(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4054078号
(P4054078)

(45)発行日　平成20年2月27日(2008.2.27)　(24)登録日　平成19年12月14日(2007.12.14)

(51)Int.Cl.　　F I
G02F 1/33 (2006.01)　　G02F 1/33
G02F 1/11 (2006.01)　　G02F 1/11　505

請求項の数 11　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願平8-236759
(22)出願日　平成8年9月6日(1996.9.6)
(65)公開番号　特開平10-83002
(43)公開日　平成10年3月31日(1998.3.31)
審査請求日　平成14年10月10日(2002.10.10)
審判番号　不服2005-14580(P2005-14580/J1)
審判請求日　平成17年7月28日(2005.7.28)

(73)特許権者　306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布２丁目２６番３０号
(74)代理人　100079049
弁理士　中島　淳
(74)代理人　100084995
弁理士　加藤　和詳
(74)代理人　100085279
弁理士　西元　勝一
(74)代理人　100099025
弁理士　福田　浩志
(72)発明者　山下　明子
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】音響光学機器、光ビーム走査装置、及び音響光学素子の姿勢調整方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子と、前記音響光学素子に直線偏光を入射させる光源と、を備え、音響光学的に偏向又は変調を行う音響光学機器であって、

前記音響光学素子の姿勢を調整することにより、

異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子が配置されたことを特徴とする音響光学機器。

【請求項２】

入射光の進行方向をｚ軸、入射光の偏光方向をｘ軸とするｘｙｚ座標系を定め、異方性結晶内を進行する超音波の進行方向とｘ軸とが平行で、かつ異方性結晶の光学軸がｚ軸に一致した状態を初期状態と仮定し、初期状態からｚ軸と超音波の進行方向とを含む面に垂直な軸回りに所定角度回転し、異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子と、前記音響光学素子に直線偏光を入射させる光源と、を備え、音響光学的に偏向又は変調を行う音響光学機器であって、

前記音響光学素子を、前記入射光の進行方向（ｚ軸）と同じ方向の軸回りに回転させると共に、前記超音波の進行方向（ｘ軸）と同じ方向の軸回りに回転させることにより、

異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向（ｚ軸）と超音波の進行方向（ｘ軸）とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向（ｚ軸）と超音波の進行方向（ｘ軸）とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子が配置されたことを特徴とする音響光学機器。

【請求項３】

前記超音波の進行方向と同じ方向の軸回りの回転角度を略３°以上とした請求項２に記載の音響光学機器。

【請求項４】

前記ｚ軸と超音波の進行方向とを含む面に垂直な軸回りの所定角度をブラッグ角、前記超音波の進行方向と同じ方向の軸回りの回転角度を略３°以上、前記ｚ軸回りの回転角度を略３０°～略９０°とした請求項２または３に記載の音響光学機器。

【請求項５】

前記異方性結晶は一軸結晶である請求項１～４のいずれか１項の音響光学機器。

【請求項６】

前記異方性結晶はTeO_2である請求項１～５のいずれか１項の音響光学機器。

【請求項７】

前記音響光学素子は音響光学偏向素子である請求項１～６のいずれか１項の音響光学機器。

【請求項８】

請求項１～７のいずれか１項に記載の音響光学機器を備えた光ビーム走査装置。

【請求項９】

異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子を備えた光ビーム走査装置であって、

前記音響光学素子の姿勢を調整することにより、

直線偏光の入射光が入射した場合に、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子が配置されたことを特徴とする光ビーム走査装置。

【請求項１０】

異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子の姿勢調整方法であって、

前記音響光学素子を、入射光の進行方向と同じ方向の軸回りに回転させると共に、前記超音波の進行方向と同じ方向の軸回りに回転させることにより、

直線偏光の入射光が入射した場合に、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子の姿勢を調整することを特徴とする音響光学素子の姿勢調整方法。

【請求項１１】

直線偏光の入射光に対し、入射光の進行方向をｚ軸、入射光の偏光方向をｘ軸とするｘｙｚ座標系を定め、異方性結晶内を進行する超音波の進行方向とｘ軸とが平行で、かつ異方性結晶の光学軸がｚ軸に一致した状態を初期状態と仮定し、初期状態からｚ軸と超音波の進行方向とを含む面に垂直な軸回りに所定角度回転し、異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子の姿勢調整方法であって、

前記音響光学素子を、前記入射光の進行方向（ｚ軸）と同じ方向の軸回りに回転させると共に、前記超音波の進行方向（ｘ軸）と同じ方向の軸回りに回転させることにより、

直線偏光の入射光が入射した場合に、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向（ｚ軸）と超音波の進行方向（ｘ軸）とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向（ｚ軸）と超音波の進行方向（ｘ軸）とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子の姿勢を調整することを特徴とする音響光学素

子の姿勢調整方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
この発明は音響光学機器、光ビーム走査装置、及び音響光学素子の姿勢調整方法に係り、特に、音響光学効果を利用した音響光学変調素子（ＡＯＭ）や音響光学偏向素子（ＡＯＤ）等の音響光学素子を含む音響光学機器、この音響光学機器を利用して画像記録や画像読取に使用する光ビーム走査装置、及び音響光学素子の姿勢調整方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子の一種である従来のＡＯＤは、音響光学媒体として二酸化テルル（TeO_2）の単結晶を利用し、TeO_2 結晶の［１１０］方向に進行しかつ［１’１０］（ここで、１’とは－１方向を意味する。）方向に変位する横波超音波によって TeO_2 結晶内に入射した光波を回折させている（オン［１１０］型偏向器）。この TeO_2 結晶を利用したＡＯＤは、音響光学媒体としてニオブ酸リチウム、または水晶を用いたＡＯＤと比較して大きな音響光学性能指数が得られ、高い回折効率が得られる。
【０００３】
しかしながら、広い周波数帯域に渡ってフラットな回折効率が得られず、中心周波数付近において効率が落ち込むため、使用周波数帯域が制限されてしまう、という問題があった。また、高い回折効率を得るためには円偏光が必要であり、直線偏光のレーザ光の光路中にλ／４板を挿入して円偏光に変換する必要があるため、高価になる、という問題があった。
【０００４】
上記の問題点を解消したＡＯＤとして、超音波の進行方向を結晶の［１１０］方向から大きく傾けたオフ［１１０］型偏向器が知られている（特開昭５１－９９０３９号公報）。このオフ［１１０］型偏向器によれば、上記のオン［１１０］型偏向器の問題点であった中心周波数付近における効率の落ち込みが解消され、また、入射させるレーザ光も直線偏光でよく、λ／４板が不要になる。
【０００５】
なお、従来は入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む平面内でブラッグ条件を満足するようにブラッグ角のみを調整して回折効率を高くしており、入射光の進行方向に直交する方向にＡＯＤを平行移動する調整は成されていたものの、その他のＡＯＤを回転する調整は成されていない。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、上記従来のオフ［１１０］型偏向器では、超音波の進行方向を［１１０］方向から大きく傾ける必要があるため、大きな結晶が必要となり、コストアップになる、という問題がある。
【０００７】
本発明は上記問題点を解消するためになされたもので、直線偏光を使用し広い周波数帯域に渡って高い回折効率が得られる低コストの音響光学機器、この音響光学機器を利用した光ビーム走査装置、及び音響光学素子の姿勢調整方法を提供することを目的とする。
【０００８】
【課題を解決するための手段】
上記目的を達成するために、請求項１に係る音響光学機器は、異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子と、前記音響光学素子に直線偏光を入射させる光源と、を備え、音響光学的に偏向又は変調を行う音響光学機器であって、前記音響光学素子の姿勢を調整することにより、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にな

