

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 2 区分

【発行日】平成 23 年 3 月 17 日 (2011.3.17)

【公開番号】特開 2009-31732 (P2009-31732A)

【公開日】平成 21 年 2 月 12 日 (2009.2.12)

【年通号数】公開・登録公報 2009-006

【出願番号】特願 2008-33997 (P2008-33997)

【国際特許分類】

G 0 2 F 1/31 (2006.01)

B 4 1 J 2/44 (2006.01)

G 0 2 F 1/03 (2006.01)

【 F I 】

G 0 2 F 1/31

B 4 1 J 3/00 D

G 0 2 F 1/03 5 0 5

【手続補正書】

【提出日】平成 23 年 1 月 26 日 (2011.1.26)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光変調器であって、

電界により屈折率が変化する材料にて形成された薄板状の部材であり、端面から内部に入射する光を少なくとも一の主面の近傍において前記主面に平行な進行方向へと導くベース部と、

前記ベース部の両主面において前記進行方向に垂直な配列方向に複数の電極要素が並ぶ電極を有し、前記電極の電極要素間に電圧を付与することにより前記配列方向における周期的な屈折率の変化を前記電極近傍における前記ベース部内の部位に生じさせて前記光を回折させる変調部と、

を備え、

前記電極が、前記ベース部を挟んで前記両主面上にそれぞれ形成される電極要素対の集合であり、

前記ベース部の前記端面から前記変調部までの部位において、前記進行方向に垂直な断面における前記光が通過する領域の大きさが一定であることを特徴とする光変調器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光変調器であって、

前記ベース部が、前記光を前記両主面にて多重反射しつつ前記進行方向へと導くことを特徴とする光変調器。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の光変調器であって、

前記ベース部が、前記光をシングルモードにて前記進行方向へと導くことを特徴とする光変調器。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光変調器であって、

前記ベース部の厚さが 50 マイクロメートル以下であることを特徴とする光変調器。

【請求項 5】

光変調器であって、
電界により屈折率が変化する材料にて形成された板状の部材であり、端面から内部に入射する光を少なくとも一の主面の近傍において前記主面に平行な進行方向へと導くベース部と、

前記主面または前記ベース部の両主面において前記進行方向に垂直な配列方向に複数の電極要素が並ぶ電極を有し、前記電極の電極要素間に電圧を付与することにより前記配列方向における周期的な屈折率の変化を前記電極近傍における前記ベース部内の部位に生じさせて前記光を回折させる変調部と、
を備え、

前記ベース部の前記端面から前記変調部までの部位において、前記進行方向に垂直な断面における前記光が通過する領域の大きさが一定であり、

前記ベース部が、

板状の本体と、

前記本体上に形成されるとともに前記主面を有する薄い層と、

を有し、

前記本体が、前記進行方向に垂直な断面において前記薄い層から離れるに従って屈折率が小さくなる屈折率分布を有し、

前記薄い層の屈折率が、前記屈折率分布における最大屈折率よりも小さいことを特徴とする光変調器。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の光変調器であって、

前記屈折率分布が、熱拡散法またはプロトン交換法により形成されたものであることを特徴とする光変調器。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の光変調器であって、

前記光の回折時に前記電極に付与される電圧が 60 ボルト以下であることを特徴とする光変調器。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光変調器であって、

前記変調部が、前記電極を含むとともに前記配列方向に配列された複数の電極を備えることを特徴とする光変調器。

【請求項 9】

記録材料に光を照射して前記記録材料上に画像を記録する画像記録装置であって、
光源部と、

前記光源部からの光が入射する請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の光変調器と、

前記光変調器からの 0 次光および (± 1) 次回折光の一方を記録材料上へと導く光学系と、

前記記録材料上における前記光変調器からの光の照射位置を前記記録材料に対して相対的に移動する走査機構と、

前記照射位置の前記記録材料に対する相対移動に同期して前記光変調器を制御する制御部と、

を備えることを特徴とする画像記録装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】光変調器および画像記録装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、入射する光を変調する光変調器、および、記録材料に光を照射して記録材料上に画像を記録する画像記録装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、リチウムナイオベート (LiNbO_3) 等の電界により屈折率が変化する材料を用いて光変調を行う手法が知られている。例えば、特許文献1では、厚い板状の電気光学基板の主面に複数の電極要素が一の方向に配列形成された光変調器が開示されており、この光変調器では、互いに隣接する電極要素間に電圧を付与して基板の内部に電界を生じさせることにより、電気光学基板の内部を進行する光を回折させることが可能とされる。実際には、電気光学基板の内部において、屈折率が変化する範囲（厚さ方向の範囲）は電極要素間に付与する電圧に依存し、電極要素間での放電の発生を防止するという観点では、電圧の増大に一定の限界がある。そこで、特許文献1の光変調器では、電極要素を光の進行方向に長くするとともに、電気光学基板の一方の端面から入射して内部を進行する光が、電極要素が形成される主面に対して小さい角度にて（大きな入射角にて）入射して当該主面にて反射するようにされ、光を回折させるのに必要な位相差を生じさせることが実現されている。

【特許文献1】特開2000-313141号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ところで、光変調器の小型化や安全性の向上を図るには、電極要素の長さを短くしたり、電極要素間に付与する電圧を低くする必要がある。しかしながら、特許文献1の光変調器では、既述のように、入射する光において回折に必要な位相差を生じさせるために、電極要素を光の進行方向に長くするとともに電極要素間に比較的大きな電圧を付与する必要があり、電極要素を短くする、または、電極要素間の電圧を低減することができない。

【0004】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、光変調器において光の進行方向における電極の長さを短くする、または、電極に付与する電圧を低くすることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項1に記載の発明は、光変調器であって、電界により屈折率が変化する材料にて形成された薄板状の部材であり、端面から内部に入射する光を少なくとも一の主面の近傍において前記主面に平行な進行方向へと導くベース部と、前記ベース部の両主面において前記進行方向に垂直な配列方向に複数の電極要素が並ぶ電極を有し、前記電極の電極要素間に電圧を付与することにより前記配列方向における周期的な屈折率の変化を前記電極近傍における前記ベース部内の部位に生じさせて前記光を回折させる変調部とを備え、前記電極が、前記ベース部を挟んで前記両主面上にそれぞれ形成される電極要素対の集合であり、前記ベース部の前記端面から前記変調部までの部位において、前記進行方向に垂直な断面における前記光が通過する領域の大きさが一定である。

【0006】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の光変調器であって、前記ベース部が、前記光を前記両主面にて多重反射しつつ前記進行方向へと導く。

【0007】

請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の光変調器であって、前記ベース部が、前記光をシングルモードにて前記進行方向へと導く。

