

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 N / 321 335 1

(22) 02.11.88

(44) 07.03.90

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

(72) Bergner, Joachim; Danz, Rainer, Dipl.-Phys., DD

(54) Verfahren zur Gangunterschiedsmessung an anisotropen transparenten Objekten

(55) Gangunterschiedsmessung, anisotrope transparente Stoffe, Polarisationsvorrichtung, zirkular polarisiertes Licht

(57) Verfahren zur Gangunterschiedsmessung an anisotropen transparenten Objekten, mit dem phasen- und strukturanalytische Untersuchungen an Festkörpern oder die Bestimmung und Regelung technisch-technologischer Eigenschaften z. B. an hochpolymeren Stoffen durchgeführt werden. Das zu untersuchende Objekt wird erfindungsgemäß in einer Zirkular-Polarisationsvorrichtung mit modulierter Strahlung beleuchtet und die das Objekt verlassende Schwingungsellipse mit einem optisch aktiven Bauelement gedreht, bis die photometrisch nachgewiesene, vom Objekt beeinflusste Strahlungsintensität ihre Extremwerte erreicht. Fig. 2

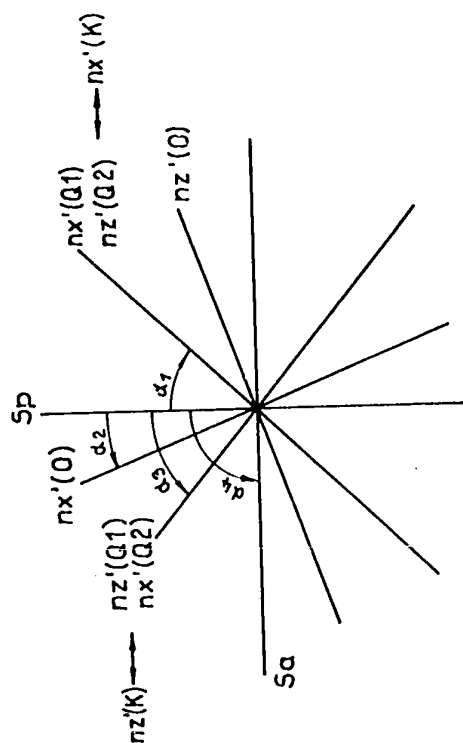


Fig. 2

Patentanspruch:

Verfahren zur Gangunterschiedsmessung an anisotropen transparenten Objekten, bei dem ein Objekt in beliebiger azimuthaler Lage seiner Hauptschwingungsrichtungen nz' und nx' in einer aus zwei mit ihren Schwingungsrichtungen Sp und Sa gekreuzten oder parallelen linearen Polaren und zwei zwischen diesen liegenden, vorzugsweise achromatischen Viertelwellen-Retardern bestehenden Zirkular-Polarisationseinrichtung nach einem ersten Viertelwellen-Retarder angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei periodischer Änderung der Schwingungsrichtung eines Polarisators (Pol) oder eines Analysators (An) gleichzeitig die Schwingungsellipse eines Objektes (O) gedreht wird, bis der maximale Kontrast für das zu vermessende Objekt (O) erreicht ist und daß danach ein zweiter Viertelwellen-Retarder (Q2) gegen einen mit seinen Hauptschwingungsrichtungen ($nz'K$) und ($nx'K$) unter 45 Grad zu den Schwingungsrichtungen (Sp und Sa) angeordneten Meßkompensator (K) mit meßbar veränderlichem Gangunterschied (RK) ausgewechselt und die Schwingungsellipse des Objektes (O) um 45 Grad so gedreht wird, daß die Schwingungsrichtung ($nz'O$) des Objektes (O) mit der Schwingungsrichtung ($nx'K$) des Meßkompensators (K) zusammenfällt, und daß folgend die optisch wirksame Kompensationsvorrichtung des Meßkompensators (K) bis zur Aufhebung des Objekt-Gangunterschieds (RO) verändert und dieser aus

