



(10) **AT 516988 A2 2016-10-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50292/2016  
(22) Anmeldetag: 08.04.2016  
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2016

(51) Int. Cl.: **H01L 21/02** (2006.01)

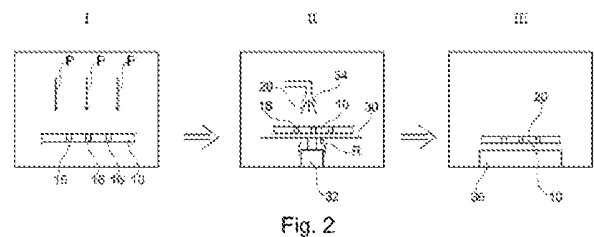
(30) Priorität:  
08.04.2015 NL 2014598 beansprucht.

(71) Patentanmelder:  
SUSS MICROTEC LITHOGRAPHY GMBH  
85748 Garching (DE)

(74) Vertreter:  
Sonn & Partner Patentanwälte  
Wien (AT)

(54) **Verfahren zum Beschichten eines Substrats**

(57) Die Erfindung betrifft das Beschichten von Substraten, die mit Vias versehen sind. Hierbei tritt das Problem auf, dass durch das Beschichtungsmittel Luft in den Vias eingeschlossen wird. Dies ist nachteilig hinsichtlich der Planheit der Oberfläche. Um dieses Problem zu lösen, ist erfindungsgemäß ein Verfahren zum Beschichten eines Substrats vorgesehen, das mit Vias versehen ist, wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden: das Substrat wird konditioniert; und das Substrat (10) wird so mit einem elektrisch isolierenden Material beschichtet, dass im Substrat vorhandene Vias vollständig mit dem elektrisch isolierenden Material ausgefüllt werden, so dass das isolierende Material eine möglichst ebene Oberfläche hat.



Zusammenfassung

**Verfahren zum Beschichten eines Substrats**

Die Erfindung betrifft das Beschichten von Substraten, die mit Vias versehen sind. Hierbei tritt das Problem auf, dass durch das Beschichtungsmittel Luft in den Vias eingeschlossen wird. Dies ist nachteilig hinsichtlich der Planheit der Oberfläche. Um dieses Problem zu lösen, ist erfindungsgemäß ein Verfahren zum Beschichten eines Substrats vorgesehen, das mit Vias versehen ist, wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden: das Substrat wird konditioniert; und das Substrat (10) wird so mit einem elektrisch isolierenden Material beschichtet, dass im Substrat vorhandene Vias vollständig mit dem elektrisch isolierenden Material ausgefüllt werden, so dass das isolierende Material eine möglichst ebene Oberfläche hat.

(Fig. 2)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten eines Substrats, das mit Vias versehen ist. Bei dem zu beschichtenden Substrat handelt es sich insbesondere um einen Wafer, beispielsweise aus einem Halbleitermaterial, der mikrostrukturiert ist.

Bei den Vias handelt es sich um Vertiefungen im Substrat, die dazu dienen, elektrisch leitende Strukturen auf einer Seite des Substrats mit elektrisch leitenden Strukturen zu verbinden, die auf der anderen Seite des Substrats angeordnet sind. Auf diese Weise können dreidimensionale Bauteile erzeugt werden, beispielsweise sogenannte MCP (Multi-Chip-Packages) oder MEMS („microelectromechanical systems“).

Die Vias können als Öffnungen ausgeführt sein, die eine Verbindung von einer Seite des Substrats zur anderen ermöglichen, oder als Sacklöcher, die eine Verbindung von einer Seite des Substrats zu einem auf der anderen Seite angeordneten Bauteil darstellen, welches das Via verschließt. Die elektrische Kontaktierung erfolgt mittels einer elektrisch leitenden Schicht (beispielsweise aus Kupfer), die sich auf der Wand des Vias befindet.

