

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
22. August 2013 (22.08.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/120679 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
G01N 21/95 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2013/051410
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
25. Januar 2013 (25.01.2013)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2012 101 242.3  
16. Februar 2012 (16.02.2012) DE
- (71) **Anmelder:** HSEB DRESDEN GMBH [DE/DE];  
Manfred-von Ardenne-Ring 4, 01099 Dresden (DE).
- (72) **Erfinder:** SIAHKALI, Arman; Timaeusstr. 8, 01099  
Dresden (DE). SROCKA, Bernd; Straße 67, Nr. 15a,  
13125 Berlin (DE). RAUE, Hagen; Ot. Prischwitz Nr. 23,  
02633 Göda (DE).
- (74) **Anwalt:** WEISSE, Renate; Patentanwälte Weisse &  
Wolgast, Bleibtreustr. 38, 10623 Berlin (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,  
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,  
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

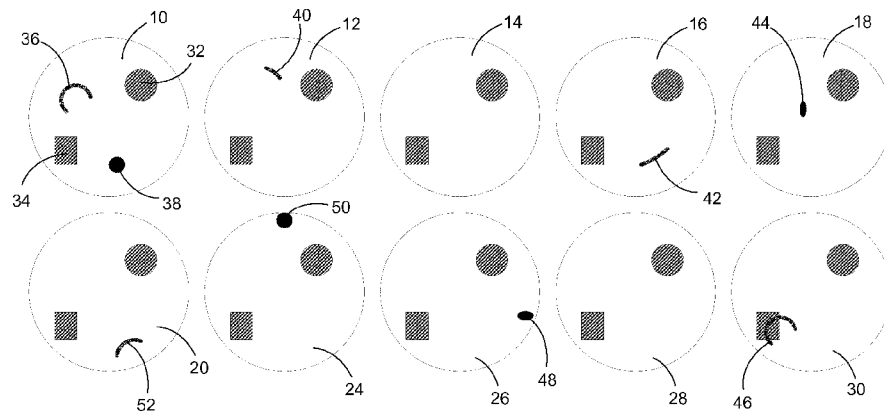
**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu  
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** INSPECTION METHOD

(54) **Bezeichnung:** INSPEKTIONSVERFAHREN



**Fig. 1**

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for the inspection of flat objects, in particular wafers (10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 28, 30), comprising the following steps: recording one digital image of the object surface of several homogeneous objects of a series in each case, wherein each digital image consists of a multiplicity of pixels having an intensity value assigned to the said pixel; and detecting defects on the respective object surface by comparing the recorded image with a reference image; wherein the images of the objects of the whole series are recorded before the comparison with the reference image, and the reference image is generated from several or all images of the series, e.g. by averaging (median) the images of the series.

(57) **Zusammenfassung:** Ein Verfahren zur Inspektion von flachen Objekten, insbesondere Wafer (10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 28, 30), mit den Schritten: Aufnehmen jeweils eines digitalen Bildes der Objektoberfläche mehrerer gleichartiger Objekte einer Serie, wobei jedes digitale Bild aus einer Vielzahl von Bildpunkten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/120679 A1



---

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

mit einem diesem Bildpunkt zugeordneten Intensitätswert besteht; und Erfassen von Defekten auf der jeweiligen Objektoberfläche durch Vergleich des aufgenommenen Bildes mit einem Referenzbild; wobei die Bilder der Objekte der gesamten Serie vor dem Vergleich mit dem Referenzbild aufgenommen werden, und das Referenzbild aus mehreren oder allen Bildern der Serie erzeugt wird, z.B. durch Mittelwertbildung (Median) der Bilder der Serie.

5

PatentanmeldungHSEB Dresden GmbH, Manfred-von-Ardenne-Ring 4, D-01099 DresdenInspektionsverfahren

10

**Technisches Gebiet**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Inspektion von flachen Objekten, insbesondere  
15 Wafer, mit den Schritten:

- (a) Aufnehmen jeweils eines digitalen Bildes der Objektoberfläche mehrerer  
gleichartiger Objekte einer Serie, wobei jedes digitale Bild aus einer Vielzahl von  
Bildpunkten mit einem diesem Bildpunkt zugeordneten Intensitätswert besteht; und
- 20 (b) Erfassen von Defekten auf der jeweiligen Objektoberfläche durch Vergleich des  
aufgenommenen Bildes mit einem Referenzbild.

In verschiedenen Industriezweigen werden flächige Produkte mit optischen,  
bildgebenden Verfahren auf Fehler untersucht. In der Halbleiter- und Solarzellenindustrie  
25 sind dies unter anderem Wafer. Wafer sind Scheiben aus Halbleiter-, Glas-, Folien- oder  
Keramikmaterialien. Die Wafer werden in bestimmten Anwendungen typischerweise  
ganzflächig oder zumindest auf großen Teilflächen geprüft. Diese Prüfung nennt man  
Makro-Inspektion. Die für die Erkennung der gesuchten Fehler erforderliche laterale  
Auflösung steigt dabei mit der Weiterentwicklung der allgemeinen Produktionstechnik.  
30 Typischerweise werden für neue Technologien Auflösungen in der Makro-Inspektion  
von 30 µm verwirklicht. Gleichzeitig sind Geräte mit einem hohen Durchsatz an zu  
prüfenden Wafern wünschenswert.

Analoge Aufgabenstellungen sind in anderen Industriezweigen zu lösen. In der Flat-Panel-Industrie sind die Displays in der Produktion auf Fehler zu prüfen. Dabei werden zum Teil ganzflächig auf den Displays bildgebende Verfahren zur Fehlersuche benutzt. In der Elektroindustrie werden bei der Prüfung von Leiterplatten Fehler mit optischen  
5 Verfahren auf Serien von Prüflingen ermittelt.

