



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 051 495.5**  
(22) Anmeldetag: **31.10.2006**  
(43) Offenlegungstag: **08.05.2008**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **02.11.2017**

(51) Int Cl.: **H01L 21/66 (2006.01)**  
**G05B 19/418 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**GLOBALFOUNDRIES Inc., Grand Cayman, KY**

(74) Vertreter:  
**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG  
mbB, 80802 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Stirton, James Broc, 01324 Dresden, DE; Good,  
Richard, 01109 Dresden, DE**

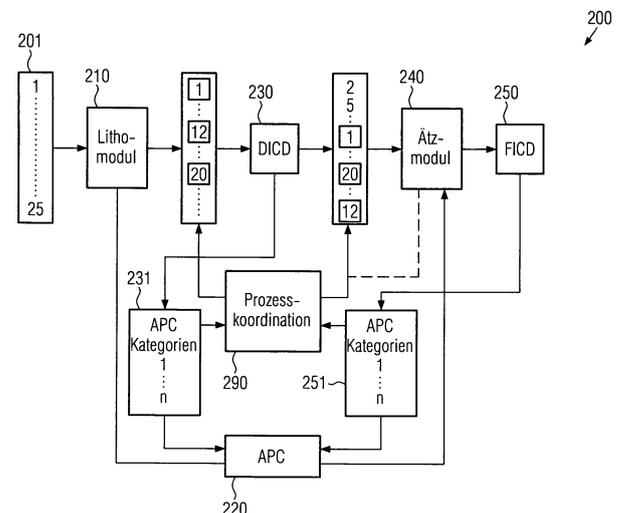
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	6 738 682	B1
US	6 766 215	B1
US	2002 / 0 176 074	A1
US	5 926 690	A
US	5 716 856	A

**Andrew Gelman: „Analysis of Variance - Why it is more important than ever“, The Annals of Statistics, V33N1P1 (2005)**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zur zufälligen Verteilung von Scheiben in einer komplexen Prozesslinie**

(57) Hauptanspruch: Verfahren mit:  
Erhalten eines ersten Auswahlregelsatzes zur Auswahl einer Teilmenge (201a) aus einer Gruppe von Substraten (201), wobei die Teilmenge (201a) in einem ersten Messprozess (230) einer Fertigungsumgebung (200), die ein erstes Prozessmodul (210) und ein zweites Prozessmodul (240) aufweist, zu bearbeiten sind, wobei der erste Messprozess (230) ein Prozessergebnis des ersten Prozessmoduls (210) für Substrate der ersten Teilmenge (201a) misst und der erste Auswahlregelsatz gewünschte Auswahlkriterien für das erste Prozessmodul (210) erfüllt;  
Messen der ersten Teilmenge (201a) in dem ersten Messprozess (230);  
Erhalten eines zweiten, speziell für eine Prozesssituation des zweiten Prozessmoduls (240) angepassten Auswahlregelsatzes für die Gruppe aus Substraten (201), die in einem zweiten Messprozess (250) zu bearbeiten sind, wobei der zweite Messprozess (250) ein Prozessergebnis des zweiten Prozessmoduls (240) zumindest auf der Grundlage der Teilmenge (201a) misst;  
Koordinieren des Bearbeitens der Teilmenge (201a) aus Substraten (201) in dem zweiten Prozessmodul (240) gemäß dem ersten und dem zweiten Auswahlregelsatz zur Verbesserung der Relevanz der entsprechend erzeugten Messdaten; und  
Ausführen von Messungen mit dem zweiten Messprozess (250) zumindest an der Teilmenge (201a) nach Bearbeitung der Gruppe aus Substraten in dem zweiten Prozessmodul.



## Beschreibung

Gebiet der vorliegenden Erfindung

**[0001]** Im Allgemeinen betrifft die vorliegende Erfindung das Gebiet der Herstellung von Mikrostrukturbauelementen, etwa von integrierten Schaltungen, und betrifft insbesondere die Koordinierung der Substrate während Mess- und Prozesssequenzen.

Beschreibung des Stands der Technik

**[0002]** Der heutige globale Markt zwingt Hersteller von Massenprodukten dazu, diese bei geringem Preis mit hoher Qualität anzubieten. Es ist daher wichtig, die Ausbeute und die Prozesseffizienz zu steigern, um damit die Produktionskosten zu minimieren. Dies gilt insbesondere auf dem Gebiet der Halbleiterherstellung, da es hier wesentlich ist, modernste Technologien mit Massenproduktionsverfahren zu kombinieren. Es ist daher das Ziel der Halbleiterhersteller, den Verbrauch von Rohmaterialien und Konsummaterialien zu reduzieren, während gleichzeitig die Prozessanlagenauslastung verbessert wird. Der zuletzt genannte Aspekt ist insbesondere wichtig, da in modernen Halbleiterfertigungsstätten Anlagen erforderlich sind, die äußerst kostenintensiv sind und damit den wesentlichen Teil der Gesamtproduktionskosten repräsentieren. Folglich führt eine hohe Anlagenauslastung in Verbindung mit einer hohen Produktausbeute, d. h. das Verhältnis von funktionellen Bauelementen zu fehlerhaften Bauelementen, zu einem erhöhten Profit.

**[0003]** Integrierte Schaltungen werden typischerweise in automatisierten oder halbautomatischen Fertigungseinrichtungen hergestellt, wobei sie eine große Anzahl an Prozess- und Messschritten bis zur Fertigstellung durchlaufen. Die Anzahl und die Art der Prozessschritte und der Messschritte, die ein Halbleiterelement durchlaufen muss, hängt von den Gegebenheiten des herzustellenden Halbleiterbauelements ab. Ein üblicher Prozessablauf für eine integrierte Schaltung umfasst mehrere Photolithographieschritte, um ein Schaltungsmuster für eine spezielle Bauteilebene in eine Lackschicht abzubilden, die nachfolgend zum Erzeugen einer Lackmaske strukturiert wird, die in weiteren Prozessen zur Ausbildung von Bauteilstrukturelementen in der betrachteten Bauteilschicht durch beispielsweise Ätz-, Implantations-, Abscheide-, Polier-Prozesse und dergleichen verwendet wird. Somit wird Ebene auf Ebene eine Vielzahl an Prozessschritten auf der Grundlage eines speziellen Lithographiemaskensatzes für die diversen Ebenen des spezifizierten Bauelements ausgeführt. Beispielsweise erfordert eine moderne CPU mehrere hundert Prozessschritte, wovon jeder innerhalb spezifizierter Prozessgrenzen ausgeführt werden muss, um damit die Spezifikationen für das betrachtete Bauelement zu erfüllen. Da viele die-

ser Prozesse sehr kritisch sind, müssen eine Vielzahl von Prozessschritten ausgeführt werden, um den Prozessablauf in effizienter Weise zu steuern. Zu typischen Messprozessen gehören die Messung von Schichtdicken, das Bestimmen von Abmessungen kritischer Strukturelemente, etwa der Gatelänge von Transistoren, beispielsweise in Form eines Lackstrukturelements und nach der tatsächlichen Herstellung der Gateelektrode auf der Grundlage des Lackstrukturelements, die Messung von Dotierstoffprofilen, die Anzahl, die Größe und die Art von Defekten, elektrische Eigenschaften, und dergleichen. Da die Mehrzahl der Prozesstoleranzbereiche bauteilspezifisch sind, sind viele der Messprozesse und der eigentlichen Fertigungsprozesse speziell für das betrachtete Bauelement gestaltet und erfordern spezielle Parametereinstellungen an den entsprechenden Mess- und Prozessanlagen.

**[0004]** In einer Halbleiterfertigungsstätte werden typischerweise eine Vielzahl unterschiedlicher Produktarten gleichzeitig hergestellt, etwa Speicherchips mit unterschiedlicher Gestaltung und Speicherkapazität, CPU's mit unterschiedlicher Gestaltung und Arbeitsgeschwindigkeit, und dergleichen, wobei die Anzahl der unterschiedlichen Produktarten **100** oder mehr in Fertigungslinien für die Herstellung von ASIC's (anwendungsspezifischen IC's) erreichen kann. Da jede der unterschiedlichen Produktarten einen speziellen Prozessablauf erfordern kann, ist es unter Umständen notwendig, unterschiedliche Maskensätze für die Lithographie, spezielle Einstellungen in den diversen Prozessanlagen, etwa Abscheideanlagen, Ätzanlagen, Implantationsanlagen, CMP-(chemisch-mechanische Polier-)Anlagen: Messanlagen, und dergleichen anzuwenden. Folglich sind eine Vielzahl unterschiedlicher Anlagenparametereinstellungen und Produktarten gleichzeitig in einer Fertigungsumgebung anzutreffen, wodurch eine große Menge an Messdaten erzeugt wird, die typischerweise entsprechend den Produktarten, den Prozessablaufingenheiten, den Prozessanlagen, den Substratpositionen in den entsprechenden Behältern, und dergleichen kategorisiert werden.

**[0005]** Im Allgemeinen wird ein großer Aufwand betrieben, um den Prozessablauf in der Halbleiterfertigungsstätte in Bezug auf die Ausbeute beeinflussenden Prozesse oder Prozesssequenzen zu überwachen, um eine unnötige Bearbeitung fehlerhafter Bauelemente zu reduzieren und Fehler in Prozessabläufen und Prozessanlagen zu erkennen. Beispielsweise sind in vielen Phasen des Herstellungsprozesses Inspektionsschritte eingerichtet, um den Status der Bauelemente zu überwachen. Ferner werden auch andere Messdaten zum Steuern diverser Prozesse erzeugt, in denen die Messdaten als Vorwärtskopplungs- und/oder Rückkopplungsdaten eingesetzt werden. Wünschenswerter Weise würden die Messdaten nach jedem Prozessschritt erzeugt,

um damit das Ergebnis des entsprechenden Prozesses zu verifizieren und die entsprechenden Messdaten zum Steuern des Prozesses zu verwenden, um damit die Abweichung zwischen dem gemessenen Ausgangsergebnis und dem gewünschten Prozessergebnis zu minimieren. Jedoch ist ein derartiges Steuerungsregime in vielen Prozesssequenzen typischerweise nicht kompatibel mit ökonomischen Rahmenbedingungen, da eine dramatische Verringerung des Durchsatzes sich ergeben würde und auch deutliche zusätzliche Ressourcen im Hinblick auf Messanlagen erforderlich wären. Daher wurden fortschrittliche Prozesssteuerungsabläufe entwickelt, die ein vorhersagendes Verhalten für die betrachteten Prozesse mit einer moderaten Menge an eingespeisten Messdaten liefern. Auf diese Weise wird ein Kompromiss im Hinblick auf Verzögerungen und den Aufwand, der durch die Messprozesse hervorgerufen wird, erreicht, während dennoch eine effiziente Prozessüberwachung und Steuerbarkeit bereitgestellt wird. Daher ist es von großer Wichtigkeit, die entsprechenden Messdaten in einer geeigneten Weise zu erzeugen, um damit eine Breite „Abdeckung“ des Prozessstatus in äußerst komplexen Fertigungsumgebungen zu erhalten, während andererseits eine hohe Ausbeute und ein hoher Durchsatz beibehalten werden.

