

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3380901号
(P3380901)

(45) 発行日 平成15年2月24日 (2003. 2. 24)

(24) 登録日 平成14年12月20日 (2002. 12. 20)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 N 25/02
21/41

G 0 1 N 25/02
21/41

Z
Z

請求項の数 5 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-310615(P2000-310615)
(22) 出願日 平成12年10月11日 (2000. 10. 11)
(65) 公開番号 特開2002-116164(P2002-116164A)
(43) 公開日 平成14年4月19日 (2002. 4. 19)
審査請求日 平成12年10月11日 (2000. 10. 11)

特許法第30条第1項適用申請有り 2000年9月3日社団法人応用物理学会発行の「2000年(平成12年)秋季第61回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 第3分冊」に発表

(73) 特許権者 391012246
静岡大学長
静岡県静岡市大谷836
(72) 発明者 杉原 興浩
静岡県浜松市広沢1-22-12 合同宿舎
広沢住宅4-42号
(72) 発明者 岡本 尚道
静岡県浜松市増楽町2578
(72) 発明者 富木 政宏
静岡県浜松市文丘町5-22
(74) 代理人 100072051
弁理士 杉村 興作 (外1名)
審査官 横井 亜矢子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高分子材料の熱光学定数測定方法及び高分子薄膜の熱光学定数測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高分子材料の温度を変化させて異なる複数の温度に保持するとともに、それぞれの温度に保持された高分子材料の表面に光を入射させて、前記高分子材料の前記表面から複数のモードの反射光を得、これら複数のモードの反射光の反射角度を求めることにより、前記高分子材料の熱光学定数を測定することを特徴とする、高分子材料の熱光学定数測定方法。

【請求項2】 T Eモード光及びT Mモード光を前記高分子材料の前記表面に入射させ、前記T Eモード光及び前記T Mモード光のそれぞれに対する複数のモードの反射光の反射角度を求めることにより、前記高分子材料の前記熱光学定数を測定するとともに、前記熱光学定数の異方性を測定することを特徴とする、請求項1に記載の高分子材料の熱光学定数測定方法。

【請求項3】 所定の基板と、この基板上に形成された高分子薄膜とを具えた高分子デバイスにおいて、前記高分子薄膜の温度を変化させて異なる複数の温度に保持するとともに、それぞれの温度に保持された前記高分子薄膜の表面に光を入射させて、前記高分子薄膜の前記表面から複数のモードの反射光を得、これら複数のモードの反射光の反射角度を求めることにより、前記高分子薄膜の熱光学定数を測定することを特徴とする、高分子薄膜の熱光学定数測定方法。

【請求項4】 T Eモード光及びT Mモード光を前記高分子薄膜の前記表面に入射させ、前記T Eモード光及び前記T Mモード光のそれぞれに対する複数のモードの反射光の反射角度を求めることにより、前記高分子薄膜の前記熱光学定数を測定するとともに、前記熱光学定数の異方性を測定することを特徴とする、請求項3に記載の

高分子薄膜の熱光学定数測定方法。

【請求項5】 前記高分子デバイスは高分子光導波路デバイスであり、前記高分子薄膜は高分子光導波路を構成することを特徴とする、請求項3又は4に記載の高分子薄膜の熱光学定数測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高分子材料の熱光学定数測定方法及び高分子薄膜の熱光学定数測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】マルチメディアアプリケーションの増大に伴い、情報量の爆発的増加に対する情報処理能力の向上が急速に求められている。特に、従来の電気配線実装に代わる光インターコネクション技術の開発が急速に進んでおり、隣接するボード間、さらにはボード内のチップ間からチップ内というように、微小領域における光インターコネクションの開発が要求されている。

【0003】これらの隣接場においては、曲げ損失及び曲げ中心数の増大や、ファイバ余長処理の必要性などにより、従来のガラスを中心とした無機材料からなる光ファイバ及び光導波路の使用が極度に制限されている。このため、ガラスなどの無機材料に代わる柔軟性の高い材料、及びそれを用いた柔軟性の高いデバイスの出現が望まれている。

【0004】高分子材料は、上記要件を満足するとともに、スピコート法やディップ法などによる薄膜形成が容易であり、上記光導波路を構成する材料として適している。さらに、高分子薄膜は、製膜プロセス中に高温プロセスを含まないことから、石英などの無機材料基板のみでなく、高分子基板上などにも容易に形成することができる。このため、光通信分野における光集積回路や光情報処理分野における光配線板などとして、上記高分子薄膜を具えた光導波路部品が大量及び安価に製造できることが期待されている。

