

(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
2017 年 9 月 8 日(08.09.2017)

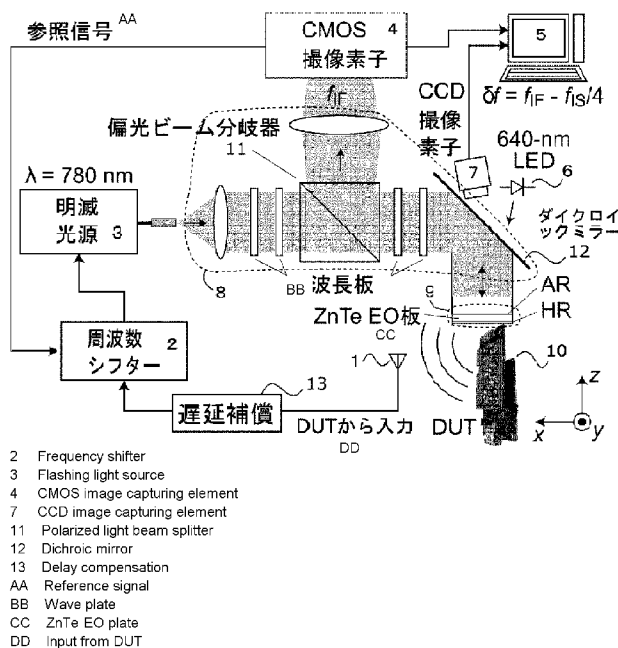


(10) 国際公開番号
WO 2017/150078 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 29/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/004151
- (22) 国際出願日: 2017 年 2 月 6 日(06.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-040495 2016 年 3 月 2 日(02.03.2016) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人情報通信研究機構
(NATIONAL INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1848795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 土屋 昌弘(TSUCHIYA Masahiro); 〒1848795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1 国立研究開発法人情報通信研究機構内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 福田伸一, 外(FUKUDA Shinichi et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋 1 丁目 6 番 1 3 号柏屋ビル 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, 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: ELECTRIC FIELD IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 電界イメージング装置



- 2 Frequency shifter
3 Flashing light source
4 CMOS image capturing element
7 CCD image capturing element
11 Polarized light beam splitter
12 Dichroic mirror
13 Delay compensation
AA Reference signal
BB Wave plate
CC ZnTe EO plate
DD Input from DUT

(57) Abstract: The present invention implements an electric field imaging device with which it is possible to visualize as a dynamic state an electromagnetic field intensity distribution and a phase lag/lead distribution in the vicinity of a product, using a sample of the actual product without lead-out lines. The electric field imaging device is provided with: an antenna which accepts a high-frequency signal emitted by the sample as an input; an electro-optical (EO) crystal plate which is a frequency f_{RF} high-frequency electric field sensor; a flashing light source which radiates polarized light onto the EO crystal plate; an optical system leading to an analyzer for detecting phase changes in polarized light obtained by means of the EO crystal plate; an image capturing device which converts an in-plane distribution of luminous flux from the analyzer into an electrical signal; and an information processing device which processes and displays an output signal from the image capturing device. The electric field imaging device performs frequency conversion of the f_{RF} high-frequency signal from the antenna using a prescribed frequency f_{IF} independent from the sample, generates a signal with a frequency band close to f_{RF} to serve as a signal for the flashing light source, radiates flashing light onto the EO crystal plate and reads a frequency downward converted signal of a high-frequency electric field signal using the image capturing device, performs quadrature detection of the output therefrom, and forms an image of the amplitude and phase distribution of the high-frequency electric field signal.

(57) 要約:

[続葉有]



実際の製品を引出し線なしの製品の状態で検体に用い、その近傍の電磁界の強度の分布と位相の遅れ進みの分布を動態として可視化できる電界イメージング装置を実現する。検体が発する高周波信号を入力するアンテナと、周波数 f_{RF} の高周波電界のセンサーであるEO結晶板と、EO結晶板に偏光を照射する明滅光源と、EO結晶板を介して得たその偏光の位相変化を検出する検光子に導く光学系と、検光子からの光束の面内分布を電気信号に変換する撮像装置と、その出力信号を処理し表示する情報処理装置とを備える。検体とは独立な所定の周波数 f_{IF} でアンテナからの f_{RF} の高周波信号を周波数変換し、 f_{RF} に近い周波数帯の信号を生成して明滅光源用信号とし、EO結晶板に明滅光を照射して高周波電界信号の周波数下方変換信号を撮像装置で読み取り、その出力を直交検波して、高周波電界信号の振幅や位相の分布を画像化する。

明 細 書

発明の名称：電界イメージング装置

技術分野

[0001] この発明は、高周波振動電界の２次元分布とその時間的および空間的变化を実時間で可視化することができる電界イメージング装置に関する。

背景技術

[0002] 上記の高周波電界の２次元分布の可視化を実時間で行うものとしては、国立研究開発法人情報通信研究機構から報告された電界カメラ（非特許文献１）が知られており、これは、特許文献１に記載の電磁界高速撮像装置やその後の改良等に基づくものである。この電界カメラは、電気光学効果を介して光の超並列性と超高速性が重畳的に活用され、１００GHzまでのマイクロ波帯の電界分布が実時間で撮像かつ表示される装置である。

[0003] 「実時間」という限定をつけなければ、既に様々な形態の電界分布映像化技術が提案され、また実現されている。これまで、様々な回路や機器の周囲の電界が撮像され、それらの回路や機器の解析に用いられてきたが、従来は、空間走査に長時間が必要であった。このような制約の下でも、電界を可視化する努力は続けられてきており、実時間映像化への期待は従来から大きなものであった。

[0004] 上記電界カメラのブロック図を図１（a）に、そのドライバー部を図１（b）に示す。特許文献１に従えば、このドライバー部は、明滅光源の f_{L0} 発振部と検体用の f_{RF} 発振部から成っている。この電界カメラでは、明滅光源から周波数 f_{L0} で振幅変調された偏光を照明光として電気光学（EO）結晶板（特許文献１の標記でプローブ）に照射すると、検体（DUT）から放射される周波数 f_{RF} の電波の電界によりEO結晶板の複屈折特性が変化することで、上記照明光の偏波面には各位置の複屈折の変化を反映した変化が与えられる。このように偏波面の変化した偏光を検光子を含む光学系で選択し、この２次元分布をイメージセンサで撮像する。これによって、上記照明光の変調周波

数 (f_{L0}) と上記検体から放射される電磁界の周波数 (f_{RF}) との差周波成分 (特許文献 1 の標記で $\Delta f (= |f_{L0} - f_{RF}|)$) を含む検出光について上記イメージセンサの画素毎の信号が並列に得られる。この信号は、画素ごとに順次出力され、画像処理装置で演算処理の後、画像表示装置に表示される。

[0005] この電界カメラを用いた電界映像化技術では、撮像対象の高周波電気信号と撮像システム内部の高速 CMOS イメージセンサ (IS) のサンプリングとは互いに同期するものであった。これは、イメージセンサの各画素で行われる一括の周波数変換の結果の表示における不安定性や消滅を避けるためである。

[0006] この同期を実現するために、従来は、図 1 (b) に示すように、上記周波数 f_{L0} 用と上記周波数 f_{RF} 用との各信号源には外部信号源からの参照信号に同期可能なものを用いてきた。このため、上記信号源については、IS がマスターであり、DUT 動作がスレーブであった。すなわち、従来は、同期モードかつマスターモードのシステムによる電界撮像であった。

[0007] つまり、図 1 (b) に示すように周波数 f_{L0} 用の信号源 (LO 信号源) も IS 参照信号に同期させる。これは、RF 信号との上記差周波成分 Δf が IS サンプリングのタイミングと同期する必要があるためである。さらに、差周波成分 Δf の帯域は動画フレームレート (典型的には 10 Hz) 以下に制約されるが、これを実現するためには、RF 信号の瞬時周波数が変調やデータ重畳などで変動した場合に、周波数 f_{L0} 用の信号と RF 信号との周波数差 Δf を維持するように周波数 f_{L0} 用の信号が RF 信号に追従する必要があり、DUT と LO 信号源の双方に制約を与えていた。

[0008] この様に、従来の電界カメラシステムの観察対象となり得る検体は大きく限定されていた。例えば、外部信号源 (主としてシンセサイザ) に同期可能な検体か、IS クロックに対して同期できる機能を備えた検体か、に限られた。一般に、市販の製品あるいはその製品内部で使用されている高周波モジュールでは、同期機能を有する回路の追加や信号入出力用の配線を増設する等の改造することが求めら

れ、改造なしに上記の検体となり得るものは稀であった。

[0009] また、ここで用いる信号は上記の様に I S からの参照信号に同期させることになるが、この様に同期させるため、また、上述の追随性の必要のために、上記周波数 f_{LO} 用と上記周波数 f_{RF} 用との各信号源には周波数シンセサイザが用いられてきた。しかしこの場合、それぞれの帯域幅は 1 Hz 以下であり、RF 信号自体は極めて狭帯域だった。実際の自走型信号源を有するモジュールやそれを用いた機器では、一般に、変動が大きくその帯域幅も大きい。この変動はそれぞれの高周波機器毎に異なっているが、検体に合わせた帯域幅を実現できることが望ましい。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開 2008-20304 号公報

