

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4665502号
(P4665502)

(45) 発行日 平成23年4月6日(2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月21日(2011.1.21)

(51) Int. Cl. F I
G O 1 F 1/58 (2006.01) G O 1 F 1/58 C
C 2 5 F 1/06 (2006.01) C 2 5 F 1/06 A
 C 2 5 F 1/06 B

請求項の数 11 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-360820 (P2004-360820)	(73) 特許権者	000006507
(22) 出願日	平成16年12月14日(2004.12.14)		横河電機株式会社
(65) 公開番号	特開2006-3339 (P2006-3339A)		東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
(43) 公開日	平成18年1月5日(2006.1.5)	(72) 発明者	安松 彰夫
審査請求日	平成19年7月12日(2007.7.12)		東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2004-150330 (P2004-150330)		
(32) 優先日	平成16年5月20日(2004.5.20)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	審査官	田邊 英治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁流量計及び電磁流量計の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定流体に磁場を印加して前記測定流体の流量に対応して発生する起電力を電極で取り出す電磁流量計において、

前記電極は、電界研磨で形成され、形成した直後に前記測定流体に浸漬して形成される界面を備えることを特徴とする電磁流量計。

【請求項2】

前記電界研磨は、前記電極に正の直流電圧を印加することを特徴とする請求項1記載の電磁流量計。

【請求項3】

前記電界研磨は、前記電極に交流電圧を印加することを特徴とする請求項1記載の電磁流量計。

【請求項4】

前記電界研磨は、前記電極に正の直流電圧と交流電圧とを重畳する電圧を印加することを特徴とする請求項1記載の電磁流量計。

【請求項5】

測定流体に磁場を印加して前記測定流体の流量に対応して発生する起電力を電極で取り出す電磁流量計の製造方法において、

前記電極を電界研磨するステップ、

前記電界研磨で界面を形成した直後に、前記電極を前記測定流体に浸漬するステップ、

前記電極を前記測定流体が流れる測定管に組み込むステップ、
を備えることを特徴とする電磁流量計の製造方法。

【請求項 6】

前記電極を電界研磨するステップの前に、前記電極をバフ研磨するステップを備えることを特徴とする請求項 5 記載の電磁流量計の製造方法。

【請求項 7】

測定流体に磁場を印加して前記測定流体の流量に対応して発生する起電力を電極で取り出す電磁流量計において、

前記電極は、電界研磨で形成される、50 オングストローム以下の深さでクロムの密度が鉄の密度よりも高くなる界面を備えることを特徴とする電磁流量計。

10

【請求項 8】

前記電極は、前記測定流体の浸漬で形成される界面を備えることを特徴とする請求項 7 記載の電磁流量計。

【請求項 9】

前記電極は、前記電界研磨で形成され、形成した直後に前記測定流体に浸漬して形成される界面を備えることを特徴とする請求項 7 記載の電磁流量計。

【請求項 10】

前記電界研磨は、前記電極に正の直流電圧を印加することを特徴とする請求項 7 から請求項 9 の何れかに記載の電磁流量計。

【請求項 11】

前記電界研磨は、前記電極に交流電圧を印加することを特徴とする請求項 7 から請求項 9 の何れかに記載の電磁流量計。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定流体に磁場を印加して前記測定流体の流量に対応して発生する起電力を取り出す電磁流量計及び電磁流量計の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の電磁流量計には、旋盤またはファインカッターでカットしたままの電極を備えるものと、旋盤またはファインカッターでカットの後サンドペーパーまたはバフ等で機械的な研磨（素地調整）をした電極を備えるものが一般的であった。

30

【0003】

このような、電磁流量計は、測定流体に磁場を印加して前記測定流体の流量に対応して発生する起電力を電極で取り出す構成となっている（図示せず）。また、電磁流量計の電極は、起電力を取り出す。

【0004】

そして、電磁流量計は、その電極表面と測定流体との電荷のやりとりで発生するフローノイズが生じる。また、電磁流量計の電極を長時間、測定流体（例えば、水）に浸漬するとフローノイズが小さくなることが知られている。

40

【0005】

また、フローノイズは、測定流体がラインニング面（電極）と擦れるときに発生するノイズ、即ち電荷が流体の移動とともに発生するノイズであり、特に、低導電率で低粘度なアルコール、純水などの測定流体に顕著に発生するノイズのことをいう。詳しくは、フローノイズは、測定流体の動粘度または測定流体の流体導電率が大きくなると小さくなり、測定流体の流速が大きくなると大きくなる。

