

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6506849号  
(P6506849)

(45) 発行日 平成31年4月24日(2019.4.24)

(24) 登録日 平成31年4月5日(2019.4.5)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 N 27/00	(2006.01)	GO 1 N 27/00	L
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 19 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-544406 (P2017-544406)	(73) 特許権者	000005108
(86) (22) 出願日	平成28年8月25日 (2016.8.25)		株式会社日立製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/074790		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(87) 国際公開番号	W02017/061182	(74) 代理人	110000350
(87) 国際公開日	平成29年4月13日 (2017.4.13)		ポレール特許業務法人
審査請求日	平成30年2月26日 (2018.2.26)	(72) 発明者	南谷 林太郎
(31) 優先権主張番号	特願2015-199193 (P2015-199193)		日本国東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(32) 優先日	平成27年10月7日 (2015.10.7)		株式会社日立製作所内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

審査官 蔵田 真彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 腐食環境モニタリング装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

その一方面に開口部を有し、該開口部の面以外の面を封止することで内部に空間部を形成した筐体と、前記空間部の奥行き側から前記開口部に向けて配置され腐食性物質に対して腐食しにくい第1の薄膜金属と、該第1の薄膜金属を支持部材として該第1の薄膜金属に沿って前記空間部内に前記空間部の奥行き側から前記開口部に向けて配置され腐食性物質に対して腐食しやすい計測部材である第2の薄膜金属と、前記第1の薄膜金属の両側に設置され、外部電圧が印可される端子とから構成された腐食環境モニタリング装置であって、

前記空間部の奥行き側から前記開口部に向けて配置された1つの前記第1の薄膜金属の片側または両側に前記第2の薄膜金属が前記空間部内に奥行き側から前記開口部に向けて配置されていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記空間部に沿ってコ字状に前記第1の薄膜金属を配置し、コ字状の前記第1の薄膜金属の前記開口部側の面を除く3面で前記第2の薄膜金属を支持するように配置するとともに、前記第2の薄膜金属は、その前記開口部側中央から奥行き方向にスリットが形成されていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

10

20

前記第 1 の薄膜金属は、前記開口部側中央から奥行き方向に配置され、前記第 2 の薄膜金属は前記第 1 の薄膜金属の片側または両側に前記空間部内に奥行き側から前記開口部に向けて配置されていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記第 2 の薄膜金属は、前記空間部内にその端部まで配置されていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記第 2 の薄膜金属は、前記空間部内の一部に配置されていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

10

【請求項 6】

請求項 1 に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記第 1 の薄膜金属は、前記空間部の開口部の対向する面側に設けられた 2 つの前記端子間に形成されたコ字状の支持部材であって、開口部側で折り返すとともに、行きまたは帰りのいずれか一方または双方の前記支持部材が前記空間部内を通り、前記第 2 の薄膜金属を支持していることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記第 1 の薄膜金属は、前記筐体の基板部に保持されているとともに、少なくとも前記筐体の基板部は透明にされていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

20

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記第 1 の薄膜金属の両側に設置され、外部電圧が印可される端子は、4 端子構成とされることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

腐食前の前記第 2 の薄膜金属の抵抗は、前記第 1 の薄膜金属の抵抗よりも十分に小さい値であって、腐食後の前記第 2 の薄膜金属の抵抗は、前記第 1 の薄膜金属の抵抗よりも十分に大きい値とされていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

30

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記開口部から前記空間部内に侵入する腐食性物質による第 2 の金属薄膜の腐食領域の拡大に応じて変化する前記第 2 の金属薄膜の電気抵抗を測定することを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記開口部から侵入する前記腐食性物質の拡散方向に前記第 2 の金属薄膜の腐食領域が拡大し、前記腐食領域の拡大に応じて増大する前記第 2 の金属薄膜の電気抵抗を測定することを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

40

【請求項 12】

請求項 11 に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記電気抵抗は、前記第 1 の金属薄膜の電気抵抗及び前記第 2 の金属薄膜の電気抵抗の和に基づいて測定されることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

前記腐食領域の拡大に応じて前記第 2 の金属薄膜の前記電気抵抗が増大することを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項 14】

請求項 1 から請求項 13 のいずれか 1 項に記載の腐食環境モニタリング装置であって、

50

前記第1の金属薄膜の材料には、チタン、クロム、金、パラジウム又は銀パラジウム合金のうち少なくとも一つが含まれることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項15】

請求項1から請求項14のいずれか1項に記載の腐食環境モニタリング装置であって、前記第2の金属薄膜の材料には、銅、銀、アルミニウム、鉄又は亜鉛のうち少なくとも一つが含まれることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項16】

筐体内に一方にのみ開口する空間部を形成し、腐食性物質に対して腐食しにくい第1の薄膜金属により支持して前記腐食性物質に対して腐食しやすい第2の薄膜金属を前記空間部内に配置するとともに前記第1の薄膜金属の両端を計測用の端子とし、前記端子間における電気抵抗は前記腐食前の第2の薄膜金属の電気抵抗と前記第1の薄膜金属の電気抵抗による並列回路と、前記腐食後の第2の薄膜金属の電気抵抗と前記第1の薄膜金属の電気抵抗による並列回路による直列回路を形成するように前記第1の薄膜金属と前記第2の薄膜金属を配置することを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

10

【請求項17】

請求項16に記載の腐食環境モニタリング装置であって、腐食前の前記第2の薄膜金属の抵抗は、前記第1の薄膜金属の抵抗よりも十分に小さい値であって、腐食後の前記第1の薄膜金属の抵抗は、前記第1の薄膜金属の抵抗よりも十分に大きい値とされていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

20

【請求項18】

請求項16または請求項17に記載の腐食環境モニタリング装置であって、前記第2の薄膜金属のTCR値は、前記第1の薄膜金属のTCR値よりも十分に大きい値とされていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。

【請求項19】

雰囲気中の腐食性物質の侵入を制御する少なくとも一つの通路内に形成した金属薄膜の腐食度から腐食環境をモニタリングする腐食環境モニタリング方法において、

前記通路の一方端は開口部、他方端は閉止部とされて、前記通路に沿って設けた腐食しにくい金属薄膜により前記通路に沿って設けた腐食しやすい金属薄膜を接触支持し、前記腐食しにくい金属薄膜の端子間で電気抵抗を測定し、前記通路から侵入する前記腐食性物質による金属薄膜の腐食領域の拡大に応じて変化する金属薄膜の電気抵抗を測定し、

30

測定した前記電気抵抗に基づいて、環境の腐食性を定量化することを特徴とする腐食環境モニタリング方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、屋内環境、主に電気電子装置が設置されている環境を対象に、当該環境中に存在する腐食性物質による腐食度合いを測定する腐食環境モニタリング装置および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

本技術分野の背景技術として、特開2003-294606号公報(特許文献1)がある。この公報には、本環境評価装置として、1)環境中のガス成分と反応する素子部分、2)素子の変化を検出し電気信号に変える部分、3)測定結果を記憶する部分を基本とし、特に、検出素子として複数の金属薄膜(銀、銅、鉄、ステンレス鋼からなる膜厚0.1μmの金属薄膜)を用いていることに特徴がある。金属薄膜の光反射率、光透過率、電気抵抗の内から選ばれる少なくとも1種類の特性の経時変化を測定し、環境中のガス成分を検出することで材料の環境評価を行う。電気抵抗の経時変化を測定する場合、薄膜全体の変化(全面腐食)による電気抵抗の変化を測定することで、腐食層の厚さが計算でき、腐食速度を容易に求めることができる。

