

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4072914号  
(P4072914)

(45) 発行日 平成20年4月9日(2008.4.9)

(24) 登録日 平成20年2月1日(2008.2.1)

(51) Int.Cl. F 1  
**G 0 1 B 7/00 (2006.01)** G O 1 B 7/00 W

請求項の数 7 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-246138 (P2004-246138)                  (22) 出願日 平成16年8月26日 (2004. 8. 26)                  (65) 公開番号 特開2006-64487 (P2006-64487A)                  (43) 公開日 平成18年3月9日 (2006. 3. 9)                  審査請求日 平成18年1月30日 (2006. 1. 30)</p>	<p>(73) 特許権者 504145320                  国立大学法人福井大学                  福井県福井市文京3丁目9番1号                  (73) 特許権者 000230940                  日本原子力発電株式会社                  東京都千代田区神田美土代町1番地1                  (74) 代理人 100067541                  弁理士 岸田 正行                  (74) 代理人 100087398                  弁理士 水野 勝文                  (74) 代理人 100126147                  弁理士 川上 成年                  (72) 発明者 岩井 善郎                  福井県福井市春山2-24-13</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導電膜を表面に形成した摩耗センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

産業機械の構成部材の摺動面の摩耗を検知する摩耗センサであって、  
 互いに異なる高さの段差を有する複数の段部と、該複数の段部の先端面に各々形成され各々電氣的に分割された複数の導電膜と、を先端部に備え、  
 前記先端部の先端面と前記構成部材の摺動面とが、略同一面上になるように、前記構成部材に固定可能であり、前記構成部材の摩耗に伴い、前記複数の段部のうち、前記摺動面に近い段部から段階的に摩耗する絶縁体からなる本体部と、  
前記本体部の正面及び裏面に形成され、前記複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜と接続する導電膜を備え、  
前記本体部の正面及び裏面に形成された導電膜の少なくとも一方は、前記複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜に対応して電氣的に分割され前記複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜に各々電氣的に接続して、前記複数の段部の各々に対応する複数の回路を形成し、  
 前記複数の段部の摩耗に伴い、前記複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜が段階的に摩耗し、前記複数の段部の各々に対応する前記複数の回路が段階的に切断する回路部と、  
 前記回路部の前記複数の回路の各々の切断を検知し、前記構成部材の摩耗を段階的に検知する測定部と、  
 を備えることを特徴とする摩耗センサ。

## 【請求項 2】

産業機械の構成部材の摺動面の摩耗を検知する摩耗センサであって、

互いに異なる高さの段差を有する複数の段部と、該複数の段部の先端面に各々形成され電氣的に接続した複数の導電膜と、を先端部に備え、

前記先端部の先端面と前記構成部材の摺動面とが、略同一面上になるように、前記構成部材に固定可能であり、前記構成部材の摩耗に伴い、前記複数の段部のうち、前記摺動面に近い段部から段階的に摩耗する絶縁体からなる本体部と、

前記本体部の正面又は裏面に形成され、前記複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜に対応して電氣的に分割され、前記複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜に各々電氣的に接続した導電膜と、

前記電氣的に分割された導電膜のうち隣接した導電膜同士を接続する複数の抵抗体と、を備え、前記複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜と前記複数の抵抗体とが各々電氣的に並列の位置で配置された回路を形成し、

前記複数の段部の摩耗に伴い、前記複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜が段階的に摩耗し、抵抗値が段階的に変化する回路部と、

前記回路部の抵抗値を検知し、前記構成部材の摩耗を段階的に検知する測定部と、を備えることを特徴とする摩耗センサ。

## 【請求項 3】

前記複数の段部は、階段状であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の摩耗センサ。

## 【請求項 4】

前記複数の段部の先端面に形成された導電膜及び前記本体部の正面及び / 又は裏面に形成された導電膜は、抵抗値の低い金属めっきからなることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の摩耗センサ。

## 【請求項 5】

前記金属めっきは、無電解ニッケルめっきであることを特徴とする請求項 4 に記載の摩耗センサ。

## 【請求項 6】

前記絶縁体は、導電性のない樹脂であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の摩耗センサ。

## 【請求項 7】

前記樹脂は、ABS樹脂であることを特徴とする請求項 6 に記載の摩耗センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、産業設備の摺動部の摩耗を計測するセンサに関し、特に、摩耗状況を段階的に検出することによりメンテナンス時期を予測できるセンサに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

産業機械の摺動部については、摩耗状態を診断するために、実際に機械を分解し、摺動部の摩耗状態を測定することにより検査が行われている。

## 【0003】

例えば、発電所の海水取水設備の縦型ポンプにおいては、一旦、縦型ポンプを陸上にあげ、主軸側と軸受側の隙間を定期的に測定することによって摩耗状態の診断が行われている。

## 【0004】

しかしながら、この診断方法では、水中軸受の検査の度に縦型ポンプ全体の分解点検が必要となる。そして、定期的点検の度に部品の交換が行われることとなり、交換される部品にはまだ使用できるものが多いため、部品の無駄が発生することとなる。加えて、分解点検のため縦型ポンプを海中から陸上にあげる必要があり、点検に多くの時間と費用を要

10

20

30

40

50

するという欠点もあった。

【0005】

したがって、機械が稼働状態であっても、実際の軸受の摩耗量を検知するセンサの開発が望まれていた。

【0006】

産業機械の摩耗面の摩耗を検知するセンサとして、金属パイプからなる基体内に絶縁部を形成し、この絶縁部に電極を設けて、電極と基体とを導通させ、この基体を構成材に埋め込み、構成材が摩耗すると共に基体及び電極が摩耗して、電極と基体との間の電気の導通が遮断されることにより、摩耗を検知するセンサがある（例えば特許文献1参照）。

【0007】

この発明によれば、構成材の摩耗とともにセンサ内の電気の導通が遮断されるため、導通を検知することにより、設備が稼働状態であっても、構成部材の実際の摩耗を検知することが可能となる。

【特許文献1】特許第2939868号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、金属パイプを用いた摩耗センサには、以下の問題点がある。

