



(10) **AT 517039 A2 2016-10-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50316/2016
 (22) Anmeldetag: 13.04.2016
 (43) Veröffentlicht am: 15.10.2016

(51) Int. Cl.: **G03F 7/16** (2006.01)

(30) Priorität:
 15.04.2015 NL 2014642 beansprucht.

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

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

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf ein Substrat aufgetragenen Fotolacks**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf ein Substrat (14) aufgetragenen Fotolacks (12), wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden: Das mit dem Fotolack (12) beschichtete Substrat (14) wird auf einer Unterlage (16) angeordnet. Der Fotolack (12) wird für eine erste vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks (12) geeigneten Temperatur ausgesetzt. Nach Ablauf der ersten vorbestimmten Zeitdauer wird das Substrat (14) von der Unterlage (16) abgehoben, gedreht, wieder auf der Unterlage (16) abgesetzt und für eine zweite vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks (12) geeigneten Temperatur ausgesetzt. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf einem Substrat (14) aufgetragenen Fotolacks (12), mit einer Kammer (20), einer Unterlage (16), die in der Kammer (20) angeordnet ist und auf der das Substrat (14) angeordnet werden kann, und einer Vorrichtung (22) zum Drehen des Substrats (14) zwischen einer ersten und einer zweiten Phase des Aushärtens des Fotolacks (12).

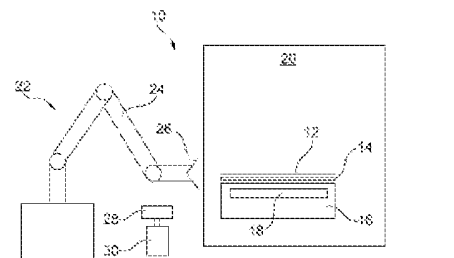


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf ein Substrat (14) aufgetragenen Fotolacks (12), wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden: Das mit dem Fotolack (12) beschichtete Substrat (14) wird auf einer Unterlage (16) angeordnet. Der Fotolack (12) wird für eine erste vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks (12) geeigneten Temperatur ausgesetzt. Nach Ablauf der ersten vorbestimmten Zeitdauer wird das Substrat (14) von der Unterlage abgehoben, gedreht, wieder auf der Unterlage (16) abgesetzt und für eine zweite vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks (12) geeigneten Temperatur ausgesetzt. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf einem Substrat (14) aufgetragenen Fotolacks (12), mit einer Kammer (20), einer Unterlage (16), die in der Kammer (20) angeordnet ist und auf der das Substrat (14) angeordnet werden kann, und einer Vorrichtung (22) zum Drehen des Substrats (14) zwischen einer ersten und einer zweiten Phase des Aushärtens des Fotolacks (12).

(Fig. 1)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum mindestens teilweisen Aushärten eines auf ein Substrat aufgetragenen Fotolacks. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum mindestens teilweisen Aushärten eines auf ein Substrat aufgetragenen Fotolacks.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung werden im Zusammenhang mit Fotolithographieverfahren verwendet, mit denen mikrostrukturierte Bauteile hergestellt werden können, beispielsweise Halbleiterchips oder Mikro-Elektro-Mechanische Systeme (MEMS). Ein erster Schritt solcher Herstellungsverfahren besteht darin, ein Substrat („Wafer“) mit einem Fotolack („Resist“) zu beschichten. Der Fotolack wird später belichtet, beispielsweise durch eine Maske hindurch, wodurch sich die physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften des Fotolacks partiell ändern. Der Fotolack kann dann partiell entfernt werden.

Bevor der Fotolack partiell entfernt wird, muss er ausgehärtet werden. Dies kann in mehreren Stufen erfolgen, beispielsweise in einem Vor-Aushärten („Softbake“), bevor der Fotolack belichtet wird, und einem sich daran anschließenden eigentlichen Aushärten.

Zum Aushärten kann das mit dem Fotolack beschichtete Substrat auf einer geheizten Aufnahme („Hotplate“) angeordnet werden, sodass unter der Wirkung der zugeführten Wärme ein mehr oder weniger großer Teil des im Fotolack enthaltenen Lösungsmittels verdampft.

