

1 五、發明說明 (1)

本發明係有關於一種利用相角偵測裂縫之方法，特別是有關於一種可監測材料表面裂縫的出現及其延伸，且可以用來決定引發材料裂縫之陰離子之臨界濃度的利用相角偵測裂縫之方法。

按，材料常會有劣化產生裂縫的可能，譬如因為接近熱源，而產生敏化現象，若此時再加上侵蝕性的離子，會使材料被腐蝕產生裂縫，嚴重劣化，進而影響材料的正常使用。為及早發現裂縫，以作因應措施，因此有數關專利被提出，以解決此一問題。

在歐洲第七〇一二四號專利案中，利用量測被測物局部的表面電位變化，藉以判斷被測物表面受破壞的程度。然而，在該案必須外加一參考電極，並將試片作鈍化處理，以控制電位。而參考電極在溶液中，若長時間測試，易生變化、電位會有偏移 (shift) 現象，使結果產生誤差。同時，被測物必須化鈍化處理，故，事先需了解被測物的鈍化特性，否則無法被應用於判斷其破壞程度。是以，應用並不便利，同時，量測之精度 (尤其是參考電極的電位偏移) 有待改善。

而在美國第四〇四八五五八號專利案中，利用金屬表面裂縫周圍產生的阻抗變化，以不斷增加頻率，偵測裂縫。但在此案中，被測物表面需點焊訊號接收點，以量測阻抗變化，而訊號的反應，會因被測物所處的環境，如溫度或液體的流速，會干擾、影響測試結果，因而判別不易。

1 五、發明說明(2)

而法國第二二七四〇四二號專利案中，使用一具有兩
阻抗的探針，利用阻抗的改變，使電位產生變化，而測得
金屬缺陷情況，但此探針當被測物載有載有腐蝕性物質時
5 即會受腐蝕而影響電位的準確性，應用範圍受限不小。

又在美國第四三〇七六一〇號專利案中，利用高頻震
動器，量測被測物裂縫的延伸。但此法卻僅限於有負載循
環 (Load Cycles) 下使用，應用範圍亦是不廣。

有鑑於此，本發明之目的，即在於解決上述問題，其
10 提供一種偵測裂縫的方法，具有更寬廣的應用範圍，並得
更便利、更精確的量出結果者。

同時，本發明的另一目的，在於提供一種偵測溶液臨
界濃度的方法，得較傳統嘗試錯誤 (trial error) 的偵測法，
更為簡便，更為精確者。

15 為達到上述目的，本發明利用交流阻抗的原理，假定
被測物表面是由電阻 (R) 和電容 (C)，以串聯或並聯的方式結
合，不一樣的頻率測式下會出現相角的變化。同樣的情形
，只要被測物表面之假定電阻或電容發生變化，固定頻率
量測之相角也會有明顯的變化。請參第 1A 圖，其為一簡單
20 的線路圖。其中 $R\Omega$ 為溶液電阻；R 為試片表面電阻；C 為
電容。從電路學上的觀點，第 1A 圖的電路可以表示如下：

$$Z = Z' + jZ'' = R\Omega + R / (1 + j\omega RC) \cdots \cdots (1)$$

$\omega = 2\pi f$ ，f 為頻率；相角 θ ，可以表示如下：

裝訂線

1

$$\tan \theta = 1 / (\omega R C) \dots\dots (2)$$

根據方程式 (2)，吾人可以計算 R 或 C 變化時，對相角的影響程度。

5

圖式簡單說明：

第 1A 圖為本發明應用原理之一簡單線路圖。

第 1B 圖為第 1A 圖中，被測物無裂縫時，相角與 R 的關係圖。

1 五、發明說明 (4)

第 1C 圖為第 1A 圖中，被測物有裂縫時，相角與 R 的關係圖。

第 2 圖為本發明一較佳具體實施例之測試系統圖。

5 第 3 圖為上述實施例之測試系統使用步驟圖；

第 4 圖係顯示對不同狀態的不鏽鋼所作之偵測的相角變化圖表。

第 5 圖係顯示偵測完畢後有缺陷不鏽鋼的放大圖；

10 第 6 圖係顯示以不同頻率對不鏽鋼所作之偵測的相角變化圖表；

第 7 圖係顯示以不同的溶液濃度對不鏽鋼所作之偵測的相角變化圖表；

第 8 圖係顯示以 10 Hz 的頻率對銅－鋅合金所作之偵測的相角變化圖表；

15 第 9 圖係顯示在第 8 圖中之 (A)、(B) 及 (C) 三階段之材料的放大圖；

第 10 圖係顯示以 10Hz 之頻率在 Na_2SO_4 中對銅－鋅合金所作之偵測的相角變化圖表；

20 第 11 圖係顯示以 10Hz 之頻率在緩衝溶液中對銅－鋅合金所作之偵測的相角變化圖表；

第 12 圖係顯示偵測完畢後有缺陷銅－鋅合金的放大圖；

第 13 圖係顯示以不同頻率對銅－鋅合金所作之偵測的相角變化圖表。

1 五、發明說明 (5)

請參照第 2 圖及第 3 圖，第 2 圖係顯示本發明一較佳實施例的測試系統圖；第 3 圖為第 2 圖實施例系統的偵測方法步驟圖。本發明之利用相角偵測裂縫之方法適用於藉由訊號分析處理系統（訊號分析儀及含有電腦軟體的電腦處理系統）來分析不同材質之被測物 10 的相角變化。本發明之方法包括下列步驟：選定具侵蝕性離子溶液 20（例如，含氯離子溶液、含硫氛溶液等等的測試溶液）；準備頻率產生器，選定一定的頻率，而該頻率得使被測物之相角隨測試時間上升，用以輸出各種頻率的交流電；將被測物 10 連接至頻率產生器，並將被測物 10 浸置於測試溶液 20 中並設置輔助電極 30，使被測物 10 與輔助電極 30 形成迴路；再使頻率產生器產生既定頻率的交流電；並藉由訊號分析處

15 理系統來分析被測物 10 的相角變化，以判定被測物 10 是否有裂縫產生，並得在預測物有裂縫時，發出警告。此外，測試溶液 20 的濃度可被漸漸地增加，重覆判斷被測物有無裂縫產生，以判定造成裂縫之陰離子濃度的臨界濃度之值。

20 所使用的輔助電極 30，可選用的鈍性金屬，如：白金，因其穩定，不參與反應（因其並非如前述歐洲第七〇一二四號專利案中，作為參考電極使用）、不易受環境影響，故可使量測更為正確、更實用。

實施例一

五、發明說明 (6)

(1) 測試條件

被測物：敏化 304 不銹鋼和未敏化 304 不銹鋼

測試溶液：0.5M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

溫度：50 °C

頻率：20 Hz

(2) 裂縫偵測

如第 4 圖 "A" 線所示，當浸置時間超過 60 秒時，U 型敏化 304 不銹鋼試片的相角 (Phase Angle) 即開始攀升，隨著裂縫的延伸，相角不斷的增加。倘被測物為未敏化 304 不銹鋼 (第 4 圖 "B" 線)，隨著浸置時間的加長，相角並沒有攀升的趨勢，反而是往下降，而且趨於一穩定值。測試完畢，檢視被測試片外觀，未敏化 304 不銹鋼試片完好如初，而敏化 304 不銹鋼則出現如第 5A 圖之裂縫，其破斷面為典型之沿晶應力腐蝕 (Intergranular stress Corrosion Cracking, IGSCC) 型態，如第 5B 圖所示。

(3) 腐蝕過程之影響：

為了探討被測物腐蝕時是否同樣會造成相角的攀升現象，將斷裂成兩半之 U 型試片的另一半浸置於測試溶液中，以 20Hz 的頻率，量測試片的相角變化，結果如第 4 圖 "C" 線所示。基本上，相角維持在一定範圍內，並沒有明顯的攀升趨勢，也就是相角之增加主要是裂縫延伸所造成，腐蝕過程並不會明顯干擾相角的變化。

