

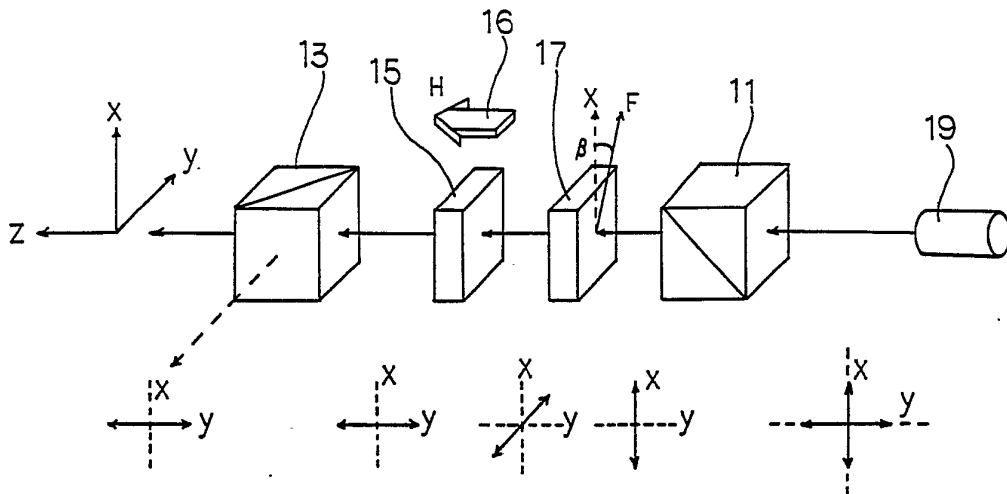


特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類5 G02B 27/28, G02F 1/09</p>	<p>AI</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO 91/14193</p> <p>(43) 国際公開日 1991年9月19日(19. 09. 1991)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP90/01081 (22) 国際出願日 1990年8月27日(27. 08. 90)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平2/63365 1990年3月14日(14. 03. 90) JP 特願平2/166997 1990年6月26日(26. 06. 90) JP</p> <p>(71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) 東洋通信機株式会社 (TOYO COMMUNICATION EQUIPMENT CO., LTD.) [JP/JP] 〒253-01 神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号 Kanagawa, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人(米国についてのみ) 浅沼信久 (ASANUMA, Nobuhisa) [JP/JP] 内野達之 (UCHINO, Tatsuyuki) [JP/JP] 〒253-01 神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号 東洋通信機株式会社内 Kanagawa, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 鈴木 均 (SUZUKI, Hitoshi) 〒164 東京都中野区中野3-34-3 住研コーポビル313号 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 DE(欧州特許)*, FR(欧州特許), GB(欧州特許), U.S.</p>		<p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54) Title: OPTICAL ISOLATOR

(54) 発明の名称 光アイソレータ



(57) Abstract

A highly accurate optical isolator which can be manufactured even by using an inexpensive Faraday element having a large angular tolerance of the rotational angle  $\alpha$  of the Faraday element because the tolerance is compensated by a half-wave plate.

\* 追って通知があるまで、出願日が1990年10月3日より前の国際出願におけるDEの指定は、先のドイツ民主共和国の領域を除く、ドイツ連邦共和国の領域において有効である。

(57) 要約

本発明は光アイソレータに関し、特にファラデー素子の回転角 $\alpha$ の角度公差を $1/2$ 波長板にて補償することにより角度公差の大きい安価なファラデー素子を用いても高精度な光アイソレータを構成することができる。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AT	オーストリア	ES	スペイン	ML	マリ
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	MN	モンゴル
BB	バルバドス	FR	フランス	MR	モリタニア
BE	ベルギー	GA	ガボン	MW	マラウイ
BF	ブルキナ・ファソ	GI	ギニア	NL	オランダ
BG	ブルガリア	GB	イギリス	NO	ノルウェー
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	PL	ポーランド
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	RO	ルーマニア
CA	カナダ	IT	イタリア	SD	スーダン
CF	中央アフリカ共和国	JP	日本	SE	スウェーデン
CG	コンゴ	KP	朝鮮民主主義人民共和国	SN	セネガル
CH	スイス	KR	大韓民国	SU	ソビエト連邦
CI	コート・ジボアール	LI	リヒテンシュタイン	TD	チャド
CM	カメルーン	LK	スリランカ	TG	トゴ
CS	チェコスロバキア	LU	ルクセンブルグ	US	米国
DE	ドイツ	MC	モナコ		
DK	デンマーク	MG	マダガスカル		

## 明細書

光アイソレータ

技術分野

本発明は光アイソレータに関し、より詳細には安価な光学部品を用い、高精度の非相反伝送機能を有する光伝送回路に用いる光アイソレータの構成に関する。

背景技術

光源に半導体レーザを用いた光伝送回路に於いて、光部品や受光素子等、伝送回路途中の反射端で発生する反射光が半導体レーザの共振器内に戻り光として再び半導体レーザに入射すると、半導体レーザの発振動作を不安定にする現象があり、この現象のため雑音が発生し易く伝送品質が劣化するという問題点がある。

