

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4096356号
(P4096356)

(45) 発行日 平成20年6月4日(2008.6.4)

(24) 登録日 平成20年3月21日(2008.3.21)

(51) Int.Cl.

F 1

GO3B 21/00	(2006.01)	GO3B 21/00	E
GO2B 5/30	(2006.01)	GO2B 5/30	
GO2F 1/13	(2006.01)	GO2F 1/13	505
GO2F 1/13357	(2006.01)	GO2F 1/13357	
GO2F 1/13363	(2006.01)	GO2F 1/13363	

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願2002-293897 (P2002-293897)

(22) 出願日

平成14年10月7日 (2002.10.7)

(65) 公開番号

特開2004-126460 (P2004-126460A)

(43) 公開日

平成16年4月22日 (2004.4.22)

審査請求日

平成16年4月26日 (2004.4.26)

(73) 特許権者 000002185

ソニー株式会社

東京都港区港南1丁目7番1号

(74) 代理人 100098785

弁理士 藤島 洋一郎

(72) 発明者 岩井 順一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内

(72) 発明者 山本 英樹

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内

審査官 渡邊 吉喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロジェクタ、および位相差板の配置方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、

前記空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して前記空間変調器に入射させると共に、前記空間変調器によって変調され反射した光のうち前記所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を前記入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と、

前記空間変調器と前記偏光選択素子との間に配置された1/4波長板と、

前記空間変調器によって反射され、前記偏光選択素子によって選択された光を投射して画像を形成する投射手段と

10

を備え、

前記1/4波長板が、

異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、前記偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するように構成されており、

かつ、前記偏光選択面の法線および前記1/4波長板の法線を含む面と、前記1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、

前記偏光選択素子側に配置された第1の位相差板が、その遅相軸が前記基準方向にほぼ直交するように配置されていると共に、前記1/4波長板全体の遅相軸が前記基準方向にほぼ直交するように配置され、

20

前記第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量が、

(0.75 ± 0.3) 波長の範囲内か、

または、Nを2以上5以下の整数として、(N - 0.25 ± 0.2) 波長の範囲内となつてゐる

ことを特徴とするプロジェクタ。

【請求項2】

偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、

前記空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して前記空間変調器に入射させると共に、前記空間変調器によって変調され反射した光のうち前記所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を前記入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と、

前記空間変調器と前記偏光選択素子との間に配置された1/4波長板と、

前記空間変調器によって反射され、前記偏光選択素子によって選択された光を投射して画像を形成する投射手段と

を備え、

前記1/4波長板が、

異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、前記偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するように構成されており、

かつ、前記偏光選択面の法線および前記1/4波長板の法線を含む面と、前記1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、

前記偏光選択素子側に配置された第1の位相差板が、その遅相軸が前記基準方向にほぼ平行となるよう配置されていると共に、前記1/4波長板全体の遅相軸が前記基準方向にほぼ直交するように配置され、

前記第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量が、

(0.5 ± 0.4) 波長の範囲内か、

または、Nを2以上5以下の整数として、(N - 0.5 ± 0.3) 波長の範囲内となつてゐる

ことを特徴とするプロジェクタ。

【請求項3】

偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、

前記空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して前記空間変調器に入射させると共に、前記空間変調器によって変調され反射した光のうち前記所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を前記入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と、

前記空間変調器と前記偏光選択素子との間に配置された1/4波長板と、

前記空間変調器によって反射され、前記偏光選択素子によって選択された光を投射して画像を形成する投射手段と

を備え、

前記1/4波長板が、

異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、前記偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するように構成されており、

かつ、前記偏光選択面の法線および前記1/4波長板の法線を含む面と、前記1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、

前記偏光選択素子側に配置された第1の位相差板が、その遅相軸が前記基準方向にほぼ直交するように配置されていると共に、前記1/4波長板全体の遅相軸が前記基準方向にほぼ平行となるように配置され、

10

20

30

40

50

前記第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量が、

Nを1以上3以下の整数として、(N ± 0.2)波長の範囲内となっていることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項4】

偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、

前記空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して前記空間変調器に入射させると共に、前記空間変調器によって変調され反射した光のうち前記所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を前記入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と、

10

前記空間変調器と前記偏光選択素子との間に配置された1/4波長板と、

前記空間変調器によって反射され、前記偏光選択素子によって選択された光を投射して画像を形成する投射手段と

を備え、

前記1/4波長板が、

異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、前記偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するように構成されており、

かつ、前記偏光選択面の法線および前記1/4波長板の法線を含む面と、前記1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、

20

前記偏光選択素子側に配置された第1の位相差板が、その遅相軸が前記基準方向にはほぼ平行となるように配置されていると共に、前記1/4波長板全体の遅相軸が前記基準方向にはほぼ平行となるように配置され、

前記第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量が、

0よりも大きく0.65波長以下の範囲内か、

または、Nを2以上5以下の整数として、(N - 0.75 ± 0.4)波長の範囲内となつていることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項5】

30

偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、

前記空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して前記空間変調器に入射させると共に、前記空間変調器によって変調され反射した光のうち前記所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を前記入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と

の間に、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生する1/4波長板を配置する方法であって、

異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、前記偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するようにし、

40

かつ、前記偏光選択面の法線および前記1/4波長板の法線を含む面と、前記1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、

前記偏光選択素子側に配置された第1の位相差板を、その遅相軸が前記基準方向にはほぼ直交するように配置すると共に、前記1/4波長板全体の遅相軸が前記基準方向にはほぼ直交するように配置し、

前記第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量を、

(0.75 ± 0.3)波長の範囲内か、

または、Nを2以上5以下の整数として、(N - 0.25 ± 0.2)波長の範囲内にする

50

ことを特徴とする位相差板の配置方法。

【請求項 6】

偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、

前記空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して前記空間変調器に入射させると共に、前記空間変調器によって変調され反射した光のうち前記所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を前記入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と

の間に、全体としてほぼ $1/4$ 波長の位相差量を発生する $1/4$ 波長板を配置する方法であって、

異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、前記偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ $1/4$ 波長の位相差量を発生するようにし、

かつ、前記偏光選択面の法線および前記 $1/4$ 波長板の法線を含む面と、前記 $1/4$ 波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、

前記偏光選択素子側に配置された第1の位相差板を、その遅相軸が前記基準方向にほぼ平行となるように配置すると共に、前記 $1/4$ 波長板全体の遅相軸が前記基準方向にほぼ直交するように配置し、

前記第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量を、

(0.5 ± 0.4)波長の範囲内か、

または、Nを2以上5以下の整数として、($N - 0.5 \pm 0.3$)波長の範囲内にすることを特徴とする位相差板の配置方法。

【請求項 7】

偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、

前記空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して前記空間変調器に入射させると共に、前記空間変調器によって変調され反射した光のうち前記所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を前記入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と

の間に、全体としてほぼ $1/4$ 波長の位相差量を発生する $1/4$ 波長板を配置する方法であって、

異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、前記偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ $1/4$ 波長の位相差量を発生するようにし、

かつ、前記偏光選択面の法線および前記 $1/4$ 波長板の法線を含む面と、前記 $1/4$ 波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、

前記偏光選択素子側に配置された第1の位相差板を、その遅相軸が前記基準方向にほぼ直交するように配置すると共に、前記 $1/4$ 波長板全体の遅相軸が前記基準方向にほぼ平行となるように配置し、

前記第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量を、

Nを1以上3以下の整数として、($N \pm 0.2$)波長の範囲内にする

ことを特徴とする位相差板の配置方法。

【請求項 8】

偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、

前記空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して前記空間変調器に入射させると共に、前記空間変調器によって変調され反射した光のうち前記所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を前記入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と

の間に、全体としてほぼ $1/4$ 波長の位相差量を発生する $1/4$ 波長板を配置する方法であって、

10

20

30

40

50

異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、前記偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するようにし、

かつ、前記偏光選択面の法線および前記1/4波長板の法線を含む面と、前記1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、

前記偏光選択素子側に配置された第1の位相差板を、その遅相軸が前記基準方向にほぼ平行となるよう配置すると共に、前記1/4波長板全体の遅相軸が前記基準方向にほぼ平行となるように配置し、

前記第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量を、

10

0よりも大きく0.65波長以下の範囲内か、

または、Nを2以上5以下の整数として、(N - 0.75 ± 0.4)波長の範囲内にする

ことを特徴とする位相差板の配置方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、空間変調器によって変調された光を投射して画像を形成するようにしたプロジェクタ、ならびにプロジェクタの照明光学系などにおいて使用される位相差板および位相差板の配置方法に関する。

