



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 056 698 B3** 2006.08.17

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 056 698.4**  
(22) Anmeldetag: **24.11.2004**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **17.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01N 21/95** (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:  
**Stratus Vision GmbH, 82166 Gräfelfing, DE**

(74) Vertreter:  
**PAe Splanemann Reitzner Baronetzky  
Westendorp, 80469 München**

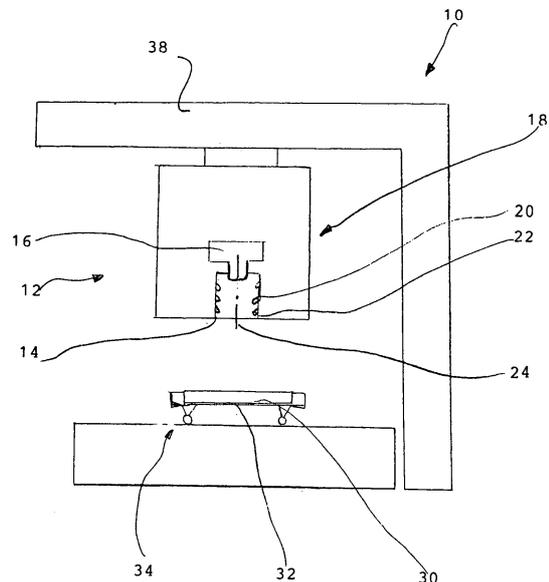
(72) Erfinder:  
**Stenger, Heinrich, 81243 München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**US 52 45 421 A**  
**US 50 60 065 A**  
**US 46 73 988 A**  
**US 43 89 669 A**  
**EP 11 53 265 B1**  
**WO 03/0 98 311 A1**

(54) Bezeichnung: **Inspektionsvorrichtung für ein Substrat, das mindestens eine aufgedruckte Schicht aufweist**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Inspektionsvorrichtung mit einem Inspektionskopf, der relativ zu einer Führungsunterlage in mindestens zwei Richtungen beweglich ist. Die Führungsunterlage lagert ein zu inspizierendes Substrat, wobei das Substrat mindestens zwei aufgedruckte Schichten aufweist, die einander mindestens teilweise überlappend nacheinander aufgebracht sind. Der Inspektionskopf weist eine Beleuchtungsvorrichtung und eine Erfassungsvorrichtung auf, die von dem Substrat reflektierte elektromagnetische Strahlung erfasst und einer Auswertvorrichtung zuleitet, mit welcher Fehler des Substrats (30) erfassbar sind. Der Inspektionskopf (12) weist gegebenenfalls einen sich konisch aufweitenden Tunnel (24) auf, an dessen Innenumfang eine Vielzahl von Leuchtelementen angebracht ist, und dass die Erfassungsvorrichtung (14) eine Digitalkamera (18) mit einer Optik ist, die eine Auflösung von weniger als 30 Mikrometern auf dem Substrat (30) erfasst und dass durch die Bewegungsvorrichtung die Relativbewegung zwischen Führungsunterlage (32) und Inspektionskopf (12) während eines Aufnahmezyklus steuert, bei dem aneinander anschließende oder überlappende Einzelbilder zu einem Gesamtbild des Substrats (30) zusammenfügbar sind.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Inspektionsvorrichtung, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

**[0002]** Eine derartige Inspektionsvorrichtung wird eingesetzt, um die Qualität von insbesondere in Dickschichttechnik aufgetragenen Schaltkreisen zu prüfen. Derartige Schaltkreise werden regelmäßig in einer Vielzahl, beispielsweise 20, von Schichten mittels Siebdrucktechnik aufgebracht. Hierbei ist es wichtig, dass nicht beispielsweise aufgrund von Maskenfehlern fehlerhafte Schichten aufgebracht werden.

