



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.12.2023 Patentblatt 2023/50

(21) Anmeldenummer: **23168535.5**

(22) Anmeldetag: **18.04.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B24B 37/015 ^(2012.01) **B24B 37/08** ^(2012.01)
B24B 37/10 ^(2012.01) **B24B 49/02** ^(2006.01)
B24B 49/14 ^(2006.01) **B24B 49/16** ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B24B 37/015; B24B 37/08; B24B 37/10;
B24B 49/02; B24B 49/14; B24B 49/16

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **12.05.2022 DE 102022111923**

(71) Anmelder: **Lapmaster Wolters GmbH**
24768 Rendsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Werth, Sascha**
24768 Rendsburg (DE)

- **Ravlic, Robert**
22397 Hamburg (DE)
- **Mantel, Matthias**
63741 Aschaffenburg (DE)
- **Rachor, Kevin**
22087 Hamburg (DE)
- **Mielke, Philipp**
24114 Kiel (DE)

(74) Vertreter: **Hauck Patentanwaltspartnerschaft mbB**
Postfach 11 31 53
20431 Hamburg (DE)

(54) **DOPPEL- ODER EINSEITEN-BEARBEITUNGSMASCHINE SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER DOPPEL- ODER EINSEITEN-BEARBEITUNGSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine mit einer vorzugsweise ringförmigen ersten Arbeitsscheibe und einem vorzugsweise ringförmigen Gegenlagerelement, wobei die erste Arbeitsscheibe und das Gegenlagerelement mittels eines Drehantriebs relativ zueinander drehend antreibbar sind, und wobei zwischen der ersten Arbeitsscheibe und dem Gegenlagerelement ein vorzugsweise ringförmiger Arbeitsspalt zum doppelseitigen oder einseitigen Bearbeiten flacher Werkstücke, vorzugsweise Wafer, gebildet ist, wobei die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine eine Mehrzahl von Sensoren umfasst, die während des Betriebs der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine Messdaten zu Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine erfassen, wobei eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, die im Betrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine die durch die Sensoren erfassten Messdaten erhält, wobei die Steuereinrichtung ein künstliches neuronales Netz umfasst, das dazu ausgebildet ist, aus den Messdaten einen Zustandsvektor der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine zu erstellen und diesen mit mindestens einem Soll-Zustandsvektor zu vergleichen. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben einer Doppel- oder

Einseiten-Bearbeitungsmaschine.

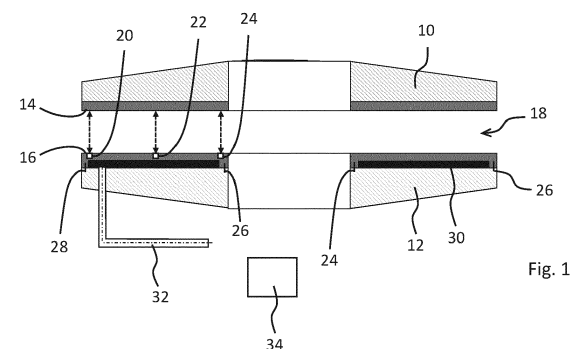


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine mit einer vorzugsweise ringförmigen ersten Arbeitsscheibe und einem vorzugsweise ringförmigen Gegenlagerelement, wobei die erste Arbeitsscheibe und das Gegenlagerelement mittels eines Drehantriebs relativ zueinander drehend antreibbar sind, und wobei zwischen der ersten Arbeitsscheibe und dem Gegenlagerelement ein vorzugsweise ringförmiger Arbeitsspalt zum doppelseitigen oder einseitigen Bearbeiten flacher Werkstücke, vorzugsweise Wafer, gebildet ist, wobei die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine eine Mehrzahl von Sensoren umfasst, die während des Betriebs der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine Messdaten zu Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine erfassen. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine.

[0002] Beispielsweise in Doppelseiten-Poliermaschinen werden zwischen vorzugsweise ringförmigen Arbeitsscheiben flache Werkstücke, wie Wafer, poliert. Zwischen den Arbeitsscheiben ist ein vorzugsweise ringförmiger Arbeitsspalt angeordnet, in dem die flachen Werkstücke, zum Beispiel Wafer, während der Bearbeitung gehalten sind. Dazu sind in dem Arbeitsspalt üblicherweise sogenannte Läuferscheiben angeordnet mit Ausnehmungen, in denen die Werkstücke schwimmend gelagert sind. Die Arbeitsscheiben werden zur Bearbeitung mittels eines Drehantriebs relativ zueinander drehend angetrieben und die Läuferscheiben drehen sich über üblicherweise eine Außenverzahnung der Läuferscheiben, die in eine entsprechende Verzahnung von Stiftkränzen eingreift, ebenfalls in dem Arbeitsspalt. Dadurch werden die Werkstücke während der Bearbeitung entlang zyklorder Bahnen durch den Arbeitsspalt gefördert. Beim Doppelseitenpolieren wird darüber hinaus ein Poliermittel, eine sogenannte Slurry, in den Arbeitsspalt gegeben, die für die abrasive Bearbeitung sorgt. Die Arbeitsscheiben weisen bei Doppelseiten-Poliermaschinen darüber hinaus auf ihren den Arbeitsspalt begrenzenden Oberflächen regelmäßig Poliertücher, sogenannte Polierpads, auf.

[0003] Ziel der Bearbeitung ist eine möglichst planparallele Form der fertig bearbeiteten Werkstücke. Hierzu ist die Arbeitsspaltgeometrie von entscheidender Bedeutung. Aus DE 10 2006 037 490 B4 ist eine Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine bekannt mit Mitteln zum Erzeugen einer globalen Verformung einer der Arbeitsscheiben. Insbesondere kann die obere Arbeitsscheibe zwischen einer global konkaven und einer global konvexen Form verformt werden. Die konkave oder konvexe Form der Arbeitsscheibe ergibt sich bei einer solchen globalen Verformung in radialer Richtung gesehen erst über den gesamten Durchmesser der Arbeitsscheibe. Die den Arbeitsspalt begrenzende Ringfläche der vorzugsweise ringförmigen Arbeitsscheibe bleibt dabei in sich eben,

gegenüberliegende Ringabschnitte der Ringfläche sind jedoch zueinander verformt, so dass sich insgesamt eine konkave oder konvexe Form ergibt.

[0004] Aus DE 10 2016 102 223 A1 ist weiterhin eine Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine bekannt mit Mitteln zum Erzeugen einer lokalen Verformung einer der Arbeitsscheiben, insbesondere zwischen einer lokal konvexen und einer lokal konkaven Form. Bei einer solchen lokalen Verformung ergibt sich die konvexe bzw. konkave Form in radialer Richtung zwischen dem inneren und äußeren Rand der beispielsweise ringförmigen Arbeitsscheibe. Anders als bei einer globalen Verformung sind bei einer lokalen Verformung also die Ringabschnitte selbst konkav oder konvex verformt.

[0005] Die beiden vorgenannten Ausgestaltungen können in einer Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine kombiniert werden. Auf diese Weise können unterschiedlichste Arbeitsspaltgeometrien erzeugt werden. So kann beispielsweise bei teilweisem Verschleiß der Poliertücher oder bei sich ändernden Temperaturen der den Arbeitsspalt definierenden Komponenten jederzeit eine möglichst planparallele Bearbeitung der Werkstücke bzw. eine für die Werkstückqualität bevorzugte Einstellung des Arbeitsspalts, sei diese parallel oder nicht, sichergestellt werden.

[0006] Die Geometrie des Arbeitsspalts hat entscheidenden Einfluss auf die Form und die Ebenheit des bearbeiteten Werkstücks. Neben der Geometrie des Arbeitsspalts beeinflussen das Bearbeitungsergebnis eine Vielzahl weiterer Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter, zum Beispiel die Temperatur unterschiedlichster Komponenten der Maschine, die Dicke und ein möglicher Verschleiß eines Arbeitsbelags, wie eines Poliertuchs, die Drehzahl der relativ zueinander gedrehten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements sowie von in dem Arbeitsspalt drehend gelagerten Läuferscheiben, oder beispielsweise eine Auflast zwischen der ersten Arbeitsscheibe und dem Gegenlagerelement.

[0007] Es ist bekannt, derartige Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter während des Betriebs der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine mittels Sensoren zu überwachen. Auch ist es bekannt als weitere Bearbeitungsparameter die Form und Dicke der in dem Arbeitsspalt bearbeiteten flachen Werkstücke, zum Beispiel Wafer, mittels entsprechender Sensoren zu erfassen. Aus der Vielzahl dieser Maschinen- und Bearbeitungsparameter muss für den Betrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine ein geeignetes Parameterfenster gefunden werden, zunächst im Rahmen des Einrichtens der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine vor Beginn der Bearbeitung der flachen Werkstücke. Dabei muss die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine auch auf die am jeweiligen Einsatzort vorherrschenden Randbedingungen, zum Beispiel Art der Arbeitsbeläge, wie Poliertücher, gegebenenfalls eines Poliermittels und weiterer Parameterangaben eines Betreibers eingestellt werden. Im anschließenden Produktionsbetrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbei-

tungsmaschine muss der Prozess mittels der Sensoren überwacht werden. Dabei sollen Abweichungen von den vorgegebenen Zielwerten, zum Beispiel dem GBIR- oder SFQR-Wert bearbeiteter Wafer, frühzeitig erkannt werden und gegebenenfalls korrigierend in den Bearbeitungsprozess eingegriffen werden.

[0008] Nicht zuletzt aufgrund einer großen Zahl unterschiedlicher Bearbeitungsprozesse müssen die Messergebnisse der Sensoren durch fachkundiges Personal interpretiert werden, um die richtigen Schlüsse für die Anpassung des Produktionsbetriebs zu treffen. Derart fachkundiges Personal steht nicht am Einsatzort jeder Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine zur Verfügung. Dies kann zu nachteiligen Auswirkungen auf den Produktionsprozess führen. Darüber hinaus erfolgt oftmals nur eine Anpassung des Produktionsbetriebs mit erheblicher Zeitverzögerung nach Auftreten etwaiger schädlicher Parameterabweichungen. Ein Grund hierfür ist, dass es auch für fachkundiges Personal aufgrund der Vielzahl von Maschinen- und Bearbeitungsparametern, die Einfluss auf den Produktionsprozess nehmen, schwierig ist, frühzeitig eine relevante Abweichung der gemessenen Parameter zu erkennen. Häufig geschieht dies erst nach Vermessen fertig hergestellter bearbeiteter Werkstücke. Wird dann eine unerwünschte Abweichung im Produktionsprozess festgestellt, entsteht in der Zwischenzeit eine erhebliche Menge an Ausschuss.

[0009] Ausgehend von dem erläuterten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine bereitzustellen, mit denen der Produktionsprozess der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine schneller und zuverlässiger unter Minimierung von Ausschuss überwacht werden kann.

[0010] Die Erfindung löst die Aufgabe durch die unabhängigen Ansprüche 1 und 9. Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Figuren.

[0011] Für eine Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine der eingangs genannten Art löst die Erfindung die Aufgabe dadurch, dass eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, die im Betrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine die durch die Sensoren erfassten Messdaten erhält, wobei die Steuereinrichtung ein künstliches neuronales Netz umfasst, das dazu ausgebildet ist, aus den Messdaten einen Zustandsvektor der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine zu erstellen und diesen mit mindestens einem Soll-Zustandsvektor zu vergleichen.

[0012] Für ein Verfahren der eingangs genannten Art löst die Erfindung die Aufgabe dadurch, dass das künstliche neuronale Netz durch Eingabe einer Vielzahl von zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken führenden Soll-Zustandsvektoren trainiert wird.

