



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 667 830 A5

⑤① Int. Cl.⁴: B 23 K 26/02
H 01 L 21/268

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 2174/85

②② Anmeldungsdatum: 22.05.1985

②④ Patent erteilt: 15.11.1988

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.11.1988

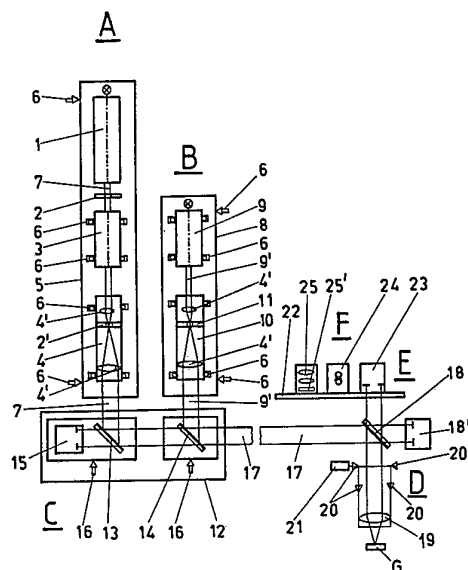
⑦③ Inhaber:
Lasarray Holding AG, Thundorf

⑦② Erfinder:
Wüthrich, Peter, Frauenfeld

⑦④ Vertreter:
PPS Polyvalent Patent Service AG, Baden 2

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Positionsbestimmung und Vorrichtung mechanischer Bewegungen bei einem Laser-Platten-Generator.

⑤⑦ Zur Positionsbestimmung und zur Korrektur von mechanischen Bewegungen beim Schreiben von Linien mit einem Schreiblasersstrahl (7) und einem Tastlasersstrahl (9') in einem metallisierten, dreidimensionalen, integrierten Schaltkreis werden beide Strahlen (7, 9') auf dieselbe Achse gebracht und mit Hilfe eines einzigen Tastlasersstrahlteilers (18) sowohl in den Objektivkopf (D) und auf das Werkstück (G) als auch in einen Revolverkopf (E) geführt, der wechselweise mehrere Mess- oder Beobachtungsgeräte einsetzen kann. Einzelne Teile sind gut einstellbar und bei der automatischen Auswertung der festgestellten Werte kann daraus direkt und mit der gewünschten Geschwindigkeit die Korrektur eines eventuellen Fehlers erreicht werden. Für das Ordnen und für das Verkürzen der Strahlenwege wird ein Laserstrahlensammler (C) eingesetzt, der mit einem Schreiblasersstrahldetektor (15) versehen ist. Ein weiterer Detektor (18') kann hinter dem Tastlasersstrahlteiler (18) angeordnet sein. Die optische Verbindung zwischen dem Objektivkopf (D) und dem Revolverkopf (E) ist sehr einfach, was eventuelle Fehler durch Vibrationen verhindert. Das erfindungsgemässe Verfahren und die dazugehörigen Vorrichtung ist insbesondere für schnelles und präzises Bearbeiten von metallisierten, dreidimensionalen, integrierten Schaltkreisen (Wafer) geeignet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Positionsbestimmung und zur Korrektur von mechanischen Bewegungen beim Schreiben von Linien mit einem Schreiblasersstrahl und einem Tastlasersstrahl in einem metallisierten, dreidimensionalen, integrierten Schaltkreis, dadurch gekennzeichnet, dass der Schreiblasersstrahl (7) und der Tastlasersstrahl (9') in einem Laserstrahlensammler (C) mit einem Schreiblasersstrahlteiler (13) und einem Tastlasersstrahlspiegel (14) in einen Objektivkopf (D) reflektiert werden und dass ein Teil des Schreiblasersstrahls (7) mit dem Schreiblasersstrahlteiler (13) in einen Schreiblasersstrahldetektor (15) abgezweigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schreiblasersstrahl (7) und der Tastlasersstrahl (9') im Laserstrahlensammler (C) auf derselben Achse auf einen Tastlasersstrahlteiler (18) des Objektivkopfes (D) geführt werden, von dem der Tastlasersstrahl (9') und der Schreiblasersstrahl (7) durch das Objektiv (19) auf das Werkstück (G) geführt werden, und dass ein Teil des reflektierten Tastlasersstrahls (9') durch den Tastlasersstrahlteiler (18) in einen Revolverkopf (E) reflektiert wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die in Detektoren (15, 18', 23) und/oder aus dem Objektivkopf (D) und/oder aus dem Revolverkopf (E) festgestellten Laserlicht-Signale ausgewertet werden und dass die richtige Funktionslage erreicht oder erfasst wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Objektivkopf (D) mit dem Revolverkopf (E) ein gemeinsames Optikmodell (F) bilden, dessen optischer Verbindungsteil nur der Tastlasersstrahlteiler (18) ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahlensammler (C) mit einem Schreiblasersstrahldetektor (15) versehen ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Revolverkopf (E) mit wenigstens zwei der drei Einheiten: Tastlasersstrahldetektor (23), Scherungs-Interferometer-Okular (24) und Mikroskopokular (25) mit Fadenzkreuz, versehen ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schreiblasersstrahlquelle (A) und/oder die Tastlasersstrahlquelle (B) mit je wenigstens einer Lochblende (2', 11) innerhalb des Aufweiters (4, 10) versehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Mikroskopokular (25) des Revolverkopfes (E) mit einem Schreiblasersperrefilter (25') versehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in Richtung der auf derselben Achse geführten Schreib- und Tastlasersstrahlen (17) hinter dem Tastlasersstrahlteiler (18) ein Detektor (18') angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach den Ansprüchen 5, 6 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Detektor (15, 18', 23) aus mehreren Feldern (47) besteht.

BESCHREIBUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Positionsbestimmung und zur Korrektur von mechanischen Bewegungen beim Schreiben von Linien mit einem Schreiblasersstrahl und einem Tastlasersstrahl in einem metallisierten, dreidimensionalen, integrierten Schaltkreis. Die vorgenannte Vorrichtung wird kurz als «Laser-Pattern-Generator» bezeichnet.

Eine Lösung dieser Art ist aus der europäischen Patentanmeldung Veröffentlichungs-Nr. 0 128 993 bekannt. In dieser Patentanmeldung ist ein Verfahren und eine Vorrichtung

beschrieben, bei welchen zusätzlich zum Schreiblasersstrahl auch ein Tastlasersstrahl verwendet wird. Bei der Bearbeitung des Werkstückes mit dem Schreiblasersstrahl tastet der Tastlasersstrahl die Oberfläche des Werkstückes ab. Diese Tastlasersstrahlung wird von der Oberfläche des Werkstückes reflektiert und in einem Strahldetektor, z. B. in einer Differentialfotodiode, empfangen und ausgewertet. Die ausgewerteten Messungen werden dann für die automatische Erfassung oder Regulation der relativen Bewegung des Werkstückes in bezug auf den Schreiblasersstrahl verwendet.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der eingangs genannten Art zu schaffen, welche die Einstellungspräzision und Geschwindigkeit aufweist, die eine sichere Herstellung von fehlerfreien Erzeugnissen ermöglicht. Dieses Verfahren und diese Vorrichtung sollen die Erstellung von z. B. 2 µm breiten Trennflächen, d. h. von sogenannten Linien, mit einer Geschwindigkeit von über 300 mm/s ermöglichen.

Die vorgenannte Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Schreiblasersstrahl (Blaustrahl) und der Tastlasersstrahl (Rotstrahl) in einem Laserstrahlensammler mit einem Schreiblasersstrahlteiler und einem Tastlasersstrahlspiegel in einen Objektivkopf reflektiert werden und dass ein Teil des Schreiblasersstrahls mit dem Schreiblasersstrahlteiler in einen Schreiblasersstrahldetektor abgezweigt wird. Der Vorteil dieser Erfindung besteht darin, dass im Laserstrahlensammler beide Laserstrahlen präzise ausgerichtet werden können, was zusätzlich beim Schreiblasersstrahl durch den zuständigen Schreiblasersstrahldetektor kontrolliert und bzw. gesteuert wird. Es ist zweckmässig, wenn der metallisierte, dreidimensionale, integrierte Schaltkreis mit einer Fotolackschicht bedeckt ist, die vom Schreiblasersstrahl belichtet wird.

Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung werden der Schreiblasersstrahl und der Tastlasersstrahl im Laserstrahlensammler auf derselben Achse auf einen Tastlasersstrahlteiler des Objektivkopfes geführt, von dem der Tastlasersstrahl und der Schreiblasersstrahl durch das Objektiv auf das Werkstück geführt werden. Ein Teil des reflektierten Tastlasersstrahls wird durch den Tastlasersstrahlteiler in einen Revolverkopf reflektiert. Der Vorteil ist darin zu sehen, dass die gemeinsame Führung des Schreiblasersstrahls und des Tastlasersstrahls die Präzision der Funktion weiter erhöht, weil man wenigstens in einem bestimmten Teil des Strahlenganges für beide Laserstrahlen dieselben optischen Bestandteile verwenden kann.

Es ist zweckmässig, wenn die in Detektoren und/oder aus dem Objektivkopf und/oder aus dem Revolverkopf festgestellten Laserlicht-Signale ausgewertet werden und die Funktionslage somit erfasst oder erreicht wird. Dieses Verfahren kann mit an sich bekannten elektronischen Mitteln automatisch mit ausreichender Genauigkeit arbeiten.

Bei der erfindungsgemässen Vorrichtung bildet der Objektivkopf mit dem Revolverkopf zweckmässig ein gemeinsames Optikmodul, dessen Verbindungsteil nur der Tastlasersstrahlteiler ist. Diese Lösung ist besonders zweckmässig, weil zwischen dem Objektivkopf und dem Revolverkopf kein Umlenkspiegel steht, der die Abtastfläche des Detektors und damit dessen Geschwindigkeit beeinflusst.

Es ist vorteilhaft, wenn der Laserstrahlensammler mit einem Schreiblasersstrahldetektor versehen ist. Diese Konstruktion ermöglicht, die Richtung und eventuell auch die Breite des Schreiblasersstrahls gleich hinter der Schreiblasersstrahlquelle zu korrigieren und eventuelle Ungenauigkeiten zu erfassen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist der Revolverkopf mit wenigstens zwei der drei Einheiten: Tastlasersstrahldetektor, Scherungs-Interferometer-Okular und Mi-

kroskopokular mit Fadenkreuz, versehen. Durch diese Anordnung werden in der unmittelbaren Nähe des Objektivkopfes drei für die Kontrolle der Funktionsweise der Vorrichtung zweckmässige Apparate angeordnet. Die Verbindung dieser Funktionsteile mit dem Revolverkopf ist sehr platzsparend und ermöglicht die beliebige Wahl einer bestimmten optischen Einheit des Objektivkopfes.

Nach einer Weiterbildung ist die Schreiblaserstrahlquelle und/oder die Tastlaserstrahlquelle mit je wenigstens einer Lochblende innerhalb des Aufweilers versehen. Diese Massnahme sichert ausreichend bildinformationsfreie Laserstrahlen, wie sie bei den neuartigen Verfahren zweckmässig sind. Die Lochblende wird auch als «pinhole» bezeichnet.

Zweckmässig ist das Mikroskopokular des Objektivkopfes mit einem Schreiblasersperrfilter versehen. Diese Lösung verhindert, dass das menschliche Auge mit einer zu hohen Strahlungsleistung eventuell beschädigt wird.

Nach einer Weiterbildung ist in Richtung der auf derselben Achse geführten Schreib- und Tastlasersstrahlen hinter dem Tastlasersstrahlteiler ein Detektor angeordnet. Dieser weitere Detektor kann die Richtung des gemeinsamen Strahlenganges der Tast- und Schreiblasersstrahlen kontrollieren.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn wenigstens ein Detektor aus mehreren Feldern besteht. Diese Lösung signalisiert nicht nur eine eventuelle Abweichung von der gewünschten Richtung sondern auch die Richtung, in welcher diese Abweichung stattfindet. Dies erleichtert die Auswertung einer eventuellen Abweichung und deren automatische Korrektur.

Die Erfindung wird anhand mehrerer Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Anordnung der erfindungsgemässen Vorrichtung, wobei die Fig. 1a im linken Teil in Draufsicht und die Fig. 1b im rechten Teil in Vorderansicht gezeichnet sind,

Fig. 2 eine Vorderansicht auf einen Laserstrahlensammler,

Fig. 3 eine Draufsicht auf den Laserstrahlensammler gemäss Fig. 2,

Fig. 4 ein Optikmodul, bestehend aus einem Objektivkopf und einem Revolverkopf, in teilweisem Schnitt,

Fig. 5 den Schnitt V-V aus der Fig. 4,

Fig. 6 eine Draufsicht auf den Revolverkopf aus der Fig. 4 und

Fig. 7 eine beispielsweise Ausführungsform eines Detektors mit mehreren Feldern.