【0008】

請求項4に記載の発明は、請求項1ないし3のいずれかに記載の光変調器であって、前記ベース部の厚さが50マイクロメートル以下である。

【 0 0 0 9 】

請求項5に記載の発明は、光変調器であって、電界により屈折率が変化する材料にて形成された板状の部材であり、端面から内部に入射する光を少なくとも一の主面の近傍において前記主面に平行な進行方向へと導くベース部と、前記主面または前記ベース部の両主面において前記進行方向に垂直な配列方向に複数の電極要素が並ぶ電極を有し、前記電極の電極要素間に電圧を付与することにより前記配列方向における周期的な屈折率の変化を前記電極近傍における前記ベース部内の部位に生じさせて前記光を回折させる変調部とを備え、前記ベース部の前記端面から前記変調部までの部位において、前記進行方向に垂直な断面における前記光が通過する領域の大きさが一定であり、前記ベース部が、板状の本体と、前記本体上に形成されるとともに前記主面を有する薄い層とを有し、前記本体が、前記進行方向に垂直な断面において前記薄い層から離れるに従って屈折率が小さくなる屈折率分布を有し、前記薄い層の屈折率が、前記屈折率分布における最大屈折率よりも小さい。

【 0 0 1 0 】

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の光変調器であって、前記屈折率分布が、熱拡散法またはプロトン交換法により形成されたものである。

【 0 0 1 1 】

請求項7に記載の発明は、請求項1ないし6のいずれかに記載の光変調器であって、前記光の回折時に前記電極に付与される電圧が60ボルト以下である。

【 0 0 1 2 】

請求項8に記載の発明は、請求項1ないし7のいずれかに記載の光変調器であって、前記変調部が、前記電極を含むとともに前記配列方向に配列された複数の電極を備える。

【 0 0 1 3 】

請求項9に記載の発明は、記録材料に光を照射して前記記録材料上に画像を記録する画像記録装置であって、光源部と、前記光源部からの光が入射する請求項1ないし8のいずれかに記載の光変調器と、前記光変調器からの0次光および(±1)次回折光の一方を記録材料上へと導く光学系と、前記記録材料上における前記光変調器からの光の照射位置を前記記録材料に対して相対的に移動する走査機構と、前記照射位置の前記記録材料に対する相対移動に同期して前記光変調器を制御する制御部とを備える。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、光変調器において光の進行方向における電極の長さを短くする、または、電極に付与する電圧を低くすることができる。

【 0 0 1 5 】

また、請求項2の発明では、ベース部にて多くの光を伝播させることができ、請求項3の発明では、出射される光の強度分布を好ましい状態とすることができる。

【 0 0 1 6 】

また、請求項5の発明では、ベース部内において光が通過する領域の形状の非対称性を低減することができ、請求項6の発明では、屈折率分布を容易に形成することができる。

【 0 0 1 7 】

また、請求項7の発明では、光変調器の取り扱いに係る安全性を向上することができ、請求項8の発明では、複数チャンネルでの光変調を実現することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

図1は、本発明の第1の関連技術に係る画像記録装置1の構成を示す図である。画像記録装置1は図1中のZ方向(光学ヘッド2の光軸J1に平行な方向)に沿って描画用の光を出射する光学ヘッド2、画像が記録される記録材料9を外側面に保持する保持部である保持ドラム70、並びに、画像記録装置1の全体制御を担う制御部4を備える。記録材料9には光学ヘッド2からの描画用の光が走査されつつ照射されることにより、画像が記録される(すなわち、光の照射により画像が描画される)。記録材料9としては、例えば、

刷版、刷版形成用のフィルム等の感光材料が用いられる。保持ドラム 70 として無版印刷用の感光ドラムが用いられてもよく、この場合、記録材料 9 は感光ドラムの表面に相当し、保持ドラム 70 が記録材料 9 を一体的に保持していると捉えることができる。

【0019】

保持ドラム 70 は円筒面の中心軸を中心にモータ 81 により回転し、これにより、光学ヘッド 2 が記録材料 9 に対して主走査方向（すなわち、保持ドラム 70 の回転軸に垂直な方向）に相対的に一定の速度で移動する。また、光学ヘッド 2 はモータ 82 およびボールねじ 83 により保持ドラム 70 の回転軸に平行な副走査方向（すなわち、主走査方向に垂直な図 1 中の X 方向）に移動可能とされ、光学ヘッド 2 の位置はエンコーダ 84 により検出される。このように、モータ 81、82、ボールねじ 83 を含む走査機構により、光学ヘッド 2 からの光の記録材料 9 上における照射位置が、記録材料 9 に対して一定の速度で主走査方向に相対的に移動するとともに主走査方向に交差する副走査方向にも相対的に移動する。

【0020】

図 2 および図 3 は光学ヘッド 2 の内部構成を簡略化して示す図である。図 2 は、図 1 中の光学ヘッド 2 の光軸 J1 および副走査方向に垂直な方向（図 1 中の Z 方向および X 方向に垂直な Y 方向）に沿って光学ヘッド 2 を上方（すなわち、図 1 中の（+Y）側）から見た場合の光学ヘッド 2 の内部構成を示し、図 3 は副走査方向に沿って図 1 のモータ 82 とは反対側から光学ヘッド 2 側を見た場合（すなわち、光学ヘッド 2 の（-X）側から（+X）方向を向いて見た場合）の光学ヘッド 2 の内部構成を示している。

【0021】

図 2 および図 3 に示す光学ヘッド 2 は、所定の波長（例えば、830、635、405、あるいは、355 ナノメートル（nm））の光ビームを出射する半導体レーザ（複数の半導体レーザが配列された半導体レーザアレイ、あるいは、ランプ等の他の種類の発光素子であってもよい。）を有する光源部 21、および、光源部 21 からの光ビームが入射する光変調器 3 を備える。光変調器 3 は、電界により屈折率が変化する材料にて形成された薄板状の（スラブ状の）部材であるベース部 31、および、ベース部 31 の主面 311 上において光軸 J1 に垂直な配列方向（図 2 および図 3 中の X 方向）に後述の電極要素 331、332（線分にて簡潔に示す。）が一定のピッチにて並ぶ電極 33 を備える。本関連技術では、ベース部 31 はリチウムナイオベート（ LiNbO_3 ）（すなわち、ニオブ酸リチウムであり、LN と略称される。）の単結晶にて形成される。なお、ベース部 31 はリチウムタンタレート（ LiTaO_3 ）（すなわち、タンタル酸リチウムであり、LT と略称される。）の単結晶等、電界により結晶内に分極が発生して屈折率が変化する他の材料にて形成されてもよい。

【0022】

図 2 に示すように、電極 33 は、制御部 4 が有する電位付与部 41 に接続される複数の電極要素 331、および、接地電位を付与する接地部 34 に接続される複数の電極要素 332 の集合とされ、電極要素 331 と電極要素 332 とは X 方向に交互に配置される。各電極要素 331、332 は光軸 J1 方向（光の進行方向）に長い形状とされ（例えば、長さ 10 ミリメートル（mm）とされる。）、X 方向に関して互いに隣接する電極要素 331、332 間の距離（中心間距離）は 5 ~ 20 マイクロメートル（ μm ）とされ、電極要素 331、332 間の隙間の幅と電極要素 331、332 の幅とはほぼ同じとされる（後述の図 4 参照）。

