(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5065846号
(P5065846)
(45)発行日　平成24年11月7日(2012.11.7)　(24)登録日　平成24年8月17日(2012.8.17)

(51)Int.Cl.　F I
G01N 29/04 (2006.01)　G01N 29/10 501

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21)出願番号　特願2007-267134(P2007-267134)
(22)出願日　平成19年10月12日(2007.10.12)
(65)公開番号　特開2009-97889(P2009-97889A)
(43)公開日　平成21年5月7日(2009.5.7)
審査請求日　平成22年4月19日(2010.4.19)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100149803
弁理士　藤原　康高
(72)発明者　鯉沼　宏明
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内

審査官　森口　正治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】タービン発電機エンドリングの欠陥検出方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
タービン発電機エンドリングを斜角法によって超音波探傷する第１のステップと、前記第１のステップの超音波探傷にて指示エコーが検出された部位に、応力腐食割れのような密集欠陥の場合は集束垂直法、疲労割れのような閉じた欠陥の場合はＳＰＯＤ法を用いる方法で超音波探傷を適用する第２のステップと、前記第２のステップの結果に基づいて、前記指示エコーが欠陥エコーか擬似エコーかを判別する判別ステップと、を含むことを特徴とするタービン発電機エンドリングの欠陥検出方法。
【請求項２】
前記第２のステップにおいて欠陥の深さを測定することを特徴とする請求項１に記載のタービン発電機エンドリングの欠陥検出方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、タービン発電機エンドリングの欠陥検出方法に係り、特に、超音波探傷を適用して欠陥を検出する方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
タービン発電機エンドリングの超音波探傷試験は、エンドリング表面に発生する応力腐食割れ等の欠陥を検出するために、エンドリングを分解せず組み立てたままの状態で行わ

れる。従来のエンドリングの超音波探傷試験は一般に斜角法を適用してなされており、斜角法を適用した超音波探傷試験では、エンドリング表面を、斜角探触子を用いて探傷し、欠陥からの反射エコーである欠陥エコーを検出して欠陥位置を求めている。

【０００３】

図６に、斜角法の超音波探傷試験を適用したエンドリングの欠陥検出方法の説明図を示す。図６のうち、（ａ）は斜角探触子からの超音波送受信を示す説明図であり、（ｂ）は斜角探触子における受信入力と超音波の伝播時間（ビーム路程）を直角座標にとった形で示した所謂Ａスコープの説明図である。

【０００４】

エンドリング１の内周面に応力腐食割れなどの欠陥４がある場合、エンドリング１の外周面の表面に設置された斜角探触子２から超音波ビーム３が入射されると、欠陥４によって反射し、反射波が斜角探触子２によって受信される。Ａスコープ画面上に送信パルス５と、欠陥エコー６が表示される。

【０００５】

エンドリング１の内周面に欠陥４がない場合、エンドリング１の外周面の表面に設置された斜角探触子２から超音波ビーム３が入射されても底面となるエンドリング内周面には反射源がないため、内周面で反射した反射波は斜角探触子２によって受信されない。このため、欠陥４がない場合はＡスコープ画面上に送信パルス５のみが表示され、欠陥エコー６は表示されない。

【０００６】

このようにして斜角法による超音波探傷を用いることで、欠陥４を容易に検出することができるが、タービン発電機のエンドリングの欠陥を検査する場合には擬似エコーの検出に注意を払う必要があった。図７に斜角法による超音波探傷にて擬似エコーを検出してしまう例の説明図を示す。図７のうち、（ａ）および（ｂ）はエンドリングの内周面にシャフト焼きばめ部がある場合を示しており、（ｃ）および（ｄ）はエンドリングの短絡環合せ目部がある場合を示す。なお、図７において、図６と同一の構成については同一の符号を付しその詳細な説明を省略する。

【０００７】

図７（ａ）において、符号７は、エンドリング１の内周面に設けられるシャフト焼きばめ部であり、通常このシャフト焼きばめ部７は、エンドリング１と接する断面が略矩形となっている。また図７（ｃ）の符号９は、エンドリング１の内周面に円周方向に沿って配置される短絡環である。短絡環９は通常、円周方向に複数に分割されて取り付けられているため、１つの短絡環９の端部は他の短絡環９との短絡環合せ目部となる。

