



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I785300 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：109101318 (22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 15 日

(51)Int. Cl. : G01N29/12 (2006.01) G01N21/88 (2006.01)

(30)優先權：2019/01/15 日本 2019-004768

2020/01/08 世界智慧財產權組織 PCT/JP2020/000332

(71)申請人：日商山葉發動機股份有限公司(日本)YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA
(JP)

日本

國立大學法人東京大學(日本)THE UNIVERSITY OF TOKYO (JP)

日本

(72)發明人：近藤拓 KONDOH, TAKU (JP)；千葉晃広 CHIBA, AKIHIRO (JP)；手塚翔太
TEZUKA, SHOTA (JP)；岡部洋二 OKABE, YOJI (JP)；齋藤理 SAITO, OSAMU
(JP)；鄧培文 DENG, PEIWEN (CN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201639736A

TW 201823085A

CN 102192954A

期刊 Chul Min Yeum, Hoon Sohn and Jeong Beom Ihn Delamination
Detection in a Composite Plate using a Dual Piezoelectric
Transducer Network Health Monitoring of Structural and Biological
Systems 2011 798406 (2011) 30 March 2011 P1~13

審查人員：楊謹璋

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：11 共 48 頁

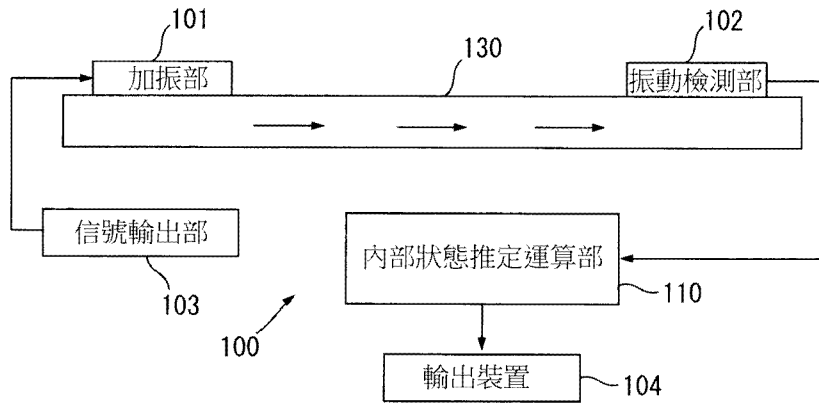
(54)名稱

內部狀態檢測裝置及乘坐物

(57)摘要

本發明之內部狀態檢測裝置係使用超音波振動來檢測包含纖維破斷或剪切裂痕之梭織物纖維強化樹脂材料之內部狀態之變化。內部狀態檢測裝置 100 具備：加振部 101，其對包含纖維強化樹脂之板狀受檢體之表面施加包含對於受檢體 130 僅出現 S0 模式及 A0 模式之頻帶的蘭姆波之超音波振動；振動檢測部 102，其檢測由加振部 101 施加至受檢體 130 且於受檢體 130 傳播之包含僅出現 S0 模式及 A0 模式之頻帶之超音波振動；及內部狀態推定運算部 110，其根據振動檢測部 102 之檢測結果推定受檢體 130 之內部狀態。內部狀態推定運算部 110 根據由加振部 101 加振時獲得之振動檢測部 102 之輸出值而求出與頻率對應之傳播時間，且基於傳播時間相對於上述頻帶內之受檢體 130 之基準傳播時間之延遲，推定並輸出受檢體 130 之內部狀態。

指定代表圖：



符號簡單說明：

100:內部狀態檢測裝置

101:加振部

102:振動檢測部

103:信號輸出部

104:輸出裝置

110:內部狀態推定運算部

130:受檢體

【圖1】



I785300

【發明摘要】

【中文發明名稱】

內部狀態檢測裝置及乘坐物

【中文】

本發明之內部狀態檢測裝置係使用超音波振動來檢測包含纖維破斷或剪切裂痕之梭織物纖維強化樹脂材料之內部狀態之變化。內部狀態檢測裝置100具備：加振部101，其對包含纖維強化樹脂之板狀受檢體之表面施加包含對於受檢體130僅出現S0模式及A0模式之頻帶的蘭姆波之超音波振動；振動檢測部102，其檢測由加振部101施加至受檢體130且於受檢體130傳播之包含僅出現S0模式及A0模式之頻帶之超音波振動；及內部狀態推定運算部110，其根據振動檢測部102之檢測結果推定受檢體130之內部狀態。內部狀態推定運算部110根據由加振部101加振時獲得之振動檢測部102之輸出值而求出與頻率對應之傳播時間，且基於傳播時間相對於上述頻帶內之受檢體130之基準傳播時間之延遲，推定並輸出受檢體130之內部狀態。

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100:內部狀態檢測裝置

101:加振部

102:振動檢測部

103:信號輸出部

104:輸出裝置

110:内部状態推定運算部

130:受検體

【發明說明書】

【中文發明名稱】

內部狀態檢測裝置及乘坐物

【技術領域】

【0001】本發明係關於一種內部狀態檢測裝置及乘坐物。

【先前技術】

【0002】碳纖維強化樹脂當被施加衝擊時，內部狀態容易產生變化。因此，檢測碳纖維強化樹脂之內部狀態之技術研究不斷推進。

【0003】作為檢測碳纖維強化樹脂之內部狀態之方法，正在研究一種基於被稱為蘭姆(Lamb)波之傳播形態之超音波之波形變化來檢測碳纖維強化樹脂之內部狀態的方法。上述蘭姆波係於板材內傳播之超音波，衰減相對較小。由此，上述蘭姆波能夠於板材內部進行長距離傳播。因此，上述蘭姆波適於包含碳纖維強化樹脂之板材內部所產生的層間剝離等內部狀態之變化之檢測。

【0004】又，上述蘭姆波具有多重模式性及速度分散性(頻率依存性)兩個特徵。因此，上述蘭姆波具有傳播速度根據所傳播之板材之板厚及上述蘭姆波之頻率而不同之複數種模式。

【0005】專利文獻1中揭示有利用上述蘭姆波之損傷診斷系統之一例。該專利文獻1所揭示之損傷診斷系統係檢測碳纖維強化樹脂積層板之層間剝離之有無而診斷損傷。若發生層間剝離，則傳播模式於層間剝離部分產生變化。因此，上述損傷診斷系統藉由基於傳播時間求出傳播模式有無變化，而診斷碳纖維強化樹脂積層板之損傷。又，於專利文獻1中記載有以下內容。

【0006】蘭姆波包含相對於板狀振動傳播媒體之板厚中心具有對稱性位移之對稱模式(symmetric modes：S模式)之波、及具有非對稱位移之非對稱模式(asymmetric modes：A模式)之波。基本波對稱模式(S0)之蘭姆波及基本波非對稱模式(A0)之蘭姆波中，分別存在高次之n次模式(Sn、An)。已知S1模式之蘭姆波於層間剝離部轉換為S0模式之蘭姆波及A1模式之蘭姆波後於振動傳播媒體中傳播，通過層間剝離部後再次恢復成S1模式之蘭姆波而傳播。

【0007】又，已知A1模式之蘭姆波於層間剝離部變為傳播速度較A1模式之蘭姆波快之S0模式之蘭姆波而傳播，通過層間剝離部後再次恢復成A1模式之蘭姆波而傳播。即，可知層間剝離部中之速度變化係到達時間之變化，根據層間剝離部之振動傳播方向之長度，各模式之蘭姆波之到達時間分別顯示獨特之變化。

【0008】而且，該專利文獻1所揭示之損傷診斷系統可藉由以下方法診斷損傷之有無或規模，即，獲得表示頻率與傳播時間之關係之傳播強度分佈資料，並且於特定模式之蘭姆波中，根據上述傳播強度分佈資料獲得顯示因損傷影響導致之特定模式之蘭姆波、例如A1模式之蘭姆波之到達時間之變化的特定之特徵值(損傷規模之指標)。

先前技術文獻

專利文獻

【0009】專利文獻1：日本專利第5629481號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0010】如上所述，若碳纖維強化樹脂積層板之內部發生層間剝

離，則蘭姆波之傳播模式於層間剝離部產生變化(以下，稱為傳播模式轉換)，以與未發生層間剝離之部分(以下，稱為健全部)不同之傳播模式進行傳播。因此，蘭姆波之到達時間根據於上述健全部傳播之模式之蘭姆波之傳播速度與於上述層間剝離部傳播之模式之蘭姆波之傳播速度之差、及層間剝離之長度而變化。上述專利文獻1之損傷診斷系統係藉由以該差作為指標而診斷碳纖維強化樹脂積層板內部之層間剝離之有無或規模。例如，蘭姆波之傳播模式於層間剝離部自A1模式之蘭姆波轉換為傳播速度較A1模式之蘭姆波快之S0模式之蘭姆波。蘭姆波之傳播模式於健全部恢復成A1模式。其結果為，若於碳纖維強化樹脂積層板之內部發生層間剝離，則與僅健全部之情形相比蘭姆波之傳播速度變快。如此，上述損傷診斷系統使用A1模式之蘭姆波之傳播時間來診斷碳纖維強化樹脂積層板內部之層間剝離之有無及規模。

【0011】又，於使樹脂含浸於梭織物狀之強化纖維而得之所謂梭織物纖維強化樹脂材料於受到衝擊之情形時，在內部會分散產生纖維破斷、剪切裂痕或層間剝離。因此，於梭織物纖維強化樹脂材料內，不易產生蘭姆波之傳播模式之變化。由此，難以如專利文獻1所記載之損傷診斷系統般，基於因傳播模式之變化引起之蘭姆波之傳播時間之變化而檢測梭織物纖維強化樹脂材料之內部狀態。即，專利文獻1之損傷診斷系統難以檢測包含纖維破斷或剪切裂痕之梭織物纖維強化樹脂材料之複雜的內部狀態之變化。

【0012】如此，包含梭織物纖維強化樹脂材料之纖維強化樹脂材料當受到衝擊時，除了發生層間剝離以外，亦會產生剪切裂痕等。因此，期望進行包含梭織物纖維強化樹脂材料之纖維強化樹脂材料之損傷診斷之損

傷診斷系統不僅可檢測纖維強化樹脂材料內部之層間剝離之有無及規模，而且可檢測複雜的內部狀態之變化。

【0013】本發明之目的在於提供一種內部狀態檢測裝置，其能夠使用超音波振動來檢測包含纖維破斷或剪切裂痕之纖維強化樹脂材料之內部狀態之複雜變化。

[解決問題之技術手段]

【0014】本發明者等人進行了努力研究，結果想出如下構成。

【0015】本發明之一實施形態之內部狀態檢測裝置係

使用具有傳播速度根據頻率而變化之複數個對稱模式及複數個非對稱模式作為於板狀受檢體中傳播之模式的蘭姆波之超音波振動，來檢測上述受檢體之內部狀態者，且具備：

加振部，其對包含纖維強化樹脂之板狀受檢體之表面施加包含對於上述受檢體僅出現基本波對稱模式(以下，稱為S0模式)及基本波非對稱模式(以下，稱為A0模式)之頻帶之超音波振動的上述蘭姆波之超音波振動；

振動檢測部，其檢測由上述加振部施加至上述受檢體且於上述受檢體傳播之包含僅出現S0模式及A0模式之頻帶之超音波振動的上述蘭姆波之超音波振動；及

內部狀態推定運算部，其根據上述振動檢測部之檢測結果而推定上述受檢體之內部狀態；且

上述內部狀態推定運算部係

根據由上述加振部加振時獲得之上述振動檢測部之輸出值而求出與頻率對應之於上述受檢體傳播之超音波振動之傳播時間，且基於上述傳播時間相對於僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之上述受檢體之基準傳播時