40

【0003】

50

なお、素子の変化を検出し電気信号に変えるガス検出系は、ガス導入部とガス検出素子部（本発明のセンサ部に相当する部分）からなり、ガス成分はガス導入部の吸引ポンプでガス検出素子部に送られる。地球環境が変化している状況で、各種材料の環境評価に非常に役立つ分析装置を提供できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-294606号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

電気電子装置では、対象機器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、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わずかな腐食損傷が電気特性または磁気特性を変動させて故障や誤動作の原因となるため、その腐食損傷を抑制することが電気電子装置の信頼性上の課題に挙げられている。環境の腐食性の程度に応じた防食対策を設計およ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評価し続けることが求められている。

【0006】

20

電気電子装置の設置環境の腐食性を評価する方法として、ISO 11844-1規格では一定期間暴露した銅、銀、アルミニウム、鉄、亜鉛の腐食度合いを評価する方法が通常用いられている。銅、銀、アルミニウム、鉄、亜鉛は、影響度合いは異なるがSO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>Sのいずれの腐食性物質で腐食することが知られている。

【0007】

上記従来技術の環境評価方法およびそれを用いた環境評価装置では、ISO 11844-1記載の腐食による機器の障害が発生する可能性がある環境である「腐食性が中程度」の環境（暴露した銀の腐食量が105～410nm/年である環境）を評価対象にした場合、膜厚0.1μm（100nm）の銀薄膜を用いて電気抵抗の経時変化を測定すると、センサの測定可能期間は1か月程度となる。機器の信頼性に影響を及ぼす腐食が発生する確率が高い環境であり、環境改善、構造の改善が不可欠な環境である「腐食性が高い」環境（暴露した銀の腐食量が410～1050nm/年である環境）や「腐食性が非常に高い」環境（暴露した銀の腐食量が1050～2620nm/年である環境）を評価対象にした場合、センサの測定可能期間はさらに短くなり、長期にわたる測定に向かない。薄膜の膜厚を厚くすることで長期間にわたり測定することも可能であるが、膜厚が厚くなるに従い膜厚ばらつきが大きくなるため測定精度が低下するという課題がある。

30

【0008】

また上記従来技術の環境評価方法およびそれを用いた環境評価装置では、センサ部の局所的な腐食、例えば塵埃や塩類の付着によるその付着部周辺の腐食が発生した場合、本来のセンサの測定可能期間よりも短期間になるという課題がある。

40

【0009】

さらに、ガス検出素子部（センサ部）が対象環境に直接暴露された場合は、対象環境での流速に依存して腐食量の変動するという課題がある。

【0010】

電気電子装置が設置されている環境を対象に、当該環境中に存在する腐食性物質による腐食度合いを測定する腐食環境モニタリング装置としては、上記の課題を解決するものがある必要がある。

【0011】

またさらに腐食環境モニタリング装置を、電気電子装置近傍に実装することを考えると、小型であって、腐食の度合いが正確に数値反映されるものであって、かつ腐食の度合い

50

が視認可能な構造のものであることが望まれる。

【0012】

以上のことから本発明は、計測精度が高く、さらには視認可能な腐食環境モニタリング装置及び方法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】

【0013】

上記課題を解決するために、本発明は、「その一方面に開口部を有し、開口部の面以外の面を封止することで内部に空間部を形成した筐体と、空間部の奥行き側から開口部に向けて配置され腐食性物質に対して腐食しにくい第1の薄膜金属と、第1の薄膜金属を支持部材として第1の薄膜金属に沿って空間部内に空間部の奥行き側から開口部に向けて配置され腐食性物質に対して腐食しやすい計測部材である第2の薄膜金属と、第1の薄膜金属の両端に設置され、外部電圧が印可される端子とから構成された腐食環境モニタリング装置であって、空間部の奥行き側から開口部に向けて配置された1つの第1の薄膜金属の片側または両側に第2の薄膜金属が空間部内に奥行き側から開口部に向けて配置されていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置」である。

10

【0014】

また本発明は、「筐体内に一方にのみ開口する空間部を形成し、腐食性物質に対して腐食しにくい第1の薄膜金属により支持して腐食性物質に対して腐食しやすい第2の薄膜金属を空間部内に配置するとともに第1の薄膜金属の両端を計測用の端子とし、端子間における電気抵抗は腐食前の第2の薄膜金属の電気抵抗と第1の薄膜金属の電気抵抗による並列回路と、腐食後の第2の薄膜金属の電気抵抗と第1の薄膜金属の電気抵抗による並列回路による直列回路を形成するように第1の薄膜金属と第2の薄膜金属を配置することを特徴とする腐食環境モニタリング装置。」である。

20

【0015】

また本発明は、「雰囲気中の腐食性物質の侵入を制御する少なくとも一つの通路内に形成した金属薄膜の腐食度から腐食環境をモニタリングする腐食環境モニタリング方法において、

通路の開口部から侵入する腐食性物質による金属薄膜の腐食領域の拡大に応じて変化する金属薄膜の電気抵抗を測定し、測定した電気抵抗に基づいて、環境の腐食性を定量化することを特徴とする腐食環境モニタリング方法。」である。

30

【発明の効果】

【0016】

本発明によると、前記開口部から腐食していく量を正確に判断でき、対象環境での雰囲気中の流速、センサ部の局所的な腐食（例えば塵埃や塩類の付着によるその付着部周辺の腐食）又は金属の膜厚に依存して変動する腐食量のばらつきを抑制でき、環境の腐食性を定量化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施例1に係る腐食環境モニタリング装置の上面断面図。

