(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 3 月 5 日(05.03.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/030176 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 5/30 (2006.01) *G01L 1/24* (2006.01)
G01B 11/16 (2006.01) *G02F 1/13* (2006.01)
G01L 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/072743

(22) 国際出願日: 2014 年 8 月 29 日(29.08.2014)

(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 2013-179403 2013 年 8 月 30 日(30.08.2013) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社(FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 林　卓弘(HAYASHI Takahiro); 〒4188666 静岡県富士宮市大中里２００番地　富士フイルム株式会社内 Shizuoka (JP). 保土沢　善仁(HODOSAWA Yoshihito); 〒4188666 静岡県富士宮市大中里２００番地　富士フイルム株式会社内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人特許事務所サイクス(SIKS & CO.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目８番７号　京橋日殖ビル８階 Tokyo (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

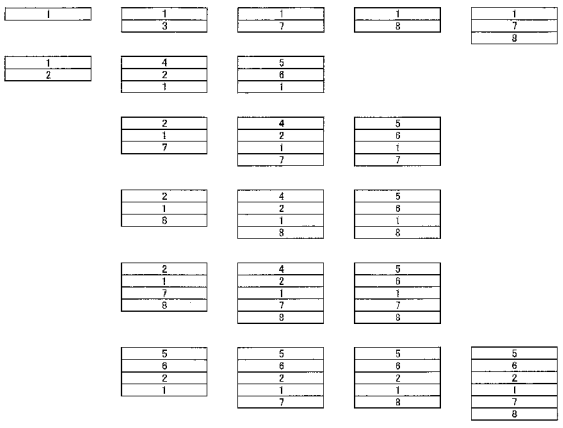
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: STRESS DISPLAY MEMBER AND STRAIN MEASUREMENT METHOD USING STRESS DISPLAY MEMBER

(54) 発明の名称 : 応力表示部材および応力表示部材を用いたひずみ測定方法

[図1]



(57) **Abstract**: The present invention provides the following: a stress display member which has a selective reflection layer, the selective reflection layer having a cholesteric liquid crystal layer obtained by curing a liquid crystal composition including a polymerizable liquid crystal compound, and the selective reflection layer selectively reflects, in a specific wavelength region, circularly polarized light, that is, either right-handed circularly polarized light or left-handed circularly polarized light; or the stress display member further having a birefringence layer and optionally a circularly polarized separation layer. Further provided is a strain measurement method that is carried out using either of the foregoing stress display members. Due to this stress display member, possible is strain measurement by which strain arising in a large surface area object can be measured and visualized at a low cost, and with which highly accurate measurement is achieved.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/030176 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本発明により、選択反射層を含み、上記選択反射層は重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られるコレステリック液晶層を含み、上記選択反射層は特定の波長域で右円偏光または左円偏光のいずれか一方のセンスの円偏光を選択的に反射する層である応力表示部材、または複屈折性層および任意に円偏光分離層をさらに含む上記応力表示部材、ならびに上記いずれかの応力表示部材を用いて行われるひずみ測定方法が提供される。本発明の応力表示部材により、大面積の対象物に生じるひずみを安価に測定、可視化するとともに、測定精度が高いひずみ測定が可能である。

明　細　書

発明の名称 ：

応力表示部材および応力表示部材を用いたひずみ測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、応力表示部材および応力表示部材を用いたひずみ測定方法に関する。より詳しくは、本発明は、重合性コレステリック液晶化合物を含む組成物から形成されるコレステリック液晶層を含む応力表示部材および応力表示部材を用いたひずみ測定方法に関する。

背景技術

[0002] 物体のひずみの測定方法としては、従来から、ひずみゲージを用いた方法、光弾性モデル法、光弾性被膜法、応力塗料法、モアレ法、ホログラフィ法、スペックル法、熱弾性法、銅メッキ応力測定法、圧電材料を用いた方法などが知られている。

特許文献１には、コレステリック液晶の選択波長反射性を利用した応力（ひずみ）測定方法が開示されている。この方法においては、反射光の呈色変化から応力を測定できる。

特許文献２には、自己組織化により周期的に均一に配列した粒子（単分散ポリスチレン）と、粒子間を埋める弾性体（ポリジメチルシリコーン）で構成されたひずみセンサーフィルムを用いた、ひずみ測定方法が開示されている。この方法においては、ひずみ分布が可視化されるため、光学顕微鏡、走査電子顕微鏡、レーザー装置などの特殊な表示装置が不要で簡便である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特公昭５５－３１４０２号公報

特許文献2：特開２００６－２８２０２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来から知られている物体のひずみの測定方法のうち、ひずみゲージを用いた方法は定量性が高く広く普及している。しかし、点測定であるためひずみ分布を評価するために大面積を測定する場合には測定点数が多くなり配線などの手間や多数の測定器の準備の必要があるためコストがかかる。また電気信号を処理して測定するためひずみを可視化して現場で判断することができないという課題もある。光弾性モデル法では、プラスチックのモデルに生じたひずみ分布を偏光で可視化することができるが、モデル実験であるため高精度な測定はできず、偏光の測定装置が高価であるという課題もある。光弾性被膜法では、光弾性樹脂を被測定物に貼り付けて直接ひずみを測定することができるが、光弾性法と同様に偏光の測定装置が高価であり、目視でひずみ分布を可視化することはできない。応力塗膜法は、脆性塗料を塗布することで複雑な形状のひずみ測定が可能で、ひずみ分布を評価することができるが、塗膜に生じる亀裂の密度で判断するため定量性が低く、また塗料の乾燥条件も測定精度に影響するため高精度な測定は困難である。

[0005] 特許文献１に記載の方法においては、コレステリック液晶は液晶状態で流動性があるため、ひずみにより変形して反射波長が所定量変化した状態で、温度・電場・圧力などの外部環境が変化すると、外部環境の影響で反射波長が変化してしまうため高精度な測定が困難である。

特許文献２に記載の方法においては、最密充填構造に自己組織化した単分散粒子の格子間距離に起因したbragg反射を利用しているため、それ以上格子間距離を小さくすることができない。また、毛細管現象を利用して弾性体を浸潤させて格子間距離を一度広げることで格子間距離を可変にしているが、広い面積で均一かつ高精度に格子間距離を制御することは困難である。さらに、単分散粒子を自己組織化配列するには数時間の乾燥工程が必要となり、弾性体を十分な格子間距離を得るまで浸潤させるために何度も繰り返し浸潤させる必要があり手間と時間を要する。そのため上記ひずみセンサーフィルムは連続生産ができず、量産化は困難である。

[0006] 本発明は、新規な応力表示部材および応力表示部材を用いた新規なひずみ

測定方法を提供することを課題とする。より詳しくは、本発明は大面積の対象物に生じるひずみを安価に測定することが可能であるとともに測定精度が高いひずみ測定を可能とする応力表示部材を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、上記課題の解決のため、鋭意検討を行い、重合性液晶化合物を用いて形成されるコレステリック液晶層を含む部材を用いることにより、大面積の対象物に生じるひずみを高精度で測定することが可能であることを見出し、この知見に基づいて、本発明を完成させた。

すなわち、本発明は下記の［１］～［２２］を提供するものである。

[0008] ［１］選択反射層を含み、上記選択反射層は重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られるコレステリック液晶層を１層以上含み、上記選択反射層は選択反射波長で右円偏光または左円偏光のいずれか一方のセンスの円偏光を選択的に反射する層である応力表示部材。

［２］上記重合性液晶化合物が、重合性基を２つ以上有する多官能性液晶化合物と、重合性基を１つのみ有する単官能性液晶化合物とを含み、上記多官能性液晶化合物と上記単官能性液晶化合物との質量比率が３０／７０～９９／１である、［１］に記載の応力表示部材。

［３］複屈折性層をさらに含み、上記複屈折性層は応力が加わると複屈折性が変化する層である、［１］または［２］に記載の応力表示部材。

［４］複屈折性層の、単位Pa^{-1}で表される光弾性係数の絶対値が20×10^{-12}以上1×10^{-6}以下である、［３］に記載の応力表示部材。

[0009] ［５］円偏光分離層をさらに含み、上記円偏光分離層は上記選択反射波長を含む波長域で円偏光を選択的に透過させる層である、［３］または［４］に記載の応力表示部材。

［６］上記円偏光分離層が透過させる円偏光のセンスが、上記選択反射層が選択的に反射する円偏光のセンスと同一である、［５］に記載の応力表示部材。

［７］上記円偏光分離層が透過させる円偏光のセンスが、上記選択反射層が

選択的に反射する円偏光のセンスと逆である、［５］に記載の応力表示部材。

［８］上記選択反射層、上記複屈折性層、上記円偏光分離層をこの順に含む、［５］～［７］のいずれか一項に記載の応力表示部材。

［９］上記円偏光分離層が、直線偏光分離層とλ／４位相差層とを含む積層体からなる層である［５］～［８］のいずれか一項に記載の応力表示部材。

［１０］上記λ／４位相差層の、単位Pa^{-1}で表される光弾性係数の絶対値が20×10^{-12}以上1×10^{-6}以下である［９］に記載の応力表示部材。

[0010] ［１１］上記円偏光分離層が、重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られるコレステリック液晶層を含む［５］～［８］のいずれか一項に記載の応力表示部材。

［１２］上記選択反射層に含まれる一層以上のコレステリック液晶層の螺旋ピッチと上記円偏光分離層に含まれる一層以上のコレステリック液晶層の螺旋ピッチとが同一である［１１］に記載の応力表示部材。

［１３］上記選択反射層が重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られるコレステリック液晶層を２層以上含み、上記２層以上のコレステリック液晶層の螺旋ピッチが異なっている、［３］～［１２］のいずれか一項に記載の応力表示部材。

［１４］ 上記の２層以上のコレステリック液晶層が円偏光を選択的に反射するピーク波長の差が５０ｎｍ以上である、［１３］に記載の応力表示部材。

［１５］１０００μｍ以下の膜厚のフィルムである、［１］～［１４］のいずれか一項に記載の応力表示部材。

[0011] ［１６］接着層を最外層に含む、［１］～［１５］のいずれか一項に記載の応力表示部材。

［１７］遮光層を含む、［１］～［１６］のいずれか一項に記載の応力表示部材。

［１８］［１］～［１７］のいずれか一項に記載の応力表示部材を対象物に接着させること、および上記応力表示部材に上記選択反射波長を含む波長域

の光を照射して得られる反射光または透過光を測定することを含む、上記対象物のひずみ測定方法。

［１９］［１］～［１６］のいずれか一項に記載の応力表示部材、遮光フィルムおよび対象物をこの順となるように配置して上記応力表示部材と上記遮光フィルムと上記対象物とを接着させること、および上記応力表示部材に光を照射して得られる反射光を測定することを含む、上記対象物のひずみ測定方法。

[0012] ［２０］［３］～［１４］のいずれか一項に記載の応力表示部材を対象物に接着させること、および上記選択反射波長を含む波長域の円偏光を上記応力表示部材に照射して得られる反射光を測定することを含む、上記対象物のひずみ測定方法。

［２１］［１］～［１７］のいずれか一項に記載の応力表示部材を対象物に接着させること、および上記応力表示部材に光を照射して得られる反射光または透過光を測定することを含み、照射される上記光のピーク波長が上記選択反射層が選択的に光を反射する波長域内にあり、照射される上記光の波長域が上記選択反射層が選択的に光を反射する波長域よりも小さい、上記対象物のひずみ測定方法。

［２２］視野角制限フィルムを介して上記測定を行う、［１８］～［２１］のいずれか一項に記載のひずみ測定方法。

発明の効果

[0013] 本発明により、新規な応力表示部材および上記応力表示部材を用いた新規なひずみ測定方法が提供される。本発明の応力表示部材を用いて、大面積の対象物に生じるひずみを安価、かつ高精度に測定することが可能である。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の応力表示部材の構成例（概略断面図）を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明を詳細に説明する。

なお、本明細書において「～」とはその前後に記載される数値を下限値お

よび上限値として含む意味で使用される。

[0016] 本明細書において、円偏光につき「選択的」というときは、照射される光の右円偏光成分または左円偏光成分のいずれかの光量が、他方の円偏光成分よりも多いことを意味する。具体的には「選択的」というとき、光の円偏光度は、０．３以上であることが好ましく、０．６以上がより好ましく、０．８以上がさらに好ましい。実質的に１．０であることがさらに好ましい。ここで、円偏光度とは、光の右円偏光成分の強度をI_R、左円偏光成分の強度をI_Lとしたとき、$|I_R-I_L|/(I_R+I_L)$で表される値である。

