

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年8月23日(23.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/111570 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/133 (2006.01) *G09G 3/20* (2006.01)
G02F 1/13 (2006.01) *G09G 3/36* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/053169
- (22) 国際出願日: 2012年2月10日(10.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-029913 2011年2月15日(15.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 浜松
ホトニクス株式会社(HAMAMATSU PHOTONICS
K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町
1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 大津 知子
(OTSU Tomoko) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東
区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株
式会社内 Shizuoka (JP). 松本 直也(MATSUMOTO
Naoya) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野
町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会
社内 Shizuoka (JP). 瀧口 優(TAKIGUCHI Yuu)
[JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1

2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
Shizuoka (JP).

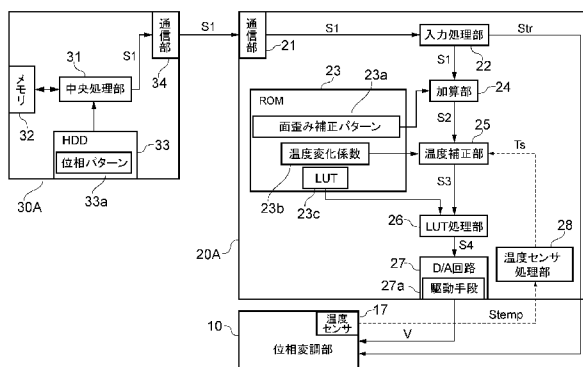
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et
al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番
1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命
ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo
(JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: SPATIAL LIGHT MODULATOR, AND SPATIAL LIGHT MODULATING METHOD

(54) 発明の名称: 空間光変調装置および空間光変調方法

[図3]



- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 10 Phase modulating unit | 25 Temperature correcting unit |
| 17 Temperature sensor | 26 Look up table processing unit |
| 21, 34 Communication unit | 27 D/A circuit |
| 22 Input processing unit | 27a Driving means |
| 23 ROM | 28 Temperature sensor processing unit |
| 23a Plane strain correction pattern | 31 Central processing unit |
| 23b Temperature change coefficient | 32 Memory |
| 23c Look up table | 33 HDD |
| 24 Adder | 33a Phase pattern |

(57) Abstract: A spatial light modulator is provided with: a liquid crystal layer for modulating the phase of incident light in accordance with the size of the applied electric field; a temperature sensor (17) for generating a temperature signal (Stemp) which is a signal corresponding to the temperature of the liquid crystal layer; a phase modulating unit (10) disposed on each of a plurality of pixels, and comprising a plurality of pixel electrodes for applying, to the liquid crystal layer, a voltage for generating the applied electric field; and a driving device (20A) for supplying a voltage to the plurality of pixel electrodes of the phase modulating unit (10). The driving device (20A) has a non-volatile storage element (23) which pre-stores a coefficient (α) included in a function representing the correlation between the temperature difference amount relative to the standard temperature (T_0) of the liquid crystal layer and the fluctuation amount of the phase modulating amount in the liquid crystal layer. The driving device (20A) uses the coefficient (α) and the temperature represented by the temperature signal (Stemp) to perform a calculation for correcting the magnitude of the voltage. As a consequence, it is possible to obtain a spatial light modulator that is easily produced and a spatial light modulating method whereby it is possible to reduce the necessary storage capacity and to improve the accuracy of the applied voltage value in relation to the desired phase modulating amount.

tion to the desired phase modulating amount.

(57) 要約:

[続葉有]



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

空間光変調装置は、印加電界の大きさに応じて入射光の位相を変調する液晶層と、液晶層の温度に応じた信号である温度信号 S_{temp} を生成する温度センサ (17) と、複数の画素毎に設けられ、印加電界を発生させる電圧を液晶層に印加する複数の画素電極とからなる位相変調部 (10) と、位相変調部 (10) の複数の画素電極に電圧を提供する駆動装置 (20A) とを備える。駆動装置 (20A) は、液晶層の基準温度 T_0 に対する温度変化量と、液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる係数 α を予め記憶している不揮発性記憶素子 (23) を有し、温度信号 S_{temp} に示された温度と係数 α とを使用して、電圧の大きさを補正するための演算を行う。これにより、必要な記憶容量を小さくでき、作製が容易であり且つ所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高め得る空間光変調装置および空間光変調方法が実現される。

明 細 書

発明の名称：空間光変調装置および空間光変調方法

技術分野

[0001] 本発明は、位相変調型の空間光変調装置および空間光変調方法において、液晶層の温度変化に伴う位相変調量の変動分を補正する技術に関する。

背景技術

[0002] 特許文献１には、カラー液晶表示素子の温度補償装置に関する技術が記載されている。この技術は、温度対最適出力電圧データを、複数のカラー液晶表示素子ごとに、そのばらつきや経時変化に応じて適宜修正できるようにすることを目的としている。図１４は、この装置の構成を示すブロック図である。図１４に示されるように、この装置は、温度検知回路２１１と、デジタルの温度対最適出力電圧データが記憶され、温度検知回路２１１からの温度データに対応する最適出力電圧データが読み出されるデータテーブル２１２と、データテーブル２１２から読み出された最適出力電圧データを補正する電圧補正手段２１７と、その最適出力電圧データをＤ／Ａ変換して、液晶表示素子の駆動回路に送出するＤ／Ａ変換回路２１３と、電圧補正手段２１７に補正データを与える操作部２１６と、操作部２１６からの補正データおよび温度検知回路２１１からの温度データに基づいてデータテーブル２１２内の温度対最適出力電圧データを修正する制御手段２１４とを備えている。

[0003] また、特許文献２には、液晶パネルをオーバードライブにより高速駆動する液晶パネルの駆動装置に関する技術が記載されている。図１５は、この液晶パネル駆動装置の構成を示すブロック図である。この液晶パネル駆動装置は、フレームメモリ２３１とルックアップテーブル２３２とを用いてオーバードライブを行う装置であって、異なる温度範囲に対応する複数種類のルックアップテーブル２３２を備えている。この装置は、温度センサ２３５から得られるＬＣＤモジュール２３４の温度情報に基づいて、選択回路２３３を作動させてルックアップテーブル２３２を切り替えて用いる。

[0004] また、特許文献3には、半透過型の液晶表示装置に関する技術が記載されている。図16は、この液晶表示装置の構成を示すブロック図である。この液晶表示装置は、補正回路241を備える。補正回路241は、ルックアップテーブル選択部242、複数の透過モード用ルックアップテーブル243、複数の反射モード用ルックアップテーブル253、フレームメモリ244、モード判定部245、スイッチ246、及びスイッチ制御部256を有している。透過モード用ルックアップテーブル243及び反射モード用ルックアップテーブル253は、現階調と目標階調との組合せに対応づけて信号の時間的变化を強調した補正值（補正階調）を記憶している。なお、図17は、この反射モード用ルックアップテーブル253の構成の一例を示す図表である。

[0005] スイッチ制御部256は、周囲温度に関する閾値Yを記憶し、モード判定部245から出力されたモード選択信号MDがローレベルであるか、温度センサ248からA/D変換器247を介して出力された周囲温度T0が閾値Y以下であるときには、ローレベルのスイッチ制御信号SCを出力し、それ以外のときには、ハイレベルのスイッチ制御信号SCを出力する。スイッチ246には、ルックアップテーブル選択部242によって選択された透過モード用ルックアップテーブル243または反射モード用ルックアップテーブル253から出力された補正階調と、入力映像信号V1と、スイッチ制御信号SCとが入力される。スイッチ246は、スイッチ制御信号SCがローレベルのときには補正階調を、スイッチ制御信号SCがハイレベルのときには入力映像信号V1を、補正映像信号V2として出力する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第3859317号公報

特許文献2：特開2004-133159号公報

特許文献3：特開2007-233061号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 従来より、空間光変調素子 (Spatial light modulator ; S L M) によって光の位相を変調する技術が知られている。一般に、空間光変調素子は、液晶層と、液晶層に沿って複数の画素毎に設けられた電極とを備えている。電極に電圧が印加されると、その電圧の大きさに応じて液晶分子が回転し、液晶の複屈折率が変化する。この液晶層に光が入射すると、液晶層の内部において光の位相が変化し、該入射光に対して位相差を有する光が外部へ出射される。ここで、印加電圧の大きさと、電圧印加の前後における出射光の位相差（すなわち位相変調量）との関係を表したものが、空間光変調素子の位相変調特性である。この位相変調特性において、位相変調量と印加電圧との関係は非線形である。なお、このような非線形の関係を変換する為、一般的に、位相変調量と印加電圧との対応する数値を複数示したルックアップテーブル (Look Up Table ; L U T) が使用される。
- [0008] しかしながら、液晶層の温度が変化すると、位相変調量と印加電圧との関係が変動するという問題がある。すなわち、或る一定の電圧を印加した場合であっても、その時の液晶層の温度によって、位相変調量が異なるのである。このような現象は、空間光変調素子が使用される用途によっては深刻な問題を生じる。例えば、レーザ加工において、レーザ光源から出力されるレーザ光を空間光変調素子を介して被加工物に照射する場合、位相変調量の誤差は加工精度に大きな影響を及ぼす。また、顕微鏡や検眼鏡等に空間光変調素子を使用する場合、その使用温度によっては有用な観察像が得られないおそれがある。
- [0009] なお、上述した特許文献 1 に記載された温度補償装置は、液晶表示素子の温度変化に伴う色変化を補正することを目的としている。この温度補償装置は、液晶表示素子の温度と印加電圧値との関係を表す L U T を予め保持しており、検出された温度に対応する印加電圧値を L U T から選択する。また、特許文献 2, 3 に記載された装置は、温度と印加電圧値との関係を表す L U T を複数備えており、温度変化の大きさに応じて最適な L U T を選択する。

このように、特許文献１～３に記載された装置はいずれも温度と印加電圧値との関係を表すＬＵＴを備えている。しかしながら、前述したように位相変調量と印加電圧との関係は非線形であり、これらの関係もＬＵＴで表すと、特許文献２，３のように複数の温度に対応する複数のＬＵＴを保持しなければならず、大きな記憶容量が必要となる。また、そのようなＬＵＴの作成には多くの手間を要し、所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度も抑えられてしまう。

[0010] 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、必要な記憶容量を小さくでき、作製が容易であり且つ所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高めることができる空間光変調装置および空間光変調方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上述した課題を解決するために、本発明による空間光変調装置は、一次元もしくは二次元に配列された複数の画素毎に入射光の位相を変調する空間光変調装置であって、（１）印加電界の大きさに応じて入射光の位相を変調する液晶層と、（２）液晶層の温度に応じた信号である温度信号を生成する温度センサと、（３）複数の画素毎に設けられ、印加電界を発生させる電圧を液晶層に印加する複数の画素電極と、（４）複数の画素電極に電圧を提供する電圧生成部とを備える。電圧生成部は、液晶層の温度変化量と、液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一又は複数の係数を予め記憶している記憶手段を有しており、温度センサから提供された温度信号に示された温度と、一又は複数の係数とを使用して、電圧の大きさを補正するための演算を行う。

[0012] この空間光変調装置においては、電圧生成部の記憶手段が、液晶層の温度変化量と、液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一又は複数の係数を記憶している。後述する実施の形態に示されるように、発明者は、このような関数を予め求め、その係数を記憶させておくことにより、大量のＬＵＴを用いることなく、温度変化による位相変調量の変動を

好適に補正できることを見出した。すなわち、この空間光変調装置においては、電圧生成部が、温度センサから提供された温度信号に示された温度と、上記一又は複数の係数とを使用して、印加電圧の大きさを補正するための演算を行う。これにより、必要な記憶容量を小さくでき、作製が容易な空間光変調装置を提供できる。更に、温度毎に作成されたＬＵＴを使用する場合と異なり、所望の位相変調量に応じた印加電圧値を、液晶層の温度変化に対応して連続的に得ることができるので、所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高めることができる。

[0013] また、空間光変調装置は、関数が一次関数であり、係数の個数が一つである構成としてもよい。この場合、空間光変調装置は、電圧の範囲が、関数を一次関数として近似し得る所定範囲に限定されていることが好ましい。また、この場合、空間光変調装置は、電圧生成部が、次の数式

[数1]

$$S = \frac{S0}{100 - (T - T0) \times \alpha} \times 100$$

(但し、 T は温度センサから提供された温度信号に示された温度、 $T0$ は基準温度、 $S0$ は基準温度 $T0$ において所望の位相変調量を得るための制御入力値、 α は係数)に基づいて、電圧の大きさを制御するための制御入力値 S を補正するとよい。

[0014] また、空間光変調装置は、関数が n 次関数(n は2以上の整数)であり、係数の個数が n 個である構成としてもよい。この場合、空間光変調装置は、電圧生成部が、次の数式

[数2]

$$S = \frac{S0}{100 - (T - T0) \times \beta_1 - \dots - (T - T0)^n \times \beta_n} \times 100$$

(但し、 T は温度センサから提供された温度信号に示された温度、 $T0$ は基準温度、 $S0$ は基準温度 $T0$ において所望の位相変調量を得るための制御入力値、 $\beta_1, \dots, \beta_n$ は n 個の係数)に基づいて、電圧の大きさを制御するための

制御入力値 S を補正するとよい。

[0015] また、本発明による空間光変調方法は、印加電界の大きさに応じて入射光の位相を変調する液晶層と、一次元もしくは二次元に配列された複数の画素毎に設けられ、印加電界を発生させる電圧を液晶層に印加する複数の画素電極とを用いる空間光変調方法であって、（１）液晶層の温度に応じた信号である温度信号を温度センサから取得する温度取得ステップと、（２）液晶層の基準温度に対する温度変化量と、液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一又は複数の係数とを予め記憶している記憶手段から該一又は複数の係数を読み出し、温度信号に示された温度と、一又は複数の係数とを使用して、電圧の大きさを補正するための演算を行う補正演算ステップと、（３）複数の画素電極に補正後の電圧を提供する電圧印加ステップとを含む。

[0016] この空間光変調方法においては、記憶手段が、液晶層の温度変化量と、液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一又は複数の係数を記憶している。後述する実施の形態に示されるように、発明者は、このような関数を予め求め、その係数を記憶しておくことにより、大量のＬＵＴを用いることなく、温度変化による位相変調量の変動を好適に補正できることを見出した。すなわち、この空間光変調方法では、補正演算ステップにおいて、温度センサから提供された温度信号に示された温度と、上記一又は複数の係数とを使用して、印加電圧の大きさを補正するための演算を行う。これにより、必要な記憶容量を小さくでき、当該方法に使用される装置の作製が容易な空間光変調方法を提供できる。更に、温度毎に作成されたＬＵＴを使用する場合と異なり、所望の位相変調量に応じた印加電圧値を、液晶層の温度変化に対応して連続的に得ることができるので、所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高めることができる。