【図2】実施例1に係る腐食環境モニタリング装置の側面断面図。

40

【図3】実施例1に係る腐食環境モニタリング装置の正面断面図。

【図4】実施例1に係る腐食環境モニタリング装置の概略斜視図。

【図5】実施例1に係る腐食環境モニタリング装置暴露後の時刻Aにおける金属薄膜の腐食状況を示す上面断面図。

【図6】実施例1に係る腐食環境モニタリング装置暴露後の時刻Aにおいて測定される金属薄膜の電気抵抗を説明する上面断面図。

【図7】実施例1に係る腐食環境モニタリング装置暴露後の時刻Aにおける金属薄膜の腐食状況を示す側面断面図。

【図8】実施例1に係る腐食環境モニタリング装置暴露後の時刻Bにおける金属薄膜の腐食状況を示す上面断面図。

50

【図 9】実施例 1 に係る腐食環境モニタリング装置暴露後の時刻 B において測定される金属薄膜の電気抵抗を説明する上面断面図。

【図 10】実施例 1 に係る腐食環境モニタリング装置暴露後の時刻 B における金属薄膜の腐食状況を示す側面断面図。

【図 11】金属薄膜の抵抗率および電気抵抗温度計数 (TCR) を示す図。

【図 12】実施例 1 の比較事例に係る腐食環境モニタリング装置の構成を示す上面断面図。

【図 13】実施例 1 の比較事例に係る腐食環境モニタリング装置暴露後の時刻 A において測定される金属薄膜の電気抵抗を説明する上面断面図。

【図 14】実施例 1 の比較事例に係る腐食環境モニタリング装置暴露後の時刻 B において測定される金属薄膜の電気抵抗を説明する上面断面図。 10

【図 15】実施例 2 に係る腐食環境モニタリング装置の上面断面図。

【図 16】実施例 2 に係る腐食環境モニタリング装置の側面断面図。

【図 17】図 19 の金属薄膜の電気抵抗を示す等価回路の図。

【図 18】図 20 の金属薄膜の電気抵抗を示す等価回路の図。

【図 19】初期状態における金属薄膜部分の上面断面図。

【図 20】腐食進展状態における金属薄膜部分の上面断面図。

【図 21】初期状態における金属薄膜部分の側面断面図。

【図 22】腐食進展状態における金属薄膜部分の側面断面図。

【図 23】実施例 3 に係る腐食環境モニタリング装置の上面断面図。 20

【図 24】実施例 3 に係る腐食環境モニタリング装置の側面断面図。

【図 25】実施例 3 に係る腐食環境モニタリング装置の上面断面図。

【図 26】実施例 4 に係る腐食環境モニタリング装置の上面断面図。

【図 27】実施例 4 に係る腐食環境モニタリング装置の側面断面図。

【図 28】実施例 5 に係る腐食環境モニタリング装置の上面断面図。

【図 29】実施例 5 に係る腐食環境モニタリング装置の側面断面図。

【図 30】本発明の腐食環境モニタリング装置の寸法の一例を示す図。

【図 31】腐食環境モニタリング装置の出力である電気抵抗と時間の関係を示す図。

【図 32】腐食環境モニタリング装置の出力である電気抵抗と従来の金属板 (銀板) の腐食厚さの関係を示す図。 30

【図 33】金属薄膜 2 の幅に対して金属薄膜 1 の幅を等しくした腐食環境モニタリング装置の上面断面図。

【図 34】金属薄膜 2 の幅に対して金属薄膜 1 の幅を等しくした腐食環境モニタリング装置の側面断面図。

【図 35】金属薄膜 2 の幅に対して金属薄膜 1 の幅を広くした腐食環境モニタリング装置の上面断面図。

【図 36】金属薄膜 2 の幅に対して金属薄膜 1 の幅を広くした腐食環境モニタリング装置の側面断面図。

【発明を実施するための形態】

【0018】 40

以下、計測精度と視認性を両立することが可能な本発明の実施例について図面を用いて説明する。本実施例では、主に電気電子装置の設置環境中に存在する腐食性物質による腐食度合いを測定する腐食環境モニタ装置および方法の例を説明する。

【実施例 1】

【0019】

図 1 ~ 4 は、実施例 1 に係る腐食環境モニタリング装置の構成例を示す図である。図 1 は腐食環境モニタリング装置の上面断面図、図 2 は側面断面図、図 3 は正面断面図、図 4 は外観斜視図である。

【0020】

腐食環境モニタリング装置 1 は、図 4 の外観斜視図に示すように筐体 30 内に主要な構 50

成部品を収納している。筐体 30 は、一方面に開口部 5 を形成し、その対抗する他方面を封止することで内部に空間部 4 を形成し、この空間部分を腐食性物質の通路としている。また筐体 30 の図示下面は、透明な絶縁基板 3 とされ、絶縁基板 3 上に主要な構成部品を搭載している。筐体 30 の開口部 5 側の側面には、筐体 30 の内部に備えたセンサの出力を取り出す端子 8 a , 8 b が形成されている。

#### 【 0 0 2 1 】

図 2 は、図 4 の腐食環境モニタリング装置 1 を図示 X 方向から腐食環境モニタリング装置 1 を見た側面断面図であり、透明な絶縁基板 3 上に計測部材である金属薄膜 2 が支持部材である金属薄膜 1 1 により支持固定されている。ここで金属薄膜 1 1 は、対象環境で腐食しない（しにくい）金属薄膜であり、金属薄膜 2 は、対象環境で腐食する（しやすい）金属薄膜である。また計測部材である金属薄膜 2 は、腐食性物質の通路である空間部 4 に面して配置されている。なお金属薄膜 2 の中央部分にはスリット 2 0 が形成されている。

10

#### 【 0 0 2 2 】

図 3 は、図 4 の腐食環境モニタリング装置 1 を図示 Y 方向から腐食環境モニタリング装置 1 を見た正面断面図である。この図によれば、一方面に開口部 5 を形成し、その対抗する他方面を封止することで内部に空間部 4 を形成し、この空間部分を腐食性物質 6 の通路としていることが理解できる。また腐食性物質 6 の通路である空間部 4 に面して配置された金属薄膜 2 が、腐食性物質の影響を受けることが分かる。

#### 【 0 0 2 3 】

図 1 は、図 4 の腐食環境モニタリング装置 1 を図示 Z 方向から腐食環境モニタリング装置 1 を見た上面断面図である。この図によれば、計測部材である金属薄膜 2 が支持部材である金属薄膜 1 1 によりその周囲を支持固定され、かつ空間部 4 の奥行き方向に延伸して配置されている。また計測部材である金属薄膜 2 は、その奥行中央部に形成されたスリット 2 0 により最奥部近傍部まで二分されている。これにより、端子 8 a , 8 b 間の電気抵抗は、計測部材である金属薄膜 2 と支持部材である金属薄膜 1 1 の電気抵抗により定まることになり、この場合に計測部材である金属薄膜 2 の電気抵抗は腐食性物質 6 による腐食の影響を受けて可変の値となる。

20

#### 【 0 0 2 4 】

以上図 1 から図 4 に例示した実施例 1 の腐食環境モニタリング装置 1 によれば、絶縁基板 3 上に付設した金属薄膜 2 からなるセンサ部があり、開口部 5 を有する通路 4 内の一部の壁面として取付けられている。金属薄膜は、通路 4 内に露出している金属薄膜 2 と金属薄膜 2 に電氣的に接続されて設けられた金属薄膜 1 1 で構成されている。金属薄膜 2 には、腐食性物質 6 の拡散方向と概平行にスリット 2 0 が形成されている。金属薄膜 2 の両端には電気抵抗を測定する端子 8 a , 8 b が設置されている。なお、筐体 30 は、それ自体が透明にされていてもよい。少なくとも絶縁基板 3 が透明にされていることにより、図 2 の Z 方向から金属薄膜 2 の腐食進展状況が視認可能である。

30

#### 【 0 0 2 5 】

計測部材である金属薄膜 2 の材質は、電気電子装置設置環境の腐食モニタリングに使用されている銅、銀に加えて、アルミニウム、鉄、亜鉛など、金属と腐食生成物の電気抵抗が異なる金属材料が挙げられる。支持部材である金属薄膜 1 1 は対象とする環境で腐食しない材料、たとえばチタン、クロム、金、パラジウム、銀パラジウム合金などが挙げられる。

40

#### 【 0 0 2 6 】

なお図 2 において、金属薄膜 2 と金属薄膜 1 1 は、両薄膜の側面同士で接しているが、両薄膜が重なり合ってもよい。この場合、絶縁基板 3 に対して金属薄膜 2 と金属薄膜 1 1 のどちらが上側であってもよい。