【0006】

以下に、具体的なフローノイズの特性を図 4 から図 6 を用いて説明する。同図において、横軸は電磁流量計の測定管に測定流体を流す時間（接液からの時間）を示し、縦軸はフローノイズの大きさを示す。また、図中の B - 1 から B - 9 , C - 1 から C - 3 , D - 1

50

から D - 3 は、それぞれサンプルの測定値を示し、電極の個体差によるばらつきを示す。

【 0 0 0 7 】

図 4 は、従来の電磁流量計のフローノイズ特性において、旋盤加工のままの電極を備えた場合のフローノイズ特性である。

図 4 の特性は、接液直後のフローノイズが大きくなり、接液から時間が経過してもフローノイズがなかなかおさまらず、フローノイズのばらつきが大きくなった。

【 0 0 0 8 】

図 5 は、従来の電磁流量計のフローノイズ特性において、旋盤加工の後バフ研磨し表面の素地を平滑化した電極を備えた場合のフローノイズ特性である。

図 5 の特性は、接液直後のフローノイズは大きいですが、接液から時間が経過するとフローノイズは小さくなった。

【 0 0 0 9 】

図 6 は、従来の電磁流量計のフローノイズ特性において、旋盤加工の後大気中で強制的に酸化した電極を備えた場合のフローノイズ特性である。

図 6 の特性は、接液直後のフローノイズは大きいですが、接液から時間が経過するとフローノイズは小さくなった。また、図 6 の特性におけるフローノイズは、図 5 の特性におけるフローノイズよりも大きくなった。

【 0 0 1 0 】

さらに、このような従来の電磁流量計の製造方法は、まず、電極を測定管に組み込む（製品組み立て）ステップを実行し、次に、電極を一定時間測定流体に浸漬するステップを実行し、さらにその次に、電磁流量計の校正をするステップを実行する。

【 0 0 1 1 】

そして、校正でフェイルとなった電磁流量計は、再び電極を一定時間測定流体に浸漬するステップを実行し、さらにその次に、電磁流量計の校正をするステップを実行する。

【 0 0 1 2 】

また、従来の電磁流量計は、酸化処理を行った電極を備えるものもある（例えば、非特許文献 1 参照。）。

【 0 0 1 3 】

【非特許文献 1】木原 啓介、他 1 名、“電磁流量計の電極挙動”、平成 5 年 10 月 27 日・28 日・29 日、第 36 回自動制御連合講演会 4028 pp. 415

【非特許文献 2】、“技術情報”、〔online〕、三和産業株式会社、〔平成 16 年 11 月 12 日検索〕、インターネット<URL : http://www.sanwa21.co.jp/new_page_5.htm>

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 4 】

しかしながら、従来の電磁流量計は、接液直後のフローノイズが大きいという課題がある。また、従来の電磁流量計は、接液から時間が経過してもフローノイズがなかなかおさまらないという課題がある。さらに、従来の電磁流量計は、電極の個体差によるフローノイズのばらつきが大きいという課題がある。

【 0 0 1 5 】

また、電磁流量計の電極を測定流体に浸漬するステップと電磁流量計の校正をするステップとに時間を要し、製造に過大な時間を要するという課題がある。

【 0 0 1 6 】

本発明の目的は、以上説明した課題を解決するものであり、フローノイズが小さく、短時間で製造可能な電磁流量計及び電磁流量計の製造方法を提供することにある。また、本発明の目的は、高精度で安定な電磁流量計及び電磁流量計の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

10

20

30

40

50

このような目的を達成する本発明は、次の通りである。

(1) 測定流体に磁場を印加して前記測定流体の流量に対応して発生する起電力を電極で取り出す電磁流量計において、前記電極は、電界研磨で形成され、形成した直後に前記測定流体に浸漬して形成される界面を備えることを特徴とする電磁流量計。

