(12) **BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) **1-0021243**

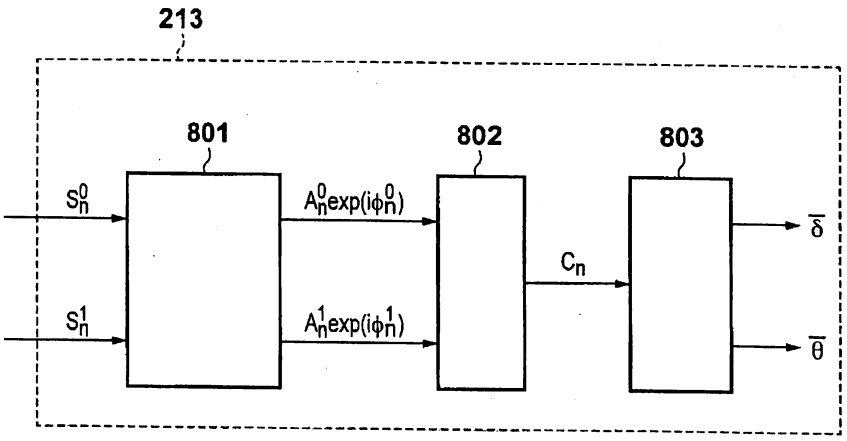
(51)[7] **G06F 3/00**

(13) **B**

(21) 1-2014-01349
(22) 25.04.2014
(30) 2013-096531 01.05.2013 JP
(45) 25.07.2019 376
(43) 25.11.2014 320
(73) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)
30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, Japan
(72) Makoto Sato (JP), Mitsuro Sugita (JP), Stefan Zotter (AT), Michael Pircher (AT), Christoph Hitzenberger (AT)
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ ĐỂ XỬ LÝ DỮ LIỆU PHÂN CỰC CỦA HOẠT ĐỘNG CHỤP CẮT LỚP QUANG HỌC NHẠY PHÂN CỰC

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp xử lý dữ liệu phân cực, phương pháp này bao gồm các bước: thu thập các tập hợp các mục dữ liệu phân cực, biến đổi tập hợp các mục dữ liệu phân cực này thành dạng biểu diễn bao gồm các thông số về biên độ và pha, và lấy trung bình tập hợp các mục dữ liệu phân cực đã được biến đổi này.



Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực của hoạt động chụp cắt lớp quang học nhạy phân cực.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

Kĩ thuật chụp cắt lớp quang học (sau đây được gọi là OCT) có sử dụng sự giao thoa ánh sáng đa bước sóng có thể tạo ra ảnh cắt lớp có độ phân giải cao của mẫu chụp (đặc biệt là đáy mắt). Trong những năm gần đây, các thiết bị OCT nhãn khoa đã được nghiên cứu để thu thập hình ảnh OCT nhạy phân cực để chụp ảnh thông số phân cực, vốn là một trong số các đặc tính quang học vốn có của các mô đáy, bên cạnh hình ảnh OCT thông thường để tạo ảnh hình dạng của các mô đáy.

Nhờ sử dụng các thông số phân cực mà thiết bị OCT nhạy phân cực có thể chụp ảnh OCT nhạy phân cực và đo đạc các đặc tính hoặc phân đoạn các mô đáy. Thiết bị OCT nhạy phân cực sử dụng chùm đã được điều chế thành chùm phân cực tròn làm chùm đo để quan sát mẫu, và chia chùm giao thoa thành hai chùm phân cực tuyến tính có trạng thái phân cực trực giao và dò hai chùm kết quả để tạo ra các hình ảnh OCT nhạy phân cực (xem tài liệu có tiêu đề "Speckle noise reduction in high speed polarization sensitive spectral domain optical coherence tomography", thuộc Nhật báo Optics, 19(15), 14568-14584" của E. Goetzinger và cộng sự, (NPL 1)). Ngoài ra, kĩ thuật OCT nhạy phân cực có thể chụp ảnh sự trễ pha dưới dạng một trong số các thông số phân cực, tức là sự lệch pha giữa hai thành phần chùm phân cực. Sự trễ pha này là hữu ích khi dò các thay đổi ở lớp sợi thần kinh võng mạc để chẩn đoán bệnh glôcôm.

Tài liệu nêu trên còn bộc lộ phương pháp giảm mức độ nhiễu đốm riêng của ánh sáng kết hợp vốn được sử dụng để chụp OCT, bằng cách sử dụng nhiều hình ảnh OCT nhạy phân cực. Theo phương pháp này, mức độ nhiễu đốm sẽ được giảm bằng cách lấy trung bình các lượng trễ pha thu được khi chụp OCT nhạy phân cực. Kết quả là độ hạt của hình ảnh trễ pha thu được sẽ được cải thiện một cách đáng kể.

Sự trễ pha là sự lệch pha giữa trục nhanh và trục chậm, quan sát được khi ánh sáng đi qua một môi trường. Do đó, sẽ có ích nếu lấy trung bình các góc mà trục nhanh và trục chậm tạo với trục của ánh sáng được sử dụng trong thiết bị OCT (dưới đây được gọi là hướng trục). Tuy nhiên, theo phương pháp được bộc lộ trong tài liệu NPL 1, thì lượng trễ pha được thu thập dựa trên phép tính arctan của tỉ số giữa hai thành phần phân cực (lượng trễ pha = arctan(I1/I2)), và thu được lượng trễ pha này mà không cần dựa vào hướng trục. Do đó, trị số của độ trễ pha cần phải nằm trong khoảng từ 0 đến 90°. Phương pháp này chỉ sử dụng mật độ của hai thành phần phân cực, và độ nhiễu có mức cường độ lớn hơn hoặc bằng không. Do đó, việc lấy trung bình đối với độ nhiễu cũng không đồng quy về không, và gây ra phần dư hoặc độ dịch nhất định. Độ dịch này trong trường hợp trị số trễ pha là thấp sẽ gây ra thành phần giả không mong muốn trên hình ảnh. Do đó, ngay cả trong trường hợp quan sát thấy tín hiệu yếu, khi lượng trễ pha tiến tới 0, thì độ nhiễu sẽ làm cho lượng trễ pha có trị số khác không, đôi khi được gọi là độ dịch trễ pha. Nói cách khác, bằng cách đo lượng trễ pha nhờ sử dụng mật độ của các thành phần phân cực (như phương pháp thông thường), thì nhiễu ở các mật độ này sẽ gây ra các thành phần giả ở trị số trễ pha.

Bản chất kĩ thuật của sáng chế

Một phương án của sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị để xử lý dữ liệu, phương pháp và thiết bị này để giảm khả năng xuất hiện của thành phần giả ở các trị số trễ pha nhờ sử dụng nhiều hình ảnh OCT nhạy phân

cực.

Một khía cạnh của sáng chế đề xuất phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực của quá trình chụp cắt lớp quang học nhạy phân cực, phương pháp này bao gồm: bước thu thập để thu thập các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thu được từ ánh sáng phản xạ từ mẫu cần đo; bước chuyển đổi để chuyển đổi các mục dữ liệu phân cực này thành dạng biểu diễn bao gồm các thông số của biên độ và pha; và bước lấy trung bình để lấy trung bình các mục dữ liệu phân cực vốn được biểu diễn dưới dạng biểu diễn nêu trên và tạo ra tập hợp các mục dữ liệu trung bình.

Khía cạnh khác của sáng chế đề xuất thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực của quá trình chụp cắt lớp quang học nhạy phân cực, thiết bị này bao gồm: khối thu thập được tạo cấu hình để thu thập các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thu được từ mẫu cần đo; khối chuyển đổi được tạo cấu hình để chuyển đổi các mục dữ liệu phân cực này thành dạng biểu diễn bao gồm các thông số của biên độ và pha; và khối lấy trung bình được tạo cấu hình để lấy trung bình các mục dữ liệu phân cực vốn được biểu diễn dưới dạng biểu diễn nêu trên và tạo ra tập hợp các mục dữ liệu trung bình.

Các dấu hiệu khác của sáng chế sẽ được làm rõ hơn trong phần mô tả các phương án thực hiện được nêu làm ví dụ sau đây dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là lưu đồ minh hoạ phương pháp xử lý dữ liệu được thực hiện theo các phương án của sáng chế.

Fig.2 minh hoạ kết cấu của thiết bị chụp ảnh OCT nhạy phân cực theo các phương án của sáng chế.

Fig.3 minh hoạ một hình ảnh cắt lớp.

Fig.4A và Fig.4B minh hoạ hình ảnh cắt lớp và vị trí thu thập dữ liệu.

Fig.5 minh hoạ một hình ảnh SLO (Scanning Laser Ophthalmoscopy -

ảnh chụp đáy mắt bằng cách quét laze).

Fig.6 thể hiện một phần của lưu đồ xử lý dữ liệu.

Fig.7 minh hoạ các hình ảnh ví dụ được xử lý bằng cách sử dụng dữ liệu này.

Fig.8 minh hoạ quá trình xử lý dữ liệu theo các phương án của sáng chế.

Các hình vẽ từ Fig.9A đến Fig.9D là các sơ đồ minh hoạ quá trình xử lý được biểu diễn trên mặt phẳng phức, theo các phương án của sáng chế.

Fig.10A và Fig.10B minh hoạ các kết quả ví dụ của quy trình lấy trung bình theo phương án thứ nhất.

Các hình vẽ từ Fig.11A đến Fig.11C minh hoạ các ví dụ khác của việc thu thập dữ liệu.

Fig.12 minh hoạ lưu đồ xử lý dữ liệu theo phương án thứ tư, vốn bao gồm bước đồng chỉnh.

Fig.13A và Fig.13B minh hoạ việc đồng chỉnh đối với các hình ảnh hiển thị dạng B-scan.

Fig.14 minh hoạ lưu đồ của bước chuyển đổi dữ liệu theo phương án thực hiện này.

Fig.15 minh hoạ lưu đồ của quy trình để tính vectơ Stokes trung bình.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Phương pháp xử lý dữ liệu theo sáng chế có thể được áp dụng cho các mẫu khác mà không bị giới hạn ở các cơ quan hoặc các mô trên cơ thể bao gồm mắt người, và thiết bị chụp ảnh liên quan đến phương pháp này bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, thiết bị nhãn khoa và đèn nội soi. Sau đây, một thiết bị nhãn khoa sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ kèm theo, dưới dạng một thiết bị ví dụ có áp dụng giải pháp theo sáng chế.

Phương án thứ nhất

Fig.1 là lưu đồ của phương pháp xử lý dữ liệu phân cực theo phương án thực hiện này, Fig.2 là lược đồ của thiết bị chụp ảnh OCT nhạy phân cực

200 bao gồm thiết bị xử lý dữ liệu 213 theo phương án thực hiện này. Trước hết, kết cấu của thiết bị OCT nhạy phân cực 200 sẽ được mô tả dựa vào Fig.2, sau đó, các hoạt động của thiết bị xử lý dữ liệu 213 theo phương án thực hiện này sẽ được mô tả dựa vào lưu đồ trên Fig.1.

Thiết bị OCT nhạy phân cực 200 theo phương án này bao gồm hệ thống chụp OCT nhạy phân cực và thiết bị xử lý dữ liệu, và tạo ra ảnh chụp cắt lớp nhạy phân cực bằng cách xử lý dữ liệu phân cực thu được từ hệ thống chụp OCT nhạy phân cực này. Như được thể hiện trên Fig.2, ánh sáng đo phát ra từ nguồn sáng 201 được biến đổi thành ánh sáng phân cực thẳng bằng máy phân cực 202, và được đưa vào bộ ghép sợi quang 203. Nguồn sáng 201 là nguồn sáng SLD (Super Luminescent Diode - điôt siêu sáng), tức là nguồn sáng kết hợp thấp, và phát ra ánh sáng, ví dụ, với bước sóng trung tâm là 850 nm và độ rộng dải là 50 nm. Mặc dù SLD được sử dụng làm nguồn sáng 201, nhưng cũng có thể sử dụng bất kì nguồn sáng nào khác mà có thể phát ra ánh sáng kết hợp thấp, chẳng hạn nguồn sáng ASE (Amplified Spontaneous Emission - nguồn sáng phát xạ tự phát được khuếch đại).

Bộ ghép sợi quang 203 có tỉ số ghép là, ví dụ, 90:10, và làm cho ánh sáng đo bị chia ra với tỉ số này, và dẫn ánh sáng đo đã được chia đi vào nhánh tham chiếu (với tỉ số chia là 90) bao gồm ống chuẩn trực 204, bản phần tư sóng 205 và gương tham chiếu 206, và đi vào nhánh mẫu (với tỉ số chia là 10) bao gồm ống chuẩn trực 207, bản phần tư sóng 208 và gương quét 209.

