

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：實習)

汽機振動量測技術之研究

服務機關：台灣電力公司
出國人：職稱：機械工程師
姓名：陳瑞麒
(姓名代號)：630513

出國地區：日本
出國期間：90年9月24日至10月9日
報告日期：90年11月30日

63 / 009005153

行政院及所屬各機關因公出國人員出國報告書審核表

出國報告名稱：汽機振動量測技術之研究	
出國計畫主辦機關名稱：台灣電力公司	
出國人姓名/職稱/服務單位：陳瑞麒/機械工程師/綜合研究所	
出國計畫 主辦機關 審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3.內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> （1）不符原核定出國計劃 <input type="checkbox"/> （2）以外文撰寫或僅以所蒐集外交資料為內容 <input type="checkbox"/> （3）內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> （4）未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> （5）未於資訊網登錄提要及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8.其他處理意見：
層轉機關 審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部份 _____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 退回補正，原因： _____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不須填寫「層轉機關審意見」。
- 二、各機關可依需要自行 增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存
- 三、審核作業應於出國報告提出後 二個月內完成。

總經理

副總經理

單位



直接



主管



報告人：



行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：汽機振動量測技術之研究 頁數 41 含附件：口是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/陳瑞麒/ (02) 26815424~277

出國類別：口 1 考察 口 2 進修 口 3 研究 4 實習 口 5 其他

出國期間：90 年 9 月 24 日至 10 月 9 日 出國地區：日本

報告日期：90 年 11 月 30 日

分類/號目

關鍵詞：汽機、振動量測、應變規

內容摘要：

綜合研究所刻正從事各項火力與核能電廠之汽機壽命評估及破損案件肇因評估工作，經常需從事相關的振動實驗，以配合理論分析工作驗證之用，為精進相關技術及突破瓶頸，因此擬定此實習計畫，希望藉由學習國外廠家在振動量測方面之技術與經驗，藉以提昇本所的振動量測技術，重點在於應變規應用的相關技術，並擴及對旋轉件的量測工作。藉由振動量測技術的精進，可對各電廠之大修試驗工作提供更高品質之服務。本報告首先對日本 KYOWA 公司作一簡介，接著描述應變規的原理，同時對其最新之產品高溫應變規以及 MRT-300 無線發報設備做一說明，最後作成感想及建議。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

	頁數
一、前言 -----	1
1.1 出國目的 -----	1
1.2 出國行程 -----	1
二、實習內容 -----	2
2.1 KYOWA 公司簡介 -----	2
2.2 應變規原理 -----	2
2.3 高溫應變規 -----	7
2.4 MRT-300 無線發報設備 -----	8
三、感想及建議 -----	10
附圖 -----	11

一、前言

1.1 出國目的

綜合研究所刻正從事各項火力與核能電廠之汽機壽命評估及破損案件肇因評估工作，經常需從事相關的振動實驗，以配合理論分析工作驗證之用，為精進相關技術及突破瓶頸，因此擬定此實習計畫，希望藉由學習國外廠家在振動量測方面之技術與經驗，藉以提昇本所的振動量測技術，重點在於應變規應用的相關技術，並擴及對旋轉件的量測工作。藉由振動量測技術的精進，可對各電廠之大修試驗工作提供更高品質之服務。

1.2 出國行程

90/9/24

台北 → 日本東京

90/9/25~90/10/8

於 KYOWA 公司實習汽機振動量測技術之研究

90/10/9

日本東京 → 台北

二、實習內容

2.1 KYOWA 公司簡介

KYOWA 公司之總部位於日本東京之調布市，資金約 1,300 百萬日圓，主要是製造和銷售感應器（sensor）、換能器（transducer）及其附屬量測儀器設備等，目前員工約有 530 人，每年業績約 13,820 百萬日圓。

此次前往 KYOWA 公司實習，同時也參觀其工廠各個部門，包括設計、分析、製造、裝配、測試、校正、品管、倉儲、銷售等部門，其測試儀器則有各類的溫度、溼度、壓力、電磁波等環境因素控制設備，拉伸、壓力測試設備，疲勞測試設備，振動、壓力、拉力、扭力等校正儀器，例如圖 1 是電子顯微設備，圖 2 是蝕刻儀，為應變規加工用，圖 3 是電磁波量測室，其生產之儀器設備必須符合政府規定之電磁波安全標準，圖 4 是 FEM 分析設計，採用 ANSYS、Pro/E 軟體，圖 5 是濺鍍設備，作儀器之表面處理用，圖 6 是力規較正儀，圖 7 是應變規之生產線，圖 8 是換能器之組裝線，圖 9 是氣壓自動校正機，圖 10 是三度座標量測儀，圖 11 是扭力校正器。

KYOWA 公司所生產的感應器、換能器等主要是以應變規式為主，其產品包括有：圖 12 為各類應變規，圖 13 為無線傳輸資料記錄器，圖 14 為感應器介面裝置，圖 15 為記錄器和分析儀，圖 16 為栓型力規，圖 17 為墊片型力規，圖 18 為感應器、換能器之放大器，圖 19 為平面傾斜度測定計，圖 20 為小型孔壓換能器，圖 21 為資料記錄器，圖 22 為數位式應變記錄器，圖 23 為各類的位移計，圖 24 為加速規，圖 25 為扭力計。

此次前往 KYOWA 公司，主要是實習應變規之相關技術，蒐集高溫應變規相關資料及其無線發報設備 MRT-300 等，茲分述如下。

2.2 應變規原理

圖 26 為應變規之構造圖，當應變規因受力而產生變形時，應變規內的柵型導線也跟著一起變形，因而改變導線之電阻值，其輸出電壓因而產生變化。

依據導線之電阻公式，

$$R = \rho \frac{l}{A} \text{-----(1)}$$

R ：導線電阻

ρ : 導線電阻係數

l : 導線長度

A : 導線截面積

若電阻值產生變化，亦即對(1)式微分，可得

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta A}{A} \text{-----}(2)$$

而根據圓之面積公式

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \text{-----}(3)$$

d : 導線直徑

對(3)式微分，可得

$$\frac{\Delta A}{A} = 2 \frac{\Delta d}{d} = -2\nu \frac{\Delta l}{l} \text{-----}(4)$$

ν : Poisson's ratio

代入(2)式

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} + 2\nu \frac{\Delta l}{l} = (1+2\nu) \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \text{-----}(5)$$

而應變 $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ ，因此上式可寫成

$$\frac{\Delta R}{R} / \varepsilon = (1+2\nu) + \frac{\Delta \rho}{\rho} / \varepsilon \text{-----}(6)$$

假設電阻係數 ρ 的改變是正比於材料體積的改變，則

$$\Delta \rho = m\rho \frac{\Delta V}{V} \Rightarrow \frac{\Delta \rho}{\rho} = m \frac{\Delta V}{V} \text{-----}(7)$$

m : 常數

而

$$\frac{\Delta V}{V} = (1-2\nu) \frac{\Delta l}{l} \text{-----}(8)$$

將(7)、(8)式代入(6)式

$$\frac{\Delta R}{R} / \varepsilon = (1+2\nu) + m(1-2\nu) = k \text{-----}(9)$$

k : gage factor

因此(9)式可重寫為

$$\frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon \text{-----}(10)$$

由上式可知，當應變規受力變形時，其電阻值之變化量正比於應變量。在(9)式中，大部分應變規所用的電阻材料為銅鎳合金，其 $m \approx 1$ ，因此 $k \approx 2$ ，亦即一般之應變規其 gage factor 約為 2。

通常應變所引起的應變規電阻值變化是非常的小，因此必須利用惠斯登電橋電路來將此微小的電阻值變化轉換成爲電壓信號。惠斯登電橋電路如圖 27 所示，4 個電阻代表應變規，1、3 點爲電壓輸入端，2、4 點爲電壓輸出端，根據歐姆定律

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} \text{-----} (11)$$

a 點的電位是

$$E_a = R_1 I_1 \text{-----} (12)$$

將(11)式代入(12)式可得

$$E_a = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot E \text{-----} (13)$$

同理可得 b 點的電位

$$E_b = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot E \text{-----} (14)$$

因此輸出電壓

$$e = E_a - E_b = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \cdot E \text{-----} (15)$$

若一開始電橋爲平衡狀態，即 $R_1 R_3 = R_2 R_4$ ，則 $e = 0$ 。當受應力而產生變形時，電阻值產生些微變化，可對上式微分

$$\Delta e = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} \right) E + \frac{R_3 R_4}{(R_3 + R_4)^2} \left(\frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) E \text{---} (16)$$

因 $R_1 R_3 = R_2 R_4$ ，故上式可化爲

$$\Delta e = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) E \text{-----} (17)$$

假設四個應變規的 gage factor 相同，由(10)式可知

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = k \varepsilon_1, \quad \frac{\Delta R_2}{R_2} = k \varepsilon_2, \quad \frac{\Delta R_3}{R_3} = k \varepsilon_3, \quad \frac{\Delta R_4}{R_4} = k \varepsilon_4 \text{-----} (18)$$

因此，(17)式變成

$$\Delta e = \frac{k}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) E \text{-----} (19)$$

由上式可知，輸出的電壓變化量正比於 4 個應變規應變量之組合，同時也說明了如何利用惠斯登電橋電路來將此微小的電阻值變化轉換成爲電壓信號的原理。

一般而言，即使使用 4 個同型的應變規來組成惠斯登電橋，由於其電阻值必定會有些微的差異，因此電橋即無法平衡，輸出電壓不爲零，爲克服此一問題，必須在電橋內加裝一可變電阻，如圖 28 所示，利用可變電阻來改變 R_3 、 R_4 之分壓，即可使得輸出電壓爲零。

利用應變規來量測應變時，會碰到的最大問題是由於溫度變化所造成的「零點漂移 (zero drift)」現象。應變規除了因受力變形會造成電阻值改變外，由於溫度的變化也會造成電阻值的改變，使得電橋的輸出不爲零而產生電壓訊號，此即「零點漂移」現象。此問題必須加以解決，否則得到的訊號即有誤差，底下即介紹兩種解決之道。

第一種爲 ACTIVE、DUMMY 法，如圖 29 所示，將 active gage 貼在待測物上，dummy gage 貼在參考件上，此參考件不受力，但因此二物件處於相同的溫度環境之下，兩應變規受溫度因素的影響是一樣的，因此不會產生零點漂移的問題。

第二種爲使用具溫度補償功能的應變規 SELCOM GAGE。假設待測物體表面是平的，且底座和接著劑黏貼牢固，則下式成立

$$\frac{\Delta R/R}{\Delta T} = \alpha + k(\beta_s - \beta_g) \text{-----} (20)$$

α ：應變規之溫度-電阻係數

β_s ：待測物體之線膨脹係數

β_g ：應變規之線膨脹係數

若溫度的改變並不會造成應變規電阻值的改變，則

$$\alpha = k(\beta_g - \beta_s) \text{-----} (21)$$

若待測物體爲某種鋼材，其線膨脹係數爲 $11 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ ，應變規材料銅鎳合金的線膨脹係數爲 $15.5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ ，其溫度-電阻係數爲 $9 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ ($k = 2$)，則(21)式成立。由以上的推論可知，SELCOM GAGE 的導線材質必須配合待測物的材質，才能使(21)式成立，而達到較佳的溫度補償功能。圖 30 是使用在一般鋼材的 SELCOM GAGE 之溫度補償曲線，由此圖可知其補償並不能涵蓋整個溫度範圍，但誤差在 $\pm 1.8 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ 內，誤差甚小。

除了應變規本身的零點漂移現象外，連接應變規的導線所引起的溫度效應也必須考慮。如圖 31 所示，連接應變規的導線也有些許的

電阻值，當溫度改變時其電阻也會產生變化，使得電橋的平衡狀態受破壞。解決之道即採用三導線法，如圖 32 所示，如此電橋下半部分左右兩邊之電阻受溫度影響程度相同，電橋即可保持平衡狀態。

應變規的種類繁多，大致有以下的分類方式：

- 1.以電阻體來分類：有線狀、箔狀、半導體等。其中由於箔狀的操作、耐久性及各種特性皆較佳，現在的佔有率達 80~90%。
- 2.以基座材料來分類：有 Phenol, Phester, Polyester, Polyimide 等樹脂及紙 Asbesto，其中用最多的基材為 Phester 及 Polyimide 等樹脂。
- 3.以 Gage 長度來分類：從 0.2mm 到 120mm 有很多種不同長度可供選擇。大致而言，0.2mm~1mm 適用於狹窄地方、應力集中地方、衝擊應變等快速現象的測定；2mm~10mm 適用於一般測定用、換能器用、作業容易、價廉等；30mm~120mm 適用於混凝土、土材等表面狀況不一樣的材料。
- 4.以 Gage 形狀來分類：有單、雙、參軸應力測定、應力集中測定用等。

每一個應變規均有其型號，該型號即內含此應變規的許多資訊，圖 33 是 KYOWA 廠牌應變規的型號說明，該圖已說明得很清楚，在此不再贅述。

圖 34 是一般應變規的構造圖，包括應變規本身、端子、導線及黏貼應變規用的接著劑等，在此分別加以說明。接著劑是將應變規黏貼在被測物上，需針對應變規的底座材料、被測物體的材質及使用的環境等幾個因素來考慮，才能選擇出一種最適用的接著劑，如此才能使應變規發揮其最大功效，圖 35 列出接著劑的種類和其特點，可供參考。

