



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 105 384.7**

(22) Anmeldetag: **21.06.2012**

(43) Offenlegungstag: **06.09.2012**

(51) Int Cl.: **H01L 21/321 (2012.01)**

**H01L 21/28 (2012.01)**

(71) Anmelder:  
**AP&S International GmbH, 78166,  
Donaueschingen, DE**

(72) Erfinder:  
**Erfinder wird später genannt werden**

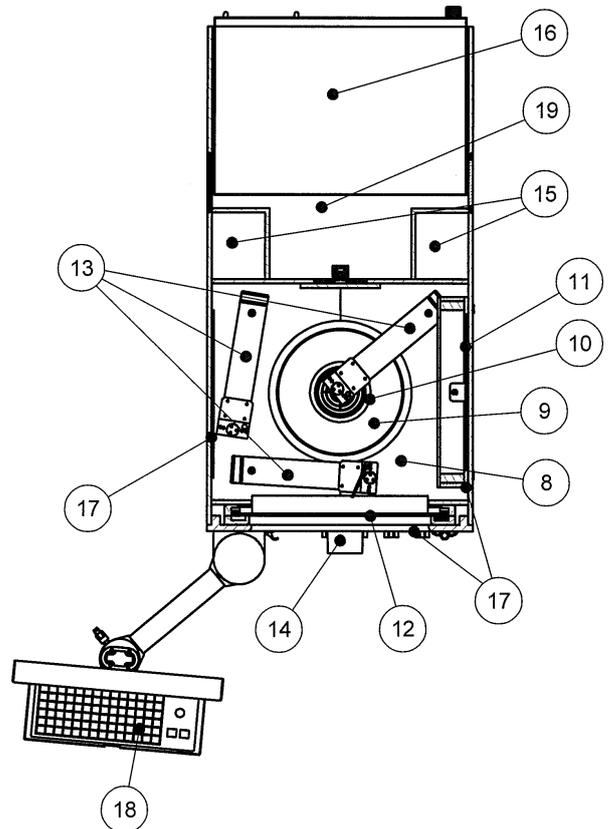
(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Westphal Mussgnug & Partner,  
78048, Villingen-Schwenningen, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Lift-off-Verfahren und Vorrichtung zum Durchführen des Lift-off-Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Lift-off-Verfahren, bei dem ein Halbleitersubstrat (Wafer) 10 vorgesehen ist, wobei auf dem Halbleitersubstrat 1 eine strukturierte Fotolackschicht 2 und über der Fotolackschicht 2 eine Metallschicht 6 aufgebracht ist sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Lift-off-Verfahrens. Es wird ein zuverlässiges, effektives und einfacheres Lift-off-Verfahren mit einer einfacheren Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens bereitgestellt. Hierzu werden die sich auf der Fotolackschicht 2 befindenden Anteile der Metallschicht 6 zusammen mit der Fotolackschicht 2 durch Behandeln mit Dimethylsulfoxid unter gleichzeitigem Anwenden von Megasonnen vom Halbleitersubstrat entfernt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Lift-off-Verfahren, bei dem ein Halbleitersubstrat (Wafer) vorgesehen ist, wobei auf dem Halbleitersubstrat eine strukturierte Fotolackschicht und auf der Fotolackschicht eine Metallschicht aufgebracht ist, sowie eine Vorrichtung zum Durchführen des Lift-off-Verfahrens.

**[0002]** Ein solches Lift-off-Verfahren ist aus Wikipedia bekannt. Ebenfalls ist eine Vorrichtung zum Durchführen des Lift-off-Verfahrens bekannt. Das Lift-off-Verfahren wird in der Halbleiter- und Mikrosystemtechnik angewandt. Es wird insbesondere zur Herstellung von Leiterbahnebenen oder Kontaktflächen bei der Fertigung von integrierten Schaltungen oder Mikrosystemen eingesetzt. Durch eine Folge von Prozessschritten werden Mikrostrukturen, insbesondere Mikrostrukturen aus Metall, hergestellt. Dazu wird auf der Oberfläche eines Wafers zunächst eine strukturierte dünne Schicht aus Fotolack aufgebracht. Dies kann typischerweise durch fotolithographische Strukturierung erfolgen. Hierzu wird der Fotolack zunächst ganzflächig auf den Wafer aufgebracht. Danach wird die Fotolackschicht mit einem inversen Muster der späteren Struktur fotolithographisch strukturiert. Dann wird auf den Wafer mit der strukturierten Fotoschicht ganzflächig eine Schicht aus dem gewünschten Metall aufgebracht, so dass Anteile der Metallschicht auf der strukturierten Fotolackschicht aufgebracht sind und andere Anteile der Metallschicht direkt mit dem Substrat des Wafers in Kontakt stehen. Danach wird die Fotolackschicht z.B. nasschemisch entfernt. Dabei wird das Metall, das sich auf der Oberfläche der Fotolackschicht befindet, abgehoben und gewaschen. Danach bleibt die Metallschicht in den Bereichen, in denen sie einen direkten Kontakt zum Substrat hatte, stehen.