(2) 前記電界研磨は、前記電極に正の直流電圧を印加することを特徴とする(1)記載の電磁流量計。

(3) 前記電界研磨は、前記電極に交流電圧を印加することを特徴とする(1)記載の電磁流量計。

(4) 前記電界研磨は、前記電極に正の直流電圧と交流電圧とを重畳する電圧を印加することを特徴とする(1)記載の電磁流量計。

(5) 測定流体に磁場を印加して前記測定流体の流量に対応して発生する起電力を電極で取り出す電磁流量計の製造方法において、前記電極を電界研磨するステップ、前記電界研磨で界面を形成した直後に、前記電極を前記測定流体に浸漬するステップ、前記電極を前記測定流体が流れる測定管に組み込むステップ、を備えることを特徴とする電磁流量計の製造方法。

(6) 前記電極を電界研磨するステップの前に、前記電極をバフ研磨するステップを備えることを特徴とする(5)記載の電磁流量計の製造方法。

(7) 測定流体に磁場を印加して前記測定流体の流量に対応して発生する起電力を電極で取り出す電磁流量計において、前記電極は、電界研磨で形成される、50オングストローム以下の深さでクロムの密度が鉄の密度よりも高くなる界面を備えることを特徴とする電磁流量計。

(8) 前記電極は、前記測定流体の浸漬で形成される界面を備えることを特徴とする(7)記載の電磁流量計。

(9) 前記電極は、前記電界研磨で形成され、形成した直後に前記測定流体に浸漬して形成される界面を備えることを特徴とする(7)記載の電磁流量計。

(10) 前記電界研磨は、前記電極に正の直流電圧を印加することを特徴とする(7)から(9)の何れかに記載の電磁流量計。

(11) 前記電界研磨は、前記電極に交流電圧を印加することを特徴とする(7)から(9)の何れかに記載の電磁流量計。

【発明の効果】

【0018】

以上説明したことから明らかなように、本発明によれば次のような効果がある。

本発明によれば、接液直後からフローノイズが小さく、短時間で製造可能な電磁流量計及び電磁流量計の製造方法を提供できる。また、本発明によれば、高精度で安定な電磁流量計及び電磁流量計の製造方法を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下に図1に基づいて本発明を詳細に説明する。図1は、本発明の一実施例を示す構成図である。

本発明の特徴は、図1の実施例の電極10に係る構成にある。

【0020】

まず、本発明に係る電磁流量計について説明する。

図1の実施例において、電極10は測定管13に組み込まれる。そして、電極10は変換器20に電氣的に接続する。また、測定管13の隣にコア11及び励磁コイル12を形成する。そして、励磁コイル12は変換器20に電氣的に接続する。さらに、測定管13には測定流体30(例えば、水)が流れる。

【0021】

このように形成する図1の実施例は、コア11及び励磁コイル12により、測定流体30に磁場を印加する。そして、測定流体30の流量に対応して発生する起電力は、電極10を介して取り出される。そしてまた、変換器は、測定流体30の流量に対応する信号を

10

20

30

40

50

出力する。このようにして、図 1 の実施例は、測定流体 30 の流量を計測する。

【0022】

また、電極 10 の構成を詳しく説明する。

電極 10 の表面は、電界研磨で形成される界面を備える。また、電極 10 はステンレスで形成する。

【0023】

ここで、電界研磨について詳しく説明する。

電界研磨とは、アノード溶解現象、即ち、ステンレス等を電解液中で通電することにより、凸部が凹部より先に溶解する特性を生かし、極めて平滑で光沢のある表面を形成する技術である。

10

【0024】

例えば、濃リン酸または濃硫酸など水分が少ないために金属が溶解しにくい状態になっている溶液の中で、電極 10 を陽極（プラス）として直流電流を通じる、即ち、電極 10 に正の直流電圧を印加すると、電極 10 の表面がミクロン単位で電気化学的に溶解し、界面が形成される。つまり、電極 10 の表面には、電界研磨により、オングストローム（ \AA ）単位で電気化学的に溶解した界面が形成される。

【0025】

詳しくは、電解が進行すると電極 10 の表面近傍の電解液は、金属イオンが濃縮され、ますます金属は溶解しにくくなる。そして、直流電流を通じて強制的に溶解させようすると、電流は表面の凸部で流れやすく、凹部では流れにくいいため、凸部が優先的に溶解する。よって、電極 10 の界面は、電界研磨により、平滑化される。

20

【0026】

また、電極 10 の界面の異物は、電解研磨による溶解によって除去される。さらに、電極 10 の界面は、電界研磨により、クロムが濃縮する。即ち、電極 10 の界面にはクロムリッチ層が形成される。