使用端子的目的是因為應變規本身是構造相當脆弱的東西，可能由於導線輕微的拉扯而斷裂或剝落。因此，為了保護應變規，使外來的力量不致傷害到應變規，就在應變規和導線中間加上一個端子，此端子亦以接著劑固定在被測物上，如此即可將由導線傳來的外力加以隔開，圖 36 列出各種端子的種類及其用途供參考。

從應變規到量測儀器之間必須用導線連接，而導線本身具有電阻，他和應變規的電阻是以串聯的型式連接，這將影響到量測值的正確性，所以盡可能減少導線的長度和選擇最適用的導線。應變的量測分靜態和動態，不同的量測即需選用不同的導線，同時亦需考慮量測的環境和量測儀器等因素，圖 37 列出各種導線的種類及其特性供參考。

應變規係將機械的伸長或壓縮轉換成電阻值變化的元件，已廣泛應用於量測應力，此外還可應用於能測定各種物理量的換能器上。所謂換能器，係將欲量測的物理量轉換成其他物理量的東西，其轉換前後成比例關係，例如重量、壓力質變成電壓值。圖 38 列出各種型式的換能器及其長短處，各有其適用的範圍。KYOWA 公司所生產的換能器均採用應變規型式，基本常用的有荷重、壓力、加速度、位移及扭力等換能器。

應變規的輸出信號非常微小，需要用放大器將微小的電器信號放大到約 10,000 倍。此外，應變規及應變規式換能器僅將所受的物理量轉換為其本身電阻之變化而已，並無法直接輸出信號，所以另需有供給電壓的電壓源，以供給電橋一輸入電壓。通常把具備此電源、放大器及其他附屬機構組合成為一體的稱作應變測定器。此應變測定器依測定方式可分為偏移法及零位法，茲分述如下。

所謂偏移法即如圖 39 所示，應變規受力產生應變時，電橋即產生不平衡而輸出電壓信號，此信號經放大器放大後輸出至顯示器。此方式具有電路單純、反應性良好之優點，但另一方面則容易受電源電壓及周圍溫度等外部環境之變化而影響其輸出信號，故需要高安定性的電源電壓及高精度之電路零件，且須以應變來校正其輸出。

所謂零位法即如圖 40 所示，在電橋上設一與應變讀取刻度盤連動之可變電阻，當應變規電阻發生變化時，零點檢測錶指針受電橋不平衡所產生之輸出而偏移。此時注視錶面，調整可變電阻使其歸零，即可由應變讀取刻度盤讀取應變值。此方式因讀取應變時放大器之輸入在零之狀態，所以電橋電源電壓及放大器之感度變化、直線性等幾乎不影響測定精度，因此可獲高精度、高安定的測定器，且不需校正電路，但有反應速度遲緩的缺點。

2.3 高溫應變規

KYOWA 公司最近發展出適用於高溫環境下之各類應變規，目前最高溫度可達 950°C 。舉例而言，圖 41 所示為 KHCS 型高溫應變規，圖 42 為其主要規格，此型應變規其最高溫度可耐 750°C ，gage factor 約為 2，其各部構造如圖 43 所示，茲分述如下。

感測部分的細部構造如圖 44 所示，U 型導線為 active gage，螺旋型導線為 dummy gage，此螺旋型的構造使其不受軸向應變的影響而改變其電阻值，加上兩個 gage 均處於相同的溫度環境，因而達到溫度補償的作用。兩個 gage 外以 Inconel 600 材質的套管加以保護，達到隔熱的效果，套管內填充以氧化鎂粒子，以達到固定及絕緣兩個

gage 之作用。

接頭 1 連接套管和 MI (mineral insulated) 電線，細部構造如圖 45 所示，不再贅述，MI 電線具隔熱效果。接頭 2 連接 MI 電線和軟線，細部構造如圖 46 所示。接頭 3 連接軟線和軟線，其構造與接頭 2 類似，目的在於損壞時容易更換軟線。

由於 active gage 的線膨脹係數與待測物不同，當溫度改變時會產生假應變 (apparent strain)，因此在電橋中必須加入 R_{TC} 電阻加以補償，如圖 47 所示。由於 MI 電線中導線的材質為鎳，其電阻溫度係數高於一般的銅導線，當溫度改變時會產生假應變，因此在電橋中必須加入 R_{LC} 電阻加以補償，如圖 47 所示。由於在電橋中加入了 R_{TC} 與 R_{LC} ，因此相對地必須在電橋中加入平衡電阻 R_{BAL} 使電橋得以平衡。以上這些電阻均已裝設於原廠的電橋調變盒 (bridge adaptor) 中，或者使用者可依需要自行設計。

KHCS 系列的應變規必須用銲接的方式固定在待測物上，因此待測物必須是鐵質金屬，假如待測物是鋁、銅或陶瓷材料則無法使用。在使用點銲機前必須將其點銲能量及電極壓力調整至適當位置，以確保其有足夠的點銲強度，圖 48 是 KYOWA 公司的 GW-3C 型點銲機。在銲接的順序上，先使用小金屬帶將接頭 1 及 MI 電線銲接固定住，如圖 49 所示，其次再銲接應變規的凸緣 (flange)，先在凸緣兩側的中央各銲一點，其次再依圖 50 中所示的順序銲接。

2.4 MRT-300 無線發報設備

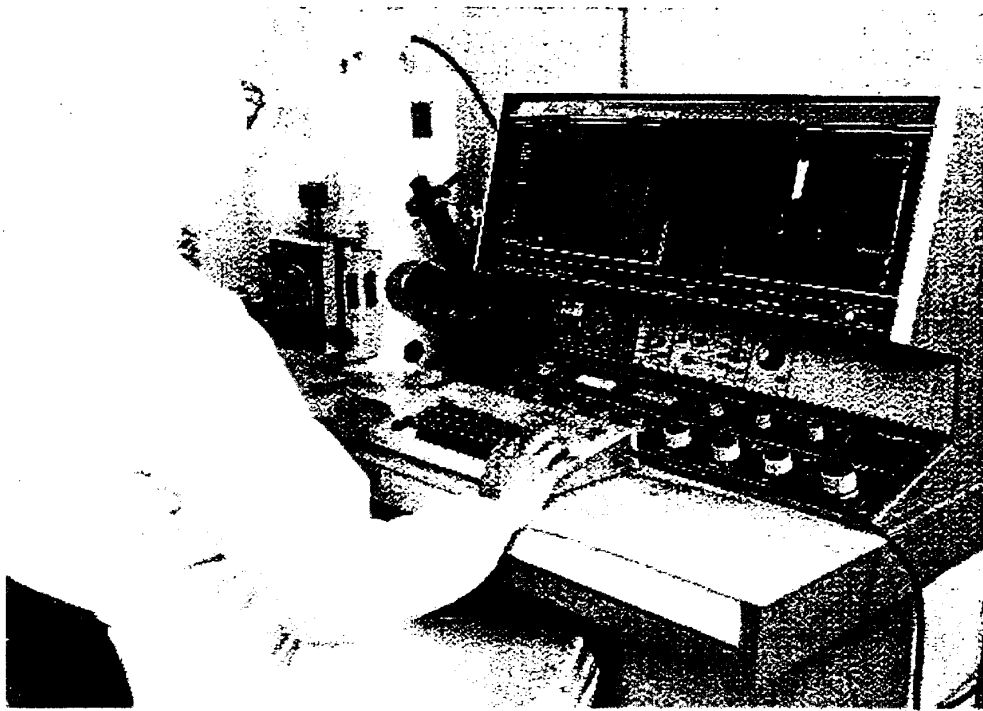
欲量測汽機轉子上的應變是一項高難度的工作，由於轉子處於旋轉狀態，因此增加訊號擷取的困難度，一般是採用滑環 (slip ring) 或無線發報 (telemetry) 的方式，KYOWA 公司的 MRT-300 即屬於後者。圖 51 是 KYOWA 公司 MRT-300 無線發報設備各個元件的外觀，包括有發報器、發報器的電源供應器、1 頻道接收器及 6 頻道接收器。圖 52 是其工作流程圖，不論是應變訊號或是其他的振動訊號，將其接至發報器，發報器的電源由電源供應器供給，發報器將訊號放大並經由發射天線將訊號發射出去，以上這些元件是隨著轉子旋轉。發射出來的訊號由接收天線接收並傳至接收器，最後傳至紀錄器加以記錄或分析儀進行分析工作。

圖 53 說明了發報器與應變規之電橋、發射天線及電池之連接方式，同時針對三種不同的應變範圍必須作不同的 jumper 設定。如果轉軸的直徑較小時必須在轉軸上加一套環，然後將發報器、電池及發射天線裝設在套環上，如圖 54 所示。如果轉軸的直徑夠大，則直接

將各個元件固定在轉軸上即可，如圖 55 所示，固定的方法可採用鐸接或鎖螺絲等方式，同時需注意離心力平衡的問題。圖 56 列出 MRT-300 的規範供參考。

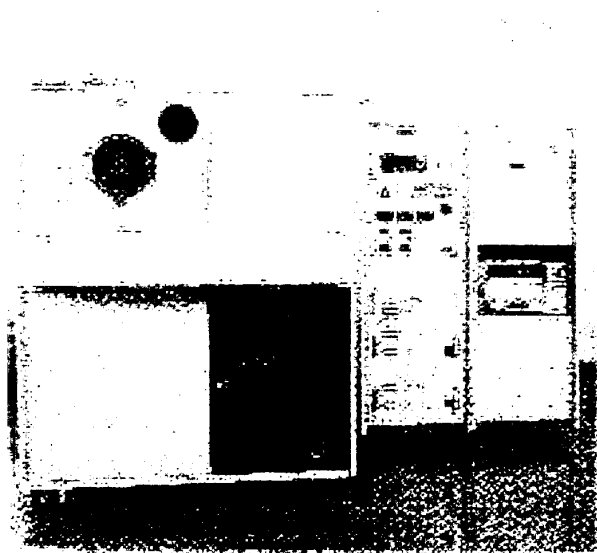
三、感想及建議

1. KYOWA 公司內的各種測試、校準、分析等軟、硬體設施不見得是很先進，有些甚至是自行設計製作，雖不美觀但非常實用，值得本所研究人員之效法。
2. KYOWA 公司的各種產品均經過嚴格的測試，包括溫度、濕度、壓力、疲勞、電磁波、衝擊、校準等，以作為其產品品質之保證，顯示出其敬業態度。
3. KYOWA 公司以應變規式的各類感應器見長，儀控方面較弱。無線發報量測設備方面，由於其頻率與我國收音機頻率重疊，產生干擾，目前還是以選擇歐美的產品較佳。
4. 利用應變規進行應變量測時必須考慮測試環境的溫度、壓力、溼度等因素，以選擇適當的應變規、接著劑、端子、導線及施工方式。另外，溫度改變所造成的零點漂移及 apparent strain 等影響亦必須加以修正，這在靜態應變量測時非常重要。
5. 銲接式的應變規可用於量測汽機葉片的應變，以抵抗蒸汽的高溫、潮濕及沖刷等惡劣環境因素，至於無線發報量測設備之選擇及整體實驗儀器之架設等屬高難度之工作，未來必須審慎規劃方能進行。