$$RO = Rk \pm \lambda/4$$

berechnet wird, wobei das Vorzeichen je nach Anordnung der Viertelwellen-Retarder (Q1, Q2) und des Meßkompensators (K) festgelegt ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Meßverfahren für optische Gangunterschiede beliebiger Größe, die von anisotropen Objekten beliebiger Orientierung zu der verwendeten Polarisationseinrichtung erzeugt werden. Mit diesen Messungen können phasen- und strukturanalytische Untersuchungen in der Festkörperanalytik ebenso durchgeführt werden wie die Bestimmung und Regelung technisch-technologischer Eigenschaften, z. B. an hochpolymeren Stoffen. Vorzugswisees Anwendungsgebiet ist die Polarisationsmikroskopie.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Zum Bestimmen polarisationsoptischer Gangunterschiede sind eine Reihe objektiv messender Anordnungen bekannt. Nach der DE-OS 29 16202 wird das hinter einem Wollaston-Prisma entstehende Interferenzmuster hinsichtlich Amplitude und Phasenlage mit einem Dioden-Array aufgenommen, und aus den Meßwerten wird die Elliptizität des Lichtes bestimmt. Nach Journ. Micr. 139 (1985) 239... 247 werden die mit einem Photometer gewonnenen Intensitätswerte in Abhängigkeit von der Analysatordrehung mit einem 64-K-Rechner einer harmonischen Analyse unterworfen und der Gangunterschied nach der Senarmont-Methode berechnet. Eine sehr schnelle und genaue Messung des Gangunterschiedes ermöglicht die Anordnung nach DE-OS 3631959. Als Lichtquelle dient ein transversaler stabilisierter Zeeman-Laser; gemessen wird die zeitliche Verschiebung von Schwebungsknoten als Funktion des Objekt-Gangunterschiedes. Ein wesentlicher Nachteil, der bei allen genannten Verfahren auftritt, ist die erforderliche azimuthale Orientierung der Probe zur Meßanordnung, da mit linear polarisiertem Licht gearbeitet wird. Auch sind Vorrichtungen bekannt, mit denen zirkular polarisierte Strahlung über elektro- und magnetooptische Kristalle zu Modulationszwecken in linear polarisierte Strahlung mit konstant rotierender Schwingungsebene umgewandelt wird (DE-OS 1797378). Eine subjektiv arbeitende Meßmethode für Gangunterschiede in einem Zirkularpolariskop ist als Tardy-Methode bekannt (Brit. Journ. Appl. Phys. 3 [1952] 176... 181). Die nur monochromatisch arbeitende Methode ist sehr umständlich und zeitraubend, da sie in vielen Einzelschritten von gegenläufig gedrehten Polaren das Intensitätsminimum aufsucht und in dieser Lage mit einem Senarmont-Kompensator mißt. Nach der in der DE-OS 23 10090 beschriebenen Polarimettermethode wird die zur Drehung einer Schwingungsebene mittels eines Quarzkeils erforderliche Verschiebung mit einem Wegspannungswandler als Maß für die vom Objekt hervorgerufene Drehung gemessen. In der US-PS 4655589 werden drei Viertelwellen-Platten vor dem Objekt teilweise drehbar angeordnet, um acht verschiedene Polarisationsazimute in festen Inkrementen (keine periodische Änderung!) zu erzeugen. Bei der Methode nach der US-PS 3902805 wird die Probe mit zirkular polarisiertem Licht durchstrahlt und die austretende Lichtwelle in zwei Strahlen unterschiedlicher Wellenlängen aufgespalten, deren Phasendifferenz in einem Phasenmeter bestimmt wird. Wegen mangelnder Achromasie kann dieses Verfahren nur in einem eng begrenzten Spektralbereich wirken. Für Objekte mit deutlicher Dispersion der Doppelbrechung tritt ein zusätzlicher Fehler auf.

