

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-515022

(P2010-515022A)

(43) 公表日 平成22年5月6日 (2010.5.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/27 (2006.01)	GO 1 N 21/27 B	2 G 0 5 9
GO 1 N 27/26 (2006.01)	GO 1 N 27/26 3 5 1 G	2 G 0 6 0
GO 1 N 27/02 (2006.01)	GO 1 N 27/26 3 7 1 G	
	GO 1 N 27/02	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

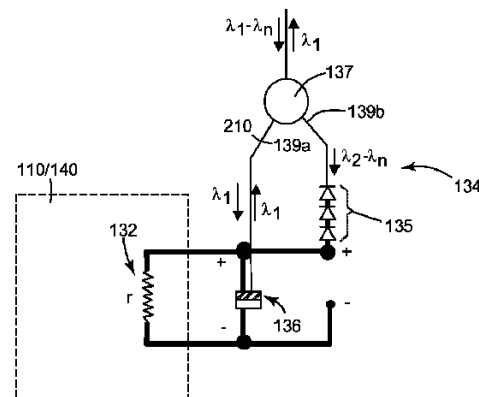
(21) 出願番号	特願2009-543213 (P2009-543213)	(71) 出願人	505005049
(86) (22) 出願日	平成19年12月20日 (2007.12.20)		スリーエム イノベイティブ プロパティ
(85) 翻訳文提出日	平成21年6月19日 (2009.6.19)		ズ カンパニー
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/088318		アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3
(87) 国際公開番号	W02008/079946		- 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オ
(87) 国際公開日	平成20年7月3日 (2008.7.3)		フィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエ
(31) 優先権主張番号	11/613, 670		ム センター
(32) 優先日	平成18年12月20日 (2006.12.20)	(74) 代理人	100099759
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100112357
			弁理士 廣瀬 繁樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検出システム

(57) 【要約】

工学的構造物を監視するための検出システムは、工学的構造物上に予め定められたパターンで配置可能であり、前記工学的構造物の表面と該表面を実質的に覆う保護コーティングとの間に配置可能なセンサアレイを含む。検出システムは、前記センサからのデータを取り出すセンサアレイと通信するコントローラも含む。コントローラは、光ファイババックボーンを介してセンサアレイと通信する。センサアレイは、各センサでの前記保護コーティングの硬化度、硬化した保護コーティングの状態、及び工学的構造物の腐食速度のうちの1つに対応するデータを遠隔から提供することができる。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

工学的構造物の物理的な状態を監視する検出システムであって、

前記工学的構造物上に予め定められたパターンで配置可能であり、前記工学的構造物の表面と該表面を実質的に覆う保護コーティングとの間に配置可能なセンサアレイと、

センサからデータを取り出すためのコントローラと、

前記コントローラにより発せられる光信号をセンサアレイに連結する 1 つ以上の光ファイバと、を備え、前記センサアレイが、前記センサの各々における前記保護コーティングの硬化度、硬化した前記保護コーティングの健全状態、及び前記工学的構造物の腐食速度のうちの少なくとも 1 つに対応するデータを提供する、検出システム。

10

【請求項 2】

前記センサアレイの少なくとも 1 つのセンサが、

インピーダンス、電流、及び電圧の少なくとも 1 つを検出するように構成され、可撓性基材上に配置されたセンシング部分と、

前記コントローラにより発せられる光信号を受信するための光電子インタフェースと、を含む、請求項 1 に記載の検出システム。

【請求項 3】

前記コントローラが、

データ収集システムと、

光信号を発するための光源と、を含む、請求項 2 に記載の検出システム。

20

【請求項 4】

前記光源が、連続広帯域光源、波長可変レーザ光源、及び一連の狭帯域光源の少なくとも 1 つを含む、請求項 3 に記載の検出システム。

【請求項 5】

前記コントローラが、

光サーキュレータと、

前記センサアレイの 1 つ以上のセンサから返送された光信号を受信するための光スペクトル分析器と、を更に含む、請求項 3 に記載の検出システム。

【請求項 6】

前記光信号の一部を前記センサアレイのセンサに配信するため、1 本以上の光ファイバのうちの 1 本の光ファイバに連結されたタップオフ装置を更に含み、前記光信号の残りの部分が前記センサアレイの別のセンサに配信される、請求項 2 に記載の検出システム。

30

【請求項 7】

前記センサの光電子インタフェースが、所定の光学チャネルを選択し、選択された光信号を第 1 の光学パスに沿って送信し、光信号の残りの部分を第 2 の光学パスに沿って送信するため、光信号デマルチプレクサを含む、請求項 6 に記載の検出システム。

【請求項 8】

前記センサの光電子インタフェースが、前記第 1 の光学パスに配置されたエレクトロクロミックスイッチと、前記第 2 の光学パスに配置されたダイオードアレイとを更に含む、請求項 7 に記載の検出システム。

40

【請求項 9】

前記ダイオードアレイが、PIN ダイオードアレイを含み、前記 PIN ダイオードアレイが、前記第 2 の光学パスに沿って、光信号の残りの部分を前記エレクトロクロミックスイッチに電源を提供する電気信号に変換する、請求項 8 に記載の検出システム。

【請求項 10】

前記エレクトロクロミックスイッチが、間に電位感受性材料が配置された少なくとも第 1 及び第 2 の光透過性材料を含み、前記光透過性材料の少なくとも 1 つが、その表面上に配置された高反射性コーティングを更に含む、請求項 9 に記載の検出システム。

