

公告本

323333

申請日期	84.4.20
案 號	84103970
類 別	601J 5/54, 601K 11/00

A4
C4

Int. Cl⁶

323333

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	使用光纖之溫度測定方法及裝置
	英 文	METHOD FOR MEASURING TEMPERATURE USING OPTICAL FIBER AND APPARATUS THEREFOR
二、發明人 創作	姓 名	(1)高山貴光 (2)山田善郎
	國 籍	日 本
	住、居所	(1)日本國埼玉縣上尾市西宮下3-31-1 (2)日本國神奈川縣横浜市鶴見區岸谷4-34 NKK社宅A1103
三、申請人	姓 名 (名稱)	日本鋼管股份有限公司 (日本鋼管株式會社)
	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	日本國東京都千代田區丸の内一丁目一番二號
	代 表 人 姓 名	三 好 俊 吉

323333

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C分類：

A6

B6

本案已向：

日 本 國 (地 區) 申請專利，申請日期：1994-5-30 案號：6-117172，☐有 ☒無主張優先權
1994-5-30 6-117173

有關微生物已寄存於：

，寄存日期：

，寄存號碼：

(請先閱背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

發明之背景

[發明之領域]

本發明係關於一種使用光纖之溫度測定方法及其裝置。

[有關技藝之說明]

消耗型之熱電偶已被廣泛用以測定熔融金屬之溫度。由於可解開的感應器之探針為用後即棄式，溫度之測定會時斷時續。由於感應器探針必須在每次測定時更換，測定次數之增加因高價之感應器探針而有困難，自動操作亦困難。另外，由於探針具有直徑大至30mm或以上且由於其具有長度為1mm或以上，無法進行狹窄空間之測定。

對熔融金屬之連續溫度測定有增加之需求。為回應此情況，實用之單元已被導入。該單元使用浸入熔融金屬內之陶瓷保護管。熱電偶被插入保護管內以進行連續溫度測定。

此法之問題在於保護管之耐久性，且以該法進行之溫度測定僅40~50小時。此法亦具有昂貴保護管及對溫度起伏不良回應之問題。

為了解決上述問題，本發明人等提出一溫度測定設備及位準測定設備供熔融金屬用，該設備被揭示於JP-A-248960/93號("JP-A"一詞意指"未審查日本專利公開案")。依照該案，熱電偶藉將包覆有金屬管之光纖連續浸入熔融金屬中及藉偵測檢透射過光纖之紅外線射線而連續測定熔融金屬之溫度。隨著光纖由於包覆有金屬管之增強機械強度，光纖可浸入熔融金屬內。

然而，在溫度測定時消耗光纖之該型輻射溫度計具有缺

(請先閱讀背面之注意事項)(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(2)

點為，隨著纖維長度之減少，傳輸損耗降低，指示溫度會增加，側定誤差會產生，及偵檢之光量增加而超過輻射溫度計之容量。

當石英光纖，GI纖維(核心直徑對包層直徑之比為50/125 μm)供通訊用被用作光波導管時，當自高溫標的物發射之輻射光線自光纖之端導入時，且當具有接收波長為0.9 μm 之Si偵檢器及紅外線輻射溫度計，其被定位在光纖之另一端以測定溫度約為1200℃時，每100m光纖長度之減少所產生之誤差約為10℃。

有一種方法用來彌補由上述光纖長度之減少所造成之測量誤差。依照該法，光纖之進給長度係藉一構件如觸輓所測定，衰減係自纖維之已知傳輸損耗計算以校正誤差。實施此法之設備卻相當複雜。另外，光纖傳輸損耗特徵之不均勻性會妨礙獲得長光纖(約1 Km)之充分校正精確度。為了校正具有幾百米長度之光纖減少，除非知道纖維傳輸損耗之校正值，無法獲得令人滿意的校正精確度。

一種不使用其他溫度測良構件如熱電偶之光纖長度之校正方法被揭示於JP-A-142049/93號，由本發明人等所申請。該揭示物說明一種可消耗光纖溫度計，其使用兩個紅外線溫度計，其各偵檢不同波長之光線。真實溫度之測定為藉使用光纖在各波長時傳輸損耗差異之特性而實行(一種使用二個波長之光纖長度之校正方法)。

由JP-A-142049/93號所揭示之對使用二個波長之光纖長度減少之校正方法具有下述問題。

(請先閱讀背面之注意事項)(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(3)

(1) JP-A-142049/93號自維恩(Wien)公式導出一單一光譜之校正公式。然而，普通輻射溫度計接收具有某種帶寬之光譜而非單一光譜之光線。因此，對普通輻射溫度計一般採用一改良公式，使用實驗上界定之常數，A，B，及C，作為帶狀光譜光線之溫度轉換公式來代替維恩公式。結果，在自真正輻射溫度計所得之轉換輸出量與溫度轉換公式(其為各校正公式之基礎)之輸出量間出現誤差。

(2) 由於 JP-A-142049/93號所述之校正公式在其推導時採用近似法，其包含近似誤差。因此，即使在相當窄接收光線之光譜帶之條件下使用維恩公式作為轉換公式之輻射溫度計中，計算中之校正誤差在真正觀察時隨著光纖之增加而增加。結果，為了保持校正誤差在 1°C 以內，纖維長度被限於400m或以下。

[發明之概述]

本發明之目的為提供一種使用可消耗光纖之溫度測定方法及其裝置，其中，在高回應速率及低成本下，即使使用例如1 Km之長光纖時，亦可以誤差在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 內之高精確度測定高溫熔融金屬之溫度。

為了達到該目的，首先，本發明提供一種使用光纖之溫度測定方法，包含步驟為：

在可消耗光纖之端接收自高溫液體發出之光線，接收之光線被傳輸過可消耗光纖並可消耗光纖之另一端；

藉由分枝濾器將接收之光線分成二光束；

藉一第一輻射溫度計自二光束之第一光束偵檢第一波帶

(請先閱讀背面之注意事項)

裝

訂

線

五、發明說明(4)

之光線；

將第一波帶之光線轉換成溫度以輸出第一溫度；

藉一第二輻射溫度計自二光束之第二光束偵檢第二波帶之光線，第二波帶不同於第一波帶；

將第二波帶之光線轉換成溫度以輸出第二溫度；

藉使用第一輻射溫度計固有之第一兩個溫度轉換參數，由第一輻射溫度計在第一波帶內之第一傳輸損耗指數，來自第一輻射溫度計之輸出第一溫度，及藉使用第二輻射溫度計固有之第二兩個溫度轉換參數，由第二輻射溫度計在第二波帶內之第二傳輸損耗指數及來自第二輻射溫度計之輸出第二溫度計算真正溫度。

第二，本發明提供一種使用可消耗光纖之溫度測定裝置，包含：

一可消耗光纖，用來在其一端接收自高溫液體發出之光線及將光線傳輸至其另一端；

一分枝濾器，用來將接收光線分成二光束；

一第一輻射溫度計，用來自二光束之第一光束偵檢第一波帶之光線並將第一波帶之光線轉換成溫度以輸出第一溫度；

一第二輻射溫度計，用來自二光束之第二光束偵檢，第二波帶之光線並將第二波帶之光線轉換成溫度以產出第一溫度，第二波帶不同於第一波帶；

計算構件，用來藉使用第一輻射溫度計固有之第一兩個溫度轉換參數，由第一輻射溫度計在第一波帶內之第一傳

(請先閱讀背面之注意事項)(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(5)

輸損耗指數，來自第一輻射溫度計之輸出第一溫度，及藉使用第二輻射溫度計固有之第二兩個溫度轉換參數，由第二輻射溫度計在第二波帶內之第二傳輸損耗指數及來自第二輻射溫度計之輸出的第二溫度計算真正溫度。

第三，本發明提供一種使用光纖之溫度測定方法，包含步驟為：

在可消耗光纖之端接收自高溫液體發出之光線，接收之光線被傳輸過可消耗光纖至可消耗光纖之另一端；

藉由分枝濾器將接收之光線分成二光束；

第一過濾器步驟，藉第一波選擇性濾器過濾二光束之第一光束以通過波長(λ_a)之窄帶光線；

第一偵檢步驟，藉第一輻射溫度計接收並偵檢波長之(λ_a)之窄帶光線；

第一轉換步驟，將波長(λ_a)之窄帶光線轉換成溫度以輸出溫度(T_a)；

第二過濾器步驟，藉第二波選擇性過濾器過濾二光束之第二光束以通過波長(λ_b)之窄帶光線；

第二偵檢步驟，藉第二輻射溫度計接收並偵檢波長(λ_b)之窄帶光線；

第二轉換步驟，將波長(λ_b)之窄帶光線轉換成溫度以輸出溫度(T_b)；

藉使用下面公式計算真正溫度(T)：

$$T = (1/D_a \lambda_a - 1/D_b \lambda_b) \div (1/D_a \lambda_a T_a - 1/D_b \lambda_b T_b)$$

(請先閱讀背面之注意事項)(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

其中， T ： 真正溫度，

λ_a ： 第一輻射溫度計之波長，

D_a ： 光纖在波長 (λ_a) 內之傳輸損耗指數，

T_a ： 自第一輻射溫度計輸出之溫度，

λ_b ： 第二輻射溫度計之波長，

D_b ： 光纖在波長 (λ_b) 內之傳輸損耗指數，

T_b ： 自第二輻射溫度計輸出之溫度。

第四，本發明提供一種使用可消耗光纖之溫度測定裝置，包含：

一可消耗光纖，用來在其一端接收自高溫液體發出之光線之並將光線傳輸至其另一端；

一分枝濾器，用來將接收光線分成二光束；

一第一波選擇性過濾器，用來過濾二光束之第一光束以通過波長 (λ_a) 之窄帶光線；

一第一輻射溫度計，用來接收並偵檢波長 (λ_a) 之窄帶光線並將波長之窄帶光線轉換成溫度以輸出溫度 (T_a)；

一第二波選擇性過濾器，用來過濾二光束之第二光束以通過波長 (λ_b) 之窄帶光線 (λ_b)；

一第二輻射溫度計，用來接收並偵檢波長 (λ_b) 之窄帶光線及將波長 (λ_b) 之窄帶光線轉換成溫度以輸出溫度 (T_b)；

藉使用下面公式計算真正溫度 (T) 之構件：

$$T = (1/D_a \lambda_a - 1/D_b \lambda_b) \div (1/D_a \lambda_a T_a - 1/D_b \lambda_b T_b)$$

(請先閱讀背面之注意事項)

(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(7)

其中， T ：真正溫度，

λ_a ：第一輻射溫度計之波長，

D_a ：光纖在波長(λ_a)內之傳輸損耗指數，

T_a ：自第一輻射溫度計輸出之溫度，

λ_b ：第二輻射溫度計之波長，

D_b ：光纖在波長(λ_b)內之傳輸損耗指數，

T_b ：自第二輻射溫度計輸出之溫度。

第五，本發明提供一種使用可消耗光線之溫度測定方法，其包含步驟為：

在可消耗光纖之端部接收自高溫液體所發出之光線，接收光線藉由可消耗光纖傳輸至可消耗光纖之另一端；

藉一波選擇性過濾器過濾接收光線以單獨通過具有預定中心波長之窄帶光譜光線；及

藉一輻射溫度計將窄帶光譜光線轉換成溫度。

第六，本發明提供一種使用可消耗光纖之溫度測定裝置包含：

一可消耗光纖，用來在其端部接收自高溫液體發出之光線並將光線傳輸至其另一端；

一波選擇性過濾器，用來過濾接收光線以單獨通過具有預定中心波長之窄帶光譜光線；及

一輻射溫度計，用來偵檢窄帶光譜光線並將光譜光線轉換成溫度。

第七，本發明提供一種使用可消耗光纖之溫度測定方法，包含之步驟為：

(請先閱讀背面之注意事項)(本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(8)

在可消耗光纖之端部接收自高溫液體所發出之光線，接收光線藉由可消耗光纖傳輸至可消耗光纖之另一端；

藉由分枝過濾器將接收光線分成二光束；

第一過濾器步驟，藉一第一波選擇性過濾器過濾二光束之第一光束，以通過具有預定中心波長及波帶之第一光譜光線；

第一偵檢步驟，藉第一輻射溫度計偵檢光譜光線並將偵檢光譜光線轉換成溫度以輸出一溫度(T_a)；

第二過濾器步驟，藉第二波選擇性過濾器過濾二光束之第二光束，以通過具有預定中心波長之第二光譜光線；

第二偵檢步驟，藉第二輻射溫度計偵檢光譜光線並將偵檢光譜光線轉換成溫度以輸出一溫度(T_b)；

藉使用第一輻射溫度計及第二輻射溫度計固有之溫度轉換參數，有關第一光譜光線及第二光譜光線之光纖之傳輸損耗資訊及溫度(T_a)與溫度(T_b)計算真正溫度(T)。

第八，本發明提供一種使用可消耗光纖之溫度測定裝置，包含：

一可消耗光纖，用來在其端部接收自高溫液體所發出之光線並將光線傳輸至其另一端；

一分枝過濾器，用來將接收光線分成二光束；

一第一波選擇性過濾器，用來過濾二光束之第一光束以通過具有預定中心波長及波帶之第一光譜光線；

一第一輻射溫度計，用來接收並偵檢第一光譜光線及將第一光譜光線轉換成溫度以輸出一溫度(T_a)；

(請先閱讀背面之注意事項再
寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(9)

一 第二波選擇性過濾器，用來過濾二光束之第二光束以通過具有預先中心波長及波帶之第二光譜光線，第二光譜光線之波帶不同於第一光譜光線者；

一 第二輻射溫度計，用來接收並偵檢第二光譜光線並將第二光譜光線轉換成溫度以輸出一溫度(T_b)；

藉使用第一輻射溫度計與第二輻射溫度計固有之溫度轉換參數、有關第一光譜光線與第二光譜光線之傳輸損耗資訊及溫度(T_a)與溫度(T_b)計算真正溫度(T)之構件。

附圖之簡單說明

圖1 顯示一使用本發明可消耗光纖之溫度測定裝置之例；

圖2 顯示纖維消耗與校正前之誤差間之關係；

圖3 顯示纖維消耗與校正後之誤差間之關係；

圖4 顯示使用本發明可消耗光纖之溫度測定裝置之另一例；

圖5 顯示纖維消耗與依照習知技藝後之誤差間之關係；

圖6 為一特性曲線圖，顯示藉由連通用之石英光纖之傳輸損耗；

圖7 為另一特性曲線圖，顯示藉由通訊用之石英光纖之傳輸損耗；

圖8 顯示使用本發明可消耗光纖之溫度測定裝置之另一例；

圖9 顯示纖維消耗與依照本發明之誤差間之關係；

(請先閱讀背面之注意事項)(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(10)