間的延遲時間，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【0016】 只要為僅出現S0模式及A0模式之頻帶，則能夠容易地掌握蘭姆波之超音波振動之至少一種模式下的傳播時間之變化。而且，於受檢體之內部產生纖維破斷或剪切裂痕等而使上述受檢體之內部狀態產生變化之情形時，於內部狀態產生變化之部分，上述受檢體之彈性模數降低。若上述受檢體之彈性模數降低，則只要為僅出現S0模式及A0模式之頻帶，便能夠容易地掌握超音波振動之傳播時間之延遲時間。因此，上述內部狀態推定裝置可藉由檢測傳播時間相對於基準傳播時間之延遲時間而推定包含於內部是否產生了纖維破斷或剪切裂痕等在內之上述受檢體之內部狀態。

【0017】 根據另一觀點，本發明之內部狀態檢測裝置較佳為包含以下構成。

【0018】 上述內部狀態推定運算部係

於僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之複數個頻率下，基於上述傳播時間相對於上述受檢體之基準傳播時間之延遲時間中之最大的時間差，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【0019】 藉由在僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之複數個頻率下，將傳播時間相對於受檢體之基準傳播時間之延遲時間中之最大的時間差作為對象，內部狀態檢測裝置可容易地掌握因內部狀態之變化引起之傳播時間相對於受檢體之基準傳播時間之延遲即延遲時間。藉此，內部狀態檢測裝置能夠容易地進行受檢體之內部狀態之推定。

【0020】 根據另一觀點，本發明之內部狀態檢測裝置較佳為包含以下構成。

【0021】內部狀態檢測裝置相對於1個加振部，具備複數個振動檢測部，

上述內部狀態推定運算部係

根據上述複數個振動檢測部各者之輸出值而求出與頻率對應之於上述受檢體傳播之超音波振動之傳播時間，且基於各個上述傳播時間相對於僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之上述受檢體之基準傳播時間的延遲時間，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【0022】內部狀態檢測裝置藉由相對於1個加振部具備複數個振動檢測部，可於受檢體之較大範圍推定內部狀態之變化。又，內部狀態檢測裝置可藉由傳播時間相對於各個基準傳播時間之延遲時間而推定內部狀態產生變化之部位。

【0023】根據另一觀點，本發明之內部狀態檢測裝置較佳為包含以下構成。

【0024】內部狀態檢測裝置進而具備記憶部，該記憶部對於內部狀態已知之受檢體，記憶與僅出現上述S0模式及A0模式之頻帶內之複數個頻率對應之上述受檢體之基準傳播時間，

上述內部狀態推定運算部基於對應於上述頻帶內儲存於上述記憶部之至少1個頻率之上述受檢體之基準傳播時間、及對應於與上述至少1個頻率相同頻率之上述傳播時間，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【0025】上述記憶部記憶有對應於僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之複數個頻率的受檢體之基準傳播時間。因此，內部狀態推定運算部可藉由將記憶於上述記憶部之頻率之基準傳播時間、及僅出現上述S0模式及A0模式之頻帶內與上述至少1個頻率相同頻率之傳播時間加以對比而推定

受檢體之內部狀態。

【0026】根據另一觀點，本發明之內部狀態檢測裝置較佳為包含以下構成。

【0027】上述加振部將頻率隨時間而增加或減少之超音波振動作為上述蘭姆波之超音波振動而施加至上述受檢體。

【0028】頻率隨時間而增加或減少之超音波、例如啁啾(Chirp)超音波可使0~2 MHz之寬頻帶之超音波振盪。藉此，內部狀態檢測裝置可有效率地獲取超音波振動於受檢體中傳播之傳播時間與上述超音波振動之頻率之關係。

【0029】根據另一觀點，本發明之內部狀態檢測裝置較佳為包含以下構成。

【0030】上述加振部及上述振動檢測部包含膜狀壓電元件。

【0031】例如，膜狀MFC元件等膜狀壓電元件具有柔軟性且不易破斷，故可與受檢體一體化。又，膜狀壓電元件於使包含蘭姆波之超音波振動於受檢體中傳播之頻帶中不存在共振點。由此，於檢測受檢體之內部狀態時使用啁啾波超音波振動之情形時，內部狀態檢測裝置亦能夠於較寬頻帶中準確地進行超音波振動之傳播評估。

【0032】根據另一觀點，本發明之內部狀態檢測裝置較佳為包含以下構成。

【0033】上述受檢體由梭織物纖維強化樹脂材料構成。

【0034】本發明之一實施形態之乘坐物係將包含纖維強化樹脂之板狀體用於至少1個以上之零件者，且

上述乘坐物具備上述任一項所記載之內部狀態檢測裝置。上述內部

狀態檢測裝置推定上述零件之內部狀態作為上述零件之上述受檢體。

【0035】本發明於將包含纖維強化樹脂之板狀體用於至少1個以上之零件之乘坐物中，可進行健康監測。

【0036】本說明書中使用之專用語係為了僅定義特定之實施例而使用，並非意欲利用上述專用語限制發明。

【0037】本說明書中使用之「及/或」包含一個或複數個關聯地列舉之構成物之所有組合。

【0038】本說明書中，「包含、包括(including)」、「包含、具備(comprising)」或「具有(having)」及其等之變化之利用特定出所記載之特徵、製程、要素、成分、及/或其等之等效物之存在，但可包含步驟、動作、要素、組件、及/或其等之群中之1個或複數個。

【0039】本說明書中，「安裝」、「連接」、「結合」、及/或其等之等效物係以廣義之含義被利用，包含“直接及間接之”安裝、連接及結合兩者。進而，「連接」及「結合」並不限定於物理性或機械性之連接或結合，可包含直接或間接之連接或結合。

【0040】只要未另外定義，則本說明書中使用之全部用語(包含技術用語及科學用語)具有與本發明所屬之技術領域之業者通常所理解之含義相同之含義。

【0041】通常所使用之辭典中定義之用語應被解釋為具有與相關技術及本發明之上下文之含義一致之含義，只要本說明書中未明確定義，則不理想或過度地以形式含義來解釋。

【0042】可理解於本發明之說明中揭示有很多技術及製程。其等各者具有個別之利益，可與另外揭示之1個以上技術、或視情形與全部技術

一起使用。

【0043】因此，為了明確起見，於本發明之說明中，抑制不必要地將各個步驟之所有可能的組合重複。然而，本說明書及申請專利範圍應被理解並解讀為此種組合全部為本發明之範圍內。

【0044】本說明書中，對本發明之內部狀態檢測裝置及乘坐物之實施形態進行說明。

【0045】於以下說明中，為了提供對本發明之完全理解而敘述多個具體之例。然而，業者明確瞭解，即便無該等具體例，亦可實施本發明。

【0046】由此，以下揭示應考慮作為本發明之例示，而並非意欲將本發明限定於由以下圖式或說明所示之特定之實施形態。

【0047】[傳播時間]

本說明書中，傳播時間係指由加振部施加至受檢體之超音波振動於上述受檢體內傳播直至被振動檢測部檢測為止之時間。傳播時間可根據傳播速度相對於距離之關係而求出。

【0048】[蘭姆波]

本說明書中，蘭姆波係指於彈性體之板材中傳播之波。上述蘭姆波之振動方向相對於板狀受檢體之表面垂直。

【0049】[振動方向]

本說明書中，振動方向係指振動於受檢體內傳播時，因振動而使上述受檢體產生之位移之方向。

【0050】[基本波對稱模式]

本說明書中，基本波對稱模式(S0)係指相對於板狀之振動傳播媒體之板厚中心具有對稱性位移之對稱模式(symmetric modes：S模式)中最低

次的模式。

【0051】 [基本波非對稱模式]

本說明書中，基本波非對稱模式(A0)係指相對於板狀之振動傳播媒體之板厚中心具有非對稱性位移之非對稱模式(asymmetric modes：A模式)中最低次的模式。

【0052】 [受檢體之基準傳播時間]

本說明書中，受檢體之基準傳播時間係指由加振部對健全部之受檢體施加超音波振動起，至在上述受檢體內傳播之超音波振動被振動檢測部檢測為止之時間。

【0053】 [延遲時間]

本說明書中，延遲時間係指超音波振動於受檢體內傳播之傳播時間相對於受檢體之基準傳播時間延遲的時間。

【0054】 [分散曲線]

本說明書中，分散曲線係指針對彈性體之板材中產生之蘭姆波之各模式，將各模式之傳播速度表示為頻率之函數的曲線。該分散曲線可使用材料之剛性基質及密度、與材料之板厚而求出。

【0055】 [包含碳纖維強化樹脂之UD材]

本說明書中，包含碳纖維強化樹脂之UD(Uni Direction，單向)材係藉由使樹脂含浸於纖維方向為一方向之碳纖維中而形成之碳纖維強化樹脂材料。

【0056】 [梭織物纖維強化樹脂材料]

本說明書中，梭織物纖維強化樹脂材料係使樹脂含浸於梭織物狀纖維中而得之纖維強化樹脂材料。

【0057】 [乘坐物]

本說明書中，乘坐物係供人及物之至少一者乘載並移動之移動體。乘坐物並不限於在陸上移動之移動體，還包含於空中移動之移動體及於水上或水中移動之移動體。乘坐物例如包含於陸上移動之車輛、於空中移動之航空器或飛艇、於水上移動之船舶、及於水中移動之潛水艇等。

[發明之效果]

【0058】 根據本發明之一實施形態，可提供一種能夠使用超音波振動來檢測纖維強化樹脂材料之內部狀態之內部狀態檢測裝置。

【圖式簡單說明】**【0059】**

圖1係表示本發明之實施形態之內部狀態檢測裝置之構成的方塊圖。

圖2係表示本發明之實施形態之內部狀態檢測裝置之內部狀態推定運算部之構成的方塊圖。

圖3係表示本發明之實施形態之內部狀態檢測裝置中配置於受檢體之加振部與振動檢測部之模式性俯視圖。

圖4係表示本發明之實施形態之內部狀態檢測裝置中配置於受檢體之1個加振部與複數個振動檢測部之模式性俯視圖。

圖5係表示對受檢體施加蘭姆波之超音波振動時獲得之分散曲線之特性圖。

圖6係表示對包含碳纖維強化樹脂之UD材施加落錘衝擊時產生之內部狀態變化之模式圖。

圖7係表示對梭織物纖維強化樹脂材料施加落錘衝擊時產生之內部狀態變化之模式圖。

圖8係表示作為受檢體之梭織物纖維強化樹脂材料之傳播時間之延遲時間與頻率之關係之特性圖。

圖9A係表示對作為受檢體之梭織物纖維強化樹脂材料施加1次落錘衝擊之情形時的傳播時間之延遲時間與頻率之關係之特性圖。

圖9B係表示對作為受檢體之梭織物纖維強化樹脂材料施加2次落錘衝擊之情形時的傳播時間之延遲時間與頻率之關係之特性圖。

圖9C係表示對作為受檢體之梭織物纖維強化樹脂材料施加3次落錘衝擊之情形時的傳播時間之延遲時間與頻率之關係之特性圖。

圖9D係表示對作為受檢體之梭織物纖維強化樹脂材料施加4次落錘衝擊之情形時的傳播時間之延遲時間與頻率之關係之特性圖。

圖9E係表示對作為受檢體之梭織物纖維強化樹脂材料施加5次落錘衝擊之情形時的傳播時間之延遲時間與頻率之關係之特性圖。

圖10係表示本發明之實施形態之車輛之整體構成之側視圖。

圖11係表示車輛之整體構成、與內部狀態檢測裝置之構成之圖。

【實施方式】

【0060】以下，一面參照圖式一面對各實施形態進行說明。於各圖中，對相同部分標註相同符號，不重複進行該相同部分之說明。再者，各圖中之構成構件之尺寸並非如實地表示實際之構成構件之尺寸及各構成構件之尺寸比率等。

【0061】以下，參照圖1及圖2對本實施形態之內部狀態檢測裝置100進行說明。圖1係表示本實施形態之內部狀態檢測裝置之構成之方塊圖。圖2係表示本實施形態之內部狀態推定運算部之構成之方塊圖。

【0062】如圖1所示，本實施形態之內部狀態檢測裝置100具有加振

部101、振動檢測部102、及內部狀態推定運算部110。加振部101及振動檢測部102安裝於由纖維強化樹脂材料構成之板狀之受檢體130之表面。內部狀態推定運算部110推定受檢體130之內部狀態中之加振部101與振動檢測部102之間之部分的內部狀態。

