



(10) **DE 10 2012 112 989 A1** 2014.06.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 112 989.4**

(22) Anmeldetag: **21.12.2012**

(43) Offenlegungstag: **26.06.2014**

(51) Int Cl.: **H01L 21/30** (2006.01)

H01L 21/683 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

(71) Anmelder:

**EV Group E. Thallner GmbH, St. Florian am Inn,
AT**

(72) Erfinder:

Burggraf, Jürgen, Schärding, AT

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Becker & Müller, 40878, Ratingen,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 199 58 803 C1

DE 196 54 791 A1

US 2002 / 0 068 021 A1

US 5 856 229 A

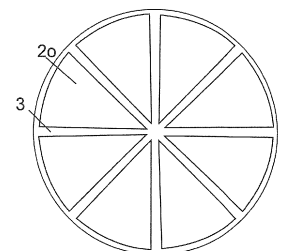
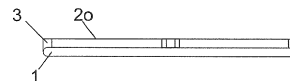
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Aufbringen einer Temporärbondschiicht**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufbringen einer Temporärbondschiicht (2, 2', 2'') auf einen Trägerwafer (1) zum temporären Verbinden mit einem Produktwafer (4) durch Fusionsbonden oder anodisches Bonden mit folgenden Schritten, insbesondere folgendem Ablauf:

- Aufbringen der zum Fusionsbonden oder anodischen Bonden geeigneten Temporärbondschiicht (2, 2', 2'') auf den Trägerwafer (1) und
- Modifikation der Temporärbondschiicht (2, 2', 2'') während und/oder nach dem Aufbringen derart, dass die temporäre Verbindung der Temporärbondschiicht (2, 2', 2'') lösbar ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufbringen einer Temporärbondschiicht auf einen Trägerwafer zum temporären Bonden mit einem Produktwafer durch Fusionsbonden oder anodisches Bonden gemäß Anspruch 1.

[0002] In der Halbleiterindustrie ist es notwendig, Trägertechnologien zu entwickeln, um Produktwafer fixieren und transportieren sowie bearbeiten zu können. Ein bis heute ungelöstes Problem ist die temporäre Fixierung eines Wafers auf einen Trägerwafer für Hochtemperaturanwendungen. Bei den bekannten Temporärbondingtechnologien werden Materialien verwendet, welche oberhalb einer bestimmten Temperatur ihre Adhäsionskraft zumindest weitgehend verlieren. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, Verfahren zum Aufbringen einer Temporärbondschiicht auf einen Trägerwafer zum temporären Verbinden mit einem Produktwafer zu geben, das für höhere Temperaturen als bisher bekannt einsetzbar ist.

[0003] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. In den Rahmen der Erfindung fallen auch sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei von in der Beschreibung, den Ansprüchen und/oder den Figuren angegebenen Merkmalen. Bei angegebenen Wertebereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart gelten und in beliebiger Kombination beanspruchbar sein.

[0004] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, einerseits ein zum Fusionsbonden oder zum anodischen Bonden geeignetes Material (oder eine Materialkombination) für die Aufbringung der Temporärbondschiicht zu verwenden und die Eigenschaft als temporäre Bondschiicht zu gewährleisten, indem eine Modifikation der Temporärbondschiicht während oder nach dem Aufbringen derart erfolgt, dass eine durch Fusionsbond oder anodischen Bond hergestellte Verbindung mit einem Produktwafer mit entsprechenden, insbesondere radikalen Ablösemitteln wieder lösbar ist. Durch die vorgenannte Maßnahme ist die Verwendung von Trägern bei viel höheren Temperaturen möglich als bisher, so dass auch eine Behandlung der Produktwafer bei viel höheren Temperaturen als im Stand der Technik möglich ist. Der mit der Trägertechnologie zugängliche Temperaturbereich für Bonding/Debonding-Technologien wird somit erheblich erweitert. Somit ist es erfindungsgemäß möglich, Prozessschritte zwischen dem Aufbringen der Temporärbondschiicht und dem Ablösen durchzuführen, die bisher nur bei durch Permanentbonds verbundenen Substraten durchführbar waren.

[0005] Mit anderen Worten beruht die vorliegende Erfindung darauf, eine Temporärbondschiicht, insbesondere eine, vorzugsweise ausschließlich, aus SiO_2 bestehende Schicht, auf einen Trägerwafer, insbesondere einen Si-Wafer, abzuscheiden. Als Abscheidungsverfahren kommen erfindungsgemäß insbesondere PVD- und/oder CVD-Prozesse und/oder Solgel-Prozesse und/oder elektrochemische Abscheidung und/oder nasschemische Abscheidung in Frage. Die Temporärbondschiicht wird durch eine Strukturierung der Schicht oder durch Änderung der Mikrostruktur der Temporärbondschiicht modifiziert und durch die Modifikation wird das spätere Ablösen der Temporärbondschiicht vom Produktsubstrat beziehungsweise das spätere Ablösen des Produktsubstrats vom Trägersubstrat ermöglicht.

[0006] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Modifikation durch Oberflächenbehandlung, insbesondere durch Strukturierung und/oder Änderung der Mikrostruktur der Temporärbondschiicht erfolgt.

