

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4445255号
(P4445255)

(45) 発行日 平成22年4月7日(2010.4.7)

(24) 登録日 平成22年1月22日(2010.1.22)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00
G O 1 N 29/44 (2006.01) G O 1 N 29/22 5 O 1

請求項の数 6 外国語出願 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2003-432089 (P2003-432089)	(73) 特許権者	300019238
(22) 出願日	平成15年12月26日(2003.12.26)		ジーイー・メディカル・システムズ・グロ ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル エルシー
(65) 公開番号	特開2004-209246 (P2004-209246A)		アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53 188・ワウケシャ・ノース・グランドヴ ュー・ブルバード・ダブリュー・710 ・3000
(43) 公開日	平成16年7月29日(2004.7.29)		
審査請求日	平成18年12月21日(2006.12.21)	(74) 代理人	100137545
審判番号	不服2007-28397 (P2007-28397/J1)		弁理士 荒川 聡志
審判請求日	平成19年10月18日(2007.10.18)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	10/335,277		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成14年12月31日(2002.12.31)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 黒川 俊久
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 組織で発生される高調波との広帯域周波数合成を用いた超音波スペックル低減の方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コヒーレント・ベクトル加算手段(16)と、インコヒーレント加算手段(20)とを備える超音波イメージング・システムが超音波画像を形成する方法であって、

(a) 前記コヒーレント・ベクトル加算手段(16)が基本周波数にある第1の波形を含んでいる第1の超音波発射に対する第1の受波信号(66)と、基本周波数にある第2の波形を含んでいる第2の超音波発射に対する第2の受波信号(68)とをコヒーレント・ベクトル加算して、高調波ベクトル(70)を形成する工程と、

(b) 前記インコヒーレント加算手段(20)が前記第1の受波信号(66)と、前記高調波ベクトル(70)とを周波数合成法を使用したインコヒーレント加算して、合成画像(72)を形成する工程と、

を備えた方法。

【請求項2】

コヒーレント・ベクトル加算手段(16)と、インコヒーレント加算手段(20)とを備える超音波イメージング・システムが超音波画像を形成する方法であって、

(a) 前記コヒーレント・ベクトル加算手段(16)が基本周波数にある第1の波形を含んでいる第1の超音波発射に対する第1の受波信号(118)と、第1の超音波と同じ振幅及び反対の位相を有する第2の超音波発射に対する第2の受波信号(120)とをコヒーレント・ベクトル加算して、高調波ベクトル(122)を形成する工程と、

(b) 前記インコヒーレント加算手段(20)が基本周波数にある第2の波形を含んでい

る第3の超音波発射に対する第3の受波信号(116)と、前記高調波ベクトル(122)とを周波数合成法を使用したインコヒーレント加算して、合成画像(124)を形成する工程と、
を備えた方法。

【請求項3】

前記第1及び第2の受波信号は、等しいゲインで加算され、前記第1の受波信号は、前記高調波ベクトルとインコヒーレント加算されるときに、両者のスペックルが近似的に同じ輝度を有するように加重付きゲインを付与される、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記高調波ベクトルの高調波成分は、超高調波、二次高調波又は高次高調波であり得る、請求項1又は2に記載の方法。

10

【請求項5】

超音波撮像装置であって、

(a) 超音波プローブと、

(b) 基本周波数にある第1の波形を含んでいる第1の超音波発射と、基本周波数にある第2の波形を含んでいる第2の超音波発射を行うビームフォーマと、

(c) 前記第1の超音波発射に対する第1の受波信号(66)と、前記第2の超音波発射に対する第2の受波信号(68)とをコヒーレント・ベクトル加算して、高調波ベクトル(70)を形成する手段と

(d) 前記第1の受波信号(66)と、前記高調波ベクトル(70)とを周波数合成法を使用したインコヒーレント加算して、合成画像(72)を形成する手段と、

20

(e) 後処理手段と、

(f) スペックルが抑制された画像を表示するスキャン・コンバータ及び表示手段と、
を備えた超音波撮像装置。

【請求項6】

超音波撮像装置であって、

(a) 超音波プローブと、

(b) 基本周波数にある第1の波形を含んでいる第1の超音波発射と、第1の超音波と同じ振幅及び反対の位相を有する第2の超音波発射と、基本周波数にある第2の波形を含んでいる第3の超音波発射とを行うビームフォーマと、