【0005】実際、アクゾノーベル社やNTT社において、熱光学スイッチなどとして使用可能な、1ms程度の応答速度を有する光導波路デバイスが開発されている。このような光導波路デバイスにおいては熱光学特性が極めて重要な物理特性であり、熱光学定数を簡便に測定する方法を開発することが急務となっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】熱光学定数を測定するための方法としては、高分子材料を所定の形状に成形した後にプリズム型に切り出し、このプリズム型の成形体の各温度における屈折率を測定することによって導出する方法が採られていた。この方法は、基板など、他の物質との接触による応力の影響がないために、前記高分子材料本来の熱光学定数を測定できるという長所を有する。

【0007】しかしながら、上記方法においても、プリズム型の成形体に切り出す際のせん断応力による残留応力に起因して、前記成形体が二色性を有する場合がある。前記残留応力は、前記成形体をアニールしても容易に除去することは難しく、この結果、前記高分子材料の熱光学定数を正確に測定することは困難を極めていた。

【0008】本発明は、高分子光導波路デバイスなどに使用する高分子材料又は高分子薄膜の熱光学定数に対する新規な測定方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、高分子材料の温度を変化させて異なる複数の温度に保持するとともに、それぞれの温度に保持された高分子材料の表面に光を入射させて、前記高分子材料の前記表面から複数のモードの反射光を得、これら複数のモードの反射光の反射角度を求めることにより、前記高分子材料の熱光学定数を測定することを特徴とする、高分子材料の熱光学定数測定方法に関する。

【0010】また、本発明は、所定の基板と、この基板上に形成された高分子薄膜とを具えた高分子デバイスにおいて、前記高分子薄膜の温度を変化させて異なる複数の温度に保持するとともに、それぞれの温度に保持された前記高分子薄膜の表面に光を入射させて、前記高分子薄膜の前記表面から複数のモードの反射光を得、これら複数のモードの反射光の反射角度を求めることにより、前記高分子薄膜の熱光学定数を測定することを特徴とする、高分子薄膜の熱光学定数測定方法に関する。

【0011】本発明者らは、高分子光導波路デバイスなどに使用する高分子材料又は高分子薄膜の熱光学定数に対する新規な測定方法を見出すべく鋭意検討を実施した。その結果、上記高分子材料又は高分子薄膜に対してモードライン法を適用し、複数のモードの反射光の反射角度から屈折率 n_g を求める。そして、前記高分子材料又は前記高分子薄膜を加熱又は冷却してそれらの温度を変化させ、異なる複数の温度で前記操作を実施することにより、各温度 T での屈折率 n_g を求める。次いで、屈折率 n_g をそれら温度 T に対してプロットしてグラフ化すると、このグラフの勾配から熱光学定数 dn_g/dT が求められることを見出したものである。

【0012】本発明によれば、上記のように高分子材料又は高分子薄膜に対して直接的に光を入射させ、前記高分子材料又は前記高分子薄膜からの複数のモードの反射光を利用している。したがって、従来と異なり、熱光学定数を測定する際に前記高分子材料又は前記高分子薄膜を所定の形状に切り出す必要がない。このため、残留応力による円二色性の問題を生じることなく、熱光学定数の正確な測定が可能となる。また、前記高分子材料及び前記高分子薄膜の熱光学定数を、それらを用いるデバイス形状のまま測定することができるので、熱光学定数の測定操作が極めて簡易化される。

【0013】さらに、本発明の好ましい態様においては、前記高分子材料又は前記高分子薄膜の熱光学定数の測定に際して、TEモード光及びTMモード光を用いることができる。これによって、前記熱光学定数の異方性を測定することができる。なお、本発明における熱光学定数とは、上記内容から明らかなように、屈折率 n_g の温度 T に対する変化率 dn_g/dT を意味するものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の熱光学定数の測定方法に使用する測定系の一例を示す図であり、図2は、測定試料部分を拡大して示す図である。本例においては、高分子光導波路素子を構成する高分子薄膜の熱光学定数を測定する場合について説明する。

【0015】図1に示す測定系は、He-Neレーザなどの光源1と、基板2と、偏光子3と、レンズ4と、回転ステージ5と、スクリーン6とを具えている。回転ステージ5上には、高分子光導波路素子10が設置されている。そして、図2に示すように、高分子光導波

$$W = (m+1) \cdot \arctan(n_g/n_s) - \arctan(n_g/n_t) \quad (1)$$

$$= k(n_g - N_{eff})^{1/2} \quad (2)$$

$$P_s = k(N_{eff} - n_s)^{1/2} \quad (3)$$

$$P_t = k(N_{eff} - n_t)^{1/2} \quad (4)$$

として表すことができる。ここで、 W は高分子薄膜12の厚さを表し、 N_{eff} は透過屈折率を表す。また、 n_s 、 n_t 、 n_g はそれぞれ基板11、トップ層(空気層)、高分子薄膜12のTEモードの屈折率を表し、 m