20

【0002】

【従来の技術】

従来より、光源からの光を空間変調器によって変調し、その変調光を投影レンズを介してスクリーンに投射することにより、画像を表示するようにした投射型の表示装置（プロジェクタ）が知られている。空間変調器としては、例えば、液晶表示パネル（LCD；Liquid Crystal Display）またはDMD（Digital Micromirror Device）などが用いられている。空間変調器の種類には、変調した入射光を透過させる透過型のものと、変調した入射光を反射させる反射型のものとがある。

【0003】

反射型の空間変調器を用いたプロジェクタは、入射時にPBS（偏光ビームスプリッタ）などの偏光選択素子によって選択（透過または反射）された偏光成分のうち、空間変調器によりその偏光状態を変えられた成分が、偏光選択素子によって逆の選択（反射または透過）をされることにより光源とは異なる方向に進むという現象を用いて画像を形成している。

30

【0004】

この反射型のプロジェクタにおける光の変調制御を行う部分について、具体的に図17を用いて説明する。なお、図17において、100は光軸を示す。図に示したように、光源からの入射光200は、PBS101の偏光選択面101Aにおいて、S偏光成分の光200Sだけが選択（反射）されて空間変調器としての反射型液晶パネル102に到達する。到達した光は、反射型液晶パネル102が偏光状態に対して影響を与えない状態（オフ状態）である場合には、反射型液晶パネル102においてS偏光のまま反射されることによりPBS101に戻り、その偏光選択面101Aにおいて、入射時とは逆方向にS偏光成分の光201Sとして反射され、光源側に戻る。

40

【0005】

一方、反射型液晶パネル102が偏光状態に対して影響を与える状態（オン状態）では、反射型液晶パネル102からの反射光の一部またはすべてがP偏光成分の光201Pに変換されて、PBS101の偏光選択面101Aを透過する。この透過したP偏光成分の光201Pは、図示しない投影レンズによってスクリーン上に画像として結像される。階調表現については、反射型液晶パネル102における偏光状態の変化量によって制御を行っている。

50

【 0 0 0 6 】

なお、図17に示した状態とは逆に、光源からの入射光を、反射型液晶パネル102の正面側から入射させ、反射型液晶パネル102からの戻り光のうち、PBS101の偏光選択面101Aにおいて反射により選択された光線を、投影レンズに導くようにすることもできる。

【 0 0 0 7 】

このような反射型のプロジェクタにおいて、オフ状態の場合には、反射型液晶パネル102に入射する際にS偏光成分の光200Sであった光線は、反射後（出射時）にもすべてS偏光成分の光201Sとして光源側へ戻らなければいけないが、現実には一部がP偏光成分の光201PとなってPBS101を透過してしまう。

10

【 0 0 0 8 】

その理由を図18および図19を参照して説明する。図18および図19は、光の入射時と出射時とにおけるPBS101の偏光選択面101Aの光学的な位置関係を示している。

【 0 0 0 9 】

P, Sの各偏光の電界方向は光線の進行方向と入射面（偏光選択面101A）における法線n1の向きとによって決定される。このため、図18に示したように、入射する前と後とで偏光選択面101Aが平行、つまり法線方向が同一の場合には、入射時と出射時のP, S両偏光の方向が一致する。このような理想的な状態では、入射側でS偏光成分としてPBS101で反射された光200Sは、出射側でもS偏光成分の光201Sとなる。

20

【 0 0 1 0 】

しかしながら、図17に示したような現実のプロジェクタにおける光学系では、光線とPBS101とに上述の理想的な位置関係が成り立っていない。現実の光学系では、光線が反射型液晶パネル102で反射するために、図19に示したように、入射時と出射時の偏光選択面101Aの関係は反射型液晶パネル102を含む平面に対称（鏡像）の関係になっている。このため、入出射時の偏光選択面101Aの法線方向が異なることとなり、それぞれのP偏光およびS偏光の電界方向が同一にはならず、入射時にS偏光成分として反射された光線200Sは、パネルが偏光状態に影響を与えないオフ状態であっても出射時の偏光選択面101Aに対してはP偏光成分の光線201Pを含むことになる。このP偏光成分は出射時に除去されず、本来黒であるべき画面に到達し、画質（主に消光比）を損ねることになる。

30

【 0 0 1 1 】

このように入射する面が2つ以上存在する場合は、その面が互いに平行でない限り、通常の光線にとってはそれぞれの面での偏光成分が異なることになり、本来であれば出射時に除去されるべき成分が残ってしまい画質を損なう問題がある。

【 0 0 1 2 】

これを解決するための対策としては、反射型液晶パネル102とPBS101との間に1/4波長の位相差板（1/4波長板）を設置し、偏光状態の補正を行うのが一般的である。この場合、1/4波長板において光線は往復で2回通過するため、実効的に1/2波長板として機能する。

40

【 0 0 1 3 】

図20は、1/4波長板を配置した場合における光の入射時と出射時とにおける各光学素子の光学的な位置関係を示している。図20において、1/4波長板121の軸を紙面に垂直に設定しておくと、1/4波長板121を往復で2回透過することにより、光線の電界方向は図中の光軸100を含み紙面に垂直な面に対して対称に反転する。その結果、入射側の偏光選択面101A（実線）においてS偏光成分として反射された光線200Sの電界方向は、仮想的な偏光選択面101B（点線）においてS偏光として反射した光線の電界方向と一致するようになる。この方向は出射側のPBS101に対するS偏光成分と一致するので、出射側のPBS101において良好に除去され、消光比（=入射光/出射光）の劣化を防ぐことができる。このような1/4波長板を用いた従来技術の例としては

50

、以下の公報記載のものがある。

【0014】

【特許文献1】

特開平10-26756号公報

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

この $1/4$ 波長板を用いる補正手法は、どのような光線に対しても $1/4$ 波長の位相差を発生させる理想的な位相差板では極めて有効に作用するが、実際には入射角によって位相差量が変化するので、光軸に対しての角度が大きい光線が含まれる場合には消光比の劣化が生じる。傾向として入射角が大きくなる程、また位相差板が厚くなる程消光比は下がる

10

。

【0016】

ここで、図21および図22を参照して、一般的に使用されている位相差板について説明する。水晶のように光学異方性を持つ結晶に光が入射すると、電界方向によって屈折率が異なるので波長の差が発生し、波数の差に応じた位相差が生じる。図21(A)に示した位相差板130では、常光線(屈折率 n_o を感じる光線)の方が異常光線(屈折率 n_e を感じる光線)より速度が速く、波長が長くなることによって位相差が発生する。図21(B), (C)に、それぞれ位相差板130の内部における異常光線の状態と常光線の状態とを模式的に示す。

【0017】

なお、位相差板は、入射光の互いに直交する成分に位相差を与えるが、位相差板において、互いに直交する2つの振動成分のうち、その位相速度が速い振動成分の振動方向を「進相軸」、遅い振動成分の振動方向を「遅相軸」という。図21(A)~(C)の場合、常光線の屈折率 n_o の方向(x方向)が進相軸、異常光線の屈折率 n_e の方向(y方向)が遅相軸となっている。

20

【0018】

水晶の場合、常光線と異常光線とで $1/4$ 波長の位相差を生じるのに必要な光路長(厚さ)は、15ミクロン程度である。水晶の位相差板をこの厚さで実際に作成するのは薄すぎて困難なため、通常は、図22(A)に示したように、異なる位相差を発生させる第1および第2の位相差板131, 132を2枚組み合わせ、それら2枚の位相差板131, 132によって生ずる合計の位相差が $1/4$ 波長になるように調整するのが一般的である。この場合、屈折率 n_o の軸(進相軸)と屈折率 n_e の軸(遅相軸)との位置関係を90°異なるようにして各位相差板131, 132を配置する。

30

【0019】

図22(B), (C)に、それぞれ振動方向の直交する入射光線141, 142が、位相差板131, 132を通過したときの状態を模式的に示す。光線141は図22(A)のy方向、光線142は図22(A)のx方向に振動方向を持つ成分である。入射光線142の方に着目すると、まず第1の位相差板131においては、常光線となり位相が($M + 1/4$)進み、次に、第2の位相差板132では、異常光線となり位相がM遅れることにより、全体として他方の入射光線141に対して $1/4$ 波長の位相差が生じることになる。なお M は、1波長を示す。ここで、従来では、各位相差板131, 132の位相差の決定にあたっては、主に製造性(厚さ)のみを考慮しており、全体として $1/4$ 波長となるような位相差を生じさせるものであれば、特にどのような構成にするかは問題にはされていない。例えば水晶の場合、2枚の位相差板全体で600ミクロン以上の厚さで構成するのが一般的である。

40

【0020】

このように2枚の位相差板を組み合わせた構成の場合、結果として入射角が小さい(垂直入射に近い)場合は良好に機能するが、斜め入射光線に対しての位相差変動が大きくなるために、消光比の劣化が生じる。それを避けるために入射角を小さい範囲で抑えようとすると使用可能な光量の現象で画面が暗くなるという別の問題が発生する。