非特許文献

[0011] 非特許文献1：M. Tsuchiya and T. Shiozawa, "Photonics makes microwaves visible," Research Highlights, IEEE Photonics Society Newsletter, Vol, 26, Number6, December 2012, pp, 9-17.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 実際の製品あるいは開発中の試作品やモジュールで、位相同期機能を有する回路やブロックを追加したり、引き出し線を設けたりする等の加工をすることなく、製品あるいは開発中の試作品やモジュールのままの状態のものを検体として用いて、その近傍の電磁界の強度や位相の遅れ進みの分布およびその動態を可視化する。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明では、振動電磁界における振動電界を、EO 結晶における電気光学効果を用いて観察する。その電気光学効果は、上記 EO 結晶を進む偏光の位相状態が変化する現象であり、本発明では 1 往復させて、その位相変化を検

出し電界強度を観察するものである。このような位相変化を検出するため、上記のE O結晶に偏光を照射し、その透過光から位相変化した偏光を検光子で選択し、光電変換して検出する。

[0014] このため本発明の電界イメージング装置は、

周波数 f_{RF} を中心とする周波数帯にある高周波信号および高周波電界信号を発する検体付近の電界分布とその時間的変動を観察する電界カメラであって、

、

上記検体が発する高周波信号を入力する高周波信号入力手段と、

上記高周波電界のセンサーであるE O結晶板と、

上記E O結晶板に明滅する偏光を照射する明滅光源と、

上記偏光を、上記E O結晶板を介して、その偏光の位相変化を検出する検光子に導く光学系と、

上記偏光による上記検光子からの光束の面内分布を電気信号に変換する撮像手段と、

上記撮像手段からの出力信号を検波処理し画像フレームを周波数 f_p で出力する信号処

理手段と、上記信号処理手段の出力の演算処理、表示、伝送または保存する情報処理手段と、

上記検体とは独立な所定の周波数の信号を用いて、上記高周波信号入力手段から入力された高周波信号を周波数 f_{L0} を中心周波数とする信号に変換して出力する明滅信号生成手段と、を備え、

上記明滅光源は上記明滅信号生成手段の出力に従って上記周波数 f_{L0} で明滅するものであり、

上記周波数 f_{RF} と上記周波数 f_{L0} との差に相当する周波数 f_{IF} は、上記周波数 f_p の1

倍あるいは-1倍からゼロ以外の周波数 δf 分ずれた周波数であり、

上記信号処理手段の出力を上記画像フレームの画素ごとに、上記周波数 f_p の信号を参

照搬送波として直交検波を行うことで、上記高周波電界信号の振幅または位相の位置依存性とその変化を表示、伝送または保存するものである。

[0015] また、上記高周波信号入力手段から上記信号処理手段に至る上記高周波信号の電気信号経路上に、上記高周波信号の遅延補償を行う遅延補償手段を備えるものである。

[0016] また、上記情報処理手段は、画像信号から分離された位相信号にゼロでない所定の値を乗じた値を用いて上記表示装置用の表示画像用の画像信号を生成するものである。これによって、例えば位相の位置依存とその変化を強調することができる。

[0017] 上記明滅信号生成手段は、

(1) 所定の周波数 f_{L01} の信号と上記高周波信号入力手段から入力した周波数 f_{RF} の信号とを混合して差周波数側 ($f_{RF} - f_{L01}$) の周波数 ($f_{IF2} = f_{RF} - f_{L01}$) の信号を生成し、

(2) 上記周波数 f_{L01} の信号とは所定の周波数差 (正負を許容する f_{IF}) である周波数 $f_{L02} (= f_{L01} - f_{IF})$ の信号と上記 (1) で生成された信号とを混合して和周波数側 ($f_{IF2} + f_{L02}$) の周波数 ($f_{L0} = f_{RF} - f_{IF}$) の信号を生成することによって、周波数 f_{RF} に極近い周波数 (f_{L0}) の信号を生成するものである。

[0018] また、上記明滅信号生成手段は、

(1) 所定の周波数 f_{L01} の信号と上記高周波信号入力手段から入力した周波数 f_{RF} の信号とを混合して和周波数側 ($f_{RF} + f_{L01}$) の周波数 ($f_{IF2} = f_{RF} + f_{L01}$) の信号を生成し、

(2) 上記周波数 f_{L01} の信号とは所定の周波数差 (正負を許容する f_{IF}) である周波数 $f_{L02} (= f_{L01} + f_{IF})$ の信号と上記 (1) で生成された信号とを混合して差周波数側 ($f_{IF2} - f_{L02}$) の周波数 ($f_{L0} = f_{RF} + f_{IF}$) の信号を生成することによって、周波数 f_{RF} に極近い周波数 (f_{L0}) の信号を生成するものである。

f_{L02} ($= f_{L01} - f_{IF}$) の信号と上記 (1) で生成された信号とを混合して差周波数側 ($f_{IF2} - f_{L02}$) の周波数 ($f_{L0} = f_{RF} + f_{IF}$) の信号を生成することによって、周波数 f_{RF} に極近い周波数 (f_{L0}) の信号を生成するものであってもよい。

[0019] また、上記明滅信号生成手段に用いられる上記検体とは独立な所定の周波数の信号は、単一または複数であって、各々上記撮像手段の撮像フレームレートを制御するクロックに基づく参照信号を用いて生成した信号であることが望ましい。

[0020] また、振動電磁界における振動磁界を、磁気光学 (MO) 結晶における磁気光学効果を用いて観察することも可能である。その磁気光学効果は、上記 MO 結晶を透過または反射する偏光の偏波面が変調される現象であり、その偏波面の変調を検出して磁界強度を測定するものである。このような偏波面の変調は、上記の MO 結晶に偏光を照射し、その透過光や反射光から偏波面の変調を受けた偏光を検光子で選択し、光電変換して検出する。

発明の効果

[0021] 高周波信号装置に基準となる高周波信号を導入するための配線やその導入のための同期

回路ブロック等を追加する等の加工をすることなく、上記の高周波信号装置の電磁界を可視化することができ、しかも、位相変化の動向を動画として表示できるようになる。これにより、高周波回路の動作について目視の上で検査や故障診断が可能になる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1] (a) は、従来の電界カメラのブロック図で、(b) は、そのドライバー部における f_{L0} 用と f_{RF} 用との各信号を生成する構成を示す図である。

[図2] 通常の直交検波回路のブロック図である。

[図3] 本発明の原理を説明するための補助的なブロック図で、(a) は、図2の直交検波において入力変調波と参照搬送波の周波数変換を行う回路のブロック図であり、(b) は、(a) のブロック図で、入力変調波の混合回路の

共通化を図り、上記周波数変換の周波数を周波数 ($f_{L0} = f_{RF} - f_{IF}$) にすることで、参照搬送波の混合部（破線部）の簡素化を図ったものである。

[図4]本発明と同等な動作原理の装置構成例を示すブロック図で、（a）は、上記図3（b）の周波数変換の周波数条件下で、外部から取り込んだ信号の周波数をシフトした信号で入力変調波を周波数変換するとともに、参照搬送波を δf だけずらすための構成を示すブロック図であり、（b）は上記（a）の構成における直交検波をデジタル信号処理で行う場合の例を示すブロック図である。

[図5]本発明の装置構成を示すブロック図である。

[図6]本発明における周波数シフター2における検体からの信号と参照信号から明滅光源用の周波数 f_{L0} の信号を生成する構成を示すブロック図であり、（b）は、回路の追加や改造、配線取り出しなどを一切加えていない検体からの周波数 f_{RF} の信号を、一旦、周波数 f_{IF2} の中間信号に変換し、再度、周波数 f_{L0} の信号に変換して、周波数 f_{RF} に極近い周波数 f_{L0} を実現することを示す図であり、（c）は、本発明の明滅周波数 f_{L0} 信号発生に関する実際例を示すスペクトル図である。

[図7]本発明をオンボード型ブルートゥース「Bluetooth（登録商標）」モジュールの実装済みチップアンテナから発せられる2.4GHz電波に対して適用した結果を示す図である。（a）は、検体からの高周波信号を周波数変換して明滅光源に適用することを示す図であり、（b）は、上記モジュールの側面を示し、（c）は、z軸に沿った検体の俯瞰をE〇結晶板を介して光学撮像した結果を示し、（d）は、チップアンテナ付近の電界強度分布の実測を光学像に重ねて示し、（e）は、光学像に重ねて表示した波面進展ストロボ図列であり、（f）は電界フェーザー進展ストロボ図列を示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] 図2と図3と図4に本発明の原理を示す。

図2は、直交検波の説明によく使われるブロック図である。このブロック

図においては、入力の変調波 20 の周波数 f_{RF} の変調波 20 を周波数 f_{RF} の参照搬送波 30 で直交検波を行うものである。入力信号は 2 分岐され、その一方は混合器 21 で参照搬送波 30 の正弦波と混合され、低周波数成分が濾波され、同相 (I) 成分として出力される。また、2 分岐された他の一方は、混合器 21 で参照搬送波 30 の余弦波と混合され、低周波数成分が濾波され、直交 (Q) 成分として出力される。これら同相成分と直交成分とから入力された変調波の振幅と位相を容易に得ることができる。