Das in dem DD-WP G02B/314531.1 angegebene Verfahren nutzt zum Eliminieren des Objektazimutes ebenfalls eine Zirkular-Polarisationseinrichtung. Der Meßbereich ist jedoch auf $RO \leq \lambda$ beschränkt; für Objekte mit $RO = k \lambda$ ($k = 0, 1, 2, \dots$; $m = 0 \dots 1$) ist die Ordnungszahl k mit zusätzlichen Mitteln zu bestimmen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur Gangunterschiedsmessung an anisotropen transparenten Objekten für quantitative Bestimmungen von Objekten beliebiger azimuthaler Lage und beliebiger Größe ihrer Gangunterschiede.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Gangunterschiedsmessung an anisotropen transparenten Objekten zu schaffen, bei der quantitative Bestimmungen von Objekten beliebiger azimuthaler Lage und beliebiger Größe ihrer Gangunterschiede möglich ist.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Gangunterschiedsmessung an anisotropen transparenten Objekten, bei dem ein Objekt in beliebiger azimuthaler Lage seine Hauptschwingungsrichtungen nz' und nx' in einer aus zwei mit ihren Schwingungsrichtungen Sp und Sa gekreuzten oder parallelen linearen Polaren und zwei zwischen diesen liegenden, vorzugsweise achromatischen Viertelwellen-Retardern bestehenden Zirkular-Polarisationseinrichtung nach dem ersten Viertelwellen-Retarder angeordnet ist, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei periodischer Änderung der Schwingungsrichtung des Polarisators oder Analysators gleichzeitig die Schwingungsellipse eines Objektes gedreht wird, bis der maximale Kontrast für das zu vermessende Objekt erreicht ist, danach wird ein zweiter Viertelwellen-Retarder gegen einen mit seinen Hauptschwingungsrichtungen $nz'K$ und $nx'K$ unter 45 Grad zu den Schwingungsrichtungen Sp und Sa angeordneten Meßkomparator mit meßbar veränderlichem Gangunterschied RK ausgetauscht und die Schwingungsellipse des Objektes um 45 Grad so gedreht wird, daß die Schwingungsrichtung $nz'O$ des Objektes mit der Schwingungsrichtung $nx'K$ des Meßkompensators zusammenfällt, und folgend die optisch wirksame Kompensationsvorrichtung des Meßkomparators bis zur Aufhebung des Objekt-Gangunterschieds RO verändert und dieser aus

$$RO = RK \pm \lambda/4$$

berechnet wird, wobei das Vorzeichen je nach Anordnung der Viertelwellen-Retarder und des Meßkompensators festgelegt ist. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird das Ziel erreicht und die Aufgabe gelöst.

Ausführungsbeispiel

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand einer schematisch in der Zeichnung dargestellten Zirkular-Polarisationseinrichtung erläutert. Es zeigen

Fig. 1: schematisch vereinfachte die Anordnung der zur Durchführung des Verfahrens notwendigen optischen Bauelemente, und
Fig. 2: die Lage der Schwingungsrichtungen dieser Bauelemente während verschiedener Verfahrensschritte.

In einer Zirkular-Polarisationseinrichtung gemäß Fig. 1 bildet die Schwingungsrichtung des Analysators Sa mit der des Polarisators Sp einen Winkel. Zwischen diesen beiden Schwingungsrichtungen ist ein erster Viertelwellen-Retarder $Q1$ so angeordnet, daß seine Schwingungsrichtung $nz'Q1$ den Winkel mit der Schwingungsrichtung Sp bildet und mit der Schwingungsrichtung $nx'Q2$ des zweiten Viertelwellen-Retarders zusammenfällt. Die azimuthale Lage des Objektes O sei durch den Winkel α_2 seiner Schwingungsrichtung $nx'O$ mit der Schwingungsrichtung Sp gegeben.

Die Viertelwellen-Retarder $Q1$ und $Q2$ erzeugen die Phasendifferenzen δ_1 bzw. δ_3 , das Objekt die Phasendifferenz δ_2 , wobei allgemein die Beziehung $R = \delta \cdot \lambda/2\pi$ gilt. Im dargestellten Fall wird hinter dem Analysator eine Intensität

$$I = I_0 \left(\sin^2 \frac{\delta_2}{2} + \cos^2 \alpha_4 \cos \delta_2 + \frac{1}{2} - \sin \delta_2 \sin 2\alpha_4 \cos 2\alpha_2 \right).$$

beobachtet. Zwischen gekreuzten Polaren ($\alpha_4 = \pi/2$) erscheint das Objekt unabhängig von seinem Azimut mit einer Intensität, die nur von seiner Phasendifferenz δ_2 abhängt. Darin besteht der Vorteil der vorgenannten Zirkular-Polarisationseinrichtung gegenüber einer Linear-Polarisationseinrichtung.

Zur Messung der Phasendifferenz δ_2 mit Hilfe bekannter Kipp-, Keil- oder Drehkompensatoren, die mit ihrer Schwingungsrichtung $nz'K$ unter 45 Grad zu den Schwingungsrichtungen Sp und Sa angeordnet werden müssen, muß α_2 ebenfalls 45 Grad betragen.