50

【0021】

位相差板の別材料としては、延伸等で光学異方性を持たせた有機フィルムがある。有機フィルムの場合、水晶に比べ常光線の屈折率 n_o と異常光線の屈折率 n_e との差が小さく、材質によっては60ミクロン程度で1/4波長の位相差が生じるようになる。この程度の厚さであれば、2枚の組み合わせで製造する必要はなく1枚で作成可能であり、薄い位相差板が実現できている。消光比の劣化は、位相差板の厚さ、ならびに、常光線の屈折率と異常光線の屈折率との差で決まるために、60ミクロン程度の有機フィルムの性能は15ミクロン程度の水晶と同等となり良好な性能を持つ。既にプロジェクタ等では、有機フィルムが1/4波長板として使われているが、温度上昇に弱く、長期信頼性の点で問題を持っている。

10

【0022】

以上まとめると、反射型液晶パネル102とPBS101との間に、理想的な1/4波長板を設置すれば、偏光状態の補正を良好に行うことができる。しかしながら、現実の1/4波長板では、斜めに透過する光線に対しては入射条件により位相差が変化していくので補正が十分に行われなくなり、プロジェクタにおいては、画質に以下の問題を発生させる。

1) 補正しきれなかった成分の光が画面に入るため、暗くなるべき場所も十分に暗くならない。

2) それを回避するために斜め入射光を制限すると、使える光量の減少で画面全体が暗くなる。

20

【0023】

通常用いられている有機材料系のフィルムは、概略1/4波長の位相差を発生させるのに必要最低限な厚さで作成されており、上記の画質低下を極力回避しているものの、材質の点から温度上昇に弱く、長期信頼性の点で問題がある。一方、より一般的な波長板材料である水晶は、温度上昇に強く、長期信頼性に優れているが、概略1/4波長の位相差を発生させるのに必要最低限な厚さでの作成が困難であるという問題点を持つ。通常の水晶波長板は、2枚の波長板の組み合わせで概略1/4波長差を実現しているため、有機材料系に比べ実効的な厚さが増加し、上記2つの画質劣化が顕著となる問題点を有している。

【0024】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、偏光状態の補正を良好に行い、画質の向上を図ることができるプロジェクタを提供することにある。また、第2の目的は、プロジェクタなどに使用されて、偏光状態の補正を良好に行うことができるようとした位相差板の配置方法を提供することにある。

30

【0025】**【課題を解決するための手段】**

本発明の第1ないし第4の観点に係るプロジェクタは、偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して空間変調器に入射させると共に、その空間変調器によって変調され反射した光のうち所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子と、空間変調器と偏光選択素子との間に配置された1/4波長板と、空間変調器によって反射され、偏光選択素子によって選択された光を投射して画像を形成する投射手段とを備え、1/4波長板が、異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するように組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するように構成されているものである。

40

【0026】

特に、本発明の第1の観点に係るプロジェクタは、偏光選択面の法線および1/4波長板の法線を含む面と、1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、偏光選択素子側に配置された第1の位相差板が、その遅相軸が基準方向にほぼ直交するように配置されていると共に、1/4波長板全体の遅相軸が基準方向にほぼ直交するように配置され、

50

第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量が、(0.75±0.3)波長の範囲内か、または、Nを2以上5以下の整数として、(N-0.25±0.2)波長の範囲内となっているものである。

【0027】

また特に、本発明の第2の観点に係るプロジェクタは、偏光選択面の法線および1/4波長板の法線を含む面と、1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、偏光選択素子側に配置された第1の位相差板が、その遅相軸が基準方向にほぼ平行となるよう配置されていると共に、1/4波長板全体の遅相軸が基準方向にほぼ直交するよう配置され、第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量が、(0.5±0.4)波長の範囲内か、または、Nを2以上5以下の整数として、(N-0.5±0.3)波長の範囲内となっているものである。 10

【0028】

また特に、本発明の第3の観点に係るプロジェクタは、偏光選択面の法線および1/4波長板の法線を含む面と、1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、偏光選択素子側に配置された第1の位相差板が、その遅相軸が基準方向にほぼ直交するよう配置されていると共に、1/4波長板全体の遅相軸が基準方向にほぼ平行となるよう配置され、第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量が、Nを1以上3以下の整数として、(N±0.2)波長の範囲内となっているものである。 20

【0029】

また特に、本発明の第4の観点に係るプロジェクタは、偏光選択面の法線および1/4波長板の法線を含む面と、1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、偏光選択素子側に配置された第1の位相差板が、その遅相軸が基準方向にほぼ平行となるよう配置されていると共に、1/4波長板全体の遅相軸が基準方向にほぼ平行となるよう配置され、第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量が、0よりも大きく0.65波長以下の範囲内か、または、Nを2以上5以下の整数として、(N-0.75±0.4)波長の範囲内となっているものである。 20

【0030】

本発明の第1ないし第4の観点に係る位相差板の配置方法は、偏光状態の制御により変調を行う反射型の空間変調器と、空間変調器に対し傾斜して配置された偏光選択面を有し、その偏光選択面において、入射光のうち所定偏光成分の光を選択して空間変調器に入射させると共に、その空間変調器によって変調され反射した光のうち所定偏光成分とは異なる他の偏光成分の光を入射光とは異なる方向に出射する偏光選択素子との間に、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生する1/4波長板を配置する方法であって、異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板を、偏光選択素子側から順に、互いの遅相軸がほぼ直交するよう組み合わせて配置することにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するようにしたものである。 30

【0031】

特に、本発明の第1の観点に係る位相差板の配置方法は、偏光選択面の法線および1/4波長板の法線を含む面と、1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、偏光選択素子側に配置された第1の位相差板を、その遅相軸が基準方向にほぼ直交するよう配置すると共に、1/4波長板全体の遅相軸が基準方向にほぼ直交するよう配置し、第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量を、(0.75±0.3)波長の範囲内か、または、Nを2以上5以下の整数として、(N-0.25±0.2)波長の範囲内にするようにしたものである。 40

【0032】

また特に、本発明の第2の観点に係る位相差板の配置方法は、偏光選択面の法線および1/4波長板の法線を含む面と、1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、偏光選択素子側に配置された第1の位相差板を、その遅相軸が基準方向にほぼ平行となるよう配置すると共に、1/4波長板全体の遅相軸が基準方向にほぼ直交するよう配置 50

し、第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量を、(0.5±0.4)波長の範囲内か、または、Nを2以上5以下の整数として、(N-0.5±0.3)波長の範囲内にするようにしたものである。

【0033】

また特に、本発明の第3の観点に係る位相差板の配置方法は、偏光選択面の法線および1/4波長板の法線を含む面と、1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、偏光選択素子側に配置された第1の位相差板を、その遅相軸が基準方向にほぼ直交するよう配置すると共に、1/4波長板全体の遅相軸が基準方向にほぼ平行となるように配置し、第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量を、Nを1以上3以下の整数として、(N±0.2)波長の範囲内にするようにしたものである。 10

【0034】

また特に、本発明の第4の観点に係る位相差板の配置方法は、偏光選択面の法線および1/4波長板の法線を含む面と、1/4波長板の板面との交線方向を基準方向としたとき、偏光選択素子側に配置された第1の位相差板を、その遅相軸が基準方向にほぼ平行となるよう配置すると共に、1/4波長板全体の遅相軸が基準方向にほぼ平行となるように配置し、第1および第2の位相差板のうち、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板で発生する位相差量を、0よりも大きく0.65波長以下の範囲内か、または、Nを2以上5以下の整数として、(N-0.75±0.4)波長の範囲内にするようにしたものである。 20

【0036】

なお、本発明の各観点に係るプロジェクタならびに位相差板の配置方法において、第1および第2の位相差板は、それぞれ単板で構成されていても良いし、それぞれが複数枚に分割された構成であっても良い。

【0037】

本発明の第1ないし第4の観点に係るプロジェクタならびに位相差板の配置方法では、反射型の空間変調器と偏光選択素子との間に配置された1/4波長板によって、反射型の空間変調器と偏光選択素子との間を往復する光線に対して、偏光状態の補正がなされる。1/4波長板が、異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板の組み合わせになっていると共に、それら2枚の位相差板で発生される位相差が、その配置状態に応じた適切な位相差量に設定されているので、1/4波長板を2枚の位相差板の組み合わせにしているにもかかわらず、単板で構成した場合と同等かそれ以上の性能で、偏光状態の補正が良好に行われる。 30