#### 【 0 0 2 7 】

実施例 1 の構成の腐食環境モニタリング装置 1 を環境中に暴露すると、図 2 に示すように環境中に存在する腐食性物質 6 が通路 4 の開口部 5 から侵入して、金属薄膜 2 を腐食させる。通路 4 は、環境中に存在する腐食性物質 6 によるセンシングである金属薄膜 2 の腐

50

食速度を制御する役割をもつ。通路 4 には、開口部 5 が一つであり（図 1 で通路の左側）、通路の右側には開口部はなく周囲環境から遮断されている。周囲雰囲気中の腐食性物質 6 の流れは、開口部 5 に向かってきても開口部 5 から内部に侵入できない。この点、従来の腐食環境モニタリングでは、周囲雰囲気の流れに直接接触するため、腐食量は金属表面の周囲雰囲気の流れが早いと促進される。

【 0 0 2 8 】

本発明では、通路 4 の開口部 5 近傍の腐食性物質 6 が拡散のみによって腐食性物質の拡散 7 の方向に侵入するため、周囲雰囲気の流れの影響を受けずに、腐食環境モニタリング装置 1 で腐食性物質による腐食度合いを測定できる。このように、本発明では、腐食の方向が固定されるため、測定のばらつきが少なくなる。ここで腐食性物質は、腐食性物質、

10

【 0 0 2 9 】

飛来海塩、塵埃などがあるが、以下腐食性物質を代表として述べる。

つぎに、通路 4 内に拡散した開口部 5 近傍の腐食性物質 6 を腐食環境モニタリング装置 1 により定量化する方法について述べる。

【 0 0 3 0 】

図 1 から図 4 に示す実施例 1 では、腐食性物質 6 の拡散 7 を図 1、図 3 の左からの方向に限定して、腐食環境モニタリング装置 1 上での腐食を制御している。開口部 5 からの距離が近い程腐食性物質の濃度流束は大きいため、金属薄膜 2 は、開口部 5 に近い左側ほど腐食量が大きくなる。この挙動は、雑誌「材料と環境」第 5 6 巻、p 2 6 5 - 2 7 1 ( 2 0 0 7 ) 「硫黄ガス環境での銀の腐食速度の推定」に記載されている。腐食性物質の発生

20

【 0 0 3 1 】

源から離れるに従い腐食速度が減少することを金属板による実験および解析で求めている。この手法を用いることで、腐食環境モニタリング装置 1 の腐食挙動を解析できる。

腐食環境モニタリング装置 1 の暴露後の金属薄膜の腐食状況を図 5 ~ 1 0 に示し説明する。なお、図 5 から図 7 は暴露後のある時刻（時刻 A）における腐食状況を、また図 8 から図 1 0 はさらに時間が経過した進展状況（時刻 B）における腐食状況を示している。また図 5、図 7、図 8、図 1 0 は、腐食領域を示しており、図 6、図 9 はその状態における電気抵抗を図示している。

【 0 0 3 2 】

これらの図に示すように、本発明で採用している金属薄膜 2 は、腐食して腐食厚さが薄膜厚さと同じになった領域（基板との界面まで金属薄膜が腐食した領域）では、それ以上腐食は進行しない。環境中に存在する腐食性物質 6 は開口部 5 に近い左側から拡散し続けてさらに右側の金属薄膜を腐食させる。

30

【 0 0 3 3 】

図 5、図 8 を対比して示すように、膜厚方向全てが腐食した金属薄膜 2 の腐食領域 9 は、時刻 A では長さ  $L_a$  までであるが、時刻 B では長さ  $L_b$  まで右側に広がる。このように通路 4 内に露出している金属薄膜 2 の中で膜厚方向全てが腐食した腐食領域 9 が形成されて、対象環境で腐食しない金属薄膜 1 1 のみが残る。

【 0 0 3 4 】

図 6、図 8 を対比して示すように、端子 8 a、8 b の間の電気抵抗は、金属薄膜 2 の電気抵抗  $R_m$  に、対象環境で腐食しない金属薄膜 1 1 のみが残った領域の電気抵抗  $R_a$  または  $R_b$  が加味され、時刻 A では  $2 R_a + R_m$ 、時刻 B では  $2 R_b + R_m$  となる。ここで  $R_m \ll R_a$ 、 $R_m \ll R_b$  であり、時刻 A および時刻 B での  $R_m$  は同程度と見なした。

40

【 0 0 3 5 】

また図 7、図 1 0 を対比して示すように、金属薄膜 2 では、膜厚方向全てが腐食した金属薄膜の腐食領域 9 に加えて通路内側の金属薄膜の表面でも一部腐食している。ここでは説明上、通路内側の金属薄膜の表面での一部腐食は考慮しない。

【 0 0 3 6 】

実施例 1 に係る腐食環境モニタリング装置 1 では、金属薄膜 2 と金属薄膜 1 1 によりセンサ部を構成しているが、単に金属薄膜 2 を計測部材、金属薄膜 1 1 を支持部材としたわ

50

けではない。図 1 1 に示す抵抗率や温度との関係を考慮して定められている。

【 0 0 3 7 】

図 1 1 には、計測部材である金属薄膜 2 の典型事例として銀 Ag、硫化銀 Ag<sub>2</sub>S、また支持部材である金属薄膜 1 1 の典型事例としてクロム Cr、チタン Ti をとりあげ、その抵抗率測定値、抵抗率文献値、TCR (TCR: temperature coefficient of resistance: 電気抵抗温度係数) 測定値、TCR 文献値を図示している。この測定値からは、金属薄膜 2 である銀 Ag の抵抗率測定値は、金属薄膜 1 1 であるクロム Cr、チタン Ti の抵抗率測定値よりも十分に小さいが、腐食して硫化銀 Ag<sub>2</sub>S になるとクロム Cr、チタン Ti の抵抗率測定値よりも十分に大きい値に変化する関係にあることが見て取れる。また金属薄膜 2 である銀 Ag の TCR 測定値は、金属薄膜 1 1 であるクロム Cr、チタン Ti の TCR 測定値よりも十分に大きく、かつ硫化銀 Ag<sub>2</sub>S になってもこの関係は変化しないことが見て取れる。

10

【 0 0 3 8 】

実施例 1 に係る腐食環境モニタリング装置 1 では、腐食によりセンサ部である対象環境で腐食しない金属薄膜 1 1 のみが残った領域の電気抵抗を測定するため、比抵抗の大きい材料を選択することで、センサの感度を上げることができる。例えば、図 1 1 の例では、チタン Ti (比抵抗  $4.27 \times 10^{-7} \text{ m}$ ) は、センサ部の金属薄膜である銀 Ag (比抵抗  $1.59 \times 10^{-8} \text{ m}$ ) に比べて 25 倍比抵抗が大きい。さらにチタン Ti の膜厚を銀 Ag (ここでは  $1 \mu\text{m}$ ) に対し  $1/10$  にすることで、感度は 250 倍大きくなる。