【請求項 11】

前記エレクトロクロミックスイッチが、前記選択された光信号の一部を反射して第 1 の

50

光学パスに沿って返送し、その光信号が前記コントローラに受信され、反射された光信号の量が保護コーティングの状態に対応する、請求項 10 に記載の検出システム。

【請求項 12】

前記エレクトロクロミックスイッチの電力供給に利用可能な電力量が、前記センシング部分によるインピーダンスに対応する、請求項 9 に記載の検出システム。

【請求項 13】

前記デマルチプレクサが薄膜チャネルセクタを含む、請求項 7 に記載の検出システム。

【請求項 14】

前記センシング部分が、前記工学的構造物の平坦ではない表面に配置される、請求項 2 に記載の検出システム。

10

【請求項 15】

前記センシング部分が、前記可撓性基材上に少なくとも 2 つの電極としてパターン化された導体素子を含む、請求項 2 に記載の検出システム。

【請求項 16】

前記工学的構造物が、金属、複合材料、セラミック材料、及びガラスファイバー材料を含む、請求項 1 に記載の検出システム。

【請求項 17】

前記センサレイ中の少なくとも 1 つのセンサが、腐食環境にさらされた場合に腐食するように構成されたセンシング部分を備える、請求項 1 に記載の検出システム。

20

【請求項 18】

前記センサレイ中の少なくとも 1 つのセンサが、約 $13\ \mu\text{m}$ ~ 約 $75\ \mu\text{m}$ の厚みを有するセンシング部分を備える、請求項 1 に記載の検出システム。

【請求項 19】

前記光スペクトル分析器に受信された第 1 の光信号が、第 1 の波長を有するとともに前記センサレイの第 1 のセンサに対応し、前記光スペクトル分析器に受信された第 2 の光信号が、前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有するとともに前記センサレイの第 2 のセンサに対応する、請求項 5 に記載の検出システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、検出システムに関する。

【背景技術】

【0002】

腐食を検出可能なセンサは既知であり、例えば、米国特許第 6,384,610 号、同第 6,328,878 号、同第 6,316,646 号、同第 5,859,537 号、同第 6,054,038 号、同第 6,144,026 号、同第 4,380,763 号、同第 4,780,664 号、同第 4,962,360 号、同第 5,323,429 号、同第 5,367,583 号、同第 6,445,565 号、及び 6,896,779 号に記載されている。例えば、これらの従来のアプローチのいくつかは「内蔵型」腐食センサを利用して

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

この種の技術では厚み及び脆性に制限があって（薄いエポキシコーティング又は塗料コーティングの下に剛性の回路基板を配置することによってコーティングが破壊されることがある）、シリコンウエハ系センサが壊れてしまう傾向があり、平坦ではない平面には適さない。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 4 】

本発明の第一の態様によれば、工学的構造物を監視するための検出システムは、工学的構造物上に予め定められたパターンで配置可能であり、工学的構造物の表面とその表面を実質的に覆う保護コーティングとの間に配置可能なセンサアレイを含む。検出システムは、センサからのデータを取り出すセンサアレイと通信するコントローラも含む。コントローラは、光ファイババックボーンを介してセンサアレイと通信する。センサアレイは、各センサでの保護コーティングの硬化度、硬化した保護コーティングの状態、及び工学的構造物の腐食速度のうちの1つに対応するデータを提供することができる。

【 0 0 0 5 】

本発明の上記の概要は、本発明の各図示の実施形態又はすべての実施を説明しようとするものではない。以下に示す図面及び発明を実施するための形態は、これらの実施形態をより具体的に例示する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、添付図面を参照して更に説明される。

【 図 1 A 】 本発明の実施形態による代表的な検出システム。

【 図 1 B 】 本発明の代替的な実施形態による代表的な検出システム。

【 図 2 】 本発明の代表的な実施形態による、コーティングと工学的構造物との間に封入されたセンサの断面図。

【 図 3 A 】 本発明の一実施形態による代表的なセンサ。

【 図 3 B 】 本発明の別の代替的な実施形態による代表的なセンサの部分概略図。

【 図 3 C 】 図 3 B のエレクトロクロミックスイッチの概略図。

【 図 4 】 一実施例のスペクトル分析器による代表的な表示出力。

【 図 5 A 】 平坦ではない表面に配置された代表的なセンサの代替的な実装例。

【 図 5 B 】 平坦ではない表面に配置された代表的なセンサの代替的な実装例。

【 図 6 A 】 本発明のセンサシステムに使用される代替的なエレクトロクロミックスイッチアセンブリの製造方法。

【 図 6 B 】 本発明のセンサシステムに使用される代替的なエレクトロクロミックスイッチアセンブリの製造方法。

【 0 0 0 7 】

本発明は様々な変更及び代替形状が可能であるが、その具体例を一例として図面に示すとともに詳細に説明する。しかしながら、本発明を、記載される特定の実施形態に限定することは意図しないことが理解されよう。逆に、添付の特許請求の範囲によって規定されるような本発明の範囲内にある、全ての修正例、等価物、及び代替例を包含するものとする。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 0 8 】

本発明は、検出システムに関する。具体的には、代表的な実施形態の検出システムは内蔵型であり、工学的構造物のコーティング表面のいくつかの主な特徴を検出するために使用され得る。更に、検出システムは、光ファイババックボーン又はネットワークを利用して、検出器の1つ以上のアレイを中央制御システムにリンクさせる。光ファイババックボーンにより、長距離接続、及び電磁妨害（EMI）信号劣化の実質的な低減又は解消がもたらされる。検出システムを利用して、工学的構造物の表面に適用されるコーティングの硬化度を検出することができる。それに加え、検出システムを利用して、例えば、天然要素にさらされた場合に、コーティングの劣化（例えば、水分の浸入）を検出することによって、硬化後のコーティングの状態を検出することができる。更に、検出システムを使用して、例えば、腐食を促進する物理的状态を検出することによって、工学的構造物の表面の完全性を検出することができる。

【 0 0 0 9 】

これらの代表的な実装例では、検出システムは、データ収集システムを通して、工学的

構造物の１つ以上の物理的な状態に関連するデータをリアルタイムで周期的（例えば、１時間ごと、１日ごと、１週間ごと）に提供するように構築することができる。この種のデータ収集システムは、工学的構造物について、現在使用されている「予防的な」メンテナンスとは対照的に、「状況に基づいた」メンテナンスを提供することができる。したがって、代表的な実施形態の検出システムは、リアルタイムデータを提供し、この種の物体又は構造物の修理若しくは交換の計画をよりよく管理することによって、工学的構造物又は物体の運用年数を最長化するのに役立つことができる。更に、光バックボーンを使用することで、コントローラシステムを監視対象の工学的構造物から遠距離（例えば、光ファイバ伝送路の長さで測定して１０ｋｍ以上）に配置することができる。

