

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 6 部門第 1 区分  
 【発行日】平成 27 年 11 月 5 日 (2015.11.5)

【公開番号】特開 2014-55882 (P2014-55882A)  
 【公開日】平成 26 年 3 月 27 日 (2014.3.27)  
 【年通号数】公開・登録公報 2014-016  
 【出願番号】特願 2012-201462 (P2012-201462)  
 【国際特許分類】

G 0 1 M 11/02 (2006.01)

【F I】

G 0 1 M 11/02 B

【手続補正書】  
 【提出日】平成 27 年 9 月 11 日 (2015.9.11)  
 【手続補正 1】  
 【補正対象書類名】特許請求の範囲  
 【補正対象項目名】全文  
 【補正方法】変更  
 【補正の内容】  
 【特許請求の範囲】  
 【請求項 1】

被検光学系が形成した物体の光学像を光電変換することによって得られた第 1 の像と、前記被検光学系に収差を与えた場合に得られると推定される第 2 の像と、の差分の二乗和で表される評価関数が許容値以下であるときの前記収差を第 1 の収差とし、該第 1 の収差を前記被検光学系の収差として推定する収差推定方法であって、

前記評価関数が前記許容値以下でないときの前記収差を第 2 の収差とし、該第 2 の収差と前記評価関数の前記第 1 の収差による一次微分との和によって前記第 1 の収差を更新するステップを有し、

前記更新するステップでは、前記差分をフーリエ変換することによって前記一次微分を算出することを特徴とする収差推定方法。

【請求項 2】

前記第 1 の収差は、前記被検光学系の瞳面全体の収差であることを特徴とする請求項 1 に記載の収差推定方法。

【請求項 3】

前記第 2 の像を次式で表すことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の収差推定方法。

$$I(x, y, z_j, \phi) = \sum_{l=1}^{L'} \lambda_l \left| \text{FT} \left[ \Phi_l(f, g) e^{-i\phi(f, g)} \right] \right|^2$$

ただし、 $I(x, y, z_j, \phi)$  は前記被検光学系に収差  $\phi(f, g)$  を与えた場合に得られると推定される前記第 2 の像、 $(x, y, z)$  は前記被検光学系の物体面と像面の座標、 $z = z_j$  は  $j$  番目のフォーカス位置、 $(f, g)$  は前記物体を照明する光源面と前記被検光学系の瞳面の座標で瞳の半径が 1 になるように規格化されたもの、 $\text{FT}$  はフーリエ変換、 $L'$  は  $L$  以下の自然数であり、 $L$  は前記物体を照明する点光源の数、 $a(f, g)$  は物体の複素振幅透過率のフーリエ変換、 $S(f, g)$  は有効光源、 $\phi_1(f, g)$  は以下で与えられる固有関数、 $*$  は複素共役、 $\lambda_1$  は以下で与えられる固有値、 $c(r)$  は  $r > 1$  で 0、それ以外では 1 となる関数である。

$$\iint S(f, g) c(\sqrt{f^2 + g^2}) a^*(f_1 - f, g_1 - g) a(f_2 - f, g_2 - g) df dg$$

$$= \sum_{l=1}^{L'} \lambda_l \Phi_l^*(f_1, g_1) \Phi_l(f_2, g_2)$$

## 【請求項 4】

前記ステップによって更新された前記第 1 の収差に位相アンラップを行うステップを更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の収差推定方法。

## 【請求項 5】

前記物体は、複数の点光源からなる部分コヒーレント照明で照明され、

前記更新するステップは前記一次微分を各光源についての和として算出することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項に記載の収差推定方法。

## 【請求項 6】

前記評価関数は次式で表され、

$$F = \sum_{j=1}^J \sum_{x, y} w_j \left| I_t(x, y, z_j) - I(x, y, z_j, \phi) \right|^2$$

ただし、F は前記評価関数、 $I_t(x, y, z_j)$  は前記第 1 の像、 $(x, y, z)$  は前記被検光学系の物体面と像面の座標、 $z = z_j$  は j 番目のフォーカス位置、J はデフォーカス量を変えて取得した前記第 1 の像と前記第 2 の像のそれぞれの枚数、 $I(x, y, z_j, \phi)$  は前記被検光学系に収差  $\phi(f, g)$  を与えた場合に得られると推定される前記第 2 の像、 $(f, g)$  は前記物体を照明する光源面と前記被検光学系の瞳面の座標で瞳の半径が 1 になるように規格化されたもの、 $w_j$  は重み関数であり、

前記更新するステップは、前記第 1 の収差を以下のように更新し、

$$\phi^{k+1}(f, g) = \phi^k(f, g) + \sum_j w_j \frac{\partial F_j}{\partial \phi}$$

ただし、 $\phi^{k+1}(f, g)$  は k + 1 回目の収差、 $\phi^k(f, g)$  は k 回目の収差、 $\partial F_j / \partial \phi$  は前記評価関数の前記一次微分であり、

前記重み関数を k 回目と k + 1 回目で変更することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のうちいずれか 1 項に記載の収差推定方法。

## 【請求項 7】

k 回目の反復計算中に、少なくとも 3 種類の重み関数を用いて前記差分を計算し、前記差分を前記重み関数の 2 次関数としてフィットし、前記 2 次関数の極値を k 回目の重み関数とすることを特徴とする請求項 6 に記載の収差推定方法。

## 【請求項 8】

前記第 1 の像は、デフォーカス量の絶対値が等しい複数の位置で撮像された複数の像から構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のうちいずれか 1 項に記載の収差推定方法。

