Manipulator, Andockverfahren dafür und in dem Verfahren verwendbarer Datenträger

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Manipulator zum Andocken eines Prüfkopfs an ein Peripheriegerät, ein mit dem Manipulator durchführbares Andockverfahren und einen Datenträger zur Verwendung in dem Andockverfahren.

Prüfköpfe werden in der Halbleiterindustrie verwendet, um an Halbleiterbauelementen in verschiedenen Phasen ihrer Fertigung Funktionsprüfungen vorzunehmen. Dazu muss der Prüfkopf an einen Anschluss eines Peripheriegeräts angedockt werden, in dem sich die zu prüfenden Halbleiterbauelemente befinden, und in dem typischerweise vorher ein Schritt des Fertigungsprozesses stattgefunden hat, dessen Ergebnis mit Hilfe des Prüfkopfs ermittelt werden soll.

Um eine solche Prüfung an einer großen Zahl von auf einem gemeinsamen Substrat erzeugten integrierten Schaltungen oder deren Vorstufen vornehmen zu können, wird eine große Zahl von Kontakten des Prüfkopfs und von mit Kontakten des Prüfkopfs verbundenen Leitungen benötigt; die im Rahmen eines Prüfvorgangs freigesetzte Leistung erfordert eine wirksame Kühlung, für die das benötigte Kühlmedium ebenfalls üblicherweise über den Prüfkopf zu- und abgeführt wird. Die Masse eines solchen Prüfkopfs ist daher beträchtlich, und auch die Menge der daran angeschlossenen Leitungen macht den Prüfkopf schwer beweglich.

Es ist daher üblich, zum Bewegen eines Prüfkopfs zwischen einer bei Nichtgebrauch eingenommenen

Ruheposition und einer Andockposition an einem Peripheriegerät einen Manipulator einzusetzen, wie z.B. in US 2006/0177298 A1 beschrieben. Dieser bekannte Manipulator umfasst eine Basis und einen Halter, der in Bezug auf die Basis in drei Translations- und zwei Rotationsfreiheitsgraden beweglich ist und an dem der Prüfkopf in einem dritten Rotationsfreiheitsgrad schwenkbar aufgehängt ist.

In einer typischen Anwendungssituation wird der Manipulator mit im Wesentlichen horizontal orientierter Anschlussfläche des Prüfkopfs unter eine Unterseite des Peripheriegeräts geschoben, in der sich der anzudockende Anschluss befindet. Da Prüfkopf und Manipulator die Sicht auf den Anschluss versperren, ist es schwierig, den Manipulator so unter dem Peripheriegerät zu platzieren, dass zum Andocken ein einfaches Anheben des Prüfkopfs genügt.

Um Ungenauigkeiten der Platzierung ausgleichen zu können, können der Prüfkopf und das Peripheriegerät mit komplementären Zentrierstiften und Aufnahmen versehen sein, die beim Anheben des Testkopfs ineinander einrücken und dabei die Position des Prüfkopfs relativ zum Anschluss immer genauer festlegen, bis schließlich beide mit der für die Durchführung des Prüfvorgangs erforderlichen Genauigkeit aufeinandertreffen. Wenn allerdings der Manipulator so ungenau platziert ist, dass die Zentrierstifte und Aufnahmen einander bei Anheben verfehlen, können schwere Schäden am Prüfkopf oder am Peripheriegerät die Folge sein.

Aus US2024/0036586 A1 ist ein autonom navigierender Roboter bekannt, der einen bildgebenden Sensor wie etwa eine Kamera oder LIDAR einsetzt, um eine Karte seiner Umgebung zu erzeugen und sich in dieser Umgebung zu orientieren.

KR 20210125107 A offenbart ein System, bei dem zum Kalibieren eines Roboters, der in einer

Substratbearbeitungskammer Substrate manipulieren soll, eine Kamera wird zeitweilig an der Substratbearbeitungskammer montiert wird. Die Kalibrierung ermöglicht es dem Roboter, Substrate präzise zu manipulieren, nachdem die Kamera wieder entfernt worden ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren und Mittel zu dessen Durchführung anzugeben, die ein schnelles und sicheres Andocken eines Prüfkopfs an einem Anschluss eines Peripheriegeräts ermöglichen.

Die Aufgabe wird einem Aspekt der Erfindung zufolge gelöst, indem bei einem Manipulator mit einem Halter für einen Prüfkopf, der in mehreren Freiheitsgraden zwischen einer Bereitschaftsposition und einer Andockposition an einem Andockanschluss eines Peripheriegeräts bewegbar ist, um Messungen an Halbleiterkomponenten in dem Peripheriegerät vorzunehmen, der Halter eine Datenlesevorrichtung trägt, die eingerichtet ist, in einer Zwischenposition, die der Halter auf dem Weg von der Bereitschaftsposition zur Andockposition einnimmt, Daten des Peripheriegeräts zu lesen, und eine Navigationseinheit eingerichtet ist, die Andockposition anhand der gelesenen Daten anzusteuern.

