

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月24日(24.05.2018)



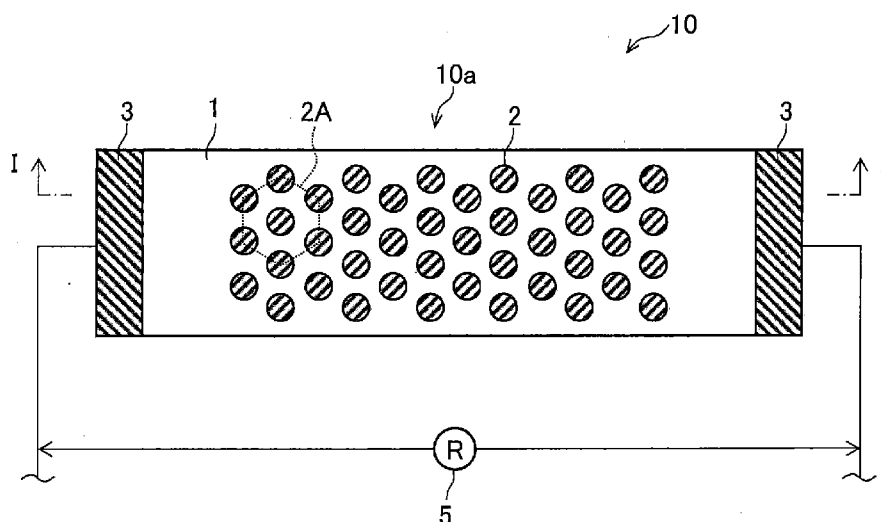
(10) 国際公開番号

WO 2018/092519 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 27/04 (2006.01) *G01N 17/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/038201
- (22) 国際出願日: 2017年10月23日(23.10.2017)
- (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 2016-225394 2016年11月18日(18.11.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 南谷 林太郎(MINAMITANI Rintarou);
〒1008280 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所(ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目1番18号 ヒューリック虎ノ門ビル 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: CORROSION MONITORING DEVICE

(54) 発明の名称: 腐食監視装置



(57) Abstract: A corrosion monitoring device (10) is provided with a sensor unit (10a) that has: an insulating substrate (4); a stainless steel plate (1), which is disposed on the insulating substrate, and which is formed of a stainless steel; an aluminum piece (2), which is connected to the stainless steel plate, and which is formed of aluminum having a lower corrosion potential than the stainless steel, and a smaller electrical resistivity than the stainless steel; and extraction electrodes (3, 3) connected to the stainless steel plate. The corrosion monitoring device is also provided with a resistance meter (5) that measures electrical resistance of the sensor unit when a current is carried to the sensor unit.

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：絶縁基板（４）と、絶縁基板上に配置され、ステンレスにより構成されたステンレス板（１）と、ステンレス板に接合しており、ステンレスよりも腐食電位が低く、かつ、ステンレスよりも電気抵抗率の小さなアルミニウムにより構成されたアルミニウム片（２）と、ステンレス板に接続された引き出し電極（３），（３）と、を有するセンサ部（１０a）と、当該センサ部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計（５）と、を備える腐食監視装置（１０）とする。

明 細 書

発明の名称：腐食監視装置

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。

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。

[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。

先行技術文献

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 に記載の汚染監視装置では、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 に記載の汚染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对の電極と、を有するセンサ部と、当該一对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Ⅰ－Ⅰ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、左側の図は塩分が付着した直後の様子、中央の図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、右側の図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 1 1 のII－II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 1 3 のIII－III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 1 5 のIV－IV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、右側の図は左側の図の 1 0 倍拡大図である。

[図18]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IV－IV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、一対の引き出し電極 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 が腐食することに伴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、右側の図は左側の図の 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 の右側の図では、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 の右側の図に示すように、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 11 の様子を示す図である。腐食監視装置 70 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 70（より具体的にはセンサ部 70a）を構成する銅板 71 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 17 を参照しながら説明したように、 $50\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 程度の間隔で付着するものと考えられる。そのため、銅板 71 の表面に生じる腐食領域である腐食ピット 11 も、 $50\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 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。

[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 I-I 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。

[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 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] 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 2 A 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 $10\ \mu\text{m}$ 程度以下、好ましくは $1\ \mu\text{m}$ 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 $50\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ 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 $50\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ 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。

[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 10 a 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 10 a）に塩分 6 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、左側の図は塩分 6 が付着した直後の様子、中央の図は付着した

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、右側の図は架橋された水膜 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。

[0027] 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 の左側の図に示すように、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 の中央の図に示すように、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。

[0028] 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 の右側の図に示すように、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。

[0029] 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。

[0030] 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： $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ ）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。

[0031] 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。

[0032] 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 の左側の図において、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 1 とアルミニウム 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 2 に優先的に電流が流れることになる（図 5 の左側の図における太線矢印）。

[0033] そして、この現象を等価回路により模式的に示せば、図 5 の左側の図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10a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。

[0034] 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の左側の図参照）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（図5の右側の図参照）。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10a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。

[0035] これらのように、第一実施形態の腐食監視装置10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10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10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）。

[0036] また、腐食監視装置10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10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。

[0037] 図6は、実施例の腐食監視装置（図1に示す腐食監視装置10）及び比較

例の腐食監視装置（図 15 に示す腐食監視装置 70）における、アルミニウム片 2 の消失数及び腐食ピット数 11（図 18 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 10, 70 で使用したステンレス板 1 及び銅板 71 として、幅 1 mm×長さ 25 mm×厚さ 100 nm のものを使用した。また、腐食監視装置 10 で使用したアルミニウム片 2 の大きさは直径 50 μ m×厚さ 100 nm であり、50 μ m の間隔で 500 個配置した。そして、図 6 は、これらの腐食監視装置 10, 70 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。

[0038] 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 10）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 15 に示す腐食監視装置 70）では、腐食ピット 11 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 11 がステンレス板 1 の表面全体で進行する結果、腐食ピット 11 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 10 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ことがわかった。

