

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-181332

(P2017-181332A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO1J	1/02	(2006.01)	GO1J	1/02	M	2GO43		
GO1J	1/42	(2006.01)	GO1J	1/42	M	2GO65		
GO1N	21/67	(2006.01)	GO1N	21/67	A			

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-69842 (P2016-69842)
 (22) 出願日 平成28年3月31日 (2016. 3. 31)

(71) 出願人 000005348
 株式会社SUBARU
 東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号
 (71) 出願人 504174135
 国立大学法人九州工業大学
 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号
 (74) 代理人 100136504
 弁理士 山田 毅彦
 (72) 発明者 西 孝裕樹
 東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 富士重工業株式会社内
 (72) 発明者 大塚 信也
 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 国立大学法人九州工業大学内

最終頁に続く

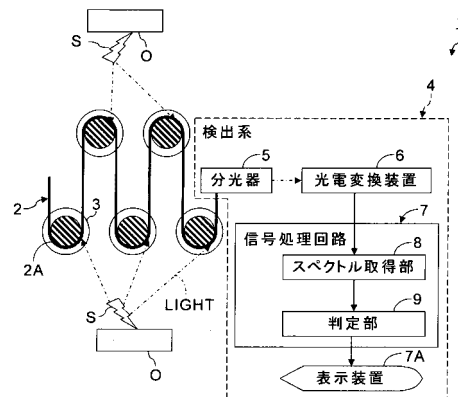
(54) 【発明の名称】 光観測システム及び光観測方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 より安全かつ簡易な構成でスパーク光等の光の有無を良好な精度で確認できる光観測システム及び光観測方法を提供する。

【解決手段】 光観測システム1は、光ファイバ2と、検出系4とを備える。光ファイバ2は、被検領域において発生した光を入射させるセンサとしての湾曲部2Aを有し、被検領域において発生した光を湾曲部2Aから入射させて伝送する。検出系4は、光ファイバ2により伝送される光を検出する。また、光観測方法は、被検領域において発生した光を光ファイバ2の湾曲部2Aから入射させて伝送させるステップと、光ファイバ2により伝送される光を検出するステップとを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検領域において発生した光を入射させるセンサとしての湾曲部を有し、前記被検領域において発生した前記光を前記湾曲部から入射させて伝送する光ファイバと、
前記光ファイバにより伝送される光を検出する検出系と、
を備える光観測システム。

【請求項 2】

前記光ファイバは、入射可能な光の発生源に向かって凸んだ複数の湾曲部を前記センサとして有する請求項 1 記載の光観測システム。

【請求項 3】

前記光ファイバは、凹んだ湾曲部の両側に前記センサとしての凸んだ湾曲部が生じるように配置され、異なる方向に向かって凸んだ複数の湾曲部を前記センサとして有する請求項 1 又は 2 記載の光観測システム。

【請求項 4】

前記センサを構成する前記湾曲部における前記光ファイバのクラッドの一部を除去した請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光観測システム。

【請求項 5】

前記光ファイバは、前記被検領域において発生したスパーク光を前記センサとしての前記湾曲部から入射させるように構成され、

前記検出系は、前記光ファイバにより伝送される前記スパーク光に含まれる特定の波長帯域における光の強度に基づいて前記スパーク光の原因となるスパークが爆発性のスパークであるか否かを判定するための情報を提示するように構成される請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光観測システム。

【請求項 6】

前記センサとしての前記湾曲部の曲率を、前記特定の波長帯域における光の屈折率に対応する、前記特定の波長帯域における光を入射させるための適切な曲率とした請求項 5 記載の光観測システム。

【請求項 7】

前記特定の波長帯域における光を透過させて前記センサとしての前記湾曲部に入射させる波長フィルタを設けた請求項 5 又は 6 記載の光観測システム。

【請求項 8】

前記光ファイバに前記湾曲部が形成されるように前記光ファイバを配置するための光ファイバ固定具を更に備え、前記光ファイバ固定具を前記特定の波長帯域における光を透過させる素材で構成した請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光観測システム。

【請求項 9】

前記センサを構成する前記湾曲部における前記光ファイバのクラッドの一部を除去することによって露出させた前記光ファイバのコアを前記波長フィルタで覆った請求項 7 記載の光観測システム。

【請求項 10】

前記光ファイバの両端に前記検出系を接続し、前記光ファイバ内において双方向に伝送される光を前記検出系で検出できるようにした請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の光観測システム。

【請求項 11】

被検領域において発生した光を光ファイバの湾曲部から入射させて伝送させるステップと、

前記光ファイバにより伝送される光を検出するステップと、
を有する光観測方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

10

20

30

40

50

本発明の実施形態は、光観測システム及び光観測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

雷撃や静電気等によって航空機の構造体に電気エネルギーが蓄積すると、スパークが発生する。スパークが発生すると、燃料に引火して飛行の安全が阻害される恐れがある。そこで、航空機の開発では、従来、スパークの発生の有無を確認するために、膨大な試験が行われている（例えば特許文献1参照）。スパークの発生の有無を確認する方法としては、写真撮影法とガス引火確認法が知られている。

【0003】

写真撮影法は、試験用の供試体に電流を流して撮影し、スパークの有無を確認する方法である。一方、ガス引火確認法は、引火性ガスを入れた試験用の供試体に電流を流して引火の有無を確認する方法である。

10

【0004】

また、関連する技術として、スパークのエネルギーを評価する技術も提案されている（例えば特許文献2参照）。

【0005】

写真撮影法によるスパークの確認試験では、引火しないようなエネルギーが小さいスパークであっても、スパークが撮影されれば不合格と判定されることになる。このため、スパークの発生を防止するための過剰な対策が要求される恐れがある。また、写真撮影法では、カメラが異なると、スパークの写りが変わる場合があるという問題がある。更に、写真撮影法では、カメラの撮影方向は固定される。このため、複雑な構造を有する供試体を撮影する場合には、カメラの位置に対して供試体の陰となる位置で発生したスパークの有無を確認できない場合があるといった問題がある。

