



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 41 02 731 B4 2004.10.14**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 41 02 731.0**  
 (22) Anmeldetag: **30.01.1991**  
 (43) Offenlegungstag: **01.08.1991**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **14.10.2004**

(51) Int Cl.7: **G03F 9/00**  
**G03F 7/20, H01L 21/308**  
**// G02B 21/06**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:  
**472787 31.01.1990 US**

(71) Patentinhaber:  
**Applied Materials, Inc., Santa Clara, Calif., US**

(74) Vertreter:  
**Zenz, Helber, Hosbach & Partner GbR, 45128 Essen**

(72) Erfinder:  
**Allen, Paul, Beaverton, Oreg., US; Bohan, Mike, Beaverton, Oreg., US; Thomas, Tim, Beaverton, Oreg., US; Teitzel, Robin, Portland, Oreg., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
**DE 27 18 711 C2**  
**US 47 96 038**  
**JP 60-2 39 754 A**

(54) Bezeichnung: **Lithographieeinrichtung zum direkten Beschreiben eines Substrates**

(57) Hauptanspruch: Lithographieeinrichtung zum direkten Beschreiben einer lichtempfindlichen Schicht auf einem Substrat (104), aufweisend:

a) eine Schreibvorrichtung (101) zum Beschreiben der lichtempfindlichen Schicht, wobei die Schreibvorrichtung aufweist:

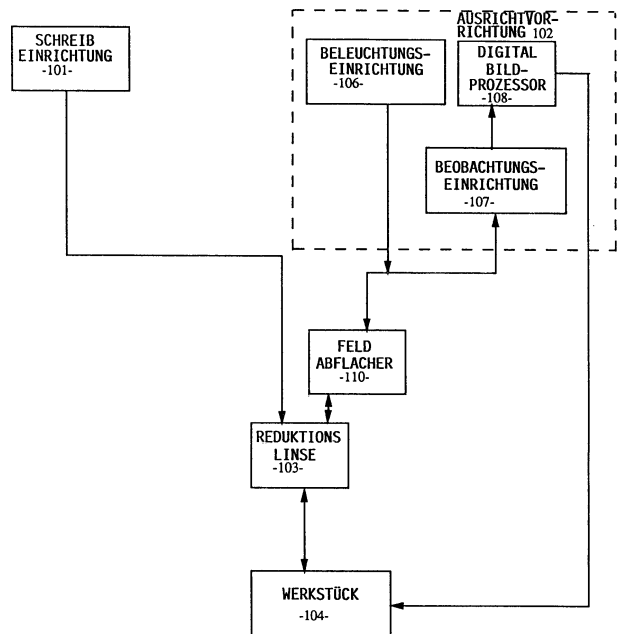
a1) eine erste Strahlungsquelle, die wenigstens einen ersten Strahl einer ersten Wellenlänge erzeugt, wobei die Strahlungsenergie der ersten Wellenlänge in der Lage ist, die lichtempfindliche Schicht zu belichten;

a2) eine Strahlreduktionseinrichtung (103) zum Reduzieren der Größe des ersten Strahls vor dem Schreiben auf die lichtempfindliche Schicht, wobei die Strahlreduktionseinrichtung (103) optisch zwischen der ersten Strahlungsquelle und dem Substrat (104) eingekoppelt ist;

b) eine Ausrichtvorrichtung (102) zum Ausrichten des Substrats (104) in Bezug auf den ersten Strahl, wobei die Ausrichtvorrichtung umfaßt:

b1) eine Beleuchtungseinrichtung (106) zum Beleuchten des Substrats (104), wobei die Beleuchtungseinrichtung eine zweite Strahlungsquelle (202; 401) umfaßt, und

b2) eine Betrachtungseinrichtung (107) zum Betrachten eines reflektierten Bildes des Substrats, wobei die Betrachtungseinrichtung optisch so eingekoppelt ist, daß das...



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Lithographieeinrichtung zum direkten Beschreiben einer lichtempfindlichen Schicht auf einem Substrat.

**[0002]** Es gibt bereits eine Anzahl von Direkt-schreib-Lithographiesystemen zur Erzeugung von Halbleiterscheiben (Wafern) o. dgl.. Bei jedem dieser Systeme ist es notwendig, die Scheibe auf einer mechanischen Bühne unter dem Schreibstrahlbündel genau zu positionieren. Typischerweise werden Justier- oder Bezugsmarken zunächst auf das Substrat geschrieben, und danach dienen die Justiermarken zur Bestimmung der Relativlage der Scheibe mit Bezug auf das Ausrichtsystem. Zu beachten ist, daß die Justiermarken auf globaler Basis, Chip-für-Chip oder feldweise angewendet werden können. Bei Anwendung der Justiermarken auf einer globalen Basis wird die Scheibe mit Bezug auf die Justiermarke genau ausgerichtet und positioniert. Bei einem globalen Justiersystem sind extreme Stabilität des Systems sowie ebene, verwerfungsfreie Scheiben erforderlich. Sowohl bei der chipweisen als auch bei der feldweisen Ausrichtung müssen die Justier- bzw. Bezugsmarken in einer Weise und Position angebracht werden, die mit dem Herstellungsprozeß kompatibel sind.

**[0003]** In jedem Falle ist es wichtig, bei einem direkt schreibenden lithographischen System eine Scheibe (Wafer) bezüglich eines Schreibstrahls genau zu positionieren. Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes System zum Positionieren von Scheiben in einem solchen System anzugeben.

**[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Lithographieeinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. eine Lithographieeinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 5 gelöst. Ein wesentliches Merkmal der erfindungsgemäßen Lithographieeinrichtung liegt in der Ausbildung der Ausrichtvorrichtung derart, daß die Beleuchtung und/oder die Betrachtung des Substrats durch die Strahlreduktionseinrichtung hindurch erfolgt. Das Ausrichtsystem findet vorzugsweise bei einem Mehrstrahl-Laser-Lithographiesystem Verwendung und sorgt für die Ausrichtung einer Halbleiterscheibe o. dgl. durch dieselbe Reduktionslinse, die auch von den Schreibstrahlbündeln des Lithographiesystems verwendet wird. Das System ermöglicht die Messung des Ortes der Bezugs- bzw. Justiermarken auf den Scheiben und deren Ausrichtung mit dem Schreibwerkzeug auf der Grundlage derartiger Messungen.

**[0005]** Die Betrachtung und/oder Beleuchtung erfolgt bei dem Ausrichtsystem durch die auch von den Schreibstrahlbündeln verwendete Reduktionslinse. Dies geschieht ohne Einstellung auf den Schreibstrahl. Stattdessen dienen externe Optiken zur Kor-

rektur von Linsenverzerrungen für die vom Ausrichtsystem verwendete Wellenlänge.

**[0006]** Eine Weiterbildung der Lithographieeinrichtung stellt außerdem in einem integrierten optischen System eine Mehrwegbeleuchtung und -beobachtung, z.B. Hellfeld/Dunkelfeld und starke Vergrößerung/schwache Vergrößerung, zur Verfügung. Flüssigkristallverzögerer sind vorgesehen, um einen optischen Pfad für das vom Ausrichtsystem verwendete Lichtstrahlbündel selektiv auszuwählen.

**[0007]** Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

**[0008]** Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

**[0009]** Fig. 1 ein Blockschaltdiagramm mit einer Gesamtansicht des beschriebenen Ausführungsbeispiels;

**[0010]** Fig. 2 ein Blockschaltdiagramm der Beleuchtungseinrichtung der Ausrichtoptik bei dem Ausführungsbeispiel;

**[0011]** Fig. 3 ein Blockschaltdiagramm der Beobachtungseinrichtung der Ausrichtoptik gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel;

**[0012]** Fig. 4 die Ausrichtoptik bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel und insbesondere den Hellfeld-Beleuchtungs-zweig schwacher Vergrößerung dieses optischen Systems;

**[0013]** Fig. 5 die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels und insbesondere den Hellfeld-Beleuchtungs-zweig starker Vergrößerung dieses optischen Systems;

**[0014]** Fig. 6 die Ausrichtoptik gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel und insbesondere den Dunkelfeld-Beleuchtungs-zweig mit starker Vergrößerung dieses optischen Systems;

**[0015]** Fig. 7 die Ausrichtoptik gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel und insbesondere den Hellfeld-Betrachtungs-zweig mit schwacher Vergrößerung dieses optischen Systems;

**[0016]** Fig. 8 die Ausrichtoptik eines bevorzugten Ausführungsbeispiels und insbesondere den Hellfeld-Betrachtungs-zweig mit starker Vergrößerung dieses optischen Systems;

**[0017]** Fig. 9 die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels und insbesondere den Dunkelfeld-Betrachtungs-zweig mit starker Vergrößerung dieses optischen Systems;

**[0018]** Fig. 10 die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels und insbesondere den optischen Weg eines Lichtbündels, das von einem 363,8 nm-Laser zum Schreiben auf einem Halbleiterwafer oder ähnlichen Medium erzeugt wird; und

**[0019]** Fig. 11 eine Bezugs- bzw. Justiermarke wie sie bei der Erfindung verwendet werden kann.

#### ÜBERBLICK ÜBER DAS ERFINDUNGSGEMÄSSE LITHOGRAPHIESYSTEM

**[0020]** Unter Bezugnahme auf Fig. 1 wird ein Überblick über das erfindungsgemäße Lithographiesystem anhand eines Blockdiagramms gegeben. Eine Schreibvorrichtung **101** dient zum Projizieren eines Strahlungsenergiebündels durch eine Reduktionslinse **103** hindurch auf ein Werkstück **104**, beispielsweise eine Halbleiterscheibe. Die Schreibvorrichtung **101** kann von irgendeiner konventionellen Konstruktion sein und liefert in typischer Ausführung mehrere Strahlen bzw. Strahlenbündel auf die Werkstückoberfläche zum Abrastern eines Abtastbereichs, beispielsweise nach einer Rasterabtastmethode.

**[0021]** Ein Beispiel für ein Laser-System unter Verwendung eines Lichtstrahlbündels ist in der US-PS 4 796 038 beschrieben. Dieses bekannte System ist besonders gut anwendbar bei der Erzeugung von Masken für die Halbleiterproduktion.

**[0022]** Diese Druckschrift zeigt ein System mit einer Strahlungsenergiequelle, nämlich einem Laser, der ein Strahlungsenergiebündel auf einen Strahlteiler, über eine Folge von Linsen, Spiegeln und Modulatoren auf eine Reduktionslinse und von dort auf ein Werkstück schickt. Die Lehre der US-PS 4 796 038 wird durch Bezugnahme in die Offenbarung der vorliegenden Anmeldung einbezogen.

**[0023]** Andere Druckschriften beschreiben Systeme zur Halbleiterproduktion mit direkter Schreibstrahlenergie. Beispielsweise beschreiben S. Wolf und R.N. Tauber in "Silicon Processing for the VLSI Era, Vol. 1, Process Technology", Lattice Press, 1986 (Neudruck mit Korrekturen 1987), Seiten 493-504, (im folgenden als Wolf-Druckschrift bezeichnet) Systeme, die unter Verwendung von fokussierten Elektronenstrahlbündeln Schaltungsmuster auf Halbleiterscheiben bzw. -wafern verwenden. Die Wolf-Druckschrift wird ebenfalls durch Bezugnahme in diese Anmeldung einbezogen.

**[0024]** Eine Ausrichtvorrichtung **102** ermöglicht die Ausrichtung einer Halbleiterscheibe (d.h. des Werkstücks **104**) relativ zur Schreibvorrichtung. Die Ausrichtvorrichtung **102** enthält eine Beleuchtungseinrichtung **106** und eine Betrachtungseinrichtung **107**. Die Beleuchtungseinrichtung **106** sorgt für die Beleuchtung der Halbleiterscheibe und ist in Fig. 2 und

in den Fig. 4 bis 6 genauer gezeigt. Die Betrachtungs- bzw. Beobachtungseinrichtung **107** ermöglicht die Beobachtung der beleuchteten Halbleiterscheibe und ist genauer in den Fig. 3 und 7 bis 9 gezeigt.

