



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 204 001.8**  
(22) Anmeldetag: **28.04.2023**  
(43) Offenlegungstag: **31.10.2024**

(51) Int Cl.: **G05B 19/418** (2006.01)  
**G05B 19/04** (2006.01)  
**G05B 23/02** (2006.01)  
**H01L 21/00** (2006.01)  
**G06Q 50/04** (2012.01)

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter  
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**US 2023 / 0 091 058 A1**

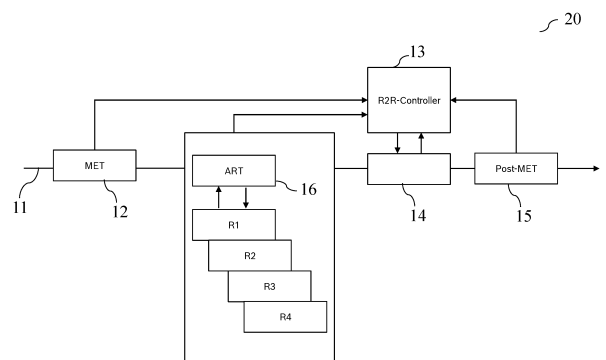
(72) Erfinder:  
**Finn, Andreas, 01099 Dresden, DE; Potthoff,  
Ulrich, 01239 Dresden, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.  
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Verbesserter Run-to-Run Regler in der Halbleiterfertigung**

(57) Zusammenfassung: Verfahren (40) zum Einstellen einer Prozesssteuerung zur Herstellung eines Bauteils in der Produktion, umfassend folgende Schritte: Erhalten (S1) von Messergebnissen (MET,ART) charakterisierend das Bauteil. Festlegen (S2) eines Prozessschrittes (14), mit welchem das Bauteil bearbeitet werden soll. Ermitteln (S3) einer Parametrisierung des Prozessschrittes mittels einem R2R Controller für den Prozessschrittes (14) abhängig von den Messergebnissen (MET,ART). Das Verfahren (40) ist dadurch gekennzeichnet, dass entweder die Messergebnisse virtuelle Messergebnisse (ART) oder virtuelle Messergebnisse (ART) und physikalische Messergebnisse (MET) sind.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbessern eines Run-to-Run Reglers (engl. R2R Controller) durch Berücksichtigen von künstlichen Messdaten sowie eine Vorrichtung, ein Computerprogramm und ein maschinenlesbares Speichermedium, die eingerichtet sind, das Verfahren auszuführen.

### Stand der Technik

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass Systeme zur Prozesskontrolle (z.B. R2R-Controller, statistische Prozesskontrolle (SPC-System)) Messungen von prozessierten Wafern erhalten. Die Messungen sind typischerweise physikalische Messungen am Wafer. Basierend auf physikalischen Messungen können für die Prozesskontrolle relevante Produktparameter bestimmt werden. Diese Messungen sind z.B. sog. Inline-Messungen, welche am Produkt mittels physischer Messgeräte gemessen werden. Die Produktparameter sind beispielhaft: eine Dicke, Tiefe, Breite von Strukturen, spezifischer Widerstand, etc. Dem gegenüber gibt es Prozess- bzw. Rezeptparameter, die einen Herstellungsschritt (Belichtung, Ätzung, Polieren, Abscheiden, Temperieren, Prozessierungszeit, Druck, Gasfluss, Dosis) am Wafer beschreiben.

**[0003]** Basierend auf den physikalischen Messungen wird mittels Run-to-Run-Controller (R2R) ein Rezeptvorschlag für den nächsten Verarbeitungsschritt desselben Wafers oder für denselben Verarbeitungsschritt des nächsten Wafers ermittelt, also um entsprechend nachzuregulieren, falls die Messungen nicht in einem geforderten Bereich liegen.

**[0004]** Die Regelung des Verarbeitungsschrittes erfolgt dabei per Stückgutregelung; d.h. das Rezept für den jeweils nachfolgenden Verarbeitungsschritt für einen Wafer oder Los (Charge an Wafern) wird durch den R2R-Controller beeinflusst. Ein Rezept charakterisiert den jeweiligen Herstellungs- bzw. Verarbeitungsschritt, wie bspw. ein Belichten, Ätzen, Abscheiden, Polieren. Jedoch wird nicht während der Prozessierung des Wafers/Loses durch den R2R-Controller eingegriffen. Diese Art der Regelung wird auch als R2R-Prozessregelung bezeichnet. Run-to-Run Regler für die Herstellung von Halbleitern sind bekannt, siehe bspw. Moynes, J. (2014). Run-to-Run Control in Semiconductor Manufacturing. In: Baillieul, J., Samad, T. (eds) Encyclopedia of Systems and Control. Springer, London. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5102-9\\_255-1](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5102-9_255-1).

**[0005]** Der R2R-Controller dient im Wesentlichen dazu, Störgrößen wie z.B. längerfristiges Driften in der Herstellung durch entsprechende Rezeptanpassungen in nachfolgenden Prozessierungen zu kom-

pensieren, um damit relevante Inline-Parameter auf gewünschter Zielgröße zu halten.