將敏化 304 不銹鋼試片，在不受力之情況下，也就是不

1 五、發明說明 (7)

彎曲成 U 型試片之狀態下浸置於測試溶液，以 20Hz 的頻率量測其相角變化，結果如第 4 圖 "D" 線所示。偵測過程中，雖有腐蝕發生，但是相角呈下降之趨勢，最後趨於一穩定值，再一次驗證相角的攀升是由於裂縫延伸所造成。腐蝕過程不會干擾相角的變化。

(4) 適用頻率

將 U 型敏化 304 不鏽鋼試片浸置於測試溶液中，利用不同的頻率 (20KHz ~ 2Hz) 觀察試片之相角變化，基本上，被測物經過 3600 秒的測試以後，U 型試片皆呈 IGSCC 破斷，但是相角則有不同的變化。由第 6 圖可知當頻率 $\geq 2\text{KHz}$ 時，相角在初期雖有增加，在後期卻有下降的趨勢；當頻率 $\leq 2\text{Hz}$ 時，相角則呈下降，而後趨於一穩定值。此種現象乃是基於交流阻抗 (AC Impedance) 之特性：頻率太高，旨在探討測試溶液之性質；頻率太低，無法完全反應出被測物表面之特性，惟有在適當的頻率範圍，才能真正反應出表面裂縫及其延伸特性。

(5) 臨界濃度決定

本發明，除了可以監測裂縫的出現和延伸外，亦可用來決定會產生裂縫之臨界陰離子濃度之量。將 U 型敏化 304 不鏽鋼試片浸置於 50°C 之 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 中，施以 200Hz 頻率之交流電，其相角變化如第 7 圖所示 (圖中， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的濃度：A 為 0ppm；B 為 100ppb；C 為 1ppm；D 為 10ppm；E 為 100ppm)；當 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 濃度 $\leq 10\text{ppm}$ 時，相角維持在一穩定值；但是當

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

1 五、發明說明 (8)

5 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 濃度 $\geq 100\text{ppm}$ 時由於測試溶液導電度之變化，導致相角於初期有下降趨勢，但是經過一段時間後，相角即有攀升之現象，此結果意謂著 U 型敏化 304 不鏽鋼在 100ppm $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 濃度中，即會有裂縫產生。

實施例二

(1) 測試條件：

被測物：銅 - 鋅合金 (70/30 黃銅)

測試溶液： NH_4OH

10 溫度：室溫

(2) 裂縫偵測

將測試頻率固定於 10Hz ，結果如第 8 圖所示。當浸置時間超過 100 秒，銅 - 鋅合金試片的相角即開始往上攀升，隨著裂縫的延伸，相角不斷的增加；當裂縫貫穿試片時，相角之值會趨於一穩定值。第 8 圖中 (A)，(B) 和 (C) 三階段的試片外觀，如第 9 圖所示，值得注意的是：(A) 階段需放大 2540 倍才可看清裂縫之出現，(B) 階段需放大 803 倍，而 (C) 階段祇需 296 倍，即可很清晰的看清裂縫外觀。此結果說明若試片上有裂縫出現，相角即可反應偵測出裂縫的出現；隨裂縫的延伸，相角即不斷的增加，由 (A)，(B) 和 (C) 三階段的相角變化，即可發現此趨勢。

15

20

(3) 腐蝕過程之影響

將銅 - 鋅合金試片，浸置於 Na_2SO_4 和緩衝溶液中，以 10Hz 之頻率測試相角之變化，結果分別由第 10 圖和第 11 圖所示

。基本上，在上述溶液中，相角隨時間呈現遞減的現象，雖然腐蝕現象會造成相角的異動，然而未如第 8 圖之相角增加之趨勢。換言之，銅 - 鋅試片於上述兩種溶液中，並不會有裂縫延伸，因此相角無法偵測出。試片測試完後，以高倍（ > 800 倍）顯微鏡觀察外觀，並無裂縫出現。

將 U 型銅 - 鋅合金試片浸置於含銅粉之 NH_4OH 溶液中，利用不同頻率 ($10\text{KHz} \sim 0.1\text{Hz}$) 測試相角變化。基本上，被測物
10 測試完畢後，裂縫破斷面呈沿晶和穿晶之混合破裂外觀（第 12 圖）；但是相角則有不同的變化，由第 13 圖可知，當頻率， f ，為 $10\text{Hz} \leq f \leq 100\text{Hz}$ 時，相角可以很成功的偵測出裂縫的延伸。

同時，在應用層面上，當被測物為一儲槽、或者是一流動的管路（內有溶液），只要適當的設置輔助電極，皆可應用本發明來量測，是以，本發明應用範圍相當廣。

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

913980

四、中文發明摘要(發明之名稱：

利用相角偵測裂縫之方法)

一種偵測裂縫之方法，係利用被測物發生裂縫時，其相角會上升之原理，藉由選定可使被測物產生裂縫之溶液、選定會使被測物之相角隨著測試時間上升的一定頻率，乃至於將被測物置於前述之溶液中，並在溶液中設置輔助電極，使被測物得以與輔助電極形成迴路，並施予被測物前述選定頻率的交流電，而得經由檢測被測物相角之變化，判斷被測物有無裂縫產生；同時，亦經由逐漸增加溶液濃度的方式，重覆檢測被測物發生裂縫的條件，而得出使被測物發生裂縫的溶液臨界濃度。

英文發明摘要(發明之名稱：

)

15

20

附註：本案已向

國(地區)申請專利，申請日期：

案號：

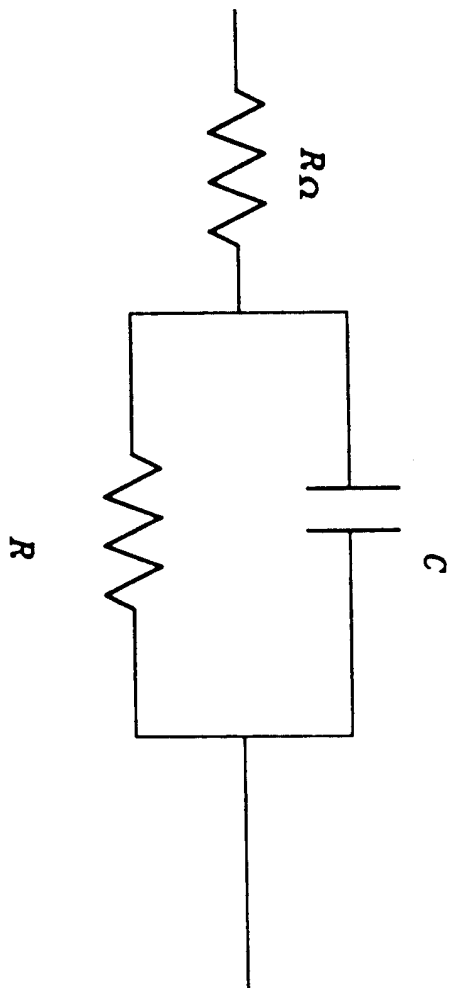
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

