

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年1月24日(24.01.2019)



(10) 国際公開番号
WO 2019/016887 A1

(51) 国際特許分類:

G01N 21/17 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/026091

(22) 国際出願日: 2017年7月19日(19.07.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(72) 発明者; および

(71) 出願人: 小川 宏 (OGAWA, Hiroshi) [JP/JP];
〒2250011 神奈川県横浜市青葉区あざみ野
3-3-1-45 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人藤央特許事務所
(TOU-OU PATENT FIRM); 〒1050001 東京都
港区虎ノ門一丁目16番4号ア
バン虎ノ門ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

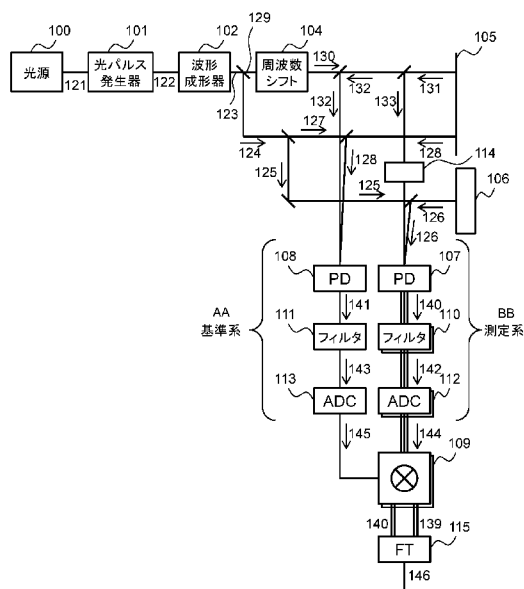
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: TOMOGRAPHIC IMAGE IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 断層画像撮影装置



100 Light source
101 Optical pulse generator
102 Waveform shaper
104 Frequency shift
110,111 Filter
AA Reference system
BB Measurement system

(57) Abstract: The present invention comprises: a light source; a modulator that modulates light; a frequency shifter; a reference reflector that reflects light; an optical path length changing unit that changes an optical path length; a measurement system detection unit including a first light detector and a first AD converter; a reference system detection unit including a second light detector and a second AD converter; a demodulator; and an analysis unit. The first light detector receives input of: light that has been reflected/scattered by an object to be measured; and light that has been reflected by the reference reflector through the frequency shifter and subjected to a change in optical path length by the optical path length changing unit. The second light detector receives input of: light that has been reflected by the reference reflector; and light that has been reflected by the reference reflector through the frequency shifter. The analysis unit analyzes a signal output by the demodulator and calculates the position of a reflection point of the object to be measured.



WO 2019/016887 A1

(57) 要約：光源と、光を変調する変調器と、周波数シフタと、光とを反射する参照用リフレクタと、光路長を変更する光路長変更部と、第1の光検出器と第1のAD変換器とを含む測定系検出部と、第2の光検出器と第2のAD変換器とを含む基準系検出部と、復調器と、解析部とを備え、前記第1の光検出器には、測定対象物で反射・散乱した光と、前記周波数シフタを経由して前記参照用リフレクタで反射し前記光路長変更部で光路長が変更された光とが入力され、前記第2の光検出器には、前記参照用リフレクタで反射した光と、前記周波数シフタを経由して前記参照用リフレクタで反射した光とが入力され、前記解析部は、前記復調器が出力した信号を解析して、測定対象物の反射点の位置を算出する。

明 細 書

発明の名称：断層画像撮影装置

技術分野

[0001] 本発明は、対象物の断層画像を撮影する断層画像撮影装置に関し、特に、M系列符号などの所定周期での繰り返す特性を有する符号を用いた断層画像撮影装置に関する。

背景技術

[0002] 本技術分野の背景技術として、以下の先行技術がある。特許文献1（特開2011-117789号公報）には、所定の波長帯域を有する広帯域光パルス生成する広帯域光パルス生成ユニットと、前記広帯域光パルスを分波して、波長帯域が前記所定の波長帯域より狭い複数の狭帯域光パルスを発生し、夫々の前記狭帯域光パルスを異なる時間遅延させた後合波して、中心波長の異なる複数の光パルスからなる光パルス列を生成する光パルス分波遅延合波ユニットと、前記光パルス列を、測定光パルス列と参照光パルス列に分岐する光分岐器と、前記測定光パルス列を測定対象に照射し、且つ前記測定光パルス列が前記測定対象により後方散乱されて発生した後方散乱光パルス列を補足する光パルス照射／補足ユニットと、前記参照光パルス列と前記後方散乱光パルス列を結合して、結合光パルス列を形成する光結合器と、前記結合光パルス列の各光パルスの光強度を測定する光パルス強度測定ユニットと、前記結合光パルス列の各光パルスの波数により、前記光強度に対応する測定データをフーリエ変換し、フーリエ変換した前記測定データに基づいて、前記測定対象の断層像を導出する断層像導出ユニットを有する、オプティカル・コヒーレンス・トモグラフィー装置が記載されている。

[0003] また、特許文献2（特開2006-184284号公報）には、波数を階段状に切り替え可能な手段を有する光干渉トモグラフィー装置の光源が記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2011-117789号公報
特許文献2：特開2006-184284号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 前述した従来の光干渉断層画像撮影装置では、パルス光を測定対象に照射して、測定対象内での散乱光を捕捉する。このため、パルス幅内での減衰量の差が大きく、すなわち、光の入射側の散乱光の信号が強く、奥側の散乱光の信号が弱くなる。このため、所定の深さにわたる鮮明な断層画像の撮影が困難になる。
- [0006] また、深さ方向の分解能（スライス幅）を向上し、高分解能の断層画像を得ることが望まれている。
- [0007] さらに、シンボル長が長い符号を使って分解能を向上することが検討されているが、弱い反射光を集めるために測定時間が長くなる。特に、生体は鼓動など動いているので、測定時間が長いと画像が不鮮明になる問題が生じる。
- [0008] 本発明は、短い測定時間で、かつ、測定対象物の深部においても高い分解能で高い信号対雑音比の断層画像を得られる断層画像撮影装置の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

- [0009] 本願において開示される発明の代表的な一例を示せば以下の通りである。すなわち、断層画像撮影装置であって、コヒーレントな光を発生する光源と、前記光源が発生した光を自己相関特性を有する符号で変調する変調器と、前記変調器によって変調された光の周波数を変換する周波数シフタと、前記周波数シフタを経由した光と、前記変調器によって変調された光とを反射する参照用リフレクタと、前記周波数シフタを経由して前記参照用リフレクタで反射した光の光路長を変更する光路長変更部と、光を検出する第1の光検

出器と前記第1の光検出器の出力信号をデジタル信号に変換する第1のAD変換器とを含む測定系検出部と、光を検出する第2の光検出器と前記第2の光検出器の出力信号をデジタル信号に変換する第2のAD変換器とを含む基準系検出部と、前記測定系検出部が出力した信号と前記基準系検出部が出力した信号とを合成する復調器と、前記復調器が出力した信号を解析する解析部とを備え、前記第1の光検出器には、測定対象物で反射・散乱した光と、前記周波数シフタを經由して前記参照用リフレクタで反射し前記光路長変更部で光路長が変更された光とが入力され、前記第2の光検出器には、前記参照用リフレクタで反射した光と、前記周波数シフタを經由して前記参照用リフレクタで反射した光とが入力され、前記解析部は、前記復調器が出力した信号を解析して、測定対象物の反射点の位置を算出することを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明の一態様によれば、測定対象物の深部においても高分解能で高信号対雑音比（SNR）の断層画像を高速に撮影できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1の実施例の断層画像撮影装置の構成を示す図である。

[図2]第1の実施例の変調器の出力光の例を示す図である。

[図3]光検出器及び光路長変更部の概念を示す図である。

[図4]光路長変更部の構成例を示す図である。

[図5]光路長変更部の構成例を示す図である。

[図6]光検出器から出力される信号から測定対象物の内部の反射位置と反射率を求める方法を示す図である。

[図7]自己相関による反射点の観測範囲を示す図である。

[図8]光検出器から出力される信号を示す図である。

[図9]本実施例の断層画像撮影装置による測定範囲を示す図である。

[図10]第2の実施例の断層画像撮影装置の構成を示す図である。

[図11]第2の実施例の変調器の出力光の例を示す図である。

[図12]第3の実施例の断層画像撮影装置の構成を示す図である。

[図13]第3の実施例の変調器の出力光の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施例を説明する。

[0013] <第1実施例>

図1は、本発明の第1の実施例の断層画像撮影装置の構成を示す図である。

[0014] 第1の実施例の断層画像撮影装置は、光源100、光パルス発生器101、波形成形器102、周波数シフタ104、光路長変更部114、光検出器107、108、フィルタ110、111、AD変換器112、113、復調器109及びフーリエ変換器115を有する。

[0015] 光源100は、コヒーレントな連続光121を発生する光源で、例えばレーザー光源を用いることができる。また、光源100から出射する光は、所定の波長範囲において、所定の周波数ステップで波長が変化するように制御する。光源100から出射する光の周波数の帯域幅（周波数変化の範囲）は、測定対象物106の画像の分解能に対応している。

[0016] 光パルス発生器101は、光源100が発生した光（連続光）を、所定幅かつ所定形状のパルス光122に変換する。具体的には、光パルス発生器101は、光コム発生器で構成され所定のマイクロ波あるいはミリ波高周波信号で光コム発生器を励振することにより一定間隔のフェムト秒パルス光を得ることができる。例えば、25GHzの信号で制御すると、図2に示すように、40ピコ秒間隔（25Gbps）のフェムト秒パルス光を生成できる。

[0017] 光パルス発生器101が発生するフェムト秒光パルス信号122のデューティ比は非常に小さく、測定対象範囲が狭くなり、光軸方向以外からの散乱光の影響を小さくできる。また、測定対象範囲内の減衰量の変化量を小さくでき、良質な画像を得ることができる。これによって、測定対象物106での反射光の信号対雑音比が向上する。