圖 10 顯示使用本發明可消耗光纖之溫度測定裝置之另一例；

圖 11 顯示纖維消耗與依照本發明之校正後之誤差間之關係；及

圖 12 顯示纖維消耗與依照本發明之校正後之誤差間之另一關係。

具體例之說明

具體例 1

關於本發明之溫度測定方法，使用可消耗光纖。在可消耗光纖之端部接收自高溫液體發出之光線。接收之光線藉由可消耗光纖傳輸至可消耗光纖之另一端。接收之光線藉由分枝過濾器分成二光束，即，第一光束與第二光束。自第一光束，第一波帶之光線係藉第一輻射溫度計偵檢。第一波帶之偵檢光線被轉換成溫度以產出第一溫度。自第二光束，第二波帶之光線係藉第二輻射溫度計偵檢。第二波帶之偵檢光線被轉換成溫度以輸出第二溫度。藉使用第一輻射溫度計固有之兩個溫度轉換參數、藉第一輻射溫度計之第一波帶內之第一傳輸損耗指數及自第一輻射溫度計之第一溫度，並藉使用第二輻射溫度計固有之第二兩個溫度轉換參數、藉第二輻射溫度計之第二波帶內之第二傳輸損耗指數及自第二輻射溫度計之第二溫度來計算高溫液體之真正溫度(T)。

真正溫度 T 係使用下面公式計算：

(請先閱讀背面之注意事項)
(本寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(11)

$$T = \left[\left(\frac{1}{D_a} A_a - \frac{1}{D_b} A_b \right) - 2 \left(\frac{B_a}{D_a A_a^2 T_a} - \frac{B_b}{D_b A_b^2 T_b} \right) \right] \div \left[\left(\frac{1}{D_a} A_a T_a - \frac{1}{D_b} A_b T_b \right) - 2 \left(\frac{B_a}{D_a A_a^2 T_a^2} - \frac{B_b}{D_b A_b^2 T_b^2} \right) \right] \dots (1)$$

其中：T：真正溫度，

T_a ：自第一輻射溫度計輸出之第一溫度，

A_a, B_a ：第一輻射溫度計固有之第一兩個參數，

D_a ：藉第一輻射溫度計之光纖之第一傳輸損耗指數，

T_b ：自第二輻射溫度計輸出之第二溫度，

A_b, B_b ：第二輻射溫度計固有之第二兩個參數，

D_b ：藉第二輻射溫度計之光線之第二傳輸損耗指數。

另外，真正溫度T係使用下面公式計算：

$$T = \left[\left(1 - 2 \frac{B_a}{A_a T_a} \right) T_a / D_a A_a - \left(1 - 2 \frac{B_b}{A_b T_b} \right) T_b / D_b A_b \right] \div \left[\left(1 - 2 \frac{B_a}{A_a T_a} \right) D_a A_a - \left(1 - 2 \frac{B_b}{A_b T_b} \right) D_b A_b \right] \dots (2)$$

其中：

T：真正溫度，

T_a ：自第一輻射溫度計輸出之第一溫度，

A_a, B_a ：第一輻射溫度計固有之第一兩個參數，

D_a ：藉第一輻射溫度計之光纖之第一傳輸損耗指數，

T_a' ：基於第一輻射溫度計之特定測定範圍設定之大約值，

T_b ：自第二輻射溫度計輸出之第二溫度，

A_b, B_b ：第二輻射溫度計固有之第二兩個參數，

D_b ：藉第二輻射溫度計之光線之第二傳輸損耗指數，

T_b' ：基於第二輻射溫度計之特定測定範圍設定之大約值。

關於本發明之另一溫度計測定方法，亦使用可消耗光纖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(12)

在可消耗光纖之端部接收自高溫液體發出之光線。接收光線藉由可消耗光纖傳輸至可消耗光纖之另一端。接收之光線藉由分枝過濾器分成二光束，即，第一光束與第二光束。第一光束被過濾以通過第一波長 λ_a 之第一窄帶光線。第一波長 λ_a 之第一窄帶光線係藉第一輻射溫度計接收並偵檢。偵檢之第一波長 λ_a 之第一窄帶光線被轉換成溫度以產生第一溫度 T_a 。第二光束被過濾以通過第二波長 λ_b 之第二窄帶光線。第二波長 λ_b 之第二窄帶光線係藉第二輻射溫度計接收並偵檢。偵檢之第二波長 λ_b 之第二窄帶光線被轉換成溫度以輸出第二溫度 T_b 。

真正溫度 T 後使用下面公式計算

$$T = (1/D_a \lambda_a - 1/D_b \lambda_b) \div (1/D_a \lambda_a T_a - 1/D_b \lambda_b T_b) \dots$$

(3)

其中：

T ：真正溫度，

λ_a ：第一輻射溫度計之第一波長，

D_a ：第一波長(λ_a)內光纖之傳輸損耗指數，

T_a ：自第一輻射溫度計輸出之第一溫度，

λ_b ：第一輻射溫度計之第二波長，

D_b ：第二波長(λ_b)內光纖之傳輸損耗指數，

T_b ：自第二輻射溫度計輸出之第二溫度。

實施例 1

首先，輻射溫度計對光纖傳輸之減弱之感應特性被述如下。黑體之光譜輻射亮度 $L(\lambda, T)$ 以普蘭克(Plank)定律之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明(13)

公式(4)表示。

$$L(\lambda, T) = 2C_1 / \{\lambda^5 \times (\text{EXP}(C_2 / \lambda T) - 1)\} \dots \dots \dots (4)$$

其中， λ ：波長

T ：絕對溫度(K)

$$C_1 : 5.9548 \times 10^{-7} \quad \text{W} \times \text{m}^2$$

$$C_2 : 0.014388 \quad \text{m} \cdot \text{K}$$

公式(4)係由維恩公式(5)在範圍為

$$\lambda T \leq \lambda_{mT} \text{ 內概算, } (\lambda_{mT} = 2.8978 \times 10^{-3} \quad \text{M} \cdot \text{K}).$$

$$L(\lambda, T) = 2C_1 \times \text{EXP}(-C_2 / \lambda T) / \lambda^5 \dots \dots \dots (5)$$

在普通輻射溫度計中，亮度信號係使用近似公式(6)轉換成溫度，該公式(6)使用係數A、B及C，其係依照JIS之實驗所測定(參照"New temperature measurement"256頁，Instrumentation and Automatic Control Academy)。

$$L(\lambda, T) = C \times \text{EXP}\{-C_2 / (AT+B)\} \dots \dots \dots (6)$$

圖1顯示使用本發明之可消耗光纖之溫度測定裝置之一例。圖1中，參考號1為覆有金屬管之光纖，2為光學連接器，3為一可消耗光纖溫度計，其被構成下述裝置4~9。參考號4為一分枝過濾器如光束分裂器，其分散藉由光學連接器2自覆有金屬管之光纖1端部進入之光線，且其發出分散的光譜團至各二個光偵檢器5及6。光偵檢器5接收入射光線並偵檢在波長 λ_a (例如， $\lambda_a = 0.85 \mu\text{m}$)上中心之特定光譜光線線帶。光偵檢器6接收入射光線並偵檢在波長 λ_b (例如， $\lambda_b = 1.0 \mu\text{m}$)上中心之特定光譜光線線帶。因此，光偵檢器5及6可由例如波帶選擇性過濾器、光二極

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(14)

管(Si光二極管或Ge光二極管可被使用，端視接收及偵檢光線帶而定)及信號放大器所構成。

參考號7為溫度轉換器，其將在光偵檢器5之偵檢信號轉換成溫度並產生指示溫度 T_a 。參考號8為溫度轉換器，其將在光偵檢器6之偵檢信號轉換成溫度並產生指示溫度 T_b 。光偵檢器5及溫度轉換器7構成No.1單色輻射溫度計，光偵檢器6及溫度轉換器8構成No.2單色輻射溫度計。

圖1中之No.1及No.2單色輻射溫度計各接收具有某種帶寬度之分開光譜光線，不接收單一光譜光線，並分別使用公式(3)及固有參數 A_a, B_a, C_a 及 A_b, B_b, C_b 。

參考號9為計算段以計算真正溫度。計算段9係使用No.1單色輻射溫度計固有之溫度轉換之兩個參數， A_a, B_a 、光學過濾器在光線接收及偵檢波帶內之傳輸損耗指數 D_a 及與No.1單色輻射溫度計有關之指示溫度 T_a 並使用No.2單色輻射溫度計固有之溫度轉換之兩個參數 A_b, B_b 、光學過濾器在光線接收及偵檢波帶內之傳輸損耗指數 D_b 及與No.2單色輻射溫度計有關之指示溫度 T_b ，基於下述特定計算式，經由校正計算法來計算熔解鋼15之真正溫度 T 。

由於圖1中之No.1及No.2之單色輻射溫度計自波帶光譜光線進行溫度轉換，由計算段所使用之校正公式配合該情況。

參考號12為光纖進給筒，13為光纖進給輥，14為模，15為熔解鋼，16為浸漬噴嘴及17為粉末。

包覆金屬管之光纖1為連通用之石英纖維。藉施加金屬

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

管如 SUS 管作為包覆材料，包覆金屬管之光纖 1會增加其機械強度並可浸入溶解鋼 15 內。

由於浸入溶解鋼 15 內之包覆金屬管之光纖 1在高溫環境中隨著時間而消耗，製備一機構，供包覆金屬管之光纖 1，其被盤繞光纖進給筒 12，以連續打開以彌補消耗之長度。設有機構之溫度計被稱為可消耗光纖溫度計。

依照圖 1 中之可消耗光纖溫度計，自光纖頂端進入之紅外線在傳輸通道時會減弱，由於傳輸損耗，直到其自光纖之另一端發出為止，光纖之減弱特性為波長之功能。雖然目前可得之石英光纖在性能上顯示相當之改良，傳輸損耗對一般波長為 $0.9\mu\text{m}$ 提供 $2\sim 3\text{ dB/Km}$ 而對波長為 $1.5\mu\text{m}$ 為 $0.2\sim 0.5\text{ dB/Km}$ 。圖 6 及 7 顯示若干公開觀察之光纖傳輸損耗。

圖 6 為一特性曲線圖，顯示通訊用石英光纖 (Shimada 及 Hayashida, "Optical fiber cable", 52 頁, Ohm 公司, (1987)) 之傳輸損耗。圖 7 亦為一特性曲線圖，顯示通訊用石英光纖 (Shimada 及 Hayashida, "Optical fiber cable" 56 頁, Ohm 公司, (1987)) 之傳輸損耗。

二圖皆提出可消耗光纖溫度計之產量被纖維之長度所影響。依照在使用具有 $0.9\mu\text{m}$ 波長之單色輻射溫度計及使用 GI 纖維 (核心直徑 / 包層直徑為 $50/125\mu\text{m}$) 之黑體爐上之實驗，在長度——為 10m 纖維，與在長度為 100m 下之參考溫度比較，可看到約 $+10^\circ\text{C}$ 以上之指示。

因此，本發明之可消耗光纖溫度計被發展，以維持最初

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

指示值，即使在纖維長度變短並可測定高精確度溫度時亦然。

因此，為了除去光纖減少長度之影響，圖1之可消耗光纖溫度計使用兩個單色輻射溫度計，其可測定二互相不同波長之有限帶寬。此系統確實使用光纖之傳輸損耗在各波長為不同之原理。

依照該系統，光纖被用作波導管，其接收在包覆金屬管之光纖1端部自熔解鋼15發出之光譜光線。在光纖1之另一端，傳輸光線藉一分枝過濾器4分散成二個光譜團組。分散之光譜團組各被導入各No.1及No.2單色輻射溫度計內。輻射溫度計分別接收並偵檢在不同波長 λ_a 及 λ_b 中心上之光譜光線之有限帶寬度，並將偵檢之信號轉換成溫度以分別產生指示溫度 T_a 及 T_b 。

藉計算段9內之校正計算自此二指示溫度 T_a 及 T_b 測定真正溫度 T 之程序被述如下。

兩個單色輻射溫度計之指示值，其值由標準值所校正者，當纖維長度變短時提供差異。二值間之差異被用以測定真正溫度。校正方法如下。

(1)校正方法係對由紅外線輻射溫度計所測定之輻射亮度與溫度間之關係由維恩公式(5)表示之情況所導出。當紅外線輻射溫度計之光線偵檢器之回應波帶足夠窄且當回應波帶可被處理為單一光譜時，公式則可應用。各單色輻射溫度計之有效波長被取作 λ_a 及 λ_b (μm)。

當纖維在標準長度時，校正溫度計。由各單色輻射溫度

(請先閱讀背面之注意事項再
寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(17)

計所接收之光線之輻射亮度被取作 E_a 及 E_b 。下列維恩公式 (5a) 及 (5b) 被導出。

$$E_a = 2C_a' \times \exp(-C_2 / \lambda_a T) / \lambda_a^5 \dots (5a)$$

$$E_b = 2C_b' \times \exp(-C_2 / \lambda_b T) / \lambda_b^5 \dots (5b)$$

其中 C_a' 及 C_b' 為各輻射溫度計特定之常數。

藉由長度 X 之光纖之光線傳輸損耗所造成之減弱通常由下式所表示。]

$$R(X) = \exp(-DX)$$

因此，若光纖長度自標準長度減少(消耗) X 時，接收光線之量以相等於減弱量之量增加。然後，單色輻射溫度計在該其之亮度輸出 E_a 及 E_b 分別由公式 (7) 及 (8) 表示。

$$E_a = 2C_a' \times \exp(D_a X) \times \exp(-C_2 / \lambda_a T) / \lambda_a^5 \dots (7)$$

$$E_b = 2C_b' \times \exp(D_b X) \times \exp(-C_2 / \lambda_b T) / \lambda_b^5 \dots (8)$$

當溫度指示值在光纖之消耗 X 被取作 T_a 及 T_b 時， E_a 及 E_b 分別由公式 (9) 及 (10) 表示。

$$E_a = 2C_a' \times \exp(-C_2 / \lambda_a T_a) / \lambda_a^5 \dots (9)$$

$$E_b = 2C_b' \times \exp(-C_2 / \lambda_b T_b) / \lambda_b^5 \dots (10)$$

E_a 及 E_b 自公式 (7), (8), (9), 及 (10) 消除，其結果由對數關係再排列，導出公式 (11) 及 (12) (9)，及

$$D_a X - C_2 / \lambda_a T = -C_2 / \lambda_a T_a \dots (11)$$

$$D_b X - C_2 / \lambda_b T = -C_2 / \lambda_b T_b \dots (12)$$

其次， X 自公式 (11) 及 (12) 消除，而公式根據真正溫度 T 表示以得公式 (3)。

(請先閱讀背面之注意事項再
向本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

公式 (3) 在推導時不使用近似值，因此其消除纖維長度之影響，或消除誤差，並可測定真正溫度 T ，只要由紅外線輻射溫度計偵檢之輻射亮度與真正溫度間之關係由維恩公式表示即可。

(2) 次一步驟為，在紅外線輻射溫度計之偵檢波帶具有有限寬度且偵檢波帶無法處理為單一光譜之情況下，導出校正公式。在此情況，輻射亮度與溫度間之關係後由使用 A, B 及 C 常數之公式 (6) 所表示。