この問題点を除去するために従来より非相反伝送機能を有する光アイソレータを用い前記反射戻り光を低減せしめる手段が一般的に用いられている。

第4図は従来より用いられていた光アイソレータの基本構成を示す図であって、透過偏波方向が互いに $45^\circ$ 異なるように配置された偏光子1及び検光子3の間にファラデー回転角 $45^\circ$ を与える磁気光学結晶より構成されたファラデー素子5及び該ファラデー素子5に対して磁化を飽和せしめるための永久磁石7から構成されている。

このように構成した光アイソレータにおいて、半導体レーザ9より出射した光は偏光子1を透過することによりx軸に平行な直線偏光となり、次段のファラデー素子5に於いてその直線偏光の偏波面が $45^\circ$ 回転し、検光子3に入射する。

該検光子3に入射した直線偏光は、その偏波方向が該検光子3の容易透過

偏波方向と一致しているため損失を受けることなく透過する。

一方、光アイソレータに逆方向から入射する戻り光は第5図に示す如く、検光子3の容易透過偏波方向と一致した成分の直線偏光のみが透過し、ファラデー素子5に入射する。

該ファラデー素子5は非相反性のため、前述した順方向の場合と同一方向に $45^\circ$ 回転し、その結果y軸に対し平行な偏波方向を有す直線偏光が出射し、偏光子1の容易透過偏光方向と直交しているため該偏光子を透過せず光源である半導体レーザ9に反射光が戻ることはない。

上述したように光アイソレータを構成している重要な光学素子は磁気光学結晶材料からなるファラデー素子であり、該ファラデー素子は光源の波長変動、使用環境等の各種使用条件に於いて最適な光アイソレータとしての特性が得られるようにその板厚、永久磁石の飽和磁化の強さ及び寸法等が設定される。

次に、ファラデー素子の特性が戻り光量 (B. I. P) に与える影響をジョーンズ・ベクトルを用いて解を解く。

先ず、ファラデー素子に外部磁界を印加した際の入射偏波面の回転角を $\alpha$ 、偏光子と検光子とが平行ニコルの状態にある場合の容易透過偏光の透過率を $T_p$ 、直交ニコルの状態における容易透過偏光の透過率を $T_s$  (一般に $T_p > 0.98$ 、 $T_s < 0.0005$ のため容易透過偏光と直交する成分は無視することができる) とし、第5図において偏光子3に入射する戻り光のジョーンズ・ベクトルをI、偏光子3のジョーンズ・マトリックスをII、ファラデー素子5のジョーンズ・マトリックスをIII、検光子1のジョーンズ・マトリックスをIV及び光源9に再入射する戻り光のジョーンズ・ベクトルをVとすると、上記I～Vは以下の如く表すことができる。

3

$$I = \frac{1}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2}} \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} \dots (1)$$

$$II = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \sqrt{T_p} + \sqrt{T_s} & \sqrt{T_p} - \sqrt{T_s} \\ \sqrt{T_p} - \sqrt{T_s} & \sqrt{T_p} + \sqrt{T_s} \end{pmatrix} \dots (2)$$

$$III = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \dots (3)$$

$$IV = \begin{pmatrix} \sqrt{T_p} & 0 \\ 0 & \sqrt{T_s} \end{pmatrix} \dots (4)$$

$$V = \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix} \dots (5)$$

したがって、光源9に再入射する戻り光のベクトルVは、

$$V = (IV) \cdot (III) \cdot (II) \cdot (I) \dots (6)$$

と表すことができ、戻り光量（以下、B.I.P と記す。）は、

$$B.I.P = |P_x|^2 + |P_y|^2 \dots (7)$$

と表すことができる。

また光源への戻り光量B.I.P を算出するにあたり、光アイソレータに帰還する戻り光は円偏光とすると、

$$a_x = a_y = 1 \dots (8)$$

となり、(1) 式は

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \dots (1)'$$

と表され、さらに偏光子及び検光子の偏光透過率 $T_s = 0$ とすると、前記(2) 式および(3) 式は、

$$\text{II} = \frac{\sqrt{T_p}}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \dots (2)'$$

$$\text{III} = \begin{pmatrix} \sqrt{T_p} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \dots (3)'$$

と変換することができる。

したがって、前記(6)式に上記条件を加味して(1)'(2)'(3)'および(4)式を代入すると、

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix} = \frac{T_p}{2\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \dots (9)$$

$$= \frac{T_p}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha - \sin \alpha \\ \sin \alpha + \cos \alpha \end{pmatrix}$$

$$= \frac{T_p}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos \alpha - \sin \alpha \\ 0 \end{pmatrix}$$

となり、斯くして  $P_x$  および  $P_y$  は

$$P_x = \frac{T_p}{\sqrt{2}} (\cos \alpha - \sin \alpha) \dots (10)$$

$$P_y = 0$$

と表すことができる。

したがって、光源に再入射する戻り光の光量B.I.P は

$$\text{B.I.P} \doteq |P_x|^2$$

5

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} T_p^2 (\cos \alpha - \sin \alpha)^2 \\
 &= \frac{1}{2} T_p^2 (1 + \sin 2\alpha) \dots (11)
 \end{aligned}$$

で表すことができる。

したがって、(11)式よりファラデー回転角 $\alpha$ が $-45^\circ$ より僅かにズレただけでも光アイソレータのアイソレーション特性が著しく低下することが分かる。

