

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6466094号
(P6466094)

(45) 発行日 平成31年2月6日(2019.2.6)

(24) 登録日 平成31年1月18日(2019.1.18)

(51) Int. Cl.	F I		
GO 1 L 1/24 (2006.01)	GO 1 L	1/24	A
A 6 1 G 7/05 (2006.01)	A 6 1 G	7/05	
A 6 1 B 5/11 (2006.01)	A 6 1 B	5/11	

請求項の数 8 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2014-153294 (P2014-153294)	(73) 特許権者	598123138
(22) 出願日	平成26年7月28日(2014.7.28)		学校法人 創価大学
(65) 公開番号	特開2016-31268 (P2016-31268A)		東京都八王子市丹木町1丁目236番
(43) 公開日	平成28年3月7日(2016.3.7)	(74) 代理人	110000800
審査請求日	平成29年7月19日(2017.7.19)		特許業務法人創成国際特許事務所
特許法第30条第2項適用 [集会名]	2013年度 創価大学工学部情報システム工学科 卒業論文発表会	(72) 発明者	渡辺 一弘
[開催日]	2014年1月28日		東京都八王子市丹木町1-236 創価大学内
		(72) 発明者	西山 道子
			東京都八王子市丹木町1-236 創価大学内
		(72) 発明者	藤野 修平
			東京都八王子市丹木町1-236 創価大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面状荷重センサ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷重により変形する変形面を有する測定対象物の変形面に作用する荷重を検知する面状荷重センサ装置であって、

コア及びクラッドを有する光伝送部と該光伝送部のコア及びクラッドに各々連なるコア及びクラッドを有するヘテロコア部とを含み、該ヘテロコア部のコアが前記光伝送部のコアと異径に形成されており、該ヘテロコア部が前記測定対象物の変形面の測定対象領域の周縁部又は側方に配置される光ファイバと、

前記光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力を、前記測定対象領域における前記変形面の変形に応じて前記光ファイバに伝達するように構成された線状の力伝達部材とを備えており、

前記力伝達部材は、前記測定対象領域における前記変形面に沿うように延在し、該変形面の変形に伴い撓むように張設される複数の可撓性線状部材により構成され、

前記複数の可撓性線状部材は、前記測定対象領域における前記変形面の変形に伴う各可撓性線状部材の撓みによって該可撓性線状部材に発生する張力を、前記ヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力として前記光ファイバに伝達するように該光ファイバに連結され、

さらに、該複数の可撓性線状部材は、それぞれの一端部が前記光ファイバのヘテロコア部の配置箇所に集中するように配置されて、該ヘテロコア部に連結されると共に、当該一端部側から前記測定対象領域における前記変形面に沿って放射状に延在するように配設されることを特徴とする面状荷重センサ装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の面状荷重センサ装置において、

前記ヘテロコア部の軸心方向の一端部寄りの部分と他端部寄りの部分との 2 つの部分で前記光ファイバに固定された連結用部材をさらに備えており、前記複数の可撓性線状部材は、それぞれの一端部が前記連結用部材に固定され、該連結用部材を介して前記光ファイバのヘテロコア部に連結されることを特徴とする面状荷重センサ装置。

【請求項 3】

荷重により変形する変形面を有する測定対象物の変形面に作用する荷重を検知する面状荷重センサ装置であって、

コア及びクラッドを有する光伝送部と該光伝送部のコア及びクラッドに各々連なるコア及びクラッドを有するヘテロコア部とを含み、該ヘテロコア部のコアが前記光伝送部のコアと異径に形成されており、該ヘテロコア部が前記測定対象物の変形面の測定対象領域の周縁部又は側方に配置される光ファイバと、

前記光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力を、前記測定対象領域における前記変形面の変形に応じて前記光ファイバに伝達するように構成された線状の力伝達部材と、

前記測定対象領域における前記変形面を覆うように配置されて、該変形面の変形に倣って弾性変形する弾性体シートとを備えており、

前記力伝達部材は、前記測定対象領域における前記変形面に沿うように延在し、該変形面の変形に伴い撓むように張設される 1 つ又は複数の可撓性線状部材により構成され、

前記可撓性線状部材は、前記測定対象領域における前記変形面の変形に伴う該可撓性線状部材の撓みによって該可撓性線状部材に発生する張力を、前記ヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力として前記光ファイバに伝達するように該光ファイバに連結されると共に、前記弾性体シートに装着されていることを特徴とする面状荷重センサ装置。

【請求項 4】

荷重により変形する変形面を有する測定対象物の変形面に作用する荷重を検知する面状荷重センサ装置であって、

コア及びクラッドを有する光伝送部と該光伝送部のコア及びクラッドに各々連なるコア及びクラッドを有するヘテロコア部とを含み、該ヘテロコア部のコアが前記光伝送部のコアと異径に形成されており、該ヘテロコア部が前記測定対象物の変形面の測定対象領域の周縁部又は側方に配置される光ファイバと、

前記光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力を、前記測定対象領域における前記変形面の変形に応じて前記光ファイバに伝達するように構成された面状の力伝達部材とを備えており、

前記力伝達部材は、前記測定対象領域における前記変形面を覆うように配置されて、該変形面の変形に倣って弾性変形する弾性体シートにより構成され、

前記弾性体シートは、前記測定対象領域における前記変形面の変形に伴う該弾性体シートの弾性変形によって発生する弾性力を、前記ヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力として前記光ファイバに伝達するために、該弾性体シートの周縁部のうちの局所部分が前記光ファイバのヘテロコア部に連結されると共に、該弾性体シートの周縁部のうちの前記局所部分と間隔を存する部分が前記測定対象領域の周縁部で前記測定対象物に固定されることを特徴とする面状荷重センサ装置。

【請求項 5】

請求項 4 記載の面状荷重センサ装置において、

前記弾性体シートは多角形状に形成されており、前記弾性体シートの局所部分は、該弾性体シートの 1 つの角部であり、前記局所部分と間隔を存する 1 つ以上の部位は、該弾性体シートの前記 1 つの角部以外の他の各角部であることを特徴とする面状荷重センサ装置。

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 記載の面状荷重センサ装置において、

10

20

30

40

50

前記光ファイバのヘテロコア部は、曲率を有する状態で前記弾性体シートの局所部分に固着されていることを特徴とする面状荷重センサ装置。

【請求項 7】

荷重により変形する変形面を有する測定対象物の変形面に作用する荷重を検知する面状荷重センサ装置であって、

コア及びクラッドを有する光伝送部と該光伝送部のコア及びクラッドに各々連なるコア及びクラッドを有するヘテロコア部とを含み、該ヘテロコア部のコアが前記光伝送部のコアと異径に形成されており、該ヘテロコア部が前記測定対象物の変形面の測定対象領域の周縁部又は側方に配置される光ファイバと、

前記光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力を、前記測定対象領域における前記変形面の変形に応じて前記ファイバに伝達するように構成された線状の力伝達部材とを備えると共に、複数の前記光ファイバと、該複数の光ファイバのそれぞれに対応する前記力伝達部材を各々構成する複数の可撓性線状部材とを備えており、

前記測定対象物は、寝具のマットレスであり、前記変形面及び測定対象領域は、前記マットレスの表面であり、

前記複数の可撓性線状部材のそれぞれは、前記マットレスの長手方向の互いに異なる配置位置で、前記マットレスの表面に沿って該マットレスの幅方向に延在し、当該配置位置でのマットレスの表面の変形に伴い撓むように配設されており、

各可撓性線状部材は、前記マットレスの表面の変形に伴う該可撓性線状部材の撓みによって該可撓性線状部材に発生する張力を、該可撓性線状部材に対応する光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力として該光ファイバに伝達するように該光ファイバのヘテロコア部に連結されており、

さらに、前記複数の可撓性線状部材は、前記マットレスの幅方向の両側面のうちの一方側に配置される光ファイバのヘテロコア部に連結される可撓性線状部材と、前記マットレスの幅方向の両側面のうちの他方側に配置される光ファイバのヘテロコア部に連結される可撓性線状部材との二つの可撓性線状部材を含むことを特徴とする面状荷重センサ装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の面状荷重センサ装置において、

前記複数の可撓性線状部材の配置位置は、前記マットレスの表面上に横臥する人の胸に対向する位置と腹に対向する位置との少なくともいずれか一方の位置を含むことを特徴とする面状荷重センサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバを用いて構成される面状荷重センサ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

面領域に作用する荷重を検出するセンサ装置としては、例えば特許文献 1, 2 に見られる如く、面状の部材の複数の局所部のそれぞれに受感部を備えるものが一般に知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 32522 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 276127 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1, 2 に見られる如き従来のセンサ装置では、面状の部材中に多数の受感部を備えるために、センサ装置が、複雑な構成になりやすいと共に、高価なものとなりやすい

10

20

30

40

50

。また、多数の受感部からの信号処理を行う測定器の演算処理負荷が大きなものとなりやすい。

【 0 0 0 5 】

本発明はかかる背景に鑑みてなされたものであり、荷重により変形する変形面を有する測定対象物に対して、多数の受感部を必要とすることなく、該測定対象物の変形面に作用する荷重を検知できる面状荷重センサ装置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】

