(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3573476号
(P3573476)
(45)発行日　平成16年10月6日(2004.10.6)　(24)登録日　平成16年7月9日(2004.7.9)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02F 1/03　G02F 1/03 501
G02F 1/355　G02F 1/355 501

請求項の数 1　(全 7 頁)

(21)出願番号　特願平5-310129
(22)出願日　平成5年12月10日(1993.12.10)
(65)公開番号　特開平7-159741
(43)公開日　平成7年6月23日(1995.6.23)
審査請求日　平成11年3月18日(1999.3.18)
審判番号　不服2002-5198(P2002-5198/J1)
審判請求日　平成14年3月28日(2002.3.28)

(73)特許権者　000005201
富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼２１０番地
(74)代理人　100073184
弁理士　柳田　征史
(74)代理人　100090468
弁理士　佐久間　剛
(72)発明者　羽鳥　正美
神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地
富士写真フイルム株式会社内
(72)発明者　加藤　喜一
神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地
富士写真フイルム株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光学素子

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ＭｇＯあるいはＺｎＯがドープされた、$LiNbO_3$　または$LiTaO_3$　の結晶からなり、そこに、該結晶において実質的に焦電効果を生じさせない温度条件下でレーザー光を入射させて使用される光学素子において、
前記結晶の＋Ｚ面と－Ｚ面とが導電性材料によって接続されていることを特徴とする光学素子。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、ＭｇＯあるいはＺｎＯがドープされた、$LiNbO_3$　または$LiTaO_3$　の結晶からなる光学素子に関するものであり、さらに詳しくは、耐光損傷性を向上させた光学素子に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
従来より、ＥＯ（電気光学）効果あるいはＡＯ（音響光学）効果を有する材料として、また非線形光学効果を有する材料として$LiNbO_3$　（ニオブ酸リチウム：以下ＬＮと称する）、および$LiTaO_3$　（タンタル酸リチウム：以下ＬＴと称する）が広く知られている。
【０００３】

これらＬＮおよびＬＴの結晶は、照射された光によって局所的な屈折率変化が誘起される現象、いわゆる光損傷を生じやすい。この光損傷は、直線偏光を、その偏光の向きが結晶のＺ軸方向と一致する状態で入射させたときに最も大きくなり、入射させたレーザー光がＺ軸方向に著しくぼけるようになる。また、このように直線偏光の向きと結晶のＺ軸方向とが一致していなくても、Ｚ軸方向に直線偏光の成分が存在すれば、光損傷が生じやすい。

【０００４】

この光損傷に対する耐性を高めるために、従来より、ＬＮやＬＴの結晶にＭｇＯあるいはＺｎＯをドープさせることが広くなされている。例えばＭｇＯをドープしたＬＮ結晶は、アルゴンレーザーから出力された波長５１５　ｎｍの数十ｍＷのレーザービームを入射させても、ビームがぼけることがないと言われている。

【０００５】

【課題を解決するための手段】

ところが、実際に多くの結晶について測定してみると、従来と同様に光損傷が生じないもの以外に、中には、数十ｍＷの強いパワーのときには光損傷が生じないが、出力数ｍＷ前後の比較的弱いレーザー光のときにのみ明らかにビームがぼける結晶がある。本発明者等が観測したこの現象は、従来言われて来たのとは全く逆の現象である。

【０００６】

また、この観測結果と同様に、必ずしもＭｇＯをドープしたＬＮ結晶が光損傷に強いとは限らないことを示唆する報告もある。すなわち、１９９２年春季応用物理学会予稿集３０ｐ－Ｇ－１２には、ＭｇＯをドープしたものもドープしていないものも、耐光損傷性はほぼ同じであるという報告がなされている。

【０００７】

なお、上述の観測で認められた光損傷現象は、ＭｇＯあるいはＺｎＯがドープされたＬＮまたはＬＴ結晶のみに観測され、ノンドープのものでは観測されない。それに対して、従来より認められている光損傷現象は、ノンドープ結晶でも当然観測されるし、光パワーが強いときほどビームのぼけが大きくなるので、これら両現象の特性は互いに異なる。しかし、上述の観測で認められた「ビームがぼける」現象そのものは、従来の光損傷によるものと全く区別がつかないので、ここではこの現象を光損傷と定義して、以下説明をする。

【０００８】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、ＭｇＯあるいはＺｎＯがドープされたＬＮまたはＬＴの結晶からなる光学素子の耐光損傷性を確実に向上させることを目的とするものである。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

