

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-181927

(P2015-181927A)

(43) 公開日 平成27年10月22日(2015. 10.22)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/06 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/06

テーマコード(参考)

4 C 6 O 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 書面 (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願2014-79742 (P2014-79742)

(22) 出願日

平成26年3月20日 (2014. 3. 20)

(71) 出願人 591231568

鈴木 範人

京都府京都市西京区御陵大枝山町5丁目3
番12

(72) 発明者 鈴木 範人

京都府京都市西京区御陵大枝山町5丁目3
番地の12

F ターム(参考) 4C601 DE09 EE03 HH04 JB31

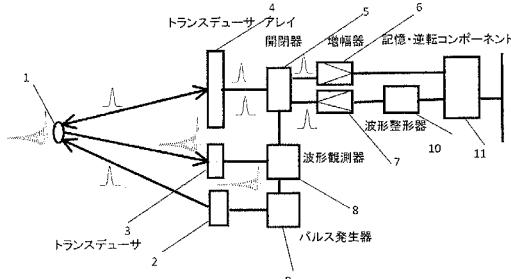
(54) 【発明の名称】高周波共振周波数を持つナノバブルを低周波で共鳴励起する方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】高い固有振動周波数をもつナノバブルを低い周波数の超音波波動あるいはそれと等価な超音波パルスを用いて誘起させる方法を提供する。

【解決手段】励起外力として、標的であるナノバブル群の近くで、時間発展により衝撃波が生成されるなめらかで巾の広い波形のパルスか、或いは半值全巾が特定の値をもつガウス形のパルスを用い、標的であるナノバブルの共振励起を行い、得られた減衰する固有振動の減衰の量を測定把握して、ナノバブルの共振振動と励起外力パルスを分離して、励起外力パルスのみを記憶・逆転と電力増幅をして、標的であるナノバブルに送る。この操作を繰り返す。

【選択図】図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ナノバブルの励起外力として、標的であるナノバブル群、即ち標的 G をトランスデューサアレイの間の距離で、時間発展により超音波の衝撃波が生成される条件をもつ、なめらかな波形の励起パルス S P をつくる手段と、該励起パルス S P の波高を衝撃波が生成されないと共に標的 G であるナノバブル群の励起を行わない程度に波高制限を加えた一回目の低波高励起パルス L S P を第 1 のトランスデューサから標的 G に送り、標的 G で散乱、反射された低波高励起パルスを k 個の素子から成るトランスデューサアレイで受信して第 1 の電気信号として k 個の記憶・逆転コンポーネントで時間反転した後、波形整形、電力増巾を行い前記 k 個の素子から成るトランスデューサアレイから位相共役波面をもつ励起パルス S P を送り標的 G で収束させて衝撃波として標的 G であるナノバブル群を励起し減衰固有振動を起こさせる手段と、標的 G で散乱、反射される超音波すべてを第 2 のトランスデューサで受信して、第 2 の電気信号にして常時前記の標的 G で散乱、反射された衝撃波および該衝撃波で励起されたナノバブルの減衰固有振動の波形を観測して、該衝撃波および減衰固有振動の発生直前の時点から減衰固有振動の振巾が小さな値に設定された閾値より小さくなる振動の仮想終了時点、あるいは該仮想終了時点前後の特定の時点までトランスデューサアレイの入出力電気回路を遮断する手段と、該遮断時間経過後に、二回目の低波高励起パルス L S P を第 1 のトランスデューサから標的 G に送る手段を、整数 N 回繰り返す動作をすることを特徴とするナノバブルの固有振動励起方法