溫度計在標準纖維長度時被校正，由單色輻射溫度計在該點所接收之光線之輻射亮度被取作 E_a 及 E_b 。然後，各輻射溫度計 A_a, B_a, C_a, A_b, B_b 及 C_b 之常數 A, B 及 C 被用以表示與公式 (6a) 及 (6b) 內真正溫度 T 之關係。

$$E_a = C_a \times \exp \{-C_2 / (A_a T + B_a)\} \dots (6a)$$

$$E_b = C_b \times \exp \{-C_2 / (A_b T + B_b)\} \dots (6b)$$

單色輻射溫度計在自光纖之標準長度減少 (消耗) 長度 X 之亮度輸出 E_a 及 E_b 分別由公式 (13) 及 (14) 表示。

$$E_a = C_a \times \exp(D_a X) \times \exp \{-C_2 / (A_a T + B_a)\} \dots (13)$$

$$E_b = C_b \times \exp(D_b X) \times \exp \{-C_2 / (A_b T + B_b)\} \dots (14)$$

當溫度指示被取作 T_a 及 T_b 時， E_a 及 E_b 可被表示為公式 (15) 及 (16)。

$$E_a = C_a \times \exp \{-C_2 / (A_a T_a + B_a)\} \dots (15)$$

$$E_b = C_b \times \exp \{-C_2 / (A_b T_b + B_b)\} \dots (16)$$

然後， E_a 及 E_b 自公式 (13), (14), (15) 及 (16) 消除，其

(請先閱讀背面之注意事項再
訂本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(19)

結果由對數關係後再排列，導出公式(17)及(18)。

$$D_a X - C_2 / (\lambda_a T + B_a) = -C_2 / (\lambda_a T_a + B_a) \dots (17)$$

$$D_b X - C_2 / (\lambda_b T + B_b) = -C_2 / (\lambda_b T_b + B_b) \dots (18)$$

當 X 自公式(17)及(18)消除時，導出公式(19)。

$$\begin{aligned} & 1/D_a (\lambda_a T + B_a) - 1/D_b (\lambda_b T + B_b) \\ & = 1/D_a (\lambda_a T_a + B_a) - 1/D_b (\lambda_b T_b + B_b) \dots (19) \end{aligned}$$

公式(19)被對真正溫度 T 解答以提供公式(20)。

$$\begin{aligned} T = & \ll - (A_a B_b + A_b B_a) \{-D_a C_2 / (A_b T_b + B_b) + D_b C_2 / (A_a T_a + B_a)\} \\ & + (A_b D_b - A_a D_a) C_2 + [(A_a B_b - A_b B_a)^2 \{-D_a C_2 / (A_b T_b + B_b) + \\ & D_b C_2 / (A_a T_a + B_a)\}^2 + 2C_2(A_a B_b - A_b B_a)(A_a D_a + A_b D_b) \{-D_a \\ & C_2 / (A_b T_b + B_b) + D_b C_2 / (A_a T_a + B_a)\} + (A_a D_a - A_b D_b)^2 C_2^2]^{1/2} \gg \\ & / [2A_a A_b \{-D_a C_2 / (A_b T_b + B_b) + D_b C_2 / (A_a T_a + B_a)\}] \dots (20) \end{aligned}$$

公式(20)在推導時不使用近似法，因此其消除纖維長度之影響，或消除誤差，並可測定真正溫度 T，只要由紅外線輻射溫度計偵檢之輻射亮度與真正溫度間之關係由公式(6)表示即可。

由於公式(20)複雜且須花時間來計算，一進行簡單校正之近似公式被導出。集中在關係式 $AT \gg B$ 通常出現在接近 1500°C 之 T 及 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 之 λ 之事實上， $[1/(AT+B)]$ 可被取作大約等於 $[1/AT - B/(AT)^2]$ 。若近似法被使用時，公式(19)由公式(21)所表示。

(請先閱讀背面之注意事項再
本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(20)

$$\begin{aligned} & (1/T_a - 1/T) / D_a A_a - B_a (1/T_a^2 - 1/T^2) / D_a A_a \\ & = (1/T_b - 1/T) / D_b A_b - B_b (1/T_b^2 - 1/T^2) / D_b A_b \dots (21) \end{aligned}$$

另外，考慮關係式「 $T_a - T \ll T_a$ 」及「 $T_b - T \ll T_b$ 」時， $(1/T_a + 1/T)$ 之值大約等於 $2/T_a$ ， $(1/T_b + 1/T)$ 之值大約等於 $2/T_b$ 。藉使用此等近似關係，公式(21)被表示為公式(22)。

$$\begin{aligned} & (1/T_a - 1/T)(1 - 2B_a / A_a T_a) / D_a A_a \\ & = (1/T_b - 1/T)(1 - 2B_b / A_b T_b) / D_b A_b \dots (22) \end{aligned}$$

當公式(22)被解答真正溫度 T 時，導出公式(1)。

$$\begin{aligned} T = & \{ (1/D_a A_a - 1/D_b A_b) - 2(B_a / D_a A_a^2 T_a - B_b / D_b A_b^2 T_b) \} \\ & \div \{ (1/D_a A_a T_a - 1/D_b A_b T_b) - 2(B_a / D_a A_a^2 T_a^2 - B_b / D_b A_b^2 T_b^2) \} \\ & \dots (1) \end{aligned}$$

在消除光纖長度 X 之影響後之真正溫度 T 係使用兩個紅外線輻射溫度計之指示值 T_a 及 T_b ，表示各輻射溫度計特性之參數 A, B 及 C 中各對參數 A_a 及 B_a 與 A_b 及 B_b ，及在測定各輻射溫度計波長時之傳輸損耗指數 D_a 及 D_b ，自公式(20)或(1)藉計算所測定。

在數據被轉換成數位信號且數位信號處理機(DSP)及中央處理單元(CPU)進行數位計算之情況下，公式(1)可按照其原來使用之。然後，在計算公式(1)之類比電路中，公式太過複雜。

在此方面，為了簡化由類比電路之計算，進一步介紹下面近似法。

若 $\{1/T_a - 1/T\}$ 大約等於 $\{(T - T_a)/T^2\}$ 及 $\{1/T_b - 1/T\}$ 大

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(21)

約等於 $\{(T-T_b)/T^2\}$ 之關係被應用至公式 (22) 時，導出公式 (22a)。

$$\begin{aligned} & (1 - 2B_s/A_s T_s)(T - T_s)/D_s A_s \\ & = (1 - 2B_b/A_b T_b)(T - T_b)/D_b A_b \dots (22a) \end{aligned}$$

公式 (22a) 被解答真正溫度 T ，導出公式 (23)。

$$\begin{aligned} T = & \{ (1 - 2B_s/A_s T_s)T_s/D_s A_s - (1 - 2B_b/A_b T_b)/D_b A_b \} \\ & \div \{ (1 - 2B_s/A_s T_s)/D_s A_s - (1 - 2B_b/A_b T_b)/D_b A_b \} \\ & \dots (23) \end{aligned}$$

此外，研究標的物之溫度範圍按照 T_a 及 T_b 為已知及指示溫度 T_a' 及 T_b' 之近似值為已知之情況。例如，當標的物之溫度範圍已知具有 $1400 \sim 1600^\circ\text{C}$ 之範圍時，溫度範圍之中間值 1500°C 可被設定為近似值。

在該情況，公式 (23) 可藉公式 (2) 予以近似。

$$\begin{aligned} T = & \{ (1 - 2B_s/A_s T_s')T_s/D_s A_s - (1 - 2B_b/A_b T_b')T_b/D_b A_b \} \\ & \div \{ (1 - 2B_s/A_s T_s')/D_s A_s - (1 - 2B_b/A_b T_b')/D_b A_b \} \\ & \dots (2) \end{aligned}$$

由於公式 (2) 對 T_a 及 T_b 為線式，其係數為已知並可預先測定，公式 (2) 之計算可被重現，即使用簡單類比電路亦然。

圖 2 顯示在溫度測定中由輻射溫度計纖維長度之消耗所造成之指示誤差。觀察之條件如下。

(1) No.1 單色輻射溫度計

Si 偵檢器

(請先閱讀背面之注意事項再
訂本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(22)

(環繞中心波長 λ_a 之有限帶寬度 $=0.85 \mu m$)

No.2 單色輻射溫度計

Si 偵檢器

(環繞中心波長 λ_b 之有限帶寬度 $=1.0 \mu m$)

(2) 通訊用之光纖，GI 50/125

傳輸損耗為 2.65 Db/Km ($\lambda_a = 0.85 \mu m$)

傳輸損耗為 1.8 Db/Km ($\lambda_b = 1.0 \mu m$)

包覆管：SUS管，外徑為 1.2 mm

(3) 各溫度計具有有限光譜帶寬度。表示特性之參數如下。

NO. 1 單色溫度計： $A_a = 8.41 \times 10^{-7}$

$B_a = 2.98 \times 10^{-5}$

NO. 2 單色溫度計： $A_b = 9.88 \times 10^{-7}$

$B_b = 1.60 \times 10^{-5}$

圖2顯示在測定溫度 T 為 1500°C 且纖維消耗長度為 $X(\text{Km})$ 之情況下，各單色紅外線輻射溫度計之指示值之誤差。No.1 輻射溫度計(波長為 $0.85 \mu m$)之誤差由虛線所繪出，而 No.2 輻射溫度計(波長為 $1.0 \mu m$)之誤差由實線所繪出。

圖2顯示在兩個單色輻射溫度計上之表示值，在纖維消耗為 1 Km 下提供指示誤差約為 100°C ，而在纖維消耗為 100 m 下約為 10°C 。

圖3顯示使用圖1所示之可消耗光纖溫度計3於圖2所看到之誤差校正之例。

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(23)

圖3提供分別使用校正公式(1),(2)及(3),在應用至圖2之觀察值之校正計算後之誤差。

圖3之鏈線為輻射溫度計之偵檢波帶充分窄及光線被處理為單一光譜之情況及應用公式(3)之情況。在該情況,在校正後 2°C 內之誤差無法被達到,直到纖維消耗在 200m 或以下為止。

誤差發生之理由如下。圖1中各No.1及No.2輻射溫度計接收具有有限帶寬度之光譜光線,並使用包括固有參數 A_a , B_a , C_a 及 A_b , B_b 及 C_b 之溫度轉換公式進行溫度轉換。雖然如此,校正公式(3)使用維恩公式,假設輻射溫度計接收單一光譜光線。結果,配合不當發生在溫度轉換與校正之間。

另一方面,誤差係使用考慮到有限光譜帶寬度包括參數 A , B 及 C 之校正公式(1)及(2),在校正後發生。公式(1)及公式(2)之誤差分別由虛線及實線繪出。二情況顯示在纖維消耗為 800m 或以下時 2°C 內之近似誤差,該誤差在令人滿意的範圍內供實際應用。

以下為配合校正公式(3)之可消耗光纖溫度計結構之例。

圖4提供本發明可消耗光纖溫度計之結構之實施例2。

圖4與圖1之結構之間有差異。圖4之結構將窄帶波選擇性過濾器10及11加入可消耗光纖溫度計3A,溫度轉換器7及8僅被改變成溫度轉換器7A及8A,計算段9僅被改變至計算段9A。

窄帶波選擇性過濾器10及11被定位在二個光偵檢器5及6

(請先閱讀背面之注意事項再
向本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(24)

之前。此等窄帶波選擇性過濾器10、11發出光線，各分別具有不同波長， λ_a 及 λ_b ，並具有充分窄之光譜，到達光線可被操作為單一光譜分別進入光偵檢器5、6之程度。

因此，在該情況，維恩公式(5)可接受。溫度轉換器7A、8A基於維恩公式進行溫度轉換，且分別產生指示溫度 T_a 及 T_b 。

圖4之計算段9A可使用校正公式(3)，藉應用指示溫度 T_a 及 T_b ，其分別自二個輻射溫度計，接收及偵檢波長 λ_a 及 λ_b ，與在波長 λ_a 及 λ_b 下之光纖傳輸損耗 D_a 及 D_b 產生而測定熔解鋼15之真正溫度 T 。

由於校正公式(3)不包括近似計算，校正後之誤差降至幾乎為零。

為了證實校正公式(3)之功效，圖5顯示使用JP-A-142049/93所述之校正公式之校正後之誤差。

圖5顯示JP-A-142049/93所述之習知校正計算之結果，其中當纖維消耗超過600m時，誤差超過 2°C 。誤差來自校正公式包括近似計算者。由該近似計算引起之誤差可藉應用公式(3)而完全除去。

如上所述，依照本發明，可消耗光纖溫度計接收在光纖之端部自高溫標的物發出之輻射光線，並將接收之輻射光線傳輸其間，及使用接收並偵檢自光纖另一端發出之輻射光線以轉換成溫度之輻射溫度計來測定高溫標的物之溫度，其中，自光纖另一端發出之光線藉由分枝過濾器被分散成二個光譜團組，各光譜團組被導入各二個輻射溫度計內

(請先閱讀背面之注意事項再
向本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(25)

。各二個輻射溫度計接收並偵檢互相不同之光波帶，並將偵檢光線轉換成溫度以產生各個指示溫度。計算構件使用各輻射溫度計固有之溫度轉換之各對參數、光纖在各光線接收與偵檢波帶內之傳輸損耗資訊及各輻射溫度計中指示溫度來計算高溫標的物之真正溫度。結果，構型可除去減少纖維長度之影響，該影響為習知可消耗光纖溫度計之最嚴重問題，並在高精確度、高回應速度及低成本下，使用熱電偶來取代習知可消耗浸漬溫度計來連續測定高溫標的物如熔融金屬之溫度。特別是，由於可使用長纖維（約1Km）而改良經濟性，且由於減少校正工作而改良維護能力，應用領域被顯著加寬。例如，製鐵過程可顯示改良溫度控制之精確度之顯著功效，例如，轉換器、電爐、熔煉爐及連續澆注之澆注盤。在此方面，本發明之工業價值相當大。

依照本發明，兩個輻射溫度計藉使用具有有限帶寬度環繞不同波長供各個溫度計之光譜光線來測定指示溫度，而計算構件使用公式(1)來計算高溫標的物之真正溫度T。結果，在標的物約1500℃下誤差在2℃內之高精確度測定被達到800m之纖維消耗。

依照本發明，當高溫標的物之溫度範圍為已知且當兩個輻射溫度計之指示溫度之近似值可被設定時，計算構件可藉使用對指示溫度呈線性之公式(2)來計算高溫標的物之真正溫度T。結果，一簡單類比電路可構成計算構件，其提供一儀器，其提供高精確度及低成本之高回應速率。

（請先閱讀背面之注意事項再為本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(26)

依照本發明，兩個輻射溫度計各使用具有互相不同波長並可接受為單一光譜光線之窄帶寬度來測定指示溫度，而計算構件藉使用其為簡單計算公式且其不含近似計算之公式(3)來計算高溫標的物之真正溫度 T 。結果，一簡單又便宜之儀器可進行高精確度之溫度測定。

