

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6347539号
(P6347539)

(45) 発行日 平成30年6月27日(2018.6.27)

(24) 登録日 平成30年6月8日(2018.6.8)

(51) Int.Cl. F I
 G O 1 S 7/521 (2006.01) G O 1 S 7/521 A
 G O 1 N 29/24 (2006.01) G O 1 N 29/24

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2014-65251 (P2014-65251)	(73) 特許権者	505374783
(22) 出願日	平成26年3月27日 (2014.3.27)		国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
(65) 公開番号	特開2015-187576 (P2015-187576A)		茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地
(43) 公開日	平成27年10月29日 (2015.10.29)		1
審査請求日	平成29年3月10日 (2017.3.10)	(73) 特許権者	307041573
			三菱FBRシステムズ株式会社
			東京都渋谷区神宮前二丁目34番17号
		(74) 代理人	100078499
			弁理士 光石 俊郎
		(74) 代理人	100102945
			弁理士 田中 康幸
		(74) 代理人	100120673
			弁理士 松元 洋
		(74) 代理人	230112449
			弁護士 光石 春平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

媒質中に存在する被測定対象物に対して超音波を送信する送信センサと、貫通孔を有する支持体並びに金属膜体を有する受信センサとを備え、前記被測定対象物によって反射された前記超音波の反射波による前記金属膜体の振動を解析して前記被測定対象物の可視化を行う超音波検査装置であって、前記支持体の内部又は前記金属膜体の表面又はその両方を伝搬する超音波を減衰させる超音波減衰手段を設け、前記超音波減衰手段として、前記貫通孔に挿入されフェルールを介して固定される光ファイバの先端を前記支持体から突出させるとともに、前記光ファイバの先端を前記金属膜体によって非接触に覆うように、前記フェルールの先端にのみ前記金属膜体を設けたことを特徴とする超音波検査装置。

10

【請求項2】

前記超音波減衰手段としてさらに、多数の気泡を内包した発泡金属で前記支持体を形成したことを特徴とする請求項1記載の超音波検査装置。

【請求項3】

前記超音波減衰手段としてさらに、前記支持体の前記貫通孔から一定距離離間した領域であり且つ前記被測定対象物側にガス空間を凹設したことを特徴とする請求項1又は請求項2記載の超音波検査装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波検査装置に関し、より詳しくは、媒質中に存在する被測定対象物の可視化を行う超音波検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、超音波を出射する超音波送信手段と、レーザ光を照射及び入射する光ファイバとを備え、前記超音波送信手段から出射された超音波の被測定対象物による反射波（受信信号）を前記光ファイバを介して受信し、受信信号を解析することにより被測定対象物の画像化を行う超音波検査装置が公知となっている（例えば、下記特許文献1、2参照）。 10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第3021176号公報

【特許文献2】特許第4898247号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述した従来の技術にあっては、例えば図9に示すように被測定対象物からの反射波62の一部65、66が、センサ本体01の内部及び受信面02を伝播して受信点Pに到達することによって本来の受信信号（実信号）のノイズとなり、被測定対象物を画像化する際に画像の劣化要因となるという問題があった。また、一つの送信センサに対し複数の受信センサを設けて開口合成処理により画像化を行う場合、受信感度を向上させるためには多数の受信センサを設ける必要があり、受信センサの高密度配置を要して装置のコスト増加につながるという問題もあった。 20

【0005】

このようなことから本発明は、受信信号に重畳されるノイズを低減し、画像化における視認性を向上させることを可能とした超音波検査装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】 30

【0006】

上記の課題を解決するための第1の発明に係る超音波検査装置は、
媒質中に存在する被測定対象物に対して超音波を送信する送信センサと、
貫通孔を有する支持体並びに金属膜体を有する受信センサとを備え、
前記被測定対象物によって反射された前記超音波の反射波による前記金属膜体の振動を解析して前記被測定対象物の可視化を行う超音波検査装置であって、
前記支持体の内部又は前記金属膜体の表面又はその両方を伝搬する超音波を減衰させる超音波減衰手段を設け、
前記超音波減衰手段として、前記貫通孔に挿入されフェールを介して固定される光ファイバの先端を前記支持体から突出させるとともに、前記光ファイバの先端を前記金属膜体によって非接触に覆うように、前記フェールの先端にのみ前記金属膜体を設けた
ことを特徴とする。 40