Gemäss Fig. 1a sind die Schreiblasersstrahlquelle A und die Tastlasersstrahlquelle B parallel mit optischen Achsen in horizontaler Lage angeordnet. Die Schreiblasersstrahlquelle A enthält ein Schreiblasengerät 1, hinter welchem sich ein Laserstrahlenschalter 2 zum Ausschalten des Schreiblasersstrahls 7 bei offenem Gerät befindet. Eine Lochblende 2' ist in einem Aufweiter 4 des Schreiblasengeräts 1 angeordnet. Zwischen diesen Bestandteilen befindet sich in der optischen Achse ein Modulator 3. Linsen des Aufweilers 4 sind mit der Ziffer 4' bezeichnet und die ganze Schreiblasersstrahlquelle A ist in einem Gehäuse 5 gelagert. Der Modulator 3 und der Aufweiter 4 sind mit einstellbaren Befestigungselementen 6 im genannten Gehäuse 5 gehalten. Das ganze Gehäuse 5 ist ebenfalls mit einstellbaren Befestigungselementen 6 versehen, die ermöglichen, die optische Achse dieser Schreiblasersstrahlquelle A richtig zu ordnen. Der Schreiblasersstrahl ist mit Bezugsziffer 7 bezeichnet. Die Tastlasersstrahlquelle B ist in einem Gehäuse 8 gelagert. Sie enthält ein Tastlasengerät 9, aus welchem ein Tastlasersstrahl 9' in den Aufweiter 10 der Tastlasersstrahlquelle B geleitet ist. Auch dieser Aufweiter 10 enthält zusätzlich zu den schon erwähnten Linsen 4' eine Lochblende 11. Die Tastlasersstrahlquelle B enthält auch wei-

tere Elemente, die schon bei der Beschreibung der Schreiblasersstrahlquelle A erwähnt wurden.

Gleiche Teile sind in allen Zeichnungen mit denselben Bezugsziffern versehen.

Aus dem Tastlasengerät 9 wird ein Tastlasersstrahl 9' in den Aufweiter 10 geführt. Die Bestandteile der Tastlasersstrahlquelle sind in einem Gehäuse 8 gelagert, das gleich wie das Gehäuse 5 der Schreiblasersstrahlquelle A mit einstellbaren Befestigungselementen 6 in die richtige Position gebracht werden kann. In der Richtung der optischen Achsen des Schreiblasersstrahls 7 und des Tastlasersstrahls 9' befindet sich ein Laserstrahlensammler C. Dieser enthält in einem Gehäuse 12 einen Schreiblasersstrahlteiler 13 und einen Tastlasersstrahlspiegel 14, die in der Fig. 1a in Draufsicht dargestellt sind. Diese Elemente sind einstellbar mittels Einstellelementen 16 im genannten Gehäuse 12 gelagert. Links vom Schreiblasersstrahlteiler 13 befindet sich ein Schreiblasersstrahldetektor 15, der die richtige Ausgangslage des Schreiblasersstrahls 7 kontrolliert. Der reflektierte Schreiblasersstrahl 7 und der reflektierte Tastlasersstrahl 9' verbinden sich auf einer derselben Achse 17, die dann direkt in die Fig. 1b führt. Diese Fig. 1b weist eine vertikale optische Achse auf. Der gemeinsame Strahlengang 17 fällt zuerst auf einen Tastlasersstrahlteiler 18. Von diesem geht der überwiegende Teil der Strahlung in das Objektiv 19 des Objektivkopfes D und weiter auf das Werkstück G. In der Richtung der auf derselben Achse geführten Schreib- und Tastlasersstrahlen 17 befindet sich hinter dem Tastlasersstrahlteiler 18 ein Detektor 18'. Die Aufgabe dieses Detektors 18' ist, den richtigen Strahlengang 17 zu überwachen. Das Objektiv 19 weist Einstellelemente 20 auf, wobei einige von ihnen mit einem piezoelektrischen Antrieb 21 versehen sind. Direkt oberhalb des Objektivkopfes D ist ein Revolverkopf E drehbar angeordnet, wobei dieser Objektivkopf D und der Revolverkopf E eine funktionelle Einheit, ein Optikmodul F bilden. Der Objektivkopf E enthält im wesentlichen einen Revolverhalter 22, auf dem sich drehbar in diesem Beispiel ein Tastlasersstrahldetektor 23, ein Scherungs-Interferometer-Okular 24 (shearing-interferometer) und ein Mikroskopokular 25 mit Fadenkreuz befinden. Dieses Mikroskopokular 25 ist aus Sicherheitsgründen mit einem Schreiblasersperrfilter 25' versehen.