本発明による光学素子は、前述したようにＭｇＯあるいはＺｎＯがドープされたＬＮまたはＬＴの結晶からなり、そこに、該結晶において実質的に焦電効果を生じさせない温度条件下でレーザー光を入射させて使用される光学素子において、上記結晶の＋Ｚ面と－Ｚ面とが導電性材料によって接続されていることを特徴とするものである。なお、上述のような温度条件とは、入射したレーザー光による光学素子の温度上昇が実質的に焦電効果を招かない程度に抑えられている場合も含めて、基本的には意図的に温度変化を与えないことを意味するが、光学素子が使用される環境により、実用的に意味をなさない程度の焦電効果が生じてしまう温度変化が存在する場合も含むものとする。

【００１０】

【作用および発明の効果】

上記のように結晶の＋Ｚ面と－Ｚ面とが導電性材料によって接続されていると、そうでない場合と比較して結晶の耐光損傷性が確実に向上し、レーザー光を入射させたときのぼけが明らかに低減する。

【００１１】

【実施例】

以下、図面に示す実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。図１は、本発明の第１実施例による光学素子を示すものである。この第１実施例の光学素子１はバルク結晶型のものであり、ＭｇＯがドープされたＬＮ（以下、ＭｇＯ－ＬＮと称する）結晶２と、このＭｇＯ－ＬＮ結晶２をその＋Ｚ面２ａと－Ｚ面２ｂ側から挟んで保持する金属治具３とからなる。なおＭｇＯ－ＬＮ結晶２は、ＭｇＯが一例として５％ドープされたＸカットのもので、一般的なプロトン交換およびアニール処理を受けたものである。一方金属治具３は銅、アルミニウム等の導電性材料からなる小片３個を、４本のビス３ａ（図中では片側の２本のみを示す）によって断面コ字状に組み付けて構成されている。

【００１２】

このように金属治具３を組み付ける際に、ＭｇＯ－ＬＮ結晶２が挟み込まれてそこに保持されるが、ビス３ａを締め付ける際に該結晶２が割れないように、金属治具３と＋Ｚ面２ａおよび－Ｚ面２ｂとの間には、柔らかい導電性材料であるインジウムのシート４が配されている。したがってＭｇＯ－ＬＮ結晶２の＋Ｚ面２ａと－Ｚ面２ｂとは、これらのインジウムシート４と金属治具３とによって接続されている。

【００１３】

上記のＭｇＯ－ＬＮ結晶２に、アルゴンレーザーから出射した直線偏光のレーザービーム５を、焦点距離６０ｍｍの集光レンズ６で絞った上で入射させた。この際、矢印Ｐで示す直線偏光の向きをＺ軸方向と一致させる。そしてＭｇＯ－ＬＮ結晶２を通過したレーザービーム５をスクリーン７に照射して、そのビーム断面形状を調べた。また比較例として、ＭｇＯ－ＬＮ結晶２を金属治具３によって保持する前に、上記と同様に該結晶２を通過したレーザービーム５のビーム断面形状を調べた。なお、レーザービーム５の出力は１ｍＷ、３ｍＷおよび１０ｍＷの３通りに設定し、それぞれの場合についてビーム断面形状を調べた。また、用いた結晶はＭｇＯが５％ドープされたもので、組成分析の結果、いずれも同等であった。

【００１４】

このようにして調べたビーム断面形状を図２に示す。レーザービーム５の出力が１０ｍＷの場合は、実施例、比較例とも、ビーム断面形状は正円に近いものであり、光損傷は生じていないと考えられ、従来より言われている結果と同じであった。

【００１５】

しかしレーザービーム５の出力が３ｍＷの場合、比較例は、結晶によってはビーム断面形状が正円に近いものとなって、光損傷が生じないものがあったり、別の結晶ではビーム断面形状がＺ軸方向（図２では上下方向）にクマが有るものとなって、光損傷が生じている結果も得られた。それに対して本実施例の光学素子５では、レーザービーム５の出力が３ｍＷの場合でも、光損傷が生じている結晶であっても、ビーム断面形状は常に正円に近いものになり、比較例と比べて耐光損傷性が明らかに向上した。

【００１６】

またレーザービーム５の出力が１ｍＷの場合、比較例におけるビーム断面形状は、結晶によっては正円に近いものもあるが、Ｚ軸方向にクマが有るものとなったり、あるいはＺ軸方向に延びた楕円状となる結晶が多く、光損傷が生じていると考えられる。それに対して本実施例の光学素子５では、レーザービーム５の出力が１ｍＷの場合、レーザービーム５を結晶２に入射させた状態で素早く該結晶２をＺ軸方向に動かしたとき、若干のビームの乱れが一部の結晶で観測されるが（図２中ではこの現象を「モワ」として示してある）、結晶２を動かさないとき（通常の使用状態である）、ビーム断面形状は正円に近いものであり、比較例と比べて耐光損傷性が明らかに向上している。