**[0025]** Die Ausrichtvorrichtung **102** ermöglicht die Messung des Orts von Bezugsmarken auf einem Werkstück **104**; auf der Basis der Messung des Orts des Werkstücks werden die Strahlungsenergiebündel der Schreibvorrichtung **101** auf die Position des Werkstücks eingestellt bzw. kalibriert.

**[0026]** Ein Feldabflacher **110** ist vorgesehen, der die gemeinsame Verwendung der Reduktionslinse **103** sowohl für das von der Ausrichtvorrichtung **102** verwendete sichtbare Licht als auch das in der Schreibvorrichtung **101** verwendete Belichtungslicht ermöglicht. Der Feldabflacher **110** ermöglicht die Verwendung einer Reduktionslinse, deren Konstruktion auf die Verwendung bei Belichtungslicht abgestellt wurde, durch ein System wie das Ausrichtsystem **102** der vorliegenden Erfindung, das auf die Verwendung mit sichtbarem Licht abgestimmt ist. Es wurde gefunden, daß ohne den Feldabflacher **110** das erzeugte und von der Ausrichtvorrichtung **102** benutzte sichtbare Licht sowohl verschoben als auch verzerrt würde. Der Feldabflacher **110** wird weiter unten genauer erläutert.

**[0027]** Bei dem beschriebenen Beispiel bewirkt die Reduktionslinse **103** eine 20fache (20x) Reduktion, und sie ist insbesondere zur Verwendung in Verbindung mit einer Laser-Schreibquelle ausgelegt, die bei einer Wellenlänge von 363,8 nm arbeitet. Wie zu sehen sein wird, würde ohne die erfindungsgemäß vorgesehene Korrektur die Verwendung einer Reduktionslinse, welche zur Erzeugung eines unverzerrten Bildes unter Verwendung einer 363,8 nm-Quelle konstruiert ist, zu einer verschobenen und verzerrten Zwischenbildebene führen, wenn sie mit einer Quelle sichtbaren Lichts zum Zwecke der Beleuchtung bei einer Ausrichtvorrichtung verwendet wird.

**[0028]** Die Schreibvorrichtung **101** kann Mehrfachstrahlungsquellen oder – alternativ – eine einzige Quelle verwenden, deren Strahlung in mehrere Strahlbündel aufgeteilt wird. Zusätzlich ermöglicht die Erfindung das Erkennen willkürlich geformter Justiermarken. Bei der Erfindung erfolgt die Beleuchtung und Betrachtung eines Werkstücks durch dasselbe Linsensystem wie dessen Beschreiben.

#### ÜBERBLICK ÜBER DIE BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG BEI DEM BESCHRIEBENEN AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

**[0029]** Im folgenden wird auf Fig. 2 Bezug genommen, in der ein Blockschaltbild der Beleuchtungseinrichtung des beschriebenen Ausführungsbeispiels dargestellt ist. (Zu beachten ist, daß die Betrachtung

tungseinrichtung in **Fig. 2** nicht dargestellt ist; die Betrachtungseinrichtung macht jedoch vorzugsweise ebenfalls von der Reduktionslinse **103** Gebrauch, um das Werkstück **104** durch dieselbe Reduktionslinse sowohl zu beleuchten als auch zu betrachten).

**[0030]** Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel dient eine Strahlungsenergiequelle, wie ein Mikrolaser **202**, zur Erzeugung wenigstens eines Strahlungsenergiepunktes auf einem Vorbereitungsmittel, beispielsweise einer Punktbildungslinenanordnung **203**. Das Strahlbündel wird dann auf einen Strahlteiler **205** geworfen, von dem aus es in einen Zweig **206** schwacher Vergrößerung oder einen Zweig **207** starker Vergrößerung gerichtet wird.

**[0031]** Der Zweig **207** starker Vergrößerung ruft entweder eine Hellfeldbeleuchtung über die Anordnung **210** oder eine Dunkelfeldbeleuchtung über die Anordnung **211** hervor. Das Strahlbündel wird durch einen Strahlteiler **209** entweder der Anordnung **210** oder der Anordnung **211** zugeführt.

**[0032]** Es ist zweckmäßig, die Verwendung der Ausdrücke "Hellfeldmodus" und "Dunkelfeldmodus" genauer zu beschreiben und die Implementierung im Umfeld dieser Modi bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel zu erläutern. Eine Hellfeldbeleuchtung liegt vor, wenn der einen Punkt auf einer Oberfläche, beispielsweise einer Halbleiterscheibe, treffende Beleuchtungslichtkegel mit demjenigen reflektierten Lichtkegel zusammenfällt, der von einer Linse gesammelt und abgebildet wird (beispielsweise durch CCD **711** oder CCD **820** in den **Fig. 4-10**). Dies findet statt, wenn Licht von der Scheibe spiegelnd reflektiert wird.

**[0033]** Im Gegensatz zu der spiegelnden Reflexion von einer glatten Oberfläche kann Licht auch auf einer rauhen Oberfläche oder einer mit topologischen Merkmalen versehenen Oberfläche gestreut werden. Die meisten Oberflächen rufen ein Gemisch von spiegelnder und gestreuter Reflexion hervor. Dunkelfeldbeleuchtung tritt auf, wenn der einfallende Lichtkegel und der reflektierte Lichtkegel ohne Überlappung sind. Bei der Dunkelfeldbeleuchtung wird nur das gestreute Licht gesammelt und abgebildet. Das spiegelnd reflektierte Licht wird ausgefiltert.

**[0034]** Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann die Dunkelfeldbeleuchtung als ein Beleuchtungsprozeß beschrieben werden, bei dem ein Werkstück mit Licht entsprechend dem Außenbereich eines Hellfeldkegels beleuchtet wird (d.h. der Dunkelfeldkegel ist eine Untergruppe des Hellfeldkegels). Spiegelnd reflektiertes Licht läuft in den Außenbereich des Konus' zurück. In dem Betrachtungszweig wird dieser Teil des Konus' ausgefiltert, damit nur der Zentralbereich des Konus' sichtbar wird. Das einzige Licht, welches in den Zentralbereich des Konus' ein-

dringen kann, ist nichtspiegelnd reflektiertes, d.h. gestreutes Licht.

**[0035]** Zusammenfassend gesagt, fallen bei der Hellfeldbeleuchtung der Beleuchtungskegel und der Beobachtungskegel zusammen. Bei der Dunkelfeldbeleuchtung gibt es keine Überlappung zwischen dem Beleuchtungskegel und dem Beobachtungskegel. Der Ausdruck "Dunkelfeld" entstand aus der Erscheinung eines Dunkelfeldbildes, in welchem der Hintergrund dunkel und die Ränder oder Oberflächenstrukturen hell erscheinen.

**[0036]** Typische Anwendungen realisieren ein optimales Bild und Informationen aus der Verwendung von Hellfeldbeleuchtung; die Verwendung von Dunkelfeldbeleuchtung macht jedoch Einzelheiten, die bei der Hellfeldbeleuchtung verlorengehen können, besser sichtbar. Anwendungen von Dunkelfeldbeleuchtung umfassen das Abtasten großer Sichtfelder zum Auffinden von Teilchen, Kratzern und chemischen Ablagerungen.

**[0037]** Bei dem bevorzugten Beispiel der Erfindung sind Aperturblenden (aperture stops) im optischen Strahlengang vorgesehen, welche den Winkel der oben angegebenen Kegel bestimmen. Generell bestimmen die Positionen eines Durchmesser einer Aperturblende in einem Beleuchtungszweig den Lichtkegelwinkel des den Wafer beleuchtenden Lichts. Die Position und der Durchmesser einer Aperturblende bestimmen im Beobachtungszweig den Konuswinkel des reflektierten Lichtkegels, der von den Betrachtungsoptiken gesammelt und abgebildet wird.

**[0038]** Um eine Dunkelfeldbeleuchtung zu gewinnen, wird das Zentrum der Aperturblende des Dunkelfeld-Beleuchtungszweiges gesperrt (wodurch das Zentrum des Beleuchtungskegels auf dem Werkstück gesperrt wird). Durch Sperren des Außenbereichs des reflektierten Lichtkegels im Dunkelfeld-Beobachtungszweig (durch Vorsehen einer Aperturblende mit einem kleineren Radius als derjenige der Aperturblende im Beleuchtungszweig) wird Dunkelfeldbeleuchtung gewonnen.

**[0039]** Im Falle der Hellfeldbeleuchtung haben die Aperturblenden sowohl im Beleuchtungszweig als auch im Beobachtungszweig keine Zentralabdeckungen, und sie haben denselben relativen Öffnungsradius. Daher fallen die Beleuchtungs- und Betrachtungskegel zusammen.

**[0040]** Außerdem sind bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel Feldblenden (field stops) in den Zwischenbildebenen vorgesehen, welche die Größe der beleuchteten Fläche auf dem Scheibchen bestimmen.

## ÜBERSICHT ÜBER DIE BEOBACHTUNGSEINRICHTUNG BEI DEM BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

**[0041]** Fig. 3 zeigt die Beobachtungseinrichtung des beschriebenen Ausführungsbeispiels in Form eines Blockdiagramms. Strahlungsenergie, vorzugsweise in Form von sichtbarem Licht, aus der anhand von Fig. 2 beschriebenen Beleuchtungseinrichtung wird (entweder durch Spiegelreflexion im Hellfeldmodus oder durch Streuung im Dunkelfeldmodus) vom Werkstück **104** durch die Reduktionslinse **103** geworfen. Von der Reduktionslinse **103** wird das Licht auf den Strahlteiler **301** und wahlweise entweder auf den Strahlteiler **302** oder die Hellfeldeinrichtung **310** schwacher Vergrößerung gerichtet, von der das resultierende Bild zur Betrachtung verfügbar gemacht wird. Auf den Strahlteiler **302** gerichtetes Licht wird optionell entweder auf die Hellfeldeinrichtung **312** starker Vergrößerung gerichtet und das resultierende Bild für die Beobachtung verfügbar gemacht oder auf die Dunkelfeldeinrichtung **311** starker Vergrößerung, wo das resultierende Dunkelfeldbild zur Beobachtung verfügbar gemacht wird.

**[0042]** Wenn Licht auf die Hellfeldeinrichtung **310** schwacher Vergrößerung gerichtet wird, wird eine Ladungskopplungselement-(CCD)-Fernsehkamera verwendet, die geeignet ist, das Bild schwacher Vergrößerung zu erkennen. Sowohl bei der Dunkelfeldeinrichtung **311** starker Vergrößerung als auch bei der Hellfeldeinrichtung **312** starker Vergrößerung wird eine CCD-Fernsehkamera verwendet, die stark vergrößerte Bilder sehen kann. Vorzugsweise wird eine einzige CCD-Fernsehkamera starker Vergrößerung sowohl für Hellfeld- als auch für Dunkelfeldbilder verwendet. Es ist klar, daß andere Fernsehkameras als CCD-Elemente benutzt werden können und daß auch solche Kameras entwickelt werden können, welche sowohl Bilder mit starker als auch mit schwacher Vergrößerung sehen können.

**[0043]** Beim Beobachten entweder unter starker Vergrößerung oder schwacher Vergrößerung sind die CCD-Kameras derart angekoppelt, daß sie das betrachtete Bild an einem Digitalbildprozessor (gezeigt als Digitalbildprozessor **108** in Fig. 1) zur Verfügung stellen. Der Digitalbildprozessor mißt den Justiermarkenort und ist derart angeschlossen, daß er Steuerinformationen zur Steuerung der Position des Werkstücks liefert (d.h. Werkstück **104** in Fig. 1).