[0017] また、空間光変調方法は、関数が一次関数であり、係数の個数が一つである構成としてもよい。この場合、空間光変調方法は、電圧の範囲が、関数を一次関数として近似し得る所定範囲に限定されていることが好ましい。また

、この場合、空間光変調方法は、補正演算ステップにおいて、次の数式
[数3]

$$S = \frac{S_0}{100 - (T - T_0) \times \alpha} \times 100$$

(但し、Tは温度センサから提供された温度信号に示された温度、T₀は基準温度、S₀は基準温度T₀において所望の位相変調量を得るための制御入力値、αは係数)に基づいて、電圧の大きさを制御するための制御入力値Sを補正してもよい。

[0018] また、空間光変調方法は、関数がn次関数(nは2以上の整数)であり、係数の個数がn個である構成としてもよい。この場合、空間光変調方法は、補正演算ステップにおいて、次の数式

[数4]

$$S = \frac{S_0}{100 - (T - T_0) \times \beta_1 - \dots - (T - T_0)^n \times \beta_n} \times 100$$

(但し、Tは温度センサから提供された温度信号に示された温度、T₀は基準温度、S₀は基準温度T₀において所望の位相変調量を得るための制御入力値、β₁…β_nはn個の係数)に基づいて、電圧の大きさを制御するための制御入力値Sを補正してもよい。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、必要な記憶容量を小さくでき、作製が容易であり且つ所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高めることができる空間光変調装置および空間光変調方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、一実施形態に係る空間光変調装置の構成を概略的に示すブロック図である。

[図2]図2は、(a)位相変調部の構成の一部を示す図、及び(b)各画素電極上の液晶分子が回転する様子を示す図である。

[図3]図3は、電圧生成部の駆動装置及び制御装置の構成を示すブロック図で

ある。

[図4]図4は、温度変化係数データの算出方法を示すフローチャートである。

[図5]図5は、画素電極への印加電圧と位相変調量との関係の一例を示すグラフである。

[図6]図6は、基礎データベースの構成を概念的に示す図である。

[図7]図7は、基礎データベースを作成する際に使用される光学系の一例として、偏光干渉計を示す図である。

[図8]図8は、印加電圧と位相変調量との関係の具体例を示すグラフである。

[図9]図9は、液晶層の温度変化量 δ (°C)と、位相変調量の変動量 γ (%)との関係の一例を示すグラフである。

[図10]図10は、一実施形態に係る空間光変調方法を示すフローチャートである。

[図11]図11は、第1変形例である空間光変調装置の構成を示すブロック図である。

[図12]図12は、第1変形例に係る空間光変調方法を示すフローチャートである。

[図13]図13は、第2変形例である空間光変調装置の構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、特許文献1に記載された装置の構成を示すブロック図である。

[図15]図15は、特許文献2に記載された液晶パネル駆動装置の構成を示すブロック図である。

[図16]図16は、特許文献3に記載された液晶表示装置の構成を示すブロック図である。

[図17]図17は、特許文献3に記載された液晶表示装置の反射モード用ルックアップテーブルの構成の一例を示す図表である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、添付図面を参照しながら本発明による空間光変調装置および空間光

変調方法の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0022] 図1は、本発明の一実施形態に係る空間光変調装置1Aの構成を概略的に示すブロック図である。図1に示されるように、本実施形態の空間光変調装置1Aは、位相変調部10を備える。位相変調部10は、シリコン基板の上に液晶が形成された構成を有する、反射型の液晶表示パネル（いわゆるLCOS-SLM）である。この位相変調部10は、入射光の位相を変調する。また、空間光変調装置1Aは、電圧生成部50Aを備える。電圧生成部50Aは、駆動装置20A及び制御装置30Aによって構成されている。位相変調部10、駆動装置20A、及び制御装置30Aは、互いに独立した筐体にそれぞれ収容されている。

[0023] 図2（a）は、位相変調部10の構成の一部を示す側断面図である。位相変調部10は、シリコン基板11と、シリコン基板11上に設けられた液晶層12とを有する。また、位相変調部10は、シリコン基板11と液晶層12との間に配置された第1の電極13、及び該第1の電極13との間に液晶層12を挟む位置に設けられた第2の電極14を更に有する。第1の電極13は、液晶層12に電圧を印加するための複数の画素電極13aを有している。複数の画素電極13aは、複数行および複数列にわたって二次元状に配置されており、これらの画素電極13aによって位相変調部10の複数の画素が規定される。第2の電極14は、ガラス基板15の一方の面上に蒸着された金属膜からなる。ガラス基板15は、上記一方の面とシリコン基板11とが対向するように、スペーサ16を介してシリコン基板11上に支持されている。液晶層12は、シリコン基板11とガラス基板15との間に液晶が充填されて成る。

[0024] このような構成を備える位相変調部10においては、駆動装置20Aから出力されたアナログ信号電圧が、各画素電極13aと第2の電極14との間に印加される。これにより、液晶層12に電界が生じる。そして、図2（b）に示されるように、各画素電極13a上の液晶分子12aが、その印加電

界の大きさに応じて回転する。液晶分子 1 2 a は複屈折性を有するので、ガラス基板 1 5 を透過して光が入射すると、この光のうち液晶分子 1 2 a の配向方向と平行な光成分に限って、液晶分子 1 2 a の回転に応じた位相差が与えられる。このようにして、画素電極 1 3 a 毎に光の位相が変調される。

[0025] また、後述するように、液晶分子 1 2 a の有する複屈折率と画素電極 1 3 a への印加電圧との関係は、液晶層 1 2 の温度変化によって変動する。本実施形態の位相変調部 1 0 は、このような温度変化による変動分を補正する為に、温度センサ 1 7 を更に有する。温度センサ 1 7 は、位相変調部 1 0 の温度、特に液晶層 1 2 の温度を検出するために設けられ、液晶層 1 2 の温度に応じた信号である温度信号 S_{temp} を生成する。温度センサ 1 7 は、例えばシリコン基板 1 1 上やガラス基板 1 5 上に配置される。

[0026] 電圧生成部 5 0 A は、複数の画素電極 1 3 a にアナログ電圧を提供する。図 3 は、電圧生成部 5 0 A の駆動装置 2 0 A 及び制御装置 3 0 A の構成を示すブロック図である。図 3 に示されるように、制御装置 3 0 A は、例えば中央演算処理部 (CPU) 3 1、メモリ 3 2 およびハードディスク 3 3 を有する電子計算機等によって好適に実現される。ハードディスク 3 3 は、所望の位相パターン 3 3 a を記憶している。位相パターン 3 3 a は、位相変調部 1 0 の各画素毎に、所望の位相変調量にて位相変調を行うためのデータである。中央演算処理部 3 1 およびメモリ 3 2 は、位相パターン 3 3 a を、位相変調部 1 0 の液晶層 1 2 に印加する電圧値を制御するための制御入力値 (階調値) S_1 に変換する。制御装置 3 0 A は、駆動装置 2 0 A との間で信号の授受を行う通信部 3 4 を更に有しており、制御入力値 S_1 は、通信部 3 4 を介して駆動装置 2 0 A の通信部 2 1 に送られる。なお、通信部 3 4 と通信部 2 1 との通信手段は、シリアル通信やパラレル通信等、様々な手段を用いることができる。また、この通信手段は、有線及び無線の何れであってもよい。

[0027] 図 3 に示されるように、駆動装置 2 0 A は、通信部 2 1、入力処理部 2 2、不揮発性記憶素子 (Read Only Memory: ROM) 2 3、加算部 2 4、温度補正部 2 5、LUT 処理部 2 6、デジタル／アナログ変換部 2 7、および

温度センサ処理部 28 を有している。

[0028] 通信部 21 は、制御装置 30A の通信部 34 との間で、制御入力値 S_1 等の信号の授受を行う。入力処理部 22 は、通信部 21 から受けた信号に基づいて、垂直同期信号及び水平同期信号を生成する為のトリガ信号 S_{tr} を発生させる。不揮発性記憶素子 23 は、面歪み補正パターンデータ 23a、温度変化係数データ 23b および LUT_{23c} を記憶する記憶手段である。面歪み補正パターンデータ 23a は、シリコン基板 11 に画素電極 13a 周辺の回路素子を作り込む際に第 1 の電極 13 の表面に生じる面歪みを、液晶層 12 により与える位相差によって補正するためのデータである。温度変化係数データ 23b は、液晶層 12 の温度変化による、画素電極 13a への印加電圧と位相変調量との関係の変動を補正するための係数に関するデータである。 LUT_{23c} は、液晶層 12 の非線形性、すなわち各画素電極 13a に与えられる電圧の大きさと位相変調量との間の非線形性を補正するためのデータである。なお、 LUT_{23c} は、液晶層 12 の温度が基準温度であるときのデータである。

[0029] 加算部 24 は、不揮発性記憶素子 23 から面歪み補正パターンデータ 23a を読み出し、制御装置 30A から提供された制御入力値 S_1 に面歪み補正パターンデータ 23a を加算することにより、面歪み補正後の制御入力値 S_2 を生成する。加算部 24 は、生成した制御入力値 S_2 を、温度補正部 25 へ出力する。温度補正部 25 は、制御入力値 S_2 に対し、液晶層 12 の温度変化による変調特性の変動分を補正する。温度補正部 25 は、不揮発性記憶素子 23 から温度変化係数データ 23b を読み出す。そして、温度補正部 25 は、この温度変化係数データ 23b と、温度センサ処理部 28 から得られる温度値 T_s とに基づいて、制御入力値 S_2 に所定の演算処理を施すことにより、制御入力値 S_3 を生成する。温度補正部 25 は、生成した制御入力値 S_3 を、 LUT 処理部 26 へ出力する。

[0030] LUT 処理部 26 は、不揮発性記憶素子 23 から LUT_{23c} を読み出す。そして、 LUT 処理部 26 は、この LUT_{23c} を使用して、温度補正部

25から出力された値に所定の演算処理を施すことにより、制御入力値S4を生成する。この制御入力値S4は、制御入力値S3を、ディジタル／アナログ変換部27への入力に好適な値に変換したものである。LUT処理部26は、生成した制御入力値S4を、ディジタル／アナログ変換部27へ出力する。ディジタル／アナログ変換部27は、位相変調部10の各画素に印加される画素毎のアナログ電圧Vを、制御入力値S4に基づいて発生させる。これらのアナログ電圧Vは、駆動手段27aを通じて位相変調部10へ出力され、各画素電極13a（図2参照）に印加される。位相変調部10では、印加電圧Vの大きさに応じて液晶分子12a（図2参照）の傾きが変化し、屈折率の変化が生じる。その結果、所望の位相パターン33aに対応する位相分布が空間的に表現され、入射光の位相が変調される。

[0031] 温度センサ処理部28は、位相変調部10の温度センサ17から、液晶層12の現在の温度に関する温度信号S_{temp}を受ける。温度センサ処理部28は、この温度信号S_{temp}から読み取られる液晶層12の温度値T_sを、温度補正部25に提供する。

[0032] なお、駆動装置20Aの不揮発性記憶素子23に記憶されている面歪み補正パターンデータ23a、温度変化係数データ23bおよびLUT23cの全部又は一部は、制御装置30Aのハードディスク33に記憶されてもよい。その場合、加算部24、温度補正部25およびLUT処理部26の全部又は一部の機能は、中央演算処理部31およびメモリ32によって実現されるとよい。

[0033] また、位相変調部10では、印加電圧値Vに対して位相変調量 ϕ が非線形性を有する。そこで、本実施形態では、位相変調量 ϕ との関係を線形として扱える制御入力値S1を便宜的に定義し、この制御入力値S1と、各画素電極13aに印加される電圧値Vとの対応関係をLUT23cに表すこととする。なお、制御入力値S1は、一例では0から255までの整数である。

[0034] LUT23cは、例えば次のようにして作成される。まず、制御入力値S1に対して線形性を有する、位相変調量 ϕ の離散的な数値群 Φ を規定する。

例えば、制御入力値 S_1 を 0 から 255 までの整数とし、位相変調量 ϕ を 0 から 2π (rad) までの数値とした場合、位相変調量 ϕ の数値群中に含まれる各数値が次の数式

$$\phi = S \times 2\pi / 255$$

を満たすように、位相変調量 ϕ の各数値と制御入力値 S_1 との関係を定義する。この数式において、位相変調量 ϕ の各数値と対応する制御入力値 S_1 とは、互いに線形関係を有する。

[0035] 次に、この数値群中に含まれる位相変調量 ϕ それぞれを実現する為に画素電極 13a に印加すべき電圧値 V を、位相変調部 10 の既知の位相変調特性に基づいて算出する。そして、数値群中に含まれる位相変調量 ϕ と、対応する電圧値 V との表（テーブル）を作成する。数値群中に含まれる位相変調量 ϕ と制御入力値 S_1 の各整数とが互いに線形関係を有するので、更に、この表（テーブル）を、制御入力値 S_1 と電圧値 V との対応表（テーブル）に変換する。この変換後の対応表が、LUT23c となる。

[0036] なお、本実施形態では便宜上、LUT23c への入力値 S が定義され、LUT23c が制御入力値 S_1 と電圧値 V との関係を表しているが、LUT23c への入力を位相変調量 ϕ とし、LUT23c が位相変調量 ϕ と電圧値 V との関係を表してもよい。

[0037] 続いて、温度変化係数データ 23b の算出方法を説明する。図 4 は、その算出方法を示すフローチャートである。また、図 5 は、画素電極 13a への印加電圧 V と位相変調量 ϕ との関係の一例を示すグラフである。図 5 には、液晶層 12 の温度が基準温度 T_0 であるときのグラフ G11、空間光変調装置 1A の使用環境において想定される最高温度 T_{max} であるときのグラフ G12、及び空間光変調装置 1A の使用環境において想定される最低温度 T_{min} であるときのグラフ G13 が示されている。なお、温度変化係数データ 23b の算出は、例えば空間光変調装置 1A の検査時などに行われるとよい。