[0018] 一方、光パルス信号122のデューティ比が小さ過ぎると、安全上から光のピーク値に制限があるとすると、光の平均エネルギーが小さくなり、測定

対象物 106 に照射した場合に検出可能な深さが浅くなるか、又は、反射パルスの積算回数が増大し測定対象点に対する測定時間が長くなる。

[0019] 波形成形器 102 は、光パルス発生器 101 から出力された、一定の時間間隔で繰り返す光パルス信号 122 を所定の時間幅を有するパルス波形に成形し、さらに、必要なパルス数を必要な時間軸上の点に複製した信号を出力する。また、前記パルス波形と同じ包絡線波形で位相を反転した π 相の光パルスを生成し同様に必要な位置に必要な数を複製をした信号を出力する。これらの機能により波形整形器 102 はシンボル長 2^{n-1} の M 系列符号を生成し信号 123 を出力する。

[0020] 本実施例では波形整形器 102 は、入力信号 122 を、分光器でスペクトル分解し、スペクトル毎に位相と振幅を位相空間変調器を用いて調整し、再度スペクトル合成を行うことにより所定の M 系列符号を生成し出力する。これにより固定された M 系列符号信号を繰り返し生成し出力する。空間位相変調器を使用することによって、高速で変調でき、M 系列符号の 1 ビットに対応するパルスを所定の幅に設定できることから、測定対象範囲を所定の範囲に設定できる。所定の測定範囲は測定する対象の光の減衰特性、散乱特性により異なるが、所定の全範囲において十分な信号対雑音比が得られることが望ましい。実際の生体の観測においては、1 ビットのパルスで決まる測定範囲は 0.5 mm 程度以下であることが要求される。

[0021] 本実施例で例示する空間位相変調器は、図 2 に示すように、波形成形器 102 が複製した光パルス信号をチェビシェフ形などの所定の波形に整形した信号 123 を出力する。チェビシェフ形の波形を使用することによって、周波数ドメインにおけるサイドローブを低減し、隣接する波形間での干渉を低減できるので、測定対象物 106 における分解能を向上できる。なお、空間位相変調器の出力信号の波形は、チェビシェフ形でなくても、サイドローブが十分に小さい波形であればよい。

[0022] 図示した波形成形機 102 では、40 ピコ秒の中に 127 個のパルス（127 ビットの符号）を生成しており、3.2 THz で変調された光信号 12

3が生成される。なお、一つの光パルスから空間位相変調器が生成するパルス、すなわち、M系列符号のシンボル長は127ビットではなく、より長い255ビット以上でも、より短い63ビット以下でもよい。

[0023] Arrayed-Waveguide Grating (AWG) を用いて波形整形器102を構成しても、空間位相変調器を用いた時と同様、高速で変調できる。このほか周波数ドメインでスペクトラムを静的に位相と振幅を制御して、固定したM系列2相変調信号を作ることができる。

[0024] また、図2に示すように、隣接するパルスは離れており、パルス間でレベルがゼロになってもよいし、サイドローブが繋がっており、パルス間でレベルがゼロにならなくてもよい。

[0025] 波形整形器102から出力された信号123は、信号124と信号129とに分岐し、信号129は周波数シフタ104に入力される。一方、信号124は、信号125と信号127とにさらに分岐し、信号127は参照用リフレクタ105によって反射して信号128となり、進行方向を変えて光検出器108に導かれる。また、信号125は測定対象物106に照射され、測定対象物106で反射散乱し、信号126として光検出器107に導かれる。測定対象物106からの反射光126には、測定対象物106内の有限区間の反射点の情報が含まれる。なお、有限区間以外の反射点の情報は非常に高い周波数の雑音として散乱される。参照用リフレクタは、必ずしもリフレクタである必要はなく信号130と信号127が同期して、同じ光路長を保ちつつ信号131と信号128に折り返される機能を持てばよい。例えば、外部電界で実効長が変化するファイバ内で折り返す構造とし、外部電界を変えることにより、高速に実効長を高速に変えることができる。

[0026] 周波数シフタ104は、入力された信号128の周波数を変換し信号130を出力する。この周波数シフタ104で周波数を変換された信号は、光検出器107、108で合成され、周波数シフト量のビートとして周波数差信号140、141が検出される(図8(A)参照)。このため、周波数シフト量は、光検出器107、108以後に電気信号として処理しやすい周波数

(例えば、100MHz)が望ましい。周波数シフタ104から出力された信号130は参照用リフレクタ105によって反射して信号131となり、その一部が分岐して光検出器107に導かれる信号133となる。信号133は、光路長変更部114を経由して光路長が異なる(すなわち、波面が異なる)光が並列して進行する光信号となり、光検出器107に導かれる。また、反射した信号130の一部が分岐した信号132は光検出器108に導かれる。

[0027] 基準系の光検出器108には、周波数シフタ104を経由して参照用リフレクタ105で反射した信号132と、参照用リフレクタ105で反射した信号128と、つまり、信号132の振幅と信号128の振幅とが加算された光信号が入力される。光検出器108に入力される二つの信号の相関が取れば、二つの信号の周波数差信号141が出力される。光検出器108に入力される二つの信号は同じ参照用リフレクタ105で反射して光検出器108に導かれるので、光路長が同じであり、常にM系列符号の相関が取れるため、光検出器108からは二つの信号の周波数差信号141が出力される。

[0028] 測定系の光検出器107には、参照用リフレクタ105で反射して、周波数シフタ104を経由した信号131と、測定対象物106で反射散乱した信号126と、つまり、信号132の振幅と信号126の振幅とが加算された光信号が入力される。光検出器108でも、光検出器107と同様に、入力される二つの信号の相関が取れば、二つの信号の周波数差信号140が出力される。一方、光検出器107に入力される二つの信号の相関が取れなければ、超高速のM系列信号でスペクトル拡散されたノイズと直流信号しか検出されない(図8(C)参照)。

[0029] 二つの光検出器107、108から出力された信号140、141は、フィルタ110、111によって必要周波数帯域の信号を抽出した(直流成分と周波数差信号=100MHzのn倍波、その他のノイズを除去した)後、AD変換器112、113によってデジタル信号へ変換される。復調器10

9は、AD変換された基準系の周波数差信号145を基準信号として、測定対象物106の反射光から生成された測定系の周波数差信号144を複素(IQ)復調する。なお、図1では、一つの復調器109を設けたが、測定系の信号144と基準系の信号145とで別の複素(IQ)復調器を設け、復調後のIQ信号を合成して、測定対象物106で反射した信号を抽出してもよい。この詳細は図6を用いて説明する。

[0030] フーリエ変換器115は、反射点の位置を解析する解析部として機能し、復調器109で得られた反射点の情報、すなわち、周波数ドメインスペクトラムをフーリエ逆変換し、反射点の位置を得る。具体的には、離散フーリエ変換(DFT)又はフーリエ級数展開を行うことによって反射点の位置及び当該位置での反射光の強さを知ることができる。離散フーリエ変換を行う場合、さらに補間をするとよい。

[0031] 次に、光路長変更部114の構成を説明する。光路長変更部114としては、鏡面を階段状に形成した鏡、実効長が異なるファイバを含む光路、移動機能を有する鏡などを採用できる。以下、各機構を説明する。

[0032] 図3は、光検出器107及び光路長変更部114の概念を示す図である。

[0033] 光検出器107の各検出素子(例えば、フォトダイオード)1071には、測定対象物106で反射した光126と、参照用リフレクタ105で反射した光133が導入される。図3では、説明の便宜上、各検出素子1071への反射光126の光路長が異なって図示されているが、実際は測定対象物106から各検出素子1071までの光路長は同じである。

[0034] また、光検出器107について説明するが、光検出器108は、光検出器107と同じ構成を有するが、光路長変更部114を経由しない光が導入される。

[0035] 前述したように、参照用リフレクタ105で反射した光133は光路長が異なる光成分を含んでおり、各検出素子1071に入射する光の光路長が異なっている。図3では、左側の検出素子1071への光路長は短く、右側の検出素子1071への光路長は長くなっている。

- [0036] 各検出素子1071への光路長の差は、M系列符号の1ビット以下に設定して、特定の検出素子1071でM系列符号の自己相関が取れ、他の検出素子1071ではM系列符号の自己相関が取れないようにする。このようにすることで、測定対象物106の深さ方向の特定の範囲からの（光路長が特定の範囲の）反射光を抽出できる。
- [0037] 各検出素子1071への光路長の差は、M系列符号の波形によって変えるとよい。例えば、M系列符号のパルス波形の半周期だけずれた状態でもパルス波形が重なる場合でも符号間の自己相関が取れて、重なりに応じて大ききの周波数差信号が得られる（図8（B）参照）。一方、M系列符号のパルス波形の半周期だけずれた状態ではパルス波形が重ならない場合は、符号間の自己相関が取れずに、周波数差信号は得られない（図8（C）参照）。このため、パルス波形の重なりが小さい場合には光路長の差を大きくし、パルス波形の重なりが大きい場合には光路長の差を小さくするとよい。
- [0038] 光検出器107で、測定対象物106で反射した光126と、参照用リフレクタ105で反射した光133とが加算されると、反射光126と反射光133との周波数差の信号が得られ、この周波数差の信号にはM系列符号が重畳されている。すなわち、反射光126に含まれるM系列符号と反射光133に含まれるM系列符号とのビット位置が同じであれば、二つのM系列符号の自己相関が取れ、前述した周波数差の信号の位相に対応する信号140が得られる。一方、反射光126に含まれるM系列符号と反射光133に含まれるM系列符号とのビット位置が異なっていれば、二つのM系列符号の相関が取れずに、光検出器107からはノイズレベルの信号140が出力される。
- [0039] このため、光検出器107の各検出素子1071では、測定対象物106で反射した光路長が異なる光、すなわち、光検出器107は、測定対象物106の異なる深さの箇所から反射した光の強度を検出できる。
- [0040] 光検出器107から出力される信号140は、フィルタ110によって不要な周波数成分が除去され、信号142としてAD変換器112に入力され