[0017] 本明細書において、円偏光につき「センス」というときは、右円偏光であるか、または左円偏光であるかを意味する。円偏光のセンスは、光が手前に向かって進んでくるように眺めた場合に電場ベクトルの先端が時間の増加に従って時計回りに回る場合が右円偏光であり、反時計回りに回る場合が左円偏光であるとして定義される。

[0018] 本明細書においては、コレステリック液晶の螺旋の捩れ方向について「センス」との用語を用いることもある。コレステリック液晶による選択反射は、コレステリック液晶の螺旋の捩れ方向（センス）が右の場合は右円偏光を反射し、左円偏光を透過し、センスが左の場合は左円偏光を反射し、右円偏光を透過する。

[0019] なお、光の各波長の偏光状態は、円偏光板を装着した分光放射輝度計またはスペクトルメータを用いて測定することができる。この場合、右円偏光板を通して測定した光の強度がI_R、左円偏光板を通して測定した光の強度がI_Lに相当する。また、白熱電球、水銀灯、蛍光灯、ＬＥＤ等の通常光源は、ほぼ自然光を発しているが、これらに装着して偏光状態制御部材の偏光を作り出す特性は、例えば、ＡＸＯＭＥＴＲＩＣＳ社製の偏光位相差解析装置ＡｘｏＳｃａｎなどを用いて測定することができる。

また、照度計や光スペクトルメータに、円偏光板を取り付けても測定することができる。右円偏光透過板をつけ、右円偏光量を測定、左円偏光透過板をつけ、左円偏光量を測定することにより、比率を測定できる。

[0020] 本明細書において、光反射率または光透過率の算出に関連して必要である光強度の測定は、例えば通常の可視、近赤外スペクトルメータを用いて測定したものであればよい。

本明細書において、「位相差」というときは面内のレターデーション（Ｒｅ）を表す。波長について特に付記がない場合は、波長５５０ｎｍにおける位相差を示す。

本明細書において、光弾性とは応力が生じている物体に異方性が生じて複屈折を生じる性質のことをいう。複屈折に起因して位相差が生じ、単位応力当たりかつ単位光路当たりで生じる位相差のことを光弾性係数という。

[0021] 本明細書において、「ひずみ量」というとき、物体に応力が生じた場合の単位長さ当たりの変形量のことをいう。具体的には、長さＬの物体が引張応力によってΔＬ伸びた場合またはΔＬ縮んだ場合、ΔＬ／Ｌで表される値のことをひずみ量という。

[0022]（応力表示部材）

本発明の応力表示部材は、自らに生じた応力（ひずみ）を、外部から検出できる形態で示すことができる部材である。検出は目視等によるものでも測定機器などを用いて可能であるものでもよい。応力表示部材がひずみを検出可能に示す形態は、ひずみの分布を測定するという観点では光学的に検出できる形態であることが好ましく、例えば、反射光または透過光の波長の変化や、反射光または透過光の強度の変化などであればよい。応力表示部材はひずみの測定を行う対象物に接着されることにより、対象物に生じるひずみを外部から検出できる形態で示すことができる。このことから、応力表示部材は、例えばひずみ測定フィルムとして使用することができる。ひずみ測定の対象物の材質は特に限定されないが、例えば金属、コンクリート、セラミック、ガラス、ゴム、プラスチック、紙、繊維などがあげられ、透明体であっても不透明体であってもよい。応力表示部材を貼り付ける面は平面であっても凹凸があってもよい。また、応力表示部材は、例えば、伸長させると所望の波長域の光の透過率が変化する光学シャッターとして利用することも考え

られる。

[0023] 本発明の応力表示部材は、フィルム状またはシート状であることが好ましい。

応力表示部材が対象物に貼付して用いるひずみ測定フィルムとして使用される場合は、膜厚が大きすぎると、応力表示部材の剛性により対象物の変形の抵抗になるため本来のひずみ量が測定できなくなる可能性がある。また対象物と後述のコレステリック液晶層または複屈折性層の間で応力が緩和されてしまい、ひずみの測定精度が悪化してしまう。そのため、対象物のひずみに追従するという観点で、応力表示部材は膜厚が１０００μｍ以下、好ましくは５００μｍ以下、より好ましくは３００μｍ以下、さらに好ましくは１００μｍ以下であることが好ましい。応力表示部材をRoll to Rollで製造する場合、膜厚１０００μｍ以下であると応力表示部材を容易にロール状に巻くことでき、量産のために好都合である。一方、厚みが小さいとフィルムにコシがなくなり、大きい面積の応力表示部材を対象物に接着する作業が著しく困難になるため、被測定物に接着する前の状態では膜厚が１μｍ以上、好ましくは５μｍ以上、より好ましくは１０μｍ以上、さらに好ましくは１５μｍ以上であることが好ましい。

本発明の応力表示部材は、少なくとも一層のコレステリック液晶層を含む選択反射層を含む。

[0024] （第１の態様の応力表示部材）

本発明の応力表示部材に含まれる選択反射層では、後述のようにコレステリック液晶層における螺旋構造のピッチ長に応じた特定波長の光が反射される（選択反射波長）。選択反射波長は特に限定されず、赤外光領域でも可視光領域でも紫外光領域でもよい。選択反射波長が３５０ｎｍ～８５０ｎｍ、好ましくは３８０ｎｍ～７８０ｎｍの可視光領域にあれば、選択反射光を視認することができる。選択反射層が螺旋構造のピッチ長の異なる２つ以上のコレステリック液晶層を含むときは選択反射波長は２つ以上あってもよい。

応力表示部材に応力が発生してひずみが生じると応力表示部材の厚みが変

化し、これに伴いコレステリック液晶の螺旋ピッチが変化することで、選択反射波長も変化する。この波長の変化をひずみとして検知することができる。選択反射波長が可視光領域にあれば、波長の変化は色の変化として検知することができるため、ひずみが可視化される。本発明の応力表示部材は物体（対象物）に貼付して使用することで、物体のひずみ量を測定することが可能である。

[0025] コレステリック液晶は液晶状態で流動性があるため、温度・電場・圧力などの外部環境変化の影響でも反射波長が変化してしまう。そのため、高精度な測定が困難である。本発明の応力表示部材に含まれるコレステリック液晶層は、後述のように、重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られる層であり、重合性液晶化合物の重合により構造が安定化するため、温度、電場、圧力などの外部環境変化の影響を受けにくくなり高精度なひずみ測定が可能となる。

[0026] 対象物のひずみ量が大きいほど反射波長の変化も大きくなるため視認しやすい。そのため、本発明の応力表示部材を視認によるひずみ検知に用いるためには、５％以上のひずみ量を対象とすることが好ましい。対象とするひずみ量の上限はとくに限定されないが２５％程度である。

ひずみ検知は、視認のほか、分光光度計で反射波長の変化を測定する方法などが可能である。分光光度計の使用により、ひずみ量が５％未満でも容易に検知可能である。分光光度計を用いて検知可能なひずみ量の下限は通常１％程度である。

ひずみ検知法としては、上記以外にも、例えば応力表示部材をデジタルカメラで撮影し、パソコンなどに取り込んで画像処理を行う方法などがあげられる。

[0027] （第２の態様の応力表示部材）

本発明の応力表示部材が、選択反射層に加えて複屈折性層を有することにより、より感度の高いひずみ測定が可能となる。この際、光源と選択反射層との間になるように、応力表示部材において複屈折性層を配置し、円偏光を

照射して反射光または透過光、通常は反射光、を測定する。複屈折性層に応力が発生してひずむと、ひずみ量に応じた複屈折が生じるが、この複屈折による位相差で複屈折性層を透過する円偏光の偏光状態が変化し、選択反射層で選択反射される反射光の反射率が変化する。この反射率の変化を検知することで、応力表示部材に生じている応力を評価することができ、物体に貼付して使用すればひずみセンサーとして使用することができる。第２の態様の応力表示部材では、第１の態様の応力表示部材よりも小さなひずみを目視で検知することが可能であり、特に５％未満のひずみの測定に好適である。このとき、検知可能なひずみ量の下限は通常０．００１％程度である。

[0028] ひずみ測定のための円偏光は、円偏光光源を用いて照射してもよく、光源と応力表示部材の間に円偏光分離膜を配置してもよく、応力表示部材が円偏光分離層を有していてもよい。

円偏光分離膜または円偏光分離層としては既知のいずれの方式のものを用いてもよいが、直線偏光層とλ/4位相差層を積層した円偏光フィルターまたは重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られるコレステリック液晶層を用いればよい。

選択反射層または円偏光分離層はそれぞれ２層以上のコレステリック液晶層からなるものであってもよく、２層以上のコレステリック液晶層を含み、各コレステリック液晶層の間に配向層や接着層などを含むものであってもよい。

円偏光分離膜または円偏光分離層として直線偏光層とλ/4位相差層を積層した円偏光フィルターが用いられる場合は、λ/4位相差層が複屈折性層として機能しうる。

[0029] 複屈折性層を含む応力表示部材において、螺旋構造のピッチ長、ひいては選択反射波長、の異なる2層以上のコレステリック液晶層を含む選択反射層を用いることも好ましい。それに応じて円偏光分離層も同様の2層以上のコレステリック液晶層を含んでいてもよい。複屈折性層に生じる位相差には波長依存性があるため、反射波長の光の明暗が上記２層以上のコレステリック液晶

層により異なって、応力表示部材の呈色が変化する。これにより、応力を変色として検知することができる。この際、各層の選択反射波長の波長差を大きくすることで、波長依存性による位相差の差を大きくすることができ、より小さなひずみを検出することができる。各層の波長差は５０ｎｍ以上、好ましくは１００ｎｍ以上、より好ましくは１５０ｎｍ以上、さらに好ましくは２００ｎｍ以上であることが好ましい。一方、上記2層以上のコレステリック液晶層の選択反射波長を2つの補色の関係（黄色/青紫、橙/青、赤/青緑など）となるように調整することで、色の変化をより検知（視認）しやすくすることもできる。補色になるための波長差は一様ではないが、５０ｎｍ以上で調整することが好ましく、例えば４００ｎｍ～５６０ｎｍ、４３０ｎｍ～５８０ｎｍ、４９０ｎｍ～６２０ｎｍ、５６０ｎｍ～８００ｎｍで調整することができる。なお、波長差の調整は光反射スペクトルのピーク波長で行えばよい。ピーク波長とは、反射率が最も高い波長のことをいう。

[0030]（応力表示部材の構成）

本発明の応力表示部材は、選択反射層のほか、必要に応じて、複屈折性層、円偏光分離層、支持体、接着層、または遮光層などを含む。本発明の応力表示部材が取りうる層構成の例を図１に示す。

以下、本発明の応力表示部材を構成する各層の組成や製造方法、本発明の応力表示部材を用いたひずみ測定に用いられる部材等を説明する。

[0031]（コレステリック液晶層）

コレステリック液晶層は選択反射層に含まれており、また円偏光分離層に含まれていてもよい。

コレステリック液晶層は、重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られる。コレステリック液晶層においては、重合性液晶化合物の重合性基による重合反応などにより、コレステリック液晶相が固定されている。

コレステリック液晶相は、右円偏光または左円偏光のいずれか一方を選択的に反射させるとともに他方の円偏光を透過する円偏光選択反射を示すことが知られている。円偏光選択反射性を示すコレステリック液晶化合物やコレ

ステリック液晶化合物から形成されたフィルムは従来から数多く知られており、コレステリック液晶層の選択や作製においては、それらの従来技術を参照することができる。

[0032] コレステリック液晶層においては、コレステリック液晶相となっている液晶化合物の配向が保持されている。典型的には、コレステリック液晶層は、重合性液晶化合物をコレステリック液晶相の配向状態としたうえで、紫外線照射、加熱等によって重合、硬化し、流動性が無い層を形成して、同時に、また外場や外力によって配向形態に変化を生じさせることない状態に変化した層であればよい。なお、コレステリック液晶層においては、コレステリック液晶相の光学的性質が層中において保持されていれば十分であり、層中の液晶性化合物はもはや液晶性を示していなくてもよい。例えば、重合性液晶化合物は、硬化反応により高分子量化して、もはや液晶性を失っていてもよい。