Ánh sáng đo được dẫn vào nhánh tham chiếu sẽ đi qua bản phần tư sóng 205 được lắp trong trạng thái xoay 22,5 độ. Khi được phản xạ trên gương tham chiếu 206, ánh sáng này trở thành ánh sáng phân cực thẳng thông qua bản phần tư sóng 205, và lại được dẫn vào bộ ghép sợi quang 203. Mặt khác, ánh sáng đo được dẫn vào nhánh mẫu sẽ trở thành ánh sáng phân cực tròn thông qua bản phần tư sóng 208 được lắp trong trạng thái xoay 45 độ. Ánh sáng phân cực tròn này được làm phản xạ nhờ gương quét 209, và được làm

cho tới mắt đối tượng Eb, tức là mẫu thử cần đo.

Sau đó, ánh sáng đo được phản xạ bởi võng mạc Er, và lại được dẫn vào bộ ghép sợi quang 203 thông qua gương quét 209 và bản phần tư sóng 208, và giao thoa với ánh sáng đo đã đi qua nhánh tham chiếu. Gương quét 209 được điều khiển bởi thiết bị điều khiển (không được thể hiện trên hình vẽ) để lái ánh sáng đo theo chiều X và chiều Y, và có thể thu được kết quả đo dưới dạng ảnh quét hai chiều của võng mạc. Ngoài ra, trong phần mô tả sau đây, dữ liệu thu được dọc theo một đường theo chiều của chùm sáng sẽ được gọi là ảnh hiển thị dạng A-scan, và dữ liệu bao gồm ít nhất hai đường A-scan được bố trí theo chiều trục X hoặc chiều trục Y sẽ được gọi là ảnh hiển thị dạng B-scan, như được minh hoạ trên Fig.3.

Ánh sáng giao thoa sinh ra trong bộ ghép sợi quang 203 được chia ra thành thành phần phân cực ngang và thành phần phân cực đứng trong bộ ghép sợi quang 210 vốn bao gồm bộ chia chùm phân cực, và các thành phần này được dẫn riêng rẽ vào các phổ kế 211 và 212 vốn bao gồm con cách nhiễu xạ, camera đường thẳng, v.v.. Mỗi trong số các chùm sáng giao thoa được dẫn này đều được tách ra thành các thành phần phổ của nó, và các thành phần này được camera đường thẳng biến đổi thành các tín hiệu điện và được xuất ra thiết bị xử lý dữ liệu 213 dưới dạng dữ liệu phổ phân cực ngang và phân cực đứng.

Thiết bị xử lý dữ liệu 213 có chức năng như thiết bị xử lý dữ liệu phân cực theo phương án thực hiện này, và có thể được thực hiện bằng máy tính cá nhân (Personal Computer - PC) hoặc mạch số bao gồm mạch tích hợp chuyên dụng (Application Specific Integrated Circuit - ASIC), v.v.. Ngoài ra, các số chỉ dẫn 214 và 215 biểu thị thiết bị hiển thị bao gồm, ví dụ, màn hình tinh thể lỏng để hiển thị kết quả xử lý dữ liệu, và thiết bị nhập để nhập lệnh của người dùng, gồm bàn phím, chuột, v.v..

Theo đó, thiết bị chụp ảnh OCT nhạy phân cực 200 theo phương án này tạo thành hệ OCT theo phương pháp miền phổ (Spectral Domain - SD). Tuy

nhiên, sáng chế không bị giới hạn ở phương pháp SD. Tức là ý tưởng của sáng chế cũng có thể được áp dụng nguyên vẹn vào thiết bị chụp ảnh theo ít nhất phương pháp nguồn quét (Swept Source - SS) hoặc phương pháp miền thời gian (Time Domain - TD).

Theo phương án này, thiết bị xử lý dữ liệu 213 được thực hiện bằng cách thực thi chương trình xử lý dữ liệu được chứa trong bộ nhớ được nối với PC (không được minh hoạ trên hình vẽ), nhờ bộ xử lý trung tâm (Central Processing Unit - CPU) lắp trong PC này. Ngoài ra, việc điều khiển các hoạt động của toàn bộ thiết bị chụp ảnh OCT nhạy phân cực 200 cũng được thực hiện nhờ việc CPU này thực thi chương trình điều khiển thiết bị, sẽ được gọi là thiết bị điều khiển chụp ảnh trong phần mô tả sau đây.

Mặt khác, ánh sáng đo thứ hai, với bước sóng trung tâm khác với bước sóng trung tâm của nguồn sáng 201, được phát ra từ laze bán dẫn 216, và được làm cho tới mắt đối tượng Eb thông qua gương đục lỗ 217, gương quét 218 vốn có khả năng lái ánh sáng đo thứ hai này vào đáy mắt theo hai trục gồm chiều X và chiều Y, và gương lưỡng hướng sắc 219.

Ánh sáng đo thứ hai này cũng được phản xạ bởi võng mạc Er, được phản xạ lần nữa bởi gương lưỡng hướng sắc 219 và gương quét 218, và được phản xạ bởi gương đục lỗ 217 và được làm tới bộ dò 220. Ánh sáng đo thứ hai này, vốn để thu được hình ảnh phẳng của đáy mắt nhờ hoạt động quét hai chiều của ánh sáng đo, được đưa vào thiết bị điều khiển chụp ảnh để tạo ra hình ảnh phẳng. Fig.5 minh hoạ hình ảnh phẳng này, còn được gọi là ảnh SLO (Scanning Laser Pphthalmoscopy - ảnh chụp đáy mắt bằng cách quét laze) trong phần mô tả sau đây.

Khi thu thập dữ liệu OCT nhạy phân cực thì thiết bị điều khiển chụp ảnh cũng đồng thời thu thập ảnh SLO này. Ngoài ra, thiết bị điều khiển chụp ảnh này cũng trích xuất dữ liệu về cấu trúc bao gồm các mạch máu, v.v., từ ảnh SLO, dò các chuyển động của đáy mắt, và điều khiển gương quét 209 sao cho ánh sáng đo của thiết bị OCT nhạy phân cực có thể quét cùng vị trí trên

võng mạc.

Tiếp theo, các hoạt động của thiết bị xử lý dữ liệu 213 sẽ được mô tả dựa vào Fig.1 và Fig.4.

Fig.4A và Fig.4B là các lược đồ minh hoạ dữ liệu biểu thị cấu trúc mẫu thu được từ quy trình sẽ được mô tả sau đây đối với dữ liệu thu thập được dưới sự điều khiển của thiết bị điều khiển chụp ảnh theo phương án thực hiện này. Theo phương án này, ảnh B-scan, vốn bao gồm W đường của ảnh A-scan (với độ sâu H), được thu thập lặp đi lặp lại N lần, như được minh hoạ trên Fig.4A. Tuy nhiên, do chiều Y không được quét nên sẽ thu được N tấm ảnh B-scan tại các thời điểm khác nhau ở cùng một vị trí được xác định trên trục Y, như được thể hiện trên Fig.4B. Tuy nhiên, như được thể hiện trên Fig.4A và Fig.4B, một tấm ảnh B-scan bao gồm dữ liệu phân cực ngang và dữ liệu phân cực đứng.

Đầu tiên, thiết bị xử lý dữ liệu 213 khởi tạo bộ đếm nội n bằng 1 ở bước S101. Như sẽ được mô tả sau, bộ đếm nội n này, vốn tăng số đếm lên 1 đơn vị mỗi lần quá trình xử lý ảnh B-scan được thực hiện, được sử dụng sao cho quá trình này được thực hiện lặp đi lặp lại cho đến khi bộ đếm này đếm đến N.

Tiếp theo, dữ liệu ảnh của ảnh B-scan thứ n được nhập vào, ở bước S102. Đối với ảnh B-scan lúc đó, thì thiết bị điều khiển chụp ảnh có thể thu thập và lưu trước dữ liệu ảnh của N tấm ảnh B-scan vào bộ nhớ, hoặc có thể thu thập đi thu thập lại dữ liệu đối với mỗi ảnh B-scan. Ở đây, tấm ảnh B-scan thứ N bao gồm dữ liệu phổ S^0_n phân cực ngang và dữ liệu phổ S^1_n phân cực đứng.

Tiếp theo, các hoạt động chuyển đổi được thực hiện đối với các mục dữ liệu phổ được nhập vào để lấy trung bình, ở bước S103. Tiến trình được thực hiện ở bước S103 sẽ được mô tả dưới đây dựa vào Fig.6.

Ở bước S601, thiết bị xử lý dữ liệu 213 chuyển đổi mỗi trong số các

mục dữ liệu phổ nêu trên thành các tín hiệu chụp cắt lớp bao gồm các thông số về biên độ và pha, được thể hiện dưới dạng: $A_n^0 \exp\left(i\Phi_n^0\right)$

$A_n^1 \exp\left(i\Phi_n^1\right)$

··· (Biểu thức 1)

Ở đây, A_n^0 và A_n^1 biểu thị biên độ của các tín hiệu chụp cắt lớp, lần lượt thu được nhờ sự phân cực ngang và phân cực đứng đối với ảnh B-scan thứ n, và Φ_n^0 và Φ_n^1 biểu thị các pha. Tức là,

$$A_n^0 = \left\{A_0(x, z, n) \middle| 1 \le x \le W,\ 1 \le z \le H,\ 1 \le n \le N\right\}$$

$$A_n^1 = \left\{A_1(x, z, n) \middle| 1 \le x \le W,\ 1 \le z \le H,\ 1 \le n \le N\right\}$$

$$\Phi_n^0 = \left\{\Phi_0(x, z, n) \middle| 1 \le x \le W,\ 1 \le z \le H,\ 1 \le n \le N\right\}$$

$$\Phi_n^1 = \left\{\Phi_1(x, z, n) \middle| 1 \le x \le W,\ 1 \le z \le H,\ 1 \le n \le N\right\}$$

··· (Biểu thức 2)

Ở đây, W là số ảnh A-scan trên mỗi ảnh B-scan, H là độ dài của ảnh A-scan, và N là số ảnh B-scan, như được minh hoạ trên Fig.4A và Fig.4B. Công việc chuyển đổi nêu trên được thực hiện bằng cách áp dụng quy trình chuyển đổi dữ liệu phổ thành các tín hiệu chụp cắt lớp trong lúc thực hiện công việc OCT theo phương pháp SD đối với dữ liệu phổ S_n^0 phân cực ngang và dữ liệu phổ S_n^1 phân cực đứng. Do công việc chuyển đổi này có thể được thực hiện theo phương pháp được bộc lộ trong tài liệu với tiêu đề "Polarization maintaining fiber based ultra-high resolution spectral domain polarization sensitive optical coherence tomography" của E. Goetzinger và cộng sự, trên Nhật báo Optics, 17(25), 22704-22717 (2009)" (NPL 2), nên sẽ không được mô tả chi tiết.

Tiếp theo, ở bước S602, thiết bị xử lý dữ liệu 213 chia các tín hiệu chụp cắt lớp liên quan đến hai loại phân cực được thể hiện trong biểu thức 1 cho nhau để tính dữ liệu phức C_n bao gồm lượng trễ pha và hướng trục thu được đối với ảnh B-scan thứ n theo phương trình sau đây:

$$C_n = \tan^{-1}\left(\frac{A_n^1}{A_n^0}\right)\frac{\exp\left(i\Phi_n^1\right)}{\exp\left(i\Phi_n^0\right)} = \tan^{-1}\left(\frac{A_n^1}{A_n^0}\right)\exp\left(i\left(\Phi_n^1 - \Phi_n^0\right)\right)$$

··· (Biểu thức 3).

Mặt khác, lượng trễ pha δ_n và hướng trục θ_n được xác định nhờ các phương trình sau:

$$\delta_n = \tan^{-1}\left(\frac{A_n^1}{A_n^0}\right)$$

··· (Biểu thức 4), và

$\theta_n = \frac{(\pi - \Delta\phi_n)}{2}$, trong đó $\Delta\Phi_n = (\phi_n^1 - \phi_n^0)$

··· (Biểu thức 5).

Theo đó, C_n trở thành dữ liệu bao gồm lượng trễ pha δ_n và hướng trục θ_n như được thể hiện bằng phương trình sau:

$$C_n = \delta_n \exp\left(i\left(\pi - 2\theta_n\right)\right)$$

··· (Biểu thức 6).

Như đã mô tả trên đây, C_n là thu được bằng cách chia các mục dữ liệu phân cực liên quan đến ít nhất hai chiều khác nhau cho nhau, như được thể hiện trên (Biểu thức 3). Có thể trích ra hai thông số từ Cn, như được thể hiện trên biểu thức 4 và biểu thức 5. Các thông số này là:

1. "sự trễ pha", là độ lệch pha giữa các chùm có vectơ điện trường

hướng theo trục chậm và trục nhanh. Thông số này được chứa trong trị số C_n của biểu thức 3 dưới dạng hàm arctan và được đặt tên là δ trong biểu thức 6.