らず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子が配置されたことを特徴とする。

【０００９】

本発明は、異方ブラッグ回折が利用できると共に、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように音響光学素子を配置したものである。

【００１０】

異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行となるように配置することにより、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して所定角度傾斜した状態になる。

【００１１】

一方、本発明のように、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならないように配置することにより、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して所定角度傾斜し、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して所定角度傾斜した状態になる。

【００１２】

上記のように音響光学素子を配置するには、入射光を固定しておいて音響光学素子の姿勢を調整してもよいし、音響光学素子を固定しておいて入射光の進行方向を調整してもよいし、音響光学素子の姿勢及び入射光の進行方向の両方を調整してもよい。

【００１３】

本発明者等は、従来調整されていなかったブラッグ角以外の方向に音響光学素子の姿勢を調整し、異方性結晶の光学軸が、入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならないように音響光学素子を配置すると、回折効率が高くなることを実験により見い出し、本発明に想到したものである。

【００１４】

上記のように音響光学素子を配置することによって、異方性結晶を大きくすることなく直線偏光を用いて従来より回折効率を高くすることができる。

【００１５】

異方性結晶の光学軸が、入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならないように音響光学素子を配置すると、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならない条件を満足する場合がある。

【００１６】

請求項２に係る音響光学機器は、入射光の進行方向をｚ軸、入射光の偏光方向をｘ軸とするｘｙｚ座標系を定め、異方性結晶内を進行する超音波の進行方向とｘ軸とが平行で、かつ異方性結晶の光学軸がｚ軸に一致した状態を初期状態と仮定し、初期状態からｚ軸と超音波の進行方向とを含む面に垂直な軸回りに所定角度回転し、異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子と、前記音響光学素子に直線偏光を入射させる光源と、を備え、音響光学的に偏向又は変調を行う音響光学機器であって、前記音響光学素子を、前記入射光の進行方向（ｚ軸）と同じ方向の軸回りに回転させると共に、前記超音波の進行方向（ｘ軸）と同じ方向の軸回りに回転させることにより、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向（ｚ軸）と超音波の進行方向（ｘ軸）とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向（ｚ軸）と超音波の進行方向（ｘ軸）とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子が配置されたことを特徴とする。

【００１７】

すなわち、異方性結晶の［１１０］方向とｘ軸とが平行で、かつ［００１］方向をｚ軸に一致させた状態を初期状態としたとき、初期状態から、［１１０］方向の軸回り、または、［１１０］方向の軸及びｚ軸の両方の軸回りに回転すると共に、ｚ軸と超音波の進行方向とを含む面に垂直な軸回りに所定角度回転して配置したものである。

【００１８】

初期状態から、ｚ軸と超音波の進行方向とを含む面に垂直な軸回りの角度を第１の所定角度、［１１０］方向の軸回りの角度を第２の所定角度、ｚ軸回りの角度を第３の所定角度とするとき、第１の所定角度及び第２の所定角度を調整する場合には、第１の所定角度はブラッグ角（例えば、略４°）、第２の所定角度は略３°以上、好ましくは略９°とすることができ、これらの角度をこの範囲に設定すると回折効率を好ましい値にすることができる。

【００１９】

また、第１～第３の所定角度を共に調整する場合には、上記第１の所定角度はブラッグ角（例えば、略４°）、第２の所定角度は略３°以上、第３の所定角度は略３０°～略９０°とすることができ、これらの角度をこの範囲に設定すると回折効率を好ましい値にすることができる。また、第１の所定角度をブラッグ角（例えば、略４°）、第２の所定角度を略５°～略１０°、第３の所定角度を略３０°～略９０°、好ましくは、第１の所定角度をブラッグ角（例えば、略４°）、第２の所定角度を略７°～略１０°、第３の所定角度を略４５°～略９０°、より好ましくは、第１の所定角度をブラッグ角（例えば、略４°）、第２の所定角度を略９°～略１０°、第３の所定角度を略７０°～略７５°とすることができる。第１～第３の所定角度を上記のより好ましい値に調整した場合には、広い周波数帯域にわたって最も高くかつフラットな回折効率が得られる。

【００２０】

上記異方性結晶は一軸結晶や二軸結晶を使用することができるが、一軸結晶、特にTeO_2が好ましく、また本発明の音響光学素子は音響光偏向素子であるのが好ましい。上記の音響光学機器は、光ビームを走査して画像記録を行う画像記録装置、または光ビームを走査して画像の読取を行う画像読取装置の光ビーム走査装置に適用することができる。

請求項９に係る光ビーム走査装置は、異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子を備えた光ビーム走査装置であって、前記音響光学素子の姿勢を調整することにより、直線偏光の入射光が入射した場合に、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子が配置されたことを特徴とする。

【００２１】

請求項１０に係る音響光学素子の姿勢調整方法は、異方性結晶内を進行する超音波と異方性結晶内を進行する光波との間に生じる異方ブラッグ回折を利用した音響光学素子の姿勢調整方法であって、前記音響光学素子を、入射光の進行方向と同じ方向の軸回りに回転させると共に、前記超音波の進行方向と同じ方向の軸回りに回転させることにより、直線偏光の入射光が入射した場合に、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならない条件を満足するように、前記音響光学素子の姿勢を調整することを特徴とする。