**[0006]** Nachteilig ist jedoch, dass Produkt- und Prozessparameter, die während der Produktion anfallen, nicht unmittelbar für die Prozessregelung verwendet werden können, da der Datenpfad undefiniert, nicht vorhanden oder schwierig implementierbar ist, z.B. Qualitätsparameter von Incoming Material, Laufzeitdaten, Prozessdaten (FDC), etc. D.h. Produktparameter und daraus abgeleitete Größen aus beliebigen Datenquellen sind nicht für Prozessregelungsaufgaben verwendbar.

### Vorteile der Erfindung

**[0007]** Ziel der vorliegenden Erfindung soll es sein, ein virtuelles Messgerät („artifizien, virtuellen Sensor“) bereitzustellen, welches zusätzlich oder alternativ zu dem physikalischen Messvorgang (MET) weitere Daten dem R2R-Controller bereitstellt, sodass der R2R Controller damit zuverlässiger und genauer Regeln kann.

**[0008]** Abgrenzung zu Virtueller Metrology (VM): bei VM werden künstliche Messwerte basierend auf Prozessparametern generiert. Dagegen soll der vorliegende virtuelle Sensor beliebige daten- und softwarebasierte, künstliche Messungen - also nicht nur Prozessparameter - an die Prozessregelung z.B. den R2R-Controller zurückmelden.

**[0009]** Innerhalb des Fabriksteuerungssystems (manufacturing execution system, MES) wird durch Offenlegung des Datenpfades von der Datenquelle bis zum Prozessregelungssystem eine hohe Transparenz gewährleistet.

**[0010]** Ein weiterer Vorteil ist das flexible Kombinieren von Messrezepten, die beliebig erstellt werden können, bspw. einfache Heuristiken bis hin zu komplexen Data-Science-Anwendungen wie z.B. Aggregationen, Klassifizierungen oder Schätzverfahren.

**[0011]** Zusammengefasst kann daher gesagt werden, dass die Erfindung ein Ergänzen oder Ersetzen des physikalischen Messvorganges durch ein softwarebasiertes Verfahren für den R2R Controller erlaubt.

### Offenbarung der Erfindung

**[0012]** In einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Einstellen einer Prozesssteuerung, die bei einer Herstellung eines Bauteils in der Produktion bzw. Fertigung zur Steuerung einer Produktionsmaschine verwendet wird. Das Bauteil ist vorzugsweise ein Halbleiterbauteil, wie bspw. ein Sensor oder Chip. Es sei angemerkt, dass die gemäß dem Verfahren des ersten Aspektes ermit-

telte Prozesssteuerung zur Herstellung eines oder einer Mehrzahl von Bauteilen verwendet werden kann. Bspw. können Halbleiterbauteile auf einem Wafer oder in einem Lot/Los gemäß der ermittelten Prozesssteuerung im Wesentlichen gleich bearbeitet werden.

**[0013]** Das Verfahren beginnt mit einem Erhalten bzw. Empfangen von Messergebnissen (MET,ART) charakterisierend das Bauteil. Die Messergebnisse sind entweder virtuelle Messergebnisse (ART) oder virtuelle Messergebnisse (ART) und physikalische Messergebnisse (MET). Unter den physikalischen Messergebnissen kann verstanden werden, dass diese Messergebnisse mit einem realen Messgerät an dem Bauteil erfasst worden sind. Unter den virtuellen Messergebnissen kann verstanden werden, dass diese Messergebnisse basierend auf stellvertretenden (Mess-)Größen ermittelt werden.

**[0014]** Daraufhin kann ein Erhalten bzw. Empfangen eines insbesondere vorgegebenen Prozessschrittes erfolgen, mit welchem das Bauteil bearbeitet werden soll. Der Prozessschritt kann anhand eines Herstellungsrezeptes für das Bauteil definiert oder anderweitig vorgegeben sein. Zusätzlich zu dem Prozessschritt kann auch ein optimales Prozessfenster für den Prozessschritt bereitgestellt werden, sodass der R2R Controller durch Berücksichtigen des Prozessfensters zuverlässiger den Prozessschritt parametrisieren kann. Der Prozessschritt beschreibt also wie das vermessene Bauteil im unmittelbar nächsten Schritt weiterverarbeitet werden soll, bzw. welcher Verarbeitungsschritt mit welcher Einstellung, die durch die ermittelte Parametrisierung des R2R Controllers gegeben ist, ausgeführt werden soll. Denkbar ist auch, dass der Prozessschritt für zumindest ein nachfolgendes Bauteil hinsichtlich dem vermessenen Bauteil aus einer Reihe von zu bearbeitenden Bauteilen verwendet wird.