る。AD変換器112は、入力されたアナログ信号142をデジタル信号144に変換し、IQ復調器109に入力する。

[0041] また、光検出器108で参照用リフレクタ105で反射した光128と光132とが加算されると、反射光128と反射光132との周波数差の信号が得られ、この周波数差の信号にはM系列符号が重畳されている。光検出器108の場合、反射光128と反射光132との光路長は同じなので、反射光128に含まれるM系列符号と反射光132に含まれるM系列符号とのビット位置が同じとなり、二つのM系列符号の自己相関が取れ、前述した周波数差の信号の位相に対応する信号140が得られる。

[0042] 光検出器108から出力される信号141は、フィルタ110によって不要な周波数成分が除去され、信号143としてAD変換器113に入力される。AD変換器113は、入力されたアナログ信号143をデジタル信号145に変換し、IQ復調器109に入力する。

[0043] IQ復調器109は、参照用リフレクタ105からの反射光の成分のみを含む信号145を局部発振信号として、測定対象物106からの反射光の成分を含む信号144を復調する。そして、IQ復調器109からは、測定対象物106の深さ（光路長に対応する位置）からの反射光の強度に対応する信号が得られる。

[0044] 図4は、光路長変更部114の具体的な構成例を示す図である。

[0045] 光路長変更部114は、参照用リフレクタ105で反射した光の光路長を変えるため、図4に示すように、鏡面が階段状に形成された鏡1143を有する。

[0046] 光路長変更部114に導入された光は、凹レンズ1141で拡散され、凸レンズ1142で平行光となり、鏡1143で反射する。鏡1143は、鏡面が階段状に形成されているので、各段階で反射した光は異なる光路長で出力される。

[0047] 1段階の鏡面の光路長の差は、図4に示す鏡面の段階の横方向の段差の大きさによって定まる。

- [0048] 光路長変更部 114 から出射する光は、光検出器 107 の検出素子 1071 のピッチと等しくなるよう出力される。
- [0049] 図 5 は、光路長変更部 114 の別の構成を示す図である。
- [0050] 図 5 に示す光路長変更部 114 では、長さが異なる光ファイバ 1147 を用いて、光路長を変更する。具体的には、光路長変更部 114 に入力した光は、スラブ導波路 1145 で拡散し、長さが異なる複数の光ファイバ 1147 へ導出する。そして、各光ファイバ 1147 を伝搬した光は、スラブ導波路 1146 によって、光検出器 107 の検出素子 1071 のピッチと等しくなるように集約され、光路長変更部 114 から出力される。
- [0051] 図 5 に示す光路長変更部 114 では、各光ファイバ 1147 の長さを異ならせたが、一部又は全部の光ファイバ 1147 の長さを等しくして、各光ファイバ 1147 に電界をかけて光の伝搬速度を制御してもよい。
- [0052] さらに、光路長変更部 114 は、鏡を動かして光路長を変更するものでもよい。
- [0053] 図 6 は、光検出器 107 から出力される信号 140 から測定対象物 106 の内部の反射位置と反射率を求める方法を示す図である。図 6 では、参照用リフレクタ 105 で反射した参照光 133 と測定対象物 106 で反射した反射光 126 とに含まれる M 系列符号を時間軸上に表している。なお、反射光 126 には、測定対象物 106 の内部の複数の位置で反射した光が含まれるが、説明の便宜上、1 点からの反射光を用いて説明する。
- [0054] 測定系の光検出器 107 において、参照光 133 と反射光 126 とは、元々は同じ信号ではあるが反射点の位置が r （すなわち光路長が $2r$ ）だけ異なるため、光路長の差の分だけ信号の位相がずれる。光検出器 107 において、参照光 133 と反射光 126 とが加算されると、M 系列符号が重畳されている搬送波である光の周波数差の信号（本実施例では 100MHz ）が出力される。
- [0055] 一方、基準系の光検出器 108 では、参照光 132 と参照光 128 とは、元々は同じ信号ではあり、反射点の位置（光路長）は同じである。このため

、光検出器 107 において、参照光 132 と反射光 128 とが加算されると、M 系列符号が重畳されている搬送波である光の周波数差の信号（本実施例では 100 MHz）が出力される。

[0056] この基準系の周波数差信号と測定系の周波数差信号とは、位相が ϕ だけずれている。光路長の差 $2r$ をパラメータとすると、 $\phi = 2r\omega/c$ で表すことができる（ ω は光源 100 から出力される光の周波数）。

[0057] 光検出器 107 の一つの検出素子 1071 では、M 系列符号の自己相関特性によって特定のタイミングで光検出器 107 に入射した光が抽出される。光源 100 は波長を変化させて光を出力するので、複数周波数において振幅と位相が異なる複数の信号が得られる。振幅は測定対象物 106 の内部の反射点における反射率によって決まり、位相は光路差によって決まることから、振幅と位相との組のデータを複数集めて解析することによって、各反射点における反射率を算出する。

[0058] 以上に説明した算出方法を、数式を用いて説明する。

[0059] 測定対象物 106 に照射される照射光を送信信号 $x(\omega, t)$ とし、測定対象物 106 で反射・散乱する反射光を受信信号 $y(\omega, t)$ として、照射光と反射光との相関 $S(t)$ を求める。以下の計算では、パルス列ではなく、一般化して自己相関を計算することとする。

[0060] 送信信号 $x(\omega, t)$ は、数式 (1) で表される。

[0061] [数1]

$$x(\omega, t) = \sum_{k=0}^{l-1} M(k) \cdot m(t - kT) \cdot \exp(j\omega t) \cdot f(t - kT) \cdots (1)$$

[0062] ここで、M 系列符号のパルス波形を表す関数として、数式 (2) で表される関数を $f(t)$ を定める。

[0063] [数2]

$$\begin{aligned} f(t) &\neq 0: -T < t < T \\ f(t) &= 0: t < -T \text{ or } T < t \cdots (2) \end{aligned}$$

[0064] そして、M系列信号の1ビットのみに着目すると、送信信号パルスは数式（3）で表される。

[0065] [数3]

$$x(\omega, t) = \exp(j\omega t) \cdot f(t) \cdots (3)$$

[0066] そして、受信信号パルスは数式（4）で表される。

[0067] [数4]

$$y(\omega, t) = \int A(r) \cdot x\left(\omega, t - t_d - \frac{2r}{C}\right) dr \cdots (4)$$

[0068] 測定対象物106の反射点は、参照用リフレクタ105の反射点と比べて、距離 r だけ離れている。参照用リフレクタ105の反射点位置は $(C \cdot t_d) / 2$ で表され、測定対象物106の反射点の位置は $r + (C \cdot t_d) / 2$ で表される。測定対象物106内の位置は $(C \cdot t_d) / 2$ の近傍の反射係数を $A(r)$ で表すと、相関 $S(t)$ は数式（5）、（6）で表される。

[0069] [数5]

$$S(\omega) = \int y(t) \cdot \bar{x}(t - t_d) dt \cdots (5)$$

[0070] [数6]

$$\begin{aligned} & \int S(\omega) \\ &= \int \left\{ \int A(r) \cdot \exp\left[j\omega \cdot \left(t - t_d - \frac{2r}{C}\right)\right] \cdot f\left(t - t_d - \frac{2r}{C}\right) dr \right\} \\ & \quad \cdot \exp[-j\omega \cdot (t - t_d)] \cdot \bar{f}(t - t_d) dt \\ &= \int A(r) \cdot \exp\left[j\omega \cdot \left(-\frac{2r}{C}\right)\right] \\ & \quad \cdot \left[\int f\left(t - t_d - \frac{2r}{C}\right) \cdot \bar{f}(t - t_d) dt \right] dr \cdots (6) \end{aligned}$$

[0071] ここで、数式（7）の条件から r の範囲が決定され、数式（6）の積分範

囲は有限に決定される。まず、 t について積分を行う。

[0072] [数7]

$$\int f\left(t - t_d - \frac{2r}{C}\right) \cdot \bar{f}(t - t_d) dt \neq 0 \dots (7)$$

[0073] [数8]

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} f\left(t - t_d - \frac{2r}{C}\right) \cdot \bar{f}(t - t_d) dt \\ = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f\left(t - \frac{2r}{C}\right) \cdot \bar{f}(t) dt \dots (8) \end{aligned}$$

[0074] 従って、 r の範囲は、数式 (9) の条件を満たすことが必要であり、数式 (9) は数式 (10)、(11) に書き換えることができる。さらに、相関 $S(t)$ は数式 (12) で表される。なお、以後の数式において、 T は M 系列符号のビット長である。

[0075] [数9]

$$\begin{aligned} -\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} \\ -\frac{T}{2} < t - \frac{2r}{C} < \frac{T}{2} \\ -T < -\frac{2r}{C} < T \quad \dots (9) \end{aligned}$$

[0076] [数10]

$$-T < -\frac{2r}{C} < T \dots (10)$$

[0077] [数11]

$$-\frac{CT}{2} < r < \frac{CT}{2} \dots (11)$$

[0078] [数12]

$$S(\omega) = \int_{-\frac{CT}{2}}^{\frac{CT}{2}} A(r) \cdot \exp \left[j\omega \cdot \left(-\frac{2r}{C} \right) \right] \cdot \left[\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t - \frac{2r}{C}) \cdot \bar{f}(t) dt \right] dr \cdots (12)$$

[0079] 相関 $S(\omega)$ は積分範囲が有限であるので、 $A(r)$ はフーリエ級数で表すことができる。ここで ω を数式 (13) で定義し、 $a(r)$ を数式 (14) で定義すると、相関 $S(n, \omega)$ は数式 (15) で表すことができる。

[0080] [数13]

$$\omega = \omega_0 + n \cdot \omega_s \cdots (13)$$

[0081] [数14]

$$a(r) \equiv A(r) \cdot \exp \left(j\omega_0 \cdot \frac{2r}{C} \right) \cdot \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t - \frac{2r}{C}) \cdot \bar{f}(t) dt \cdots (14)$$