[0013] Bei der erfindungsgemäßen Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine kann es sich insbesondere

um eine Doppel- oder Einseiten-Poliermaschine handeln. Es kann sich bei der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine aber auch um eine Doppel- oder Einseiten-Läppmaschine oder Doppel- oder Einseiten-Schleifmaschine handeln. Die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine weist eine vorzugsweise ringförmige erste Arbeitsscheibe und ein vorzugsweise ringförmiges Gegenlagerelement auf. Bei einer Einseiten-Bearbeitungsmaschine kann das Gegenlagerelement zum Beispiel als einfaches Gewicht oder Druckzylinder ausgestaltet sein. Bei dem Gegenlagerelement kann es sich bevorzugt um eine vorzugsweise ringförmige zweite Arbeitsscheibe handeln. Die erste Arbeitsscheibe und das Gegenlagerelement sind relativ zueinander drehend antreibbar und zwischen der ersten Arbeitsscheibe und dem Gegenlagerelement ist ein vorzugsweise ringförmiger Arbeitsspalt zum Bearbeiten flacher Werkstücke, wie Wafer, gebildet. Insbesondere wenn es sich um eine Doppel- oder Einseiten-Poliermaschine handelt, kann zumindest die erste Arbeitsscheibe, vorzugsweise auch das Gegenlagerelement bzw. die zweite Arbeitsscheibe, einen Polierbelag (Polierpad) auf ihrer den Arbeitsspalt begrenzenden Oberfläche(n) aufweisen. Während der Bearbeitung kann darüber hinaus in an sich bekannter Weise ein Prozessmedium, zum Beispiel ein Poliermittel, insbesondere eine Polierflüssigkeit (Slurry), in den Arbeitsspalt gegeben werden. Auch können die Arbeitsscheiben mit Temperierkanälen versehen sein, durch die im Betrieb eine Temperierflüssigkeit, zum Beispiel Kühlwasser, zum Temperieren der Arbeitsscheibe(n) geleitet wird.

[0014] Die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine dient insbesondere zum planparallelen Bearbeiten flacher Werkstücke. Die Werkstücke können zur Bearbeitung in an sich bekannter Weise in Ausnehmungen von in dem Arbeitsspalt angeordneten Läuferscheiben schwimmend aufgenommen werden. Die erste Arbeitsscheibe und das Gegenlagerelement werden im Betrieb relativ zueinander drehend angetrieben, beispielsweise über eine entsprechende Antriebswelle und mindestens einen Antriebsmotor. Es ist möglich, dass nur eines von erster Arbeitsscheibe und Gegenlagerelement drehend angetrieben wird. Es können aber auch sowohl die erste Arbeitsscheibe als auch das Gegenlagerelement drehend angetrieben werden, dann in der Regel gegenläufig. Beispielsweise bei einer Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine können durch eine geeignete Kinematik die Läuferscheiben im Zuge der Relativdrehung zwischen erster Arbeitsscheibe und Gegenlagerelement ebenfalls drehend durch den Arbeitsspalt bewegt werden, so dass in den Ausnehmungen der Läuferscheiben angeordnete Werkstücke zyklische Bahnen in dem Arbeitsspalt beschreiben. Beispielsweise können die Läuferscheiben an ihrem äußeren Rand eine Verzahnung aufweisen, die in eine zugeordnete Verzahnung von Stiftkränzen eingreift. Derartige Maschinen bilden eine sogenannte Planetenkinematik.

[0015] Die erste Arbeitsscheibe und/oder das Gegen-

lagerelement können jeweils von einer Trägerscheibe gehalten werden. Wie die erste Arbeitsscheibe und das Gegenlagerelement können auch die Trägerscheiben ringförmig ausgebildet sein oder zumindest ringförmige Trägerabschnitte besitzen.

[0016] In an sich bekannter Weise erfassen erfindungsgemäß Sensoren, insbesondere geeignete Messeinrichtungen, während des Betriebs der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine Messdaten zu Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine. Es kann sich dabei insbesondere um die eingangs genannten Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter handeln. Die Sensoren erfassen die Messdaten dabei insbesondere in bestimmten Abständen oder kontinuierlich. Die Messdaten charakterisieren die Betriebs- und Maschinenparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine und damit den Produktionsprozess. Die durch die Sensoren erfassten Messdaten werden insbesondere ebenfalls in bestimmten Abständen oder kontinuierlich einer Steuereinrichtung der erfindungsgemäßen Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine zugeleitet. Das Erfassen der Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter kann in Echtzeit erfolgen. Dies gilt auch für die Weitergabe der Messdaten an die Steuereinrichtung und die nachfolgend erläuterte Verarbeitung der Messdaten. Die erfassten Messdaten können auch in einem Datenspeicher gespeichert werden und aus diesem an die Steuereinrichtung weitergegeben werden, zum Beispiel in Echtzeit oder verzögert.

[0017] Zur Verarbeitung der Messdaten umfasst die erfindungsgemäße Steuereinrichtung ein künstliches neuronales Netz, das aus den empfangenen Messdaten einen Zustandsvektor der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine erstellt. Der Zustandsvektor setzt sich aus den aktuellen Messdaten der Sensoren zusammen bzw. wird aus diesen aktuellen Messdaten gebildet. Der Zustandsvektor charakterisiert also die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, und insbesondere den aktuellen Produktionsprozess. Diesen Zustandsvektor vergleicht das künstliche neuronale Netz mit mindestens einem, vorzugsweise einer Mehrzahl, insbesondere einer Schar, von Soll-Zustandsvektoren. Die Soll-Zustandsvektoren werden dem künstlichen neuronalen Netz gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren im Rahmen eines Trainings als Zustandsvektoren für ein akzeptables Bearbeitungsergebnis bei der Bearbeitung von Werkstücken in der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine vorgegeben. Die Soll-Zustandsvektoren können dabei mit unterschiedlicher Zielsetzung definiert werden, zum Beispiel ausgerichtet auf bestimmte Qualitätsparameter (z.B. GBIR und/oder SFQR) und/oder Produktionsdurchsatz oder auch andere Parameter. Durch den Vergleich des aus den aktuellen Messdaten erstellten Zustandsvektors mit den dem künstlich neuronalen Netz zur Verfügung stehenden Soll-Zustandsvektoren kann dieses ermitteln, ob der aktuelle Zustandsvektor mit einem der als akzeptabel trainierten Soll-Zu-

standsvektoren übereinstimmt oder nicht. Wird festgestellt, dass der erfasste Zustandsvektor mit keinem der akzeptablen Soll-Zustandsvektoren ausreichend übereinstimmt, können zum Beispiel bei einer relevanten Abweichung von den akzeptablen Soll-Zustandsvektoren Gegenmaßnahmen getroffen werden. Beispielsweise kann durch Anpassung von Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern in den Produktionsprozess eingegriffen werden. Selbstverständlich können für den Vergleich definierte Toleranzen vorgegeben werden, innerhalb derer eine erkannte geringe Abweichung von den Soll-Zustandsvektoren als akzeptabel klassifiziert wird. Durch eine auf Grundlage des Vergleichs erfolgte Anpassung von Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern kann der Produktionsprozess so beeinflusst werden, dass der aktuell erstellte Zustandsvektor (wieder) ausreichend mit mindestens einem Soll-Zustandsvektor übereinstimmt.

[0018] Ein künstliches neuronales Netz kann anders als eine Bedienperson aus einer Vielzahl von Messdaten und damit Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern sehr schnell einen Zustandsvektor erstellen und diesen ebenfalls sehr schnell mit mindestens einem, vorzugsweise einer Vielzahl von Soll-Zustandsvektoren vergleichen. Damit kann eine unzulässige Abweichung des Produktionsprozesses von einem akzeptablen Prozess schnell und zuverlässig erkannt werden, insbesondere auch wenn am Produktionsort der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine kein ausreichend geschultes oder erfahrenes Personal zur Verfügung steht. Die Erfindung macht sich dabei zunutze, dass bei einem optimalen Produktionsprozess die messbaren Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter in einem festen Verhältnis zueinander stehen. Ein künstliches neuronales Netz, das mit den Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern eines optimalen Prozesses trainiert ist, kann somit schnell und zuverlässig Abweichungen des aktuellen Prozesses vom optimalen Prozess erkennen. Das künstliche neuronale Netz bildet einen Anomaliedetektor, der eine unzulässige Abweichung (Anomalie) im Produktionsprozess identifiziert. Eine Prozessoptimierung ist somit auch beim Anfahren des Produktionsprozesses nach einem initialen Einrichtvorgang (Setup) wesentlich schneller und mit einer wesentlich geringeren Anzahl an Testproduktionsprozessen möglich. Im besten Fall ist nur ein einziger Testproduktionsversuch erforderlich, der keine externe nachgelagerte Vermessung der bearbeiteten Werkstücke erfordert. Die Überwachung des Produktionsprozesses auch im Zuge des Beginns der Produktion ist damit einfacher und schneller und unter Minimierung von Ausschuss möglich. Insbesondere kann die Produktion von Werkstücken in der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, die nicht innerhalb gewünschter Toleranzen liegen, reduziert oder bestenfalls vollständig vermieden werden.

[0019] Nach einer Ausgestaltung kann die Steuereinrichtung dazu ausgebildet sein, bei einer Abweichung des erstellten Zustandsvektors von dem mindestens ei-

nen Soll-Zustandsvektor eine Warnmeldung auszugeben. Die Warnmeldung kann für eine Bedienperson der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine ausgegeben werden, zum Beispiel über eine Bedienoberfläche der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine. Im einfachsten Fall erhält die Bedienperson eine Warnmeldung, dass Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter unzulässig von für einen optimalen Produktionsprozess akzeptablen Werten abweichen. Die Bedienperson kann auf dieser Grundlage manuell in den Prozess eingreifen, insbesondere gezielt Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter anpassen, so dass der aus den aktuellen Messdaten gebildete Zustandsvektor (wieder) mindestens einem Soll-Zustandsvektor entspricht.

[0020] In einer weiteren Variante kann die Warnmeldung bereits einen Anpassungsvorschlag zur Anpassung bestimmter Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter umfassen. Dieser Anpassungsvorschlag kann durch die Steuereinrichtung auf Grundlage einer in der Steuereinrichtung hinterlegten Anpassungsvorschrift ausgegeben werden. Eine solche Anpassungsvorschrift kann vorab durch eine Bedienperson für die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine erstellt worden sein. Die Bedienperson kann den Anpassungsvorschlag dann bewerten und gegebenenfalls ausführen. Durch eine Kombination festgestellter Abweichungswerte zwischen dem Zustandsvektor und dem mindestens einen Soll-Zustandsvektor mit formalisierten Kausalitäten der Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine kann die Steuereinrichtung also automatisch Vorschläge zur Änderung von Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern erstellen.

[0021] Nach einer weiteren Ausgestaltung kann die Steuereinrichtung weiterhin eine Regeleinrichtung umfassen, die dazu ausgebildet ist, bei einer durch den Vergleich festgestellten Abweichung des erstellten Zustandsvektors von dem mindestens einen Soll-Zustandsvektor die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, insbesondere Maschinen- und/oder Betriebsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, so anzusteuern, dass der erstellte Zustandsvektor mit mindestens einem Soll-Zustandsvektor übereinstimmt. Die Regeleinrichtung kann dazu insbesondere Aktoren zum Beeinflussen der Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter ansteuern. Durch die Regeleinrichtung wird eine weitere Automatisierung erreicht, indem diese die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine selbständig auf Grundlage des durchgeführten Vergleichs ansteuert, so dass der aus den aktuellen Messdaten erstellte Zustandsvektor (wieder) mindestens einem des oder der Soll-Zustandsvektoren entspricht. Die Regeleinrichtung kann dabei in die Steuereinrichtung integriert sein.

[0022] Die Regeleinrichtung kann dazu ausgebildet sein, die Maschinen- und/oder Betriebsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine auf Grundlage einer in der Regeleinrichtung hinterlegten An-

passungsvorschrift anzusteuern. Die Anpassungsvorschrift kann der Regeleinrichtung insbesondere bestimmte Steuervorschriften zu bestimmten ermittelten Abweichungen des Zustandsvektors vorgeben. Wiederum kann die Anpassungsvorschrift zum Beispiel vorab durch eine Bedienperson erstellt worden sein. Auf dieser Grundlage ist eine automatisierte Regelung auf Grundlage von vorab in Form der Anpassungsvorschrift hinterlegten Steuervorgaben möglich, insbesondere ohne Eingriff einer Bedienperson.

[0023] Nach einer weiteren Ausgestaltung kann ein weiteres künstliches neuronales Netz vorgesehen sein, das dazu ausgebildet ist, durch maschinelles Lernen die Messdaten zu den Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern zu bewerten und auf Grundlage der Bewertung die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, insbesondere Maschinen- und/oder Betriebsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, anzusteuern und/oder eine in einer Regeleinrichtung hinterlegte Anpassungsvorschrift zu erstellen und/oder zu verändern. Dieses weitere künstliche neuronale Netz kann ein weiteres künstliches neuronales Netz sein, zusätzlich zu dem vorgenannten, den Anomaliedetektor bildenden ersten künstlichen neuronalen Netz. Es wäre aber auch denkbar, dass das weitere künstliche neuronale Netz mit dem vorgenannten, den Anomaliedetektor bildenden künstlichen neuronalen Netz integriert ausgebildet ist. Die Regeleinrichtung kann dabei in das weitere künstliche neuronale Netz integriert sein.