**[0015]** Daraufhin folgt ein Ermitteln einer Parametrisierung des Prozessschrittes mittels dem R2R Controller für den Prozessschritt abhängig von den Messergebnissen (MET,ART). Der R2R Controller kann für eine wafer-to-wafer oder eine lot-to-lot oder anderweitige Regelung eingerichtet sein.

**[0016]** Es wird vorgeschlagen, dass das virtuelle Messergebnis (ART) mit einem virtuellen Messgerät erfasst wurde, wobei das virtuelle Messgerät einen Messvorgang durch Software mittels zumindest einer Datenabfrage ausführt. Es wird also ein software-basierter Messvorgang in Form von Messrezepten bzw. computerimplementierten Messalgorithmen durch das virtuelle Messgerät ausgeführt. Das virtuelle Messgerät kann auch als virtueller Sensor bezeichnet werden. Das virtuelle Messgerät kann eingerichtet sein, ein oder mehrere, unterschiedliche Messrezepte auszuführen und somit ein oder eine

Mehrzahl von virtuellen Messergebnissen auszugeben.

**[0017]** Weiterhin wird vorgeschlagen, dass das virtuelle Messgerät gleiche Messgerä Zustände, insbesondere E10-Zustände, wie ein physisches Messgerät ausgeben kann. Vorteilhaft hierbei ist, dass es nun möglich ist, das virtuelle Messgerät einfach in etablierte Prozesse einzubinden ist, bspw. als Plug-In. Die für physikalische Messgeräte geltenden Regeln sind damit ohne grundlegende Änderungen gültig und anwendbar. Es sei angemerkt, dass das virtuelle Messgerät aus Sicht des R2R Controllers wie ein Messgerät wahrgenommen wird. Insbesondere aufgrund der Kommunikation zwischen dem R2R Controller und dem virtuellen Messgerät ist das virtuelle Messgerät für den R2R Controller wie ein reales Messgerät. Jedoch kann das virtuelle Messgerät rein ein Computerprogramm sein und in der Fabrik oder einem Server ausgeführt werden.

**[0018]** Weiterhin wird vorgeschlagen, dass nach einem Ausführen des Prozessschrittes mit der ermittelten Parametrisierung des R2R Controllers zumindest ein nachgelagerter Messvorgang am bearbeiteten Bauteil erfolgt, wobei die Messergebnisse des nachgelagerten Messvorgangs dem R2R Controller als weitere Messergebnisse bereitgestellt werden, wobei die Messergebnisse des nachgelagerten Messvorgangs entweder virtuelle Messergebnisse (ART) oder virtuelle Messergebnisse (ART) und physikalische Messergebnisse (MET) sind. Vorteilhaft hierbei ist, dass ein Feedback an den R2R Controller hinsichtlich seiner Vorgabe der Parametrisierung detailreicher erfolgt.

**[0019]** In weiteren Aspekten betrifft die Erfindung eine Vorrichtung sowie ein Computerprogramm, die jeweils eingerichtet sind, die obigen Verfahren auszuführen und ein maschinenlesbares Speichermedium, auf dem dieses Computerprogramm gespeichert ist.

**[0020]** Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

**Fig. 1** schematisch einen bekannten R2R Controller;

**Fig. 2** schematisch eine Ausführungsform des erfinderischen R2R Controller mit virtuellem Sensor;

**Fig. 3** schematisch eine Kommunikation zwischen einem MES und dem virtuellen Sensor sowie dem R2R-Controller;

**Fig. 4** schematisch ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfinderischen Verfahrens.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0021]** Fig. 1 zeigt schematisch eine Informationsflussdarstellung 10 eines R2R Controller, welcher aus dem Stand der Technik bekannt ist.

**[0022]** Die Informationsflussdarstellung 10 zeigt einen Prozessfluss 11 zur Herstellung eines Halbleiterbauteils. In einem ersten Schritt wird eine oder eine Mehrzahl von physikalischen Messungen 12 an einem Wafer durchgeführt. Eine Messung 12 kann eine Dicke, Breite, Tiefe, etc. des Wafers sein. Die Messergebnisse MET werden daraufhin an den R2R Controller 13 weitergeleitet und bereitgestellt.

**[0023]** Abhängig von den Messergebnissen MET wird der R2R Controller 13 einen Prozessschritt 14 für den Wafer einstellen. In anderen Worten, der R2R Controller 13 gibt eine Einstellung für den Prozessschritt 14 abhängig von den Messergebnissen MET aus, sodass nach Ausführen des Prozessschrittes 14 der prozessierte Wafer Produktparameter möglichst innerhalb eines vorgegebenen Wertebereichs aufweist.

**[0024]** Optional kann nach dem Ausführen des Prozessschrittes 14 gemäß der ausgegebenen Einstellung des R2R Controller 13 eine oder eine Mehrzahl von nachgelagerten physikalischen Messungen 15 an dem prozessierten Wafer durchgeführt werden. Die dabei erhaltenen Messergebnisse Post-MET können dem R2R Controller 13 als Feedback zur Verfügung gestellt werden, sodass dieser abhängig von den nachträglich erhaltenen Messergebnissen für nachfolgende Prozessschritte 14 bessere Einstellungen vornehmen kann.