[0038] まず、液晶層 12 において想定される最高温度 T_{max} と、最高温度 T_m

$\phi_{\max}$ のときに位相変調部10に要求される最大位相変調量 $\phi_{\max}$ とに基づいて、画素電極13aへの印加電圧の範囲を設定する（ステップS11）。なお、以下の説明においては、理解の容易のため、最大位相変調量 $\phi_{\max}$ を 2π （rad）に設定する。また、本ステップS11において設定された印加電圧範囲Aの最大値を V_b とし、最小値（すなわち最大位相変調量 $\phi_{\max}$ に対応する電圧値）を V_a とする（図5を参照）。

[0039] 次に、予め用意しておいたデータベース（以下、基礎データベースという）に基づいて、上記ステップS11において設定された印加電圧範囲A（ $V_a \sim V_b$ ）における、液晶層12の温度変化に伴う位相変調特性の変動量を算出する（ステップS12）。ここで、図6は、基礎データベースの構成を概念的に示す図である。基礎データベース41は、液晶層12の温度範囲 $T_{\min} \sim T_{\max}$ において、この温度範囲に含まれる離散的な温度値群の各温度毎に用意された複数のデータ（印加電圧 V と位相変調量 ϕ との関係を示すデータ）を含む。なお、これら複数のデータの中には、図6に示されるように、基準温度 T_0 のときの印加電圧 V と位相変調量 ϕ との関係を示す基準時データ41aと、液晶層12の温度が最大温度 $T_{\max}$ のときの印加電圧 V と位相変調量 ϕ との関係を示す高温時データ41bと、液晶層12の温度が最低温度 $T_{\min}$ のときの印加電圧 V と位相変調量 ϕ との関係を示す低温時データ41cとが含まれる。これらのデータ41a～41cを含め、基礎データベース41に含まれる複数のデータにおいては、印加電圧 V と位相変調量 ϕ との関係は全て非線形である。本ステップS12では、このような基礎データベース41を使用して、液晶層12の温度変化に伴う位相変調特性の変動量を、印加電圧範囲A（ $V_a \sim V_b$ ）の全範囲にわたって算出する。

[0040] ここで、図7は、基礎データベースを作成する際に使用される光学系の一例として、偏光干渉計100を示す図である。この偏光干渉計100は、温度制御装置101、ハーフミラー102、レンズ103、検光子104、偏光子105、光源106、及び受光素子107を備えている。温度制御装置101は、位相変調部10の液晶層12の温度を任意の温度に制御するため

の装置である。光源 106 は所定波長の光を発生する。この所定波長の光は、偏光子 105 及びハーフミラー 102 を介して、位相変調部 10 へ入射する。受光素子 107 は、位相変調部 10 からの出射光の光強度を検出する。位相変調部 10 からの出射光は、ハーフミラー 102 において反射したのちレンズ 103 及び検光子 104 を介して受光素子 107 に達する。検光子 104 は、偏光子 105 に対してクロスニコルまたはオープンニコルの関係にある。

[0041] 基礎データベースを作成する際には、まず、位相変調部 10 を温度制御装置 101 に收容し、位相変調部 10 の液晶層 12 を任意の温度に制御する。そして、液晶層 12 の温度が所定の温度で安定したのち、液晶層 12 に印加可能な全電圧範囲で印加電圧を変化させながら該電圧を画素電極 13a に印加し、その電界によって生じる入射光と出射光との位相差を計測する。具体的には、液晶層 12 の配向方向に対して平行な直線偏光の光を偏光子 105 により生成し、この光を位相変調部 10 に入射させる。このとき、画素電極 13a への印加電圧の大きさに応じて、位相変調部 10 からの出射光には位相変調（位相遅延）が生じる。そして、この出射光が検光子 104 を通過する際、この検光子 104 は偏光子 105 に対してクロスニコル（またはオープンニコル）の関係にあるので、出射光の位相変調量に応じてその光強度が変化する。したがって、受光素子 107 において検出される光強度と、そのときの印加電圧値とに基づいて、印加電圧と位相変調量との関係、すなわち液晶層 12 の温度が所定温度であるときの基礎データベースが好適に得られる。

[0042] なお、図 8 は、このようにして得られる印加電圧と位相変調量との関係の具体例を示すグラフであり、グラフ G21 は液晶層 12 の温度が 20 度（最低温度 T_{min} ）である場合、グラフ G22 は液晶層 12 の温度が 27 度（基準温度 T_0 ）である場合、グラフ G23 は液晶層 12 の温度が 42 度（最高温度 T_{max} ）である場合をそれぞれ示している。また、このグラフにおいて、印加電圧範囲 A における最小電圧 V_a （すなわち位相変調量が 2π （

rad)となる印加電圧)は1.56(V)である。図8を参照すると、液晶層12の温度が基準温度 T_0 である場合には、最大電圧 V_b に対する位相変調量 ϕ として 2.56π (rad)が得られ、最低温度 T_{min} である場合には、最大電圧 V_b に対する位相変調量 ϕ として 2.79π (rad)が得られることがわかる。

[0043] 以上のようにして、本ステップS12では、液晶層12の温度毎に、液晶層12に印加可能な全電圧範囲にわたって位相変調量 ϕ を計測し、その結果を温度毎のテーブルにまとめる。

[0044] なお、位相変調部10においては、入射光の波長によって設定電圧範囲A($V_a \sim V_b$)が異なるので、位相変調量 ϕ も入射光の波長によって異なる。しかしながら、本実施形態においては、基準波長の入射光を用いて上述したステップS12を一度のみ行い、その結果得られた基礎データベースに対して以下の変換式を適用することにより、別の波長における基礎データベースを得ることができる。すなわち、基準波長を $\lambda_{standard}$ 、表示階調値 t_v のときの位相変調量を $\phi_{standard}(t_v)$ としたとき、或る波長 λ のときの位相変調量 $\phi(t_v)$ は、次の数式(1)より求められる。

[数5]

$$\phi(t_v) = \phi_{standard}(t_v) \times \frac{\lambda_{standard}}{\lambda} \quad \dots (1)$$

なお、上式(1)においては、液晶層12の波長分散特性を更に考慮してもよい。

[0045] そして、上記方法により求められた温度毎の位相変調量 ϕ に関するテーブルを、位相変調量の変化量 γ に関するテーブルに変換する。すなわち、位相変調部10が温度 T であるときに得られた位相変調量を ϕ_T とし、位相変調部10が基準温度 T_0 であるときに得られた位相変調量を ϕ_0 とすると、次の数式(2)により、位相変調量の変動量 γ を算出することができる。

[数6]

$$\gamma = \frac{\phi_T}{\phi_0} \times 100 \quad \dots (2)$$

[0046] 図4に示されるように、液晶層12の温度変化に伴う位相変調量の変動量 γ を上記ステップS12において算出したのち、この算出された変動量 γ を用いて、温度変化係数データ23bに含まれる温度変化係数 α を算出する（ステップS13）。ここで、図9は、ステップS12によって得られたデータに基づく、液晶層12の温度変化量 δ （℃）と、位相変調量の変動量 γ との関係の一例を示すグラフである。なお、温度変化量 δ は、基準温度 T_0 と温度 T との差（ $T - T_0$ ）である。

[0047] 図9を参照すると、液晶層12の温度変化量 δ と位相変調量の変動量 γ とは、ほぼ比例関係であり、一次関数G24で近似できることがわかる。このような近似は、図8に示された印加電圧範囲A、すなわち一次関数として近似し得る所定範囲に印加電圧範囲を限定した場合に可能となる。本ステップS13では、この比例関係における以下の近似式（3）の定数 α を求める。

[数7]

$$\gamma = \alpha \delta + c \quad \cdots (3)$$

この定数 α が、温度変化係数データ23bとしての温度変化係数 α である。換言すれば、温度変化係数 α とは、液晶層12の温度変化に伴う位相変調特性の変化を、或る一つの係数によって表したものである。

[0048] 以下に、温度変化係数 α を用いた位相変調特性の補正方法を含む本実施形態の空間光変調方法を、図10を参照しながら説明する。図10は、本実施形態の空間光変調方法を示すフローチャートである。

[0049] まず、ハードディスク33に記憶されている位相パターン33aが制御装置30Aにおいて制御入力値S1に変換され、この制御入力値S1が制御装置30Aから駆動装置20Aへ転送される（ステップS21）。次に、この制御入力値S1と、駆動装置20Aの不揮発性記憶素子23に記憶されている面歪み補正パターンデータ23aとが加算部24において加算され、制御入力値S2が生成される（ステップS22）。また、温度センサ17によって検出された位相変調部10の現在の温度が、温度センサ処理部28によって読み出される（ステップS23、温度取得ステップ）。なお、このステッ

プ S 2 3 は、上記ステップ S 2 1 及び S 2 2 と並行して行われても良い。

[0050] 続いて、不揮発性記憶素子 2 3 に記憶されている温度変化係数データ 2 3 b と、温度センサ処理部 2 8 によって読み出された現在の温度値と、制御入力値 S 2 とが温度補正部 2 5 に提供される。温度補正部 2 5 では、以下の温度補正式 (4) を用いて、液晶層 1 2 の温度変化による影響が補正された制御入力値 S 3 を演算する (ステップ S 2 4、補正演算ステップ)。なお、数式 (4) において、T は位相変調部 1 0 の現在温度であり、T 0 は位相変調部 1 0 の基準温度 (一例では、検査時の温度) であり、S 0 は、基準温度 T 0 において所望の位相変調量 ϕ を得るための制御入力値である。

[数8]

$$S3 = \frac{S0}{100 - (T - T0) \times \alpha} \times 100 \quad \cdots (4)$$

[0051] 続いて、LUT 2 3 c に基づいて、制御入力値 S 3 に所定の演算処理が施され、デジタル／アナログ変換部 2 7 の入力に好適な制御入力値 S 4 が生成される (ステップ S 2 5)。そして、位相変調部 1 0 の各画素に印加される画素毎のアナログ電圧が、デジタル／アナログ変換部 2 7 において制御入力値 S 4 に基づき生成される (ステップ S 2 6)。これらのアナログ電圧は、駆動手段 2 7 a へ送られる。そして、これらのアナログ電圧は、駆動手段 2 7 a から位相変調部 1 0 へ出力され、各画素電極 1 3 a に印加される (ステップ S 2 7、電圧印加ステップ)。位相変調部 1 0 では、印加電圧の大きさに応じて液晶分子 1 2 a の傾きが変化し、屈折率の変化が生じる。その結果、所望の位相パターン 3 3 a に対応する位相分布が空間的に表現され、入射光の位相が変調される (ステップ S 2 8)。

[0052] 以上に説明した本実施形態の空間光変調装置 1 A および空間光変調方法によって得られる効果について説明する。この空間光変調装置 1 A および空間光変調方法では、駆動装置 2 0 A の不揮発性記憶素子 2 3 が、液晶層 1 2 の温度変化量と、液晶層 1 2 における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一の係数 α を記憶している。発明者は、液晶層 1 2 の温度変化量

と、位相変調量の変動量との関係を表す関数を予め求め（上記数式（３）を参照）、その係数 α を記憶しておくことにより、大量のＬＵＴを用いることなく、温度変化による位相変調量の変動を好適に補正できることを見出した。すなわち、この空間光変調装置１Ａおよび空間光変調方法においては、駆動装置２０Ａが、温度センサ１７から提供された温度信号 S_{temp} に示された温度と、上記一の係数 α とを使用して、印加電圧 V の大きさを補正するための演算を行う。これにより、必要な記憶容量を小さくでき、作製が容易な空間光変調装置および空間光変調方法を提供できる。更に、離散的なデータの集合であるＬＵＴを使用する場合と異なり、所望の位相変調量に応じた印加電圧値を、液晶層１２の温度変化に対応して連続的に得ることができる。したがって、例えば 1°C や 0.1°C といった小さな温度間隔で位相変調特性の補正が可能となり、所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高めることができる。

[0053] また、本実施形態の空間光変調装置１Ａおよび空間光変調方法においては、液晶層１２の温度変化量 δ と、位相変調量の変動量 γ との比例係数である温度変化係数 α を用いて、温度補正部２５が制御入力値 S_3 を補正している。発明者らは、図９に示したように、温度変化量 δ と位相変調量の変動量 γ とが、或る印加電圧範囲Ａにおいて顕著な比例関係を有する（一次関数を成す）ことを見出した。その傾き（温度変化係数） α を用いることにより、多量のデータを記憶しておくことなく極めて容易に制御入力値 S_3 を補正することができる。すなわち、この空間光変調装置１Ａおよび空間光変調方法によれば、液晶層１２の温度変化による位相変調量の変動を、容易に補正することができる。

[0054] 本実施形態においては、面歪み補正パターンデータ２３ａは駆動装置２０Ａの不揮発性記憶素子２３に記憶されている。しかしながら、面歪み補正パターンデータは、制御装置３０Ａのハードディスク３３に記憶されていてもよい。その場合、加算部２４の機能は、制御装置３０Ｂの中央演算処理部３１及びメモリ３２によって実現されるとよい。

[0055] また、本実施形態においては、所望の位相パターン 33 a が制御装置 30 A のハードディスク 33 に記憶されている。しかしながら、所望の位相パターンは、駆動装置 20 A の不揮発性記憶素子 23 に記憶されていてもよい。その場合であっても、制御装置 30 A は、位相変調部 10 を駆動させるために必要な垂直同期信号及び水平同期信号を生成するために用いられるトリガ信号を、駆動装置 20 A に提供する役割を有する。

[0056] また、本実施形態においては、位相変調部 10、駆動装置 20 A、及び制御装置 30 A が互いに独立した筐体をそれぞれ有する。しかしながら、位相変調部 10 及び駆動装置 20 A は、共通の筐体内に收容されていてもよい。或いは、位相変調部 10、駆動装置 20 A、及び制御装置 30 A 全てが、共通の筐体内に收容されていてもよい。

[0057] また、本実施形態において、液晶層 12 の温度を制御可能とする手段（例えばファンやペルチェ素子など）を、位相変調部 10 が更に有してもよい。これにより、液晶層 12 の温度変化の範囲を小さくすることができるので、例えば基準温度 T_0 に対して数℃の変動を温度補正部 25 によって補正すればよく、液晶層 12 の温度変化による位相変調量の変動を更に精度良く補正することができる。