20

【0006】

一方、ガス引火確認法の場合には、試験用の供試体からスパーク以外の原因で引火する場合がある、スパークが発生しても引火しない場合がある、試験に時間を要し、かつ安全対策が必要になるといった問題がある。また、複雑な構造を有する供試体の試験を行う場合、カメラの位置に対して供試体の陰となる位置でスパークが発生することが多い。そのため、供試体が引火してもスパークが見えない場合がある。スパークが見えずに供試体が引火した場合、スパークが原因で供試体が引火したのか否かを確認できないという問題がある。

30

【0007】

このような従来のスパーク確認試験は、航空機の開発期間の増加を招き、航空機の開発コストを押し上げる要因となっている。これは、航空機の開発に限らず、スパークの発生を防止することが必要となる製品の開発に共通する課題である。

【0008】

そこで、航空機等のスパーク確認試験において複雑な構造を有する供試体であっても、スパークを検出できるようにするための様々な技術が提案されている。例えば、試験用の供試体に多数の光ファイバを配置し、各光ファイバの端部に入射した光を光電変換することにより、スパークが発生した位置を特定するシステムが提案されている（例えば特許文献3参照）。すなわち、多数の光ファイバを供試体に配置すれば、複雑な構造を有する供試体の陰となる位置で発生するスパークの検出漏れを防止することができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2014-153298号公報

【特許文献2】特開2014-137227号公報

【特許文献3】特開2013-200213号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0010】

しかしながら、複数の光ファイバを用いてスパーク確認試験を行う場合、多数の光ファイバや光電変換装置等が必要となるため、システムの設置に時間を要する。また、システムが大規模になるため、製造コストが増加する、システムの設置に広いスペースが必要であるといった課題がある。これは、スパークの確認試験に限らず、光の検出を行う場合において共通の課題である。

【0011】

そこで、本発明は、より安全かつ簡易な構成でスパーク光等の光の有無を良好な精度で確認できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の実施形態に係る光観測システムは、光ファイバと、検出系とを備える。光ファイバは、被検領域において発生した光を入射させるセンサとしての湾曲部を有し、前記被検領域において発生した前記光を前記湾曲部から入射させて伝送する。検出系は、前記光ファイバにより伝送される光を検出する。

【0013】

また、本発明の実施形態に係る光観測方法は、被検領域において発生した光を光ファイバの湾曲部から入射させて伝送させるステップと、前記光ファイバにより伝送される光を検出するステップとを有する。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光観測システムの構成図。

【図2】図1に示す光ファイバ固定具の側面図。

【図3】図1に示す検出系において検出されたスパーク光が爆発性を有するか否かを判定するために参照されるスパーク光の波長スペクトルの一例を示すグラフ。

【図4】本発明の第2の実施形態に係る光観測システムの構成図。

【図5】本発明の第3の実施形態に係る光観測システムの構成図。

【図6】本発明の第4の実施形態に係る光観測システムの構成図。

【図7】図6に示す光ファイバ及び波長フィルタの位置A-Aにおける横断面図。

【図8】本発明の第5の実施形態に係る光観測システムの構成図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明の実施形態に係る光観測システム及び光観測方法について添付図面を参照して説明する。

【0016】

(第1の実施形態)

(構成及び機能)

図1は本発明の第1の実施形態に係る光観測システムの構成図であり、図2は図1に示す光ファイバ固定具の側面図である。

【0017】

光観測システム1は、被検領域において光が発生したか否かを検出するためのシステムである。図示された例では、検査対象物OにおいてスパークSが生じた場合におけるスパーク光が光観測システム1の検出対象となっている。

【0018】

光観測システム1は、光ファイバ2、光ファイバ固定具3及び検出系4を有する。検出系4は、分光器5、光電変換装置6及び信号処理回路7を有する。信号処理回路7は、スペクトル取得部8及び判定部9を有する。信号処理回路7には、表示装置7Aを接続することができる。

【0019】

光ファイバ2は光ファイバ固定具3により固定される。これにより、光ファイバ2には

10

20

30

40

50

湾曲部 2 A が形成される。換言すれば、光ファイバ固定具 3 は、光ファイバ 2 に湾曲部 2 A を形成させた状態で光ファイバ 2 を配置するための器具である。光ファイバ固定具 3 は、例えば、光ファイバ 2 を巻き付けるための溝を側面に設けた円柱体で構成することができる。

【 0 0 2 0 】

光ファイバ 2 の湾曲部 2 A は、被検領域において発生した光を入射させるセンサとして機能する。つまり、被検領域において発生した光は、光ファイバ 2 の端部におけるコアからではなく、湾曲部 2 A のクラッド側から光ファイバ 2 内のコアに入射させて伝送される。

【 0 0 2 1 】

従って、異なる方向から進行する光であっても、湾曲部 2 A から光ファイバ 2 内のコアに入射させて伝送することができる。具体的には、光ファイバ 2 のコア内で全反射させることが可能となる条件を満たす光を、湾曲部 2 A から入射させて伝送することができる。つまり、条件を満たす波長を有し、条件を満たす方向から湾曲部 2 A に入射する光を、光ファイバ 2 で伝送することができる。

【 0 0 2 2 】

光ファイバ 2 の素材としては、石英ガラス（二酸化ケイ素ガラス）及びプラスチックが代表的である。このうち、プラスチック製の光ファイバ 2 であれば、光ファイバ 2 のクラッドからコアに検出可能な強度で光を取り込むことができる。また、プラスチック製の光ファイバ 2 であれば、湾曲部 2 A の曲率半径を 1 5 0 mm 以下にすることができる。すなわち、プラスチック製の光ファイバ 2 であれば、大きな曲率で湾曲部 2 A が形成されるように、光ファイバ 2 を曲げることができる。このため、湾曲部 2 A から光を入射させることが可能な方向の範囲を確保することができる。