【００１７】

なお、上に述べたＭｇＯ－ＬＮ結晶２はプロトン交換およびアニール処理を受けたものであるが、このような処理を施さないＭｇＯ－ＬＮ結晶に対しても本発明は適用可能であり、そしてその場合も上記と同様の効果が得られる。

【００１８】

次に、図３を参照して本発明の第２実施例について説明する。なおこの図３において、図

１中の要素と同等のものには同番号を付し、それらについての重複した説明は省略する（以下、同様）。この第２実施例の光学素子８もバルク結晶型のものであり、ＭｇＯ－ＬＮ結晶２と、このＭｇＯ－ＬＮ結晶２の＋Ｚ面２ａと－Ｚ面２ｂとを接続する導電性線材９からなる。

【００１９】

このような構成の光学素子８においても、そこに第１実施例と同様にレーザービーム５を入射させたとき、上記比較例と比べて耐光損傷性が明らかに向上していることが確認された。

【００２０】

次に、図４および図５を参照して本発明の第３実施例について説明する。この第３実施例の光学素子３０は光導波路型のものであり、表面部分に２次元（薄膜）光導波路１１が形成されたＭｇＯ－ＬＮ結晶基板１０と、第１実施例で用いられたものと同様の金属治具３およびインジウムシート４とから構成されている。この場合も金属治具３は、ＭｇＯ－ＬＮ結晶基板１０の＋Ｚ面１０ａと－Ｚ面１０ｂとを、インジウムシート４を介して接続するように配設されている。

【００２１】

この光学素子３０は一例として電気光学光変調器を構成するものであり、ＭｇＯ－ＬＮ結晶基板１０上にプロトン交換による薄膜光導波路１１が形成され、この光導波路１１の上に光入射用の線状回折格子（Ｌｉｎｅａｒ　Ｇｒａｔｉｎｇ　Ｃｏｕｐｌｅｒ　：以下ＬＧＣと称する）１４と光出射用ＬＧＣ１５とが形成され、そしてＬＧＣ１４とＬＧＣ１５との間において光導波路１１の上には、導波光の光路を切り換えてＬＧＣ１５からの出射を制御するＥＯＧ電極１３が配設されてなるものである。なお、このＥＯＧ電極１３は、光導波路１１に電気光学的回折格子（Ｅｌｅｃｔｒｏ－Ｏｐｔｉｃ　Ｇｒａｔｉｎｇ　）を形成する格子状電極であり、光導波路１１の上にバッファ層１２を介して設けられている。

【００２２】

また、Ｘカットの基板１０の一端面１０ｃは、Ｈｅ－Ｎｅレーザー等のレーザー２１から発せられたレーザービーム２０を入射させるため、そして基板１０の他端面１０ｄは光出射用ＬＧＣ１５で回折した光を基板１０外に出射させるため、それぞれ所定の角度で斜めに研磨されている。

【００２３】

端面１０ｃを通して基板１０内に入射し、光導波路１１越しにＬＧＣ１４の部分に入射したレーザービーム２０は、このＬＧＣ１４において回折し、光導波路１１内に入射して導波光２０’となる。この導波光２０’は、ＥＯＧ電極１３に対応する部分を通って導波するが、ＥＯＧ電極１３に電圧が印加されていない状態ではそこを直進する。一方、ＥＯＧ電極１３に図示しない駆動回路から所定の電圧が印加されると、電気光学効果を有する光導波路１１の屈折率が変化して回折格子が形成され、導波光２０’はその回折格子により回折する。以上のようにして回折した光ビーム２０Ａおよび回折しない光ビーム２０Ｂは、ＬＧＣ１５において基板１０側に回折し、この基板１０の斜めにカットされた端面１０ｄから素子外に出射する。

【００２４】

そこでこの素子外に出射した例えば光ビーム２０Ａを使用光とすれば、ＥＯＧ電極１３への電圧印加の有無に応じてこの光ビーム２０Ａを変調することができる。例えば所定の画像信号に基づいてこの光ビーム２０Ａを変調する場合は、その画像信号に基づいて電圧印加を制御すればよい。

【００２５】

この第３実施例の光学素子３０においても、ＭｇＯ－ＬＮ結晶基板１０の＋Ｚ面１０ａと－Ｚ面１０ｂとが、金属治具３およびインジウムシート４によって接続されているので、耐光損傷性が向上する。

【００２６】

次に、図６を参照して本発明の第４実施例について説明する。この第４実施例の光学素子４０は分岐干渉型光変調器を構成するものであり、表面部分に３次元光導波路４１および位相変調用の電極４２、４３が形成されたＭｇＯ－ＬＮ結晶基板４４と、第１実施例で用いられたものと同様の金属治具３およびインジウムシート４とから構成されている。この場合も金属治具３は、ＭｇＯ－ＬＮ結晶基板４４の＋Ｚ面４４ａと－Ｚ面４４ｂとを、インジウムシート４を介して接続するように配設されている。