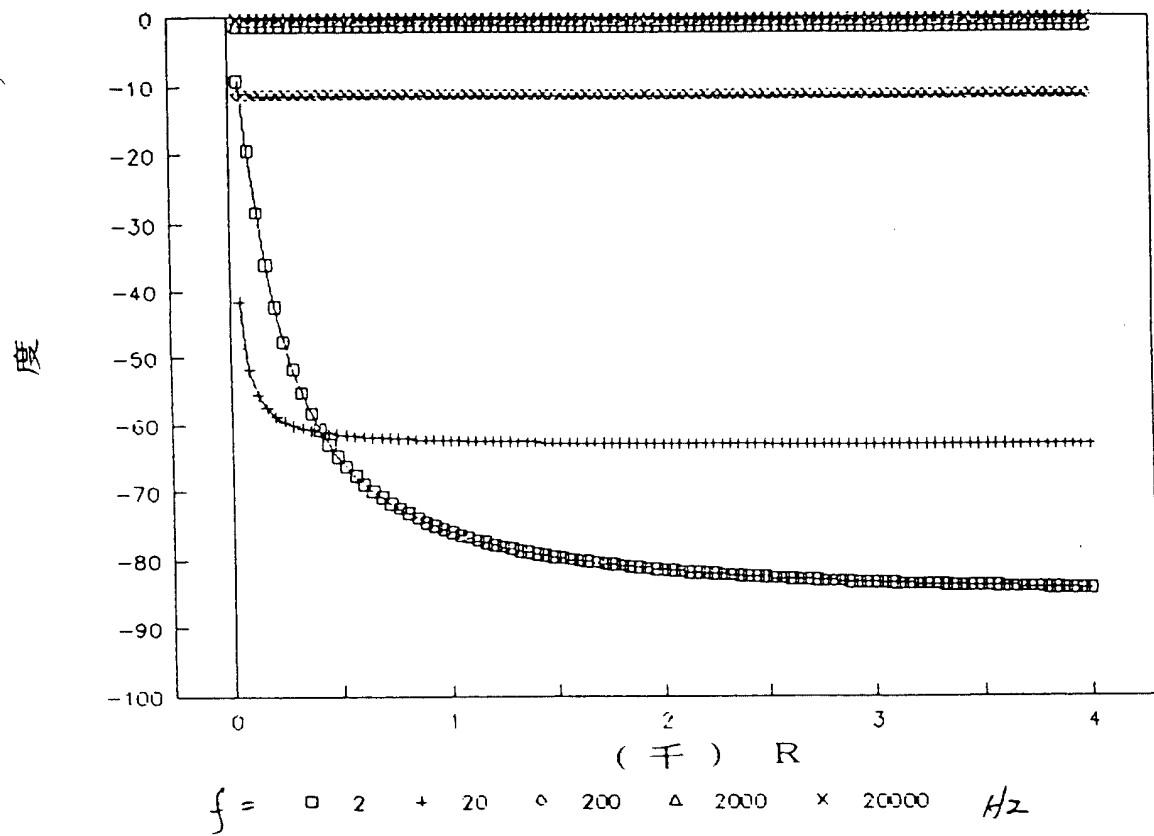
線

213980



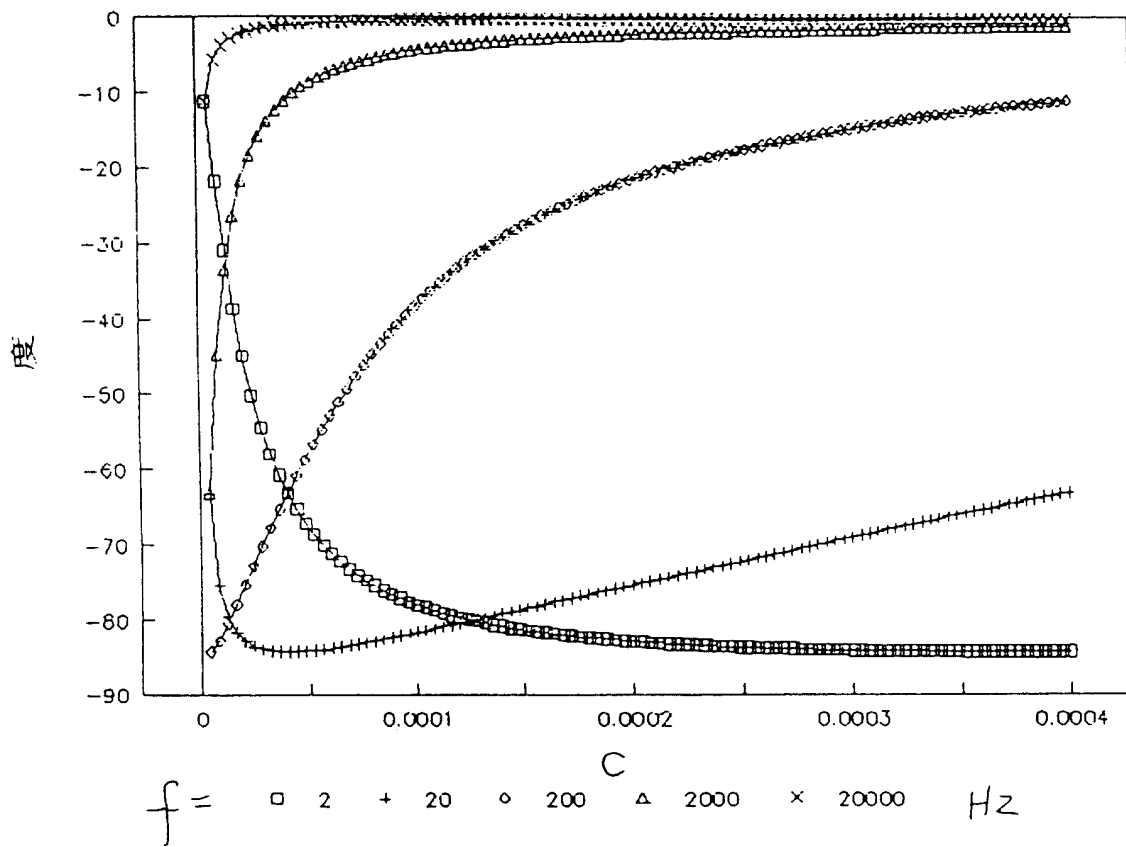
第1A圖

213980

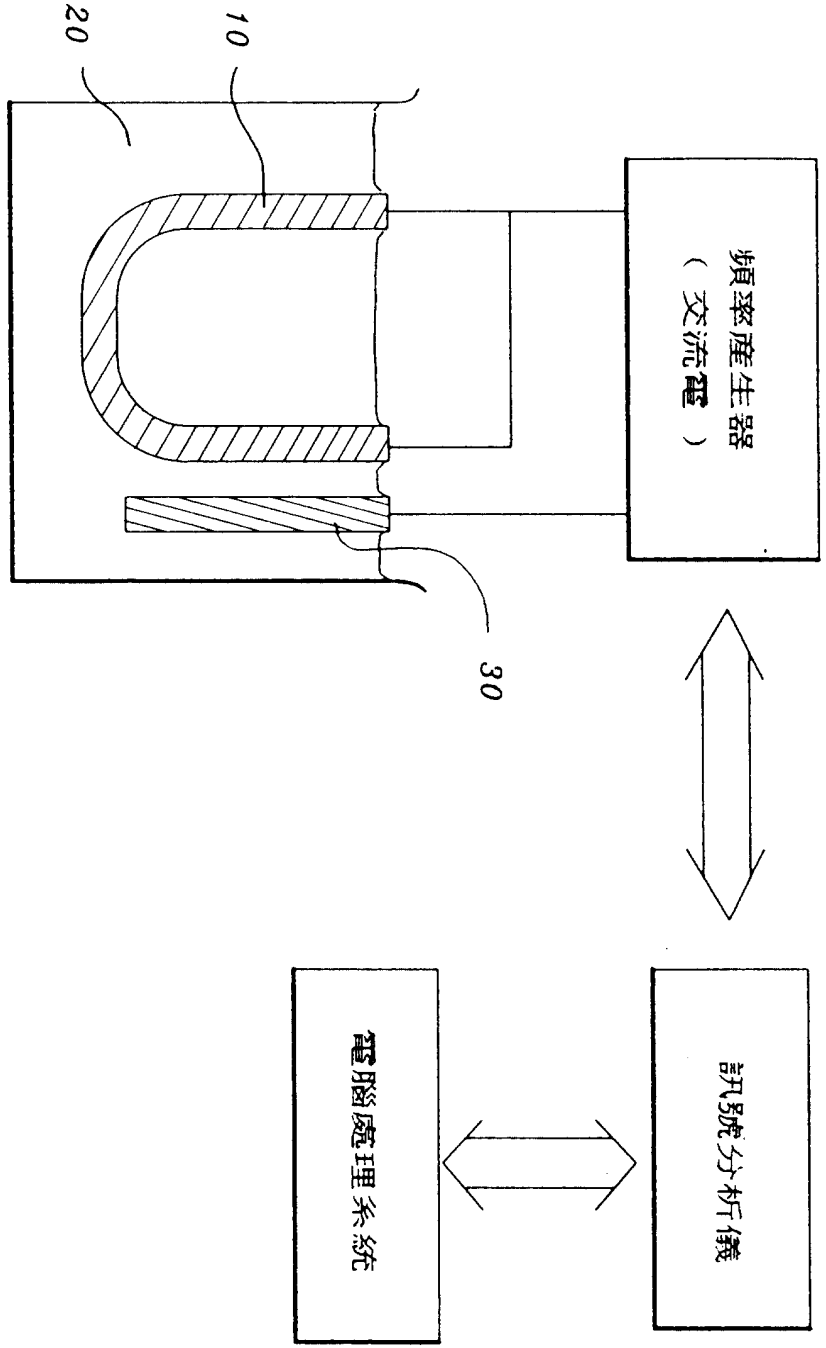


第 1B 圖

213980