具體例 2

關於本發明之溫度測定方法，使用可消耗光纖。在可消耗光纖之端部接收自高溫液體發出之光線。接收之光線藉由可消耗光纖傳輸至可消耗光纖之另一端。接收之光線係藉波選擇性過濾器過濾以單獨通過具有預定中心波長之窄帶光譜光線。窄帶光譜光線藉輻射溫度計轉換成溫度。

窄帶光譜光線之中心波長較佳為 $1.55\mu\text{m}$ 或接近 $1.55\mu\text{m}$ 。另外，波選擇性過濾器較佳為對中心波長具有傳輸帶為 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 。輻射溫度計具有 InGaAs 光二極管作為接收及偵檢裝置。

關於本發明另一溫度測定方法，亦使用可消耗光纖。在可消耗光纖之端部接收自高溫液體發出之光線。接收之光線藉由可消耗光纖傳輸至可消耗光纖之另一端。接收之光線藉由分枝過濾器分成二光束，即，第一光束與第二光束。第一光束藉第一波選擇性過濾器過濾以單獨通過一具有預定中心波長之第一波帶之第一光譜光線。通過之光譜光線係藉第一輻射溫度計接收及偵檢，並轉換成溫度。第二光束藉第二波選擇性過濾器過濾以單獨通過一具有預定中心波長之第二波帶之第二光譜光線。第二光譜光線係藉第

(請先閱讀背面之注意事項再
訂本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(27)

二輻射溫度計接收及偵檢，並轉換成溫度。分別使用第一輻射溫度計及第二輻射溫度計固有之溫度轉換參數，有關第一光譜光線及第二光譜光線之光纖之傳輸損耗資訊及分別自第一輻射溫度計與第二輻射溫度計輸出之溫度 T_a, T_b 來計算真正溫度 T 。

由第一波選擇性過濾器過濾之第一波帶之第一光譜光線與由第二波選擇性過濾器過之第二波帶之第二光譜光線在波長方面彼此不同。窄帶光譜光線之中心波長較佳為 $1.55 \mu m$ 或接近 $1.55 \mu m$ 。另外，波選擇性過濾器較佳為對中心波長具有傳輸帶為 $\pm 0.1 \mu m$ 。第一輻射溫度計具有 InGaAs 光二極管作為光線接收及偵檢裝置。第二輻射溫度計具有 Si 光二極管作為光線接收及偵檢裝置。

實施例 2

首先，輻射溫度計對光纖傳輸之減弱之感應特性被述如下。黑體之光譜輻射亮度 $L(\lambda, T)$ 由基於普蘭克定律之公式 (24) 表示。

$$L(\lambda, T) = 2C_1 / (\lambda^5 \times (\exp(C_2 / \lambda T) - 1)) \dots \dots \dots (24)$$

λ : 波長

T : 絕對溫度 (K)

C_1 : $5.9548 \times 10^{-7} \text{ W} \times \text{m}^2$

C_2 : $0.014388 \text{ m} \cdot \text{K}$

公式 (24) 係由維恩公式 (25) 在範圍為

$\lambda T \leq \lambda_m T$ 內概算, ($\lambda_m T = 2.8978 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$) .

$$L(\lambda, T) = 2C_1 \times \exp(-C_2 / \lambda T) / \lambda^5 \dots \dots \dots (25)$$

(請先閱讀背面之注意事項)

(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(28)

在普通輻射溫度計中，亮度信號使用近似公式(26)轉換成溫度，該公式(26)使用係數A、B及C，其係依照JIS之實所測定(參照"New temperature measurement" 256頁，Instrumentation and Automatic Control Academy)。

$$L(\lambda, T) = CX \exp \{-C_2 / (AT + B)\} \dots \dots \dots (26)$$

圖8顯示使用本發明之可消耗光纖之溫度測定裝置之一例。圖8中，參考號101為覆有金屬管之光纖，102為光學連接器，103為一可消耗光纖溫度計，其包括窄帶波選擇性過濾器105，光二極管107及溫度轉換器109。

窄帶波選擇性過濾器105係由，例如，干涉過濾器所構成，並可使用由薄膜所誘導之光線之干涉來傳輸特定波帶(1.55±0.025 μm，在此例中)。光二極管107在此例中使用InGaAs裝置者並接收及偵檢光線為1.55±0.025 μm波帶，其藉由窄帶波選擇性過濾器105傳輸。

溫度轉換器109將由InGaAs光二極管107接收並偵檢之輸出信號轉換成溫度並產生指示溫度T。在圖8之方式中，由於指示溫度T以如轉換之狀態使用(或未應用校正計算)，溫度轉換器109可使用公式(25)及公式(26)中任一者。

光二極管107及溫度轉換器109構成一單色輻射溫度計。

參考號112為光纖進給筒，113為光纖進給輥，114為膜，115為熔解鋼，116為浸漬噴嘴及117為粉末。

包覆金屬管之光纖101為通訊用之石英纖維。藉施加金屬管如SUS管作為包覆材料，用作感應器之包覆金屬管之光纖101會增加其機械強度並可浸入熔解鋼115內。

(請先閱讀背面之注意事項再
寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(29)

由於浸入熔解鋼115內之包覆金屬管之光纖101在高溫環境中隨著時間而消耗，製備一機構，供包覆金屬管之光纖101，其被盤繞光纖進給筒112，以連續打開以彌補消耗之長度。設有機構之溫度計被稱為可消耗光纖溫度計。

圖8僅用單一波帶供溫度測定，因此溫度計被稱為單一波長之可消耗光纖溫度計。

依照圖8中之可消耗光纖溫度計，自光纖頂端進入之紅外線在傳輸通道時會減弱，由於傳輸損耗，直到其自光纖之另一端發出為止。光纖之減弱特性為波長之功能。雖然目前可得之石英光纖在性能上顯示相當之改良，傳輸損耗對一般波長為 $0.9\mu m$ 提供 $2\sim 3Db/Km$ 而對波長為 $1.5\mu m$ 為 $0.2\sim 0.5Db/Km$ 。圖6及7顯示若干公開觀摩之光纖傳輸損耗。

二圖皆提出可消耗光纖溫度計之產量被纖維之長度所影響。依照在使用具有 $0.9\mu m$ 波長之單色輻射溫度計及使用GI纖維(核心直徑/包層直徑為 $50/125\mu m$)之黑體爐上之實驗，在長度為 $10m$ 纖維，與在長度為 $100m$ 下之參考溫度比較，可看到約 $+10^{\circ}C$ 以上之指示。

因此，本發明之可消耗光纖維溫度計被發展，以維持最初指示值，即使在纖維長度變短並可測定高精確度溫度時亦然。

參照圖8，當包覆金屬管之光纖101之長度為參考纖維長度時，進行溫度校正，由單色輻射溫度計所接收之光線之輻射亮度被取作E，然後E由維恩公式(25A)表示。

$$E = 2C' \times \exp(-C_2/\lambda T) / \lambda^5 \dots\dots\dots (25a)$$

(請先閱讀背面之注意事項)
寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(30)

其中 C' 為對各溫度計特定之常數。

通常，在纖維長度為 X 之光線傳輸損耗之減弱由以下公式所表示。

$$R(X) = \exp(-DX)$$

因此，當光纖之長度自參考長度減少(消耗) X 時，接收之光線以相等於上述減弱之量而增加。當時單色輻射溫度計之亮度輸出 E' 被公式 (25B) 表示。

$$E' = 2C' \times \exp(DX) \times \exp(-C_2/\lambda T) \lambda^5 \dots\dots\dots (25B)$$

若光纖消耗 X 時之溫度指示值被標示為 T' 時， E' 被公式 (25C) 表示。

$$E' = 2C' \times \exp(-C_2/\lambda T') / \lambda^5 \dots\dots\dots (25C)$$

結果，當光纖消耗時，在溫度計校正之公式 (25A) 中之溫度指示值 T 及公式 (25C) 中溫度指示值 T' 互相不一致，而 $\Delta T = T' - T$ 之差異變成指示誤差。

光纖之減弱特性為波長之功能。如圖 6 及圖 7 所示，通常較長之波長提供較少之減弱性。雖然如此，由於 OH 基之吸收帶，減弱性增加在接近 $1.4 \mu m$ 。

由於 Ge 光二極管具有範圍為 $0.8 \sim 1.8 \mu m$ 之寬感應性波帶，Ge 輻射溫度計無法提供穩定的指示，因為在校正時溫度計被曝露至高溫且纖維尖端改變其由滲透之氫原子所造成之品質，又因為傳輸損耗 D 在 OH 基吸收內增加 $1.4 \mu m$ 。

另一方面，圖 8 之可消耗光纖輻射溫度計 103 具有窄帶波選擇性過濾器 105，其可傳輸僅中心波長為 $1.55 \pm 0.025 \mu m$ 之光線在 InGaAs 光二極管 107 之 λ 射平面，由於不會接

(請先閱讀背面之注意事項)
(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(31)

收 $1.4 \mu\text{m}$ 吸收帶之影響，光纖之傳輸損耗指數 D 之值低至約 0.3 dB/Km 。

因此，當有待測定之溫度為 1500°C 時， 100m 之纖維消耗僅伴隨有 $2\sim 3^\circ\text{C}$ 上升之指示值。

另外，由於未包含 OH 基吸收帶，其不會產生於 Ge 輻射溫度計之溫度指示值之不穩定性。

此外，由於偵檢裝置使用 InGaAs 光二極管 107，即使當偵檢光線之量因通過窄帶波選擇性過濾器 105 而減少時，光線不會混入暗電流中並可在良好 S/N 比率下偵檢光量。

圖 9 顯示使用圖 8 之可消耗光纖溫度計之觀察結果。

圖 9 之實線示出使用 InGaAs 光二極管之情況。虛線示出 Si 光二極管被用來比較之情況。

在圖 9 中，包覆有金屬之光纖 101 之金屬管係由具有直徑為 1.2mm 之 SUS 所製成，而光纖則由通訊用石英纖維與 GI 纖維（核心直徑/包層直徑）所製成。窄帶波選擇性過濾器 105 之傳輸波帶為 $1.55 \pm 0.025 \mu\text{m}$ 。

圖 9 之實線提供約 25°C 之測定誤差，即使當纖維消耗達到 1Km 亦然。

當使用具有圖 8 結構之可消耗光纖溫度計時，若光纖之消耗量自校正值為 100m 內時，可能有精確度為 $\pm 2^\circ\text{C}$ 之溫度測定。因此，纖維可用每 100m 消耗時具有標準長度者。

對於間歇溫度測定，可消耗光纖溫度計在每次測定通常消耗約 $40\sim 50\text{mm}$ 。然後，即使在測定之頻率被選為一小時三次或一日 $3 \times 24 = 72$ 次之情況，一筒 100m 纖維可連續測定

(請先閱讀背面之注意事項)
寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(32)

溫度約一個月(72X30=216次測定)。

結果，使用具有圖8結構之單一波長之可消耗光纖溫度計不會造成精確度之問題且被實際應用而不必校正計算。

圖8顯示一使用單一波長而不用校正計算之可消耗光纖溫度計。以下說明使用二個波長並對纖維長度提供校正計算之測定方法。

在用二個波長之纖維長度校正方法中，自光纖頂端進入之輻射光線被分散成二個光譜團組。各團組被導入具有不同偵檢波帶之分開單色輻射溫度計，並測定兩個指示溫度 T_a 及 T_b 。校正計算被應用於 T_a 及 T_b 以測定真正溫度 T_o 測定之程序被述如下。

當纖維長度變短時，兩個單色輻射溫度計之指示值(其值由標準值校正)提供一差異。二個值間之差異被用以測定真正溫度。校正方法如下。

(1) 對由紅外線輻射溫度計測定之輻射亮度與由維恩公式(25)表示之溫度間之關係之情況導出一校正公式。當紅外線輻射溫度計之光線偵檢器之回應波帶為充分窄且當回應波帶可被作單一光譜處理時，公式可應用。各單色輻射溫度計之有效波長被取作 λ_a 及 λ_b (μm)。

當纖維在標準長度時，校正溫度計。由各單色輻射溫度計所接收之光線之輻射度被取作 E_a 及 E_b 。導出下列公式(25a)及(25b)。

$$E_a = 2C_1 \cdot \lambda_a^{-5} \cdot \exp(-C_2 / \lambda_a \cdot T) / \lambda_a^5 \quad \dots (25a)$$

$$E_b = 2C_1 \cdot \lambda_b^{-5} \cdot \exp(-C_2 / \lambda_b \cdot T) / \lambda_b^5 \quad \dots (25b)$$

(請先閱讀背面之注意事項)
寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (33)

其中 C_a' 及 C_b' 為對各輻射溫度計之常數。

若光纖損耗 (消耗) 其自標準長度 X 時，光線之量以相等於 $R(X) = \text{EXP}(-DX)$ 之量增加，或光線傳輸損耗在長度 X 。單色輻射溫度計在該點之亮度輸出 E_a 及 E_b 分別被書寫為公式 (27) 及 (28)。

$$E_a = 2C_a' \times \text{EXP}(D_a X) \times \text{EXP}(-C_2 / \lambda_a T) / \lambda_a^5 \dots (27)$$

$$E_b = 2C_b' \times \text{EXP}(D_b X) \times \text{EXP}(-C_2 / \lambda_b T) / \lambda_b^5 \dots (28)$$

當光纖之消耗為 X 時之溫度指示值被取作 T_a 及 T_b 時， E_a 及 E_b 被公式 (29) 及 (30) 表示。

$$E_a = 2C_a' \times \text{EXP}(-C_2 / \lambda_a T_a) / \lambda_a^5 \dots (29)$$

$$E_b = 2C_b' \times \text{EXP}(-C_2 / \lambda_b T_b) / \lambda_b^5 \dots (30)$$

E_a 及 E_b 自公式 (27)、(28)、(29) 及 (30) 除去，其結果由對數關係再排列，導出公式 (31) 及 (32)。

$$D_a X - C_2 / \lambda_a T = -C_2 / \lambda_a T_a \dots (31)$$

$$D_b X - C_2 / \lambda_b T = -C_2 / \lambda_b T_b \dots (32)$$

然後， X 自公式 (31) 及 (32) 除去，而公式根據真正溫度 T 再書寫，以得公式 (33)。

$$T = (1/D_a \lambda_a - 1/D_b \lambda_b) / (1/D_a \lambda_a T_a - 1/D_b \lambda_b T_b) \dots (33)$$

公式 (33) 在推導時不使用近似法，因此其消儲纖維長度

(請先閱讀背面之注意事項)
(寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(34)

之影響，或消除誤差，並可測定真正溫度 T ，只要由紅外線輻射溫度計偵檢之輻射亮度與真正溫度間之關係由維恩公式表示即可。

(2)次一步驟為，在紅外線輻射溫度計之偵檢波帶具有有限寬度且偵檢波帶無法被處理為單一光譜之情況下，導出校正公式。在此情況，輻射亮度與溫度間之關係係由使用 A, B 及 C 常數之公式(26)所表示。