[0082] [数15]

$$S(n \cdot \omega_s) = \int_{-\frac{CT}{2}}^{\frac{CT}{2}} a(r) \cdot \exp \left[-j \cdot n \cdot \omega_s \cdot \left(-\frac{2r}{C} \right) \right] dr \cdots (15)$$

[0083] 従って $\exp \left[-j \cdot \omega_s \cdot \left(-\frac{2r}{C} \right) \right]$ の周期を CT とすると、 $a(r)$ の FS 係数が求まる。従って、 ω_s は数式 (16) (17) で表され、 $\exp \left[-j \cdot \omega_s \cdot \left(-\frac{2r}{C} \right) \right]$ は、数式 (18) で表される。

[0084] [数16]

$$\omega_s \cdot \left(-\frac{2CT}{C} \right) = 2\pi \cdots (16)$$

[0085]

[数17]

$$\omega_s = \frac{\pi}{T} \dots (17)$$

[0086] [数18]

$$\exp \left[-j \cdot \omega_s \cdot \left(-\frac{2r}{C} \right) \right]_s = \exp \left[j \cdot \frac{2\pi r}{CT} \right] \dots (18)$$

[0087] 以上を用いると、光源101が発生する光の波長（周波数）毎の相関は数式（19）で表され、 $a(r)$ のFS係数が得られる。そして、 $a(r)$ は数式（20）で表される。

[0088] [数19]

$$S_n = S(n \cdot \omega_s) = \int_{-\frac{CT}{2}}^{\frac{CT}{2}} a(r) \cdot \exp \left[j \cdot \left(\frac{2r}{C} \right) \right] dr \dots (19)$$

[0089] [数20]

$$a(r) = \frac{1}{CT} \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_n \exp \left[j \cdot n \cdot \frac{2\pi r}{CT} \right] \dots (20)$$

[0090] ここで、前述した数式（14）を用いると、距離の関数として反射率 $A(r)$ を数式（21）で求めることができる。

[0091] [数21]

$$|A(r)| = \frac{1}{\int_{-T/2}^{T/2} f \left(t - \frac{2r}{C} \right) \cdot \bar{f}(t) dt} \cdot |a(r)| \dots (21)$$

[0092] 図7は、自己相関による反射点の観測範囲 CT を示す図であり、図8は、光検出器から出力される信号を示す図である。

[0093] 図中Bの位置にある反射用リフレクタ105で反射した光は、光路長 ABC で光検出器107に入力される。一方、測定対象物106で反射した光は

、光路長A D Eで光検出器107に入力される。前述したように、光路長が完全に等しければ、図7（A）に示すように、M系列符号のシンボル長全てにわたって相関が取れ、図8（A）に示すように、レベルが高い周波数差信号140が得られる。

[0094] 一方、図7（B）に示すように、光路長の差がM系列符号の1ビットの幅（C T）に満たなければ、弱いレベルで自己相関が取れる。M系列符号のシンボル長全てにわたって相関が取れ、図8（B）に示すように、レベルが低い周波数差信号140が得られる。

[0095] 一方、図7（C）に示すように、光路長の差がM系列符号の1ビットの幅（C T）を超えると、反射用リフレクタ105で反射した光と測定対象物106で反射した光とは、全く相関が取れず、図8（C）に示すように、ノイズレベルの信号が得られる。

[0096] 第1の実施例では、検出素子1071が一次元（線状）に並んで配置された光検出器107を用いて、1点の深さ方向を測定する断層画像撮影装置を説明したが、複数の光源100を線状に並べて設け、検出素子1071が二次元（面状）に並んで配置された光検出器107を用いることによって、深さ方向を含む2次元の断層画像が得られる。また、光源100を面状に並べて設け、検出素子1071が三次元（立体状）又は二次元（面状）に並んで配置された光検出器107を用いることによって、深さ方向を含む3次元の断層画像が得られる。

[0097] 次に、第1の実施例の断層画像撮影装置の効果を説明する。図9は、測定範囲のシミュレーション結果を示す図である。図9には、測定対象物106の反射率900が深さの関数として示されている。なお、シミュレーションに用いた反射率900は、測定対象物106の光の伝搬による減衰を既に考慮しており、奥の方の反射率を低くしてある。また、線901は第1の実施例の断層画像撮影装置による撮影結果のシミュレーションを示し、線902は従来の断層画像撮影装置による撮影結果のシミュレーションを示す。

[0098] 図9において、破線で示す範囲903が、M系列符号によって自己相関が

取れる範囲であり、第1の実施例の断層画像撮影装置は、この範囲で測定対象物106の反射率が深さの関数として得られる。なお、破線で示す範囲の中央では強い相関が得られることから、反射率は大きな値が得られ、両側に行くにつれて反射率は小さな値となる。正確な反射率を知るためには、相関の強さによる補正が必要である。

[0099] 第1の実施例の断層画像撮影装置では、図3に示す方法を用いて、光路長の差を順次切り替えることによって、自己相関が取れる範囲903を移動して、深さ方向に広い範囲の断層画像を撮影できる。

[0100] 従来の断層画像撮影装置では、線902が示すように、測定対象物106の奥からの反射は弱くなり、ある地点でノイズに埋もれて、それより深い箇所からの反射光を測定できなくなる。一方、本実施例の断層画像撮影装置では、M系列符号の自己相関特性を用いることによって、狭い測定範囲の中で詳細な画像を得ることができる。また、光路長が異なる参照光を用いることによって、M系列符号の自己相関特性が取れる範囲を変えて、広い範囲の断層画像を撮影できる。

[0101] <第2実施例>

図10は、本発明の第2の実施例の断層画像撮影装置の構成を示す図である。

[0102] 第2の実施例の断層画像撮影装置は、光源100、光パルス発生器101、変調器103、周波数シフタ104、光路長変更部114、光検出器107、108、フィルタ110、111、AD変換器112、113、復調器109及びフーリエ変換器115を有する。

[0103] 第2の実施例では、波形成形器102が設けられておらず、変調器103の構成が第1の実施例と異なる。なお、第2の実施例において、前述した実施例との相違点のみを説明し、前述した実施例と同じ構成には同じ符号を付し、その説明は省略する。

[0104] 第2の実施例の変調器103は、光パルス発生器101から出力された信号122をM系列符号を用いて位相変調し、信号123を出力する。本実施

例では、変調器 103 を LN 変調器で構成する。LN 変調器は、LiNbO₃ 結晶のポッケルス効果による屈折率変化を利用して、電圧を印加しない状態では光を出力し、電圧を印加しない状態では光を出力しない特性を有する。

[0105] 図 11 は、第 2 の実施例の断層画像撮影装置において、変調器 103 から出力される光の例を示す図である。

[0106] 第 2 の実施例では、光パルス発生器 101 は、光源 100 が発した光（連続光）を、例えば、25 GHz の信号で光の振幅を制御して、40 マイクロ秒間隔のパルス状の光信号 122 を生成する。

[0107] 変調器 103 は、光パルス発生器 101 から出力された信号 122 を M 系列符号を用いて位相変調し、信号 123 を出力する。本実施例では、変調器 103 を LN 変調器で構成する。

[0108] 第 2 の実施例では、変調器 103 に入力される信号の周波数が低く、比較的低速で M 系列符号を変調する。このため、変調器 103 を安価な LN 変調器で構成でき、装置のコストを低減できる。

[0109] <第 3 実施例>

図 12 は、本発明の第 3 の実施例の断層画像撮影装置の構成を示す図である。

[0110] 第 3 の実施例の断層画像撮影装置は、光源 100、変調器 103、周波数シフタ 104、光路長変更部 114、光検出器 107、108、フィルタ 110、111、AD 変換器 112、113、復調器 109 及びフーリエ変換器 115 を有する。

[0111] 第 3 の実施例では、光パルス発生器 101 及び波形成形器 102 が設けられておらず、変調器 103 の構成が第 1 の実施例と異なる。なお、第 3 の実施例において、前述した実施例との相違点のみを説明し、前述した実施例と同じ構成には同じ符号を付し、その説明は省略する。

[0112] 第 3 の実施例では、光パルス発生器 101 及び波形成形器 102 が設けられていない。第 3 の実施例の変調器 103 は、光源 100 から入力された連

続光をM系列符号を用いて位相変調し、信号123を出力する。第3の実施例では、第2の実施例と同様に、変調器103をLN変調器で構成する。

[0113] 図13は、第3の実施例の断層画像撮影装置において、変調器103から出力される光の例を示す図である。

[0114] 第3の実施例では、光パルス発生器101は、光源100が発した光（連続光）を、例えば、25GHzのM系列符号を用いて位相変調する。このため、変調器103の出力は、パルス状ではなく、連続した信号（同じ値が続く場合にレベルが0に低下しない信号）となる。

[0115] 第3の実施例では、変調器103に入力される信号の周波数が低く、比較的低速でM系列符号を変調する。このため、変調器103を安価なLN変調器で構成でき、装置のコストを低減できる。

[0116] 以上、複数周波数を用いた測定によって特定の深さからの反射光を抽出する断層画像撮影装置について説明したが、共焦点光学系を用いて特定の深さからの反射光を抽出してもよい。

[0117] 以上、本発明を添付の図面を参照して詳細に説明したが、本発明はこのような具体的構成に限定されるものではなく、添付した請求の範囲の趣旨内における様々な変更及び同等の構成を含むものである。

[0118] 本出願は、平成28年（2016年）1月15日に出願された日本出願である特願2016-6210の内容を参照することにより、本出願に取り込む。

請求の範囲

[請求項1]