Gemeinsam ist allen diesen Anwendungen der Bedarf an schneller Prüfung einer hohen Anzahl von in der Regel gleichartigen Prüflingen. Solche Objekte sind Leiterplatten, Wafer, Solarzellen, Displays und dergleichen. Gemeinsam ist den Anwendungen auch  
10 der Einsatz von Sensoren zur Erzeugung von großflächigen Abbildungen der Prüflinge. Die Abbildungen können je nach Art des gesuchten Fehlers sowohl mit optisch fotografierenden Systemen als auch mit punktuell arbeitenden Sensoren erzeugt werden. Optisch fotografierende Systeme sind beispielsweise Flächen- oder Zeilenkameras. Punktuell arbeitende Sensoren sind beispielsweise Detektoren zur Messung der  
15 Reflektion von optischen Strahlen, Mikrowellen oder Schallwellen. Es können auch magnetische Sensoren eingesetzt werden.

### **Stand der Technik**

20 Üblicherweise werden eine Vielzahl gleichartiger Wafer oder sonstiger Objekte untersucht. Bekannte Verfahren nutzen für diesen Fall einen besonders guten, möglichst fehlerfreien Wafer als Referenzobjekt. Der fehlerfreie Wafer liefert das „golden image“ als Referenz. Es ist aber auch möglich ein Referenzbild auf andere Weise zu erzeugen,  
25 beispielsweise mathematisch durch Nutzung wiederkehrender Strukturen auf einem Wafer oder durch Nutzung mehrerer Wafer.

WO 00/04488 (Rudolph) offenbart ein Verfahren zur Erzeugung eines Referenzbildes durch optische Beobachtung einer Vielzahl von bekannten, guten Wafern. Unbekannte  
30 Wafer werden dann untersucht, wobei ein Modell verwendet wird, welches dieses Referenzbild nutzt.

US 4 644 172 (Sandland) offenbart ein Inspektionsverfahren, bei welchem während eines Trainings manuell ein Referenzbild ausgewählt und gespeichert wird. In vorausgewählten Geometrien wird die Untersuchung durchgeführt und mit dem gespeicherten Referenzbild verglichen. Dabei werden auch Mittelwerte und Standardabweichungen gebildet.

Alle bekannten Verfahren nehmen ein Bild auf und vergleichen dieses mit einem - wie auch immer gewonnenen - gespeicherten Referenzbild. Die Erzeugung des Referenzbildes ist aufwändig und erfordert die manuelle Überprüfung. Es werden „Rezepte“ erstellt, in denen beispielsweise Informationen über die Lage der Dies auf dem Wafer berücksichtigt werden. Der Vergleich aller Bilder einer Charge mit gleichartigen Objekten erfolgt aufgrund dieses Aufwands immer mit dem gleichen Referenzbild.

### **Offenbarung der Erfindung**

15

Es ist Aufgabe der Erfindung, die Qualität des Inspektionsverfahrens zu verbessern und die Erzeugung eines Referenzbildes zu automatisieren. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass

- (c) die Bilder der Objekte der gesamten Serie vor dem Vergleich mit dem Referenzbild aufgenommen werden, und
- (d) das Referenzbild aus mehreren oder allen Bildern der Serie erzeugt wird.

20

Anders als bei bekannten Verfahren werden zunächst Bilder für alle Objekte der Serie aufgenommen und erst dann ein Referenzbild erstellt. Dabei werden die Bilder der Objekte der Serie verwendet. Ein perfektes Objekt (z.B. ein perfekter Wafer) ist nicht erforderlich. Bei diesem Verfahren wird das einzelne Objekt gegen die Gruppe geprüft. Auffälligkeiten, die alle Objekte der Serie aufweisen, werden dabei nicht detektiert, sondern nur Einzeldefekte. Das Referenzbild kann automatisch und ohne weiteres manuelles Verarbeiten erstellt werden.

25  
30

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Serie eine Untergruppe einer größeren Charge von Objekten und für jede Untergruppe wird ein eigenes Referenzbild erzeugt. Das Referenzbild ist also sehr nahe an den Bildern von Objekten, die im

Produktions- und Verfahrensablauf im gleichen Zeitraum erzeugt wurden. Da das Referenzbild automatisch, d.h. mit bloßer Rechenleistung erzeugt wird, kommt es auf die Anzahl der zu erzeugenden Referenzbilder auch nicht mehr an.

5 In einer weiteren Ausgestaltung kann das pro Gruppe erzeugte Referenzbild auch gespeichert und zusätzlich mit vorangegangenen und nachfolgenden Referenzbildern verglichen werden. Aus einem solchen Vergleich kann man die tendenzielle Entwicklung der gesamten Produktionsfolge der Objekte verfolgen. So kann geprüft werden, ob ggf. ganze Untergruppen oder Chargen vom allgemeinen Bild der Objekte abweichen, indem  
10 man detektiert ob und/oder wie stark die Referenzbilder voneinander abweichen. In der Halbleiterproduktion können so z.B. Fehlbelackungen ganzer Chargen oder wegdriftende Prozessparameter (z.B. Schichtdicken) automatisch erkannt werden.

