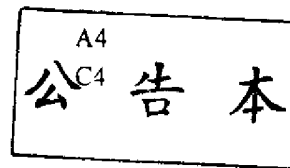


申請日期	88.8.13
案 號	881138P2
類 別	G01T 5/00

440685



(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	溫度量測系統
	英 文	"TUNING A SUBSTRATE TEMPERATURE MEASUREMENT SYSTEM"
二、發明人	姓 名	1. 沃甫干 阿德厚 2. 亞伯赫拉希 J. 梅尤 3. 比得 A. 努特
	國 籍	1. 德國 2. 印度 3. 美國
	住、居所	1. 美國加州古伯提諾市凡亞道11652號 2. 美國加州莎尼拉斯市卡伯內路1950號 3. 美國加州聖卡洛斯市諾森道158號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商應用材料公司
	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國加州聖塔克拉拉鮑爾大道3050號
	代 表 人 姓 名	約瑟夫 J. 斯維尼

440685

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C分類：

A6
B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期：

案號：

，☐有 ☐無主張優先權

美國

1998年08月14日

09/133,993

☒有 ☐無主張優先權

有關微生物已寄存於：

，寄存日期：

，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

發明背景

本發明關於用以實施一半導體或其他基體之改良非接觸溫度量測之技術。

在許多半導體裝置製造方法中，如果一基體(例如一半導體晶圓)之溫度係在處理期間予以嚴格地控制時，祇可獲得所需高標準之裝置性能產量，及處理重複性。爲了達到該標準之控制起見，經常需要量測實時及現場之基體溫度俾可立即偵測到及做修正任何意外之溫度變化。

例如，考慮到用於數種不同製造方法之快速熱處理(RTP)，包括快速熱退火(RTA)，快速熱清除(RTC)，快速熱化學蒸汽沉積(RTCVD)，快速熱氧化(RTO)，及快速熱滲氮(RTN)在內。在靠RTO或RTN之CMOS閘極電介質結構之特別應用中，閘極電介質之厚度，生長溫度，及均勻度皆係影響整個裝置性能及生產產量之重要參數。目前，CMOS裝置係用僅60-80Å厚之介電層予以作成及爲此厚度均勻性必須保持在±2埃(Å)。均勻性之該標準需要在高溫處理期間通過基體之溫度變化不超過攝氏幾度(°C)。

晶圓本身在高溫處理期間經常不能容忍甚至小溫差。如果溫差係被允許在1000°C附近之溫度處升高超過1-2°C/cm時，合成應力可能招致矽晶中之滑動。合成滑動平面毀壞通過該等平面之任何裝置。爲了獲致該標準之溫度均勻性起見，可靠之實時，閉環溫度控制之多點溫度量測皆係必要的。

光測高溫學係廣泛地用於量測RTP系統中溫度。高溫學

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(2)

利用物體之一普通特性，即物體放出具有一為其溫度之特性之特別光譜成分及強度之輻射。因此，物體之溫度可藉量測所放出之輻射予以決定。一高溫計量測所放出之輻射強度及實施適當轉換以獲得溫度。

在一RTP系統中使用高溫計用以量測基體溫度上所遭遇之一個困難為個別溫度感測器間之變化及其以室中之一特殊基體為準之位置差可影響溫度量測之準確性。因此，自感測器所獲得之基體溫度量測可能具有一可歸因於這些變化之未知誤差部分。這些變化例如顯露出來作為一通過基體表面之被沉積層之厚度差因感測器係用作部份閉環溫度控制。

引導此等誤差之一種方式係減少或增加溫度偏移之位置上之一溫度補償。如果溫度偏移之位置配合一溫度探針之位置時，那麼需要校正偏移之溫度變化量係與所沉積之層之厚度中之偏移量成正比。然而此一技術假定自熱源予以局部加熱。然而，由於燈區間之交叉耦合，基體邊緣上之熱不連續性，及探針之檢視角，此一假定通常係不有效。因此，需要另外技術用以獲得準確基體溫度量測以提供過基體表面之均勻處理條件。

概要

通常，一方面，一種在一熱處理室中調節溫度感測器讀數之方法包括根據基體之量測來決定一基體之一實際溫度分佈圖或基體之溫度相關數值之一實際分佈圖。基體之一模擬溫度分佈圖係用一個以與室有關之溫度感測器之各別