【0039】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0040】

図1は、本発明の一実施の形態に係るプロジェクタの構成例を示している。このプロジェクタは、赤、青および緑の各色用の反射型の空間変調器21R, 21G, 21Bを3枚用いてカラー画像表示を行う、いわゆる3板方式の反射型プロジェクタである。 40

【0041】

このプロジェクタは、光軸10に沿って、光源11と、インテグレータ12と、ダイクロイックミラー13とを備えている。光源11は、カラー画像表示に必要とされる、赤色光(R)、青色光(B)および緑色光(G)を含んだ白色光を発するものであり、例えばハロゲンランプ、メタルハライドランプまたはキセノンランプなどにより構成されている。インテグレータ12は、PSコンバータなどを含み、光源11からの光の均一化や効率的な利用を図るために設けられている。ダイクロイックミラー13は、白色光を、青色光Bとその他の色光R, Gとに分離する機能を有している。

【0042】

このプロジェクタは、また、ダイクロイックミラー13によって分離された赤色光Rおよび緑色光Gの光路上において、光の進む順に、プリPBS(偏光ビームスプリッタ)14 50

と、集光レンズ16と、ダイクロイックミラー18とを備えている。このプロジェクタは、また、ダイクロイックミラー13によって分離された青色光Bの光路上において、光の進む順に、プリPBS15と、集光レンズ17とを備えている。プリPBS14, 15は、入射光のうち所定偏光成分の光を選択的に反射する機能を有している。ダイクロイックミラー18は、プリPBS14および集光レンズ16を経て入射された赤色光Rと緑色光Gとを分離する機能を有している。

【0043】

このプロジェクタにおいて、赤色光R、緑色光Gおよび青色光Bの各光路上には、光の入射側から順に、集光レンズ19R, 19G, 19Bと、PBS20R, 20G, 20Bと、1/4波長板22R, 22G, 22Bと、空間変調器21R, 21G, 21Bとが設けられている。PBS20R, 20G, 20Bは、本発明における「偏光選択素子」の一具体例に対応する。

10

【0044】

空間変調器21R, 21G, 21Bは、反射型液晶パネルなどにより構成されている。空間変調器21R, 21G, 21Bには、それぞれPBS20R, 20G, 20Bの偏光選択面によって選択された所定の偏光成分（例えばS偏光成分）の色光が入射されるようになっている。空間変調器21R, 21G, 21Bは、偏光状態の制御により入射光に変調を施し、その変調光をPBS20R, 20G, 20Bに向けて反射するようになっている。

20

【0045】

PBS20R, 20G, 20Bは、それぞれ偏光選択面を有し、その偏光選択面において、空間変調器21R, 21G, 21Bに入射させる所定偏光成分（S偏光成分）の光を選択（反射）すると共に、空間変調器21R, 21G, 21Bによって反射された光のうち、所定偏光成分（P偏光成分）の光を、画像表示用の光として選択（透過）して出射する機能を有している。なお、図1の例では、PBS20R, 20G, 20Bにおいて、S偏光成分の光を反射して空間変調器21R, 21G, 21Bへの入射光とし、空間変調器21R, 21G, 21Bからの戻り光のうち、P偏光成分の光を出射光として透過するような光学配置としてあるが、これとは逆に、P偏光の入射光を空間変調器21R, 21G, 21Bの正面側から入射させ、その戻り光のうち、空間変調器21R, 21G, 21Bにおいて反射により選択されたS偏光成分の光線を、画像表示用の光とするような配置とすることも可能である。

30

【0046】

1/4波長板22R, 22G, 22Bは、PBS20R, 20G, 20Bと空間変調器21R, 21G, 21Bとの間で、偏光状態の補正を行うためのものであり、互いに直交する偏光成分の光に対してほぼ1/4波長の位相差を発生させるようになっている。1/4波長板22R, 22G, 22Bは、本実施の形態において最も特徴的な構成を有する部分であり、その詳細は後述する。

【0047】

このプロジェクタは、また、クロスダイクロイックプリズム24と、投影レンズ25と、スクリーン26とを備えている。クロスダイクロイックプリズム24は、PBS20R, 20G, 20Bによって選択された所定偏光成分の各色光を合成して出射する機能を有している。このクロスダイクロイックプリズム24は、3つの入射面と1つの出射面とを有している。クロスダイクロイックプリズム24における光の入射面と、PBS20R, 20G, 20Bにおける光の出射面との間には、それらの光学素子の温度変化等による応力歪みを防止するために、スペーサ23R, 23G, 23Bが設けられている。

40

【0048】

投影レンズ25は、クロスダイクロイックプリズム24の出射面側に配置されている。この投影レンズ25は、クロスダイクロイックプリズム24から出射された合成光を、スクリーン26に向けて投射する機能を有している。投影レンズ25は、本発明における「投射手段」の一具体例に対応する。

50

【0049】

図2は、1/4波長板22(22R, 22G, 22B)の構成を、PBS20(20R, 20G, 20B)および空間変調器21(21R, 21G, 21B)に対する光学的な位置関係と共に示している。なお、これら各光学素子の構成は、実質的に各色で同じであるから、以下では、特に必要とされる場合を除いて各色の区別なく、まとめて説明する。

【0050】

1/4波長板22は、異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板41, 42を有している。第1および第2の位相差板41, 42は、PBS20側から順に、互いの遅相軸d1, d2がほぼ直交するように組み合わせて配置されることにより、全体としてほぼ1/4波長の位相差量を発生するように構成されている。第1および第2の位相差板41, 42は、水晶などの光学異方性を持つ結晶や、延伸等で光学異方性を持たせた有機フィルムなどで構成されている。なお、第1および第2の位相差板41, 42は、それぞれ単板で構成されていても良いし、それぞれが複数枚に分割された構成であっても良い。10

【0051】

このように1/4波長板22を2枚の位相差板41, 42を組み合わせて使用し、PBS20と空間変調器21との間に設置する場合、以下で説明するように4通りの使い方(配置状態)が存在する。

【0052】

ここで、図2に示したように、PBS20における偏光選択面31の法線n1と1/4波長板22の法線とを含む面50と、1/4波長板22の板面との交線方向を基準方向51と定義する。この基準方向51は、一般的に光軸10に平行となる光線に対してのP偏光方向と一致する。20

【0053】

このように基準方向51を定義したとき、第1および第2の位相差板41, 42を組み合わせた全体の遅相軸の方向は、基準方向51にほぼ平行な場合とほぼ垂直な場合との2通り考えられる。また、PBS20側に配置された第1の位相差板41の遅相軸d1についても同様に、基準方向51にほぼ平行な場合とほぼ垂直な場合との2通り考えられる。これらはそれぞれ独立に選べるので、第1および第2の位相差板41, 42の組み合わせは、合計4通りとなる。

【0054】

これらの組み合わせ方は、第1および第2の位相差板41, 42が水晶のような1軸性の結晶であるか、有機フィルムであるかにかかわらず同等で区別する必要はない。なお、図2は、第1および第2の位相差板41, 42が同一の材料で構成されているものとする、1/4波長板22全体の遅相軸と第1の位相差板41の遅相軸d1とが共に、基準方向51にほぼ直交している場合である。30

【0055】

図3～図6は、第1および第2の位相差板41, 42の4通りの組み合わせ方を示している。まず、図3は、1/4波長板22の全体の遅相軸が基準方向51にほぼ直交し、第1の位相差板41の遅相軸d1も基準方向51にほぼ直交している場合を示している。以下、この図3に示した第1の配置状態を「状態Ss」と表記する。表記の意味は、基準方向51がP偏光方向、それに直交する方向がS偏光方向に対応するものと考え、P, Sの記号を用いて、前側の表記(SsのS)が、全体の遅相軸の方向を示し、後側の表記(Ssのs)が、第1の位相差板41の遅相軸d1の方向を示している。この表記方法は、以下の他の組み合わせの場合にも同様である。40

【0056】

図4は、1/4波長板22の全体の遅相軸が基準方向51にほぼ直交し、第1の位相差板41の遅相軸d1が基準方向51にほぼ平行となっている場合を示している。以下、この第2の配置状態を「状態Sp」と表記する。

【0057】

図5は、1/4波長板22の全体の遅相軸が基準方向51にほぼ平行で、第1の位相差板50

4 1 の遅相軸 d 1 が基準方向 5 1 にほぼ直交している場合を示している。以下、この第 3 の配置状態を「状態 P s」と表記する。

【 0 0 5 8 】

図 6 は、1 / 4 波長板 2 2 の全体の遅相軸が基準方向 5 1 にほぼ平行で、第 1 の位相差板 4 1 の遅相軸 d 1 も基準方向 5 1 にほぼ平行となっている場合を示している。以下、この第 4 の配置状態を「状態 P p」と表記する。

