(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2008-216575
(P2008-216575A)
(43)公開日　平成20年9月18日(2008.9.18)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G02B 27/22	(2006.01)	G02B	27/22	2H199
H04N 13/04	(2006.01)	H04N	13/04	5C061
G02B 27/46	(2006.01)	G02B	27/46	

審査請求 未請求　請求項の数 13　ＯＬ　（全 94 頁）

(21)出願番号　特願2007-53043(P2007-53043)
(22)出願日　平成19年3月2日(2007.3.2)

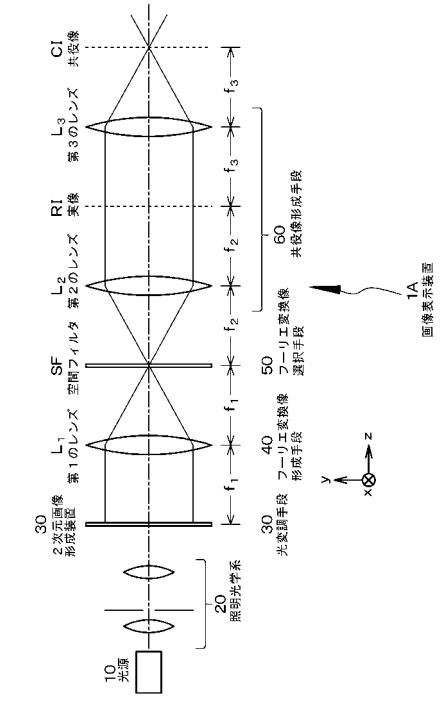
(71)出願人　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100094363
弁理士　山本　孝久
(72)発明者　岩本　匡平
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内
(72)発明者　兪　雪鳴
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内
(72)発明者　鈴木　芳男
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】画像表示方法

(57)【要約】
【課題】画像表示装置全体を大型化することなく、収差の無い、あるいは、収差の少ない例えば３次元画像（立体画像）を表示する方法を提供する。
【解決手段】光源１０、及び、光学系を備え、該光学系は、（Ａ）複数の画素を有し、２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段３０、（Ｂ）空間周波数をフーリエ変換してフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段４０、（Ｃ）フーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段５０、並びに、（Ｄ）フーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段６０を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成する。
【選択図】　図１

【図１】（実施例１）



【特許請求の範囲】
【請求項１】
光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光を各画素によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段、
（Ｂ）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段、
（Ｃ）前記複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段、並びに、
（Ｄ）フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。
【請求項２】
光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列されたＰ×Ｑ個（但し、Ｐ及びＱは任意の正の整数）の開口を有し、光源からの光の通過、反射、あるいは回折を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成する２次元画像形成装置、
（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置が配置されている第１のレンズ、
（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、
（Ｄ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第２のレンズ、並びに、
（Ｅ）第２のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。
【請求項３】
光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）Ｘ方向に沿ってＰ個の画素を有し、１次元画像を生成する１次元空間光変調器；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）回折光を生成する回折光生成手段から成る２次元画像形成装置、
（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段が配置されている第１のレンズ、
（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個（但し、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、
（Ｄ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第２のレンズ、並びに、
（Ｅ）第２のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。

【請求項４】
光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光を各画素によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段、
（Ｂ）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各画素から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成し、該フーリエ変換像の内の所定のフーリエ変換像のみを選択し、更には、該選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換して、光変調手段によって生成された２次元画像の共役像を形成する画像制限・生成手段、
（Ｃ）複数の開口領域を有し、２次元画像の共役像における空間周波数を、各開口領域から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射するオーバーサンプリングフィルタ、
（Ｄ）オーバーサンプリングフィルタから出射された２次元画像の共役像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各開口領域から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段、
（Ｅ）前記各開口領域から生じる複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段、並びに、
（Ｆ）フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。
【請求項５】
光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口を有し、光源からの光の通過、反射、あるいは回折を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数の回折光を生成する２次元画像形成装置、
（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置が配置されている第１のレンズ、
（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光のみを通過させる散乱回折制限開口部、
（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部が配置されている第２のレンズ、
（Ｅ）第２のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された$P_{OSF}\times Q_{OSF}$個（但し、P_{OSF}及びQ_{OSF}は任意の正の整数）の開口領域を有し、第２のレンズによって生成された２次元画像の共役像に基づき、開口領域毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成するオーバーサンプリングフィルタ、
（Ｆ）その前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタが配置されている第３のレンズ、
（Ｇ）第３のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、
（Ｈ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第４のレンズ、並びに、
（Ｉ）第４のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第５のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。

【請求項６】

光源、及び、光学系を備え、

該光学系は、

（Ａ）１次元画像を生成する１次元空間光変調器；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、複数の回折次数の回折光を生成する回折光生成手段から成る２次元画像形成装置、

（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段が配置されている第１のレンズ、

（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光のみを通過させる散乱回折制限開口部、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部が配置されている第２のレンズ、

（Ｅ）第２のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された$P_{OSF}\times Q_{OSF}$個（但し、P_{OSF}及びQ_{OSF}は任意の正の整数）の開口領域を有し、第２のレンズによって生成された２次元画像の共役像に基づき、開口領域毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成するオーバーサンプリングフィルタ、

（Ｆ）その前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタが配置されている第３のレンズ、

（Ｇ）第３のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、

（Ｈ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第４のレンズ、並びに、

（Ｉ）第４のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第５のレンズ、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。

【請求項７】

光源、及び、光学系を備え、

該光学系は、

（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光に基づき２次元画像を生成する２次元画像形成装置、

（Ｂ）入射する光を屈折させて略一点に集光する光学パワーを有する光学素子が２次元マトリクス状に配列されて成り、透過する光の位相を変調する位相格子としての機能を有し、入射した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光学装置、

（Ｃ）光学装置から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段、

（Ｄ）前記複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段、並びに、

（Ｅ）フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。

【請求項８】

光源、及び、光学系を備え、

該光学系は、

（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光に基づき２次元画像を生成する２次元画像形成装置、
（Ｂ）入射する光を屈折させて略一点に集光する光学パワーを有する光学素子が、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に$P_{OD}\times Q_{OD}$個（但し、P_{OD}及びQ_{OD}は任意の正の整数）配列されて成り、透過する光の位相を変調する位相格子としての機能を有し、入射した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光学装置、
（Ｃ）その前側焦点面に光学装置を構成する光学素子の焦点が位置している第１のレンズ、
（Ｄ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、
（Ｅ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第２のレンズ、並びに、
（Ｆ）第２のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。
【請求項９】
光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光を各画素によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段、
（Ｂ）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各画素から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成し、該フーリエ変換像の内の所定のフーリエ変換像のみを選択し、更には、該選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換して、光変調手段によって生成された２次元画像の共役像を形成する画像制限・生成手段、
（Ｃ）画像制限・生成手段から出射された光線の進行方向を変更する光線進行方向変更手段、並びに、
（Ｄ）光線進行方向変更手段から出射された光線を結像させる結像手段、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。
【請求項１０】
光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口を有し、光源からの光の通過、反射、あるいは回折を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数の回折光を生成する２次元画像形成装置、
（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置が配置されている第１のレンズ、
（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光のみを通過させる散乱回折制限開口部、
（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部が配置されている第２のレンズ、
（Ｅ）第２のレンズの後方に配置され、第２のレンズから出射された光線の進行方向を変更する光線進行方向変更手段、並びに、
（Ｆ）光線進行方向変更手段から出射された光線を結像させる第３のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。

【請求項１１】
光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）１次元画像を生成する１次元空間光変調器；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、複数の回折次数の回折光を生成する回折光生成手段から成る２次元画像形成装置、
（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段が配置されている第１のレンズ、
（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光のみを通過させる散乱回折制限開口部、
（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部が配置されている第２のレンズ、
（Ｅ）第２のレンズの後方に配置され、第２のレンズから出射された光線の進行方向を変更する光線進行方向変更手段、並びに、
（Ｆ）光線進行方向変更手段から出射された光線を結像させる第３のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。
【請求項１２】
離散して配された複数の光出射位置から光を出射する光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）複数の画素を有し、光源の異なる光出射位置から順次出射され、入射方向が異なる光を各画素によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段、並びに、
（Ｂ）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成し、該フーリエ変換像を結像させるフーリエ変換像形成手段、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。
【請求項１３】
離散して配された複数の光出射位置から光を出射する光源、及び、光学系を備え、
該光学系は、
（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口を有し、光源の異なる光出射位置から順次出射され、入射方向が異なる光の通過あるいは反射を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数の回折光を生成する２次元画像形成装置、
（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置が配置されている第１のレンズ、
（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に、その前側焦点面が位置している第２のレンズ、並びに、
（Ｄ）第２のレンズの後側焦点面に、その前側焦点面が位置している第３のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする画像表示方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、例えば、３次元像（立体画像）といった画像を表示するための画像表示方法に関する。
【背景技術】

【０００２】
観察者の両目が、それぞれ、視差画像と呼ばれる異なる画像を観察することによって立体画像を得る２眼式立体画像技術や、視差画像を複数組用意することによって異なる視点からの立体画像を複数得る多眼式立体画像技術が知られており、これらに関連する技術が多く開発されている。しかしながら、２眼式立体画像技術や多眼式立体画像技術にあっては、立体画像は、立体画像として意図した空間に位置するのではなく、例えば２次元のディスプレイ面上に存在し、常に、一定の位置に位置する。従って、特に視覚系生理反応である輻輳と調節とが連動せず、これに伴う眼精疲労が問題となっている。
【０００３】
一方、実世界において、物体表面の情報は、光波を媒体として観察者の眼球まで伝搬する。そして、実世界において物理的に存在する物体表面からの光波を人工的に再現する技術として、ホログラフィ技術が知られている。ホログラフィ技術を用いた立体画像は、光の干渉に基づき生成された干渉縞を用い、この干渉縞を光で照明した際に生じる回折波面そのものを画像情報媒体として用いる。従って、観察者が実世界において物体を観察しているときと同様の輻輳、調節などの視覚系生理反応が生じ、眼精疲労の少ない画像を得ることができる。更には、物体からの光波面が再現されているということは、画像情報を伝達する方向に対して連続性が確保されていることを意味する。従って、観察者の視点が移動しても、その移動に応じた異なる角度からの適切な画像を連続的に提示することが可能であり、運動視差が連続的に提供されることとなる。
【０００４】
しかしながら、ホログラフィ技術においては、物体の３次元空間情報を２次元空間における干渉縞として記録しており、その情報量は、同じ物体を撮影した写真等の２次元空間の情報量と比較すると極めて膨大な量となる。これは、３次元空間情報を２次元空間情報に変換する際に、その情報が２次元空間上における密度に変換されていると考えることができるからである。そのために、ＣＧＨ（Computer Generated Hologram）による干渉縞を表示する表示装置に求められる空間分解能は極めて高く、また、膨大な情報量が必要であり、実時間ホログラムに基づき立体画像を実現することは、現状において、技術的に困難である。
【０００５】
ホログラフィ技術においては、連続的な情報と見做すことのできる光波を情報媒体として用い、物体からの情報を伝達する。一方、光波を離散化し、理論的にはほぼ実世界における光波から成る場と等価である状況を光線によって再現することで立体画像を生成する技術として、光線再生法（インテグラルフォトグラフィ法とも呼ばれる）が知られている。光線再生法にあっては、予め、多くの方向へ伝搬する多数の光線から構成された光線群を、光学的手段によって空間に散布する。次に、任意の位置に位置する仮想的な物体の表面から伝搬される光線をこの光線群から選択し、選択された光線の強度や位相の変調を行うことによって、光線から成る像を空間に生成する。観察者は、この像を立体画像として観察することができる。光線再生法による立体画像は、任意の点において、複数の方向からの像が多重結像されたものであり、実世界における３次元物体を見たときと同様に、任意の点について、見る位置によって見え方が異なる。
【０００６】
以上に述べた光線再生法を実現するための装置として、液晶表示装置やプラズマ表示装置等の平面型表示装置とマイクロレンズアレイやピンホールアレイとを組み合わせた装置が提案されている（例えば、以下の特許文献１～特許文献７を参照のこと）。また、プロジェクタ・ユニットを多数並べた装置も考えられる。図４９に、プロジェクタ・ユニットを用いて光線再生法を実現する３次元像表示装置の一構成例を示す。この装置は、多数のプロジェクタ・ユニット３０１を水平方向及び垂直方向に並列的に配置し、各プロジェクタ・ユニット３０１から角度の異なる光線を出射するようにしたものである。これにより、ある断面３０２内の任意の点において多視角の像を多重再生し、立体画像を実現している。

【０００７】
【特許文献１】特開２００３－１７３１２８号公報
【特許文献２】特開２００３－１６１９１２号公報
【特許文献３】特開２００３－２９５１１４号公報
【特許文献４】特開２００３－７５７７１号公報
【特許文献５】特開２００２－７２１３５号公報
【特許文献６】特開２００１－５６４５０号公報
【特許文献７】特許第３５２３６０５号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
上述の光線再生法によれば、２眼式立体画像技術や多眼式立体画像では不可能であった視覚機能としての焦点調節及び両眼輻輳角調節に対して有効に働く程度の光線によって画像を生成するので、眼精疲労が極めて少ない立体画像を提供することができる。それだけでなく、仮想物体上の同一要素から複数の方向へ連続的に光線が出射されていることから、視点位置の移動に伴う画像の変化を連続的に提供することができる。
【０００９】
しかしながら、現状の光線再生法によって生成された画像は、実世界における物体と比較すると臨場感に欠ける。これは、現状の光線再生法による立体画像が、実世界の物体から観察者が得る情報量に対して非常に少量の情報、即ち、少量の光線によって生成されていることに起因していると考えられる。一般に、人間の視認限界は角度分解能で１分程度と云われており、現状の光線再生法による立体画像は、この人間の視覚に対して不十分な光線によって生成されている。従って、実世界の物体が有する高い臨場感やリアリティを有する立体画像を生成するためには、少なくとも多量の光線によって画像を生成することが課題である。
【００１０】
そして、その実現のためには、空間的に高い密度で光線群を生成することのできる技術が必要とされ、液晶表示装置等の表示装置の表示密度を高くすることが考えられる。あるいは又、図４９に示した多数のプロジェクタ・ユニット３０１を配置する装置の場合、各プロジェクタ・ユニット３０１を出来るだけ小型化し、空間的に高い密度で並べることが考えられる。しかしながら、現在の表示装置における表示密度の飛躍的な向上は、光利用効率や回折限界の問題から困難である。また、図４９に示した装置の場合、各プロジェクタ・ユニット３０１を小型化するのには限界があるため、空間的に高い密度で並べることは困難であると考えられる。いずれの場合にあっても、高密度の光線群を生成するためには、複数のデバイスが必要となり、装置全体の大型化は避けられない。
【００１１】
また、現在の表示装置では、特に、投影光学系において、レンズ系の周辺部に角度を持って入射する光が、立体画像における種々の収差発生の原因となっており、収差の無い、所望の立体画像を得ることが困難である。係る収差を表示装置の光学系で補正するためには、即ち、適切な収差補正を行うためには、レンズ系に複雑な機構を付与する必要があり、表示装置の製造コスト増、スペース増、重量増といった問題が生じる。
【００１２】
従って、本発明の目的は、画像表示装置全体を大型化することなく、例えば立体画像といった画像の表示に必要な光線群を空間的に高い密度で生成・散布することができ、例えば実世界の物体と同質に近い光線による立体画像を得ることを可能とする画像表示装置を用いて、収差の無い、あるいは、収差の少ない元画像を表示する画像表示方法を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１３】
上記の目的を達成するための本発明の第１の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明

の第１の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、
該光学系は、
（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光を各画素によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段、
（Ｂ）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段、
（Ｃ）前記複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段、並びに、
（Ｄ）フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００１４】
本発明の第１の態様における画像表示装置において、共役像形成手段には、フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、光変調手段によって生成された２次元画像の実像を形成する逆フーリエ変換手段が含まれる構成とすることが好ましい。

【００１５】
上記の好ましい構成を含む本発明の第１の態様における画像表示装置において、光変調手段は２次元的に配列された複数の画素を有する２次元空間光変調器から成り、各画素は開口を備えている形態とすることができ、この場合、２次元空間光変調器を、液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）、あるいは、２次元空間光変調器の各開口内には可動ミラーが設けられている構成（可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る構成）とすることが好ましい。ここで、開口の平面形状は矩形とすることが望ましい。開口の平面形状を矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、後述するように、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。即ち、係る開口によって、入射光波の振幅（強度）を周期的に変調し、格子の光透過率分布に一致した光量分布が得られる振幅格子が形成される。

【００１６】
あるいは又、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第１の態様における画像表示装置において、光変調手段は、
（Ａ－１）１次元画像を生成する１次元空間光変調器、
（Ａ－２）１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系、及び、
（Ａ－３）２次元画像の生成面に配置され、生成した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する格子フィルタ、
から成る形態とすることができる。尚、格子フィルタは、振幅格子から構成されていてもよいし、透過光量の位相を変調する、即ち、光の振幅(強度）はそのままで、位相を変調する位相格子から構成されていてもよい。

【００１７】
更には、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第１の態様における画像表示装置において、フーリエ変換像形成手段はレンズから成り、このレンズの前側焦点面に光変調手段が配置されており、このレンズの後側焦点面にフーリエ変換像選択手段が配置されている構成とすることができる。

【００１８】
また、以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第１の態様における画像表示装置において、フーリエ変換像選択手段は、前記複数の回折次数に対応する数の開閉制御可能な開口部を有する構成とすることができ、この場合、フーリエ変換像選択手段は液晶

表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る形態とすることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る形態とすることもできる。また、フーリエ変換像選択手段においては、光変調手段による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とすることによって、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択する構成とすることができる。

【００１９】

更には、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第１の態様における画像表示装置において、前記２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数（搬送周波数）とした画像情報に相当する構成とすることができる。

【００２０】

上記の目的を達成するための本発明の第２の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第２の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列されたＰ×Ｑ個（但し、Ｐ及びＱは任意の正の整数）の開口を有し、光源からの光の通過、反射、あるいは回折を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成する２次元画像形成装置、

（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置が配置されている第１のレンズ、

（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、

（Ｄ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第２のレンズ、並びに、

（Ｅ）第２のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００２１】

本発明の第２の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置は、２次元的に配列されたＰ×Ｑ個の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成り、各画素には開口が備えられている形態とすることができ、あるいは、２次元画像形成装置における各開口には可動ミラーが設けられている構成（可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された開口のそれぞれに配置された２次元型のＭＥＭＳから成る構成）とすることが好ましい。ここで、開口の平面形状は矩形とすることが望ましい。開口の平面形状を矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。即ち、係る開口によって振幅格子が形成される。

【００２２】

上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第２の態様における画像表示装置においては、空間フィルタはＭ×Ｎ個の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る構成とすることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る形態とすることもできる。また、空間フィルタにおいては、２次元画像形成装置による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とする構成とすることができる。

【００２３】

上記の目的を達成するための本発明の第３の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第３の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）Ｘ方向に沿ってＰ個の画素を有し、１次元画像を生成する１次元空間光変調器；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、第ｍ次から第ｍ’

次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）回折光を生成する回折光生成手段から成る２次元画像形成装置、
（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段が配置されている第１のレンズ、
（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個（但し、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、
（Ｄ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第２のレンズ、並びに、
（Ｅ）第２のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００２４】
本発明の第３の態様における画像表示装置において、１次元空間光変調器は、光源からの光を回折することによって１次元画像を生成する構成とすることができる。

【００２５】
上記の好ましい構成を含む本発明の第３の態様における画像表示装置において、空間フィルタはＭ×Ｎ個の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る構成とすることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る形態とすることもできる。また、空間フィルタにおいては、２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とする構成とすることができる。

【００２６】
更には、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第３の態様における画像表示装置において、第３のレンズの後方には、更に、異方性の光拡散を生じさせる部材（異方性拡散フィルタ、異方性拡散シート、あるいは、異方性拡散フィルム）が配置されている形態とすることもできる。

【００２７】
上記の目的を達成するための本発明の第４の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第４の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、
該光学系は、
（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光を各画素によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段、
（Ｂ）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各画素から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成し、該フーリエ変換像の内の所定のフーリエ変換像のみを選択し、更には、該選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換して、光変調手段によって生成された２次元画像の共役像を形成する画像制限・生成手段、
（Ｃ）複数の開口領域を有し、２次元画像の共役像における空間周波数を、各開口領域から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射するオーバーサンプリングフィルタ、
（Ｄ）オーバーサンプリングフィルタから出射された２次元画像の共役像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各開口領域から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段、
（Ｅ）前記各開口領域から生じる複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段、並びに、
（Ｆ）フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００２８】

本発明の第４の態様における画像表示装置において、共役像形成手段には、フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、画像制限・生成手段によって生成された２次元画像の共役像の実像を形成する逆フーリエ変換手段が含まれる構成とすることが好ましい。

【００２９】

上記の好ましい構成を含む本発明の第４の態様における画像表示装置において、光変調手段は、２次元的に配列された複数の画素を有する２次元空間光変調器から成り、各画素は開口を備えている形態とすることができ、この場合、２次元空間光変調器を、液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）、あるいは、２次元空間光変調器の各開口内には可動ミラーが設けられている構成（可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る構成）とすることが好ましい。ここで、開口の平面形状は矩形とすることが望ましい。開口の平面形状を矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、$M_0 \times N_0$組の回折光が生成される。即ち、係る開口によって、入射光波の振幅（強度）を周期的に変調し、格子の光透過率分布に一致した光量分布が得られる振幅格子が形成される。

【００３０】

あるいは又、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第４の態様における画像表示装置において、光変調手段は、

（Ａ－１）１次元画像を生成する１次元空間光変調器、

（Ａ－２）１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系、及び、

（Ａ－３）２次元画像の生成面に配置され、生成した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する格子フィルタ、

から成る形態とすることができる。尚、格子フィルタは、振幅格子から構成されていてもよいし、透過光量の位相を変調する、即ち、光の振幅(強度）はそのままで、位相を変調する位相格子から構成されていてもよい。

【００３１】

更には、以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第４の態様における画像表示装置において、画像制限・生成手段は、

（Ｂ－１）２枚のレンズ、及び、

（Ｂ－２）該２枚のレンズの間に配置され、前記所定のフーリエ変換像のみを通過させる散乱回折制限開口部、

から構成されている形態とすることができる。

【００３２】

また、以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第４の態様における画像表示装置において、オーバーサンプリングフィルタは、回折光生成部材、より具体的には、例えば格子フィルタから成る形態とすることができる。尚、格子フィルタは、振幅格子から構成されていてもよいし、位相格子から構成されていてもよい。

【００３３】

更には、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第４の態様における画像表示装置において、フーリエ変換像形成手段はレンズから成り、このレンズの前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタが配置されており、このレンズの後側焦点面にフーリエ変換像選択手段が配置されている構成とすることができる。

【００３４】

また、以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第４の態様における画像表示装置において、フーリエ変換像選択手段は、前記各開口領域から生じる複数の回折次数に対応する数の開閉制御可能な開口部を有する構成とすることができ、この場合、フーリエ

変換像選択手段は液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る形態とすることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る形態とすることもできる。また、フーリエ変換像選択手段においては、光変調手段による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とすることによって、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択する構成とすることができる。

【００３５】

更には、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第４の態様における画像表示装置において、前記２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する構成とすることができ、更には、前記２次元画像の共役像における空間周波数は、前記２次元画像における空間周波数から画素構造の空間周波数が除去された空間周波数である構成とすることができる。即ち、平面波成分の０次回折をキャリア周波数とする１次回折として得られるものであって、光変調手段の画素構造（開口構造）の空間周波数の半分以下の空間周波数が、画像制限・生成手段において選択され、あるいは又、散乱回折制限開口部を通過する。光変調手段あるいは後述する２次元画像形成装置に表示された空間周波数は全て伝達される。

【００３６】

上記の目的を達成するための本発明の第５の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第５の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口を有し、光源からの光の通過、反射、あるいは回折を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数の回折光を生成する２次元画像形成装置、

（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置が配置されている第１のレンズ、

（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光のみを通過させる散乱回折制限開口部、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部が配置されている第２のレンズ、

（Ｅ）第２のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された$P_{OSF}\times Q_{OSF}$個（但し、P_{OSF}及びQ_{OSF}は任意の正の整数）の開口領域を有し、第２のレンズによって生成された２次元画像の共役像に基づき、開口領域毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成するオーバーサンプリングフィルタ、

（Ｆ）その前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタが配置されている第３のレンズ、

（Ｇ）第３のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、

（Ｈ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第４のレンズ、並びに、

（Ｉ）第４のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第５のレンズ、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００３７】

本発明の第５の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置は、２次元的に配列されたＰ×Ｑ個の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成り、各画素には開口が備えられており、$P_{OSF}>P$，$Q_{OSF}>Q$を満足する形態とすることができ、あるいは、２次元画像形成装置には、Ｐ×Ｑ個の開口が設けられており、各開口には可動ミラーが設けられており（可動ミラーが２次元マト

リクス状に配列された開口のそれぞれに配置された２次元型のＭＥＭＳから成る構成）、$P_{OSF}>P$，$Q_{OSF}>Q$を満足する形態とすることができる。開口の平面形状は矩形とすることが望ましい。開口の平面形状を矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、$M_0\times N_0$組の回折光が生成される。即ち、係る開口によって振幅格子が形成される。また、オーバーサンプリングフィルタは、回折光生成部材、より具体的には、例えば格子フィルタから成る形態とすることができる。尚、格子フィルタは、振幅格子から構成されていてもよいし、位相格子から構成されていてもよい。

【００３８】

上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第５の態様における画像表示装置においては、空間フィルタはＭ×Ｎ個の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る構成とすることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る形態とすることもできる。また、空間フィルタにおいては、２次元画像形成装置による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とする構成とすることができる。

【００３９】

上記の目的を達成するための本発明の第６の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第６の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）１次元画像を生成する１次元空間光変調器；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、複数の回折次数の回折光を生成する回折光生成手段から成る２次元画像形成装置、

（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段が配置されている第１のレンズ、

（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光のみを通過させる散乱回折制限開口部、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部が配置されている第２のレンズ、

（Ｅ）第２のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された$P_{OSF}\times Q_{OSF}$個（但し、P_{OSF}及びQ_{OSF}は任意の正の整数）の開口領域を有し、第２のレンズによって生成された２次元画像の共役像に基づき、開口領域毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成するオーバーサンプリングフィルタ、

（Ｆ）その前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタが配置されている第３のレンズ、

（Ｇ）第３のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、

（Ｈ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第４のレンズ、並びに、

（Ｉ）第４のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第５のレンズ、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００４０】

本発明の第６の態様における画像表示装置において、１次元空間光変調器は、Ｘ方向に沿ってＰ個の画素を有し、光源からの光を回折することによって１次元画像を生成し、$P_{OSF}>P$を満足する形態とすることができる。オーバーサンプリングフィルタは、回折光生成部材、より具体的には、例えば格子フィルタから成る形態とすることができる。尚、格子フィルタは、振幅格子から構成されていてもよいし、位相格子から構成されていてもよい。

【００４１】

上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第６の態様における画像表示装置において、空間フィルタはＭ×Ｎ個の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る構成とすることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る形態とすることもできる。また、空間フィルタにおいては、２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とする構成とすることができる。

【００４２】

以上に説明した種々の好ましい構成、形態を含む本発明の第４の態様～第６の態様における画像表示装置において、オーバーサンプリングフィルタを構成する格子フィルタの構造として、平板ガラスに$P_{OSF}\times Q_{OSF}$個の凹部が２次元マトリクス状に形成された構造（位相格子タイプ）を例示することができる。ここで、係る凹部が開口領域に相当する。開口領域（凹部）の平面形状を、例えば、矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。また、上述したとおり、$P_{OSF}>P$，$Q_{OSF}>Q$を満足することが好ましいが、より具体的には、$1<P_{OSF}/P\leqq 4$、$1<Q_{OSF}/Q\leqq 4$を例示することができる。

【００４３】

上記の目的を達成するための本発明の第７の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第７の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光に基づき２次元画像を生成する２次元画像形成装置、

（Ｂ）入射する光を屈折させて略一点に集光する光学パワーを有する光学素子が２次元マトリクス状に配列されて成り、透過する光の位相を変調する位相格子としての機能を有し、入射した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光学装置、

（Ｃ）光学装置から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段、

（Ｄ）前記複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段、並びに、

（Ｅ）フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００４４】

本発明の第７の態様における画像表示装置において、共役像形成手段には、フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、２次元画像形成装置によって生成された２次元画像の実像を形成する逆フーリエ変換手段が含まれる構成とすることが好ましい。

【００４５】

上記の好ましい構成を含む本発明の第７の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置を液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から構成することが好ましい。

【００４６】

あるいは又、上記の好ましい構成を含む本発明の第７の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置は、

（Ａ－１）１次元画像を生成する１次元画像形成装置、及び、

（Ａ－２）１次元画像形成装置によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系、

から成る形態とすることができる。

【００４７】
更には、以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第７の態様における画像表示装置において、フーリエ変換像形成手段はレンズから成り；該レンズの前側焦点面に、光学装置を構成する光学素子の焦点が位置しており；該レンズの後側焦点面にフーリエ変換像選択手段が配置されている構成とすることができる。
【００４８】
また、以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第７の態様における画像表示装置において、フーリエ変換像選択手段は、前記複数の回折次数に対応する数の開閉制御可能な開口部を有する構成とすることができ、この場合、フーリエ変換像選択手段は液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る形態とすることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る形態とすることもできる。また、フーリエ変換像選択手段においては、２次元画像形成装置による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とすることによって、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択する構成とすることができる。
【００４９】
更には、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第７の態様における画像表示装置において、前記２次元画像における空間周波数は、２次元画像形成装置における画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する構成とすることができる。
【００５０】
上記の目的を達成するための本発明の第８の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第８の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、
該光学系は、
（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光に基づき２次元画像を生成する２次元画像形成装置、
（Ｂ）入射する光を屈折させて略一点に集光する光学パワーを有する光学素子が、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に$P_{OD}\times Q_{OD}$個（但し、P_{OD}及びQ_{OD}は任意の正の整数）配列されて成り、透過する光の位相を変調する位相格子としての機能を有し、入射した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数（総数Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射する光学装置、
（Ｃ）その前側焦点面に光学装置を構成する光学素子の焦点が位置している第１のレンズ、
（Ｄ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタ、
（Ｅ）その前側焦点面に空間フィルタが配置されている第２のレンズ、並びに、
（Ｆ）第２のレンズの後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。
【００５１】
本発明の第８の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置は、２次元的に配列されたＰ×Ｑ個（但し、$P_{OD}\geqq P$，$Q_{OD}\geqq Q$）の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る構成とすることができる。尚、P_{OD}とＰ、Q_{OD}とＱのより具体的な関係として、$1\leqq P_{OD}/P\leqq 4$、$1\leqq Q_{OD}/Q\leqq 4$を例示することができる。
【００５２】
あるいは又、本発明の第８の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置は、
（Ａ－１）１次元画像を生成する１次元画像形成装置、及び、
（Ａ－２）１次元画像形成装置によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系、

から成る構成とすることができる。そして、この場合にあっては、１次元画像形成装置は、光源からの光を回折することによって１次元画像を生成する構成とすることができる。更には、第３のレンズの後方には、更に、異方性の光拡散を生じさせる部材（異方性拡散フィルタ、異方性拡散シート、あるいは、異方性拡散フィルム）が配置されている形態とすることもできる。

【００５３】

上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第８の態様における画像表示装置においては、空間フィルタはＭ×Ｎ個の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成る構成とすることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る形態とすることもできる。また、空間フィルタにおいては、２次元画像形成装置による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とする構成とすることができる。

【００５４】

以上に説明した種々の好ましい構成、形態を含む本発明の第７の態様及び第８の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置における各画素は、平面形状が矩形の開口を有している。そして、本発明の第７の態様及び第８の態様における画像表示装置における光学装置の具体的な構造として、以下の構成を例示することができる。即ち、光学素子の平面形状を、対応する画素の開口の平面形状と同一の形状あるいは相似の形状とすることが好ましい。また、各光学素子は、正の光学パワーを有する凸レンズから構成されており、あるいは又、負の光学パワーを有する凹レンズから構成されており、あるいは又、正の光学パワーを有するフレネルレンズから構成されており、あるいは又、負の光学パワーを有するフレネルレンズから構成されていることが望ましい。云い換えれば、各光学素子は屈折型の格子状素子から成る。そして、光学装置は、一種のマイクロレンズアレイから構成されており、光学装置を構成する材料としてガラスやプラスチックを挙げることができ、マイクロレンズアレイを製造する周知の方法に基づき作製することができる。尚、光学装置は、２次元画像形成装置の後方に隣接して配置されている。このように、光学装置を２次元画像形成装置の後方に隣接して配置することで、２次元画像形成装置に起因した回折現象の影響を無視することができる。あるいは又、２次元画像形成装置と光学装置との間に、例えば、２枚の凸レンズを配置し、一方の凸レンズの前側焦点面に２次元画像形成装置を配置し、一方の凸レンズの後側焦点に他方の凸レンズの前側焦点を位置させ、他方の凸レンズの後側焦点面に光学装置を配置する構成とすることもできる。一般に、回折格子を２つの範疇に分類すると、入射光波の振幅（強度）を周期的に変調し、格子の光透過率分布に一致した光量分布が得られる振幅格子と、透過光量の位相を変調する、即ち、光の振幅(強度）はそのままで、位相を変調する位相格子とに分類することができるが、本発明の第７の態様及び第８の態様における画像表示装置にあっては、光学装置は、後者の位相格子として機能する。

【００５５】

上記の目的を達成するための本発明の第９の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第９の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）複数の画素を有し、光源からの光を各画素によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段、

（Ｂ）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各画素から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成し、該フーリエ変換像の内の所定のフーリエ変換像のみを選択し、更には、該選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換して、光変調手段によって生成された２次元画像の共役像を形成する画像制限・生成手段、

（Ｃ）画像制限・生成手段から出射された光線の進行方向を変更する（変化させる）光線進行方向変更手段、並びに、

（Ｄ）光線進行方向変更手段から出射された光線を結像させる結像手段、
を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００５６】

本発明の第９の態様における画像表示装置において、光変調手段は、２次元的に配列された複数の画素を有する２次元空間光変調器から成り、各画素は開口を備えている形態とすることができ、この場合、２次元空間光変調器を、液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）、あるいは、２次元空間光変調器の各開口内には可動ミラーが設けられている構成（可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る構成）とすることが好ましい。ここで、開口の平面形状は矩形とすることが望ましい。開口の平面形状を矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、$M_0 \times N_0$組の回折光が生成される。即ち、係る開口によって、入射光波の振幅（強度）を周期的に変調し、格子の光透過率分布に一致した光量分布が得られる振幅格子が形成される。

【００５７】

あるいは又、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第９の態様における画像表示装置において、光変調手段は、
（Ａ－１）１次元画像を生成する１次元空間光変調器、
（Ａ－２）１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系、及び、
（Ａ－３）２次元画像の生成面に配置され、生成した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する格子フィルタ、
から成る形態とすることができる。尚、格子フィルタは、振幅格子から構成されていてもよいし、透過光量の位相を変調する、即ち、光の振幅(強度）はそのままで、位相を変調する位相格子から構成されていてもよい。

【００５８】

更には、以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第９の態様における画像表示装置において、画像制限・生成手段は、
（Ｂ－１）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各画素から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成する第１のレンズ、
（Ｂ－２）第１のレンズよりも光線進行方向変更手段側に配置され、該フーリエ変換像の内の所定のフーリエ変換像のみを選択する散乱回折制限開口部、並びに、
（Ｂ－３）散乱回折制限開口部よりも光線進行方向変更手段側に配置され、該選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換して、光変調手段によって生成された２次元画像の共役像を形成する第２のレンズ、
から構成されており、
第１のレンズの後側焦点面であって第２のレンズの前側焦点面に、散乱回折制限開口部が配置されている形態とすることができる。

【００５９】

また、以上に説明した種々の好ましい構成、形態を含む本発明の第９の態様における画像表示装置において、光線進行方向変更手段は、入射する光線に対して出射する光線の角度を変更する（変化させる）ことができる反射型光学手段、具体的には、例えば、鏡から成る構成とすることができ、あるいは又、入射する光線に対して出射する光線の角度を変更する（変化させる）ことができる透過型光学手段、具体的には、例えば、プリズムから成る構成とすることができる。

【００６０】

更には、上記の種々の好ましい構成、形態を含む本発明の第９の態様における画像表示装置において、前記２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア

周波数とした画像情報に相当する構成とすることができ、更には、前記２次元画像の共役像における空間周波数は、前記２次元画像における空間周波数から画素構造の空間周波数が除去された空間周波数である構成とすることができる。即ち、平面波成分の０次回折をキャリア周波数とする１次回折として得られるものであって、光変調手段の画素構造（開口構造）の空間周波数の半分以下の空間周波数が、画像制限・生成手段において選択され、あるいは又、散乱回折制限開口部を通過する。光変調手段あるいは後述する２次元画像形成装置に表示された空間周波数は全て伝達される。

【００６１】

上記の目的を達成するための本発明の第１０の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第１０の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口を有し、光源からの光の通過、反射、あるいは回折を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数の回折光を生成する２次元画像形成装置、

（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置が配置されている第１のレンズ、

（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光のみを通過させる散乱回折制限開口部、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部が配置されている第２のレンズ、

（Ｅ）第２のレンズの後方に配置され、第２のレンズから出射された光線の進行方向を変更する（変化させる）光線進行方向変更手段、並びに、

（Ｆ）光線進行方向変更手段から出射された光線を結像させる第３のレンズ、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００６２】

本発明の第１０の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置は、２次元的に配列されたＰ×Ｑ個の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成り、各画素には開口が備えられている形態とすることができ、あるいは、２次元画像形成装置には、Ｐ×Ｑ個の開口が設けられており、各開口には可動ミラーが設けられている（可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された開口のそれぞれに配置された２次元型のＭＥＭＳから成る）形態とすることができる。開口の平面形状は矩形とすることが望ましい。開口の平面形状を矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。即ち、係る開口によって振幅格子が形成される。

【００６３】

上記の目的を達成するための本発明の第１１の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第１１の態様』と略称する）は、光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）１次元画像を生成する１次元空間光変調器；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、複数の回折次数の回折光を生成する回折光生成手段から成る２次元画像形成装置、

（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段が配置されている第１のレンズ、

（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光のみを通過させる散乱回折制限開口部、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部が配置されている第２のレンズ、

（Ｅ）第２のレンズの後方に配置され、第２のレンズから出射された光線の進行方向を変更する（変化させる）光線進行方向変更手段、並びに、

（Ｆ）光線進行方向変更手段から出射された光線を結像させる第３のレンズ、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、
該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００６４】

本発明の第１１の態様における画像表示装置において、１次元空間光変調器は、Ｘ方向に沿ってＰ個の画素を有し、光源からの光を回折することによって１次元画像を生成する形態とすることができる。

【００６５】

以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第１０の態様あるいは第１１の態様における画像表示装置において、光線進行方向変更手段は、入射する光線に対して出射する光線の角度を変更する（変化させる）ことができる反射型光学手段、具体的には、例えば、鏡から成る構成とすることができ、あるいは又、入射する光線に対して出射する光線の角度を変更する（変化させる）ことができる透過型光学手段、具体的には、例えば、プリズムから成る構成とすることができる。