[0024] Das vorgesehene weitere künstliche neuronale Netz kann insbesondere ein sogenanntes Learning Classifier System (LCS/Lernendes Klassifikatorsystem) umfassen, also ein System der künstlichen Intelligenz. Solche Systeme basieren auf festgelegten Wenn-Dann-Beziehungen und können Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine in Abhängigkeit von Anomaliewerten, also durch das (erste) künstliche neuronale Netz erfassten Abweichungen zwischen dem aktuellen Zustandsvektor und dem mindestens einen Soll-Zustandsvektor ändern. Das LCS erstellt aus Eingabedaten und Regeln Ausgabedaten. Die Steuereinrichtung kann auch einen Speicher umfassen, in dem in der Vergangenheit gewonnene Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter einschließlich Daten zu bearbeitenden Werkstücken, gespeichert sind. Die gespeicherten Daten können dem künstlichen neuronalen Netz, insbesondere dem LCS zur Verfügung gestellt werden, das diese Daten bei der Bewertung der Messdaten und den daraus resultierenden Steuerdaten für die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine berücksichtigt. Das vorzugsweise als LCS ausgebildete künstliche neuronale Netz kann dann bereits während eines Produktionsprozesses erkennen, mit welcher Wahrscheinlichkeit das Bearbeitungsergebnis der Werkstücke, beispielsweise charakteristische Werte wie GBIR, SFQR, von vorgegebenen Zielwerten abweichen. Auf dieser Grundlage kann dieses künstliche neuronale Netz bereits während des Produktionsprozes-

ses oder spätestens in einem Folgeproduktionsprozess durch Ansteuern von zum Beispiel Aktoren für bestimmte Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter eingreifen, um etwaigen Ausschuss zu vermeiden. Durch das künstliche neuronale Netz unter Nutzung von maschinellem Lernen kann auch eine beispielsweise zunächst von einer Bedienperson erstellte Anpassungsvorschrift anhand weiterer Erfahrungen aus Produktionsprozessen verbessert werden. Dazu kann das künstliche neuronale Netz eine in einer Regeleinrichtung hinterlegte Anpassungsvorschrift verändern. Auch denkbar wäre es, dass diese Anpassungsvorschrift durch das künstliche neuronale Netz erstellt wird und dann gegebenenfalls anhand weiterer Prozessdaten optimiert wird. Durch die vorgenannte Ausgestaltung ist eine weitestgehende Automatisierung des Produktionsprozesses ohne erforderlichen Eingriff von Bedienpersonen möglich.

[0025] Nach einer weiteren Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Sensoren Messeinrichtungen umfassen zum Messen des Arbeitsspalts, insbesondere der Form und/oder Weite des Arbeitsspalts, weiter insbesondere eines Abstands zwischen der ersten Arbeitsscheibe und dem Gegenlagerelement, und/oder zum Messen einer Temperatur der ersten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements und/oder von weiteren Maschinenkomponenten der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine und/oder zum Messen einer Temperatur und/oder einer Durchflussmenge eines zur Bearbeitung der Werkstücke in den Arbeitsspalt zugeführten Bearbeitungsmittels, und/oder zum Messen einer Drehzahl der ersten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements und/oder von in dem Arbeitsspalt drehend gelagerten Läuferscheiben und/oder zum Messen einer Auflast zwischen erster Arbeitsscheibe und Gegenlagerelement und/oder zum Messen einer Drehzahl und/oder eines Drehmoments und/oder einer Temperatur des Drehantriebs und/oder zum Messen eines Drucks und/oder einer Kraft von Mitteln zum Erzeugen einer Verformung der ersten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements und/oder zum Messen der Dicke eines Arbeitsbelags der ersten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements und/oder zum Messen der Dicke und/oder Form von in der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine bearbeiteten Werkstücken. Die genannten Messeinrichtungen können gemeinsam oder in beliebigen Kombinationen miteinander vorliegen. Bearbeitungsmittel können zum Beispiel Poliermittel, insbesondere Polierflüssigkeiten, wie Slurry, sein. Die genannten Messeinrichtungen erfassen für den Produktionsprozess relevante Maschinen- und Bearbeitungsparameter, einschließlich zum Beispiel Umgebungsdaten, der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine.

[0026] Sofern auf Grundlage einer durch den Vergleich festgestellten Abweichung des erstellten Zustandsvektors von dem mindestens einen Soll-Zustandsvektor die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, insbesondere Maschinen- und/oder Betriebsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, ange-

steuert werden, kann dies insbesondere das Ansteuern von Aktoren umfassen zum Beeinflussen des Arbeitsspalts, insbesondere der Form und/oder Weite des Arbeitsspalts, weiter insbesondere eines Abstands zwischen der ersten Arbeitsscheibe und dem Gegenlagerelement, und/oder zum Beeinflussen einer Temperatur der ersten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements und/oder von weiteren Maschinenkomponenten der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine und/oder zum Beeinflussen einer Temperatur und/oder einer Durchflussmenge eines zur Bearbeitung der Werkstücke in den Arbeitsspalt zugeführten Bearbeitungsmittels, und/oder zum Beeinflussen einer Drehzahl der ersten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements und/oder von in dem Arbeitsspalt drehend gelagerten Läuferscheiben und/oder zum Beeinflussen einer Auflast zwischen erster Arbeitsscheibe und Gegenlagerelement und/oder zum Beeinflussen einer Drehzahl und/oder eines Drehmoments und/oder einer Temperatur des Drehantriebs und/oder zum Beeinflussen eines Drucks und/oder einer Kraft von Mitteln zum Erzeugen einer Verformung der ersten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements und/oder zum Beeinflussen der Dicke eines Arbeitsbelags der ersten Arbeitsscheibe und/oder des Gegenlagerelements und/oder zum Beeinflussen der Dicke und/oder Form von in der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine bearbeiteten Werkstücken. Die genannten Beeinflussungen bzw. Ansteuerungen der Aktoren können gemeinsam oder in beliebigen Kombinationen miteinander erfolgen. Bearbeitungsmittel können zum Beispiel Poliermittel, insbesondere Polierflüssigkeiten, wie Slurry, sein. Die anzusteuernenden Aktoren beeinflussen also für den Produktionsprozess relevante Maschinen- und Bearbeitungsparameter, einschließlich zum Beispiel Umgebungsdaten, der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine.

[0027] Nach einer weiteren Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das Gegenlagerelement durch eine vorzugsweise ringförmige zweite Arbeitsscheibe gebildet ist, wobei die erste und zweite Arbeitsscheibe koaxial zueinander angeordnet und durch den Drehantrieb relativ zueinander drehend antreibbar sind, wobei zwischen den Arbeitsscheiben der Arbeitsspalt zum doppelseitigen oder einseitigen Bearbeiten flacher Werkstücke gebildet ist.

[0028] Die Erfindung betrifft auch ein System umfassend mindestens zwei erfindungsgemäße Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen, wobei weiterhin ein übergeordnetes künstliches neuronales Netz vorgesehen ist, das mit den künstlichen neuronalen Netzen der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen verbunden ist, wobei das übergeordnete künstliche neuronale Netz dazu ausgebildet ist, auf Grundlage von von den künstlichen neuronalen Netzen der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen erhaltenen Daten mindestens ein künstliches neuronales Netz der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen durch Ein-

gabe von zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken führenden Zustandsvektoren zu trainieren.

[0029] Bei dieser Ausgestaltung ist ein System aus mindestens zwei, insbesondere mehr als zwei erfindungsgemäßen Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen vorgesehen. Weiterhin ist ein übergeordnetes künstliches neuronales Netz vorgesehen, das mit den künstlichen neuronalen Netzen der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen verbunden ist. Das übergeordnete künstliche neuronale Netz ist dazu ausgebildet, auf Grundlage der von den künstlichen neuronalen Netzen der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen erhaltenen Daten mindestens ein künstliches neuronales Netz der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen zu trainieren. Das übergeordnete künstliche neuronale Netz bildet also eine übergeordnete Struktur, in die ähnliche Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen eingebunden sein können. Es kann dann weiterhin ein anlagenübergreifender Speicher vorgesehen sein, der Daten sämtlicher Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen des Systems erhält und diese Daten auch an das übergeordnete künstliche neuronale Netz gibt. Auf diese Weise kann gegebenenfalls unter Berücksichtigung der in dem Speicher hinterlegten Daten eine Optimierung der einzelnen Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen des Systems unter gegenseitiger Nutzung individueller Daten der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen des Systems erfolgen. Durch die vorgenannte Ausgestaltung lassen sich vorteilhafte Effekte realisieren zum Beispiel in Hinblick auf Produktionsplanung, Flottenmanagement oder Wartungsvorhersage (Predictive Maintenance).

[0030] Die erfindungsgemäße Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine kann zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet sein. Entsprechend kann das erfindungsgemäße Verfahren mit der erfindungsgemäßen Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine ausgeführt werden.

[0031] Wie bereits erläutert, wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren das künstliche neuronale Netz durch Eingabe einer Vielzahl von zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken führenden Zustandsvektoren trainiert. Das Training kann erfolgen, indem durch eine Bedienperson Produktionsprozesse mit der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine mit unterschiedlichen Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern durchgeführt werden und abhängig von dem Bearbeitungsergebnis dem künstlichen neuronalen Netz zu den jeweiligen Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern vorgegeben wird, ob der Produktionsprozess zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis geführt hat. In diesem Fall werden die zugehörigen Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter als ein Soll-Zustandsvektor in dem künstlichen neuronalen Netz hinterlegt. Dieses Starttraining erfolgt in der Regel vor Beginn der regulären Bearbeitung von

flachen Werkstücken mit der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine.

[0032] Es ist weiterhin möglich, dass das auf diese Weise trainierte künstliche neuronale Netz im Betrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine durch Eingabe weiterer zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken führenden Soll-Zustandsvektoren weiter trainiert wird. Durch dieses weitere Training im Zuge von Produktionsprozessen mit der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine erfolgt eine weitergehende Optimierung der Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter.

[0033] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann im Betrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine mit dem trainierten künstlichen neuronalen Netz ein weiteres künstliches neuronales Netz durch Eingabe einer Vielzahl von zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken führenden Soll-Zustandsvektoren trainiert werden. Dieses weitere künstliche neuronale Netz kann untrainiert sein oder bereits (vor-)trainiert. Beispielsweise kann das weitere künstliche neuronale Netz eine Kopie des trainierten künstlichen neuronalen Netzes sein und auf dieser Grundlage weiter trainiert werden. Dies kann zum Beispiel nützlich sein, wenn das trainierte künstliche neuronale Netz ein generisches neuronales Netz ist, das auf einen bestimmten Typ einer Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine trainiert ist, aber noch nicht auf eine spezielle Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine spezialisiert wurde, insbesondere hinsichtlich der jeweils individuellen Bearbeitungsparameter vor Ort. Hierdurch kann eine spezialisierte Version des trainierten künstlichen neuronalen Netzes generiert werden, die das trainierte künstliche neuronale Netz letztendlich ablösen kann. Ein möglicher Anwendungsfall ist, dass Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen mit einem trainierten künstlichen neuronalen Netz ausgeliefert werden, wobei das Training auf Basis von Versuchen bzw. Labordaten eines Herstellers der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine erfolgt und dann mit dem weiteren kürzlichen neuronalen Netz eine weitere Spezialisierung auf den individuellen Fertigungsprozess des Kunden erfolgt. Dies erfordert ein geringeres Verständnis des Produktionsprozesses am Installationsort der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine.

[0034] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen schematisch:

- Figur 1 einen Teil einer erfindungsgemäßen Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine in einer Schnittansicht in einem ersten Betriebszustand,
- Figur 2 die Ansicht aus Figur 1 in einem zweiten Betriebszustand,
- Figur 3 die Ansicht aus Figur 1 in einem dritten Be-

- triebszustand,
- Figur 4 eine schematische Darstellung der Funktion der erfindungsgemäßen Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem ersten Ausführungsbeispiel,
- Figur 5 eine schematische Darstellung der Funktion der erfindungsgemäßen Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem weiteren Ausführungsbeispiel,
- Figur 6 eine schematische Darstellung der Funktion der erfindungsgemäßen Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem weiteren Ausführungsbeispiel,
- Figur 7 eine schematische Darstellung der Funktion der erfindungsgemäßen Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem weiteren Ausführungsbeispiel,
- Figur 8 eine schematische Darstellung der Funktion der erfindungsgemäßen Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem weiteren Ausführungsbeispiel,
- Figur 9 eine schematische Darstellung der Funktion der erfindungsgemäßen Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem weiteren Ausführungsbeispiel, und
- Figur 10 ein erfindungsgemäßes System in einer schematischen Darstellung.