ファラデー回転角 $\alpha$ はファラデー素子の板厚、使用温度及び使用波長の関数であり、市販されているファラデー素子は一般的な使用条件に於いて回転角 $\alpha = -45^\circ \pm 1^\circ$ が保証されている。

しかしながら、ファラデー回転機能を有し、且つ実用になりうる結晶は極僅かであり、しかも均質な特性が得られる単結晶を作ることは非常に難しく、更には高精度な加工を強いられるため歩留まりが悪く、精度の高いファラデー回転角を有すファラデー素子は非常に高価となり、光アイソレータの製造コストの大半をファラデー素子自身のコストに占められるという問題点があった。

本発明は上述した如く光アイソレータのコスト高の問題点に鑑みなされたものであって、ファラデー素子の角度公差を許容しつつ光アイソレータの特性を低下させることのない安価な光アイソレータを提供することを目的とする。

#### 発明の開示

この目的を達成するために本発明に係る光アイソレータは、光軸上に配置される偏光子と検光子とを有し、該偏光子の容易透過偏光方向に対し検光子の容易透過偏光方向が直交するよう配置すると共に、該偏光子及び検光子と

の間に1/2 波長板とファラデー素子とを配置し、所定の波長 $\lambda$ に於いて与えられる1/2 波長板の位相差 $\Delta$ は $N$ を整数とした場合に $\Delta = 2\pi(N \pm 1/2)$ なる関係を有し、前記ファラデー素子に外部磁界を印加したときに入射偏波面の回転角 $\alpha$ はその絶対値がおよそ $45^\circ$ であって、前記1/2 波長板の進相軸と入射偏波面とのなす角を $\beta$ とした場合、前記回転角 $\alpha$ と角 $\beta$ との関係が、

$$2\beta + \alpha \cong 2\pi N$$

なる関係となるように設定することにより、角度公差の大きいファラデー素子を用いた場合であっても高精度な光アイソレータを構成することができるものである。

#### 図面の簡単な説明

第1図及び第2図は本願発明に係る光アイソレータの構成及び各光学部品を出射した光の偏光状態を示す図、第3図は本願発明に係る光アイソレータと従来の光アイソレータとの戻り光量を比較対称した図、第4図及び第5図は従来の光アイソレータの構成及び各光学部品を出射した光の偏光状態を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、図面に示した実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。

第1図は本発明に係る光アイソレータの構成を示す図であって、同図に於いて11は偏光子、13は検光子であり、該偏光子及び検光子の容易透過偏波方向は互いに $90^\circ$ ズレた状態となるよう配置されている。

また、該偏光子11及び検光子13の間にはファラデー素子15、該ファラデー素子15の結晶の磁気光学効果を飽和させるための永久磁石16及び1/2 波長板17が配置され、該1/2 波長板17の進相軸 $F$ は $x$ 軸に対して $\beta$ だけ傾いた状態とし、該方位角 $\beta$ とファラデー回転角 $\alpha$ との関係を

$$2\beta + \alpha = 0$$

となるよう配置する。

即ち、 $\alpha = -45^\circ$  であれば、 $\beta = 22.5$  である。このように構成した光アイソレータに於いて光源である半導体レーザー 19 より光を出射すると、偏光子 11 を出射した光は x 軸に対して平行な偏光方向を有す直線偏光となり、次段の 1/2 波長板 17 に入射し、該 1/2 波長板 17 に於いて直線偏光の偏波方向が x 軸に対して右回りに  $45^\circ$  回転し、ファラデー素子 15 に入射する。

該ファラデー素子 15 に入射した直線偏光はファラデー効果により更に右回りに  $45^\circ$  回転し、その偏波方向は y 軸と平行となり検光子 13 に入射し、検光子 13 の容易透過偏波方向と入射直線偏光の偏波方向とが一致しているため損失を受けることなく透過する。

一方、反射戻り光は第 2 図に示す如く、先づ、検光子 13 に入射することにより偏波方向が y 軸と平行な偏波方向を有する成分のみ透過し、ファラデー素子 15 に入射する。

該ファラデー素子 15 に入射した直線偏光は前述した順方向の場合と同一方向に  $45^\circ$  回転し 1/2 波長板 17 に入射し、その結果、該 1/2 波長板を出射する光線は y 軸に平行な偏波方向を有す直線偏光となり、次段の偏光子 11 の容易透過偏波方向と直交しているため該偏光子に入射した光は接合面に於いて全て反射し、半導体レーザー 19 に反射光が再入射することはない。

上記説明は理想的な光アイソレータの状態を示しており、一般には使用環境条件や構成部品の個々の特性のバラツキ等により戻り光を完全に遮断することは困難である。

しかしながら、本発明の如く光アイソレータのファラデー素子の角度公差を 1/2 波長板を用いて補償することにより、従来の光アイソレータと比較して著しく戻り光のレベルを低減することができ、以下、数式をまじえて更に