An electron microscope

圖 1、電子顯微設備



An etching machine

圖 2、蝕刻儀



圖 3、電磁波量測室



圖 4、fully fired combined-cycle

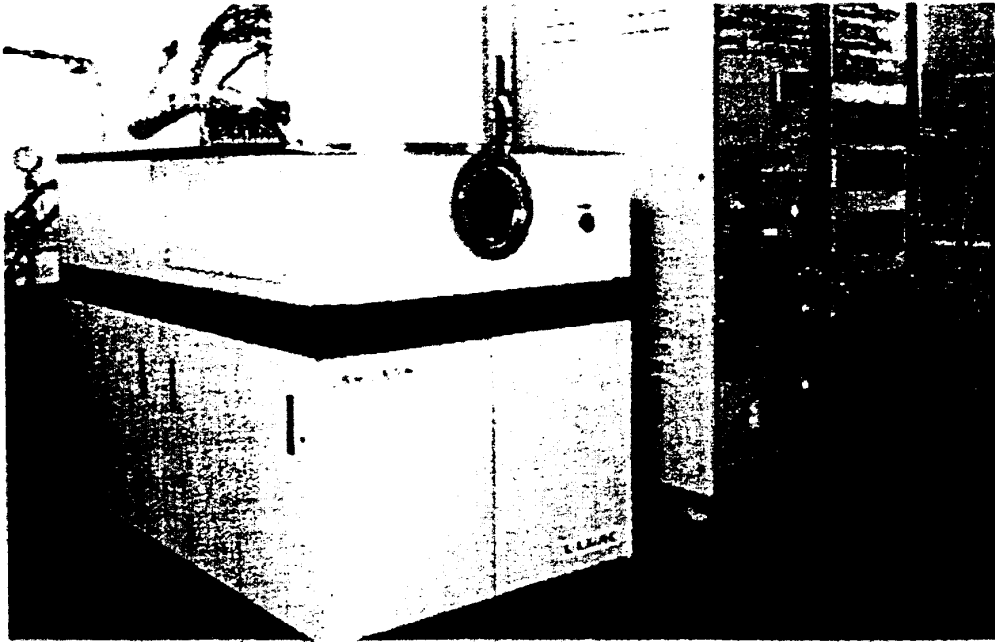


圖 5、濺鍍設備

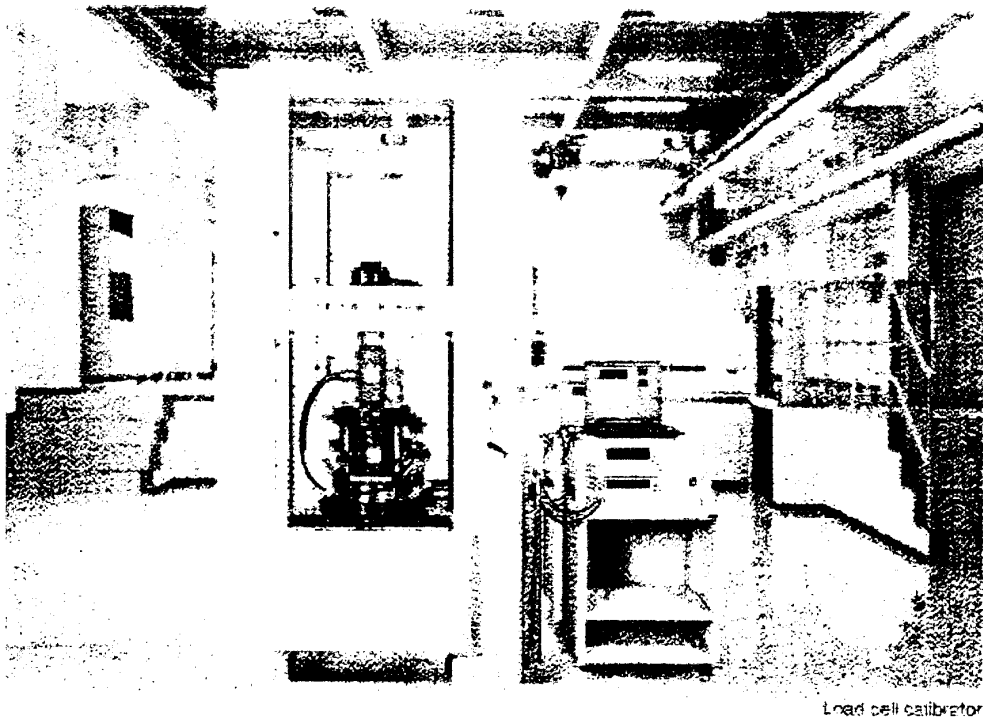


圖 6、力規較正儀

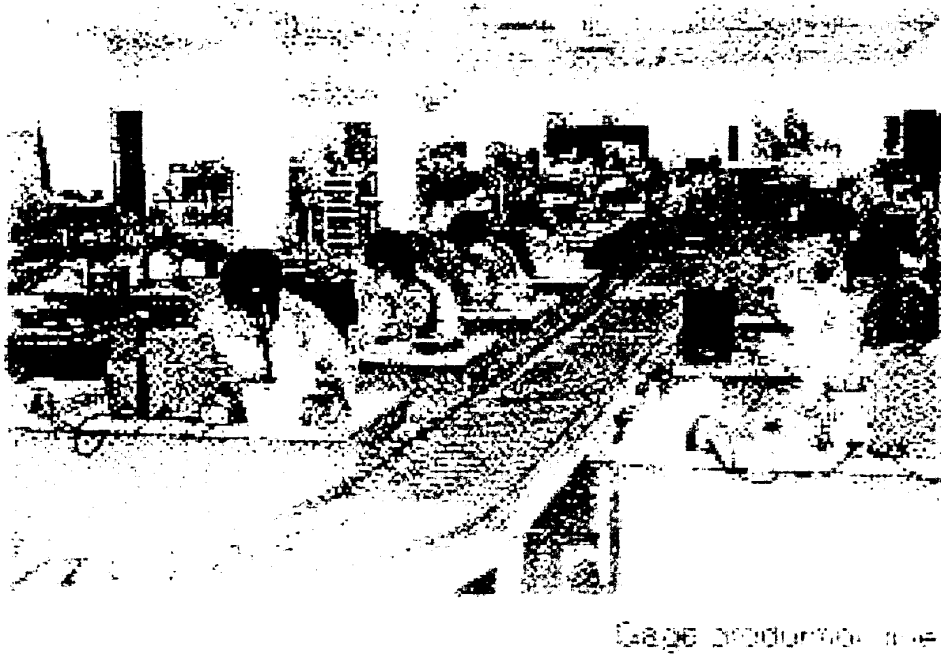


圖 7、應變規之生產線

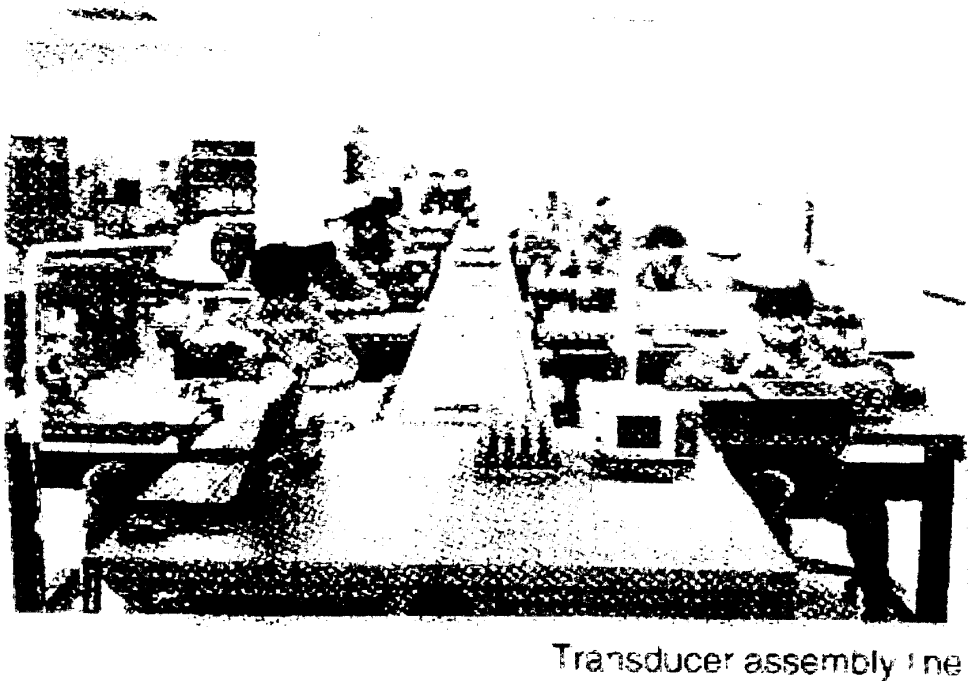
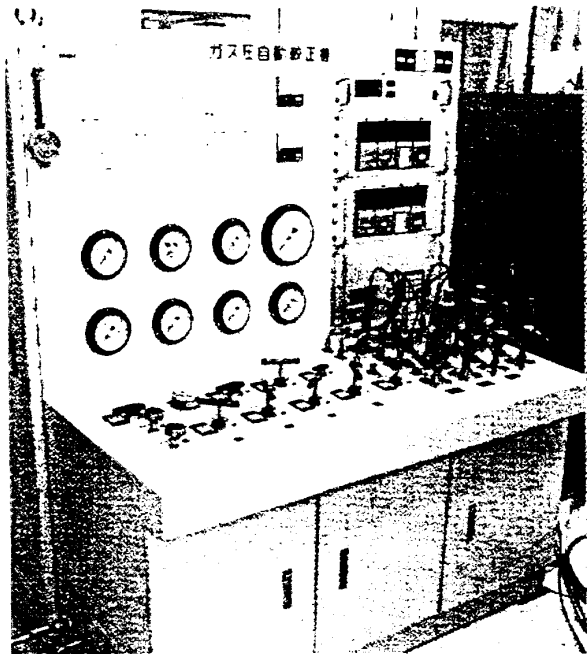
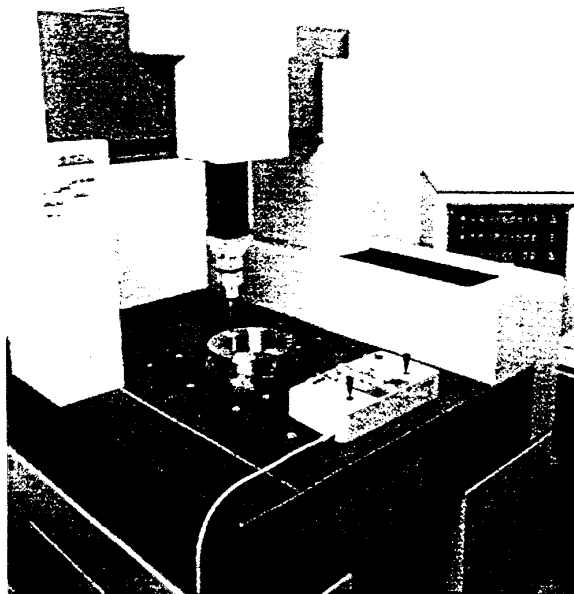