**[0003]** Als Beispiel für ein Lösungsmittel zum nasschemischen Entfernen der Fotolackschicht und der sich darauf befindenden Metallschicht wird in Wikipedia Aceton vorgeschlagen.

**[0004]** Aus der Praxis ist es bekannt, NMP als Lösungsmittel zum Entfernen der Fotolackschicht von dem Halbleitersubstrat zu verwenden. Dadurch kann die Fotolackschicht vollständig und zuverlässig von dem Halbleitersubstrat abgelöst werden. Das NMP wird dazu mit Hochdruck unter Nebelbildung auf das Halbleitersubstrat aufgebracht. Dies hat zur Folge, dass aufgrund des Hochdrucks eine Explosionsgefahr für die Vorrichtung besteht, in der das Lift-Off-Verfahren durchgeführt wird. Zudem hat NMP stark toxische Eigenschaften, so dass sichergestellt werden muss, dass kein NMP in die Umgebungsluft gelangt. Daher sind bei der Verwendung von NMP entsprechende, aufwändige anlagentechnische Sicherheitsmaßnahmen erforderlich. Das mit Hochdruck unter Nebelbildung in die Prozesskammer ein-

gebrachte NMP hat im nachfolgenden Reinigungs- und Spülschritt eine lange Abbauphase. Deshalb ist ein nachfolgender Reinigungs- und Spülschritt mit Isopropanol erforderlich. In diesem Reinigungsschritt werden bereits geliftete Metallpartikel, welche sich auf der Substanzoberfläche befinden, abgespült. Der Reinigungsschritt muss in einer von dem Lift-off-Prozess getrennten Prozesskammer erfolgen. Dadurch werden das Verfahren und die Vorrichtung komplex, aufwändig und teuer.

**[0005]** Im Hinblick auf diesen Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein zuverlässiges, effektives und einfacheres Lift-off-Verfahren zu schaffen, mit einer einfacheren Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch ein gattungsgemäßes Verfahren gelöst, bei dem die sich auf der Fotolackschicht befindenden Anteile der Metallschicht zusammen mit der Fotolackschicht durch Behandeln mit Dimethylsulfoxid (DMSO) unter gleichzeitigem Anwenden von Megaschall von dem Halbleitersubstrat entfernt werden. Ferner wird diese Aufgabe durch eine gattungsgemäße Vorrichtung gelöst, die eine Prozesskammer mit einer Halteeinrichtung zum Halten eines Wafers, mit einer Ladeeinheit zur Beladung der Haltevorrichtung mit einem Wafer, mit wenigstens einer Zuführung zum Zuführen und Aufbringen von DMSO auf den Wafer und mit einer Megaschalleinrichtung mit der der Wafer mit Megaschall beaufschlagbar ist, aufweist.

**[0007]** Dadurch, dass als Lösungsmittel DMSO unter gleichzeitigem Anwenden von Megaschall verwendet wird, wird erreicht, dass sich die Metallschicht zusammen mit der sich darunter befindenden Fotolackschicht zuverlässig und effektiv von dem Substrat löst. Aufgrund der Eigenschaften von DMSO in Kombination mit Megaschall wird erreicht, dass die gelifteten Metallpartikel zuverlässig entfernt werden und sich aufgrund des integrierten Spülvorgangs mit Reinstwasser nicht wieder auf der Substratfläche anlagern können. Zudem ist DMSO nicht toxisch, so dass ein leichtes Arbeiten ermöglicht wird, ohne dass zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen, wie spezielle Filter und aufwändige Vorrichtungen erforderlich sind. Auch ist zur Entfernung von DMSO kein Isopropanol erforderlich, so dass die mit dessen Anwendung verbundenen aufwändigen Maßnahmen, wie Filtern und Rezirkulation nicht erforderlich sind und das Verfahren entsprechend vereinfacht werden kann. Des Weiteren sind nur sehr geringe Mengen von DMSO für den Prozess erforderlich, wodurch die nachfolgende externe Chemieneutralisation erheblich vereinfacht wird. Aufgrund des hohen Flammpunktes von DMSO besteht auch keine Explosionsgefahr für die Vorrichtung, in der der Prozess durchgeführt wird, so dass anlagentechnisch keine Explosions-Schutzmaßnahmen durchgeführt werden müs-

sen. Dadurch können die Anlagenkosten erheblich reduziert werden.