【００６６】

本発明の第９の態様～第１１の態様における画像表示装置の説明において、光線進行方向変更手段までの光軸の部分をｚ軸とし、ｚ軸に直交する平面内での直交座標をｘ軸、ｙ軸とし、ｘ軸と平行な方向をＸ方向、ｙ軸と平行な方向をＹ方向とする。Ｘ方向を、例えば画像表示装置における水平方向とし、Ｙ方向を、例えば画像表示装置における垂直方向とする。また、光線進行方向変更手段以降の光軸の部分をｚ’軸とし、ｚ’軸に直交する平面内での直交座標をｘ’軸、ｙ’軸とし、ｘ’軸と平行な方向をＸ’方向、ｙ’軸と平行な方向をＹ’方向とする。Ｘ’方向を、例えば画像表示装置における水平方向とし、Ｙ’方向を、例えば画像表示装置における垂直方向とする。

【００６７】

本発明の第９の態様～第１１の態様における画像表示装置にあっては、光線進行方向変更手段による光線の進行方向の変更を、光変調手段（２次元画像形成装置）に基づく２次元画像の生成と同期させる必要がある。ここで、光線進行方向変更手段によって、以下に説明する結像面に或る像を結像した後、光線進行方向変更手段の位置を変更し（変化させ）、光線進行方向変更手段によって結像面に次の像を結像するまでの間は、光源の動作を中断し、光変調手段（２次元画像形成装置）によって２次元画像を生成させないことが必要とされる。

【００６８】

このように、結像面において結像する位置を$S_0 \times T_0$箇所の２次元マトリクス的に配された位置とするためには、光線進行方向変更手段として鏡を採用する場合、例えば、鏡をポリゴン・ミラーから構成し、ポリゴン・ミラーをその回転軸を中心として回転させながら、回転軸の傾斜角を制御すればよい。また、光線進行方向変更手段としてプリズムを採用する場合、例えば、ｚ軸を中心としてプリズムを所望の方向に回動（変化）させるような構成とすればよい。プリズムとして、従来のプリズムの他、例えば、液晶レンズから成るプリズムを用いることもできる。尚、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された鏡は、ピクセル構造を有しているので、係るピクセル構造がキャリアとなって新たな回折像が生じてしまうが故に、光線進行方向変更手段として使用することはできない。

【００６９】

本発明の第９の態様～第１１の態様における次元像表示装置にあっては、光線進行方向変更手段から出射された光線が結像手段あるいは第３のレンズによって結像されるとき、係る像が結像する位置（Ｘ’Ｙ’平面内における位置である）を、$S_0 \times T_0$箇所の２次元マトリクス的に配された位置とすることが好ましい。ここで、S_0及びT_0の数として、限定するものではないが、$4 \leqq S_0 \leqq 11$、好ましくは、例えば、$7 \leqq S_0 \leqq 9$を挙げることができ、また、$4 \leqq T_0 \leqq 11$、好ましくは、例えば、$7 \leqq T_0 \leqq 9$を挙げることができる。S_0の値とT_0の値は、等しくてもよいし、異なっていてもよい。尚、光線進行方向変更手段から出射された光線が結像手段あるいは第３のレンズによって結像されるＸ’Ｙ’平

面を、以下、結像面と呼ぶ。

【００７０】

上記の目的を達成するための本発明の第１２の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第１２の態様』と略称する）は、離散して配された複数の光出射位置から光を出射する光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）複数の画素を有し、光源の異なる光出射位置から順次出射され、入射方向が異なる光を各画素によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段、並びに、

（Ｂ）光変調手段から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成し、該フーリエ変換像を結像させるフーリエ変換像形成手段、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記光変調手段において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００７１】

本発明の第１２の態様における画像表示装置にあっては、

（Ｃ）フーリエ変換像形成手段によって結像されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段、

を更に備えていることが好ましい。

【００７２】

上記の目的を達成するための本発明の第１３の態様に係る画像表示方法（以下、『本発明の第１３の態様』と略称する）は、離散して配された複数の光出射位置から光を出射する光源、及び、光学系を備えており、

該光学系は、

（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口を有し、光源の異なる光出射位置から順次出射され、入射方向が異なる光の通過あるいは反射を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数の回折光を生成する２次元画像形成装置、

（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置が配置されている第１のレンズ、

（Ｃ）第１のレンズの後側焦点面に、その前側焦点面が位置している第２のレンズ、並びに、

（Ｄ）第２のレンズの後側焦点面に、その前側焦点面が位置している第３のレンズ、

を備えている画像表示装置を用いた画像表示方法であって、

該光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、前記２次元画像形成装置において２次元画像を生成することを特徴とする。

【００７３】

本発明の第１２の態様あるいは第１３の態様における画像表示装置において、離散して配された光出射位置の数を$ＬＥＰ_{Total}$としたとき、各光出射位置から出射され、光変調手段あるいは２次元画像形成装置への入射方向が異なる光（以下、照明光と呼ぶ場合がある）によって生成されるフーリエ変換像の数は、（複数の回折次数）×$ＬＥＰ_{Total}$個となる。また、照明光に基づき得られたフーリエ変換像は、各光出射位置に対応して、離散した位置に、フーリエ変換像形成手段あるいは第１のレンズによってスポット状に結像される。尚、後述するフーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタを配置すれば、照明光によって生成されるフーリエ変換像の数は、最終的に、例えば、$ＬＥＰ_{Total}$個となる。尚、離散して配された複数の光出射位置が、２次元マトリクス状に離間されて配されている場合、係る光出射位置の数を「$Ｕ_0×Ｖ_0$」と表現する。ここで、$Ｕ_0×Ｖ_0＝ＬＥＰ_{Total}$である。

【００７４】

本発明の第１２の態様あるいは第１３の態様における画像表示装置において、光源は、２次元マトリクス状に配列された複数の発光素子を具備している構成とすることができる。尚、この場合、２次元マトリクス状に配列された複数の発光素子の個数を$U_0' \times V_0'$個とすると、光源の仕様に依り、$U_0' = U_0$，$V_0' = V_0$の場合もあるし、例えば、$U_0' / 3 = U_0$，$V_0' / 3 = V_0$の場合もある。そして、この場合、光源と光変調手段あるいは２次元画像形成装置との間にはレンズ（例えば、コリメータレンズ）が配置されており、光源は、このレンズの前側焦点面（あるいは前側焦点面近傍）に位置することが、レンズから出射された光（照明光）が平行光（概ね平行光）となるので好ましい。あるいは又、本発明の第１２の態様あるいは第１３の態様における画像表示装置において、光源は、発光素子、及び、該発光素子から出射された光であって、光変調手段あるいは２次元画像形成装置に入射する光の入射方向を変更するための光線進行方向変更手段を備えている構成とすることができる。そして、この場合、光線進行方向変更手段として、入射する光線に対して出射する光線の角度を変更する（変化させる）ことができる屈折型光学手段（例えば、レンズ、より具体的には、例えば、コリメータレンズやマイクロレンズアレイ）、あるいは又、入射する光線に対して出射する光線の位置及び角度を変更する（変化させる）ことができる反射型光学手段（具体的には、例えば、鏡、より具体的には、例えば、ポリゴン・ミラーや、ポリゴン・ミラーと鏡の組合せ、曲面から構成された凸面鏡、曲面から構成された凹面鏡、多面体から構成された凸面鏡、多面体から構成された凹面鏡）を挙げることができる。

【００７５】

上述したとおり、本発明の第１２の態様あるいは第１３の態様における画像表示装置において、光源が２次元マトリクス状に配列された複数の発光素子を具備している構成とする場合、各発光素子から出射される光の出射方向が異なり、光変調手段あるいは２次元画像形成装置への入射方向が異なるように各発光素子を配置することが望ましい。また、上述したとおり、光線進行方向変更手段として屈折型光学手段を採用する場合、２次元マトリクス状に配列された複数の発光素子を具備している構成とすることが好ましく、この場合には、各発光素子から順次出射され、屈折型光学手段に入射し、屈折型光学手段から出射するときの光の出射方向を屈折型光学手段によって変えることができる結果、光変調手段あるいは２次元画像形成装置に入射する光の入射方向を変えることができる。尚、この場合、各発光素子から出射される光の出射方向は、同じであってもよいし、異なっていてもよい。一方、上述したとおり、光線進行方向変更手段として反射型光学手段を採用する場合、発光素子の数は、１つであってもよいし、例えば、U_0個であってもよい。そして、反射型光学手段から出射するときの光出射位置の数を、反射型光学手段の位置等の制御を行うことで、$U_0 \times V_0 = LEP_{Total}$とすればよい。具体的には、例えば、ポリゴン・ミラーをその回転軸を中心として回転させながら、回転軸の傾斜角を制御すればよいし、あるいは又、発光素子から鏡に入射する光の位置を制御すればよいし、あるいは又、鏡から出射される照明光の位置を制御すればよいし、あるいは又、鏡から出射される照明光の状態（例えば、照明光の通過、遮断）を制御すればよい。そして、これによって、光変調手段あるいは２次元画像形成装置に入射する光の入射方向を変えることができる。

【００７６】

更には、上記の好ましい構成を含む本発明の第１２の態様における画像表示装置において、フーリエ変換像形成手段はレンズ（第１のレンズ）から成り、このレンズ（第１のレンズ）の前側焦点面に光変調手段が配置されている構成とすることができる。

【００７７】

本発明の第１２の態様における画像表示装置においては、フーリエ変換像形成手段によって生成され、結像される像は複数の回折次数に対応しているが、低次の回折次数に基づき得られる像は明るく、高次の回折次数に基づき得られる像は暗いので、十分な画質の画像（例えば立体画像）を得ることができる。但し、より一層の画質の向上のためには、

（Ｄ）前記複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段、

を更に備えており、このフーリエ変換像選択手段は、フーリエ変換像が結像される位置に配置されている構成とすることが好ましい。

【００７８】

あるいは又、本発明の第１３の態様における画像表示装置においても、第１のレンズによって生成され、結像される像は複数の回折次数に対応しているが、低次の回折次数に基づき得られる像は明るく、高次の回折次数に基づき得られる像は暗いので、十分な画質の画像（例えば立体画像）を得ることができる。但し、より一層の画質の向上のためには、

（Ｅ）光出射位置の数に対応した数の開閉制御可能な開口部を有し、第１のレンズの後側焦点面に位置する空間フィルタ、

を更に備えている構成とすることが好ましい。そして、この場合、空間フィルタにおいては、２次元画像形成装置による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とすることが望ましい。あるいは又、

（Ｅ）光出射位置の数に対応した数の開口部を有し、第１のレンズの後側焦点面に位置する散乱回折制限部材、

を更に備えている構成とすることが好ましい。空間フィルタあるいは散乱回折制限部材を配設することで、生成した複数の回折次数の回折光の内、所望の回折光のみを通過させることができる。

【００７９】

そして、これらの場合、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタは、光出射位置の数（$ＬＥＰ_{Total}$であり、例えば、$Ｕ_0 \times Ｖ_0$）に対応した数（$ＬＥＰ_{Total}$であり、例えば、$Ｕ_0 \times Ｖ_0$）の開口部を有することが望ましい。開口部は、開閉制御可能であってもよいし、常に開状態であってもよい。あるいは又、開閉制御可能な開口部を有するフーリエ変換像選択手段として、液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）を挙げることができるし、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳを挙げることもできる。また、開閉制御可能な開口部を有するフーリエ変換像選択手段においては、光変調手段（２次元画像形成装置）による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部を開状態とすることによって、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択する構成とすることができる。開口部の位置は、フーリエ変換像選択手段あるいは第１のレンズによって得られるフーリエ変換像（あるいは回折光）の内の所望のフーリエ変換像（あるいは回折光）が結像する位置とすればよく、係る開口部の位置は、離散して配された光出射位置に対応している。

【００８０】

以上に説明した好ましい構成を含む本発明の第１２の態様における画像表示装置は、フーリエ変換像形成手段によって結像されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、光変調手段によって生成された２次元画像の実像を形成する逆フーリエ変換手段を更に備えていることが好ましい。

【００８１】

また、以上に説明した好ましい構成を含む本発明の第１２の態様における画像表示装置において、光変調手段は２次元的に配列された複数（Ｐ×Ｑ個）の画素を有する２次元空間光変調器から成り、各画素は開口を備えている形態とすることができ、この場合、２次元空間光変調器を、液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）、あるいは、２次元空間光変調器の各開口内には可動ミラーが設けられている構成（可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る構成）とすることが好ましい。また、以上に説明した好ましい構成を含む本発明の第１３の態様における画像表示装置において、２次元画像形成装置は、２次元的に配列された複数（Ｐ×Ｑ個）の画素を有する液晶表示装置（より具体的には、透過型若しくは反射型の液晶表示装置）から成り、各画素には開口が備えられている形態とすることができ、あるいは又、２次元画像形成装置には、複数（Ｐ×Ｑ個）の開口が設けられており、各開口には可動ミラーが設けられている（可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された開口のそれぞれに配置された２次元型のＭＥＭＳから成る）形態とすることができる。ここで、開口の平面形状

は矩形とすることが望ましい。開口の平面形状を矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。即ち、係る開口によって、入射光波の振幅（強度）を周期的に変調し、格子の光透過率分布に一致した光量分布が得られる振幅格子が形成される。

【００８２】

更には、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の第１２の態様における画像表示装置において、前記２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する構成とすることができ、更には、後述する２次元画像の共役像における空間周波数は、２次元画像における空間周波数から画素構造の空間周波数が除去された空間周波数である構成とすることができる。即ち、平面波成分の０次回折をキャリア周波数とする１次回折として得られるものであって、光変調手段の画素構造（開口構造）の空間周波数の半分以下の空間周波数が、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタにおいて選択され、あるいは又、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタを通過する。光変調手段あるいは２次元画像形成装置に表示された空間周波数は全て伝達される。

【００８３】

以上に説明した好ましい構成、形態を含む本発明の第１２の態様あるいは第１３の態様における画像表示装置において、U_0，V_0の数として、限定するものではないが、$4 \leqq U_0 \leqq 12$、好ましくは、例えば、$9 \leqq U_0 \leqq 11$を挙げることができ、また、$4 \leqq V_0 \leqq 12$、好ましくは、例えば、$9 \leqq V_0 \leqq 11$を挙げることができる。U_0の値とV_0の値は、等しくてもよいし、異なっていてもよい。尚、フーリエ変換像形成手段によってフーリエ変換像が結像される平面（ＸＹ平面）を、以下、結像面と呼ぶ場合がある。

【００８４】

本発明の第１２の態様あるいは第１３の態様における画像表示装置にあっては、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像が、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタにおいて選択され、あるいは又、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタを通過するが、ここで、所望の回折次数として、限定するものではないが、０次の回折次数を挙げることができる。

【００８５】

以上に説明した種々の好ましい構成、形態を含む本発明の第１２の態様あるいは第１３の態様にあっては、画像表示装置における光源として、レーザ、発光ダイオード（ＬＥＤ）や白色光源を挙げることができる。光源と光変調手段あるいは２次元画像形成装置との間に、照明光を整形するための照明光学系を配置してもよい。画像表示装置の仕様に依り、光源から単色光あるいは白色光が出射される場合があり、あるいは又、光源は、赤色発光素子、緑色発光素子、及び、青色発光素子を備え、これらの発光素子を順次駆動することで、光源から光（赤色光、緑色光、及び、青色光）を出射してもよく、これによっても、離散して配された複数の光出射位置から出射され、光変調手段あるいは２次元画像形成装置への入射方向が異なる照明光を得ることができる。

【００８６】

本発明の第１２の態様あるいは第１３の態様における画像表示装置にあっては、共役像形成手段によって形成された共役像を投射する光学的手段を備えていてもよいし、あるいは第３のレンズの後方に、第３のレンズによって形成された像を投射する光学的手段を備えていてもよい。

【００８７】

本発明の第２の態様～第３の態様あるいは第５の態様～第６の態様における画像表示装置において、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数であるが、ｍ，ｍ’，Ｍの関係は、$m \leqq m'$であり、且つ、$M = m' - m + 1$である。また、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数であるが、ｎ，ｎ’，Ｎの関係は、$n \leqq n'$であり、且つ、$N = n' - n + 1$である。また、回折次数の総数に相当するＭ，Ｎの数として、限定するものではないが、

$0 \leqq M\ (= m' - m + 1) \leqq 21$

好ましくは、例えば、
５≦Ｍ（＝ｍ’－ｍ＋１）≦２１
また、
０≦Ｎ（＝ｎ’－ｎ＋１）≦２１
好ましくは、例えば、
５≦Ｎ（＝ｎ’－ｎ＋１）≦２１
を例示することができる。Ｍの値とＮの値は、等しくてもよいし、異なっていてもよいし、｜ｍ’｜の値と｜ｍ｜の値は、等しくてもよいし、異なっていてもよいし、｜ｎ’｜の値と｜ｎ｜の値は、等しくてもよいし、異なっていてもよい。

【００８８】

また、第７の態様～第８の態様における画像表示装置にあっては、光学装置において、入射した２次元画像における空間周波数が、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射されるが、ここで、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成されるとしたとき、ｍ，ｍ’，Ｍの関係、ｎ，ｎ’，Ｎの関係は、上記のとおりとすることができる。

【００８９】

以上に説明した種々の好ましい構成、形態を含む本発明の第１の態様～第１１の態様における画像表示装置での光源として、レーザ、発光ダイオード（ＬＥＤ）や白色光源を挙げることができる。光源と光変調手段あるいは２次元画像形成装置との間に、光源から出射された光を整形するための照明光学系を配置してもよい。

【００９０】

２次元空間光変調器あるいは２次元画像形成装置を構成する液晶表示装置においては、例えば、次に述べる透明第１電極と透明第２電極の重複領域であって液晶セルを含む領域が、１画素（１ピクセル）に相当する。そして、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって、即ち、各画素の光透過率を制御することによって、光源から出射された光（照明光）の光透過率を制御し、全体として、２次元画像を得ることができる。透明第１電極と透明第２電極の重複領域に矩形の開口を設けることで、光源から出射された光（照明光）が係る開口を通過することによって、画素毎に、フラウンホーファー回折が生じ、例えば、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。

【００９１】

液晶表示装置は、例えば、透明第１電極を備えたフロント・パネル、透明第２電極を備えたリア・パネル、及び、フロント・パネルとリア・パネルとの間に配された液晶材料から成る。フロント・パネルは、より具体的には、例えば、ガラス基板やシリコン基板から成る第１の基板と、第１の基板の内面に設けられた透明第１電極（共通電極とも呼ばれ、例えば、ＩＴＯから成る）と、第１の基板の外面に設けられた偏光フィルムとから構成されている。更には、透明第１電極上には配向膜が形成されている。一方、リア・パネルは、より具体的には、例えば、ガラス基板やシリコン基板から成る第２の基板と、第２の基板の内面に形成されたスイッチング素子と、スイッチング素子によって導通／非導通が制御される透明第２電極（画素電極とも呼ばれ、例えば、ＩＴＯから成る）と、第２の基板の外面に設けられた偏光フィルムとから構成されている。透明第２電極を含む全面には配向膜が形成されている。これらの透過型の液晶表示装置を構成する各種の部材や液晶材料は、周知の部材、材料から構成することができる。尚、スイッチング素子として、単結晶シリコン半導体基板に形成されたＭＯＳ型ＦＥＴや薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）といった３端子素子や、ＭＩＭ素子、バリスタ素子、ダイオード等の２端子素子を例示することができる。あるいは又、複数の走査電極が第１の方向に延び、複数のデータ電極が第２の方向に延びる、所謂マトリックス電極構成を有する液晶表示装置とすることもできる。透過型の液晶表示装置にあっては、光源からの光（照明光）は、第２の基板から入射し、第１の基板から出射される。一方、反射型の液晶表示装置にあっては、光源からの光（照明光

）は、第１の基板から入射し、例えば、第２の基板の内面に形成された第２電極（画素電極）によって反射され、再び、第１の基板から出射される。開口は、例えば、透明第２電極と配向膜との間に、光源からの光（照明光）に不透明な絶縁材料層を形成し、係る絶縁材料層に開口を形成することで得ることができる。尚、反射型の液晶表示装置として、その他、ＬＣｏＳ（Liquid Crystal on Silicon）タイプを用いることもできる。

【００９２】

光変調手段（２次元画像形成装置）として、例えば、強誘電性液晶から構成された液晶表示装置を使用する場合、駆動電圧の印加に際して、ＤＣ的にプラス・マイナス０に近づける必要がある。即ち、プラス電位、又は、マイナス電位を、或る期間、印加した場合（ここで、印加した電圧×時間をＶ×ｔとする）、同じＶ×ｔの量を打ち消すような電圧を、或る期間、印加する必要がある。強誘電性液晶においては、このような操作を行わないと、強誘電性液晶内部に電荷が蓄積され、一種の焼付けが発生してしまう。従って、光変調手段あるいは２次元画像形成装置によって２次元画像を生成し、次いで、生成させないといったシーケンスを継続する必要がある場合には、あるいは又、係るシーケンスを採用することができる場合には、高速動作が可能な強誘電性液晶から構成された液晶表示装置を使用することは好適である。

【００９３】

また、１次元空間光変調器（１次元画像形成装置）として、より具体的には、回折格子－光変調素子（ＧＬＶ：Grating Light Valve）が一次元的にアレイ状に配列されて成る装置（以下、回折格子－光変調装置と呼ぶ場合がある）を挙げることができる。

【００９４】

本発明の第１の態様～第８の態様、第１２の態様～本発明の第１３の態様における画像表示装置にあっては、共役像形成手段によって形成された共役像を投射する光学的手段を備えていてもよいし、第３のレンズや第５のレンズの後方に、第３のレンズや第５のレンズによって形成された像を投射する光学的手段を備えていてもよい。また、本発明の第９の態様～第１０の態様における画像表示装置にあっては、結像手段によって結像された像を投射する光学的手段を備えていてもよいし、あるいは第３のレンズの後方に、第３のレンズによって結像された像を投射する光学的手段を備えていてもよい。

【００９５】

本発明の第１の態様～第１３の態様における画像表示装置において、２次元画像の画素（ピクセル）の数Ｐ×Ｑを（Ｐ，Ｑ）で表記したとき、（Ｐ，Ｑ）の値として、具体的には、ＶＧＡ（６４０，４８０）、Ｓ－ＶＧＡ（８００，６００）、ＸＧＡ（１０２４，７６８）、ＡＰＲＣ（１１５２，９００）、Ｓ－ＸＧＡ（１２８０，１０２４）、Ｕ－ＸＧＡ（１６００，１２００）、ＨＤ－ＴＶ（１９２０，１０８０）、Ｑ－ＸＧＡ（２０４８，１５３６）の他、（１９２０，１０３５）、（７２０，４８０）、（１２８０，９６０）等、画像表示用解像度の幾つかを例示することができるが、これらの値に限定するものではない。

【００９６】

本発明の第１の態様～第１３の態様に係る画像表示方法にあっては、光変調手段や２次元画像形成装置の動作の制御は、周知のパーソナルコンピュータや、所謂ワークステーションといったコンピュータによって行うことができ、係るコンピュータに記録手段を備えておけばよい。ここで、記録手段に、画像表示装置を構成する光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データを記録しておけばよい。記録手段として、ハードディスクや、各種固体メモリを挙げることができる。

【００９７】

収差補正前の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）に基づき理想的に再生された収差が無い画像（例えば、３次元像，立体画像）を「Ａ」、実際に、２次元画像データＤａｔａ（Ａ）に基づき再生されたときの画像（例えば、３次元像，立体画像）を「ａ」（各種の収差が含まれている）とする。このとき、実際に再生されたときの画像が「Ａ」となるように、元の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）を、例えば、シミュレーションに基づき補正し、

あるいは又、試行錯誤で補正する。そして、実際に再生されたときの画像が「Ａ」となるように、元の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）を最終的に補正して得られた２次元画像データをＤａｔａ（Ａ’）とする。すると、例えば、（ｍ，ｎ）の値、（Ｐ，Ｑ）の値、（Ｍ，Ｎ）の値、（$Ｓ_0$，$Ｔ_0$）の値、（$Ｕ_0$，$Ｖ_0$）の値等が決まれば、元の収差補正前の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）と最終的に収差補正された２次元画像データＤａｔａ（Ａ’）との間には、一定の関係が存在する。即ち、（ｍ，ｎ）の値、（Ｐ，Ｑ）の値、（Ｍ，Ｎ）の値、（$Ｓ_0$，$Ｔ_0$）の値、（$Ｕ_0$，$Ｖ_0$）の値等をパラメータとした一種の演算子を得ることができる。従って、元の収差補正前の２次元画像データを係る関係（例えば、演算子）に基づき収差補正した２次元画像データ（即ち、画像表示装置を構成する光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データ）を記録手段に記録しておき、この収差補正後の２次元画像データによって画像を再生すればよい。あるいは又、画像表示装置に外部から送られてくる２次元画像データＤａｔａ（Ａ）に対して、リアルタイムで演算子に基づき収差補正を施し、収差補正された２次元画像データＤａｔａ（Ａ’）に基づき、画像表示装置において画像を再生すればよい。尚、画像表示装置を、例えば、フィールド・シーケンシャル駆動すれば、ザイデルの５収差の補正のみならず、色収差の補正も行うことができる。

【発明の効果】

【００９８】

本発明の第１の態様～第１３の態様に係る画像表示方法にあっては、画像表示装置を構成する光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データに基づき、光変調手段あるいは２次元画像形成装置において２次元画像を生成する。従って、光学的手段のみでは解決できない収差の補正を行うことができ、単純な光学系にあっても、収差の無い、あるいは、収差の少ない画像（例えば、３次元画像，立体画像）を表示することができる。しかも、例えば、フーリエ変換像選択手段や空間フィルタは、一種の絞りとして機能するので、光学系の焦点深度を深くすることができ、鮮明な画像を得ることができる。

【００９９】

本発明の第１の態様～本発明の第３の態様における画像表示装置にあっては、光変調手段あるいは２次元画像形成装置等によって、２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数が各画素や回折光生成手段から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、フーリエ変換像形成手段あるいは第１のレンズによって空間周波数をフーリエ変換して、複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成され、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタによって、複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内の所望の回折次数に対応するフーリエ変換像が２次元画像の形成タイミングと同期して選択され、共役像形成手段（第２のレンズ及び第３のレンズ）によって、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタに基づき選択されたフーリエ変換像の共役像が形成され、最終的に観察者に到達するといった操作が、順次、時系列的に繰り返されることで、複数の回折次数に相当する光線群を、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、生成・散布することができる結果、係る光線群により、従来には無い、光の回折現象を効率的に利用した光線再生法に基づき、画像表示装置全体を大型化することなく、実世界の物体に近い質感の立体画像を得ることができる。

【０１００】

また、本発明の第４の態様～本発明の第６の態様における画像表示装置にあっては、光変調手段（２次元画像形成装置）によって、２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数が各画素等から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、画像制限・生成手段（第１のレンズ）によって空間周波数がフーリエ変換されて複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成され、その内の所定のフーリエ変換像のみが画像制限・生成手段（散乱回折制限開口部）によって選択され、画像制限・生成手段（第２のレンズ）によって２次元画像の共役像が生成される。そして、係る２次元画像の共役像における空間周波数が、オーバーサンプリングフィルタから、各開口領域から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、フーリエ変換像形成手

段（第３のレンズ）によって空間周波数がフーリエ変換されて、各開口領域から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成される。次いで、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）によって、各開口領域から生じる複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内の所望の回折次数に対応するフーリエ変換像が２次元画像の形成タイミングと同期して選択され、共役像形成手段（第２のレンズ及び第３のレンズ）によって、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）に基づき選択されたフーリエ変換像の共役像が形成され、最終的に観察者に到達する。そして、このような操作が、順次、時系列的に繰り返されることで、オーバーサンプリングフィルタにおける各開口領域から生じる複数の回折次数に相当する光線群を、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、生成・散布することができる結果、係る光線群により、従来には無い、光の回折現象を効率的に利用した光線再生法に基づき、画像表示装置全体を大型化することなく、実世界の物体に近い質感の画像（立体画像）を得ることができる。しかも、本発明の第４の態様～本発明の第６の態様における画像表示装置にあっては、オーバーサンプリングフィルタを配置することによって、即ち、光変調手段（２次元画像形成装置）とは独立して、読み出した画像（２次元画像の共役像）を新たに空間的にサンプリングするので、最終的に得られる画像の大きさと視野角とを、独立して制御することができる。従って、観察される画像（立体画像）の領域を広げつつ、表示される画像（立体画像）のスケール（大きさ）を大きくすることが可能となる。

【０１０１】

本発明の第７の態様～本発明の第８の態様における画像表示装置においては、２次元画像形成装置によって２次元画像が生成され、生成された２次元画像における空間周波数が、屈折型の格子状素子から成る光学素子の集合体である光学装置によって複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、フーリエ変換像形成手段あるいは第１のレンズによって空間周波数をフーリエ変換して、複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成され、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタによって、複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内の所望の回折次数に対応するフーリエ変換像が２次元画像の形成タイミングと同期して選択され、共役像形成手段（第２のレンズ及び第３のレンズ）によって、フーリエ変換像選択手段あるいは空間フィルタに基づき選択されたフーリエ変換像の共役像が形成され、最終的に観察者に到達するといった操作が、順次、時系列的に繰り返されることで、複数の回折次数に相当する光線群を、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、生成・散布することができる結果、係る光線群により、従来には無い、光の回折現象を効率的に利用した光線再生法に基づき、画像表示装置全体を大型化することなく、実世界の物体に近い質感の画像（立体画像）を得ることができる。

【０１０２】

２次元画像形成装置によって生成された２次元画像における空間周波数を、矩形の開口を有し、係る矩形の開口に基づきフラウンホーファー回折を発生させる振幅格子によって複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射させた場合、高い開口率を有する振幅格子の作製が困難な場合がある。そして、光利用効率は開口の開口率に依存するが故に、高い光利用効率を達成することが困難となる虞がある。一方、２次元画像における空間周波数をフーリエ変換してフーリエ変換像を生成するとき、複数の回折次数に対応したフーリエ変換像間のユニフォーミティ（回折次数間の光強度の均一性）は、開口が小さい程、向上する。本発明の第７の態様～本発明の第８の態様における画像表示装置においては、振幅格子ではなく、屈折型の格子状素子から成る光学素子の集合体である光学装置を採用することで、光学素子それ自体に高い開口率を与えることができ、光利用効率の向上を実現することができるだけでなく、光学素子に入射した光は略一点に集光されるので、小さな開口を得たと等価となり、複数の回折次数に対応したフーリエ変換像間において高いユニフォーミティを達成することができる。しかも、光学装置の最適化を図ることで、高い次数の回折に対しても多くのエネルギーを分配することが可能となる。尚、例えばガラス平板に多数の凹部を形成した位相格子を採用すれば、光利用効率を高めることは可能である。

しかしながら、位相変調によるパターン生成の場合、特定の面内において任意のパターン生成は可能であるが、任意の面内において光線による画像を生成するシステムにあっては、任意の面内において特定のパターンを生成することは極めて困難である。本発明の第７の態様～本発明の第８の態様における画像表示装置においては、位相格子の代わりに、屈折型の格子状素子から成る光学素子の集合体である光学装置を採用することで、このような位相格子における問題を解消することができる。

【０１０３】

本発明の第９の態様～第１１の態様における画像表示装置においては、光変調手段（２次元画像形成装置）によって、２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数が各画素等から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、画像制限・生成手段（第１のレンズ）によって空間周波数がフーリエ変換されて複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成され、その内の所定のフーリエ変換像のみが画像制限・生成手段（散乱回折制限開口部）によって選択され、画像制限・生成手段（第２のレンズ）によって２次元画像の共役像が生成される。そして、係る２次元画像の共役像における空間周波数が、光線進行方向変更手段から、光軸であるｚ’軸に対して所望の角度で出射される。そして、更には、結像手段（第３のレンズ）によって、光線進行方向変更手段から出射されたフーリエ変換像の共役像が結像面に結像され、最終的に観察者に到達する。そして、このような操作が、順次、時系列的に繰り返されることで、光線進行方向変更手段から出射された光線群を、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、生成・散布することができる結果、係る光線群により、従来には無い、画像（立体画像）を構成するための光線の方向成分を効率的に制御した光線再生法に基づき、画像表示装置全体を大型化することなく、実世界の物体に近い質感の画像（立体画像）を得ることができる。しかも、本発明の第９の態様～第１１の態様における画像表示装置にあっては、光線進行方向変更手段における光量の損失は無視できる程度に小さいので、最終的に観察者に到達する像のコントラストが低下することがなく、クリアーでぼけの無い画像（立体画像）を観察することができる。

【０１０４】

本発明の第１２の態様～第１３の態様における画像表示装置においては、光源の異なる光出射位置から順次出射され、入射方向が異なる光（照明光）に基づき、光変調手段（２次元画像形成装置）によって、２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数が各画素等から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、フーリエ変換像形成手段（第１のレンズ）によって空間周波数がフーリエ変換されて複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像（回折光）が生成され、結像され、最終的に観察者に到達する。この観察者に到達する画像には、光変調手段（２次元画像形成装置）への光（照明光）の入射方向の成分が含まれている。そして、このような操作が、順次、時系列的に繰り返されることで、フーリエ変換像形成手段（第１のレンズ）から出射された光線群（例えば、$ＬＥＰ_{Total}$本の光線）を、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、生成・散布することができる結果、係る光線群により、従来には無い、画像（立体画像）を構成するための光線の方向成分を効率的に制御した光線再生法に基づき、画像表示装置全体を大型化することなく、実世界の物体に近い質感の画像（立体画像）を得ることができる。しかも、本発明の第１２の態様～第１３の態様の画像表示装置において、例えば、０次の回折光に基づき画像（立体画像）を構成すれば、明るく、クリアーで、高品質の画像（立体画像）を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【０１０５】

以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。

【実施例１】

【０１０６】

実施例１は、本発明の第１の態様及び第２の態様に係る画像表示方法（より具体的には、３次元像の表示方法）に関し、更には、本発明の第１の態様及び第２の態様における画

像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）に関する。図１、図２及び図３に、単色表示の実施例１の画像表示装置の概念図を示す。尚、図１において、光軸をｚ軸とし、ｚ軸に直交する平面内での直交座標をｘ軸、ｙ軸とし、ｘ軸と平行な方向をＸ方向、ｙ軸と平行な方向をＹ方向とする。Ｘ方向を、例えば画像表示装置における水平方向とし、Ｙ方向を、例えば画像表示装置における垂直方向とする。ここで、図１は、ｙｚ平面における実施例１の画像表示装置の概念図である。ｘｚ平面における実施例１の画像表示装置の概念図も、実質的には図１と同様である。また、図２は、実施例１の画像表示装置を斜めから見たときの概念図であり、図３は、実施例１の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。尚、ｚ軸（光軸に相当する）は、各実施例の画像表示装置を構成する各構成要素の中心を通り、しかも、画像表示装置を構成する各構成要素と直交する。

【０１０７】

従来の光線再生法による立体画像の表示では、任意の位置に存在する仮想物体表面を仮想的な原点とした複数の光線を出射することを目的として、予め、様々な角度で出射する光線を提供できる装置を備えておく必要がある。即ち、例えば、図４９に示した装置にあっては、多数（例えば、Ｍ×Ｎ個）のプロジェクタ・ユニット３０１を水平方向及び垂直方向に並列的に配置しなければならない。

【０１０８】

一方、実施例１の画像表示装置１Ａにあっては、図１、図２及び図３に示した構成要素を備える画像表示装置単体で、従来の技術と比較して、空間的に密度が高く、且つ、大量の光線群を生成・形成することが可能である。実施例１の画像表示装置１Ａは、１つの画像表示装置で、図４９に示した多数（Ｍ×Ｎ個）のプロジェクタ・ユニット３０１を水平方向及び垂直方向に並列的に配置した装置と等価の機能を有する。尚、例えばマルチユニット方式を採用する場合には、図４８に示すように、分割された３次元画像の数だけ、実施例１の画像表示装置１Ａを備えればよい。図４８においては、実施例１の画像表示装置１Ａを、４×４＝１６、備えた装置を例示している。

【０１０９】

本発明の第１の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例１の画像表示装置１Ａは、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置１Ａである。そして、この光学系は、

（Ａ）複数の画素３１を有し、光源からの光を各画素３１によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射する光変調手段３０、

（Ｂ）光変調手段３０から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段４０、

（Ｃ）前記複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段５０、並びに、

（Ｄ）フーリエ変換像選択手段によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段６０、

を備えている。

【０１１０】

更には、共役像形成手段６０には、フーリエ変換像選択手段５０によって選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、光変調手段３０によって生成された２次元画像の実像を形成する逆フーリエ変換手段（具体的には、後述する第２のレンズ$Ｌ_2$）が備えられている。また、フーリエ変換像形成手段４０はレンズから成り、このレンズの前側焦点面に光変調手段３０が配置されており、このレンズの後側焦点面にフーリエ変換像選択手段５０が配置されている。フーリエ変換像選択手段５０は、複数の回折次数に対応する数の開閉制御可能な開口部５１を有する。

【０１１１】

ここで、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数と

した画像情報に相当する。

【０１１２】

また、本発明の第２の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例１の画像表示装置１Ａは、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列されたＰ×Ｑ個（但し、Ｐ及びＱは任意の正の整数である）の開口を有し、光源１０からの光の通過を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成する２次元画像形成装置３０、

（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置３０が配置されている第１のレンズ（より具体的には、実施例１にあっては凸レンズ）$Ｌ_1$、

（Ｃ）第１のレンズ$Ｌ_1$の後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部５１を有する空間フィルタＳＦ、

（Ｄ）その前側焦点面に空間フィルタＳＦが配置されている第２のレンズ（より具体的には、実施例１にあっては凸レンズ）$Ｌ_2$、並びに、

（Ｅ）第２のレンズ$Ｌ_2$の後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ（より具体的には、実施例１にあっては凸レンズ）$Ｌ_3$、

を備えている。

【０１１３】

ここで、実施例１あるいは後述する実施例２や実施例１１にあっては、Ｐ＝１０２４、Ｑ＝７６８であり、ｍ＝－５、ｍ’＝５、Ｍ＝ｍ’－ｍ＋１＝１１、ｎ＝－５、ｎ’＝５、Ｎ＝ｎ’－ｎ＋１＝１１である。但し、これらの値に限定するものではない。本発明の第１の態様における画像表示装置の構成要素と本発明の第２の態様あるいは第３の態様における画像表示装置の構成要素とを対比すると、光変調手段３０は２次元画像形成装置３０に対応し、フーリエ変換像形成手段４０は第１のレンズ$Ｌ_1$に対応し、フーリエ変換像選択手段５０は空間フィルタＳＦに対応し、逆フーリエ変換手段は第２のレンズ$Ｌ_1$に対応し、共役像形成手段６０は第２のレンズ$Ｌ_2$及び第３のレンズ$Ｌ_3$に対応している。それ故、便宜上、２次元画像形成装置３０、第１のレンズ$Ｌ_1$、空間フィルタＳＦ、第２のレンズ$Ｌ_1$、及び、第３のレンズ$Ｌ_3$という用語に基づき、以下、説明を行う。

