

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年5月22日 (22.05.2009)

PCT

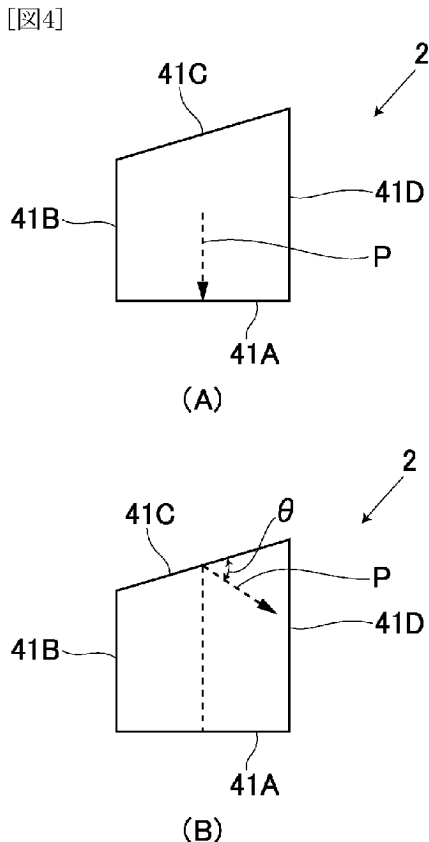
(10) 国際公開番号
WO 2009/063812 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 29/24 (2006.01) G01N 29/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/070348
- (22) 国際出願日: 2008年11月7日 (07.11.2008)
- (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 2007-297307
2007年11月15日 (15.11.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人長岡技術科学大学 (NAGAOKA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒9402188 新潟県長岡市上富岡町 1 6 0 3 - 1 Niigata (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井原 郁夫 (IHARA, Ikuo) [JP/JP]; 〒9402188 新潟県長岡市上富岡町 1 6 0 3 - 1 国立大学法人長岡技術科学大学内 Niigata (JP). 川崎 智則 (KAWASAKI, Tomonori) [JP/JP]; 〒9402188 新潟県長岡市上富岡町 1 6 0 3 - 1 国立大学法人長岡技術科学大学内 Niigata (JP).
- (74) 代理人: 牛木 護 (USHIKI, Mamoru); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 1 4 番 1 号 郵政福祉琴平ビル 3 階 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM,

[続葉有]

(54) Title: ULTRASONIC MEASUREMENT WAVEGUIDE ROD AND ULTRASONIC MEASUREMENT INSTRUMENT

(54) 発明の名称: 超音波計測導波棒と超音波計測装置



(57) Abstract: [PROBLEMS] To provide an ultrasonic measurement waveguide rod easily manufacturable and hardly producing a noise echo. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] An ultrasonic flaw detection waveguide rod (2) has a probe at one axial end thereof and a contact surface to be brought into contact with a test piece at the other end. The shape of a cross section of the rod (2) perpendicular to the axis is a polygon having sides any one (41A) of which is not parallel to all the other sides (41B, 41C, 41D). Since at least one pair of sides (41A, 41C) opposed to each other are not parallel to each other, it is prevented that an ultrasonic wave (P) is reflected by the outer surfaces having the nonparallel sides (41A, 41C) and returned as a noise echo to the probe (3). For example, the ultrasonic wave component reflected perpendicularly by one outer surface is reflected by the other outer surface and travels toward the outer surface having the side (41D). Therefore, an echo or a noise, hardly returns to the probe.

(57) 要約: 【課題】 製作が容易で、ノイズエコーの発生を抑えることができる超音波計測導波棒を提供する。【解決手段】 軸方向の一端部に探触子が配置され、軸方向の他端部には、試験体に接触する接触面が形成されている超音波探傷導波棒 2 において、軸方向と直交する断面形状は、該断面形状のいずれか一辺 41A と他の全ての辺 41B, 41C, 41D とが平行でない多角形である。少なくとも対向する一組の辺 41A, 41C が平行でないため、これら平行でない辺 41A, 41C が構成する外面に超音波 P が反射し、ノイズエコーとして探触子 3 に戻ることを抑制できる。

例えば、一方の外面に直交して反射した超音波成分は、他方の外面に反射し、他の辺の外面 41D に向うから、ノイズとなるエコーが探触

[続葉有]

WO 2009/063812 A1



KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書・説明書

明 細 書

超音波計測導波棒と超音波計測装置

技術分野

[0001] 本発明は、超音波探傷試験などの超音波計測試験に用いられる超音波計測導波棒に関する。

背景技術

[0002] 超音波計測試験である超音波探傷試験は、試験体の表面から超音波ビームをその内部に送信し、試験体中の欠陥によって反射してくる超音波エコーを検出して、エコーの大きさから欠陥の大きさを推定し、超音波を送信してから戻ってくるまでの時間を測定して欠陥位置までの距離を知る試験として知られている。

[0003] 試験体の超音波探傷試験を行うために、超音波送受信子である超音波探触子が用いられ、その探触子は、液状接触媒質を介して導波棒の一端部が接触され、この導波棒の他端部の接触面は、液状接触媒質を介して試験体の表面に接触される。探触子の振動子からの超音波は、導波棒内を直進し、試験体内の傷の境界面で反射し、その反射されて戻ってきたエコーである超音波を探触子で受信する。この傷の位置は、送信された超音波が受信されるまでの時間差に基づいて検出することができ、試験体が高温度であるときであっても、探傷試験を行うことができる(例えば、特許文献1)。

[0004] このように導波棒を用いることによって、探触子を直接当てることのできない発電所の蒸気配管等の可動中の設備の診断や、製造工程において高温になる加工品の診断などを行うことができる。

[0005] しかし、上記従来技術では、導波棒を用いることにより、探触子で得られるノイズエコー(遅れエコーと呼ばれることもある))が大きくなるという問題があり、すなわち、導波棒の円柱面での超音波の反射およびモード変換によって、探傷に妨害を与える不要なノイズエコーが発生する。

[0006] このように従来の導波棒では、円柱面での超音波の反射及びモード変換によってノイズエコーが生じ、特に、断面円形の中心位置から超音波が放射されると、円柱面で

反射及びモード変換を繰り返したエコーが探触子に戻り、ノイズエコー発生の原因となる。そして、このノイズエコーは超音波探傷でよく用いられるパルスエコー法において大きな障害となるため、その除去または軽減が強く望まれている。

[0007] そこで、上記特許文献1には、雄ねじ部分と直円柱状の部分と直円錐台部分とから成り、直円錐台部分の外周面に、多数の独立した微小な凹部または凸部を形成し、これによって導波棒内の被検査体に入射しない超音波が乱れて反射され、探触子に戻ることが抑制され、これによってノイズエコーの高さ、すなわちエネルギーレベルが低減されることが記載されている。

特許文献1:特許第3587555号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] 上記特許文献1では、導波棒の先端に、一端部側から他端部側になるにつれて小径となる直円錐台部分を形成し、その外周面に凹部と凸部とを形成し、一端部側には雄ねじ部分を形成するため、導波棒の加工が煩雑となる。例えば、導波棒は、その一端部に探触子を配置し、他端部に試験体が接触するため、両端面を精度よく仕上げる必要があり、上記のような導波棒では、直円錐台部分の加工を施した後、他端部側の面を所定の精度に仕上げなければならず、加工性に劣るという問題がある。

