



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) DD (11) 234 340 A3

4(51) G 02 B 7/11

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP G 02 B / 262 570 7

(22) 02.05.84

(45) 02.04.86

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD

(72) Schlichting, Johannes, Dr. Dipl.-Phys.; Halwaß, Kerstin, Dipl.-Phys., DD

(54) Automatische Fokussiereinrichtung

(57) Die Erfindung betrifft eine automatische Fokussiereinrichtung zur Fokussierung spiegelnder Objekte beispielsweise der Fotolithografie und Feinmeßtechnik. Dem Ziel der Erfindung, eine Fokussiereinrichtung zu schaffen, die mit geringem Aufwand arbeitet und bekannte Mängel nicht aufweist, dient die Aufgabe, die Fokussiereinrichtung so zu gestalten, daß die gleiche Wellenlänge wie im Abbildungsstrahlengang und kleine Objektschnittweiten eingesetzt werden können, daß zeitlich parallel zur Abbildung gearbeitet werden kann, keine mechanischen Schwingungen benötigt und die Einrichtung bei leerem Objektfeld betrieben werden kann. Die Aufgabe wird gelöst, indem ein virtuelles Amplitudenobjekt, das im Abbildungsstrahlengang unsichtbar ist und im Fokussierstrahlengang durch einen Pupilleneingriff sichtbar gemacht wird, zur Fokussierung benutzt wird. Das optische System arbeitet in Autokollimation. Fig. 1

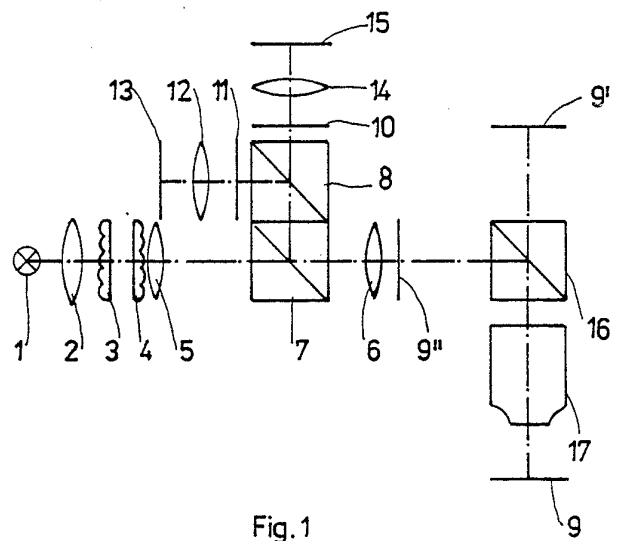


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Automatische Fokussiereinrichtung zur Fokussierung spiegelnder Objekte, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein virtuelles, in einer Objekt- oder Bildebene unsichtbares Amplitudenobjekt in Autokollimation über ein Abbildungssystem und das Objekt in einen Abbildungsstrahlengang abgebildet wird, daß das Amplitudenobjekt im Fokussierstrahlengang durch einen Pupilleneingriff sichtbar gemacht wird.
2. Fokussiereinrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das virtuelle Amplitudenobjekt ein Gitter oder eine Kombination von Gittern ist.
3. Fokussiereinrichtung nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß das virtuelle Amplitudenobjekt ein Phasenobjekt im Beleuchtungsstrahlengang ist.
4. Fokussiereinrichtung nach Punkt 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß das virtuelle Amplitudenobjekt durch einen Wabenkondensator erzeugt ist.
5. Fokussiereinrichtung nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß eine optische Teilung eines Fokussiersignales vorgenommen wird, daß der Pupilleneingriff achsensymmetrisch und in beiden Teilstrahlengängen gegenläufig erfolgt, daß die gegenseitige Phasenlage der Gitter zur Fokussierung genutzt wird.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung kann zur automatischen Fokussierung spiegelnder Objekte z. B. für Geräte der Fotolithografie und Feinmeßtechnik angewandt werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Technische Lösungen, die im Auflicht sowohl innerhalb als auch außerhalb des eigentlichen Abbildungsstrahlenganges arbeiten, sind bekannt. Letztere sind auf relativ große Objektschnittweiten beschränkt. In den Fällen, wo nicht das Bildsignal selbst zur Fokussierung ausgenutzt wird oder werden kann, z. B. wenn die Fokussierung auch bei leerem Objektfeld arbeiten soll, wird die Fokussierung in einem von der Nutzabbildung verschiedenen Spektralbereich vorgenommen, um Störlicht durch spektrale Trennung vom Abbildungskanal zu trennen. Dabei werden z. B. die Bilder von Testobjekten für die Fokussierung ausgewertet.