**[0006]** Mit Bezug zu **Fig. 1** wird ein typischer Prozessablauf innerhalb eines Teils einer äußerst komplexen Fertigungsumgebung, etwa einer Halbleiterfertigungsstätte, detaillierter beschrieben, um die beim Steuern und Überwachen einer entsprechenden Fertigungssequenz auftretenden Probleme deutlicher darzulegen.

**[0007]** **Fig. 1** zeigt schematisch einen Teil einer Fertigungsumgebung **100**, die zur Herstellung komplexer Mikrostrukturbauelemente, etwa integrierter Schaltungen, und dergleichen ausgebildet ist. In dem gezeigten Beispiel ist eine Prozesssequenz dargestellt, in der Substrate oder Scheiben so bearbeitet werden, dass ein entsprechendes Lackstrukturelement erhalten wird, das als Grundlage zur Strukturierung eines entsprechenden darunter liegenden Materials verwendet wird, um damit ein entsprechendes Strukturelement, etwa eine Gateelektrode eines Feldeffekttransistors zu bilden, der eine wichtige Komponente in äußerst komplexen logischen Schaltungen, etwa CPU's, und dergleichen bildet. Typischerweise werden in der Fertigungsumgebung **100** entsprechende Substrate **101** in entsprechenden Transportbehältern transportiert, wobei typischerweise eine vordefinierte Anzahl an Substraten **101** in einem entsprechenden Behälter enthalten ist, wobei die Gruppe entsprechender Substrate **101** auch als ein Los bzw. eine Charge bezeichnet wird. In der Halbleiterherstellung ist typischerweise gegenwärtig eine Losgröße **25** Substrate pro Behälter eine Standardgröße. Des Weiteren weist ein Teil der Umge-

bung **100** ein Lithographiemodul **110** auf, in welchem geeignete Prozessanlagen und andere Instrumente zur Herstellung einer entsprechenden Lackschicht auf den Substraten und zum Belichten und Entwickeln der entsprechenden Lackschicht vorgesehen sind, um damit ein entsprechendes Lackstrukturelement zu erhalten, etwa ein Lackstrukturelement, das eine Gateelektrode repräsentiert, oder eine andere geeignete Struktur. Es sollte beachtet werden, dass das Modul **110** mehrere Lithographieanlagen und zugeordnete Prozessanlagen für der Belichtung vorgeschalteten und nachgeschaltete Behandlungen aufweisen, wobei jede der diversen Lithographieanlagen durch ein fortschrittliches Steuerungssystem **120** gesteuert wird, wie dies schematisch als APC-Block **120** gezeigt ist. Der Lithographieprozess ist ein äußerst komplexer und wichtiger Prozessschritt und daher wird das entsprechende Prozessergebnis durch ein entsprechendes Messsystem **130** überwacht, das so ausgebildet sein kann, um die entsprechende Abmessung des Lackstrukturelements zu bestimmen, wie es nach der Bearbeitung durch das Lithographiemodul **110** erhalten wird, was auch als DICD (Inspektion der kritischen Abmessungen nach der Entwicklung) bezeichnet wird. Beispielsweise wird auf der Grundlage der Messergebnisse des Messschritts **130** entschieden, ob entsprechende Substrate nochmals bearbeitet werden müssen oder nicht, oder ob die entsprechenden Substrate zum nächsten Prozessschritt, d. h. zu einem Ätzmodul **140** weitergehen können, in der die entsprechenden Lackstrukturelemente, die von dem Lithographiemodul **110** erzeugt wurden, für das eigentliche Strukturieren für die entsprechenden Materialschicht verwendet werden, über der die entsprechenden Lackstrukturelemente ausgebildet sind. Das Ätzmodul **140** kann mehrere entsprechende Ätzkammern aufweisen, die in Form mehrerer einzelner Ätzanlagen und/oder in Form entsprechender Mehrkammer-Ätzanlagen und dergleichen vorgesehen sind. Da das Lithographiemodul **110** in Verbindung mit dem Ätzmodul **140** die schließlich erreichte Auflösung zur Herstellung der kritischen Strukturelemente bestimmt, d. h. das konsistente Vermögen zum Erzeugen der entsprechenden Strukturelemente, etwa Gateelektroden, innerhalb definierter Prozessgrenzen, wird auch ein entsprechendes Messmodul **150** nach dem Ätzmodul **140** vorgesehen, um damit entsprechende Messdaten des abschließenden Prozessergebnisses zu erhalten, das auch abschließende Inspektion kritischer Abmessungen (FICD) bezeichnet wird.

**[0008]** Obwohl im Hinblick auf eine verbesserte Prozessüberwachung und Prozesssteuerung es wünschenswert wäre, wie zuvor erläutert ist, entsprechende Messdaten auf der Grundlage jedes Substrats oder selbst auf der Grundlage jedes Belichtungsschritts für jedes der Substrate **101** zu erhalten, muss in der Praxis die Messaktivität auf eine reduzierte Anzahl an Substraten pro Los beschränkt

werden, um nicht in unerwünschterweise die Durchlaufzeit in der Fertigungsumgebung **100** zu erhöhen. Folglich müssen entsprechende Substrate oder sogar Messungen darauf für jedes Los und für jeden Messschritt ausgewählt werden. Diese entsprechenden „Proben“ werden ausgewählt und beispielsweise in dem Messmodul **130** zum Erzeugen entsprechender Messdaten verwendet, die die Qualität des Prozessergebnisses des Lithographiemoduls **110** angeben. Da die entsprechenden Messdaten auch von der Steuerung **120** sowie für die weitere Prozessüberwachung, beispielsweise in Form von Ausbeuterverlustabschätzungen, und Experimentierzwecke, und dergleichen verwendet werden können, werden die entsprechenden Messdaten auch den entsprechenden Modulen **160**, **170** zugeführt. Wie zuvor erläutert ist, muss in komplexen Situationen die Auswahl der entsprechenden Probensubstrate so ausgeführt werden, dass eine breite Abdeckung im Hinblick auf beliebige Prozesssituationen erreicht wird, wobei eine zusätzliche Verzögerung in dem Gesamtprozessablauf zu reduzieren ist, um damit einen insgesamt hohen Durchsatz beizubehalten. Zu diesem Zweck wird typischerweise ein fortschrittliches Probennahmesystem **180** vorgesehen, das darin eingerichtet mehrere „Auswahlregeln oder Regelsätze“ aufweist, d. h. entsprechende Regeln zum Auswählen einer geeigneten Menge der Substrate **101** pro Los auf Grundlage der prozessspezifischen Situation, die von dem nachfolgenden Messmodul, etwa dem Modul **130** oder **150**, abzudecken ist. Zu diesem Zweck erhält das Probennahmesystem **180** entsprechende Prozessinformationen zum Abschätzen des „Kontext bzw. Zusammenhangs“ des zu messenden Substrats für beispielsweise das Lithographiemodul **110**, um damit die gewünschte Information auf der Grundlage einer geeignet ausgewählten Anzahl an Probensubstraten zu erhalten. Wenn beispielsweise eine vorgegebene Anzahl an Probensubstrate für das Messmodul **120** festgelegt ist, beispielsweise auf der Grundlage prozessablaufspezifischer Rahmenbedingungen, wählt das Probennahmesystem **180** auf der Grundlage der zusätzlichen Kontextinformation eine oder mehrere geeignete Substrate aus jedem Los aus, um damit geeignete Messdaten über mehrere Lose hinweg zu erhalten, so dass die entsprechenden Module **120**, **160** und **170** geeignete Ausgangsergebnisse zum Steuern der Module **110**, **140** erzeugen, um Ausbeuterverlust hervorrufende Mechanismen und dergleichen zu bestimmen. Wenn beispielsweise drei Substrate pro Los die entsprechende Probennahmezahl für das Messmodul **130** ist, wählt das Probennahmesystem **180** entsprechende drei Substrate jedes Loses so aus, dass nach der Verarbeitung mehrerer Lose Substrate vermessen sind, derart, dass jede Lithographieanlage, entsprechende zugeordnete vorgeschaltete und nachgeschaltete Behandlungen und dergleichen gemessen werden. Auf diese Weise kann eine entsprechende Information für eine effiziente Steuerung der entsprechenden Prozessanlagen in dem

Modul **110** durch die Steuerung **120** erzeugt werden. Beispielsweise werden in APC-Strategien die entsprechenden Messdaten kategorisiert, beispielsweise im Hinblick auf die speziellen Anlagenkombinationen in dem entsprechenden Prozessmodul, d. h. beispielsweise eine Kombination einer speziellen Lithographieanlage in Verbindung mit einer der Belichtung nachgeschalteten Ausbackanlage, so dass das Probennahmesystem **180** die entsprechenden Probensubstrate zum Erzeugen von Messergebnissen im Hinblick jedes Mitglied der entsprechenden Kategorie nach einer nicht zu großen Anzahl an verarbeiteten Losen auswählt.

**[0009]** Eine ähnliche Situation wird nach dem Ätzmodul **140** angetroffen, wobei das Probennahmesystem **180** ein anderes Schema für die Probennahme auf der Grundlage eines unterschiedlichen Regelsatzes anwenden kann, um damit der speziellen Prozesssituation vor dem Messmodul **150** Rechnung zu tragen. Beispielsweise kann es im Hinblick auf eine verbesserte Prozesssteuerung erforderlich sein, die gleichen Proben wie in dem Modul **130** zu messen, um damit beispielsweise entsprechende systematische Abweichungen zu erkennen oder zu vermeiden, die wichtige Aspekte für die APC-Steuerungen für die Module **110** und **140** repräsentieren können. Somit kann das Probennahmesystem **180** ein entsprechendes Substrat, das zuvor gemessen wurde, auswählen, bevor das Substrat dem Modul **150** zugeführt wird, wobei weitere Randbedingungen für die Auswahl zusätzlicher Probensubstrate auftreten können, da die zuvor ausgewählten Probensubstrate nicht notwendigerweise mit den Erfordernissen übereinstimmen, die durch das Ätzmodul **140** vorgegeben sind, insbesondere, wenn ein entsprechender Zufallsverteilungsschritt auf der Grundlage eines entsprechenden Zufallsverteilungssystems **100** ausgeführt wurde, was vorgesehen werden kann, um damit eine gewisse Entkopplung zwischen äußerst kritischen Prozessschritten zu erreichen. Das Zufallsverteilungssystem **100** kann eine Zufallsverteilungseinheit **195** aufweisen, um zufällig verteilte Scheibenpositionen für ein spezielles Los in Verbindung mit einer entsprechenden Scheibenpositioniereinheit **196** zu erzeugen, die auf die entsprechenden Substrate so positioniert, dass eine entsprechende Scheibensortierung in dem entsprechenden Transportbehälter auf der Grundlage der Zufallspositionen, die von der Einheit **195** erzeugt wurden, erreicht wird. Auf diese Weise ist eine mögliche „Verstärkung“ systematischer Abweichungen und Änderungen in den Modulen **110** und **140** deutlich reduziert.