【0023】

図 4 は、図 2 中の矢印 A-A の位置における光変調器 3 の断面図であり、図 4 では、ベース部 31 の断面の平行斜線の図示を省略している。なお、一般的には、後述の電気光学係数 r_{33} に対応する方向である図 4 中の縦方向を Z 軸として表し、紙面に垂直な方向を Y 軸として表すが、ここでは、光学ヘッド 2 の光軸 J1 の方向（紙面に垂直な方向）を Z 方向とし、図 4 中の縦方向を Y 方向としている。電位付与部 41 から電極要素 331 に所定の電位が付与される際には、ベース部 31 内を介して各電極要素 331 から隣接する電

極要素 3 3 2 へと向かう電界が形成される。リチウムナイオベートにて形成されるベース部 3 1 は、電極要素 3 3 1, 3 3 2 の配列方向 (X 方向) に垂直な図 4 中の Y 方向 (すなわち、電気光学係数 r_{33} に対応する方向) の電界により屈折率が大きく変化するものとなっており、電極要素 3 3 1, 3 3 2 間に電圧 (電位差) を付与して、ベース部 3 1 の内部の電極要素 3 3 1, 3 3 2 の近傍に図 4 中に符号 E 1 を付す矢印にて示すように Y 方向の向きの電界を生じさせることにより、電極 3 3 近傍におけるベース部 3 1 内の部位に配列方向において周期的な屈折率の変化が生じる (後述の図 1 6 において同様)。本関連技術では、ベース部 3 1 の厚さ (図 4 中に符号 D 1 を付して示す Y 方向の厚さ) は $50\ \mu\text{m}$ とされ、ベース部 3 1 の内部にて屈折率の変化が生じる Y 方向の範囲が主面 3 1 1 から (-Y) 側に $30 \sim 50\ \mu\text{m}$ とされ、電極要素 3 3 1, 3 3 2 間の電界による屈折率の変化が主面 3 1 1 とは反対側の主面 3 1 2 の近傍まで生じるようになっている。

【0024】

図 2 および図 3 に示す光源部 2 1 はコリメータレンズ (図示省略) を有しており、半導体レーザから出射される光ビームはコリメータレンズを介して平行光とされてシリンダリカルレンズ 2 2 1 に入射する。シリンダリカルレンズ 2 2 1 を通過した光は光軸 J 1 に垂直な光束断面が円形から次第に X 方向に長い楕円形へと変化する。すなわち、シリンダリカルレンズ 2 2 1 は X 方向にのみ負のパワーを有し、光軸 J 1 および X 方向に垂直な Y 方向に関して、シリンダリカルレンズ 2 2 1 を通過した光の光束断面の幅は (ほぼ) 一定とされる。

【0025】

シリンダリカルレンズ 2 2 1 からの光は X 方向にのみ正のパワーを有するシリンダリカルレンズ 2 2 2 へと入射し、シリンダリカルレンズ 2 2 2 を通過した光は光束断面が X 方向に長い一定の大きさの楕円形とされてシリンダリカルレンズ 2 2 3 へと入射する。シリンダリカルレンズ 2 2 3 は、Y 方向にのみ正のパワーを有し、Y 方向のみに着目した場合には、図 3 に示すシリンダリカルレンズ 2 2 3 を通過した光は集光しつつ光変調器 3 のベース部 3 1 の (-Z) 側の端面 (以下、「入射面」という。) 3 1 3 へと入射する。また、X 方向に関しては、図 2 に示すシリンダリカルレンズ 2 2 3 からの光は平行光として光変調器 3 に入射する。このように、光学ヘッド 2 では、シリンダリカルレンズ 2 2 1 ~ 2 2 3 により照明光学系 2 2 が構築される。

【0026】

ベース部 3 1 の内部へと入射した光はベース部 3 1 の互いに平行な両主面 3 1 1, 3 1 2 (法線が Y 方向に平行な主面 3 1 1, 3 1 2) にて多重反射しつつ光軸 J 1 に沿って進行 (伝播) する。このとき、光変調器 3 において電極 3 3 (正確には、複数の電極要素 3 3 1) に電位付与部 4 1 からの電位が付与されていない状態 (すなわち、電極要素 3 3 1 の電位が接地電位とされる状態) では、X 方向に関して光が平行な状態のままでベース部 3 1 の内部を進行し、電極 3 3 に電位付与部 4 1 からの電位が付与されている状態では、電気光学効果により配列方向に周期的な屈折率の変化がベース部 3 1 内に生じており、この場合、ベース部 3 1 を通過する光に周期的な位相差が生じて回折が生じる (すなわち、光変調器 3 が位相回折格子として機能する。)。このように、光変調器 3 では、X 方向に関して平行な状態の光がベース部 3 1 の (+Z) 側の端面 (以下、「出射面」という。) 3 1 4 から 0 次光として出射される状態と、光軸 J 1 に沿って進むに従って X 方向に関して光軸 J 1 から離れる (± 1) 次回折光 (もちろん、高次の回折光も出射される。) が出射面 3 1 4 から出射される状態との間で光強度の遷移が可能とされる。

【0027】

光変調器 3 からの 0 次光または (± 1) 次回折光は、図 3 中にて細い実線にて外形を示すように、Y 方向にのみ正のパワーを有するシリンダリカルレンズ 2 3 1 にて Y 方向に関してほぼ平行な光とされ、正のパワーを有するレンズ 2 3 2 に入射する。ここで、レンズ 2 3 2 の前側焦点は電極 3 3 の (+Z) 側の端部近傍におけるベース部 3 1 内の位置とされ、レンズ 2 3 2 の後側焦点には微小な遮蔽板 2 3 3 が配置される。したがって、X 方向および Y 方向の双方にほぼ平行とされる 0 次光は、図 2 および図 3 中に細い実線にて外形

を示すように、レンズ 232 を介して遮蔽板 233 上に集光して遮蔽される。また、(±1) 次回折光は、図 2 中に破線にて示す経路 K1 に沿ってレンズ 232 の光軸 J1 から離れた位置へと入射し、レンズ 232 から光軸 J1 とほぼ平行に進行してレンズ 234 に入射する。レンズ 234 は、前側焦点が遮蔽板 233 の近傍に位置し、後側焦点が保持ドラム 70 の記録材料 9 上となるように配置されており、(±1) 次回折光はレンズ 234 を介して光軸 J1 と露光面である記録材料 9 とが交差する位置に集光しつつ、記録材料 9 上に照射される。このように、光学ヘッド 2 では、シリンドリカルレンズ 231、遮蔽板 233、並びに、レンズ 232、234 により投影光学系 23 (両側テレセントリックとなるシュリーレン光学系と捉えることもできる。) が構築される。

