

(12)

# Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1141/2005 (51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **G06K 9/00** (2006.01)  
**G03F 9/00** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 2005-07-06  
(43) Veröffentlicht am: 2007-11-15

(30) Priorität:  
07.07.2004 DE 102004032933  
beansprucht.

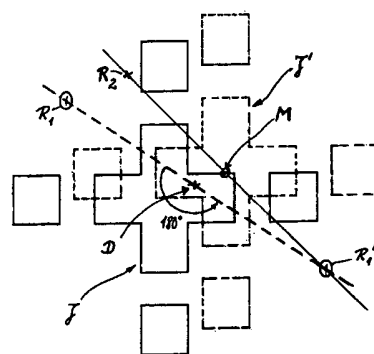
(56) Entgegenhaltungen:  
US 6200708B1 US 6022650A  
JP 11153454A US 5086477A  
DE 2536263A1

(73) Patentanmelder:  
SÜSS MICROTREC LITHOGRAPHY  
GMBH  
D-85748 GARCHING (DE)

## (54) MITTELPUNKTBESTIMMUNG VON JUSTIERMARKEN

(57) Durch die Erfindung wird ein Verfahren zum Bestimmen des Mittelpunkts einer drehsymmetrischen Justiermarke (J) unter Verwendung einer Bilderkennungssoftware bereitgestellt. Die Justiermarke (J) wird dabei durch Drehen der Justiermarke (J) um einen Symmetriewinkel, bezüglich dem die Justiermarke (J) drehsymmetrisch ist, in unterschiedlichen Ausrichtungen durch die Bilderkennungssoftware erkannt und jeweils ein Referenzpunkt ( $R_1$ ,  $R_2$ ) bestimmt. Der Drehpunkt (D) der bestimmten Referenzpunkte ( $R_1$ ,  $R_2$ ) entspricht dem Mittelpunkt der Justiermarke (J). Weiterhin wird ein Verfahren zum Ausrichten zweier flächiger Substrate, die jeweils eine drehsymmetrische Justiermarke aufweisen und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, bereitgestellt. Hierfür werden die Mittelpunkte (M) der Justiermarken der beiden Substrate mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Mittelpunktbestimmung bestimmt und die beiden Substrate so durch paralleles Verschieben zumindest eines der beiden Substrate ausgerichtet, daß die Positionen der Mittelpunkte (M) der Justiermarken übereinstimmen.

Fig.1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des Mittelpunkts von dreh-symmetrischen Justiermarken und die Verwendung dieses Verfahrens zum Ausrichten zweier Substrate, insbesondere einer Maske zu einem Wafer in einem Maskaligner.

- 5 Vor dem Belichten eines Substrats durch eine Maske im Rahmen der Fertigung von Halbleiterbauelementen muß zunächst die Maske zum Substrat positioniert werden. Dies geschieht üblicherweise in einer Maskenpositioniereinrichtung bzw. einem Maskaligner. Sowohl die Maske als auch das Substrat weisen Justiermarken auf, mit deren Hilfe die Maske zum Substrat ausgerichtet werden kann. Während des Ausrichtvorgangs werden die Justiermarken mit einem Justiermikroskop beobachtet. Maske und Substrat sind dann ausgerichtet, wenn die beiden Justiermarken übereinander liegen.

- 15 Um beide Justiermarken auch im ausgerichteten Zustand von Maske und Wafer gleichzeitig beobachten zu können, kann beispielsweise eine der beiden Justiermarken größer ausgeführt sein. Ist also die Anordnung zum Ausrichten so, daß die Maske zwischen dem Justiermikroskop und dem Wafer angeordnet ist, so ist die Justiermarke des Wafers größer ausgeführt als diejenige der Maske. Die Justiermarke auf der Maske und die auf dem Wafer können auch unterschiedliche Geometrien besitzen, also beispielsweise komplementäre Geometrien auf Maske bzw. Wafer. Es ist lediglich wichtig, daß die Strukturkanten der einen Justiermarke nicht von denen der anderen Justiermarke abgedeckt werden.