10

【請求項 2】

時間発展して超音波の衝撃波が生成される条件をもたないなめらかな波形の励起パルスをつくる手段と、該励起パルスを第 1 のトランスデューサから標的 G に送り、標的 G で散乱、反射された励起パルスを k 個の素子から成るトランスデューサアレイで受信して第 1 の電気信号として k 個の記憶・逆転コンポーネントで時間反転した後、波形整形、電力増巾を行い前記 k 個の素子から成るトランスデューサアレイから位相共役波面をもつ励起パルスを送り標的 G で収束させて標的 G であるナノバブル群を励起し減衰固有振動を起こせる手段と、標的 G で散乱、反射される超音波すべてを第 2 のトランスデューサで受信して、第 2 の電気信号にして常時前記の標的 G で散乱、反射された衝撃波および該衝撃波で励起されたナノバブルの減衰固有振動の波形を観測して、該励起パルスおよび減衰固有振動の発生直前の時点から減衰固有振動の振巾が小さな値に設定された閾値より小さくなる振動の仮想終了時点、あるいは該仮想終了時点前後の特定の時点までトランスデューサアレイの入出力電気回路を遮断する手段と、該遮断時間経過後に、二回目の励起パルスを第 1 のトランスデューサから標的 G に送る手段を、整数 N 回繰り返す動作をすることを特徴とするナノバブルの固有振動励起方法

20

【請求項 3】

全値半巾がナノバブルの固有振動周期の 2 . 5 倍以上で 3 . 6 倍以下のガウス形のパルスをナノバブルの一回目の励起外力として標的 G に送る手段と、標的 G で散乱、反射される超音波すべてを第 2 のトランスデューサで受信して第 2 の電気信号にして常時前記の標的 G で散乱、反射された励起波および励起波で励起されたナノバブルの減衰固有振動の波形を観測して、減衰固有振動の振巾が小さな値に設定された閾値より小さくなる振動の仮想終了時点あるいは該仮想終了時点前後の特定の時点で前記のガウス形のパルスを二回目の励起外力として第 1 のトランスデューサから標的 G に送る手段を、整数 N 回繰り返す動作をすることを特徴とするナノバブルの固有振動励起方法

30

【請求項 4】

ナノバブルの励起外力として、標的であるナノバブル群、即ち標的 G とトランスデューサアレイの間の距離で、時間発展により超音波の衝撃波が生成される条件をもつ、なめらかな波形の励起パルス S P をつくる手段と、一回目の該励起パルス S P を第 1 のトランスデューサから標的 G に送る手段と、標的 G で散乱、反射される超音波すべてを第 2 のトランスデューサで受信して第 2 の電気信号にして常時前記の標的 G で散乱、反射された該衝撃波および該衝撃波で励起されたナノバブルの減衰固有振動の波形を観測して、減衰固有振

40

50

動の振巾が設定された閾値より小さくなる振動の仮想終了時点、あるいは該仮想終了時点前後の特定の時点で二回目の励起パルス S P を第 1 のトランステューサから標的 G に送る手段を、整数 N 回繰り返す動作をすることを特徴とするナノバブルの固有振動励起方法

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 におけるナノバブルの減衰固有振動の仮想終了時点の決定を減衰固有振動の開始からの固有振動の周期の数が一定の値になる点とする請求項 1 から請求項 4 に記載された方法

【請求項 6】

ナノバブルの固有振動周波数の二分の一の周波数を持つ正弦あるいは余弦超音波で標的 G のナノバブルを連続的に励起することを特徴とするナノバブルの固有振動励起方法

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は人体内にある高い固有振動周波数をもつナノバブルを低い周波数の超音波波動あるいはそれと等価な超音波パルスで共鳴励起して該高い固有振動周波数で共振させ発熱や崩壊を促すものである。

【背景技術】

【0001】

医療、特に癌の診断においてマイクロバブル、ナノバブルは超音波エコーの癌造影剤として活躍している。しかしバブルのサイズが大きく癌細胞に入ることが出来ずバブルは癌細胞の周辺に留まる。バブルのサイズが半径 200 nm 以下になれば状況はかわる。バブルが E P R (Enhanced permeability and retention effect) 効果で血管から細胞への移動する。そのバブルに細胞内で色々な操作を行なうことが出来る。ナノバブルを共振、発熱させ熱を利用するのもその一つである。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0002】

医療においてナノバブルの果たす役割は大きく且つ広い。しかしナノバブルの固有振動周波数は高い。半径が、E P R 効果が起こり得る上限の 200 nm であるとしても、固有振動周波数は 20 MHz であるが、半径が小さくなる程固有振動周波数は高くなるのに、超音波媒質である人体は周波数が高くなるほど減衰が大きくなる。従って人体という媒質から見ると体内を通過する超音波波は 10 MHz 以下の低周波であることが望まれる。そこで、等価的に低い周波数の超音波で、ナノバブルを高い固有振動周波数で共振させるという名題が生まれる。