[0009] また、特許文献1の導波棒では、直円錐台部分における断面積減少により信号の強度が低下するという問題がある。

[0010] そこで、公知ではないが、図14に示すように、導波棒101の断面形状を円形とは異なる四角形にすることが考えられる。しかし、断面形状を四角形にしても、一端部の中心102から放射された超音波Pは、例えば、中心102を挟んで対向する外面位置103、103に反射及びモード変換を繰り返して探触子に戻ったり、他の位置で複数の反射を繰り返して探触子に戻ったりすることにより、ノイズエコーが発生する。これを図15により補足説明すると、図14の断面形状を有する導波棒101の一端側に、超音波Pを放射する探触子104を設け、平行な外面間でモード変換された二つの超音波P(ノイズエコー)は、互いに反射を繰り返しながら進み、他端側の端面に達したとき両者の位相が合うため、ノイズエコーが強く現れ、このように平行な外面を有する形状では

、ノイズエコーの発生が顕著となる。

[0011] そこで、本発明は、製作が容易で、ノイズエコーの発生を抑えることができる超音波計測導波棒と超音波計測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

[0012] 請求項1の発明は、軸方向の一端部に送受信子が配置され、軸方向の他端部には、試験体に接触する接触面が形成されている超音波計測導波棒において、前記軸方向と直交する断面形状は、該断面形状のいずれか一辺と他の全ての辺とが平行でない多角形である。

[0013] また、請求項2の発明は、前記断面形状が四角以上の多角形である。

[0014] また、請求項3の発明は、前記断面形状が奇数の多角形である。

[0015] また、請求項4の発明は、前記断面形状の全ての辺同士が平行でない。

[0016] また、請求項5の発明は、前記断面形状が非対称である。

[0017] また、請求項6の発明は、前記断面形状が五角形である。

[0018] また、請求項7の発明は、前記断面形状が正五角形である。

[0019] また、請求項8の発明は、前記断面形状が九角以下の多角形である。

[0020] また、請求項9の発明は、前記軸方向の一部において前記断面形状が同一である。

[0021] また、請求項10の発明は、前記軸方向全長に渡って前記断面形状が同一である。

[0022] また、請求項11の発明は、前記軸方向の一部又は全長において前記断面形状が相似形をなし、前記導波棒がテーパ状をなすものである。

[0023] また、請求項12の発明は、請求項9～11のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒と、送受信子とを備えるものである。

発明の効果

[0024] 従来の断面円形の導波棒では、円柱面での超音波の反射及びモード変換によってノイズエコーが発生する。

[0025] これに対して、上記請求項1の構成によれば、少なくとも対向する一組の辺が平行でないため、これら平行でない辺を構成する外面に超音波が反射し、ノイズエコーとして送受信子に戻る事が抑制される。すなわち、平行でない辺を構成する外面間で

は、例えば、一方の外面に直交して反射した超音波成分は、他方の外面に反射して反射角が変わるから、平行でない辺を構成する外面で反射した超音波が、他の辺の外面向うため、送受信子に戻り難くなり、また、外面でモード変換された超音波は立体的には対称にならないから、二つの波が他端部の接触面などの端面において位相が合うことがなく、ノイズエコーが僅かしか現れない。

[0026] さらに、断面形状が多角形であるから、製作加工が容易となり、さらに、導波棒の保持、試験体への設置が容易となる。

[0027] また、上記請求項2の構成によれば、単位円当りにおける導波棒の断面積を大きく取ることができ、導波棒内における超音波の減少を少なくすることができる。

[0028] すなわち、同一面積の基準円に収まる多角形の面積を比較した場合、三角形より四角形の方が超音波の通路となる有効断面積を大きく取ることができる。尚、正多角形は、前記基準円に内设するから、正多角形でない多角形に比べて正多角形の方がその有効面積が大きくなり有利である。

[0029] また、上記請求項3の構成によれば、奇数の正多角形は、断面形状において、対向する辺が全て平行でないから、同奇数の略多角形も、平行でない辺を構成する外面で超音波が反射する。

[0030] また、上記請求項4の構成によれば、対向する全ての辺が平行でないから、ノイズエコーとして送受信子に戻ることを抑制できる。

[0031] また、上記請求項5の構成によれば、対称な辺を構成する外面間では、これら外面でモード変換された二つの波は立体的にねじれるので、互いに強め合うことが軽減される。しかし、二つの波の反射挙動は立体的には互いに対称であるため、僅かではあるが、位相が合うこととなり、僅かにノイズエコーが現れることがある。これに対して、断面形状を非対称な形状とすることにより、二つの波の反射挙動が互いに対称とならないため、ノイズエコーの発生を抑制することができる。

[0032] また、上記請求項6及び7の構成によれば、ノイズエコーの発生を抑制し、且つ超音波の通路となる有効断面積を大きく取ることができ、特に、正五角形では、有効面積が大で、且つ、導波棒をセットする場合に、外面が基準となるから、扱い易くなる。

[0033] また、上記請求項8の構成によれば、断面形状が十角以上になると、円形に近づく

ため、ノイズエコーの抑制効果が低下するため、九角以下が好ましい。

[0034] また、上記請求項9の構成によれば、軸方向の一部において、平行でない外面で超音波が反射し、ノイズエコーの発生を抑制できる。

[0035] また、上記請求項10の構成によれば、軸方向の全長において、外面間で超音波が反射し、一層効果的にノイズエコーの発生を抑制できる。また、断面積が一定であるから、導波棒2内部での超音波信号の減少が少ない。

[0036] また、上記請求項11の構成によれば、軸方向の少なくとも一部において、テーパ形状をなす平行でない外面で超音波が反射し、ノイズエコーの発生を抑制できる。

[0037] また、上記請求項12の構成によれば、製作が容易で、ノイズエコーの発生を抑えることができる超音波計測導波棒を備えた超音波計測装置が得られる。

発明を実施するための最良の形態

[0038] 本発明における好適な実施の形態について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を限定するものではない。また、以下に説明される構成の全てが、本発明の必須要件であるとは限らない。各実施例では、従来とは異なる超音波計測導波棒を採用することにより、従来にない超音波計測導波棒が得られ、その超音波計測導波棒と超音波計測装置を夫々記述する。

実施例 1

[0039] 以下、本発明の実施例1について図1～図11を参照して説明する。

[0040] 図1に示すように、超音波計測装置である超音波探傷装置1は、超音波計測導波棒である超音波探傷導波棒2と、超音波送受信子である探触子3とを有し、各種の試験体4の超音波探傷試験を行うものである。

[0041] 前記導波棒2の軸方向の一端部には、前記探触子3が接触媒質を介して配置されて接触する。超音波探触子3は、超音波パルスを発生する振動子(図示せず)と、該振動子からの超音波を前記導波棒2を介して入射し、戻ってきた超音波を検出するものであって、送波手段と受波手段の機能を備える。そして、探触子3の振動子から発生されて送信される超音波Pが、軸方向の他端部に形成された接触面5から試験体4に与えられ、その試験体4内の傷で反射されて戻ってきた超音波であるエコーが

受信され、傷の位置は送信された超音波が受信されるまでの時間によって測定することができる。

[0042] 前記導波棒2は、アルミニウム、鋼、ステンレス鋼などの金属製であってもよく、あるいはまたアクリル樹脂などの合成樹脂製であってもよく、その他の材料であってもよい。