【0007】

また、第2の発明に係る超音波検査装置は、第1の発明に係る超音波検査装置において、
前記超音波減衰手段としてさらに、多数の気泡を内包した発泡金属で前記支持体を形成した
ことを特徴とする。

【0008】

また、第3の発明に係る超音波検査装置は、第1又は第2の発明に係る超音波検査装置 50

において、

前記超音波減衰手段としてさらに、前記支持体の前記貫通孔から一定距離離間した領域であり且つ前記被測定対象物側にガス空間を凹設したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

上述した本発明に係る超音波検査装置によれば、受信信号に重畳されるノイズを低減し、相対的に受信信号の信号強度を向上させることができる。これにより、被測定対象物までの距離を高精度に測定することができ、画像処理により被測定対象物を可視化した際の視認性を向上させることができる。また、一つの送信センサに対し複数の受信センサを備えて開口合成処理により被測定対象物の可視化を行う場合、有効受信点数を低減しても従来の超音波検査装置と同等の視認性を確保することができるため、受信センサ数の低減による製作コストの削減が可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の参考例1に係る超音波検査装置の概略構成図である。

【図2】本発明の参考例1に係る超音波検査装置のセンサ部を示す断面図である。

【図3】本発明の参考例1に係る超音波検査装置の受信センサの構造を示す説明図である。

【図4】図2の要部拡大図である。

20

【図5】本発明の参考例2に係る超音波検査装置の要部を拡大して示す断面図である。

【図6】本発明の参考例3に係る超音波検査装置の要部を拡大して示す断面図である。

【図7】本発明の参考例4に係る超音波検査装置の要部を拡大して示す断面図である。

【図8】本発明の実施例1に係る超音波検査装置の要部を拡大して示す断面図である。

【図9】従来のセンサ本体の内部及び受信面を伝播する反射波の例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しつつ本発明に係る超音波検査装置の詳細を説明する。

【0012】

【参考例1】

30

図1から図4を用いて本発明の参考例1に係る超音波検査装置について説明する。

図1に示すように、本参考例に係る超音波検査装置は、送信センサ11及び受信センサ12を有するセンサ部10と、光信号を電気信号に変換する光学処理部20と、光学処理部20から入力される電気信号に基づき開口合成処理（画像処理）を行って被測定対象物50（図2参照）を画像化する可視化部（例えば、モニタ等）30とを備えている。

なお、光学処理部20、可視化部30の構成は既知のものと同様であり、ここでの詳細な説明は省略する。

【0013】

図1及び図2に示すように、本参考例において送信センサ11は、筒状の筐体13の内部に複数（例えば、9個）設けられ、後述するバックアッププレート14に形成された送信センサ用貫通孔に、相互に一定間隔で離間するように二次元的かつ間欠的に配設され固定されている。この送信センサ11は例えば圧電素子からなり、被測定対象物50に対して超音波を出射する。

40

なお、図2中の符号40は媒質（例えば、液体ナトリウム等）である。

【0014】

また、受信センサ12は多数（例えば、約2500個）の貫通孔（以下、受信センサ用貫通孔という）14cを有して前記筐体13の開口部を覆うバックアッププレート14と、当該バックアッププレート14の表面を覆うダイヤフラム（金属膜体）16とから構成されている。受信センサ用貫通孔14cは各送信センサ11の周囲に相互に一定間隔で離間するように二次元的にそれぞれ複数配列され、また、ダイヤフラム16は例えばニッケ

50

ルを材料とする金属箔により形成されており、図3に破線で示すように、ダイヤフラム16の受信センサ用貫通孔14cを覆う部分が、送信センサ11から出射された超音波61の、被測定対象物50によって反射された反射波62により振動するように構成されている。なお、当該ダイヤフラム16の送信センサ11に対向する部分は開口しており、これにより、送信センサ11の送信面は露出した状態となっている。