【0027】

さらに、図 2（非特許文献 2 参照）に基づいて電極 10 の界面について詳細に説明する。図 2 は、図 1 の実施例における電極 10 の界面の構成図である。また、図 2（a）は電界研磨前の電極 10 の界面であり、図 2（b）は電界研磨後の電極 10 の界面である。さらに、同図において横軸は界面からの深さであり縦軸は組成の相対的な比率である。

30

【0028】

電界研磨前においては、図 2（a）に示すとおり、クロム（Cr）の密度は鉄（Fe）の密度よりも常に低い（ $\text{Cr}/\text{Fe} < 1$ ）。しかし、電界研磨後においては、図 2（b）に示すとおり、50 オングストローム〔 \AA 〕以下の深さで、クロム（Cr）の密度が鉄（Fe）の密度よりも高くなる（ $\text{Cr}/\text{Fe} > 1$ ）領域を備える。

【0029】

このような電界研磨で形成される界面を備える電極 10 を具備する電磁流量計は、フローノイズが小さい特性になることを実験により、新たに確認した。

【0030】

さらに、電界研磨で電極 10 に界面を形成した直後直ぐに、電極 10 を測定流体（水）に浸漬すると電磁流量計のフローノイズは更に小さくなった。

40

【0031】

詳しくは、電界研磨で界面を形成した直後直ぐに、電極 10 を測定流体（水）に浸漬すると、測定流体になじんだ緻密な界面を形成した。そして、一旦形成された測定流体になじんだ緻密な界面は、大気中に放置しても、測定流体になじむ特性が維持された。

【0032】

また、このような測定流体になじんだ緻密な界面を備える電極 10 を具備する電磁流量計は、フローノイズが一層小さい特性になることを実験により、新たに確認した。

【0033】

さらに、電極 10 に正の直流電圧を印加すると、電極 10 の表面に不動態膜が形成され

50

、耐食性が向上する。即ち、電極 10 の表面は、酸化クロム皮膜等で保護され、安定な特性となる。

【0034】

以下に、具体的なフローノイズの特性について図3を用いて説明する。図3は、図1の実施例のフローノイズ特性において、旋盤加工の後に電解研磨を実施し、電解研磨の直後に測定流体（水）に一定時間（例えば、4日間）浸漬した電極10を備える場合のフローノイズの特性である。なお、図3の特性は、図4から図6の特性に対応する。そして、図中のA-1からA-3は、それぞれサンプルの測定値を示し、電極の個体差によるばらつきを示す。

【0035】

図3の特性は、電磁流量計の測定管13に測定流体30を流し始めた直後からフローノイズが小さく、フローノイズのばらつきも小さかった。

【0036】

以上のことにより、図1の実施例は、接液直後からフローノイズが小さく、高精度で安定な特性となった。そして、図1の実施例は、製品組み立て後直ぐに正確な校正が容易にできた。

【0037】

一方、電界研磨で界面を形成し、電極10を大気中で放置すると、電極10は大気で酸化され、測定流体になじみにくい界面が形成される。この電極10を大気中に放置して形成される界面（測定流体になじみにくい界面）と、上述の電極10を測定流体に浸漬して形成される界面（測定流体になじんだ緻密な界面）とは異なる。

【0038】

次に、本発明に係る電磁流量計の製造方法について説明する。

第1に、電極10の表面を旋盤加工の後に電界研磨するステップを実行する。そして、電極10の表面に、電界研磨で形成される界面を形成する。このとき、電極10の表面は平滑化される。

【0039】

第2に、電極10を測定管13に組み込むステップを実行する。第3に、電磁流量計を校正するステップを実行する。

【0040】

さらに、本発明に係る他の電磁流量計の製造方法について説明する。

第1に、電極10の表面を旋盤加工の後に電界研磨するステップを実行する。そして、電極10の表面に、電界研磨で形成される界面を形成する。

【0041】

第2に、電極10を測定流体に浸漬するステップを実行する。特に、電界研磨で界面を形成した直後直ぐに、電極10を測定流体（水）に浸漬する。そして、電極10の表面には、測定流体になじんだ緻密な界面が形成される。

