

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年7月21日(21.07.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/114194 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 19/04 (2006.01) G01L 1/24 (2006.01)
B32B 7/12 (2006.01) G01N 33/44 (2006.01)
C09J 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/050229
- (22) 国際出願日: 2016年1月6日(06.01.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-005748 2015年1月15日(15.01.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP). 国立大学法人東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 齋藤 望 (SAITO, Nozomi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式

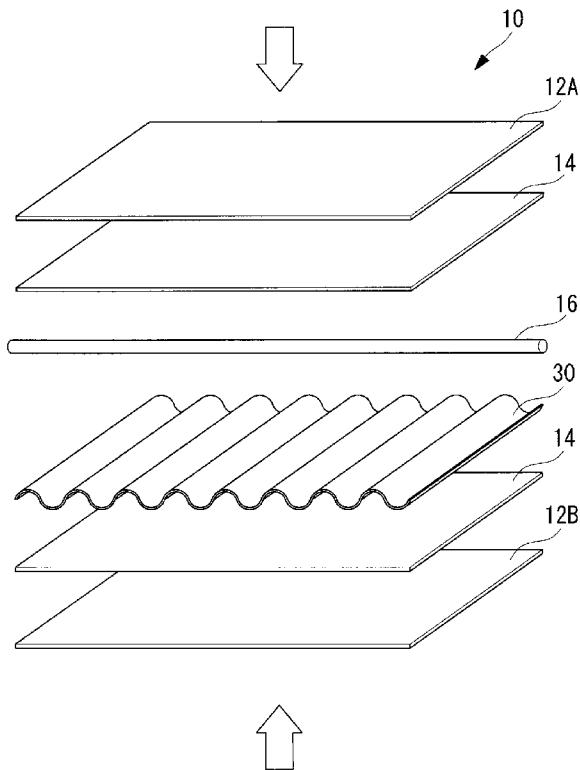
会社内 Tokyo (JP). 清水 隆之 (SHIMIZU, Takayuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 阿部 俊夫 (ABE, Toshio); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 水口 周 (MINAKUCHI, Shu); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 武田 展雄 (TAKEDA, Nobuo); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 寺田 愉考 (TERADA, Yutaka); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外 (FUJITA, Takaharu et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-2-1 横浜ランドマークタワー37F Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,

[続葉有]

(54) Title: BONDED STRUCTURE, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, AND BONDING STATE DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: 接着構造体とその製造方法及び接着状態検出方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a bonded structure wherein whether members are suitably bonded to each other can be determined, a method for manufacturing the bonded structure, and a bonding state detection method. A bonded structure (10) is provided with: a laminated plate (12A); a laminated plate (12B); an adhesive (14) that bonds the laminated plate (12A) and the laminated plate (12B) to each other; and a distributed optical fiber (16) sandwiched between the laminated plate (12A) and the laminated plate (12B). The cross-sectional shape of the distributed optical fiber (16) is deformed corresponding to the bonding state.

(57) 要約: 部材同士が適切に接着されているか否かを判断することができる、接着構造体とその製造方法及び接着状態検出方法を提供することを目的とする。接着構造体(10)は、積層板(12A)、積層板(12B)、積層板(12A)と積層板(12B)とを接着する接着剤(14)、及び積層板(12A)と積層板(12B)とに挟まれる分布型光ファイバ(16)を備える。分布型光ファイバ(16)は、接着状態に応じて断面形状が変形するものである。

WO 2016/114194 A1

FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称： 接着構造体とその製造方法及び接着状態検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、接着構造体とその製造方法及び接着状態検出方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、軽量化を必要とする例えば航空機構造には、炭素繊維複合材が用いられている。

炭素繊維複合材の樹脂硬化をモニタする方法として、特許文献1に記載されているように、グレーティングセンサが内部に設けられた光ファイバを用いる方法がある。

[0003] 炭素繊維複合材といった部材は、一般的に部材同士をリベットやボルト等のファスナを用いて結合される。

[0004] 部材同士の結合では、接着剤を用いることが軽量化や作業効率等の点からより最適であるが、接着品質の評価を必要とする。接着品質の評価は、部材を接着剤によって結合した後に、例えば超音波探傷検査により行われる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特表2000-501176号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、超音波探傷検査では、接着層におけるボイドの発生や部材の剥離等の欠陥の検出は可能であるが、接着強度の評価はできない。接着強度は、接着時に部材に加えられる圧力等に依存するが、超音波探傷検査では圧力を検査することができないためである。さらに、超音波探傷検査は、時間と労力を要すると共に、検査員に資格を必要とする。

炭素繊維複合材を部材とした場合、部材同士の接着は例えばオートクレー

ブ成型時に行われる。オートクレーブ成型時にはオートクレーブ圧力やバッグ圧力は計測されるが、接着部そのものの圧力は測定されていない。

[0007] これらのことから、接着により部材同士を結合させる場合、大幅な安全許容を有した構造としたり、安全性を重視する箇所に対しては接着剤を用いた接着をせずに、ファスナによる結合が行われている。

[0008] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、部材同士が適切に接着されているか否かを判断することができる、接着構造体とその製造方法及び接着状態検出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

[0009] 上記課題を解決するために、本発明の接着構造体とその製造方法及び接着状態検出方法は以下の手段を採用する。

[0010] 本発明の第一態様に係る接着構造体は、第1部材と、第2部材と、前記第1部材と前記第2部材とを接着する接着剤と、前記第1部材と前記第2部材とに挟まれる分布型光ファイバと、を備え、前記分布型光ファイバは、接着状態に応じて断面形状が変形するものである。上記第一態様では、前記分布型光ファイバに対する径方向変形を変換した軸方向変形によって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態が検出される。

[0011] 本構成によれば、第1部材と第2部材とは、接着剤を挟んだ状態で適切な圧力が加えられることで接着される。そして、第1部材と第2部材とに挟まれた分布型光ファイバは、第1部材と第2部材との接着状態を検出するために用いられる。

[0012] ここで、光ファイバには多点型光ファイバと分布型光ファイバとがある。
多点型光ファイバは、光ファイバに対して非連続に設けられた回折格子であるグレーティング部がセンサとしての機能を有する。このため、多点型光ファイバを圧力センサとして用いると、グレーティング部が設けられている位置、すなわち多点型光ファイバの軸方向に対して非連続でしか接着状態が検出されず、接着状態の検出から漏れる個所が生じる。

[0013] 一方、分布型光ファイバは、その軸方向の全体に渡ってセンサとして機能

する。そして、分布型光ファイバにおける光スペクトルの変化は、分布型光ファイバの径方向変形に対して鈍感であるが、軸方向変形には敏感である。そこで、本構成は、分布型光ファイバに対する径方向変形を変換して軸方向変形とすることで、この軸方向変形によって分布型光ファイバに加えられる圧力を検出する。これによって、分布型光ファイバを用いて第1部材と第2部材との接着状態を連続して検出することができる。

[0014] 以上説明したように、本構成は、分布型光ファイバに対する径方向変形を軸方向変形に変換することで、分布型光ファイバの軸方向に対して連続して接着状態が検出されるので、部材同士が適切に接着されているか否かを判断することができる。

[0015] 上記第一態様では、前記分布型光ファイバが、前記第1部材と前記第2部材とが接着状態となった場合に、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に比べて収縮又は伸張する性質を有する。

[0016] 本構成によれば、第1部材と第2部材とが接着状態となった場合に分布型光ファイバが収縮又は伸張する。分布型光ファイバが収縮又は伸張することは、分布型光ファイバの径方向変形が軸方向変形に変換されたことを意味する。

従って、本構成は、分布型光ファイバに対する径方向変形を軸方向変形に簡易に変換することができる。

[0017] 上記第一態様では、前記分布型光ファイバが、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に、前記第1部材及び前記第2部材の方向に対して波状に配置されてもよい。

[0018] 本構成によれば、非接着状態で分布型光ファイバを波状に配置することによって、第1部材と第2部材とが接着状態となって分布型光ファイバの径方向に圧力が加えられると、分布型光ファイバが直線状に収縮する。このため、本構成は、分布型光ファイバに対する径方向変形を軸方向変形に簡易に変換することができる。

[0019] 上記第一態様では、前記分布型光ファイバが、波状の面を有する波状部材

を介して前記第1部材と前記第2部材とに挟まれてもよい。

- [0020] 本構成によれば、簡易に分布型光ファイバを波状に配置できる。
- [0021] 上記第一態様では、前記接着剤の前記分布型光ファイバと接する面が波状であってもよい。
- [0022] 本構成によれば、簡易に分布型光ファイバを波状に配置できる。
- [0023] 上記第一態様では、前記第1部材及び前記第2部材の少なくとも一方の前記分布型光ファイバと接する面が波状であってもよい。
- [0024] 本構成によれば、簡易に分布型光ファイバを波状に配置できる。
- [0025] 上記第一態様では、前記分布型光ファイバのコアを覆うクラッドが、大径部と小径部とを繰り返して形成してもよい。
- [0026] 本構成によれば、分布型光ファイバの径方向に圧力が加えられると、大径部は収縮する一方で小径部は伸張することとなる。これに応じて、分布型光ファイバのコアは軸方向に伸縮する。
- 従って、本構成は、分布型光ファイバに対する径方向変形を軸方向変形に簡易に変換することができる。
- [0027] 上記第一態様では、前記分布型光ファイバは、たわみ部材に埋め込まれた状態で前記第1部材と前記第2部材とに挟まれていてもよい。前記たわみ部材は、前記分布型光ファイバが埋め込まれる光ファイバ埋込部と、光ファイバ埋込部から突き出た複数の足部を有し、前記複数の足部は、間隔をあけて並んでいる。
- [0028] 本構成によれば、分布型光ファイバをたわみ部材に埋め込み、該たわみ部材を第1部材と第2部材との間に配置することによって、第1部材と第2部材とが接着状態となって分布型光ファイバの径方向に圧力が加えられると、分布型光ファイバが伸長する。このため、本構成は、分布型光ファイバに対する径方向変形を軸方向変形に簡易に変換することができる。
- [0029] 本発明の第二態様に係る接着構造体の製造方法は、第1部材と第2部材の少なくとも一方に接着剤を塗布する工程と、前記接着剤を塗布した前記第1部材および前記第2部材の間に分布型光ファイバを挟み、圧力を加えて、前

記分布型光ファイバの断面形状を変形させるとともに、前記第1部材と前記第2部材とを接着させる工程と、を備える。

[0030] 上記第二態様では、前記圧力を加える前後における前記分布型光ファイバに対する径方向変形を軸方向変形に変換し、該軸方向変形によって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態を検出する。

[0031] 上記第二態様では、前記分布型光ファイバを、前記第1部材と前記第2部材とが接着状態となった場合に、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に比べて収縮又は伸張する性質を有する素材とするとよい。

[0032] 上記第二態様では、前記分布型光ファイバを、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に、前記第1部材及び前記第2部材の方向に対して波状に配置してもよい。

[0033] 上記第二態様では、前記分布型光ファイバを、波状の面を有する波状部材を介して前記第1部材と前記第2部材との間に挟んでもよい。

[0034] 上記第二態様では、前記接着剤の前記分布型光ファイバと接する面を波状としてもよい。

[0035] 上記第二態様では、前記第1部材及び前記第2部材の少なくとも一方において、前記分布型光ファイバと接する面を波状に形成してもよい。

[0036] 上記第二態様では、前記分布型光ファイバが埋め込まれた光ファイバ埋込部と、該光ファイバ埋込部から突き出し、間隔をあけて並んでいる複数の足部とを有するたわみ部材を介して、前記分布型光ファイバを前記第1部材と前記第2部材とに挟んでもよい。

[0037] 本発明の第三態様に係る接着状態検出方法は、第1部材と第2部材とを分布型光ファイバを挟みながら接着剤によって接着する第1工程と、前記分布型光ファイバに対する径方向変形を変換した軸方向変形によって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態を検出する第2工程と、を含む。

[0038] 上記第三態様では、前記分布型光ファイバを前記第1部材に配置し、その上から剥離フィルム、前記接着剤、及び前記第2部材を重ねて圧力を加え、前記分布型光ファイバによって圧力の適否を検出してもよい。

発明の効果

[0039] 本発明によれば、部材同士が適切に接着されているか否かを判断することができる、という優れた効果を有する。

図面の簡単な説明

- [0040] [図1]本発明の第1実施形態に係る接着構造体を示した分解斜視図である。
- [図2]本発明の第1実施形態に係る計測診断装置の概略平面図である。
- [図3]本発明の第1実施形態に係る光ファイバに圧力を加えていない場合の光スペクトルを示した図である。
- [図4]本発明の第1実施形態に係る光ファイバに圧力を加えた場合の光スペクトルを示した図である。
- [図5]本発明の第1実施形態に係る分布型光ファイバの径方向変形と軸方向変形を指名した模式図である。
- [図6]本発明の第1実施形態に係る分布型光ファイバの配置を示した模式図であり、(A)は非接着状態を示し、(B)は接着状態を示す。
- [図7]本発明の第1実施形態に係る分布型光ファイバの配置を示した模式図である。
- [図8]本発明の第1実施形態に係る感度向上素子を用いた接着構造体に対する試験結果を示すグラフである。
- [図9]本発明の第2実施形態に係る接着構造体の構成を示した縦断面図である。
- [図10]本発明の第2実施形態に係る接着構造体に対する圧縮前後の軸方向歪みの位置変化を示した模式図である。
- [図11]本発明の第3実施形態に係る接着構造体の構成を示した縦断面図である。
- [図12]本発明の第3実施形態に係る接着構造体に対する圧縮前後の軸方向歪みの位置変化を示した模式図である。
- [図13]本発明の第4実施形態に係る分布型光ファイバの構成図であり、(A)は斜視図であり、(B)は断面図である。

[図14]本発明の第4実施形態に係る接着構造体の構成を示した縦断面図である。

[図15]本発明の第4実施形態に係る接着構造体に対する圧縮前後の軸方向歪みの位置変化を示した模式図である。

[図16]本発明の第5実施形態に係る接着構造体の構成を示した縦断面図である。

[図17]図16の接着構造体に上下方向から圧力を加えた図である。

[図18]本発明の第5実施形態に係るたわみ部材の構成を示した部分縦断面図である。

[図19]本発明の第5実施形態に係るたわみ部材を用いた接着構造体に対する試験結果を示すグラフである。

[図20]本発明の第1実施形態に係る感度向上素子を用いた接着構造体に対する試験結果を示すグラフである。

[図21]本発明の他の実施形態に係る接着構造体の一例を示した模式図である。

[図22]本発明の他の実施形態に係る接着構造体の一例を示した模式図である。

発明を実施するための形態

[0041] 以下に、本発明に係る接着構造体及び接着状態検出方法の一実施形態について、図面を参照して説明する。

[0042] [第1実施形態]

以下、本発明の第1実施形態について説明する。

[0043] 図1は、本第1実施形態に係る接着構造体10を示した分解斜視図である。なお、本第1実施形態では、一例として、接着させる部材を炭素繊維複合材の積層板とする。また、接着構造体10は、例えば複数が組み合わされて航空機、自動車、及び風車等の構造材として用いられる。