【 0 0 0 6 】

本発明の面状荷重センサ装置は、上記の目的を達成するために、荷重により変形する変形面を有する測定対象物の変形面に作用する荷重を検知する面状荷重センサ装置であって

、
コア及びクラッドを有する光伝送部と該光伝送部のコア及びクラッドに各々連なるコア及びクラッドを有するヘテロコア部とを含み、該ヘテロコア部のコアが前記光伝送部のコアと異径に形成されており、該ヘテロコア部が前記測定対象物の変形面の測定対象領域の周縁部又は側方に配置される光ファイバと、

前記光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力を、前記測定対象領域における前記変形面の変形に応じて前記光ファイバに伝達するように構成された線状又は面状の力伝達部材とを備えることを基本構成とする。

【 0 0 0 7 】

かかる基本構成を有する本発明によれば、測定対象物の変形面の測定対象領域に作用する荷重によって該測定対象領域における変形面の変形が発生すると、その変形に応じた力が、測定対象領域の周縁部又は側方に配置される前記光ファイバのヘテロコア部に、線状又は面状の力伝達部材を介して作用する。そして、その力によって、ヘテロコア部の屈曲度合が変化する。

【 0 0 0 8 】

従って、前記測定対象領域での変形面の荷重による変形に応じて、ヘテロコア部の屈曲度合が変化する。この場合、ヘテロコア部の屈曲度合の変化は、測定対象領域での変形面に対する荷重のかけ具合や、該荷重の大きさ等に応じたものとなる。

【 0 0 0 9 】

ここで、前記ヘテロコア部を有する光ファイバでは、該光ファイバの光伝送部のコアに光を入射した場合に、入射光の一部がヘテロコア部にて漏出する。そして、光の漏出量は、ヘテロコア部の屈曲度合が大きいほど、多くなる。このため、ヘテロコア部の屈曲度合が大きいほど、光ファイバでの光の伝送損失が増加する。

【 0 0 1 0 】

従って、光ファイバに光を入射して、該光の伝送損失を測定することで、ヘテロコア部の屈曲度合を把握でき、ひいては、測定対象領域で測定対象物の変形面に作用する荷重の状態を検知できることとなる。

【 0 0 1 1 】

よって、上記基本構成を有する本発明の面状荷重センサ装置によれば、荷重により変形する変形面を有する測定対象物に対して、多数の受感部を必要とすることなく、該測定対象物の変形面に作用する荷重を検知できる。

【 0 0 1 2 】

上記基本構成を有する本発明は、より具体的な構成として、次のようなサブ構成を採用できる。すなわち、前記力伝達部材は、前記測定対象領域における前記変形面に沿うように延在し、該変形面の変形に伴い撓むように張設される1つ又は複数の可撓性線状部材により構成され、前記可撓性線状部材は、前記測定対象領域における前記変形面の変形に伴う各可撓性線状部材の撓みによって該可撓性線状部材に発生する張力を、前記ヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力として前記光ファイバに伝達するように該光ファイバに連結される（第1のサブ構成）。

【 0 0 1 3 】

10

20

30

40

50

この第1のサブ構成を有する本発明によれば、前記可撓性線状部材の張力によって、前記測定対象領域における前記変形面の变形に応じた力を光ファイバに伝達して、該光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させることができる。

【0014】

従って、測定対象領域で変形面に作用する荷重の状態に応じてヘテロコア部の屈曲度合を変化させることができる。

【0015】

上記第1のサブ構成を有する本発明の第1の態様では、前記力伝達部材は、複数の可撓性線状部材により構成され、該複数の可撓性線状部材は、それぞれの一端部が前記光ファイバのヘテロコア部の配置箇所に集中するように配置されて、該ヘテロコア部に連結されると共に、当該一端部側から前記測定対象領域における前記変形面に沿って放射状に延在するように配設される（第1発明）。

【0016】

この第1発明によれば、光ファイバのヘテロコア部に連結された複数の可撓性線状部材が放射状に延在するので、前記測定対象領域が広くても、その各所に作用する荷重に対してヘテロコア部の屈曲度合を変化させることができる。従って、測定対象領域が広くても、該測定対象領域の様々な箇所に作用する荷重を感度よく検知することが可能となる。

【0017】

上記第1発明では、前記ヘテロコア部の軸心方向の一端部寄りの部分と他端部寄りの部分との2つの部分で前記光ファイバに固定された連結用部材をさらに備えており、前記複数の可撓性線状部材は、それぞれの一端部が前記連結用部材に固定され、該連結用部材を介して前記光ファイバのヘテロコア部に連結されることが好ましい（第2発明）。

【0018】

この第2発明によれば、前記連結用部材は、種々様々な形状のものを採用できるので、複数の可撓性線状部材をヘテロコア部に連結することが容易になる。また、ヘテロコア部の特定の局所にだけ可撓性線状部材の張力が作用するのを防止して、該ヘテロコア部の損傷を防止できる。

【0019】

前記第1のサブ構成を有する本発明の第2の態様では、前記測定対象領域における前記変形面を覆うように配置されて、該変形面の变形に倣って弾性変形する弾性体シートをさらに備え、前記可撓性線状部材は、前記弾性体シートに装着されているという構成を採用する（第3発明）。

【0020】

この第3発明によれば、弾性体シートに前記可撓性線状部材をあらかじめ装着しておくことができるので、測定対象物に対する面状荷重センサ装置の設置を容易に行うことが可能となる。

【0021】

前記基本構成を有する本発明は、次のような態様を採用することもできる。すなわち、本発明の第3の態様では、前記力伝達部材は、前記測定対象領域における前記変形面を覆うように配置されて、該変形面の变形に倣って弾性変形する弾性体シートにより構成され、前記弾性体シートは、前記測定対象領域における前記変形面の变形に伴う該弾性体シートの弾性変形によって発生する弾性力を、前記ヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力として前記光ファイバに伝達するために、該弾性体シートの周縁部のうちの局所部分が前記光ファイバのヘテロコア部に連結されると共に、該弾性体シートの周縁部のうちの前記局所部分と間隔を存する部分が前記測定対象領域の周縁部で前記測定対象物に固定される（第4発明）。

【0022】

この第4発明によれば、前記弾性体シートの弾性力によって、前記測定対象領域における前記変形面の变形に応じた力を光ファイバに伝達して、該光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させることができる。

10

20

30

40

50

【0023】

従って、測定対象領域で変形面に作用する荷重に応じてヘテロコア部の屈曲度合を変化させることができる。

【0024】

かかる第4発明では、前記弾性体シートは多角形状に形成されており、前記弾性体シートの局所部分は、該弾性体シートの1つの角部であり、前記局所部分と間隔を存する部分は、該弾性体シートの前記1つの角部以外の他の各角部であることが好ましい（第5発明）。

【0025】

これによれば、前記弾性体シートの各所に作用する荷重に対してヘテロコア部の屈曲度合を変化させることができる。従って、該測定対象領域の様々な箇所¹⁰に作用する荷重を感度よく検知することが可能となる。

【0026】

上記第4発明又は第5発明では、前記光ファイバのヘテロコア部は、曲率を有する状態で前記弾性体シートの局所部分に固着されていることが好ましい（第6発明）。

【0027】

これによれば、前記測定対象領域で作用する荷重に応じて前記弾性体シートの弾性変形が生じた場合に、高い応答性でヘテロコア部の屈曲度合の変化を開始させることができる。

【0028】

また、前記基本構成を有する本発明は、その適用例として、前記測定対象物が、寝具のマットレスであり、前記変形面及び測定対象領域が、前記マットレスの表面であるという態様（第2のサブ構成）を採用できる。²⁰

【0029】

この第2のサブ構成を有する本発明によれば、例えば人の就寝時等において、マットレスの表面上に人が横臥した状態で、該マットレスの表面にどのように荷重が作用しているのかというようなことを本発明の面状荷重センサ装置を利用して測定することが可能となる。

【0030】

上記第2のサブ構成を有する本発明では、前記第1のサブ構成、あるいは、第1～第6発明と同様の態様を採用することもできるが、例えば次のような第3のサブ構成を採用することもできる。³⁰

【0031】

すなわち、複数の前記光ファイバと、該複数の光ファイバのそれぞれに対応する前記力伝達部材を各々構成する複数の可撓性線状部材とを備えており、前記複数の可撓性線状部材のそれぞれは、前記マットレスの長手方向の互いに異なる配置位置で、前記マットレスの表面に沿って該マットレスの幅方向に延在し、当該配置位置でのマットレスの表面の変形に伴い撓むように配設されており、各可撓性線状部材は、前記マットレスの表面の変形に伴う該可撓性線状部材の撓みによって該可撓性線状部材に発生する張力を、該可撓性線状部材に対応する光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させる力として該光ファイバに伝達するように該光ファイバのヘテロコア部に連結されている（第3のサブ構成）。⁴⁰

【0032】

この第3のサブ構成を有する本発明によれば、各可撓性線状部材の張力によって、該可撓性線状部材の配置位置の近辺での前記変形面の変形に応じた力を該可撓性線状部材に対応する光ファイバに伝達して、該光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させることができる。