【 0 0 3 9 】

20

ここで、実施例 1 においては金属薄膜 2 に腐食性物質 6 の拡散 7 の方向と概平行に形成されたスリット 2 0 を設けているが、このように構成することの効果について説明する。この説明は、図 1 2 の、スリット 2 0 のない腐食環境モニタリング装置 1 の構成と対比して行う。図 1 2 は、スリット 2 0 を備えないのみで、それ以外の構成は図 1 と同じである。なお図 1 3 は図 6 と同じ暴露後のある時刻 (時刻 A) における腐食状況での電気抵抗を、また図 1 4 は図 9 と同じ進展状況 (時刻 B) における腐食状況での電気抵抗を示している。

【 0 0 4 0 】

図 1 3, 1 4 に示すように、時刻 A での腐食領域が長さ  $L_a$  であるのに比べて、時刻 B では膜厚方向全てが腐食した金属薄膜 2 の腐食領域 9 は右側に広がり、長さ  $L_b$  となっている。通路 4 内に露出している金属薄膜 2 の中で膜厚方向全てが腐食した腐食領域 9 が形成されて、導通部分は対象環境で腐食しない金属薄膜 1 1 のみが残る。このとき、端子 8 a, 8 b の間の電気抵抗は、金属薄膜 2 の電気抵抗  $R_m$  に対象環境で腐食しない金属薄膜 1 1 のみが残った領域の電気抵抗  $R_a'$  が加味された値となり、時刻 A では  $2 \times R_a' + R_m$ 、時刻 B では  $2 \times R_b' + R_m$  となる。

30

【 0 0 4 1 】

ここで、膜厚方向全てが腐食した腐食領域 9 の電気抵抗  $R_{ox}$  は、腐食領域 9 が広がるにつれて経時的に低下するが、初期段階では、 $2 \times R_a' + R_m \ll R_{ox}$  のため、 $R_{ox}$  の影響は無視できる。しかしながら、膜厚方向全てが腐食した腐食領域 9 が広がるにつれて電気抵抗  $R_{ox}$  が低下して  $2 \times R_a' + R_m < R_{ox}$  となると、端子 8 a, 8 b の間の電気抵抗は  $2 \times R_a' + R_m$  に対して  $R_{ox}$  を無視できなくなり、やがて端子 8 a, 8 b の間の電気抵抗は  $R_{ox}$  で決定される。すなわち、端子 8 a, 8 b の間の電気抵抗は  $R_{ox}$  に律速される。

40

【 0 0 4 2 】

これに対して、図 1 に示すように金属薄膜 2 に腐食性物質 6 の拡散 7 の方向と概平行にスリット 2 0 が形成されている場合、端子 8 a, 8 b の間の電気抵抗は  $R_{ox}$  で決定されず、端子 8 a, 8 b の間の電気抵抗は腐食した腐食領域 9 の広がり、すなわち  $2 \times R_a' + R_m$  に比例して、経時的な感度低下を抑制できる。

【 0 0 4 3 】

以上のことから、本発明の実施例 1 の構成を、金属薄膜の電気抵抗の観点から見ると、

50

「筐体 30 内に一方にのみ開口する空間部 4 を形成し、腐食性物質に対して腐食しにくい第 1 の薄膜金属 11 により支持して前記腐食性物質に対して腐食しやすい第 2 の薄膜金属 2 を前記空間部 4 内に配置するとともに前記第 1 の薄膜金属 11 の両端を計測用の端子 8 a , 8 b とし、前記端子 8 a , 8 b 間における電気抵抗は前記腐食前の第 2 の薄膜金属の電気抵抗  $R A g$  と前記第 1 の薄膜金属の電気抵抗  $R C r$  による並列回路と、前記腐食後の第 2 の薄膜金属の電気抵抗  $R A g_2 S$  と前記第 1 の薄膜金属の電気抵抗  $R C r$  による並列回路による直列回路を形成するように前記第 1 の薄膜金属 11 と前記第 2 の薄膜金属 2 を配置した腐食環境モニタリング装置」ということができる。なお、以下に述べる他の実施例における薄膜金属の配置は、電気抵抗における上記関係を満足すべく考慮されたものである。

10

【実施例 2】

【0044】

図 15 , 16 は、実施例 2 に係る腐食環境モニタリング装置の別の構成例を示す図である。図 15 は上面断面図、図 16 は側面断面図である。実施例 1 の構成との相違点は端子 8 a , 8 b を開口部 5 付近の側面から開口部 5 側面に対向する面側に移した点である。これにより、支持部材である金属薄膜 11 が、通路 4 内を奥行き側から開口部 5 側に延伸し、開口部 5 側で折り返している。計測部材である金属薄膜 2 は、金属薄膜 11 の両側に延伸方向に配置されている。なお金属薄膜 2 は、通路 4 の幅方向の全面に配置されている。

【0045】

このように実施例 2 に係る腐食環境モニタリング装置 1 は、絶縁基板 3 上に形成した金属薄膜 2 からなるセンサ部があり、開口部 5 を有する通路 4 内の一部の壁面として取付けられている。金属薄膜は、通路 4 内に露出している金属薄膜 2 と、1 本の（矩形の）通路 4 内に露出している金属薄膜 2 の下面に設けた金属薄膜 11 で構成されている。

20

【0046】

金属薄膜 11 は、対象とする環境で腐食しない材料、例えばチタン、クロム、金、パラジウム、銀パラジウム合金などがあげられる。金属薄膜 2 は、金属薄膜 2 の下面に設けた金属薄膜 11 に比べて幅が広いことが特徴である。なお絶縁基板 3 に対して金属薄膜 2 と金属薄膜 11 のどちらが上側であってもよい。

【0047】

図 11 に示したように、金属薄膜 2（例えば銀薄膜）の抵抗率は、金属薄膜 11（例えばクロム薄膜）の抵抗率に比べて  $1/20$  である。一方銀薄膜の電気抵抗温度係数（TCR: temperature coefficient of resistance）は、クロム薄膜の電気抵抗温度係数に比べて 100 倍である。

30

【0048】

図 17 は、実施例 2 に係る腐食環境モニタリング装置暴露前の初期における端子 8 a , 8 b 間の電気抵抗を示す回路図であり、図 18 は暴露後における端子 8 a , 8 b 間の電気抵抗を示す回路図である。初期を示す図 17 において、 $R A g$  は銀  $A g$  の電気抵抗値、 $R C r$  はクロム  $C r$  の電気抵抗値であり、等価回路はこれらの電気抵抗の並列回路として表すことができる。図 11 に示すように  $R A g$  は  $R C r$  よりも十分に小さいことから、銀薄膜の電気抵抗  $R A g$  に依存し、クロム薄膜の電気抵抗  $R C r$  に依存しない。この結果、電流は銀の電気抵抗  $R A g$  側に多く流れる。

40

【0049】

これに対し、腐食が進展した状態を示す図 18 の等価回路によれば、2 つの部分に分けて考えることができる。腐食していない部分は図 17 と同じであるが、腐食部分は腐食した銀の電気抵抗  $R A g_2 S$  とクロムの電気抵抗  $R C r$  の並列回路として表すことができる。全体としては 2 つの閉並列回路の直列回路である。この場合に、銀薄膜が腐食した腐食領域 9 ( $A g_2 S$ ) ではクロム薄膜 11 の電気抵抗  $R A g_2 S$  に依存し、また、腐食していない領域では銀薄膜の電気抵抗  $R A g$  に依存する。この場合には、クロムの電気抵抗  $R C r$  から銀の電気抵抗  $R A g$  側に多く流れる。