**[0025]** Fig. 2 zeigt schematisch eine Informationsflussdarstellung 20 einer erfindungsgemäßen Ausführungsform des R2R Controller 16. Die abgebildete Ausführungsform der Fig. 2 unterscheidet sich dabei u.a. von der Ausführungsform der Fig. 1 dahingehend, dass der R2R Controller als zusätzlichen Input Messungen eines virtuellen Sensors 16 erhält.

**[0026]** Der virtuelle Sensor 16 wird dabei als ein virtuelles Messgerät gehandhabt, welches künstliche Messergebnisse ART produziert und diese dem R2R Controller 13 bereitstellt. Die abgebildete Ausführungsform der Fig. 2 unterscheidet sich u.a. gegenüber der Ausführungsform der Fig. 1 dahingehend, dass der R2R Controller 13 diese zusätzlichen Messergebnisse ART des virtuellen Sensors 16 verwenden, um den Prozessschritt 14 zusätzlich abhängig von den künstlichen Messergebnissen ART einzustellen.

**[0027]** Mit dem virtuellen Messgerät ist es somit möglich, dem Fabriksteuerungssystem (MES), insbesondere dem R2R Controller, zusätzlich oder

alternativ zu den physikalischen Messungen (MET) software-basierte Messungen bereitzustellen.

**[0028]** Der Vorteil eines virtuellen Messgeräts ist, dass aus Sicht des Fabriksteuerungssystem (MES) nicht zwangsläufig erkennbar sein muss, dass keine physikalische Messung durchgeführt wurde. Somit verhält sich das virtuelle Messgerät ART gegenüber dem R2R Controller wie ein physikalisches Messgerät. Dies kann dadurch erzielt werden, dass das virtuelle Messgerät die gleichen Bereitschaftszustände (z.B. gemäß E10-Modell) wie physikalische Messgeräte verwendet. Dann gibt das virtuelle Messgerät nach außen hin vor, dass es ein reales Messgerät ist. Vorzugsweise verhält sich das virtuelle Messgerät genauso wie ein physisches Messgerät, indem es kommuniziert wie ein echtes Messgerät. Dadurch kann das virtuelle Messgerät unter Beibehaltung geltender Regeln ohne grundlegende Änderungen unkompliziert in das bestehende Fabriksteuerungssystem integriert werden.

**[0029]** Fig. 3 zeigt schematisch die Kommunikation zwischen dem MES und dem virtuellen Messgerät/-virtuellen Sensor sowie dem R2R-Controller.

**[0030]** Fig. 4 zeigt schematisch ein Flussdiagramm 40 einer Ausführungsform des Verfahrens zum Einstellen einer Prozesssteuerung zur Herstellung eines Halbleiterbauteils.

**[0031]** Das Verfahren beginnt mit Schritt S1. In diesem Schritt werden Messergebnisse (MET,ART) charakterisierend das Bauteil bereitgestellt. Das Erfassen der Messergebnisse erfolgt dabei nach Fig. 2, dh. die Messergebnisse sind entweder virtuelle Messergebnisse ART oder virtuelle Messergebnisse ART und physikalische Messergebnisse MET.

**[0032]** Daraufhin folgt ein Festlegen S2 eines Prozessschrittes 14, mit welchem das Bauteil bearbeitet werden soll. Die Information bzgl. des Prozessschrittes 14 kann über eine Datenbankabfrage bereitgestellt werden.

**[0033]** Daraufhin folgt ein Ermitteln S3 einer Parametrisierung des Prozessschrittes mittels einem R2R Controller für den Prozessschritt 14 abhängig von den Messergebnissen (MET,ART).

**[0034]** Optional kann nach Schritt S3 ein Ausgeben S4 der ermittelten Parametrisierung für den Prozessschritt 14 zur Bearbeitung des Bauteils erfolgen. Optional kann ein Steuern S5 einer Anlage mit der ermittelten Parametrisierung erfolgen.

**[0035]** Das oben beschriebene Konzept nach Fig. 2 und/oder Verfahren nach Fig. 4 kann beispielhaft wie folgt verwendet werden. Die unterschiedlichen

Anwendungen sind schematisch in **Fig. 2** durch die Messrezepte R1-R4 angedeutet. Ein Messrezept definiert, wie der virtuelle Sensor die Messung durchführt (mathematische Bildungsvorschrift) und woher die Daten stammen (Datenquelle).

**[0036]** In einem ersten Anwendungsbeispiel werden Lieferanten-Daten durch das virtuelle Messgerät ausgegeben. Die Lieferanten-Daten können in einer Datenbank des Fabriksteuerungssystem (MES) gespeichert sein. Bspw. werden Waferdicken aus der Datenbank durch das virtuelle Messgerät als Messergebnis ART abgerufen. Diese werden dem R2R-Controller als Messwerte bereitgestellt, welcher abhängig hiervon eine Schleifzeit für den Verarbeitungsschritt vorgibt.