【0015】

また、図3及び図4に示すように、バックアッププレート14の受信センサ用貫通孔14cには、それぞれ光ファイバ15がダイヤフラム16とは非接触に固定されており、光ファイバ15の先端がダイヤフラム16によって非接触に覆われた状態となっている。より具体的には、図4に示すように光ファイバ15はその先端がバックアッププレート14のダイヤフラム16側の面より内側（ダイヤフラム16とは反対側）に位置付けられるようにフェルール17を介してバックアッププレート14に固定されている。そして、図3に示すように光ファイバ15を介してダイヤフラム16に対しレーザ光（以下、検査用レーザ光という）63が照射され、また、検査用レーザ光63のダイヤフラム16によって反射された反射レーザ光64が光ファイバ15に入射されるようになっている。すなわち、本参考例では、ダイヤフラム16の振動を反射レーザ光64の検査用レーザ光63に対する変調として捉え、これを受信信号として受信するように構成されている。

【0016】

そして、図4に示すように、本参考例に係る超音波検査装置では、バックアッププレート14の内部を伝播する反射波62の一部65（以下、一部の反射波65という）を減衰させる手段（以下、超音波減衰手段という）として、バックアッププレート14を、多数の気泡を内包する発泡金属141によって形成している。なお、本参考例では、発泡金属141の一例として、ニッケルを材料とし、粒子径を10 μ m～80 μ mとしたものを用いた。

【0017】

以下、図3及び図4を用いて本参考例に係る超音波検査装置による作用効果を説明する。なお、図3及び図4では、光ファイバ15とダイヤフラム16との関係を分かり易くするため、光ファイバ15とダイヤフラム16との間の距離を誇張して示している。これは、図5から図9についても同様である。

図3に示すように、送信センサ11から出射された超音波61は、被測定対象物50によって反射され、反射波62としてセンサ部10（図1，2参照）に戻ってくる。一方、光ファイバ15から照射された検査用レーザ光63は、光ファイバ15の先端がダイヤフラム16によって覆われているため、上述したようにダイヤフラム16によって反射され、反射レーザ光（受信信号）64として光ファイバ15に入射する。

【0018】

ここで、送信センサ11から出射され被測定対象物50によって反射された超音波61の反射波62がダイヤフラム16に到達すると、ダイヤフラム16は図3に破線で示すように振動し、これによりダイヤフラム16によって反射された反射レーザ光64が検査用レーザ光63に比較して変調される。

【0019】

本参考例では、この各受信センサ12によって得られた検査用レーザ光63と反射レーザ光64との間の光の変調を光学処理部20において電気信号に変換し、可視化部30によって開口合成処理することにより、被測定対象物50の形状が画像化される。

【0020】

そしてこのとき、本参考例に係る超音波検査装置によれば、バックアッププレート14が発泡金属141によって形成されたことにより、被測定対象物50によって反射された一部の反射波65がバックアッププレート14の内部に入射したとしても、超音波は気体中を伝播しにくいいため、このバックアッププレート14の内部を伝播する一部の反射波65をバックアッププレート14自体によって減衰させることができる。

これにより、一部の超音波65がバックアッププレート14の内部で反射されてダイヤ

10

20

30

40

50

フラム 16 に到達することを抑制することができ、受信信号に重畳するノイズを低減して相対的に受信信号の信号強度を向上させることが可能となり、可視化された画像の視認性を向上させることができる。また、有効受信点数を低減しても可視化された画像について従来の超音波検査装置と同等の視認性を確保することができるため、受信センサ数の低減による製作コストの削減が可能となる。

【0021】

具体的には、バックアッププレート 14 を発泡金属 141 (ニッケル、粒子径 10 μm ~ 80 μm) によって形成した結果、バックアッププレート 14 を無垢材 (ニッケル) により形成した場合に比較して 3 倍 ~ 5 倍の減衰効果が得られた。

【0022】

なお、上述した参考例においては、センサ部 10 の構成として、送信センサ 11 と受信センサ 12 とを一体的に備えた例を示したが、送信センサ 11 と受信センサ 12 とは一体的に設けられる必要はなく、超音波を出射する送信センサと、被測定対象物により反射された反射波を受信する受信センサとを備える装置であれば適用することが可能であり、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能であることは言うまでもない。これは以下に示す参考例においても同様である。

