

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 193 790 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

03.04.2002 Patentblatt 2002/14

(51) Int Cl.7: **H01P 3/08**

(21) Anmeldenummer: **01122834.3**

(22) Anmeldetag: **22.09.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **29.09.2000 DE 10048243**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:

- **Voigtlaender, Klaus**
73117 Wangen (DE)
- **Mueller-Fiedler, Roland**
71229 Leonberg (DE)
- **Walter, Thomas**
71272 Renningen (DE)
- **Roesch, Oliver**
70567 Stuttgart (DE)
- **Dutzi, Joachim**
38259 Salzgitter (DE)

(54) **Substrat mit geglätteter Oberfläche und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Um ein preiswertes Substrat mit mindestens einem geglätteten und/oder planarisierten Oberflächenbereich und ein einfaches Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, welches nicht aufwendig ist, und mit hoher Ausbeute durchgeführt werden kann, wird ein solches Substrat, bei dem auf mindestens einem rauen Oberflächenbereich des Substrats bzw. mindestens ei-

nem gekrümmten und gegebenenfalls rauen Oberflächenbereich des Substrats eine Polymerschicht aufgebracht ist, deren vom Substrat abgewandte Oberfläche glatt und planar ist, und ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Substrats, bei dem auf mindestens einen rauen und/oder gekrümmten Oberflächenbereich des Substrats eine polymerisierbare Flüssigkeit aufgebracht und polymerisiert wird.

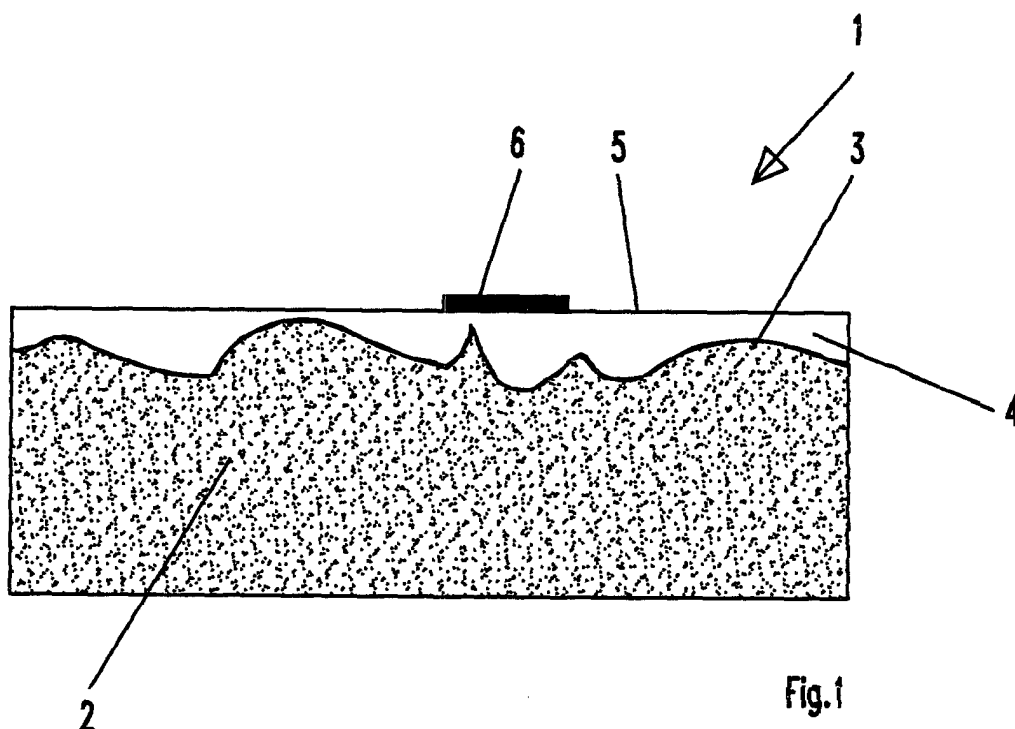


Fig.1

EP 1 193 790 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Substrat mit mindestens einem geglätteten und/oder planarisierten Oberflächenbereich und ein Verfahren zum Herstellen insbesondere eines solchen Substrats.

