

(43) 国際公開日
2008年1月24日 (24.01.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/010482 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/23 (2006.01) G01M 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/064076
- (22) 国際出願日: 2007年7月17日 (17.07.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-196894 2006年7月19日 (19.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 学校法人慶應義塾 (KEIO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1088345 東京都港区三田二丁目1番4号 Tokyo (JP). 東レエンジニアリング株式会社 (TORAY ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1030021 東京都中央区日本橋本石町三丁目3番16号 (日本橋室町ビル) Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 三井 隆久

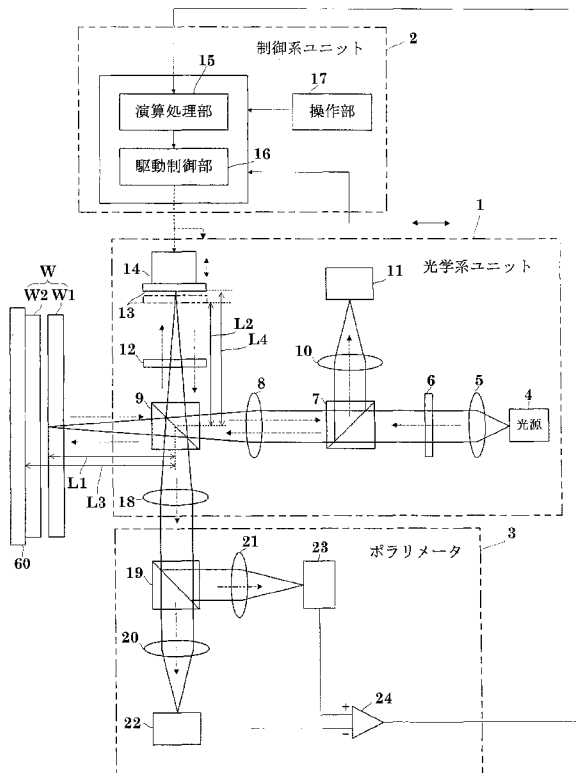
(MITSUI, Takahisa) [JP/JP]; 〒2238521 神奈川県横浜市港北区日吉四丁目1番1号 慶應義塾大学日吉キャンパス内 Kanagawa (JP). 鈴木 一嘉 (SUZUKI, Kazuyoshi) [JP/JP]; 〒5202141 滋賀県大津市大江一丁目1番4号 東レエンジニアリング株式会社内 Shiga (JP). 松村 淳一 (MATSUMURA, Junichi) [JP/JP]; 〒5202141 滋賀県大津市大江一丁目1番4号 東レエンジニアリング株式会社内 Shiga (JP).

- (74) 代理人: 杉谷 勉 (SUGITANI, Tsutomu); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満1丁目10番8号 西天満第11松屋ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL ELASTICITY MEASURING METHOD AND ITS DEVICE

(54) 発明の名称: 光弾性測定方法およびその装置



2... CONTROL SYSTEM UNIT
15... OPERATION PROCESSING UNIT
16... DRIVE CONTROL UNIT
17... OPERATION UNIT

1... OPTICAL SYSTEM UNIT
4... LIGHT SOURCE
3... POLARIMETER

(57) Abstract: A rectilinear polarized light changed into a rectilinear polarized light by a deflection plate (6) is separated by a second polarization beam splitter into a measurement light and a reference light which intersect orthogonally. Among measurement lights which have passed through a measurement object (W) and are reflected by a rear surface of a predetermined layer, a polarized component of the second direction orthogonally intersecting the first direction generated by a change of the polarized state and a rectilinear polarized light of the second direction reflected by a reference mirror are collected by the beam splitter so that they pass through the same optical path and generate interference and the interference light is outputted toward a polarimeter. The polarimeter removes a DC component so as to obtain an interference light intensity value. According to the light intensity value, it is possible to obtain birefringence change amount information, a main stress difference, and angle of respective layers of the measurement object (W) to which the stress is functioning.

(57) 要約: 偏光板6により直線偏光に変えられた直線偏光を第2偏光ビームスプリッタでそれぞれの偏光が直交する測定光と参照光に分離し、測定対象物Wを透過し、所定層の裏面で反射して戻る測定光のうち、偏光状態が変化したことにより生じる第1の方向と直交する第2の方向の偏光成分と、参照ミラーで反射して戻る第2の方向の直線偏光とを、同一光路を通るように第2偏光ビームスプリッタでまとめて干渉を生じさせ、この干渉光をポラリメータに向けて出力する。そして、ポラリメータで直流成分を除去した干渉光強度値を求め、この光強度値から応力の作用している測定対象物Wの各層の複屈折の変化量情報および主応力の差と角度を求める。



OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光弾性測定方法およびその装置

技術分野

- [0001] 本発明は、液晶パネルやプラズマディスプレイパネルなどのような透過性を有する測定対象物に作用する応力や歪みなどを測定するための光弾性測定方法およびその装置に係り、特に、微小間隙において配備された2枚の貼り合せ基板のそれぞれの基板に作用している応力を精度よく測定する技術に関する。

背景技術

- [0002] ガラス基板のような透過性を有する測定対象物に作用している応力を求める方法として、次のような方法が知られている。第1の方法として、平坦なテーブルに平面保持された測定対象物に光を照射し、測定対象物の表面および裏面から反射して戻る反射光を測定し、その反射光の変化から測定対象物に作用している主応力の差と角度を求めている。また、第2の方法として、測定対象物に向けて照射した光のうち、測定対象物を透過した透過光の変化から測定対象物に作用している主応力の差と角度を求めている。
- [0003] 非特許文献1:最新 応力・ひずみ測定・評価技術(第49頁―第66頁) 監修:河田 幸三 発行:株式会社 総合技術センター

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] しかしながら、従来の方法では次のような問題がある。
- [0005] 第1および第2の方法のいずれも1枚の透過性を有する測定対象物である基板に対しては、有効に機能するが、光学特性、特に屈折率の異なる複数の素材が積層された基板、特に微小間隙において配備された2枚の貼り合せ基板について主応力の差と角度を測定する場合、2枚の基板のいずれの基板に、または両方の基板に作用する主応力の差と角度を精度よく求めることができないといった問題がある。
- [0006] すなわち、上記貼り合せ基板について、2枚の基板のいずれの基板、または両方の基板に作用する主応力の差と角度を測定するために第1の方法を適用した場合、貼

り合せ基板から反射して戻る反射光は、各基板の表面および裏面から戻るものが全て合成される。そのため、主応力の差と角度を知るのに必要なそれぞれの基板の裏面からの反射光のみを取得したくても、個々に容易に分離することができない。また、第2の方法を適用した場合、貼り合せ基板を透過した透過光は、全てが合成され、基板ごとに透過した透過光を個々に分離することができない。

[0007] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、光学特性として屈折率の異なる複数の素材が積層された基板、特に微小間隙において積層された貼り合せ基板について、応力の作用している基板を正確に分別するとともに、その基板に作用する応力で生じる複屈折の変化量および主応力の差と角度を精度よく求めることのできる光弾性測定方法およびその装置を提供することを主たる目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] この発明は、このような目的を達成するために、次のような構成をとる。

[0009] すなわち、第1の発明は、中心波長から所定の範囲の波長分布をもった照射光を、複数の層からなる透過性を有する測定対象物と参照面に照射するとき、少なくとも測定対象物には所定の第1の方向の直線偏光を照射し、

前記測定対象物の所定層の測定対象面から反射して戻る反射光のうち偏光状態が変化したことにより生じる前記第1の方向と直交する第2の方向の偏光成分と参照面から戻る反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせ、

前記重ね合わせた両反射光の同一偏光成分同士による干渉光の光強度を取得して複屈折による偏光の変化量情報を取得する

ことを特徴とする。

[0010] 第1の発明に係る光弾性測定方法によれば、第1の方向の直線偏光が測定対象物に向けて照射されるとともに、他方の偏光が参照面に照射される。測定対象物に照射された直線偏光が複数の層を透過し、各層の表面や裏面から反射して戻る。このとき、測定対象である所定層に応力が作用している場合、反射して戻る第1の方向の直線偏光の偏光状態が変化する。この偏光状態の変化した第1の方向の直線偏光と直交する第2の方向の直線偏光を、測定対象物から反射する全ての反射光の中から抽出する。そして、この抽出した第2の方向の直線偏光と参照面から反射する反射光

とを同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる。

- [0011] 重ね合わせた両反射光から、さらに同一偏光成分同士による干渉光の光強度を取得する。この取得した光強度の変化から測定対象物で複屈折により変化を受けた偏光の変化情報が取得される。このとき主応力の差を求める演算式である複屈折の変化量＝主応力の差×測定対象物の厚み×光弾性係数を利用する。この演算式内の3つのパラメータが既知であれば、残りの未知パラメータを求めることができる。一般に、測定対象物の厚み、光弾性係数は他の手段で容易に求める事ができるので、未知パラメータとして複屈折量を求めることにより複数層の中の所定層の主応力の差を求めることができる。
- [0012] このとき、測定対象物または参照面の少なくとも一方を光の進行方向の前後に移動させながら干渉光の光強度を取得することにより、測定対象物の厚みも同時に算出できる。つまり、測定対象物の各層と参照面光強度の波形は、測定対象物の層間の光学的距離とが略一致すると干渉による光強度の変動が生じる。このとき、例えば、横軸を測定対象物または参照面の移動距離に、縦軸を光強度として光強度の変化をグラフにプロットして光強度の絶対値の包絡線を取ると、この包絡線のピーク間の距離が測定対象物の層間の光学的距離と一致する。したがって、このピーク間の距離から測定対象物の厚みも同時に算出することもできる。
- [0013] なお、この方法発明によれば、参照面または測定対象面のいずれかを照射光の進行方向に対して前後に移動させ、干渉光の光強度が最大となる光強度情報を取得することが好ましい(請求項2)。
- [0014] また、このときの光強度情報から正確な複屈折の変化量を求めることができ、ひいては所定層の主応力の差を精度よく求めることができる。
- [0015] また、この方法発明によれば、干渉光を構成する両反射光の各位相が半波長ずれるように略半分に分離し、分離後の両位相の差分をとって、干渉光の光強度のうち直流成分を除去することが好ましい(請求項3)。
- [0016] この場合、干渉を生じさせた両反射光の位相を半波長ずらすことにより、両位相が180°反転した状態になる。つまり、この状態で両位相の差分をとることにより、参照面から反射する偏光状態に変化のない直流成分を除去することができ、偏光状態の変

化の生じた偏光成分のみを抽出することができる。すなわち、応力の作用している所定層で複屈折したときの偏光の変化量のみを精度よく求めることができる。

[0017] また、この方法発明によれば 参照面または測定対象面のいずれかを移動させた移動量と干渉光の光強度との関係から周期的な関係を求め、この周期的な関係の実位相と予め決めた基準位相とを比較し、その結果に基づいて測定対象物の所定層に作用している主応力の差が張力であるか圧縮力であるかを判定することが好ましい(請求項4)。