【０１１４】

光源１０と２次元画像形成装置３０との間には、光源１０から出射された光を整形するための照明光学系２０が配置されている。そして、光源１０から出射され、照明光学系２０を通過した光（照明光）によって、２次元画像形成装置３０が照明される。照明光として、例えば、空間コヒーレンスの高い光源１０からの光を照明光学系２０によって平行光に整形された光を用いる。尚、照明光の特性、及び、係る照明光を得るための具体的な構成例に関しては、後述する。

【０１１５】

２次元画像形成装置３０は、２次元的に配列された複数の画素３１を有する２次元空間光変調器から成り、各画素３１は開口を備えている。具体的には、２次元画像形成装置３０あるいは２次元空間光変調器は、２次元的に配列された、即ち、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された、Ｐ×Ｑ個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成り、各画素３１には開口が備えられている。

【０１１６】

１つの画素３１は、透明第１電極と透明第２電極の重複領域であって液晶セルを含む領域から構成されている。そして、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって、即ち、各画素３１の光透過率を制御することによって、光源１０から出射された光の光透過率を制御し、全体として、２次元画像を得ることができる。透明第１電極と透明第２電極の重複領域には、矩形の開口が設けられており、係る開口

を光源１０から出射された光が通過するとフラウンホーファー回折が生じる結果、各画素３１において、Ｍ×Ｎ組＝１２１組の回折光が生成される。云い換えれば、画素３１の数はＰ×Ｑであるが故に、総計、（Ｐ×Ｑ×Ｍ×Ｎ）本の回折光が生じると考えることもできる。２次元画像形成装置３０においては、２次元画像における空間周波数が、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って２次元画像形成装置３０から出射される。尚、２次元画像における空間周波数によっても回折角は異なる。

【０１１７】

焦点距離f_1を有する第１のレンズL_1の前側焦点面（光源側の焦点面）には２次元画像形成装置３０が配置されており、第１のレンズL_1の後側焦点面（観察者側の焦点面）には空間フィルタＳＦが配置されている。第１のレンズL_1によって、複数の回折次数に対応する数であるＭ×Ｎ＝１２１個のフーリエ変換像が生成され、これらのフーリエ変換像は、空間フィルタＳＦ上に結像する。尚、図２においては、便宜上、６４個のフーリエ変換像を点状にて図示した。

【０１１８】

空間フィルタＳＦは、具体的には、フーリエ変換像を、空間的、且つ、時間的にフィルタリングするための時間的な開閉制御が可能な空間フィルタである。より具体的には、空間フィルタＳＦは、複数の回折次数に対応する数（具体的には、Ｍ×Ｎ＝１２１）の開閉制御可能な開口部５１を有する。そして、空間フィルタＳＦにおいては、２次元画像形成装置３０による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の１つの開口部５１を開状態とすることによって、所望の回折次数に対応する１つのフーリエ変換像を選択する。より具体的には、空間フィルタＳＦを、例えば、Ｍ×Ｎ個の画素を有する強誘電性液晶を用いた透過型の液晶表示装置又は反射型の液晶表示装置、あるいは、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された装置を含む２次元型のＭＥＭＳから構成することができる。尚、液晶表示装置から成る空間フィルタＳＦの模式的な正面図を図４に示す。図４中、数字（m_0，n_0）は、開口部５１の番号を示し、且つ、回折次数を示す。即ち、例えば、第（３，２）番目の開口部５１には、m_0＝３，n_0＝２の回折次数を有するフーリエ変換像が入射する。

【０１１９】

前述したとおり、共役像形成手段６０は、具体的には、第２のレンズL_2及び第３のレンズL_3から構成されている。そして、焦点距離f_2を有する第２のレンズL_2は、空間フィルタＳＦによってフィルタリングされたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の実像ＲＩを形成する。また、焦点距離f_3を有する第３のレンズL_3は、空間フィルタＳＦによってフィルタリングされたフーリエ変換像の共役像ＣＩを形成する。

【０１２０】

第２のレンズL_2は、その前側焦点面上に、空間フィルタＳＦが位置するように配置され、その後側焦点面に、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の実像ＲＩが形成されるように配置されている。ここで得られる実像ＲＩの２次元画像形成装置３０に対する倍率は、第２のレンズL_2の焦点距離f_2を任意に選択することによって変化させることができる。

【０１２１】

一方、第３のレンズL_3は、その前側焦点面が第２のレンズL_2の後側焦点面に一致するように配置され、その後側焦点面にフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるように配置されている。ここで、第３のレンズL_3の後側焦点面は空間フィルタＳＦの共役面であることから、空間フィルタＳＦ上の１つの開口部５１に相当する部分から、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像が出力されていることと等価となる。そして、最終的に生成・出力される光線の量は、画素数分（Ｐ×Ｑ）の光線に、光学系を透過した複数の回折次数（具体的にはＭ×Ｎ）を乗じた量で定義することができる。また、第３のレンズL_3の後側焦点面にはフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるが、第３のレンズL_3の後側焦点面においては、光線群が２次元的に整然と配置されているとみなせる。即ち、

全体としては、第３のレンズＬ$_3$の後側焦点面に、図４９に示したプロジェクタ・ユニット３０１が複数の回折次数分（具体的にはＭ×Ｎ個）、配置されている状態と等価である。

【０１２２】

図２及び図５に模式的に示すように、２次元画像形成装置３０における１つの画素３１によって、Ｘ方向に沿って第－５次から第＋５次までの１１組の、Ｙ方向に沿って第－５次から第＋５’次までの１１組の、合計、Ｍ×Ｎ組＝１２１組の回折光が生成される。尚、図５では、０次光（ｎ$_0$＝０）、±１次光（ｎ$_0$＝±１）、及び、±２次光（ｎ$_0$＝±２）の回折光のみを代表して図示しているが、実際には、更に高次の回折光が生成され、これらの回折光に基づき、最終的に立体画像が形成される。ここで、各回折次数の回折光（光束）には、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報（全ての画素の情報）が集約されている。２次元画像形成装置３０上の同一画素から回折によって生成される複数の光線群（１１×１１＝１２１の光線群）は、同時刻において、全て、同一の画像情報を有する。云い換えれば、Ｐ×Ｑ個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成る２次元画像形成装置３０においては、光源１０からの光が各画素３１によって変調されて２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数は、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射される。即ち、２次元画像のＭ×Ｎ個の一種のコピーが２次元画像形成装置３０から、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射される。

【０１２３】

そして、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報が集約された２次元画像における空間周波数は、第１のレンズＬ$_1$によってフーリエ変換され、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応する数のフーリエ変換像が生成され、係るフーリエ変換像は空間フィルタＳＦ上に結像される。第１のレンズＬ$_1$において、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射された２次元画像における空間周波数のフーリエ変換像が生成されるので、空間的に高い密度にてフーリエ変換像を得ることができる。

【０１２４】

ここで、光源１０から出射された光（照明光）の波長をλ（ｍｍ）、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数をν（ｌｐ／ｍｍ）、第１のレンズＬ$_1$の焦点距離をｆ$_1$（ｍｍ）とすると、第１のレンズＬ$_1$の後側焦点面では、光軸から距離Ｙ$_1$（ｍｍ）の位置に、空間周波数νを有する光（フーリエ変換像）が現れる。

【０１２５】

$$Y_1 = f_1 \cdot \lambda \cdot \nu \qquad (1)$$

【０１２６】

第１のレンズＬ$_1$における集光状態を、図６に模式的に示す。尚、図６中、「Ｙ$_0$」は、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像のｙ軸方向の長さを示し、「Ｙ$_1$」は、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像に基づく空間フィルタＳＦ上でのフーリエ変換像のｙ軸方向の間隔を示す。また、０次の回折光を実線で示し、第１次の回折光を点線で示し、第２次の回折光を一点鎖線で示す。各回折次数の回折光が、云い換えれば、回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像が、第１のレンズＬ$_1$によって空間フィルタＳＦ上の異なる開口部５１に集光される（図２も参照）。開口部５１の数は、先に説明したとおりＭ×Ｎ個＝１２１個である。空間フィルタＳＦへの集光角（空間フィルタＳＦから出射された後の発散角）θは、回折次数が同じフーリエ変換像（あるいは回折光）にあっては、Ｐ×Ｑ個の画素３１において同一である。空間フィルタＳＦ上において、隣接する回折次数のフーリエ変換像の間の間隔は、式（１）から求めることができる。式（１）から、第１のレンズＬ$_1$の焦点距離ｆ$_1$を任意に選択することによって、フーリエ変換像の位置（空間フィルタＳＦ上の結像位置）を変化させることが可能である。

【０１２７】

第１のレンズＬ$_1$において、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射された２次

元画像における空間周波数を透過させるためには、利用する回折次数に応じて第１のレンズ$Ｌ_1$の開口率ＮＡを選択する必要があり、焦点距離に拘わらず、第１のレンズ$Ｌ_1$以降の全てのレンズの開口率は、第１のレンズ$Ｌ_1$の開口率ＮＡ以上であることが要求される。

【０１２８】

開口部５１の大きさは、式（１）における$Ｙ_1$の値と同じ値とすればよい。一例として、照明光の波長λを５３２ｎｍ、第１のレンズ$Ｌ_1$の焦点距離$ｆ_1$を５０ｍｍ、２次元画像形成装置３０の１画素３１の大きさを１３μｍ～１４μｍ程度とすると、$Ｙ_1$の値は約２ｍｍとなる。これは、空間フィルタＳＦ上において、約２ｍｍ間隔という高い密度で各回折次数に対応したフーリエ変換像を得ることができることを意味する。云い換えれば、空間フィルタＳＦ上において、Ｘ方向、Ｙ方向のいずれの方向においても、約２ｍｍ間隔で、１１×１１＝１２１個のフーリエ変換像を得ることができる。

【０１２９】

ここで、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数νは、２次元画像がＰ×Ｑ個の画素３１から構成される２次元画像形成装置３０によって生成されているので、最高でも、２次元画像形成装置３０を構成する連続した２つの画素３１から成る周期を有する周波数である。

【０１３０】

図７の（Ａ）に、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数が最も低い状態にある２次元画像形成装置３０の模式的な正面図を示す。ここで、最も空間周波数が低い状態とは、全ての画素を、黒表示、又は、白表示にした場合であり、この場合の２次元画像における空間周波数は、平面波成分のみ（ＤＣ成分）を有する。尚、図７の（Ａ）では白表示とした場合を示す。この場合における、第１のレンズ$Ｌ_1$によって結像されたフーリエ変換像の光強度の周波数特性を模式的に図８の（Ａ）に示すが、フーリエ変換像の光強度のピークは周波数$ν_1$の間隔で現れる。

【０１３１】

一方、図７の（Ｂ）に、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数が最も高い状態にある２次元画像形成装置３０の模式的な正面図を示す。ここで、最も空間周波数が高い状態とは、全ての画素が、黒表示と白表示とを交互に表示する場合である。この場合における、第１のレンズ$Ｌ_1$によって結像されたフーリエ変換像の光強度の周波数特性を模式的に図８の（Ｂ）に示すが、フーリエ変換像の光強度のピークは周波数$ν_2$（$＝ν_1／２$）の間隔で現れる。図９の（Ａ）に、空間フィルタＳＦ上（ｘｙ平面上）におけるフーリエ変換像の分布を模式的に示し、図９の（Ｂ）及び（Ｃ）に、図９の（Ａ）のｘ軸（点線で表す）上におけるフーリエ変換像の光強度分布を模式的に示す。尚、図９の（Ｂ）は最低空間周波数成分（平面波成分）を示し、図９の（Ｃ）は最高空間周波数成分を示す。

【０１３２】

尚、図７の（Ａ）、（Ｂ）に示した空間周波数が最も低い状態、空間周波数が最も高い状態、図８の（Ａ）、（Ｂ）に示したフーリエ変換像の光強度の周波数特性、図９の（Ａ）、（Ｂ）、（Ｃ）に示した空間フィルタＳＦ上におけるフーリエ変換像の分布、フーリエ変換像の光強度分布に関する議論は、後述する他の実施例２にも適用することができる。

【０１３３】

空間フィルタＳＦにおける開口部５１の平面形状は、フーリエ変換像の形状に基づき決定すればよい。更には、フーリエ変換像の平面波成分のピーク位置が中心となるように、各々の回折次数に対して開口部５１を設ければよい。これによって、各開口部５１の中心位置５２に、フーリエ変換像の光強度のピークが位置する。即ち、２次元画像における空間周波数が最低空間周波数成分（平面波成分）の場合におけるフーリエ変換像の周期的なパターンを中心として、２次元画像における正負の最高空間周波数を全て通過させ得るような開口部５１とすればよい。

【０１３４】

ところで、最も空間周波数が高い状態とは、図７の（Ｂ）に示したように、全ての画素が、黒表示と白表示とを交互に表示する場合である。また、２次元画像形成装置３０における画素構造の空間周波数と、２次元画像における空間周波数との関係は、以下のとおりである。即ち、開口が画素の全てを占めていると仮定したとき、２次元画像における最高空間周波数は、画素構造の空間周波数の（１／２）である。また、開口が画素の或る割合（１未満）を占めている場合には、２次元画像における最高空間周波数は、画素構造の空間周波数の（１／２）を下回る。それ故、空間フィルタＳＦにおいて現れる画素構造に起因した周期的なパターンの間隔の半分の位置までに、２次元画像における空間周波数は全て出現する。このことから、全ての開口部５１を、空間的に相互に干渉することなく配置することができる。即ち、例えば、第（３，２）番目の開口部５１には、$m_0=3$，$n_0=2$の回折次数を有するフーリエ変換像が入射する一方、$m_0=3$，$n_0=2$の回折次数を有するフーリエ変換像は、他の開口部５１には入射しない。これにより、フーリエ変換像毎に独立した開口部５１を有する空間フィルタＳＦ上において、１つの開口部５１に位置するフーリエ変換像内に、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数が存在する一方、開口部５１の空間的な制限によって２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数が欠落することはない。尚、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とみなすことができ、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する。

【０１３５】

そして、空間フィルタＳＦにおいては、Ｍ×Ｎ個のフーリエ変換像のそれぞれの通過／不通過を制御するために、開口部５１の開閉制御が行われる。空間フィルタＳＦを、例えば液晶表示装置から構成すれば、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって開口部５１の開閉制御を行うことができる。

【０１３６】

尚、回折次数に依存して、得られる画像の明るさが相違する場合には、最も暗い画像を基準として、明るい画像を減光する減光フィルタを、第３のレンズL_3（あるいは、最も後方に位置するレンズ）の後側焦点面に配置すればよい。後述する他の実施例においても同様である。

【０１３７】

また、空間フィルタＳＦに設けられた開口部５１の開閉制御を、全ての開口部５１に対して行わなくともよい。即ち、例えば、１つおきに開口部５１の開閉制御を行ってもよいし、所望の位置に位置する開口部５１だけの開閉制御を行ってもよい。後述する他の実施例においても同様である。

【０１３８】

空間フィルタＳＦにおける開口部５１の開閉制御のタイミングについては、後述する。また、光源及び照明光学系の構成例も、後述する。

【０１３９】

実施例１、あるいは、後述する実施例２～実施例１１の画像表示装置にあっては、光変調手段や２次元画像形成装置の動作の制御は、図示しないパーソナルコンピュータによって行われる。即ち、パーソナルコンピュータに備えられた記録手段（例えば、ハードディスク）に、画像表示装置を構成する光学系によって生じる収差（例えば、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲といった所謂ザイデルの５収差）を補正した２次元画像データを記録しておく。あるいは又、例えば、（ｍ，ｎ）の値、（Ｐ，Ｑ）の値、（Ｍ，Ｎ）の値、（S_0，T_0）の値、（U_0，V_0）の値をパラメータとした、画像表示装置を構成する光学系によって生じる収差を補正するための演算子をパーソナルコンピュータに備えられた記録手段に記録しておく。

【０１４０】

収差補正前の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）［ビデオ信号に相当する］に基づき理想的に再生された収差が無い３次元像（立体画像）を「Ａ」、実際に、２次元画像データＤａｔａ（Ａ）に基づき再生されたときの３次元像（立体画像）を「ａ」（各種の収差が含

まれている）とする。２次元画像データＤａｔａ（Ａ）として、限定するものではないが、例えば、テストパターンを挙げることができる。このとき、実際に再生されたときの３次元像（立体画像）が「Ａ」となるように、元の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）を、例えば、シミュレーションに基づき補正し、あるいは又、試行錯誤で補正する。即ち、例えば、テストパターンが所定の画像となるように、元の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）を補正する。より具体的には、例えば、テストパターンの画像を２次元画像形成装置３０から出射する。そして、最も収差の少ない画像である第（０，０）番目の開口部５１を開口して得られた再生３次元像（立体画像）と、所定の第（ｍ，ｎ）番目の開口部５１を開口して得られた再生３次元像（立体画像）とを画像処理することで比較し、これらの２つの再生３次元像に差が生じないように、あるいは又、差が少なくなるように、テストパターンのデータを、例えば、作業者が補正するといった作業を繰り返し行うことで、例えば、（ｍ，ｎ）の値、（Ｐ，Ｑ）の値、（Ｍ，Ｎ）の値、（S_0，T_0）の値、（U_0，V_0）の値をパラメータとした一種の演算子を得ることができる。こうして、実際に再生されたときの３次元像（立体画像）が「Ａ」となるように、元の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）を最終的に補正して得られた２次元画像データをＤａｔａ（Ａ’）としたとき、例えば、（ｍ，ｎ）の値、（Ｐ，Ｑ）の値、（Ｍ，Ｎ）の値、（S_0，T_0）の値、（U_0，V_0）の値等が決まれば、元の収差補正前の２次元画像データＤａｔａ（Ａ）と最終的に収差補正された２次元画像データＤａｔａ（Ａ’）との間の一定の関係（一種の演算子）を得ることができる。云い換えれば、係る一定の関係（演算子）を求め、決定する。そして、元の収差補正前の２次元画像データ（ビデオ信号に相当する）を係る関係に基づき収差補正した２次元画像データ（即ち、画像表示装置を構成する光学系によって生じる収差を補正した２次元画像データ）を記録手段に記録しておき、この収差補正後の２次元画像データによって３次元像（立体画像）を再生する。あるいは又、画像表示装置に外部から送られてくる２次元画像データＤａｔａ（Ａ）［ビデオ信号に相当する］に対して、リアルタイムで係る演算子に基づき収差補正を施し、収差補正された２次元画像データＤａｔａ（Ａ’）に基づき、画像表示装置において３次元像（立体画像）を再生する。こうして、画像表示装置を構成する光学系（例えば、照明光学系２０、光変調手段（２次元画像形成装置）３０、フーリエ変換像形成手段４０、フーリエ変換像選択手段５０、共役像形成手段６０）によって生じる収差を予め補正した２次元画像データに基づき、光変調手段（２次元画像形成装置）３０において２次元画像を生成するので、収差の無い、あるいは、収差の少ない３次元画像（立体画像）を表示することができる。また、画像表示装置を、例えば、フィールド・シーケンシャル駆動すれば、ザイデルの５収差の補正のみならず、色収差の補正も行うことができる。

【０１４１】

以上に説明したように、実施例１の画像表示装置１Ａによれば、光変調手段（２次元画像形成装置）３０によって生成された２次元画像における空間周波数が、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、フーリエ変換像形成手段４０（第１のレンズL_1）によってフーリエ変換されることで得られたフーリエ変換像は、フーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）によって、空間的、且つ、時間的にフィルタリングされ、そのフィルタリングされたフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成される構成を有するので、画像表示装置全体を大型化することなく、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、光線群を生成・散布することができる。また、光線群の構成要素である個々の光線を、独立して、時間的及び空間的に制御することができる。これにより、実世界の物体と同質に近い光線による立体画像を得ることができる。

【０１４２】

また、実施例１の画像表示装置１Ａによれば、光線再生法を利用しているので、焦点調節、輻輳、運動視差などの視覚機能を満足した立体画像を提供することが可能である。更には、実施例１の画像表示装置１Ａによれば、高次回折光を効率的に利用しているので、従来の画像出力手法と比較して、１つの画像出力デバイス（２次元画像形成装置３０）によって制御可能な光線（２次元画像の一種のコピー）を、複数の回折次数分だけ（即ち、

Ｍ×Ｎ個）、得ることができる。しかも、実施例１の画像表示装置１Ａによれば、空間的、且つ、時間的にフィルタリングを行うので、画像表示装置の時間的特性を、画像表示装置の空間的特性に変換することができる。また、拡散スクリーン等を用いること無く、立体画像を得ることができる。更には、どのような方向からの観察に対しても適切な立体画像を提供することができる。また、空間的に高い密度で光線群を生成・散布することができるので、視認限界に近い精細な空間画像を提供することができる。

【０１４３】

尚、後述する実施例２～実施例１１における画像表示方法それ自体は、実質的に、実施例１にて説明した画像表示方法と同じであるので、詳細な説明は省略し、以下、専ら、本発明の各態様における画像表示装置の説明を行う。

【実施例２】

【０１４４】

実施例２は、本発明の第１の態様及び第３の態様に係る画像表示方法（より具体的には、３次元像の表示方法）に関し、更には、本発明の第１の態様及び第３の態様における画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）に関する。実施例２の画像表示装置の概念図を図１０に示す。

【０１４５】

実施例２における光変調手段１３０は、実施例１における液晶表示装置とは異なり、Ｐ個（例えば、１９２０個）に区画された１次元画像を生成する１次元空間光変調器（具体的には、回折格子－光変調装置２０１）；１次元空間光変調器（回折格子－光変調装置２０１）によって生成され、Ｐ個に区画された１次元画像を２次元的に展開して（走査して）、Ｐ×Ｑ個に区画された２次元画像を形成する走査光学系（具体的には、スキャンミラー２０５）；及び、２次元画像の生成面に配置され、生成した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数（具体的には、総数Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射する格子フィルタ（回折格子フィルタ）１３２を備えている。ここで、走査光学系（スキャンミラー２０５）によって形成され、Ｐ×Ｑ個に区画された２次元画像の区画毎に、格子フィルタ１３２によってＭ×Ｎ組の回折光が生成される。尚、格子フィルタ１３２は、振幅格子から構成されていてもよいし、位相格子から構成されていてもよい。尚、後述する実施例４、実施例６、実施例８においても、光変調手段１３０の構成、構造は、同様とすることができる。

【０１４６】

あるいは又、本発明の第３の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例２の画像表示装置は、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）Ｘ方向に沿ってＰ個の画素を有し、１次元画像を生成する１次元空間光変調器（具体的には、回折格子－光変調装置２０１）；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系（具体的には、スキャンミラー２０５）；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）回折光を生成する回折光生成手段（具体的には、格子フィルタ１３２）から成る２次元画像形成装置１３０、

（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段が配置されている第１のレンズ（具体的には、実施例２にあっては凸レンズ）$Ｌ_1$、

（Ｃ）第１のレンズ$Ｌ_1$の後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個（但し、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部５１を有する空間フィルタＳＦ、

（Ｄ）その前側焦点面に空間フィルタＳＦが配置されている第２のレンズ（具体的には、実施例２にあっては凸レンズ）$Ｌ_2$、並びに、

（Ｆ）第２のレンズ$Ｌ_2$の後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ（具体的には、実施例２にあっては凸レンズ）$Ｌ_3$、

を備えている。

【０１４７】
ここで、１次元画像はＸ方向に延びているとする。また、走査方向はＹ方向であり、２次元画像はＸ方向及びＹ方向に沿って生成されているとする。但し、代替的に、Ｘ方向とＹ方向とを交換してもよい。尚、後述する実施例４、実施例６、実施例８においても同様である。また、図１０、あるいは、後述する図１６、図２２、図２６においては、照明光学系２０の図示を省略している。
【０１４８】
回折格子－光変調装置を含む光変調手段（２次元画像形成装置）１３０の概念図を図１１に示す。即ち、実施例２の光変調手段１３０は、レーザを出射する光源１０、この光源１０から出射された光を集光する集光レンズ（図示せず）、集光レンズを通過した光が入射する回折格子－光変調装置２０１、回折格子－光変調装置２０１から出射された光が通過するレンズ２０３及び空間フィルタ２０４、空間フィルタ２０４を通過した１本の光束を結像させる結像レンズ（図示せず）、結像レンズを通過した１本の光束を走査するスキャンミラー２０５から構成されている。
【０１４９】
１次元空間光変調器（１次元画像形成装置，回折格子－光変調装置２０１）は、光源１０からの光を回折することによって１次元画像を生成する。より具体的には、回折格子－光変調装置２０１は、回折格子－光変調素子（ＧＬＶ）２１０が一次元的にアレイ状に配列されて成る。回折格子－光変調素子２１０は、マイクロマシン製造技術を応用して製造され、反射型の回折格子から構成されており、光スイッチング作用を有し、光のオン／オフ制御を電気的に制御することで画像を表示する。そして、光変調手段（２次元画像形成装置）１３０にあっては、回折格子－光変調素子２１０のそれぞれから出射された光を、ガルバノミラーやポリゴンミラーから成るスキャンミラー２０５で走査して２次元画像を得る。従って、Ｐ×Ｑ（例えば１９２０×１０８０）の画素（ピクセル）から構成された２次元画像を表示するために、Ｐ個（＝１９２０個）の回折格子－光変調素子２１０から回折格子－光変調装置２０１を構成すればよい。
【０１５０】
スキャンミラー２０５で走査して得られた２次元画像に基づき、回折光を生成させる必要がある。そのために、振幅型若しくは位相型のフィルタを２次元展開された面に配置することで、回折光を生成させる。具体的には、スキャンミラー２０５で走査して得られた２次元画像は、走査用レンズ系１３１を通過し、２次元画像の生成面に配置された格子フィルタ（回折格子フィルタ）１３２に入射し、格子フィルタ１３２において、Ｐ×Ｑ個に区画された２次元画像の区画毎に、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。即ち、格子フィルタ１３２からは、生成した２次元画像における空間周波数が、格子フィルタ１３２の各区画（画素に相当する）から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射される。格子フィルタ１３２は、焦点距離f_1を有する第１のレンズL_1の前側焦点面上に配置されている。
【０１５１】
１次元空間光変調器（１次元画像形成装置）を用いる場合、生成される画像が１次元であることから、回折も１次元空間において起こる。従って、得られる回折光をＹ方向に拡散させることを目的とした光学系が必要となる。実施例２の画像表示装置にあっては、第３のレンズL_3（共役像形成手段６０）よりも下流（観察者側）に、１次元方向に生じている回折光を２次元方向に拡散させる異方性の光拡散を生じさせる部材（異方性拡散フィルタ、異方性拡散フィルムあるいは異方性拡散シートとも呼ばれる）１３３が配置されている。
【０１５２】
以上の点を除き、実施例２の画像表示装置の構成、構造は、実施例１において説明した画像表示装置の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。回折格子－光変調素子２１０の構成、構造については後述する。
【実施例３】

【０１５３】
実施例３は、本発明の第４の態様及び第５の態様に係る画像表示方法（より具体的には、３次元像の表示方法）に関し、更には、本発明の第４の態様及び第５の態様における画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）に関する。図１２、図１３及び図１４に、単色表示の実施例３の画像表示装置の概念図を示す。尚、図１２において、光軸をｚ軸とし、ｚ軸に直交する平面内での直交座標をｘ軸、ｙ軸とし、ｘ軸と平行な方向をＸ方向、ｙ軸と平行な方向をＹ方向とする。Ｘ方向を、例えば画像表示装置における水平方向とし、Ｙ方向を、例えば画像表示装置における垂直方向とする。ここで、図１２は、ｙｚ平面における実施例３の画像表示装置の概念図である。ｘｚ平面における実施例３の画像表示装置の概念図も、実質的には図１２と同様である。また、図１３は、実施例３の画像表示装置を斜めから見たときの概念図であり、図１４は、実施例３の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。

【０１５４】
実施例３の画像表示装置１Ｂにあっても、図１２、図１３及び図１４に示した構成要素を備える画像表示装置単体で、従来の技術と比較して、空間的に密度が高く、且つ、大量の光線群を生成・形成することが可能である。実施例３の画像表示装置１Ｂは、１つの画像表示装置で、図４９に示した多数（Ｍ×Ｎ個）のプロジェクタ・ユニット３０１を水平方向及び垂直方向に並列的に配置した装置と等価の機能を有する。尚、例えばマルチユニット方式を採用する場合には、図４８に示すように、分割された３次元画像の数だけ、実施例３の画像表示装置１Ｂを備えればよい。図４８においては、実施例３の画像表示装置１Ｂを、４×４＝１６、備えた装置を例示している。

【０１５５】
本発明の第４の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例３の画像表示装置１Ｂは、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）複数の画素３１を有し、光源１０からの光を各画素３１によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素３１から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段３０、

（Ｂ）光変調手段３０から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各画素３１から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成し、これらのフーリエ変換像の内の所定のフーリエ変換像（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみを選択し、更には、この選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換して、光変調手段３０によって生成された２次元画像の共役像（２次元画像の実像）を形成する画像制限・生成手段３２、

（Ｃ）複数の開口領域３４を有し、２次元画像の共役像における空間周波数を、各開口領域３４から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射するオーバーサンプリングフィルタ（回折光生成部材）ＯＳＦ、

（Ｄ）オーバーサンプリングフィルタＯＳＦから出射された２次元画像の共役像における空間周波数をフーリエ変換して、各開口領域３４から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段４０、

（Ｅ）各開口領域３４から生じる複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段５０、並びに、

（Ｆ）フーリエ変換像選択手段５０によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段６０、

を備えている。

【０１５６】
更には、共役像形成手段６０には、フーリエ変換像選択手段５０によって選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、画像制限・生成手段３２によって生成された２次元画像の共役像（以下、単に、「２次元画像の共役像」と呼ぶ場合がある）を形

成する逆フーリエ変換手段（具体的には、後述する第４のレンズL_4）が備えられている。また、フーリエ変換像形成手段４０はレンズから成り、このレンズの前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタＯＳＦが配置されており、このレンズの後側焦点面にフーリエ変換像選択手段５０が配置されている。フーリエ変換像選択手段５０は、各開口領域３４から生じる複数の回折次数に対応する数の開閉制御可能な開口部５１を有する。

【０１５７】

ここで、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する。また、２次元画像の共役像における空間周波数は、２次元画像における空間周波数から画素構造の空間周波数が除去された空間周波数である。

【０１５８】

また、本発明の第５の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例３の画像表示装置１Ｂは、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口（個数：Ｐ×Ｑ）を有し、光源１０からの光の通過、反射、あるいは回折を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数の回折光を生成する２次元画像形成装置３０、

（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置３０が配置されている第１のレンズL_1、

（Ｃ）第１のレンズL_1の後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみを通過させる散乱回折制限開口部３３、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部３３が配置されている第２のレンズL_2、

（Ｅ）第２のレンズL_2の後側焦点面に配置され、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された$P_{OSF}\times Q_{OSF}$個（但し、P_{OSF}及びQ_{OSF}は任意の正の整数）の開口領域３４を有し、第２のレンズL_2によって生成された２次元画像の共役像に基づき、開口領域３４毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成するオーバーサンプリングフィルタ（回折光生成部材）ＯＳＦ、

（Ｆ）その前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタＯＳＦが配置されている第３のレンズL_3、

（Ｇ）第３のレンズL_3の後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部５１を有する空間フィルタＳＦ、

（Ｈ）その前側焦点面に空間フィルタＳＦが配置されている第４のレンズL_4、並びに、

（Ｉ）第４のレンズL_4の後側焦点に、その前側焦点が位置している第５のレンズL_5、

を備えている。

【０１５９】

尚、実施例３にあっては、第１のレンズL_1、第２のレンズL_2、第３のレンズL_3、第４のレンズL_4及び第５のレンズL_5は、具体的には、凸レンズから構成されている。また、画像制限・生成手段３２は、２枚のレンズ（第１のレンズL_1及び第２のレンズL_2）、及び、これらの２枚のレンズ（第１のレンズL_1及び第２のレンズL_2）の間に配置され、所定のフーリエ変換像（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみを通過させる散乱回折制限開口部３３から構成されている。更には、オーバーサンプリングフィルタ（回折光生成部材）ＯＳＦは格子フィルタ（回折格子フィルタ）から成り、より具体的には、平板ガラスに$P_{OSF}\times Q_{OSF}$個の凹部（開口領域に相当し、平面形状は矩形である）が２次元マトリクス状に形成された構造を有する。即ち、オーバーサンプリングフィルタ（回折光生成部材）ＯＳＦは、位相格子から構成されている。後述する実施例４や実施例１１にあっても同様である。

【０１６０】

ここで、実施例３あるいは後述する実施例４や実施例１１にあっては、P_{OSF}＝２０４８、Q_{OSF}＝１５３６であり、Ｐ＝１０２４、Ｑ＝７６８であり、ｍ＝－５、ｍ’＝５、Ｍ＝ｍ’－ｍ＋１＝１１、ｎ＝－５、ｎ’＝５、Ｎ＝ｎ’－ｎ＋１＝１１である。但し、これらの値に限定するものではない。本発明の第４の態様における画像表示装置の構成要素と本発明の第５の態様あるいは第６の態様における画像表示装置の構成要素とを対比すると、光変調手段３０は２次元画像形成装置３０に対応し、画像制限・生成手段３２は、第１のレンズ$Ｌ_1$、散乱回折制限開口部３３及び第２のレンズ$Ｌ_2$に対応し、フーリエ変換像形成手段４０は第３のレンズ$Ｌ_3$に対応し、フーリエ変換像選択手段５０は空間フィルタＳＦに対応し、逆フーリエ変換手段は第４のレンズ$Ｌ_4$に対応し、共役像形成手段６０は第４のレンズ$Ｌ_4$及び第５のレンズ$Ｌ_5$に対応している。それ故、便宜上、２次元画像形成装置３０、第１のレンズ$Ｌ_1$、散乱回折制限開口部３３、第２のレンズ$Ｌ_2$、第３のレンズ$Ｌ_3$、空間フィルタＳＦ、第４のレンズ$Ｌ_4$、及び、第５のレンズ$Ｌ_5$という用語に基づき、以下、説明を行う。

【０１６１】

実施例１と同様に、光源１０と２次元画像形成装置３０との間には、光源１０から出射された光を整形するための照明光学系２０が配置されている。そして、光源１０から出射され、照明光学系２０を通過した光（照明光）によって、２次元画像形成装置３０が照明される。照明光学系２０に関しては後述する。

【０１６２】

２次元画像形成装置３０は、２次元的に配列された複数の画素３１を有する２次元空間光変調器から成り、各画素３１は開口を備えている。具体的には、２次元画像形成装置３０あるいは２次元空間光変調器は、２次元的に配列された、即ち、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された、Ｐ×Ｑ個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成り、各画素３１には開口が備えられている。

【０１６３】

１つの画素３１は、実施例１と同様に、透明第１電極と透明第２電極の重複領域であって液晶セルを含む領域から構成されている。そして、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって、即ち、各画素３１の光透過率を制御することによって、光源１０から出射された光の光透過率を制御し、全体として、２次元画像を得ることができる。透明第１電極と透明第２電極の重複領域には、矩形の開口が設けられており、係る開口を光源１０から出射された光が通過するとフラウンホーファー回折が生じる結果、各画素３１において、$Ｍ_0×Ｎ_0$の回折光が生成される。云い換えれば、画素３１の数はＰ×Ｑであるが故に、総計、（Ｐ×Ｑ×$Ｍ_0×Ｎ_0$）本の回折光が生じると考えることもできる。２次元画像形成装置３０においては、２次元画像における空間周波数が、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計$Ｍ_0×Ｎ_0$）に対応した回折角に沿って２次元画像形成装置３０から出射される。尚、２次元画像における空間周波数によっても回折角は異なる。

【０１６４】

焦点距離$ｆ_1$を有する第１のレンズ$Ｌ_1$の前側焦点面（光源側の焦点面）には２次元画像形成装置３０が配置されており、第１のレンズ$Ｌ_1$の後側焦点面（観察者側の焦点面）には散乱回折制限開口部３３が配置されている。第１のレンズ$Ｌ_1$によって、複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成され、これらのフーリエ変換像は、散乱回折制限開口部３３が位置する平面内に結像する。そして、所定回折次数の回折光（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみが散乱回折制限開口部３３を通過する。また、焦点距離$ｆ_2$を有する第２のレンズ$Ｌ_2$の前側焦点面には散乱回折制限開口部３３が配置されており、第２のレンズ$Ｌ_2$の後側焦点面にはオーバーサンプリングフィルタＯＳＦが配置されている。更には、焦点距離$ｆ_3$を有する第３のレンズ$Ｌ_3$の前側焦点面にはオーバーサンプリングフィルタＯＳＦが配置されており、第３のレンズ$Ｌ_3$の後側焦点面には空間フィルタＳＦが配置されている。第３のレンズ$Ｌ_3$によって、各開口領域３４から生じる複数の回折次数に対応する数であるＭ×Ｎ＝１２１

個のフーリエ変換像が生成され、これらのフーリエ変換像は、空間フィルタＳＦ上に結像する。尚、図１３においては、便宜上、６４個のフーリエ変換像を点状にて図示した。

【０１６５】

空間フィルタＳＦは、具体的には、フーリエ変換像を、空間的、且つ、時間的にフィルタリングするための時間的な開閉制御が可能な空間フィルタである。より具体的には、空間フィルタＳＦは、各開口領域３４から生じる複数の回折次数に対応する数（具体的には、Ｍ×Ｎ＝１２１）の開閉制御可能な開口部５１を有する。そして、空間フィルタＳＦにおいては、２次元画像形成装置３０による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の１つの開口部５１を開状態とすることによって、所望の回折次数に対応する１つのフーリエ変換像を選択する。より具体的には、空間フィルタＳＦを、例えば、Ｍ×Ｎ個の画素を有する強誘電性液晶を用いた透過型の液晶表示装置又は反射型の液晶表示装置、あるいは、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された装置を含む２次元型のＭＥＭＳから構成することができる。尚、液晶表示装置から成る空間フィルタＳＦの模式的な正面図は、図４に示したと同様である。

【０１６６】

前述したとおり、共役像形成手段６０は、具体的には、第４のレンズL_4及び第５のレンズL_5から構成されている。そして、焦点距離f_4を有する第４のレンズL_4は、空間フィルタＳＦによってフィルタリングされたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、第２のレンズL_2によって生成された２次元画像の共役像の実像ＲＩを形成する。また、焦点距離f_5を有する第５のレンズL_5は、空間フィルタＳＦによってフィルタリングされたフーリエ変換像の共役像ＣＩを形成する。

【０１６７】

第４のレンズL_4は、その前側焦点面上に、空間フィルタＳＦが位置するように配置され、その後側焦点面に、第２のレンズL_2によって生成された２次元画像の共役像の実像ＲＩが形成されるように配置されている。ここで得られる実像ＲＩの第２のレンズL_2によって形成された実像に対する倍率は、第４のレンズL_4の焦点距離f_4を任意に選択することによって変化させることができる。