【 0 0 5 9 】

ところで、1 / 4 波長板 2 2 を設計するにあたっては、2 枚の位相差板 4 1, 4 2 の位相差をそれぞれどのような値に設定するかを決めなければならない。従来では、全体としてほぼ 1 / 4 波長の位相差となるものであれば、各位相差板 4 1, 4 2 の位相差がどのような値であるかは問題にされていなかった。しかしながら、実際には、後述するように、各 10 位相差板 4 1, 4 2 の位相差の違いによりプロジェクタにおける消光比に差が生ずることが分かった。また良好な消光比にするための条件は、図 3 ~ 図 6 の各配置状態のそれとで異なることが分かった。本実施の形態では、図 3 ~ 図 6 の各状態のそれについて、各位相差板 4 1, 4 2 の位相差が、偏光状態の補正を良好に行い、プロジェクタとしての画質の向上を図ることができるような適切な値に設定されている。具体的にどのような位相差を持たせるべきかについては後に詳述する。

【 0 0 6 0 】

次に、以上のように構成されたプロジェクタの動作を説明する。

【 0 0 6 1 】

このプロジェクタにおいて、光源 1 1 から出射された白色光は、インテグレータ 1 2 を介してダイクロイックミラー 1 3 に入射される。ダイクロイックミラー 1 3 は、入射した白色光を青色光 B とその他の色光 R, G とに分離する。青色光 B は、プリ PBS 1 5、集光レンズ 1 7、および集光レンズ 1 9 B を経て、PBS 2 0 B に入射される。赤色光 R および緑色光 G は、プリ PBS 1 4 および集光レンズ 1 6 を経て、ダイクロイックミラー 1 8 に入射され、そこで分離される。分離された赤色光 R および緑色光 G は、それぞれ集光レンズ 1 9 R, 1 9 G を経て、PBS 2 0 R, 2 0 G に入射される。

【 0 0 6 2 】

PBS 2 0 R, 2 0 G, 2 0 B に入射された光は、その偏光選択面において、S 偏光成分の光だけが選択（反射）され、1 / 4 波長板 2 2 R, 2 2 G, 2 2 B を介して空間変調器 2 1 R, 2 1 G, 2 1 B に到達する。到達した光は、空間変調器 2 1 R, 2 1 G, 2 1 B が偏光状態に対して影響を与えない状態（オフ状態）である場合には、空間変調器 2 1 R, 2 1 G, 2 1 B において S 偏光のまま反射されることにより、1 / 4 波長板 2 2 R, 2 2 G, 2 2 B を介して PBS 2 0 R, 2 0 G, 2 0 B に戻り、その偏光選択面において、入射時とは逆方向に S 偏光成分の光として反射され、光源側に戻る。

【 0 0 6 3 】

一方、空間変調器 2 1 R, 2 1 G, 2 1 B が偏光状態に対して影響を与える状態（オン状態）では、空間変調器 2 1 R, 2 1 G, 2 1 B からの反射光の一部またはすべてが P 偏光成分の光に変換されて、1 / 4 波長板 2 2 R, 2 2 G, 2 2 B を介して PBS 2 0 R, 2 0 G, 2 0 B に戻り、その偏光選択面を透過する。

【 0 0 6 4 】

ここで、本実施の形態においては、1 / 4 波長板 2 2 R, 2 2 G, 2 2 B の構成およびその光学的な配置状態が、後述するように空間変調器 2 1 R, 2 1 G, 2 1 B と PBS 2 0 R, 2 0 G, 2 0 B との間で、偏光状態の補正を行うのに適切なものとなっているので、従来に比べ消光比の劣化を防止し、画質の向上が図られる。

【 0 0 6 5 】

PBS 2 0 R, 2 0 G, 2 0 B を透過した P 偏光成分の各色光は、クロスダイクロイックプリズム 2 4 において合成され、投影レンズ 2 5 に入射される。投影レンズ 2 5 は、合成光をスクリーン 2 6 に向けて投射する。これにより、スクリーン 2 6 上に画像が形成される。階調表現については、空間変調器 2 1 R, 2 1 G, 2 1 B における偏光状態の変化量

10

20

30

40

50

によって制御が行われる。

【 0 0 6 6 】

次に、 $1/4$ 波長板 2 2 ($22R$, $22G$, $22B$) を構成する各位相差板 4 1, 4 2 にどのような位相差を設定すれば良いか説明する。

【 0 0 6 7 】

図 8 は、空間変調器 2 1 がオフ状態である場合における、以下の計算モデル条件下でのシミュレーション結果を示している。このシミュレーションは、図 7 に示した光学系配置で、PBS20 を S 偏光成分の透過率が 0 %、P 偏光成分の透過率が 100 % の理想的な PBS とし、空間変調器 2 1 を全反射ミラー、 $1/4$ 波長板 2 2 を水晶の位相差板でモデル化して計算したものである。入射光は無偏光、波長は $1/4$ 波長板 2 2 の設計波長と等しいと仮定している。 $1/4$ 波長板 2 2 は、図 3 に示した第 1 の配置状態 S s であるものとしている。10

【 0 0 6 8 】

図 8 のグラフにおいて、横軸は、第 1 および第 2 の位相差板 4 1, 4 2 を $1/4$ 波長板となるように組み合わせた状態での全体の厚さ、縦軸はコントラスト(消光比(=入射光/出射光))を示している。図 8 では、光軸に対し、4, 6, 8, 10 度の入射角度を持つ光線の消光比をそれぞれグラフ化している。各曲線の左端は、 $1/4$ 波長板 2 2 を単板で構成した場合に相当する。この場合の厚さは、約 15 ミクロンである。

【 0 0 6 9 】

図 8 のグラフから分かるように、各入射角度の光線について、波長板の厚さが増すにつれて消光比が低下するという原則的な傾向はあるものの、周期構造も存在し、周期的に消光比にピーク値が現れている。その結果、 $1/4$ 波長板 2 2 を単板で構成した場合(グラフの左端の部分)よりも、優れた消光比を持つ厚さが存在している。最初のピークは 1 波長()と $3/4$ 波長という位相差を組み合わせた厚さで、次が 2 波長と $7/4$ 波長の位相差の組み合わせである。すなわち、PBS20 側の第 1 の位相差板 4 1 を 1 波長板、空間変調器 2 1 側の第 2 の位相差板 4 2 を $3/4$ 波長板とした場合が最も高いピーク値を示し、次に、第 1 の位相差板 4 1 を 2 波長板、位相差板 4 2 を $7/4$ 波長板とした場合が高いピーク値を示している。20

【 0 0 7 0 】

光軸に対する入射角度が 4 度の光線の場合、5 波長と $19/4$ (=5 - 1/4) 波長の位相差の組み合わせ程度の厚さまで、8 度の光線の場合でも 2 波長と $7/4$ (=2 - 1/4) 波長の位相差の組み合わせの状態までは、単板の場合と同等かそれ以上の性能を持っている。 $1/4$ 波長板 2 2 を単板で構成したときの性能は、材質が水晶でも有機フィルムでも同等なので、これらのピーク値での位相差板の組み合わせであれば、組み合わせ方式の水晶位相差板においても現行の有機フィルムによる位相差板以上の性能のものが作り得ることになる。30

【 0 0 7 1 】

図 9 のグラフは、 $1/4$ 波長板 2 2 として有機フィルムを使用した場合のシミュレーション結果を示している。計算条件は、図 8 の水晶の位相差板をモデルとした場合と同様である。図 9 は、光線の波長を $1/4$ 波長板 2 2 の設計波長と同一とした場合のグラフであるが、光線の波長を設計波長よりも 24 nm 長波長側にした場合のシミュレーション結果についても、図 10 に示す。40

【 0 0 7 2 】

図 9 のグラフから分かるように、有機フィルムの場合でも位相差の組み合わせ方によって性能向上が実現できている。また、図 10 のグラフから分かるように、設計波長と異なる波長のため平均値が低下する場合であっても性能の極大となる厚さに変化がないことが示されている。後者は実用上重要な事実で、設計波長によって好ましい位相差の組み合わせを決定したとしても、設計波長以外の光線に対しても性能改善の効果を持つことを示している。

【 0 0 7 3 】

10

20

30

40

50

図8～図10までのグラフは、横軸を1/4波長板22の実際の厚さに取っていたが、材料の違いによる見かけの差を解消するため、図12に、一定の位相差を発生するのに必要な厚さを基準として表現したグラフを示す。このグラフでは、1/4波長板22を構成する2枚の位相差板41, 42のうち、薄い方（位相差量の絶対値の小さい方）の位相差板で生じる位相差量を横軸に取っている。このグラフは状態Ssの場合のシミュレーション結果であるから、横軸は空間変調器21側の第2の位相差板42の位相差量を示している。なお、1/4波長板22全体の位相差は1/4波長であるから、薄い方の位相差板の位相差が決定されれば、厚い方（位相差量の絶対値の大きい方）の位相差板の位相差は一義的に決定される。