2. Hai tín hiệu phức trực tiếp đo được có chứa các trị số pha Φ0 và Φ1, với độ lệch pha ΔΦ = Φ1-Φ0 mã hoá hướng trục quang θ. Do đó, thực tế là có hai thông số được bao gồm trong kết quả chia: lượng trễ pha δ_n và hướng trục θ_n.

Như vậy, C_n trở thành dữ liệu phức gần như bao gồm lượng trễ pha và hướng trục của mẫu. Tức là dữ liệu phức này bao gồm thông tin liên quan đến sự trễ pha và hướng trục. C_n tính được này được lưu tạm vào bộ nhớ (không được minh hoạ trên hình vẽ) của thiết bị xử lý dữ liệu 213.

Tiếp theo, quy trình quay trở lại lại lưu đồ trên Fig.1 để số ảnh B-scan hiện tại được tăng lên 1 đơn vị, ở bước S104, và số n đã được cập nhật được xác định xem đã lớn hơn tổng số ảnh B-scan N hay chưa, ở bước S105.

Nếu n chưa vượt quá tổng số ảnh B-scan N thì quy trình trở lại lại bước S102 để tiến trình nêu trên được thực hiện. Khi n đã vượt quá tổng số ảnh B-scan thì quy trình tiến đến bước S106.

Ở bước S106, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính $\overline{C}$ thu được bằng cách lấy trung bình $C_n\ (n=1、\ \cdots、\ N)$ vốn tính được dựa trên mỗi ảnh B-scan.

$$\overline{C}=\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}C_n=\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\delta_n \exp\left(i\left(\pi-2\theta_n\right)\right)$$

··· (Biểu thức 7)

Tiếp theo, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính lượng trễ pha trung bình $\overline{\delta}$ và hướng trục $\overline{\theta}$ theo các phương trình sau:

$$\overline{\delta}=\mathrm{abs}\left(\overline{C}\right)$$

$$\overline{\theta} = -\frac{arg\left(\overline{C}\right)}{2} + \frac{\pi}{2}$$

··· (Biểu thức 8).

Ở đây, lượng trễ pha $\overline{\delta}$ và hướng trục $\overline{\theta}$ được biểu diễn như sau,

$$\overline{\delta} = \left\{ \overline{\delta}(x, z) \middle| 1 \le x \le W, \ 1 \le z \le H \right\}$$

$$\overline{\theta} = \left\{ \overline{\theta}(x, z) \middle| 1 \le x \le W, \ 1 \le z \le H \right\}$$

··· (Biểu thức 9)

và có thể được hiển thị dưới dạng ảnh trễ pha và ảnh hướng trục trên mặt phẳng gồm trục X và trục Z như với trường hợp ảnh cắt lớp thông thường. Tức là giá trị của điểm ảnh được tạo ra tại vị trí (x, z) có thể là $\overline{\delta}(x, z)$ đối với ảnh trễ pha, và có thể là $\overline{\theta}(x, z)$ đối với ảnh hướng trục.

Thiết bị xử lý dữ liệu 213 tạo ra các hình ảnh dựa trên lượng trễ pha $\overline{\delta}$ và hướng trục $\overline{\theta}$ vốn lần lượt tính được theo biểu thức 9, và xuất các hình ảnh được tạo ra đến thiết bị hiển thị 214.

Fig.7 minh hoạ chế độ hiển thị mà thiết bị hiển thị 214 sử dụng theo phương án này. Thiết bị hiển thị 214 tạo ra các vùng hiển thị con từ 702 đến 705 trên vùng hiển thị 701. Trên vùng hiển thị con 702, con trỏ 706 được hiển thị chồng lên hình ảnh SLO. Con trỏ 706 cho biết vị trí thu được N ảnh B-scan, và hướng trục trung bình $\overline{\theta}$ và lượng trễ pha $\overline{\delta}$ được hiển thị trên các vùng hiển thị con 705 và 704.

Ảnh cường độ cắt lớp tại vị trí đó cũng được hiển thị trên vùng hiển thị con 703. Có thể thu được hình ảnh cường độ cắt lớp này bằng cách, ví dụ, tính trị số đối với từng điểm ảnh nhờ sử dụng phép tính $\sqrt{(A_0(x, z, n)^2 + A_1(x, z, n)^2)}$ từ các biên độ A^0_n và A^1_n của các tín hiệu chụp cắt lớp, như được thể hiện trong biểu thức 2.

Fig.8 thể hiện cấu trúc của thiết bị xử lý dữ liệu 213 nêu trên và luồng

dữ liệu. Như được thể hiện trên Fig.8, thiết bị tạo tín hiệu chụp cắt lớp 801 biến đổi dữ liệu phổ S_n^0 phân cực ngang và dữ liệu phổ S_n^1 phân cực đứng thành các tín hiệu chụp cắt lớp $A_n^0 \exp\left(i\Phi_n^0\right)$, và $A_n^1 \exp\left(i\Phi_n^1\right)$, lần lượt, và xuất ra các tín hiệu chụp cắt lớp này (bước S601). Các tín hiệu chụp cắt lớp này được bộ chia 802 chia ra, và dữ liệu phức C_n trong biểu thức 3 được xuất ra bộ tính trung bình 803 (bước S602). Bộ tính trung bình 803 tính và xuất ra lượng trễ pha $\overline{\delta}$ và hướng trục $\overline{\theta}$ đã được tính trung bình dựa trên biểu thức 7 và biểu thức 8 (bước S106).

Theo phương án nêu trên, có thể đạt được các ưu điểm như sau.

Hai tín hiệu chụp cắt lớp được thể hiện trong biểu thức 1 được biểu diễn như sau:

$$A_n^0 \exp\left(i\Phi_n^0\right) = \sqrt{I_n}\cos\left(\delta_n\right)\exp\left(-i\delta_n\right)\exp\left(i\Phi_n^C\right)$$

$$A_n^1 \exp\left(i\Phi_n^1\right) = \sqrt{I_n}\sin\left(\delta_n\right)\exp\left(-i\delta_n + i\left(\pi - 2\theta_n\right)\right)\exp\left(i\Phi_n^C\right)$$

··· (Biểu thức 10).

Ở đây, I_n biểu thị khả năng phản xạ của đối tượng, và Φ_n^C biểu thị chu kì pha chung giữa cả hai thành phần phân cực vốn thu được nhờ sự giao thoa với ánh sáng tham chiếu. Ở đây, hai tín hiệu chụp cắt lớp này được chia cho nhau, như được thể hiện ở biểu thức 3, để loại bỏ khả năng phản xạ và pha của đối tượng, vốn là các đại lượng chung nhau, sao cho thu được tín hiệu chỉ bao gồm lượng trễ pha và hướng trục, như được thể hiện trên biểu thức 6.

Fig.9A biểu diễn đại lượng C_n ở biểu thức 6 trên mặt phẳng phức, và trị số trung bình $\overline{C}$ tính được theo phương án này được biểu diễn bằng các chấm đen trên các hình vẽ từ Fig.9B đến Fig.9D. Fig.9B thể hiện trạng thái

mà trong đó mức nhiễu là thấp. Ngược lại, Fig.9C thể hiện trạng thái mà mức nhiễu là cao hơn so với mức nhiễu trên Fig.9B, và Fig.9D thể hiện trạng thái gần như không có gì khác ngoài nhiễu. Trong trạng thái này, trị số của lượng trễ pha trở nên gần như bằng không, do kết quả của việc lấy trung bình.

Tuy nhiên, theo công nghệ đã biết được bộc lộ trong tài liệu NPL 1, trị số của lượng trễ pha được tính dựa trên các biên độ của hai thành phần phân cực như được thể hiện bằng biểu thức sau đây, nên lượng trễ pha có trị số khác không và không đổi trong điều kiện như được biểu diễn trên Fig.9D, vốn trở thành thành phần giả và làm cho khó biểu diễn được cấu trúc, chẳng hạn lớp sợi Henle, với một lượng trễ pha nhỏ:

$$\overline{\delta}(x,\ z)=\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\tan^{-1}\left(\frac{A_1(x,\ z,\ n)}{A_0(x,\ z,\ n)}\right)$$

··· (Biểu thức 11).

Ngược lại, theo phương án thực hiện này, việc lấy trung bình được thực hiện bằng quy trình biểu diễn số phức bao gồm các biên độ và các pha của hai thành phần phân cực. Do đó, có thể tính được trị số của lượng trễ pha nhỏ này một cách chính xác.

Ngoài ra, Fig.10A và Fig.10B thể hiện ví dụ về mối quan hệ giữa số lượng các khung trung bình, vốn được biểu diễn là N, và trị số trung bình của các lượng trễ pha, δ. Như được thể hiện trên hình vẽ này, trị số trung bình của các lượng trễ pha được giảm dần khi tăng số lượng khung trung bình theo giải pháp đã biết, còn trị số trung bình này trở nên gần như không đổi đối với N lớn hơn 10 theo phương pháp theo phương án này, vốn biểu thị rằng việc lấy trung bình đã được thực hiện một cách phù hợp.

Ngoài ra, dữ liệu phức C_n có thể được tính theo biểu thức sau đây mà không bị giới hạn ở biểu thức 3:

$$C_n = \frac{A_n^1 \exp\left(i\Phi_n^1\right)}{A_n^0 \exp\left(i\Phi_n^0\right)} = \tan\left(\delta_n\right) \exp\left(i\left(\Phi_n^1 - \Phi_n^0\right)\right)$$

··· (Biểu thức 12).

Trong trường hợp đó, $\overline{C}$, và lượng trễ pha trung bình $\overline{\delta}$ và hướng trục $\overline{\theta}$ được biểu diễn dưới dạng:

$$\overline{C} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} C_n = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} \tan\left(\delta_n\right) \exp\left(i\left(\pi - 2\theta_n\right)\right)$$

$$\overline{\delta} = \tan^{-1}\left(abs\left(\overline{C}\right)\right)$$

$$\overline{\theta} = -\frac{arg\left(\overline{C}\right)}{2} + \frac{\pi}{2}$$

··· (Biểu thức 13).

Phương án thứ hai

Theo phương án thứ nhất nêu trên, trị số trung bình được tính bằng cách chia hai tín hiệu chụp cắt lớp, nhưng cũng có thể lấy trung bình mỗi trong số các tín hiệu này.

Tức là phép lấy trung bình được thực hiện đối với mỗi trong số các tín hiệu chụp cắt lớp được biểu diễn bằng biểu thức 1 để tính lượng trễ pha và hướng trục. Trong trường hợp đó, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính các tín hiệu chụp cắt lớp trung bình theo các phương trình:

$$\overline{A_0} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} A_n^0 \exp\left(i\Phi_n^0\right)$$

$$\overline{A_1} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} A_n^1 \exp\left(i\Phi_n^1\right)$$

$$\overline{\delta} = \tan^{-1}\left(\frac{abs\left(\overline{A_1}\right)}{abs\left(\overline{A_0}\right)}\right)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\left(180^\circ - \left(\arg\left(\overline{A_1}\right) - \arg\left(\overline{A_0}\right)\right)\right)}{2}$$

··· (Biểu thức 14).

Ngoài ra, khi các trị số trung bình này được tính theo biểu thức 14 và số N là cao, thì thành phần tín hiệu có thể bị mất và đại lượng SNR (Signal to Noise Ratio - tỉ số tín hiệu trên nhiễu) bị giảm, bởi vì các pha Φ_n^0 và Φ_n^1 có thể bị dao động độc lập với nhau do sự biến động pha đối với mỗi lần đo. Theo đó, khi khoảng thời gian để thu thập dữ liệu mà vượt quá một khoảng thời gian nhất định, thì tốt hơn nếu phép lấy trung bình được thực hiện theo phương pháp ở phương án thứ nhất.

Ngược lại, phép chia phải được thực hiện đối với mọi đoạn dữ liệu theo phương án thứ nhất. Tuy nhiên, do phép chia không được thực hiện trước khi tính trung bình theo phương án này, nên gánh nặng tính toán sẽ trở nên tương đối thấp, điều này là có lợi. Do đó, tuỳ theo trị số của N mà phép tính trung bình có thể được thực hiện với tốc độ cao hơn bằng cách chọn phương pháp theo phương án này.

Theo cách khác, biểu thức 14 cải biến có thể được sử dụng để tính các tín hiệu chụp cắt lớp trung bình. Trong trường hợp này, pha của tín hiệu chụp cắt lớp này được bỏ qua còn pha của tín hiệu chụp cắt lớp kia thì được giữ lại. Ví dụ, lượng pha $\exp\left(i\Phi_n^0\right)$ được đặt bằng 1 và $\exp\left(i\Phi_n^1\right)$ được thay đổi thành $\exp\left(i\left(\Phi_n^1 - \Phi_n^0\right)\right)$ trong biểu thức 14. Nhờ phương pháp cải biến này mà có thể tránh được sự mất thành phần tín hiệu và sự suy giảm tỉ số SNR. Phương pháp cải biến này là có hiệu quả đối với trường hợp đối tượng chuyển động hoặc các nhiễu địa chấn đáng kể trong lúc đo.