【0063】 受檢體130由藉由碳纖維等纖維將樹脂強化而成之纖維強化樹脂材料構成。本實施形態中，上述碳纖維例如係將纖維彼此編織而成之梭織物纖維。即，本實施形態中，纖維強化樹脂材料係梭織物纖維強化樹脂材料。

【0064】 圖3係模式性表示安裝有加振部101及振動檢測部102之受檢體130之俯視圖。該圖3模式性地示出位於安裝在受檢體130之加振部101與振動檢測部102之間、且因纖維破斷、剪切裂痕及層間剝離中之至少一者而產生於受檢體130內部之內部狀態變化部131。如下所述，若於受檢體130之內部產生內部狀態變化部131，則於受檢體130內傳播之超音波振動之傳播時間較將健全之梭織物纖維強化樹脂材料作為受檢體之情形時之超音波振動之傳播時間(基準傳播時間)長。即，超音波振動於在內部具有內部狀態變化部131之受檢體130內傳播之情形時，產生傳播時間之延遲時間。內部狀態推定運算部110基於上述延遲時間檢測受檢體130之內部狀態。

【0065】 本實施形態中，加振部101對受檢體130之表面施加包含對於受檢體130僅出現基本波對稱模式(S0模式)及基本波非對稱模式(A0模式)之頻帶的蘭姆波之超音波振動。

【0066】 本實施形態中，使用啁啾(Chirp)超音波振動作為蘭姆波之超音波振動。啁啾超音波振動係頻率隨時間而增加或減少之超音波振動。

啁啾超音波振動例如係0~2 MHz之寬頻帶之超音波振動。藉由使用啁啾超音波作為蘭姆波之超音波振動，內部狀態檢測裝置100可有效率地獲取超音波振動於受檢體130中傳播之傳播時間與超音波振動之頻率之關係。

【0067】本實施形態中，加振部101包含膜狀壓電元件。膜狀壓電元件例如可使用具有振動指向性之膜狀MFC(Micro Fiber Composite，超細纖維複合材料)。膜狀MFC具有極細之角柱狀壓電陶瓷，該壓電陶瓷係藉由以於一方向上排列複數個之狀態由環氧樹脂接著而一體化成膜狀。於一體化成上述膜狀之壓電陶瓷之上下表面，接著有電極。膜狀MFC藉由對電極施加電壓而產生應變。因此，膜狀MFC能夠用作超音波振盪元件。

【0068】信號輸出部103對加振部101輸出作為驅動電壓之啁啾信號。加振部101根據所輸入之啁啾信號而驅動，藉此對受檢體130賦予啁啾波超音波振動。信號輸出部103以對受檢體130賦予包含僅出現S0模式及A0模式之頻帶之啁啾波超音波振動之方式，對加振部101輸出驅動電壓。

【0069】上述膜狀壓電元件可輸出與該膜狀壓電元件中產生之應變相應之電壓。因此，本實施形態中，振動檢測部102亦包含膜狀壓電元件。與加振部101同樣地，振動檢測部102之膜狀壓電元件例如可使用具有振動指向性之膜狀MFC。膜狀MFC之構成與加振部101之情形相同，故省略膜狀MFC之詳細說明。

【0070】振動檢測部102中，藉由以加振部101施加至受檢體130且於受檢體130中傳播之超音波振動而於膜狀MFC之壓電陶瓷中產生應變。振動檢測部102基於根據上述壓電陶瓷中產生之應變所產生之電壓而檢測超音波振動。振動檢測部102檢測包含僅出現S0模式及A0模式之頻帶之超

音波振動。振動檢測部102將檢測結果輸出至內部狀態推定運算部110。

【0071】再者，上述膜狀MFC之厚度為約0.3 mm。如此，膜狀MFC為小型且輕量。膜狀MFC具有柔軟性並且不易破斷。由此，藉由將膜狀MFC安裝於由梭織物纖維強化樹脂材料構成之受檢體130上，受檢體130可與加振部101及振動檢測部102一體化。膜狀MFC例如使用Smart Materials公司製造之MFC即可。

【0072】如圖3所示，包含膜狀MFC之加振部101與包含膜狀MFC之振動檢測部102係使用接著劑以隔開特定距離之方式安裝於受檢體130上。加振部101中產生之超音波振動於受檢體130中傳播且由振動檢測部102接收。加振部101及振動檢測部102包含柔軟之膜狀MFC。由此，加振部101及振動檢測部102可追隨受檢體130之變形而變形。因此，加振部101及振動檢測部102之功能不易因受檢體130之變形而受損。

【0073】膜狀MFC可不利用共振特性而使超音波振盪。因此，於使包含蘭姆波之超音波振動傳播之頻帶中，膜狀MFC不具有共振點。即，包含膜狀MFC之加振部101產生不存在共振點之頻帶之超音波振動。藉此，加振部101可遍及較寬頻帶地產生超音波振動。同樣地，包含膜狀MFC之振動檢測部102可遍及較寬頻帶地接收超音波振動。內部狀態推定運算部110藉由使用包含膜狀MFC之加振部101與振動檢測部102，可容易地獲得不僅單一頻率、而且較寬頻帶之超音波振動之傳播相關的資訊。

【0074】且說，啁啾波超音波振動存在如下情形：若因共振點之影響導致頻率響應性變得不均勻，則無法準確地進行較寬頻帶中之超音波振動之傳播評估。然而，如上所述，膜狀MFC於使包含蘭姆波之超音波振動傳播之頻帶中不存在共振點。因此，由膜狀MFC產生之啁啾波超音波

振動不具有共振點。藉此，內部狀態推定運算部110即便使用啁啾波超音波振動亦能準確地進行較寬頻帶中之超音波振動之傳播評估。

【0075】又，容易使膜狀MFC之尺寸變大。因此，加振部101及振動檢測部102例如可包含一方向上較長之膜狀MFC。因此，內部狀態檢測裝置100可藉由加振部101及振動檢測部102而檢測受檢體130之較大區域之內部狀態。

【0076】內部狀態推定運算部110根據振動檢測部102之檢測結果來推定受檢體130之內部狀態。該內部狀態推定運算部110根據由加振部101加振時獲得之振動檢測部102之輸出值，求出根據藉由加振部101而於受檢體130產生之超音波振動之頻率變化之傳播時間。

【0077】於對受檢體130施加衝擊之情形時，受檢體130於內部產生纖維破斷或剪切裂痕等。即，當受到衝擊時，受檢體130會產生複雜的內部狀態之變化。於受檢體130之內部產生了狀態變化之區域可看作受檢體130之彈性模數降低之區域。

【0078】若受檢體130之彈性模數降低，則超音波振動之傳播時間相對於受檢體130之基準傳播時間產生延遲。

【0079】內部狀態推定運算部110求出傳播時間相對於僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之受檢體130之基準傳播時間的延遲(延遲時間)。再者，若為僅出現S0模式及A0模式之頻帶，則如下所述，出現之模式之蘭姆波為2個。由此，內部狀態推定運算部110可容易地檢測傳播時間相對於受檢體130之基準傳播時間之延遲(延遲時間)。

【0080】上述延遲時間依存於超音波振動之頻率。即，頻率越低則群速度越慢，故而傳播時間越大。而且，於傳播時間較大之情形時，於以

相同比例產生變化之情形時，該變化量表現得較大。因此，延遲時間亦變大。此處，上述群速度係指使複數個波重疊時其整體移動之速度。

【0081】又，上述延遲時間依存於受檢體130內部之內部狀態之變化區域之大小。

【0082】而且，於傳播之波長短於與微小之內部狀態變化之大小同等之程度之情形時，無法視為於整個內部狀態之變化區域均勻地產生了彈性模數之降低。然而，作為僅出現S0模式及A0模式之頻帶之低頻帶之超音波之波長較長。該低頻帶之超音波之波長大於微小之內部狀態變化之大小，故可將內部狀態變化之區域視為彈性模數降低之區域。內部狀態變化之區域越大，則上述延遲時間越大。由此，能夠根據上述延遲時間定量地推定內部狀態變化之區域之大小。

【0083】內部狀態推定運算部110基於所求出之延遲時間推定受檢體130之內部狀態。內部狀態推定運算部110將推定之結果輸出至輸出裝置104。

【0084】輸出裝置104由燈等構成。輸出裝置104例如於內部狀態推定運算部110推定出在受檢體130之內部具有狀態產生了變化之區域之情形時，將該結果通知給駕駛者等使用者。內部狀態檢測裝置100可藉由使輸出裝置104動作而將受檢體130之內部狀態報知給使用者。

【0085】其次，按照圖2對內部狀態推定運算部110之構成進行說明。內部狀態推定運算部110具備傳播時間檢測部111、傳播時間記憶部112、基準傳播時間記憶部113、及內部狀態判定部114。

【0086】傳播時間檢測部111基於來自振動檢測部102之檢測結果而檢測每一頻率之傳播時間。然後，每一頻率之傳播時間被儲存於傳播時間

記憶部112。

【0087】基準傳播時間記憶部113將對於具有與受檢體130相同大小且相同構造且全部為健全部之材料的超音波振動之每一頻率之傳播時間作為受檢體之基準傳播時間預先儲存。

【0088】內部狀態判定部114將儲存於基準傳播時間記憶部113之至少1個頻率下之基準傳播時間、與儲存於傳播時間記憶部112之上述至少1個頻率下之傳播時間進行比較，根據該比較結果而求出上述傳播時間相對於上述基準傳播時間之延遲時間。內部狀態判定部114基於所求出之上述延遲時間判定受檢體130之內部狀態。

【0089】於本實施形態中，內部狀態判定部114基於僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之複數個頻率下之各延遲時間中最大的延遲時間，判定受檢體130之內部狀態。藉此，內部狀態判定部114可容易地掌握因受檢體130之內部狀態變化引起之傳播時間之延遲。由此，內部狀態判定部114能夠容易地進行受檢體130之內部狀態之推定。

【0090】再者，只要為僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之頻率，則內部狀態判定部114可容易地掌握至少一種模式之蘭姆波之超音波振動之傳播時間的變化。由此，內部狀態判定部114亦可不如上所述般使用最大的延遲時間，而是基於所求出之延遲時間來推定受檢體130之內部狀態之變化。

【0091】進而，內部狀態判定部114亦可預先求出內部狀態產生變化之區域之大小不同之受檢體之延遲時間，並將該延遲時間儲存於基準傳播時間記憶部113。藉此，內部狀態判定部114基於延遲時間亦可推定內部狀態產生變化之區域之大小。

【0092】內部狀態判定部114將受檢體130之內部狀態之判定結果輸出至輸出裝置104。內部狀態判定部114於判定為受檢體130之內部狀態未變化之情形時，將意旨為正常之信號輸出至輸出裝置104。又，內部狀態判定部114若根據所求出之延遲時間而判定於受檢體130之內部存在狀態產生了變化之區域，則將意旨為存在內部產生變化之區域之信號輸出至輸出裝置104。

【0093】此處，參照圖5對僅出現S0模式及A0模式之頻帶進行說明。圖5係表示對受檢體施加蘭姆波之超音波振動時獲得之分散曲線之特性圖。蘭姆波於板狀之振動傳播媒體中傳播時之模式包含相對於上述振動傳播媒體之板厚中心具有對照性位移之對稱模式(S模式)、及具有非對稱性位移之非對稱模式(A模式)。上述模式中，亦存在相對於基本波對稱模式(S0模式)及基本波非對稱模式(A0模式)之各者為高次之n次模式(S_n 、 A_n)。

【0094】上述分散曲線係針對在彈性體之板材中傳播之蘭姆波之各模式，將各模式之傳播速度表示為頻率之函數的曲線。該分散曲線可使用材料之剛性基質及密度、與材料之板厚而求出。