【0074】

10

図11(A)～(E)は、以上の結果に基づく、第1および第2の位相差板41, 42の好みの組み合わせ方を示している。単独で1波長の位相差を発生させる位相差板を1波長板と略記している。その他の表記も同様である。実際には、厳密に図11(A)～(E)に示した組み合わせではなく、それぞれの組み合わせから少しずれた位相差の組み合わせであっても、十分な性能を有している。図12のグラフからも分かるように、薄い方の位相差板に関して、最初のピーク値は3/4 (=0.75) 波長のときであるが、このピーク値は他のピーク値に比べて高いので、位相差に±0.3波長程度の余裕を持たせることができる。また、7/4波長、11/4波長、15/4波長、および19/4波長のときには、位相差に±0.2波長程度の余裕を持たせることができる。まとめると、薄い方の位相差板で発生させる位相差が、(0.75±0.3) 波長の範囲内か、または、Nを2以上5以下の整数として、(N-0.25±0.2) 波長の範囲内程度であれば、1/4波長板22を単板で構成した場合（図12で位相差が0の場合）よりも同等かそれ以上の性能が得られる。

20

【0075】

ここまで説明は1/4波長板22の配置条件が第1の配置状態Ss（図3）の場合についてであるが、次に、他の3つの配置状態についてのシミュレーション結果を、図13～図15に示す。図12に示したグラフと同様、横軸を位相差量としてあるので、位相差板の材料が水晶のような結晶か、有機フィルムかによらなくなる。

【0076】

30

図13は、第2の配置状態Sp（図4）の場合の計算結果を示している。この場合、横軸はPBS20側の第1の位相差板41の位相差量に相当する。この状態Spでは、最初のピークが、薄い方を1/2波長、厚い方を3/4波長という位相差の組み合わせにした場合に現れている。5つ目のピークまでは、1/4波長板22を単板にした場合よりも同等かそれ以上の性能が得られている。

【0077】

図14は、第3の配置状態Ps（図5）の場合の計算結果を示している。この場合、横軸はPBS20側の第1の位相差板41の位相差量に相当する。この状態Psでは、最初のピークが、薄い方を1波長、厚い方を5/4波長という位相差の組み合わせにした場合に現れている。3つ目のピークまでは、1/4波長板22を単板にした場合とほぼ同程度の性能が得られている。

40

【0078】

図15は、第4の配置状態Pp（図6）の場合の計算結果を示している。この場合、横軸は空間変調器21側の第2の位相差板42の位相差量に相当する。この状態Ppでは、最初のピークが、薄い方を1/4波長、厚い方を1/2波長という位相差の組み合わせにした場合に現れている。5つ目のピークまでは、1/4波長板22を単板にした場合よりも同等かそれ以上の性能が得られている。特に、最初のピークは、著しく高い性能が得られている。

【0079】

図12～図15で得られた結果から、各状態を総合的に考察すると、状態Ps以外の使い方では、2枚の位相差板41, 42を組み合わせた場合の最初のピークは単板（薄い方の

50

位相差板での位相差量 0) に比べて十分に高くなっている。実際の作成時の許容公差も大きくとれる。2つ目以降のピークは最初のピークに比べて低くなり、許容公差は小さくなるが、おおむね 5 つ目のピークまでは、単板よりも良い結果となり、従来よりも改善効果が期待できる。

【 0 0 8 0 】

図 16 に、各配置状態の特徴と、それについての好ましい位相差量をまとめて示す。位相差量は、位相差量の絶対値の小さい方の位相差板についての値を示すが、全体の位相差が 1 / 4 波長であるから、大きい方の位相差板の位相差は、一義的に決定される。

【 0 0 8 1 】

図 16 に示したように、状態 S s の場合には、第 2 の位相差板 4 2 で発生する位相差量が 10 、 (0 . 75 ± 0 . 3) 波長の範囲内か、または、 N を 2 以上 5 以下の整数として、 (N - 0 . 25 ± 0 . 2) 波長の範囲内となっていることが好ましい。

【 0 0 8 2 】

状態 S p の場合には、第 1 の位相差板 4 1 で発生する位相差量が、 (0 . 5 ± 0 . 4) 波長の範囲内か、または、 N を 2 以上 5 以下の整数として、 (N - 0 . 5 ± 0 . 3) 波長の範囲内となっていることが好ましい。

【 0 0 8 3 】

状態 P s の場合には、第 1 の位相差板 4 1 で発生する位相差量が、 N を 1 以上 3 以下の整数として、 (N ± 0 . 2) 波長の範囲内となっていることが好ましい。

【 0 0 8 4 】

状態 P p の場合には、第 2 の位相差板 4 2 で発生する位相差量が、 0 よりも大きく 0 . 6 5 波長以下の範囲内か、または、 N を 2 以上 5 以下の整数として、 (N - 0 . 75 ± 0 . 4) 波長の範囲内となっていることが好ましい。

【 0 0 8 5 】

結果的に各配置状態のうち、状態 P p が最も優れていると言えるが、 4 種類の状態を総合すると、薄い方の位相差板で発生する位相差量が 0 を超えて 3 / 4 波長までと、 1 波長以上 3 / 2 波長程度までは何らかの方式を選択することにより状態 P p での単板よりも良い性能を出すことが可能である。すなわち、図 13 および図 15 のグラフに示した位相差の範囲 A , B , C では、特に高い性能が得られており、これらを総合すると、 0 を超えて 3 / 4 波長まで (範囲 A , B) と、 1 波長以上 3 / 2 波長 (範囲 C) までが、特に好ましい範囲となる。この範囲での 1 / 4 波長板は、配置について制約がない場合には最も優れた性能を発揮する。

【 0 0 8 6 】

以上説明したように、本実施の形態によれば、 PBS 2 0 と空間変調器 2 1 との間に配置されて偏光状態の補正を行う 1 / 4 波長板 2 2 を、 2 枚の位相差板 4 1 , 4 2 で構成し、その配置状態に応じた適切な位相差を設定して組み合わせるようにしたので、 1 / 4 波長板 2 2 を 2 枚の位相差板 4 1 , 4 2 で構成したにもかかわらず、単板で構成した場合と同等かそれ以上の性能で、偏光状態の補正を良好に行い、プロジェクタにおける画質の向上を図ることができる。この場合、従来の光学系に何ら変更を加えることなく、特にコントラストの向上を実現できる。この性能改善の効果は入射角度がある場合においても有効であるから、例えば空間変調器 2 1 に入射する光束の角度を広げれば、各光学素子の形状の変更 (主に大きさ) は要するものの、光源 1 1 および空間変調器 2 1 に従来と同じものを使用したとしても輝度の向上を実現できる。

【 0 0 8 7 】

なお、本発明は、以上の実施の形態に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、上記実施の形態では、プロジェクタの構成例として、 3 原色に対応して 3 つの空間変調器 2 1 R , 2 1 G , 2 1 B を使用する場合について説明したが、空間変調器を 1 つのみ使用し、時分割で 3 原色の表示制御を行うような構成であっても構わない。また、上記実施の形態では、 1 / 4 波長板 2 2 をプロジェクタに適用した場合を例に挙げたが、上記した各位相差板 4 1 , 4 2 の位相差の最適化の手法は、 1 / 4 波長板 2 2 を用いて偏光状態の補

10

20

30

40

50

正を行うような他の装置にも適用され得る。

【0088】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のプロジェクタによれば、反射型の空間変調器と偏光選択素子との間に配置される $1/4$ 波長板を、異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板の組み合わせにすると共に、それら2枚の位相差板で発生させる位相差を、その配置状態に応じた適切な位相差量に設定して組み合わせるようにしたので、 $1/4$ 波長板を2枚の位相差板の組み合わせにしているにもかかわらず、単板で構成した場合と同等かそれ以上の性能で、偏光状態の補正を良好に行い、画質の向上を図ることができる。

【0089】

10

また、本発明の位相差板の配置方法によれば、反射型の空間変調器と偏光選択素子との間に配置される $1/4$ 波長板を、異なる位相差量を発生する第1および第2の位相差板の組み合わせにすると共に、それら2枚の位相差板で発生させる位相差を、その配置状態に応じた適切な位相差量に設定して組み合わせるようにしたので、 $1/4$ 波長板を2枚の位相差板の組み合わせにしているにもかかわらず、プロジェクタなどに使用した場合において、単板で構成した場合と同等かそれ以上の性能で、偏光状態の補正を良好に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係るプロジェクタの構成例を示す図である。