**[0010]** Während einer typischen Betriebssituation in der Umgebung **110** werden entsprechende Lose aus Substraten **101** kontinuierlich in das Lithographiemodul **110** eingeführt, das entsprechend bearbeitete Substrate liefert, von denen das Probennahmesystem **180** entsprechende Kandidaten auswählt, die in

dem Modul **130** der Messung zu unterziehen sind. Das Probennahmesystem **180** wählt in äußerst dynamischer Weise die entsprechenden Probensubstrate aus, um damit für eine gewünschte Abdeckung zu sorgen, selbst wenn lediglich eine geringe Anzahl an Probensubstrate pro Los eingesetzt wird. Danach kann die entsprechende Scheibenneusortierung auf der Grundlage eines Zufallsverteilungsprozesses durch das System **100** ausgeführt werden, um anschließend wird das entsprechend zufällig verteilte Los in das Ätzmodul **140** eingeführt. In dem Ätzmodul **140** werden die entsprechenden Substrate **101** in mehreren Ätzkammern auf der Grundlage ihrer Zufallsposition in den entsprechenden Transportbehältern bearbeitet, und diese Kontextinformation wird dem Probennahmesystem **180** zugeführt, um damit in entsprechend angepasster Weise eine geeignete Teilmenge an Probensubstrate zu erhalten, die einem Messprozess in dem Messmodul **150** zu unterziehen ist. Typischerweise sind der Probennahmeregelsatz, der zur Auswahl von Probensubstraten vor dem Modul **130** verwendet wird, und die Regeln, die zum Auswählen der Probensubstrate vor dem Messmodul **150** verwendet werden, nicht unkorreliert zueinander, da, wie zuvor erläutert ist, beispielsweise die gleichen Probensubstrate in beiden Modulen **130** und **150** beispielsweise im Hinblick auf das Vermeiden systematischer Abweichungen zu messen sind. Folglich wird durch Auswählen der gleichen Probensubstrate im Allgemeinen eine entsprechende Prozesssituation in dem Ätzmodul **140** nicht in geeigneter Weise abgedeckt und daher ist eine entsprechende Information für die Module **120**, **160** und **170** nicht verfügbar.

**[0011]** In Bezug auf das Modul **130** seien beispielsweise die Substrate **1**, **12** und **20** als geeignete Proben, beispielsweise im Hinblick auf zwei Lithographieanlagen, die in dem Lithographiemodul **110** eingesetzt werden, ausgewählt, wobei die entsprechenden Substrate **1**, **12** und **20** von unterschiedlichen, der Belichtung nachgeschalteten Anlagen bearbeitet werden. In einem nachfolgenden Los wählt das Probennahmesystem **180** beispielsweise drei entsprechende Substrate aus, die von unterschiedlichen Lithographieanlagen und unterschiedlichen der Belichtung nachgeschalteten Anlagen bearbeitet werden, wenn beispielsweise zwei Lithographieanlagen und sechs der Belichtung nachgeschaltete Anlagen in dem Modul **110** vorhanden sind. Folglich wird in diesem Falle eine Abdeckung der sechs Prozesspfade, die durch die beteiligten Prozessanlagen definiert sind, nach zwei verarbeiteten Losen erreicht. Es sollte beachtet werden, dass andere Kriterien ebenso angewendet werden können, etwa die Position der entsprechenden Substrate in dem Transportbehälter, und dergleichen. Da die gleichen Substrate **1**, **12** und **20** für das betrachtete spezielle Los auch nach dem Ätzmodul **140** zu messen sind, bieten diese Substrate unter Umständen keine geeignete Abdeckung für die

Prozesssituation in dem Ätzmodul **140**. Beispielsweise können zwei oder drei dieser Substrate in der gleichen Ätzkammer bearbeitet worden sein, wodurch eine äußerst unausgewogene Menge an Messdaten erzeugt wird, während das entsprechende Funktionsverhalten der anderen Ätzkammern in dem Modul **140** möglicherweise nicht abgedeckt wird. In dieser Weise können die erzeugten Messdaten weniger effizient sein, da gewisse Prozesssituationen „überbestimmt“ sind, während effiziente Messdaten für andere Situationen erst nach einer deutlichen Verzögerung verfügbar sind, d. h. nachdem eine entsprechende Anzahl an Losen verarbeitet ist, bis schließlich die entsprechende Situation abgedeckt ist. Somit wählt in gewissen Situationen das Probennahmesystem **180** weitere Probensubstrate, etwa die Substrate **5** und **9**, um damit eine verbesserte Abdeckung der Prozesssituation in dem Ätzmodul **140** zu erreichen. In diesem Falle sind deutliche zusätzliche Messressourcen erforderlich, was daher zu einem reduzierten Gesamtdurchsatz in der Fertigungsumgebung **100** beiträgt.

**[0012]** Es sollte beachtet werden, dass die obige Prozesssequenz ein anschauliches Beispiel für viele andere entsprechende Prozesssituationen darstellt, in der gekoppelte Messschritte auf der Grundlage entsprechender Auswahlkriterien auszuführen sind, und in Situationen, wie sie zuvor beschrieben sind, werden die entsprechenden Messdaten nicht in effizienter Weise erzeugt, wodurch ein Verlust an Information auftreten kann oder wodurch weitere Messaktivitäten auszuführen sind, woraus sich ein reduzierte Gesamtdurchsatz ergibt.

**[0013]** Die Druckschrift US 5 926 690 A beschreibt einen Steuerungsvorgang zur Einstellung kritischer Abmessungen bei der Halbleiterherstellung, wobei die Steuerung individuell für einzelne Durchläufe erfolgt. Dabei wird die Erkenntnis ausgenutzt, dass eine Schwankung der kritischen Abmessungen durch Einstellung der Zeitdauer der Ätzung des Photolacks in geeigneter Weise ausgeglichen werden können.

**[0014]** Die Druckschrift US 2002/0176074 A1 beschreibt Systeme und Verfahren, die zur Vermessung von Halbleiterscheiben in einem Herstellungsvorgang dienen, wobei ein oder mehrere Messsysteme eingesetzt werden. Dabei werden zu messende Scheiben zu einem oder mehreren der Messsysteme überführt, wobei dies auf der Grundlage gewisser Auswahlkriterien erfolgt.

**[0015]** Die Druckschrift US 6 738 682 B1 beschreibt ein Verfahren zum Disponieren von Aktivitäten in einer Fertigungsanlage, wobei mehrere beobachtete Zustände, die im Zusammenhang mit der Fertigungsanlage stehen, festgelegt werden. Es werden abgeschätzte Zustände für die beobachteten Zustände erzeugt und für die Zustandsabschätzungen werden sodann Unsicherheitswerte ermittelt. Es werden

mehrere potentielle Zeitabläufe zur Ausführung der Aktivitäten in der Fertigungsanlage ermittelt.

**[0016]** Die Druckschrift US 5 716 856 A offenbart eine Anordnung und ein Verfahren zur Erfassung von Effekten auf Produkten, die in einer Fertigungsumgebung herzustellen sind, wobei die Effekte durch die sequenzielle Verarbeitung hervorgerufen werden. Um zu verhindern, dass positionsabhängige Tendenzen, die in einem Prozessschritt hervorgerufen werden, in einen anschließenden Prozessschritt übertragen werden, erfolgt eine entsprechende Umordnung der zu verarbeitenden Produkte.

**[0017]** Die Druckschrift US 6 766 215 B1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung eines Strukturfehlers bei der Halbleiterherstellung, wobei Verengungen in Strukturleitungen auftreten. Insbesondere werden Messdaten auf der Grundlage von Streumessungen gewonnen, wobei die Messdaten mit einer Referenzbibliothek verglichen werden, um die Qualität des zuvor ausgeführten Lithographieprozesses zu bewerten.

**[0018]** Einem Beitrag der „Annalen für Statistik, Bd. 33, Nr. 1, S. 1–53 (2005)“ ist generell zu entnehmen, dass die Analyse der Varianz in vielen Prozessen ein wichtiger Aspekt ist, um beispielsweise die Prozessqualität zu verbessern.

**[0019]** Angesichts der zuvor beschriebenen Situation besteht ein Bedarf für eine verbesserte Technik zum Koordinieren der Auswahl von Probensubstraten in gekoppelten Messprozessen.

#### Überblick über die Erfindung

**[0020]** Im Allgemeinen betrifft die vorliegende Erfindung eine Technik zum geeigneten Koordinieren des Prozessablaufs in einem Teil einer Fertigungssequenz und zum Erzeugen von Messdaten, die sich auf mindestens zwei unterschiedliche Phasen beziehen. Zu diesem Zweck werden die entsprechenden Regeln zum Auswählen von Probensubstrate für einen Messprozess, der mit einem ersten Prozesszustand verknüpft ist, und ein entsprechender Auswahlregelsatz für einen Messprozess, der mit einer zweiten Prozessphase verknüpft ist, berücksichtigt, bevor die eigentliche Bearbeitung der entsprechenden Substrate in einem Prozessmodul, das der zweiten Prozessphase entspricht, beginnt. Auf diese Weise können Zufallseffekte, die häufig bewusst zwischen komplexen und kritischen Prozessen eingeführt werden oder die durch den Betrieb von Prozessanlagen, etwa von Clusteranlagen, und dergleichen, erzeugt werden, kompensiert oder zumindest deutlich reduziert werden im Hinblick auf die entsprechenden Probensubstrate, wodurch das Ausmaß an Messdatenabdeckung erhöht wird, die durch den ersten und den zweiten Messprozess für eine vorgegebene Anzahl

an Probensubstrate erreicht wird. Folglich wird in einigen anschaulichen Ausführungsformen ein gewisses Maß an Zufallsverteilung für Substrate beibehalten, die nicht an dem ersten und dem zweiten Messprozess beteiligt sind, während die entsprechenden Probensubstrate in der weiteren Bearbeitung in dem zweiten Prozessmodul so disponiert werden, dass die Relevanz der entsprechend erzeugten Messdaten verbessert wird, während nicht zu einer größeren Prozesskomplexität beigetragen wird oder die Gesamtdurchlaufzeit der entsprechenden Substrate sogar reduziert wird.

**[0021]** Erfindungsgemäß wird die zuvor genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, sowie durch ein Prozesskoordinationssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12 und Prozesskoordinationssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 17. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0022]** Weitere Vorteile, Aufgaben und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den angefügten Patentansprüchen definiert und gehen deutlicher aus der folgenden detaillierten Beschreibung hervor, wenn diese mit Bezug zu den begleitenden Zeichnungen studiert wird, in denen:

**[0023]** Fig. 1 schematisch eine Fertigungsumgebung mit einem Lithographiemodul und einem Ätzmodul mit zugeordneten Messprozessen darstellt, wobei konventionelle fortschrittliche Probenauswahlverfahren in Verbindung mit Zufallsverteilungen von Substraten für eine verbesserte Entkopplung kritischer Prozessschritte gemäß konventioneller Verfahren angewendet werden;

**[0024]** Fig. 2 schematisch einen Teil einer komplexen Fertigungsumgebung mit einem ersten und einem zweiten Prozessmodul und zugehörigen Messprozessen zeigt, in welchem die Prozessablaufkoordination auf der Grundlage entsprechender Auswahlregeln zum Bereitstellen einer erhöhten Messdatenabdeckung in dem zweiten Messprozess gemäß anschaulicher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird;

**[0025]** Fig. 3 schematisch das Prozesskoordinationssystem mit einer entsprechenden Substratpositioniereinheit gemäß einer anschaulichen Ausführungsform zeigt;

**[0026]** Fig. 4 schematisch das Prozesskoordinationssystem gemäß einer noch weiteren anschaulichen Ausführungsform zeigt, in der die Prozesssequenz in einer Prozessanlage in geeigneter Weise manipuliert wird;

**[0027]** Fig. 5 schematisch das Prozesskoordinationsystem gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform darstellt, in der ein gewisses Maß an Zufallsverteilung beim Koordinieren des Prozessablaufs auf der Grundlage von Auswahlregeln enthalten ist;

**[0028]** Fig. 6 schematisch das Prozesskoordinationsystem gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform zeigt, in der eine Prozessablaufabschätzereinheit integriert ist; und

**[0029]** Fig. 7 schematisch das Prozesskoordinationsystem zeigt, das in einer Fertigungsumgebung so betrieben wird, dass die Datenabdeckung der entsprechenden APC-Kategorien gemäß noch weiterer anschaulicher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verbessert wird.