Bei Lösungen, die innerhalb des Abbildungsstrahlenganges arbeiten, wird in der Regel die Schärfe des Fokussierbildes ausgewertet. Die Verwendung unterschiedlicher Spektralbereiche macht die optischen Systeme komplizierter und setzt den Einsatz von selektiven Strahlteilern und zusätzlichen Farbfiltern voraus. Die Auswertung der Schärfe des Fokussierbildes oder anderer Intensitätskriterien erfordert mechanische Schwingungen zur Bestimmung des Extremwertes für das Kriterium in der Tiefe.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine automatische Fokussiereinrichtung, die mit geringem Aufwand arbeitet und bekannte Mängel nicht aufweist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine automatische Fokussiereinrichtung zu schaffen, die mit gleicher Wellenlänge wie im Abbildungsstrahlengang arbeitet, kleine Objektschnittweiten einsetzen kann, zeitlich parallel zur Abbildung betrieben werden, keine mechanischen Schwingungen benötigt, und bei leerem Objektfeld arbeiten kann.

Diese Aufgabe löst eine automatische Fokussiereinrichtung erfindungsgemäß dadurch, daß ein virtuelles Amplitudenobjekt zur Fokussierung verwendet wird, das im Abbildungsstrahlengang unsichtbar ist und im Fokussierstrahlengang durch einen Pupilleneingriff sichtbar gemacht wird, wobei das optische Abbildungssystem in Autokollimation betrieben wird.

Das Amplitudenobjekt wird durch ein geeignetes Phasenobjekt im Beleuchtungsstrahlengang erzeugt und durch ein Kontrastverfahren sichtbar gemacht. Günstige Amplitudenobjekte sind Gitter oder -kombinationen holografisch erzeugter Gitter. Die Bilder können je nach Strahlengang nach Schärfe, Bildgröße und/oder Bildwanderung ausgewertet werden. Die Art der Beleuchtung ist insbesondere nach Energie und Kontrast zu optimieren, wobei teilkohärente Beleuchtung einen zweckmäßigen Kompromiß darstellt.

Eine zweckmäßige Ausgestaltung ergibt sich, wenn zur Beleuchtung ein Wabenkondensator benutzt wird. Dabei kann durch einen Pupilleneingriff direkt die Interferenz mindestens zweier zueinander räumlich kohärenter Waben zur Erzeugung von Sinusgittern als Amplitudenobjekt benutzt werden.

Die Anwendung mechanischer Schwingungen zur Auswertung wird vermieden, wenn ein Pseudo-Shearingverfahren unter Ausnutzung der endlichen Lichtquellenausdehnung bei teilkohärenter Beleuchtung benutzt wird. Das Beugungsbild eines Sinusgitters enthält die 1. und -1. Ordnung, die bei geeigneter Beleuchtung in der Pupille als Lichtquellenbilder erscheinen. Das ist beim Wabenkondensator durch die Wabenanordnung gegeben. Diese Lichtquellenbilder werden durch Strahlteilung und gegensinnig dezentrierte Ortsfrequenzfilter oder Pupillenteilung geteilt und die jeweils kohärenten Anteile an unterschiedlichen Orten zur Interferenz gebracht. Bei Defokussierung weisen die Sinusgitter unterschiedliche Phasenlage auf, deren Vorzeichen und Betrag eindeutig die Defokussierung charakterisieren.

Im aberrationsfreien und fokussierten Fall wird die Phasendifferenz zweier Sinusgitter Null, bei vorhandenen Restaberrationen muß die Fokussierung geeicht werden. Die Auswertung kann mittels CCD-Sensorzeile vorgenommen werden.

Die Phasenmessung wird elektronisch erfaßt. Zur Minimierung von Störeinflüssen wird die Auswertung auf eine oder nur wenige Ortsfrequenzen beschränkt. Das beschriebene Vorgehen kann auch unabhängig von der Verwendung eines virtuellen Amplitudenobjektes benutzt werden.