Dieses wird durch das erfindungsgemäße Verfahren erreicht, indem zwischen dem Objekt O und dem zweiten Viertelwellen-Retarder $Q2$ ein die Schwingungsrichtung drehendes optisches Bauelement D , z.B. eine senkrecht zur optischen Achse orientierte Quarzplatte mit veränderlicher Dicke, angeordnet und so lange beeinflusst wird, bis die durch periodische Änderung der Schwingungsrichtung Sp des Polarisators Pol modulierte und mit einem hinter dem Analysator An angeordneten Photometer $Phot$ gemessene Intensität ihre Extremwerte erreicht. Das ist gegeben wenn

$$\frac{dl}{d\alpha_2} = 0 = -\sin \delta_2 \sin 2\alpha_4 \sin 2\alpha_2,$$

d. h. bei $\alpha_2 = 0, \pi/2, \pi, \dots$

Nach Erreichen dieser Lage wird der zweite Viertelwellen-Retarder Q2 durch einen Meßkomparator K mit veränderlicher Phasendifferenz $\delta_3' = RK \cdot 2\pi/\lambda$ ersetzt und mit dem drehenden optischen Bauelement D eine zusätzliche Änderung des Winkels α_2 um 45 Grad in der Richtung vorgenommen, in der sich bei Veränderung des Meßkomparator-Gangunterschiedes RK innerhalb seines Meßbereiches $RK > RO$ eine Stelle ergibt, in der die vom Objekt erzeugte Phasendifferenz δ_2 und die des ersten Viertelwellen-Retarders Q1 erzeugte Phasendifferenz $\delta_1 (= \pi/2)$ kompensiert werden, im weißen Licht damit wie im Linear-Polarisationsmikroskop gewohnt ein neutralschwarzer Streifen sichtbar wird. In diesem Fall ist die Gesamt-Phasendifferenz δ durch

$$\delta = \delta_3' + \arctan \frac{\sin \delta_2 \cos \delta_1 - \cos \delta_2 \sin \delta_1}{-(\cos \delta_2 \cos \delta_1 + \sin \delta_2 \sin \delta_1)} = 0$$

$$(\text{bzw. } \delta = \delta_3' + \arctan \frac{-(\sin \delta_2 \cos \delta_1 + \cos \delta_2 \sin \delta_1)}{\cos \delta_2 \cos \delta_1 - \sin \delta_2 \sin \delta_1} = 0,$$

wenn $nz'O1$ mit $nx'K$ zusammenfällt)
gegeben, und damit

$$\delta = \delta_3' \pm \pi/2 - \delta_2 = 0$$

$$\text{bzw. } RO = RK \pm \lambda/4.$$

Die Drehung der Schwingungsrichtung $nx'O$ des Objektes O um 45 Grad geschieht nach der für das verwendete drehende optische Bauelement D bekannten Abhängigkeit des Drehwinkels von der durchgeführten Beeinflussung dieses Bauelementes.