[0058] また、本実施形態においては、温度補正部 25 が数式（4）に基づいて制御入力値を補正している。しかしながら、画素電極 13 a に印加される電圧の範囲の広さによっては、温度変化量 δ と位相変調量の変動量 γ との関係が非線形となる場合がある。その場合、上述したステップ S 13 の数式（3）の係数 α に代えて、この非線形の関係における以下の近似式（5）の係数 $\beta_1 \sim \beta_n$ を求めるとよい。

[数9]

$$\gamma = \beta_n \delta^n + \dots + \beta_1 \delta + c \quad \dots (5)$$

そして、これらの複数の係数 $\beta_1 \sim \beta_n$ を、温度変化係数データ 23 b の温度変化係数とするとよい。また、温度補正部 25 は、上述した温度補正式（4）に代えて、以下の温度補正式（6）を用いて、液晶層 12 の温度変化によ

る影響が補正された制御入力値 S_3 を演算するとよい。なお、数式 (6) において、 T は位相変調部 10 の現在温度であり、 T_0 は位相変調部 10 の基準温度（一例では、検査時の温度）であり、 S_0 は、基準温度 T_0 において所望の位相変調量 ϕ を得るための制御入力値である。

[数10]

$$S_3 = \frac{S_0}{100 - (T - T_0) \times \beta_1 - \dots - (T - T_0)^n \times \beta_n} \times 100 \quad \dots (6)$$

このような非線形係数を用いて温度補正を行うことによって、液晶層 12 の温度変化に拘わらず、更に高い精度で（例えば位相 1° 単位、 0.1° 単位、若しくは 0.01° 単位で）位相変調を行うことが可能となる。

[0059] (第 1 変形例)

[0060] 図 11 は、上記実施形態の第 1 変形例である空間光変調装置 1B の構成を示すブロック図である。図 11 に示されるように、本変形例に係る空間光変調装置 1B は、位相変調部 10 に加えて、電圧生成部としての駆動装置 20B 及び制御装置 30B を備えている。なお、位相変調部 10 の構成については、上記実施形態の位相変調部 10 の構成と同じなので詳細な説明を省略する。

[0061] 制御装置 30B は、上記実施形態の制御装置 30A と同様に、例えば中央演算処理部 31、メモリ 32 およびハードディスク 33 を有する電子計算機等によって好適に実現される。但し、本変形例においては、ハードディスク 33 は、所望の位相パターン 33a のほか、面歪み補正パターンデータ 33b 及び温度変化係数データ 33c を記憶している。面歪み補正パターンデータ 33b は、上記実施形態の面歪み補正パターンデータ 23a に相当するデータであって、シリコン基板 11 に画素電極 13a 周辺の回路素子を作り込む際に第 1 の電極 13 の表面に生じる面歪みを、液晶層 12 により与える位相差によって補正するためのデータである。また、温度変化係数データ 33c は、上記実施形態の温度変化係数データ 23b に相当するデータであって、液晶層 12 の温度変化による、画素電極 13a への印加電圧と位相変調量

との関係の変動を補正するための係数に関するデータである。

[0062] 中央演算処理部 31 は、図 11 に示されるように、加算部 32a と、温度補正部 32b と、温度読み出し命令部 32c とを、メモリ 32 に記憶された所定のプログラムを読み込むことによって実現する。加算部 32a は、ハードディスク 33 から位相パターン 33a 及び面歪み補正パターンデータ 33b を読み出して、これらを相互に加算することにより、制御入力値 S5 を生成する。温度読み出し命令部 32c は、液晶層 12 の温度に関するデータを駆動装置 20B に要求するための信号 S_r を生成する。この信号 S_r は、通信部 34 を介して駆動装置 20B の温度センサ処理部 28 に送られる。温度補正部 32b は、ハードディスク 33 から温度変化係数データ 33c を読み出すとともに、位相変調部 10 の現在の温度に関するデータを駆動装置 20B から受けて、これらのデータを基に制御入力値 S5 に対して所定の演算を施す。なお、この演算は、上記実施形態において温度補正部 25 が行う演算と同様である。温度補正部 32b は、演算後の制御入力値 S6 を、通信部 34 を介して駆動装置 20B に提供する。

[0063] 駆動装置 20B は、通信部 21、入力処理部 22、不揮発性記憶素子 23、LUT 処理部 26、デジタル／アナログ変換部 27、および温度センサ処理部 28 を有している。これらの構成および動作は、上記実施形態と同様である。なお、本変形例の駆動装置 20B は、上記実施形態の加算部 24 および温度補正部 25 を有しておらず、不揮発性記憶素子 23 は面歪み補正パターンデータ 23a および温度変化係数データ 23b を記憶していない。これらの要素は、既述した制御装置 30B に含まれている。

[0064] 図 12 は、本変形例に係る空間光変調方法を示すフローチャートである。以下、図 12 を参照しつつ、本変形例に係る空間光変調方法および空間光変調装置 1B の動作について説明する。

[0065] まず、ハードディスク 33 に記憶されている位相パターン 33a および面歪み補正パターンデータ 33b が中央演算処理部 31 に読み出され、これらが相互に加算されて、制御入力値 S5 が生成される（ステップ S31）。ま

た、温度センサ 17 によって検出された液晶層 12 の現在の温度に関する温度信号 S_{temp} が温度センサ処理部 28 に送られ、温度信号 S_{temp} に示される温度値 T_s が通信部 34 を介して中央演算処理部 31 に送られる（ステップ S32、温度取得ステップ）。なお、このステップ S32 は、上記ステップ S31 と並行して行われても良い。

[0066] 次に、ハードディスク 33 に記憶されている温度変化係数データ 33c と、現在の温度値 T_s とが中央演算処理部 31 に読み出され、制御入力値 S_5 に対して上述した数式（4）に示された演算を行うことにより、液晶層 12 の温度変化による影響が補正された制御入力値 S_6 が算出される（ステップ S33、補正演算ステップ）。この制御入力値 S_6 は、制御装置 30B から駆動装置 20B へ転送される（ステップ S34）。

[0067] 続いて、LUT 23c に基づいて、制御入力値 S_6 に所定の演算処理が施され、デジタル／アナログ変換部 27 の入力に好適な制御入力値 S_7 が生成される（ステップ S35）。そして、位相変調部 10 の各画素に印加される画素毎のアナログ電圧 V が、デジタル／アナログ変換部 27 において制御入力値 S_7 に基づき生成される（ステップ S36）。これらのアナログ電圧 V は、駆動手段 27a へ送られる。そして、これらのアナログ電圧 V は、駆動手段 27a から位相変調部 10 へ出力され、各画素電極 13a に印加される（ステップ S37、電圧印加ステップ）。位相変調部 10 では、印加電圧 V の大きさに応じて液晶分子 12a の傾きが変化し、屈折率の変化が生じる。その結果、所望の位相パターン 33a に対応する位相分布が空間的に表現され、入射光の位相が変調される（ステップ S38）。

[0068] 以上に説明した本変形例に係る空間光変調装置 1B および空間光変調方法によれば、上記実施形態と同様に、温度変化係数を用いて温度補正部 32b が制御入力値 S_5 を補正しているので、液晶層 12 の温度変化による位相変調量の変動を容易に補正することができる。更に、必要な記憶容量を小さくでき、作製が容易となり、且つ所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高めることができる。

[0069] なお、本変形例においては、L U T 2 3 cは駆動装置 2 0 Bの不揮発性記憶素子 2 3に記憶されている。しかしながら、L U Tは、制御装置 3 0 Bのハードディスク 3 3に記憶されていてもよい。その場合、L U T処理部は、制御装置 3 0 Bの中央演算処理部 3 1及びメモリ 3 2によって実現されるとよい。

[0070] (第2変形例)

[0071] 図 1 3は、上記実施形態の第2変形例である空間光変調装置 1 Cの構成を示すブロック図である。図 1 3に示されるように、本変形例に係る空間光変調装置 1 Cは、位相変調部 1 0と、電圧生成部としての駆動装置 2 0 Cとを備えている。これらのうち、位相変調部 1 0の構成については、上記実施形態の位相変調部 1 0の構成と同じである。

[0072] 駆動装置 2 0 Cは、制御部 2 9を有している。制御部 2 9は、例えば中央演算処理部 (C P U)、メモリおよびハードディスクを有する電子計算機等によって好適に実現される。また、駆動装置 2 0 Cは、入力処理部 2 2、不揮発性記憶素子 2 3、加算部 2 4、温度補正部 2 5、L U T処理部 2 6、デジタル／アナログ変換部 2 7、および温度センサ処理部 2 8を有している。

[0073] 入力処理部 2 2は、制御部 2 9から受けた信号に基づいて、垂直同期信号及び水平同期信号を生成する為のトリガ信号 S t rを発生させる。不揮発性記憶素子 2 3は、面歪み補正パターンデータ 2 3 a、温度変化係数データ 2 3 b及びL U T 2 3 cに加えて、所望の位相パターン 2 3 dを記憶している。位相パターン 2 3 dは、上記実施形態における位相パターン 3 3 aに相当するものである。

[0074] 加算部 2 4は、不揮発性記憶素子 2 3から面歪み補正パターンデータ 2 3 a及び位相パターン 2 3 dを読み出し、これらを相互に加算することにより、面歪み補正後の制御入力値 S 8を生成する。加算部 2 4は、生成した制御入力値 S 8を、温度補正部 2 5へ出力する。温度補正部 2 5は、温度変化係数データ 2 3 bと、温度センサ処理部 2 8から得られる温度値 T sとに基づ

いて、制御入力値 S 8 に所定の演算処理を施すことにより、制御入力値 S 9 を生成する。LUT 処理部 26 は、LUT 23c を使用して、制御入力値 S 9 に所定の演算処理を施すことにより、デジタル／アナログ変換部 27 への入力に好適な制御入力値 S 10 を生成する。デジタル／アナログ変換部 27 は、位相変調部 10 の各画素に印加される画素毎のアナログ電圧 V を、制御入力値 S 10 に基づいて発生させる。これらのアナログ電圧 V は、駆動手段 27a を通じて位相変調部 10 へ出力され、各画素電極 13a（図 2 参照）に印加される。

[0075] 以上に説明した本変形例に係る空間光変調装置 1C によれば、上記実施形態と同様に、温度変化係数を用いて温度補正部 25 が制御入力値 S 8 を補正するので、液晶層 12 の温度変化による位相変調量の変動を容易に補正することができる。更に、必要な記憶容量を小さくでき、作製が容易となり、且つ所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高めることができる。

[0076] 本発明による空間光変調装置および空間光変調方法は、上述した実施形態に限られるものではなく、他に様々な変形が可能である。例えば、上記実施形態では、位相変調部の画素電極が複数行および複数列にわたって二次元状に配置されている場合を例示したが、本発明における空間光変調装置はこれに限られず、例えば複数の画素電極が一次元状に配置された構成を有していてもよい。

[0077] 上記実施形態による空間光変調装置では、一次元もしくは二次元に配列された複数の画素毎に入射光の位相を変調する空間光変調装置であって、（１）印加電界の大きさに応じて入射光の位相を変調する液晶層と、（２）液晶層の温度に応じた信号である温度信号を生成する温度センサと、（３）複数の画素毎に設けられ、印加電界を発生させる電圧を液晶層に印加する複数の画素電極と、（４）複数の画素電極に電圧を提供する電圧生成部とを備える構成としている。電圧生成部は、液晶層の基準温度に対する温度変化量と、液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一又は複数の係数を予め記憶している記憶手段を有しており、温度センサから提供さ

れた温度信号に示された温度と、一又は複数の係数とを使用して、電圧の大きさを補正するための演算を行う。

[0078] また、空間光変調装置は、関数が一次関数であり、係数の個数が一つである構成としてもよい。この場合、空間光変調装置は、電圧の範囲が、関数を一次関数として近似し得る所定範囲に限定されていることが好ましい。また、空間光変調装置は、関数が n 次関数（ n は2以上の整数）であり、係数の個数が n 個である構成としてもよい。

[0079] また、上記実施形態による空間光変調方法では、印加電界の大きさに応じて入射光の位相を変調する液晶層と、一次元もしくは二次元に配列された複数の画素毎に設けられ、印加電界を発生させる電圧を液晶層に印加する複数の画素電極とを用いる空間光変調方法であって、（1）液晶層の温度に応じた信号である温度信号を温度センサから取得する温度取得ステップと、（2）液晶層の基準温度に対する温度変化量と、液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一又は複数の係数を予め記憶している記憶手段から該一又は複数の係数を読み出し、温度信号に示された温度と、一又は複数の係数とを使用して、電圧の大きさを補正するための演算を行う補正演算ステップと、（3）複数の画素電極に補正後の電圧を提供する電圧印加ステップとを含む構成としている。

[0080] また、空間光変調方法は、関数が一次関数であり、係数の個数が一つである構成としてもよい。この場合、空間光変調方法は、電圧の範囲が、関数を一次関数として近似し得る所定範囲に限定されていることが好ましい。また、空間光変調方法は、関数が n 次関数（ n は2以上の整数）であり、係数の個数が n 個である構成としてもよい。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明は、必要な記憶容量を小さくでき、作製が容易であり且つ所望の位相変調量に対する印加電圧値の精度を高めることができる空間光変調装置および空間光変調方法として利用可能である。

符号の説明

[0082] 1 A～1 C…空間光変調装置、1 0…位相変調部、1 1…シリコン基板、1 2…液晶層、1 2 a…液晶分子、1 3, 1 4…電極、1 3 a…画素電極、1 5…ガラス基板、1 6…スペーサ、1 7…温度センサ、2 0 A～2 0 C…駆動装置、2 1…通信部、2 2…入力処理部、2 3…不揮発性記憶素子、2 3 a, 3 3 b…面歪み補正パターンデータ、2 3 b, 3 3 c…温度変化係数データ、2 3 c…L U T、2 3 d, 3 3 a…位相パターン、2 4…加算部、2 5…温度補正部、2 6…L U T 処理部、2 7…デジタル／アナログ変換部、2 7 a…駆動手段、2 8…温度センサ処理部、3 0 A, 3 0 B…制御装置、3 1…中央演算処理部、3 2…メモリ、3 2 a…加算部、3 2 b…温度補正部、3 2 c…温度読み出し命令部、3 3…ハードディスク、3 4…通信部、4 1…基礎データベース、5 0 A…電圧生成部、1 0 0…偏光干渉計、1 0 1…温度制御装置、1 0 2…ハーフミラー、1 0 3…レンズ、1 0 4…検光子、1 0 5…偏光子、1 0 6…光源、1 0 7…受光素子、A…印加電圧範囲、S 1～S 1 0…制御入力値、S t e m p…温度信号。