[0024] ここで、上記図 2 の構成を、図 3 (a) に示す様に、周波数 f_{RF} の変調波 20 と周波数 f_{RF} の参照搬送波 30 を、共通の局部発振器 28 からの出力を分岐した波で周波数変換を行うように変更しても、周波数変換による効果が混合器 21 あるいは 22 で相殺されることから、直交検波機能に変わりが無く周波数 f_{RF} の変調波の振幅と位相を容易に得ることができることは明らかである。

[0025] また、図 3 (a) の周波数 f_{RF} の変調波 20 の周波数変換を行う混合器 25 とそれに続く

濾波器は、同相チャネル側と直交チャネル側とで同じものを用いることができることから、図 3 (b) に示す様に、混合器 29 とそれに続く濾波器の出力を分岐して用いることでも機能的に変更がないことは明らかである。

この様に周波数変換を行うことにより、直交検波器 100 に適用できる周波数領域が比較的低い領域である場合でも、直交検波器 100 自体より高い周波数領域に適用できるように構成することが可能であることは明らかである。

[0026] また、図 3 (a) のブロック図では、周波数 f_{RF} の参照搬送波 30 は、局部発振器 28 の出力と混合され周波数 f_{IF} に周波数変換されるが、図 3 (b) に示す様に、局部発振器 28 の出力周波数 f_{LO} を、 $f_{LO} = f_{RF} - f_{IF}$ 、とすると、混合器 27 とそれに続く濾波器により周波数 f_{IF} に変換されるので、当初から直交検波器 100 の参照搬送波の周波数を f_{IF} とすることで混合器 27 による周波数変換を省くことができる。

[0027] 図4 (a) および (b) の、図3の場合に比べて、本発明の実施形態により近い構成のブロック図を示す。図4 (a)、(b) では、側帯波SB1を持った周波数 f_{RF} の変調波20が入力変調波であり、図3 (a) (b) における参照搬送波に相当するのが側帯波SB2を持った周波数 f_{RF} の変調波35である。この変調波35が取得位置が固定された参照搬送波に相当する。周波数 f_{RF} の変調波20と周波数 f_{RF} の変調波35との違いは主に位相である。周波数シフター34では、周波数のみがシフトされ側帯波SB2を持った周波数 f_{L0} の変調波36になる。上記変調波20と変調波37が混合器25とそれに続く濾波器で混合および濾波され側帯波SB3を持った周波数 f_{IF} の変調波37に変換される。また、検体からの周波数 f_{RF} の入力変調波20の周波数変換を、局部発振器28の出力で行うのではなく、その検体からの周波数 f_{RF} の所定の信号を入力し上記周波数 f_{L0} に周波数変換した信号を用いて混合器25で行う。これらの信号の周波数差 ($|f_{RF} - f_{L0}|$) は、信号生成器33からの周波数 f_{IF} の信号で補う。この信号生成器33は、信号生成器32からの周波数 f_p から δf 分ずれた周波数 f_{IF} の信号を生成する。また、信号生成器32からの周波数 f_p の信号は、直交検波器100に参照搬送波として印加する。従って、直交検波器100では、入力変調波の周波数は f_{IF} であるが、その参照搬送波の周波数 f_p は、 f_{IF} から δf 分ずれていることになる。

[0028] この様に、上記周波数を意図的に周波数 δf 分ずらす理由は、直交検波の結果として得られる位相を、 δf を係数とする時間の一次関数として得るためである。

この周波数 δf は、この電界イメージング装置の利用者によって入力されるか、複数の候補から選択されるものである。

[0029] このように δf 分ずれていることによって、周波数 f_{RF} の変調波20における位相が動的に変化して見やすくなる。例えば、直交検波によって得られる位相の値を直接、あるいはMOD関数を使用して、あるいはその正弦をとることで位相の値を波長間隔の白黒濃淡パターンにして表示することができる

。この場合、入力される変調波 20 における位相の変化は、表示における白黒濃淡パターンの変化として捉えることができる。MOD 関数を使用するか位相の値の正弦をとる等の場合には、等高線のように、縞模様の数でも表すことができる。

[0030] 図 4 (b) のブロック図は、直交検波器 200 をデジタル回路で構成する場合の構成例である。この構成例は、図 4 (a) の場合と同様に、側帯波 SB1 を持った周波数 f_{RF} の変調波 20 が位置依存性をもった入力変調波であり、側帯波 SB2 を持った周波数 f_{RF} の変調波 35 が取得位置が固定された参照搬送波に相当する。周波数 f_{RF} の変調波 20 と周波数 f_{RF} の変調波 35 との違いは主に位相である。周波数シフター 34 では、周波数のみがシフトされ側帯波 SB2 を持った周波数 f_{LO} の変調波 36 になる。上記変調波 20 と変調波 37 が混合器 25 とそれに続く濾波器で混合および濾波され側帯波 SB3 を持った周波数 f_{IF} の変調波 37 に変換され、直交検波器 200 の入力変調波となる。周波数シフター 34 でシフトされる周波数は、信号生成器 33 からの信号の周波数 f_{IF} 分である。この周波数 f_{IF} は、信号生成器 32 からの信号である直交検波器 200 の参照搬送波の周波数 f_p の M (1 あるいは -1) 倍から周波数 δf 分ずらした周波数である。

[0031] デジタル回路の処理は、例えば既によく知られた 4 倍周波数サンプリング法に従って行う。A/D 変換器 32 での量子化の周波数は、上記周波数 f_p の 4 倍であり、周波数 f_p は撮像フレームを演算して得られる画像フレームの周波数である。因みに、コンピュータ 5 での表示は表示フレームレートで行われるので、必要に応じて、画像フレームデータは、信号処理の後、表示フレームデータに変換される。その際、フレームレートの変換が行われる場合もある。

実施例 1

[0032] 以下に、この発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の説明においては、同じ機能あるいは類似の機能をもった装置に、特別な理由

がない場合には、同じ符号を用いるものとする。

[0033] 本発明の電界イメージング装置のブロック図を図5に示す。図5の構成では、検体(DUT)10の近傍の高周波電界によって、電界センサー部9の電気光学結晶板(EO結晶、例えばZnTe結晶)の複屈折率が変化する。この複屈折率の変化で、明滅光源3からの波長780nmの偏光で光学系8を通じてこの電界センサー部9に入射した光を変調する。この電界センサー部9の検体に近い面には、高反射率膜(HR)処理が施されており、これに照射された偏光は、上記電気光学結晶板を透過した直後にこの高反射率膜で反射され、再び上記電気光学結晶板を透過して偏光変調を受ける。その後ダイクロイックミラー12で反射され、偏光ビーム分岐器11に入射する。この偏光ビーム分岐器11は、明滅光源3からの偏光には高い透過率を示すが、この偏光に対して傾いた偏光については、その傾き角度に応じて反射率が上昇する様に配置されたものである。このため上記電気光学結晶板で偏波面の変調された偏光成分は、偏光ビーム分岐器11で反射され、CMOS型撮像装置4に入射する。この撮像装置4による画像は、コンピュータ5で、デジタル直交検波に必要な画像処理や演算処理が施され、また必要に応じて平均化等の統計処理や表示フレームレートへの変換がなされ、表示される。また、検体10の光学画像は、640nm発光のLED6による照明下で、ダイクロイックミラー12を介して、CCD型撮像装置7により撮像され、コンピュータ5で、撮像装置4による画像と重畳されて表示される。上記高反射率膜(HR)は、LED6の光に対して透過する特性を有する。明滅光源の出射する偏光の波長は、LED6からの照明光の波長とは、ダイクロイックミラーで十分に分離できるものであることが望ましく、また、LED6からの光は、偏光ビーム分岐器で撮像装置4の方に反射されにくい配置や偏光特性を持っていることが望ましい。

[0034] 図5のブロック図の構成は、図4(b)の概念に沿ったものである。入力変調波が電界センサー部9に入力されることによりその位相は位置依存性をもつ。また、図4の変調波35に相当する被周波数シフト信号は、アンテナ

1に入力される。これは検体10から発せられる電波を受信したもので、アンテナとEO結晶板との相対位置は固定されるため各画素の入力変調波への基準位相を形成する。この被周波数シフト信号は、周波数シフター2で、周波数 f_{IF} 分シフトされる。この周波数 f_{IF} は、CMOS型撮像装置4の内部クロックから生成された信号に基づいて生成された信号、例えば画像フレームの生成タイミングに同期した信号の周波数を δf 分ずらした信号である。この周波数 f_{IF} 分シフトされた周波数シフター2の出力は、明滅光源からの光束に重畳されて、電界センサー部9で上記入力変調波と混合されて上記周波数 f_{IF} の信号が重畳された光束となり、CMOS型撮像装置4で撮像される。このCMOS型撮像装置4では、4倍周波数サンプリング法による処理が行われて、画像フレームが周波数 f_p で出力される。