【0042】

第3に、電極10を測定管13に組み込むステップを実行する。第4に、電磁流量計を校正するステップを実行する。

【0043】

このような、電磁流量計の製造方法は、電極10を測定管13に組み込む前に予め準備することができる。このため、製造に要する時間を短くできるものであった。そして、電磁流量計を校正するステップに係る時間を短くできるものであった。

【0044】

さらに、上述の例とは別に、第1に電極10の表面を旋盤加工の後にバフ研磨するステップを実行する、第2に電極10の表面を電界研磨するステップを実行する、第3に電極10を測定管13に組み込むステップを実行する、第4に電磁流量計を校正するステップを実行する。

【0045】

10

20

30

40

50

このときの電極 10 における表面の状況を詳しく説明する。まず、バフ研磨によって、電極 10 の表面の外観は鏡面となるが、曇り込まれた部分を有すると共に研磨剤等が付着している。次に、電界研磨によって、電極 10 の表面の外観は鏡面ではなくなるが、この曇り込まれた部分が除去され、研磨剤等が除去される。また、電極 10 の表面には、クロムリッチ層が形成される。

【0046】

このようにすると、電極 10 の表面は一層平滑化され、電磁流量計のフローノイズはさらに小さくなることを実験により、新たに確認した。なお、電磁流量計のフローノイズに関して、バフ研磨に基づく作用は電界研磨に基づく作用よりも小さかった。

【0047】

また、上述の実施例は、電界研磨において電極に正の直流電圧を印加する場合を説明したが、これとは別に、電界研磨において電極に交流電圧を印加することも可能である。

【0048】

このような、実施例の具体的な製造方法について説明する。第 1 に電極 10 の表面を旋盤加工の後に電界研磨するステップを実行する。このとき、電極 10 に交流電圧を印加する。第 2 に、電極 10 を電界研磨の実施直後に測定流体に浸漬するステップを実行する。第 3 に、電極 10 を測定管 13 に組み込むステップを実行する。第 4 に、電磁流量計を校正するステップを実行する。

【0049】

以上の実施例において、電極 10 の表面の不動態膜は破壊される。また、電極 10 は一層短時間で測定流体になじんだ緻密な界面を形成可能な特性となることを実験により、新たに確認した。即ち、測定流体に浸漬するステップの時間を一層短くできる。そして、製造に要する時間を一層短くできる。

【0050】

さらに、電界研磨において電極に正の直流電圧と交流電圧とを印加すると、電極 10 の表面に耐食性を備えかつ測定流体になじんだ緻密な界面を形成できる。そして、このような実施例は、フローノイズが小さく、安定な特性となる。

【0051】

また、上述の実施例は電極をステンレスで形成したが、これとは別に、大気中で不動態膜を形成する材料、例えば、タンタルまたはチタン等で電極を形成しても、実質的に同等の構成となり、同様の作用及び効果を得ることができる。

【0052】

以上のように、本発明は、上述の実施例に限定されることなく、その本質を逸脱しない範囲でさらに多くの変更及び変形を含むものである。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図 1】本発明の一実施例を示す構成図である。

