(11) Número de Publicação: **PT 2083671 E**

(51) Classificação Internacional:
A61B 3/12 (2011.01) ***A61B 5/00*** (2011.01)
G06T 15/20 (2011.01)

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2007.11.01**

(30) Prioridade(s): **2006.11.09 GB 0622325**

(43) Data de publicação do pedido: **2009.08.05**

(45) Data e BPI da concessão: **2011.04.27**
146/2011

(73) Titular(es):
OPTOS PLC
QUEENSFERRY HOUSE CARNEGIE BUSINESS CAMPUS QUEENSFERRY ROAD DUNFERMLINE FIFE KY11 8GR **GB**

(72) Inventor(es):
ALASTAIR ATKINSON **GB**
CHRISTOPHE MAZO **GB**

(74) Mandatário:
MARIA MANUEL RAMOS LUCAS
LARGO DE S. DOMINGOS N° 1 2910-092 SETÚBAL **PT**

(54) Epígrafe: **MELHORIAS NO VARRIMENTO DA RETINA OU RELACIONADAS COM O MESMO**

(57) Resumo:
É PREVISTO UM MÉTODO E DISPOSITIVO PARA PRODUZIR UMA IMAGEM TRIDIMENSIONAL DE, PELO MENOS, UMA PARTE DA RETINA DE UM OLHO. O MÉTODO INCLUI A OBTENÇÃO DE UMA IMAGEM DE CAMPO AMPLO BIDIMENSIONAL DA DITA PARTE DA DITA RETINA, DETERMINANDO UMA FORMA TRIDIMENSIONAL DA DITA PARTE DA DITA RETINA E USANDO UMA FORMA TRIDIMENSIONAL DA DITA PARTE DA DITA RETINA PARA MODIFICAR A DITA IMAGEM BIDIMENSIONAL PARA PRODUZIR UMA IMAGEM TRIDIMENSIONAL DA DITA PARTE DA DITA RETINA. O DISPOSITIVO INCLUI UM SISTEMA DE IMAGEM ADAPTADO PARA PROVIDENCIAR UMA IMAGEM DE CAMPO AMPLO BIDIMENSIONAL DA DITA PARTE DA DITA RETINA, UM MÓDULO DE DETERMINAÇÃO DE FORMA TRIDIMENSIONAL ADAPTADO PARA DETERMINAR UMA FORMA TRIDIMENSIONAL DA DITA PARTE DA DITA RETINA, E UM MÓDULO DE MODIFICAÇÃO DE IMAGEM BIDIMENSIONAL ADAPTADO PARA MODIFICAR A DITA IMAGEM DE CAMPO AMPLO BIDIMENSIONAL DA DITA PARTE DA DITA RETINA USANDO A DITA FORMA TRIDIMENSIONAL PARA PRODUZIR UMA IMAGEM TRIDIMENSIONAL DA DITA PARTE DA DITA RETINA.

Descrição

MELHORIAS NO VARRIMENTO DA RETINA OU RELACIONADAS COM O MESMO

A presente invenção relaciona-se com um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho e um dispositivo para o mesmo.

As fundas câmaras e oftalmoscópios de varrimento obtêm imagens bidimensionais da retina do olho. Estes sistemas de imagem projectam a superfície esférica curva da retina numa imagem bidimensional.

Enquanto as imagens obtidas a partir destes sistemas são de alta qualidade, estas são limitadas na medida em que apenas apresentam uma imagem precisa da retina em redor do eixo central do olho. As áreas de onde é obtida imagem em redor da retina periférica são distorcidas de tal modo que é difícil obter uma imagem significativa.

É importante para o diagnóstico de doenças e monitorização para observar as verdadeiras dimensões das características da retina. Por exemplo, um oftalmologista pode pretender avaliar a dimensão de um tumor cancerígeno e pode querer monitorar o seu crescimento. Isto é difícil de conseguir com imagens bidimensionais da retina.

É um objecto da presente invenção providenciar um método para produzir uma imagem tridimensional da retina de um olho e um dispositivo para realizar a mesma, o que previne ou mitiga uma ou mais das desvantagens acima referidas.

Isto é resolvido por um método e um dispositivo como definido nas reivindicações 1 e 10, respectivamente. As formas de

realização preferidas são definidas nas reivindicações em anexo.

O artigo Bondian e Malandain, "Eye Reconstruction and CT-retinography fusion for proton treatment planning of ocular diseases", CVRMED-MRCAS '97, descreve o mapeamento de uma imagem bidimensional da retina para um modelo tridimensional do olho.

O passo para obter a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina pode incluir receber uma imagem previamente registada da dita parte da dita retina.

O passo para obter a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina pode incluir o varrimento da dita parte da dita retina com luz colimada.

Preferencialmente, a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina é modificada ao mapear uma parte da dita imagem na dita forma tridimensional para a dita parte da dita retina para produzir a dita imagem tridimensional da dita parte da dita retina.

Preferencialmente, o varrimento da dita parte da dita retina com a dita luz colimada inclui:

providenciar uma fonte da dita luz colimada, um primeiro elemento de varrimento, um segundo elemento de varrimento e um compensador de varrimento;

usar a dita fonte da dita luz colimada, o dito primeiro e segundo elementos de varrimento e o dito compensador de varrimento em combinação para providenciar um varrimento de luz colimada bidimensional a partir de uma fonte de ponto aparente;

providenciar um dispositivo de transferência de varrimento com dois focos;

providenciar a dita fonte de ponto aparente num primeiro foco do dito dispositivo de transferência de varrimento e acomodar o dito olho no dito segundo foco do dito dispositivo de transferência de varrimento; e

usar o dito dispositivo de transferência de varrimento para transferir o dito varrimento de luz colimada bidimensional a partir da dita fonte de ponto aparente para o dito olho para obter uma imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina.