詳細に説明する。

第2図において偏光子13に入射する戻り光のジョーンズ・ベクトルを  $I'$ 、偏光子のジョーンズ・マトリックスを  $II'$ 、ファラデー素子のジョーンズ・マトリックスを  $III'$ 、1/2 波長板17のジョーンズ・マトリックスを  $VI$ 、検光子11のジョーンズ・マトリックスを  $IV'$  および光源19に戻る戻り光のジョーンズ・ベクトルを  $V'$  とすると、各ジョーンズ・ベクトル&マトリックスは以下の如く示すことができる。

$$I' = \frac{1}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2}} \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} \dots (12)$$

$$II' = \begin{pmatrix} \sqrt{T_s} & 0 \\ 0 & \sqrt{T_p} \end{pmatrix} \dots (13)$$

$$III' = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \dots (14)$$

$$IV' = \begin{pmatrix} \sqrt{T_p} & 0 \\ 0 & \sqrt{T_s} \end{pmatrix} \dots (15)$$

$$V' = \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix} \dots (16)$$

$$VI = \begin{pmatrix} \cos^2 \beta e^{i\Delta/2} + \sin^2 \beta e^{-i\Delta/2} & \\ i \sin 2\beta \sin \Delta/2 & \\ & i \sin 2\beta \sin \Delta/2 \\ & \cos^2 \beta e^{-i\Delta/2} + \sin^2 \beta e^{i\Delta/2} \end{pmatrix} \dots (17)$$

また、光源19に再入射する戻り光の状態  $V'$  は、

$$V' = (IV') (VI) (III') (II') (I') \dots (18)$$

であって、該戻り光量B.I.P は前記(7) 式と同様に、

$$B.I.P = |P_x|^2 + |P_y|^2 \dots (19)$$

と表すことができる。

さらに前記従来技術と同様に光アイソレータへの戻り光の状態を円偏光とし、偏光子13および検光子11における偏光透過率 $T_s$ を0と設定し、前記(18)式を求めると、

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix} = \frac{T_p}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \dots (20) \\ \left( \begin{array}{l} \text{但し、 } A = \cos^2 \beta e^{i\Delta/2} + \sin^2 \beta e^{-i\Delta/2}, \\ B = i \sin 2\beta \sin \Delta/2, \quad C = i \sin 2\beta \sin \Delta/2, \\ D = \cos^2 \beta e^{-i\Delta/2} + \sin^2 \beta e^{i\Delta/2} \text{ とする。} \end{array} \right) \\ = \frac{T_p}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\sin \alpha \\ \cos \alpha \end{pmatrix} \\ = \frac{T_p}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -A \sin \alpha + B \cos \alpha \\ -C \sin \alpha + D \cos \alpha \end{pmatrix} \\ = \frac{T_p}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} -A \sin \alpha + B \cos \alpha \\ 0 \end{pmatrix}$$

したがって、光源19への戻り光量(B.I.P)を求めると、

$$\begin{aligned} B.I.P &\doteq |P_x|^2 \\ &= \frac{T_p^2}{2} | -A \sin \alpha + B \cos \alpha |^2 \\ &= \frac{1}{2} T_p^2 \left\{ \cos^2 \frac{\Delta}{2} \cdot \sin^2 \alpha + \sin^2 \frac{\Delta}{2} \cdot \right. \end{aligned}$$

10

$$\sin^2(2\beta + \alpha) \} \dots (21)$$

但し、ファラデー素子の回転角  $\alpha$ 、1/2 波長板内での常光線と異常光線との位相差を  $\Delta$ 、1/2 波長板の進相軸 F と入射直線偏光とのなす角  $\beta$ 、Ts は無視

と近似することができる。

したがって、戻り光量 B.I.P が完全に零となる (21) 式の特解の一例として、

$$\Delta = 180^\circ, \quad 2\beta + \alpha = 0$$

が与えられる。

現実的には 1/2 波長板の位相差  $\Delta$  は製造に於けるバラツキ、使用波長及び使用温度変動等の使用環境を考慮しても  $\pm 3^\circ$  以内の公差に抑えることは容易であり、したがって、前記 (21) 式の第 1 項は  $4 \times 10^{-4}$  以下の値となり、第 2 項と比較すると無視できるほど小さいものであることが分かる。そのため第 2 項目に着目すると、ファラデー回転角  $\alpha$  のバラツキ量に対応して 1/2 波長板の方位角  $\beta$  が

$$2\beta + \alpha = 0 \quad \dots (22)$$

を満足するように 1/2 波長板を入射光線軸を回転軸として微小回転せしめ、前記  $\alpha$  のバラツキを補償することにより戻り光量 B.I.P を最小に抑制することが可能となる。

即ち、ファラデー素子の回転角の公差を測定し  $\alpha$  を求め、(22) 式が成立するように 1/2 波長板の進相軸 F と入射直線偏光とのなす角  $\beta$  を設定することにより、角度公差の大きいファラデー素子を用いても高精度の光アイソレータを構成することができ、従って、安価に光アイソレータを構成するこ

とが可能となる。

第3図は各種パラメータを設定し、従来タイプの光アイソレータの戻り光量と本願発明に係る光アイソレータとの比較対照を示す図であって、同図における各パラメータのうち使用波長 $\lambda$ は $1.3 \mu\text{m}$ 、使用温度 $T$ は $25^\circ\text{C}$ 、偏光透過率 $T_p=0.98$ 、 $1/2$ 波長板の進相軸と入射偏波面とのなす角 $\beta$ を $22.5^\circ$ に固定し戻り光量を試算する。