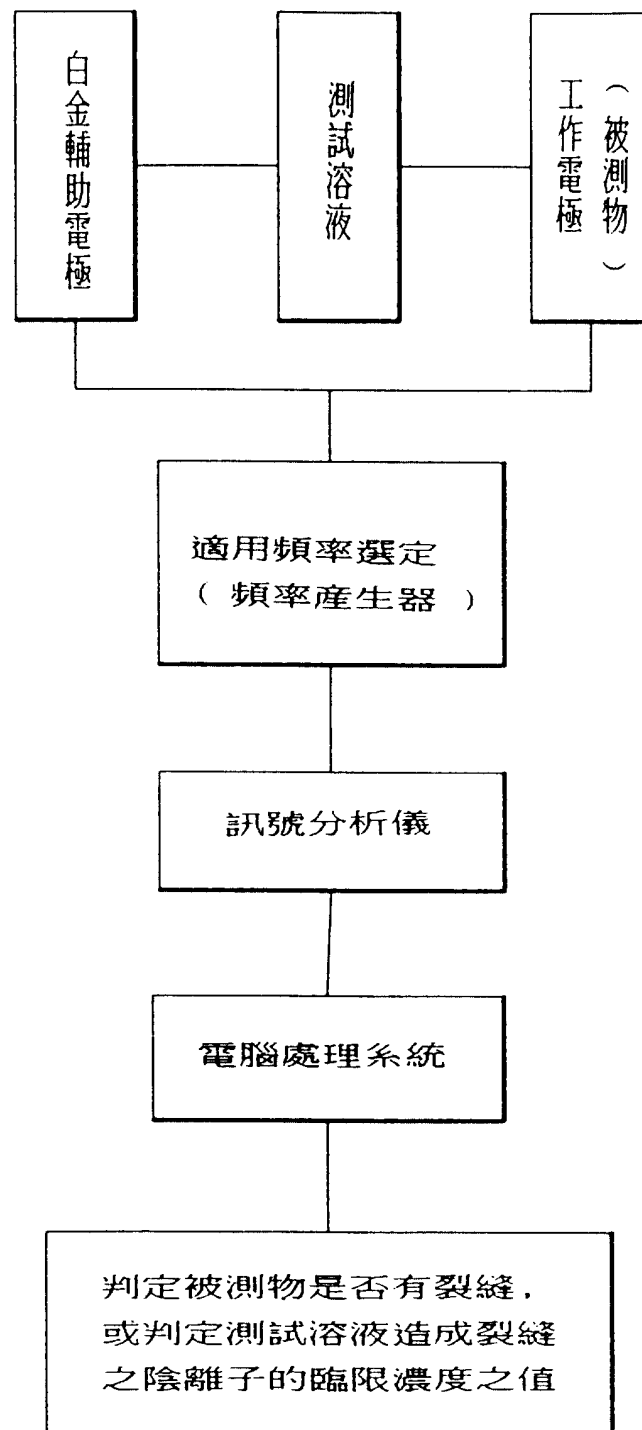


第 1C 圖



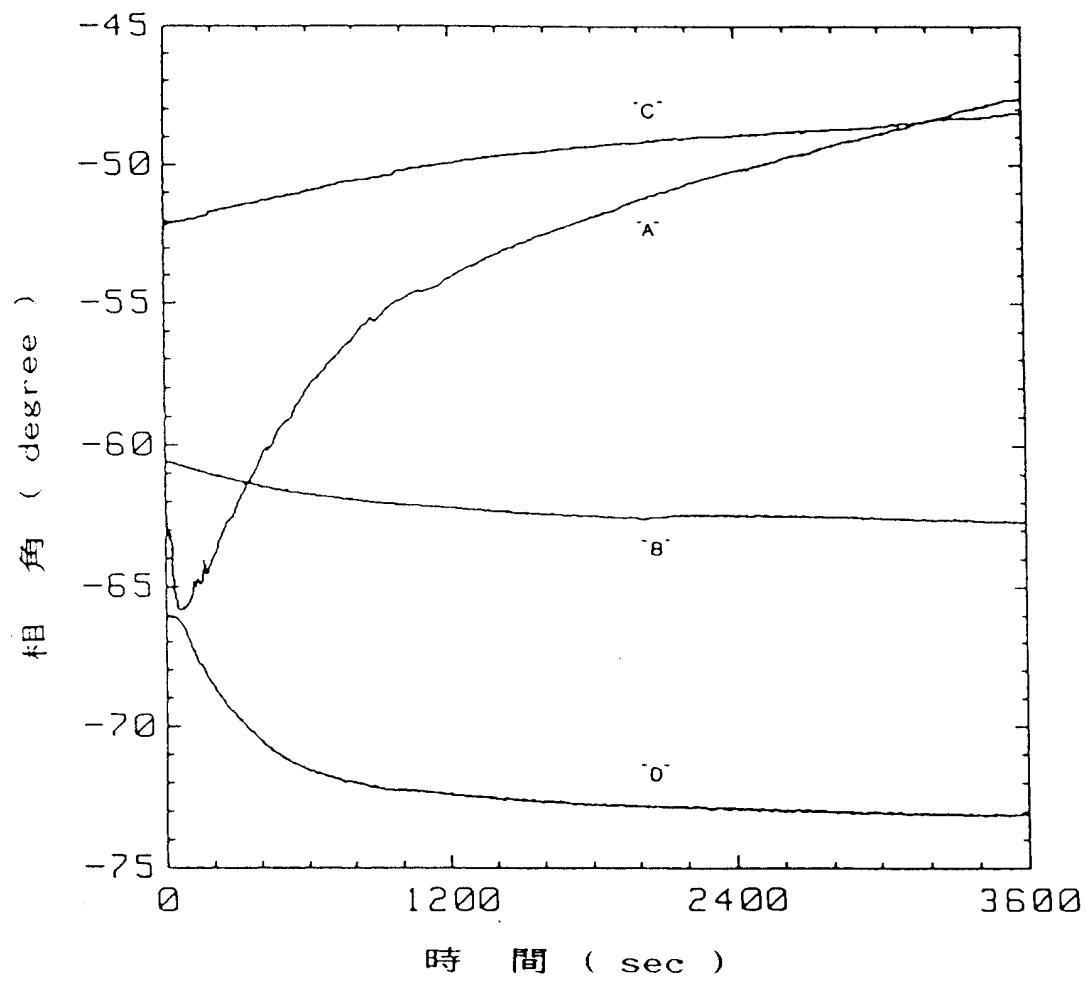
第 2 圖

213980



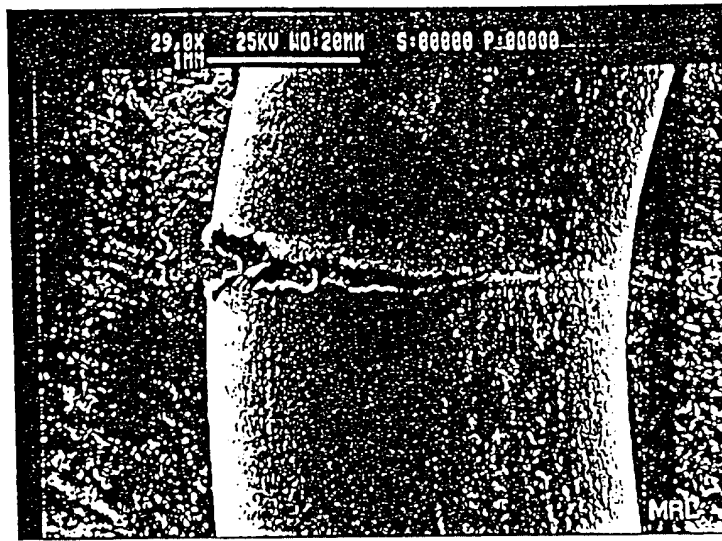
第 3 圖

213980