請求の範囲

- [請求項1] 一次元もしくは二次元に配列された複数の画素毎に入射光の位相を変調する空間光変調装置であって、
- 印加電界の大きさに応じて前記入射光の位相を変調する液晶層と、
- 前記液晶層の温度に応じた信号である温度信号を生成する温度センサと、
- 前記複数の画素毎に設けられ、前記印加電界を発生させる電圧を前記液晶層に印加する複数の画素電極と、
- 前記複数の画素電極に前記電圧を提供する電圧生成部とを備え、
- 前記電圧生成部が、前記液晶層の基準温度に対する温度変化量と、前記液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一又は複数の係数を予め記憶している記憶手段を有しており、前記温度センサから提供された前記温度信号に示された温度と、前記一又は複数の係数とを使用して、前記電圧の大きさを補正するための演算を行う
- ことを特徴とする、空間光変調装置。
- [請求項2] 前記関数が一次関数であり、前記係数の個数が一つであることを特徴とする、請求項1に記載の空間光変調装置。
- [請求項3] 前記電圧の範囲が、前記関数を一次関数として近似し得る所定範囲に限定されていることを特徴とする、請求項2に記載の空間光変調装置。
- [請求項4] 前記電圧生成部が、次の数式
- [数1]
- $$S = \frac{S_0}{100 - (T - T_0) \times \alpha} \times 100$$
- (但し、Tは前記温度センサから提供された前記温度信号に示された温度、T₀は基準温度、S₀は基準温度T₀において所望の位相変調

量を得るための制御入力値、 α は前記係数)に基づいて、前記電圧の大きさを制御するための制御入力値 S を補正することを特徴とする、請求項2または3に記載の空間光変調装置。

[請求項5] 前記関数が n 次関数(n は2以上の整数)であり、前記係数の個数が n 個であることを特徴とする、請求項1に記載の空間光変調装置。

[請求項6] 前記電圧生成部が、次の数式

[数2]

$$S = \frac{S_0}{100 - (T - T_0) \times \beta_1 - \dots - (T - T_0)^n \times \beta_n} \times 100$$

(但し、 T は前記温度センサから提供された前記温度信号に示された温度、 T_0 は基準温度、 S_0 は基準温度 T_0 において所望の位相変調量を得るための制御入力値、 $\beta_1 \dots \beta_n$ は前記 n 個の係数)に基づいて、前記電圧の大きさを制御するための制御入力値 S を補正することを特徴とする、請求項5に記載の空間光変調装置。

[請求項7] 印加電界の大きさに応じて入射光の位相を変調する液晶層と、一次元もしくは二次元に配列された複数の画素毎に設けられ、前記印加電界を発生させる電圧を前記液晶層に印加する複数の画素電極とを用いる空間光変調方法であって、

前記液晶層の温度に応じた信号である温度信号を温度センサから取得する温度取得ステップと、

前記液晶層の基準温度に対する温度変化量と、前記液晶層における位相変調量の変動量との相関を表す関数に含まれる一又は複数の係数とを予め記憶している記憶手段から該一又は複数の係数を読み出し、前記温度信号に示された温度と、前記一又は複数の係数とを使用して、前記電圧の大きさを補正するための演算を行う補正演算ステップと、

前記複数の画素電極に補正後の前記電圧を提供する電圧印加ステップと

を含むことを特徴とする、空間光変調方法。

[請求項8] 前記関数が一次関数であり、前記係数の個数が一つであることを特徴とする、請求項7に記載の空間光変調方法。

[請求項9] 前記電圧の範囲が、前記関数を一次関数として近似し得る所定範囲に限定されていることを特徴とする、請求項8に記載の空間光変調方法。

[請求項10] 前記補正演算ステップにおいて、次の数式

[数3]

$$S = \frac{S_0}{100 - (T - T_0) \times \alpha} \times 100$$

(但し、Tは前記温度センサから提供された前記温度信号に示された温度、T₀は基準温度、S₀は基準温度T₀において所望の位相変調量を得るための制御入力値、αは前記係数)に基づいて、前記電圧の大きさを制御するための制御入力値Sを補正することを特徴とする、請求項8または9に記載の空間光変調方法。

[請求項11] 前記関数がn次関数(nは2以上の整数)であり、前記係数の個数がn個であることを特徴とする、請求項7に記載の空間光変調方法。

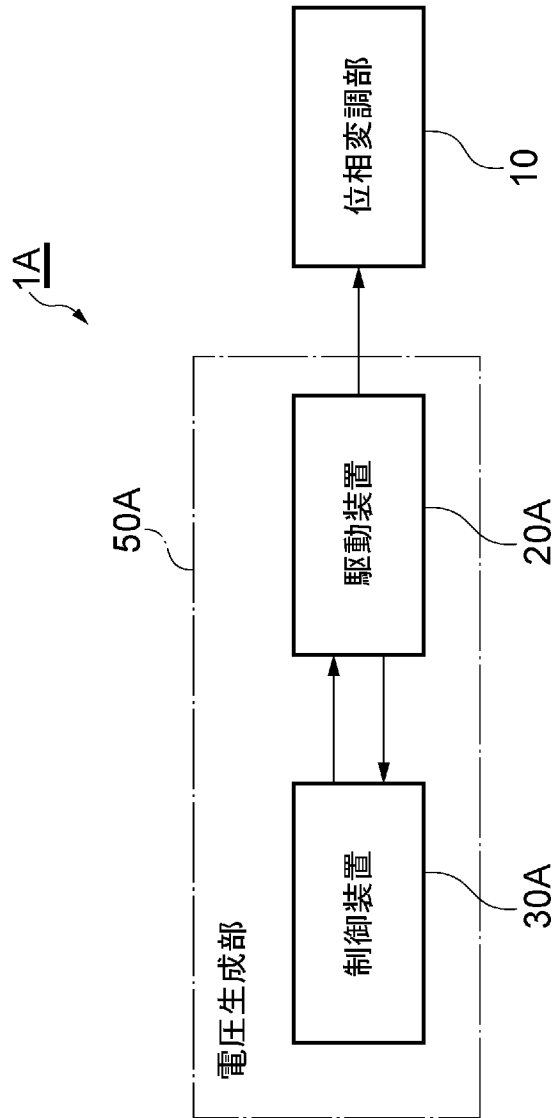
[請求項12] 前記補正演算ステップにおいて、次の数式

[数4]

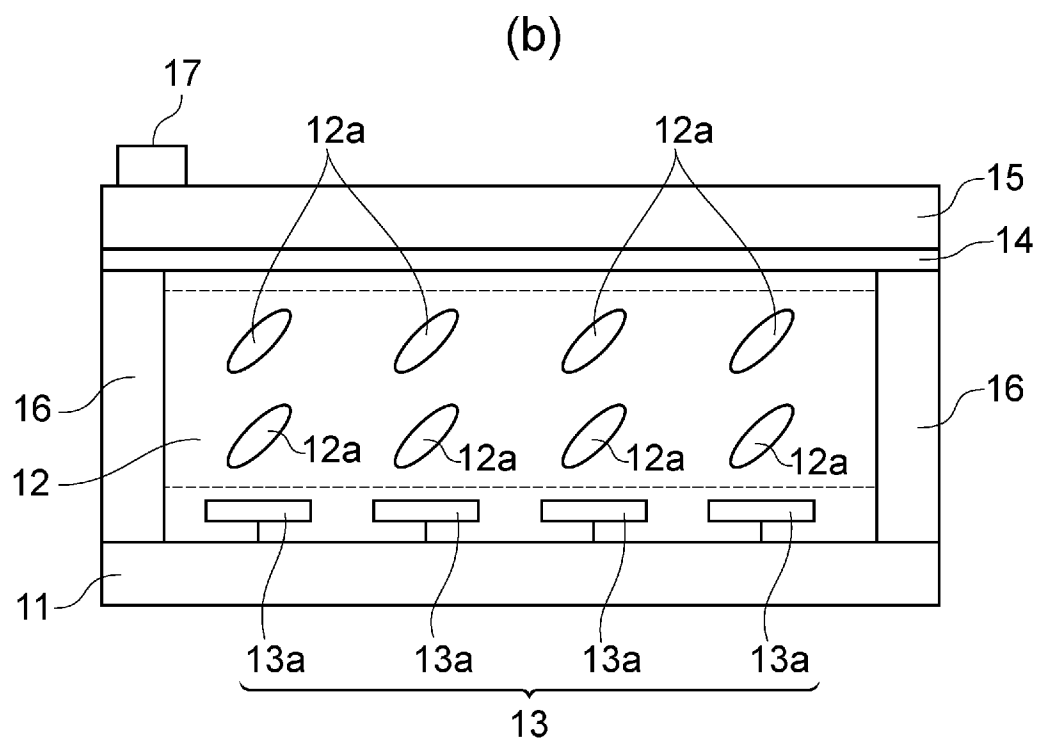
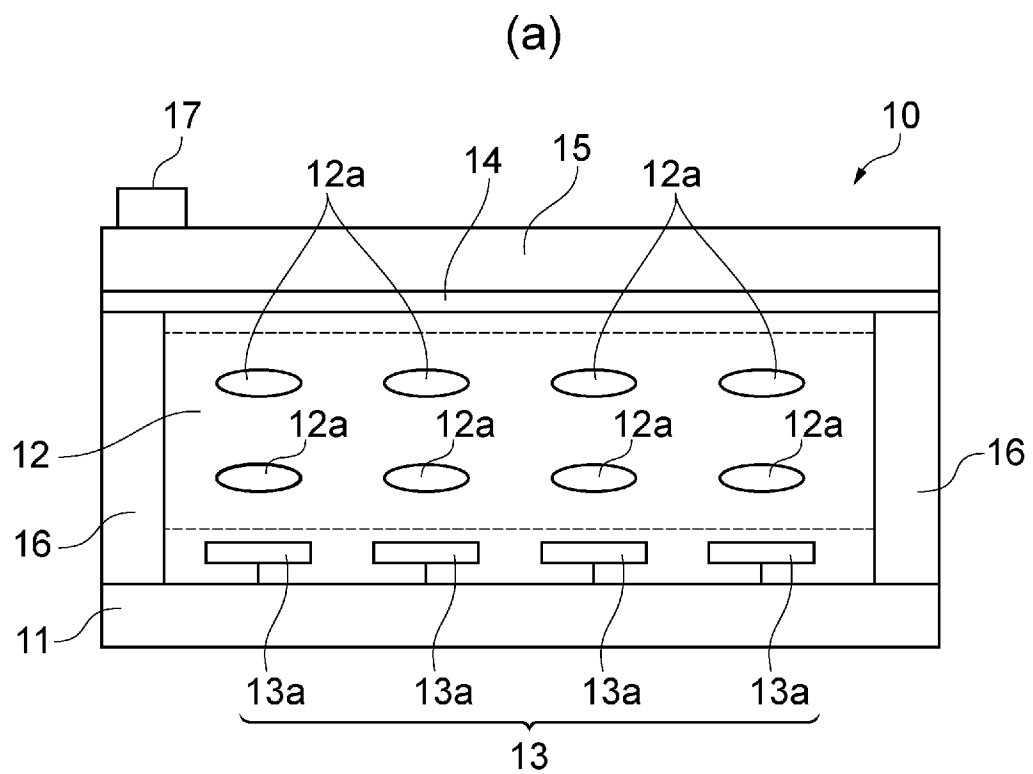
$$S = \frac{S_0}{100 - (T - T_0) \times \beta_1 - \dots - (T - T_0)^n \times \beta_n} \times 100$$

(但し、Tは前記温度センサから提供された前記温度信号に示された温度、T₀は基準温度、S₀は基準温度T₀において所望の位相変調量を得るための制御入力値、β₁…β_nは前記n個の係数)に基づいて、前記電圧の大きさを制御するための制御入力値Sを補正することを特徴とする、請求項11に記載の空間光変調方法。

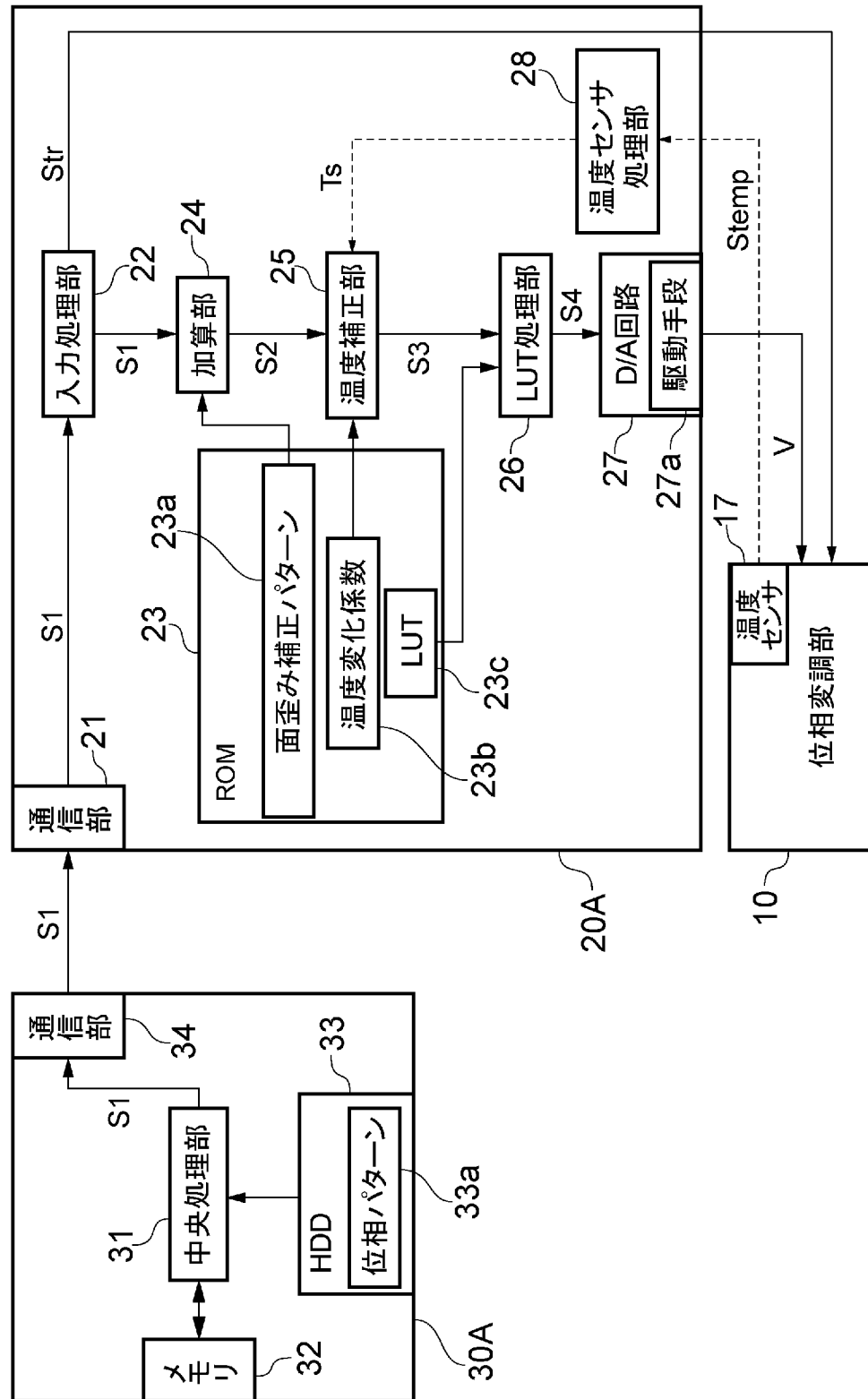
[図1]