[0044] 接着構造体10は、積層板12A、積層板12B、積層板12Aと積層板12Bとを接着する接着剤14、及び積層板12Aと積層板12Bとに挟ま

れる分布型光ファイバ16を備える。分布型光ファイバ16は、軸方向変形によって、積層板12Aと積層板12Bとの接着状態を検出するための圧力センサとして用いられる。軸方向変形についての詳細は後述する。分布型光ファイバ16は、例えばクラッド径125 μ mのシングルモードファイバであり、断面形状が円形である。

[0045] 分布型光ファイバ16は、積層板12Aと積層板12Bとが接着状態となった場合に、積層板12Aと積層板12Bとが非接着状態の場合に比べて収縮又は伸張する性質を有する。積層板12Aと積層板12Bとが接着状態となった場合の分布型光ファイバ16の断面形状（分布型光ファイバ16の軸方向に直交する横断面形状）は、楕円形状である。横断面形状とは、分布型光ファイバ16を輪切りにしたときの断面形状である。

[0046] 接着剤14は、一例として接着層として形成される。接着剤14の種類は特に限定されないが、例えばエポキシ樹脂系の接着剤が使用可能である。

積層板12A、12Bは、接着剤14により接着される前に少なくとも一方が硬化されている。

図1に示される積層板12A、12Bの平面形状は四角形であるが、これは一例であり、積層板12A、12Bの平面形状はこれに限定されない。積層板12A、12Bの形状は、必ずしも平面形状である必要はない。図1の例では、積層板12A、12Bのうち一方のみに接着剤14が塗布されるが、これに限らず、積層板12A、12Bの両方に接着剤14が塗布されてもよい。

[0047] 図1に示される分布型光ファイバ16は、複数回曲げられて光の端部16Aと端部16Bとが積層板12A、12Bの同一の辺から突出しているが、これは一例であり、必ずしも分布型光ファイバ16は曲げられて挟まれる必要はなく、端部16Aと端部16Bとが積層板12A、12Bの異なる辺から突出してもよい。分布型光ファイバ16は、同一の端部から光の入力及び出力がされてもよい。

[0048] 図2に示されるように、分布型光ファイバ16の端部16A、16Bは、

各々コネクタ20を介して、計測診断装置22に接続される。計測診断装置22は、分布型光ファイバ16の端部16A（入力端）から所定の波長の光を入射し、分布型光ファイバ16の内部で反射して端部16Aから出射した光（以下「反射光」という。）を検出して、光スペクトルを得る。

[0049] 積層板12A, 12Bは、接着剤14を挟んだ状態で圧力が加えられることで接着される。積層板12A, 12Bに圧力が加えられると、分布型光ファイバ16にも圧力が加えられることとなる。以下の説明において、積層板12A, 12Bに圧力を加えることを圧縮ともいう。

[0050] 光ファイバ15による複屈折について図3, 4を参照して説明する。

光ファイバ15に圧力が加えられない状態では、図3に示されるように光スペクトルはピークを一つ有する。一方、光ファイバ15に所定の方向（図3, 4の例では上下方向）からのみ圧力が加えられると、図4に示されるように円形とされた光ファイバ15の断面形状が、歪んで例えば楕円形（扁平した円形あるいは長円形）に変化する。そのため、光スペクトルは複数（例えば2つ）のピークを持つ形状に変化する。これが、光ファイバ15の複屈折である。積層板12A, 12Bに圧力を加えて接着すると、積層板12A, 12Bに挟まれる光ファイバ15は主に径方向に変形する。

[0051] 光ファイバ15には、例えば多点型光ファイバや本第1実施形態で用いる分布型光ファイバ16がある。

多点型光ファイバは、コアに対して非連続に設けられた回折格子であるグレーティング部がセンサとしての機能を有する。多点型光ファイバでは、光スペクトルの変化が多点型光ファイバの径方向変形に対して敏感である。すなわち、圧力が加えられると多点型光ファイバから出力される光スペクトルは図3, 4を用いて説明した様に変化する。

しかしながら、多点型光ファイバを圧力センサとして用いると、グレーティング部が設けられている位置でしか圧力検出ができない。すなわち、多点型光ファイバの軸方向に対して非連続でしか接着状態が検出されない。そのため、グレーティング部が設けられていない個所は、接着状態の検出から漏

れることとなる。

[0052] 一方、本第1実施形態で用いる分布型光ファイバ16は、軸方向の全体に渡ってセンサとして機能する。分布型光ファイバ16における光スペクトルの変化は、分布型光ファイバ16の径方向変形に対して鈍感であるが、軸方向変形には敏感である。

そこで、軸方向変形に敏感である分布型光ファイバ16を用いて積層板12Aと積層板12Bとの接着状態を検出するために、第1実施形態に係る接着構造体10は、図5に示されるように、分布型光ファイバ16に対する径方向変形を変換して軸方向変形とする。

分布型光ファイバ16が、軸方向に変形、すなわち収縮又は伸張すると、反射光のピーク位置が収縮又は伸張する前とは異なることとなる。従って、収縮又は伸張前後における反射光のピーク位置のずれを測定することで、分布型光ファイバ16の軸方向の変形量（歪み量）を検知可能となる。軸方向の変形量（歪み量）は、上述した様に、積層板12A、12Bの接着状態を示すこととなる。

これにより、本第1実施形態で用いる接着構造体10は、分布型光ファイバ16の軸方向変形によって、積層板12Aと積層板12Bとの接着状態を分布型光ファイバ16の軸方向に対して連続して検出することが可能となる。

[0053] 接着させる部材を炭素繊維複合材の積層板12A、12Bとしている本第1実施形態では、加圧装置（本第1実施形態では、一例としてオートクレーブ）を用いて積層板12A、12Bを接着させる場合に、分布型光ファイバ16によって接着状態を検出する。これにより、本第1実施形態では、炭素繊維複合材の積層板12A、12Bを部材として接着させる場合に、部材同士が適切に接着されているか否かを判断することができる。

[0054] 次に、分布型光ファイバ16に対する径方向変形を変換して軸方向変形とする具体的な方法について説明する。

[0055] 本第1実施形態に係る分布型光ファイバ16は、積層板12Aと積層板1

2 Bとが接着状態となった場合に、積層板 1 2 Aと積層板 1 2 Bとが非接着状態の場合に比べて収縮又は伸張するように配置される。

積層板 1 2 Aと積層板 1 2 Bとが接着状態となると、分布型光ファイバ 1 6の径方向に圧力が加えられ、これに伴い分布型光ファイバ 1 6が収縮又は伸張するということは、分布型光ファイバ 1 6の径方向変形が軸方向変形に変換されたことを意味する。

[0056] 図 6 (図 6 (A), 図 6 (B)) は、本第 1 実施形態に係る分布型光ファイバ 1 6の配置例を示した模式図である。図 6 (図 6 (A), 図 6 (B)) において、分布型光ファイバ 1 6は後述の感度向上素子に埋め込まれている。

[0057] 図 6 (A) は、積層板 1 2 A (不図示) と積層板 1 2 B (不図示) とが非接着状態の場合 (圧縮されていない場合) を示している。

分布型光ファイバ 1 6は、積層板 1 2 Aと積層板 1 2 Bとが非接着状態の場合に、積層板 1 2 A及び積層板 1 2 Bの方向に対して波状に配置される。換言すると、分布型光ファイバ 1 6の湾曲する方向 (変曲点) が積層板 1 2 A及び積層板 1 2 Bの積層方向となるように配置される。

[0058] 図 6 (B) は、積層板 1 2 Aと積層板 1 2 Bとが接着状態の場合を示している。

図 6 (B) に示されるように、積層板 1 2 Aと積層板 1 2 Bとを接着するために分布型光ファイバ 1 6の径方向に圧力が加えられると、圧縮方向に対して略垂直方向に力が加えられ、波状に配置された分布型光ファイバ 1 6が直線状に変形することによって軸方向に収縮する。これにより、分布型光ファイバ 1 6に対する径方向変形が、軸方向変形に簡易に変換されることとなる。

[0059] 図 7 は、本第 1 実施形態に係る分布型光ファイバ 1 6の配置を示した模式図である。図 7 に示されるように、本第 1 実施形態に係る分布型光ファイバ 1 6は、感度向上素子 3 0を介して積層板 1 2 Aと積層板 1 2 Bとに挟まれる。感度向上素子 3 0は、波状の面を有する波状部材である。

波状とは、換言すると起伏が連続した形状である。波状とは、図7の例に示されるように、起伏が円弧状であってもよいし、三角形状や四角形状等の多角形状であってもよい。

[0060] 感度向上素子30は、例えば硬化済みの接着剤であり、化学硬化型、熱硬化型、及び熱可塑型等である。

化学硬化型は、例えば主剤と硬化剤との二液を混合することにより、硬化反応が進む接着剤である。化学硬化型は、例えばHenkel社製EA9394である。

熱硬化型は、接着剤に外部から熱を加えることにより、硬化反応が進む接着剤である。熱硬化型は、例えばCytac社製FM300-2である。

熱可塑型は、接着剤に加えた熱で一度重合反応を起こし、放熱により硬化反応が進む接着剤である。熱可塑型は、例えばPPS樹脂 (Poly Phenylene Sulfide Resin) である。

感度向上素子30としては、接着部の隙間調整に用いられる未硬化プリブレグ等のシムを用いることができる。

[0061] 本第1実施形態では、感度向上素子30の一例として、上述したCytac社製FM300-2を硬化したものを用いた。本第1実施形態では、一例として、接着剤14としてもCytac社製FM300-2を用いた。

このように、感度向上素子30が接着剤14と同種の接着剤を硬化して形成されることにより、接着構造体10の接着過程において感度向上素子30と接着剤14とが一体化（同化）するので、接着構造体10に対して感度向上素子30が不純物とならない。そのため、感度向上素子30が挿入された近辺の強度が低下することもない。

感度向上素子30として化学硬化型、熱硬化型、及び熱可塑型等の何れを用いるかは、感度向上素子30の形状、使用する接着剤14の種類等によって適宜選択される。

[0062] 図8は、本第1実施形態に係る感度向上素子30を用いない接着構造体10に対する試験結果（破線a, b）、及び感度向上素子30を用いた接着構

造体10に対する試験結果（実線A, B）である。試験対象は、一例として、感度向上素子30及びアルミ板とされた積層板12A, 12Bで分布型光ファイバ16を挟んだ接着構造体10とし、この接着構造体10の上下方向から圧力を加えた。

[0063] 図8の横軸のLength (m) は、分布型光ファイバ16の長さであり、圧力の検出位置を示す。図8の縦軸のStrain ($\mu\epsilon$) は、分布型光ファイバ16の軸方向の歪みを示す値であり、正の値は伸張を示し、負の値は収縮を示す。

試験において接着構造体10に対して圧力を加えた部分（以下「圧縮部分」という。）は、約6.5mから6.6mである。試験において接着構造体10に加えた圧力は0.1MPa（破線a、実線A）及び0.4MPa（破線b、実線B）である。

[0064] 図8における一点鎖線Oは、圧力が0MPaの場合、すなわち圧縮がされていない場合であり、Strain=0であるように軸方向の歪みはない。

感度向上素子30を用いない接着構造体10に対する試験結果を示す破線a, bは、圧縮部分において、軸方向歪みに多少の変動はあるものの、圧力に対して感度の良い変化ではない。

[0065] 一方、感度向上素子30を用いた接着構造体10における試験結果を示す実線A, B共に、圧縮部分において軸方向歪みが負の値で大きく変化している。圧力がより大きい実線B（0.4MPa）の変化は、実線A（0.1MPa）の変化に比べて大かった。

実線A, Bでは、圧縮部分において連続して軸方向歪みに負の変化が生じていることから、感度向上素子30を用いた接着構造体10は、連続して接着状態を検出していることが分かる。

[0066] 軸方向歪みの大きさと圧力との関係を示す情報（例えばテーブル情報）を予め求め、このテーブル情報と実際に計測した軸方向歪みの大きさとを照会することで、計測した軸方向歪みから接着構造体10に加えられている圧力を求めることができる。

[0067] 以上説明したように、本第1実施形態に係る接着構造体10は、積層板12A、積層板12B、積層板12Aと積層板12Bとを接着する接着剤14、及び積層板12Aと積層板12Bとに挟まれる分布型光ファイバ16を備える。そして、分布型光ファイバ16に対する径方向変形を変換した軸方向変形によって、積層板12Aと積層板12Bとの接着状態が検出される。

[0068] このように、本第1実施形態に係る接着構造体10は、分布型光ファイバ16に対する径方向変形を軸方向変形に変換することで、分布型光ファイバ16の軸方向に対して連続して接着状態が検出されるので、部材同士が適切に接着されているか否かの判断が可能となる。

より具体的には、接着構造体10の接着工程において圧力を加える場合、従来では接着構造体10全体に作用する圧力を検出することで接着後の品質確認を行っていたが、分布型光ファイバ16によって接着される個所そのものの圧力を検出できるので、接着工程の妥当性をより精度よく評価できる。

[0069] [第2実施形態]

以下、本発明の第2実施形態について説明する。

[0070] 図9は、圧力をかける前の本第2実施形態に係る接着構造体10の構成を示した縦断面図である。図9における図7と同一の構成部分については図7と同一の符号を付して、その説明を省略する。図10は、本第2実施形態に係る接着構造体10に対する圧縮前後の軸方向歪みの位置変化を示した模式図である。図10では、分布型光ファイバ16が収縮する軸方向歪みが生じた場合、正方向に変化が生じるように表している。

[0071] 本第2実施形態に係る接着構造体10は、図9に示されるように、分布型光ファイバ16と接する面が波状となるよう接着剤14（接着層）が塗布される。これにより、本第2実施形態に係る接着構造体10は、感度向上素子30を用いることなく、簡易に分布型光ファイバ16を波状に配置できる（図10も参照）。

[0072] 図10に示されるように、本第2実施形態に係る接着構造体10が圧縮されると、分布型光ファイバ16の外形が接着層との接触面に倣って波状とな

り、その後、その位置において分布型光ファイバ16が収縮して軸方向歪みが増加するので、接着構造体10における接着状態の検出が可能となる。

[0073] 〔第3実施形態〕

以下、本発明の第3実施形態について説明する。

[0074] 図11は、圧力をかける前の本第3実施形態に係る接着構造体10の構成を示した縦断面図である。図11における図7と同一の構成部分については図7、9と同一の符号を付して、その説明を省略する。図12は、本第3実施形態に係る接着構造体10に対する圧縮前後の軸方向歪みの位置変化を示した模式図である。図12では、分布型光ファイバ16が収縮する軸方向歪みが生じた場合、正方向に変化が生じるように表している。

[0075] 本第3実施形態に係る接着構造体10は、図11に示されるように、積層板12A及び積層板12Bの分布型光ファイバ16と接する面が、波状に形成される。これにより、本第3実施形態に係る接着構造体10は、感度向上素子30を用いることなく、簡易に分布型光ファイバ16を波状に配置できる（図12も参照）。