[0007] Bevorzugt erfolgt die Oberflächenbehandlung derart, dass eine Ausbildung von, die Temporärbondschiicht parallel zum Trägerwafer durchsetzenden, Kanälen erfolgt. Auf diese Weise kann die Temporärbondschiicht mit, insbesondere chemisch, vorzugsweise selektiv auf die Temporärbondschiicht, auflösend wirkenden Lösungsmitteln als Ablösemitteln gelöst werden.

[0008] In einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, zur Modifikation der Temporärbondschiicht beim Aufbringen der Temporärbondschiicht mittels CVD-Verfahren eine Porosität der Temporärbondschiicht vorzusehen und in die Poren der Temporärbondschiicht durch Beaufschlagung mit einem Gas während des CVD-Verfahrens Gase in die Poren einzuschließen. Die Eigenschaften des eingeschlossenen Gases können dann zum Lösen der Verbindung genutzt werden. Die Porosität kann im Zusammenhang mit den offenbarten Kanälen auch den Zugang des Ablösemittels erleichtern und unterstützen, vor allem wenn es sich um eine offene Porosität handelt. Daher ist auch eine Kombination aus porösem Material und Kanälen denkbar.

[0009] Als erfindungsgemäße Gase kommen erfindungsgemäß alle Arten von ein-, zwei- oder mehramigen Gasen zum Einsatz, mit Vorzug allerdings Helium, Argon, Neon, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasserdampf, HCL, Schwefelsäure, Flusssäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, alle organischen Säuren.

[0010] In einer weiteren Ausführungsform verwendet man einen Trägerwafer aus Glas und eine Temporärbondschiicht aus Silizium oder einen Trägerwafer aus Silizium und eine Temporärbondschiicht aus

Glas. Das anodische Bonden erfolgt dabei bevorzugt in einem Temperaturbereich zwischen 0°C und 800°C, mit Vorzug zwischen 100°C und 700°C, mit größerem Vorzug zwischen 200°C und 600°C, mit größtem Vorzug zwischen 300°C und 500°C. Der Absolutbetrag der Spannung zwischen Anode und Kathode liegt beim anodischen Bondvorgang insbesondere im Bereich zwischen 0 V und 1000 V, mit Vorzug zwischen 100 V und 900 V, mit größerem Vorzug zwischen 200 V und 800 V, mit größtem Vorzug zwischen 300 V und 700 V, mit allergrößtem Vorzug zwischen 400 V und 600 V.

[0011] Als weitere, erfindungsgemäße Verfahrensschritte sind insbesondere vorgesehene

- nach Aufbringung und Modifikation temporäres Bonden mit dem Produksubstrat mit einer Bondkraft F_b und/oder
- nach temporärem Bonden Prozessieren des Produksubstrats und während und/oder nach dem Prozessieren Schwächung des Interface zwischen Temporärbondschiicht und Produksubstrat bzw. Glassubstrat und Produksubstrat zum Ablösen des Produksubstrats.

[0012] Die Bondkraft liegt zwischen 0 N und 100000 N, mit Vorzug zwischen 0 N und 10000 N, mit größerem Vorzug zwischen 0 N und 1000 N, mit größtem Vorzug zwischen 0 N und 100 N.

[0013] In der bevorzugtesten Ausführungsform einer Temporärbondschiicht aus SiO_2 und einem Trägerwafer aus Silizium erfolgt das Bonden sogar bei Raumtemperatur ohne Krafteinwirkung. Die entstehende kovalente Verbindung zwischen der Si-Oberfläche des Trägerwafers und der SiO_2 Oberfläche der Temporärbondschiicht kann durch eine entsprechende Oberflächenbehandlung vor dem Verbunden verbessert werden. Denkbar für die Oberflächenmodifikation wären Plasmabehandlung, Benetzung mit DI-Wasser (DI = deionisiert) oder chemische Reinigung.

[0014] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen. Diese zeigen in:

[0015] Fig. 1a bis Fig. 1f eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in sechs Verfahrensschritten,

[0016] Fig. 2a bis Fig. 2f eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform mit sechs Verfahrensschritten und

[0017] Fig. 3 eine dritte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in schematischer Darstellung.

[0018] In den Figuren sind Vorteile und Merkmale der Erfindung mit diese jeweils identifizierenden Bezugszeichen gemäß Ausführungsformen der Erfindung gekennzeichnet, wobei Bauteile beziehungsweise Merkmale mit gleicher und/oder gleichwirkender Funktion mit identischen Bezugszeichen gekennzeichnet sein können.

[0019] In einer ersten Ausführungsform der Erfindung wird ein Trägerwafer **1** zuerst mit einer Temporärbondschiicht **2** beschichtet. Bei der Temporärbondschiicht **2** handelt es sich mit Vorzug um SiO_2 . Die Beschichtung kann durch alle bekannten Beschichtungsmethoden erfolgen, mit Vorzug allerdings durch PVD, CVD oder elektrochemische Abscheidung. Die Dicke der Temporärbondschiicht **2** hängt von unterschiedlichen Parametern ab, liegt allerdings zwischen 1 nm und 1 mm. Die Dicke der Temporärbondschiicht **2** liegt zwischen 1 nm und 1 mm, mit Vorzug zwischen 10 nm und 100 μm , mit größerem Vorzug zwischen 100 nm und 10 μm , mit größtem Vorzug zwischen 1 μm und 5 μm . Die Temporärbondschiicht **2** wird durch Methoden, die dem Fachmann auf dem Gebiet bekannt sind, strukturiert.