[0043] 次に、前記導波棒2の特徴構成について説明する。

[0044] 図2には、導波棒2の軸方向と直交する断面形状が三角形のものを示す。尚、断面形状は、図1のA-A線断面に表れる。この三角形の導波棒2は、3つの辺31A, 31B, 31Cを有し、全ての辺31A, 31B, 31C同士が平行でなく、前記断面形状は、導波棒2の全長に渡って同一の大きさで、いずれか一つの辺と他の辺とが平行でない三角形である。同図には、正三角形を示しているが、必ずしも正三角形である必要はない。

[0045] 図3には、導波棒2の軸方向と直交する断面形状が四角形のものを示す。この四角形の導波棒2は、4つの辺41A, 41B, 41C, 41Dを有し、辺41Aと、該辺41Aと対向する辺41Cとは平行でなく、辺41Bと、該辺41Bと対向する辺41Dとは平行でなく、このように全ての辺41A, 41B, 41C, 41D同士が平行でなく、また、辺41Aと他の全て辺41B, 41C, 41Dとは平行でなく、辺41Bと他の全ての辺41A, 41C, 41Dとは平行でなく、前記断面形状は、いずれか一つの辺と他の辺が平行でない四角形である。尚、断面形状が四角以上の多角形の場合、いずれか一つの辺と、これと隣合う辺を除いた他の辺とが平行でなければよい。

[0046] 図4(A)(B)及び図10には、導波棒2の軸方向と直交する断面形状が四角形である他の例を示す。この四角形の導波棒2は、辺41Aと、該辺41Aと対向する辺41Cとは平行でなく、辺41Bと、該辺41Bと対向する辺41Dとが平行であり、前記断面形状は、いずれか一つの辺と他の辺が平行でない四角形である。

[0047] ここで、平行でない辺41A, 辺41Cの外面間の反射の一例について説明すると、図4(A)に示すように、中心から一方の辺41Aの外面に直交して向う超音波Pは、逆方向に反射して他方の辺41Cの外面に向かい、その後、図4(B)に示すように、該外面で超音波Pは反射角 θ で反射して向きを変える。このため、超音波Pは両辺41A, 41

Cの外表面間で反射及びモード変換を繰り返すことなく、他の辺の外表面に反射することになり、ノイズエコーとして探触子3に戻る事が抑制される。このように、非平行な辺を構成する外表面を有することにより、これら外表面でモード変換された波は立体的には対称とならず、図10に示すように、他端部の接触面5などの端面において、二つの波の位相が合わないため遅れエコーが観察されにくい。

[0048] 特に、好適な例として、図5には、導波棒2の軸方向と直交する断面形状が五角形のもをを示す。この五角形の導波棒2は、5つの辺51A, 51B, 51C, 51D, 51Eを有し、一つの辺51Aと、他の辺51B, 51C, 51D, 51Eとは全て平行でなく、一つの辺51Bと、他の辺51A, 51C, 51D, 51Eとは全て平行でなく、一つの辺51Cと、他の辺51A, 51B, 51D, 51Eとは全て平行でなく、一つの辺51Dと、他の辺51A, 51B, 51C, 51Eとは全て平行でなく、一つの辺51Eと、他の辺51A, 51B, 51C, 51Dとは全て平行でなく、すなわち、前記断面形状は、いずれか一つの辺と他の辺とが平行でない正五角形である。

[0049] したがって、導波棒2の一端部の略中心から放射された放射線Pは、導波棒2の外表面に反射して入射と異なる方向に向きを変え、それら外表面間で不規則に反射するため、ノイズエコーとして探触子3に戻る事が抑制される。

[0050] また、このように正多角形の断面形状とすることにより、導波棒2のセットなどが容易となる。

[0051] 図6には、導波棒2の軸方向と直交する断面形状が五角形のもをを示す。この五角形の導波棒2は、上記正五角形と辺51A, 51B, 51Eが同じで、辺51C, 51Dが異なり、辺51C, 51E同士が平行である。この導波棒2においても、前記断面形状は、いずれか一つの辺と他の辺とが平行でない五角形である。

[0052] 図7には、導波棒2の軸方向と直交する断面形状が六角形のもをを示す。この六角形の導波棒2は、6つの辺61A, 61B, 61C, 61D, 61E, 61Fを有し、辺61Aと、他の辺61B, 61C, 61D, 61E, 61Fはいずれも平行でなく、辺61Bと、他の辺61A, 61C, 61D, 61E, 61Fはいずれも平行でなく、辺61C, 61E同士は平行をなす。そして、辺61A, 61B, 61C, 61Fの長さが等しく、且つ、辺61A, 61Bの挟角(60度)と、辺61B, 61Cの挟角(60度)と、61F, 61Aの挟角(60度)とが等しく、これらと残りの3つの挟角が

異なる。すなわち、辺61A, 61B, 61C, 61Fは正六角形と同一であり、辺61D, 61Eが正六角形とは異なる。したがって、前記断面形状は、いずれか一つの辺61Aと他の全ての辺61B, 61C, 61D, 61E, 61Fとが平行でない略六角形である。

[0053] 図8には、導波棒2の軸方向と直交する断面形状が六角形の他の例を示す。この六角形の導波棒2は、辺61A, 61Bが正六角形と同一で、他の辺61C, 61D, 61E, 61Fが正六角形とは異なり、断面形状の全ての辺61A, 61B, 61C, 61D, 61E, 61F同士が平行でない形状をなす。

[0054] 図9には、導波棒2の軸方向と直交する断面形状が七角形のもの示す。この七角形の導波棒2は、7つの辺71A, 71B, 71C, 71D, 71E, 71F, 71Gを有し、全ての辺71A, 71B, 71C, 71D, 71E, 71F, 71G同士が平行でなく、前記断面形状は、いずれか一つの辺と他の辺が平行でない正七角形である。

[0055] 次に、実験例について説明する。図10は導波棒2の断面形状の相違による超音波エコーの変化を測定した実験結果を示すグラフ図であり、縦軸に振幅を取り、横軸に時間を取り、グラフ図の右側に多段に示した各断面形状に対応して、同一条件での測定データを多段に記載している。尚、断面形状は、上から、円形、正三角形、正方形、正五角形、正六角形、正七角形である。

[0056] 図11において、時間20、40、60 μ sは、測定する超音波エコーP1, P2, P3であり、これら以外の符号N1, N2, N3で示すものなどがノイズエコーである。特に、円形の場合、前記各時間に遅れて数個のノイズエコーが顕著に現れている。

[0057] 以下、上段から説明すると、断面形状が円形の導波棒の場合、測定する超音波エコーP1とほとんど同じ大きさのノイズエコーN1が発生し、時間40 μ sの超音波エコーP2の後、これより大きなノイズエコーN2の発生が認められた。

[0058] 断面形状が正三角形の導波棒の場合、例えば超音波エコーP1に対して、ノイズエコーN1が十分に小さく、ノイズエコーの影響が少ないことが分かる。この場合、超音波エコーP1とノイズエコーN1の強度の比(超音波エコーP1の大きさ/ノイズエコーの大きさ)は、略「5」である。そして、前記強度の比が大きいほどノイズエコーの影響が小さくなり、正しい測定を行うことができる。

[0059] 断面形状が正方形の導波棒の場合、グラフ上では、ノイズエコーN1の大きさは小

さいが、超音波エコーP1とノイズエコーN1の大きさが略等しいから、ノイズエコーN1の影響が大となる。この場合、超音波エコーP1とノイズエコーN1の強度の比は、略「1」である。

