

(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
4. Dezember 2003 (04.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/100846 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 21/50**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/05414

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Mai 2003 (23.05.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 22 609.1 23. Mai 2002 (23.05.2002) DE
PCT/EP03/03907 15. April 2003 (15.04.2003) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
AU, GB, IE, IL, IN, JP, KE, KP, KR, NZ, SG, TZ, UG,
US, ZA): **SCHOTT GLAS** [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10,
55122 Mainz (DE).

(71) Anmelder (nur für AT, AU, BB, BE, BF, BG, BJ, BZ, CF,
CG, CH, CI, CM, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GA,
GD, GE, GH, GM, GN, GQ, GR, GW, IL, IN, IT, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LU, MC, MG, ML, MN, MR,
MW, MZ, NE, NL, NZ, PT, SD, SE, SG, SK, SL, SN, SZ, TD,
TG, TR, TT, TZ, UG, VN, ZA, ZM, ZW): **CARL-ZEISS-
STIFTUNG trading as SCHOTT GLAS** [DE/DE]; Hat-
tenbergstrasse 10, 55122 Mainz (DE).

(71) Anmelder (nur für BB, BF, BJ, BZ, CF, CG, CI, CM, GA,
GD, GE, GH, GM, GN, GQ, GW, KE, KG, KZ, LC, LK,
LR, LS, MG, ML, MN, MR, MW, MZ, NE, SD, SL, SN,
SZ, TD, TG, TT, TZ, UG, VN, ZM, ZW): **CARL-ZEISS-
STIFTUNG** [DE/DE]; 89518 Heidenheim an der Brenz
(DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LEIB, Jürgen**
[DE/DE]; Philipp-Dirr-Strasse 44, 85354 Freising (DE).
MUND, Dietrich [DE/DE]; Buchenstrasse 9, 84101
Obersüßbach (DE).

(74) Anwalt: **HERDEN, Andreas**; Blumbach, Kramer & Part-
ner GbR, Alexandrastr. 5, 65187 Wiesbaden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: GLASS MATERIAL FOR USE AT HIGH FREQUENCIES

(54) Bezeichnung: GLASMATERIAL FÜR HOCHFREQUENZANWENDUNGEN

(57) Abstract: The aim of the invention is to improve the high-frequency characteristics of high-frequency substrates or high-frequency conductor assemblies. To achieve this, the invention provides a glass material for producing insulation layers for high-frequency conductor assemblies. Said material is applied as a layer, in particular with a layer thickness ranging between 0.05 µm and 5 mm, with a tangent of loss angle tanδ in at least one frequency range above 1 GHz of less than or equal to 70*10⁻⁴.

(57) Zusammenfassung: Zur Verbesserung der Hochfrequenzeigenschaften von Hochfrequenz-Substraten oder Hochfrequenz-Leiteranordnungen wird ein Glasmaterial zur Herstellung von Isolationsschichten für Hochfrequenz-Substrate oder Hochfrequenz-Leiteranordnungen vorgeschlagen, welches als aufgetragene Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen 0,05 µm bis 5 mm in zumindest einem Frequenzbereich oberhalb von 1 GHz einen Verlustfaktor tanδ kleiner oder gleich 70*10⁻⁴ aufweist.



WO 03/100846 A2

Glasmaterial für HochfrequenzanwendungenBeschreibung

Die Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der
5 Hochfrequenzschaltungen, insbesondere betrifft die Erfindung
ein Glasmaterial welches zur Herstellung von
hochfrequenztauglichen Leiterstrukturen auf einem Substrat
geeignet ist, sowie ein Hochfrequenz-Substrat.

10 Der Trend in der Halbleiterindustrie geht bekanntermaßen zu
immer höheren Datenübertragungsraten. Bei Frequenzen im
Gigahertz-Bereich kommt es dabei verstärkt zur Signaldämpfung
an den Zu- und Ableitungssystemen. Für derartige Systeme
werden bisher vor allem bedruckte keramische (HTCC) und
15 glaskeramische (LTCC) Multilayerschichten eingesetzt, die
nach Bedruckung mit leitfähigen Schichten, Laminierung und
Sinterung eine dreidimensionale oder mehrschichtige
Verdrahtung für eine Hochfrequenz-Schaltung realisieren.
Außerdem kommen organische Multilayerschichten zum Einsatz,
20 die nicht hermetisch sind. Bei hohen Frequenzen nehmen jedoch
bei derartigen Verdrahtungen die Übertragungsverluste durch
die Dämpfung in den Leiternbahnen zu. Die Anwendung von HTCC-
und LTCC-Materialien bei sehr hohen Frequenzen -im
allgemeinen oberhalb von 40GHz- wird durch relativ hohe
25 Dielektrizitätskonstanten (DK) und Verlustwinkel ($\tan\delta$) in
diesen Frequenzbereichen begrenzt. Die HTCC-und LTCC-
Keramiken weisen eine unvermeidbare Körnung auf, welche die
Hochfrequenzeigenschaften negativ beeinflussen und die dazu
führt, daß die darin integrierten Leiterbahnen eine der

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Körnung entsprechende Oberflächenrauigkeit haben. Diese Oberflächenrauigkeit führt zu erhöhten Leitungsverlusten.

Eine weitere Ursache für die hohe Dämpfung in bekannten
5 Hochfrequenzleiter-Substraten ist unter anderem in der
Aufbringung der Leiterbahnen, üblicherweise mittels
Dickfilmtechnik, insbesondere mittels Siebdruck begründet.
Die mit dieser Technik hergestellten Leiterbahnen weisen eine
große Inhomogenität und Rauigkeit der Leiterbahnkonturen
10 auf. Die Inhomogenitäten der Leiterbahnen wirken dabei wie
Antennen, so daß es zu großen Abstrahlungsverlusten kommt.

Ferner kommt es auch beim Sintern zwangsläufig zu einer
Schrumpfung der Substrate, was ein genaues Einhalten von
15 gewünschten Abmessungen erschwert.

Neuere Entwicklungen gehen dahin, die nachteilige
Dickfilmtechnik durch Aufdampfen oder Aufputtern der
Leiterbahnen mittels verschiedener PVD-Verfahren zu ersetzen.
20 Allerdings stellt das notwendige Sintern der HTCC- oder LTCC-
Materialien für die Herstellung des Verdrahtungsstapels bei
den bisherigen Verfahren immer noch ein großes Problem dar.
So erfordert LTCC-Keramik zur Sinterung eine Temperatur von
mindestens 950 °C. Für die Sinterung von HTCC-Keramiken ist
25 sogar eine Temperatur von 1500 °C erforderlich. Bei diesen
Temperaturen kommt es zu Veränderungen der
Leiterbahnstrukturen und die Auswahl der Leiterbahn-
Materialien ist eingeschränkt.

30 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, insbesondere
bezüglich der Hochfrequenzeigenschaften verbesserte
Materialien für Leiterbahn-Systeme bereitzustellen und die
Hochfrequenzeigenschaften von Hochfrequenz-Leiteranordnungen
zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bereits in höchst überraschend einfacher Weise durch ein Glasmaterial zur Herstellung von Isolationsschichten für Hochfrequenz-Substrate oder
5 Hochfrequenz-Leiteranordnungen, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements mit Hochfrequenz-Leiteranordnung oder Hochfrequenz-Leiterbahnsystem, sowie ein Bauelement mit Hochfrequenz-Leiteranordnung gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und
10 Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

Ein erfindungsgemäßes Glasmaterial zur Herstellung von Isolationsschichten für Hochfrequenz-Substrate oder
15 Hochfrequenz-Leiteranordnungen weist als aufgebrachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich von 0,05 μm bis 5 mm, bevorzugt im Bereich von 0,05 μm bis 1 mm in zumindest einem Frequenzbereich oberhalb von 1 GHz einen Verlustfaktor $\tan\delta$ kleiner oder gleich $70 \cdot 10^{-4}$ auf.

20 LTCC- und HTCC-Materialien werden unter anderem wegen ihrer guten Verkapselungseigenschaften geschätzt, die es gestatten, ein derartiges Substrat auch als Teil der Gehäusung von Bauelementen zu verwenden. Die Verkapselungseigenschaften
25 Glasschichten sind sogar noch besser, da Glas für die meisten Gase eine extrem niedrige Permittivität aufweist.

Durch den niedrigen Verlustfaktor des als Schicht aufgetragenen Glasmaterials ist das erfindungsgemäße
30 Glasmaterial hervorragend für Hochfrequenz-Anwendungen geeignet.

Ein erfindungsgemäßes Glasmaterial kann als aufgetragene Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich
35 zwischen 0,05 μm bis 5 mm bei einer Frequenz von 40GHz

besonders vorteilhaft einen Verlustfaktor $\tan\delta$ kleiner oder gleich $50 \cdot 10^{-4}$ aufweisen. Dieser niedrige Verlustfaktor macht das erfindungsgemäße Glasmaterial hervorragend für Hochfrequenz-Anwendungen auch bei sehr hohen Frequenzen im Mikrowellenbereich anwendbar.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist der Verlustfaktor $\tan\delta$ einer Schicht mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen $0,05 \mu\text{m}$ bis 5 mm , welche unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Glasmaterials aufgebracht wurde, bei einer Mikrowellenfrequenz von 40 GHz sogar kleiner oder gleich $30 \cdot 10^{-4}$. Dieser Verlustfaktor ist sogar niedriger als die Verlustfaktoren von LTCC- und HTCC-Substraten im Mikrowellenbereich.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Glasmaterials kann das Material zum Abscheiden einer Schicht verdampft werden. Dadurch können Isolationsschichten unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Glasmaterials durch PVD-Beschichtung, beziehungsweise durch Aufdampfen auf einer Unterlage abgeschieden werden. Dies ist unter anderem deshalb besonders vorteilhaft, da nur eine mäßige Temperaturbelastung der Unterlage, beziehungsweise des Substrats auftritt. Außerdem ermöglicht das Abscheiden von Glasschichten durch Verdampfen des Glasmaterials, beispielsweise von einem gegenüber der zu beschichtenden Oberfläche beabstandet angeordneten Target mit erfindungsgemäßen Glasmaterial die Herstellung sehr dünner, homogener Isolationsschichten. Die Verwendung des Glasmaterials erlaubt somit auch eine Erhöhung der Integrationsdichte von Hochfrequenz-Bauelementen, wie beispielsweise von Hochfrequenz-Substraten.

Ein Glasmaterial gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung

läßt sich demgemäß so verdampfen, daß sich eine Glasschicht oder glasartige Schicht auf der Oberfläche eines Substrats ausbildet, welche der Verdampfungsquelle zugewandt und dem von der Quelle emittierten Dampf ausgesetzt ist. Diese
5 Eigenschaft eines erfindungsgemäßen Glasmaterials wird nicht von allen Glasmaterialien erfüllt. Bei vielen Glasmaterialien bilden sich keine Glasschichten oder glasartigen Schichten, sondern es scheiden sich lediglich nicht glasartige Oxidschichten ab, welche dann im allgemeinen keine guten
10 Verkapselungs- und/oder Hochfrequenzeigenschaften mehr aufweisen.

Besonders geeignet als Aufdampfgläser, beziehungsweise Glasmaterialien, welche verdampft und als glasartige oder
15 Glasschichten wieder abgeschieden werden können, sind insbesondere auch Gläser, welche ein zumindest binäres Stoffsystem umfassen. Glasschichten, welche durch Verdampfung derartiger Gläser abgeschieden wurden, weisen aufgrund ihrer Defektarmut besonders gute Verkapselungs- und
20 Hochfrequenzeigenschaften auf.

Insbesondere ist es günstig, wenn ein erfindungsgemäßes Glasmaterial durch Elektronenstrahlverdampfung verdampft werden kann. Bei der Elektronenstrahlverdampfung kann ein
25 sehr kleiner Quellfleck auf einem Target mit dem Glasmaterial am Auftreffpunkt des Elektronenstrahls erzeugt werden, auf den sich die Leistung des Elektronenstrahls konzentriert. Durch Elektronenstrahlverdampfung können auch hohe Abscheideraten auf dem zu beschichtenden Substrat erreicht
30 werden.

Damit das Glasmaterial leicht, beispielsweise zur Formung eines Glastargets zur Elektronenstrahlverdampfung verarbeitet werden kann, ist es vorteilhaft, wenn das Glasmaterial eine
35 Verarbeitungstemperatur von kleiner als 1300 °C aufweist. Als

Verarbeitungstemperatur wird dabei im allgemeinen die Temperatur verstanden, bei welcher die Viskosität des Glases 10^4 dPas beträgt.

- 5 Um niedrige Abstrahlungsverluste von Leiterstrukturen zu erreichen, ist es von Vorteil, wenn das Glasmaterial als aufgebrachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen $0,05\text{ }\mu\text{m}$ bis 5 mm in zumindest einem Frequenzbereich oberhalb von 1 GHz eine relative
- 10 Dielektrizitätskonstante ϵ_R kleiner oder gleich fünf aufweist.

- In vorteilhafter Weiterbildung kann das Glasmaterial als aufgebrachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im
- 15 Bereich zwischen $0,05\text{ }\mu\text{m}$ bis 5 mm auch im Mikrowellenbereich bei einer Frequenz von 40 GHz eine relative Dielektrizitätskonstante ϵ_R kleiner oder gleich 5, insbesondere eine relative Dielektrizitätskonstante ϵ_R von $4 \pm 0,5$ aufweisen.

- 20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Glasmaterial als aufgebrachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen $0,05\text{ }\mu\text{m}$ bis 5 mm in einem Temperaturbereich von $20\text{ }^\circ\text{C}$ bis $300\text{ }^\circ\text{C}$ einen
- 25 Temperatúrausdehnungskoeffizienten α_{20-300} auf, der im Bereich von $2,9 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ bis $3,5 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ liegt. Dieser Ausdehnungskoeffizient ist unter anderem gut an die Ausdehnungskoeffizienten von Silizium oder Borofloat®33-Glas angepaßt. Damit können beispielsweise Temperaturspannungen
- 30 bei der Verwendung von Silizium oder Borofloat®33-Glas als Substratmaterialien weitgehend vermieden werden.

Eine noch bessere thermische Anpassung wird erreicht, wenn das Glasmaterial als aufgebrachte Schicht insbesondere mit

einer Schichtdicke im Bereich zwischen 0,05 µm bis 5 mm in einem Temperaturbereich von 20 °C bis 300 °C einen Temperaturausdehnungskoeffizienten $\alpha_{20-300} = (3,2 \pm 0,2) \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ aufweist.

5

Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist ein Glasmaterial vorgesehen, welches zur Reduzierung von Temperaturspannungen bei der Verwendung als Isolationsschicht bei Silizium-Substraten als aufgebrachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen 0,05 µm bis 5 mm in einem Temperaturbereich von 20 °C bis 300 °C einen Temperaturausdehnungskoeffizienten aufweist, der vom Temperaturausdehnungskoeffizienten des Substratmaterials, beispielsweise von Silizium weniger als $1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ abweicht.

15

Für die dauerhaften Verkapselungseigenschaften einer Glasschicht, welche mit erfindungsgemäßen Glasmaterial hergestellt wurde, ist es günstig, wenn die Glasschicht möglichst resistent gegen Säuren- oder Laugeneinwirkung ist. Eine Ausführungsform der Erfindung sieht daher ein Glasmaterial vor, welches als aufgebrachte Schicht säurebeständig gemäß Säurebeständigkeitsklasse ≤ 2 ist. Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Glasmaterial als aufgebrachte Schicht laugenbeständig gemäß Laugenbeständigkeitsklasse ≤ 3 .

25

Als geeignet haben sich Glasmaterialien erwiesen, deren Bestandteile sich im folgenden Zusammensetzungsbereich befinden:

Komponente	Zusammensetzungsbereich
SiO ₂	40 - 90,
B ₂ O ₃	10 - 40,
Al ₂ O ₃	0 - 5,
K ₂ O	0 - 5,

30

Li ₂ O	0 - 3,
Na ₂ O	0 - 3.

Die obigen Zahlenwerte sind dabei in Gewichtsprozent
5 angegeben.

Die Hochfrequenzeigenschaften und die
Verdampfungseigenschaften lassen sich insbesondere mit
erfindungsgemäßen Glasmaterialien verbessern, welche folgende
10 Bestandteile in Gewichtsprozent aufweisen:

Komponenten	Zusammensetzungsbereich
SiO ₂	60 - 90,
B ₂ O ₃	10 - 30,
Al ₂ O ₃	0 - 3,
15 K ₂ O	0 - 3,
Li ₂ O	0 - 2,
Na ₂ O	0 - 2.