[0039] 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。

[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。

[0042] ここで、第一金属と第二金属との電気抵抗率の差 $\Delta\rho$ は、大きいことが好ましい。 $\Delta\rho$ 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 ΔE 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、 ΔE 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。

[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 ΔE 、第一金属と第二金属との電気抵抗率の差 $\Delta\rho$ 、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。

[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 $50\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ 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 $50\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ 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板2と比較して、ステンレス板2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 30 a 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 が仮に局所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 40 a 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、例えば局所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、局所的な腐食が発生し易い環境になっていると考えられる。電気電子装置の局所的な腐食は、特に電気電子装置の故障を招くことから、このような局

所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 1 1 は、第五実施形態の腐食監視装置 5 0 の上面図である。また、図 1 2 は、図 1 1 のII-II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、複数個のアルミニウム片 2 が接合されていた。しかし、図 1 1 及び図 1 2 に示す腐食監視装置 5 0 では、ステンレス板 1 と、円形の貫通孔 8 a を複数有するアルミニウム板 2 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 2 が積層されている。この貫通孔 8 a の大きさは、前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。

[0052] 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。

[0053] 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 2 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 2 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。

[0054] 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 2 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 2 との接合面積も広いことから、アルミニウム板 2 の密着強度が高い。そのため、アルミニウム板 2 の剥離を十分に防止でき、耐久性を高めることができる。

[0055] 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III-III線端面図である。図 1 3 及び図 1 4 に示す腐食監視装置 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。

[0056] 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ている。

[0057] 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、腐食監視装置 6 0 a での抵抗値と、腐食監視装置 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。

[0058] 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。

[0059] 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。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

- [0060] 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）
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
10 腐食監視装置
10 a センサ部
11 腐食ピット
12 被膜
20 腐食監視装置
20 a センサ部
30 腐食監視装置
30 a センサ部
40 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）

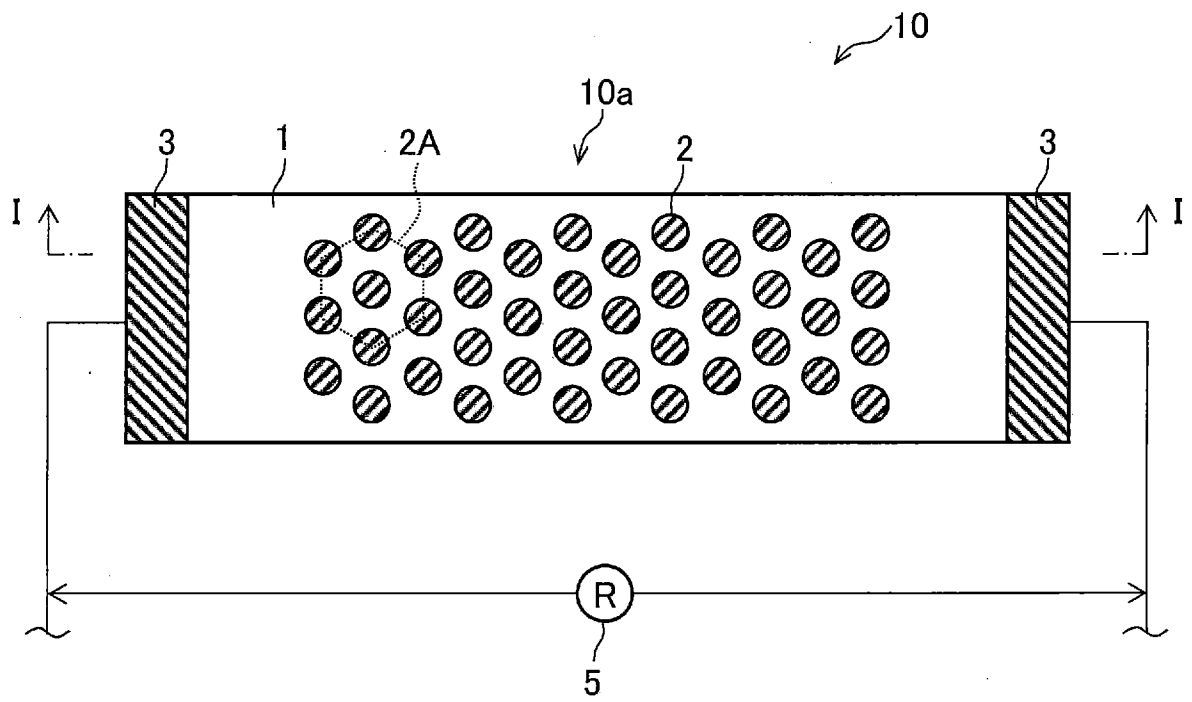
請求の範囲

- [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。
- [請求項2] 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、請求項1に記載の腐食監視装置。
- [請求項3] 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又は2に記載の腐食監視装置。
- [請求項4] 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3に記載の腐食監視装置。
- [請求項5] 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6] 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。

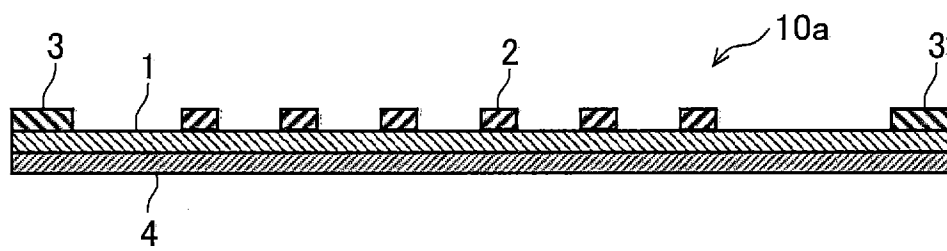
載の腐食監視装置。

[請求項7] 前記絶縁基板と、前記第二金属層と、前記第一金属層とは、この順で接合され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。