#### Detaillierte Beschreibung

**[0030]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Technik zur Verbesserung der Effizienz fortschrittlicher Probennahmesysteme in Verbindung mit entsprechenden Zufallsverteilungsschritten, um damit die Menge an nutzbarer Information zu erhöhen, die aus gekoppelten Messprozessen gewonnen wird. Fortschrittliche oder dynamische Probennahmesysteme erlauben es, wie zuvor mit Bezug zu Fig. 1 erläutert ist, Scheiben auszuwählen, die in einem vorgegebenen Messprozess zu messen sind, wobei die entsprechende Auswahl auf der Grundlage dynamischer Regeln erfolgen kann, um damit ein hohes Maß an Flexibilität beim Reagieren auf die aktuelle Prozesssituation in der Fertigungsumgebung zu bieten. Beispielsweise können durch Berücksichtigen der verfügbaren Kontextinformation, d. h. der Prozessinformation über den Status entsprechender Prozessanlagen, den Status entsprechender Substrate, die Position der Substrate in einem Transportbehälter, und dergleichen, Substrate derart ausgewählt werden, dass die Effizienz der Messung erhöht oder maximiert wird. Folglich können komplexe Szenarien, etwa spezielle Prozesskammern, Substratpositionen in dem Behälter, Kombinationen davon, und dergleichen auf der Grundlage entsprechender Auswahl- bzw. Probennahmesysteme abgedeckt werden. Jedoch werden in vielen Fällen dennoch entsprechende Einschränkungen dem Probennahmesystem auferlegt, die in Abhängigkeit von den Prozessanforderungen beachtet werden müssen. Wie zuvor erläutert ist, gibt es häufig eine Begrenzung hinsichtlich der Gesamtzahl an Probensubstrate, die für die entsprechende Messprozesse ausgewählt werden können. Dies kann bedeuten, dass lediglich Teil der Ziele durch die Probennahme durch eine vorgegebene Gruppe oder ein Los aus Substraten erfüllt wird. Beispielsweise müssen ggf. gewisse Substrate für die Messung ausgewählt werden, etwa für Grundeinstellungsmessungen, wobei die gleichen Substrate für die Messung in

jedem beteiligten Messprozess, etwa Defektinspektion, und dergleichen, zu verwenden sind. In diesen Fällen wird das fortschrittliche Probennahmesystem so betrieben, das eine maximale Nutzung erfolgt oder der Nachteil innerhalb der beschränkten Optionen minimiert wird, wobei, wie zuvor erläutert ist, ein deutlicher Verlust an Information in dem nachfolgenden Messprozess auftreten kann, oder wobei entsprechende deutliche zusätzliche Messaktivitäten erforderlich sein können, beispielsweise durch Auswählen zusätzlicher Messpunkte oder Probensubstrate, um damit die Forderung nach einer hohen Datenabdeckung für die nachfolgenden Messprozesse zu erfüllen.

**[0031]** In der vorliegenden Erfindung kann die Möglichkeit für das Erfüllen der entsprechenden Erfordernisse, d. h. der entsprechenden Auswahlregeln für die beschränkten Szenarien, deutlich erhöht werden, indem der Prozessablauf in dem entsprechenden Prozessmodul auf der Grundlage der ersten und der zweiten Auswahlregeln koordiniert wird. Dies kann erreicht werden, indem die entsprechenden Probensubstrate vor dem eigentlichen Ausführen der nachfolgenden Prozessschritte in geeigneter Weise positioniert werden, wobei die entsprechende Koordination so ausgeführt wird, um ein hohes Maß an Verträglichkeit mit den entsprechenden Auswahlregeln, die den nachfolgenden Messprozess betreffen, erreicht wird. Somit kann ein hohes Maß an Datenabdeckung mit gleichem Anteil an Messaktivitäten erreicht werden. In einigen anschaulichen Ausführungsformen wird die entsprechende Prozesskoordination mit einem gewünschten Maß an Zufallsverteilung kombiniert, wodurch eine „Pseudo“-Zufallsverteilung erreicht wird, wobei eine entsprechende Teilmenge der Probensubstrate für die weitere Bearbeitung so positioniert wird, dass eine erhöhte Messdatenabdeckung erreicht wird, während die verbleibenden Substrate einem Zufallsverteilungsprozess unterzogen werden, wodurch für ein hohes Maß an Entkopplung kritischer Prozessschritte, etwa kritischer Lithographieschritte mit nachfolgendem kritischem Ätzschritt, gesorgt wird. Die entsprechende Prozesskoordination kann auf der Grundlage eines entsprechenden Substratpositionierungsprozesses erfolgen, der vor dem Einführen der Substrate in das nachfolgende Prozessmodul ausgeführt wird, und/oder indem eine entsprechende Prozessanlage in dem nachfolgenden Prozessmodul so gesteuert wird, dass die Bearbeitung der Substrate mit dem entsprechenden Auswahlregelsatz übereinstimmt.

**[0032]** Mit Bezug zu den Fig. 2 bis Fig. 7 werden nunmehr weiter anschauliche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung detaillierter beschrieben. Fig. 2 zeigt schematisch einen Teil einer Fertigungsumgebung **200** mit einem ersten Prozessmodul **210** und einem zweiten Prozessmodul **240**. In anschaulichen Ausführungsformen repräsentiert die Ferti-

gungsumgebung **200** eine Halbleiterproduktionslinie, wobei das erste Modul **210** einen entsprechenden Abschnitt zum Ausführen eines oder mehrerer miteinander verknüpfter Prozessschritte repräsentiert, wobei das Prozessergebnis des Moduls **210** eine entsprechende Überwachung des Prozessergebnisses auf der Grundlage eines entsprechenden Messprozesses erfordert, der von einem ersten Messsystem **230** ausgeführt wird. In ähnlicher Weise muss das Prozessergebnis, das nach dem Prozessmodul **240** erhalten wird, auf der Grundlage eines Messprozesses verifiziert werden, der auf der Grundlage eines zweiten Messsystems **250** ausgeführt wird. In einigen anschaulichen Ausführungsformen sind die entsprechenden Messprozesse, die von Systemen **230** und **250** ausgeführt werden, in dem Sinne gekoppelt, dass Substrate, die dem Messprozess in dem System **230** unterzogen werden, auch in dem System **250** gemessen werden müssen, um damit Schwankungen zwischen Substraten beim Bewerten des gesamten Prozessablaufs in den Modulen **210**, **240** zu eliminieren, oder wenn die entsprechenden Messdaten für fortschrittliche Prozessstrategien eingesetzt werden. Ferner weist die Fertigungsumgebung **200** ein Prozesskoordinationssystem **200** auf, das ausgebildet ist, den Prozessablauf zumindest innerhalb des zweiten Prozessmoduls **240** auf der Grundlage entsprechender Auswahlregeln zu koordinieren, um damit eine deutlich verbesserte Verträglichkeit mit den entsprechenden Auswahlregeln im Vergleich zu konventionellen Techniken zu erhalten, wie sie zuvor mit Bezug zu **Fig. 1** beschrieben sind.

**[0033]** Während des Betriebs des Prozesskoordinationssystems **290** in der Fertigungsumgebung **200** ist eine Gruppe aus Substraten **201** durch das Prozessmodul **210** zu bearbeiten, beispielsweise kann das Prozessmodul **210** eine komplexe Fertigungssequenz zur Ausbildung von Metallisierungsschichten repräsentieren, wobei entsprechende Ätz-, Abscheide- und Polierprozesse beteiligt sind, wobei das entsprechende Ergebnis des Prozessmoduls **210** beispielsweise im Hinblick auf eine entsprechende Defektrate der schließlich erzeugten Metallisierungsebene, das elektrische Verhalten, und dergleichen überwacht werden kann. In anderen Fällen umfasst das Prozessmodul **210** einen Lithographieprozess in Verbindung mit zugeordneten Prozessen, wie dies beispielsweise mit Bezug zu **Fig. 1** beschrieben ist. Da die entsprechenden Messergebnisse, die nach dem Prozessmodul **210** erhalten werden, für fortschrittliche Prozesssteuerungen (APC), Ausbeuteverlustabschätzungen, und dergleichen, eingesetzt werden können, ist ein entsprechender Anteil an „Messrauschen“ nachteilig und somit wird eine Schwankung von Substrat zu Substrat eliminiert, indem entsprechende Messungen der Substrate nach deren Bearbeitung in dem zweiten Prozessmodul **240** ausgeführt werden, wobei zumindest die gleichen Probensubstrate verwendet werden, die zum Bestim-

men der Prozessergebnisse des Moduls **210** verwendet wurden. In einer derartigen Situation verwendet das Prozesskoordinationssystem **200** einen geeigneten Auswahlregelsatz zum Auswählen einer spezifizierten Teilmenge **201a** (beispielsweise Substrate **12**, **20** und **25**) aus den Substraten **201**, die die gewünschten Auswahlkriterien für das Modul **210** erfüllen. Für eine gegebene beschränkte Anzahl an Substraten, die für die Teilmenge **201a** auszuwählen ist, kann beispielsweise eine entsprechende Auswahl auf Kriterien beruhen, etwa der Abdeckung jedes möglichen Prozesspfades innerhalb des Moduls **210**, d. h. jede mögliche Kombination aus Prozessanlagen zum Bearbeiten eines Substrats in dem Modul **210**, die Abdeckung aller Substratpositionen in den entsprechenden Transportbehältern, und dergleichen, wobei die entsprechende Abdeckung über eine Vielzahl von Substratgruppen erreicht werden kann, da die entsprechenden Kriterien nicht auf der Grundlage einer einzelnen Gruppe aus Substraten auf Grund der beschränkten Anzahl an Probensubstrate **201a** eingehalten werden kann. Folglich werden die entsprechenden Probensubstrate von dem System **290** erkannt und in dem Messsystem **230** der Messung unterzogen.