[0076] 図12に示されるように、本第3実施形態に係る接着構造体10が圧縮されると、分布型光ファイバ16の外形が接着層との接触面に倣って波状となり、その後、その位置において分布型光ファイバ16が収縮して軸方向歪みが増加するので、接着構造体10における接着状態の検出が可能となる。

[0077] 図11の例では、積層板12A及び積層板12Bの両方が波状に形成されるが、これに限らず、積層板12A及び積層板12Bの何れか一方が波状に形成されてもよい。

[0078] 〔第4実施形態〕

以下、本発明の第4実施形態について説明する。

[0079] 図13（図13（A）、図13（B））は、本第4実施形態に係る分布型光ファイバ16の構成図であり、図13（A）は斜視図であり、図13（B）は断面図である。図14は、圧力をかける前の本第4実施形態に係る接着構造体10の構成を示した縦断面図である。図15は、本第4実施形態に係る

る接着構造体10に対する圧縮前後の軸方向歪みの位置変化を示した模式図である。図15では、分布型光ファイバ16が伸張する軸方向歪みが生じた場合に正方向に変化が生じ、分布型光ファイバ16が収縮する軸方向歪みが生じた場合に負方向に変化が生じるように表している。

図13(図13(A)、図13(B))から図15における図7と同一の構成部分については図7と同一の符号を付して、その説明を省略する。

[0080] 図13(図13(A)、図13(B))及び図14に示されるように、分布型光ファイバ16のコア16Cを覆うクラッド16Dは、大径部17Aと小径部17Bとが繰り返して形成されている。コア16Cは、クラッド16Dの軸心に直線状に設けられる。

[0081] 図15に示されるように、積層板12Aと積層板12Bとが接着状態となって分布型光ファイバ16の径方向に圧力が加えられると、大径部17Aは収縮する一方で小径部17Bは伸張することとなる。これに応じて、分布型光ファイバ16のコア16Cは軸方向に伸縮する。

これにより、本第4実施形態に係る接着構造体10は、分布型光ファイバ16に対する径方向変形を軸方向変形に簡易に変換することができる。

[0082] 図15に示されるように、コア16Cが伸張した部分では軸方向歪みが増加する一方、コア16Cが収縮した部分では軸方向歪みが減少するので、接着構造体10における接着状態の検出が可能となる。

[0083] [第5実施形態]

以下、本発明の第5実施形態について説明する。

[0084] 図16は、圧力をかける前の本第5実施形態に係る接着構造体21の構成を示した縦断面図である。図17は、図16の接着構造体21に上下方向から圧力を加えた図である。図18は、本第5実施形態に係るたわみ部材40を説明する部分縦断面図である。

図16から図18における図7と同一の構成部分については図7と同一の符号を付して、その説明を省略する。

[0085] 接着構造体21は、接着構造体10と同様に、積層板12A、積層板12

B、積層板12Aと積層板12Bとを接着する接着剤14、及び積層板12Aと積層板12Bとに挟まれる分布型光ファイバ16を備える。接着構造体21は、更に、たわみ部材40を備える。分布型光ファイバ16は、たわみ部材40を介して積層板12Aと積層板12Bとに挟まれている。

[0086] たわみ部材40は、例えば硬化済みの接着剤からなる。接着剤は化学硬化型、熱硬化型、及び熱可塑型等である。たわみ部材40として化学硬化型、熱硬化型、及び熱可塑型等の何れを用いるかは、たわみ部材40の形状、使用する接着剤14の種類等によって適宜選択される。たわみ部材40が接着剤14と同種の接着剤を硬化して形成されることにより、接着構造体21の接着過程においてたわみ部材40と接着剤14とが一体化（同化）するので、接着構造体21に対してたわみ部材40が不純物とならない。そのため、たわみ部材40が挿入された近辺の強度が低下することもない。

[0087] たわみ部材40は、光ファイバ埋込部41と、複数の足部42と、を有する。図16において光ファイバ埋込部41は、シート状である。光ファイバ埋込部41には分布型光ファイバ16が埋め込まれる。例えば、図16では、光ファイバ埋込部41Aと光ファイバ埋込部41Bとの間に分布型光ファイバ16を挟み込むことで光ファイバ埋込部41に埋め込んでいる。

[0088] 分布型光ファイバ16が埋め込まれた状態での光ファイバ埋込部41の厚さ t_1 は、 $10\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $50\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下である。厚さ t_1 を薄くしすぎると光ファイバが素子から露出してしまふ。厚さ t_1 を厚くしすぎると光ファイバを含めた素子全体が接着層から露出してしまふ可能性が高い。光ファイバ埋込部41の厚さ t_1 は、接着剤（接着層）の厚さ、接着圧力等に応じ、上記範囲内で設計する。

[0089] 複数の足部42は、光ファイバ埋込部41Bの表面から突き出るよう設けられている。図16～18には表れていないが足部42は、シートの幅方向（紙面に垂直な方向）に延在している。複数の足部42は光ファイバ埋込部41Bの表面に、所定の間隔 s をあけて並んでいる。所定の間隔 s は、たわみ部材40の高さ t_2 よりも広い（ $s/t_2 > 1$ ）。たわみ部材40の高さ t_2

は、足部の先端から光ファイバ埋込部 4 1 A の表面までの距離である。足部 4 2 の幅 w は所定の間隔 s よりも狭い ($w < s$)。図 1 6 において複数の足部 4 2 は、先端部が積層板 1 2 B に接している。複数の足部 4 2 は、加圧していない状態において光ファイバ埋込部 4 1 B と積層板 1 2 B との間に隙間が形成されるよう光ファイバ埋込部 4 1 を支えている。

[0090] 図 1 7 に示すように、接着構造体 2 1 に上下方向から圧力を加えると、足部 4 2 と足部 4 2 との間に位置する光ファイバ埋込部 4 1 およびそこに埋め込まれている分布型光ファイバ 1 6 がたわむ。該たわんだ部分が積層板 1 2 B に接触するとともに、積層板 1 2 A と積層板 1 2 B とが接着される。積層板 1 2 A と積層板 1 2 B とが接着状態となって分布型光ファイバ 1 6 の径方向に圧力が加えられると、分布型光ファイバ 1 6 のコアは軸方向に伸張する。

[0091] これにより、本第 5 実施形態に係る接着構造体 2 1 は、分布型光ファイバ 1 6 に対する径方向変形を軸方向変形に簡易に変換することができる。これにより、接着構造体 2 1 における接着状態の検出が可能となる。本第 5 実施形態では、光ファイバ埋込部 4 1 の厚さ t_1 、たわみ部材 4 0 の高さ t_2 、足部 4 2 の幅 w 、および隣り合う足部 4 2 の間隔 s を上記のような大小関係にすることで、たわみ部材 4 0 を安定的にたわませて、接着構造体 2 1 における接着状態を良好に検出できる。

[0092] 図 1 9 は、本第 5 実施形態に係る接着構造体 2 1 に対する試験結果である。試験対象は、分布型光ファイバ 1 6 が埋め込まれたたわみ部材 4 0 をアルミ板とされた積層板 1 2 A, 1 2 B で挟んだ接着構造体 2 1 とし、この接着構造体 2 1 の上下方向から圧力を加えた。

[0093] 図 1 9 の横軸の $L e n g t h (m)$ は、分布型光ファイバ 1 6 の長さであり、圧力の検出位置を示す。図 1 9 の縦軸の $S t r a i n (\mu \epsilon)$ は、分布型光ファイバ 1 6 の軸方向の歪みを示す値であり、正の値は伸張を示し、負の値は収縮を示す。

試験において接着構造体 2 1 に対して圧力を加えた部分（以下「圧縮部分

」という。)は、約5.43mから5.56mである。試験において接着構造体21に加えた圧力は0.18atm(約0.018MPa)から0.97atm(約0.1MPa)である。

[0094] 図19において、圧力が0.18atmの場合、軸方向の歪みはない。軸方向歪みは、圧力を大きくするに従って大きく変動した。

[0095] 図20には、第1実施形態に係る接着構造体21に対する試験結果である。試験対象は、感度向上素子30及び積層板12A, 12Bで分布型光ファイバ16を挟んだ接着構造体10とし、この接着構造体10の上下方向から圧力を加えた。用いた分布型光ファイバ16は図19の試験で使用したものと同様のものとした。

[0096] 図20の横軸のLength(m)は、分布型光ファイバ16の長さであり、圧力の検出位置を示す。図20の縦軸のStrain($\mu\epsilon$)は、分布型光ファイバ16の軸方向の歪みを示す値であり、正の値は伸張を示し、負の値は収縮を示す。

試験において接着構造体21に対して圧力を加えた部分(以下「圧縮部分」という。)は、約7.052mから7.156mである。試験において接着構造体10に加えた圧力は0.18atm(約0.018MPa)から0.98atm(約0.1MPa)である。

[0097] 図20において、圧力が0.18atmの場合、軸方向の歪みはない。軸方向歪みは、圧力を大きくするに従って大きくなった。

[0098] 図19及び図20によれば、圧縮部分において連続して軸方向歪みに正(または負)の変化が生じている。これにより、第1実施形態の接着構造体10及び本第5実施形態の接着構造体21では共に、連続して接着状態を検出していることが分かる。図19及び図20を比較すると、図19の方が軸方向歪みの変化が大きかった。これにより、本第5実施形態の接着構造体21は、第1実施形態の接着構造体10よりも圧力追従性に優れていることが分かる。

[0099] 以上、本発明を、上記各実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範

囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。発明の要旨を逸脱しない範囲で上記各実施形態に多様な変更又は改良を加えることができ、該変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれる。また、上記各実施形態を適宜組み合わせてもよい。

[0100] 例えば、上記各実施形態では、接着させる部材を炭素繊維複合材の積層板 12A, 12Bとする形態について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、接着させる部材を、例えば、ガラス繊維などで強化された繊維強化樹脂基複合材料や、アルミ合金などの金属材料としてもよい。

[0101] 上記各実施形態に係る接着構造体 10は、破損した複合材構造の修理に用いられてもよい。

[0102] 図 21は、修理に用いられる接着構造体 10の一例を示した模式図である。図 21の例では、分布型光ファイバ 16が紙面に対して垂直方向に延在するように配置されている。

図 21に示されるように、破損した積層板 12C（被接着体）に対して、その修理個所に分布型光ファイバ 16を配置する。そして、分布型光ファイバ 16の上に熱電対を設けた剥離フィルム 32、接着剤 14、修理個所を補修するための積層板である修理プライ 12Dが重ねられる。さらに、この修理個所がバギングフィルム 34で覆われ真空引きされ、修理個所に対してオートクレーブが行われる。

これにより、オートクレーブによって修理プライ 12D及び積層板 12Cに加えられる温度が熱電対で計測され、圧力が分布型光ファイバ 16によって計測される。これにより、修理時の温度及び圧力が適正であること、すなわちオートクレーブの条件が適正であることの確認が行われる。

[0103] オートクレーブの条件が適正であることが確認されたら、剥離フィルム 32が剥がされると共に分布型光ファイバ 16が取り除かれる。そして、修理個所に再び接着剤 14及び修理プライ 12Dが重ねられ、バギングフィルム 34で覆われた後に、適正とされる条件でオートクレーブが行われる。

[0104] このように、分布型光ファイバ 16を修理対象とされる積層板 12Cに配

置し、その上から剥離フィルム32、接着剤14、及び修理プライ12Dを重ねて圧力を加え、分布型光ファイバ16によって圧力の適否を検出することによって、修理プロセスの妥当性の評価や、修理個所の品質保証が可能となる。

[0105] 分布型光ファイバ16として上記第4実施形態に係るものが用いられてよい。接着剤14として上記第2実施形態に係るものが用いられてもよい。修理プライ12Dとして上記第3実施形態に係るものが用いられてもよい。上記第1実施形態に係る感度向上素子30が用いられてもよい。

[0106] 図22は、修理に用いられる接着構造体21の一例を示した模式図である。図22は圧力がかかる前の図である。図22の例では、分布型光ファイバ16が紙面に対して左から右に延在するように配置されている。

図22に示されるように、破損した積層板12C（被接着体）に対して、その修理個所に分布型光ファイバ16が埋め込まれたたわみ部材40を配置する。たわみ部材40の上に接着剤14、修理個所を補修するための積層板である修理プライ12Dが重ねられる。たわみ部材40と接着剤14との間、接着剤14と修理プライ12Dとの間、及び修理プライ12Dの上にはそれぞれ剥離フィルム32を配置する。さらに、この修理個所がバギングフィルム34で覆われ真空引き等により加圧される。

これにより、修理プライ12D及び積層板12Cに加えられる圧力が分布型光ファイバ16によって計測される。これにより、修理時の圧力が適正であることの確認が行われる。

[0107] 修理時の圧力条件が適正であることが確認されたら、剥離フィルム32が剥がされると共にたわみ部材40が取り除かれる。そして、修理個所に再び接着剤14及び修理プライ12Dが重ねられ、バギングフィルム34で覆われた後に、適正とされる条件で修理が行われる。

[0108] このように、分布型光ファイバ16を修理対象とされる積層板12Cに配置し、その上から剥離フィルム32、接着剤14、及び修理プライ12Dを重ねて圧力を加え、分布型光ファイバ16によって圧力の適否を検出するこ

とによって、修理プロセスの妥当性の評価や、修理個所の品質保証が可能となる。

符号の説明

- [0109] 1 0, 2 1 接着構造体
- 1 2 A 積層板
- 1 2 B 積層板
- 1 2 C 積層板
- 1 2 D 修理プライ
- 1 4 接着剤
- 1 6 分布型光ファイバ
- 1 6 C コア
- 1 6 D クラッド 2 0 コネクタ
- 3 0 感度向上素子
- 3 2 剥離フィルム
- 3 4 バギングフィルム
- 4 0 たわみ部材
- 4 1 A, B 光ファイバ埋込部
- 4 2 足部

請求の範囲

- [請求項1] 第1部材と、
第2部材と、
前記第1部材と前記第2部材とを接着する接着剤と、
前記第1部材と前記第2部材とに挟まれる分布型光ファイバと、
を備え、
前記分布型光ファイバは、接着状態に応じて断面形状が変形するものである接着構造体。
- [請求項2] 前記分布型光ファイバに対する径方向変形を変換した軸方向変形によって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態が検出される請求項1記載の接着構造体。
- [請求項3] 前記分布型光ファイバは、前記第1部材と前記第2部材とが接着状態となった場合に、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に比べて収縮又は伸張する性質を有する請求項1または請求項2記載の接着構造体。
- [請求項4] 前記分布型光ファイバは、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に、前記第1部材及び前記第2部材の方向に対して波状に配置される請求項3記載の接着構造体。
- [請求項5] 前記分布型光ファイバは、波状の面を有する波状部材を介して前記第1部材と前記第2部材とに挟まれる請求項4記載の接着構造体。
- [請求項6] 前記接着剤の前記分布型光ファイバと接する面が波状である請求項4記載の接着構造体。
- [請求項7] 前記第1部材及び前記第2部材の少なくとも一方は、前記分布型光ファイバと接する面が波状である請求項4記載の接着構造体。
- [請求項8] 前記分布型光ファイバのコアを覆うクラッドは、大径部と小径部とが繰り返して形成される請求項3記載の接着構造体。
- [請求項9] 前記分布型光ファイバは、たわみ部材に埋め込まれた状態で前記第1部材と前記第2部材とに挟まれており、