圖 8、換能器之組裝線



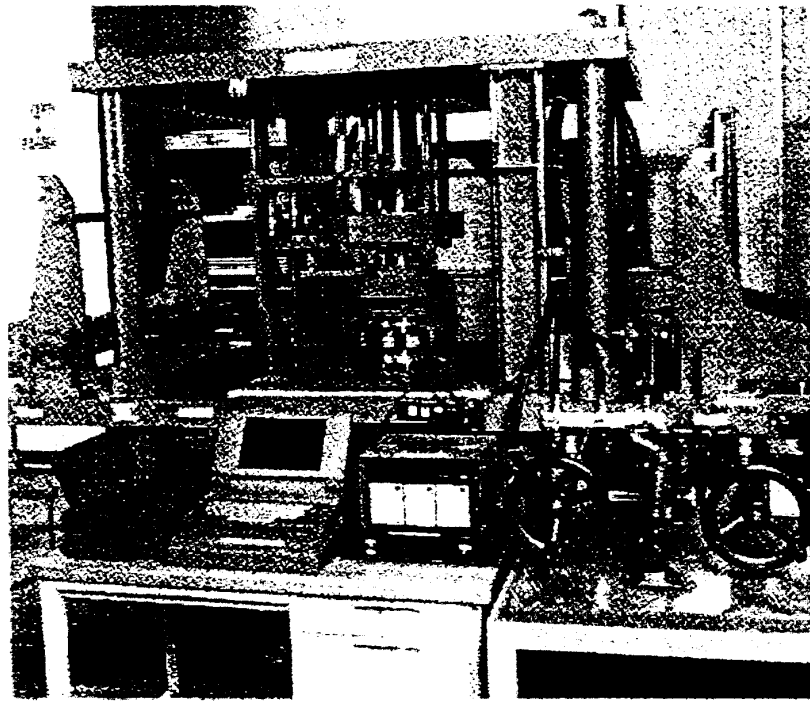
Gas pressure automatic calibrator

圖 9、氣壓自動校正機



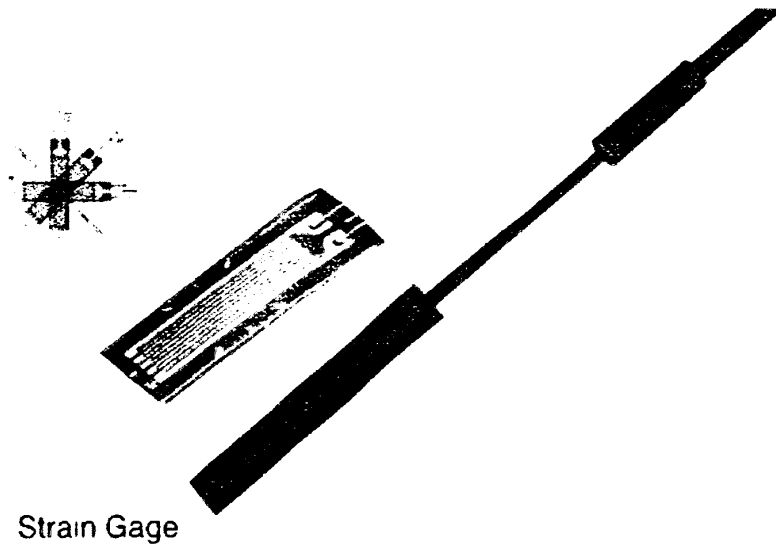
Three-dimensional measuring instruments

圖 10、三度座標量測儀



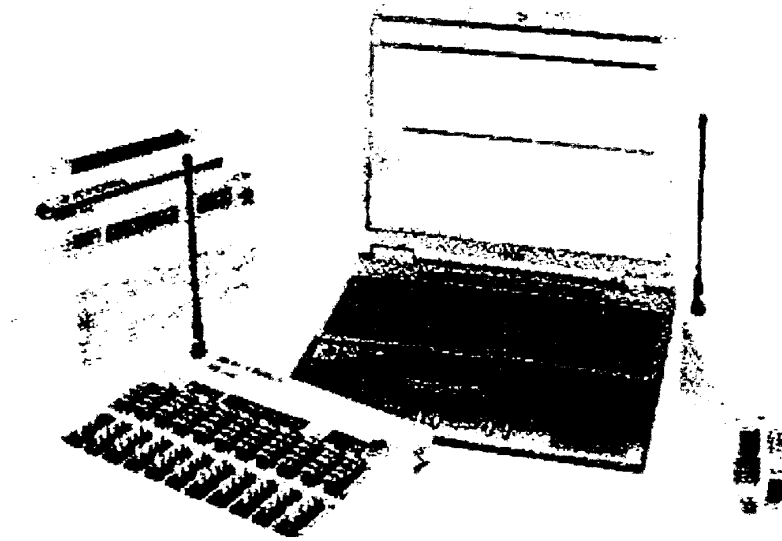
Torque calibrator

圖 11、扭力校正器



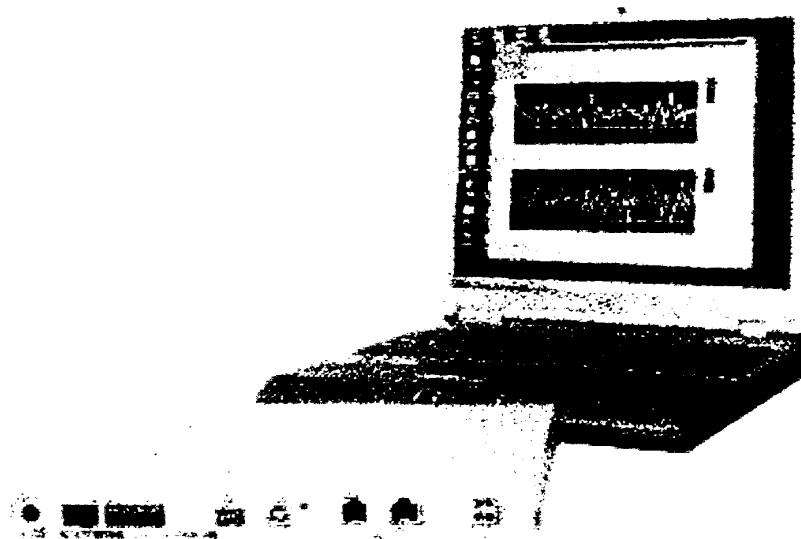
Strain Gage

圖 12、各類應變規



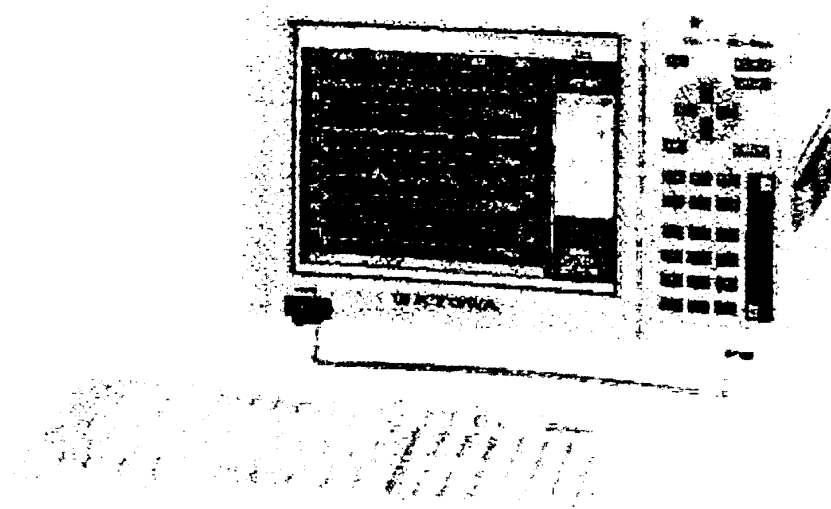
Wireless Data Logger

圖 13、無線傳輸資料記錄器



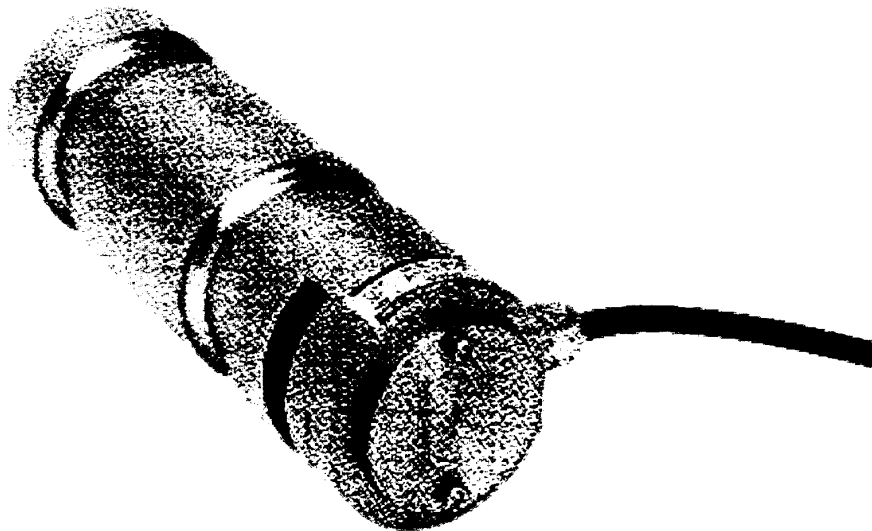
Sensor Interface

圖 14、感應器介面裝置



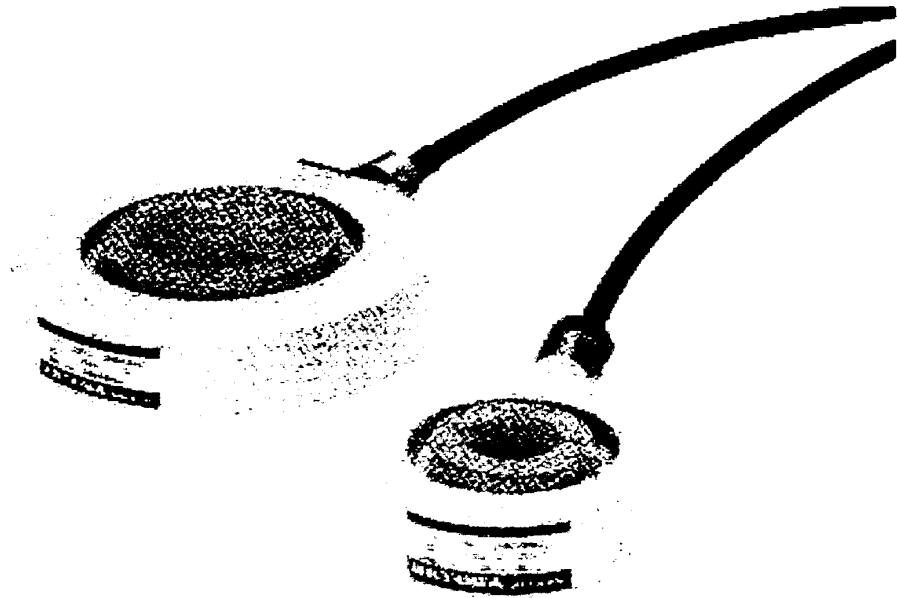
Memory Recorder / Analyzers

圖 15、記錄器和分析儀



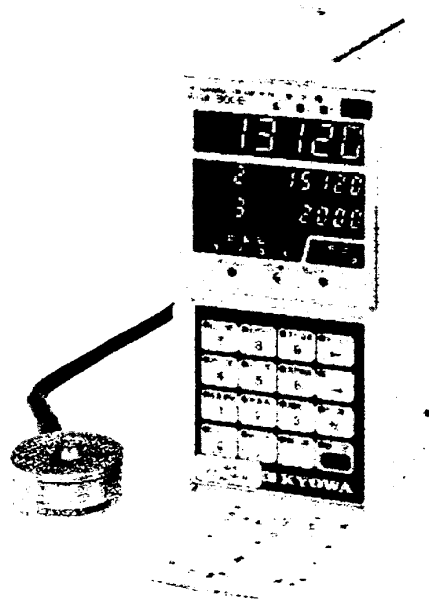
Pin-Type Load Cell

圖 16、栓型力規



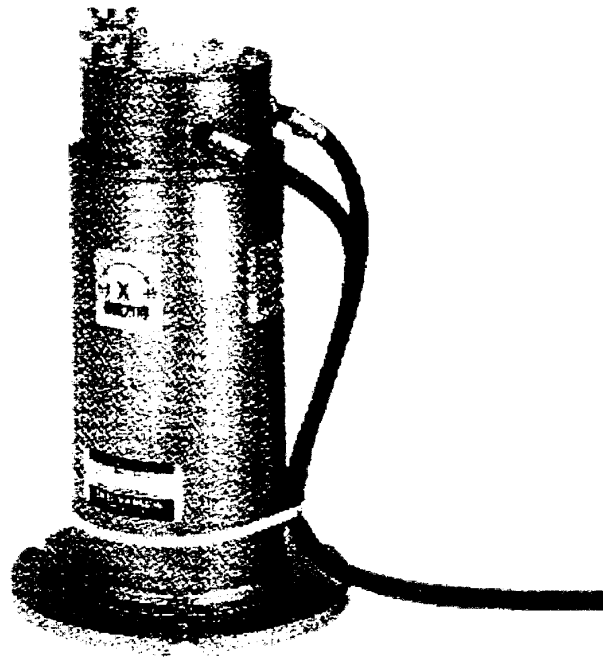
Washer Type Load Cell

圖 17、墊片型力規



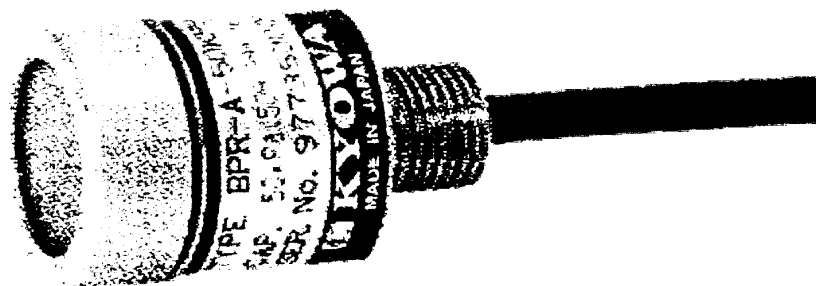
Instrumentation Conditioner

圖 18、感應器、換能器之放大器



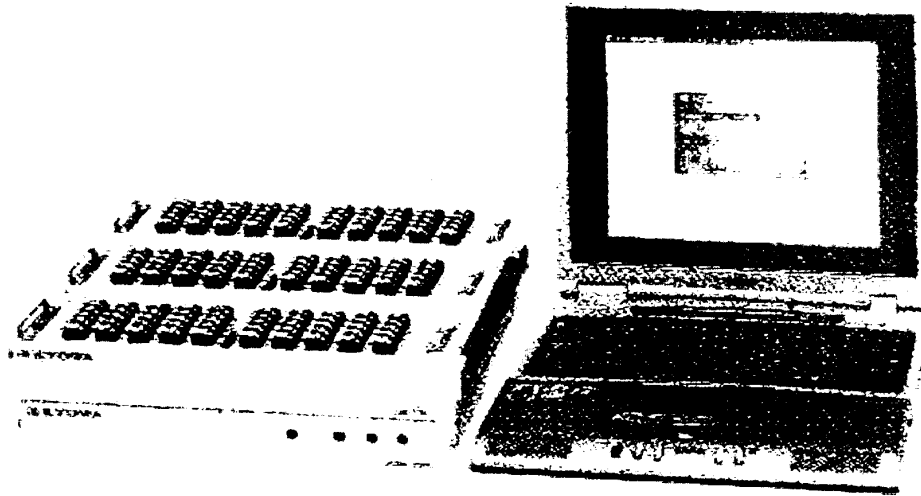
Surface-Mounting Type Inclination Transducer

圖 19、平面傾斜度測定計



Small-Sized Pore Pressure Transducer

圖 20、小型孔壓換能器



Data Logger

圖 21、資料記錄器




Digital Strain Recorder

圖 22、數位式應變記錄器


DT-A Displacement Transducers

- Less inferior contact and least performance deterioration due to abrasion
- Direct reading scale provided
- Rated capacity: 50, 100mm
- Rated output: 1.5mV/V
- Non-linearity: $\pm 0.5\%$ RO
- React on force: Approx. 4.4N




DTH-A High Output/Low Reaction Force Displacement Transducers

- Highly accurate, small and lightweight
- Rated capacity: 5 to 100mm
- Rated output: 5mV/V
- Non-linearity: $\pm 0.1\%$ RO
- Reaction force: Approx. 1.5 to 4N



DLT-AS/BS Inductance-Based Displacement Transducers

- Displacement-to-electric signal transducing section has no mechanical sliding part to ensure years of stable performance
- DLT-BS for drip-proof application
- Rated capacity: ± 5 to 500mm
- Rated output: ± 2 mV/V
- Non-linearity: $\pm 0.5\%$ RO
- Hysteresis: $\pm 0.5\%$ RO



DT-D Dial Gage-Equipped Displacement Transducers

- Least performance deterioration and inferior contact due to abrasion
- Direct reading scale
- Rated capacity: 10 to 50mm
- Rated output: 1.5mV/V
- Non-linearity: $\pm 0.5\%$ RO
- Hysteresis: $\pm 0.5\%$ RO
- Reaction force: Approx. 1.8N





圖 23、各類的位移計

AS-HA/HB High-Response Acceleration Transducers

- Rated capacity: AS-HA: ± 9807 to ± 9807 m/s²; AS-HB: ± 35.17 to ± 490.3 m/s²
- Rated output: 0.5mV/V
- Non-linearity: $\pm 1\%$ RO
- Frequency response—
AS-HA: DC to 2-7 kHz
AS-HB: DC to 1500-15000 Hz
- Mass: AS-HA: Approx. 6.5g
AS-HB: Approx. 13g (main frame)



AS-TA/TB Small-Sized Triaxial Acceleration Transducers

- Can measure acceleration on X, Y and Z axes simultaneously
- Rated capacity: ± 9807 to ± 9807 m/s²
- Safe overload rating: 100% (each axis)
- Rated output: 0.5mV/V
- Non-linearity: $\pm 1\%$ RO
- Frequency response: DC to 1550 to 5000 Hz
- Weight: AS-TA: Approx. 45g
AS-TB: Approx. 95g (main frame)