Vorzugsweise weisen erfindungsgemäße Glasmaterialien dabei
20 folgende Zusammensetzung in Gewichtsprozent auf:

Komponenten	Glas1	Glas2
SiO ₂	84 ± 5	71 ± 5
B ₂ O ₃	11 ± 5	26 ± 5
25 Na ₂ O	2 ± 0,2	0,5 ± 0,2
Li ₂ O	0,3 ± 0,2	0,5 ± 0,2
K ₂ O	0,3 ± 0,2	1,0 ± 0,2
Al ₂ O ₃	0,5 ± 0,2	1,0 ± 0,2

30 An einem solchen Glas mit der Zusammensetzung 71 Gew% SiO₂,
26 Gew% B₂O₃, 1 Gew% Al₂O₃, 1 Gew% K₂O und jeweils 0,5 Gew%
Li₂O und Na₂O wurden folgende Eigenschaften gemessen:

Temperaturausdehnungs-
koeffizient zwischen 20 °C und
300 °C:

$$\alpha_{20-300}=3,2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1},$$

Brechungsindex:

$$n_d=1,465 ,$$

Transformationstemperatur:

$$T_g=466 \text{ °C},$$

Erweichungstemperatur:

$$T_{EW}=742 \text{ °C},$$

Verarbeitungstemperatur:

$$T_{VA}=1207 \text{ °C},$$

Relative

Dielektrizitätskonstante bei

40 GHz:

$$\epsilon_R = 3,9 ,$$

Verlustfaktor bei 40 GHz:

$$\tan \delta = 26 \times 10^{-4},$$

Dichte:

$$\rho = 2,12 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3},$$

Beständigkeitsklasse Wasser: 2,

Beständigkeitsklasse Säuren: 2,

Beständigkeitsklasse Laugen: 3.

Dieses besonders geeignete Glas mit wird im folgenden auch
als Glas G018-189 bezeichnet.

- 5 Eine weitere Ausführungsform ergibt ein geeignetes Glas
mit der Zusammensetzung 84 Gew% SiO₂, 11 Gew% B₂O₃, < 2 Gew%
Al₂O₃, 2,0 Gew% Na₂O und jeweils ca. 0,3 Gew% Li₂O und K₂O
wurden folgende Eigenschaften gemessen:

Temperaturausdehnungs-
koeffizient zwischen 20 °C und
300 °C:

$$\alpha_{20-300}=2,75 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1},$$

Brechungsindex:

$$n_d=1,47 ,$$

Transformationstemperatur:

$$T_g=562 \text{ °C},$$

Relative

Dielektrizitätskonstante bei

40 GHz:

$$\epsilon_R = 5 ,$$

Verlustfaktor bei 40 GHz: $\tan\delta = 40 \times 10^{-4}$,
Dichte: $\rho = 2,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,
Beständigkeitsklasse Wasser: 1,
Beständigkeitsklasse Säuren: 1,
Beständigkeitsklasse Laugen: 2.

Dieses ebenfalls besonders geeignete Glas mit wird im folgenden auch als Glas 8329 bezeichnet.

- 5 Die oben angegebenen Zusammensetzungen beziehen sich auf das Glasmaterial vor dem Aufbringen. Die Schicht, die unter Verwendung eines solchen Glasmaterials aufgebracht wurde, kann auch eine davon abweichende Zusammensetzung haben. Beispielsweise kann sich die Zusammensetzung in der Schicht
10 gegenüber dem erfindungsgemäßen Glasmaterial verändern, wenn die Schicht durch Aufdampfen abgeschieden wird und die Komponenten des Glasmaterials unterschiedliche Dampfdrücke haben.
- 15 Ein wie oben beschriebenes Glasmaterial kann besonders vorteilhaft zur Herstellung einer Isolationsschicht für eine Hochfrequenz-Leiterstruktur oder ein Hochfrequenz-Substrat verwendet werden.
- 20 Ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung eines Bauelements mit Hochfrequenz-Leiteranordnung kann dazu vorteilhaft die Schritte umfassen:
- Abscheiden einer strukturierten Glasschicht mit zumindest einer Öffnung über einem Kontaktierungsbereich auf einem
 - 25 Substrat unter Verwendung eines insbesondere wie vorstehend beschriebenen Glasmaterials, und
 - Aufbringen zumindest einer Leiterstruktur auf die Glasschicht, welche einen elektrischen Kontakt mit dem Kontaktierungsbereich aufweist.

Insbesondere ist aufgrund der oben genannten Vorteile daran gedacht, die Glasschicht durch Verdampfen des Glasmaterials abzuscheiden.

5

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist demgemäß ein Bauelement mit Hochfrequenz-Leiteranordnung herstellbar, welches

- ein Substrat mit zumindest einem Kontaktierungsbereich,
- 10 -auf zumindest einer Seite des Substrats eine Glasschicht, die zumindest eine Öffnung mit einer Durchkontaktierung aufweist, und wobei die Durchkontaktierung in elektrischem Kontakt mit dem Kontaktierungsbereich steht, und
- zumindest eine Leiterstruktur auf der Glasschicht, welche
- 15 mit der Durchkontaktierung in Kontakt ist, umfaßt.

Als Bauelement in diesem Sinne wird nicht nur ein elektronisches Bauelement verstanden. Auch ein beschichtetes Substrat mit Hochfrequenz-Leiteranordnung, beziehungsweise Hochfrequenz-Leitersystem, welches dann als Ganzes als Träger und zur Verschaltung von weiteren Bauelementen dient, wird als Bauelement im Sinne dieser Erfindung verstanden. Ähnliche Bauelemente mit Trägermaterial und Hochfrequenz-Leitersystem werden im allgemeinen auch als Hochfrequenz-Substrate bezeichnet.

Als Substratmaterialien sind unter anderem Silizium, Keramik, Glas, oder sogar Kunststoff geeignet. Auch können Verbundmaterialien, beispielsweise Glas-Kunststoff-Lamine, insbesondere auch mit integrierten Leiteranordnungen verwendet werden. Neben Silizium können auch beispielsweise andere Halbleitermaterialien, wie etwa Galliumarsenid verwendet werden. Silizium, Keramik und Glas als Substratmaterial sind auch besonders aufgrund ihrer zum

aufgedampften Glas sehr ähnlichen
Temperaturausdehnungskoeffizienten geeignet.

Die Glasschicht wird besonders vorzugsweise durch Verdampfen
5 von erfindungsgemäßem Glasmaterial abgeschieden. Es ist
jedoch auch denkbar, die Glasschicht beispielsweise durch
Aufsputtern von einem Target mit erfindungsgemäßem
Glasmaterial auf der zu beschichtenden Oberfläche des
Substrats abzuscheiden.

10

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung erfolgt das
Aufdampfen der Glasschicht durch Plasma-Ionen-unterstütztes
Aufdampfen (PIAD). Dabei wird während des Aufdampfprozesse
ein Ionenstrahl auf die zu beschichtende Oberfläche
15 gerichtet. Dies führt zu einer weiteren Verdichtung und einer
Verringerung der Defektdichte.

Auf die Glasschicht können neben Leiterstrukturen, wie
beispielsweise Leiterbahnen auch ein oder mehrere passive
20 elektrische Bauelemente aufgebracht und mit der
Leiterstruktur in Kontakt gebracht, beziehungsweise
angeschlossen werden. Beispielsweise kann auf der Glasschicht
als passives elektrisches Bauelement ein Kondensator, ein
Widerstand, eine Spule, ein Varistor, ein PTC, ein NTC, oder
25 ein Filterelement auf der Glasschicht aufgebracht werden.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung
sieht die Herstellung eines dreidimensionalen oder
mehrlagigen Leitersystems auf einem Substrat vor. Dazu werden
30 die Schritte des Abscheidens einer strukturierten Glasschicht
und des Aufbringens zumindest einer Leiterstruktur mehrfach
durchgeführt. Die einzelnen Glasschichten und/oder
Leiterstrukturen können dabei unterschiedlich strukturiert
sein, um ein dreidimensionales Leitersystem, insbesondere
35 auch mit passiven Bauelementen, die auf einer oder mehreren

Lagen des mehrlagigen Leitersystems ausgebildet werden, zu realisieren. Dabei kann vorteilhaft eine nachfolgend aufgebrauchte Leiterstruktur mit einem Kontaktierungsbereich einer vorhergehend aufgebrauchten Leiterstruktur verbunden
5 oder in Kontakt gebracht werden, so daß zwischen zwei Lagen der Leiteranordnung ein elektrischer Anschluß geschaffen wird und die Lagen miteinander elektrisch vernetzt werden können. Dementsprechend kann damit ein Bauelement ausgebildet werden, das eine mehrlagige Leiteranordnung mit zumindest zwei
10 aufgedampften Glasschichten und jeweils darauf aufgebrauchter Leiterstruktur aufweist, wobei eine Leiterstruktur auf einer ersten Glasschicht mit einer Leiterstruktur auf einer zweiten Glasschicht über eine Durchkontaktierung in elektrischem Kontakt sind.

15 Es ist jedoch auch möglich, zwei oder mehr übereinanderliegende oder versetzte Durchkontaktierungen in einzelnen aufeinanderliegenden Glasschichten in Kontakt zu bringen, so daß beispielsweise ein Kontaktierungsbereich des
20 Substrats durch mehrere Glasschichten hindurch nach außen durchkontaktiert oder mit einer Leiterstruktur einer weiteren Lage verbunden wird.

Eine vorteilhafte Ausführungsform des Verfahrens sieht
25 weiterhin vor, daß der Schritt des Abscheidens einer strukturierten Glasschicht mit zumindest einer Öffnung über einem Kontaktierungsbereich durch Aufdampfen die Schritte umfaßt:

- Aufbringen einer strukturierten Zwischenschicht, welche den
30 Kontaktierungsbereich abdeckt,
- Aufdampfen einer Glasschicht auf das Substrat und die darauf befindliche strukturierte Zwischenschicht, wobei die Dicke der Glasschicht vorzugsweise geringer ist als die der strukturierten Zwischenschicht , und
- 35 -Entfernen der strukturierten Zwischenschicht, wobei die

Bereiche der Glasschicht, die sich auf der strukturierten Zwischenschicht befinden, mit abgehoben werden.

Neben der photolithographischen Lackstrukturierung kann eine
5 derartige strukturierte Zwischenschicht auch direkt, etwa durch Bedrucken hergestellt werden.

Eine Weiterbildung des Verfahrens sieht weiterhin vor, vor dem Aufdampfen der Glasschicht auf den zumindest einen
10 Kontaktierungsbereich ein leitendes, gegenüber zum Kontaktierungsbereich benachbarten Bereichen hervorragendes Material aufzubringen, welches von der Struktur der Zwischenschicht bedeckt wird. Damit wird eine leitende, erhabene Struktur auf dem Kontaktierungsbereich erzeugt.
15 Dieser Schritt kann durchgeführt werden, indem etwa die Zwischenschicht zusammen mit einer Schicht aus leitfähigem Material photolithographisch strukturiert wird, wobei die Schicht aus leitfähigem Material zusammen mit der Zwischenschicht von den Bereichen, welche den
20 Kontaktierungsbereich umgeben entfernt wird. Die Glasschicht kann dann vorteilhaft so aufgedampft werden, daß ihre Dicke im wesentlichen der Dicke des aufgetragenen, leitenden Materials entspricht, so daß nach dem Abheben der Glasschicht über dem Kontaktierungsbereich eine im wesentlichen ebene
25 Oberfläche vorhanden ist.

Gemäß noch einer Weiterbildung der Erfindung wird zunächst eine Glasschicht mit zumindest einer Öffnung direkt über einem Kontaktierungsbereich oder vorteilhaft seitlich
30 versetzt abgeschieden und die zumindest eine Öffnung in der Glasschicht danach mit leitendem Material aufgefüllt. Auch auf diese Weise wird eine im wesentlichen ebene Oberfläche als Unterlage für das anschließende Aufbringen einer oder mehrerer Leiterstrukturen geschaffen.

Es hat sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn das Substrat während dem Aufdampfen der Glasschicht auf einer Temperatur zwischen 50 °C und 200 °C, bevorzugt zwischen 5 80 °C und 120 °C gehalten wird. Durch das Erwärmen des Substrates wird unter anderem das Entstehen von mechanischen Spannungen vermieden. Auch ist das mäßige Erwärmen vorteilhaft für die Morphologie der Glasschichten, wobei bei diesen Substrattemperaturen besonders porenfreie 10 Glasschichten erzeugt werden konnten.

Gleichermaßen positiv für die geforderte Schichtqualität ist auch ein Basisdruck in der Aufdampfkammer, der beim Aufdampfen der Glasschicht höchstens im Bereich von 10^{-4} 15 mbar, bevorzugt im Bereich von 10^{-5} mbar oder geringer gehalten wird.

Um geschlossene Glasschichten mit geringer Porendichte auf dem Substrat herzustellen, ist es außerdem günstig, wenn die 20 zu beschichtende Oberfläche des Substrats eine Oberflächenrauigkeit von kleiner als 50 µm aufweist.

Noch eine weitere vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, die Glasschicht mit 25 einer Abscheiderate von zumindest 0,5 µm Schichtdicke pro Minute aufzudampfen. Diese hohe Abscheiderate kann ohne Nachteil für die Schichtqualität der Glasschichten ohne weiteres erreicht werden und erlaubt eine kurze Herstellungszeit. Andere Vakuum-Abscheideverfahren, wie etwa 30 Kathodenzerstäubung erreichen demgegenüber nur Abscheideraten von wenigen Nanometern pro Minute.

Das Aufbringen der Leiterstruktur kann außerdem vorteilhaft die Schritte des Aufbringens einer negativ strukturierten 35 Zwischenschicht und des anschließenden Abscheidens von

leitendem Material auf die mit der Zwischenschicht beschichtete Unterlage umfassen. Die Unterlage umfaßt dabei das Substrat und/oder das Substrat mit einer oder mehreren aufgetragenen Glasschichten und darauf angeordneten
5 Leiterstrukturen. Auch diese Zwischenschicht kann photolithographisch strukturiert oder durch strukturiertes Bedrucken hergestellt sein.

Das Substrat selbst kann bereits eine Leiterstruktur,
10 beispielsweise in Form von Leiterbahnen aufweisen. Diese können auch vorteilhaft vor dem Schritt des Abscheidens der strukturierten Glasschicht direkt auf das Substrat aufgebracht werden. Insbesondere kann dann auf einer direkt auf dem Substrat aufgetragenen Leiterbahn ein
15 Kontaktierungsbereich vorgesehen werden, der dann mit einer nachfolgend auf einer isolierenden Glasschicht aufgetragenen Leiterstruktur in Kontakt gebracht wird. Auf diese Weise kann bereits nach einer einfachen Durchführung der Schritte des Abscheidens einer Glasschicht und des nachfolgenden
20 Aufbringens zumindest einer Leiterstruktur auf die Glasschicht ein mehrlagiges, hochfrequenztaugliches Leiterbahnsystem, beziehungsweise eine mehrlagige hochfrequenztaugliche Leiteranordnung geschaffen werden. Selbstverständlich können dabei durch mehrfache Durchführung
25 der Schritte des Abscheidens einer Glasschicht und Aufbringens einer Leiterstruktur noch weitere Lagen eines dreidimensionalen Leiterbahnsystems, insbesondere auch mit darin integrierten passiven Bauelementen geschaffen werden.

30 Noch eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß das Substrat ein Halbleitersubstrat mit einem oder mehreren aktiven Halbleiter-Bereichen auf einer ersten Seite des Substrats umfaßt. Beispielsweise kann das Substrat eine integrierte Halbleiterschaltung umfassen. Dabei kann die
35 zumindest eine Leiterstruktur beim Aufbringen mit einer

Anschlußstelle des aktiven Halbleiter-Bereichs in Verbindung gebracht werden, so daß ein elektrischer Kontakt mit der Leiterstruktur und damit auch mit der Leiteranordnung besteht.

5

Bisher wurde beispielsweise bei LTCC-Modulen der Weg bestritten, einzelne Halbleiterbausteine monolithisch in Kavitäten in der Keramik zu integrieren, so daß die Keramik der Träger für die Halbleiterbausteine ist. Die Erfindung ermöglicht demgegenüber auch den umgekehrten Weg, wobei die Leiteranordnung direkt auf einem Chip aufgebracht wird und dieser so als Träger für die Leiteranordnung dient.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht ein Substrat vor, welches zumindest eine Durchkontaktierung aufweist. Dann kann die zumindest eine Leiterstruktur beim Aufbringen mit der Durchkontaktierung durch das Substrat verbunden werden. Diese Ausführungsform der Erfindung ermöglicht es unter anderem, Strukturen auf einer Seite des Substrats mit einer Hochfrequenz-Leiteranordnung auf einer weiteren Seite des Substrats anzuschließen.

Ist die ein- oder mehrlagige Leiteranordnung auf dem Substrat fertiggestellt, kann zusätzlich eine weitere, abschließende Glasschicht durch Aufdampfen abgeschieden werden, welche die vorherig aufgebrachten Schichten abdeckt. Um die Kontaktierung der Leiteranordnung auf dem Substrat zu ermöglichen, kann vorteilhaft zumindest eine Durchkontaktierung durch die abschließende Glasschicht geschaffen werden. Das Herstellen dieser Glasschicht kann dabei in gleicher Weise wie die Herstellung der darunterliegenden Glasschichten der Leiteranordnung erfolgen. Diese weitere Schicht kann als Isolationsschicht dienen, welche die Leiteranordnung nach außen hin isoliert.

Für eine wirtschaftliche Fertigung erfindungsgemäßer Bauelemente ist es auch von Vorteil, wenn das Substrat im Waferverbund beschichtet wird, so daß eine Vielzahl von Bauelementen gleichzeitig bearbeitet wird.