【０１６８】

一方、第５のレンズL_5は、その前側焦点面が第４のレンズL_4の後側焦点面に一致するように配置され、その後側焦点面にフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるように配置されている。ここで、第５のレンズL_5の後側焦点面は空間フィルタＳＦの共役面であることから、空間フィルタＳＦ上の１つの開口部５１に相当する部分から、２次元画像の共役像が出力されていることと等価となる。そして、最終的に生成・出力される光線の量は、画素数分（Ｐ×Ｑ）であって、散乱回折制限開口部３３を通過した光線に、光学系を透過した複数の回折次数（具体的にはＭ×Ｎ）を乗じた量で定義することができる。また、第５のレンズL_5の後側焦点面にはフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるが、第５のレンズL_5の後側焦点面においては、光線群が２次元的に整然と配置されているとみなせる。即ち、全体としては、第５のレンズL_5の後側焦点面に、図４９に示したプロジェクタ・ユニット３０１が複数の回折次数分（具体的にはＭ×Ｎ個）、配置されている状態と等価である。

【０１６９】

図５に模式的に示したと同様に、２次元画像形成装置３０における１つの画素３１によって、Ｘ方向及びＹ方向に沿って、合計、$M_0 \times N_0$組の回折光が生成される。尚、図５では、０次光（$n_0 = 0$）、±１次光（$n_0 = \pm 1$）、及び、±２次光（$n_0 = \pm 2$）の回折光のみを代表して図示したが、実際には、更に高次の回折光が生成され、これらの回折光の一部に基づき、最終的に立体画像が形成される。ここで、各回折次数の回折光（光束）には、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報（全ての画素の情報）が集約されている。２次元画像形成装置３０上の同一画素から回折によって生成される複数の光線群は、同時刻において、全て、同一の画像情報を有する。云い換えれば、Ｐ×Ｑ個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成る２次元画像形成装置３０に

おいては、光源１０からの光が各画素３１によって変調されて２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数は、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計$M_0 \times N_0$）に対応した回折角に沿って出射される。即ち、２次元画像の$M_0 \times N_0$個の一種のコピーが２次元画像形成装置３０から、複数の回折次数（総計$M_0 \times N_0$）に対応した回折角に沿って出射される。

【０１７０】

そして、２次元画像形成装置３０から出射された２次元画像における空間周波数は、第１のレンズL_1によってフーリエ変換され、各画素３１から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成される。そして、これらのフーリエ変換像の内、所定のフーリエ変換像（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみが散乱回折制限開口部３３を通過し、更には、この選択されたフーリエ変換像が第２のレンズL_2によって逆フーリエ変換され、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の共役像が形成され、この２次元画像の共役像は、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦ上に結像する。尚、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当するが、０次の平面波を搬送波とする画像情報の領域のみ（即ち、画素構造の空間周波数の最大１／２の空間周波数まで）が、云い換えれば、平面波成分の０次回折をキャリア周波数とする１次回折として得られるものであって、光変調手段の画素構造（開口構造）の空間周波数の半分以下の空間周波数が、散乱回折制限開口部３３を通過する。こうして、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦ上に結像された２次元画像の共役像にあっては、２次元画像形成装置３０の画素構造は含まれず、一方、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数の全てが含まれている。

【０１７１】

２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報が集約された２次元画像の共役像における空間周波数は、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦにおける各開口領域３４から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、第３のレンズL_3によってフーリエ変換され、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応する数のフーリエ変換像が生成され、係るフーリエ変換像は空間フィルタＳＦ上に結像される。第３のレンズL_3において、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射された２次元画像の共役像における空間周波数のフーリエ変換像が生成されるので、空間的に高い密度にてフーリエ変換像を得ることができる。

【０１７２】

ここで、光源１０から出射された光（照明光）の波長をλ（ｍｍ）、第２のレンズL_2によって生成された２次元画像の共役像における空間周波数をν（１ｐ／ｍｍ）、第３のレンズL_3の焦点距離をf_3（ｍｍ）とすると、第３のレンズL_3の後側焦点面では、以下の式（１）で表される光軸から距離Y_1（ｍｍ）の位置に、空間周波数νを有する光（フーリエ変換像）が現れる。

【０１７３】

第３のレンズL_3における集光状態を、図１５に模式的に示す。尚、図１５中、「Y_0」は、第２のレンズL_2によって生成された２次元画像の共役像のｙ軸方向の長さを示し、「Y_1」は、第２のレンズL_2によって生成された２次元画像の共役像に基づく空間フィルタＳＦ上でのフーリエ変換像のｙ軸方向の間隔を示す。また、０次の回折光を実線で示し、第１次の回折光を点線で示し、第２次の回折光を一点鎖線で示す。各回折次数の回折光が、云い換えれば、回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像が、第３のレンズL_3によって空間フィルタＳＦ上の異なる開口部５１に集光される（図１３も参照）。開口部５１の数は、先に説明したとおりＭ×Ｎ個＝１２１個である。空間フィルタＳＦへの集光角（空間フィルタＳＦから出射された後の発散角であり、視野角でもある）θは、回折次数が同じフーリエ変換像（あるいは回折光）にあっては、$P_{OSF} \times Q_{OSF}$個の開口領域３４において同一であり、以下の式（２）から求めることができる。空間フィルタＳＦ上において、隣接する回折次数のフーリエ変換像の間の間隔は、式（１）から求めること

ができる。式（１）から、第３のレンズ$Ｌ_3$の焦点距離$ｆ_3$を任意に選択することによって、フーリエ変換像の位置（空間フィルタＳＦ上の結像位置）を変化させることが可能である。尚、式（２）中、「ｗ」は、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦに投影された２次元画像の共役像のＹ方向の長さであり、第２のレンズ$Ｌ_2$の焦点距離$ｆ_2$を任意に選択することによって変化させることができる。

【０１７４】

$Y_1 = f_3 \cdot \lambda \cdot \nu$　　（１）

$\theta = 2 \times \arctan(w / 2f_3)$　　（２）

【０１７５】

第３のレンズ$Ｌ_3$において、各開口領域３４から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射された２次元画像の共役像における空間周波数を透過させるためには、利用する回折次数に応じて第３のレンズ$Ｌ_3$の開口率ＮＡを選択する必要があり、焦点距離に拘わらず、第３のレンズ$Ｌ_3$以降の全てのレンズの開口率は、第３のレンズ$Ｌ_3$の開口率ＮＡ以上であることが要求される。

【０１７６】

開口部５１の大きさは、式（１）における$Ｙ_1$の値と同じ値とすればよい。一例として、照明光の波長λを５３２ｎｍ、第３のレンズ$Ｌ_3$の焦点距離$ｆ_3$を５０ｍｍ、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦにおける開口領域３４の大きさを１３μｍ～１４μｍ程度とすると、$Ｙ_1$の値は約２ｍｍとなる。これは、空間フィルタＳＦ上において、約２ｍｍ間隔という高い密度で各回折次数に対応したフーリエ変換像を得ることができることを意味する。云い換えれば、空間フィルタＳＦ上において、Ｘ方向、Ｙ方向のいずれの方向においても、約２ｍｍ間隔で、１１×１１＝１２１個のフーリエ変換像を得ることができる。

【０１７７】

ここで、２次元画像の共役像における空間周波数νは、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦが$Ｐ_{OSF} \times Ｑ_{OSF}$個の開口領域３４から構成されているので、最高でも、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦを構成する連続した２つの開口領域３４から成る周期を有する周波数である。

【０１７８】

２次元画像の共役像における空間周波数が最も低い状態にある２次元画像形成装置３０の模式的な正面図は、図７の（Ａ）に示したと同様であるし、この場合における、第３のレンズ$Ｌ_3$によって結像されたフーリエ変換像の光強度の周波数特性は、図８の（Ａ）に示したと同様である。一方、２次元画像の共役像における空間周波数が最も高い状態にある２次元画像形成装置３０の模式的な正面図は、図７の（Ｂ）に示したと同様であるし、この場合における、第３のレンズ$Ｌ_3$によって結像されたフーリエ変換像の光強度の周波数特性は、図８の（Ｂ）に示したと同様である。更には、空間フィルタＳＦ上（ｘｙ平面上）におけるフーリエ変換像の分布等は、図９の（Ａ）、（Ｂ）、（Ｃ）に示したと同様である。また、空間フィルタＳＦにおける開口部５１の平面形状は、実施例１と同様とすればよい。

【０１７９】

ところで、最も空間周波数が高い状態とは、図７の（Ｂ）に示したように、全ての画素が、黒表示と白表示とを交互に表示する場合である。また、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦにおける開口領域構造の空間周波数と、２次元画像の共役像における空間周波数との関係は、以下のとおりである。即ち、開口領域３４の開口率が１００％であると仮定したとき、２次元画像の共役像における最高空間周波数は、開口領域構造の空間周波数の（１／２）である。また、開口領域３４の開口率が或る割合（１００％未満）を占めている場合には、２次元画像の共役像における最高空間周波数は、開口領域構造の空間周波数の（１／２）を下回る。それ故、空間フィルタＳＦにおいて現れる開口領域構造に起因した周期的なパターンの間隔の半分の位置までに、２次元画像の共役像における空間周波数は全て出現する。このことから、全ての開口部５１を、空間的に相互に干渉することなく配置することができる。即ち、例えば、第（３，２）番目の開口部５１には、$m_0 = 3$，

n_0＝２の回折次数を有するフーリエ変換像が入射する一方、m_0＝３，n_0＝２の回折次数を有するフーリエ変換像は、他の開口部５１には入射しない。これにより、フーリエ変換像毎に独立した開口部５１を有する空間フィルタＳＦ上において、１つの開口部５１に位置するフーリエ変換像内に、２次元画像の共役像における空間周波数が存在する一方、開口部５１の空間的な制限によって２次元画像の共役像における空間周波数が欠落することはない。尚、開口領域構造の空間周波数をキャリア周波数とみなすことができ、２次元画像の共役像における空間周波数は、開口領域構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する。

【０１８０】

そして、空間フィルタＳＦにおいては、Ｍ×Ｎ個のフーリエ変換像のそれぞれの通過／不通過を制御するために、開口部５１の開閉制御が行われる。空間フィルタＳＦを、例えば液晶表示装置から構成すれば、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって開口部５１の開閉制御を行うことができる。

【０１８１】

開口領域３４から生じる回折次数に依存して、得られる画像の明るさが相違する場合には、前述したとおり、最も暗い画像を基準として、明るい画像を減光する減光フィルタを第５のレンズL_5の後側焦点面に配置すればよい。

【０１８２】

実施例３の画像表示装置において、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦを取り除いた画像表示装置を比較のために想定する。尚、このような画像表示装置を、便宜上、比較用画像表示装置と呼ぶ。実施例３の画像表示装置と比較用画像表示装置とを対比して、以下、説明を行う。

【０１８３】

尚、光源１０から出射された光（照明光）の波長をλ（ｍｍ）、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数をν_0（ｌｐ／ｍｍ）とする。

【０１８４】

ところで、投影角（視野角）θは、観察される立体画像の領域を決定する重要なパラメータである。一方、空間フィルタＳＦ上におけるフーリエ変換像の位置及び間隔（Y_1）は、表示される立体画像及び運動視差の連続性、表示される立体画像のスケール（大きさ）を決定する重要なパラメータである。そして、投影角（視野角）θの値、及び、空間フィルタＳＦ上におけるフーリエ変換像の位置及び間隔に相当するY_1の値は、大きければ大きいほど、好ましい。

【０１８５】

ところで、前述した式（１）から、Y_1を制御する変数は、光（照明光）の波長λ、及び、第３のレンズL_3の焦点距離f_3であり、更には、空間周波数νの基となる２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数ν_0である。ここで、光（照明光）の波長λは、画像の色調に変化が生じるので、現実的には任意の値をとることができない。しかも、可視光の波長は約４００ｎｍから約７００ｎｍであり、変化量は高々１．７５倍であり、操作領域が狭い。また、空間周波数ν_0の値を高くするためには、２次元画像形成装置３０における画素のピッチを細かくする必要があるが、２次元画像形成装置３０における画素のピッチを細かくすることは、現実的には困難である。従って、式（１）におけるY_1の値を大きくするためには、第３のレンズL_3の焦点距離f_3を長くすることが最も現実的である。然るに、焦点距離f_3を長くすると、式（２）から、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦに投影された２次元画像の共役像のＹ方向の長さｗを一定とした場合、即ち、第２のレンズL_2の焦点距離f_2を一定とした場合、投影角（視野角）θの値が小さくなる。即ち、式（１）と式（２）とは独立の関係には無く、Y_1の値と投影角（視野角）θの値とは、所謂トレードオフの関係にある。

【０１８６】

ところで、実施例３の画像表示装置１Ｂにあっては、光変調手段あるいは２次元画像形成装置３０によって２次元画像が生成されるが、この２次元画像における空間周波数ν_0

は、２次元画像形成装置を構成する開口の開口構造に依存した値である。一方、この２次元画像の共役像における空間周波数νは、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦにおける開口領域３４の開口領域構造に依存しており、P_{OSF}＞Ｐ，Q_{OSF}＞Ｑであるが故に、２次元画像形成装置３０における画素構造（開口構造）の空間周波数（キャリア周波数）よりも、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦにおける開口領域構造の空間周波数（キャリア周波数）の方が高く、ν＞ν_0である。尚、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦは、例えば、平板ガラスに、直接、格子模様を形成することで作製することができるので、格子模様のピッチを細かくすれば、キャリア周波数を高くすることができ、２次元画像の共役像におけるオーバーサンプリングフィルタＯＳＦによって生成された空間周波数νの値を容易に高くすることができる。従って、空間周波数νの値を容易に大きくすることができ、式（１）から求められるY_1の値を大きくすることができる。尚、たとえ第３のレンズL_3の焦点距離f_3を短く設定しても、式（１）から求められるY_1の値を大きくすることができる。一方、第３のレンズL_3の焦点距離f_3を短く設定できるので、式（２）から求められる視野角θの値を大きくすることができる。あるいは又、第２のレンズL_2の焦点距離f_2を適切に設定することでｗの値を大きくすることができ、その結果、式（２）から求められる視野角θの値を大きくすることができる。

【０１８７】

このように、実施例３の画像表示装置１Ｂにあっては、Y_1の値と投影角（視野角）θの値とを、独立して制御することができる。従って、観察される立体画像の領域を広げつつ、表示される立体画像のスケール（大きさ）を大きくすることが可能となる。しかも、そのために、光源からの光の波長を変える必要が無く、波長変動に伴う色調の変化も全くない。また、第３のレンズL_3の焦点距離f_3を変更する必要も、本質的には無い。

【０１８８】

例えば、比較用画像表示装置において、２次元画像形成装置３０のサイズが対角０．７インチであり、正方形の平面形状の開口（Ｐ×Ｑ＝１０２４×７６８）を有しているとする。また、開口の間隔を１４μｍ、光源１０から出射される光の波長λを５３２ｎｍ、$f_2=f_3=f_4=f_5$＝５０ｍｍとした場合、第５のレンズL_5を透過した後の空間フィルタＳＦの共役面における共役像の間隔は１．９ｍｍ、２次元画像形成装置３０のＹ方向に対応する視野角θ_Yは１６．１度、２次元画像形成装置３０のＸ方向に対応する視野角θ_Xは１２．１度となる。

【０１８９】

また、比較用画像表示装置において、第２のレンズL_2によって結像される２次元画像の共役像の大きさを大きくするために、第２のレンズL_2の焦点距離f_2を１００ｍｍとした場合、視野角θ_Yは３１．５度、視野角θ_Xは２３．９度となり、視野角を大きくすることができる。然るに、２次元画像の共役像の大きさが２倍となったが故に、式（１）におけるνの値が半分となってしまうので、第５のレンズL_5を透過した後の空間フィルタＳＦの共役面における共役像の間隔は、０．９５ｍｍとなってしまう。この場合、通常よりも空間的に密度の高い光線群が生成されるが、光線群の１つ当たりの生成面積が１／４になるので、観察像の大きさが１／４となってしまう。

【０１９０】

そこで、１４μｍの間隔（＝Y_0）を有する正方格子を備えた回折フィルタから成るオーバーサンプリングフィルタＯＳＦを配置すると、２倍に拡大された２次元画像の共役像に対する新たな空間的なサンプリングを、元の２次元画像形成装置３０の画素間隔と同様の空間周波数で行うことになり、視野角θ_Yは３１．５度、視野角θ_Xは２３．９度となり、視野角を大きくすることができると共に、第５のレンズL_5を透過した後の空間フィルタＳＦの共役面における共役像の間隔を１．９ｍｍとすることができる。即ち、この場合、通常よりも空間的に密度の高い光線群が生成され、しかも、光線群の１つ当たりの生成面積は変わらず、観察像の大きさも変わらない。このオーバーサンプリングフィルタＯＳＦは、平板ガラスにピッチ１４μｍの２次元マトリクス状に配列された格子を描画するのみで作製することができる。

【０１９１】
以上に説明したように、実施例３の画像表示装置１Ｂによれば、光変調手段（２次元画像形成装置）３０によって生成された２次元画像における空間周波数が、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、所定回折次数に対応するフーリエ変換像のみが画像制限・生成手段３２によって選択され、第２のレンズ$Ｌ_2$によって生成された２次元画像の共役像がフーリエ変換像形成手段４０（第３のレンズ$Ｌ_3$）によってフーリエ変換されることで得られたフーリエ変換像は、フーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）によって、空間的、且つ、時間的にフィルタリングされ、そのフィルタリングされたフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成される構成を有するので、画像表示装置全体を大型化することなく、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、光線群を生成・散布することができる。また、２次元画像形成装置３０とオーバーサンプリングフィルタＯＳＦとを設けることによって、観察される立体画像の領域を広げつつ、表示される立体画像のスケール（大きさ）を大きくすることが可能となる。しかも、光線群の構成要素である個々の光線を、独立して、時間的及び空間的に制御することができる。これにより、実世界の物体と同質に近い光線による立体画像を得ることができる。

【０１９２】
また、実施例３の画像表示装置１Ｂによれば、光線再生法を利用しているので、焦点調節、輻輳、運動視差などの視覚機能を満足した立体画像を提供することが可能である。更には、実施例３の画像表示装置１Ｂによれば、高次回折光を効率的に利用しているので、従来の画像出力手法と比較して、１つの画像出力デバイス（２次元画像形成装置３０）によって制御可能な光線（２次元画像の一種のコピー）を、複数の回折次数分だけ（即ち、Ｍ×Ｎ個）、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦによって得ることができる。しかも、実施例３の画像表示装置１Ｂによれば、空間的、且つ、時間的にフィルタリングを行うので、画像表示装置の時間的特性を、画像表示装置の空間的特性に変換することができる。また、拡散スクリーン等を用いること無く、立体画像を得ることができる。更には、どのような方向からの観察に対しても適切な立体画像を提供することができる。また、空間的に高い密度で光線群を生成・散布することができるので、視認限界に近い精細な空間画像を提供することができる。

【０１９３】
更には、実施例３の画像表示装置１Ｂにあっては、第５のレンズを透過した後の空間フィルタＳＦの共役面における共役像の大きさと投影角（視野角）とを、独立して制御することができる。従って、観察される立体画像の領域を広げつつ、表示される立体画像のスケール（大きさ）を大きくすることが可能となる。

【実施例４】

【０１９４】
実施例４は、本発明の第４の態様及び第６の態様に係る画像表示方法（より具体的には、３次元像の表示方法）に関し、更には、本発明の第４の態様及び第６の態様における画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）に関する。実施例４の画像表示装置の概念図を図１６に示す。

【０１９５】
実施例４における光変調手段１３０は、実施例３における液晶表示装置とは異なり、Ｐ個（例えば、１９２０個）に区画された１次元画像を生成する１次元空間光変調器（具体的には、回折格子－光変調装置２０１）；１次元空間光変調器（回折格子－光変調装置２０１）によって生成され、Ｐ個に区画された１次元画像を２次元的に展開して（走査して）、Ｐ×Ｑ個に区画された２次元画像を形成する走査光学系（具体的には、スキャンミラー２０５）；及び、２次元画像の生成面に配置され、生成した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数（具体的には、総数$Ｍ_0×Ｎ_0$）に対応した回折角に沿って出射する格子フィルタ（回折格子フィルタ）１３２を備えている。ここで、走査光学系（スキャンミラー２０５）によって形成され、Ｐ×Ｑ個に区画された２次元画像の区画毎に、格子フィルタ１３２によって$Ｍ_0×Ｎ_0$組の回折光が生成される。尚、格子フィルタ１３２は、

振幅格子から構成されていてもよいし、位相格子から構成されていてもよい。

【０１９６】

あるいは又、本発明の第６の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例４の画像表示装置は、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）１次元画像を生成する１次元空間光変調器（具体的には、回折格子－光変調装置２０１）；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系（具体的には、スキャンミラー２０５）；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、複数の回折次数の回折光を生成する回折光生成手段（具体的には、格子フィルタ１３２）から成る２次元画像形成装置１３０、

（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段（格子フィルタ１３２）が配置されている第１のレンズ$Ｌ_1$、

（Ｃ）第１のレンズ$Ｌ_1$の後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみを通過させる散乱回折制限開口部３３、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部３３が配置されている第２のレンズ$Ｌ_2$、

（Ｅ）第２のレンズ$Ｌ_2$の後側焦点面に配置され、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された$Ｐ_{OSF}×Ｑ_{OSF}$個（但し、$Ｐ_{OSF}$及び$Ｑ_{OSF}$は任意の正の整数であり、$Ｐ_{OSF}＞Ｐ$）の開口を有し、第２のレンズ$Ｌ_2$によって形成された２次元画像の実像に基づき、開口毎に、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光を生成するオーバーサンプリングフィルタＯＳＦ、

（Ｆ）その前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタＯＳＦが配置されている第３のレンズ$Ｌ_3$、

（Ｇ）第３のレンズ$Ｌ_3$の後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部５１を有する空間フィルタＳＦ、

（Ｈ）その前側焦点面に空間フィルタＳＦが配置されている第４のレンズ$Ｌ_4$、並びに、

（Ｉ）第４のレンズ$Ｌ_4$の後側焦点に、その前側焦点が位置している第５のレンズ$Ｌ_5$、

を備えている。

【０１９７】

回折格子－光変調装置を含む光変調手段（２次元画像形成装置）１３０の概念図は、図１１に示した実施例２の光変調手段１３０と同様であるので、詳細な説明は省略するが、格子フィルタ１３２において、Ｐ×Ｑ個に区画された２次元画像の区画毎に、$Ｍ_0×Ｎ_0$組の回折光が生成される。

【０１９８】

１次元空間光変調器（回折格子－光変調装置２０１）、回折格子－光変調素子２１０については、後述する。

【０１９９】

以上の点を除き、実施例４の画像表示装置の構成、構造は、実施例３において説明した画像表示装置の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【実施例５】

【０２００】

実施例５は、本発明の第７の態様及び第８の態様に係る画像表示方法（より具体的には、３次元像の表示方法）に関し、更には、本発明の第７の態様及び第８の態様における画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）に関する。図１７、図１８、図１９及び図２０に、単色表示の実施例５の画像表示装置の概念図を示す。尚、図１７において、光軸をｚ軸とし、ｚ軸に直交する平面内での直交座標をｘ軸、ｙ軸とし、ｘ軸と平行な方向をＸ方向、ｙ軸と平行な方向をＹ方向とする。Ｘ方向を、例えば画像表示装置における

水平方向とし、Ｙ方向を、例えば画像表示装置における垂直方向とする。ここで、図１７は、ｙｚ平面における実施例５の画像表示装置の概念図である。ｘｚ平面における実施例５の画像表示装置の概念図も、実質的には図１７と同様である。また、図１９は、実施例５の画像表示装置を斜めから見たときの概念図であり、図２０は、実施例５の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。

【０２０１】

実施例５の画像表示装置１Ｃにあっても、図１７、図１８、図１９及び図２０に示した構成要素を備える画像表示装置単体で、従来の技術と比較して、空間的に密度が高く、且つ、大量の光線群を生成・形成することが可能である。実施例５の画像表示装置１Ｃは、１つの画像表示装置で、図４９に示した多数（Ｍ×Ｎ個）のプロジェクタ・ユニット３０１を水平方向及び垂直方向に並列的に配置した装置と等価の機能を有する。尚、例えばマルチユニット方式を採用する場合には、図４８に示すように、分割された３次元画像の数だけ、実施例５の画像表示装置１Ｃを備えればよい。図４８においては、実施例５の画像表示装置１Ｃを、４×４＝１６、備えた装置を例示している。

【０２０２】

本発明の第７の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例５の画像表示装置１Ｃは、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）複数の画素３１を有し、光源１０からの光に基づき２次元画像を生成する２次元画像形成装置３０、

（Ｂ）入射する光を屈折させて略一点に集光する光学パワーを有する光学素子３６が２次元マトリクス状に配列されて成り、透過する光の位相を変調する位相格子としての機能を有し、２次元画像形成装置３０から入射した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射する光学装置３５、

（Ｃ）光学装置３５から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応する数のフーリエ変換像を生成するフーリエ変換像形成手段４０、

（Ｄ）前記複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段５０、並びに、

（Ｅ）フーリエ変換像選択手段５０によって選択されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段６０、

を備えている。

【０２０３】

更には、共役像形成手段６０には、フーリエ変換像選択手段５０によって選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の実像を形成する逆フーリエ変換手段（具体的には、後述する第２のレンズ$Ｌ_2$）が備えられている。また、フーリエ変換像形成手段４０はレンズから成り、このレンズの前側焦点面に光学装置３５を構成する光学素子３６の焦点（実施例５にあっては、後側焦点）が位置しており、このレンズの後側焦点面にフーリエ変換像選択手段５０が配置されている。フーリエ変換像選択手段５０は、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応する数の開閉制御可能な開口部５１を有する。

【０２０４】

ここで、２次元画像における空間周波数は、２次元画像形成装置３０における画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する。

【０２０５】

また、本発明の第８の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例５の画像表示装置１Ｃは、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）複数（Ｐ×Ｑ個）の画素３１を有し、光源１０からの光に基づき２次元画像を生

成する２次元画像形成装置３０、
（Ｂ）入射する光を屈折させて略一点に集光する光学パワーを有する光学素子３６が、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に$P_{OD}\times Q_{OD}$個（但し、P_{OD}及びQ_{OD}は任意の正の整数）配列されて成り、透過する光の位相を変調する位相格子としての機能を有し、入射した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射する光学装置３５、
（Ｃ）その前側焦点面に光学装置３５を構成する光学素子３６の焦点（実施例５にあっては、後側焦点）が位置している（より具体的には、実施例５にあっては凸レンズ）L_1、
（Ｄ）第１のレンズL_1の後側焦点面に配置され、Ｘ方向に沿ってＭ個、Ｙ方向に沿ってＮ個の、合計、Ｍ×Ｎ個の開閉制御可能な開口部５１を有する空間フィルタＳＦ、
（Ｅ）その前側焦点面に空間フィルタＳＦが配置されている第２のレンズ（より具体的には、実施例５にあっては凸レンズ）L_2、並びに、
（Ｆ）第２のレンズL_2の後側焦点に、その前側焦点が位置している第３のレンズ（より具体的には、実施例５にあっては凸レンズ）L_3、
を備えている。

【０２０６】

ここで、実施例５あるいは後述する実施例６や実施例１１にあっては、光学装置３５において、Ｘ方向に沿って第ｍ次から第ｍ’次までのＭ組の（但し、ｍ及びｍ’は整数であり、Ｍは正の整数）、Ｙ方向に沿って第ｎ次から第ｎ’次までのＮ組の（但し、ｎ及びｎ’は整数であり、Ｎは正の整数）の、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。ここで、$P_{OD}=P=1024$、$Q_{OD}=Q=768$であり、$m=-5$、$m'=5$、$M=m'-m+1=11$、$n=-5$、$n'=5$、$N=n'-n+1=11$である。但し、これらの値に限定するものではない。本発明の第７の態様における画像表示装置の構成要素と本発明の第８の態様における画像表示装置の構成要素とを対比すると、フーリエ変換像形成手段４０は第１のレンズL_1に対応し、フーリエ変換像選択手段５０は空間フィルタＳＦに対応し、逆フーリエ変換手段は第２のレンズL_1に対応し、共役像形成手段６０は第２のレンズL_2及び第３のレンズL_3に対応している。それ故、便宜上、２次元画像形成装置３０、第１のレンズL_1、空間フィルタＳＦ、第２のレンズL_1、及び、第３のレンズL_3という用語に基づき、以下、説明を行う。

【０２０７】

実施例１と同様に、光源１０と２次元画像形成装置３０との間には、光源１０から出射された光を整形するための照明光学系２０が配置されている。そして、光源１０から出射され、照明光学系２０を通過した光（照明光）によって、２次元画像形成装置３０が照明される。照明光学系２０に関しては後述する。

【０２０８】

２次元画像形成装置３０は、２次元的に配列された複数の画素３１を有しており、各画素３１は開口を備えている。具体的には、２次元画像形成装置３０は、２次元的に配列された、即ち、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された、Ｐ×Ｑ個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成り、各画素３１には開口が備えられている。

【０２０９】

１つの画素３１は、実施例１と同様に、透明第１電極と透明第２電極の重複領域であって液晶セルを含む領域から構成されている。そして、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって、即ち、各画素３１の光透過率を制御することによって、光源１０から出射された光の光透過率を制御し、全体として、２次元画像を得ることができる。透明第１電極と透明第２電極の重複領域には、矩形の開口が設けられており、係る開口を光源１０から出射された光が通過することで２次元画像が生成される。

【０２１０】

２次元画像形成装置３０の後方に隣接して（例えば、２次元画像形成装置３０と密着し

て、あるいは、若干の隙間を介して）光学装置３５が配置されている。尚、光学装置３５を２次元画像形成装置３０に隣接して配置することで、２次元画像形成装置３０を構成する画素３１の開口を通過する光に起因した回折現象の影響を無視することができる。ここで、実施例５において、光学装置３５を構成する光学素子３６の平面形状は、対応する画素３１の開口の平面形状と相似形の矩形形状であり、各光学素子３６は正の光学パワーを有する屈折型の格子状素子、具体的には、凸レンズ（焦点距離f_0）から構成されている。そして、光学装置３５は、一種のマイクロレンズアレイから構成されており、マイクロレンズアレイを製造する周知の方法に基づき、ガラスから作製されている。

【０２１１】

光学装置３５は位相格子として機能する。即ち、２次元画像形成装置３０において生成された２次元画像にあっては、各画素３１から出射された光（この光は平行光と見做すことができる）は、２次元画像形成装置３０に隣接して配置された光学装置３５における対応する光学素子３６に入射する。そして、光学素子３６に入射した光は、屈折して、焦点距離f_0の所で略一点に集光され、更には、その点から後方に向かって進行していく。このような状態を別の観点から眺めると、図１８に概念図を示すように、光学装置３５の後方の距離f_0の所に、恰も、光学素子３６に対応した矩形の開口領域（一種のピンホール）３７が存在し、光学素子３６から出射された光は、係る仮想の開口領域３７を通過すると見做すことができる。その結果、フラウンホーファー回折が生じたと等価の現象が生じ、各画素３１に対応する光学素子３６において（より具体的には、光学素子３６に対応する仮想の開口領域３７において）、Ｍ×Ｎ組＝１２１組の回折光が生成される。云い換えれば、画素３１及び光学素子３６の数は$P \times Q = P_{OD} \times Q_{OD}$であるが故に、総計、（$P_{OD} \times Q_{OD} \times M \times N$）本の回折光が光学装置３５において生じると考えることもできる。そして、２次元画像における空間周波数が、各光学素子３６から生じる複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って光学装置３５から出射される。尚、２次元画像における空間周波数によっても回折角は異なる。焦点距離f_0の値は、本質的に任意の値とすることができるが、光学装置３５を構成する多数の光学素子３６は同一の焦点距離f_0を有する。光学素子３６から出射される光は、図１８に示すように、光学素子３６の開口数で決まる角度で伝播するが、伝播する光は広がり、しかも、光量の損失がほぼ無い状況を得ることができる。ここで、光学素子３６の配列ピッチあるいは大きさをd_0とすると、波長λの平行光が、大きさd_0、焦点距離f_0の光学素子３６によって集光される光の幅Ｄは、

$$D = 2.44\lambda / \sin(\arctan(d_0 / 2f_0))$$

で表すことができる。このことから、光学素子３６を用いることによって光学的な開口率は（D^2 / d_0^2）で表すことができるが、開口率の低下に伴う光量損失は生じない。

【０２１２】

更には、焦点距離f_1を有する第１のレンズL_1の前側焦点面（光源側の焦点面）には光学装置３５を構成する光学素子３６の後側焦点（焦点距離f_0）が位置しており、第１のレンズL_1の後側焦点面（観察者側の焦点面）には空間フィルタＳＦが配置されている。第１のレンズL_1によって、複数の回折次数に対応する数であるＭ×Ｎ＝１２１個のフーリエ変換像が生成され、これらのフーリエ変換像は、空間フィルタＳＦ上に結像する。尚、図１９においては、便宜上、６４個のフーリエ変換像を点状にて図示した。

【０２１３】

空間フィルタＳＦは、図４を参照して実施例１において説明したと同様に、具体的には、フーリエ変換像を、空間的、且つ、時間的にフィルタリングするための時間的な開閉制御が可能な空間フィルタである。より具体的には、空間フィルタＳＦは、複数の回折次数に対応する数（具体的には、Ｍ×Ｎ＝１２１）の開閉制御可能な開口部５１を有する。そして、空間フィルタＳＦにおいては、２次元画像形成装置３０による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の１つの開口部５１を開状態とすることによって、所望の回折次数に対応する１つのフーリエ変換像を選択する。より具体的には、空間フィルタＳＦを、例えば、Ｍ×Ｎ個の画素を有する強誘電性液晶を用いた透過型の液晶表示装置又は反射型

の液晶表示装置、あるいは、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された装置を含む２次元型のＭＥＭＳから構成することができる。

【０２１４】

前述したとおり、共役像形成手段６０は、具体的には、第２のレンズ$Ｌ_2$及び第３のレンズ$Ｌ_3$から構成されている。そして、焦点距離$ｆ_2$を有する第２のレンズ$Ｌ_2$は、空間フィルタＳＦによってフィルタリングされたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の実像ＲＩを形成する。また、焦点距離$ｆ_3$を有する第３のレンズ$Ｌ_3$は、空間フィルタＳＦによってフィルタリングされたフーリエ変換像の共役像ＣＩを形成する。

【０２１５】

第２のレンズ$Ｌ_2$は、その前側焦点面上に、空間フィルタＳＦが位置するように配置され、その後側焦点面に、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の実像ＲＩが形成されるように配置されている。ここで得られる実像ＲＩの２次元画像形成装置３０に対する倍率は、第２のレンズ$Ｌ_2$の焦点距離$ｆ_2$を任意に選択することによって変化させることができる。

【０２１６】

一方、第３のレンズ$Ｌ_3$は、その前側焦点面が第２のレンズ$Ｌ_2$の後側焦点面に一致するように配置され、その後側焦点面にフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるように配置されている。ここで、第３のレンズ$Ｌ_3$の後側焦点面は空間フィルタＳＦの共役面であることから、空間フィルタＳＦ上の１つの開口部５１に相当する部分から、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像が出力されていることと等価となる。そして、最終的に生成・出力される光線の量は、画素数分（Ｐ×Ｑ）の光線に、光学系を透過した複数の回折次数（具体的にはＭ×Ｎ）を乗じた量で定義することができる。また、第３のレンズ$Ｌ_3$の後側焦点面にはフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるが、第３のレンズ$Ｌ_3$の後側焦点面においては、光線群が２次元的に整然と配置されているとみなせる。即ち、全体としては、第３のレンズ$Ｌ_3$の後側焦点面に、図４９に示したプロジェクタ・ユニット３０１が複数の回折次数分（具体的にはＭ×Ｎ個）、配置されている状態と等価である。

【０２１７】

図１９及び図２１に模式的に示すように、光学装置３５における１つの光学素子３６によって（より具体的には、光学素子３６の後側焦点に位置する仮想の開口領域３７において）、Ｘ方向に沿って第－５次から第＋５次までの１１組の、Ｙ方向に沿って第－５次から第＋５’次までの１１組の、合計、Ｍ×Ｎ組＝１２１組の回折光が生成される。尚、図２１では、０次光（$ｎ_0$＝０）、±１次光（$ｎ_0$＝±１）、及び、±２次光（$ｎ_0$＝±２）の回折光のみを代表して図示しているが、実際には、更に高次の回折光が生成され、これらの回折光に基づき、最終的に立体画像が形成される。ここで、各回折次数の回折光（光束）には、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報（全ての画素の情報）が集約されている。２次元画像形成装置３０上の同一画素から回折によって生成される複数の光線群（１１×１１＝１２１の光線群）は、同時刻において、全て、同一の画像情報を有する。云い換えれば、Ｐ×Ｑ個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成る２次元画像形成装置３０においては、光源１０からの光に基づき２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数は、各光学素子３６から生じる複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って光学装置３５から出射される。即ち、２次元画像のＭ×Ｎ個の一種のコピーが２次元画像形成装置３０から、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射される。

【０２１８】

そして、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報が集約された２次元画像における空間周波数は、第１のレンズ$Ｌ_1$によってフーリエ変換され、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応する数のフーリエ変換像が生成され、係るフーリエ変換像は空間フィルタＳＦ上に結像される。第１のレンズ$Ｌ_1$において、複数の回折次数に

対応した回折角に沿って出射された２次元画像における空間周波数のフーリエ変換像が生成されるので、空間的に高い密度にてフーリエ変換像を得ることができる。

【０２１９】

ここで、光源１０から出射された光（照明光）の波長をλ（ｍｍ）、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数をν（ｌｐ／ｍｍ）、第１のレンズ$Ｌ_1$の焦点距離を$ｆ_1$（ｍｍ）とすると、第１のレンズ$Ｌ_1$の後側焦点面では、前述した式（１）に基づき、光軸から距離$Ｙ_1$（ｍｍ）の位置に、空間周波数νを有する光（フーリエ変換像）が現れる。

【０２２０】

第１のレンズ$Ｌ_1$における集光状態は、図６に模式的に示したと同様であるので、詳細な説明は省略する。

【０２２１】

第１のレンズ$Ｌ_1$において、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射された２次元画像における空間周波数を透過させるためには、利用する回折次数に応じて第１のレンズ$Ｌ_1$の開口率ＮＡを選択する必要があり、焦点距離に拘わらず、第１のレンズ$Ｌ_1$以降の全てのレンズの開口率は、第１のレンズ$Ｌ_1$の開口率ＮＡ以上であることが要求される。

【０２２２】

開口部５１の大きさは、実施例１において説明したと同様に、式（１）における$Ｙ_1$の値と同じ値とすればよい。一例として、照明光の波長λを５３２ｎｍ、第１のレンズ$Ｌ_1$の焦点距離$ｆ_1$を５０ｍｍ、２次元画像形成装置３０における１画素３１の大きさを１３μｍ～１４μｍ程度とすると、$Ｙ_1$の値は約２ｍｍとなる。これは、空間フィルタＳＦ上において、約２ｍｍ間隔という高い密度で各回折次数に対応したフーリエ変換像を得ることができることを意味する。云い換えれば、空間フィルタＳＦ上において、Ｘ方向、Ｙ方向のいずれの方向においても、約２ｍｍ間隔で、１１×１１＝１２１個のフーリエ変換像を得ることができる。

【０２２３】

ここで、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数νは、２次元画像がＰ×Ｑ個の画素３１から構成される２次元画像形成装置３０によって生成されているので、最高でも、２次元画像形成装置３０を構成する連続した２つの画素３１から成る周期を有する周波数である。