30

本発明はナノバブルの高い固有振動周波数での共振を、より低い周波数の超音波か、より低い周波数の超音波と等価なパルス列を外部入力として、共振を起こさせる方法を提供することを課題とする。

【課題を解決する手段】

【0003】

高い固有振動周波数をもつナノバブルを低い周波数の外力で励起して共振させるには二つの方法が挙げられる。

40

一つの方法は、一つは固有振動周波数の 1 / 2 分調周波数を用いる方法であり、他の一つは半值巾が広い間欠的なパルスを用いる方法である。

固有振動周波数の 1 / 2 分調周波数を用いる場合、わずかに周波数引き込み現象があり余裕はあるが、一応厳密な同調操作が必要であること、外力の励起周波数がバブル固有振動周波数の 1 / 2 に限られることが良くない条件となる。図 1 に外力の励起周波数を正確にバブル固有振動周波数の 1 / 2 に設定した場合のバブルの振動波形を示す。同図でバブルの共振波形の山に対し一つおきに励起波の山が重なっているのが見える。図 2 にそのスペクトルを示す。

他の一つの方法は、間欠的なパルスを用いる方法である。

間欠的なパルスを用いる場合、パルスをガウス形（ガウシアン）にするとする。この場合

50

、パルスの巾が小さすぎると等価的な周波数は高くなり過ぎ、巾が大きすぎるとナノバブルの共振振巾が小さくなり遂には共振しなくなる。

以下外力としてパルス列を用いる場合の説明を行う。

【0004】

ナノバブルを外力としてパルス列で励起した場合ナノバブルは固有振動周波数で振動を始めるが、この振動は減衰する。減衰定数は Rayleigh - Plessset 方程式における (dR/dt) の項の係数 $4\mu/R$ などである。Rayleigh - Plessset 方程式は

$$R d^2R/dt^2 + 1.5(dR/dt)^2 = (1/\rho)(p_h + (2\sigma/R_0) - p_b) (R_0/R)^{3k} + p_v - 2\sigma/R - 4\mu(dR/dt)/R - p_b - F(t) \quad (1)$$

で、 $R = R(t)$ はバブルの半径、 R_0 は等価半径、 ρ は液体の密度、 p_h は静液圧、 p_v はバブル内の気圧、 k はボリトロ - プ定数、 σ は表面張力、 μ は液体の粘性係数、 $F(t)$ は外力である。

つまり、減衰定数はバブル外部の液体の粘性係数 μ を含んだ値できまるが、温度など粘性係数 μ を変える要素は多い。従って現場では、減衰定数は大巾に変化するものと見なければならない。減衰する固有振動を減衰固有振動と呼ぶことにする

従って、共振の減衰の様子を観測して、次の外部励起パルスを送るという操作が必要になる。

外力としてパルス列におけるパルスの形としてはガウシアンと、時間発展をして衝撃波になるように設計した波形がある。

【0005】

A、ガウシアンパルスを用いる場合

ガウシアンパルスを用いる場合、ナノバブルが大きく共振するのは、外部励起ガウシアンパルスの半值全巾が、ナノバブルの周期の 2.5 倍以上 3.6 倍以下の場合のみである。図 3 は半值全巾が周期の 2.8 倍の外部励起ガウシアンパルス列、図 4 は図 3 のパルス列で励起されたナノバブルの共振振動である。図 4 の波の頭は外部励起ガウシアンパルスに対応した波頭で、ナノバブルの振動がそれに続くが、振動は図のように減衰する。

ガウシアンパルスを、そのまま標的であるナノバブル群に送る場合は多い。実用的に簡便であるからである。そのときガウシアンパルス列を使うことになる。合理的、効率的につかうには、前記のように共振の減衰の様子を観測して、振巾或いは周期の数が一定の値になると次の外部励起パルスを送るという工夫が必要になる。この工夫が本発明の一つのポイントである。