**[0037]** Ziel dieses R2R-Controllers ist es, eine vorgegebene Waferdicke und/oder eine möglichst gleichmäßige Waferoberfläche zu erzeugen.

**[0038]** Der R2R-Controller kann durch eine direkte Zuordnung der durch das virtuelle Messgerät bestimmten Waferdicke relativ zu der gewünschten Waferdicke eine proportionale Erhöhung der Schleifzeit zur Prozessierung vorgeben.

**[0039]** Vorteilhaft hierbei ist, dass damit garantiert werden kann, dass die Wafer einheitlich dick sind und somit jeder Wafer unter höchsten Qualitätsanforderungen verwendet werden kann.

**[0040]** In einem zweiten Anwendungsbeispiel werden FDC Prozess-Daten durch das virtuelle Messgerät ausgegeben.

**[0041]** Der virtuelle Sensor kann eine Anomaliedetektion von Prozessparametern oder Messergebnissen durchführen, d.h. anhand von Daten wie sie an der Produktionsmaschine eingestellt waren oder wie sie vom Rezept ausgeführt wurden.

**[0042]** Bspw. kann die Anomaliedetektion von Prozessdaten und -parametern wie Temperatur, Druck oder Gasfluss erfolgen, um beispielsweise abnormale Schwankungen zu erkennen. Diese Anomalien werden dann als Messungen an den R2R-Controller übermittelt. Der R2R-Controller kann daraufhin entsprechende Rezeptänderungen vornehmen, bspw. entsprechende Gegenmaßnahmen veranlassen, wenn zu große Schwankungen auftreten.

**[0043]** Denkbar ist auch, dass anhand der Stärke der Schwankung bestimmt wird, inwieweit der jeweiligen Produktionsmaschine getraut werden kann. Bei einer starken Schwankung kann gefolgert werden, dass der der Maschine weniger getraut werden sollte. Der R2 R-Controller ermittelt entsprechend eine konservative Rezeptanpassung für die nächste Prozessierung, falls starke Schwankungen aufgetre-

ten sind. In anderen Worten, es können Unzuverlässigkeit der Herstellungsmaschinen erkannt werden und diese Unzuverlässigkeit entsprechend in der Prozesssteuerung berücksichtigt werden.

**[0044]** In einem dritten Anwendungsbeispiel werden Geometrie-Daten durch das virtuelle Messgerät ausgegeben. Eine Semiconductor-Koordinaten-Datenbank enthält unter anderem das geometrische Design des Chips oder des ganzen Wafers, insbesondere Geometrien wie Open Area Informationen. Hintergrund hierbei ist, dass Ätzprozesse unterschiedlich stark bezogen auf die Größe der Ätzfläche wirken. Damit ist eine Zeiteinstellung der Ätzdauer abhängig von der Größe des Open Area (klein/groß der Fläche). Mittels dem R2R-Controller kann abhängig von den Geometrie Daten, insbesondere jede beliebige Zwischenstufe eines Designs abgegriffen werden und kontinuierlich für die Regelung des Ätzprozesses verwendet werden. Dieses Vorgehen kann auch für andere Herstellungsschritte, wie bspw. Implantation entsprechend verwendet werden.

**[0045]** In einem vierten Anwendungsbeispiel werden Metadaten durch das virtuelle Messgerät ausgegeben. Metadaten können Daten sein, die latent in einer Datenbank enthalten sind. Für diesen Datentyp oder basierend auf Metainformationen abgeleitete Datensätze existiert kein eigenständiges Messgerät. Bspw. kann eine Zeitdauer zwischen einem Beenden eines Herstellungsschrittes und dem Messvorgang in der Datenbank durch Zeitstempel der einzelnen Datenpunkte enthalten sein und dem Prozessregelungssystem mittels dem virtuellen Messgerät zur Verfügung gestellt werden.

**[0046]** In einem fünften Anwendungsbeispiel werden physikalische Messungen durch virtuelle Messungen (vollständig) ersetzt. Bspw. können bestimmte Produktparameter basierend auf Messung von Prozessparametern (Datenquelle) mittels neuronaler Netze (oder mathematischen Bildungsvorschriften) vorhergesagt werden, d.h. mittels dem virtuellen Messgerät werden Ergebnisse der virtual Metrology dem Prozessregelungssystem (z.B. R2R-Controller) zugänglich gemacht.

**[0047]** In einem sechsten Anwendungsbeispiel werden Maschinenzustände durch das virtuelle Messgerät ausgegeben. Das virtuelle Messgerät kann basierend auf physikalischen Messergebnissen MET bspw. einen Verschleiß von Maschinenbauteilen vorhersagen. Der R2R-Controller kann damit entweder eine Anpassung des Rezeptes vornehmen, um die gleichen Prozessergebnisse abhängig von dem aktuellen Verschleiß zu erzielen oder eine Reparatur/Wartung zu triggern. Konkret lassen sich z.B. bei Epitaxie-Anlagen die Lampenlaufzeit, bei Polieranlagen die Pad-Lebensdauer oder bei Abscheideanlagen die Target-Lebensdauer mit Hilfe von dem vir-

tuellen Messgerät bestimmen und damit der Prozessregelung verfügbar machen, um darauf basierend automatisierte R2R-Controller-Aktionen (z.B. verschiedene Resetszenarien oder Rezeptkorrekturen) auszuführen.