**[0003]** Um dies zu prüfen, ist es bekannt geworden, mittels elektrischer Testausrüstung die Funktion der Schaltkreise im Einzelnen zu testen. Nachteilig hierbei ist es, dass meist alle Schichten aufgebracht werden müssen und dann die Prüfung vorgenommen werden kann. Wenn der Test Fehler ergeben hat, besteht lediglich die Möglichkeit, den betreffenden Chip zu verwerfen, mit den entsprechenden Kostennachteilen.

**[0004]** Ferner ist es auch bereits vorgeschlagen worden, während des Aufbringens der Schichten optische Prüfungen vorzunehmen. Diese können beispielsweise visuell, also über einen geschulten Bediener erfolgen. Es ist aber auch bekannt geworden, über geeignete optische Erfassungsvorrichtungen das Bild der gedruckten Schicht oder Schichten zu erfassen und mit einem Sollbild zu vergleichen. Wenn die Abweichung dann zu groß ist, wird der betreffende Chip ausgesondert.

**Stand der Technik**

**[0005]** Es sind zahlreiche Lösungen bekannt geworden, in welcher Weise derartige Inspektionsvorrichtungen realisiert und verbessert werden können. Ein Beispiel hierfür ist die US 4,389,669 A. Bei dieser Lösung wird mit einer optischen Erfassungsvorrichtung, nämlich einem Mikroskop, unter Verwendung einer Kamera eine optische Prüfung vorgenommen, die dem Grunde nach auch für die Erfassung von Chips geeignet ist. Allerdings erfordert die dortige Lösung bei der Kundenforderung einer raschen und zuverlässigen Prüfung der elektronischen Schaltkreise oder Chips einen erheblichen gerätetechnischen Aufwand.

**[0006]** Ein weiteres Beispiel für die Erfassung von elektronischen Schaltkreise mittels Kameras ist aus der US 5,245,421 A ersichtlich, wobei gemäß der US-PS 5,060,065 auch spezielle Beleuchtungsvorrichtungen eingesetzt werden können, um die Möglichkeiten der Erfassung zu verbessern.

**[0007]** Aus der US 4,673,988 A ist es schließlich bereits bekannt, eine Inspektionsvorrichtung unter Ver-

wendung eines in Bildbereiche aufgeteilten Bildes zu realisieren. Dies geschieht über den dort vorgesehenen Bildprozessor, wobei das zu inspizierende Objekt in zwei Dimensionen bewegbar ist.

**[0008]** Den genannten Lösungen haftet der gemeinsame Nachteil an, dass ein vergleichsweise großer gerätetechnischer Aufwand erforderlich ist, aber dennoch die Auswertungsgeschwindigkeit zu wünschen übrig lässt, gerade wenn eine Vielzahl von Schichten eines Chips geprüft werden sollen. Zudem ist die Erfassungsgenauigkeit der bekannten Lösungen verbesserungswürdig, gerade dann, wenn eine Inspektionsvorrichtung für einen raschen Durchsatz mit einer geringen Auflösung konzipiert wurde, aber eine genauere Erfassung bei einer bestimmten Serie der Chips vorgenommen werden soll.

**Aufgabenstellung**

**[0009]** Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine Inspektionsvorrichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 zu schaffen, die hinsichtlich des Durchsatzes, aber auch der Erfassungsgenauigkeit und -zuverlässigkeit weiter verbessert ist, wobei auch eine flexible Anpassung an unterschiedliche Anforderungen möglich sein soll.

**[0010]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Lösung zeichnet sich durch eine besonders flexible und damit gut an unterschiedliche Erfordernisse anpassbare, aber dennoch zuverlässige Inspektionsmöglichkeit für Chips oder dergleichen aus. Durch die besondere Beleuchtungsvorrichtung mit einer Vielzahl von Leuchtelementen, die sich beispielsweise auch, in mehreren Farben gruppiert, um einen Tunnel herum anordnen, ist sichergestellt, dass eine intensive Beleuchtung zentral an der durch die Erfassungsvorrichtung betrachtete Stellung erfolgt, und zwar je nach Art der aufgetragenen Schicht. Hierdurch ist es nicht erforderlich, die bereits vorgeschlagene Schrägbeleuchtung mit ihren Nachteilen vorzusehen, und zwar auch dann nicht, wenn die Schichten reflektierend sind.