Um ein schnelles und sicheres Andocken zu ermöglichen, genügt es daher, den Manipulator in einer Zwischenposition zu platzieren, in der das Lesen der Daten möglich ist, um von dort aus die Andockposition automatisch ansteuern zu können.

Die gelesenen Daten können eine Wegbeschreibung beinhalten, der die Navigationseinheit folgen kann, um die Andockposition zu erreichen.

Einer bevorzugten Ausgestaltung zufolge ist die Datenlesevorrichtung ein bildgebender Sensor, insbesondere eine Kamera, und ist ausgerichtet, um eine

einer Anschlussfläche des Prüfkopfs mit Abstand gegenüberliegende Oberfläche zu erfassen. Diese gegenüberliegende Oberfläche ist, wenn sich der Prüfkopf in der Zwischenposition befindet, typischerweise eine Oberfläche des Peripheriegeräts, die zu dessen Anschluss benachbart ist und an der ein von der Datenlesevorrichtung zu lesender Datenträger angebracht ist.

Um eine sichere und reproduzierbare Ablesung der Daten zu gewährleisten, kann wenigstens eine Lichtquelle zum Liefern des für eine Ablesung benötigten Lichtes mit dem bildgebenden Sensor in einer Baueinheit integriert sein.

Um der Navigationseinheit ausgehend von der Zwischenposition das Finden der Andockposition zu erleichtern, kann der Manipulator ferner einen Umgebungssensor zum Erfassen eines Referenzmerkmals des Peripheriegeräts aufweisen, wobei die Navigationseinheit eingerichtet ist, aus einer erfassten Position des Referenzmerkmals und den gelesenen Daten einen Rückschluss auf einen von der Zwischenposition in Richtung der Andockposition zurückzulegenden Weg zu ziehen.

Vorzugsweise ist der Umgebungssensor mit dem bildgebenden Sensor identisch; insbesondere kann ein und dieselbe Kamera die Funktionen sowohl des Umgebungssensors als auch des bildgebenden Sensors wahrnehmen.

Da die Orientierung des Manipulators in Bezug auf das Peripheriegerät vor dem Andocken unterschiedlich sein kann, kann die Richtung eines Weges, den der Prüfkopf von der Zwischenposition zur Andockposition zurücklegen muss, nur in einem auf das Peripheriegerät bezogenen Koordinatensystem eindeutig beschrieben werden. Damit die Navigationseinheit in einem auf den Manipulator oder den Prüfkopf bezogenen Koordinatensystem die richtige Richtung finden

kann, sollte sie eingerichtet sein, aus der Orientierung des Referenzmerkmals in einem Bild des bildgebenden Sensors eine für den Übergang von der Zwischenposition in die Andockposition nötige Drehung zu ermitteln. Eine zurückzulegende Wegstrecke kann hingegen aus den gelesenen Daten ermittelt werden.

Wenn der bildgebende Sensor mit dem Halter beweglich, vorzugsweise am Halter montiert, ist, wirkt sich eine eventuelle Deformation des Manipulators unter der Last des Prüfkopfs und/oder Spiel bei der Steuerung der Bewegung des Halters durch die Navigationseinheit auch auf die Position des bildgebenden Sensors und damit auf die Position des Referenzmerkmals in einem von dem Sensor erzeugten Bild aus; es brauchen daher keine speziellen Korrekturmaßnahmen getroffen zu werden, um die Auswirkungen der Deformation oder des Spiels während des Andockens zu kompensieren.

Insbesondere um ein Spiel in einem Drehbewegungsfreiheitsgrad des Halters wirksam kompensieren zu können, sollte die Kamera an einem von einer Achse der Drehbewegung entfernten Ort des Halters, wie etwa am freien Ende eines den Prüfkopf tragenden Arms, angeordnet sein.

Wenn der Weg von der Zwischenposition zur Andockposition kurz genug ist, damit auch in der Andockposition das Referenzmerkmal noch im Erfassungsbereich des bildgebenden Sensors liegt, dann kann die Navigationseinheit eingerichtet sein, aus den gelesenen Daten eine Sollposition des Referenzmerkmals in einem Bild des bildgebenden Sensors abzuleiten und den Halter in die Andockposition zu steuern, indem sie die Position des Referenzmerkmals in einem Bild des bildgebenden Sensors mit der Sollposition in Übereinstimmung bringt. Da die Navigationseinheit auf diesem Wege laufend Feedback über Abweichungen zwischen Ist- und Sollposition erhält,

ist eine exakte Ansteuerung der Sollposition mit einfachen Mitteln möglich.