Das Referenzbild kann durch Mittelwertbildung der Bilder der Serie erzeugt werden. Es  
15 kann aber auch ein Median oder ein anderes geeignetes Mittelungsverfahren verwendet werden. Darüber hinaus sind natürlich jegliche, übliche Vorverarbeitungsschritte wie De-Bayern, Glätten, Differenzieren je nach dem konkreten Detektionsziel mit dem Verfahren vereinbar. Zur Bildung des Mittelwerts der Bilder wird an jedem Bildpunkt der Mittelwert aus allen Intensitätswerten für die gleiche Stelle an verschiedenen Objekten  
20 gebildet. Bei Aufnahmen von identisch positionierten Objekten wird entsprechend immer der gleiche Bildpunkt der Aufnahme für die Mittelwertbildung verwendet.

Vorzugsweise wird die Objektposition bei der Aufnahme des digitalen Bildes bei der Erzeugung des Referenzbildes berücksichtigt. Dann darf die Objektposition von Objekt  
25 zu Objekt etwas variieren. Auch bei guter Positionierung der Objekte kann so die Qualität des Referenzbildes erhöht werden.

Auf den für die Inspektion vorgesehenen Objekten sind häufig sehr kleine Strukturen vorhanden. Ein Beispiel für solche Strukturen sind Dies (Chips) auf Wafern mit Struktur-  
30 Abmessungen im Mikrometer- und Submikrometerbereich. Bei typischerweise verwendeten Inspektionsgeräten mit herkömmlichen Detektoren werden Größen im Bereich von einigen bis einigen 10, z.B. 30 Mikrometern aufgelöst. Die Mikrostrukturierung wird daher von diesen als Makro-Inspektionsgeräte bezeichneten

Systemen nicht aufgelöst. Die gesuchten Defekte haben in bestimmten Anwendungsfällen wesentlich größere Abmessungen im Bereich von mm, so dass die gewählte Auflösung für sie ausreichend ist. Die Intensitäten auf benachbarten Bildpunkten weisen aber aufgrund der nicht aufgelösten Mikrostruktur möglicherweise Sprünge auf, je nachdem, wie die nicht-aufgelösten Strukturen in dem Bild liegen. Dieser Effekt ist von Bildern aus dem alltäglichen Leben bekannt, wenn die Abbildung zu grobe Bildpunkte (Pixel) hat. In Realität gerade Kanten sind abgestuft, fließende Übergänge weisen eine grobe Treppenstruktur auf. Die korrekte Ausrichtung der aufgenommenen Bilder ist dadurch erschwert bzw. nur unzureichend genau möglich.

10

Wenn die Objekte für die Aufnahme positioniert werden, erfolgt dies mit einer Positionierungsgenauigkeit, die bei normalem Aufwand größer ist, als die auf dem Objekt vorhandenen Strukturen. Da diese Strukturen nicht aufgelöst werden, führt die Positionierungsgenauigkeit bei herkömmlichen Anordnungen zu einem Fehler bei der Erzeugung des Referenzbildes.

15

Vorzugsweise wird die Objektposition daher berücksichtigt, indem

- (i) die Bildpunkte der zur Erzeugung des Referenzbildes verwendeten aufgenommenen Bilder rechnerisch in mehrere Teilbereiche aufgeteilt werden, denen zunächst jeweils der Intensitätswert des Bildpunktes zugeordnet ist, aus dem sie hervorgegangen sind;
- (ii) ein gleitender Mittelwert der Intensitätswerte der Teilbereiche mit der Breite eines originalen Bildpunktes berechnet wird;
- (iii) die mit dem gleitenden Mittelwert erzeugten Bilder übereinandergelegt und um einen Betrag gegeneinander verschoben werden, bei dem eine minimale Differenz der korrespondierenden Intensitätswerte der Teilbereiche erreicht wird; und
- (iv) das Referenzbild mit den um diesen Betrag verschobenen, aufgenommenen Bildern erzeugt wird.

20

25

30

Der gleitende Mittelwert kann berechnet werden, indem z.B. für jeden Teilbereichspunkt die Intensitätswerte der innerhalb der Fläche eines originalen Bildpunktes liegenden Teilflächen aufsummiert und nunmehr dem zentralen Teilbereichspunkt zugewiesen wird. Mit anderen Worten: Die richtige Positionierung des Bildes erfolgt durch eine

rechnerische Überabtastung. Dann können alle Bilder sehr genau so übereinander gelegt werden, dass auch die nicht-aufgelösten Strukturen übereinander liegen. Auf diese Weise kann die Genauigkeit, mit der das Referenzbild erzeugt wird, erhöht werden.

5 Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Ein Ausführungsbeispiel ist nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

10

Fig.1 zeigt 10 Waferbilder 1a-1j mit verschiedenen Defekten und zwei regelmäßigen, wiederkehrenden Strukturen

Fig.2 zeigt ein aus den Waferbildern in Figur 1 erzeugtes Referenzbild

15

Fig.3 zeigt Ergebnisbilder des Vergleichs der Waferbilder mit dem Referenzbild

Fig.4 zeigt einen Sensor-Ausschnitt mit Kontrastkante

20

Fig.5 zeigt das Aufnahmebild des Sensors aus Figur 4 mit gemessenen Intensitätswerten

Fig.6 illustrierte einen ersten Schritt, bei dem eine rechnerische Überabtastung in 5x5-fach Aufteilung erfolgt und die Sensor-Rohwerte kopiert werden.

25

Fig.7 illustriert einen zweiten Schritt, bei dem eine rechnerische Überabtastung erfolgt und das Ergebnis der 5x5 gleitenden Mittelung über Sensor-Rohwerte.

30

### **Beschreibung des Ausführungsbeispiels**

Die Ausführungsbeispiele werden anhand von schematischen Darstellungen eines Wafers illustriert. Es versteht sich, dass echte Bilder ein anderes Erscheinungsbild haben, an denen die Erfindung jedoch in gleicher Weise verwirklicht werden kann.

