

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-278422

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 10 月 22 日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/12			G 0 2 B 6/12	F
C 2 3 C 14/20			C 2 3 C 14/20	A

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-101600

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 4 月 4 日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 安藤 慎治

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 澤田 孝

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 岩沢 晃

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中本 宏 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射型光波長板及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 製造と加工が容易で、耐熱性、耐湿性、柔軟性、機械的強度に優れ、しかも膜厚が薄いために過剰損失の小さな反射型光波長板を提供する。

【構成】 フィルム面内の屈折率に異方性を有するポリイミドフィルムとその片面に密着した金属薄膜の反射膜により構成される反射型光波長板。フィルム面内の屈折率に異方性を有するポリイミドフィルムに、真空装置内で金属薄膜を製膜する反射型光波長板の製造方法。製膜をスパッタ法により行うことが好適である。また当該金属薄膜の例としては金薄膜が好適である。

【効果】 導波型光デバイスの高性能化、低価格化と作製プロセスの効率化に有効である。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 フィルム面内の屈折率に異方性を有するポリイミドフィルムとその片面に密着した金属薄膜の反射膜により構成されることを特徴とする反射型光波長板。

【請求項 2】 該金属薄膜の反射膜が、金薄膜の反射膜により構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の反射型光波長板。

【請求項 3】 フィルム面内の屈折率に異方性を有するポリイミドフィルムに、真空装置内で金属薄膜を製膜することを特徴とする反射型光波長板の製造方法。

【請求項 4】 真空装置内でスパッタ法により金属薄膜を製膜することを特徴とする請求項 3 に記載の反射型光波長板の製造方法。

【請求項 5】 該金属薄膜が、金薄膜であることを特徴とする請求項 4 に記載の反射型光波長板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は反射型光波長板とその製造方法に関し、特に加工性、耐熱性、経済性に優れ、可視光のみならず近赤外光に対しても有効であり、柔軟性を有する反射型光波長板とその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】石英系の光導波路を用いた導波型光デバイスは、光損失が少なく実用的な光受動部品として期待されているが、その実用化に当たっての最大の問題として光導波回路の偏波依存性が指摘されている。これは石英系の光導波路を用いて光導波回路を作製した場合に、光導波路の複屈折に起因した信号品質の低下（水平偏波成分と垂直偏波成分との位相ずれ）として現われてくる。この原因は、石英系の光導波路を作製する際に 1000

を超える高温を使用するためであり、基板であるシリコンと石英導波路の熱膨張率差により生じた残留応力に起因している。この複屈折を排除するため、光路の丁度中間地点に水晶からなる 1/2 波長板を挿入することにより、光信号の出射端での水平偏波成分と垂直偏波成分の位相ずれを補償する方法が知られている〔高橋浩ほか、オプティックス レターズ (Opt.Lett.)、第 17 巻、第 7 号、第 499～501 頁 (1992)〕。この方法は構成が簡単であり、しかも導波型光デバイスの偏波依存性解消には極めて効果的である。但し、光波長板とその挿入溝の部分では導波光が閉じ込められずに放射してしまい、これが信号強度の減衰を引き起こすという問題を有している。高橋らは特開平 4 - 2 4 1 3 0 4 号公報において、水晶の光波長板を用いた場合に光波長板部分での損失（過剰損失）が 4 dB にも上ることを明らかにしている。そこで本発明者らは、特願平 6 - 3 9 3 6 8 号明細書において、テトラカルボン酸又はその誘導体とジアミンから合成されるポリアミド酸のフィルムに熱イミド化と一軸延伸を行うことにより、水晶に比べて

