



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 103 370.9**
(22) Anmeldetag: **04.04.2013**
(43) Offenlegungstag: **09.10.2014**

(51) Int Cl.: **H05K 3/00 (2006.01)**
H01L 31/18 (2006.01)
H01L 23/15 (2006.01)
B23K 26/53 (2014.01)

(71) Anmelder:
LPKF Laser & Electronics AG, 30827 Garbsen, DE

(74) Vertreter:
**Patentanwaltkanzlei Dipl.-Ing. Jörg Scheffler
Dipl.-Ing. Niels Ohrmann, 30159 Hannover, DE**

(72) Erfinder:
**Krüger, Robin Alexander, Dr., 30173 Hannover,
DE; Ambrosius, Norbert, 47624 Kevelaer, DE;
Ostholt, Roman, Dr., 30916 Isernhagen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

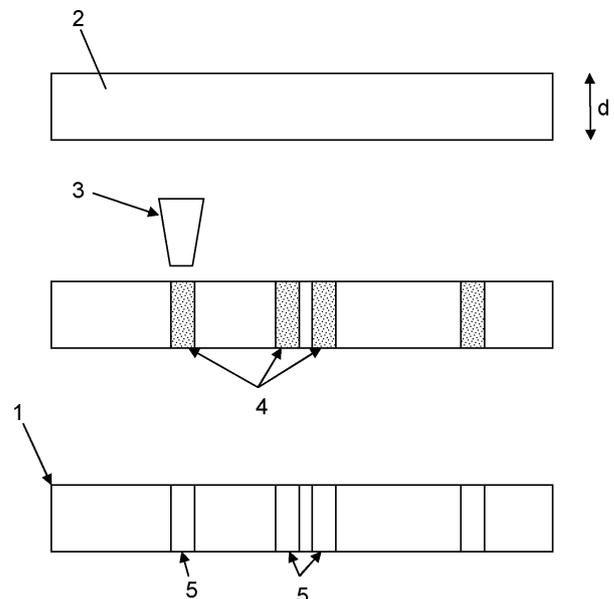
DE	10 2010 025 966	B4
US	6 400 172	B1
US	2010 / 0 236 819	A1
EP	2 503 859	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Einbringen von Durchbrechungen in ein Glassubstrat sowie ein derart hergestelltes Glassubstrat**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen einer Vielzahl von Ausnehmungen (5) in ein als Interposer einsetzbares Glassubstrat (2) mittels eines Laserstrahles sowie ein auf diese Weise hergestelltes Glassubstrat (2). Hierzu wird eine Laserstrahlung (3) auf die Oberfläche eines Glassubstrates (2) aus Boro-Aluminosilikat gerichtet. Die Einwirkungszone der Laserstrahlung (3) wird dabei äußerst kurz gewählt, sodass lediglich eine Modifikation des Glassubstrates (2) konzentrisch um eine Strahlachse des Laserstrahles eintritt, ohne dass es zu einer Zerstörung des Substratmaterials kommt. Hierzu wird der Laser mit einer Wellenlänge betrieben, für die das Glassubstrat (2) zumindest teilweise transparent ist. In einem nachfolgenden Verfahrensschritt kommt es aufgrund der Einwirkung einer ätzenden Flüssigkeit oder eines ätzenden Gases zu einem anisotropen Materialabtrag in denjenigen Bereichen (4) des Glassubstrates (2), die zuvor eine Modifikation durch die Laserstrahlung (3) erfahren haben. Entlang der zylindrischen Einwirkungszone entsteht dadurch eine Ausnehmung (5) als Durchbrechung in dem Glassubstrat (2).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen einer Mehrzahl von Durchbrechungen in ein als Interposer einsetzbares Glassubstrat mittels eines Laserstrahles. Weiterhin betrifft die Erfindung ein auf diese Weise hergestelltes, mit Durchbrechungen versehenes Glassubstrat.

[0002] Derartige Glassubstrate werden als sogenannte Interposer zur elektrischen Verbindung der Anschlüsse mehrerer homogener oder heterogener Mikrochips eingesetzt. Der Interposer besteht im Allgemeinen aus Glas oder Silizium und enthält beispielsweise Kontaktflächen, Umverdrahtungen, Durchkontaktierungen sowie aktive und nicht aktive Komponenten.

