

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6815841号
(P6815841)

(45) 発行日 令和3年1月20日(2021.1.20)

(24) 登録日 令和2年12月25日(2020.12.25)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 27/04 (2006.01)

GO 1 N 27/04

Z

GO 1 N 17/00 (2006.01)

GO 1 N 17/00

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-225394 (P2016-225394)
 (22) 出願日 平成28年11月18日(2016.11.18)
 (65) 公開番号 特開2018-81061 (P2018-81061A)
 (43) 公開日 平成30年5月24日(2018.5.24)
 審査請求日 令和1年8月5日(2019.8.5)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 110001807
 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
 (72) 発明者 南谷 林太郎
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
 式会社日立製作所内

審査官 田中 洋介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 腐食監視装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁基板と、当該絶縁基板上に配置され、第一金属により構成された第一金属層と、当該第一金属層に接合しており、前記第一金属よりも腐食電位が低く、かつ、前記第一金属よりも電気抵抗率の小さな第二金属により構成された第二金属層と、前記第一金属層に接続された一対の電極と、を有するセンサ部と、

当該一対の電極間に電流を流通させた際に、前記センサ部の電気抵抗を測定する抵抗測定装置と、を備え、

前記絶縁基板と、前記第一金属層と、前記第二金属層とは、この順で接合されていることを特徴とする、腐食監視装置。

【請求項 2】

前記第一金属層は平板状であり、

前記第二金属層は上面視で円形状であり、前記第一金属層の表面において、散点的に前記第一金属層に接合していることを特徴とする、請求項 1 に記載の腐食監視装置。

【請求項 3】

前記第二金属層は、前記第一金属層の表面において、正六角形を構成する各頂点の位置になるように複数接合されていることを特徴とする、請求項 2 に記載の腐食監視装置。

【請求項 4】

前記センサ部及び前記抵抗測定装置は二つずつ備えられ、

二つ供えられた前記センサ部のうちの一方のセンサ部には、前記第一金属層及び前記第

二金属層を覆うように、前記第一金属層及び前記第二金属層の腐食を抑制するための被膜が形成されていることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の腐食監視装置。

【請求項 5】

前記第一金属は、ステンレス鋼、ニッケル及びクロムのうちの少なくとも一つであり、前記第二金属は、鉄、アルミニウム、銅、亜鉛及びマグネシウムのうちの少なくとも一つであることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の腐食監視装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気電子装置が設置されている屋内外の環境を対象に、当該環境中に存在する塩分や塵埃の付着による金属の腐食度合いを監視する腐食監視装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

電気電子装置では、対象装置を安定に稼働させる目的のために、長期にわたる信頼性が要求されている。また、高速化や省スペース化のために、多くの電気電子装置において高密度実装構造が採用され、微細配線構造や薄膜めっき構造からなる電気電子部品が数多く搭載されている。これらの電気電子部品では、長期間の使用により、塩分や塵埃の堆積が生じる。そして、塩分や塵埃が付着した電気電子部品の金属表面では、付着していない表面に比べて水の吸着量が増加し、電気電導度が上昇するため、腐食が進行し易くなる。このような腐食の進行は電気特性や磁気特性を変動させることから、電気電子部品の故障や誤動作が生じる易くなる。

20

【0003】

ただ、塩分や塵埃の堆積量は、電気電子部品の設置環境（設置場所や使用時期、使用期間等）によって異なる。即ち、金属表面の腐食の進行の度合いは、電気電子部品の設置環境によって大きく異なる。そこで、環境の腐食性の程度に応じた防食対策を設計及び保守に反映させるため、電気電子装置の設置環境の腐食性を、簡単に短期間で精度良く、長期にわたり評価し続けることが求められている。

【0004】

このような技術に関連して、特許文献 1 に記載の技術が知られている。特許文献 1 には、所定の環境内に設置された監視対象物の汚損の程度を監視する汚損監視装置であって、2つの電極と、該2つの電極間に跨る感湿材とを備える第1の電極部と、2つの他の電極と、該2つの他の電極間に跨る他の感湿材とを備える第2の電極部と、前記2つの電極間に流れる第1の電流、及び前記2つの他の電極間に流れる第2の電流のそれぞれを計測する電流計測部と、前記第1の電流の計測結果と前記第2の電流の計測結果とを比較する比較部と、前記比較の結果に基づき、前記汚損の程度を判定し、監視する判定部と、を備え、前記第1の電極部は、前記所定の環境と同じ湿度条件を備える第1の場所に設置され、前記第2の電極部は、前記第1の場所と同じ湿度条件の、前記汚損がないとみなすことのできる環境を備える第2の場所に設置されることを特徴とする、汚損監視装置が記載されている。

30

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特許第 5 4 8 8 7 5 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1 に記載の汚損監視装置では、ポリマー樹脂で形成された感湿膜が使用されている。しかし、設置環境（特には空気中の湿度）は時々刻々と変動することから、特許文献 1 に記載の汚損監視装置の使用に伴い、感湿膜に対する環境（即ち感湿膜に接触する空気中の湿度）も時々刻々と変動する。そのため、高湿度環境に長期間曝されると、感湿膜

50

が劣化し易く、感湿膜の劣化に伴い、汚染監視装置での出力電流が変動する。即ち、仮に同じ環境であったとしても、設置開始直後と、数ヵ月～数年経過後とでは、その出力電流が異なり、腐食の正確な評価を行うことができない。そのため、特許文献1に記載の技術では、長期間の使用が困難という課題がある。

【0007】

また、前記のように、感湿膜の劣化により、出力電流が大きくなる可能性がある。そうすると、環境中の湿度によっては、本来であれば腐食可能性が低い環境であるにも関わらず、腐食可能性が高いと判断される出力電流となる可能性がある。このため、腐食可能性の評価、即ち、精度の高い応答性が得られない可能性がある。