同図①に示した如く、ファラデー素子の回転角 $\alpha$ が $-45^\circ$ 、本願発明に係る光アイソレータに用いる $1/2$ 波長板の位相差 $\Delta$ を $180^\circ$ 、 $2\beta + \alpha = 0$ とした場合には双方とも理想的な光アイソレータを構成し、戻り光量B.I.Pは0となる。

しかしながら、現実的にはファラデー素子の回転角 $\alpha$ は該ファラデー素子の品質或は加工精度等の要因により一般的には $\pm 1^\circ$ 程度の公差を有しており、また $1/2$ 波長板の位相差 $\Delta$ も $180^\circ \pm 1^\circ$ と設定し、且つ該 $1/2$ 波長板をファラデー素子15と検光子11との間に単に配置した場合、 $2\beta + \alpha$ は $0^\circ \pm 1^\circ$ となるが、その際に於いては同図②に示す如く従来の光アイソレータのB.I.Pが $3 \times 10^{-4}$ 程度となるのに対し、本願発明に係る光アイソレータのB.I.Pは $2 \times 10^{-4}$ となる。

更に、角度公差の大きい、即ち安価なファラデー素子を用い、且つ $1/2$ 波長板の位相差 $\Delta$ も更に増加して $180^\circ \pm 3^\circ$ と設定し試算すると、③に示す如く従来タイプの光アイソレータのB.I.Pは増加し、アイソレーション機能は低下するのに対し、本願発明に係る光アイソレータのB.I.Pは低下し、アイソレーション機能は向上することが分かる。

また、同一条件の下に於いて前記(3)式を満足するように $1/2$ 波長板の回転補償を行うと、④に示す如く本願発明に係る光アイソレータのB.I.Pは $2.5 \times 10^{-4}$ と著しく向上する。

例えばファラデー素子の回転角が $-42^\circ$ 、 $1/2$ 波長板の位相差 $\Delta = 177^\circ$ 、使用波長 $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ 、使用温度 $T = 25^\circ\text{C}$ の場合、従来の光アイソレータでは戻り光量B.I.P.が

$$\begin{aligned} \text{B.I.P.} &= \frac{1}{2} 0.98^2 (1 + \sin 2(-42)) \\ &= 2.6 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

となるが、本発明に係る光アイソレータでは $2\beta + \alpha = 0$ となるように、即ち、 $\beta$ が $21^\circ$ となるように $1/2$ 波長板の回転補償を行い配置することにより、

$$\begin{aligned} \text{B.I.P.} &= \frac{1}{2} 0.98^2 \left\{ \cos^2 \frac{177^\circ}{2} \cdot \sin^2(-42) \right. \\ &\quad \left. + \sin^2 \frac{177^\circ}{2} \cdot \sin^2(2 \cdot 21 + (-42)) \right\} = 1.47 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

と、従来の光アイソレータと比較してその性能が著しく向上することが分かる。

本願発明に係る光アイソレータは斯く構成することにより、従来タイプの光アイソレータに用いていたものと同一のファラデー素子を用いてもアイソレーション機能が向上し、また公差が大きいファラデー素子を持ちいた場合に於いても高精度のアイソレーション機能を有する利点をもつが、上記利点のほかに構造的な利点をも有すものである。

即ち、従来の光アイソレータは偏光子と検光子との容易透過偏波面が互いに $45^\circ$ ズレた状態にて配置される必要があるため、偏光子或は検光子のセッティングが複雑となるが、本願発明のアイソレータは偏光子と検光子との容易透過偏波面が互いに $90^\circ$ ズレた状態にて配置されるため、検光子13の入射光軸に対し平行な面の一端を接地することができ、セッティングが容易になるのみならず、偏光子の側面と検光子の側面とがフラットに構成すること

が出来るため小型化を図ることができる。

尚、上記実施例の説明に於いては1/2 波長板の位相差 $\Delta$ を $180^\circ$ として説明したが、これに限定されるものではなく、

$$\Delta = 2\pi (N \pm 1/2) \quad (\text{但し、} N \text{は整数})$$

なる位相差 $\Delta$ を有すものを用いても良く、この場合にはファラデー素子の回転角 $\alpha$ と1/2 波長板の進相軸と入射直線偏光とのなす方位角 $\beta$ との関係が、

$$2\beta + \alpha \doteq 2\pi N$$

となるよう設定すればよい。

即ち、上記実施例の説明に於いては $N=0$ の場合について説明したが、 $N=1$ と設定し、1/2 波長板の位相差が $\Delta=540^\circ$ のものを用いれば、 $2\beta + \alpha=360^\circ$ となるように1/2 波長板の進相軸Fと入射直線偏光の光軸とのなす角 $\beta$ を調整することにより同様の効果を得ることができる。

本願発明は上述した如く構成し且つ機能するものであるから、相反機能を有すファラデー素子の回転角公差を非相反機能を有す1/2 波長板により補償することにより、光アイソレータに用いるファラデー素子の回転角の公差を大幅に許容することができるため、安価なファラデー素子を用いることにより光アイソレータの供給価格を低減することが出来るのみならず、その組立て及び調整が容易且つ小型化した光アイソレータを供給する上で著しい効果を発揮する。