**[0034]** Vor dem Zuführen der Substrate **201** zu dem zweiten Prozessmodul **240** für die weitere Bearbeitung, bestimmt das System **290** einen geeigneten Prozessablauf zur Bearbeitung der Substrate **201** in dem Modul **240** auf der Grundlage des ersten und des zweiten Auswahlregelsatzes, um damit ein hohes Maß an Übereinstimmung mit dem zweiten Auswahlregelsatz zu erreichen, der speziell auf die Prozesssituation in dem zweiten Prozessmodul **240** angepasst ist, während dennoch die Probensubstrate verwendet werden, die die Teilmenge **201a** bilden, wie sie zuvor in dem ersten Messsystem **230** verwendet wurde. Somit werden zumindest die Mitglieder der Teilmenge **201a** so angeordnet oder disponiert, dass ein hohes Maß an Übereinstimmung mit dem zweiten Auswahlregelsatz für diese Substrate während der Bearbeitung in dem Modul **240** erreicht wird, so dass in dem nachfolgenden Messprozess in dem System **250** die entsprechenden Proben der Teilmenge **201a** die gewünschte Eliminierung der Substrat zu Substrat-Schwankungen ermöglichen, während dennoch ein hohes Maß an Übereinstimmung mit dem zweiten Auswahlregelsatz geboten wird. Eine entsprechende Koordinierung des Prozessablaufs zumindest für die Mitglieder Teilmenge **201a** wird erreicht, indem die Substrate **201** in einem entsprechenden Transportbehälter in geeigneter Weise vor dem Bearbeiten der Substrate in dem Modul **240** angeordnet werden, und/oder indem die Prozesssequenz in dem Modul **240** in geeigneter Weise gesteuert wird, wie dies nachfolgend detaillierter beschrieben ist. Folglich kann durch entsprechendes Koordinieren des Prozessablaufs mittels des Systems **290** jeder Repräsentant der Teilmenge **201** eine erhöhte

Wahrscheinlichkeit aufweisen, dass er so bearbeitet wird, um den Erfordernissen des zweiten Auswahlregelsatzes zu entsprechen.

**[0035]** Wenn beispielsweise drei Substrate als die Größe der Teilmenge **201a** für den Messprozess in dem System **230** festgelegt sind, kann ein entsprechender Auswahlregelsatz ausgewählt oder dynamisch angepasst werden, um damit die entsprechenden Erfordernisse für das Prozessmodul **210** zu erfüllen, wie dies zuvor erläutert ist. Die gleichen drei Substrate werden dann in dem Messsystem **250** nach dem Bearbeiten in dem Modul **240** gemessen, wobei das Prozesskoordinationssystem **290** für einen entsprechenden Prozessablauf der Substrate der Teilmenge **201a** so sorgt, dass eine hohe Wahrscheinlichkeit erreicht wird, dass diese mit unterschiedlichen Prozessanlagen bearbeitet werden, wenn der zweite Auswahlregelsatz ein hohes Maß an Abdeckung der in dem Modul **240** enthaltenen Prozessanlagen spezifiziert.

**[0036]** Fig. 3 zeigt schematisch eine anschauliche Ausführungsform des Prozesskoordinationssystems **290**, das ein Probennahmesystem **291**, eine Prozesskoordinierungseinheit **292** und eine Substratpositioniereinheit **296** umfasst. In dieser Ausführungsform werden die Auswahlregeln auf Grundlage entsprechender Prozessinformationen und anderer Kriterien, wie sie zuvor erläutert sind, ermittelt oder aufgestellt, wobei diese Informationen der Prozesskoordinierungseinheit **292** zugeführt werden, die ein geeignetes Positionierschema für einen entsprechenden Transportbehälter zum Bereitstellen der Substrate für das Modul **240** ermittelt. Somit weist die Prozesskoordinierungseinheit **292** die Substratpositioniereinheit **296** an, die Positionen der Substrate in dem entsprechenden Behälter anzugeben oder neu zu ermitteln, um damit eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine Übereinstimmung mit dem mit dem Prozessmodul **240** in Beziehung stehenden Auswahlregelsatz zu erreichen. In dem oben spezifizierten Beispiel werden die entsprechenden drei Substrate der Teilmenge **201a** in geeigneter Weise in dem entsprechenden Transportbehälter positioniert, um damit eine hohe Wahrscheinlichkeit zu erreichen, dass jedes der Substrate in einer anderen Prozessanlage oder Kammer in dem Modul **240** bearbeitet wird. Wenn beispielsweise eine Prozessanlage mit zwei Prozesskammern verwendet wird, die für gewöhnlich abwechselnd mit Substraten beschickt werden, können zwei der Mitglieder der Teilmenge **201a** in benachbarten Positionen angeordnet werden, um damit die Verarbeitung in unterschiedlichen Prozesskammern sicherzustellen. Ein entsprechendes Koordinierungsschema für das geeignete Positionieren der Substrate der Teilmenge **201a** kann erreicht werden, indem prozessbezogene Information, die der Prozesskoordinierungseinheit **292** zugeführt wird, verwendet wird, wobei Information über den aktuellen Status des Moduls **240**

enthalten sein kann, so dass ein entsprechendes Betriebsverhalten des Moduls **240** beim Eintreffen der Substrate **201** vorhergesagt werden kann, wie dies nachfolgend detaillierter beschrieben ist.

**[0037]** Fig. 4 zeigt schematisch das Prozesskoordinationssystem **290** gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform, in der zusätzlich oder alternativ zur Substratpositioniereinheit **296** eine Schnittstelle **294** vorgesehen ist, die mit der Prozesskoordinierungseinheit **292** verbunden ist, wobei die Schnittstelle **294** ausgebildet ist, eine Kommunikation mit einer oder mehreren Prozessanlagen **241** in dem zweiten Prozessmodul **240** zu ermöglichen. Die Prozessanlage **241** repräsentiert eine Anlage, die darin eingerichtet mehrere Prozesskammern aufweist, die durch ein entsprechendes Substrathandhabungssystem (nicht gezeigt) mit Substraten versorgt werden. Folglich kann die Prozesskoordinierungseinheit **292** ein entsprechendes Prozessablaufschaema über die Schnittstelle **294** zu der Prozessanlage **241** zuführen, um damit die Anlage **241** anzuweisen, die Substrate **201** und insbesondere die Mitglieder der Teilmenge **201** entsprechend den ermittelten Prozessschema zu bearbeiten, um damit das gewünschte Maß an Verträglichkeit mit dem zweiten Auswahlregelsatz zu erreichen. Da folglich die Prozesskoordinierungseinheit **292** direkt die Prozessabfolge in dem Prozessmodul **240** bestimmt, zumindest für die Prozessanlage **241**, kann selbst ein erhöhtes Maß an Verträglichkeit mit dem Auswahlregelsatz **2** erreicht werden, wobei zusätzlich Scheibensortierprozesse vor dem eigentlichen Bearbeiten der Substrate **201** vermieden werden. Somit kann die Durchlaufzeit der Substrate **201** reduziert werden, wobei dennoch eine verbesserte Messdatenabdeckung erreicht wird.

**[0038]** Es sollte beachtet werden, dass in den zuvor beschriebenen Ausführungsformen auch ein gewünschtes Maß an Zufallsverteilung durch die entsprechende Prozesskoordination, die von der Einheit **202** bereitgestellt wird, bei den verbleibenden Substraten **201** erreicht wird, die nicht zu der Teilmenge **201a** gehören.

**[0039]** Fig. 5 zeigt schematisch eine entsprechende Ausführungsform des Prozesskoordinationssystems **200**, in welchem eine Zufallsverteilungseinheit **295** funktionsmäßig mit der Koordinierungseinheit **202** verbunden ist, um damit ein gewisses Maß an Zufallsverteilung bereitzustellen, was auch als „Pseudo-Zufallsverteilung“ bezeichnet wird. Zu diesem Zweck bestimmt die Einheit **292** ein geeignetes Prozessschema, wie dies zuvor erläutert ist, während die Zufallsverteilungseinheit **295** für eine geeignete zufällige Verteilung durch beispielsweise Bereitstellen entsprechender Zufallspositionen für die verbleibenden Substrate **201** in dem Transportbehälter sorgt, bevor die Substrate in dem Modul **240** bearbeitet werden. In anderen anschaulichen Ausführungsformen,

in denen die Koordiniereinheit **292** direkt auf eine entsprechende Prozessanlage einwirkt, etwa die Anlage **241** (siehe **Fig. 3**), kann die Zufallsverteilungseinheit **295** eine entsprechende zufallsverteilte Sequenz für Substrate ermöglichen, die nicht der Teilmenge **201a** angehören. In diesem Falle kann eine absichtlich vorgesehene Zufallsverteilung auf der Grundlage interner Ressourcen gewonnen werden, ohne dass im Wesentlichen der Gesamtdurchsatz der entsprechenden Prozessanlage beeinflusst wird. Auf diese Weise kann die sich ergebende Gesamtdurchlaufzeit der Substrate deutlich reduziert werden.

**[0040]** **Fig. 6** zeigt schematisch das Koordinationssystem **200** gemäß weiterer anschaulicher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Das System **290** umfasst die Probennahmeeinheit **291** und die Koordiniereinheit **292**, während in einigen anschaulichen Ausführungsformen auch die Zufallsverteilungseinheit **295** vorgesehen ist. In ähnlicher Weise können die Scheibenpositioniereinheit **269** und/oder die entsprechende Anlagenschnittstelle **294** vorgesehen sein, abhängig von den Systemanforderungen. Zusätzlich weist das System **290** eine Prozessablaufabschätzereinheit **293** auf, die ausgebildet ist, die Prozessinformation in Bezug zumindest auf das zweite Prozessmodul **240** zu empfangen, um damit eine Abschätzung des künftigen Funktionsverhaltens in dem Modul **240** beim Eintreffen der Substrate **201**, die nachfolgend darin zu bearbeiten sind, bereitzustellen. Beispielsweise kann die entsprechende Prozessinformation Informationen über die aktuelle Prozesssituation in dem Modul **240** enthalten, wobei der Anlagenstatus einer oder mehrerer der darin enthaltenen Prozessanlagen, der Status der aktuell bearbeiteten Substrate, und dergleichen, enthalten sein können. Des Weiteren kann die Prozessinformation andere Informationen zum Abschätzen des Funktionsverhaltens enthalten, beispielsweise Information im Hinblick auf vorhergesagte Wartungsereignisse, Versuchsphasen und dergleichen, sowie allgemeine Durchlaufzeiten aktuell verwendeter Prozessrezepte, und dergleichen. Auf der Grundlage dieser Information kann die Prozessablaufabschätzereinheit **293** mit hoher Wahrscheinlichkeit das zukünftige „Schicksal“ oder den künftigen Verlauf der Verarbeitung eines Substrats vorhersagen, das in das Prozessmodul **240** eintritt. Aus der entsprechenden Vorhersage des Funktionsverhaltens zumindest wesentlicher Teile des Prozessmoduls **240** kann die Koordiniereinheit **292** dann eine geeignete Substratposition oder einen geeigneten Prozessablauf für das entsprechende Positionieren der Substrate der Teilmenge **201a** innerhalb eines Transportbehälters und/oder für das geeignete Instruieren der Prozessanlage **241** über den Prozessablauf der Substrate **201** in dem Prozessmodul **240** auswählen. Das Prozesskoordinationssystem **290** kann ein geeignetes Koordinationsschema für den Ablauf der Substrate in dem Modul **240** für eine beliebige Anzahl möglicher Szenarien

bereitstellen, wobei dennoch eine hohe Wahrscheinlichkeit für die Verträglichkeit mit dem entsprechenden Auswahlregelsatz für das Modul **240** beibehalten wird, wie dies zuvor erläutert ist.