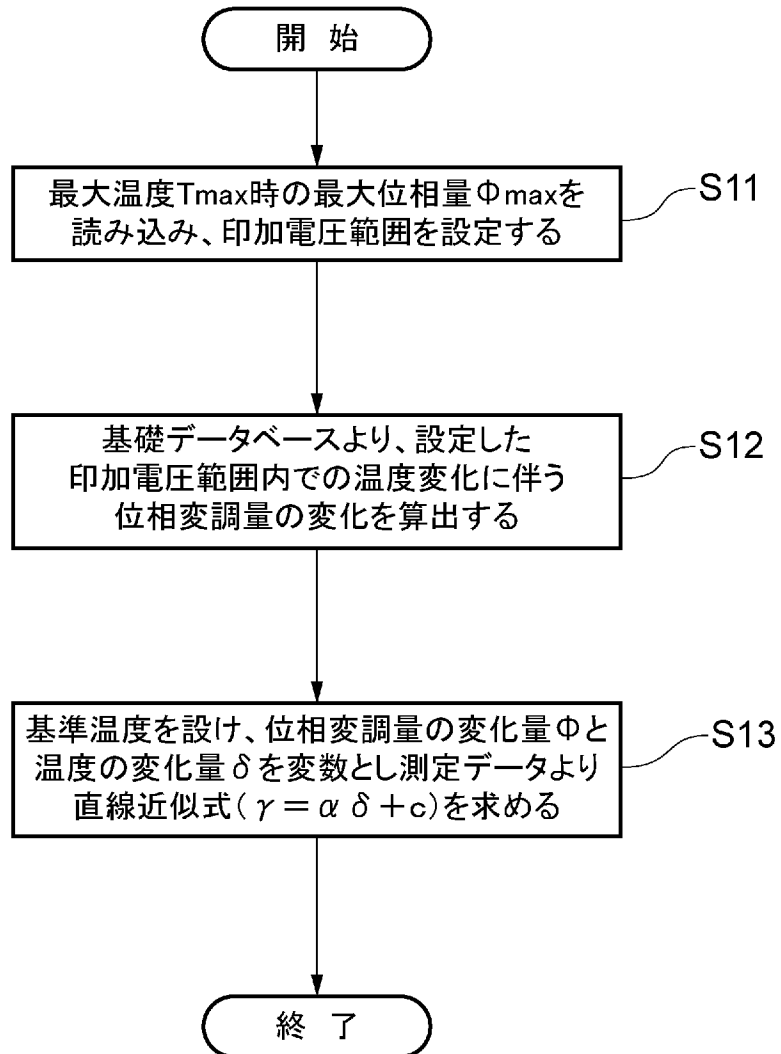
[図2]



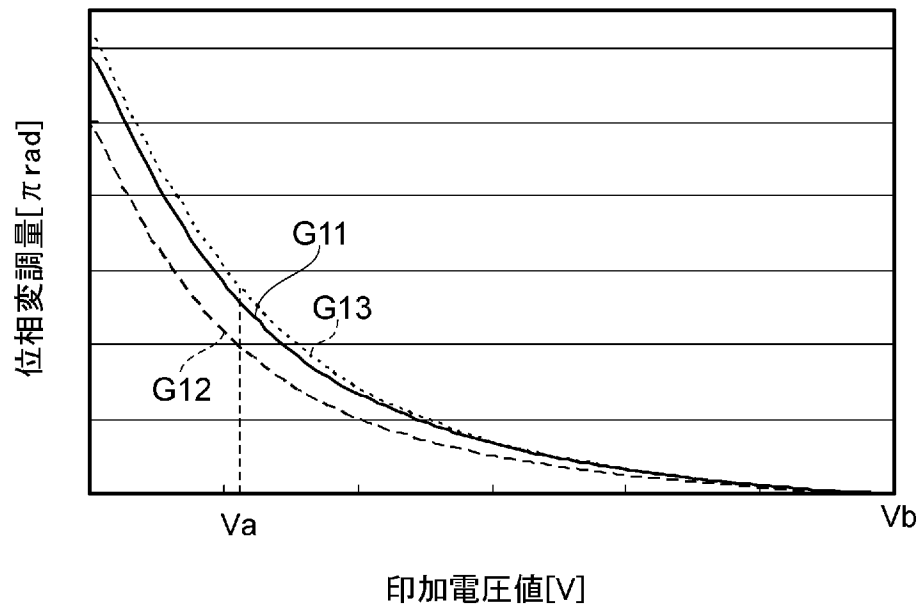
[図3]



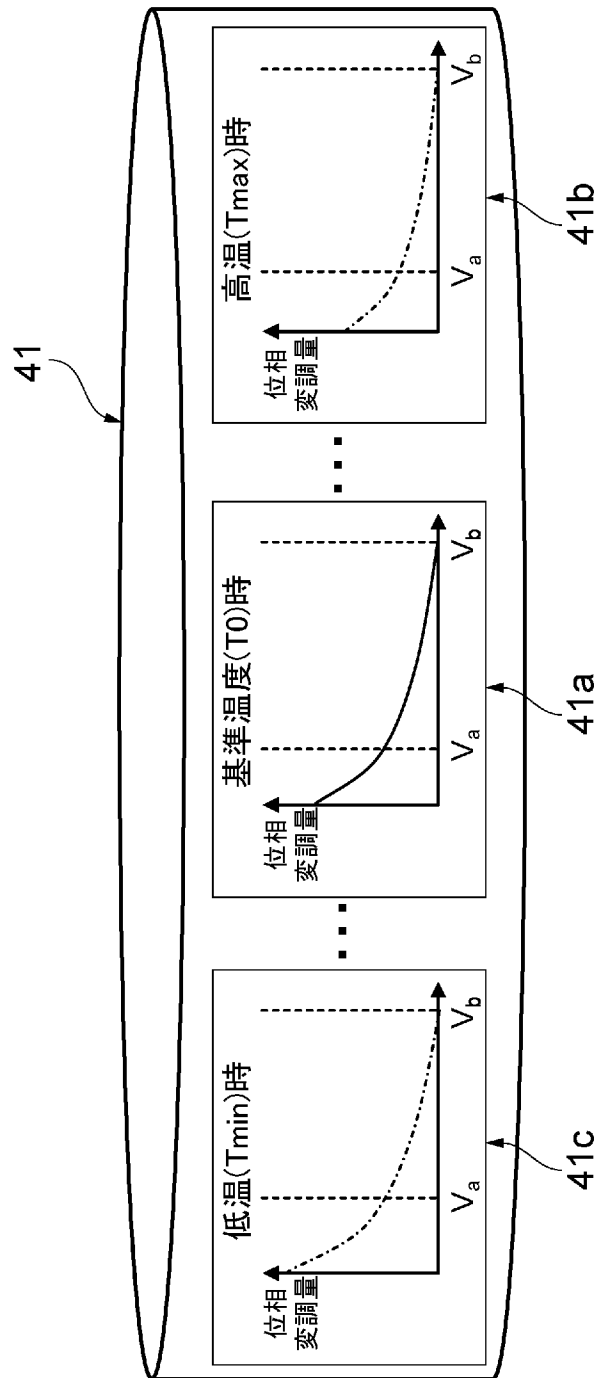
[図4]



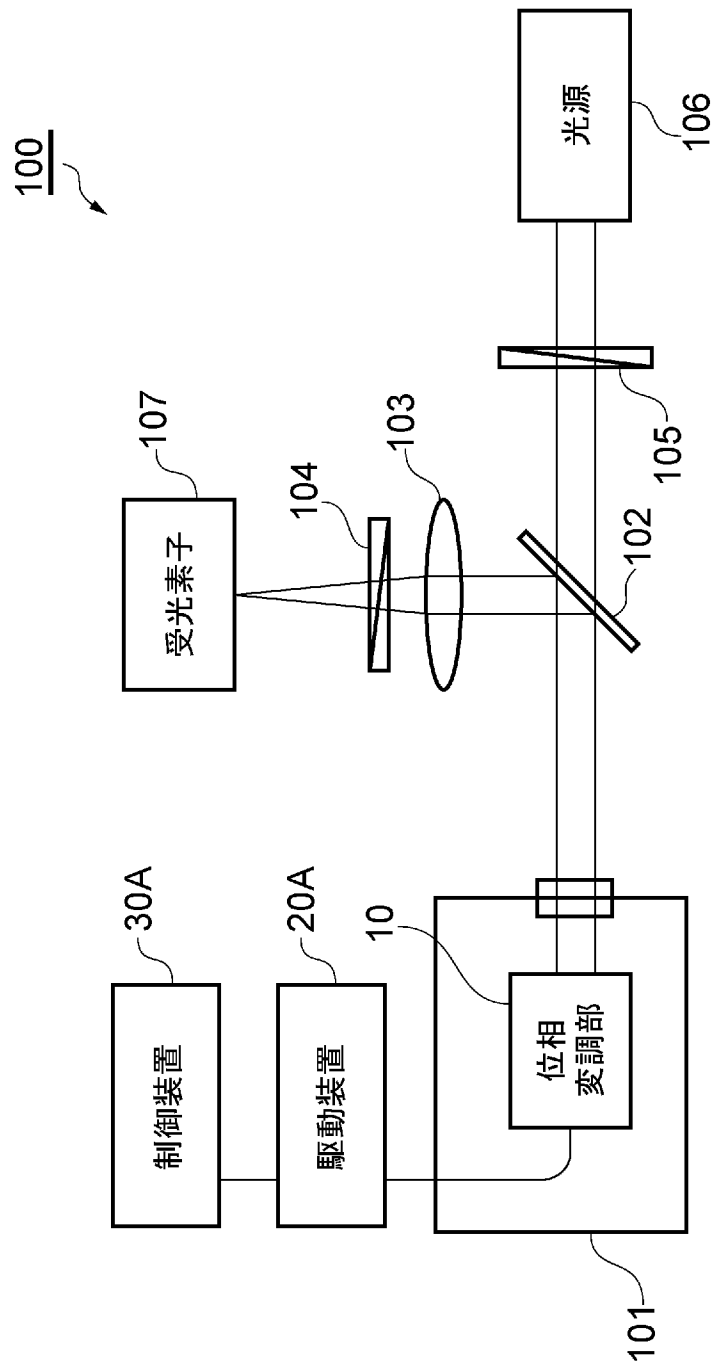
[図5]



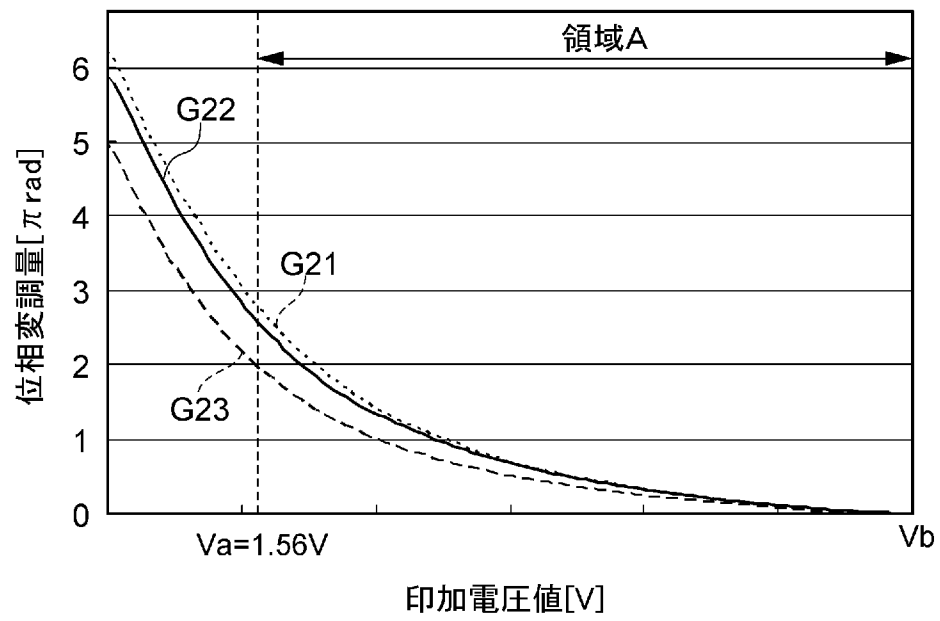
[図6]