【0033】

従って、マットレスの長手方向の種々様々の位置で該マットレスの表面に作用する荷重の状態に応じて1つ以上の光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合を変化させることができる。ひいては、マットレスの長手方向の種々様々の位置で該マットレスの表面に作用する⁵⁰

荷重の状態を検知できる。

【0034】

上記第3のサブ構成を有する本発明では、前記複数の可撓性線状部材の配置位置は、前記マットレスの表面上に横臥する人の胸に対向する位置と腹に対向する位置との少なくともともいづれか一方の位置を含むという第4のサブ構成を採用できる。

【0035】

ここで、一般に、マットレスに横臥した人の呼吸動作によって、前記マットレスの表面のうち、人の胸に対向する箇所と腹に対向する箇所とに作用する荷重の周期的な変動が生じる。従って、第4のサブ構成を有する本発明によれば、人の呼吸動作に応じた荷重の周期的な変動を測定することが可能となる。

10

【0036】

また、上記第3のサブ構成を有する本発明では、前記複数の可撓性線状部材は、前記マットレスの幅方向の両側面のうちの一方側に配置される光ファイバのヘテロコア部に連結される可撓性線状部材と、前記マットレスの幅方向の両側面のうちの他方側に配置される光ファイバのヘテロコア部に連結される可撓性線状部材との二つの可撓性線状部材を含む態様を採用できる(第7発明)。このことは、上記第3のサブ構成に加えて、上記第4のサブ構成を有する本発明でも同様である(第8発明)。

【0037】

ここで、各光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合は、マットレスの幅方向での人の横臥位置が該ヘテロコア部に近い場合よりも遠い場合の方が小さくなる傾向がある。

20

【0038】

このため、マットレスの表面上の人の横臥位置が、マットレスの幅方向の両側面のうちの一方側又は他方側に偏っている場合には、前記二つの可撓性線状部材のうちの一方の可撓性線状部材に対応する光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合が比較的大きなものとなると共に、他方の可撓性線状部材に対応する光ファイバのヘテロコア部の屈曲度合が比較的小さなものとなる。

【0039】

従って、上記二つの光ファイバでそれぞれのヘテロコア部の屈曲度合に応じた測定データを取得することで、それらの測定データに基づいてマットレスの幅方向での人の横臥位置を把握することが可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】(a)は本発明の第1実施形態の面状荷重センサ装置の斜視図、(b)は第1実施形態の面状荷重センサ装置の一部を拡大して示す図。

【図2】ヘテロコア部及び光伝送部を有する光ファイバの断面図。

【図3】第1実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定システムの一例を示す図。

【図4】第1実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定データを示すグラフ。

【図5】第1実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定データを示すグラフ。

【図6】(a)は本発明の第2実施形態の面状荷重センサ装置の斜視図、(b)は第2実施形態の面状荷重センサ装置の一部を拡大して示す図。

40

【図7】第2実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定システムの一例を示す図。

【図8】第2実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定データを示すグラフ。

【図9】第2実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定データを示すグラフ。

【図10】第2実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定データを示すグラフ。

【図11】(a)は本発明の第3実施形態の面状荷重センサ装置の斜視図、(b)は第3実施形態の面状荷重センサ装置の一部を拡大して示す図。

【図12】第3実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定システムの一例を示す図。

【図13】(a)~(c)は第3実施形態の面状荷重センサ装置を使用した測定データを示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 4 1 】

[第 1 実施形態]

本発明の第 1 実施形態を図 1 ~ 図 5 を参照して以下に説明する。

【 0 0 4 2 】

図 1 (a) を参照して、本実施形態の面状荷重センサ装置 1 は、光ファイバ 2 と、光ファイバ 2 に連結された複数の可撓性線状部材 5 と、弾性体シート 7 とを備える。

【 0 0 4 3 】

光ファイバ 2 は、図 2 に示す如く、コアの径が異なる光ファイバを接続して構成されたものであり、所定長 (例えば 2 mm) のヘテロコア部 3 と、該ヘテロコア部 3 の軸心方向の両端に接続された光伝送部 4 , 4 とを含む。

【 0 0 4 4 】

各光伝送部 4 は、一定径 (例えば 9 μ m) のコア 4 a とその外周のクラッド 4 b とを有する光ファイバにより構成され、ヘテロコア部 3 は、光伝送部 4 のコア 4 a よりも小さい一定径 (例えば 5 μ m) のコア 3 a とその外周のクラッド 3 b とを有する光ファイバにより構成されている。これらのヘテロコア部 3 及び各光伝送部 4 を構成する光ファイバは、例えばシングルモード光ファイバである。

【 0 0 4 5 】

そして、ヘテロコア部 3 のコア 3 a 及びクラッド 3 b が、各々、各光伝送部 4 のコア 4 a 、クラッド 4 b に連なるようにして、光伝送部 4 , 4 を構成する光ファイバが、ヘテロコア部 3 を構成する光ファイバの軸方向両端に、融着等により同軸心に接合されている。

【 0 0 4 6 】

なお、本実施形態では、ヘテロコア部 3 のコア 3 a の径は一定であるが、該コア 3 a の径は一定でなくてもよい。例えば、該コア 3 a の径は、ヘテロコア部 3 の両端寄りの部分で、徐々に変化する (光伝送部 4 から遠ざかるに伴い徐々に縮径する) ように形成されていてもよい。

【 0 0 4 7 】

図 1 (a) を参照して、前記弾性体シート 7 は、弾性体 (例えばシリコーンゴム) により形成された薄いシートであり、本実施形態では、方形状に形成されている。弾性体シート 7 の厚さは、例えば 1 mm である。

【 0 0 4 8 】

この弾性体シート 7 の周縁部には、弾性体シート 7 よりも高剛性の部材 (例えばプラスチック) により構成された方形枠状のフレーム 8 が装着されている。

【 0 0 4 9 】

そして、本実施形態では、上記フレーム 8 に、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 の軸心方向の両側部を構成する光伝送部 4 , 4 が固定されている。

【 0 0 5 0 】

具体的には、光ファイバ 2 は、図 1 (a) に示すように、弾性体シート 7 の裏面 (図 1 (a) では下面) 側で、該弾性体シート 7 の周縁部の一辺 (図示例では長辺) に沿って延在するように配設されている。この場合、弾性体シート 7 の周縁部の一辺の中央付近にヘテロコア部 3 が位置するようにして、光ファイバ 2 が配設されている。そして、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 の軸心方向の両側部を構成する光伝送部 4 , 4 がフレーム 8 に接着剤等により固定されている。

【 0 0 5 1 】

この場合、ヘテロコア部 3 は、フレーム 8 に固定されていないので、該ヘテロコア部 3 は、その屈曲度合 (曲率) を変化させることが可能である。

【 0 0 5 2 】

なお、各光伝送部 4 は、フレーム 8 に沿った部分の全体をフレーム 8 に固定せずともよい。例えば、各光伝送部 4 のヘテロコア部 3 寄りの所定長部分を、フレーム 8 に固定しないようにしてもよい。

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

可撓性線状部材 5 は、本発明における線状の力伝達部材に相当するものであり、伸縮し難い柔軟な糸状部材、例えば、ポリエステル製の糸により構成されている。そして、複数の可撓性線状部材 5 が、以下に説明する如く弾性体シート 7 に装着されると共に、各可撓性線状部材 5 の一端部が連結用部材 9 を介して光ファイバ 2 に連結されている。

【 0 0 5 4 】

上記連結用部材 9 は、弾性体シート 7 及び光ファイバ 2 よりも曲がり難いもの（例えば真鍮）により構成されたものであり、本実施形態では、図 1（b）に示すように環状（円環状）に形成されている。なお、連結用部材 9 の直径は例えば 3 mm である。

【 0 0 5 5 】

そして、この環状の連結用部材 9 の内側を光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 が横断するようにして、該ヘテロコア部 3 の軸心方向の一端寄りの部分と他端寄りの部分とに連結用部材 9 が接着剤等により固定されている。 10

【 0 0 5 6 】

この連結用部材 9 に、ヘテロコア部 3 の軸心方向に交差する方向の力を付与することで、ヘテロコア部 3 の屈曲度合を変化させることが可能となっている。

【 0 0 5 7 】

上記のように光ファイバ 2 に固定された連結用部材 9 に、複数の可撓性線状部材 5 のそれぞれの一端部が結び付けられている（ひいては固定されている）。この場合、連結用部材 9 は、ヘテロコア部 3 の長さと同程度の大きさのものであるので、複数の可撓性線状部材 5 のそれぞれの一端部は、ヘテロコア部 3 の近辺の局所域に集中するように配置された状態 20

【 0 0 5 8 】

なお、連結用部材 9 への可撓性線状部材 5 の一端部の固定は、接着剤等により行うようにしてもよい。

【 0 0 5 9 】

上記複数の可撓性線状部材 5 は、それぞれの一端部側から弾性体シート 7 の裏面に沿って放射状に延在するように張設され、該弾性体シート 7 に接着剤等により固着されている。この場合、各可撓性線状部材 5 は、弾性体シート 7 の一辺側の位置から、該一辺に対向する辺又は交差する辺の箇所まで該弾性体シート 7 を横切るように延在される。なお、各可撓性線状部材 5 は、外部からの荷重によって弾性体シート 7 が変形した際に、その変形 30