大きな複屈折を有するポリイミドフィルムを作製することができ、このフィルムから作製した光波長板を導波型光デバイスに組込むことによって、光波長板挿入に伴う過剰損失を水晶波長板の場合の 1/10 以下である 0.3 dB まで低減できることを明らかにした。ここに見られる過剰損失の大幅な低減は、ポリイミド波長板の膜厚が水晶波長板の 1/6 以下の膜厚であることに起因している。ポリイミド波長板は 300 以上の耐熱性をもち、加工性や経済性の点でも水晶波長板よりも優れている。本発明者らは更に上記明細書において、蒸着やスパッタによりポリイミド波長板の表面に金属、半導体、誘電体などの薄膜あるいは多層膜を形成することが可能であり、これらが反射膜や特定の波長の光を遮断するフィルタースとして使用できることを明らかにした。特に図面の（図 1）に示すように、基板上に作製された光導波路とポリイミド光波長板から構成される導波型光デバイスにおいて、光導波路の長手方向に対して垂直あるいはやや傾斜した状態でポリイミド波長板が導波路端面に密着し、しかもポリイミド波長板の端面に密着しない側に反射膜が形成されている場合には、光波長板に基づく効果と光の反射を一つの部品で行うことが可能である。中でもポリイミド波長板が 1/4 波長板であり、その光学主軸が導波路基板に対して 45 度の角度をなすように密着されている場合には、入射光はポリイミド 1/4 波長板を透過し、反射膜で反射された後、再び 1/4 波長板を透過して出射する。1/4 波長板を 2 度透過するため 1/2 波長板を透過したのと同じ効果が得られ、結果として導波光を反射させしかもその偏波方向を 90 度回転させる働きをする。このような光部品が導波型光デバイスの偏波依存性解消に有効であることについても、本発明者らが上記明細書において明らかにしている。なお、図 1 は、ポリイミド 1/4 波長板とそれに密着した反射膜を用いた偏波変換器を示す模式図である。図 1 において、符号 1 は入力導波路、2 は出力導波路、3 は導波路基板、4 は 1/4 光波長板、5 は反射膜を意味する。

【0003】反射型 1/2 波長板の膜厚は、面内複屈折 ( $n$ ) が透過型 1/2 波長板と等しい場合にはその半分となるが、導波距離が 2 倍になることから、反射膜における損失を無視した場合でも原理的には透過型と等しい過剰損失を示すはずである。すなわち既存の光波長板材料である水晶を用いて反射型波長板を作製した場合にもその過剰損失は 4 dB を上回ることが予想され、一方、ポリイミドを用いて反射型波長板を作製した場合には、過剰損失を水晶波長板の場合の 1/10 以下に低減することが可能となる。一方、本発明者らは前記明細書の実施例においてポリイミド波長板に誘電体多層膜からなる反射膜を形成し、これが反射型波長板として有効に機能することを明らかにしている。しかし、表面や界面の平滑性に優れ膜質の緻密な誘電体多層膜をポリイミド上に形成するためには専用のスパッタ装置と高度な薄膜

制御技術が必要なこと、多層膜の形成に長時間かかること、形成された多層膜は脆弱なためポリイミドが本来持つ加工性や柔軟性を十分生かすことができないこと、等の問題もあった。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の技術で述べたように、既存の水晶波長板を用いたのでは、耐熱性、耐湿性、加工性、機械的強度を合せ持つと共に、過剰損失の小さな反射型光波長板を作製することは不可能である。また、薄型のポリイミ光波長板を用いた場合でも、反射膜として誘電体多層膜を用いた場合には、製造に必要な装置や技術、経済性、光波長板の加工性、柔軟性に問題があった。本発明はこれらの問題点を解決し、製造と加工が容易で、耐熱性、耐湿性、柔軟性、機械的強度に優れ、しかも膜厚が薄いために過剰損失の小さな反射型光波長板を提供することを目的としている。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明を概説すれば、本発明の第1と第2は反射型光波長板に関する発明であって、その第1はフィルム面内の屈折率に異方性を有するポリイミドフィルムとその片面に密着した金属薄膜の反射膜により構成されることを、その第2の該金属薄膜の反射膜が、金薄膜の反射膜により構成されることを特徴としている。本発明の第3から第5は、本発明の第1と第2に示した反射型光波長板の製造方法に関する発明であって、その第3はフィルム面内の屈折率に異方性を有するポリイミドフィルムに真空装置内で金属薄膜を製膜することを、その第4は、同じく真空装置内でスパッタ法により金属薄膜を製膜することを、その第5は同じくスパッタ法により真空装置内で金薄膜を製膜することを特徴としている。