- [0060] 断面形状が正五角形と正七角形の導波棒の場合、ノイズエコーがほとんど表れず、特に正五角形では、ノイズエコーが極めて小さいことが分かる。正七角形の場合、超音波エコーP1とノイズエコーN1の強度の比は、略「10」であり、正五角形の場合、該強度の比が正七角形より更に大きいことが分かる。
- [0061] 断面形状が正六角形の導波棒の場合、前記正五角形と正七角形に比べて、ノイズエコーの影響が大きいことが分かる。この場合、超音波エコーP1とノイズエコーN1の強度の比は、略「2」である。
- [0062] 以上は、断面形状が円形と正多角形の場合の実験結果であるが、これから以下のことが分かる。従来技術で説明したように、断面形状が円形の導波棒は、ノイズエコーの影響が大となる。また、断面形状が正方形の導波棒は、超音波エコーP1とノイズエコーN1の大きさに差が無く、言い換えると前記強度の比が小さく、ノイズエコーの影響が大となる。同様に、断面形状が正六角形の導波棒も、ノイズエコーの影響が大となる。
- [0063] なお、上記エコーの強度比は例示であり、例えば、導波棒の断面形状、軸方向長さ等の幾何学的構造を変更することにより、さらに強度比を増大させ、ひいてはノイズエコーの影響を実質的に削除することが可能である。
- [0064] これらに対して、断面形状が奇数の正多角形では、ノイズエコーが小さく、影響が僅かであり、特に、断面形状が正五角形では、良好な結果が得られた。正七角形の場合でも同様に効果があるが、僅かなノイズエコーが現われている。これは、正七角形の方が円形に近づくため、ノイズエコーの発生を抑える効果が低下するためである。
- [0065] このように本実施例では、軸方向の一端部に探触子3が配置され、軸方向の他端部には、試験体4に接触する接触面5が形成されている超音波探傷導波棒2において、軸方向と直交する断面形状は、該断面形状のいずれか一辺と他の全ての辺とが平行でない略多角形であるから、少なくとも対向する一組の辺が平行でないため、こ

れら平行でない辺を構成する外面に超音波が反射し、ノイズエコーとして探触子3に戻る事が抑制される。すなわち、平行でない辺41A, 41Cを構成する外面間では、例えば、一方の外面に直交して反射した超音波成分は、他方の外面に反射して反射角が変わり、平行でない辺41A, 41Cを構成する外面で反射した超音波が、他の辺の外面41Dに向うから、ノイズとなるエコーが探触子に戻り難くなり、また、外面でモード変換された超音波は立体的には対称にならないから、二つの波が他端部の接触面5などにおいて位相が合うことがなく、ノイズエコーが僅かしか現れない。

[0066] また、導波棒2は、断面形状が多角形であるから、製作加工が容易となり、さらに、導波棒2の保持、試験体4への設置が容易となる。

[0067] また、このように本実施例では、前記断面形状が四角以上の多角形であるから、単位円当りにおける導波棒2の断面積を大きく取ることができ、導波棒2内における超音波の減衰を少なくすることができる。すなわち、同一面積の基準円に収まる多角形の面積を比較した場合、三角形より四角形のものの方が超音波の通路となる有効断面積を大きく取ることができる。尚、正多角形は、前記基準円に内設するから、正多角形でない多角形に比べて正多角形の方がその有効面積が大きく有利である。

[0068] また、このように本実施例では、図3、図5、図6、図9に示したように、前記断面形状が奇数の多角形であり、奇数の正多角形は、断面形状において、対向する辺が全て平行でないから、同奇数の正多角形以外の多角形も、平行でない辺を構成する外面で超音波が反射し、ノイズエコーの発生を抑制できる。

[0069] また、このように本実施例では、図2、図3、図5、図8、図9に示したように、前記断面形状の全ての辺同士が平行でないから、ノイズエコーの発生を抑制できる。

[0070] また、このように本実施例では、図3、図4、図6、図7、図8に示したように、前記断面形状が非対称である。そして、断面形状が等脚台形などでは、対称な辺を構成する外面でモード変換された二つの波は立体的にねじれるので、互いに強め合うことが軽減される。しかし、二つの波の反射挙動は立体的には互いに対称であるため、僅かではあるが、位相が合うこととなり、僅かにノイズエコーが現れることがある。これに対して本実施例では、断面形状を非対称な形状とすることにより、前記二つの波の反射挙動が互いに対称とならず、ノイズエコーの発生を抑制することができる。

- [0071] また、このように本実施例では、前記断面形状が五角形であり、さらに、前記断面形状が正五角形であるから、ノイズエコーの発生を抑制し、且つ超音波の通路となる有効断面積を大きく取ることができ、特に、正五角形では、有効面積が大で、且つ、導波棒2をセットする場合に、外面が基準となるから、扱い易くなる。
- [0072] また、このように本実施例では、前記断面形状が九角以下の多角形であるから、断面形状が十角以上になると、円形に近づくため、ノイズエコーの抑制効果が低下するため、九角以下が好ましい。そして、断面形状が円形の場合には、360度全ての方向に平行面対が存在することになるから、他端部の接触面において、波同士の位相が合い、ノイズエコーが大きく現れる。
- [0073] また、このように本実施例では、前記軸方向全長に渡って前記断面形状が同一であるから、外面間で超音波が反射し、一層効果的にノイズエコーの発生を抑制できる。また、断面積が一定であるから、導波棒2内部での超音波信号の減少が少ない。
- [0074] また、このように本実施例では、請求項1～11のいずれか1項に記載の超音波導波棒2と、探触子3とを備えるから、製作が容易で、ノイズエコーの発生を抑えることができる超音波探傷導波棒2を備えた超音波探傷装置1が得られる。

実施例 2

- [0075] 図12は本発明の実施例2を示し、上記実施例1と同一部分に同一符号を付し、その詳細な説明を省略して詳述すると、この例では、断面形状が、長さLの部分において多角形の同一形状をなし、他の長さL1の部分において、他端側に向って縮小するテーパ状の多角形をなし、このテーパ状の多角形の部分は断面形状が相似形をなす。
- [0076] また、このように本実施例では、前記軸方向の一部において前記断面形状が同一であるから、軸方向の一部において、平行でない外面で超音波が反射し、ノイズエコーの発生を抑制できる。
- [0077] また、このように本実施例では、前記軸方向の一部又は全長において前記断面形状が相似形をなし、前記導波棒2がテーパ状をなすから、軸方向の少なくとも一部において、テーパ状をなす平行でない外面で超音波が反射し、ノイズエコーの発生を抑制できる。

[0078] さらに、断面形状が円形の導波棒において、一部を上記実施例で示した多角形にしてもよく、この場合も、前記多角形の部分において、少なくとも対向する一組の辺が平行でないため、これら平行でない辺を構成する外面に超音波が反射し、ノイズエコーの発生を抑制することができる。

実施例 3

[0079] 図13は本発明の実施例3を示し、上記各実施例と同一部分に同一符号を付し、その詳細な説明を省略して詳述すると、この例では、導波棒2は、例えば、多角形である正五角形をなし、その断面形状の角部に、面取り加工により面取り加工部11を形成したり、R加工によりR加工部12を形成したりしており、これらの場合も断面形状は五角形に変わりはない。

[0080] 以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。例えば、多角形の形状は正確である必要はなく、概ね多角形であればよい。また、本発明は、「超音波探傷」に限られるものではなく、「超音波計測」一般に幅広く適用できるものである。