In der am gleichen Tag wie die vorliegende Anmeldung eingereichte internationale Patentanmeldung der Anmelderin mit dem Titel "Verfahren zur Herstellung eines Bauelements mit hochfrequenztauglicher Leiteranordnung" werden Bauelemente mit Hochfrequenz-Leiteranordnung, sowie Verfahren zu deren Herstellung offenbart, bei welchen aufgedampfte Glasschichten als Isolationsschichten verwendet werden. Das erfindungsgemäße Glasmaterial ist besonders auch für die in dieser Anmeldung beschriebenen Verfahren und Bauelemente einsetzbar, wobei der Offenbarungsgehalt dieser Anmeldung diesbezüglich hiermit ausdrücklich durch Referenz inkorporiert wird.

Die hier, sowie in der oben angegebenen, inkorporierten internationale Patentanmeldung der Anmelderin mit dem Titel "Verfahren zur Herstellung eines Bauelements mit hochfrequenztauglicher Leiteranordnung" beschriebenen Verfahren und Bauelemente sind besonders geeignet für die Verwendung erfindungsgemäßen Glasmaterials. Selbstverständlich können aber auch ähnliche oder andersartige Bauelemente für Hochfrequenzanwendungen unter Verwendung des Glasmaterials hergestellt werden. Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist demgemäß allgemein an die Verwendung eines erfindungsgemäßen Glasmaterials zur Herstellung einer Isolationsschicht für eine Hochfrequenz-Leiterstruktur oder ein Hochfrequenz-Substrat gedacht, um die Hochfrequenzeigenschaften solcher Elemente zu verbessern.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche und ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind und die
5 Merkmale verschiedener Ausführungsformen miteinander kombiniert werden können.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 2 Eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit zwei Leiteranordnungen auf gegenüberliegenden Seiten eines Substrats,
- Fig. 3A Anhand von Querschnittansichten die Schritte einer bis 3G Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 4A Eine Variante der in den Fig. 3B bis 3E gezeigten bis 4E Verfahrensschritten des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 5 Ausführungsformen erfindungsgemäßer, im bis 7 Waferverbund mit einer Leiteranordnung versehener Bauelemente,
- Fig. 8 einen schematischen Layeraufbau für HF Messstruktur,
- Fig. 9 einen Layeraufbau offener Coplanarleitungen CPW 1 / 2,
- Fig. 10 einen Layeraufbau vergrabener Coplanarleitungen CPW 3,
- Fig. 11 eine Auflistung von Eigenschaften von vermessenen Proben, wobei die Messwerte in den nachfolgenden Fig. 12 bis 23 dargestellt sind,
- Fig. 12 den Betrag der Streuparameter und deren bis 14 Phasenverlauf der Probe G1ACPW2_2 (Glas 8329),

Fig. 15 den Betrag der Streuparameter und deren
bis 17 Phasenverlauf der Probe G1ACPW3_2 (Glas 8329),
Fig. 18 den Betrag der Streuparameter und deren
bis 20 Phasenverlauf der Probe G2ACPW2_6 (Glas G018-189),
und
Fig. 21 den Betrag der Streuparameter und deren
bis 23 Phasenverlauf der Probe G2ACPW3_2 (Glas G018-189).

Fig. 1 zeigt eine vereinfachte Schnittdarstellung einer
ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen, als Ganzes
mit dem Bezugszeichen 10 bezeichneten Bauelements mit einem
5 Substrat 1 mit einer ersten Seite 3 und einer der Seite 3
gegenüberliegenden Seite 5 und einer auf dem Substrat auf der
ersten Seite 3 angeordneten, als Ganzes mit dem Bezugszeichen
4 bezeichneten Hochfrequenz-Leiteranordnung. Auf dem Substrat
1 ist eine Lage 6 mit Leiterstrukturen 61 - 64 angeordnet.
10 Die Leiterstrukturen 61 - 64 können beispielsweise
Leiterbahnen sein. Außerdem können einzelne der
Leiterstrukturen 61 - 64 auch als passive elektrische
Bauelemente ausgebildet sein. Auf diesen Leiterstrukturen 61
- 64 auf der ersten Seite 3 des Substrats 1 sind
15 Kontaktierungsbereiche 71 - 74 definiert. Nachdem die
Leiterstrukturen der Lage 6 aufgebracht sind, wird auf die
erste Seite 3 des Substrats dann eine isolierende Glasschicht
9 durch Aufdampfen strukturiert abgeschieden, so daß sie
Öffnungen 8 über den Kontaktierungsbereichen 71 - 74
20 aufweist. Diese Öffnungen 8 sind mit einem leitenden Material
19 gefüllt, so daß die Öffnungen in Verbindung mit den
leitenden Füllungen jeweils Durchkontaktierungen durch die
isolierende Glasschicht 9 schaffen. Auf der Glasschicht 9 ist
eine Lage 11 mit weiteren Leiterstrukturen 111, 112, 113
25 aufgebracht. Die Leiterstrukturen 111, 112, 113 sind dabei
jeweils mit zumindest einer der Durchkontaktierungen in
Kontakt, so daß eine elektrische Verbindung der
Leiterstrukturen 111, 112, 113 mit den Leiterstrukturen 61 -

64 der Lage 6 besteht. Damit weist das Substrat eine mehrlagige Leiteranordnung auf, deren Lagen 6 und 11 durch eine isolierende Glasschicht 9 mit hervorragenden Hochfrequenzeigenschaften voneinander getrennt sind.

5

Die Glasschicht 9 kann, je nach Anwendungszweck eine Dicke im Bereich von 0,05 μm bis 5 mm aufweisen, wobei durch Aufdampfen hergestellte Glasschichten zweckmäßig eine Dicke im Bereich von 0,05 μm bis 1 mm aufweisen.

10

Auf der Lage 11 mit den Leiterstrukturen 111, 112, 113 ist eine weitere, abschließende Aufdampfglasschicht 13 abgeschieden, die als äußere Isolation der Leiterstrukturen 111, 112, 113 dient. Um eine Kontaktierung dieser

15

Leiterstrukturen zu ermöglichen, sind außerdem weitere Durchkontaktierungen 15 in der abschließenden Aufdampfglasschicht 13 vorhanden, die mit den Leiterstrukturen 111, 112, 113 in Kontakt sind. Auf den Durchkontaktierungen 15 sind zusätzlich Lötperlen 17

20

aufgebracht, um das Bauelement 10 beispielsweise auf einer SMT-Platine zu befestigen und anzuschließen.

Zur Herstellung der Schichten 9, 13 wird vorzugsweise ein Target mit erfindungsgemäßem Glasmaterial durch

25

Elektronenstrahlverdampfung verdampft und auf dem Substrat 1 abgeschieden.

Als Glasmaterial zur Herstellung der Isolationsschichten 9, 13 wird insbesondere ein erfindungsgemäßes Glas verwendet, welches als aufgebrachte Schicht mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen 0,05 μm bis 5 mm in zumindest einem Frequenzbereich oberhalb von 1 GHz einen Verlustfaktor $\tan\delta$ kleiner oder gleich $50 \cdot 10^{-4}$ aufweist.

30

Besonders geeignet aufgrund seiner hervorragenden Hochfrequenzeigenschaften sind dazu die oben beschriebenen Gläser 8329 und insbesondere G018-189.

5 Fig. 2 zeigt eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bauelements 10. Diese Ausführungsform weist auf zwei gegenüberliegenden Seiten 3 und 5 jeweils eine Hochfrequenz-Leiteranordnung 41, beziehungsweise 42 auf. Die Leiteranordnungen 41 und 42 sind
10 dabei in analoger Weise wie die Leiteranordnung 4 der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform aufgebaut.

Im einzelnen weisen die Leiteranordnungen 41 und 42 dabei jeweils wieder eine Glasschicht 9 aus aufgedampftem Glas mit
15 Öffnungen auf, in denen leitendes Material zur Durchkontaktierung vorhanden ist und in elektrischem Kontakt mit unter den Öffnungen angeordneten Kontaktierungsbereichen steht. Auf den Glasschichten 9 der Leiteranordnungen 41, beziehungsweise 42 sind jeweils Lagen 6 mit Leiterstrukturen
20 angeordnet, die ihrerseits mit den Durchkontaktierungen in Kontakt sind. Ebenso wie bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform sind die Leiterstrukturen auf der Glasschicht 9 mit weiteren, abschließenden Aufdampfglasschichten 13 abgedeckt, in denen Durchkontaktierungen 15 für den Anschluß
25 des Bauelements vorhanden sind.

Die Fig. 3A bis 3G zeigen anhand von Querschnittansichten die Schritte zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Bauelements gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

30

Die Fig. 3A zeigt ein Substrat 1 nach einem ersten Verarbeitungsschritt, bei welchem auf die Seite, auf welche die Hochfrequenz-Leiteranordnung aufgebracht wird, eine Lage 6 mit Leiterstrukturen 61 - 64, wie insbesondere von
35 geeigneten Leiterbahnen hergestellt wird. Diese können

beispielsweise Kontaktstellen von in Fig. 3A nicht dargestellten elektronischen Bauelementen des Substrats sein, oder an solche Kontaktstellen anschließen.

5 Nachfolgend wird in weiteren Verfahrensschritten eine Glasschicht abgeschieden, die Öffnungen über Kontaktierungsbereichen 71 -74 der darunter liegenden Oberfläche aufweist. Dazu wird zunächst, wie anhand von Fig. 3B dargestellt ist, in einem weiteren Schritt eine
10 strukturierte Zwischenschicht mit Strukturen 21 aufgebracht, welche die jeweiligen Kontaktierungsbereiche 71 - 74 abdecken. Dies wird bevorzugt durch photolithographisches Strukturieren einer geeigneten Photolack-Beschichtung bewerkstelligt. Alternativ kann jedoch auch ein anderes
15 Verfahren, wie beispielsweise ein Bedrucken der Oberfläche eingesetzt werden, um die Strukturen 21 zu erzeugen.

Anschließend wird, wie anhand von Fig. 3C dargestellt ist, eine Glasschicht 9 aufgedampft, welche sowohl die mit den
20 Strukturen 21 der Zwischenschicht bedeckten Kontaktierungsbereiche 71 - 74, als auch die umgebenden Bereiche der Oberfläche der Unterlage bedeckt. Vorzugsweise ist dabei die Dicke der Glasschicht 9 geringer als die Dicke der strukturierten Zwischenschicht. Die Zwischenschicht wird
25 dann entfernt, wobei die Bereiche 90 der Glasschicht 9, welche die Strukturen 21 der Zwischenschicht bedecken, beziehungsweise welche sich auf der strukturierten Zwischenschicht befinden, mit abgehoben werden.

30 Fig. 3D zeigt das Substrat nach diesem Schritt, welches dementsprechend nun eine Glasschicht 9 mit Öffnungen 8 über den Kontaktierungsbereichen 71 - 74 der darunter liegenden Oberfläche aufweist. Die Öffnungen 8 können dann, wie in Fig. 3E gezeigt ist, beispielsweise mit einem leitenden Material
35 19 aufgefüllt werden. Auf der Glasschicht 9 kann dann eine

Lage 11 mit Leiterstrukturen 111, 112, 113 und passiven Bauelementen 23 aufgebracht werden, wie Fig. 3F zeigt. Die Bauelemente 23 können beispielsweise ein Kondensator, ein Widerstand, eine Spule, ein Varistor, ein PTC, ein NTC, oder
5 ein Filterelement umfassen. Kondensatoren und Spulen lassen sich insbesondere auch durch Leiterstrukturen übereinanderliegender, durch eine Aufdampfglasschicht zueinander isolierter Lagen realisieren. Beispielsweise kann dazu eine Leiterstruktur der Lage 6 und eine weitere, darüber
10 liegende Leiterstruktur der Lage 11 verwendet werden.

Das Aufbringen der Leiterstrukturen kann beispielsweise durch Aufbringen einer weiteren, negativ strukturierten Zwischenschicht und das Abscheiden von elektrisch leitendem
15 Material erfolgen, wobei die Leiterstrukturen 111, 112, 113 in Kontakt mit dem leitenden Material 19 in den Öffnungen 8 kommt, so daß auch eine elektrische Verbindung, beziehungsweise ein elektrischer Kontakt mit den jeweiligen zugeordnete Kontaktierungsbereichen 71 - 74 entsteht.

20 Die Leiterstrukturen können auch Strukturen mit unterschiedlichen leitenden Materialien oder auch Halbleitermaterialien aufweisen, beispielsweise indem das Aufbringen der Leiterstrukturen in mehreren Schritten unter Verwendung unterschiedlicher Materialien erfolgt. Damit
25 können noch weitere Funktionalitäten in die Leiteranordnung integriert werden, beispielsweise, indem dadurch Halbleiter-Metall-Kontakte oder thermoelektrische Kontakte geschaffen werden.

30 Das in Fig. 3E gezeigte Herstellen der Durchkontaktierungen durch die Glasschicht 9 mit leitendem Material 19 und das in Fig. 3F dargestellte Aufbringen der Leiterstrukturen kann auch in einem Schritt erfolgen. Beispielsweise können die
35 Leiterstrukturen 19 durch galvanisches Abscheiden hergestellt

werden, so daß das abgeschiedene Material ausgehend von den Kontaktierungsbereichen 71 - 74 zunächst die Öffnungen 8 ausfüllt und dann weiter auf der Oberfläche der Glasschicht 9 aufwächst, wo es die Leiterstrukturen bildet, und auch, falls
5 vorgesehen, die passiven Bauelemente 23 bilden kann. Ebenso können die Leiterstrukturen 111, 112, 113 auch durch Aufdampfen oder Aufspütern hergestellt werden, wobei auch die Kontaktierungsbereiche 71 - 74 und Ränder der Öffnungen 8 mit bedampft oder beschichtet werden können, so daß die
10 jeweiligen Leiterstrukturen in elektrischen Kontakt mit den Kontaktierungsbereichen 71 - 74 kommen.

Die Zwischenschicht kann anschließend wieder entfernt werden, wobei auf der Zwischenschicht abgeschiedenes leitendes
15 Material abgehoben wird und die vorgesehenen Leiterstrukturen und eventuell aufgebrachten Bauelemente auch der Oberfläche der Glasschicht 9 zurückbleiben.

Die in den Fig. 3B bis 3F gezeigten Schritte des Abscheidens
20 einer strukturierten Glasschicht mit Öffnungen über Kontaktierungsbereichen durch Aufdampfen unter Verwendung erfindungsgemäßen Glasmaterials, wie beispielsweise des Glases G018-189 auf das Substrat und des Aufbringens von Leiterstrukturen, können dann zur Herstellung weiterer Lagen
25 der Leiteranordnung wiederholt werden. Dabei wird eine nachfolgend aufgebrachten Leiterstruktur mit einem Kontaktierungsbereich einer vorhergehend aufgebrachten Leiterstruktur in Kontakt gebracht.

30 Dazu wird wieder, wie in Fig. 3F bis 3G gezeigt, eine Zwischenschicht mit Strukturen 21 auf vorgesehene Kontaktierungsbereiche 75, 76 der Oberfläche des beschichteten Substrats 1 aufgebracht, wobei die Kontaktierungsbereiche sich zweckmäßigerweise auf
35 aufgebrachten Leiterstrukturen, oder auch auf

Durchkontaktierungen befinden. Anschließend wird eine weitere isolierende Glasschicht 91 mit Durchkontaktierungen durch Öffnungen in der Glasschicht 91 über den Kontaktierungsbereichen 75, 76 hergestellt, wobei die
5 Herstellung analog zu den anhand der Fig. 3C bis 3E beschriebenen Verfahrensschritten erfolgt.

Die Fig. 4A bis 4E zeigen eine Variante der anhand der Fig. 3B bis 3E gezeigten Verfahrensschritten des erfindungsgemäßen
10 Verfahrens. Diese Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens basiert darauf, vor dem Aufdampfen der Glasschicht auf die Kontaktierungsbereiche ein leitendes, gegenüber zum jeweiligen Kontaktierungsbereich benachbarten Bereichen
hervorragendes Material aufzubringen, welches von der
15 Struktur der Zwischenschicht bedeckt wird. Dieses leitfähige Material bildet dann später die Durchkontaktierung.

Im einzelnen wird zunächst, ausgehend von einem wie in Fig. 3A vorbereiteten Substrat 1 eine leitende Schicht 25 aus und
20 darauf eine photostrukturierbare Zwischenschicht 27 aufgebracht, wie anhand von Fig. 4A dargestellt ist.

Fig. 4B zeigt das Substrat nach einer photolithographischen Strukturierung der Zwischenschicht 27. Die Schicht wird so
25 strukturiert, daß Strukturen 21 stehen bleiben, welche die vorgesehenen Kontaktierungsbereiche 71 - 74 abdecken. Anschließend wird, wie Fig. 4C zeigt, die leitende Schicht 25 von den nicht bedeckten, die Kontaktierungsbereiche 71 - 74 umgebenden Bereichen entfernt. Dies kann in fachüblicher
30 Weise beispielsweise durch Ätzen erfolgen. Dementsprechend werden die Kontaktierungsbereiche 71 - 74 von einem leitenden Material bedeckt, welches gegenüber zum jeweiligen Kontaktierungsbereich benachbarten Bereichen erhaben ist, beziehungsweise hervorragt und welches jeweils von einer
35 Struktur 21 der Zwischenschicht 27 bedeckt wird.