【０００８】

このようなシャフト焼きばめ部７の角部や短絡環９の短絡環合せ目部がエンドリング１の内周面に存在する場合に斜角法による超音波探傷を行うと、斜角探触子２から入射された超音波ビーム３がシャフト焼きばめ部７の角部や短絡環合せ目部を反射源として反射し、この反射波が斜角探触子２によって受信される。この反射波をＡスコープで表示する場合、図６（ｂ）にて示した欠陥エコー６と区別の難しい擬似エコー８となる。

【０００９】

従来知られている欠陥エコーと擬似エコーとを区別する方法としては、例えば特許文献１に記載されたものがある。この技術では、斜角法などの超音波探傷にて得られた探傷信号をＳＳＰ（Split Spectrum Processing）処理し、探傷子を前後走査したときの指示長さを求めることで検出されたエコーが欠陥エコーか擬似エコーかを判別している。

【特許文献１】特開平１１－２８７７９０号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

しかしながら、特許文献１に記載された欠陥エコーと擬似エコーの判別方法は、フェライト系の材料に比べて結晶粒が大きいオーステナイト系ステンレス鋼の、更に結晶粒が大

きくなることの多い溶接部境界などにおいて、入射された超音波が反射、屈折あるいは散乱して発生する擬似エコーを判別するためのものである。これに対して、発電機エンドリングの欠陥検出で発生する擬似エコーは、材料の結晶粒の大きさに起因するものではなく、図７に示したように、エンドリング１の内周面に存在するシャフト焼きばめ部７や短絡環９の合せ目部といった構造に起因するものであるため、特許文献１に記載された判別方法などで欠陥エコーと擬似エコーの判別することが非常に困難である。

【００１１】

このため、従来発電機のエンドリングの欠陥を検出する場合、斜角法による超音波探傷で指示エコーが表示された際に、更に内部構造図を参照し、焼きばめ部や合せ目部といった構造がある場合には擬似エコー、無い場合には欠陥エコーであると推測しており、特に内部構造物がある場所の近傍などでは欠陥を十分に検出できない虞があった。

【００１２】

本発明はこのような課題に基づいてなされたものであり、その目的は、発電機エンドリングの超音波探傷検査で発生する欠陥エコーと擬似エコーの識別が簡単にできるタービン発電機エンドリングの欠陥検出方法を得ることにある。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

上記目的を達成するために、本発明におけるタービン発電機エンドリングの欠陥検出方法は、タービン発電機エンドリングを斜角法によって超音波探傷する第１のステップと、前記第１のステップの超音波探傷にて指示エコーが検出された部位に、応力腐食割れのような密集欠陥の場合は集束垂直法、疲労割れのような閉じた欠陥の場合はＳＰＯＤ法を用いる方法で超音波探傷を適用する第２のステップと、前記第２のステップの結果に基づいて、前記指示エコーが欠陥エコーか擬似エコーかを判別する判別ステップと、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【００１４】

本発明によれば、発電機エンドリングのように、その内周面など設けられた内部構造物に起因して擬似エコーが発生する場合であっても、内部構造図を必要とせずに欠陥エコーと擬似エコーを識別し、効果的に欠陥の検出ができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１５】

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照して説明する。

【００１６】

図１は、第１の実施の形態に係るタービン発電機エンドリングの欠陥検出方法の手順を示すフローチャートである。

【００１７】

本実施の形態に係る発電機エンドリングの欠陥検出方法では、まず、ステップ１０１にて斜角法を適用した超音波探傷試験を発電機エンドリングに対して行う。そして、ステップ１０１の斜角法による超音波探傷で指示エコーを検出したか否かをステップ１０２にて判定する。ステップ１０２にて指示エコーの検出が判定された場合には、ステップ１０３にて、ステップ１０１で指示エコーが検出された位置において次に集束垂直法を適用して超音波探傷試験を行う。そして、ステップ１０３での集束垂直法による超音波探傷試験の結果から、ステップ１０５にてステップ１０１で得られた指示エコーが欠陥エコーであったか擬似エコーであったかの分離を行って欠陥の有無を判定し、「欠陥あり」と判定された場合には欠陥深さの測定を行う。