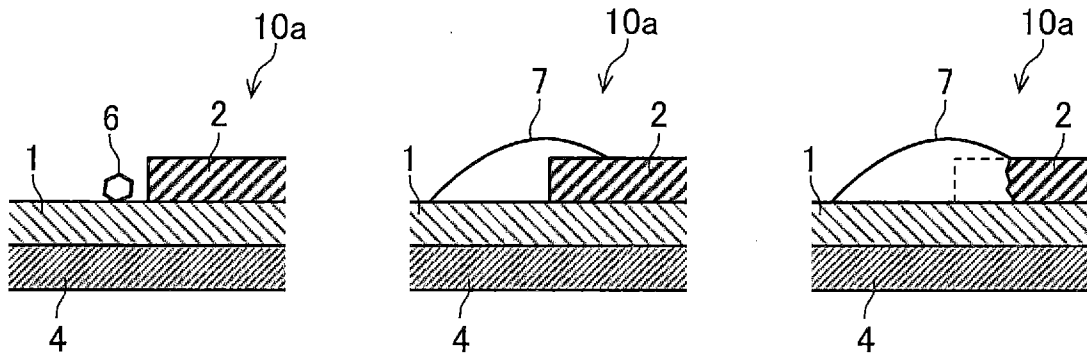
[図1]



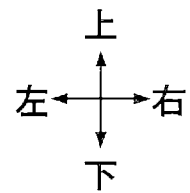
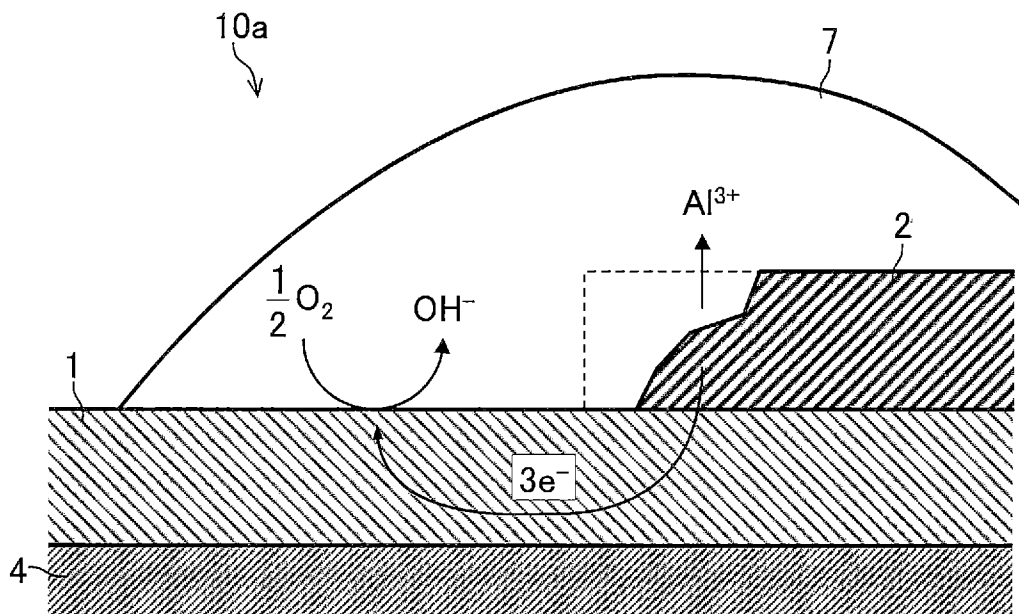
[図2]



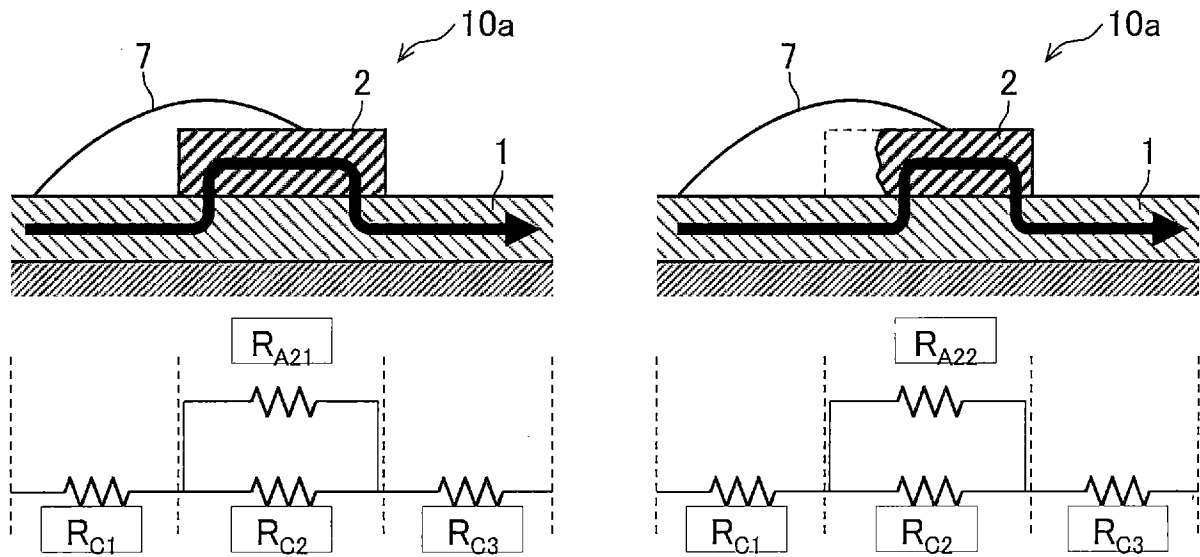
[図3]