**[0044]** Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel hat der vom Mikrolaser **202** erzeugte Punkt einen Radius von 0,175 mm und der Punkt hat einen Radius von 0,32 mm an einem Diffusor **403** in Fig. 4, dem Ende des Punktherstellungszweiges des beschriebenen Systems. Im hochauflösenden Modus sowohl für Hell- als auch Dunkelfeld hat der Punkt einen Radius von 0,55 mm an der Zwischenbildebene (gezeigt als

IIP in der Fig. 4) und einen Radius von 0,0625 mm auf dem Werkstück **104**. Im schwachen Vergrößerungsmodus hat der Punkt einen Radius von 3,76 am IIP und einen Radius von 0,47 am Werkstück **104**. Die stark vergrößernden Beobachtungszweige (sowohl Hell- als auch Dunkelfeld) haben einen Punktradius an der betrachtenden Kamera (CCD **820** in den Fig. 4-10) von 5,5 mm und eine Vergrößerung an der CCD **820** von angenähert 88X (d.h. 5,5 mm/0,0625 mm). Der schwach vergrößernde Beobachtungszweig erzeugt eine Punktgröße an der CCD **711** (gezeigt in den Fig. 4-10) von 5,5 und erzeugt daher eine Vergrößerung an der CCD **711** von angenähert 12X (d.h. 5,5 mm/0,47 mm). Wenn das Bild auf einem Monitor wiedergegeben wird, erhöht (oder vermindert) sich die Vergrößerung um das Verhältnis der Diagonallänge des Monitors zur Diagonallänge des CCD-Detektors (die CCD's haben bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine Diagonallänge von 11 mm).

**[0045]** Die Ausrichtungsoptiken des bevorzugten Ausführungsbeispiels werden unter Bezugnahme auf Fig. 4-9 genauer beschrieben. Insbesondere zeigt Fig. 4 die Ausrichtungsoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels und zeigt im besonderen den Hellfeldbeleuchtungszweig schwacher Vergrößerung dieser Optik. Fig. 5 stellt die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiel und insbesondere den Hellfeldbeleuchtungszweig starker Vergrößerung dieser Optik dar. Fig. 6 zeigt die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels und stellt insbesondere den Dunkelfeldbeleuchtungszweig starker Vergrößerung dieser Optik dar. Fig. 7 zeigt die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels und stellt insbesondere den Hellfeldbeobachtungszweig schwacher Vergrößerung dieser Optik dar. Fig. 8 zeigt die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels und stellt insbesondere den Hellfeldbeobachtungszweig starker Vergrößerung dieser Optik dar. Fig. 9 zeigt die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels und stellt insbesondere den Dunkelfeldbeobachtungszweig starker Vergrößerung dieser Optik dar.

## GENAUE BESCHREIBUNG DES BELEUCHTUNGSSYSTEMS BEI DEM BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

**[0046]** In Fig. 4 ist die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels gezeigt; wie oben gesagt, stellt Fig. 4 insbesondere den Hellfeldbeleuchtungszweig schwacher Vergrößerung bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel dar. Vor der Erörterung dieses speziellen Zweiges werden jedoch gewisse generelle Aspekte des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Ausrichtoptik erörtert.

## PUNKTERZEUGUNGSZWEIG

[0047] Die Ausrichtoptik verwendet vorzugsweise einen Festkörper-Grün-Mikrolaser **401** enger Bandbreite von 532 nm als Lichtquelle. Das Laserlicht wird auf einen rotierenden graugrundigen Glasdiffusor **403** gerichtet, der zur Streuung des vom Laser **401** erzeugten Lichts dient. Die Rotation des Diffusors **403** bewirkt eine Eliminierung von Kohärenzeffekten, wie Ringen (Interferenzen) und Tupfen. Der vom Laserstrahlbündel erzeugte Punkt wird nachfolgend (durch die Beleuchtungsoptik) an der sichtbaren Zwischenbildebene und schließlich auf dem Wafer abgebildet.

[0048] Der Laser **401** erzeugt ein Strahlbündel, das dem Diffusor **403** zugeführt wird. Ein Flüssigkristallverzögerer **402** ist vorgesehen, der eine kontinuierliche Einstellung der Beleuchtungsintensität durch Einstellung der Verzögerungswirkung des Flüssigkristallverzögerers **402** ermöglicht.

[0049] Zwar ist die Verwendung von Lasern zum Abtasten in lithographischen Systemen bekannt, jedoch hat die Verwendung eines Lasers im Sinne der Erfindung für ein Beobachtungssystem eine Anzahl von beachtlichen Vorteilen.

[0050] Der Flüssigkristallverzögerer **402** ist optisch derart eingebunden, daß er ein Lichtstrahlbündel zur Linse **404**, zum polarisierenden Strahlteiler **405**, zum Flüssigkristallverzögerer **406**, zur Linse **407** und schließlich zum Diffusor **403** überträgt. Zu beachten ist, daß zusätzlich zum Einstellen der Beleuchtungsintensität der Lichtquelle der Flüssigkristallverzögerer **402** die Polarisation des Lichtstrahls derart steuert, daß der Strahlteiler **405** den Lichtstrahl entweder durchlaufen läßt oder ihn unter einem 90° Winkel auf den Flüssigkristallverzögerer **406** richtet. Daher kann der Flüssigkristallverzögerer **402** zum Einblenden der Lichtquelle verwendet werden. Die Verwendung von Flüssigkristallverzögerern zur Steuerung der Polarisation des Lichtstrahlbündels und zum Richten des Lichts in einen speziellen Lichtpfad wird weiter unten in Verbindung mit polarisierenden Strahlteilern genauer erörtert.

[0051] Der Flüssigkristallverzögerer **406** dient der Steuerung der Polarisation des den polarisierenden Strahlteiler **410** erreichenden Lichts. Bei Hellfeldbeleuchtung mit schwacher Vergrößerung beeinflusst der Flüssigkristallverzögerer **406** das Lichtstrahlbündel derart, daß der Strahlteiler **410** das Strahlbündel unter einem Winkel von 90° reflektiert (s-Polarisation). Alternativ kann der Flüssigkristallverzögerer **406** den Strahl bzw. das Strahlbündel derart beeinflussen, daß der Strahlteiler **410** das Strahlbündel ohne Ablenkung durchläßt (p-Polarisation).

## VERWENDUNG VON FLÜSSIGKRISTALLVERZÖGERERN

[0052] Generell dienen Flüssigkristallverzögerer bei der Erfindung einer Anzahl von Funktionen, einschließlich der oben erläuterten Einstellung der Beleuchtungsintensität, dem Richten von Licht in eine gewünschte Strahlrichtung und dem Einblenden der Beleuchtung zum effektiven Einfrieren jeder möglichen Bühnenbewegung, die während eines Meßvorgangs auftreten kann. Die Flüssigkristallverzögerer werden unter Software-Steuerung betätigt. Bei ihrer Anwendung zum Richten von Licht in eine gewünschte Bahn drehen die Verzögerer den Polarisationsvektor des linear polarisierten Lichts. In Abhängigkeit von der Polarisationsorientierung bewirken polarisierende Strahlteiler, daß das Licht entweder um 90° reflektiert wird, d.h. s-Polarisation, oder ohne Ablenkung durch den Strahlteiler durchläuft, d.h. p-Polarisation.

[0053] Daher führt die Verwendung von Flüssigkristallverzögerern zu wenigstens drei besonderen Aspekten der Erfindung: (1) Die Erfindung ermöglicht eine nicht-mechanische Umschaltung zwischen optischen Wegen in einem Beobachtungssystem; (2) die Erfindung ermöglicht ein Einblenden der Beleuchtung, wodurch ein Bild eingefangen und durch Träger- bzw. Bühnenbewegung hervorgerufene Probleme vermieden werden; und (3) die Erfindung ermöglicht eine Intensitätssteuerung unter Verwendung von Verzögerern in einem Beobachtungsausrichtungssystem.

[0054] Es ist für den Fachmann klar, daß alternative Mittel zur Erzielung gewisser Funktionen der Flüssigkristallverzögerer bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel verwendet werden können; derartige alternative Mittel können jedoch gewisse Vorteile des bevorzugten Ausführungsbeispiels vermissen lassen und/oder gewisse Eigenschaften wiedergeben, die bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel nicht zu finden sind. So können beispielsweise andere Kristalle oder mechanische Mittel zur Erfüllung der Schaltfunktionen des Lichtstrahlbündels von einem zum anderen Pfad verwendet werden.

## HELLFELDBELEUCHTUNG MIT SCHWACHER VERGRÖßERUNG

[0055] Wie oben gesagt, kann der Strahlteiler **410** das Strahlbündel nach Umlenkung unter 90° durch die Linse **411** und die Linse **412** auf einen Spiegel **413** werfen. Das Strahlbündel wird vom Spiegel **413** auf die Linse **414** und einen Spiegel **415** reflektiert. Das Strahlbündel wird danach vom Spiegel **415** auf eine Halbwellenplatte **416**, durch die Linse **417**, den Strahlteiler **418**, den Flüssigkristallverzögerer **419** und den Strahlteiler **420** reflektiert.

[0056] Wie anhand der Fig. 5 und 6 zu erkennen ist, ermöglicht der Strahlteiler **418**, daß ein die Bahn star-

ker Vergrößerung (entweder Hellfeld oder Dunkelfeld) durchlaufendes Strahlbündel auf den Flüssigkristallverzögerer **419** reflektiert wird, wo die Bahnen für Beleuchtung mit starker Vergrößerung und schwacher Vergrößerung zusammentreffen. In ähnlicher Weise dient der Strahlteiler **420** zur Reflexion von Beobachtungstrahlbündeln in die optischen Beobachtungsbahnen. Die optischen Beobachtungsbahnen werden genauer unter Bezugnahme auf die **Fig. 7 bis 9** erläutert. Daher ermöglicht der Strahlteiler **420**, daß die der Beobachtung und Beleuchtung dienenden optischen Systeme den Feldabflacher **430** und die Reduktionslinse **103** zur Beleuchtung des Werkstücks **104** im Falle der Beleuchtungsoptik und zur Aufnahme des reflektierten und gestreuten Lichts im Falle der Beobachtungsoptik gemeinsam benutzen.

#### FELDABFLACHER

**[0057]** Wie oben gesagt, wurde bei der Entwicklung der vorliegenden Erfindung gefunden, daß die Nutzung der für die Schreibeinrichtung **101** der **Fig. 1** vorgesehenen Reduktionslinse **103** durch die Ausrichtoptik der vorliegenden Erfindung eine Zwischenbildebene ergibt, die sowohl verschoben als auch verzerrt ist. Um diese Verzerrung und Krümmung zu korrigieren, ist der Feldabflacher **430** vorgesehen (es ist an sich bekannt, eine Farbkorrektion in Reduktionslinsen vorzusehen; bei der Erfindung soll jedoch die Linse nicht umkonstruiert werden). Die Verwendung des Feldabflachers **430** führt zur Schaffung eines unverzerrten Zwischenbildes für 532 nm Licht an dem mit IIP (Zwischenbildebene) bezeichneten Punkt in **Fig. 4**. Das Bild am Punkt IIP entspricht der vom Schreiblasers (unter Verwendung von 364 nm Licht) erzeugten Bildebene, die als Punkt UV-IIP in **Fig. 4** dargestellt ist. Im Konzept funktioniert die 20x Reduktionslinse **103** in Verbindung mit dem beschriebenen Feldabflacher **430** bei 532 nm Licht ähnlich der Reduktionslinse **103** allein bei Verwendung von 364 nm Licht.

**[0058]** Der Feldabflacher ist optisch zwischen dem Strahlteiler **420** und der Reduktionslinse **103** eingebunden; insbesondere existiert eine optische Bahn von der Reduktionslinse **103** zum Strahlteiler **435** über die Linse **434**, die Linse **433**, den Strahlteiler **432** und die Linse **431**.

#### Hellfeldbeleuchtung mit starker Vergrößerung

**[0059]** Im folgenden wird auf **Fig. 5** Bezug genommen, in der die Ausrichtoptik für das bevorzugte Ausführungsbeispiel und die optische Bahn für die Hellfeldbeleuchtung starker Vergrößerung dargestellt sind. Für Hellfeldbeleuchtung starker Vergrößerung durchläuft das Strahlbündel den Punkterzeugungszweig der Ausrichtoptik und wird vom Flüssigkristallverzögerer **406** polarisiert, um das Strahlbündel

durch den Strahlteiler **410** zu schicken. Der Flüssigkristallverzögerer **402** wird zur Einstellung der Beleuchtungsintensität des Strahlbündels gesteuert.