【0005】

B、時間発展をして標的の近傍で衝撃波になるような波形のパルスを用いる場合。

外部励起の強さはパルスの立ち上がりの急峻さによる。急峻な立ち上がりは衝撃波で得られる。従って、励起パルスの波形を波高を伝播途中はなめらかなパルスであるが、標的であるナノバブル群の近くで時間発展をして、衝撃波になるような波形のパルスを用いることが得策である。このようなパルスの波形を捜すのは厳しい。図 5 の点線はガウスとコサインの積であるが、この点線の波形が解答の一つである。同図の実線は Burgers 方程式 ($u_t + u(u_x)_x = c(u_{xx})$ 、 u は振巾) で、時間発展が 251 ステップ後の波形である。パルスの高さの減少は見られない。パルスの高さの決定は微妙である。高すぎれば時間発展による振巾の減衰が大きいし、低すぎれば衝撃波が生まれない。

また適当な高さのガウシアンも解答である。図 5 A に減衰がすこし見られる例、図 5 B の例はでは約 3000 ステップで初めて衝撃波が見らる。ガウシアンの衝撃波の生成時間はパルスの高さと巾できまる。

この法は衝撃波を利用するので、衝撃波になるまでのパルス巾は任意である。つまり充分低い周波数と等価なパルス巾にできる。このよう波形は前記の解以外にも解がある。し

かし、ガウシアンやガウス、コサインを含む一般的な波形のパルスを希望する時間に時間発展で衝撃波にするのは、非線形偏微分方程式である Burgers 方程式を解くしかない。解析的ではないので、解は数値解でしか得られない。希望を満たす波形を得るにはコンピュータを併用する必要がある。

【0006】

励起パルスを用いる場合、衝撃波にするかしないを問わず。位相共役波にすると有利な点が多い。（位相共役波は波原点からでた波は、正確に波原点に還る波面をもつ）位相共役波は位相共役鏡によって得られる。増巾機能をもつ位相共役鏡は、トランスデューサアレイと記憶・逆転コンポーネントと増巾器でつくることができる。

時間発展をして衝撃波になるような波形のパルスを用いる場合には、本発明では時間発展をして衝撃波になるような波形のパルスを送信トランスデューサからナノバブル群である標的で反射して位相共役鏡を構成するトランスデューサアレイに達する迄はパルスの波形を保持したままで波高だけを低くして時間発展や衝撃波がおこり得ない低い波高のパルスでもって行き、記憶・逆転コンポーネントを通ったあとで波形整形器と増巾器を用いて元來の設計した波形の強いパルスにして、このパルスの位相共役波面をつくり標的の部分で理想的な収束と衝撃波の生成をおこなう。

10

【発明の効果】

【0007】

ナノバブルの固有振動による発熱や崩壊は医療の分野で利用されようとしている。
本発明の目的はナノバブルの固有振動を誘起させる方法を提供するものである。

20

医療、製薬の分野では EPR 効果で血管から細胞への移動するなどのため、ナノバブルの微細化が望まれ且つ実行されつつある。

ナノバブルの固有振動周波数は、微細化が進むと径に反比例して高くなる。半径が 20 nm のとき固有振動周波数は 20 MHz である。一方人体を透過する超音波の周波数は浅い所で 10 MHz である。つまり高い固有振動周波数を持つナノバブルを人体を透過し得る低い周波数の外力で共振励起することを本発明が可能とした。

ここでは 1 / 2 分周波を使う法、適当に半值巾が広いガウス形のパルスや時間発展により標的の近傍で衝撃波となる形の巾の広いパルスを、ナノバブルの固有振動の減衰状態を考慮した間隔で間欠的に送り高い周波数のナノバブルの固有振動を近似的に持続させる。

30

これは「実施の説明」に属することであるが、装置の系の中で標的に強力なパルスを送るのは位相共役鏡である。従って、時間発展の対象となるのは位相共役鏡と標的間の片道である。