前記たわみ部材は、前記分布型光ファイバが埋め込まれている光ファイバ埋込部と、光ファイバ埋込部から突き出た複数の足部を有し、

前記複数の足部は、間隔をあけて並んでいる請求項4に記載の接着構造体。

[請求項10] 第1部材と第2部材の少なくとも一方に接着剤を塗布する工程と、
前記接着剤を塗布した前記第1部材および前記第2部材の間に分布型光ファイバを挟み、圧力を加えて、前記分布型光ファイバの断面形状を変形させるとともに、前記第1部材と前記第2部材とを接着させる工程と、
を備える接着構造体の製造方法。

[請求項11] 前記圧力を加える前後における前記分布型光ファイバに対する径方向変形を軸方向変形に変換し、該軸方向変形によって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態を検出する請求項10に記載の接着構造体の製造方法。

[請求項12] 前記分布型光ファイバを、前記第1部材と前記第2部材とが接着状態となった場合に、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に比べて収縮又は伸張する性質を有する素材とする請求項10または請求項11に記載の接着構造体の製造方法。

[請求項13] 前記分布型光ファイバを、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に、前記第1部材及び前記第2部材の方向に対して波状に配置する請求項12に記載の接着構造体の製造方法。

[請求項14] 前記分布型光ファイバを、波状の面を有する波状部材を介して前記第1部材と前記第2部材との間に挟む請求項12に記載の接着構造体の製造方法。

[請求項15] 前記接着剤の前記分布型光ファイバと接する面を波状とする請求項12に記載の接着構造体の製造方法。

[請求項16] 前記第1部材及び前記第2部材の少なくとも一方において、前記分布型光ファイバと接する面を波状に形成する請求項12に記載の接着構

造体の製造方法。

[請求項17] 前記分布型光ファイバが埋め込まれた光ファイバ埋込部と、該光ファイバ埋込部から突き出し、間隔をあけて並んでいる複数の足部とを有するたわみ部材を介して、前記分布型光ファイバを前記第1部材と前記第2部材とに挟む請求項12記載の接着構造体の製造方法。

[請求項18] 第1部材と第2部材とを分布型光ファイバを挟みながら接着剤によって接着する第1工程と、

前記分布型光ファイバに対する径方向変形を変換した軸方向変形によって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態を検出する第2工程と、

を含む接着状態検出方法。

[請求項19] 前記分布型光ファイバを前記第1部材に配置し、その上から剥離フィルム、前記接着剤、及び前記第2部材を重ねて圧力を加え、前記分布型光ファイバによって圧力の適否を検出する請求項18記載の接着状態検出方法。

補正された請求の範囲
[2016年5月16日(16.05.2016) 国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) 第1部材と、
第2部材と、
前記第1部材と前記第2部材とを接着する接着剤と、
前記第1部材と前記第2部材とに挟まれ、圧力センサとして用いられる
分布型光ファイバと、
を備え、
前記分布型光ファイバは、接着状態に応じて断面形状が変形するも
のである接着構造体。
- [請求項 2] 前記分布型光ファイバに対する径方向変形を変換した軸方向変形に
よって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態が検出される請求項
1記載の接着構造体。
- [請求項 3] 前記分布型光ファイバは、前記第1部材と前記第2部材とが接着状態
となった場合に、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に
比べて収縮又は伸張する性質を有する請求項1または請求項2記載の
接着構造体。
- [請求項 4] 前記分布型光ファイバは、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状
態の場合に、前記第1部材及び前記第2部材の方向に対して波状に配
置される請求項3記載の接着構造体。
- [請求項 5] 前記分布型光ファイバは、波状の面を有する波状部材を介して前記
第1部材と前記第2部材とに挟まれる請求項4記載の接着構造体。
- [請求項 6] 前記接着剤の前記分布型光ファイバと接する面が波状である請求項
4記載の接着構造体。
- [請求項 7] 前記第1部材及び前記第2部材の少なくとも一方は、前記分布型光フ
ァイバと接する面が波状である請求項4記載の接着構造体。
- [請求項 8] 前記分布型光ファイバのコアを覆うクラッドは、大径部と小径部とが繰
り返して形成される請求項3記載の接着構造体。
- [請求項 9] 前記分布型光ファイバは、たわみ部材に埋め込まれた状態で前記第

1部材と前記第2部材とに挟まれており、

前記たわみ部材は、前記分布型光ファイバが埋め込まれている光ファイバ埋込部と、光ファイバ埋込部から突き出た複数の足部を有し、

前記複数の足部は、間隔をあけて並んでいる請求項4に記載の接着構造体。

[請求項 1 0] (補正後) 第1部材と第2部材の少なくとも一方に接着剤を塗布する工程と、

前記接着剤を塗布した前記第1部材および前記第2部材の間に、圧力センサとして用いられる分布型光ファイバを挟み、圧力を加えて、前記分布型光ファイバの断面形状を変形させるとともに、前記第1部材と前記第2部材とを接着させる工程と、
を備える接着構造体の製造方法。

[請求項 1 1] 前記圧力を加える前後における前記分布型光ファイバに対する径方向変形を軸方向変形に変換し、該軸方向変形によって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態を検出する請求項10に記載の接着構造体の製造方法。

[請求項 1 2] 前記分布型光ファイバを、前記第1部材と前記第2部材とが接着状態となった場合に、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に比べて収縮又は伸張する性質を有する素材とする請求項10または請求項11に記載の接着構造体の製造方法。

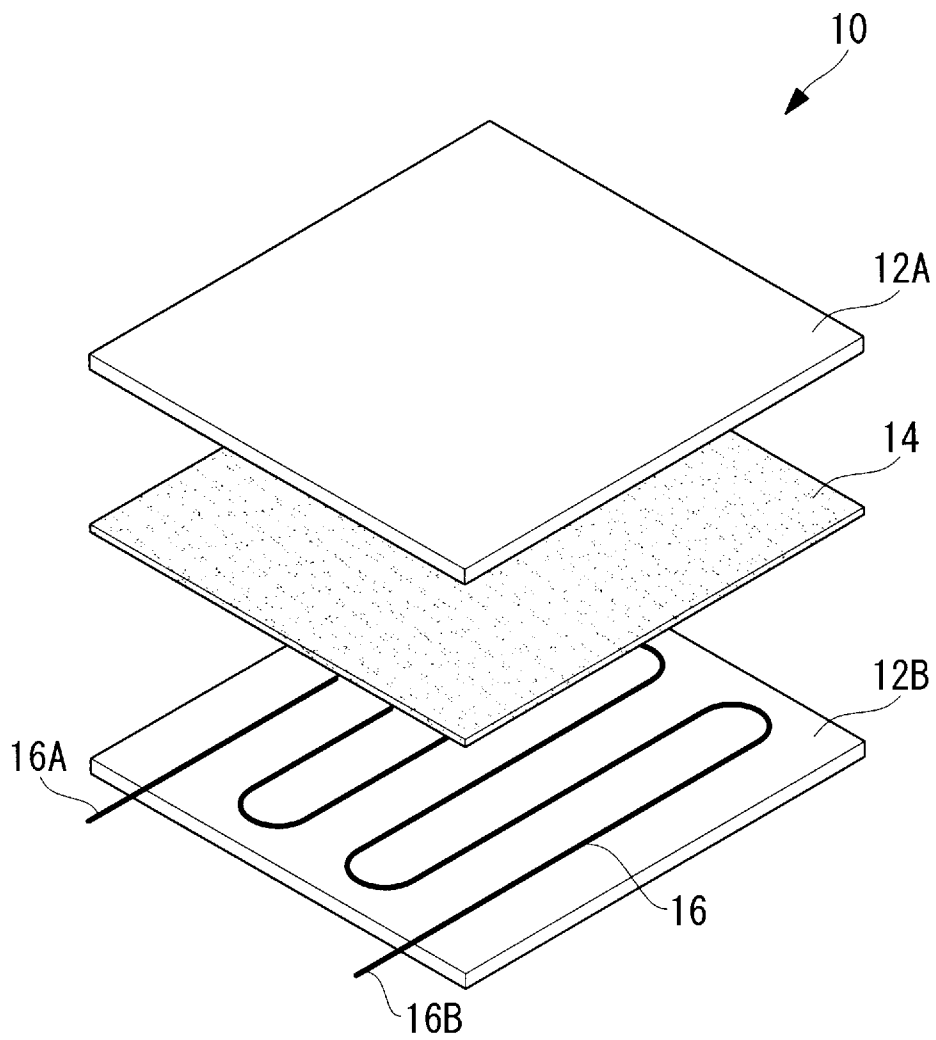
[請求項 1 3] 前記分布型光ファイバを、前記第1部材と前記第2部材とが非接着状態の場合に、前記第1部材及び前記第2部材の方向に対して波状に配置する請求項12に記載の接着構造体の製造方法。

[請求項 1 4] 前記分布型光ファイバを、波状の面を有する波状部材を介して前記第1部材と前記第2部材との間に挟む請求項12に記載の接着構造体の製造方法。

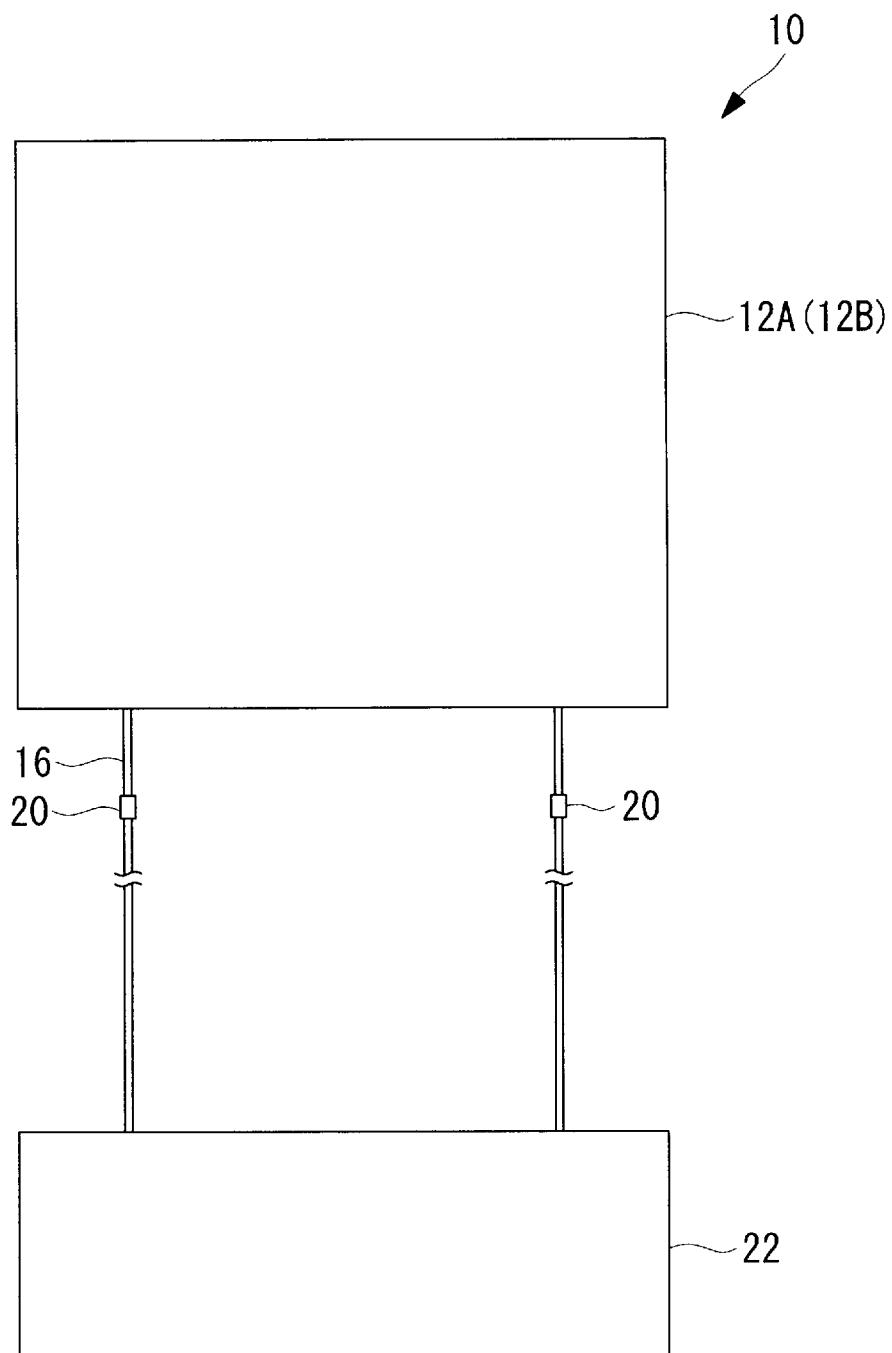
[請求項 1 5] 前記接着剤の前記分布型光ファイバと接する面を波状とする請求項12に記載の接着構造体の製造方法。

- [請求項 1 6] 前記第1部材及び前記第2部材の少なくとも一方において、前記分布型光ファイバと接する面を波状に形成する請求項12記載の接着構造体の製造方法。
- [請求項 1 7] 前記分布型光ファイバが埋め込まれた光ファイバ埋込部と、該光ファイバ埋込部から突き出し、間隔をあけて並んでいる複数の足部とを有するたわみ部材を介して、前記分布型光ファイバを前記第1部材と前記第2部材とに挟む請求項12記載の接着構造体の製造方法。
- [請求項 1 8] (補正後) 第1部材と第2部材とを、圧力センサとして用いられる分布型光ファイバを挟みながら接着剤によって接着する第1工程と、
前記分布型光ファイバに対する径方向変形を変換した軸方向変形によって、前記第1部材と前記第2部材との接着状態を検出する第2工程と、
を含む接着状態検出方法。
- [請求項 1 9] 前記分布型光ファイバを前記第1部材に配置し、その上から剥離フィルム、前記接着剤、及び前記第2部材を重ねて圧力を加え、前記分布型光ファイバによって圧力の適否を検出する請求項18記載の接着状態検出方法。