[0035] この撮像装置4には、種々のものを使用することができるが、この例ではCMOS型撮像装置である。CCD型のものを使用することも可能であるが、高フレームレートで撮像する場合は、ノイズ特性が良好なこともありCMOS型撮像装置の方が適している。

[0036] 明滅光源3の明滅信号は、CMOS撮像装置7を制御するクロックに基づく信号と、検体10からの信号をアンテナ1で拾った信号とを周波数シフター2で合成して生成してもよい。上記のような周波数シフター2としては、イメージ除去ミキサーや単側帯波ミキサーなどがある。

ここで、アンテナ1からの信号は遅延補償器13を介して上記周波数シフター2に入力される。この遅延補償器は、上記電界センサー部9上で、検体10から直接飛来する高周波電界信号とアンテナ1を介した高周波信号との時間ずれを補うためのものである。上記アンテナ1からコンピュータ5至るまでの上記高周波信号の電気信号の経路上に、この遅延補償器13を配置する。

[0037] また、明滅光源3用の信号は図6に示すように生成することもできる。この信号生成では、図6(b)に示すようにアンテナ1からの周波数 f_{RF} の信号を、周波数 f_{L01} の信号

と混合して、一旦、周波数 f_{IF2} の中間信号に変換し、再度、周波数 f_{L02} の信号で変換して、周波数 f_{RF} に極近い周波数 f_{L0} を実現する、というものである。これを、具体的には以下の手順で行う。

実施例 2

[0038] 以下の手順は、2段階の周波数変換を行なって、元の周波数に極近い周波数の信号を生成するものである。

1-1: まず、アンテナ1を介して検体(DUT)10からの高周波信号を取り込む。これは、被周波数シフト信号として用い、上記の周波数 f_{RF} の変調波35に相当するが、この高周波信号は、図5の周波数シフター2で周波数 f_{L0} の信号を生成するために使われる。また、独立したEO結晶を設けて特定部分の電界信号を取り込んでこれを用いることも可能である。また、電界センサー部9の特定位置の連続読み出しを行って、上記と同様に周波数 f_{L0} の信号を生成するための被周波数シフト信号として用いる上記の周波数 f_{RF} の変調波35とすることも可能である。図5では、この取り込みをアンテナ1を介して行っているが、検体10に引き出し線がある場合は、それを用いて上記の取り込みを行うことも可能である。しかし、検体に非接触の状態でも上記参照搬送波として用いる上記の周波数 f_{RF} の変調波35の取り込みを行うことが望ましい。

[0039] 1-2: 次に、周波数 f_{L01} の所定の基準信号(例えば2.4GHzの f_{RF} に対して f_{L01} は約2GHzの正弦波)と周波数 f_{RF} の信号とを混合器で混合して差周波側の周波数($f_{IF2} = f_{RF} - f_{L01}$)の信号を濾波器(IF2BPF)で選択する。この周波数 f_{L01} の第

1基準信号は、撮像装置7のフレームレートを制御するクロックに基づく参照信号を用いて生成した基準信号である。上記第1基準信号の周波数は、上記濾波器が上記周波数 f_{RF} およびそれ以上の信号を充分抑圧できる程度に充分に高い周波数であり、濾波器の性能によって決定する必要がある。

[0040] 1-3: 次に、上記第1基準信号と所定の周波数差 L_{IF} の信号である周波数 f_{L02} の第2

基準信号とを混合して和周波側の周波数 ($f_{L0} = f_{IF2} + f_{L02}$) の信号を濾波器 (図に記載していない) で選択する。ただし、周波数 f_{L02} は、 $f_{L02} = f_{L01} - f_{IF}$ 、または、 $f_{L02} = f_{L01} + f_{IF}$ とする。この周波数 f_{L02} の第2基準信号も、撮像装置7を制御するクロックに基づく参照信号を用いて生成した基準信号である。

このように周波数 f_{L0} の信号を生成する場合、第1基準信号と第2基準信号とを撮像装置4を制御するクロックに基づく参照信号を用いて生成することによって撮像装置4にお

ける撮像フレームレートで混合を行うことは、直交検波の安定化に寄与する。つまり、CMOS型撮像装置4に入射する光束は周波数 f_{L0} ($= f_{RF} - f_{IF}$) で周波数変換されて周波数 f_{IF} となった光束であり、周波数 f_{RF} に不安定部分が含まれている場合でも、上記撮像装置4内では、周波数 f_{IF} ($= f_p + \delta f$) の周波数 f_p 信号は上記クロックから生成されるものであるので、上記不安定部分は相殺され、安定に直交検波を行うことができる。

上記の2段階の周波数変換において、周波数 f_{IF} に負の周波数を許容した場合の f_{L02} や f_{L01} の値も実際に適用できる有効な値である。

[0041] 本発明で想定するフレームレートは、撮像装置が撮像する際の撮像フレームレート、その撮像装置からのデータを処理して画像として出力する際の画像フレームレート、その画像フレームレートの画像を表示装置用の画像に変換や加工した表示フレームレートである。その画像フレームレートについてより詳しく説明すると、それは画像として得られるフレームレートであって、例えば図4(b)の場合の様に4倍周波数サンプリングを行う場合、撮像装置のフレームレートを f_{IS} とするとき、 $f_p = f_{IS}/4$ であり、図4(a)に示す様に、アナログ回路を用いる場合には、 $f_p = f_{IS}$ である。

[0042] また、 f_{IF} は、上記 δf に上記撮像装置によって得られる画像フレームレート f_p を、
加えたあるいは引いた値である。つまり、上記の様に、 M を1あるいは-1として、 $f_{IF} = M \times f_p + \delta f$ である。周波数 δf については、本発明の電界イメ

ーシング装置の使用者

が設定した値または複数から選択した値とすることが望ましい。

ここで、 $M=0$ に設定する場合は、CMOS型撮像装置4に入射する光束をCMOS型撮像装置4の代わりに配列したフォトダイオード等で光電変換することで、上記入力変調波の位相情報を得ることができる。

[0043] 1-4：次に、上記の様に生成された周波数 f_{L0} の信号を第二段の濾波器（図には描かれていない）を介して、図6（a）のパワー調整部において増幅し、明滅光源3に供給する。

[0044] なお、一般に、濾波器は、回路の周波数特性を用いてその代用とすることができる場合があることはよく知られており、この事情は、本発明に於いても同様である。

[0045] 情報処理手段であるコンピュータ5には、画像処理部、演算処理部、制御部、表示部などがあり、それぞれの機能を分担している。その画像処理部では、CMOS型撮像装置4からの画像信号を入力し、各ピクセルについて、直交検波を行う。この直交検波を4倍周波数サンプリング法でデジタル処理することも可能である。また、その演算処理部で振幅成分と位相成分とに分けて検出する。また、その制御部と表示部とで、上記の振幅成分と位相成分の各ピクセルごとの情報を画像として、コンピュータ5に保存するか、伝送するか、またはその表示部に表示する。

実施例 3

[0046] 上記の手順（1-2）と（1-3）の代わりに、次の様にすることもできる。

2-2：周波数 f_{L01} の所定の基準信号（例えば2.4GHzの f_{RF} に対して f_{L01} は約2GHzの正弦波）と周波数 f_{RF} の信号とを混合器で混合して和周波側の周波数（ $f_{IF2} = f_{RF} + f_{L01}$ ）の信号を濾波器（IF2BPF）で選択する。この場合の濾波器は上記周波数 f_{RF} およびそれ以下の信号を充分抑圧できるものである。

2-3: 次に、上記第1基準信号と所定の周波数差 L_{IF} の信号である周波数 $f_{L_{02}}$ の第2

基準信号とを混合して差周波側の周波数($f_{L_0} = f_{IF2} - f_{L_{02}}$)の信号を濾波器(図に記載していない)で選択する。ただし、周波数 $f_{L_{02}}$ は、 $f_{L_{02}} = f_{L_{01}} - f_{IF}$ 、または、 $f_{L_{02}} = f_{L_{01}} + f_{IF}$ とする。この周波数 $f_{L_{02}}$ の第2基準信号も、撮像装置7を制御するクロックに基づく参照信号を用いて生成した基準信号である。

この場合も、本実施例における上記の2段階の周波数変換において、周波数 L_{IF} に負の周波数を許容した場合の $f_{L_{02}}$ や $f_{L_{01}}$ の値も実際に適用できる有効な値である。

実施例 4

[0047] 本発明により、従来は困難だった信号源実装済みの製品やその様な製品に組み込まれるモジュールなどの瞬時電界撮像が可能となる。図7はオンボード型ブルートゥース「Bluetooth(登録商標)」モジュールの実装済みチップアンテナから発せられる2.4GHz