Zweckmäßigerweise ist das Referenzmerkmal gleichzeitig Träger der von der Datenlesevorrichtung zu lesenden Daten. Beispielsweise kann das Referenzmerkmal ein am Peripheriegerät angeklebtes oder in anderer geeigneter Weise befestigtes RFID-Etikett sein, das über einen als Datenlesevorrichtung fungierenden Transponder des Manipulators auslesbar ist, und das für eine als Umgebungssensor fungierende Kamera des Manipulators sichtbar ist. Einer bevorzugten Ausgestaltung zufolge ist das Referenzmerkmal ein flächiger Gegenstand, etwa ein Schild oder ein Aufkleber, mit einer ersten Hauptoberfläche, die zur Anlage an einer Oberfläche des Peripheriegeräts eingerichtet ist, und einer zweiten Oberfläche, die einen elektrooptisch lesbaren Code trägt. Zum Lesen des Codes kann ein Laserscanner vorgesehen sein, vorzugsweise wird dafür dieselbe Kamera wie zum Erfassen des Referenzmerkmals verwendet.

Die Aufgabe wird einem zweiten Aspekt der Erfindung zufolge gelöst durch ein Verfahren zum Andocken eines Prüfkopfs an ein Peripheriegerät mit Hilfe eines in mehreren Freiheitsgraden bewegbaren Halters, an dem der Prüfkopf gehalten ist, mit den Schritten:

a) Anbringen eines Datenträgers an einem Peripheriegerät, wobei der Datenträger Daten kodiert, die einen Rückschluss auf einen von einer Zwischenposition des Halters, in der eine von dem Halter getragene Datenlesevorrichtung in der Lage ist, die Daten von dem Datenträger zu lesen, in Richtung einer Andockposition für den Prüfkopf an dem Peripheriegerät zurückzulegenden Weg (D) erlauben;

b) Verbringen des Halters aus einer Ruheposition in die Zwischenposition, und Lesen der Daten;

c) Steuern des Halters mit dem Prüfkopf in die Andockposition anhand der gelesenen Daten.

Der Datenträger kann mit dem Referenzmerkmal identisch sein.

Der Schritt c) umfasst vorzugsweise das
- Erzeugen eines Bildes des Referenzmerkmals;
- Ermitteln einer Sollposition des Referenzmerkmals in dem Bild anhand der gelesenen Daten, und
- Steuern des Halters derart, dass die Position des Referenzmerkmals in dem Bild mit der Sollposition zur Übereinstimmung kommt.

Anhand der gelesenen Daten kann entschieden werden, ob ein automatisches Andocken möglich ist, wobei Schritt c) nur durchgeführt wird, wenn entschieden worden ist, dass das Andocken möglich ist. Wenn entschieden worden ist, dass das Andocken nicht möglich ist, kann stattdessen eine Fehlermeldung generiert werden, um einen Benutzer darauf aufmerksam zu machen, dass ein Andocken, sofern der Prüfkopf mit dem Anschluss des Peripheriegeräts überhaupt physisch kompatibel ist, manuell durchgeführt werden muss.

Die die in Schritt b) gelesenen Daten können unmittelbar eine Beschreibung des zur Andockposition zurückzulegenden Weges beinhalten. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn das Referenzmerkmal nicht mit dem Datenträger identisch ist und eine feste örtliche Beziehung zum Anschluss hat, die vermessen und in dem Datenträger bei dessen Anfertigung codiert werden kann.

Einer bevorzugten Alternative zufolge beinhalten die in Schritt b) gelesenen Daten eine eindeutige Kennung des Peripheriegeräts, an dem der Datenträger angebracht ist. Wenn die Navigationseinheit des Manipulators diese Kennung von der Datenlesevorrichtung empfängt und keine Entsprechung mit gespeicherten Kennungen findet, so führt dies wie oben beschrieben zu einer Fehlermeldung. Wenn

daraufhin das Andocken manuell durchgeführt wird, kann vorgesehen sein, dass die Navigationseinheit den beim manuellen Andocken zurückgelegten Weg oder die Position des Referenzmerkmals im Bild der Kamera nach dem Andocken aufzeichnet und in Verbindung mit der gelesenen Kennung abspeichert. Wenn der Manipulator erneut an dasselbe Peripheriegerät angedockt werden soll und die Kennung erneut gelesen wird, findet die Navigationseinheit den entsprechenden gespeicherten Eintrag und kann anhand dessen das Andocken automatisch durchführen.

Denkbar ist auch, dass die Kennung nicht ein einzelnes Peripheriegerät eindeutig identifiziert, sondern lediglich einen Gerätetyp. Wenn sichergestellt ist, dass der Datenträger bei allen Geräten dieses Typs an derselben Stelle angebracht ist, macht es für das Ansteuern des Anschlusses durch die Navigationseinheit keinen Unterschied, ob die Kennung Peripheriegeräte oder -gerätetypen identifiziert.