【 0 0 6 0 】

また、弾性体シート 7 には、連結用部材 9 及びヘテロコア部 3 に臨む開口穴 10 が穿設されており、この開口穴 10 の内側にて、連結用部材 9 が、弾性体シート 7 と干渉せずに可撓性線状部材 5 の張力によって動く（ひいては、ヘテロコア部 3 の屈曲度合が変化する）ことが可能となっている。

【 0 0 6 1 】

本実施形態の面状荷重センサ装置 1 は以上の如く構成されている。

【 0 0 6 2 】

次に、以上の如く構成された面状荷重センサ装置 1 による測定手法を説明する。 40

【 0 0 6 3 】

本実施形態では、弾性体シート 7 が、測定対象物 W の変形面 S f（荷重により変形する面）の測定対象領域を覆うようにして変形面 S f 上に配置され、この状態で弾性体シート 7 の周縁部がフレーム 8 を介して変形面 S f の測定対象領域に取り付けられる。

【 0 0 6 4 】

この場合、フレーム 8 は、接着剤、面ファスナ、両面テープ等を介して測定対象領域の周縁部に固定される。

【 0 0 6 5 】

なお、この場合、光ファイバ 2 の光伝送部 4 , 4（ヘテロコア部 3 の軸心方向の両側の部分）が、フレーム 8 を介して測定対象領域の周縁部に固定されることとなる。 50

【 0 0 6 6 】

上記測定対象領域は、そこに作用する荷重の状態（該測定対象領域に荷重が作用しているか否か等の状態）を検知しようとする領域であり、本実施形態では、弾性体シート7とほぼ同じサイズの方角領域である。

【 0 0 6 7 】

そして、図3に示す如き測定システム15が構成され、この測定システム15を用いて測定が行われる。

【 0 0 6 8 】

この測定システム15は、光ファイバ2に入射する光を出力する光源16と、光ファイバ2から出射する光を受光する光検出器17と、光検出器17の出力を図示しないAD変換器を介して取り込むデータ処理装置18とを備える。

【 0 0 6 9 】

光源16は、発光ダイオード（LED）、レーザダイオード（LD）等により構成され、光ファイバ2の光伝送部4、4のうち的一方側の一端に接続される。

【 0 0 7 0 】

光検出器17は、フォトダイオード（PD）等により構成され、光ファイバ2の光伝送部4、4のうちの他方側の他端に接続される。

【 0 0 7 1 】

データ処理装置18は、パーソナルコンピュータ等のコンピュータにより構成される。

【 0 0 7 2 】

上記のように弾性体シート7の周縁部を、測定対象物Wの変形面Sfにフレーム8を介して取り付けられた状態で、測定システム15の光源16から光ファイバ2に光が入射され、光ファイバ2からの出射光が光検出器17により検出される。

【 0 0 7 3 】

そして、データ処理装置18により、光検出器17の出力により示される出射光の強度が計測され、該出射光の強度に基づいて光ファイバ2における光の伝送損失等が計測される。

【 0 0 7 4 】

ここで、本実施形態の光ファイバ2は、ヘテロコア部3を有するため、光源16側の光伝送部4のコア4aをヘテロコア部3に向かって伝送される光の一部は、ヘテロコア部3のクラッド3bに進入する。そして、ヘテロコア部3の屈曲度合（曲率）が大きくなるほど、ヘテロコア部3のクラッド3bから外部に漏出する光が多くなるので、光ファイバ2における光の伝送損失が増加する。

【 0 0 7 5 】

従って、光ファイバ2における光の伝送損失は、ヘテロコア部3の屈曲度合に応じたものとなる。

【 0 0 7 6 】

一方、ヘテロコア部3の屈曲度合は、測定対象物Wの変形面Sfの測定対象領域の変形に応じて変化する。

【 0 0 7 7 】

さらに詳細には、上記の如く面状荷重センサ装置1の弾性体シート7が測定対象物Wの変形面Sfに取り付けられているので、該変形面Sfの測定対象領域が、そこに作用する荷重によって変形を生じると、その変形に応じて、該測定対象領域の変形形状に倣うようにして弾性体シート7が弾性変形する。そして、この弾性変形に応じて、いずれかの可撓性線状部材5が撓むこととなる。

【 0 0 7 8 】

この場合、可撓性線状部材5の撓みに応じて該可撓性線状部材5に発生する張力が変化し、ひいては、光ファイバ2のヘテロコア部3にその屈曲度合を変化させる力が作用する。

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

また、この場合、測定対象領域への荷重の作用箇所に応じて、該測定対象領域及び弾性体シート7の変形形状が変化するので、連結用部材9を介して光ファイバ2に作用する力の大きさ等が変化する。

【0080】

従って、光ファイバ2における光の伝送損失に基づいて、測定対象物Wの変形面Sfの測定対象領域に作用する荷重状態を検知することができる。

【0081】

本実施形態の面状荷重センサ装置1による具体的な測定例を図4及び図5に示す。図4は、弾性体シート7をウレタン樹脂等により構成された測定対象物の表面上に設置した状態で、弾性体シート7の特定の荷重付与箇所(図3の点P1、P2、P3の箇所)に図示しないフォースゲージにより該弾性体シート7の厚み方向の押圧荷重を付与した場合の測定例を示すグラフである。図4の横軸は、付与した押圧荷重、縦軸は光ファイバ2における光の伝送損失である。なお、伝送損失は、荷重がゼロである場合の伝送損失を基準(=ゼロ)とする相対値(デシベル単位で表した相対値)である。

【0082】

この場合、図4中のグラフa1は、図3の点P1を荷重付与箇所とした場合の測定データを示すグラフ、グラフa2は、図3の点P2を荷重付与箇所とした場合の測定データを示すグラフ、グラフa3は、図3の点P3を荷重付与箇所とした場合の測定データを示すグラフである。なお、各グラフa1、a2、a3は、付与する押圧荷重を増加させる場合の測定データと、該押圧荷重を減少させる場合の測定データとを示している。

【0083】

グラフa1~a3に示されるように、P1~P3のいずれの荷重付与箇所においても、付与する押圧荷重が大きいほど、ヘテロコア部3の屈曲度合が大きくなることで、光の伝送損失が増加することが確認された。

【0084】

また、グラフa1とa2とを比較して判るように、可撓性線状部材5上の荷重付与箇所(点P2)で押圧荷重を作用させた場合の方が、可撓性線状部材5上でない荷重付与箇所(点P1)で押圧荷重を作用させた場合よりも、押圧荷重の変化に対する光の伝送損失の変化の感度が高まることが判る。

【0085】

また、グラフa1とa3とを比較して判るように、荷重付与箇所がヘテロコア部3から遠い場合(点P3)よりもヘテロコア部3に近い場合(点P2)の方が、押圧荷重の変化に対する光の伝送損失の変化の感度が高まることが判る。

【0086】

図5は、弾性体シート7をウレタン樹脂等により構成された測定対象物の表面上に設置して、該弾性体シート7の周縁部のフレーム8を測定対象物に固定した状態で、弾性体シート7の特定の荷重付与箇所(図3の点P1の箇所)を、所定時間(例えば2秒間)摘み挙げる(換言すれば、弾性体シート7の荷重付与箇所を表面側に突出させるように該荷重付与箇所に荷重を付与する)ことを繰り返した場合の測定例を示すグラフである。図4の横軸は、経過時間、縦軸は光ファイバ2における光の伝送損失である。なお、伝送損失は、図5の場合と同様に、荷重がゼロである場合の伝送損失を基準(=ゼロ)とする相対値(デシベル単位で表した相対値)である。

【0087】

図5のグラフを参照して判るように、弾性体シート7を摘み挙げることによって、ヘテロコア部3の屈曲度合が大きくなることで、光の伝送損失が増加することが判る。

【0088】

なお、弾性体シート7の摘み挙げの期間中に、光の伝送損失が若干減少していく。これは、弾性体シート7が伸びるためと考えられる。

【0089】

以上のように、弾性体シート7に作用する荷重状態に応じて光ファイバ2における光の

10

20

30

40

50

伝送損失が変化するので、該伝送損失に基づいて、弾性体シート7を配置する測定対象物Wの変形面Sfに作用する荷重状態を検知することができる。

【0090】

ここで、以上説明した第1実施形態に関連する変形態様をいくつか説明する。

【0091】

本実施形態では、フレーム8を備えたが、フレーム8を省略し、弾性体シート7の周縁部を直接的に測定対象領域の周縁部に取り付けるようにしてもよい。

【0092】

また、光ファイバ2のヘテロコア部3の軸心方向の両側部分を測定対象領域の周縁部に直接的に固定してもよい。

【0093】

また、光ファイバ2のヘテロコア部3は、測定対象領域の周縁部から多少離れた箇所であって該測定対象領域の側方に配置するようにしてもよい。

【0094】

また、可撓性線状部材5は、弾性体シート7に埋設してもよい。さらに、連結用部材9を省略し、可撓性線状部材5の一端部をヘテロコア部3に直接的に接着剤等により固定してもよい。