[0018] この場合、測定対象物と同じ試料を利用して実験、理論演算、およびシミュレーションなどを行い、この試料に応力として作用した張力および圧縮力の条件を特定して基準位相を決めておく。この基準位相と、測定対象物の所定層を測定したときの実位相とを比較することにより、作用している主応力の差が張力であるか圧縮力であるかを判定する。

[0019] また、この方法発明によれば、測定対象面に照射した直線偏光と該測定対象面とを直線偏光の光軸回りに相対的に回転させ、回転角度ごとに複屈折による偏光の変化量情報を求め、これら複数個の偏光の変化量情報と回転角度の両情報から測定対象物に作用している主応力の差と角度を求めることが好ましい(請求項5)。例えば、回転角度は少なくとも2つの角度であり、各角度から照射する光の直線偏光の方向が異なるようにして主応力の差の角度を求めることが好ましい(請求項6)。

[0020] この場合、回転角度ごと(例えば2つの角度)に求まる干渉光の光強度の値をベクトル変換し、両回転角度のベクトルを合成し、そのベクトル合成により示される角度から主応力の差の角度を特定することができる。

[0021] 次に、第7の発明は、中心波長から所定の範囲の波長分布をもった照射光を、複数の層からなる透過性を有する測定対象物と参照面に照射するとき、少なくとも測定対象物には所定の第1の方向の直線偏光を第1の方向と 45° 異なる第2の方向成分を $1/4$ 波長ずらした略円偏光を照射し、

前記測定対象物の所定層の測定対象面から反射して戻る反射光と、参照面から戻る反射光の光路長を一致させるとともに、測定対象面からの反射光は前記第2の方向成分を $-1/4$ 波長ずらして略直線偏光に戻し、そのうち偏光状態が変化したこと

により生じる前記第1の方向と直交する第3の方向の偏光成分を抽出し、この第3の方向の偏光成分と参照面から戻る反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせ、

前記重ね合わせた両反射光の同一偏光成分同士による干渉光の光強度を取得して複屈折による偏光の変化量情報を取得すること

ことを特徴とする。

[0022] 第7の発明に係る光弾性測定方法によれば、照射光が測定対象物と参照面の両方に照射される。このとき、少なくとも測定対象面へは、第1の方向の直線偏光が略円偏光に変換されて照射される。測定対象物に照射された略円偏光が複数の層を透過し、各層の表面や裏面で反射する。このとき、測定対象である所定層に応力が作用している場合、反射して戻る略円偏光の偏光状態が変化、つまり楕円偏光に変化する。この偏光状態のまま、元の第1の方向の偏光成分を抽出する。そして、この第1の方向の直線偏光と直交する第3の方向の直線偏光を、測定対象物で反射した全ての反射光の中から抽出する。この第3の方向の直線偏光と参照面から反射してくる反射光とを同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる。

[0023] 重ね合わせた両反射光から、さらに同一偏光成分同士による干渉光の光強度を取得する。この取得した光強度の変化から測定対象物で複屈折により変化を受けた偏光の変化情報が取得される。この偏光の変化情報としては、測定対象の所定層に作用している応力の影響で生じる複屈折の変化量、測定対象物の厚み、および光弾性係数のうちの未知パラメータが取得される。例えば、主応力の差を求める演算式である複屈折の変化量＝主応力の差×測定対象物の厚み×光弾性係数を利用し、少なくとも2つのパラメータが既知であれば、残りの未知パラメータを容易に求めることができる。さらに、各パラメータが揃えば、所定層に作用している主応力の差も容易かつ精度よく求めることができ、ひいては、複数の層のうち、いずれの層に応力が作用しているかも分別することができる。

[0024] なお、この方法発明によれば、参照面または測定対象面のいずれかを照射光の進行方向に対して前後に移動させ、干渉光の光強度が最大となる光強度情報を取得することが好ましい(請求項8)。

- [0025] この場合、干渉光の光強度が最大となる光強度情報を取得することにより、測定対象である所定層に応力が作用していることを容易に分別することができる。また、このときの、光強度情報から正確な複屈折の変化量を求めることができ、ひいては所定層の主応力の差を精度よく求めることができる。
- [0026] また、この方法発明によれば、干渉光を構成する両反射光の各位相が半波長ずれるように略半分に分離し、分離後の各位相の差分をとって、干渉光の光強度のうち直流成分を除去することが好ましい(請求項9)。
- [0027] この場合、両反射光の移送を半波長ずらすことにより、各位相が 180° 反転した状態になる。つまり、この状態で各位相の差分をとることにより、参照面で反射する偏光状態に変化のない直流成分を除去することができ、偏光状態に変化の生じた偏光成分のみを抽出することができる。したがって、応力の作用している所定層で複屈折したときの偏光の変化量のみを精度よく求めることができる。
- [0028] また、この方法発明によれば、照射される円偏光の伝播方向と直交する測定対象面が垂直平面上で移動するように円偏光と測定対象物とを相対的に移動させ、その過程で複数箇所の複屈折による偏光の変化量情報を取得し、その分布状態から測定対象物の所定層に作用する応力の方向を推定することが好ましい(請求項10)。この場合、略円偏光を利用した場合の主応力の角度を推定するのに有効に機能する。
- [0029] 次に、第11の発明は、中心波長から所定の範囲の波長分布をもった照射光を出力する照射手段と、
- 前記照射手段からの照射光を2つの直線偏光に分離し、前記分離された第1の方向の直線偏光を複数の層からなる透過性を有する測定対象物に出力し、他方の第2の方向の直線偏光を参照面に出力する分離手段と、
- 前記所定層の測定対象面からの反射光のうち第2の方向成分を抽出する抽出手段と、
- 前記測定対象物の所定層の測定対象面から反射して戻り抽出手段を介して抽出された反射光と、参照面から戻り反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる結合手段と、

前記所定層の測定対象面から結合手段に戻る反射光と、前記参照面から結合手段に戻る反射光の光路長が一致するように前記測定対象物または前記参照面の少なくとも一方を直線偏光の進行方向の前後に移動させる移動手段と、

前記重ね合わせた両反射光の同一偏光成分の光強度変化を検出する検出手段と、

前記検出手段の検出結果に基づいて、複屈折による偏光の変化量情報を求める演算手段と、

を備えたことを特徴とする。

[0030] 第11の発明に係る光弾性測定装置によれば、分離手段によって2つの直線偏光に分離された照射光のうち、第1の方向の直線偏光が複数の層からなる測定対象物に向けて出力され、他方の第2の方向の直線偏光が参照面に向けて出力される。それぞれの直線偏光は、出力先に到達すると反射する。特に、透過性を有する測定対象物では、透過した直線偏光が各層の表面および裏面で反射する。これら複数の面で反射する反射光は、所定層に応力が作用していると、その層を往復透過する過程で偏光状態が変化する。この偏光状態の変化した直線偏光から、第1の方向と直交する第2の方向の偏光成分だけを抽出手段により抽出する。そして、結合手段によって、この抽出された偏光成分と参照面からの反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる。

[0031] この両反射光を結合手段にまとめるまでに、移動手段によって、測定対象物または参照面の少なくとも一方を直線偏光の進行方向の前後に移動させることにより、結合手段にもどる複数の層で裏面反射して戻る第2の方向の直線偏光のいずれかと、参照面から結合手段までの光路長が一致する。この場合、両光路長が一致したときに、その裏面を有する所定層を往復透過して戻る反射光のみを抽出手段により抽出することができ、この抽出した偏光成分と参照面からの反射光のうち同一偏光成分の光強度変化を検出手段により検出する。そして、この検出結果に基づいて、演算手段が測定対象物での複屈折による偏光の変化情報を求める。すなわち、第1の方法発明を好適に実現することができる。

[0032] なお、この装置発明によれば、照射手段、参照面、分離手段、抽出手段、結合手

段、および検出手段からなる光学系と測定対象物とを、光学系から測定対象物に出力される直線偏光の光軸回りに相対的に回転させる回転駆動手段を備えることが好ましい(請求項12)。

[0033] この構成によれば、異なる角度の直線偏光を測定対象物に照射することができる。つまり、回転角度ごとに複屈折による偏光の変化量情報を求めることができる。これら複数個の偏光の変化量情報である干渉の光強度をベクトル変換した値と回転角度情報の両方を利用し、ベクトル合成して主応力の角度を特定することができる。すなわち、第5、第6の方法発明を好適に実現することができる。

[0034] また、この装置発明によれば、さらに、移動手段により参照面または測定対象物と同条の試料のいずれかを移動させたときの移動量と前記干渉光の光強度との関係から実験的に周期的な関係を求め、この周期的な関係の基準位相を予め記憶した記憶手段を備え、演算手段は、測定対象物の実測による周期的な関係の実位相と記憶手段から読み出した基準位相を比較し、その結果に基づいて測定対象物の所定層に作用している主応力の差が張力であるか圧縮力であるかを判定することが好ましい(請求項13)。

[0035] この構成によれば、測定対象物と同じ試料を利用して実験、理論演算、およびシミュレーションなどを行い、この試料に応力として作用した張力および圧縮力の条件を特定して基準位相を決めて記憶手段に記憶する。そして、この基準位相と、測定対象物の所定層を測定したときの実位相とを比較することにより、作用している主応力の差が張力であるか圧縮力であるかを判定することができる。つまり、第4の方法発明を好適に実現することができる。

[0036] 次に、第14の発明は、中心波長から所定の範囲の波長分布をもった照射光を出力する照射手段と、

前記照射手段からの照射光を2つの直線偏光に分離し、前記分離された第1の方向の直線偏光を複数の層からなる透過性を有する測定対象物に出力し、他方の第2の方向の直線偏光を参照面に出力する分離手段と、

前記分離手段で分離されて前記測定対象物に向う直線偏光を第1の方向と45°異なる第3の方向成分を1/4波長ずらして略円偏光に変換する第1変換手段と、

前記所定層の測定対象面で反射して戻る反射光を前記第3の方向成分を $-1/4$ 波長ずらして略直線偏光に変換する第2変換手段と、

前記第2変換手段で略直線偏光となった反射光のうち、偏光状態が変化したことにより生じる前記第1の方向と直交する第3の方向の偏光成分を抽出する抽出手段と、

前記第3方向の偏光成分と、参照面から戻る反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる結合手段と、

前記所定層の測定対象面から結合手段に戻る反射光と、前記参照面から結合手段に戻る反射光の光路長が一致するように前記測定対象物または前記参照面の少なくとも一方を直線偏光の進行方向の前後に移動させる移動手段と、