Es hat sich jedoch herausgestellt, dass der Fotolack, selbst wenn er beim Beschichten gleichmäßig auf das Substrat aufgebracht wurde, nach dem (teilweisen oder vollständigen) Aushärten eine unterschiedliche Dicke hat. Dies wirkt sich nachteilig auf die später herzustellenden Mikrostrukturen aus.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen der Fotolack auf dem Substrat so ausgehärtet werden kann, dass er eine möglichst gleichmäßige Dicke hat.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Verfahren zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf ein Substrat aufgetragenen Fotolacks vorgesehen, wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden: Das mit dem Fotolack beschichtete Substrat wird auf einer Unterlage angeordnet. Der Fotolack wird für eine erste vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks geeigneten Temperatur ausgesetzt. Nach Ablauf der ersten vorbestimmten Zeitdauer wird das Substrat von der Unterlage abgehoben, gedreht, wieder auf der Unterlage abgesetzt und für eine zweite vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks geeigneten Temperatur ausgesetzt. Zur Lösung der oben genannten Aufgabe ist erfindungsgemäß auch eine Vorrichtung zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf ein

Substrat aufgetragenen Fotolacks vorgesehen, mit einer Kammer, einer Unterlage, die in der Kammer angeordnet ist und auf der das Substrat angeordnet werden kann, und einer Vorrichtung zum Drehen des Substrats relativ zur Unterlage zwischen einer ersten und einer zweiten Phase des Aushärtens des Fotolacks.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass häufig Ausrichtungsfehler der Unterlage dazu führen, dass der ausgehärtete Fotolack eine ungleichmäßige Dicke aufweist. Vereinfacht ausgedrückt läuft der Fotolack, wenn die Unterlage schräg ausgerichtet ist, unter der Wirkung der Schwerkraft zur tiefer liegenden Seite hin. Dort ergibt sich dann, wenn der Fotolack ausgehärtet ist, eine größere Schichtdicke. Die Erfindung beruht auf dem Grundgedanken, dass Substrat während des Aushärtens des Fotolacks zu drehen, sodass dem Fotolack die Möglichkeit gegeben wird, sich während des Ausrichtens gleichmäßig auf dem Substrat zu verteilen.

In einem vereinfachten Beispiel wird angenommen, dass die Unterlage, auf der das Substrat zum Aushärten des Fotolacks angeordnet wird, leicht schräg ausgerichtet ist, sodass der Fotolack von rechts nach links fließt. Nachdem die erste vorbestimmte Zeitdauer verstrichen ist, wird das Substrat um 180° gedreht, sodass der Bereich des Substrats, der vorher links angeordnet war, nun auf der rechten Seite der Unterlage angeordnet ist. Dadurch fließt der Fotolack, der vorher während der ersten Zeitdauer in diesen Bereich geflossen ist, wieder in die entgegengesetzte Richtung. Wenn die erste und die zweite Zeitdauer geeignet gewählt sind, wird die Auswirkung der Schrägstellung der Unterlage (zumindest in einem merklichen Ausmaß) ausgeglichen.

Es ist selbstverständlich möglich, dass das Substrat während des Aushärtens des Fotolacks nicht nur einmal, sondern auch mehrfach gedreht wird. Hierbei können auch komplexe "Muster" des Verdrehens des Substrates verwendet werden, beispielsweise mit sich unterscheidenden Drehwinkeln und sich unterscheidenden Zeitdauern.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Zeitdauern sich voneinander unterscheiden. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass eine zu einem früheren Zeitpunkt des Aushärtens verwendete Zeitdauer kürzer ist als eine zu einem späteren Zeitpunkt verwendete Zeitdauer. Dies berücksichtigt, dass die Fließfähigkeit des Fotolacks mit zunehmendem Aushärten immer geringer wird. Somit muss, um beim obigen Beispiel eines Drehens um 180° zu bleiben, die zweite Zeitdauer länger als die erste Zeitdauer sein, damit während der zweiten Zeitdauer dieselbe Menge an Fotolack zurückfließt wie während der ersten Zeitdauer.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist dabei vorgesehen, dass die Unterlage in einer Kammer angeordnet ist und das Substrat zum Drehen aus der Kammer entnommen wird. Dies ist insoweit vorteilhaft, als außerhalb der Kammer mehr Platz zum Handhaben des Substrats zur Verfügung steht.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird das Substrat nach Aushärten des Fotolacks auf einem Halter abgelegt und abgekühlt, wobei das Substrat während des Abkühlens mindestens einmal relativ zum Halter gedreht wird. Diese Ausführungsform führt den erfindungsgemäßen Grundgedanken weiter, wonach Ausrichtungsfehler des Bauteils, auf dem das Substrat abgelegt wird (hier des Halters, der das Substrat während des Abkühlens hält) dadurch ausgeglichen werden, dass das Substrat in einem vorbestimmten Zeitmuster anders abgelegt wird.