【図 2】図 1 の実施例における電極 10 の界面の構成図である。

【図 3】図 1 の実施例のフローノイズ特性である。

【図 4】従来の電磁流量計のフローノイズ特性（旋盤加工のまま）である。

【図 5】従来の電磁流量計のフローノイズ特性（旋盤加工の後バフ研磨）である。

【図 6】従来の電磁流量計のフローノイズ特性（旋盤加工の後大気中で酸化）である

【符号の説明】

【0054】

- 10 電極
- 11 コア
- 12 励磁コイル
- 13 測定管
- 20 変換器
- 30 測定流体

10

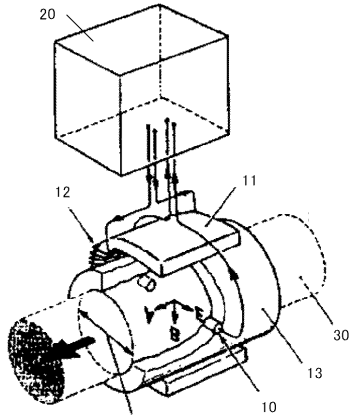
20

30

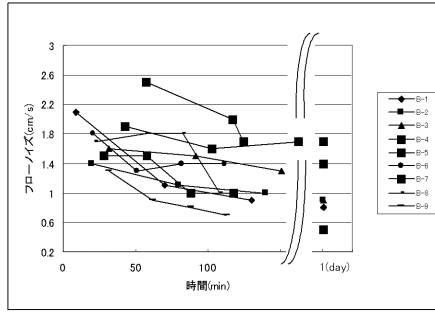
40

50

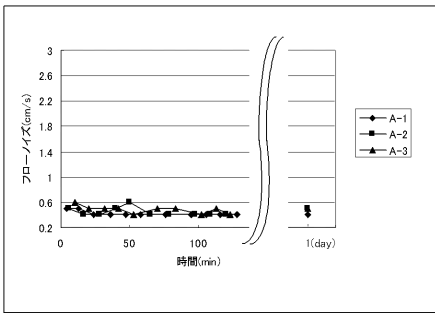
【 図 1 】



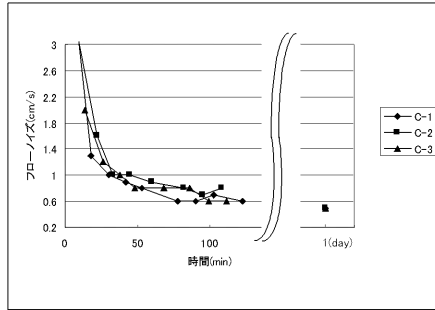
【 図 4 】



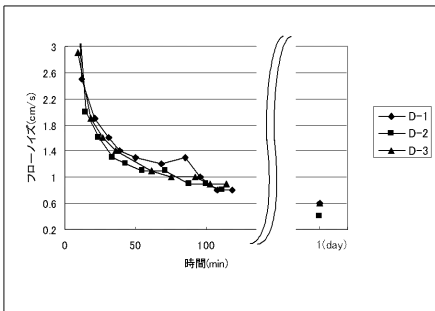
【 図 3 】



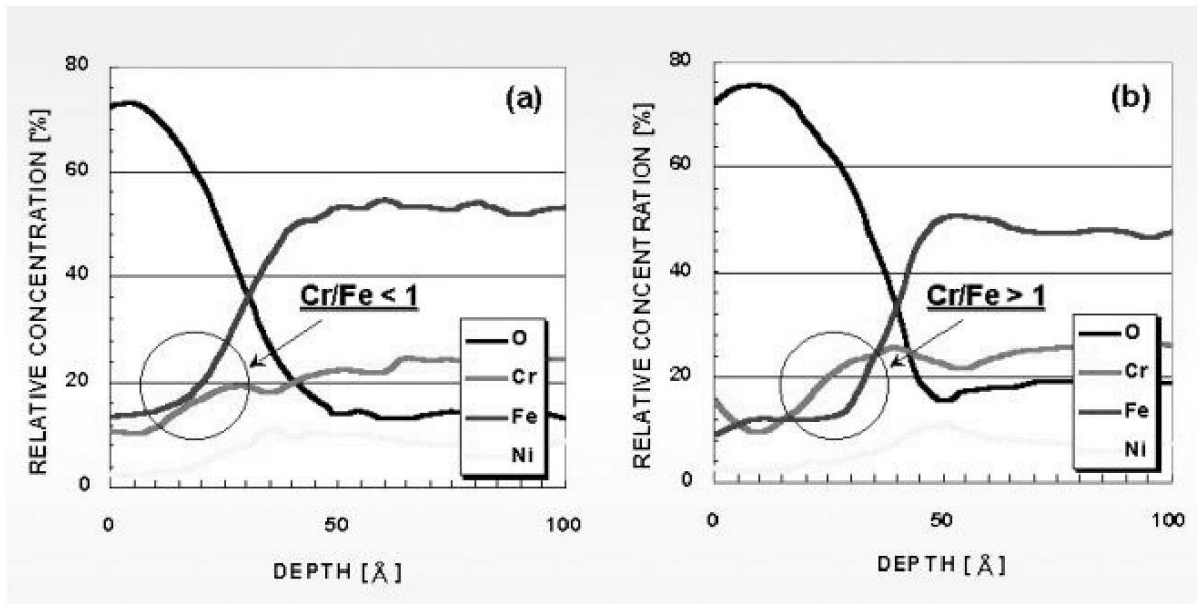
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 実開昭58-051230(JP,U)
特開平08-053773(JP,A)
特開昭60-159200(JP,A)
特公平05-048318(JP,B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01F 1/56 - 1/90