【0095】

また、測定対象領域が比較的幅の狭い領域であるような場合には、可撓性線状部材5の個数は1つであってもよい。

【0096】

また、可撓性線状部材5は、金属製のものであってもよい。

【0097】

また、弾性体シート7の形状は、方形状以外の形状であってもよい。例えば、三角形、五角形等、四角形以外の多角形状、あるいは、円形状、楕円形状、ひし形形状等であってもよい。

【0098】

さらに、弾性体シート7を省略し、可撓性線状部材5を測定対象物Wの測定対象領域に装着するようにしてもよい。

【0099】

補足すると、本実施形態の面状荷重センサ装置1では、弾性体シート7を測定対象物とみなすこともできる。その場合、可撓性線状部材5は、測定対象物(ここでは弾性体シート7)に直接的に装着され、また、光ファイバ2のヘテロコア部3の軸心方向の両側部分(光伝送部4, 4)が測定対象領域(ここでは弾性体シート7の表面又は裏面)の周縁部で測定対象物に取り付けられることとなる。

【0100】

[第2実施形態]

次に本発明の第2実施形態を図6～図10を参照して説明する。

【0101】

図6(a)を参照して、本実施形態の面状荷重センサ装置21は、光ファイバ2と、光ファイバ2に連結された弾性体シート22とを備える。

【0102】

光ファイバ2の構造は、図2を参照して説明した第1実施形態の光ファイバと同じである。従って、本実施形態での説明は省略する。

【0103】

前記弾性体シート22は、本発明における面状の力伝達部材に相当する。この弾性体シート22は、弾性体(例えばシリコンゴム)により形成された薄いシートであり、本実施形態では、方形状に形成されている。弾性体シート22の厚さは、例えば0.5mmである。

【0104】

10

20

30

40

50

この弾性体シート 2 2 の周縁部には、弾性体シート 2 2 よりも高剛性の部材（例えばプラスチック）により構成された方形枠状のフレーム 2 3 が配置され、該フレーム 2 3 に弾性体シート 2 2 の周縁部の複数箇所が接着剤 2 4 a により固定されている。

【 0 1 0 5 】

本実施形態では、弾性体シート 2 2 の周縁部のうち、3つの角部がそれぞれ接着剤 2 4 a によりフレーム 2 3 に固定されている。

【 0 1 0 6 】

そして、本実施形態では、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 が、弾性体シート 2 2 の周縁部に固定されている。さらに、上記フレーム 2 3 に、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 の軸心方向の両側部を構成する光伝送部 4 , 4 が固定されている。

10

【 0 1 0 7 】

具体的には、図 6 (b) に示すように、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 は、弾性体シート 2 2 の周縁部のうち、フレーム 2 3 に固定されていない残りの 1 つの角部（局所部分）に接着剤 2 4 b により固定されている。この場合、本実施形態では、ヘテロコア部 3 は、多少屈曲された状態（若干の曲率を有する状態）で、弾性体シート 2 2 の当該 1 つの角部に固定されている。

【 0 1 0 8 】

そして、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 の軸心方向の両側部を構成する光伝送部 4 , 4 のそれぞれのヘテロコア部 3 寄りの部分が、フレーム 2 3 に固定されている。該フレーム 2 3 への光伝送部 4 , 4 の固定は、例えば接着剤 2 4 c によりなされる。

20

【 0 1 0 9 】

この場合、ヘテロコア部 3 と、これを固定した弾性体シート 2 2 の角部とは、フレーム 2 3 に固定されていないので、弾性体シート 2 2 の弾性変形により発生する弾性力によって、ヘテロコア部 3 の屈曲度合（曲率）を変化させることが可能である。

【 0 1 1 0 】

本実施形態の面状荷重センサ装置 2 1 は以上の如く構成されている。

【 0 1 1 1 】

次に、以上の如く構成された面状荷重センサ装置 2 1 による測定手法を説明する。

【 0 1 1 2 】

本実施形態では、弾性体シート 2 2 が、測定対象物 W の変形面 S f （荷重により変形する面）の測定対象領域を覆うようにして変形面 S f 上に配置され、この状態でフレーム 2 3 が変形面 S f の測定対象領域に取り付けられる。

30

【 0 1 1 3 】

この場合、フレーム 2 3 は、接着剤、面ファスナ、両面テープ等を介して測定対象領域の周縁部に固定される。

【 0 1 1 4 】

なお、この場合、弾性体シート 2 2 のフレーム 2 3 に固定された部分（前記ヘテロコア部 3 が固定される角部以外の 3 つの角部）が、フレーム 2 3 を介して測定対象領域の周縁部に固定されることとなる。また、光ファイバ 2 の光伝送部 4 , 4 （ヘテロコア部 3 の軸心方向の両側の部分）が、フレーム 2 3 を介して測定対象領域に固定されることとなる。

40

【 0 1 1 5 】

上記測定対象領域は、そこに作用する荷重状態（該測定対象領域に荷重が作用しているか否か等の状態）を検知しようとする領域であり、本実施形態では、弾性体シート 2 2 とほぼ同じサイズの方角領域である。

【 0 1 1 6 】

そして、図 7 に示す如き測定システム 2 5 が構成され、この測定システム 2 5 を用いて測定が行われる。

【 0 1 1 7 】

この測定システム 2 5 は、光ファイバ 2 に入射する光を出力する光源 2 6 と、光ファイバ 2 から出射する光を受光する光検出器 2 7 と、光検出器 2 7 の出力を図示しない A D 変

50

換器を介して取り込むデータ処理装置 28 とを備える。

【0118】

光源 26 は、発光ダイオード (LED)、レーザダイオード (LD) 等により構成され、光ファイバ 2 の光伝送部 4, 4 のうちの一方側の一端に接続される。

【0119】

光検出器 27 は、フォトダイオード (PD) 等により構成され、光ファイバ 2 の光伝送部 4, 4 のうちの他方側の他端に接続される。

【0120】

データ処理装置 28 は、パーソナルコンピュータ等のコンピュータにより構成される。

【0121】

上記のように弾性体シート 22 の周縁部を、測定対象物 W の変形面 S f にフレーム 23 を介して取り付けられた状態で、測定システム 25 の光源 26 から光ファイバ 2 に光が入射され、光ファイバ 2 からの出射光が光検出器 27 により検出される。

【0122】

そして、データ処理装置 28 により、光検出器 27 の出力により示される出射光の強度が計測され、該出射光の強度に基づいて光ファイバ 2 における光の伝送損失等が計測される。

【0123】

ここで、本実施形態の光ファイバ 2 における光の伝送損失は、第 1 実施形態で説明した通り、該光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 の屈曲度合に応じたものとなる。

【0124】

一方、本実施形態では、ヘテロコア部 3 の屈曲度合は、測定対象物 W の変形面 S f の測定対象領域の変形に応じて変化する。

【0125】

さらに詳細には、上記の如く面状荷重センサ装置 21 の弾性体シート 22 が測定対象物 W の変形面 S f に取り付けられているので、該変形面 S f の測定対象領域の変形 (該測定対象領域に作用する荷重に応じた変形) に応じて、該測定対象領域の変形形状に倣うようにして弾性体シート 22 が弾性変形する。

【0126】

この場合、測定対象物 W の測定対象領域の変形 (ひいては、弾性体シート 22 の弾性変形) に応じて該弾性体シート 22 が発生する弾性力によって、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 にその屈曲度合を変化させる力が作用する。

【0127】

また、この場合、測定対象領域への荷重の作用箇所に応じて、該測定対象領域及び弾性体シート 22 の変形形状が変化するので、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 に作用する力の大きさ等が変化する。

【0128】

従って、光ファイバ 2 における光の伝送損失に基づいて、測定対象物 W の変形面 S f の測定対象領域に作用する荷重状態を検知することができる。

【0129】

また、本実施形態では、光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 は、多少屈曲させた状態で、弾性体シート 22 の角部に接着されている。

【0130】

このため、弾性体シート 22 の弾性変形に対して素早い応答性でヘテロコア部 3 の屈曲度合を変化させ、ひいては、素早い応答性で光ファイバ 2 における光の伝送損失を変化させることができる。

【0131】

本実施形態の面状荷重センサ装置 21 による具体的な測定例を図 8 ~ 図 10 に示す。図 8 ~ 図 10 は、弾性体シート 22 をウレタン樹脂等により構成された測定対象物の表面上に設置した状態で、弾性体シート 22 の特定の荷重付与箇所 (図 7 の点 P 11 ~ P 19 の

10

20

30

40

50

箇所)に図示しないフォースゲージにより該弾性体シート22の法線方向の押圧荷重を付与した場合の測定例を示すグラフである。図8～図10の横軸は、付与した押圧荷重、縦軸は光ファイバ2における光の伝送損失である。なお、伝送損失は、荷重がゼロである場合の伝送損失を基準(=ゼロ)とする相対値(デシベル単位で表した相対値)である。