30

(c) 前記第1の超音波発射に対する第1の受波信号(118)と、前記第2の超音波発射に対する第2の受波信号(120)とをコヒーレント・ベクトル加算して、高調波ベクトル(122)を形成する手段と、

(d) 前記第3の超音波発射に対する第3の受波信号(116)と、前記高調波ベクトル(122)とを周波数合成法を使用したインコヒーレント加算して、合成画像(72)を形成する手段と、

(e) 後処理手段と、

(f) スペックルが抑制された画像を表示するスキャン・コンバータ及び表示手段と、
を備えた超音波撮像装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波撮像に関し、さらに具体的には、スペックルを低減することにより超音波画像の画質を高める方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波撮像は、非侵襲的性質であること、比較的低コストであること、及び放射線照射を行わないことから、多くの診断手順について興味深いモダリティとなっている。医療超音波画像は典型的には、走査線またはベクトルとして知られている既知の方向に走行す

50

る超音波を発生して、体内の異なる密度の領域の間の境界で音波が散乱する又は反跳する際に発生するエコーを観測することにより形成される。超音波ビームの任意の所与の方向について、エコーの振幅に比例する輝度を有する点を、測定されている走査線の方向に短い超音波パルスを送波してからの時間の関数となっている位置の座標にプロットすることにより、画像ピクセルが生成される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

コヒーレント放射によって画像を形成する場合に、画像エネルギーの所望の分布は望ましくないランダム変調を被る。このランダムなエネルギー分布は「スペckル」として知られており、画像全体に分布するランダムな強度及びランダムな寸法の斑点として視覚画像に現われる。スペckルは、コヒーレント照射された対象によって散乱されたコヒーレント音場のランダムな位相相殺及び位相加算による協調型干渉及び背反型干渉から生ずる。スペckルのパワー・スペckトルは、コヒーレント信号搬送波のスペckトル、音場における散乱体のテクスチャ又は空間分布、照射対象の空間の寸法、並びに受波及び撮像システムの伝達関数に依存する。

10

【0004】

ランダムな組織散乱によって超音波画像に発生されるスペckルは、微細な組織構造を不明瞭にして画像コントラストを低下させる場合がある。周波数合成は、スペckルを低減し、延いてはコントラスト分解能を高める周知の方法である。周波数合成においては、異なる周波数特性を有する画像をインコヒーレント加算する。本発明者等の経験によれば、スペckル低減のための既存の周波数合成法では、検出された狭帯域信号の加算に起因する分解能低下が生ずる。これらの狭帯域信号は典型的には、受波時の狭帯域濾波によって得られる。従って、高分解能合成の方法及び装置が必要とされている。

20

【0005】

一般的には、本発明の目的は、改良された超音波撮像方法及び装置を提供することにある。

【0006】

本発明のもう一つの目的は、微細な構造を不明瞭にして画像コントラストを低下させるスペckルの量を減少させつつ組織の識別を可能にする改良された超音波撮像方法及び装置を提供することにある。本発明のさらにもう一つの目的は、組織で発生される高調波との広帯域周波数合成を用いたかかる方法及び装置を提供することにある。本発明の以上の目的及びその他の目的は、当業者には以下の発明の詳細な説明及び添付図面から明らかとなる。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、超音波画像においてスペckル・パターンを平滑化し、且つコントラスト分解能を高める方法及び装置である。他の周波数合成手法と比較すると、広帯域高調波周波数合成は、分解能を犠牲にせずにスペckル雑音を低減する。空間合成と比較すると、広帯域高調波周波数合成は、合成のために連続フレームではなく連続ベクトルを加算するため、組織の運動に対する堅牢性が高い。本発明の方法及び装置は、2以上の発射（ファイアリング、firing）を送波し、これらの発射の2以上をコヒーレント結合して組織で発生される高調波成分を抽出し、コヒーレント和の出力を検出すると共にコヒーレント和の前の1以上の発射を検出して、最後に、検出した全ての出力を結合して合成画像を形成することにより具現化される。