Anschließend wird, wie in Fig. 4D gezeigt, die isolierende Glasschicht 9 durch Verdampfen von erfindungsgemäßem Glasmaterial aufgedampft, wobei vorzugsweise die Dicke der Glasschicht 9 so gewählt wird, daß sie in etwa der Dicke des erhabenen leitenden Materials 19 entspricht. Schließlich werden die Strukturen 21 der Zwischenschicht, beispielsweise durch Anwendung eines geeigneten Lösungsmittels entfernt und dabei die Bereiche 90 der Glasschicht 9, welche die Strukturen 21 bedecken, abgehoben. Auf diese Weise wird ein Substrat mit einer Glasschicht erhalten, die Öffnungen über den jeweiligen Kontaktierungsbereichen und Durchkontaktierungen in Gestalt des in den Öffnungen befindlichen leitenden Materials aufweist. Dieser Verarbeitungszustand ist in Fig. 4E gezeigt. Durch die geeignete Wahl der an die Dicke des leitenden Materials 19 angepaßten Schichtdicke der Glasschicht 9 sind die Oberfläche des leitenden Materials und der Glasschicht 9 in etwa auf gleicher Höhe, so daß eine ebene Oberfläche erhalten wird. Das Verfahren kann anschließend weiter wie anhand der Fig. 3F bis 3G erläutert ist, fortgesetzt werden, wobei auch die zweite Glasschicht 91 in Fig. 3G und eventuelle weitere Glasschichten mit Durchkontaktierungen in gleicher oder ähnlicher Weise hergestellt werden können, wie anhand der Fig. 4A bis 4E erläutert wurde.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens werden die Bauelemente 10 durch Beschichten von Substraten im Waferverbund hergestellt. Die Fig. 5 bis 7 zeigen dazu verschiedene Ausführungsformen beschichteter Wafer 2, wobei die Bauelemente durch Abtrennen einzelner Substrate 1 vom Wafer erhalten werden.

Fig. 5 zeigt eine Ausführung der Erfindung, bei welcher ein Halbleiterwafer 2 mit einer Folge aus Glas- bzw.

Leiterbahnschichten versehen worden ist. Bevorzugt wird als Wafermaterial hierzu Silizium verwendet, da dieses Material einen sehr gut mit dem Aufdampfglas übereinstimmenden Temperatúrausdehnungskoeffizienten aufweist. Die einzelnen Substrate 1 werden nach der Beschichtung im Waferverbund und dem Herstellen des in Fig. 5 gezeigten Verarbeitungszustandes durch Abtrennen entlang der vorgesehenen Trennnachsen 29 abgetrennt, um schließlich Bauelemente 10 mit hochfrequenzfähiger Leiterstruktur zu erhalten.

Der Wafer 2 weist auf einer ersten Seite 3 einzelne aktive Halbleiter-Bereiche 33 auf, die mit Anschlußstellen 35 verbunden sind.

Die Leiteranordnung 4 ist bei dieser Ausführungsform der Erfindung auf einer zweiten Seite 5 des Wafers 2, beziehungsweise der Substrate 1 des Wafers 2 angeordnet, welche der ersten Seiten mit den aktiven Halbleiter-Bereichen 33 gegenüberliegt.

Die Leiteranordnung 4 ist zum Zwecke der Übersichtlichkeit vereinfacht dargestellt, wobei hier unter anderem alle Leiterstrukturen mit dem Bezugszeichen 100 bezeichnet sind. Die einzelnen Lagen der Leiteranordnung 4 können vorteilhaft wie anhand der Fig. 3A bis 3G und/oder der Fig. 4A bis 4E erläutert wurde, hergestellt werden. Insbesondere ist die in Fig. 5 gezeigte Leiteranordnung 4 auch mehrlagig gefertigt, wobei dazu entsprechend die Schritte des Abscheidens einer strukturierten Glasschicht und des Aufbringens von Leiterstrukturen 100 entsprechend mehrfach durchgeführt werden, und wobei eine nachfolgend aufgebrachte Leiterstruktur 100 mit einem Kontaktierungsbereich einer vorhergehend aufgebrachten Leiterstruktur 100 in Kontakt gebracht wird.

In den Wafer 2 sind außerdem Durchkontaktierungen 37 durch die Substrate 1 eingefügt, welche mit den Anschlußstellen 35 elektrisch verbunden sind. Die Herstellung der

5 Durchkontaktierung kann bevorzugt durch Ätzen von Ätzgruben in den Wafer von der zweiten Seite 5 her bis auf die vorzugsweise metallischen Anschlußstellen 35 erfolgen, die gleichzeitig als Ätzstop wirken. Anschließend wird eine Passivierungsschicht 39 auf den Wänden der Ätzgrube erzeugt

10 und die Ätzgrube mit leitendem Material 43 aufgefüllt. Das auf der Seite 3 offenliegende leitende Material 43 der Durchkontaktierungen 37 dient als Kontaktierungsbereich für Leiterstrukturen 100 der Leiteranordnung 4.

15 Die Bereiche der Oberfläche der zweiten Seite 5 mit den Durchkontaktierungen werden außerdem als Kontaktierungsbereiche für einige der Leiterstrukturen 100 der Leiteranordnung 4 verwendet. Werden diese Leiterstrukturen 100 beim Aufbringen auf der zuvor

20 abgeschiedenen Glasschicht 9 mit den Kontaktierungsbereichen in Kontakt gebracht, so werden die Leiterstrukturen dementsprechend dabei auch mit den Anschlußstellen 35 auf der ersten Seite der Substrate 1 elektrisch verbunden. Auf diese Weise können dann die aktive Halbleiter-Bereiche 33 über die

25 Leiteranordnung versorgt und elektrische Signale von den aktiven Halbleiter-Bereichen auf die Leiterstrukturen 100 der Leiteranordnung 4 gegeben werden.

Zur Verkapselung und zum Schutz der später durch Abtrennen

30 gewonnenen Bauelemente ist die in Fig. 5 gezeigte Ausführungsform auf der Seite 3 noch mit einer zusätzlichen Aufdampfglas-Verkapselungsschicht 14 und einer Kunststoff-Abdeckung 31 versehen.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, wobei ebenfalls im Waferverbund verbundene Substrate mit einer Leiteranordnung 4 beschichtet wurden. Diese Ausführungsform der Erfindung ist ähnlich zu der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform. Auch bei der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform wird ein Halbleiter-Wafer 2 mit aktiven Halbleiter-Bereichen 33 verwendet, die einzelnen Substraten 1 zugeordnet sind. Ebenso wie bei der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform werden beim Aufbringen der Leiterstrukturen 100 auf der ersten Glasschicht 9 der Leiteranordnung 4 die Anschlußstellen 35 der aktive Halbleiter-Bereiche 33 mit Leiterstrukturen 100 in Verbindung gebracht.

Im Unterschied zu der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform werden die Glasschichten 9, 91, 92, 93 und 13 der Leiteranordnung 4 jedoch auf der ersten Seite 3 der Substrate 1, auf welcher auch die aktive Halbleiter-Bereiche 33 angeordnet sind, aufgedampft. Die Durchkontaktierungen 15 in der untersten Glasschicht 9 der Leiteranordnung 4 werden direkt auf den Kontaktstellen 35 aufgebracht, wobei die Kontaktstellen 35 dementsprechend die Kontaktierungsbereiche der Substrate 1 für die entsprechenden Leiterstrukturen 100 auf der ersten Glasschicht 9 bilden.

Die Bauelemente 10, die durch Abtrennen von den beschichteten Wafern 2 gewonnen werden, wie sie beispielhaft in den Fig. 5 und 6 dargestellt sind, können beispielsweise als Hochfrequenz- Sende-/Empfangsmodule für Frequenzen oberhalb von 10 GHz, insbesondere für Frequenzen im Bereich um 40GHz oder höher ausgebildet sein.

Fig. 7 zeigt noch eine weitere Ausführungsform von Substraten 1, die im Waferverbund erfindungsgemäß mit einer Hochfrequenz-Leiteranordnung 4 versehen wurden. Die Leiteranordnung 4 mit den Glasschichten 9, 91, 92, 93, 13 und

den Leiterstrukturen 100 ist hier auf einem Wafer aufgebracht, dessen Substrate 1 ebenfalls Durchkontaktierungen 37 aufweisen. Die Bauelemente 10 mit Substrate 1 und Leiteranordnungen 4 dienen nach dem Abtrennen vom Wafer als Hochfrequenz-Umverdrahtungssubstrat für weitere Bauelemente, die mit den außen liegenden Kontaktstellen der Bauelemente 10 verbunden werden können. Die außen liegenden Kontaktstellen sind dazu beispielhaft mit Lötperlen 17 versehen, so daß weitere Bauelemente in SMT-Technologie befestigt und angeschlossen werden können. Die Substrate 1 weisen hier keine aktiven Bauelemente auf. Dementsprechend kann der Substratwafer 2 auch aus isolierendem Material, wie beispielsweise Glas oder Kunststoff gefertigt werden. Ein besonders gut geeignetes Glas als Material für den Wafer, beziehungsweise die Substrate 1 der Bauelemente 10 ist Borofloat®-Glas, welches einen nahezu mit dem bevorzugten Aufdampfglas übereinstimmenden Temperaturexpansionskoeffizienten aufweist.

Fig. 8 zeigt den für die Charakterisierung der HF Eigenschaften schematischen Layeraufbau mit den Schichtdicken der vermessenen Teststrukturen. In den Fig. 9 und 10 sind realisierte Strukturen von offenen und vergrabenen Coplanarleitungen dargestellt. Nachfolgende Messungen der Streuparameter S_{12} , S_{21} , S_{11} und S_{22} konnten anhand dieser Strukturen realisiert werden. Die Probenbezeichnungen zu den ausgewählten Messungen, die in den Fig. 12 bis 23 gezeigt sind, sind aus der Tabelle in Fig.11 zu entnehmen.

Die Fig. 12 bis 14 zeigen den Betrag der Streuparameter S_{11} und S_{22} , S_{12} und S_{21} sowie den Phasenverlauf des Streuparameters S_{12} und S_{21} einer offenen Coplanarleitung unter Verwendung des Glases 8329 als Isolator zwischen den Aluminiumleiterbahnen. Die Streuparameter S_{12} und S_{21} werden auch als Durchgangsdämpfung und die Streuparameter S_{11} und

S22 als Reflexionsdämpfung bezeichnet.

- Deutlich zeigt sich in Fig. 12 eine extrem geringe Reflektion S11 und S22 der Signale an dieser Probe von -20dB bis -40dB
5 bis zu einer Frequenz von 50GHz. Weiterhin sind geringe Dämpfungswerte von kleiner <-2 dB bei den Streuparametern S12 und S21 anhand der in Fig. 13 dargestellten Meßwerte bis zu einer Frequenz von 50GHz zu erkennen. Die Streuparameter S21 und S12, stellen das sind die Werte der Durchleitung des
10 elektrischen Signals bei der jeweiligen Frequenz dar. , bis zu einer Frequenz von 50GHz zu erkennen. Der lineare Phasenverlauf des Streuparameters S21 weist auf eine sehr geringe Dispersion bis zu einer Frequenz von 50GHz hin.
- 15 Die anhand der Fig. 12 bis 14 gezeigten Meßwerte lassen sich auch bei Messungen an weiteren Proben verifizieren, wobei die Figuren
Fig. 15 bis 17: Messwerte an einer vergrabenen Coplanarleitung mit Glas 8329,
20 Fig. 18 bis 20: Messwerte an einer offenen Coplanarleitung mit Glas 8329, und
Fig. 21 bis 23: Messwerte an einer vergrabenen Coplanarleitung mit Glas G018-189 zeigen.
- 25 Bei diesen Messungen zeigt sich eine Tendenz der geringeren Dämpfung der Streuparameter S12 und S21 bei Verwendung des HF Glases G018-189.

Bezugszeichenliste

1	Substrat
2	Halbleiterwafer
3	erste Seite von 1
4, 41, 42	Leiteranordnung
5	zweite Seite von 1
6	Schicht mit Leiterstrukturen auf 1
61 - 64	Leiterstrukturen von 6
71 - 74	Kontaktierungsbereiche
8	Öffnungen in 9 über Kontaktierungsbereichen 71 - 74
9, 91-93	Aufdampfglasschicht
10	Bauelement
11	Lage mit Leiterstrukturen
100, 111, 112, 113	Leiterstrukturen
13	Abschließende Aufdampfglasschicht
14	Aufdampfglas-Verkapselungsschicht
15	Durchkontaktierung
17	Lötperlen
19	leitendes Material
21	Lackstrukturen einer Zwischenschicht
23	passives elektrisches Bauelement
25	leitende Schicht
27	photostrukturierbare Zwischenschicht
29	Trennachse
31	Kunststoff-Abdeckung
33	Aktiver Halbleiter-Bereich
35	Anschlußstelle von 33
37	Durchkontaktierung durch 1
39	Passivierungsschicht
43	leitende Füllung von 37
75, 76	Kontaktierungsbereiche
90	Bereich der Aufdampfglasschicht auf Lackstruktur

Patentansprüche

1. Glasmaterial zur Herstellung von Isolationsschichten für
Hochfrequenz-Substrate oder Hochfrequenz-
5 Leiteranordnungen, welches als aufgebrachte Schicht (9,
91, 92, 93, 13) insbesondere mit einer Schichtdicke im
Bereich zwischen 0,05 μm bis 5 mm, bevorzugt im Bereich
von 0,05 μm bis 1 mm in zumindest einem Frequenzbereich
10 oberhalb von 1 GHz einen Verlustfaktor $\tan\delta$ kleiner oder
gleich $70 \cdot 10^{-4}$ aufweist.
2. Glasmaterial gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
daß das Material als aufgebrachte Schicht (9, 91, 92,
93, 13) insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich
15 zwischen 0,05 μm bis 5 mm bei Frequenzen im Bereich um
40 GHz einen Verlustfaktor $\tan\delta$ kleiner oder gleich
 $50 \cdot 10^{-4}$ aufweist.
3. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet, daß das Material als
aufgebrachte Schicht (9, 91, 92, 93, 13) insbesondere
mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen 0,05 μm bis 5
mm bei einer Frequenz von 40GHz einen Verlustfaktor $\tan\delta$
kleiner oder gleich $30 \cdot 10^{-4}$ aufweist.
25
4. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial zum
Abscheiden einer Schicht (9, 91, 92, 93, 13) verdampft
werden kann.
30
5. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial durch
Elektronenstrahlverdampfung verdampft werden kann.

6. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial eine Verarbeitungstemperatur von kleiner als 1300 °C aufweist.
- 5
7. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial als aufgebraachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen 0,05 µm bis 5 mm in zumindest einem
- 10 Frequenzbereich oberhalb von 1 GHz eine relative Dielektrizitätskonstante ϵ_R kleiner oder gleich fünf aufweist.
8. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial als
- 15 aufgebraachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen 0,05 µm bis 5 mm bei einer Frequenz von 40 GHz eine relative Dielektrizitätskonstante ϵ_R kleiner oder gleich 5, insbesondere eine relative
- 20 Dielektrizitätskonstante ϵ_R von < 5 aufweist.
9. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial als aufgebraachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke
- 25 im Bereich zwischen 0,05 µm bis 5 mm in einem Temperaturbereich von 20 °C bis 300 °C einen Temperatúrausdehnungskoeffizienten α_{20-300} aufweist, der im Bereich von $2,9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bis $3,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ liegt.
- 30 10. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial als aufgebraachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke im Bereich zwischen 0,05 µm bis 5 mm in einem Temperaturbereich von 20 °C bis 300 °C einen

Temperaturausdehnungskoeffizienten

$\alpha_{20-300} = (3,2 \pm 0,2) \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ aufweist.

11. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
5 dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial als
aufgebrachte Schicht insbesondere mit einer Schichtdicke
im Bereich zwischen 0,05 µm bis 5 mm in einem
Temperaturbereich von 20 °C bis 300 °C einen
Temperaturausdehnungskoeffizienten aufweist, der vom
10 Temperaturausdehnungskoeffizienten des Substratmaterials
weniger als $1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ abweicht.
12. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial als
15 aufgebrachte Schicht säurebeständig gemäß
Säurebeständigkeitsklasse 2 ist.
13. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Glasmaterial als
20 aufgebrachte Schicht laugenbeständig gemäß
Laugenbeständigkeitsklasse 3 ist.
14. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
welches folgende Zusammensetzung in Gewichtsprozent
25 aufweist:
- | | |
|--------------------------------|----------|
| SiO ₂ | 40 - 90, |
| B ₂ O ₃ | 10 - 40, |
| Al ₂ O ₃ | 0 - 5, |
| K ₂ O | 0 - 5, |
| 30 Li ₂ O | 0 - 3, |
| Na ₂ O | 0 - 3. |
15. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
welches folgende Zusammensetzung in Gewichtsprozent

aufweist:

	SiO ₂	60 - 90,
	B ₂ O ₃	105 - 305,
	Al ₂ O ₃	0 - 3,
5	K ₂ O	0 - 3,
	Li ₂ O	0 - 2,
	Na ₂ O	0 - 2.

16. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
welches folgende Zusammensetzung in Gewichtsprozent
aufweist:

	SiO ₂	71 ± 5,
	B ₂ O ₃	26 ± 5,
	Al ₂ O ₃	1 ± 0,2,
15	K ₂ O	1 ± 0,2,
	Li ₂ O	0,5 ± 0,2,
	Na ₂ O	0,5 ± 0,2.

17. Glasmaterial gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
welches folgende Zusammensetzung in Gewichtsprozent
aufweist:

	SiO ₂	84 ± 5,
	B ₂ O ₃	11 ± 5,
	Al ₂ O ₃	0,5 ± 0,2,
25	K ₂ O	0,3 ± 0,2,
	Li ₂ O	0,3 ± 0,2,
	Na ₂ O	2 ± 0,2.

18. Verwendung eines Glasmaterials gemäß einem der
vorstehenden Ansprüche zur Herstellung einer
Isolationsschicht (9, 91, 92, 93, 13) für eine
Hochfrequenz-Leiterstruktur oder ein Hochfrequenz-
Substrat.

19. Verfahren zur Herstellung eines Bauelements (10) mit Hochfrequenz-Leiteranordnung (4, 41, 42), mit den Schritten:
- 5 -Abscheiden einer strukturierten Glasschicht (9, 91, 92, 93, 13) mit zumindest einer Öffnung (8) über einem Kontaktierungsbereich (71 - 74) auf einem Substrat (1) unter Verwendung eines Glasmaterials gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, und
- 10 -Aufbringen zumindest einer Leiterstruktur (100, 111, 112, 113) auf die Glasschicht (9, 91, 92, 93), welche einen elektrischen Kontakt mit dem Kontaktierungsbereich (71 - 74) aufweist.
- 15 20. Verfahren gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasschicht durch Verdampfen von Glasmaterial abgeschieden wird.
- 20 21. Verfahren gemäß Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein passives elektrisches Bauelement auf der Glasschicht (9, 91, 92, 93) aufgebracht wird, welches in Kontakt mit der zumindest einen Leiterstruktur ist.
- 25 22. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schritte des Abscheidens einer strukturierten Glasschicht und des Aufbringens zumindest einer Leiterstruktur (111, 112, 113) mehrfach durchgeführt werden, wobei eine nachfolgend aufgebrachte
- 30 Leiterstruktur mit einem Kontaktierungsbereich einer vorhergehend aufgebrachten Leiterstruktur in Kontakt gebracht wird.
- 35 23. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens

einer strukturierten Glasschicht (9, 91, 92, 93, 13) mit
zumindest einer Öffnung (8) über einem
Kontaktierungsbereich (71 - 74) durch Aufdampfen die
Schritte umfaßt:

- 5 -Aufbringen einer strukturierten Zwischenschicht (21),
welche den Kontaktierungsbereich abdeckt,
-Aufdampfen einer Glasschicht (9, 91, 92, 93, 13) auf
das Substrat und die darauf befindliche strukturierte
Zwischenschicht (21), wobei die Dicke der Glasschicht
10 (9, 91, 92, 93, 13) vorzugsweise geringer ist als die
der strukturierten Zwischenschicht (21) , und
-Entfernen der strukturierten Zwischenschicht (21) ,
wobei die Bereiche (90) der Glasschicht (9, 91, 92, 93,
13), die sich auf der strukturierten Zwischenschicht
15 (21) befinden, mit abgehoben werden.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß
vor dem Aufdampfen der Glasschicht auf den zumindest
einen Kontaktierungsbereich (71 - 74) ein leitendes,
20 gegenüber den Kontaktierungsbereichen benachbarten
Bereichen hervorragendes Material (19) aufgebracht wird,
welches von der strukturierten Zwischenschicht (21)
bedeckt wird.

- 25 25. Verfahren gemäß Anspruch 23 oder 24, dadurch
gekennzeichnet, daß die strukturierte Zwischenschicht
(21) durch Bedrucken oder photolithographisches
Strukturieren hergestellt wird.

- 30 26. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbringen der
Leiterstruktur die Schritte des Aufbringens einer
negativ strukturierten Zwischenschicht und des
Abscheidens von leitendem Material umfaßt.

27. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Schritt des
Abscheidens einer strukturierten Glasschicht (9, 91, 92,
5 93, 13) zumindest eine leitende Struktur, insbesondere
eine Leiterbahn auf das Substrat aufgebracht wird.
28. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch den Schritt des Abscheidens einer
10 abschließenden Glasschicht (13) unter Verwendung eines
Glasmaterials gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 und das
Herstellen zumindest einer Durchkontaktierung (15) in
der abschließenden Glasschicht (13).
- 15 29. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) ein
Halbleitersubstrat mit aktiven Halbleiter-Bereichen
(33) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest
eine Leiterstruktur (100, 111, 112, 113) beim Aufbringen
20 mit einer Anschlußstelle (35) des aktiven Halbleiter-
Bereichs (33) in Verbindung gebracht wird.
30. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine
25 Leiterstruktur (100, 111, 112, 113) beim Aufbringen mit
einer Durchkontaktierung (37) durch das Substrat (1)
verbunden wird.
31. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
30 dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) während des
Aufdampfens der Glasschicht (9, 91, 92, 93, 13) auf
einer Temperatur zwischen 50 °C und 200 °C, bevorzugt
zwischen 80 °C und 120 °C gehalten wird.

32. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Glasschicht (9, 91, 92,
93) mit einer Abscheiderate von zumindest 0,1 µm
Schichtdicke pro Minute aufgedampft wird.
- 5 33. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Öffnung
(8) in der Glasschicht (9, 91, 92, 93, 13) mit leitendem
Material (19) aufgefüllt wird.
- 10 34. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) im
Waferverbund beschichtet wird.
- 15 35. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Aufdampfen einer
Glasschicht (9, 91, 92, 93, 13) durch Plasma-Ionen-
unterstütztes Aufdampfen (PIAD) erfolgt.
- 20 36. Bauelement (10) mit Hochfrequenz-Leiteranordnung (4, 41,
42), insbesondere hergestellt mit einem Verfahren gemäß
einem der vorstehenden Ansprüche, welches
-ein Substrat (1) mit zumindest einem
Kontaktierungsbereich (71 - 74),
25 -auf zumindest einer Seite (3, 5) des Substrats (1) eine
Glasschicht (9, 91, 92, 93, 13), die zumindest eine
Öffnung (8) mit einer Durchkontaktierung aufweist, wobei
die Glasschicht durch Verdampfen eines Glasmaterials
insbesondere gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17
30 abgeschieden ist, und wobei die Durchkontaktierung in
elektrischem Kontakt mit dem Kontaktierungsbereich (71 -
74) steht, und
-zumindest eine Leiterstruktur (100, 111, 112, 113) auf
der Glasschicht (9, 91, 92, 93), welche mit der
35 Durchkontaktierung in Kontakt ist,

umfaßt.

37. Bauelement gemäß Anspruch 36, gekennzeichnet durch
zumindest ein passives elektrisches Bauelement (23) auf
5 der Glasschicht (9, 91, 92, 93, 13), welches an die
zumindest eine Leiterstruktur (100, 111, 112, 113)
angeschlossen ist.
38. Bauelement gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
10 gekennzeichnet durch eine mehrlagige Leiteranordnung (4,
41, 42) mit zumindest zwei aufgedampften Glasschichten
(9, 91, 92, 93) und jeweils darauf aufgebracht
Leiterstruktur (100, 111, 112, 113), wobei eine
Leiterstruktur auf einer ersten Glasschicht mit einer
15 Leiterstruktur auf einer zweiten Glasschicht über eine
Durchkontaktierung (15) in elektrischem Kontakt sind.
39. Bauelement gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) ein
20 Halbleitersubstrat mit zumindest einem aktiven
Halbleiter-Bereich (33) auf einer ersten Seite (3) des
Substrats (1) umfaßt, welches an die Leiterstruktur
angeschlossen ist.