Bei der Dimensionierung der Lichtquelle ist ein Kompromiß zwischen Empfindlichkeit und Fangbereich der Fokussierung notwendig, wobei die Genauigkeit der Phasenmessung entscheidenden Einfluß hat. Monochromatisches Licht hinreichend räumlicher Inkohärenz kann durch einen Gaslaser mit rotierender Streuscheibe erzeugt werden, die wiederum als Sekundärlichtquelle am Eingang eines Wabenkondensators dient. Das Fokussiersignal wird als Eingang eines Regelkreises zur Fokussierung benutzt, die über mechanische Verstellbewegungen realisiert wird.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand einer Zeichnung erläutert werden. Fig. 1 zeigt eine mögliche Ausführung unter Benutzung eines Wabenkondensors 3; 4. Eine Lichtquelle 1 wird mit Hilfe eines Wabenkondensors 3; 4 in der Pupillenebene des Wabenkondensors 4 vervielfacht abgebildet. Linsen 5; 6 übernehmen die Ausleuchtung der objektanalogen Ebene 9", die durch das Abbildungssystem 17 auf die Objektebene 9 abgebildet wird. Das Abbildungssystem 17 bildet die Objektebene 9 in die Bildebene 9' ab. Der Fokussierstrahlengang wird durch die Teilerwürfel 16 vom Abbildungstrahlengang und 7 vom Beleuchtungsstrahlengang getrennt. Der Teilerwürfel 8 trennt die Fokussierbilder. In den Pupillenebenen 10 bzw. 11 erfolgt der in Fig. 2a schematisch dargestellte Pupilleneingriff.

Das optische System 12 bzw. 14 erzeugt die Fokussiergitter in den Empfängerebenen 13 bzw. 15.

Fig. 3 zeigt eine Darstellung des Wellenaberrationsverlaufes bei Defokussierung im Schnitt und verdeutlicht das Zustandekommen der Phasendifferenz zwischen zwei Fokussiergittern, die dem Defokussierungskoeffizienten proportional ist.

Eine andere, in Fig. 2b dargestellte, energetisch günstigere Möglichkeit besteht darin, die Pupille geometrisch zu teilen und in jeder Pupillenhälfte je zwei Lichtquellenbilder zu benutzen, die wiederum zu Gittern entgegengesetzter Phasenverschiebung führen.

