Fall ist es vorteilhaft, daß auch die oben genannte Beziehung 1 erfüllt ist. Die Dicke der mit den Hauptoberflächen zu verbindenden Metallschichten kann gleich oder unterschiedlich sein.

[0023] Was die oben genannte Beziehung von t_c und t_m oder t_{tm} angeht, so zeigt, wenn die Dicke t_c eines

Si_3N_4 -Substrats $< 2\text{tm}$ im Fall einer Metallschicht, die an eine Hauptoberfläche des Si_3N_4 -Substrats gebunden ist, oder wenn $t_c < t_{tm}$ im Fall von Metallschichten, die an beide Hauptoberflächen des Si_3N_4 -Substrats gebunden sind, sogar ein Si_3N_4 -Substrat, das hohe Festigkeit, wie oben beschrieben, hat, die Tendenz zur Rißbildung durch mechanischen Schock beim Montieren und zeigt die Bildung von Rissen durch einen Wärmezyklus. Es ist nicht vorteilhaft, daß $t_c > 20\text{tm}$ ist, wenn eine Metallschicht mit einer Hauptoberfläche verbunden ist, oder $t_c > t_{tm}$ ist, wenn Metallschichten mit beiden Hauptoberflächen verbunden sind, da die Wärmebeständigkeit des gesamten Verbundsubstrats unter diesen Bedingungen ansteigt.

[0024] Die spezifische Dicke eines Si_3N_4 -Substrats ist im Hinblick auf die Verhinderung der Rißbildung und des Brechens durch mechanischen Schock vorzugsweise 1 mm oder mehr. Wenn allerdings die Dicke eines Si_3N_4 -Substrats zu groß ist, nehmen die Wärmestrahlungseigenschaften und die Wärmezykluseigenschaften des ganzen Substrats ab; daher ist es wünschenswert, daß die Dicke etwa 6 mm oder weniger ist.

[0025] Es ist bevorzugt, daß ein Si_3N_4 -Substrat der vorliegenden Erfindung einen Wölbung hat, so daß die Hauptoberfläche, auf welcher Halbleiterelemente befestigt werden, in der frühen Stufe vor der Befestigung der Metallschicht eine konkave Oberfläche bildet. Außerdem ist es vorteilhaft, daß das Maß der Wölbung im Bereich von 10 bis 300 μm pro 25,4 mm (Inch) der Länge der Hauptoberfläche des Si_3N_4 -Substrats liegt.

[0026] Wenn eine Metallplatte mit der Hauptoberfläche in einer konkaven Form in einem Si_3N_4 -Substrat, das eine solche Wölbung hat, verbunden wird und Wärmequellenelemente, zum Beispiel ein Transistorchip und dgl. darauf montiert werden, wird, wenn die Menge der Wärmeerzeugung der Elemente zunimmt, wodurch eine Erhöhung der Temperatur des ganzen Schaltkreises bewirkt wird, durch diese Hitze eine Zugspannung auf die Hauptoberfläche, auf welcher Elemente montiert sind, ausgeübt und eine Druckspannung wird auf die rückseitige Hauptoberfläche des Si_3N_4 -Substrats ausgeübt. Als Resultat wird das Si_3N_4 -Substrat, das ursprünglich zur der Elementmontageseite unter Bildung einer konkaven Oberfläche gewölbt war, in eine Richtung verformt, die eine parallele Beziehung zu dem Hauptteil der Apparatur ergibt, und die enge Verbindung der Apparatur mit dem Substrat wird verbessert. Daher kann die Wärmebeständigkeit der gesamten Apparatur weiter verringert werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] [Fig. 1](#) ist eine Darstellung, die ein Verfahren zur Messung des Maßes der Wölbung zeigt.