五、發明說明(3)

臨時溫度校正值予以計值。所模擬之溫度分佈圖及實際分佈圖皆予以組合以形成一估計分佈圖。每個各自溫度校正值之一終值係使用一導致大致上均勻的通過基體之表面之所估計之分佈圖之最佳演算法予以決定之。每個最終校正值乃係用作為對從相應之溫度感測器所後來獲致之溫度量測之一種補償。

在另一方面，一種用以調節量測一基體之溫度之多重溫度感測器之系統包括一被配置以獲致基體之一實際溫度分佈圖或基體之一溫度相關數量之一實際溫度分佈圖之處理機。該處理機係被構成以實施下列功能：(a)根據多重溫度感測器之各別臨時溫度校正值計算一模擬溫度分佈圖；(b)算術地組合所模擬之溫度分佈圖及實際分佈圖以形成一估計分佈圖；(c)藉重複功能(a)及(b)決定每個各自溫度校正值宜至所估計之分佈圖係大致上均勻通過基體之表面為止；及(d)用每個最終值作為對從溫度感測器之一相應感測器所後來獲得之溫度量測。

在有些執行過程中，一個以上之下列特徵皆顯示。為了計算所模擬之溫度分佈圖起見，可使用來自室中多重輻射源之熱作用之一鐘型分佈。對本發明來說，一鐘型分佈包括一 Pearson 分佈，但不限於包括一正常分佈及高斯(Gaussian)與像高斯分佈在內。每個輻射源之最高振幅可被假定為位於相當於該輻射源之輻向位置。來自輻射源中間每一個之溫度分佈圖可藉增加來自每個輻射源之個別作用予以決定。

五、發明說明(4)

爲了決定實際分佈圖，可作成一溫度相關數量之量測，及溫度相關數值可被轉換至實際溫度分佈圖。例如在熱處理或阻力係數量測期間溫度相關數值可爲被沉積在基體上一層之厚度量測。如果一已知關係存在於所量測之數值及基體溫度之間時亦可使用其他溫度相關數值之量測。

在一執行過程中，所模擬之溫度分佈圖及實際分佈圖可藉計算實際溫度分佈圖及所模擬之溫度分佈圖之總和予以計算地組合之。決定每個各自溫度校正值之一最終值可包括將一係所估計溫度分佈圖之一標準偏差之函數及係在根據輻向位置所加權之基體上諸點之所估計溫度分佈圖之一偏差之一函數之數值減至最小。

就一給定之室結構言，調節程序係簡單的及通常僅需要被實施一次。在基體處理期間更精確溫度量測可藉校正個別溫度感測器及其以一特殊基體爲準之位置差別之間之變化予以獲得。更精確之溫度讀數可幫助在室中所處理之一基體上提供更均勻層。因此本發明則使可靠之溫度量測具有提高之可重複性及均勻性。

其他特徵及優點將自下列詳細敘述，附圖及申請專範圍予以明瞭。

圖示簡述

圖1係一快速熱處理(RTP)系統之一橫斷面側視圖；

圖2例示圖1之系統中之一加熱元件之一典型燈構造。

圖3例示一控制環路用以加熱圖1之系統中之基體。

圖4例示一技術以計算從圖1之系統中溫度感測器所獲得

五、發明說明 (5)

溫度之校正值。

圖5-6例示加熱元件之一典型燈構造之更多細節。

詳細敘述

如圖1中所示，一快速熱處理(RTP)系統包括一處理室100用以處理一磁碟型，8吋(200 mm)直徑矽基體106。基體106係安裝在一基體支承結構108上之室內及由直接位於基體上之一加熱元件110予以加熱。加熱元件110則產生經由基體上之一水冷式或石英窗組合114進入處理室100之輻射112。在基體106底下者係一反射器102，其係安裝在一水冷式，不銹鋼基座116之上。反射器102係由鋁作成及具有一高度反射表面鍍層120。基體106之下部及反射器102之頂部形成一反射空穴118用以增強基體之有效輻射能力。