Preferencialmente, a dita forma geral é elipsóide e o dito parâmetro pode incluir o eixo maior ou eixo menor da dita totalidade da dita retina.

Preferencialmente, o passo de calcular a posição da intersecção da dita trajectória da dita luz colimada com a dita forma específica da dita totalidade da dita retina inclui ainda o passo de determinar a posição da dita totalidade da dita retina relativamente a uma posição ideal da dita totalidade da dita retina.

Preferencialmente, o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada inclui determinar a distorção da dita luz colimada produzida pelo dito compensador de varrimento.

Preferencialmente, o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada inclui determinar a distorção da dita luz colimada produzida pelo dito dispositivo de transferência de varrimento.

Preferencialmente, a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina compreende uma pluralidade de pixéis.

Preferencialmente, a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina é modificada ao mapear a dita pluralidade de pixéis na dita forma tridimensional para a dita parte da dita retina para produzir a dita imagem tridimensional da dita parte da dita retina.

Preferencialmente, o dito mapeamento da dita pluralidade de pixéis inclui interpolação dos dados da imagem contidos em um ou mais dos ditos pixéis.

Preferencialmente, o dito sistema de imagem compreende:

uma fonte de luz colimada;
um primeiro elemento de varrimento;
um segundo elemento de varrimento; e
um compensador de varrimento;

em que a dita fonte de luz colimada, o dito primeiro e segundo elementos de varrimento e o dito compensador de varrimento combinam para providenciar um varrimento de luz colimada bidimensional a partir de uma fonte de ponto aparente;

o dito dispositivo ainda compreende um dispositivo de transferência de varrimento, em que o dito dispositivo de transferência de varrimento tem dois focos e a dita fonte de ponto aparente é provida num primeiro foco do dito dispositivo de transferência de varrimento e um olho é acomodado num segundo foco do dito dispositivo de transferência de varrimento, e em que o dito dispositivo de transferência de varrimento transfere o dito varrimento da luz colimada bidimensional a partir da dita fonte de ponto aparente no dito olho para obter uma imagem bidimensional da dita parte da dita retina.

Uma forma de realização da presente invenção será agora descrita, apenas através de exemplo, com referência aos desenhos em anexo, nos quais:

A Figura 1 é um esquema óptico de um sistema de imagem, compreendendo um oftalmoscópio de varrimento, e indica uma trajectória a partir de uma fonte de luz colimada do sistema até ao olho de um sujeito;

A Figura 2 é um diagrama do olho do sujeito, detalhando a posição de uma fonte de ponto aparente do sistema de imagem da Figura 1 em relação à córnea e à lente do olho do sujeito; e

A Figura 3 é um diagrama do olho do sujeito que detalha a trajectória da luz colimada a partir do sistema de imagem da Figura 1 até à retina do olho.

Com referência à Figura 1, o sistema de imagem compreende um oftalmoscópio de varrimento 10, que por sua vez, compreende uma fonte de luz colimada 12 que produz luz colimada 13, um primeiro elemento de varrimento 14, um segundo elemento de varrimento 16, um compensador de varrimento 18 e um dispositivo de transferência de varrimento 20.

A fonte de luz colimada 12 é um laser, e a luz colimada 13 produzida pela fonte 12 é um feixe de laser. O primeiro elemento de varrimento 14 é um espelho polígono de rotação de alta velocidade e o segundo elemento de varrimento 16 é um espelho plano de oscilação de baixa velocidade. O espelho polígono 14 e o espelho plano de oscilação 16 são dispostos de forma a criar um varrimento bidimensional, na forma de um padrão de análise de varrimento, do feixe de laser 13.

O espelho polígono 14 tem uma pluralidade de faces, e fornece uma pluralidade de primeiros varrimentos unidimensionais. Na rotação do espelho polígono 14, cada face do espelho polígono 14 gera um varrimento unidimensional vertical do feixe de laser 13, o qual forma um componente de varrimento vertical do padrão de análise de varrimento. A Figura 1 ilustra a trajectória do feixe de laser 13 num varrimento unidimensional vertical produzido por uma face do espelho polígono 14, à medida que esta faceta é rodada. A trajectória A é um exemplo do feixe de laser 13 reflectido a partir do espelho polígono 14 no início da rotação; a trajectória B é um exemplo do feixe de laser 13 reflectido a partir do espelho polígono 14 num ponto intermédio da rotação; e a trajectória C é um exemplo do feixe de laser 13 reflectido a partir do espelho polígono 14 no final da rotação.

O espelho plano oscilante 16 providencia um segundo varrimento unidimensional. Na oscilação do espelho plano 16, o espelho gera um varrimento unidimensional horizontal do feixe de laser 13, o qual forma um componente de varrimento horizontal do padrão de análise de varrimento. O espelho polígono 14 e o espelho plano oscilante 16 criam assim em conjunto um varrimento bidimensional na forma do padrão de análise de varrimento.

O compensador de varrimento 18 é um espelho elipsoidal, com dois focos, e é referido como um espelho com ranhura. Contudo, será apreciado que o compensador de varrimento 18 pode ter uma forma alternativa com dois focos. O espelho polígono 14 está posicionado num primeiro foco do espelho com ranhura 18 e o espelho plano oscilante 16 está posicionado no segundo foco do espelho com ranhura 18.