Bester Modus zur Durchführung der Erfindung

Beispiel 1

[0028] Zu einem Si_3N_4 -Pulver das 1 Gew.% Sauerstoff enthält und eine durchschnittliche Partikelgröße von 0,9 μm hat, wurden ein Y_2O_3 -Pulver (durchschnittliche Partikelgröße 1,0 μm) und ein MgO -Pulver (durchschnittliche Partikelgröße 1,0 μm) in Mengen von 8 Gew.% bzw. 0,5 Gew.%, bezogen auf das Gewicht des Si_3N_4 -Pulvers, gegeben und sie wurden in einem Alkohol-Lösungsmittel mit einer Kugelmühle vermischt. Dann wurde das Gemisch aus Rohmaterialpulvern getrocknet, eine Bindemittelkomponente wurde zugesetzt und mit dem Gemisch verknetet, eine Vielzahl von Formkörpern in Form einer dünnen Platte wurden aus dem gekneteten Gemisch durch trockenes Formpressen hergestellt. Diese Formkörper wurden einer Entfettungsbehandlung in einer Stickstoffatmosphäre unterworfen, dann für 4 Stunden bei 1800°C in einer Stickstoffatmosphäre gesintert, wodurch Si_3N_4 -Substrate erhalten wurden. Die Menge einer Verunreinigung, Al, in den Sinterkörpern wurde durch ein ICP-Emissionsanalyse-Verfahren quantitativ bestimmt, um schließlich festzustellen, daß sie etwa 0,1 Gew.% war. Es wird angenommen, daß diese Verunreinigung Al von Ausgangsmaterialien stammt.

[0029] Dann wurden Proben mit einem Durchmesser von 10 mm und einer Dicke von 3 mm zur Messung der thermischen Leitfähigkeit erhalten, indem ein Teil der resultierenden Sinterkörper verarbeitet wurde; die thermische Diffusionsfähigkeit wurde durch ein Laser-Blitzverfahren gemessen und die thermische Leitfähigkeit wurde nach der Berechnungsformel: $K = \alpha \times C \times \rho$ (α : thermisches Diffusionsvermögen, C : spezifische Wärme; ρ : Dichte) errechnet. Außerdem wurden transversale Teststücke mit 4x3x40 mm durch Mahlen eines Teils der resultierenden Sinterkörper hergestellt, die einen Dreipunktbiegetest nach JIS-Standard (R-1601) bei einer Meßweite von 30 mm unterworfen wurden. Als Resultat hatten diese Si_3N_4 -Sinterkörper eine thermische Leitfähigkeit von 110 W/m·K und eine Dreipunktbiegefestigkeit von 950 MPa.

[0030] Die resultierenden Si_3N_4 -Sinterkörper wurden einem Zerkleinern und Polieren unterworfen, um Si_3N_4 -Substrate mit einer Länge von 32 mm und einer Breite von 75 mm und variierenden Dicken zu erhalten,

wie es in Tabelle 1 gezeigt ist. Das Maß der Wölbung pro 25,4 m (1 Inch) der Länge der Substrate wurde gemessen und die Resultate sind in Tabelle I gezeigt. Das Maß der Wölbung wurde wie folgt bestimmt. Das Substrat, Teststück wurde auf einem Nivellierblock, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, gelegt und eine Meßuhr wurde entlang der Diagonalen auf der oberen Oberfläche gescannt, um den Unterschied zwischen dem maximalen Abstand und dem minimalen Abstand vom Nivellierblock (a in [Fig. 1](#)) zu messen, und dieser Wert wurde durch die gescannte Gesamtlänge (Einheit: Inch) dividiert, um den Wert des Maßes der Wölbung des Substrats zu erhalten. Eine Kupferplatte, die keinen Sauerstoff enthielt und eine Dicke t_m oder eine Gesamtdicke t_{tm} wie in Tabelle I gezeigt, hat, wurde mit der Hauptoberfläche der konkaven Seite in den Proben 1 bis 6 und mit den Hauptoberflächen in den Proben 7 bis 10 verbunden, indem ein Hartlötmaterial, das aktive Metalle enthielt, verwendet wurde, wodurch keramische Verbundsubstrate erhalten wurden. Das Hartlötmaterial, enthielt aktive Metalle, Ti, Ag und Cu, in Mengen von 1,75, 63 bzw. 35,25 Gew.%.