位於基體106之局部區109上之溫度係由耦合於各個高溫計128(僅三個高溫計係示於圖1中)之多重溫度探針126予以量測。溫度探針126皆係通過自基座116之背面伸至反射器102之頂部之各個管道之藍寶石光導管。藍寶石光導管通常之所以被提出係因其具有較小散射係數及易於具有較大橫向光衰減，因而提供較大之量測定位。然而，光導管可由能發射所抽樣之輻射至高溫計之之任何適當之抗熱及耐腐蝕材料，例石英作成。適當之石英纖維光導管，藍寶石晶體光導管，及光導管/管道耦合器可自加州，Santa Clara之Luxtron公司AccuFiber部門予以獲得，可替換者，輻射抽樣系統可為一包括安裝在反射器102中之一小半徑物鏡透鏡及傳送由透鏡由透鏡所收集之輻射至高溫計之一

五、發明說明(6)

系統之反射鏡及透鏡。如果可找到透當現成之光學元件時此一技術可較藍寶石光導管便宜。可替換者，光導管亦可由一具有高度拋光反射內表面之管子。在所述之具體實例中高溫計128具有一定位在約950 nm處之窄帶寬(例如約40 nm)。適當之高溫計亦可自加州，Santa Clara之Luxtron公司AccuFiber部門予以獲得。

所述之實施過程實際上具有被分配在可用來量測基體之不同半徑上之溫度之反射器上方8個量測探針。在熱處理期間，支承結構108係以每分鐘約90轉(RPM)來轉動。因此，每個探針實際上抽取基體上一相應環形圈區之溫度分佈之樣品。在某些實施過程中，沒有幾個探針係被使用的。

轉動基體之支承結構包括一接觸環繞基體之外周邊之基體之支承環134，因而除了外周邊附近之一小環狀區外留下外露基體之所有下面。爲了在處理期間將發生在基體106之邊緣上之熱不均勻性減至最小起見，支承環134係由與基體相同或類似材料，例如矽或碳化矽作成。

支承環134重設在一用矽予以塗層之可旋轉管狀石英筒體136以使之在高溫計之頻率範圍中不透明。石英筒體上之矽塗層則作爲一擋板以阻止來自可能污染強度量測之外部輻射體之輻射。石英筒體之底部係由一支撐在係同樣保持在一靜止固定，環狀，下方軸承坐圈139內多個滾珠軸承137上之環狀上方滾珠坐圈141予以固定。滾珠軸承137係鋼製成及用氮化矽予以塗層以在運作期間減少細粒形

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(7)

成。上方軸承坐圈141係在熱處理期間予以磁耦合於一個以約90 RPM旋轉圓筒136，支承環134及基體106之致動器(未示出)。支承環134係設計用石英筒體136來建一不透光密封。一適合於室本體之清洗環145則環繞石英筒體。清洗環145具有一敞開達到上方軸承坐圈141上方之一區域之內部環狀空腔。內部空腔係經由一通路147予以連接至一氣體供給源(未示出)。在處理期間，一清洗氣體係經由清洗環145流入室內。

一適當加熱元件110係揭示在被納入本文中供參考之美國第5,155,336號專利案中。此加熱元件使用187光管以自鎢鹵素燈放出高度平行輻射至處理室100。加熱元件110中之每隻燈可用標誌(u, v)(見圖2)予以識別。此等燈皆分成均以徑向對稱方式定置之12組(1-12)。雖然特別配置全視室之構形而定，但12組可一起組合以提供6控制區(圖6)。因此，例如，由標誌(-1, 0)予以識別之中心燈係定置在係位於區Z1內之組1中。區可被個別地調整以控制基體106之不同區域之輻射熱。

圖3例示一控制環路用以使基體加熱至理想溫度。此使用來自溫度感測器190(即高溫計128及光導管126)所抽樣之輸出。加熱元件110包括被配置在徑向區中之187鎢鹵素燈。燈之每區係由一同樣由一多端輸入，多端輸出控制器192予以控制之多區燈驅動器194予以各別供給動力。因基體以大約90 rpm轉動及溫度量測皆在基體106之背部上之不同徑向位置上作成。環狀區域則與加熱燈之徑向區重

五、發明說明(8)