【0008】

本発明はこのような課題に鑑みて為されたものであり、本発明が解決しようとする課題は、従来よりも耐久性及び応答性を向上することが可能な腐食監視装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明者は前記課題を解決するために鋭意検討を行った、以下の知見を見出して本発明を完成させた。即ち、本発明の要旨は、絶縁基板と、当該絶縁基板上に配置され、第一金属により構成された第一金属層と、当該第一金属層に接合しており、前記第一金属よりも腐食電位が低く、かつ、前記第一金属よりも電気抵抗率の小さな第二金属により構成された第二金属層と、前記第一金属層に接続された一対の電極と、を有するセンサ部と、当該一対の電極間に電流を通流させた際に、前記センサ部の電気抵抗を測定する抵抗測定装置と、を備えることを特徴とする、腐食監視装置に関する。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、従来よりも耐久性及び応答性を向上することが可能な腐食監視装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第一実施形態の腐食監視装置の上面図である。

【図2】図1のA-A線端面図である。

【図3】第一実施形態の腐食監視装置に塩分が付着した際に腐食が進行する様子を示した図であり、(a)は塩分が付着した直後の様子、(b)は付着した塩分の潮解により形成された水膜がステンレス板とアルミニウム片とを架橋したときの様子、(c)は架橋された水膜によってアルミニウム片の腐食(溶解)が進行したときの様子を示す図である。

【図4】ステンレス板とアルミニウム片との間で生じる反応機構を説明する図である。

【図5】アルミニウム片が溶解する前後での電気抵抗の等価回路の変化を示す図である。

【図6】実施例の腐食監視装置及び比較例の腐食監視装置における、アルミニウム片の消失数及び腐食ピット数と電気抵抗との関係を示すグラフである。

【図7】海水中での腐食電位と電気抵抗率との関係を示すグラフである。

【図8】第二実施形態の腐食監視装置の上面図である。

【図9】第三実施形態の腐食監視装置の上面図である。

【図10】第四実施形態の腐食監視装置の上面図である。

【図11】第五実施形態の腐食監視装置の上面図である。

【図12】図11のB-B線端面図である。

【図13】第六実施形態の腐食監視装置の上面図である。

【図14】図13のC-C線端面図である。

【図15】比較例の腐食監視装置の上面図である。

【図16】図15のD-D線端面図である。

【図17】塩分による金属板の腐食の様子を示す図面代用写真であり、(b)は(a)の10倍拡大図である。

10

20

30

40

50

【図 1 8】比較例の腐食監視装置を構成する銅板の表面に生じた腐食ピットの様子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を適宜参照しながら本発明を実施するための形態（本実施形態）を説明する。はじめに、説明の都合上、比較例の腐食監視装置について説明し、次いで、比較例の腐食監視装置と比較しながら実施例の腐食監視装置（本実施形態の腐食監視装置）を説明する。なお、同じ部材については同じ符号を付すものとし、その詳細な説明は省略する。

【0013】

図 1 5 は、比較例の腐食監視装置 7 0 の上面図である。また、図 1 6 は、図 1 5 の D - D 線端面図である。腐食監視装置 7 0 では、絶縁材料により構成される絶縁基板 4 上に、腐食対象となる薄膜状の銅板 7 1 が積層されている。絶縁基板 4 及び銅板 7 1 はいずれも長尺状である。また、銅板 7 1 の上面であって長手方向の両端部には、一对の引き出し電極 3 , 3 が形成されている。そして、絶縁基板 4 と銅板 7 1 と引き出し電極 3 , 3 とにより、銅板 7 1 の腐食（錆）を検知するセンサ部 7 0 a が構成される。

【0014】

引き出し電極 3 , 3 には、抵抗計 5 及び図示しない電源装置が接続されている。そして、この電源装置から引き出し電極 3 , 3 の間に直流電流又は交流電流（例えば数 mA 程度）が流されたときの引き出し電極 3 , 3 間の電気抵抗が、抵抗計 5 により測定される。なお、引き出し電極 3 , 3 の外表面には、図示はしないが、腐食を防止するため、シリコーン樹脂やウレタン樹脂、エポキシ樹脂等により構成される保護膜が形成されている。

【0015】

銅板 7 1 を構成する銅が腐食（即ち塩化や酸化）することで得られる塩化銅や酸化銅は、電気抵抗が大きい（所謂絶縁物）。そのため、このような塩化銅や酸化銅が銅板 7 1 の表面に生成することで生じる引き出し電極 3 , 3 の間の電気抵抗変化が、抵抗計 5 により測定されることになる。

【0016】

図 1 5 に示す腐食監視装置 7 0 では、腐食対象である銅板 7 1 が腐食することによって増大する電気抵抗値に基づき、腐食量が測定される。即ち、本発明者の検討によれば、電気抵抗値の変化量と、飛来した塩分や塵埃の付着量及び銅板 7 1 の腐食量との間には、相関があることがわかった。そこで、この電気抵抗値の変化量に基づいて、塩分や塵埃の付着量や銅板 7 1 の腐食量を評価することができる。具体的には例えば、ISO 11844 - 1 規格により、環境の腐食性を診断できる。

【0017】

ここで、塩分による金属板の腐食について、図 1 7 を参照しながら説明する。

【0018】

図 1 7 は、塩分による金属板の腐食の様子を示す図面代用写真であり、(b) は (a) の 10 倍拡大図である。この図 1 7 で使用した金属板は銅板であり、図 1 7 は、銅板の表面に形成された塩粒子（後記する塩分 6 に相当）とその周囲に生じた腐食領域（後記する図 1 8 に示す腐食ピット 1 1 に相当）とを示している。図 1 7 (b) では、塩粒子は上面視でほぼ円形状であり、腐食領域は上面視で塩粒子を囲うように、ほぼ円環状である。そして、図 1 7 (b) に示すように、直径数 10 μm の塩粒子が 50 μm ~ 100 μm 程度の間隔で付着しており、塩粒子が潮解して、塩粒子周囲の水膜下で腐食領域が形成されている。

【0019】

図 1 8 は、比較例の腐食監視装置 7 0 を構成する銅板 7 1 の表面に生じた腐食ピット 1 1 の様子を示す図である。腐食監視装置 7 0 が塩分や塵埃が飛来する環境に曝露されたとき、腐食監視装置 7 0（より具体的にはセンサ部 7 0 a）を構成する銅板 7 1 には、塩分や塵埃が付着する。このとき、塩分や塵埃は、前記の図 1 7 を参照しながら説明したように、50 μm ~ 100 μm 程度の間隔で付着するものと考えられる。そのため、銅板 7 1