[0031] Nach Verbindung des Si_3N_4 -Substrat mit der Kupferplatte, wurde durch ein Ultraschallfehlerdetektionsverfahren bestätigt, daß es keinen Hohlraum zwischen dem Substrat und der Kupferplatte gab, dann wurde das Verbundsubstrat einem Wärmezyklustest unterzogen. Im Wärmezyklustest wurde ein Verbundsubstrat für 20 Minuten bei -40°C gekühlt, für 20 Minuten bei Raumtemperatur gehalten, für 20 Minuten bei 125°C erhitzt und außerdem für 20 Minuten bei Raumtemperaturgehalten gehalten (diese Arbeitsgänge sind in einem Zyklus enthalten) und das Auftreten von Rißbildung und die Zahl der Wärmezyklen bis zum Auftreten von Rissen wurde durch ein Fluoreszenz-Fehlerdetektions-Verfahren bestätigt. Außerdem wurden die Wärmebeständigkeiten der Verbundsubstrate gemessen und die Wärmestrahlungseigenschaften des ganzen Kreislaufs wurden untersucht. Für die Messung der Wärmebeständigkeit wurde ein Si-Transistorchip mit 10×10 mm als Wärmequelle auf die Kupferplatte montiert, die mit der Hauptoberfläche der konkaven Seite des Verbundsubstrats verbunden war, und es wurde eine Evaluierung durchgeführt. Die Resultate sind unten zusammen in Tabelle I gezeigt.

Tabelle I

Probe	Substrat- dicke tc (mm)	Dicke der Kupferplatte tm ttm (mm)	tc/tm (tc/ttm)	Maß der Wölbung ($\mu\text{m/in}$)	Auftreten von Rißbildung		Wärmebestän- digkeit ($^{\circ}\text{C/W}$)
					Anzahl der Risse	Anzahl der Wärmezyklen	
1	2	0,3	6,7	100	0	>3000	0,6
2	1	0,3	3,3	200	0	>3000	0,3
3	0,6	0,3	2,0	250	0	>3000	0,25
4	5	0,3	16,7	15	0	>3000	1,2
5*	6,3	0,3	21,0	9	0	>3000	2,0
6*	0,5	0,3	1,67	310	0	1500	0,3
7	2	0,3+0,3	3,3	95	0	>3000	0,4
8	5	0,3+0,3	8,3	10	0	>3000	0,8
9	2	0,1+0,3	5,0	90	0	>3000	0,5
10*	2	1,5+0,3	1,1	90	0	>3000	0,3

Anmerkung: * Vergleichsbeispiele. Die Gesamtdicke ttm bei den Kupferplatten der Proben 7 bis 10 ist die Summe der Dicken bei den jeweiligen Hauptoberflächen.

[0032] Wie aus diesen Resultaten bekannt ist, hat es sich erwiesen, daß in den Proben der vorliegenden Erfindung, die ein Si_3N_4 -Substrat mit einer thermischen Leitfähigkeit von 110 W/m-K und ein Dreipunktbiegefestigkeit von 950 MPa haben und bei denen die Dicke tc des Substrats und die Dicke tm der Metallschicht oder die Gesamtdicke ttm so kontrolliert werden, daß $2 \leq \text{tc}/\text{tm} \leq 20$ oder $1 \leq \text{tc}/\text{ttm} \leq 10$, keine Rißbildung an den

Si_3N_4 -Substrat auftritt, selbst wenn die Anzahl der Zyklen 3000 im Wärmezyklustest erreicht, und daß gleichzeitig auch die Wärmebeständigkeit des ganzen Verbundsubstrats abnimmt, und sie ausgezeichnete Wärmestrahlungseigenschaften zeigen.