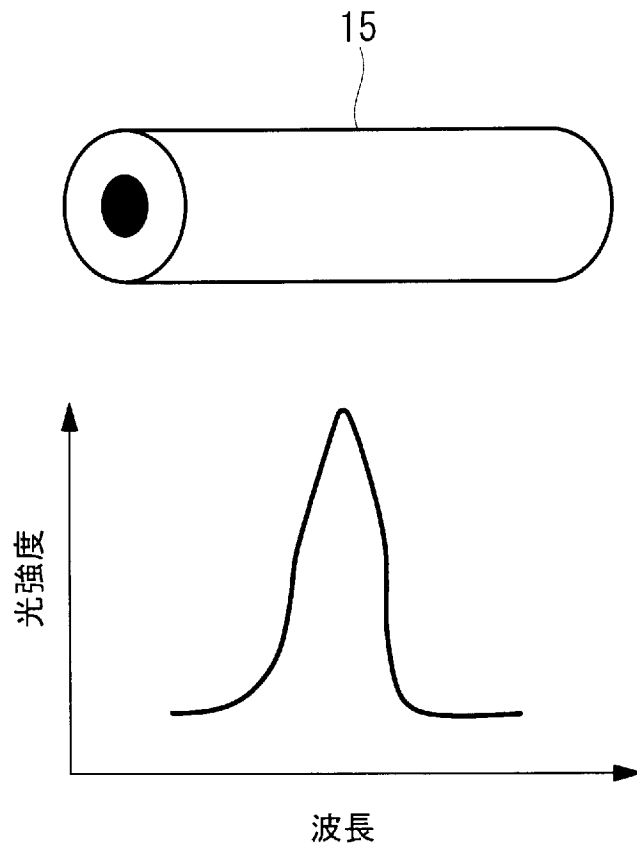
[図1]



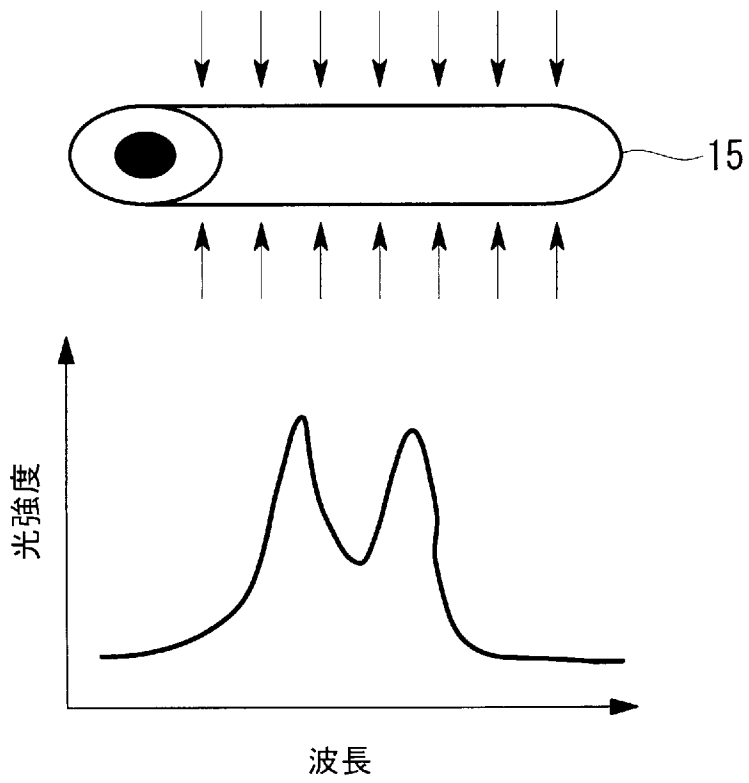
[図2]



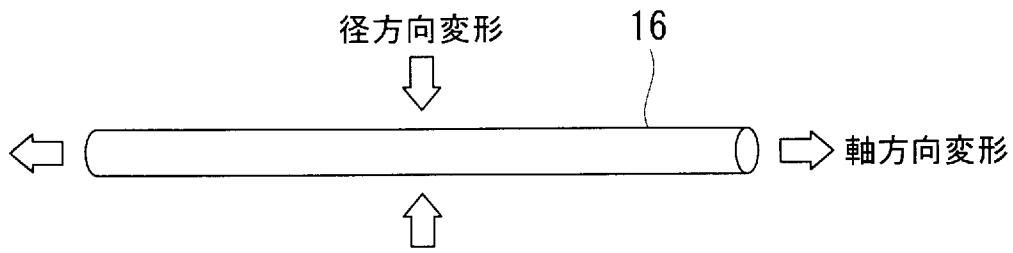
[図3]



[図4]

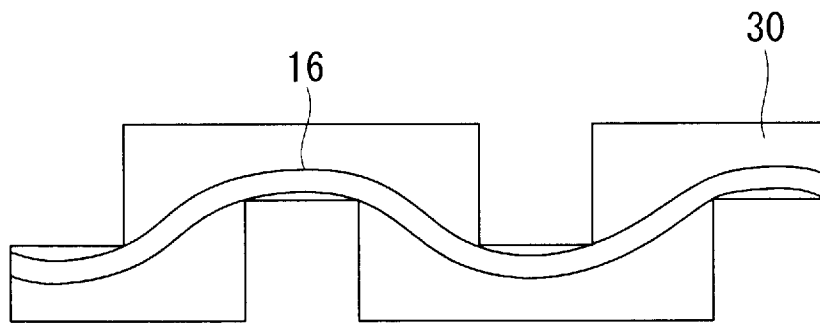


[図5]

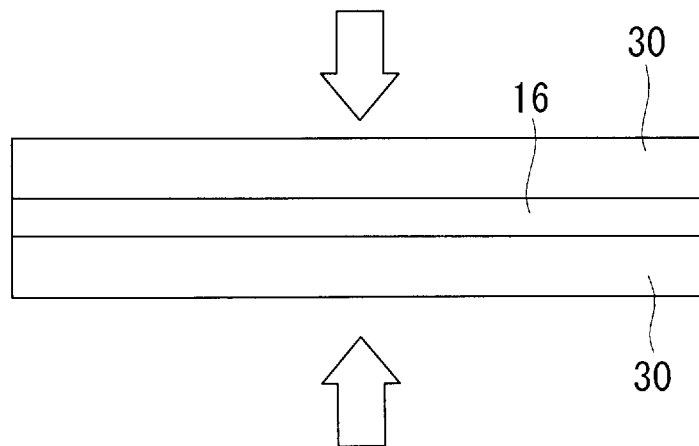


[図6]

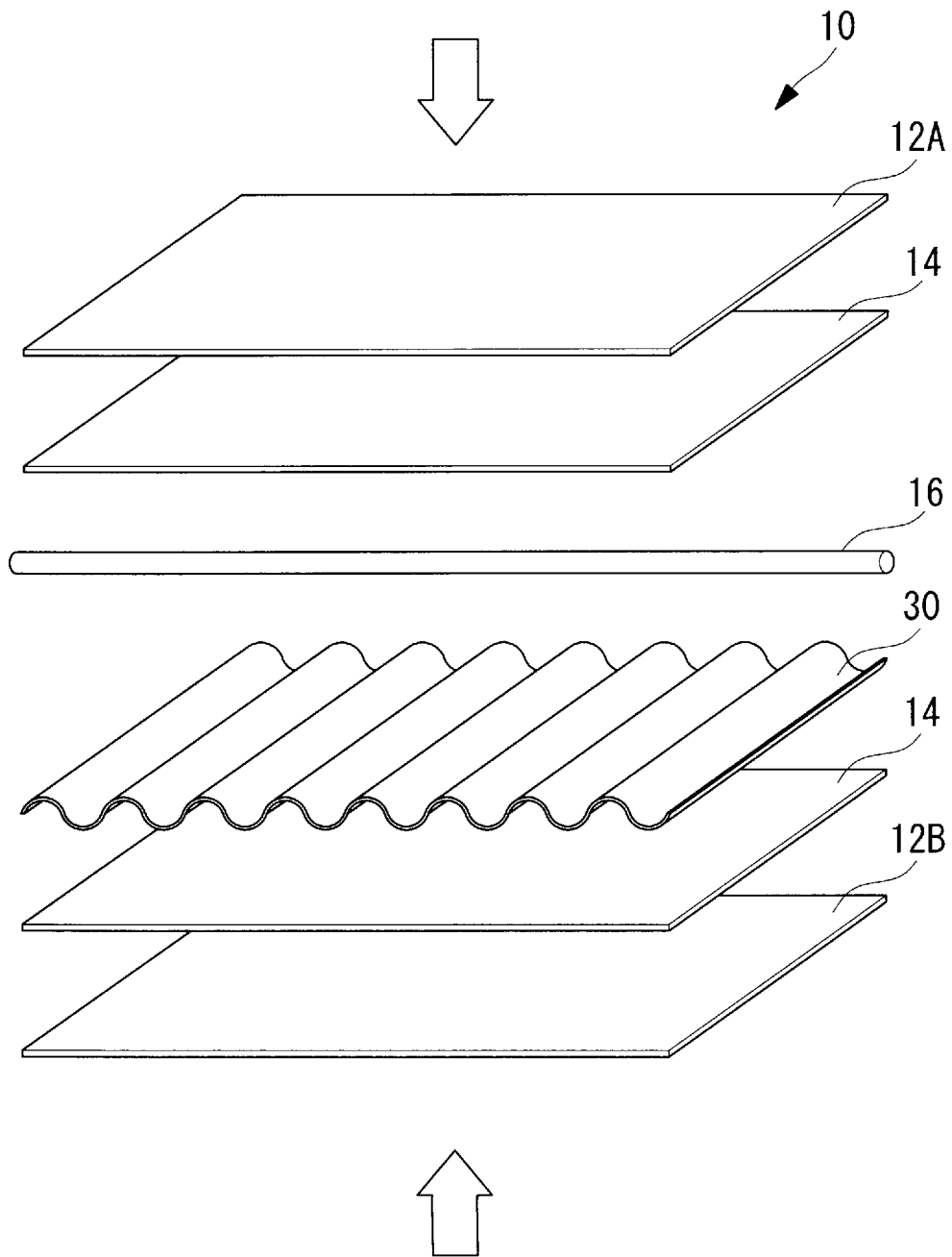
(A)



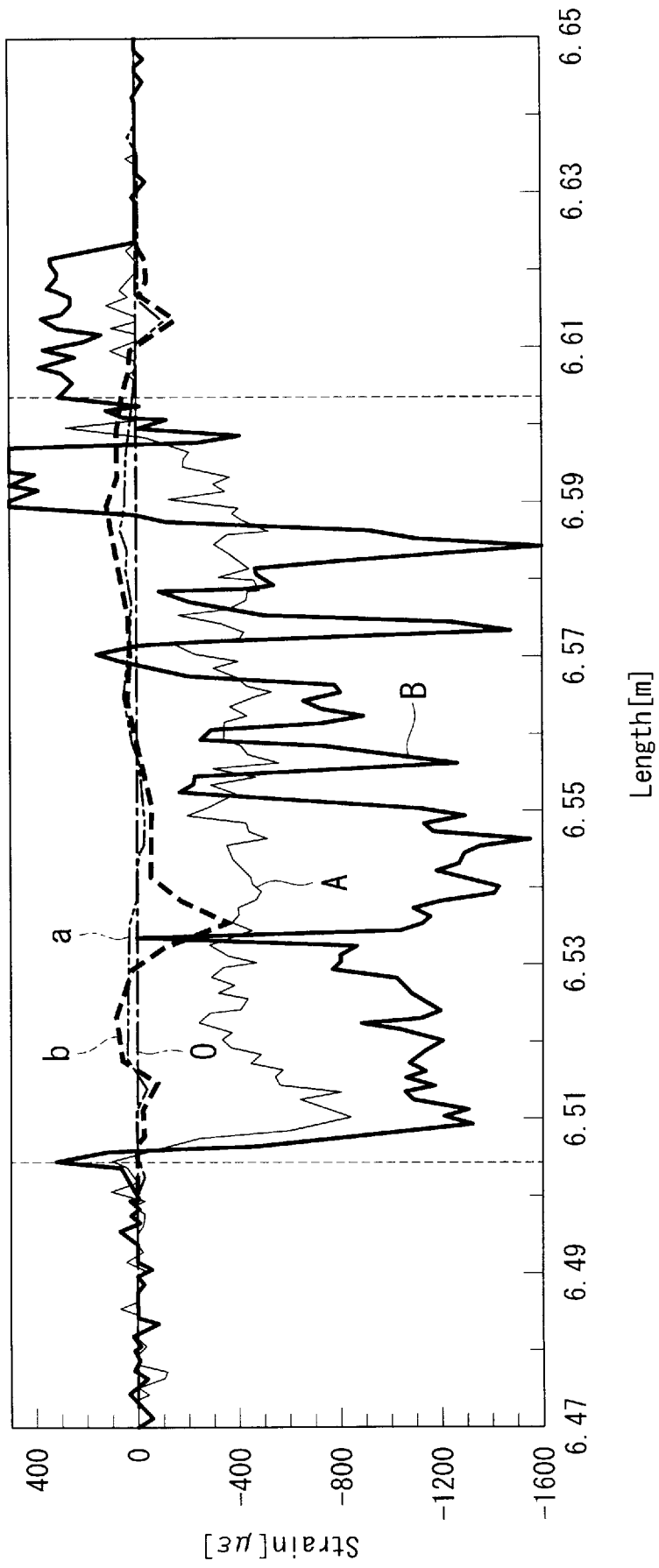
(B)



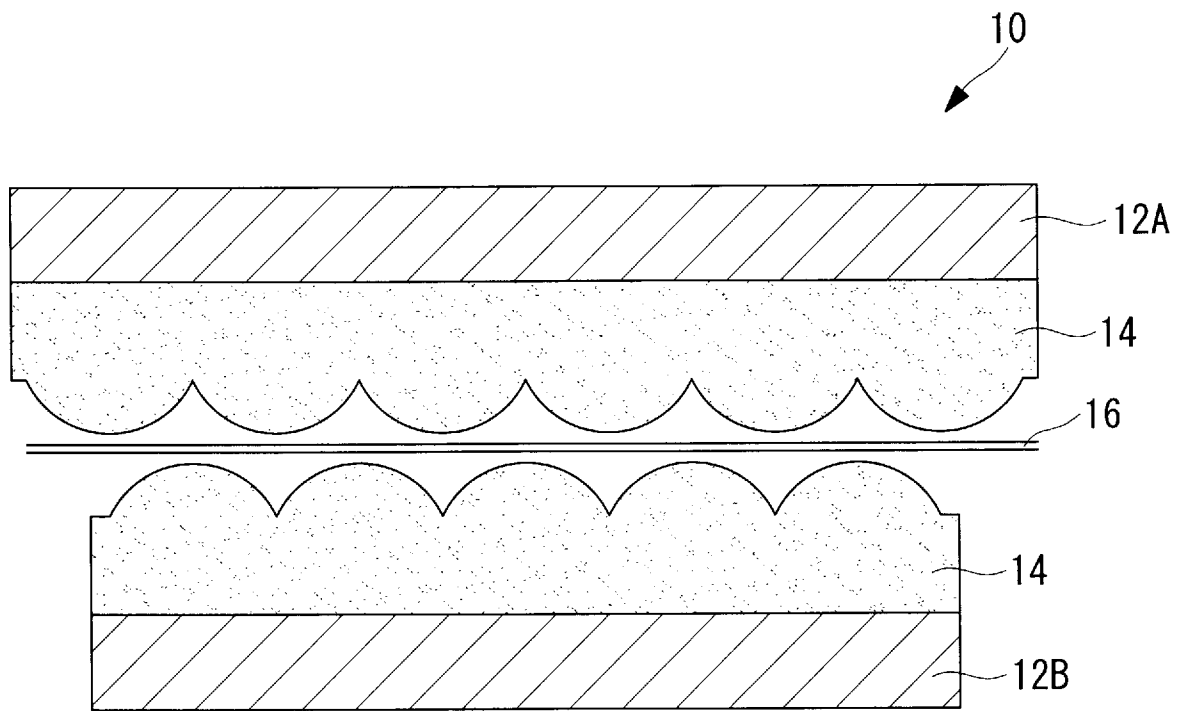
[図7]