O dispositivo de transferência de varrimento 20 é um espelho asférico na forma de um espelho elipsoidal, com dois focos, e é referido como um espelho principal. Contudo, será novamente apreciado que o dispositivo de transferência de varrimento 20 pode ter uma forma alternativa com dois focos. O espelho plano oscilante 16 está também posicionado num primeiro foco do espelho principal 20. Um olho de um sujeito 22 é posicionado num segundo foco do espelho principal 20.

O feixe de laser 13 é assim transmitido até ao olho do sujeito 22, via o espelho polígono 14, o espelho com ranhura 18, o espelho plano oscilante 16 e o espelho principal 20. O espelho polígono 14, o espelho com ranhura 18 e o espelho plano oscilante 16, combinam para providenciar o varrimento bidimensional do feixe de laser 13, na forma do padrão de análise de varrimento como acima descrito, a partir de uma fonte de ponto aparente posicionada nos primeiros focos do dispositivo de transferência de varrimento 20. O varrimento do feixe de laser 13 é acoplado a partir do espelho plano oscilante 16 até ao olho do sujeito 22, pelo espelho principal 20, e uma parte da retina do olho do sujeito é então varrida pelo feixe de laser 13.

O varrimento do feixe de laser 13 é reflectido a partir da parte da retina do olho do sujeito 22, e é transmitido para trás através do oftalmoscópio de varrimento, e é usado para produzir uma imagem da parte da retina do sujeito. O oftalmoscópio de varrimento 10 obtém, deste modo, uma imagem de campo amplo bidimensional da parte da retina.

O espelho com ranhura do compensador de varrimento 18 transfere o feixe de laser 13 a partir do espelho polígono 14 até ao espelho plano oscilante 16. O espelho com ranhura do compensador de varrimento 18 fornece transferência ponto a

ponto, sem introduzir nenhum componente translacional, o que poderia causar falha do feixe de laser 13 ao entrar através da pupila do olho do sujeito. Deste modo, o feixe de laser 13 parece surgir de uma fonte de ponto aparente.

Uma vez que o espelho polígono 14 está posicionado no primeiro foco do espelho com ranhura 18, a luz do espelho polígono 14 vai sempre ser reflectida através do segundo foco do espelho com ranhura 18, independentemente do ângulo de deflexão da luz a partir do espelho polígono 14 no espelho com ranhura 18. De forma semelhante, uma vez que o espelho plano oscilante 16 está também posicionado no primeiro foco do espelho principal 20, a luz do espelho plano oscilante 16 vai ser sempre reflectida através do segundo foco do espelho principal 20, independentemente do ângulo de deflexão da luz a partir do espelho plano oscilante 16. Uma vez que o olho do sujeito 22 está posicionado no segundo foco do espelho principal 20, o padrão de análise de varrimento do feixe de laser 13 é transmitido sem interrupção através da pupila do olho do sujeito 22.

O espelho com ranhura do compensador de varrimento 18 também age como um amplificador de ângulo do varrimento. Cada faceta do espelho polígono 14 produz um varrimento unidimensional vertical do feixe de laser 13, compreendendo um “leque” de raios de luz laser. Estes raios são transmitidos até ao espelho com ranhura 18. Os raios são então transmitidos até ao foco no espelho plano oscilante 16. De acordo com a excentricidade do espelho com ranhura 18, haverá amplificação de ângulo de varrimento. Como resultado do acima descrito, o oftalmoscópio de varrimento 10 pode ser capaz de produzir varrimentos até 150 graus, por exemplo 120 graus, 110 graus, 90 graus, 60 graus, 40 graus, da parte da retina do olho do sujeito 22, medidos no ponto pupilar do olho. O oftalmoscópio de varrimento 10 é por

isso capaz de obter imagens de campo amplo bidimensionais da retina, ou uma parte da retina.

A imagem de campo amplo bidimensional da parte da retina do olho do sujeito 22, produzida pelo oftalmoscópio de varrimento 10, é afectada por um número de distorções que ocorrem no oftalmoscópio de varrimento 10 e o olho do sujeito.

Estas distorções podem ser corrigidas de acordo com o seguinte modo:

(a) Distorções do Oftalmoscópio de Varrimento

Como acima descrito, o feixe de laser 13 é transmitido até ao olho do sujeito 22 através do espelho polígono 14, o espelho com ranhura 18, o espelho plano oscilante 16 e o espelho principal 20. O espelho polígono 14, o espelho com ranhura 18 e o espelho plano oscilante 16 combinam para providenciar um varrimento bidimensional do feixe de laser 13 na forma de um padrão de análise de varrimento a partir de uma fonte de ponto aparente.

Como ilustrado na Figura 1, o feixe de laser 13 é varrido no espelho com ranhura 18 e o espelho principal 20 na direcção do seu eixo maior (isto é, para cada espelho, a linha que une o focos do espelho). Varrer nesta direcção no espelho com ranhura 18 e no espelho principal 20, apresenta uma distorção no componente de varrimento vertical do padrão de análise de varrimento. O efeito disto é que a imagem obtida a partir do oftalmoscópio de varrimento 10 é distorcida na direcção vertical.

A distorção desta forma apresentada na imagem pode ser determinada ao criar um modelo matemático do oftalmoscópio de

varrimento 10. O modelo pode ser usado para determinar a trajectória não distorcida do feixe de laser 13 à medida que propaga através do oftalmoscópio de varrimento 10, isto é, a partir da fonte da luz colimada (laser 12) até à retina do olho do sujeito 22.

A diferença entre a trajectória do feixe de laser 13 medida, isto é, distorcida, e a trajectória sem distorções do feixe de laser fornece a distorção introduzida pelo espelho com ranhura 18 e o espelho principal 20 para o componente de varrimento vertical do padrão de análise de varrimento.