**[0048]** In einem siebten Anwendungsbeispiel wird ein maschinelles Lernsystem für das virtuelle Messgerät verwendet. Die Ausführung datenintensiver KI-Verfahren (Entscheidungsverfahren, Klassifizierungen, Clusteranalyse, Schätz- und Lernverfahren) findet häufig nicht direkt im Produktivumfeld statt, sondern in abgeleiteten, Offline-Umgebungen. Um die Resultate solcher Verfahren dem Produktionsumfeld verfügbar zu machen, kann das virtuelle Messgerät als Brücke zwischen KI-Algorithmus und Prozessregelungssystem dienen, bzw. die Ergebnisse als virtuelle Messergebnisse ART ausgeben. Konkret lassen sich z.B. unterscheidbare produktspezifischen Eigenschaften (z.B. Speed-Ratings, Produktuntergruppen) per Clusteranalyse optimal zusammenfassen und dann dem R2R-Controller als Kontextgruppierung vorschlagen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- Moyne, J. (2014). Run-to-Run Control in Semiconductor Manufacturing. In: Baillieul, J., Samad, T. (eds) Encyclopedia of Systems and Control. Springer, London. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5102-9\\_255-1](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5102-9_255-1) [0004]

**Patentansprüche**

1. Verfahren (40) zum Einstellen einer Prozesssteuerung zur Herstellung eines oder einer Mehrzahl von Bauteilen in der Produktion, umfassend folgende Schritte:

Erhalten (S1) von Messergebnissen (MET,ART) charakterisierend das oder die Mehrzahl der Bauteile;

Ermitteln (S3) einer Parametrisierung eines vorgegebenen Prozessschrittes (14) für das oder die Mehrzahl der Bauteile oder nachfolgenden Bauteile mittels einem R2R Controller abhängig von den Messergebnissen (MET,ART);

**dadurch gekennzeichnet**, dass entweder die Messergebnisse virtuelle Messergebnisse (ART) oder virtuelle Messergebnisse (ART) und physikalische Messergebnisse (MET) sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das virtuelle Messergebnis (ART) mit einem virtuellen Messgerät (16) erfasst wurde, wobei das virtuelle Messgerät (16) das Messergebnis durch Software mittels zumindest einer Datenabfrage bestimmt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das virtuelle Messgerät (16) eingerichtet ist, Messgeräto-zustände, insbesondere E10-Zustände, wie ein physisches Messgerät auszugeben.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei das virtuelle Messgerät (16) einen Messvorgang durch Software mittels zumindest einer Datenabfrage und mittels zumindest einem Datenverarbeitungsschritt eines Ergebnisses der Datenabfrage ausführt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach einem Ausführen des Prozessschrittes (14) mit der ermittelten Parametrisierung zumindest ein nachgelagerter Messvorgang an zumindest einem Bauteil, welches gemäß dem Prozessschrittes (14) bearbeitet wurde, erfolgt, wobei die Messergebnisse des nachgelagerten Messvorgangs dem R2R Controller als weitere Messergebnisse bereitgestellt werden, wobei die Messergebnisse des nachgelagerten Messvorgangs virtuelle Messergebnisse (ART) und/oder physikalische Messergebnisse (MET) sind.

6. Vorrichtung, welche eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.

7. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren nach Anspruch 1 bis 5 auszuführen.

8. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 7 gespeichert ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

