

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5768428号
(P5768428)

(45) 発行日 平成27年8月26日(2015.8.26)

(24) 登録日 平成27年7月3日(2015.7.3)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2F	1/1335	(2006.01)	GO2F	1/1335	510
GO2F	1/13	(2006.01)	GO2F	1/13	505
GO3B	21/14	(2006.01)	GO3B	21/14	Z
GO2B	19/00	(2006.01)	GO2B	19/00	
GO2B	3/00	(2006.01)	GO2B	3/00	A

請求項の数 1 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2011-64008 (P2011-64008)
(22) 出願日	平成23年3月23日 (2011.3.23)
(65) 公開番号	特開2012-198457 (P2012-198457A)
(43) 公開日	平成24年10月18日 (2012.10.18)
審査請求日	平成26年2月6日 (2014.2.6)

(73) 特許権者	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(74) 代理人	10018547 弁理士 鈴野 幹夫
(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅善
(74) 代理人	100107261 弁理士 須澤 修
(74) 代理人	100127661 弁理士 宮坂 一彦
(72) 発明者	沢渡 彩映 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロジェクター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明光学系と、

前記照明光学系から出射された光が入射する位置に配置された入射側偏光板と、

前記照明光学系から出射されて前記入射側偏光板を通った光が入射する位置に配置されたワイヤーグリッド素子と、

前記ワイヤーグリッド素子を透過した光が入射する位置に配置された反射型の液晶パネルと、

前記液晶パネルで変調されるとともに反射して前記ワイヤーグリッド素子へ入射した光のうち前記ワイヤーグリッド素子で反射した光が入射する位置に配置された出射側偏光板と、を備え。

前記液晶パネルの液晶層の液晶分子のダイレクターを前記液晶層の厚み方向と直交する基準面に射影した方向に平行な配向軸と、前記液晶パネルの液晶層の厚み方向に直交する基準面に射影した前記入射側偏光板の透過軸及び前記ワイヤーグリッド素子の透過軸と、前記ワイヤーグリッドに射影し、さらに前記基準面に射影した前記出射側偏光板の透過軸とのそれぞれの軸の前記基準面に平行な基準方向からの回転角について、前記液晶層の配向軸の回転角 θ_0 、前記入射側偏光板の透過軸の回転角 θ_1 、前記ワイヤーグリッド素子の透過軸の回転角 θ_2 、前記出射側偏光板の透過軸の回転角の θ_3 は、下記の式(1)ないし式(3)；

$$44^\circ - \theta_0 - \theta_2 < 45^\circ, \text{ 又は, } 45^\circ < \theta_0 - \theta_2 - 46^\circ \dots (1)$$

10

20

f 1 1 f 2 . . . (2)
 ただし、 f 1 = 0 . 1 9 1 × $\frac{x^2 + 0 . 9 8 6 x}{2}$ - 1 4 . 4 3 5 ,
 f 2 = - 0 . 1 9 1 × $\frac{x^2 + 0 . 9 8 6 x}{2}$ + 1 4 . 4 3 5
 g 1 $\frac{3 - 9 0 ^\circ}{2}$ g 2 . . . (3)
 ただし、 g 1 = 0 . 0 6 4 × $\frac{x^3 + 0 . 8 4 1 x}{2}$ $\frac{x^2 + 1 . 5 2 5 x}{2}$ - 1 . 4 6
 g 2 = 0 . 0 6 4 × $\frac{x^3 - 0 . 8 4 1 x}{2}$ $\frac{x^2 + 1 . 5 2 5 x}{2}$ + 1 . 4 6

のいずれも満たすプロジェクター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、プロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、液晶プロジェクターの1つとして反射型のプロジェクターが知られている（例えば、特許文献1参照）。反射型のプロジェクターは、例えば、照明光学系、ワイヤーグリッド素子、反射型の液晶パネル、及び投写光学系により構成される。

【0003】

照明光学系から出射された光は、偏光分離素子を経由して液晶パネルに入射する。液晶パネルに入射した光は、変調されるとともに液晶パネルで反射する。液晶パネルで反射した光は、偏光分離素子に再度入射して、画像を示す偏光と反転画像を示す偏光とに分離される。画像を示す偏光が投写光学系によりスクリーン等に投写されることにより、画像が表示される。

【0004】

反射型の液晶パネルは、コントラスト比を向上させる上で有利な垂直配向モード（以下、VAモードという）の液晶層を含んで構成されることがある。VAモードの液晶層は、所定の方向にプレチルトが付与されて、配向性が設定されていることが多い。液晶層にプレチルトが付与されていると、ディスクリネーションの発生を抑制することができるが、一方で、電界が印加されていない状態の液晶層に屈折率異方性が生じてしまう。

【0005】

30

この屈折率異方性を打ち消すには、液晶層との併せて屈折率が等方性になるように光学補償板を設けるとよい。また、液晶層の配向軸を調整することによって、電界が印加されていない状態の液晶層の屈折率異方性を減らす技術も提案されている（例えば、特許文献2参照）。特許文献2では、1対の基板間に液晶層が挟持された構造の液晶パネルにおいて、液晶層の配向軸を、1対の基板のうちの一方の基板側と他方の基板側とで異ならせている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-46156号公報

40

【特許文献2】特開2007-212997号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

プロジェクターは、さらなるコントラスト比の向上が期待されており、上記のようなプロジェクターにも改善の余地がある。例えば、液晶パネルは、製造誤差等に起因して、液晶層の配向軸が所定の方向からずれていることがある。液晶層の配向軸が所定の方向からずれないと、偏光板やワイヤーグリッド素子等の光学的な軸と液晶層の配向軸との相対的な回転角が所定の回転角からずれてしまう。結果として、投写光学系によって投写される光に含まれる反転画像を示す偏光の割合が増加し、投写された画像のコントラスト比の