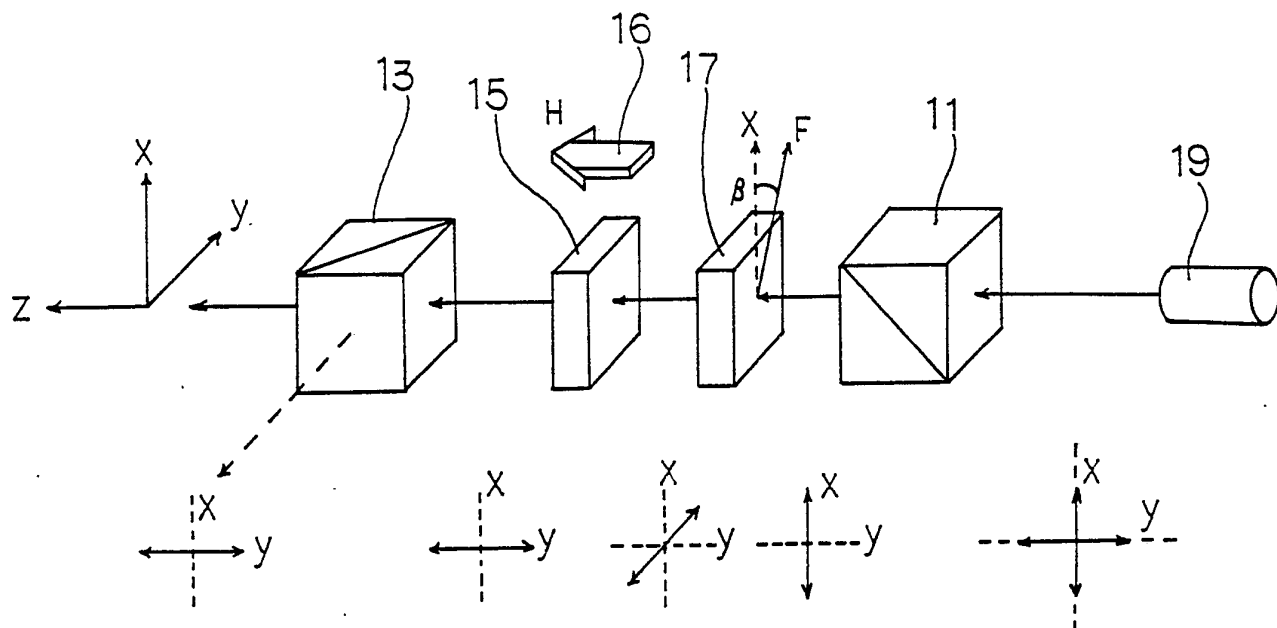
### 請求の範囲

(1) 光軸上に配置される偏光子と検光子とを有し、該偏光子の容易透過偏光方向に対し検光子の容易透過偏光方向が直交するよう配置すると共に、該偏光子及び検光子との間に1/2波長板とファラデー素子とを配置し、所定の波長 $\lambda$ に於いて与えられる1/2波長板の位相差 $\Delta$ は $N$ を整数とした場合に $\Delta = 2\pi(N \pm 1/2)$ なる関係を有し、前記ファラデー素子に外部磁界を印加したときに入射偏波面の回転角 $\alpha$ はその絶対値がおよそ $45^\circ$ であって、前記1/2波長板の進相軸と入射偏波面とのなす角を $\beta$ とした場合の前記回転角 $\alpha$ と角 $\beta$ との関係が、