[0020] In Fig. 1c wird beispielhaft eine strukturierte Temporärbondschiicht **2** mit Kanälen **3** dargestellt. Diese Kanäle **3** können beispielsweise durch bekannte Maskentechniken, Lithographie, Maskierung und späterem Ätzen mit Säuren und/oder Laugen und/oder durch entsprechend geeignete Chemikalien hergestellt werden.

[0021] Erfindungsgemäß denkbar ist auch eine direkte Herstellung der strukturierten Temporärbondschiicht **2** mittels Schattenmasken während des Abscheideprozesses. Die Schattenmasken maskieren dabei jene Bereiche, an denen das Material sich während des Abscheideprozesses nicht ablagern soll. Durch die Verwendung von Schattenmasken spart man sich eine anschließende Maskierung und Ätzung der vollflächig aufgetragenen Temporärbondschiicht **2**.

[0022] Das Ätzen erfolgt insbesondere mit Flusssäure (Hydrogenfluorid, HF) im flüssigen und/oder dampfförmigen Zustand. Besonders in der dampfförmigen Phase erfolgt der Zugang durch die Kanäle **3** und/oder durch die vorhandenen Poren besonders schnell.

[0023] Weitere erfindungsgemäß verwendbare Säuren wären Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, alle organischen Säuren.

[0024] Alternativ denkbar wäre auch die Verwendung einer bekannten Mischung aus mehreren Chemikalien, beispielsweise Königswasser, Piranha ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$), eine Mischung aus Flusssäure und Salpetersäure.

[0025] Als Ätzmedien dienen auch basische Substanzen, beispielsweise KOH, TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) und/oder EDP (Ethylendiaminpyrocatechol).

[0026] Die Ätzrate des SiO_2 bei Angriff durch eine 44% KOH-Lösung bei ca. 85°C beträgt ca. 14 Angström/min.

[0027] Die Ätzrate des SiO_2 bei Angriff durch eine 25% TMAH-Lösung bei ca. 80°C beträgt ca. 2 Angström/min.

[0028] Die Ätzrate des SiO_2 bei Angriff durch eine EDP-Lösung bei ca. 115°C beträgt ca. 2 Angström/min.

[0029] Auf Grund der geringen Ätzraten werden daher erfindungsgemäß höhere Konzentration und/oder höhere Betriebstemperaturen beansprucht. Die verwendete Lösung besitzt eine Konzentration größer 20%, mit Vorzug größer 40%, mit größerem Vorzug größer 60%, mit größtem Vorzug größer 80%, mit allergrößtem Vorzug größer 99%.

[0030] Die erfindungsgemäß verwendete Ätztemperatur ist größer als 25°C , mit Vorzug größer als 50°C , mit größerem Vorzug größer als 100°C , mit größtem Vorzug größer als 200°C , mit allergrößtem Vorzug größer als 400°C .

[0031] Die Oberfläche **4o** eines Produktwafer **4** kann nun mit der Oberfläche **2o** der Temporärbondschiicht **2** verbonded werden. Im Gegensatz zum Bonden mit Klebern, bei dem regelmäßig Polymere verwendet werden, erfolgt der Bond hier zwischen der für Hochtemperaturen ausgelegten Temporärbondschiicht **2**, mit Vorzug SiO_2 , und der Oberfläche **4o** des Produktwafer **4**. Dem Fachmann auf dem Gebiet sind die Fusionsbondingtechnologien und die anodischen Bondtechnologien bekannt. Der Fusionsbond oder der anodische Bond ist so stark, dass die Rückseite **4u** bearbeitet werden kann. Beispielhaft wird das Rückdünnen des Produktwafer **4** genannt. Der Fusionsbond findet im Idealfall bei Raumtemperatur ohne Kraffteinwirkung, also insbesondere ausschließlich durch einfaches Kontaktieren der Oberfläche der Temporärbondschiicht **2** mit der Oberfläche des Trägerwafer **1**, statt. Der anodische Bond findet meist in Verbindung mit einer Kraffbeaufschlagung und höheren Temperaturen statt.

[0032] Nach der Bearbeitung des Produktwafer **4**, kann der Produktwafer **4** wieder von der Temporärbondschiicht **2** gelöst werden, indem eine Chemikalie **6** durch die Kanäle **3** eindringt und die Temporärbondschiicht **2** auflöst oder zumindest das Interface zwischen der Oberfläche **4o** des Produktwafer **4** und der Oberfläche **2o** der Temporärbondschiicht **2** schwächt (**Fig. 1d** bis **Fig. 1f**). Die Kanäle **3** dienen

dabei vorwiegend dem besseren Zugang der Chemikalie zur Temporärbondschiicht **2**. Die Chemikalie löst die Temporärbondschiicht **2** auf und erlaubt die Trennung des Produktwafer **4** vom Trägerwafer **1**. Der Trägerwafer **1** kann wieder verwendet werden. Sollten sich Rückstände der Temporärbondschiicht **2** am Trägerwafer **1** befinden, kann der Trägerwafer **1** erfindungsgemäß gereinigt werden.