Um diese elektrisch leitende Schicht abzuschirmen und/oder elektrisch zu isolieren, kann auf das Substrat ein elektrisch isolierendes Material aufgebracht werden. Dieses deckt die elektrischen Leiter auf dem Substrat ab und füllt auch die Vias aus.

Im Hinblick auf spätere Bearbeitungsschritte ist es wünschenswert, dass das elektrisch isolierende Material eine möglichst ebene, plane Oberfläche hat. Eine solche Oberfläche ist insbesondere im Bereich der Vias nicht einfach zu erzielen, da die Vias eine recht große Tiefe im Vergleich zum Durchmesser haben, sodass sie nur schlecht mit dem elektrisch isolierenden Material gefüllt werden können.

Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Ansätze bekannt, um ein Substrat, das mit Vias versehen ist, gleichmäßig mit einem elektrisch isolierenden Material zu beschichten. Die WO 2010/023156 A1 zeigt ein Verfahren, bei dem das Substrat in Schwingungen versetzt wird, wodurch das elektrisch isolierende Material dabei unterstützt wird, in die Vias hineinzufließen und diese vollständig auszufüllen.

Aus der US 5,993,546 ist ein Verfahren bekannt, bei dem eine auf ein Substrat aufgebrachte Beschichtung einem hohen Druck ausgesetzt wird, damit die Beschichtung in die Vias fließt.

Es hat sich allerdings herausgestellt, dass alle diese Ansätze entweder nicht zum gewünschten Ergebnis führen oder technisch aufwendig sind.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Beschichten eines Substrats mit einem elektrisch isolierenden Material zu schaffen, bei dem im Substrat vorhandene Vias so mit dem elektrisch isolierenden Material ausgefüllt werden, dass das isolierende Material eine möglichst ebene Oberfläche hat.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Verfahren zum Beschichten eines mit Vias versehenen Substrats vorgesehen, wobei das Substrat in einem ersten Schritt konditioniert und in einem zweiten Schritt so mit einem elektrisch isolierenden Material beschichtet wird, dass im Substrat vorhandene Vias vollständig mit dem elektrisch isolierenden Material ausgefüllt werden, so dass das isolierende Material eine möglichst ebene Oberfläche hat

Die Erfindung beruht auf dem Grundgedanken, durch das Konditionieren der Oberfläche des Substrats die Fließfähigkeit der aufgetragenen Beschichtung zu verbessern, insbesondere im Bereich der Vias. Hierdurch wird gewährleistet, dass die elektrisch isolierende Beschichtung besser in die Vias hineinfließt und diese vollständig ausfüllt, sodass das beschichtete Substrat anschließend eine (zumindest nahezu) ebene Oberfläche hat.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Schritt des Konditionierens unter Atmosphärendruck stattfindet. Dies hat den Vorteil, dass keine komplizierten Apparaturen notwendig sind.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung wird das Substrat plasmabehandelt, um es zu konditionieren. Hierdurch wird die Oberfläche des Substrats derart modifiziert, dass die Fließfähigkeit der elektrisch leitenden Beschichtung merklich verbessert ist.