の表面に生じる腐食領域である腐食ピット 11 も、 $50\text{ }\mu\text{m} \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 程度の間隔で生じるものと考えられる。

【0020】

ただ、腐食監視装置 70 では、腐食対象の銅板 71 が均一に腐食するに伴い増大する電気抵抗値の変化に基づき、腐食度合いが監視（評価）される。そのため、図 18 に示すように、局所的に生じる腐食ピット 11 のような局部欠陥に対しては、電気抵抗値の感度が低く、塩分や塵埃による局部腐食を正確に監視することが難しい。特に、詳細は図 6 を参照しながら後記するが、本発明者の検討によれば、図 18 に示すように腐食ピット 11 が局所的に形成されることで断面積が減少しても、電気抵抗値の変化はわずかであり、応答感度が良くないと考えられる。そこで、本発明者は、耐久性に優れるとともに、応答性にも優れる腐食監視装置の検討を行った。

10

【0021】

図 1 は、第一実施形態の腐食監視装置 10 の上面図である。また、図 2 は、図 1 の A - A 線端面図である。腐食監視装置 10 では、前記の腐食監視装置 70 と同様に、抵抗計 5（抵抗測定装置）により、ステンレス板 1 に接続された引き出し電極 3, 3 間の電気抵抗が測定される。ただし、図 1 に示す腐食監視装置 10 では、絶縁基板 4 の表面には、平板状のステンレス（SUS、ステンレス鋼、第一金属）板 1 が接合（積層）している。また、ステンレス板 1 の表面には、上面視で円形状のアルミニウム（第二金属）片 2 が散点的に複数接合（積層）されている。即ち、腐食監視装置 10 を構成するセンサ部 10a は、ステンレス板 1 と、アルミニウム片 2 と、引き出し電極 3, 3 と、絶縁基板 4 とを備えて構成される。

20

【0022】

そして、アルミニウム片 2 を円形状に形成することで、ステンレス板 1 へのアルミニウム片 2 の接合時に、アルミニウム片 2 の厚さを均一にし易くなる。そのため、アルミニウム片 2 が腐食するときにアルミニウム片 2 が均一に腐食し易くなり、アルミニウム片 2 の局所的な腐食が防止される。また、塵埃や塩分の腐食位置に関わらず、水膜 7（後記する）のアルミニウム片 2 への接触部位は、アルミニウム片 2 の外周を構成する円の一部（円弧）である。そのため、塵埃や塩分の腐食位置に関わらず、腐食の進行の度合いが同じになり、この点でも、アルミニウム片 2 の局所的な腐食が防止される。

【0023】

30

また、アルミニウム片 2 は、隣接するアルミニウム片 2 が正六角形 2A の各頂点の位置になるように、複数個接合されている。これにより、隣接するアルミニウム片 2 同士の間隔を等しくすることができる。そのため、塵埃や塩分の付着位置にかかわらず、それぞれのアルミニウム片 2 を特に同じような態様で腐食し易くすることができる。

【0024】

アルミニウム片 2 の厚さは、例えば $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度以下、好ましくは $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度以下である。また、円形のアルミニウム片 2 の大きさは、例えばその直径として $50\text{ }\mu\text{m} \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。さらに、隣接するアルミニウム片 2 の間隔は、例えば $50\text{ }\mu\text{m} \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。ステンレス板 1 は、板材を用いてもよいし、例えばスパッタリングや蒸着、めっき等により、絶縁基板 4 の表面に接合することができる。また、アルミニウム片 2 は、例えばスパッタリングや蒸着、めっき等により、ステンレス板 1 の表面に接合することができる。

40

【0025】

なお、詳細は後記するが、ステンレス鋼とアルミニウムとの腐食のし易さを比較すると、ステンレス鋼（第一金属）は腐食しにくく（腐食電位が高く）、アルミニウム（第二金属）は腐食し易い（腐食電位が低い）。そして、腐食監視装置 10 では、センサ部 10a を構成する、ステンレス板 1 と比較したアルミニウム片 2 の腐食のし易さを利用して、金属の腐食の度合いが評価される。

【0026】

図 3 は、第一実施形態の腐食監視装置 10（より具体的にはセンサ部 10a）に塩分 6

50

が付着した際にアルミニウム片 2 の腐食が進行する様子を示した図であり、(a) は塩分 6 が付着した直後の様子、(b) は付着した塩分 6 の潮解により形成された水膜 7 がステンレス板 1 とアルミニウム片 2 とを架橋したときの様子、(c) は架橋された水膜 7 によってアルミニウム片 2 の腐食 (溶解) が進行したときの様子を示す図である。なお、ここでは、説明の簡略化のために「塩分 6」のみを図示したが、「塵埃」であっても同様の傾向となる。以下の記載でも、「塵埃」についても説明は省略する。

【 0 0 2 7 】

本発明者が検討したところ、前記のように、塩分 6 が付着した表面では、塩分 6 が付着していない清浄な表面と比べて、水分吸着量が多いことが分かった。この現象は、塩分 6 の潮解によるものと考えられる。従って、図 3 (a) に示すように、ステンレス板 1 の表面に塩分 6 が付着すると、その塩分 6 が付着している部分には水分が付着し易くなる。その結果、図 3 (b) に示すように、ステンレス板 1 とアルミニウム片 2 とを跨ぐように、水膜 7 が形成される。

【 0 0 2 8 】

ここで、アルミニウム片 2 を構成するアルミニウムは、ステンレス板 1 を構成するステンレス鋼と比べて、前記のように腐食され易い。従って、図 3 (c) に示すように、ステンレス板 1 とアルミニウム片 2 とを跨ぐように形成された水膜 7 により、腐食し易い卑金属となるアルミニウム片 2 の腐食が進行する。このとき、貴金属となるステンレス板 1 の腐食は抑制される。

【 0 0 2 9 】

図 4 は、ステンレス板 1 とアルミニウム片 2 との間で生じる反応機構を説明する図である。なお、図 4 では、説明の簡略化のために、化学式の一部を省略して示している。腐食しにくい貴金属側のステンレス板 1 と、腐食し易い卑金属側のアルミニウム片 2 とを跨ぐように水膜 7 が形成されると、ステンレス板 1 及びアルミニウム片 2 のそれぞれにおいて、以下のような反応が生じる。