【００１０】

本発明の代表的な実施形態によれば、図１Ａは、検出システム１００を概略図で示す。検出システム１００は、伝送光ファイバ１０５ａを介してセンサアレイ１２０ａにリンクされた中央コントローラ１５０を含む。この代表的な実施形態では、センサアレイ１２０ａは、データ伝送ファイバ１０５ａ／１０６ａに連結された複数のセンサを含む（この例では、単純化するために６個のセンサ（１３０ａ～１３０ｆ）が示されている）。センサアレイ１２０ａは、工学的構造物１１０の表面１１２に配置される。以下に更に詳細に説明するように、本発明の実施形態は、異なる種類のセンサを利用することができる。例えば、いくつかの実施形態では、カソード－アノード構造を有する腐食センサ構成は、インピーダンス、電流及び／又は電圧を測定して腐食を監視することができる。化学検出器のような他の種類のセンサを利用することもできる。

【００１１】

代表的な実施形態では、コーティング１４０は、工学的構造物１１０の表面１１２に適用される。センサ１３０ａ～１３０ｆは、センサを表面１１２とコーティング１４０との間に配置しやすいように、非常に薄いデザインで構築される（例えば、センシング部分の厚みが約１３μｍ～約７５μｍ）。この様式では、センサは、コーティング１４０及び工学的構造物１１０の状態に関するデータを同時に提供できる。

【００１２】

工学的構造物１１０は、天然要素（例えば、水、雨、風など）にさらされる任意の種類の構造物又は物体であることができる。構造物１１０の物理組成は、金属（例えば鋼）、炭素複合繊維、セラミック、又はグラスファイバー積層体のようなグラスファイバー系材料であることができる。

【００１３】

代表的な一実施形態では、検出システム１００は、バラストタンク若しくは他の水を保持する構造物内のコーティング及び／又は構造物の状態を検出するために、海洋プラットフォーム（例えば、船、潜水艦）で利用することができる。理解されるように、バラストタンクは、船舶を安定させるために海洋プラットフォームで使用される。これらのタンクは、連続的に充填及び／又は排出することができ、土砂や他の物質を集めることもできる。塩水はきわめて腐食性の高い物質であるので、リアルタイムで周期的なコーティング及び／又は代表的な検出システム１００により検出される構造物の状態の評価は、メンテナンス計画に関連する重要な情報を提供することができる。

【００１４】

代替的な実施形態によれば、検出システム１００は、トンネル、橋、管、及び航空機のような腐食又は他の物理的変形が起こりやすい他の種類の工学的構造物とともに使用することができる。例えば、センサは、物理的な境界によって目視検査が難しい水中／地下の石油パイプラインの長さに沿って配置され得る。本発明の実施形態のリモートセンシング特性により、何キロメートルも離れたセンサを照会することができる。

【００１５】

構造物１１０を保護するために、コーティング１４０は、エポキシ系コーティング又は塗料のようなコーティング、例えば、ポリアミドエポキシ（例えば、ＭＩＬ－仕様２４４４１を満たすエポキシ）及びコーティングエポキシ（例えば、３Ｍ社（３Ｍ Company）（ミ

10

20

30

40

50

ネソタ州セントポール) から入手可能な製品番号 2 2 1 6 A / B) を含むことができる。以下に更に説明するように、検出システム 1 0 0 を使用して、コーティング 1 4 0 の硬化状態及び / 又は状態のような特徴を検出することができる。

【 0 0 1 6 】

代表的な実施形態によれば、中央コントローラ 1 5 0 は、監視される特定の工学的構造物 1 1 0 とは離れた位置に配置され得る。好ましい態様では、コントローラ 1 5 0 は、光源 1 5 2 及びスペクトル分析器 1 5 4 に連結されたデータ収集システム 1 5 1 を含む。

【 0 0 1 7 】

光源 1 5 2 により発せられた光信号は、伝送光ファイバ 1 0 5 a を介してセンサアレイ 1 2 0 a に伝達される。好ましい態様では、コントローラ 1 5 0 は光信号を送受信する。返送された光信号は、光サーキュレータ 1 5 6 を介して光スペクトル分析器 1 5 4 に配信され得る。所望により、コントローラ 1 5 0 で制御される光学式スイッチ 1 5 8 を利用して、別の工学的構造物及び / 又は別のセンサアレイ (例えば、センサアレイ 1 2 0 c) に光信号を配信できる。システム全体の 1 つ以上のセンサアレイとの通信に光信号を使用すると、長距離接続、及び電磁妨害 (E M I) 信号劣化の実質的な低減又は解消がもたらされる。

【 0 0 1 8 】

一態様では、データ収集システム 1 5 1 は、光源 1 5 2、光スペクトル分析器 1 5 4、及び (任意に) 光学的スイッチ 1 5 8 と通信するサーバ又は別のコンピュータベースのデバイスとして構成され得る。データ収集システム 1 5 1 は、データの保存及び表示用にインタフェースデバイス及びコンピュータを含むことができる。更に、データ収集システムは、別個のディスプレイに連結され、画像データ (例えば、リアルタイムのコーティング状態のデータ) をユーザに提供することができる。データ収集システム 1 5 1 は、コンピュータ、サーバ、又はコンピュータベースのデバイスであることができるので、データの収集、操作、分析、及び移動は、ロードされたアプリケーションに特異的なソフトウェアプログラムを介して提供され得る。同様のデータの取り出し、デコーディング、及び保存プロセスは、システムで使用されるすべてのセンサ又はセンサ群に利用可能である。センサが、コーティング又は構造物の劣化が生じていることを示す場合、ユーザに警告を送ることができる (例えば、可聴形式及び / 又は視覚形式で)。それ以外の場合では、ユーザの要求時にデータを表示できる。自動化プロセスを使用して、リアルタイム及び / 又は周期的な様式でデータの取り出し及び分析を活性化することができる。