本明細書においてはコレステリック液晶層を液晶層ということがある。

[0033] コレステリック液晶層は、コレステリック液晶の螺旋構造に由来した円偏光選択反射を示す。その反射の中心波長λは、コレステリック液晶相における螺旋構造のピッチ長Ｐ（＝螺旋の周期）に依存し、コレステリック液晶相の平均屈折率ｎとλ＝ｎ×Ｐの関係に従う。そのため、この螺旋構造のピッチ長を調節することによって、円偏光反射を示す波長を調整できる。すなわち、例えば可視光波長域に選択反射波長を有するコレステリック液晶層を形成する場合は、３５０ｎｍ～８５０ｎｍの波長域の少なくとも一部において右円偏光または左円偏光のいずれか一方を選択的に反射するように、ｎ値とＰ値を調節すればよい。コレステリック液晶相のピッチ長は重合性液晶化合物とともに用いるキラル剤の種類、またはその添加濃度に依存するため、これらを調整することによって所望のピッチ長を得ることができる。なお、螺旋のセンスやピッチの測定法については「液晶化学実験入門」日本液晶学会編　シグマ出版２００７年出版、４６ｐ、および「液晶便覧」液晶便覧編集委員会　丸善　１９６ｐに記載の方法を用いることができる。

[0034] 円偏光選択反射帯の半値幅は、Δλが液晶化合物の複屈折Δｎと上記ピッチ長Ｐに依存し、Δλ＝Δｎ×Ｐの関係に従う。そのため、選択反射帯の幅の制御は、Δｎを調整して行うことができる。Δｎの調整は重合性液晶化合物の種類やその混合比率を調整したり、配向固定時の温度を制御したりすることで行うことができる。

[0035] コレステリック液晶層の反射円偏光のセンスは螺旋のセンスに一致する。

本発明の応力表示部材においては、螺旋のセンスが右または左のいずれのコレステリック液晶層を用いてもよい。反射波長での反射率は、コレステリック液晶層が厚いほど高くなるが、通常の液晶材料では可視光の波長域では２～８μｍの厚みで飽和する。特定の波長で円偏光選択性を高くするためなどの目的のために積層する際には、周期Ｐが同じで、同じ螺旋のセンスのコレステリック液晶層を複数積層すればよい。この際は、別途作製した複数のコレステリック液晶層を接着剤で貼り合わせてもよく、先に形成されたコレステリック液晶層の表面に直接、重合性液晶化合物等を含む液晶組成物を塗布し、配向および固定の工程を経て次のコレステリック液晶層を形成してもよい。

[0036] 円偏光反射波長域の幅は可視光領域においては、通常の材料では５０ｎｍ～１００ｎｍであるため、周期Ｐを変えた反射光の中心波長が異なるコレステリック液晶層を幾種類か積層することで反射の帯域幅を広げることができる。その際は同じ螺旋のセンスのコレステリック液晶層を積層することが好ましい。また、１つのコレステリック液晶層内において、周期Ｐを膜厚方向に対して緩やかに変化させることで反射の帯域を広げることもできる。

[0037] （コレステリック液晶層の作製方法）

上記コレステリック液晶層の形成に用いる材料としては、重合性液晶化合物とキラル剤（光学活性化合物）とを含む液晶組成物などがあげられる。必要に応じてさらに界面活性剤や重合開始剤などと混合して溶剤などに溶解した上記液晶組成物を、基材（支持体、配向層、下層となるコレステリック液晶層など）に塗布し、コレステリック配向熟成後、固定化してコレステリッ

ク液晶層を形成することができる。

[0038] 重合性液晶化合物

重合性液晶化合物は、棒状液晶化合物であっても、円盤状液晶化合物であってもよいが、棒状液晶化合物であることが好ましい。

コレステリック液晶層を形成する棒状の重合性液晶化合物の例としては、棒状ネマチック液晶化合物があげられる。棒状ネマチック液晶化合物としては、アゾメチン類、アゾキシ類、シアノビフェニル類、シアノフェニルエステル類、安息香酸エステル類、シクロヘキサンカルボン酸フェニルエステル類、シアノフェニルシクロヘキサン類、シアノ置換フェニルピリミジン類、アルコキシ置換フェニルピリミジン類、フェニルジオキサン類、トラン類およびアルケニルシクロヘキシルベンゾニトリル類が好ましく用いられる。低分子液晶化合物だけではなく、高分子液晶化合物も用いることができる。

[0039] 重合性液晶化合物は、重合性基を液晶化合物に導入することで得られる。重合性基の例には、不飽和重合性基、エポキシ基、およびアジリジニル基が含まれ、不飽和重合性基が好ましく、エチレン性不飽和重合性基が特に好ましい。重合性基は種々の方法で、コレステリック液晶化合物の分子中に導入できる。重合性液晶化合物が有する重合性基の個数は、好ましくは１～６個、より好ましくは１～３個である。重合性コレステリック液晶化合物の例は、Ｍａｋｒｏｍｏｌ．Ｃｈｅｍ．，１９０巻、２２５５頁（１９８９年）、Ａｄｖａｎｃｅｄ　Ｍａｔｅｒｉａｌｓ　５巻、１０７頁（１９９３年）、米国特許第４６８３３２７号明細書、同５６２２６４８号明細書、同５７７０１０７号明細書、国際公開ＷＯ９５／２２５８６号公報、同９５／２４４５５号公報、同９７／００６００号公報、同９８／２３５８０号公報、同９８／５２９０５号公報、特開平１－２７２５５１号公報、同６－１６６１６号公報、同７－１１０４６９号公報、同１１－８００８１号公報、および特開２００１－３２８９７３号公報などに記載の化合物が含まれ、これらの公報に記載された内容は本願明細書に組み込まれる。２種類以上の重合性液晶化合物を併用してもよい。２種類以上の重合性液晶化合物を併用すると、配

向温度を低下させることができる。

[0040] 本発明の応力表示部材においては、コレステリック液晶層は応力に追従でき、破断しないことが必要である。特に第１の態様の応力表示部材を大きなひずみ量の測定用途に用いる際には、大きなひずみに追従できる必要がある。コレステリック液晶層では3次元架橋密度を制御することにより柔軟性を制御することが可能である。具体的には重合性基を2つ以上有する多官能性液晶化合物の比率が大きいほど架橋密度が大きくなり、重合性基を2つ以上有する多官能液晶化合物と重合性基を1つのみ有する単官能のコレステリック液晶の比率により膜の柔軟性を調整することが可能である。また、多官能液晶化合物の比率が高いと結晶の析出により面状故障が発生しやすくなるが、単官能液晶化合物を混合することで結晶化を抑制し、良好な面状のコレステリック液晶層を得ることができる。一方、単官能性液晶化合物の比率が大きくなりすぎると、コレステリック液晶による選択波長反射が得られなくなる。螺旋構造を維持できなくなるためと考えられる。具体的には、多官能性液晶化合物と単官能性液晶化合物との質量比率（多官能性液晶化合物／単官能性液晶化合物）を３０/７０～９９/１の間で調整すればよい。一般的には、多官能性液晶化合物／単官能性液晶化合物を７０／３０～９０／１０で調整することが好ましい。

[0041] また、液晶組成物中の重合性液晶化合物の添加量は、液晶組成物の固形分質量（溶媒を除いた質量）に対して、８０～９９．９質量％であることが好ましく、８５～９９．５質量％であることがより好ましく、９０～９９質量％であることが特に好ましい。

[0042] キラル剤（光学活性化合物）

キラル剤はコレステリック液晶相の螺旋構造を誘起する機能を有する。キラル化合物は、化合物によって誘起する螺旋のセンスまたは螺旋ピッチが異なるため、目的に応じて選択すればよい。

キラル剤としては、特に制限はなく、公知の化合物（例えば、液晶デバイスハンドブック、第３章４－３項、ＴＮ、ＳＴＮ用カイラル剤、１９９頁、

日本学術振興会第１４２委員会編、１９８９に記載）、イソソルビド、イソマンニド誘導体を用いることができる。

キラル剤は、一般に不斉炭素原子を含むが、不斉炭素原子を含まない軸性不斉化合物あるいは面性不斉化合物もキラル剤として用いることができる。軸性不斉化合物または面性不斉化合物の例には、ビナフチル、ヘリセン、パラシクロファンおよびこれらの誘導体が含まれる。キラル剤は、重合性基を有していてもよい。キラル剤と硬化性コレステリック液晶化合物が重合性基を有する場合は、重合性キラル剤と重合性コレステリック液晶化合物との重合反応により、コレステリック液晶化合物から誘導される繰り返し単位と、キラル剤から誘導される繰り返し単位とを有するポリマーを形成することができる。この態様では、重合性キラル剤が有する重合性基は、重合性コレステリック液晶化合物が有する重合性基と、同種の基であることが好ましい。従って、キラル剤の重合性基も、不飽和重合性基、エポキシ基またはアジリジニル基であることが好ましく、不飽和重合性基であることがさらに好ましく、エチレン性不飽和重合性基であることが特に好ましい。

また、キラル剤は、液晶化合物であってもよい。

[0043] キラル剤が光異性化基を有する場合には、塗布、配向後に活性光線などのフォトマスク照射によって、発光波長に対応した所望の反射波長のパターンを形成することができるので好ましい。光異性化基としては、フォトクロッミック性を示す化合物の異性化部位、アゾ、アゾキシ、シンナモイル基が好ましい。具体的な化合物として、特開２００２－８０４７８号公報、特開２００２－８０８５１号公報、特開２００２－１７９６６８号公報、特開２００２－１７９６６９号公報、特開２００２－１７９６７０号公報、特開２００２－１７９６８１号公報、特開２００２－１７９６８２号公報、特開２００２－３３８５７５号公報、特開２００２－３３８６６８号公報、特開２００３－３１３１８９号公報、特開２００３－３１３２９２号公報に記載の化合物を用いることができ、これらの公報に記載された内容は本願明細書に組み込まれる。

液晶組成物における、キラル剤の含有量は、重合性液晶性化合物量の０．０１モル％～２００モル％が好ましく、１モル％～３０モル％がより好ましい。

[0044] 重合開始剤

液晶組成物は、重合開始剤を含有していることが好ましい。紫外線照射により重合反応を進行させる態様では、使用する重合開始剤は、紫外線照射によって重合反応を開始可能な光重合開始剤であることが好ましい。光重合開始剤の例には、α－カルボニル化合物（米国特許第２３６７６６１号、同２３６７６７０号の各明細書記載）、アシロインエーテル（米国特許第２４４８８２８号明細書記載）、α－炭化水素置換芳香族アシロイン化合物（米国特許第２７２２５１２号明細書記載）、多核キノン化合物（米国特許第３０４６１２７号、同２９５１７５８号の各明細書記載）、トリアリールイミダゾールダイマーとｐ－アミノフェニルケトンとの組み合わせ（米国特許第３５４９３６７号明細書記載）、アクリジンおよびフェナジン化合物（特開昭６０－１０５６６７号公報、米国特許第４２３９８５０号明細書記載）およびオキサジアゾール化合物（米国特許第４２１２９７０号明細書記載）等があげられ、これらの公報に記載された内容は本願明細書に組み込まれる。

液晶組成物中の光重合開始剤の含有量は、重合性液晶化合物の含有量に対して０．１～２０質量％であることが好ましく、０．５質量％～５質量％であることがさらに好ましい。

[0045] 架橋剤

液晶組成物は、硬化後の膜強度向上、耐久性向上のため、任意に架橋剤を含有していてもよい。架橋剤としては、紫外線、熱、湿気等で硬化するものが好適に使用できる。

架橋剤としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えばトリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールトリ（メタ）アクリレート等の多官能アクリレート化合物；グリシジル（メタ）アクリレート、エチレングリコールジグリシジルエーテル等の

エポキシ化合物；２，２－ビスヒドロキシメチルブタノール－トリス［３－（１－アジリジニル）プロピオネート］、４，４－ビス（エチレンイミノカルボニルアミノ）ジフェニルメタン等のアジリジン化合物；ヘキサメチレンジイソシアネート、ビウレット型イソシアネート等のイソシアネート化合物；オキサゾリン基を側鎖に有するポリオキサゾリン化合物；ビニルトリメトキシシラン、Ｎ－（２－アミノエチル）３－アミノプロピルトリメトキシシラン等のアルコキシシラン化合物などがあげられる。また、架橋剤の反応性に応じて公知の触媒を用いることができ、膜強度および耐久性向上に加えて生産性を向上させることができる。これらは、１種単独で使用してもよいし、２種以上を併用してもよい。