[0003] Ein Mikrochip als Prozessorkern hat typischerweise auf seiner Unterseite auf relativ kleiner Fläche verteilt mehrere Hundert Kontaktpunkte in engem Abstand zueinander. Wegen dieses engen Abstandes können diese Kontaktpunkte nicht direkt auf eine Schaltungsplatte, das sogenannte Motherboard, aufgebracht werden. Es wird deshalb ein Interposer als Verbindungselement eingesetzt, mit welchem die Kontaktierungsbasis verbreitert werden kann.

[0004] Als Interposer wird in der Praxis beispielsweise eine mit Glasfaser verstärkte Epoxydharzplatte eingesetzt, die mit einer Anzahl von Löchern versehen ist. Auf der Oberfläche der Glasfasermatte laufen Leiterbahnen, die in die jeweiligen Löcher hinein führen, um diese zu verfüllen, und auf der anderen Seite der Glasfasermatte bis zu den Anschlusskontakten des Prozessorkerns führen. Bei Auftreten von Erwärmung kommt es allerdings zu unterschiedlichen Ausdehnungen zwischen dem Kernprozessor und der Glasfasermatte und damit zu mechanischen Spannungen zwischen diesen beiden Komponenten.

[0005] Um die infolge der unterschiedlichen Temperaturexpansionskoeffizienten auftretenden Spannungen zu reduzieren werden daher auch Silizium-Interposer eingesetzt. Die Silizium-Interposer können in der in der Halbleiterbranche üblichen Art und Weise verarbeitet werden. Die Herstellung von siliziumbasierten Interposern ist allerdings sehr teuer, so dass es zunehmend Bestrebungen gibt diese durch kostengünstigeres Glasmaterial zu ersetzen, da Glas hinsichtlich seiner Temperaturexpansion an die von Silizium angepasst werden kann.

[0006] Als Herausforderung gestaltet sich hier die Verarbeitung des Glases zu gebrauchsfähigen Interposern. Insbesondere die wirtschaftliche Einbringung der Vielzahl Durchbrechungen in das Glassubstrat zur Durchkontaktierung ist im Stand der Technik noch nicht wirtschaftlich gelöst.

[0007] So ist aus der DE 10 2010 025 966 B4 ein Verfahren bekannt, bei dem in einem ersten Schritt auf das Glassubstrat fokussierte Laserimpulse gerichtet werden, deren Strahlungsintensität so stark ist, dass es zu lokaler, athermischer Zerstörung entlang eines filamentartigen Kanals im Glas kommt. In einem zweiten Verfahrensschritt werden die filamentartigen Kanäle zu Löchern aufgeweitet, indem gegenüberstehenden Elektroden Hochspannungsenergie zugeführt wird, was zu dielektrischen Durchbrüchen durch das Glassubstrat entlang der filamentartigen Kanäle führt. Diese Durchbrüche erweitern sich durch elektrothermische Aufheizung und Verdampfung von Lochmaterial, bis der Vorgang bei Erreichen des gewünschten Lochdurchmessers durch Abschalten der Energiezufuhr gestoppt wird. Alternativ oder zusätzlich können die Kanäle auch durch reaktive Gase aufgeweitet werden, die mittels Düsen auf die Lochungsstellen gerichtet werden. Die Durchbruchstellen können auch durch zugeführtes Ätzgas aufgeweitet werden. Als nachteilig erweist sich der vergleichsweise aufwendige Vorgang, der dadurch entsteht, dass zuerst durch die athermische Zerstörung das Substrat durchbrochen und im nächsten Schritt der Durchmesser der filamentartigen Kanäle zu Löchern aufgeweitet werden muss.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Möglichkeit zu schaffen, ein Verfahren zum Einbringen von Durchbrechungen wesentlich zu vereinfachen und insbesondere den Zeitaufwand für die Durchführung zu vermindern. Weiterhin soll ein nach diesem Verfahren hergestelltes Glassubstrat geschaffen werden.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Die weitere Ausgestaltung der Erfindung ist den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0010] Erfindungsgemäß ist also ein Verfahren vorgesehen, bei dem der Laserstrahl derart kurzzeitig auf das Glassubstrat gerichtet wird, dass lediglich eine Modifikation des Substrates entlang einer Strahlachse des Laserstrahles erfolgt, ohne dass es zu einer das Glassubstrat durchdringenden Zerstörung des Substrates kommt, und bei dem im nächsten Schritt ein anisotroper Materialabtrag nur in denjenigen Bereichen des Substrates durchgeführt wird, die zuvor eine Modifikation mittels des Laserstrahles erfahren haben, und so eine Ausnehmung oder Durchbrechung in das Glassubstrat eingebracht wird. Obwohl der erfindungsgemäße Prozess noch nicht abschließend verstanden worden ist, wird derzeit davon ausgegangen, dass es aufgrund der Lasereinwirkung bei der Modifikation zu einer chemischen Umwandlung des Substratmaterials kommt, welche nur geringe Auswirkungen auf die physikalischen Eigenschaften bzw. die äußerliche Beschaffenheit des Substrates hat. Insbesondere entsteht also durch die La-