【 0 0 1 9 】

一態様では、光源 1 5 2 は、(比較的) 低いスペクトルパワー密度を有する、連続的な広帯域の光源 (例えば、ランプ) を含む。例えば、増幅された自然放出光源などの光源を使用して、約 3 0 n m の帯域幅 (中心波長が 1 5 5 0 n m) で約 2 0 0 m w の総光パワーを有する光信号を提供することができる。あるいは、光源 1 5 2 は、一連のより狭い帯域の光源を含むことができ、各光源は、異なる波長の出力を有して、複数の別個の波長チャネル $\lambda_1 - \lambda_n$ を有する光の出力信号を生じる。例えば、一連のより狭い帯域の光源は、一連のダイオード光源 (例えば、半導体レーザ) を含むことができ、各光源は、異なる出力波長 $\lambda_1 - \lambda_n$ を有する。例えば、異なる波長出力 $\lambda_1 - \lambda_n$ (例えば、1 5 5 0 n m、1 5 5 0 . 5 n m、1 5 5 1 n m、. . . 1 5 7 0 n m) を有するダイオードを別個に使用することができる。その他の代替例としては、光源 1 5 2 は、より広い波長範囲のレーザ出力 (例えば、1 0 ~ 2 0 μ m の範囲に及ぶレーザ出力) を生じる波長可変レーザを含むことができる。別の代替例では、光源 1 5 2 は、信号捕捉感度を上げるのに役立つ調節式光源であることができる。更に別の代替例では、光源 1 5 2 は、広帯域及び固定波長又は波長可変レーザ光源の組み合わせを含むことができる。

【 0 0 2 0 】

多波長の光信号は、光ファイバ 1 0 5 a に沿って第 1 のセンサアレイ 1 2 0 a に伝送される。光ファイバ 1 0 5 a は、コーニング社 (Corning, Inc.) (ニューヨーク州コーニング (Corning)) から入手可能な S M F 2 8 (商標) 光ファイバなどの従来の電気通信

10

20

30

40

50

ファイバ、又は典型的な光電気通信の波長領域（１３００nm若しくは１５５０nm）以外の波長領域で実用可能な異なる光ファイバであることができる。所望により、光信号は、スイッチ１５９を介して追加のセンサアレイ１２０bに更に配信され得る。

【００２１】

図１Aの実施形態に示されるように、センサアレイ１２０aで受信される光信号（波長 $\lambda_1 - \lambda_n$ を有する）は、一連のタップオフ（tap-off）装置１６１a～１６１fを介して個々のセンサ１３０a～１３０fに配信され得る。好ましい態様では、タップオフ（tap-off）装置１６１aは、電源タップ（power tap）を含むことができ、入力信号の一部（例えば、信号の約１％）をセンサ１３０aに分配し、残りの信号をセンサアレイの別のセンサ１３０b～１３０fに分配する。好ましい態様では、装置１６１a～１６１fは、それぞれ１×２光ファイバベースのパワースプリッター又は１×２光カップラーを含むことができる。

10

【００２２】

代替的な実施形態では、図１Bに示されるように、センサアレイ１２０dは、個々のセンサを複数個含むことができる（この例では、センサ１３０a～１３０l）。ここでは、個々のセンサはそれぞれコントローラ１５０に（例えば、光ファイバ１０５a～１０５lを介して）直接連結される。

【００２３】

図２の断面図に示されるように、センサ１３０aは、構造物１１０（例えばバラスタック）の表面１１２に配置され得る。センサ１３０aは、例えば、耐水性二成分エポキシ（例えば、マサチューセッツ州ベッドフォードのトラ・コン社（Tra-Con Corp.）から入手可能なトラ・コン（Tra-Con）２１５１接着剤）、又は両面テープ又は移動接着剤（例えば、ミネソタ州セントポールの３Ｍ社（3M Company）から入手可能な３Ｍ VHB）のような接着剤で表面１１２に固定され得る。センサ１３０aは、光ファイバ１０５a／１０６aを介してコントローラ１５０と通信可能である。コーティング１４０は、外的な基質又は物質（例えば海水１６０）による腐食の影響から構造物１１０を保護するために、表面１１２に適用される。以下に更に詳細に説明されるように、センサ１３０aは、コーティング１４０の状態を検出する（例えば、塩素のような化学種の存在を検出することによってインピーダンスを監視する）ことができるが、これは、コーティング１４０が劣化したり、構造物１１０が腐食し始めたりといった一般的なコーティングの状態を示す。

20

30

【００２４】

図１Aに示されるように、センサアレイ１２０aは、複数の個々のセンサ１３０a～１３０fを含むことができる。当然のことながら、工学的構造物の寸法又は特定の用途に応じて、センサアレイ１２０aに、より多くのセンサ又はより少ないセンサを使用可能である。好ましい態様では、個々のセンサはそれぞれ同じ基本構造を有することができる。例えば、図３A及び３Bに示されるように、センサ１３０aは、（以下により詳細に記載する）可撓性ポリイミド基材上に形成され得、基材上に配置された光電子インタフェース１３４を含むことができる。あるいは、個々のセンサは異なる構造を有することができる。

【００２５】

一態様では、光電子インタフェース１３４は、ポリマー系材料（例えば、ポリアミド、ポリエステル、液晶ポリマー）又はアクリル材料などのベース材料上に配置され得る。ベース材料は、光電子インタフェース１３４を支持することができ、及び／又はキャップ部分（図示なし）に気密封止をもたらす部位を提供できる。ベース材料及び／又はセンサの他の部分は、ミネソタ州セントポールの３Ｍ社（3M Company）から入手可能なVHB接着剤のような接着剤によって、工学的構造物１１０の表面に接着されていてもよい。保護コーティング又は封入材料１３３もまた、構成要素及び相互接続部が露出するのを防ぐために提供することができる。所望により、更なる保護のために、パッケージのキャップ材料（例えば硬質プラスチック）によって外側保護シェルを提供することができる。最終的なパッケージの厚みは、約１００μm～約１０００μmに維持され得る。

40

【００２６】

50

光電子インタフェース 134 は、光信号デマルチプレクサ 137 (図 3 B 参照) を含むことができる。一態様では、デマルチプレクサ 137 は、単一の定義済チャンネル (例えば、 λ_1) を選択する薄膜ベースのチャンネルセクタを含むことができる。更に、各センサの光信号デマルチプレクサを使用して、その波長 λ_n から個々のセンサをそれぞれ識別できる。光信号デマルチプレクサ 137 を使用して、図 3 B に示されるように、光信号を 2 つのパス (例えば、パス 139 a 及び 139 b) に分割できる。一態様では、デマルチプレクサ 137 は、信号 λ_1 を選択し、その信号をパス 139 a に沿って送信し、残りの信号 $\lambda_2 - \lambda_n$ は、パス 139 b に沿って送信される。