Uma vez determinada esta distorção, pode ser aplicada uma correcção à imagem retinal para remover substancialmente os efeitos desta distorção na imagem retinal. Uma vez que esta distorção é específica ao oftalmoscópio de varrimento 10, a mesma correcção pode ser aplicada a cada imagem obtida daí.

A verificação da correcção aplicada à imagem retinal de campo amplo bidimensional pode ser confirmada ao visualizar uma imagem de referência (por ex., uma grelha). A imagem da grelha obtida pelo oftalmoscópio de varrimento 10 sem aplicação de nenhuma correcção será distorcida na direcção vertical. Com a correcção aplicada, a grelha visualizada surgirá de forma substancialmente idêntica à grelha real.

(b) Distorções do Olho

Como acima descrito, o padrão de análise de varrimento bidimensional do feixe de laser 13 é transmitido através da pupila do olho do sujeito 22. De modo a conseguir isto, a fonte de ponto aparente do padrão de análise de varrimento é posicionada no primeiro foco do espelho principal 20 e a pupila do olho é posicionada no segundo foco do espelho principal 20.

Isto é essencialmente o mesmo que transferir a fonte de ponto aparente a partir do primeiro ponto de foco do espelho principal 20 até ao ponto pupilar do olho do sujeito 22. Por isso, a fonte de ponto aparente pode ser considerada estar localizada no ponto pupilar do olho do sujeito 22. Como ilustrado na Figura 2, a fonte de ponto aparente 24 está localizada entre a córnea 26 e a lente 28 do olho do sujeito 22.

À medida que o feixe de lazer entra no olho do sujeito 22, decorre uma refracção por parte da córnea 26 e a lente 28 do olho do sujeito 22. Isto introduz uma distorção na imagem obtida a partir do oftalmoscópio de varrimento 10. A distorção, neste caso, leva a imagem a ser distorcida nas direcções vertical e horizontal. A distorção é uma combinação de refracção do feixe de laser 13 pela córnea 26 e a lente 28.

A distorção introduzida na imagem pode ser determinada ao criar um modelo matemático do olho do sujeito 22, e determinar a trajectória sem distorções do feixe de laser 13 a partir do espelho principal 20 até à retina. A trajectória do feixe de laser 13 através da córnea 26 e através da lente 28 é determinada sobre todo o padrão de análise de varrimento bidimensional.

A determinação da trajectória sem distorções do feixe de laser 13 é baseada numa aproximação do índice refractivo da córnea 26, a lente 28, o humor vítreo 32 e o humor aquoso 32a e um conhecimento dos ângulos de entrada do feixe de laser 13 no olho do sujeito 22.

A diferença entre a trajectória sem distorções do feixe de laser 13 e a trajectória distorcida ou medida providencia a distorção introduzida pela córnea 26 e a lente 28 do olho do sujeito na imagem obtida a partir do oftalmoscópio de varrimento 10.

Uma vez determinada esta distorção, pode ser aplicada uma correcção à imagem retinal para remover substancialmente os efeitos desta distorção na imagem retinal.

O acima mencionado descreve como pode ser obtida uma imagem retinal de campo amplo bidimensional, a qual foi corrigida para ter em conta distorções que ocorrem dentro do oftalmoscópio de varrimento 10 e o olho do sujeito 22. Esta imagem pode ser usada como a base para criar uma imagem tridimensional de uma parte da retina.

Uma vez obtida a imagem retinal de campo amplo bidimensional, é necessário determinar uma forma tridimensional para a parte visualizada da retina, isto é, a parte da retina varrida pelo feixe de laser 13.

A forma da parte da retina varrida pelo feixe de laser 13 pode ser determinada por, em primeiro lugar, atribuir uma forma a toda a retina do sujeito. Normalmente, a forma atribuída é uma forma geral, a qual é conhecida por se aproximar da forma de um olho, tal como um elipsóide. A forma elipsoidal atribuída pode então ser modificada para providenciar uma forma elipsoidal específica para a totalidade da retina do sujeito, ao medir os eixos maior e/ou menor do olho do sujeito e usando as medidas para modificar a forma elipsoidal atribuída para obter a forma elipsoidal específica para a totalidade da retina do sujeito. A forma elipsoidal específica para a totalidade da retina do sujeito pode assim ser representada por uma equação matemática modificada do elipsóide atribuído.

Uma vez determinada a forma da totalidade da retina do sujeito, é necessário identificar a posição da parte da retina varrida pelo feixe de laser 13 com respeito à totalidade da retina do sujeito. Isto pode ser conseguido ao determinar a trajectória

do varrimento do feixe de laser 13, e ao calcular a posição de cada intersecção do feixe de laser 13 com a forma elipsoidal específica para a totalidade da retina do sujeito.

A posição de cada intersecção do varrimento do feixe de laser e a retina do sujeito pode ser calculada ao criar um modelo matemático da trajectória do feixe de laser 13 dentro do olho do sujeito 22. O modelo matemático inclui a equação matemática modificada do elipsóide atribuído, isto é, inclui a forma elipsoidal específica para a totalidade da retina do sujeito. O modelo matemático do feixe laser 13 dentro do olho do sujeito 22 pode também incluir um componente de compensação posicional do olho do sujeito 22, o que representa a diferença entre a posição real do olho do sujeito 22 e uma posição ideal do olho do sujeito com respeito ao oftalmoscópio de varrimento 10. A posição real do olho do sujeito 22 pode ser obtida ao usar análise de imagem digital para detectar a posição da mácula e disco óptico. Isto vai ter em conta, por exemplo, inclinação da cabeça do sujeito em relação ao oftalmoscópio 10.