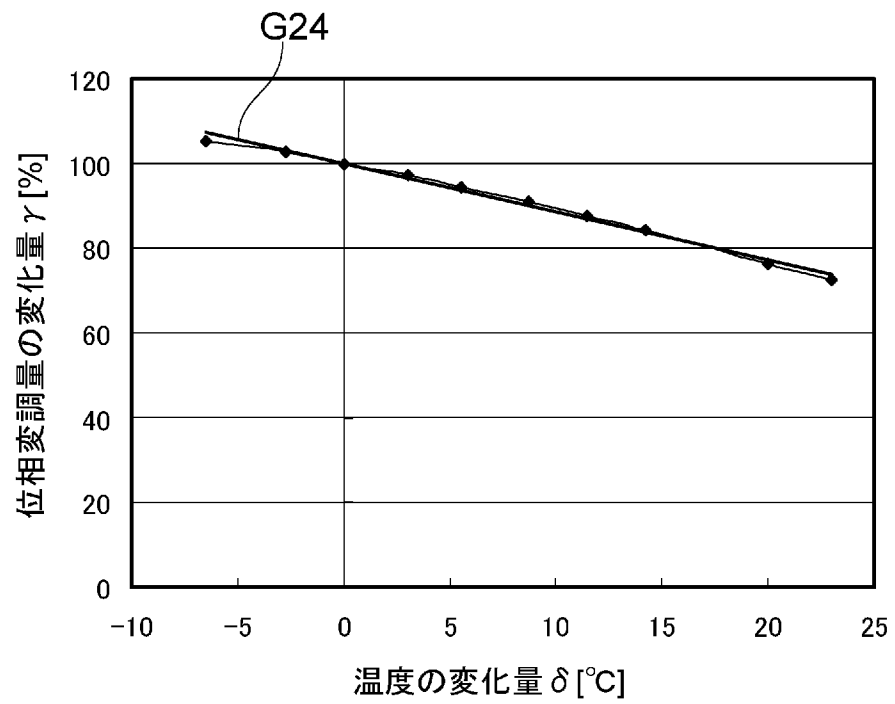
[図7]



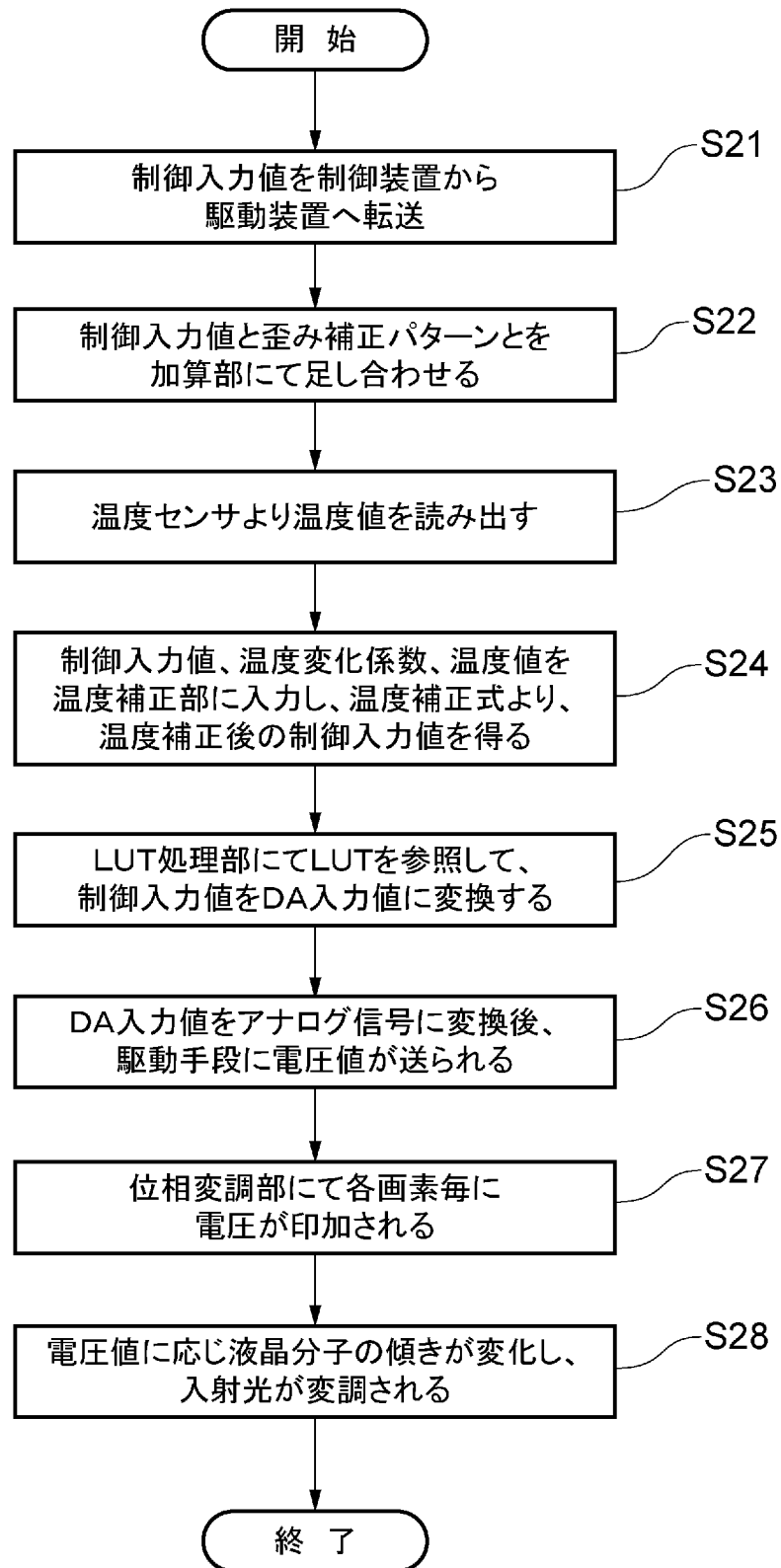
[図8]



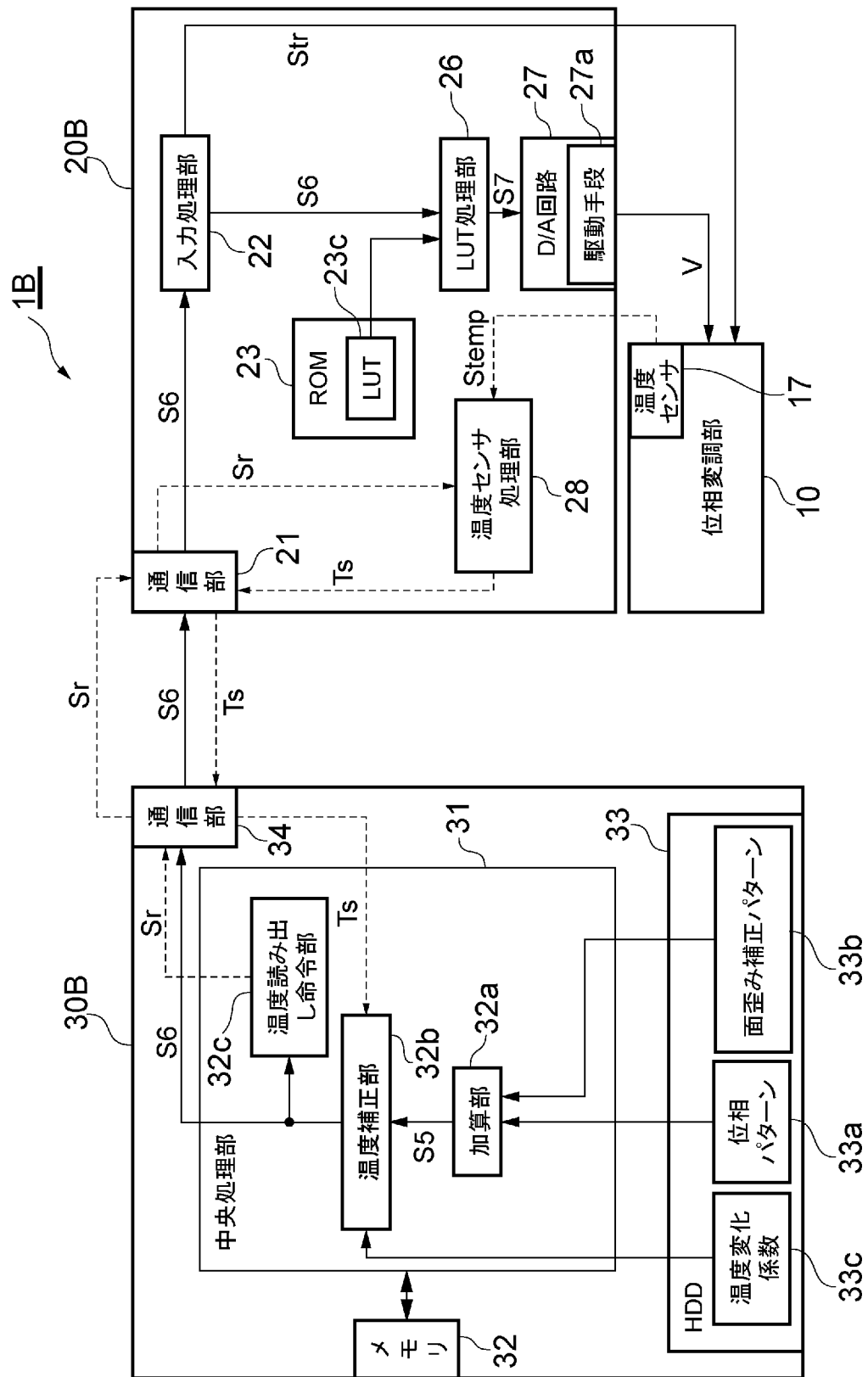
[図9]



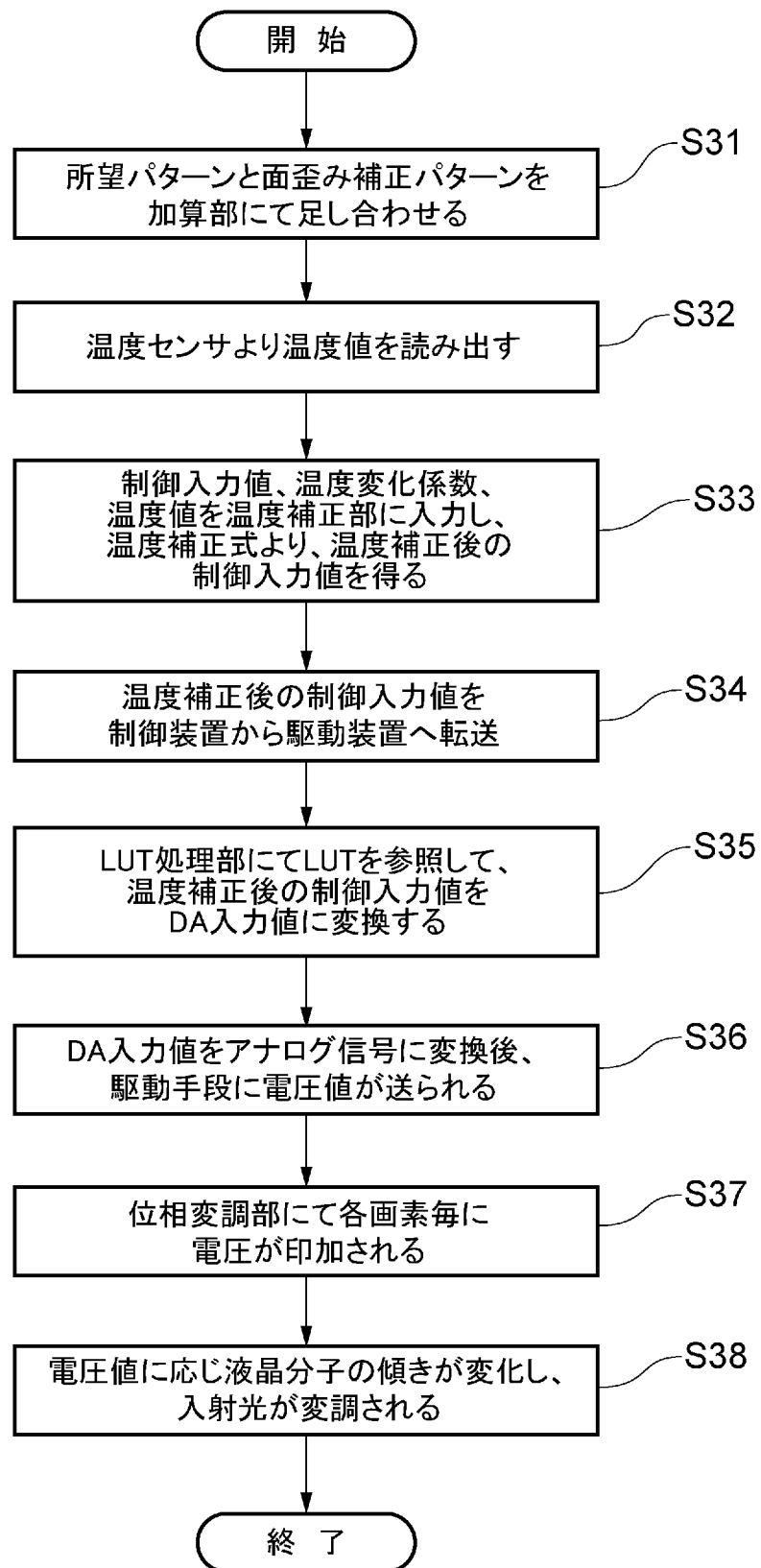
[図10]