前記重ね合わせた両反射光の同一偏光成分の光強度変化を検出する検出手段と、

前記検出手段の検出結果に基づいて、複屈折による偏光の変化量情報を求める演算手段と、

を備えたことを特徴とする。

[0037] 第14の発明に係る光弾性測定装置によれば、分離手段によって2つの直線偏光に分離された照射光のうち、第1の方向の直線偏光が複数の層からなる測定対象物に向けて出力され、他方の第2の方向の直線偏光が参照面に向けて出力される。この測定対象物に向う第1の方向の直線偏光は、第1変換手段によって、略円偏光の変換される。それぞれ直線偏光は、出力先に到達すると反射する。特に、透過性を有する測定対象物では、透過した略円偏光が各層の表面および裏面で反射する。これら複数の面で反射する反射光は、所定層に応力が作用していると、その層を往復透過する過程で偏光状態が変化する。つまり、略円偏光から楕円偏光に変化する。この楕円偏光を、さらに、第2変換手段により第1の方向の略直線偏光に戻す。そして、この第1の方向と直交する第3の方向の偏光成分だけが抽出手段により抽出される。この抽出された偏光成分と参照面からの反射光とが結合手段によって、同一光路を通るようにまとめられて干渉が生じる。

[0038] この両反射光を結合手段にまとめるまでに、移動手段によって、測定対象物または参照面の少なくとも一方を偏光の進行方向の前後に移動させることにより、結合手段

にもどる複数の層で裏面反射する第1の方向の略円偏光のいずれかと、参照面から結合手段までの光路長が一致する。この場合、両光路長が一致した状態で干渉を生じさせると、測定したい任意の層の干渉光の光強度が最大となる。この光強度が最大となるときに測定対象物からの反射光と参照面からの反射光のうち同一偏光成分の光強度変化を検出手段により検出する。そして、この検出結果に基づいて、演算手段が測定対象物での複屈折による偏光の変化情報を求める。すなわち、第7の方法発明を好適に実現することができる。

[0039] 上記第11ないし第14の発明において、移動手段は、測定対象物または参照面の少なくとも一方を光の進行方向に対して平行に前後移動させ、検出手段は、移動過程での干渉光の光強度を逐次に検出し、演算手段は、検出手段の検出結果に基づいて干渉光の光強度の最大値を求め、この求まる結果から複屈折による偏光の変化量情報を求めることが好ましい(請求項15)。すなわち、この構成によれば、第2および第8の方法発明を好適に実現することができる。

[0040] また、上記第11ないし第15の発明において、結合手段により干渉の生じた干渉光を構成する両反射光の各位相が半波長ずれるように略半分に分離する光学手段を備え、演算手段は、分離後の前記反射光の各位相の差分により干渉光の光強度のうち直流成分を除去して複屈折による偏光の変化量情報を求めることが好ましい(請求項16)。すなわち、この構成によれば、第3および第9の発明を好適に実現することができる。

発明の効果

[0041] この発明に係る光弾性測定方法およびその装置は、測定対象物と参照面に光を照射し、測定対象物からの反射光のうち偏光状態の変化した偏光成分のみを抽出し、この偏光成分と参照面からの反射光とによって干渉を生じさせることにより、任意の層に作用している応力の影響で生じる複屈折の変化量を抽出することができる。また、この複屈折の変化量から任意の層に作用している主応力の差を精度よく求めることができ、ひいては応力の作用している層を分別することができる。

図面の簡単な説明

[0042] [図1]実施例1に係る光弾性測定方法を実現する装置の概略構成を示す図である。

[図2]干渉光の光強度の検出状態を示す図である。

[図3]干渉光の光強度の検出状態を示す図である。

[図4]干渉光の光強度の検出状態を示す図である。

[図5]実施例2に係る光弾性測定方法を実現する装置の概略構成を示す図である。

[図6]実施例2の装置における第1および第2ポラリメータの構成を示す図である。

[図7]変形例装置の構成を示す図である。

符号の説明

- [0043]
- 1 … 光学系ユニット
 - 2 … 制御系ユニット
 - 3 … ポラリメータ
 - 4 … 光源
 - 5 … コリメートレンズ
 - 6 … 偏光板
 - 9 … 第2偏光ビームスプリッタ
 - 12 … 偏光板
 - 13 … 参照ミラー
 - 14 … ピエゾ素子
 - 19 … 第3ビームスプリッタ
 - 22 … 第1フォトダイオード
 - 23 … 第2フォトダイオード
 - 24 … 演算器

実施例 1

[0044] 以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。なお、本実施例では、直線偏光を利用した場合を例に採って説明する。

[0045] 図1は、本発明の光弾性測定方法を利用した装置の概略構成を示す図である。

[0046] この実施例装置は、液晶パネルやプラズマディスプレイのように2枚の透過性を有するガラス基板W1、W2を、微小間隔において平坦な載置台60に保持した測定対象物Wに、中心周波数から所定の範囲の波長分布をもった光を照射する光学系ユ

ニット1と、光学系ユニット1を制御する制御系ユニット2と、光学系ユニット1から出力される反射光を利用し、測定対象物を往復透過することにより、所定層に作用している応力の影響で偏光状態の変化した偏光成分が抽出され、この偏光成分を利用して生じさせた干渉光の光強度を検出するポラリメータ3とから構成されている。また、制御系ユニット2の中にはポラリメータ3で検出されされる光強度に基づいて、偏光の変化量情報を求める演算処理部15が含まれる。以下、各構成について詳述する。

[0047] 光学系ユニット1は、光源4から測定対象物Wに向けて照射される光路上に、コリメートレンズ5、偏光板6、第1偏光ビームスプリッタ7、対物レンズ8、第2偏光ビームスプリッタ9の順番に配備されている。また、第1偏光ビームスプリッタ7で分離されて測定対象物Wとは異なる方向に進む光の光路上に集光レンズ10およびフォトダイオード11が配備されている。さらに、第2偏光ビームスプリッタ9で分離されて測定対象物Wとは異なる方向に進む光の光路上に偏光板12および参照ミラー13が配備されている。以下、各構成について具体的に説明する。

[0048] 光源4は、比較的広い周波数帯域の光を発生させる。例えば、本実施例の場合、 $90 \pm 20\text{nm}$ の帯域を有するスーパーluminescentダイオードが利用される。この光源4から発生した光は、コリメートレンズ5によって平行光とされ、偏光板6に向う。なお、光源4は、本発明の照射手段に相当する。

[0049] 偏光板6は、 45° 配置されており、光源4から照射されたランダム偏光の内、偏光面が 45° の初期の直線偏光を抽出し、この直線偏光を第1偏光ビームスプリッタ7に向わせる。

[0050] 第1偏光ビームスプリッタ7は、偏光面が 45° の直線偏光を通過させる。つまり、偏光板6を通過した偏光面が 45° の直線偏光は、そのまま通過する。また、第1偏光ビームスプリッタ7は、第2偏光ビームスプリッタ9から戻る偏光成分をフォトダイオード11に向わせる。つまり、測定対象物Wの各ガラス基板W1、W2の表面と裏面および参照ミラー13で反射して第2偏光ビームスプリッタ9に戻る直線偏光のうち、偏光面が回転せずに初期の偏光状態を維持したまま戻る偏光成分が第2偏光ビームスプリッタ9から第1偏光ビームスプリッタ7に戻され、この第1偏光ビームスプリッタ7は、戻された偏光成分をフォトダイオード11に向わせる。

- [0051] フォトダイオード11は、第2偏光ビームスプリッタ9から戻る偏光成分の光を検出し、後述する制御系2の演算処理部15に検出信号を送信する。
- [0052] 対物レンズ8は、入射してきた直線偏光を下流側の測定対象Wおよび参照ミラー13に向けて集光するレンズである。この対物レンズ8によって集光される直線偏光は、第2偏光ビームスプリッタ9に到達する。
- [0053] 第2偏光ビームスプリッタ9は、集光レンズ8で集光される光を直交する1組の直線偏光に分離する。つまり、測定対象物Wに向わせる第1の方向の測定光と、参照ミラー13に向わせる第2の方向の参照光とに分離する。また、第2偏光ビームスプリッタ9は、測定対象物Wと参照ミラー13のそれぞれで反射して同一光路を戻る参照光と測定光とを再びまとめる。このとき、測定光と参照光のそれぞれから偏光状態の変化した偏光成分のみを抽出し、この偏光成分は、初期光路と異なるポラリメータ3側に向わせ、偏光状態に変化のない偏光成分は、初期光路を通して第1偏光ビームスプリッタ7に戻す。なお、第2偏光ビームスプリッタ9は、本発明の分離手段、抽出手段、および結合手段として機能する。
- [0054] 偏光板12は、第2偏光ビームスプリッタ9から参照ミラー13に向う参照光の光路上に配備されており、第2偏光ビームスプリッタ9からの直線偏光を内部に透過させて偏光面が45° 傾いた直線偏光に変え、この偏光状態の変化した参照光を参照ミラー13で反射させて第2偏光ビームスプリッタ9に戻す。
- [0055] 参照ミラー13は、参照光の進行方向に対して垂直に取り付けられている。この参照ミラー13によって反射された参照光は、同一光路を通って第2偏光ビームスプリッタ9に戻される。また、参照ミラー13は、ピエゾ素子14の作動により参照光の進行方向に対して前後に微小距離移動できるように構成されている。なお、参照ミラー13は、本発明の参照面に相当し、ピエゾ素子14は、本発明の移動手段に相当する。
- [0056] 集光レンズ10は、第2偏光ビームスプリッタ9からの直線偏光をフォトダイオード11に向けて集光するレンズである。
- [0057] 次に、ポラリメータ3は、第3偏光ビームスプリッタ19および第3偏光ビームスプリッタ19で分離されたそれぞれの直線偏光を集光する集光レンズ20、21、および集光レンズ20、21からの直線偏光を受光する第1フォトダイオード22、第2フォトダイオード

23とから構成されている。以下、各構成について具体的に説明する。

- [0058] 対物レンズ18は、第2偏光ビームスプリッタ9からの直線偏光を第3偏光ビームスプリッタ19に向けて平行光にするレンズである。
- [0059] 第3偏光ビームスプリッタ19は、 45° 配置のものであって、第2偏光ビームスプリッタ9で抽出された同一光路を戻る測定光と参照光の各位相が半波長ずれるように半分に分離し、これら分離された直線偏光が各集光レンズ20、21で集光されて各フォトダイオード22、23に到達するように向わせる。つまり、本実施例の場合、分離されて $+45^\circ$ の成分同士に揃えられた測定光と参照光からなる直線偏光が、第1フォトダイオード22に向い、 -45° の成分同士に揃えられた測定光と参照光からなる直線偏光が、第2フォトダイオード23に向うように構成されている。
- [0060] 第1および第2フォトダイオード22、23は、検出した直線偏光の光強度の信号レベルを演算器24にそれぞれ出力する。なお、第1および第2フォトダイオード22、23は、本発明の検出手段に相当する。このとき、両フォトダイオード22、23によって検出した光強度の信号は図2および図3に示すように干渉波形となり、それぞれの位相は 180° 反転している。
- [0061] 演算器24は、両フォトダイオード22、23が検出した光強度値に応じた信号レベルの差分をとるように合成する。この場合、図2および図3に示すように、両フォトダイオード22、23によって検出した干渉波形の両位相が 180° 反転しているので、両光強度値の差分をとるように合成する。その結果、図4に示すように、干渉波形の直流成分が除去され、測定対象物Wから反射してきた複屈折の変化量成分による干渉光のみが抽出されるようになっている。
- [0062] 次に、制御ユニット2は、演算処理部15、駆動制御部16、および操作部17などを含む。以下、各構成について具体的に説明する。
- [0063] 演算処理部15は、第1の処理として干渉光の焦点合せを行い、第2の処理として測定対象物Wの所定のガラス基板W1またはW2に作用している主応力の差によって発生する複屈折の変化量、光弾性係数、およびガラス基板の厚みのうちの未知パラメータ、並びに所定のガラス基板に作用する応力を求める。なお、演算処理部15は、本発明の演算手段に相当する。