【0009】

金属パイプを用いた先行技術の摩耗センサは、主として大型装置での粒子衝突による粗い摩耗検知をコンセプトとしているため、軸受等の精密なすべり摩耗を検知することは困難である。また、金属製のパイプを基体としているため、パイプのエッジ部分で、摺動の相手面に損傷を与えてしまう。これにより、摩耗を促進させ、偏摩耗や異常摩耗を生じさせる恐れがある。そのため、精密な摩耗面の計測には適さない。

【0010】

そして、金属パイプを用いた摩耗センサは、電極をパイプの中に埋め込んでいるので、振動などの影響を受けやすく、電極の間隔が変化したり、他の電極と接触したりする可能性があり、センサとしての信頼性が低い。また、溶融した鉄やステンレスを金属パイプ内に満たした後では、内部の電極の位置（設定した摩耗検出深さ）を確認することができない。そのため初期に設定した摩耗検出深さが変化していても確認できず、センサとしての信頼性が低い。

【0011】

また、金属製のパイプを本体としているため、パイプ内の電極を任意の位置に精度良く埋め込むのは困難であり、測定精度には限界がある。そして、基体がパイプであるためセンサの小型化には限界があり、産業機械の摺動部の検査には適すものではない。

【0012】

そもそも、先行技術の摩耗センサは破砕プラントのように、固体粒子衝突による厳しい摩耗損傷を対象にしている。そのため基体（パイプ）に硬い金属を使用しても問題ないが、この摩耗センサを軸受のような摺動面に用いると、相手面にアブレッシブ（切削）摩耗を発生させる。従って摺動面の摩耗にはまったく使用できない。

【0013】

本発明は、このような従来の問題を解決するためになされたもので、産業設備の摺動部の摩耗量を段階的に、かつ、正確に測定できる摩耗センサを提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本願請求項1に記載の発明は、産業機械の構成部材の摺動面の摩耗を検知する摩耗センサであって、互いに異なる高さの段差を有する複数の段部と、該複数の段部の先端面に各々形成され各々電氣的に分割された複数の導電膜と、を先端部に備え、先端部の先端面と構成部材の摺動面とが、略同一面上になるように、構成部材に固定可能であり、構成部材

10

20

30

40

50

の摩耗に伴い、複数の段部のうち、摺動面に近い段部から段階的に摩耗する絶縁体からなる本体部と、本体部の正面及び裏面に形成され、複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜と接続する導電膜を備え、本体部の正面及び裏面に形成された導電膜の少なくとも一方は、複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜に対応して電氣的に分割され複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜に各々電氣的に接続して、複数の段部の各々に対応する複数の回路を形成し、複数の段部の摩耗に伴い、複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜が段階的に摩耗し、複数の段部の各々に対応する複数の回路が段階的に切断する回路部と、回路部の複数の回路の各々の切断を検知し、構成部材の摩耗を段階的に検知する測定部とを備えることを特徴とする。

【0015】

また、本願請求項2に記載の発明は、産業機械の構成部材の摺動面の摩耗を検知する摩耗センサであって、互いに異なる高さの段差を有する複数の段部と、該複数の段部の先端面に各々形成され電氣的に接続した複数の導電膜と、を先端部に備え、先端部の先端面と構成部材の摺動面とが、略同一面上になるように、構成部材に固定可能であり、構成部材の摩耗に伴い、複数の段部のうち、摺動面に近い段部から段階的に摩耗する絶縁体からなる本体部と、本体部の正面又は裏面に形成され、複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜に対応して電氣的に分割され複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜に各々電氣的に接続した導電膜と、電氣的に分割された導電膜のうち隣接した導電膜同士を接続する複数の抵抗体と、を備え、複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜と複数の抵抗体とが各々電氣的に並列の位置で配置された回路を形成し、複数の段部の摩耗に伴い、複数の段部の先端面に形成された複数の導電膜が段階的に摩耗し、抵抗値が段階的に変化する回路部と、回路部の抵抗値を検知し、構成部材の摩耗を段階的に検知する測定部と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明の摩耗センサによれば、機械が稼働状態であっても、摺動部の実際の摩耗状態を監視でき、適正な時期に軸受部の点検や交換を行うことができる。

【0017】

摩耗センサの段部に対応する回路の切断を検出することにより、軸受の実際の摩耗量を段階的に検知することができ、摩耗量の変化の傾向を把握することができる。

【0018】

また、検出法としては、電気抵抗のみの単純な方法であるため、外乱に強く摩耗判定が容易である。そして、摩耗センサは単純な構造であるので、低コストで製作ができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

(第1実施形態)

以下、本発明の第1実施形態である摩耗センサについて、図を参照して詳細に説明をする。

【0020】

図1は、本発明の第1実施形態の摩耗センサの外観を示す図である。図1(a)は上面図であり、図1(b)は正面図である。

【0021】

アクリル樹脂製の円筒形のサポートブロック4の内部に、センサブロック2(本体部)が埋め込まれている。サポートブロック4は、センサブロック2自体やリード線3との接合部を保護する保護部になるとともに、摩耗センサ1の支持部材となり、摩耗を検知する摺動部に取り付けられる際の固定部となる。

【0022】

なお、本実施形態におけるサポートブロックは、アクリル樹脂により形成されているが

、アクリル樹脂に限定されるものではなく、相手面に損傷を与えない程度に軟らかい樹脂などの絶縁物で成形性があるものならば、いかなる材料をも用いることができる。

【0023】

サポートブロック4の上面には、センサブロック2の上面2a(先端面)のみが露出している。サポートブロック4の表面から上面2aを露出させるのは、センサブロック2をサポートブロック4に埋め込んだ際、どの程度センサブロック2が埋め込まれているか調べるのは困難であるからである。上面2aを露出させることにより摩耗センサ1の上面を摩耗深さの測定の基準面とすることが可能となる。

【0024】

また、サポートブロック4の下面からは、信号処理装置6へ接続する複数のリード線3が引き出されている。

10

【0025】

図2は、本発明の第1実施形態の摩耗センサ1の主要部であるセンサブロック2の外形を示す図である。図2(a)は、一方向から表した斜視図であり、図2(b)は、図2(a)の反対方向から表した斜視図である。