50

低下してしまう。

【0008】

本発明は、上記の事情に鑑み成されたものであって、液晶パネルやワイアーグリッド素子等の光学要素の光学的な軸の相対的な回転角がずれることによるコントラスト比の低下を抑制可能なプロジェクターを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のプロジェクターは、照明光学系と、前記照明光学系から出射された光が入射する位置に配置された入射側偏光板と、前記照明光学系から出射されて前記入射側偏光板を通った光が入射する位置に配置されたワイアーグリッド素子と、前記ワイアーグリッド素子を透過した光が入射する位置に配置された反射型の液晶パネルと、前記液晶パネルで変調されるとともに反射して前記ワイアーグリッド素子へ入射した光のうち前記ワイアーグリッド素子で反射した光が入射する位置に配置された出射側偏光板と、を備え、前記液晶パネルの液晶層の液晶分子のダイレクターを前記液晶層の厚み方向と直交する面に射影した方向に平行な配向軸と、前記液晶パネルの液晶層の厚み方向に直交する基準面に射影した前記入射側偏光板の透過軸及び前記ワイアーグリッド素子の透過軸と、前記ワイアーグリッドに射影し、さらに前記基準面に射影した前記出射側偏光板の透過軸とのそれぞれの軸の前記基準面に平行な基準方向からの回転角について、前記液晶層の配向軸の回転角₀、前記入射側偏光板の透過軸の回転角₁、前記ワイアーグリッド素子の透過軸の回転角₂、前記出射側偏光板の透過軸の回転角の₃は、下記の式(1)ないし式(3)；

$$44^{\circ} \quad 0 - 2 < 45^{\circ}, \text{ 又は, } 45^{\circ} < 0 - 2 \quad 46^{\circ} \dots \dots (1)$$

$$f_1 \quad _1 \quad f_2 \quad \dots \dots (2)$$

$$\text{ただし, } f_1 = 0.191 \times _2^2 + 0.986 \times _2 - 14.435,$$

$$f_2 = -0.191 \times _2^2 + 0.986 \times _2 + 14.435$$

$$g_1 \quad _2 \quad g_2 \quad \dots \dots (3)$$

$$\text{ただし, } g_1 = 0.064 \times _2^3 + 0.841 \times _2^2 + 1.525 \times _2 - 1.46$$

,

$$g_2 = 0.064 \times _2^3 - 0.841 \times _2^2 + 1.525 \times _2 + 1.46$$

のいずれも満たす。

10

20

30

【0010】

上記のプロジェクターは、回転角₀ないし₃が式(1)ないし式(3)のいずれも満たすように設定されているので、コントラスト比の最小値が最大値の80%以上になり、コントラスト比の低下を観察者に認識されないように抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態のプロジェクターの概略構成を示す図である。

【図2】本実施形態の画像形成系の構成を模式的に示す図である。

【図3】本実施形態の液晶パネルの構成を模式的に示す図である。

【図4】本実施形態の画像形成系の光学要素の第1の配置を示す図である。

40

【図5】入射側偏光板の透過軸の回転角、ワイアーグリッド素子の透過軸の回転角を変化させて明表示の明るさの変化を調べたシミュレーションの結果を示す分布図である。

【図6】出射側偏光板の透過軸の回転角、ワイアーグリッド素子の透過軸の回転角を変化させて明表示の明るさの変化を調べたシミュレーションの結果を示す分布図である。

【図7】本実施形態の画像形成系の光学要素の第2の配置を示す図である。

【図8】本実施形態の画像形成系の光学要素の第3の配置を示す図である。

【図9】本実施形態の画像形成系の光学要素の第4の配置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。説明に用いる図面中の

50

構造の寸法や縮尺は、実際と異なることがある。

【0013】

図1は、本実施形態のプロジェクターの概略構成を示す図である。図2は、本実施形態の画像形成系及び色合成部の構成を模式的に示す図である。図3は、液晶パネルの構成を模式的に示す図である。

【0014】

図1に示すプロジェクター1は、照明光学系2、青用の画像形成系3、緑用の画像形成系4、赤用の画像形成系5、色合成部6、及び投写光学系7を備える。

【0015】

照明光学系2は、青色光L1と緑色光L2と赤色光L3とを個別に出射することができる。各色用の画像形成系は、照明光学系2から出射された各色光と1対1の対応で設けられており、対応する色光を変調して各色の画像を形成することができる。色合成部6は、3系統の画像形成系で形成された3色の画像を示す光を合成することができる。投写光学系7は、色合成部6で合成された光を壁やスクリーン等の投写面に投写することができる。
10

【0016】

本実施形態の照明光学系2は、光源部10、インテグレーター光学系11、及び色分離光学系12を備える。光源部10は、波長が450nm以上495未満の青色光L1、波長が495nm以上570nm未満の緑色光L2、及び波長が620nm以上750nm未満の赤色光L3を含んだ白色光Lを出射することができる。インテグレーター光学系11は、光源部10から出射された白色光Lの照度を均一化し、また偏光状態を揃えることができる。色分離光学系12は、インテグレーター光学系11から出射された白色光Lを青色光L1、緑色光L2、及び赤色光L3に分離することができる。
20

【0017】

本実施形態の光源部10は、白色光を放射する光源ランプ13、及び回転放物面状の反射面を有するリフレクター14を備える。光源ランプ13から放射された白色光は、リフレクター14によって一方向に向って反射し、略平行な光線束となる。光源ランプ13は、例えはメタルハライドランプ、キセノンランプ、高圧水銀ランプ、ハロゲンランプ等により構成される。リフレクター14は、インテグレーター光学系11へ入射する。リフレクター14は、反射面が回転橜円面状であってもよく、この場合には、リフレクターから出射された白色光を平行化する平行化レンズが用いられることがある。
30

【0018】

本実施形態のインテグレーター光学系11は、第1レンズアレイ15、第2レンズアレイ16、偏光変換素子17、及び重畠レンズ18を備える。

【0019】

第1レンズアレイ15及び第2レンズアレイ16は、それぞれ、光源部10の光軸と直交する平面に二次元的に配列された複数のマイクロレンズを有する。第1レンズアレイ15のマイクロレンズは、第2レンズアレイ16のマイクロレンズと1対1の対応で設けられている。複数のマイクロレンズは、光源部10の光軸に直交する平面での形状が、後述する液晶パネル27(図2参照)の画素領域35と相似形状である。
40