Wenn der Datenträger bei allen Geräten eines gleichen Typs an derselben Stelle angebracht ist, können die Daten des Datenträgers anstelle einer Typkennung auch unmittelbar den von der Zwischenposition in die Andockposition zurückzulegenden Weg beschreibende Angaben enthalten.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Manipulators;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Peripheriegeräts;

Fig.3 eine Seitenansicht des Manipulators in einer Zwischenposition des Andockvorgangs, vor dem Peripheriegerät;

Fig. 4 ein Blockdiagramm der Steuerung des Manipulators;

Fig. 5 ein exemplarisches von der Kamera des Manipulators erzeugtes Bild;

Fig. 6 ein Flussdiagramm eines Arbeitsverfahrens der Steuerung gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung;

Fig. 7 ein exemplarisches Bild der Kamera gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung; und

Fig. 8 ein Flussdiagramm. Gemäß der zweiten Ausgestaltung.

Fig. 1 zeigt einen Manipulator 1 in perspektivischer Ansicht. Der Manipulator 1 hat eine Grundplatte 2 mit mehreren Rollen 3, die ein manuelles Verschieben des Manipulators 1 ermöglichen, etwa von einer Bereitschaftsstellung in eine Zwischenstellung, und Füßen 4, die gegen den Boden ausfahrbar sind, um die Rollen 3 vom Boden abzuheben und die Grundplatte 2 relativ zum Boden zu fixieren. Ein erster Schlitten 5 ist an der Grundplatte in x-Richtung eines auf die Grundplatte 2 bezogenen Koordinatensystems beweglich. Die Bewegung führende Schienen sind von Faltenbälgen 6 verdeckt. Der Schlitten 5 trägt einen in y-Richtung beweglichen Schlitten 7, dieser wiederum eine um eine in z-Richtung orientierte, d.h. vertikale Achse 8 drehbare Säule 9 mit einem in z-Richtung verstellbaren Schlitten 10. An dem Schlitten 10 ist ein U-förmiger Halter 11 für einen Prüfkopf 17 um eine horizontale Achse 12 schwenkbar montiert. Zwei Arme 13, 14 des Halters 11 tragen um eine weitere

horizontale Achse 15 schwenkbare Fassungen 16, zwischen denen der hier abgesetzt und schematisch als Quader dargestellte Prüfkopf 17 montierbar ist.

Am distalen Ende des Arms 13 ist eine Kamera 18 mit Blickrichtung senkrecht zur Ebene der Achsen 12, 15 montiert.

Ein freiliegendes Deckglas an der Oberseite der Kamera 18 ist in einer Detailvergrößerung gezeigt. Unter dem Zentrum des Deckglases befindet sich eine Objektivlinse 35 der der Kamera 18; um sie herum sind Lichtquellen 36 wie etwa LEDs verteilt. Die ringförmige Anordnung der Lichtquellen 36 um die Objektivlinse 35 gewährleistet eine von Schlagschatten im wesentlichen freie Ausleuchtung des Sichtfeldes der Kamera 18, so dass örtliche Helligkeitsunterschiede in den von der Kamera 18 gelieferten Bildern eindeutig auf Unterschiede in der Albedo einer angestrahlten Oberfläche zurückgeführt werden können.

Wenn die Lichtquellen 36 schmalbandig emittierende LEDs sind, kann das Deckglas ein für die Emissionswellenlänge der LEDs durchlässiges Farbfilter sein. Indem dieses die Emission der LEDs nicht wesentlich dämpft, aber Umgebungslicht unterdrückt, dessen Wellenlänge nicht mit der Emissionswellenlänge der LEDs übereinstimmt, kann die Empfindlichkeit der Kamera 18 gegen Umgebungslicht reduziert werden.

Als weitere die Toleranz gegen Umgebungslicht verbessernde Maßnahme kann vorgesehen sein, dass die Kamera jeweils nur während einer Verschlussöffnungszeit empfindlich ist und die Lichtquellen gepulst und mit der Verschlussöffnungszeit synchronisiert betrieben werden, um so jeweils in einem Lichtblitz eine höhere Lichtleistung bereitzustellen als im Dauerbetrieb möglich wäre.

Fig. 2 zeigt in einer Ansicht schräg von unten ein Peripheriegerät 20, an dem der Prüfkopf 17 zum Einsatz kommen soll. An der freiliegenden Unterseite 22 einer Prozesskammer 21 des Peripheriegeräts 20 ist ein Anschluss 23 für den Prüfkopf 17 gebildet. Ein Rahmen 24, der eine Durchführungsöffnung 25 des Anschlusses 23 umgibt, trägt mehrere Zentrierstifte 26, die vorgesehen sind, um im Laufe eines Andockprozesses in Aufnahmen 19 des Prüfkopfs 17 einzurücken.

Ein Referenzmerkmal 27 in Form eines Schildes oder Aufklebers ist an der Unterseite 22 außerhalb des Rahmens 24 so angeordnet. Damit ein automatisches Andocken möglich ist, , wenn der Manipulator 1 so unter die Prozesskammer 21 geschoben worden ist, dass der Prüfkopf 17 wie in Fig. 3 gezeigt in etwa dem Rahmen 24 gegenüberliegt, muss das Referenzmerkmal 27 sich im Blickfeld der Kamera 18 befinden. Damit dies mit ausreichender Sicherheit der Fall ist, sollte das Blickfeld der Kamera 18 in der Ebene der Unterseite 22 in x- und y-Richtung jeweils eine Kantenlänge von nicht unter 10 cm, besser von mindestens 20 cm, haben.