【 0 0 2 3 】

尚、曲率半径は、曲線を局所的に円弧とみなしたときの円の半径であり、曲率は曲率半径の逆数である。

【 0 0 2 4 】

光ファイバ 2 には、入射可能な光の発生源に向かって凸んだ（つばくんだ）複数の湾曲部 2 A をセンサとして設けることができる。これにより、光ファイバ 2 に光を入射させることが可能な方向の範囲を一層広くすることができる。

【 0 0 2 5 】

図示された例では、被検領域において発生したスパーク光を、センサとして平面上に配置された複数の湾曲部 2 A から入射させることができるように光ファイバ 2 が配置されている。すなわち、同一直線上にない複数の円柱状の光ファイバ固定具 3 で光ファイバ 2 に異なる位置で両側から張力がかけられている。このため、光ファイバ 2 は蛇行し、2 方向に向かって凸んだ単一又は複数の湾曲部 2 A が光ファイバ 2 に形成される。従って、光の検出エリアを広くすることができる。特に、互いに逆方向から進行してくる光であっても、1 本の光ファイバ 2 に入射させて伝送することができる。

【 0 0 2 6 】

尚、湾曲部 2 A を 3 次元（3 D : t h r e e - d i m e n s i o n a l）的に異なる位置に配置して光の 3 D 検出、すなわち異なる空間位置から進行してくる光の検出を行えるようにしてもよい。或いは、それぞれ単一又は複数の湾曲部 2 A を設けた複数本の光ファイバ 2 を、互いに直交する 3 平面等の平行でない平面上に配置して光の 3 D 検出を行えるようにしてもよい。

【 0 0 2 7 】

但し、スパーク光の有無を確認するための従来のスパーク確認試験は、2 次元（2 D : t w o - d i m e n s i o n a l）領域を検査エリアとして行われる。従って、図示されるように光の 2 D 検出を行うことができるように光ファイバ 2 を配置すれば、スパーク確認試験を行うためには十分である。

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

また、光ファイバ固定具 3 を透明な樹脂等の材料で構成することもできる。この場合、被検領域において発生した光が光ファイバ固定具 3 によって遮られることを回避することができる。

【0029】

一方、検出系 4 は、光ファイバ 2 により伝送される光を検出する機能を有する。検出系 4 の分光器 5 は、光ファイバ 2 により伝送される光を分光するための光学装置である。光電変換装置 6 は、分光器 5 で分光された波長ごとの光を光電変換し、波長ごとの光の強度を振幅とする電気信号に変換する装置である。光電変換装置 6 は、フォトダイオードやフォトトランジスタ等の受光素子（光検出器）を用いて構成することができる。

【0030】

信号処理回路 7 は、光電変換装置 6 において電気信号として生成された光の検出信号に対して信号処理を行う回路である。尚、信号処理回路 7 に A / D (a n a l o g t o d i g i t a l) 変換器を設けて光の検出信号をデジタル化し、デジタル化された光の検出信号をコンピュータ等の電子回路で処理するようにしてもよい。

【0031】

信号処理回路 7 のスペクトル取得部 8 は、光電変換装置 6 において電気信号として生成された波長ごとの光の検出信号、すなわち波長ごとの光の強度を振幅とする信号に基づいて、光ファイバ 2 により伝送された光の波長スペクトルを取得する機能を有する。

【0032】

判定部 9 は、スペクトル取得部 8 において取得された光の波長スペクトルに基づいて、被検領域において発光があったか否かを判定するための情報を表示装置 7 A に提示する機能を有する。

【0033】

例えば、光ファイバ 2 により伝送された光の波長スペクトルから最大値又は所定の波長帯域における極大値を検出し、最大値又は極大値が経験的に決定された閾値以上又は閾値を超えた場合に被検領域において発光があったと判定することができる。また、最大値又は極大値に代えて、波形で囲まれた領域の面積等の指標を用いてもよい。従って、判定部 9 に閾値処理を行うことによって被検領域において発光があったか否かを自動判定する機能を設け、閾値処理の結果として被検領域において発光があったか否かの判定結果を判定部 9 が表示装置 7 A に表示させるようにすることができる。

【0034】

或いは、被検領域において発光があったか否かを判定するための情報として光の波長スペクトル自体を判定部 9 が表示装置 7 A に表示させるようにしてもよい。この場合、ユーザが表示装置 7 A に表示された光の波長スペクトルを参照し、目視で被検領域において発光があったか否かを判定することができる。

【0035】

更に、被検領域におけるスパーク光が検出対象である場合には、判定部 9 には、光ファイバ 2 により伝送されるスパーク光に含まれる特定の波長帯域における光の強度に基づいて、スパーク光の原因となるスパーク S が爆発性のスパーク S であるか否かを判定するための情報を表示装置 7 A に提示する機能を設けることができる。また、被検領域におけるスパーク光が検出対象である場合には、スパーク光が発生したか否かの判定に代えて、爆発性を有するスパーク S によってスパーク光が発生したか否かの判定を判定部 9 において行うようにしてもよい。つまり、判定部 9 には、スパーク光が発生したか否かの判定を行うための情報及び爆発性を有するスパーク S によってスパーク光が発生したか否かの判定を行うための情報の少なくとも一方を表示装置 7 A に提示する機能を設けることができる。

【0036】

図 3 は、図 1 に示す検出系 4 において検出されたスパーク光が爆発性を有するか否かを判定するために参照されるスパーク光の波長スペクトルの一例を示すグラフである。