【0028】

図 5 は画像記録装置 1 が記録材料 9 上に画像を記録する動作の流れを示す図である。画像記録の際には、まず、光源部 21 からの光の出射が開始され (ステップ S11)、続いて、保持ドラム 70 が回転することにより光学ヘッド 2 が主走査方向に一定の速度で記録材料 9 に対して相対的に移動し、さらに、保持ドラム 70 の回転に同期して光学ヘッド 2 が副走査方向に移動する (ステップ S12)。制御部 4 では、記録材料 9 上の光の照射位置 (すなわち、光変調器 3 からの光が常に記録材料 9 へと導かれると仮定した場合の照射位置) の記録材料 9 に対する相対移動に同期して、記録材料 9 に光 (±1) 次回折光) が導かれる ON 状態と、光が導かれない OFF 状態とを光変調器 3 において切り替える ON/OFF 制御が行われ (ステップ S13)、記録材料 9 上に画像が記録される。このようにして、光学ヘッド 2 からの光の照射位置をラスタ走査しつつ記録材料 9 全体に画像が記録されると、保持ドラム 70 の回転、光学ヘッド 2 の副走査方向への移動、および、光源部 21 からの光の出射が停止され (ステップ S14, S15)、画像記録装置 1 において画像を記録する動作が終了する。

【0029】

ところで、特許文献 1 における光変調器と同様の構成である図 6 に示す比較例の光変調器 91 では、ベース部 92 (電気光学基板) の厚さが大きくされる (通常、数 mm とされる) ため、一方の端面 921 から入射してベース部 92 の内部を進行する光は、複数の電極要素 (ただし、図 6 では 1 つの電極要素にのみ符号 93 を付している。) が配列形成される主面 922 に対して小さい角度にて (大きな入射角にて) 入射して主面 922 にて反射され、他方の端面 923 から出射される。ベース部 92 において、互いに隣接する電極要素 93 間の電圧により屈折率の変化が生じる深さ (主面 922 からの深さ) は電圧の二乗に比例し、互いに隣接する電極要素 93 の中心間距離に反比例する。電極要素 93 の中心間距離 (電極要素 93 のピッチ) が $20\mu\text{m}$ 程度である場合には、電極要素 93 間での放電を防止するという観点より、電極要素 93 間に付与することが可能な電圧は最大で 100 ボルト (V) 程度となり (通常、80 ~ 100 V)、この場合、電気光学効果により屈折率の変化が生じる深さは約 $30\mu\text{m}$ となる。このように、ベース部 92 の内部において、主面 922 上の電極要素 93 が形成する電界により屈折率が変化する部分は主面 922 の極近傍のみであるため、ベース部 92 の内部を進行する光は主面 922 における反射位置の近傍においてのみ屈折率の変化の影響を受ける。

【0030】

したがって、ベース部 92 の内部を進行する光を回折させるのに必要な位相差をベース部 92 の内部の屈折率の変化により生じさせるには、電極要素 93 が形成される主面 922 に対して小さい角度にて光を入射させつつ電極要素 93 を光の進行方向に長くして、光に位相の変化を生じさせる距離を長くする必要がある。なお、図 6 の光変調器 91 では、ベース部 92 において、各端面 921, 923 と主面 922 とのなす角を鋭角に設定することにより、主面 922 に平行な方向に沿って端面 921 から内部へと入射する光を主面 922 にて一回のみ反射させつつ端面 923 から主面 922 に平行な方向に沿って出射させる (すなわち、入射光軸と出射光軸とを一致させる) ことが実現される。

【0031】

これに対し、図 2 および図 3 に示す光変調器 3 では、ベース部 31 において入射面 31

3 から内部に入射する光が、両主面 3 1 1 , 3 1 2 にて繰り返し全反射しつつ両主面 3 1 1 , 3 1 2 に平行な進行方向へと導かれる。このように、入射する光が両主面 3 1 1 , 3 1 2 にて多重反射する程度に薄くしたベース部 3 1 を用いることにより、光の進行方向に関して電極 3 3 が形成された範囲のほぼ全体において、電界の作用により光に位相の変化を生じさせることができる。すなわち、ベース部 3 1 の厚さ方向に関して屈折率の変化が生じる範囲内に光を複数回進入させて、または、この範囲内に光を留まらせて、位相の変化が生じる距離（電界の作用による屈折率の変化が光に影響を与える距離）を確保することにより、光の位相変化を効率よく生じさせることができる。これにより、比較例の光変調器 9 1 に比べて、変調部である電極 3 3 において電極要素 3 3 1 , 3 3 2 の光軸 J 1 方向の長さを短くする、または（および）、電極要素 3 3 1 , 3 3 2 間に付与する電圧を低くすることができ、その結果、光変調器の小型化や安全性の向上を図ることが実現される。

【0032】

また、比較例の光変調器 9 1 では、入射する光の回折時に互いに隣接する電極要素 9 3 間に付与される電圧は 80 ~ 100 V とされるが、本関連技術では、電極 3 3 の電極要素 3 3 1 , 3 3 2 間に付与する電圧を 60 V 以下（各種条件によっては 40 V 以下）とすることも可能であり、これにより、比較例の光変調器 9 1 を用いる場合に比べて、電極要素間に付与する電圧を低くして光変調器 3 の取り扱いに係る安全性を確実に向上することができる。また、電極 3 3 を光軸 J 1 方向に長くすることにより、電極要素 3 3 1 に付与する電位を 15 V 以下（各種条件によっては 10 V 以下）まで低減することも可能であり、この場合、光変調器 3 における変調を高速に行うことが実現される。上記の電極要素 3 3 1 , 3 3 2 間に付与する電圧の低減は、後述の第 2 の関連技術において同様に適用可能である。

【0033】

図 7 は光学ヘッドの他の例の内部構成を簡略化して示す図であり、図 2 に対応する図である。また、図 8 は、図 7 中の矢印 B - B の位置における光変調器 3 a の断面図である。図 7 の光学ヘッド 2 a は、図 2 および図 3 の光学ヘッド 2 と比べて、光変調器 3 a の構成のみが相違する。他の構成は同様であり、同符号を付している。

【0034】

図 7 に示す光変調器 3 a のベース部 3 1 上には、それぞれが図 2 の電極 3 3 と同様である複数の電極 3 3 が変調部として配列方向である図 7 中の X 方向に配列形成される（すなわち、光変調器 3 a は、入射する光を空間変調するマルチチャンネルの変調器とされる）。詳細には、図 8 に示すように、複数の電極 3 3 に含まれる複数の電極要素 3 3 1 , 3 3 2 は X 方向に一定のピッチにて配列されており、図 7 の電位付与部 4 1 に接続される電極要素 3 3 1 と、接地部 3 4 に接続される電極要素 3 3 2 とは X 方向に交互に配置される。また、光変調器 3 a では、配列方向において連続する 6 個の電極要素 3 3 1 , 3 3 2 （すなわち、3 個の電極要素 3 3 1 および 3 個の電極要素 3 3 2 ）が 1 つの電極 3 3 とされ、電位付与部 4 1 では各電極 3 3 に対して個別に電位を付与することが可能とされる。図 8 では、1 つの電極 3 3 に含まれる電極要素 3 3 1 , 3 3 2 を二点鎖線の矩形にて囲んでいる。