**[0008]** Es hat sich gezeigt, dass die gleichzeitige Anwendung von Megasonic in einem Frequenzbereich von etwa 400 kHz bis etwa 2 MHz zu besonders guten Resultaten führt. Der Frequenzbereich ist vom Prozess und vom Substrat abhängig. Er liegt bevorzugt im Bereich von etwa 1 MHz. Zum Erzielen eines zuverlässigen Lift-Off-Prozesses wird konzentriertes DMSO verwendet, wodurch ein einfaches und kostengünstiges Arbeiten ermöglicht wird. Als Metallschicht kann beispielsweise eine Goldschicht verwendet werden. Wesentlich bei dem Verfahren ist, dass die Fotolackschicht so mit der Metallschicht bedeckt ist, dass die Seitenflanken der einzelnen Strukturelemente der Fotolackschicht nicht vollständig mit dem Metall der Metallschicht bedeckt sind, so dass zumindest eine Kante des jeweiligen Strukturelements freiliegt. Dies kann beispielsweise durch geeignetes Aufdampfen und Strukturieren der Fotolackschicht erreicht werden. So kann das DMSO an den freiliegenden Kanten der mit der Metallschicht an der Oberfläche bedeckten Strukturelemente der Fotolackschicht angreifen und diese auflösen. Damit werden die Anteile der Metallschicht, die sich auf der Oberfläche der Strukturelemente der Fotolackschicht befinden, ebenfalls von der Oberfläche des Wafers entfernt.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat den Vorteil, dass sie ohne zusätzliche Medien, wie Filter und Rezirkulationsanlagen ausgebildet werden kann. Sie ist dadurch einfach und kostengünstig. Aufgrund der vorteilhaften Eigenschaften des nicht toxischen DMSO können auch die nachfolgenden Prozessschritte in der gleichen Prozesskammer durchgeführt werden, so dass für das gesamte Verfahren nur eine Prozesskammer erforderlich ist. Hierdurch können sowohl Kosten als auch Platz gespart werden.

**[0010]** Gemäß einem günstigen Ausführungsbeispiel der Erfindung erfolgt das Entfernen der sich auf der Fotolackschicht befindenden Anteile der Metallschicht zusammen mit der Fotolackschicht bei einer Temperatur zwischen etwa 20° und 40°C. So kann das Verfahren bei Raumtemperatur durchgeführt werden und es ist nur eine geringe Vorwärmung des DMSO erforderlich, so dass sowohl Verbrauchskosten reduziert werden können als auch eine weitere Vereinfachung der Vorrichtung möglich ist.

**[0011]** Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der Wafer zum Entfernen sich auf der Fotolackschicht befindenden Anteile der Metallschicht zusammen mit der Fotolackschicht in Rotation versetzt und das DMSO wird auf den sich drehenden Wafer aufgebracht. Hierdurch wird erreicht, dass das DMSO schnell und gleichmäßig auf der gesam-

ten Wafer-Oberfläche verteilt wird und somit das Entfernen der Fotolackschicht und der sich darauf befindenden Anteile der Metallschicht sehr schnell und effizient erfolgen kann.

**[0012]** Vorteilhafterweise erfolgt das Behandeln mit DMSO und das Anwenden von Megasonic während einer Zeitdauer von etwa 1 bis 5 Minuten. Die genaue Zeitdauer wird abhängig vom Prozess und vom Substrat gewählt. In dieser kurzen Zeit werden die Fotolackschicht und die sich darauf befindenden Anteile der Metallschicht vollständig von dem Wafer entfernt, so dass eine kurze Prozesszeit und eine weitere Kosteneinsparung erzielt werden.

**[0013]** Auch ist es vorteilhaft, dass nach dem Entfernen der sich auf der Fotolackschicht befindenden Anteile der Metallschicht zusammen mit der Fotolackschicht das noch vorhandene DMSO mit Wasser entfernt wird. DMSO lässt sich mit Wasser zuverlässig entfernen. Die Reinigung mit Wasser ist einfach und kostengünstig. Die gute Wasserlöslichkeit von DMSO bewirkt, dass sich das DMSO mit Wasser vollständig wegspülen lässt. Dies hat den Vorteil, dass auch auf nachfolgende Spülschritte, beispielsweise mit Isopropanol, in einer separaten Prozesskammer verzichtet werden kann.

**[0014]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden das Entfernen der sich auf der Fotolackschicht befindenden Anteile der Metallschicht zusammen mit der Fotolackschicht, das Entfernen des DMSO und ein Trocknen des Halbleitersubstrats in einem Einkammersystem durchgeführt. Hierdurch kann die Vorrichtung weiter vereinfacht werden und bei dem Verfahren können weitere Kosten eingespart werden.

**[0015]** Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung wird vor dem Entfernen der sich auf der Fotolackschicht befindenden Anteile der Metallschicht zusammen mit der Fotolackschicht ein Pre-Soak-Prozess mit DMSO durchgeführt. Dies ist bei speziellen Lift-off-Prozessen vorteilhaft, wenn aus speziellen Gründen die Voraussetzungen für den Lift-off-Prozess verbessert werden sollen.

**[0016]** Bei einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind bis zu drei Prozessarme mit jeweils mindestens einer Düse vorgesehen, mit denen auf einen auf der Haltereinrichtung angeordneten Wafer gleichmäßig das Prozessmedium, z.B. DMSO aufgebracht werden kann. Hierdurch kann der Wafer ganzflächig und gleichmäßig mit DMSO während des Lift-off-Prozesses oder einer anderen Flüssigkeit, z.B. Wasser während des Reinigungsprozesses, besprüht werden. Dadurch kann der jeweilige Prozess noch effektiver und schneller durchgeführt werden.