[0002] Substrate dieser Art werden beispielsweise als Grundlage von mikroelektronischen Schaltungen benötigt, wobei diese Substrate aus einem isolierenden oder halbleitenden Material bestehen. Auf den Substraten werden Metallschichten abgeschieden, welche anschliessend photolithographisch strukturiert werden. Hat das Substrat eine raue Oberfläche, hat auch das Metall - unabhängig davon, ob es als Folie auf das Substrat laminiert oder galvanisch aufgebracht wird - eine raue Oberfläche. Bei der Strukturierung kann dann das gewünschte Muster nicht wahrheitsgetreu von einer Maske auf die Metalloberfläche übertragen werden. Auch wenn die Substratoberfläche gekrümmt ist, ist die Übertragung ungenau. Sollen auf der rauhen Oberfläche mehrere, durch isolierende Schichten voneinander getrennte Lagen, beispielsweise, von Leiterzügen erzeugt werden, kann es, wenn der Abstand zwischen den Lagen sehr gering sein soll, wegen der Rauigkeit zu Kurzschlüssen kommen. Isolierende Substrate aus Keramikmaterial, insbesondere die wegen ihrer geringen Herstellungskosten günstigen LTCC (Low temperature cofired ceramics) werden bevorzugt zum Aufbau von Mikrowellenschaltungen für höhere Frequenzen eingesetzt. Je nach Hersteller weisen aber die Oberflächen der Keramiksubstrate eine starke Rauigkeit auf. Bei den Mikrowellenschaltungen verursachen Metalleitungen mit rauher Oberfläche frequenzabhängig Verluste.

[0003] Zwar ist es so, daß bei Frequenzen < etwa 10 GHz die durch diese Rauigkeit verursachten Verluste nicht beachtlich sind, so daß die metallischen Leitungen hierfür auch auf rauhen Oberflächen aufgebracht werden können. Bei Frequenzen > etwa 10 GHz sind aber die auftretenden Verluste beachtlich und werden mit steigender Frequenz untolerierbar.

[0004] Um die genannten Nachteile zu beheben, können die Keramikscheiben poliert werden. Dieser Arbeitsschritt ist jedoch wegen der Sprödigkeit des Materials aufwendig und mit hohen Kosten verbunden und der Ausschuß ist hoch.

Die Erfindung und ihre Vorteile

[0005] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein preiswertes Substrat mit mindestens einem geglätteten und/oder planarisierten Oberflächenbereich und ein einfaches Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, welches nicht aufwendig ist, und mit hoher Ausbeute durchgeführt werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird mit einem Substrat der eingangs genannten Art mit den Merkmalen der kennzeichnenden Teile der Ansprüche 1 und 4 und mit einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 19 gelöst.

[0007] Die Polymerschicht auf rauhen und gegebenenfalls gekrümmten Substratoberflächen hat, wenn ein geeignetes Polymer ausgesucht wird, auf ihrer vom Substrat abgewandten Seite eine so ausreichend glatte und/oder ebene Oberfläche, daß die wahrheitsgetreue Übertragung von Mustern in auf der Polymerschicht aufgebrachtes Metall und der Aufbau von Mehrlagenstrukturen auf der Polymerschicht aus sehr dünnen isolierenden und leitenden Schichten möglich ist, ohne daß Kurzschlüsse zu befürchten sind. Bei Substraten, welche halbleitend sind, kann die glättende Schicht gleichzeitig als Isolierschicht verwendet werden.

[0008] Das Verfahren ist einfach mit den bei der Herstellung mikrominiaturisierter Schaltungen ohnehin gebräuchlichen Werkzeugen durchführbar. Bei richtiger Auswahl der Ausgangsmaterialien für das Polymer läßt sich die Herstellung der glättenden Schicht so durchführen - und zwar auch dann, wenn die polymerisierbare Flüssigkeit ein Lösungsmittel enthält -, daß die Schicht beim Trocknen und Aushärten allenfalls so schrumpft, daß die von der rauhen Substratoberfläche abgewandte Oberfläche der erzeugten Polymerschicht nur eine unwesentliche Rauigkeit aufweist. Die Ausgangsmaterialien für die Erzeugung einer geeigneten glättenden Polymerschicht lassen sich aufgrund des Allgemeinwissens über eine große Anzahl von Polymeren mit guten dielektrischen und mechanischen Eigenschaften durch einfache Versuche leicht ermitteln.

[0009] Es ist vorteilhaft, wenn das Substratmaterial halbleitend oder isolierend ist. Günstige isolierende Materialien sind Keramikmaterialien.