Gemäß einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Substrat oxidiert wird, um es zu konditionieren. Auch hierdurch lässt sich mit recht geringem Aufwand die Oberfläche des Substrats so modifizieren, dass die Fließfähigkeit der elektrisch isolierenden Beschichtung verbessert ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass auf das Substrat ein Lösungsmittel aufgebracht wird, um es zu konditionieren. Diese Ausführungsform beruht auf der Erkenntnis, dass durch das Benetzen der Oberfläche des Substrats mit dem Lösungsmittel die Fließfähigkeit der elektrisch isolierenden Beschichtung erheblich verbessert wird, sodass die Beschichtung auch Vias vollständig auffüllt, deren Tiefe mehr als das Doppelte des Durchmessers beträgt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass das Lösungsmittel in einem Spincoating-Verfahren aufgebracht wird. Auf diese Weise kann die gesamte Oberfläche des Substrats mit geringem Aufwand gleichmäßig mit dem Lösungsmittel benetzt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das mit dem Lösungsmittel versehene Substrat in eine Vakuumkammer eingebracht, der Druck in der Vakuumkammer verringert und die Vakuumkammer nach einer Haltezeit wieder belüftet wird. Dieser Verfahrensschritt beruht auf der Erkenntnis, dass durch das temporäre Anlegen eines Vakuums das Eindringen des Lösungsmittels in die Vias verbessert wird. Dies scheint darauf zu beruhen, dass sich beim Evakuieren die Luftblase, die anfangs unter der Lösungsmittelschicht in den Vias eingeschlossen ist, ausdehnt. Im Vakuum hat nun die Luftblase gegenüber dem Lösungsmittel einen geringeren Druck, sprich die Luftblase wandert nach oben, und das Lösungsmittel drängt sich in das Via. Wenn nun der Druck wieder auf Atmosphärendruck erhöht wird, ist der Vorgang des Austauschs Lösungsmittel gegen Luft bereits abgeschlossen.

Es hat sich herausgestellt, dass zum Transportieren des Lösungsmittels in die Vias kein Fein- oder Hochvakuum erforderlich ist. Stattdessen ist es ausreichend, dass der Druck in der Vakuumkammer um 0,1 bis 0,9 bar gegenüber Atmosphärendruck verringert wird. Ein solches Vakuum lässt sich in einer vergleichsweise kostengünstigen Vakuumkammer erzeugen.

Die Haltezeit kann in der Größenordnung von 10 bis 60 sec betragen, sodass kurze Prozesszeiten realisiert werden können.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Substrat in der Vakuumkammer beheizt wird. Dabei wird das Substrat vorzugsweise auf eine Temperatur  $>30^{\circ}\text{C}$  aufgeheizt. Hierdurch wird der Austausch von Luft gegen Lösungsmittel in den Vias verbessert, da sich die unter der Lösungsmittelschicht im Via eingeschlossene Luft durch das Erwärmen noch weiter ausdehnt, als sie dies bereits aufgrund des Vakuums tut.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Substrat, nachdem das Lösungsmittel aufgebracht wurde, in eine andere Kammer transportiert wird, in der es mit dem isolierenden Material beschichtet wird. Dadurch wird vermieden, dass die Vakuumkammer mit dem elektrisch isolierenden Material verunreinigt wird.

Vorzugsweise wird das elektrisch isolierende Material in einem Spincoating-Verfahren aufgebracht. Dieses Verfahren ist im Bereich der Bearbeitung von Wafern allgemein etabliert, sodass sich eine hohe Prozesssicherheit und geringe Kosten ergeben.

Das elektrisch isolierende Material kann ein Resist, ein Epoxidharz oder ein anderes Dielektrikum sein. Diese Materialien können gut verarbeitet werden, und mit ihnen lässt sich eine Beschichtung mit ebener Oberfläche gut herstellen.

Das isolierende Material kann nach dem Aufbringen ausgehärtet werden. Zu diesem Zweck kann das Substrat zusammen mit der Beschichtung UV-Licht oder einer Wärmequelle ausgesetzt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand verschiedener Ausführungsformen beschrieben, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind. In diesen zeigen:

- Figur 1 in einer Schnittansicht einen Teil eines beschichteten Substrats, das mit einem Via versehen ist;
- Figur 2 schematisch das erfindungsgemäße Verfahren;
- Figur 3 detaillierter den Schritt des Konditionierens beim Verfahren von Figur 2; und
- Figur 4 in einem Diagramm den Verlauf von Druck über der Zeit beim Konditionieren gemäß Figur 3.

In Figur 1 ist schematisch ein Substrat 10 („Wafer“) gezeigt, das beispielsweise aus einem Halbleitermaterial bestehen kann. Das Substrat 10 kann mit verschiedenen elektrischen oder elektronischen Bauteilen versehen sein, von denen hier schematisch lediglich ein elektrischer Kontakt 12 angedeutet ist.