電波に対して適用した結果である。この市販モジュールには水晶振動子型自走信号源が内蔵されているが、同期信号入出力やRF信号取り出し端子は存在しない。図7(a)は、検体からの高周波信号を入力し、そのまま周波数変換して明滅光源に適用することを示す図であり、(b)は、上記モジュールの側面を示し、(c)は、z軸に沿った検体の俯瞰を示す。EO結晶板を介して撮像された光学像である。(d)は、チップアンテナの特性、オンボードモジュール基板およびUSBインターフェース基板の電波放射への影響などが反映されたチップアンテナ付近の電界強度分布の実測を示す。光学像に重畳されている。(e)は、光学像に重ねて表示した波面進展ストロボ図列であり、 $\pi/6$ 毎の8ショット

ト、(f)は電界フェーザー進展ストロボ図列であり、 $\pi/6$ 毎の8ショットである。(

g)は、映像化した複素2次元フーリエ変換により波動ベクトル分布を示す

図である。このように、本発明によって高周波機器における位相の進展がイメージとして捉えられていることが分かる。

産業上の利用可能性

[0048] 上記のように、本発明によって高周波機器における位相の進展がイメージとして捉えられていることが分かる。これにより、モジュールや製品に対する動作や故障の解析診断、EMC対策などに投入される時間が大幅に短縮され、コストと性能面での競争力が增強されることが予期される。

符号の説明

- [0049]
- 1 アンテナ
 - 2 周波数シフター
 - 3 明滅光源
 - 4 撮像装置
 - 5 コンピュータ
 - 6 LED
 - 7 撮像装置
 - 8 光学系
 - 9 電界センサー部
 - 10 検体
 - 11 偏光ビーム分岐器
 - 12 ダイクロイックミラー
 - 13 遅延補償器
 - 20 変調波
 - 21、22 混合器
 - 23 正弦波生成器
 - 24 余弦波生成器
 - 25、26、27 混合器
 - 28 局部発振器
 - 29 混合器

- 3 0 参照搬送波
- 3 1 周波数変換部
- 3 2、3 3 信号生成器
- 3 4 周波数シフター
- 3 5 周波数 f_{RF} の変調波
- 3 6 周波数 f_{LO} の変調波
- 3 7 周波数 f_{IF} の変調波

請求の範囲

[請求項1]

周波数 f_{RF} を中心とする周波数帯にある高周波信号および高周波電界信号を発する検体付近の電界分布とその時間的変動を観察する電界カメラであって、

上記検体が発する高周波信号を入力する高周波信号入力手段と、

上記高周波電界のセンサーである E O 結晶板と、

上記 E O 結晶板に明滅する偏光を照射する明滅光源と、

上記偏光を、上記 E O 結晶板を介して、その偏光の位相変化を検出する検光子に導く光学系と、

上記偏光による上記検光子からの光束の面内分布を電気信号に変換する撮像手段と、

上記撮像手段からの出力信号を検波処理し画像フレームを周波数 f_p で出力する信号処

理手段と、上記信号処理手段の出力の演算処理、表示、伝送または保存する情報処理手段と、

上記検体とは独立な所定の周波数の信号を用いて、上記高周波信号入力手段から入力された高周波信号を周波数 f_{L0} を中心周波数とする信号に変換して出力する明滅信号生成手段と、を備え、

上記明滅光源は上記明滅信号生成手段の出力に従って上記周波数 f_{L0} で明滅するものであり、

上記周波数 f_{RF} と上記周波数 f_{L0} との差に相当する周波数 f_{IF} は、上記周波数 f_p の 1

倍あるいは -1 倍からゼロ以外の周波数 δf 分ずれた周波数であり、

上記信号処理手段の出力を上記画像フレームの画素ごとに、上記周波数 f_p の信号を参

照搬送波として直交検波を行うことで、上記高周波電界信号の振幅または位相の位置依存性とその変化を表示、伝送または保存するものであることを特徴とする電界イメージング装置。

[請求項2] 上記高周波信号入力手段から上記信号処理手段に至る上記高周波信号の電気信号経路上に、上記高周波信号の遅延補償を行う遅延補償手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の電界イメージング装置。

[請求項3] 上記情報処理手段は、画像信号から分離された位相信号にゼロでない所定の値を乗じた値を用いて上記表示装置用の表示画像用の画像信号を生成するものであることを特徴とする請求項1あるいは請求項2に記載の電界イメージング装置。

[請求項4] 上記明滅信号生成手段は、
(1) 所定の周波数 f_{L01} の信号と上記高周波信号入力手段から入力した周波数 f_{RF} の信号とを混合して差周波数側 ($f_{RF} - f_{L01}$) の周波数 ($f_{IF2} = f_{RF} - f_{L01}$) の信号を生成し、
(2) 上記周波数 f_{L01} の信号とは所定の周波数差 (正負を許容する f_{IF}) である周波数 $f_{L02} (= f_{L01} - f_{IF})$ の信号と上記 (1) で生成された信号とを混合して和周波数側 ($f_{IF2} + f_{L02}$) の周波数 ($f_{L0} = f_{RF} - f_{IF}$) の信号を生成することによって、周波数 f_{RF} に極近い周波数 (f_{L0}) の信号を生成するものである、ことを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1つに記載の電界イメージング装置。

[請求項5] 上記明滅信号生成手段は、
(1) 所定の周波数 f_{L01} の信号と上記高周波信号入力手段から入力した周波数 f_{RF} の信号とを混合して和周波数側 ($f_{RF} + f_{L01}$) の周波数 ($f_{IF2} = f_{RF} + f_{L01}$) の信号を生成し、
(2) 上記周波数 f_{L01} の信号とは所定の周波数差 (正負を許容する f_{IF})

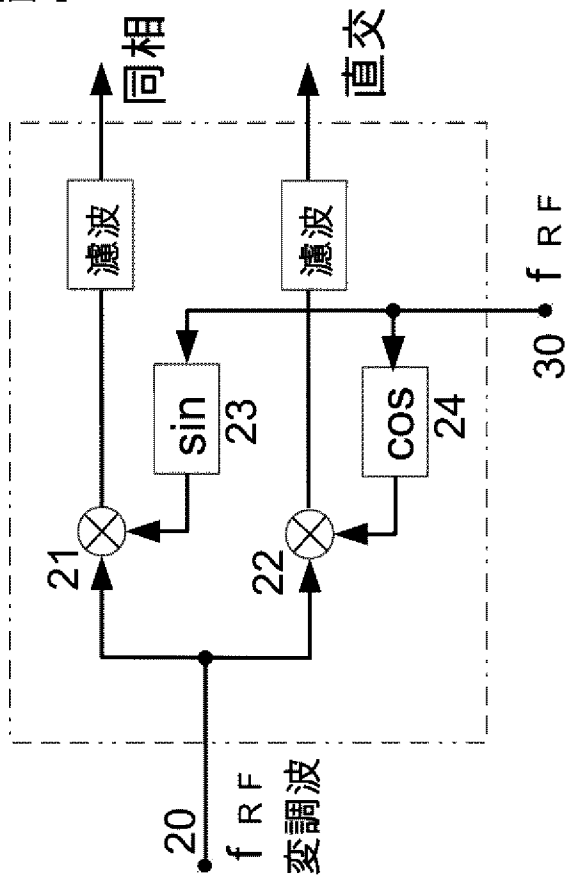
f_{IF}) である周波数

$f_{L02} (= f_{L01} - f_{IF})$ の信号と上記 (1) で生成された信号とを混合して差周波数側 ($f_{IF2} - f_{L02}$) の周波数 ($f_{L0} = f_{RF} + f_{IF}$) の信号を生成することによって、周波数 f