- [0064] 第1の処理としては、例えば、フォトダイオード11は測定対象物Wと参照ミラー13からの反射光のうち、測定対象物Wおよび参照ミラー13において偏光状態が変化しないで戻る反射光同士が干渉する干渉光強度を検出する。このとき、駆動制御部16に命令信号を送信し、ピエゾ素子14を作動制御させながら、フォトダイオード11で逐次に検出される光強度値を検出して干渉光の強度が最大となる参照ミラー13の位置を算出する。つまり、この参照ミラー13の位置は、ポラリメータ3によって検出される干渉光の光強度値が最大となる位置でもある。
- [0065] フォトダイオード11に入射する光強度は、ポラリメータに入射する光強度よりも大きい。したがって、例えば、ポラリメータ3によって干渉光が検出されなかった場合は、複屈折の変化量が小さい過ぎるため、または光学系の光軸のズレ、特に測定対象物Wのアオリが合っていないための光軸のズレにより光を検出できないと判定することができる。
- [0066] 第2の処理としては、演算器24によって検出された干渉光の光強度値から、測定対象物Wで変化した複屈折の変化量情報を取得する。また、所定の測定対象物に作用している主応力の差は、複屈折の変化量情報＝主応力の差×測定対象物の厚み×光弾性係数の式により求まる。つまり、複屈折の変化量情報が求まれば、既知の測定対象物の厚みと光弾性係数から、その測定対象物に作用する主応力の差を容易に求めることができる。例えば測定対象物が所定のガラス基板である場合、所定のガラス基板に作用している主応力の差は、複屈折の変化量情報＝主応力の差×ガラス基板の厚み×光弾性係数の式により求まる。つまり、複屈折の変化量情報が求まれば、既知のガラス基板の厚みと光弾性係数から、そのガラス基板に作用する主応力の差を容易に求めることができる。
- [0067] 駆動制御部16は、操作部17から入力設定された条件に応じて、光源4から測定対象物Wに向う直線偏光の進路方向の前後に光学系ユニット1を所定距離だけ移動させる。つまり、図示しない、パルスモータなどの移動手段を駆動制御し、第2偏光ビームスプリッタ9からガラス基板W1の裏面までの距離L1と第2偏光ビームスプリッタ9から参照ミラー13までの距離L2、および、第2偏光ビームスプリッタ9からガラス基板W2の裏面までの距離L3と第2偏光ビームスプリッタ9から参照ミラー13までの距離L4

のそれぞれの組の距離同士が略一致するように光学系ユニット1を移動させる。

[0068] また、駆動制御部16は、演算処理部15から命令信号に応じて、干渉光の光強度が最大となるように参照ミラー13の位置を微調整するようにピエゾ素子14を作動制御する。

[0069] 操作部17は、ガラス基板W1、W2の厚み、ガラス基板ごとの光弾性係数、材料、屈折率、各構成部同士の距離L1～L4など各種測定条件を設定入力するものである。

[0070] 次に、上記実施例装置を用いて、測定対象物Wに作用する主応力の差を測定する一巡の動作について説明する。なお、測定対象物Wを構成するガラス基板W1、W2の両方に応力が作用している場合を例にとって説明する。

[0071] 操作部17から測定条件を入力し、測定を開始する。まず、駆動制御され、第2偏光ビームスプリッタ9からガラス基板1の裏面までの距離L1と、第2偏光ビームスプリッタ9から参照ミラー13まで距離L2とが同じ、つまり、両光路長が略一致するように駆動制御部16が、図示しないパルスモータなどの移動手段を作動制御して光学系ユニット1を移動させる。

[0072] 両光路長が略一致する位置に光学系ユニット1が到達すると、光源4から光を照射する。照射された光は、コリメートレンズ5によって平行光にされた後、偏光板6によって偏光面が45°の直線偏光に変えられ、後段の45°配置された第1偏光ビームスプリッタ7を通過して第2偏光ビームスプリッタ9に向う。

[0073] 第2偏光ビームスプリッタ9の前段に配備された対物レンズ8で集光された直線偏光は、第2偏光ビームスプリッタ9に到達すると、直交する2つの直線偏光に分離される。分離された第1の方向(水平方向)の直線偏光(測定光)は、測定対象物Wに向かってガラス基板W1、W2を往復透過する過程で、各ガラス基板W1、W2の表面および裏面で反射し、第2偏光ビームスプリッタ9に戻る。他方の第2の方向(垂直方向)の直線偏光(参照光)は、参照ミラー13で反射して第2偏光ビームスプリッタ9に戻る過程で、偏光板12によって45°傾いた直線偏光となり、第2偏光ビームスプリッタ9に戻る。

[0074] 第2偏光ビームスプリッタ9は、測定対象物Wの各面で反射して戻る測定光のうち、偏光状態の変化したことにより生じる第1の方向と直行する第2の方向の偏光成分で

ある測定光のみを抽出し、ポラリメータ3に向わせる。このとき、抽出した第2の方向の測定光と参照ミラー13から戻る参照光とが同一光路を通るように再びまとめて干渉を生じさせる。

- [0075] なお、測定対象物Wから反射して戻る偏光状態の変化していない直線偏光は、上流側の第1偏光ビームスプリッタ7を経由してフォトダイオード11によって検出される。
- [0076] 参照ミラー13の位置が決定すると、第2偏光ビームスプリッタ9からポラリメータ3に向う第2の方向の直線偏光は、集光レンズ18によって集光された後に、ポラリメータ3を構成する第3偏光ビームスプリッタ19に到達する。
- [0077] 第3偏光ビームスプリッタ19は、到達した水平成分からなる直線偏光を、位相が半波長ずれるように、略半分に分離する。このとき、測定光と参照光の $+45^\circ$ 成分同士、および -45° 成分同士にまとめられ、同じ方向の直線偏光同士に揃えられる。これら方向の揃った各組みの直線偏光のうち、水平成分からなる直線偏光は集光レンズ20で集光されて第1フォトダイオード22によって検出される。垂直成分からなる直線偏光は、集光レンズ21で集光されて第2フォトダイオード23によって検出される。
- [0078] 各フォトダイオード22、23によって受光された両直線偏光は、演算器24によってそれぞれの光強度値に変換され、減算される。このとき、両直線偏光の位相が 180° 反転しているので、参照ミラー13から反射してきた参照光の直流成分は除去され、測定光の干渉成分のみが得られる。
- [0079] この干渉成分の光強度値が、演算処理部15に入力され、演算処理部15が複屈折の変化量情報と主応力の差を求める。
- [0080] 以上で、ガラス基板W1の複屈折の変化量情報と主応力の差を求める処理が終了し、次に、駆動制御部16が、移動手段を作動制御して光学系ユニット1を移動させるとともに、ピエゾ素子14を作動制御してガラス基板W2の裏面から第2偏光ビームスプリッタ9までの距離L3と、参照ミラー13から第2偏光ビームスプリッタ9までの光学距離L4との光学距離が略一致するように調整した後、上記ガラス基板W1と同じ処理を行うことによってガラス基板W2の複屈折の変化量情報と主応力の差を求める。
- [0081] 上述のように、光学系ユニット1を移動させて第2偏光ビームスプリッタ9から参照ミラー13までの距離とガラス基板W1、W2の裏面までの光路長を略一致させ、各ガラス

基板W1、W2の裏面と参照ミラー13で反射して戻る測定光と参照光を利用した場合、測定対象の任意の層の複屈折の変化量情報と主応力の差を正確に求めることができる。つまり、応力が作用している測定対象物から戻る測定光は偏光面が変化しているので、第1の方向と直交する第2の方向の偏光成分のみを第2偏光ビームスプリッタ9により抽出することができ、この偏光成分と参照ミラー13から戻る参照光を同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせ、この干渉光をポラリメータ3に向けて反射出力させることができる。この参照光と測定光からなる第2の方向の直線偏光の位相を、さらに半波長ずらして分離し、偏光成分を同じ成分同士に揃えることにより、ガラス基板に作用する主応力の差によって複屈折した偏光成分のみを干渉光の光強度として検出することができる。

- [0082] したがって、この干渉光の光強度を利用することにより、複数の層からなる透過性を有する測定対象物の、任意の層に作用する主応力の差により生じる複屈折の変化量を求めることができ、ひいては、この複屈折の変化量を利用することにより、任意に層に作用する主応力の差と主応力の差の角度をも求めることができる。すなわち、主応力の差の角度から求まるベクトル成分により複数の層ごとに作用する応力を正確に分別することが可能となる。また、主応力の差の角度およびその求まるベクトル成分により複数の層ごとに作用する応力の大きさおよび方向を正確に判別することもできる。

実施例 2

- [0083] 上記実施例1では、光源4から照射された光を直線偏光に変換して利用していたが、本実施では、測定対象物Wに向けて出力する偏光に円偏光を利用した場合を例に採って説明する。なお、本実施例では、上記実施例と同じ構成については同一符号を付すに留め、異なる構成について具体的に説明する。
- [0084] 図5は、本発明の円偏光を利用した場合の光弾性測定装置の概略構成を示す図である。
- [0085] 本実施例装置の光学系ユニット1、制御系ユニット2、および第1ポラリメータ3とから構成されている。
- [0086] 光学系ユニット1は、光源30であるスーパーluminescentダイオードから測定対象物

Wに向けて照射される光路上に、コリメートレンズ31、偏光板32、第1偏光ビームスプリッタ33、および45° 配置の1/4波長板35の順番に配備されている。また、第1偏光ビームスプリッタ33から測定対象物Wに向けて出力され、測定対象物Wで反射してポラリメータ3に向う測定光の光路上に、反射ミラー36、−45° 配置の1/4波長板37、反射ミラー38、偏光板39、および第2偏光ビームスプリッタ40の順番に配備されている。また、第1偏光ビームスプリッタ33で分離されて測定対象物Wへとは異なる方向に進む光の光路上に参照ミラー41が配備され、さらに、この参照ミラー41で反射してポラリメータ3に向う参照光の光路上に反射ミラー42、43、偏光板44、および第2偏光ビームスプリッタ40の順番に配備されている。以下、各構成について具体的に説明する。

[0087] 偏光板32は、45° 配置されており、コリメートレンズ31からの平行光を偏光面が45° の初期の直線偏光に変え、この直線偏光を第1偏光ビームスプリッタ33に向わせる。