【0027】

センサ 130 a は、光信号の一部を受信して電力に変換するための PIN ダイオードアレイ 135 を更に含むことができる。図 3 B に概略的に示されるように、信号 $\lambda_2 - \lambda_n$ はパス 139 b に沿って PIN ダイオードアレイ 135 に送信され、PIN ダイオードアレイ 135 は光信号を受信して電力を発生させる。電力はエレクトロクロミックスイッチ 136 の電源として使用可能であり、エレクトロクロミックスイッチ 136 は、光信号デマルチプレクサ 137 によって分割された光信号の別の部分を受信する。この例示の態様では、信号 λ_1 は、パス 139 a に沿ってエレクトロクロミックスイッチ 136 に送信される。以下に記載するように、センシング部分 132 がエレクトロクロミックスイッチ 136 の電源に連結されているので、エレクトロクロミックスイッチ 136 に使用可能な電力量は、保護コーティング 140 の状態によって左右され得る。

【0028】

図 3 C に示されるように、エレクトロクロミックスイッチ 136 は、その間に電位感受性材料 136 a が配置された 2 つの光透過性材料 136 c、136 d を含む。電位感受性材料 136 a は、例えば、三酸化タンゲステンを含むことができる。電解質 136 e は、電位感受性材料と層 136 f (好ましくは五酸化バナジウム層) との間に配置される。電解質層 136 e は、印加電圧 V の電荷移動メカニズムを提供し、五酸化バナジウム層 136 f は、エレクトロクロミックスイッチのオン及びオフ時にコントラスト比を高めることができる。更に、少なくとも 1 つの透過性材料 (例えば、透過性材料 136 d) は、高反射性コーティング 136 b でコーティングされ得る。エレクトロクロミックスイッチ 136 の動作については、以下に更に詳細に記載する。

【0029】

別の態様では、図 3 C に示される構造 136 に代わるものとして、光電子インタフェース 134 に超小型エレクトロクロミックスイッチを使用することができる。特に、図 6 A 及び 6 B は、光ファイバベースのエレクトロクロミックスイッチ 200 の製造プロセス、及びその構成要素を示す。図に示されるように、スイッチ 200 は、光ファイバ 210 (図 3 B に示されるパス 139 a を含む光ファイバなど) の末端部に形成された超小型の構造であることができる。

【0030】

図 6 A 及び 6 B を参照すると、工程 301 では、超小型エレクトロクロミックスイッチ 200 の製造に使用される光ファイバの断面が調製される。光ファイバ 210 は、ファイバを裂いて末端部 215 を作製することで調製可能である。光ファイバ 210 の末端部は、95% 硫酸溶液などの濃縮酸溶液を使用してその保護ポリマーコーティング 212 を除去できる。光ファイバの除去速度は温度によって異なることができ、好ましくは 150 で約 60 秒である。第 2 の光ファイバ 220 もまた使用され、その末端部 225 a も同様に調製される。

【0031】

工程 302 では、光ファイバ 210 及び 220 の各側面及び末端部 215、225 a に酸化インジウムスズ (ITO) の層 230、232 を付着させることができる。代表的な実施形態では、ITO 層は標準的な真空スパッタリング技術を使用して付着される。ITO 層の厚さは、約 100 nm ~ 約 200 nm であってもよい。

【0032】

10

20

30

40

50

工程 303 では、電気接点 235、237 が形成される。PIN ダイオードアレイ 135 によって供給される電源は、接点 235、237 を介してエレクトロクロミックスイッチ 200 に接続され得る。接点は、少なくとも 1 つの導電層を付着させるように、真空蒸着プロセス、電気メッキプロセス、無電解メッキ (electroless plating) プロセス、又はこれらの組み合わせを使用して形成されてもよい。例示的な実施形態では、導電層は、金、銅、ニッケル、及び / 又は銀から選択される金属層を含む。導電層は、米国特許第 6,355,301 号明細書に記載のプロセスなどの無電解金属沈着プロセスを使用して付着可能であり、この特許の内容全体が参照することにより本書に組み込まれる。

【0033】

例示的な一実施形態では、ITO ガラス層と重なり合うように、ニッケル層バンドが光ファイバ表面 217、227 上に無電解メッキされる。ニッケル層それぞれの厚さは、約 0.1 ~ 約 0.2 μm であってよい。このニッケル層の上面に、ニッケルを更に厚くなるように電解メッキして、厚さ約 1 μm のニッケルバンドを提供することができる。更に、金の層をニッケルバンドの上面に約 0.1 μm の厚さに電気メッキして、接点構造を完成させることができる。

【0034】

工程 304 では、酸化タングステン (WO_3) 材料 240 が、真空スパッタ蒸着プロセス又はディップコーティングプロセスなどの従来のプロセスによって、光ファイバ 210 の末端部の ITO 層 230 上に適用され得る。ディップコーティングを使用する場合、 WO_3 水溶液を使用することができる。光ファイバ 210 の先端部を溶液に浸け、引き上げて乾燥させ (例えば、170 で 20 分)、厚さが少なくとも約 100 nm の酸化タングステン層を得ることができる。酸化タングステン層の厚さは、望ましいエレクトロクロミックスイッチのコントラスト比に応じて、例えば、酸化タングステン溶液の濃度を変更することにより、又は水溶液を複数回適用することにより、変更され得る。

【0035】

工程 305 では、酸化バナジウム (V_2O_5) 材料 245 が、真空スパッタ蒸着プロセス又はディップコーティングプロセスなどの従来のプロセスによって光ファイバ 220 の末端部の ITO 層 232 上に適用され得る。ディップコーティングを使用する場合、 V_2O_5 水溶液を使用することができる。ファイバ 220 の先端部を溶液に浸け、引き上げて乾燥させ (例えば、170 で 20 分)、厚さが少なくとも約 100 nm の酸化バナジウム層を得ることができる。酸化バナジウム層の厚さは、望ましいエレクトロクロミックスイッチのコントラスト比に応じて、例えば、酸化バナジウム溶液の濃度を変更することにより、又は水溶液を複数回適用することにより、変更することができる。