**[0012]** Gemäß einer modifizierten Ausführungsform entfällt der Tunnel, und die Beleuchtung wird durch eine an geeigneter Stelle gruppierte Beleuchtungsvorrichtung sichergestellt. Besonders günstig ist es jedenfalls, dass das Bild gestrobt werden kann, dass also die Belichtung der Digitalkamera durch die Steuerung der Beleuchtungsvorrichtung erfolgt, während der Verschluss der Digitalkamera während des Betriebs offen bleiben kann.

**[0013]** Die Reflektionen werden durch die allseits leicht schräg angeordneten Leuchtdioden, die sym-

metrisch das Licht der Erfassungsvorrichtung zuleiten, praktisch in ihrer Wirkung so abgeschwächt, dass die Erkennungsrate überraschend gut ist. Überraschend zeigt es sich, dass sich besonders gute Ergebnisse in Verbindung mit dem CCD-Sensor erzielen lassen: Offenbar sind die in Digitalkameras verwendeten CCD-Elemente trotz geringerer Auflösung empfindlicher und damit selektiver, was die Erfassung von Fehlern in einem Raster angeht. In besonders günstiger Ausgestaltung der Erfindung wird nämlich dann ein Fehler angenommen, wenn drei einander benachbarte Pixel einen gegenüber dem Referenzbild abweichenden Wert anzeigen.

**[0014]** Besonders günstig ist es ferner, wenn durch die intensive Ausleuchtung, die aber dennoch eine leichte, aber nicht zu große Schrägstellung umfasst, auch bei hohen Auflösungen mit kurzer Belichtungszeit gearbeitet werden kann, so dass die Taktzeit für die Erfassung verbessert ist.

**[0015]** In einer erfindungsgemäßen besonders günstigen Ausgestaltung wird das erfasste Bild einem Framegrabber zugeleitet, der es an eine PC weiterleitet, und erst dort erfolgt dann mit einem geringen Zeitversatz die Fehlererkennung.

**[0016]** Durch diese Art Pipelining und Verteilung von Aufgaben lässt sich mit vergleichsweise preisgünstiger Technik ein guter Durchsatz erzielen, so dass es beispielsweise nicht erforderlich ist, den PC in Echtzeit zu betreiben.

**[0017]** Typischerweise werden aus Kostengründen eine Vielzahl von einander gleichen elektronischen Schaltungen auf einem gemeinsamen Substrat, zum Beispiel einem Wafer oder einem Keramiksubstrat, gefertigt. Beispielsweise können Keramiksubstrate auch Größen von 20 x 20 cm haben. Auf einem derartigen Substrat befinden sich dann beispielsweise 50 oder sogar 200 entsprechende elektronische Schaltkreise. Typischerweise ist nun die Größe (Länge x Breite) eines Schaltkreises unabhängig von der Aufnahme des Einzelbildes durch die erfindungsgemäße Digitalkamera. Erfindungsgemäß ist nun die Möglichkeit vorgesehen, mehrere Einzelbilder durch elektronische Aufbereitung passgenau zu einem Gesamtbild zusammenzufügen, so dass die Fehlererkennung wesentlich rascher erfolgen kann, als wenn für jede Überprüfung die Digitalkamera genau auf einen elektronischen Schaltkreis fokussiert werden müsste. Die Geschwindigkeit ist damit im Grunde unabhängig von der Größe der Schaltkreise und lediglich von der gewünschten Auflösung und der Substratlösung abhängig, was einen erheblichen Fortschritt gegenüber der bekannten Lösungen bedeutet.

**[0018]** In vorteilhafter Ausgestaltung werden die Einzelbilder im Flug aufgenommen, also während der

Relativbewegung zwischen Digitalkamera und Substrat beziehungsweise dessen Führungsunterlage. Dies ist lediglich dann möglich, wenn die Belichtungszeit im Verhältnis zur Relativbewegung kurz ist, so dass hierdurch keine Unschärfen entstehen. Diese Lösung hat den Vorteil, dass kein "Nachzittern" beim Abbremsen des Linearantriebs eine Unschärfe auslösen kann, und dass der Antrieb weniger belastet wird und damit länger lebig ist.