Fig. 1

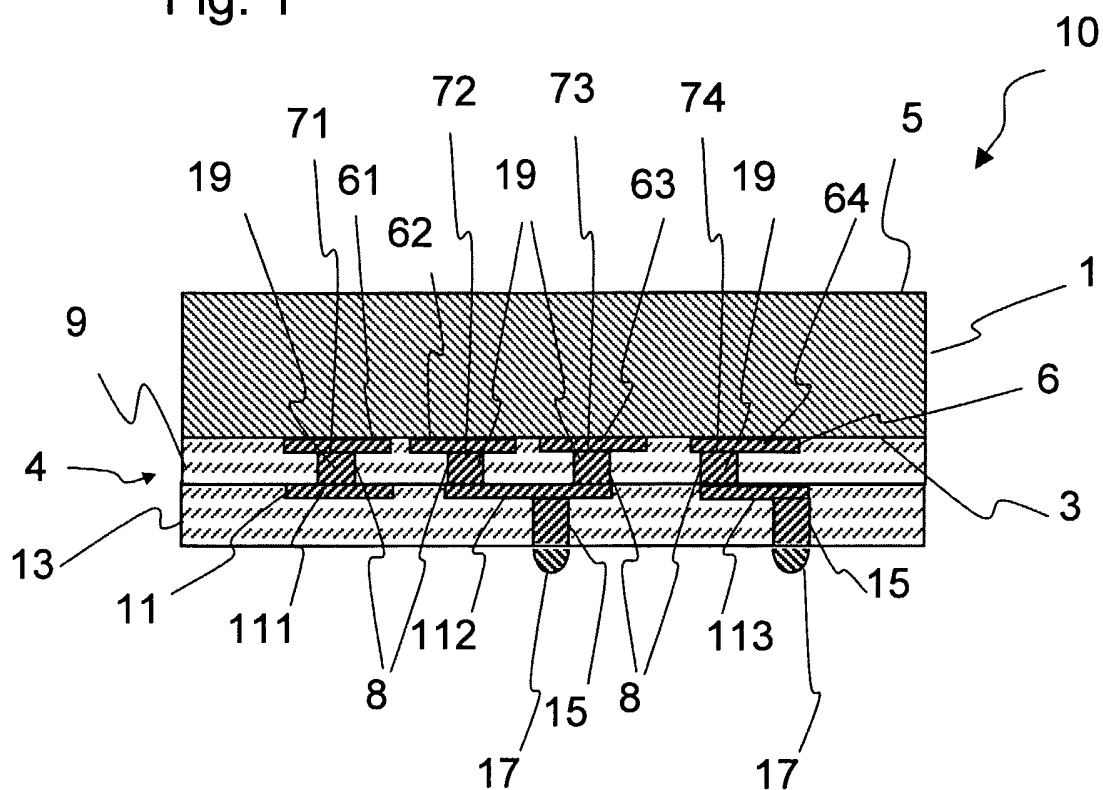


Fig. 2

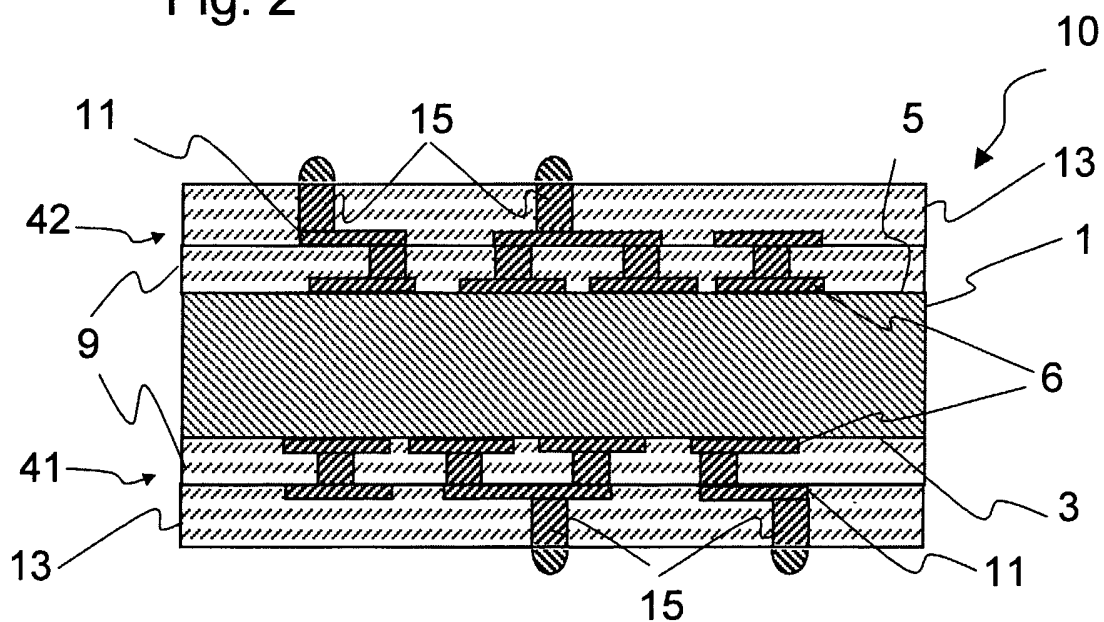


Fig. 3A

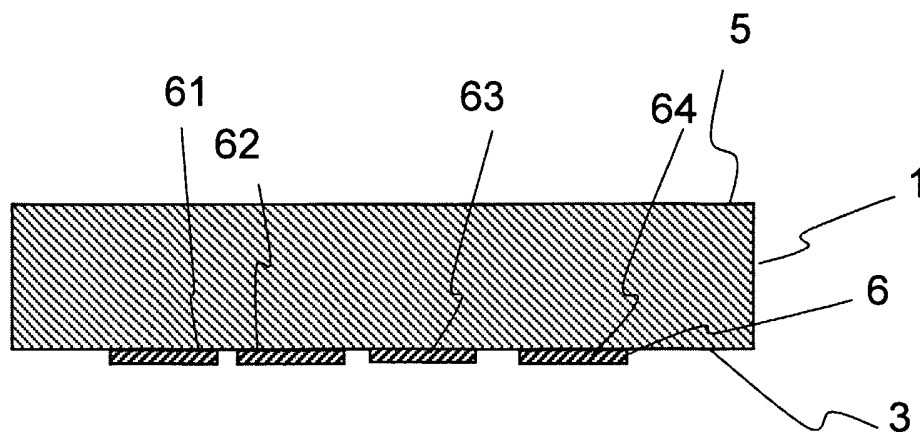


Fig. 3B

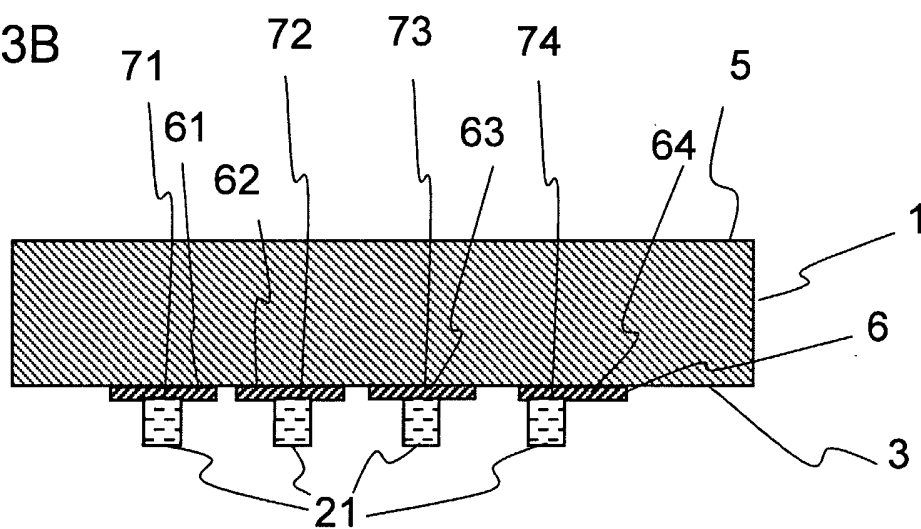


Fig. 3C

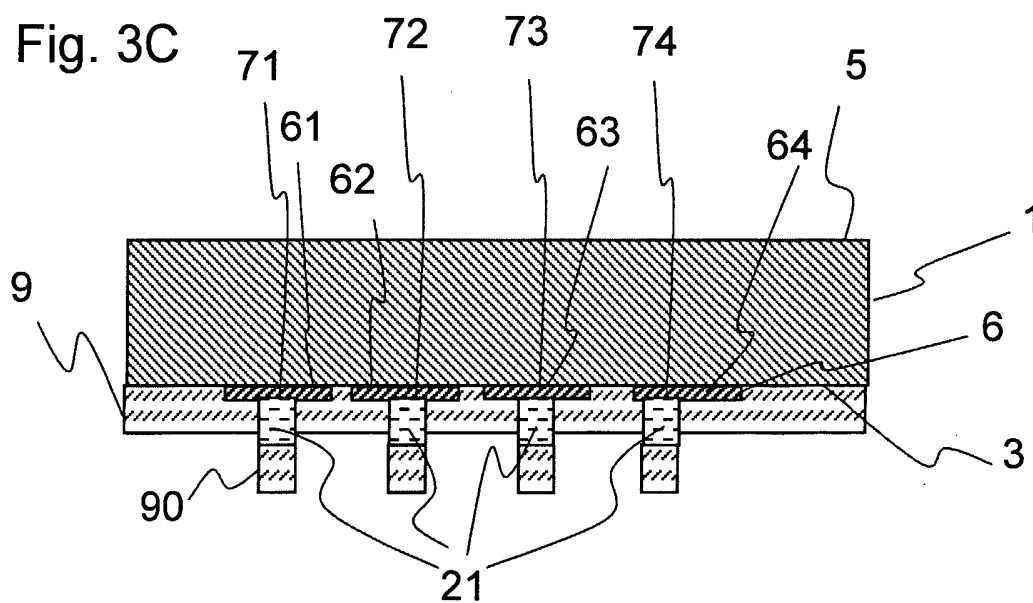


Fig. 3D

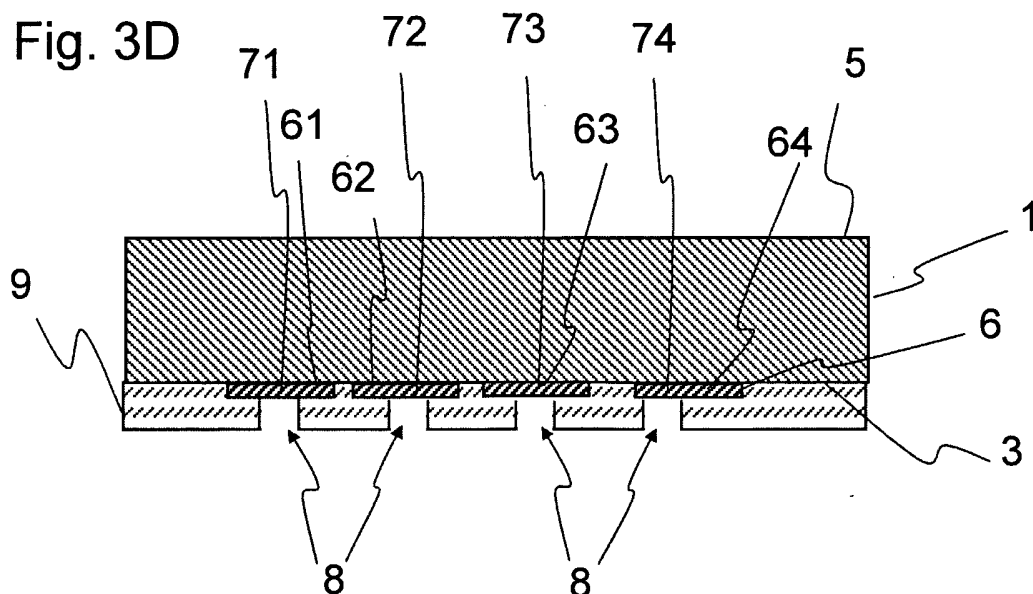


Fig. 3E

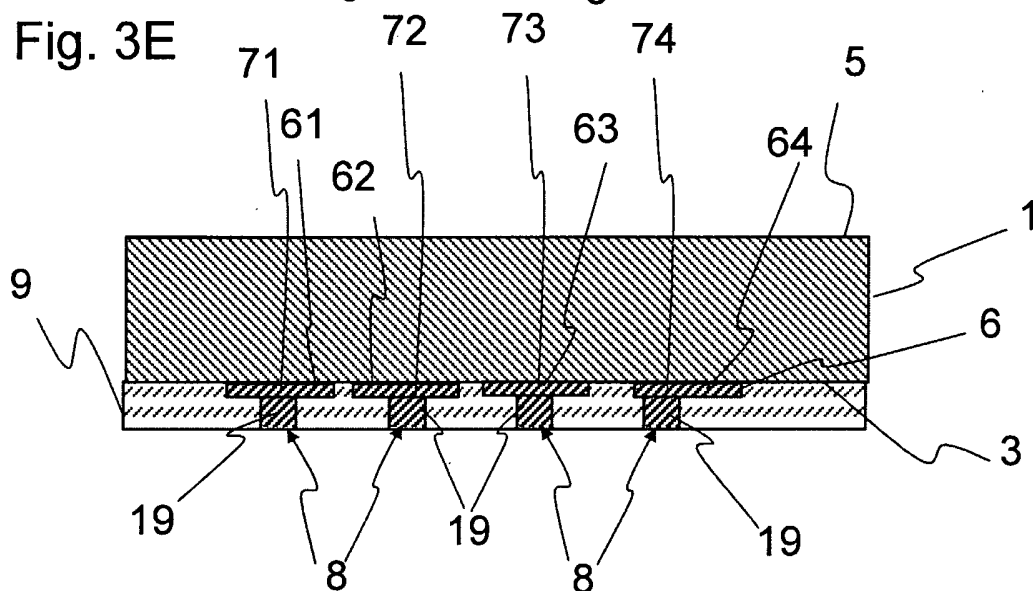


Fig. 3F

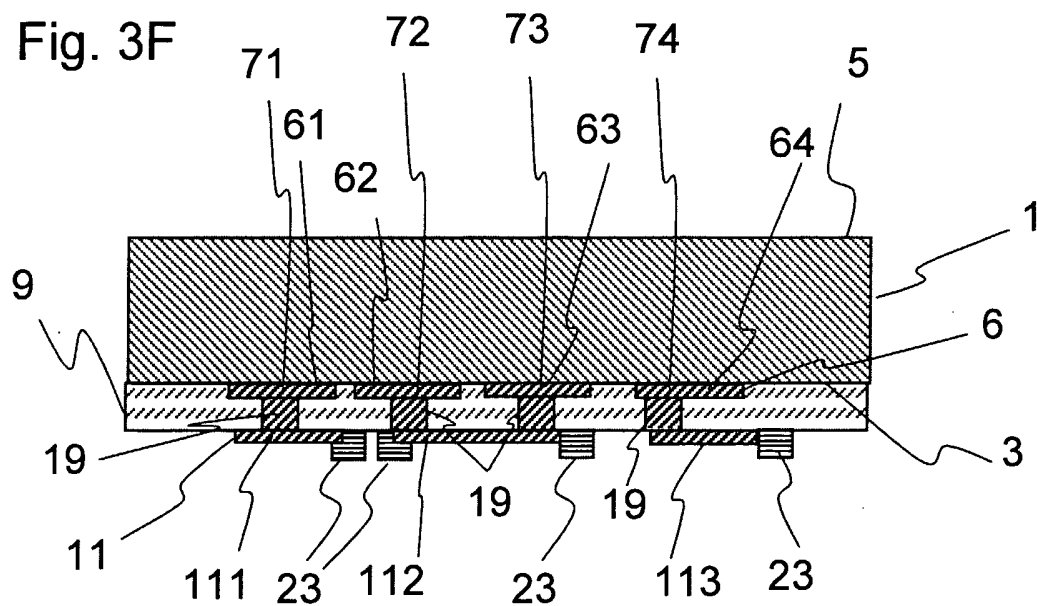


Fig. 3G

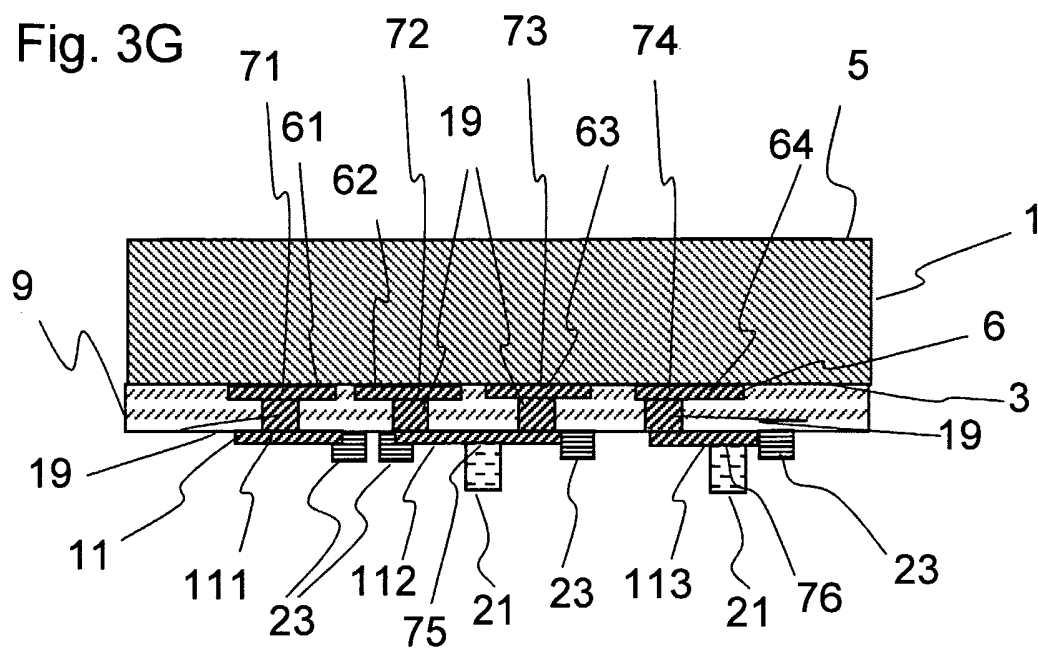


Fig. 3H