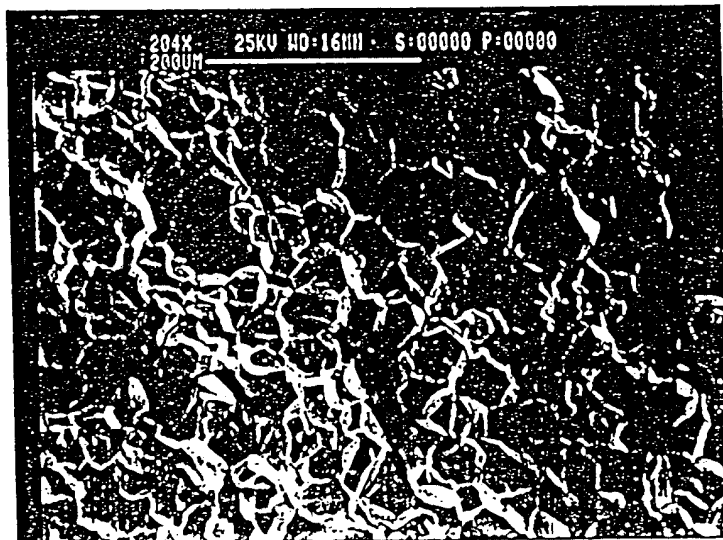


第 4 圖

213980

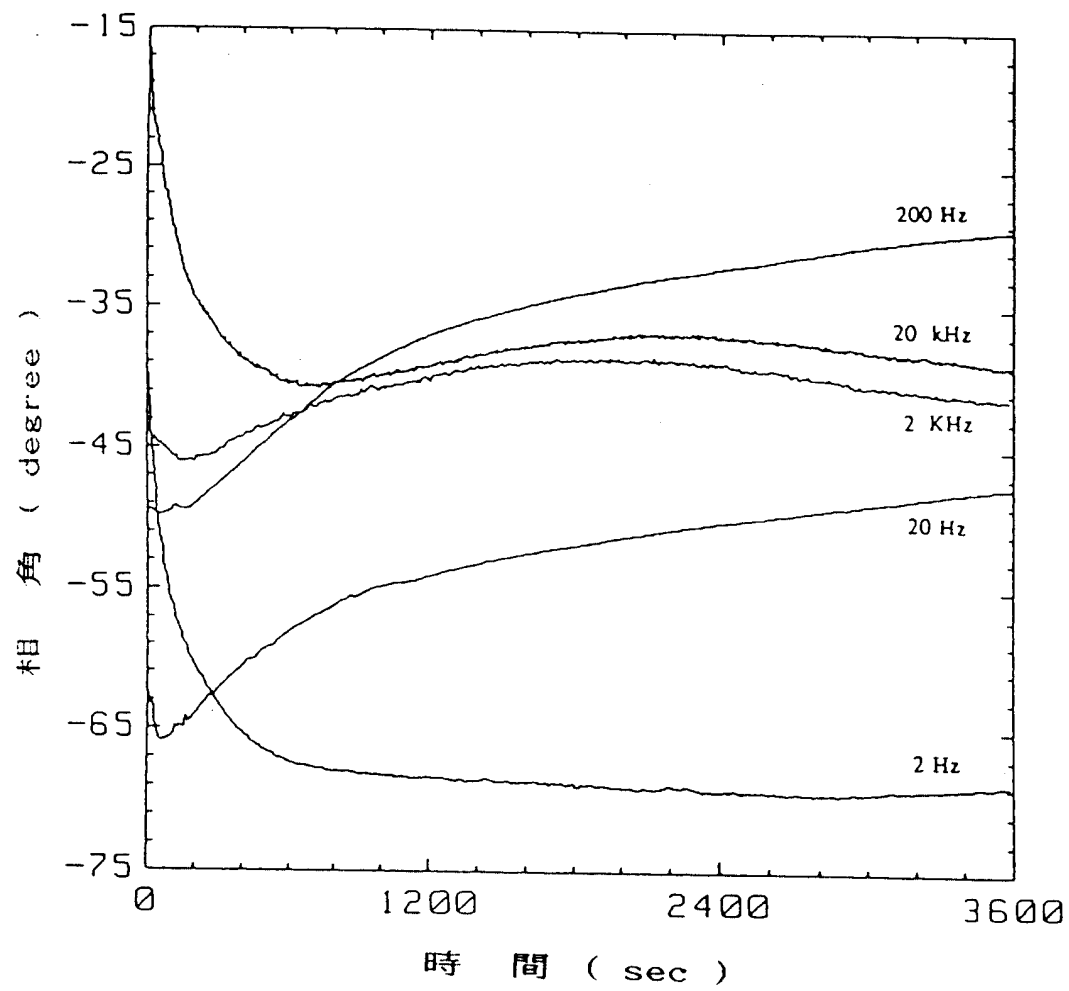


第 5A 圖



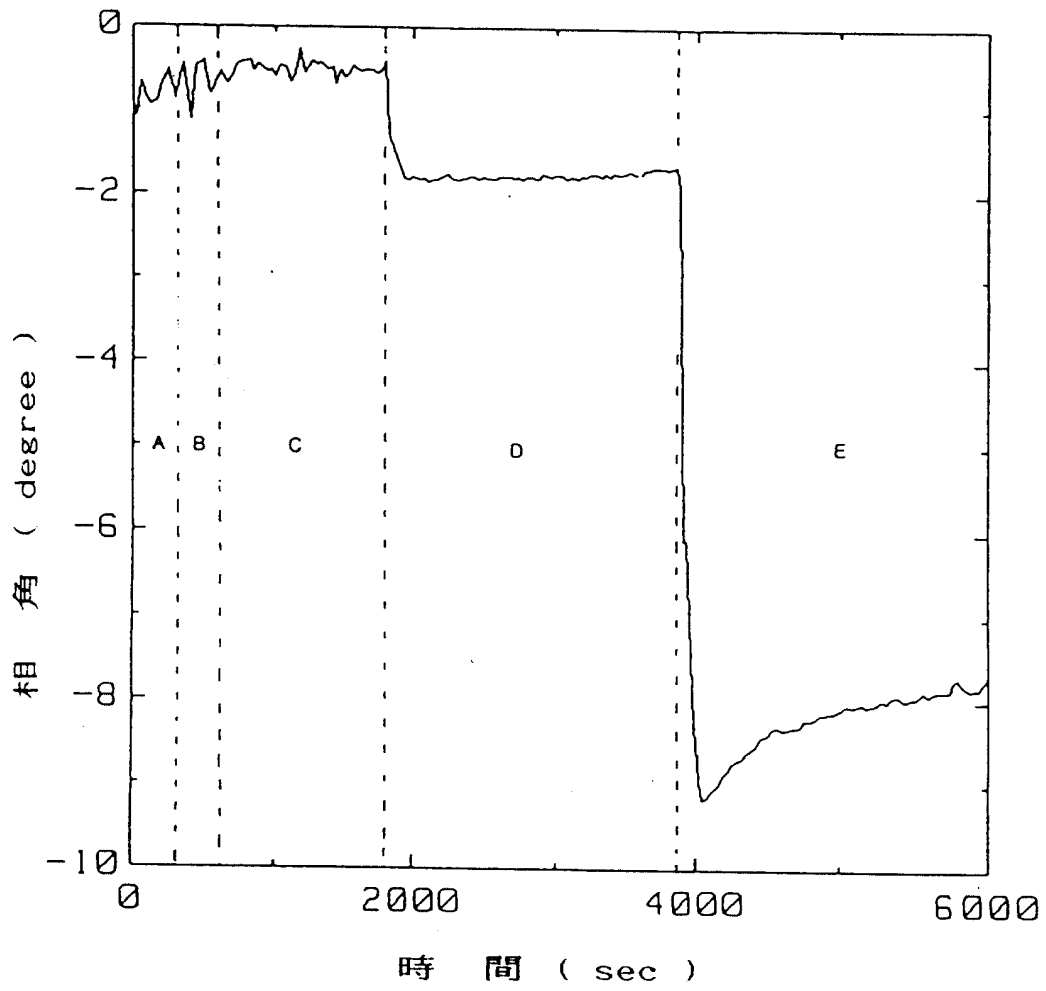
第 5B 圖

213980