5      Figur 1 zeigt eine Draufsicht auf die Oberflächen zehn verschiedener Wafer, die  
allgemein mit 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 28 und 30 bezeichnet sind. Die Wafer 10,  
12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 28 und 30 weisen Defekte auf. Wafer 10 beispielsweise weist  
vier Defekte 32, 34, 36 und 38 auf. Es ist leicht zu erkennen, dass alle übrigen Wafer 12,  
14, 16, 18, 20, 24, 26, 28 und 30 ebenfalls Defekte aufweisen, welche zu den Defekten  
10      32 und 34 korrespondieren. Die im vorliegenden Ausführungsbeispiel an Wafer 10  
vorliegenden Defekte 36 und 38 haben keine korrespondierenden Defekte auf den  
übrigen Wafern 12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 28 und 30. Auf ähnliche Weise ist auf der  
Oberfläche des Wafers 12 ein Defekt 40 vorhanden, dem keiner der Defekte auf den  
übrigen Wafern entspricht. Auch andere Wafer 16, 18, 20, 24, 26, 28, und 30 weisen  
15      individuelle Defekte 42, 44, 46, 48, 50 und 52 auf.

Für jeden Bildpunkt der Oberfläche des Wafers 10 und der entsprechenden Bildpunkte  
der Oberfläche der übrigen Wafer 12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 28 und 30 wird nun ein  
Median gebildet. In einem nicht dargestellten, alternativen Ausführungsbeispiel wird der  
20      Mittelwert gebildet. Das aus den Medianwerten zusammengesetzte Bild ist in Figur 2  
dargestellt. Man erkennt das Bild einer Waferoberfläche 54 mit zwei Defekten 32' und  
34'. Das entspricht genau den Defekten 32 und 34, die in allen ursprünglichen Wafern  
der Gruppe vorhanden waren. Sie gehen bei der Medianbildung nicht verloren. Defekte  
36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50 und 52 hingegen, die jeweils nur auf einem Wafer auftreten,  
25      verschwinden im Laufe der Medianbildung und sind in dem zusammengesetzten Bild 54  
nicht mehr zu erkennen.

Figur 3 zeigt die Differenz der Werte auf den Bildpunkten in Figur 1 und der Werte des  
Referenzbildes 54 für jeden Wafer 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 28 und 30. Die in allen  
30      Wafern vorliegenden Defekte 32 und 34 heben sich auf und nur die individuellen Defekte  
36', 38', 40', 42', 44', 46', 48', 50' und 52' bleiben erkennbar. Auf diese Weise lassen  
sich individuelle Defekte von Defekten und Erscheinungen, die für alle Wafer einer  
Gruppe vorliegen, unterscheiden und können leicht erkannt und korrigiert werden.

Die Ausführung der Überabtastung ist am Beispiel einer durch das Bild laufenden scharfen Kante 56 erläutert. Fig. 4 zeigt die aufgenommene Szene in einer Auflösung die 1/5 der Sensorauflösung (eingezeichnete Quadrate) entspricht. Man erkennt 4x5  
5 Bildpunkte 62 in 4 Spalten 58 und 5 Zeilen 60. Auf jedem Bildpunkt 62 ist eine Intensitätsverteilung in Form von 5x5 Intensitätswerten 64 gezeigt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel haben die Bildpunkte 66 im linken oberen Bereich des Ausschnitts den Intensitätswert 0. Die Intensitätswerte auf den Bildpunkten 68 im rechten unteren Bereich des Ausschnitts haben den Intensitätswert 9. Dazwischen verläuft eine scharfe  
10 Kante 56. Die angenommene gebogene Kante 56 ist in Figur 4 hervorgehoben.

Fig. 5 zeigt, welche Rohdaten der Sensor bei seiner Aufnahme entsprechend seiner Auflösung erzeugt. Man erkennt, dass der Sensor mit den Bildpunkten 66 im linken oberen Bereich, wo alle Intensitätswerte 0 sind, den Wert 0 misst. An den Bildpunkten  
15 im rechten unteren Bereich, wo alle Intensitätswerte 9 sind, misst der Sensor den Wert 225 entsprechend der Summe aller Intensitätswerte auf den 5x5 Zellen. In dem dazwischenliegenden Bereich, in dem die Kante 56 verläuft, liegen die Messwerte dazwischen. Bildpunkt 70 des Sensors liefert beispielsweise den Wert 54, entsprechend 6 von 25 Zellen mit dem Intensitätswert 9 und 19 von Zellen mit dem Intensitätswert 0.

20 Die real vorliegende Kante kann bei der Auswertung durch rechnerische Überabtastung aufgelöst werden. In Fig. 6 und 7 wird die Überabtastung dargestellt. Beispielhaft erfolgt hier eine 5x5-fache Überabtastung. Zunächst werden die Sensorwerte aus Figur 5 auf die jeweils 5x5 Zellen kopiert, in die jeder Sensorpixel unterteilt wird. Dies ist in Figur 6 zu erkennen. Man erkennt, dass jede der 25 Zellen des Bildpunkts 70 in Figur 6 mit dem Wert 54 belegt ist. Entsprechend ist jede der 25 Zellen des Bildpunkts 66 mit dem Wert 0 und jede der 25 Zellen des Bildpunkts 68 mit dem Wert 225 belegt.