Um eine einfache Erkennung des Referenzmerkmals 27 durch die Kamera 18 und eine sichere Auswertung von in ihm codierten Daten zu gewährleisten, hat die Oberfläche des Referenzmerkmals vorzugsweise nur zwei diskrete Albedowerte. Indem vorzugsweise ein Teil der Oberfläche retroreflektierend ausgebildet ist, wirft er das Licht der Lichtquellen 36 im wesentlichen nur in Richtung der Frontlinse 35 zurück und erreicht dadurch eine deutlich höhere Albedo als das Referenzmerkmal 27 umgebende Oberflächenbereiche und erleichtert so das Identifizieren des Referenzmerkmals 27 in den Bildern der Kamera 18. Andere Teile der Oberfläche können dunkel gefärbt sein und so eine deutlich niedrigere Albedo aufweisen als die Umgebung des Referenzmerkmals 27. Insbesondere kann das Referenzmerkmal 27 eine

retroreflektierende Folie umfassen, auf die lokal dunkle Strukturen aufgedruckt sind oder die lokal entfernt ist, um Oberflächenbereiche mit der niedrigen Albedo zu bilden.

Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm der Steuerung des Manipulators 1. Eine Navigationseinheit 28 ist mit der Kamera 18 verbunden, um von dieser erzeugte Bilder zu empfangen und um mit Hilfe von aus diesen Bildern extrahierter Information Motoren 29 zum Translatieren des Halters 11 in x-, y- und z-Richtung sowie zum Rotieren mindestens um die vertikale Achse 8 anzusteuern. Die Navigationseinheit 28 kann in den Manipulator 1 eingebaut sein oder diesen von außen steuern. Kraftsensoren 30 an den Aufnahmen 19 können vorgesehen sein, um von den Zentrierstiften 26 und ggf. vom Rahmen 24 ausgeübte Kräfte zu erfassen, die von der Navigationseinheit 28 zum Steuern von den Achsen 12 und 15 zugeordneten Motoren 29 genutzt werden.

In einem Speicher 31 sind Navigationsdaten zu verschiedenen Peripheriegeräten hinterlegt.

Eine Benutzerschnittstelle 32 kann vorgesehen sein, um Befehle zum Steuern der Motoren 29 auch manuell eingeben zu können.

Fig. 5 zeigt exemplarisch ein Bild, wie es von der Kamera 18 aufgenommen werden könnte, nachdem der Manipulator 1 von Hand unter die Prozesskammer 21 des Peripheriegeräts 20 geschoben worden ist. Zu sehen ist ein Ausschnitt der Unterseite 22 mit einem Teil des Rahmens 24 und dem Referenzmerkmal 27. Das Referenzmerkmal 27 umfasst einerseits Daten und eine andererseits eine Orientierungsmarke, hier dargestellt als Buchstaben und eine Art Fadenkreuz. Beide können durch einen Strich- oder QR-Code ersetzt oder ergänzt sein.

Nachdem der Manipulator 1 in der Zwischenstellung platziert worden ist (S0), wird die Navigationseinheit 28 aktiviert, um ein automatisches Andocken des Prüfkopfs 17 an den Anschluss 23 zu steuern. Das daraufhin von der Steuereinheit ausgeführte Betriebsverfahren ist in Fig. 6 dargestellt. In einem ersten Schritt S1 liest die Navigationseinheit 28 das aktuelle Bild von der Kamera 18 ein. Wenn sich bei der Auswertung des Bildes in Schritt S2 herausstellt, dass kein Referenzmerkmal im Bild zu finden ist, bricht das Verfahren mit einer Fehlermeldung S3 ab, die den Anwender darauf hinweist, dass der Manipulator 1 genauer platziert werden muss. Wenn das erledigt ist, kann das Verfahren erneut gestartet werden.

Wenn ein Referenzmerkmal im Bild vorhanden ist, extrahiert die Navigationseinheit 28 die darin enthaltenen Daten in Schritt S4.

Einer ersten Ausgestaltung des Verfahrens zufolge enthalten die Daten eine eindeutige Kennung des Peripheriegeräts 20. Die Navigationseinheit 28 prüft in Schritt S5, ob ein mit dieser Kennung verknüpfter Datensatz in den Navigationsdaten des Speichers 31 enthalten ist.