[0033] In einer weiteren Ausführungsform (**Fig. 2a-c**) wird durch einen Beschichtungsprozess, mit Vorzug ein CVD Beschichtungsprozess, die Temporärbondschiicht **2'** auf den Trägerwafer **1** aufgebracht. Wird ein CVD Beschichtungsprozess verwendet, besitzt die abgeschiedene Schicht bereits eine entsprechend hohe Porosität. Werden andere Beschichtungsprozesse verwendet, muss erfindungsgemäß eine entsprechende Porosität durch bekannte Prozesse erzeugt werden. In diese Porosität können unterschiedliche Gase eingebracht werden oder werden bereits im Beschichtungsprozess eingeschlossen. Durch einen Fusionsbondprozess wird der Produktwafer **4** mit der Temporärbondschiicht **2'** verschweißt. Der Produktwafer **3** kann an seiner Rückseite entsprechend prozessiert werden. Durch das Heizen über eine kritische Temperatur T_k dehnen sich die Gase in der Temporärbondschiicht **2'** aus. Diese Volumenexpansion führt zu einem zumindest überwiegenden Aufbrechen der Temporärbondschiicht **2'** und/oder zu einer Schwächung des Interface zwischen der Oberfläche **2o'** der Temporärbondschiicht **2'** und der Oberfläche **4o** des Produktsubstrats **4** und zu der Möglichkeit, den Produktwafer **4** vom Trägerwafer **1**, genauer von der Temporärbondschiicht **2'**, zu entfernen. Das Ausgasen muss nicht zu einer vollständigen Delaminierung des Interfaces führen. Es genügt erfindungsgemäß, wenn der Ausgasungsprozess zu einer Schwächung des Interfaces (Temporärbondschiicht **2'**) führt und durch einen späteren, insbesondere mechanischen, Trennprozess die beiden Wafer **1**, **4** voneinander getrennt werden (**Fig. 2d** bis **Fig. 2f**). Dementsprechend kann die kritische Temperatur T_k sehr wohl auch im Temperaturintervall liegen, in welchem der Produktwafer **4** prozessiert wird, sodass die Ausgasung insbesondere während der Prozessierung des Produktwafer **4** erfolgt.

[0034] In einer weiteren Ausführungsform (**Fig. 3**) werden Oberflächen R_{ox} (X hier: 1, 2 und 3) unterschiedlicher Regionen R (X hier: 1, 2 und 3) einer vollflächig aufgetragenen Temporärbondschiicht **2''**, mit Vorzug eine SiO_2 Schicht, unterschiedlichen physikalischen und/oder chemischen Prozessen ausgesetzt, sodass der anschließende Fusionsbondprozess zu unterschiedlich starken Bondkräften in den einzelnen Regionen R_x führt. Beispielhaft aber nicht ausschließlich seien hierbei folgende Oberflächenbehandlungen genannt: Plasmaprozesse, Beschich-

tungsprozesse, Prozesse zur Änderung der Oberflächenrauigkeit.

[0035] In einer weiteren Ausführungsform erfolgt das Bonden des Produksubstrats **4** zu einem Trägerwafer **1**, durch ein anodisches Bondverfahren. Dabei führt die Bildung der Siloxan-Verbindung Si-O-Si, hervorgerufen durch Kationen und Anionentransport, zu einer Verschweißung des Produksubstrats **4** mit dem Trägersubstrat **1** über die Temporärbondschiicht **2**. In einer ersten Ausführungsform ist das Trägersubstrat **1** ein Glasträgersubstrat **1** und die Temporärbondschiicht **2, 2', 2''** besteht zumindest überwiegend, vorzugsweise vollständig, aus Silizium. In einer zweiten Ausführungsform ist das Trägersubstrat **1** ein Siliziumsubstrat **1** und die Temporärbondschiicht **2, 2', 2''** besteht zumindest überwiegend, vorzugsweise vollständig, aus Glas. Die Temporärbondschiicht **2, 2', 2''** kann gleich vorbehandelt werden wie die SiO₂-Schicht aus den anderen erfindungsgemäßen Ausführungsformen.

Bezugszeichenliste

1	Trägerwafer
2, 2', 2''	Temporärbondschiicht
2o, 2o', 2o''	Oberfläche
3	Kanäle
4	Produktwafer
4o	Oberfläche
4u	Rückseite
6	Lösungsmittel
R_x	Regionen
R_{ox}	Oberflächen

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufbringen einer Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) auf einen Trägerwafer (**1**) zum temporären Verbinden mit einem Produktwafer (**4**) durch Fusionsbonden oder anodisches Bonden mit folgenden Schritten, insbesondere folgendem Ablauf:

- Aufbringen der zum Fusionsbonden oder anodischen Bonden geeigneten Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) auf den Trägerwafer (**1**) und
- Modifikation der Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) während und/oder nach dem Aufbringen derart, dass die temporäre Verbindung der Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) lösbar ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Modifikation durch Oberflächenbehandlung, insbesondere durch Strukturierung und/oder Änderung der Mikrostruktur der Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei der das Aufbringen durch CVD- und/oder PVD-Prozesse oder elektrochemische Abscheidung erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei der die Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) aus SiO₂ besteht.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei der die Modifikation einer Ausbildung von die Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) parallel zum Trägerwafer (**1**) durchsetzenden Kanälen (**3**) umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Modifikation der Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) beim Aufbringen der Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) mittels CVD-Verfahren eine Porosität der Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) vorzusehen und in die Poren der Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) durch Beaufschlagung mit einem Gas während des CVD-Verfahrens Gase in die Poren einzuschließen.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei der nach Aufbringung und Modifikation ein temporäres Bonden des Trägerwafers (**1**) mit dem Produktwafer (**4**) mit einer Bondkraft F_b durch Fusionsbonden erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem nach dem temporären Bonden der Produktwafer (**4**) prozessiert wird und während und/oder nach dem Prozessieren eine Schwächung der Temporärbondschiicht (**2, 2', 2''**) zum Ablösen des Produktwafers (**4**) erfolgt.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1a