sereinwirkung kein oder ein lediglich äußerst geringer Materialabtrag auf der Oberfläche des Substrates mit der Folge, dass der beim Stand der Technik vergleichsweise hohe Energieaufwand, der zum Einbringen der Durchbrechung mittels des Lasers erforderlich ist, wesentlich reduziert werden kann. Vielmehr dient also bei der vorliegenden Erfindung der Laserenergieeintrag, der auf wenige Pulse oder vorzugsweise einen Einzelpuls beschränkt werden kann, lediglich zur Anregung bzw. Auslösung einer Reaktion und einer Modifikation durch Umwandlung, deren Wirkung erst im nachfolgenden Verfahrensschritt zu dem gewünschten Materialabtrag genutzt wird.

[0011] Indem nämlich der anisotrope Materialabtrag durch ein Ätzverfahren, insbesondere durch Flüssigätzen oder Trockenätzen oder durch Verdampfen mittels Hochspannung oder Hochfrequenz erfolgt, ist für den eigentlichen Materialabtrag kein sequentielles, sondern ein flächig einwirkendes Abtragsverfahren nutzbar, welches lediglich sehr geringe Anforderungen an den Prozess stellt. Vielmehr lässt sich über die Einwirkungsdauer der Materialabtrag quantitativ und qualitativ für alle in der beschriebenen Weise vorbehandelten und dementsprechend modifizierten Bereiche zugleich durchführen, sodass der Zeitaufwand für die Erzeugung der Vielzahl der Ausnehmungen oder Durchbrechungen in der Summe wesentlich reduziert ist.

[0012] Es ist bereits erkannt worden, dass erfindungsgemäß der Abstand der derart einzubringenden Ausnehmungen weiter reduziert werden kann, weil es durch die Laserstrahlung nicht zu einer Zerstörung des Substrates, sondern lediglich zu einer Modifikation oder Umwandlung kommt, wobei zugleich auch die Laserleistung vermindert werden kann. Besonders bevorzugt wird der Laser mit einer Wellenlänge betrieben, für die das Glassubstrat transparent ist, sodass eine Durchdringung des Glassubstrates sichergestellt ist. Insbesondere wird dadurch eine im Wesentlichen zylindrische Modifikationszone koaxial zu der Laserstrahlachse herum sichergestellt, die zu einem konstanten Durchmesser der Durchbrechung oder der Ausnehmung führt.

[0013] Darüber hinaus kann es auch von Vorteil sein, wenn durch den Laser zusätzlich auch ein Oberflächenbereich abgetragen wird, um die Einwirkungszone des anisotropen Abtrags derart auszugestalten, dass ein kegelförmiger Einlassbereich der Durchbrechung entsteht. Auf diese Weise kann die spätere Durchkontaktierung vereinfacht werden. Zudem wird in diesem Bereich beispielsweise die Einwirkung eines Ätzmittels konzentriert.

[0014] Die Pulsdauer kann gegenüber dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren wesentlich reduziert werden. Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens

kann der Laser mit einer Pulsdauer von weniger als 100 ns bis unter 1 ps betrieben werden.