**[0041]** **Fig. 7** zeigt schematisch das Prozesskoordinationssystem **290** in der Fertigungsumgebung **290** gemäß weiterer anschaulicher Ausführungsformen. In diesen Ausführungsformen wird das Prozesskoordinationssystem **290** betrieben, um damit die Signifikanz der entsprechenden Messdaten, die von den Systemen **230**, **250** erzeugt wurden, in Bezug auf ein entsprechendes Messdatenbewertungsschema zu optimieren oder zumindest deutlich zu verbessern. Wie beispielsweise zuvor in Bezug zu **Fig. 1** erläutert ist, werden die entsprechenden Messdaten ggf. auch für Ausbeuteverlustabschätzungen, Versuchszwecke, fortschrittliche Steuerungsstrategien, und dergleichen eingesetzt. Folglich können die entsprechenden Auswahlregeln so ausgewählt werden, dass die entsprechenden Messdatenabdeckung zumindest für einen dieser Datenbewertungszwecke verbessert oder optimiert wird.

**[0042]** Die Verbesserung der Datenabdeckung für ein fortschrittliches APC-Regime **220** wird in der folgenden anschaulichen Ausführungsform beschrieben. Zu diesem Zweck werden ein oder mehrere APC-Datenkategorien **231** für das Prozessmodul **210** auf der Grundlage der entsprechenden Messdaten aus dem System **230** aufgestellt, und in ähnlicher Weise werden eine oder mehrere APC-Kategorien **251** für die Messdaten definiert, die aus dem Messsystem **250** erhalten werden. Die entsprechenden APC-Kategorien repräsentieren geeignete „Datenbehälter“, die entsprechende Prozesspfade innerhalb der Module **210**, **240** angeben, um damit der Steuerung **220** eine verbesserte Wirksamkeit zu verleihen. Wenn beispielsweise das Prozessmodul **210** entsprechende Lithographieanlagen in Verbindung mit zugeordneten Systemen für die der Belichtung vor und nach geschalteten Behandlungen aufweist, können spezielle Kombinationen ein oder mehrerer dieser Prozessanlagen eine spezielle APC-Kategorie definieren, so dass die entsprechende APC-Strategie nur Messdaten benutzt, die zur gleichen Kategorie gehören, um damit in geeigneter Weise die Steuerungsqualität zu verbessern. D. h., wenn beispielsweise eine Kombination aus einer Beschichtungsanlage, einer Lithographieanlage und einer der Belichtung nachgeordneten Ausbackanlage eine Kategorie definieren, verwendet das System **290** einen Auswahlregelsatz, um damit ein hohes Maß an Abdeckung aller möglicher Elemente der entsprechenden Kategorie mit einem Minimum an Chargen zu erreichen, die zu bearbeiten sind, um damit geeignete Messdaten für jedes Element der betrachteten Kategorie zu erhalten. In ähnlicher Weise kann eine entsprechende Kategorie in Bezug auf das Modul **240** definiert werden, und das System **290** kann für ei-

ne hohe Wahrscheinlichkeit beim Erfüllen des entsprechenden Auswahlregelsatzes sorgen, um damit entsprechende Messdaten mit hoher Effizienz zu erhalten, d. h. die entsprechenden Mitglieder der betrachteten Kategorie werden nach der Initialisierung mit geringer Verzögerung „gefüllt“, d. h. mittels einer geringen Anzahl an Prozessdurchläufen. Somit kann die Wirksamkeit der Steuerung **220** deutlich verbessert werden, wobei dennoch der Anteil an Messaktivitäten ähnlich zu konventionellen Strategien sein kann, während gleichzeitig der Gesamtdurchsatz im Wesentlichen gleich bleibt oder sogar deutlich erhöht werden kann, wie dies zuvor erläutert ist.

**[0043]** Es gilt also: Die vorliegende Erfindung stellt eine Technik zur Verbesserung der Signifikanz von Messdaten in Bezug auf gekoppelte Messprozesse bereit, indem die Probensubstrate, die in einem ersten Messprozess verwendet werden, auch in einem zweiten Messprozess verwendet werden, wobei die Prozesssequenz in dem zweiten Messprozess in geeigneter Weise koordiniert wird, um damit eine große Wahrscheinlichkeit für die Verträglichkeit mit einem geeigneten Auswahlregime für den zweiten Prozess bereitzustellen. Folglich können Messaktivitäten, durch beispielsweise Auswählen zusätzlicher Probensubstrate für den zweiten Messprozess deutlich reduziert werden im Vergleich zu konventionellen Strategien, wodurch zu einer Effizienzsteigerung in entsprechenden Datenbewertungsprozessen unter Anwendung der entsprechend erhaltenen Messdaten beigetragen wird. Beispielsweise kann die Wirksamkeit und die Konvergenz entsprechender APC-Strategien nach Initialisierungsereignissen verbessert werden, da die Abfolge in dem zweiten Fertigungsprozess in geeigneter Weise so koordiniert ist, dass eine deutlich bessere Abdeckung der entsprechenden APC-Kategorien für eine vorgegebene Menge an Messaktivitäten erreicht wird. In ähnlicher Weise kann die Datenbewertung, beispielsweise die Ausbeuterverlustabschätzungen, Versuchsaufgaben, und dergleichen ebenso deutlich verbessert werden. In einigen anschaulichen Ausführungsformen wird die Prozesskoordination mit der Zufallsverteilung nicht ausgewählter Substrate kombiniert, wodurch ein hohes Maß an Entkopplung kritischer zusammenhängender Prozesse, etwa Lithographie- und Ätzprozesse, geschaffen wird. Ferner kann die entsprechende Wahrscheinlichkeit für die Verträglichkeit mit dem Auswahlregelsatz des zweiten Fertigungsprozesses und somit das Ausmaß an schließlich erreichter Übereinstimmung mit diesen Regelsätzen verbessert werden, indem eine entsprechende Prozessanlage in dem Prozessmodul angewiesen wird, die entsprechenden Substrate auf der Grundlage eines Prozessablaufs zu verarbeiten, wie dies von dem Koordinationssystem gemäß der vorliegenden Erfindung bereitgestellt wird, wodurch in einigen Fällen zumindest für die manipulierte Prozessanlage eine nahezu 100%ige Verträglichkeit mit dem entspre-

chenden Auswahlregelsatz erreicht wird. Ferner kann auf diese Weise der Vorgang des Umsortierens von Substraten durch anlageninterne Ressourcen ausgeführt werden, wodurch zusätzliche Substrathandhabungsprozesse deutlich reduziert werden. In einigen anschaulichen Ausführungsformen werden die anlageninternen Ressourcen somit auch zum Erhalten des gewünschten Maßes an Zufallsverteilung für nicht ausgewählte Substrate eingesetzt, wodurch deutlich die Durchlaufzeiten im Vergleich zu konventionellen Strategien verringert werden. Somit können fortschrittliche Scheibenauswahlstrategien effizient mit Zufallsverteilungsverfahren kombiniert werden, wodurch die verwertbare Menge an Information, die aus gekoppelten Messprozessen erhalten wird, vergrößert wird.

### Patentansprüche

#### 1. Verfahren mit:

Erhalten eines ersten Auswahlregelsatzes zur Auswahl einer Teilmenge (**201a**) aus einer Gruppe von Substraten (**201**), wobei die Teilmenge (**201a**) in einem ersten Messprozess (**230**) einer Fertigungsumgebung (**200**), die ein erstes Prozessmodul (**210**) und ein zweites Prozessmodul (**240**) aufweist, zu bearbeiten sind, wobei der erste Messprozess (**230**) ein Prozessergebnis des ersten Prozessmoduls (**210**) für Substrate der ersten Teilmenge (**201a**) misst und der erste Auswahlregelsatz gewünschte Auswahlkriterien für das erste Prozessmodul (**210**) erfüllt; Messen der ersten Teilmenge (**201a**) in dem ersten Messprozess (**230**); Erhalten eines zweiten, speziell für eine Prozesssituation des zweiten Prozessmoduls (**240**) angepassten Auswahlregelsatzes für die Gruppe aus Substraten (**201**), die in einem zweiten Messprozess (**250**) zu bearbeiten sind, wobei der zweite Messprozess (**250**) ein Prozessergebnis des zweiten Prozessmoduls (**240**) zumindest auf der Grundlage der Teilmenge (**201a**) misst; Koordinieren des Bearbeitens der Teilmenge (**201a**) aus Substraten (**201**) in dem zweiten Prozessmodul (**240**) gemäß dem ersten und dem zweiten Auswahlregelsatz zur Verbesserung der Relevanz der entsprechend erzeugten Messdaten; und Ausführen von Messungen mit dem zweiten Messprozess (**250**) zumindest an der Teilmenge (**201a**) nach Bearbeitung der Gruppe aus Substraten in dem zweiten Prozessmodul.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Koordinieren des Bearbeitens der Teilmenge (**201a**) aus Substraten (**201**) in dem zweiten Prozessmodul (**240**) umfasst: Positionieren jedes Substrats (**201**) der Teilmenge (**201a**) in einer zugewiesenen Position eines Transportbehälters, der zum Transportieren der Gruppe aus Substraten (**201**) von dem ersten Messprozess zu dem zweiten Messprozess (**250**) verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Koordinieren des Bearbeitens der Teilmenge (201a) aus Substraten (201) in dem zweiten Prozessmodul (240) umfasst: Anweisen zumindest einer Prozessanlage (241) des zweiten Prozessmoduls (240), um mindestens eines der Substrate (201) der Teilmenge (201a) gemäß dem zweiten Auswahlregelsatz zu bearbeiten.

4. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst: Ausführen eines Zufallverteilungsprozesses auf der Grundlage von Substraten (201), die nicht zu der Teilmenge (201a) gehören, vor dem Bearbeiten der Gruppe aus Substraten (201) in dem zweiten Prozessmodul (240).

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der erste Auswahlregelsatz auf einer festgelegten Anzahl an Mitgliedern der Teilmenge (201a) beruht, und wobei der erste Auswahlregelsatz ausgewählt ist, um eine maximale Datenabdeckung von Messdatenkategorien zu erreichen, die zum Steuern des ersten Prozessmoduls (210) verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der zweite Auswahlregelsatz so ausgewählt ist, dass eine maximale Datenabdeckung von Messdatenkategorien erreicht wird, die zum Steuern des zweiten Prozessmoduls (240) verwendet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der zweite Auswahlregelsatz ferner die Nebenbedingung aufweist, dass nur Substrate (201) der Teilmenge (201a) verwendet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 2, das ferner umfasst: Erhalten von Prozessinformation, die einen aktuellen Prozessstatus des zweiten Prozessmoduls (240) angibt, vor dem Positionieren der Substrate (201) der Teilmenge (201a) an den zugewiesenen Positionen, und Bestimmen jeder zugewiesenen Position auf der Grundlage der Prozessinformation derart, dass eine maximale Übereinstimmung einer Prozesssequenz in dem zweiten Prozessmodul (240) mit dem zweiten Auswahlregelsatz erreicht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 3, das ferner umfasst: Erhalten von Prozessinformation, die einen aktuellen Prozessstatus des zweiten Prozessmoduls (240) angibt, vor dem Bearbeiten der Gruppe aus Substraten (201) in dem zweiten Prozessmodul (240), und Bestimmen einer Prozesssequenz in der mindestens einen Prozessanlage auf der Grundlage der Prozessinformation derart, dass eine maximale Übereinstimmung der Prozesssequenz mit dem zweiten Auswahlregelsatz erreicht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der erste Messprozess Eigenschaften eines Lithographieprozesses und der zweite Messprozess (250) Ei-

genschaften eines Strukturierungsprozesses auf der Grundlage des Lithographieprozesses ermittelt.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der erste und der zweite Messprozess (230, 250) Defektrate-messdaten liefern.