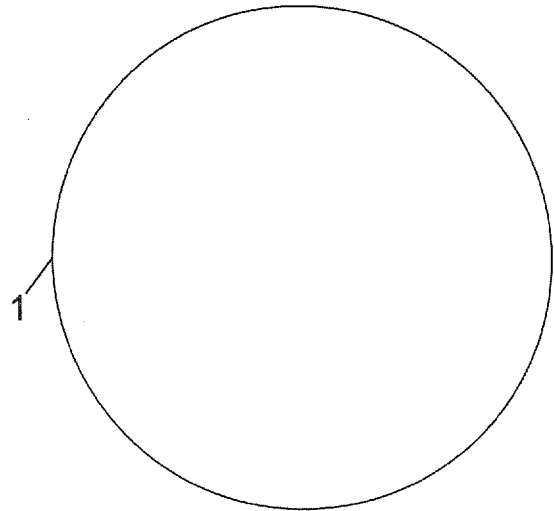
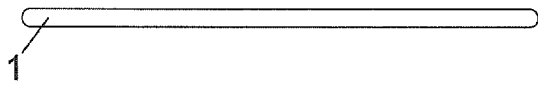


Fig. 1b

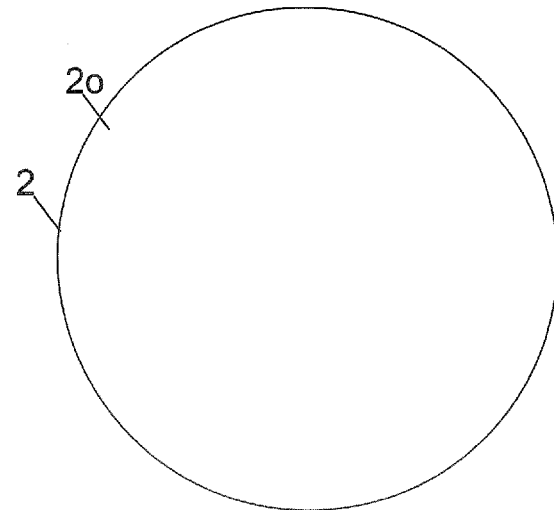
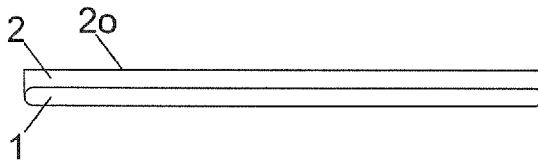


Fig. 1c

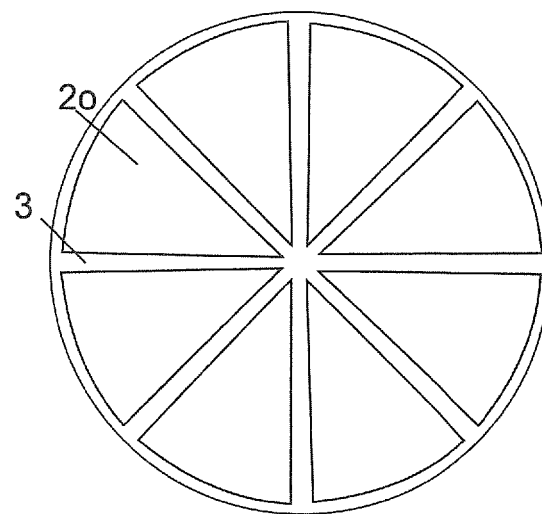
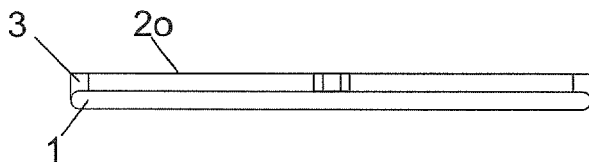