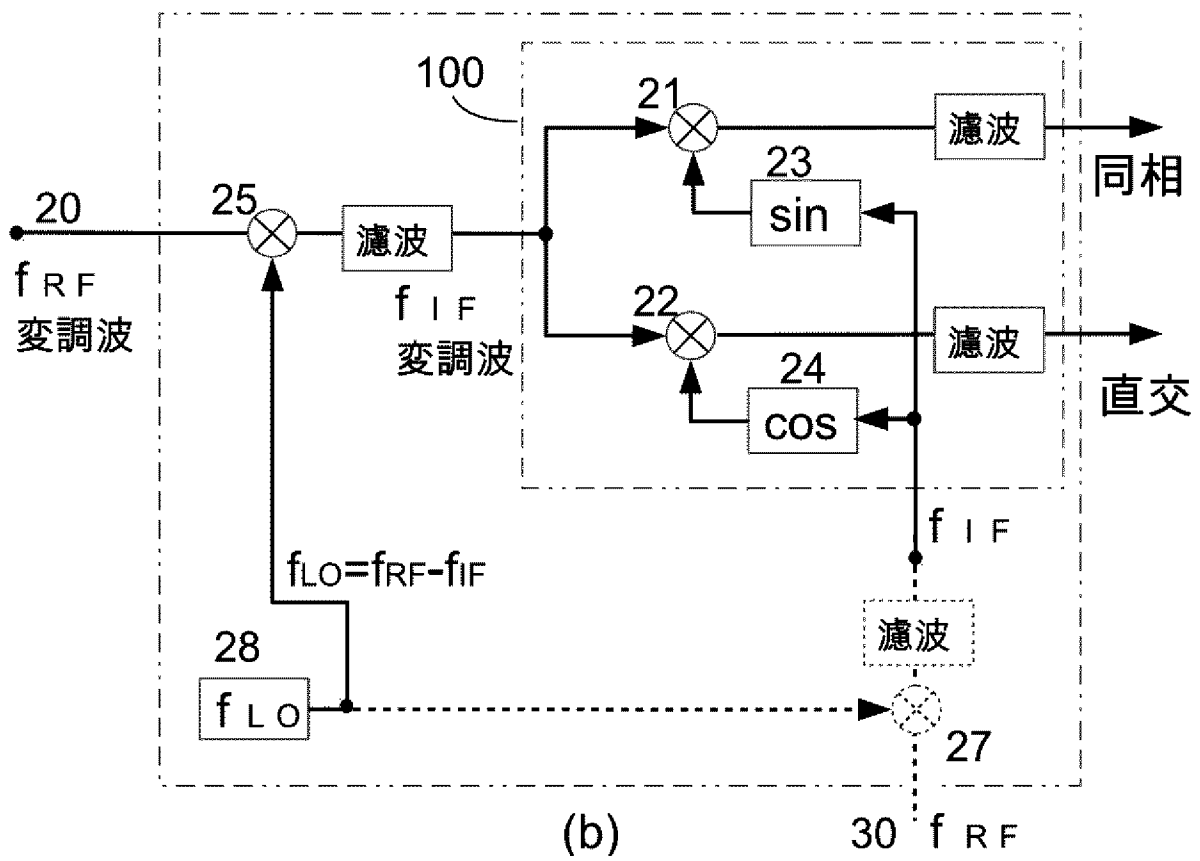
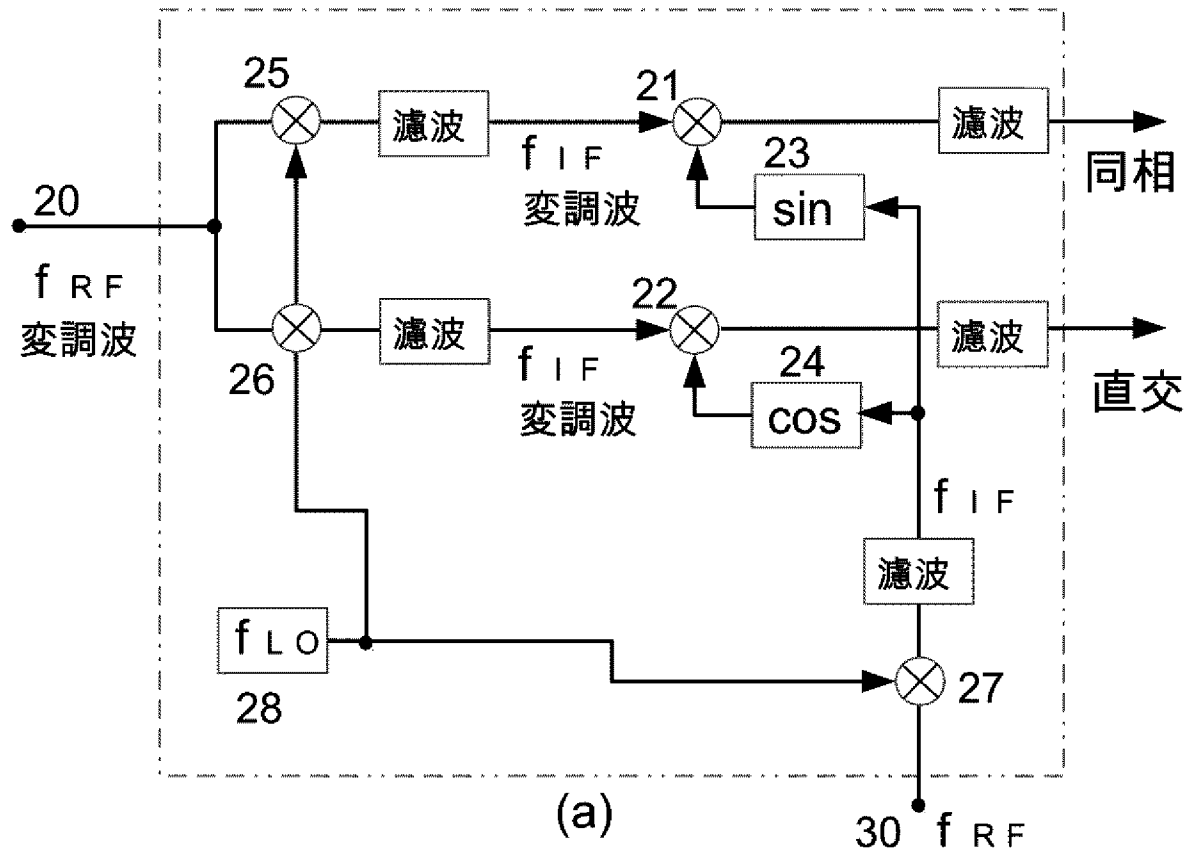
f_{RF} に極近い周波数 (f_{L0}) の信号を生成するものである、ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 つに記載の電界イメージング装置。

[請求項 6] 上記明滅信号生成手段に用いられる上記検体とは独立な所定の周波数の信号は、単一または複数であって、各々上記撮像手段の撮像フレームレートを制御するクロックに基づく参照信号を用いて生成した信号であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 つに記載の電界イメージング装置。

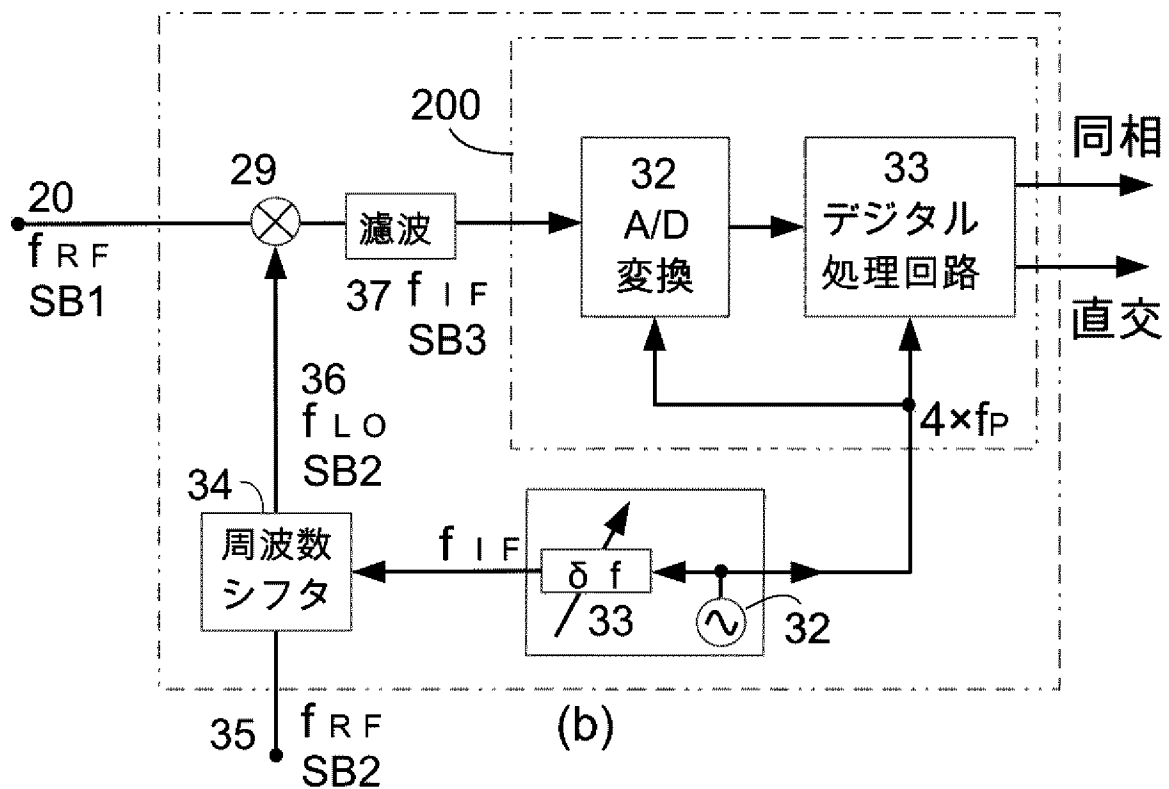
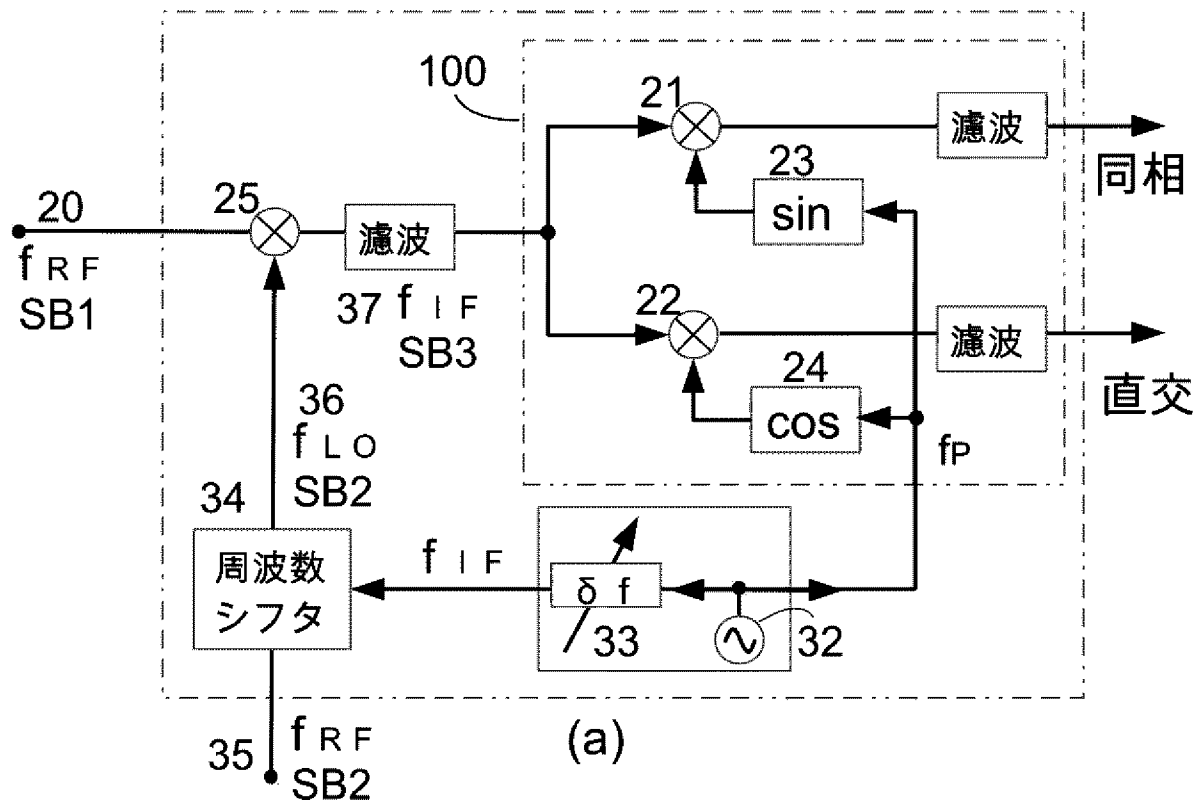
[図2]