【００１８】

図２は、図１で示したステップ１０３とステップ１０５の詳細を示す、集束垂直法による超音波探傷を適用してエンドリングの内周面の欠陥検出を行う場合の説明図である。図２中、（ａ）は集束垂直探触子の超音波送受信を示す説明図であり、（ｂ）はＡスコープの説明図であり、（ｃ）は（ｂ）の一部拡大表示図である。

【００１９】
集束垂直法による超音波探傷試験は、先端が複数に分岐した密集欠陥を検出するのにより適した方法であり、この試験によれば、密集欠陥の先端の一つを捉えることができるので、応力腐食割れによく見られる密集欠陥を容易に検出することが可能となる。
【００２０】
図１においてステップ１０３として示した、集束垂直法による超音波探傷試験は、本実施の形態においては、集束垂直探触子１０から超音波ビーム３を入射し、反射した反射波を集束垂直探触子１０にて受信することで行われる。
【００２１】
すなわち、エンドリング１の内周面に応力腐食割れや疲労割れなどの欠陥４がある場合、エンドリング１の外周面の表面に設置された集束垂直探触子１０から超音波ビーム３が入射されると、欠陥４の端部によって反射した反射波が集束垂直探触子１０によって受信される。その後、エンドリング内周面によって反射した反射波が集束垂直探触子１０によって受信される。このため、Ａスコープ画面上には、送信パルス５と、欠陥端部エコー１２及び底面エコー１１が表示される。さらに、得られた欠陥端部エコー１２と底面エコー１１のビーム路程差を調べることで欠陥の深さを求めることができる。
【００２２】
エンドリング１の内周面に応力腐食割れである欠陥４がない場合、エンドリング１の外周面の表面に設置された集束垂直探触子１０から超音波ビーム３が入射されると、エンドリング内周面によって反射した反射波のみが集束垂直探触子１０によって受信される。即ち、この場合、Ａスコープ画面上には、送信パルス５と、底面エコー１１のみが表示され、欠陥端部エコー１２は表示されない。このとき、例えばエンドリング１の内周面にシャフト焼きばめ部や短絡環合わせ目部などがある場合でも、欠陥端部エコー１２の擬似エコーとなることはないため、底面エコー１１のみが表示され、エンドリング１には欠陥がないと判定を行うことができる。
【００２３】
ここで、集束垂直法による超音波探傷試験で欠陥４があるときに得られる欠陥端部エコー１２は、図２（ｂ）および（ｃ）に示すように、底面エコー１１に比べて小さい。このため、集束垂直法による超音波探傷試験で、斜角法による超音波探傷のように、探触子を大局的に走査させて欠陥４を検出するのは非常に困難であり、作業者の熟練を必要とする。しかしながら、本実施の形態では、斜角法による超音波探傷にて指示エコーが得られた部位に対して、その指示エコーが欠陥４に起因するものなのか、擬似エコーなのかを判定するために集束垂直法による超音波探傷を組み合せたので、欠陥４のみを簡単かつ確実に検出することが可能となる。特に、密集欠陥の先端の一つを捉えることができる集束垂直法による超音波探傷試験を組み合せたことで、欠陥４が応力腐食割れによく見られる密集欠陥であるときに効果的な欠陥の検出ができる。
【００２４】
このように、斜角法による超音波探傷試験で指示エコーが得られた部位に対して、集束垂直法による超音波探傷試験を実施することで、図１におけるステップ１０５である、欠陥の有無の判定方法と欠陥深さの測定を確実に行うことができる。
【００２５】
特に、本実施の形態においては、図１に示したように、擬似エコーを拾ってしまう虞があるものの検出感度のよい斜角法による超音波探傷を行い（ステップ１０１、１０２）、指示エコーが現われた部位にて、検出感度は低いものの擬似エコーが生じる虞のない集束垂直法による超音波探傷をさらに行うことによって、エンドリングの内部構造図などを必要とせず、少ない手間で確実に発電機エンドリング１の欠陥４を検出することができる。ここで、本実施の形態による発電機エンドリングの欠陥検出方法は、発電機ロータを分解して行う必要がなく、発電機が据え付けられている現場にて行うことできるので、検査に必要な期間を短縮することも可能となる。
【００２６】