【0035】

図 7 の光学ヘッド 2 a では、光源部 2 1 からの光が照明光学系 2 2 によりベース部 3 1 の X 方向の幅とほぼ同じ幅に広げられ、入射面 3 1 3 からベース部 3 1 の内部へと入射する。光変調器 3 a では、ベース部 3 1 の厚さは 50 μm とされており、ベース部 3 1 の内部へと入射した光はベース部 3 1 の両主面 3 1 1 , 3 1 2 にて多重反射しつつ光軸 J 1 に沿って進行する。また、ベース部 3 1 の内部において OFF 状態とされる電極 3 3 の近傍の部位を通過する光は 0 次光として出射面 3 1 4 から出射され、ON 状態とされる電極 3 3 の近傍の部位を通過する光は回折して、主として（±1）次回折光が出射面 3 1 4 から出射される。

【0036】

図 9 は、光変調器 3 a と記録材料 9 との間における光の経路を説明するための図であり、図 9 では、シリンドリカルレンズ 2 3 1 の図示を省略している。図 9 に示すように、実際にはレンズ 2 3 2 は光変調器 3 a に比べて十分に大きくされ、光変調器 3 a のいずれの電極 3 3 (図 9 では、各電極 3 3 を 1 本の線分にて示す。)からの光 (0 次光または (±1) 次回折光) もレンズ 2 3 2 に入射する。例えば、最も (-X) 側または最も (+X) 側の電極 3 3 からの 0 次光は、図 9 中に細い実線にて示す経路 K 2 に沿ってレンズ 2 3 2 により遮蔽板 2 3 3 へと導かれて遮蔽される。また、(±1) 次回折光は図 9 中に細い破線にて示す経路 K 3 に沿ってレンズ 2 3 2 の光軸 J 1 から離れた位置に入射し、遮蔽板 2 3 3 に遮られることなくレンズ 2 3 4 へと到達する。レンズ 2 3 2, 2 3 4 にて構築される光学系は両側テレセントリックとされ、(±1) 次回折光は、仮に遮蔽板 2 3 3 が省略される場合に 0 次光が記録材料 9 上に導かれる位置へと導かれる。なお、図 9 では、遮蔽板 2 3 3 が省略される場合における 0 次光の主光線を符号 M 1 を付す二点鎖線にて示しており、当該主光線 M 1 は記録材料 9 に対して垂直となる。本関連技術では、レンズ 2 3 2, 2 3 4 により縮小光学系が構築されており、記録材料 9 上には、光変調器 3 a における電極 3 3 の配列ピッチよりも小さいピッチにて、複数の電極 3 3 近傍からの光の複数の照射位置が主走査方向に垂直な X 方向に配列される。

【0037】

図 7 の光学ヘッド 2 a を用いて画像を記録する際には、保持ドラム 7 0 の回転および光学ヘッド 2 の移動を開始することにより、X 方向に微小なピッチにて配列された記録材料 9 上の複数の照射位置が主走査方向および副走査方向に連続的に移動し、変調信号に基づいて光変調器 3 a の複数の電極 3 3 の ON / OFF 制御が個別に行われる。このように、光変調器 3 a では複数チャンネルでの光変調を実現することができ、光変調器 3 a を有する画像記録装置 1 では、図 1 の画像記録装置 1 に比べて高速に画像を記録することが可能となる。また、レンズ 2 3 2, 2 3 4 により構築される投影光学系 2 3 が両側テレセントリックとされることにより、レンズ 2 3 4 と記録材料 9 との間の光軸 J 1 方向の距離が僅かに変動した場合でも記録材料 9 上における像の倍率は変化せず、高精度な画像記録が実現される。

【0038】

図 2 および図 7 に示す光変調器 3, 3 a ではベース部 3 1 の (+Y) 側の主面 3 1 1 上に電極要素 3 3 1, 3 3 2 が形成されるが (もちろん、主面 3 1 2 上に形成されてもよい。)、光変調器では、ベース部 3 1 の両主面 3 1 1, 3 1 2 に電極要素 3 3 1, 3 3 2 が形成されてもよい。図 1 0 は、本発明の一の実施の形態に係る電極を説明するための図である。図 1 0 の上段はベース部 3 1 上の電極 3 3 b を示し、図 4 および図 8 に対応する断面図である。また、図 1 0 の下段は電極 3 3 b により生じるベース部 3 1 の内部の屈折率の変化を示す図であり、縦軸に屈折率の変化量を示し、横軸に X 方向の位置を示す。図 1 0 の上段では、ベース部 3 1 の断面を示す平行斜線の図示を省略している (後述の図 1 1 の上段および図 1 6 において同様。)。図 1 0 の上段に示す光変調器 3 b の 1 つの電極 3 3 b は、ベース部 3 1 の一方の主面 3 1 1 上に形成されて電位付与部 4 1 に接続される複数の電極要素 3 3 1 と、他方の主面 3 1 2 上に形成されて接地部 3 4 に接続される複数の電極要素 3 3 2 とを有する。複数の電極要素 3 3 2 はそれぞれベース部 3 1 を挟んで複数の電極要素 3 3 1 に対向する位置に配置されており、電極 3 3 b を有する光変調器 3 b では、Y 方向に互いに対向する電極要素 3 3 1, 3 3 2 を 1 つの電極要素対として、複数の電極要素対が X 方向に配列される。各電極要素対では、図 1 0 の上段に符号 E 2 を付す矢印にて示すように、両主面 3 1 1, 3 1 2 および光の進行方向 (Z 方向) に対して垂直な向きの電界が形成される。

【0039】

このように、光変調器 3 b では、ベース部 3 1 の内部に入射する光を回折させる際に、両主面 3 1 1, 3 1 2 (および光の進行方向) に対して垂直な向きの電界を形成する必要がある場合に、各電極 3 3 b をベース部 3 1 を挟んで両主面 3 1 1, 3 1 2 上にそれぞれ形成される電極要素対の集合とすることにより、図 1 0 の下段に示すように、ベース部 3

1の内部にて、電極要素対の配列方向(X方向)における周期的な屈折率の変化を効率よく生じさせることができる。その結果、光の進行方向における電極33bの長さをさらに短くする、または、電極33bに付与する電圧をさらに低くすることができる。

【0040】

図11は電極の他の例を説明するための図である。図11の上段はベース部31上の電極33cを示し、図4または図8に対応する断面図である。また、図11の下段は電極33cにより生じるベース部31の内部の屈折率の変化を示す図であり、縦軸に屈折率の変化量を示し、横軸にX方向の位置を示している。