合。

控制器192接收皆由溫度感測器190所產生之溫度量測，根據一溫度校正演算法校正溫度，及調整加熱燈之功率位準以獲得如由一被供至控制器192之預先確定之溫度循環分佈圖196所規定之一'基體溫度。爲了決定加熱燈之功率位準起見，控制器192使用一敘述在供至一特別區中之燈之電源之一理想變化及溫度之一相應變化之間之數學關係之矩陣G。矩陣G在敘述燈電壓之一變化及溫度之相應變化之關係，換言之，

$$dV_n \times G = dT_n, \quad (EQ1)$$

在其中 dV_n 爲燈區n之電壓變化，及 dT_n 爲溫度控針n之徑向位置上之溫度變化，其中n係感測器之一指數。矩陣G之具體細節將自一個系改變到另一個系統及可根據實驗予以獲得。

溫度校正演算法則對自感測器190所獲得之溫度量測之調整弄確定。這些調整係必要的因些微偏差通常則存在於得自感測器之溫度及實際基體溫度之間。在整個處理過程上，控制器自動地調整被輸出至不同燈區之功率位準俾爲偏離所理想之溫度分佈圖之任何溫度偏差來作校正。

在敘述用以更詳細計算溫度校正值之方法以前，界定熱處理系統之一靈敏度s係有益的。靈敏度s係一根據實驗確定之參數，其數值可藉重覆地在處理室100中以不同溫度實施一熱處理(像是一氧化處理)予以建立之。氧化厚度之平均厚度係就每一溫度予以量測之。平均厚度與溫度比較

(請先閱讀背面之注意事項再寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(9)

之斜率係用每攝氏度($^{\circ}\text{C}$)埃之系統靈敏度 s 之表示。可選擇者，在室100中重複實施一熱處理以後，另一隨溫度而變之數值(像是沉積層之電阻率)係予以量測之。平均電阻率與溫度比較之斜率則提供每攝氏度歐姆之靈敏度 s 。

圖4例示一方法來計算自每個感測器190(即高溫計及光導管)所獲得之溫度之一校正值 ΔT_n 。首先，如步驟200所示，一毛坯晶圓或基體係置於處理室100及一隨溫度而變之處理係予以實施之。隨溫度而變之處理可包括例如，一氧化處理及一注入退火處理。然而，通常導致基體溫度及某種其他可量測之數值(像是薄膜厚度或電阻率)向一習知關聯之任何隨溫度而變之處理可予以使用之。較佳者，溫度及可量測之數值間之關係大致上係線性者。

一旦已實施隨溫度而變之處理時，基體乃自室100予以移除及溫度相關之數值 $M(k)$ 之量測係使用一量測裝置199(步驟202)通過基體之半徑予以進行。例如，假定一氧化處理係步驟200中實施，然後氧化層之厚度量測就可作成。例如一偏振光橢圓率測量儀可用來作厚度量測。可選擇者，如果一矽化處理係在步驟200中實施時，那麼就可作成電阻率之量測。一像是四點探針之薄膜電阻率量測裝置可用來作電阻率量測。其他技術及量測裝置可用來獲得溫度相關數量之量測。

在一執行過程中，溫度相關數值之多個量測係以沿基體之一半徑之各種不同點 k 作成。例如，溫度相關數值之量測可自基體之中心至其邊緣以廿五點 k 予以作成。在另一

(請先閱讀背面之注意事項再寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(10)

執行過程中，一個量測係在基體之中心上進行及兩個以上之量測係在基體之中心與邊緣之間之另一廿四徑向距離中間每一個上進行。在離中心之一給定徑向距離上所進行之量測可予以組合以獲得每個徑向距離之一平均量測。分佈圖M(k)應反映通過基體之表面之所量測數值之變化，可非絕對量度值，及反映沿基體之半徑之一維分佈。

溫度相關數值M(k)之所量測值皆利用所量測之數值及溫度(步驟204)間之已知關係予以轉換至一溫度分佈圖P(k)。換言之，室100之系統靈敏度s係用來根據方程式EQ2將所量測數值M(k)(例如氧化物厚度或電阻率)轉換至相應溫度分佈圖P(k)：

$$P(k)=[(M(k)-M_{mean})/S]+P_o(M_{mean}) \quad (EQ2)$$

在其中

$$M_{mean} = \frac{1}{K_{max}+1} \sum_{k=0}^{K_{max}} M(k) \quad (EQ2A),$$

Po(M_{mean})係相當於M_{mean}之溫度，及k係點分解[例如，k=(0, 1, 2, ..., 24)]。

一處理機(諸如控制器192或一分離通用電腦或處理機198)可予以構成及予以程式規劃以便自動地實施轉換。溫度分佈P(k)反映溫度之變化及反映一沿基體之半徑之維溫度分佈。