[0033] Andererseits zeigte sich im Verbundsubstrat der Probe 5 des Vergleichsbeispiels, in dem $t_c/t_m > 20$ oder $t_c/t_m > 10$, daß die Dicke des Si_3N_4 -Substrats zu groß war. Folglich waren die Wärmestrahlungseigenschaften des gesamten Schaltkreises schlecht und es gab eine signifikante Erhöhung der Wärmebeständigkeit des gesamten Verbundsubstrats, die signifikant $2,0^\circ\text{C/W}$ hoch war. In Beispiel 6 des Vergleichsbeispiels, in dem $t_c/t_m < 2$ oder $t_c/t_m < 1$, waren die Wärmezyklus-Beständigkeitseigenschaften verringert und in dem Wärmezyklustest traten Risse an dem Substrat auf, als die Zykluszahl noch klein war, und zwar durch Verringerung der Dicke des Si_3N_4 -Substrats. In den Beispielen 3 und 6, wo die Dicke des Si_3N_4 -Substrats kleiner als 1 mm war, bestand die Tendenz zur Rißbildung und zum Brechen beim Substrat durch mechanischen Schock im Herstellungsverfahren.

Beispiel 2

[0034] Si_3N_4 -Substrate wurden in der gleichen Weise wie in Beispiel 1, außer daß die Art und die zugesetzte Menge an Sinterhilfsmitteln, die dem Si_3N_4 -Pulver zuzusetzen waren, geändert wurden, wie es in der folgenden Tabelle II gezeigt ist, und entsprechend wurden Wärmeleitfähigkeiten und ihre Dreipunktbiegefestigkeiten evaluiert. Diese Resultate sind in Tabelle II zusammengefaßt. Zum Vergleich sind auch die Resultate des Si_3N_4 -Substrats von Beispiel 1 (Probe 1) in Tabelle II angegeben. Die Menge an Verunreinigungen in jedem Si_3N_4 -Substrat war 1 Gew.% für Sauerstoff und 0,1 Gew.% Aluminium wie in jeder Probe in Beispiel 1.

Tabelle II

Probe	Art und zugesetzte Menge an Sinterhilfsmittel (Gew.%)	Leit- fähig- keit (W/m·K)	Dreipunkt- biege- festigkeit (MPa)
1	$\text{Y}_2\text{O}_3(8) + \text{MgO}(0,5)$	110	950
11	$\text{Sm}_2\text{O}_3(8) + \text{MgO}(0,5)$	110	900
12	$\text{Yb}_2\text{O}_3(8) + \text{MgO}(0,5)$	140	900
13	$\text{Y}_2\text{O}_3(4) + \text{Yb}_2\text{O}_3(4) + \text{MgO}(0,5)$	138	900
14	$\text{Y}_2\text{O}_3(4) + \text{Sm}_2\text{O}_3(4) + \text{MgO}(0,5)$	100	1000
15	$\text{Yb}_2\text{O}_3(4) + \text{Sm}_2\text{O}_3(4) + \text{MgO}(0,5)$	105	950
16	$\text{Y}_2\text{O}_3(8) + \text{TiO}_2(0,5)$	110	900
17	$\text{Y}_2\text{O}_3(8) + \text{Ta}_2\text{O}_5(0,5)$	115	1000
18	$\text{Y}_2\text{O}_3(8) + \text{Li}_2\text{O}(0,5)$	90	900
19	$\text{Y}_2\text{O}_3(8) + \text{CaO}(0,5)$	95	880
20	$\text{Y}_2\text{O}_3(4) + \text{Sm}_2\text{O}_3(4) + \text{MgO}(0,3) + \text{Ta}_2\text{O}_5(0,2)$	100	1000
21*	$\text{Y}_2\text{O}_3(0,4) + \text{MgO}(1)$	80	680
22*	$\text{Y}_2\text{O}_3(15) + \text{MgO}(0,5)$	75	850
23*	$\text{Sm}_2\text{O}_3(0,4) + \text{TiO}_2(5)$	70	500
24*	$\text{Sm}_2\text{O}_3(15)$	75	830
25*	$\text{Yb}_2\text{O}_3(0,4) + \text{CaO}(1,0)$	65	600
26*	$\text{Yb}_2\text{O}_3(15)$	65	800