【0132】

この場合、図8中のグラフa11～a13はそれぞれ、図7の点P11、P12、P13を荷重付与箇所とした場合の測定データを示すグラフ、図9中のグラフa14～a16は、図7の点P14、P15、P16を荷重付与箇所とした場合の測定データを示すグラフ、図10中のグラフa17～a19は、図7の点P17、P18、P19を荷重付与箇所とした場合の測定データを示すグラフである。なお、各グラフa11～a19は、付与する押圧荷重を増加させる場合の測定データと、該押圧荷重を減少させる場合の測定データとを示している。

【0133】

グラフa11～a19に示されるように、P11～P19のいずれの荷重付与箇所においても、付与する押圧荷重が大きいくほど、ヘテロコア部3の屈曲度合が大きくなることで、光の伝送損失が増加することが確認された。

【0134】

また、グラフa11、a15、a19と、他のグラフとを比較して判るように、ヘテロコア部3から見て、弾性体シート22の対角線方向における荷重付与箇所(点P11、P15、P19)において、荷重の変化に対する光の伝送損失の変化の感度が高いものとなることが判る。

【0135】

また、グラフa13、a16、a17、a18と、グラフa12、a14とを比較して判るように、ヘテロコア部3から見て、該ヘテロコア部3が配置された弾性体シート22角部に連なる該弾性体シート22の2つの辺に沿った位置の荷重付与箇所(点P13、P16、P17、P18)の方が、当該2つの辺に沿った位置ではない荷重付与箇所(点P12、P14)よりも、荷重の変化に対する光の伝送損失の変化の感度が高くなることが判る。

【0136】

ここで、以上説明した第1実施形態に関連する変形態様をいくつか説明する。

【0137】

本実施形態では、フレーム23を備えたが、フレーム23を省略し、弾性体シート22の周縁部(ヘテロコア部3が固定された角部と間隔を有する部分)を直接的に測定対象領域の周縁部に取り付けるようにしてもよい。

【0138】

また、光ファイバ2のヘテロコア部3の軸心方向の両側部分を測定対象領域の周縁部に直接的に固定したり、あるいは、測定対象物Wと別部材に固定するようにしてもよい。

【0139】

また、弾性体シート22の形状は、方形状以外の形状であってもよい。例えば、三角形、五角形等、四角形以外の多角形状、あるいは、円形状、楕円形状、ひし形形状等であってもよい。

【0140】

[第3実施形態]

次に、本発明の第3実施形態を図11～図13を参照して説明する。

【0141】

本実施形態の面状荷重センサ装置31は、寝具のマットレスMtを測定対象物として、該マットレスMtの表面(上面)に作用する荷重状態を検知するように構成されている。この場合、マットレスMtの表面(上面)が変形面及び測定対象領域に相当する。

【0142】

面状荷重センサ装置31は、具体的には、複数の光ファイバ2と、各光ファイバ2にそ

それぞれ連結された複数の可撓性線状部材 3 2 とを備える。本実施形態では、面状荷重センサ装置 3 1 は、光ファイバ 2 と可撓性線状部材 3 2 との組対が 3 対備えている。

【 0 1 4 3 】

各光ファイバ 2 の構造は、図 2 を参照して説明した第 1 実施形態の光ファイバと同じである。従って、本実施形態での説明は省略する。

【 0 1 4 4 】

各可撓性線状部材 3 2 は、本発明における線状の力伝達部材に相当するものであり、伸縮し難い柔軟な糸状部材、例えば、ポリエステル製の糸により構成されている。

【 0 1 4 5 】

そして、3つの可撓性線状部材 3 2 , 3 2 , 3 2 は、マットレス M t の長手方向に間隔を存して該マットレス M t の幅方向に互いに平行に延在するように所定の位置に配置されている。

【 0 1 4 6 】

これらの可撓性線状部材 3 2 , 3 2 , 3 2 の配置位置は、マットレス M t に人がうつ伏せに横臥したときに、人の胸に対向する位置、鳩尾に対向する位置、腹に対向する位置である。以降の説明では人の胸に対向する位置の可撓性線状部材 3 2 、鳩尾に対向する位置の可撓性線状部材 3 2 、腹に対向する位置の可撓性線状部材 3 2 を区別する場合に、それぞれを、参照符号 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c で表す。また、可撓性線状部材 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c にそれぞれ対応する光ファイバ 2 を、それぞれ、参照符号 2 a , 2 b , 2 c で表す。

【 0 1 4 7 】

本実施形態では、各可撓性線状部材 3 2 は、マットレス M t の表面寄りで該表面に沿って延在するように、該マットレス M t の内部に配置されている。そして、各可撓性線状部材 3 2 の一端部は、マットレス M t の幅方向の両側面 M t1 , M t2 のうちの一方の側面 M t1 又は他方の側面 M t2 に接着剤等により固定されている。

【 0 1 4 8 】

より詳しくは、本実施形態では、3つの可撓性線状部材 3 2 , 3 2 , 3 2 のうちの2つ、例えば、人の胸と腹とにそれぞれ対向する位置の可撓性線状部材 3 2 a , 3 2 c は、マットレス M t の側面 M t1 側の一端部が該側面 M t1 に固定され、残りの1つの可撓性線状部材 3 2 b (人の鳩尾に対向する位置の可撓性線状部材 3 2 b) は、側面 M t1 と反対側の側面 M t2 側の一端部が該側面 M t2 に固定されている。

【 0 1 4 9 】

また、マットレス M t の側面 M t2 の上部には、可撓性線状部材 3 2 a , 3 2 c の他端部を各々突出させた切欠き部 m a , m c が形成され、マットレス M t の側面 M t1 の上部には、可撓性線状部材 3 2 b の他端部を突出させた切欠き部 m b が形成されている。

【 0 1 5 0 】

そして、切欠き部 m a , m b , m c のそれぞれにおいて、可撓性線状部材 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c に各々対応する光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 が各可撓性線状部材 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c のそれぞれ他端部に固定されている。

【 0 1 5 1 】

より詳しくは、可撓性線状部材 3 2 a に対応する光ファイバ 2 a は、マットレス M t の側面 M t2 側に配置され、そのヘテロコア部 3 が切欠き部 m a に臨むようにしてマットレス M t の長手方向に延在されている。そして、光ファイバ 2 a のヘテロコア部 3 の軸心方向の両側部にて、光伝送部 4 , 4 がマットレス M t の側面 M t2 に接着剤等により固定されている。さらに該光ファイバ 2 a のヘテロコア部 3 の中央部に、張設状態の可撓性線状部材 3 2 a の他端部が切欠き部 m a にて接着剤等により固定されている。

【 0 1 5 2 】

同様に、可撓性線状部材 3 2 c に対応する光ファイバ 2 c は、マットレス M t の側面 M t2 側に配置され、そのヘテロコア部 3 が切欠き部 m c に臨むようにしてマットレス M t の長手方向に延在されている。そして、光ファイバ 2 c のヘテロコア部 3 の軸心方向の両側

部にて、光伝送部 4 , 4 がマットレス M t の側面 M t2 に接着剤等により固定されている。さらに該光ファイバ 2 c のヘテロコア部 3 の中央部に、張設状態の可撓性線状部材 3 2 c の他端部が切欠き部 m c にて接着剤等により固定されている。

【 0 1 5 3 】

また、可撓性線状部材 3 2 b に対応する光ファイバ 2 b は、マットレス M t の側面 M t1 側に配置され、そのヘテロコア部 3 が切欠き部 m b に臨むようにしてマットレス M t の手方向に延在されている。そして、光ファイバ 2 b のヘテロコア部 3 の軸心方向の両側部にて、光伝送部 4 , 4 がマットレス M t の側面 M t2 に接着剤等により固定されている。さらに該光ファイバ 2 c のヘテロコア部 3 の中央部に、張設状態の可撓性線状部材 3 2 b の他端部が切欠き部 m c にて接着剤等により固定されている。

10

【 0 1 5 4 】

上記の如くマットレス M t に配置された各可撓性線状部材 3 2 c が光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 に連結されているので、マットレス M t の表面（上面）が、各可撓性線状部材 3 2 の配置箇所弾性変形すると、各可撓性線状部材 3 2 が撓みつつ、該可撓性線状部材 3 2 の張力によって、該可撓性線状部材 3 2 に対応する光ファイバ 2 のヘテロコア部 3 の屈曲度合が変化することとなる。

【 0 1 5 5 】

本実施形態の面状荷重センサ装置 3 1 は以上の如く構成されている。

【 0 1 5 6 】

次に、以上の如く構成された面状荷重センサ装置 3 1 による測定手法を説明する。

20

【 0 1 5 7 】

本実施形態では、図 1 2 に示す如き測定システム 3 5 が構成される。そして、図示の如くマットレス M t 上に人が横臥した状態で測定が行われる。

【 0 1 5 8 】

上記測定システム 3 5 は、各光ファイバ 2 に入射する光を出力する光源 3 6 と、各光ファイバ 2 から出射する光を受光する光検出器 3 7 と、光検出器 3 7 の出力（各光ファイバ 2 毎の出射光の強度を示す出力）を図示しない A D 変換器を介して取り込むデータ処理装置 3 8 とを備える。