[0010] Bevorzugt ist das Polymer in der Polymerschicht ein organisches oder ein anorganisch-organisches Polymer.

[0011] Vorteilhafte organische Polymere sind insbesondere ausgewählt aus der Gruppe Polyimide, Polytetrafluorethylene und Benzocyclobutene. Zu den geeigneten anorganisch-organischen Polymeren gehören insbesondere solche, welche durch einen modifizierten Sol-Gel-Prozess erzeugt worden ist. Von diesen sind Ormocere® besonders vorteilhaft.

[0012] Ein erfindungsgemäßes Substrat aus einem Keramikmaterial, das plattenförmig ausgebildet ist, und bei dem auf beiden großen Oberflächen Metall aufgebracht ist, läßt sich vorteilhafter Weise als Hochfrequenzschaltung verwenden, bei der auch bei Frequenzen > etwa 10 GHz die Verluste sehr gering sind.

[0013] Bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Substrats ist es vorteilhaft, wenn eine Monomere oder Oligomere enthaltende polymerisierbare Flüssigkeit aufgebracht wird. Dabei wird die polymerisierbare Flüssigkeit bevorzugt durch Tauchen, Sprühen oder Schleudern aufgebracht, wobei das Glätten und/oder Planarisieren der aufgetragenen Flüssigkeitsschicht in vorteilhafter Weise durch thermische Viskositätsniedrigung in der polymerisierbaren Flüssigkeit unterstützt wird.

[0014] Bevorzugt werden die anorganisch-organischen Polymere durch einen modifizierten Sol-Gel-Prozess erzeugt.

[0015] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Substrats und des erfindungsgemäßen Verfahrens zu seiner Herstellung sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

Die Zeichnung

[0016] Im folgenden wird die Erfindung anhand von durch Zeichnungen erläuterten Ausführungsbeispielen detailliert beschrieben. Es zeigt

[0017] Fig. 1 in schematischer Querschnittsdarstellung einen Ausschnitt aus einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Substrats, nämlich ein Keramiksubstrat mit geglätteter Oberfläche und einem auf der geglätteten Oberfläche aufgetragenen Metallstreifen.

[0018] Im folgenden wird die Erfindung in erster Linie am Beispiel eines Keramiksubstrats beschrieben, welches durch eineOrmocer®-Beschichtung geglättet worden ist. Es sei aber klargestellt, daß zwar das mitOrmocer® geglättete Keramiksubstrat besonders günstige Eigenschaften hat und sich besonders einfach herstellen läßt, und die Erfindung anhand dieses Beispiels sich besonders anschaulich erläutern läßt, daß aber von diesem Beispiel im Rahmen der Ansprüche mannigfaltige Abweichungen möglich sind.

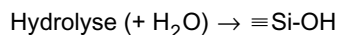
[0019] Die in der Fig. 1 gezeigte, nicht maßstäbliche Darstellung stellt ausschnittsweise eine Anordnung 1 dar, die aus einem plattenförmigen Keramiksubstrat 2 mit einer rauhen oberen Oberfläche 3 und einer auf dieser aufgetragenen Schicht 4 aus einemOrmocer^R (Produkte, welche unter diesem Markennamen von der Fraunhofer-Gesellschaft angeboten werden und welche durch einen modifizierten Sol-Gel-Prozess erzeugt worden sind) mit einer glatten Oberfläche 5. Die Tiefe der Rauigkeit in der Oberfläche 3 kann > etwa 100 µm betragen. In der Oberfläche 5 ist die Tiefe der Rauigkeit maximal mehrere 10 nm (Normalerweise ist auch die untere Oberfläche des Keramiksubstrats rau. Auch die untere Oberfläche kann in derselben Weise wie die obere geglättet werden). Auf der Oberfläche 5 ist eine metallische Leitung 6 aufgebracht. Gegebenenfalls ist die untere Oberfläche des Keramiksubstrats ganzflächig mit einer nicht gezeigten Metallschicht bedeckt.