12. Prozesskoordinationssystem:  
einer Probennahmeeinheit (291), die ausgebildet ist, Prozessinformation von einem ersten und einem zweiten Prozessmodul (210, 240) einer Fertigungsumgebung (200) zu erhalten und auf der Grundlage der Prozessinformation einen ersten Auswahlregelsatz zum Auswählen einer ersten Teilmenge aus Probensubstraten aus einer Gruppe aus Substraten (201), die in dem ersten und dem zweiten Prozessmodul (240) zu bearbeiten sind, bereitzustellen, wobei die erste Teilmenge aus Probensubstraten in einem ersten Messprozess (230) nach der Bearbeitung in dem ersten Prozessmodul (210) zu messen sind, und um einen zweiten Auswahlregelsatz zum Auswählen von Probensubstraten bereitzustellen, die in einem zweiten Messprozess (250) nach dem Bearbeiten in dem zweiten Prozessmodul (240) zu messen sind;  
einer Substratpositioniereinheit (296), die ausgebildet ist, Substrate (201) an spezifizierten Positionen eines Transportbehälters anzuordnen; und  
eine Koordinationseinheit (292), die funktionsmäßig mit der Probennahmeeinheit (291) und der Substratpositioniereinheit (296) verbunden und ausgebildet ist, zugeordnete Positionen für jedes Substrat (201) der ersten Teilmenge auf der Grundlage des zweiten Regelsatzes so zu bestimmen, dass die Relevanz der entsprechend erzeugten Messdaten verbessert ist und die Probensubstrate der ersten Teilmenge in den Probensubstraten, die in dem zweiten Messprozess (250) nach dem Bearbeiten in dem zweiten Prozessmodul (240) zu messen sind, enthalten sind.

13. Prozesskoordinationssystem nach Anspruch 12, das ferner eine Zufallsverteilungseinheit (295) aufweist, die ausgebildet ist, zufällige Positionen für Substrate (201) zu erzeugen, die nicht zu der ersten Teilmenge gehören.

14. Prozesskoordinationssystem nach Anspruch 12, das ferner umfasst: eine Prozessabschätzeinheit, die funktionsmäßig mit der Koordinationseinheit (292) verbunden und ausgebildet ist, einen Prozessablauf in dem zweiten Prozessmodul (240) auf der Grundlage eines aktuellen Prozessstatus des zweiten Prozessmoduls (240) abzuschätzen.

15. Prozesskoordinationssystem nach Anspruch 12, wobei die Fertigungsumgebung (200) einen Teil einer Halbleiterproduktionslinie repräsentiert.

16. Prozesskoordinationssystem nach Anspruch 12, das ferner eine Schnittstelle (294) zur Kommuni-

kation mit mindestens einer Prozessanlage (241) des zweiten Prozessmoduls (240) umfasst, wobei die Koordinationseinheit (292) ausgebildet ist, die mindestens eine Prozessanlage (241) anzuweisen, die erste Teilmenge gemäß einer Prozessabfolge auf der Grundlage des zweiten Regelsatzes zu bearbeiten.

Prozessabfolge auf der Grundlage der Prozessinformation vorzunehmen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

17. Prozesskoordinationssystem mit:  
 einer Probennahmeeinheit (291), die ausgebildet ist, Prozessinformation von einem ersten (210) und einem zweiten (240) Prozessmodul einer Fertigungsumgebung (200) zu erhalten und auf der Grundlage der Prozessinformation einen ersten Auswahlregelsatz zum Auswählen einer ersten Teilmenge aus Probensubstraten von einer Gruppe aus Substraten (201), die in dem ersten und dem zweiten Prozessmodul (240) zu bearbeiten sind, bereitzustellen, wobei die erste Teilmenge aus Probensubstrate in einem ersten Messprozess (230) nach der Bearbeitung in dem ersten Prozessmodul (210) zu messen ist, und um einen zweiten Auswahlregelsatz zum Auswählen von Probensubstraten bereitzustellen, die in einem zweiten Messprozess nach dem Bearbeiten in dem zweiten Prozessmodul (240) zu messen sind;  
 einer Schnittstelle (294) zur Kommunikation mit mindestens einer Prozessanlage (241) des zweiten Prozessmoduls (240), die ausgebildet ist, einen Ablauf der Substratbearbeitung in der mindestens einen Prozessanlage (241) zu steuern; und  
 einer Koordinationseinheit (292), die funktionsmäßig mit der Probennahmeeinheit (291) und der Schnittstelle (294) verbunden und ausgebildet ist, einen Prozessablauf zumindest für jedes Substrat (201) der ersten Teilmenge auf der Grundlage des zweiten Regelsatzes so zu bestimmen, dass die Relevanz der entsprechend erzeugten Messdaten verbessert ist und die Probensubstrate der ersten Teilmenge in den Probensubstraten, die in dem zweiten Messprozess (250) nach dem Bearbeiten in dem zweiten Prozessmodul (240) zu messen sind, enthalten sind.

18. Prozesskoordinationssystem nach Anspruch 17, das ferner eine Zufallsverteilungseinheit (295) umfasst, die ausgebildet ist, eine zufällige Prozessabfolge für zumindest eine Prozessanlage (241) für Substrate (201) zu erzeugen, die nicht zu der ersten Teilmenge gehören.

19. Prozesskoordinationssystem nach Anspruch 18, wobei die Schnittstelle (294) ferner ausgebildet ist, Prozessinformation zu erhalten, die einen aktuellen Prozessstatus des zweiten Prozessmoduls (240) angibt.

20. Prozesskoordinationssystem nach Anspruch 19, wobei die Zufallsverteilungseinheit (295) ausgebildet ist, die Auswahl der Substrate für die zufällige

Anhängende Zeichnungen

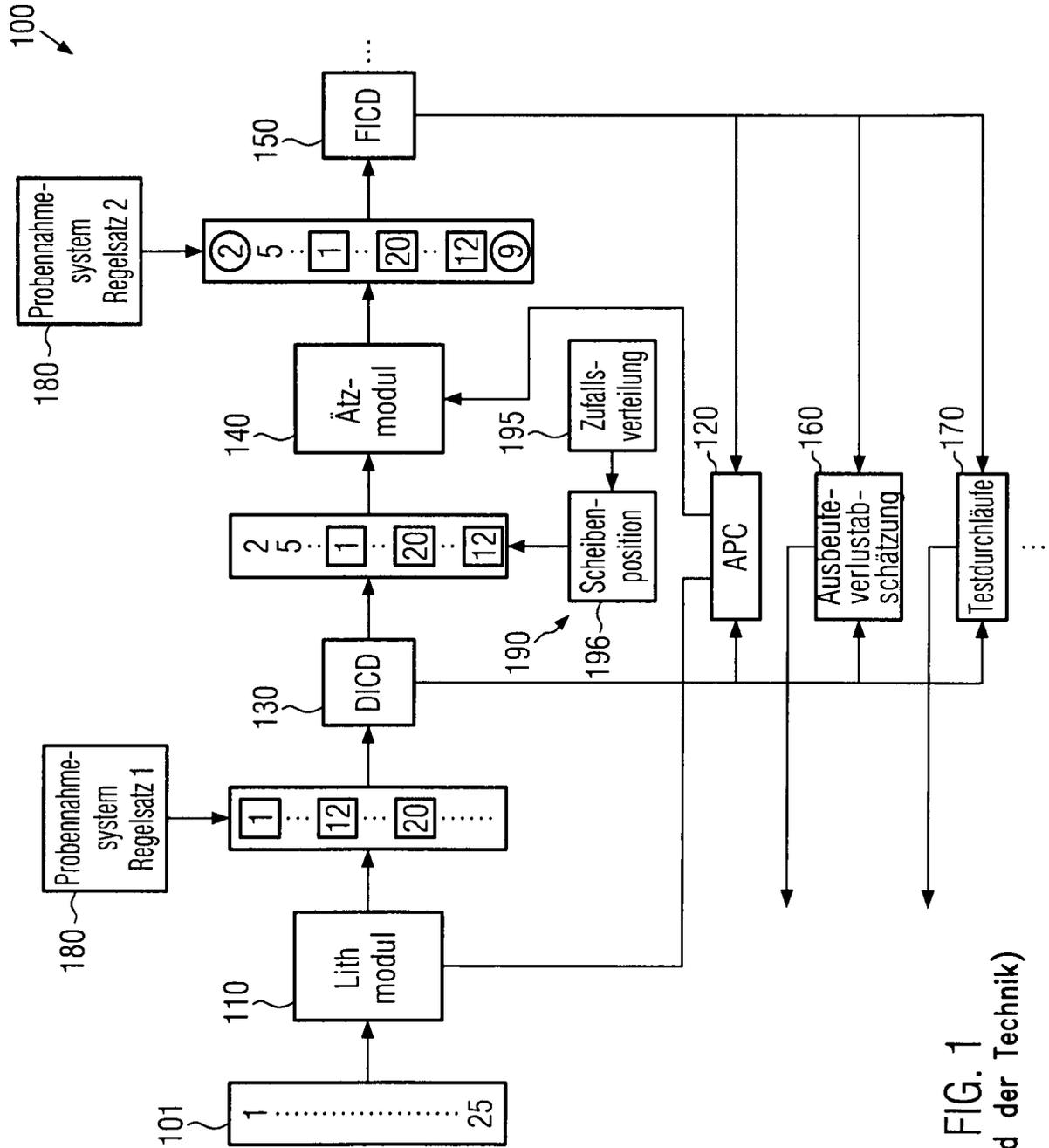
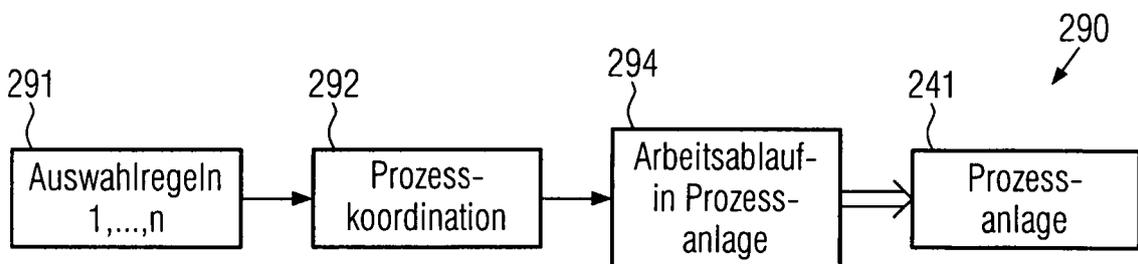
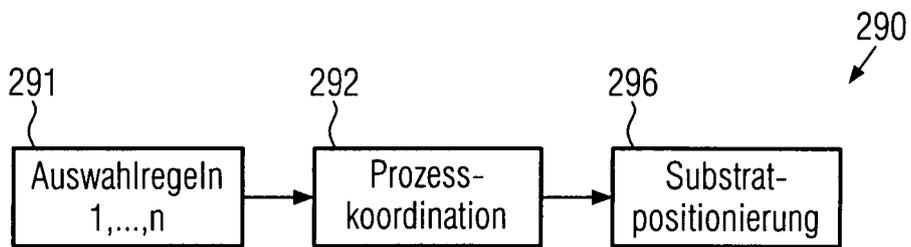
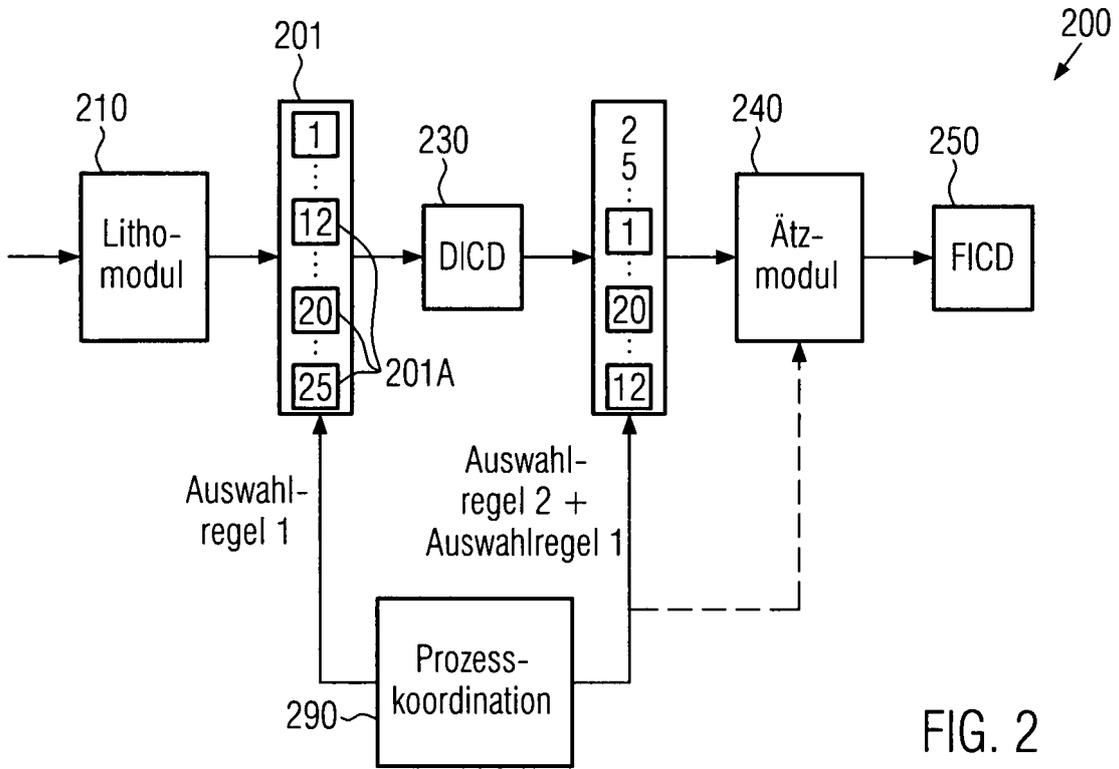