A Figura 3 ilustra a trajectória do feixe laser 13 a partir de um oftalmoscópio de varrimento (não mostrado) no olho do sujeito e na retina 30. Deverá ser notado que apenas a refracção do feixe de laser 13 pela córnea 26 foi ilustrada, a refracção do feixe de laser 13 pela lente 28 (não mostrada), o humor aquoso 32 e o humor vítreo 32a foram omissos para clarificação.

O feixe de laser 13 entra no olho através da córnea 26 nos ângulos $\alpha_{saída}$ na direcção do eixo z (vertical), e nos ângulos de $\theta_{saída}$ na direcção do eixo x (horizontal). O feixe de laser 13 é refractado pela córnea 26 e a lente 28, como acima descrito. O feixe de laser 13 avança através do humor vítreo 32 do olho nos ângulos $\alpha_{entrada}$ na direcção do eixo z (vertical),

e nos ângulos de $\theta_{entrada}$ na direcção do eixo x (horizontal). Um exemplo do que é ilustrado na figura 3.

A posição de cada intersecção do feixe de laser e a retina do sujeito 30, denominada M, pode então ser calculada. O cálculo é baseado num conhecimento dos ângulos $\alpha_{entrada}$ e $\theta_{entrada}$ para o padrão de análise de varrimento e a equação matemática modificada da elipsóide atribuída, isto é, a forma elipsoidal específica da totalidade da retina do sujeito 30. A posição de cada intersecção do feixe de laser 13 e a retina do sujeito 30 em todo o varrimento de análise é calculada. Isto determina a posição da parte da retina que é varrida pelo feixe de laser 13 com respeito à totalidade da retina do sujeito 30.

Um conhecimento da forma da totalidade da retina do sujeito 30 e a posição da parte da retina varrida pelo feixe de laser 13 relativamente à totalidade da retina do sujeito 30 permite uma forma tridimensional da parte da retina a ser determinada.

O acima mencionado descreve um método para obter uma imagem de campo amplo bidimensional de uma parte da retina, e um método para determinar uma forma tridimensional para a parte da retina à qual a imagem se relaciona. Uma vez conhecidas, é possível produzir uma imagem tridimensional da parte da retina.

Uma imagem tridimensional da parte da retina pode ser produzida ao usar a forma tridimensional para a parte da retina para modificar a imagem de campo amplo bidimensional da parte da retina. A imagem de campo amplo bidimensional da parte da retina pode ser modificada ao mapear porções da imagem bidimensional para a forma tridimensional para a parte da retina. Isto é, para cada porção da imagem bidimensional, a posição da porção da imagem é mapeada para a sua posição correspondente de origem na forma tridimensional. As posições de origem na forma

tridimensional são conhecidas uma vez que são definidas pelos ângulos $\alpha_{entrada}$ e $\theta_{entrada}$ do padrão de análise de varrimento, como acima descrito. A imagem tridimensional da parte da retina deste modo produzida é uma representação correcta da parte da retina do sujeito 30.

O método da presente invenção previne ou mitiga as desvantagens das propostas anteriores. A imagem tridimensional da parte da retina tem como base uma imagem de campo amplo bidimensional da parte da retina. Como acima descrito, a imagem bidimensional é obtida num único processo de varrimento e pode abranger até 150 graus da retina (medidos a partir do ponto pupilar). Deste modo, a imagem tridimensional é uma imagem "única" que abrange uma área extremamente grande da retina 30.

Além disso, a imagem tridimensional da parte da retina facilita a medição absoluta das características da retina. Uma vez que a forma tridimensional da parte da retina é conhecida, a distância entre os dois pontos retinais (por exemplo, M_1 e M_2) podem ser facilmente calculados. Isto é extremamente benéfico para o diagnóstico de doenças e monitorização, uma vez que o tamanho e crescimento de, por exemplo, um tumor cancerígeno pode ser precisamente determinado.

Adicionalmente, uma vez que a posição da parte visualizada da retina é calculada com respeito a um modelo retinal específico de um sujeito, o local da parte visualizada da retina é conhecido relativamente à totalidade da retina do sujeito 30. Isto é extremamente benéfico no tratamento de, por exemplo, um tumor cancerígeno, na medida em que assegura que o tratamento pode ser aplicado à parte correcta da retina.

Podem ser efectuadas melhorias e modificações ao acima descrito sem sair do âmbito da presente invenção.

Por exemplo, deverá ser apreciado que uma imagem retinal de campo amplo bidimensional pode ser uma imagem pixelizada, cada pixel tendo uma posição de origem correspondente na forma tridimensional da parte visualizada da retina. Com uma imagem pixelizada, cada pixel pode ser mapeado relativamente à sua posição correspondente na forma tridimensional. Contudo, de modo a ajudar o processamento, é possível mapear um número mais pequeno de pixéis de "referência" para a forma tridimensional e interpolar a informação da imagem entre os pixéis de "referência".

Além disso, um módulo de visualização gráfica pode receber uma imagem tridimensional da parte da retina e pode ser usado para deslocar, fazer zoom e rodar a imagem tridimensional da parte da retina. Isto é especialmente útil na medida em que permite ao utilizador (por exemplo, um oftalmologista) visualizar a imagem a partir de um número de posições.

Adicionalmente, apesar de uma imagem de campo amplo bidimensional corrigida da parte da retina ter sido descrita acima como formando a base da imagem tridimensional, deverá ser apreciado que uma imagem de campo amplo bidimensional não corrigida pode ser usada, por exemplo em aplicações onde as distorções introduzidas pelo oftalmoscópio de varrimento 10 e/ou o olho do sujeito 22 são aceitáveis.

Deverá ser também apreciado que a imagem bidimensional pode ser parcialmente corrigida ao corrigir qualquer combinação de distorções introduzidas pelo oftalmoscópio de varrimento 10, espelho com ranhura 18, espelho principal 20 ou o olho do sujeito 22.