【０２２４】

２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数が最も低い状態にある２次元画像形成装置３０の模式的な正面図は、図７の（Ａ）に示したと同様であるし、この場合における、第１のレンズ$Ｌ_1$によって結像されたフーリエ変換像の光強度の周波数特性は、図８の（Ａ）に示したと同様である。一方、２次元画像の共役像における空間周波数が最も高い状態にある２次元画像形成装置３０の模式的な正面図は、図７の（Ｂ）に示したと同様であるし、この場合における、第１のレンズ$Ｌ_1$によって結像されたフーリエ変換像の光強度の周波数特性は、図８の（Ｂ）に示したと同様である。更には、空間フィルタＳＦ上（ｘｙ平面上）におけるフーリエ変換像の分布等は、図９の（Ａ）、（Ｂ）、（Ｃ）に示したと同様である。また、空間フィルタＳＦにおける開口部５１の平面形状は、実施例１と同様とすればよい。

【０２２５】

ところで、最も空間周波数が高い状態とは、図７の（Ｂ）に示したように、全ての画素が、黒表示と白表示とを交互に表示する場合である。また、２次元画像形成装置３０における画素構造の空間周波数と、２次元画像における空間周波数との関係は、以下のとおりである。即ち、開口が画素の全てを占めている（即ち、開口率１００％）と仮定したとき、２次元画像における最高空間周波数は、画素構造の空間周波数の（１／２）である。また、開口が画素の或る割合（１００％未満）を占めている場合には、２次元画像における最高空間周波数は、画素構造の空間周波数の（１／２）を下回る。それ故、空間フィルタＳＦにおいて現れる画素構造に起因した周期的なパターンの間隔の半分の位置までに、２

次元画像における空間周波数は全て出現する。このことから、全ての開口部５１を、空間的に相互に干渉することなく配置することができる。即ち、例えば、第（３，２）番目の開口部５１には、$m_0=3$，$n_0=2$の回折次数を有するフーリエ変換像が入射する一方、$m_0=3$，$n_0=2$の回折次数を有するフーリエ変換像は、他の開口部５１には入射しない。これにより、フーリエ変換像毎に独立した開口部５１を有する空間フィルタＳＦ上において、１つの開口部５１に位置するフーリエ変換像内に、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数が存在する一方、開口部５１の空間的な制限によって２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数が欠落することはない。尚、画素構造の空間周波数をキャリア周波数と見做すことができ、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する。

【０２２６】

そして、空間フィルタＳＦにおいては、Ｍ×Ｎ個のフーリエ変換像のそれぞれの通過／不通過を制御するために、開口部５１の開閉制御が行われる。空間フィルタＳＦを、例えば液晶表示装置から構成すれば、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって開口部５１の開閉制御を行うことができる。

【０２２７】

尚、回折次数に依存して、得られる画像の明るさが相違する場合には、前述したとおり、最も暗い画像を基準として、明るい画像を減光する減光フィルタを第３のレンズL_3の後側焦点面に配置すればよい。後述する実施例６や実施例１１においても同様である。

【０２２８】

以上に説明したように、実施例５の画像表示装置１Ｃによれば、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数が、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、フーリエ変換像形成手段４０（第１のレンズL_1）によってフーリエ変換されることで得られたフーリエ変換像は、フーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）によって、空間的、且つ、時間的にフィルタリングされ、そのフィルタリングされたフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成される構成を有するので、画像表示装置全体を大型化することなく、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、光線群を生成・散布することができる。また、光線群の構成要素である個々の光線を、独立して、時間的及び空間的に制御することができる。これにより、実世界の物体と同質に近い光線による立体画像を得ることができる。

【０２２９】

また、実施例５の画像表示装置１Ｃによれば、光線再生法を利用しているので、焦点調節、輻輳、運動視差などの視覚機能を満足した立体画像を提供することが可能である。更には、実施例５の画像表示装置１Ｃによれば、高次回折光を効率的に利用しているので、従来の画像出力手法と比較して、１つの画像出力デバイス（２次元画像形成装置３０及び光学装置３５）によって制御可能な光線（２次元画像の一種のコピー）を、複数の回折次数分だけ（即ち、Ｍ×Ｎ個）、得ることができる。しかも、実施例５の画像表示装置１Ｃによれば、空間的、且つ、時間的にフィルタリングを行うので、画像表示装置の時間的特性を、画像表示装置の空間的特性に変換することができる。また、拡散スクリーン等を用いること無く、立体画像を得ることができる。更には、どのような方向からの観察に対しても適切な立体画像を提供することができる。また、空間的に高い密度で光線群を生成・散布することができるので、視認限界に近い精細な空間画像を提供することができる。

【実施例６】

【０２３０】

実施例６は、実施例５の変形である。実施例６の画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）の概念図を図２２に示す。

【０２３１】

実施例６における２次元画像形成装置１３０は、実施例５における液晶表示装置とは異なり、Ｐ個（例えば、１９２０個）に区画された１次元画像を生成する１次元画像形成装

置（具体的には、回折格子－光変調装置２０１）；及び、１次元画像形成装置（回折格子－光変調装置２０１）によって生成され、Ｐ個に区画された１次元画像を２次元的に展開して（走査して）、Ｐ×Ｑ個に区画された２次元画像を形成する走査光学系（具体的には、スキャンミラー２０５）を備えている。そして、走査光学系の後方に光学装置３５が配置されている。光学装置３５によって、２次元画像の生成面に配置され、生成した２次元画像における空間周波数は、複数の回折次数（具体的には、総数$M_0 \times N_0$）に対応した回折角に沿って出射される。

【０２３２】

回折格子－光変調装置を含む２次元画像形成装置１３０の概念図は、図１１に示した実施例２の光変調手段１３０と同様であるので、詳細な説明は省略するが、スキャンミラー２０５で走査して得られた２次元画像は、走査用レンズ系１３１を通過し、２次元画像の生成面に配置された光学装置３５に入射し、光学装置３５において、Ｐ×Ｑ個に区画された２次元画像の区画毎に、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。具体的には、光学装置３５からは、生成した２次元画像における空間周波数が、光学装置３５の各光学素子３６から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射される。光学装置３５の後側焦点は、焦点距離f_1を有する第１のレンズL_1の前側焦点面上に配置されている。尚、１次元空間光変調器（回折格子－光変調装置２０１）、回折格子－光変調素子２１０については、後述する。

【０２３３】

以上の点を除き、実施例６の画像表示装置の構成、構造は、実施例５において説明した画像表示装置の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【実施例７】

【０２３４】

実施例７は、本発明の第９の態様及び第１０の態様に係る画像表示方法（より具体的には、３次元像の表示方法）に関し、更には、本発明の第９の態様及び第１０の態様における画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）に関する。図２３、図２４及び図２５に、単色表示の実施例７の画像表示装置の概念図を示す。ここで、図２３は、ｘｚ平面、ｘ’ｚ’平面における実施例７の画像表示装置の概念図である。ｙｚ平面、ｙ’ｚ’平面における実施例７の画像表示装置の概念図は、後述する結像手段８２（第３のレンズL_3）及びビームスプリッタ８１の配置を除き、実質的には図２３と同様である。また、図２４は、実施例７の画像表示装置を斜めから見たときの概念図であり、図２５は、実施例７の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。尚、図２４においては、画像表示装置の構成要素の大部分を省略し、光線の図示も簡素化してあり、図２３や図２５とは異なっている。更には、図２４においては、２次元画像形成装置から出射された光線の一部分のみを図示している。

【０２３５】

実施例７の画像表示装置１Ｄにあっても、図２３、図２４及び図２５に示した構成要素を備える画像表示装置単体で、従来の技術と比較して、空間的に密度が高く、且つ、大量の光線群を生成・形成することが可能である。実施例７の画像表示装置１Ｄは、１つの画像表示装置で、図４９に示した多数（$S_0 \times T_0$個）のプロジェクタ・ユニット３０１を水平方向及び垂直方向に並列的に配置した装置と等価の機能を有する。尚、例えばマルチユニット方式を採用する場合には、分割された３次元画像の数（例えば、４×４＝１６）だけ、実施例７の画像表示装置１Ｄを備えればよい。

【０２３６】

本発明の第９の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例７の画像表示装置１Ｄは、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）複数の画素３１を有し、光源１０からの光を各画素３１によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素３１から生じる複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射する光変調手段３０、

（Ｂ）光変調手段３０から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記各画素３１から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成し、これらのフーリエ変換像の内の所定のフーリエ変換像（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみを選択し、更には、この選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換して、光変調手段３０によって生成された２次元画像の共役像（２次元画像の実像）を形成する画像制限・生成手段３２、

（Ｃ）画像制限・生成手段から出射された光線の進行方向を変更する（変化させる）光線進行方向変更手段８０、並びに、

（Ｄ）光線進行方向変更手段８０から出射された光線を結像させる結像手段８２、

を備えている。

【０２３７】

ここで、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する。また、２次元画像の共役像における空間周波数は、２次元画像における空間周波数から画素構造の空間周波数が除去された空間周波数である。

【０２３８】

そして、画像制限・生成手段３２は、

（Ｂ－１）光変調手段３０から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、各画素から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像を生成する第１のレンズ$Ｌ_1$、

（Ｂ－２）第１のレンズ$Ｌ_1$よりも光線進行方向変更手段側に配置され、これらのフーリエ変換像の内の所定のフーリエ変換像（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみを選択する散乱回折制限開口部（画像制限開口部）３３、並びに、

（Ｂ－３）散乱回折制限開口部３３よりも光線進行方向変更手段側に配置され、この選択されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換して、光変調手段３０によって生成された２次元画像の共役像を形成する第２のレンズ$Ｌ_2$、

から構成されている。そして、散乱回折制限開口部３３は、第１のレンズ$Ｌ_1$の後側焦点面であって、しかも、第２のレンズ$Ｌ_2$の前側焦点面に配置されている。後述する実施例８や実施例１１にあっても同様である。

【０２３９】

また、本発明の第１０の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例７の画像表示装置１Ｄは、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口（個数：$Ｐ_0$×$Ｑ_0$）を有し、光源１０からの光の通過、反射、あるいは回折を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、該２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数の回折光を生成する２次元画像形成装置３０、

（Ｂ）その前側焦点面に２次元画像形成装置３０が配置されている第１のレンズ$Ｌ_1$、

（Ｃ）第１のレンズ$Ｌ_1$の後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみを通過させる散乱回折制限開口部（画像制限開口部）３３、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部３３が配置されている第２のレンズ$Ｌ_2$、

（Ｅ）第２のレンズ$Ｌ_2$の後側焦点面に配置され、第２のレンズ$Ｌ_2$から出射された光線の進行方向を変更する（変化させる）光線進行方向変更手段８０、並びに、

（Ｆ）光線進行方向変更手段８０から出射された光線を結像させる第３のレンズ$Ｌ_3$、

を備えている。

【０２４０】

尚、実施例７にあっては、第１のレンズ$Ｌ_1$、第２のレンズ$Ｌ_2$、第３のレンズ$Ｌ_3$は、具体的には、凸レンズから構成されている。

【０２４１】

ここで、実施例７あるいは後述する実施例８や実施例１１にあっては、P_0＝１０２４、Q_0＝７６８であり、S_0＝８、T_0＝８である。但し、これらの値に限定するものではない。また、光線進行方向変更手段８０までの光軸の部分であるｚ軸は、実施例７あるいは後述する実施例８や実施例１１の画像表示装置１Ｄを構成する光線進行方向変更手段８０までの各構成要素の中心を通り、しかも、画像表示装置１Ｄを構成するこれらの構成要素と直交する。本発明の第９の態様における画像表示装置の構成要素と本発明の第１０の態様あるいは第１１の態様における画像表示装置の構成要素とを対比すると、光変調手段３０は２次元画像形成装置３０に対応し、画像制限・生成手段３２は、第１のレンズL_1、散乱回折制限開口部（画像制限開口部）３３及び第２のレンズL_2に対応し、結像手段８２は第３のレンズL_3に対応している。それ故、便宜上、２次元画像形成装置３０、第１のレンズL_1、散乱回折制限開口部３３、第２のレンズL_2、第３のレンズL_3という用語に基づき、以下、説明を行う。

【０２４２】

実施例１と同様に、光源１０と２次元画像形成装置３０との間には、光源１０から出射された光を整形するための照明光学系２０が配置されている。そして、光源１０から出射され、照明光学系２０を通過した光（照明光）によって、２次元画像形成装置３０が照明される。照明光学系２０に関しては後述する。

【０２４３】

２次元画像形成装置３０は、２次元的に配列された複数の画素３１を有する２次元空間光変調器から成り、各画素３１は開口を備えている。具体的には、２次元画像形成装置３０あるいは２次元空間光変調器は、２次元的に配列された、即ち、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された、$P_0 \times Q_0$個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成り、各画素３１には開口が備えられている。

【０２４４】

１つの画素３１は、実施例１と同様に、透明第１電極と透明第２電極の重複領域であって液晶セルを含む領域から構成されている。そして、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって、即ち、各画素３１の光透過率を制御することによって、光源１０から出射された光の光透過率を制御し、全体として、２次元画像を得ることができる。透明第１電極と透明第２電極の重複領域には、矩形の開口が設けられており、係る開口を光源１０から出射された光が通過するとフラウンホーファー回折が生じる結果、各画素３１において、$M_0 \times N_0$の回折光が生成される。云い換えれば、画素３１の数は$P_0 \times Q_0$であるが故に、総計（$P_0 \times Q_0 \times M_0 \times N_0$）本の回折光が生じると考えることもできる。２次元画像形成装置３０においては、２次元画像における空間周波数が、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計$M_0 \times N_0$）に対応した回折角に沿って２次元画像形成装置３０から出射される。尚、２次元画像における空間周波数によっても回折角は異なる。

【０２４５】

焦点距離f_1を有する第１のレンズL_1の前側焦点面（光源側の焦点面）には２次元画像形成装置３０が配置されており、第１のレンズL_1の後側焦点面（観察者側の焦点面）には散乱回折制限開口部３３が配置されている。第１のレンズL_1によって、複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成され、これらのフーリエ変換像は、散乱回折制限開口部３３が位置する平面内に結像する。そして、所定回折次数の回折光（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみが散乱回折制限開口部３３を通過する。また、焦点距離f_2を有する第２のレンズL_2の前側焦点面には散乱回折制限開口部３３が配置されている。更には、第２のレンズL_2の後側焦点面であって、しかも、焦点距離f_3を有する第３のレンズL_3の前側焦点面には、光線進行方向変更手段８０が配置されている。第３のレンズL_3の後側焦点面が結像面ＩＳに相当する。尚、第２のレンズL_2と光線進行方向変更手段８０との間には、ビームスプリッタ８１が配置されており、第２のレンズL_2からの光線は、ビームスプリッタ８１を通過して光線進行方向変更手段８０に入射する。

【０２４６】
光線進行方向変更手段８０は、入射する光線に対して出射する光線の角度を変更する（変化させる）ことができる反射型光学手段、具体的には、例えば、鏡から構成されている。より具体的には、鏡はポリゴン・ミラーから構成されており、ポリゴン・ミラーをその回転軸を中心として回転させながら、回転軸の傾斜角を制御することで、結像面ＩＳにおいて、像が結像する位置を$S_0 \times T_0$箇所の２次元マトリクス的に配された位置とすることができる。
【０２４７】
尚、光線進行方向変更手段８０を、入射する光線に対して出射する光線の角度を変更する（変化させる）ことができる透過型光学手段、具体的には、例えば、プリズムから成る構成とすることができる。そして、この場合には、例えば、ｚ軸を中心としてプリズムを所望の方向に回動（変化）させるような機構を設ければよい。
【０２４８】
第３のレンズL_3は、その前側焦点面が第２のレンズL_2の後側焦点面に一致するように配置され、その後側焦点面（結像面ＩＳ）にフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるように配置されている。光線進行方向変更手段８０にて反射された光線は、ビームスプリッタ８１で反射され、第３のレンズL_3に入射する。ここで、第３のレンズL_3の後側焦点面は散乱回折制限開口部３３の共役面であることから、散乱回折制限開口部３３から、２次元画像の共役像が出力されていること（但し、この２次元画像の共役像の最終的な方向成分は、光線進行方向変更手段８０によって規定される）と等価となる。そして、最終的に生成・出力される光線の量は、画素数分（$P_0 \times Q_0$）であって、散乱回折制限開口部３３を通過した光線である。即ち、散乱回折制限開口部３３を通過する光線の光量が、それ以降の画像表示装置の構成要素を通過、反射することによって減少することは、実質的に無い。また、第３のレンズL_2の後側焦点面にはフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるが、２次元画像の共役像の方向成分は光線進行方向変更手段８０によって規定されるので、第３のレンズL_3の後側焦点面においては、光線群が２次元的に整然と配置されているとみなせる。即ち、全体としては、第３のレンズL_3の後側焦点面（結像面ＩＳ）に、図４９に示したプロジェクタ・ユニット３０１が複数の数（具体的には$S_0 \times T_0$個）、配置されている状態と等価である。尚、以下の説明において、光線進行方向変更手段８０から出射された光線が、第３のレンズL_3の後側焦点面（結像面ＩＳ）において、第（ｍ，ｎ）番目の位置に結像されたとき、係る結像を第（ｍ，ｎ）番目の結像と呼ぶ場合がある。尚、図２４においては、便宜上、６４個の結像を点状にて図示した。
【０２４９】
図５に模式的に示したと同様に、２次元画像形成装置３０における１つの画素３１によって、Ｘ方向及びＹ方向に沿って、合計、$M_0 \times N_0$組の回折光が生成される。尚、図５では、０次光（$n_0 = 0$）、±１次光（$n_0 = \pm 1$）、及び、±２次光（$n_0 = \pm 2$）の回折光のみを代表して図示したが、実際には、更に高次の回折光が生成され、これらの回折光の一部に基づき、最終的に立体画像が形成される。ここで、各回折次数の回折光（光束）には、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報（全ての画素の情報）が集約されている。２次元画像形成装置３０上の同一画素から回折によって生成される複数の光線群は、同時刻において、全て、同一の画像情報を有する。云い換えれば、$P_0 \times Q_0$個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成る２次元画像形成装置３０においては、光源１０からの光が各画素３１によって変調されて２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数は、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計$M_0 \times N_0$）に対応した回折角に沿って出射される。即ち、２次元画像の$M_0 \times N_0$個の一種のコピーが２次元画像形成装置３０から、複数の回折次数（総計$M_0 \times N_0$）に対応した回折角に沿って出射される。
【０２５０】
そして、２次元画像形成装置３０から出射された２次元画像における空間周波数は、第１のレンズL_1によってフーリエ変換され、各画素３１から生じる複数の回折次数に対応

する数のフーリエ変換像が生成される。そして、これらのフーリエ変換像の内、所定のフーリエ変換像（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみが散乱回折制限開口部３３を通過し、更には、この選択されたフーリエ変換像が第２のレンズL_2によって逆フーリエ変換され、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の共役像が形成され、この２次元画像の共役像は、光線進行方向変更手段８０に入射する。尚、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当するが、０次の平面波を搬送波とする画像情報の領域のみ（即ち、画素構造の空間周波数の最大１／２の空間周波数まで）が、云い換えれば、平面波成分の０次回折をキャリア周波数とする１次回折として得られるものであって、光変調手段の画素構造（開口構造）の空間周波数の半分以下の空間周波数が、散乱回折制限開口部３３を通過する。こうして、光線進行方向変更手段８０上に結像された２次元画像の共役像にあっては、２次元画像形成装置３０の画素構造は含まれず、一方、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数の全てが含まれている。

【０２５１】

２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報が集約された２次元画像の共役像における空間周波数は、光線進行方向変更手段８０から方向成分を変えられた状態で出射され、第３のレンズL_3によって結像面ＩＳに結像される。第３のレンズL_3において、光線進行方向変更手段８０から出射された２次元画像の共役像における空間周波数のフーリエ変換像が生成されるので、空間的に高い密度にてフーリエ変換像を得ることができる。

【０２５２】

以上に説明したように、実施例７の画像表示装置１Ｄによれば、光変調手段（２次元画像形成装置）３０によって生成された２次元画像における空間周波数が、光線進行方向変更手段８０から所定の角度に沿って出射され、共役像ＣＩが結像面ＩＳに結像される構成を有するので、画像表示装置全体を大型化することなく、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、光線群を生成・散布することができる。また、光線進行方向変更手段８０とを設けることによって、得られる像のコントラストの低下を招くことが無くなり、クリアーでぼけの無い立体画像を観察することができる。しかも、光線群の構成要素である個々の光線を、独立して、時間的及び空間的に制御することができる。これにより、実世界の物体と同質に近い光線による立体画像を得ることができる。

【０２５３】

また、実施例７の画像表示装置１Ｄによれば、光線再生法を利用しているので、焦点調節、輻輳、運動視差などの視覚機能を満足した立体画像を提供することが可能である。更には、実施例７の画像表示装置１Ｄによれば、光線進行方向変更手段８０によって画像の方向成分を制御しており、しかも、実施例７の画像表示装置１Ｄによれば、光線進行方向変更手段８０によって空間的、且つ、時間的に一種のフィルタリングを行うので、画像表示装置の時間的特性を、画像表示装置の空間的特性に変換することができる。また、拡散スクリーン等を用いること無く、立体画像を得ることができる。更には、どのような方向からの観察に対しても適切な立体画像を提供することができる。また、空間的に高い密度で光線群を生成・散布することができるので、視認限界に近い精細な空間画像を提供することができる。

【実施例８】

【０２５４】

実施例８は、本発明の第９の態様及び第１１の態様に係る画像表示方法（より具体的には、３次元像の表示方法）に関し、更には、本発明の第９の態様及び第１１の態様における画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）に関する。実施例８の画像表示装置の概念図を図２６に示す。

【０２５５】

実施例８における光変調手段１３０は、実施例７における液晶表示装置とは異なり、Ｐ

$_0$個（例えば、１９２０個）に区画された１次元画像を生成する１次元空間光変調器（具体的には、回折格子－光変調装置２０１）；１次元空間光変調器（回折格子－光変調装置２０１）によって生成され、P_0個に区画された１次元画像を２次元的に展開して（走査して）、$P_0 \times Q_0$個に区画された２次元画像を生成する走査光学系（具体的には、スキャンミラー２０５）；及び、２次元画像の生成面に配置され、生成した２次元画像における空間周波数を、複数の回折次数（具体的には、総数$M_0 \times N_0$）に対応した回折角に沿って出射する格子フィルタ（回折格子フィルタ）１３２を備えている。ここで、走査光学系（スキャンミラー２０５）によって形成され、$P_0 \times Q_0$個に区画された２次元画像の区画毎に、格子フィルタ１３２によって$M_0 \times N_0$組の回折光が生成される。尚、格子フィルタ１３２は、振幅格子から構成されていてもよいし、位相格子から構成されていてもよい。

【０２５６】

あるいは又、本発明の第１１の態様における画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例８の画像表示装置は、光源１０、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）１次元画像を生成する１次元空間光変調器（具体的には、回折格子－光変調装置２０１）；１次元空間光変調器によって生成された１次元画像を２次元的に展開して２次元画像を生成する走査光学系（具体的には、スキャンミラー２０５）；及び、２次元画像の生成面に配置され、画素毎に、複数の回折次数の回折光を生成する回折光生成手段（具体的には、格子フィルタ１３２）から成る２次元画像形成装置１３０、

（Ｂ）その前側焦点面に回折光生成手段（格子フィルタ１３２）が配置されている第１のレンズL_1、

（Ｃ）第１のレンズL_1の後側焦点面に配置され、所定回折次数の回折光（例えば、平面波成分の０次回折を搬送周波数とする１次回折に対応するフーリエ変換像）のみを通過させる散乱回折制限開口部３３、

（Ｄ）その前側焦点面に散乱回折制限開口部３３が配置されている第２のレンズL_2、

（Ｅ）第２のレンズL_2の後方に配置され、第２のレンズL_2から出射された光線の進行方向を変更する（変化させる）光線進行方向変更手段８０、並びに、

（Ｆ）光線進行方向変更手段８０から出射された光線を結像させる第３のレンズL_3、

を備えている。

【０２５７】

回折格子－光変調装置を含む２次元画像形成装置１３０の概念図は、図１１に示した実施例２の光変調手段１３０と同様であるので、詳細な説明は省略するが、格子フィルタ１３２において、$P_0 \times Q_0$個に区画された２次元画像の区画毎に、$M_0 \times N_0$組の回折光が生成される。

【０２５８】

以上の点を除き、実施例８の画像表示装置の構成、構造は、実施例７において説明した画像表示装置の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【実施例９】

【０２５９】

実施例９は、本発明の第１２の態様及び第１３の態様に係る画像表示方法（より具体的には、３次元像の表示方法）に関し、更には、本発明の第１２の態様及び第１３の態様における画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）に関する。図２７に、単色表示の実施例９の画像表示装置の概念図を示す。尚、図２７において、光軸をｚ軸とし、ｚ軸に直交する平面内での直交座標をｘ軸、ｙ軸とし、ｘ軸と平行な方向をＸ方向、ｙ軸と平行な方向をＹ方向とする。Ｘ方向を、例えば画像表示装置における水平方向とし、Ｙ方向を、例えば画像表示装置における垂直方向とする。ここで、図２７は、ｙｚ平面における実施例９の画像表示装置の概念図である。ｘｚ平面における実施例９の画像表示装置の概念図も、実質的には図２７と同様である。また、実施例９の画像表示装置を斜めから見たときの概念図は、図２に示したと同様であり、図２８は、実施例９の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。また、光変調手段（２次元画像形成装置）、

フーリエ変換像形成手段（第１のレンズ）、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）の近傍を拡大した概念図を、図２９、及び、図３０の（Ａ）、（Ｂ）に示す。更には、光源の模式的な正面図を図３１に示し、空間フィルタの模式的な正面図を図３２に示す。

【０２６０】

実施例９の画像表示装置１Ｅにあっても、図２７等に示した構成要素を備える画像表示装置単体で、従来の技術と比較して、空間的に密度が高く、且つ、大量の光線群を生成・形成することが可能である。実施例９の画像表示装置１Ｅは、１つの画像表示装置で、図４９に示した多数（$U_0 \times V_0$個）のプロジェクタ・ユニット３０１を水平方向及び垂直方向に並列的に配置した装置と等価の機能を有する。尚、例えばマルチユニット方式を採用する場合には、図４８に概念図を示すように、分割された３次元画像の数（例えば、４×４＝１６）だけ、実施例９の画像表示装置１Ｅを備えればよい。

【０２６１】

本発明の第１２の態様に係る画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例９の画像表示装置１Ｅは、離散して配された複数の光出射位置から光を出射する光源１０Ｅ、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）複数の画素（個数：Ｐ×Ｑ）３１を有し、光源１０Ｅの異なる光出射位置から順次出射され、入射方向が異なる光（照明光）を各画素３１によって変調して２次元画像を生成し、且つ、生成した２次元画像における空間周波数を、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射する光変調手段３０、並びに、

（Ｂ）光変調手段３０から出射された２次元画像における空間周波数をフーリエ変換して、前記複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応する数のフーリエ変換像を生成し、該フーリエ変換像を結像させるフーリエ変換像形成手段４０、

を備えており、更には、

（Ｃ）フーリエ変換像形成手段４０によって結像されたフーリエ変換像の共役像を形成する共役像形成手段６０、

を備えている。

【０２６２】

あるいは又、本発明の第１３の態様に係る画像表示装置の構成要素に沿って説明すると、実施例９の画像表示装置１Ｅは、離散して配された複数の光出射位置から光を出射する光源１０Ｅ、及び、光学系を備えた画像表示装置である。そして、この光学系は、

（Ａ）Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された開口（個数：Ｐ×Ｑ）を有し、光源１０Ｅの異なる光出射位置から順次出射され、入射方向が異なる光（照明光）の通過を開口毎に制御することで２次元画像を生成し、且つ、この２次元画像に基づき、開口毎に、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）の回折光を生成する２次元画像形成装置３０、

（Ｃ）その前側焦点面（光源側の焦点面）に２次元画像形成装置３０が配置されている第１のレンズL_1、

（Ｄ）第１のレンズL_1の後側焦点面（観察者側の焦点面）に、その前側焦点面（光源側の焦点面）が位置している第２のレンズL_2、並びに、

（Ｅ）第２のレンズL_2の後側焦点面に、その前側焦点面が位置している第３のレンズL_3、

を備えている。

【０２６３】

ここで、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当する。

【０２６４】

実施例９の画像表示装置１Ｅにおいて、光源１０Ｅは、発光素子１１、及び、発光素子１１から出射された光であって、光変調手段あるいは２次元画像形成装置３０に入射する光の入射方向を変更するための光線進行方向変更手段を備えている。ここで、複数の発光素子１１（具体的には、発光ダイオード）が備えられ、複数の発光素子１１は、２次元マ

トリクス状に配列されている。尚、２次元マトリクス状に配列された複数の発光素子１１の個数はU_0’×V_0’個であり、光源１０Ｅにおける離散して配された光出射位置の数はU_0×V_0（但し、U_0＝U_0’，V_0＝V_0’）である。実施例９にあっては、Ｐ＝１０２４、Ｑ＝７６８であり、U_0＝１１、V_0＝１１である。但し、これらの値に限定するものではない。また、光線進行方向変更手段は、屈折型光学手段、具体的には、レンズ、より具体的には、コリメータレンズ１２から構成されている。ここで、コリメータレンズ１２の前側焦点面近傍に複数の発光素子１１が配置されており、各発光素子１１から出射され、コリメータレンズ１２に入射し、コリメータレンズ１２から出射するときの光（平行光）の出射方向を、コリメータレンズ１２によって立体的に変えることができる結果、光変調手段あるいは２次元画像形成装置３０に入射する光（照明光）の入射方向を立体的に変えることができる(図２９参照）。尚、各発光素子１１から出射される光の出射方向を、実施例９にあっては同じとしたが（具体的には、光軸に平行としたが）、異なっていてもよい。あるいは又、云い換えれば、光源である複数の発光素子１１と光変調手段あるいは２次元画像形成装置３０との間にはレンズ（具体的には、コリメータレンズ１２）が配置されており、複数の発光素子１１は、このコリメータレンズ１２の前側焦点面あるいは前側焦点面近傍に位置している。

【０２６５】

本発明の第１２の態様に係る画像表示装置の構成要素と本発明の第１３の態様に係る画像表示装置の構成要素とを対比すると、光変調手段３０は２次元画像形成装置３０に対応し、フーリエ変換像形成手段４０は第１のレンズL_1に対応し、後述するフーリエ変換像選択手段５０は空間フィルタＳＦに対応し、逆フーリエ変換手段は第２のレンズL_2に対応し、共役像形成手段６０は第２のレンズL_2及び第３のレンズL_3に対応している。それ故、便宜上、２次元画像形成装置３０、第１のレンズL_1、空間フィルタＳＦ、第２のレンズL_2、及び、第３のレンズL_3という用語に基づき、以下、説明を行う。

【０２６６】

光源１０Ｅを構成する発光素子11_A，11_B，11_Cから出射された光束が、２次元画像形成装置３０、第１のレンズL_1、及び、空間フィルタＳＦを通過する状態を、模式的に、図２９に示す。図２９においては、光源１０Ｅを構成する発光素子11_Aから出射された光束を実線で示し、発光素子11_Bから出射された光束を一点鎖線で示し、発光素子11_Cから出射された光束を点線で示す。また、発光素子11_A，11_B，11_Cから出射された照明光によって形成された空間フィルタＳＦにおける像の位置を、それぞれ、符号（11_A），（11_B），（11_C）で示す。尚、光源１０Ｅを構成する発光素子11_A，11_B，11_Cのそれぞれの位置番号（これについては後述する）は、例えば、第（５，０）番目、第（０，０）番目、及び、第（－５，０）番目である。ここで、或る発光素子が発光状態にあるときには、他の全ての発光素子は消灯状態となる。

【０２６７】

発光素子１１と２次元画像形成装置３０との間には、上述したとおり、コリメータレンズ１２が配置されている。そして、発光素子１１から出射され、コリメータレンズ１２を通過した照明光によって、２次元画像形成装置３０が照明されるが、上述したとおり、照明光の２次元画像形成装置３０への入射方向は、発光素子１１の２次元的な位置（光出射位置）に依存して立体的に異なっている。

【０２６８】

光変調手段３０は、２次元的に配列された複数の画素３１を有する２次元空間光変調器から成り、各画素３１は開口を備えている。ここで、２次元空間光変調器あるいは２次元画像形成装置３０は、具体的には、２次元的に配列された、即ち、Ｘ方向及びＹ方向に沿って２次元マトリクス状に配列された、Ｐ×Ｑ個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成り、各画素３１には開口が備えられている。尚、開口の平面形状は矩形である。開口の平面形状を矩形とするとき、フラウンホーファー回折が生じ、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。即ち、係る開口によって、入射光波の振幅（強度）を周期的に変調し、格子の光透過率分布に一致した光量分布が得られる振幅格子が形成される。

【０２６９】
１つの画素３１は、実施例１と同様に、透明第１電極と透明第２電極の重複領域であって液晶セルを含む領域から構成されている。そして、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって、即ち、各画素３１の光透過率を制御することによって、光源１０Ｅから出射された照明光の光透過率を制御し、全体として、２次元画像を得ることができる。透明第１電極と透明第２電極の重複領域には、矩形の開口が設けられており、係る開口を光源１０Ｅから出射された照明光が通過するとフラウンホーファー回折が生じる結果、各画素３１において、Ｍ×Ｎの回折光が生成される。云い換えれば、画素３１の数はＰ×Ｑであるが故に、総計（Ｐ×Ｑ×Ｍ×Ｎ）本の回折光が生じると考えることもできる。２次元画像形成装置３０においては、２次元画像における空間周波数が、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って２次元画像形成装置３０から出射される。尚、２次元画像における空間周波数によっても回折角は異なる。

【０２７０】
実施例９の画像表示装置１Ｅにあっては、フーリエ変換像形成手段４０はレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）から成り、このレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）の前側焦点面（光源側の焦点面）に光変調手段３０が配置されている。

【０２７１】
実施例９の画像表示装置１Ｅには、複数の回折次数に対応する数だけ生成されたフーリエ変換像の内、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段５０が備えられている。ここで、このフーリエ変換像選択手段５０は、フーリエ変換像が結像される位置（フーリエ変換像形成手段４０によってフーリエ変換像が結像されるＸＹ平面、結像面）に配置されている。具体的には、フーリエ変換像選択手段５０は、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）の後側焦点面（観察者側の焦点面）に配置されている。あるいは又、云い換えれば、実施例９の画像表示装置１Ｅは、光源１０Ｅの光出射位置の数に対応した数の開閉制御可能な開口部５１を有し、第１のレンズ$Ｌ_1$の後側焦点面に位置する空間フィルタＳＦを備えている。即ち、フーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）は、光源１０Ｅの離散して配された光出射位置の数（$Ｕ_0\times Ｖ_0＝ＬＥＰ_{Total}$）に対応した数（$Ｕ_0\times Ｖ_0＝ＬＥＰ_{Total}$）の開口部５１を有する。

【０２７２】
ここで、フーリエ変換像選択手段５０（あるいは空間フィルタＳＦ）は、より具体的には、例えば、$Ｕ_0\times Ｖ_0$個の画素を有する強誘電性液晶を用いた透過型の液晶表示装置又は反射型の液晶表示装置、あるいは、可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された装置を含む２次元型のＭＥＭＳから構成することができる。ここで、例えば、液晶セルを一種の光シャッター（ライト・バルブ）として動作させることによって開口部５１の開閉制御を行うことができるし、可動ミラーの移動／非移動によって開口部５１の開閉制御を行うことができる。フーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）においては、光変調手段３０による２次元画像の生成タイミングと同期して所望の開口部５１（具体的には、０次の回折光を通過させるための開口部５１）を開状態とすることによって、所望の回折次数（０次）に対応するフーリエ変換像を選択することができる。

【０２７３】
更には、画像表示装置１Ｅは、フーリエ変換像形成手段４０によって結像されたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、光変調手段３０によって生成された２次元画像の実像ＲＩを形成する逆フーリエ変換手段（具体的には、後述する第２のレンズ$Ｌ_2$）を更に備えている。

【０２７４】
実施例９にあっては、第１のレンズ$Ｌ_1$、第２のレンズ$Ｌ_2$、第３のレンズ$Ｌ_3$は、具体的には、凸レンズから構成されている。

【０２７５】

上述したとおり、焦点距離f_1を有する第１のレンズL_1の前側焦点面（光源側の焦点面）には２次元画像形成装置３０が配置されており、第１のレンズL_1の後側焦点面（観察者側の焦点面）には、フーリエ変換像を、空間的、且つ、時間的にフィルタリングするための時間的な開閉制御が可能な空間フィルタＳＦが配置されている。そして、第１のレンズL_1によって、複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成され、これらのフーリエ変換像は空間フィルタＳＦ上に結像する。

【０２７６】

２次元マトリクス状に配列された複数の発光素子から成る光源１０Ｅの模式的な正面図を図３１に示し、液晶表示装置から成る空間フィルタＳＦの模式的な正面図を図３２に示す。図３１及び図３２中、数字（ｕ，ｖ）は、光源１０Ｅを構成する発光素子あるいは空間フィルタＳＦを構成する開口部５１の位置番号を示す。即ち、例えば、第（３，２）番目の開口部５１には、第（３，２）番目に位置する発光素子による２次元画像の所望のフーリエ変換像（例えば０次の回折に対応するフーリエ変換像）のみが入射し、第（３，２）番目の開口部５１を通過する。第（３，２）番目に位置する発光素子による２次元画像の所望のフーリエ変換像以外のフーリエ変換像は、空間フィルタＳＦによって遮られる。焦点距離f_2を有する第２のレンズL_2の前側焦点面には空間フィルタＳＦが配置されている。更には、第２のレンズL_2の後側焦点面と、焦点距離f_3を有する第３のレンズL_3の前側焦点面とが一致するように、第２のレンズL_2及び第３のレンズL_3が配置されている。空間フィルタＳＦにおける開口部５１の平面形状は、実施例１と同様とすればよい。

【０２７７】

前述したとおり、共役像形成手段６０は、具体的には、第２のレンズL_2及び第３のレンズL_3から構成されている。そして、焦点距離f_2を有する第２のレンズL_2は、空間フィルタＳＦによってフィルタリングされたフーリエ変換像を逆フーリエ変換することにより、２次元画像形成装置３０によって形成された２次元画像の実像ＲＩを形成する。即ち、第２のレンズL_2の後側焦点面に、２次元画像形成装置３０によって形成された２次元画像の実像ＲＩが形成されるように配置されている。ここで得られる実像ＲＩの２次元画像形成装置３０に対する倍率は、第２のレンズL_2の焦点距離f_2を任意に選択することによって変化させることができる。また、焦点距離f_3を有する第３のレンズL_3は、空間フィルタＳＦによってフィルタリングされたフーリエ変換像の共役像ＣＩを形成する。