架橋剤の含有量は、３質量％～２０質量％が好ましく、５質量％～１５質量％がより好ましい。架橋剤の含有量が、３質量％未満であると、架橋密度向上の効果が得られないことがあり、２０質量％を超えると、コレステリック層の安定性を低下させてしまうことがある。架橋剤の含有量はまた、必要なコレステリック液晶層の柔軟性を得るために調整されていることが好ましい。

[0046] 配向制御剤

液晶組成物中には、安定的にまたは迅速にプレーナー配向のコレステリック液晶層とするために寄与する配向制御剤を添加してもよい。配向制御剤の例としては特開２００７－２７２１８５号公報の段落〔００１８〕～〔００４３〕等に記載のフッ素（メタ）アクリレート系ポリマー、特開２０１２－２０３２３７号公報の段落〔００３１〕～〔００３４〕等に記載の式（Ｉ）～（ＩＶ）で表される化合物などがあげられ、これらの公報に記載された内容は本願明細書に組み込まれる。

なお、配向制御剤としては１種を単独で用いてもよいし、２種以上を併用してもよい。

[0047] 液晶組成物中における、配向制御剤の添加量は、コレステリック液晶化合物の全質量に対して０．０１質量％～１０質量％が好ましく、０．０１質量

％～５質量％がより好ましく、０．０２質量％～１質量％が特に好ましい。

[0048] その他の添加剤

その他、液晶組成物は、塗膜の表面張力を調整し膜厚を均一にするための界面活性剤、および重合性モノマー等の種々の添加剤から選ばれる少なくとも１種を含有していてもよい。また、液晶組成物中には、必要に応じて、さらに重合禁止剤、酸化防止剤、紫外線吸収剤、光安定化剤、色材、金属酸化物微粒子等を、光学的性能を低下させない範囲で添加することができる。

[0049] コレステリック液晶層は、重合性液晶化合物および重合開始剤、さらに必要に応じて添加されるキラル剤、界面活性剤等を溶媒に溶解させた液晶組成物を、基材上に塗布し、乾燥させて塗膜を得、この塗膜に活性光線を照射してコレステリック液晶性組成物を重合し、コレステリック規則性が固定化されたコレステリック液晶層を形成することができる。なお、複数のコレステリック層からなる積層膜は、コレステリック層の製造工程を繰り返し行うことにより形成することができる。

[0050] 液晶組成物の調製に使用する溶媒としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、有機溶媒が好ましく用いられる。

有機溶媒としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えばケトン類、アルキルハライド類、アミド類、スルホキシド類、ヘテロ環化合物、炭化水素類、エステル類、エーテル類、などがあげられる。これらは、１種単独で使用してもよいし、２種以上を併用してもよい。これらの中でも、環境への負荷を考慮した場合にはケトン類が特に好ましい。

[0051] 基材上への液晶組成物の塗布方法は、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、ワイヤーバーコーティング法、カーテンコーティング法、押し出しコーティング法、ダイレクトグラビアコーティング法、リバースグラビアコーティング法、ダイコーティング法、スピンコーティング法、ディップコーティング法、スプレーコーティング法、スライドコーティング法などがあげられる。また、別途支持体上に塗設した液晶組成物を基材上へ転写することによっても実施できる。塗布した液晶組成物を加熱す

ることにより、液晶分子を配向させる。加熱温度は、２００℃以下が好ましく、１３０℃以下がより好ましい。この配向処理により、重合性液晶化合物が、フィルム面に対して実質的に垂直な方向に螺旋軸を有するようにねじれ配向している光学薄膜が得られる。

[0052] 配向させた液晶化合物は、さらに重合させればよい。重合方法としては、光重合（紫外線重合）、放射線重合、電子線重合、熱重合があげられ、これらのいずれでもよいが、光重合が好ましい。光照射は、紫外線を用いることが好ましい。照射エネルギーは、２０ｍＪ／ｃｍ^2～５０Ｊ／ｃｍ^{2}が好ましく、１００ｍＪ／ｃｍ^2～１，５００ｍＪ／ｃｍ^{2}がより好ましい。光重合反応を促進するため、加熱条件下または窒素雰囲気下で光照射を実施してもよい。照射紫外線波長は２００ｎｍ～４３０ｎｍが好ましい。重合反応率は安定性の観点からは高いほうが好ましいが、柔軟性の観点からは低く調整することが好ましく、必要性に合わせて、照射エネルギー等を調整して、重合反応率を調整してもよい、一般的には、重合反応率は６０％～１００％が好ましく、７０％～９５％がより好ましく、８０％～９０％がさらに好ましい。

重合反応率は、重合性の官能基の消費割合を、ＩＲ吸収スペクトルを用いて決定することができる。

なお、選択反射層または円偏光分離層をして用いられるコレステリック液晶層の厚みは、それぞれ、複数層積層されている場合は複数層の合計で、１μｍ～１５０μｍが好ましく、２μｍ～１００μｍがより好ましく、５μｍ～５０μｍがさらに好ましい。

[0053]（複屈折性層）

前述のように、本発明の応力表示部材が複屈折性層を有することにより、５％未満の小さなひずみでも、視認での検知も容易となる。本明細書において、複屈折性層というとき、ひずみが生じたときに複屈折性に変化が生じる層であればよく、ひずみが生じる前の初期状態、またはひずみが生じた際のいずれかの時点において複屈折性を有していなくてもよい。また、複屈折性層は、支持体として機能していてもよく、例えば、コレステリック液晶層形

成のための支持体、または応力表示部材の自己支持性のための支持体として機能していてもよい。また、前述のように、円偏光分離層を構成するλ/4位相差層が複屈折性層を兼ねていてもよい。

[0054] 上記第２の態様の応力表示部材が複屈折性層および円偏光分離層を含む場合、応力表示部材においては、選択反射層、複屈折性層、円偏光分離層の順であればよい。

複屈折性層の膜厚は特に制限されず、膜厚の調整により複屈折性（位相差量）を調整して検知に好適な値としてもよい。複屈折性層は厚い方が位相差が大きくなるため応力の測定感度が高くなり好ましいが、物体に貼付してひずみ測定フィルムとして使用する場合は、複屈折性層が厚くなりすぎると応力表示部材の剛性により対象物の変形の抵抗になるため本来のひずみ量が測定できなくなる可能性がある。そのため、対象物のひずみを精度良く測定するという観点では、複屈折性層はできるだけ薄いことが好ましい。この観点から複屈折性層の膜厚は１０００μｍ以下、好ましくは５００μｍ以下、より好ましくは３００μｍ以下、さらに好ましくは１００μｍ以下であればよい。一方、膜厚が小さすぎると対象物に接着する作業が著しく困難になるため、支持体が無い場合の複屈折性層の膜厚は好ましくは１μｍ以上、より好ましくは５μｍ以上、さらに好ましくは１５μｍ以上であればよい。ただし、支持体上に複屈折層を積層する場合は、支持体の剛性により接着作業を改善できるため、複屈折性層の膜厚を１μｍ以下にすることも可能である。

[0055] 円偏光分離層中のλ／４位相差層が複屈折性層として用いられる場合は円偏光分離層としての機能の発現のため、λ／４位相差層として必要になる所定の厚みとすればよい。

複屈折性層は、光弾性係数の絶対値が大きいことが好ましい。第２の態様の応力表示部材において、複屈折性層の光弾性係数の符号により複屈折性層で生じる位相差の符号が異なるが、応力（ひずみ）の検出感度には光弾性係数の絶対値が影響するためである。光弾性係数の絶対値が大きい複屈折性層を用いることで、小さい応力でも大きな複屈折（位相差）を生じることがで

き、応力を検知・測定する感度を上げることができる。複屈折性層の光弾性係数の絶対値は２０×１０$^{-12}$[Pa^{-1}]以上であることが好ましい。光弾性係数の絶対値が２０×１０$^{-12}$[Pa^{-1}]以上であるとは、光弾性係数が２０×１０$^{-12}$Pa^{-1}以上または-２０×１０$^{-12}$Pa^{-1}以下であることを意味する。さらに、複屈折性層は薄い方が好ましいため、位相差を大きくするために光弾性係数の絶対値はより好ましくは３０×１０$^{-12}$[Pa^{-1}]以上、さらに好ましくは６０×１０$^{-12}$[Pa^{-1}]以上であればよい。複屈折性層の光弾性係数の絶対値の上限は特にないが、１×１０$^{-6}$ [Pa^{-1}]以下であればよい。光弾性係数の絶対値が１×１０$^{-6}$ [Pa^{-1}]以下であるとは光弾性係数が-１×１０$^{-6}$ Pa^{-1}～１×１０$^{-6}$ Pa^{-1}であることを意味する。

[0056] 複屈折性層の例としては、ゼラチン、エポキシ樹脂、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート、グリコール変性ポリエチレンテレフタレート（PETG）、ポリアミド、ポリビニルアルコール、トリアセチルセルロース、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレートなどが挙げられる。複屈折性層は２種以上を積層して使用してもよい。上記第２の態様の応力表示部材の場合、必要に応じて遮光層を利用し、応力が発生していない初期状態が黒色で、応力の発生により所定の光の反射率が増大するように設計することで、応力の判別がより容易になる。そのためには応力がない状態での複屈折は小さいことが設計上好ましく、汎用的な複屈折性層として流通しているポリイミド、ポリカーボネートまたはグリコール変性ポリエチレンテレフタレートが好適である。また、複屈折性層の可視光線透過率は高いことが好ましく、可視光線透過率が５０％以上、７０％以上、９０％以上、９９％以上であることが好ましい。

[0057] 複屈折性層に選択反射層または円偏光分離層を積層する方法としては既知の方法を使用することができ、例えば塗布法、共押出法、蒸着法、貼合法など用いることができる。また、複屈折性層の表面には易接着層、帯電防止層、耐溶剤層、配向層、耐傷性層、反射防止層、UV吸収層、ガスバリア層、透明導電層、粘着層、プラズマ表面処理層などが積層されていてもよい。これら

の層の厚みは薄い方が好ましく、１０μｍ以下であることが好ましい。

[0058]（円偏光分離層、円偏光分離膜）

上述のように、第２の態様の応力表示部材の場合、本発明の応力表示部材は円偏光分離層を有していてもよい。また、円偏光分離膜を介して、ひずみ検知されてもよい。以下、円偏光分離層について説明する。円偏光分離膜も円偏光分離層と同様の構成のものを用いることができる。

円偏光分離層は、特定の波長域において右円偏光または左円偏光のいずれか一方のセンスの円偏光を選択的に透過させる層である。

円偏光分離層が円偏光を選択的に透過させる特定の波長域は選択反射層の選択反射波長に合わせて選択されていればよい。例えば、選択反射層の選択反射波長が可視光領域にある場合、円偏光分離層が円偏光を選択的に透過させる特定の波長域は、３５０ｎｍ～８５０ｎｍ、好ましくは３８０ｎｍ～７８０ｎｍの可視光領域にあればよい。またその波長域幅は、５ｎｍ以上、１０ｎｍ以上、２０ｎｍ以上、３０ｎｍ以上、４０ｎｍ以上、または５０ｎｍ以上であればよい。円偏光分離層が選択的に透過させる円偏光のセンスは選択反射層が選択反射する円偏光のセンスと同一でも逆でもよい。例えば本発明の応力表示部材を物体に貼付してひずみ測定フィルムとして使用する場合であって、複屈折性層がひずみの無い状態で位相差（Ｒｅ）が１０ｎｍ以下程度であり、ひずみが生じるとＲｅが大きくなる場合を考える。円偏光分離層を透過する円偏光のセンスと、選択反射層での反射光（円偏光）のセンスが同一の場合は、ひずみが無い状態で明るく、ひずみが発生すると暗くなるフィルムになる。一方、円偏光分離層を透過する円偏光のセンスと、選択反射層での反射光（円偏光）のセンスが逆の場合はひずみが無い状態で暗く、ひずみが発生すると明るくなるフィルムになる。