溫度計在標準纖維長度被校正，由單色輻射溫度計在該點所接收之光線之輻射亮度被取作 E_a 及 E_b 。然後，各輻射溫度計 A_a, B_a, C_a, A_b, B_b 及 C_b 之常數 A, B 及 C 被用以表示與公式(26a)及(26b)內真正溫度 T 之關係。

$$E_a = C_a \times \exp \{-C_2 / (A_a T + B_a)\} \dots (26a)$$

$$E_b = C_b \times \exp \{-C_2 / (A_b T + B_b)\} \dots (26b)$$

單色輻射溫度計在自光纖之標準長度減少(消耗)長度 X 之亮度輸出 E_a 及 E_b 分別由公式(34)及(35)表示。

$$E_a = C_a \times \exp(D_a X) \times \exp \{-C_2 / (A_a T + B_a)\} \dots (34)$$

$$E_b = C_b \times \exp(D_b X) \times \exp \{-C_2 / (A_b T + B_b)\} \dots (35)$$

當溫度指示值被取作 T_a 及 T_b 時， E_a 及 E_b 可被表示為公式(36)及(37)。

$$E_a = C_a \times \exp \{-C_2 / (A_a T_a + B_a)\} \dots (36)$$

$$E_b = C_b \times \exp \{-C_2 / (A_b T_b + B_b)\} \dots (37)$$

然後， E_a 及 E_b 自公式(34)、(35)、(36)及(37)消除，

(請先閱讀背面之注意事項)
(填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (35)

其結果由對數關係再排列，導出公式 (38) 及 (39)。

$$D_a X - C_2 / (\lambda_a T + B_a) = -C_2 / (\lambda_a T_a + B_a) \dots (38)$$

$$D_b X - C_2 / (\lambda_b T + B_b) = -C_2 / (\lambda_b T_b + B_b) \dots (39)$$

當 X 自公式 (38) 及 (39) 消除時，導出公式 (40)。

$$\begin{aligned} & 1/D_a (\lambda_a T + B_a) - 1/D_b (\lambda_b T + B_b) \\ & = 1/D_a (\lambda_a T_a + B_a) - 1/D_b (\lambda_b T_b + B_b) \dots (40) \end{aligned}$$

公式 (40) 被解答真正溫度 T 以提供公式 (41)。

$$\begin{aligned} T = & \langle -(A_a B_b + A_b B_a) \{-D_a C_2 / (A_b T_b + B_b) + D_b C_2 / (A_a T_a + B_a) \} \\ & + (A_b D_b - A_a D_a) C_2 + [(A_a B_b - A_b B_a)^2 \{-D_a C_2 / (A_b T_b + B_b) + \\ & D_b C_2 / (A_a T_a + B_a) \}^2 + 2C_2 (A_a B_b - A_b B_a) (A_a D_a + A_b D_b) \{-D_a \\ & C_2 / (A_b T_b + B_b) + D_b C_2 / (A_a T_a + B_a) \} + (A_a D_a - A_b D_b)^2 C_2^2]^{1/2} \rangle \\ & / [2A_a A_b \{-D_a C_2 / (A_b T_b + B_b) + D_b C_2 / (A_a T_a + B_a) \}] \dots (41) \end{aligned}$$

公式 (41) 在推導時不使用近似值，因此其消除纖維長度之影響，或消除誤差，並可測定真正溫度 T，只要由紅外線輻射溫度計偵檢之輻射亮度與真正溫度間之關係由公式 (26) 表示即可。

由於公式 (41) 複雜且須花時間來計算，一進行簡單校正之近似公式被導出。集中在關係式 $AT \gg B$ 通常出現在接近 1500°C 之 T 及 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 之 λ 之事實上， $[1/(AT+B)]$ 可被取作大約等於 $[1/AT - B/(AT)^2]$ 。若近似值被使用時，公式 (40) 由公式 (42) 所表示。

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(36)

$$\begin{aligned} & (1/T_a - 1/T) / D_a A_a - B_a (1/T_a^2 - 1/T^2) / D_a A_a \\ & = (1/T_b - 1/T) / D_b A_b - B_b (1/T_b^2 - 1/T^2) / D_b A_b \dots (42) \end{aligned}$$

另外，考慮關係式 $[T_a - T \ll T_a]$ 及 $[T_b - T \ll T_b]$ 時， $(1/T_a + 1/T)$ 之值大約等於 $2/T_a$ ， $(1/T_b + 1/T)$ 之值大約等於 $2/T_b$ 。藉使用此等近似關係，公式(42)被書寫為公式(43)。

$$\begin{aligned} & (1/T_a - 1/T)(1 - 2B_a / A_a T_a) / D_a A_a \\ & = (1/T_b - 1/T)(1 - 2B_b / A_b T_b) / D_b A_b \dots (43) \end{aligned}$$

當公式(43)被解答真正溫度 T 時，導出公式(44)。

$$\begin{aligned} T = & \{ (1/D_a A_a - 1/D_b A_b) - 2(B_a / D_a A_a^2 T_a - B_b / D_b A_b^2 T_b) \} \\ & \div (1/D_a A_a T_a - 1/D_b A_b T_b) - 2(B_a / D_a A_a^2 T_a^2 - B_b / D_b A_b^2 T_b^2) \\ & \dots (44) \end{aligned}$$

在消除光纖長度 X 之影響後之真正溫度 T 係使用兩個紅外線輻射溫度計之指示值 T_a 及 T_b ，表示各輻射溫度計特性之參數 A, B ，及 C 中各對參數 A_a 及 B_a 與 A_b 及 B_b ，及在測定各輻射溫度計波長時之傳輸損耗指數 D_a 及 D_b ，自公式(41)或(44)藉計算所測定。

在數據被轉換成數位信號且數位信號處理機(DSP)及中央處理單元(CPU)進行數位計算之情況下，公式(44)可按照其原來使用之。然後，在計算公式(44)之類比電路中，公式太過複雜。

在此方面，為了簡化由類比電路之計算，進一步介紹下面近似法。

(請先閱讀背面之注意事項再
為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (37)

若 $\{1/T_a - 1/T\}$ 大約等於 $\{(T - T_a)/T^2\}$ 及 $\{1/T_b - 1/T\}$ 大約等於 $\{(T - T_b)/T^2\}$ 之關係被應用至公式 (43) 時，導出公式 (43a)。

$$\begin{aligned} & (1 - 2B_a / A_a T_a)(T - T_a) / D_a A_a \\ & = (1 - 2B_b / A_b T_b)(T - T_b) / D_b A_b \dots (43a) \end{aligned}$$

公式 (43a) 被解答真正溫度 T ，導出公式 (45)。

$$\begin{aligned} T = & \{ (1 - 2B_a / A_a T_a) T_a / D_a A_a - (1 - 2B_b / A_b T_b) T_b / D_b A_b \} \\ & \div \{ (1 - 2B_a / A_a T_a) / D_a A_a - (1 - 2B_b / A_b T_b) / D_b A_b \} \\ & \dots (45) \end{aligned}$$

此外，研究標的物之溫度範圍按照 T_a 及 T_b 為已知及指示溫度 T_a' 及 T_b' 之近似值為已知之情況。例如，當標的物之溫度範圍已知具有 $1400 \sim 1600^\circ\text{C}$ 之範圍時，溫度範圍之中間值 1500°C 可被設定為近似值。

在該情況，公式 (23) 可藉公式 (46) 予以近似。

$$\begin{aligned} T = & \{ (1 - 2B_a / A_a T_a') T_a' / D_a A_a - (1 - 2B_b / A_b T_b') T_b' / D_b A_b \} \\ & \div \{ (1 - 2B_a / A_a T_a') / D_a A_a - (1 - 2B_b / A_b T_b') / D_b A_b \} \\ & \dots (46) \end{aligned}$$

由於公式 (46) 對 T_a 及 T_b 為線式，其係數為已知並可預先測定，公式 (46) 之計算可被重視，即使用簡單類比電路亦然。

次一步驟為，測定溫度指示值與反映真正溫度之評估值之參數之多少誤差。

例如，考慮二個紅外線輻射溫度計之偵檢光譜可被處理作單一光譜之情況。二個溫度計之指示值 T_a 及 T_b ，各紅外

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(38)

線輻射溫度計之有效波長 λ_a 及 λ_b 及光纖在有效波長之傳輸損耗係數 D_a 及 D_b 被使用，以使用公式(33)測定在纖維尖端之真正溫度 T 。若值 T , T_a 及 T_b 被近似至互相幾乎相等值時，真正溫度 T 之評估之誤差 dT 由公式(47)所提供。

$$dT = \{XT^2(dD_a/D_a - dD_b/D_b) / C^2 + dT_a / (D_a \lambda_a) - dT_b / (D_b \lambda_b)\} \\ \div \{1 / (D_a \lambda_a) - 1 / (D_b \lambda_b)\} \quad \dots (47)$$

次一步驟為根據由公式(47)所示之真正溫度 T 之誤差 dT 之數值來比較情況(A)，其中二個輻射溫度計均使用Si輻射溫度計，與情況(B)，其中二個輻射溫度計之一使用InGaAs輻射溫度計而另一者使用Si輻射溫度計。

(A)在二個輻射溫度計均使用Si輻射溫度計之情況下，公式(47)之 dT 係在Si光二極管被用作二個紅外線輻射溫度計之偵檢裝置及二個不同波長被取作 $\lambda_a = 0.85 \mu m$ 及 $\lambda_b = 1.0 \mu m$ 之條件下被評估。

當傳輸損耗指數使用觀察值 $D_a = 2.6 D_b / Km$ 及 $D_b = 1.8 dB / Km$ 且當值 λ_a , λ_b , D_a 及 D_b 係在 $T = 1500^\circ C$ 且纖維長度為 $1 Km$ 之條件下被放入公式(47)時， dT 由公式(48)所表示。

$$dT = -490(dD_a/D_a - dD_b/D_b) - 4.4 dT_a + 5.4 dT_b \quad \dots (48)$$

在公式(48)中，在兩個紅外線輻射溫度上之指示值噪音及測定之溫度誤差 dT_a 與 dT_b 被放大約五倍，而信號為互相反轉。因此，若 dT_a 及 dT_b 具有相同極性時，值會互相取消。但若其具有不同極性時，值會加入。當傳輸損耗 D_a

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (39)

及 D_b 之值不精確，且當其具有誤差為 1% 時，例如，真正溫度 T 具有約 5°C 之溫度誤差。

因此，在 (A) 之情況下，即使當兩個單色輻射溫度計之精確度為 $\pm 2^\circ\text{C}$ 時，溫度指示值在校正纖維長度後之溫度經確度在最壞情況會上升至 $\pm 10^\circ\text{C}$ 。由於包含於傳輸損耗 D_a 與 D_b 內之誤差之影響顯著，在各光纖之觀察波帶中之傳輸損耗之精確值有其必要。

(B) 其次研究兩個輻射溫度計之一使用 InGaAs 輻射溫度計而另一者使用 Si 輻射溫度計之情況。例如，兩個輻射溫度計之一使用圖 8 所示之單色輻射溫度計，其中，光線接收裝置為 InGaAs 光二極管，且其中具有中心波長為 $1.55\mu\text{m}$ 之窄帶波選擇性過濾器被安裝在光接收平面上，而另一輻射溫度計使用 Si 光二極管。此二個輻射溫度計之指示值 T_a 與 T_b 被進入一校正計算機以測定使用公式 (33) 之 T 。

當 $\lambda_a = 0.9\mu\text{m}$ ， $\lambda_b = 1.55\mu\text{m}$ ， $D_a = 2.2D_b / K_m$ 及 $D_b = 0.3D_b / K_m$ 被放入公式 (47) 中時， dT 在 $T = 1500^\circ\text{C}$ 及 $X = 1K_m$ 之條件下由公式 (49) 表示。

$$dT = -30(dD_a/D_a - dD_b/D_b) - 0.3dT_a + 1.3dT_b \dots\dots (49)$$

在公式 (49) 中，InGaAs 輻射溫度計之觀察溫度 dT_b 之誤差以極小放大率被反映至 dT ，而 Si 輻射溫度計之觀察溫度 dT_a 之誤差對真正溫度之評估誤差影響極小。

即使傳輸損耗 D 之誤差為 5%， T 之所得誤差僅為 1.5°C 。

因此，在 (B) 之情況下，當兩個輻射溫度計之精確度為 $\pm 2^\circ\text{C}$ 時，在校正計算後之精確度在 $\pm 3^\circ\text{C}$ 內。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (40)

另外，由於不需要傳輸損耗 D_a 與 D_b 之精確值，可使用自型錄或 OTDR (光學脈波試驗機) 所取之觀察值，其可顯著簡化校正工作。

當真正溫度在校正計算後之精確度在情況 (A) 與 (B) 之間作比較時，作為兩個輻射溫度計系統，情況 (B) 優於情況 (A)。

在輻射溫度計之偵檢光譜具有有限帶且當公式 (26) 可取代維恩公式 (25) 應用之情況下，需要不同於公式 (33) 之校正計算公式，例如，公式 (44) 及公式 (46)。在該情況真正溫度在校正計算後之精確度在情況 (B) 亦優於情況 (A)。

圖 10 為一圖，顯示本發明可消耗光纖溫度計之另一實施例結構。

在圖 10 中，參考號 101, 102, 105, 107, 109 及 112 ~ 117 與圖 8 者相同。參考號 3A 為可消耗光纖溫度計，包括 No. 1 及 No. 2 單色輻射溫度計，其在兩個不同波長進行溫度測定，並包括一計算段 111，其進行校正計算。

參考號 104 為分枝過濾器，如光束分裂器，其藉由光線連接器 102 將自包覆金屬管之光纖 101 端部發出之光線分散成兩個光譜團組。兩個光譜團組之一光譜光線被射至窄帶波選擇性過濾器 105 而另一光譜光線被射至波帶選擇性過濾器 106。窄帶波選擇性過濾器 105 與圖 8 所示者相同，其將波長為 $1.55 \pm 0.025 \mu m$ 之窄帶光線傳輸至 InGaAs 光二極管 107。波帶選擇性過濾器 106 係由彩色玻璃波選擇性過濾器所構成，例如，其將波長為 $0.7 \sim 1.1 \mu m$ 之帶光線傳

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(41)

輸至 Si 光二極管 108。參考號 109 及 110 為溫度轉換器，其分別接收光二極管 107 及 108 之偵檢信號。

溫度轉換器 109 基於在 InGaAs 光二極管 107 上接收並偵檢波長為 $1.55 \pm 0.025 \mu\text{m}$ 之光譜光線上所產生之偵檢信號來進行溫度轉換，並產生指示溫度 T_a 。在類似方式中，溫度轉換器 110 係藉基於當 Si 光二極管 108 接收並偵檢波長為 $0.7 \sim 1.1 \mu\text{m}$ 之光譜光線時所產生之偵檢信號來進行溫度轉換而產生指示溫度 T_b 。

在此例中，溫度轉換器 109 及 110 使用前述公式 (26) 用來轉換有限光譜光線作為溫度轉換公式並分別使用特定參數 A_a, B_a, C_a 及 A_b, B_b, C_b 。