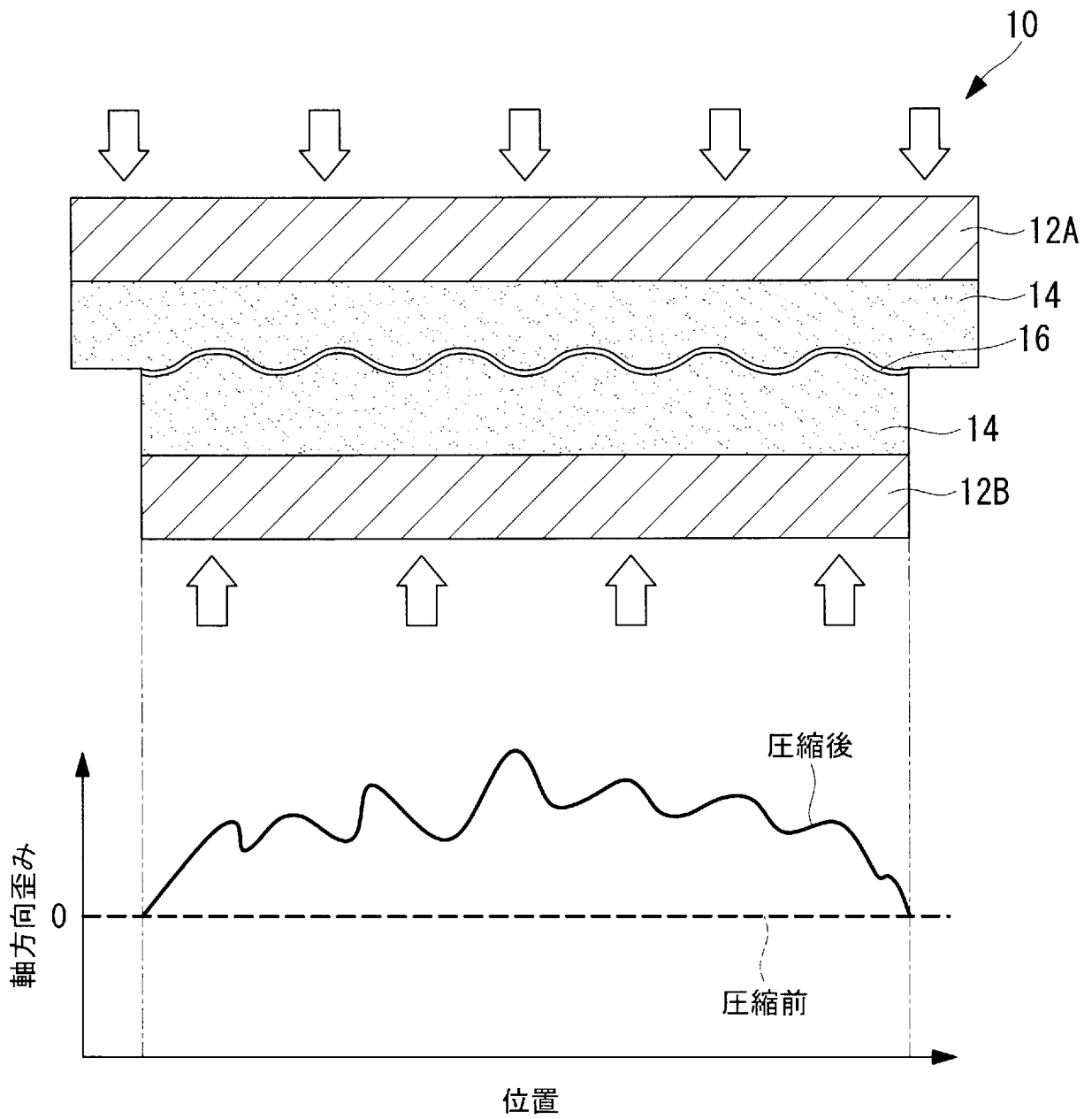
[図8]



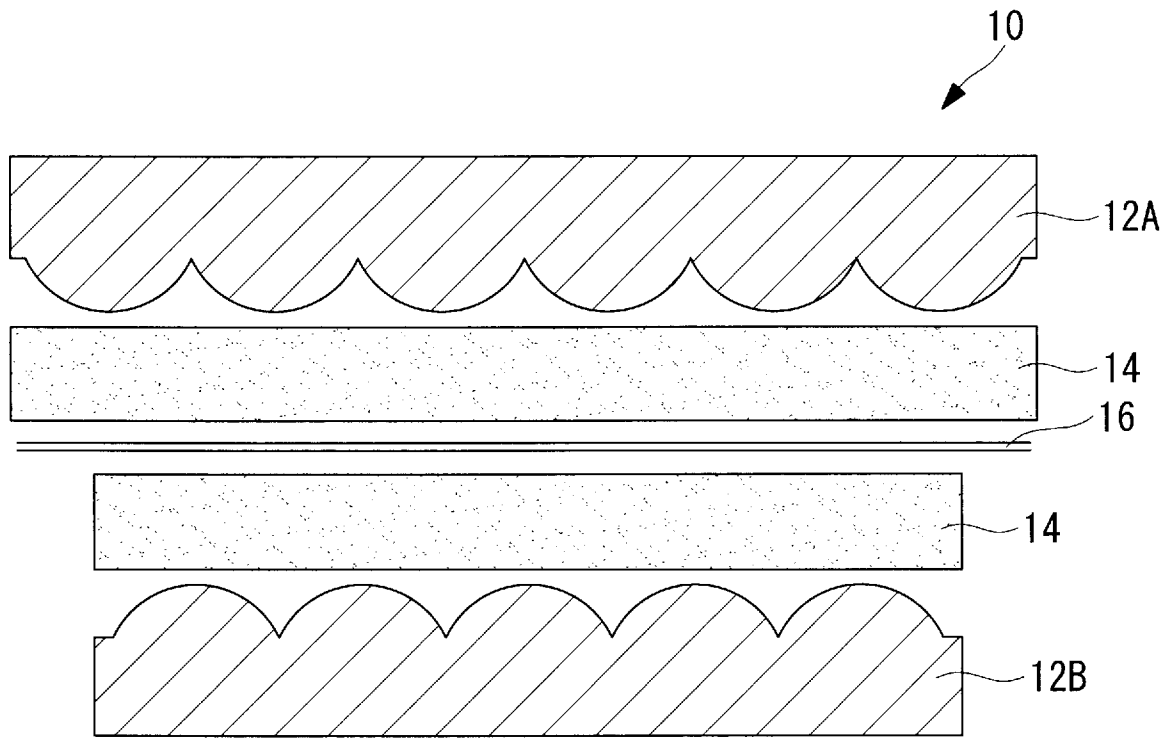
[図9]



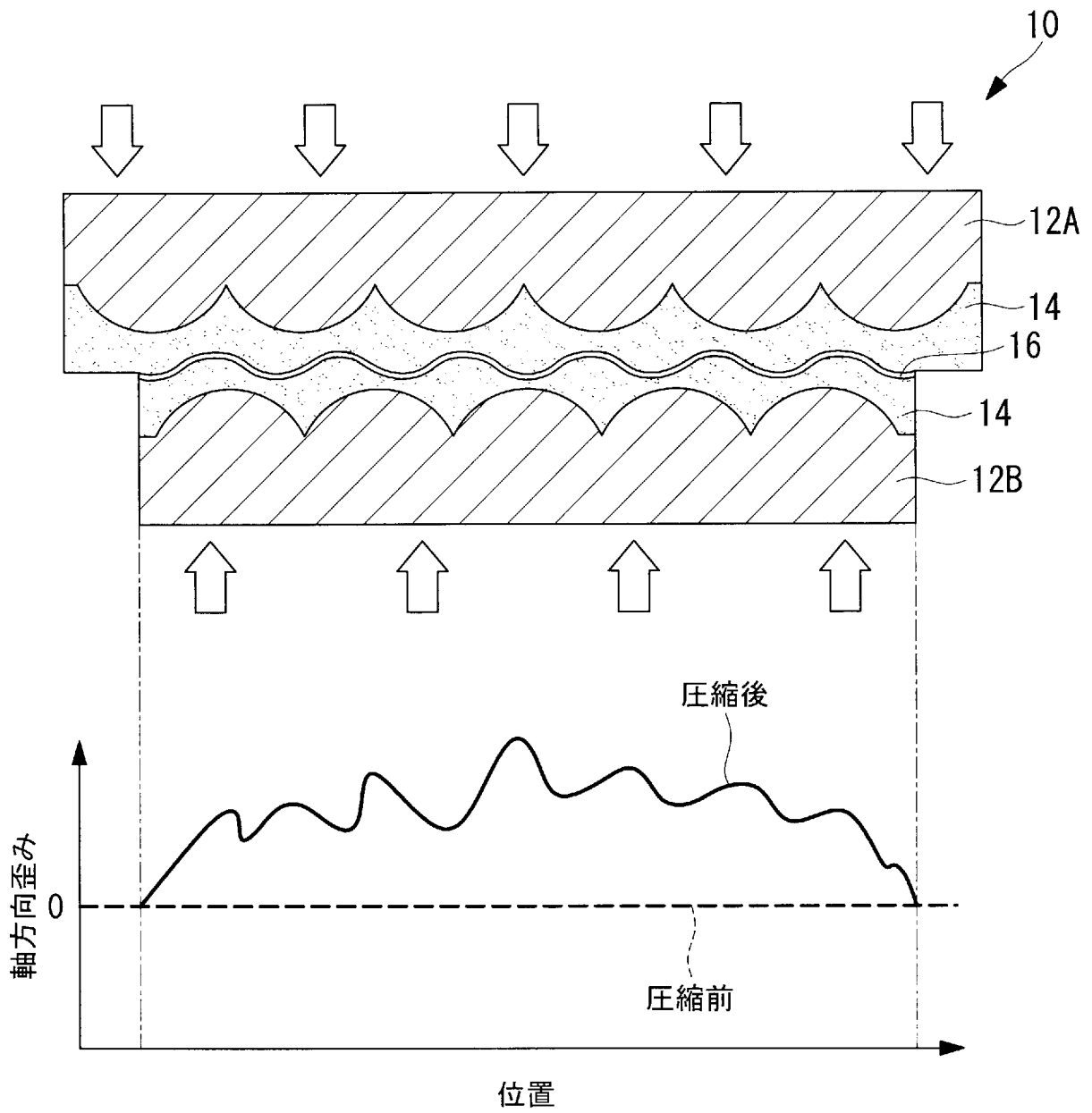
[図10]



[図11]

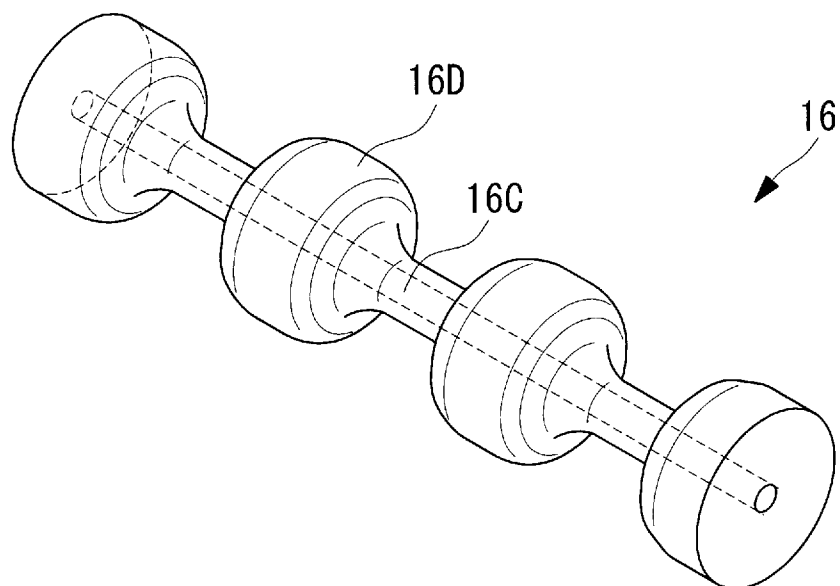


[図12]

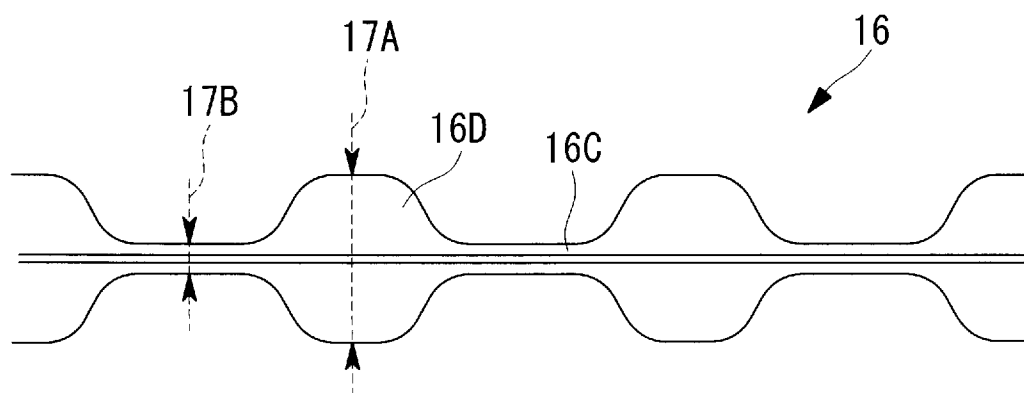


[図13]