**[0060]** Nach Durchlauf des Punkterzeugungszweiges wird die Polarisation des Strahlbündels von dem Flüssigkristallverzögerer **501** eingestellt, um das Strahlbündel am Strahlteiler **503** nach Durchlauf der Linse **502** in einem rechten Winkel reflektieren zu lassen. Das Strahlbündel wird dann auf den Spiegel **504** und den Strahlteiler **506** gerichtet. Wie unter Bezugnahme auf **Fig. 6** zu sehen sein wird, ist ein Strahlteiler **503** vorgesehen, der die Aufteilung des Beleuchtungsweges starker Vergrößerung in zwei Bahnen – Hellfeld und Dunkelfeld – ermöglicht. Der Strahlteiler **506** ermöglicht den optischen Hellfeld-Dunkelfeldbahnen die Vereinigung. Vom Strahlteiler **506** läuft das Strahlbündel durch den Flüssigkristallverzögerer **507**. Im Hellfeldmodus hat der Flüssigkristallverzögerer **507** keinen Einfluß auf das Strahlbündel (d.h. Nullverzögerung). Danach durchläuft das Strahlbündel die Linse **508** und wird vom Spiegel **509** und Strahlteiler **418** reflektiert, um sich mit der optischen Bahn der Hellfeldbeleuchtung schwacher Vergrößerung gemäß **Fig. 4** zu vereinigen.

#### Dunkelfeldbeleuchtung mit starker Vergrößerung

**[0061]** **Fig. 6** zeigt die optische Bahn des bevorzugten Ausführungsbeispiels zur Erzeugung der Dunkelfeldbeleuchtung mit starker Vergrößerung. (Zu beachten ist, daß das bevorzugte Ausführungsbeispiel der Erfindung keine Dunkelfeldbeleuchtung oder Beobachtung mit schwacher Vergrößerung vorsieht; obwohl dies nicht notwendig erschien, um die Funktionen der Erfindung zu erfüllen, ist es für den Fachmann klar, daß alternative Ausführungsbeispiele derartige optische Beleuchtungs- und Betrachtungsbahnen vorsehen können.)

**[0062]** Die optische Bahn für die Dunkelfeldbeleuchtung folgt derselben Bahn wie die Hellfeldbeleuchtung starker Vergrößerung, mit der Ausnahme, daß der Flüssigkristallverzögerer **501** zur Einstellung der Polarisation des Lichtstrahlbündels derart benutzt wird, daß das Bündel den Strahlteiler **503** passieren kann und am Spiegel **601** in Richtung des Strahlteilers **506** reflektiert wird. Der Verzögerer **507** re-orientiert die Polarisation des Strahlbündels beim Arbeiten im Dunkelfeldmodus.

#### Einzelbeschreibung des Beobachtungssystems bei dem vorzuzugten Ausführungsbeispiel

#### Hellfeldbeobachtung mit schwacher Vergrößerung

**[0063]** Im folgenden wird auf **Fig. 7** Bezug genommen, in der die Ausrichtoptik des bevorzugten Ausführungsbeispiels in diesem Falle mit spezieller Darstellung des Hellfeld-Beobachtungszweiges mit

schwacher Vergrößerung bei dem Ausführungsbeispiel gezeigt ist.

**[0064]** Das entlang der in **Fig. 4** dargestellten optischen Bahn laufende Lichtstrahlbündel wird vom Werkstück **104** in die Reduktionslinse **103** reflektiert und auf die Feldabflachanordnung **430** geworfen. Dieses Strahlbündel wird dann vom Strahlteiler **420** auf den Flüssigkristallverzögerer **701** reflektiert, der die Polarisation des Strahlbündels derart einstellt, daß der Strahlteiler **702** das Strahlbündel unter einem rechten Winkel auf die Linse **704** reflektieren kann. Das Strahlbündel wird dann vom Spiegel **705** auf den Spiegel **707** reflektiert, von welchem es erneut reflektiert und durch die Linse **709** auf die CCD-Fernsehkamera **711** gerichtet wird.

**[0065]** Wie oben gesagt, dient die CCD-Fernsehkamera **711** zur Erzeugung des Bildes für einen digitalen Bildprozessor (der als digitaler Bildprozessor **108** in **Fig. 1** gezeigt ist).

#### Hellfeldbeobachtung mit starker Vergrößerung

**[0066]** **Fig. 8** zeigt die optische Bahn für die Hellfeldbeobachtung starker Vergrößerung. Das Hellfeldbeleuchtungsstrahlbündel starker Vergrößerung, das auf das Werkstück **104** (entsprechend Darstellung in **Fig. 5**) fällt, wird vom Werkstück **104** zurück in die Reduktionslinse **103** reflektiert und auf die Feldabflachanordnung **430** entsprechend der Erörterung der **Fig. 7** geworfen.

**[0067]** Das Strahlbündel wird dann unter einem rechten Winkel vom Strahlteiler **420** reflektiert und durch den Flüssigkristallverzögerer **701** gelenkt. Der Flüssigkristallverzögerer **701** orientiert die Polarisation des Strahlbündels derart, daß es den Strahlteiler **702** passieren kann; vom Strahlteiler **702** durchläuft das Strahlbündel den Flüssigkristallverzögerer **801**. Letzterer orientiert die Polarisierung der Strahlbündels derart, daß es nach Durchlauf der Linse **802** den Strahlteiler **804** durchläuft. Das Strahlbündel wird dann vom Spiegel **805** rechtwinklig reflektiert und durchläuft Strahlteiler **806**, Linse **807**, Linse **809** und (Leucht-)Feldblende **810** zum Spiegel **811**, dann zum Spiegel **812**, dann durch Linse **815** zum Spiegel **818**, wo es auf die CCD-Fernsehkamera **820** reflektiert wird.

#### Dunkelfeldbeobachtung mit starker Vergrößerung

**[0068]** Die optische Bahn für die Dunkelfeldbeobachtung mit starker Vergrößerung ist ähnlich derjenigen für die Hellfeldbeobachtung mit starker Vergrößerung, wie sie oben in Verbindung mit **Fig. 8** beschrieben wurde. Die Dunkelfeldbeobachtung wird genauer unter Bezugnahme auf **Fig. 9** beschrieben. Wie in **Fig. 9** dargestellt ist, stimmt die Bahn für Hellfeldbeobachtung bei starker Vergrößerung mit der

Dunkelfeldbeobachtungsbahn mit der Ausnahme identisch überein, daß der Flüssigkristallverzögerer **801** das Strahlbündel derart orientiert, daß der Strahlteiler **804** das Strahlbündel rechtwinklig auf den Spiegel **901** wirft. Der Spiegel **901** reflektiert das Strahlbündel auf den Strahlteiler **806**, wo das Strahlbündel wiederum zur Vereinigung mit der anhand **Fig. 8** für Hellfeldbeobachtung beschriebenen optischen Bahn reflektiert wird.

#### UV-Lichtquelle

**[0069]** Zur Erläuterung der Perspektive der oben beschriebenen optischen Bahnen relativ zur optischen Bahn der Schreibstrahlbündel des Systems des bevorzugten Ausführungsbeispiels stellt **Fig. 10** die optische Bahn der 363,8 nm Ultraviolett-(UV)-Laser-Lichtstrahlbündel dar, die zum Beschreiben der Waferoberfläche, d.h. des Werkstücks **104** verwendet werden. Die UV-Laserstrahlbündel durchlaufen den Strahlteiler **435**, danach die Reduktionslinse **103** und treffen auf das Werkstück **104**. Zusätzlich zu der Belichtung des lichtempfindlichen Substrats des Werkstücks **104** werden die Strahlbündel zur Linse **103** und von dort zum Strahlteiler **435**, durch Linsen **434** und **433** zum Strahlteiler **432** reflektiert. Der Strahlteiler **432** reflektiert das Strahlbündel rechtwinklig durch die Linse **1001** zur Photovervielfacherröhre **1002**. Die Photovervielfacherröhre **1002** dient zum Kalibrieren und zur Positionsbestimmung der Werkstückbühne, wie in der eingangs genannten U.S.-PS'038 beschrieben ist.

**[0070]** Zum Zwecke der Verdeutlichung sollte erwähnt werden, daß die mit **411, 412, 414, 417, 502, 508, 704, 709, 802, 807, 809** und **815** bezeichneten Linsen als Doppellinsen ausgebildet sind. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist jede der Doppellinsen mit Ausnahme der Doppellinsen **704** und **802** verkittet. Im Falle der Linsen **704** und **802** sind die Einzellinsen durch mechanische Abstandshalter voneinander getrennt gehalten.

Bezugsmarke bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel

**[0071]** Es ist zu berücksichtigen, daß bei der Erfindung die Ausrichtung auf der Basis einer Zielortsmessung vorgenommen wird, im Gegensatz zu einer direkten Bezugnahme von Waferzielen (oder Bezugsmarken) auf ein Fadenkreuz oder eine Maske. Verfahren der direkten Bezugnahme sind bei einigen Anwendungen bekannt und können als "Nullfeststellung" im Gegensatz zu direkten Meßmethoden gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben werden. Die direkte Meßmethode nach der vorliegenden Erfindung hat eine Reihe von Vorteilen. Wenn beispielsweise eine Nullbestimmungsmethode verwendet wird, ist es typischerweise nur möglich, festzustellen, ob das Targetwafer geeignet ausgerichtet ist;



es ist jedoch nicht möglich, genauer festzustellen, wie weit der Wafer von der Ausrichtung entfernt.

**[0072]** Die Erfindung gibt außerdem eine neuartige Bezugs- bzw. Justiermarke an. Diese Justiermarke ist in **Fig. 11** gezeigt. Die Justiermarke liegt in einer Fläche von  $75 \times 114$  um. Innerhalb dieser begrenzten Fläche sind 13 rechteckige Blöcke eingeschrieben. Fünf Blöcke **1111–1105** verlaufen horizontal entlang des linken Randes der Justiermarkenfläche, drei Blöcke **1110–1112** sind vertikal etwa entlang des Zentrums der Justiermarkenfläche geschrieben, und fünf Blöcke **1121–1125** sind horizontal entlang der rechten Seite der Justiermarkenfläche angeordnet.

**[0073]** Im einzelnen sind Blöcke **1101–1105** jeweils um 15 um von der linken Grenze der Justiermarkenfläche beabstandet. Jeder der Blöcke **1101–1105** hat eine Breite von 25 um; der Block **1101** ist 5 um hoch, Block **1102** ist 6 um hoch, Block **1103** ist 4 um hoch, Block **1104** ist 6 um hoch und Block **1105** ist 5 um hoch. Block **1101** ist um 12,5 um von dem oberen Rand der Justiermarkenfläche beabstandet; Block **1102** ist 7 um vom Block **1101** beabstandet (bei einem Gesamtabstand von 24,5 um vom oberen Rand); Block **1103** ist 5 um vom Block **1102** beabstandet; Block **1104** ist 5 um vom Block **1103** beabstandet; Block **1105** ist 7 um vom Block **1104** und Block **1105** 12,5 um vom unteren Rand der Bezugsfläche beabstandet.

**[0074]** In ähnlicher Weise sind Blöcke **1121–1125** jeweils 15 um vom rechten Grenzrand der Justiermarkenfläche beabstandet. Jeder der Blöcke **1121–1125** hat eine Breite von 25 um; Block **1121** ist 5 um hoch, Block **1122** ist 6 um hoch, Block **1123** ist 4 um hoch, Block **1124** ist 6 um hoch, und Block **1125** ist 5 um hoch. Block **1121** ist 12,5 um von dem oberen Rand der Bezugsmarkenfläche beabstandet; Block **1122** hat einen Abstand von 7 um vom Block **1121** (bei einem Gesamtabstand von 24,5 um von der oberen Grenze); Block **1123** ist 5 um vom Block **1122** beabstandet; Block **1124** ist 5 um vom Block **1123** beabstandet, Block **1105** ist 7 um vom Block **1124** beabstandet und Block **1125** ist 12,5 um vom unteren Rand der Justiermarkenfläche bzw. des Justierfeldes beabstandet.