$$\sin \theta = N_{eff} + q / k \quad (q = 0, \pm 1, \pm 2) \quad (5)$$

なる関係がある。ここで、 k は高分子薄膜12の格子周期である。

【0019】(1)~(5)式において、 n_s 、 n_t 、及び k が既知であるとする、 W 、 n_g 、及び N_{eff} が未知となる。そして、上述したように、反射角度 θ_0 及び θ_1 の反射光がモード数 $m=0$ 及び1に対応するとすると、(5)式から N_{eff} が求まるとともに、(1)式において W を消去することができる。したがって、(1)式は n_g のみの方程式となり、(5)式からの N_{eff} 及び n_s 、 n_t などの既知の値を用いて n_g を求めることができる。さらに、 k が未知であっても、 $m=0$ 、1、及び2に相当する反射光が得られている場

$$W = (m+1) \cdot \arctan(n_s/n_g) - \arctan(n_t/n_g) \quad (6)$$

となる。 n_s 、 n_t 、 P_s 及び P_t については、上記同様に(2)~(4)式で表される。

【0022】したがって、この場合においても、前述した操作によってモード $m=0$ 及び1における反射角度 θ_0 及び θ_1 に対して、(5)式より N_{eff} を求め、(6)式において W を消去することにより、 n_g を導出

路素子10は、所定の基板11と、この基板上に形成された、光導波路を構成する格子状の高分子薄膜12を有している。また、基板11の下側には、基板11と接触するようにして基板11を所定の温度に加熱するためのヒータ7が設けられている。

【0016】光源1から出射された光は、基板2に至り、TEモード又はTMモードの光が選択的に透過される。そして、透過したTEモード又はTMモードの光は偏光子3によって偏光が揃えられ、レンズ4によって収束された後、高分子光導波路素子10表面の高分子薄膜12に入射される。すると、高分子薄膜12からの反射光がスクリーン6上に映し出される。このとき、複数のモードの反射光が得られるように、回転ステージ5を回転させて高分子薄膜12に対するTEモード光又はTMモード光の入射角度を調節する。

【0017】上記操作により、例えば、TEモード光の入射角度 θ_0 に対して、角度 θ_0 及び θ_1 の2つのモードの反射光が得られたとする。TEモード光に対する高分子光導波路素子10の分散方程式は、

はモード数を表す。 k は伝搬定数である。

【0018】また、透過屈折率 N_{eff} と入射角 θ とは

合は、上記の場合と比べて方程式の数が実質的に1つ増大するので、これらを連立させて解くことにより、上記同様にして n_g を導出することができる。

【0020】そして、基板11の下側に設けられたヒータ7で基板11を複数の異なる温度に加熱し、それぞれの温度において上述した操作を施すことにより、各温度 T における n_g を導出する。次いで、測定された n_g を各温度 T に対してプロットし、このグラフの傾きより熱光学定数 dn_g/dT を得る。

【0021】また、TMモード光に対する分散方程式は、上記(1)式に代えて、

することができる。そして、この操作を各温度に対して実施し、グラフ化してその勾配を求めることにより、熱光学定数 dn_g/dT を得ることができる。

【0023】そして、TEモード光及びTMモード光のそれぞれに対して熱光学定数 dn_g/dT を求めることにより、高分子薄膜12における熱光学定数の異方性を

も知ることができる。

【0024】

【実施例】本実施例では、高分子薄膜12を、ポリカーボネート、ポリアリレート及び耐熱性ポリアリレートから構成することによって、図2に示すような高分子光導波路素子10を作製した。そして、高分子薄膜12に対して上述した操作を施すことにより、各温度に対する屈折率 n_g を求め、これをグラフ化するとともにその勾配を求めることによって、各材料に対する熱光学定数 dn_g/dT を導出した。なお、レーザ光源1として、He-Neレーザを用い、これから発せられるレーザ光のTEモード光及びTMモード光をそれぞれ用いた。得られた結果を表1に示す。

【0025】

【表1】

高分子材料	モード	$dn/dT(1/^{\circ}C)$
ポリカーボネート	TE	-1.6×10^{-4}
	TM	-1.3×10^{-4}
ポリアリレート	TE	-1.7×10^{-4}
	TM	-1.0×10^{-4}
耐熱性ポリアリレート	TE	-1.9×10^{-4}
	TM	-1.3×10^{-4}

【0026】表1の値は、例えば、ポリカーボネートについて文献で報告されている、 -1.4×10^{-4} などの従来値と近似しており、本発明の測定方法により、高分子薄膜12の熱光学定数の測定が可能であることが分かる。また、TEモード光及びTMモード光のそれぞれにおいて、熱光学定数 dn_g/dT の値が異なり、本発明の方法によって高分子薄膜12における熱光学定数 dn_g/dT の異方性をも測定できることが分かる。