【0095】圖5係受檢體為厚度3.7 mm之梭織物碳纖維強化樹脂材之情形時之分散曲線。如圖5所示，於低至200~300 kHz之頻帶中，A1模式之蘭姆波之傳播速度較S0模式之蘭姆波之傳播速度慢，相對於此，於高於300 kHz之頻率下，A1模式之蘭姆波之傳播速度較S0模式之蘭姆波之傳播速度快。即，A1模式之蘭姆波之傳播速度及S0模式之蘭姆波之傳播速度之大小關係於300 kHz處反轉。再者，上述梭織物碳纖維強化樹脂材係藉由使樹脂含浸於梭織物狀碳纖維中而成之預浸料形成。上述梭織物狀碳纖

維係使用三菱化學股份有限公司製造之PYROFIL。

【0096】又，於頻率低於200 kHz之頻帶中，於彈性體之板材中傳播之蘭姆波之模式僅為S0模式及A0模式。

【0097】如圖5所示，於除S0及A1以外之模式之蘭姆波之情形時，對稱模式之傳播速度及非對稱模式之傳播速度之大小關係亦係當頻率變高時反轉。例如，S0模式之蘭姆波當超過300 kHz時傳播速度變慢，於300 kHz與400 kHz之間傳播速度較A0模式之蘭姆波慢。同樣地，較多對稱模式之傳播速度及較多非對稱模式之傳播速度之大小關係係當頻率變高時反轉。本實施形態中，於低於對稱模式之傳播速度及非對稱模式之傳播速度反轉之頻率中之最低頻率即300 kHz的頻率下，將包含僅成為傳播速度於上述最低頻率下反轉之對稱模式(S0模式)及非對稱模式(A0模式)之頻帶的超音波振動用於受檢體之內部狀態之推定。

【0098】若為包含不高於S0模式之蘭姆波之傳播速度及A1模式之蘭姆波之傳播速度反轉之頻率即300 kHz之頻帶的超音波振動，則如圖5所示，於彈性體之板材中傳播之蘭姆波之模式為A0、S0、A1各模式。由此，內部狀態檢測裝置100對於在彈性體之板材中傳播之蘭姆波之模式中有限之模式之蘭姆波，可檢測因受檢體之內部狀態變化引起的蘭姆波之傳播時間之延遲。即，本實施形態中，內部狀態檢測裝置100使用蘭姆波之模式僅為A0模式及S0模式之頻帶之傳播速度，可容易地檢測延遲時間。

【0099】如圖5所示，尤其於50 kHz以下之較低頻帶中，內部狀態檢測裝置100可使用S0模式及A0模式之傳播速度容易地檢測延遲時間。即，於50 kHz以下之較低頻帶中，S0模式之傳播速度固定，A0模式之傳播速度係頻率越低則越慢。於50 kHz以下之頻率下，A0模式之傳播速度較

慢。藉此，內部狀態檢測裝置100若檢測出A0模式之傳播速度，則可容易地求出延遲時間。

【0100】根據以上所述，若為僅出現作為蘭姆波之模式之S0模式及A0模式之頻帶，則蘭姆波之模式數為2種。因此，內部狀態檢測裝置100可容易地檢測各模式下之超音波振動之傳播速度。尤其於50 kHz以下之頻帶中，S0模式之傳播速度固定，且A0模式之傳播速度較S0模式之傳播速度慢。由此，內部狀態檢測裝置100若於50 kHz以下之頻率下檢測出各模式之傳播速度，則可容易地求出相對於基準傳播時間之延遲時間。

【0101】圖5係受檢體為包含碳纖維強化樹脂材料之厚度3.7 mm之梭織物碳纖維強化樹脂材之情形時的分散曲線。即便梭織物碳纖維強化樹脂材之板之厚度產生變化，分散曲線亦同樣。如此，於受檢體由梭織物纖維強化樹脂材料構成之情形時，內部狀態檢測裝置100亦可於50 kHz以下之頻率下使用蘭姆波之各模式之傳播速度求出延遲時間。

【0102】再者，分散曲線可使用材料之剛性基質及密度、與材料之板厚而求出。藉此，分散曲線係即便使用包含碳纖維強化樹脂之UD材亦可獲取相同之結果。

【0103】其次，對為了確認本發明之內部狀態之變化而藉由落錘實驗對受檢體賦予衝擊所得之結果進行說明。落錘實驗於包含碳纖維強化樹脂材料之UD材與梭織物狀纖維強化樹脂材料上分別進行。

【0104】UD材之落錘實驗係使用包含碳纖維強化樹脂材料之厚度3.4 mm之UD材之受檢體130a進行。實驗係藉由使錘135落下至受檢體130a之表面而對受檢體130a之表面施加衝擊。然後，藉由觀察落錘實驗後之受檢體130a之剖面而進行受檢體130a之內部狀態變化之確認。落錘

實驗係以施加至受檢體130a表面之衝擊能量成為15.9 J之方式使錘135落下至受檢體130a之表面。此處，包含碳纖維強化樹脂材料之UD材係使用東麗股份有限公司之普通產業用預浸料而形成。

【0105】圖6中表示觀察結果之模式圖。如圖6所示，於受檢體130a之表面，產生有表面之凹陷131a。於受檢體130a之內部，產生有層間剝離D及剪切裂痕S。而且，於包含碳纖維強化樹脂之UD材之受檢體130a之情形時，可知主要的內部狀態變化為層間剝離D。

【0106】其次，梭織物狀纖維強化樹脂材料之落錘實驗係使用包含上述梭織物狀纖維強化樹脂材料之厚度3.7 mm之受檢體130b進行。落錘實驗係藉由使錘135落下至受檢體130b之表面而對受檢體130b之表面施加衝擊，然後，藉由觀察落錘實驗後之受檢體130b之剖面而進行受檢體130b之內部狀態變化之確認。落錘實驗係以施加至受檢體130b表面之衝擊能量成為15.9 J之方式使錘135落下至受檢體130b之表面。

【0107】圖7中表示觀察結果之模式圖。如圖7所示，於受檢體130b之表面產生有凹陷131a。於受檢體130b之內部，產生有由層間剝離D、剪切裂痕S及纖維破斷等形成之複合之內部狀態變化M。可知包含梭織物狀纖維強化樹脂材料之受檢體130b與包含碳纖維強化樹脂材料之UD材相比產生了內部狀態之複雜變化。

【0108】且說，受檢體當受檢體之內部狀態變化時彈性模數會產生變化。本發明者等人著眼於如下情況：伴隨此種受檢體之彈性模數之變化，於上述受檢體內傳播之超音波振動之傳播時間產生延遲。本實施形態中，使用傳播時間之延遲來檢測受檢體之內部狀態。

【0109】圖8係測定將梭織物纖維強化樹脂作為受檢體算出之傳播時

間與將成為基準之健全之梭織物纖維強化樹脂材料作為受檢體算出之傳播時間之間產生的延遲時間與頻率之關係的特性圖。

【0110】受檢體係使用圖7所示之受檢體130b。加振部101及振動檢測部102安裝於受檢體130b上。內部狀態產生變化之區域於受檢體130b中位於加振部101與振動檢測部102之間。再者，圖8表示測定藉由上述落錘實驗對受檢體130b之表面施加3次衝擊之狀態之延遲時間所得的結果。

【0111】圖8之例中，加振部101對受檢體130b施加包含低於300 kHz之頻帶之啁啾波之超音波振動。振動檢測部102檢測由加振部101施加至受檢體130b且於受檢體130b中傳播之超音波振動。

【0112】上述延遲時間之測定係藉由在根據振動檢測部102之輸出值求出每一頻率之於受檢體103b傳播之超音波振動之傳播時間之後，求出上述傳播時間相對於低於300 kHz之頻帶中之受檢體103b之基準傳播時間的延遲時間而進行。圖8表示與頻率相應之延遲時間。

【0113】如圖8所示，延遲時間係頻率越低則越大。於特定之頻率下，延遲時間成為最大。內部狀態檢測裝置100藉由使用延遲時間之最大值進行內部狀態之推定，而可容易地推定內部狀態變化之區域之大小。

【0114】其次，本發明者等人改變對由梭織物狀纖維強化樹脂構成之受檢體施加衝擊之次數，確認超音波振動相對於上述受檢體之傳播時間如何變化。落錘實驗中，使用與上述梭織物狀纖維強化樹脂相同厚度之3.7 mm之梭織物狀纖維強化樹脂之受檢體130b，藉由使錘135落下至受檢體130b之表面而對受檢體130b之表面施加衝擊。落錘實驗係將衝擊次數自1次變至5次而進行。落錘實驗以於1次衝擊中施加至受檢體130b表面之衝擊能量成為15.9 J之方式使錘135落下至受檢體130b之表面。

【0115】表1示出了施加落錘衝擊時求出梭織物纖維強化樹脂材料之內部狀態之變化部131之大小所得的結果。內部狀態之變化部131之大小係自藉由超音波探傷檢查所獲得之內部狀態之圖像中求得。表1中之 X_{max} 、 Y_{max} 表示圖3所示之內部狀態之變化部131部分之水平方向之長度 X 及垂直方向之長度 Y 之最大值。表1中之 S 表示圖3所示之內部狀態之變化部131部分之表面積。

【0116】

[表1]

衝擊次數	$X_{max}(mm)$	$Y_{max}(mm)$	$S(mm^2)$	等效直徑(mm)
1	22.17	13	226.36	17
2	23.28	15	274.26	18.7
3	25.76	16.5	333.83	20.6
4	28.26	18.6	412.83	22.9
5	31.46	19	469.46	24.4

【0117】由表1可知，每當增加施加至受檢體130b表面之衝擊之次數時，內部狀態之變化部131變大。

【0118】圖9A～圖9E表示求出進行衝擊實驗後之延遲時間所得之結果。圖9A～圖9E係表示將進行了落錘衝擊之梭織物纖維強化樹脂材料作為受檢體算出之傳播時間與將成為基準之健全的梭織物纖維強化樹脂材料作為受檢體之情形時之基準傳播時間之間產生的延遲時間與頻率之關係的特性圖。圖9A係施加至受檢體130b表面之衝擊為1次之情形時之特性圖。圖9B係施加至受檢體130b表面之衝擊為2次之情形時之特性圖。圖9C係施加至受檢體130b表面之衝擊為3次之情形時之特性圖。圖9D係施加至受檢體130b表面之衝擊為4次之情形時之特性圖。圖9E係施加至受檢體130b表面之衝擊為5次之情形時之特性圖。

【0119】圖9A～圖9E表示0至300 kHz之頻率與超音波振動之傳播時間之延遲時間的關係。如圖9A至圖9E所示，當對受檢體130b之表面施加衝擊時，產生傳播時間之延遲。於受檢體130b之內部產生纖維破斷、剪切裂痕或層間剝離等之情形時，傳播時間產生延遲。可知於傳播時間產生延遲之情形時，受檢體130b之內部狀態產生了變化。可知超音波振動之傳播時間之延遲時間根據頻率而存在波峰。

【0120】表2表示測定產生波峰之頻率下之超音波振動之傳播時間之延遲時間所得的結果。

【0121】[表2]

衝擊次數	1	2	3	4	5
延遲時間 (μ s)	0.9	1	1.1	1.3	1.4
頻率 (kHz)	43~56	44~55	49~50	45~53	45~53

【0122】如表2所示，可知每當增加衝擊次數時延遲時間就增加。當衝擊次數增加時，受檢體130b之內部產生之狀態變化之區域變大。由此，根據表2可知，超音波振動之傳播時間之延遲時間根據受檢體130b之內部狀態變化之區域之大小而變化。藉此，受檢體130b之內部狀態變化之區域之大小可根據超音波振動之傳播時間之延遲時間而推定。

【0123】(其他實施形態)

以上，說明了本發明之實施形態，但上述實施形態僅為用以實施本發明之例示。由此，並不限定於上述實施形態，能夠於不脫離本發明之主旨之範圍內將上述實施形態適當變化而實施。