【0006】耐熱性、耐湿性、加工性、機械的強度を合せ持つと共に、過剰損失の小さな反射型光波長板は、ポリイミド波長板の片面に反射膜を形成することにより得ることができる。ポリイミド以外の複屈折性を持つプラスチック材料によっても、薄型で過剰損失の小さな光波長板を作製することは可能であるが、反射膜の形成時には光波長板の表面温度が200～300℃まで上昇するため、耐熱性に劣る他の複屈折性プラスチックの表面には良好な反射膜を形成することはできない。ポリイミド波長板の製造方法としては、本発明者らが特願平6-39368号明細書において明らかにしたポリアミド酸の調製方法、ポリアミド酸フィルムの作製方法、そしてポリイミド波長板の製造方法を用いることができる。ポリイミド上に形成された後も光波長板としての加工性や柔軟性を損なわず、しかも誘電体多層膜に比べて膜形成が容易な反射膜としては金属反射膜が有効である。金属反射膜の材料としては、金、銀、アルミニウム、ニッケル、チタンなどが知られているが、中でも波長0.6μm以上の可視光から波長2.0μmまでの近赤外光に対

して高い反射特性を示す金反射膜が好適と考えられる。厚さ0.1μmの金属反射膜とポリイミドの界面における吸収損失の計算値(ポリイミドの屈折率を1.612と仮定)は、金、銀、アルミニウム、ニッケル、チタンについてそれぞれ0.05、0.08、0.16、1.60、3.03dBであり、金反射膜の有効性を示している。金属反射膜の製膜方法としては、抵抗加熱型や電子ビーム型の蒸着法、直流及び高周波マグネトロン型、イオンビーム型、電子サイクロトロン共鳴(ECR)型等のスパッタ法、イオンプレーティング法、化学気相堆積(CVD)法、分子ビームエピタキシー(MBE)法、クラスターイオンビーム(CIB)法等などが使用可能である。しかし、蒸着法によって形成される金薄膜はポリイミドのような有機物やニオブ酸リチウム、酸化シリコンのような酸化物に対する密着力が弱く、良好な反射膜の形成が困難である。そこで本発明者らは、蒸着時の金属クラスターのエネルギー値が高く、通常の蒸着法に比べて緻密な膜形成が可能なスパッタ法による検討を行うことにより、十分な密着力と耐久性を持ち、しかもアルミニウム薄膜に比べて反射特性に優れる金反射膜がポリイミド波長板上に形成可能であることを見出した。

#### 【0007】

【実施例】以下、本発明を実施例により更に具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されない。なお、ポリイミドフィルムのリターデーション(R)は、波長1.55μmのレーザーダイオードを光源とし、2つのグラントムソンプリズムを偏光子、検光子として平行ニコル回転法により測定した。ポリイミドフィルムの膜厚(d)は、近赤外光の吸収スペクトル(波長1.6～2.6μm)に現れる干渉縞の波長から求めた。