【0037】

10

20

30

40

50

図3において横軸はスパーク光の波長を示し、縦軸はスパーク光の相対強度を示す。スパーク光の波長スペクトルの波形と、スパーク光の原因となったスパークSが爆発性を有するか否かとの関係性を実験によって調べた。実線は、スパーク光の原因となったスパークSが爆発性を有する場合におけるスパーク光の波長スペクトルを示し、一点鎖線はスパーク光の原因となったスパークSが爆発性を有するスパークSではない場合におけるスパーク光の波長スペクトルを示す。

【0038】

実験の結果、検査対象物Oから生じたスパークSが燃料等の引火物に引火することによって爆発性を有する場合には、図3に示されるように特定の波長帯域において、スパーク光の波長スペクトルにピークが出現することが判明した。つまり、特定の波長帯域において、スパーク光の波長スペクトルにピークが出現すれば、検査対象物Oから生じたスパークSが爆発性のスパークSであるという関係が、経験的に確認された。

10

【0039】

より具体的には、588nm以上591nm以下の第1の波長帯域、552nm以上555nm以下の第2の波長帯域及び619nm以上623nm以下の第3の波長帯域の少なくとも1つの波長帯域において波長スペクトルにピークが観測されれば、スパークSは爆発性を有するという関係が確認された。尚、図3は、588nm以上591nm以下の第1の波長帯域、552nm以上555nm以下の第2の波長帯域及び619nm以上623nm以下の第3の波長帯域の全てにおいてピークが観測された例を示している。特に、スパークSが爆発性のスパークSである場合には、588nm以上591nm以下の第1の波長帯域において最もレベルが高いピークが出現することが多いということも確認された。

20

【0040】

従って、判定部9において、588nm以上591nm以下の第1の波長帯域、552nm以上555nm以下の第2の波長帯域及び619nm以上623nm以下の第3の波長帯域の少なくとも1つにおいてピークが出現したか否かを判定すれば、スパーク光の原因となったスパークSが爆発性を有するか否かを自動検出することができる。すなわち、爆発性を有するスパークSによるスパーク光が発生したか否かの自動判定を判定部9において行うことができる。

【0041】

爆発性の有無の自動判定処理の具体例として、スパーク光の波長スペクトルからピークを検出し、検出されたピークに対応する波長が、588nm以上591nm以下の第1の波長帯域、552nm以上555nm以下の第2の波長帯域及び619nm以上623nm以下の第3の波長帯域の少なくとも1つにあれば、爆発性を有するスパークSによるスパーク光が発生したと判定することができる。

30

【0042】

別の例として、588nm以上591nm以下の第1の波長帯域、552nm以上555nm以下の第2の波長帯域及び619nm以上623nm以下の第3の波長帯域の少なくとも1つに実験によって定めた閾値を設定し、スパーク光の波長スペクトルの強度が閾値を超えた場合に爆発性を有するスパークSによるスパーク光が発生したと判定することもできる。

40

【0043】

或いは、爆発性を有するスパークSによってスパーク光が発生したか否かの判定を行うための情報として、スパーク光の波長スペクトル自体を判定部9が表示装置7Aに表示させるようにしてもよい。この場合、ユーザが表示装置7Aに表示されたスパーク光の波長スペクトルを参照し、目視で被検領域において爆発性を有するスパークSが生じたか否かを判定することができる。

【0044】

爆発性の判定を行わない場合には、波長別の光検出信号の強度は必ずしも必要ではない。従って、分光器5を省略してもよい。その場合、判定部9において、光ファイバ2によ

50

り伝送された光の強度に対する閾値処理を行い、光の強度が所定の閾値以上となった場合、或いは所定の閾値を超えた場合には、被検領域において光が発生したと自動判定することができる。

【0045】

もちろん、光ファイバ2により伝送された光の強度の時間変化を表す信号波形を表示装置7Aに表示させ、ユーザが表示装置7Aに表示された光の強度信号の時間波形を参照することによって、被検領域において光が発生したか否かを判定するようにしてもよい。その場合には、光電変換装置6と、光の強度に応じた振幅を有する電気信号を表示させるオシロスコープで検出系4を構成してもよい。

【0046】

逆に、爆発性の判定を行う場合であっても、波長スペクトルからのピーク検出を行わずに、第1の波長帯域、第2の波長帯域及び第3の波長帯域の少なくとも1つを特定の波長帯域としてスパーク光の強度に対する閾値処理によって爆発性の有無の判定を行う場合であれば、分光器5を省略して波長フィルタを設けてもよい。

【0047】

また、スパークSの爆発性の有無の判定を行う場合には、スパーク光のセンサとして用いられる光ファイバ2の湾曲部2Aの曲率を、爆発性の判定に用いられる特定の波長帯域におけるスパーク光を入射させるための適切な曲率とすることが好適である。特定の波長帯域におけるスパーク光を光ファイバ2のコアに入射させるためには、特定の波長帯域におけるスパーク光をコア内で全反射させることが必要である。従って、特定の波長帯域における光ファイバ2の光の屈折率に対応する曲率として、特定の波長帯域におけるスパーク光を光ファイバ2に入射させるための湾曲部2Aの適切な曲率を決定することができる。湾曲部2Aの適切な曲率は、コアの屈折率等の物性値に基づいて理論的に求めても良いし、試験によって経験的に求めてもよい。

【0048】

もちろん、スパークSの爆発性の判定を行うか否かに関わらず、検出対象となり得る光の波長に合わせて、被検領域において生じた光を光ファイバ2の湾曲部2Aから入射させるために適切な曲率となるように湾曲部2Aを光ファイバ2に形成することが適切である。

【0049】

(動作及び作用)