[0088] 第1偏光ビームスプリッタ33は、偏光板32から到達した直線偏光を、つまり、測定対象物Wに向わせる第1の方向の測定光と、参照ミラー13に向わせる第2の方向の参照光とに分離する。なお、第1偏光ビームスプリッタ33は、本発明の分離手段に相当する。

[0089] 45° 配置の1/4波長板35は、第3の方向の直線偏光である測定光を通過させることにより、直線偏光を略円偏光に変える。なお、−45° 配置の1/4波長板37は、本発明の第1変換手段に相当する。

[0090] 次に、反射ミラー36は、測定対象物Wを構成するガラス基板W1、W2の各面で反射する反射光を、さらに反射して入射光路を異なる光路上に配備された−45° 配置の1/4波長板37に導く。

[0091] −45° 配置の1/4波長板37は、測定対象物Wの各面から反射して戻る反射光をその内部に通過させることにより、略直線偏光に戻す。つまり、測定対象物Wのガラス基板W1やW2に応力が作用している場合、円偏光の偏光面が微小回転して楕円偏光に変化する。この楕円偏光を通過させて、複屈折の変化量を含む直線偏光に変換する。なお、−45° 配置の1/4波長板37は、本発明の第2変換手段に相当す

る。

[0092] 反射ミラー38は、 -45° 配置の1/4波長板37によって略直線偏光に変えられた測定光を、偏光板39を通過させて第2偏光ビームスプリッタ40に向わせる。

[0093] 第2偏光ビームスプリッタ40は、測定対象物Wから反射してくる測定光と、参照ミラー41から反射してくる参照光とが交差する位置に配備されている。そして、第2偏光ビームスプリッタ40は、各測定対象物Wと参照ミラー13のそれぞれで反射して同一光路を戻る参照光と測定光とを再びまとめる。このとき、反射して戻る測定光のうち偏光状態の変化している偏光成分のみを抽出し、この偏光成分をポラリメータ3側に向わせ、偏光状態に変化のない偏光成分は、後段の第2ポラリメータ45に向わせる。なお、第2偏光ビームスプリッタ40は、本発明の抽出手段および結合手段として機能する。

[0094] 参照ミラー41は、入射時の参照光とは異なる方向に参照光を反射する。この反射した参照光は、さらに2つの反射ミラー42, 43によって、後段の偏光板44に向けられる。また、参照ミラー41は、ピエゾ素子14の作動により参照光の進行方向に対して前後に微小距離移動できるように構成されている。なお、参照ミラー41は、本発明の参照面に相当する。

[0095] 偏光板44は、 45° 配置されており、内部を透過する参照光を 45° の直線偏光に変える。つまり、参照光は、前段の偏光板32と該偏光板44との作用により 90° 異なる直線偏光に変えられ、第2偏光ビームスプリッタ40に到達する。

[0096] 次に、第1ポラリメータ3は、図6に示すように、第3偏光ビームスプリッタ46、この第3偏光ビームスプリッタ46で分離されたそれぞれの直線偏光を受光する第1フォトダイオード22、第2フォトダイオード23、および演算器24とから構成されている。以下、各構成について具体的に説明する。

[0097] 第3偏光ビームスプリッタ46は、 45° 配置のものであって、第2偏光ビームスプリッタ40で抽出された同一光路を戻る測定光と参照光の各位相が半波長ずれるように半分に分離し、これら分離された直線偏光が各集光レンズ20、21で集光されて各フォトダイオード22、23に到達するように向わせる。つまり、本実施例の場合、分離されて水平成分同士に揃えられた測定光と参照光からなる直線偏光が、第1フォトダイオ

ード22に向い、垂直成分同士に揃えられた測定光と参照光からなる直線偏光が、第2フォトダイオード23に向うように構成されている。

[0098] 第1および第2フォトダイオード22、23は、検出した偏光の光強度値の信号を演算器24にそれぞれ出力する。

[0099] 演算器24は、図2および図3に示す両フォトダイオード22、23が検出した光強度値に応じた信号レベルの差分をとるように合成する。この場合、図2および図3に示すように、両フォトダイオード22、23によって検出した干渉波形の両位相が 180° 反転しているので、両光強度値の差分をとるように合成する。その結果、図4に示すように、干渉波形の直流成分が除去され、測定対象物Wから反射してきた複屈折の変化量成分による干渉光のみが抽出されるようになっている。

[0100] 第2ポリリメータ45は、第1ポリリメータ3と同じ構成であり、第3偏光ビームスプリッタ46と第1および第2フォトダイオード22、23とから構成されている。つまり、第2ポリリメータ45は、第3偏光ビームスプリッタ40によって分離された偏光を利用し、測定対象物Wと参照ミラー41からの反射光のうち、測定対象物Wおよび参照ミラー41において偏光状態が変化しないで戻る反射光同士が干渉する干渉光強度を検出する。この信号を演算処理部15に送信している。

[0101] 制御ユニット2は、実施例1と同じ構成であり、演算処理部15、駆動制御部16、および操作部17などを含む。

[0102] 次に、上記実施例装置を用いて、測定対象物Wに作用する主応力の差を測定する一巡の動作について説明する。なお、測定対象物Wを構成するガラス基板W1、W2の両方に応力が作用している場合を例にとって説明する。

[0103] 操作部17から測定条件を入力し、測定を開始する。まず、駆動制御され、第1偏光ビームスプリッタ33からガラス基板W1の裏面までの距離と、第1偏光ビームスプリッタ33から参照ミラー41まで距離が同じ、つまり、両光路長が一致するように駆動制御部16が、図示しないパルスモータなどの移動手段を作動制御して光学系ユニット1を移動させる。

[0104] 光路長が略一致する位置に光学系ユニット1が到達すると、光源30から光を照射する。照射された光は、コリメートレンズ31によって平行光にされた後、偏光板32によ

って偏光面が 45° の直線偏光に変えられ、第1偏光ビームスプリッタ33に到達する。

- [0105] この直線偏光は、第1偏光ビームスプリッタ33によって直交する2つの直線偏光に分離される。分離された第1の方向(水平方向)の直線偏光は、測定対象物Wに向う。他方の第2の方向(垂直方向)の直線偏光は、参照ミラー41に向う。
- [0106] ここで、測定対象物Wに向う直線偏光は、 45° 配置の $1/4$ 波長板35を透過する。このとき、直線偏光である測定光が、略円偏光の測定光に変えられる。
- [0107] この測定光は、測定対象物Wに向かってガラス基板W1、W2を透過する過程で、各測定対象物W1、W2の表面および裏面で反射する。このとき、ガラス基板W1には応力が作用しているので、測定光が往復透過する過程で円偏光から楕円偏光に変化する。この楕円偏光となった測定光は、測定対象物Wが斜め傾斜姿勢で配備されているので、斜めに反射されて反射ミラー42に向う。反射ミラー36に到達する測定光は、 -45° 配置の $1/4$ 波長板37に向う。 -45° 配置の $1/4$ 波長板37に到達した測定光は、その内部を透過して複屈折の変化量を含む直線偏光に戻される。 -45° 配置の $1/4$ 波長板37を透過して直線偏光に戻った測定光は、反射ミラー38によって反射させられて、第2偏光ビームスプリッタ40に到達する。
- [0108] 他方の第1偏光ビームスプリッタ33で分離された第2の方向の直線偏光である参照光は、斜め傾斜姿勢で配備された参照ミラー41で入射方向と異なる斜め方向に反射される。そして、この参照光は、反射ミラー42、43の順番で反射され、偏光板44を透過して第2偏光ビームスプリッタ40に到達する。
- [0109] 第2偏光ビームスプリッタ40は、測定対象物Wの各面で反射して戻る測定光のうちの偏光状態の変化したことにより生じる第2の方向の偏光成分と、参照ミラー41で反射した後に偏光板44を通ってきた参照光のうちの第1の方向の偏光成分を抽出し、第1ポラリメータ3に同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる。
- [0110] また、第2偏光ビームスプリッタ40は、測定対象物Wの各面で反射して戻る測定光のうちの偏光状態の変化しなかった成分である第1の方向の偏光成分と、参照ミラー41で反射した後に偏光板44を通ってきた参照光のうちの第2の方向の偏光成分を抽出し、第2ポラリメータ45に同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる。

- [0111] 第1ポラリメータ3の第3偏光ビームスプリッタ46は、到達した測定光と参照光の水平成分同士からなる直線偏光を、位相が半波長ずれるように、略半分に分離する。このとき、測定光と参照光の水平成分同士、および垂直成分同士にまとめられ、同じ方向の直線偏光同士に揃えられる。これら方向の揃った各組みの直線偏光のうち、水平成分からなる直線偏光は集光レンズ20で集光されて第1フォトダイオード22によって検出される。垂直成分からなる直線偏光は、集光レンズ21で集光されて第2フォトダイオード23によって検出される。
- [0112] 各フォトダイオード22、23が検出した光強度値に応じた信号レベルの差分をとるように合成する。この場合、図2および図3に示すように、両フォトダイオード22、23によって検出した干渉波形の両位相が 180° 反転しているので、両光強度値の差分をとるように合成し、図4に示す干渉波形の直流成分を除去する。
- [0113] この干渉成分の光強度値が、演算処理部15に入力され、演算処理部15が複屈折の変化量情報と主応力の差を求める。
- [0114] 第2ポラリメータ45の第4偏光ビームスプリッタ46は、到達した測定光と参照光の水平成分同士からなる直線偏光を、位相が半波長ずれるように略半分に分離する。このとき、測定光と参照光の水平成分同士、および垂直成分同士にまとめられ、同じ方向の直線偏光同士に揃えられる。これら方向の揃った各組みの直線偏光のうち、水平成分からなる直線偏光は集光レンズ20で集光されて第3フォトダイオード22によって検出される。垂直成分からなる直線偏光は、集光レンズ21で集光されて第4フォトダイオード23によって検出される。これにより測定光と参照光のうち水平成分からなる直線偏光分の干渉波形を検出できる。この波形の位相を測定対象物の所定層に作用している主応力の差が張力であるか圧縮力であるかを判定するための基準位相として用いることができる。
- [0115] なお、基準位相とは、参照ミラー41または測定対象面Wのいずれかを移動させたときの移動量と干渉光の光強度との関係から周期的な関係を求め、この周期的な関係から求まる位相を意味する。
- [0116] 以上で、ガラス基板W1の複屈折の変化量情報と主応力の差を求める処理が終了し、次に、駆動制御部16が、図示しない移動手段を作動制御して光学系ユニット1を

移動させるとともに、ピエゾ素子14を作動制御してガラス基板W2の裏面から第1偏光ビームスプリッタ33までの距離と、参照ミラー41から第1偏光ビームスプリッタ33までの距離が一致するように調整した後、上記ガラス基板W1と同じ処理を行うことによってガラス基板W2の複屈折の変化量情報と主応力の差を求める。

[0117] 上述の構成によれば、直線偏光を利用した場合と同様に、干渉光の光強度を利用することにより、複数の層からなる透過性を有する測定対象物の、任意の層に作用する主応力の差により生じる複屈折の変化量を求めることができ、ひいては、この複屈折の変化量を利用することにより、任意の層に作用する主応力の差をも求めることができる。すなわち、複数の層ごとに作用する応力を正確に分別することが可能となる。