30 Anschließend wird durch eine gleitende Mittelung über jeweils eine Umgebung von 5x5 Zellen jeder Zelle ein neuer, gemittelter Wert zugeordnet. Dies ist in Figur 7 dargestellt. Die Mittelung bewirkt nun zwei Effekte: Zum Einen wird der Kontrastkantenverlauf geglättet. Zum anderen wird der Kantenverlauf besser, d.h. mit besserer Passfähigkeit zum in Figur 4 dargestellten Originalverlauf wieder gegeben. Man erkennt, dass die

Werte der Zellen im Bildpunkt 66, wo auch die benachbarten Bildpunkte den Wert 0 haben, weiterhin die Werte 0 vorliegen und die Werte der Zellen im Bildpunkt 68, wo auch die benachbarten einen maximalen Wert haben, die Werte maximal sind. Dazwischen liegen nun mehr Zwischenwerte, als dies bei der Messung der Fall war. Die  
5 Werte im Bildpunkt 70 beispielsweise sind im rechten unteren Bereich entsprechend größer als im linken oberen Bereich, weil die benachbarten Messwerte jeweils größer bzw. kleiner waren.

Da der Wertebereich im Beispiel von 0 bis 9 gewählt wurde, ergibt sich für das so  
10 geschaffene, überabgetastete Bild ein Wertebereich von 0 bis 5625. Die Kantenlinie 56 ist daher am Wert  $5625/2 = 2812,5$  zu lokalisieren. Die Zellenwerte, die diesem Wert am nächsten kommen sind in Fig. 7 hervorgehoben. Man erkennt, dass der Verlauf der Kante 56 deutlich besser den Originalverlauf wiedergibt als die in Figur 5 dargestellten Sensorrohdaten es vermögen.

15 Mit diesem Verfahren ist es möglich, Strukturen besser zu lokalisieren als mit den Sensorrohdaten. Dies kann z.B. beim Ausrichten der Bilder gegeneinander (sogenannte Registrierung) und bei der Detektion von Defekten und Abweichungen genutzt werden. Insbesondere für die Ausrichtung können bei Nutzung der nach diesem Verfahren  
20 bearbeiteten Bilder bekannte Algorithmen wie Kantendetektion, Feature-Erkennung, Pattern-Matcher besser und genauer eingesetzt werden.

Die erforderliche gleitende Mittelwertbildung (Schritt 2 – Fig. 7) kann mit jedem  
25 bekannten geeigneten Mittelungsverfahren durchgeführt werden. Z.B. kann auch der Median verwendet werden.

Die vorstehenden Ausführungen wurden anhand eines Detektorausschnitts mit der Größe von 4 Spalten mal 5 Zeilen entsprechend 20 Bildpunkten illustriert. Es versteht sich, dass  
30 reale Detektoren und die von ihnen erzeugten Bilder in der Regel erheblich größer sind und Abmessungen von mehreren Millionen Pixeln erreichen können. Auch können völlig andere Zahlenwerte und Verläufe vorliegen. Insbesondere ist das Verfahren auch für die Aufnahme mit einer Zeilenkamera, mehreren kleineren Detektoren und den aus diesen Aufnahmen zusammengesetzten Bildern verwendbar.

### Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Inspektion von flachen Objekten, insbesondere Wafer, mit den Schritten:

10

(a) Aufnehmen jeweils eines digitalen Bildes der Objektoberfläche mehrerer gleichartiger Objekte einer Serie, wobei jedes digitale Bild aus einer Vielzahl von Bildpunkten mit einem diesem Bildpunkt zugeordneten Intensitätswert besteht; und

(b) Erfassen von Defekten auf der jeweiligen Objektoberfläche durch Vergleich des aufgenommenen Bildes mit einem Referenzbild;

15

**dadurch gekennzeichnet, dass**

(c) die Bilder der Objekte der gesamten Serie vor dem Vergleich mit dem Referenzbild aufgenommen werden, und

(d) das Referenzbild aus mehreren oder allen Bildern der Serie erzeugt wird.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Serie eine Untergruppe einer größeren Charge von Objekten ist und für jede Untergruppe ein eigenes Referenzbild erzeugt wird.

25

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Referenzbild durch Mittelwertbildung der Bilder der Serie erzeugt wird.

30

4. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Objektposition bei der Aufnahme des digitalen Bildes bei der Erzeugung des Referenzbildes berücksichtigt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

(i) die Bildpunkte der zur Erzeugung des Referenzbildes verwendeten aufgenommenen Bilder rechnerisch in mehrere Teilbereiche aufgeteilt

werden, denen zunächst jeweils der Intensitätswert des Bildpunktes zugeordnet ist, aus dem sie hervorgegangen sind;

(ii) ein gleitender Mittelwert der Intensitätswerte der Teilbereiche mit der Breite eines Bildpunktes berechnet wird;

5 (iii) die mit dem durch gleitende Mittelwertbildung erzeugten Bilder übereinandergelegt und um einen Betrag gegeneinander verschoben werden, bei dem eine minimale Differenz der korrespondierenden Intensitätswerte der Teilbereiche erreicht wird; und

10 (iv) das Referenzbild mit den um diesen Betrag verschobenen, aufgenommenen Bildern erzeugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gleitende Mittelwert berechnet wird, indem für jeden Teilbereichspunkt die Intensitätswerte der innerhalb der Fläche eines originalen Bildpunktes liegenden Teilflächen aufsummiert und dem zentralen Teilbereichspunkt zugewiesen wird.