Wenn ja, dann ermittelt sie aus diesem Datensatz in Schritt S6 eine Sollposition und -orientierung des Referenzmerkmals 27, in Fig. 5 mit gestrichelten Linien dargestellt und von dem realen Referenzmerkmal 27 durch einen Weg D beabstandet, und steuert die der Translation in x- und y-Richtung und der Drehung um die Achse 8 zugeordneten Motoren (S7) und liest dabei bei Bedarf neue Bilder von der Kamera 18, bis in S8 eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Position und Orientierung des im aktuellen Bild der Kamera 18 sichtbaren Referenzmerkmals 27 mit der Sollposition und -orientierung festgestellt wird. Insbesondere kann die Navigationseinheit 28 jeweils aus dem in einem Bild

ermittelten Versatz zwischen Soll- und Istposition und
-orientierung des Referenzmerkmals 27 eine Korrektur der Position des Halters 11 in x- und y-Richtung und der Orientierung um die Achse 8 berechnen, die berechneten Korrekturen vornehmen und danach ein weiteres Bild erzeugen.

Wenn Istposition und -orientierung des Referenzmerkmals 27 mit befriedigender Genauigkeit mit den Sollwerten übereinstimmen, dann befindet sich der Prüfkopf 17 in einer solchen Position unter dem Anschluss 23 – hier als Einrückposition bezeichnet - dass bei einem Anheben des Halters 11 (S9) die Zentrierstifte 26 zuverlässig in die Aufnahmen des Prüfkopfs 17 einrücken und dieser exakt am Rahmen 24 zur Anlage kommt.

Wenn in Schritt S5 kein mit der Kennung verknüpfter Datensatz gefunden wird, kann das Verfahren ebenfalls mit einer Fehlermeldung abbrechen. Vorzugsweise und wie in Fig. 6 dargestellt, wird dem Anwender jedoch stattdessen ein Hinweis angezeigt (S10), dass zu diesem Peripheriegerät 20 keine Navigationsdaten vorliegen und das Andocken an den Anschluss 23 deswegen manuell gesteuert werden muss. Wenn der Anwender daraufhin eine solche Steuerung über die Benutzerschnittstelle 32 vornimmt, zeichnet die Navigationseinheit 28 in Schritt S11 die Position und Orientierung auf, die das Referenzmerkmal 27 im unmittelbar vor dem Beginn des Anhebens des Prüfkopfs aufgenommenen Bild der Kamera 18 innehat, und verknüpft diese in den Navigationsdaten im Speicher 31 mit der in Schritt S4 ermittelten Kennung. Durch das manuell gesteuerte Anheben wird der Prüfkopf 17 angedockt; wenn der Manipulator 1 später erneut an demselben Peripheriegerät 20 in die Zwischenstellung gebracht wird, liegen im Speicher 31 die Navigationsdaten vor, anhand derer die Navigationseinheit 28 das Andocken

mit den Schritten S6-S9 selbsttätig durchführen kann.

Um ein existierendes Peripheriegerät für die Anwendung im Rahmen der Erfindung tauglich zu machen, genügt es, das Referenzmerkmal 27 an diesem Gerät so anzubringen, dass es von der Kamera 18 gesehen werden kann, wenn der Messkopf 17 in der Einrückposition ist. Dadurch ist die Position des Referenzmerkmals 27 am Peripheriegerät nur grob festgelegt, und das Referenzmerkmal 27 kann, z.B. in Form eines Aufklebers, schnell und ohne Einsatz von Werkzeug und Messinstrumenten platziert werden. Außer der Kennung braucht das Referenzmerkmal keine weiteren Daten zu enthalten, da der der Kennung entsprechende Weg D für jedes einzelne Peripheriegerät, an dem der Manipulator 1 zum Einsatz kommt, von dessen Navigationseinheit 28 einzeln erlernt wird.

Einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung zufolge wird das Referenzmerkmal 27 am Peripheriegerät 20 in exakter örtlicher Beziehung zu dessen Anschluss 23 platziert, z.B. wie in Fig. 7 gezeigt, mit Hilfe einer (in der Fig. durch Schraffur hervorgehobenen) Lehre 33, die an eine Ecke des Rahmens 24 angelegt wird und durch ihre Gestalt, hier etwa durch freie Ränder 34, eine Sollposition definiert, an der das Referenzmerkmal 27 an der Unterseite 22 angebracht werden soll. Da so die Position des Referenzmerkmals 27 relativ zum Anschluss 23 eindeutig festgelegt ist, muss die Sollposition des Referenzmerkmals 27 im Bild der Kamera nicht im Einzelfall erlernt werden, sondern kann vor Anbringung des Referenzmerkmals 27 ermittelt und auf dem Referenzmerkmal 27 in maschinenlesbarer Form vermerkt sein.