Auf der zum Kontakt 12 entgegengesetzten Seite ist das Substrat 10 mit einem elektrischen Leiter 14 versehen, der als Leiterbahn oder elektrisch leitende Beschichtung ausgeführt sein kann. Um den Kontakt 12 mit dem Leiter 14 zu verbinden, ist das Substrat 10 mit einem sogenannten Via 16 versehen, also einer Öffnung, die sich im Wesentlichen senkrecht zur Ebene des Substrats ausgehend von mindestens einer Oberfläche erstreckt. Das Via 16 ist hier als Öffnung ausgeführt, die sich von der Seite des Leiters 14 durch das Substrat 10 hindurch bis zum Kontakt 12 erstreckt.

Da das Via 16 beim gezeigten Ausführungsbeispiel auf der Unterseite vom Kontakt 12 verschlossen ist, handelt es sich hier um ein Sackloch. Es ist auch möglich, dass das Via 16 den Leiter 14 mit einem zweiten, auf der Unterseite des Substrats angeordneten Leiter verbindet. In diesem Fall wäre das Via ein Durchgangsloch.

Der in Figur 1 gezeigte Ausschnitt des Substrats 10 enthält lediglich ein einziges Via 16. Tatsächlich ist das Substrat mit einer sehr großen Anzahl von Vias versehen. Soweit nachfolgend von „dem“ Via 16 die Rede ist, bezieht sich dies auch auf die weiteren Vias, mit denen das Substrat versehen ist und die in derselben Weise bearbeitet werden sollen wie das in der Figur gezeigte Via.

Die elektrische Verbindung zwischen dem Kontakt 12 und dem Leiter 14 ist hier durch eine elektrisch leitende Beschichtung 18 erzielt, die sich auf der Wand des Vias 16 befindet. Die Beschichtung 18 kann nachträglich aufgebracht sein, um den vorher aufgetragenen Leiter 14 mit dem Kontakt 12 zu verbinden, oder im selben Arbeitsschritt wie der Leiter 14 aufgebracht werden.

Die mit dem Leiter 14 versehene Seite des Substrats 10 ist mit einem elektrisch isolierenden Material 20 beschichtet. Das Material 20 dient zur elektrischen Isolierung und gegebenenfalls auch zur Abschirmung. Geeignete Materialien sind beispielsweise ein Fotolack („Resist“), ein Epoxidharz oder ein anderes Dielektrikum.

Wie in Figur 1 zu sehen ist, hat das elektrisch isolierende Material 20 eine plane Oberfläche. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass das elektrisch isolierende Material 20 das Via 16 vollständig ausfüllt, obwohl die Tiefe des Vias 16 das ein- bis zweifache des Durchmessers des Vias 16 beträgt (es können u.U. auch noch größere Tiefenverhältnisse verwendet werden).

In Figur 2 ist schematisch das Verfahren dargestellt, mit dem das elektrisch isolierende Material 20 so aufgebracht werden kann, dass es das Via 16 vollständig ausfüllt.

In einem ersten Verfahrensschritt I wird das Substrat 10 konditioniert. Dies ist hier schematisch durch die Pfeile P dargestellt. Das Konditionieren kann dadurch erfolgen, dass das Substrat 10 plasmabehandelt oder oxidiert wird. Das Konditionieren kann auch dadurch erfolgen, dass ein Lösungsmittel aufgebracht wird. Es sind auch Kombinationen der beiden oben genannten Varianten möglich.

Nach dem Konditionieren wird das Substrat 10 in eine andere Bearbeitungsstation weitertransportiert, in der es mit dem elektrisch isolierenden Material beschichtet wird (Verfahrensschritt II).

Die Beschichtung kann in einem Spincoating-Verfahren aufgebracht werden, sodass das Substrat 10 auf einer Unterlage 30 angeordnet wird, die von einem Motor 32 in Drehung versetzt werden kann (siehe den Pfeil R). Auf das sich drehende Substrat 10 wird mittels einer Düse 34 das gewünschte elektrisch isolierende Material auf das Substrat 10 aufgebracht.