【0023】

また、上述した参考例においては、複数の送信センサ 11 を二次元的に配置するとともに、この送信センサ 11 の周囲に受信センサ用貫通孔 14c を二次元的に配置する例を示したが、送信センサ 11 は一つであってもよく、また、送信センサ 11 及び受信センサ用貫通孔 14c の配置は一次的であってもよく、必要に応じて配置すればよい。

【0024】

また、上述した参考例においては、ダイヤフラム 16 の振動を検知する手段として光ファイバ 15 を介して伝送されるレーザー光を利用する例を示したが、ダイヤフラム 16 の振動を検知する手段としては、例えば振動子等、他の手段を用いることができる。

【0025】

[参考例 2]

図 5 を用いて本発明の参考例 2に係る超音波検査装置について説明する。本参考例に係る超音波検査装置は、図 1 ないし図 4 に示し上述した参考例 1に係る超音波検査装置に対して、バックアッププレート 14 の構成が異なるものである。

【0026】

すなわち、図 5 に示すように、本参考例に係る超音波検査装置では、バックアッププレート 14 の内部を伝播する一部の反射波 65 を減衰させる超音波減衰手段として、バックアッププレート 14 に凹部 (以下、ガス空間という) 14a を形成している。

ガス空間 14a は、各受信センサ用貫通孔 14c から離間した領域であり且つバックアッププレート 14 のダイヤフラム 16 側に形成されている。

換言すると、本参考例においてバックアッププレート 14 は、受信センサ用貫通孔 14c の周囲がガス空間 14a に対してダイヤフラム 16 側に突出した形状となっている。

さらに、バックアッププレート 14 には、ガス空間 14a と、バックアッププレート 14 を挟んでガス空間 14a とは反対側の空間とを連通するガス抜き孔 14b が複数設けられている。

なお、本参考例においてバックアッププレート 14 は無垢材 142 により形成されているものとする。

【0027】

その他の構成については、上述した参考例 1に係る超音波検査装置と同様であり、同様の作用を奏する部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

【0028】

このように構成される本参考例に係る超音波検査装置によれば、図 5 に示すように、被測定対象物 50 によって反射された反射波 62 の一部 (一部の反射波) がダイヤフラム 16 を透過したとしても、ガス空間 14a によってこの一部の反射波がバックアッププレ

10

20

30

40

50

ト 1 4 の内部を伝播することを阻止することができ、これによりバックアッププレート 1 4 の内部を伝播する超音波を減衰させることができる。よって、受信センサ 1 2 により受信される受信信号に重畳するノイズを低減して相対的に受信信号の信号強度を向上させることができ、可視化された画像の視認性を向上させることができる。また、有効受信点数を低減しても可視化された画像について従来の超音波検査装置と同等の視認性を確保することができるため、受信センサ数の低減による製作コストの削減が可能となる。

【 0 0 2 9 】

[参考例 3]

図 6 を用いて本発明の参考例 3 に係る超音波検査装置について説明する。

図 6 に示すように、本参考例に係る超音波検査装置は、上述した参考例 2 に係る超音波検査装置において、バックアッププレート 1 4 の材料を発泡金属 1 4 1 とするものである。

10

【 0 0 3 0 】

その他の構成については、上述した参考例 1 に係る超音波検査装置と同様であり、以下、同様の作用を奏する部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

【 0 0 3 1 】

このように構成される本参考例に係る超音波検査装置によれば、図 6 に示すように、被測定対象物 5 0 によって反射された反射波 6 2 の一部（一部の反射波）がダイヤフラム 1 6 を透過したとしても、ガス空間 1 4 a によってこの一部の反射波がバックアッププレート 1 4 の内部を伝播することを阻止することができ、これによりバックアッププレート 1 4 の内部を伝播する超音波を減衰させることができる。さらに、バックアッププレート 1 4 を発泡金属 1 4 1 により形成したことで、バックアッププレート 1 4 のダイヤフラム 1 6 と接触する部分から当該バックアッププレート 1 4 内に入射した一部の反射波をバックアッププレート 1 4 の内部で減衰させることができる。よって、受信センサ 1 2 により受信される受信信号に重畳するノイズを低減して相対的に受信信号の信号強度を向上させることができ、可視化された画像の視認性を向上させることができる。また、有効受信点数を低減しても可視化された画像について従来の超音波検査装置と同等の視認性を確保することができるため、受信センサ数の低減による製作コストの削減が可能となる。