[0059] 円偏光分離層は、右円偏光または左円偏光のいずれか一方を選択的に透過させる波長域以外の波長の光については、透過させていても、反射していても、吸収していてもよい。また、円偏光分離層は右円偏光または左円偏光のいずれか一方を選択的に透過させるとともに、他方の円偏光を反射していて

もよく、吸収していてもよい。

円偏光分離層としては、例えば、コレステリック液晶層、または直線偏光分離層とλ／４位相差層とを含む積層体を用いることができる。

[0060]（円偏光分離層として用いられるコレステリック液晶層）

円偏光分離層として用いられるコレステリック液晶層を用いる場合、円偏光分離層に含まれる少なくとも１層のコレステリック液晶層の螺旋ピッチは選択反射層に含まれる少なくとも１層のコレステリック液晶層の螺旋ピッチと同一であることが好ましい。少なくとも、選択反射層中のコレステリック液晶層が選択的に反射する円偏光の波長を含む波長域で選択的に円偏光を透過するように、円偏光分離層に含まれる少なくとも１層のコレステリック液晶層の螺旋ピッチが調整されることが好ましい。円偏光分離層および選択反射層が、組成、膜厚、製法などの観点から、同一であってもよい。一方で、円偏光分離層に含まれる少なくとも１層のコレステリック液晶層と選択反射層に含まれる少なくとも１層のコレステリック液晶層の螺旋のセンスは同じでも逆でもよい。コレステリック液晶による円偏光分離層は、直線偏光層とλ/4位相差層を積層したものと比較して薄くすることができ、ひずみ測定フィルムとして好適である。

円偏光分離層が1層のコレステリック液晶層からなる場合は、コレステリック液晶層の螺旋ピッチに対応した特定波長反射光の明暗として応力を検知することができる。

[0061]（直線偏光分離層とλ／４位相差層とを含む積層体）

直線偏光分離層とλ／４位相差層とを含む積層体からなる円偏光分離層では、直線偏光分離層の面から入射する自然光は、反射もしくは吸収によって直線偏光に変換され、その後λ／４位相差層を通過することによって右または左の円偏光に変換される。一方、λ／４位相差層からの光入射の場合、いずれかのセンスの円偏光のみが直線偏光分離層を透過できる方向の直線偏光に変換されて透過する。そのため本発明の応力表示部材における使用においては、λ／４位相差層からみて直線偏光分離層が外側（光源側）となるよう

に使用することが好ましい。

直線偏光分離層としては、直線偏光子を用いることができ、選択反射層の選択反射波長に対応した偏光子であればよい。

[0062]（直線偏光子）

直線偏光子としては、ヨウ素系偏光子、二色性染料を用いる染料系偏光子やポリエン系偏光子を用いることができる。ヨウ素系偏光子および染料系偏光子は、一般にポリビニルアルコール系フィルムを用いて製造される。例えば偏光子は変性または未変性のポリビニルアルコールと二色性分子とから構成することが好ましい。変性または未変性のポリビニルアルコールと二色性分子とから構成される偏光子については例えば特開２００９－２３７３７６号公報の記載を参照することができる。

直線偏光子としてはそのほか、特開２０１２－２２３１６３号公報の段落００１４－００２３に記載の反射型直線偏光子などを用いてもよい。

直線偏光分離層の膜厚は０．０５μｍ～３００μｍであればよい、特に５０μｍ以下であればよく、３０μｍ以下が好ましく、２０μｍ以下がより好ましい。また、偏光子の膜厚は、通常、１μｍ以上、５μｍ以上、または１０μｍ以上であればよい。

[0063]（λ／４位相差層）

λ／４位相差層の面内遅相軸は　上記直線偏光子の吸収軸もしくは透過軸から４５°回転させた方位に設置する。λ／４位相差層の位相差は選択反射層の選択反射波長の１／４の長さ、または「選択反射波長＊ｎ±中心波長の１／４（ｎは整数）」であることが望ましく、例えば、選択反射波長が５００ｎｍであれば、１２５ｎｍ、３７５ｎｍ、６２５ｎｍ、などの位相差であることが好ましい。また位相差の光入射角度の依存性は小さいほど好ましく、中心波長の１／４の長さの位相差を持つ位相差板がこの点において最も好ましい。

[0064]　λ／４位相差層の材料の例としては、結晶性のガラスや無機物の結晶や、ポリカーボネート、アクリル樹脂、ポリエチレン、ポリエステル、エポキシ

樹脂、ポリウレタン、ポリアミド、ポリオレフィン、セルロース誘導体、シリコーン（シリコーンポリウレア等の変性シリコーンを含む）シクロオレフィンポリマー、ポリメチルメタクリレート等のポリマーや　重合性液晶化合物、高分子液晶化合物を配列させて固定したものをあげることができる。

λ／４位相差層の厚さは、０．２μｍ～３００μｍが好ましく、０．５μｍ～１５０μｍがより好ましく、１μｍ～８０μｍがさらに好ましい。

[0065]（遮光層）

応力表示部材の、光を照射する面の反対側の面側に遮光層を設けることで、応力表示部材からの反射光の視認性を高めることができ、かつ対象物の色の影響を受けないようにすることができる。遮光層は応力表示部材に設ける代わりに、または、応力表示部材に設けることに加えて、対象物に遮光フィルムとして貼り付けて使用してもよい。

遮光層は、自然光を遮断することが好ましい。また、非偏光、円偏光、直線偏光のいずれも遮断することが好ましい。遮光層が光を遮断する波長域は応力表示部材の選択反射層の選択反射波長に基づいて選択すればよく、コレステリック液晶層の選択反射波長を含む波長域であればよい、例えば、３８０ｎｍ～７８０ｎｍの波長域の少なくとも一部の波長域であって、波長幅が、１０ｎｍ以上、２０ｎｍ以上、３０ｎｍ以上、４０ｎｍ以上、または５０ｎｍ以上等であればよい。可視光波長域の少なくとも一部は３８０ｎｍ～７８０ｎｍの波長域の５０％以上、６０％以上、７０％以上、８０％以上、または９０％以上であってもよく、実質的に１００％であってもよい。

[0066] 遮光層の形成は既知の方法で行うことができ、例えば塗布法、共押出法、蒸着法、貼合法などを用いることができる。応力表示部材の表面を高ヘイズにして遮光層としてもよい。

遮光層は光学濃度（ＯＤ値）が０．５以上であることが好ましく、1以上であることがより好ましく、２以上であることがさらに好ましい。光学濃度とは光の透過性を示す値で、透過光の減衰率で表し、透過率をＴとした場合に$-\log_{10}T$で表される。選択反射層の選択反射波長が可視光の場合は、３５０

ｎｍ～８５０ｎｍの波長域で上記範囲のＯＤ値となっていればよい。

遮光層の膜厚は０．１μｍ～１００μｍが好ましく、０．２μｍ～５０μｍがより好ましく、０．５μｍ～３０μｍがさらに好ましい。

遮光層としては、光反射層および光吸収層があげられる。ひずみ検出で観測される色とのコントラストを考慮すると黒として視認される光吸収層を用いることが好ましい。

[0067] 光反射層としては、誘電体多層膜やコレステリック液晶層を含む層を用いることができる。光反射層として用いられる、コレステリック液晶層を含む層としては、螺旋構造のピッチ長Ｐが同じで、螺旋のセンスが右のコレステリック液晶層と左のコレステリック液晶層とを含む積層体、または、螺旋構造のピッチ長Ｐが同じで、同じ螺旋のセンスのコレステリック液晶層と、その間に配されるコレステリック液晶層の円偏光反射の中心波長に対して半波長の位相差を有する位相差膜とからなる積層体を用いることができる。光吸収層としては顔料や染料などの着色剤を分散剤、バインダーやモノマーを含む溶媒に分散した分散液を、基材の上に塗工して形成された層、染料を用いて直接高分子基材表面を染色した層、染料を含む高分子材料から形成された層を用いることができる。黒色の光吸収層の顔料には、例えばカーボンブラックなどを用いることができる。カーボンブラックとしてはオイルファーネスブラック、チャネルブラック、ランプブラック、サーマルブラック、アセチレンブラックなど各種のものが知られており、いずれも用いられる。

[0068] （接着層、接着剤）

応力表示部材は対象物に貼付してひずみ測定に使用できる形態とするための接着層を有していることも好ましい。この接着層は、上記の機能から、選択反射層、複屈折性層、円偏光分離層、遮光層などの全ての層からみて最外層であることが好ましい。ただし、対象物に接着するまで、接着層のさらに外側に接着層を保護するための離型紙（フィルム）を有していてもよい。第１の態様の応力表示部材では、接着層はいずれの側の最外層に設けてもよく、接着層側を対象物に貼付して、反対側からひずみ測定を行うことができる

。一方、第２の態様の応力表示部材では複屈折性層、選択反射層、接着層の順になるように最外層に積層し、接着層側を対象物に貼付して複屈折性層側からひずみ測定を行うことができる。

[0069] 接着層の例としては、シアノアクリレート系接着剤やエポキシ系接着剤、ポリエステル系接着剤、フェノール系接着剤、ウレタン系接着剤、メラミン系接着剤などの熱硬化性接着剤から形成された層が挙げられる。これらの接着剤は、接着層のクリープ現象によるひずみ測定精度への影響を低減するという観点で好ましい。選択反射層と対象物との間に支持体があると、支持体が応力緩和層となりひずみ測定の誤差の要因となりうるため、選択反射層側に接着層を直接積層して対象物に接着することが測定精度の観点で好ましい。ただし、応力表示部材が遮光層を有する場合は、選択反射層および接着層の間に遮光層を配する場合がある。

応力表示部材を対象物に接着した後に支持体を剥がして、応力表示部材の剛性を小さくし、より被測定物のひずみに追従しやすくしてもよい。

[0070] 応力表示部材は接着層を有していなくてもよく、対象物に貼付する際は、接着剤を別途準備して貼りつけることができる。この際も接着層形成の際と同様の接着剤のほか、各種接着剤を用いることができる。ただし、大面積の対象物に接着する場合の作業性が悪くなることや、施工時に応力表示部材にシワやオレが発生してしまい測定精度が悪化してしまうことを避けるため、応力表示部材に予め接着層を積層しておくことが好ましい。接着層に離型紙（フィルム）も積層しておけば、対象物に接着する直前に離型紙（フィルム）を剥がすことで作業性が良好になる。接着剤の主剤中にマイクロカプセル化した硬化剤を分散させた接着層を積層すれば、応力表示部材を対象物に貼り付けるまでは接着性が発現せず、貼り付けてから指などで加圧してマイクロカプセルを破壊することで接着性を発現させることができる。

接着層は遮光層を兼ねていてもよい。

[0071] （支持体）

本発明の応力表示部材は、支持体を含んでいてもよい。支持体は特に限定さ

れず、プラスチックフィルムを用いることが好ましい。支持体は複屈折性層を兼ねていてもよい。支持体は、一般的には透明であることが好ましい。複屈折性層を兼ねていない場合は、低複屈折性であることが好ましい。プラスチックフィルムとしては、上記複屈折性層として例示したもののほか、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）などのポリエステル、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン、ポリアミド、ポリオレフィン、シクロオレフィンポリマー、セルロース誘導体、シリコーンなどがあげられる。また、支持体の表面には易接着層、帯電防止層、耐溶剤層、配向層、耐傷性層、反射防止層、UV吸収層、ガスバリア層、透明導電層、粘着層、プラズマ表面処理層などが積層されていてもよい。

支持体の膜厚としては、５μｍ～１０００μｍ程度であればよく、好ましくは１０μｍ～２５０μｍであり、より好ましくは１５μｍ～９０μｍである。

[0072] 上記のコレステリック液晶層の作製のためには通常支持体が用いられるが、その際の支持体は、本発明の応力表示部材においては剥離されていてもよい。すなわち、例えば、支持体上で形成されたコレステリック液晶層を複屈折性層（例えばポリカーボネート層）に転写してもよい。コレステリック液晶層の作製の際の支持体を剥離して応力表示部材とすることによっては、支持体の耐熱性などの特性をコレステリック液晶層の作製に好都合に選択できるとともに、応力表示部材の光学的性質等が支持体の性質に影響されないようにすることができる。例えば支持体をラビングした後に重合性液晶化合物を含む組成物を塗布することで好ましい螺旋状の配向を実現できるが、全ての支持体で十分な配向が得られるわけではない。そのため、配向可能な支持体でコレステリック液晶層を製膜した後に、応力測定に適した複屈折性層に重合性コレステリック液晶層を貼りつけるまたは転写することで、目的に合った応力表示部材を作製することができる。