**[0017]** Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung ist ein Lineararm vorgesehen, mit dem die Prozessarme jeweils bezüglich der drehbaren Halteeinrichtung verstellbar sind. So kann je nach Prozess und Prozessbedingungen eine optimale Anordnung der Prozessarme gegenüber dem mit einer Flüssigkeit zu behandelnden Wafer oder der Halteeinrichtung eingestellt werden.

**[0018]** Bei dem erfindungsgemäßen Lift-off-Verfahren kann der Wafer in zwei Orientierungen prozessiert werden. Der Wafer kann „upside“, von oben oder „upside down“, von unten prozessiert werden. Die Vorrichtung wird für die Art der gewünschten Prozessierung geeignet ausgebildet. Dabei werden insbesondere die Prozesskammer, die Anordnung der Prozessarme und des oder mehrerer Lineararmes geeignet gewählt.

**[0019]** Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren ausführlich beschrieben. Es zeigen:

**[0020]** Fig. 1a bis Fig. 1d eine schematische Darstellung einzelner Schritte des erfindungsgemäßen Lift-off-Verfahrens und

**[0021]** Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0022]** In Fig. 1a ist ein Ausschnitt aus einem Wafer gezeigt, der ein Substrat, hier ein Halbleitersubstrat **1** aufweist, auf dem ganzflächig eine Fotolackschicht **2** aufgebracht ist. Vor dem Aufbringen der Fotolackschicht **2** wird die Oberfläche des Wafers soweit erforderlich den üblichen Reinigungs- und Planarisierungsverfahren unterzogen und ggf. eine Haftschiicht oder ähnliches aufgebracht. Fig. 1b zeigt den gleichen Ausschnitt aus dem Wafer, bei dem die Fotolackschicht **2** strukturiert worden ist. Aufgrund der Strukturierung bleiben Strukturelemente **3** der Fotolackschicht **2**, die durch Zwischenbereiche **4** voneinander getrennt sind, auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats **1** stehen. Die Strukturierung der Fotolackschicht **2** erfolgt dabei nach einem herkömmlichen Verfahren, beispielsweise durch fotolithographische Strukturierung. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel wurde die Fotolackschicht **2** so strukturiert, dass sich die Seitenflanken **5** der Strukturelemente **3** der strukturierten Fotolackschicht **2** nach unten hin verjüngen.

**[0023]** In Fig. 1c ist der gleiche Ausschnitt aus dem Wafer wie in Fig. 1a und in Fig. 1b gezeigt, bei dem auf der strukturierten Fotolackschicht **2** der Fig. 1b eine Metallschicht **6**, beispielsweise eine Goldschicht aufgebracht ist. Die Metallschicht **6** wird durch ein herkömmliches Verfahren aufgebracht, beispielsweise

durch thermisches Verdampfen oder Sputterdeposition. Die Metallschicht **6** wird dabei so abgeschieden, dass die Seitenflanken **5** der Strukturelemente der Fotolackschicht **2** nicht mit der Metallschicht **6** bedeckt sind und Kanten **7** der Strukturelemente **3** freiliegen. Die Metallschicht **6** haftet sowohl auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats **1** in den Zwischenbereichen **4** als auch auf der Oberfläche der Strukturelemente **3** der Fotolackschicht **5**. Diese Anordnung wird gleichzeitig mit DMSO und Megaschall behandelt. Dadurch, dass das DMSO mit der Fotolackschicht **2** an den freiliegenden Kanten **7** der Strukturelemente **3** in Berührung kommt, wird der Fotolack aufgelöst, wodurch die Strukturelemente **3** der Fotolackschicht **2** entfernt werden.

**[0024]** Gleichzeitig werden die sich auf der Fotolackschicht **2** befindenden Anteile der Metallschicht **6** mit abgehoben und entfernt.

**[0025]** Als Ergebnis dieses Prozesses erhält man die in Fig. 1d gezeigte Struktur. Auf dem Halbleitersubstrat **1** ist nun die Metallschicht **6** mit dem inversen Muster der Fotolackschicht **2** aus Fig. 1b vorhanden. Damit ein zuverlässiges Ablösen der sich auf der Fotolackschicht **2** befindenden Anteile der Metallschicht **6** erzielt wird, wird das DMSO in flüssiger Form auf den Wafer aufgebracht und der Wafer gleichzeitig mit Megaschall in dem Frequenzbereich von etwa 400 kHz bis etwa 2 MHz beschallt. Die Kombination aus dem Lösen mit DMSO und dem Beaufschlagen mit Megaschall führt zu einem sehr guten Ablösen der Metallschicht **6** zusammen mit den Strukturelementen **3** der Fotolackschicht **2**. Die Behandlung erfolgt in einer Zeitdauer von etwa 1 bis 5 Minuten, je nach Prozessparametern und bei einer Temperatur von etwa 20° C bis 40°C. Danach wird im integrierten Spülschritt das DMSO sowie noch vorhandene Metallpartikel mittels Reinstwasser abgespült und der Wafer hiermit gereinigt. Dann erfolgt das Trocknen des Wafers. Es kann aufgrund der voreilhaftigen Eigenschaften von DMSO und der Kombination mit Megaschall das Lift-off-Verfahren einschließlich der Reinigung und des Trocknens des Wafers in einem Einkammersystem durchgeführt werden.