[0015] Bei einer anderen, ebenfalls besonders Erfolg versprechenden Ausgestaltung der Erfindung wird das Substrat insbesondere nach der Modifikation mit einer flächigen, zumindest einzelnen, insbesondere eine Vielzahl von nachfolgend einzubringenden Durchbrechungen abdeckenden Metallschicht versehen. In einem folgenden Schritt werden die modifizierten Bereiche so abgetragen, dass eine von der Metallschicht einseitig verschlossene Ausnehmung erzeugt wird. Dabei wird die Metallschicht vorzugsweise nach der Modifikation, jedoch vor dem Materialabtrag aufgebracht, sodass nach dem Materialabtrag die beispielsweise als Leiterbahn aufgebrachte Metallschicht die Ausnehmung verschließt und dadurch zugleich eine optimale Basis für eine daran anzubringende Kontaktierung bildet. Die Durchkontaktierung erfolgt dabei im Bereich der Ausnehmung mit an sich bekannten Verfahren. Indem die Metallschicht als Leiterbahn aufgebracht wird, kann zudem in einfacher Weise ein gewünschtes Schaltbild erzeugt werden.

[0016] Bei einer anderen, ebenfalls besonders Erfolg versprechenden Ausgestaltung des Verfahrens wird das Glassubstrat vor der Laserbehandlung mit einem Ätzresist auf zumindest einer Oberfläche flächig beschichtet. Durch Einwirkung eines Laserstrahles wird zugleich in einer punktförmigen Einwirkungszone das Ätzresist auf zumindest einer Oberfläche abgetragen und die Modifikation in dem Glassubstrat erzeugt. Auf diese Weise werden die nicht modifizierten Bereiche vor einer unerwünschten Einwirkung im nachfolgenden Ätzprozess geschützt und die Oberfläche daher nicht beeinträchtigt. Dabei behindert das Ätzresist nicht die Modifikation des darunter liegenden Substrates. Vielmehr ist das Ätzresist für die Laserstrahlung entweder durchlässig oder wird nahezu punktförmig durch die Laserstrahlung abgetragen, beispielsweise also verdampft. Weiterhin ist nicht ausgeschlossen, dass das Ätzresist solche Substanzen enthält, die für die Modifikation unterstützend wirken, beispielsweise also den Modifikationsvorgang beschleunigen.

[0017] Selbstverständlich kann vor dem Auftrag des Ätzresistes auf eine der Außenflächen des Glassubstrates die vorstehend beschriebene Metallschicht aufgebracht werden, um diese nach dem Entfernen des Ätzresistes als Basis für die gewünschte Durchkontaktierung zu verwenden.

[0018] Das Ätzresist könnte nach dem Abschluss der Behandlung auf der Oberfläche des Substrates verbleiben. Vorzugsweise wird jedoch das Ätzresist in an sich bekannter Weise nach dem anisotropen Materialabtrag von der Oberfläche des Substrates entfernt.

[0019] Grundsätzlich ist das Verfahren nicht auf bestimmte Materialzusammensetzungen des Glassubstrates beschränkt. Besonders Erfolg versprechend ist es allerdings, wenn das Glassubstrat als einen wesentlichen Materialanteil ein Aluminosilikat, insbesondere ein Boro-Aluminosilikat aufweist.

[0020] Die Erfindung lässt verschiedene Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung ihres Grundprinzips ist eine davon in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Diese zeigt in

[0021] Fig. 1 ein Ablaufdiagramm mit mehreren Verfahrensschritten zum Einbringen einer Mehrzahl von Durchbrechungen in ein Glassubstrat durch anisotropen Materialabtrag;

[0022] Fig. 2 eine Verfahrensvariante, bei der vor dem anisotropen Materialabtrag eine Metallschicht aufgebracht wird;

[0023] Fig. 3 eine weitere Verfahrensvariante, bei der in einem ersten Verfahrensschritt ein Ätzresist auf das Glassubstrat aufgebracht wird.