次に光観測システム1を用いたスパーク光等の光観測方法について説明する。

【0050】

まず、図1に例示されるように光ファイバ2に湾曲部2Aを形成した状態で光ファイバ2が配置される。光ファイバ2の湾曲部2Aは、光ファイバ固定具3の構造を決定することによって所望の形状で光ファイバ2に形成することができる。この時、凸状の湾曲部2Aが、光の観測対象となる被検領域に向けられる。例えば、図1に例示されるように、検査対象物OにおいてスパークSが生じた場合におけるスパーク光が観測対象であれば、検査対象物Oに向かって出っ張るように湾曲部2Aが設けられる。これにより、光観測システム1を用いた光の観測が可能となる。

【0051】

被検領域において光が発生すると、発生した光は光ファイバ2の湾曲部2Aからコア内に入射する。従って、光ファイバ2の端部から光を入射させる場合とは異なり、異なる方向から空間を伝播する光であっても、入射条件を満たせば湾曲部2Aからクラッドを經由して光ファイバ2のコア内に入射させることができる。

【0052】

例えば、航空機構造体の雷撃試験であれば、航空機構造体を模擬した供試体に雷撃電流を模擬した電流が流される。供試体の特性及び構造によっては、空間を流れる電流としてスパークSが生じる。そして、スパークSに伴って生じるスパーク光が光ファイバ2の湾曲部2Aからコア内に入射する。このため、検査対象物Oの不確かな位置でスパークSが

10

20

30

40

50

発生したとしても、不確かな方向から空間を伝播してくるスパーク光を光ファイバ2の湾曲部2Aからコア内に入射させることができる。

【0053】

光ファイバ2のコア内に入射したスパーク光等の光はコア内を全反射しながら伝送される。そして、光ファイバ2により伝送された光は検出系4で検出される。具体的には、光ファイバ2により伝送された光は分光器5で波長別の光に分光される。続いて、波長別の光は光電変換装置6において光の強度を振幅とする電気信号に変換される。光電変換装置6において生成された波長別の電気信号は、波長別の光検出信号として信号処理回路7に出力される。信号処理回路7では、A/D変換処理やノイズ処理等の信号処理が施された後、スペクトル取得部8において光の波長スペクトルが取得される。スペクトル取得部8において取得された光の波長スペクトルは、判定部9に与えられる。

10

【0054】

判定部9では、光の波長スペクトルに基づいて、被検領域におけるスパーク光等の発光の有無及びスパーク光が爆発性を有するスパークSから生じたスパーク光であるのか否かの自動判定を行うことができる。例えば、光の波長スペクトルの最大値、極大値又は波形で囲まれた領域の面積に対する閾値処理によって、被検領域における発光の有無を自動判定することができる。また、爆発性を有するスパークSから生じたスパーク光の波長スペクトルにのみ生じる特定の波長帯域におけるピークを検出することによって、スパーク光が爆発性を有するスパークSから生じたスパーク光であるのか否かの自動判定を行うことができる。

20

【0055】

判定部9における判定結果は、表示装置7Aに表示させることができる。また、判定結果と共に、或いは判定結果に代えて、光の波長スペクトル自体を表示装置7Aに表示させることもできる。このため、ユーザは、表示装置7Aに表示された情報を参照して、被検領域における発光の有無及びスパーク光が爆発性を有するスパークSから生じたスパーク光であるのか否かを確認することができる。

【0056】

つまり以上のような光観測システム1及び光観測方法は、光ファイバ2のクラッドからも光が入射するという光ファイバ2の性質を利用し、光ファイバ2を曲線的に配置して複数の方向から進行してくる光を1本の光ファイバ2で検出できるようにしたものである。尚、光ファイバ2の湾曲部2Aにおけるクラッドから入射した光の一部は、再び同じ又は別の湾曲部2Aにおけるクラッドから出射する可能性があるが、湾曲部2Aの数及び長さを適切な数及び長さ制限することによって、検出に十分な強度を有する光を検出系4まで伝送することができる。

30

【0057】

(効果)

このため、光観測システム1及び光観測方法によれば、複数の方向から空間を伝播し得る光を検出する場合において、光ファイバ2の数を低減させることができる。すなわち、1本の光ファイバ2を用いて、異なる位置で生じた光を検出することが可能となる。その結果、多数の光ファイバを用いて多点における光の検出を行う従来のシステムに比べて、光観測システム1の構成を簡易にすることができる。また、多数の光ファイバを配置して行われる従来の観測手法に比べて、観測時間を短縮させることができる。このため、光の観測試験に要する労力及びコストの削減を図ることができる。

40

【0058】

例えば、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP: Glass fiber reinforced plastics)等の複合材と金属で構成される物体との間におけるスパークSの有無を確認する航空機構造体の雷撃試験であれば、引火性を有するガスを使用しないため、安全に試験を行うことができる。また、供試体が複雑な構造を有する場合において、不確かな位置で発生したスパークSを検出することができる。このため、雷撃試験の精度を向上させることができる。

50

【0059】

もちろん、航空機の雷撃試験等に限らず、任意の被検領域における発光の有無を上述した光観測システム1及び光観測方法で検出することができる。例えば、自動車、バイク、船又はロボット等の燃料タンクにおける落雷や事故によって大電流が流れた場合におけるスパークSの発生の有無やスパークSの爆発性評価を行うことができる。

【0060】

(第2の実施形態)

図4は本発明の第2の実施形態に係る光観測システムの構成図である。

【0061】

図4に示された第2の実施形態における光観測システム1Aでは、光ファイバ固定具3Aの構造が第1の実施形態における光観測システム1と相違する。第2の実施形態における光観測システム1Aの他の構成及び作用については第1の実施形態における光観測システム1と実質的に異ならないため光ファイバ2及び光ファイバ固定具3Aのみ図示し、同一の構成又は対応する構成については同符号を付して説明を省略する。