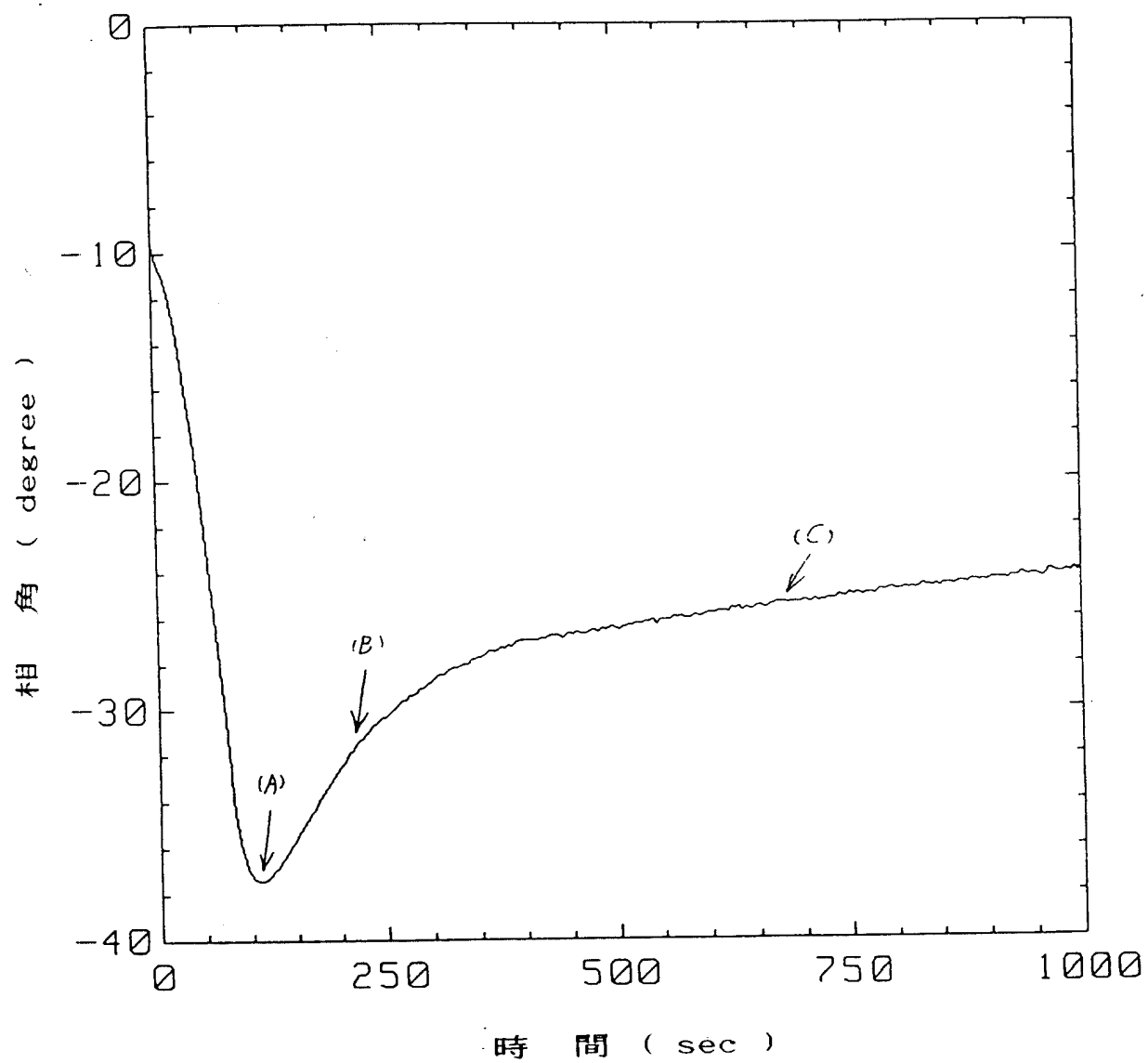
第 6 圖

213980



第 7 圖

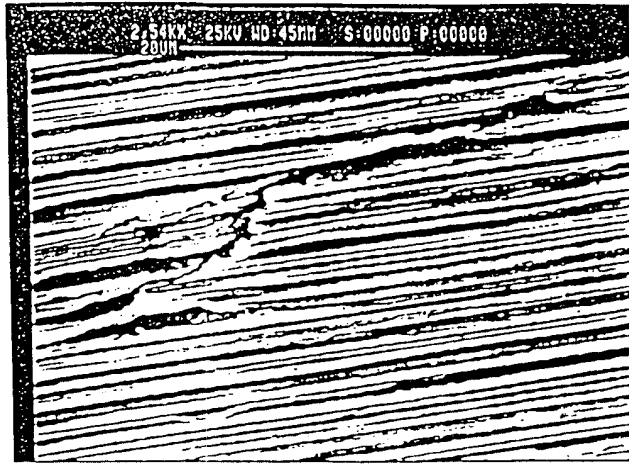
213980



第 8 圖

213980

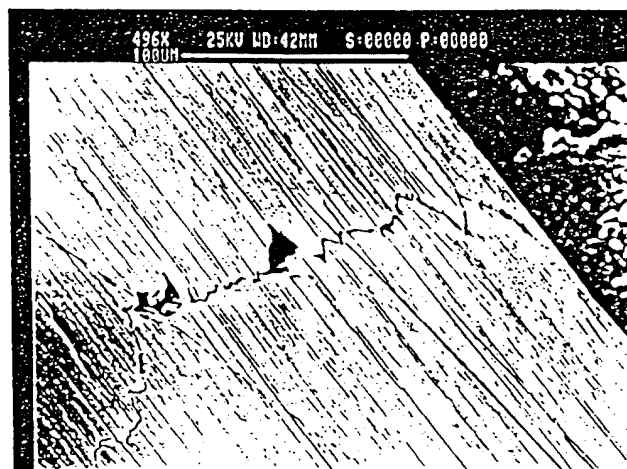
(A)



(B)