Wenn die Unterlage feststehend ist und das Substrat in unterschiedlichen Ausrichtungen auf der Unterlage angeordnet wird, ist die Vorrichtung zum Drehen des Substrats vorzugsweise eine Handlingvorrichtung, die das Substrat von der Unterlage aufnehmen und gedreht wieder absetzen kann. Dies ermöglicht, das Substrat automatisiert zu drehen.

Die Handlingvorrichtung kann grundsätzlich so ausgebildet sein, dass sie das Substrat selbst drehen kann. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass die Handlingvorrichtung einen Drehteller aufweist, auf dem das Substrat zwischenzeitlich abgesetzt werden kann. Dies ermöglicht es, die Handlingvorrichtung (beispielsweise einen Roboterarm) mechanisch einfacher auszuführen, da sie bzw. er das Substrat nicht drehen muss.

Um das Aushärten des Fotolacks zu beschleunigen, ist vorzugsweise die Unterlage mit einer Heizung versehen. Es handelt sich hierbei um eine gut bekannte Konstruktion („Hotplate“), mit welcher der Fotolack durch Wärmeleitung von der Unterlage durch das Substrat hindurch entsprechend einem vorgegebenen Temperaturprofil erwärmt werden kann.

Alternativ oder zusätzlich kann eine Heizvorrichtung vorgesehen sein, mit der die Temperatur einer in der Kammer vorhandenen Atmosphäre gesteuert werden kann. Auf diese Weise kann dem Fotolack Wärme auch von der Oberseite aus zugeführt werden.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist eine Steuerung mit einem Speicher vorgesehen, in dem ein Aushärte-Profil hinterlegt werden kann. Dieses Aushärte-Profil enthält Informationen über Zeitdauern und Drehwinkel, die dazu führen, dass der ausgehärtete Fotolack auf dem Substrat eine möglichst gleichmäßige Schichtdicke hat. Ein solches Aushärte-Profil kann beispielsweise, nachdem die Vorrichtung bei einem Kunden aufgestellt wurde, anhand verschiedener Testläufe ermittelt werden. Mit den Testläufen können beispielsweise

beschichtete Substrate mit unterschiedlichen, herstellerseitig vorgegebenen Aushärte-Profilen behandelt werden. Anschließend wird die Schichtdicke des ausgehärteten Fotolacks auf den unterschiedlichen Substraten gemessen. Entweder wird dann dasjenige Aushärte-Profil ausgewählt, mit dem die gewünschte Schichtdicke des ausgehärteten Fotolacks bestmöglich erreicht wird, oder es werden anhand der gemessenen Schichtdicken weitere Iterationsdurchläufe durchgeführt, mit denen das letztendlich im Speicher hinterlegte Aushärte-Profil noch weiter verfeinert wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Ausführungsform beschrieben, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist. In diesen zeigen:

- Figur 1 schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung; und
- Figur 2 schematisch ein Blockdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Figur 1 ist eine Vorrichtung 10 zum zumindest teilweisen Aushärten eines Fotolacks 12 gezeigt, mit dem ein Substrat 14 beschichtet ist. Beim Substrat 14 kann es sich um einen sogenannten Wafer handeln, der in einem nachfolgenden Prozess mikrostrukturiert wird. Hierbei wird der Fotolack 12 geeignet belichtet, sodass sich seine physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften ändern und er in einem nachfolgenden Schritt partiell entfernt werden kann.

Um den Fotolack 12 gleichmäßig auf der Oberfläche des Substrats 14 aufbringen zu können, ist er sehr dünnflüssig; der Lösungsmittelanteil ist hoch. Für die weitere Verarbeitung muss zunächst ein Teil des Lösungsmittels aus dem Fotolack 12 entfernt werden. Hierfür wird das mit dem Fotolack 12 beschichtete Substrat 14 auf einer Unterlage 16 abgelegt, die mit einer Heizung 18 versehen ist. Mittels der Heizung 18 wird dem Substrat 14 und damit dem Fotolack 12 Wärme zugeführt, was den Vorgang des Verdampfens des im Fotolack 12 enthaltenen Lösungsmittels und damit das Aushärten des Fotolacks 12 beschleunigt.

Falls zusätzlich gewünscht, kann eine (in Figur 1 nicht gezeigte) Heizvorrichtung vorgesehen sein, mit der die Atmosphäre innerhalb einer Kammer 20, in der sich die Unterlage 16 befindet, erwärmt werden kann.

Weitere Bauteile der Vorrichtung, die üblicherweise vorhanden sind (beispielsweise eine Absaugung zum Abführen der mit Lösungsmittel angereicherten Atmosphäre sowie eine Zuführung für ein Spülgas) sind hier nicht dargestellt, da sie zum Verständnis der Erfindung nicht erforderlich sind.