支持体にコレステリック液晶層を塗布方式や貼合方式で積層する場合は耐薬品性が要求されるため、支持体表面に耐溶剤層を積層していてもよい。耐

溶剤層としては既知の材料が使用できるが、後述の配向膜を兼ねるためにポリビニルアルコールまたはグリコール変性ポリエチレンテレフタレートが好ましい。

[0073] （配向層）

本発明の応力表示部材は、液晶化合物の配向のための配向層を含んでいてもよい。配向層は、有機化合物、ポリマー（ポリイミド、ポリビニルアルコール、ポリエステル、ポリアリレート、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、ポリアミド、変性ポリアミドなどの樹脂）のラビング処理、無機化合物の斜方蒸着、マイクログルーブを有する層の形成、またはラングミュア・ブロジェット法（ＬＢ膜）による有機化合物（例えば、ω－トリコサン酸、ジオクタデシルメチルアンモニウムクロライド、ステアリル酸メチル）の累積のような手段で、設けることができる。さらに、電場の付与、磁場の付与または光照射により、配向機能が生じる配向層も知られている。これらの中でも、ポリマーのラビング処理により形成する配向層が特に好ましい。ラビング処理は、ポリマー層の表面を、紙、布で一定方向に、数回擦ることにより実施することができる。

配向層の厚さは０．０１～５μｍであることが好ましく、０．０５～２μｍであることがさらに好ましい。

配向層を設けずに支持体表面、または支持体をラビング処理した表面に、液晶組成物を塗布してもよい。

[0074] （各層の接着のための接着層）

応力表示部材中の各層の接着のための接着剤としては硬化方式の観点からホットメルトタイプ、熱硬化タイプ、光硬化タイプ、反応硬化タイプ、硬化の不要な感圧接着タイプがあり、それぞれ素材としてアクリレート系、ウレタン系、ウレタンアクリレート系、エポキシ系、エポキシアクリレート系、ポリオレフィン系、変性オレフィン系、ポリプロピレン系、エチレンビニルアルコール系、塩化ビニル系、クロロプレンゴム系、シアノアクリレート系、ポリアミド系、ポリイミド系、ポリスチレン系、ポリビニルブチラール系

などの化合物を使用することができる。作業性、生産性の観点から、硬化方式として光硬化タイプが好ましく、光学的な透明性、耐熱性の観点から、素材はアクリルレート系、ウレタンアクリレート系、エポキシアクリレート系などを使用することが好ましい。

[0075] （応力表示部材の製造）

本発明の応力表示部材を構成する各層は全て、ロールツーロール（Roll to Roll）での作製が可能であるため、本発明の応力表示部材は、大面積での量産が容易である。

[0076] （ひずみ測定方法）

本発明の応力表示部材は対象物に貼付されて対象物のひずみ測定に用いることができる。選択反射層の選択反射波長を含む波長の光を照射して、その反射光または透過光を目視または測定機器で検知してひずみを測定する。なお、検出光は反射光であることが好ましい。透過光を利用した検出は対象物が選択反射層の選択反射波長光の光透過率が十分（５０％以上、好ましくは９０％以上）である場合に限られ、また、接着層の光学特性や、対象物の色などにより影響も受けやすいためである。

[0077] 第２の態様の応力表示部材を用いたひずみ測定では、光源側から円偏光分離層（円偏光分離膜）、複屈折性層、選択反射層の順となるように光を入射すればよい。上記のように、本発明の応力表示部材が円偏光分離層を有していてもよく、円偏光分離膜を別途用いてもよく、光源自体が円偏光を照射可能なものとしてもよい。

応力表示部材を対象物に貼付して対象物のひずみ測定を行う場合、第１の態様の応力表示部材は、応力表示部材の両面どちらからでも測定することが可能であるため、応力表示部材の両面どちらの面を対象物に貼付してもよい。対象物を貼付した面と反対側の応力表示部材の面側（対象物における応力表示部材を貼付した面側）から光を入射し、反射光を測定することが可能である。また、対象物が透明体である場合は、応力表示部材の対象物への貼付面側（対象物における応力表示部材を貼付した面の反対の面側）から測定す

ることも可能であり上記貼付面と反対側から光を入射して上記貼付面側から透過光を測定することもでき、上記貼付面側から光を入射して上記貼付面と反対側から反射光を測定することもできる。

[0078] 第２の態様の応力表示部材を物体（対象物）に貼付して物体のひずみ量を測定する場合は、複屈折性層、選択反射層、対象物の順になるように応力表示部材を対象物に貼付する。第１の態様の応力表示部材と同様に、対象物を貼付した面と反対側の応力表示部材の面側（対象物における応力表示部材を貼付した面側）から光を入射し、反射光を測定することが可能である。また、対象物が透明体である場合は、応力表示部材の対象物への貼付面側（対象物における応力表示部材を貼付した面の反対の面側）から測定することも可能であり上記貼付面と反対側から光を入射して上記貼付面側から透過光を測定することもでき、上記貼付面側から光を入射して上記貼付面と反対側から反射光を測定することもできる。

[0079] ひずみ測定の際、測定角度によって色が変化してしまい測定誤差が生じる懸念がある。コレステリック液晶層に由来する反射波長は角度依存性があるためである。そのため、視野角制限フィルム（プリズムフィルムやルーバーフィルム等）を使用して視野角を制限することで、測定誤差を小さくすることもできる。視野角制限フィルムは単独のシートを応力表示部材の表面に配置して使用してもよく、または応力表示部材の視認側の最表面に積層して応力表示部材を構成する層としてもよい。

[0080] ひずみ測定の際は光源として、太陽光や蛍光灯、白熱灯などの光などいずれを用いてもよい。

第１の態様の応力表示部材を用いたひずみ測定において、選択反射層の選択反射波長と同一波長の光を光源として測定すると、応力が無い場合は光源からの光が反射されるが、応力が生じてピーク波長がシフトすると反射率が低下する。これにより、単一波長の場合は明暗として応力を検知することができ、２種類以上の波長の場合は合成される光の呈色が変化して、応力を検知することができる。この明暗の検知は、光源から照射される光の波長域を

狭くすることで感度を上げることができる。特に光源から照射される光の波長域は選択反射層の選択反射波長帯域よりも小さくすることで感度を上げることができる。言い換えると光源からの光の半値幅（発光スペクトル等から算出できるもの）は、選択反射層の反射スペクトルから算出できる選択反射光の半値幅より小さいことが好ましい。光源からの光の半値幅は具体的には１００ｎｍ以下であることが好ましく、５０ｎｍ以下であることがさらに好ましい。

実施例

[0081] 以下に実施例を挙げて本発明をさらに具体的に説明する。以下の実施例に示す材料、試薬、物質量とその割合、操作等は本発明の趣旨から逸脱しない限り適宜変更することができる。従って、本発明の範囲は以下の実施例に限定されるものではない。

[0082] （応力表示部材の評価方法）

各実施例で用いた評価方法は以下のとおりである。

ひずみを測定する対象物に応力表示部材を貼り付けたものをダンベル状に打ち抜き、引っ張り試験機（（株）東洋精機製作所社製　STRONGRAPH-M1）で5mm/分の速度で引張応力を印加した。

ひずみ量は、引っ張り試験機でのひずみ測定対象物の伸び量から算出した。

[0083] 実施例１～７では応力表示部材の反射波長変化を、実施例８～１７、２０、２１では応力表示部材の反射率の変化（明暗）を、実施例１８、１９では2つの選択反射波長の反射率の変化による色の変化を、それぞれ応力表示部材の、選択反射層に対して遮光層と反対側の面から光を照射して測定した。

応力表示部材に対して垂直方向からの目視による測定、および反射型分光装置（Ocean Optics製USB2000＋）による顕微分光スペクトル測定を行い、評価した。

[0084] 目視による評価については、応力表示部材の選択反射光の色または明暗の変化を明確に判別可能の場合はＡ、わずかに変化が認められる場合はＢ、判

別不可の場合はＣとした。同様に、分光光度計での評価については、選択反射光の波長シフトまたは反射率の変化を明確に判断可能な場合はＡ、わずかに認められる場合はＢ、測定誤差範囲内で判別不可の場合はＣとした。

フィルムの色味の均一性については、目視によって色ムラがみられず均一であった場合をＡ、色ムラがわずかにみられやや不均一であった場合をＢ、発色や色ムラがみられる等で色味が不均一であった場合をＣとした。

評価結果を表１に示す。

[0085] （実施例１～７）

〈コレステリック液晶層用塗布液（R1）の調整〉

下記化合物1、化合物2、フッ素系水平配向剤、キラル剤、重合開始剤、溶媒メチルエチルケトンを混合し、下記組成の塗布液を調整した。

・下記化合物1(２官能) ＋下記化合物2(単官能)

（表１に記載の質量比） 100質量部

・下記フッ素系水平配向剤1 0.1質量部

・下記フッ素系水平配向剤2 0.007質量部

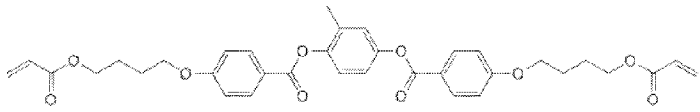
・下記右旋回性キラル剤LC756（BASF社製） 6.6質量部

・重合開始剤IRGACURE819（BASF社製） 3質量部

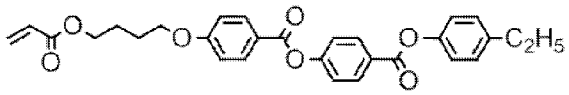
・溶媒（メチルエチルケトン） 溶質濃度が30質量％となる量

[0086]

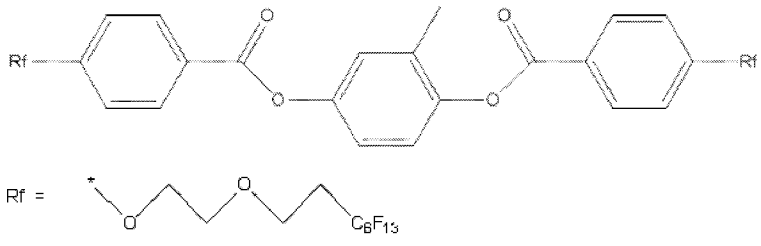
[化1]



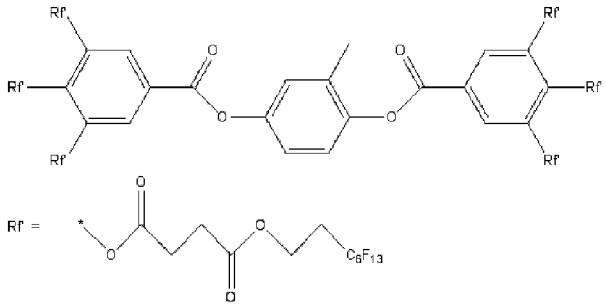
化合物１



化合物２



フッ素系水平配向剤１



フッ素系水平配向剤２

[0087] <選択反射層の形成>

支持体としてPETフィルム（下塗り層無し、富士フィルム(株)製、厚み50μm、大きさ210mm×300mm）を用いて、PETフィルムの表面に対してラビング処理（レーヨン布、圧力：0.1kgf、回転数：1000rpm、搬送速度10m/min、回数：1往復）を施した。

次いで、上記PETフィルムのラビングした表面に塗布液（R1）をワイヤーバーを用いて乾燥後の膜の厚みが5μmになるように室温にて塗布した。室温にて30秒間乾燥させて溶剤を除去した後、90℃の雰囲気で2分間加熱し、その後35℃で保持してコレステリック液晶相を形成した。次いで、フュージョンU

Ｖシステムズ（株）製無電極ランプ「Ｄバルブ」（９０ｍＷ／ｃｍ）にて、出力６０％で６～１２秒間ＵＶ照射し、液晶化合物を重合反応させてコレステリック液晶相を固定し、ＰＥＴフィルム上にコレステリック液晶層を有するフィルムを作製して、実施例１～７の応力表示部材を得た。実施例１～７の応力表示部材の透過スペクトルを測定したところ、選択反射波長は454nmであった。