InGaAs 光二極管 107 及溫度轉換器 109 構成 No.1 單色輻射溫度計，而 Si 光二極管 108 及溫度轉換器 110 構成 No.2 單色輻射溫度計。

參考號 111 為計算段，其藉由校正計算來計算真正溫度以自溫度指示值 T_a 及 T_b (由 No.1 及 No.2 輻射溫度計所產生) 消除光纖長度之影響。計算段 111 使用公式 (41), (44) 或 (46) 中任一者進行計算。

當計算段 111 由數位信號 (DSP) 或中央處理單元 (CPU) 構成時且當其進行數位計算時，公式 (44) 之計算若僅將進入之數據轉換成數位信號時較容易。又當計算段用類比計算機構成時，公式 (46) 容易被計算，因為公式 (46) 為線性近似公式。考慮測定精確度、計算時間及成本，可選擇最適計算公式。

(請先閱讀背面之注意事項)
填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(42)

在公式(44)被採用為計算段11用之計算公式之情況下，真正溫度 T 係使用二個參數 A_a, B_a 及 A_b, B_b 供No.1及No.2輻射溫度計特定之溫度轉換，在各光線接收及偵檢波帶之光纖傳輸損耗 D_a 及 D_b ，及自各輻射溫度計產生之兩個指示溫度 T_a 及 T_b ，自公式(44)所測定。

圖11顯示圖10之可消耗光纖溫度計之觀察結果，其中計算段111使用校正計算公式(44)。

圖11之實線繪出，使用具有圖10結構之InGaAs光二極管及Si光二極管並應用公式(44)之校正。圖11之虛線繪出使用Si光二極管供兩個波長與應用公式(44)之校正之比較。在圖11之實線中，即使2Km之纖維消耗發生時，校正後之誤差小至 1.5°C ，實線示出與虛線比較時，高精確之測定為可能。

在公式(46)被採用為計算段11用之計算公式之情況下，真正溫度 T 係使用二個參數 A_a, B_a 及 A_b, B_b 供No.1及No.2輻射溫度計特定之溫度轉換，在各光線接收及偵檢波帶之光纖傳輸損耗 D_a 及 D_b ，及自各輻射溫度計產生之兩個指示溫度 T_a 及 T_b 及對兩個指示值之近似值 T_a' 及 T_b' ，自公式(46)所測定。由於公式(46)為線性，其應用一包含類比電路之簡單計算段11。

圖12顯示圖10之可消耗光纖溫度計之觀察結果，其中計算段111使用校正計算公式(46)。

圖12之實線繪出，使用具有圖10結構之InGaAs光二極管及Si光二極管並應用公式(46)之校正。圖11之虛線繪出使

(請先閱讀背面之注意事項)(不寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(43)

用 Si 光二極管供兩個波長與應用公式(46)之校正之比較。在圖 12 之實線中，即使 1km 之纖維消耗發生時，校正後之誤差小至 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，由於此情況使用近似計算，其精確度低於圖 11 實線之情況。雖然如此，實線之情況優於虛線之情況，前者提供充分實用之精確度，顯示在 100m 纖維消耗約 0.2°C 之誤差。

例如，圖 10 中窄帶波選擇性過濾器 105 之特性為中心波長為 $1.55\mu\text{m}$ 而傳輸帶之寬度在 $\pm 0.025\mu\text{m}$ 之內。然而，本發明並不限於此等特性。中心波長需要避免 $1.4\mu\text{m}$ ，其為 OH 基之吸收帶。若波帶提供光線接收及偵檢裝置所需之偵檢信號以在隨後步驟轉換成溫度時，波長可在 $1.55\mu\text{m}$ 附近或可朝長波長側移行 $1.55\mu\text{m}$ 。

傳輸帶之寬度可被加寬至，例如，離中心波長 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 之程度。若偵檢光線呈被增加而不會有 S/N 比率之降下，傳輸帶之加寬可被接受。

如上所述，依照本發明，可消耗光纖溫度計接收在光纖端部自高溫標的物所發出之輻射光線，並將接收之輻射光線傳輸其間，並使用一接收並偵檢自光纖之另一端發出之輻射光線以轉換成溫度之輻射溫度計來測定高溫標的物之溫度。另外，設有一窄帶波選擇性過濾器，用來僅傳輸在自光纖之另一端發出之光線中具有中心波長為 $1.55\mu\text{m}$ 或接近 $1.55\mu\text{m}$ 之窄帶光譜光線及用來使輻射溫度接收並偵檢傳輸之光線。結果，在標的物之溫度約為 1500°C ，溫度誤差在 100m 光纖消耗中變成 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。因此，若光纖在每

(請先閱讀背面之注意事項)(為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(44)

100m消耗被取代以新標準長度時，長期連續性測定在上述精確度下達成而不必對輻射溫度計之指示溫度應用校正計算。

依照本發明，窄帶波選擇性過濾器對中心波長度具有傳輸帶之範圍為 $\pm 0.1 \mu m$ 。因此，OH基吸收帶在接近 $1.4 \mu m$ 之影響不會發生，而輻射溫度計可使用涉及單一光譜之維恩近似公式。

依照本發明，輻射溫度計設有InGaAs光二極管作為光線接收及偵檢裝置。由於偵檢裝置使用InGaAs光二極管，即使當偵檢光線之量因通過窄帶波選擇性過濾器而減少，光線亦不會混入暗電流中並可在良好S/N比率下偵檢光量。

依照本發明，可消耗光纖溫度計被用以接收在光纖端自高溫標的物發出之輻射光線，並將光線傳輸期其間，以及接收並偵檢自其另一端發出之光線，以測定高溫標的物之真正溫度。自光纖另一端發出之光線被分散成兩個光譜團組，各團組被分別導入第一輻射溫度計與第二輻射溫度計，且其中第一輻射溫度計藉由窄帶波選擇性過濾器接收並偵檢光線，其可使導入光線之中心波長為 $1.55 \mu m$ 或接近 $1.55 \mu m$ 並使傳輸帶之寬度對中心波長之範圍為 $\pm 0.1 \mu m$ 並將光線轉換成溫度。第二輻射溫度計藉由波帶選擇性過濾器接收並偵檢導入之光線，其可傳輸具有不同於由第二輻射溫度計檢收並偵檢之波帶之光線並將偵檢之光線轉換成溫度。計算構件係使用溫度轉換用之參數，該等參數對各第一與第二輻射溫度計為特定者，使用光纖在光

(請先閱讀背面之注意事項)

(本寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(45)

線接收與偵檢波帶之各範圍內之傳輸損耗資訊及使用在溫度轉換後自各輻射溫度計所產生之兩個指示溫度，基於特定公式來計算高溫標的物之真正溫度。其構型可消除減少纖維長度之影響，該影響為習知光纖溫度計之最嚴重問題，並可很高精確度、高回應速率及低成本下連續測定高溫標的物如熔解金屬之溫度。特別是，使用長纖維（約1km）可改良經濟性，且由於維護能力因校正工作之減少而改良，使應用範圍（領域）顯著加寬。例如，在製鐵方法中，於連續鑄製其可顯示對轉化爐，電爐、熔煉爐及澆注盤改良其絕對控制之顯著功效。

依照本發明，第一輻射溫度計設有InGaAs光二極管作為光線接收及偵檢裝置，其可接收並偵檢光線，第二輻射溫度計設有Si光二極管作為光線接收及偵檢裝置，其可接收並偵檢光線。因此，此二種接收及偵檢裝置均在良好S/N比率下進行接收及偵檢入射光線，同時產生較Ge光二極管更低噪音，並可避免混入暗電流中，即使小量入射光線亦然。

（請先閱讀背面之注意事項再寫本頁）

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱： 使用光纖之溫度測定方法及裝置)

一種使用可消耗光纖之溫度測定方法，包含：接收自高溫液體發出之光線；藉由分枝過濾器將接收之光線分成二光束；藉第一輻射溫度計自第一光束偵檢第一波帶之光線；將第一波帶之光線轉換成溫度；藉第二輻射溫度計自第二光束偵檢第二波帶之光線；將第二波帶之光線轉換成溫度，藉使用第一輻射溫度計固有之溫度轉換參數、傳輸損耗指數及自輻射溫度計之輸出溫度來計算真正溫度。

英文發明摘要(發明之名稱METHOD FOR MEASURING TEMPERATURE USING OPTICAL FIBER AND APPARATUS THEREFOR)

A method for measuring temperature using consumable optical fiber comprising: receiving a light emitted from a high temperature liquid; dividing the received light into two light beams through a branching filter; detecting a light of a first wave band from a first light beam by a first radiation thermometer; converting the light of the first wave band into temperature; detecting a light of a second wave band from the second light beam by a second radiation thermometer; converting the light of the second wave band into temperature; calculating a true temperature by using temperature-conversion-parameters inherent to the first radiation thermometer, transmission loss indexes, the outputted temperature from the radiation thermometer.