次に、本発明に係る発電機エンドリングの欠陥検出方法の第２の実施の形態について図３から図５を参照して説明する。

【００２７】

図３は、第２の実施の形態に係るタービン発電機エンドリングの欠陥検出方法の手順を示すフローチャートである。なお、図３において、図１と同一の構成については同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【００２８】

本実施の形態においても、第１の実施の形態同様、ステップ１０１にて斜角法による超音波探傷試験を行い、指示エコーを検出したか否かをステップ１０２にて判定する。第１の実施の形態においては、ステップ１０１で指示エコーが検出された位置においてさらに集束垂直法を適用して超音波探傷試験を行ったが、本実施の形態では、ステップ１０４にて、ステップ１０１で指示エコーが検出された位置において集束垂直法の代わりにＳＰＯＤ法を適用したものである。以下に、ステップ１０１にて得られた指示エコーが欠陥エコーであるか擬似エコーであるかをＳＰＯＤ法にて判別する方法について述べる。

【００２９】

図４は、図３で示したステップ１０４とステップ１０５の詳細を示す、ＳＰＯＤ法による超音波探傷を適用してエンドリングの内周面の欠陥検出を行う場合の説明図である。図４中、（ａ）は探触子の超音波送受信を示す説明図であり、（ｂ）はＡスコープの説明図である。ＳＰＯＤ法は、先端が閉じた欠陥を検出するのにより適した方法であり、この方法によれば、疲労割れによく見られるこのような先端が閉じた欠陥を効果的に検出することができる。

【００３０】

図３においてステップ１０４として示した、ＳＰＯＤ法による超音波探傷試験は、本実施の形態においては、発信用斜角探触子１３から超音波ビーム３を入射し、反射した反射波を受信用垂直探触子１４にて受信することで行われる。

【００３１】

すなわち、エンドリング１の内周面に応力腐食割れなどの欠陥４がある場合、エンドリング１の外周面の表面に設置された発信用斜角探触子１３から超音波ビーム３が入射されると、欠陥４の端部によって反射した反射波が受信用垂直探触子１４によって受信される。その後、エンドリング内周面によって反射した反射波が受信用垂直探触子１４によって受信される。このため、Ａスコープ画面上には、送信パルス５と、欠陥端部エコー１２及び底面エコー１１が表示される。さらに、得られた欠陥端部エコー１２と底面エコー１１のビーム路程差を調べることで欠陥の深さを求めることができる。

【００３２】

図５は、図３で示したステップ１０４とステップ１０５の詳細を示す、ＳＰＯＤ法による超音波探傷を適用してエンドリングの内周面の欠陥検出を行う場合の説明図である。図５中、（ａ）はエンドリング内周面にシャフト焼きばめ部がある場合の探触子の超音波送受信を示す説明図であり、（ｂ）はエンドリング内周面に短絡環合わせ目部がある場合の探触子の超音波送受信を示す説明図であり、（Ｃ）はＡスコープの説明図である。

【００３３】

エンドリング１の内周面に応力腐食割れや疲労割れなどの欠陥４がない場合、エンドリング１の外周面の表面に設置された発信用斜角探触子１３から超音波ビーム３が入射されると、エンドリング内周面によって反射した反射波のみが受信用垂直探触子１４によって受信される。即ち、この場合、Ａスコープ画面上には、送信パルス５と、底面エコー１１のみが表示され、欠陥端部エコー１２は表示されない。このとき、（ａ）に示すようにエンドリング１の内周面にシャフト焼きばめ部や、（ｂ）に示すように短絡環合わせ目部などがある場合でも、欠陥端部エコー１２の擬似エコーとなることはないため、底面エコー１１のみが表示され、エンドリング１には欠陥がないと判定を行うことができる。