断層画像撮影装置であって、
コヒーレントな光を発生する光源と、
前記光源が発生した光を自己相関特性を有する符号で変調する変調器と、
前記変調器によって変調された光の周波数を変換する周波数シフトと、
前記周波数シフトを経由した光と、前記変調器によって変調された光とを反射する参照用リフレクタと、
前記周波数シフトを経由して前記参照用リフレクタで反射した光の光路長を変更する光路長変更部と、
光を検出する第1の光検出器と前記第1の光検出器の出力信号をデジタル信号に変換する第1のAD変換器とを含む測定系検出部と、
光を検出する第2の光検出器と前記第2の光検出器の出力信号をデジタル信号に変換する第2のAD変換器とを含む基準系検出部と、
前記測定系検出部が出力した信号と前記基準系検出部が出力した信号とを合成する復調器と、
前記復調器が出力した信号を解析する解析部とを備え、
前記第1の光検出器には、測定対象物で反射・散乱した光と、前記周波数シフトを経由して前記参照用リフレクタで反射し前記光路長変更部で光路長が変更された光とが入力され、
前記第2の光検出器には、前記参照用リフレクタで反射した光と、前記周波数シフトを経由して前記参照用リフレクタで反射した光とが入力され、
前記解析部は、前記復調器が出力した信号を解析して、測定対象物の反射点の位置を算出することを特徴とする断層画像撮影装置。

[請求項2]

請求項1に記載の断層画像撮影装置であって、
前記光路長変更部は、前記周波数シフトを経由して前記参照用リフ

レクタで反射した光を、複数の光路長の光に変更し、

前記測定系検出部は、複数の第1の光検出器と複数の第1のAD変換器とを含み、

前記第1の光検出器の各検出素子には、複数の光路長に変更された光が各々入力されることを特徴とする断層画像撮影装置。

[請求項3]

請求項1に記載の断層画像撮影装置であって、

前記変調器として、光パルス生成器及び波形整形器を備え、

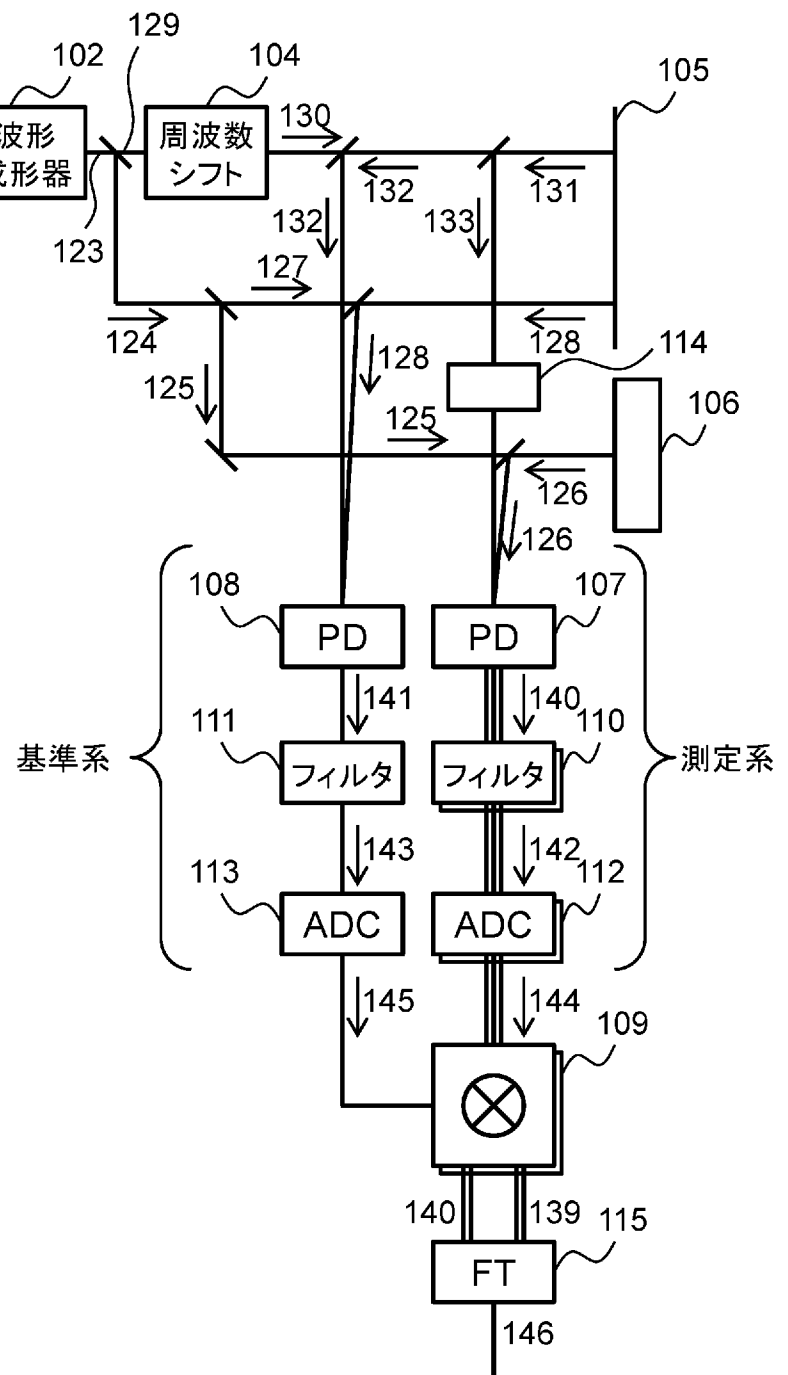
前記光パルス生成器は、前記光源が発生したコヒーレント光を、周期的なフェムト秒パルスに生成出力し、該波形整形器は、該フェムト秒パルスをスペクトラム分解し、各スペクトラム成分の、位相と振幅を調整し、スペクトラム合成することにより高速のM系列2相位相変調光信号を得ることを特徴とする断層画像撮影装置。

[請求項4]

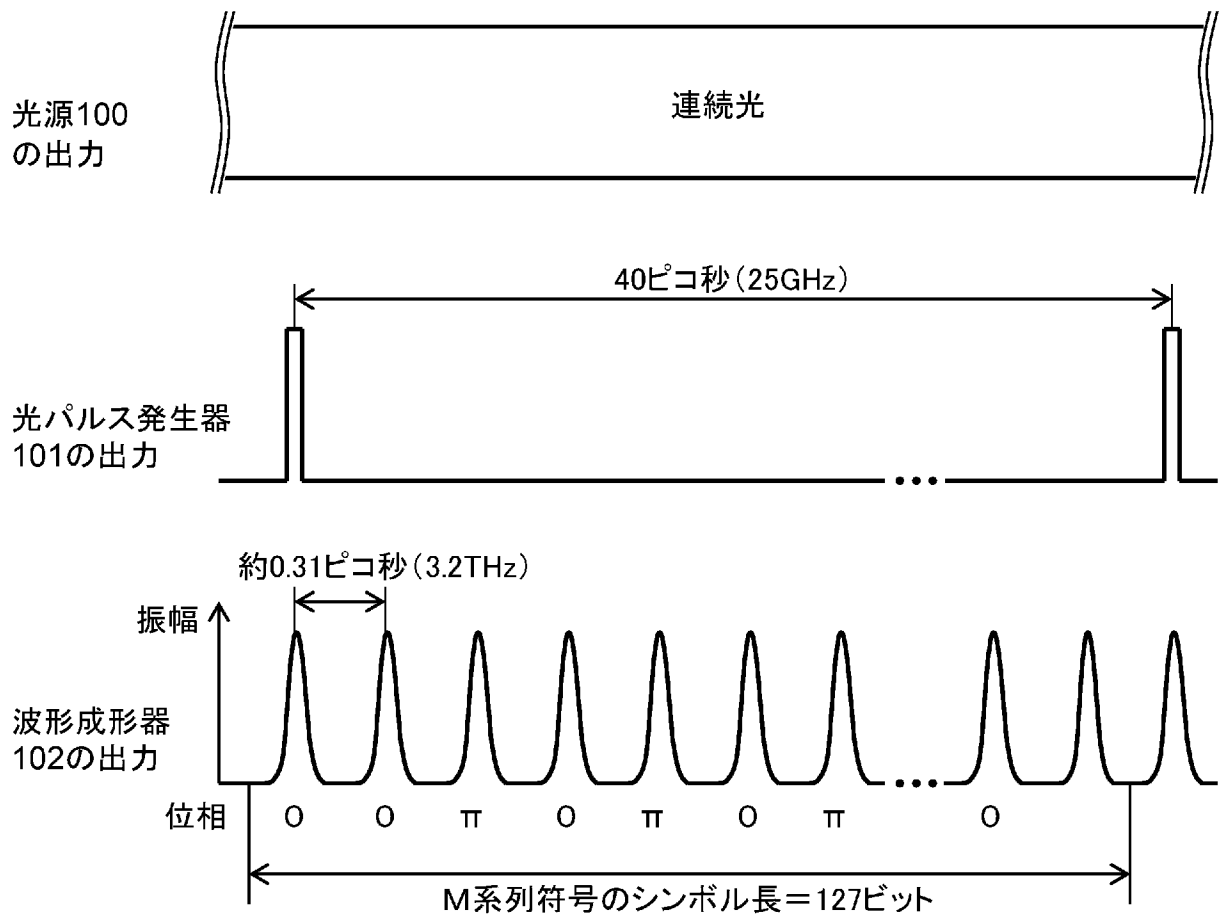
請求項3に記載の断層画像撮影装置であって、

前記波形整形器は、空間位相変調器で構成されることを特徴とする断層画像撮影装置。

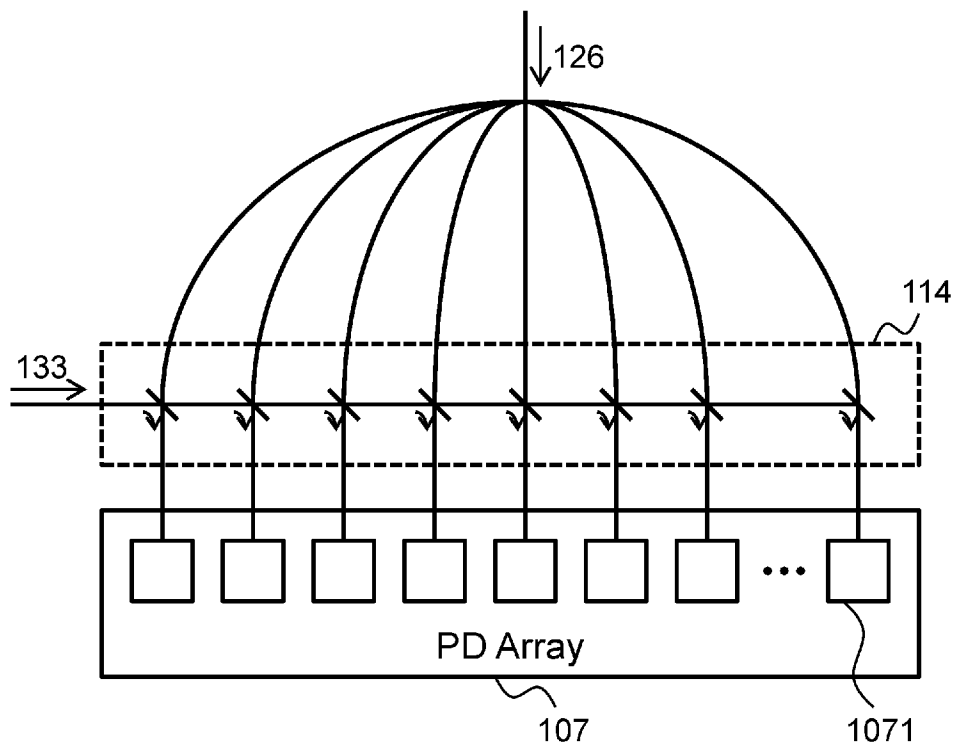
[図1]