20

【 0 0 3 2 】

[参考例 4]

図 7 を用いて本発明の参考例 4 に係る超音波検査装置について説明する。本参考例に係る超音波検査装置は、図 1 ないし図 4 に示し上述した参考例 1 に係る超音波検査装置に対して、バックアッププレート 1 4 及びダイヤフラム 1 6 の構造が異なるものである。

30

【 0 0 3 3 】

すなわち、図 7 に示すように、本参考例では、受信センサ用貫通孔 1 4 c の周囲において、ダイヤフラム 1 6 の表面からバックアッププレート 1 4 の内部にかけて溝加工（又は放電加工）が施され、これにより受信センサ用貫通孔 1 4 c の周囲に溝部 1 8 が形成されている。

換言すると、受信センサ用貫通孔 1 4 c の周囲において、ダイヤフラム 1 6 およびバックアッププレート 1 4 の表面側の一部が除去された状態となっている。

40

なお、本参考例においてバックアッププレート 1 4 は無垢材の金属 1 4 2 により形成されている。

【 0 0 3 4 】

その他の構成については、上述した参考例 1 に係る超音波検査装置と同様であり、以下、同様の作用を奏する部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

【 0 0 3 5 】

このように構成される本参考例に係る超音波検査装置によれば、被測定対象物 5 0 によって反射された反射波 6 2 の一部（一部の反射波）6 6 がダイヤフラム 1 6 の表面を伝播したとしても、このダイヤフラム 1 6 の表面を伝播する一部の反射波 6 6 の経路上に溝部 1 8 を設けたことにより、一部の反射波 6 6 の進路を遮断する、又は、一部の反射波 6 6

50

の経路を長尺化することができる。よって、受信センサ12により受信される受信信号に重畳するノイズを低減、又は、ノイズとなる一部の反射波66が受信点に到達するまでの時間を遅延させて、相対的に受信信号の信号強度を向上させることができ、可視化された画像の視認性を向上させることができる。また、有効受信点数を低減しても可視化された画像について従来の超音波検査装置と同等の視認性を確保することができるため、受信センサ数の低減による製作コストの削減が可能となる。

【0036】

なお、本参考例は上述した構成に限定されるものではなく、上述した参考例1から参考例3のいずれか一つの参考例に係る超音波検査装置に、本参考例の構成を適用してもよい。ただし、参考例1または参考例3に係る超音波検査装置に本参考例の構成を適用する場合は、溝部18の表面(媒質40と接する面)を図示しない無垢材の金属で覆うものとする。また、参考例2又は参考例3に係る超音波検査装置に本参考例の構成を適用する場合は、受信センサ用貫通孔14cの周囲且つガス空間14aに対向する部分以外の領域において、ダイヤフラム16の表面からバックアッププレート14の内部にかけて溝加工を施すものとする。

例えば、バックアッププレート14の材料として発泡金属を用いれば、上述した効果に加えて、バックアッププレート14の内部に入射した反射波を減衰させることができる。

【実施例1】

【0037】

図8を用いて本発明の実施例1に係る超音波検査装置について説明する。本実施例に係る超音波検査装置は、図1ないし図4に示し上述した参考例1に係る超音波検査装置に対して、バックアッププレート14及びダイヤフラム16の構造が異なるものである。

【0038】

すなわち、図8に示すように、本実施例においては、フェルール17を介してバックアッププレート14に保持される光ファイバ15の先端を、バックアッププレート14の表面から突出させるとともに、フェルール17の先端にダイヤフラム16を貼付することにより光ファイバ15の先端をダイヤフラム16によって非接触に覆っている。

なお、バックアッププレート14は無垢材の金属142により形成されている。

【0039】

その他の構成については、上述した参考例1に係る超音波検査装置と同様であり、以下、同様の作用を奏する部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