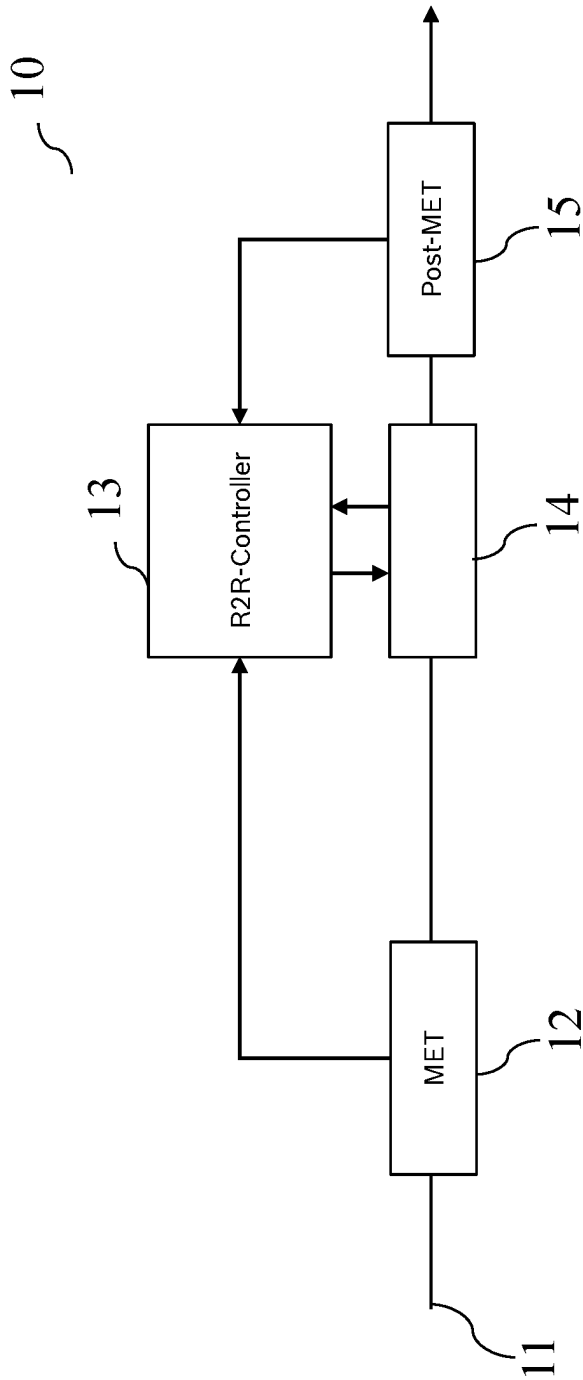


Fig. 1

20

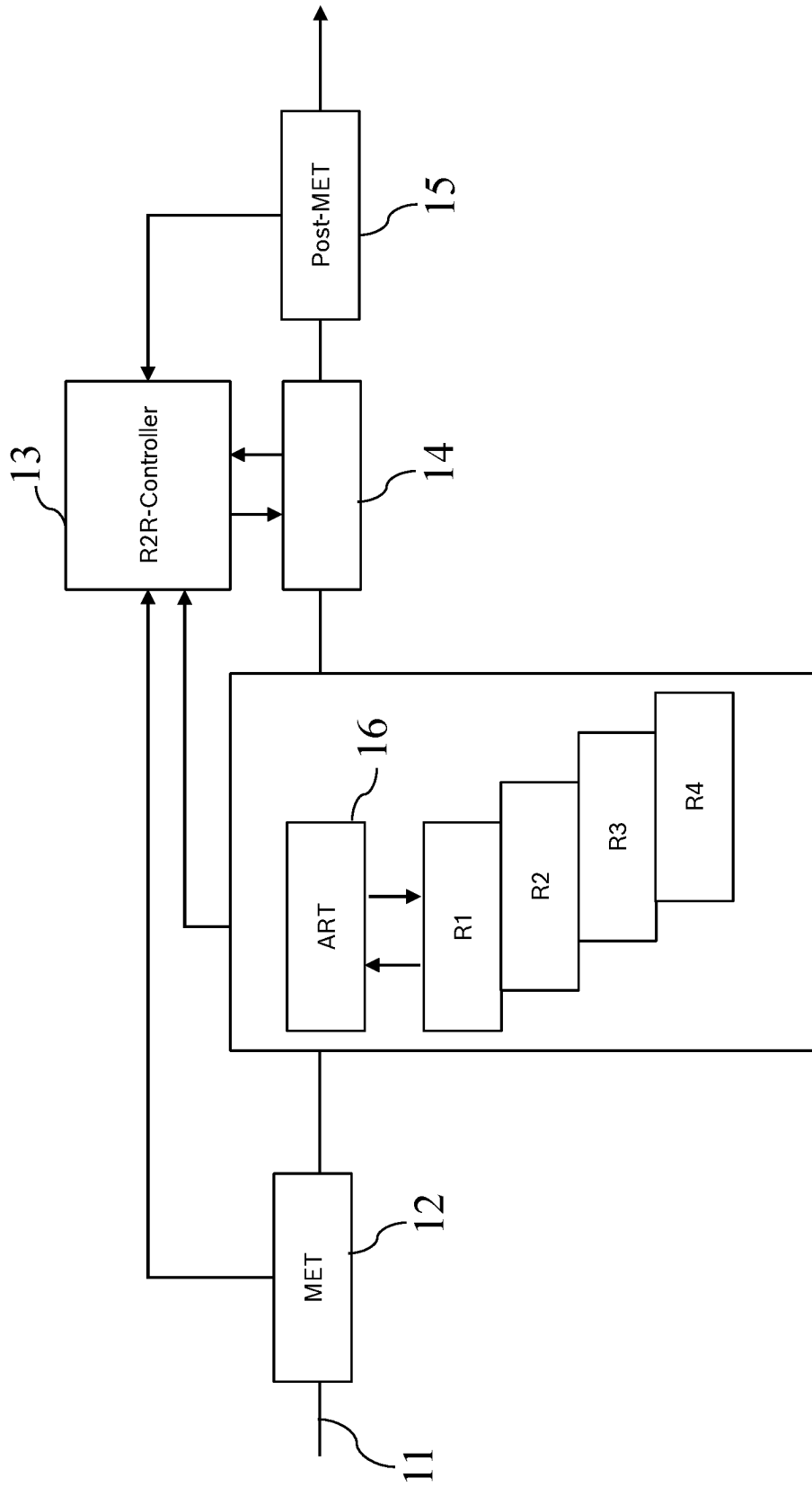


Fig. 2