(請先閱讀背面之注意事項再填) 本頁各欄

裝

訂

線

圖 1

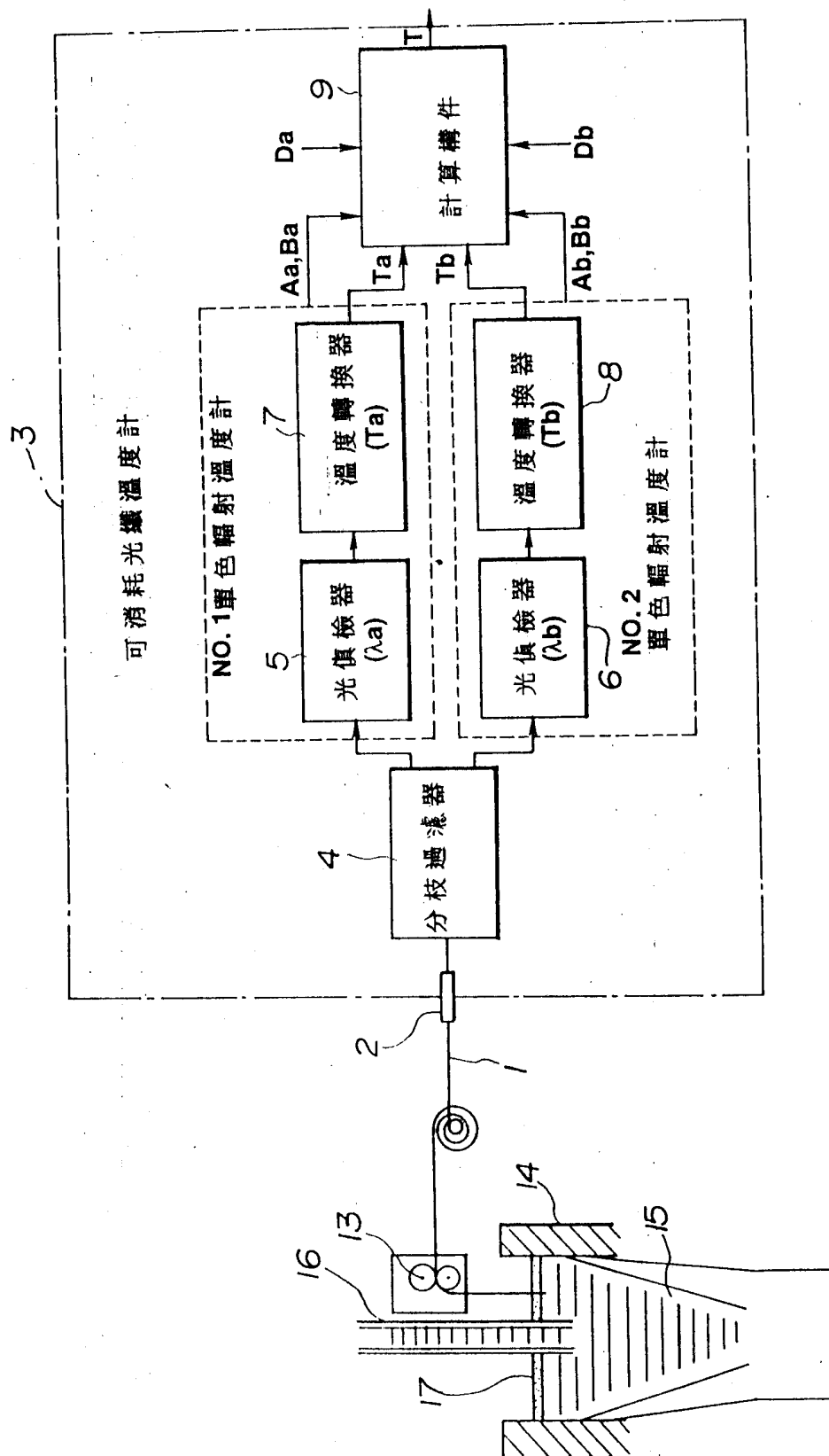


圖 2

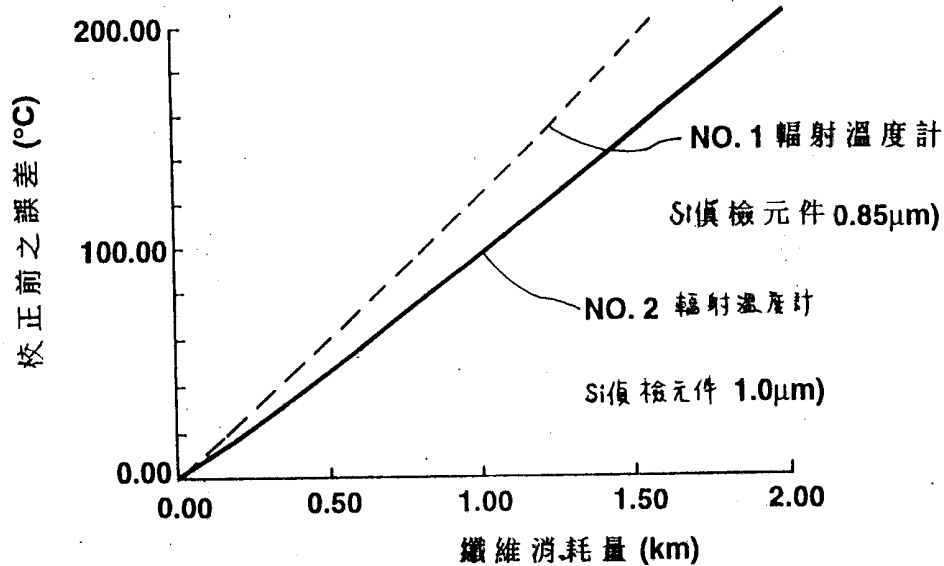


圖 3

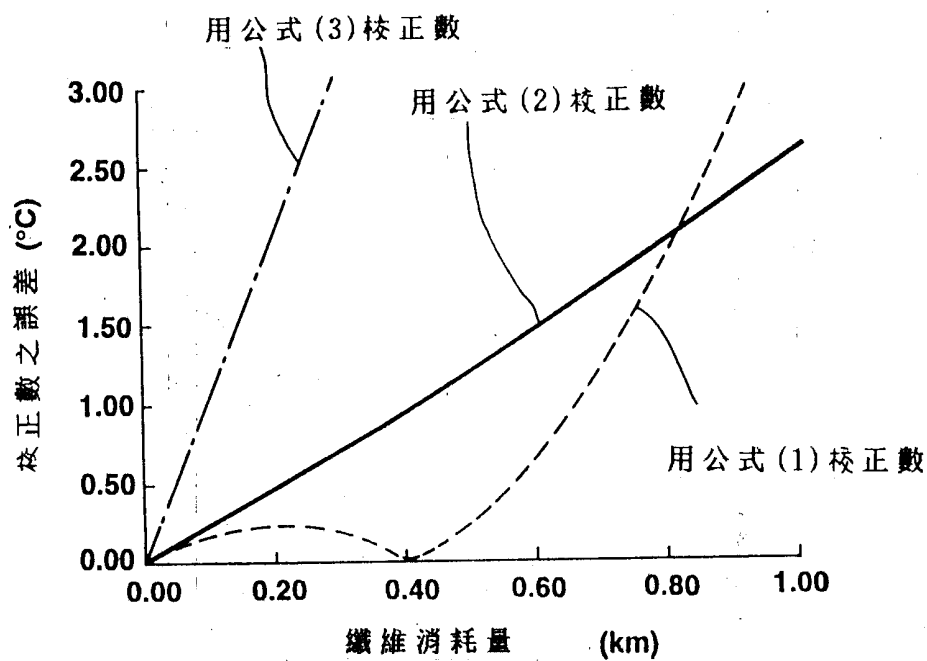
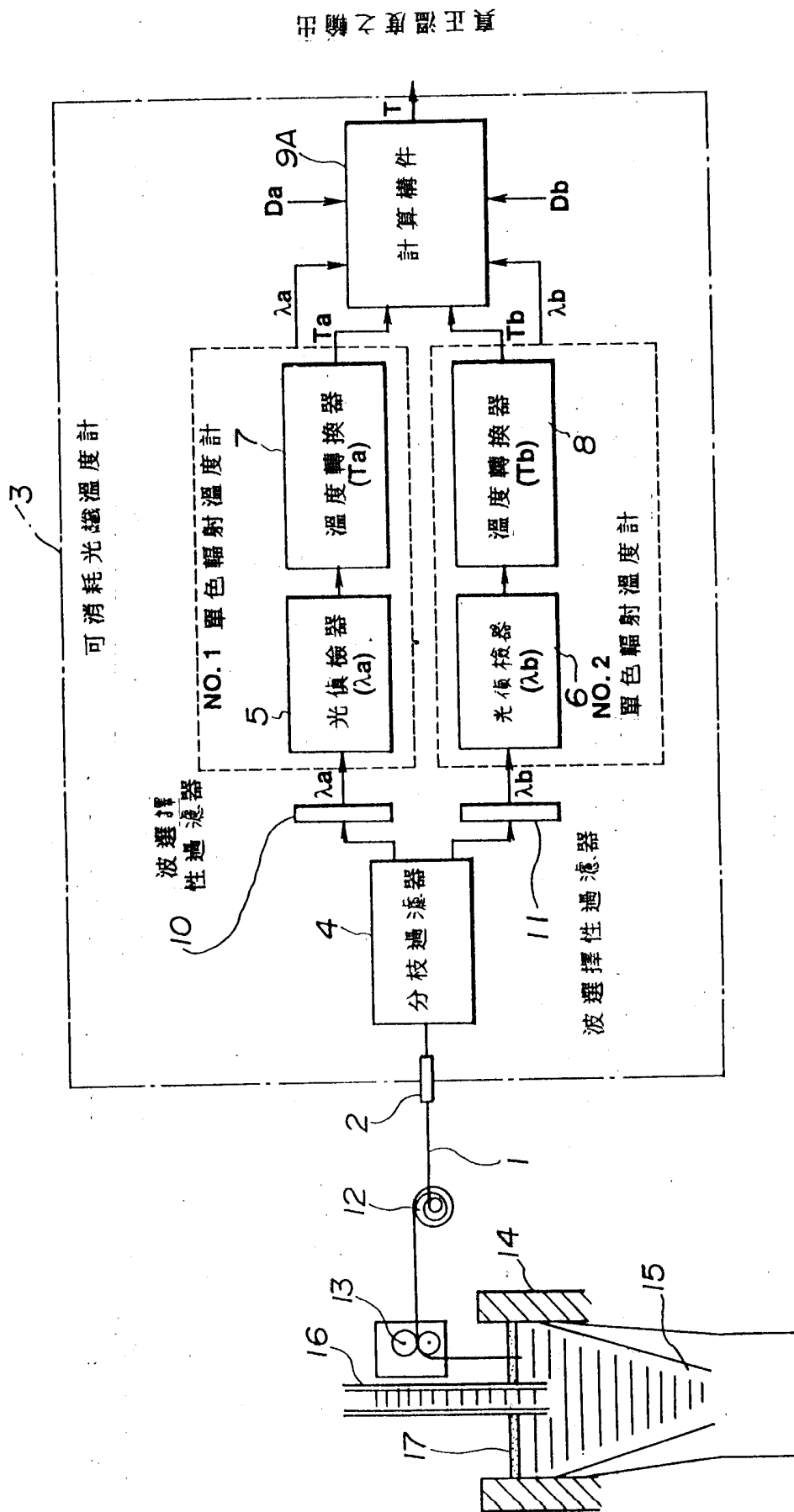


圖 4



真正溫度之顯示

圖 5

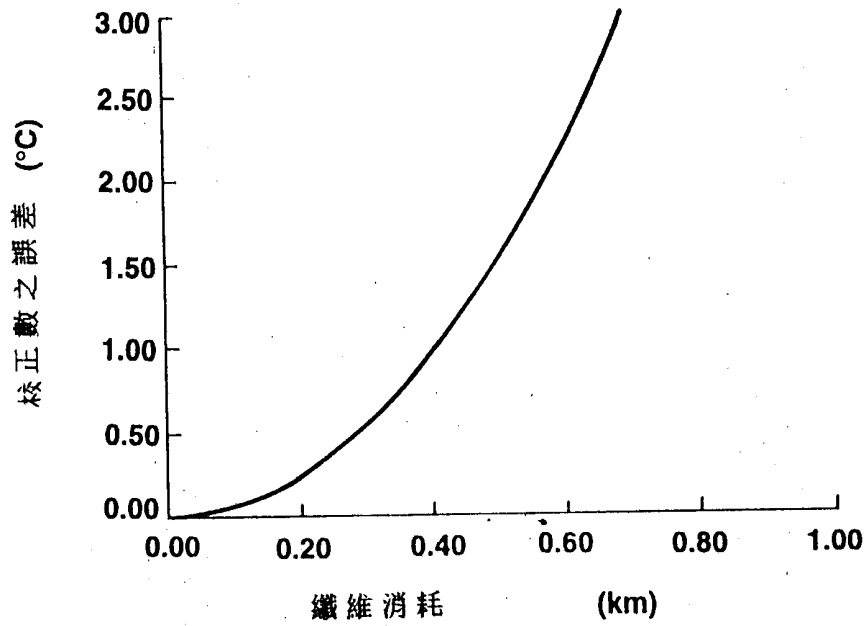


圖 6

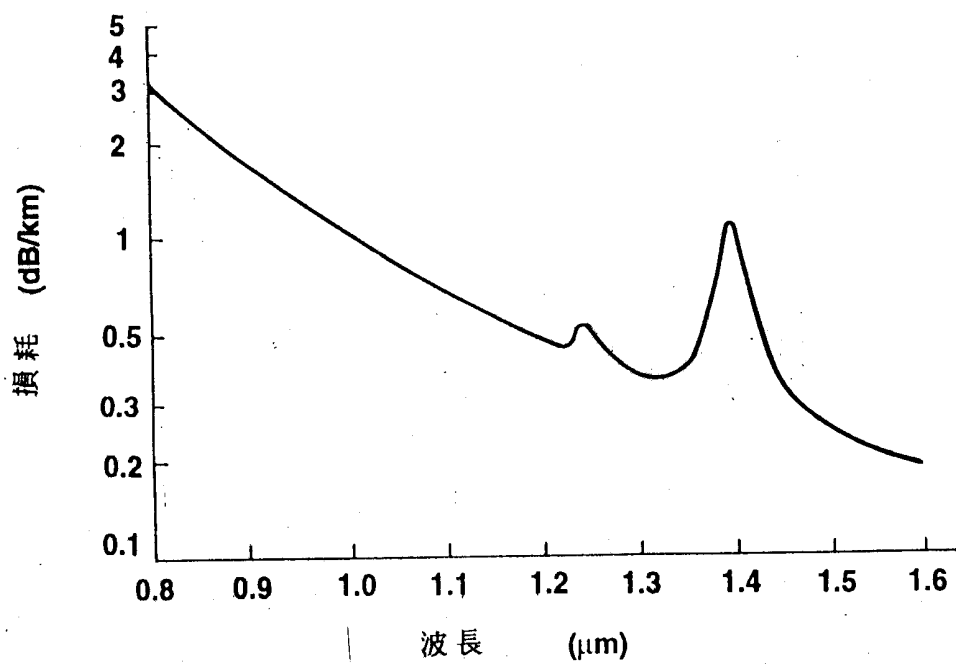
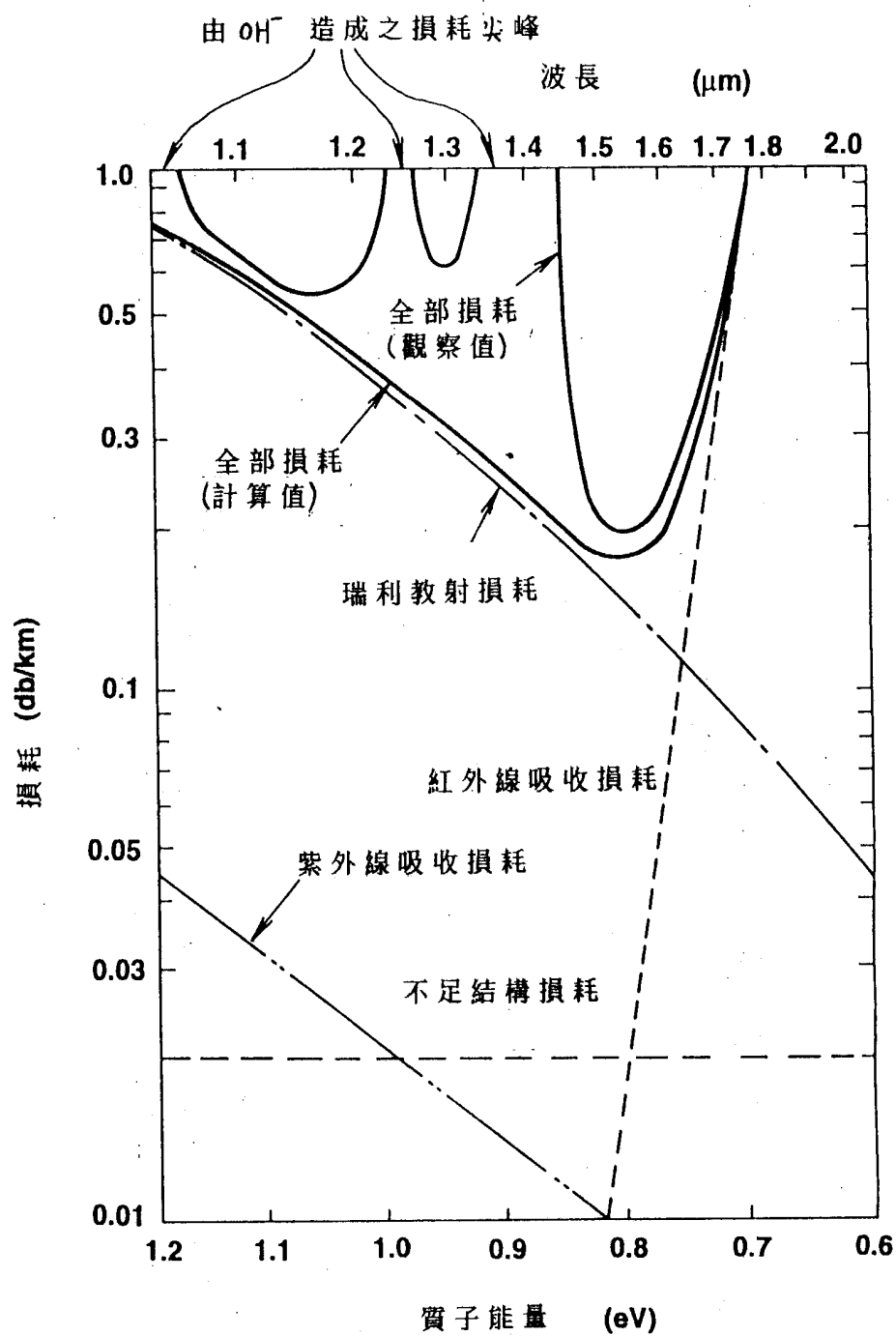