**[0075]** Block **1110** ist 5 um vom rechten Rand der Blöcke **1101–1105** (bei einem Gesamtabstand von 45 um vom linken Rand der Justiermarkenfläche) und 12,5 um von den oberen und unteren Grenzen der Justiermarkenfläche beabstandet und ist 4 um breit und 50 um groß; Block **1111** ist 5 um vom rechten Rand von Block **1110** beabstandet und ist 6 um breit und 50 um groß. Block **1112** ist 5 um vom rechten Rand von Block **1111** (und 5 um vom linken Rand der Blöcke **1121–1125**) beabstandet und 4 um breit und 50 um groß.

**[0076]** Eine Betrachtung der bevorzugten Justier- bzw. Bezugsmarke zeigt, daß die Marke symmetrisch ist und nicht-periodische Abstände sowohl in der x-Richtung als auch in der y-Richtung hat, wodurch eine Verbesserung der Feststellung der Position, der Linien und der Charakteristika der Marke und eine erhöhte Genauigkeit der Ausrichtung und Verringerung der Fehler aufgrund von Rauschen gegenüber konventionellen Bezugsmarken ermöglicht werden.

**[0077]** Die Erfindung stellt daher ein neuartiges System zur Beleuchtung, Beobachtung und zum direkten Beschreiben für Halbleiterverarbeitungsanwendungen o.dgl. zur Verfügung.

## Patentansprüche

1. Lithographieeinrichtung zum direkten Beschreiben einer lichtempfindlichen Schicht auf einem Substrat (**104**), aufweisend:

a) eine Schreibvorrichtung (**101**) zum Beschreiben der lichtempfindlichen Schicht, wobei die Schreibvorrichtung aufweist:

a1) eine erste Strahlungsquelle, die wenigstens einen ersten Strahl einer ersten Wellenlänge erzeugt, wobei die Strahlungsenergie der ersten Wellenlänge in der Lage ist, die lichtempfindliche Schicht zu belichten;

a2) eine Strahlreduktionseinrichtung (**103**) zum Reduzieren der Größe des ersten Strahls vor dem Schreiben auf die lichtempfindliche Schicht, wobei die Strahlreduktionseinrichtung (**103**) optisch zwischen der ersten Strahlungsquelle und dem Substrat (**104**) eingekoppelt ist;

b) eine Ausrichtvorrichtung (**102**) zum Ausrichten des Substrats (**104**) in Bezug auf den ersten Strahl, wobei die Ausrichtvorrichtung umfaßt:

b1) eine Beleuchtungseinrichtung (**106**) zum Beleuchten des Substrats (**104**), wobei die Beleuchtungseinrichtung eine zweite Strahlungsquelle (**202**; **401**) umfaßt, und

b2) eine Betrachtungseinrichtung (**107**) zum Betrachten eines reflektierten Bildes des Substrats, wobei die Betrachtungseinrichtung optisch so eingekoppelt ist, daß das Bild durch die Strahlreduktionseinrichtung (**103**) betrachtet wird.

2. Lithographieeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Strahlungsquelle (**202**; **401**) eine zweite Wellenlänge aufweist, die von der ersten Wellenlänge abweicht, wobei die zweite Wellenlänge durch die Betrachtungseinrichtung (**107**) erfaßbar ist, daß die Strahlreduktionseinrichtung (**103**) so ausgebildet ist, daß sie den ersten Strahl der ersten Wellenlänge fokussiert, und daß die Ausrichtvorrichtung (**102**) eine zwischen der Strahlreduktionseinrichtung (**103**) und der Betrachtungseinrichtung eingekoppelte Korrekturereinrichtung (**110**; **430**) zum Korrigieren der Verzerrung und Krüm-

mung des von der Oberfläche reflektierten Bildes aufweist.

3. Lithographieeinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtempfindliche Schicht durch einen Strahl der zweiten Wellenlänge nicht belichtet werden kann.

4. Lithographieeinrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektoreinrichtung (431-434) außerhalb des optischen Pfades des ersten Strahls positioniert ist.

5. Lithographieeinrichtung zum direkten Beschreiben einer lichtempfindlichen Schicht auf einem Substrat (104), aufweisend:

a) eine Schreibvorrichtung (101) zum Beschreiben der lichtempfindlichen Schicht, wobei die Schreibvorrichtung aufweist:

a1) eine erste Strahlungsquelle, die wenigstens einen ersten Strahl einer ersten Wellenlänge erzeugt, wobei die Strahlungsenergie der ersten Wellenlänge in der Lage ist, die lichtempfindliche Schicht zu belichten;

a2) eine Strahlreduktionseinrichtung (103) zum Reduzieren der Größe des ersten Strahls vor dem Schreiben auf die lichtempfindliche Schicht, wobei die Strahlreduktionseinrichtung (103) optisch zwischen der ersten Strahlungsquelle und dem Substrat (104) eingekoppelt ist;

b) eine Ausrichtvorrichtung (102) zum Ausrichten des Substrats (104) in Bezug auf den ersten Strahl, wobei die Ausrichtvorrichtung aufweist:

b1) eine Beleuchtungseinrichtung (106) zum Beleuchten des Substrats (104), wobei die Beleuchtungseinrichtung einen zweiten Strahlungsenergiestrahl zum Beleuchten des Substrats durch die Strahlreduktionseinrichtung (103) hindurch erzeugt, und

b2) eine Betrachtungseinrichtung (107) zum Betrachten eines reflektierten Bildes des Substrats.

6. Lithographieeinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Strahlungsenergiestrahl eine zweite Wellenlänge aufweist, die von der ersten Wellenlänge abweicht, daß die Strahlreduktionseinrichtung (103) so ausgebildet ist, daß sie den ersten Strahl der ersten Wellenlänge fokussiert, und daß die Ausrichtvorrichtung (102) eine zwischen der zweiten Strahlungsenergiequelle (202; 401) und der Strahlreduktionseinrichtung (103) eingekoppelte Korrektoreinrichtung (431-434) zum Korrigieren der Verzerrung und Krümmung des zweiten Strahlungsenergiestrahls aufweist.

7. Lithographieeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtempfindliche Schicht nicht belichtet wird, wenn sie durch einen Strahl der zweiten Wellenlänge bestrahlt wird.

8. Lithographieeinrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektoreinrichtung (431-434) außerhalb des optischen Pfades des ersten Strahls positioniert ist.

9. Lithographieeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Strahlungsenergiequelle ein Laser ist und eine Mehrzahl von abstrahierenden Lichtstrahlen erzeugt.

10. Lithographieeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinrichtung (106) eine Laserquelle (401) aufweist.

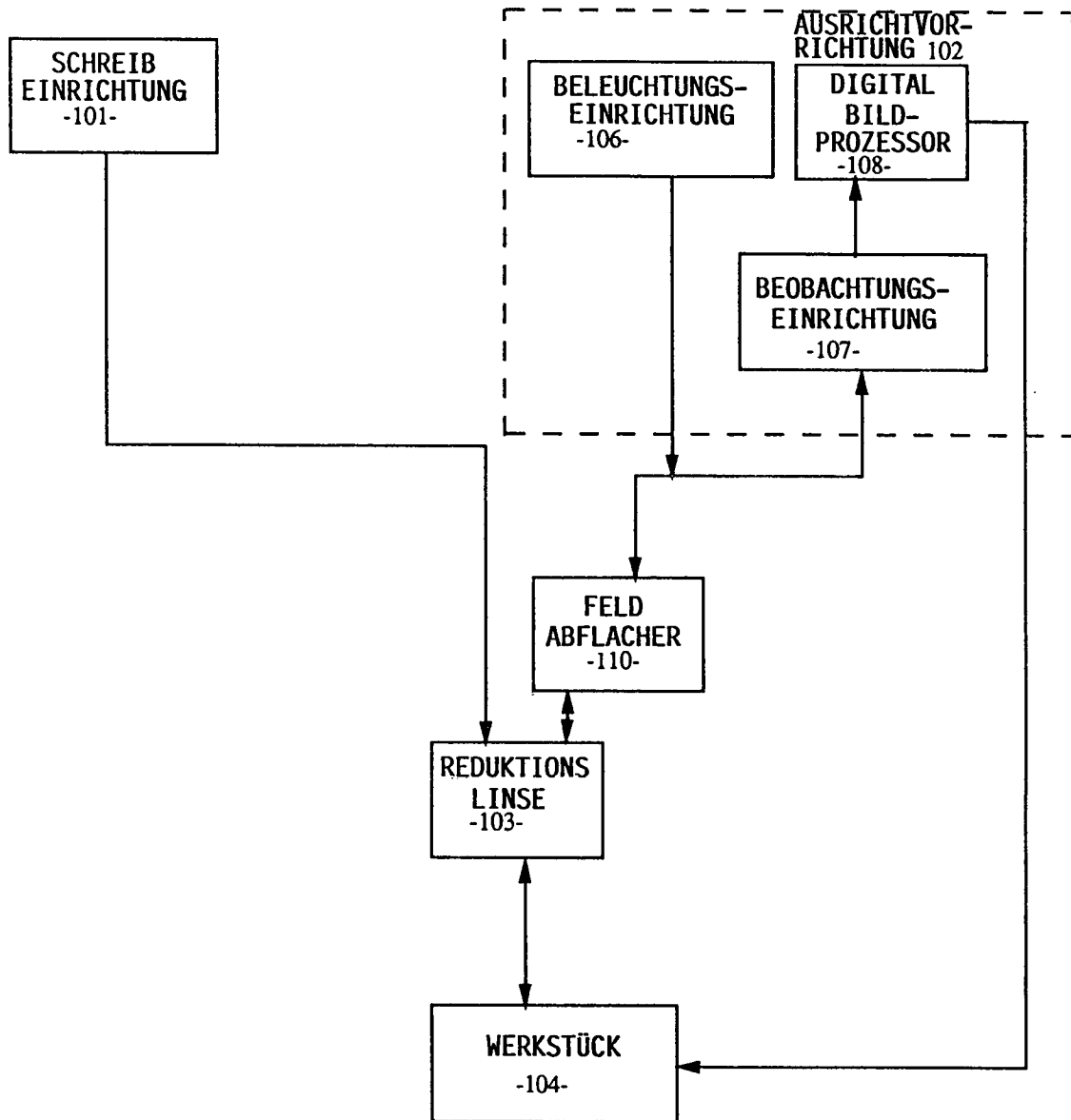
11. Lithographieeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Betrachtungseinrichtung (107) so ausgebildet ist, daß das reflektierte Bild bei verschiedenen Vergrößerungen betrachtet werden kann.

12. Lithographieeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Betrachtungseinrichtung (107) so ausgebildet ist, daß das reflektierte Bild als Hellfeldbild oder als Dunkelfeldbild betrachtet werden kann.