【0124】本實施形態中，如圖3所示，對在受檢體130上安裝有加振部101及振動檢測部102之情形進行了說明。並不限於此，亦可於受檢體

130上安裝複數個振動檢測部102a、102b、102c。

【0125】圖4係模式性地表示於受檢體130上安裝有1個加振部101a、及複數個(本實施形態中為3個)振動檢測部102a、102b、102c之狀態的俯視圖。加振部101a係使用包含長度85 mm之膜狀MFC之致動器。振動檢測部102a、102b、102c分別使用包含長度7 mm之膜狀MFC之感測器。振動檢測部102a、102b、102c以與加振部101a之長度方向中央部及長度方向兩端部分別對應之方式配置於受檢體130上。

【0126】內部狀態推定運算部110根據複數個振動檢測部102a、102b、102c各者之輸出值而分別求出每一頻率之傳播時間，並基於僅出現S0模式及A0模式之頻帶內之各模式之傳播時間之延遲，推定並輸出受檢體130之內部狀態。

【0127】該實施形態中，於落錘實驗中，藉由使錘135落下至厚度3.7 mm之梭織物狀纖維強化樹脂之受檢體130之表面，而對受檢體130之表面施加衝擊。傳播時間之延遲時間係基於由振動檢測部102a、102b、102c檢測出之檢測結果而算出。

【0128】落錘實驗係以施加至受檢體130表面之衝擊能量成為15.9 J之方式使錘135落下至受檢體130之表面。傳播時間之延遲時間係使用由3個振動檢測部102a、102b、102c檢測出之傳播時間而求出。

【0129】施加至受檢體130之衝擊次數為1次。測定47~50 kHz之頻帶中之超音波振動之傳播時間所得之結果為，由振動檢測部102a檢測出之延遲時間為1.9 μs ，由振動檢測部102b檢測出之延遲時間為1.6 μs ，由振動檢測部102c檢測出之延遲時間為1.9 μs 。

【0130】如此，於受檢體130上配置有1個加振部101a及複數個振動

檢測部102a、102b、102c之情形時，於受檢體130之內部產生了狀態變化之情形時，傳播時間之延遲時間由各振動檢測部102a、102b、102c檢測。藉此，該實施形態之內部狀態檢測裝置100可推定受檢體130之較大範圍之內部狀態變化。

【0131】上述實施形態中，對在受檢體130上安裝有1個加振部101a與3個振動檢測部102a、102b、102c之情形進行了說明，但安裝於受檢體之加振部亦可為複數個。又，安裝於受檢體之振動檢測部並不限於3個。安裝於上述受檢體之加振部及振動檢測部之個數只要根據受檢體之大小等適當決定即可。

【0132】上述實施形態中，受檢體130係經碳纖維強化之梭織物狀纖維強化樹脂。經碳纖維強化之梭織物狀纖維強化樹脂例如較佳為環氧樹脂、乙烯酯、酚系樹脂、聚胺酯等熱固性樹脂。再者，纖維除碳纖維外，亦可為玻璃纖維。又，樹脂亦可使用聚丙烯、聚碳酸酯、聚乙烯、聚醯胺等熱塑性樹脂。

【0133】進而，除梭織物狀纖維強化樹脂以外，本發明亦可應用於包含碳纖維強化樹脂之UD材等其他纖維強化樹脂。即，樹脂只要為能夠由纖維強化之樹脂，則亦可為其他種類之樹脂。

【0134】本實施形態之內部狀態檢測裝置100可設置於乘坐物。圖10表示作為設置有本實施形態之內部狀態檢測裝置100之乘坐物之車輛1之整體構成。圖11表示車輛1之整體構成及內部狀態檢測裝置100之構成。

【0135】以下，圖中之箭頭F表示車輛1之前方向。圖中之箭頭U表示車輛1之上方向。再者，前後左右方向分別係指自駕駛車輛1之騎乘者觀察之情形時之前後左右方向。

【0136】圖10係表示作為實施形態之乘坐物之車輛1之整體構成之概況的側視圖。車輛1例如為機車，具備車體2、前輪3、及後輪4。本實施形態中，車輛1係騎乘者以橫跨之狀態乘坐之跨坐型車輛(straddled vehicle)。此處，跨坐型車輛係具備鞍型座部之車輛。跨坐型車輛例如包含機車、三輪車、四輪車等。

【0137】車體2支持前輪3、後輪4、車體外殼5、把手6、座部7及動力單元8等各構成零件。本實施形態中，車體2係包含框架10、及後臂14且支持車輛1之各構成零件之構造體。

【0138】後臂14相對於框架10支持後輪4。後臂14之前部能夠於上下方向旋轉地連接於框架10之主框架12。

【0139】再者，前輪3藉由支持於車體2之一對前叉9而能夠旋轉地得以支持。

【0140】框架10具有頭管11、主框架12、及後框架13。

【0141】如圖10所示，頭管11位於車輛1之前部，且將連接於把手6之轉向軸6a能夠旋轉地支持。頭管11連接於主框架12之前部。

【0142】主框架12以自頭管11朝車輛後方延伸之方式連接於頭管11。於主框架12，支持有動力單元8等。再者，框架10之至少一部分由車體外殼5覆蓋。

【0143】本實施形態中，主框架12可由金屬材料構成，亦可由藉由碳纖維等纖維將樹脂強化後之纖維強化樹脂材料構成。又，主框架12亦可一部分由纖維強化樹脂材料構成。

【0144】後框架13連接於主框架12之後部。本實施形態中，後框架13可由金屬材料構成，亦可由藉由碳纖維等纖維將樹脂強化後之纖維強化

樹脂材料構成。又，後框架13亦可一部分由纖維強化樹脂材料構成。

【0145】把手6安裝於將前輪3能夠旋轉地支持之一對前叉9之上部。

【0146】再者，構成車體2之零件可由藉由碳纖維將樹脂強化後之碳纖維強化樹脂材料構成。例如，亦可除主框架12及後框架13以外，後臂14等由藉由碳纖維將樹脂強化後之碳纖維強化樹脂材料構成。

【0147】本實施形態中，後框架13由藉由碳纖維將樹脂強化後之碳纖維強化樹脂材料構成。碳纖維強化樹脂材料之樹脂例如較佳為環氧樹脂、乙烯酯、酚系樹脂、聚胺酯等熱固性樹脂。本實施形態中，上述碳纖維例如係將纖維彼此編織而成之梭織物纖維。即，本實施形態中，纖維強化樹脂材料係梭織物纖維強化樹脂材料。再者，除碳纖維以外，纖維亦可為玻璃纖維。又，樹脂亦可使用聚丙烯、聚碳酸酯、聚乙烯、聚醯胺等熱塑性樹脂。樹脂只要為能夠藉由纖維強化之樹脂，則亦可為其他種類之樹脂。

【0148】如上所述由碳纖維強化樹脂材料構成之後框架13當受到衝擊時，內部狀態會產生變化。此種後框架13之內部狀態之變化可藉由內部狀態檢測裝置100進行檢測。如圖11所示，本實施形態中，內部狀態檢測裝置100之加振部101及振動檢測部102安裝於後框架13之板狀部分。內部狀態檢測裝置100將後框架13之板狀部分作為受檢體130。內部狀態推定運算部110推定加振部101及振動檢測部102之間之部分之內部狀態。內部狀態推定運算部110將推定之結果輸出至輸出裝置104。

【0149】輸出裝置104於內部狀態推定運算部110推定為於受檢體130之內部存在狀態產生了變化之區域之情形時，將該結果通知給駕駛者等使用者。輸出裝置104例如可由設置於儀錶內之燈構成。內部狀態檢測

裝置100可藉由使燈點亮而將受檢體130之內部狀態報知給使用者。

【0150】又，本發明可不限定受檢體之厚度、形狀地應用。例如，於上述實施形態中，將本發明應用於後框架13，但除後框架13以外，亦可應用於主框架12及後臂14等由纖維強化樹脂材料構成之其他車輛零件。而且，由於厚度、形狀根據零件而不同，故本發明之內部狀態檢測裝置100只要構成為根據與該零件對應之厚度、形狀來推定內部狀態即可。

【0151】上述實施形態中，將機車作為車輛1之例進行了說明，但車輛1只要為三輪車或四輪車等供騎乘者乘坐之車輛，則可為任意構成之車輛。

【0152】進而，除車輛以外，本發明之構成還可應用於遊艇等船舶、航空器等使用有能夠藉由纖維強化之樹脂材料之乘坐物。

【0153】進而，除乘坐物以外，本發明還可應用於使用有能夠藉由纖維強化之樹脂材料之零件或使用有上述零件之裝置。

【符號說明】

【0154】

- 1:車輛(乘坐物)
- 2:車體
- 3:前輪
- 4:後輪
- 5:車體外殼
- 6:把手
- 6a:轉向軸
- 7:座部

- 8:動力單元
- 9:前叉
- 10:框架
- 11:頭管
- 12:主框架
- 13:後框架
- 14:後臂
- 100:內部狀態檢測裝置
- 101:加振部
- 101a:加振部
- 102:振動檢測部
- 102a:振動檢測部
- 102b:振動檢測部
- 102c:振動檢測部
- 103:信號輸出部
- 104:輸出裝置
- 110:內部狀態推定運算部
- 111:傳播時間檢測部
- 112:傳播時間記憶部
- 113:基準傳播時間記憶部
- 114:內部狀態判定部
- 130:受檢體
- 130a:受檢體

130b:受檢體

131:內部狀態變化部

131a:凹陷

135:錘

A0:模式

A1:模式

A2:模式

A3:模式

D:層間剝離

M:複合之內部狀態變化

S:剪切裂痕

S0:模式

S1:模式

S2:模式

S3:模式

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種內部狀態檢測裝置，其係使用具有傳播速度根據頻率變化之複數個對稱模式及複數個非對稱模式作為於板狀受檢體中傳播之模式的蘭姆波之超音波振動，來檢測上述受檢體之內部狀態者，且具備：

加振部，其對包含纖維強化樹脂之板狀受檢體之表面施加包含對於上述受檢體僅出現基本波對稱(S0)模式及基本波非對稱(A0)模式之頻帶之超音波振動的上述蘭姆波之超音波振動；

振動檢測部，其檢測由上述加振部施加至上述受檢體且於上述受檢體傳播之包含僅出現基本波對稱(S0)模式及基本波非對稱(A0)模式之頻帶之超音波振動的上述蘭姆波之超音波振動；及

內部狀態推定運算部，其根據上述振動檢測部之檢測結果推定上述受檢體之內部狀態；且

上述內部狀態推定運算部係

根據由上述加振部加振時獲得之上述振動檢測部之輸出值而求出與頻率對應之在上述受檢體中傳播之超音波振動之傳播時間，且基於上述傳播時間相對於僅出現基本波對稱(S0)模式及基本波非對稱(A0)模式之頻帶內之上述受檢體之基準傳播時間的延遲時間，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【請求項2】

如請求項1之內部狀態檢測裝置，其中

上述內部狀態推定運算部係

於僅出現基本波對稱(S0)模式及基本波非對稱(A0)模式之頻帶內之

各頻率下，基於上述傳播時間相對於上述受檢體之基準傳播時間之延遲時間中之最大時間差，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【請求項3】

如請求項1之內部狀態檢測裝置，其中
對於1個加振部，具備複數個振動檢測部，
上述內部狀態推定運算部係

根據上述複數個振動檢測部各者之輸出值而求出與頻率對應之在上述受檢體傳播之超音波振動之傳播時間，且基於各個上述傳播時間相對於僅出現上述基本波對稱(S0)模式及基本波非對稱(A0)模式之頻帶內之上述受檢體之基準傳播時間的延遲時間，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【請求項4】

如請求項2之內部狀態檢測裝置，其中
對於1個加振部，具備複數個振動檢測部，
上述內部狀態推定運算部係

根據上述複數個振動檢測部各者之輸出值而求出與頻率對應之在上述受檢體傳播之超音波振動之傳播時間，且基於各個上述傳播時間相對於僅出現上述基本波對稱(S0)模式及基本波非對稱(A0)模式之頻帶內之上述受檢體之基準傳播時間的延遲時間，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【請求項5】

如請求項1至4中任一項之內部狀態檢測裝置，其

進而具備記憶部，該記憶部對於內部狀態已知之受檢體，記憶與僅出現上述基本波對稱(S0)模式及基本波非對稱(A0)模式之頻帶內之複數個頻率對應之上述受檢體之基準傳播時間，