【0050】

50

腐食環境モニタリング装置 1 は、温度が変動する環境にも設置されるため、センサ部の構成材料としては電気抵抗温度係数 (TCR) の小さい材料が好ましい。上述のようにクロム薄膜 11 は電気抵抗温度係数が小さいが、銀薄膜 2 はクロム薄膜の電気抵抗温度係数に比べて 100 倍大きいである。したがって銀薄膜の電気抵抗値の変動を最小限にする構造が好ましい。

【0051】

図 19、図 20 は、初期状態と腐食進展状態における金属薄膜部分の上面断面図である。実施例 2 では、図 19、図 20 に示すように、銀薄膜の幅 ( $W_{Ag}$ ) を、クロム薄膜の幅 ( $W_{Cr}$ ) に比べて広くしている。銀薄膜 2 の電気抵抗値自体が小さくなれば、端子 8a, 8b 間の電気抵抗は、温度変化による変動が小さくなるという効果が得られる。また絶縁基板 3 として透明基板を用いた場合は、透明基板側から観察して腐食領域の長さから腐食の度合いを視認により推定できるという特徴もある。なお図 21、図 22 は、図 19、図 20 の金属薄膜部分の側断面図をそれぞれ示している。

10

【0052】

実施例 2 では、図 16 に示すように、金属薄膜 2 の外縁は、通路 4 の内側面と接していない。これは、製造ばらつきなどにより、金属薄膜 2 の外縁と通路 4 の内側面とが接触または重なりあった場合、本来は膜厚方向全てが腐食している金属薄膜の腐食領域 9 内に腐食していない領域ができ、電気抵抗の測定値がばらつくことによる。

【実施例 3】

【0053】

図 23, 24 は、実施例 3 に係る腐食環境モニタリング装置の別の構成例を示す図である。図 23 は上面断面図、図 24 は側面断面図である。実施例 2 の構成との相違点は、図 23 に示すように絶縁基板 3 上に付設した金属薄膜 2 と金属薄膜 11 からなるセンサ部について、計測部材である金属薄膜 2 の幅が通路の開口部 5 の幅に比べて小さいことである。雑誌「材料と環境」第 56 巻、p 265 - 271 (2007 年)「硫黄ガス環境での銀の腐食速度の推定」に記載されている解析によると、金属薄膜の幅：通路の幅 = 5 : 3 の場合、金属薄膜の幅：通路の幅 = 1 : 1 に比べて約 2.5 倍の感度がある。実施例 3 の構造によれば、腐食が早く進むという特性を有するために、高感度測定が要求される短時間での腐食環境モニタリングに好適である。

20

【0054】

図 25 は、実施例 3 に係る腐食環境モニタリング装置の変形例を示す例である。腐食環境モニタリング装置 1 の電気抵抗を、端子 8a1, 8a2, 8b1, 8b2 による 4 端子測定法により測定することで、導体電気抵抗の影響を除去することができる。

30

【実施例 4】

【0055】

図 26, 27 は、実施例 4 に係る腐食環境モニタリング装置の別の構成例を示す図である。図 26 は上面断面図、図 27 は側面断面図である。

【0056】

実施例 4 では、金属薄膜 2 と金属薄膜 11 は、一部が重なって導通がとれていればよく、片側にそろえて形成されてもよい。片側にそろえて形成することで、透明基板 3 側から観察して腐食領域の長さを測定しやすくなり、精度よく腐食の度合いを推定できる。

40

【実施例 5】

【0057】

また実施例 4 を図 28、図 29 に示すように、金属薄膜 2 と金属薄膜 11 が通路内に設置されてもよい。図 28 は実施例 5 の上面断面図、図 29 は実施例 5 の側面断面図である。

【0058】

金属薄膜 11 は環境に対する腐食性が低い材料とする。金属薄膜 2 と金属薄膜 11 が通路内に設置することで、腐食環境モニタリングの小型化構造を実現できる。

【0059】

50

次に本発明の実施例に共通する構成の腐食環境モニタリング装置の試験および解析結果について説明する。但し、ここでは図26、図27に示す実施例4の構成に、図25の4端子構造を採用し、かつ図示寸法例の場合について説明する。

【0060】

図30に示す寸法の腐食環境モニタリング装置では、センサ部である薄膜金属2として100nmの銀薄膜、通路内の薄膜金属11として100nmのクロム薄膜とした。各部長さについては図示のとおりである。暴露環境は、実環境を促進させた環境で、 $\text{NO}_2$  : 1.0ppm、 $\text{SO}_2$  : 1.0ppm、 $\text{H}_2\text{S}$  : 0.5ppm、温度35、湿度75%である。

【0061】

図31は、腐食環境モニタリング装置の出力である電気抵抗と時間の関係を示す。解析結果によれば、センサの電気抵抗の時間的変化は、実験結果と解析結果が高精度に合致していることが分かる。

【0062】

また図32は、腐食環境モニタリング装置の出力である電気抵抗と従来の金属板(銀板)の腐食厚さの関係を示す。解析結果によれば、実験結果と解析結果が高精度に合致していることが分かる。

【0063】

このように腐食環境モニタリング装置を暴露して電気抵抗値を測定することで、金属試験片の腐食厚さを算出し、この腐食厚さからIEC654-4規格、ISO11844-1規格、ISO9223規格、ISA71.04規格に準じて、周囲雰囲気中の腐食性を分類することができる。

【0064】

なお、絶縁基板3として透明基板を用いることで、膜厚方向全てが腐食した金属薄膜の腐食領域9を目視することができるため、センサの寿命をその場で確認できる。評価環境中の腐食性物質濃度が高いほど金属の腐食速度は増加し、電気抵抗も増加する。

【0065】

本発明に係る腐食環境モニタリング装置は、単独で計測系を有してもよい。またプリント配線基板上等を実装して、予めプリント配線基板に構成した計測系を使用する構成をとることも可能である。プリント配線基板を実装することで、電子装置の自己診断することも可能である。

【0066】

本発明の実施例に係る腐食環境モニタリング装置1では、金属薄膜2と金属薄膜2の腐食生成物9と金属薄膜11の電気抵抗の比で感度が決まる。電気抵抗は、金属薄膜2 < 金属薄膜11 < 金属薄膜2の腐食生成物9の関係が好ましい。

【0067】

これらの電気抵抗は、薄膜の厚さと幅と長さとその比抵抗で決定される。金属薄膜11の比抵抗が、金属薄膜2の比抵抗に比べて大きすぎて、それに伴い腐食環境モニタリング装置の電気抵抗変化を測定できない場合、金属薄膜2の幅に対して金属薄膜11の幅を広げるのがよい。これにより腐食環境モニタリング装置の電気抵抗変化を小さくできる。

【0068】

具体的には、図33、図34に示すように金属薄膜2の幅に対して金属薄膜11の幅を等しくし、さらに腐食環境モニタリング装置の電気抵抗の変化を小さくするためは、図35、図36に示すように金属薄膜2の幅に対して金属薄膜11の幅を広くすることが好適である。なお図33、図35は上面断面図、図34、図36は側面断面図である。

【0069】

以上説明したように、本発明は、一定流速環境で測定ができるガス導入部の吸引ポンプ等の大型の構造が必要ない為、消費電力も少なく、簡便に測定できる構成となっている。また、本発明は通路の一部に開口部を有し、通路に覆われた金属薄膜を用いているため、開口部から腐食していく量を正確に判断でき、対象環境での雰囲気中の流速、センサ部の