40

【0008】

本発明の方法及び装置は、広帯域基本波画像と広帯域高調波画像とを検出後に加算して合成画像を形成する。他の周波数合成法と異なり、送波信号及び受波信号は共に広帯域であり、狭帯域フィルタは不要である。2以上の異なる送波波形での多重発射が各々の焦点ゾーンへ送波される。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

一般的には、超音波ビームは、トランスデューサのアレイを用いて該アレイに関して所与の方向に送波ビームを形成することにより発生される。超音波パルスは、所定の周波数にある振幅変調パルスであり、包絡線関数によって指定される振幅を有する。このパルスによって発生するエコーは、同じ又は異なるトランスデューサのアレイによって検出され、このアレイを用いて送波ビームに対応する受波ビームを形成する。マイクロホンすなわち超音波プローブの感度は指向性を有するので、音響パルスの多重反射によって発生されるエコーは減少する。

【0010】

超音波撮像は一般的には、幾つかの本質的な構成要素を用いたシステムによって達成される。図1は、本発明の方法による超音波イメージング・システムのブロック図であり、超音波イメージング・システムが参照番号10として全体的に示されている。システム10は、超音波プローブ12、ビームフォーマ14、コヒーレント・ベクトル加算手段16、検出手段18、インコヒーレント・ベクトル加算手段20、後処理手段22、並びにスキャン・コンバータ及び表示手段24を含んでいる。一般的には、超音波プローブ12を走査対象に位置合わせして、操作者がスキャン・コンバータ及び表示手段24を用いて、プローブ12によって検出される走査結果を視覚化して観察する。

【0011】

本発明は、広帯域基本波画像と広帯域高調波画像とを検出後に加算して合成画像を形成する。他の周波数合成法と異なり、送波信号及び受波信号は共に広帯域であり、狭帯域フィルタは不要である。2以上の異なる送波波形での多重発射が各々の焦点ゾーンへ送波される。

【0012】

本発明の方法及び装置は、異なるスペckル・パターンを有する複数の広帯域画像を合成して、分解能の損失なしにスペckルを抑制することを教示する。このことは、図2及び図3に示すように、2以上の発射を送波し、これらの発射の2以上をコヒーレント結合して組織で発生される高調波成分を抽出し、コヒーレント加算の出力を検出すると共にコヒーレント和の前の1以上の発射を検出して、最後に、検出した全ての出力を結合して合成画像を形成することにより具現化される。

【0013】

図2～図5を参照すると、ビームフォーマ36、38及び88によってそれぞれ発生される送波波形62、64及び110は、基本周波数 f_0 の近くのピーク・パワー・レベルによって特徴付けられることが分かる。ビームフォーマ90及び92によってそれぞれ発生される送波波形112及び114は、もう一つの基本周波数 f_1 の近くのピーク・パワー・レベルによって特徴付けられる。ビームフォーマによって発生される超音波エコー情報には、基本周波数における情報と、高調波周波数において非線形的に生成される情報とが含まれる。ビームフォーマによって受波されるエコー情報は、送波周波数における情報を実質的に除去することにより高調波周波数情報を分離する他の従来のような濾波は施されていない。一実施形態では、 $2f_0$ での広帯域高調波画像を f_0 及び $2f_0$ での広帯域基本波画像とインコヒーレント加算して、最終合成画像を形成する。各々の焦点ゾーンに2回又は3回の発射を行なってよい。

【0014】

図2及び図4には、参照番号30として全体的に示す2回発射構成が概略図示されている。2回発射構成30では、周波数 f_0 での2回の発射32及び34の広帯域送波波形62及び64は同じ振幅であるが反対の位相を有する。換言すると、この状態は $c(t) = -b(t)$ によって表わされる。一方の発射62の受波信号66が検出され(ブロック48)、やはり f_0 にある広帯域基本波ベクトルを形成する。2回発射32及び34の受波信号66及び68は等しい加重すなわち $Gain_2 = Gain_3$ (参照番号42及び44)を施されて加算され(ブロック46)、検出されて(ブロック50)、 $2f_0$ にある広