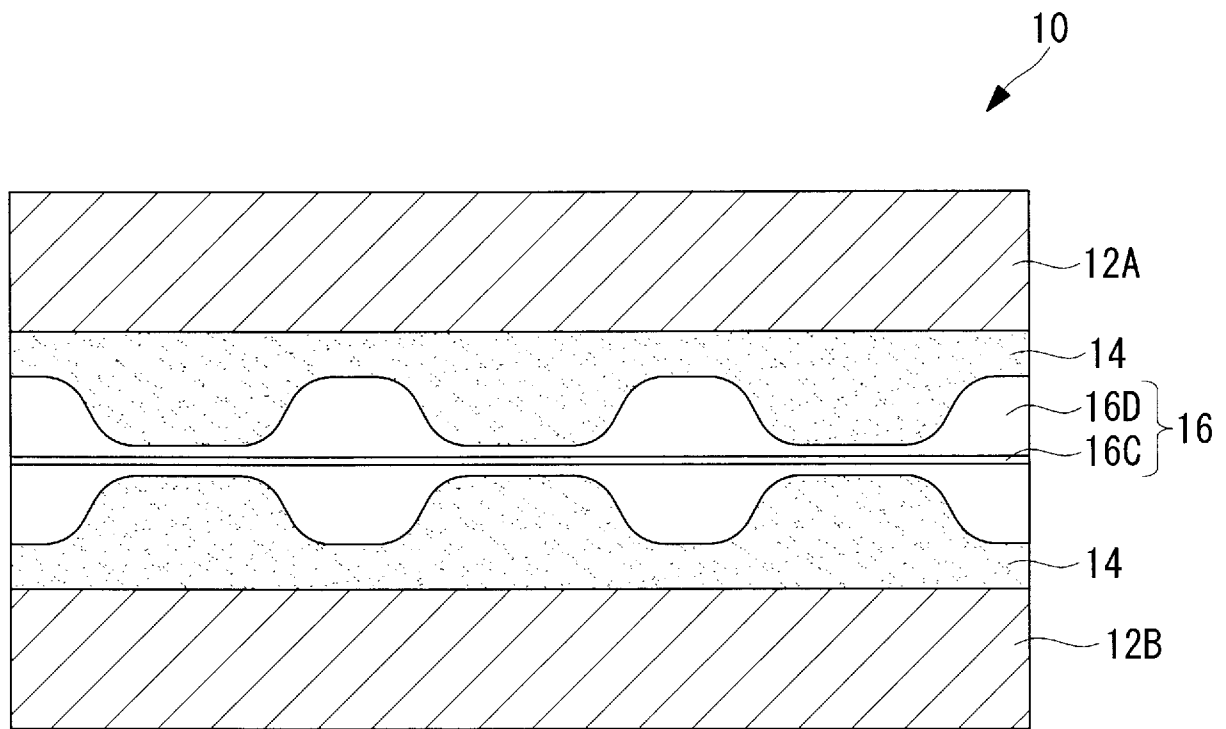
(A)



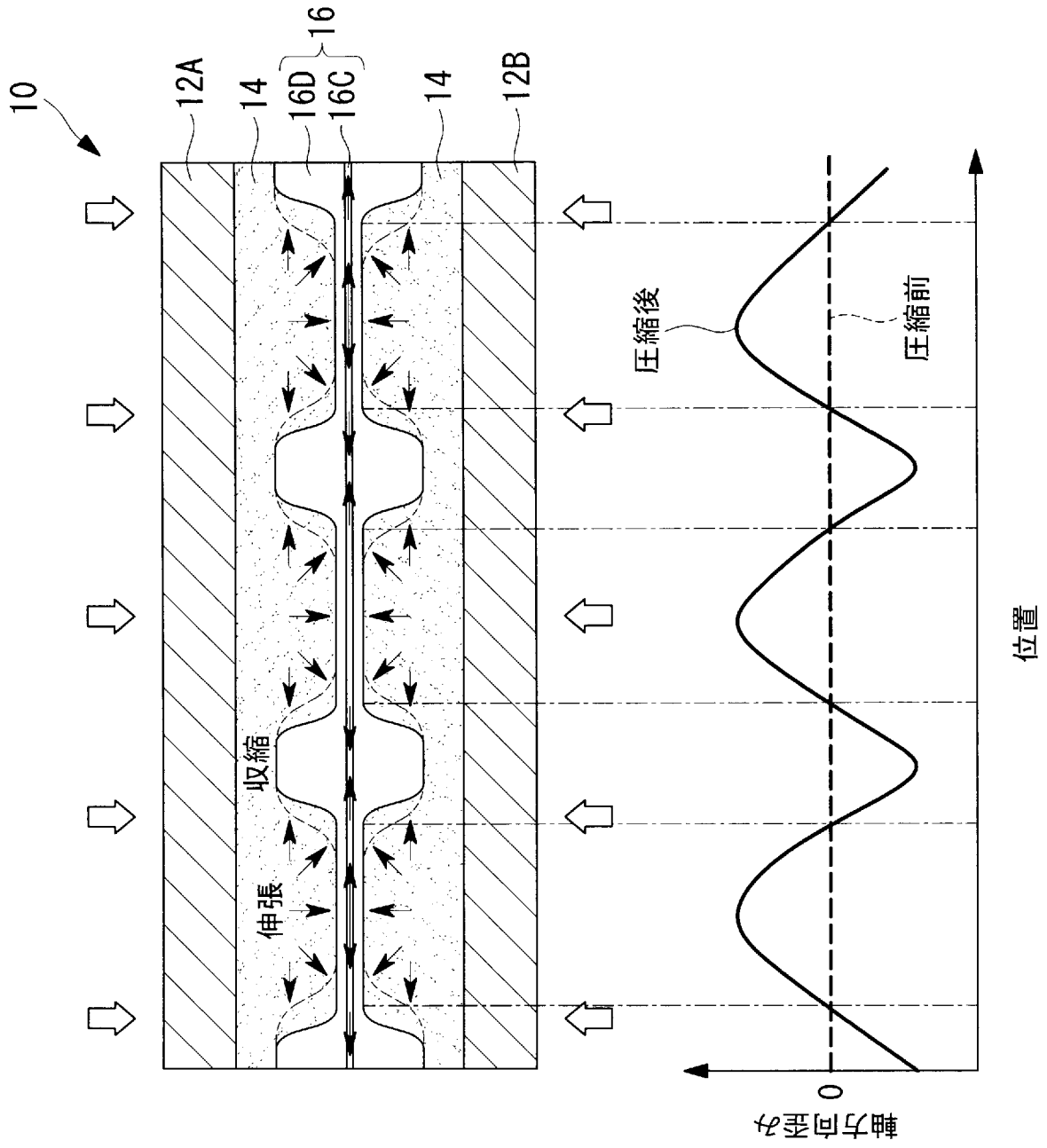
(B)



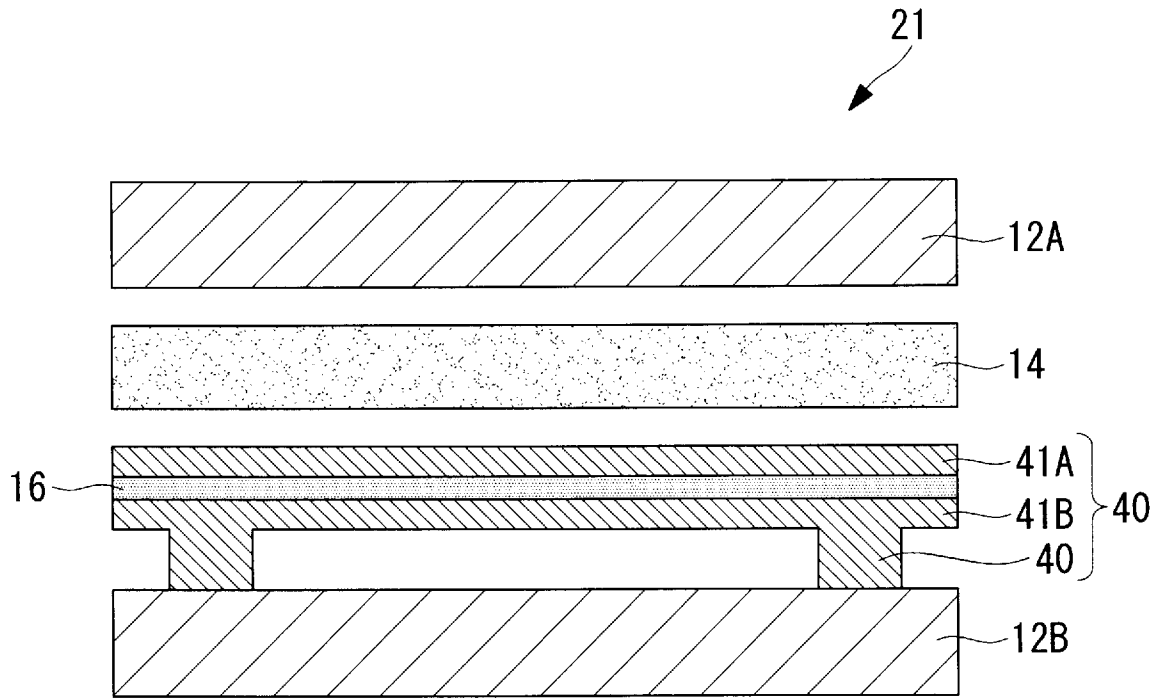
[図14]



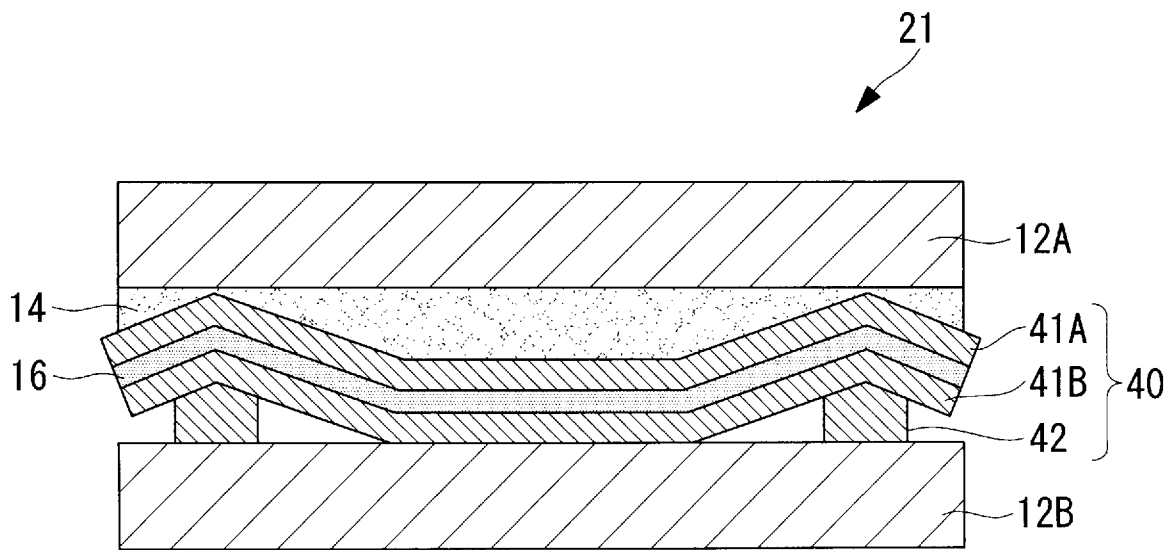
[圖15]



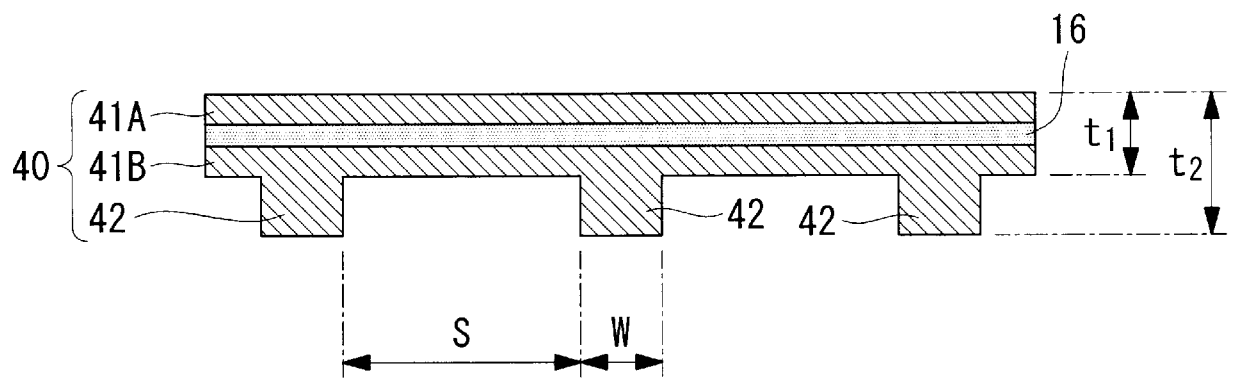
[図16]



[図17]

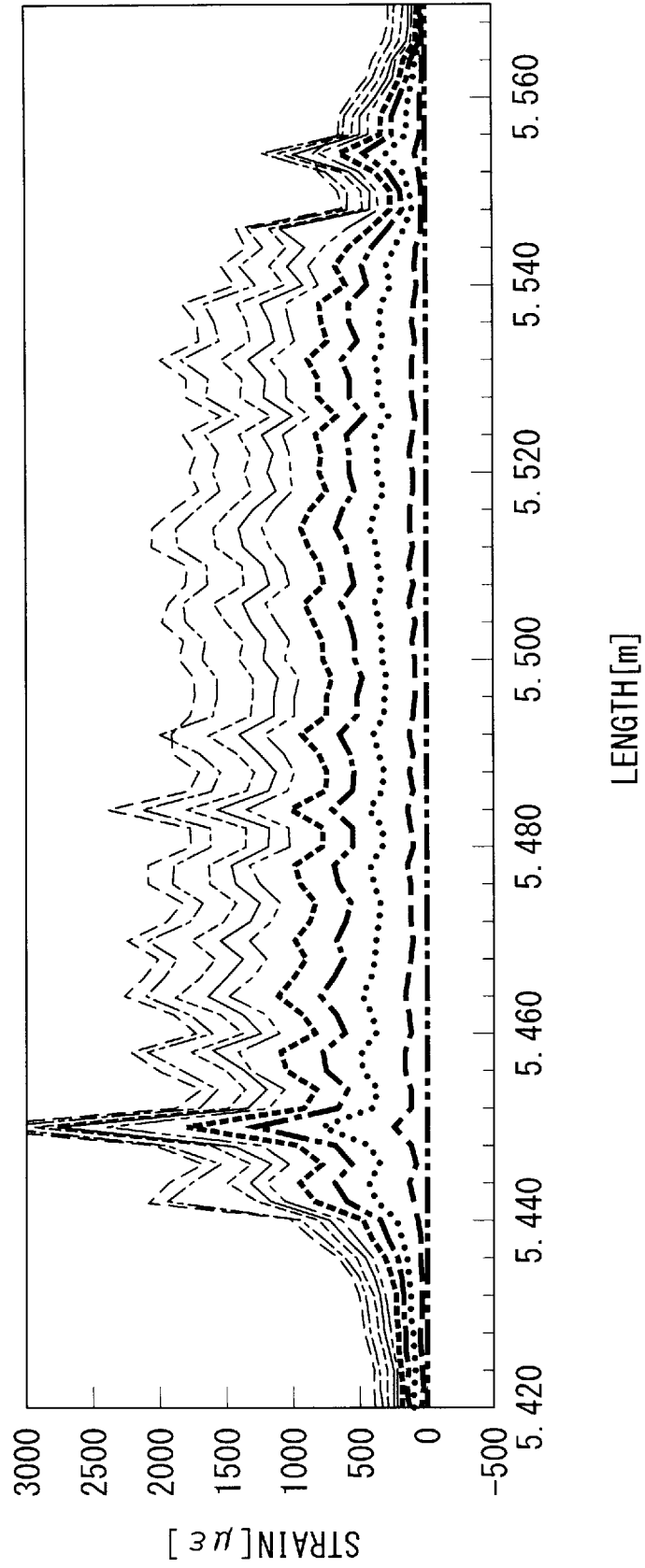


[図18]