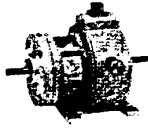


圖 24、加速規

TP-M High-Speed Torque Transducers

- Can measure torque at a speed as high as 15000 rpm
- Overload protection stopper
- Easy brush replacement
- Rated capacity 0.2 to 5N·m
- Rated output 0.75 to 1.5mV/V
- Nonlinearity $\pm 0.2\%$ RO



RBE-A/E Slip Rings

- Highly resistant against eccentricity, shock and vibration
- Number of rings 4 to 12
- Operating speed—RBE-A: 0 to 6000 rpm, RBE-E 3000 to (25000, 15000) rpm
- Service life of brush: RBE-A 110 hours RBE-E 50 hours



圖 25、扭力計

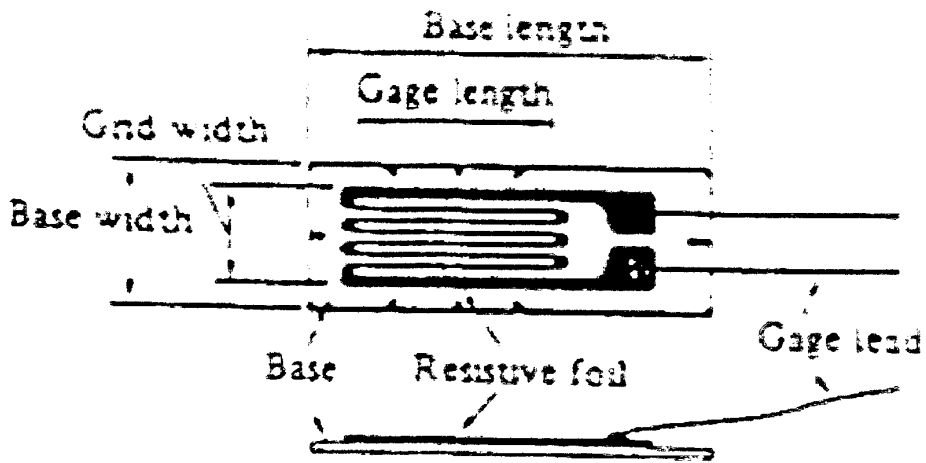


圖 26、應變規之構造圖

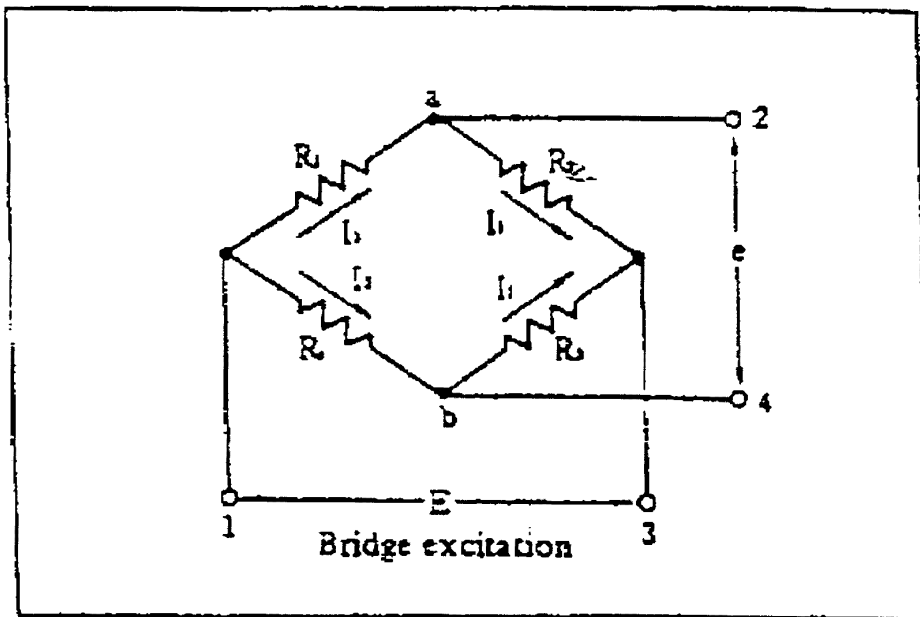
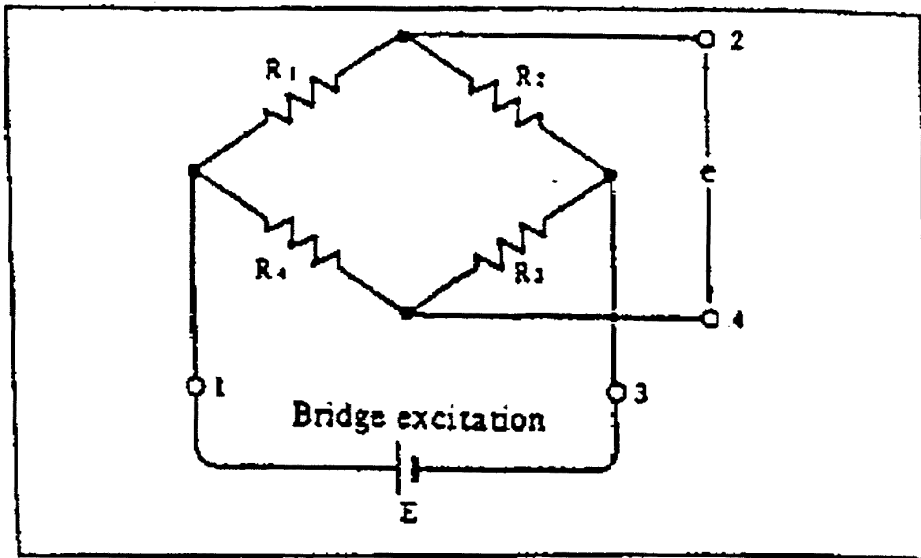


圖 27、惠斯登電橋電路

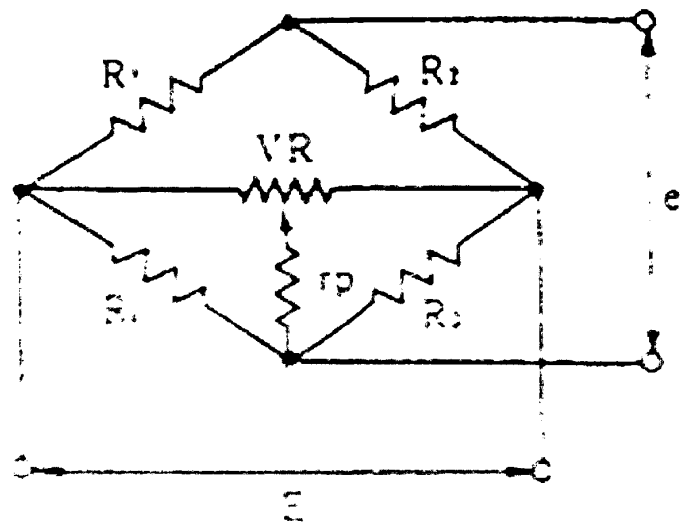


圖 28、利用可變電阻來平衡電橋

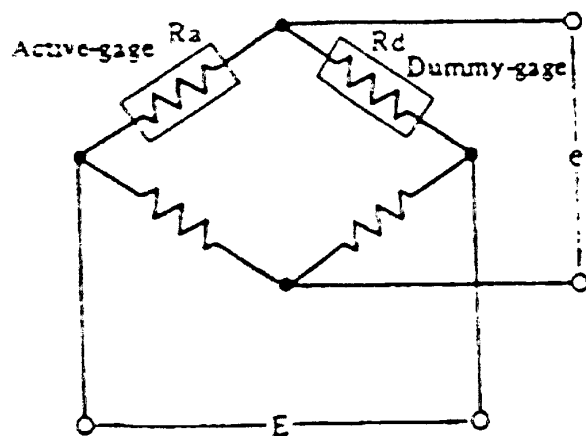
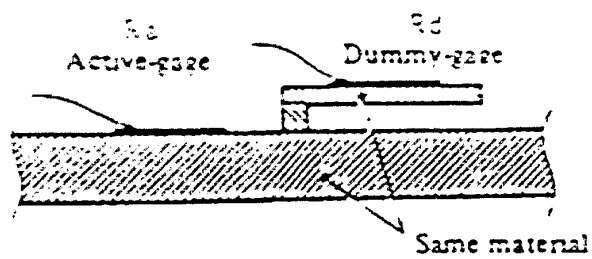