【0020】

偏光変換素子17は、光源部10の光軸と直交する平面に二次元的に配列された複数のセルを有する。偏光変換素子17のセルは、第2レンズアレイ16のマイクロレンズと1対1の対応で設けられている。複数のセルは、それぞれ、偏光ビームスプリッタ膜(以下、PBS膜という)、1/2位相板、及び反射ミラーを有する。

【0021】

光源部10から第1レンズアレイ15へ入射した白色光Lは、マイクロレンズごとに集光され、複数の部分光束に分かれ。第1レンズアレイ15の各マイクロレンズから出射された部分光束は、このマイクロレンズと対応する第2レンズアレイ16のマイクロレンズに結像して、マイクロレンズに二次光源を形成する。第2レンズアレイ16の各マイク
50

ロレンズから出射された部分光束は、このマイクロレンズと対応する偏光変換素子17のセルに入射する。

【0022】

偏光変換素子17は、第2レンズアレイ16と重畳レンズ18との間の光路に配置されている。偏光変換素子17の各セルへ入射した部分光束は、PBS膜に対するP偏光とS偏光とに分離される。分離された一方の偏光は、反射ミラーで反射した後に1/2位相板を通り、他方の偏光と偏光状態が揃えられる。本実施形態において、偏光変換素子17の各セルは、各セルへ入射した部分光束の偏光状態を、各画像形成系のワイヤーグリッド素子26（後述する）に対するP偏光に揃えることができる。偏光変換素子17の複数のセルから出射された複数の部分光束は、重畳レンズ18で屈折することによって、各画像形成系の液晶パネル27の画素領域35にて重畳される。10

【0023】

色分離光学系12は、第1ダイクロイックミラー20、第2ダイクロイックミラー21、第3ダイクロイックミラー22、第1反射ミラー23、及び第2反射ミラー24を備える。第1ダイクロイックミラー20は、赤色光L3が透過し、かつ緑色光L2及び青色光L1が反射する特性を有する。第2ダイクロイックミラー21は、赤色光L3が反射し、かつ緑色光L2及び青色光L1が透過する特性を有する。第3ダイクロイックミラー22は、緑色光L2が反射し、かつ青色光L1が透過する特性を有している。第1ダイクロイックミラー20及び第2ダイクロイックミラー21は、互いに略直交するように、かつインテグレーター光学系11の光軸と略45°の角度をなすように配置されている。20

【0024】

色分離光学系12へ入射した白色光Lのうちの赤色光L3は、第2ダイクロイックミラー21で反射し、次いで第1反射ミラー23で反射して、赤用の画像形成系5へ入射する。色分離光学系12へ入射した白色光Lのうちの青色光L1及び緑色光L2は、第1ダイクロイックミラー20で反射し、次いで第2反射ミラー24で反射した後に、第3ダイクロイックミラー22へ入射する。第3ダイクロイックミラー22へ入射した緑色光L2は、第3ダイクロイックミラー22で反射して、緑用の画像形成系4へ入射する。第3ダイクロイックミラー22へ入射した青色光L1は、第3ダイクロイックミラー22を透過して、青用の画像形成系3へ入射する。30

【0025】

青用の画像形成系3、緑用の画像形成系4、及び赤用の画像形成系5は、いずれも、ほぼ同じ構成である。本実施形態では、各画像形成系の構成について、緑用の画像形成系4を代表的に説明する。図2に示す緑用の画像形成系4は、入射側偏光板25、ワイヤーグリッド素子26、液晶パネル27、及び出射側偏光板28を備える。

【0026】

色分離光学系12から出射された緑色光L2は、入射側偏光板25へ入射する。入射側偏光板25は、透過軸29に平行な直線偏光を通し、かつ透過軸29と直交する吸収軸30に平行な直線偏光を吸収する特性を有する。色分離光学系12から入射側偏光板25へ入射した緑色光L2のうち、入射側偏光板25を透過した緑色光L2は、ワイヤーグリッド素子26へ入射する。40

【0027】

ワイヤーグリッド素子26は、入射側偏光板25からワイヤーグリッド素子26へ入射する緑色光L2の進行方向に対して、略45°の角度で傾斜して配置されている。本実施形態のワイヤーグリッド素子26は、ガラス等からなる誘電体層31と、誘電体層31の表面又は表層に設けられて互いに平行に延びる複数の金属線32とを有する。

【0028】

ワイヤーグリッド素子26は、金属線32に直交する直線偏光が透過し、かつ金属線32に平行な直線偏光が反射する特性を有する。換言すると、ワイヤーグリッド素子26は、透過軸33が金属線32に直交し、かつ反射軸34が金属線32に平行である。入射側偏光板25からワイヤーグリッド素子26へ入射した緑色光L2のうち、ワイヤーグリッ50

ド素子 26 を透過した緑色光 L2 は、液晶パネル 27 へ入射する。

【0029】

液晶パネル 27 は、二次元的に配列された複数の画素 P を有する。本実施形態において、画素 P の 2 つの配列方向の一方は X 方向とほぼ平行であり、画素 P の 2 つの配列方向の他方は Y 方向とほぼ平行である。以下の説明において、液晶パネルの画素の 2 つの配列方向のいずれにも直交する方向を液晶パネルの法線方向ということがある。液晶パネルの法線方向は、この液晶パネルの液晶層の厚み方向とほぼ平行である。

【0030】

ワイヤーグリッド素子 26 を透過した緑色光 L2 は、複数の画素 P が配列されている領域（画素領域 35）へ入射する。液晶パネル 27 は、ワイヤーグリッド素子 26 から液晶パネル 27 へ入射する緑色光 L2 の進行方向に対して液晶層 42（図 3 参照）の厚み方向がほぼ平行になるように、配置されている。10

【0031】

ワイヤーグリッド素子 26 から液晶パネル 27 へ入射した緑色光 L2 は、液晶パネルで変調されるとともに反射して、液晶パネル 27 への入射前と比較して進行方向が約 180° 变化する。液晶パネル 27 から出射された緑色光 L2 は、ワイヤーグリッド素子 26 へ再度入射する。