**[0026]** Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die als Einkammersystem ausgebildet ist. Die Vorrichtung weist eine Prozesskammer **8** auf, in der eine drehbare Halteeinrichtung **9** zum Halten eines Wafers **10** vorgesehen ist, die in Betrieb mit einem Rotationsantrieb verbunden ist. Auf der Halteeinrichtung **9** ist ein Wafer **10** aufgebracht und so befestigt, dass er bei Rotation der Halteeinrichtung **9** fest mit dieser verbunden bleibt. Es ist eine erste Lade-Schleuse **11** vorgesehen, an die eine Automation zum automatischen Beladen und Entladen der Halteeinrichtung **9** mit einem Wafer **10** angebunden werden kann. Ferner ist eine zweite Ladeschleuse **12**

vorgesehen, über die die Halteeinrichtung **9** alternativ manuell mit dem Wafer **10** beladen oder entladen werden kann. Die erste und die zweite Ladeschleuse können alternativ bzw. abhängig von den jeweiligen Prozessbedingungen bedient werden.

**[0027]** Es sind in der Prozesskammer **8** drei Prozessarme **13** angeordnet, von denen jeder wenigstens eine Düse zum Aufsprühen einer Flüssigkeit aufweist. Hinter der gezeigten Prozesskammer **8** ist ein hier nicht gezeigtes Linearsystem angeordnet, mit dem die Prozessarme **13** relativ zu der drehbaren Halteeinrichtung **9** verstellbar sind. Über die Prozessarme kann das DMSO, Wasser oder ein anderes für den Prozess erforderliches Medium zugeleitet werden. Die Prozessarme **13** können abhängig von den gewünschten Prozessbedingungen mit dem Linearsystem so eingestellt werden, dass gewünschte Bereiche des Wafers **10**, der Halteeinrichtung **9** oder der Prozesskammer **8** mit einer gewünschten Flüssigkeit besprüht werden können. In dem gezeigten Beispiel ist einer der Prozessarme **13** oberhalb des Wafers **10** angeordnet. Wenn der Wafer **10** durch Rotation der Halteeinrichtung **9** in Drehung versetzt wird, kann der Wafer **10** gleichmäßig mit einer durch die Düse/n des oberhalb des Wafers **10** angeordneten Prozessarms **13** austretenden Flüssigkeit besprüht werden.

**[0028]** Zudem ist eine nicht gezeigte Einrichtung zum Erzeugen von Megaschall in einem Frequenzbereich von etwa 400 kHz bis etwa 2 MHz vorgesehen, mit welcher der Wafer mit Megaschall beaufschlagt werden kann. Die Frequenz ist abhängig vom Prozess und den speziellen Verfahrensbedingungen und kann durch Einsatz unterschiedlicher Schallquellen im definierten Frequenzbereich variiert werden. Ferner ist an der Prozesskammer **8** ein Notschalter **14** zum manuellen Ausschalten und Unterbrechen eines Prozesses in einem Notfall vorgesehen.

**[0029]** An die Prozesskammer **8** sind zwei Abluftleitungen **15** zum Ableiten der Abluft aus der Prozesskammer **8**, Medieneingänge **19** zum Zuführen von Chemikalien, Wasser oder anderen Substanzen, die zu einem in der Prozesskammer **8** durchgeführten Prozess benötigt werden, sowie eine Steuerungstechnik **16**, mit der das gesamte Verfahren oder einzelne Prozessschritte gesteuert werden können, vorgesehen.

**[0030]** Es sind auf drei Seiten der Prozesskammer **8** Zugänge **17** zum Innern der Prozesskammer **8** vorgesehen, so dass alle sich in der Prozesskammer **8** befindenden Elemente optimal erreichbar sind. Dies ist für Wartungs- und Kontrollzwecke sehr vorteilhaft. Zur Steuerung des Verfahrens bzw. der einzelnen Prozessschritte ist ein Interface **18** vorgesehen, welches als Touch Panel ausgebildet sein kann.