【0041】

図11の上段に示す光変調器3cの電極33cでは、各主面311, 312上において、電位付与部41に接続される電極要素331と、接地部34に接続される電極要素332とがX方向に交互に一定のピッチにて配置される。また、主面311上の各電極要素331に対向する主面312上の位置には電極要素332が配置され、主面311上の各電極要素332に対向する主面312上の位置には電極要素331が配置され、互いに対向する2つの電極要素331, 332を電極要素対として、電極33cでは複数の電極要素対がX方向に配列される。複数の電極要素対では、図11の上段に符号E3を付す矢印にて示すように、ベース部31の内部にて両主面311, 312(および光の進行方向(Z方向))に対して垂直な(+Y)方向および(-Y)方向に向かう電界が交互に形成される。これにより、電極33cを有する光変調器3cでは、ベース部31の内部に入射する光を回折させる際に、光の進行方向および両主面311, 312に対して垂直な向きの電界を形成する必要がある場合に、図11の下段に示すように、ベース部31の内部にて電極要素331, 332の配列方向における周期的な屈折率の変化の度合い(振幅)を大きくすることができ、光の進行方向における電極33cの長さをさらに短くする、または、電極33cに付与する電圧をさらに低くすることができる。

【0042】

以上のように、光変調器3, 3a~3cでは、ベース部31の両主面311, 312の少なくとも一方において、ベース部31の内部における光の進行方向に垂直な配列方向に複数の電極要素331, 332が並ぶ電極33, 33b, 33cが変調部として設けられ、電極33, 33b, 33cの互いに隣接する電極要素331, 332(ベース部31を挟んで隣接する場合を含む。)間に電圧を付与することにより、配列方向における周期的な屈折率の変化をベース部31の内部に生じさせて、ベース部31内へと入射する光を回折させることが実現される。

【0043】

図12は光変調器の他の例の構成を示す図であり、図13は図12の光変調器の分解図である。図12の光変調器3dは、一の主面上に複数の電極要素331がX方向に配列形成された補助基板351、および、一の主面上に複数の電極要素332がX方向に配列形成された補助基板352を有し、図12および図13に示すように、補助基板351の複数の電極要素331がベース部31の主面311に当接し、補助基板352の複数の電極要素332がベース部31の主面312に当接するように、ベース部31を2つの補助基板351, 352にて挟むことにより、光変調器3dが構成される。このような光変調器3dでは、薄板状のベース部31に電極要素を直接形成する必要がないため、光変調器を容易に製造することが実現される。なお、補助基板351, 352上に形成された電極要素331, 332を用いてベース部31の内部に電界を形成する場合には、電極要素331, 332とベース部31の主面311, 312との間に微小な隙間が存在していてもよい。また、各補助基板351, 352上に電極要素331, 332を交互に形成することにより、図11の光変調器3cと同様のものが製造されてもよい。

【0044】

図14は、他の関連技術に係る光変調器を示す図である。図14に示す光変調器3では、ベース部31aの厚さが図3のベース部31よりも薄く(例えば5 μ m)とされ、入射面313からベース部31aの内部に入射する光はシングルモードにて図14中のZ方向

へと導かれる。そして、主面 3 1 1 上の電極 3 3 が OFF 状態とされる場合には当該光は 0 次光として出射面 3 1 4 から出射され、ON 状態とされる場合には（主に）（±1）次回折光として出射面 3 1 4 から出射される。このように、図 1 4 の光変調器 3 では、ベース部 3 1 a の内部において光がシングルモードにて伝播するように、ベース部 3 1 a の厚さ（通常、50 μm 以下）が光源部 2 1 からの光ビームの波長等に合わせて決定されている。

【0045】

ここで、図 3 のベース部 3 1 のように光をマルチモードにて導く場合には、出射面 3 1 4 から出射される光の主光線に垂直な方向の強度分布が偏ったものとなる、あるいは、当該強度分布が時間的に変化することがある。これに対し、図 1 4 のベース部 3 1 a では光をシングルモードにて導くことにより、出射面 3 1 4 から出射される光の主光線に垂直な方向の強度分布を安定して好ましい状態（ガウス分布）とすることが可能となる。ただし、多くの光（エネルギー）を伝播させるには、入射面 3 1 3 から内部に入射する光を多重反射しつつ主面 3 1 1 に平行な進行方向に導くベース部 3 1 が用いられることが好ましい。なお、図 1 4 のベース部 3 1 a が、図 7、図 10、図 11 および図 12 の光変調器 3 a ~ 3 d に用いられてもよい。

【0046】

図 1 5 および図 1 6 は、本発明の第 2 の関連技術に係る光変調器 3 を示す図であり、図 1 5 および図 1 6 はそれぞれ図 3 および図 4 に対応する。図 1 5 および図 1 6 に示す光変調器 3 は、図 3 の光変調器 3 と比較してベース部 3 2 が Y 方向（厚さ方向）に厚くされる点で相違している。図 1 6 に示す電極 3 3 の構成については図 4 の電極 3 3 と同様となっている。

【0047】

図 3 のベース部 3 1 と同様の材料にて形成される図 1 5 のベース部 3 2 では、（+Y）側の主面 3 2 1 の全体に対して熱拡散法（例えば、チタン（Ti）拡散法）またはプロトン交換法による処理が施されている。これにより、光の進行方向である Z 方向に垂直なベース部 3 2 の断面において Y 方向の各位置での屈折率を示す図 1 7 の左側のように、主面 3 2 1 の位置（図 1 7 の左側において、主面 3 2 1 の Y 方向の位置に同符号を付している。）から（-Y）方向に離れるに従って屈折率（電極 3 3 による電界が生じていない状態における屈折率）が小さくなる屈折率分布が、ベース部 3 2 の全体において同様に形成される。なお、図 1 5 に示すベース部 3 2 では、主面 3 2 1 から離れるに従って密度が低くなるように点を描くことにより、屈折率が（-Y）側に向かって漸次小さくなっていることを示している（後述の図 1 8 および図 20 において同様）。

【0048】

また、ベース部 3 2 では、主面 3 2 1 よりも（+Y）側には空気の層が存在するため（ただし、電極 3 3 が形成される部位を除く。）、主面 3 2 1 よりも（+Y）側の位置の屈折率はベース部 3 2 よりも十分に低くなる。その結果、（-Z）側の端面である入射面 3 2 3 からベース部 3 2 の内部に入射する光は主面 3 2 1 近傍の屈折率が高い部分（薄い板状の部位）のみを通過して Z 方向に導かれる。このように、図 1 5 の光変調器 3 では、ベース部 3 2 の主面 3 2 1 近傍の部位がスラブ導波路となっている。

【0049】

図 1 5 および図 1 6 に示す光変調器 3 においても、変調部である電極 3 3 が OFF 状態とされる場合には当該光は 0 次光として出射面 3 2 4（すなわち、（+Z）側の端面）から出射され、ON 状態とされる場合には（主に）（±1）次回折光として出射面 3 2 4 から出射される。このとき、ベース部 3 2 の内部を進行する光は、既述のように電極 3 3 が形成される主面 3 2 1 の近傍において主面 3 2 1 に平行な進行方向へと導かれることにより、ベース部 3 2 の厚さ方向に関して、電極 3 3 により屈折率に変化が生じる範囲内に光を複数回進入させて、または、この範囲内に光を留まらせて、光の位相変化を効率よく生じさせることができる。その結果、電極 3 3 において電極要素 3 3 1，3 3 2 の光軸 J 1 方向の長さを短くする、または（および）、電極要素 3 3 1，3 3 2 間に付与する電圧を