【００３４】

ここで、前述した集束垂直法による超音波探傷試験と同様に、ＳＰＯＤ法による超音波

探傷試験で欠陥４があるときに得られる欠陥端部エコー１２は、図４（ｂ）に示すように、底面エコー１１に比べて小さい。このため、ＳＰＯＤ法による超音波探傷試験においても、探触子を大局的に走査させて欠陥４を検出するのは非常に困難であるが、第１の実施の形態と同様に、本実施の形態では、斜角法による超音波探傷にて指示エコーが得られた部位にてＳＰＯＤ法による超音波探傷試験を実施して、その指示エコーが欠陥４に起因するものなのか、擬似エコーなのかを判定するので、欠陥４のみを簡単かつ確実に検出することが可能となる。特に、本実施の形態では、ＳＰＯＤによる超音波探傷試験を組み合せたことで、欠陥４が疲労割れによく見られる先端が閉じた欠陥であるときに効果的な欠陥の検出ができる。また、ＳＰＯＤ法による超音波探傷試験では、図５に示したように内部構造物がある場合に擬似エコーだけが得られるので、より確実に欠陥エコーと擬似エコーの判別を行うことができる。

【００３５】

このように、斜角法による超音波探傷試験で指示エコーが得られた部位に対して、ＳＰＯＤ法による超音波探傷試験を実施することで、図３におけるステップ１０５である、欠陥の有無の判定方法と欠陥深さの測定を確実に行うことができる。

【００３６】

また、本実施の形態においては、図３に示したように、擬似エコーを拾ってしまう虞があるものの検出感度のよい斜角法による超音波探傷を行い（ステップ１０１、１０２）、指示エコーが現われた部位にて、検出感度は低いものの擬似エコーが生じる虞のないＳＰＯＤ法による超音波探傷をさらに行うことによって、エンドリングの内部構造図などを必要とせず、少ない手間で確実に発電機エンドリング１の欠陥４を検出することができる。

【００３７】

さらに、本実施の形態による発電機エンドリングの欠陥検出方法は、発電機ロータを分解して行う必要がなく、発電機が据え付けられている現場にて行うことできるので、検査に必要な期間を短縮することも可能となる。

【００３８】

なお、これらの実施の形態では、集束垂直法とＳＰＯＤ法のどちらか一つを適用したが、集束垂直法とＳＰＯＤ法とを両方適用してもよい。この場合、どちらの方法を先に適用しても構わない。

【図面の簡単な説明】

【００３９】

【図１】第１の実施の形態に係るタービン発電機エンドリングの欠陥検出方法の手順を示すフローチャート。

【図２】集束垂直法による超音波探傷を適用してエンドリングの内周面の欠陥検出を行う場合の説明図であり、（ａ）は集束垂直探触子の超音波送受信を示す説明図、（ｂ）はＡスコープの説明図、（ｃ）は（ｂ）の一部拡大表示図。

【図３】第２の実施の形態に係るタービン発電機エンドリングの欠陥検出方法の手順を示すフローチャート。

【図４】ＳＰＯＤ法による超音波探傷を適用してエンドリングの内周面の欠陥検出を行う場合の説明図であり、（ａ）は探触子の超音波送受信を示す説明図、（ｂ）はＡスコープの説明図。