圖 29、溫度補償：ACTIVE、DUMMY 法

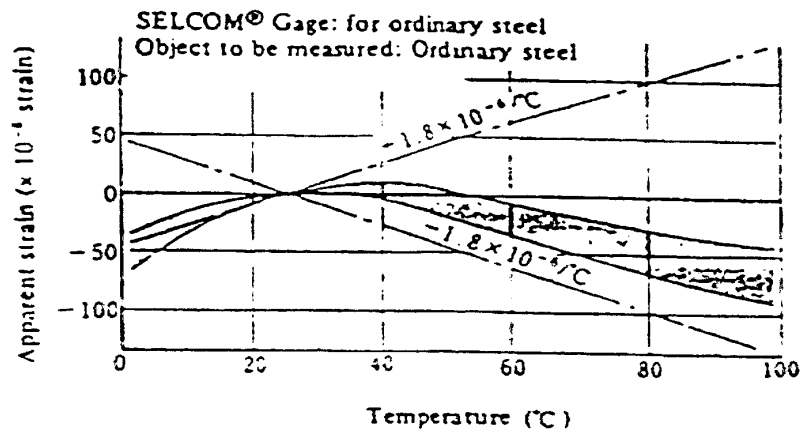


圖 30、使用在一般鋼材的 SELCOM GAGE 之溫度補償曲線

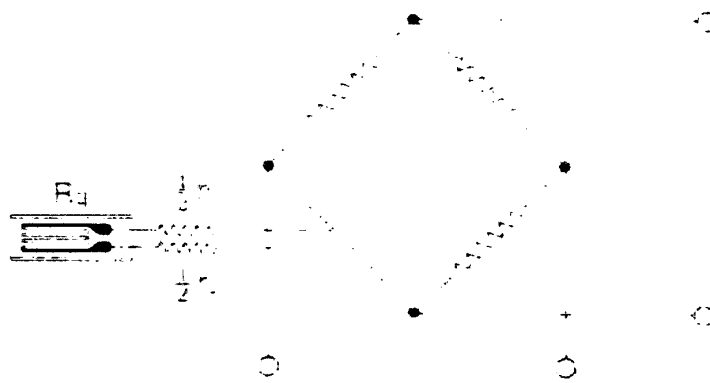


圖 31、導線所引起的溫度效應

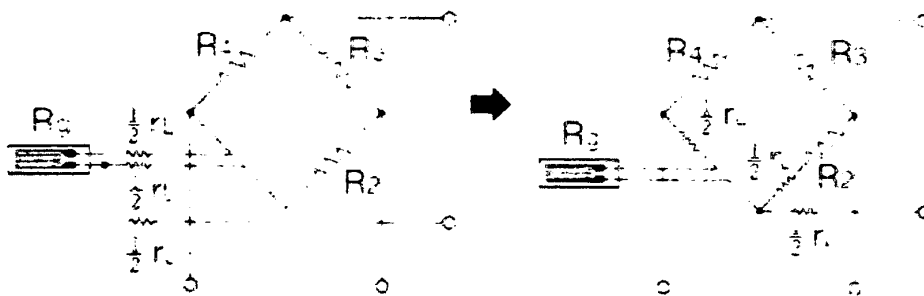


圖 32、導線之溫度補償：三導線法

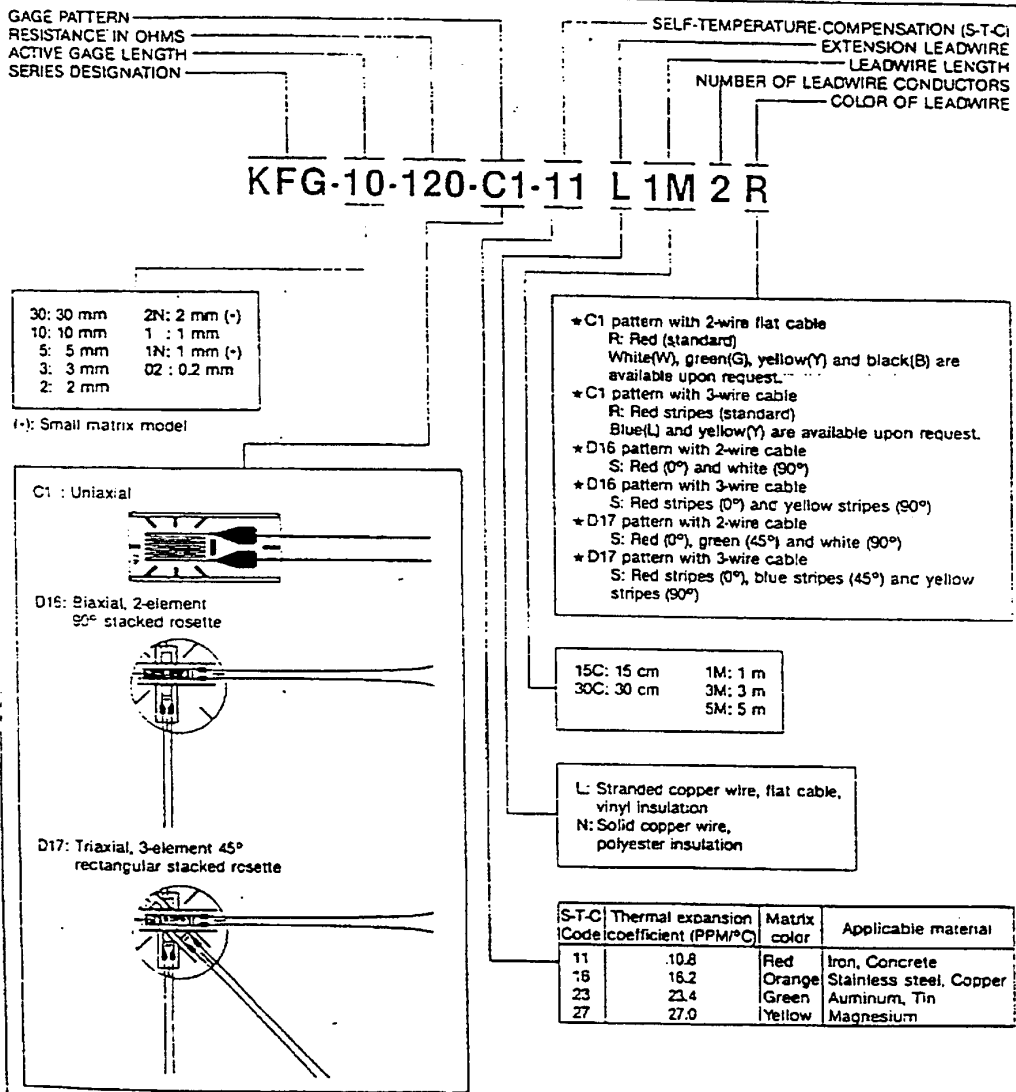


圖 33、KYOWA 廠牌應變規的型號說明

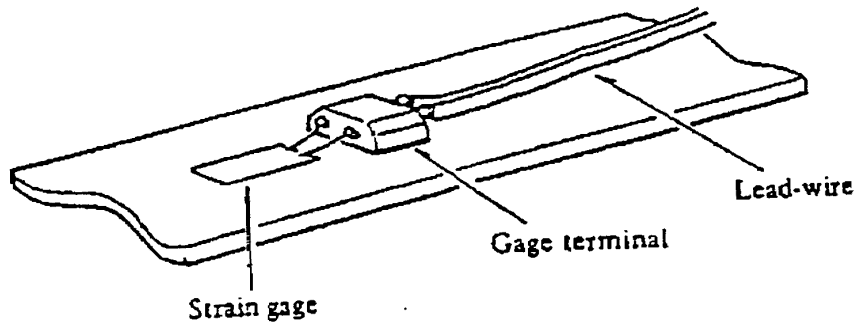


圖 34、一般應變規的構造圖

Type	Component	Operating temperature range	Applicable gages	Remarks
HC-25A	Ceramic	-50 to + 500°C	KH	Two-component, thermosetting
HC-29	Ceramic	-50 to + 500°C	KH-G6	Two-component, thermosetting
PC-22	Silicone	-50 to + 400°C	KFA	One-component, thermosetting
PC-6	Phenol	-269 to + 250°C	KFC, KFR, KFD, KC, KFN, KFL, KFH, KBN	One-component, thermosetting
EP-17	Epoxy	-50 to + 170°C	Semiconductor gages (E5 type)	Two-component, thermosetting
PC-12	Polyester	-196 to + 170°C	KFC, KC, KFS, KBN, KFW Semiconductor gages, KFF	Two-component, room temp-setting
PC-15	Polyester	-50 to + 150°C	KFC, KC, KBN, Semiconductor gages	Two-component, room temp-setting
CC-15A	Cyanoacrylate	-196 to + 120°C	KFC, KFR, KFD, KC, K, KFE, KFF, KFN, KBN, KFS, KFL, KFW, KFF, Semiconductor gages	One-component, fast room-temp-setting; good adhesiveness in cold weather, too, with S-7
EP-18	Epoxy	-20 to + 80°C	KFC, KC, KBN, KFW, KFF	Two-component, room-temp-setting
PC-28	Phenol	-50 to + 100°C	KFC, KFR, KFD, KC, KFN (mainly for aluminum)	One-component, thermosetting
BC-11	Nitrocellulose	-50 to + 80°C	K	One-component, room-temp-setting
EC-30	Epoxy	0 to + 60°C	KLM	Two-component, room-temp-setting
EC-10	Synthetic rubber	-10 to + 60°C	KL	One-component, room-temp-setting
UC-26	Polyurethane	-196 to + 50°C	KFL (mainly for concrete and wood)	Two-component, room-temp-setting
UC-27A	Polyurethane	-196 to + 70°C	KFL (mainly for metal)	One-component, room-temp-setting
S-7	Hardening agent for CC-15A			
S-8	Polyethylene surface-treatment agent for CC-15A			

圖 35、接著劑的種類和其特點

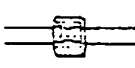
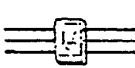
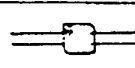




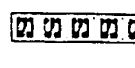



Configuration	Type	Operating temperature range	Adhesive	Dimensions (mm)	Remarks
	T-P1	-30 to + 80°C	CC-15A, BC-11	14×10×4	Plastic type
	T-P4	-30 to + 50°C	Not required	14×10×4.5	Self-bonding type of T-P1
	T-P7	-30 to + 80°C	CC-15A, BC-11	15×10×4	Plastic type of small size
	T-P8	-30 to + 50°C	Not required	14×10×4.5	Self-bonding type of T-P5
	T-P9	-30 to + 80°C	CC-15A	10×10×5	Neoprene-rubber made for large strain
	T-R9	-10 to + 90°C	CC-15A	5×6×4	Plastic type, for 3-lead wire
	T-P10	-30 to + 90°C	CC-15A	5×6×6	T-P9 with rubber on back; can be easily bonded on irregular surfaces, too.
	T-P5	-30 to + 90°C	CC-15A, BC-11	6×6×2	Plastic type of small size
	T-P6	-30 to + 50°C	Not required	13×55×0.1	Self-bonding type of T-P5
	T-F2	-196 to +140°C	CC-15A, EP-18	13×65×0.1	Foil type
	T-F3	-196 to +140°C	CC-15A, EP-18	13×65×0.1	Foil type, for 3-lead-wire
	T-F15	-30 to + 50°C	Not required	13×65×0.15	Self-bonding type of T-F3
	T-F7	-196 to +140°C	CC-15A, EP-18	6×25×0.1	Foil type of small size
	T-F17	-30 to + 50°C	Not required	6×25×0.15	Self-bonding type of T-F7
	T-F8	-196 to +140°C	CC-15A, EP-18	4×30×0.1	Foil type of small size
	T-F10	-196 to +140°C	CC-15A, EP-18	15×50×0.1	Foil type, for 5-element gages
	T-H11	Room temperature to +300°C	Spot welding	7×20×8	Welding type, for high temperature

圖 36、各種端子的種類及其用途

Type	Designation	Specifications	Operating temperature range (°C)	Resistance per wire Approx. (Ω/m)	Connection
L-1	Lead wire for high temperature	ϕ 0.3 copper-nickel alloy, solid wire, fiberglass braid insulation	Room temperature to + 350°C	7.1	Spot welding or high temp. soldering
L-2	3-conductor, stranded flat cable	12/ ϕ 0.18 copper wire, vinyl insulation	-10 to +80	0.06	Soldering
L-3	Teflon-clad stranded cable for high/low temperature	7/ ϕ 0.16 copper wire, 3-conductor	-269 to +250	0.14	Soldering
L-4	High temp. lead-wire	ϕ 0.5 nickel clad, 3-twist, fiberglass braid insulation	Room temperature to +350°C	0.22	High temp. soldering
L-5	Vinyl-insulated, stranded flat cable	20/ ϕ 0.14 copper wire, 2-conductor	-10 to +80	0.06	Soldering
L-6	Vinyl-insulated, stranded flat cable	7/ ϕ 0.12 copper wire, 2-conductor	-10 to +80	0.22	Soldering
L-7	Vinyl-insulated, stranded flat cable	7/ ϕ 0.12 copper wire, 3-conductor	-10 to +80	0.22	Soldering

圖 37、各種導線的種類及其特性

方 式	長 處	短 處
應變規方式	<ul style="list-style-type: none"> ①直線性良好 ②受溫度變化的影響少 ③適合變位量極小且動態的量測 ④小型、輕便 ⑤可遠距離量測 	<ul style="list-style-type: none"> ①較其他方式不靈敏
電容改變方式	<ul style="list-style-type: none"> ①可測到極微少的變位量 ②靈敏度很高 	<ul style="list-style-type: none"> ①電容變化小，使用頻率高(MHz)時，導線不能太長
磁歪變換方式	<ul style="list-style-type: none"> ①輸出較大 ②適合量測扭力 ③容許過載的範圍很大(1000%) 	<ul style="list-style-type: none"> ①受溫度影響很大 ②容易受外來因素影響 ③安裝條件會影響直線性
壓電方式	<ul style="list-style-type: none"> ①應答性(Response)很好 	<ul style="list-style-type: none"> ①特別容易受到溫濕度的影響 ②無法作靜態的校正
電磁感應方式 (可動鐵片)	<ul style="list-style-type: none"> ①構造，量測電路簡單 ②輸出很大 	<ul style="list-style-type: none"> ①應答性不佳 ②直線性的區域較窄
Potentiometer (滑動電阻)	<ul style="list-style-type: none"> ①直線性良好 ②靈敏度高 	<ul style="list-style-type: none"> ①容易因磨耗、腐蝕引起斷線或電阻變化 ②電刷移動時會產生雜訊 ③因電刷會磨擦故移動時需要能量