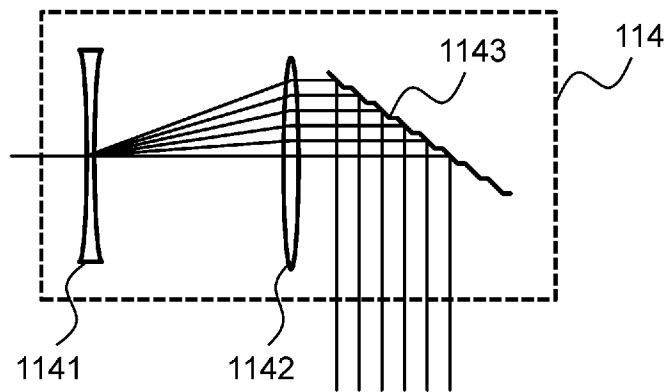
[図2]



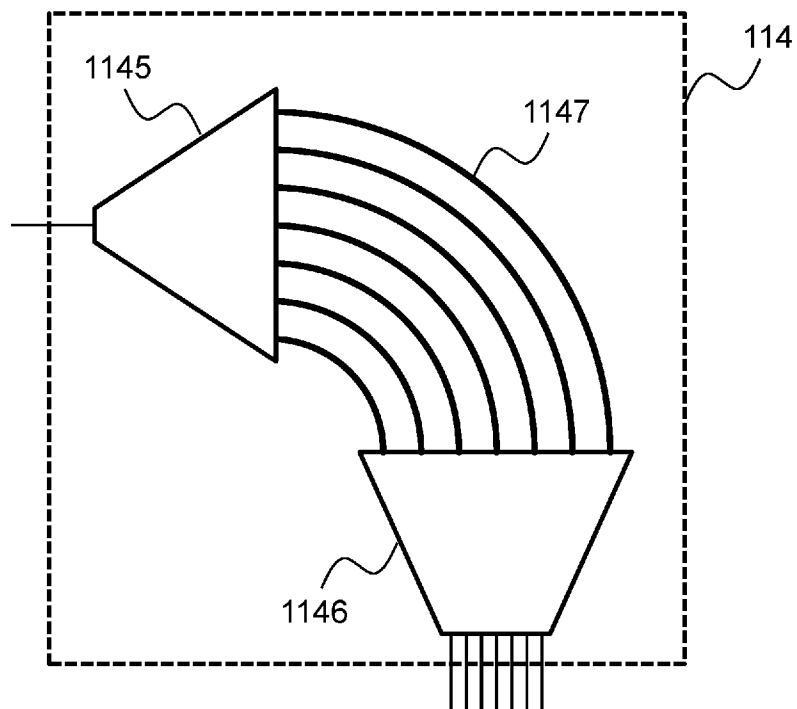
[図3]



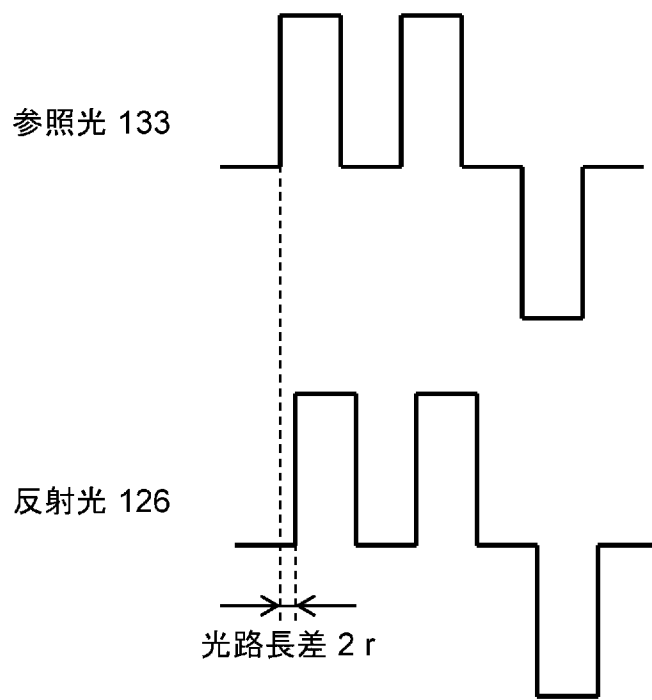
[図4]



[図5]

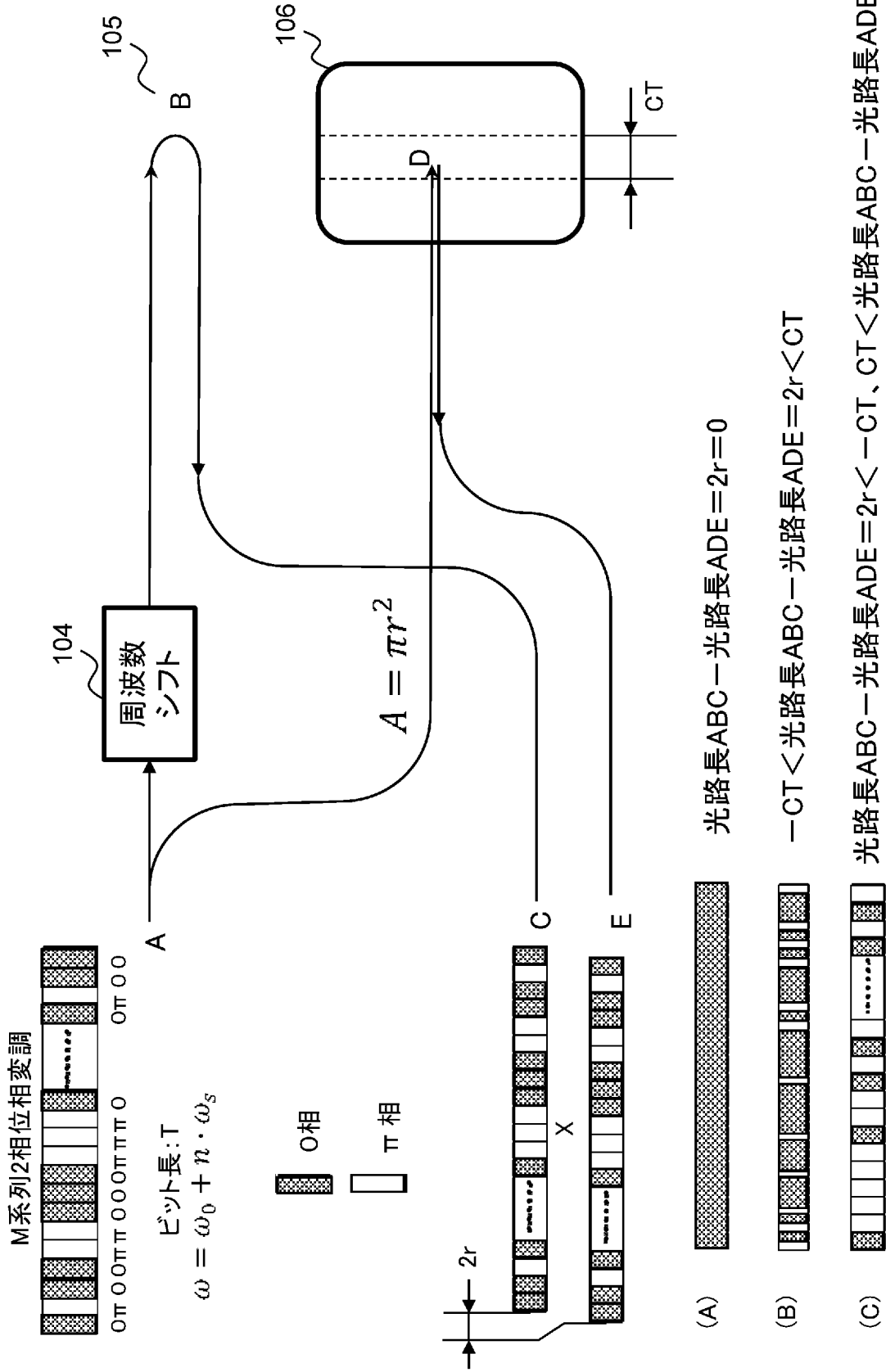


[圖6]

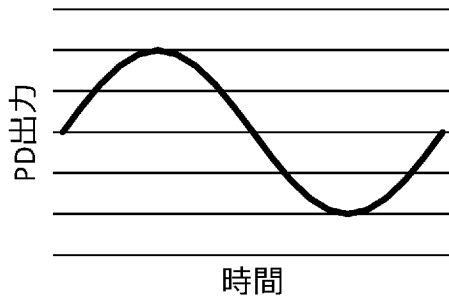


$$\Phi = \frac{2 r \omega}{c}$$

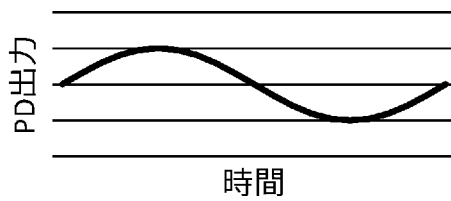
[図7]