Fig. 1d

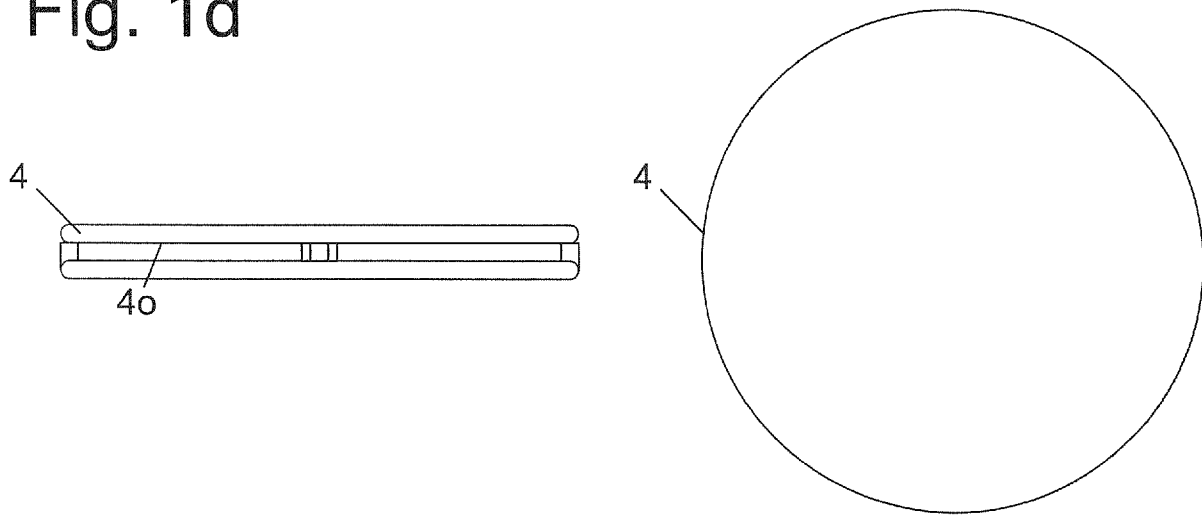


Fig. 1e

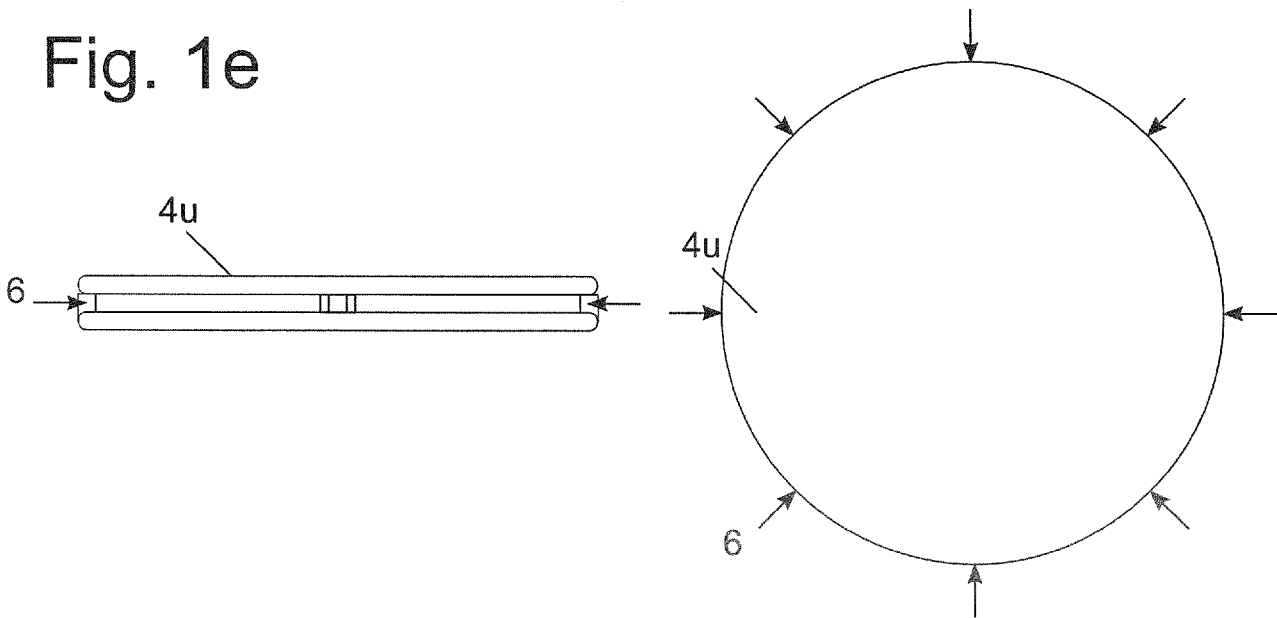


Fig. 1f

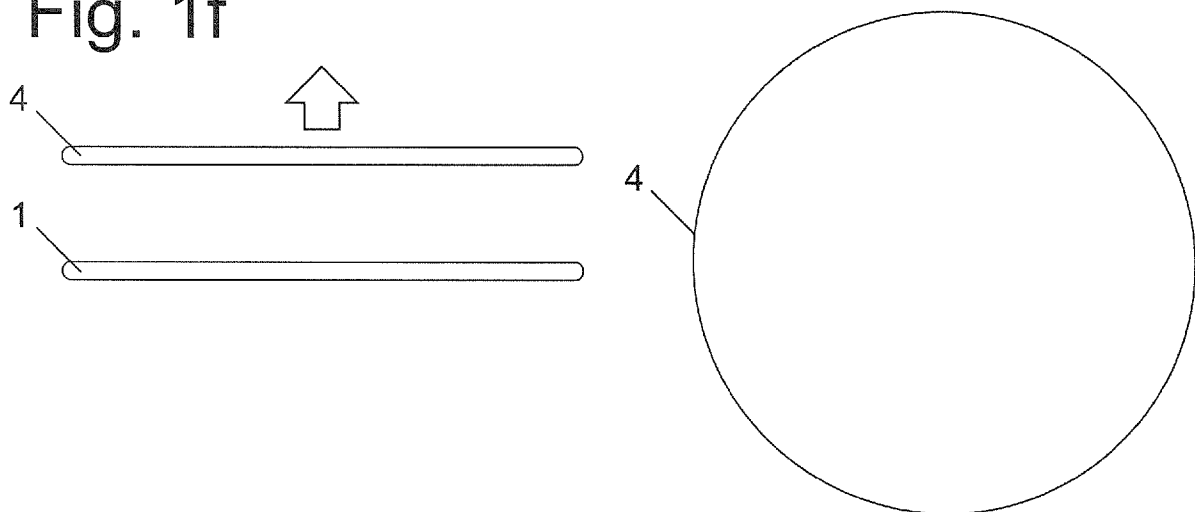


Fig. 2a

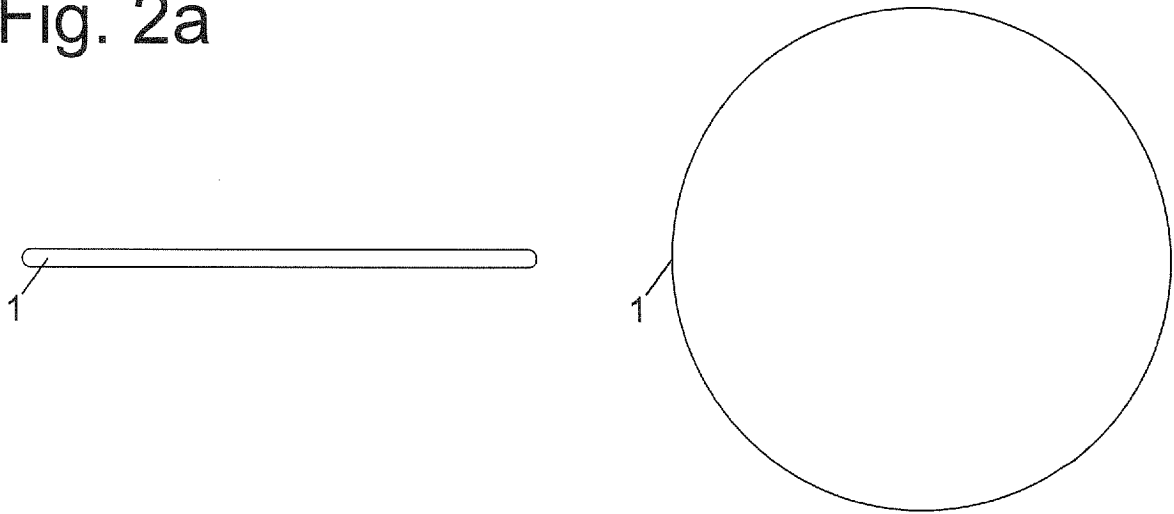