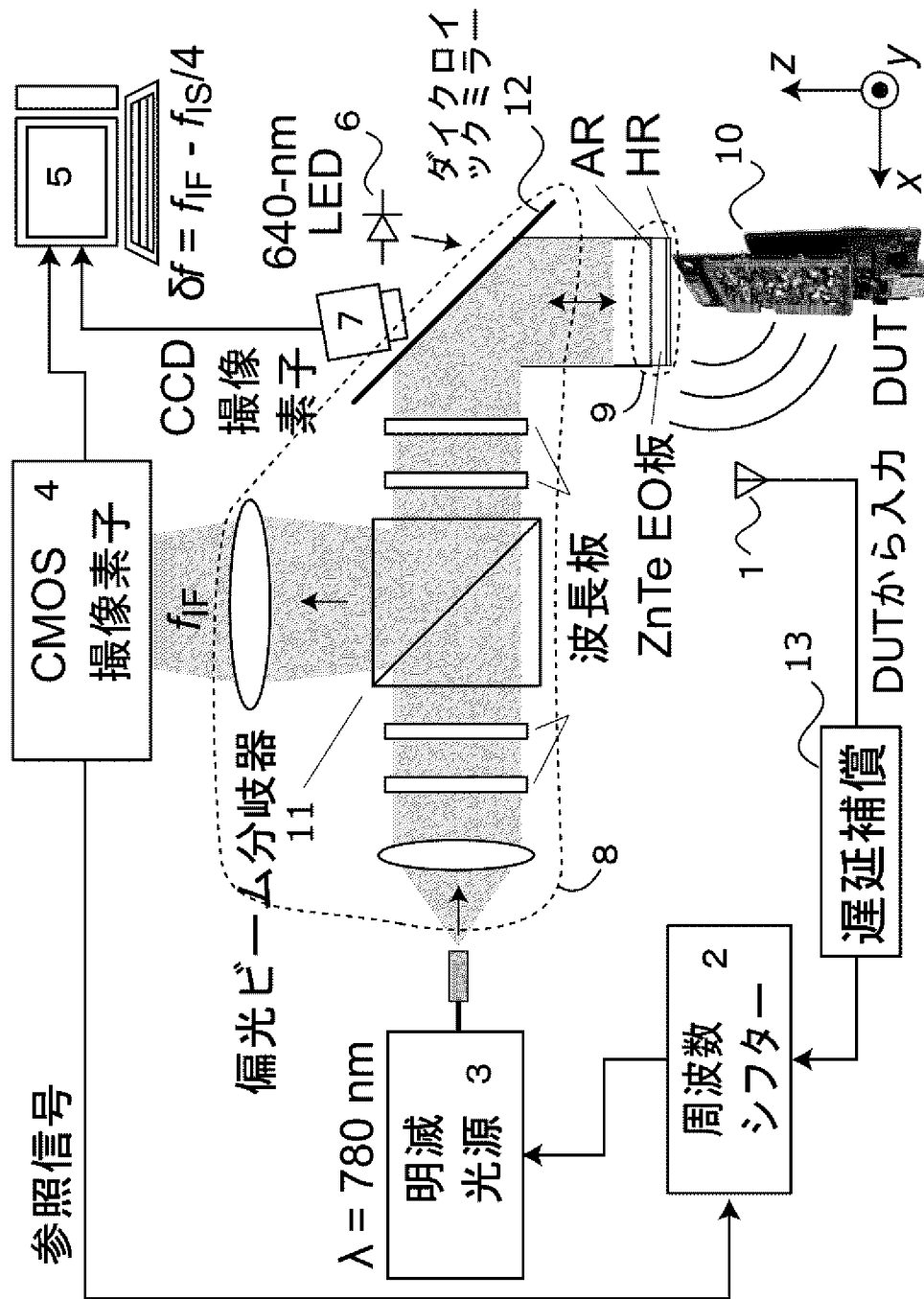
[図3]



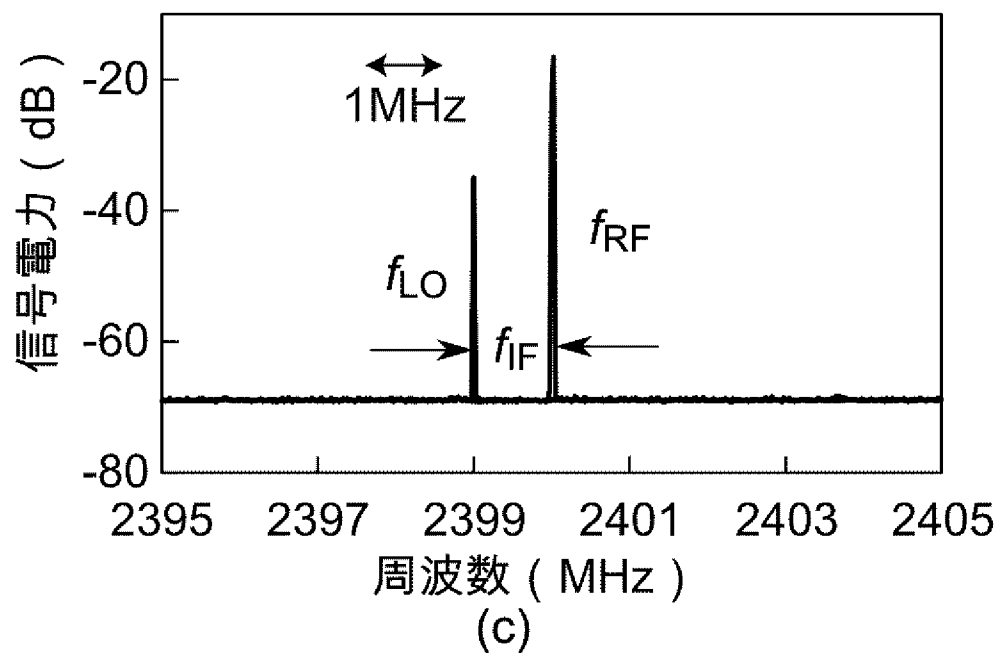
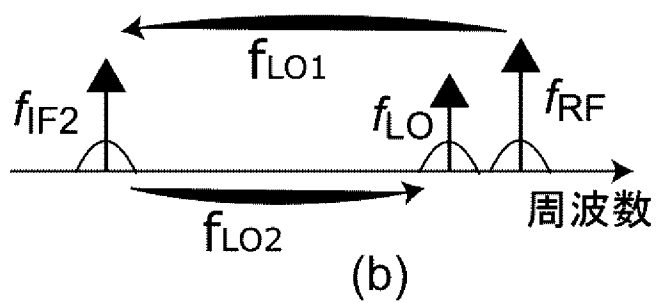
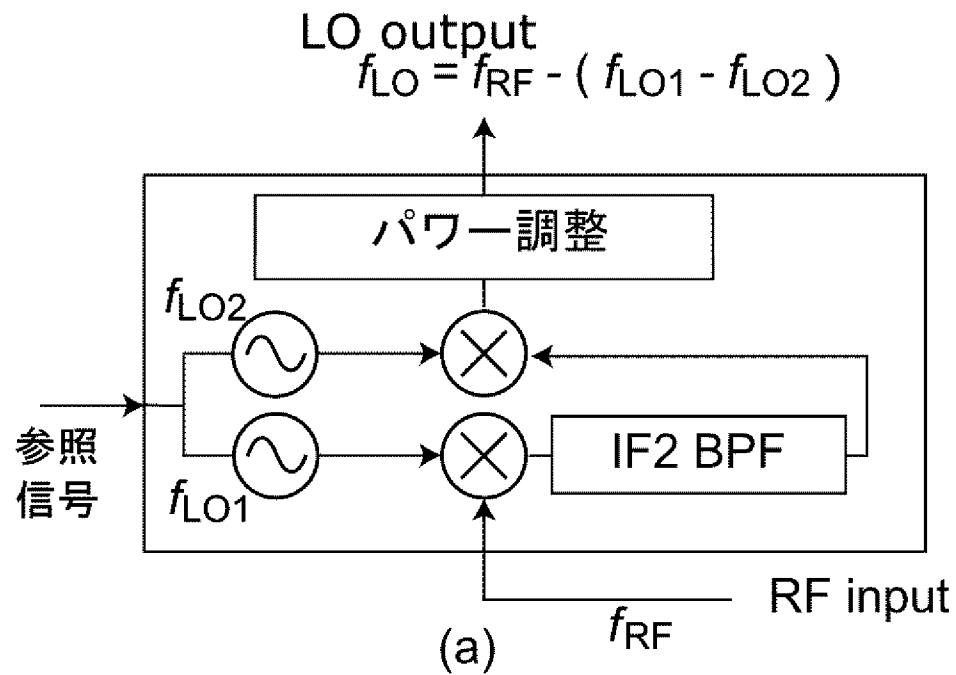
[図4]