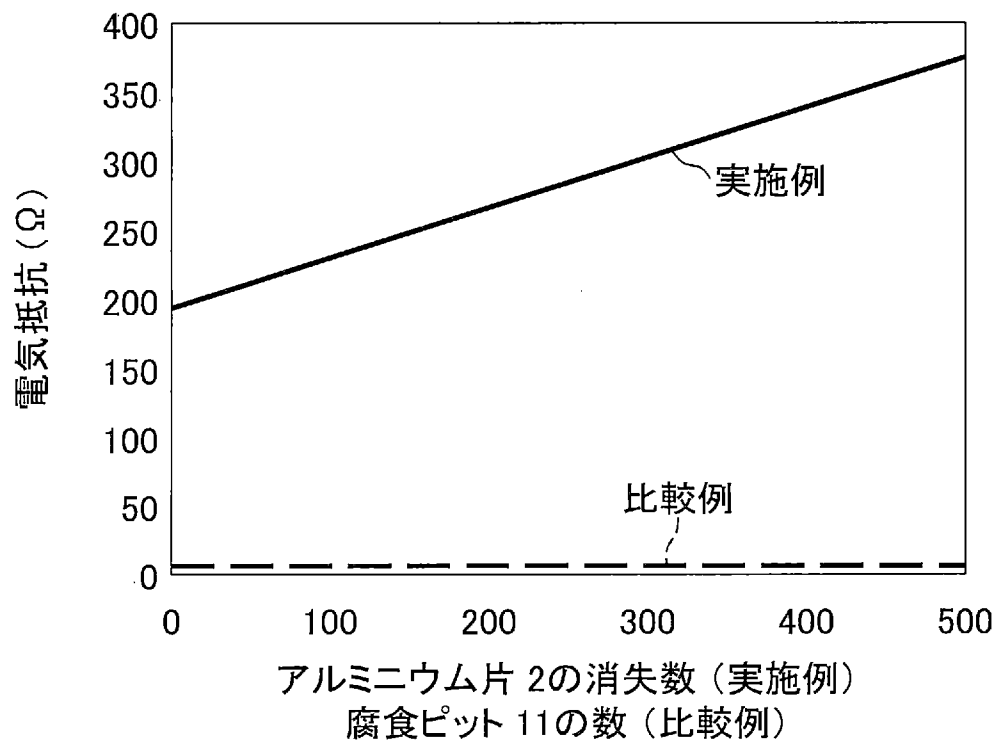
[図4]



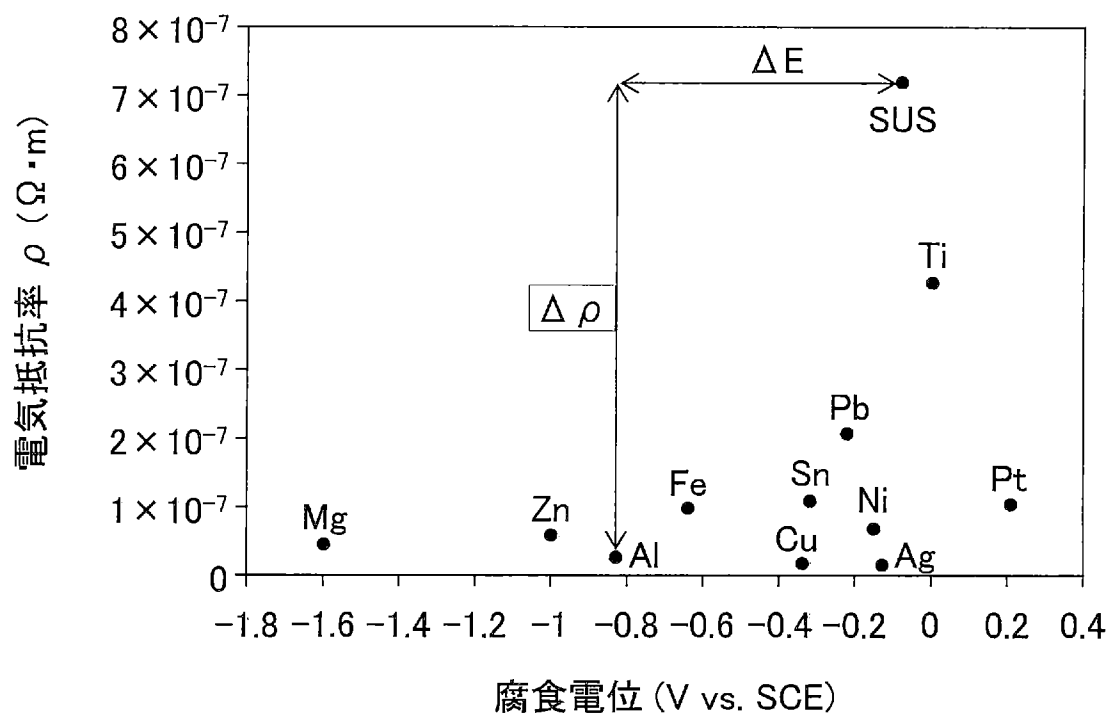
[図5]