**[0031]** Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Lift-off-Verfahrens wird die Halteeinrichtung **9** über die erste Ladeschleuse **11** mittels eines Roboters mit einem Wafer **10** beladen. Der Wafer, in der Regel ein Halbleitersubstrat, auf dem eine strukturierte Fotolackschicht aufgebracht ist, auf welcher eine Metallschicht, beispielsweise eine Goldschicht aufgebracht ist, wie dies in **Fig. 1c** gezeigt ist. Der Wafer **10** wird auf der Halteeinrichtung **9** unverrückbar gehalten. Einer der Prozessarme **13** wird mittels eines Linearsystems so verfahren, dass er über dem Wafer steht. Dann wird die Halteeinrichtung **9** in Rotation versetzt. Über eine Düse des Prozessarms **13** wird DMSO, welches über einen der Medieneingänge **19** zugeleitet wird, auf den rotierenden Wafer **10** aufgesprüht. Dadurch wird der Wafer **10** gleichmäßig mit DMSO bedeckt. Gleichzeitig wird der Wafer mit Megaschall beaufschlagt, dessen Frequenz hinsichtlich der sonstigen Prozessbedingungen optimal gewählt werden kann. Das DMSO gelangt über die nicht mit der Metallschicht **6** bedeckten Kanten **7** der Strukturelemente **3** der Fotolackschicht **2** in die Fotolackschicht **2** und löst diese auf. Dabei werden die sich auf der Fotolackschicht **2** befindenden Anteile der Metallschicht **6** gleichzeitig von dem Wafer **10** entfernt. Dieser Prozess wird durch das gleichzeitige Anwenden von Megaschall unterstützt, so dass sich die Metallpartikel vollständig und schnell von dem Halbleitersubstrat lösen und auch nicht auf dieses zurückfallen. Für den Lift-off-Prozessschritt wird eine Zeitdauer von 1 bis 5 Minuten gewählt. Diese wird abhängig von den Prozessparametern so gewählt, dass sichergestellt ist, dass die gesamten Anteile der sich auf der Fotolackschicht befindenden Metallschicht **6** zusammen mit der Fotolackschicht **2** von dem Wafer **10** entfernt sind. Der Prozess wird in einem Temperaturbereich zwischen etwa 20°C und 40°C durchgeführt. Er kann also bei Raumtemperatur, lediglich mit einer geringen Vortemperierung des DMSO, durchgeführt werden. Als Ergebnis erhält man den Wafer **10**, mit einer strukturierten Metallschicht **6** auf dem Halbleitersubstrat, wie dies in **Fig. 1d** dargestellt ist.

**[0032]** Danach wird über einen oder mehrere der Prozessarme **13** Wasser auf den rotierenden Wafer **10** geleitet, mit dem das DMSO weggespült und der Wafer **10** gereinigt wird. Dann wird der Wafer **10** getrocknet und über die erste Ladeschleuse **11** mittels eines Roboters bzw. über die Ladeschleuse **12** manuell entnommen. Wesentlich ist, dass hier der Lift-off-Prozess, das Spülen und das Trocknen in einer Prozesskammer bei oder nahe der Raumtemperatur durchgeführt werden können.

**[0033]** Abschließend ist noch anzumerken, dass die Prozessierung der Wafer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren sowohl in den Orientierungen „upside“ als auch „upside-down“ erfolgen kann. Bei Ersterem ist der Wafer so im Prozesstisch angeordnet, dass die zu prozessierende Schicht, also die zu entfernen-

de Fotolackschicht nach vom Boden nach oben weg zeigt, während bei dem Letzterem die zu prozessierende Schicht des Wafers in entgegengesetzte Richtung, also zum Boden zeigt.

#### Bezugszeichenliste

1	Halbleitersubstrat/Wafer
2	Fotolackschicht
3	Strukturelemente
4	Zwischenbereiche
5	Seitenflanken der Strukturelemente
6	Metallschicht
7	Kanten der Strukturelemente
8	Prozesskammer
9	Halteeinrichtung
10	Wafer
11	erste Ladeschleuse
12	zweite Ladeschleuse
13	Prozessarme
14	Notaustaster
15	Abluftleitungen
16	Steuerungstechnik
17	Zugänge
18	Interface
19	Medieneingänge

#### Patentansprüche

1. Lift-off-Verfahren, bei dem ein Halbleitersubstrat (Wafer) (10) vorgesehen ist, wobei auf dem Halbleitersubstrat (1) eine strukturierte Fotolackschicht (2) und über der Fotolackschicht (2) eine Metallschicht (6) aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die sich auf der Fotolackschicht (2) befindenden Anteile der Metallschicht (6) zusammen mit der Fotolackschicht (2) durch Behandeln mit Dimethylsulfoxid unter gleichzeitigem Anwenden von Megaschall von dem Halbleitersubstrat entfernt werden.

2. Lift-off-Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen der sich auf der Fotolackschicht (2) befindenden Anteile der Metallschicht (6) zusammen mit der Fotolackschicht (2) bei einer Temperatur zwischen etwa 20° und 40°C erfolgt.

3. Lift-off-Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Wafer (10) zum Entfernen der sich auf der Fotolackschicht (2) befindenden Anteile der Metallschicht (6) zusammen mit der Fotolackschicht (2) in Rotation versetzt wird und das Dimethylsulfoxid auf den sich drehenden Wafer (10) aufgebracht wird.