**[0019]** Diese Lösung bedingt eine intensive Ausleuchtung, um eine kurze Belichtungszeit zu erhalten.

**[0020]** Gemäß einer alternativen Ausgestaltung ist es ohne weiteres möglich, die Bewegungsvorrichtung für jedes Einzelbild anzuhalten und dann das betreffende Einzelbild anzufertigen. Hierdurch sind geringere Anforderungen an die Belichtung und die Digitalkamera gegeben.

**[0021]** In einer weiteren besonders günstigen Ausgestaltung ist es vorgesehen, die Grundauflösung der Digitalkamera unabhängig von der zu erfassenden Auflösung beizubehalten. Die Anpassung kann entweder durch ein elektronisches Zoom oder bevorzugt durch ein echtes optisches Zoom in der Optik realisiert werden, so dass sich bei einer größeren Fehlertoleranz, also einer geringeren Pixelauflösung für die Fehler eine raschere Zykluszeit erzielen lässt.

**[0022]** Besonders günstig ist es, dass die Farbe beziehungsweise das emittierte Lichtspektrum der Einzel-Leuchtelemente an den Anwendungsfall ohne weiteres angepasst werden kann. Bevorzugt gehören zu den Leuchtelementen auch UV-Leuchtdioden oder -Laserdioden, die eine besonders günstige Kontrastwirkung für Goldschichten ermöglichen. Erfindungsgemäß besonders bevorzugt ist es auch, die Pulsbreite an die verwendeten Schichtmaterialien anzupassen und so eine Optimierung der Fehlererkennung vorzunehmen.

**[0023]** Besonders günstig ist es, dass die Inspektionsvorrichtung bei einer Auflösung von 10 Mikrometern auf dem Substrat ein Einzelbild von 30 x 30 mm in weniger als 10 Sekunden, insbesondere näherungsweise 4 Sekunden, inspiziert.

**[0024]** Es versteht sich, dass der erfindungsgemäße Tunnel nicht unbedingt konisch aufgeweitet sein muss. Ein zylindrischer Tunnel, an dessen Innenumfang die Leuchtelemente befestigt sind, ermöglicht es vielmehr, mit noch geringeren Abschattungen zu arbeiten.

**[0025]** Außerdem ist der Schrägstellungswinkel der von dem Substrat fern angeordneten Leuchtelemente größer, was in verschiedenen Anwendungsfällen günstig ist.

## Ausführungsbeispiel

[0026] Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zweier Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung.

[0027] Es zeigen:

[0028] [Fig. 1](#) eine erfindungsgemäße Inspektionsvorrichtung in einer Ausführungsform, und

[0029] [Fig. 2](#) eine modifizierte Ausführungsform eines Teils einer erfindungsgemäßen Inspektionsvorrichtung.

[0030] Die in [Fig. 1](#) dargestellte Inspektionsvorrichtung **10** weist einen Inspektionskopf **12** auf, der seinerseits eine Beleuchtungsvorrichtung **14** und eine Erfassungsvorrichtung **16** aufweist.

[0031] Die Erfassungsvorrichtung **16** weist eine Digitalkamera **18** sowie gegebenenfalls eine zugehörige und nicht dargestellte Optik auf. Sie ist mit einer nicht dargestellten Auswertvorrichtung verbunden, die die Bilddaten nach Umwandlung in elektrische Signale aufbereitet und auswertet. Hierzu ist ein Framgrabber sowie ein PC angeschlossen, wobei der PC die einstellbare Fehlerauswertung vornimmt.