【００２２】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。まず、本発明をTeO_2単結晶を用いたオン［１１０］型偏向器（ＡＯＤ）に適用した場合について説明する。図１に示すように、このＡＯＤは、頭部が斜めにカットされたTeO_2単結晶１０と、TeO_2単結晶１０の底面に貼着されかつ結晶の［１１０］方向に進行しかつ［１’１０］方向に変位する横波超音波を発生するトランスデューサ１２から構成されている。なお、Ｔｅ

O_2 単結晶１０の頭部には吸音材（図示せず）を貼着してもよい。

【００２３】

また、図１及び図２に示すように、ｚ軸が入射光の進行方向に一致し、ｘ軸が入射光の偏光方向に一致し、かつｙ軸がｚ軸及びｘ軸から右手系で定まるｘｙｚ座標系を定める。

【００２４】

また、図１に示すように、TeO_2 単結晶１０内を進行する超音波の進行方向、すなわち結晶の［１１０］方向とｘ軸とが平行で、かつ光学軸である［００１］方向をｚ軸方向に一致させた状態を初期状態とする。そして、この初期状態からＡＯＤの姿勢を調整するための３つの軸回りの回転角度、すなわちブラッグ角 θ_B 、あおり角 θ_A 、入射光進行方向の軸回りの回転角 θ_Z を図２に示すように各々次のように定める。

【００２５】

ブラッグ角 θ_B は、入射光の進行方向（ｚ軸）と超音波進行方向とを含む平面内でのＡＯＤの回転、すなわち、ｚ軸と超音波進行方向とで形成される平面に垂直な軸Ｂ回りの回転である。このブラッグ角 θ_B は、ｚ軸の正方向側から超音波進行方向の正方向に回転させたとき、すなわち軸Ｂの正方向に向かって右ねじ方向に回転させたとき正とし、超音波進行方向がｚ軸に垂直の場合、$\theta_B = 0$とする。

【００２６】

あおり角 θ_A は、超音波進行方向の軸回り、すなわち［１１０］方向の軸Ａ回りの回転である。このあおり角 θ_A は、超音波進行方向に向かって右ねじの方向に回転させたとき正とし、結晶の光学軸［００１］が、入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む平面に対して平行のとき、$\theta_A = 0$とする。

【００２７】

入射光進行方向の軸回りの回転角 θ_Z は、ｚ軸回りの回転であり、ｚ軸方向の正方向に向かって右ねじの方向に回転させたき正とし、超音波進行方向がｘ軸と平行の場合（入射光の偏光面が、入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行の場合）、$\theta_Z = 0$とする。

【００２８】

トランスデューサ１２にパワー０．２５Ｗの高周波信号を印加して超音波を進行させると共に偏光方向がｘ軸方向のレーザビームをｚ軸方向から入射し、あおり角 θ_A を変化させ、ブラッグ角 θ_B をブラッグ条件を満足するように調整したときの回折効率特性を図３に、入射光進行方向の軸回りの回転角 θ_Z を変化させ、各入射光進行方向の軸回りの回転角 θ_Z において回折効率が最大になるようにあおり角 θ_A を調整し、ブラッグ角 θ_B をブラッグ条件を満足するように調整したときの中心周波数７６，８０，８４ＭＨｚにおける回折効率特性を図４に示す。また、このときの入射光進行方向の軸回りの回転角 θ_Z とあおり角 θ_A との関係を図５に示す。

【００２９】

なお、同じ回転角 θ_Z に対してあおり角 θ_A を調整すると、２つの特性が得られることが本発明者等により確認されており、上記図４は回折効率の周波数特性の形状がフラット（回折効率が周波数によらず略一定）の場合であるが、図６に回折効率の周波数特性の形状がピーク状（回折効率が中心周波数で高く、周辺で低い）の場合を参考として示す。

【００３０】

図３から理解されるように、従来のようにブラッグ角 θ_B のみ調整した場合（θ_B　４°，$\theta_Z = \theta_A = 0$°）の回折効率（８０ＭＨｚで約５８％）と比較すると、ブラッグ角 θ_B 及びあおり角 θ_A の両方の角度を調整することで、回折効率が向上している。特に、θ_A　±９°で回折効率ηがη　９５％になっている。また、θ_A　±６°～±９°で回折効率ηがη　８０～９５％になり、θ_A　±４°～±９°で回折効率ηがη　７０～９５％になっている。回折効率ηを従来の回折効率より１０％程度以上高くする場合には、あおり角 θ_A を略３°以上にすればよい。

【００３１】

また、図４から理解されるように、従来のように調整した場合の回折効率と比較すると、

ブラッグ角θ_Bを調整すると共に、入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Z及びあおり角θ_Aを正または負方向に調整することで、回折効率が向上している。特に、θ_Z　±（７０°～７５°）、θ_A　±（９°～１０°）で回折効率ηがη　９５％になっている。また、θ_Z　±（４５°～９０°）、θ_A　±（７°～１０°）で回折効率ηがη　８０～９５％になり、θ_Z　±（３０°～９０°）、θ_A　±（５°～１０°）で回折効率ηがη　７０～９５％になっている。

【００３２】

以上はブラッグ角θ_Bが正の場合であるが、ブラッグ角θ_Bが負（θ_B　－４°）の場合においても同様であり、回折効率ηがピーク（約９５％）になる場合をまとめると次の表１のようになる。

【００３３】

【表１】

θ_B	θ_Z	θ_A	回折効率η（%）
≒＋４°	≒＋（７０～７５）	≒＋（９～１０）	≒９５
≒＋４°	≒－（７０～７５）	≒－（９～１０）	≒９５
≒－４°	≒＋（７０～７５）	≒－（９～１０）	≒９５
≒－４°	≒－（７０～７５）	≒＋（９～１０）	≒９５

【００３４】

また、入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Zを、図４から得られる回折効率がピークとなる角度、例えばθ_Z＝７０°に固定し、あおり角θ_Aを変化させた場合の回折効率特性を図７に示す。

【００３５】

図７から理解されるように、入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Zを固定し、あおり角θ_Aのみを変化させる場合にも、あおり角θ_Aを例えばθ_A　１．５°以上に調節することで、回折効率を従来より向上させることができ、回折効率はθ_A　９°で略９５％、θ_A　４．５°以上で略８０～９５％、θ_A　３°以上で略７０～９５％、になる。