【 0 0 3 0 】

具体的には、図 4 に示すように、卑電位側のアルミニウム片 2 では、アノード反応 (金属の溶解反応 : $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$) が生じる。これにより、アルミニウム片 2 が水膜 7 に溶解する。そして、ここで生じた電子は、アルミニウム片 2 と接合しているステンレス板 1 に移動する。そして、貴電位側のステンレス板 1 では、アルミニウム片 2 で生じた電子を使用して、カソード反応 (溶存酸素の還元反応 : $1/2 \cdot O_2 + H_2O + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-}$) が生じる。従って、ステンレス板 1 とアルミニウム片 2 との間には、所謂ガルバニック電流が流れることになる。

【 0 0 3 1 】

異種金属を接触させることで生じる腐食は、このように、アノード (酸化反応) とカソード (還元反応) とが場所的に分離して進行する。ガルバニック電流は、ステンレス板 1 とアルミニウム片 2 との界面近傍に集中する。そのため、図 4 に示すように、アルミニウム片 2 の左側から右側に向けて腐食が進行する。そして、アルミニウム片 2 が全て腐食した後は、ステンレス板 1 の単独の腐食反応が進行する。ただ、ステンレス板 1 は、腐食しにくい金属である上、腐食したとしても腐食ピット 11 (前記の図 18 参照) は局在化する。そのため、腐食ピット 11 の形成による電気抵抗値の変化は無視できる。

【 0 0 3 2 】

図 5 は、アルミニウム片 2 が溶解する前後での電気抵抗の等価回路の変化を示す図である。この図 5 は、第一実施形態の腐食監視装置 10 による測定原理を説明するものである。詳細は図 7 を参照しながら後記するが、アルミニウム (第二金属) の電気抵抗率は、ステンレス鋼 (第一金属) の電気抵抗率よりも小さい。即ち、ステンレス鋼は、アルミニウムと比べて、電気伝導性が低い。従って、図 5 (a) において、引き出し電極 3, 3 (図 1 参照) の間に電流が流れると、ステンレス板 1 とアルミニウム片 2 とが接合している部分では、ステンレス板 1 よりもアルミニウム片 2 に優先的に電流が流れることになる (図 5 (a) における太線矢印)。

【 0 0 3 3 】

そして、この現象を等価回路により模式的に示せば、図 5 (a) の下部に示すように、アルミニウム片 2 が接合されていないステンレス板 1 の部分には、抵抗 R_{C1} , R_{C3} が接続していると考えることができる。一方で、ステンレス板 1 とアルミニウム片 2 との接合部分では、前記のようにステンレス鋼とアルミニウムとでは電気抵抗率に違いがあることから、ステンレス板 1 の部分では抵抗 R_{C2} が、また、アルミニウム片 2 の部分では抵抗 R_{A21} が並列に接続されていると考えることができる。このとき、 $R_{C2} > R_{A21}$ が成立する。なお、抵抗計 5 (図 1 参照) により測定されるセンサ部 1 0 a の抵抗値 R_0 は、 $R_0 = R_{C1} + R_{A21} \cdot R_{C2} / (R_{A21} + R_{C2}) + R_{C3}$ となる。

【 0 0 3 4 】

そして、前記の図 4 に示した機構により腐食が進行 (即ちアルミニウム片 2 の溶解が進行) すると、腐食の進行前 (図 5 (a) 参照) と比べて、アルミニウム片 2 における導通路が短くなり、アルミニウム片 2 よりも電気抵抗の大きなステンレス板 1 における導通路が長くなる。そのため、電気抵抗率が小さな導通路が短くなることから、電気抵抗が増大する。具体的には、当初アルミニウム片 2 が存在していた部分の抵抗 R_{A21} は抵抗 R_{A22} に上昇する。そして、抵抗計 5 (図 1 参照) により測定されるセンサ部 1 0 a の抵抗値 R_1 は、 $R_1 = R_{C1} + R_{A22} \cdot R_{C2} / (R_{A22} + R_{C2}) + R_{C3}$ となる。

【 0 0 3 5 】

これらのように、第一実施形態の腐食監視装置 1 0 では、アルミニウム片 2 の溶解によって、全体の抵抗が R_0 から R_1 に上昇する。このような抵抗変化は、アルミニウム片 2 の溶解の進行に伴い、連続的に生じる。そのため、第一実施形態の腐食監視装置 1 0 では、全体の抵抗変化 (上昇) を監視することで、アルミニウム片 2 の溶解、即ち金属の腐食度合いが監視されている。そして、アルミニウム片 2 が溶解することで電気抵抗がすぐに変化することから、腐食監視装置 1 0 は、腐食に対する応答性に優れている (この点については、図 6 を参照しながら再度説明する) 。

【 0 0 3 6 】

また、腐食監視装置 1 0 が設置される環境は、ある程度予測できることから、金属の腐食のし易さもある程度は予測することができる。そこで、腐食監視装置 1 0 の設置場所に応じて、アルミニウム片 2 の数を増やしたり、アルミニウム片 2 の厚さを厚くしたり、アルミニウム片 2 の大きさを大きくしたりすることで、長期間にわたってアルミニウム片 2 の溶解を生じさせることができ、耐久性を向上させることができる。

【 0 0 3 7 】

図 6 は、実施例の腐食監視装置 (図 1 に示す腐食監視装置 1 0) 及び比較例の腐食監視装置 (図 1 5 に示す腐食監視装置 7 0) における、アルミニウム片 2 の消失数及び腐食ピット数 1 1 (図 1 8 参照) の数と電気抵抗との関係を示すグラフである。腐食監視装置 1 0 , 7 0 で使用したステンレス板 1 及び銅板 7 1 として、幅 1 mm × 長さ 2 5 mm × 厚さ 1 0 0 nm のものを使用した。また、腐食監視装置 1 0 で使用したアルミニウム片 2 の大きさは直径 5 0 μ m × 厚さ 1 0 0 nm であり、5 0 μ m の間隔で 5 0 0 個配置した。そして、図 6 は、これらの腐食監視装置 1 0 , 7 0 のそれぞれに 5 mA の電流を流し続け、抵抗計 5 により測定される抵抗値をグラフ化したものである。