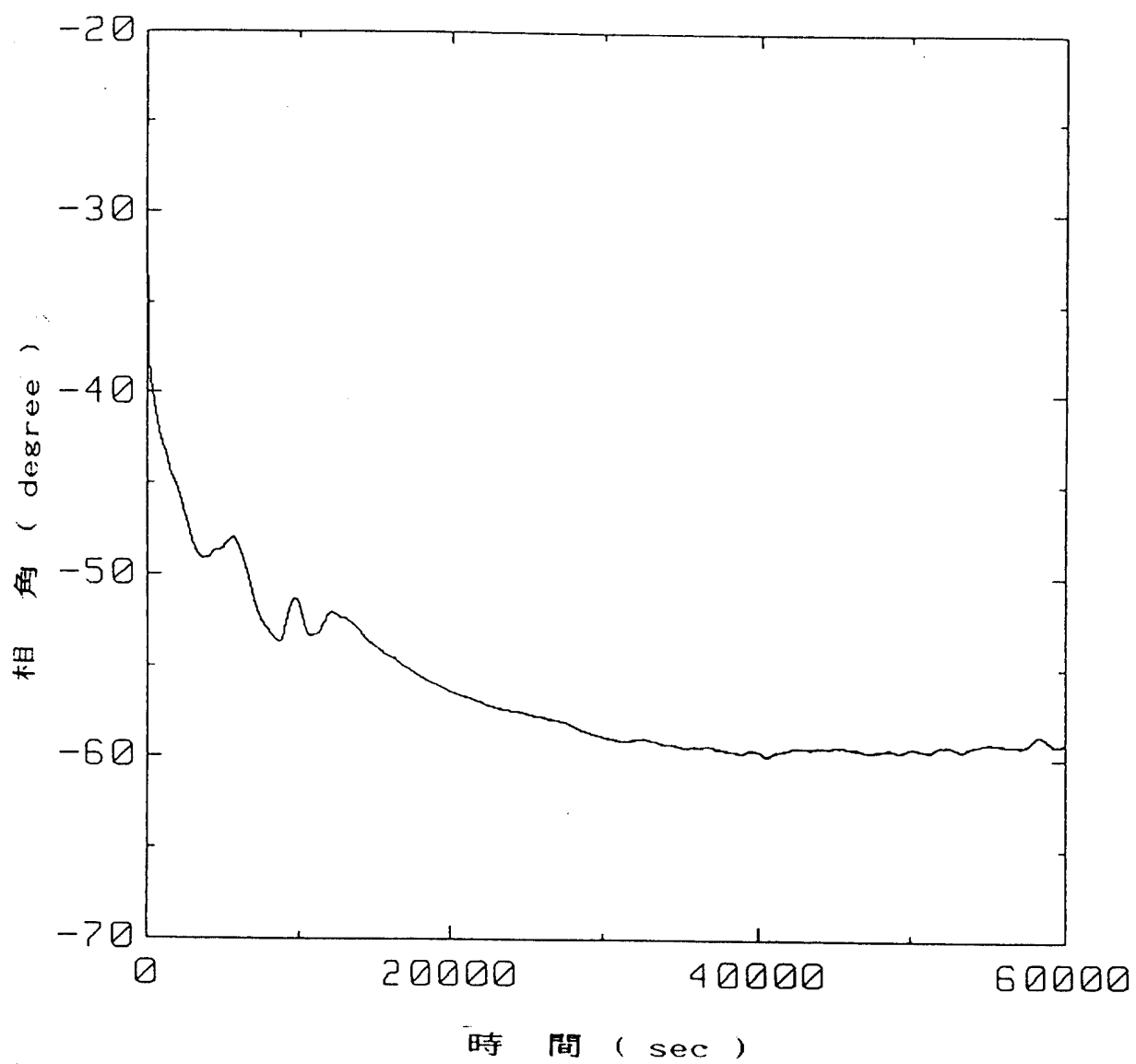


(C)