【００３６】

従って、入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Z及びあおり角θ_Aを調整する場合において、最大の回折効率が得られる状態から、入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Zを固定してあおり角θ_Aを変化させた場合には、あおり角θ_Aを略１．５°以上にすると回折効率を従来より向上することができ、あおり角θ_Aが略３°以上で略７０～９５％の回折効率が得られ、あおり角θ_Aが略４．５°以上で略８０～９５％の回折効率が得られることになる。

【００３７】

上記は、中心周波数における結果であるが、所定の周波数帯域においても従来より回折効率は向上する。図８に、表１の回折効率がピークになる条件の１つである、θ_Z＝７０°、かつθ_A＝９°における回折効率の周波数特性、入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Zを９０°（θ_A＝９°）にしたときの回折効率の周波数特性、及び従来の回折効率の周波

数特性（$\theta_Z = \theta_A = \pm 0°$）を示す。本実施の形態では、所定の周波数帯域において回折効率が従来より向上している。

【００３８】

以上より、異方ブラッグ回折が利用できるように配置すると共に、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならないように配置することで、回折効率を向上することができる。

【００３９】

すなわち、異方ブラッグ回折が利用できるように配置すると共に、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行となるようにするか、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならないようにすることで回折効率を向上することができる。

【００４０】

なお、上記では、音響光学媒体としてTeO_2の単結晶を用いた例について説明したが、本発明は$PbMoO_4$その他の一軸結晶や二軸結晶を使用することもできる。また、上記では、ＡＯＤについて説明したが、本発明はＡＯＭにも適用できる。

【００４１】

次に、上記ＡＯＤを光ビーム走査装置に利用した円筒内面走査型画像記録装置の実施の形態を図面を参照して説明する。この円筒内面走査型画像記録装置は、所定方向に並列させた複数本のレーザビームを発生するレーザビーム発生手段と、各レーザビームの光路中に配置され、かつレーザビームをレーザビームの並列方向と直交する方向に偏向する複数の偏向器と、円筒の中心軸に対して傾斜した反射面を備え、かつ円筒の中心軸を中心に回転されることによりレーザビームを円筒の内面に沿って走査する走査手段と、偏向器で偏向された複数のレーザビームを走査手段の反射面に入射させる光学系と、を含んで構成されている。

【００４２】

図９に示すように、本実施の形態の画像記録装置は、レーザビームＬを発生するレーザビーム発生器１４と、レーザビーム発生器１４から発生されたレーザビームを所定方向に並列させた３本のレーザビームL_1，L_2，L_3に分割するレーザビームスプリッタ１６とを備えている。レーザビームL_1の射出側には、レーザビームL_1をレーザビームの並列方向と直交する方向、すなわち図９のｙ軸方向（記録シートＳ上ではレーザビームの並列方向と直交する方向）に偏向すると共に、画像情報に応じてレーザビームを強度変調（オンオフ変調）するＡＯＤ１８ｘが配置され、レーザビームL_2の射出側には、レーザビームL_2を偏向することなく画像情報に応じてレーザビームをオンオフ変調するＡＯＤ２０が配置され、レーザビームL_3の射出側には、レーザビームL_3をＡＯＤ１８ｘと同様にｙ軸方向に偏向すると共に、画像情報に応じてレーザビームをオンオフ変調するＡＯＤ２２ｘが配置されている。

【００４３】

ＡＯＤ１８ｘ、２０、２２ｘは、上記で説明したように、異方性結晶の光学軸が、入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならないように配置されている。なお、本実施の形態ではθ_B　４°、θ_Z　７０°、θ_A　９°に調整するのが好ましいが、θ_Z　０°としてθ_Bとθ_Aとを調整するようにしてもよい。

【００４４】

ＡＯＤ１８ｘ、２０、２２ｘのレーザビーム射出側には、各々レーザビームをｘ軸の負の方向に反射するミラー２４、２６、２８が配置され、ミラーのレーザビーム反射側には、これらのミラーから反射されたレーザビームを集光する集光レンズ３０、軸に対して４５°傾斜した反射面を備えかつモータ３４により軸を中心として回転される円柱状の回転鏡３２が配置されている。なお、記録シートＳは、展開して図示した円筒状のドラム３６の内周面に保持されており、回転鏡３２は軸がドラム３６の中心軸と一致するように配置さ

れている。

【００４５】

上記の画像記録装置では、レーザビームによって記録されるドットが記録シートＳ上でｘ軸方向に配列された状態（図９の状態）から回転鏡３２を９０°回転させると、図１３（１）に示されるように回転鏡３２の回転に伴ってドット配列が９０°回転されことになる。すなわち、ドット配列が回転鏡３２の回転に伴って回転され、回転鏡３２の反射面の中心に入射されないレーザビームL_1，L_3によって記録されるドットが単振動し、レーザビームL_1，L_3によって記録されるドットの軌跡R_1，R_3が正弦波状になる。この場合、レーザビームL_1によって記録されるドットの軌跡は、レーザビームL_3によって記録されるドットの軌跡に対して位相が１８０°ずれている。なお、レーザビームL_2は、回転鏡３２の反射面の中心に入射されるため、レーザビームL_2によって記録されるドットは単振動することはなく、レーザビームL_2によって記録されるドットの軌跡R_2は直線になる。本実施の形態では、このドット配列の回転を補正して各走査線を平行にするために、図１０に示す制御装置が設けられている。

【００４６】

図１０に示すように、制御装置３８は、各ＡＯＤのトランスデューサに接続されている。制御装置３８は、モータ３４に取り付けられた図示しないロータリエンコーダからのモータの回転に同期した回転位置信号Ｐ、及び主走査開始位置で出力される主走査開始信号ＬＳＹＮＣに基づいて基本クロック信号及び制御クロック信号を生成する制御回路４０と、基本クロック信号に従って余弦波電圧信号（ｘ＝－ａ・ｃｏｓωｔ，ただし、ａは定数、ωは基本クロック信号によって定まるモータの角速度、ｔは経過時間である）を生成する余弦波電圧信号生成回路４２ａと、基本クロック信号に従って上記とは位相が１８０°ずれた余弦波電圧信号（ｘ＝ａ・ｃｏｓωｔ）を生成する余弦波電圧信号生成回路４２ｃと、定電圧信号を生成する定電圧信号生成回路４２ｂとを備えている。