在一執行過程中，例如，所量測之分佈圖M(k)係利用例如一鍵盤輸入處理機198內。可選擇者，分佈圖M(k)之資料可儲存在一磁性的，光學的或別的儲存介體及其後被轉

(請先閱讀背面之注意事項再寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(11)

移至處理機198。在又另外執行過程中，所量測之分佈圖 $M(k)$ 可由來自量測裝置199之處理機198予以自動地獲得及接收之。

一旦處理機198獲得或接收所量測之分佈圖 $M(k)$ 時，如以下所說明者，校正值 ΔT_n 皆由處理機198予以計算及然後予以輸入控制機192。在又另外執行過程中，用以獲得溫度校正值 ΔT_n 之裝置可形成爲一單一總溫度處理機之部分，像是控制器192。

通常，處理機198執行一通過基體之平面之一模擬溫度校正分佈圖 $dT(k)$ 之程式及決定感測器190之一最佳組之溫度校正 ΔT_n 。所模擬之溫度分佈圖 $dT(k)$ 係一連續差動分佈及在以下予以更詳細討論之。感測器190中間每一個之溫度校正值可能相互各不相同，及可能具有正，負或零數值。

爲了獲得溫差校正分佈圖 $dT(k)$ 起見，一最初溫度校正值 ΔT_n 係爲每個感測器190(步驟206)而建立。最初溫度校正值 ΔT_{n0} 可設定至零或可設定至表示根自實際溫度所獲致之溫度分佈圖 $P(k)$ 之有根據的揣測。例如，最初校正值可爲 ± 1 或 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。可選擇者，下列方法可用來選擇最初溫度校正值 ΔT_{n0} 。對每個感測器190言，一平均溫度係使用被定位在特殊感測器之位置附近之一預定數目之點予以計算。例如，每個探針之觀察角係一具有大約1公分(cm)之一直徑之區域，然後在每個特殊探針之附近之基體上五個等間距間可用來獲得該探針之一平均溫度值 $T_{n(\text{mean})}$ ，換言之，

(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)

$$T_n(\bar{mean}) = \frac{1}{5} \sum_{k=k_n}^{k_n+4} P(k) \quad (EQ3),$$

在其中 k_n 表示探針 n 之觀察角之開始。如果需要時，外推法亦用來決定至基體邊緣之諸點之溫度值。一特殊探針 (n 之最初溫度值 ΔT_{n0} 然後係藉自定置在基體中心 (即， $n=1$) 上之探針之平均溫度值 $T_{1(mean)}$ 減去特殊探針 n 之平均值 $T_{n(mean)}$ 予以計算：

$$\Delta T_{n0} = T_{1(mean)} - T_{n(mean)} \quad (EQ4)$$

反向距陣 G^{-1} 係用來每個最初溫度校正值 ΔT_{n0} 轉換至燈至電壓 dV_{uv} 之一對應相對變化，在其中 dV_{uv} 係表示為一百分率 (步驟 208)。尤其是，

$$dV_n = \Delta T_{n0} \times G^{-1}, \quad (EQ5)$$

及單獨燈電壓 $dV_{u,v}$ 皆根據圖 5 及 6 中之資訊予以獲得。因此，例如， $dV_1 = dV_{1,0} = dV_{0,0}$ ，及 $dV_3 = dV_{2,0} = dV_{1,1} = dV_{0,2}$ 。

為了模擬連續溫差分佈 $dT(k)$ (步驟 210) 起見，加熱元件 110 中每燈之溫度作用係由一具有峯值振幅及減少至峯值之兩邊上之零之對稱分佈予以模擬。因此，例如，每燈之溫度作用可由一鐘形分佈予以模擬，對本發明來言，該鐘形分佈係被限定為包括一 Pearson 分佈，包括一正常分佈，以及高斯與像高斯分佈在內。總溫度分圖然後可藉自每個燈計算溫度分佈圖之總和予以決定之。因燈構形係對稱的，故僅對於 $(-1, 0)$ 之中心燈及剩餘燈 (見圖 2 及 5) 之六分之一需要予以特別考慮，及位於離中心一特別徑向距離之其他燈皆使用由此等燈之數目所乘之單一分佈圖予以考慮