10

20

30

40

50

局所的な腐食（例えば塵埃や塩類の付着によるその付着部周辺の腐食）又は金属の膜厚に依存して変動する腐食量のばらつきを抑制できる構成となっている。また少なくとも基板部が透明であることにより腐食量が容易に目視可能になっている。

【0070】

以上、多くの実施例について述べてきたが、これらはいずれも「その一方面に開口部を有し、該開口部の面以外の面を封止することで内部に空間部を形成した筐体と、前記空間部の奥行き側から前記開口部に向けて配置され腐食性物質に対して腐食しにくい第1の薄膜金属と、該第1の薄膜金属を支持部材として該第1の薄膜金属に沿って前記空間部内に前記空間部の奥行き側から前記開口部に向けて配置され腐食性物質に対して腐食しやすい計測部材である第2の薄膜金属と、前記第1の薄膜金属の両側に設置され、外部電圧が印

10

可される端子とから構成された腐食環境モニタリング装置であって、前記空間部の奥行き側から前記開口部に向けて配置された1つの前記第1の薄膜金属の片側または両側に前記第2の薄膜金属が前記空間部内に奥行き側から前記開口部に向けて配置されていることを特徴とする腐食環境モニタリング装置。」という構成を備えたものであり、この共通概念のもとに幾つかの変形、代案が考慮されたものである。

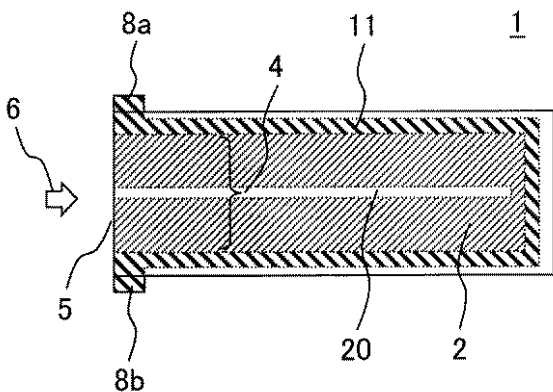
【符号の説明】

【0071】

1：腐食環境モニタリング装置，2：金属薄膜，3：絶縁基板，4：空間部，5：開口部，6：腐食性物質，8a，8b：端子，9：腐食領域，11：金属薄膜，30：筐体

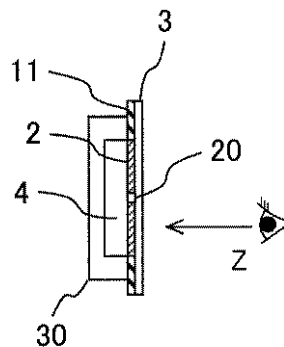
【図1】

図 1



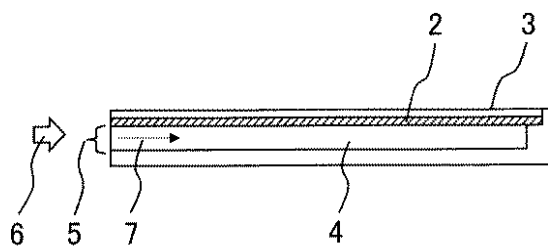
【図2】

図 2

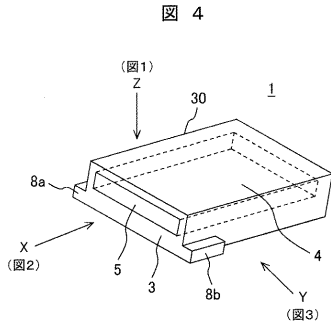


【図3】

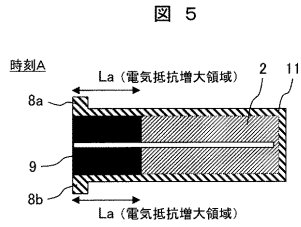
図 3



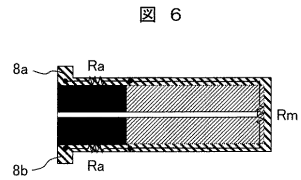
【図4】



【図5】



【図6】



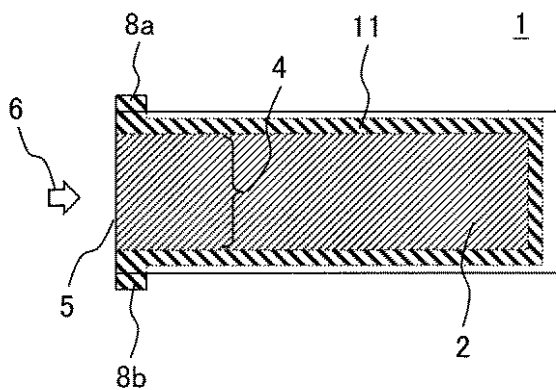
【図11】

図11

	抵抗率測定値 ( $\Omega m@20^{\circ}C$ )	抵抗率文献値 ( $\Omega m@20^{\circ}C$ )	TCR測定値 ( $1/^{\circ}C \Omega m@20^{\circ}C$ )	TCR文献値 ( $1/^{\circ}C$ )
Ag	2.84~2.88E-8	1.59E-8	2.07~2.14E-3	6.1E-3
Ag <sub>2</sub> S	4.52E-5	-	-4.89E-3	-
Cr	7.38~7.56E-7	1.29E-7	(2.47)~4.49E-5	5.9E-5
Ti	2.58E-6	4.27E-7	7.36E-4	-
IZO	-	3E-6	-	-

【図12】

図12



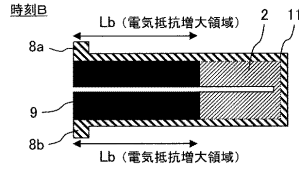
【図7】

図7



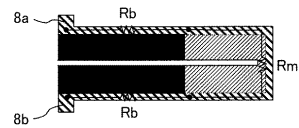
【図8】

図8



【図9】

図9



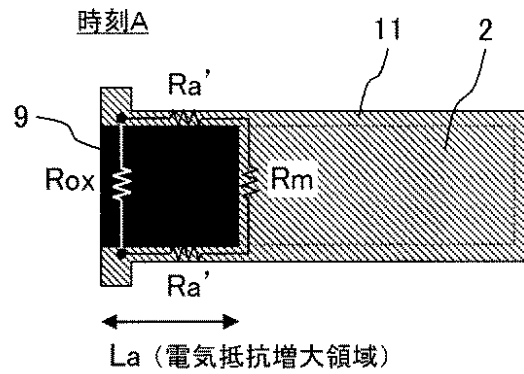
【図10】

図10



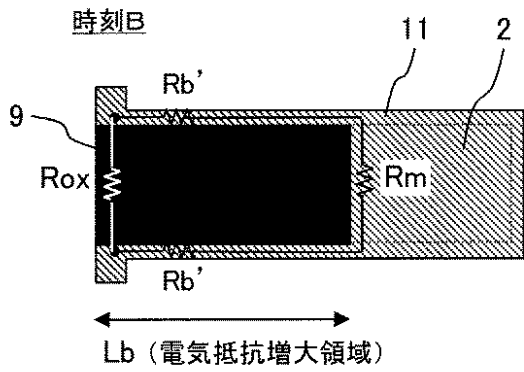
【図13】

図13



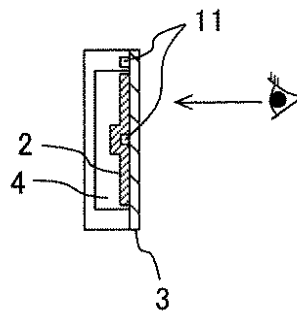
【図14】

図 14



【図16】

図 16

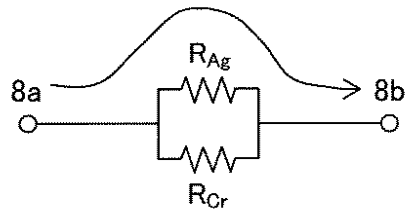
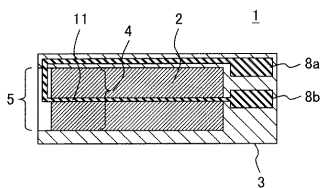