【００４７】

電圧信号生成回路４２ａ，４２ｂ，４２ｃは、電圧信号から周波数変調信号を生成する電圧制御発振器（ＶＣＯ）４４ａ，４４ｂ，４４ｃに接続されている。

【００４８】

また、制御回路４０には、２値画像信号を生成する２値画像信号生成回路４８が接続されており、ＶＣＯ４４ａ，４４ｂ，４４ｃから出力された周波数変調信号は、変調器４６ａ，４６ｂ，４６ｃにより、２値画像信号生成回路４８からの２値画像信号によってオンオフ変調され、増幅回路５０ａ，５０ｂ，５０ｃによって増幅された後、各ＡＯＤのトランスデューサに入力される。

【００４９】

上記のように、余弦波電圧信号（ｘ＝－ａ・ｃｏｓωｔ，ａ・ｃｏｓωｔ）によって変調された電圧信号をＡＯＤ１８ｘ，２２ｘのトランスデューサに印加することにより、ＡＯＤ１８ｘ、２２ｘを通過するレーザビームが図９の状態（図１３（１）の０°の位置）からｙ軸方向に偏向される。このとき、記録シートＳ上では、ＡＯＤ１８ｘを通過したレーザビームによるドットはドットの配列方向と直交する方向に移動することによってｘ軸の正方向に移動し、ＡＯＤ２２ｘを通過したレーザビームはによるドットはドットの配列方向と直交する方向でかつＡＯＤ１８ｘを通過したレーザビームによるドットと逆方向に移動することによってｘ軸の負方向に移動し、この偏向によって正弦波状の単振動を相殺し走査線を図１３（２）に示すように平行な直線にすることができる。

【００５０】

しかしながら、各レーザビームによる軌跡の長さが異なるため、本実施の形態のように、－９０°～＋９０°の範囲で走査する場合には、図１３（２）に示すように、１ラインの走査開始端側でレーザビームL_3によって記録されるドットの軌跡R_3は、レーザビームL_1，L_2によって記録されるドットの軌跡R_1，R_2に対して各々Ｔｄ１，Ｔｄ２ずれており、１ラインの走査終了端側では各々Ｔｄ３，Ｔｄ２ずれている。従って、軌跡は、レーザビームL_1によって記録されるドットの軌跡R_1、レーザビームL_2によって記録

されるドットの軌跡R_2、レーザビームL_3によって記録されるドットの軌跡R_3の順に短くなるので、走査長が異なることになる。本実施の形態では、この走査長の相違を補正するために、制御回路４０内に図１１に示す制御クロック信号生成回路５２が設けられている。

【００５１】

制御クロック信号生成回路５２は、上記の回転位置信号Ｐから位相同期信号を生成するＰＬＬ回路５４、上記の主走査開始信号ＬＳＹＮＣ及びＰＬＬ回路５４出力に従って基本クロック信号Ｂを生成する基本クロック信号生成回路５６、基本クロック信号をカウントするカウンタ５８、カウンタ５８からのカウント値に従って遅延量を設定するための遅延量設定信号を出力するルックアップテーブル６０、遅延量設定信号に従って基本クロック信号生成回路５６からの基本クロック信号を遅延させて制御クロック信号ＣＬ１，ＣＬ２，ＣＬ３として出力する遅延回路６２ａ，６２ｂ，６２ｃから構成されている。この制御クロック信号ＣＬ１，ＣＬ２，ＣＬ３は、上記の２値画像信号生成回路４８に供給される。

【００５２】

なお、図１３（２）に示すずれ量を補正して、レーザビームによって記録されるドットを記録シート上でｘ軸方向に配列させるための遅延量は、主走査位置によって異なる。このため、ルックアップテーブル６０の遅延量は、レーザビーム毎に、主走査方向の走査位置に応じて、すなわち基本クロック信号の各パルス毎に予め定められている。

【００５３】

次に、上記実施の形態の画像記録装置の動作について説明する。モータ３４に設けられている図示しないエンコーダからの回転位置信号Ｐは、ＰＬＬ回路５４に入力されて位相制御され、位相同期信号が生成される。位相同期信号は基本クロック信号生成回路５６に入力され、主走査開始信号ＬＳＹＮＣの発生タイミングで図１２に示す基本クロック信号Ｂが出力される。基本クロック信号はカウンタ５８によってカウントされると共に、遅延回路６２ａ，６２ｂ，６２ｃに入力される。

【００５４】

カウンタ５８によってカウントされた基本クロック信号のカウント値は、ルックアップテーブル６０に供給される。ルックアップテーブル６０は、カウント値に応じて、すなわち、記録シートの主走査方向における記録位置に応じて各レーザビームL_1，L_2，L_3毎に予め定められている遅延量に基づいて遅延量設定信号を遅延回路６２ａ，６２ｂ，６２ｃの各々に入力する。遅延回路６２ａ，６２ｂ，６２ｃは、入力された遅延量設定信号に応じて基本クロック信号を遅延させて制御クロック信号ＣＬ１，ＣＬ２，ＣＬ３として出力する。

【００５５】

制御クロック信号ＣＬ１は、レーザビームL_1により記録される２値画像信号の出力タイミングを制御する信号であり、遅延回路６２ａは、遅延量設定信号に基づき、図１２に示すように、レーザビームL_1により記録される２値画像信号による画像の記録開始時期を基本クロック信号の発生タイミング、すなわち主走査開始信号ＬＳＹＮＣの発生タイミングよりＴｄ１だけ遅延させ、かつ記録終了時期を基本クロック信号の主走査終了タイミング（ｍ番目のクロック）に一致させた制御クロック信号ＣＬ１を出力する。

【００５６】

制御クロック信号ＣＬ２は、レーザビームL_2により記録される２値画像信号の出力タイミングを制御する信号であり、遅延回路６２ｂは、遅延量設定信号に基づき、図１２に示すように、レーザビームL_2により記録される２値画像信号による画像の記録開始時期を主走査開始信号ＬＳＹＮＣの発生タイミングよりＴｄ２だけ遅延させ、かつ記録終了時期を基本クロック信号の主走査終了タイミングよりもＴｄ２だけ遅延させた制御クロック信号ＣＬ２を出力する。

【００５７】

制御クロック信号ＣＬ３は、レーザビームL_3により記録される２値画像信号の出力タイミングを制御する信号であり、遅延回路６２ｃは、遅延量設定信号に基づき、図１２に示