図面の簡単な説明

[0081] [図1]本発明の実施例1を示す装置の全体説明図である。

[図2]同上、断面形状が三角形の導波棒の断面図である。

[図3]同上、断面形状が四角形の導波棒の断面図である。

[図4]同上、断面形状が他の四角形の導波棒の断面図である。

[図5]同上、断面形状が五角形の導波棒の断面図である。

[図6]同上、断面形状が他の五角形の導波棒の断面図である。

[図7]同上、断面形状が六角形の導波棒の断面図である。

[図8]同上、断面形状が他の六角形の導波棒の断面図である。

[図9]同上、断面形状が七角形の導波棒の断面図である。

[図10]同上、図4の断面形状の導波棒を備えた装置の全体断面説明図である。

[図11]同上、断面形状毎に測定した超音波エコーとノイズエコーを示すグラフ説明図である。

[図12]本発明の実施例2を示す装置の全体説明図である。

[図13]本発明の実施例3を示す断面形状が五角形の導波棒の断面図である。

[図14]断面形状が正方形の導波棒の断面図である。

[図15]同上、図14の断面形状の導波棒を備えた装置の全体断面説明図である。

符号の説明

- [0082] 1 超音波探傷装置(超音波計測装置)
2 超音波探傷導波棒(超音波計測導波棒)
3 超音波探触子(超音波送受信子)
4 試験体
5 接触面
31A, 31B, 31C 辺
41A, 41B, 41C, 41D 辺
51A, 51B, 51C, 51D, 51E 辺
61A, 61B, 61C, 61D, 61E, 61F 辺
71A, 71B, 71C, 71D, 71E, 71F, 71G 辺

請求の範囲

- [1] 軸方向の一端部に送受信子が配置され、軸方向の他端部には、試験体に接触する接触面が形成されている超音波計測導波棒において、前記軸方向と直交する断面形状は、該断面形状のいずれか一边と他の全ての辺とが平行でない多角形であることを特徴とする超音波計測導波棒。
- [2] 前記断面形状が四角以上の多角形であることを特徴とする請求項1記載の超音波計測導波棒。
- [3] 前記断面形状が奇数の多角形であることを特徴とする請求項1又は2記載の超音波計測導波棒。
- [4] 前記断面形状の全ての辺同士が平行でないことを特徴とする請求項2又は3記載の超音波計測導波棒。
- [5] 前記断面形状が非対称であることを特徴とする請求項2～4のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
- [6] 前記断面形状が五角形であることを特徴とする請求項4又は5記載の超音波計測導波棒。
- [7] 前記断面形状が正五角形であることを特徴とする請求項6記載の超音波計測導波棒。
- [8] 前記断面形状が九角以下の多角形であることを特徴とする請求項2～5のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
- [9] 前記軸方向の一部において前記断面形状が同一であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
- [10] 前記軸方向全長に渡って前記断面形状が同一であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
- [11] 前記軸方向の一部又は全長において前記断面形状が相似形をなし、前記導波棒がテーパ状をなすことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
- [12] 請求項9～11のいずれか1項に記載の超音波導波棒と、送受信子とを備えることを特徴とする超音波計測装置。

補正された請求の範囲

[2009年4月10日 (10.04.2009) 国際事務局受理]

1. (補正後) 軸方向の一端部に送受信子が配置され、軸方向の他端部には、試験体に接触する接触面が形成されている超音波計測導波棒において、前記軸方向に長く、前記軸方向と直交する断面形状は、該断面形状のいずれか一辺と他の全ての辺とが平行でない多角形であることを特徴とする超音波計測導波棒。
2. 前記断面形状が四角以上の多角形であることを特徴とする請求項1記載の超音波計測導波棒。
3. 前記断面形状が奇数の多角形であることを特徴とする請求項1又は2記載の超音波計測導波棒。
4. 前記断面形状の全ての辺同士が平行でないことを特徴とする請求項2又は3記載の超音波計測導波棒。
5. 前記断面形状が非対称であることを特徴とする請求項2～4のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
6. 前記断面形状が五角形であることを特徴とする請求項4又は5記載の超音波計測導波棒。
7. 前記断面形状が正五角形であることを特徴とする請求項6記載の超音波計測導波棒。
8. 前記断面形状が九角以下の多角形であることを特徴とする請求項2～5のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
9. 前記軸方向の一部において前記断面形状が同一であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
10. 前記軸方向全長に渡って前記断面形状が同一であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
11. 前記軸方向の一部又は全長において前記断面形状が相似形をなし、前記導波棒がテーパ状をなすことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の超音波計測導波棒。
12. 請求項9～11のいずれか1項に記載の超音波導波棒と、送受信子とを備えることを特徴とする超音波計測装置。

条約第19条(1)に基く説明書

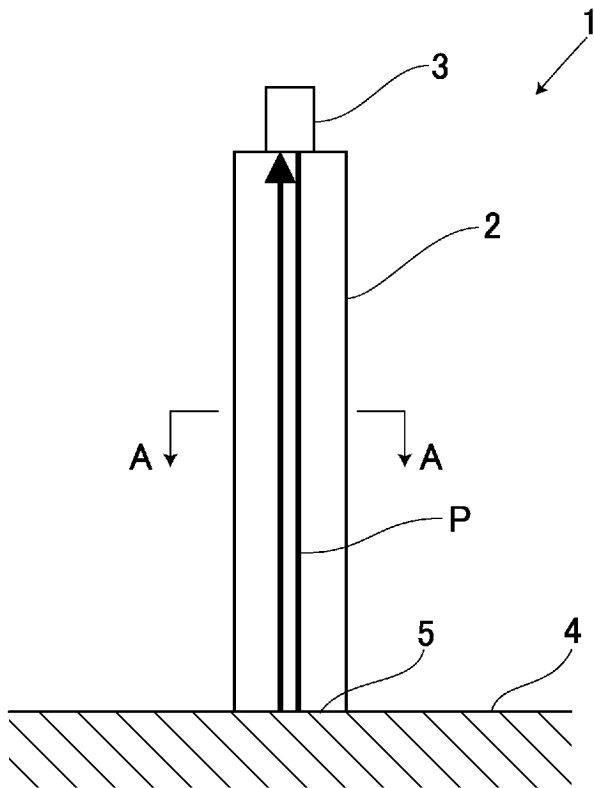
請求の範囲の第1項は、超音波計測導波棒が前記軸方向に長く、前記軸方向と直交する断面形状は、該断面形状のいずれか一辺と他の全ての辺とが平行でない多角形であることを明確にした。

文献1の特許第3587555号公報には、前記軸方向と直交する断面形状は、該断面形状のいずれか一辺と他の全ての辺とが平行でない多角形である超音波計測導波棒は開示されていない。

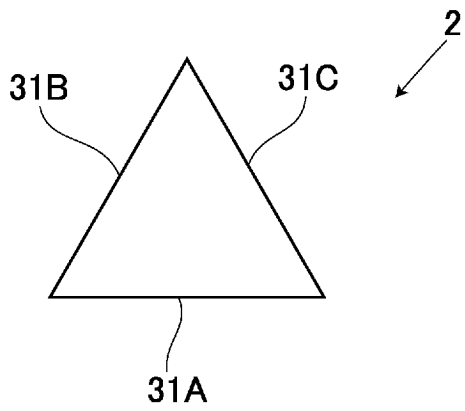
これに対して、文献2の特開昭63-117735号公報には、音響カプラの断面形状を工夫することが記載されているが、文献2はアーチファクトのない良質な超音波画像を得ることを目的とするのに対して、本願発明は、軸方向に長い超音波計測導波棒を用いた測定で発生する遅れエコーを消去又は軽減するものであり、断面方向が軸方向より長い文献2とは大きく相違する。