【 0 0 3 8 】

この図 6 に示すように、実施例の腐食監視装置 (図 1 に示す腐食監視装置 1 0) では、腐食の進行、即ちアルミニウム片 2 の消失数の増加に伴い、抵抗計 5 により測定される抵抗の大きさも増大した。しかし、比較例の腐食監視装置 (図 1 5 に示す腐食監視装置 7 0) では、腐食ピット 1 1 の数が増加しても、抵抗計 5 により測定される抵抗はほとんど変化しなかった。これは、腐食ピット 1 1 が銅板 7 1 の表面全体で進行する結果、腐食ピット 1 1 が形成したところで十分な断面積 (導通路) が確保されているため、抵抗変化がほとんど生じなかったと考えられる。従って、第一実施形態の腐食監視装置 1 0 によれば、耐久性とともに応答性にも優れた腐食監視装置とすることができるとわかった。

【 0 0 3 9 】

図7は、海水中での腐食電位と電気抵抗率との関係を示すグラフ（プロット）である。図7の横軸に示す腐食電位は、基準電極としての飽和カロメル電極（SCE）に対するものである。なお、本明細書では、説明の簡略化のために、塩分が潮解・溶解した水溶液中での腐食電位については示さないが、塩分が潮解・溶解した水溶液に対する腐食電位と電気抵抗率との関係も、図7に示す傾向と同様の傾向となる。

【0040】

前記のように、第一実施形態の腐食監視装置10では、腐食しにくい金属としてステンレス鋼（ステンレス板1）が、また、腐食し易い金属としてアルミニウム（アルミニウム片2）が使用されている。ただし、使用可能な金属の組み合わせとしては、このような組み合わせに限られず、例えば図7のグラフに基づいて、適宜選択することができる。

10

【0041】

ただし、図4を参照しながら説明したカソード反応を生じさせる金属（前記のステンレス鋼に代えて使用可能な金属。以下、「第一金属」という）としては、腐食電位が比較的高く（腐食しにくく）、かつ、電気抵抗率も比較的大きな金属が好ましい。一方で、図4を参照しながら説明したアノード反応を生じさせる金属（前記のアルミニウムに代えて使用可能な金属。以下、「第二金属」という）としては、腐食電位が比較的低く（腐食し易く）かつ電気抵抗率が小さい金属が好ましい。従って、これらの金属を組み合わせ使用することが好ましい。この点を図7にあてはめていえば、第一金属を一つ選択した場合、その第一金属のプロットからみて概ね左下にある金属を第二金属として使用することが好ましい。

20

【0042】

ここで、第一金属と第二金属との電気抵抗率の差は、大きいことが好ましい。が大きいことで、第二金属が溶解（腐食）したときの抵抗変化を大きくすることができ、応答性を高めることができる。また、第一金属と第二金属との腐食電位の電位差Eは、第一金属の腐食をできるだけ抑制し、かつ、第二金属の腐食をできるだけ促すことで応答性を高める観点からは、大きいことが好ましい。ただ、Eが大きすぎると、第二金属の腐食が進行し過ぎ、耐久性が低下し易くなる。そこで、このような場合には、例えば第二金属の厚さを厚くしたり、大きさを大きくしたりすることで、耐久性を向上させることができる。また、耐久性を向上させるためには、隣接する第二金属片（例えばアルミニウム片2）同士の間隔を広げるようにしてもよい。

30

【0043】

これらのように、第一実施形態の腐食監視装置10、特にセンサ部10aでの電気抵抗の変化は、第一金属と第二金属との腐食電位の差E、第一金属と第二金属との電気抵抗率の差、第二金属の形状（大きさや厚さ等も含む）、隣接する第二金属片同士の間隔等に依存することになる。ただし、金属の種類によっては、温度による抵抗変化が大きい（即ち、抵抗温度係数が温度によって大きく変化する）ものがある。そこで、特に、腐食が抑制される第一金属としては、抵抗温度係数が小さいものが好ましい。ただし、抵抗温度係数が大きなものであっても、例えば、別途温度計を使用して、当該温度計により測定される温度に応じて、測定された抵抗を補正することで、高精度に腐食を監視することができる。

40

【0044】

これらの点を踏まえ、腐食対象となる第二金属としては、前記のアルミニウムのほか、鉄、銅、亜鉛及びマグネシウムのうちの少なくとも一種が好ましい。また、腐食ができるだけ抑制される第一金属としては、抵抗温度係数の小さな金属が好ましいことも考慮し、前記のステンレス鋼（SUS）のほか、ニッケル及びクロムのうちの少なくとも一種が好ましい。なお、クロムについては、図7では示していないが、クロムは、鉛と同程度の電気抵抗率を示し、かつ、ステンレス鋼（SUS）やニッケルと同程度の腐食電位を示す。そして、これらの第一金属及び第二金属の好適例の中から、図7にあてはめて、ある一つの第一金属と、その第一金属のプロットからみて概ね左下にある第二金属とを組み合わせ（例えばステンレス鋼（SUS）とアルミニウムとを組み合わせ）使用することが好

50

ましい。

【0045】

図8は、第二実施形態の腐食監視装置20の上面図である。図8に示す腐食監視装置20では、前記の腐食監視装置10とは異なり、アルミニウム片2の大きさが矩形状（正方形）になっている。ただし、それ以外の構成は前記の腐食監視装置10と同じであり、この矩形のアルミニウム片2を備えてセンサ部20aが構成されている。アルミニウム片2の一辺は例えば50 μ m～100 μ m程度である。そして、隣接するアルミニウム片2同士の間隔は、等間隔（例えば50 μ m～100 μ m程度）である。

【0046】

アルミニウム片2の形状を正形状にすることで、円形のアルミニウム片2と比較して、ステンレス板1の表面により多く接合することができる。これにより、腐食監視装置20の耐久性をより高めることができる。