【0036】

工程 306 では、光ファイバ 220 の小さな部分のみが利用されるように、光ファイバ 220 を切断することができる。更に、光ファイバセグメント 220 の第 2 の末端部 225b に反射性コーティング又は鏡面 250 をコーティングすることができる。一態様では、鏡面 250 は金属沈着によって形成可能である。鏡面 350 は、少なくとも 1 つの反射層を付着させるように、真空蒸着プロセス、電気メッキプロセス、無電解メッキプロセス、ディップコーティング、又はこれらの組み合わせなどの従来のプロセスを使用して形成されてもよい。反射層は、銀、アルミニウム、又は屈折率が交互に変わる一連のコーティング層を含んでいてもよい。代表的な実施形態では、鏡面の厚さは少なくとも約 150 nm であることができる。

【0037】

工程 307 では、光ファイバ 210 の WO_3 層 240 とファイバセグメント 220 の V_2O_5 層 245 との間にポリマー電解質 260 が配置され得る。ポリマー電解質は、好ましくはリチウムトリフルオロメタンスルホンイミド電解質などのリチウムを含有する UV 硬化性ポリマー電解質を含む。電解質は、光ファイバ 210 にコーティングされた WO_3 をポリマー電解質の未硬化溶液に浸けることで塗布できる。次に、ファイバセグメント 220 にコーティングされた V_2O_5 を電解質に接触させることができる。

【 0 0 3 8 】

工程 3 0 8 では、エレクトロクロミックスイッチを保護するように、アセンブリをガラスフェルールなどの UV 透過性フェルールに挿入することができる。フェルールは、フェールのいずれかの末端部において、光ファイバ 2 1 0 及びファイバセグメント 2 2 0 に接着剤で固着されてもよい。

【 0 0 3 9 】

パッケージ化されたアセンブリは、工程 3 0 8 においてポリマー電解質を硬化するように紫外線に曝露され得る。硬化されたポリマー電解質層の厚さは、約 $1\ \mu\text{m}$ ~ 約 $100\ \mu\text{m}$ であることができる。

【 0 0 4 0 】

エレクトロクロミックスイッチを P I N ダイオードアレイに接続するように、電気ワイヤを金属沈着した電気接点にはんだ付けすることができる。代表的な実施形態では、標準的な鉛 - スズ又は銀のはんだ付けプロセスが使用されてもよい。

【 0 0 4 1 】

センサ 1 3 0 a は、センサ部分 1 3 2 を更に含む。好ましい態様では、アレイセンシング部分 1 3 2 は、互いにかみ合った金属系（例えば、金、銀、銅）回路を有する電極構造を含むことができ、この回路は、電気化学的測定 / 腐食測定のためのアノード及びカソードとして使用することができ、可撓性ポリイミド基材で作成され得る。それに加え、センサ 1 3 0 a の一部分が、センサを保護するオーバーコート 1 3 3 でコーティングされ得る（例えば、センサの電気 / 光学変換部分を覆っているが、センシング部分 1 3 2 は構造物 1 1 0 及びコーティング 1 4 0 に対して露出している）。

【 0 0 4 2 】

代表的な実施形態では、センシング部分 1 3 2 は、例えば、ミネソタ州セントポールの 3 M 社（3M Company）から商品名 3 M（商標）フレックス（Flex）で入手可能な 3 M の可撓性回路材料のような薄い可撓性基材材料で形成される。この種の可撓性回路を製造するための代表的な物品及びプロセスは米国特許第 6, 3 2 0, 1 3 7 号に記載され、この内容全体が参考として組み込まれる。「可撓性」とは、センサ及び（適用可能な場合）基材を、センシング部分が剥離しないように曲げることができる（例えば、導電性を失うことなく、センシング部分をきわめて小さな曲率半径で 90° （又はそれ以上）に曲げるか、又は鋭く直角に曲げるか、又は折り目をつけることができる）ことを意味する。

【 0 0 4 3 】

例えば、センシング部分 1 3 2 は、ポリイミド材料のような基材を含むことができる。センサ電極の構造は、基材上にパターン化された多層材料（例えば、クロム結合層、その上に配置された銅（又は他の導電）層、及び銅層の上に配置された銀（又は金若しくは他の金属）層を有する）として形成され得る。本記載から明らかなように、他の多層構造を使用され得る。したがって、代表的なカソード - アノード構造を有するセンシング部分 1 3 2 には、以前なら監視が困難な位置で、カソードとアノードとの間の電圧低下、カソードとアノードとの間の電流レベル、及び / 又はカソードとアノードとの間のインピーダンスを測定する能力を提供することができる。

【 0 0 4 4 】

代替的な実施形態では、センシング部分 1 3 2 は、水に感受性を有する化学種（例えば、A l、F e、又は Z n）で形成される電極として構築され得る。化学種が水と相互作用すると、インピーダンス又は抵抗の測定値が変化する。本記載から当業者には明らかなように、他の腐食に感受性を有する種もまた使用することができる。

【 0 0 4 5 】

一態様では、作動中、エレクトロクロミックスイッチ 1 3 6 は P I N ダイオード 1 3 5 の出力によって電力供給される。図 3 B の概略図に示されるように、センシング部分 1 3 2 は、好ましくは可撓性ポリイミド基材上に形成された互いにかみ合った金属ベース回路を有する電極構造の物理的構成を有し、エレクトロクロミックスイッチ 1 3 6 に電氣的に連結された抵抗器として表される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