FIG. 1  
(Stand der Technik)



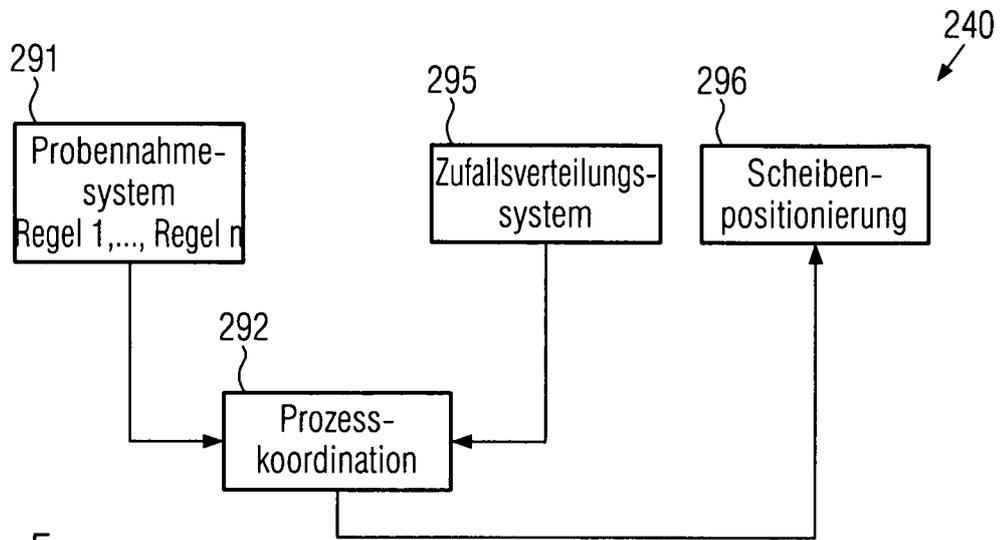


FIG. 5

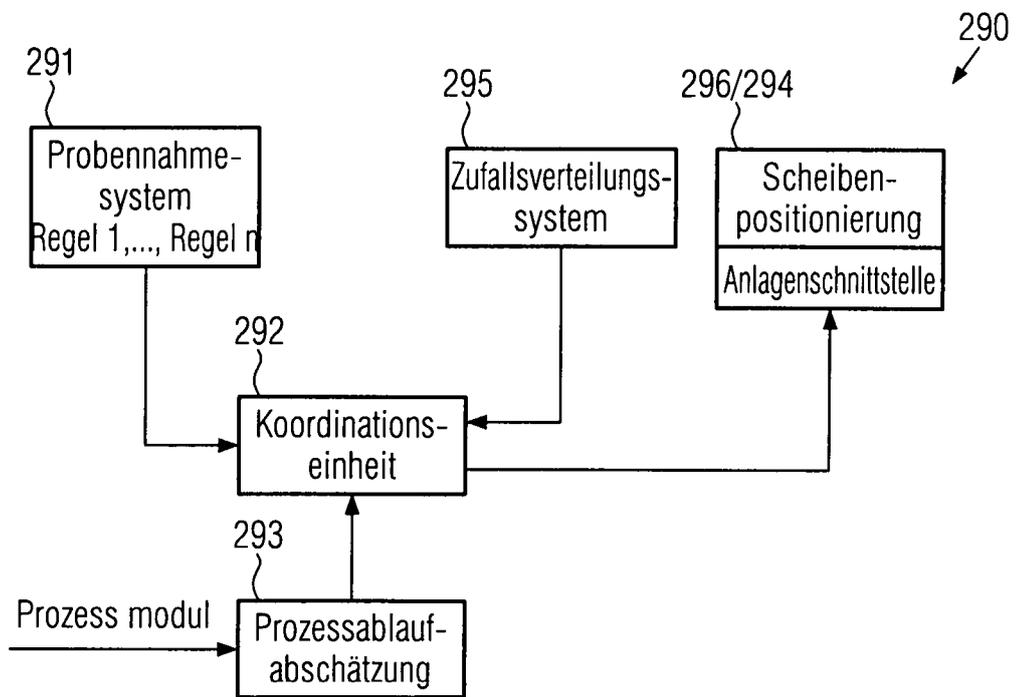


FIG. 6

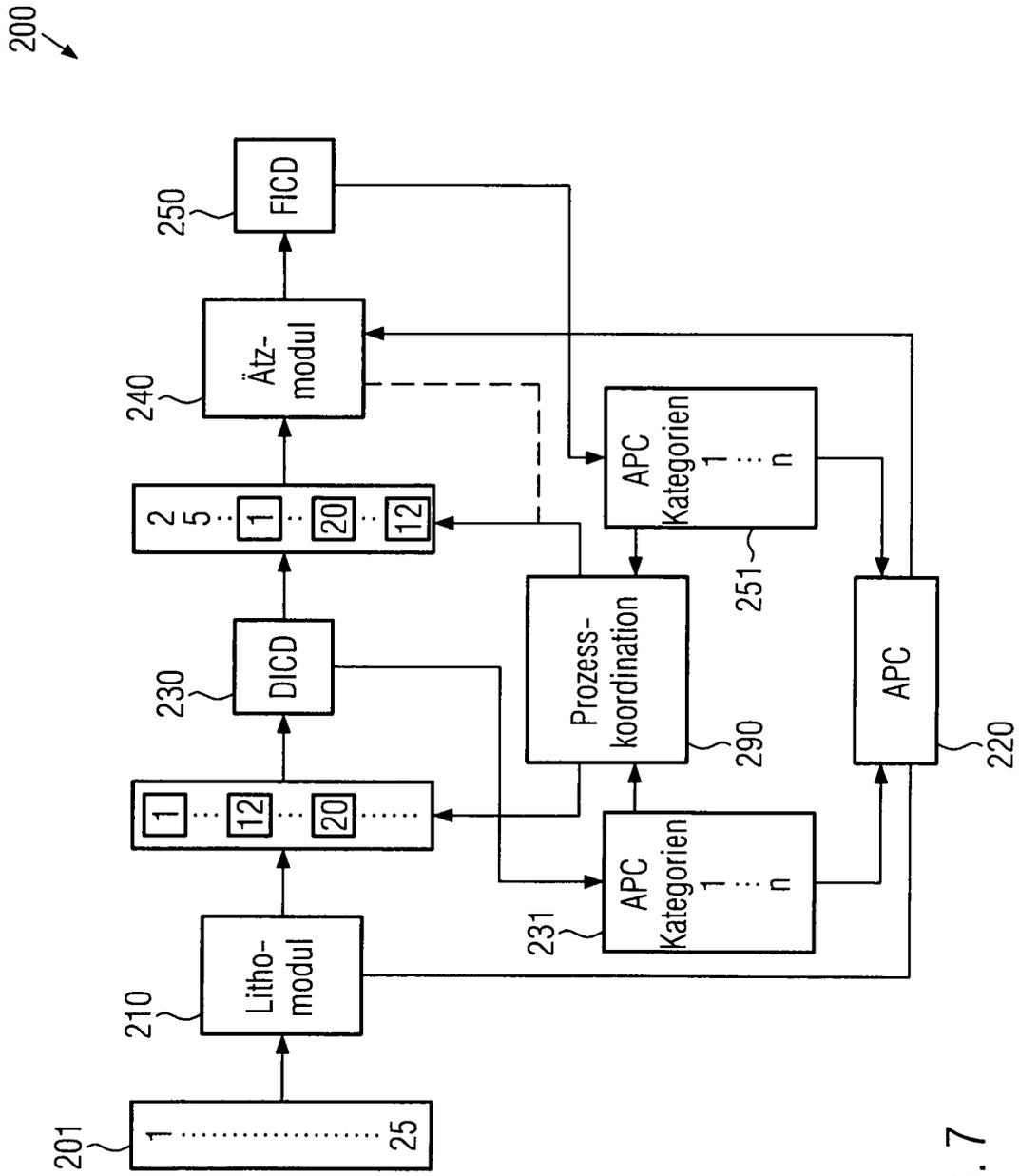


FIG. 7