Es lässt sich nicht immer zuverlässig gewährleisten, dass die Unterlage 16 absolut waagrecht ausgerichtet ist. Sobald kleine Ausrichtungsfehler vorhanden sind, fließt der Fotolack 12 unter der Wirkung der Schwerkraft geringfügig zu der Seite, die tiefer angeordnet ist. Um dies auszugleichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Substrat 14 zunächst für eine erste Zeitdauer auf der Unterlage 16 verbleibt, wo der Fotolack 12 etwas aushärtet. Dann wird das Substrat 14 und damit der sich darauf befindende Fotolack 12 um einen vordefinierten Winkel gedreht, und der Fotolack 12 härtet eine zweite Zeitdauer aus (siehe auch Figur 2). Diese Abfolge kann bei Bedarf mehrfach wiederholt werden. Dabei können sich die Zeitdauern, während denen der Fotolack 12 aushärtet, bevor das Substrat 14 weitergedreht wird, voneinander unterscheiden.

Grundsätzlich ist es möglich, das Substrat 14 manuell zwischen den einzelnen Zeitdauern, während denen der Fotolack 12 aushärtet, weiterzudrehen. Vorzugsweise wird das Neupositionieren des Substrats 14 jedoch automatisiert.

Hierfür kann eine Vorrichtung zum Drehen des Substrats 14 verwendet werden, die hier als Handlingvorrichtung 22 ausgeführt ist. Diese weist einen Roboterarm 24 mit einem Greifer 26 auf, mit dem das Substrat 14 auf der Unterlage 16 abgesetzt bzw. von dieser abgenommen werden kann. Weiterhin weist die Handlingvorrichtung 22 einen Drehteller 28 auf, der von einem Schrittmotor 30 angetrieben wird. Um das Substrat 14 um einen gewünschten Winkel zu verdrehen, wird es vom Roboterarm 24 aus der Kammer herausgenommen, auf dem Drehteller abgesetzt, dort von diesem um den gewünschten Winkel verdreht und anschließend mit dem Roboterarm 24 wieder in der Kammer 20 auf die Unterlage 16 gesetzt.

Nachdem der Fotolack 12 (in verschiedenen Ausrichtungen auf der Unterlage 16) ausreichend ausgehärtet ist, wird er üblicherweise kontrolliert abgekühlt. Zu diesem Zweck wird er auf einem (in den Figuren nicht gezeigten) Halter abgesetzt. Auch dort kann das Substrat 14 entsprechend einem vorgegebenen Muster regelmäßig gedreht werden, um eventuelle Ausrichtungsfehler des Halters zu kompensieren (siehe auch Figur 2).

Patentansprüche

1. Verfahren zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf ein Substrat (14) aufgetragenen Fotolacks (12), wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- das mit dem Fotolack (12) beschichtete Substrat (14) wird auf einer Unterlage (16) angeordnet;
- der Fotolack (12) wird für eine erste vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks (12) geeigneten Temperatur ausgesetzt,
- nach Ablauf der ersten vorbestimmten Zeitdauer wird das Substrat (14) von der Unterlage (16) abgehoben gedreht, wieder auf der Unterlage (16) abgesetzt und für eine zweite vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks (12) geeigneten Temperatur ausgesetzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach Ablauf der zweiten vorbestimmten Zeitdauer das Substrat (14) erneut gedreht und für eine dritte vorbestimmte Zeitdauer einer zum Aushärten des Fotolacks (12) geeigneten Temperatur ausgesetzt wird, und dass diese Abfolgen von Drehen und weiterem Aushärten gegebenenfalls wiederholt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauern sich voneinander unterscheiden und die erste Zeitdauer vorzugsweise kürzer ist als die zweite Zeitdauer.

4. Verfahren nach Anspruch einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterlage (16) in einer Kammer (20) angeordnet ist und das Substrat (14) zum Drehen aus der Kammer (20) entnommen wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (14) nach Aushärten des Fotolacks (12) auf einem Halter abgelegt und abgekühlt wird, wobei das Substrat (14) während des Abkühlens mindestens einmal relativ zum Halter gedreht wird.

6. Vorrichtung zum zumindest teilweisen Aushärten eines auf einem Substrat (14) aufgetragenen Fotolacks (12), mit einer Kammer (20), einer Unterlage (16), die in der Kammer (20) angeordnet ist und auf der das Substrat (14) angeordnet werden kann, und einer Vorrichtung (22) zum Drehen des Substrats (14) relativ zur Unterlage (16) zwischen einer ersten und einer zweiten Phase des Aushärtens des Fotolacks (12).