10

【0062】

図4に例示されるように、光ファイバ固定具3Aの構造を横断面において凹凸を有する芯体の周囲に沿って溝を設けた構造とすることができる。そうすると、光ファイバ固定具3Aへの光ファイバ2の1周以下の巻き付けによって複数の凸んだ湾曲部2Aを光ファイバ2に形成することができる。すなわち、光ファイバ2を、凹んだ湾曲部2Bの両側にセンサとしての凸んだ湾曲部2Aが生じるように配置することができる。しかも、異なる方向に向かって凸んだ複数の湾曲部2Aをセンサとして光ファイバ2に形成することができる。

20

【0063】

図4に示す例では、四隅に凹んだ湾曲部2Bが形成され、4つの湾曲部2Bの両側にそれぞれ凸んだ湾曲部2Aが形成されている。従って、互いに異なる方向に出張った8つの湾曲部2Aがセンサとして形成されている。尚、実際に、幅が30mm×30mm程度のサイズを有する光ファイバ固定具3Aを製作し、スパークSの爆発性判定のために入射させるべき特定の波長帯域におけるスパーク光が入射し易くなるように、曲率半径が1mm以上3mm以下となるように複数の湾曲部2Aを形成した。

【0064】

光ファイバ固定具3Aの構造を図4に示すような凹凸を有する構造とすれば、曲率半径が小さな複数の湾曲部2Aを異なる方向に向けて光ファイバ2に容易に形成することができる。すなわち、図1に例示されるように複数の光ファイバ固定具3を設けて光ファイバ2を蛇行させなくても、複数の湾曲部2Aを光ファイバ2に形成することができる。

30

【0065】

尚、曲率半径を大きくできる場合であれば、図1に例示されるような1つの円柱状の光ファイバ固定具3に光ファイバ2を半周以上1周以下となるように巻き付けることによって互いに逆方向から進行する光を入射させることが可能な湾曲部2Aを光ファイバ2に形成することができる。また、図1に例示されるような1つの円柱状の光ファイバ固定具3に光ファイバ2を1周以上巻き付ければ、360度方向から空間を伝播する光を湾曲部2Aから光ファイバ2に入射させることができる。

40

【0066】

もちろん、横断面の形状が三角形等の多角形にR面取りを設けた形状となっている、円柱状でない芯体を光ファイバ固定具3Aとしてもよい。その場合には、多角形の頂点の数に相当する数の湾曲部2Aを光ファイバ2に形成することができる。また、立体や球体に溝を設けて3D的に複数の湾曲部2Aを光ファイバ2に形成することが可能な光ファイバ固定具3Aを製作してもよい。

【0067】

以上のような第2の実施形態における光観測システム1Aによれば、第1の実施形態における光観測システム1と同様な効果に加え、光ファイバ2の長さを短くし、かつ光ファ

50

イバ2を配置するために必要となるスペースを小さくすることができるという効果を得ることができる。加えて、異なる複数の方向に向けて曲率半径が小さい湾曲部2Aを簡易に形成することができる。このため、不確かな位置において発生し、かつ異なる方向から伝播してくる光を1本の光ファイバ2で漏れなく検出することが可能となる。

【0068】

(第3の実施形態)

図5は本発明の第3の実施形態に係る光観測システムの構成図である。

【0069】

図5に示された第3の実施形態における光観測システム1Bでは、光ファイバ2の近傍に波長フィルタ10を設置した点が第1及び第2の実施形態における光観測システム1、1Aと相違する。第3の実施形態における光観測システム1Bの他の構成及び作用については第1及び第2の実施形態における光観測システム1、1Aと実質的に異ならないため光ファイバ2及び波長フィルタ10のみ図示し、同一の構成又は対応する構成については同符号を付して説明を省略する。

10

【0070】

光観測システム1Bは、爆発性を有するスパークSに伴って生じるスパーク光の波長スペクトルにのみピークが出現する特定の波長帯域における光を選択的に透過させて、センサとしての出っ張った光ファイバ2の湾曲部2Aに入射させる波長フィルタ10を有する。図5に示す例では、板状の波長フィルタ10が湾曲部2Aの光源側に配置されているが、被検領域において発生した光から特定の波長帯域における光成分のみを選択的に透過させて光ファイバ2の湾曲部2Aに入射させることが可能であれば、波長フィルタ10の構造及び位置は任意である。

20

【0071】

また、光ファイバ2に湾曲部2Aが形成されるように光ファイバ2を配置するための図1及び図4に例示されるような構造を有する光ファイバ固定具3、3Aを、特定の波長帯域における光を透過させる素材で構成するようにしてもよい。すなわち、光ファイバ固定具3、3A自体を、波長フィルタで構成するようにしてもよい。

【0072】

以上のような第3の実施形態における光観測システム1Bによれば、第1及び第2の実施形態における光観測システム1、1Aと同様な効果に加え、スパークSの爆発性判定に重要な波長を有する光成分のみを選択的に光ファイバ2で伝送することができるという効果を得ることができる。その結果、分光器5を省略しても、スパークSの爆発性判定を行うことが可能となる。

30

【0073】

また、光ファイバ固定具3、3A自体を波長フィルタで構成すれば、スパークSの爆発性判定に重要な波長を有する光成分が光ファイバ固定具3、3Aによって遮られてしまうことを回避することができる。

【0074】

(第4の実施形態)

図6は本発明の第4の実施形態に係る光観測システムの構成図であり、図7は図6に示す光ファイバ及び波長フィルタの位置A-Aにおける横断面図である。

40

【0075】

図6に示された第4の実施形態における光観測システム1Cでは、光ファイバ2のクラッド20の一部を除去して露出させたコア21を波長フィルタ10Aで覆った点が第3の実施形態における光観測システム1Bと相違する。第4の実施形態における光観測システム1Cの他の構成及び作用については第3の実施形態における光観測システム1Bと実質的に異ならないため光ファイバ2及び波長フィルタ10Aのみ図示し、同一の構成又は対応する構成については同符号を付して説明を省略する。