【 0 1 5 9 】

光源 3 6 は、発光ダイオード（ L E D ）、レーザダイオード（ L D ）等により構成され、各光ファイバ 2 の光伝送部 4 , 4 のうちの一方側の一端に接続される。

30

【 0 1 6 0 】

光検出器 3 7 は、フォトダイオード（ P D ）等により構成され、各光ファイバ 2 の光伝送部 4 , 4 のうちの他方側の他端に接続される。

【 0 1 6 1 】

データ処理装置 3 8 は、パーソナルコンピュータ等のコンピュータにより構成される。

【 0 1 6 2 】

マットレス M t の表面上に図 1 2 に示す如く人が横臥する。この場合、人は、その胸、鳩尾、腹がそれぞれ可撓性線状部材 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c の直上位置になるようにしてマットレス M t の表面上に横臥する。

40

【 0 1 6 3 】

この状態で、測定システム 3 5 の光源 3 6 から各光ファイバ 2 に光が入射され、各光ファイバ 2 からの出射光が光検出器 3 7 により検出される。

【 0 1 6 4 】

そして、データ処理装置 3 8 により、光検出器 3 7 の出力により示される各光ファイバ 2 毎の出射光の強度が計測され、該出射光の強度に基づいて各光ファイバ 2 における光の伝送損失等が計測される。

【 0 1 6 5 】

ここで、本実施形態の各光ファイバ 2 は、第 1 実施形態で説明した通り、光ファイバ 2 における光の伝送損失がヘテロコア部 3 の屈曲度合に応じたものとなる。

50

【0166】

一方、本実施形態では、各光ファイバ2のヘテロコア部3の屈曲度合は、該光ファイバ2に対応する可撓性線状部材32の配置箇所近辺でのマットレスMtの表面(変形面)の変形に応じて変化する。

【0167】

さらに詳細には、マットレスMtに横臥した人の体重や、呼吸動作に起因してマットレスMtの表面(上面)に荷重が作用し、その荷重に応じてマットレスMtの表面が弾性変形する。そして、その弾性変形に応じて、各可撓性線状部材32が撓み、その撓みに応じて発生する張力により該可撓性線状部材32に対応する光ファイバ2のヘテロコア部3の屈曲度合が変化する。

10

【0168】

従って、各光ファイバ2における光の伝送損失に基づいて、マットレスMtの表面上に横臥した人の体重や呼吸動作に起因してマットレスMtの表面(上面)に作用する荷重状態を検知することができる。

【0169】

この場合、特に、マットレスMtの表面のうち、人の胸に対向する箇所(可撓性線状部材32aの配置箇所)と腹に対向する箇所(可撓性線状部材32cの配置箇所)とでは、人の呼吸動作に起因して、これらの箇所に作用する荷重の周期的な変動が生じる。ひいては、可撓性線状部材32a, 32cにそれぞれ対応する光ファイバ2a, 2cのそれぞれのヘテロコア部3, 3の屈曲度合の周期的な変動が生じる。

20

【0170】

このため、特に、光ファイバ2a, 2cにおける光の伝送損失の計時変化を観測することで、マットレスMt上に横臥した人の呼吸状態を把握することができる。

【0171】

また、本実施形態では、光ファイバ2a, 2cのそれぞれのヘテロコア部3と、光ファイバ2bのヘテロコア部3とがマットレスMtの幅方向で互いに反対側に配置されているため、光ファイバ2a又は2cにおける光の伝送損失と、光ファイバ2bにおける光の伝送損失とに基づいて、マットレスMtの幅方向での人の横臥位置を概略的に把握することができる。

【0172】

すなわち、各光ファイバ2のヘテロコア部3の屈曲度合は、マットレスMtの幅方向での人の横臥位置が該ヘテロコア部3に近い場合よりも遠い場合の方が小さくなる傾向がある。

30

【0173】

このため、マットレスMt上の人の横臥位置が、マットレスMtの幅方向の両側面Mt1, Mt2のうちの側面Mt1寄りの位置である場合には、光ファイバ2a, 2cのそれぞれのヘテロコア部3の屈曲度合が比較的小さなものとなる(ひいては、光ファイバ2a, 2cにおける光の伝送損失が比較的小さなものとなる)一方、光ファイバ2bのヘテロコア部3の屈曲度合が比較的大きなものとなる(ひいては、光ファイバ2bにおける光の伝送損失が比較的大きなものとなる)。

40

【0174】

逆に、マットレスMt上の人の横臥位置が、マットレスMtの幅方向の両側面Mt1, Mt2のうちの側面Mt2寄りの位置である場合には、光ファイバ2a, 2cのそれぞれのヘテロコア部3の屈曲度合が比較的大きなものとなる(ひいては、光ファイバ2a, 2cにおける光の伝送損失が比較的大きなものとなる)一方、光ファイバ2bのヘテロコア部3の屈曲度合が比較的小さなものとなる(ひいては、光ファイバ2bにおける光の伝送損失が比較的小さなものとなる)。

【0175】

従って、光ファイバ2a又は2cにおける光の伝送損失と、光ファイバ2bにおける光の伝送損失とに基づいて、マットレスMtの幅方向での人の横臥位置を概略的に把握する

50

ことができる。

【0176】

本実施形態の面状荷重センサ装置31による具体的な測定例を図13(a)~(c)に示す。図13(a)~(c)は、マットレスMtの幅方向のほぼ中央位置で、該マットレスMt上に人が横臥した状態での測定例を示すグラフである。この場合、マットレスMt上の人の横臥状態は、その胸、鳩尾、腹をそれぞれ、可撓性線状部材32a, 32b, 32cに対向させて、うつ伏せに横臥した状態である。

【0177】

図13(a)~(c)は、それぞれ、光ファイバ2a, 2b, 2cにおける光の伝送損失の測定例である。そして、図13(a)~(c)の横軸は経過時間、縦軸は各光ファイバ2における光の伝送損失である。なお、伝送損失は、荷重がゼロである場合の伝送損失を基準(=ゼロ)とする相対値(デシベル単位で表した相対値)である。

【0178】

図13(a), (c)のグラフで示されるように、人の胸に対向する可撓性線状部材32aに対応する光ファイバ2aにおける光の伝送損失と、人の腹に対向する可撓性線状部材32cに対応する光ファイバ2cにおける光の伝送損失とは、人の呼吸動作に起因して周期的な変動を生じている。

【0179】

この場合、人の呼吸動作に起因して、人の胸に対向する箇所と腹に対向する箇所とでマットレスMtの上面に作用する荷重の増加及び減少が、当該両方の箇所で逆相の関係で発生する(一方の箇所で荷重の増加時に他方の箇所で荷重が減少する)ことから、光ファイバ2a, 2cとで光の伝送損失の周期的な変動が互いに逆相の関係で生じている。

【0180】

ここで、以上説明した第1実施形態に関連する変形態様をいくつか説明する。

【0181】

本実施形態では、マットレスMtに3つの可撓性線状部材32を備えたが、2つ又は4つ以上の可撓性線状部材32を備えるようにしてもよい。例えば、可撓性線状部材32a, 32b, 32cのうちのいずれか1つを省略したり、さらに多くの可撓性線状部材を追加してもよい。

【0182】

また、本実施形態では、光ファイバ2a, 2cのそれぞれのヘテロコア部3と、光ファイバ2bのヘテロコア部3とがマットレスMtの幅方向で互いに反対側に配置したが、例えば全てのヘテロコア部3をマットレスMtの幅方向で同じ側面側に配置してもよい。

【0183】

また、可撓性線状部材32は、マットレスMtの表面に露出した状態で配置されていてもよい。

【0184】

なお、以上説明した各実施形態では、光ファイバ2は、一端から入射した光を他端から出射するものであるが、例えば光のヘテロコア部3の一端(光の入射側と反対側の一端)、あるいは、該一端に連なる光伝送部4の途中部にミラーを備えておき、ヘテロコア部3に進入した光をミラーで反射させた後に入射口側に戻すように構成されていてもよい。

【0185】

また、ヘテロコア部3のコア3aは、光伝送部4のコア4aの径よりも大きい径に形成されていてもよい。

【符号の説明】

【0186】

1, 21, 31 面状荷重センサ装置、2 光ファイバ、3 ヘテロコア部、4 光伝送部4、3a, 4a コア、3b, 4b クラッド、5, 32 可撓性線状部材(力伝達部材)、7 弾性体シート、9 連結用部材、22 弾性体シート(力伝達部材)、W 測定対象物、Mt マットレス。