Além disso, deverá ser apreciado que a correcção das distorções introduzidas pelo oftalmoscópio de varrimento 10 e o olho do

sujeito 22 pode ser aplicada ao modificar a imagem de campo amplo bidimensional com a forma tridimensional da parte visualizada da retina, isto é, as correcções podem ser aplicadas quando as porções da imagem retinal de campo amplo bidimensional são mapeadas na forma tridimensional, obtendo assim uma imagem tridimensional da retina corrigida.

Adicionalmente, apesar de terem sido acima descritos passos relativamente à obtenção de uma imagem de campo amplo bidimensional de uma parte de uma retina e usando esta imagem para produzir uma imagem tridimensional, deverá ser apreciado que o método é também aplicável a qualquer imagem de campo amplo de uma parte de uma retina, tal como uma imagem previamente registada de uma retina.

Além disso, apesar da determinação da trajectória do feixe laser 13 ter sido acima descrito como sendo baseado numa aproximação do índice refractivo da córnea 26, a lente 28, o humor vítreo 32 e o humor aquoso 32a e um conhecimento dos ângulos de entrada do feixe laser 13, deverá ser apreciado que a determinação pode também ter em consideração a forma da superfície da córnea 26 e a lente 28. Isto providencia uma determinação mais precisa da distorção. Para além disso, em vez de usar uma aproximação fixa do índice refractivo da córnea 26 e lentes 28, a determinação pode usar um índice refractivo que é uma função do ângulo de entrada do feixe laser.

Também, apesar da imagem tridimensional da parte da retina ter sido descrita acima como sendo obtida ao mapear a imagem bidimensional da parte da retina para a forma tridimensional da parte da retina, deverá ser apreciado que apenas uma porção da imagem pode ser mapeada na forma tridimensional. Além disso, deverá ser apreciado que apenas uma porção da forma tridimensional da parte da retina pode ser determinada.

Lisboa, 25 de Julho de 2011

Reivindicações

1. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) compreendendo os passos de:

obter uma imagem bidimensional da dita parte da dita retina;

determinar uma forma tridimensional para a dita parte da dita retina;

e

usar a forma tridimensional para a dita parte da dita retina para modificar a dita imagem bidimensional para produzir uma imagem tridimensional da dita parte da dita retina,

caracterizado pelo facto de que a imagem bidimensional da dita parte da dita retina é uma imagem de campo amplo da dita parte da dita retina, e

o passo de determinar a dita forma tridimensional da dita parte da dita retina inclui os passos de:

atribuir uma forma à totalidade da dita retina;

identificar a posição da dita parte da dita retina com respeito à dita totalidade da dita retina; e

usar a dita forma atribuída e a dita posição da dita parte da dita retina para determinar a dita forma tridimensional da dita parte da dita retina, e

em que o passo de atribuir uma forma à dita totalidade da dita retina inclui a selecção de uma forma geral que se aproxima da forma de um olho (22) e mede, pelo menos, um parâmetro da dita retina, e usar, pelo menos, o dito parâmetro para modificar a dita forma geral para obter uma forma específica da dita totalidade da dita retina do dito olho, e atribuir a dita forma específica à dita totalidade da dita retina, e

em que o passo de identificar a dita posição da dita parte da dita retina com respeito à dita totalidade da dita retina inclui:

determinar uma trajectória da luz colimada (13) usada para obter a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina; e

calcular a posição da intersecção da dita trajectória da dita luz colimada (13) com a dita forma específica da dita totalidade da dita retina, e

em que o passo para determinar a dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui calcular a dita trajectória da dita luz colimada (13) a partir de uma fonte de luz colimada (12) até à dita retina, e

em que o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui determinar a distorção da dita luz colimada (13) produzida pela córnea do dito olho (22) e/ou a lente (28) do dito olho (22).

2. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho de acordo com a reivindicação 1, em que o passo de obter a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina inclui o varrimento da dita parte da dita retina com luz colimada (13) e em que o varrimento da dita parte da dita retina inclui:

providenciar uma fonte da dita luz colimada (12), um primeiro elemento de varrimento (14), um segundo elemento de varrimento (16) e um compensador de varrimento (18);

usar a dita fonte da dita luz colimada (12), os ditos primeiro e segundo elementos de varrimento (14, 16) e o dito compensador de varrimento (18) em combinação para providenciar um varrimento de luz colimada bidimensional de uma fonte de ponto aparente;

providenciar um dispositivo de transferência de varrimento (20) com dois focos;

providenciar a dita fonte de ponto aparente num primeiro foco do dito dispositivo de transferência de varrimento (20) e acomodar o dito olho (22) no dito segundo foco do dito dispositivo de transferência de varrimento (20); e

usar o dito dispositivo de transferência de varrimento (20) para transferir o dito varrimento de luz colimada bidimensional a partir da dita fonte de ponto aparente até ao dito olho (22) para obter uma imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina.

3. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina é modificada através do mapeamento de uma porção da dita imagem para a dita forma tridimensional, da dita parte da dita retina para produzir a dita imagem tridimensional da dita parte da dita retina.

4. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que o passo de calcular a posição de intersecção da dita trajectória da dita luz colimada (13) com a dita forma específica da dita totalidade da dita retina inclui o passo adicional de determinar a posição da dita totalidade da dita retina relativamente a uma posição ideal da dita totalidade da dita retina.

5. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui determinar a distorção da dita luz colimada (13) produzida pelo dito compensador de varrimento (18).

6. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui determinar a distorção da dita luz colimada (13) produzida pelo dito dispositivo de transferência de varrimento (20).

7. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina compreende uma pluralidade de pixéis.

8. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com a reivindicação 7, em que a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina é modificada através do mapeamento da dita pluralidade de pixéis para a dita forma tridimensional da dita parte da dita retina para produzir a dita imagem tridimensional da dita parte da dita retina.

9. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com a reivindicação 8, em que o dito mapeamento da dita pluralidade de pixéis inclui interpolar os dados da imagem contidos em um ou mais dos ditos pixéis.

10. Um dispositivo para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) que compreende:

um sistema de imagem (10) adaptado para providenciar uma imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina;

um módulo de determinação de forma tridimensional adaptado para determinar uma forma tridimensional da dita parte da dita retina, e

um módulo de modificação de imagem bidimensional adaptado para modificar a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina, usando a dita forma tridimensional para produzir uma imagem tridimensional da dita parte da dita retina,

em que o módulo de determinação de forma tridimensional é adaptado a:

atribuir uma forma à totalidade da dita retina;

identificar a posição da dita parte da dita retina relativamente à dita totalidade da dita retina; e

usar a dita forma atribuída e a dita posição da dita parte da dita retina para determinar a dita forma tridimensional da dita parte da dita retina, e

em que a atribuição de uma forma à dita totalidade da dita retina inclui seleccionar uma forma geral que se aproxima da forma de um olho (22) e medir, pelo menos, um parâmetro da dita retina, e usar, pelo menos, um dito parâmetro para modificar a dita forma geral para obter uma forma específica da dita totalidade da dita retina do dito olho, e atribuir a dita forma específica à dita totalidade da dita retina, e

em que a identificação da dita posição da dita parte da dita retina, relativamente à dita totalidade da dita retina, inclui:

determinar um caminho de luz colimada (13) utilizada para obter a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina, e

calcular a posição da intersecção da dita trajectória da dita luz colimada (13) com a dita forma específica da dita totalidade da dita retina, e

em que a determinação da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui calcular a dita trajectória da dita luz colimada (13) a partir da dita fonte de luz colimada (12) para a dita retina, e

em que o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui determinar a distorção da dita luz colimada (13) produzida pela córnea do dito olho (22) e/ou a lente (28) do dito olho (22).

11. Um aparelho para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho, como reivindicado na reivindicação 10, em que o dito sistema de imagem (10) compreende:

uma fonte de luz colimada (12);
um primeiro elemento de varrimento (14);
um segundo elemento de varrimento (16); e
um compensador de varrimento (18);

em que a dita fonte da luz colimada (12), os ditos primeiro e segundo elementos de varrimento (14, 16) e o dito compensador de varrimento (18) se combinam para providenciar um varrimento de luz colimada bidimensional de uma fonte de ponto aparente;

o dito dispositivo compreende ainda um dispositivo de transferência de varrimento (20), em que o dito dispositivo de transferência de varrimento (20) tem dois focos e a dita fonte de ponto aparente é provida num primeiro foco do dito dispositivo de transferência de varrimento (20), e um olho (22) é acomodado num segundo foco do dito dispositivo de transferência de varrimento (20), e em que o dito dispositivo de transferência de varrimento (20) transfere o dito varrimento de luz colimada bidimensional da dita fonte de ponto aparente para o dito olho (22) de modo a obter uma imagem bidimensional da dita parte da dita retina.

Lisboa, 25 de Julho de 2011

RESUMO

É previsto um método e dispositivo para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho. O método inclui a obtenção de uma imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina, determinando uma forma tridimensional da dita parte da dita retina e usando uma forma tridimensional da dita parte da dita retina para modificar a dita imagem bidimensional para produzir uma imagem tridimensional da dita parte da dita retina. O dispositivo inclui um sistema de imagem adaptado para providenciar uma imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina, um módulo de determinação de forma tridimensional adaptado para determinar uma forma tridimensional da dita parte da dita retina, e um módulo de modificação de imagem bidimensional adaptado para modificar a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina usando a dita forma tridimensional para produzir uma imagem tridimensional da dita parte da dita retina.

Reivindicações

1. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) compreendendo os passos de:

obter uma imagem bidimensional da dita parte da dita retina;

determinar uma forma tridimensional para a dita parte da dita retina;

e

usar a forma tridimensional para a dita parte da dita retina para modificar a dita imagem bidimensional para produzir uma imagem tridimensional da dita parte da dita retina,

caracterizado pelo facto de que a imagem bidimensional da dita parte da dita retina é uma imagem de campo amplo da dita parte da dita retina, e

o passo de determinar a dita forma tridimensional da dita parte da dita retina inclui os passos de:

atribuir uma forma à totalidade da dita retina;

identificar a posição da dita parte da dita retina com respeito à dita totalidade da dita retina; e

usar a dita forma atribuída e a dita posição da dita parte da dita retina para determinar a dita forma tridimensional da dita parte da dita retina, e

em que o passo de atribuir uma forma à dita totalidade da dita retina inclui a selecção de uma forma geral que se aproxima da forma de um olho (22) e mede, pelo menos, um parâmetro da dita retina, e usar, pelo menos, o dito parâmetro para modificar a dita forma geral para obter uma forma específica da dita totalidade da dita retina do dito olho, e atribuir a dita forma específica à dita totalidade da dita retina, e

em que o passo de identificar a dita posição da dita parte da dita retina com respeito à dita totalidade da dita retina inclui:

determinar uma trajectória da luz colimada (13) usada para obter a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina; e

calcular a posição da intersecção da dita trajectória da dita luz colimada (13) com a dita forma específica da dita totalidade da dita retina, e

em que o passo para determinar a dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui calcular a dita trajectória da dita luz colimada (13) a partir de uma fonte de luz colimada (12) até à dita retina, e

em que o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui determinar a distorção da dita luz colimada (13) produzida pela córnea do dito olho (22) e/ou a lente (28) do dito olho (22).

2. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho de acordo com a reivindicação 1, em que o passo de obter a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina inclui o varrimento da dita parte da dita retina com luz colimada (13) e em que o varrimento da dita parte da dita retina inclui:

providenciar uma fonte da dita luz colimada (12), um primeiro elemento de varrimento (14), um segundo elemento de varrimento (16) e um compensador de varrimento (18);

usar a dita fonte da dita luz colimada (12), os ditos primeiro e segundo elementos de varrimento (14, 16) e o dito compensador de varrimento (18) em combinação para providenciar um varrimento de luz colimada bidimensional de uma fonte de ponto aparente;

providenciar um dispositivo de transferência de varrimento (20) com dois focos;

providenciar a dita fonte de ponto aparente num primeiro foco do dito dispositivo de transferência de varrimento (20) e acomodar o dito olho (22) no dito segundo foco do dito dispositivo de transferência de varrimento (20); e

usar o dito dispositivo de transferência de varrimento (20) para transferir o dito varrimento de luz colimada bidimensional a partir da dita fonte de ponto aparente até ao dito olho (22) para obter uma imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina.

3. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina é modificada através do mapeamento de uma porção da dita imagem para a dita forma tridimensional, da dita parte da dita retina para produzir a dita imagem tridimensional da dita parte da dita retina.

4. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que o passo de calcular a posição de intersecção da dita trajectória da dita luz colimada (13) com a dita forma específica da dita totalidade da dita retina inclui o passo adicional de determinar a posição da dita totalidade da dita retina relativamente a uma posição ideal da dita totalidade da dita retina.

5. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui determinar a distorção da dita luz colimada (13) produzida pelo dito compensador de varrimento (18).

6. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui determinar a distorção da dita luz colimada (13) produzida pelo dito dispositivo de transferência de varrimento (20).

7. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina compreende uma pluralidade de pixéis.

8. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com a reivindicação 7, em que a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina é modificada através do mapeamento da dita pluralidade de pixéis para a dita forma tridimensional da dita parte da dita retina para produzir a dita imagem tridimensional da dita parte da dita retina.

9. Um método para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) de acordo com a reivindicação 8, em que o dito mapeamento da dita pluralidade de pixéis inclui interpolar os dados da imagem contidos em um ou mais dos ditos pixéis.

10. Um dispositivo para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho (22) que compreende:

um sistema de imagem (10) adaptado para providenciar uma imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina;

um módulo de determinação de forma tridimensional adaptado para determinar uma forma tridimensional da dita parte da dita retina, e

um módulo de modificação de imagem bidimensional adaptado para modificar a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina, usando a dita forma tridimensional para produzir uma imagem tridimensional da dita parte da dita retina,

em que o módulo de determinação de forma tridimensional é adaptado a:

atribuir uma forma à totalidade da dita retina;

identificar a posição da dita parte da dita retina relativamente à dita totalidade da dita retina; e

usar a dita forma atribuída e a dita posição da dita parte da dita retina para determinar a dita forma tridimensional da dita parte da dita retina, e

em que a atribuição de uma forma à dita totalidade da dita retina inclui seleccionar uma forma geral que se aproxima da forma de um olho (22) e medir, pelo menos, um parâmetro da dita retina, e usar, pelo menos, um dito parâmetro para modificar a dita forma geral para obter uma forma específica da dita totalidade da dita retina do dito olho, e atribuir a dita forma específica à dita totalidade da dita retina, e

em que a identificação da dita posição da dita parte da dita retina, relativamente à dita totalidade da dita retina, inclui:

determinar um caminho de luz colimada (13) utilizada para obter a dita imagem de campo amplo bidimensional da dita parte da dita retina, e

calcular a posição da intersecção da dita trajectória da dita luz colimada (13) com a dita forma específica da dita totalidade da dita retina, e

em que a determinação da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui calcular a dita trajectória da dita luz colimada (13) a partir da dita fonte de luz colimada (12) para a dita retina, e

em que o dito cálculo da dita trajectória da dita luz colimada (13) inclui determinar a distorção da dita luz colimada (13) produzida pela córnea do dito olho (22) e/ou a lente (28) do dito olho (22).

11. Um aparelho para produzir uma imagem tridimensional de, pelo menos, uma parte da retina de um olho, como reivindicado na reivindicação 10, em que o dito sistema de imagem (10) compreende:

uma fonte de luz colimada (12);
um primeiro elemento de varrimento (14);
um segundo elemento de varrimento (16); e
um compensador de varrimento (18);

em que a dita fonte da luz colimada (12), os ditos primeiro e segundo elementos de varrimento (14, 16) e o dito compensador de varrimento (18) se combinam para providenciar um varrimento de luz colimada bidimensional de uma fonte de ponto aparente;

o dito dispositivo compreende ainda um dispositivo de transferência de varrimento (20), em que o dito dispositivo de transferência de varrimento (20) tem dois focos e a dita fonte de ponto aparente é provida num primeiro foco do dito dispositivo de transferência de varrimento (20), e um olho (22) é acomodado num segundo foco do dito dispositivo de transferência de varrimento (20), e em que o dito dispositivo de transferência de varrimento (20) transfere o dito varrimento de luz colimada bidimensional da dita fonte de ponto aparente para o dito olho (22) de modo a obter uma imagem bidimensional da dita parte da dita retina.

Lisboa, 25 de Julho de 2011