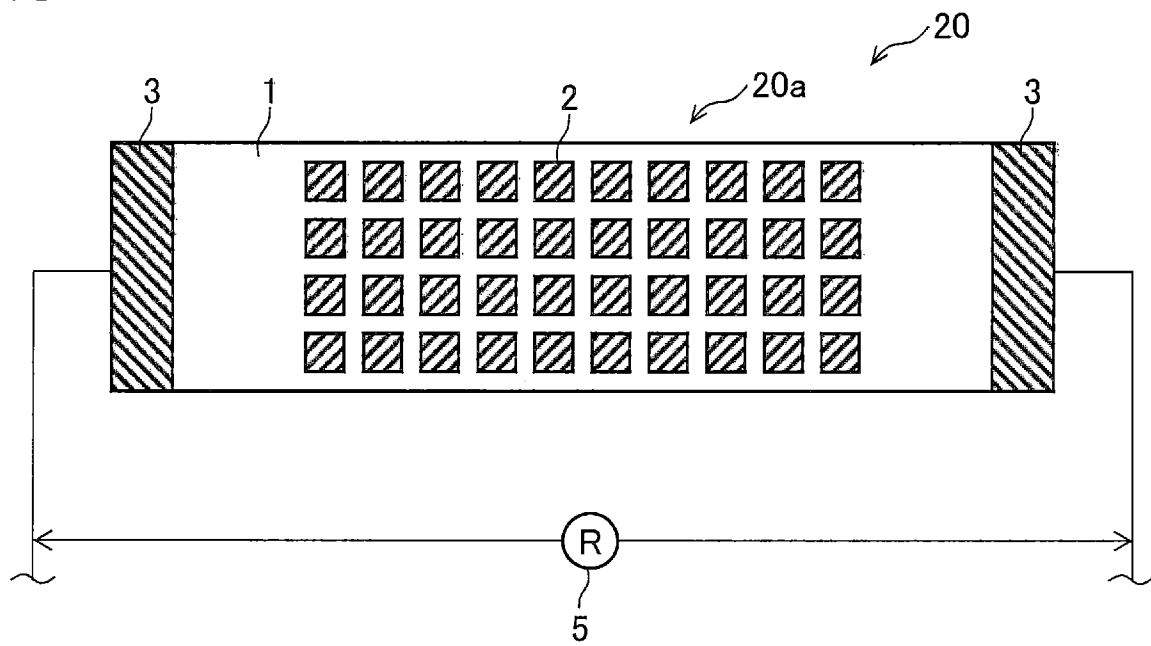
[図6]



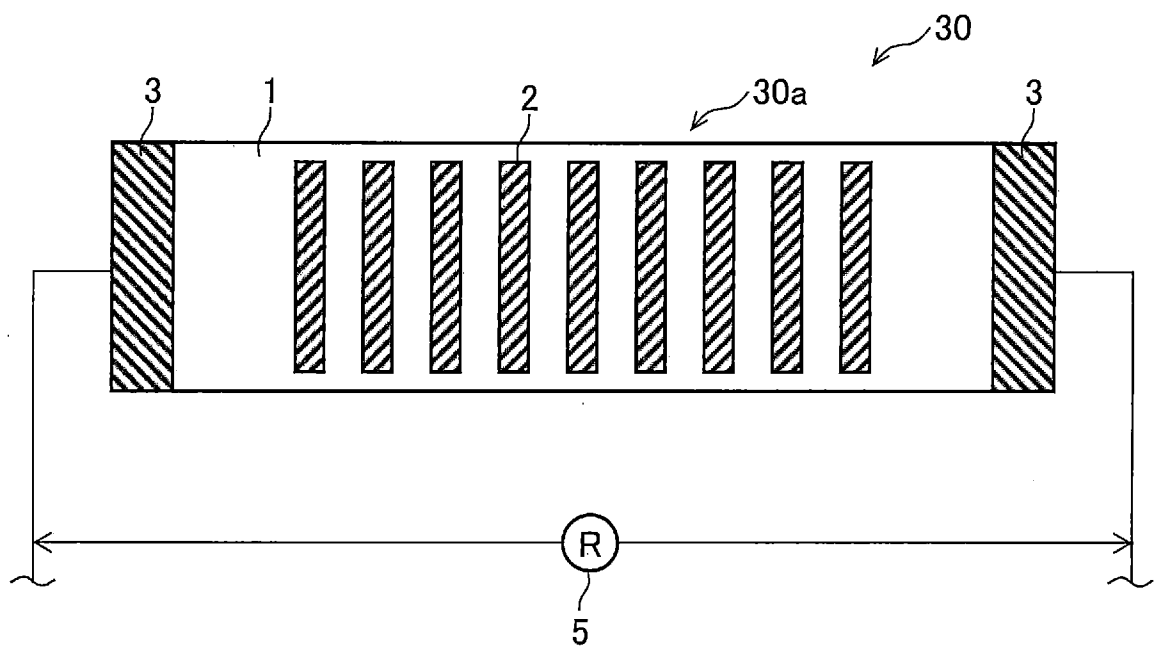
[図7]



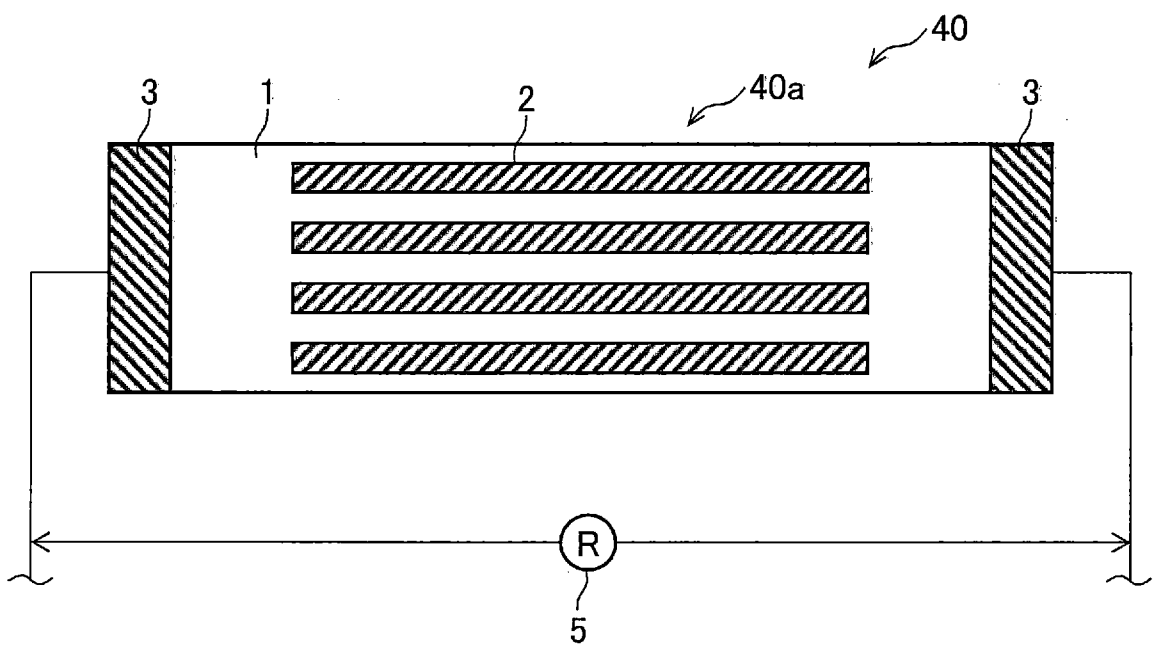
[図8]