Der Laserstrahlensammler C, der Objektivkopf D und das Optikmodul F, das aus dem Objektivkopf D und dem Revolverkopf E besteht, werden in den nächsten Zeichnungen näher dargestellt und im Text ausführlicher beschrieben. In der Zeichnung 1b ist aus Übersichtslichkeitsgründen der Revolverkopf E in einer entwickelten, also geradlinigen Form gezeichnet. Die richtige kreisförmige Form wird später anhand der Fig. 6 sichtbar.

Die Fig. 2 zeigt in Vorderansicht den Laserstrahlensammler C. In einem Halter 26 ist der schon beschriebene Schreiblasersstrahlteiler 13 kardanisch aufgehängt. Auf ähnliche Weise ist in einem Halter 27 der ebenfalls schon erwähnte Tastlasersstrahlspiegel 14 angeordnet. Mehrere Tragelemente 28 des Laserstrahlensammlers C sind zwar für die Funktionsweise des Verfahrens und der Vorrichtung nicht wichtig, es ist jedoch selbstverständlich, dass sie ausreichend massiv hergestellt werden, was übrigens auch Führungsplatten 28' der Halter 26, 27 und einen Verbindungskörper 30 betrifft. Stellschrauben 29 dienen für die Einstellung der Halter 26, 27. Der massive Verbindungskörper 30 verbindet die Tragelemente 28 mit einem Arbeitstisch 31. Mit einem Tragelement 28 ist im linken Teil der Fig. 2 auch der schon erwähnte Schreiblasersstrahldetektor 15 befestigt.

In der Fig. 3 ist eine Draufsicht auf die konstruktive Ausbildung gemäss der Fig. 2 veranschaulicht. Die Bestandteile wurden schon vorher beschrieben. In der Fig. 3 sind zusätzlich noch die Stellschrauben 29' und Führungsplatten 28' ge-

zeigt. Diese Stellschrauben 29 gemeinsam mit den Stellschrauben 29' ermöglichen die richtige Einstellung der Elemente 13, 14.

Gemäss Fig. 4 ist ein teilweiser vertikaler Schnitt durch das Optikmodul F gezeigt, das im unteren Teil aus dem Objektivkopf D und im oberen Teil aus dem Revolverkopf E besteht. Die Bestandteile des Objektivkopfes D werden im wesentlichen mit vier Stangen 32 gehalten, die parallel mit der optischen Achse durch den ganzen Objektivkopf D geführt werden und in Stangenhaltern 33 gelagert sind. Im unteren Teil des Objektivkopfes D ist die gegenseitige Lage von zwei Stangenhaltern 33 mittels zwei Blattfedern 34 fixiert. Der Tastlaserstrahlteiler 18 ist in einem Halter 35 gelagert. Auf diesen Tastlaserstrahlteiler 18 kommen von links die auf derselben Achse geführten Schreib- und Tastlaserstrahlen, die in diesen gemeinsamen Strahlengang mit der Bezugsziffer 17 bezeichnet sind. Zur Halterung des Objektivs 19 dient unter anderem auch ein Objektivhalter 36. Es ist selbstverständlich, dass die Bestandteile des Objektivkopfes D entlang der vier Stangen 32 verschoben werden können und so die optimale gegenseitige Lage der optischen Teile eingestellt werden kann. Dies betrifft selbstverständlich nur die Lage der Teile in der Richtung der optischen Achse. Für Bewegungen senkrecht zu der optischen Achse ist der piezoelektrische Antrieb 21 vorgesehen. Die Stangenhalter 33 und andere Befestigungselemente werden mit Schrauben 37 zusammengehalten, von welchen nur einige eingezeichnet sind, weil sie die Erfindungsidee nicht betreffen und Schraubenverbindungen selbstverständlich an sich bekannt sind. Mit dem oberen Teil des Objektivkopfes D ist ein Revolverkopfdrehtisch 38 drehbar verbunden. Für die ausreichend feste aber drehbare Fixierung dieses Revolverkopfdrehtisches 38 dient ein Revolverhalter 22, der mit einer Befestigungsschraube 44 in einem Träger 43 befestigt ist. Im Revolverkopf E sind in diesem Beispiel drei selbständige Elemente gelagert. Vor allem sollte man ein Prisma 40 erwähnen, mit welchem man die horizontale optische Achse in die vertikale Richtung bringen kann. Der Scherungs-Interferometer enthält ein Okular 24 mit einer Mattscheibe und eine Planplatte 39. Der Revolverkopf E enthält weiter das Mikroskopokular 25 mit einem Fadenkreuz und den Tastlaserstrahldetektor 23. Diese Bestandteile sind auf einem Revolverkopfdrehtisch 38 angeordnet, der in diesem Fall drei Bohrungen 42 aufweist. Diese Bohrungen 42 und eine anschaulichere Darstellung des Revolverkopfes E sind aus der folgenden Fig. 6 gut ersichtlich. In der vertikalen optischen Achse ist unter dem Prisma 40 ein Schreiblasersperrfilter 25' und eine Tubuslinse 41 gelagert.