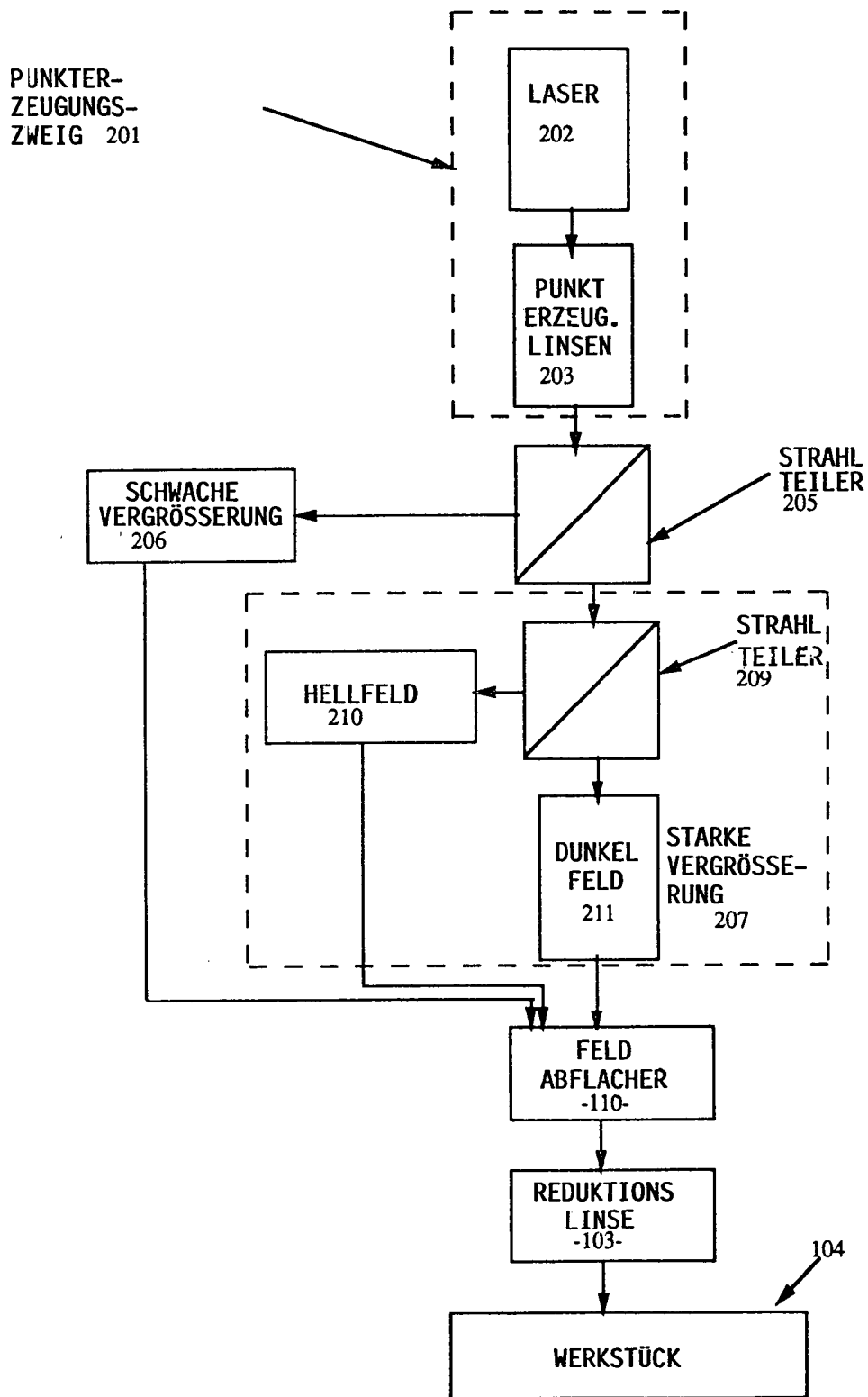
13. Lithographieeinrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß Flüssigkristallverzögerer (402, 406, 419, 501, 507, 701, 801) und polarisationsabhängige Strahlteiler (405, 410, 503, 418, 506, 420, 702, 804, 806) zum Umschalten zwischen verschiedenen optischen Pfaden der Betrachtungseinrichtung vorgesehen sind.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