10

20

30

40

50

帯域高調波ベクトル70を形成する。次いで、2つのベクトル66及び70が加算されて(ブロック52)、合成画像72を形成する。加重Gain1(参照番号40)は、基本波画像及び高調波画像のスペックルが近似的に同じ輝度を有するような何らかの値に設定される。

【0015】

また、図3及び図5に示すように、参照番号80として全体的に示す3回発射構成では、送波波形a(t)110での1回目の発射82を用いて広帯域基本波ベクトル116を形成する。同じ振幅及び反対の位相を有する送波波形b(t)112及びc(t)114での残り2回の発射84及び86を結合して(ブロック100)、広帯域高調波ベクトル122を形成する。送波波形a(t)110は、b(t)112及びc(t)114と異なっている。次いで、2つのベクトル116及び122を加算して(ブロック106)、合成画像124を形成する。この構成80におけるゲイン設定94、96及び98は、2回発射30の場合と同じである。2回発射構成30は相対的に高いフレーム・レートを与え、3回発射構成80は、基本波画像及び高調波画像の両方について最適化された品質を保証する。

10

【0016】

他の実施形態では、同じ位相であるが異なる振幅を有する2つの広帯域波形を発射することにより広帯域高調波画像を得る。次いで、2回の発射をGain3 = -Gain2 / でコヒーレント加算して、基本波成分を相殺すると共に高調波成分を抽出する。上述と同様の2回発射設定又は3回発射設定をこの実施形態でも利用することができる。

20

【0017】

さらに他の実施形態では、基本波ベクトルと高調波ベクトルとの加算に先立って、検出及び対数圧縮を実行する。この実施形態は、検出されたベクトル同士を合成のために乗算することと等価である。

【0018】

尚、以上の実施形態は、他の多重発射と広帯域合成との組み合わせに拡張し得ることも理解されたい。このことを一般的に表現すると、先ず、2回以上の超音波発射を行なう。これらの発射を幾つかのグループに分割する。これにより、各々のグループが他のグループと発射を共有することができる。発射が1回よりも多いグループでは、発射をコヒーレント結合して組織で発生される高調波成分を形成する。高調波成分には、低調波、超高調波、二次高調波又は高次高調波が含まれ得る。発射が1回よりも多いグループの数は1以上であってよい。発射が1回のグループの数も1以上であってよい。各々のグループについて、2回以上の発射の場合はコヒーレント和の出力が検出され、1回の発射の場合は発射が直接的に検出される。検出された全ての出力を結合して、前述のような合成画像を形成する。

30

【0019】

従って、本発明は、超音波画像のスペックル・パターンを平滑化し、且つコントラスト分解能を高める方法及び装置であることが理解されよう。他の周波数合成手法と比較すると、広帯域高調波周波数合成は、分解能を犠牲にせずにスペックル雑音を低減する。空間合成と比較すると、広帯域高調波周波数合成は、合成のために連続フレームではなく連続ベクトルを加算するため、組織の運動に対する堅牢性が高い。本発明の方法及び装置は、2回以上の発射を送波し、これらの発射の2以上をコヒーレント結合して組織で発生される高調波成分を抽出し、コヒーレント和の出力を検出すると共にコヒーレント和の前の1以上の発射を検出して、最後に、検出した全ての出力を結合して合成画像を形成することにより具現化される。

40

【0020】

本発明の方法及び装置は、広帯域基本波画像と広帯域高調波画像とを検出後に加算して合成画像を形成する。他の周波数合成法と異なり、送波信号及び受波信号は共に広帯域であり、狭帯域フィルタは不要である。2以上の異なる送波波形での多重発射が各々の焦点ゾーンへ送波される。以上の記載は、本発明の方法を限定するのではなく例示するものと

50

する。本発明の範囲は、特許請求の範囲によって定義されるものとする。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明による超音波イメージング・システムのブロック図である。