#### 【0008】実施例1

ピロメリット酸二無水物(PMDA)と2,2'-ビス(トリフルオロメチル)-4,4'-ジアミノビフェニル(TFDB)から合成されたポリアミド酸のN,N-ジメチルアセトアミド溶液を直径4インチのシリコンウェハにスピンコート法により塗布し、70℃、1時間の熱処理をしてはく離できる程度に溶媒を蒸発させた。はく離したフィルムを縦6cm×横3cmの短冊状に切り出し、金属枠に縦軸方向だけを固定して、最高温度350℃で熱イミド化を行った。得られたフィルムの中心部におけるnは0.053であった。これを波長1.55μmの1/4波長板(R=0.388)として使用するためには、膜厚が7.3μmである必要がある。そこでポリアミド酸溶液のスピンコートの条件を、熱イミド化後の膜厚が7.3μmとなるように変えて、上記の処理を再度繰り返した。得られたポリイミドフィルムの中心部におけるRは0.390であった。こうして得られたポリイミド1/4波長板をシリコンウェハ上に保持し、金ターゲットを備えたスパッタ装置に導入し、ター

ゲット面直上に保持しながら、4 m Torr のアルゴン雰囲気中  $1.5 \text{ W/cm}^2$  の放電パワーで厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  の金薄膜を形成したところ、フィルムを 2 mm 以下の曲率半径で曲げてはく離せず、布でこすってもはがれない反射膜が得られた。このフィルムの中央部に、延伸軸に対して偏波面が  $45^\circ$  傾くように波長  $1.55 \mu\text{m}$  の直線偏光を入射したところ、反射光の偏波面が入射光に対して  $90^\circ$  回転したことから、このフィルムが反射型の  $1/2$  波長板として使用できることが明らかとなった。また、反射による損失は  $0.2 \text{ dB}$  であった。この反射型光波長板を  $350^\circ\text{C}$  で 1 時間熱処理し室温まで戻した後も、光波長板としての特性に変化は見られなかった。

【0009】(図1)に示す厚さ 1 mm のシリコン基板上に作製された 2 本のシングルモード導波路から構成される導波型光回路の導波路端面に、上記の反射型  $1/4$  波長板をその光学主軸が導波路基板に対して  $45^\circ$  をなし、反射膜の付いていない面が導波路端面に密着するように接着した。導波路は火炎堆積法と反応性イオンエッチングにより作製された石英系の導波路であり、その断面はシリコン基板上に堆積された厚さ  $60 \mu\text{m}$  のクラディング層のほぼ中央に、寸法  $7 \mu\text{m} \times 7 \mu\text{m}$  のコアが埋設された構造となっている。クラディングとコアの比屈折率差は  $0.75\%$  である。この導波型光回路の入力導波路に偏波保存のシングルモード光ファイバを接続し、導波路基板に対して水平方向の電界をもつ偏光(水平偏波)を入射したところ、出力導波路からは導波路基板に対して垂直方向の電界をもつ偏光(垂直偏波)が射出された。また同様に、垂直偏波を入射したところ、出力導波路からは水平偏波が射出された。反射型波長板の接着に伴う過剰損失を測定したところ、 $0.5 \text{ dB}$  であった。

#### 【0010】実施例 2

実施例 1 と同様の方法で得られた膜厚  $7.3 \mu\text{m}$  のポリイミド  $1/4$  波長板をシリコンウェハ上に保持し、これを抵抗加熱型の真空蒸着装置(日本電子製 JEE-4C 型)に導入し、厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  のアルミニウム薄膜を形成したところ、フィルムを 2 mm 以下の曲率半径で曲げてはく離せず、布でこすってもはがれない反射膜が得られた。そこでこのフィルムの中央部に、延伸軸に対して偏波面が  $45^\circ$  傾くように波長  $1.55 \mu\text{m}$  の直線偏光を入射したところ、反射光の偏波面が入射光に対して  $90^\circ$  回転したことから、このフィルムが反射型の  $1/2$  波長板として使用できることが明らかとなった。反射による損失は  $0.3 \text{ dB}$  であった。この反射型光波長板を  $350^\circ\text{C}$  で 1 時間熱処理し室温まで戻した後も、光波長板としての特性に変化は見られなかった。また、この反射型光波長板を(図1)に示す導波型光回路の端面に