[0118] また、本実施例では、円偏光を利用することにより、応力の方向によらず1回の測定で応力の有無を確実に判別することができる。

[0119] なお、本発明は上述した実施例に限らず、次のように変形実施することができる。

[0120] (1) 上記実施例1の直線偏光を利用する場合、次のように変形してもよい。

[0121] 例えば、図7に示すように、光源4から照射され測定対象物Wに向う光路上に、実施例1の第1偏光ビームスプリッタ7と第2偏光ビームスプリッタ9に代えてハーフミラー50と偏光ビームスプリッタ51を順番に配備し、測定対象物Wと参照ミラー13から戻る偏光のうち、測定対象物Wから反射して戻る偏光面の回転した測定光と参照ミラー13から反射し、複数の反射ミラー42、43を介して誘導された参照光とをまとめてポラリメータ3に出力するように構成してもよい。なお、ハーフミラー50は、本発明の分離手段に相当し、偏光ビームスプリッタ51は、本発明の抽出手段および結合手段として機能する。

[0122] (2) 上記各実施例において、測定対象物Wと光学系ユニットをその光軸回りに相対的に回転させ、複数方向の主応力の差と角度を求め、各回転角度での方向を演算処理部15で合成することにより、測定対象物Wに作用している応力の大きさと、その方向を求めてもよい。

[0123] ここで、実施例1および変形装置を利用して主応力の差の大きさおよび方向を求める場合、光学系ユニット1自体を光軸回りに回転させてもよいし、測定対象物Wまたは載置台60を回させてもよい。

- [0124] (3) 上記各実施例では、干渉光の最大値を求めるためのフォトダイオード11や第2ポリリメータ45を備えた構成であったが、各偏光ビームスプリッタ9、33から測定対象物Wまでの距離と、各偏光ビームスプリッタ9、33から参照ミラー13、41までの距離を予め精度よく合わせることができるとした場合などは、この構成を備えなくてもよい。
- [0125] (4) 上記各実施例では、ガラス基板において配備した測定対象物Wを利用したが、測定対象物Wはこの形態に限定されるものではなく、複数枚の透過性を有する測定対象物を密着させて積層したものであってもよい。例えば、ガラス基板同士、ガラス基板とフィルムなどのように屈折率の異なる測定対象物の組合せなどがある。特に、裏面反射率の低い測定対象物の組合せを測定するのに有効に機能する。
- [0126] (5) 上記各実施例では、測定対象物Wと参照ミラー13から反射して戻る反射光の光路長を一致させていたが、一致させない構成であってもよい。例えば、ピエゾ素子14を作動させずに参照ミラー13、41を固定にした状態で、測定対象物Wと参照ミラー13から戻る両反射光を回折格子を通過させ、第2の方向と直交する単色光に変えた後、各波長の干渉強度を検出し、フーリエ変換することによりピエゾ素子14を作動させた際に求められる最大の干渉強度を演算により求めてもよい。
- [0127] (6) 上記各実施例では、光源4としてスーパーluminescentダイオードを利用してしたが、これに限定されるものではなく、所定周波数帯域の光を発生させるものであればよい。例えば、ハロゲンランプからの光をバンドパスフィルターにより所定周波数帯域に制限するように構成したものであってもよい。
- [0128] (7) 本発明の装置は、上記実施形態に限定されるものではなく、光学素子のミラーの種類や個数を変更することにより、複数種類のレイアウトに変形することができる。
- 産業上の利用可能性
- [0129] 以上のように、本発明は、透過性を有する複数層からなるワークの各層に作用している主応力の差とその方向を求めるのに適している。

請求の範囲

- [1] 中心波長から所定の範囲の波長分布をもった照射光を、複数の層からなる透過性を有する測定対象物と参照面に照射するとき、少なくとも測定対象物には所定の第1の方向の直線偏光を照射し、
- 前記測定対象物の所定層の測定対象面から反射して戻る反射光のうち偏光状態が変化したことにより生じる前記第1の方向と直交する第2の方向の偏光成分と参照面から戻る反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせ、
- 前記重ね合わせた両反射光の同一偏光成分同士による干渉光の光強度を取得して複屈折による偏光の変化量情報を取得すること
- ことを特徴とする光弾性計測方法。
- [2] 請求項1に記載の光弾性計測方法において、
- 前記参照面または前記測定対象面のいずれかを照射光の進行方向に対して前後に移動させ、干渉光の光強度が最大となる光強度情報を取得すること
- ことを特徴とする光弾性計測方法。
- [3] 請求項1または請求項2に記載の光弾性計測方法において、
- 前記干渉光を構成する両反射光の各位相が半波長ずれるように略半分に分離し、分離後の両位相の差分をとって、干渉光の光強度のうち直流成分を除去すること
- ことを特徴とする光弾性計測方法。
- [4] 請求項2または請求項3に記載の光弾性計測方法において、
- 前記参照面または前記測定対象面のいずれかを移動させた移動量と前記干渉光の光強度との関係から周期的な関係を求め、この周期的な関係の実位相と予め決めた基準位相とを比較し、
- その結果に基づいて測定対象物の所定層に作用している主応力の差が張力であるか圧縮力であるかを判定すること
- ことを特徴とする光弾性計測方法。
- [5] 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の光弾性計測方法において、
- 前記測定対象面に照射した直線偏光と該測定対象面とを直線偏光の光軸回りに相対的に回転させ、回転角度ごとに複屈折による偏光の変化量情報を求め、これら

複数個の偏光の変化量情報と回転角度の両情報から測定対象物に作用している主応力の差と角度を求める

ことを特徴とする光弾性計測方法。

- [6] 請求項5に記載の光弾性計測方法において、
前記回転角度は少なくとも2つの角度であり、各角度から照射する光の直線偏光の方向が異なるようにする

ことを特徴とする光弾性計測方法。

- [7] 中心波長から所定の範囲の波長分布をもった照射光を、複数の層からなる透過性を有する測定対象物と参照面に照射するとき、少なくとも測定対象物には所定の第1の方向の直線偏光を第1の方向と 45° 異なる第2の方向成分を $1/4$ 波長ずらした略円偏光を照射し、

前記測定対象物の所定層の測定対象面から反射して戻る反射光と、参照面から戻る反射光の光路長を一致させるとともに、測定対象面からの反射光は前記第2の方向成分を $-1/4$ 波長ずらして略直線偏光に戻し、そのうち偏光状態が変化したことにより生じる前記第1の方向と直交する第3の方向の偏光成分を抽出し、この第3の方向の偏光成分と参照面から戻る反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせ、

前記重ね合わせた両反射光の同一偏光成分同士による干渉光の光強度を取得して複屈折による偏光の変化量情報を取得する

ことを特徴とする光弾性計測方法。

- [8] 請求項7に記載の光弾性計測方法において、
前記参照面または前記測定対象面のいずれかを照射光の進行方向に対して前後に移動させ、干渉光の光強度が最大となる光強度情報を取得する

ことを特徴とする光弾性計測方法。

- [9] 請求項7または請求項8に記載の光弾性計測方法において、
前記干渉光を構成する両反射光の各位相が半波長ずれるように略半分に分離し、分離後の各位相の差分をとって、干渉光の光強度のうち直流成分を除去する