【図５】ＳＰＯＤ法による超音波探傷を適用してエンドリングの内周面の欠陥検出を行う場合の説明図。

【図６】斜角法の超音波探傷試験を適用したエンドリングの欠陥検出方法の説明図であり、（ａ）は斜角探触子からの超音波送受信を示す説明図（ｂ）はＡスコープの説明図。

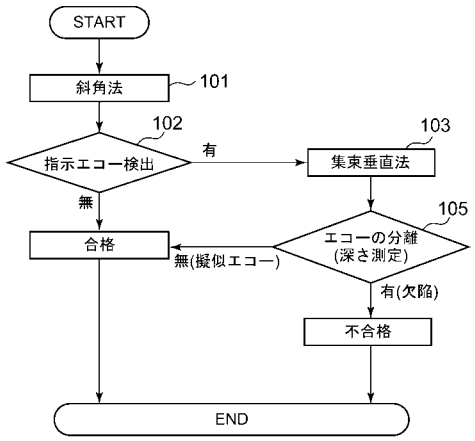
【図７】斜角法による超音波探傷にて擬似エコーを検出してしまう例の説明図であり、（ａ）および（ｂ）はエンドリングの内周面にシャフト焼きばめ部がある場合の説明図、（ｃ）および（ｄ）はエンドリングの短絡環合せ目部がある場合の説明図。

【符号の説明】

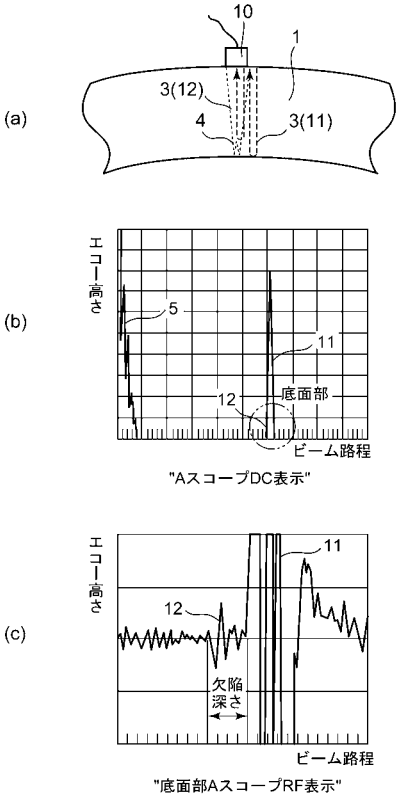
【００４０】

１…エンドリング、２…斜角探触子、３…超音波ビーム、４…欠陥、５…送信パルス、６…欠陥エコー、７…シャフト焼きばめ部、８…擬似エコー、９…短絡環、１０…集束垂直探触子、１１…底面エコー、１２…欠陥端部エコー、１３…発信用斜角探触子、１４…受信用垂直探触子。