【００２７】

この第４実施例の光学素子４０においても、ＭｇＯ－ＬＮ結晶基板４４の＋Ｚ面４４ａと－Ｚ面４４ｂとが、金属治具３およびインジウムシート４によって接続されているので、耐光損傷性が向上する。

【００２８】

以上、ＭｇＯ－ＬＮ結晶からなる光学素子に適用された実施例について説明したが、本発明はその他、ＭｇＯがドープされたＬＴの結晶、さらにはＺｎＯがドープされたＬＮまたはＬＴの結晶からなる光学素子にも適用可能で、その場合も同様の効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１実施例による光学素子を示す斜視図

【図２】上記光学素子および従来の光学素子を通過した光のビーム断面形状を比較して示す概略図

【図３】本発明の第２実施例による光学素子を示す斜視図

【図４】本発明の第３実施例による光学素子を示す斜視図

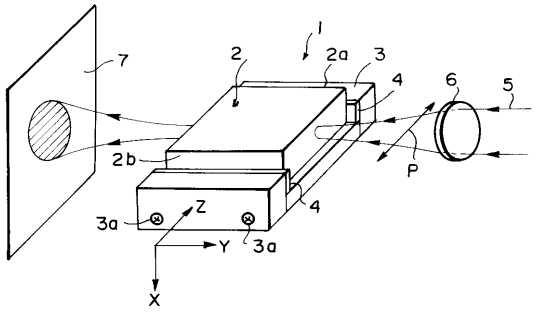
【図５】上記第３実施例の光学素子の側断面図

【図６】本発明の第４実施例による光学素子を示す斜視図

【符号の説明】

１、８、３０、４０　　光学素子
２　　ＭｇＯ－ＬＮ結晶
２ａ　　ＭｇＯ－ＬＮ結晶の＋Ｚ面
２ｂ　　ＭｇＯ－ＬＮ結晶の－Ｚ面
３　　金属治具
４　　インジウムシート
１０、４４　　ＭｇＯ－ＬＮ結晶基板
１０ａ、４４ａ　　ＭｇＯ－ＬＮ結晶基板の＋Ｚ面
１０ｂ、４４ｂ　　ＭｇＯ－ＬＮ結晶基板の－Ｚ面
１１　　２次元光導波路
１２　　バッファ層
１３　　ＥＯＧ電極
１４　　光入射用ＬＧＣ
１５　　光出射用ＬＧＣ
４１　　３次元光導波路
４２、４３　　電極

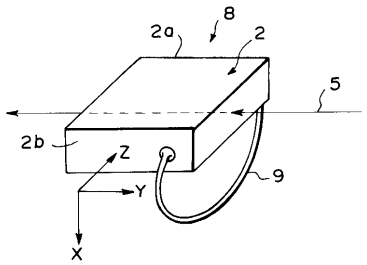
【図１】



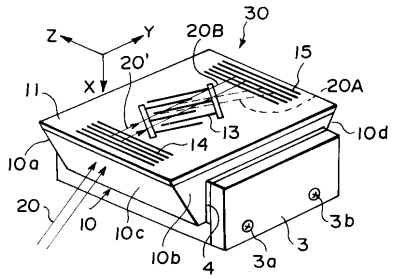
【図２】

	1mW	3mW	10mW
比較例	○	○	○
実施例	○ モワ	○	○

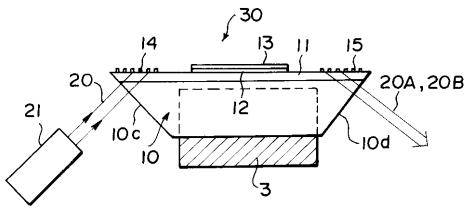
【図３】



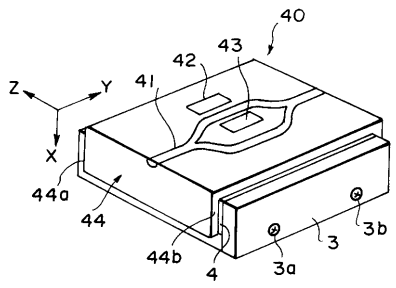
【図４】



【図５】



【図６】



フロントページの続き

合議体
審判長　向後　晋一
審判官　稲積　義登
審判官　吉田　英一

(56)参考文献　特開平４－２１４５２６（ＪＰ，Ａ）
特開平５－１７３０３５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02F 1/03 - 1/035