【0040】

このように構成される本実施例に係る超音波検査装置によれば、受信面となるダイヤフラム16とその周囲との間に段差を設け、被測定対象物50によって反射されバックアッププレート14の表面を伝播する反射波62の一部(一部の反射波)66の伝播経路を長尺化して、一部の反射波66が受信点に到達するまでの時間を遅延させることにより、相対的に受信信号の信号強度を向上させることができ、可視化された画像の視認性を向上させることができる。また、有効受信点数を低減しても可視化された画像について従来の超音波検査装置と同等の視認性を確保することができるため、受信センサ数の低減による製作コストの削減が可能となる。

【0041】

なお、本実施例は上述した構成に限定されるものではなく、上述した参考例1から参考例3のいずれか一つの参考例に係る超音波検査装置に、本実施例の構成を適用してもよい。ただし、参考例1または参考例3に係る超音波検査装置に本実施例の構成を適用する場合は、バックアッププレート14の表面(媒質40と接する面)を無垢材の金属で覆うものとする。

例えば、バックアッププレート14の材料として発泡金属を用いれば、上述した効果に加えて、バックアッププレート14の内部に入射した反射波を減衰させることができる。

【産業上の利用可能性】

【0042】

10

20

30

40

50

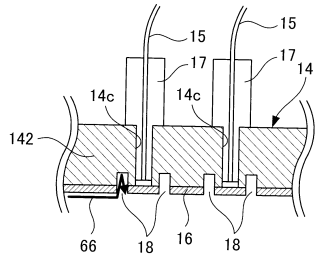
本発明は、媒質中に存在する被測定対象物を当該被測定対象物から離間した位置から測距、可視化する超音波検査装置に適用して好適なものである。

【符号の説明】

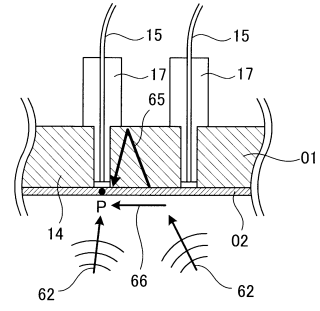
【 0 0 4 3 】

0 1	センサ本体	
0 2	受信面	
1 0	センサ部	
1 1	送信センサ	
1 2	受信センサ	
1 3	筐体	10
1 4	バックアッププレート	
1 4 a	ガス空間	
1 4 b	ガス抜き孔	
1 4 c	受信センサ用貫通孔	
1 5	光ファイバ	
1 6	ダイヤフラム	
1 7	フェルール	
1 8	溝部	
2 0	光学処理部	
3 0	可視化部	20
4 0	媒質	
5 0	被測定対象物	
6 1	超音波	
6 2	反射波	
6 3	検査用レーザー光	
6 4	反射レーザー光	
6 5	一部の反射波	
6 6	一部の反射波	
1 4 1	発泡金属	
1 4 2	無垢材	30

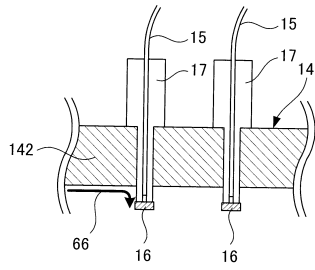
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100182224
弁理士 山田 哲三
- (72)発明者 近澤 佳隆
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター内
- (72)発明者 荒 邦章
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター内
- (72)発明者 相澤 康介
福井県敦賀市白木2丁目1番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 敦賀本部 高速増殖炉研究開発センター内
- (72)発明者 谷口 善洋
東京都渋谷区神宮前二丁目34番17号 三菱FBRシステムズ株式会社内
- (72)発明者 由井 正弘
東京都渋谷区神宮前二丁目34番17号 三菱FBRシステムズ株式会社内

審査官 高 場 正光

- (56)参考文献 特開2009-210395(JP,A)
実公昭58-053835(JP,Y2)
特開2006-122188(JP,A)
特開2005-295553(JP,A)
特開2001-317914(JP,A)
特開2003-339707(JP,A)
米国特許第05247490(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/52 - G01S 7/64
G01S 15/00 - G01S 15/96
G01N 29/00 - G01N 29/52
A61B 8/00 - A61B 8/15