15

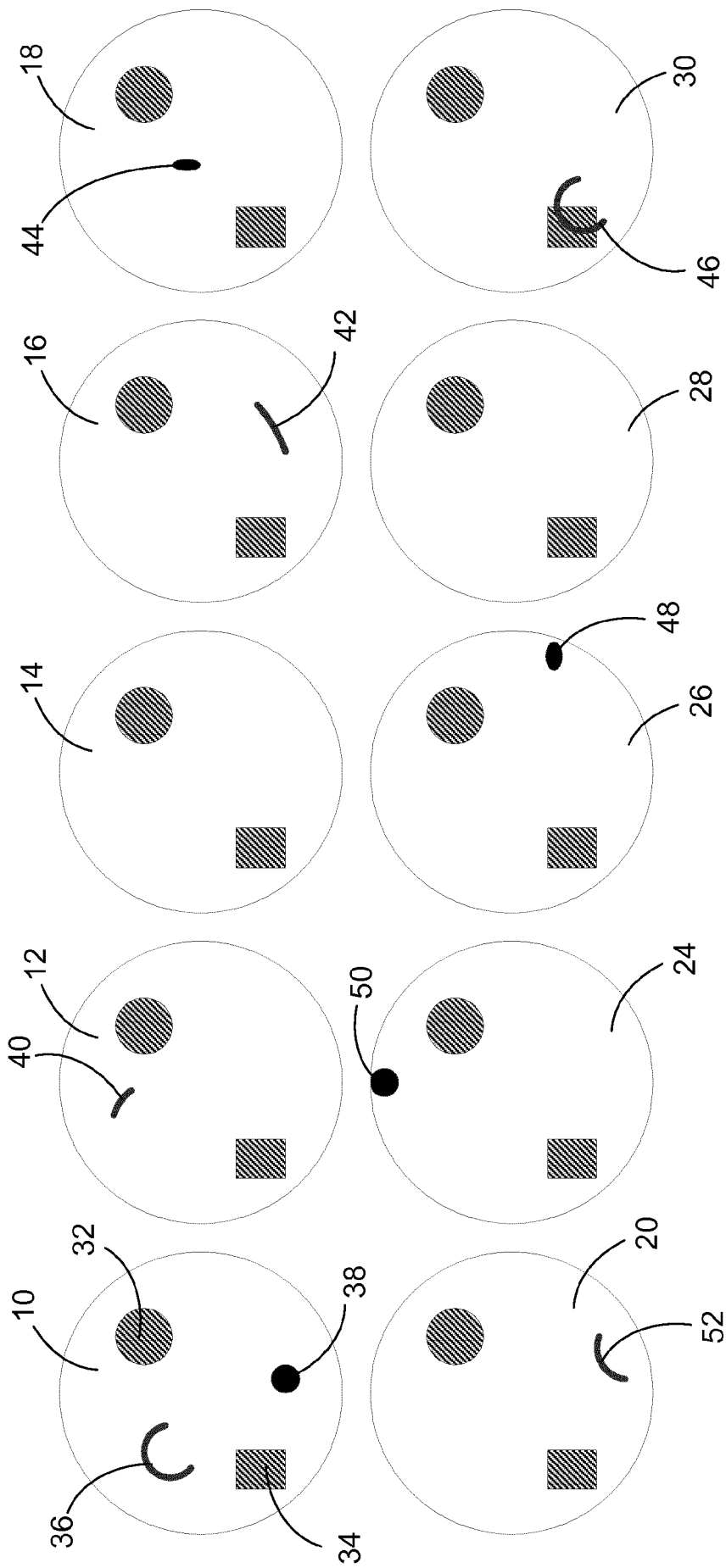
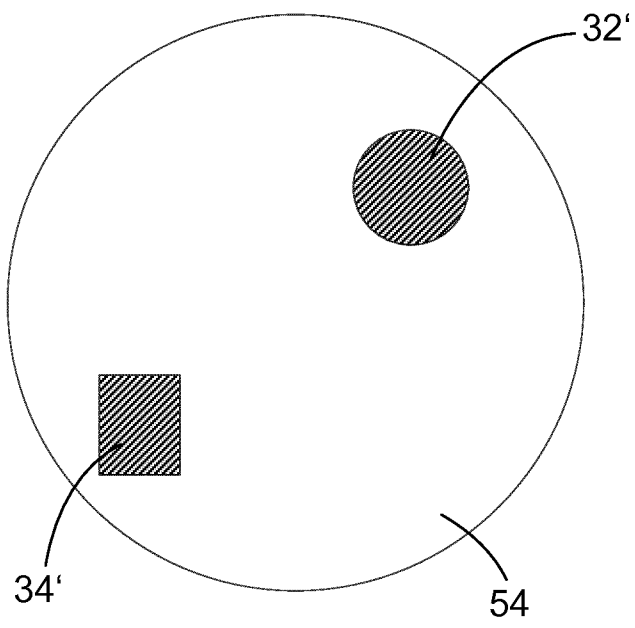