すように、レーザビームL_3により記録される２値画像信号による画像の記録開始時期を主走査開始信号ＬＳＹＮＣの発生タイミングと同じになり、かつ記録終了時期を基本クロック信号の主走査終了タイミングよりもＴｄ３だけ遅延させた制御クロック信号ＣＬ３を出力する。

【００５８】

なお、ルックアップテーブルの遅延量は、各制御クロック信号のパルス間隔ができるだけ等間隔になるように各主走査位置に応じて設定されている。また、隣合う走査線間の遅延位置が重なると、網点の周期との間にビートが発生して画像のムラになる虞れがあるので、ルックアップテーブルの遅延量は各走査線間でランダムとなるように設定するのが好ましい。

【００５９】

上記のように出力された制御クロック信号ＣＬ１，ＣＬ２，ＣＬ３は、２値画像信号生成回路４８に供給され、２値画像信号生成回路４８は図１２に示すタイミングで２値画像信号を各変調器４６ａ，４６ｂ，４６ｃに出力する。

【００６０】

一方、電圧信号生成回路４２ａ，４２ｃは、入力された基本クロック信号に基づいて余弦波電圧信号（ｘ＝－ａ・ｃｏｓωｔ，ａ・ｃｏｓωｔ）を生成し、ＶＣＯ４４ａ，４４ｃを介して周波数変調信号を変調器４６ａ，４６ｃに入力し、定電圧信号生成回路４２ｂは、ＶＣＯ４４を介して周波数変調信号を変調器４６ｂに入力する。これにより、電圧信号生成回路４８ａ，４８ｂ，４８ｃから出力された周波数変調信号は、変調器４６ａ，４６ｂ，４６ｃにおいて、２値画像信号生成回路４８からの２値画像信号によってオンオフ変調され、増幅回路５０ａ，５０ｂ，５０ｃで増幅された後、各ＡＯＤのトランスデューサに入力される。

【００６１】

レーザビーム発生器１４から発生され、ビームスプリッタ１６によって分割されたレーザビームL_1，L_3は、ＡＯＤ１８ｘ，２２ｘによってｙ軸方向に偏向されると共に、２値画像信号に応じてオンオフ変調され、ミラー２４，２８で反射され、集光レンズ２２を介して回転鏡３２に入射される。また、レーザビームL_2は、ＡＯＤ２０によって偏向されることなく、２値画像信号に応じてオンオフ変調され、ミラー２６で反射され、集光レンズ２２を介して回転鏡３２に入射される。

【００６２】

回転鏡３２は、ｘ軸を中心に回転しているため、反射によってレーザビームを記録シート上に走査させる。この場合、２値画像信号でオンオフ変調されたレーザビームL_1，L_2は、レーザビームL_3と同一の記録範囲内（図１３（３））において画像を記録シートに記録することになる。従って、主走査方向の記録範囲が同一で、かつ歪みのない高精度の画像を記録することができる。

【００６３】

以上説明したように本実施の形態によれば、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならないようにＡＯＤを配置したので、回折効率を向上した低コストの円筒内面走査型画像記録装置を提供することできる。

【００６４】

なお、上記では本発明を円筒内面走査型画像記録装置に適用した実施の形態について説明したが、本発明は、記録シートを副走査方向に搬送しながらレーザビームを主走査方向に走査して記録を行う平面走査型画像記録装置や、ドラムの外周面に記録シートを支持し、ドラムを回転させながらレーザビームを主走査方向に走査して記録を行う円筒外面走査型画像記録装置の光ビーム走査装置にも適用することができる。また、本発明は、レーザビームを走査して読取を行う各種読取装置にも適用することができる。

【００６５】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の音響光学機器及び音響光学素子の姿勢調整方法によれば

、異方性結晶の光学軸が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならず、かつ入射光の偏光面が入射光の進行方向と超音波の進行方向とを含む面に対して平行にならないように音響光学素子を配置したので、異方性結晶を大きくすることなく直線偏光を用いて回折効率を更に向上した低コストの音響光学機器を提供することができる、という効果が得られる。

【００６６】

また、本発明の光ビーム走査装置は、上記のように音響光学素子が配置された音響光学機器を利用しているので、回折効率を更に向上した低コストの光ビーム走査装置を提供することができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施の形態のＡＯＤの概略図である。

【図２】本発明の実施の形態においてＡＯＤを回転させる軸を説明するためのＡＯＤの斜視図である。

【図３】本発明の実施の形態のあおり角θ_Aのみの変化に対する回折効率の変化を示す線図である。

【図４】本発明の実施の形態の入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Zの変化に対する回折効率の変化（回折効率の周波数特性の形状がフラットの場合）を示す線図である。

【図５】図４の回折効率を得るための入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Zとあおり角θ_Aとの関係を示す線図である。

【図６】入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Zの変化に対する回折効率の変化（回折効率の周波数特性の形状がピーク状の場合）を示す線図である。

【図７】入射光進行方向の軸回りの回転角θ_Zが７０°のときのあおり角θ_Aの変化に対する回折効率の変化を示す線図である。

【図８】本発明の実施の形態のある周波数帯域における回折効率を示す線図である。

【図９】本発明の実施の形態の画像記録装置の概略図である。

【図１０】本発明の実施の形態の画像記録装置の制御装置のブロック図である。

【図１１】本発明の実施の形態の画像記録装置の制御回路のブロック図である。

【図１２】本発明の実施の形態の画像記録装置の制御クロック信号のタイミングを示す線図である。

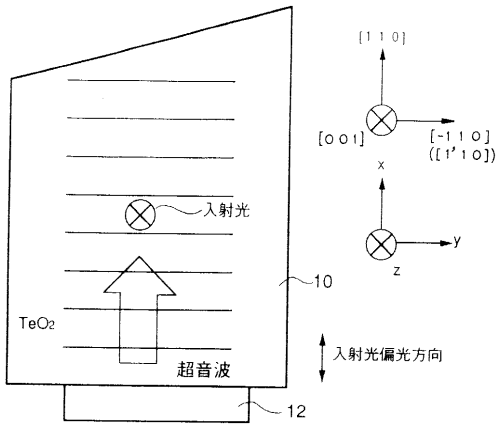
【図１３】（１）は回転鏡による像の回転を補正しない場合の走査線を示し、（２）は回転鏡による像の回転を補正した場合の走査線を示し、（３）は走査長の相違を補正した場合の走査線を示す線図である。