例えば、初期段階では、コーティング 1 4 0 の質は良好である。したがって、センシング部分 1 3 2 による抵抗 / インピーダンスは高い。その結果、エレクトロクロミックスイッチ 1 3 6 に対する電圧 (V) は高い (例えば、3 V)。エレクトロクロミックスイッチ 1 3 6 に対する電圧 (V) が高い場合、電位感受性材料 1 3 6 a は入力信号 (γ_1) を吸収し、その結果、 γ_1 信号はコントローラ 1 5 0 に返送されない。末期段階では、腐食要素に曝露されて、コーティング 1 4 0 の質が劣化する。したがって、センシング部分 1 3 2 による抵抗 / インピーダンスは低下する。その結果、エレクトロクロミックスイッチ 1 3 6 に対する電圧 (V) が低下する。エレクトロクロミックスイッチ 1 3 6 に対する電圧 (V) が低い場合、電位感受性材料 1 3 6 a は入力信号 (γ_1) を伝達し始め、その結果、 γ_1 信号の一部がコーティング 1 3 6 d で反射され、コントローラ 1 5 0 に返送される。コーティングの状態が悪化すると、更に多くの γ_1 信号が反射されてコントローラ 1 5 0 に返送される。したがって、オペレータは遠隔位置からコーティング 1 4 0 の相対的な状態を判断できる。本記載から当業者には明らかなように、本作業の他の変形もまた使用することができる。

10

【 0 0 4 7 】

好ましい態様では、工学的構造物の別の位置でのコーティングの状態に応じて、別のセンサ位置 (1 3 0 b ~ 1 3 0 n) で他の信号 ($\gamma_2 - \gamma_n$) が発せられる。その結果、光スペクトル分析器 1 5 4 などの分光計装置を使用して、反射された光信号を分析することができる。図 4 は、一例のスペクトル分析器 1 5 4 による代表的な表示出力を示すが、これらの特定波長 (例えば、 $\gamma_1 - \gamma_n$) の信号強度により、工学的構造物の異なる位置での対応するコーティング状態をオペレータに伝えることができる。更に、光ファイババックボーンを使用すると、長距離接続 (例えば、1 0 k m 以上)、及び電磁妨害 (E M I) 信号劣化の実質的な低減又は解消がもたらされる。

20

【 0 0 4 8 】

上述のデザインを使用して、本明細書に記載の検出システムの代表的な実施形態は、非破壊性のアンダーコーティングセンサ (undercoating sensor) を提供することができる。それに加え、センサは、工学的構造物の重要な領域 (例えば、平坦ではない表面 (例えば、屈曲部及び角部及び他の鋭角の位置周辺)) にユーザがセンサを配置できるように、可撓性の曲げることのできる基材で作成され得る。これらの位置は、角部及び他の鋭角の位置に保護コーティングを均一に適用することができないため、ときに腐食又は他の劣化事象が起こりやすい。例えば、図 5 A 及び 5 B に示されるように、代表的なセンサ 1 3 0 a は、I 型ビームの縁部周辺に生じるような 1 個の角を有する表面 1 1 1 (図 5 A) 又は複数の角を有する表面 1 1 3 (図 5 B) に配置され得る。

30

【 0 0 4 9 】

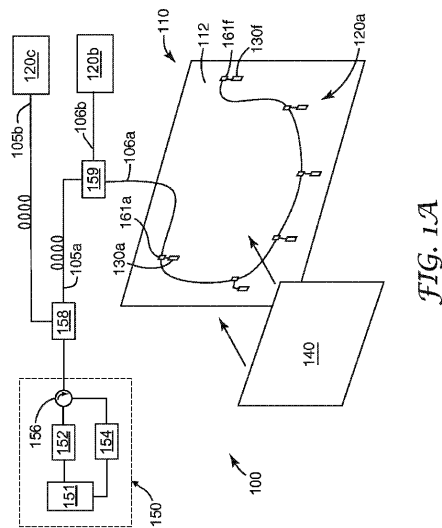
したがって、上述の代表的な実施形態によれば、内蔵型腐食センサは、水分の浸入、塩素及び他のアニオン種のような種の浸入、コーティングの硬化、コーティングの健康状態及び構造状態を検出するために提供され得る。この種のセンサを可撓性基材で作成可能な場合、更に位置特異的なリアルタイム測定をユーザに提供することができる。更に、このような薄い回路 (例えば、厚さ約 0 . 0 2 5 m m (0 . 0 0 1 インチ)) を、コーティングの状態に悪影響を及ぼすことなく、保護コーティングと構造物との間に配置することができる。更に、データ収集システムは、腐食に関連する事象をリアルタイムで測定することができる。このような腐食センサは、腐食に関連する損傷の費用を直接的及び間接的に減らすのに役立つことができる。