[0088] ひずみ測定の対象物として黒ビニルテープ（ニチバン(株)製ＶＴ-５０）を準備し、黒ビニルテープの粘着層面に応力表示部材の支持体側を貼り付けた。黒ビニルテープが遮光層として機能するため、応力表示部材には遮光層を積層しなかった。

[0089] （実施例８～１０）

<コレステリック液晶層用塗布液（R2）の調整>

下記化合物1、化合物2、フッ素系水平配向剤、キラル剤、重合開始剤、溶媒メチルエチルケトンを混合し、下記組成の塗布液を調整した。

・化合物1	80質量部
・化合物2	20質量部
・フッ素系水平配向剤1	0.1質量部
・フッ素系水平配向剤2	0.007質量部
・右旋回性キラル剤LC756（BASF社製）	6.6質量部
・重合開始剤IRGACURE819（BASF社製）	3質量部
・溶媒（メチルエチルケトン）	溶質濃度が30質量％となる量

[0090] <配向層用塗布液（H1）の調整>

下記に示す組成の配向層用塗布液を調整した。

・変性ポリビニルアルコールPVA203(クラレ社製)	10質量部
・グルタルアルデヒド	0.5質量部
・水	371質量部
・メタノール	119質量部

[0091] <遮光層用塗布液(B1)の調整>

まず下記組成の顔料分散物(K1)、バインダー1、モノマー１、界面活性剤1を調整した。

顔料分散物(K1)

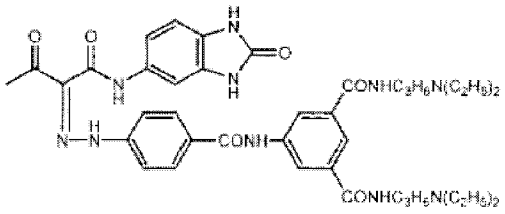
・カーボンブラック（デグッサ社　Nipex35）　13.1質量％

・下記分散剤1　0.65質量％

・ポリマー1　（ベンジルメタクリレート／メタクリル酸＝72/28モル比のランダム共重合物、重量平均分子量3.7万）　6.72質量％

・プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート　79.53質量％

[0092] [化2]



分散剤１

[0093] バインダー1

・ポリマー2　（ベンジルメタクリレート／メタクリル酸＝78/22モル比のランダム共重合体、重量平均分子量3.8万）　27質量％

・プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート　73質量％

モノマー1

・ペンタエリスリトールテトラアクリレート　75質量％

（新中村化学工業製　NKエステル　A-TMMT）

・メチルエチルケトン　25質量％

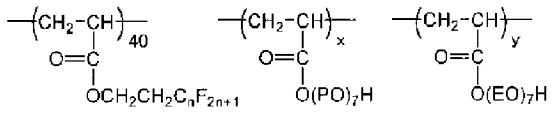
界面活性剤1

・下記化合物3　30質量％

・メチルエチルケトン　70質量％

[0094]

[化3]



(n = 6, X = 55, y = 5,

Mw = 33940, Mw / Mn = 2.55

PO : プロピレンオキサイド, EO : エチレンオキサイド)

化合物 3

[0095] 次いで、顔料分散物（K1）、バインダー1、モノマー1、界面活性剤1を用いて下記組成の遮光層用塗布液を調整した。

・顔料分散物（K1） 29.2質量%

・プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート 8.0質量%

・メチルエチルケトン 32.3質量%

・シクロヘキサノン 8.5質量%

・バインダー1 15.4質量%

・フェノチアジン 0.01質量%

・モノマー1 6.3質量%

・2,4－ビス（トリクロロメチル）－6－[4′－（N, N－ビス（エトキシボニルメチル）アミノ－3′－ブロモフェニル]－ｓ－トリアジン 0.2質量%

・界面活性剤1 0.1質量%

[0096] <支持体>

複屈折性層を兼ねる支持体として、実施例８ではポリプロピレンフィルム（東洋紡(株)製 P1128、厚み60μm、大きさ210mm×300mm）、実施例９ではポリエチレンテレフタレートフィルム（富士フィルム(株)製、厚み50μm、大きさ210mm×300mm）、実施例１０ではポリカーボネートフィルム((株)インターナショナル・ケミカル社製 AA-50、厚み50μm、大きさ210mm×300mm)を使用した。位相差測定装置（日本分光（株）製　分光エリプソメーターM-220）で測定した各支持体の光弾性係数は表１に示すとおりであった。

[0097] <選択反射層の形成>

支持体の片面にプラズマ処理（積水化学工業（株）製 常圧プラズマ表面処

理装置、処理量：28.4kJ/m²）を行い、プラズマ処理面上に配向層用塗布液（H1）をワイヤーバーを用いて、乾燥後の膜厚が1.0μmになるように塗布した。配向層に対してラビング処理（レーヨン布、圧力：0.1kgf、回転数：1000rpm、搬送速度10m/min、回数：1往復）を施した。次いで、上記塗布液(R1)を、ラビング処理を施した配向層表面にワイヤーバーを用いて、乾燥後の膜の厚みが5μmになるように室温にて塗布した。塗布層を室温にて30秒間乾燥させて溶剤を除去した後、90℃の雰囲気で2分間加熱し、その後35℃で保持してコレステリック液晶相を形成した。次いで、フュージョンＵＶシステムズ（株）製無電極ランプ「Ｄバルブ」（９０ｍＷ／ｃｍ）にて、出力６０％で６～１２秒間ＵＶ照射し、液晶化合物を重合反応させてコレステリック液晶相を固定し、ポリプロピレンフィルム上にコレステリック液晶層を有するフィルム（Ｆ１）を作製した。

[0098] <遮光層の積層>

フィルム(F1)のコレステリック液晶層の上に、遮光層用塗布液(B1)をワイヤーバーを用いて、乾燥後の膜の厚みが1.1μmになるように塗布した。次いで100℃にて2分間乾燥させて溶剤を除去した後、次いで、フュージョンＵＶシステムズ（株）製無電極ランプ「Ｄバルブ」（９０ｍＷ／ｃｍ）にて、出力６０％で６～１２秒間ＵＶ照射し、光学濃度2.0の遮光層を積層し、実施例８～１０の応力表示部材を得た。

<対象物への貼り付け>

ひずみ測定の対象物としてポリエステルフィルム（東レ（株）製 ルミラー５００－Ｈ１０、厚み４８０μｍ）を用い、実施８～１０の応力表示部材の遮光層を接着材（（株）共和電業製、ＣＣ－３６）でポリエステルフィルムに貼り付けた。

[0099] <応力による選択反射波長の反射率変化の測定>

光源を円偏光にするため、円偏光フィルター((株)美舘イメージング製　TCPL200）を実施例８～１０の応力表示部材の支持体面上に配置して、円偏光フィルターを介して昼光色蛍光灯（（株）日立製作所　FLR40SW/M-B）の光を

応力表示部材に照射して、応力による選択反射波長の反射率変化を測定した。

[0100] （実施例１１～１３）

実施例８～１０において、反射率変化の測定に用いた円偏光フィルターを応力表示部材の支持体面上に接着剤（（株）共和電業社製　ＣＣ－３６）を用いて積層して応力表示部材の一部とした以外は、実施例８～１０とそれぞれ同様に実施例１１～１３の応力表示部材を作製した。実施８～１０と同様に応力表示部材をポリエステルフィルムに貼り付け、応力による選択反射波長の反射率変化を測定した。

[0101] （実施例１４）

支持体としてポリカーボネートフィルムの代わりに円偏光フィルター（(株)美舘イメージング製　TCPL200）を使用し、円偏光フィルターのλ/4位相差層上に配向層、コレステリック液晶層を実施例１０のコレステリック液晶層と同様に形成し、さらに、実施例１０の遮光層と同様に遮光層を形成して実施例１４の応力表示部材を作製した。円偏光フィルターの直線偏光層側から昼光色蛍光灯の光を照射させて反射率変化を測定した。

[0102] （実施例１５～１７）

実施例８～１０において、支持体の配向層、コレステリック液晶層および遮光層を積層した面と反対側の面にも同様に配向層およびコレステリック液晶層を積層し、実施例１５～１７の応力表示部材をそれぞれ作製した。実施８～１０と同様に応力表示部材をポリエステルフィルムに貼り付け、円偏光フィルターを使用せずに昼光色蛍光灯（（株）日立製作所　FLR40SW/M-B）の光を照射させた。

[0103] （実施例１８）

実施例１７において作製されたコレステリック液晶層の上に、コレステリック液晶層用塗布液（R2）において右旋回性キラル剤の組成が6.1質量部である塗布液を用いて追加のコレステリック液晶層を積層した以外は、実施例１７と同様に実施例１８の応力表示部材を作製した。２層のコレステリック液

晶層の選択反射波長はそれぞれ454nmおよび503nmであった。

[0104] （実施例１９）

実施例１７において、コレステリック液晶層の上に、コレステリック液晶層用塗布液（R2）において右旋回性キラル剤の組成が5.1質量部である塗布液を用いて追加のコレステリック液晶層を積層した以外は、実施例１７と同様に実施例１９の応力表示部材を作製した。２層のコレステリック液晶層の選択反射波長はそれぞれ454nmおよび595nmであった。

[0105] （実施例２０）

実施例１７において、コレステリック液晶層の上に、コレステリック液晶装用塗布液（R2）において右旋回性キラル剤の組成が３．８質量部である塗布液を用いて追加のコレステリック液晶層を積層した以外は、実施例１７と同様に実施例１９の応力表示部材を作製した。２層のコレステリック液晶層の選択反射波長はそれぞれ454nmおよび694nmであった。

[0106] （実施例２１）

ポリカーボネートフィルムのロール（（株）インターナショナル・ケミカル社製 AA-50、厚み50μm、幅300mm、長さ1000m）を支持体として使用して、バーコーターでの塗布により配向層、コレステリック液晶層、遮光層を実施例１０と同様の組成および方法で連続的に積層し、実施例２１の応力表示部材を、Roll to Rollで作製した。この応力表示部材を用いて、実施例１０と同じ測定を実施した。

[0107] （実施例２２）

実施例９で作製した応力表示部材のコレステリック液晶層を、接着剤（（株）共和電業製　ＣＣ－３６）を使用してポリカーボネート（（株）インターナショナル・ケミカル社製 AA-50、厚み50μm）に貼り付け、24時間放置した後に応力表示部材のポリエチレンテレフタレート基材を剥離することで、ポリカーボネート基材の応力表示部材を作製した。この応力表示部材を用いて、実施例１０と同じ測定を実施した。

[0108] （比較例１）

特開２００６－２８２０２号公報の実施例３に記載の方法に従って応力表示部材を100㎜×100㎜の大きさで作製したところ、面内に大きな色ムラがあり、均一な応力表示部材を作製することができなかった。また単分散粒子を自己組織化させるための乾燥工程、およびポリジメチルシリコーンの硬化工程にそれぞれ1日程度がかかった。

[0109] （比較例２）

コレステリック液晶層用塗布液の代わりに下記の組成物を使用して、実施例１と同様の手順で応力表示部材を作製したが、温度によって色が変化し、応力表示部材としての使用に適するものではなかった。

・コレステリルオレイルカーボネート　55質量％

・コレステリルクロライド　31質量％

・コレステリル4－n－ブトキシフェニルカーボネート　14質量％

[0110]

[表1]