Phương án thứ ba

Theo phương án thứ nhất nêu trên, dữ liệu được thu thập N lần bằng

cách quét cùng một vị trí xác định trên võng mạc, như được thể hiện trên Fig.4B, và phép lấy trung bình được thực hiện đối với N đoạn dữ liệu tồn tại tại cùng một ví trí trong không gian. Tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn ở phương án này. Theo một cách, tập hợp các mục dữ liệu phân cực thì bao gồm các mục dữ liệu phân cực thu được tại các vị trí khác nhau trong không gian.

Fig.11A minh hoạ một ví dụ. Như được thể hiện trên Fig.11A, các đoạn của ảnh B-scan được bố trí theo kiểu hướng kính như được biểu thị bằng số chỉ dẫn 111, nhờ sử dụng đầu dây thần kinh quang 112 làm tâm, và N tấm ảnh B-scan được thu thập theo tổng số bốn chiều. Theo ví dụ này, phép lấy trung bình được thực hiện theo phương pháp đã mô tả ở phương án thứ nhất theo mỗi chiều.

Ngoài ra, Fig.11B và Fig.11C thể hiện ví dụ mà trong đó phép lấy trung bình được thực hiện đối với một vùng trong không gian. Theo phương án này, thiết bị chụp ảnh OCT nhạy phân cực 200 thu thập các đoạn của ảnh B-scan trong lúc dịch chuyển theo chiều Y, như được thể hiện trên Fig.11B, và thiết bị xử lý dữ liệu 213 thực hiện việc xử lý dữ liệu đối với vùng đo 113 vốn bao gồm đầu dây thần kinh quang theo phương pháp được mô tả dưới đây.

Fig.11C minh hoạ chi tiết vùng đo 113. Trên hình vẽ này, vùng R, vốn bị chia khỏi hai đường tròn đồng tâm 114 và 115, lần lượt có đường kính D1 và D2, với góc định trước A, có đầu dây thần kinh quang 112 là tâm của chúng, được xác định là vùng đích để lấy trung bình. Mặc dù theo phương án này, D1 = 2 mm, D2 = 3 mm và góc A = 1°, nhưng các trị số này có thể được xác định theo các yêu cầu cụ thể để đo lớp sợi thần kinh võng mạc.

Trong trường hợp đó, phép lấy trung bình được thực hiện đối với các ảnh A-scan thuộc vùng R, và các tín hiệu chụp cắt lớp dự tính được biểu diễn như sau:

$$\mathbf{A}_r^0=\left\{A_0(r,\ z)\ \middle|\ r=(x,\ y),\ r\in R,\ 1\le z\le H\right\}$$

$$\mathbf{A}_r^1=\left\{A_1(r,\ z)\ \middle|\ r=(x,\ y),\ r\in R,\ 1\le z\le H\right\}$$

$$\mathbf{\Phi}_r^0=\left\{\Phi_0(r,\ z)\ \middle|\ r=(x,\ y),\ r\in R,\ 1\le z\le H\right\}$$

$$\mathbf{\Phi}_r^1=\left\{\Phi_1(r,\ z)\ \middle|\ r=(x,\ y),\ r\in R,\ 1\le z\le H\right\}$$

··· (Biểu thức 15).

Dữ liệu phức $\mathbf{C}_r$ được tính trung bình theo phương án này được biểu diễn dưới dạng:

$$\mathbf{C}_r=\boldsymbol{\delta}_r\,\mathrm{exp}\left(\mathrm{i}\left(\pi-2\boldsymbol{\theta}_r\right)\right)$$

··· (Biểu thức 16).

và thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính lượng trễ pha $\overline{\boldsymbol{\delta}}$ và hướng trục $\overline{\boldsymbol{\theta}}$ vốn được tính trung bình đối với vùng R, trong lúc xác định số lượng các đoạn của ảnh A-scan trong vùng R là M, theo phương trình:

$$\overline{\mathbf{C}}=\frac{1}{\mathrm{M}}\sum_{r\in R}\mathbf{C}_r=\frac{1}{\mathrm{M}}\sum_{r\in R}\boldsymbol{\delta}_r\,\mathrm{exp}\left(\mathrm{i}\left(\pi-2\boldsymbol{\theta}_r\right)\right)$$

··· (Biểu thức 17).

Tiếp theo, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính lượng trễ pha trung bình $\overline{\boldsymbol{\delta}}$ và hướng trục $\overline{\boldsymbol{\theta}}$ theo các phương trình sau đây như trong trường hợp với biểu thức 8:

$$\overline{\boldsymbol{\delta}}=\mathrm{abs}\left(\overline{\mathbf{C}}\right)$$

$$\overline{\boldsymbol{\theta}}=-\frac{\mathrm{arg}\left(\overline{\mathbf{C}}\right)}{2}+\frac{\pi}{2}$$

··· (Biểu thức 18).

Ở đây, các phương trình của lượng trễ pha trung bình $\overline{\boldsymbol{\delta}}$ và hướng trục $\overline{\boldsymbol{\theta}}$ được biểu diễn như sau:

$$\overline{\boldsymbol{\delta}}=\left\{\overline{\delta}(r,\ z)\ \middle|\ r=(x,\ y),\ r\in R,\ 1\le z\le H\right\}$$

$$\bar{\theta}=\left\{\overline{\theta}(r,\ z)\ \middle|\ r=(x,\ y),\ r\in R,\ 1\leq z\leq H\right\}$$

··· (Biểu thức 19)

Quy trình nêu trên được thực hiện liên tiếp bằng cách di chuyển vị trí R dọc theo vùng bao quanh bởi các đường tròn đồng tâm 114 và 115, và các trị số trung bình được tính tại từng vị trí, để có thể đo được sự phân bố của các lượng trễ pha và các hướng trục xung quanh đầu dây thần kinh quang.

Phương án thứ tư

Sáng chế có thể được áp dụng để nội suy đối với dữ liệu OCT nhạy phân cực. Phương án này sẽ mô tả việc áp dụng sáng chế để đồng chỉnh dữ liệu được sử dụng để lấy trung bình nhiều ảnh B-scan, vốn đã được nêu ở phương án thứ nhất.

Fig.12 là lưu đồ của phương pháp xử lý dữ liệu theo phương án thực hiện này. Do lưu đồ này là một dạng cải biến của lưu đồ được thể hiện trên Fig.1 bằng cách bổ sung thêm các bước S121, S122 và S123, nên các phần giống nhau sẽ không được mô tả. Ngoài ra, Fig.13A và Fig.13B thể hiện vùng mẫu T để so khớp mẫu ở ảnh B-scan thứ nhất và ảnh B-scan thứ n.

Ở bước S121, thiết bị xử lý dữ liệu 213 xác định xem ảnh B-scan ngay trước đó (ảnh B-scan thứ n) có phải là ảnh quét thứ nhất hay không. Nếu là ảnh B-scan thứ nhất thì tiến trình tiến đến bước S103, nếu không phải thì tiến đến bước S122.

Ở bước S122, phép đo độ lệch tương đối giữa ảnh B-scan trước đó (ảnh B-scan thứ n) và ảnh B-scan thứ nhất được thiết bị xử lý dữ liệu 213 thực hiện. Đầu tiên, vùng mẫu T được xác định nhờ sử dụng ảnh B-scan thứ nhất, như được thể hiện trên Fig.13A và Fig.13B. Tốt hơn nếu xác định vùng mẫu T để so khớp mẫu sao cho nó bao gồm các đặc điểm hình học trong ảnh B-scan, chẳng hạn tâm điểm vàng M, như được thể hiện trên Fig.13A và Fig.13B.

Theo phương án này, việc so khớp mẫu được áp dụng cho ảnh cường độ

cắt lớp I_n tính được bằng hai thành phần phân cực của các tín hiệu chụp cắt lớp, $A_0(x,z,n)$ và $A_1(x,z,n)$, như được thể hiện bằng phương trình sau:

$$I_n=\{I(x,\ z,\ n)\ |\ 1\le x\le W,\ 1\le z\le H,\ 1\le n\le N\}$$

$$I(x,\ z,\ n)=\sqrt{A_0(x,\ z,\ n)^2+A_1(x,\ z,\ n)^2}$$

··· (Biểu thức 20).

Tiếp theo, việc so khớp mẫu được thực hiện bởi thiết bị xử lý dữ liệu 213 và ở vùng R vốn tương quan nhất với vùng mẫu T ở ảnh B-scan thứ n là I_n, và các độ lệch tương đối giữa T và R được dò dưới dạng ΔX và ΔY.

Ở bước S123, việc đồng chỉnh ảnh B-scan thứ n I_n nhờ sử dụng ΔX và ΔY được thực hiện bởi thiết bị xử lý dữ liệu 213 sao cho cùng một đối tượng sẽ được đồng chỉnh tại cùng một vị trí trên hai ảnh B-scan. Nói chung, do ΔX và ΔY không phải là số nguyên nên sẽ cần phải thực hiện việc nội suy đối với dữ liệu của ảnh B-scan thứ n.

Trong phần mô tả sau đây, phương pháp nội suy song tuyến tính được sử dụng, tuy nhiên, sáng chế có thể áp dụng phương pháp khác, chẳng hạn phương pháp nội suy song lập phương, bằng cách thay đổi khoảng dữ liệu và các hệ số lấy trọng số.

Thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính mỗi giá trị toạ độ x và z của dữ liệu ảnh B-scan sau khi đồng chỉnh nhờ sử dụng ΔX và ΔY, thì dữ liệu phức $\widetilde{C}_n$ được tính, vốn là dữ liệu phức được cải biến của C_n sau khi chuyển đổi toạ độ như được thể hiện bằng các phương trình sau.

$$\widetilde{C}(x2,\ z2,\ n)=\begin{bmatrix}w_1 & w_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}C(x,\ z,\ n) & C(x+1,\ z,\ n)\\ C(x,\ z+1,\ n) & C(x+1,\ z+1,\ n)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}w_3\\ w_4\end{bmatrix}$$

$$C(x,\ z,\ n) = \tan^{-1}\left(\frac{A_1(x,\ z,\ n)}{A_0(x,\ z,\ n)}\right)\exp\left(i\left(\Phi_1(x,\ z,\ n) - \Phi_0(x,\ z,\ n)\right)\right)$$

··· (Biểu thức 21).

Trong đó, w_1 đến w_4 là các hệ số lấy trọng số của phép nội suy song tuyến tính, được tính như sau.

$$w_1 = \lfloor x \rfloor + 1 - x$$

$$w_2 = x - \lfloor x \rfloor$$

$$w_3 = \lfloor z \rfloor + 1 - z$$

$$w_4 = z - \lfloor z \rfloor$$

··· (Biểu thức 22).

$\widetilde{C}(x2,\ z2,\ n)$ tương ứng với dữ liệu phức tại vị trí (x2, z2) trong ảnh B-scan thứ n sau khi điều chỉnh vị trí (đồng chỉnh). Tiếp theo, dữ liệu phức tính được được lấy trung bình bằng biểu thức 23, và lượng trễ pha trung bình $\overline{\delta}$ và hướng trục $\overline{\theta}$ được tính theo biểu thức 8 như đã được mô tả ở phương án thứ nhất.

$$\overline{C} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\widetilde{C}_n$$

··· (Biểu thức 23).

Theo phương án này, dữ liệu phức của biểu thức 21 được tính theo phương án thứ nhất. Tuy nhiên, cũng có thể áp dụng phương pháp tính bất kì để tạo ra dữ liệu phức, chẳng hạn phương pháp đã được mô tả ở phương án thứ hai.

Phương án thứ năm

Các phương án nêu trên sử dụng vectơ Jones để biểu diễn các mục dữ liệu phân cực. Tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn ở loại vectơ này, và cách biểu diễn bằng vectơ Stokes cũng có thể được áp dụng.

Do lưu đồ quy trình cơ bản áp dụng cho các phương án khác cũng giống như lưu đồ trên Fig.1, nên chỉ có các bước khác nhau mới được mô tả trong phần mô tả dưới đây.

Fig.14 là lưu đồ của bước chuyển đổi dữ liệu S103 theo phương án thực hiện này.