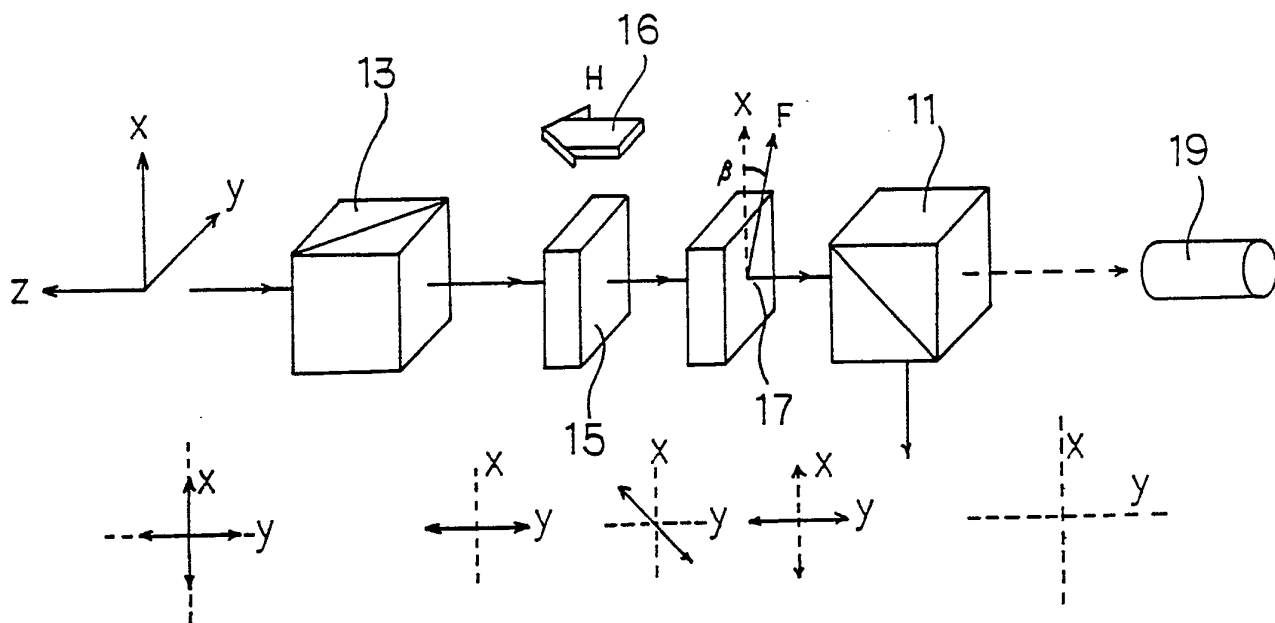
$$2\beta + \alpha \cong 2\pi N$$

なる関係となるように設定したことを特徴とする光アイソレータ。

1/3  
第1圖



第2圖



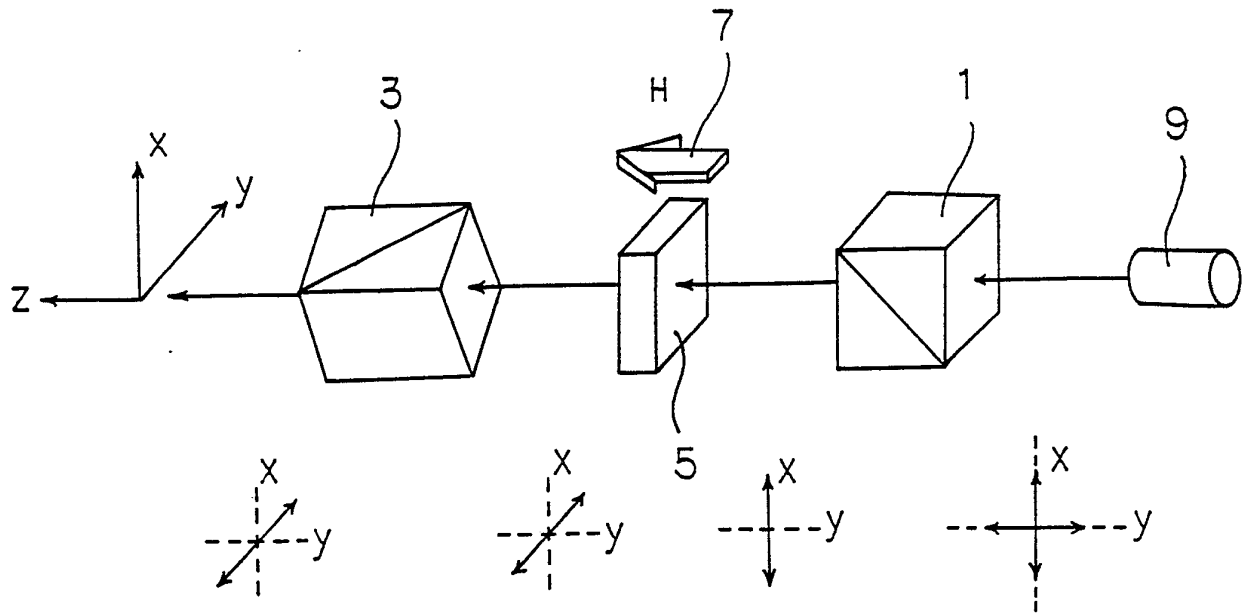
方式 戻り光量 パラメータ		従来	本発明
		$\frac{1}{2}T^2p(1+\sin 2\alpha)$	$\frac{1}{2}T^2p\{\cos^2\frac{\alpha}{2} \cdot \sin^2 + \sin^2\frac{\alpha}{2} \cdot \sin^2(2\beta+\alpha)\}$
1	$\lambda$ 1.3 $\mu$ $T$ 25 $^{\circ}$ C $\alpha$ -45 $^{\circ}$ $2\beta+\alpha$ 0 $^{\circ}$ $\Delta$ 180 $^{\circ}$	理想 B. I. P=0	理想 B. I. P=0 $\beta=22.5^{\circ}$ (fix)
2	$\lambda$ 1.3 $\mu$ $T$ 25 $^{\circ}$ C $\alpha$ -45 $^{\circ}\pm 1^{\circ}$ $2\beta+\alpha$ 0 $^{\circ}\pm 1^{\circ}$ $\Delta$ 180 $^{\circ}\pm 1^{\circ}$	$3 \times 10^{-4}$	回転補償無 $2 \times 10^{-4}$ $\beta=22.5^{\circ}$ (fix)
3	$\lambda$ 1.3 $\mu$ $T$ 25 $^{\circ}$ C $\alpha$ -45 $^{\circ}\pm 3^{\circ}$ $2\beta+\alpha$ 0 $^{\circ}\pm 3^{\circ}$ $\Delta$ 180 $^{\circ}\pm 3^{\circ}$	$3 \times 10^{-3}$	回転補償無 $1.5 \times 10^{-4}$ $\beta=22.5^{\circ}$ (fix)
4	$\lambda$ 1.3 $\mu$ $T$ 25 $^{\circ}$ C $\alpha$ -45 $^{\circ}\pm 3^{\circ}$ $2\beta+\alpha$ 0 $^{\circ}$ $\Delta$ 180 $^{\circ}\pm 3^{\circ}$	$3 \times 10^{-3}$	回転補償有 $2.5 \times 10^{-4}$ $\beta=22.5^{\circ}\pm 1.5^{\circ}$