【符号の説明】

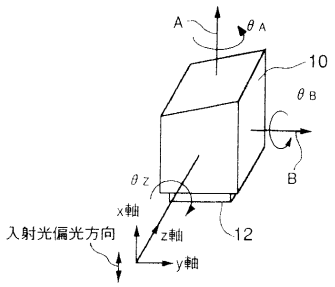
１０　TeO_2の単結晶

１２　トランスデューサ

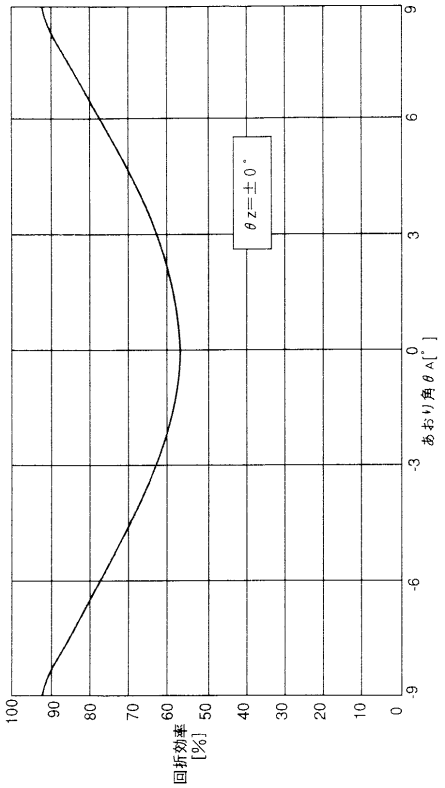
【図１】


[1 1 0]
[0 0 1]
[-1 1 0]
([1′1 0])
x
y
z
入射光
10
TeO2
超音波
入射光偏光方向
12

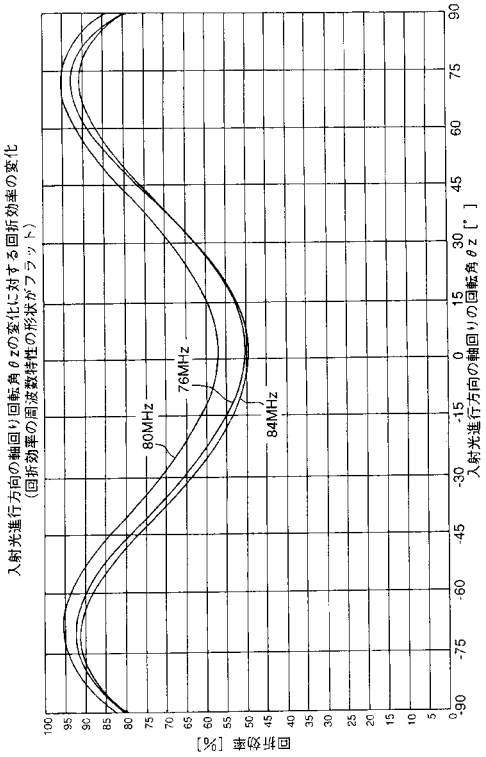
【図２】


A
θA
10
θB
B
θz
x軸
入射光偏光方向
z軸
12
y軸

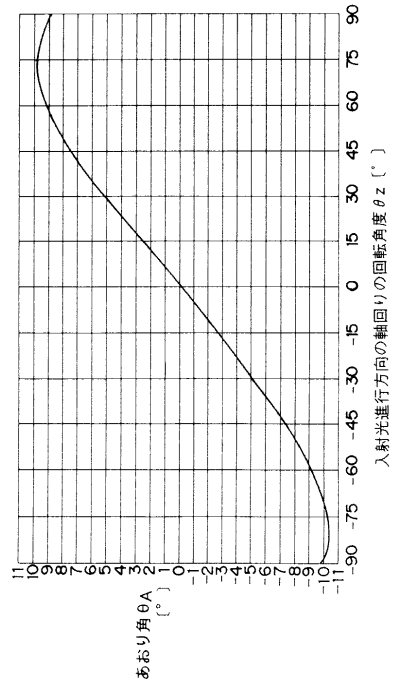
【図３】


θz=±0°
回折効率
[%]
あおり角θA[°]

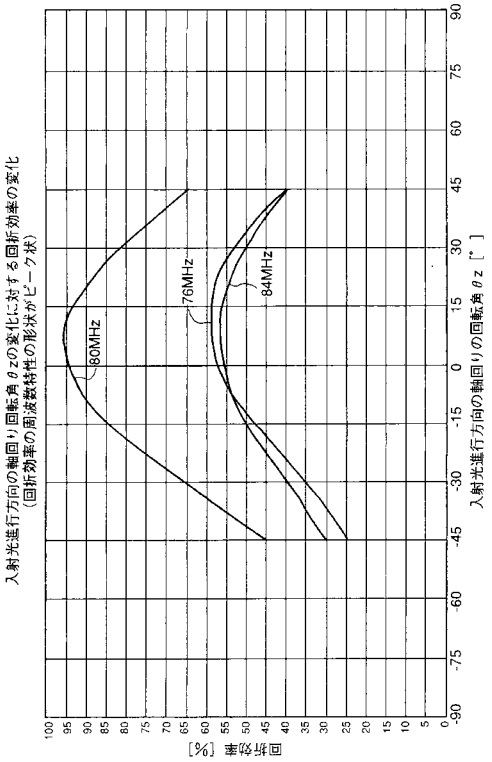
【図４】


入射光進行方向の軸回り回転角θzの変化に対する回折効率の変化
(回折効率の周波数特性の形状がフラット)
80MHz
76MHz
84MHz
回折効率 [%]
入射光進行方向の軸回りの回転角θz[°]

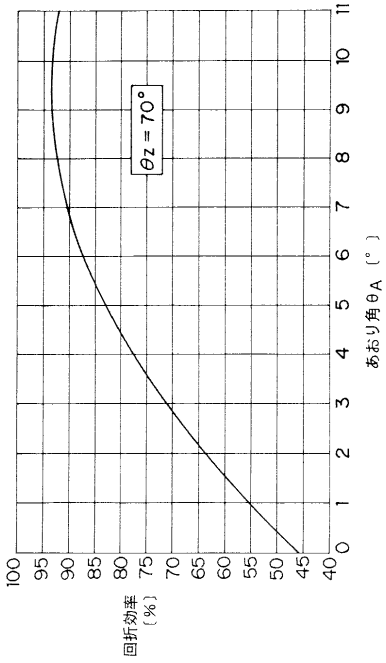
【図５】


あおり角θA
[°]
入射光進行方向の軸回りの回転角度θz[°]