【図17】

図 17

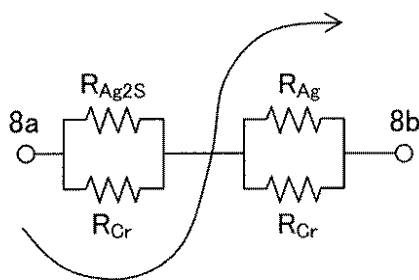
【図15】

図 15



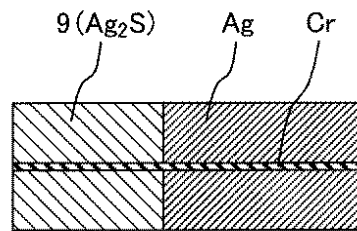
【図18】

図 18



【図20】

図 20

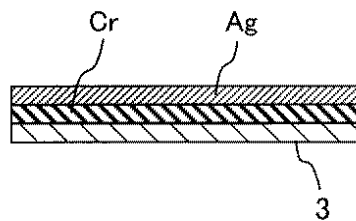
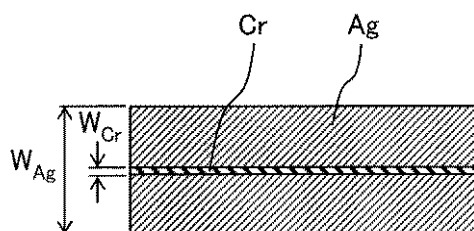


【図21】

図 21

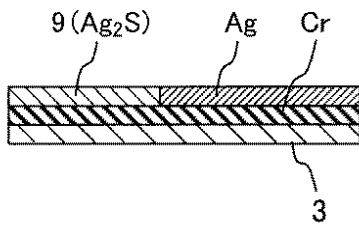
【図19】

図 19



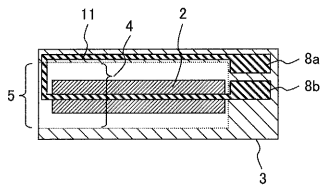
【図 22】

図 22



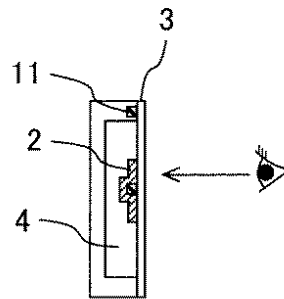
【図 23】

図 23



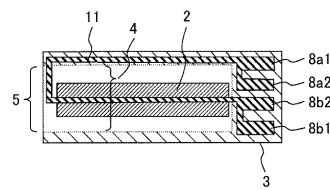
【図 24】

図 24



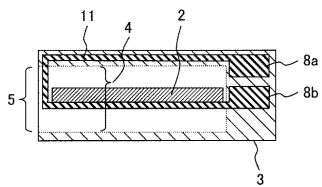
【図 25】

図 25



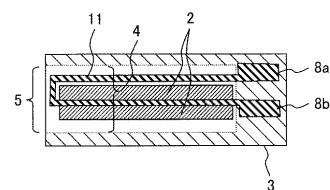
【図 26】

図 26



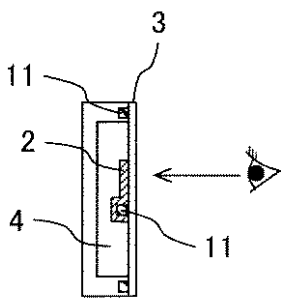
【図 28】

図 28



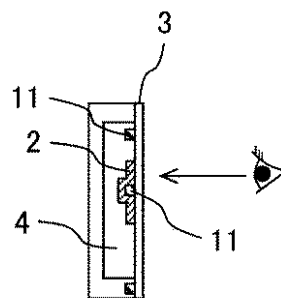
【図 27】

図 27



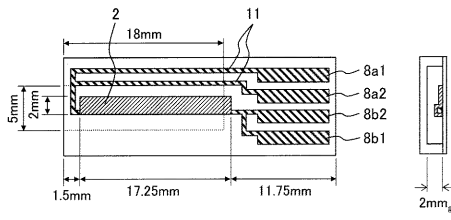
【図 29】

図 29



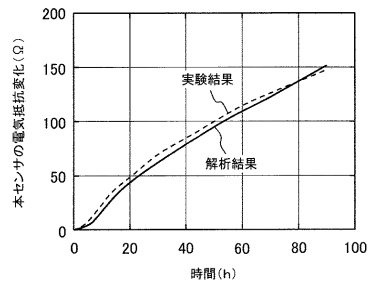
【図 30】

図 30



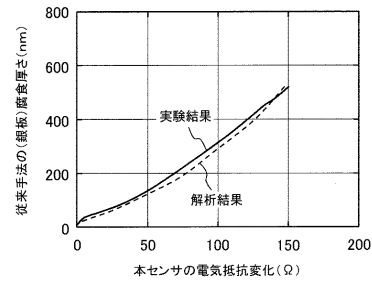
【図 31】

図 31



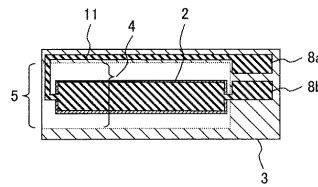
【図 32】

図 32



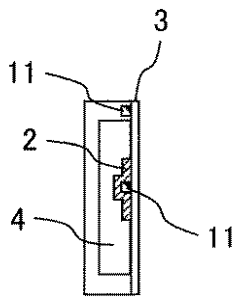
【図 33】

図 33



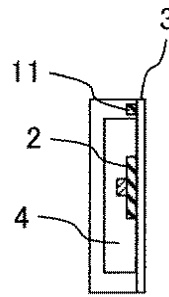
【図 34】

図 34



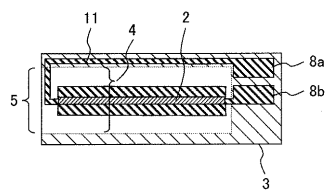
【図 36】

図 36



【図 35】

図 35



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-294606(JP,A)  
国際公開第2013/042179(WO,A1)  
特開2005-207813(JP,A)  
特開2007-163324(JP,A)  
特開平10-090165(JP,A)  
米国特許出願公開第2012/0176148(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/00 - 27/24

G01N 17/00 - 17/04

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)