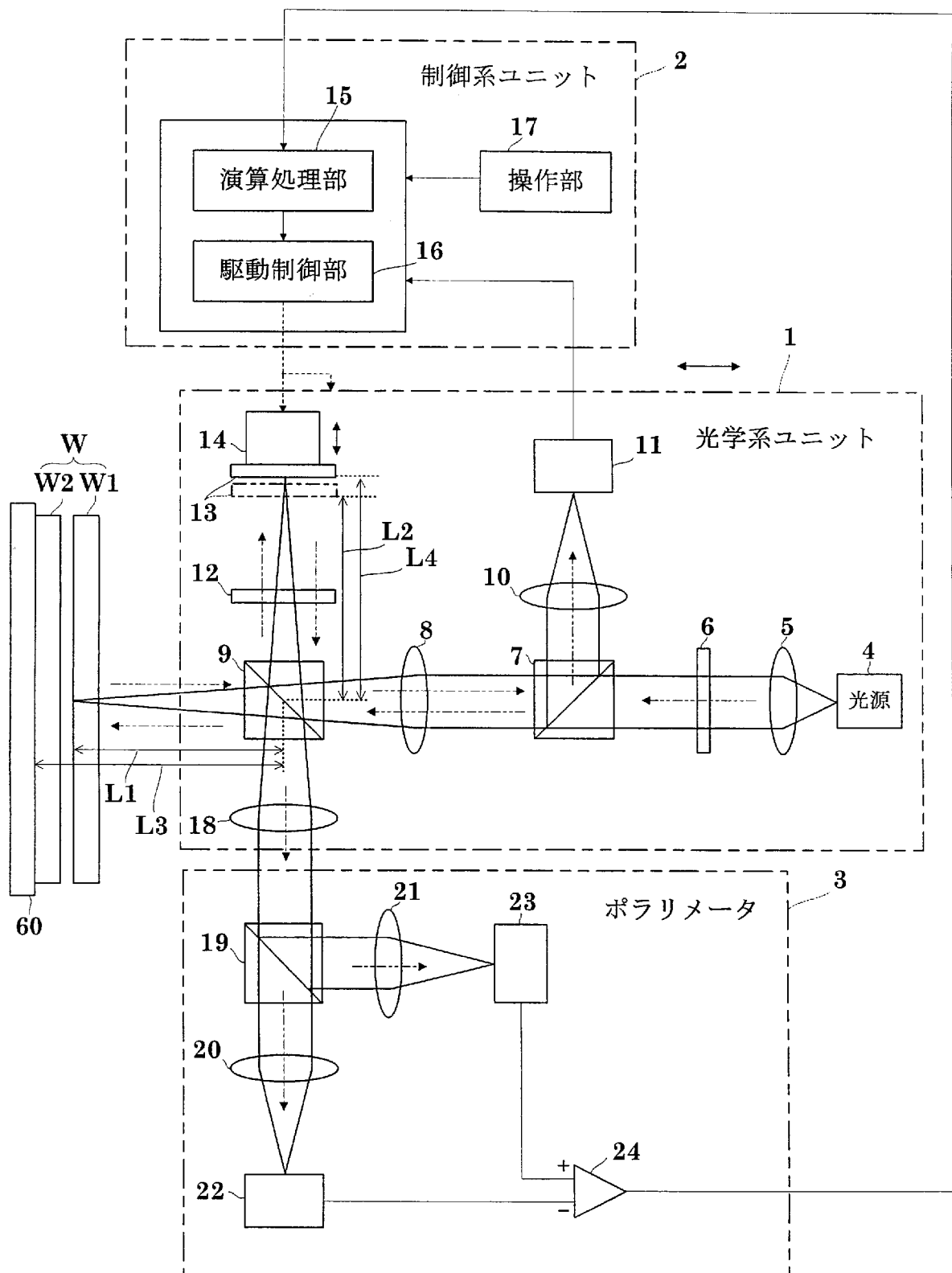
ことを特徴とする光弾性計測方法。

- [10] 請求項7ないし請求項9のいずれかに記載の光弾性計測方法において、
照射される前記円偏光の伝播方向と直交する前記測定対象面が垂直平面上で移動するように円偏光と測定対象物とを相対的に移動させ、その過程で複数箇所の複屈折による偏光の変化量情報を取得し、その分布状態から測定対象物の所定層に作用する主応力の差と角度を推定することを特徴とする光弾性計測方法。
- [11] 中心波長から所定の範囲の波長分布をもった照射光を出力する照射手段と、
前記照射手段からの照射光を2つの直線偏光に分離し、前記分離された第1の方向の直線偏光を複数の層からなる透過性を有する測定対象物に出力し、他方の第2の方向の直線偏光を参照面に出力する分離手段と、
前記所定層の測定対象面からの反射光のうち第2の方向成分を抽出する抽出手段と、
前記測定対象物の所定層の測定対象面から反射して戻る抽出手段を介して抽出された反射光と、参照面から戻る反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる結合手段と、
前記所定層の測定対象面から結合手段に戻る反射光と、前記参照面から結合手段に戻る反射光の光路長が一致するように前記測定対象物または前記参照面の少なくとも一方を直線偏光の進行方向の前後に移動させる移動手段と、
前記重ね合わせた両反射光の同一偏光成分の光強度変化を検出する検出手段と、
前記検出手段の検出結果に基づいて、複屈折による偏光の変化量情報を求める演算手段と、
を備えたことを特徴とする光弾性測定装置。
- [12] 請求項11に記載の光弾性測定装置において、
前記照射手段、参照面、分離手段、抽出手段、結合手段、および検出手段からなる光学系と前記測定対象物とを、光学系から測定対象物に出力される直線偏光の光軸回りに相対的に回転させる回転駆動手段を備えたことを特徴とする光弾性測定装置。

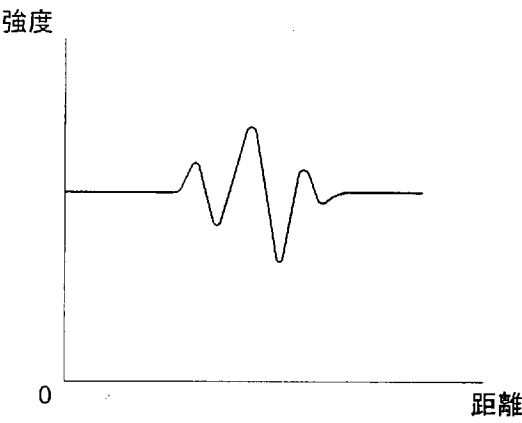
- [13] 請求項11または請求項12に記載の光弾性測定装置において、
前記移動手段により前記参照面または前記測定対象物と同条の試料のいずれかを移動させたときの移動量と前記干渉光の光強度との関係から実験的に周期的な関係を求め、この周期的な関係の基準位相を予め記憶した記憶手段を備え、
前記演算手段は、測定対象物の実測による周期的な関係の実位相と記憶手段から読み出した基準位相を比較し、
その結果に基づいて測定対象物の所定層に作用している主応力の差が張力であるか圧縮力であるかを判定する
ことを特徴とする光弾性測定装置。
- [14] 中心波長から所定の範囲の波長分布をもった照射光を出力する照射手段と、
前記照射手段からの照射光を2つの直線偏光に分離し、前記分離された第1の方向の直線偏光を複数の層からなる透過性を有する測定対象物に出力し、他方の第2の方向の直線偏光を参照面に出力する分離手段と、
前記分離手段で分離されて前記測定対象物に向う直線偏光を第1の方向と45°異なる第3の方向成分を1/4波長ずらして略円偏光に変換する第1変換手段と、
前記所定層の測定対象面で反射して戻る反射光を前記第3の方向成分を-1/4波長ずらして略直線偏光に変換する第2変換手段と、
前記第2変換手段で略直線偏光となった反射光のうち、偏光状態が変化したことにより生じる前記第1の方向と直交する第3の方向の偏光成分を抽出する抽出手段と、
前記第3方向の偏光成分と、参照面から戻る反射光とが同一光路を通るようにまとめて干渉を生じさせる結合手段と、
前記所定層の測定対象面から結合手段に戻る反射光と、前記参照面から結合手段に戻る反射光の光路長が一致するように前記測定対象物または前記参照面の少なくとも一方を直線偏光の進行方向の前後に移動させる移動手段と、
前記重ね合わせた両反射光の同一偏光成分の光強度変化を検出する検出手段と、
前記検出手段の検出結果に基づいて、複屈折による偏光の変化量情報を求める演算手段と、

- を備えたことを特徴とする光弾性測定装置。
- [15] 請求項11ないし請求項14のいずれかに記載の光弾性測定装置において、
前記移動手段は、前記測定対象物または前記参照面の少なくとも一方を光の進行方向の前後に移動させ、
前記検出手段は、前記移動過程での干渉光の光強度を逐次に検出し、
前記演算手段は、前記検出手段の検出結果に基づいて前記干渉光の光強度の最大値を求め、この求まる結果から複屈折による偏光の変化量情報を求めることを特徴とする光弾性測定装置。
- [16] 請求項11ないし請求項15のいずれかに記載の光弾性測定装置において、
前記結合手段により干渉の生じた干渉光を構成する両反射光の各位相が半波長ずれるように略半分に分離する光学手段を備え、
前記演算手段は、分離後の前記反射光の各位相の差分により干渉光の光強度のうち直流成分を除去して複屈折による偏光の変化量情報を求めることを特徴とする光弾性測定装置。

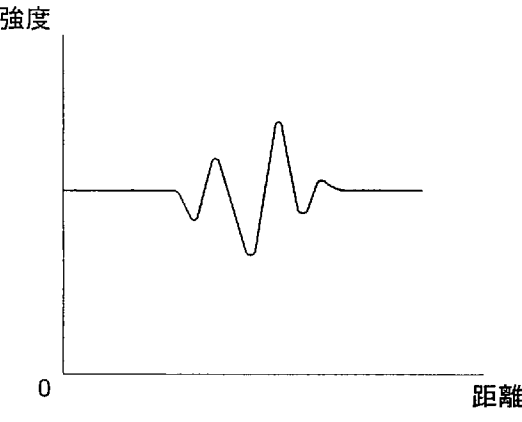
[図1]



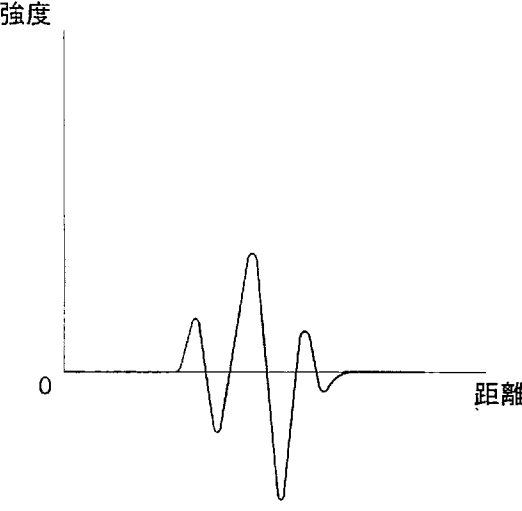
[図2]



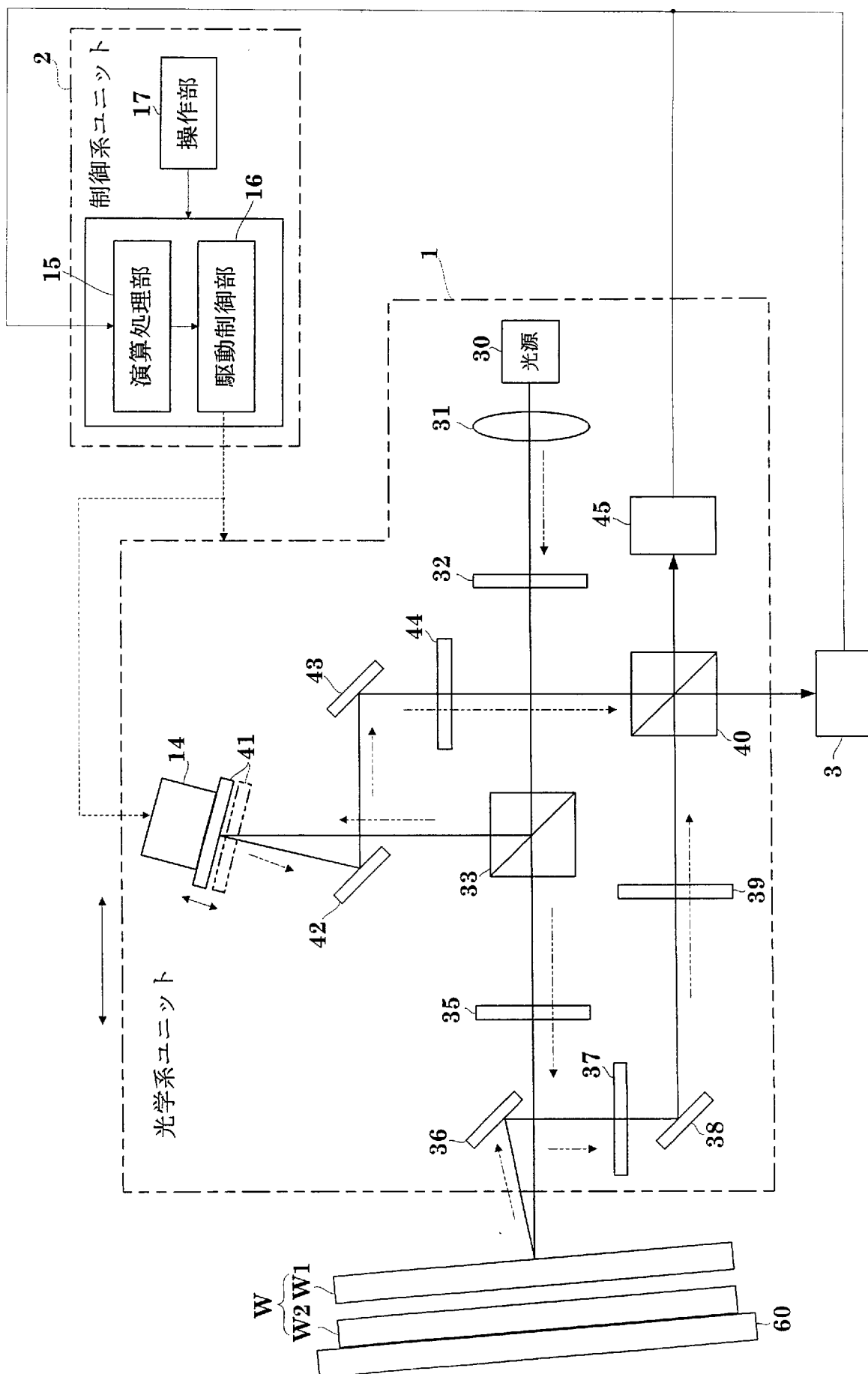
[図3]