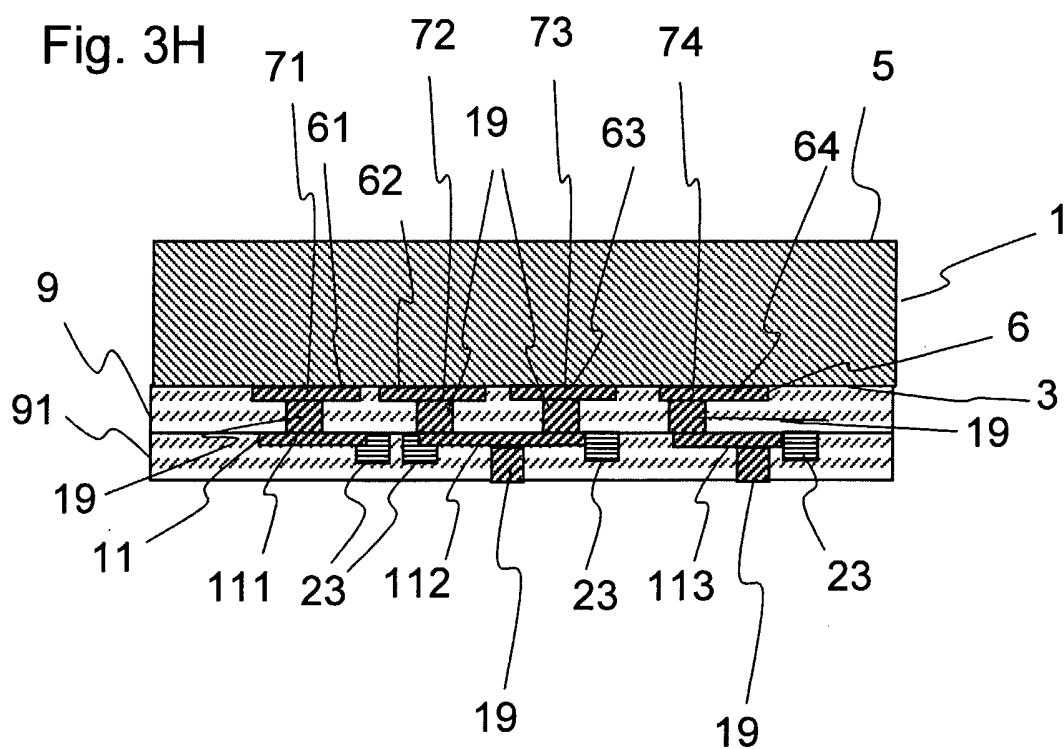


Fig. 4A

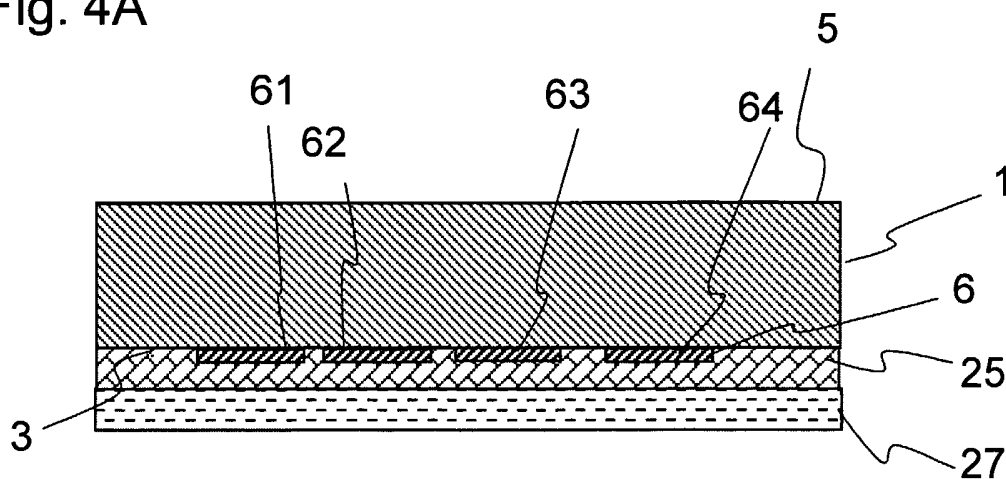


Fig. 4B

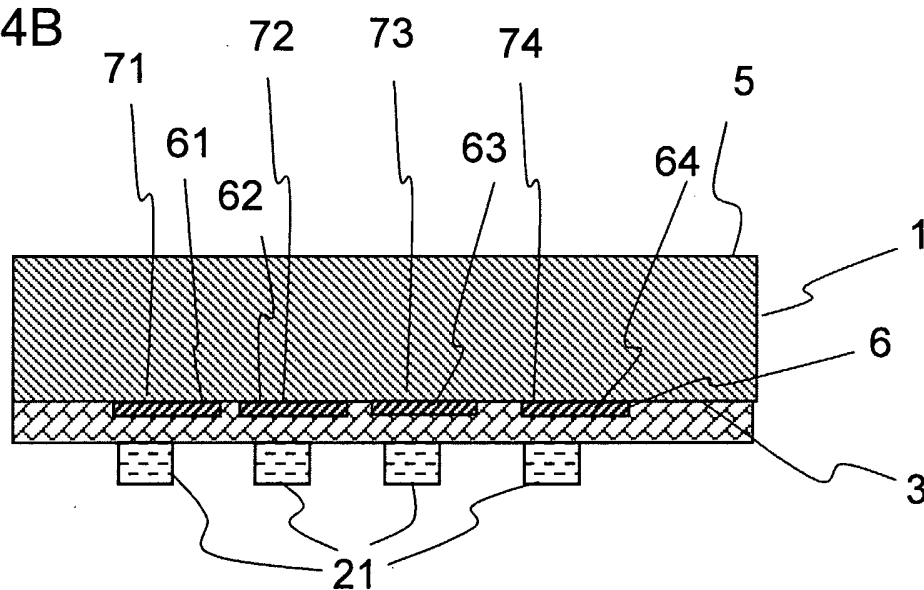


Fig. 4C

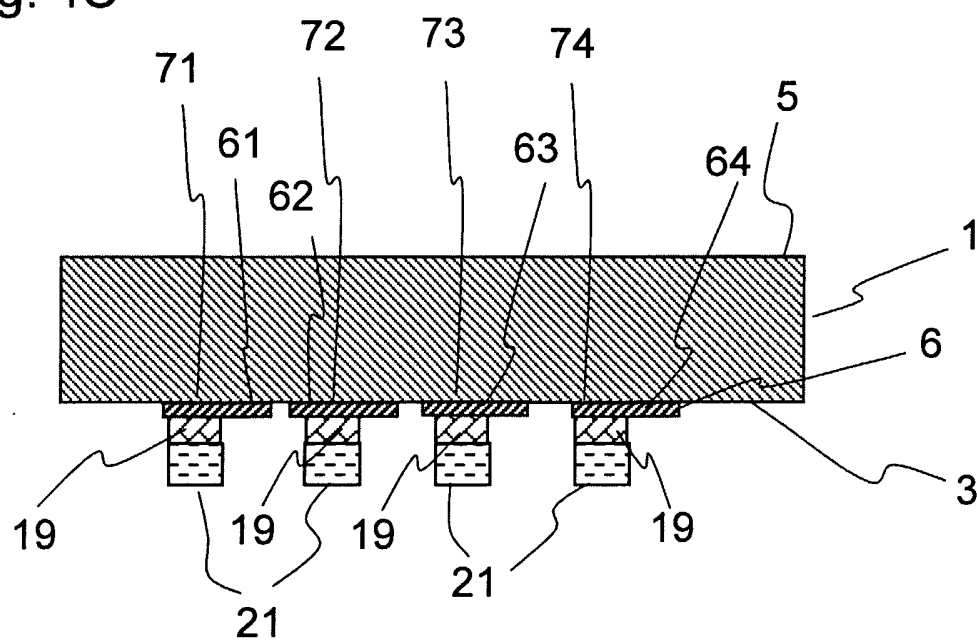


Fig. 4D

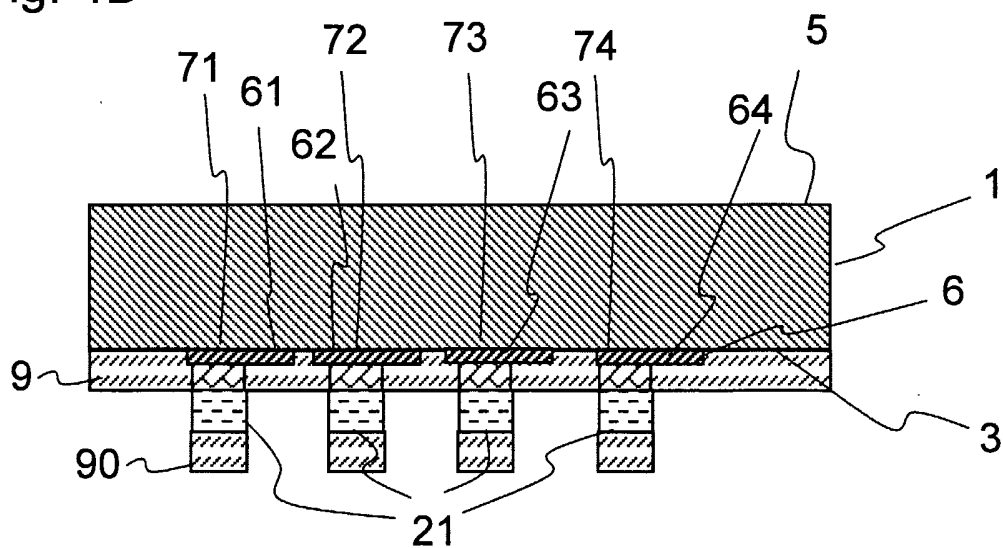


Fig. 4E

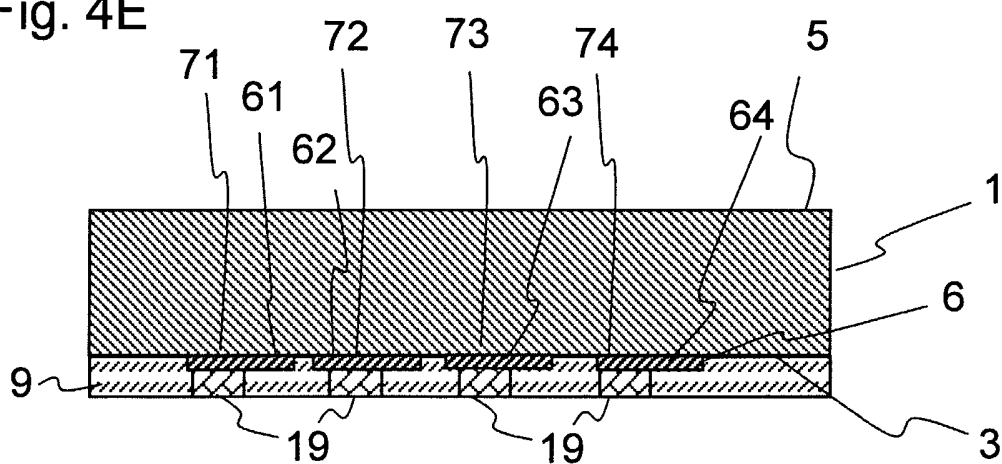


Fig. 5

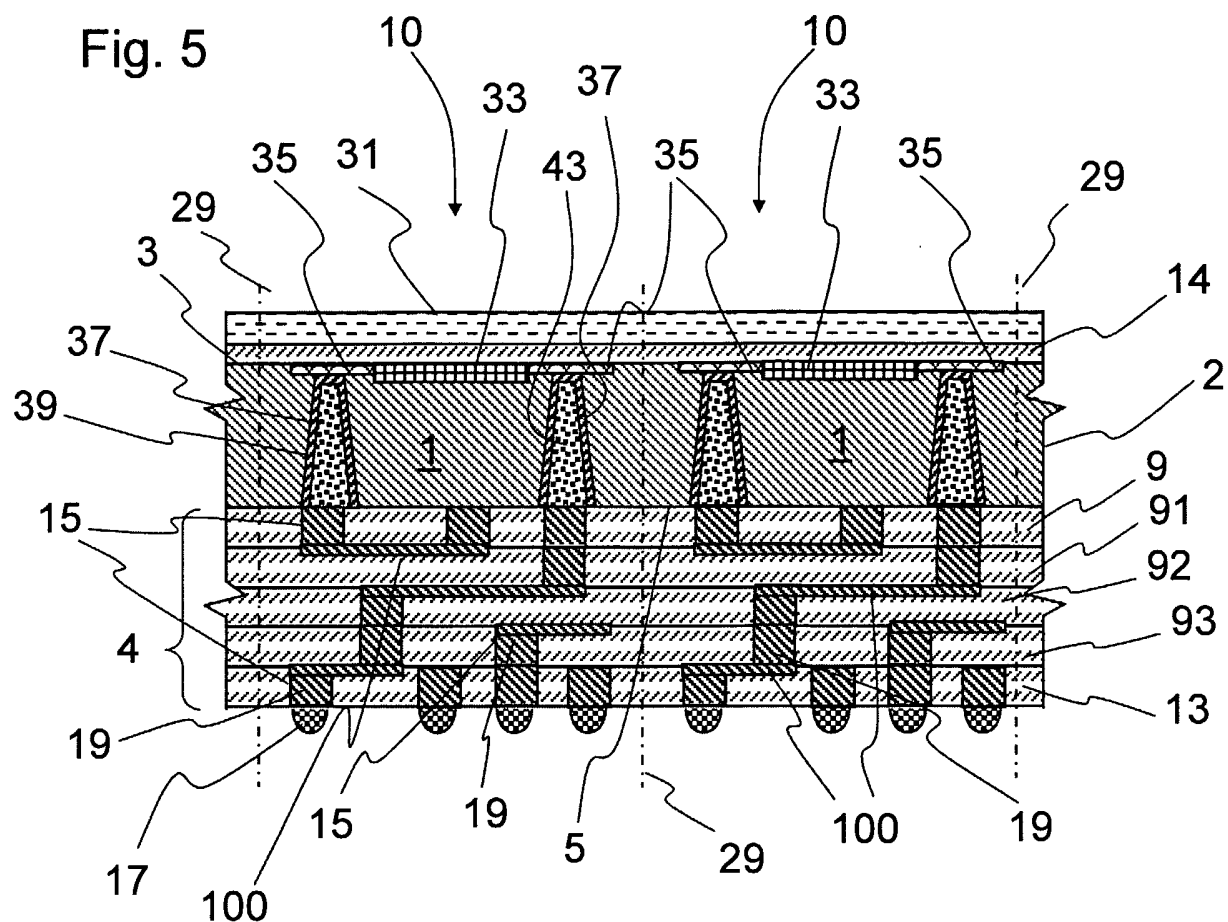


Fig. 6

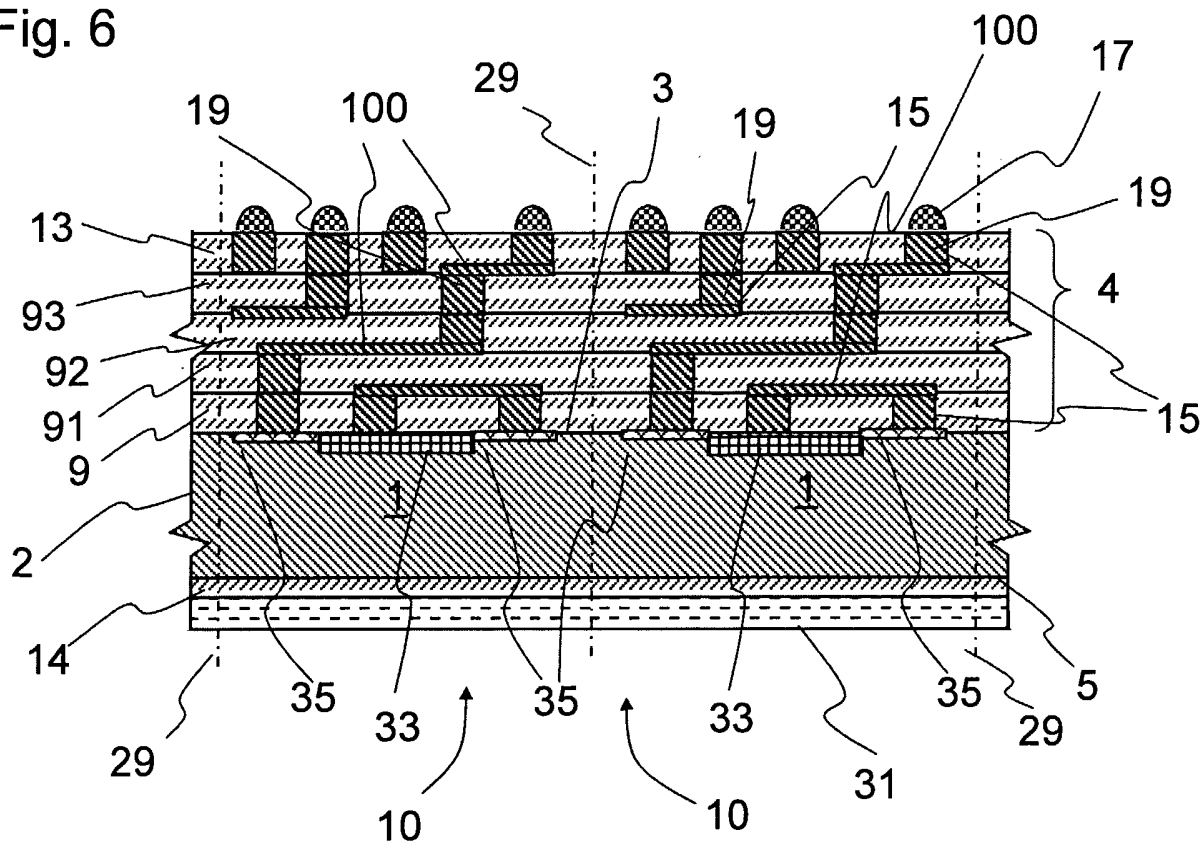


Fig. 7

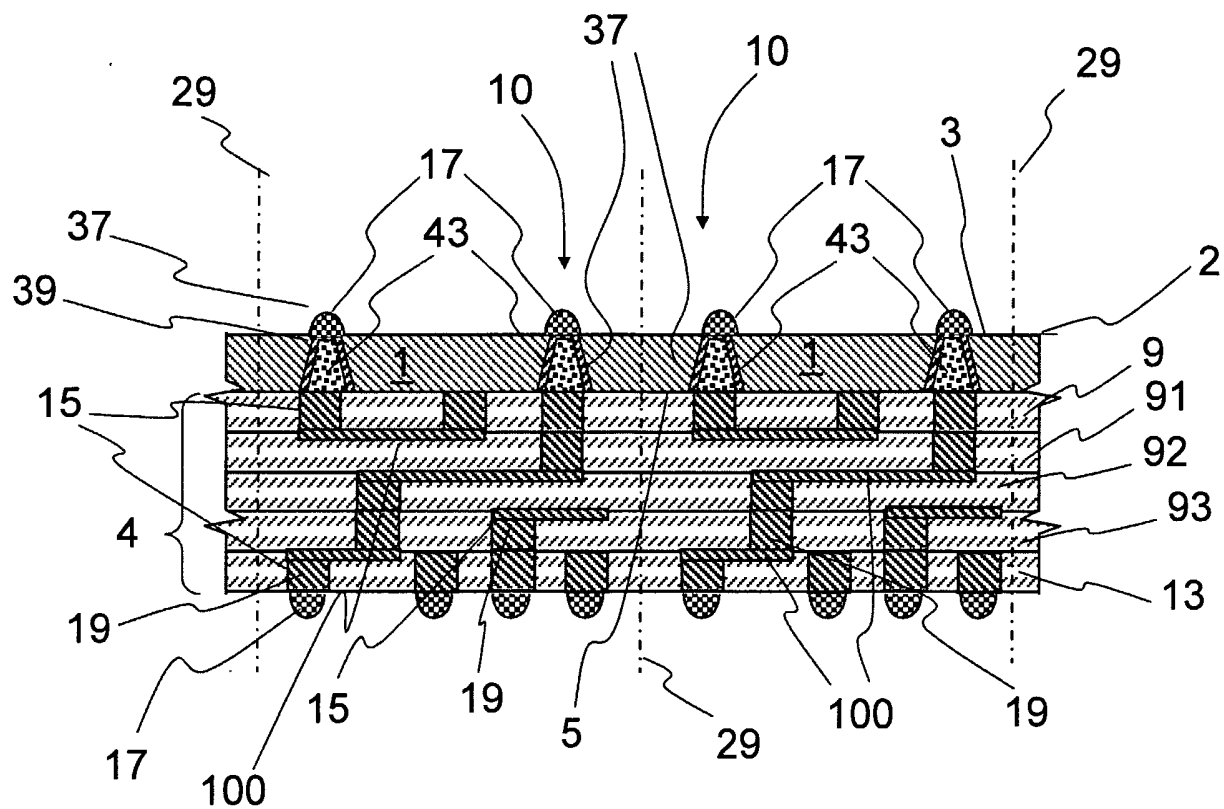
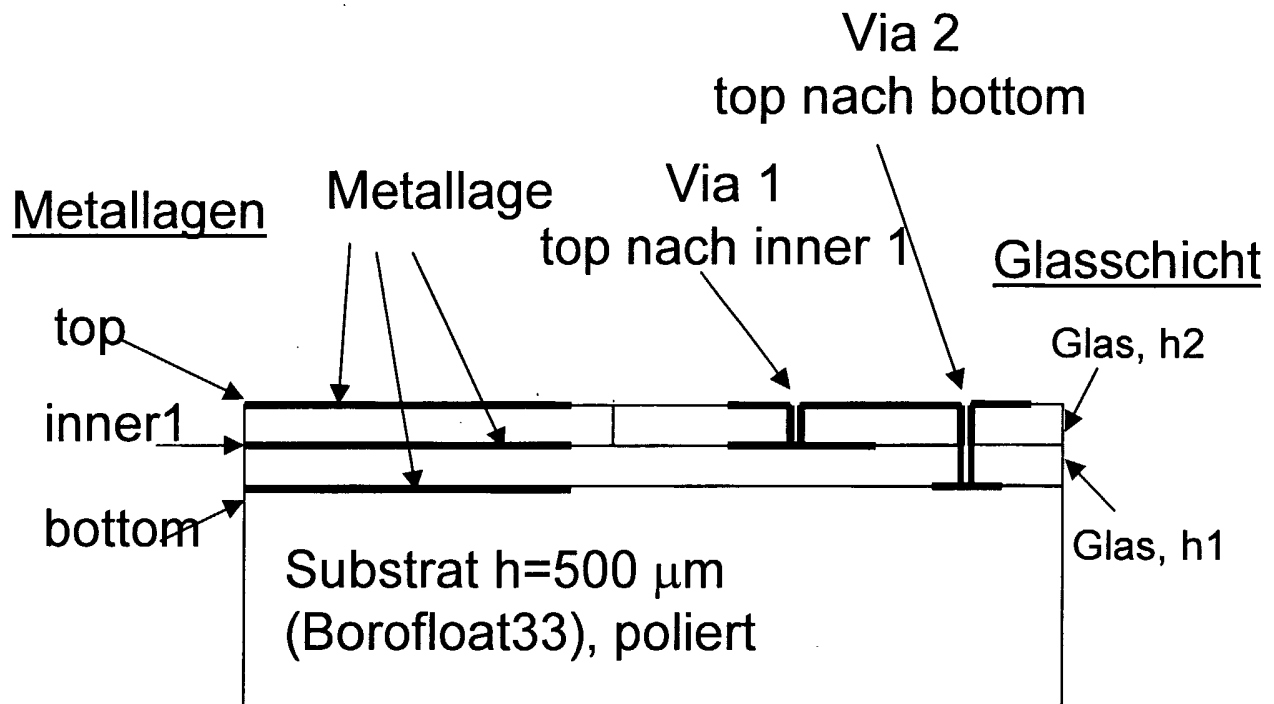