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zum Drehen des Substrats (14) eine Handlingvorrichtung (22) ist, die das Substrat (14) von der Unterlage (16) aufnehmen und gedreht wieder absetzen kann.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Handlingvorrichtung einen Drehteller (28) aufweist, auf dem das Substrat (14) zwischenzeitlich abgesetzt werden kann.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterlage (16) mit einer Heizung (18) versehen ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Heizvorrichtung vorgesehen ist, mit der die Temperatur einer in der Kammer (20) vorhandenen Atmosphäre gesteuert werden kann.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerung mit einem Speicher vorgesehen ist, in dem ein Aushärte-Profil hinterlegt werden kann.

1/1

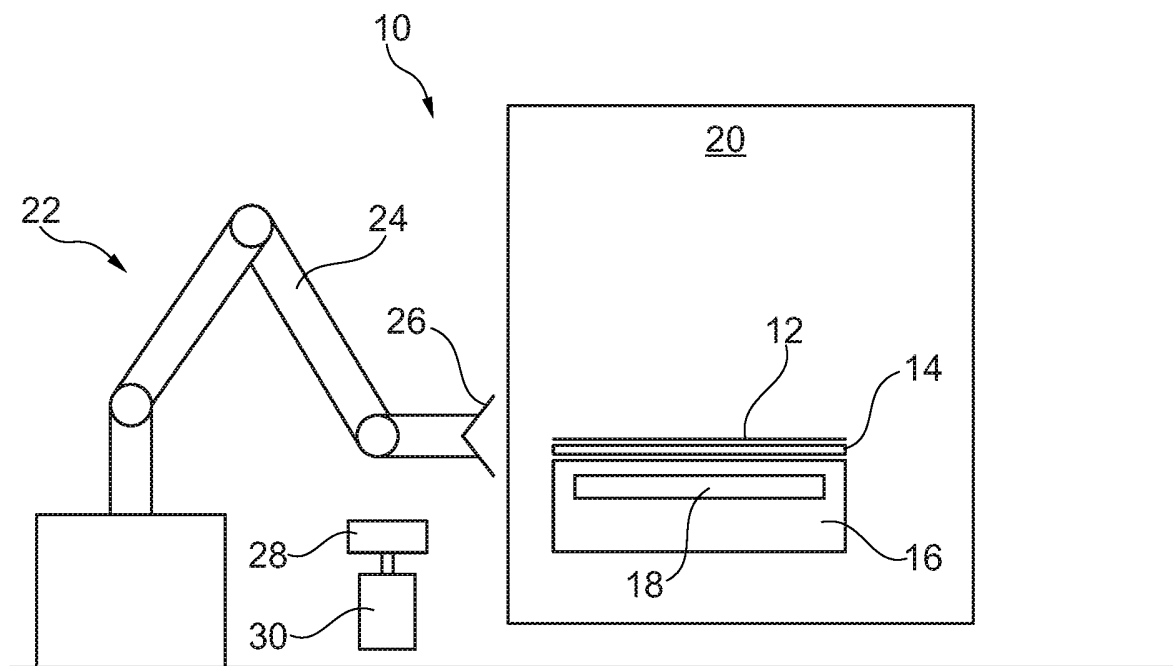


Fig. 1

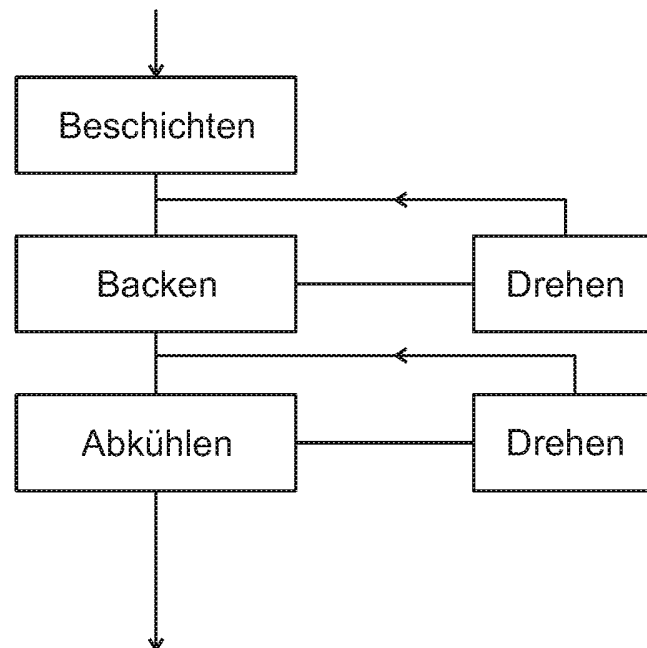


Fig. 2