【0026】

ABS樹脂製のセンサブロック2の上部(先端部)には、階段状の段20a~20e(段部)が形成されている。本実施形態においては、段数は5段とするが、これに限られるものではなく、段数は任意に設定が可能である。また、同様に段20aの上面2aから各段20b~20eの上面2b~2eまでの高さである段差 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ も任意

20

【0027】

センサブロック2は、正面2hと裏面2iと側面2f、2gと底面2jを有する。また、センサブロック2の段20a~20eは、各々の上面に上面2a~2eを有する。また、段20aは、段20b側の側面に段側面22aを有し、段20bは、段20c側の側面に段側面22bを有し、段20cは、段20d側の側面に段側面22cを有し、段20dは、段20e側の側面に段側面22dを有する。

【0028】

センサブロック2は、ABS樹脂製であり、絶縁体によって構成されている。したがって、センサブロック2の各表面における電気の導通は、以下に述べる導電膜の形状に従うこととなる。

30

【0029】

図3は、図2に示すセンサブロック2の各表面上に形成された導電膜を示す図である。図3(a)は、一方向から表した斜視図であり、図3(b)は、図3(a)の反対方向から表した斜視図である。また、図3(c)は、図3(a)のA部の拡大図である。

【0030】

図2に示すセンサブロック2の正面2hには、センサブロック2の各段20a~20eに対応して、分割部21a~21dにより分割された導電膜50a~50eが形成され(導通部)、上面2a~2eには、導電膜51a~51eが各々形成され(導電膜部)、裏面2iには、導電膜52が形成されている(導通部)。なお、これらの導電膜は、無電解ニッケルめっき層により形成されている。

40

【0031】

導電膜52と導電膜51a~51eは、一体的に構成され、電氣的導通が図られている。また、導電膜50a~50eは、各々導電膜51a~51eに接続し、それぞれ電氣的導通が図られている。

【0032】

そして、導電膜50a~50eにはリード線3a~3eが各々接続し、導電膜52には、リード線3fが接続し、これらリード線は、外部の信号処理装置6の入力端子6a~6fに接続し、各段の摩耗を検知する回路を、各段ごとに複数構成している。

【0033】

50

図4は、本発明の第1実施形態の摩耗センサの電気的構成を示すブロック図である。

【0034】

摩耗センサ1のリード線3a~3fは、信号処理装置6の入力端子6a~6fに各々接続している。そして、信号処理装置6は、測定装置7(測定部)と接続している。

【0035】

そして、リード線3aと導電膜50aと導電膜51aと導電膜52とリード線3fとが順に接続し、リード線3aが信号処理装置6の入力端子6aに接続し、リード線3fが信号処理装置6の共通端子6fに接続することからなる回路Aが、段20aに対応して形成される。

【0036】

また、リード線3bと導電膜50bと導電膜51bと導電膜52とリード線3fとが順に接続し、リード線3bが信号処理装置6の入力端子6bに接続し、リード線3fが信号処理装置6の共通端子6fに接続することからなる回路Bが、段20bに対応して形成される。

【0037】

また、リード線3cと導電膜50cと導電膜51cと導電膜52とリード線3fとが順に接続し、リード線3cが信号処理装置6の入力端子6cに接続し、リード線3fが信号処理装置6の共通端子6fに接続することからなる回路Cが、段20cに対応して形成される。

【0038】

また、リード線3dと導電膜50dと導電膜51dと導電膜52とリード線3fとが順に接続し、リード線3dが信号処理装置6の入力端子6dに接続し、リード線3fが信号処理装置6の共通端子6fに接続することからなる回路Dが、段20dに対応して形成される。

【0039】

また、リード線3eと導電膜50eと導電膜51eと導電膜52とリード線3fとが順に接続し、リード線3eが信号処理装置6の入力端子6eに接続し、リード線3fが信号処理装置6の共通端子6fに接続することからなる回路Eが、段20eに対応して形成される。

【0040】

そして、回路A~Eの計5つの回路(回路部)が、段20a~20eに対応して形成されることとなる。

【0041】

信号処理装置6に接続する測定装置7(測定部)が、各回路A~Eの抵抗値を測定し、回路Aの絶縁により、1段目の段である段20aの摩耗を検知し、回路Bの絶縁により、2段目の段である段20bの摩耗を検知し、回路Cの絶縁により、3段目の段である段20cの摩耗を検知し、回路Dの絶縁により、4段目の段である段20dの摩耗を検知し、回路Eの絶縁により、5段目の段である段20eの摩耗を検知する。

【0042】

以上のような摩耗センサ1の製造法について簡単に説明をする。

【0043】

まず、ABS樹脂製のセンサブロック2の上部を切削加工をし、センサブロック2の先端部に、図2に示す段20a~20eを形成する。

【0044】

次に、段20a~20eが設けられたセンサブロック2の全面に、無電解ニッケルめっきを施す。なお、絶縁体であるABS樹脂の表面に、導電膜を形成できる方法であればめっき処理でなくともよく、例えば、真空蒸着により導電膜を形成してもよい。

【0045】

次に、両側面2fと2g及び下面2j及び段側面22a~22dの表面を研磨し、めっきを剥がす。そして、正面の各段20a~20eの境界部分21a~21dをスクライブ

10

20

30

40

50

し、めっきを剥がす。これにより、センサブロック 2 の正面 2 h には、各段 2 0 a ~ 2 0 e の上端からセンサブロック 2 の下端へ向けて、各段 2 0 a ~ 2 0 e の境界部に、図 3 に示す分割部 2 1 a ~ 2 1 d が設けられ、正面 2 h 上の隣り合う導電膜における電気の導通が切断されることとなる。

【 0 0 4 6 】

図 3 ( c ) に示すように、スクライブは、センサブロック 2 の表面 2 h を一定の深さ、削り取ることにより行われる。このスクライブにより、分割部 2 1 a は、導電膜 5 0 a と導電膜 5 1 b 及び 5 0 b との電氣的接続を切断することとなる。同様に、分割部 2 1 b は、導電膜 5 0 b と導電膜 5 1 c 及び 5 0 c との電氣的接続を切断することとなり、分割部 2 1 c は、導電膜 5 0 c と導電膜 5 1 d 及び 5 0 d との電氣的接続を切断することとなり、分割部 2 1 d は、導電膜 5 0 d と導電膜 5 1 e 及び 5 0 e との電氣的接続を切断することとなる。このように、一定深さのスクライブによる溝を形成することにより、より  
10 確実な回路の切断が可能となる。