圖 38、各種型式的換能器及其長短處

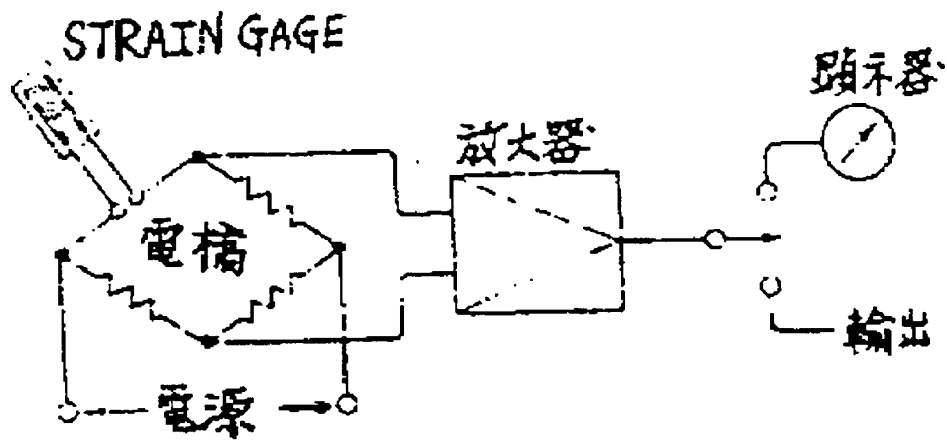


圖 39、應變測定器：偏移法

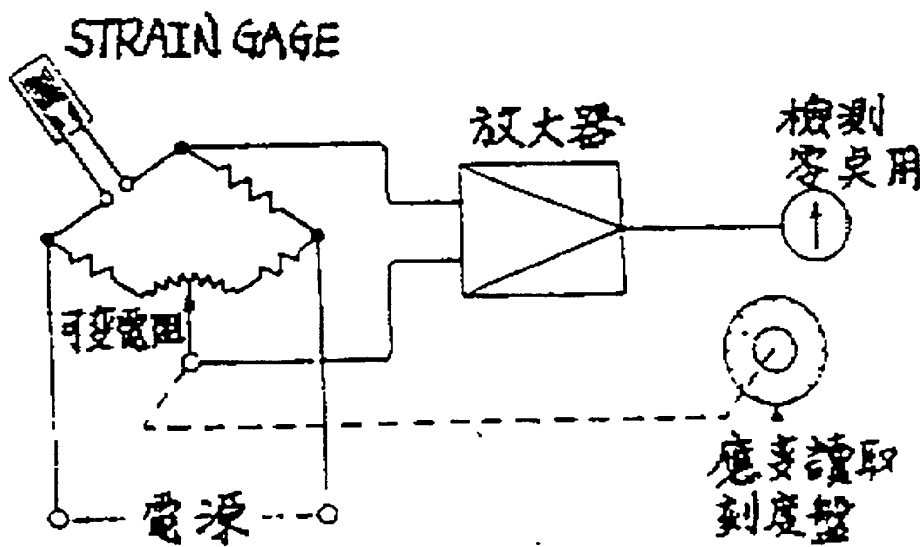


圖 40、應變測定器：零位法

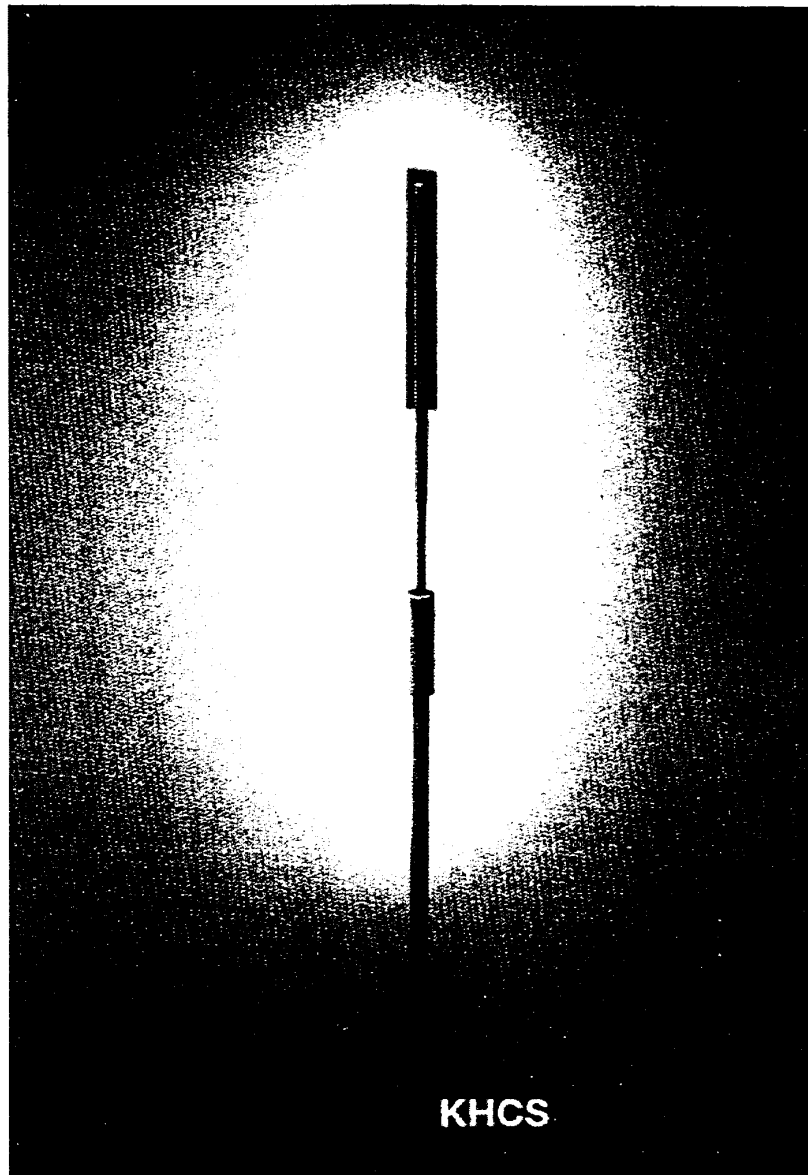
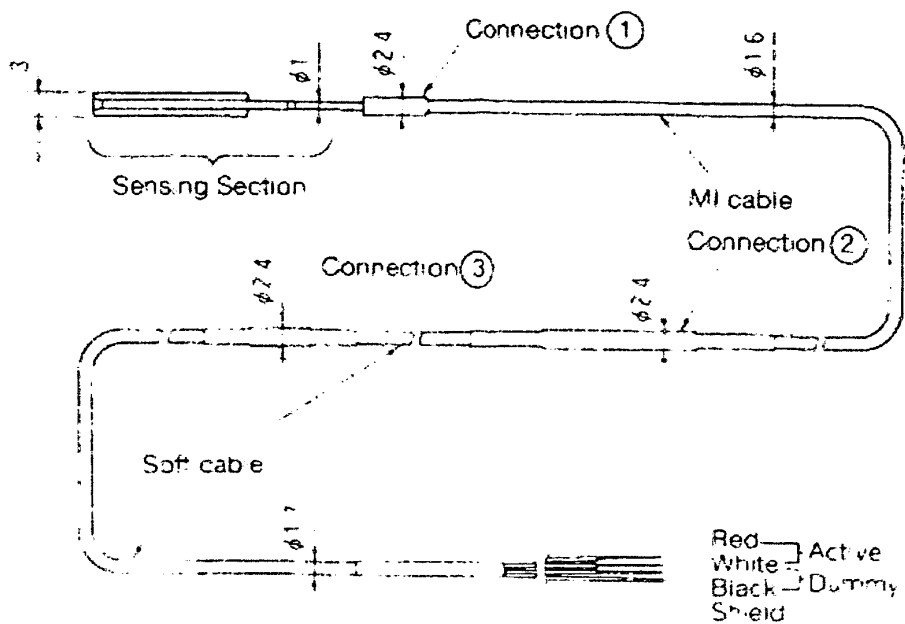


圖 41、KHCS 型高溫應變規

	KHCS Series	KHC Series - forerunners
Max operating temperature	750 C	550 C
Gage factor (See Note 2)	2.06 (at room temperature)	1.65 (at room temperature)
Drift	$\pm 10 \mu\text{m}/\text{m}/\text{h}$ (at 750 C)	$\pm 20 \mu\text{m}/\text{m}/\text{h}$ (at 500 C)
Strain limit	10000 $\mu\text{m}/\text{m}$ (at 750 C)	5000 $\mu\text{m}/\text{m}$ (at room temperature)
Fatigue life	1×10^7 times (at 750 C)	4×10^5 times (at room temperature)

Note 2: $\mu\text{m}/\text{m}$ is added to express strain in this report

圖 42、KHCS 型高溫應變規之主要規格



KHCS-10-120-G12 C2M

圖 43、KHCS 型應變規之各部構造

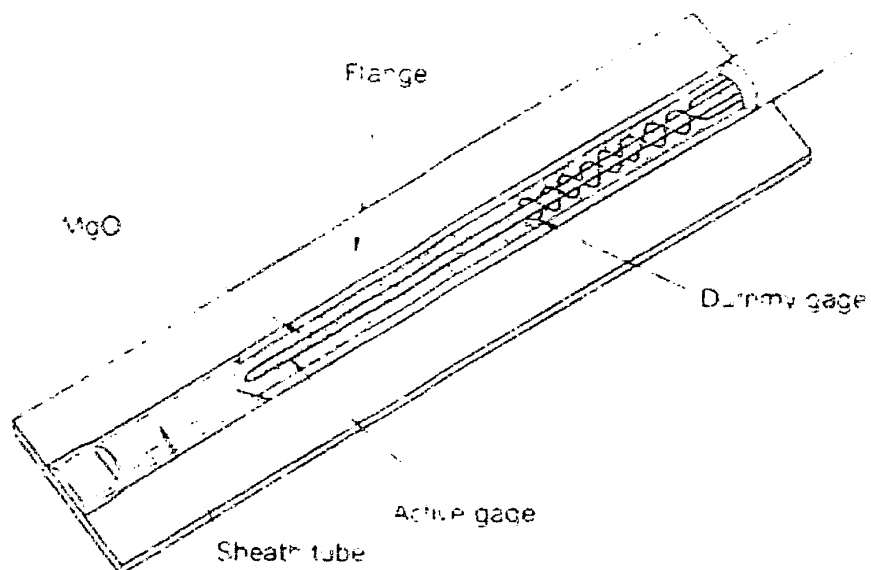


圖 44、感測部分的細部構造

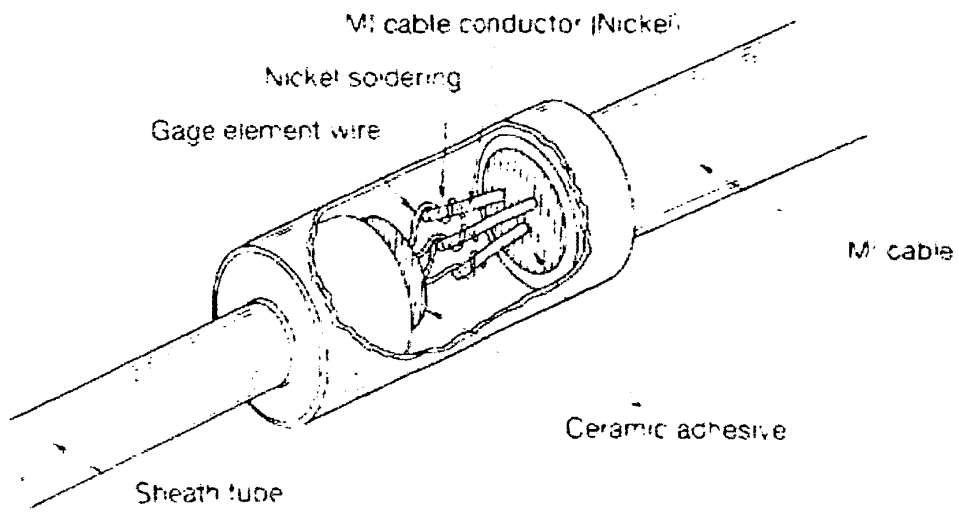


圖 45、接頭 1 的細部構造

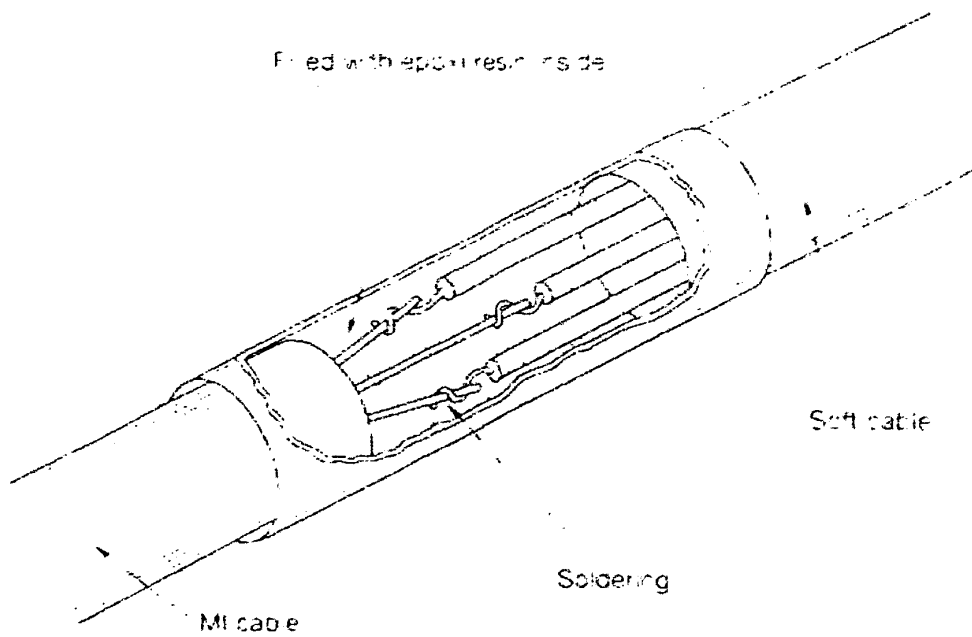
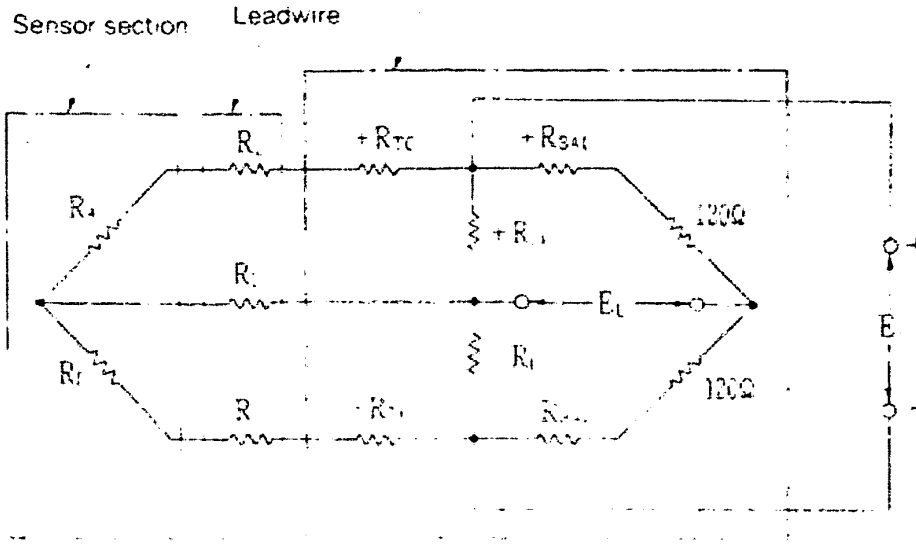


圖 46、接頭 2 的細部構造

Adaptor (Bridge adaptor or HDB-120B or C)



- R_A Active gage's resistance
 - R_B Dummy gage's resistance
 - R_C Leadwire's resistance
 - R_D Thermal compensation resistor (on sensor)
 - R_1 Thermal compensation resistor (on leadwire)
 - R_{FA} Bridge balancing resistor
- Resistors R_1 to R_{FA} are to be inserted on either + or - side only according to the measuring requirement. Where to insert is described in the accompanying data sheet.