したがって、当業者といえども、文献1の超音波探傷用導波棒と、断面方向が軸方向より長いカプラを備えた文献2とがあっても、前記軸方向に長く、前記軸方向と直交する断面形状は、該断面形状のいずれか一辺と他の全ての辺とが平行でない多角形とすることにより、平行でない辺を構成する外面に超音波が反射し、ノイズエコーとして送受信子に戻ることを抑制できる本願発明は、容易に想到するものではない。

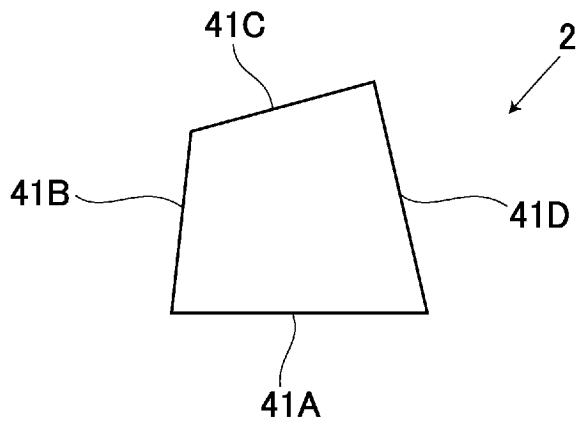
[図1]



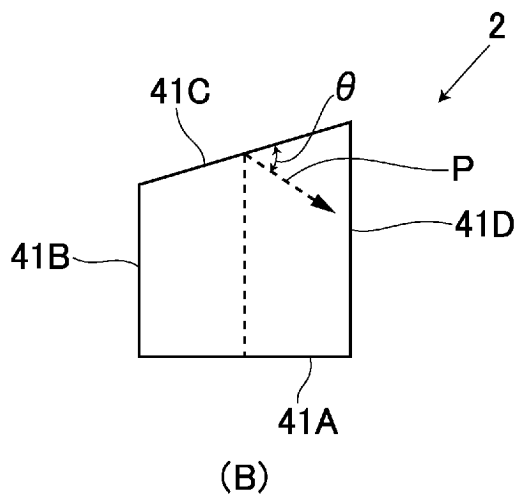
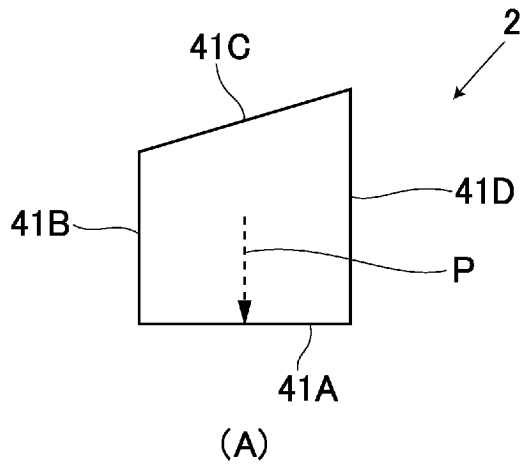
[図2]



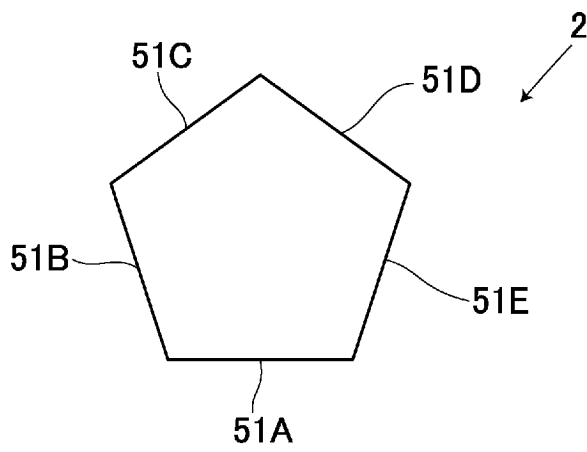
[図3]



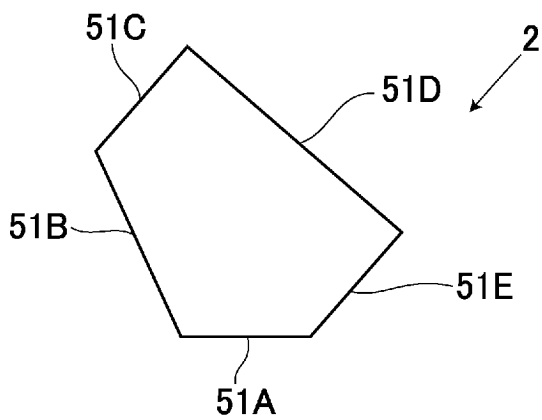
[図4]



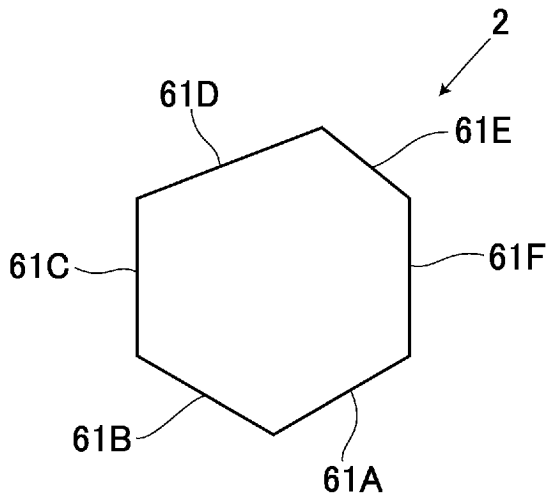
[図5]



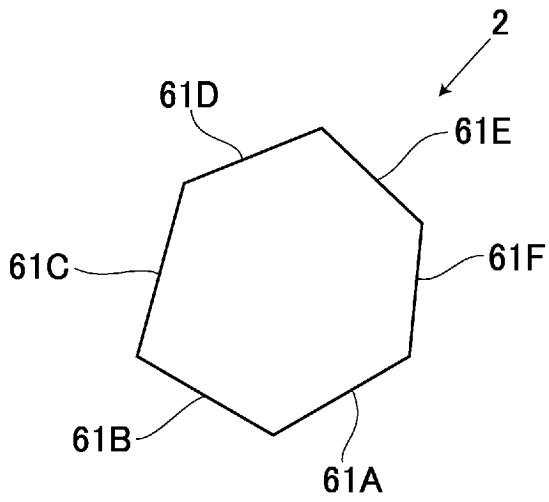
[図6]