【図面の簡単な説明】

図 1 は 1 / 2 分調波で励起したときのバブルの振動波形である。

図 2 は図 1 の振動波形のスペクトルである。

図 3 はガウス形パルスのパルス列である。

図 4 は図 3 のパルス列で励起されたバブルの振動である。

図 5 は特殊な形のパルスと時間発展で衝撃波になったパルスの比較図である。

図 5 A はガウシアンパルスと時間発展で衝撃波になったパルスの比較図である。

図 5 B は波高が低いガウシアンパルスの時間発展を示す図である。

40

図 6 は説明のためのガウス形パルスで励起されたバブルの振動波形の図である。

図 7 は本発明の実施例である。

図 8 は実施例の一部の動作の説明図である。

図 9 は実施例の一部の詳細図である。

図 10 は各ブロックの動作のタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

高い共振周波数をもつナノバブルを低い周波数で励起共振させる方法として、1 / 2 分周波を使う法、ガウス形のパルス列を使う法、衝撃波を使う法の三つの方法を挙げたが、装置にすると、ほぼ同じ形になる。

50

そこで、励起パルス列で励起される場合を実施例として取り上げ位相共役鏡を使用した実施例の図、図7を用いて説明を行う。作動の手順が複雑なので、実施例の説明の前に、図7の各ブロックの役目の説明を行う。位相共役鏡を用いない場合は、関係部を削除すればよいこととする。

【0009】

、トランスデューサ3の役目は標的からの信号を受けるだけである。それに続く波形観測器8の役目は受けた信号の波形を見て(図6参照)、バブルの減衰振動の振巾減小が定められた小さい値の閾値より小さくなる時点の把握。バブルの共振振動開始から周期Tの数のカウントをしてカウント数が一定数なる時点の把握。それと、この二つ時点のどちらかを起点として任意の一定時間遅延させたD信号の出力をすることである。前にも記したが、この作業が本発明のポイントである。再記する。

、トランスデューサアレイ4の素子はn個ある。その役目は信号の受信と送信である。

開閉器5もn個ある。操作開始時には開かれているが、トランスデューサアレイ4の出力信号が通過した後に出る(の項に記されている)F信号で閉じる。その後、波形観測器8のD点の信号で開く。この開閉器は励起パルスとそれに続くバブルの減衰振動が存在している間は閉じられている。

、記憶・逆転コンポーネントはn個ある。その記憶作業はn個の内どれか一つに信号が到着した時に始まり時間逆転作業にうつる。逆転作業はn個すべてのコンポーネントが時間逆転信号を出し終わった時点で終了する。出力された信号は波形整形器10におくられる。記憶・逆転コンポーネントの作業終了の時点を遅延してF信号を出す。この信号は励起パルスの波尾の通過を示す信号でもある。このの項については段落[0013]で詳しい説明を行う。

、増幅器6もn個ある。この増幅器6は高周波カットフィルタ付の信号増幅器である。高周波カットフィルタは非収束の励起パルスがバブルを励起してバブルの共振固有振動を起こさせたとき、該固有振動を取り除くためのものである。増幅器7は電力増幅器である。

、励起パルス発生器の役目は波形観測器8のD信号が来れば所定の形の励起パルスをトランスデューサ2から送り出すだけである。

、波形整形器10は以下の文中で説明する。

以上が各ブロックの役目の説明である。

【0010】

作動の説明に移る。作動のタイムチャートを図10に示す。まず、波高が低い励起パルスをパルス発生器9でつくり、トランスデューサ2で標的1に向かって送る。衝撃波を生成しないガウシアンパルスと、時間発展で衝撃波になるパルスの場合をとりあげる。時間発展で衝撃波にするパルスの場合は目的の場所以外衝撃波が生成されてしまうので波高が低いことが必要である。このバブルの共振のない時点では標的であるバブルの反射率は高い(共振が始まると反射率は下がる)。標的1での散乱、反射波はn個の素子でできたトランスデューサアレイ4で受けられ、電気信号となり開閉器5、信号増幅器6を経て記憶・逆転コンポーネント11に入り時間反転が行われる。時間反転信号は波形整形器で整形される。衝撃波を期待しないガウシアンの場合は波高が対象であるが、衝撃波を期待する場合は、衝撃波になる時間発展は、トランスデューサアレイ4と標的1の間の片道であるので、繊細な整形が要求される。信号は整形された後、電力増幅されトランスデューサアレイ4で位相共役波面をもつ励起パルス波として送り出され、正確に標的1で収束する。このプロセスが繰り返される。これが励起パルスのみの作動のループであり、該励起パルスで励起されたナノバブルの固有振動にはかかわりをもたせていない。