[0024] Fig. 1 zeigt die einzelnen Verfahrensschritte beim Einbringen einer Mehrzahl von Durchbrechungen in einen als Kontaktierungselement in der Leiterplattenfertigung bestimmten Interposer **1** mit einem Glassubstrat **2**. Hierzu wird eine Laserstrahlung **3** auf die Oberfläche des Glassubstrates **2** gerichtet. Das Glassubstrat **2** weist als einen wesentlichen Materialanteil ein Boro-Aluminosilikat auf, um so eine Temperaturexpansion ähnlich der von Silizium sicherzustellen. Die Dicke d des Glassubstrates **2** beträgt dabei zwischen $50\ \mu\text{m}$ und $500\ \mu\text{m}$. Die Einwirkungszeitdauer der Laserstrahlung **3** wird dabei äußerst kurz gewählt, sodass lediglich eine Modifikation des Glassubstrates **2** konzentrisch um eine Strahlachse des Laserstrahls eintritt, ohne dass es zu einer wesentlichen Zerstörung bzw. einem erheblichen Materialabtrag des Substratmaterials kommt. Insbesondere wird die Einwirkungszeitdauer auf einen Einzelpuls beschränkt. Hierzu wird der Laser mit einer Wellenlänge betrieben, für die das Glassubstrat **2** transparent ist. Ein derart modifizierter Bereich **4** ist in Fig. 1b dargestellt. In einem nachfolgenden, in Fig. 1c dargestellten Verfahrensschritt kommt es aufgrund der Einwirkung einer nicht dargestellten ätzenden Flüssigkeit oder eines ätzenden Gases zu einem anisotropen Materialabtrag in denjenigen Bereichen **4** des Glassubstrates **2**, die zuvor eine Modifikation durch die Laserstrahlung **3** erfahren waren. Entlang der zylindrischen Einwirkungszone entsteht dadurch eine Ausnehmung **5** als Durchbrechung in dem Glassubstrat **2**.

[0025] In Fig. 2 wird eine Abwandlung desselben Verfahrens beschrieben, bei der das Glassubstrat **2**

nach der in Fig. 2b gezeigten Modifikation durch die Laserstrahlung **3** mit einer flächigen Metallschicht **6** versehen wird, wie dies in Fig. 2c zu erkennen ist. Durch den anisotropen Materialabtrag in den modifizierten Bereichen **4** entstehen im nächsten, in Fig. 2d dargestellten Verfahrensschritt einseitig von der Metallschicht **6** verschlossene Ausnehmungen **5**, welche die Basis für eine spätere Kontaktierung bilden.

[0026] Eine weitere Variante des Verfahrens ist in Fig. 3 dargestellt. Dabei wird das Glassubstrat **2** vor der Laserbehandlung mittels der Laserstrahlung **3** beidseitig mit einem in Fig. 3b dargestellten Ätzresist **7** beschichtet. Aufgrund der Einwirkung der Laserstrahlung **3** kommt es in einer punktförmigen Einwirkungszone zugleich zu einem Abtrag des Ätzresistes **7** und zu einer Modifikation des darunter liegenden Bereiches des Glassubstrates **2**, wie dies in Fig. 3c zu erkennen ist. Die nicht modifizierten Bereiche der Oberfläche des Glassubstrates **2** sind so vor einer unerwünschten Einwirkung im nachfolgenden Ätzprozess geschützt, durch den, wie in Fig. 3d dargestellt, der anisotrope Materialabtrag durch ein Flüssigätzverfahren erfolgt und entsprechende Ausnehmungen **5** in dem Glassubstrat **2** entstehen. Durch ein sogenanntes Stripping-Verfahren wird, wie in Fig. 3e gezeigt, das nach Abschluss des Ätzverfahrens entbehrliche Ätzresist **7** abgetragen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102010025966 B4 [0007]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einbringen einer Mehrzahl von Ausnehmungen (5) und/oder Durchbrechungen in ein Glassubstrat (2) mittels Laserstrahlung (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laserstrahlung (3) derart kurzzeitig auf das Glassubstrat (2) gerichtet wird, dass lediglich eine Modifikation des Substrates entlang einer Strahlachse der Laserstrahlung (3) erfolgt, ohne dass es zu einer durchgehenden Zerstörung des Glassubstrates (2) kommt, und dass im nächsten Schritt ein anisotroper Materialabtrag in denjenigen Bereichen (4) des Glassubstrates (2) durchgeführt wird, die zuvor eine Modifikation mittels der Laserstrahlung (3) erfahren haben, und so eine Ausnehmung (5) oder Durchbrechung in das Glassubstrat (2) eingebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der anisotrope Materialabtrag durch ein Ätzverfahren, insbesondere durch Flüssigätzen oder Trockenätzen durchgeführt wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der anisotrope Materialabtrag durch Verdampfen mittels Hochspannung und/oder Hochfrequenz erfolgt.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laserstrahlung (3) eine Wellenlänge hat, für die das Glassubstrat (2) zumindest teilweise transparent ist.