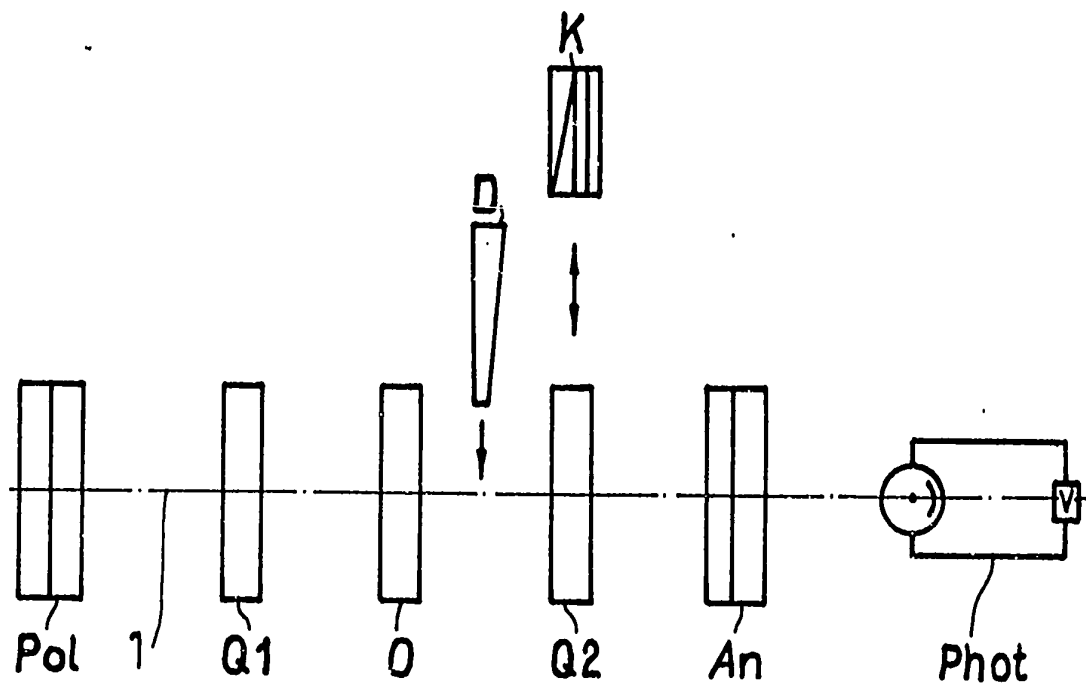


Fig. 1

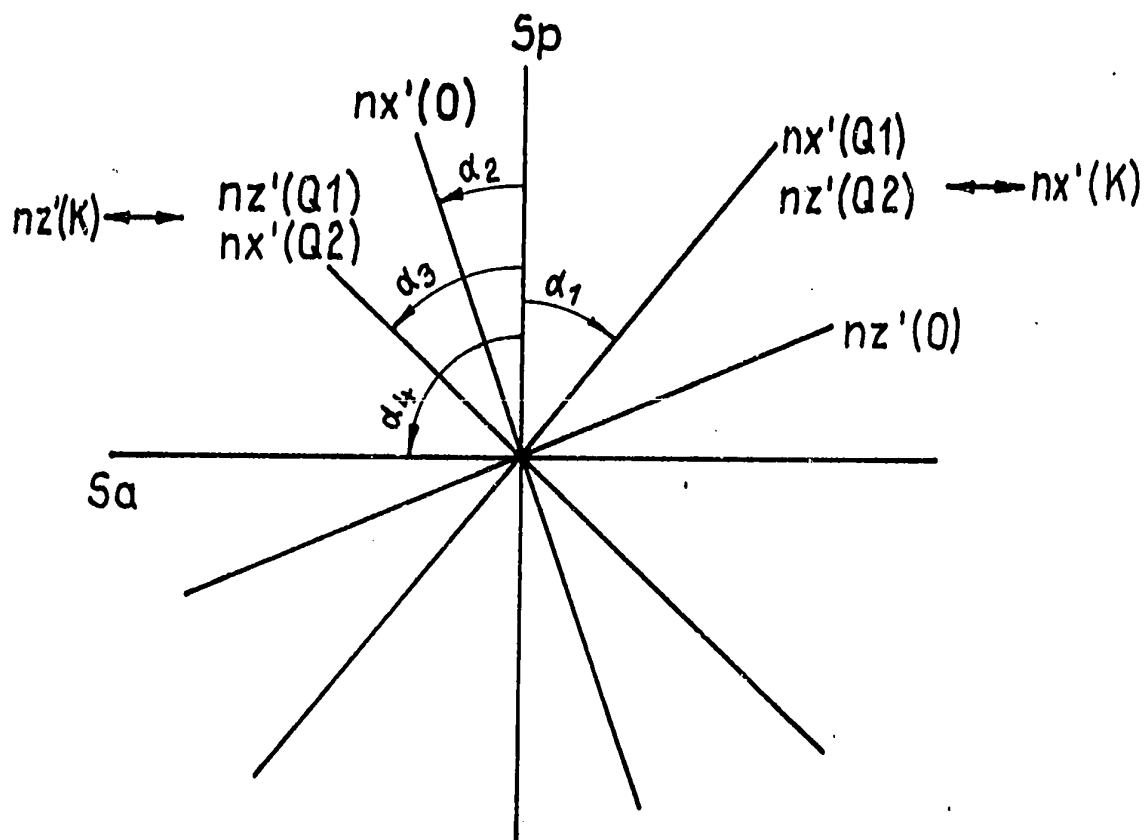


Fig. 2