4. Lift-off-Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Behandeln mit Dimethylsulfoxid und das Anwenden von Megaschall abhängig von Prozess und Substrat während einer Zeitdauer von etwa 1 bis 5 Minuten erfolgt.

5. Lift-off-Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Entfernen der sich auf der Fotolackschicht (2) befindenden Anteile der Metallschicht (6) zusammen mit der Fotolackschicht (2) das noch vorhandene Dimethylsulfoxid mit Wasser entfernt wird

6. Lift-off-Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen der sich auf der Fotolackschicht (2) befindenden Anteile der Metallschicht (6) zusammen mit der Fotolackschicht (2), das Entfernen des Dimethylsulfoxids und ein Trocknen des Halbleitersubstrats (1) in einem Einkammersystem durchgeführt werden.

7. Lift-off-Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Entfernen der sich auf der Fotolackschicht (2) befindenden Anteile der Metallschicht (6) zusammen mit der Fotolackschicht (2) ein Pre-Soak-Prozess mit Dimethylsulfoxid durchgeführt wird.

8. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Prozesskammer (8) mit einer Halteeinrichtung (9) zum Halten eines Wafers (10), einer Ladeeinheit (11, 12) zur Beladung der Haltevorrichtung (9) mit einem Wafer (10), wenigstens einer Zuführung zum Zuführen und Aufbringen von Dimethylsulfoxid auf den Wafer (10) und einer Megaschalleinrichtung mit der der Wafer (10) mit Megaschall beaufschlagbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (9) zum Halten eines Wafers (10) drehbar und mit einem Rotationsantrieb verbindbar ist, und die Zuführung wenigstens einen Prozessarm (13) mit wenigstens einer Düse zum Aufbringen von Dimethylsulfoxid auf den Wafer (10) aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass bis zu drei Prozessarme (13) mit jeweils mindestens einer Düse vorgesehen, mit denen ein auf der Halteeinrichtung (9) angeordneter Wafer (10) gleichmäßig mit einer Flüssigkeit benetzbar ist.

11. Vorrichtung einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Lineararm vorgesehen ist, mit dem die Prozessarme (13) jeweils bezüglich der drehbaren Halteeinrichtung (9) verstellbar sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