- 20 In einem modernen Maskaligner wird zum Ausrichten der Maske zum Substrat ein Bilderkennungssystem mit einer Bilderkennungssoftware eingesetzt. Diese Software kann mit einer hohen Präzision gelernte Bilder wiedererkennen und deren Lage bestimmen. Die Software wird zunächst so trainiert, daß das Bild der Justiermarke auf dem Wafer bzw. auf der Maske erkannt wird. Dies erfordert zwei unabhängige Trainingssequenzen, da - wie oben beschrieben - die beiden Justiermarken unterschiedlich groß ausgeführt sein können. Zum Trainieren wird ein Bereich um die Justiermarke festgelegt. Das Bild innerhalb dieses Bereichs kann von der Software wiedererkannt werden. Zur Definition der Position der Justiermarken wird innerhalb des definierten Bereichs ein Bezugspunkt, der als "Ursprung" oder "Origin" (nachstehend: ORIGIN) bezeichnet wird, festgelegt. Die Lage eines wiedererkannten Bildes wird anhand von Koordinaten bezogen auf den ORIGIN des trainierten Bildes ausgegeben. Da das Trainieren der Justiermarken von Maske und Wafer unabhängig voneinander erfolgen muß, werden auch die jeweiligen Referenzpunkte unabhängig voneinander gesetzt.

- 35 Zum Ausrichten eines Wafers zu einer Maske wird die Justiermarke auf der Maske mit Hilfe der trainierten Bilderkennungssoftware erkannt. Die Lage bzw. Position der Masken-Justiermarke wird durch die Koordinaten des ORIGIN der Masken-Justiermarke wiedergegeben. Anschließend wird die gegebenenfalls größere oder anders gestaltete (z.B. komplementäre) Justiermarke auf dem Wafer anhand des in dem unabhängigen Trainingsvorgang trainierten Bildes wiedererkannt und danach dessen Position mit Hilfe des ORIGIN der Wafer-Justiermarke wiedergegeben. Wafer und Maske werden dann so zueinander ausgerichtet, daß die Positionen der jeweiligen Referenzpunkte identisch sind. Im allgemeinen werden mindestens je zwei Justiermarken auf Maske bzw. Wafer beim Ausrichten gleichzeitig zur Deckung gebracht, d.h. deren ORIGIN-Punkte müssen nach dem Ausrichten übereinstimmen. Haben jedoch Maske und Wafer unterschiedliche Abmessungen, was beispielsweise in Folge einer thermischen Ausdehnung der Fall sein kann, kann es sein, daß Maske und Wafer nicht so ausgerichtet werden können, daß die Positionen aller jeweiliger ORIGIN-Punkte auf Maske bzw. Wafer identisch sind. In einem solchen Fall wird dann nach dem kleinsten Fehlerquadrat positioniert.

- 50 Da die ORIGIN-Punkte der Justiermarken von Maske bzw. Wafer, die in zwei unterschiedlichen Trainingsschritten manuell vom Anwender definiert werden, die Lage des wiedererkannten Bildes definieren, ist es wichtig, daß diese ORIGIN-Punkte sowohl für die Justiermarke der Maske als auch für die Justiermarke des Wafers an äquivalenten Positionen bezüglich der Justiermarken liegen. So bietet sich an, die ORIGIN-Punkte möglichst in der Mitte der Justier-

marke, die typischerweise als Justierkreuz ausgeführt ist, zu definieren. Jedoch kann es durch die manuelle Definition der ORIGIN-Punkte zu Fehlern in deren Definition und somit zu Fehlern in der Ausrichtung kommen. Ein solcher Fehler kann zwar im Nachhinein mittels eines sogenannten „Offsets“, d.h. Versatzes, korrigiert werden. Hierzu wird das Belichtungsergebnis auf den belichteten Wafern untersucht und daraus die zu korrigierende Abweichung bestimmt. Dies kann jedoch erst nachträglich, d.h. unter Verursachung zusätzlicher Kosten, und auch dann nur eingeschränkt geschehen.