Anschließend wird das Substrat 10 in eine wiederum weitere Bearbeitungsstation weitertransportiert, in der das elektrisch isolierende Material ausgehärtet wird (Verfahrensschritt III). Das elektrisch isolierende Material 20 kann insbesondere dadurch ausgehärtet werden,

dass es UV-Licht oder Wärme ausgesetzt wird (siehe die schematisch dargestellte Wärmequelle 36).

In Figur 3 ist der Verfahrensschritt I im Detail dargestellt. Bei der hier gezeigten Ausführungsform des Konditionierens wird das Substrat 10 in einem Spincoating-Verfahren mit einem Lösungsmittel 40 beschichtet. Dies geschieht unter Atmosphärendruck.

Zum Beschichten kann das Substrat 10 auf einer Unterlage 42 angeordnet werden, die von einem Motor 44 in Drehung versetzt werden kann (siehe wieder den Pfeil R).

Bei dem Lösungsmittel kann es sich beispielsweise um Azeton, PGMEA (1-Methoxy-2-Propylacetat), Ethyllaktat oder NMP (N-Methyl-Pyrolidon) handeln.

Nach dem Aufbringen des Lösungsmittels 40 wird das Substrat 10 in eine Vakuumkammer 50 weitertransportiert. Dort wird es auf einer Unterlage 52 abgelegt, die mit einer schematisch angedeuteten Heizung 54 versehen sein kann. Mit der Heizung 54 kann das Substrat 10 (und damit das auch darauf aufgebraute Lösungsmittel 40) aufgeheizt werden, beispielsweise auf Temperaturen  $>30^{\circ}\text{C}$ .

Wenn das Substrat 10 in die Vakuumkammer 50 eingebracht ist, wird diese evakuiert. Hierfür kann eine schematisch dargestellte Vakuumpumpe 56 oder eine Venturidüse verwendet werden. In einem Ausführungsbeispiel kann der Druck dabei vom Atmosphärendruck auf einen Druck in der Größenordnung von 0,3 bar abgesenkt werden (siehe auch Figur 4).

Beim Evakuieren der Vias wird auch ein Teil der sich in diesen befindenden Luft herausgesaugt. Dadurch wird die Schicht des sich auf dem Substrat 10 befindenden Lösungsmittels 40 lokal beeinflusst.

Wenn das gewünschte Vakuum erreicht ist, wird der Druck in der Vakuumkammer 50 für eine vorbestimmte Haltezeit ( $t_1$  bis  $t_2$ ) konstant gehalten. Die Haltezeit kann beispielsweise in der Größenordnung von 10 bis 60 sec liegen. Während dieser Haltezeit wandert die Luftblase, die anfangs im Via 16 unter einer Lösungsmittelschicht eingeschlossen ist, nach oben, während Lösungsmittel 40 nach unten in das Via 16 wandert. Dadurch werden die Wände des Vias vollständig mit Lösungsmittel 40 benetzt.

Das Aufsteigen der anfänglich im Via eingeschlossenen Luftblase kann dadurch unterstützt werden, dass das Substrat 10 erwärmt wird. Hierdurch dehnt sich die Luftblase im Via noch weiter aus, als sie dies aufgrund der Verringerung des Luftdrucks in der Vakuumkammer tut.



Nach Ablauf der Haltezeit wird die Vakuumkammer 50 wieder belüftet, sodass der Druck darin auf Atmosphärendruck ansteigt. Hierbei wird wieder Luft in die Vias 16 hineingedrängt, wobei auch Lösungsmittel in die Vias hineingezogen wird. Dadurch ist gewährleistet, dass das Lösungsmittel 40 die Wände der Vias 16 vollständig benetzt.