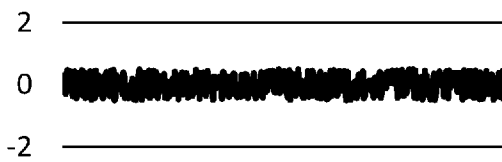
[図8]

(A) 光路長ABC - 光路長ADE = $2r = 0$ 

周波数: シフト周波数

(B) $-CT < \text{光路長ABC} - \text{光路長ADE} = 2r < CT$ 

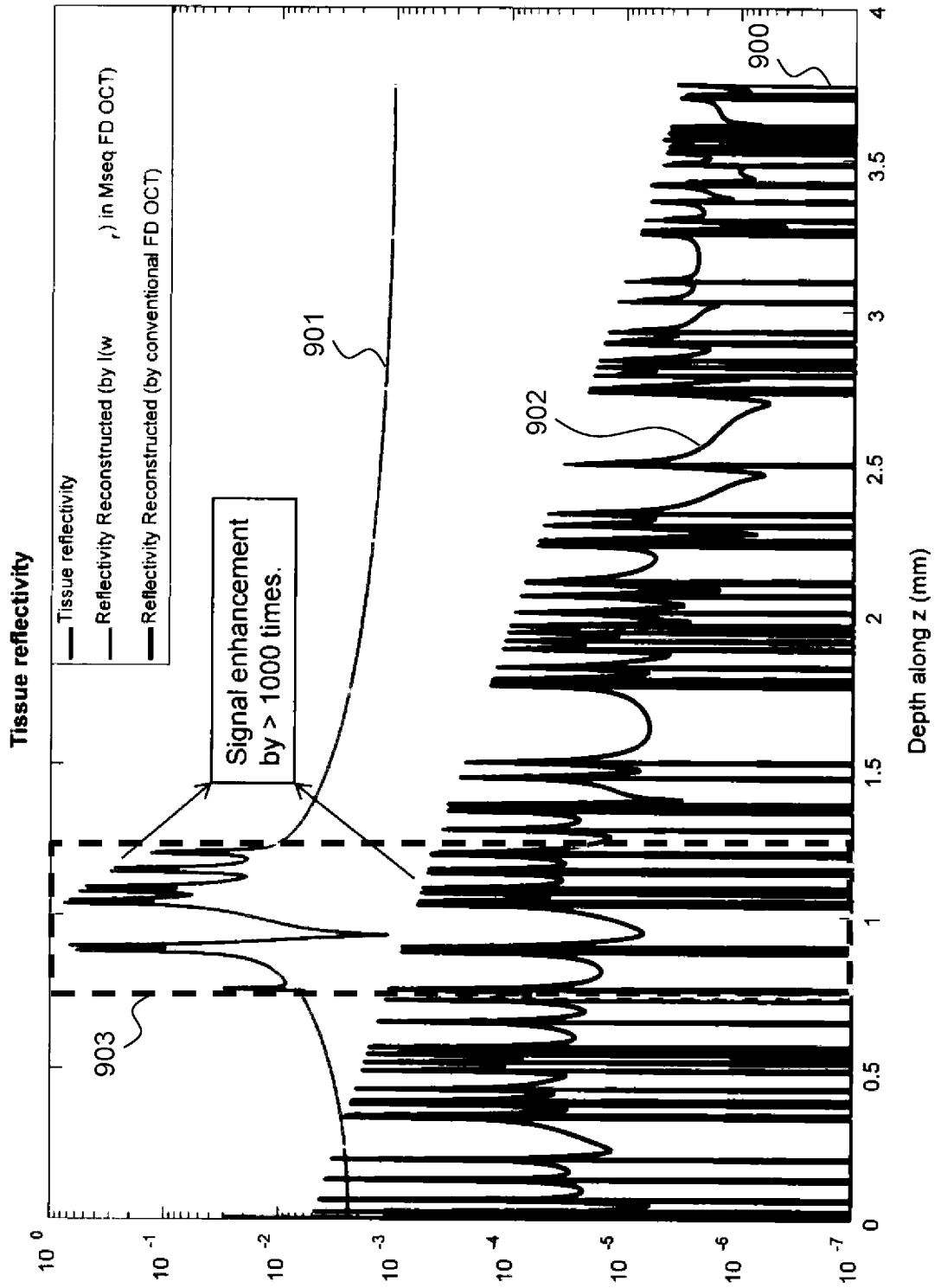
$$S_n = S(n \cdot \omega_s)$$

(C) $\text{光路長ABC} - \text{光路長ADE} = 2r < -CT$ 、 $CT < \text{光路長ABC} - \text{光路長ADE} = 2r$ 

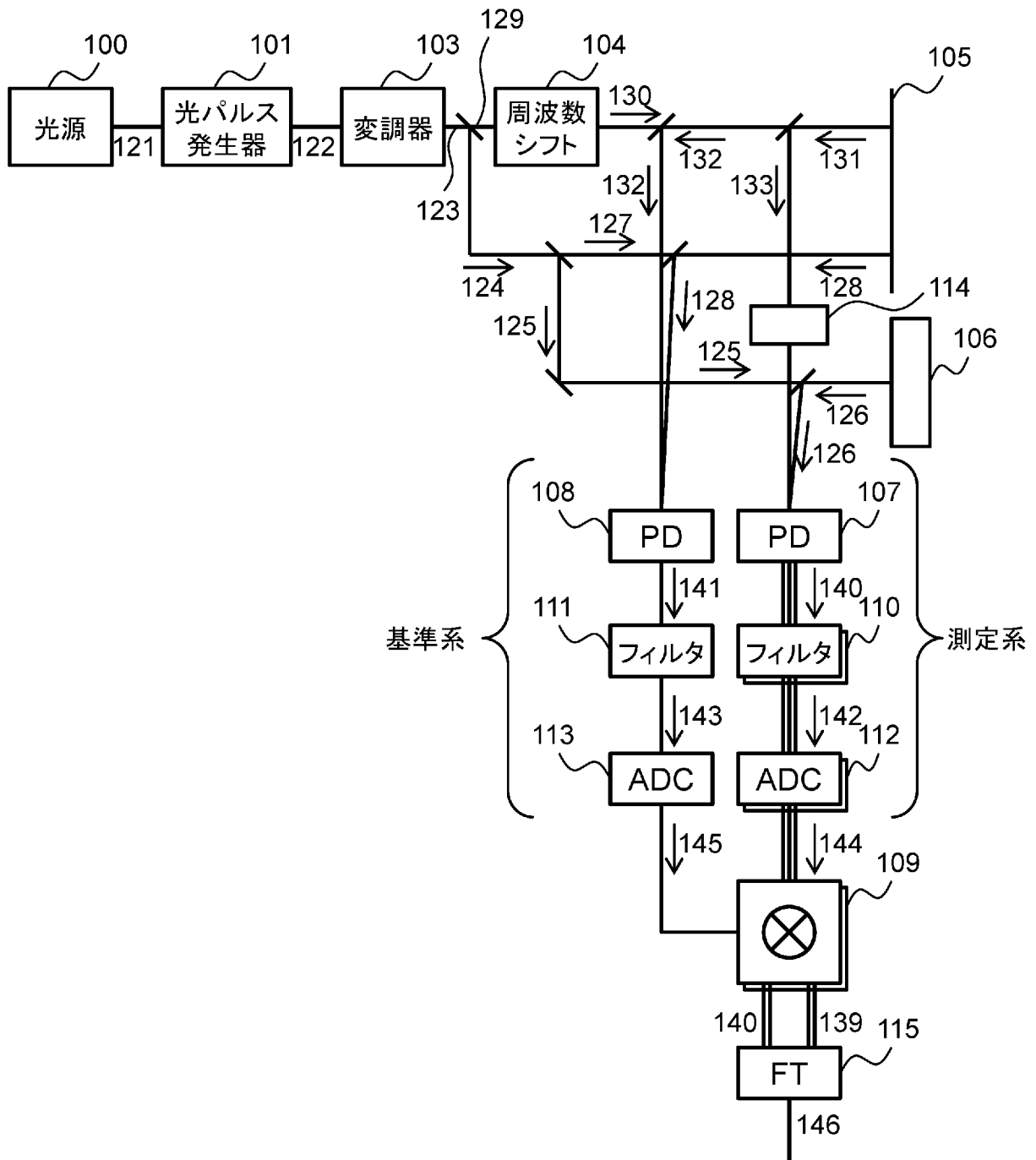
Filter出力: ゼロ

[9]