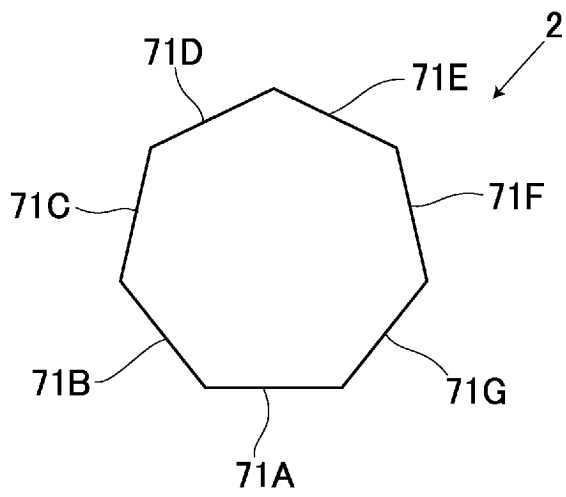
[図7]



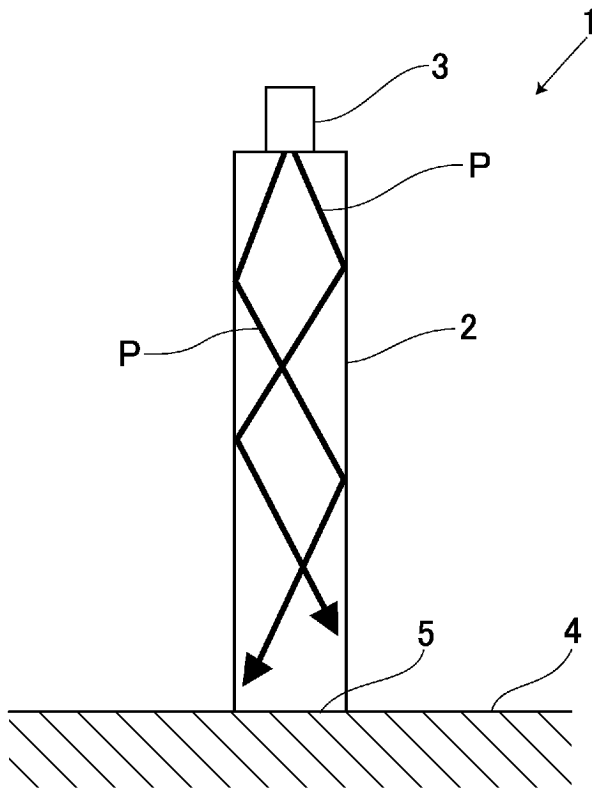
[図8]



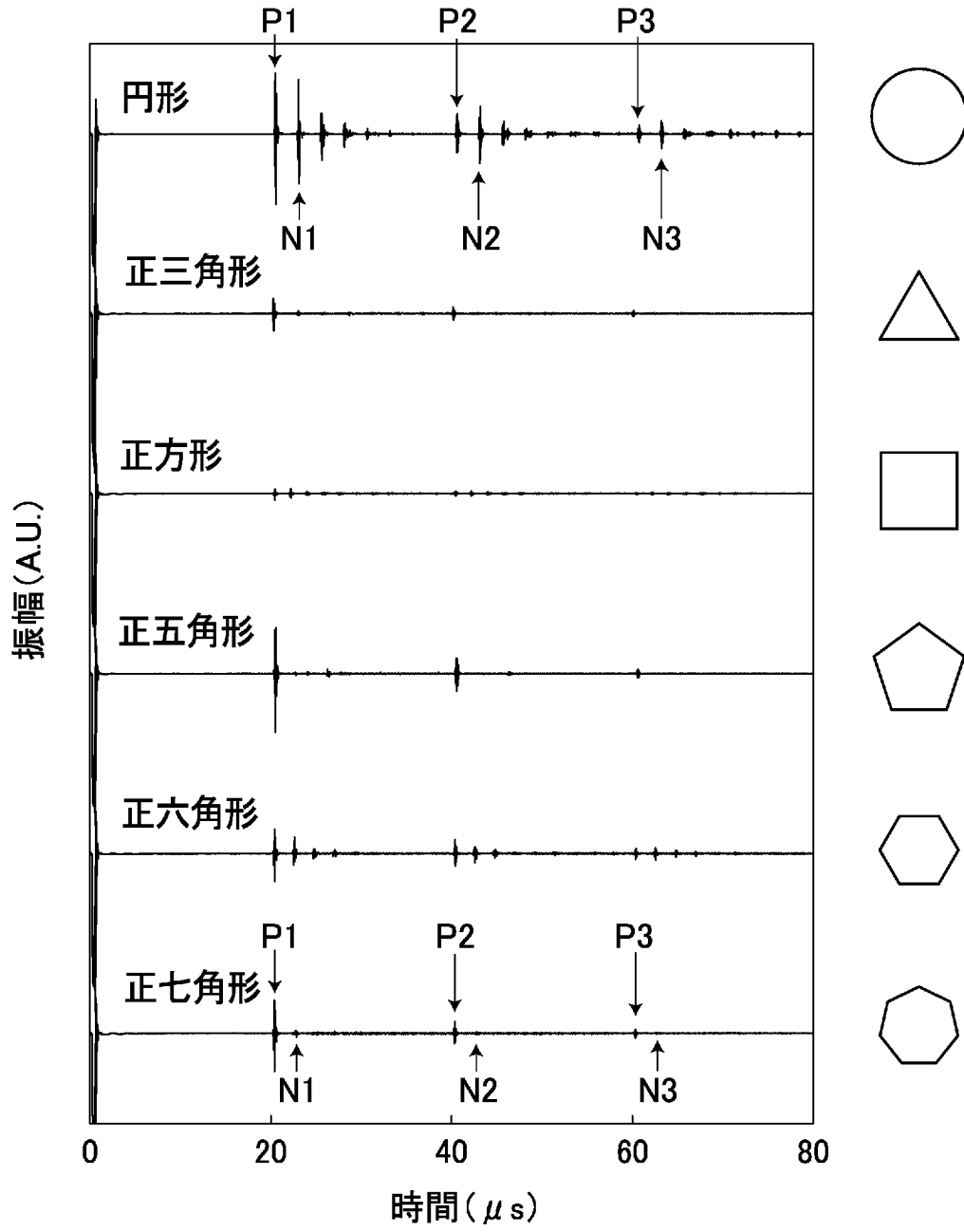
[図9]



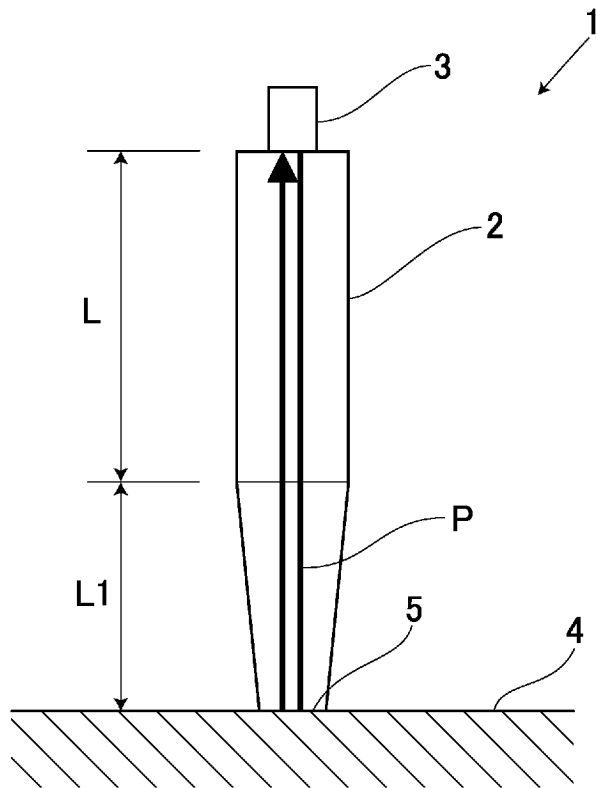
[図10]