Nachdem die Vakuumkammer 50 sich wieder auf dem Ausgangsdruck befindet, wird das Substrat 10 entnommen und zu einer weiteren Bearbeitungsstation transportiert, in welcher der Verfahrensschritt II durchgeführt werden kann, also das Beschichten mit dem elektrisch isolierenden Material 20. Da die Wände der Vias 16 mit dem Lösungsmittel benetzt sind, fließt das elektrisch isolierende Material 20 sehr gut in die Vias 16 hinein und füllt diese vollständig aus. Dadurch ergeben sich keinerlei Probleme aufgrund von Lufteinschlüssen oder Ähnlichem, so dass das elektrisch isolierende Material 20 auch im Bereich der Vias 16 eine (zumindest nahezu) plane Oberfläche hat.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschichten eines Substrats (10), das mit Vias (16) versehen ist, wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- das Substrat (10) wird konditioniert;
- das Substrat (10) wird so mit einem elektrisch isolierenden Material beschichtet, dass im Substrat vorhandene Vias vollständig mit dem elektrisch isolierenden Material ausgefüllt werden, so dass das isolierende Material eine möglichst ebene Oberfläche hat.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Konditionierens unter Atmosphärendruck stattfindet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) plasmabehandelt wird, um es zu konditionieren.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) oxidiert wird, um es zu konditionieren.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf das Substrat (10) ein Lösungsmittel (40) aufgebracht wird, um es zu konditionieren.

6. Verfahren nach Anspruch 5 in Kombination mit Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) durch eine Kombination aus Plasmabehandeln und Aufbringen eines Lösungsmittels konditioniert wird.

7. Verfahren nach 5 in Kombination mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) durch eine Kombination aus Oxidieren und Aufbringen eines Lösungsmittels konditioniert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Lösungsmittel (40) in einem Spincoating-Verfahren aufgebracht wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem Lösungsmittel (40) versehene Substrat (10) in eine Vakuumkammer (50) eingebracht, der Druck in der Vakuumkammer (50) verringert und die Vakuumkammer (50) nach einer Haltezeit wieder belüftet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in der Vakuumkammer (50) um 0,1 bis 0,9 bar gegenüber Atmosphärendruck verringert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltezeit in der Größenordnung von 10 sec bis 60 sec beträgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) in der Vakuumkammer (50) beheizt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) auf eine Temperatur  $>30^{\circ}\text{C}$  aufgeheizt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10), nachdem das Lösungsmittel (40) aufgebracht wurde, in eine andere Kammer transportiert wird, in der es mit dem elektrisch isolierenden Material (20) beschichtet wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrisch isolierende Material (20) in einem Spincoating-Verfahren aufgebracht wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als elektrisch isolierendes Material (20) ein Dielektrikum, ein Resist oder ein Epoxidharz aufgebracht wird.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrisch isolierende Material (20) nach dem Aufbringen ausgehärtet wird.