【 0 0 4 7 】

なお、本実施形態では、分割部 2 1 a ~ 2 1 d の位置は、各段 2 0 a ~ 2 0 e の境界となっているが、これに限られず、摩耗センサ 1 が、摩耗時に各段 2 0 a ~ 2 0 e の電氣的導通を切断できる位置であればよい。例えば、両面に分割部を設けて、センサブロック 2 の表面を段 2 0 a ~ 2 0 e ごとに、電氣的に完全に分離しても良い。しかしながら、この  
20 場合はリード線 3 の数が多く必要となる。

【 0 0 4 8 】

また、本実施形態では、各導電膜間の絶縁を確かなものとするために、スクライブによりセンサブロックを一定深さ彫り込み、溝を形成しているが、必ずしもセンサブロックを彫り込む必要はなく、導電膜を確実に除去できる方法であれば、いかなる方法でもよい。

【 0 0 4 9 】

次に、導電膜にリード線 3 a ~ 3 f をはんだ付けし、リード線を引き出す。そして、サポートブロック 4 を構成するアクリル樹脂に、センサブロック 2 を埋め込む。最後にサポートブロック 4 の上面を研磨し、センサブロック 2 の最上面 2 a を露出させることにより、本実施形態の摩耗センサ 1 が完成する。

【 0 0 5 0 】

なお、本実施形態の摩耗センサ 1 の構成は上述した構成に限られず、例えば複数の直方体のブロックを段差が生じるよう組み合わせることによっても構成してもよい。

【 0 0 5 1 】

また、本実施形態の摩耗センサ 1 は A B S 樹脂を材料としているが、絶縁体であれば材料は特には限定されない。ただし、接触対象となる回転軸に摩耗を生じさせない程度の軟らかい材料であることが好ましい。また、A B S 樹脂は、摩擦係数が低く回転軸の回転に影響を与えないため、この点からも好ましい材料といえる。

【 0 0 5 2 】

このように、摩耗センサ 1 は、アクリル樹脂及び A B S 樹脂等の、金属と比較して軟らかい素材から製造されているため、摺動時に接触する相手面を損傷させるおそれがなく、摺動部の性能に悪影響を与えることはない。

【 0 0 5 3 】

また、A B S 樹脂を切削してセンサ形状を形成するため、センサのサイズを大型から超小型までの任意のサイズに形成することが可能となる。また A B S 樹脂は、加工性が高いため加工が容易であり、センサ形状の自由度も増す。

【 0 0 5 4 】

また、摩耗量の検知ピッチは、センサブロックに形成された段の段差によることとなるが、段は一体的に切削加工がされているため、段差の寸法精度を高めることが可能となる。このことは、摩耗量の検知精度を大幅に向上することにつながる。

【 0 0 5 5 】

そして、本実施形態のセンサは、A B S 樹脂に無電解ニッケルめっき膜を形成したもの  
50

であるため、耐食性が高く、例えば海水中のような、悪環境下でも確実な摩耗の検出が可能となる。

【0056】

また、センサブロックにめっきをするだけの簡単な構造であるため、低コストかつ大量生産が可能となる。

【0057】

そして、機械的な構成であるセンサ形状と、電気的な構成である回路配置が一体的になされているので、振動により電極が移動するなどして測定誤差が生じるおそれがなく、また、計測ピッチを任意に精度良く設定することが可能である。

【0058】

図5と図6は、本発明の第1実施形態の摩耗センサを軸受部に取り付けた状態を示す図である。図6は、図5のA部の拡大図である。

【0059】

摩耗センサ1は、軸受40の側面に空けた貫通穴に挿入され、摩耗センサ1の先端面2aが、軸受40（構成部材）の内面（摺動面）40aとほぼ同一面上となるよう取り付けられ、接着剤等により固定される。

【0060】

図7は、本発明の第1実施形態の摩耗センサの作用を説明する図である。図7は、回転軸30との摺動により、軸受40の摩耗が、摺動面40aから40a'までの長さWだけ進行した状態を示している。

【0061】

軸受40の内面部40aの摩耗が進行すると、それに伴い、摩耗センサ1の一番摺動面に近い場所に位置する、摩耗深さの基準とするために露出させた上面2a及び段20aも、図7に示すように、摩耗が進行してゆく。そして、導電膜51aが失われ、導電膜50aと導電膜52との電氣的接続が切断されることとなる。すなわち、段20aに対応する回路Aの導通が切断され、測定装置7における回路Aの抵抗値が、無限大となる。このリード線3aと3f間の抵抗値が、無限大となることを検知することにより、段20aが摩耗し始めたことを検知することができる。

【0062】

その後、軸受40の摩耗とともに、段20aがさらに摩耗し、摩耗が段差 $L_1$ 進行したところで、センサブロック2の段20aは、摩耗により消滅する。そして、次に回転軸30の表面は、段20bの表面2bに接触し始める。

【0063】

そして、上面2b上の導電膜51bが摩耗すると、導電膜50bと導電膜52との電氣的接続が、切断されることとなる。そして、段20bにおける回路Bの導通が切断される。このリード線3bと3f間の抵抗値が、無限大となることを検知することにより、センサブロック2の段20bが摩耗し始めたこと、すなわち、摩耗が $L_1$ 進行したことを検知することができる。

【0064】

なお、導電膜であるニッケルめっきの膜厚は $10\mu\text{m}$ 程度と、非常に薄いため、摩耗量の検知に際し、導電膜の厚さを無視することができ、センサブロック2の段20a~20eの段差をそのまま軸受40の摩耗量とすることができる。

【0065】

以後、摩耗センサ1の摩耗が進行するにつれて、センサブロック2の段20bが消滅すると、上面2c上の導電膜51cが摩耗し、回路Cの導通が失われることにより、摩耗が $L_2$ 進行したことが検知でき、センサブロック2の段20cが消滅すると、上面2d上の導電膜51dが摩耗し、回路Dの導通が失われることにより、摩耗が $L_3$ 進行したことが検知でき、センサブロック2の段20dが消滅すると、上面2e上の導電膜51eが摩耗し、回路Eの導通が失われることにより、摩耗が $L_4$ 進行したことが検知できる。