(Anmerkung): *Vergleichsbeispiele

[0035] Wie aus den obigen Resultaten klar wird, wird, selbst wenn Yb_2O_3 oder Sm_2O_3 zusätzlich zu Y_2O_3 verwendet wird, wobei diese Seltenerdoxide sind, die als Sinterhilfsmittel zuzusetzen sind, ein Si_3N_4 -Substrat mit ausgezeichneten Eigenschaften einer thermischen Leitfähigkeit von $100 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ oder mehr und eine Dreipunktbiegefestigkeit von 900 MPa oder mehr erhalten; und insbesondere in Probe 12, die Pb_2O_3 verwendet, wurde ein Substrat mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit, wie sie extrem hoch mit $140 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ist, erhalten. Außerdem wurden in den Beispielen 16 bis 20 Oxide von Ti, Ta, Li und Ca, deren Mengen nicht mehr als 1 Gew.% waren, zusätzlich zu MgO als andere Sinterhilfsmittel als Seltenerdoxide zugegeben. Selbst wenn diese Oxide verwendet wurden, konnten kompakte Si_3N_4 -Sinterkörper erhalten werden, indem bei niedrigen Temperaturen von nicht mehr als 1800°C wie im Fall von MgO gesintert wird.

[0036] Andererseits konnte in der Vergleichsbeispielen, Proben 21 bis 26, wenn die Menge eines zugesetzten Seltenerdoxid so niedrig wie 0,4 Gew.% war, die Menge an flüssiger produzierter Phase im Verfahren der Verdichtung der Si_3N_4 -Partikel klein war und willkürlich das Sintern bei einer Temperatur so hoch wie 1950°C war, kein kompakter Sinterkörper erhalten werden. Das Resultat war, daß der resultierende Si_3N_4 -Sinterkörper eine niedrige thermische Leitfähigkeit und auch eine niedrigeren Dreipunktbiegefestigkeit hatte. Wenn allerdings die Menge eines zugesetzten Seltenerdoxids im wesentlichen so hoch wie zum Beispiel 15 Gew.% war, nahm die thermische Leitfähigkeit infolge der Zunahme des Volumenanteils der Korngrenzenphase, die den gesamten Sinterkörper besetzt, verringert.

[0037] Als nächstes wurden die oben genannten Si_3N_4 -Sinterkörper in Si_3N_4 -Substrate mit einer Dicke von 2 mm verarbeitet, und die Maße der Wölbung pro 25,4 mm der Länge des Substrats wurden in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 gemessen. Eine Kupferplatte, die kein Sauerstoff enthielt und eine Dicke von 0,3 mm hatte, wurde mit der Hauptoberfläche an der konkaven Seite verbunden, wobei ein Hartlötmaterial, das aktive Metalle enthält, verwendet wurde. Unter Verwendung der resultierenden keramischen Verbundsubstrate wurden das Auftreten von Rissen und die Anzahl der Wärmezyklen bis zum Auftreten von Rißbildung durch einen Wärmezyklustest bestätigt, und die Wärmestrahlungseigenschaften des gesamten Schaltkreises wurden durch Messung der Wärmebeständigkeit in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 untersucht. Diese Resultate sind in Tabelle II zusammengefaßt und gegeben.

Tabelle III

Probe	tc/tm (tc/ttm)	Maß der Wölbung ($\mu\text{m}/\text{in}$)	Auftreten von Rissen		Wärmebe- ständig- keit ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)
			Anzahl der Risse	Anzahl der Wärmezyklen	
11	6,7	90	0	>3000	0,6
12	6,7	90	0	>3000	0,48
13	6,7	100	0	>3000	0,5
14	6,7	85	0	>3000	0,7
15	6,7	100	0	>3000	0,7
16	6,7	100	0	>3000	0,6
17	6,7	110	0	>3000	0,6
18	6,7	95	0	>3000	0,7
19	6,7	80	0	>3000	0,7
20	6,7	70	0	>3000	0,8
21*	6,7	100	5	500	1,2
22*	6,7	90	0	>3000	1,5
23*	6,7	120	4	450	1,5
24*	6,7	110	0	>3000	1,7
25*	6,7	100	6	380	1,2
26*	6,7	95	0	>3000	1,3

(Anmerkung): * Vergleichsbeispiele.