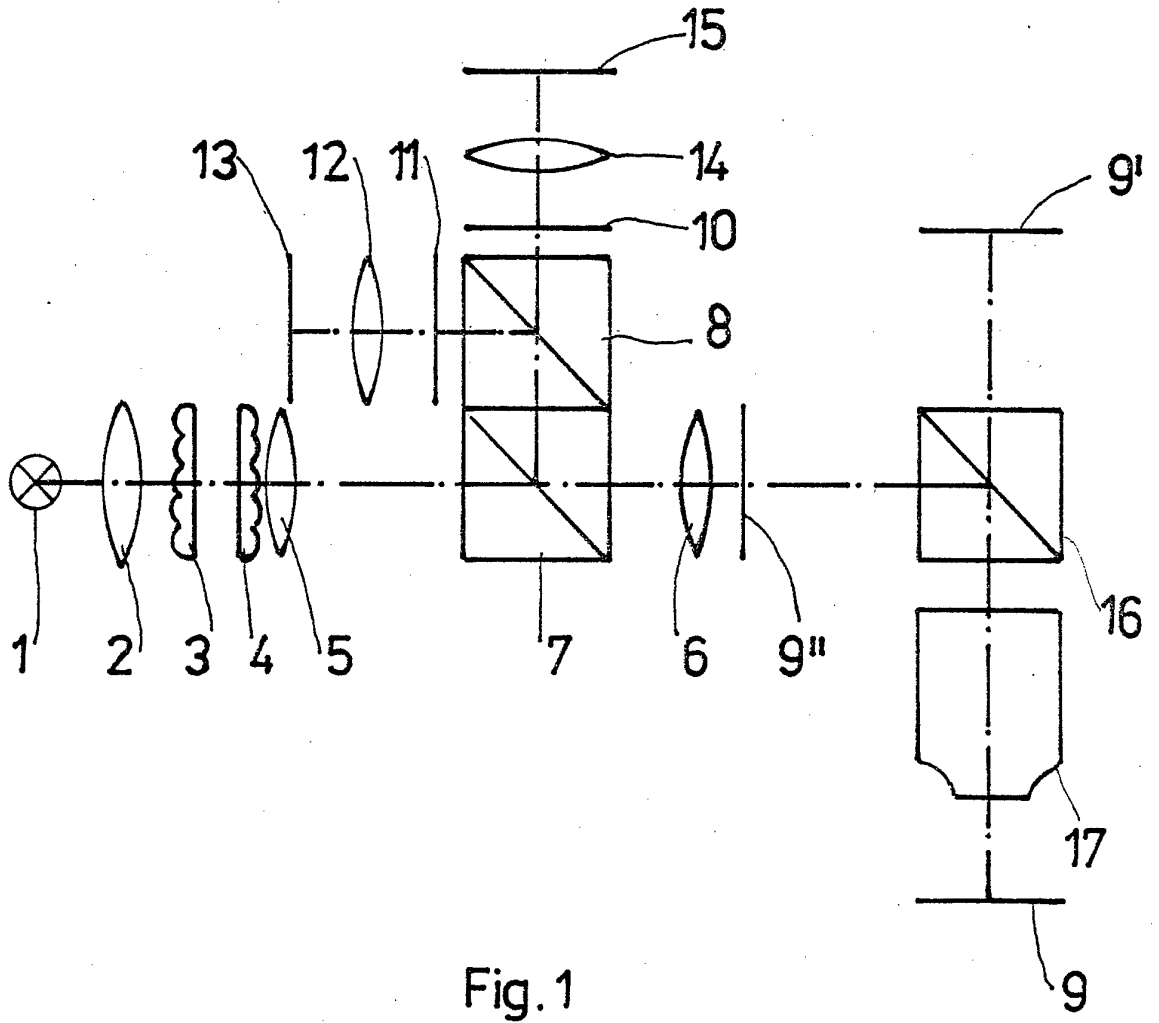


Fig. 1

Beispiele zur Ortsfrequenzfilterung

≡ durchlässiger Pupillenbereich in Ebene 11

≡ durchlässiger Pupillenbereich in Ebene 10

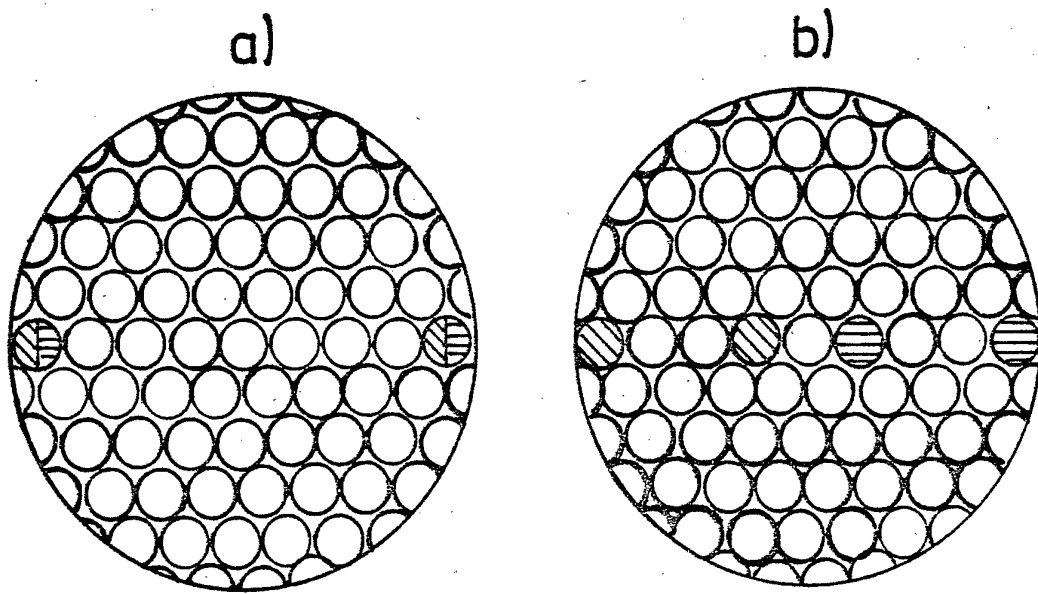


Fig. 2

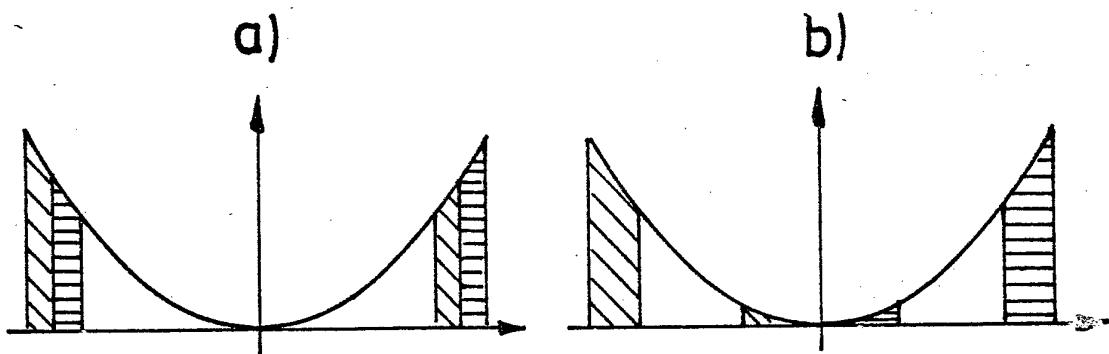


Fig. 3