## 【請求項 9】

前記物体は、遮光部に半径が  $0.5\lambda/NA$  以下の円形透光領域を有するマスクであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のうちいずれか 1 項に記載の収差推定方法。

ただし、 $\lambda$  は照明光の平均波長、 $NA$  は前記被検光学系の像側開口数である。

【請求項 10】

前記物体は、遮光部に一辺の長さが  $\lambda/NA$  以下の矩形透光領域を有するマスクであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のうちいずれか 1 項に記載の収差推定方法。

ただし、 $\lambda$  は照明光の平均波長、 $NA$  は前記被検光学系の像側開口数である。

【請求項 11】

前記物体は、遮光部に直径  $d$  の円形透光領域を有するマスクであり、

前記第 1 の像は、デフォーカス量  $\delta_i$  を有する  $i$  種類の位置で撮像された  $i$  個の像から構成され、

$d$  を  $\lambda/NA$  で規格化したものを  $d'$ 、 $\delta_i$  を  $R \cdot U$  で規格化したものを  $\delta'_i$  とすると、最小の  $\delta'_i$  について次式が満たされることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のうちいずれか 1 項に記載の収差推定方法。

$$d'^2 + \frac{\delta_i'^2}{2^2} \geq 1$$

ただし、 $\lambda$  は照明光の平均波長、 $NA$  は前記被検光学系の像側開口数、 $R \cdot U$  は次式で与えられる。

$$R \cdot U = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{2} \frac{1}{\sqrt{1 - NA^2}}$$

【請求項 12】

前記物体は、遮光部に一辺の長さ  $d$  の矩形透光領域を有するマスクであり、

前記第 1 の像は、デフォーカス量  $\delta_i$  を有する  $i$  種類の位置で撮像された  $i$  個の像から構成され、

$d$  を  $\lambda/NA$  で規格化したものを  $d'$ 、 $\delta_i$  を  $R \cdot U$  で規格化したものを  $\delta'_i$  とすると、最小の  $\delta'_i$  について次式が満たされることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のうちいずれか 1 項に記載の収差推定方法。

$$d'^2 + \frac{\delta_i'^2}{2^2} \geq 1$$

ただし、 $\lambda$  は照明光の平均波長、 $NA$  は前記被検光学系の像側開口数、 $R \cdot U$  は次式で与えられる。

$$R \cdot U = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{2} \frac{1}{\sqrt{1 - NA^2}}$$

【請求項 13】

前記被検光学系の複数の像高の各々に前記物体を配置することによって得られた前記第 1 の像と前記第 2 の像を利用して、各像高における前記被検光学系の収差を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のうちいずれか一項に記載の収差推定方法。

【請求項 1 4】

前記物体を照明する光は偏光光であり、前記第 2 の像は、前記被検光学系の瞳面での光線の折れ曲がりに応じて、 $x$  偏光成分に対応した瞳関数、 $y$  偏光成分に対応した瞳関数、 $z$  偏光成分に対応した 3 種類の瞳関数を用いて表されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の収差推定方法、ただし、 $(x、y、z)$  は前記被検光学系の物体面と像面の座標である。

【請求項 1 5】

被検光学系が形成した物体の光学像を光電変換することによって得られた第 1 の像と、前記被検光学系に収差を与えた場合に得られると推定される第 2 の像と、の差分の二乗和で表される評価関数が許容値以下であるときの前記収差を第 1 の収差とし、該第 1 の収差を前記被検光学系の収差として推定する収差推定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

前記評価関数が前記許容値以下でないときの前記収差を第 2 の収差とし、該第 2 の収差と前記評価関数の前記第 1 の収差による一次微分との和によって前記第 1 の収差を更新することを前記コンピュータに実行させ、

前記コンピュータは、前記差分をフーリエ変換することによって前記一次微分を算出することを特徴とするプログラム。

【請求項 1 6】

物体の光学像を形成する被検光学系と、

前記被検光学系が形成した前記光学像を光電変換する撮像素子と、

被検光学系が形成した物体の光学像を光電変換することによって得られた第 1 の像と、前記被検光学系に収差を与えた場合に得られると推定される第 2 の像と、の差分の二乗和で表される評価関数が許容値以下であるときの前記収差を第 1 の収差とし、該第 1 の収差を前記被検光学系の収差として推定する、収差推定を行うコンピュータと、  
を有する撮像装置であって、

前記コンピュータは、前記評価関数が前記許容値以下でないときの前記収差を第 2 の収差とし、該第 2 の収差と前記評価関数の前記第 1 の収差による一次微分との和によって前記第 1 の収差を更新し、

前記コンピュータは、前記差分をフーリエ変換することによって前記一次微分を算出することを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 7】

前記撮像装置はデジタル顕微鏡であることを特徴とする請求項 1 6 に記載の撮像装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 7】

本発明の収差推定方法は、被検光学系が形成した物体の光学像を光電変換することによって得られた第 1 の像と、前記被検光学系に収差を与えた場合に得られると推定される第 2 の像と、の差分の二乗和で表される評価関数が許容値以下であるときの前記収差を第 1 の収差とし、該第 1 の収差を前記被検光学系の収差として推定する収差推定方法であって、前記評価関数が前記許容値以下でないときの前記収差を第 2 の収差とし、該第 2 の収差と前記評価関数の前記第 1 の収差による一次微分との和によって前記第 1 の収差を更新するステップを有し、前記更新するステップでは、前記差分をフーリエ変換することによって前記一次微分を算出することを特徴とする。