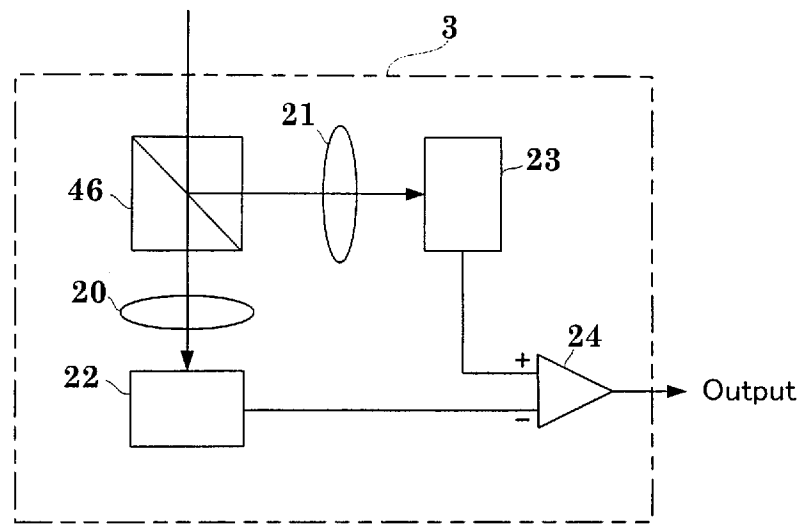
[図4]



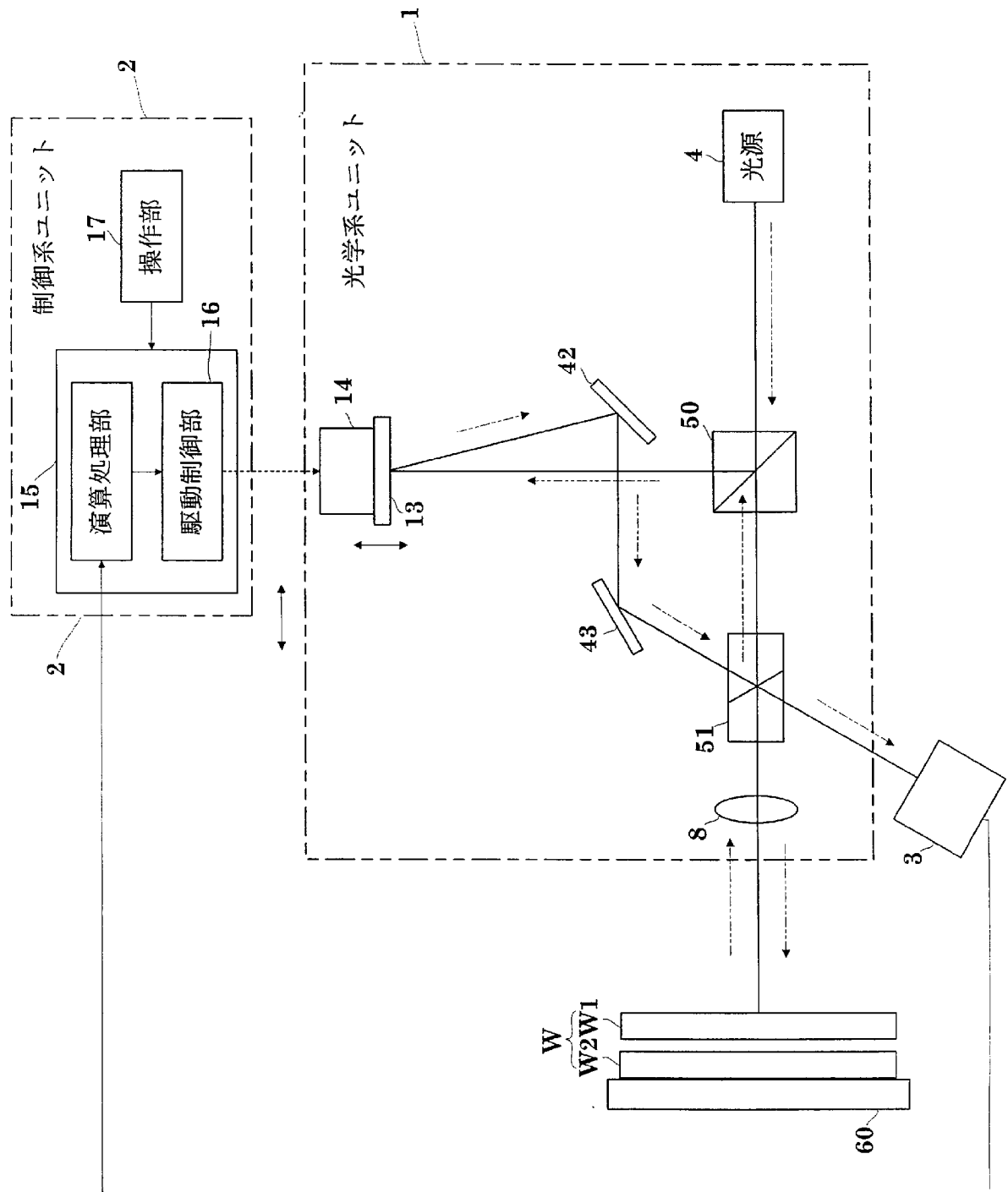
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064076

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/23(2006.01) i, G01M11/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21/00-G01N21/958, G01J3/00-G01J4/04, G01M11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Takashi FUKANO et al., "Analysis of Multiple Layers of Transparent Objects Using a Confocal Microscope with Low-Coherence Interferometer", The Review of Laser Engineering, [ISSN: 0387-0200], Vol.26, No.9, 1998.09.15, pp.672-676	1-10
Y	JP 2006-112887 A (Topcon Corp.), 27 April, 2006 (27.04.06), Par. Nos. [0007], [0039] to [0043], [0049], [0055] to [0058], [0085] to [0095], [0109]; Fig. 3	3, 7-10
Y	JP 2000-155264 A (Canon Inc.), 06 June, 2000 (06.06.00), Par. Nos. [0037] to [0038], [0048]; Fig. 2	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 October, 2007 (09.10.07)

Date of mailing of the international search report
23 October, 2007 (23.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064076

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-147986 A (Sadao NAKAI), 27 May, 1994 (27.05.94), Par. No. [0006]	7-10
A	A.S. Andrushchak, <i>et.al.</i> , "Two-fold interferometric measurements of piezo-optic constants: application to β -BaB ₂ O ₄ crystals", Optics & Laser Technology, Vol.37, No.4, 2005, pp.319-328 [Fig.1]	1
A	JP 6-147984 A (Moritex Corp.), 27 May, 1994 (27.05.94), Figs. 6, 9; Par. Nos. [0074], [0078]	1
A	K. Bhattacharya, <i>et.al.</i> , "Photoelastic testing using a birefringence-sensitive interferometer", Optics Communications, Vol.109, Issues 5-6, 1994.07.15, pp.380-386 [Fig.1]	1
A	JP 2002-318169 A (HEWLETT-PACKARD CO.), 31 October, 2002 (31.10.02), Fig. 4; Par. Nos. [0029] to [0035]	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2007/064076

JP 2006-112887 A	2006.04.27	CN 1763499 A	2006.04.26
		EP 1657522 A2	2006.05.17
		US 2006/082781 A1	2006.04.20
JP 2000-155264 A	2000.06.06	US 6215596 B1	2001.04.10
JP 6-147986 A	1994.05.27	DE 69331621 T2	2002.07.18
		EP 597390 A1	1994.05.18
		EP 597390 B1	2002.02.27
		US 5587793 A	1996.12.24
JP 6-147984 A	1994.05.27	JP 7-119654 B	1995.12.20
JP 2002-318169 A	2002.10.31	GB 2374141 A	2002.10.09
		GB 2374141 B	2004.09.22
		US 6697161 B2	2004.02.24
		US 2002/159069 A1	2002.10.31

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01N21/23(2006.01)i, G01M11/00(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01N21/00 - G01N21/958, G01J3/00 - G01J4/04, G01M11/00			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 7 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 7 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 7 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus(JDream2)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求の範囲の番号
Y	深野 天 外 1 名, “低コヒーレンス共焦点干渉顕微鏡による多層構造試料の解析” [Analysis of Multiple Layers of Transparent Objects Using a Confocal Microscope with Low-Coherence Interferometer], レーザー研究, [ISSN: 0387-0200], Vol. 26, No. 9, 1998.09.15, pp. 672-676		1-10
Y	JP 2006-112887 A (株式会社トプコン) 2006.04.27 [0007], [0039]-[0043], [0049], [0055]-[0058], [0085]-[0095], [0109], 図 3		3, 7-10
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 0 9 . 1 0 . 2 0 0 7		国際調査報告の発送日 2 3 . 1 0 . 2 0 0 7	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号		特許庁審査官（権限のある職員） 高場 正光 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2	2 W 2 9 1 0

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-155264 A (キヤノン株式会社) 2000.06.06 [0037]-[0038], [0048], 図 2	1-6
Y	JP 6-147986 A (中井 貞雄) 1994.05.27, [0006]	7-10
A	A. S. Andrushchak, <i>et. al.</i> , "Two-fold interferometric measurements of piezo-optic constants: application to β -BaB2O4 crystals" Optics & Laser Technology, Vol.37, No.4, 2005, pp.319-328 [Fig.1]	1
A	JP 6-147984 A (株式会社モリテックス) 1994.05.27 図 6, 9, [0074], [0078]	1
A	K. Bhattacharya, <i>et. al.</i> , "Photoelastic testing using a birefringence-sensitive interferometer" Optics Communications, Vol.109, Issues 5-6, 1994.07.15, pp.380-386 [Fig.1]	1
A	JP 2002-318169 A (HEWLETT-PACKARD COMPANY) 2002.10.31 図 4, [0029]-[0035]	1

JP 2006-112887 A	2006. 04. 27	CN 1763499 A	2006. 04. 26
		EP 1657522 A2	2006. 05. 17
		US 2006/082781 A1	2006. 04. 20
-----	-----	-----	-----
JP 2000-155264 A	2000. 06. 06	US 6215596 B1	2001. 04. 10
-----	-----	-----	-----
JP 6-147986 A	1994. 05. 27	DE 69331621 T2	2002. 07. 18
		EP 597390 A1	1994. 05. 18
		EP 597390 B1	2002. 02. 27
		US 5587793 A	1996. 12. 24
-----	-----	-----	-----
JP 6-147984 A	1994. 05. 27	JP 7-119654 B	1995. 12. 20
-----	-----	-----	-----
JP 2002-318169 A	2002. 10. 31	GB 2374141 A	2002. 10. 09
		GB 2374141 B	2004. 09. 22
		US 6697161 B2	2004. 02. 24
		US 2002/159069 A1	2002. 10. 31
-----	-----	-----	-----