Ở bước S1401, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính vectơ Stokes $\mathbf{SV_n}$ dưới dạng mục dữ liệu phân cực thứ n để lấy trung bình Vectơ Stokes $\mathbf{SV_n}$ được tính bằng biểu thức 24.

$$\mathbf{SV_n} = \begin{bmatrix} \mathbf{I_n} \\ \mathbf{Q_n} \\ \mathbf{U_n} \\ \mathbf{V_n} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{I_n} = \{A_0(x,z,n)^2 + A_1(x,z,n)^2 \mid 1 \le x \le W, 1 \le z \le H, 1 \le n \le N\}$$

$$\mathbf{Q_n} = \{A_0(x,z,n)^2 - A_1(x,z,n)^2 \mid 1 \le x \le W, 1 \le z \le H, 1 \le n \le N\}$$

$$\mathbf{U_n} = \{2A_0(x,z,n)A_1(x,z,n)\cos(\Delta\Phi(x,z,n)) \mid 1 \le x \le W, 1 \le z \le H, 1 \le n \le N\}$$

$$\mathbf{V_n} = \{2A_0(x,z,n)A_1(x,z,n)\sin(\Delta\Phi(x,z,n)) \mid 1 \le x \le W, 1 \le z \le H, 1 \le n \le N\}$$

Trong đó

$$\Delta\Phi(x,z,n) = \Phi_1(x,z,n) - \Phi_0(x,z,n)$$

··· (Biểu thức 24).

Ở bước S1402 tiếp theo, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính vectơ Stokes chuẩn hoá $\mathbf{SV_n}'$ theo biểu thức 25.

$$SV_n' = \begin{bmatrix} Q_n/I_n \\ U_n/I_n \\ V_n/I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_n' \\ U_n' \\ V_n' \end{bmatrix}$$

··· (Biểu thức 25).

Ở bước S106, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính vectơ Stokes trung bình theo lưu đồ trên Fig.15. Ở bước S1501, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính vectơ Stokes trung bình trung gian $\overline{SV}^{int}$ theo biểu thức 26.

$$\overline{SV}^{int} = \frac{1}{N}\begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{N} Q_n' \\ \sum_{n=1}^{N} U_n' \\ \sum_{n=1}^{N} V_n' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{Q}^{int} \\ \overline{U}^{int} \\ \overline{V}^{int} \end{bmatrix}$$

Trong đó

$\overline{Q}^{int} = \{\overline{Q}^{int}(x,z) \mid 1 \le x \le W, 1 \le z \le H\}$

$\overline{U}^{int} = \{\overline{U}^{int}(x,z) \mid 1 \le x \le W, 1 \le z \le H\}$

$\overline{V}^{int} = \{\overline{V}^{int}(x,z) \mid 1 \le x \le W, 1 \le z \le H\}$

·· (Biểu thức 26).

Tiếp theo, thiết bị xử lý dữ liệu 213 lại thực hiện thao tác chuẩn hóa lại đối với vectơ Stokes trung bình trung gian $\overline{SV}^{int}$ và xuất ra vectơ Stokes trung bình $\overline{SV} = \{\overline{SV}(x,z) \mid 1 \le x \le W, 1 \le z \le H\}$ theo biểu thức 27.

$$\overline{SV}(x.z) = \begin{bmatrix} \overline{Q}^{int}(x.z)/\sqrt{\overline{Q}^{int}(x,z)^2 + \overline{U}^{int}(x,z)^2 + \overline{V}^{int}(x,z)^2} \\ \overline{U}^{int}(x.z)/\sqrt{\overline{Q}^{int}(x,z)^2 + \overline{U}^{int}(x,z)^2 + \overline{V}^{int}(x,z)^2} \\ \overline{V}^{int}(x.z)/\sqrt{\overline{Q}^{int}(x,z)^2 + \overline{U}^{int}(x,z)^2 + \overline{V}^{int}(x,z)^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{Q}(x,z) \\ \overline{U}(x,z) \\ \overline{V}(x,z) \end{bmatrix}$$

·· (Biểu thức 27).

Lượng trễ pha trung bình $\overline{\delta}$ được tính bằng hai biên độ trung bình là $\overline{A_0}$ và $\overline{A_1}$ theo biểu thức 14. Các biên độ này cũng có thể được tính từ thông số Stokes theo biểu thức 24. Vì hai quy trình chuẩn hoá theo biểu thức 25 và

biểu thức 27 mà vectơ Stokes trung bình $\overline{SV}$ được chuẩn hoá về mật độ của dữ liệu phân cực, vốn bằng 1.

Do đó, thiết bị xử lý dữ liệu 213 tính lượng trễ pha trung bình $\bar{\delta}$ theo biểu thức sau đây.

$$\bar{\delta}(x,z) = \tan^{-1}\left(\sqrt{\frac{1-\bar{Q}(x,z)}{1+\bar{Q}(x,z)}}\right)$$

·· (Biểu thức 28).

Một cách tương tự, hướng trục trung bình $\bar{\theta}$ có thể tính được dựa trên biểu thức 24 nhờ sử dụng các thông số vectơ Stokes trung bình như sau.

$$\bar{\theta}(x,z) = \frac{\pi - \overline{\Delta\Phi}(x,z)}{2}$$

trong đó

$$\overline{\Delta\Phi}(x,z) = \tan^{-1}\left(\frac{\bar{V}(x,z)}{\bar{U}(x,z)}\right)$$

·· (Biểu thức 29).

Theo phương án này, công việc tính trung bình được thực hiện đối với vectơ Stokes vốn biểu diễn trạng thái phân cực của ánh sáng bị tán xạ ngược bởi mẫu. Ngay sau khi lấy trung bình theo biểu thức 26, thì vectơ kết quả thu được không nhất thiết duy trì mối quan hệ này giữa mỗi thông số thu được từ biểu thức 24, vốn gây ra sự xê dịch không mong muốn khi tính toán sự trễ pha theo biểu thức 28. Tuy nhiên, nhờ sự chuẩn hoá bằng biểu thức 27 mà mối quan hệ này được khôi phục, nhờ đó tránh được sự xê dịch nêu trên.

Phương án thứ sáu

Mặc dù mong muốn là công việc chuẩn hoá được thực hiện trước quy trình lấy trung bình, nhưng cũng có thể áp dụng cách thực hiện khác. Phương án này áp dụng phương pháp lấy trung bình trọng số theo mật độ của dữ liệu phân cực.

Theo phương án này, thiết bị xử lý dữ liệu 213 bỏ qua bước 1402. Do đó vectơ Stokes trung bình trung gian $\overline{SV}^{int}$ được tính theo biểu thức 30, sau đó, các bước giống như đã được mô tả ở phương án thứ năm sẽ được thực hiện.

$$\overline{SV}^{int} = \frac{1}{N}\begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{N} Q_n \\ \sum_{n=1}^{N} U_n \\ \sum_{n=1}^{N} V_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{Q}^{int} \\ \overline{U}^{int} \\ \overline{V}^{int} \end{bmatrix}$$

·· (Biểu thức 30).

Khác với phương án thứ năm, mỗi thông số Stokes sẽ không được chuẩn hoá về mật độ của dữ liệu phân cực. Nói cách khác, các thông số Stokes trong biểu thức 30 phụ thuộc vào mật độ của dữ liệu phân cực được lấy trọng số theo cách trên.

Tuy nhiên, bước S1502, tức là quy trình chuẩn hoá thứ hai, sẽ khôi phục lại mối quan hệ giữa các thông số Stokes như đã được mô tả. Do đó, lượng trễ pha trung bình và hướng trục trung bình có thể được tính đúng.

Do phần tử thứ nhất của vectơ Stokes trong biểu thức 24 là không cần thiết để tính toán, và thao tác chuẩn hoá trước khi lấy trung bình là không được thực hiện, nên hiệu quả tính toán sẽ được cải thiện theo phương án này.

Phương án thứ bảy

Bằng cách kết hợp với phương pháp được bộc lộ trong tài liệu NPL 1, thì sáng chế cũng có thể được thực hiện một cách hiệu quả. Tức là nếu sinh ra ít nhiễu và độ biến thiên của dữ liệu phức C_n là không đáng kể, như được minh hoạ trên Fig.9B, thì các sai số của lượng trễ pha và hướng trục cũng sẽ nhỏ khi chúng được tính theo phương pháp đã biết. Do đó, cường độ của tín hiệu được tính trước tiên dựa trên tín hiệu ảnh cắt lớp được thể hiện

trong biểu thức 1. Khi cường độ tín hiệu này vượt quá trị số ngưỡng, thì các trị số trung bình có thể được tính theo phương pháp được bộc lộ trong NPL 1, vốn được biểu diễn bằng các phương trình sau. Ngược lại thì có thể đổi sang phương pháp theo sáng chế.

$$\bar{\delta} = \frac{1}{N}\sum_{n} \tan^{-1}\left(\frac{A_n^1}{A_n^0}\right)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\left(180^\circ - \mathrm{MODE}\left(\Phi_n^1 - \Phi_n^0\right)\right)}{2}$$

··· (Biểu thức 31).

Tuy nhiên, đại lượng MODE(X) là giá trị mốt của biểu đồ X, và cường độ của tín hiệu chụp cắt lớp có thể được tính dựa trên căn quân phương của trị số biên độ của nó. Ngoài ra, trị số ngưỡng nêu trên có thể được thiết đặt dựa trên trị trung bình của sự phân bố mật độ của lớp sợi thần kinh võng mạc của đối tượng khỏe mạnh, sự phân bố mật độ này là được phân tích từ trước.

Các phương án thực hiện khác

Các phương án thực hiện của sáng chế còn có thể được thực hiện bằng máy tính của hệ thống hoặc thiết bị vốn đọc ra và thực thi các lệnh thực thi được bằng máy tính được ghi trên phương tiện lưu trữ (ví dụ, phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính) để thực hiện các chức năng của một hoặc nhiều phương án trong số (các) phương án thực hiện nêu trên của sáng chế, và bằng phương pháp được thực hiện bởi máy tính của hệ thống hoặc thiết bị này bằng cách, ví dụ, đọc ra và thực thi các lệnh thực thi được bằng máy tính từ phương tiện lưu trữ để thực hiện các chức năng của một hoặc nhiều phương án trong số (các) phương án thực hiện nêu trên. Máy tính này có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý trung tâm (CPU), bộ vi xử lý (Micro Processing Unit MPU) hoặc hệ mạch khác, và có thể bao gồm

mạng các máy tính riêng rẽ hoặc các bộ xử lý máy tính riêng rẽ. Các lệnh thực thi được bằng máy tính nêu trên có thể được cung cấp cho máy tính, ví dụ, từ mạng hoặc phương tiện lưu trữ. Phương tiện lưu trữ nêu trên có thể bao gồm, ví dụ, một hoặc nhiều phương tiện trong số đĩa cứng, bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM), bộ nhớ chỉ đọc (Read Only Memory - ROM), bộ lưu trữ của các hệ thống tính toán phân tán, đĩa quang (chẳng hạn đĩa CD, đĩa DVD hoặc đĩa Blu-ray (BD)™), thiết bị nhớ flash, thẻ nhớ, và các phương tiện tương tự.

Mặc dù sáng chế đã được mô tả dựa vào các phương án được nêu làm ví dụ, nhưng cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án được nêu làm ví dụ này. Phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ sau đây bao trùm tất cả các phương án cải biến và các kết cấu, chức năng tương đương.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực của quá trình chụp cắt lớp quang học nhạy phân cực, phương pháp này bao gồm các bước:

dò ánh sáng, ánh sáng này được thu bằng cách tách ánh sáng kết hợp sử dụng bộ tách chùm ánh sáng phân cực, ánh sáng kết hợp được thu bằng cách kết hợp ánh sáng phản xạ từ mẫu thử cần được đo chiếu bằng ánh sáng đo và ánh sáng chuẩn tương ứng với ánh sáng đo;

thu thập các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thu được từ ánh sáng đã dò được;

chuyển đổi các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thành dạng biểu diễn theo dạng vectơ bao gồm thông tin liên quan tới độ trễ và hướng trục;

lấy trung bình các tập hợp các mục dữ liệu phân cực đã chuyển đổi mà được biểu diễn trên dạng biểu diễn nêu trên;

tính toán độ trễ và hướng trục từ các tập hợp các mục dữ liệu phân cực đã lấy trung bình;

tạo ra các ảnh B-scan nhạy phân cực theo các kiểu khác nhau bằng cách sử dụng độ trễ và hướng trục đã tính toán; và

làm cho khối hiển thị hiển thị ít nhất một trong số các ảnh B-scan nhạy phân cực đã tính toán.

2. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1, trong đó các tập hợp các mục dữ liệu phân cực được chuyển đổi thành dạng biểu diễn bằng cách chia các mục dữ liệu phân cực liên quan tới ít nhất hai hướng khác nhau cho nhau, và chuyển đổi độ chênh lệch pha giữa hai mục dữ liệu phân cực thành hướng trục có trên dạng biểu diễn.

3. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1, trong đó các tập hợp các mục dữ liệu phân cực được chuyển đổi thành dạng biểu diễn bằng cách chia các mục dữ liệu phân cực liên quan tới ít nhất hai hướng khác nhau cho nhau, và tạo ra dữ liệu phức sẽ bao gồm độ trễ và hướng trục của mẫu thử.

4. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1, trong đó tập hợp các mục dữ liệu phân cực bao gồm các mục dữ liệu phân cực thu được ở các thời điểm khác nhau.

5. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1, trong đó tập hợp các mục dữ liệu phân cực bao gồm các mục dữ liệu phân cực thu được ở các vị trí không gian khác nhau.

6. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1, trong đó các tập hợp các mục dữ liệu phân cực được chuyển đổi thành dạng biểu diễn bằng cách tính toán các tập hợp các vectơ Stoke dưới dạng các tập hợp các mục dữ liệu phân cực.

7. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1, trong đó các tập hợp các mục dữ liệu phân cực đã chuyển đổi mà được biểu diễn thành dạng biểu diễn được lấy trung bình bằng cách tạo ra các vectơ Stoke trung bình dưới dạng các mục dữ liệu phân cực trung bình và chuẩn hóa các vectơ Stoke trung bình để gán trị số chuẩn hóa bằng 1 cho mật độ của các mục dữ liệu phân cực.

8. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1, trong đó các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thu được bằng thiết bị chụp cắt lớp quang

học nhạy phân cực ảnh hóa mẫu thử, thiết bị chụp cắt lớp quang học nhạy phân cực này có thể kết nối được theo cách truyền thông.

9. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1,

trong đó ảnh độ trễ và ảnh hướng trục được tạo ra, dưới dạng các ảnh B-scan nhạy phân cực, bằng cách sử dụng độ trễ và hướng trục đã tính toán.

10. Phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 1, trong đó mẫu thử là mắt người.

11. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực của quá trình chụp cắt lớp quang học nhạy phân cực, thiết bị này bao gồm:

bộ dò được tạo kết cấu để dò ánh sáng, ánh sáng này được thu bằng cách tách ánh sáng kết hợp sử dụng bộ tách chùm ánh sáng phân cực, ánh sáng kết hợp được thu bằng cách kết hợp ánh sáng phản xạ từ mẫu thử cần được đo chiếu bằng ánh sáng đo và ánh sáng chuẩn tương ứng với ánh sáng đo;

khối thu thập được tạo kết cấu thu thập các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thu được từ ánh sáng đã dò được;

khối chuyển đổi được tạo kết cấu để chuyển đổi các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thành dạng biểu diễn theo dạng vectơ bao gồm thông tin liên quan tới độ trễ và hướng trục;

khối lấy trung bình được tạo kết cấu để lấy trung bình các tập hợp các mục dữ liệu phân cực đã chuyển đổi mà được biểu diễn trên dạng biểu diễn nêu trên;

khối tính toán được tạo kết cấu tính toán độ trễ và hướng trục từ các tập hợp các mục dữ liệu phân cực đã lấy trung bình;

khối tạo được tạo kết cấu tạo ra các ảnh B-scan nhạy phân cực theo các kiểu khác nhau bằng cách sử dụng độ trễ và hướng trục đã tính toán; và

khối điều khiển được tạo kết cấu để làm cho khối hiển thị hiển thị ít nhất một trong số các ảnh B-scan nhạy phân cực đã tính toán,

trong đó khối thu thập, khối chuyển đổi, khối lấy trung bình, khối tính toán, khối tạo, và khối điều khiển được thực hiện bởi ít nhất một bộ xử lý.

12. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11, trong đó khối chuyển đổi có thể hoạt động được để thực hiện phép tính nhằm chia các mục dữ liệu phân cực liên quan tới ít nhất hai hướng khác nhau cho nhau, và phép tính này là để chuyển đổi độ chênh lệch pha giữa hai mục dữ liệu phân cực với hướng trục bao gồm trong dạng biểu diễn nêu trên.

13. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11, trong đó khối chuyển đổi có thể hoạt động được để thực hiện phép tính nhằm chia các mục dữ liệu phân cực liên quan tới ít nhất hai hướng khác nhau cho nhau, và phép tính này là để tạo ra dữ liệu phức sẽ bao gồm độ trễ và hướng trục của mẫu thử.

14. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11, trong đó khối thu thập có thể hoạt động được để thu thập các mục dữ liệu phân cực ở các thời điểm khác nhau.

15. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11, trong đó khối thu thập có thể hoạt động được để thu thập các mục dữ liệu phân cực ở các vị trí không gian khác nhau.

16. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11, trong đó khối chuyển đổi tính toán các tập hợp các vectơ Stoke dưới dạng các tập hợp các mục dữ liệu phân cực.

17. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11, trong đó khối lấy trung bình tạo ra các vectơ Stoke trung bình dưới dạng các mục dữ liệu phân cực trung bình,

trong đó thiết bị này còn bao gồm khối chuẩn hóa trị số được tạo kết cấu để chuẩn hóa các vectơ Stoke trung bình nhằm gán trị số chuẩn hóa bằng 1 cho mật độ của các mục dữ liệu phân cực, và

trong đó khối chuẩn hóa được thực hiện bởi ít nhất một bộ xử lý.

18. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11, trong đó khối thu thập thu thập các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thu được bởi thiết bị chụp cắt lớp quang học nhạy phân cực ảnh hóa mẫu thử, mà có thể nối được theo cách truyền thông.

19. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11,

trong đó khối tạo tạo ra, dưới dạng các ảnh B-scan nhạy phân cực, ảnh độ trễ và ảnh hướng trục bằng cách sử dụng độ trễ và hướng trục đã tính toán.

20. Thiết bị để xử lý dữ liệu phân cực theo điểm 11, trong đó mẫu thử là mắt người.

21. Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính có chứa chương trình để làm cho máy tính thực hiện phương pháp để xử lý dữ liệu phân cực của quá trình chụp cắt lớp quang học nhạy phân cực, phương pháp này bao gồm các bước:

dò ánh sáng, ánh sáng được thu bằng cách tách ánh sáng kết hợp sử dụng bộ tách chùm ánh sáng phân cực, ánh sáng kết hợp được thu bằng cách kết hợp ánh sáng phản xạ từ mẫu thử cần được đo chiếu bằng ánh sáng đo và ánh sáng chuẩn tương ứng với ánh sáng đo;

thu thập các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thu được từ ánh sáng đã dò được;

chuyển đổi các tập hợp các mục dữ liệu phân cực thành dạng biểu diễn theo dạng vectơ bao gồm thông tin liên quan tới độ trễ và hướng trục;

lấy trung bình các tập hợp các mục dữ liệu phân cực đã chuyển đổi mà được biểu diễn trong dạng biểu diễn nêu trên;

tính toán độ trễ và hướng trục từ các tập hợp các mục dữ liệu phân cực đã lấy trung bình;

tạo ra các ảnh B-scan nhạy phân cực theo các kiểu khác nhau bằng cách sử dụng độ trễ và hướng trục đã tính toán; và

làm cho khối hiển thị hiển thị ít nhất một trong số các ảnh B-scan nhạy phân cực đã tính toán.

FIG. 1

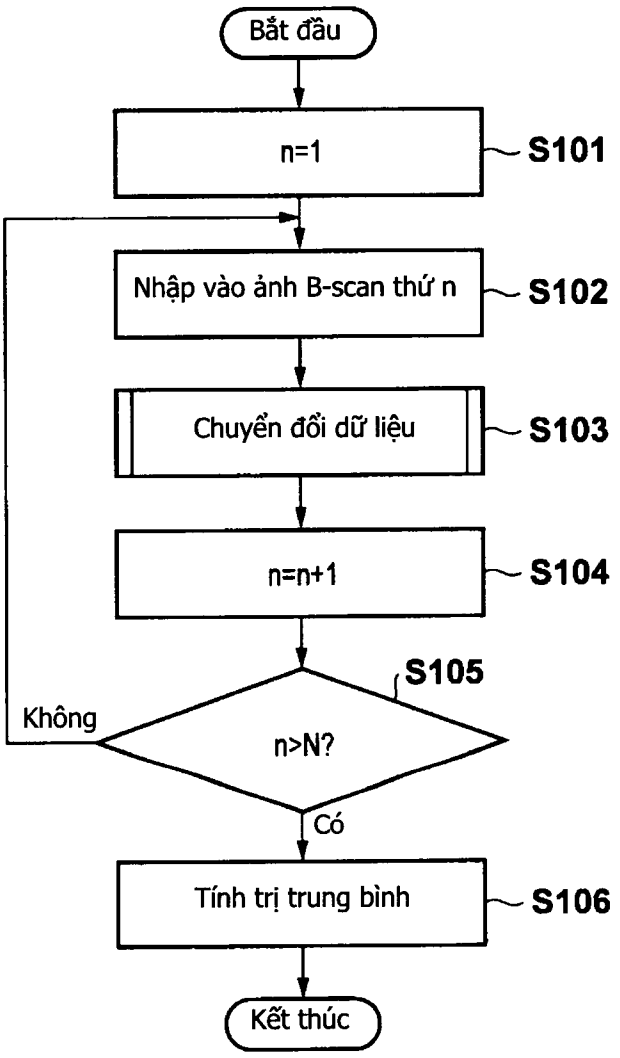

Bắt đầu
n=1
S101
Nhập vào ảnh B-scan thứ n
S102
Chuyển đổi dữ liệu
S103
n=n+1
S104
S105
n>N?
Không
Có
Tính trị trung bình
S106
Kết thúc