【図2】本発明の方法における2回発射構成を示す模式図である。

【図3】本発明の方法における3回発射構成を示す模式図である。

【図4】2回発射構成下での加算を示すスペクトル図である。

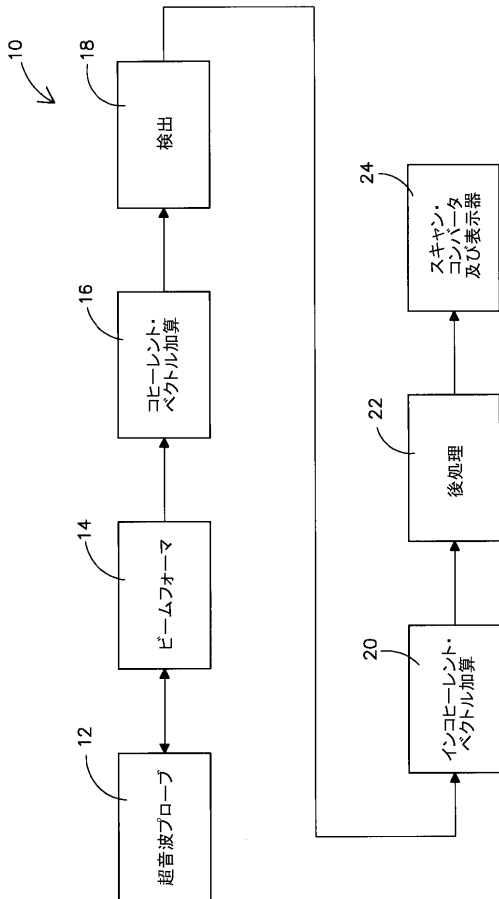
【図5】図3に示す3回発射構成下での加算を示すスペクトル図である。

【符号の説明】

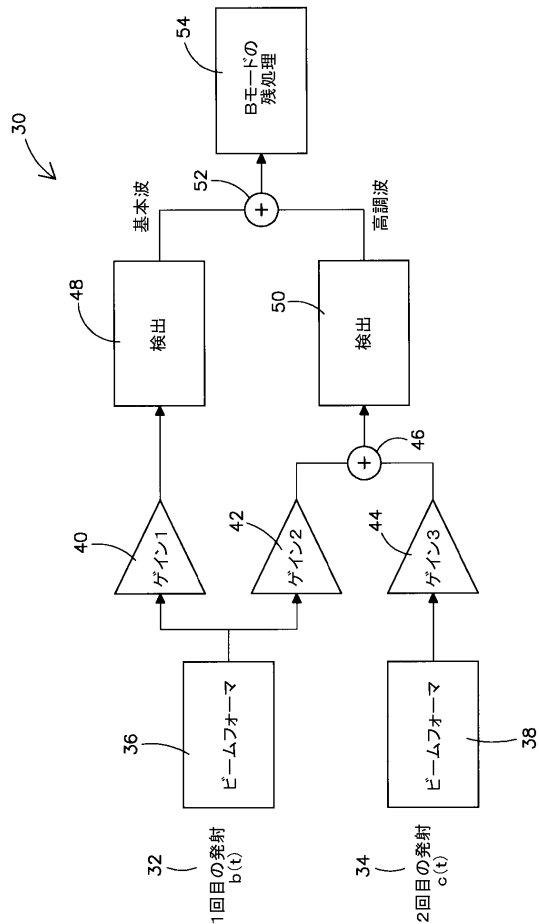
【0022】

- 10 超音波イメージング・システム
- 30 2回発射構成
- 62、64 2回発射の送波波形
- 66、68 受波信号
- 70、122 広帯域高調波ベクトル
- 72、124 合成画像
- 80 3回発射構成
- 110、112、114 3回発射の送波波形
- 116、118、120 受波信号