【0076】

光ファイバ2のクラッド20を除去すれば、コア21に入射する光の強度を大きくする

50

ことができる。このため、光ファイバ2がプラスチックで構成される場合に限らず、石英ガラスで構成される場合であっても、検出可能な強度を有する光をコア21に入射させることが可能となる。そこで、センサを構成する湾曲部2Aにおける光ファイバ2のクラッド20の一部を除去することができる。

【0077】

更に、センサを構成する湾曲部2Aにおける光ファイバ2のクラッドの一部を除去することによって露出させた光ファイバ2のコア21を、特定の波長帯域における光を選択的に透過させる波長フィルタ10Aで覆うことができる。これにより、スパークSの爆発性判定に重要な波長を有する光成分のみを選択的に光ファイバ2のコア21に入射させることが可能となる。

【0078】

尚、露出させたコア21を保護する波長フィルタ10Aや湾曲部2Aの近傍に第3の実施形態において例示されるような波長フィルタ10を設けるか否かを問わず、コア21に入射する光の強度を大きくするために湾曲部2Aにおける光ファイバ2のクラッド20の一部を除去することができる。すなわち、第1及び第2の実施形態における光観測システム1、1Aにおいて湾曲部2Aにおける光ファイバ2のクラッド20の一部を除去することもできる。

【0079】

以上のような第4の実施形態における光観測システム1Cによれば、第1乃至第3の実施形態における光観測システム1、1A、1Bと同様な効果に加え、クラッド20の除去によってコア21に入射する光の強度を大きくすることができるという効果を得ることができる。その結果、被検領域において発生した光の検出感度を向上させることができる。

【0080】

また、露出させたコア21を波長フィルタ10Aで保護することによって、第3の実施形態における光観測システム1Bと同様な効果に加え、波長フィルタ10の設置を省略することができるという効果を得ることができる。その結果、光観測システム1Cのサイズをコンパクトにすることができる。

【0081】

(第5の実施形態)

図8は本発明の第5の実施形態に係る光観測システムの構成図である。

【0082】

図8に示された第5の実施形態における光観測システム1Dでは、光ファイバ2の両側に検出系4A、4Bを接続した点が第1の実施形態における光観測システム1と相違する。第5の実施形態における光観測システム1Dの他の構成及び作用については第1の実施形態における光観測システム1と実質的に異ならないため、同一の構成又は対応する構成については同符号を付して説明を省略する。

【0083】

光観測システム1Dでは、光ファイバ2の一端に第1の検出系4Aが接続され、他端に第2の検出系4Bが接続される。このため、光ファイバ2内において双方向に伝送される光を第1の検出系4A及び第2の検出系4Bを用いて検出することができる。従って、湾曲部2Aへの光の入射角が第1の検出系4Aに向かう方向とは逆方向に光が伝送される方向であったとしても、第2の検出系4Bを用いて湾曲部2Aに入射した光を検出することができる。

【0084】

つまり、他の実施形態における光観測システム1、1A、1B、1Cでは、単一の検出系4が接続された方向に向かって光ファイバ2で光が伝送される場合にのみ光を検出することが可能であるが、第5の実施形態における光観測システム1Dでは、いずれの方向に向かって光ファイバ2で光が伝送される場合であっても、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bのいずれかで必ず光を検出することができる。従って、他の実施形態における光観測システム1、1A、1B、1Cでは、検出可能な光の入射方向が湾曲部2Aにおいて

10

20

30

40

50

直交する平面に関して面对称とはならないが、第5の実施形態における光観測システム1Dでは、面对称となる。

【0085】

また、被検領域において発生した光に指向性が無ければ、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bの双方で光が検出される場合が多い。このため、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bにおいてそれぞれ光の強度や波長スペクトルを求めることができる。そこで、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bにおいて取得された2つの光検出信号及び波長スペクトルの少なくとも一方を相互に比較することができる。そうすると、2つの光検出信号間における強度差又は強度比並びに2つの波長スペクトルの相違を表す指標値に基づいて、光の発生位置を推定することが可能となる。

10

【0086】

そこで、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bにおいて取得された2つの光検出信号に基づいて光の発生位置を推定する機能を、信号処理回路7に設けることができる。例えば、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bにおいて取得された2つの光検出信号間における強度差又は強度比と、光の発生位置との関係を示すテーブル又は関数を試験によって取得すれば、テーブル又は関数を参照することによって2つの光検出信号間における強度差又は強度比に基づいて光の発生位置を推定することができる。この場合には、波長スペクトルの取得が必ずしも必要ではない。

【0087】

また、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bにおいて取得された2つの波長スペクトル間における面積差、面積比、2乗誤差、相互相関値等の相違を表す指標値と、光の発生位置との関係を示すテーブル又は関数を試験によって取得すれば、テーブル又は関数を参照することによって2つの波長スペクトルに基づいて光の発生位置を推定することができる。

20

【0088】

これらの機能は、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bの各判定部9に設けることができる。従って、第1の検出系4A及び第2の検出系4Bにおける信号処理回路7の全部又は一部を共通にしてもよい。もちろん、第1の実施形態における光観測システム1に限らず、第2乃至第4の実施形態における光観測システム1A、1B、1Cにおいても、光ファイバ2の両端に検出系4A、4Bを接続し、かつ判定部9に光の発生位置を推定する機能を設けることができる。

30

【0089】

以上のような第5の実施形態における光観測システム1Dによれば、他の実施形態における光観測システム1、1A、1B、1Cと同様な効果に加え、光の発生を検出することが可能な被検領域を広くすることができるという効果を得ることができる。更に、光の発生位置を推定することが可能となる。

【0090】

(他の実施形態)