【0047】

図9は、第三実施形態の腐食監視装置30の上面図である。図9に示す腐食監視装置30では、電流の通流方向（図9の紙面左右方向）に垂直な方向に、矩形状の複数のアルミニウム片2が接合されている。ただし、それ以外の構成は前記の腐食監視装置10と同じであり、この矩形状のアルミニウム片2を備えてセンサ部30aが構成されている。これにより、アルミニウム片2の大きさを前記の腐食監視装置10、20のものよりも大きくすることができ、長期間にわたってアルミニウム片2の腐食が進行することになる。そのため、抵抗変化を長期間にわたって監視し続けることができ、腐食監視装置30の耐久性を向上させることができる。

【0048】

また、アルミニウム片2の面積を大きく確保しつつ、かつ、アルミニウム片2の接合数を増加させることができる。これにより、一つのアルミニウム片2が仮に局部的に腐食してしまったとしても、残りのアルミニウム片2の腐食により、アルミニウム片2が腐食し続ける。これにより、抵抗変化を監視することができ、この点でも、腐食監視装置30の耐久性を向上させることができる。

【0049】

図10は、第四実施形態の腐食監視装置40の上面図である。図10に示す腐食監視装置40では、電流の通流方向（図9の紙面左右方向）と同じ方向に、矩形状の複数のアルミニウム片2が接合されている。ただし、それ以外の構成は前記の腐食監視装置10と同じであり、この矩形状のアルミニウム片2を備えてセンサ部40aが構成されている。これにより、前記の腐食監視装置30と同様、アルミニウム片2の大きさを前記の腐食監視装置10、20のものよりも大きくすることができ、腐食監視装置40の耐久性を向上させることができる。

【0050】

また、例えば局部的に腐食が発生すると、電流の通流方向に長いアルミニウム片2の途中が切断されることがある。これにより、電流の通流方向に配置されることで小さくなっていた電気抵抗が、大きく増大することになる。そして、このような場合には、腐食監視装置40が設置された環境において、局部的な腐食が発生し易い環境になっていると考えられる。電気電子装置の局部的な腐食は、特に電気電子装置の故障を招くことから、このような局部的な腐食可能性が高いことを早期に検知することで、電気電子装置の故障を早期に抑制することができる。

【0051】

図11は、第五実施形態の腐食監視装置50の上面図である。また、図12は、図11のB-B線端面図である。前記の各実施形態では、ステンレス板1の表面に、複数のアルミニウム片2が接合されていた。しかし、図11及び図12に示す腐食監視装置50では、ステンレス板1と、円形の貫通孔8aを複数有するアルミニウム板8とが、絶縁基板4上に接合（積層）されている。即ち、絶縁基板4上にステンレス板1が積層され、ステンレス板1の表面にアルミニウム板8が積層されている。この貫通孔8aの大きさは、前

10

20

30

40

50

記のアルミニウム片 2 の大きさと同じである。さらに、この貫通孔 8 a は、前記の図 1 を参照しながら正六角形 2 A と同様に、正六角形の各頂点の位置になるように配置されている。

【 0 0 5 2 】

また、ステンレス板 1 の表面のうち、アルミニウム板 8 で覆われていない部分には、防湿及び防ガスのため、シリコン樹脂やウレタン樹脂、エポキシ樹脂等により構成される被膜 9 が形成されている。従って、腐食監視装置 5 0 では、ステンレス板 1 と、貫通孔 8 a を有するアルミニウム板 8 と、絶縁基板 4 と、引き出し電極 3 , 3 と、被膜 9 とを備えてセンサ部 5 0 a が構成されている。

【 0 0 5 3 】

この腐食監視装置 5 0 では、上面視で、貫通孔 8 a を通じて、ステンレス板 1 の表面が外部に露出している。そして、このステンレス板 1 の表面に接合されたアルミニウム板 8 からみれば、この貫通孔 8 a の部分は窪んでいることになるから、この貫通孔 8 a の部分には、水膜 7 (図 1 1 及び図 1 2 では図示しない) が溜まり易い。そのため、ステンレス板 1 を構成するステンレス鋼とアルミニウム板 8 を構成するアルミニウムとの双方に水膜 7 が接触し易く、前記の図 4 を参照しながら説明したような反応を促すことができる。

【 0 0 5 4 】

また、前記の各実施形態と比べて、腐食対象となる金属であるアルミニウム板 8 の体積が極めて大きい。そのため、特に長期間にわたって、金属の腐食を監視することができる。さらには、ステンレス板 1 とアルミニウム板 8 との接合面積も広いことから、アルミニウム板 8 の密着強度が高い。そのため、アルミニウム板 8 の剥離を十分に防止でき、耐久性を高めることができる。

【 0 0 5 5 】

図 1 3 は、第六実施形態の腐食監視装置 6 0 の上面図である。図 1 4 は、図 1 3 の C - C 線端面図である。図 1 3 及び図 1 4 に示す監視腐食装置 6 0 は、腐食対象となるステンレス板 1 及びアルミニウム片 2 を有するセンサ部 6 0 a と、同じくステンレス板 1 及びアルミニウム片 2 を有するものの腐食しない基準センサ部 6 0 b とを備えている。

【 0 0 5 6 】

これらのうち、センサ部 6 0 a は、前記の図 1 に示したセンサ部 1 0 a と同じ構成を有するものであり、抵抗計 5 a によって、電流通流時の電気抵抗が測定される。一方で、基準センサ部 6 0 b は、前記のセンサ部 1 0 a (図 1 参照) を構成するステンレス板 1 及びアルミニウム片 2 を覆うように形成された被膜 1 2 を備えている。そして、抵抗計 5 b により、電流通流時の電気抵抗が測定される。被膜 1 2 は、防湿及び防ガスのために形成され、シリコン樹脂やウレタン樹脂、エポキシ樹脂等により構成されている。

【 0 0 5 7 】

前記のように、温度によって、金属の抵抗は変化することがある。そこで、図 1 3 及び図 1 4 に示す腐食監視装置 6 0 では、このような温度変化を考慮して、金属の腐食の監視が行われる。具体的には、センサ部 6 0 a での抵抗値と、基準センサ部 6 0 b での抵抗値との差分を評価することで、温度を考慮した金属の腐食を監視することができる。これにより、より精度の高い金属腐食の監視を行うことができる。