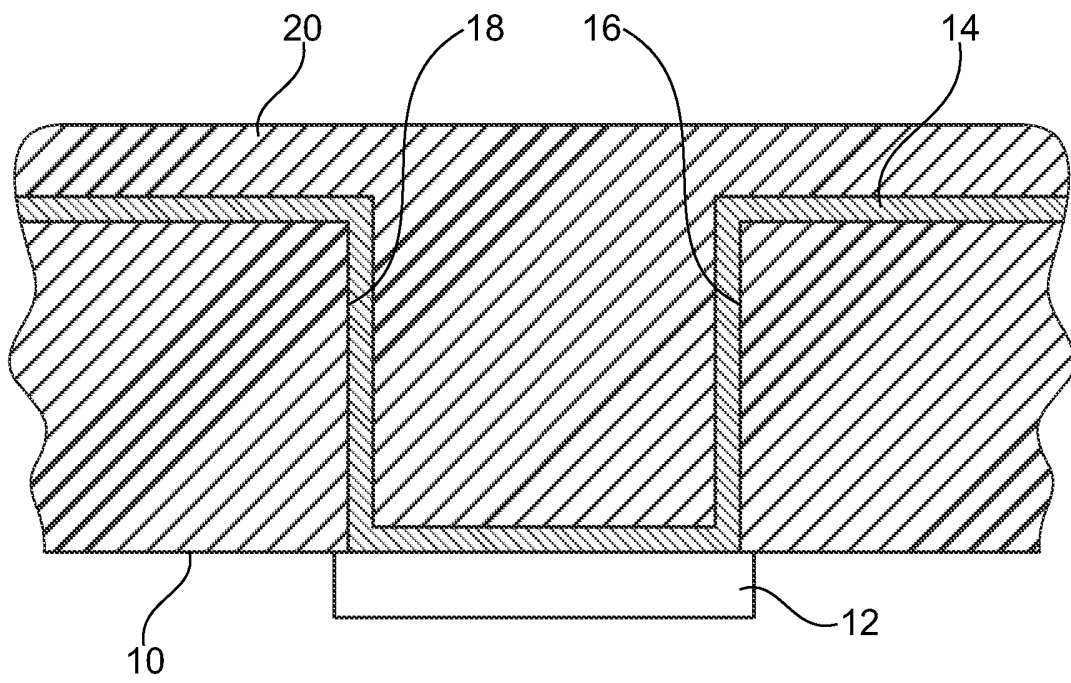


Fig. 1

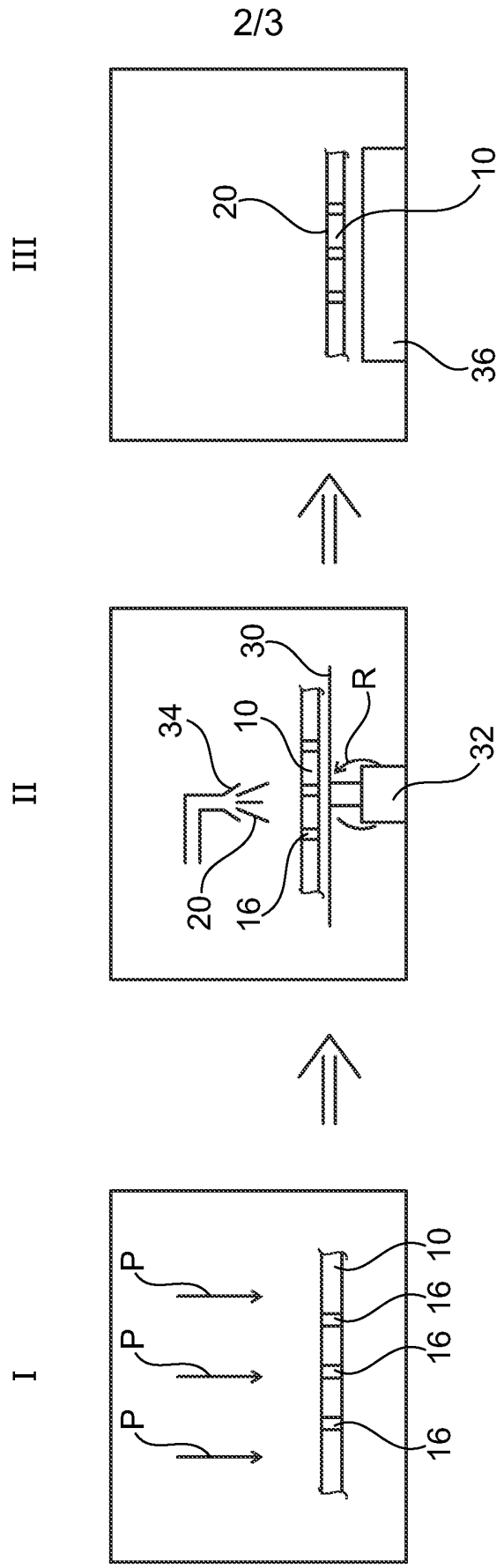


Fig. 2