【0032】

液晶パネル 27 からワイヤーグリッド素子 26 へ入射した緑色光 L2 のうちワイヤーグリッド素子 26 で反射した緑色光 L2 は、出射側偏光板 28 へ入射する。出射側偏光板 28 は、透過軸 36 に平行な直線偏光が透過し、かつ透過軸 36 と直交する吸収軸 37 に平行な直線偏光を吸収する特性を有する。ワイヤーグリッド素子 26 から出射側偏光板 28 へ入射した緑色光 L2 のうち、出射側偏光板 28 を透過した緑色光 L2 は、色合成部 6 へ入射する。20

【0033】

図 3 に示すように液晶パネル 27 は、素子基板 40、対向基板 41、液晶層 42、及び補償板 43 を備える。素子基板 40 は、対向基板 41 と対向して設けられている。液晶層 42 は、素子基板 40 と対向基板 41 との間に封入されている。補償板 43 は、対向基板 41 に対して液晶層 42 とは反対側に設けられている。

【0034】

ワイヤーグリッド素子 26 を透過して液晶パネル 27 へ入射する緑色光 L2 は、補償板 43 へ入射した後に対向基板 41 を通り、次いで液晶層 42 へ入射した後に素子基板 40 で反射して折り返される。緑色光 L2 は、液晶層 42 を通る間に変調され、液晶層から出射された後に対向基板 41 へ入射し、次いで補償板 43 を透過して液晶パネル 27 から出射される。30

【0035】

素子基板 40 は、シリコン基板やガラス基板を基体として構成される。シリコン基板を用いる場合には、いわゆる LCOS (Liquid crystal on silicon) になる。素子基板 40 は、複数のゲート線 44、複数のソース線 45、複数の薄膜トランジスター（以下、TFT 46 という）、及び画素電極 47 を備える。40

【0036】

複数のゲート線 44 は、互いに平行に延びている。複数のソース線 45 は、互いに平行に延びている。ゲート線 44 は、ソース線 45 と直交している。ゲート線 44 が、ソース線 45 と交差する部分ごとに、TFT 46 が設けられている。ゲート線 44 は、TFT 46 のゲート電極と電気的に接続されている。ソース線 45 は、TFT 46 のソース領域と電気的に接続されている。

【0037】

液晶パネル 27 の各画素 P は、ゲート線 44 とソース線 45 とに囲まれる部分に対応している。画素電極 47 は、各画素 P と 1 対 1 の対応で設けられている。本実施形態の画素電極 47 は、金属材料からなり、鏡面反射板を兼ねている。図 3 では、画素電極 47 を切50

欠いて、画素電極 4 7 の下地側を模式的に図示している。実際には、画素電極 4 7 は、平坦化層や絶縁層を介してゲート線 4 4、ソース線 4 5、TFT 4 6 を被覆しており、画素 P の開口率が高められている。画素電極 4 7 は、TFT 4 6 のドレイン領域と電気的に接続されている。画素電極 4 7 を覆って、図示略の配向膜が設けられている。

【0038】

対向基板 4 1 は、ガラス基板等の透光性を有する基板を基体として構成されている。対向基板 4 1 の液晶層 4 2 側には、例えばインジウム錫酸化物等の透明導電材料からなる共通電極が設けられている。共通電極の液晶層 4 2 側には、配向膜が設けられている。素子基板 4 0 や対向基板 4 1 に設けられる配向膜は、例えば斜方蒸着法等により形成された無機配向膜である。

10

【0039】

液晶層 4 2 は、例えばVAモードの液晶層により構成される。素子基板 4 0 と対向基板 4 1とのセルギャップは、例えば $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、このセルギャップに液晶材料が封入されて液晶層 4 2 が構成されている。液晶材料は、誘電率異方性が負であり、複屈折性 n が例えば 0.12 のものである。

【0040】

液晶層 4 2 は、電界が印加されていない状態での配向性が上記の配向膜によって規定されている。液晶層 4 2 に含まれる液晶分子 4 8 のダイレクターは、液晶層 4 2 の厚み方向と直交する面（素子基板 4 0 の基板面）に平行な方向となす角度（プレチルト角）が例えば 87° 程度である。液晶層 4 2 の配向軸 4 9 は、液晶分子 4 8 のダイレクターを液晶層 4 2 の厚み方向に直交する平面へ正射影したベクトルに平行である。

20

【0041】

補償板 4 3 は、プレチルトによる液晶層 4 2 の屈折率異方性を相殺し、電界が印加されていない状態の液晶層 4 2 と補償板 4 3 とを併せて屈折率異方性がなくなるように設けられている。補償板 4 3 は、例えばネガのCプレートにより構成される。補償板 4 3 は、液晶層 4 2 の厚み方向から見て配向軸 4 9 を略135° 回転した軸に平行な方向を回転軸とし、液晶層 4 2 の厚み方向に直交する姿勢から回転軸周りに回転させた姿勢で配置されている。補償板 4 3 は、液晶層 4 2 の厚み方向に直交する面に対して略4.5° 程度傾けて設けられている。

【0042】

30

以上のような構成の液晶パネル 2 7において、ゲート線 4 4 に選択パルスが供給されると、このゲート線 4 4 に接続された TFT 4 6 がオンになる。TFT 4 6 がオンになった状態で、画素 P ごとの階調値に応じたソース信号がソース線 4 5 に供給され、ソース信号が TFT 4 6 を経て画素電極 4 7 に供給される。画素電極 4 7 にソース信号が供給されると、この画素電極 4 7 と共通電極との間に電界が印加され、この電界に応じて液晶層 4 2 の液晶分子 4 8 のダイレクターの方位角が画素 P ごとに変化する。画素 P へ入射した緑色光 L 2 は、この画素 P における液晶層 4 2 の液晶分子 4 8 のダイレクターの方位角に応じて偏光状態が変化する。

【0043】

本実施形態では、任意の 1 画素 P における液晶層 4 2 に電界が印加されていない状態で、この画素 P へ入射した緑色光 L 2 は、ほぼ偏光状態が変化せずに P 偏光のまま出射される。任意の 1 画素 P における液晶層 4 2 に電界が印加されている状態で、この画素 P へ入射した緑色光 L 2 は、画像データに規定された階調値に応じた比率で、ワイヤーグリッド素子 2 6 に対する P 偏光が S 偏光へ変化する。すなわち、液晶層 4 2 を通った緑色光 L 2 のうちワイヤーグリッド素子 2 6 に対する S 偏光は、画像を示す光である。