Fig. 1



**Fig. 2**

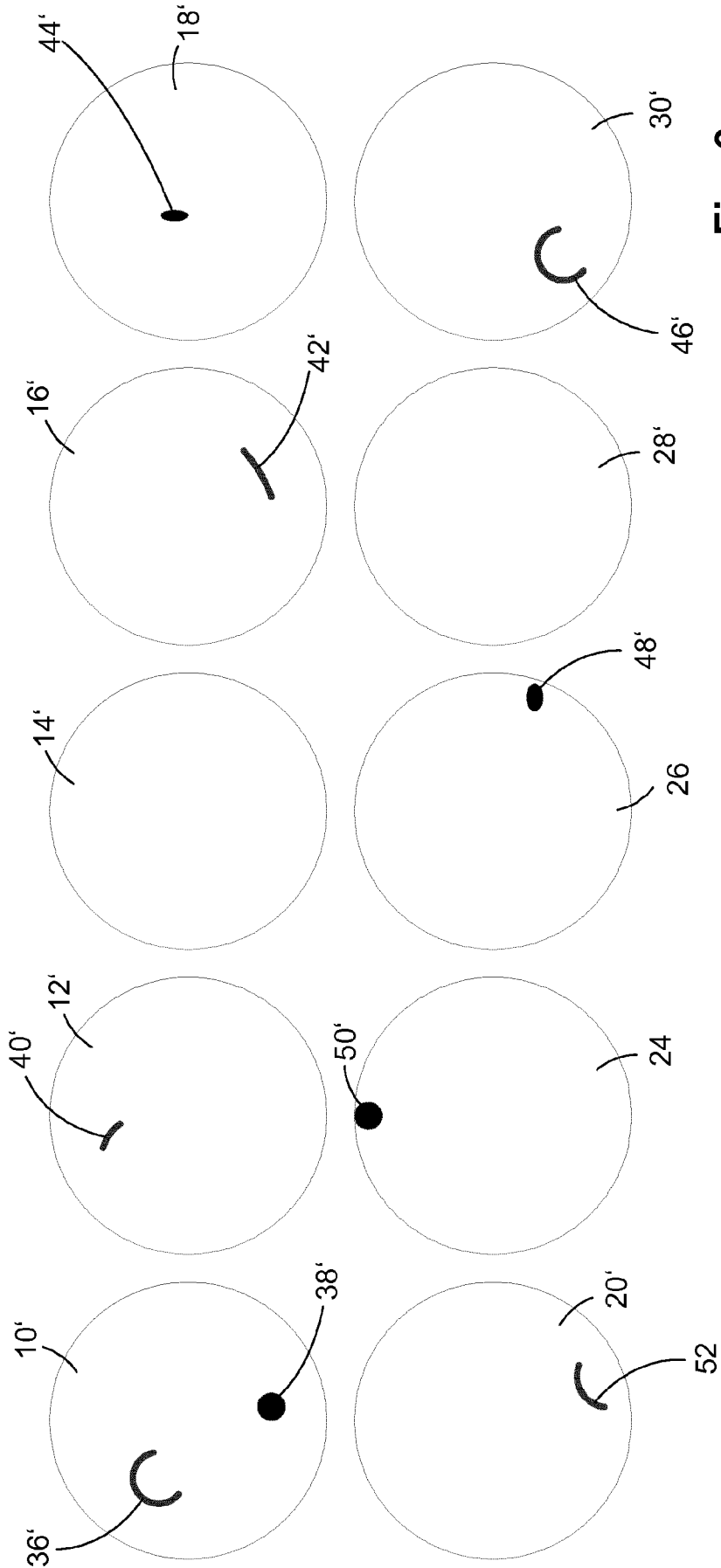


Fig. 3

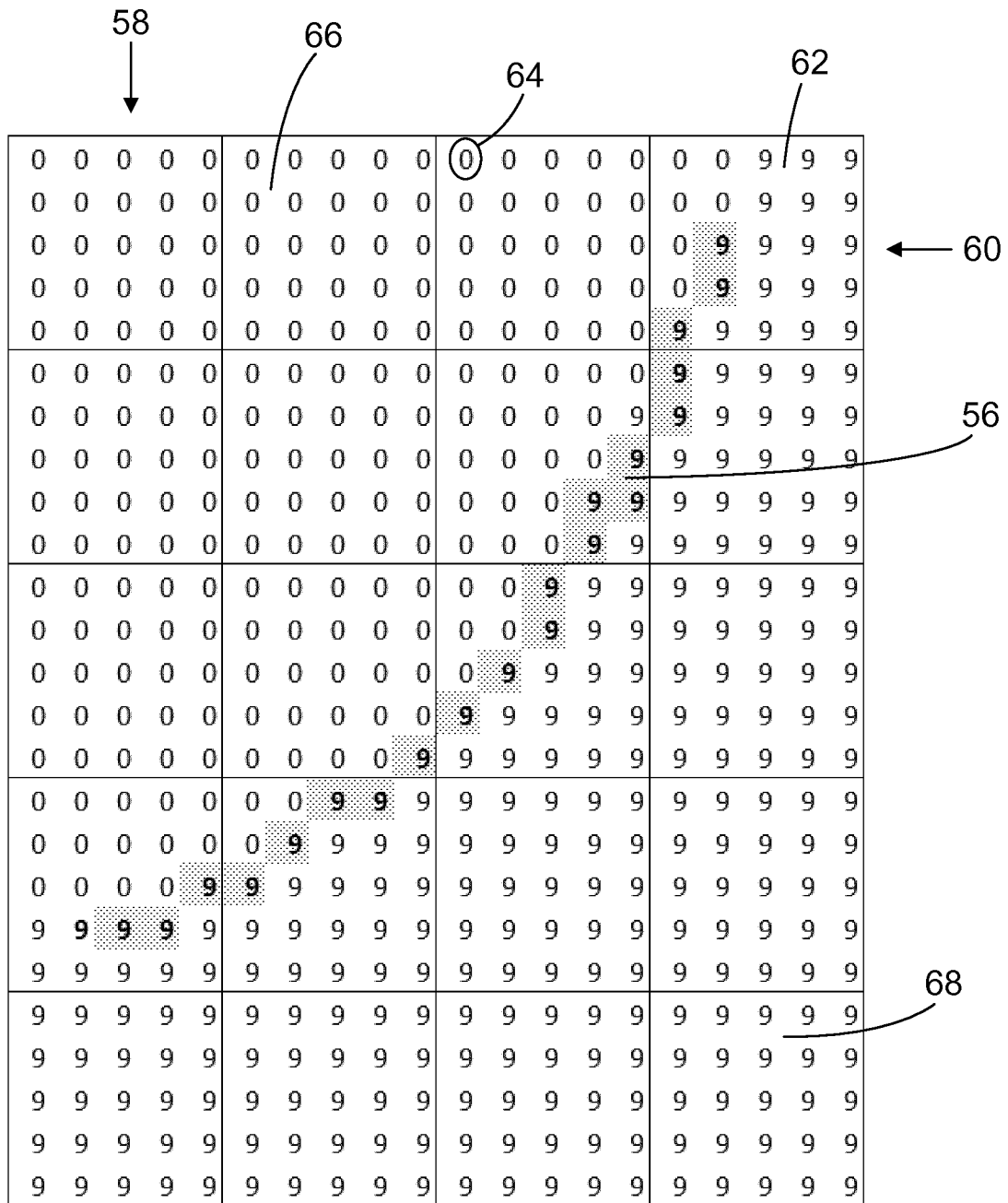


Fig. 4

The diagram shows a 5x4 grid of cells. Each cell contains a numerical value enclosed in a small square box. Reference labels 66, 70, and 68 are placed outside the grid with arrows pointing to specific elements.

0	0	0	171
0	0	54	225
0	9	180	225
99	198	225	225
225	225	225	225

Reference labels and their positions:

- 66: Located above the top-left cell, with an arrow pointing to the '0' in the first row, first column.
- 70: Located to the right of the second row, third column, with an arrow pointing to the '54' in the second row, third column.
- 68: Located below the bottom-right cell, with an arrow pointing to the bottom-right corner of the grid.

**Fig. 5**

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	171	171	171	171
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	171	171	171	171
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	171	171	171	171
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	171	171	171	171
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	171	171	171	171
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	54	54	54	225	225	225	225	225
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	54	54	54	225	225	225	225	225
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	54	54	54	225	225	225	225	225
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	54	54	54	225	225	225	225	225
0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	180	180	180	180	180	225	225	225	225
0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	180	180	180	180	180	225	225	225	225
0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	180	180	180	180	180	225	225	225	225
0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	180	180	180	180	180	225	225	225	225
0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	180	180	180	180	180	225	225	225	225
99	99	99	99	99	99	198	198	198	198	198	225	225	225	225	225	225	225	225	225
99	99	99	99	99	99	198	198	198	198	198	225	225	225	225	225	225	225	225	225
99	99	99	99	99	99	198	198	198	198	198	225	225	225	225	225	225	225	225	225
99	99	99	99	99	99	198	198	198	198	198	225	225	225	225	225	225	225	225	225
99	99	99	99	99	99	198	198	198	198	198	225	225	225	225	225	225	225	225	225
225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225

66

70

68

Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/051410

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01N21/95  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 012 684 B1 (HUNTER REGINALD [US]) 14 March 2006 (2006-03-14) the whole document	1-4