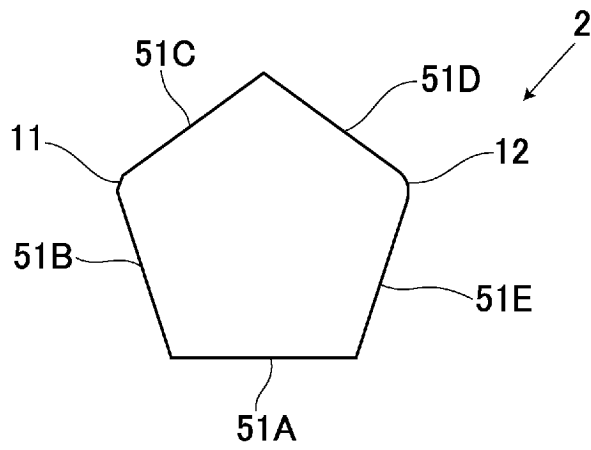
[図11]



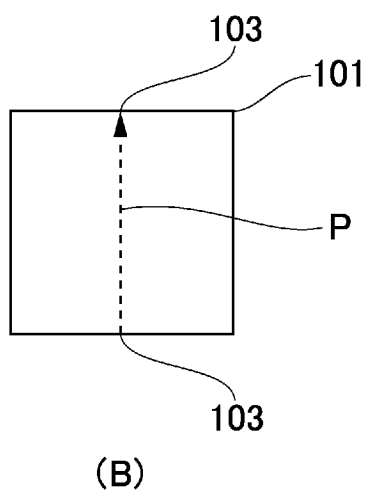
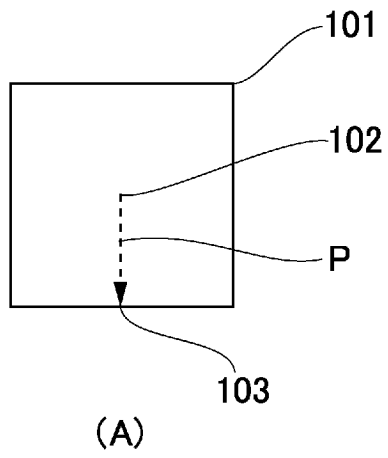
[図12]



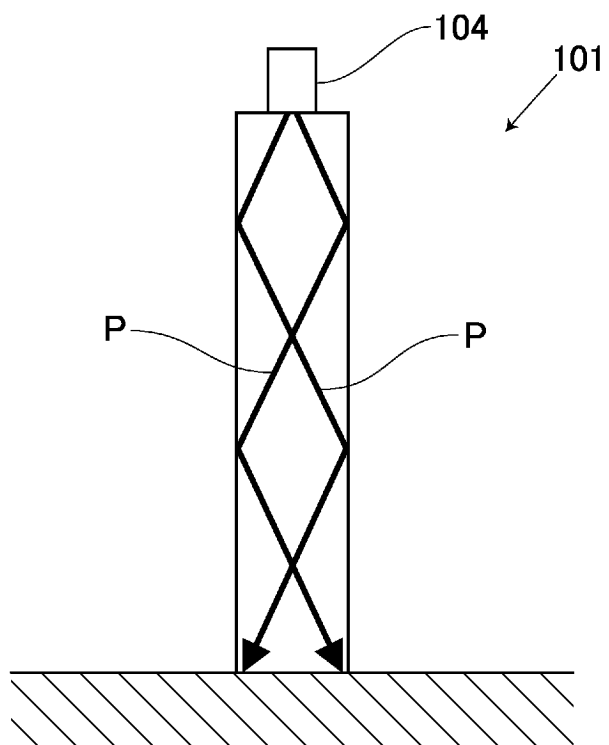
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/070348

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N29/24(2006.01) i, G01N29/04(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)

G01N29/00-29/52, A61B8/00-8/15, G01B17/00-17/08, H04R17/00

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 3587555 B2 (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 10 November, 2004 (10.11.04), Full text; all drawings & JP 8-21828 A	1-12
Y	JP 63-117735 A (Toshiba Corp.), 21 May, 1988 (21.05.88), Full text; all drawings & US 4794930 A & DE 3733439 A1	1-12
A	JP 2007-212358 A (Toyota Motor Corp.), 23 August, 2007 (23.08.07), Full text; all drawings (Family: none)	1-12

 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 February, 2009 (03.02.09)Date of mailing of the international search report
17 February, 2009 (17.02.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/070348

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Ikuro Ihara, Dicky Burhan, Hiroshi Aso, Shigeharu Kamado, and Yo Kojima, "Ultrasonic In-line Sensors for Inclusion Detection in Liquid Metals", 2002 IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS, 2002, Vol.1, p.811-814	1-12
A	JP 59-180456 A (Toshiba Corp.), 13 October, 1984 (13.10.84), Full text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2002-250719 A (Akebono Brake Industry Co., Ltd.), 06 September, 2002 (06.09.02), Par. No. [0016] (Family: none)	1-12
A	JP 2001-264304 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 26 September, 2001 (26.09.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 3-81662 A (Hitachi, Ltd.), 08 April, 1991 (08.04.91), Full text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 7-87836 B2 (Terumo Corp.), 27 September, 1995 (27.09.95), Full text; all drawings & JP 3-114450 A & US 5078149 A & EP 420758 A1 & DE 69021158 C	1-12
A	JP 9-184827 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 July, 1997 (15.07.97), Claim 2; Par. No. [0013]; Fig. 2 (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N29/24(2006.01)i, G01N29/04(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. G01N29/00-29/52,
A61B 8/00- 8/15, G01B17/00-17/08, H04R17/00

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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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)

JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

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 請求の範囲の番号
Y	JP 3587555 B2 (川崎重工業株式会社) 2004.11.10, 全文, 全図 & JP 8-21828 A	1-12
Y	JP 63-117735 A (株式会社東芝) 1988.05.21, 全文, 全図 & US 4794930 A & DE 3733439 A1	1-12
A	JP 2007-212358 A (トヨタ自動車株式会社) 2007.08.23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12

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
 「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
 「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)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「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
 「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
 「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
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
03.02.2009

国際調査報告の発送日
17.02.2009

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)	2W	2909
遠藤 孝徳		
電話番号 03-3581-1101 内線 3292		

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 請求の範囲の番号
A	Ikuo Ihara, Dikky Burhan, Hiroshi Aso, Shigeharu Kamado, and Yo Kojima, "Ultrasonic In-line Sensors for Inclusion Detection in Liquid Metals", 2002 IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS, 2002, 第1巻, p. 811-814	1-12
A	JP 59-180456 A (株式会社東芝) 1984.10.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2002-250719 A (曙ブレーキ工業株式会社) 2002.09.06, 段落番号【0016】 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2001-264304 A (三菱電線工業株式会社) 2001.09.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 3-81662 A (株式会社日立製作所) 1991.04.08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 7-87836 B2 (テルモ株式会社) 1995.09.27, 全文, 全図 & JP 3-114450 A & US 5078149 A & EP 420758 A1 & DE 69021158 C	1-12
A	JP 9-184827 A (三菱重工業株式会社) 1997.07.15, 【請求項2】, 段落番号【0013】, 【図2】 (ファミリーなし)	1-12