【0066】

10

20

30

40

50



この摩耗センサ1の摩耗量 $L_1 \sim L_4$ は、そのまま軸受40の内面40aの摩耗量と同一であるため、摩耗センサ1の摩耗を段階的に検出することにより、軸受40の摩耗量を段階的に検知することができる。

【0067】

一般に、回路の導通が切断された状態、すなわち抵抗値が無量大の状態を検出することは容易であるため、確実な摩耗を検知することが出来る。

【0068】

以上説明したように、本実施形態の摩耗センサによれば、センサブロック2上面の導電膜が摩耗したときの回路の切断を検出することにより、軸受の摩耗量を段階的に検知することができる。検出法としては電気抵抗のみの単純な方法であるため、外乱に強く摩耗判定が容易である。また、実際の摩耗量を測定するため、誤差のない正確な測定が可能となる。

10

【0069】

そして、摩耗量の変化を段階的に把握できるため、摩耗量の変化の傾向を把握でき、機械システムの余寿命と最適なメンテナンスの時期を予測が可能となる。

(第2実施形態)

本発明の第1実施形態においては、摩耗センサ1の摩耗を検知するための回路が、各段部に対応して複数設けられていたが、本発明の第2実施形態では複数の回路を、センサブロック2の表面上で一体化することにより、摩耗センサ1からのリード線3の数を減少させている点が特徴である。

20

【0070】

以下、本発明の第2実施形態である摩耗センサについて、図を参照して詳細に説明をする。なお、以下の説明の中では、第1実施形態の摩耗センサと同じ部分等については同じ符号を用いることとする。

【0071】

センサブロック2の外形は、図1、図2に示す第1実施形態のタイプの摩耗センサと同様である。センサブロック2の表面に形成される導電膜5の形状や、センサブロック2に複数の抵抗体63が取り付けられている点が第1実施形態のタイプの摩耗センサと相違する。

【0072】

図8は、図2に示すセンサブロック2(本体部)の表面上に形成された導電膜を示す図である。図2に示すセンサブロック2の正面2hには、一定の間隔をもって導電膜60a~60eが形成され、上面2a~2eには、導電膜61a~61eがそれぞれ形成され、段側面22a~22dには、各々導電膜64a~64dが形成されている。

30

【0073】

また、センサブロック2の正面2hには、抵抗値が $r$ ( )である抵抗体63a~63dが取り付けられている。

【0074】

抵抗体63aの一端は、導電膜60aに、はんだ付け等により接続し、他端は、導電膜60bに接続している。抵抗体63bの一端は、導電膜60bに接続し、他端は、導電膜60cに接続している。抵抗体63cの一端は、導電膜60cに接続し、他端は、導電膜60dに接続している。抵抗体63dの一端は、導電膜60dに接続し、他端は、導電膜60eに接続している。

40

【0075】

なお、抵抗体の抵抗値 $r$ ( )は、導電膜の抵抗値(ほぼ0)と比較して十分に大きいものとする。

【0076】

導電膜60a~60eは、各々導電膜61a~61eに接続し、電氣的導通が図られている。また、導電膜61a~61eは、各々の間に位置する段側面の導電膜64a~64dにより接続し、電氣的導通が図られている。

50

## 【 0 0 7 7 】

そして、導電膜 6 0 a にはリード線 3 g が接続し、導電膜 6 0 e にはリード線 3 h が接続し、これらリード線は、外部の信号処理装置 6 の入力端子 6 g と 6 h にそれぞれ接続している。

## 【 0 0 7 8 】

なお、導電膜の構成は上記に限られず、例えば、段側面の導電膜 6 4 a ~ 6 4 d のかわりに、第 1 実施形態と同様にセンサブロック 2 の裏面 2 i に導電膜を形成し、共通のリード線を引き出すことも可能である。

## 【 0 0 7 9 】

図 9 は、本発明の第 2 実施形態の摩耗センサの電氣的構成を示すブロック図である。図中の太線及び斜線部は、導電体が形成された導電路を示している。

10

## 【 0 0 8 0 】

摩耗センサ 1 のリード線 3 g は、信号処理装置 6 の入力端子 6 g に接続しており、摩耗センサ 1 のリード線 3 h は、信号処理装置 6 の入力端子 6 h に接続している。そして、信号処理装置 6 は測定装置 7 (測定部) と接続している。

## 【 0 0 8 1 】

そして、リード線 3 g と導電膜 6 0 a と導電膜 6 4 a と導電膜 6 1 b と導電膜 6 0 b と導電膜 6 4 b と導電膜 6 1 c と導電膜 6 0 c と導電膜 6 4 c と導電膜 6 1 d と導電膜 6 0 d と導電膜 6 4 d と導電膜 6 1 e と導電膜 6 0 e とリード線 3 h とが順に直列に接続し、リード線 3 g が信号処理装置 6 の入力端子 6 g に接続し、リード線 3 h が信号処理装置 6 の入力端子 6 h に接続することからなる回路 F が形成される。

20

## 【 0 0 8 2 】

そして、この回路 F には、一端が導電膜 6 0 a と、他端が導電膜 6 0 b に接続し、導電膜 6 1 b 及び 6 4 a と電氣的に並列の位置で回路 F に接続する抵抗体 6 3 a と、一端が導電膜 6 0 b と、他端が導電膜 6 0 c に接続し、導電膜 6 1 c 及び 6 4 b と電氣的に並列の位置で回路 F に接続する抵抗体 6 3 b と、一端が導電膜 6 0 c と、他端が導電膜 6 0 d に接続し、導電膜 6 1 d 及び 6 4 c と電氣的に並列の位置で回路 F に接続する抵抗体 6 3 c と、一端が導電膜 6 0 d と、他端が導電膜 6 0 e に接続し、導電膜 6 1 e 及び 6 4 d と電氣的に並列の位置で回路 F に接続する抵抗体 6 3 d と、が設けられている (回路部)。