A	US 6 947 587 B1 (MAEDA SHUNJI [JP] ET AL) 20 September 2005 (2005-09-20) column 7, line 57 - column 8, line 15; figure 12	5
A	WO 00/73994 A1 (BELTRONICS INC [US]) 7 December 2000 (2000-12-07) page 8, line 12 - page 9, line 2; figure 4	5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 March 2013

Date of mailing of the international search report  
22/03/2013

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
Prasse, Torsten

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/051410

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7012684	B1	14-03-2006	NONE
-----			
US 6947587	B1	20-09-2005	US 6947587 B1 20-09-2005
			US 2006038987 A1 23-02-2006
			US 2008101685 A1 01-05-2008
			US 2009214102 A1 27-08-2009
			US 2011170765 A1 14-07-2011
			US 2012128230 A1 24-05-2012
-----			
WO 0073994	A1	07-12-2000	AT 258326 T 15-02-2004
			AU 4773500 A 18-12-2000
			DE 60007890 D1 26-02-2004
			EP 1228486 A1 07-08-2002
			JP 2003500780 A 07-01-2003
			US 6603877 B1 05-08-2003
			WO 0073994 A1 07-12-2000
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/051410

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. G01N21/95 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) G01N		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 7 012 684 B1 (HUNTER REGINALD [US]) 14. März 2006 (2006-03-14) das ganze Dokument -----	1-4
A	US 6 947 587 B1 (MAEDA SHUNJI [JP] ET AL) 20. September 2005 (2005-09-20) Spalte 7, Zeile 57 - Spalte 8, Zeile 15; Abbildung 12 -----	5
A	WO 00/73994 A1 (BELTRONICS INC [US]) 7. Dezember 2000 (2000-12-07) Seite 8, Zeile 12 - Seite 9, Zeile 2; Abbildung 4 -----	5
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist	
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden	
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)	"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist	
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
14. März 2013	22/03/2013	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Prasse, Torsten	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/051410

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 7012684	B1	14-03-2006	KEINE
-----			
US 6947587	B1	20-09-2005	US 6947587 B1 20-09-2005 US 2006038987 A1 23-02-2006 US 2008101685 A1 01-05-2008 US 2009214102 A1 27-08-2009 US 2011170765 A1 14-07-2011 US 2012128230 A1 24-05-2012
-----			
WO 0073994	A1	07-12-2000	AT 258326 T 15-02-2004 AU 4773500 A 18-12-2000 DE 60007890 D1 26-02-2004 EP 1228486 A1 07-08-2002 JP 2003500780 A 07-01-2003 US 6603877 B1 05-08-2003 WO 0073994 A1 07-12-2000
-----			