Aus der DE 25 36 263 A1 ist eine Anordnung zum Orten von Teilen, zum Ausrichten von Masken und zum Feststellen der richtigen Ausrichtung von Masken bekannt. Dabei wird die optische Erfassung der Schenkel einer kreuzförmigen Ausrichtmarke zur Bestimmung der Lage eines die Ausrichtmarke tragenden Teils gezeigt, wobei aus den Abtastsignalen das Zentrum einer kreuzförmigen Ausrichtmarke und damit die Lage des Teils berechnet werden kann. Ferner wird die Anordnung von Referenzmarken an getrennten Orten auf zwei Teilen, deren gegenseitige Lage festgestellt werden soll, gezeigt. Schließlich ist auch die Messung der gegenseitigen Lage zweier überlagerter Ausrichtmarken in Kreuzform dargestellt.

Die US 5 086 477 A zeigt eine Bildverarbeitungseinrichtung zur Analyse von integrierten Schaltkreisen, mit der auch Referenzmarken erkannt werden können.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Bestimmen der Position eines definierten Bezugspunktes (ORIGIN) einer Justiermarke anzugeben, das die Nachteile des bekannten Verfahrens überwindet. Weiterhin ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein automatisiertes Verfahren zum Bestimmen des Mittelpunkts drehsymmetrischer Justiermarken bereitzustellen, das für das Ausrichten mindestens zweier flächiger Substrate zueinander, insbesondere einer Maske und eines Wafers in einem Maskaligner, verwendet werden kann.

Diese Aufgaben werden durch die Merkmale der Ansprüche gelöst.

Bei der Lösung dieser Aufgabe geht die Erfindung von dem Grundgedanken aus, drehsymmetrische Justiermarken einzusetzen und als Bezugspunkt (ORIGIN) deren Drehzentrum oder Mittelpunkt durch Bilderkennung zu ermitteln.

Dabei wird ein Bild der Justiermarke nicht nur einmal sondern mehrmals und in unterschiedlichen Ausrichtungen gesucht. Typische Justiermarken, wie beispielsweise Justierkreuze, besitzen die Eigenschaft, drehsymmetrisch zu sein. Diese Eigenschaft wird von dem erfindungsgemäßen Verfahren genutzt. So ist beispielsweise ein Justierkreuz drehsymmetrisch bezüglich einer Viertelumdrehung, also  $90^\circ$  und aller Vielfacher von  $90^\circ$ , nämlich  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  und  $360^\circ$ . Ein Justierkreuz bleibt bei Drehung um diese Winkel erhalten.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst eine Bilderkennungssoftware beispielsweise durch Festlegen eines vorzugsweise rechteckigen Bildausschnitts, der die zu erkennende Justiermarke enthält, trainiert. Innerhalb dieses Bildausschnitts wird ein Referenzpunkt definiert, der eine erste sehr grobe Annäherung an die zu ermittelnde Position der Justiermarke darstellt. Die Bilderkennungssoftware sucht also in einem ihr vorliegenden digitalen Bild die trainierte Justiermarke. Es kann sich hierbei um das Originalbild handeln, welches zum Trainieren verwendet wurde, oder um ein neues Bild, bei dem der Mittelpunkt einer Justiermarke bestimmt werden soll. Im Gegensatz zu dem bekannten Verfahren muß der Referenzpunkt jedoch nicht notwendig möglichst in der Mitte der Justiermarke liegen, sondern kann an einer beliebigen Stelle innerhalb oder auch außerhalb des Bildausschnitts gesetzt werden. Vorzugsweise wird ein Referenzpunkt gewählt, der nahe des Randes des Bildausschnitts liegt.