実施例 1 と同様の方法により接着したところ、入射光の偏光面が  $90^\circ$  回転し、その過剰損失は  $0.6 \text{ dB}$  であった。

#### 【0011】比較例 1

水晶からなる波長  $1.55 \mu\text{m}$  の  $1/4$  波長板(厚さ  $46 \mu\text{m}$ )を実施例 2 と同様の抵抗加熱型蒸着装置に導入し、厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  の金薄膜を形成したところ、均一な反射膜は得られたが、布でこすると部分的なはく離が生じ密着性が不十分であった。そこで同じ装置を用いて厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  のアルミニウム薄膜を形成したところ、布でこすってもはがれない反射膜が得られた。この中央部に、延伸軸に対して偏波面が  $45^\circ$  傾くように波長  $1.55 \mu\text{m}$  の直線偏光を入射したところ、反射光の偏波面が入射光に対して  $90^\circ$  回転したことから、このフィルムが反射型の  $1/2$  波長板として使用できることが明らかとなった。反射による損失は  $0.3 \text{ dB}$  であった。しかしこの反射型波長板を、(図1)に示す導波型光回路の端面に実施例 1 と同様の方法により接着したところ、入射光の偏光面が  $90^\circ$  回転したものの過剰損失は  $5 \text{ dB}$  であり、偏波変換器としては損失値の非常に大きなものとなった。

#### 【0012】比較例 2

実施例 1 と同様の方法で得られた膜厚  $7.3 \mu\text{m}$  のポリイミド  $1/4$  波長板をシリコンウェハ上に保持し、実施例 2 と同様の抵抗加熱型蒸着装置に導入し、厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  の金薄膜を形成したところ、均一な反射膜は得られたが、布でこすると部分的なはく離が生じ密着性が不十分であった。また、このフィルムを 2 mm 以下の曲率半径で曲げた場合にも、金薄膜の部分的なはく離が見られた。このことから一般の蒸着装置では十分な強度と密着性のある金薄膜をポリイミド上に形成できないことが明らかとなった。

#### 【0013】

【発明の効果】本発明によれば、製造が容易で柔軟性があり、膜厚が薄いため過剰損失が少なく、しかも  $300^\circ\text{C}$

以上の高い耐熱性を持った反射型の光波長板を提供することができ、主に導波型光デバイスの高性能化、低価格化と作製プロセスの効率化といった点に寄与することができる。実施例で示したように反射型の光導波回路に適用することによってその機能、性能を向上させることができるばかりでなく、新しい型の導波型光デバイスの作製にも寄与することができる。

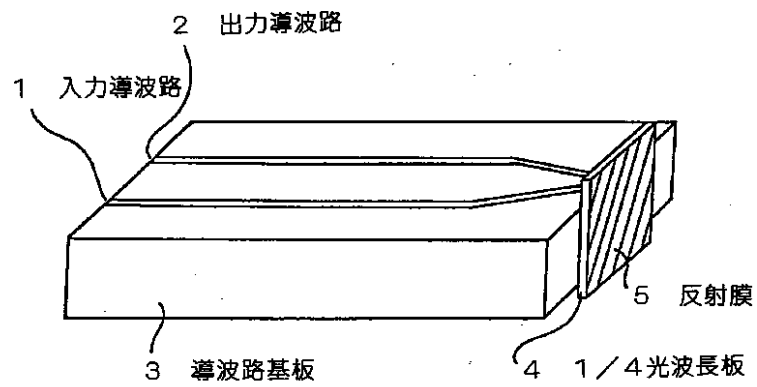
#### 【図面の簡単な説明】

【図1】ポリイミド  $1/4$  波長板とそれに密着した反射膜を用いた偏波変換器を示す模式図である。

#### 【符号の説明】

1：入力導波路、2：出力導波路、3：導波路基板、4： $1/4$  光波長板、5：反射膜

【図 1】



フロントページの続き

(72)発明者 竹中 久貴  
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日  
本電信電話株式会社内