30

## 【 0 0 8 3 】

信号処理装置 6 に接続する測定装置 7 (測定部) が、回路 F の抵抗値を測定し、抵抗値の変化を検知することにより、各段 2 0 a ~ 2 0 e の摩耗を段階的に検知する。

## 【 0 0 8 4 】

軸受 4 0 の内面部 4 0 a の摩耗が進行すると、それに伴い摩耗センサ 1 の一番摺動面に近い場所に位置する、摩耗深さの基準とするために露出させた上面 2 a 及び段 2 0 a も、図 7 に示すように、摩耗が進行してゆく。

## 【 0 0 8 5 】

そして、段 2 0 a が摩耗により消滅すると、段 2 0 a の側面部の導電膜 6 4 a と段 2 0 b の上面 2 b 上の導電膜 6 1 b とが失われ、導電膜 6 0 a と導電膜 6 0 b との電氣的接続において、導電膜 6 1 b、6 4 a と抵抗体 6 3 a とからなる並列回路から、抵抗体 6 3 a のみを經由する回路へ変化する。

40

## 【 0 0 8 6 】

すなわち、測定装置 7 における測定値が、導電膜 6 1 b 及び 6 4 a の抵抗値である、ほぼ 0 ( ) から、抵抗体 6 3 a の抵抗値である  $r$  ( ) となる。このリード線 3 g と 3 h 間の抵抗値が、 $r$  ( ) となることを検知することにより、段 2 0 a が摩耗により消滅したこと、すなわち、摩耗が、段差  $L_1$  進行したことを検知できる。

## 【 0 0 8 7 】

その後、軸受 4 0 の摩耗とともに段 2 0 b がさらに摩耗し、段 2 0 b が摩耗により消滅すると、段 2 0 b の側面部の導電膜 6 4 b と段 2 0 c の上面 2 c の導電膜 6 1 c とが失われ、導電膜 6 0 b と導電膜 6 0 c との電氣的接続において、導電膜 6 1 c、6 4 b と抵抗

50

体 6 3 b とからなる並列回路から、抵抗体 6 3 b のみを経由する回路へ変化する。

【 0 0 8 8 】

すなわち、測定装置 7 における測定値が、抵抗体 6 3 a の抵抗値  $r$  ( ) から、抵抗体 6 3 a と 6 3 b の抵抗値の合計である  $2r$  ( ) となる。このリード線 3 g と 3 h 間の抵抗値が、 $2r$  ( ) となることを検知することにより、段 2 0 b が摩耗により消滅したこと、すなわち摩耗が段差  $L_2$  進行したことを検知できる。

【 0 0 8 9 】

以後、摩耗センサ 1 の摩耗が進行するにつれて、上面 2 d 上の導電膜 6 1 d が摩耗すると、導電膜 6 0 c と導電膜 6 0 d との電氣的接続が切断されることとなる。そして、導電膜 6 0 c と導電膜 6 0 d との電氣的接続において、導電膜 6 1 d、6 4 c と抵抗体 6 3 c とからなる並列回路から、抵抗体 6 3 c のみを介する回路へと変化する。すなわち、測定装置 7 における抵抗が、抵抗体 6 3 a と抵抗体 6 3 b と抵抗体 6 3 c の抵抗値の和である  $3r$  ( ) となる。このリード線 3 g と 3 h 間の抵抗値が  $3r$  ( ) となることを検知することにより、センサブロック 2 の段 2 0 c が摩耗により消滅したこと、すなわち、摩耗が  $L_3$  進行したことを検知することができる。

【 0 0 9 0 】

そして、上面 2 e 上の導電膜 6 1 e が摩耗すると、導電膜 6 0 d と導電膜 6 0 e との電氣的接続が切断されることとなる。そして、導電膜 6 0 d と導電膜 6 0 e との電氣的接続において、導電膜 6 1 e、導電膜 6 4 d と抵抗体 6 3 d とからなる並列回路から、抵抗体 6 3 d のみを介する回路へと変化する。すなわち、測定装置 7 における抵抗が、抵抗体 6 3 a と抵抗体 6 3 b と抵抗体 6 3 c と抵抗体 6 3 d の抵抗値の和である  $4r$  ( ) となる。このリード線 3 g と 3 h 間の抵抗値が、 $4r$  ( ) となることを検知することにより、センサブロック 2 の段 2 0 d が摩耗により消滅したこと、すなわち、摩耗が  $L_4$  進行したことを検知することができる。

【 0 0 9 1 】

この摩耗センサ 1 の摩耗量  $L_1 \sim L_4$  は、そのまま軸受 4 0 の内面の摩耗量と同一であるため、摩耗センサ 1 の摩耗を段階的に検出することにより、軸受 4 0 の摩耗量を段階的に検出することができる。

【 0 0 9 2 】

なお、本実施形態の摩耗センサでは、リード線を 2 本設け、信号処理装置 6 に入力することとしているが、これに限られず、例えば、リード線 3 g、3 h の一方を機器本体にアースしてもよい。この方式によれば、信号処理装置 6 へ引き出すリード線を 1 本とすることができるため、より簡易なセンサへの配線とすることができる。

【 0 0 9 3 】

本発明の第 2 実施形態の摩耗センサによれば、第 1 実施形態の摩耗センサの効果に加えて、段部の導電膜に対応して、抵抗体を複数並列に取り付けることにより、摩耗センサからのリード線の数を減らすことができる。また、センサ使用前にセンサ本体の抵抗値が 0 であることを確認することにより、センサの健全性を確認することができる。

【 0 0 9 4 】

以上説明した、上記各実施形態は、様々な変更や改良が加えられて実施されうるものである。

【 0 0 9 5 】

そして、本発明の各実施形態の摩耗センサは、電気抵抗の変化により摩耗量を計測するものである。上述したようにめっき技術を利用したものだけではなく、IC チップ製造技術を転用し、基板材料にシリコンを用い、エッチングなどの処理により回路パターンを焼き付けることにより、摩耗センサをさらに小型化することができる。同様に、プリント基板の技術も適用が可能である。