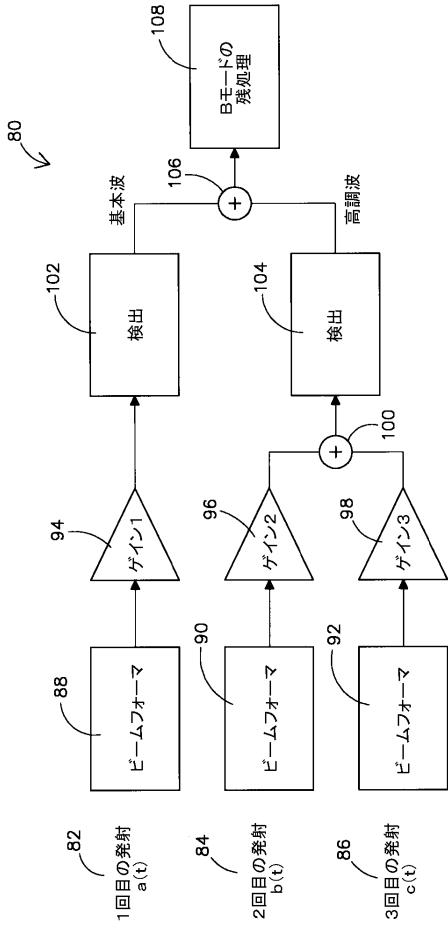
【図1】



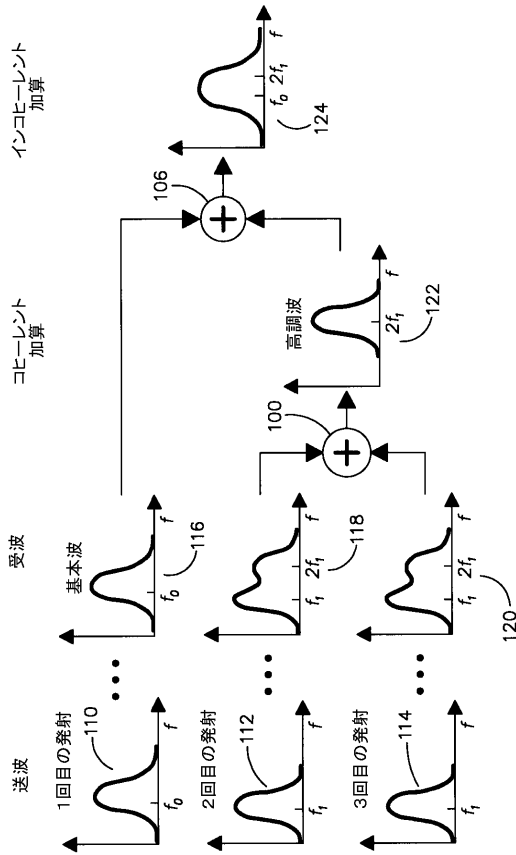
【図2】



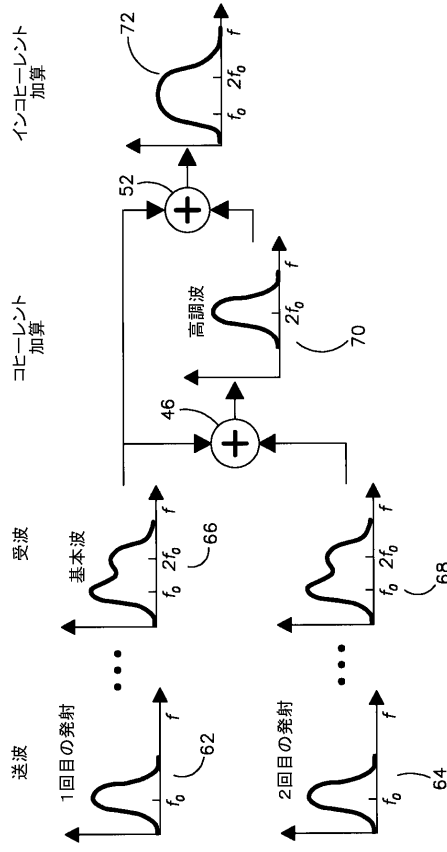
【図3】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 フェン・リン
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ウォーキシャ、ナンバー360、コリーナ・ビーエルブイデー、110番
- (72)発明者 リチャード・ヨン・チャオ
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、メノモニー・フォールズ、プレイリー・ドーン、エヌ53・ダブリュ16749番
- (72)発明者 サッチ・パンダ
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、グリーンフィールド、エス・ラヴィニア・ドライブ、4210番

合議体

審判長 郡山 順
審判官 居島 一仁
審判官 岡田 孝博

- (56)参考文献 特開2001-61841(JP,A)
特開平7-51270(JP,A)
山本浩之 他、スペckル軽減のための高次ハーモニックイメージの加算方法について、電子情報通信学会技術研究報告、2002年10月18日、vol.102、no.411、pp.19-24

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B8/00
G01N29/22