低くすることができる。

【0050】

なお、図15の光変調器3を有する光学ヘッド2を用いて記録材料9上に画像を記録する動作は、第1の関連技術と同様である。また、配列方向に配列された複数の電極を有する図7の光変調器3aにおいて、図15のベース部32が用いられてもよい（後述の図18のベース部32aおよび図20のベース部32bにおいて同様）。

【0051】

ところで、第1の関連技術における図3のベース部31（および図14のベース部31a）では、両主面311、312の外側（すなわち、ベース部31とは反対側）に空気の層が存在することにより、Y方向の屈折率の分布において両主面311、312の位置の外側にて屈折率がステップ状に（急峻に）低下する。これにより、入射面313から内部に入射する光を両主面311、312にて多重反射し、簡単な構成にて当該光を進行方向へと導くことが可能とされるが、一方で、両主面311、312での反射時に光の損失が生じる。

【0052】

これに対し、図15のベース部32では、図17の左側に示すように、主面321から（-Y）方向に離れるに従って屈折率が緩やかに小さくなることにより、入射面323から内部に入射する光が主面321近傍から離れることを防止するとともに、両主面にて光を多重反射する場合に比べて、ベース部32内における光の損失を低減する（すなわち、光を効率よく伝播させる）ことが実現される。

【0053】

ここで、第1の関連技術における図3のベース部31では、入射する光を両主面311、312にて多重反射しつつ進行方向へと導くため、入射面313から電極33までの部位（すなわち、入射面313から回折光が導出される位置の直前までの部位）において、光の進行方向に垂直な断面における当該光が通過する領域（以下、「光通過領域」という。）の大きさがほぼ一定となり、その形状は厚さ方向に対称となる（シングルモードにて光を導くベース部31aにおいても同様）。

【0054】

図15のベース部32でも同様に、入射面323から電極33までの部位において光通過領域の大きさが一定となるが、既述のように、主面321の（-Y）側では主面321から離れるに従って屈折率が緩やかに小さくなるのに対して、主面321の（+Y）側では空気の層により屈折率が急激に小さくなり（すなわち、光通過領域の近傍における屈折率の分布が非対称となり）、実際には、図17の右側に示すように光通過領域A1（図17の右側にて細線にて示す。）の形状は厚さ方向に（すなわち、上部と下部とが）非対称となる（歪む）。なお、本関連技術では、図17の右側において主面321から光通過領域A1の（+Y）側のエッジまでの距離L1は1～10μmとなり、光通過領域A1の厚さ方向の幅L2は30～40μmとなる。

【0055】

次に、光を効率よく伝播させることが可能なベース部において光通過領域の非対称性を低減する手法について説明する。図18は、本発明の他の実施の形態に係る光変調器3を示す図であり、図15に対応する図である。図18に示す光変調器3は、図15の光変調器3と比較して、ベース部32aが薄い層325を有している点で相違しており、他の構成は同様である。

【0056】

図18に示すベース部32aでは、板状の本体320の（+Y）側の面320a上に、例えば酸化ケイ素（SiO₂）や本体320と同様のリチウムナイオベート等にて形成された薄い層325（例えば、厚さ10μm以下0.1μm以上の層であり、以下、「補助層325」という。）が設けられる。また、本体320では、図15のベース部32と同様に面320aに対して熱拡散法またはプロトン交換法による処理が施されている。

【0057】

図 19 はベース部 32a の Z 方向に垂直な断面における厚さ方向の屈折率の分布を示す図である。図 19 の縦軸は Y 方向の位置を示し、図 19 の横軸は屈折率を示す。また、図 19 では、補助層 325 の (+Y) 側の面であるベース部 32a の主面 321、および、本体 320 の面 320a の Y 方向の位置に同符号を付している。

【0058】

ベース部 32a 内に電極 33 による電界が生じていない状態において、図 19 中の本体 320 に対応する Y 方向の範囲（面 320a の位置から (-Y) 側）では、面 320a の位置近傍において (-Y) 方向に向かうに従って屈折率が小さくなる屈折率分布が形成されている。すなわち、本体 320 では補助層 325 から離れるに従って屈折率が小さくなる屈折率分布が形成されている。また、図 19 中の補助層 325 に対応する厚さ方向の範囲（面 320a の位置と主面 321 の位置との間）は、本体 320 内の屈折率分布における最大屈折率（すなわち、面 320a の位置の極近傍の屈折率）よりも小さい屈折率にて一定となっている。このように、ベース部 32a では、補助層 325 の存在により屈折率の分布において屈折率が漸次変化する部位が内部に埋め込まれている、あるいは、当該部位が補助層 325 により覆われていると捉えることができる。

【0059】

図 18 の光変調器 3 においても、ベース部 32a の内部に入射する光は、主面 321 近傍の屈折率が高い部分（主として、面 320a 近傍の本体 320 の部分）のみを通過して Z 方向に導かれる。このとき、既述のように、補助層 325 は極めて薄いため、補助層 325 上に形成される電極 33 からの電界の作用による光の位相変化をベース部 32 の内部において効率よく生じさせることができる。その結果、電極 33 の長さを短くする、または、電極 33 に付与する電圧を低くすることができる。

【0060】

ここで、既述のように、図 15 のベース部 32 では、図 17 の左側に示す屈折率の分布に従って、図 17 の右側に示すように光通過領域 A1 の形状が厚さ方向に非対称となるのに対し、図 18 に示すベース部 32a では、面 320a 近傍における本体 320 の屈折率分布の最大屈折率よりも小さい屈折率の補助層 325 が面 320a 上に形成される（クラッド層が形成されていると捉えることができる。）ことにより、面 320a の (+Y) 側近傍における屈折率の変化量が小さくなり、光通過領域の近傍における屈折率の分布の非対称性が低減される。その結果、図 17 の右側に示すベース部 32 内の光通過領域 A1 に比べて、図 18 のベース部 32a では、光通過領域の形状の厚さ方向に関する非対称性を低減することができる（すなわち、光変調器 3 から出射される光の光束断面の形状の非対称性が低減される。）。また、図 15 のベース部 32 では光の主面 321 における反射にて損失が生じるが、ベース部 32a では、補助層 325 により本体 320 の面 320a で光の損失を抑制することができ、光をより効率よく伝播させることができる。