Die Fig. 5 zeigt den Schnitt V-V aus der Fig. 4. Es handelt sich also um den Schnitt durch den Objektivkopf D, wo auch die Befestigung dieses Objektivkopfes D gut sichtbar ist. Im oberen Teil der Fig. 5 ist der mehrteilige Träger 43 gezeigt, der eine dicke Platte enthält und zur Aufnahme der Befestigungsschraube 44 des Revolverkopfes E dient.

In der Fig. 6 ist eine vereinfachte Draufsicht auf den Revolverkopf E dargestellt. Diese Zeichnung veranschaulicht den Tastlaserstrahldetektor 23 mit einem Arretierstift 46 sowie das Scherungs-Interferometer-Okular 24 mit einer Planplatte 39 und das Mikroskopokular 25. Alle diese drei Teile sind mit einem Halter 45 drehbar befestigt, so dass man beliebig den gewünschten Apparat in die optische Achse des Objektivkopfes D bringen kann. In dieser Zeichnung ist auch der Träger 43 sichtbar, auf dem der Revolverkopf E befestigt ist.

Die Fig. 7 zeigt vereinfacht ein Beispiel eines Detektors, in diesem Fall des Schreiblasersstrahldetektors 15, der aus mehreren Feldern 47 zusammengesetzt ist. Bei einer richtigen Funktion wird das mittlere Feld bestrahlt, bei einer Abweichung von dieser gewünschten Lage werden ein oder

mehrere Nebenfelder erfasst. Weil diese Felder 47 einzeln ausgewertet werden können, gibt dies die Information, in welcher Richtung sich die Abweichung von der richtigen Lage erstreckt.

In der beispieelsweisen Ausführungsform wurde als das Schreiblasersgerät 1 ein natürlich luftgekühltes Helium-Cadmium Lasersystem (Marke Liconix, Sunnyvale, CA 94086, USA) verwendet. Dieses Lasersgerät besteht aus einem stromgeregelten Hochspannungsspeisegerät Liconix, Modell 4200 PS, mit Kalt- und Warmstart, mit Zeitprogramm und Zündsteuerung, sowie aus einem Lasersgerät Modell 4110B. Die Hauptmerkmale des Schreiblasersgerätes 1 sind folgende: Lichtwellenlänge 442 nm, Lichtleistung ist 10 mW (Dauerlicht), die Intensität ist normal über den Strahldurchmesser verteilt, Polarisations-Richtung ist horizontal $\pm 5\%$, Strahldurchmesser 1,1 mm.

Das Tastlasersgerät 9 ist ein natürlich luftgekühltes Melles Griot, (ILEE AG, CH-Schlieren) Helium-Neon-Lasersystem, bestehend aus Lasersgerät, Modell 05-LHP-111 und Modell 05-LPN-340 Speisegerät (1800 V, 6,5 mA). Die Lichtwellenlänge beträgt 633 nm, Lichtleistung ist 1 mW, Abweichung der Strahlachse nach dem Kaltstart ist $< 200 \mu\text{Rad}$, nach 15 Min. Betrieb $30 \mu\text{Rad}$. Die Strahl-Divergenz ist $< 1,3 \text{ mRad}$, Regelabweichung der Lichtleistung ist $< \pm 5\%$.