Anschließend wird das Bild der Justiermarke um einen Symmetriewinkel gedreht, bezüglich dem die Justiermarke drehsymmetrisch ist. Das Drehen des Bilds der Justiermarke kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass der Bilderkennungssoftware der Bildausschnitt, der die zu

erkennende Justiermarke enthält, um den betreffenden Symmetriewinkel gedreht zugeführt wird. Auch kann die Bilderkennungssoftware die Justiermarke direkt unter einem um einen bestimmten Winkel gedrehten Blickwinkel suchen, beispielsweise dadurch, dass eine Suchmaske, die zum Suchen der Justiermarke über den zu untersuchenden Bildausschnitt gelegt wird, um den gewünschten Winkel gedreht und die Justiermarke innerhalb dieser gedrehten Suchmaske gesucht wird. Man ermöglicht also der Bilderkennungssoftware, die trainierte Justiermarke nicht nur in der ursprünglichen Ausrichtung (Drehwinkel  $0^\circ$ ) sondern auch in einem Winkel der Drehsymmetrie zu suchen und in diesem verdrehten Zustand einen zweiten Referenzpunkt zu bestimmen. Im Fall des Justierkreuzes, das eine vierfache Drehsymmetrie aufweist, kann dieser Winkel also beispielsweise  $\pm 90^\circ$  oder  $\pm 180^\circ$  betragen. Das gedrehte Bild der Justiermarke wird dann durch die Bilderkennungssoftware wiedererkannt und die Position des Referenzpunkts bezüglich des gedrehten Bilds der Justiermarke wird bestimmt. Danach wird durch trigonometrische Analyse das Drehzentrum und damit der Mittelpunkt der Justiermarke aus dem gedrehten ersten Referenzpunkt und dem zweiten Referenzpunkt bestimmt. Dieses Drehzentrum entspricht dem Mittelpunkt der Justiermarke. Wird als Symmetriewinkel der Winkel  $180^\circ$  gewählt, entspricht das Bestimmen des Drehzentrums dem Bestimmen des Mittelpunkts der Verbindungslinie zwischen dem gedrehten ersten und zweiten Referenzpunkt.

Ist der Mittelpunkt (oder ORIGIN) für eine bestimmte Justiermarke gemäß dem Verfahren der Erfindung ermittelt, kann durch die Bilderkennungssoftware beim Wiedererkennen dieser Justiermarke auf demselben Substrat oder beim Erkennen identischer Justiermarken auf weiteren Substraten die Position der Justiermarke anhand des einmal ermittelten Mittelpunkts wiedergegeben werden. Die Bestimmung des Mittelpunkts kann also sowohl beim Trainieren als auch beim Wiederauffinden identischer Justiermarken auf anderen Substraten erfolgen. Die Genauigkeit kann durch mehrfaches Wiederholen des erfindungsgemäßen Verfahrens erhöht werden. Der für eine Justiermarke gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren bestimmte Mittelpunkt kann somit auch als neuer ORIGIN für die Positionierung weiterer Substrate mit den gleichen Justiermarken verwendet werden.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Ausrichten zweier flächiger Substrate, die beide eine drehsymmetrische Justiermarke aufweisen und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, werden die Mittelpunkte der Justiermarken der beiden Substrate jeweils unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Mittelpunktsbestimmung bestimmt, und die beiden Substrate anschließend durch paralleles Verschieben zumindest eines der beiden Substrate so ausgerichtet, daß die Positionen der Mittelpunkte der Justiermarken übereinstimmen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Mittelpunktsbestimmung ist dabei aber nicht auf einen Maskaligner beschränkt, sondern kann überall dort verwendet werden, wo drehsymmetrische Justiermarken zueinander positioniert werden sollen. Während in bekannten Verfahren die Bestimmung des Mittelpunkts der Justiermarke manuell nur mit einer Pixel-Auflösung erfolgen kann, arbeitet die Bilderkennungssoftware mit einer Subpixelauflösung. Durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Mittelpunktsbestimmung kann diese hohe Genauigkeit der Bilderkennungssoftware für das Ausrichten zweier oder mehrerer Substrate genutzt werden.