【図2】 $1/4$ 波長板の構成を、PBSおよび空間変調器に対する光学的な位置関係と共に示す構成図である。

20

【図3】 $1/4$ 波長板の第1の配置状態を示す説明図である。

【図4】 $1/4$ 波長板の第2の配置状態を示す説明図である。

【図5】 $1/4$ 波長板の第3の配置状態を示す説明図である。

【図6】 $1/4$ 波長板の第4の配置状態を示す説明図である。

【図7】 $1/4$ 波長板の性能のシミュレーションに用いた光学系モデルを示す説明図である。

【図8】第1の配置状態において、 $1/4$ 波長板の材料を水晶とした場合におけるシミュレーション結果を示す図である。

【図9】第1の配置状態において、 $1/4$ 波長板の材料を有機フィルムとした場合におけるシミュレーション結果を示す図である。

30

【図10】第1の配置状態において、 $1/4$ 波長板の材料を有機フィルムとし、光線の波長を設計波長よりも長波長側にした場合におけるシミュレーション結果を示す図である。

【図11】第1の配置状態における、第1および第2の位相差板の好ましい組み合わせ方を示す説明図である。

【図12】第1の配置状態におけるシミュレーション結果を、薄い方の位相差板で生じる位相差量を横軸にとって示した図である。

【図13】第2の配置状態におけるシミュレーション結果を、薄い方の位相差板で生じる位相差量を横軸にとって示した図である。

【図14】第3の配置状態におけるシミュレーション結果を、薄い方の位相差板で生じる位相差量を横軸にとって示した図である。

40

【図15】第4の配置状態におけるシミュレーション結果を、薄い方の位相差板で生じる位相差量を横軸にとって示した図である。

【図16】各配置状態の特徴と、それについての好ましい位相差量をまとめて示した図である。

【図17】反射型のプロジェクタにおける、光の変調制御を行う部分の概略構造を示す説明図である。

【図18】光の入射時と出射時とにおける偏光選択面の理想的な位置関係を示す説明図である。

【図19】光の入射時と出射時とにおける偏光選択面の現実の位置関係を示す説明図である。

50

る。

【図20】1/4波長板を用いた場合における偏光選択面の位置関係を示す説明図である。

【図21】一般的な位相差板の構成を示す説明図である。

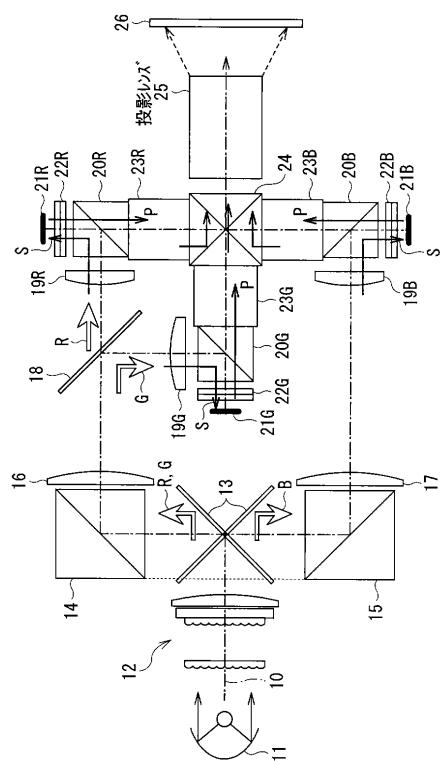
【図22】2枚で構成される位相差板についての説明図である。

【符号の説明】

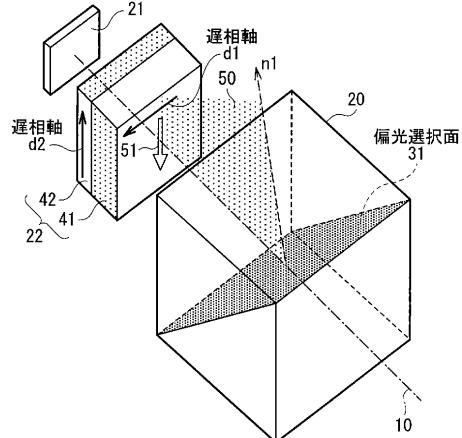
d1, d2...遅相軸、11...光源、20(20R, 20G, 20B)...PBS(偏光ビームスプリッタ)、21(21R, 21G, 21B)...空間変調器、22(22R, 22G, 22B)...1/4波長板、25...投影レンズ、41...第1の位相差板、42...第2の位相差板、31...偏光選択面、51...基準方向。