【 0 0 5 8 】

以上、六つの実施形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は前記の例に限られるものではない。例えば、前記の実施形態は、適宜組み合わせて実施することができる。また、各種変形を加えたうえで実施することもできる。

【 0 0 5 9 】

例えば、前記の実施形態では、絶縁基板 4 の表面に、腐食しにくい金属であるステンレス板 1 と、ステンレス板 1 の表面に腐食し易いアルミニウム片 2 やアルミニウム板 8 がこの順で接合されていた。しかし、ステンレス板 1 と、アルミニウム片 2 やアルミニウム板 8 との接合順序 (積層順序) は逆であってもよい。即ち、例えば、絶縁基板 4 と、アルミニウム板 8 と、貫通孔を有するステンレス板 1 とがこの順で接合されるようにしてもよい

10

20

30

40

50

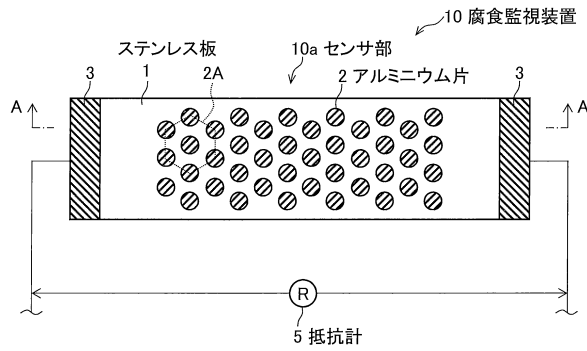
。ただし、この場合、前記の引き出し電極 3 , 3 は、ステンレス板 1 に接続されることになる。

【符号の説明】

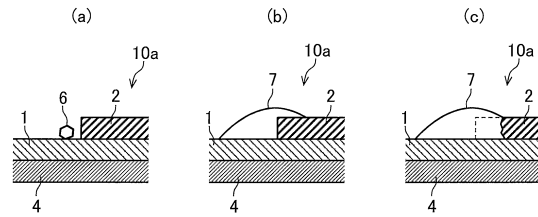
【 0 0 6 0 】

1	ステンレス板（第一金属層）	
2	アルミニウム片（第二金属層）	
3	引き出し電極（一对の電極）	
4	絶縁基板	
5	抵抗計（抵抗測定装置）	
5 a	抵抗計（抵抗測定装置）	10
5 b	抵抗計（抵抗測定装置）	
6	塩分	
7	塩分が潮解して形成された水膜	
8	アルミニウム板（第二金属層）	
9	被膜	
1 0	腐食監視装置	
1 0 a	センサ部	
1 1	腐食ピット	
1 2	被膜	
2 0	腐食監視装置	20
2 0 a	センサ部	
3 0	腐食監視装置	
3 0 a	センサ部	
4 0	腐食監視装置	
4 0 a	センサ部	
5 0	腐食監視装置	
5 0 a	センサ部	
6 0	腐食監視装置	
6 0 a	センサ部	
6 0 b	基準センサ部（センサ部）	30