5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Laserstrahlung (3) zusätzlich auch ein Oberflächenbereich abgetragen wird.

6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laserstrahlung (3) mit einer Pulsdauer von weniger als 1 ps bis zu 100 ns, vorzugsweise zwischen 100 ps und 1 ns betrieben wird.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Glassubstrat (2) insbesondere nach der Modifikation mit einer flächigen, zumindest einzelnen, insbesondere eine Vielzahl von nachfolgend einzubringenden Ausnehmungen (5) und/oder Durchbrechungen abdeckenden Metallschicht (6) versehen wird und dass in einem folgenden Schritt die modifizierten Bereiche (4) abgetragen werden, sodass von der Metallschicht (6) einseitig verschlossene Ausnehmungen (5) erzeugt werden.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Glassubstrat (2) vor der Laserbehandlung mit

einem Ätzresist (7) auf zumindest einer Oberfläche flächig beschichtet wird und dass durch Einwirkung der Laserstrahlung (3) zugleich in einer punktförmigen Einwirkungszone das Ätzresist (7) abgetragen und auf zumindest einer Oberfläche die Modifikation in dem Glassubstrat (2) erzeugt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ätzresist (7) nach dem anisotropen Materialabtrag von der Oberfläche des Glassubstrates (2) entfernt wird.

10. Glassubstrat, hergestellt nach einem Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche.

11. Glassubstrat nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Glassubstrat (2) als einen wesentlichen Materialanteil ein Aluminosilikat, insbesondere ein Boro-Aluminosilikat aufweist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

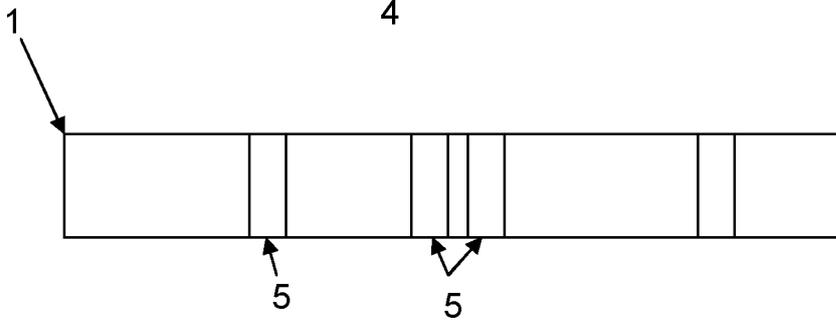
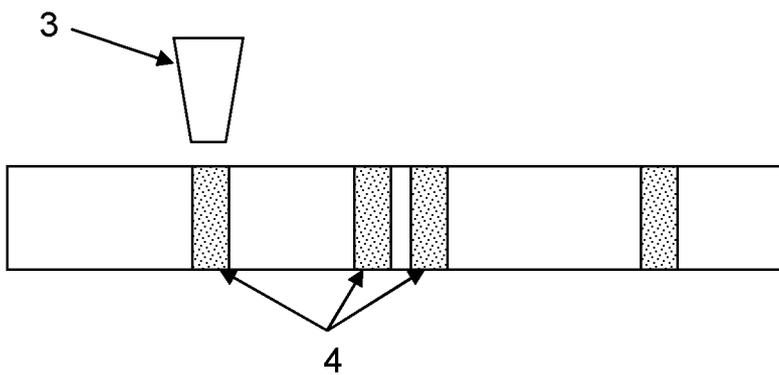