【0027】図3は、耐熱性ポリアリレートの熱光学定数 dn_g/dT を導出する際に作成したグラフである。白プロットはTEモード光による各温度Tにおける屈折率 n_g の測定結果を示し、黒プロットはTMモード光による各温度Tにおける屈折率 n_g の測定結果を示す。また、丸プロットは、高分子薄膜12の昇温過程における測定結果を示し、三角プロットは、高分子薄膜12の降温過程における測定結果を示す。

【0028】図3から明らかなように、各モード光に対し、昇温過程及び降温過程における屈折率 n_g のプロットはほぼ一致している。したがって、本発明の測定方法は昇温過程及び降温過程のいずれにおいてもほぼ同一の結果を得ることができ、極めて信頼性の高いことが分かる。なお、昇温及び降温を複数回繰り返しても屈折率 n_g の値は変化することなく、かかる点からも本発明の測

定方法が高い信頼性を有していることが確認された。

【0029】以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいてあらゆる変形や変更が可能である。

【0030】例えば、上記においては2つのモード光が得られる場合について示したが、3つ以上のモードの反射光が得られる場合についても同様にして実施することができる。この場合においては、任意の2つのモードの反射光から反射角度を得、上記操作を行うことによって、熱光学定数 dn_g/dT を得ることができる。また、上記においては、高分子光導波路素子を構成する高分子薄膜についての熱光学定数 dn_g/dT を求める場合について説明したが、その他の素子及びデバイスを構成する高分子薄膜又は高分子材料に対して本発明を適用することができる。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の熱光学定数 dn_g/dT の測定方法によれば、従来と異なり、熱光学定数を測定する際に高分子材料又は高分子薄膜を所定の形状に切り出す必要がない。このため、残留応力による円二色性の問題を生じることなく、熱光学定数の正確な測定が可能となる。また、前記高分子材料及び前記高分子薄膜の熱光学定数を、それらをもつデバイス形状のまま測定することができるので、熱光学定数の測定操作を極めて簡易化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の熱光学定数の測定方法に用いる測定系の一例を示す構成図である。

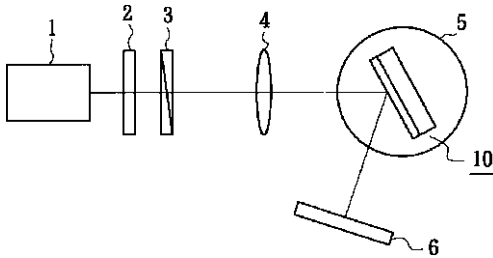
【図2】 図1に示す測定系における測定試料部分の拡大図である。

【図3】 本発明の熱光学定数の測定方法を用いて熱光学定数を導出する際の、屈折率 n_g と測定温度Tとの関係を示すグラフである。

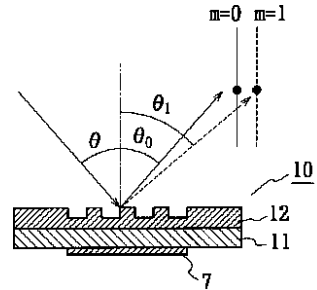
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 / 2板
- 3 偏光子
- 4 レンズ
- 5 回転ステージ
- 6 スクリーン
- 10 高分子光導波路素子
- 11 基板
- 12 高分子薄膜
- 入射角度
- 0、 1 反射角度

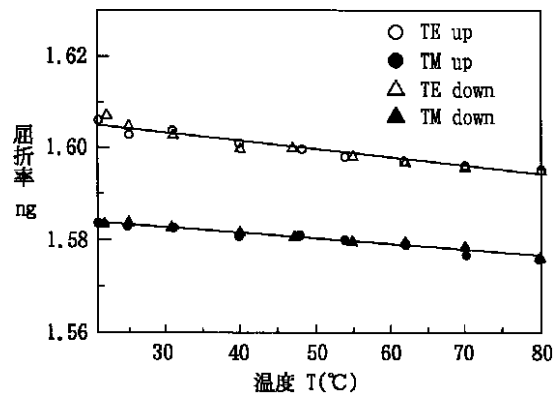
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (56) 参考文献 特開 平 5 - 240786 (J P , A)
 特開 平 7 - 294466 (J P , A)
 特開 平 11 - 352055 (J P , A)
 特開 平 5 - 158084 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.7, DB名)

G01N 25/00 - 25/72

G01N 21/00 - 21/01

G01N 21/17 - 21/61

G01M 11/00

J I C S T ファイル (J O I S)