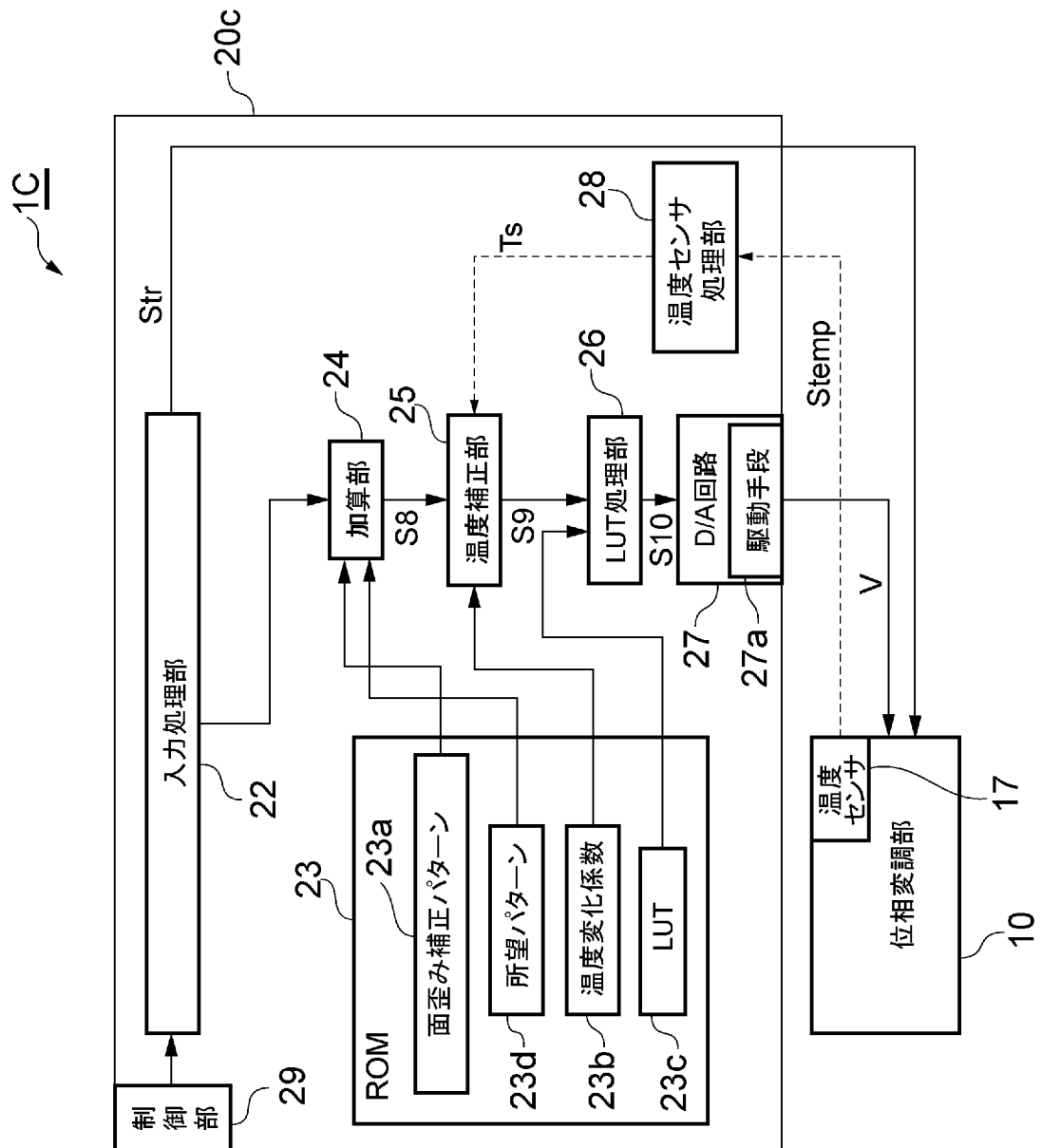
[図11]



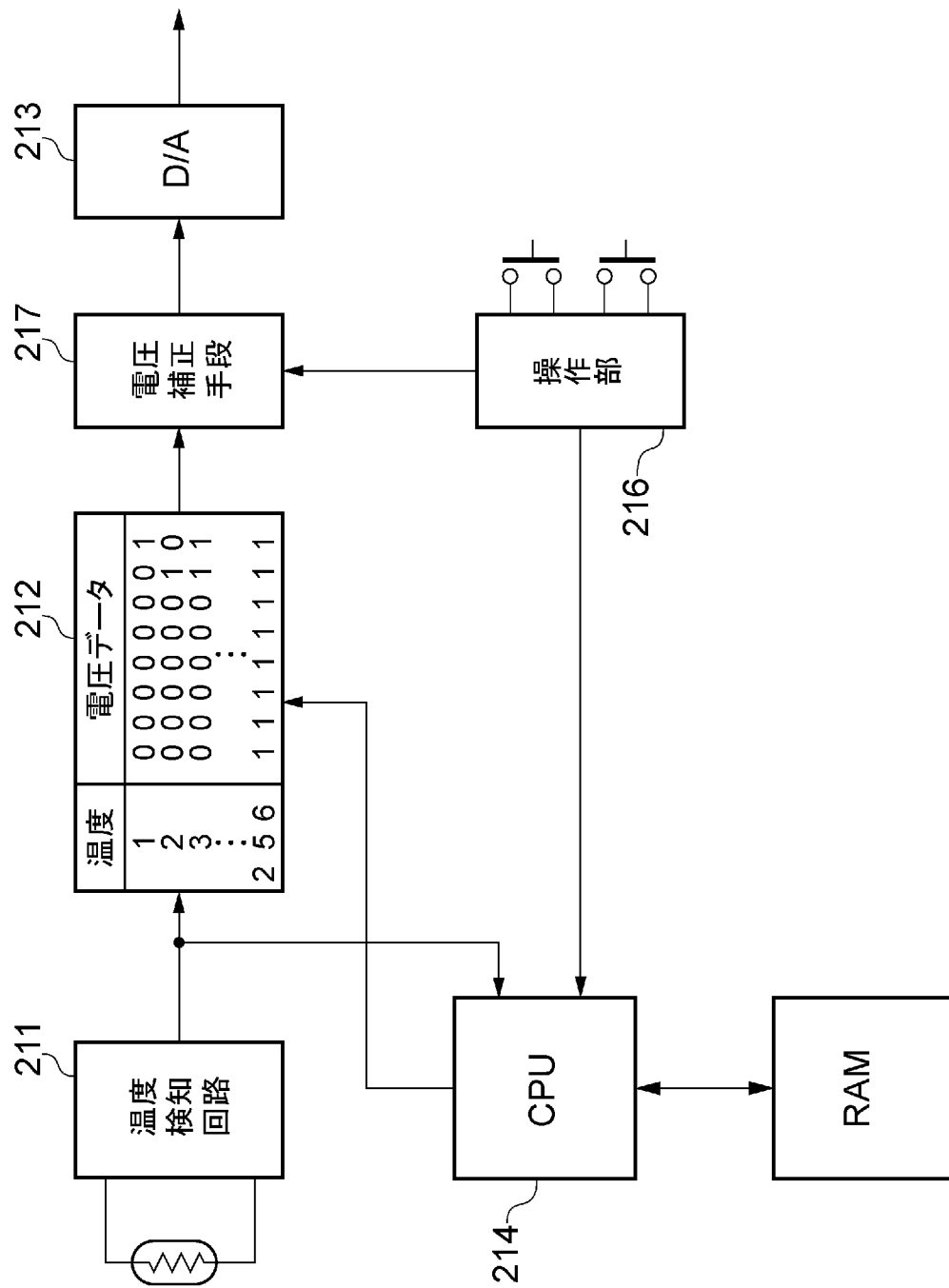
[図12]



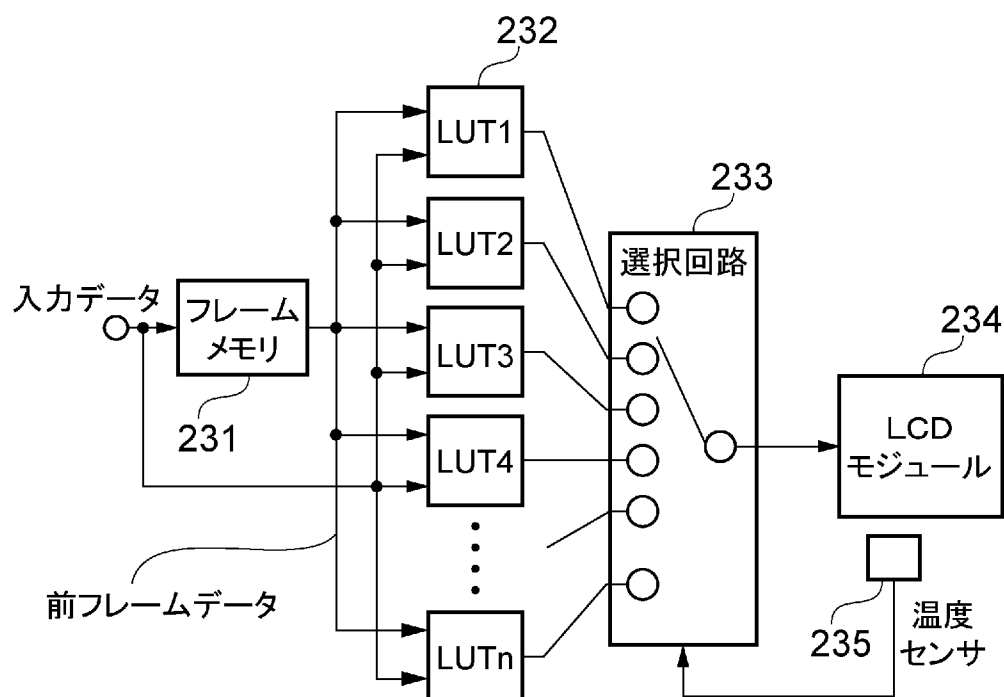
[図13]



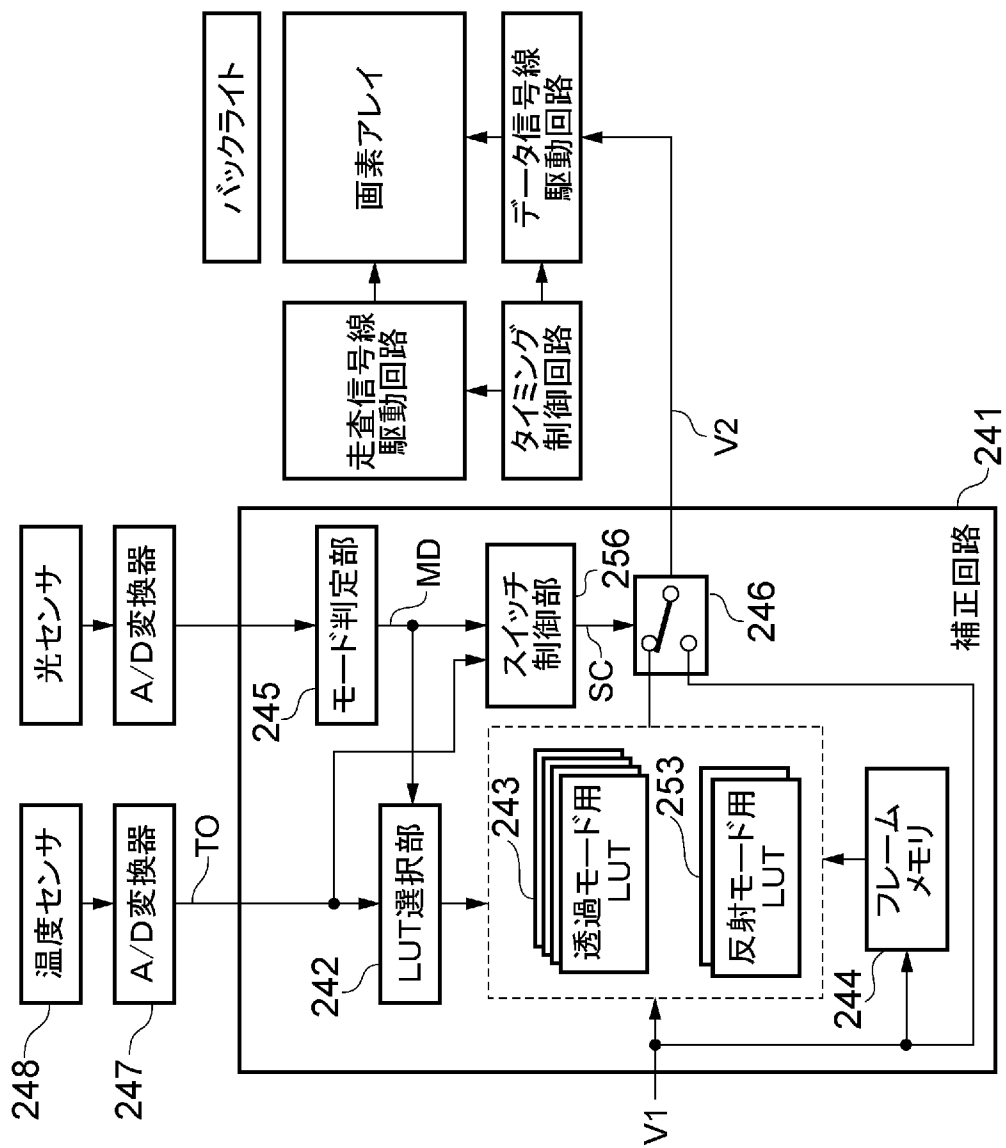
[図14]



[図15]



[図16]



[図17]

目標階調									
現階調	0	32	04	96	128	160	192	224	255
	0	156	206	228	242	248	255	255	255
	32	32	142	192	208	232	240	255	255
	64	0	04	123	160	186	224	255	255
	96	0	32	96	145	177	216	242	255
	128	0	20	56	128	173	215	242	255
	160	0	0	44	80	160	208	239	255
	192	0	0	36	76	128	192	235	255
	224	0	0	24	64	108	160	224	255
	255	0	0	0	16	60	126	192	255

現階調

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053169

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/133(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i, G09G3/20(2006.01)i, G09G3/36(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F1/133, G02F1/13, G09G3/20, G09G3/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2009/072563 A1 (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 11 June 2009 (11.06.2009), entire text; fig. 1 to 34 & US 2010/0295836 A1 & CN 101889238 A	1-3, 5, 7-9, 11 4, 6, 10, 12
Y A	JP 2001-343629 A (Citizen Watch Co., Ltd.), 14 December 2001 (14.12.2001), entire text; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-3, 5, 7-9, 11 4, 6, 10, 12
Y A	JP 8-152602 A (Yazaki Corp.), 11 June 1996 (11.06.1996), entire text; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-3.5, 7-9, 11 4, 6, 10, 12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 April, 2012 (18.04.12)

Date of mailing of the international search report
01 May, 2012 (01.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02F1/133(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i, G09G3/20(2006.01)i, G09G3/36(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02F1/133, G02F1/13, G09G3/20, G09G3/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	WO 2009/072563 A1 (浜松ホトニクス株式会社) 2009.06.11, 全文, 第 1-34 図 & US 2010/0295836 A1 & CN 101889238 A	1-3, 5, 7-9, 11 4, 6, 10, 12
Y A	JP 2001-343629 A (シチズン時計株式会社) 2001.12.14, 全文, 第 1-3 図 (ファミリーなし)	1-3, 5, 7-9, 11 4, 6, 10, 12
Y A	JP 8-152602 A (矢崎総業株式会社) 1996.06.11, 全文, 第 1-5 図 (ファミリーなし)	1-3, 5, 7-9, 11 4, 6, 10, 12

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 俊光

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

2 L

9 1 1 5