[0035] Soweit nichts anderes angegeben ist, bezeichnen in den Figuren gleiche Bezugszeichen gleiche Gegenstände.

[0036] Die in den Figuren 1 bis 3 lediglich beispielhaft dargestellte Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine weist eine ringförmige obere Trägerscheibe 10 und eine ebenfalls ringförmige untere Trägerscheibe 12 auf. An der oberen Trägerscheibe 10 ist eine erste, ringförmige obere Arbeitsscheibe 14 befestigt und an der unteren Trägerscheibe 12 ist eine zweite, ebenfalls ringförmige Arbeitsscheibe 16 befestigt. Zwischen den ringförmigen Arbeitsscheiben 14, 16 ist ein ebenfalls ringförmiger Arbeitsspalt 18 gebildet, in dem im Betrieb flache Werkstücke, beispielsweise Wafer, beidseitig bearbeitet werden. Bei der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine kann es sich beispielsweise um eine Poliermaschine, eine Läppmaschine oder eine Schleifmaschine handeln.

[0037] Die obere Trägerscheibe 10 und mit ihr die obere Arbeitsscheibe 14 und/oder die untere Trägerscheibe 12 und mit ihr die untere Arbeitsscheibe 16 können durch eine geeignete Antriebseinrichtung, umfassend beispielsweise eine obere Antriebswelle und/oder eine untere Antriebswelle sowie mindestens einen Antriebsmo-

tor relativ zueinander drehend angetrieben werden. Die Antriebseinrichtung ist an sich bekannt und aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht näher dargestellt. In ebenfalls an sich bekannter Weise können die zu bearbeitenden Werkstücke schwimmend in Läuferscheiben in dem Arbeitsspalt 18 gehalten werden. Durch eine geeignete Kinematik, beispielsweise eine Planetenkinematik, kann sichergestellt werden, dass sich die Läuferscheiben im Zuge der Relativdrehung der Trägerscheiben 10, 12 bzw. Arbeitsscheiben 14, 16 ebenfalls durch den Arbeitsspalt 18 drehen. In der oberen Arbeitsscheibe 14 oder der oberen Trägerscheibe 10 und ggf. auch der unteren Arbeitsscheibe 16 oder der unteren Trägerscheibe 12 können Temperierkanäle ausgebildet sein, durch die im Betrieb ein Temperierfluid, beispielsweise eine Temperierflüssigkeit wie Wasser, geleitet werden kann. Dies ist ebenfalls an sich bekannt und nicht näher dargestellt.

[0038] Die in den Figuren 1 bis 3 gezeigte Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine umfasst darüber hinaus an sich ebenfalls bekannte Abstandsmesseinrichtungen als Sensoren. Die Sensoren können beispielsweise optisch oder elektromagnetisch (z.B. Wirbelstromsensoren) arbeiten. In dem dargestellten Beispiel sind beispielsweise drei Abstandsmesseinrichtungen 20, 22, 24 vorgesehen, die an drei radial beabstandeten Positionen des Arbeitsspalts 18 den Abstand zwischen der oberen Arbeitsscheibe 14 und der unteren Arbeitsscheibe 16 messen, wie in Figur 1 durch Pfeile veranschaulicht. Wie zu erkennen, misst die Abstandsmesseinrichtung 20 den Abstand zwischen der oberen Arbeitsscheibe 14 und der unteren Arbeitsscheibe 16 im Bereich des radial äußeren Rands des Arbeitsspalts 18. Die Abstandsmesseinrichtung 24 misst den Abstand zwischen der oberen Arbeitsscheibe 14 und der unteren Arbeitsscheibe 16 im Bereich des radial inneren Rands des Arbeitsspalts 18. Die Abstandsmesseinrichtung 22 misst den Abstand zwischen der oberen Arbeitsscheibe 14 und der unteren Arbeitsscheibe 16 in der Mitte des Arbeitsspalts 18.

[0039] In den Figuren 2 und 3 sind die Abstandsmesseinrichtungen 20, 22, 24 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Die Messdaten der Abstandsmesseinrichtungen 20, 22, 24 liegen an einer Steuereinrichtung 34 an.

[0040] Die untere Arbeitsscheibe 16 ist vorliegend nur im Bereich ihres äußeren Randes und im Bereich ihres inneren Randes an der unteren Trägerscheibe 12 befestigt, beispielsweise jeweils entlang eines Teilkreises verschraubt, wie in Figur 1 bei den Bezugszeichen 26 und 28 veranschaulicht. Zwischen diesen Befestigungsorten 26 und 28 ist die untere Arbeitsscheibe 16 dagegen nicht an der unteren Trägerscheibe 12 befestigt. Vielmehr befindet sich zwischen diesen Befestigungsorten 26, 28 zwischen der unteren Trägerscheibe 12 und der unteren Arbeitsscheibe 16 ein ringförmiges Druckvolumen 30. Das Druckvolumen 30 ist über eine Staudruckleitung 32 mit einem in den Figuren nicht näher dargestellten Druckfluidreservoir, beispielsweise einem Flüssigkeitsreservoir, insbesondere einem Wasserreservoir, verbunden.

In der Staudruckleitung 32 können eine Pumpe und ein Steuerventil angeordnet sein, die von der Steuereinrichtung 34 angesteuert werden können. Auf diese Weise kann durch in das Druckvolumen 30 eingeleitetes Fluid ein gewünschter Druck in dem Druckvolumen 30 aufgebaut werden, der dann auf die untere Arbeitsscheibe 16 wirkt. Über eine nicht näher dargestellte Druckmesseinrichtung kann der in dem Druckvolumen 30 herrschende Druck gemessen werden. Die Messdaten der Druckmesseinrichtung als weiterer Sensor können ebenfalls an der Steuereinrichtung 34 anliegen, so dass die Steuereinrichtung 34 einen vorgegebenen Druck in dem Druckvolumen 30 einstellen kann.

[0041] Aufgrund ihrer Bewegungsfreiheit zwischen den Befestigungsorten 26, 28 kann die untere Arbeitsscheibe 16 durch Einstellen eines ausreichend hohen Drucks in dem Druckvolumen 30 lokal in eine konvexe Form gebracht werden, wie in Figur 2 gestrichelt bei dem Bezugszeichen 36 angedeutet. Geht man in dem Betriebszustand der Figur 1, in dem die untere Arbeitsscheibe 16 eine plane Form besitzt, von einem Druck p_0 in dem Druckvolumen 30 aus, so kann die in Figur 2 bei 36 gezeigte konvexe Verformung der unteren Arbeitsscheibe 16 erreicht werden, indem ein Druck $p_1 > p_0$ eingestellt wird. Andererseits kann durch Einstellen eines Drucks $p_2 < p_0$ in dem Druckvolumen 30 eine lokale konkave Verformung der unteren Arbeitsscheibe 16 erreicht werden, wie in Figur 3 bei dem Bezugszeichen 38 gestrichelt veranschaulicht.

[0042] Erkennbar ist dabei, dass die untere Arbeitsscheibe 16 in radialer Richtung gesehen zwischen ihrem inneren Rand, im Bereich des Befestigungsorts 26, und ihrem äußeren Rand, im Bereich des Befestigungsorts 28, eine lokal konvexe Form (Figur 2) bzw. eine lokal konkave Form (Figur 3) annehmen kann.

[0043] Zusätzlich zu dieser lokalen radialen Verformung der unteren Arbeitsscheibe 16 können Mittel zur globalen Verformung der oberen Arbeitsscheibe 14 vorgesehen sein. Diese Mittel können ausgestaltet sein, wie oben erläutert, bzw. in der DE 10 2006 037 490 B4 beschrieben. Dabei wird die obere Trägerscheibe 10 und mit ihr die an dieser befestigte obere Arbeitsscheibe 14 global verformt, so dass sich über den gesamten Querschnitt der oberen Arbeitsscheibe 14 eine global konkave oder global konvexe Form der Arbeitsfläche der oberen Arbeitsscheibe 14 ergibt. Zwischen ihrem radial inneren Rand und ihrem radial äußeren Rand kann die obere Arbeitsscheibe 14 dagegen plan bleiben oder in der oben erläuterten Weise durch das Druckvolumen 30 lokal verformt werden. Auch die Mittel zum Verstellen der Form der oberen Arbeitsscheibe 14 können durch die Steuereinrichtung 34 angesteuert werden.

[0044] Die Abstandsmesseinrichtungen 20, 22, 24 bilden Sensoren, die während des Betriebs der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine Messdaten zu Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine erfassen, vorliegend insbesondere die Dicke und Geometrie des Arbeitsspalts 18. Vor-

zugsweise umfasst die Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine eine Mehrzahl weiterer Sensoren mit entsprechenden weiteren Messeinrichtungen. Dabei kann es sich insbesondere um Messeinrichtungen der oben erläuterten Art handeln. Diese Messeinrichtungen erfassen während des Betriebs der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine weitere Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter.

[0045] Die durch die Sensoren erfassten Messdaten werden der Steuereinrichtung 34 zugeleitet. Aus diesen Messdaten erstellt die Steuereinrichtung 34 mittels eines in diese integrierten künstlichen neuronalen Netzes 34 einen Zustandsvektor der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine und vergleicht diesen mit mindestens einem Soll-Zustandsvektor, vorzugsweise einer Schar von Soll-Zustandsvektoren, die im Rahmen eines Trainings einem akzeptablen Produktionsprozess zugeordnet wurden.

[0046] Anhand von Figur 4 soll das Training des künstlichen neuronalen Netzes 34 näher erläutert werden. In Figur 4 ist die erfindungsgemäße Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine bei dem Bezugszeichen 40 gezeigt. Ihr werden unbearbeitete Werkstücke 42, beispielsweise unbearbeitete Wafer, zur Bearbeitung zugeführt und durch die Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40 werden fertig bearbeitete Werkstücke 44 insbesondere bearbeitete Wafer 44 ausgegeben. Dabei ist ein Datenspeicher 46 vorgesehen, dem beispielsweise durch die Sensoren erfasste Messdaten zu Maschinen- und Bearbeitungsparametern zugeführt werden, wobei diese Daten einer Bedierson 48 zur Verfügung gestellt werden, wie in Figur 4 bei 50 veranschaulicht. Weiterhin werden dem Datenspeicher 46 als weitere Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter Messdaten zu beispielsweise der Geometrie der bearbeiteten Werkstücke zugeleitet, wobei auch diese Daten der Bedierson 48 zugeleitet werden, wie in Figur 4 bei 52 veranschaulicht. Schließlich stehen dem Datenspeicher auch externe Umgebungsdaten zur Verfügung, wie bei 54 veranschaulicht. Auch diese externen Umgebungsdaten können der Bedierson 48 zugeleitet werden. Die Bedierson 48 führt auf dieser Grundlage eine Bewertung des den jeweiligen Daten zugrundeliegenden Produktionsprozesses dahingehend durch, ob das Bearbeitungsergebnis akzeptabel ist. Diese Bewertung stellt die Bedierson 48 dem künstlichen neuronalen Netz 34 der Steuereinrichtung 34 zur Verfügung, wie in Figur 4 bei 56 dargestellt. Die entsprechenden Zustandsvektoren werden durch das künstliche neuronale Netz 34 als Soll-Zustandsvektoren abgelegt.

[0047] In Figur 5 ist dargestellt, wie auf dieser Grundlage der Betrieb der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine erfolgen kann. In diesem Fall werden die Prozessdaten zu den Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern direkt dem künstlichen neuronalen Netz 34 der Steuereinrichtung 34 zugeführt, wie in Figur 5 bei 58 veranschaulicht. Durch das künstliche neuronale Netz 34 wird aus den erhaltenen Messdaten zu den Maschinen-

und/oder Bearbeitungsparametern ein Zustandsvektor erstellt und dieser mit den hinterlegten Soll-Zustandsvektoren verglichen. Wird hierbei eine unzulässige Abweichung bzw. Nichtübereinstimmung festgestellt, gibt die Steuereinrichtung 34 eine entsprechende Warnmeldung an die Bedienperson 48, wie in Figur 5 bei 60 dargestellt. Auf dieser Grundlage und gegebenenfalls unter Berücksichtigung der über 52 zur Verfügung gestellten Messdaten der bearbeiteten Werkstücke 44 kann die Bedienperson 48 die Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40, insbesondere Aktoren zum Beeinflussen von Maschinen- und/oder Betriebsparametern ansteuern, wie in Figur 5 bei 62 gezeigt, um den laufend überwachten und erstellten Zustandsvektor mit mindestens einem Soll-Zustandsvektor in Übereinstimmung zu bringen. In diesem Fall entscheidet die Bedienperson 48 also über die Konsequenzen aus der Bewertung der empfangenen Daten. Die Bedienperson 48 wird hierbei durch die Steuereinrichtung 34 als Anomaliedetektor unterstützt.