[0032] Die Beleuchtungsvorrichtung **14** besteht aus einer Vielzahl von bevorzugt leicht schräg gelagerten Leuchtdioden **20, 22**, die in einem Tunnel **24** angeordnet sind. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Tunnel zylindrisch ausgebildet und die Leuchtdioden **20, 22** sind an seinem Innenumfang an verschiedenen Reihen beziehungsweise Ringen angeordnet. Leuchtdioden verschiedener Farbe werden für die unterschiedlichen zu erfassenden Materialien eingesetzt.

[0033] Eine optische Achse **28** verläuft zentral durch den Tunnel **24** und trifft unten auf ein Substrat **30**. Das Substrat **30** ist auf eine Führungsunterlage **32** gelagert. Die Führungsunterlage **32** ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel senkrecht zur Zeichnungsebene verfahrbar. Insgesamt ist die Führungsunterlage **32** relativ zu dem Inspektionskopf **12** in zwei Dimensionen über die Bewegungsvorrichtung **34** verfahrbar, wobei in dem dargestellten Ausführungsbeispiel hierzu der Inspektionskopf **12** gegenüber einem Rahmen **38** nach rechts und links verfahrbar ist. Es versteht sich, dass in beliebiger anderer Weise die erwünschte Bewegungsmöglichkeit des Substrats **30** gegenüber Inspektionskopf **12** realisierbar ist.

[0034] Der Inspektionskopf wird nun über Linearmotoren oder dergleichen der Bewegungsvorrichtung relativ zum Substrat **30** gleichmäßig bewegt, und es

werden Einzelbilder aufgenommen. Die Einzelbilder werden dem Framgrabber über die Digitalkamera **18** zugeleitet, der die Datenaufbereitung vornimmt. Im angeschlossenen PC wird das gewünschte Gesamtbild zusammengefügt und erfasst.

[0035] Es versteht sich, dass anstelle der Erfassung und Auswertung des Gesamtbildes des Substrats auch Einzelbilder hinsichtlich der Fehler auswertbar sind, wobei jedoch erfindungsgemäß die Möglichkeit besteht, die Einzelbilder zu einem Gesamtbild zusammenzufügen.

[0036] Als Substrate können beliebige geeignete Substrate für elektronische Schaltkreise eingesetzt werden, beispielsweise aus Keramik, Keramikfibril, Metall oder LTCC. Es sind auch glasfaserverstärkte Epoxidharzsubstrate prüfbar oder beliebig andere geeignete Substrate.

[0037] Die in [Fig. 2](#) dargestellte Inspektionsvorrichtung **10** unterscheidet sich von der Inspektionsvorrichtung gemäß [Fig. 1](#) durch eine andere Beleuchtungsvorrichtung **14**. Es ist eine Art Schreibe **40** vorgesehen, die eine zentrale Öffnung **42** aufweist und an ihrer Unterseite eine Vielzahl von Lichtquellen beziehungsweise Leuchtelementen **44** trägt. Die Leuchtelemente **44** beaufschlagen das Substrat mit der gewünschten Belichtung. Das reflektierte Licht **46** wird durch die Öffnung **42** der Digitalkamera **16** zugeleitet.

[0038] Bei dieser Lösung erfolgt die Belichtung über die Leuchtelemente **44** gestrobt, also bei offenem Verschluss der Digitalkamera. Es können auch zahlreiche verschiedenfarbige Leuchtelemente **44** vorgesehen sein, die je nach Bedarf über die dort vorgesehenen Kabel **48** angesteuert werden. Die Kabel **48** können Glasfaserkabel sein, die den Leuchtelementen **44** Licht in an sich bekannter Form zuleiten, wobei die eigentliche Lichtquelle dann entfernt an geeigneter Stelle angeordnet sein kann. Alternativ können die Kabel **48** auch elektrische Anschlusskabel für Leuchtdioden sein, die dann an den aus [Fig. 2](#) ersichtlichen Stellen angebracht sind. Besonders günstig ist es, dass die Inspektion mit dem erfindungsgemäßen Stroben, also der Steuerung der Belichtung über die Leuchtelemente **44** in einem Zug oder on the fly erfolgen kann. Dies ist auch besonders für die Realisierung von hohen Auflösungen günstig.