[0038] Wie aus diesen Resultaten gesehen werden kann, wurden in den Beispielen 11 bis 20 der vorliegenden Erfindung unter Verwendung von Si_3N_4 -Substraten, die ausgezeichnete thermische Leitfähigkeit und ausgezeichnete mechanische Festigkeit haben, und in denen das Verhältnis der Dicke des Substrats zu der Dicke der Kupferplatte einen gegebenen Wert hat, keramische Verbundsubstrate mit ausgezeichneten Wärmezyklusresistenzeigenschaften und ausgezeichneten Wärmestrahlungseigenschaften erhalten. Allerdings ist bekannt, daß in den Proben 21 bis 26 der Vergleichsbeispiele die Wärmebeständigkeit des Verbundsubstrats zunimmt, da die thermische Leitfähigkeit des Si_3N_4 -Substrats niedrig ist, und insbesondere in den Proben 21, 23 und 25, die Si_3N_4 -Substrate mit schlechter Festigkeit verwenden einer Rißbildung durch thermischen Schock im Wärmezyklustest am Substrat auftreten.

Beispiel 3

[0039] Si_3N_4 -Substrate wurden in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 hergestellt, außer daß die Menge an Sauerstoff und die Menge an Al in Ausgangsmaterialpulvern wie in Tabelle IV unten gezeigt, geändert wurden; Si_3N_4 -Sinterkörper wurden in den Beispielen 27 bis 32 hergestellt und Wärmeleitfähigkeiten und Dreipunktebiegefestigkeiten wurden in der gleichen Weise evaluiert. Die Resultate sind in Tabelle IV zusammen angegeben. Als Vergleich werden auch die Resultate des Si_3N_4 -Substrats von Beispiel 1 (Probe 1) gezeigt.

Tabelle IV

Probe	Sinterhilfsmittel (Gew.%)	Menge an Verunreinigungen im Rohmaterialpulver		Leitfähigkeit (W/m·K)	Dreipunkt- biegefestig- keit (MPa)
		Sauerstoff (Gew.%)	Al (Gew.%)		
1	Y ₂ O ₃ (8)+MgO(0,5)	1	0,1	110	950
27	Y ₂ O ₃ (8)+MgO(0,5)	2	0,1	95	1100
28	Y ₂ O ₃ (8)+MgO(0,5)	0,5	0,1	120	930
29	Y ₂ O ₃ (8)+MgO(0,5)	1	0,2	90	1200
30	Y ₂ O ₃ (8)+MgO(0,5)	1	0,05	120	900
31*	Y ₂ O ₃ (8)+MgO(0,5)	3	0,1	70	1200
32*	Y ₂ O ₃ (8)+MgO(0,5)	1	0,5	50	1250

(Anmerkung): *Vergleichsbeispiele

[0040] Wenn die Menge an Sauerstoff oder die Menge an Al im Ausgangsmaterialpulver ansteigt, werden die Sintereigenschaften von Si₃N₄ verbessert. Folglich wird der resultierende Sinterkörper kompakter und die mechanische Festigkeit steigt an. Allerdings nimmt die thermische Leitfähigkeit des Si₃N₄-Sinterkörpers ab.

[0041] Der Grund dafür ist, daß durch Lösen von Sauerstoff und Al in Si_3N_4 -Partikeln die inhärente Kristallstruktur des Si_3N_4 -Kristalls komplizierter wird und Phononen in den Partikeln deutlich gestreut werden.