10

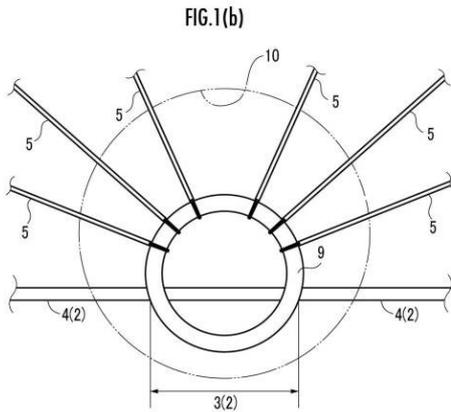
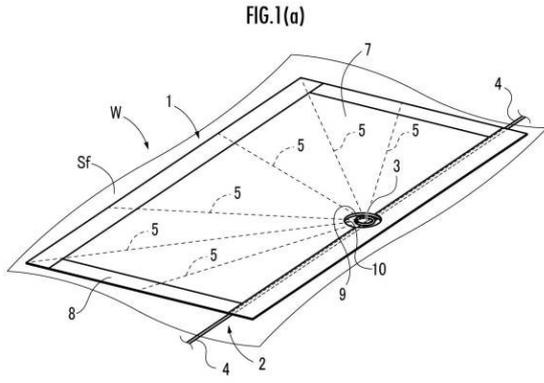
20

30

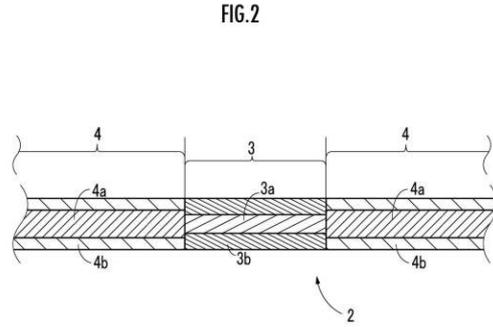
40

50

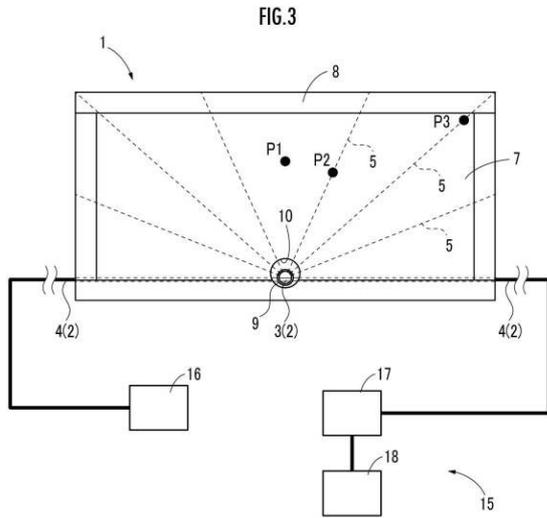
【 図 1 】



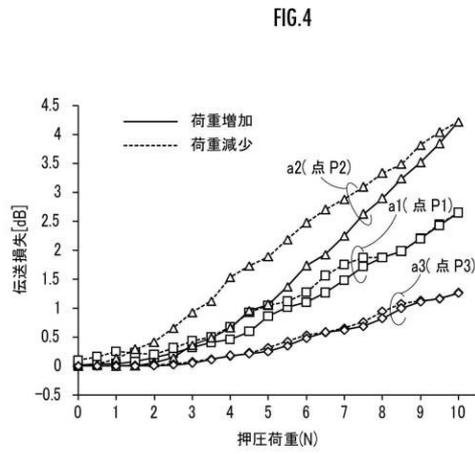
【 図 2 】



【 図 3 】

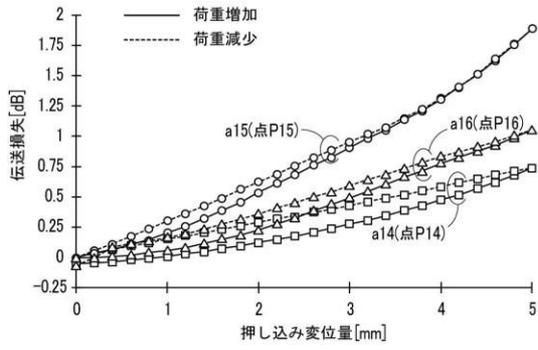


【 図 4 】



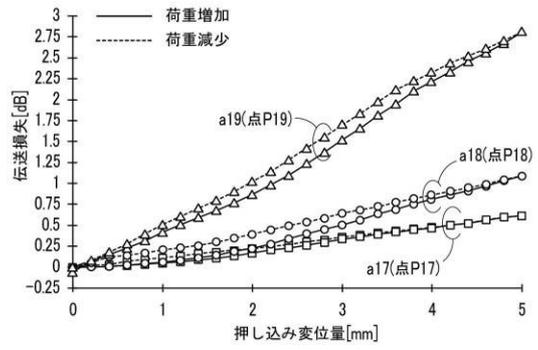
【 図 9 】

FIG.9



【 図 1 0 】

FIG.10



【 図 1 1 】

FIG.11(a)

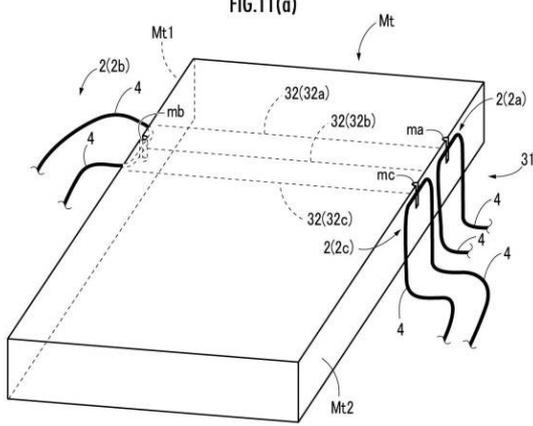
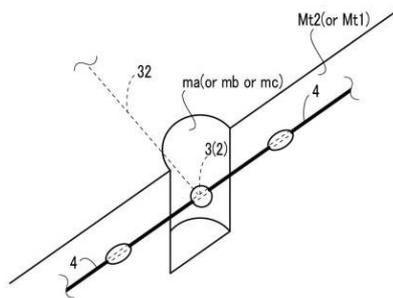
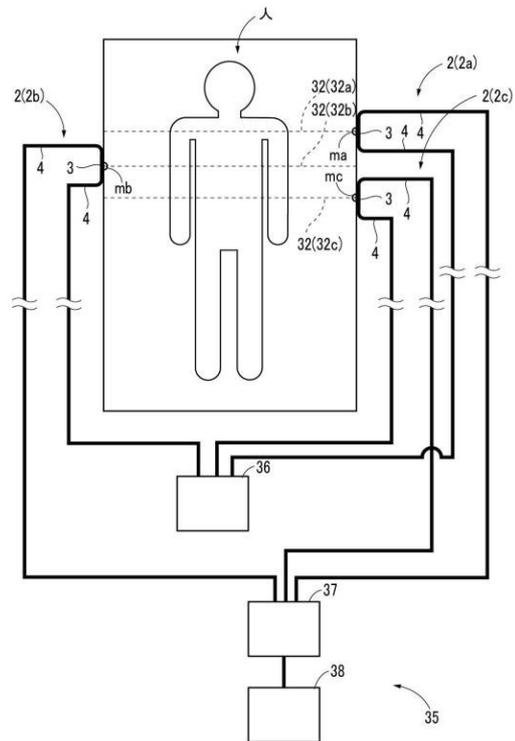


FIG.11(b)



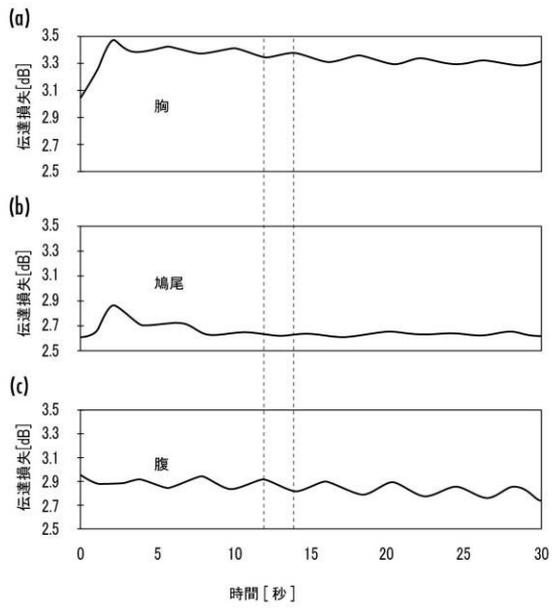
【 図 1 2 】

FIG.12



【 図 13 】

FIG.13



フロントページの続き

- (72)発明者 田口 有悟
東京都八王子市丹木町 1 - 2 3 6 創価大学内
- (72)発明者 山崎 大志
東京都八王子市丹木町 1 - 2 3 6 創価大学内

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 2 4 8 4 0 7 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 1 9 1 0 8 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 1 0 9 9 3 1 (U S , A 1)
国際公開第 2 0 1 1 / 1 1 0 2 9 2 (W O , A 1)
米国特許第 5 9 5 2 6 4 7 (U S , A)
米国特許第 5 3 5 7 8 1 3 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 L 1 / 0 0 - 1 / 2 6
G 0 1 L 5 / 0 0 - 5 / 2 8
A 6 1 B 5 / 0 6 - 5 / 2 2
A 6 1 G 7 / 0 0 - 7 / 1 6