【０２７８】

ここで、第３のレンズL_3の後側焦点面は空間フィルタＳＦの共役面であることから、空間フィルタＳＦ上の１つの開口部５１に相当する部分から、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像が出力されていることと等価となる。そして、最終的に生成・出力される光線の量は、画素数分（Ｐ×Ｑ）であって、空間フィルタＳＦを通過した光線である。即ち、空間フィルタＳＦを通過する光線の光量が、それ以降の画像表示装置の構成要素を通過、反射することによって減少することは、実質的に無い。また、第３のレンズL_3の後側焦点面にはフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成されるが、２次元画像の共役像の方向成分は光源１０Ｅから出射され、２次元画像形成装置３０に入射する照明光の方向成分によって規定されるので、第３のレンズL_3の後側焦点面においては、光線群が２次元的に整然と配置されているとみなせる。即ち、全体としては、第３のレンズL_3の後側焦点面（共役像ＣＩが形成される面）に、図４９に示したプロジェクタ・ユニット３０１が複数の数（具体的には$U_0 \times V_0$個）、配置されている状態と等価である。

【０２７９】

図３０の（Ａ）及び（Ｂ）に模式的に示すように、２次元画像形成装置３０における１つの画素３１によって、Ｘ方向及びＹ方向に沿って、合計、Ｍ×Ｎ組の回折光が生成される。尚、図３０の（Ａ）及び（Ｂ）では、０次光（$n_0=0$）、±１次光（$n_0=\pm1$）、及び、±２次光（$n_0=\pm2$）の回折光のみを代表して図示しているが、実際には、更に高次（例えば、±５次）の回折光が生成され、これらの回折光の一部（具体的には、例えば、０次光）に基づき、最終的に立体画像が形成される。尚、図３０の（Ａ）は、発光素子11_Bから出射された光線によって形成された回折光を模式的に示し、図３０の（Ｂ）

は、発光素子１１$_A$から出射された光線によって形成された回折光を模式的に示す。ここで、各回折次数の回折光（光束）には、２次元画像形成装置３０によって形成された２次元画像の全画像情報（全ての画素の情報）が集約されている。２次元画像形成装置３０上の同一画素から回折によって生成される複数の光線群は、同時刻において、全て、同一の画像情報を有する。云い換えれば、Ｐ×Ｑ個の画素３１を有する透過型の液晶表示装置から成る２次元画像形成装置３０においては、光源１０Ｅからの照明光が各画素３１によって変調されて２次元画像が生成され、且つ、生成された２次元画像における空間周波数は、各画素３１から生じる複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射される。即ち、２次元画像のＭ×Ｎ個の一種のコピーが２次元画像形成装置３０から、複数の回折次数（総計Ｍ×Ｎ）に対応した回折角に沿って出射される。

【０２８０】

そして、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の全画像情報が集約された２次元画像における空間周波数は、第１のレンズＬ$_1$によってフーリエ変換され、各画素３１から生じる複数の回折次数に対応する数のフーリエ変換像が生成される。そして、これらのフーリエ変換像の内、所定のフーリエ変換像（例えば、０次の回折に対応するフーリエ変換像）のみを空間フィルタＳＦを通過させ、更には、この選択されたフーリエ変換像が第２のレンズＬ$_2$によって逆フーリエ変換され、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像の共役像が形成され、この２次元画像の共役像は、第３のレンズＬ$_3$に入射し、第３のレンズＬ$_3$によって共役像ＣＩが結像される。尚、２次元画像における空間周波数は、画素構造の空間周波数をキャリア周波数とした画像情報に相当するが、０次の平面波を搬送波とする画像情報の領域のみ（即ち、画素構造の空間周波数の最大１／２の空間周波数まで）が、云い換えれば、平面波成分の０次回折をキャリア周波数とする１次回折として得られるものであって、光変調手段の画素構造（開口構造）の空間周波数の半分以下の空間周波数が、空間フィルタＳＦを通過する。こうして、第３のレンズＬ$_3$によって結像された２次元画像の共役像にあっては、２次元画像形成装置３０の画素構造は含まれず、一方、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像における空間周波数の全てが含まれている。そして、第３のレンズＬ$_3$において、２次元画像の共役像における空間周波数のフーリエ変換像が生成されるので、空間的に高い密度にてフーリエ変換像を得ることができる。

【０２８１】

以上に説明したように、実施例９の画像表示装置１Ｅによれば、所定の発光素子１１を発光させる一方、フーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）における所望の開口部５１を開口する。従って、光変調手段（２次元画像形成装置）３０によって生成された２次元画像における空間周波数が、複数の回折次数に対応した回折角に沿って出射され、フーリエ変換像形成手段４０（第１のレンズＬ$_1$）によってフーリエ変換されることで得られたフーリエ変換像は、フーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）によって、空間的、且つ、時間的にフィルタリングされ、そのフィルタリングされたフーリエ変換像の共役像ＣＩが形成される構成を有するので、画像表示装置全体を大型化することなく、空間的に高い密度で、しかも、複数の方向に分布した状態で、光線群を生成・散布することができる。また、光線群の構成要素である個々の光線を、独立して、時間的及び空間的に制御することができる。これにより、実世界の物体と同質に近い光線による立体画像を得ることができる。

【０２８２】

また、実施例９の画像表示装置１Ｅによれば、光線再生法を利用しているので、焦点調節、輻輳、運動視差などの視覚機能を満足した立体画像を提供することが可能である。更には、実施例９の画像表示装置１Ｅによれば、複数の離散して配された光出射位置に依存して２次元画像形成装置３０への入射方向が異なる照明光を効率的に利用しているので、従来の画像出力手法と比較して、１つの画像出力デバイス（２次元画像形成装置３０）によって制御可能な光線を、離散して配された光出射位置の数だけ（即ち、Ｕ$_0$×Ｖ$_0$個）、得ることができる。しかも、実施例９の画像表示装置１Ｅによれば、空間的、且つ、時間

的にフィルタリングを行うので、画像表示装置の時間的特性を、画像表示装置の空間的特性に変換することができる。また、拡散スクリーン等を用いること無く、立体画像を得ることができる。更には、どのような方向からの観察に対しても適切な立体画像を提供することができる。また、空間的に高い密度で光線群を生成・散布することができるので、視認限界に近い精細な空間画像を提供することができる。

【実施例１０】

【０２８３】

実施例１０は、実施例９の変形である。実施例１０にあっては、光源１０Ｅが２次元マトリクス状に配列された複数の発光素子１１を具備し、各発光素子１１から出射される光の出射方向が異なるように各発光素子１１を配置している。これによって、光源の異なる光出射位置から順次出射され、入射方向が異なる照明光によって、光変調手段あるいは２次元画像形成装置を照明することができる。実施例９の画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）において、このような構成の光源を採用したときの画像表示装置の概念図を、図３３に示す。尚、図３３においては、光源１０Ｅを構成する発光素子１１_{A}から出射された光束の１本を実線で示し、発光素子１１_{B}から出射された光束の１本を一点鎖線で示し、発光素子１１_{C}から出射された光束の１本を点線で示す。また、発光素子１１_{A}，１１_{B}，１１_{C}から出射された照明光によって形成された空間フィルタＳＦにおける像の位置を、それぞれ、符号（１１_{A}），（１１_{B}），（１１_{C}）で示し、発光素子１１_{A}，１１_{B}，１１_{C}から出射された照明光によって形成された第３のレンズ$Ｌ_{3}$の後側焦点面における像の位置を、それぞれ、符号（１１_{a}），（１１_{b}），（１１_{c}）で示す。また、光変調手段（２次元画像形成装置）３０、フーリエ変換像形成手段４０（第１のレンズ$Ｌ_{1}$）、フーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）の近傍を拡大した概念図であって、光源１０Ｅを構成する発光素子１１_{A}，１１_{B}，１１_{C}から出射された光束が、２次元画像形成装置３０、第１のレンズ$Ｌ_{1}$、及び、空間フィルタＳＦを通過する状態を、模式的に、図３４、図３５、及び、図３６に示す。尚、光源１０Ｅを構成する発光素子１１_{A}，１１_{B}，１１_{C}のそれぞれの位置番号は、例えば、第（５，０）番目、第（０，０）番目、及び、第（－５，０）番目である。ここで、或る発光素子が発光状態にあるときには、他の全ての発光素子は消灯状態となる。尚、図３３において、参照番号２０は、照明光を整形するためのレンズから構成された照明光学系である。

【０２８４】

実施例９あるいは実施例１０にあっては、光源を、発光素子、及び、該発光素子から出射された光の進行方向を変更するための光線進行方向変更手段を備えている構成とすることもできる。具体的には、例えば、ポリゴン・ミラーをその回転軸を中心として回転させながら、回転軸の傾斜角を制御すればよい。あるいは又、光線進行方向変更手段を、曲面から構成された凸面鏡、曲面から構成された凹面鏡、多面体から構成された凸面鏡、多面体から構成された凹面鏡）から構成し、鏡から出射するときの照明光の光出射位置を、鏡の位置等の制御を行うことで変化（変更）すればよい。

【０２８５】

実施例９あるいは実施例１０にあっては、また、空間フィルタＳＦ（フーリエ変換像選択手段５０）の代わりに、光出射位置の数に対応した数の開口部を有し、第１のレンズ$Ｌ_{1}$の後側焦点面に位置する散乱回折制限部材を備えている構成とすることもできる。この散乱回折制限部材は、例えば、光を通さない板状部材に開口部（例えば、ピンホール）を設けることで作製することができる。ここで、開口部の位置は、フーリエ変換像選択手段あるいは第１のレンズによって得られるフーリエ変換像（あるいは回折光）の内の所望の（例えば、０次の回折次数を有する）フーリエ変換像（あるいは回折光）が結像する位置とすればよく、係る開口部の位置は、離散して配された光出射位置に対応させればよい。

【実施例１１】

【０２８６】

実施例１１は、以上に説明した種々の実施例の変形である。実施例１１の画像表示装置（より具体的には、３次元像表示装置）の概念図を、図３７に示す。実施例１～実施例１

０の画像表示装置にあっては、光透過型の２次元画像形成装置３０を用いた。一方、実施例１１の画像表示装置にあっては、反射型の光変調手段（２次元画像形成装置）３０’を用いる。反射型の光変調手段（２次元画像形成装置）３０’として、例えば、反射型の液晶表示装置を挙げることができる。

【０２８７】

実施例１１の画像表示装置にあっては、ｚ軸（光軸）上にビームスプリッタ７０が備えられている。ビームスプリッタ７０は、偏光成分の違いにより光を透過又は反射させる機能を有する。ビームスプリッタ７０は、光源１０，１０Ｅから出射された光（照明光）を反射型の光変調手段（２次元画像形成装置）３０’に向けて反射する。また、光変調手段（２次元画像形成装置）３０’からの反射光を透過する。この点を除き、実施例１１の画像表示装置の構成、構造は、実施例１～実施例１０の画像表示装置の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【０２８８】

尚、反射型の光変調手段（２次元画像形成装置）として、実施例の形態に依っては、代替的に、各開口内に可動ミラーが設けられている構成（可動ミラーが２次元マトリクス状に配列された２次元型のＭＥＭＳから成る構成）を採用することもでき、この場合には、可動ミラーの移動／非移動によって２次元画像が生成され、しかも、開口によってフラウンホーファー回折が発生する。尚、２次元型のＭＥＭＳを採用する場合にはビームスプリッタは不要であり、２次元型のＭＥＭＳに対して斜め方向から照明光を入射させればよい。

【０２８９】

以下、実施例１～実施例６、実施例９～実施例１０における空間フィルタＳＦにおける開口部５１の開閉制御のタイミングについて説明する。

【０２９０】

空間フィルタＳＦにおいては、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するために、２次元画像形成装置３０の画像出力と同期して、開口部５１の開閉制御を行う。この操作を、図３８、図３９、及び、図４０を参照して説明する。尚、図３８の最上段は、２次元画像形成装置３０における画像出力のタイミングを示しており、図３８の中段は、空間フィルタＳＦにおける第（３，２）番目の開口部５１の開閉タイミングを示し、図３８の下段は、第（３，３）番目の開口部５１の開閉タイミングを示す。

【０２９１】

図３８に示すように、２次元画像形成装置３０において、例えば時間t_{1S}～t_{1E}の間（期間TM_1）に画像「Ａ」が表示され、時間t_{2S}～t_{2E}の間（期間TM_2）に画像「Ｂ」が表示されるとする。このとき、実施例１～実施例６において、空間フィルタＳＦにあっては、図３８に示すように、期間TM_1では第（３，２）番目の開口部５１を、期間TM_2では第（３，３）番目の開口部５１を開状態とする。こうして、２次元画像形成装置３０における同じ画素３１（あるいは又、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦにおける同じ開口領域３４、あるいは又、光学装置３５を構成する同じ光学素子３６）において異なる回折次数として生成され、第１のレンズL_1あるいは第３のレンズL_3によって生成されるフーリエ変換像に、異なる画像情報を付加することができる。云い換えれば、期間TM_1では、２次元画像形成装置３０における或る画素３１（あるいは又、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦにおける或る開口領域３４、あるいは又、光学装置３５を構成する或る光学素子３６）において得られる$m_0=3$，$n_0=2$の回折次数を有するフーリエ変換像には、画像「Ａ」に関する画像情報が含まれている。一方、期間TM_2では、２次元画像形成装置３０における同じ或る画素３１（あるいは又、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦにおける同じ或る開口領域３４、あるいは又、光学装置３５を構成する同じ或る光学素子３６）において得られる$m_0=3$，$n_0=3$の回折次数を有するフーリエ変換像には、画像「Ｂ」に関する画像情報が含まれている。

【０２９２】

また、実施例９にあっても、図３８に示すように、２次元画像形成装置３０において、

例えば時間t_{1S}～t_{1E}の間（期間TM_1）に画像「Ａ」が表示され、時間t_{2S}～t_{2E}の間（期間TM_2）に画像「Ｂ」が表示されるとする。このとき、光源１０Ｅにおいては、期間TM_1では第（３，２）番目の発光素子のみを発光状態とし、期間TM_2では第（３，３）番目の発光素子のみを発光状態とする。このように、離散して配された複数の光出射位置から順次出射され、２次元画像形成装置３０への入射方向が異なる照明光を使用し、しかも、係る照明光を各画素３１によって変調する。一方、空間フィルタＳＦにおいては、図３８に示すように、期間TM_1では第（３，２）番目の開口部５１を、期間TM_2では第（３，３）番目の開口部５１を開状態とする。こうして、２次元画像形成装置３０における同じ画素３１において異なる回折次数として生成され、第１のレンズL_1によって生成されるフーリエ変換像に、異なる画像情報を付加することができる。云い換えれば、期間TM_1では、第（３，２）番目の発光素子を発光状態とすることで、２次元画像形成装置３０における或る画素３１において得られる０次の回折次数を有するフーリエ変換像には、画像「Ａ」に関する画像情報、及び、照明光の２次元画像形成装置３０への入射方向情報が含まれている。一方、期間TM_2では、第（３，３）番目の発光素子を発光状態とすることで、２次元画像形成装置３０における同じ或る画素において得られる０次の回折次数を有するフーリエ変換像には、画像「Ｂ」に関する画像情報、及び、照明光の２次元画像形成装置３０への入射方向情報が含まれている。

【０２９３】

図３９に、２次元画像形成装置３０における画像形成のタイミングと開口部５１の制御のタイミングとを模式的に示す。期間TM_1では、２次元画像形成装置３０において画像「Ａ」が表示され、Ｍ×Ｎ個のフーリエ変換像が空間フィルタＳＦの対応する第（３，２）番目の開口部５１にフーリエ変換像「α」として集光される。期間TM_1では、第（３，２）番目の開口部５１のみを開くので、$m_0=3$，$n_0=2$の回折次数を有するフーリエ変換像「α」のみ（実施例９にあっては、０次の回折次数を有するフーリエ変換像「α」のみ）が空間フィルタＳＦを通過する。次の期間TM_2にあっては、２次元画像形成装置３０において画像「Ｂ」が表示され、同様にＭ×Ｎ個のフーリエ変換像が空間フィルタＳＦの対応する第（３，３）番目の開口部５１にフーリエ変換像「β」として集光される。期間TM_2では、第（３，３）番目の開口部５１のみを開くので、$m_0=3$，$n_0=3$の回折次数を有するフーリエ変換像「β」のみ（実施例９にあっては、０次の回折次数を有するフーリエ変換像「β」のみ）が空間フィルタＳＦを通過する。以下、順次、２次元画像形成装置３０の画像形成タイミングに同期して、空間フィルタＳＦにおける開口部５１の開閉制御を行う。尚、図３９において、開状態の開口部５１を実線で囲み、閉状態の開口部５１を点線で囲んだ。ここで、実施例９にあっては、空間フィルタＳＦが占める空間を或る時間長さで眺めた場合、$U_0\times V_0$個の輝点（フーリエ変換像）が２次元マトリクス状に並んだ状態（図２に示した状態に類似した状態）が見られるであろう。

【０２９４】

このようなタイミングで２次元画像形成装置３０における画像形成と開口部５１の開閉制御とを行った場合に、この画像表示装置の最終出力として得られる画像を、図４０に模式的に示す。図４０において、画像「Ａ’」は、第（３，２）番目の開口部５１のみを開くので、$m_0=3$，$n_0=2$の回折次数を有するフーリエ変換像「α」のみ（実施例９にあっては、第（３，２）番目の発光素子が発光状態にあるときの０次の回折次数を有するフーリエ変換像「α」のみ）が空間フィルタＳＦを通過する結果得られる画像である。また、画像「Ｂ’」は、第（３，３）番目の開口部５１のみを開くので、$m_0=3$，$n_0=3$の回折次数を有するフーリエ変換像「β」のみ（実施例９にあっては、第（３，３）番目の発光素子が発光状態にあるときの０次の回折次数を有するフーリエ変換像「β」のみ）が空間フィルタＳＦを通過する結果得られる画像である。更には、画像「Ｃ’」は、第（４，２）番目の開口部５１のみを開くので、$m_0=4$，$n_0=2$の回折次数を有するフーリエ変換像「γ」のみ（実施例９にあっては、第（４，２）番目の発光素子が発光状態にあるときの０次の回折次数を有するフーリエ変換像「γ」のみ）が空間フィルタＳＦを通過する結果得られる画像である。尚、図４０に示す画像は、観察者が眺める画像である。図４

０においては、便宜上、画像と画像とを実線で区分したが、係る実線は仮想の実線である。また、正確には、同時刻に、図４０に示した画像が得られるわけではないが、画像の切り替え期間は非常に短時間なので、観察者の目には同時に表示されているように観察される。例えば、１フレームの表示期間内に、２次元画像形成装置３０（あるいは、オーバーサンプリングフィルタＯＳＦ）における全ての次数分（Ｍ×Ｎ）の画像形成と、空間フィルタＳＦにおける１つの画像の選択が行われるし、実施例９にあっては、１フレームの表示期間内に、全ての離散して配された光出射位置に基づく（$Ｕ_0$×$Ｖ_0$）個の画像の選択が行われる。また、図４０では平面的に図示しているが、観察者に実際に観察されるのは立体画像である。

【０２９５】

即ち、実施例１～実施例６、実施例９～実施例１０においては、前述したように、第３のレンズ$Ｌ_3$あるいは第５のレンズ$Ｌ_5$の後側焦点面からは、２次元画像形成装置３０によって生成された２次元画像、あるいは又、第２のレンズ$Ｌ_2$によって生成された２次元画像の共役像（例えば、時系列的に、画像「Ａ’」、画像「Ｂ’」・・・画像「Ｃ’」）が出力される。即ち、全体としては、第３のレンズ$Ｌ_3$あるいは第５のレンズ$Ｌ_5$の後側焦点面に、図４９に示したプロジェクタ・ユニット３０１が複数の回折次数分（具体的にはＭ×Ｎ個）、あるいは又、複数の離散して配された光出射位置の数（具体的には$Ｕ_0$×$Ｖ_0$個）、配置されており、時系列的に、或るプロジェクタ・ユニット３０１から画像「Ａ’」が出力され、別のプロジェクタ・ユニット３０１から画像「Ｂ’」が出力され、更に別のプロジェクタ・ユニット３０１から画像「Ｃ’」が出力されると等価となる。そして、例えば、或る物体を種々の位置（角度）から撮影した多数の画像（あるいは、コンピュータによって作成した画像）のデータに基づき、２次元画像形成装置３０において画像を時系列的に再生すれば、これらの画像に基づき立体画像を得ることができる。

【０２９６】

次に、実施例７あるいは実施例８における光線進行方向変更手段８０の位置制御のタイミング等について説明する。

【０２９７】

方向成分を有する像を第３のレンズ$Ｌ_3$によって結像させるために、２次元画像形成装置３０の画像出力と同期して、光線進行方向変更手段８０の位置制御を行う。この操作を、図３８、図３９、図４０、及び、図４１を参照して説明する。尚、図３８の最上段は、２次元画像形成装置３０における画像出力のタイミングを示しており、図３８の中段は、光線進行方向変更手段８０における第（３，２）番目の結像の位置制御のタイミングを示し、図３８の下段は、第（３，３）番目の結像の位置制御のタイミングを示す。

【０２９８】

図３８に示すように、２次元画像形成装置３０において、例えば時間$ｔ_{1S}$～$ｔ_{1E}$の間（期間$ＴＭ_1$）に画像「Ａ」が表示され、時間$ｔ_{2S}$～$ｔ_{2E}$の間（期間$ＴＭ_2$）に画像「Ｂ」が表示されるとする。このとき、光線進行方向変更手段８０においては、図３８に示すように、期間$ＴＭ_1$では、第（３，２）番目の結像が得られるような位置制御がなされ、期間$ＴＭ_2$では、第（３，３）番目の結像が得られるような位置制御がなされる。尚、図４１にあっては、第（３，２）番目の結像が得られるような位置制御の状態にある光線進行方向変更手段８０を点線で示し、結像面ＩＳにおいて得られた像を概念的に「Ａ」で示し、第（３，３）番目の結像が得られるような位置制御の状態にある光線進行方向変更手段８０を実線で示し、結像面ＩＳにおいて得られた像を概念的に「Ｂ」で示す。こうして、第１のレンズ$Ｌ_1$によって生成されるフーリエ変換像に、異なる画像情報（方向成分）を付加することができる。云い換えれば、期間$ＴＭ_1$では、フーリエ変換像には、画像「Ａ」に関する画像情報が含まれている。一方、期間$ＴＭ_2$では、フーリエ変換像には、画像「Ｂ」に関する画像情報が含まれている。

【０２９９】

図３９に、２次元画像形成装置３０における画像形成のタイミングと光線進行方向変更手段８０の位置制御のタイミングとを模式的に示す。期間$ＴＭ_1$では、２次元画像形成装

置３０において画像「Ａ」が表示され、光線進行方向変更手段８０にフーリエ変換像「α」として集光される。そして、期間TM_1では、第（３，２）番目の結像が得られる。次の期間TM_2では、２次元画像形成装置３０において画像「Ｂ」が表示され、同様に光線進行方向変更手段８０にフーリエ変換像「β」として集光される。そして、期間TM_2では、第（３，３）番目の結像が得られる。以下、順次、２次元画像形成装置３０の画像形成タイミングに同期して、光線進行方向変更手段８０の位置制御を行う。尚、図３９において、結像面ＩＳにおける結像位置を実線で囲み、光線進行方向変更手段８０の位置制御の他のタイミングにおける結像位置を点線で囲んだ。

【０３００】

尚、光線進行方向変更手段８０による光線の進行方向の変更を、２次元画像形成装置３０に基づく２次元画像の生成と同期させる必要があるが、光線進行方向変更手段８０によって結像面ＩＳに或る像（例えば「α」）を結像した後、光線進行方向変更手段８０の位置を変更し（変化させ）、光線進行方向変更手段８０によって結像面ＩＳに次の像（例えば「β」）を結像するまでの間は、光源１０の動作を中断し、２次元画像形成装置３０によって２次元画像を生成させない。

【０３０１】

このようなタイミングで２次元画像形成装置３０における画像形成と光線進行方向変更手段８０の位置制御とを行った場合に、この画像表示装置の最終出力として得られる画像を、図４０に模式的に示す。図４０において、画像「Ａ’」は、第（３，２）番目の結像の結果得られる画像であり、画像「Ｂ’」は、第（３，３）番目の結像の結果得られる画像であり、画像「Ｃ’」は、第（４，２）番目の結像の結果得られる画像である。例えば、１フレームの表示期間内に、（$S_0 \times T_0$）の回数の２次元画像の生成及び光線進行方向変更手段８０の位置制御が行われる。

【０３０２】

即ち、実施例７あるいは実施例８においては、前述したように、第３のレンズL_3の後側焦点面（結像面ＩＳ）からは、第２のレンズL_2によって生成された２次元画像の共役像（例えば、時系列的に、画像「Ａ’」、画像「Ｂ’」・・・画像「Ｃ’」）が出力される。即ち、全体としては、第３のレンズL_3の後側焦点面に、図４９に示したプロジェクタ・ユニット３０１が複数個（具体的には$S_0 \times T_0$個）、配置されており、時系列的に、或るプロジェクタ・ユニット３０１から画像「Ａ’」が出力され、別のプロジェクタ・ユニット３０１から画像「Ｂ’」が出力され、更に別のプロジェクタ・ユニット３０１から画像「Ｃ’」が出力されると等価となる。そして、例えば、或る物体を種々の位置（角度）から撮影した多数の画像（あるいは、コンピュータによって作成した画像）のデータに基づき、２次元画像形成装置３０において画像を時系列的に再生すれば、これらの画像に基づき立体画像を得ることができる。

【０３０３】

次に、回折格子－光変調素子２１０の構成、構造を説明する。

【０３０４】

回折格子－光変調素子２１０を構成する下部電極２１２、固定電極２２１、可動電極２２２等の配置を、図４２に模式的に示す。尚、図４２においては、下部電極２１２、固定電極２２１、可動電極２２２、支持部２１４，２１５，２１７，２１８を明示するために、これらに斜線を付した。

【０３０５】

この回折格子－光変調素子２１０は、下部電極２１２、帯状（リボン状）の固定電極２２１、並びに、帯状（リボン状）の可動電極２２２から成る。下部電極２１２は支持体２１１上に形成されている。また、固定電極２２１は、支持部２１４，２１５に支持され、下部電極２１２の上方に支持、張架されている。更には、可動電極２２２は、支持部２１７，２１８に支持され、下部電極２１２の上方に支持、張架されており、固定電極２２１に対して並置されている。図示した例において、１つの回折格子－光変調素子２１０は、３本の固定電極２２１と３本の可動電極２２２から構成されている。３本の可動電極２２

２は纏めて制御電極に接続され、制御電極は、図示しない接続端子部に接続されている。一方、３本の固定電極２２１は纏めてバイアス電極に接続されている。バイアス電極は、複数の回折格子－光変調素子２１０において共通とされており、図示しないバイアス電極端子部を介して接地されている。下部電極２１２も、複数の回折格子－光変調素子２１０において共通とされており、図示しない下部電極端子部を介して接地されている。

【０３０６】

接続端子部、制御電極を介して可動電極２２２へ電圧を印加し、且つ、下部電極２１２へ電圧を印加すると（実際には、下部電極２１２は接地状態にある）、可動電極２２２と下部電極２１２との間に静電気力（クーロン力）が発生する。そして、この静電気力によって、下部電極２１２に向かって可動電極２２２が下方に変位する。尚、可動電極２２２の変位前の状態を図４３の（Ａ）及び図４３の（Ｃ）の左側に示し、変位後の状態を図４３の（Ｂ）及び図４３の（Ｃ）の右側に示す。そして、このような可動電極２２２の変位に基づき、可動電極２２２と固定電極２２１とによって反射型の回折格子が形成される。ここで、図４３の（Ａ）は、図４２の矢印Ｂ－Ｂに沿った固定電極等の模式的な断面図、及び、図４２の矢印Ａ－Ａに沿った可動電極等の模式的な断面図（但し、回折格子－光変調素子が作動していない状態にある）であり、図４３の（Ｂ）は、図４２の矢印Ａ－Ａに沿った可動電極等の模式的な断面図であり（但し、回折格子－光変調素子が作動している状態にある）、図４３の（Ｃ）は、図４２の矢印Ｃ－Ｃに沿った固定電極、可動電極等の模式的な断面図である。

【０３０７】

隣接する固定電極２２１の間の距離をｄ（図４３の（Ｃ）参照）、可動電極２２２及び固定電極２２１に入射する光（入射角：θ_i）の波長をλ、回折角をθ_mとすると、

$$d[\sin(\theta_i)-\sin(\theta_m)]=m_{Dif}\cdot\lambda$$

で表すことができる。ここで、m_{Dif}は次数であり、０，±１，±２・・・の値をとる。

【０３０８】

そして、可動電極２２２の頂面と固定電極２２１の頂面の高さの差Δh_1（図４３の（Ｃ）参照）が（λ／４）のとき、回折光の光強度は最大の値となる。

【０３０９】

光変調手段にあっては、可動電極２２２が図４３の（Ａ）及び図４３の（Ｃ）の左側に示した状態である回折格子－光変調素子２１０の不作動時、可動電極２２２及び固定電極２２１の頂面で反射された光は空間フィルタ２０４で遮られる。一方、可動電極２２２が図４３の（Ｂ）及び図４３の（Ｃ）の右側に示した状態である回折格子－光変調素子２１０の作動時、可動電極２２２及び固定電極２２１で回折された±１次（$m_{Dif}=\pm1$）の回折光は空間フィルタ２０４を通過する。このような構成にすることで、光のオン／オフ制御を制御することができる。また、可動電極２２２に印加する電圧を変化させることで、可動電極２２２の頂面と固定電極２２１の頂面の高さの差Δh_1を変化させることができ、その結果、回折光の強度を変化させて、階調制御を行うことができる。

【０３１０】

次に、実施例１～実施例８における光源及び照明光学系の構成例を、図４４の（Ａ）～（Ｃ）、図４５の（Ａ）～（Ｂ）に示す。ここで、光源によって出射され、照明光学系によって整形され、２次元画像形成装置３０を照明する光（照明光）の特性を、以下、空間コヒーレンスを用いて説明する。

【０３１１】

空間コヒーレンスは、任意の空間における断面で生じる光の干渉性を示し、その度合いは、生成される干渉縞のコントラストで示すことができる。干渉縞の生成過程において、最もコントラストの高い干渉縞は、平面波若しくは平面波と光学的に交換可能な球面波の干渉によって生成される。このことから、空間コヒーレンスの最も高い光は、平面波（若しくは球面波）であることが分かる。１つの進行方向の成分のみを有する例えば平面波は空間コヒーレンスが最も高く、空間コヒーレンスの度合いが低くなるに従い、進行方向の成分が複数存在するようになる。また、光の進行方向成分の分布は、発光原点若しくは２

次発光点の空間的な大きさを議論することと等価である。以上のことから、空間コヒーレンスは、発光原点若しくは２次発光点の空間的な大きさに基づき議論することができる。空間コヒーレンス、即ち、光源の空間的な大きさは、画像表示装置における画像の空間周波数特性を決定する要因となる。完全な空間コヒーレンスを有する光以外を照明光に用いると、高周波成分から順番にコントラストの低下が生じる。得られる画像の空間周波数特性は、具体的なアプリケーションによって異なる要求があることから、ここでは、具体的数値に言及せず、異なる要求に柔軟に対応するための様々な構成方法について述べる。

【０３１２】

実施例１～実施例８の画像表示装置１Ａ～１Ｄにおいては、照明光として空間コヒーレンスの高い光を用いる場合と、そうでない場合において、光源及び照明光学系の構成方法が異なる。また、光源の特性により照明光学系の構成が異なる。以下では、光源及び照明光学系における構成方法の組み合わせについて説明する。尚、光源は全ての場合において、単色若しくは単色に近い光源であることを前提としている。

【０３１３】

図４４の（Ａ）は、第１構成例として、空間コヒーレンスの高い光源１０_1により、全体として空間コヒーレンスの高い照明光学系２０_1を構成した例を示している。光源１０_1は、例えばレーザから構成されている。照明光学系２０_1は、光源側から順に、レンズ２１_1、円形開口板２２_1、及び、レンズ２４_1から構成されている。円形開口板２２_1には、中央に円形のアパーチャ２３_1が設けられている。レンズ２４_1における集光位置にアパーチャ２３_1が配置されている。レンズ２４_1は、コリメータレンズとして機能する。

【０３１４】

図４４の（Ｂ）は、第２構成例として、空間コヒーレンスの高い光源１０_2を用いて、全体として空間コヒーレンスの高くない照明光学系２０_2を構成した例を示している。光源１０_2は、例えばレーザから構成されている。照明光学系２０_2は、光源側から順に、レンズ２１_2、拡散板２２_2、及び、レンズ２４_2から構成されている。拡散板２２_2は、可動拡散板であってもよい。

【０３１５】

図４４の（Ｃ）及び図４５の（Ａ）は、第３構成例及び第４構成例として、空間コヒーレンスの高くない光源１０_3，１０_4を用いて、全体として空間コヒーレンスの高い照明光学系２０_3，２０_4を構成した例を示している。光源１０_3，１０_4としては、例えば発光ダイオード（ＬＥＤ）や白色光源を用いる。図４４の（Ｃ）の照明光学系２０_3は、光源側から順に、レンズ２１_3、円形開口板２２_2、及び、レンズ２４_3から構成されている。円形開口板２２_2には、中央に円形のアパーチャ２３_3が設けられている。レンズ２４_3における集光位置に、アパーチャ２３_3が配置されている。レンズ２４_3は、コリメータレンズとして機能する。一方、図４５の（Ａ）の照明光学系２０_4は、図４４の（Ｃ）の照明光学系２０_3に比べてレンズ２１_3が省略され、光源側から順に、円形開口板２２_4、アパーチャ２３_4、及び、レンズ２４_4から構成されている。

【０３１６】

図４５の（Ｂ）は、第５構成例として、空間コヒーレンスの高くない光源１０_5を用いて、全体として空間コヒーレンスの高くない照明光学系２０_5を構成した例を示している。光源１０_5の他は、レンズ２４_5のみで構成されている。

【０３１７】

各構成例において、全体として空間コヒーレンスの高い照明光学系を構築する場合には、光源に依存することなく２次発光点を小さくしている。また、全体として空間コヒーレンスの高くない照明光学系を構築する場合には、光源に依存すること無く、２次発光点を大きくしている。

【０３１８】

以上、本発明の画像表示装置を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定するものではない。各実施例にあっては、画像表示方法、画像表示装置を、３次元像の表示方法、３次元像表示装置に基づき説明したが、本発明の画像表示方法は、

３次元像の表示方法に限定するものではなく、広くは、２次元像及び３次元像を含む画像の表示方法に適用することができる。また、各実施例において説明した画像表示装置によって、最終的に、３次元像だけでなく、２次元像を表示することができる。

【０３１９】

実施例１～実施例１１の画像表示装置にあっては、前述したとおり、光変調手段や２次元画像形成装置の動作の制御は、図示しないパーソナルコンピュータによって行われる。従って、実施例１～実施例１１の画像表示装置は、実施例１～実施例１１において説明した構成要素に加えて、記録手段（例えば、ハードディスク）を備えたコンピュータを有している。そして、この記録手段には、画像表示装置を構成する光学系によって生じる収差（例えば、ザイデルの５収差や、色収差）を補正した２次元画像データが記録されている。あるいは又、例えば、（ｍ，ｎ）の値、（Ｐ，Ｑ）の値、（Ｍ，Ｎ）の値、（$Ｓ_0$，$Ｔ_0$）の値、（$Ｕ_0$，$Ｖ_0$）の値をパラメータとした、画像表示装置を構成する光学系によって生じる収差を補正するための演算子が記録されている。そして、コンピュータによって、光変調手段や２次元画像形成装置における２次元画像の生成を制御する。尚、フーリエ変換像選択手段や空間フィルタは、光学系においては、所謂瞳面に配置されている。従って、所望の回折次数に対応するフーリエ変換像を選択するフーリエ変換像選択手段の動作や開閉制御可能な開口部を有する空間フィルタの動作によって、瞳面は分割された状態となり、瞳が縮小されたことと等価となる。従って、光学系の瞳面を分割し、光変調手段や２次元画像形成装置における２次元画像の生成、及び、分割された瞳面を、時系列的に制御することで、２次元画像の生成及び分割された瞳面の時系列的な制御と同期した動的な画像出力によって、所望の画像を得ることができる。

【０３２０】

実施例３や実施例４においては、オーバーサンプリングフィルタを構成する格子フィルタを位相格子から構成したが、代替的に振幅格子から構成してもよい。

【０３２１】

また、実施例５にあっては、２次元画像形成装置３０と光学装置３５との間に、例えば、２枚の凸レンズを配置し、一方の凸レンズの前側焦点面に２次元画像形成装置３０を配置し、一方の凸レンズの後側焦点に他方の凸レンズの前側焦点を位置させ、他方の凸レンズの後側焦点面に光学装置３５を配置する構成とすることもできる。また、光学装置３５を構成する光学素子３６を、代替的に凹レンズから構成することもできる。この場合には、仮想の開口領域３７は、２次元画像形成装置３０の前方（光源側）に位置する。更には、光学素子３６を、通常のレンズに代えて、フレネルレンズから構成してもよい。

【０３２２】

実施例９においては、光源１０Ｅと光変調手段（２次元画像形成装置）３０との間にコリメータレンズ１２を配置したが、その代わりに、マイクロレンズが２次元マトリクス状に配列されたマイクロレンズアレイを用いることもできる。

【０３２３】

実施例１や実施例２においては、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）の前側焦点面に光変調手段（２次元画像形成装置）３０や回折光生成手段が配置されており、後側焦点面にフーリエ変換像選択手段が配置されている構成としたが、場合によっては、２次元画像における空間周波数にクロストークが生じる結果、最終的に得られる立体画像に劣化が生じるものの、係る劣化が許容されるならば、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）の前側焦点面からずれた位置に光変調手段（２次元画像形成装置）３０や回折光生成手段を配置してもよいし、後側焦点面からずれた位置にフーリエ変換像選択手段を配置してもよい。また、第１のレンズ$Ｌ_1$、第２のレンズ$Ｌ_2$、第３のレンズ$Ｌ_3$は凸レンズに限定されず、適宜、適切なレンズを選択すればよい。

【０３２４】

実施例３や実施例４においても、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第３のレンズ$Ｌ_3$）の前側焦点面にオーバーサンプリングフィルタＯＳＦが配置されており、

後側焦点面にフーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）が配置されている構成としたが、場合によっては、２次元画像の共役像における空間周波数にクロストークが生じる結果、最終的に得られる立体画像に劣化が生じるものの、係る劣化が許容されるならば、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第３のレンズ$Ｌ_3$）の前側焦点面からずれた位置にオーバーサンプリングフィルタＯＳＦを配置してもよいし、後側焦点面からずれた位置にフーリエ変換像選択手段５０（空間フィルタＳＦ）を配置してもよい。また、第１のレンズ$Ｌ_1$、第２のレンズ$Ｌ_2$、第３のレンズ$Ｌ_3$、第４のレンズ$Ｌ_4$、第５のレンズ$Ｌ_5$は凸レンズに限定されず、適宜、適切なレンズを選択すればよい。

【０３２５】

また、実施例５や実施例６においては、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）の前側焦点面に光学装置３５を構成する光学素子３６の焦点が位置しており、後側焦点面にフーリエ変換像選択手段が配置されている構成としたが、場合によっては、２次元画像における空間周波数にクロストークが生じる結果、最終的に得られる立体画像に劣化が生じるものの、係る劣化が許容されるならば、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）の前側焦点面からずれた位置に光学装置３５を構成する光学素子３６の焦点を位置させてもよいし、後側焦点面からずれた位置にフーリエ変換像選択手段を配置してもよい。また、第１のレンズ$Ｌ_1$、第２のレンズ$Ｌ_2$、第３のレンズ$Ｌ_3$は凸レンズに限定されず、適宜、適切なレンズを選択すればよい。