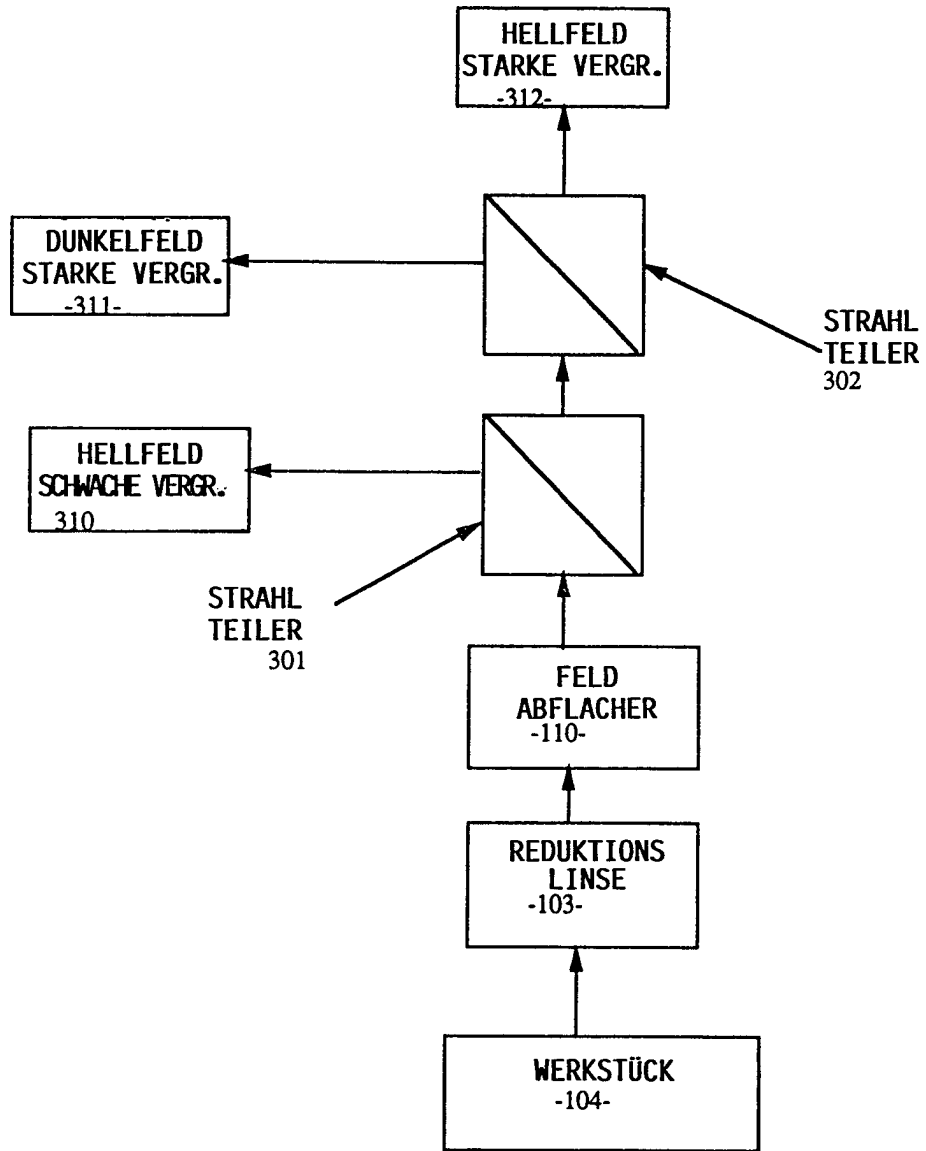
Anhängende Zeichnungen



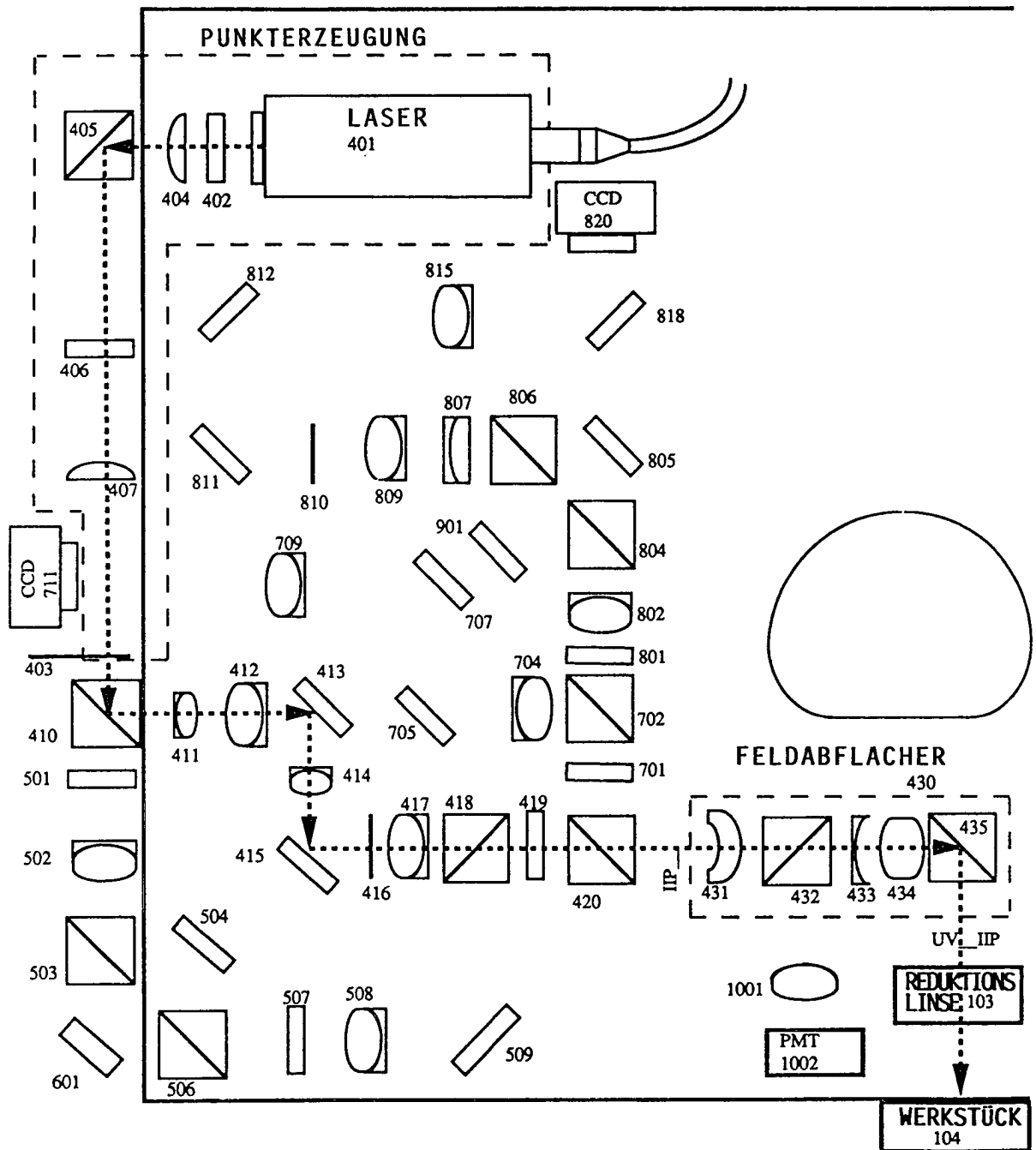
FIGUR 1



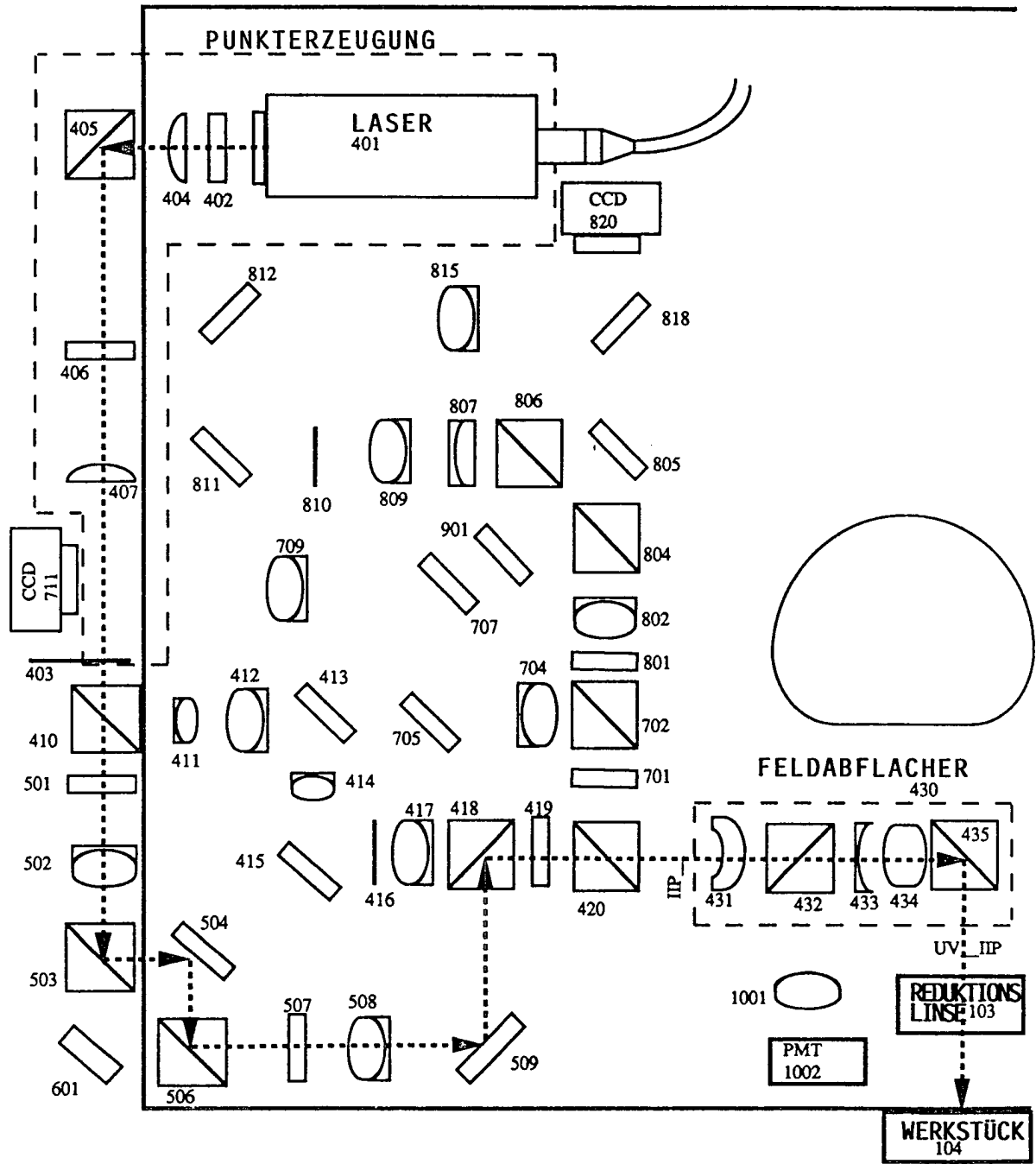
FIGUR 2



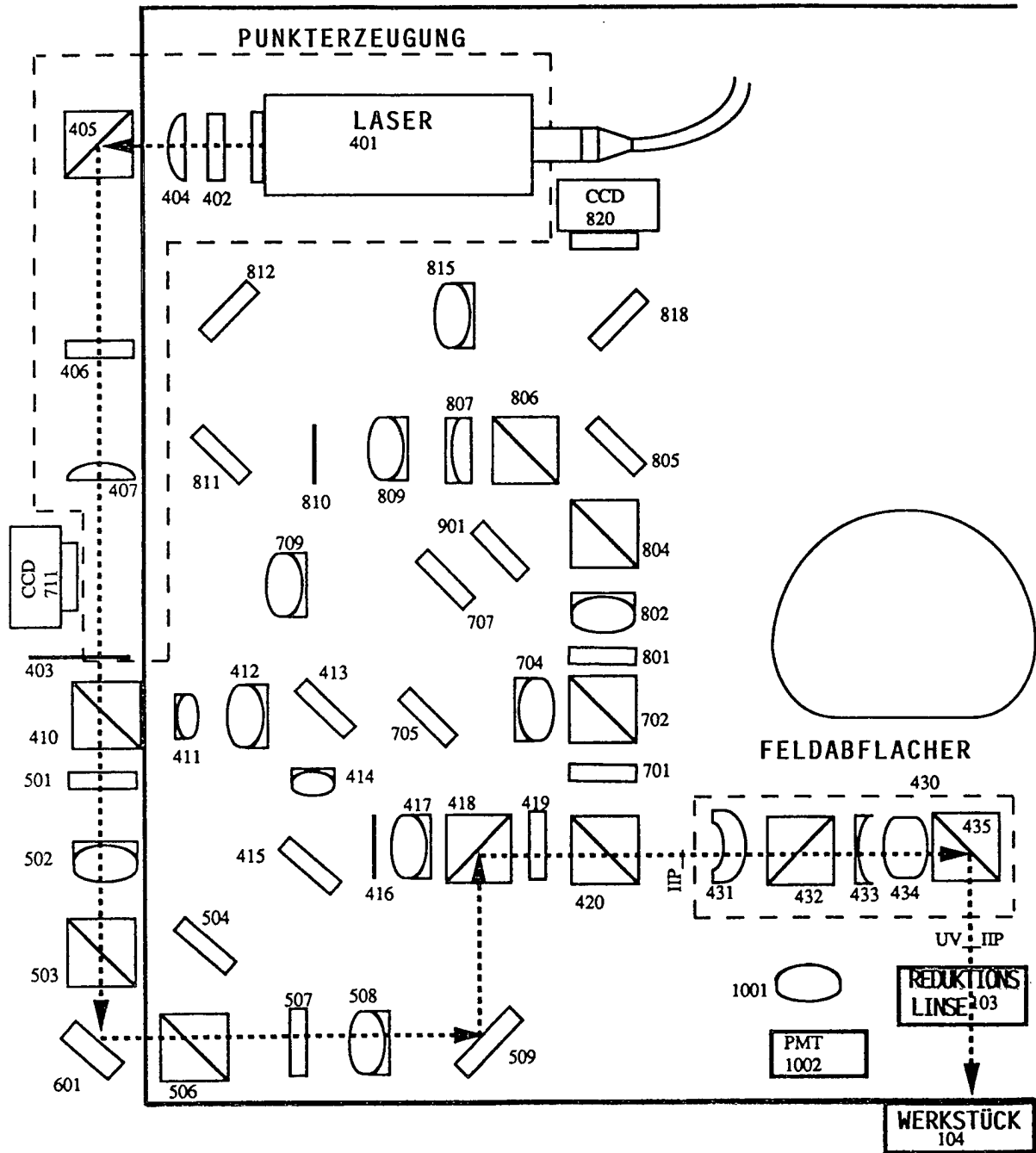
FIGUR 3



FIGUR 4

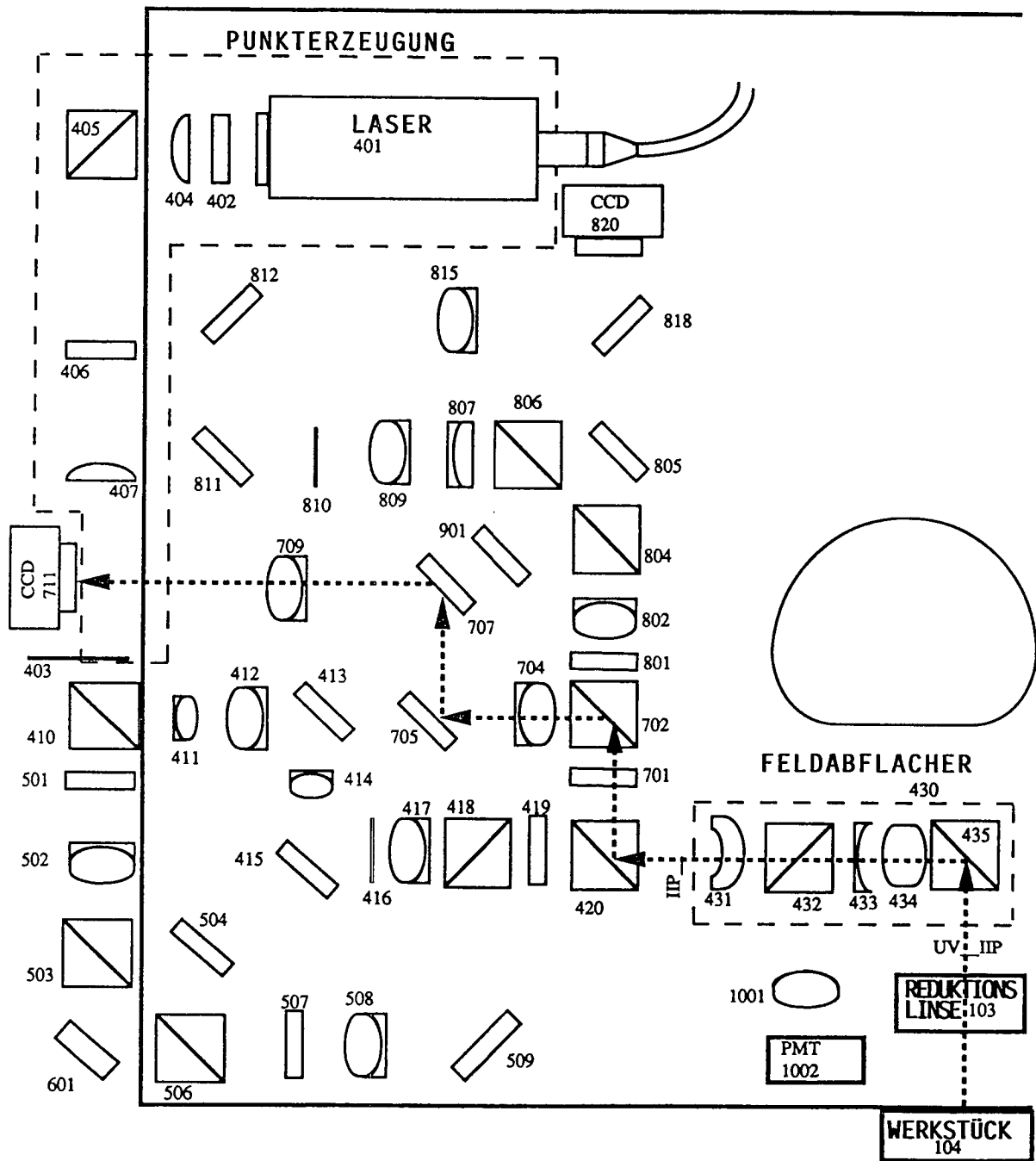