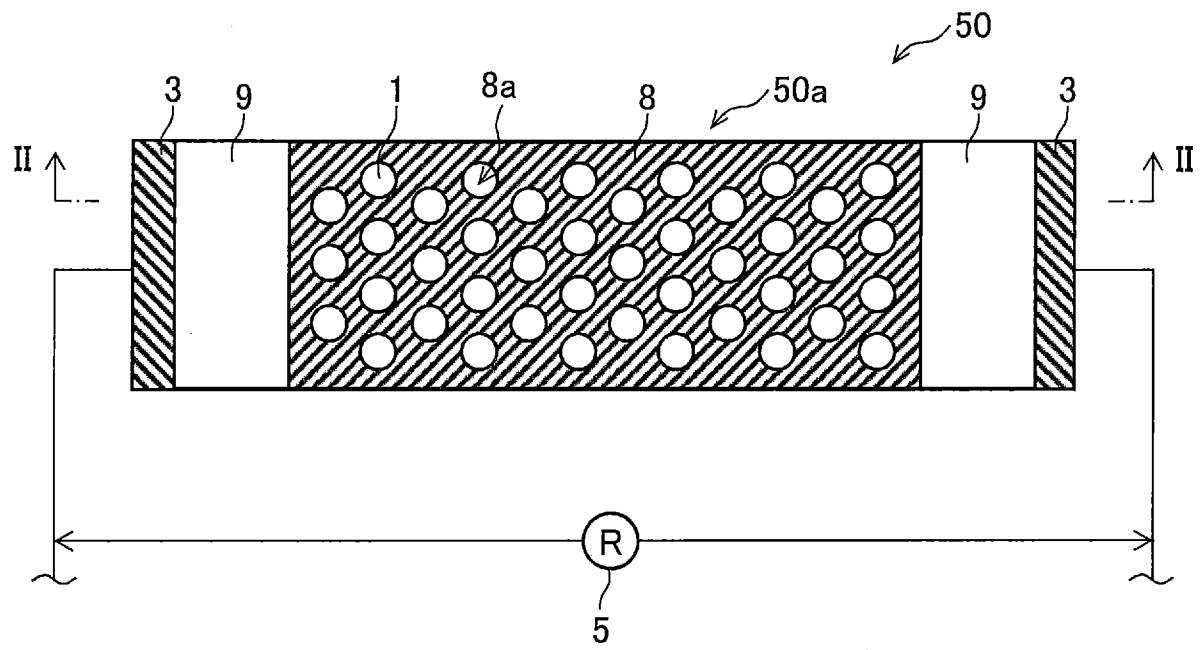
[図9]



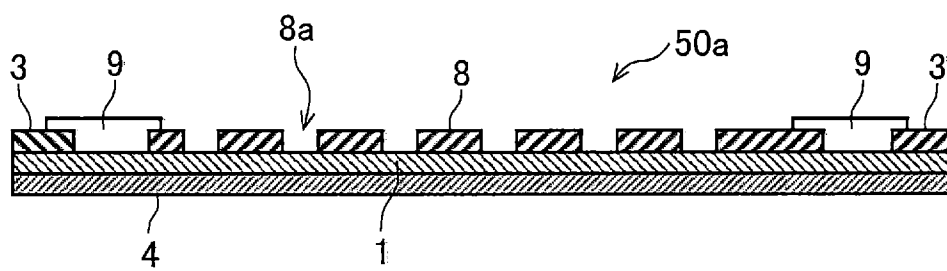
[図10]