Die Erfindung wird im folgenden unter Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch das erfindungsgemäße Verfahren bei einer Drehung um  $180^\circ$  und  
Fig. 2. schematisch das erfindungsgemäße Verfahren bei einer Drehung um  $-90^\circ$ .

In Fig. 1 und 2 ist mit durchgezogenen Linien jeweils eine typische Justiermarke J dargestellt, die als Justierkreuz ausgeführt ist. Die Bilderkennungssoftware ist so trainiert, daß sie dieses Justierkreuz J wiedererkennt. Das Bilderkennungssystem erkennt zunächst auf dem Substrat das Justierkreuz J in der ursprünglichen Ausrichtung (Drehwinkel  $0^\circ$ ). Nach Festlegen eines ersten Referenzpunktes  $R_1$  im Bereich der Justiermarke J wird das Bild der Justiermarke J mit

dem ersten Referenzpunkt  $R_1$  um einen Drehpunkt D mit einem Drehwinkel, der einem Symmetriewinkel, bezüglich dem die Justiermarke dreh-symmetrisch ist, entspricht, gedreht, so daß das Bilderkennungssystem ein gedrehtes Bild  $J'$  der Justiermarke J mit dem ebenfalls (mit)gedrehten Bild  $R'_1$  des ersten Referenzpunktes  $R_1$  erhält. Dann wird die Lage des so gedrehten Bildes  $J'$  (in Fig. 1 und 2 gestrichelt dargestellt) des Justierkreuzes J von der Bilderkennungssoftware erkannt und ein zweiter Referenzpunkt  $R_2$  für das gedrehte Bild  $J'$  entsprechend der Lage des ersten Referenzpunktes  $R_1$  bestimmt. Die Position des zweiten Referenzpunktes  $R_2$  bezüglich des gedrehten Bildes  $J'$  der Justiermarke entspricht der Position des ersten Referenzpunktes  $R_1$  bezüglich des nicht gedrehten Bildes J der Justiermarke. In dem in Fig. 1 gezeigten Fall beträgt der Drehwinkel  $180^\circ$ , in Fig. 2 wird um einen Drehwinkel von  $-90^\circ$  gedreht.

Die Position des gedrehten, ersten Referenzpunktes  $R'_1$  ist eingezeichnet. Da im Fall der Fig. 1 als Drehwinkel  $180^\circ$  gewählt wurde, kann das Drehzentrum der dreh-symmetrischen Justiermarke durch Bestimmen des Mittelpunkts M der Verbindungslinie zwischen den beiden Referenzpunkten  $R'_1$  und  $R_2$  ermittelt werden.

Dieses Drehzentrum ist der gesuchte Mittelpunkt (ORIGIN) der dreh-symmetrischen Justiermarke.

Im Falle der in Fig. 2 dargestellten Drehung um  $-90^\circ$  um einen Drehpunkt D wird der erste Referenzpunkt  $R_1$  in den um  $-90^\circ$  gedrehten ersten Referenzpunkt  $R'_1$  überführt und das um  $-90^\circ$  gedrehte, gestrichelt gezeichnete Bild  $J'$  der Justiermarke durch den dem ersten Referenzpunkt  $R_1$  entsprechenden Referenzpunkt  $R_2$  ergänzt. Aus diesen beiden Referenzpunkten  $R'_1$  und  $R_2$  wird das Drehzentrum des um  $-90^\circ$  gedrehten, gestrichelt gezeichneten Bildes  $J'$  der dreh-symmetrischen Justiermarke als Mittelpunkt M ermittelt, wobei M,  $R'_1$  und  $R_2$  die Ecken eines gleichschenkligen, rechtwinkligen Dreiecks mit dem rechten Winkel am gesuchten Mittelpunkt M des gedrehten Bildes  $J'$  der Justiermarke sind.