圖 7



8

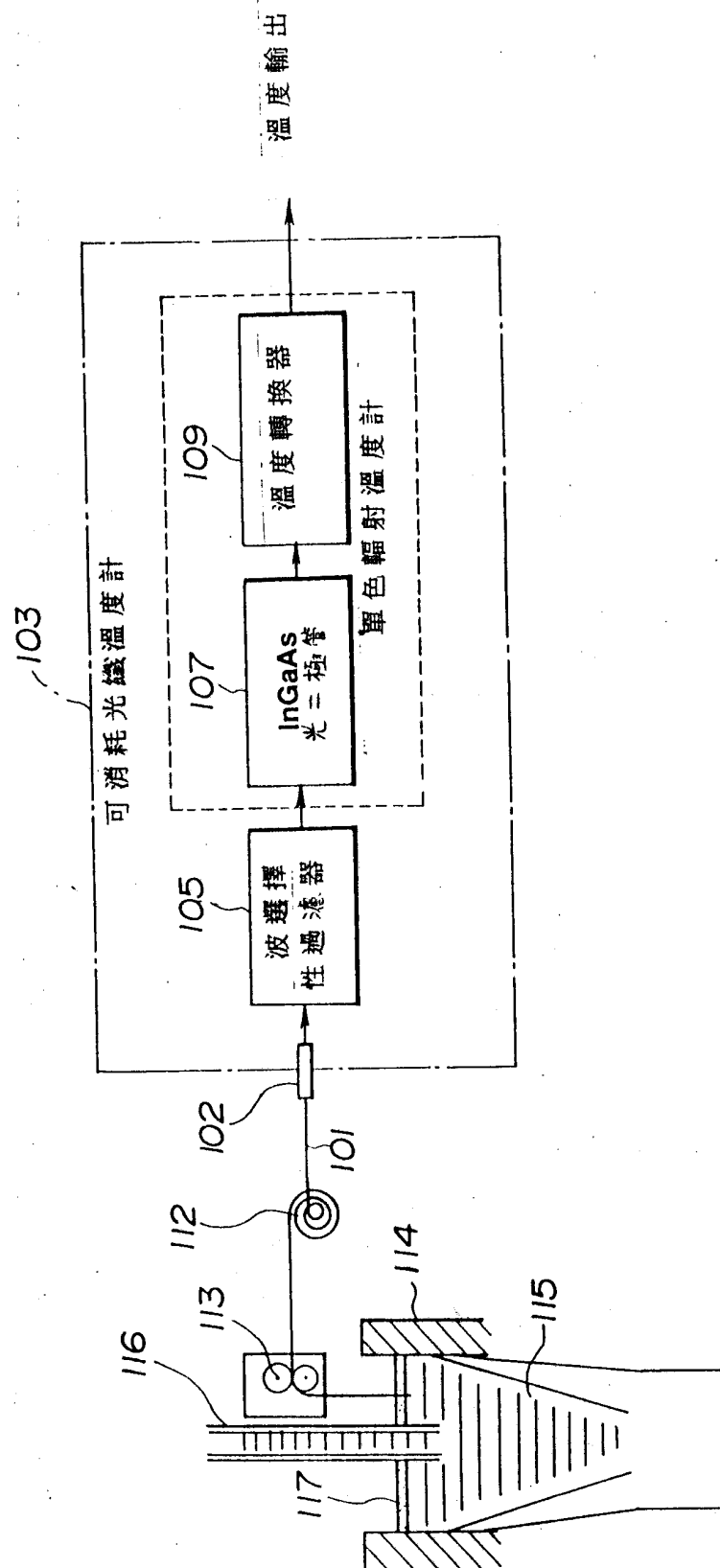


圖 9

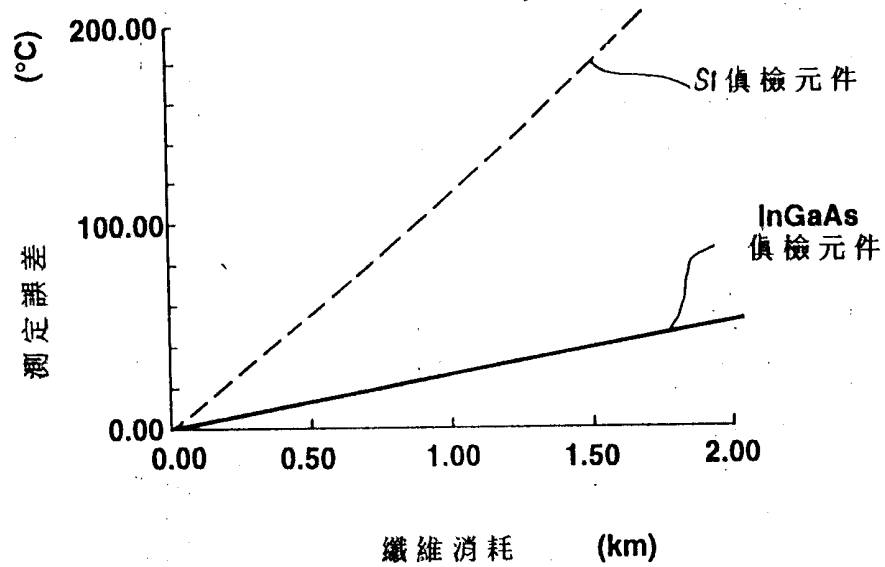


圖 10

3A

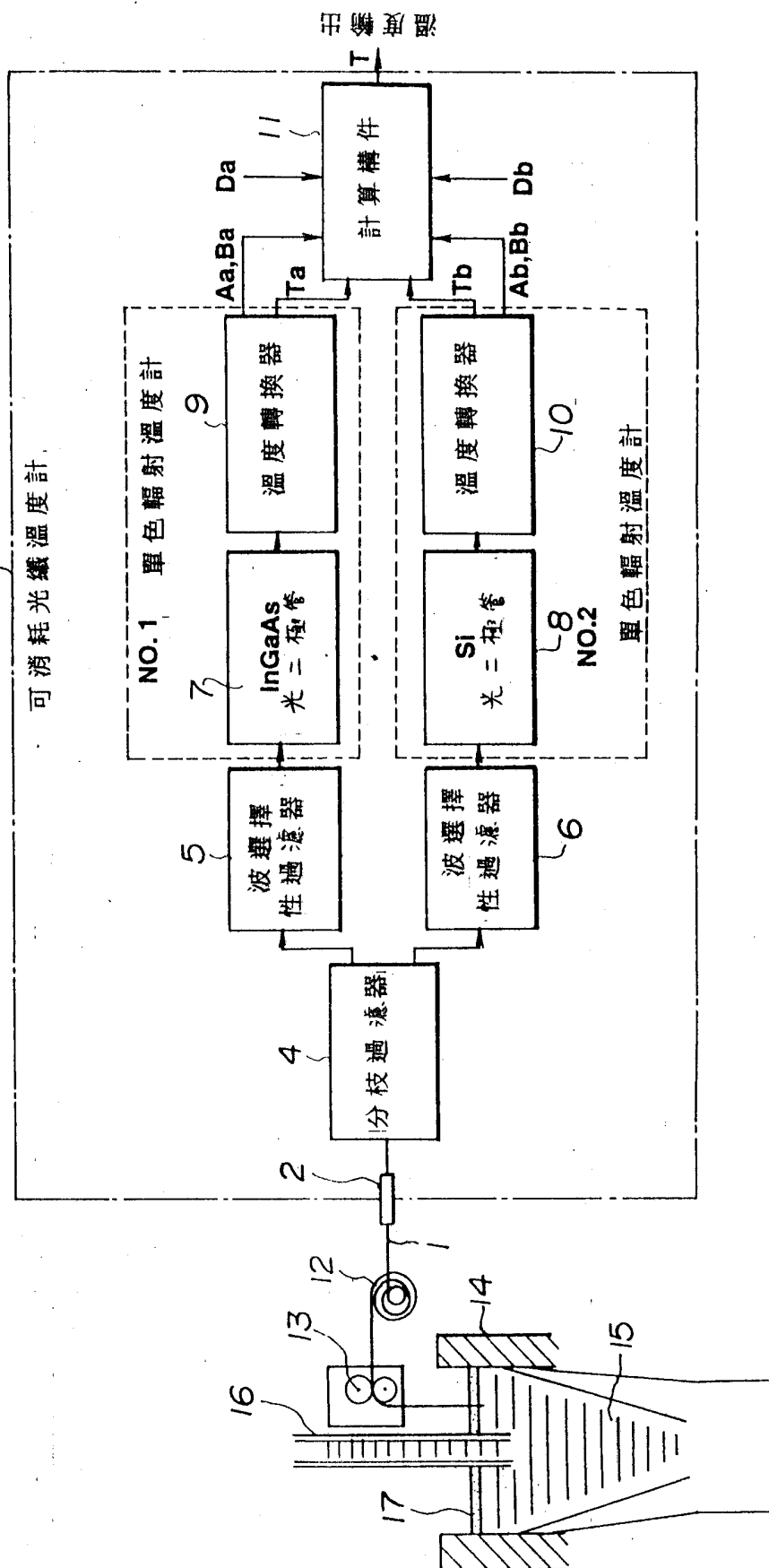


圖 11

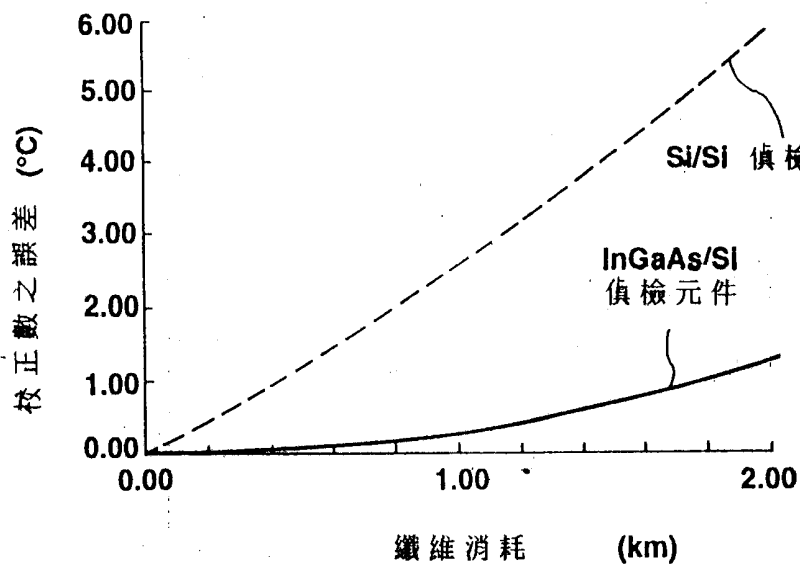
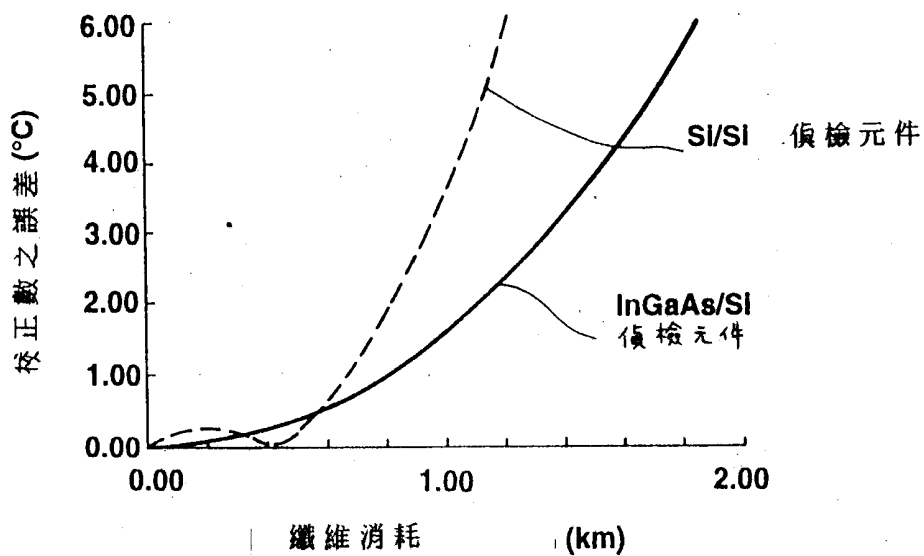


圖 12



六、申請專利範圍

1. 一種使用可消耗光纖之溫度測定方法，包含步驟為：
在可消耗光纖之端部接收自高溫液體所發出之光線，接收光線藉由可消耗光纖傳輸至可消耗光纖之另一端；藉一波選擇性過濾器過濾接收光線以單獨通過具有預定中心波長之窄帶光譜光線；及

藉一輻射溫度計將窄帶光譜光線轉換成溫度者。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該中心波長為
 $1.55\mu\text{m}$ 者。

3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該中心波長接近
 $1.55\mu\text{m}$ 者。

4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該波選擇性過濾器具有對中心波長之傳輸帶範圍為 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 者。

5. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該輻射溫度計具有InGaAs光二極管作為光線接收及偵檢裝置者。

6. 一種使用可消耗光纖之溫度測定裝置，包含：
一可消耗光纖，用來在其端部接收自高溫液體發出之光線並將光線傳輸至其另一端；
一波選擇性過濾器，用來過濾接收光線以單獨通過具有預定中心波長之窄帶光譜光線；及
一輻射溫度計，用來偵檢窄帶光譜光線並將光譜光線轉換成溫度者。

7. 如申請專利範圍第6項之裝置，其中該中心波長為
 $1.55\mu\text{m}$ 者。

8. 如申請專利範圍第6項之裝置，其中該中心波長接近

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

323333

六、申請專利範圍

1.55 μm 者。

9. 如申請專利範圍第6項之裝置，其中該波選擇行過濾器具有對中心波長之傳輸帶範圍為 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 者。

10. 如申請專利範圍第6項之裝置，其中該輻射溫度計具有InGaAs光二極管作為光線接收及偵檢裝置者。

11. 一種使用可消耗光纖之溫度測定方法，包含步驟為：
在可消耗光纖之端部接收自高溫液體所發出之光線，接收光線藉由可消耗光纖傳輸至可消耗光纖之另一端；

藉由分枝過濾器將接收光線分成二光束；

第一過濾器步驟，藉一第一波選擇性過濾器過濾二光束之第一光束，以通過具有預定中心波長及波帶之第一光譜光線；

第一偵檢步驟，藉第一輻射溫度計偵檢光譜光線並將偵檢光譜光線轉換成溫度以輸出一溫度(T_a)；

第二過濾器步驟，藉第二波選擇性過濾器過濾二光束之第二光束，以通過具有預定中心波長之第二光譜光線；

第二偵檢步驟，藉第二輻射溫度計偵檢光譜光線並將偵檢光譜光線轉換成溫度以輸出一溫度(T_b)；

藉使用第一輻射溫度計及第二輻射溫度計固有之溫度轉換參數，有關第一光譜光線及第二光譜光線之光纖之傳輸損耗資訊及溫度(T_a)與溫度(T_b)計算真正溫度(T)者。

12. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該第一光譜光線具有中心波長為1.55 μm 而帶為 $1.55 \pm 0.1 \mu\text{m}$ 者。

13. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該第一光譜光

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

編

六、申請專利範圍

線具有中心波長接近 1.55μ 而相對中心波長為 $\pm 0.1\mu$ 者。

14. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該第一輻射溫度計具有 InGaAs 光二極管作為光線接收及偵檢裝置，而該第二輻射溫度計具有 Si 光二極管作為光線接收及偵檢裝置者。

15. 一種使用可消耗光纖之溫度測定裝置，包含：

一可消耗光纖，用來在其端部接收自高溫液體所發出之光線並將光線傳輸至其另一端；

一分枝過濾器，用來將接收光線分成二光束；

一第一波選擇性過濾器，用來過濾二光束之第一光束以通過具有預定中心波長及波帶之第一光譜光線；

一第一輻射溫度計，用來接收並偵檢第一光譜光線及將第一光譜光線轉換成溫度以輸出一溫度 (T_a)；

一第二波選擇性過濾器，用來過濾二光束之第二光束以通過具有預定中心波長及波帶之第二光譜光線，第二光譜光線之波帶不同於第一光譜光線者；

一第二輻射溫度計，用來接收並偵檢第二光譜光線並將第二光譜光線轉換成溫度以輸出一溫度 (T_b)；

藉使用第一輻射溫度計與第二輻射溫度計固有之溫度轉換參數，有關第一光譜光線與第二光譜光線之傳輸損耗資訊及溫度 (T_a) 與溫度 (T_b) 計算真正溫度 (T) 之構件者。

16. 如申請專利範圍第 15 項之方法，其中該第一光譜光線具有中心波長為 1.55μ 而帶為 $1.55 \pm 0.1\mu$ 者。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

323333

六、申請專利範圍

17. 如申請專利範圍第15項之方法，其中該第一光譜光線具有中心波長接近 $1.55\mu\text{m}$ 而相對中心波長為 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 者。

18. 如申請專利範圍第15項之方法，其中該第一輻射溫度計具有InGaAs光二極管作為光線接收及偵檢裝置，而該第二輻射溫度計具有Si光二極管作為光線接收及偵檢裝置者。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