【 0 0 9 6 】

また、上記各実施形態では、主に軸受に摩耗センサを適用する場合について説明したが、本発明の摩耗センサは、軸受の摩耗を検出するのみではなく、例えば、工作機械の切削

10

20

30

40

50

工具や、自動車のタイヤ及びブレーキパッドや、一般機械の摺動部や、圧延機のロール等の摺動面の摩耗の検出が可能であり、また、長い軸（シャフト）の中央部、回転体等の触れ回りの計測（ギャップセンサー機能）や、鉄道レール等の摩耗の検出や、工作機械のガイドレール等の摺動部の摩耗の検出や、軸の軸方向（スラスト）の変位量の検出に広く適用できるものである。

【実施例】

【0097】

本発明の第1実施形態のタイプの摩耗センサの実施例について、以下に説明をする。

【0098】

本摩耗センサの有効性を実証するために、実際に軸受に摩耗センサを取付け、軸受の摩耗を測定した。縦型ポンプの水中軸受を想定し、実機とほぼ同寸法の実験装置を製作し実験を行った。摩耗センサの段部は4段であり、摩耗センサの検出深さである段差 $L_1 \sim L_3$ はそれぞれ、0.43mm、0.96mm、1.48mmである。

【0099】

図10は、本摩耗センサによる摩耗量の測定結果を示す図である。

【0100】

縦軸は、抵抗値（electric resistance）（ $\Omega$ ）と摩耗量（wear depth）（mm）を示しており、横軸が経過時間（time）（秒）を示している。また図中の黒線は、検出された抵抗値の変化を示しており、黒色四角でプロットされた点は、摩耗センサの摩耗量を示している。また、点線は、レーザー変位計で測定した軸受の実際の摩耗量を示している。

【0101】

図10からわかるように、ある時間（図中のA、B、C、D）において摩耗センサの抵抗値が、無限大に変化していることがわかる。

【0102】

Aにおいては、摩耗センサの1段目の段である段20aの導電膜51aが、回転軸との接触による摩耗により失われ、抵抗値が無限大となるためである。これにより、軸受の摩耗が開始したことがわかる。

【0103】

同様に、Bにおいては、摩耗センサの2段目の段である段20bの導電膜51bが、摩耗により失われ、これにより、電気的導通が失われ、抵抗値が無限大となる。したがって、摩耗が段差 $L_1$ 分の0.43mm進んだこととなる。そして、Cでは $L_2$ 分の0.96mm、Dでは $L_3$ 分の1.48mm摩耗が進んだことがわかる。

【0104】

レーザー変位計で軸受の摩耗量を測定した結果（図中の点線）と比較すると、僅かに誤差があるものの、精度良く摩耗量が検知できていることがわかる。

【0105】

よって、本摩耗センサを実機に組み込んだ場合にも、オンラインで摩耗量を計測することができ、実機が運転中の場合にも、摩耗量の変化の傾向より軸受の異常予知診断をすることができることが実証された。

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図1】本発明の第1実施形態の摩耗センサの外観を示す図である。

【図2】本発明の第1実施形態の摩耗センサのセンサブロックの斜視図である。

【図3】本発明の第1実施形態の摩耗センサの導電膜の形状を示す図である

【図4】本発明の第1実施形態の摩耗センサの電気的構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第1実施形態の摩耗センサを軸受に取り付けた状態を示す図である。

【図6】図5のA部の拡大図である。

【図7】本発明の第1実施形態の摩耗センサの摩耗が進んだ状態を示す図である。

【図8】本発明の第2実施形態の摩耗センサの導電膜の形状を示す図である。

【図9】本発明の第2実施形態の摩耗センサの電気的構成を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

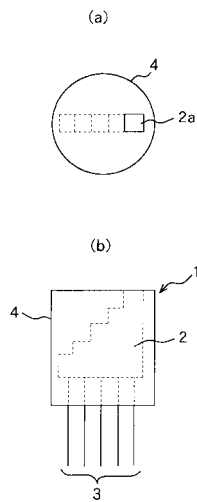
【図10】本発明の第1実施形態の摩耗センサによる軸受の摩耗の測定結果を示す図である。