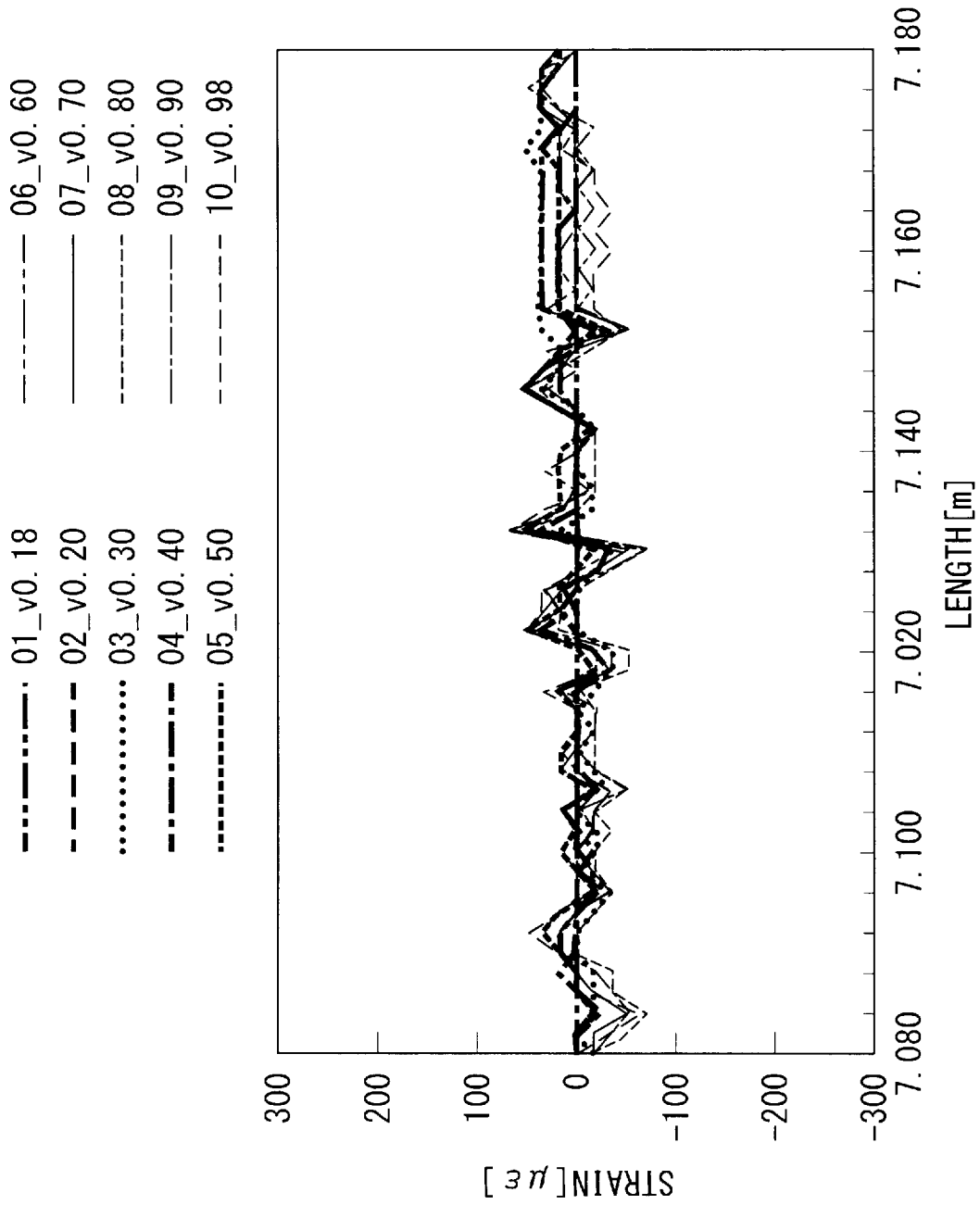


[19]

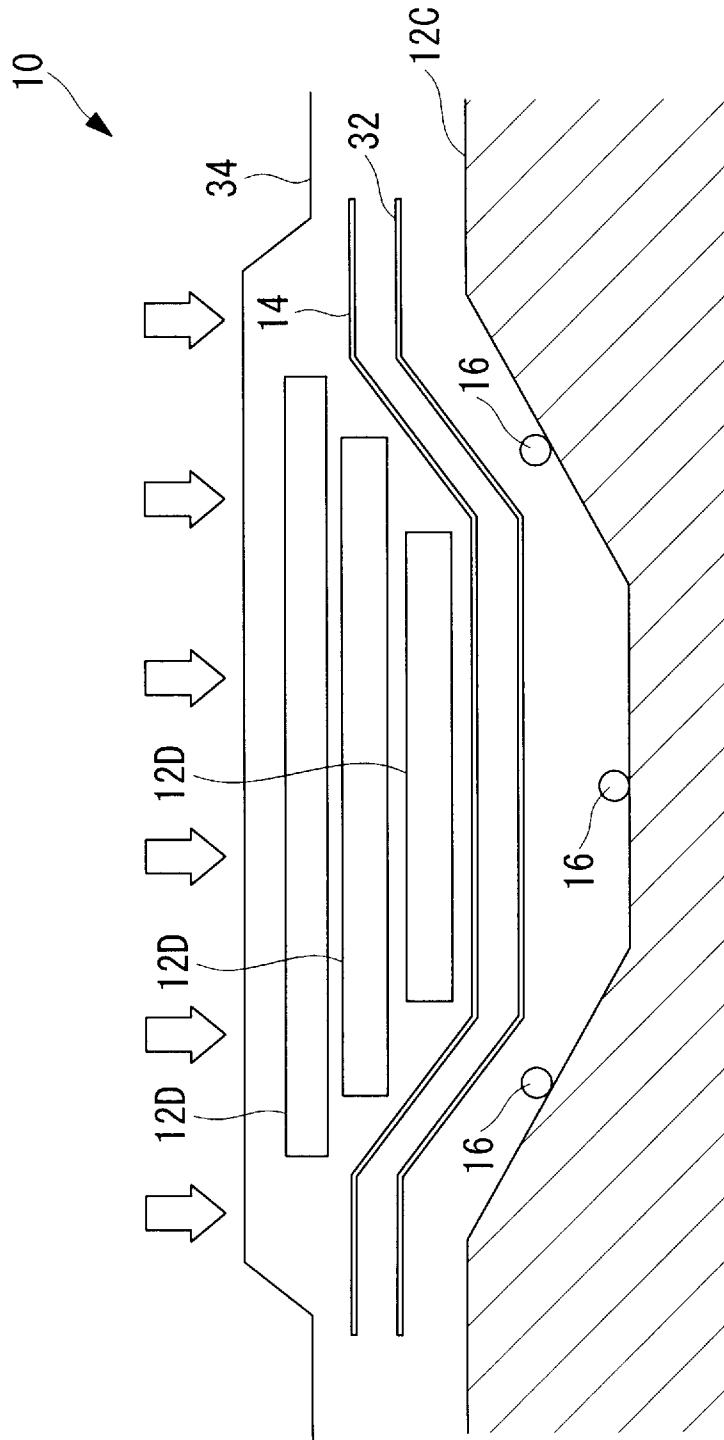
02_v0.18
03_v0.20
04_v0.30
05_v0.40
06_v0.50
07_v0.60
08_v0.70
09_v0.80
10_v0.90
11_v0.97



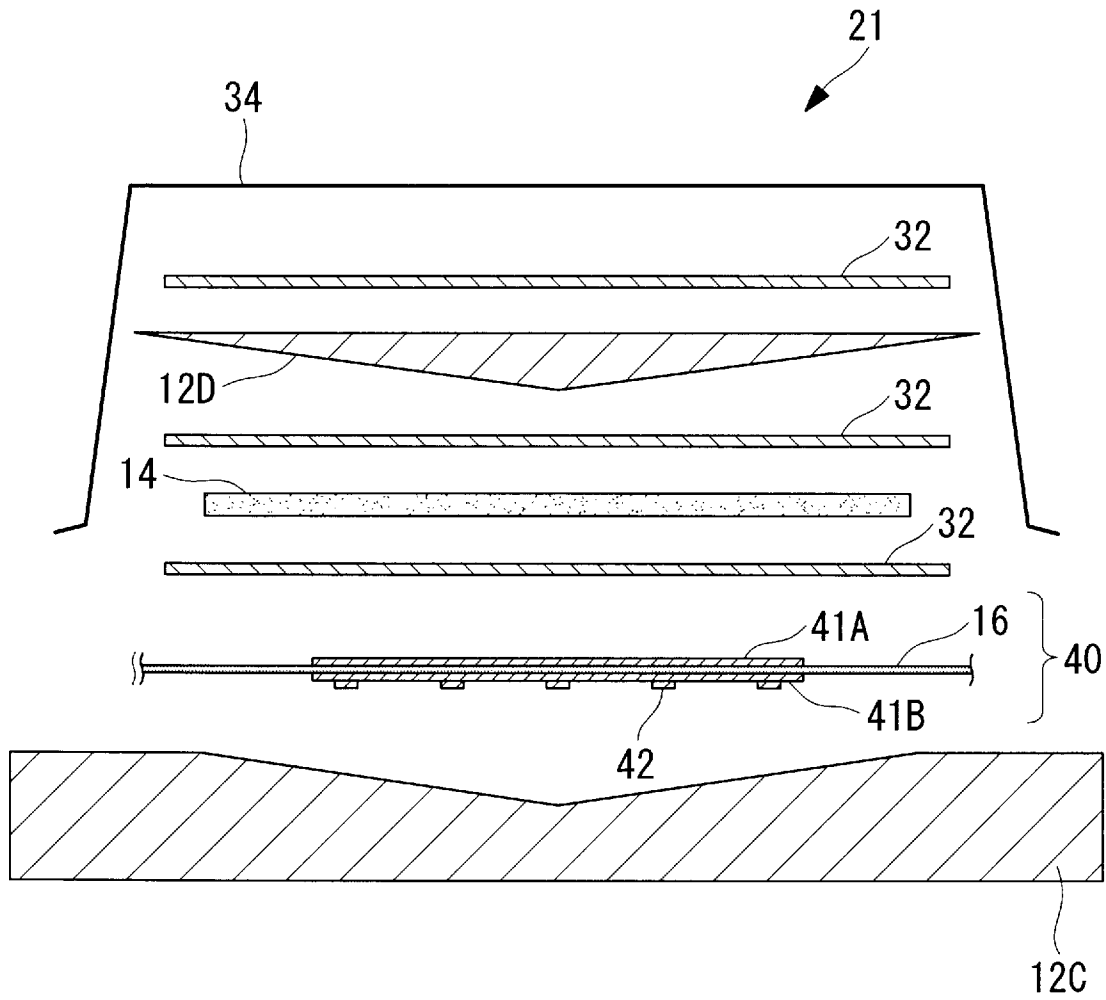
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/050229

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N19/04(2006.01)i, B32B7/12(2006.01)i, C09J5/00(2006.01)i, G01L1/24(2006.01)i, G01N33/44(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)
G01N19/04, G01L1/24

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2014/185119 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 20 November 2014 (20.11.2014), paragraphs [0029] to [0049]; fig. 1 to 6 & CA 2909484 A paragraphs [0029] to [0049]; fig. 1 to 6 & CN 105143853 A	1-3, 10-12, 18
Y	Nobuo TAKEDA, Shu MINAKUCHI, Yusaku ITO, "Recent Advances in Cure Process Modeling and Monitoring Methods of Advanced Composite Materials/Structures", Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers Series A, 25 November 2012 (25.11.2012), vol.78, no.795, pages 1495 to 1505	1-3, 10-12, 18

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 08 March 2016 (08.03.16)	Date of mailing of the international search report 22 March 2016 (22.03.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/050229

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-185790 A (IHI Corp.), 22 September 2011 (22.09.2011), (Family: none)	1-19

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>Int.Cl. G01N19/04(2006.01)i, B32B7/12(2006.01)i, C09J5/00(2006.01)i, G01L1/24(2006.01)i, G01N33/44(2006.01)i</p>															
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>Int.Cl. G01N19/04, G01L1/24</p>															
<p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%;">日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2016年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2016年	日本国実用新案登録公報	1996-2016年	日本国登録実用新案公報	1994-2016年				
日本国実用新案公報	1922-1996年														
日本国公開実用新案公報	1971-2016年														
日本国実用新案登録公報	1996-2016年														
日本国登録実用新案公報	1994-2016年														
<p>国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)</p> <p>Scopus JSTPlus (JDreamIII)</p>															
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">引用文献の カテゴリー*</th> <th style="width:70%;">引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th style="width:20%;">関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>WO 2014/185119 A1 (三菱重工業株式会社) 2014.11.20, [0029]-[0049], 図 1-6 & CA 2909484 A [0029]-[0049], Fig 1-6 & CN 105143853 A</td> <td>1-3, 10-12, 18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>武田展雄, 水口周, 伊藤悠策, 先端複合材料構造の成形モデリング およびモニタリングの最近の動向, 日本機械学会論文集A編, 2012.11.25, Vol. 78, No. 795, p.1495-1505</td> <td>1-3, 10-12, 18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2011-185790 A (株式会社 I H I) 2011.09.22, (ファミリーなし)</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>				引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	Y	WO 2014/185119 A1 (三菱重工業株式会社) 2014.11.20, [0029]-[0049], 図 1-6 & CA 2909484 A [0029]-[0049], Fig 1-6 & CN 105143853 A	1-3, 10-12, 18	Y	武田展雄, 水口周, 伊藤悠策, 先端複合材料構造の成形モデリング およびモニタリングの最近の動向, 日本機械学会論文集A編, 2012.11.25, Vol. 78, No. 795, p.1495-1505	1-3, 10-12, 18	A	JP 2011-185790 A (株式会社 I H I) 2011.09.22, (ファミリーなし)	1-19
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号													
Y	WO 2014/185119 A1 (三菱重工業株式会社) 2014.11.20, [0029]-[0049], 図 1-6 & CA 2909484 A [0029]-[0049], Fig 1-6 & CN 105143853 A	1-3, 10-12, 18													
Y	武田展雄, 水口周, 伊藤悠策, 先端複合材料構造の成形モデリング およびモニタリングの最近の動向, 日本機械学会論文集A編, 2012.11.25, Vol. 78, No. 795, p.1495-1505	1-3, 10-12, 18													
A	JP 2011-185790 A (株式会社 I H I) 2011.09.22, (ファミリーなし)	1-19													
<p>☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。</p>		<p>☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>													
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>		<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」 同一パテントファミリー文献</p>													
<p>国際調査を完了した日</p> <p style="text-align: center;">08.03.2016</p>		<p>国際調査報告の発送日</p> <p style="text-align: center;">22.03.2016</p>													
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p style="text-align: center;">日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:60%;"> 特許庁審査官 (権限のある職員) 後藤 大思 電話番号 03-3581-1101 内線 3252 </td> <td style="width:10%; text-align: center;">2 J</td> <td style="width:30%; text-align: center;">5261</td> </tr> </table>		特許庁審査官 (権限のある職員) 後藤 大思 電話番号 03-3581-1101 内線 3252	2 J	5261									
特許庁審査官 (権限のある職員) 後藤 大思 電話番号 03-3581-1101 内線 3252	2 J	5261													