上述內部狀態推定運算部基於對應於上述頻帶內儲存於上述記憶部之至少1個頻率之上述受檢體之基準傳播時間、及對應於與上述至少1個頻率相同頻率之上述傳播時間，推定並輸出上述受檢體之內部狀態。

【請求項6】

如請求項1至4中任一項之內部狀態檢測裝置，其中

上述加振部將頻率隨時間而增加或減少之超音波振動作為上述蘭姆波之超音波振動施加至上述受檢體。

【請求項7】

如請求項5之內部狀態檢測裝置，其中

上述加振部將頻率隨時間而增加或減少之超音波振動作為上述蘭姆波之超音波振動施加至上述受檢體。

【請求項8】

如請求項1或3之內部狀態檢測裝置，其中

上述加振部及上述振動檢測部包含膜狀壓電元件。

【請求項9】

如請求項1至4中任一項之內部狀態檢測裝置，其中

上述受檢體由梭織物纖維強化樹脂材料構成。

【請求項10】

如請求項5之內部狀態檢測裝置，其中

上述受檢體由梭織物纖維強化樹脂材料構成。

【請求項11】

如請求項6之內部狀態檢測裝置，其中

上述受檢體由梭織物纖維強化樹脂材料構成。

【請求項12】

如請求項7之內部狀態檢測裝置，其中
上述受檢體由梭織物纖維強化樹脂材料構成。

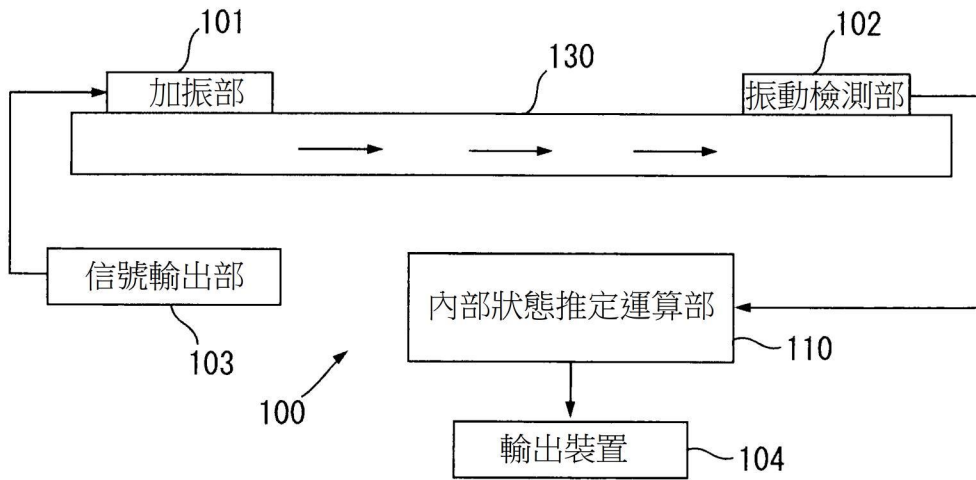
【請求項13】

如請求項8之內部狀態檢測裝置，其中
上述受檢體由梭織物纖維強化樹脂材料構成。

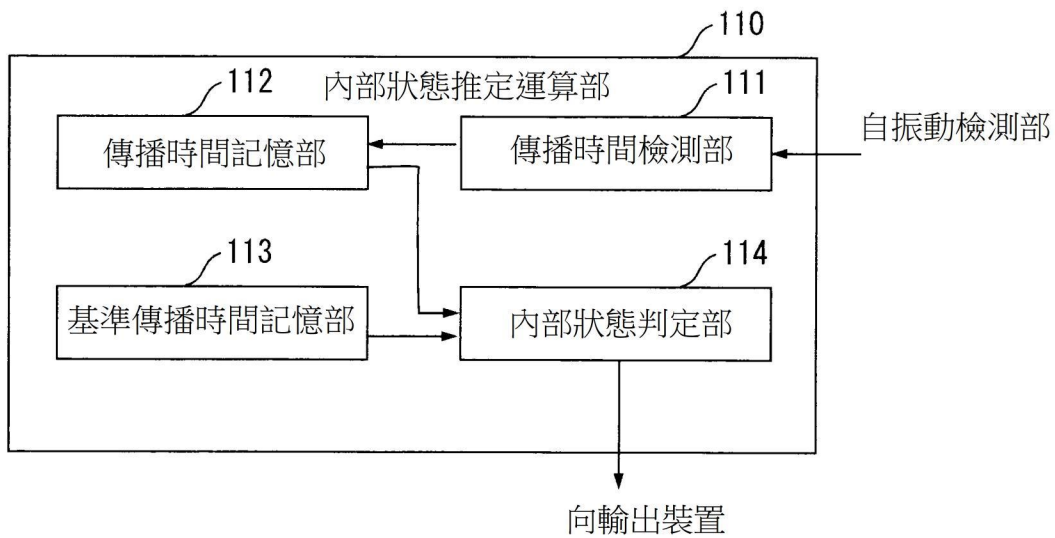
【請求項14】

一種乘坐物，其係將包含纖維強化樹脂之板狀體用於至少1個以上之
零件者，且
具備如請求項1至13中任一項之內部狀態檢測裝置，
上述內部狀態檢測裝置將上述零件作為上述受檢體而檢測上述零件
之內部狀態。