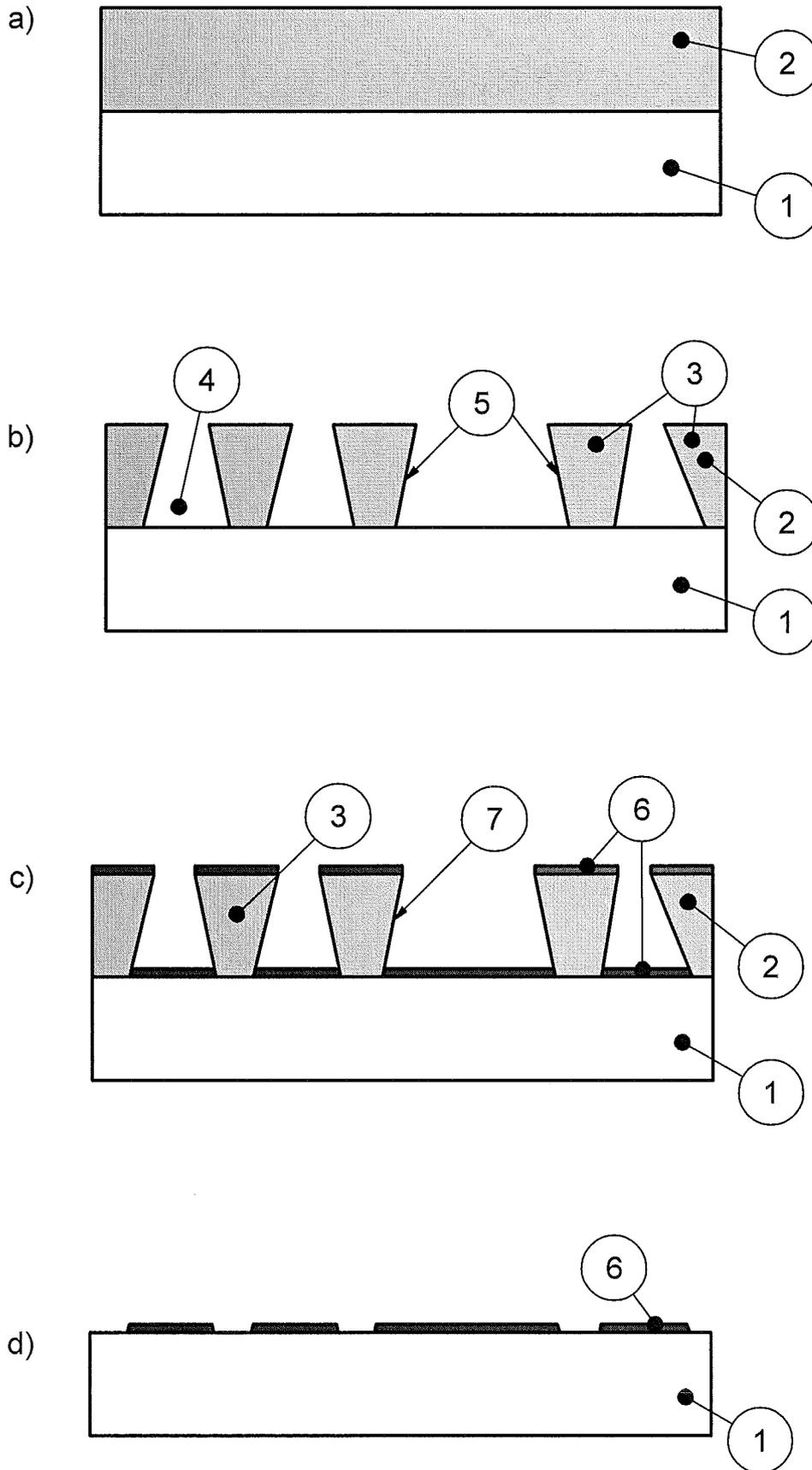


Fig.1

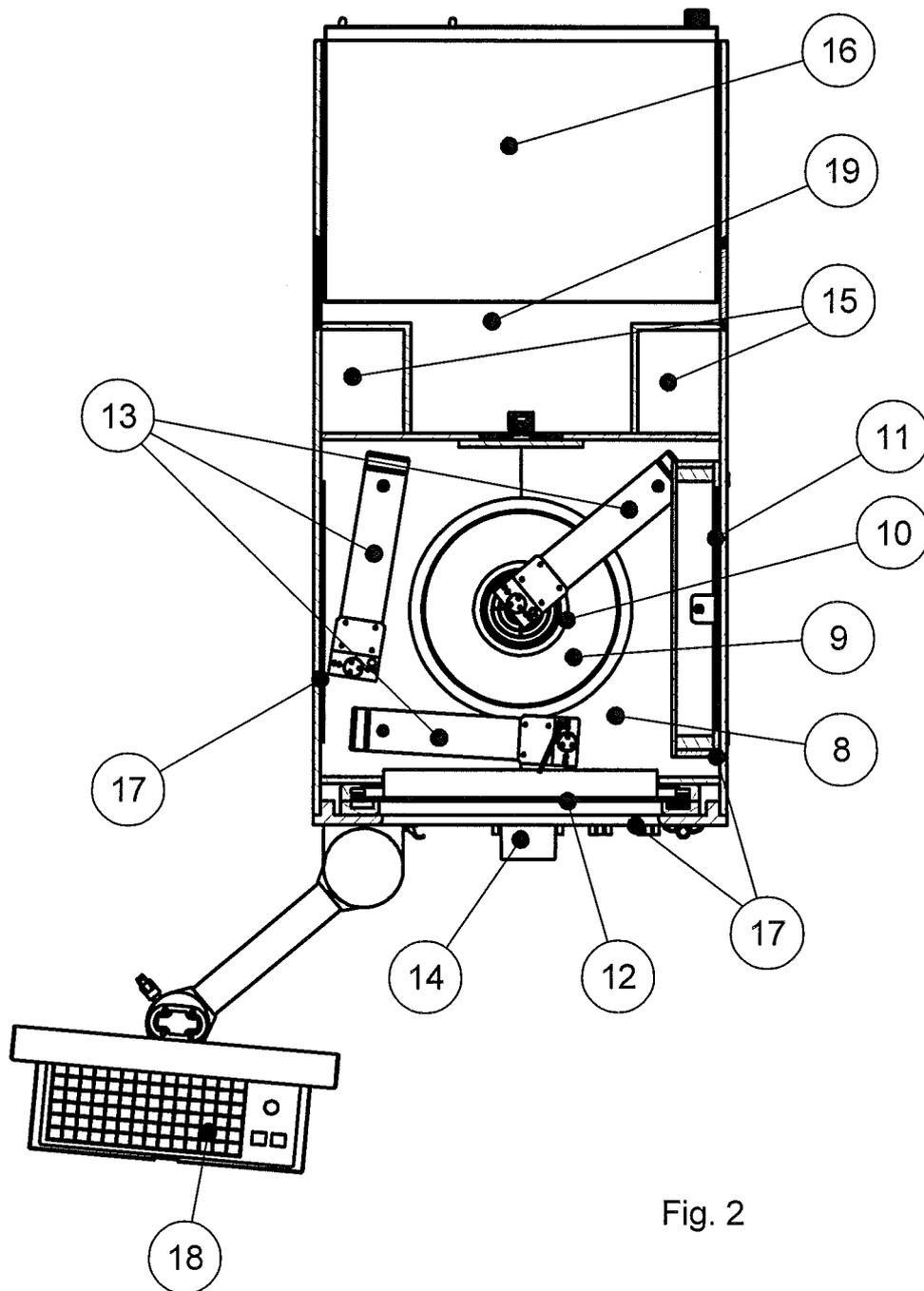


Fig. 2