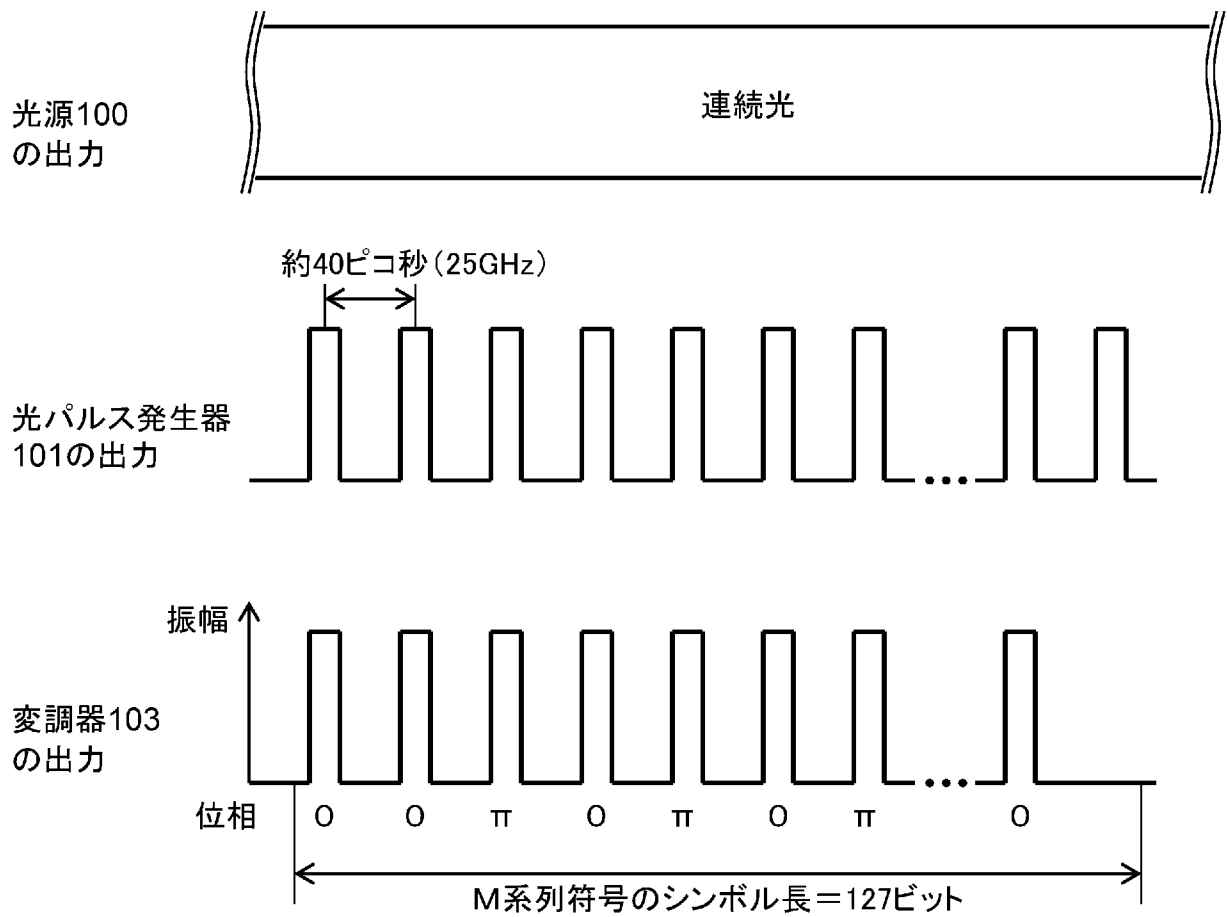
Depth info reconstruction comparison



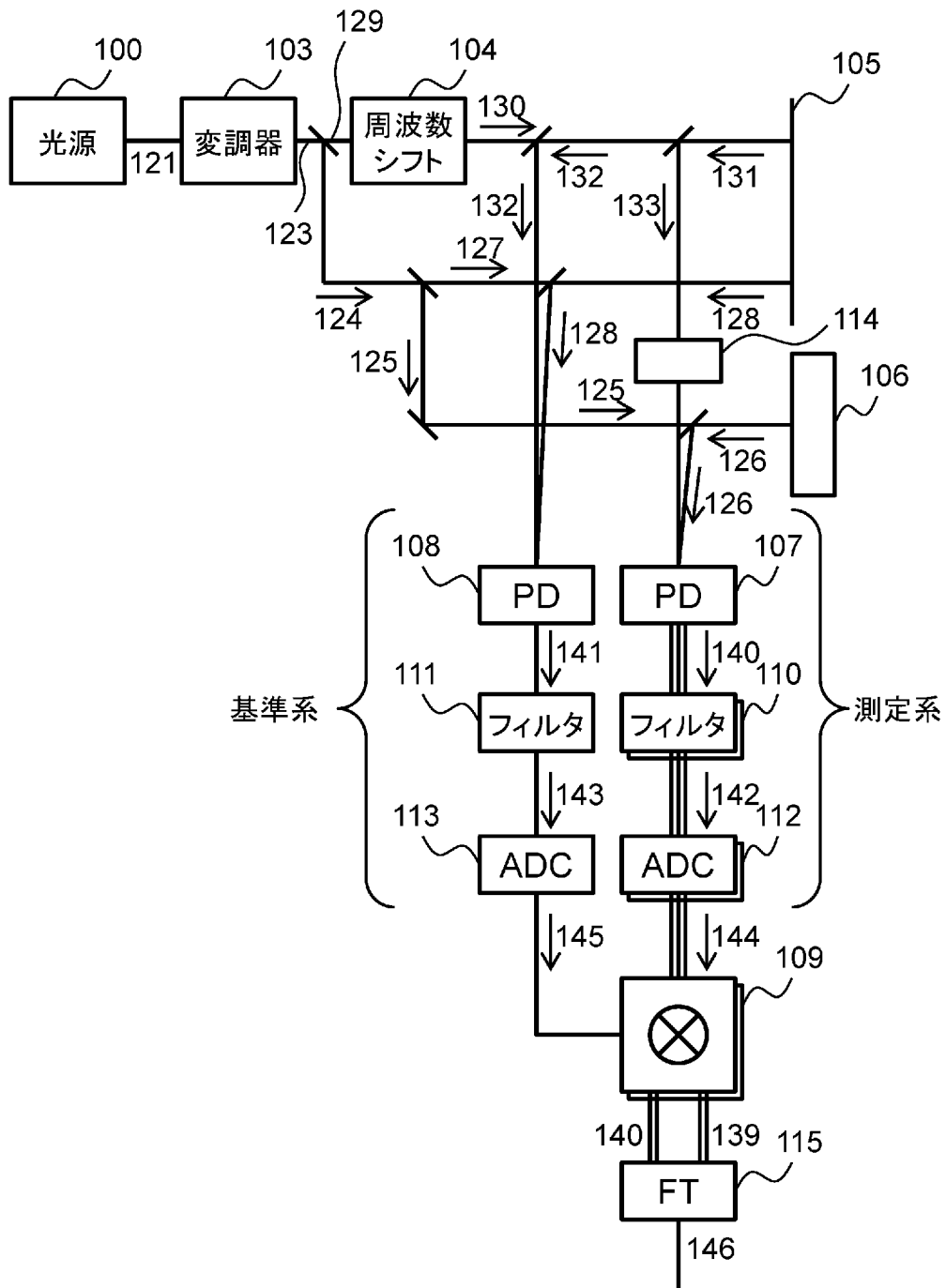
[図10]



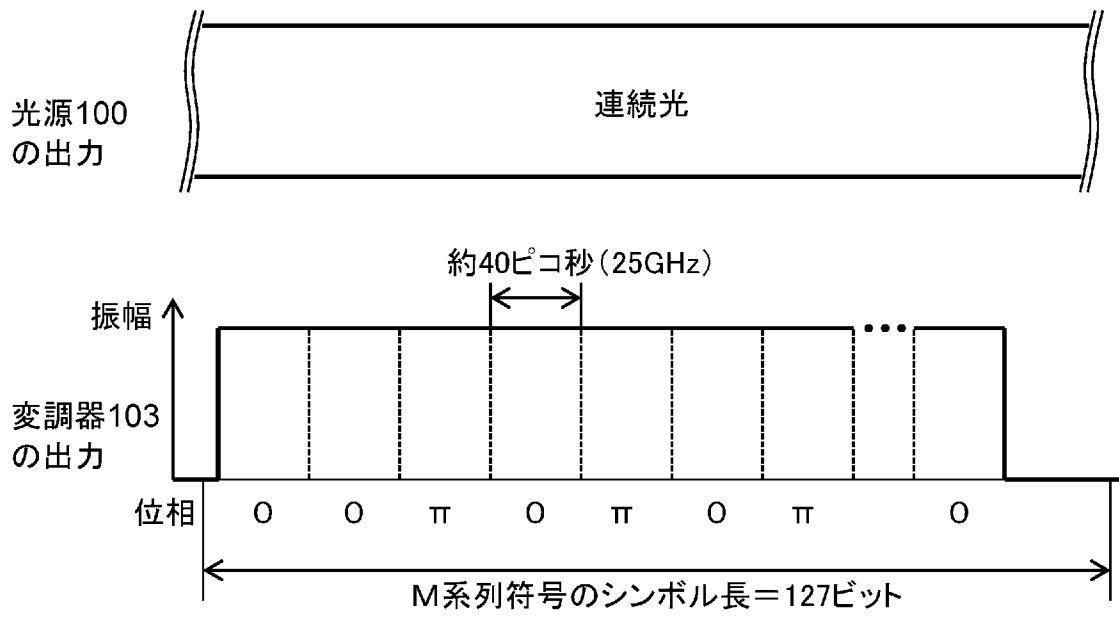
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/026091

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N21/17(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61, A61B1/00, A61B10/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-267761 A (Spectratech Inc.), 18 October 2007 (18.10.2007), paragraphs [0018] to [0060]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-4
Y	JP 2004-132939 A (Seiko Instruments Inc.), 30 April 2004 (30.04.2004), paragraph [0052]; fig. 1 (Family: none)	1-4
Y	JP 4-121642 A (Brother Industries, Ltd.), 22 April 1992 (22.04.1992), page 2, upper left column, line 15 to lower left column, line 9; fig. 6 (Family: none)	1-4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 28 August 2017 (28.08.17)	Date of mailing of the international search report 05 September 2017 (05.09.17)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/026091

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-160699 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 19 August 2013 (19.08.2013), paragraphs [0022] to [0024]; fig. 1 & WO 2013/118541 A1	2

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/17(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61, A61B1/00, A61B10/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-267761 A (株式会社スペクトラテック) 2007.10.18, 段落 [0018] - [0060]、図1、2 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 2004-132939 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2004.04.30, 段落 [0052]、図1 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 4-121642 A (ブラザー工業株式会社) 1992.04.22, 第2頁左上欄第15行-左下欄第9行、図6 (ファミリーなし)	1-4

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.08.2017

国際調査報告の発送日

05.09.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐々木 龍

2W

5361

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2013-160699 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2013.08.19, 段落 [0022] - [0024]、図1 & WO 2013/118541 A1	2