[0020] Statt desOrmocers^R kann die Schicht 4 auch aus einem anderen anorganisch-organischen Polymer erzeugt sein, insbesondere solchen, die durch einen modifizierten Sol-Gel-Prozess hergestellt worden sind. Die anorganisch-organischen Polymere sind besonders günstig, weil sie aufgrund ihrer chemischen Verwandtschaft besonders gut, beispielsweise bezüglich der Haftung, zu Keramikmaterial passen. Die Schicht 4 kann aber auch aus einem organischen Polymer, wie einem Polyimid, Polytetrafluorethylen oder einem Benzocyclobuten erzeugt sein, sofern es sich auf dem Keramiksubstrat polymerisieren läßt. Um eine gute Haftung des organischen Polymers auf dem Keramikmaterial sicherzustellen, kann es nötig sein, einen Haftvermittler, wie Hexamethyldisilazan (HMDS), anzuwenden.

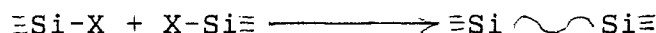
[0021] Versuche haben gezeigt, daß bei Verwendung des in der Fig. gezeigten Substrats der Verlust bei $\tan \delta < \text{etwa } 2 \cdot 10^{-2}$ liegt.

[0022] Um die in der Fig. 1 gezeigte Anordnung herzustellen, wird von dem Keramiksubstrat 2 ausgegangen. Auf dessen Oberfläche 3 wird dieOrmocer^R-Schicht erzeugt.

[0023] Bei der Herstellung derOrmocere^R durch Sol-Gel-Reaktionen organisch modifizierter Si-Alkoxide ($R_xSi(OR)_y$) wird in einem ersten Schritt das anorganische Netzwerk aufgebaut:



(Kondensation mit anderen Metalloxiden möglich). In einem zweiten Schritt erfolgt der Aufbau des organischen Netzwerks:



(Vernetzungsreaktion von Si-gebundenen Monomeren, die geschwungene Linie versinnbildlicht das organische Netz-

werk; X: Acryl, Vinyl, Epoxy usw.; die Härtung kann thermisch, durch UV/IR-Licht oder redoxinitiiert erfolgen). Die Anteile der Strukturelemente bestimmen die Werkstoffeigenschaften. Die Steuerung der Eigenschaften erfolgt durch die Auswahl der Ausgangsmaterialien, die Reaktionsführung der anorganischen Polykondensationsreaktion, sowie die Kontrolle der Verknüpfungsreaktionen, die zum Aufbau des organischen Netzwerks führen. Einzelheiten stehen in der Veröffentlichung des Frauenhofer Instituts für Silikatforschung "Abteilung ORMOCERe, Gut kombiniert: Hybridpolymere für neue Anwendungen".

[0024] In der Praxis wird auf der Oberfläche 3 durch Sprühen, Tauchen oder Schleudern eine Flüssigkeit eines Ormocers® aufgetragen. Je nach der erforderlichen Dicke der aufzubringenden Schicht wird die Aufbringmethode und/oder die Viskosität der Flüssigkeit festgelegt. Die Schicht muß mindestens so dick sein, daß sie die Oberfläche 3 vollständig bedeckt. Anschließend wird bei moderaten Temperaturen (< etwa 200°C) ausgehärtet. Beim Aushärten schrumpft zwar die Schicht etwas, aber in einer Weise, daß sich nur sehr geringe Unebenheiten auf der Oberfläche 5 bilden.

[0025] Generell, also auch beim Herstellen von organischen Polymeren, wird auf die Keramikoberfläche 3 ein Mono- oder Oligomer aufgebracht, dem gegebenenfalls ein Photoinitiator oder ein thermischer Starter und ein Lösungsmittel beigemischt ist. Dies kann beispielsweise durch ein Schleuder-, ein Tauch- oder ein Sprühverfahren erfolgen. Durch eine thermische Viskositätserniedrigung kann die Glättung noch verbessert werden. Das glättende Material kann dann durch UV/IR-Licht und/oder erhöhte Temperatur gehärtet werden.

[0026] Auf der Struktur mit der geglätteten Oberfläche können Metallagen abgeschieden werden, die je nach Anwendung strukturiert werden. Als Metallagen werden entweder auf die geglättete Oberfläche laminierte Metallfolien oder galvanisch abgeschiedene Metallschichten aufgebracht. Die Strukturierung erfolgt bevorzugt photolithographisch.

[0027] Ein Anwendungsbeispiel einer solchen Struktur ist eine Hochfrequenzschaltung, die auf der Unterseite eines plattenförmigen Keramiksubstrats eine ganzflächige Metallschicht aufweist und auf der geglätteten Oberseite einen Metallstreifen trägt.