Der Modulator 3 ist ein natürlich luftgekühltes, elektrisch gesteuertes Coherent-Blaulaserlicht-Unterbrecher-System (Coherent Associates, Danbury, Conn. 06810, USA), bestehend aus dem Steuergerät Modell 31 und dem Modulator Modell 3010. Das Modulator-Rohr enthält einen bruchempfindlichen, in Flüssigkeit mit gleicher Brechungszahl eingebettetem Kaliumdihydrogenphosphat-Kristall mit zwei Steuerelektroden und einem am Ausgang angebauten Fotodioden Lichtmesser. Der Kristall wirkt als Polarisationsfilter, dessen Richtungswinkel mit einer Spannung von ca. 600 V über 90 Grad gedreht werden kann.

Der Aufweiter 4 besteht aus zwei Sammellinsen und einer Lochblende, die auch «pinhole» genannt wird, mit einem Durchmesser von 10 μm , im gemeinsamen Brennpunkt der Sammellinsen. Der Aufweiter vergrössert den Durchmesser und verkleinert die Divergenz des Laserstrahls im Aufweitungsverhältnis, das ist das Verhältnis der Brennpunktstände, und überträgt das Bild des Lichtpunktes in der Lochblende im Ausgangsstrahl, d.h. entfernt z.B. wegen Staub entstandene dunkle Punkte des ankommenden Laserstrahls und macht die Richtung des Ausgangsstrahls unabhängig von der Richtung des Eingangsstrahls.

Als Teiler 13 wird ein dichroidischer Teiler verwendet, der aus einer planparallelen Glasplatte mit einseitig aufgedämpfter dünner Metallschicht besteht. Dieser lässt das Licht der bestimmten Wellenlänge, d.h. der einen Farbe, das in der Durchgangsrichtung eintrifft, in der gleichen Richtung durch, versetzt dabei den Strahlungsaustrittspunkt abhängig von der Brechungszahl des Glases für die bestimmte Wellenlänge in Abhängigkeit von der Dicke des Glases.

Der an sich bekannte piezoelektrische Antrieb 21 besteht in diesem Beispiel aus Burley, Modell PZ70, 1000 V Speisegerät und einem Burley, Modell PZ40 Piezotranslator. Der Piezokristallstapel dehnt sich in etwa proportional mit der angelegten Spannung aus und verschiebt dadurch das Objektiv 19 in der horizontalen Achse.

Ein Mikroskop besteht aus dem Objektiv 19 und dem Mikroskopokular 25. Das Objektiv 19 weist ein Sammellinsensystem mit oder ohne Standard-Deckglas auf der Arbeitsseite auf, fokussiert den konzentrisch und parallel eintretenden blauen und roten Laserstrahl zum kleinstmöglichen Brennfleck im Arbeitsabstand, leitet ein vergrössertes Luftbild des konzentrisch zum Brennfleck liegenden grün be-

leuchteten Bildfeldes ab, das mit dem Mikroskopokular 25 betrachtet werden kann. Es setzt die mechanische Verschiebung durch den piezoelektrischen Antrieb 21 in eine Verschiebung des Bild- und Brennfleck-Mittelpunktes um.

Das Mikroskopokular 25 ist als ein Sammellinsensystem mit der Funktion einer Lupe ausgebildet und leitet aus dem Luftbild des Objektivs 19 ein vergrössertes sichtbares Bild ab.

Der Scherungs-Interferometer besteht aus einem in den Strahlengang einschiebbaren Spiegel, einer planparallelen Glasplatte 39 und einem Okular 24, bildet ein Scherungs-Interferometer zum Messen der Abweichung des Abstandes der reflektierenden Aluminium-Fläche von der Fokussierebene des Objektivs 19.

Die Detektoren 15, 18' und 23 bestehen zweckmässig aus je einer zentralen, inneren unempfindlicheren und einer äusseren empfindlicheren Anordnung von Silizium-Photodioden. Sie leiten aus dem vom Werkstück reflektierten oder auf eine andere Weise gewonnenen Laserstrahl die Feststellung ab, ob sich der zuständige Laserstrahl in der richtigen Lage befindet oder in einer bestimmten Richtung sich von dieser Lage entfernt.