【符号の説明】

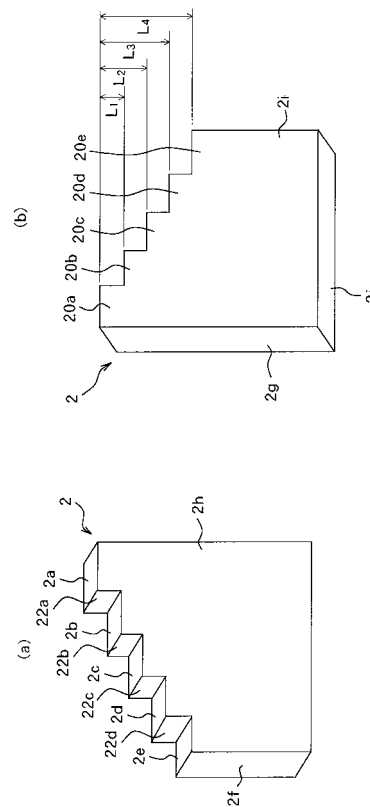
【0107】

- 1：摩耗センサ
- 2：センサブロック
- 3：リード線
- 4：サポートブロック
- 5：導電膜
- 6：信号処理装置
- 7：測定装置
- 20：段

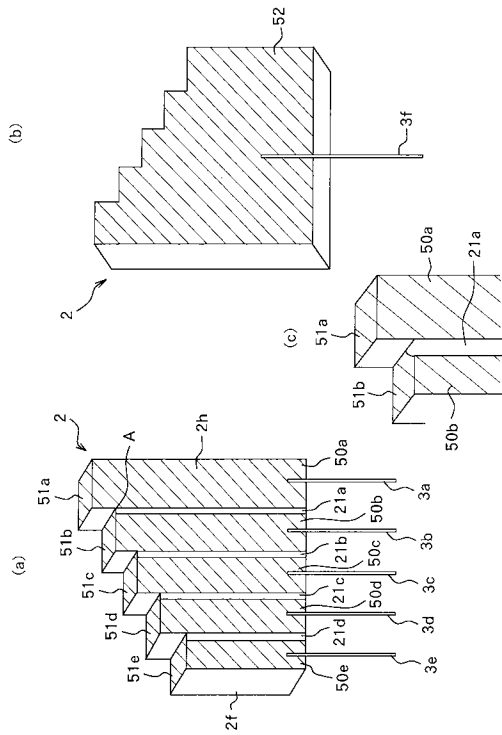
【図1】



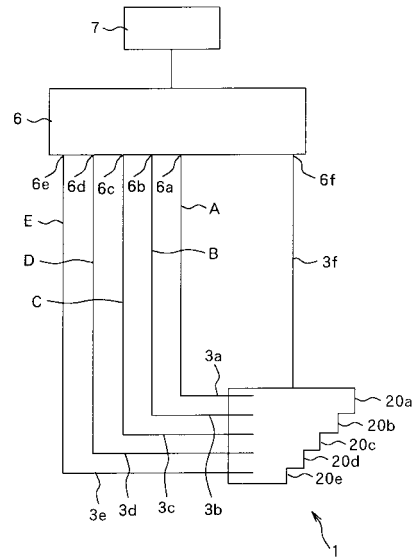
【図2】



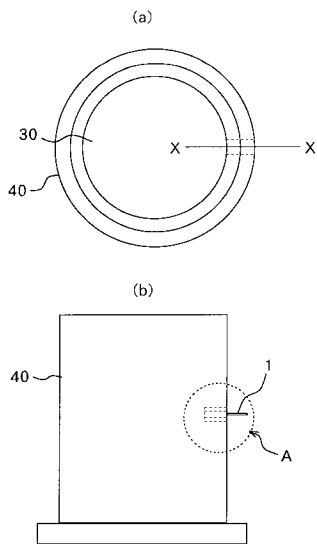
【図3】



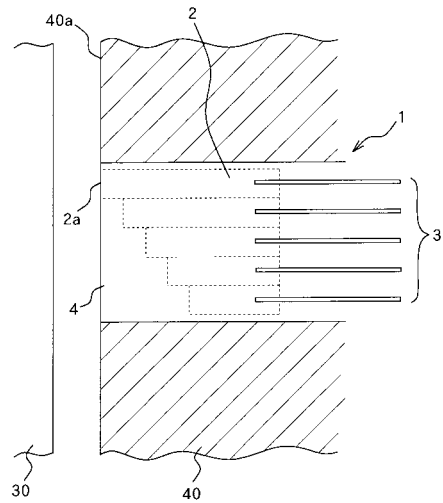
【図4】



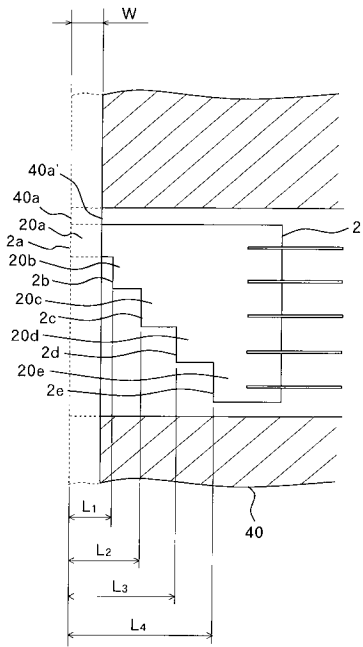
【図5】



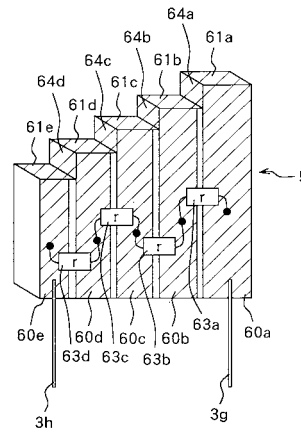
【図6】



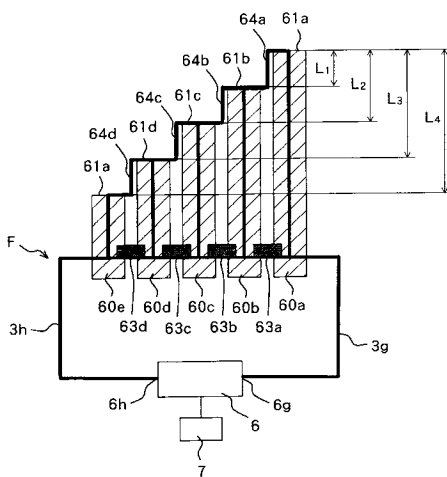
【 図 7 】



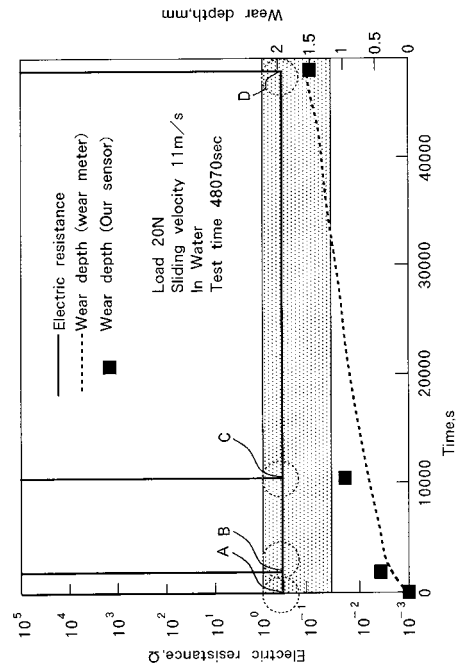
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 本田 知己  
福井県福井市二の宮5 - 14 - 3ローズヴィラ二の宮205号
- (72)発明者 宇野 良司  
岐阜県安八郡神戸町大字下宮305
- (72)発明者 稲垣 茂  
東京都千代田区神田美土代町1番地1 日本原子力発電株式会社内

審査官 横林 秀治郎

- (56)参考文献 特開昭47 - 031646 (JP, A)  
特表2004 - 502930 (JP, A)  
特開2004 - 077252 (JP, A)  
特許第2939868 (JP, B2)  
特開昭53 - 007261 (JP, A)  
特開2003 - 014020 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 7/00~7/34  
G01B 21/00~21/32