【0061】

図 20 は、他の関連技術に係る光変調器を示す図である。図 20 に示す光変調器 3 のベース部 32b では、主面 321 に対して熱拡散法またはプロトン交換法による処理を施す時間が、図 15 のベース部 32 における処理時間よりも短くされ、屈折率が変化（上昇）した部位の厚さが薄くされる。これにより、入射面 323 からベース部 32b の内部に入射する光はシングルモードにて主面 321 に平行な進行方向へと導かれる。すなわち、ベース部 32b の主面 321 近傍の部位がシングルモード導波路となっていると捉えることができる。

【0062】

このように、図 20 の光変調器 3 では、光がベース部 32b 内をシングルモードにて進行するように、ベース部 32b において屈折率が変化した部位の厚さが光源部 21 からの光ビームの波長等に合わせて決定されている。これにより、図 15 の光変調器 3 のようにベース部 32 内を光がマルチモードにて進行する場合に比べて、出射面 324 から出射される光の主光線に垂直な方向の強度分布を安定して好ましい状態（ガウス分布）とすることが可能となる。ただし、多くの光（エネルギー）を伝播させるには、入射面 323 から

内部に入射する光をマルチモードにて導くベース部 3 2 , 3 2 a が用いられることが好ましい。

【 0 0 6 3 】

以上に説明したように、上記第 1 の関連技術における光変調器では薄いベース部 3 1 , 3 1 a が用いられることにより、また、上記第 2 の関連技術における光変調器では電極 3 3 が設けられる主面 3 2 1 の近傍にて主面 3 2 1 (ベース部 3 2 a では面 3 2 0 a) から離れるに従って屈折率が小さくなる屈折率分布を有する厚いベース部 3 2 , 3 2 a , 3 2 b が用いられることにより、ベース部において入射面から内部に入射する光を変調部の電極が設けられる少なくとも一の主面の近傍において当該主面に平行な進行方向へと導くことが実現され、その結果、光変調器において、光の進行方向における電極の長さを短くする、または、電極に付与する電圧を低くすることが実現されている。

【 0 0 6 4 】

以上、本発明に係る実施の形態について説明してきたが、上記実施の形態は様々な変形が可能である。

【 0 0 6 5 】

上記第 1 の関連技術では、ベース部 3 1 の厚さが $50\ \mu\text{m}$ とされるが、入射面 3 1 3 から入射する光を両主面 3 1 1 , 3 1 2 にて多重反射しつつ両主面 3 1 1 , 3 1 2 に平行な方向へと導くものであるならば、ベース部 3 1 は様々な厚さに変更可能である。ただし、一般的な光変調器では、ベース部の内部にて屈折率の変化が生じる深さは $30\sim 50\ \mu\text{m}$ とされるため、ベース部 3 1 の内部において Y 方向のほぼ全体にて屈折率の変化を生じさせるには、ベース部 3 1 の厚さは $50\ \mu\text{m}$ 以下とされることが好ましい。また、光変調器 3 の製造時におけるベース部 3 1 の一定の強度を確保するという観点では、ベース部 3 1 の厚さは $3\ \mu\text{m}$ 以上とされることが好ましい。

【 0 0 6 6 】

図 1 5、図 1 8 および図 2 0 の光変調器 3 では、ベース部 3 2 , 3 2 a , 3 2 b (の本体 3 2 0) における厚さ方向の屈折率分布が熱拡散法またはプロトン交換法により容易に形成されるが、当該屈折率分布は他の手法により形成されてもよい。

【 0 0 6 7 】

また、上記第 1 および第 2 の関連技術では、光変調器 3 , 3 a ~ 3 d において記録材料 9 上の光の照射位置に対する光の照射の ON / OFF 制御が行われるが、光変調器 3 , 3 a ~ 3 d では、電極要素 3 3 1 , 3 3 2 間に付与する電圧を調整することにより、多階調の光の照射制御が行われてもよい。

【 0 0 6 8 】

画像記録装置 1 では、投影光学系 2 3 により光変調器 3 , 3 a ~ 3 d からの (± 1) 次回折光のみが記録材料 9 上へと導かれるが、画像記録装置の設計によっては、光変調器 3 , 3 a ~ 3 d からの (± 1) 次回折光が遮蔽され、0 次光が記録材料上へと導かれてもよい。すなわち、光源部 2 1 からの光が入射する光変調器 3 , 3 a ~ 3 d からの 0 次光および (± 1) 次回折光の一方が投影光学系 2 3 により記録材料 9 上へと導かれることにより、画像記録装置において光変調器 3 , 3 a ~ 3 d の変調制御による画像の記録が可能となる。

【 0 0 6 9 】

光変調器 3 , 3 a ~ 3 d が設けられる画像記録装置は、ステージ上に載置された板状の記録材料に対して光学ヘッドを記録材料に沿って相対的に移動する走査機構により、記録材料上における光変調器 3 , 3 a ~ 3 d からの光の照射位置を記録材料に対して相対的に移動しつつ光変調器 3 , 3 a ~ 3 d を制御して画像を記録するものであってもよい。また、図 1 の画像記録装置 1 において、光学ヘッドにポリゴンミラーが設けられることにより、記録材料 9 上における光の照射位置が X 方向に移動してもよい。

【 0 0 7 0 】

画像の情報を保持する記録材料は、プリント配線基板や半導体基板等の感光性材料が塗布された、あるいは、感光性を有する他の材料であってもよく、光の照射による熱に反応

する材料であってもよい。

【0071】

また、光変調器3，3a～3dは画像記録以外の用途に用いられてもよく、この場合、光の照射の対象物も記録材料以外であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】第1の関連技術に係る画像記録装置の構成を示す図である。

【図2】光学ヘッドの内部構成を示す図である。

【図3】光学ヘッドの内部構成を示す図である。

【図4】光変調器の断面図である。

【図5】記録材料上に画像を記録する動作の流れを示す図である。

【図6】比較例の光変調器を示す図である。

【図7】光学ヘッドの他の例を示す図である。

【図8】光変調器の断面図である。

【図9】光変調器と記録材料との間における光の経路を説明するための図である。

【図10】本発明の一の実施の形態に係る電極を示す図である。

【図11】電極の他の例を示す図である。

【図12】光変調器の他の例を示す図である。

【図13】光変調器の分解図である。

【図14】他の関連技術に係る光変調器を示す図である。

【図15】第2の関連技術に係る光変調器を示す図である。

【図16】光変調器の断面図である。

【図17】ベース部における屈折率の分布および光通過領域を示す図である。

【図18】本発明の他の実施の形態に係る光変調器を示す図である。

【図19】ベース部における屈折率の分布を示す図である。

【図20】他の関連技術に係る光変調器を示す図である。

【符号の説明】

【0073】

- 1 画像記録装置
- 3，3a～3d 光変調器
- 4 制御部
- 9 記録材料
- 21 光源部
- 23 投影光学系
- 31，31a，32，32a，32b ベース部
- 33，33b，33c 電極
- 81，82 モータ
- 83 ボールねじ
- 311，312，321 主面
- 313，323 入射面
- 320 本体
- 325 補助層
- 331，332 電極要素
- A1 光通過領域