## Patentansprüche

1. Inspektionsvorrichtung (**10**) für ein Substrat (**30**), das mindestens eine aufgedruckte Schicht aufweist, mit:
  - einem Inspektionskopf (**12**), der relativ zu einer Führungsunterlage (**32**), auf der das zu inspizierende Substrat (**30**) lagert, in mindestens zwei Richtungen beweglich ist,
  - wobei der Inspektionskopf (**12**) eine Beleuchtungs-

vorrichtung (14) und eine Erfassungsvorrichtung (16) aufweist, welche Erfassungsvorrichtung (16) die vom Substrat (30) reflektierte elektromagnetische Strahlung erfasst und eine Digitalkamera (18) mit einer Optik aufweist, die eine Auflösung von weniger als 200 Mikrometern auf dem Substrat (20) erfasst,  
 – einer Bewegungsvorrichtung, die die Relativbewegung zwischen der Führungsunterlage (32) und dem Inspektionskopf während des Aufnahmezyklus steuert, wobei die aneinander anschließend oder überlappend aufgenommenen Einzelbilder zu einem Gesamtbild des Substrats (30) zusammengefügt werden.

2. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Inspektionskopf (12) einen Tunnel (24) aufweist.

3. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Inspektionskopf (12) Leuchtelemente der Beleuchtungsvorrichtung (14) für die Beleuchtung des Substrats (30) trägt.

4. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bilder im Flug aufnehmbar sind und die Bewegungsvorrichtung so gesteuert ist, dass aneinander anschließende oder leicht überlappende Einzelbilder bei gleichförmiger Bewegung der Bewegungsvorrichtung erfassbar sind.

5. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zu erfassende Fehlergröße durch Verstärkung der Optik und/oder der Aufnahmefähigkeit der Digitalkamera (18) vom Anwender der Inspektionsvorrichtung (10) einstellbar ist und bei größerer Fehlergröße die Bildgröße jedes Einzelbildes vergrößert ist oder sein kann.

6. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsvorrichtung (14) eine Durchlichteinheit aufweist, die unter der Führungsunterlage (32) angebracht ist und mit welcher durchscheinende Substrate (30) inspizierbar sind.

7. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Drucklichteinheit mit der Führungsunterlage (32) fortbewegt und dass unterhalb der Führungsunterlage (33) eine LED-Bett vorgesehen ist.

8. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Substrate (30) als Keramiksubstrate, Keramikfibrilsubstrate, Metall, LTCC-Substrate und/oder glasfaserverstärkte Epoxidharzsubstrate ausgebildet sind, die in Mehrschichttechnik (Multilayer) im Siebdruck bedruckbar sind.

9. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Inspektionsvorrichtung (10) Teil einer Erzeugungsvorrichtung für bedruckte Substrate (30) ist, in welcher die teilweise bedruckten Substrate (30) der Inspektionsvorrichtung (10) nach Drucken mindestens einer Schicht zuführbar, dann wieder bedruckbar und dann erneut der Inspektionsvorrichtung (10) zyklisch zuführbar ist, bis sämtliche Schichten inspiziert sind.

10. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Inspektion durch die Inspektionsvorrichtung (10) jede Schicht zyklisch in einem Trockenofen oder Brennofen einbrennbar ist.

11. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Anpassung an die verschiedenen Materialien der Schichten die Farbe der Beleuchtungsvorrichtung (14) einstellbar ist.

12. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsvorrichtung (14) eine Vielzahl von LEDs (20, 22) oder Laserdioden aufweist.

13. Inspektionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsvorrichtung (14) einen Lichtleiter aufweist und dass zwischen der Beleuchtungsvorrichtung und dem Substrat (30) mindestens eine Linse zur Erhöhung der Leuchtdichte angeordnet ist.

14. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsvorrichtung (14) ein Glasfaserkabel aufweist.

15. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsvorrichtung (14) eine Taktsteuerung aufweist, mit welcher die einzelnen Leuchtelemente der Beleuchtungsvorrichtung (14) im Impulsbetrieb ansteuerbar sind.

16. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsvorrichtung (14) einen Lichtimpuls zur Ausleuchtung der betreffenden Aufnahme der Digitalkamera (18) auflöst, der mit der Aufnahmesteuerung der Digitalkamera (18) synchronisiert ist.

17. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Digitalkamera zur Erfassung des Bildes des Substrats vorgesehen ist, deren Verschluss offen ist und dass die digitale Belichtung durch die Steuerung der Beleuchtungsvorrichtung erfolgt.

18. Inspektionsvorrichtung nach einem der vor-

hergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtelemente der Beleuchtungsvorrichtung (**14**) in einem sich in einem Winkel von 0° bis 50° konisch aufweitenden Tunnel (**24**) angeordnet sind.

19. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtelemente der Beleuchtungsvorrichtung (**14**) in einem sich in einem Winkel von annähernd konisch aufweitenden Tunnel (**24**) angeordnet sind und mindestens teilweise dem Substrat (**30**) zugewandt sind.

20. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an die Digitalkamera (**18**) ein Framegrabber angeschlossen ist, dessen Ausgang mit einem PC verbunden ist, der die Fehlererkennung vornimmt.

21. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei aufgedruckte Schichten auf dem Substrat (**30**) vorgesehen sind.

22. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die auf dem Substrat (**30**) aufgedruckten Schichten mindestens teilweise überlappend und nacheinander aufgebracht sind.

23. Inspektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Tunnel (**24**) sich zum Substrat mindestens teilweise aufweitet und dass an dem Innenumfang des Tunnels (**24**) eine Vielzahl von Leuchtelementen angebracht sind.

24. Inspektionsvorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Tunnel (**23**) sich zum Substrat konisch aufweitet.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