FIGUR 5

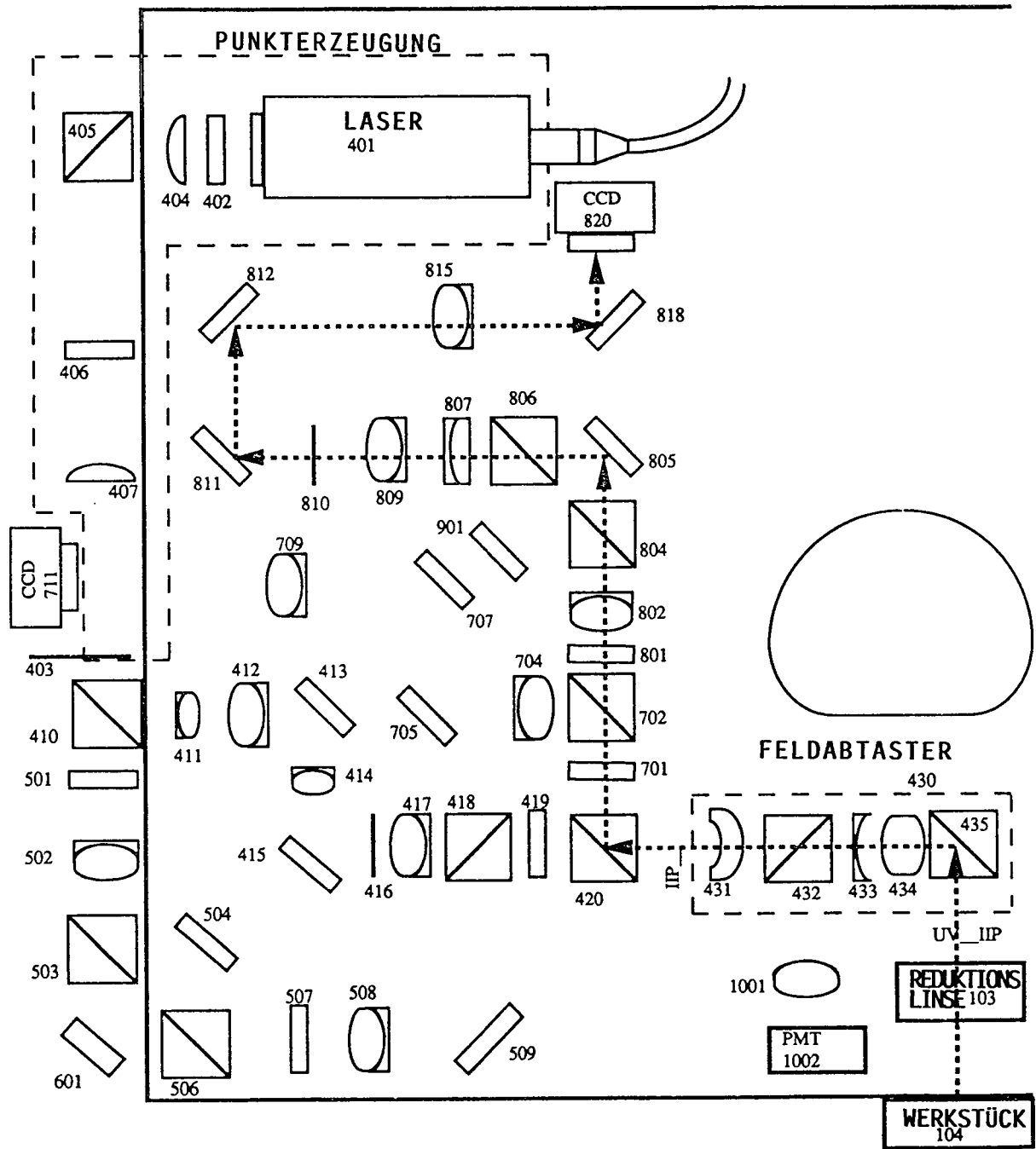


FIGUR 6

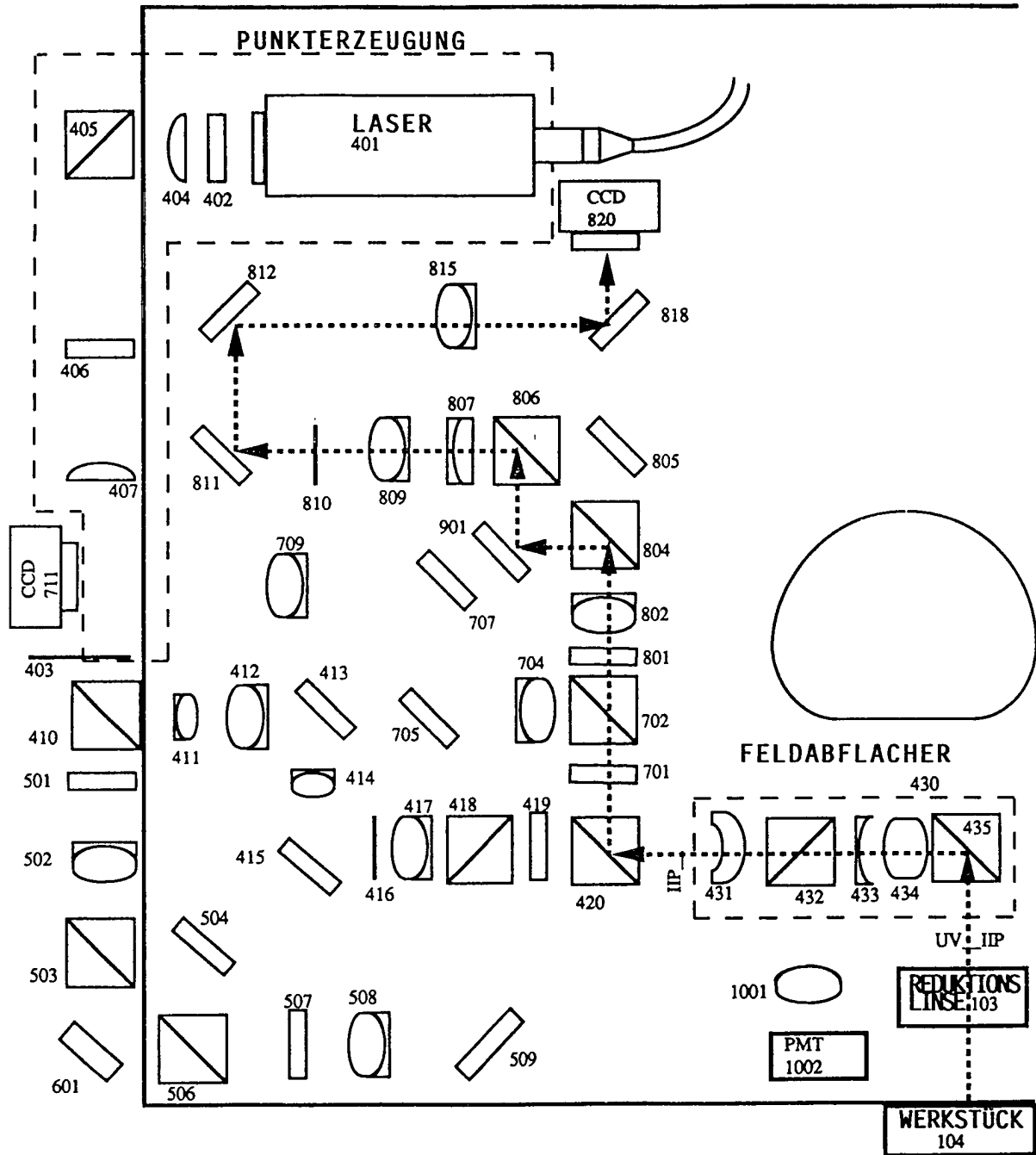




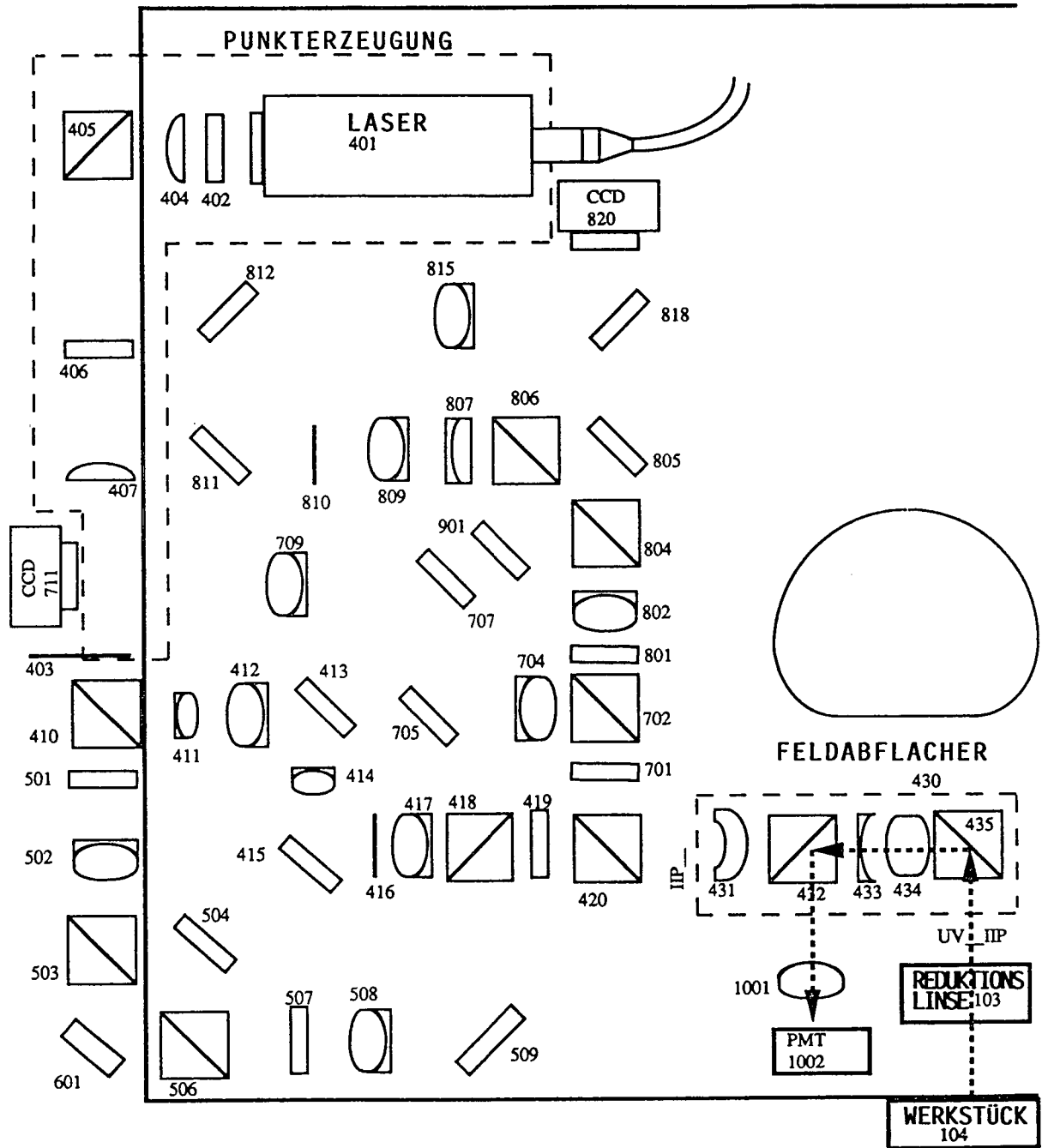
FIGUR 7



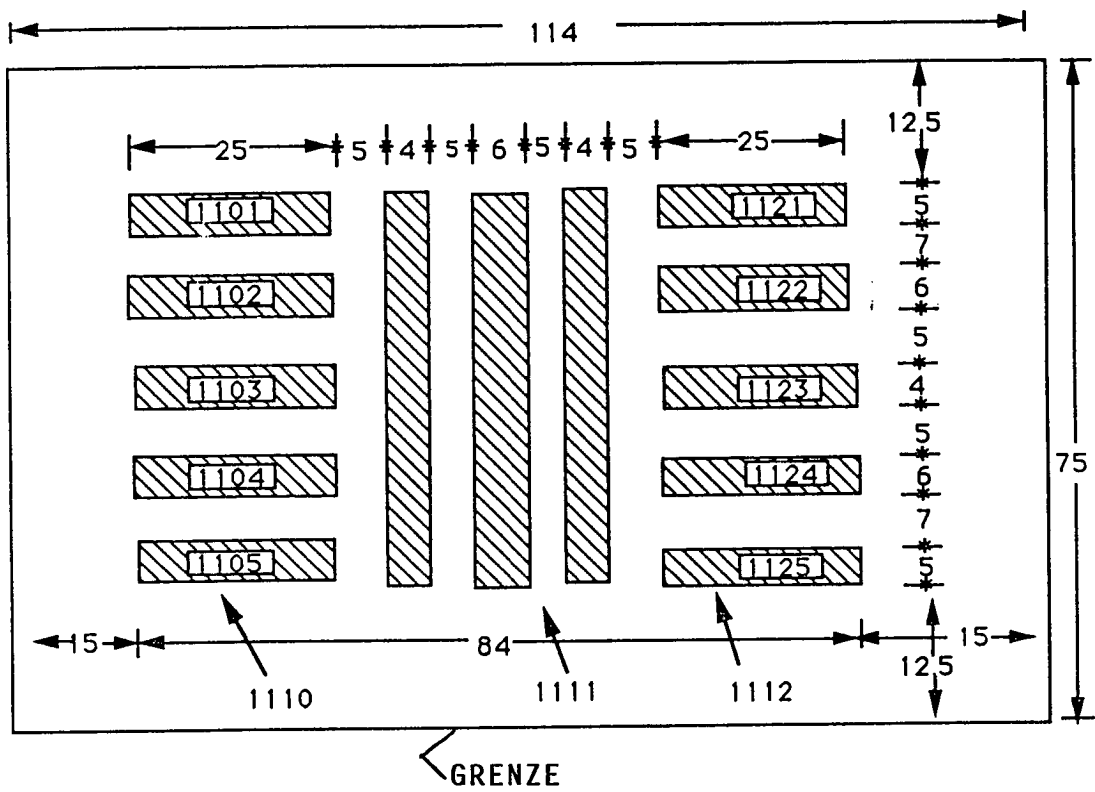
FIGUR 8



FIGUR 9



FIGUR 10



FIGUR 11