【0011】

トランスデューサ3、波形観測器8については前に記したが、再記する。トランスデューサ3は標的1にかかる総ての超音波信号を受けとり波形観測器8に送る。信号を受けた波形観測器はナノバブルの固有振動の減衰にかんする情報をとりだす。固有振動の振巾

が定められた閾値より低くなれば A 信号を出すか、あるいはナノバブルの固有振動が始まつてから固有振動の周期 T の数を数え始め、一定の数になれば C 信号を出す。ついで A 信号か C 信号のどちらかを遅延させて D 信号をつくり出力する。D 信号で、励起パルスの波尾で閉じられていた開閉器 5 を開く。要するに波形観測器 8 は周波数の高いナノバブルの固有振動周波数の信号を、記憶・逆転コンポーネント 11 に入れないとものである。D 信号は次の励起パルスをつくるようにパルス発生器 9 に命令をだす。以上の手順で励起パルスの循環がおこなわれ、間欠的なナノバブルの減衰固有振動が誘起される。

循環のプロセスは、手動命令で、パルス発生器 9 にパルスをつくらせて始まり、手動命令でパルス発生を止めることで終わる。

【0012】

10

本発明では位相共役鏡の使用法が特殊で、一般的の画像の位相共役鏡として使用せず立ち上がり立下りが対称的で簡単な形の独立したパルスしか使用しない。そのため、トランスデューサアレイ 4 の素子の数は多くない。それに繋がる開閉器、増幅器、波形整形器および記憶・逆転コンポーネントの数も多くない。多くないので本発明で用いる記憶・逆転コンポーネントの数も多くなく波形も簡単であるが位相共役鏡が主役になる場合もあるで、説明を加える。コンポーネントをコンポと略称する。

【0013】

20

時間反転を図 8 と図 9 を用いて説明する。本発明ではガウシアンに対応した一山か、それに似た山だけをつかうが、説明のため前後がわかる模式波形をつかう。標的のナノバブルで散乱、反射し、不均一媒質ために歪んだ超音波の波面の波頭が n 個のトランスデューサアレイ 1 から n のどれか一つの素子に最初に到着すると所定時間遅れの後、同時に n 個総ての記憶・逆転コンポの記憶が始まり (or)、1 から n のすべての素子の波尾がきえると (and)、所定時間遅れの後記憶が終わる。図 8 では最初に波頭が j コンポに到着し、最後に波頭が i コンポに到着している。この j コンポの波の波頭から i コンポの波の波尾までの時間が TD であるが、この時間 TD 内に到着した波がすべて記憶される。その後で記憶した波の逆転と読み出しが行われるつまり i コンポの波から波頭から次々の各コンポの読み出しが行われ、j コンポの波の波尾で終わる。これらの動作はクロックパルス整理器 12 とのデジタル信号のやり取りで行われる。

逆転された信号は波形整形、電力増幅され送信器としてのトランスデューサアレイに送られる。衝撃波の生成を見込んだ波形の波形整形は繊細である必要がある。何度も書くが、衝撃波生成の時間発展はトランスデューサアレイと標的間の片道で行われるからである。

30

【0014】

本実施例ではトランスデューサアレイを線状に並べているが、面状の方が好ましいし、球面が更に好ましい。この場合素子の数は k 個となる。また、説明のため、トランスデューサ 2 とトランスデューサ 3 に別けて画いているが、実際には、役目はそのままトランスデューサアレイの中の 2 つの素子をもちいる。

また、記憶・逆転の方法はデジタルの場合もアナログの場合もあり両者とも既知である。

40

【0015】

ナノバブル群の励起方法として位相共役波を用いない場合もある。その時は図 7 のトランスデューサアレイ 4、開閉器 5、増幅器 6、7、記憶・逆転コンポ 11、波形整形器を図から削除すればよい。パルス発生器 9 の励起パルスの発送は波形観測器の出す D 信号の命令で行えばよい。