五、發明說明 (13)

到。此一方法可減少所需要之記憶體之數量及可增加實施演算法之速度。

來自一指定燈之峰值振幅係假定係在燈之特別徑向位置上。峰值之振幅則視燈電壓而定。所模擬之溫度分佈圖 $dT(k)$ 則考慮到來自各種燈之作用。在一個明確之執行過程中，

$$dT(k) = C \sum_{u=1}^6 \sum_{v=0}^6 \frac{1}{r_{u,v}} dV_{u,v} \left(\exp \left[-\frac{(x(k) - L_{u,v})^2}{2(\Delta W)^2} \right] + \exp \left[-\frac{(x(k) + L_{u,v})^2}{2(\Delta W)^2} \right] \right) \quad (EQ6)$$

在其中 $dT(k)$ 係以攝氏度 ($^{\circ}C$) 表示之在及其中 (EQ3) 中各名詞皆如下：

u, v 識別燈之標誌；

C 轉換常數 ($^{\circ}C$)；

$r_{u,v}$ 離中心每徑向距離之燈數，其中 $r_{u,v} = u + v + 1$ ，對於 $u, v \geq 0$ ，及 $r_{-1,0} = 2$ ；

$dV_{u,v}$ 由標誌 (u, v) 所識別之燈之相對電壓變化 (%)；

$x(k)$ 離燈列之中心之一點 k 徑向距離 (毫米 (mm))；

$L_{u,v}$ 由離列之中心之標誌所識別之燈之徑向距離 (mm)；

Δw 來自單一燈 (mm) 之高斯溫度分佈之寬度，及

k 點分解度 (例如 $k = [0, 1, 2, \dots, 24]$)。

轉換常數 C 之數值及溫度分佈 Δw 之數值皆根據實驗獲得之。用以決定這些值之一種方法係在室中之第一測試基體上實施一快速熱氧化處理及量測例如所處理之基體之氧化物厚度分佈圖。一注意非零溫度補償係為溫度感測器 190

(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)

之一而予以採用，及一氧化處理係用室中之第二測試基體予以實施。溫度補償例如可為 $+1^{\circ}\text{C}$ 。量測係作來決定第二測試基體之氧化物厚度分佈圖，及第一及第二基體之氧化物厚度分佈圖間之差異係予以計算之。氧化物厚度差異然後係被轉化至相應溫度差異。一溫度補償然後為溫度感測器190之一不同感測器而予以採用，及處理係予以重複。處理係被重複多次，因溫度感測器190之不同感測器之一補償係每次係有變化，故處理應予重複。根據實驗所導出之資料，連同方程式EQ1及EQ6然後可用來決定轉換常數C之數據及溫度分佈 Δw 之數值。例如，關於由Applied Materials公司所製造之RTP Centura™及RTP Centura XE™，茲已發現因為在大約 $900-1100^{\circ}\text{C}$ 之間之溫度，故轉換常數可設定至3.8及分配 Δw 之寬度可設定至28 mm。

回到圖4，一旦所模擬之溫度分佈圖 $dT(k)$ 係使用方程式EQ6(步驟210)予以計算，該分佈圖乃以算術方式與所量測之溫度分佈圖 $P(k)$ (步驟212)相組合以形成一估計之分佈圖 $E(k)$ ，在其中

$$E(k) = dT(k) + P(k) \quad (\text{EQ7})$$

一最佳化演算法係予以實施以決定產生一模擬溫度分佈圖 $dT(k)$ 之溫度校正 ΔT_n 致使所估計之分佈 $E(k)$ 係大致上均勻。具體言，最佳化演算法決定使數值 Z (步驟214)減至最小之感測器之溫度校正 ΔT_n ，在其中

$$Z = \sigma E(k) \cdot D(E(k)) \quad (\text{EQ8})$$

及其中 $\sigma E(k)$ 表示 $E(k)$ 之標準偏差，及 $D(E(k))$ 明確地表示

(請先閱讀背面之注意事項再寫本頁)

裝訂線

五、發明說明 (15)