【０３２６】

更には、実施例７においては、第２のレンズ$Ｌ_3$の後側焦点面であって、第３のレンズ$Ｌ_2$の前側焦点面に、光線進行方向変更手段８０を配置したが、場合によっては、これらの焦点面からずれた位置に光線進行方向変更手段８０を配置してもよい。また、第１のレンズ$Ｌ_1$、第２のレンズ$Ｌ_2$、第３のレンズ$Ｌ_3$は凸レンズに限定されず、適宜、適切なレンズを選択すればよい。

【０３２７】

更には、実施例９や実施例１０においては、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）の前側焦点面に光変調手段（２次元画像形成装置）３０や回折光生成手段が配置されており、後側焦点面にフーリエ変換像選択手段が配置されている構成としたが、場合によっては、最終的に得られる立体画像に劣化が生じるものの、係る劣化が許容されるならば、フーリエ変換像形成手段４０を構成するレンズ（第１のレンズ$Ｌ_1$）の前側焦点面からずれた位置に光変調手段（２次元画像形成装置）３０や回折光生成手段を配置してもよいし、後側焦点面からずれた位置に空間フィルタＳＦ（フーリエ変換像選択手段５０）を配置してもよい。また、第１のレンズ$Ｌ_1$、第２のレンズ$Ｌ_2$、第３のレンズ$Ｌ_3$は凸レンズに限定されず、適宜、適切なレンズを選択すればよい。

【０３２８】

実施例においては、光源は全ての場合において単色若しくは単色に近い光源であることを前提としているが、光源は、このような構成に限定するものではない。光源の波長帯域が複数の帯域に及んでもよい。但し、この場合には、例えば、実施例１における画像表示装置１Ａを例にとり説明すると、図４６の（Ａ）に示すように、照明光学系２０と光変調手段（２次元画像形成装置）３０との間に、あるいは又、実施例９における画像表示装置１Ｅを例にとり説明すると、コリメータレンズ１２と光変調手段（２次元画像形成装置）３０との間に、波長選択を行う狭帯域フィルタ７１を配置することが好ましく、これによって、波長帯域を分別、選択し、単色光を抽出することができる。

【０３２９】

あるいは又、光源１０の波長帯域が広帯域に及んでもよい。但し、この場合には、図４６の（Ｂ）に示すように、照明光学系２０と光変調手段（２次元画像形成装置）３０との間に、あるいは又、コリメータレンズ１２と光変調手段（２次元画像形成装置）３０との間に、ダイクロイックプリズム７２及び波長選択を行う狭帯域フィルタ７１Ｇを配置することが好ましい。具体的には、ダイクロイックプリズム７２は、例えば赤色光、青色光を別々の方向に反射すると共に、緑色光を含む光線を透過する。ダイクロイックプリズム７

２における緑色光を含む光線の出射側に、緑色光を分別・選択する狭帯域フィルタ７１Ｇが配置されている。

【０３３０】

また、図４７に示すように、ダイクロイックプリズム７２における緑色光を含む光線の出射側に緑色光を分別・選択する狭帯域フィルタ７１Ｇを配置し、赤色光を含む光線の出射側に赤色光を分別・選択する狭帯域フィルタ７１Ｒを配置し、青色光を含む光線の出射側に、青色光を分別・選択する狭帯域フィルタ７１Ｂを配置すれば、３原色を表示する３つの画像表示装置に対する光源を構成することができる。このような構成の３つの画像表示装置を用い、あるいは又、赤色光を出射する光源と画像表示装置、緑色光を出射する光源と画像表示装置、及び、青色光を出射する光源と画像表示装置の組合せを用い、各画像表示装置からの画像を、例えば光合成プリズムを用いて合成することで、カラー表示を行うことができる。尚、ダイクロイックプリズムの代わりに、ダイクロイックミラーを用いることもできる。あるいは又、光源を、赤色発光素子、緑色発光素子、及び、青色発光素子から構成し、これらの赤色発光素子、緑色発光素子、及び、青色発光素子を、順次、発光状態とすることで、カラー表示を行うこともできる。尚、以上に説明したこれらの画像表示装置の変形例は他の実施例に適用することができることは云うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【０３３１】

【図１】図１は、実施例１の画像表示装置のｙｚ平面における概念図である。

【図２】図２は、実施例１の画像表示装置を斜めから見たときの概念図である。

【図３】図３は、実施例１の画像表示装置を斜めから見たときの概念図である。

【図４】図４は、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）の１例の模式的な正面図である。

【図５】図５は、実施例１の光変調手段（２次元画像形成装置）によって、複数の回折次数の回折光が生成される状態を模式的に示す図である。

【図６】図６は、実施例１の画像表示装置において、フーリエ変換像形成手段（第１のレンズL_1）における集光状態、及び、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）における結像状態を模式的に示す図である。

【図７】図７の（Ａ）及び（Ｂ）は、それぞれ、光変調手段（２次元画像形成装置）によって生成された２次元画像における空間周波数が最も低い状態、及び、最も高い状態を示す光変調手段（２次元画像形成装置）の模式的な正面図である。

【図８】図８の（Ａ）及び（Ｂ）は、それぞれ、光変調手段（２次元画像形成装置）によって生成された２次元画像における空間周波数が最も低い状態、及び、最も高い状態におけるフーリエ変換像の光強度の周波数特性を模式的に示す図である。

【図９】図９の（Ａ）は、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）のｘｙ平面上におけるフーリエ変換像の分布を示す模式図であり、図９の（Ｂ）及び（Ｃ）は、図９の（Ａ）のｘ軸上でのフーリエ変換像の光強度分布を示す図である。

【図１０】図１０は、実施例２の画像表示装置の概念図である。

【図１１】図１１は、実施例２の画像表示装置における光変調手段（２次元画像形成装置）の一部分等の概念図である。

【図１２】図１２は、実施例３の画像表示装置のｙｚ平面における概念図である。

【図１３】図１３は、実施例３の画像表示装置を斜めから見たときの概念図である。

【図１４】図１４は、実施例３の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。

【図１５】図１５は、実施例３の画像表示装置において、フーリエ変換像形成手段（第３のレンズL_3）における集光状態、及び、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）における結像状態を模式的に示す図である。

【図１６】図１６は、実施例４の画像表示装置の概念図である。

【図１７】図１７は、実施例５の画像表示装置のｙｚ平面における概念図である。

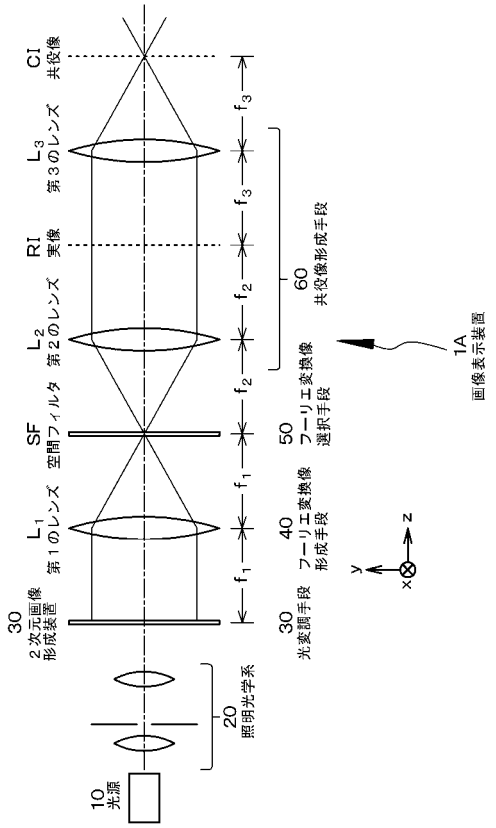
【図１８】図１８は、実施例５の画像表示装置における光学装置の動作、作用を説明する

ための概念図である。
【図１９】図１９は、実施例５の画像表示装置を斜めから見たときの概念図である。
【図２０】図２０は、実施例５の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。
【図２１】図２１は、実施例５において、２次元画像形成装置によって複数の回折次数の回折光が生成される状態を模式的に示す図である。
【図２２】図２２は、実施例６の画像表示装置の概念図である。
【図２３】図２３は、実施例７の画像表示装置のｙｚ平面における概念図である。
【図２４】図２４は、実施例７の画像表示装置を斜めから見たときの概念図である。
【図２５】図２５は、実施例７の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。
【図２６】図２６は、実施例８の画像表示装置の概念図である。
【図２７】図２７は、実施例９の画像表示装置のｙｚ平面における概念図である。
【図２８】図２８は、実施例９の画像表示装置の構成要素の配置状態を模式的に示す図である。
【図２９】図２９は、実施例９の画像表示装置の一部を拡大した概念図である。
【図３０】図３０の（Ａ）及び（Ｂ）は、実施例９の画像表示装置において、光変調手段（２次元画像形成装置）によって、複数の回折次数の回折光が生成される状態を模式的に示す図である。
【図３１】図３１は、実施例９の画像表示装置における光源の模式的な正面図である。
【図３２】図３２は、実施例９の画像表示装置における空間フィルタの模式的な正面図である。
【図３３】図３３は、実施例１０の画像表示装置のｙｚ平面における概念図である。
【図３４】図３４は、図３３に示す実施例１０の画像表示装置の一部を拡大した概念図（但し、或る発光素子が発光状態にある）である。
【図３５】図３５は、図３３に示す実施例１０の画像表示装置の一部を拡大した概念図（但し、別の発光素子が発光状態にある）である。
【図３６】図３６は、図３３に示す実施例１０の画像表示装置の一部を拡大した概念図（但し、更に別の発光素子が発光状態にある）である。
【図３７】図３７は、実施例１１の画像表示装置の一部分のｙｚ平面における概念図である。
【図３８】図３８は、光変調手段（２次元画像形成装置）における２次元画像の形成タイミングとフーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）の開口部の開閉タイミングとを示す図であり、上段には、光変調手段（２次元画像形成装置）における２次元画像の形成タイミングを示し、中段及び下段には、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）の開口部の開閉タイミングを示す。
【図３９】図３９は、フーリエ変換像選択手段（空間フィルタ）による空間フィルタリングの概念を模式的に時系列で示す図である。
【図４０】図４０は、図３９に示した空間フィルタリングの結果得られる画像を模式的に示す図である。
【図４１】図４１は、光線進行方向変更手段の位置制御を行うことで、結像面においてどの位置に像が結像するかを模式的に示す図である。
【図４２】図４２は、回折格子－光変調素子を構成する下部電極、固定電極、可動電極の配置を模式的に示す図である。
【図４３】図４３の（Ａ）は、図４２の矢印Ｂ－Ｂに沿った固定電極等の模式的な断面図、及び、図４２の矢印Ａ－Ａに沿った可動電極等の模式的な断面図（但し、回折格子－光変調素子が作動していない状態にある）であり、図４３の（Ｂ）は、図４２の矢印Ａ－Ａに沿った可動電極等の模式的な断面図であり（但し、回折格子－光変調素子が作動している状態にある）、図４３の（Ｃ）は、図４２の矢印Ｃ－Ｃに沿った固定電極、可動電極等の模式的な断面図である。

【図４４】図４４の（Ａ）、（Ｂ）及び（Ｃ）は、それぞれ、実施例１～実施例８の画像表示装置における光源及び照明光学系の第１構成例、第２構成例、及び、第３構成例を示す模式図である。
【図４５】図４５の（Ａ）及び（Ｂ）は、それぞれ、実施例１～実施例８の画像表示装置における光源及び照明光学系の第４構成例、及び、第５構成例を示す模式図である。
【図４６】図４６の（Ａ）及び（Ｂ）は、実施例１の画像表示装置の変形例の一部分のｙｚ平面における概念図である。
【図４７】図４７は、実施例１の画像表示装置の変形例の別の変形例の一部分のｙｚ平面における概念図である。
【図４８】図４８は、実施例１の画像表示装置を複数組み合わせたマルチユニット方式の画像表示装置を示す構成図である。
【図４９】図４９は、従来の３次元像表示装置の一構成例を示す図である。
【符号の説明】
【０３３２】
１Ａ，１Ｂ，１Ｃ，，１Ｄ，１Ｅ・・・画像表示装置、１０，10_1，10_2，10_3，10_4，10_5・・・光源、11_A，11_B，11_C・・・発光素子、１２・・・コリメータレンズ、２０，20_1，20_2，20_3，20_4，20_5・・・照明光学系、21_1，21_2，21_3，24_1，24_2，24_3，24_4，24_5・・・レンズ、22_1，22_2，22_4・・・円形開口板、22_2・・・拡散板、23_1，23_3，23_4・・・アパーチャ、３０，１３０・・・光変調手段（２次元画像形成装置）、３１・・・画素、３２・・・画像制限・生成手段、３３・・・散乱回折制限開口部、３４・・・開口領域、３５・・・光学装置、３６・・・光学素子、３７・・・仮想の開口領域、４０・・・フーリエ変換像形成手段、５０・・・フーリエ変換像選択手段、５１・・・開口部、５２・・・開口部中心位置、６０・・・共役像形成手段、７０・・・ビームスプリッタ、７１，７１Ｒ，７１Ｇ，７１Ｂ・・・狭帯域フィルタ、７２・・・ダイクロイックプリズム、８０・・・光線進行方向変更手段、８１・・・ビームスプリッタ、８２・・・結像手段、１３１・・・走査用レンズ系、１３２・・・格子フィルタ、１３３・・・異方性拡散フィルタ、２０１・・・回折格子－光変調装置、２０３・・・レンズ、２０４・・・空間フィルタ、２０５・・・スキャンミラー、２１０・・・回折格子－光変調素子、２１１・・・支持体、２１２・・・下部電極、２１４，２１５，２１７，２１８・・・支持部、２２１・・・固定電極、２２２・・・可動電極、L_1・・・第１のレンズ、L_2・・・第２のレンズ、L_3・・・第３のレンズ、L_4・・・第４のレンズ、L_5・・・第５のレンズ、ＳＦ・・・空間フィルタ、ＯＳＦ・・・オーバーサンプリングフィルタ、ＲＩ・・・実像（逆フーリエ変換像）、ＣＩ・・・フーリエ変換像の共役像