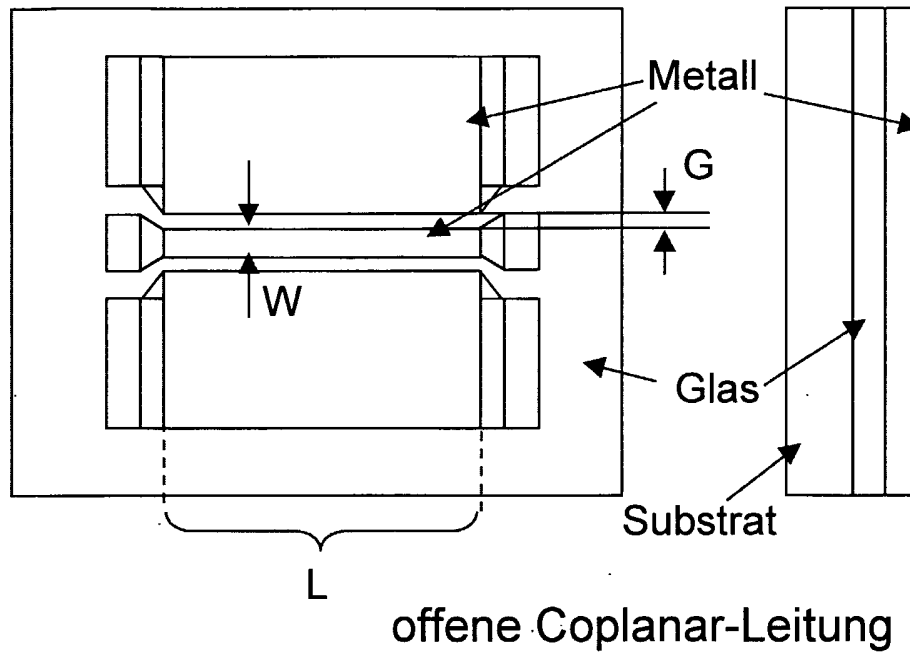
Fig. 8

Schematischer Layeraufbau für HF Messung

$$h_1=3\mu\text{m}, h_2=3\mu\text{m}$$

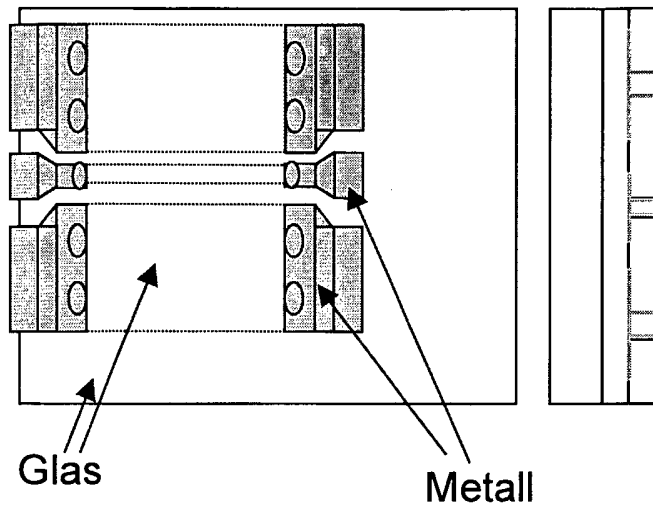
$$\text{Metallstärke } t=0,5\mu\text{m}$$

Fig. 9

CPW Struktur 1 / 2

Parameter	Wert Struktur 1	Wert Struktur 2
G	5 μm	10 μm
W	42 μm	76 μm
L	1, 5, 20, 50mm	1, 5, 20, 50mm

Fig. 10

CPW Struktur 3

vergrabene
Coplanar-Leitung

grosse Vias bei der Masse
kleine Vias in der
Signalleitung

Parameter	Wert
G	13 μm
W	76 μm
L	1, 5, 20, 50mm

Fig. 11

Glas Material	Metall Material	Wellenleiter- Typ	Gap G, Weite in μm	Streifenbreite W in μm	Länge L in mm	Proben- name
Glas1 8329	Al	Coplanar	10	76	5	G1ACPW2 2
Glas1 8329	Al	Vergraben, coplanar	13	76	5	G1ACPW3 2
Glas2 G018-189	Al	Coplanar	10	76	5	G2ACPW2 6
Glas2 G018-189	Al	Vergraben, coplanar	13	76	5	G2ACPW3 2

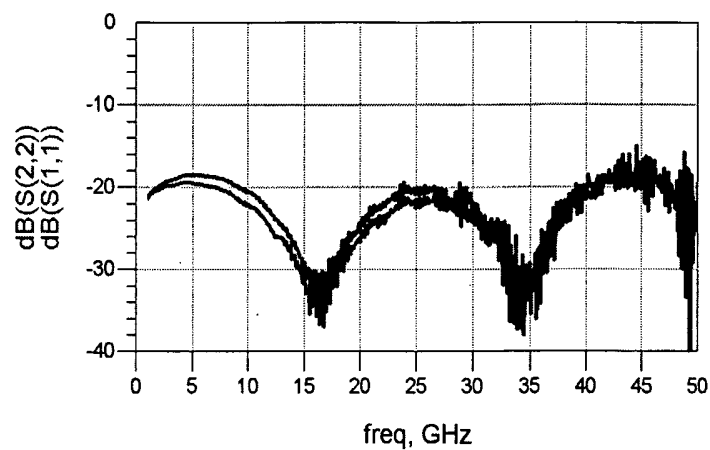


Fig. 12: Betrag des Streuparameters S11 der Probe G1ACPW2_2

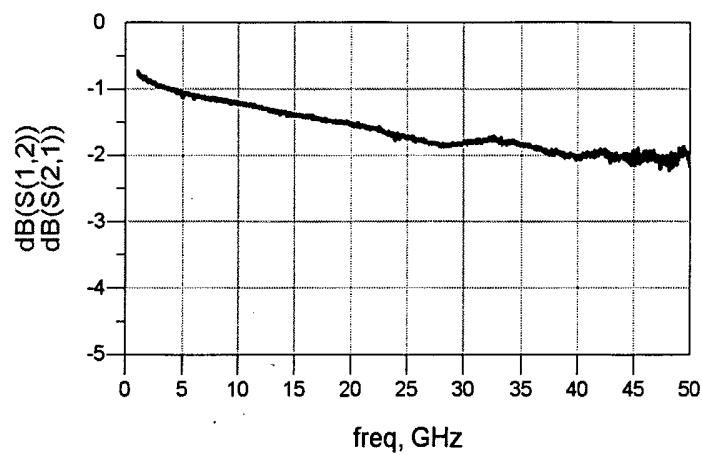


Fig. 13: : Betrag des Streuparameters S21 der Probe G1ACPW2_2.

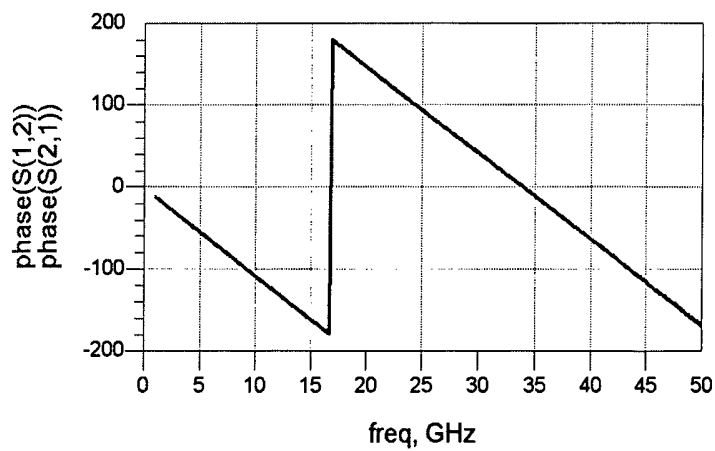


Fig. 14: :Phasenverlauf S21 der Probe G1ACPW2_2

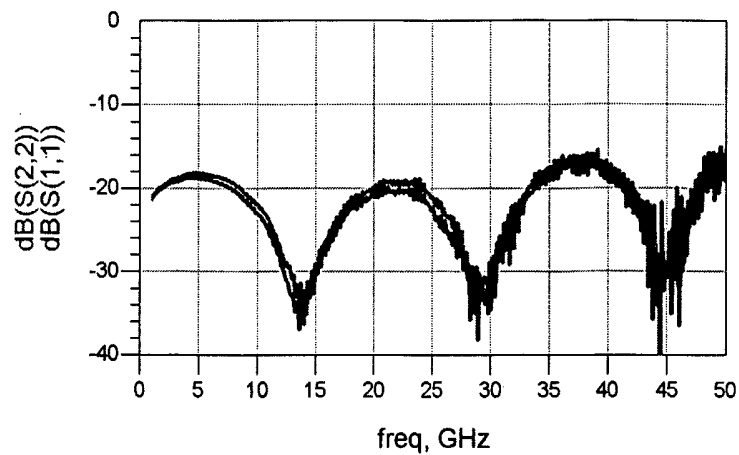


Fig.15: Betrag des Streuparameters S_{11} der Probe G1ACPW3_2

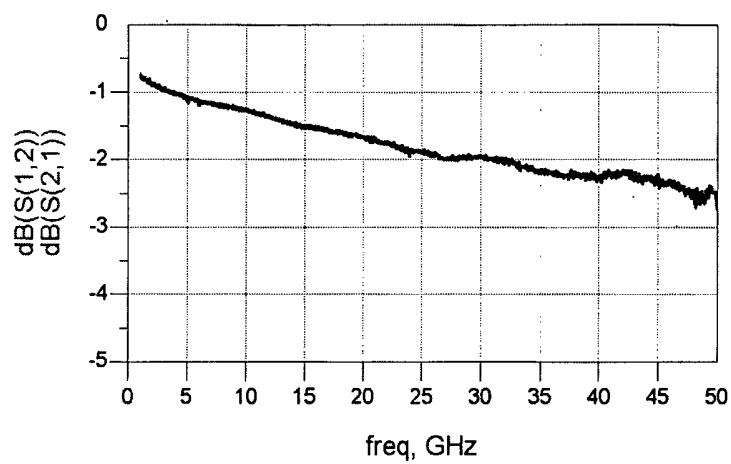


Fig.16: Betrag des Streuparameters S_{21} der Probe G1ACPW3_2

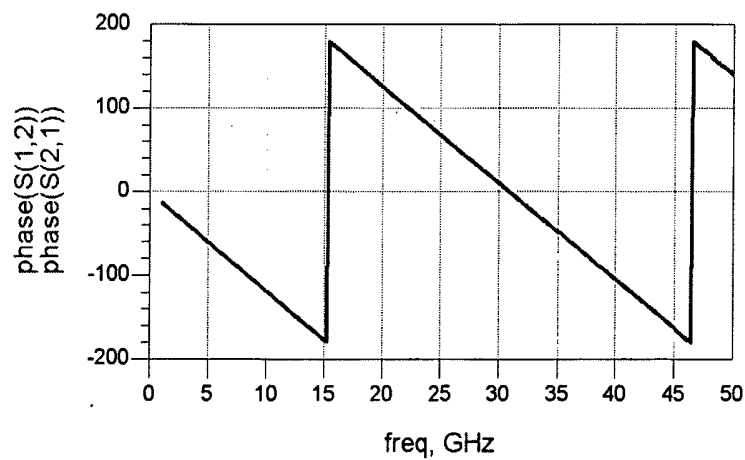


Fig. 17: Phasenverlauf S_{21} der Probe G1ACPW3_2

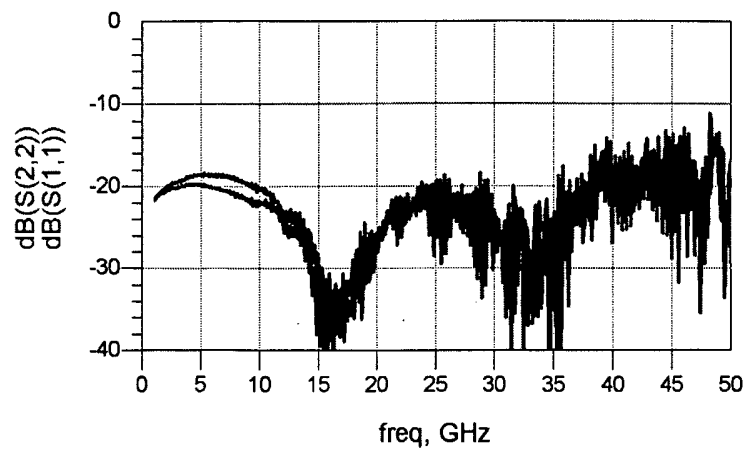


Fig. 18: Betrag des Streuparameters S11 der Probe G2ACPW2_6

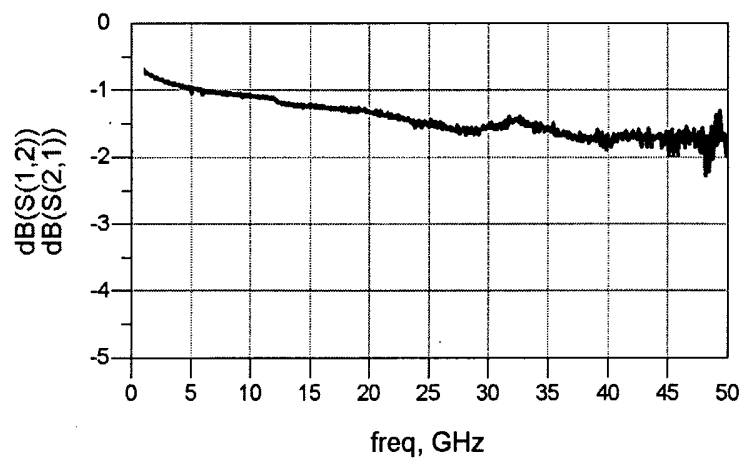


Fig. 19: Betrag des Streuparameters S21 der Probe G2ACPW2_6

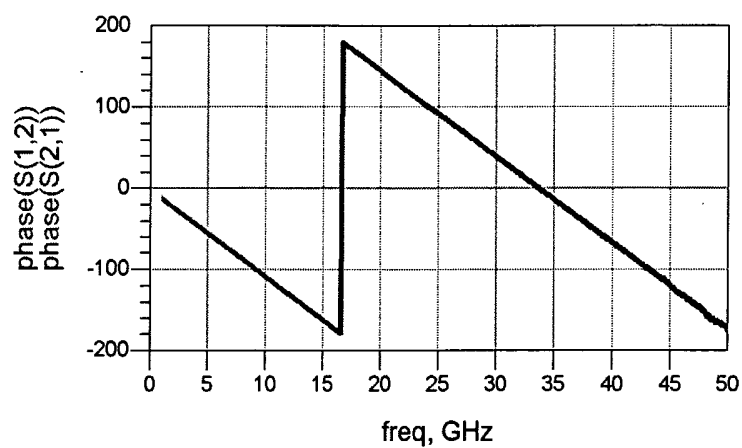


Fig. 20: Phasenverlauf S21 der Probe G2ACPW2_6

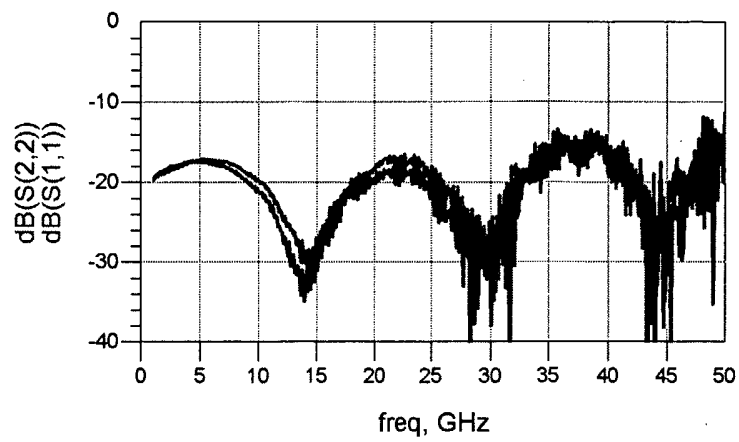


Fig. 21: Betrag des Streuparameters S_{11} der Probe G2ACPW3_2

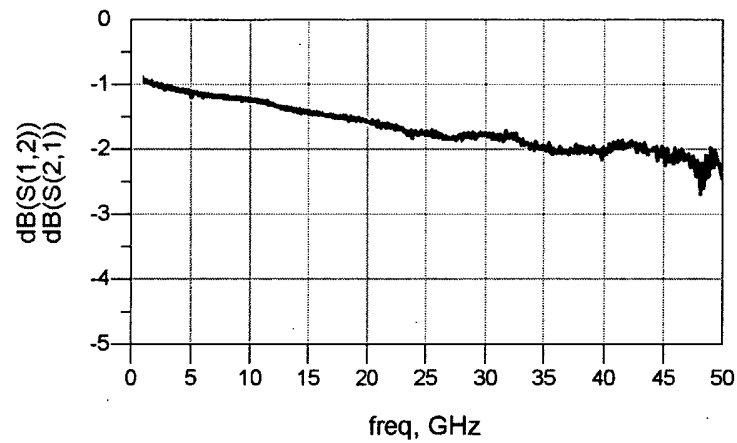


Fig. 22: Betrag des Streuparameters S_{21} der Probe G2ACPW3_2

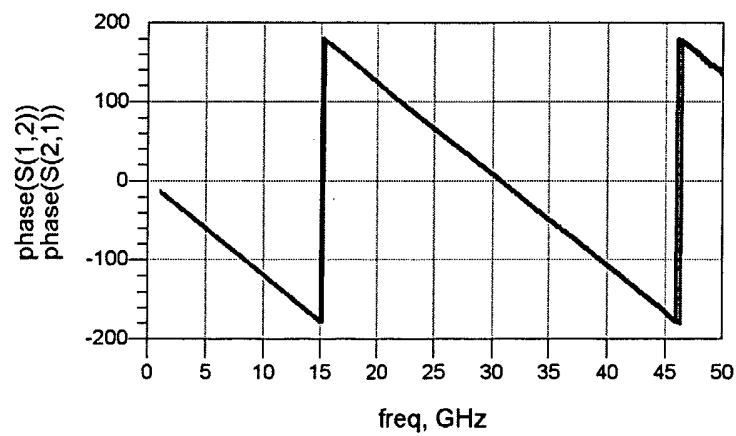


Fig.23: Phasenverlauf S_{21} der Probe G2ACPW3_2