但し  $Tp=0.98$

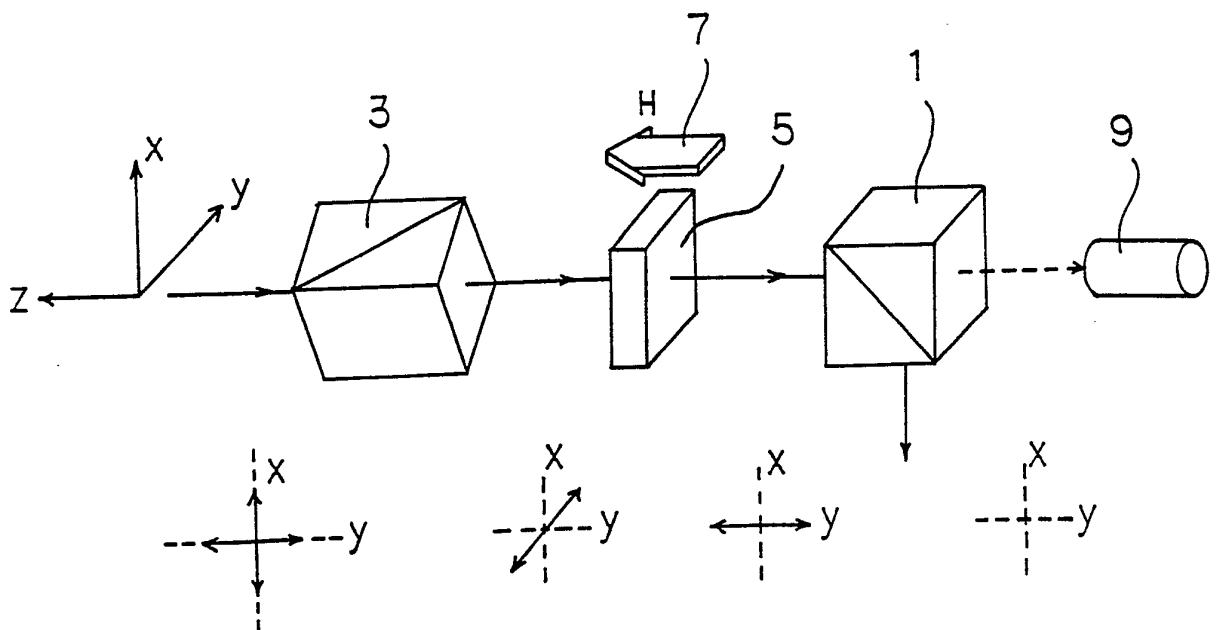
第3図

3/3

第4図



第5図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP90/01081

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (if several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl <sup>5</sup>	G02B27/28, G02F1/09	
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
IPC	G02B27/28, G02F1/09	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1990	
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1990	
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <sup>9</sup>		
Category *	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
Y	JP, A, 60-150026 (Kogyo Gijutsuin-cho), 7 August 1985 (07. 08. 85), Line 14, upper left column to line 4, lower left column, page 2, Fig. 1	1
Y	JP, A, 63-267912 (Fujitsu Ltd.), 4 November 1988 (04. 11. 88), Lines 4 to 11, upper right column, page 3, Fig. 3	1
<p>* Special categories of cited documents: <sup>10</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
October 2, 1990 (02. 10. 90)	October 15, 1990 (15. 10. 90)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
Japanese Patent Office		

国際調査報告

国際出願番号PCT/JP90/01081

I. 発明の属する分野の分類		
国際特許分類 (IPC) Int. Cl. <sup>4</sup> G02B27/28, G02F1/09		
II. 国際調査を行った分野		
調査を行った最小限資料		
分類体系	分類記号	
IPC	G02B27/28, G02F1/09	
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの		
日本国実用新案公報 1926-1990年 日本国公開実用新案公報 1971-1990年		
III. 関連する技術に関する文献		
引用文献の カテゴリー※	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	請求の範囲の番号
Y	JP, A. 60-150026 (工業技術院長), 7. 8月. 1985 (07. 08. 85), 第2頁, 左上欄第14行-左下欄第4行, 第1図	1
Y	JP, A. 63-267912 (富士通株式会社), 4. 11月. 1988 (04. 11. 88), 第3頁, 右上欄第4-11行, 第3図	1
<p>※引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの                  「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの                  「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)                  「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                  「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は優先日の後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの                  「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの                  「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの                  「&amp;」同一パテントファミリーの文献</p>		
IV. 認 証		
国際調査を完了した日 02. 10. 90	国際調査報告の発送日 15.10.90	
国際調査機関 日本国特許庁 (ISA/JP)	権限のある職員 特許庁審査官 吉野公夫	2H 8106