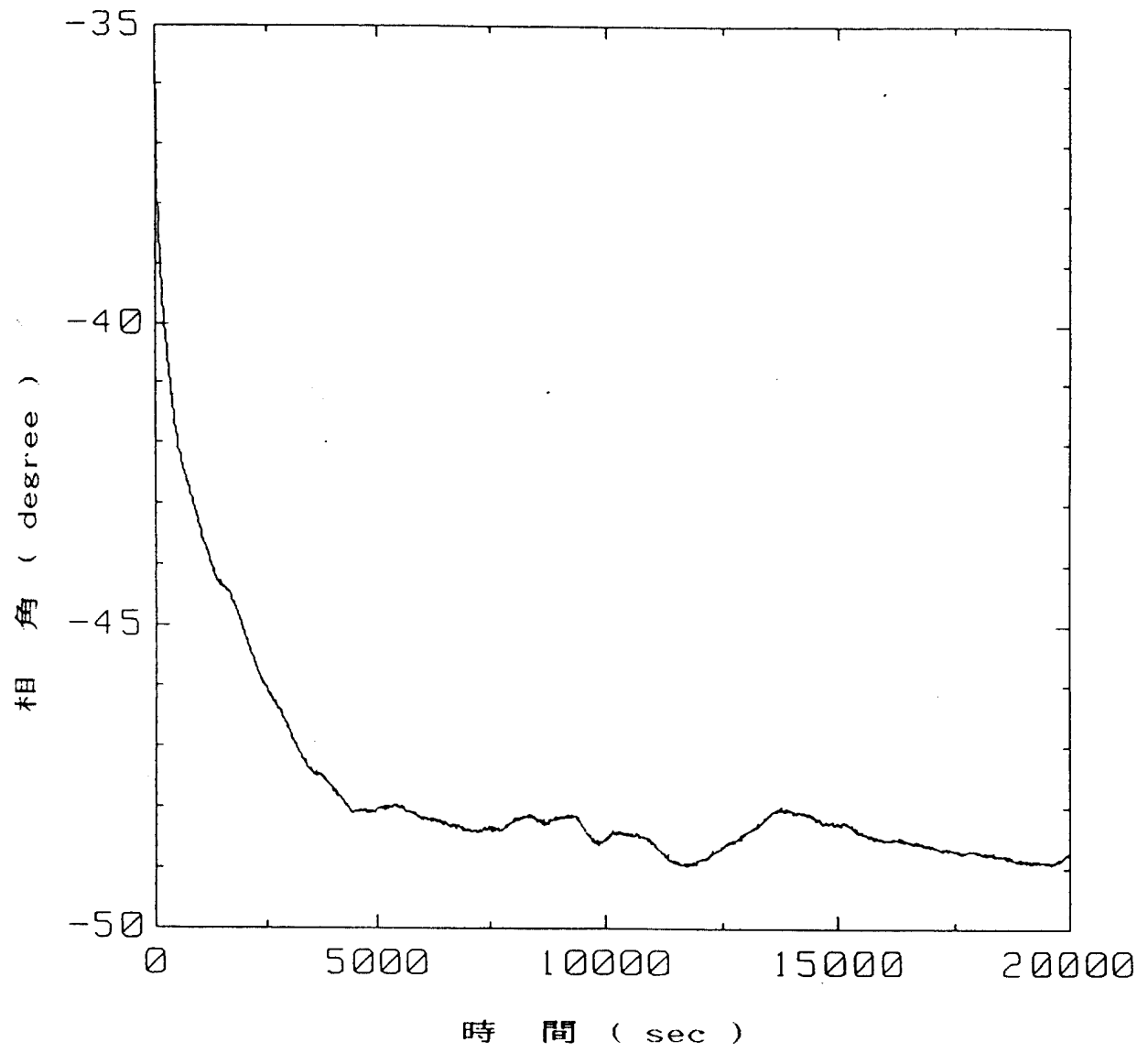
第 9 圖

213980



第 10 圖

213980



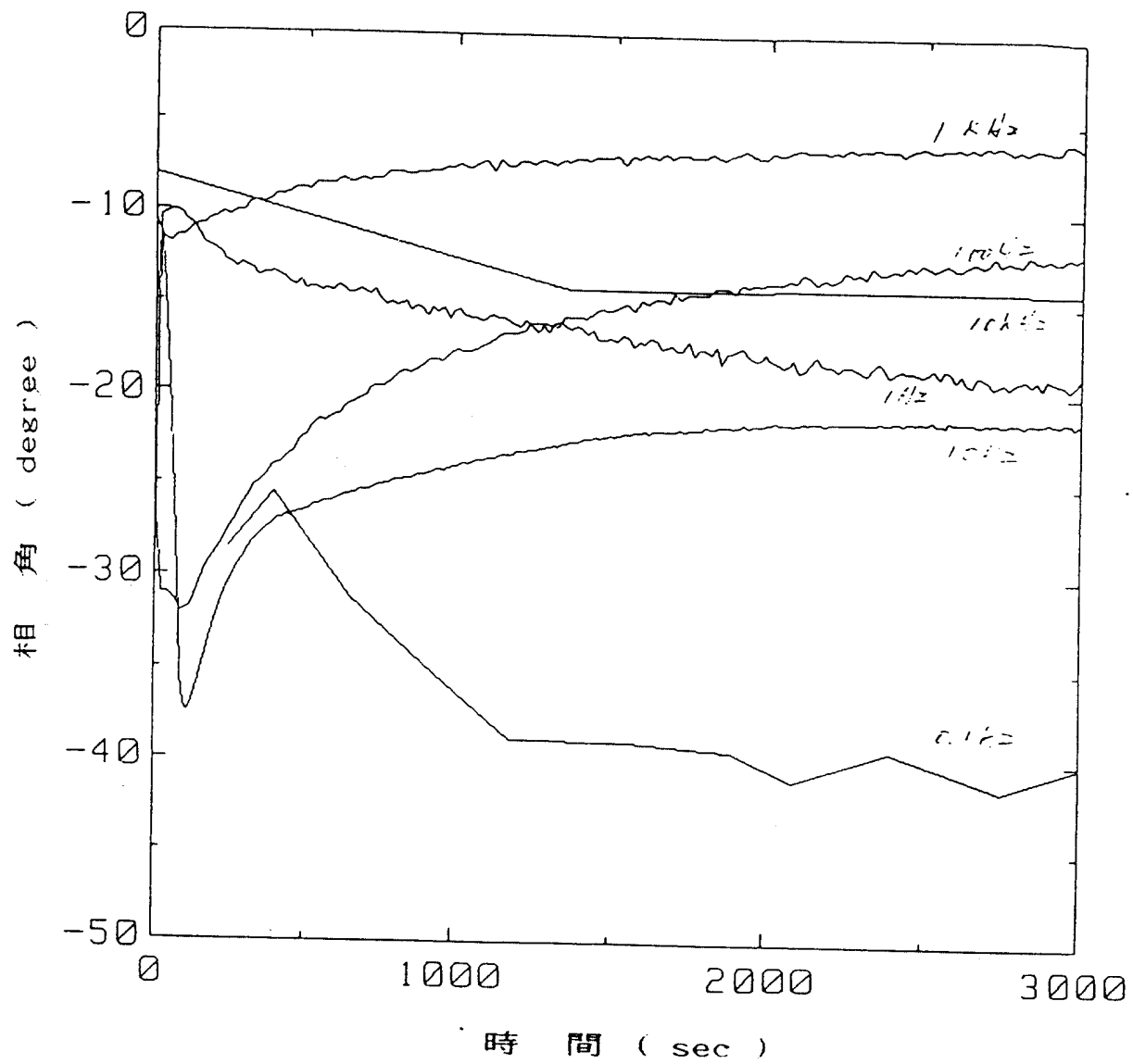
第 11 圖

213980



第 12 圖

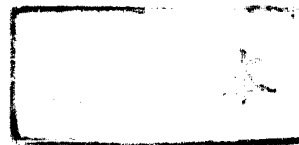
213980



第 13 圖

2-3000 213980

申請日期	81.8.3
案 號	81106180
類 別	701N 27/00



A4
C4

82 7 29

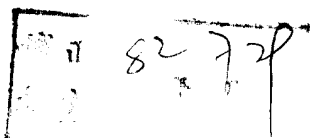
(以上各欄由本局填註)

發明 專利 說明 書

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

一、發明 創作名稱	中 文	利用相角偵測裂縫之方法
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	楊 淵 洲
	籍 貫 (國籍)	中 華 民 國
	住、居所	新竹縣竹東鎮明星路216巷六號
三、申請人	姓 名 (名稱)	財團法人工業技術研究院
	籍 貫 (國籍)	中 華 民 國
	住、居所 (事務所)	新竹縣竹東鎮 31015 中興路四段 195 之 5 號
	代表人 姓 名	林 垂 宙

086818
218880



A7
B7
C7
D7

六、申請專利範圍

(八十二年七月修正本)

一、一種偵測裂縫的方法，其包括步驟：

- (A) 選定可使被測物產生裂縫之溶液；
- (B) 選定適當的一定頻率；
- (C) 將被測物與前述溶液接觸；
- (D) 設置輔助電極，使被測物與輔助電極形成迴路；
- (E) 施予被測物前述選定頻率的交流電；
- (F) 檢測被測物之阻抗或相角變化；及
- (G) 經由前述檢測被測物相角之變化，判斷被測物有無裂縫產生。

二、如申請專利範圍第一項之偵測裂縫的方法，其中在步驟 (G) 判斷被測物有裂縫後，更包含一發出警告之步驟。

三、如申請專利範圍第一項之偵測裂縫的方法，其中步驟 (D) 的輔助電極，由鈍性金屬製成者。

四、如申請專利範圍第三項之偵測裂縫的方法，其中該輔助電極，係由白金製成者。

五、如申請專利範圍第一項之偵測裂縫的方法，其中步驟 (E)，係藉頻率產生器，施予被測物選定頻率交流電。

六、如申請專利範圍第一項之偵測裂縫的方法，其中步驟 (F) 中用以檢測被測物相角變化者，係為一訊號分析系統者。

七、如申請專利範圍第六項之偵測裂縫的方法，其中該訊號分析處理系統，係為含有程式之電腦及訊號分析儀所組成者。

八、一種偵測溶液臨界濃度的方法，其中，該溶液係用於

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

使被測物產生裂縫，而該方法包括步驟：

- (A) 選定適當濃度的溶液；
- (B) 選定一適當之固定頻率；
- (C) 將被測物與前述溶液接觸；
- (D) 中設置輔助電極，使被測物與輔助電極形成迴路；
- (E) 施予被測物前述選定頻率的交流電；
- (F) 檢測被測物之相角變化；
- (G) 經由前述檢測被測物相角之變化，判斷被測物有無裂縫產生；
- (H) 若前述被測物相角未產生變化，則增加溶液濃度，並且重覆步驟(F)、(G)，直到裂縫產生為止；

九、如申請專利範圍第八項之偵測溶液臨界濃度的方法，其中步驟(D)的輔助電極，係由鈍性金屬製成者。

十、如申請專利範圍第九項之偵測溶液臨界濃度的方法，其中該輔助電極，係由白金所製成者。

十一、如申請專利範圍第八項之偵測溶液臨界濃度的方法，其中步驟(E)，係藉頻率產生器，施加選定頻率交流電至被測物。

十二、如申請專利範圍第八項之偵測溶液臨界濃度的方法，其中步驟(F)中用以檢測被測物相角變化者，係為一訊號分析系統者。

十三、如申請專利範圍第十二項之偵測溶液臨界濃度的方法，其中該訊號分析處理系統，為由含有程式之電腦及訊號分析儀所組成者。

十四、如申請專利範圍第八項偵測溶液臨界濃度之方法

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

，其中的步驟 (A) 所選定的溶液，係為含氯離子溶液或含硫氛溶液者。

十五、如申請專利範圍第一項之偵測裂縫的方法，其中步驟 (A) 所選定的溶液，係為含氯離子溶液或含硫氛溶液者。

十六、如申請專利範圍第一項之偵測裂縫之方法，其中該被測物為不鏽鋼，選定的頻率為 20 - 200 Hz。

十七、如申請專利範圍第八項之偵測溶液臨界濃度之方法，其中該被測物為不鏽鋼，選定的頻率為 20 - 200 Hz。

十八、如申請專利範圍第十六或第十七項之方法，其中所選定的頻率為 20 Hz。

十九、如申請專利範圍第十八項之方法，其中步驟 (A) 所選定的溶液，係為 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 者。

二十、如申請專利範圍第一項之偵測裂縫之方法，其中該被測物為銅--鋅合金，選定的頻率為 10 - 100 Hz。

二十一、如申請專利範圍第八項之偵測溶液臨界濃度之方法，其中該被測物為銅--鋅合金，而選定的頻率為 10 - 100 Hz。

二十二、如申請專利範圍第二十或第二十一項之方法，其中所選定的頻率為 10 Hz。

二十三、如申請專利範圍第二十二之方法，其中步驟 (A) 所選定的溶液，係為 NH_4OH 者。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線