Fig. 2a

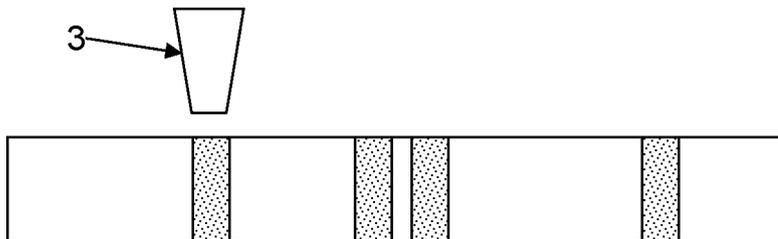


Fig. 2b

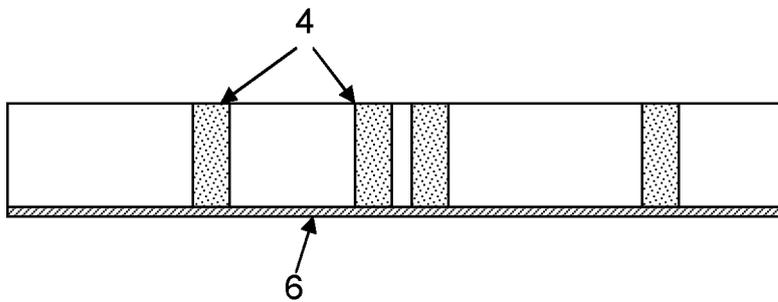


Fig. 2c

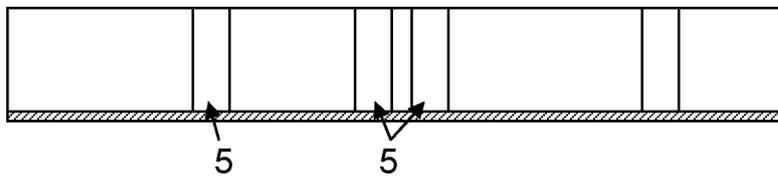


Fig. 2d

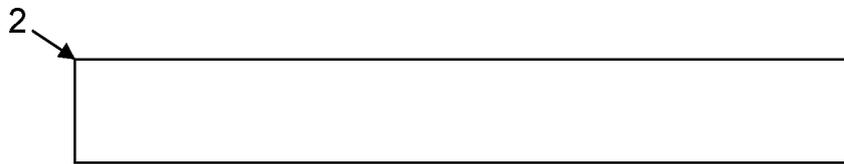


Fig. 3a



Fig. 3b

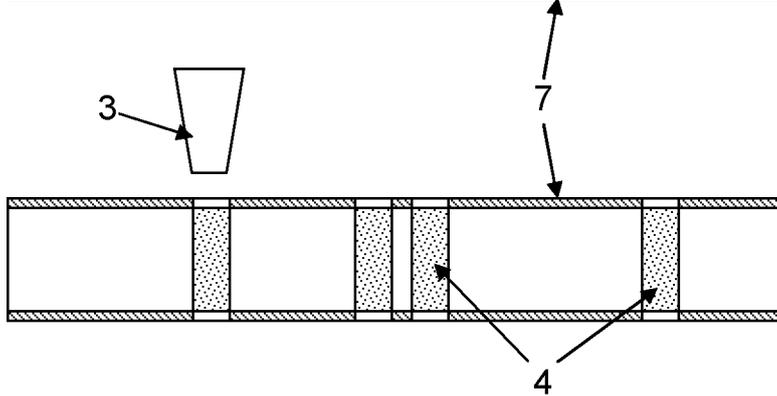


Fig. 3c

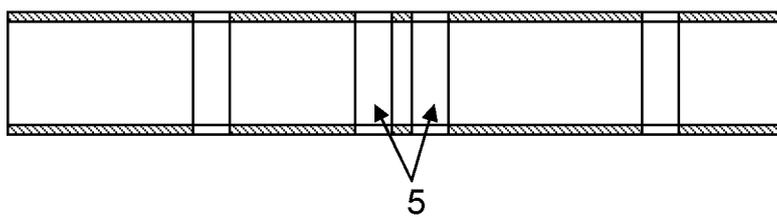


Fig. 3d

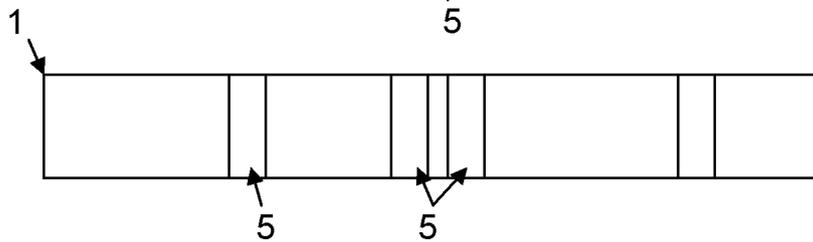


Fig. 3e