40

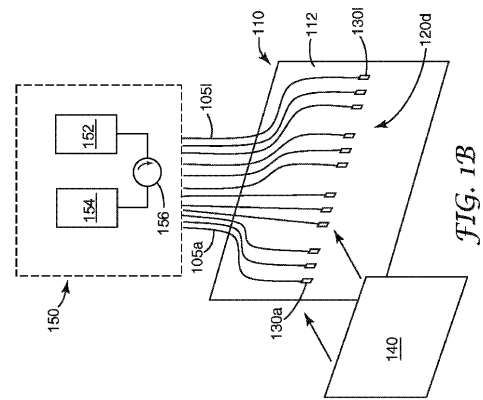
【 0 0 5 0 】

本明細書を検討すれば、本発明を適用可能なさまざまな変更例、均等なプロセス、多数の構造を本発明に関連する当業者には容易に明らかになるう。

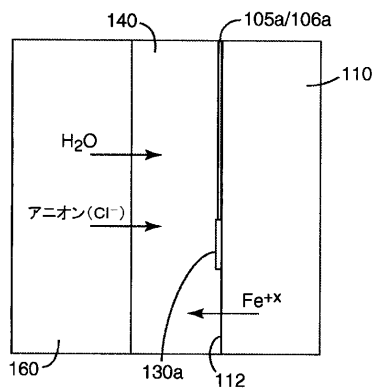
【図 1 A】



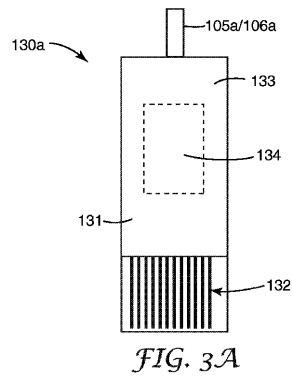
【図 1 B】



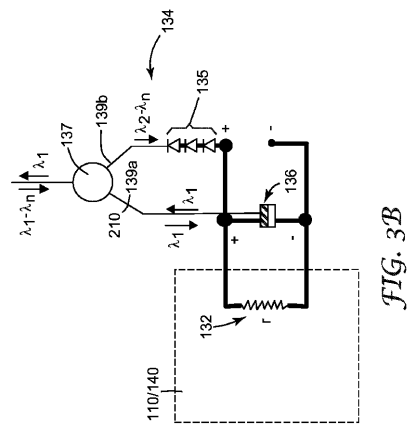
【図 2】



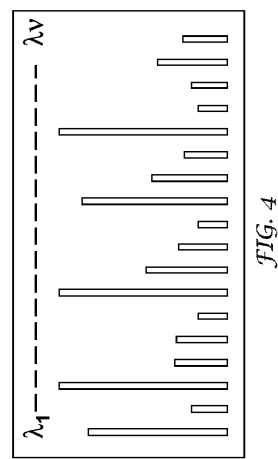
【図 3 A】



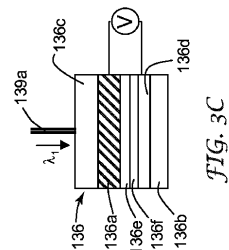
【 図 3 B 】



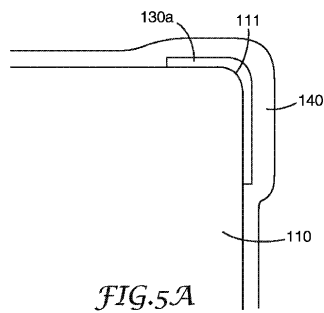
【 図 4 】



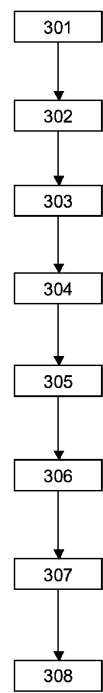
【 図 3 C 】



【 図 5 A 】



【 図 6 A 】



【 図 5 B 】

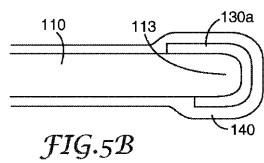


FIG. 6A

【図 6 B】

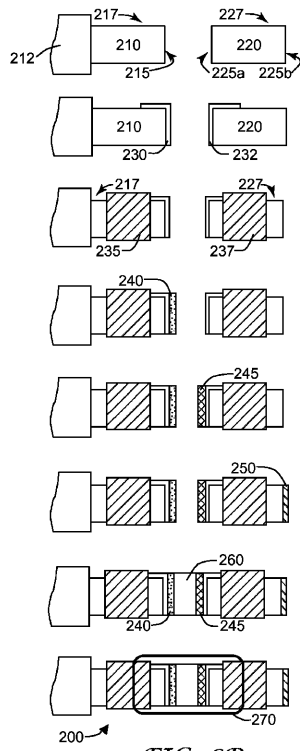




FIG. 6B

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2007/088318
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01N 27/26(2006.01)i, C23F 13/00(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)		
IPC 8 : G01N 27/26, G01N 1/00, G01N 29/12, G01N 29/14, G01B 9/02, G01B 11/16, G01K 11/12, G01L 1/24, G01L 1/00, G01G 19/52, G01G 3/14		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean Utility models and applications for Utility Models since 1975 Japanese Utility models and applications for Utility Models since 1975		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKIPASS (KIPO internal) & keywords: "sensor", "array", "optical fiber"		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7117742 B2 (KIM, H.) 10 OCTOBER 2006 See abstract; Fig.6; column 13, line 64 - column 16, line 7	1,16,18
A		2-15, 17
A	US 5260520 A (MUHS, J. D. et al.) 09 NOVEMBER 1993 See the whole document	1-18
A	US 2005/0046860 A1 (WAAGAARD, O. H. & RONNEKLEIV, E.) 03 MARCH 2005 See Fig.1; paragraph [0030]	1-18
A	JP 2001-133214 A (OKI ELECTRIC IND. CO. LTD.) 18 MAY 2001 See abstract; Fig.1	1-18
A	JP 09318462 A (OKI ELECTRIC IND. CO. LTD.) 12 DECEMBER 1997 See abstract; Figs 1-4	1-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 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 "T" 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 29 MAY 2008 (29.05.2008)		Date of mailing of the international search report 30 MAY 2008 (30.05.2008)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer LEE Chang Ho Telephone No. 82-42-481-8435 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2007/088318

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 07117742 B2	10.10.2006	US2005061076A1 US2005061076AA US2006179949AA US2006260402AA US2006268263AA US2007006653AA US2007012111AA US2007012112AA US2007261493A1 US2007261493AA US2007266788A1 US2007266788AA US7117742BB US7197931BB US7246521BB	24.03.2005 24.03.2005 17.08.2006 23.11.2006 30.11.2006 11.01.2007 18.01.2007 18.01.2007 15.11.2007 15.11.2007 22.11.2007 22.11.2007 10.10.2006 03.04.2007 24.07.2007
US 5260520 A		NONE	
US 2005/0046860 A1		CA2479081AA CA2479081A1 CA2479245AA CA2479245A1 GB200419047A0 GB200419163A0 GB2405469A GB2405469A1 GB2405469B2 GB2406166A1 GB2406166B2 US07081959 US2005046860A1 US2005046860AA US2007019201AA US7081959BB	27.02.2005 27.02.2005 27.02.2005 27.02.2005 29.09.2004 29.09.2004 02.03.2005 02.03.2005 29.11.2006 23.03.2005 05.07.2006 25.07.2006 03.03.2005 03.03.2005 25.01.2007 25.07.2006
JP 2001-133214 A	18.05.2001	JP13133214 JP2001133214A2	18.05.2001 18.05.2001
JP 09318462 A	12.12.1997	JP09318462 JP3259213B2 JP9318462A2	12.12.1997 25.02.2002 12.12.1997

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100140028

弁理士 水本 義光

(74)代理人 100147599

弁理士 丹羽 匡孝

(72)発明者 ワン, ディン

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 ユー, スティーブン ワイ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

Fターム(参考) 2G059 AA05 BB10 EE01 EE02 EE12 GG01 GG03 HH01 HH06 JJ17

KK01

2G060 AA08 AE24 AE28 AF02 AF06 AG03