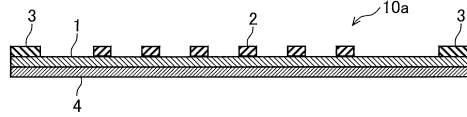
【図 1】



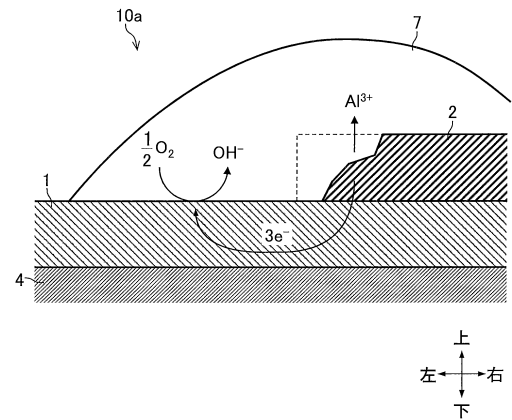
【図 3】



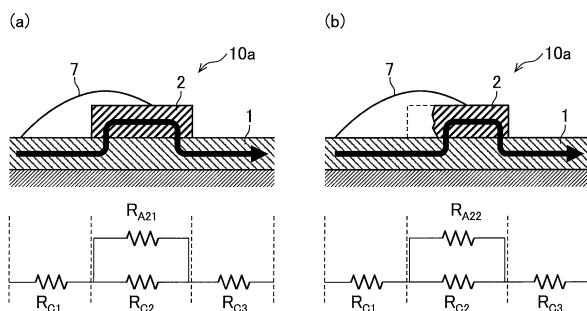
【図 2】



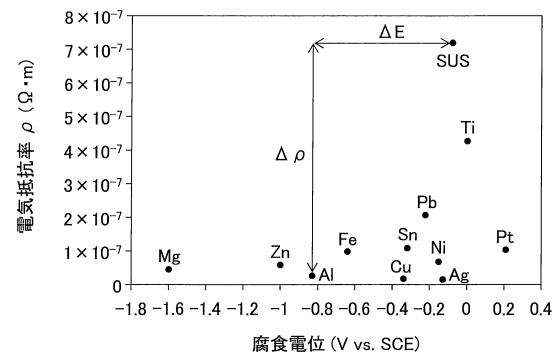
【図 4】



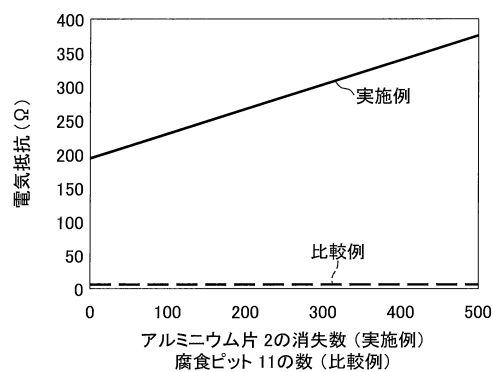
【図 5】



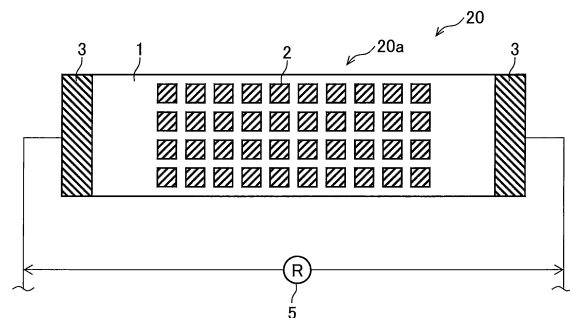
【図 7】



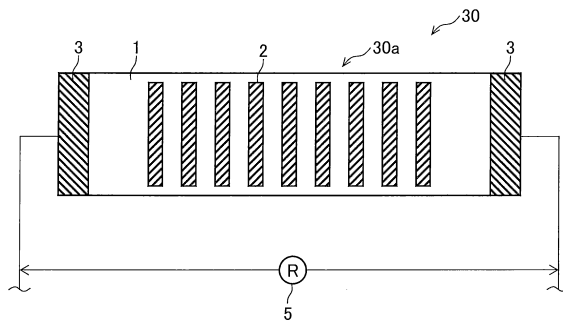
【図 6】



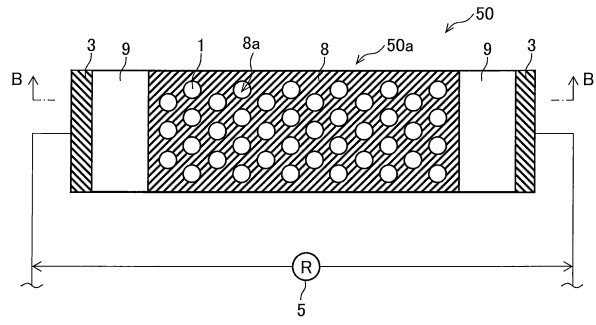
【図 8】



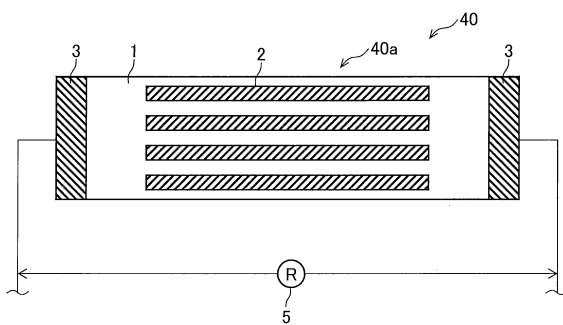
【図 9】



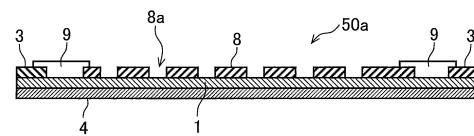
【図 11】



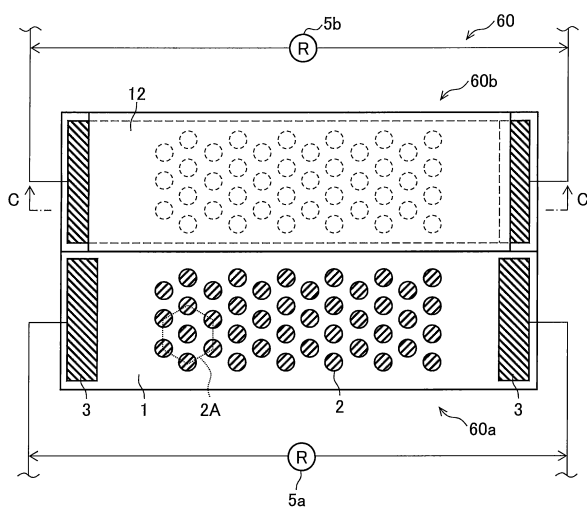
【図 10】



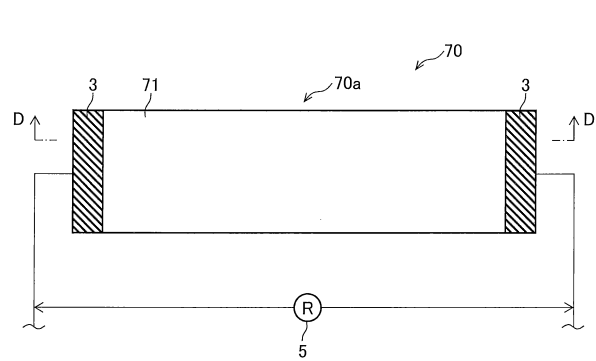
【図 12】



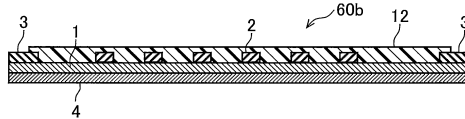
【図 13】



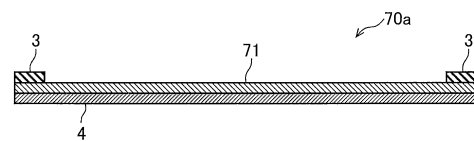
【図 15】



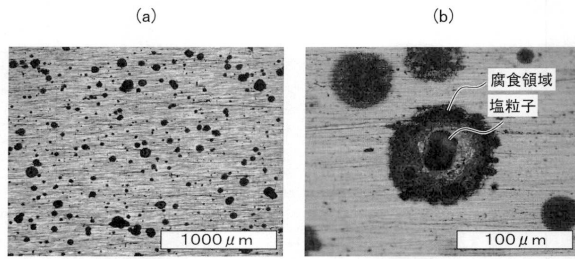
【図 14】



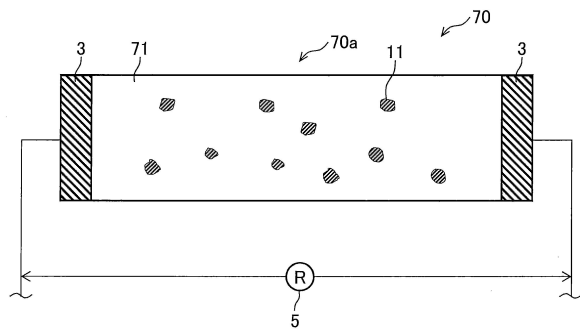
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-150806(JP,A)
特開2007-163324(JP,A)
国際公開第2013/042179(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/00 - 27/10
G01N 27/14 - 27/26
G01N 17/00 - 17/04