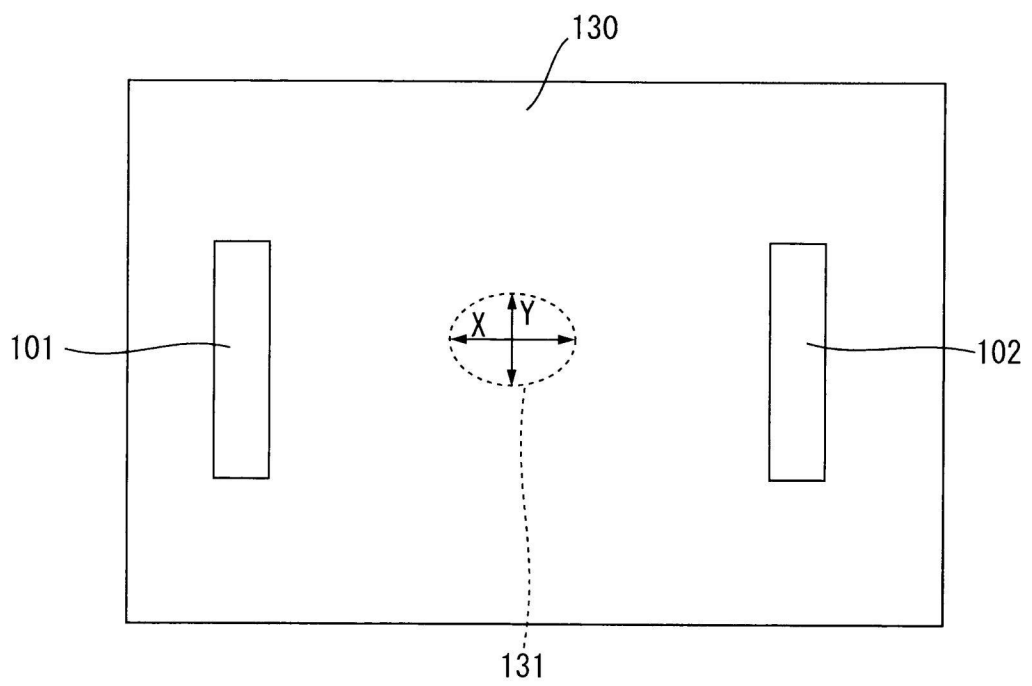
【發明圖式】



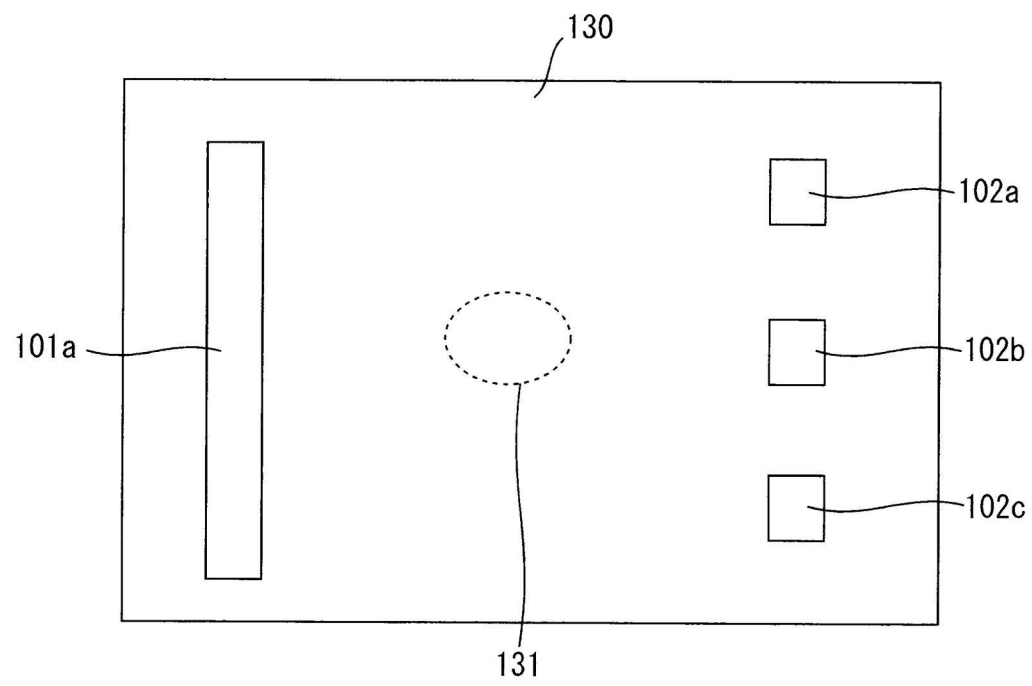
【圖1】



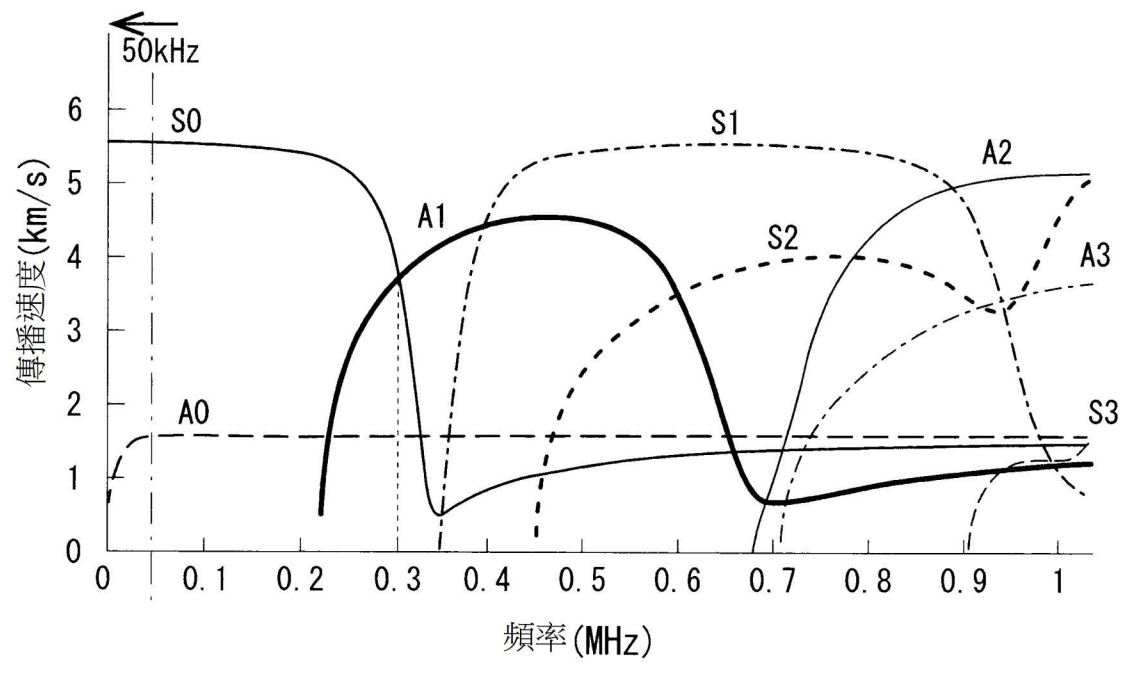
【圖2】



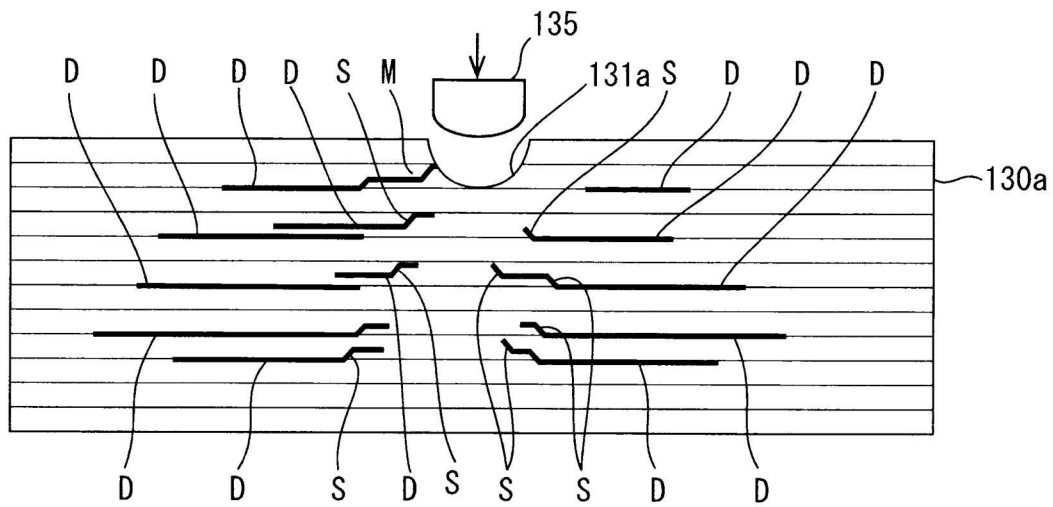
【圖3】



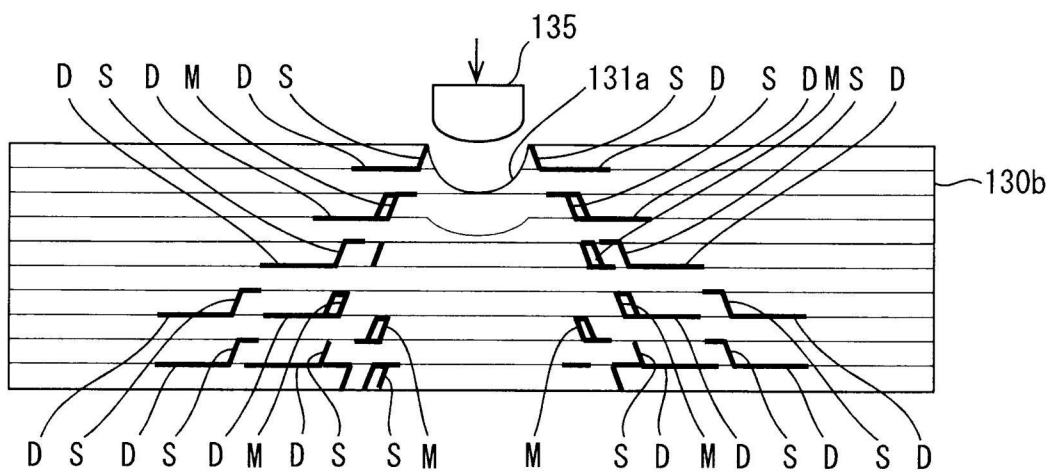
【圖4】



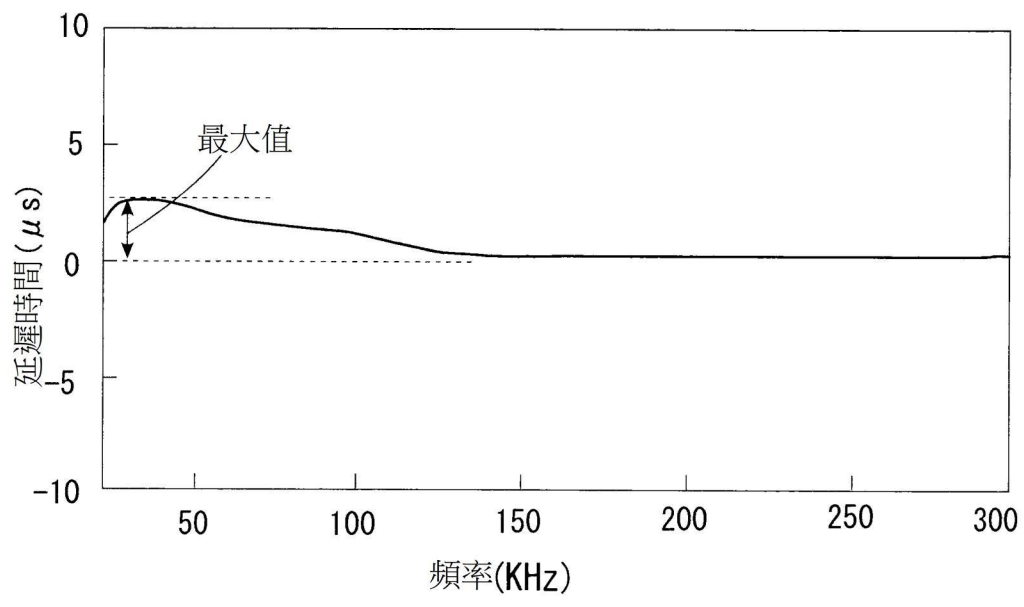
【圖5】



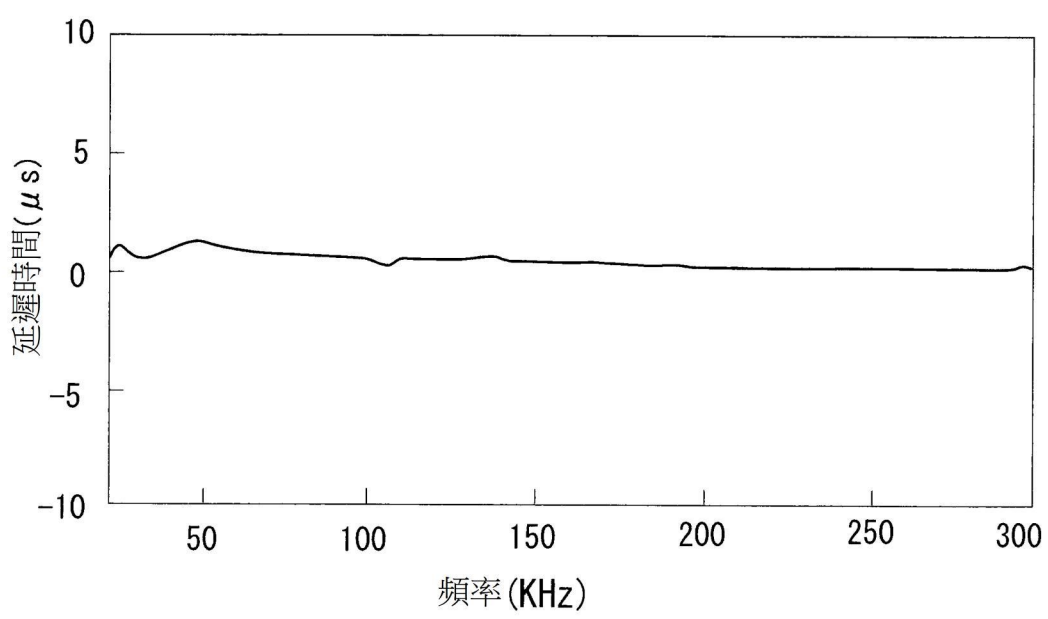