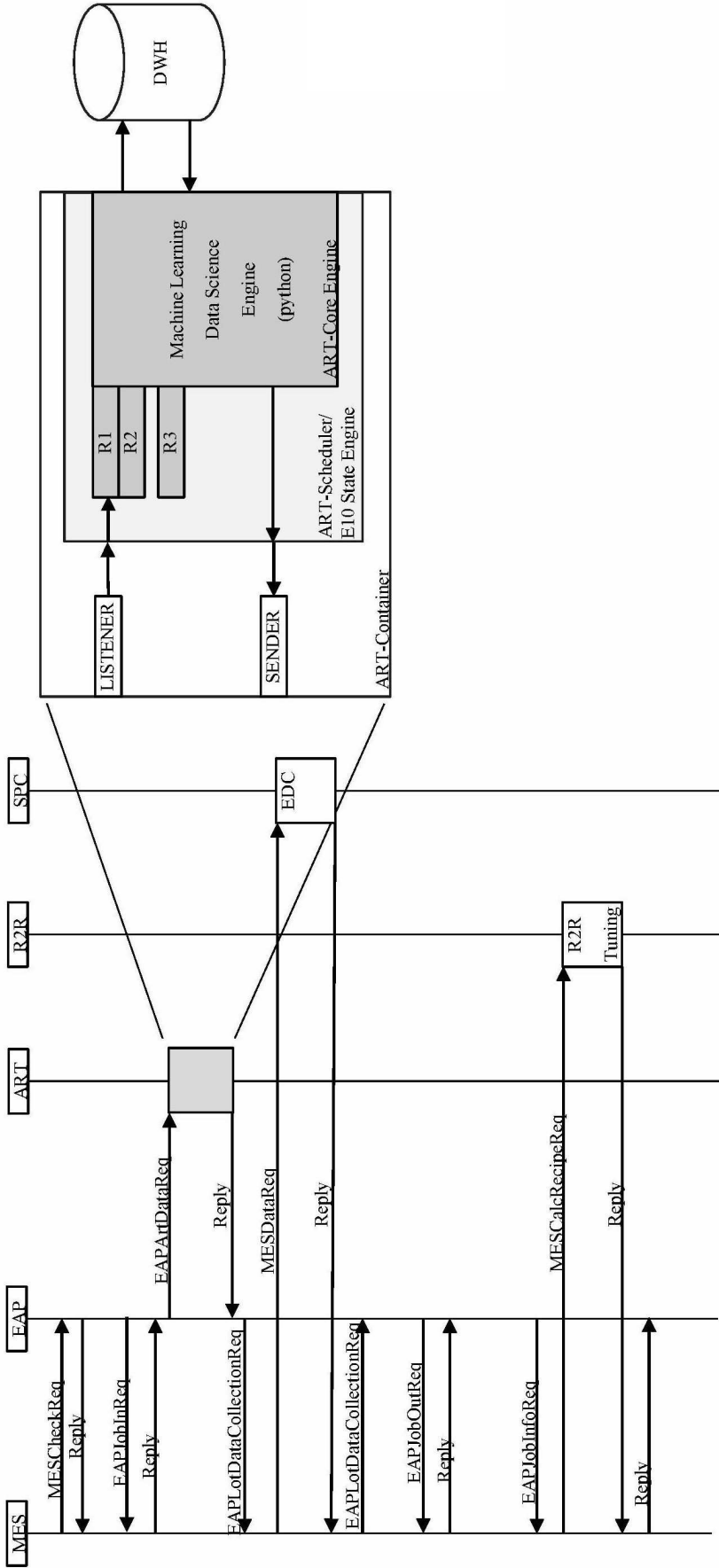
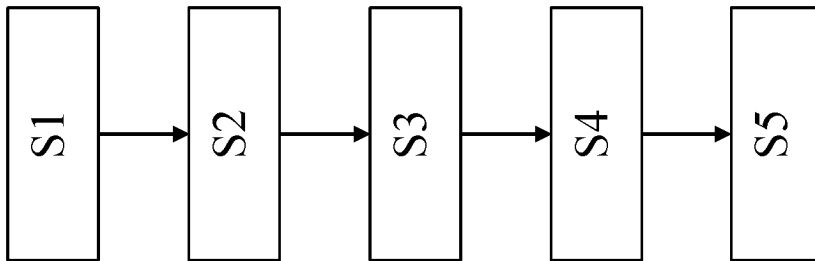


Fig. 3

40



**Fig. 4**