1 / 2 分周周波数の正弦、余弦波で励起する場合はパルス発生器 9 を発振器におきかえればよい。

【符号の説明】

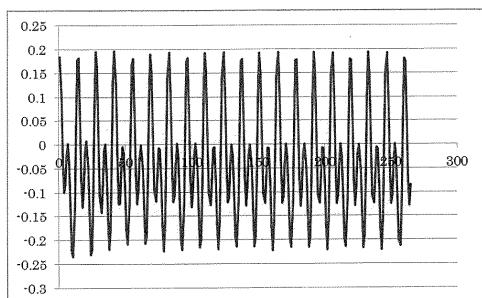
50

- 1、ナノバブル群
- 2、発信用トランスデューサ
- 3、受信用トランスデューサ

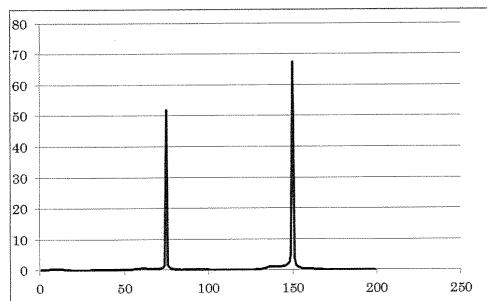
- 4、トランステューサアレイ
 5、開閉器
 6、増巾器
 7、電力増巾器
 8、波形観測器
 9、パルス発生器
 10、波形整形器
 11、記憶・逆転コンポーネント
 12、クロックパルス整理器
 13、クロック