【圖6】



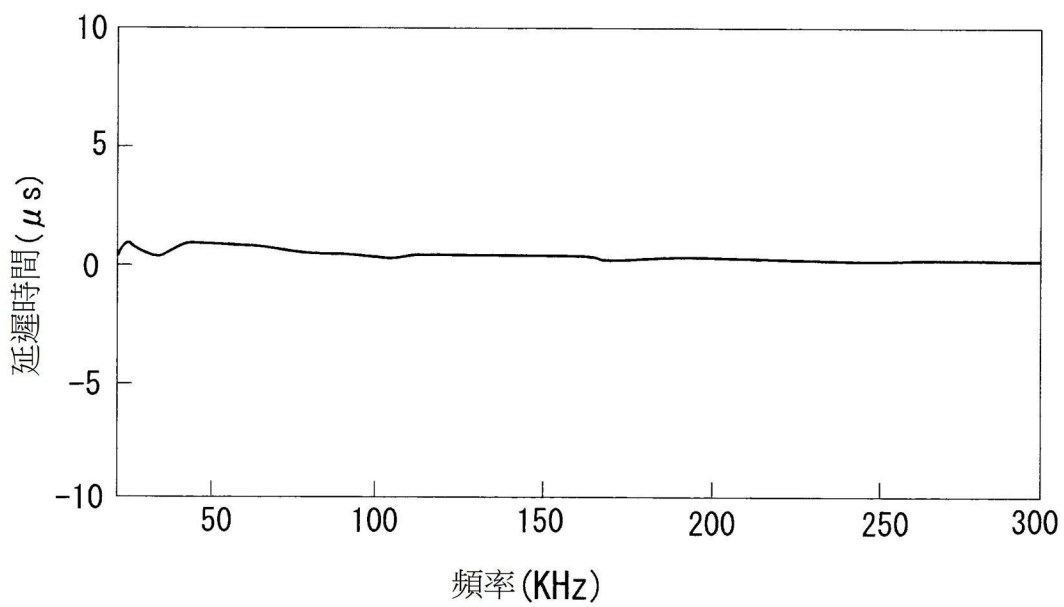
【圖7】



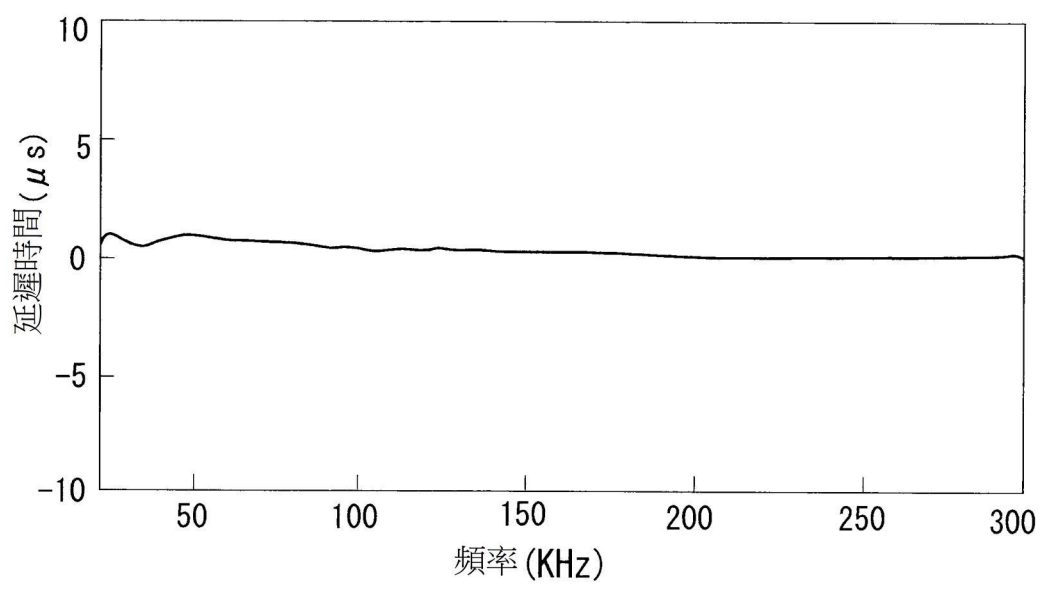
【圖8】



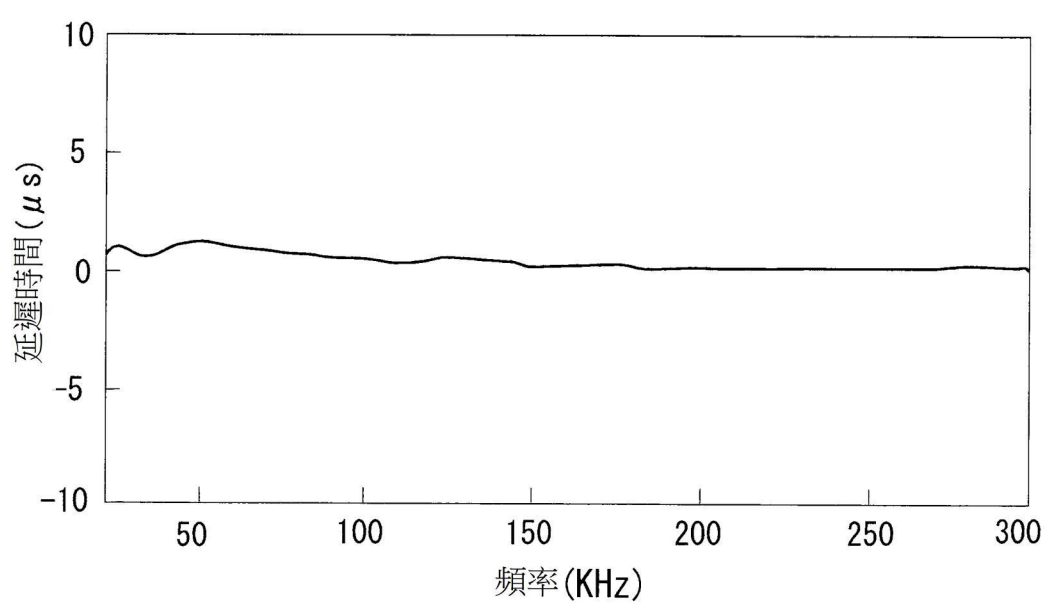
【圖9A】



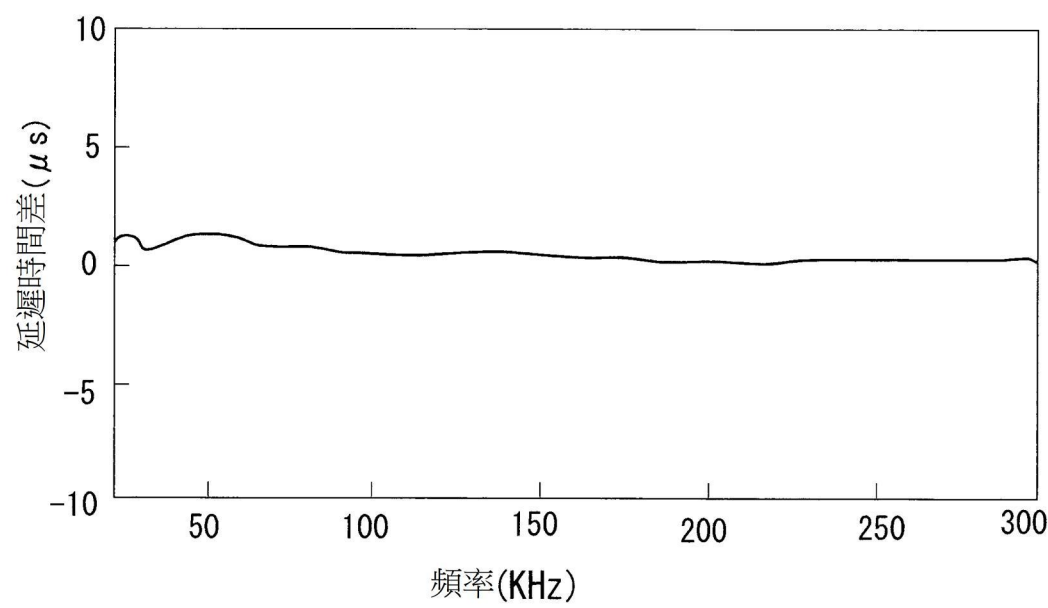
【圖9B】



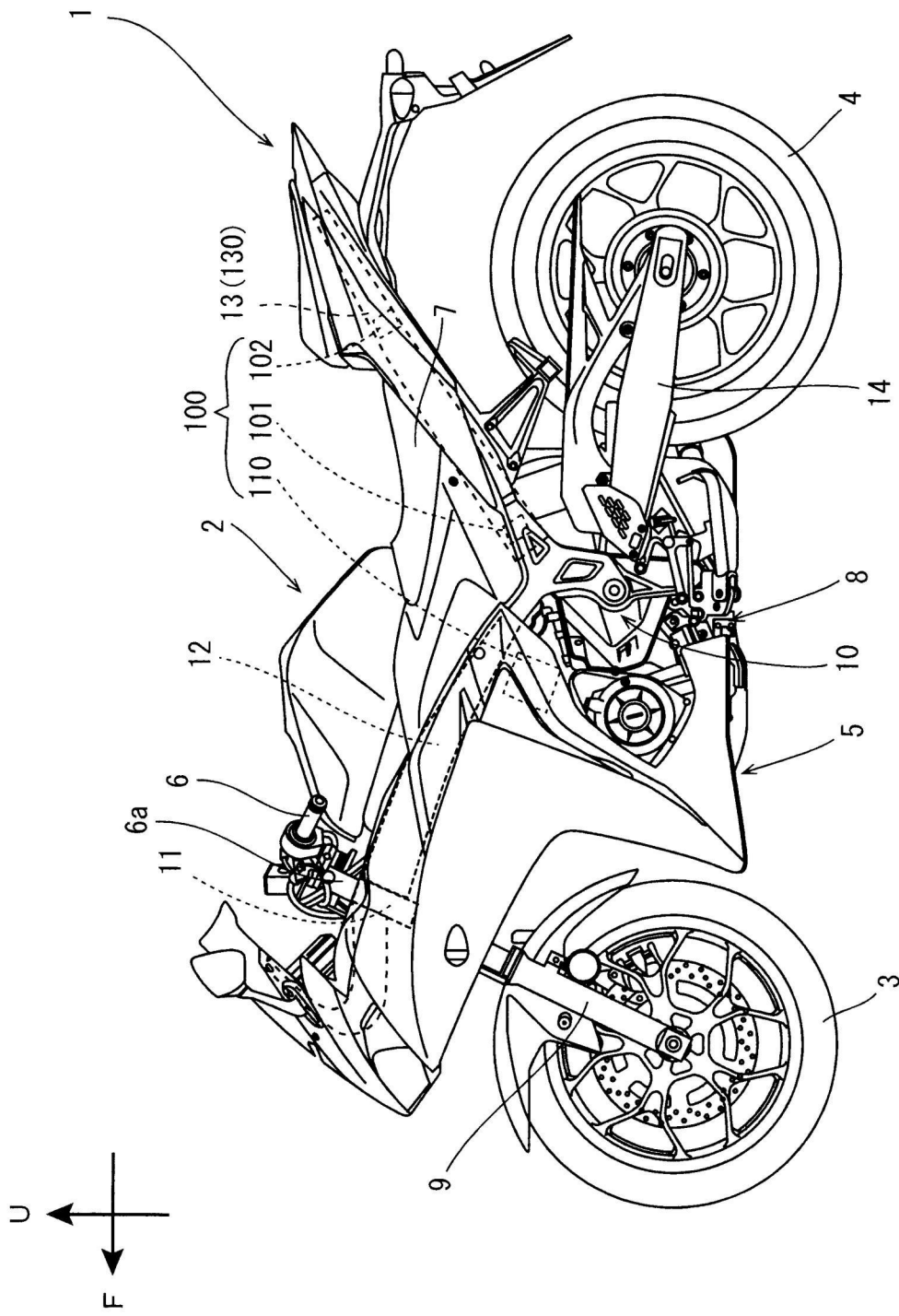
【圖9C】



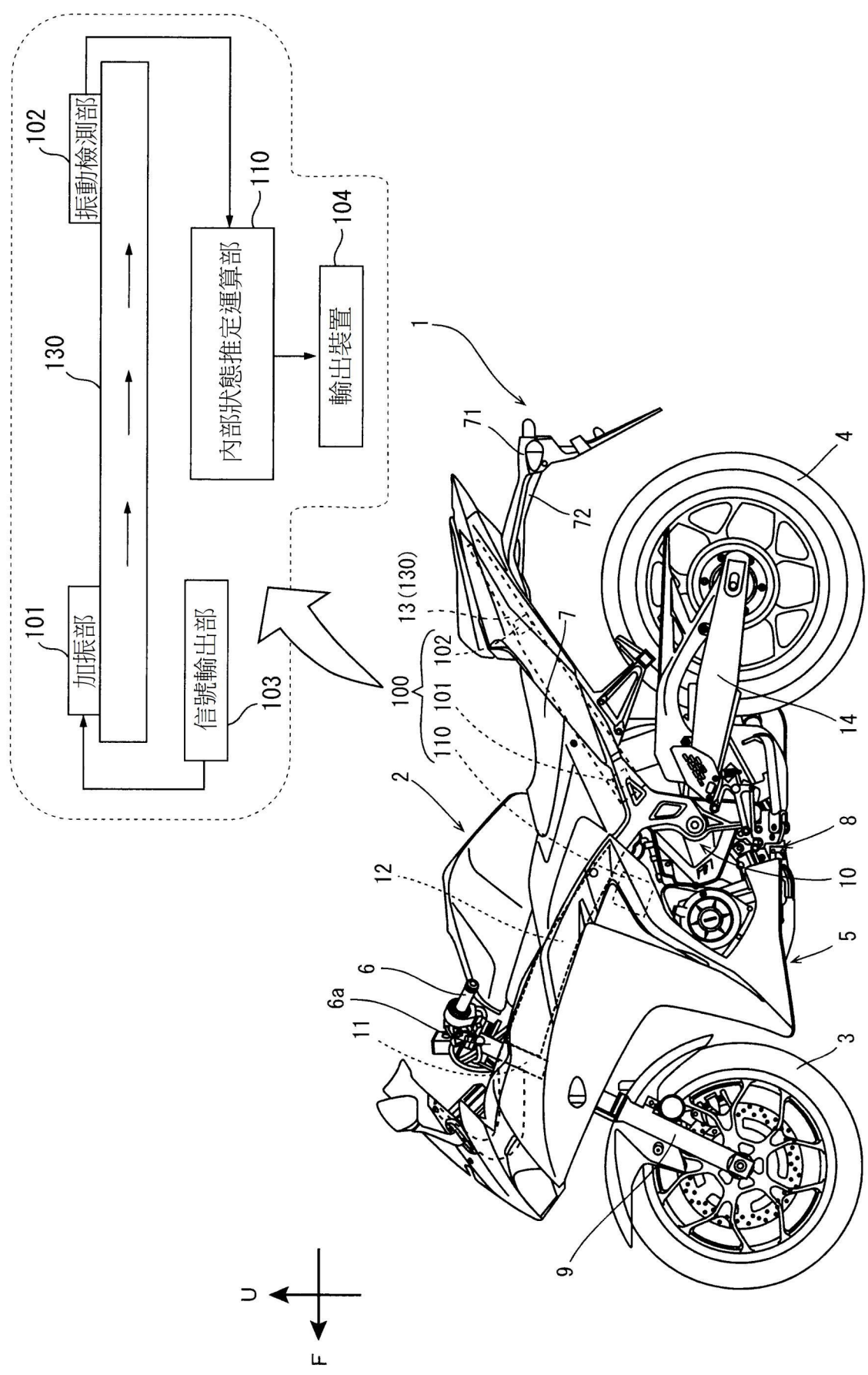
【圖9D】



【圖9E】



【圖10】



【圖11】