	方式	2官能/単官能	選択反射ピーク波長	円偏光分離層	複屈折性層光弾性係数	応力表示部材の厚み	光源	外部温度の影響	フィルムの色味の均一性	ひずみ量：5%未満		ひずみ量：5%以上（亀裂が生じるひずみ量以下）		亀裂が生じるひずみ量
										測定器の評価	目視での判別	測定器の評価	目視での判別	
実施例1	重合性コレステリック液晶	20/80	454nm	—	PET（支持体）	55μm	昼光色蛍光灯	なし	C					
実施例2		30/70	454nm	—	PET（支持体）	55μm	昼光色蛍光灯		B	B	C	A	B	32%
実施例3		40/60	454nm	—	PET（支持体）	55μm	昼光色蛍光灯		A	B	C	A	B	28%
実施例4		80/20	454nm	—	PET（支持体）	55μm	昼光色蛍光灯		A	B	C	A	B	25%
実施例5		90/10	454nm	—	PET（支持体）	55μm	昼光色蛍光灯		A	B	C	A	B	22%
実施例6		95/5	454nm	—	PET（支持体）	55μm	昼光色蛍光灯		A	B	C	A	B	21%
実施例7		100/0	454nm	—	PET（支持体）	55μm	昼光色蛍光灯		A	B	C	A	B	20%
実施例8	重合性コレステリック液晶	80/20	454nm	—	PP -18×10^{-12}	65μm	円偏光	なし	A	C	C	B	B	
実施例9		80/20	454nm	—	PET 38×10^{-12}	55μm	円偏光	なし	A	A	A	A	A	
実施例10		80/20	454nm	—	PC 88×10^{-12}	55μm	円偏光	なし	A	A	A	A	A	
実施例11		80/20	454nm	円偏光フィルター	PP -18×10^{-12}	365μm	昼光色蛍光灯	なし	A	C	C	B	B	
実施例12		80/20	454nm	円偏光フィルター	PET 38×10^{-12}	355μm	昼光色蛍光灯	なし	A	A	A	A	A	
実施例13		80/20	454nm	円偏光フィルター	PC 88×10^{-12}	355μm	昼光色蛍光灯	なし	A	A	A	A	A	
実施例14		80/20	454nm	円偏光フィルター（λ/4PC）	—	305μm	昼光色蛍光灯	なし	A	B	C	A	B	
実施例15		80/20	454nm	コレステリック液晶	PP -18×10^{-12}	60μm	昼光色蛍光灯	なし	A	C	C	B	B	
実施例16		80/20	454nm	コレステリック液晶	PET 38×10^{-12}	60μm	昼光色蛍光灯	なし	A	A	B	A	A	
実施例17		80/20	454nm	コレステリック液晶	PC 88×10^{-12}	60μm	昼光色蛍光灯	なし	A	A	B	A	A	
実施例18		80/20	454nm, 503nm	コレステリック液晶	PC 88×10^{-12}	70μm	昼光色蛍光灯	なし	A	B	C	A	B	
実施例19		80/20	454nm, 595nm	コレステリック液晶	PC 88×10^{-12}	70μm	昼光色蛍光灯	なし	A	A	B	A	A	
実施例20		80/20	454nm, 694nm	コレステリック液晶	PC 88×10^{-12}	70μm	昼光色蛍光灯	なし	A	A	A	A	A	
実施例21	重合性コレステリック液晶	80/20	454nm	—	PC 88×10^{-12}	55μm	円偏光	なし	A	A	A	A	A	
実施例22		80/20	454nm	—	PC 88×10^{-12}	55μm	円偏光	なし	A	A	A	A	A	
比較例1	単分散粒子							なし	C					
比較例2	通常のコレステリック液晶							あり	A					

符号の説明

[0111] 1　選択反射層

2　複屈折性層

3　支持体

4　円偏光分離層（コレステリック液晶層）

5　直線偏光分離層

6　λ／４位相差層

7　遮光層

8　接着層

請求の範囲

[請求項1] 選択反射層を含み、
前記選択反射層は重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られるコレステリック液晶層を１層以上含み、
前記選択反射層は選択反射波長で右円偏光または左円偏光のいずれか一方のセンスの円偏光を選択的に反射する層である応力表示部材。

[請求項2] 前記重合性液晶化合物が、重合性基を2つ以上有する多官能性液晶化合物と、重合性基を1つのみ有する単官能性液晶化合物とを含み、前記多官能性液晶化合物と前記単官能性液晶化合物との質量比率が３０/７０～９９/１である、請求項１に記載の応力表示部材。

[請求項3] 複屈折性層をさらに含み、前記複屈折性層は応力が加わると複屈折性が変化する層である、請求項１または２に記載の応力表示部材。

[請求項4] 複屈折性層の、単位Ｐａ$^{-1}$で表される光弾性係数の絶対値が２０×１０$^{-12}$以上１×１０$^{-6}$以下である、請求項３に記載の応力表示部材。

[請求項5] 円偏光分離層をさらに含み、前記円偏光分離層は前記選択反射波長を含む波長域で円偏光を選択的に透過させる層である、請求項３または４に記載の応力表示部材。

[請求項6] 前記円偏光分離層が透過させる円偏光のセンスが、前記選択反射層が選択的に反射する円偏光のセンスと同一である、請求項５に記載の応力表示部材。

[請求項7] 前記円偏光分離層が透過させる円偏光のセンスが、前記選択反射層が選択的に反射する円偏光のセンスと逆である、請求項５に記載の応力表示部材。

[請求項8] 前記選択反射層、前記複屈折性層、前記円偏光分離層をこの順に含む、請求項５～７のいずれか一項に記載の応力表示部材。

[請求項9] 前記円偏光分離層が、直線偏光分離層とλ／４位相差層とを含む積層体からなる層である請求項５～８のいずれか一項に記載の応力表示部材。

[請求項10] 前記λ／４位相差層の、単位Ｐａ$^{-1}$で表される光弾性係数の絶対値が２０×１０$^{-12}$以上１×１０$^{-6}$以下である請求項９に記載の応力表示部材。

[請求項11] 前記円偏光分離層が、重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られるコレステリック液晶層を含む請求項５～８のいずれか一項に記載の応力表示部材。

[請求項12] 前記選択反射層に含まれる一層以上のコレステリック液晶層の螺旋ピッチと前記円偏光分離層に含まれる一層以上のコレステリック液晶層の螺旋ピッチとが同一である請求項１１に記載の応力表示部材。

[請求項13] 前記選択反射層が重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により得られるコレステリック液晶層を２層以上含み、前記２層以上のコレステリック液晶層の螺旋ピッチが異なっている、請求項３～１２のいずれか一項に記載の応力表示部材。

[請求項14] 前記の２層以上のコレステリック液晶層が円偏光を選択的に反射するピーク波長の差が50nm以上である、請求項１３に記載の応力表示部材。

[請求項15] １０００μm以下の膜厚のフィルムである、請求項１～１４のいずれか一項に記載の応力表示部材。

[請求項16] 接着層を最外層に含む、請求項１～１５のいずれか一項に記載の応力表示部材。

[請求項17] 遮光層を含む、請求項１～１６のいずれか一項に記載の応力表示部材。

[請求項18] 請求項１～１７のいずれか一項に記載の応力表示部材を対象物に接着させること、および前記応力表示部材に前記選択反射波長を含む波長域の光を照射して得られる反射光または透過光を測定することを含む、前記対象物のひずみ測定方法。

[請求項19] 請求項１～１６のいずれか一項に記載の応力表示部材、遮光フィルムおよび対象物をこの順となるように配置して前記応力表示部材と前記

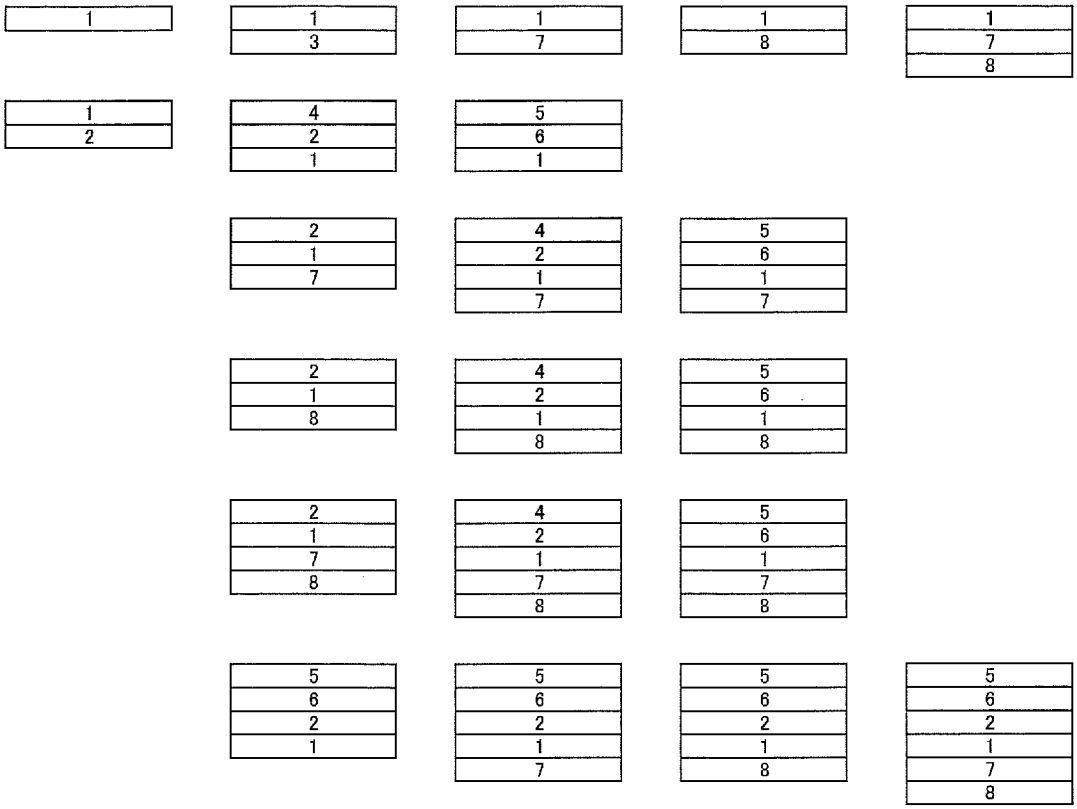
遮光フィルムと前記対象物とを接着させること、および前記応力表示部材に光を照射して得られる反射光を測定することを含む、前記対象物のひずみ測定方法。

[請求項20] 請求項３～１４のいずれか一項に記載の応力表示部材を対象物に接着させること、および前記選択反射波長を含む波長域の円偏光を前記応力表示部材に照射して得られる反射光を測定することを含む、前記対象物のひずみ測定方法。

[請求項21] 請求項１～１７のいずれか一項に記載の応力表示部材を対象物に接着させること、および前記応力表示部材に光を照射して得られる反射光または透過光を測定することを含み、照射される前記光のピーク波長が前記選択反射層が選択的に光を反射する波長域内にあり、照射される前記光の波長域が前記選択反射層が選択的に光を反射する波長域よりも小さい、前記対象物のひずみ測定方法。

[請求項22] 視野角制限フィルムを介して前記測定を行う、請求項１８～２１のいずれか一項に記載のひずみ測定方法。

[図1]


1
1 3
1 7
1 8
1 7 8
1 2
4 2 1
5 6 1
2 1 7
4 2 1 7
5 6 1 7
2 1 8
4 2 1 8
5 6 1 8
2 1 7 8
4 2 1 7 8
5 6 1 7 8
5 6 2 1
5 6 2 1 7
5 6 2 1 8
5 6 2 1 7 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/072743

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B5/30(2006.01)i, *G01B11/16*(2006.01)i, *G01L1/00*(2006.01)i, *G01L1/24*(2006.01)i, *G02F1/13*(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)
G02B5/30, G01B11/16, G01L1/00, G01L1/24, G02F1/13

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 55-31402 B2 (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 18 August 1980 (18.08.1980), entire text; all drawings (Family: none)	1-22
Y	JP 2009-175550 A (Nippon Zeon Co., Ltd.), 06 August 2009 (06.08.2009), paragraphs [0002], [0015], [0016], [0018], [0059], [0120] (Family: none)	1-22

☐ 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
"T" 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 20 October, 2014 (20.10.14)	Date of mailing of the international search report 28 October, 2014 (28.10.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０７２７４３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B5/30(2006.01)i, G01B11/16(2006.01)i, G01L1/00(2006.01)i, G01L1/24(2006.01)i, G02F1/13(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B5/30, G01B11/16, G01L1/00, G01L1/24, G02F1/13

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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）

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	関連する請求項の番号
Ｙ	JP 55-31402 B2（工業技術院長）1980.08.18, 全文、全図（ファミリーなし）	１－２２
Ｙ	JP 2009-175550 A（日本ゼオン株式会社）2009.08.06, 段落［０００２］［００１５］［００１６］［００１８］［００５９］［０１２０］(ファミリーなし)	１－２２

☐　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の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	国際調査報告の発送日
２０．１０．２０１４	２８．１０．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
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）　２Ｏ　９２２５
藤岡　善行
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７１