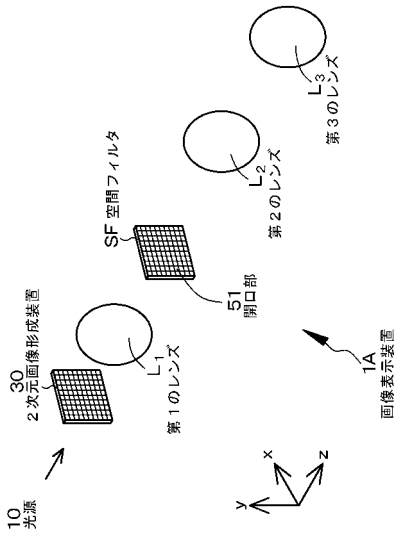
【図１】

【図１】（実施例１）



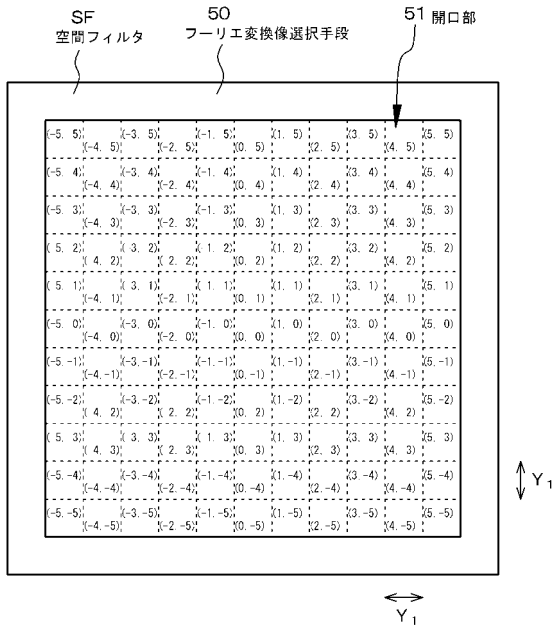
【図３】

【図３】（実施例１）



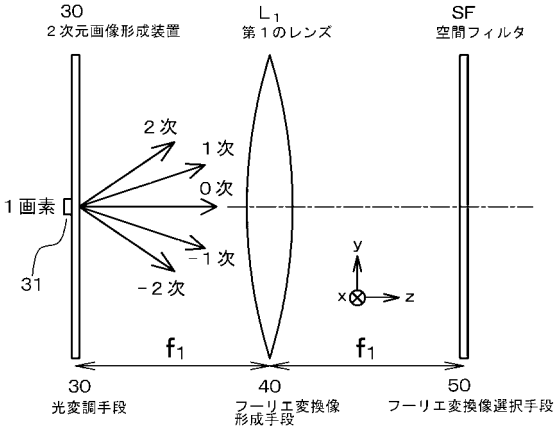
【図４】

【図４】



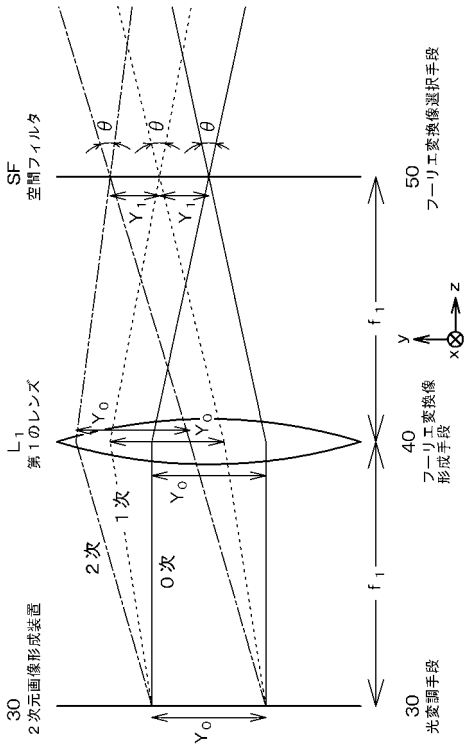
【図５】

【図５】



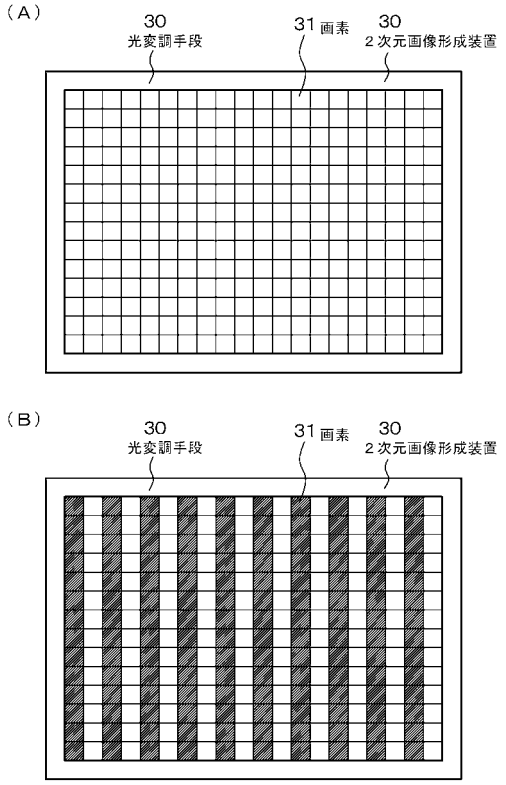
【図６】

【図６】



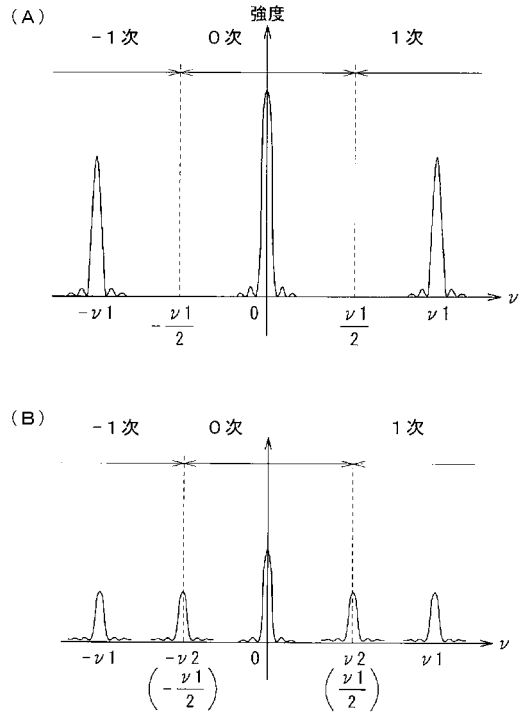
【図７】

【図７】



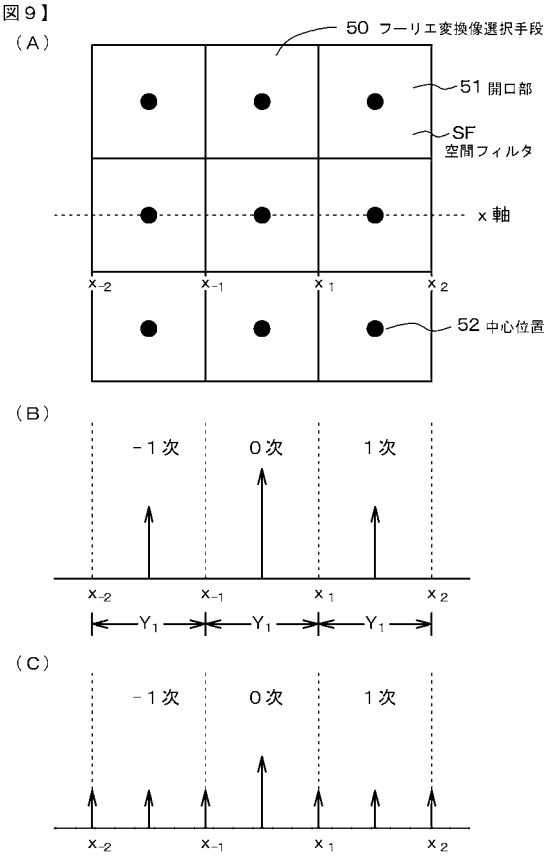
【図８】

【図８】



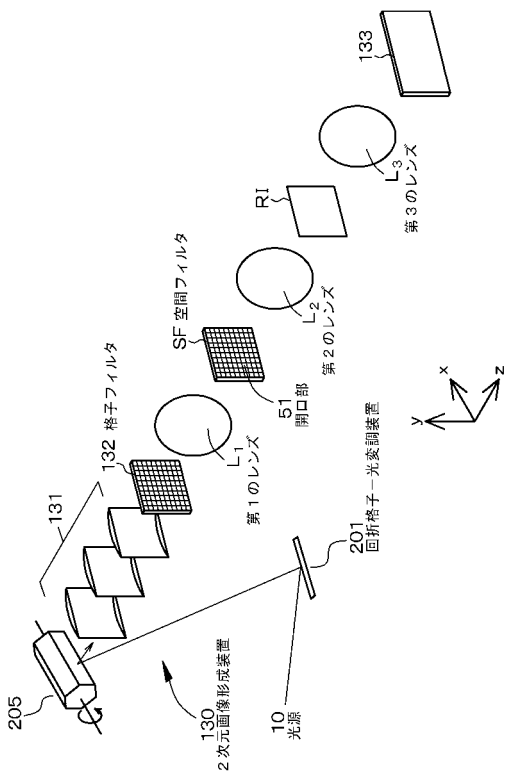
【図９】

【図９】



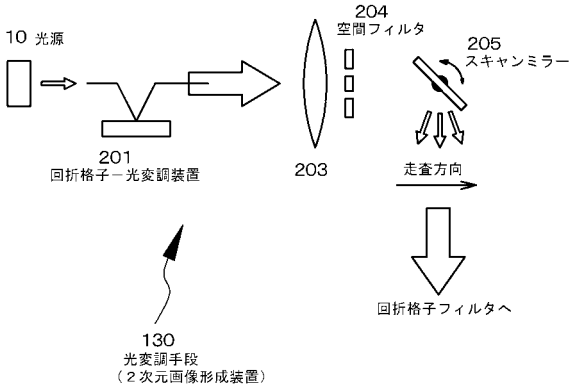
【図１０】

【図１０】（実施例２）



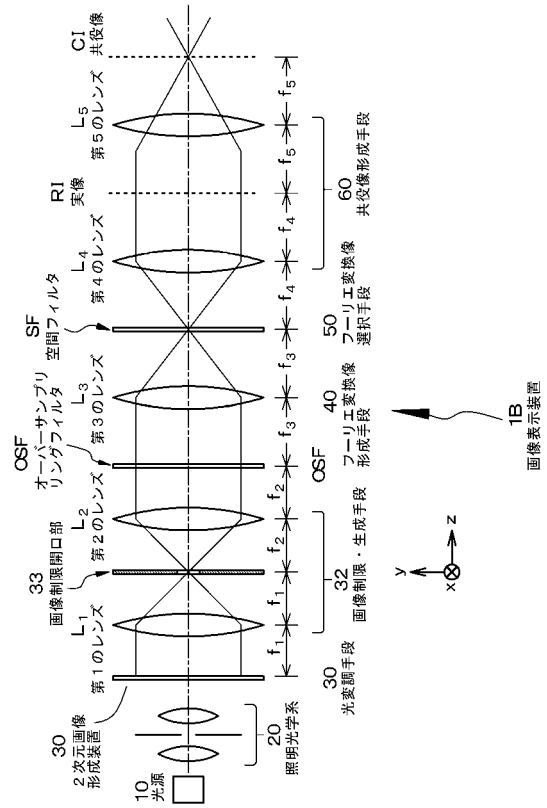
【図１１】

【図１１】



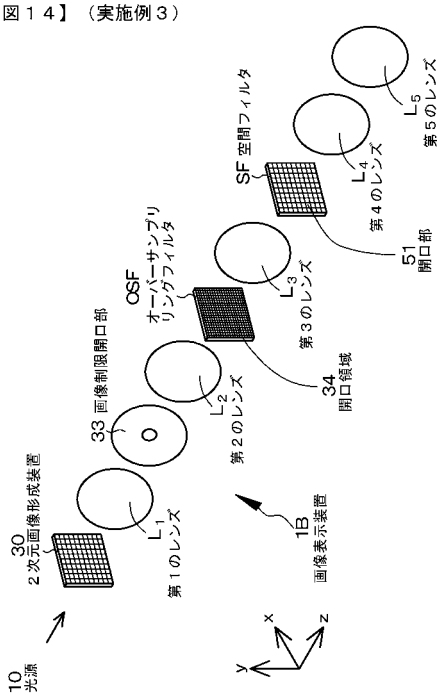
【図１２】

【図１２】（実施例３）



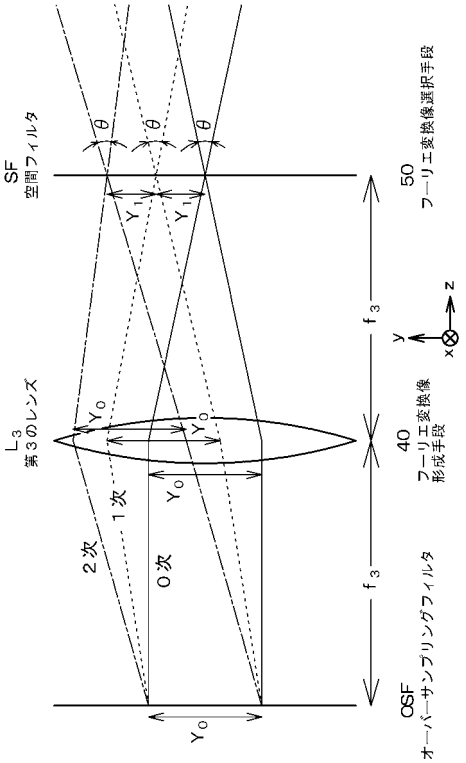
【図１４】

【図１４】（実施例３）



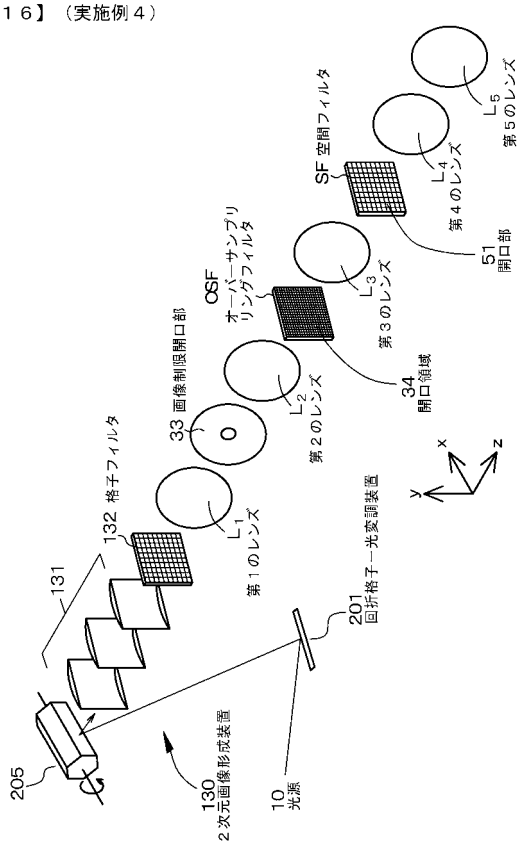
【図１５】

【図１５】



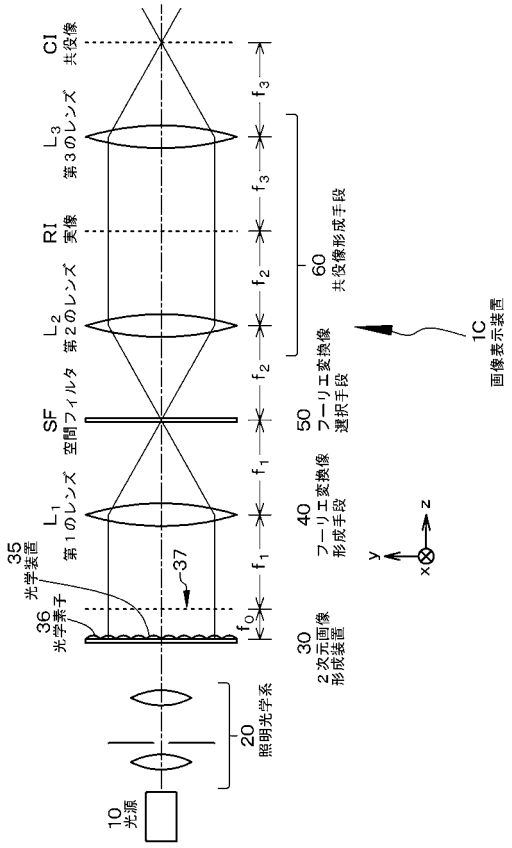
【図１６】

【図１６】（実施例４）



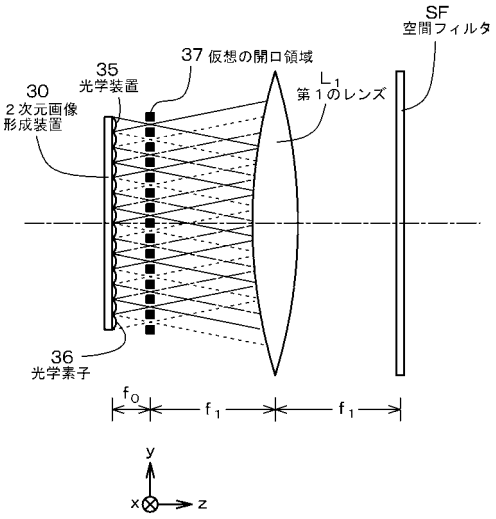
【図１７】

【図１７】（実施例５）



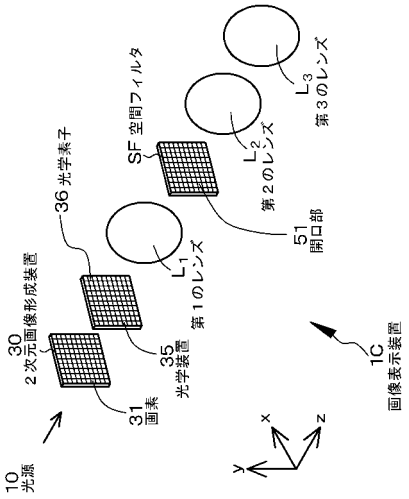
【図１８】

【図１８】



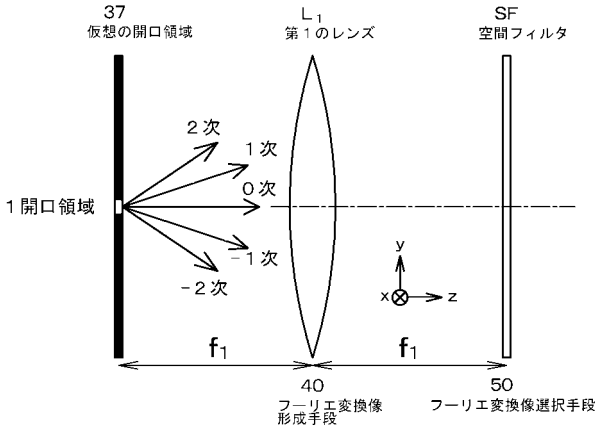
【図２０】

【図２０】（実施例５）



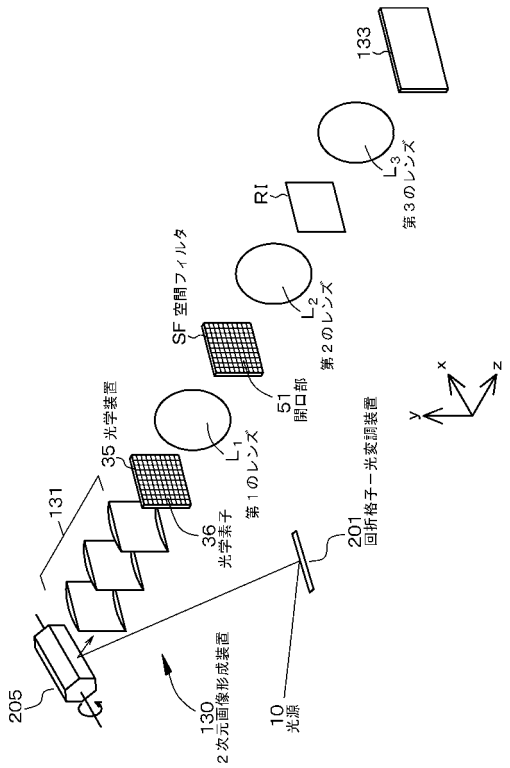
【図２１】

【図２１】



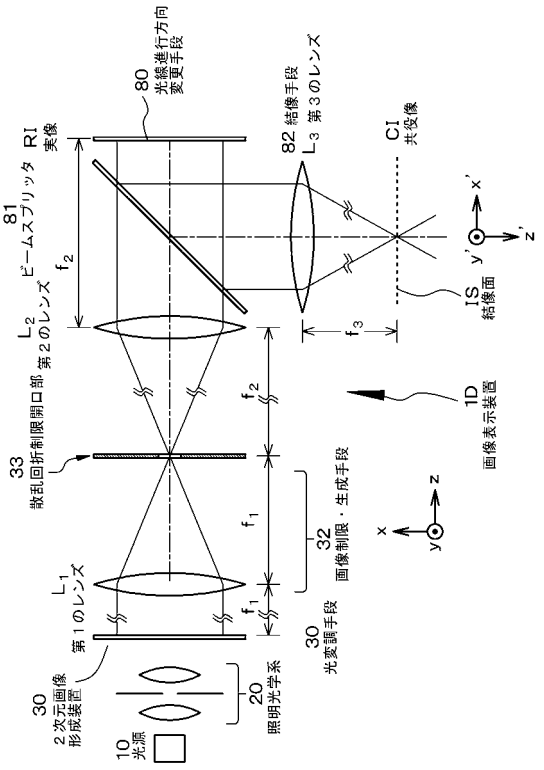
【図２２】

【図２２】（実施例６）



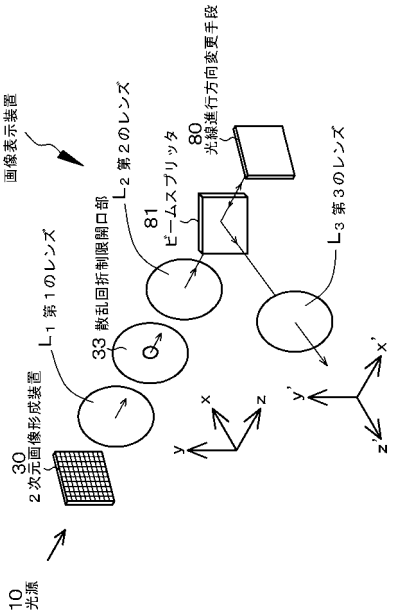
【図２３】

【図２３】（実施例７）



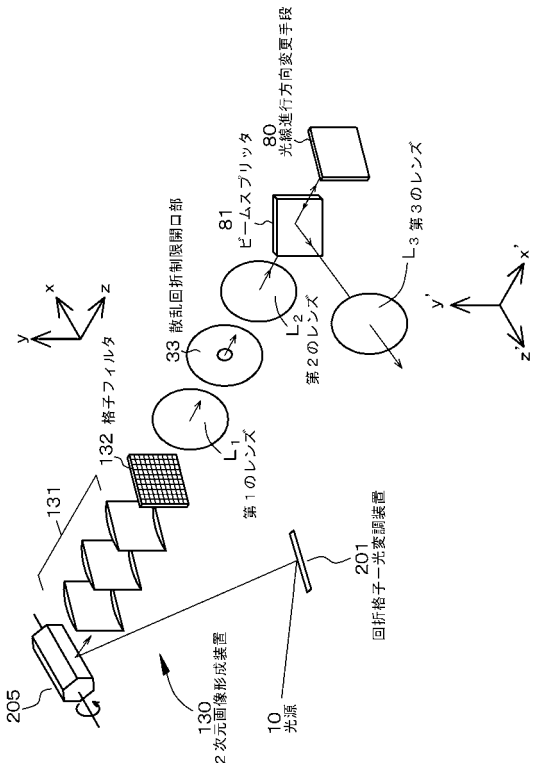
【図２５】

【図２５】（実施例７）



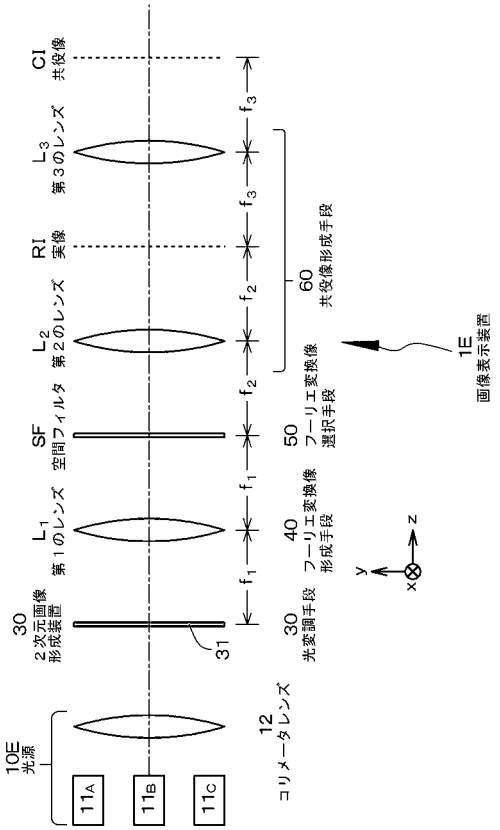
【図２６】

【図２６】（実施例８）



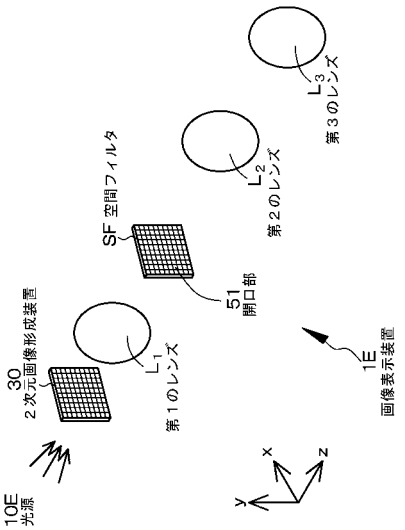
【図２７】

【図２７】（実施例９）



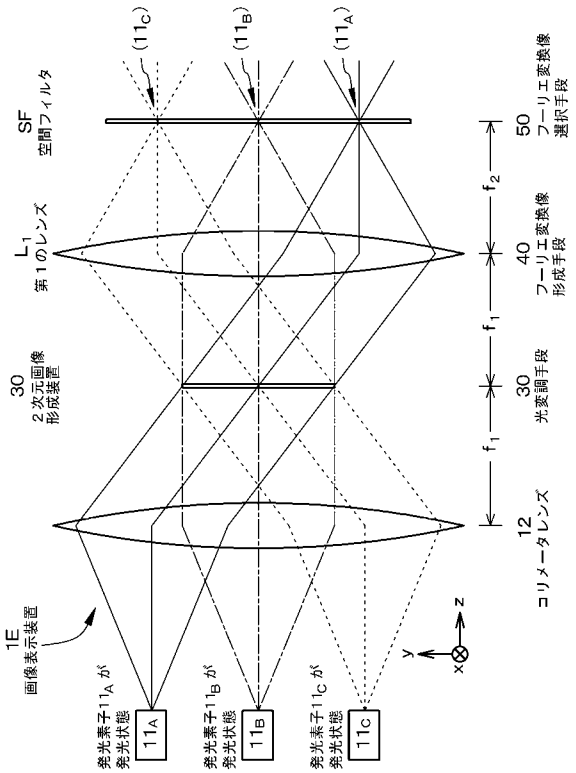
【図２８】

【図２８】（実施例９）



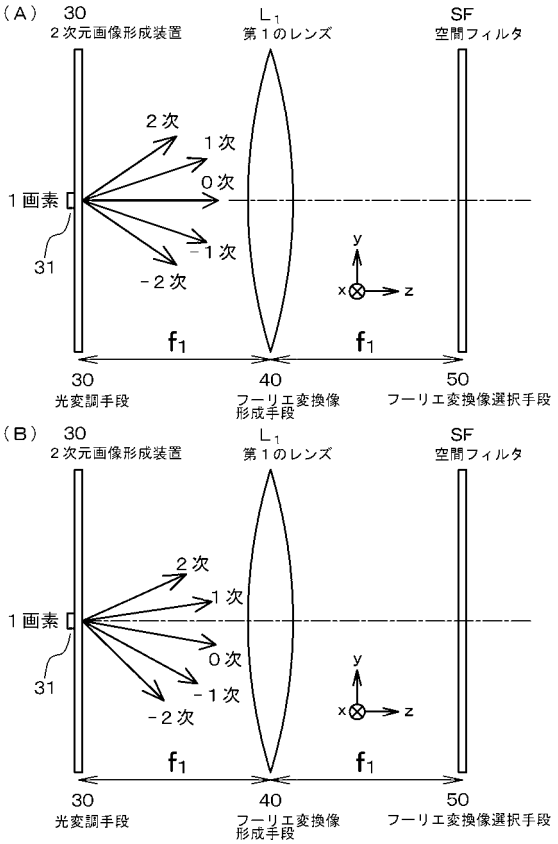
【図２９】

【図２９】



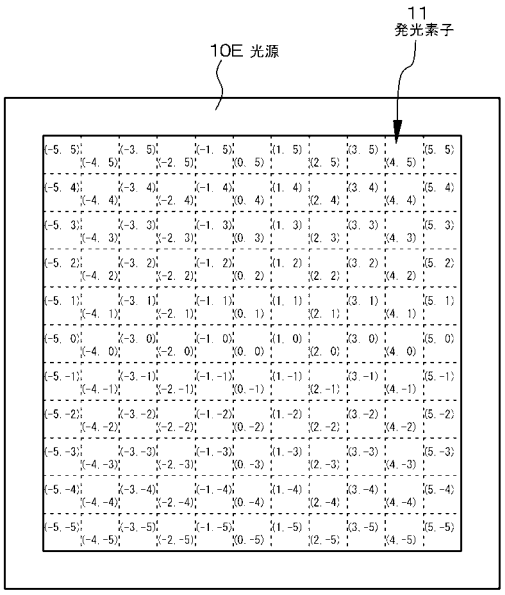
【図３０】

【図３０】



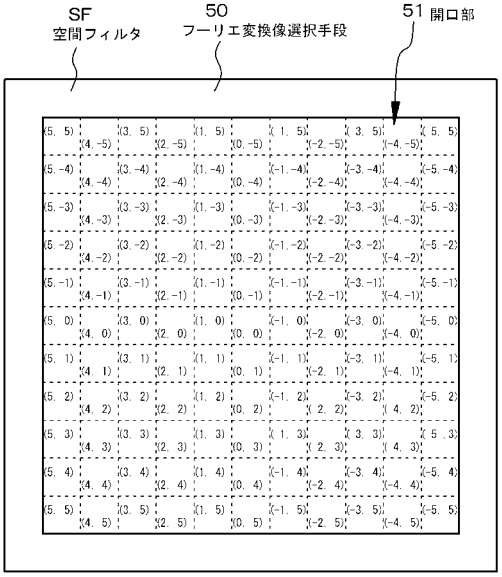
【図３１】

【図３１】



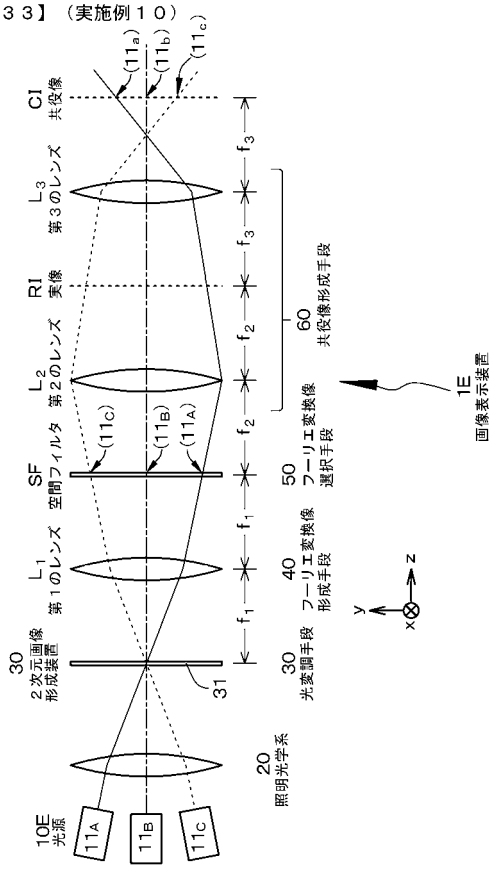
【図３２】

【図３２】



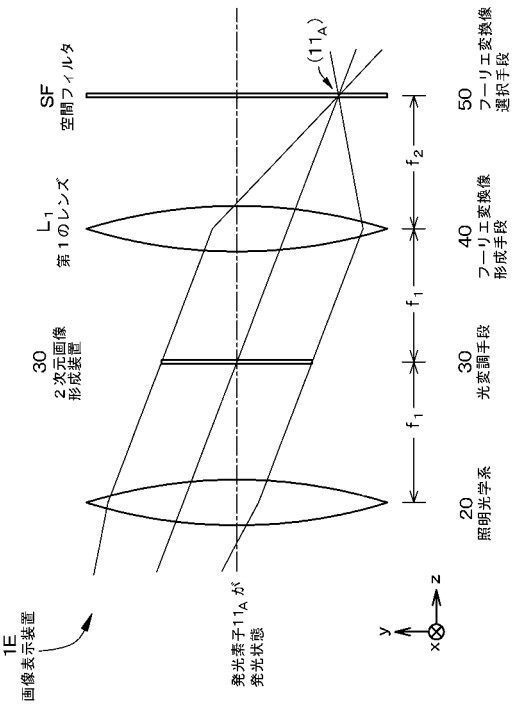
【図３３】

【図３３】（実施例１０）



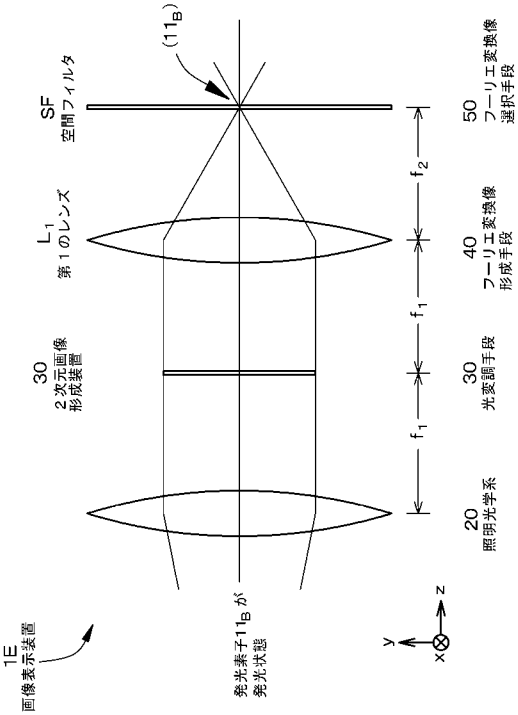
【図３４】

【図３４】



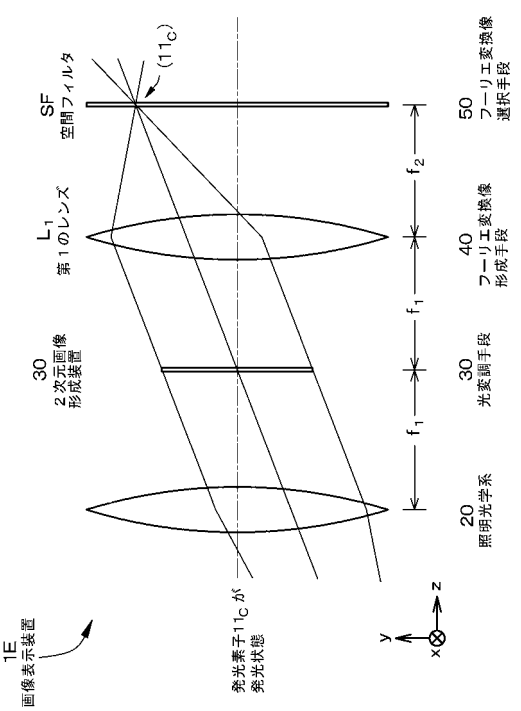
【図３５】

【図３５】



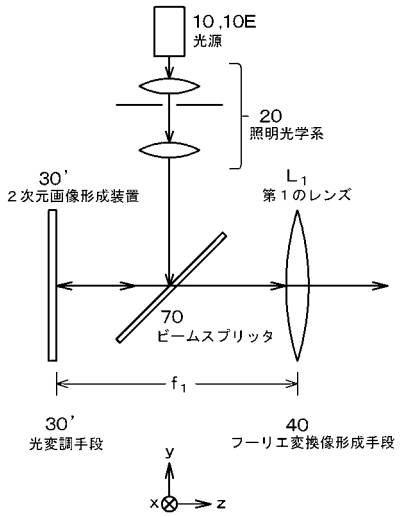
【図３６】

【図３６】



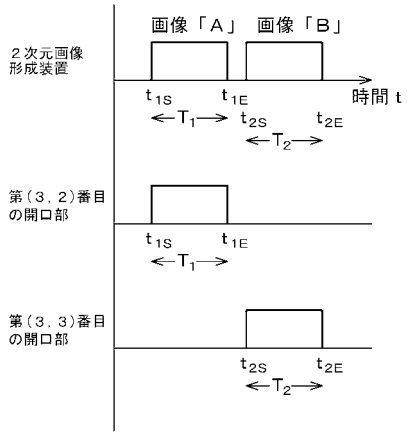
【図３７】

【図３７】



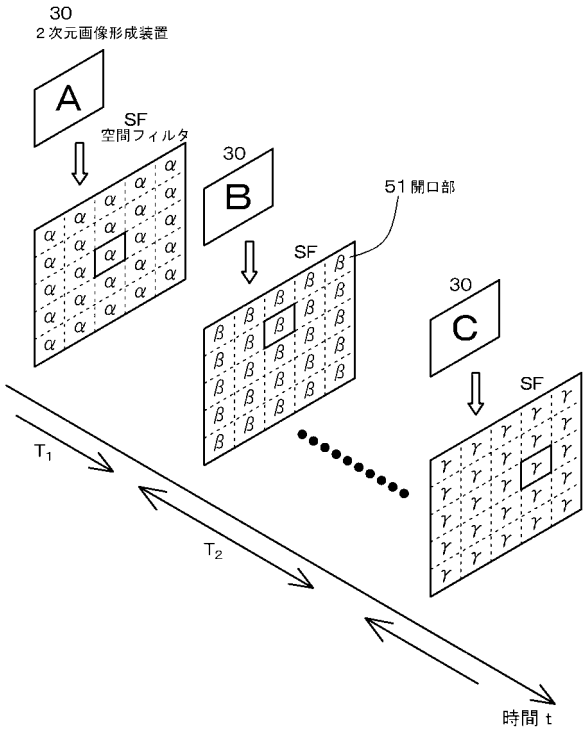
【図３８】

【図３８】



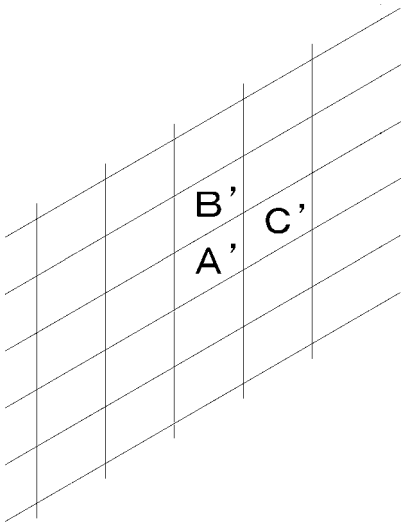
【図３９】

【図３９】



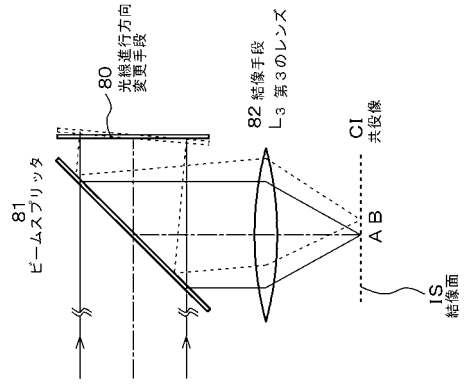
【図４０】

【図４０】



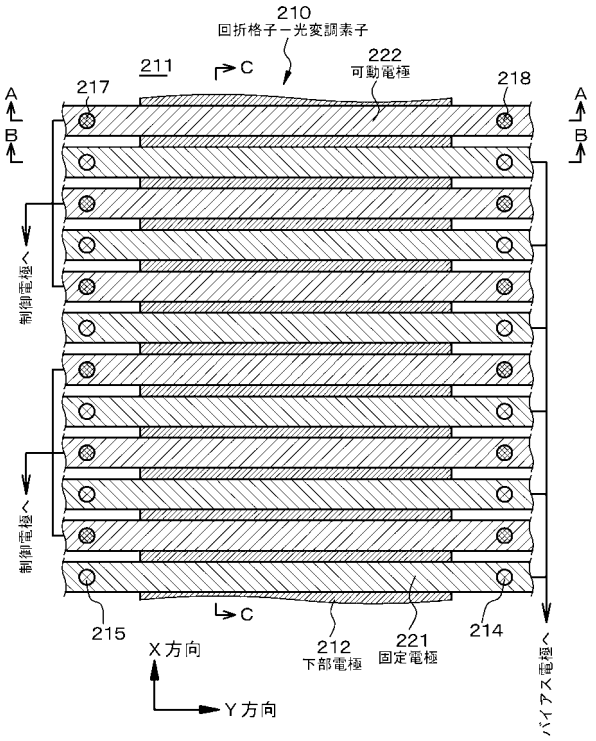
【図４１】

【図４１】



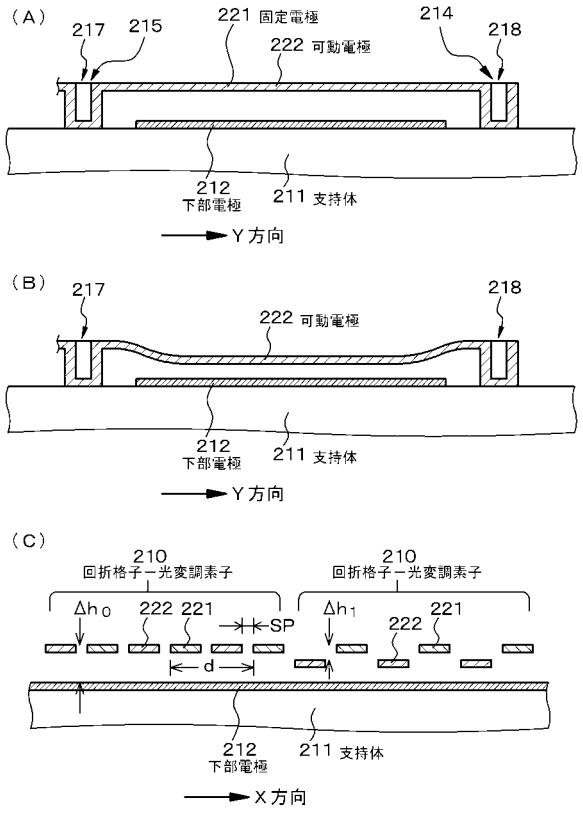
【図４２】

【図４２】



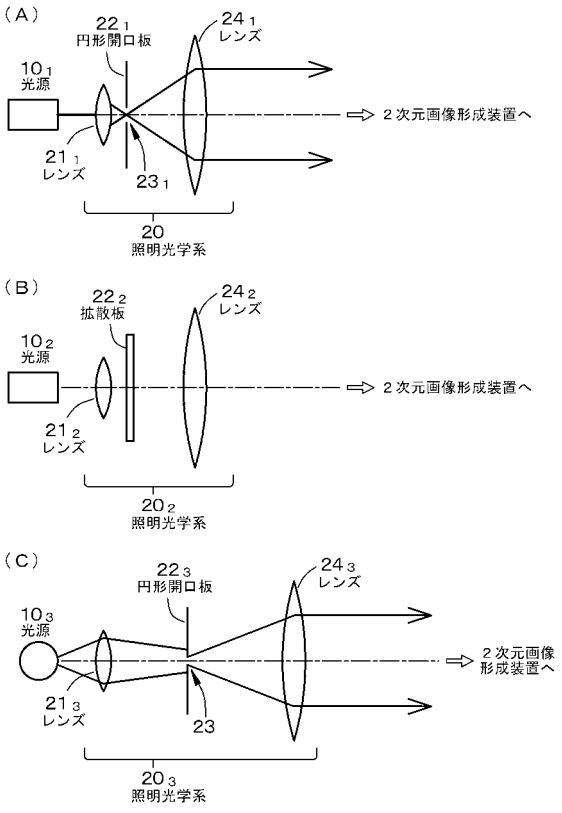
【図４３】

【図４３】



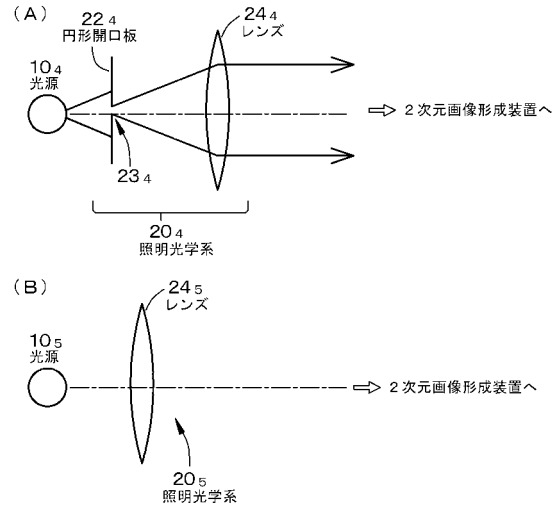
【図４４】

【図４４】



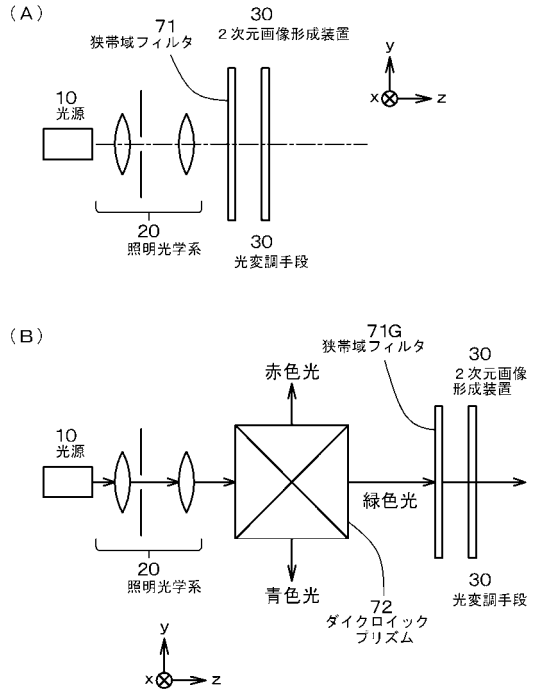
【図４５】

【図４５】



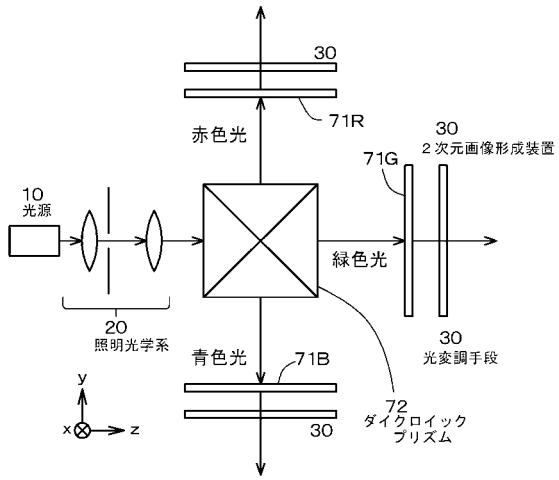
【図４６】

【図４６】



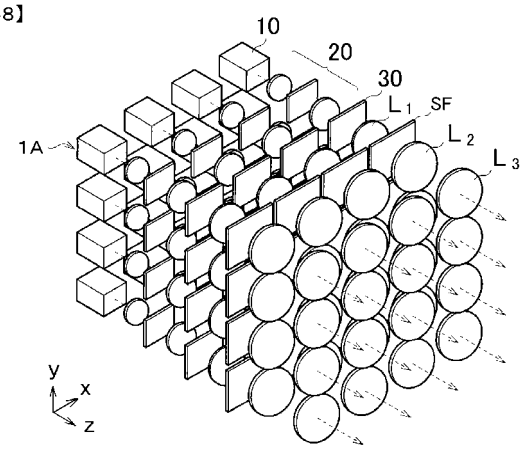
【図４７】

【図４７】



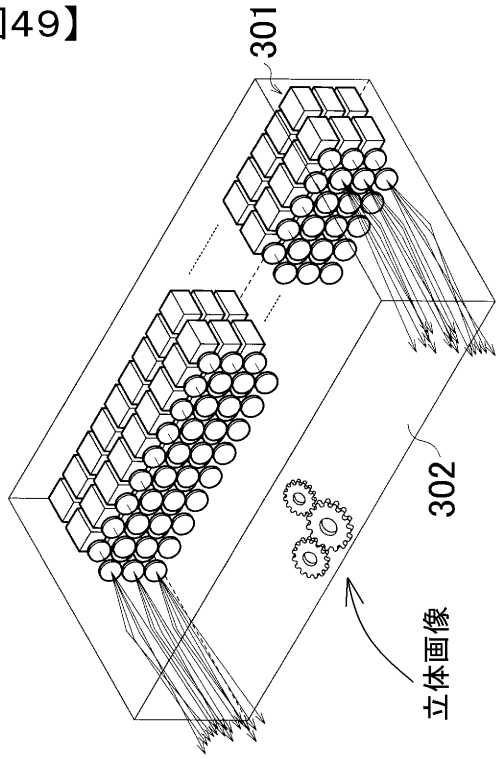
【図４８】

【図48】



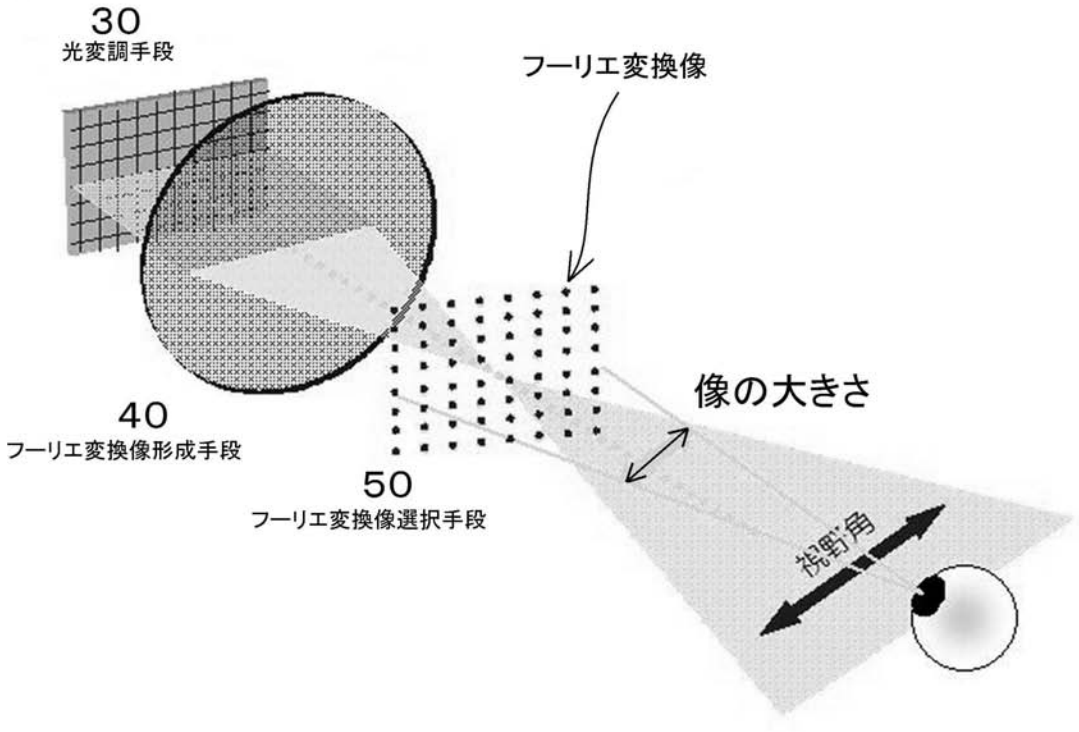
【図４９】

【図49】



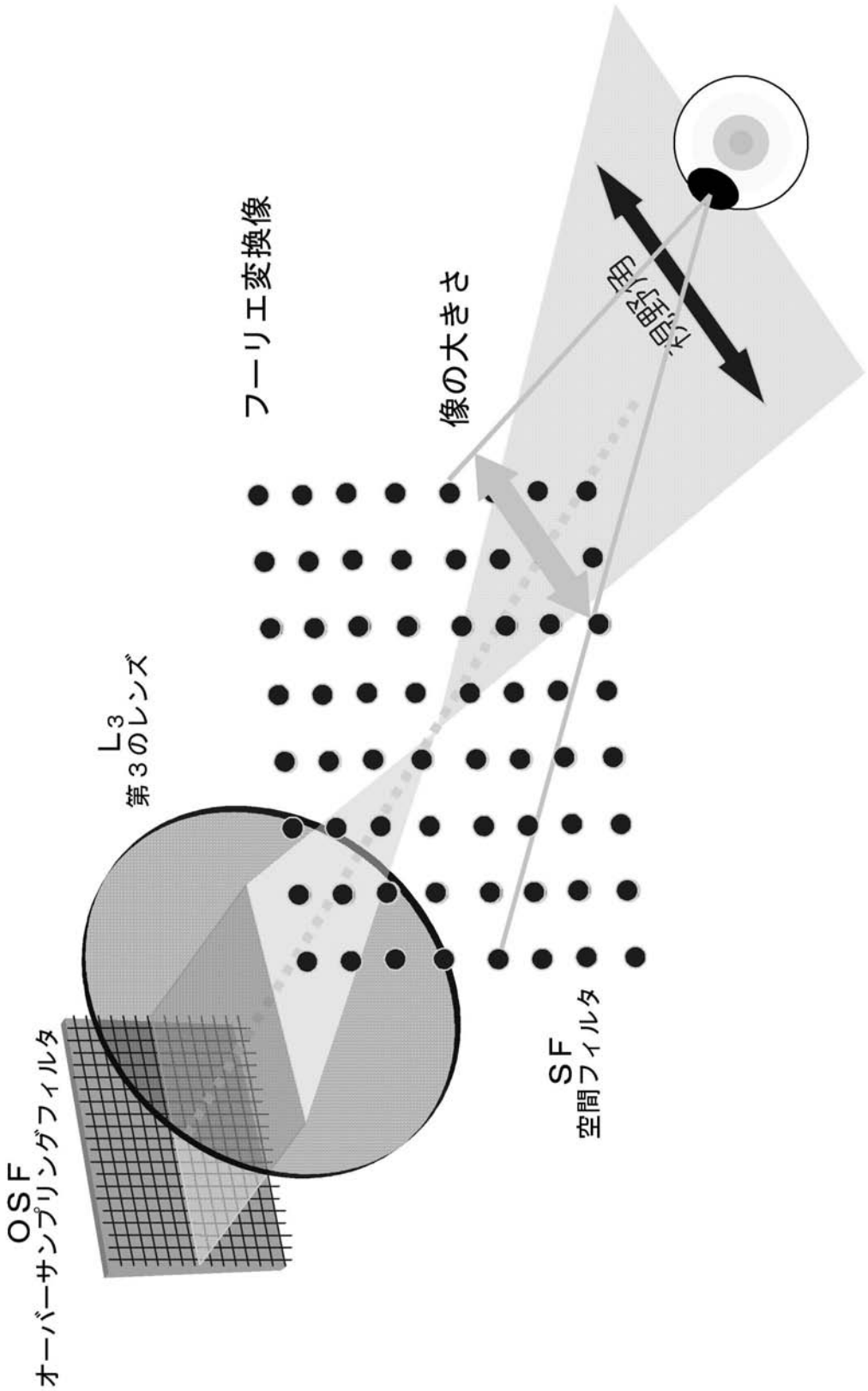
【図２】

【図2】



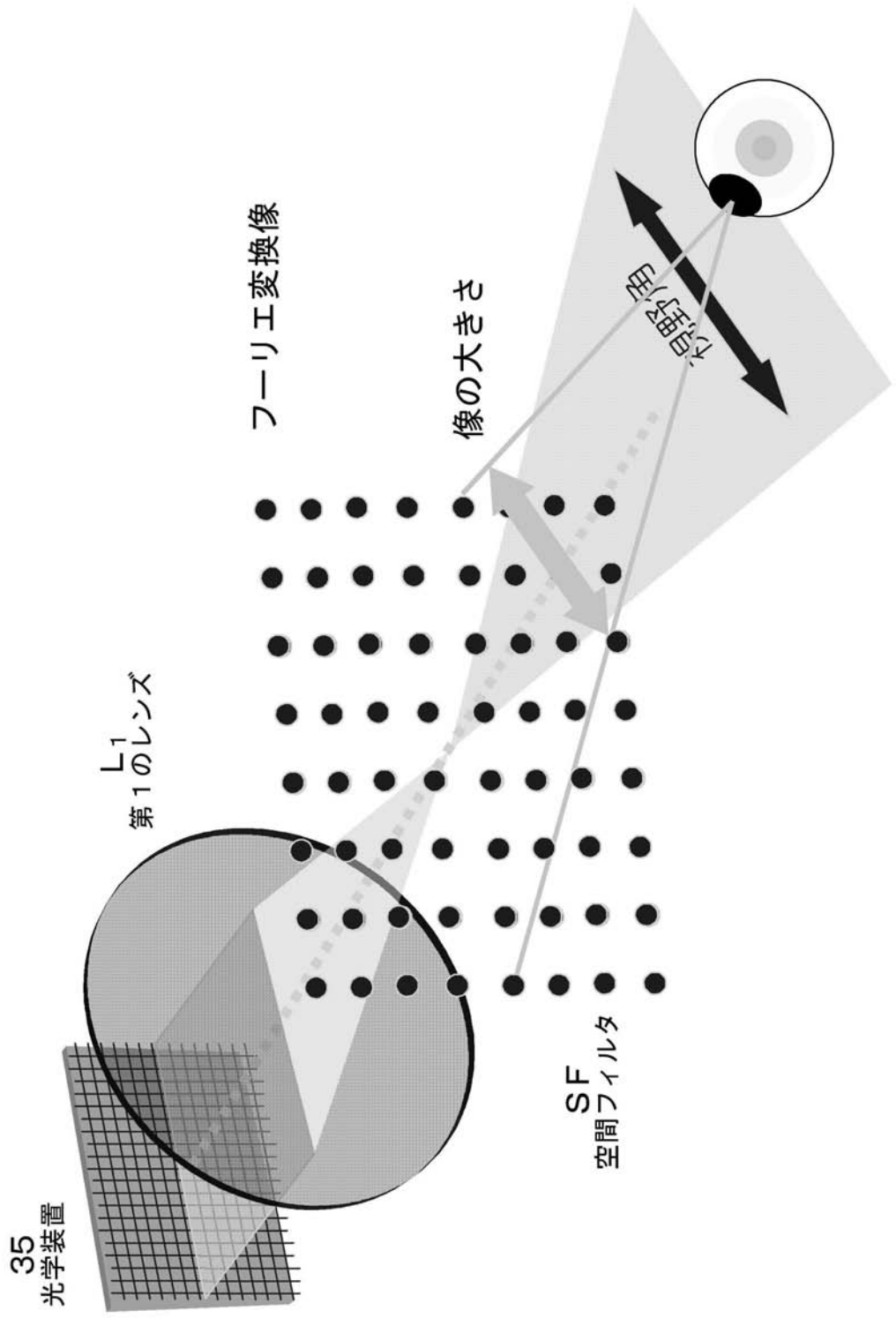
【図１３】

【図13】



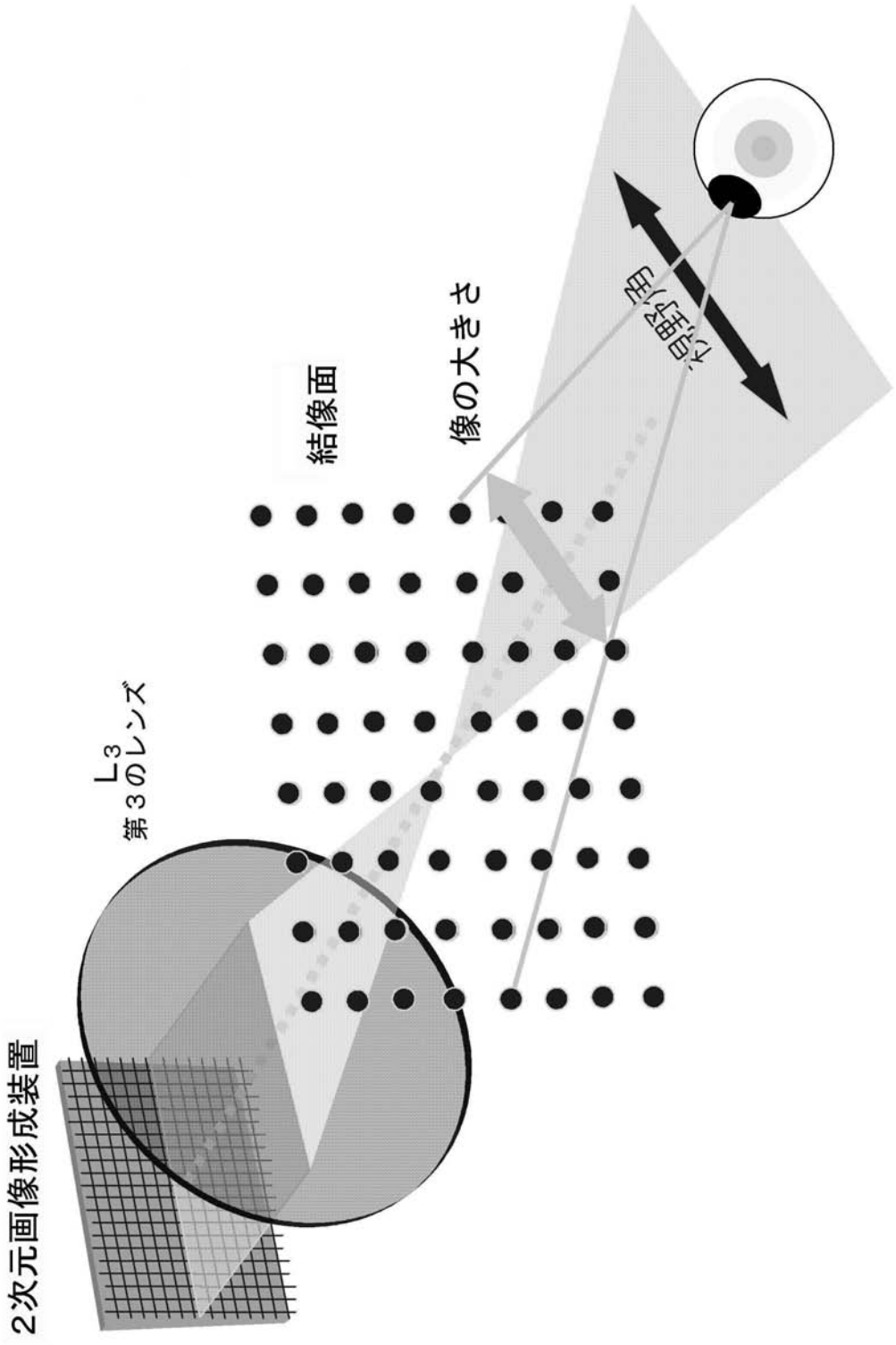
【図１９】

【図19】



【図２４】

【図24】



フロントページの続き

(72)発明者　盧　青宇
東京都品川区東五反田二丁目２１番２８号　ソニーデジタルネットワークアプリケーションズ株式会社内

Ｆターム(参考) 2H199 BA20 BA32 BB02 BB43 BB45 BB52 BB65
5C061 AA06 AB16