- E_L Bridge output voltage
- E Bridge excitation voltage

120Ω: Internally fixed resistor (attached to the mainframe or to HDB-120B or C)

圖 47、電橋中的補償電阻

GW-3C Spot Welder

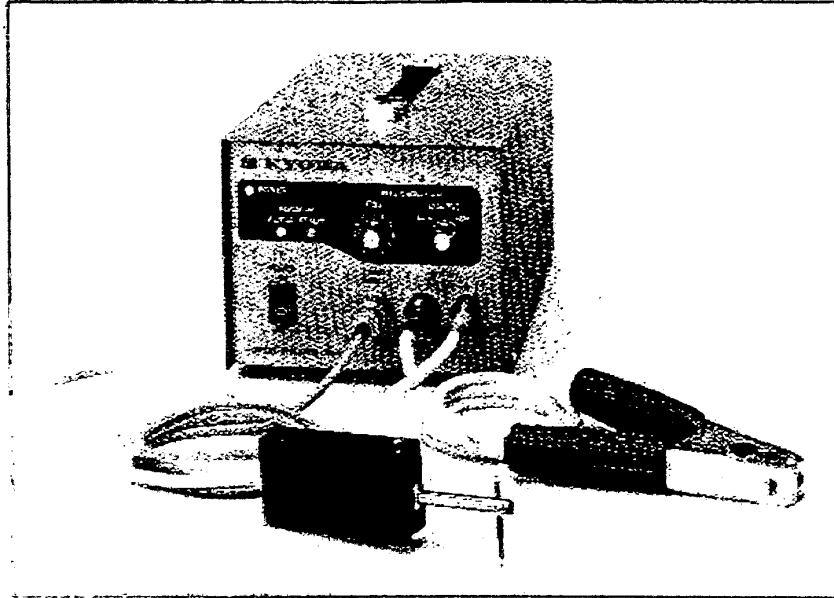


圖 48、GW-3C 型點銲機

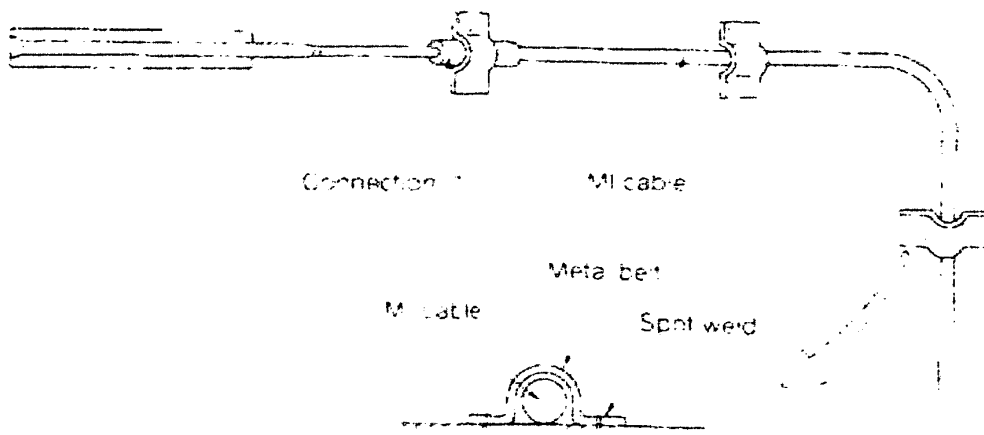


圖 49、銲接固定接頭 1 及 MI 電線

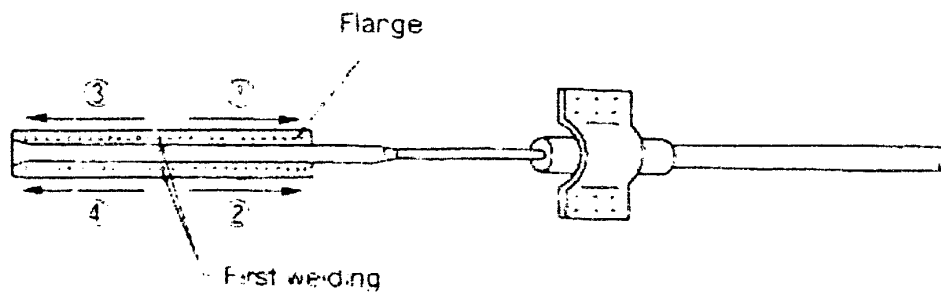
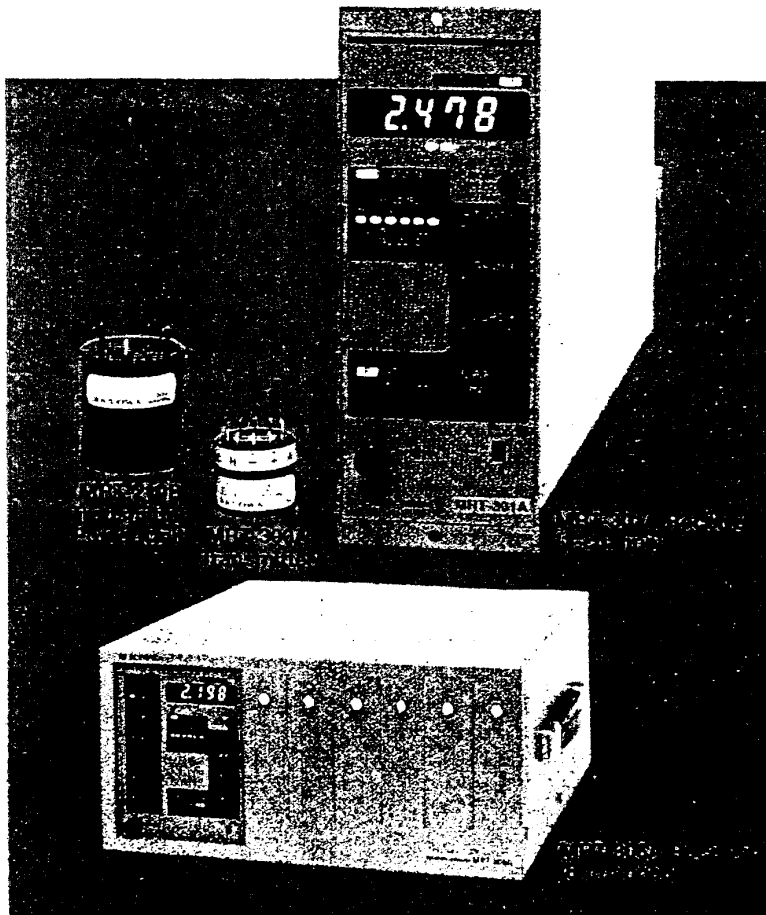


圖 50、凸緣的銲接順序

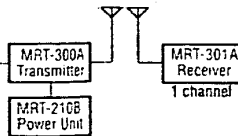
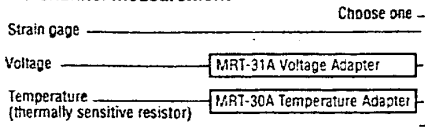


Cat. No. 403a-U18

圖 51、MRT-300 無線發報設備各個元件

Block Diagram

• 1-channel measurement



• Multichannel measurement

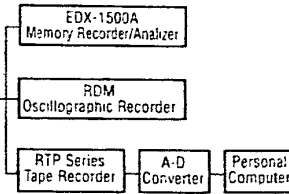
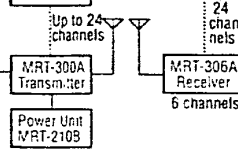
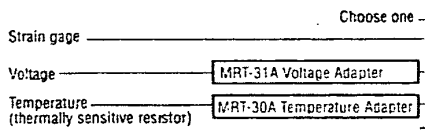
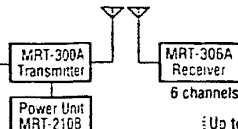
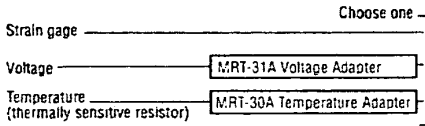


圖 52、MRT-300 工作流程圖

Range setting	Jumper connection
500×10^{-6} strain p-p	C-L-H
1500×10^{-5} strain p-p	C-L
5000×10^{-6} strain p-p	Not connected

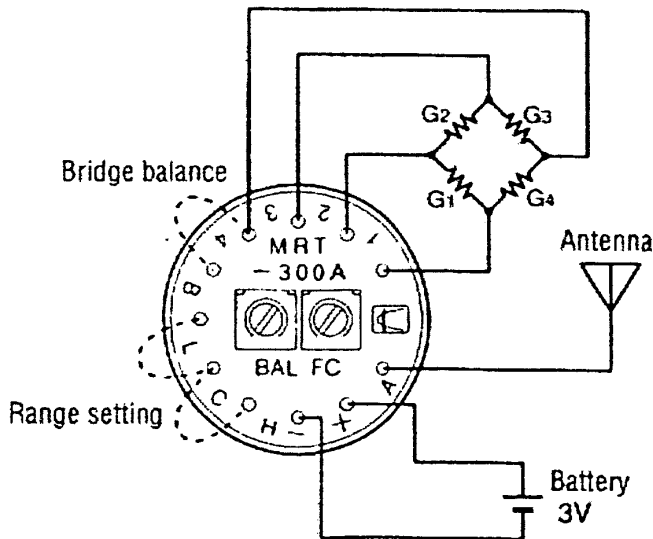


圖 53、發報器

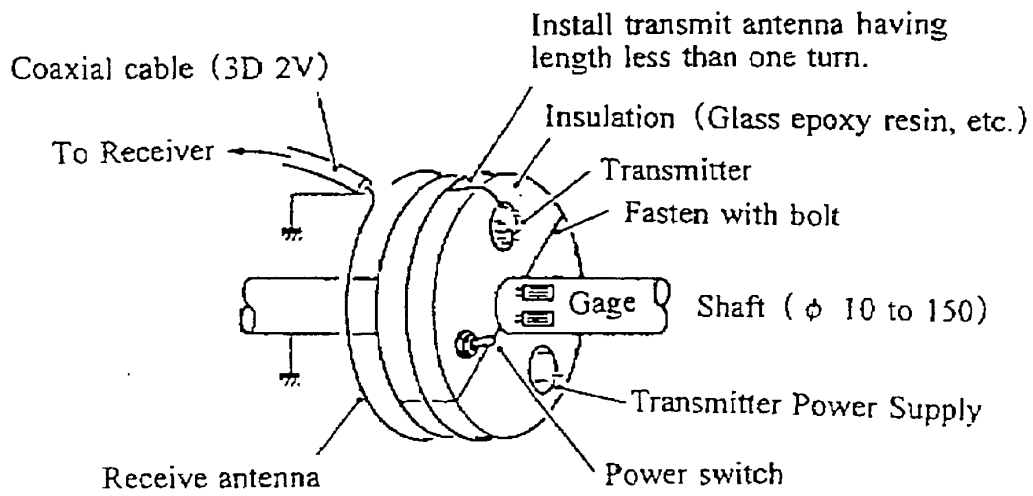


圖 54、小直徑轉軸的裝設方式

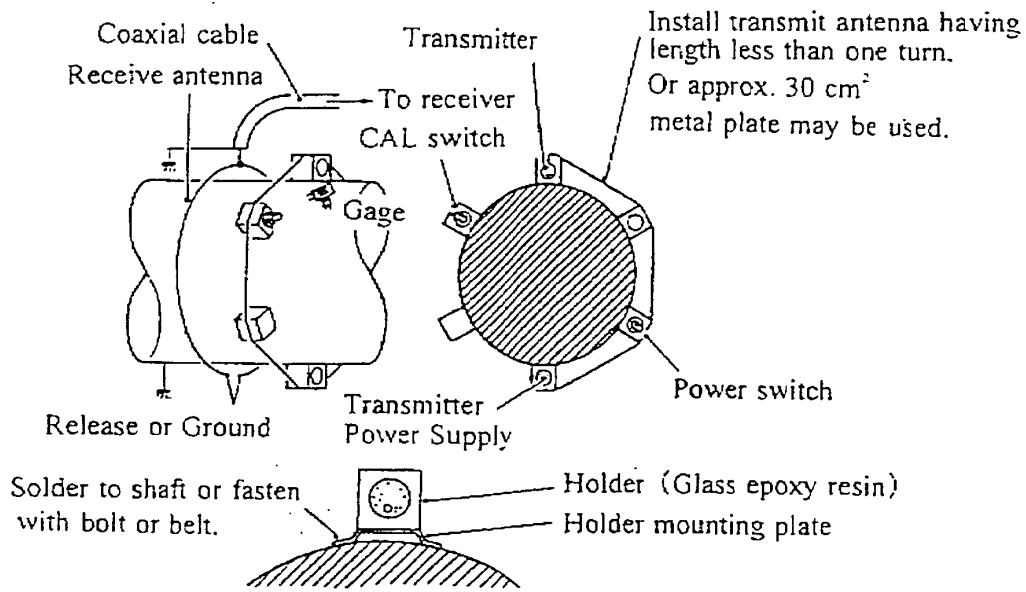


圖 55、大直徑轉軸的裝設方式

8-2 MRT-300A Transmitter Specifications

No. of measuring CHs	1
Modulation method	PAM/FM method
Main carrier frequency	1 wave among 88 to 138 MHz
Field strength	54 dB μ or less at 3m
Main carrier adjusting range	\pm 1 MHz
Sub carrier frequency	2 kHz
Main carrier deviation	\pm 75 kHz
Main carrier drift	\pm 0.4 MHz (with 88 to 108 MHz main carrier frequency) \pm 0.5 MHz (with 108 to 138 MHz main carrier frequency)
Transmission distance	Within approx. 10 cm (with no radio interference, and by combining with the MRT-301A)
Bridge balance adjusting range	\pm 5000 \times 10 ⁻⁴ strain or more (when 350 Ω bridge is in use)
Environment conditions	Operating temperature and humidity ranges : - 30 to 80 °C, 20 to 90% RH (No dew condensing) Vibration : 30G, 10 to 500 Hz Centrifugal acceleration : 3000G Can be used in oil atomizing atmosphere. When used, do not forget to contact KYOWA's service shop or a representative.
Stability	ZERO : \pm 2% FS (0 to 80%), \pm 5% (- 30 to 0 °C) Sensitivity : \pm 6% (0 to 80 °C), \pm 8% (- 30 to 0 °C)
Power Supply	2.3 to 3.0V DC Approx. 10 mA (When 350 Ω bridge is in use) Can be used more than 50 hours by combining with the Transmitter Power Supply
Dimensions	ϕ 20 \times 16 mm
Weight	Approx. 9g

圖 56、MRT-300 的規範