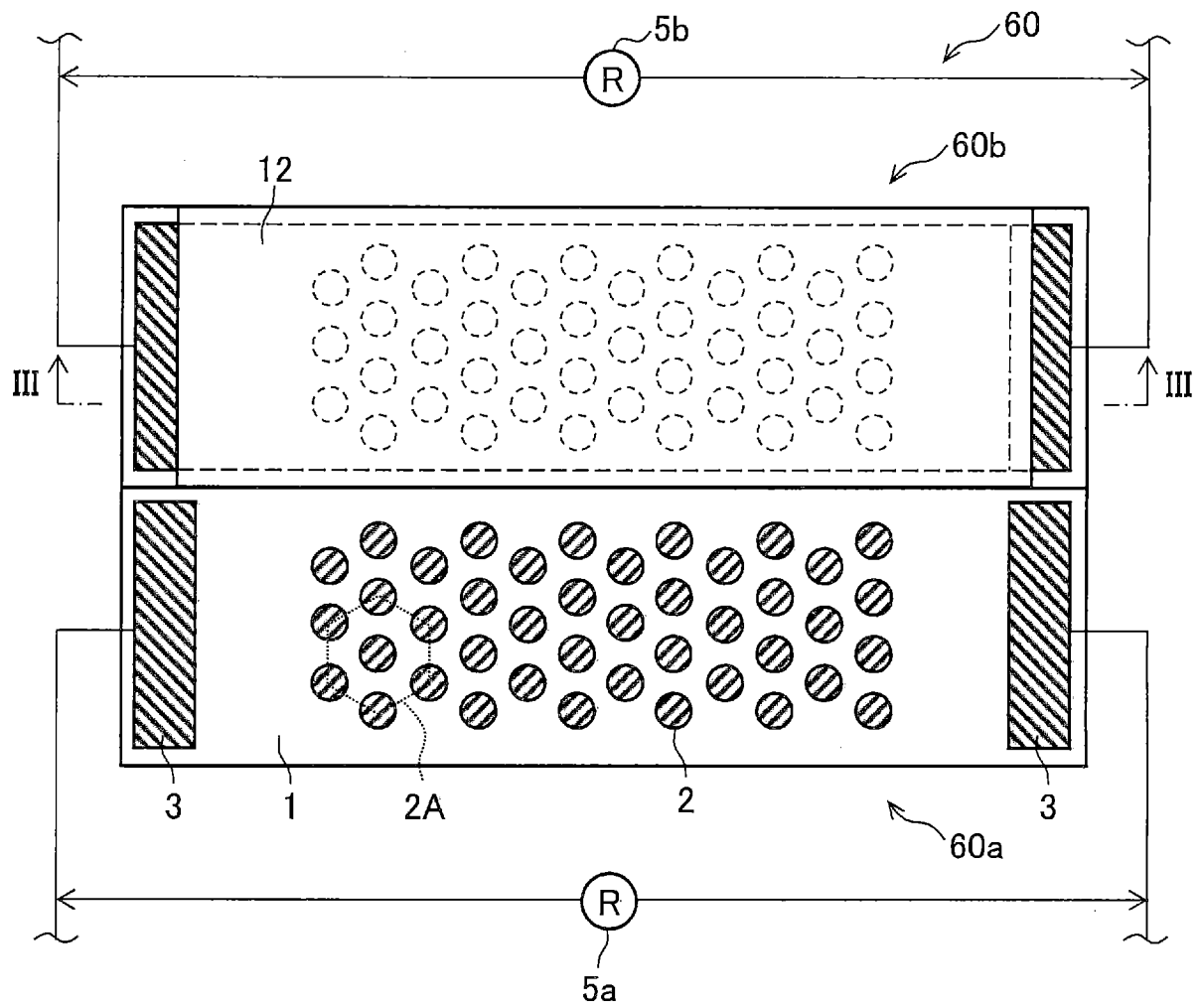
[図11]



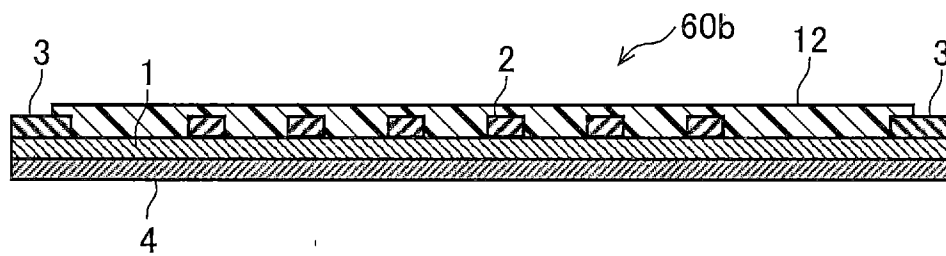
[図12]



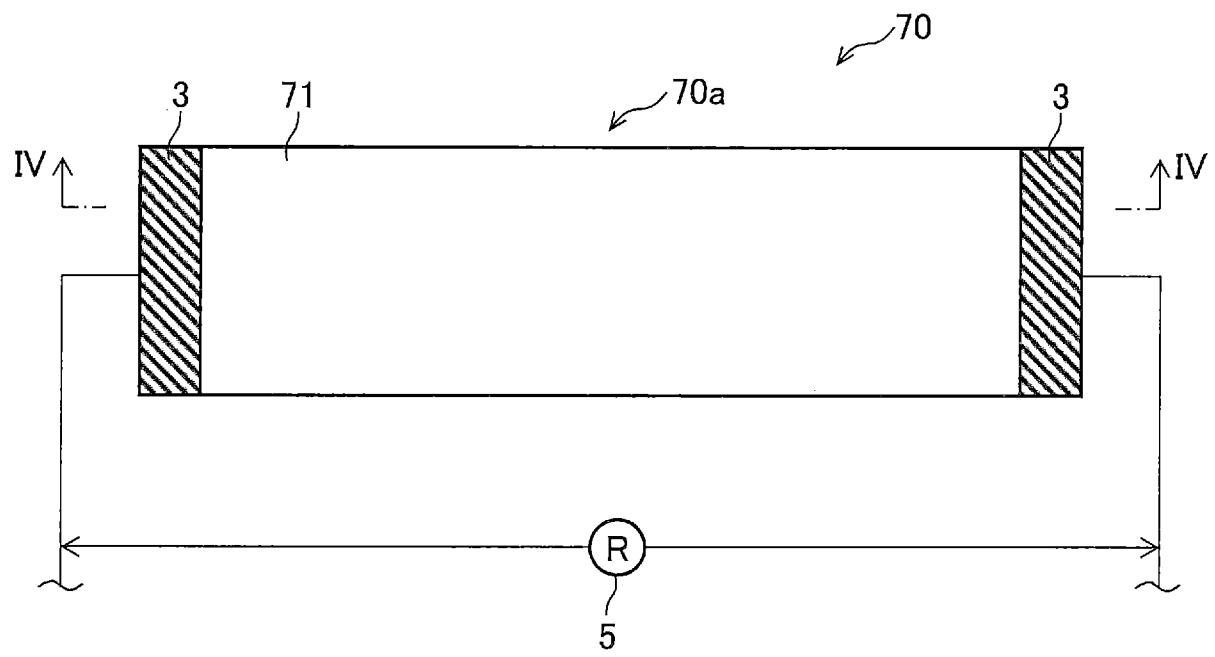
[図13]