In einer Ausführungsform der Erfindung werden mehrere Referenzpunkte in um verschiedene Drehwinkel gedrehten Bildern bestimmt, also beispielsweise bei Drehung um  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$ . Somit kann das Drehzentrum aus mehreren Referenzpunkten bestimmt werden, was die Genauigkeit des Verfahrens erhöht.

Die erfindungsgemäße Mittelpunktsbestimmung ermöglicht ferner, das Trainieren der Justiermarken weiter zu automatisieren. Hierfür fokussieren die Justiermikroskope zunächst mit einer kleinen Vergrößerung eine Stelle der Maske, an welcher sich die Justiermarken befinden. Typischerweise werden auf Masken bzw. Wafern Justiermarken-Paare verwendet, die an symmetrischen Positionen bezüglich der Mitte des Wafers angeordnet und gleichzeitig während des Justiervorgangs beobachtet werden. Sind keine Daten zur Position der Justiermarken auf dem Substrat vorhanden, sollte mit der Suche auf der Mittelachse der Maske begonnen werden. Die Justiermikroskope fahren dann vorzugsweise vom Mittelpunkt der Maske mäanderförmig nach außen. Auf den so mit den Videomikroskopen aufgenommenen Bildern werden mit Hilfe einer Bilderkennungssoftware, beispielsweise der Cognex-Software, Justiermarken durch Vergleich gefundener Strukturen mit Justiermarken aus einer Datenbank gesucht. Hierbei sollte die Skalierung bzw. die Größe der Justiermarken zunächst freigegeben sein. Werden Justiermarken gefunden, werden diese auf ihre Plausibilität hin überprüft. So kann beispielsweise überprüft werden, ob die Justiermarken den gleichen Abstand von der Mitte der Maske haben, ob die auf einer Maske gefundenen Justiermarken in der Größe oder deren Drehwinkel übereinstimmen usw. Wird aufgrund der o.g. Kriterien ein Justiermarkenpaar ausgewählt, werden die Justiermikroskope über den Justiermarken positioniert und das Mikroskop gegebenenfalls auf eine höhere Vergrößerung umgeschaltet. Die Mikroskope können dann nachjustiert und die Plausibilität erneut überprüft werden.

Da die Justiermarken unterschiedliche Größen aufweisen können, wird die Größe einer Justiermarke im Vergleich zu einer Standardmarke durch einen Skalierungsfaktor beschrieben.

Aufgrund dieses Skalierungsfaktors wird die Größe des Bildausschnitts berechnet und um die Justiermarke gelegt. Der Referenzpunkt wird innerhalb oder außerhalb dieses Bildausschnitts gelegt, und das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung des Mittelpunkts der Justiermarke wird ausgeführt.