40

【0044】

図 2 の説明に戻り、色合成部 6 は、ダイクロイックプリズム等により構成されている。ダイクロイックプリズムは、4つの三角柱プリズムが互いに貼り合わされた構造である。各三角柱プリズムにおいて貼り合わされる面は、ダイクロイックプリズムの内面になる。ダイクロイックプリズムは、赤色光 L 3 が反射し、かつ緑色光 L 2 及び青色光 L 1 が透過

50

する特性の波長選択膜と、青色光 L 1 が反射し、かつ緑色光 L 2 及び赤色光 L 3 が透過する特性の波長選択膜とが互いに直交して上記の内面に形成された構造である。

【 0 0 4 5 】

ダイクロイックプリズムへ入射した緑色光 L 2 は、波長選択面を透過してそのまま出射される。ダイクロイックプリズムへ入射した青色光 L 1 及び赤色光 L 3 は、波長選択面で選択的に反射あるいは透過して、緑色光 L 2 の出射方向と同じ方向に出射される。このように、3つの色光は、重ね合わされて合成され、フルカラーの画像を示す合成光となり投写光学系 7 へ入射する。この合成光が投写光学系 7 によって投写面上で結像することにより、投写面にフルカラーの画像が表示される。

【 0 0 4 6 】

ところで、上記の液晶パネル 2 7 における液晶層 4 2 の配向軸 4 9 は、配向膜を形成するときの誤差等に起因して、所定の方向からずれていることがある。例えば、液晶パネルよりも大判の基板を利用して複数の液晶パネルを製造する場合等に、無機配向膜は、基板に斜方蒸着法等で形成されることがある。この場合に、この基板を利用して製造された複数の液晶パネルは、基板上の位置によって蒸着角度が変化することによって、液晶層の配向軸の方向がばらつくことがありえる。液晶層の配向軸の所定の方向からのずれ量（誤差）が大きくなるにつれて、液晶層から出射された光の偏光方向の所定の方向からのずれ量が大きくなる。結果として、ワイヤーグリッド素子で反射して投写される光に含まれる反転画像を示す光の割合が増加し、投写された画像のコントラスト比が低下してしまう。

【 0 0 4 7 】

本実施形態のプロジェクター 1 は、各画像形成系を構成する光学要素の光学的な軸の方向が次に説明するように設定されているので、配向軸 4 9 が所定の方向からずれていることに起因するコントラスト比の低下を抑制することができる。

【 0 0 4 8 】

図 4 は、本実施形態の画像形成系の光学要素の第 1 の配置を示す図である。なお、図 4 には、3 系統の画像形成系を代表して緑用の画像形成系 4 の光学要素について図示している。詳しくは、図 4 は、液晶パネルの法線方向において入射側偏光板 2 5 から液晶パネル 2 7 を見た入射側偏光板 2 5 の透過軸 2 9 、ワイヤーグリッド素子 2 6 の透過軸 3 3 、液晶パネル 2 7 の配向軸 4 9 、及び出射側偏光板 2 8 の透過軸 3 6 のそれぞれの方向を示す平面図である。

【 0 0 4 9 】

図 4 中の出射側偏光板 2 8 の透過軸 3 6 は、ワイヤーグリッド素子 2 6 で反射して出射側偏光板 2 8 へ向かう緑色光 L 2 の進行方向（X 方向）と平行な方向にて、透過軸 3 6 をワイヤーグリッド素子 2 6 の表面に射影し、ワイヤーグリッド素子 2 6 に射影された透過軸 3 6 を、液晶パネル 2 7 の法線方向と平行な方向にてさらに液晶パネル 2 7 の画素領域 3 5 に射影して、図示されている。なお、青用の画像形成系 3 及び赤用の画像形成系 5 についても同様である。

【 0 0 5 0 】

本実施形態において、各光学要素の光学的な軸の回転角は、液晶パネルの法線方向に直交する平面内の基準方向から反時計回りを正とした対象の軸までの回転角である。本実施形態において、上記の基準方向は、液晶パネル 2 7 における画素 P の 2 つの配列方向の一方（X 方向）としている。なお、180° 以上 360° 未満の角度については、-180° 以上 0° 未満の角度として扱う。

【 0 0 5 1 】

第 1 の配置において、液晶層 4 2 の配向軸 4 9 は、45° よりも大きく 90° よりも小さい範囲と、-135° よりも大きく -90° よりも小さい範囲とに存在している。すなわち、配向軸 4 9 が基準方向に対してなす角度は、2 つの値（45° 程度と -135° 程度）をとりえる。本実施形態において、液晶層 4 2 の配向軸 4 9 回転角 θ は、配向軸 4 9 が基準方向に対してなす角度の 2 つの値のうち、配向軸 4 9 と基準方向となす角度の絶対値が 90° 未満になる方の値であるとする。

10

20

30

40

50

【0052】

第1の配置において、入射側偏光板25の透過軸29は、-45°よりも大きく0°よりも小さい範囲と、135°よりも大きく180°よりも小さい範囲とに存在している。本実施形態において、入射側偏光板25の透過軸29の回転角₁は、透過軸29が配向軸49となす角度の2つの値のうち、絶対値が90°未満になる方の値であるとする。

【0053】

第1の配置において、ワイヤーグリッド素子26の透過軸33は、基準方向とほぼ平行である。本実施形態において、ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角₂は、透過軸33が配向軸49となす角度の2つの値(第1の配置では略0°と略180°)のうち、絶対値が90°未満になる方の値であるとする。

10

【0054】

第1の配置において、出射側偏光板28の透過軸36は、45°よりも大きく90°よりも小さい範囲と、-135°よりも大きく-90°よりも小さい範囲とに存在している。本実施形態において、出射側偏光板28の透過軸36の回転角₃は、透過軸36が配向軸49となす角度の2つの値のうち、絶対値が90°未満になる方の値であるとする。

【0055】

ところで、コントラスト比CRは、最も暗い表示(以下、暗表示という)のときの画素の明るさT_Bに対する最も明るい明表示(以下、明表示という)のときの画素の明るさT_Wの比(T_W/T_B)である。上記の暗表示は、例えば256階調の画素値が0の場合の表示であり、上記の明表示は、例えば256階調の画素値が255の場合の表示である。