[0042] Als nächstes wurden die oben genannten Si_3N_4 -Sinterkörper der Proben 27 bis 32, die in der oben genannten Tabelle IV gezeigt sind, zu Si_3N_4 -Substraten verarbeitet, die eine Dicke von 2 mm haben, und das Maß der Wölbung pro 25,4 mm der Länge des Substrats wurden in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 gemessen. Eine Kupferplatte, die keinen Sauerstoff enthielt, mit einer Dicke von 0,3 mm, wurde mit der Hauptoberfläche an der konkaven Seite verbunden, wobei ein Hartlötmaterial, das aktive Metalle enthielt, verwendet wurde. Unter Verwendung der resultierenden keramischen Verbundsubstrate wurden das Auftreten von Rissen und die Anzahl der Wärmezyklen, bis Risse auftraten, durch einen Wärmezyklustest bestätigt, und die Wärmestrahlungseigenschaften des ganzen Schaltkreises wurden evaluiert, indem die Wärmebeständigkeit in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 gemessen wurde. Diese Resultate sind in Tabelle V gezeigt.

[0043] Das Si_3N_4 -Substrat der Probe 1 in der oben genannten Tabelle IV wurde zu einem Si_3N_4 -Substrat mit einer Dicke von 2 mm verarbeitet, eine Aluminiumplatte mit einer Dicke von 0,3 mm wurde als Probe 1a mit der Hauptoberfläche in einer konkaven Form des Substrats durch ein Hartlötmaterial, das Aluminium enthielt (Zusammensetzung: Ag 63 Gew.%, Cu 33,25 Gew.%, Ti 1,75 Gew.% und Al 2 Gew.%) verbunden.

[0044] Außerdem wurden als Probe 1-b Aluminiumplatten jeweils mit einer Dicke von 0,3 mm mit beiden Hauptoberflächen des Si_3N_4 -Substrats in der gleichen Weise wie oben beschrieben verbunden. Die resultierenden Verbundsubstrate wurden durch dasselbe Verfahren, wie es oben beschrieben ist, evaluiert und die Resultate werden zusammen in Tabelle V gezeigt.

Tabelle V

Probe	Metallschicht	tc/tm (tc/ttm)	Maß der Wölbung ($\mu\text{m}/\text{in}$)	Auftreten von Rissen		Wärme- beständigkeit ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)
				Anzahl der Risse	Anzahl der Wärmezyklen	
27	Cu	6,7	80	0	>3000	0,7
28	Cu	6,7	100	0	>3000	0,5
29	Cu	6,7	80	0	>3000	0,65
30	Cu	6,7	90	0	>3000	0,45
31*	Cu	6,7	110	0	>3000	1,8
32*	Cu	6,7	105	0	>3000	1,9
1-a	Al	6,7	100	0	>3000	1,0
1-b	Al (beide Oberflächen)	3,3	100	0	>3000	0,7

(Anmerkung) : *Vergleichsbeispiele

[0045] Wie die oben beschriebenen Resultate zeigen, wurden in den Proben 27 und 30 und den Proben 1-a bis 1-b der vorliegenden Erfindung, die Si_3N_4 -Substrate mit ausgezeichneter thermischer Leitfähigkeit und ausgezeichneter mechanischer Festigkeit verwenden und bei denen das Verhältnis der Dicke des Substrat zu der Dicke der Kupferplatte einen gegebenen Wert hat, keramische Verbundsubstrate mit ausgezeichneten Wär-

mezyklus-Resistenz-Eigenschaften und ausgezeichneten Wärmestrahlungseigenschaften erhalten. Allerdings war in den Proben 31 bis 32 der Vergleichsbeispiele die Wärmebeständigkeit des Verbundsubstrats stark erhöht, da die thermische Leitfähigkeit des Si_3N_4 -Substrats niedrig war.

[0046] Wie es aus den Resultaten der Proben 1-a und 1-b hervorgeht, wurden Verbundsubstrate mit ausgezeichneten Wärmestrahlungseigenschaften erhalten, selbst wenn eine Aluminiumplatte zusätzlich zu einer Kupferplatte als Metallplatte, die mit dem Si_3N_4 -Substrat zu verbinden ist, verwendet wurde.