5

## Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen des Mittelpunkts einer drehsymmetrischen Justiermarke unter Verwendung einer Bilderkennungssoftware mit den Schritten:
  - (a) Erkennen der Justiermarke (J) durch die Bilderkennungssoftware und Festlegen der Position eines ersten Referenzpunkts ( $R_1$ ) im Bereich der Justiermarke (J),
  - (b) Drehen des Bildes (J) der Justiermarke um einen Symmetriewinkel bezüglich dem die Justiermarke drehsymmetrisch ist,
  - (c) Wiedererkennen des gedrehten Bildes (J') der Justiermarke durch die Bilderkennungssoftware und Bestimmen der Position eines zweiten Referenzpunktes ( $R_2$ ) in dem gedrehten Bild (J') der Justiermarke, dessen Position bezüglich des gedrehten Bildes (J') der Justiermarke der Position des ersten Referenzpunktes ( $R_1$ ) bezüglich des nicht gedrehten Bildes (J) der Justiermarke entspricht
  - (d) Bestimmen des Drehzentrums der Justiermarke aus dem gedrehten ersten Referenzpunkt ( $R_1$ ) und dem zweiten Referenzpunkt ( $R_2$ ) als Mittelpunkt des gedrehten Bildes (J') der Justiermarke.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei vor dem Schritt (d) die Schritte (b) und (c) wiederholt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei vor dem Schritt (d) die Schritte (b) und (c) wiederholt werden bis die Ausrichtung des Bilds der Justiermarke der ursprünglichen Ausrichtung der Justiermarke im Schritt (a) entspricht.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Bilderkennungssoftware vor dem Schritt (a) auf die zu erkennende Justiermarke trainiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Bilderkennungssoftware durch Festlegen eines Bildausschnitts um die zu erkennende Justiermarke trainiert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Justiermarke im wesentlichen vollständig in dem Bildausschnitt liegt.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Referenzpunkt innerhalb oder außerhalb des Bildausschnitts nahe des Rands des Bildausschnitts definiert wird.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Justiermarke ein Justierkreuz aufweist.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Justiermarke eine geradzählige Drehsymmetrie aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Justiermarke in Schritt (b) um  $180^\circ$  gedreht wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei das Trainieren der Bilderkennungssoftware die Schritte (a) Fokussieren eines Justiermikroskops auf einen Ausschnitt des Substrats, innerhalb dessen sich eine Justiermarke befindet, (b) Suchen der Justiermarke in dem beobachteten Bildausschnitt durch Vergleich von in dem beobachteten Bildausschnitt gefundenen Strukturen mit Justiermarken aus einer Datenbank und (c) Überprüfen

der Plausibilität der gefundenen Justiermarke aufweist.

- 5 12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Ausschnitt des Substrats, innerhalb dessen sich eine Justiermarke befindet, durch Verfahren des Justiermikroskops über die Fläche des Substrats bestimmt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Justiermikroskop vom Mittelpunkt des Substrats mäanderförmig nach außen verfahren wird.
- 10 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die Plausibilität dadurch überprüft wird, daß geprüft wird, ob Justiermarken an symmetrischen Positionen auf dem Substrat gefunden werden und/oder ob auf einem Substrat gefundene Justiermarken in der Größe und/oder dem Drehwinkel übereinstimmen.
- 15 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei das Justiermikroskop nach dem Trainieren der Bilderkennungssoftware auf eine höhere Vergrößerung umgeschaltet wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei nach dem Umschalten des Justiermikroskops auf eine höhere Vergrößerung die Plausibilität der gefundenen Justiermarke erneut überprüft wird.
- 20 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei die Größe der gefundenen Justiermarke im Vergleich zu einer Standardmarke durch einen Skalierungsfaktor beschrieben wird.
- 25 18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Größe des für die Mittelpunktbestimmung verwendeten Bildausschnitts aufgrund des Skalierungsfaktors berechnet wird.
- 30 19. Verfahren zum Ausrichten zweier oder mehrerer flächiger, im wesentlichen parallel zueinander angeordneter Substrate, wobei beide Substrate eine drehsymmetrische Justiermarke aufweisen, mit den Schritten:
- 35 (a) Bestimmen des Mittelpunkts (M) der Justiermarke eines der beiden Substrate mit dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18,
- (b) Bestimmen des Mittelpunkts (M) der Justiermarke des anderen der beiden Substrate mit dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, und
- (c) Ausrichten der beiden Substrate zueinander durch Verschieben, vorzugsweise paralleles Verschieben zumindest eines der beiden Substrate so, daß die Positionen der beiden in den Schritten (a) und (b) bestimmten Mittelpunkte übereinstimmen.
- 40 20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei eines der Substrate eine Maske und die anderen Substrate Wafer sind.
21. Verfahren nach Anspruch 19, wobei die Substrate Wafer sind.
- 45 22. Verfahren nach Anspruch 19, 20 oder 21, wobei die Außengeometrie der Justiermarke eines der Substrate nicht von der Justiermarke der anderen Substrate verdeckt wird.

## Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

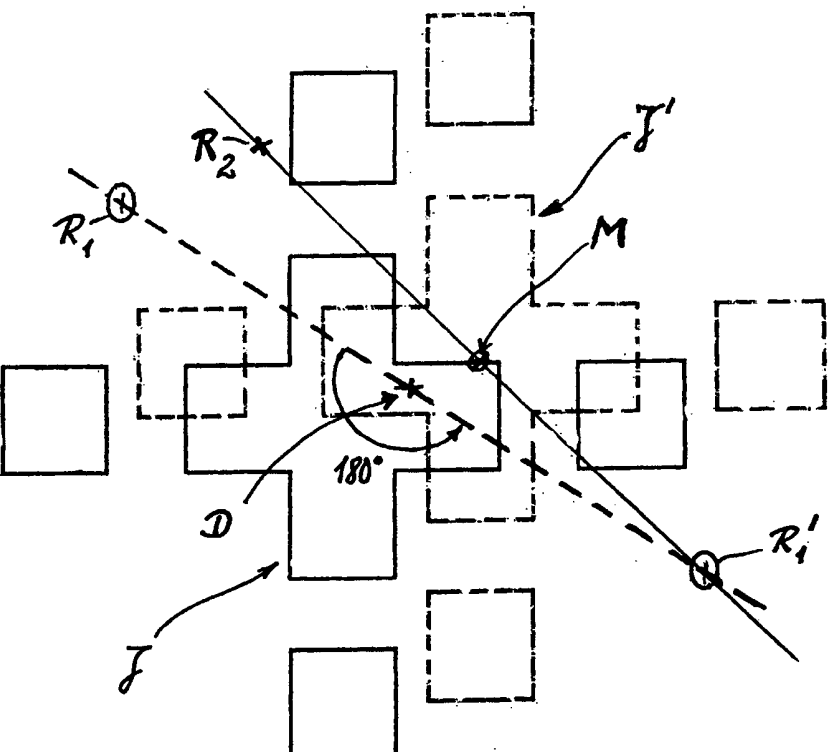


Fig.1

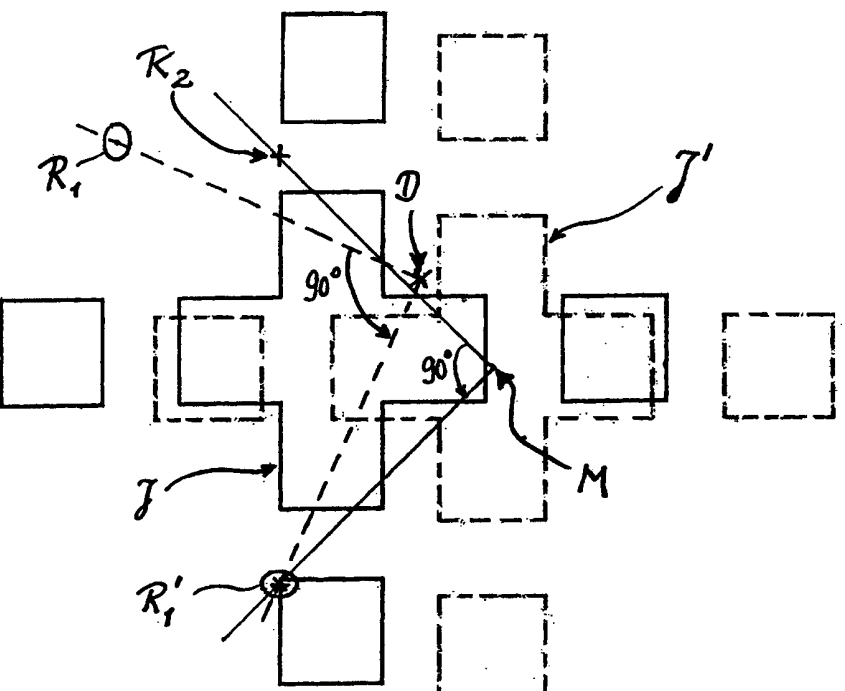


Fig. 2