Das Arbeitsverfahren der Navigationseinheit 28 gemäß dieser Ausgestaltung ist in Fig. 8 gezeigt. In den Schritten S0-S4 ist es mit dem von Fig. 6 identisch. In Schritt S5' rotiert die Navigationseinheit 28 den Messkopf 17 um die Achse 8, um die

Orientierung des realen Referenzmerkmals 27, so wie es in den Bildern der Kamera 18 erscheint, an die Sollorientierung anzugleichen. Um zu verhindern, dass das Referenzmerkmal 27 dabei das Blickfeld der Kamera 18 verlässt, können Korrekturbewegungen der Schlitten 5, 7 in x- und y-Richtung erforderlich sein. Nachdem die Orientierung abgeglichen ist, genügt es, den Halter 11 in x- und y-Richtung so zu verschieben, dass das Referenzmerkmal 27 in den Bildern der Kamera an einer in den auf dem Referenzmerkmal 27 vermerkten Daten definierten Position zu liegen kommt (S6'); wenn das geschehen ist, ist die Einrückposition erreicht, aus der heraus der Messkopf 17 in Schritt S7' angehoben und an den Anschluss 23 angedockt werden kann.

Einer Variante zufolge ermittelt die Navigationseinheit 18 anhand des Winkels α, um den der Prüfkopf 17 in Schritt S5' gedreht worden ist, eine Transformation zwischen den Achsen x, y des auf die Grundplatte 2 bezogenen Koordinatensystems und auf dem Referenzmerkmal 27, z.B. als Richtungen der Achsen des Fadenkreuzes, definierten Achsen eines Koordinatensystems, in dem der Weg D auf dem Referenzmerkmal 27 vermerkt ist. Dadurch ist die Navigationseinheit 18 in der Lage, den Weg D in vom Prüfkopf 17 in x- und y-Richtung zurückzulegende Strecken umzurechnen und, indem sie eine Translation über diese Strecken steuert, den Messkopf 17 in die Einrückposition zu bringen, selbst wenn in der Einrückposition das Referenzmerkmal 27 nicht mehr im Blickfeld der Kamera 18 liegt .

P43990DE00

Bezugszeichenliste

1	Manipulator
2	Grundplatte
3	Rolle
4	Fuß
5	Schlitten
6	Faltenbalg
7	Schlitten
8	Achse
9	Säule
10	Schlitten
11	Halter
12	Achse
13	Arm
14	Arm
15	Achse
16	Fassung
17	Prüfkopf
18	Kamera
19	Aufnahme
20	Peripheriegerät
21	Prozesskammer
22	Unterseite
23	Anschluss
24	Rahmen
25	Durchführungsöffnung
26	Zentrierstift
27	Referenzmerkmal
28	Navigationseinheit
29	Motor
30	Kraftsensor
31	Speicher
32	Benutzerschnittstelle
33	Lehre
34	Rand
35	Objektivlinse
36	Lichtquelle

Patentansprüche

1. Manipulator(1) mit einem Halter (11) für einen Prüfkopf (17), der in mehreren Freiheitsgraden zwischen einer Bereitschaftsposition und einer Andockposition an einem Andockanschluss (23) eines Peripheriegeräts (20) bewegbar ist, um Messungen an Halbleiterkomponenten in dem Peripheriegerät (20) vorzunehmen, dadurch gekennzeichnet, dass der Halter (11) eine Datenlesevorrichtung trägt, die eingerichtet ist, in einer Zwischenposition, die der Halter (11) auf dem Weg von der Bereitschaftsposition zur Andockposition einnimmt, Daten des Peripheriegeräts (20) zu lesen, und eine Navigationseinheit (28) eingerichtet ist, die Andockposition anhand der gelesenen Daten anzusteuern.

2. Manipulator nach Anspruch 1, bei dem die Datenlesevorrichtung ein bildgebender Sensor (18), insbesondere eine Kamera (18), ist und ausgerichtet ist, um eine einer Anschlussfläche des Prüfkopfs (17) mit Abstand gegenüberliegende Oberfläche (22) zu erfassen, wobei optional der bildgebende Sensor (18) mit einer Lichtquelle in einer Baueinheit integriert ist.

3. Manipulator nach Anspruch 1 oder 2, ferner mit einem Umgebungssensor zum Erfassen eines Referenzmerkmals (27) des Peripheriegeräts (20), wobei die Navigationseinheit (28) eingerichtet ist, aus einer erfassten Position des Referenzmerkmals (27) und den gelesenen Daten einen Rückschluss auf einen von der Zwischenposition in Richtung der Andockposition zurückzulegenden Weg (D) zu ziehen .

4. Manipulator nach Anspruch 3, soweit auf Anspruch 2 rückbezogen, bei dem der Umgebungssensor der bildgebende Sensor (18) ist.

5. Manipulator nach Anspruch 4, bei dem die Navigationseinheit (28) eingerichtet ist, aus der Orientierung des Referenzmerkmals (27) in einem Bild des bildgebenden Sensors (18) eine für den Übergang von der Zwischenposition in die Andockposition nötige Drehung und optional aus den gelesenen Daten eine für den Übergang zurückzulegende Wegstrecke zu ermitteln.