10

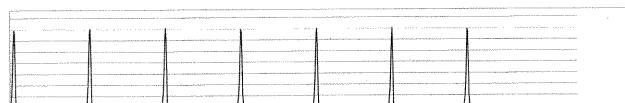
【図 1】



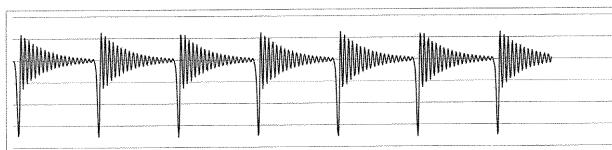
【図 2】



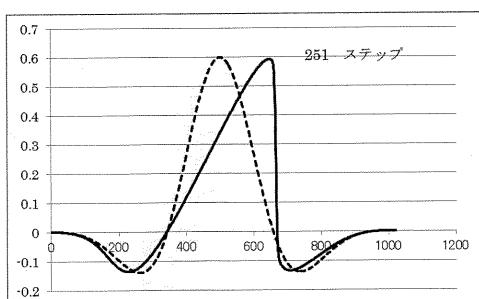
【図 3】



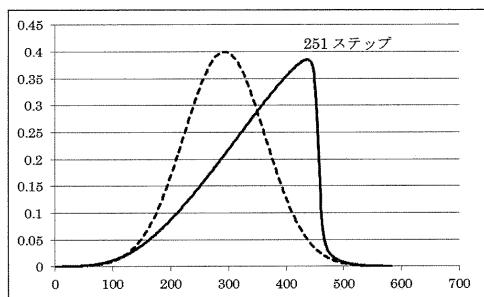
【図 4】



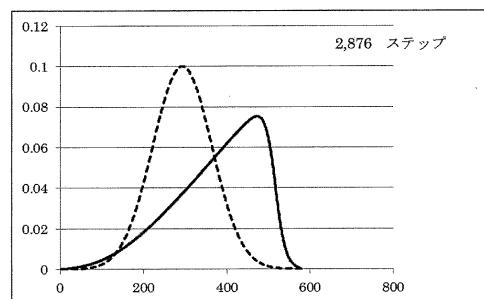
【図 5】



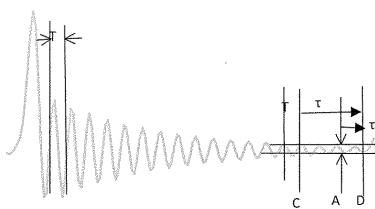
【図 5 A】



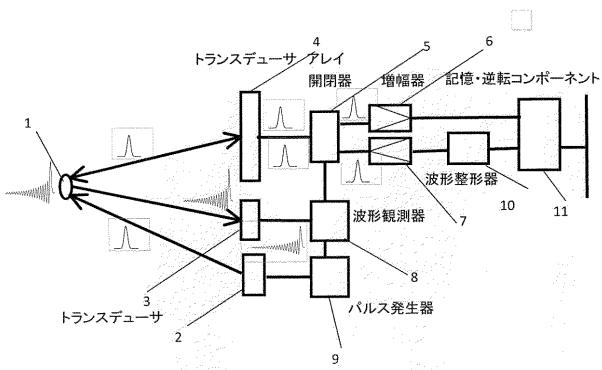
【図 5 B】



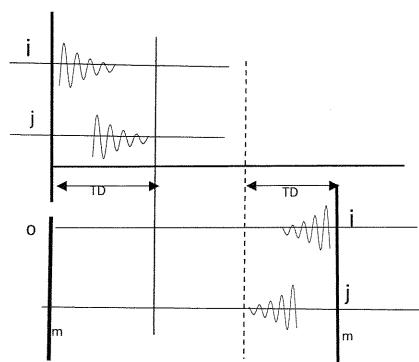
【図 6】



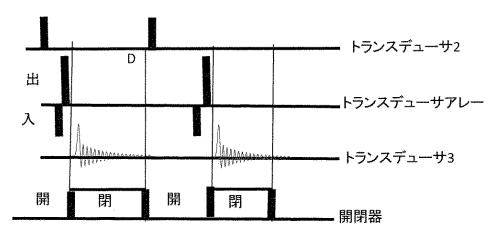
【図 7】



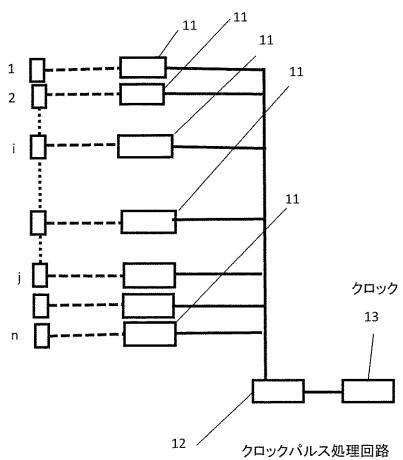
【図 8】



【図 10】



【図 9】



专利名称(译)	在低频下具有高频共振频率的纳米气泡的共振激发		
公开(公告)号	JP2015181927A	公开(公告)日	2015-10-22
申请号	JP2014079742	申请日	2014-03-20
申请(专利权)人(译)	铃木 范人		
[标]发明人	鈴木範人		
发明人	鈴木 範人		
IPC分类号	A61B8/06		
F1分类号	A61B8/06		
F-Term分类号	4C601/DE09 4C601/EE03 4C601/HH04 4C601/JB31		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种通过使用低频超声波或与其等效的超声波脉冲来诱导具有高自然振动频率的纳米气泡的方法。解决方案：作为激励外力，使用具有平滑且宽波形的脉冲，其中在目标纳米气泡组附近通过时间演化产生冲击波，或者使用具有特定值的半高全宽的高斯脉冲。进行目标纳米气泡的共振激励，测量并掌握所产生的阻尼自然振动的阻尼量，分离纳米气泡的共振振动和激发外力脉冲，仅存储和反转激发外力脉冲。功率增加并将其发送到目标纳米气泡。重复此操作。[选择图]图

(21)出願番号	特願2014-79742 (P2014-79742)	(71)出願人	591231568 鈴木 範人 京都府京都市西京区御陵大枝山町5丁目3 番12
(22)出願日	平成26年3月20日 (2014.3.20)	(72)発明者	鈴木 範人 京都府京都市西京区御陵大枝山町5丁目3 番地の12
			Fターム(参考) 4C601 DE09 EE03 HH04 JB31