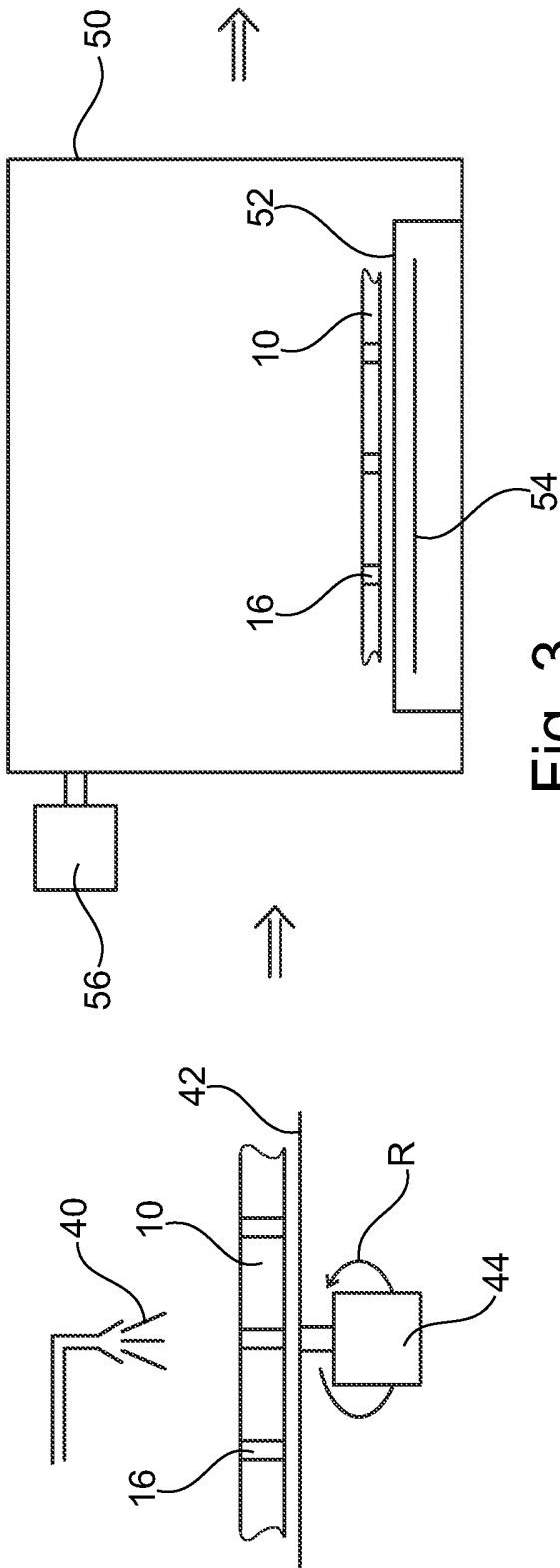


Fig. 3

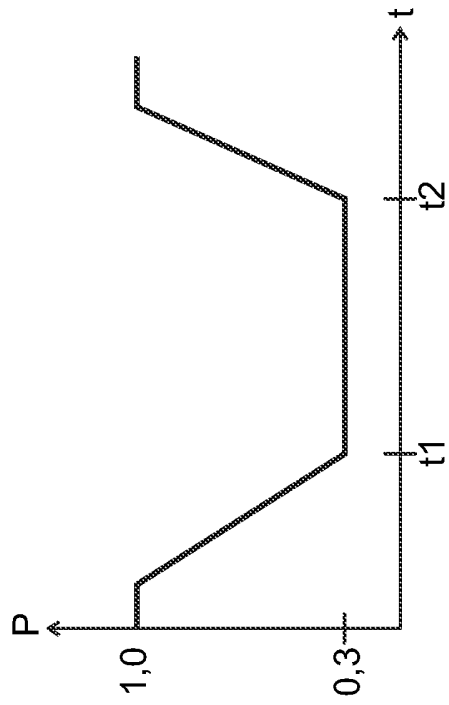


Fig. 4