FIG. 2

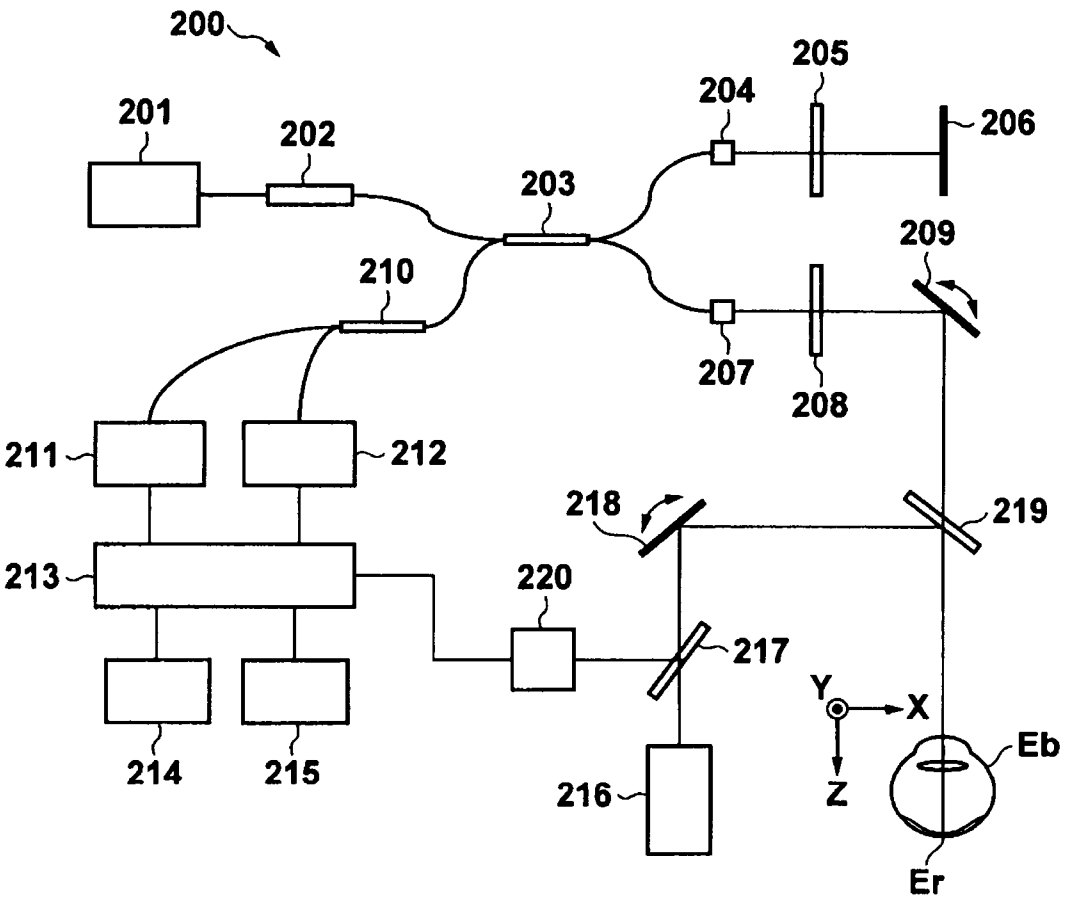

200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
Y
X
Z
Eb
Er

FIG. 3

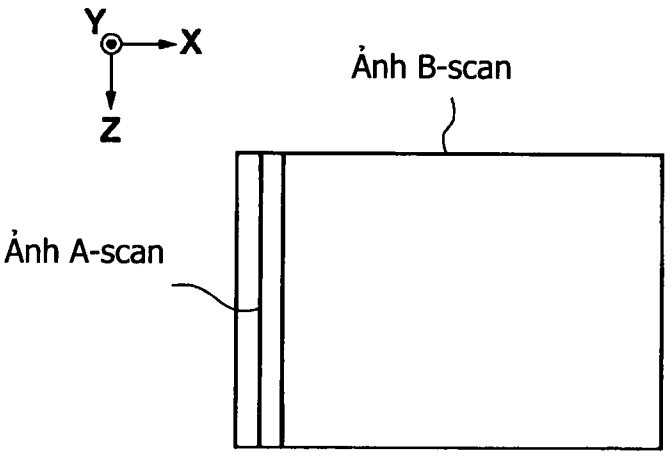


FIG. 4A

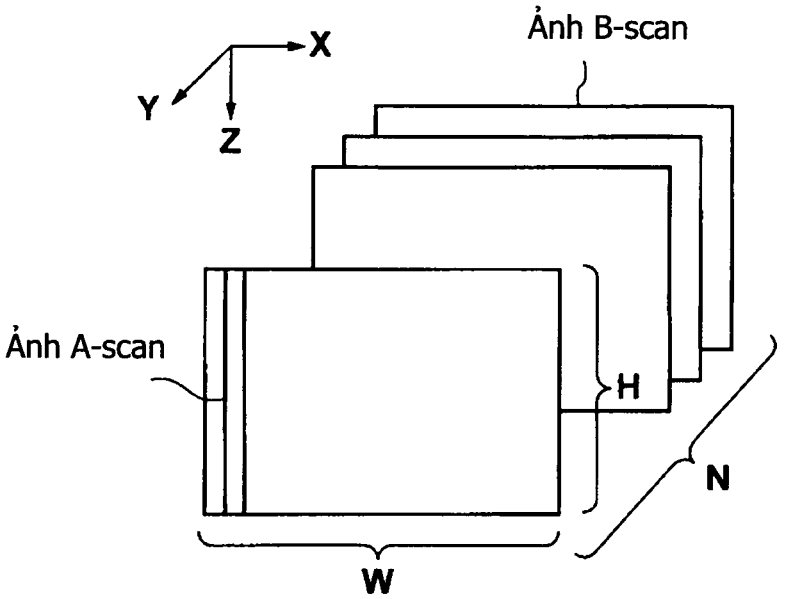


FIG. 4B

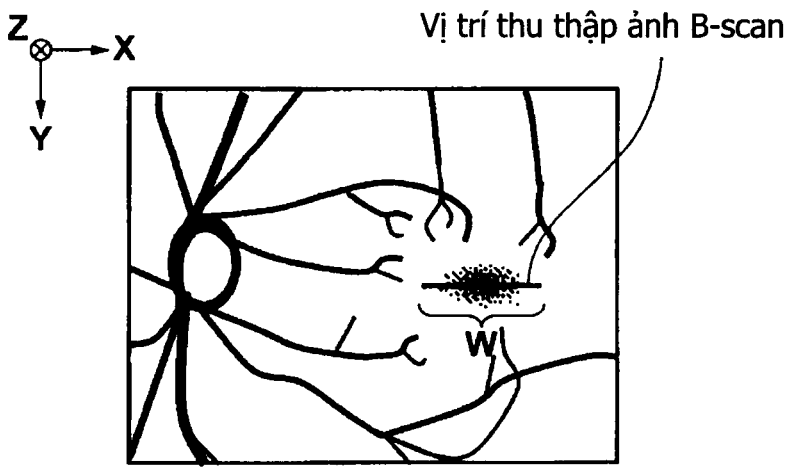


FIG. 5

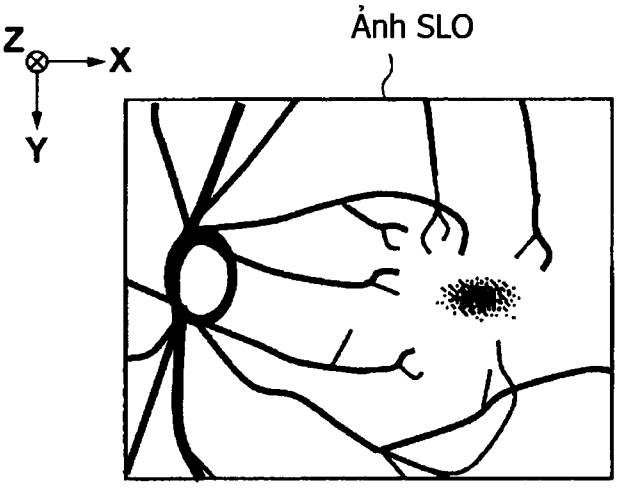

Z
X
Y
Ảnh SLO

FIG. 6

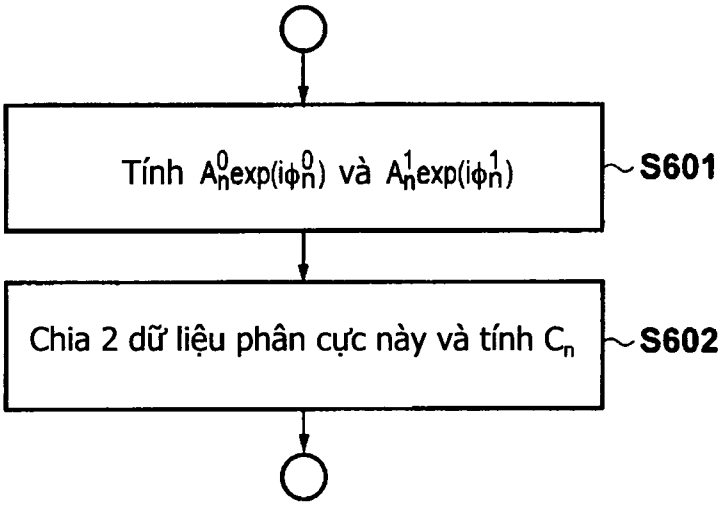

Tính $A_n^0 \exp(i\phi_n^0)$ và $A_n^1 \exp(i\phi_n^1)$
S601
Chia 2 dữ liệu phân cực này và tính C_n
S602

FIG. 7

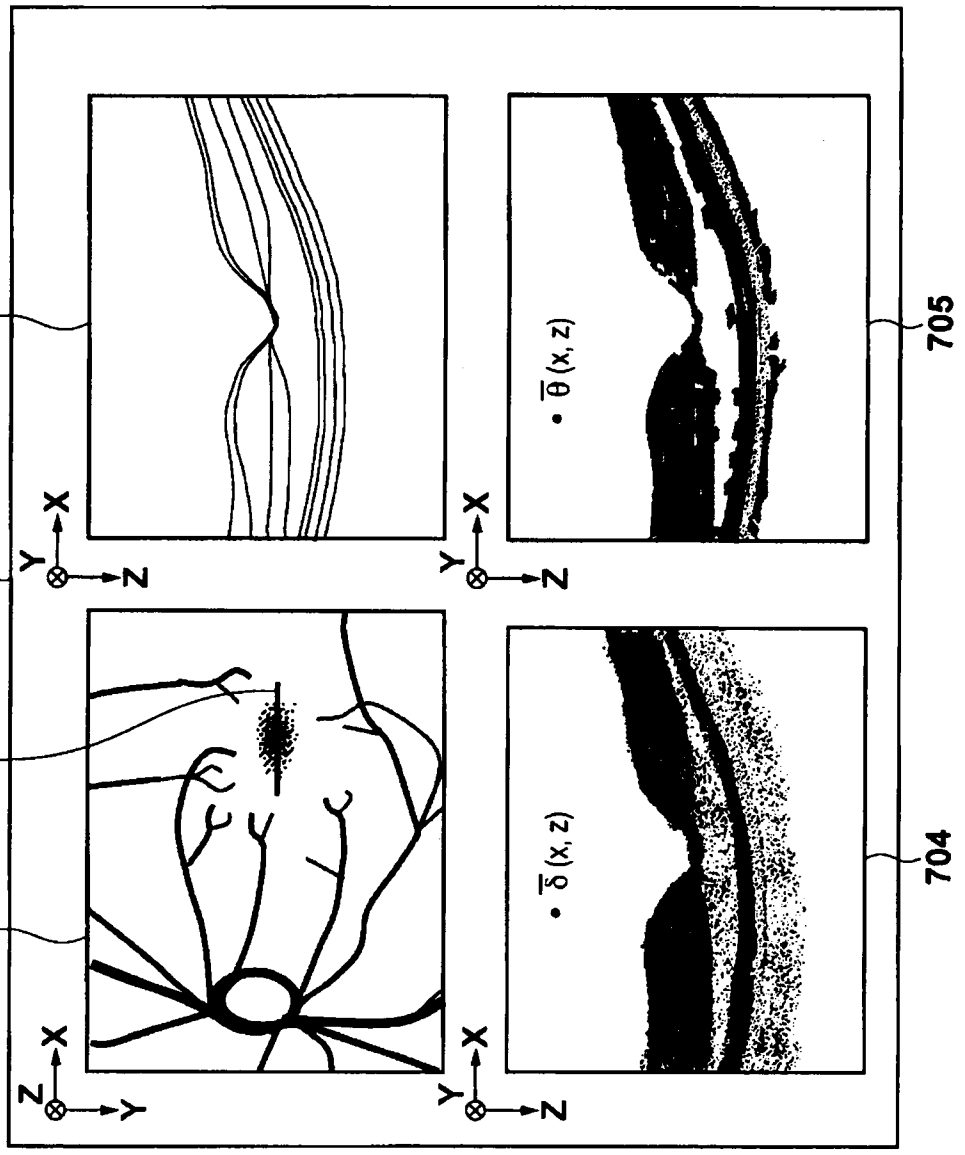


FIG. 8

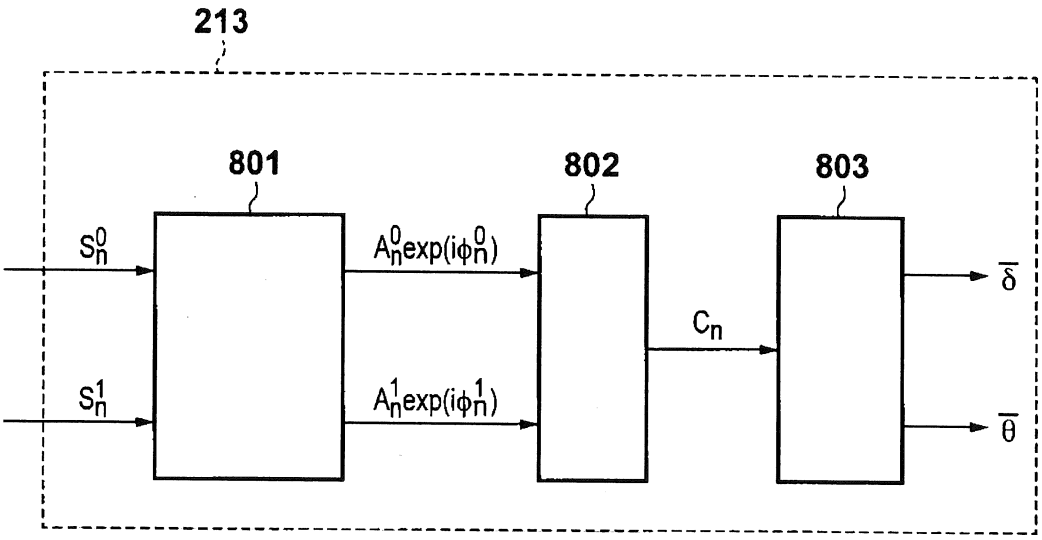

213
801
802
803
S_n^0
S_n^1
$A_n^0 \exp(i\phi_n^0)$
$A_n^1 \exp(i\phi_n^1)$
C_n
$\overline{\delta}$
$\overline{\theta}$