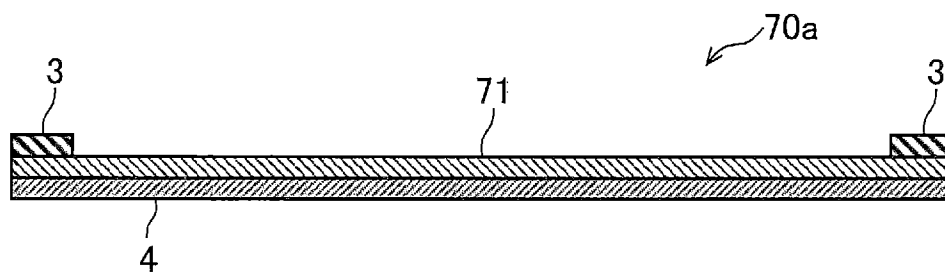
[図14]



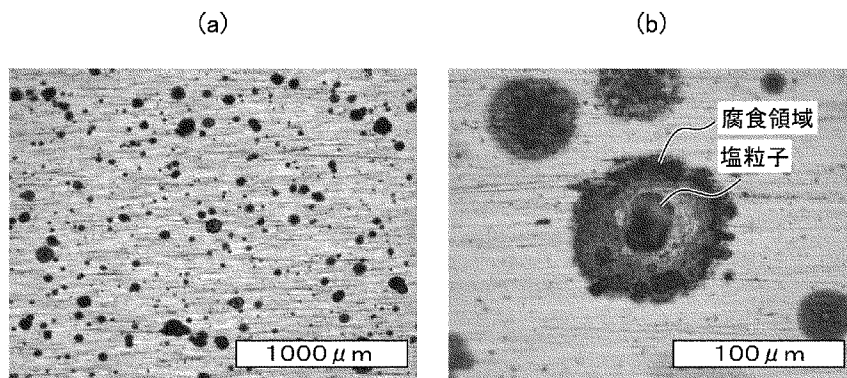
[図15]



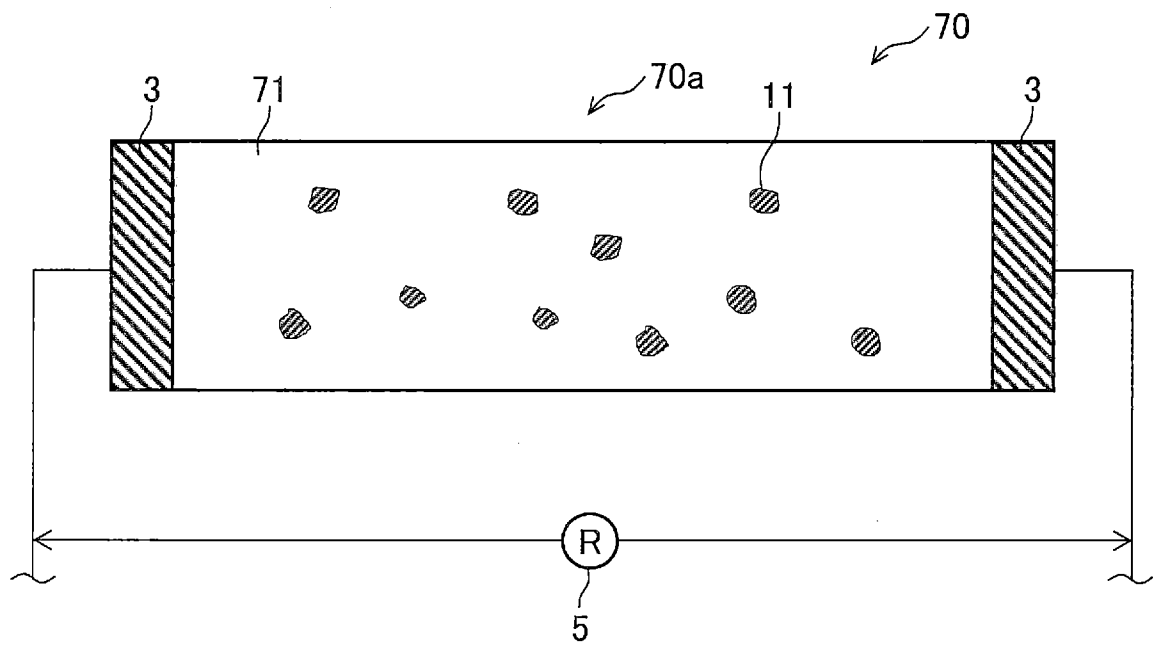
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/038201

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N27/04 (2006.01) i, G01N17/00 (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)

Int.Cl. G01N27/00-27/10, G01N27/14-27/24, G01N17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2009-150806 A (NEC CORP.) 09 July 2009, paragraphs [0020]-[0060] (Family: none)	1, 6-7 2-5
A	WO 2013/042179 A1 (HITACHI, LTD.) 28 March 2013 & US 2014/0190239 A1 & CN 103733043 A	1-7
A	US 2011/0187395 A1 (MORGAN et al.) 04 August 2011 & WO 2009/141639 A1 & EP 2124035 A1	1-7

☐ 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

"I" 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
13 November 2017 (13.11.2017)

Date of mailing of the international search report
28 November 2017 (28.11.2017)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N27/04(2006.01)i, G01N17/00(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. G01N27/00-27/10, G01N27/14-27/24, G01N17/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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）

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 請求項の番号
X A	JP 2009-150806 A（日本電気株式会社）2009.07.09, [0020] - [0060]（ファミリーなし）	1, 6-7 2-5
A	WO 2013/042179 A1（株式会社日立製作所）2013.03.28, & US 2014/0190239 A1 & CN 103733043 A	1-7
A	US 2011/0187395 A1（MORGAN et al.）2011.08.04, & WO 2009/141639 A1 & EP 2124035 A1	1-7

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

13.11.2017

国際調査報告の発送日

28.11.2017

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）

田中 秀直

2W

3409

電話番号 03-3581-1101 内線 3258