Fig. 2b

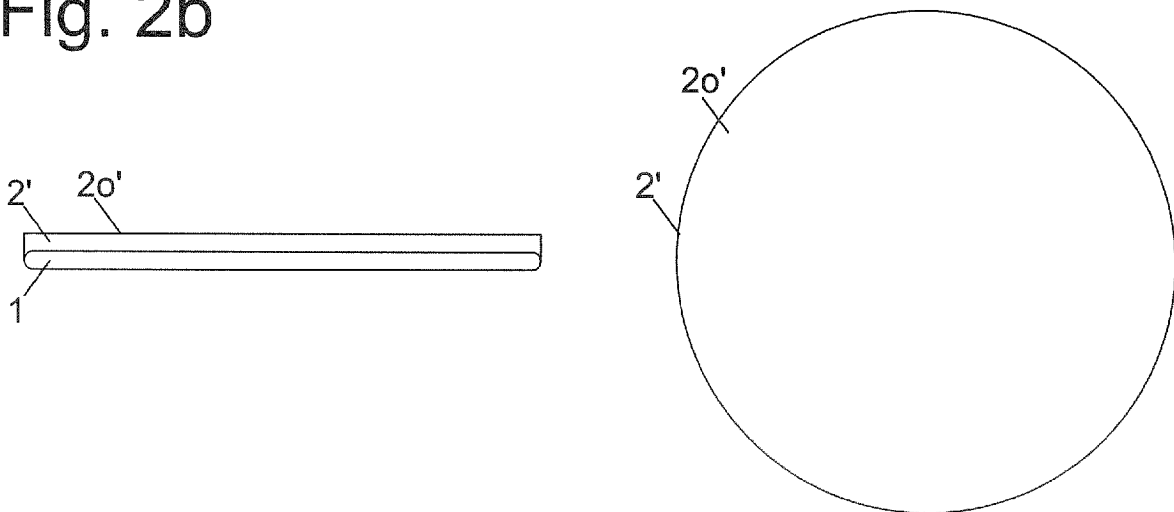


Fig. 2c

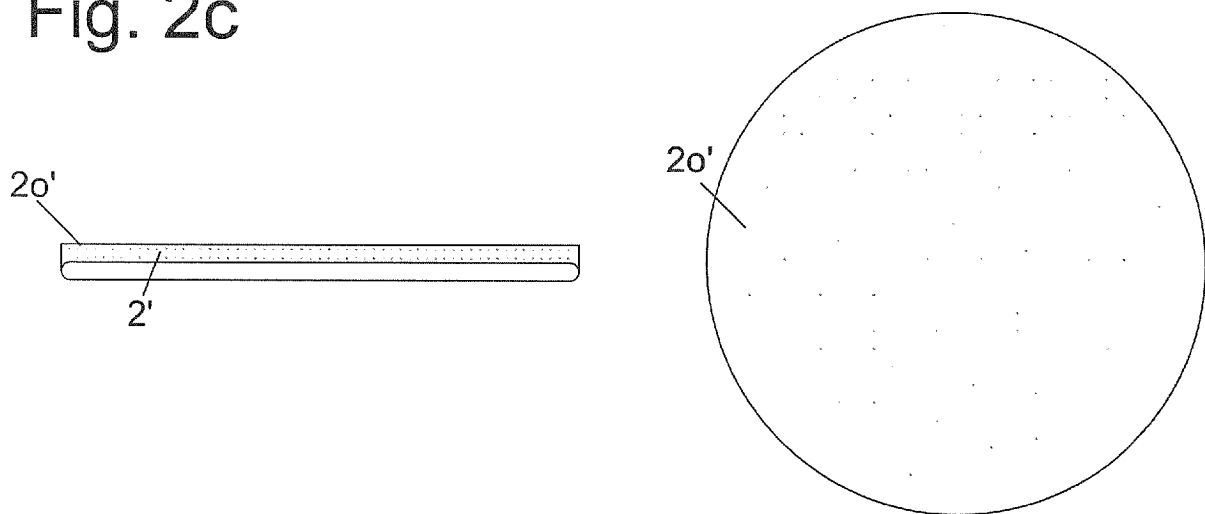


Fig. 2d

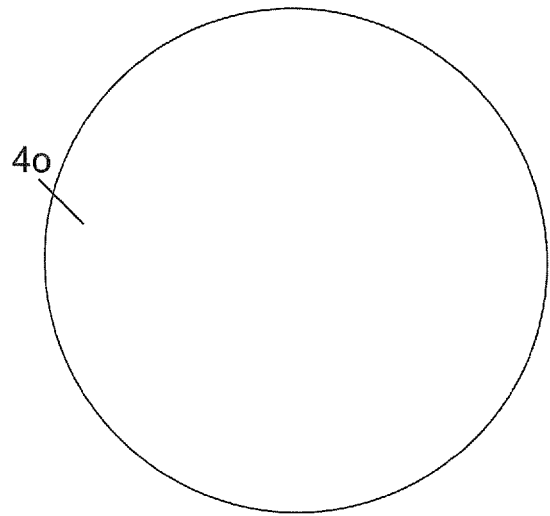
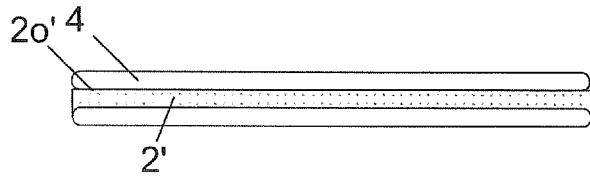