20

【0056】

コントラスト比CRは、回転角₀が45°、かつ回転角₁が0°、かつ回転角₂が0°、かつ回転角₃が90°であるときに、明表示の明るさT_Wが最大値T_{W_MAX}になるとともに暗表示の明るさT_Bが最小値T_{B_MIN}となり、最大値CR_{MAX}になる。プロジェクターは、コントラスト比CRが最大値CR_{MAX}の80%以上であれば、コントラスト比の低下を認識されにくい。

【0057】

本実施形態のプロジェクター1は、回転角₀と回転角₁の差の絶対値が45°でなく(|₀-₂|45°)、明表示の明るさT_Wが下記の式(4)を満たし、かつ暗表示の明るさT_Bが下記の式(5)を満たすように、回転角₀に対して回転角₁ないし₃が設定されている。これにより、プロジェクター1は、明表示の明るさT_Wが最小値(0.95×T_{W_MAX})であって、暗表示の明るさT_Bが最大値(T_{B_MIN})である場合でもコントラスト比CRを最大値CR_{MAX}の80%以上にすることができる。

30

$$0.95 \times T_{W_MAX} \leq T_W \leq T_{W_MAX} \quad \dots (4)$$

)

$$T_{B_MIN} \leq T_B \leq 1.2 \times T_{B_MIN} \quad \dots (5)$$

)

【0058】

40

本実施形態において、ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角₂は、計測等によって求められる液晶層42の配向軸49の回転角₀に対して、下記の式(1)が成り立つように、設定されている。

$$44^\circ \leq |_{0} - |_{2} < 45^\circ,$$

$$\text{又は } 45^\circ < |_{0} - |_{2} \leq 46^\circ \quad \dots (1)$$

【0059】

明表示の明るさT_Wは、入射側偏光板25の透過軸29の回転角₁と、ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角₂との関係に依存する。

【0060】

図5は、入射側偏光板の透過軸の回転角、ワイヤーグリッド素子の透過軸の回転角を変

50

化させて明表示の明るさの変化を調べたシミュレーションの結果を示す分布図である。図5の分布図において、明表示の明るさWは、明表示の明るさ T_W を最大値 T_{W_MAX} で規格化した値(T_W / T_{W_MAX})である。

【0061】

図5の分布図に示すように、明表示の明るさWの等高線は、 $\underline{1} = k_1 \times \underline{2}$ を満たす直線を長軸とする橢円状である。本願発明者は、上記の係数 k_1 が5.0程度であり、ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角 $\underline{2}$ の変化に対して、入射側偏光板25の透過軸29の回転角 $\underline{1}$ が敏感に変化することを見出した。図5に示す分布に基づくと、入射側偏光板25の透過軸29の回転角 $\underline{1}$ が下記の式(2)を満たしていれば、明表示の明るさ T_W が上記の式(4)を満たすことが分かる。

$$\begin{aligned} f_1 &= \underline{1} \\ \text{ただし、 } f_1 &= 0.191 \times \underline{2}^2 + 0.986 \times \underline{2} - 14.435, \\ f_2 &= -0.191 \times \underline{2}^2 + 0.986 \times \underline{2} + 14.435 \end{aligned}$$

【0062】

暗表示の明るさ T_B は、出射側偏光板28の透過軸36の回転角 $\underline{3}$ と、ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角 $\underline{2}$ との関係に依存する。

【0063】

図6は、出射側偏光板の透過軸の回転角、ワイヤーグリッド素子の透過軸の回転角を変化させて明表示の明るさの変化を調べたシミュレーションの結果を示す分布図である。図6の分布図において、暗表示の明るさBは、暗表示の明るさ T_B を最小値 T_{B_MIN} で規格化した値(T_B / T_{B_MIN})である。

【0064】

図6の分布図に示すように、暗表示の明るさBの等高線は、 $\underline{3} - 90^\circ = k_2 \times \underline{2}$ を満たす直線を長軸とする橢円状である。本願発明者は、上記の係数 k_2 が2.0程度であり、ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角 $\underline{2}$ の変化に対して、出射側偏光板28の透過軸36の回転角 $\underline{3}$ が、入射側偏光板25の透過軸29の回転角 $\underline{1}$ とは異なる感度で、敏感に変化することを見出した。すなわち、図4に示したように、液晶パネル27上に射影したときの入射側偏光板25の透過軸29と出射側偏光板28の透過軸36は、必ずしも直交しない。図6に示す分布に基づくと、出射側偏光板28の透過軸36の回転角 $\underline{3}$ が下記の式(3)を満たしていれば、暗表示の明るさ T_B が上記の式(5)を満たすことが分かる。

$$\begin{aligned} g_1 &= \underline{3} - 90^\circ \\ \text{ただし、 } g_1 &= 0.064 \times \underline{2}^3 + 0.841 \times \underline{2}^2 + 1.525 \times \underline{2} - 1.46 \\ g_2 &= 0.064 \times \underline{2}^3 - 0.841 \times \underline{2}^2 + 1.525 \times \underline{2} + 1.46 \end{aligned}$$

【0065】

図7は、本実施形態の画像形成系の光学要素の第2の配置を示す図である。

図7に示す第2の配置において、液晶層42の配向軸49の回転角 $\underline{0}$ は、 0° よりも大きく 45° よりも小さい範囲に設定されている。入射側偏光板25の透過軸29の回転角 $\underline{1}$ は、 0° よりも大きく 45° よりも小さい範囲に設定されている。ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角 $\underline{2}$ は、略 0° に設定されている。出射側偏光板28の透過軸36の回転角 $\underline{3}$ は、 90° よりも大きく 135° よりも小さい範囲に設定されている。第2の配置において、回転角 $\underline{0}$ ないし $\underline{3}$ は、上記の式(1)ないし式(3)をいずれも満たすように、設定されている。

【0066】

図8は、本実施形態の画像形成系の光学要素の第3の配置を示す図である。

図8に示す第2の配置において、液晶層42の配向軸49の回転角 $\underline{0}$ は、略 45° に設定されている。入射側偏光板25の透過軸29の回転角 $\underline{1}$ は、 -45° よりも大きく 0° よりも小さい範囲に設定されている。ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角 $\underline{2}$ は、 -45° よりも大きく 0° よりも小さい範囲に設定されている。出射側偏光板