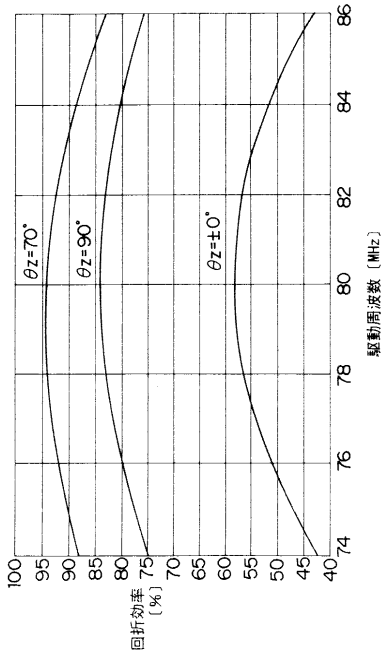
【図６】


入射光進行方向の軸回り回転角θzの変化に対する回折効率の変化
（回折効率の周波数特性の形状がピーク状）
入射光進行方向の軸回りの回転角θz［°］
回折効率［%］
80MHz
76MHz
84MHz

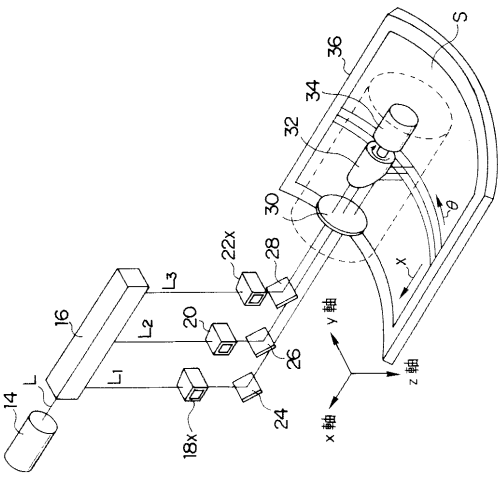
【図７】


θz＝70°
あおり角θA［°］
回折効率［%］

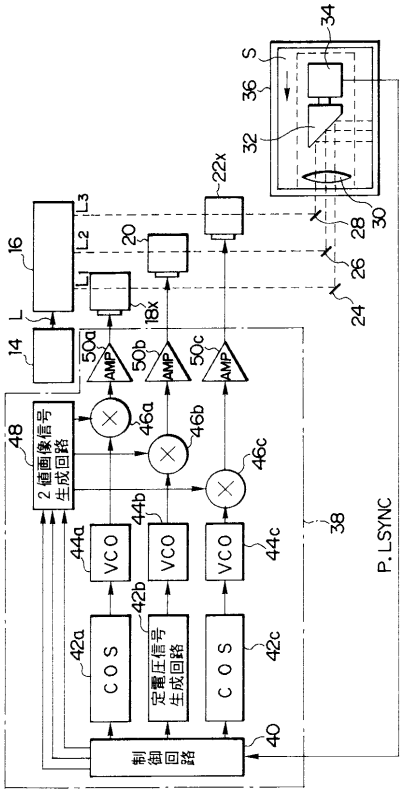
【図８】


θz=70°
θz=90°
θz=±0°
駆動周波数［MHz］
回折効率［%］

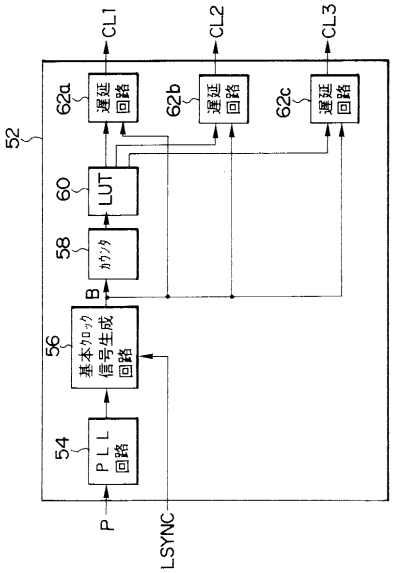
【図９】


S
36
34
32
30
22x
28
16
L
L1
L2
L3
20
26
14
18x
24
x
θ
y軸
z軸
x軸

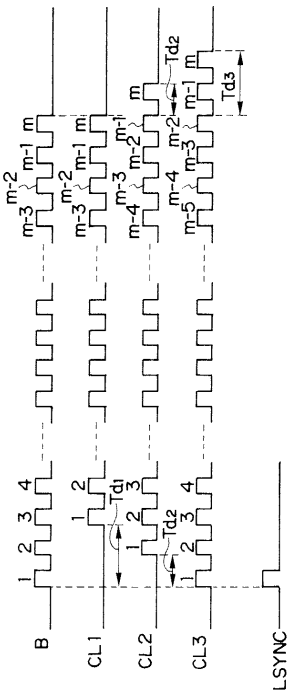
【図１０】



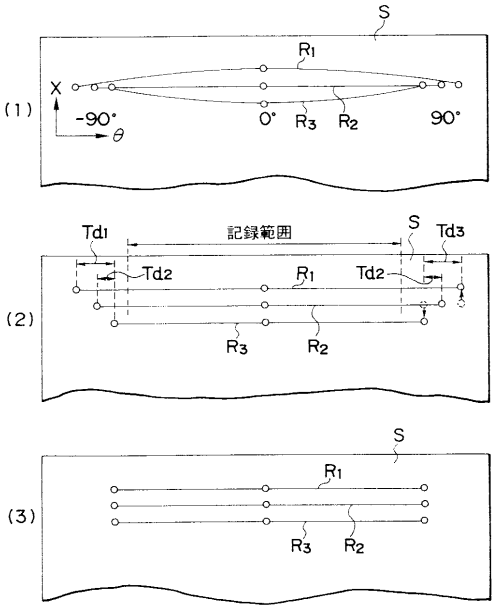
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(72)発明者　角　克人
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

合議体
審判長　小牧　修
審判官　山村　浩
審判官　吉野　公夫

(56)参考文献　特開昭５４－１３６３５８（ＪＰ，Ａ）
Ｓｏｖ．Ｔｅｃｈ．Ｐｈｙｓ．Ｌｅｔｔ．，Ｖｏｌ．５．Ｎｏ．４（１９７９）ｐ．１７７－ｐ．１７８

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G02F1/33