Fig. 2e

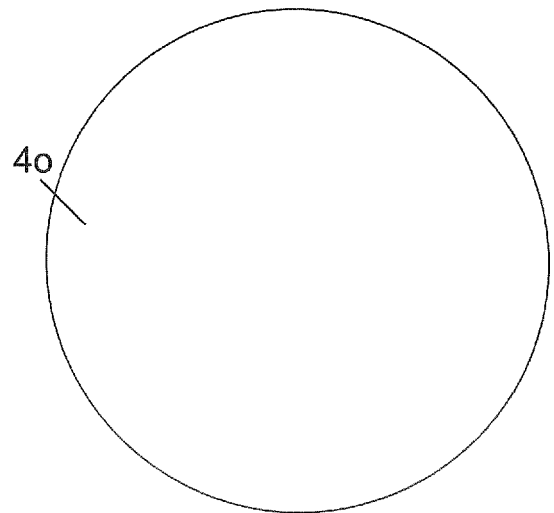
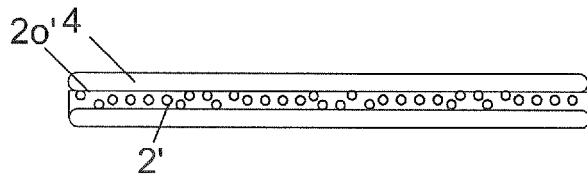


Fig. 2f

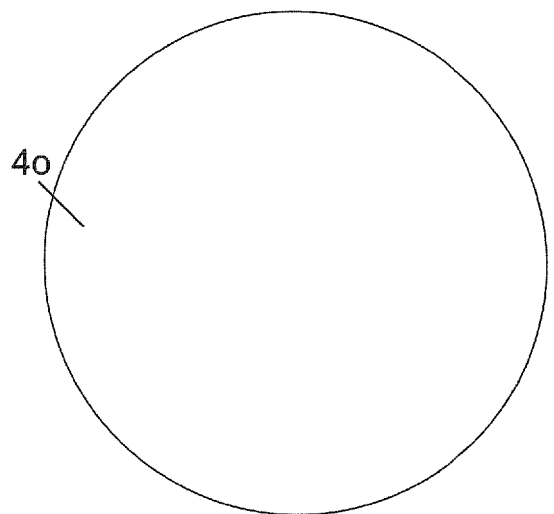
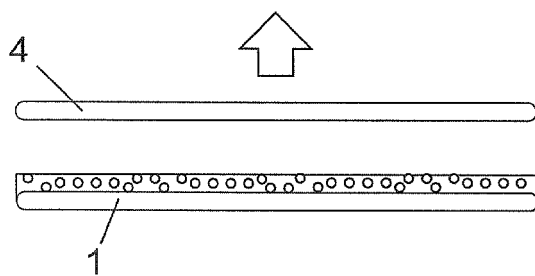


Fig. 3