10

20

30

40

50

28の透過軸36の回転角₃は、45°よりも大きく90°よりも小さい範囲に設定されている。第3の配置において、回転角₀ないし₃は、上記の式(1)ないし式(3)をいずれも満たすように、設定されている。

【0067】

図9は、本実施形態の画像形成系の光学要素の第4の配置を示す図である。

図9に示す第2の配置において、液晶層42の配向軸49の回転角₀は、略45°に設定されている。入射側偏光板25の透過軸29の回転角₁は、0°よりも大きく45°よりも小さい範囲に設定されている。ワイヤーグリッド素子26の透過軸33の回転角₂は、0°よりも大きく45°よりも小さい範囲に設定されている。出射側偏光板28の透過軸36の回転角₃は、90°よりも大きく135°よりも小さい範囲に設定されている。第3の配置において、回転角₀ないし₃は、上記の式(1)ないし式(3)をいずれも満たすように、設定されている。

【0068】

以上のような構成のプロジェクター1は、回転角₀ないし₃が上記の式(1)ないし式(3)をいずれも満たすように設定されているので、明表示の明るさT_Wが上記の式(4)を満たし、かつ暗表示の明るさT_Bが上記の式(5)を満たすようになり、コントラスト比CRの最小値が最大値CR_{MAX}の80%以上になる。したがって、プロジェクター1は、コントラスト比の低下を観察者に認識されないように抑制することができ、高品質な画像を表示することができる。

【0069】

また、入射側偏光板25の透過軸29と、ワイヤーグリッド素子26の透過軸33と、出射側偏光板28の透過軸36の各方向を調整することによって、液晶層42の配向軸49のずれを補償することができ、液晶層42の配向軸49のずれ量(誤差)の許容範囲が広くなるので、液晶パネル27の歩留まりを向上させることができ、結果としてプロジェクター1の製造コストを減らすことができる。

【0070】

また、液晶層42の配向軸49のずれを、液晶パネル27の姿勢を他の光学要素に対して変化させることによって補正する場合と比較して、表示された画像が回転しないので、例えば画像の回転を補正するための画像処理や光学系を用いる必要性が低くなる。

【0071】

なお、本発明の技術範囲は、上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で多様な変形が可能である。上記の実施形態で説明した要件は、適宜組み合わせができる。また、上記の実施形態で説明した要件の少なくとも1つは、省略されることある。

【0072】

3系統の画像形成系のうちの少なくとも1系統の画像形成系において、液晶パネルの液晶層の配向軸の回転角₀、入射側偏光板の透過軸の回転角₁、ワイヤーグリッド素子の透過軸の回転角₂、出射側偏光板の透過軸の回転角₃が上記の式(1)ないし式(3)のいずれも満たすように設定されればよい。例えば、緑色の画像形成系において上記の条件を満たしており、青色の画像形成系と赤色の画像形成系の少なくとも一方において上記の条件を満たしていないともよい。青色光L1、緑色光L2、赤色光L3のうちで、緑色光L2は、最も人間の視感度(人間の錐体細胞の光吸収率)が高い色光であるので、効果的にコントラスト比を向上させることができる。

【0073】

上記の実施形態において、照明光学系2は、光源ランプ13から出射された白色光を3色の光に色分離し、各色の光ごとに各色用の画像形成系を照明する構成であるが、その構成に限定はない。例えば、照明光学系は、各色の光を直接的に発光するレーザーダイオードや発光ダイオード等の固体光源を備え、各色用の固体光源から出射された各色の光により各色用の画像形成系を照明する構成でもよい。

【0074】

10

20

30

40

50

また、青色光又は紫外光を発光する固体光源と、この固体光源から出射された光源光を受けて光源光よりも長波長の光を出射する蛍光体とを備え、蛍光体から出射された光により画像形成系を照明する構成でもよい。この構成において、照明光学系は、固体光源から出射された光と蛍光体から出射された光とが合わさって白色光となり、この白色光を3色の光に色分離し、各色の光ごとに各色用の画像形成系を照明する構成でもよい。また、固体光源から出射された青色光をハーフミラーなどで複数の光線束に分離し、分離された1つの光線束により青用の画像形成系を照明するとともに、分離された他の光線束を蛍光体で色変換した光により他色用の画像形成を照明する構成でもよい。

【0075】

上記の実施形態では、3板式のプロジェクターを説明しているが、上記のプロジェクターは、例えばフィールドシーケンシャル方式等の単板式のプロジェクターでもよい。上記の実施形態のプロジェクターは、ヘッドマウントディスプレイやヘッドアップディスプレイなどにも利用できる。

【符号の説明】

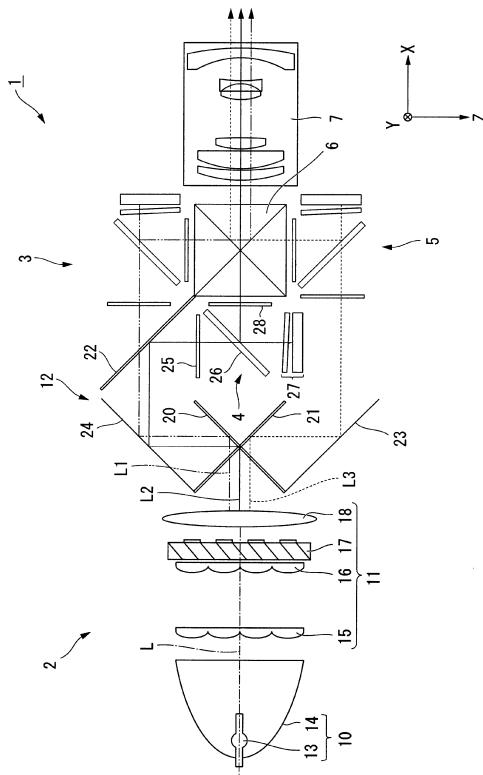
【0076】

1 …… プロジェクター、2 …… 照明光学系、25 …… 入射側偏光板、26 …… ワイヤーグリッド素子、27 …… 液晶パネル、28 …… 出射側偏光板、29 …… 入射側偏光板の透過軸、33 …… ワイヤーグリッド素子の透過軸、36 …… 出射側偏光板の透過軸、42 …… 液晶層、49 …… 液晶層の配向軸、₀ …… 液晶層の配向軸の回転角、₁ …… 入射側偏光板の透過軸の回転角、₂ …… ワイヤーグリッド素子の透過軸の回転角、₃ …… 出射側偏光板の透過軸の回転角