以上、特定の実施形態について記載したが、記載された実施形態は一例に過ぎず、発明の範囲を限定するものではない。ここに記載された新規な方法及び装置は、様々な他の様式で具現化することができる。また、ここに記載された方法及び装置の様式において、発明の要旨から逸脱しない範囲で、種々の省略、置換及び変更を行うことができる。添付された請求の範囲及びその均等物は、発明の範囲及び要旨に包含されているものとして、そのような種々の様式及び変形例を含んでいる。

40

【符号の説明】

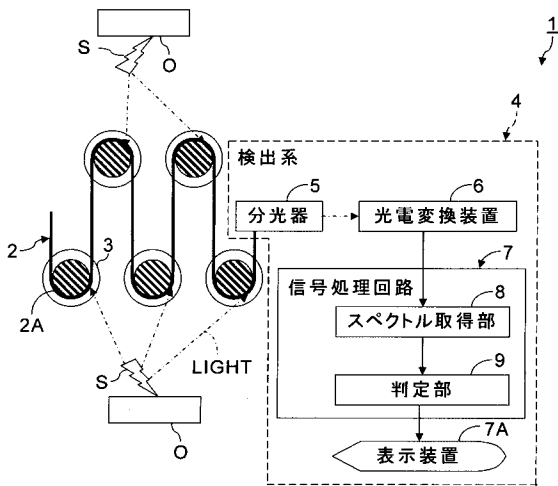
【0091】

- 1、1A、1B、1C、1D 光観測システム
- 2 光ファイバ
- 2A、2B 湾曲部
- 3、3A 光ファイバ固定具

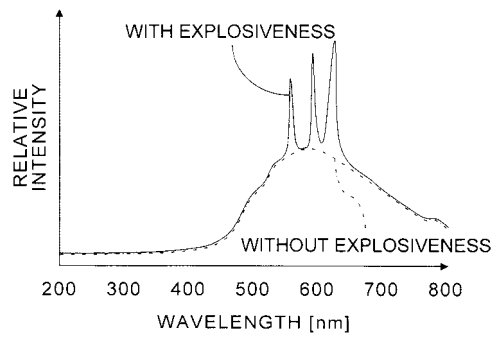
50

- 4、4 A、4 B 検出系
- 5 分光器
- 6 光電変換装置
- 7 信号処理回路
- 7 A 表示装置
- 8 スペクトル取得部
- 9 判定部
- 10、10 A 波長フィルタ
- 20 クラッド
- 21 コア
- O 検査対象物
- S スパーク

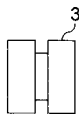
【図1】



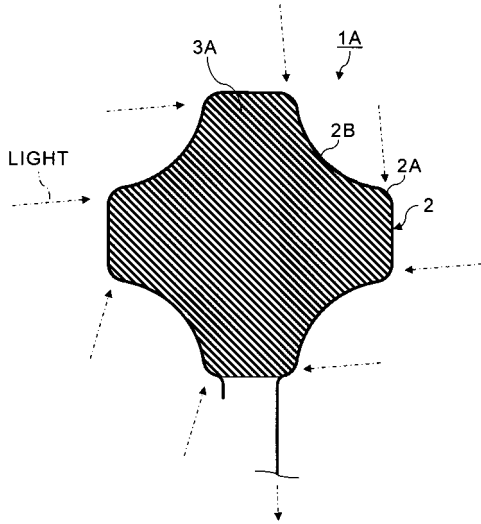
【図3】



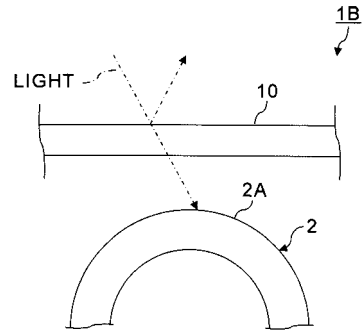
【図2】



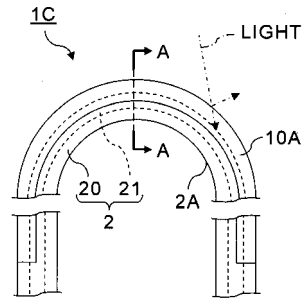
【 図 4 】



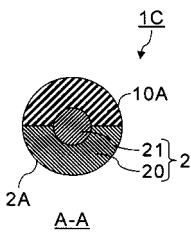
【 図 5 】



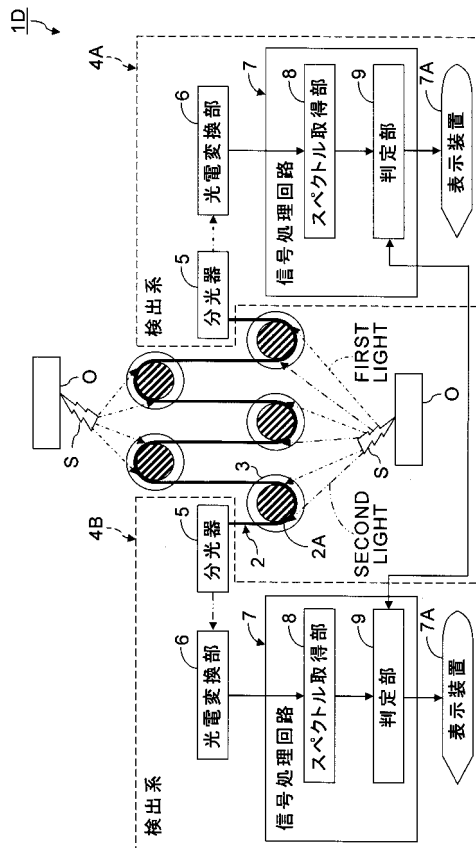
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G043 AA03 EA09 GA02 GB01 GB28 HA05 JA01 LA03 NA05
2G065 AA04 AA11 AA12 AA13 AB17 BA07 BA09 BB02 BB27 BB28
BB48 BC08 BC14 BC28 BD01 DA02