[0028] Gekrümmte Oberflächen wie sie beispielsweise am Rand von Halbleiterwafern auftreten, lassen sich - sofern Rauigkeiten vorhanden sind, gleichzeitig mit dem Glätten der Oberfläche - mit dem erfindungsgemäßen Verfahren planarisieren.

Patentansprüche

1. Substrat mit mindestens einem geglätteten Oberflächenbereich **dadurch gekennzeichnet, daß** auf mindestens einem rauen Oberflächenbereich des Substrats eine Polymerschicht aufgebracht ist, deren vom Substrat abgewandte Oberfläche glatt ist.
2. Substrat nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine Oberflächenbereich planar ist.
3. Substrat nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Substrat plattenförmig, die beiden großen Oberflächen zueinander parallel sind, und mindestens eine der großen Oberflächen den genannten mindestens einen Oberflächenbereich bildet.
4. Substrat mit mindestens einem planarisierten und geglätteten Oberflächenbereich **dadurch gekennzeichnet, daß** auf mindestens einen gekrümmten, gegebenenfalls rauen Oberflächenbereich des Substrats eine Polymerschicht aufgebracht ist, deren vom Substrat abgewandte Oberfläche planar und glatt ist.
5. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Substratmaterial halbleitend oder isolierend ist.
6. Substrat nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das isolierende Substratmaterial ein Keramikmaterial ist.
7. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Polymer der Polymerschicht ein organisches Polymer ist.
8. Substrat nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Polymer ausgewählt ist aus der Gruppe Polyimide, Polytetrafluorethylene und Benzocyclobutene.
9. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Polymer der Polymerschicht ein anorganisch-organisches Polymer ist.

10. Substrat nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Polymer durch einen modifizierten Sol-Gel-Prozess erzeugt worden ist.
- 5 11. Substrat nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Polymer ein Ormocer® ist.
12. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen Substratmaterial und Polymer ein Haftvermittler vorhanden ist.
- 10 13. Substrat nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Haftvermittler HMDS verwendet ist.
14. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Tiefe der Rauigkeiten in der Substratoberfläche > etwa 100µm ist.
- 15 15. Substrat nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Tiefe der Rauigkeiten in der vom Substrat abgewandten Oberfläche des Polymers in der Größenordnung von mehreren 10 nm liegt.
16. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf die Polymerschicht Metallstreifen aufgebracht sind.
- 20 17. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf der vom Polymer abgewandten Substratoberfläche ganzflächig oder partiell eine Metallschicht aufgebracht ist.
18. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **gekennzeichnet durch** seine Verwendung als Hochfrequenzschaltung.
- 25 19. Verfahren zum Herstellen eines Substrats insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf mindestens einen rauen und/oder gekrümmten Oberflächenbereich des Substrats eine polymerisierbare Flüssigkeit aufgebracht und polymerisiert wird.
- 30 20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Monomere oder Oligomere enthaltende polymerisierbare Flüssigkeit aufgebracht wird.
21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** die polymerisierbare Flüssigkeit durch Tauchen, Sprühen oder Schleudern aufgebracht wird.
- 35 22. Verfahren nach Anspruch einem der Ansprüche 19 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Glätten und/oder Planarisieren durch thermische Viskositätserniedrigung in der polymerisierbaren Flüssigkeit unterstützt wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor der polymerisierbaren Flüssigkeit ein Haftvermittler aufgebracht wird.
- 40 24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Haftvermittler HMDS aufgebracht wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** der polymerisierbaren Flüssigkeit ein Photoinitiator oder ein thermischer Starter beigemischt ist.
- 45 26. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, daß** anorganisch-organische Polymere durch einen modifizierten Sol-Gel-Prozesses erzeugt werden.
- 50 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf die Polymerschicht eine Metallschicht aufgebracht wird.
28. Verfahren nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Metallfolie auflaminiert wird.
- 55 29. Verfahren nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Metallschicht galvanisch abgeschieden wird.
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Metallschicht photolithographisch strukturiert wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, daß** von einem plattenförmigen Substrat ausgegangen wird, und daß auf der einen großen Oberfläche des Substrats die Polymerschicht und gegebenenfalls die Metallschicht und auf der anderen großen Oberfläche ganzflächig eine Metallschicht aufgebracht wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