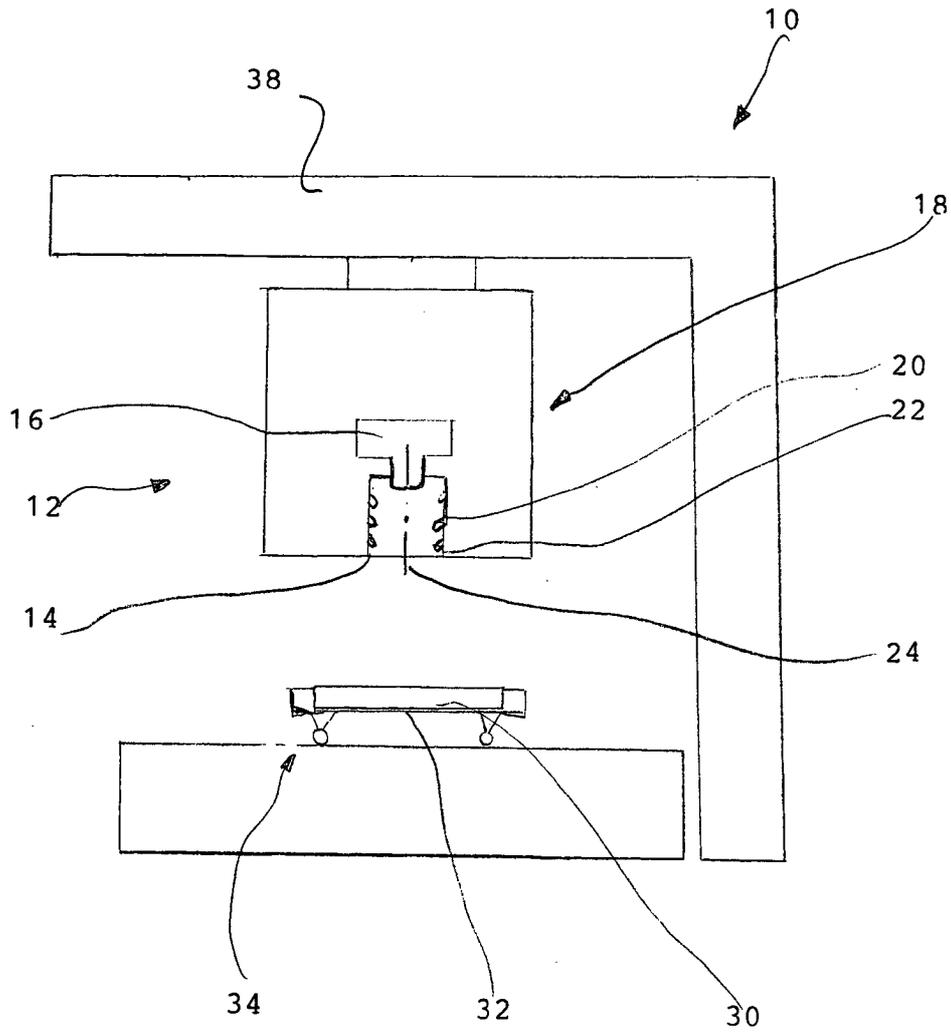


Fig. 1

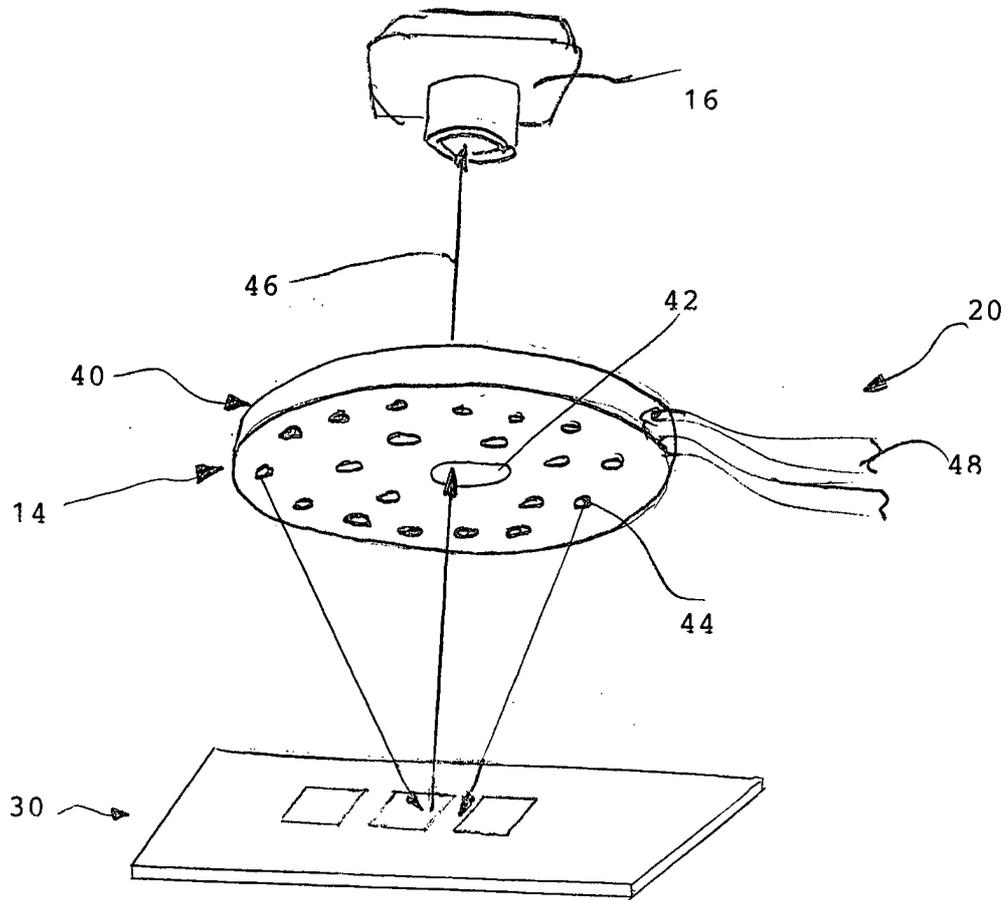


Fig. 2