[0048] In Figur 6 ist eine weiter automatisierte Variante der in Figur 5 dargestellten Vorgehensweise dargestellt. Bei dieser Ausgestaltung umfasst die Steuereinrichtung 34, insbesondere ihr künstliches neuronales Netz 34, weiterhin eine mit dieser verbundene Regeleinrichtung 64, wie in Figur 6 bei 66 dargestellt. Bei einer durch den Vergleich festgestellten Abweichung des erstellten Zustandsvektors von dem mindestens einen Soll-Zustandsvektor erfolgt insbesondere ohne Eingriff der Bedienperson 48 ein Regeleingriff durch die Regeleinrichtung 64 auf Aktoren der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40. Dadurch wird eine Anpassung der erfassten Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40 bewirkt, wie in Figur 6 bei 68 veranschaulicht. Sämtliche der zugehörigen Daten können in dem Datenspeicher 46 abgelegt werden. Die zum Beispiel integriert ausgebildete Steuer- und Regeleinrichtung 34, 64 kann die Maschinen- und/oder Betriebsparameter der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40 auf Grundlage einer zum Beispiel in der Regeleinrichtung 64 hinterlegten Anpassungsvorschrift ansteuern. Diese kann zum Beispiel durch eine Bedienperson 48 erstellte bestimmte Steueranweisungen für bestimmte festgestellte Abweichungen der Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter enthalten, nach denen die Steuer- und Regeleinrichtung 34, 64 Aktoren ansteuert.

[0049] In Figur 7 ist eine weitere Ausgestaltung der zu Figur 6 erläuterten Vorgehensweise dargestellt. Bei dieser Ausgestaltung ist weiterhin die Bedienperson 48 eingebunden. Diese erhält ebenfalls die Prozessdaten zu den erfassten Maschinen- und Bearbeitungsparameter, wie in Figur 7 bei 70 dargestellt und außerdem die Prozessdaten zu den bearbeiteten Werkstücken, wie bei 52 dargestellt. Schließlich erhält die Bedienperson 48 auch die von der Steuereinrichtung 34 vorgenommenen Steuerbefehle, wie in Figur 7 bei 72 dargestellt. Auf dieser Grundlage kann durch die Bedienperson 48 eine Überwachung der jeweils durchgeführten Regelung erfolgen und gegebenenfalls die Regelung der Regeleinrichtung

64 in geeigneter Weise angepasst werden, wie in Figur 7 bei 74 dargestellt.

[0050] Figur 8 stellt eine weitere Ausgestaltung eines möglichen Trainings von künstlichen neuronalen Netzen als Anomaliedetektoren dar. Dabei wird ausgegangen von der Steuereinrichtung 34 mit einem bereits vortrainierten künstlichen neuronalen Netz 34, trainiert beispielsweise wie oben zu Figur 4 erläutert. Diese Steuereinrichtung 34 gibt etwaige Abweichungen bzw. Anomaliendaten an die Bedienperson 48, wie in Figur 8 bei 60 gezeigt und oben zu Figur 5 erläutert. Auf dieser Grundlage kann die Bedienperson 48 ein weiteres künstliches neuronales Netz 76 trainieren, indem diesem weiteren künstlichen neuronalen Netz 76 im Betrieb der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40 (weitere) Soll-Zustandsvektoren zu akzeptablen Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40 zugeleitet werden, wie in Figur 8 bei 78 dargestellt. Das weitere künstliche neuronale Netz 76 kann ein untrainiertes künstliches neuronales Netz 76 sein. Es kann sich aber auch um ein bereits (vor-) trainiertes künstliches neuronales Netz 76 handeln, beispielsweise ein Duplikat des neuronalen Netzes 34 der Steuereinrichtung 34. Auf dieser Grundlage kann auf Grundlage des zum Beispiel für den generischen Typ der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40 (vor-) trainierten künstlichen neuronalen Netzes 34 der Steuereinrichtung 34 im beginnenden Produktionsbetrieb ein spezialisiertes Training des weiteren künstlichen neuronalen Netzes 76 für die jeweiligen individuellen Prozessparameter des Anwendungsfalls der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40 trainiert werden. Es ist dabei möglich, dass nach Abschluss dieses Trainings das weitere künstliche neuronale Netz 76 das zuvor trainierte künstliche neuronale Netz 34 der Steuereinrichtung 34 ersetzt.

[0051] Anhand der Figuren 9 und 10 soll eine weitere Ausgestaltung der Erfindung erläutert werden, umfassend insbesondere ein weiteres künstliches neuronales Netz 86, ausgebildet zum maschinellen Lernen. Es kann sich um ein Learning Classifier System (LCS) handeln, also um ein System der künstlichen Intelligenz. Bei der in Figur 9 gezeigten Ausgestaltung werden Messdaten der Sensoren zu Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern einerseits dem Datenspeicher 46 und andererseits der Steuereinrichtung 34 zugeführt, wie in Figur 9 bei 80 gezeigt. Werkstückdaten, insbesondere Messdaten zur Geometrie der bearbeiteten Werkstücke, werden ebenfalls sowohl dem Datenspeicher 46 als auch der Steuereinrichtung 34 zugeführt, wie in Figur 9 bei 82 dargestellt. Die Steuereinrichtung 34 steht außerdem im Austausch mit dem Datenspeicher 46, wie in Figur 9 bei 84 gezeigt. In Figur 9 ist ein weiteres künstliches neuronales Netz 86 gezeigt, das ebenfalls der Steuereinrichtung 34 zugehörig ist. Dieses weitere künstliche neuronale Netz 86 kann auch mit dem künstlichen neuronalen Netz 34 der Steuereinrichtung 34 kombiniert sein. Dieses weitere künstliche neuronale Netz 86 ist zum maschinellen Lernen ausgebildet und bildet insbesondere ein Lear-

ning Classifier System (LCS).

[0052] Dem LCS 86 werden über 82 ebenfalls die Messdaten zur Geometrie der bearbeiteten Werkstücke 44 zugeleitet. Wird durch die Steuereinrichtung 34, insbesondere ihr künstliches neuronales Netz 34, im Betrieb der Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine 40 eine unzulässige Abweichung zwischen dem aktuell erfassten Zustandsvektor und den als Soll-Zustandsvektoren hinterlegten akzeptablen Werten der Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter festgestellt, wird ein entsprechendes Anomaliesignal an das LCS 86 gegeben, wie in Figur 9 bei 88 dargestellt. Dem LCS 86 können dabei auch Messdaten aus der Vergangenheit aus dem Datenspeicher 46 zur Verfügung stehen. Auf dieser Grundlage kann das LCS 86 selbstständig Entscheidungen über die Veränderung bestimmter Prozessparameter, insbesondere das Ansteuern von Aktoren zum Beeinflussen der erfassten Maschinen- und/oder Bearbeitungsparameter treffen und die Aktoren entsprechend ansteuern, wie in Figur 9 bei 90 gezeigt. Auf diese Weise kann eine weitestgehende Automatisierung und Selbstständigkeit erreicht werden.

[0053] In Figur 10 ist eine weitere Ausgestaltung der in Figur 9 gezeigten Variante dargestellt. Insbesondere zeigt Figur 10 ein erfindungsgemäßes System mit mindestens zwei Doppelseiten-Bearbeitungsmaschinen 40. Selbstverständlich könnte das System auch mehr als zwei Doppelseiten-Bearbeitungsmaschinen 40 umfassen, was in Figur 10 durch drei Punkte veranschaulicht ist. In Figur 10 sind zur Veranschaulichung in gestrichelten Blöcken zwei Anlagen 92i dargestellt, die hinsichtlich ihrer Ausgestaltung und Funktion jeweils der Ausgestaltung nach Figur 9 entsprechen können. Die Anlagen 92i können dabei auch unterschiedlich ausgestaltet sein, zum Beispiel zum Erreichen unterschiedlicher Ziele ausgebildet sein, zum Beispiel optimale Waferqualität, maximaler Output etc. Sie stehen über 80, 84 mit einem gemeinsamen Datenspeicher 46 in Verbindung. Außerdem ist bei dem in Figur 10 dargestellten System ein übergeordnetes künstliches neuronales Netz 94, umfassend beispielsweise wiederum ein LCS, vorgesehen, das außerdem mit einer Bedienperson 48 in Verbindung stehen kann. Das übergeordnete künstliche neuronale Netz 94 steht ebenfalls mit dem Datenspeicher 46 in Verbindung, wie bei 96 gezeigt. Außerdem erhält das übergeordnete künstliche neuronale Netz 96 die durch die LCS 86 jeweils ausgeführten Steuerbefehle, wie in Figur 10 bei 98 dargestellt. Auf dieser Grundlage kann das übergeordnete LCS 94 basierend auf Daten der Anlagen 92i die LCS 86 der Anlagen 92i weiter optimieren oder spezialisieren, beispielsweise durch Vorgabe von kollektiven oder individuellen Steuervorschriften und/oder Soll-Zustandsvektoren für die einzelnen Anlagen 92i.

Bezugszeichenliste

[0054]

10	obere Trägerscheibe
12	untere Trägerscheibe
14	oberen Arbeitsscheibe
16	unteren Arbeitsscheibe
5 16	Gegenlagerelement
18	Arbeitsspalt
20, 22, 24	Abstandsmesseinrichtung, Sensoren
26	Befestigungsort
28	Befestigungsort
10 30	Druckvolumen
32	Staudruckleitung
34	Steuereinrichtung, künstliches neuronales Netz
36, 38, 50	Pfeil
15 52, 54, 56	Pfeil
58, 60, 62	Pfeil
66, 68, 70	Pfeil
72, 74, 78	Pfeil
80, 82, 84	Pfeil
20 88, 90, 96	Pfeil
98	Pfeil
40	Doppelseiten-Bearbeitungsmaschine
42	unbearbeitete Werkstücke
44	bearbeitete Werkstücke
25 46	Datenspeicher
48	Bedienperson
64	Regeleinrichtung
76, 86, 94	künstliches neuronales Netz
92i	Anlagen

Patentansprüche

1. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine mit einer vorzugsweise ringförmigen ersten Arbeitsscheibe (14) und einem vorzugsweise ringförmigen Gegenlagerelement (16), wobei die erste Arbeitsscheibe (14) und das Gegenlagerelement (16) mittels eines Drehantriebs relativ zueinander drehend antreibbar sind, und wobei zwischen der ersten Arbeitsscheibe (14) und dem Gegenlagerelement (16) ein vorzugsweise ringförmiger Arbeitsspalt (18) zum doppelseitigen oder einseitigen Bearbeiten flacher Werkstücke (42, 44), vorzugsweise Wafer, gebildet ist, wobei die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine eine Mehrzahl von Sensoren (20, 22, 24) umfasst, die während des Betriebs der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine Messdaten zu Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine erfassen, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Steuereinrichtung (34) vorgesehen ist, die im Betrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine die durch die Sensoren (20, 22, 24) erfassten Messdaten erhält, wobei die Steuereinrichtung (34) ein künstliches neuronales Netz (34) umfasst, das dazu ausgebildet ist, aus den Messdaten einen Zustandsvektor der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine

schine zu erstellen und diesen mit mindestens einem Soll-Zustandsvektor zu vergleichen.

2. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (34) dazu ausgebildet ist, bei einer Abweichung des erstellten Zustandsvektors von dem mindestens einen Soll-Zustandsvektor eine Warnmeldung auszugeben. 5
3. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (34) weiterhin eine Regeleinrichtung (64) umfasst, die dazu ausgebildet ist, bei einer durch den Vergleich festgestellten Abweichung des erstellten Zustandsvektors von dem mindestens einen Soll-Zustandsvektor die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, insbesondere Maschinen- und/oder Betriebsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, so anzusteuern, dass der erstellte Zustandsvektor mit mindestens einem Soll-Zustandsvektor übereinstimmt. 10 15 20
4. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (64) in die Steuereinrichtung (34) integriert ist. 25
5. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (64) dazu ausgebildet ist, die Maschinen- und/oder Betriebsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine auf Grundlage einer in der Regeleinrichtung (64) hinterlegten Anpassungsvorschrift anzusteuern. 30 35
6. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein weiteres künstliches neuronales Netz (86) vorgesehen ist, das dazu ausgebildet ist, durch maschinelles Lernen die Messdaten zu den Maschinen- und/oder Bearbeitungsparametern zu bewerten und auf Grundlage der Bewertung die Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, insbesondere Maschinen- und/oder Betriebsparameter der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine, anzusteuern und/oder eine in einer Regeleinrichtung (64) hinterlegte Anpassungsvorschrift zu erstellen und/oder zu verändern. 40 45 50
7. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (64) in das weitere künstliche neuronale Netz (86) integriert ist. 55
8. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine

nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoren (20, 22, 24) Messeinrichtungen (20, 22, 24) umfassen zum Messen des Arbeitsspalts (18), insbesondere eines Abstands zwischen der ersten Arbeitsscheibe (14) und dem Gegenlagerelement (16), und/oder zum Messen einer Temperatur der ersten Arbeitsscheibe (14) und/oder des Gegenlagerelements (16) und/oder von weiteren Maschinenkomponenten der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine und/oder zum Messen einer Temperatur und/oder einer Durchflussmenge eines zur Bearbeitung der Werkstücke (42, 44) in den Arbeitsspalt (18) zugeführten Bearbeitungsmittels, und/oder zum Messen einer Drehzahl der ersten Arbeitsscheibe (14) und/oder des Gegenlagerelements (16) und/oder von in dem Arbeitsspalt (18) drehend gelagerten Läuferscheiben und/oder zum Messen einer Auflast zwischen erster Arbeitsscheibe (14) und Gegenlagerelement (16) und/oder zum Messen einer Drehzahl und/oder eines Drehmoments und/oder einer Temperatur des Drehantriebs und/oder zum Messen eines Drucks und/oder einer Kraft von Mitteln zum Erzeugen einer Verformung der ersten Arbeitsscheibe (14) und/oder des Gegenlagerelements (16) und/oder zum Messen der Dicke eines Arbeitsbetrags der ersten Arbeitsscheibe (14) und/oder des Gegenlagerelements (16) und/oder zum Messen der Dicke und/oder Form von in der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine bearbeiteten Werkstücken (44).

9. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gegenlagerelement (16) durch eine vorzugsweise ringförmige zweite Arbeitsscheibe (16) gebildet ist, wobei die erste und zweite Arbeitsscheibe (14, 16) koaxial zueinander angeordnet und durch den Drehantrieb relativ zueinander drehend antreibbar sind, wobei zwischen den Arbeitsscheiben (14, 16) der Arbeitsspalt (18) zum doppelseitigen oder einseitigen Bearbeiten flacher Werkstücke (42, 44) gebildet ist.
10. Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 12 bis 14 ausgebildet ist.
11. System umfassend mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** weiterhin ein übergeordnetes künstliches neuronales Netz (94) vorgesehen ist, das mit den künstlichen neuronalen Netzen (34, 86) der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen verbunden ist, wobei das übergeordnete

künstliche neuronale Netz (94) dazu ausgebildet ist, auf Grundlage von von den künstlichen neuronalen Netzen (34, 86) der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen erhaltenen Daten mindestens ein künstliches neuronales Netz (34, 86) der mindestens zwei Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschinen durch Eingabe von zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken (42, 44) führenden Zustandsvektoren zu trainieren. 5 10

12. Verfahren zum Betreiben einer Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das künstliche neuronale Netz (34) durch Eingabe einer Vielzahl von zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken (42, 44) führenden Soll-Zustandsvektoren trainiert wird. 15
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das trainierte künstliche neuronale Netz (34) im Betrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine durch Eingabe weiterer zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken (42, 44) führenden Soll-Zustandsvektoren weiter trainiert wird. 20 25
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Betrieb der Doppel- oder Einseiten-Bearbeitungsmaschine mit dem trainierten künstlichen neuronalen Netz (34) ein weiteres künstliches neuronales Netz (76) durch Eingabe einer Vielzahl von zu einem akzeptablen Bearbeitungsergebnis von flachen Werkstücken (42, 44) führenden Soll-Zustandsvektoren trainiert wird. 30 35