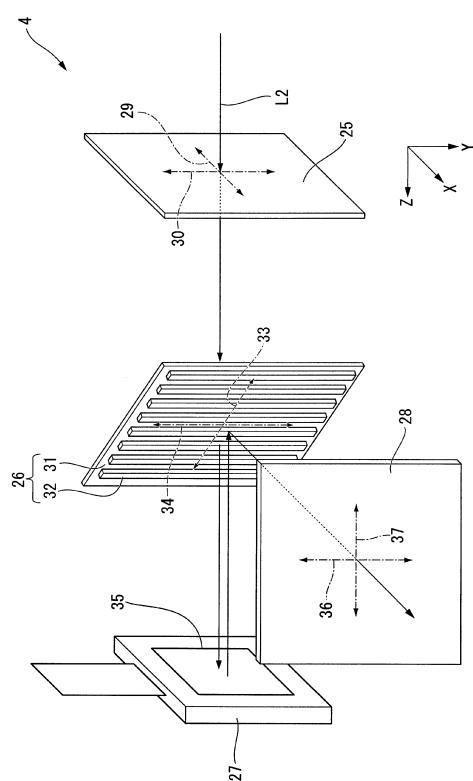
10

20

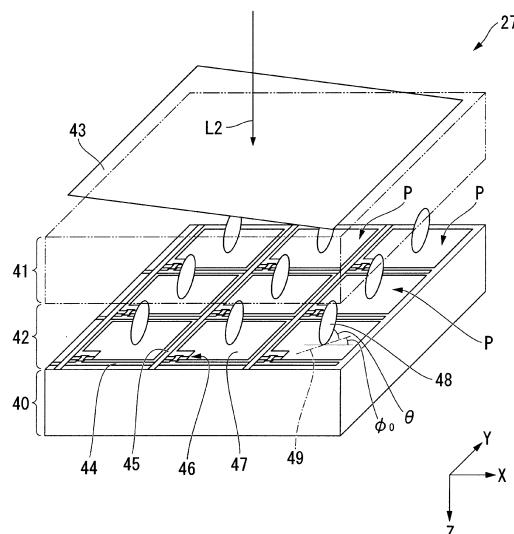
【図1】



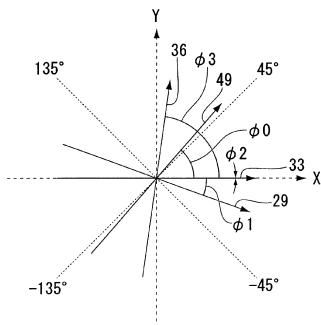
【図2】



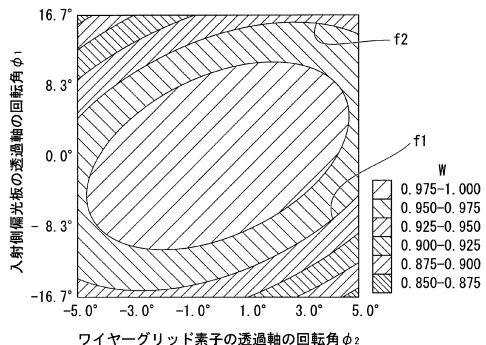
【図3】



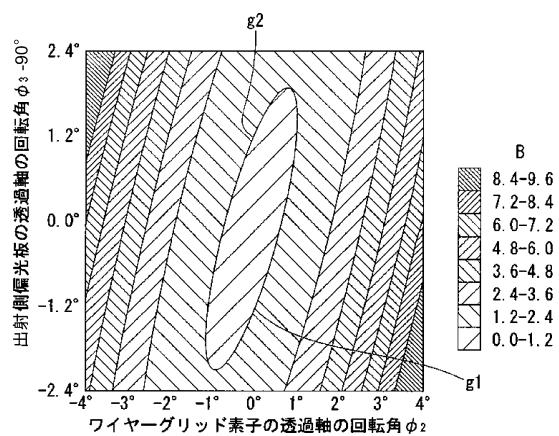
【図4】



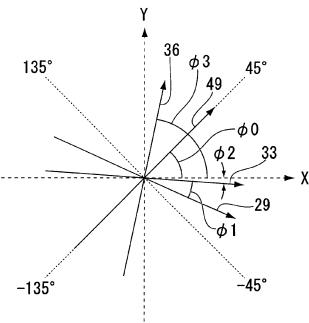
【図5】



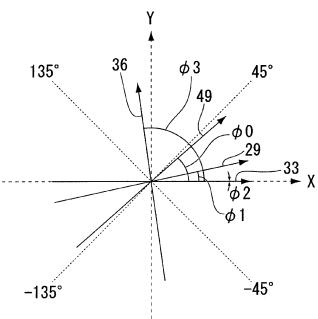
【図6】



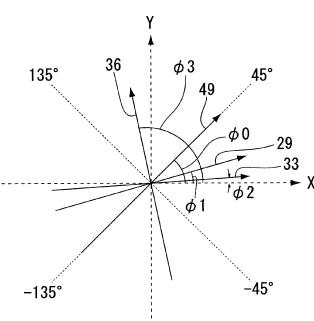
【図8】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 2 B 5/30 (2006.01) G 0 2 B 5/30

審査官 廣田 かおり

(56)参考文献 米国特許出願公開第2004/0263806(US,A1)
特開2007-101764(JP,A)
特開2008-275798(JP,A)
特開2004-126496(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 F 1 / 1 3 3 5
G 0 2 B 3 / 0 0
G 0 2 B 5 / 3 0
G 0 2 B 1 9 / 0 0
G 0 2 F 1 / 1 3
G 0 3 B 2 1 / 1 4