Der Erfindungsgegenstand ist selbstverständlich auf das in der Zeichnung Dargestellte nicht beschränkt. Es können auch andere Formen und andere Anordnungen verwendet werden, die unter den Umfang der Patentansprüche fallen.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

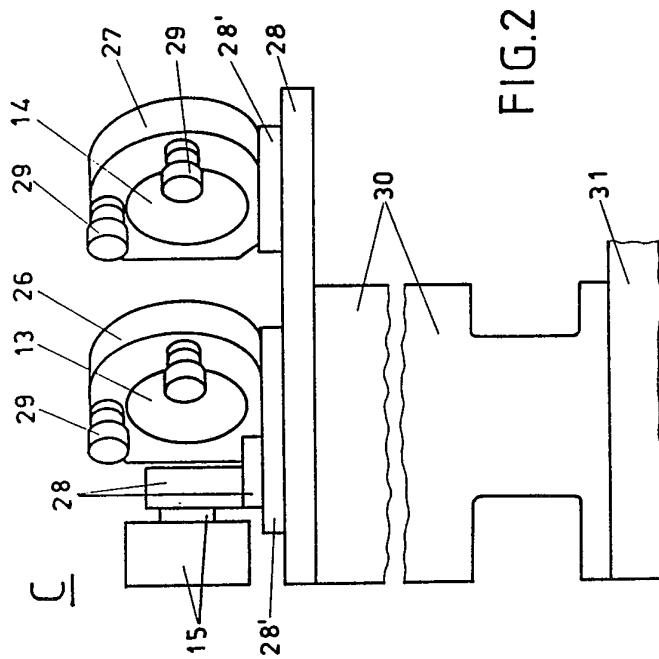


FIG. 2

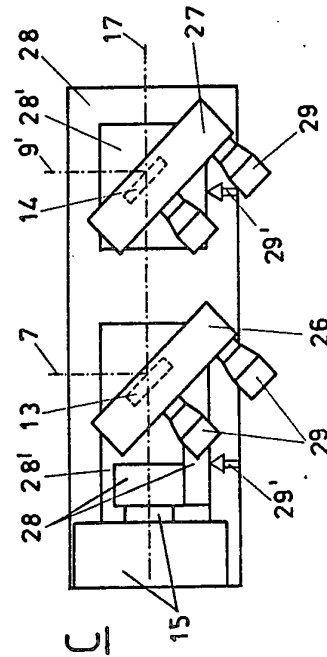


FIG. 3

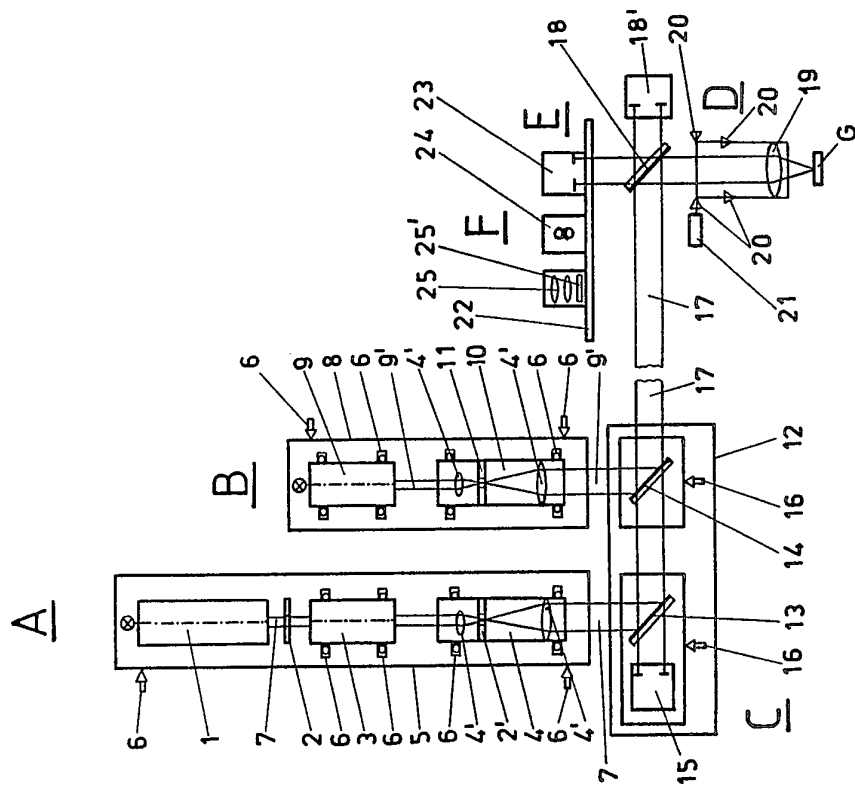


FIG. 1a

FIG. 1b