40

45

50

55

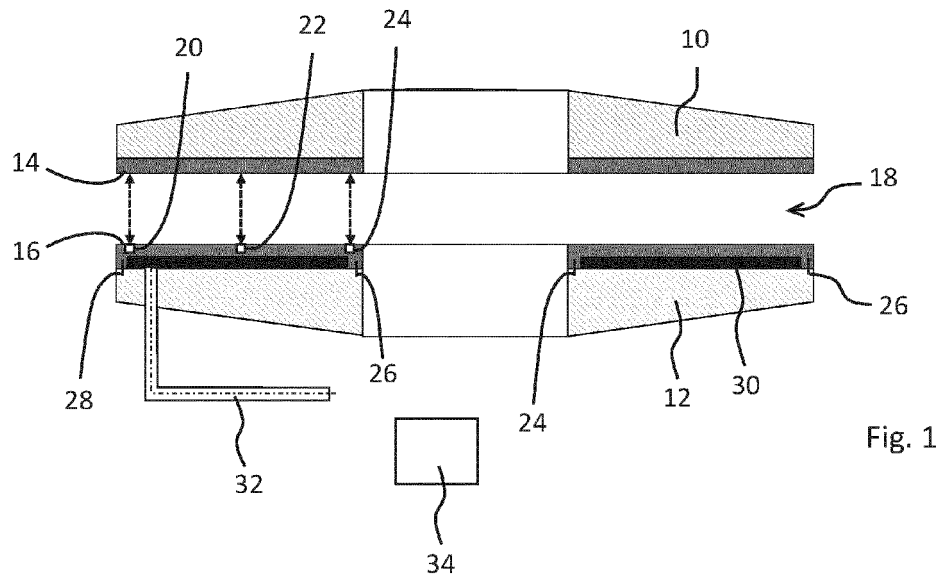


Fig. 1

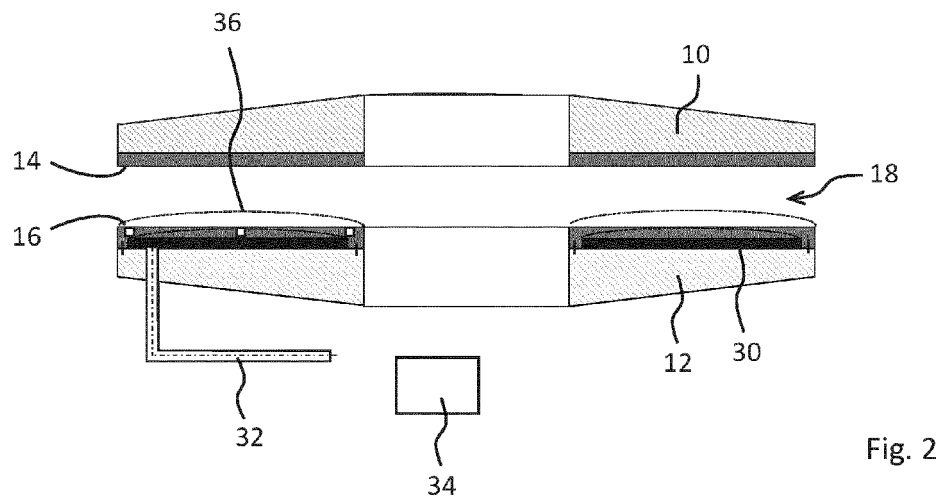


Fig. 2

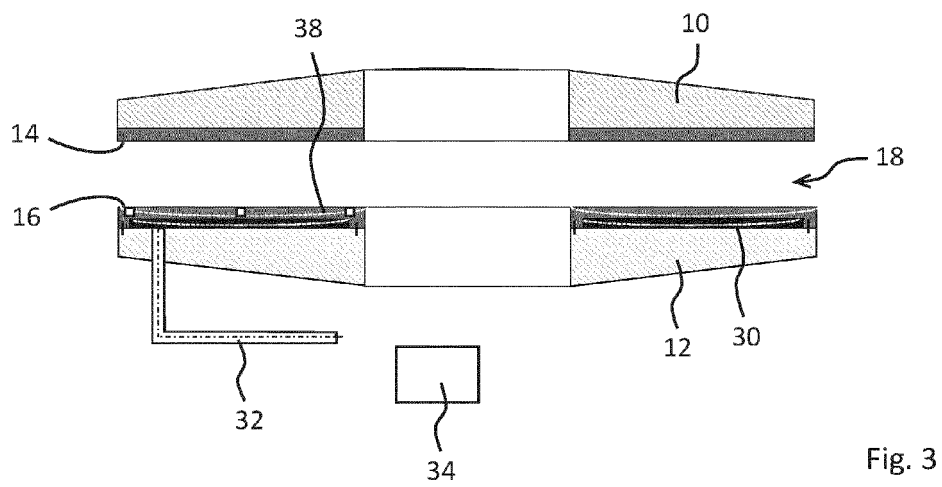


Fig. 3

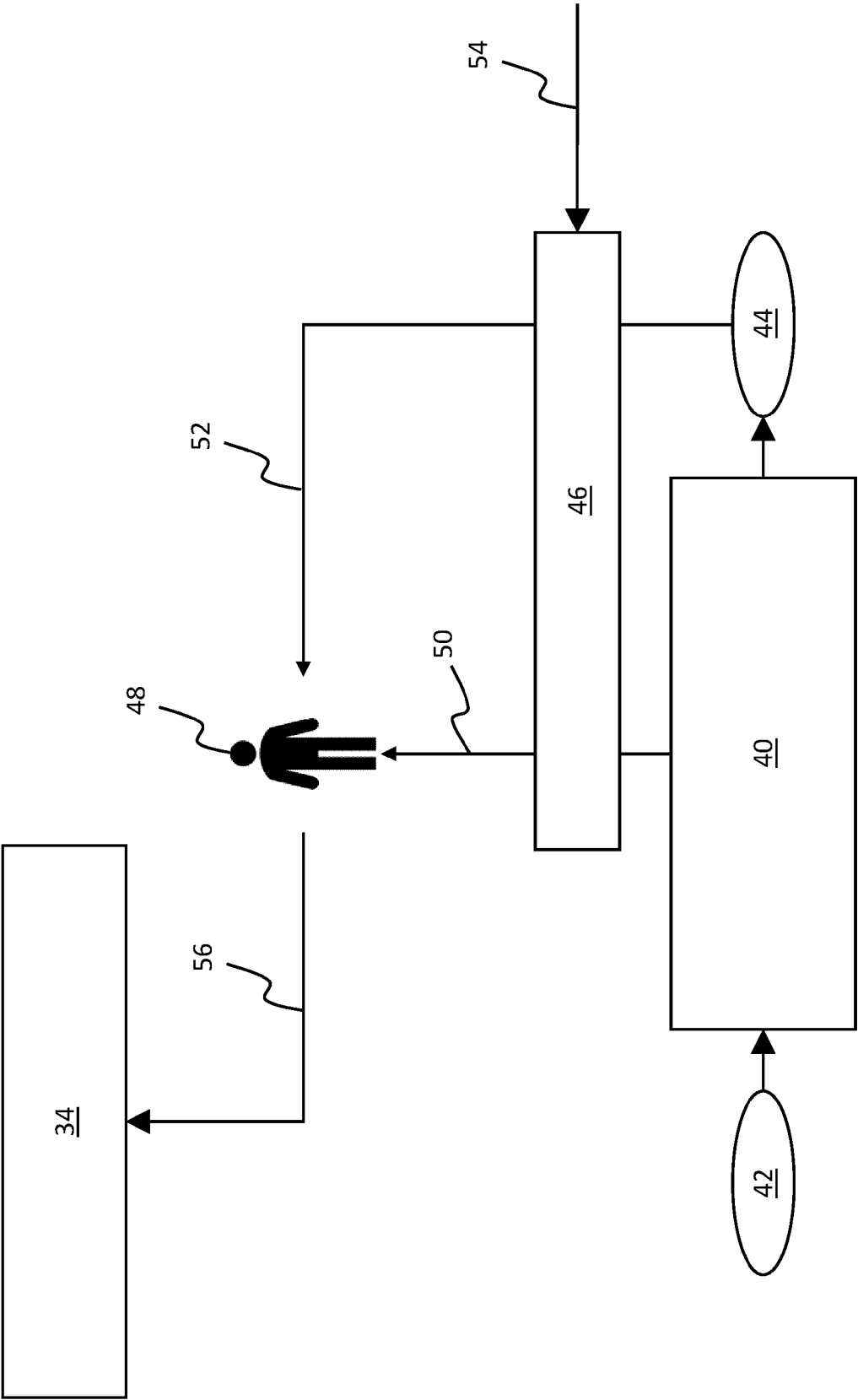


Fig. 4

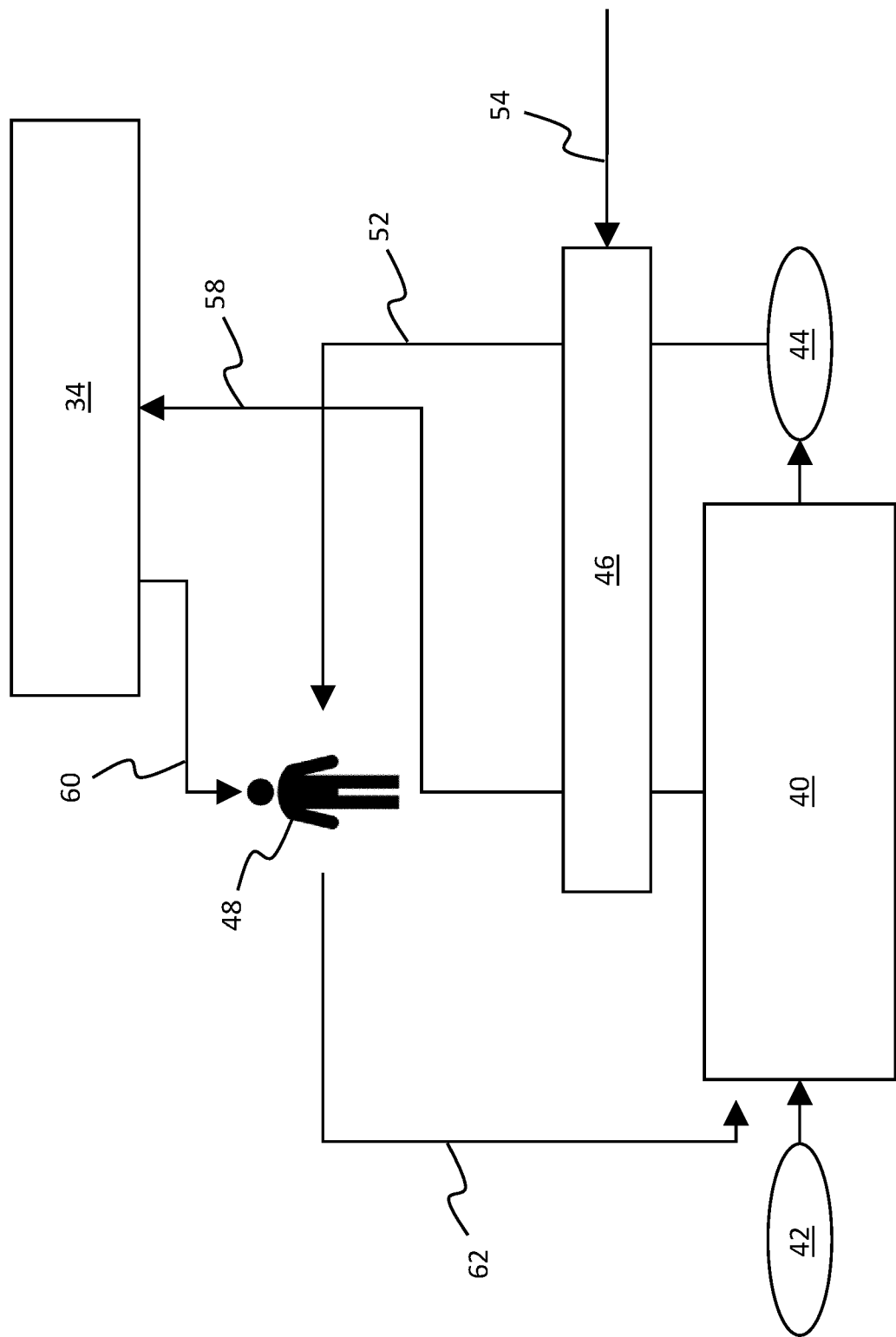


Fig. 5

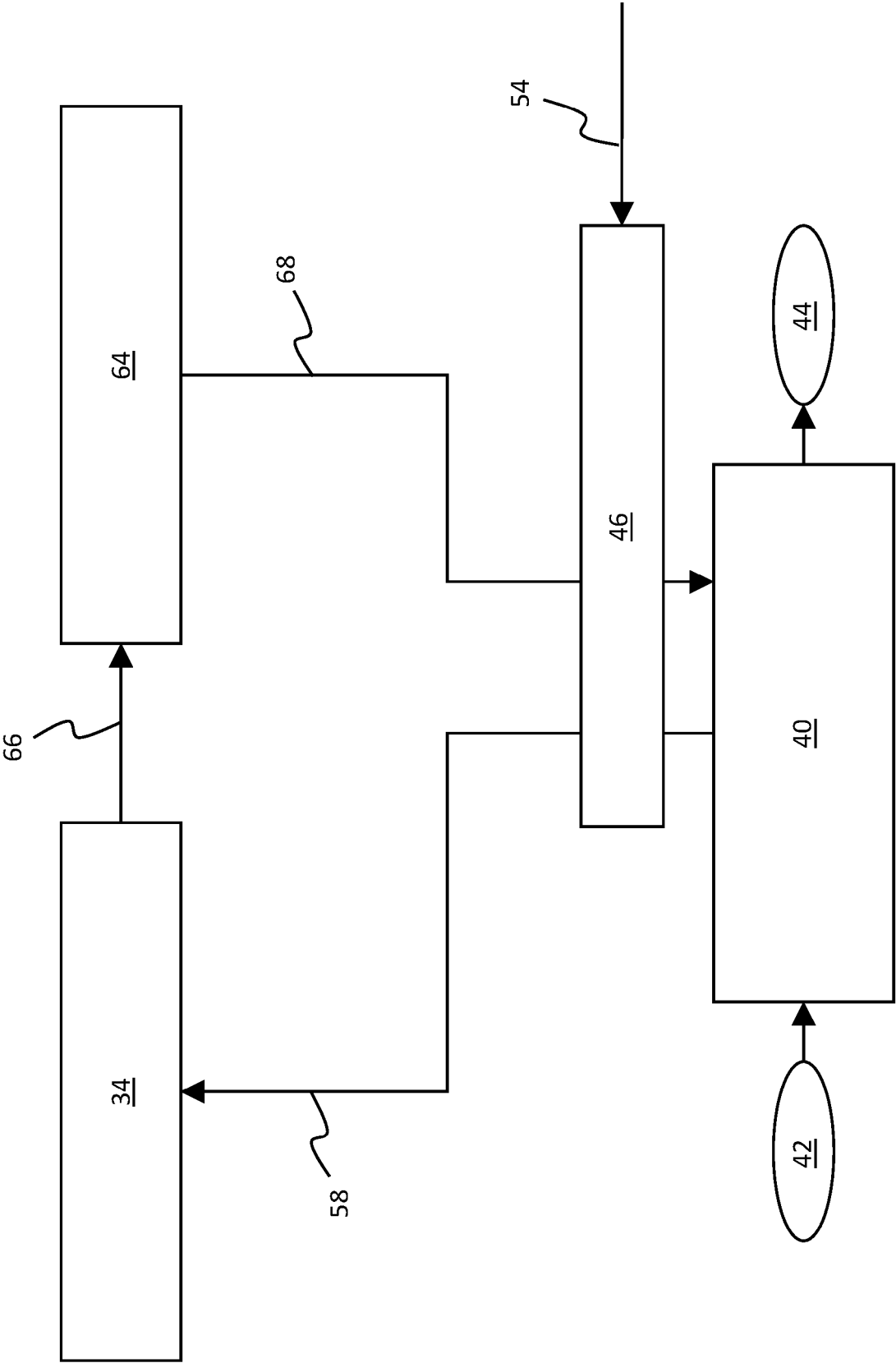


Fig. 6

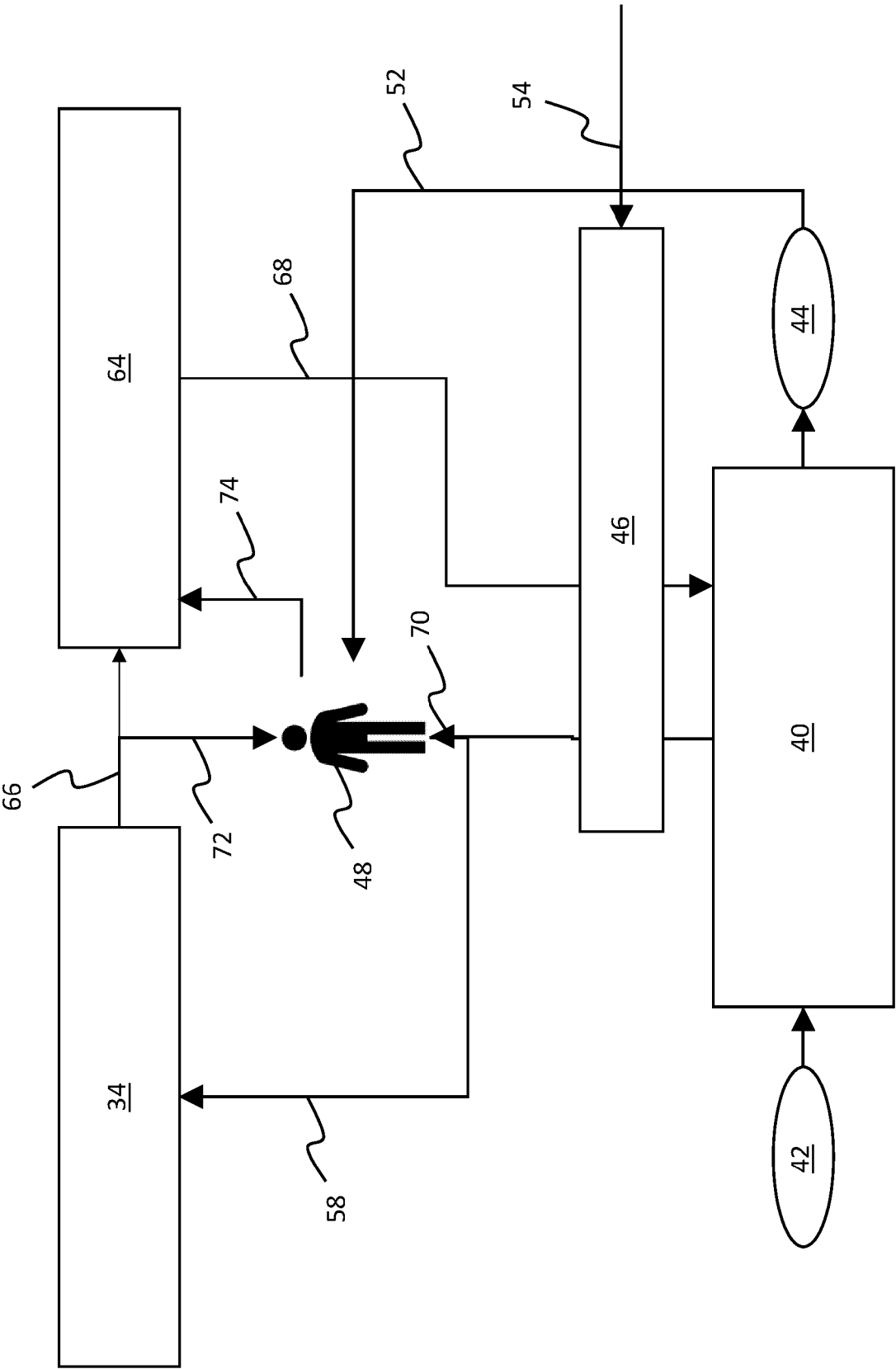
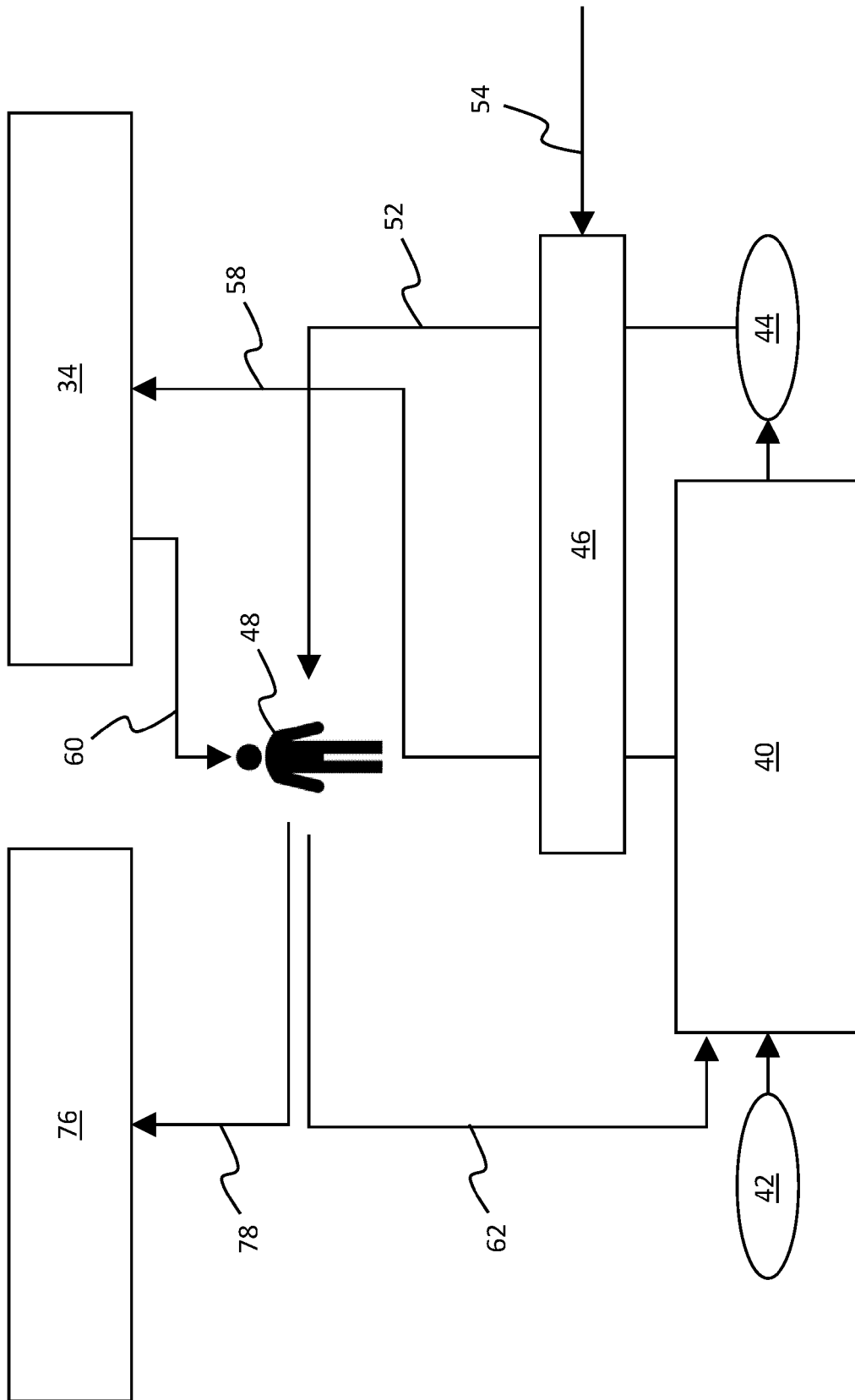