10

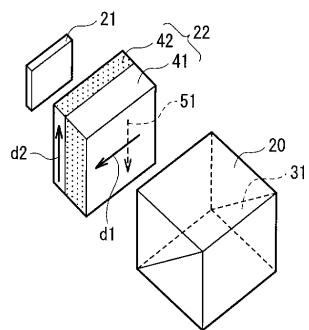
【図1】



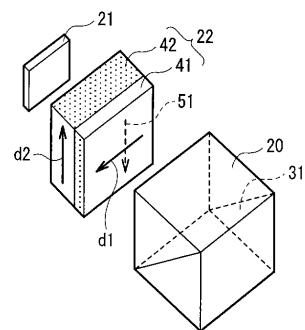
【図2】



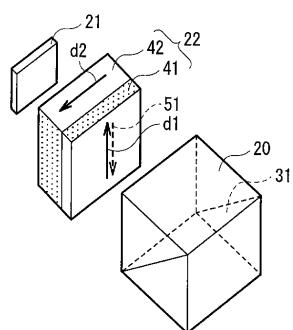
【図3】



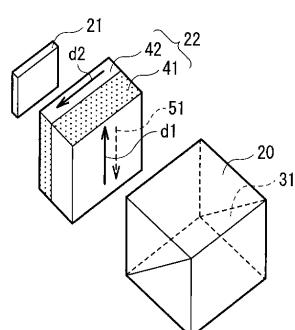
【図5】



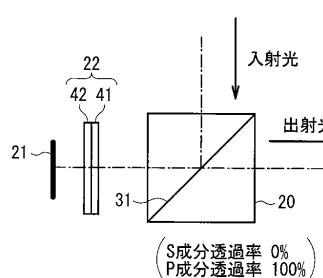
【図4】



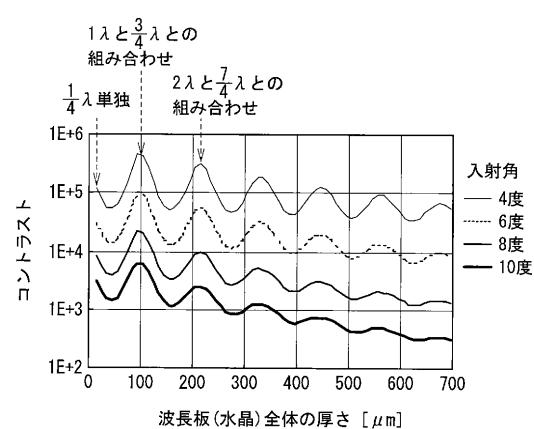
【図6】



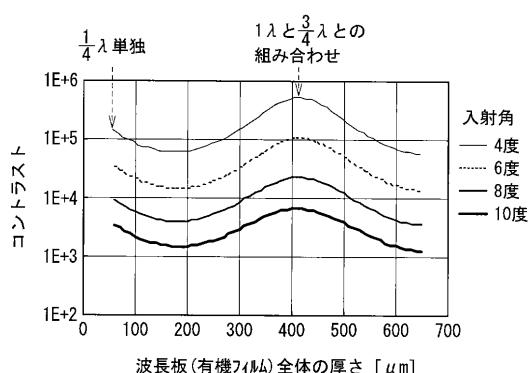
【図7】



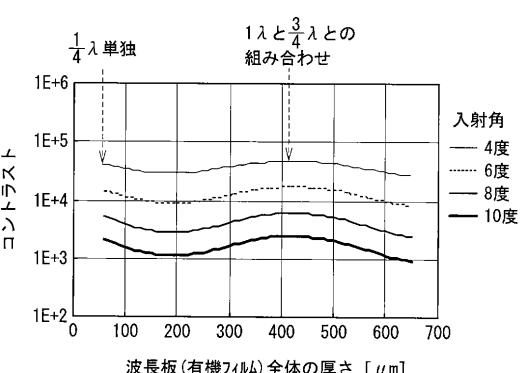
【図8】



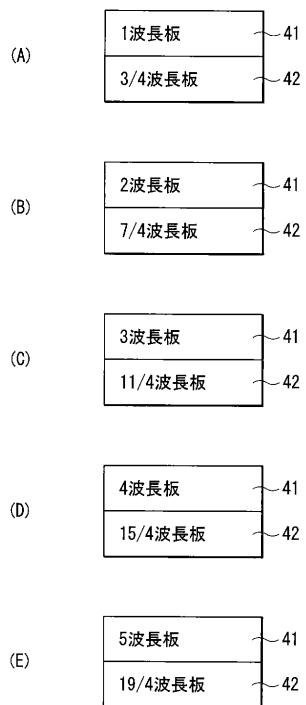
【図9】



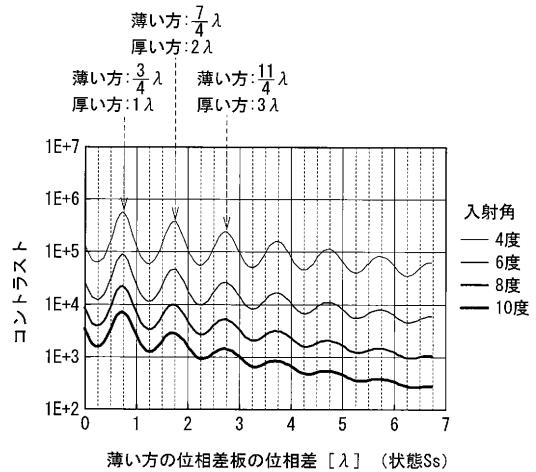
【図10】



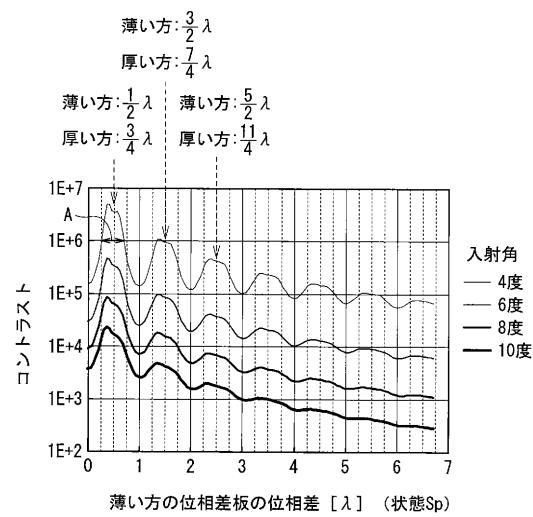
【図11】



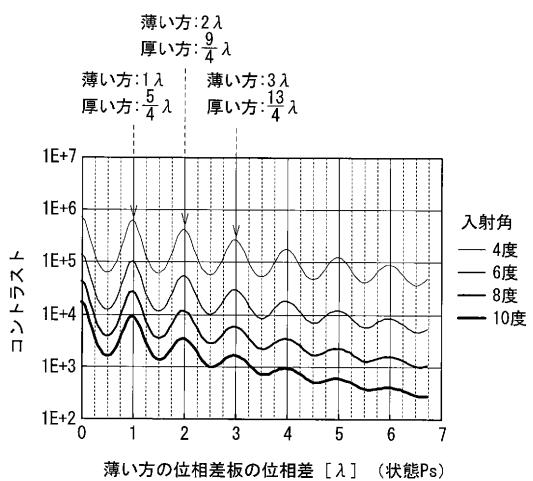
【図12】



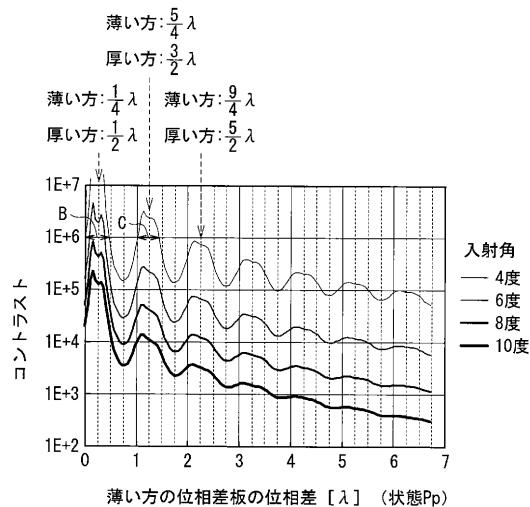
【図13】



【図14】



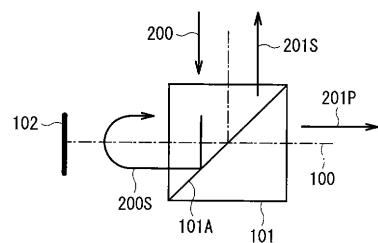
【図15】



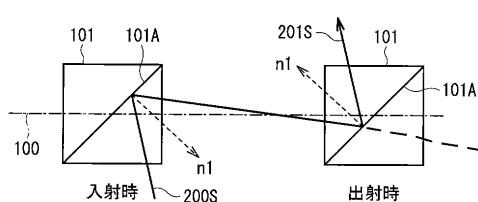
【図16】

配置状態	全体の遅相軸と基準方向との関係	PBS側の遅相軸と基準方向との関係	位相差量の小さい側についての好ましい位相差量(λ)
Ss	直交	直交	(0.75±0.3) or (N-0.25±0.2), N=2~5
Sp	直交	平行	(0.5±0.4) or (N-0.5±0.3), N=2~5
Ps	平行	直交	(N±0.2), N=1~3
Pp	平行	平行	0より大きく0.65以下 or (N-0.75±0.4), N=2~5

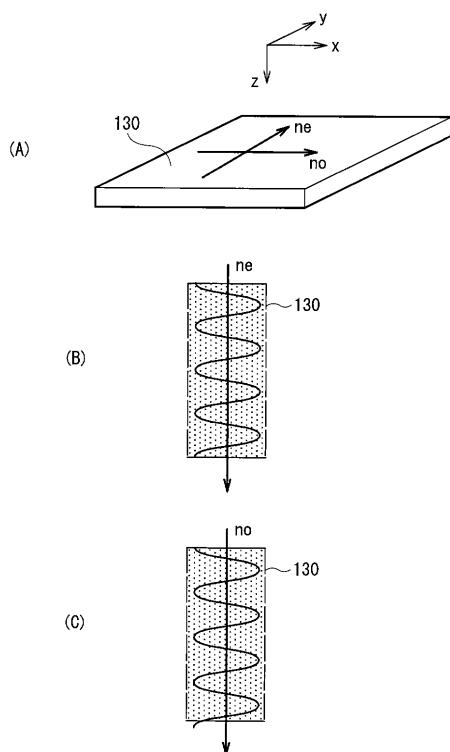
【図17】



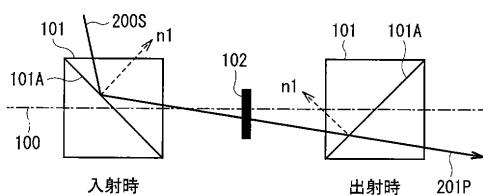
【図18】



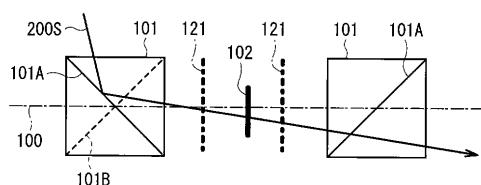
【図21】



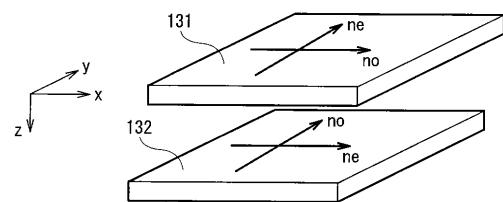
【図19】



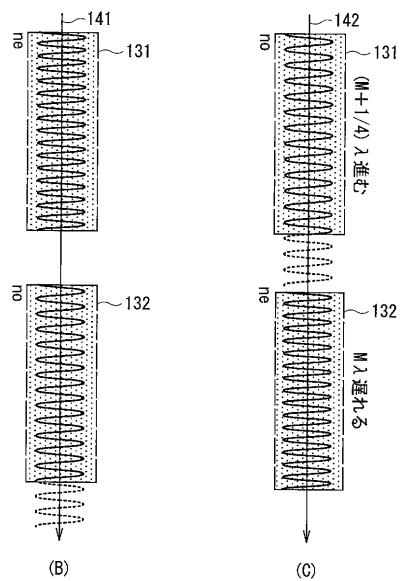
【図20】



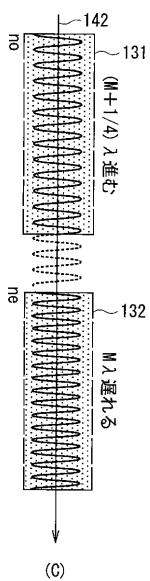
【図22】



(A)



(B)



(C)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-026756(JP,A)
特開平05-027118(JP,A)
特開平08-271731(JP,A)
特開平06-175123(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/00-27/64,
G02F 1/1335- 1/13363、 1/21- 1/25,
G03B 21/00-21/10、 21/12-21/13,
21/134-21/30、 33/00-33/16