Industrielle Anwendbarkeit

[0047] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein keramisches Verbundsubstrat, das die mechanische Belastung bei Montage oder Installation tolerieren kann und ausgezeichnete Wärmezyklusbeständigkeitseigenschaften und ausgezeichnete Wärmestrahlungseigenschaften hat, erhalten werden, wenn ein Si_3N_4 -Substrat mit höherer thermischer Leitfähigkeit als die eines herkömmlichen Si_3N_4 -Sinterkörpers hat und gleichzeitig mechanische Festigkeit hat, verwendet wird und in dem die Dicke des Si_3N_4 -Substrats und die Dicke einer Metallschicht, die mit dem Substrat verbunden werden soll, in einem spezifischen Bereich kontrolliert wird.

Patentansprüche

1. Siliziumnitridkomposit- bzw. -verbundsubstrat umfassend ein keramisches Siliziumnitridsubstrat mit einer thermischen Leitfähigkeit von 90 W/m-K oder mehr und einer Dreipunktbiegefestigkeit: von 700 MPa oder mehr, und eine Metallschicht verbunden mit einer Hauptoberfläche dessen, wobei die Dicke t_c des keramischen Siliziumnitridsubstrats und die Dicke t_m der Metallschicht die Beziehung: $2t_m < t_c < 20t_m$ erfüllen.

2. Siliziumnitridverbundsubstrat umfassend ein keramisches Siliziumnitridsubstrat mit einer thermischen Leitfähigkeit von 90 W/m-K oder mehr und einer Dreipunktbiegefestigkeit von 700 MPa oder mehr, und Metallschichten, welche mit beiden Hauptoberflächen dessen verbunden sind, wobei die Dicke t_c des keramischen Siliziumnitridsubstrats und die Gesamtdicke t_{tm} der Metallschichten auf beiden Hauptoberflächen die Beziehung: $3,3t_{tm} \leq t_c \leq 8,3t_{tm}$ erfüllen.

3. Siliziumnitridverbundsubstrat umfassend ein keramisches Siliziumnitridsubstrat mit einer thermischen Leitfähigkeit von 90 W/m-K oder mehr und einer Dreipunktbiegefestigkeit von 700 MPa oder mehr und Metallschichten, welche mit beiden Hauptoberflächen dessen verbunden sind, wobei die Dicke t_c des keramischen Siliziumnitridsubstrats und die Gesamtdicke t_{tm} der Metallschichten auf beiden Hauptoberflächen die Beziehung: $t_{tm} \leq t_c \leq 10t_{tm}$ erfüllen, und wobei die Dicke des Siliziumnitridsubstrates zwischen 1 bis 6 mm beträgt.

4. Siliziumnitridverbundsubstrat gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das keramische Siliziumnitridsubstrat vor der Verbindung mit der Metallplatte eine Wölbung aufweist, so dass die Hauptoberfläche, auf welcher Halbleiterelemente befestigt werden, eine konkave Oberfläche bildet.

5. Siliziumnitridverbundsubstrat gemäß Anspruch 4, wobei das Maß der Wölbung zwischen 10 bis 300 μm je 25,4 mm Länge des Substrates beträgt.

6. Siliziumnitridverbundsubstrat gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das keramische Siliziumnitridsubstrat ein Seltenerdelement in einer Menge von 0,6 bis 10 Gew.-% in Bezug auf ein Oxid enthält und wenigstens ein Element gewählt aus Mg, Ti, Ta, Li und Ca in einer Menge von 0,5 bis 1,0 Gew.-% in Bezug auf ein Oxid, und eine Sauerstoffverunreinigung in einer Menge von 2 Gew.-% oder weniger und Al in einer Menge von 0,2 Gew.-% oder weniger in Bezug auf ein Oxid.

7. Siliziumnitridverbundsubstrat gemäß Anspruch 6, wobei das Seltenerdelement wenigstens eines ist, gewählt aus Y, Sm und Yb.

8. Siliziumnitridverbundsubstrat gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Metallschicht hauptsächlich aus Kupfer besteht.

9. Siliziumnitridverbundsubstrat gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Metallschicht hauptsächlich aus Aluminium besteht.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Figur 1