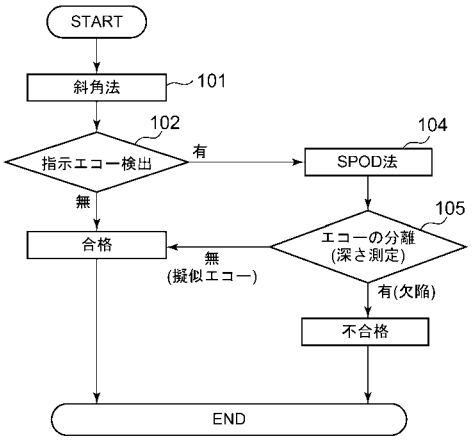
【図１】



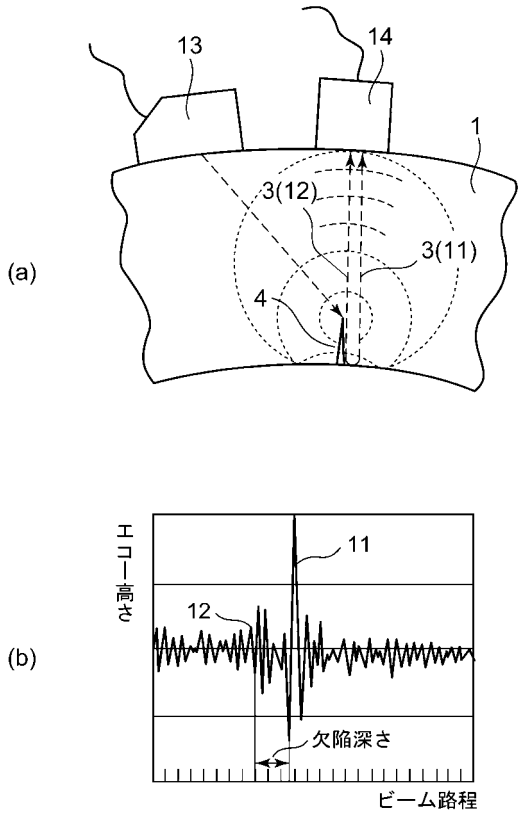
【図２】



【図３】

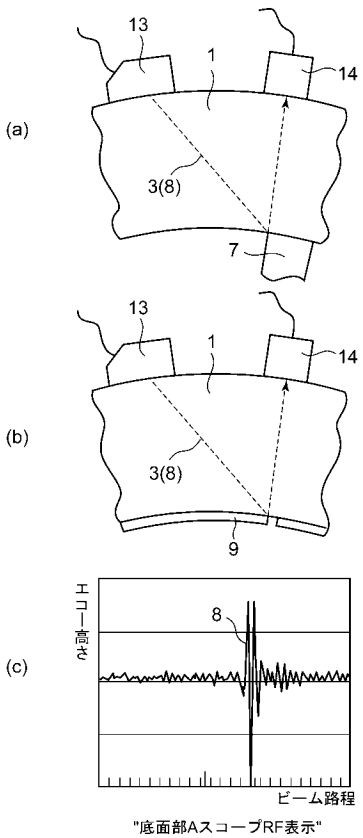


【図４】



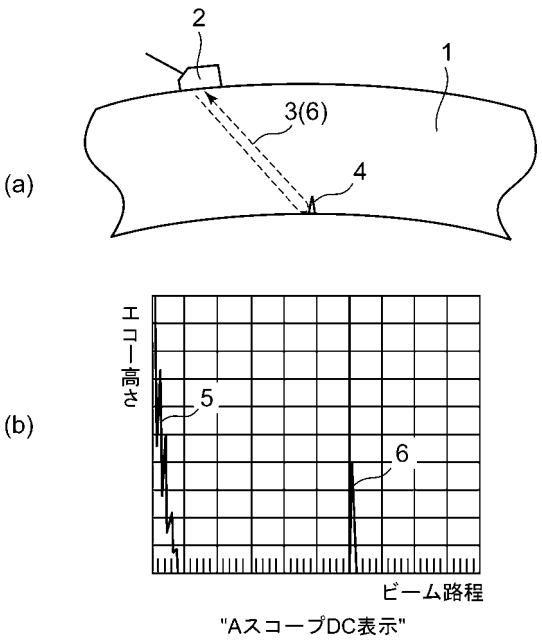
"底面部Aスコープ RF表示"

【図５】



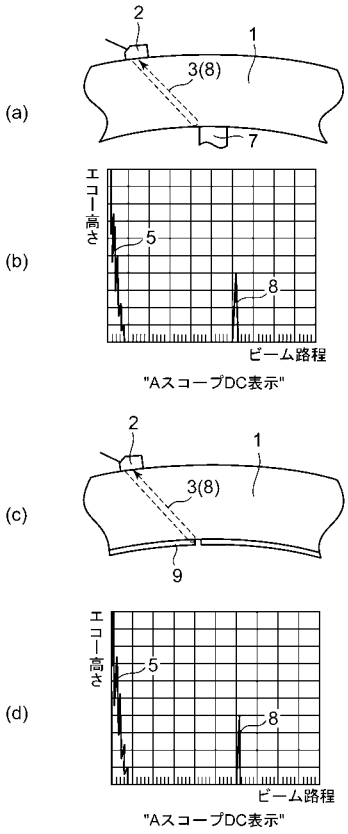
"底面部Aスコープ RF表示"

【図６】



"Aスコープ DC表示"

【図７】


(a)
2
1
3(8)
7
(b)
エコー高さ
5
8
ビーム路程
"AスコープDC表示"
(c)
2
1
3(8)
9
(d)
エコー高さ
5
8
ビーム路程
"AスコープDC表示"

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭６１－２１０９５３（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２８７７８９（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－０５１９１０（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－２１４２０５（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００７／００４３０３（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｎ　２９／０４