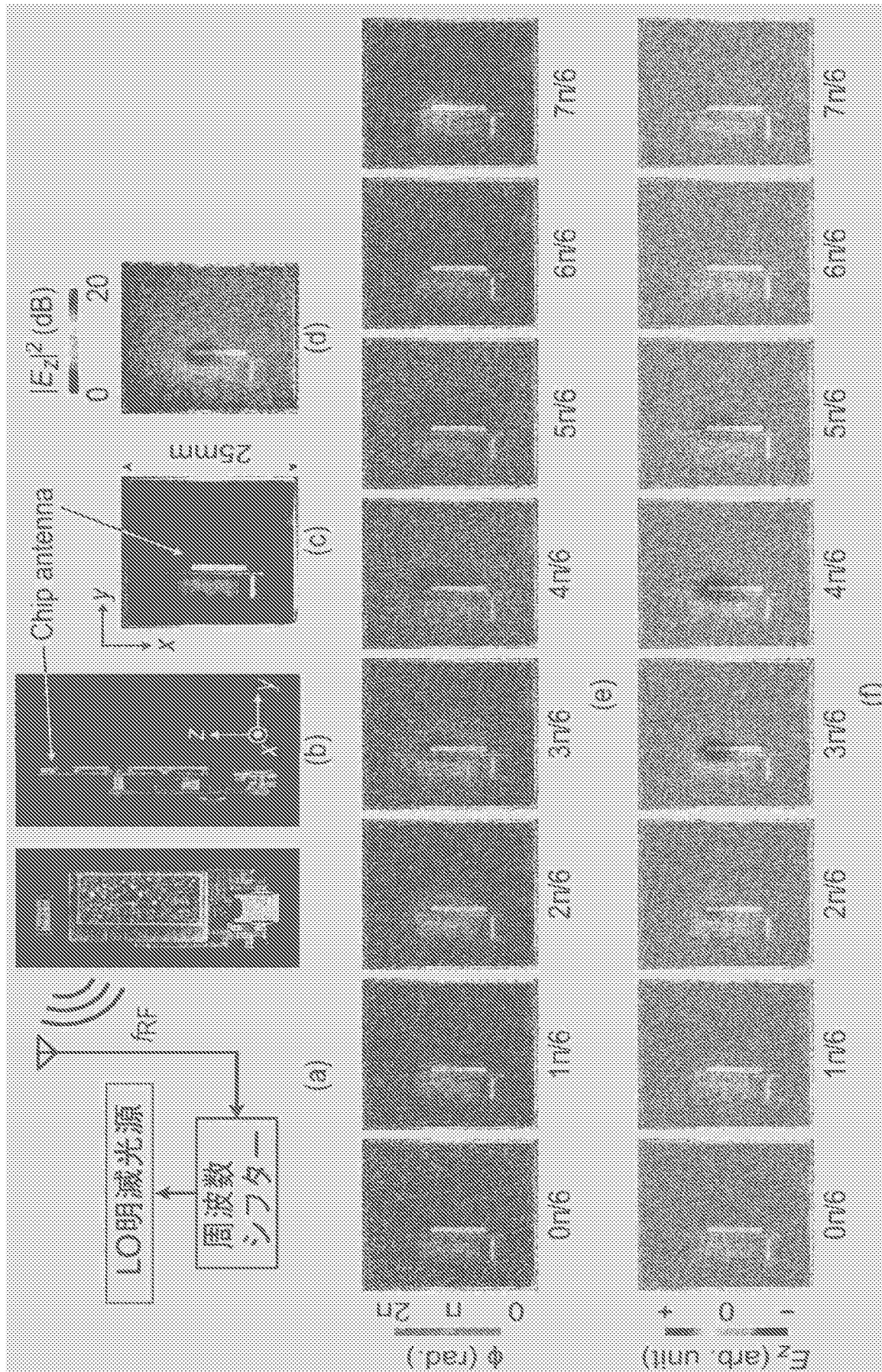
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/004151

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R29/08(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)

G01R29/08

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	TSUCHIYA, Masahiro, et al., Agile and compact near-field analyses of onboard Bluetooth module by live electrooptic imaging, Proceedings of the 46th European Microwave Conference, 2016.10.04, p.1131-1134, [online], [retrieval date 2017.03.30], Internet: <URL: http://ieeexplore.ieee.org/document/7824547/ > <DOI: 10.1109/EuMC.2016.7824547>	1, 4-6

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 April 2017 (03.04.17)

Date of mailing of the international search report
11 April 2017 (11.04.17)

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/JP2017/004151

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	TSUCHIYA, Masahiro, et al., Asynchronous live electrooptic imaging and its application to free-running broadband signal sources, IEICE Electronics Express, Article ID: 13.20160080, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 2016.03.16, p.1-10, [online], [retrieval date 2017.03.31], Internet:<URL: http://www.jstage.jst.go.jp/article/elex/advpub/0/advpub_13.20160080/_pdf > <DOI: 10.1587/elex.13.20160080>	1, 4-6
A	TSUCHIYA, Masahiro, et al., Live Electrooptic Imaging of W-Band Waves, IEEE Transactions on Microwave Theory and techniques, 2010.10.04, Vol. 58, No. 11, p.3011-3021, [online], [retrieval date 2017.03.30], Internet: <URL: http://ieeexplore.ieee.org/document/5593904/ > <DOI: 10.1109/TMTT.2010.2076672>	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01R29/08(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. G01R29/08

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)

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
P, X	TSUCHIYA, Masahiro, et al., Agile and compact near-field analyses of onboard Bluetooth module by live electrooptic imaging, Proceedings of the 46th European Microwave Conference, 2016.10.04, p.1131-1134, [online], [検索日 2017.03.30], インターネット : <URL: http://ieeexplore.ieee.org/document/7824547/ > <DOI: 10.1109/EuMC.2016.7824547>	1, 4-6

☒ 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 | 「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 |
| 「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 | 「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 |
| 「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) | 「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 |
| 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 | 「&」 同一パテントファミリー文献 |
| 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | |

国際調査を完了した日

03.04.2017

国際調査報告の発送日

11.04.2017

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)

續山 浩二

2 S

4 4 5 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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
P, X	TSUCHIYA, Masahiro, et al., Asynchronous live electrooptic imaging and its application to free-running broadband signal sources, IEICE Electronics Express, Article ID: 13.20160080, 一般社団法人 電子情報通信学会, 2016.03.16, p.1-10, [online], [検索日 2017.03.31], インターネット: <URL: http://www.jstage.jst.go.jp/article/elex/advpub/0/advpub_13.20160080/_pdf > <DOI: 10.1587/elex.13.20160080>	1, 4-6
A	TSUCHIYA, Masahiro, et al., Live Electrooptic Imaging of W-Band Waves, IEEE Transactions on Microwave Theory and techniques, 2010.10.04, Vol. 58, No. 11, p.3011-3021, [online], [検索日 2017.03.30], インターネット: <URL: http://ieeexplore.ieee.org/document/5593904/ > <DOI: 10.1109/TMTT.2010.2076672>	1-6