6. Manipulator nach Anspruch 4 oder 5, bei dem der bildgebende Sensor (18) mit dem Halter (11) beweglich ist und optional die Navigationseinheit (28) eingerichtet ist, aus den gelesenen Daten eine Sollposition des Referenzmerkmals (27) in einem Bild des bildgebenden Sensors (18) abzuleiten und den Halter (11) in die Andockposition zu steuern, indem sie die Position des Referenzmerkmals (27) in einem Bild des bildgebenden Sensors (18) mit der Sollposition in Übereinstimmung bringt.

7. Manipulator nach einem der Ansprüche 3 bis 6, bei dem das Referenzmerkmal (27) ein Träger der von der Datenlesevorrichtung zu lesenden Daten ist.

8. Manipulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Navigationseinheit (28) eingerichtet ist, anhand der gelesenen Daten zu entscheiden (S2, S5), ob sie in der Lage ist, ein Andocken zu steuern, und optional die Andockposition nur anzufahren (S6-S8), nachdem entschieden worden ist, dass das Andocken möglich ist, und/oder eine Fehlermeldung zu generieren (S3, S10), wenn entschieden worden ist, dass sie nicht in der Lage ist, das Andocken zu steuern.

9. Verfahren zum Andocken eines Prüfkopfs (17) an ein Peripheriegerät (20) mit Hilfe eines in mehreren Freiheitsgraden bewegbaren Halters (11), an dem der Prüfkopf (17)gehalten ist, mit den Schritten:
a) Anbringen eines Datenträgers (27) an einem Peripheriegerät (20), wobei der Datenträger (27) Daten kodiert, die einen Rückschluss auf einen von einer Zwischenposition des Halters (11), in der eine von dem Halter (11) getragene Datenlesevorrichtung (18) in der Lage ist, die Daten von dem Datenträger (27) zu lesen, in Richtung einer Andockposition für den Prüfkopf (17) an dem Peripheriegerät (20) zurückzulegenden Weg (D) erlauben;
b) Verbringen des Halters aus einer Ruheposition in die Zwischenposition (S0) und Lesen (S1) der Daten;
c) Steuern des Halters (11) mit dem Prüfkopf (17) in die Andockposition anhand der gelesenen Daten (S4-S9; S4, S5'-S7').

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Datenträger (27) das Referenzmerkmal (27) ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, bei dem der Schritt c) das
- Erzeugen (S1) eines Bildes des Referenzmerkmals (27);
- Ermitteln einer Sollposition des Referenzmerkmals in dem Bild anhand der gelesenen Daten, und
- Steuern (S4-S9) des Halters (11) derart, dass die Position des Referenzmerkmals (27) in dem Bild mit der Sollposition zur Übereinstimmung kommt,
umfasst.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, mit dem Schritt

d) Entscheiden (S2, S5), ob ein Andocken möglich ist, anhand der gelesenen Daten, wobei Schritt c) nur durchgeführt wird (S6-S9), wenn entschieden worden ist, dass das Andocken möglich ist, und/oder eine Fehlermeldung zu generiert wird (S3; S10, S11), wenn entschieden worden ist, dass das Andocken nicht möglich ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, bei dem
- die in Schritt b) gelesenen Daten eine eindeutige Kennung des Peripheriegeräts beinhalten und der von der Zwischenposition in die Andockposition zurückzulegende Weg anhand eines der Kennung zugeordneten Speichereintrags ermittelt wird (S4), oder
- das Anbringen des Referenzmerkmals (27) an einer für einen Typ des Peripheriegeräts vorgegebenen Stelle am Peripheriegerät erfolgt, die in Schritt b) gelesenen Daten eine eindeutige Kennung des Typs des Peripheriegeräts beinhalten und der von der Zwischenposition in die Andockposition zurückzulegende Weg anhand eines der Kennung zugeordneten Speichereintrags ermittelt wird, oder
- das Anbringen des Referenzmerkmals (27) an einer für einen Typ des Peripheriegeräts vorgegebenen Stelle am Peripheriegerät erfolgt, die in Schritt b) gelesenen Daten Parameter eines von der Zwischenposition in die Andockposition zurückzulegenden Wegs enthalten.

14. Datenträger (27) zur Anbringung an einem Peripheriegerät (20) in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 9-12, der Daten kodiert, die einen Rückschluss auf einen von einer Zwischenposition des Halters (11), in der eine von dem Halter (11) getragene Datenlesevorrichtung (18) in der Lage ist, die Daten von dem

Datenträger (27) zu lesen, in Richtung einer Andockposition für den Prüfkopf (17) an dem Peripheriegerät (20) zurückzulegenden Weg (D) erlauben.

15. Datenträger nach Anspruch 14, in Form eines flächigen Gegenstands mit einer ersten Hauptoberfläche, die zur Anlage an einer Oberfläche des Peripheriegeräts eingerichtet ist, und einer zweiten Oberfläche, an der die Daten in elektrooptisch lesbarer Form codiert sind, wobei optional die Codierung helle und dunkle Oberflächenbereiche umfasst und weiter optional die hellen Oberflächenbereiche rückreflektierend sind.