FIG. 9A

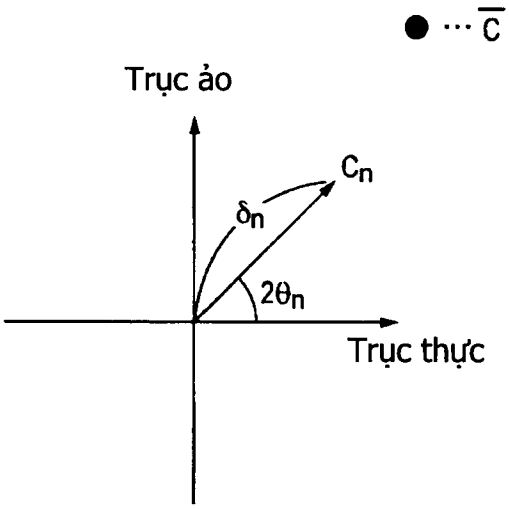


FIG. 9B

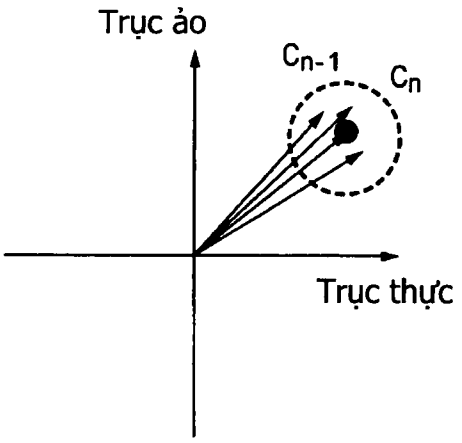


FIG. 9C

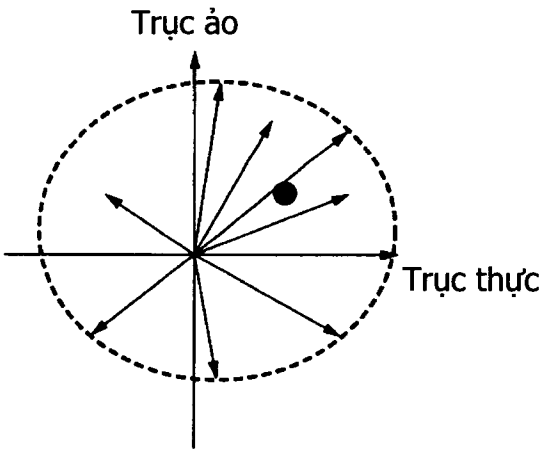
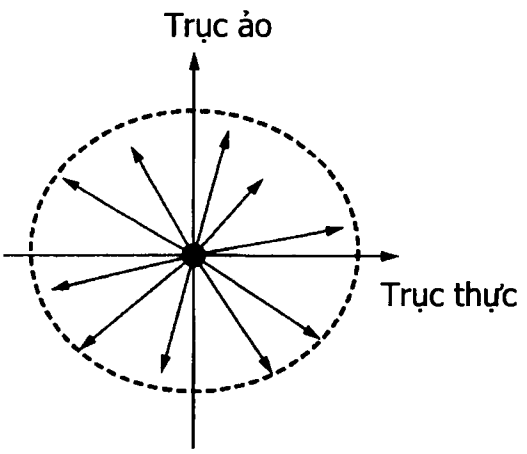


FIG. 9D



F I G. 10A

Số lượng khung (N)	Theo sáng chế	Theo giải pháp đã biết
1	2,58	8,61
5	1,54	5,08
10	0,8	3,96
20	1,3	3,33
30	1,25	3,07
50	1,18	2,73

F I G. 10B

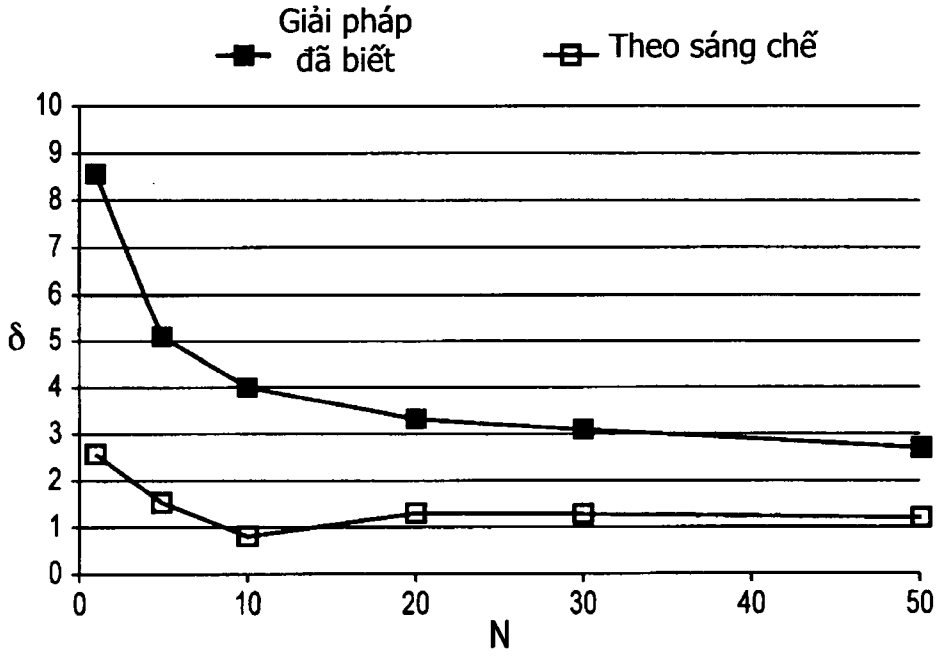


FIG. 11A

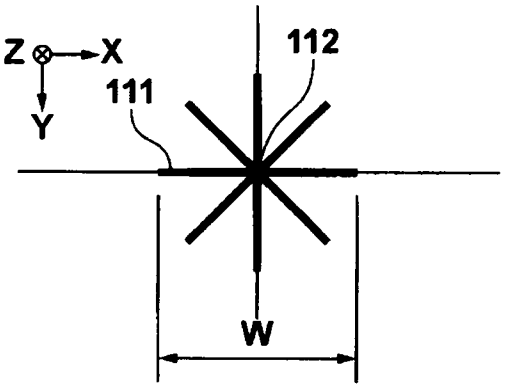


FIG. 11B

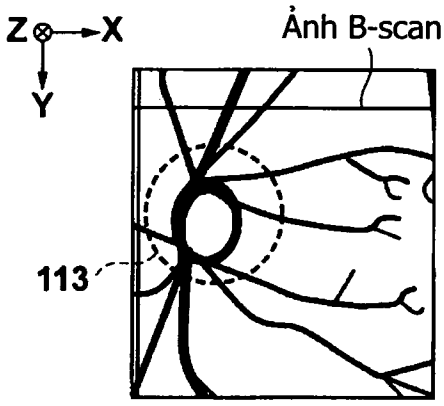


FIG. 11C

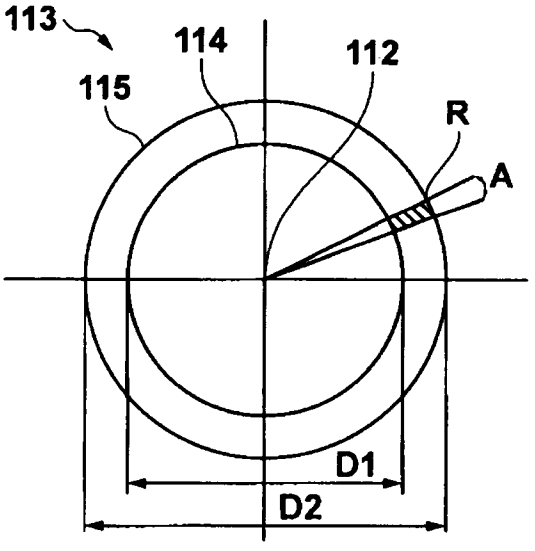


FIG. 12

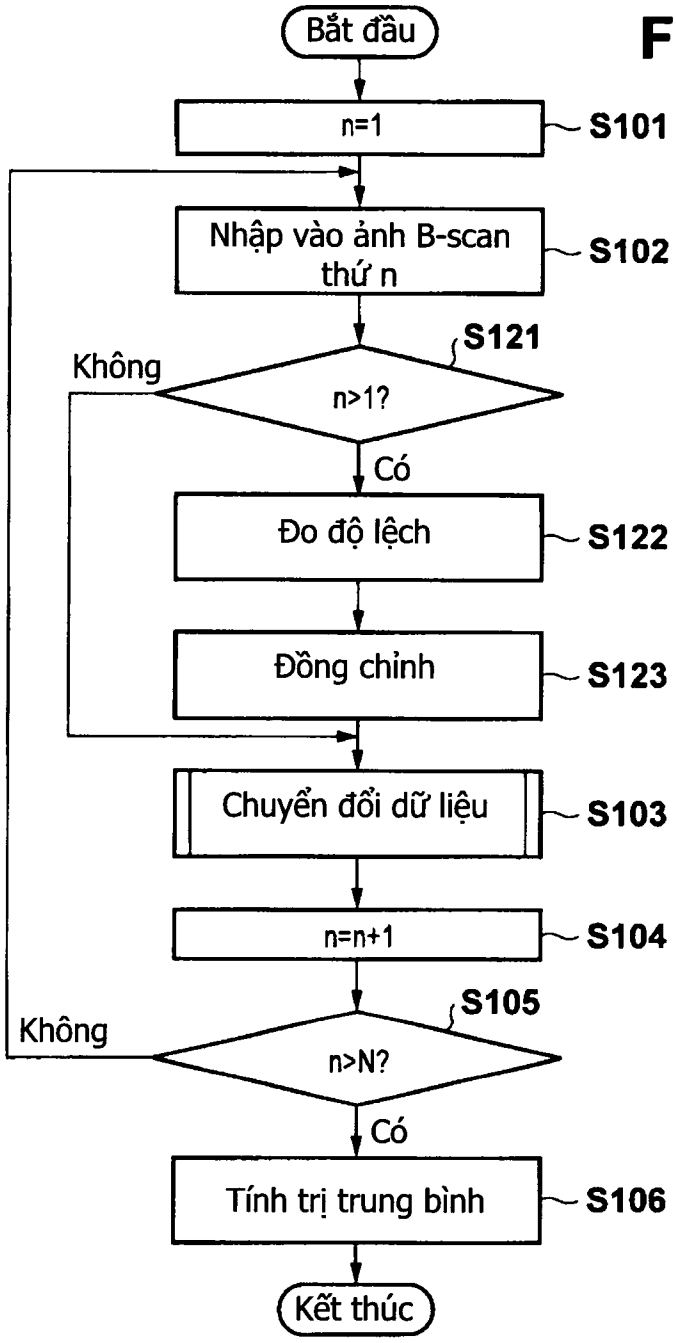

Bắt đầu
n=1
S101
Nhập vào ảnh B-scan thứ n
S102
S121
Không
n>1?
Có
Đo độ lệch
S122
Đồng chỉnh
S123
Chuyển đổi dữ liệu
S103
n=n+1
S104
S105
Không
n>N?
Có
Tính trị trung bình
S106
Kết thúc

FIG. 13A

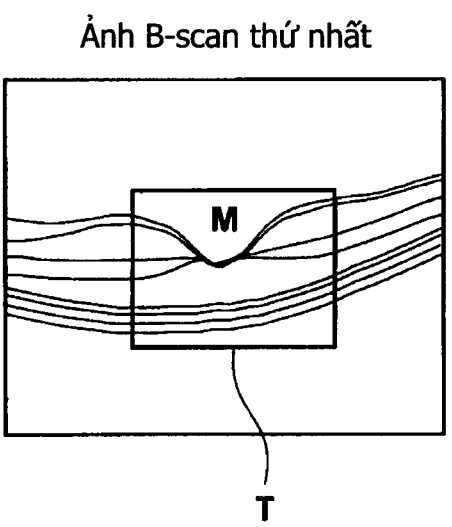


FIG. 13B

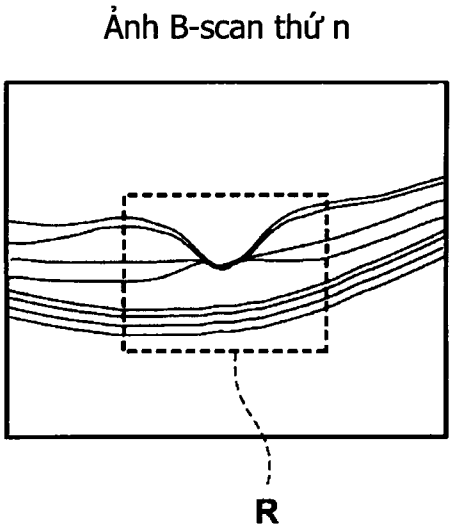


FIG. 14

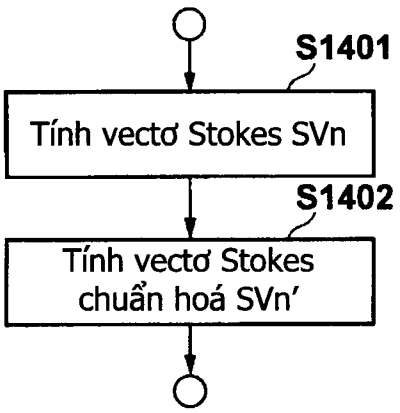
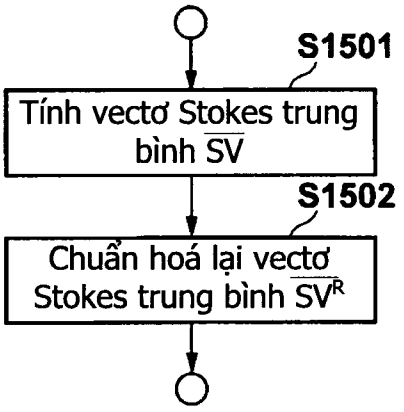



FIG. 15