Fig. 7



Fi. 8

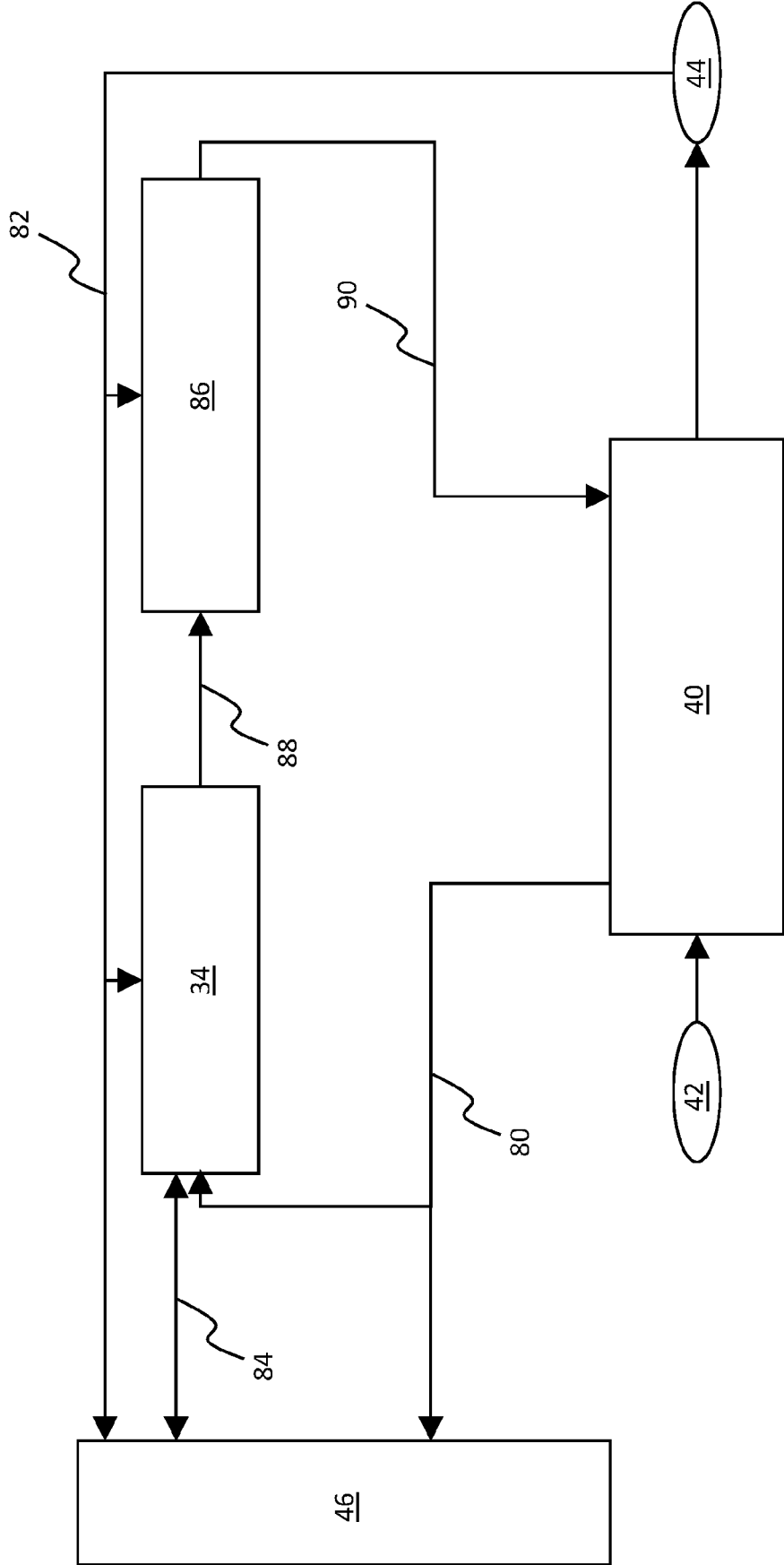


Fig. 9

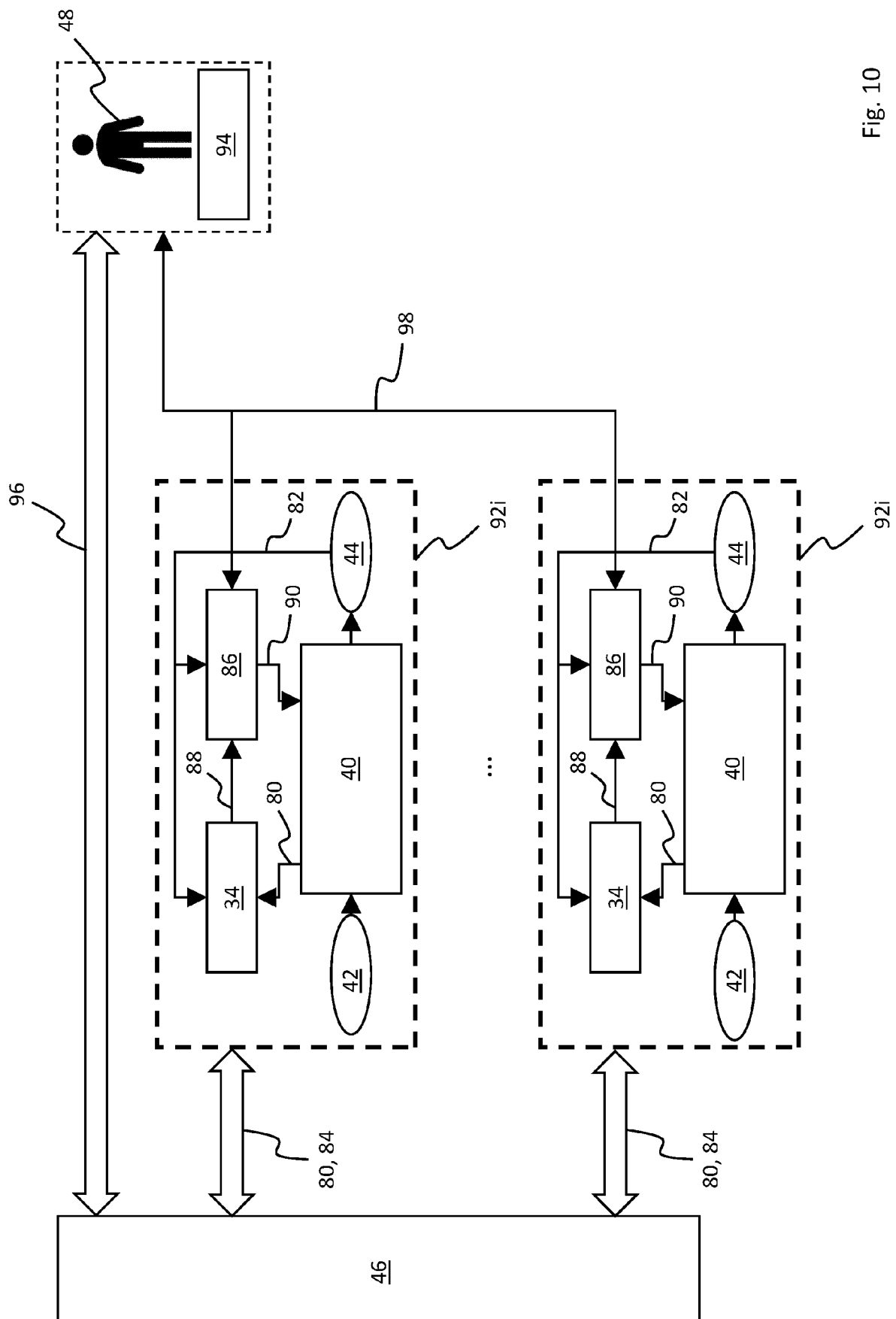


Fig. 10



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 16 8535

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2022/072679 A1 (MARUYAMA TORU [JP]) 10. März 2022 (2022-03-10) * Absätze [0123], [0128] - [0136], [0143], [0164], [0187] - [0188], [0190] - [0197]; Abbildungen 1-5, 10-17 *	1-14	INV. B24B37/015 B24B37/08 B24B37/10 B24B49/02 B24B49/14 B24B49/16
A	EP 3 974 108 A1 (LAPMASTER WOLTERS GMBH [DE]) 30. März 2022 (2022-03-30) * Abbildungen 1-3 *	8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B24B G05B B25J G06N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Oktober 2023	Prüfer Kornmeier, Martin
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 16 8535

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-10-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2022072679	A1	10-03-2022	US 2022072679	A1	10-03-2022
				WO 2020137802	A1	02-07-2020
15	EP 3974108	A1	30-03-2022	CN 114346788	A	15-04-2022
				DE 102020125246	A1	31-03-2022
				EP 3974108	A1	30-03-2022
				JP 2022055316	A	07-04-2022
				KR 20220043039	A	05-04-2022
20				TW 202212048	A	01-04-2022
				US 2022097205	A1	31-03-2022
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102006037490 B4 [0003] [0043]
- DE 102016102223 A1 [0004]