根據其徑向位置所加權之基體上所有諸點k之E(k)之偏差。

$$\sigma E(k) = \sqrt{\frac{(k_{\max}+1) \sum_{u=0}^{k_{\max}} x(k)^2 - \left(\sum_{u=0}^{k_{\max}} x(k) \right)^2}{k_{\max} (k_{\max} + 1)}} \quad (\text{EQ9}),$$

及

$$D(E(k)) = \sum_{k=0}^{k_{\max}} [(E_m - E(k))^2 \cdot x(k)] \quad (\text{EQ10A})$$

用

$$E_m = \frac{1}{1+a} \sum_{k=0}^a E(k) \quad (\text{EQ10B}),$$

在其中x(k)係離燈列之中心之一點k之徑向距離(mm)，及"a"係設定等於或小於k之最大數值。例如，當k具有一等於24之最大數值時"a"可設定10。如方程式EQ10A中所表示之加權偏差則考慮到因等強線，故點之數目則隨徑向位置而增加，及因此更接近基體之邊緣之諸點之偏差衝擊比靠近中心之諸點更強之均式性。更普遍者，方程式EQ10A反映一種用以所估計分佈圖E(k)之偏差正常化之方法。

當最佳化演算法係予以實施時，溫度校正數位 ΔT_n 之臨時值皆予以決定，及步驟208，210及212係予以重複實施宜至溫度校正數值 ΔT_n 之終值皆予以獲得致使如EQ8中所述Z之數值係予以減至最小。最佳化演算法可例如使用能自微軟(Microsoft)公司商業上獲得之添加(Add-In)解算機，xls, 7.0版本，視窗95之微軟Excel予以實施。可選擇者，其他商業可用之軟體套裝亦可予以使用。

一旦最佳化演算法決定最終溫度校正數值 ΔT_n 時，溫度校正數值 ΔT_n 皆用作為補償以便在基體之處理(步驟216)期

(請先閱讀背面之注意事項再寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

間調整得自感測器 190 之溫度數值。明確言之，當基體係在室中予以處理時，控制器 192 則在調整加熱燈之功率位準前自得自溫度感測器 190 之一相應感測器之溫度減去每個溫度校正數值 ΔT_n 。在某些系統中，除了其他所計算之溫度補償外可使用校正數值 ΔT_n 。

在上述方法中，所量測之溫度相關數值之分佈圖 $M(k)$ (像是氧化物厚度或電阻率) 係轉換至一相應溫度分佈圖 (步驟 204)。在一可選擇之具體實例中，代替實施步驟 204，所量測之溫度相關數值之分佈圖 $M(k)$ 可以算術方式與所模擬之溫度分佈圖 $dT(k)$ 相組合以獲得一估計分佈圖 $E'(k)$ ，在其中，

$$E'(k) = s \cdot dT(k) + M(k) \quad (\text{EQ11})$$

如前所述，一最佳化演算法然後係予以實施以決定導致一大致上均勻估計之分佈 $E'(k)$ 之最終溫度校正數值 ΔT_n 。方程式 EQ8，EQ9，EQ10A 及 EQ10B 可藉由 $E'(k)$ 替換 $E(k)$ 予以使用之。

雖然以上方法業已敘述在一特殊熱處理系統之上下文中，但方法係通常可應用於其他熱處理系統，在其中必需或最好在處理期間以獲得一基體之準確溫度量測。再者，方法係不限於任何特殊數目之溫度感測器。同樣者，以上方法可用於具有不是 200 mm 之直徑，像是具有 150 mm 或 300 mm 之直徑之基體。在不同之執行過程中，系統可包括一個以上之溫度感測器 190。

其他執行過程皆在下列申請專利範圍之範疇以內。

五、發明說明()

圖號對照說明：

100	處理室	102	反射器
106	基體	108	支撐結構
109	局部區	110	加熱元件
112	輻射	114	石英窗組合
116	基座	118	反射空穴
120	高度反射表面鍍層	126	溫度探針
128	高溫計	134	支承環
136	石英筒體	137	滾珠軸承
139	下方軸承坐圈	141	上方軸承坐圈
145	清洗環	147	通路
187	加熱元件使用	190	感測器
192	控制器	194	多區燈驅動器
196	溫度循環分佈圖	198	處理機
199	量測裝置		

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱: 溫度量測系統)

一種用以一熱處理室中調節溫度感測器讀數之方法及系統，包括根據基體之量測來決定一基體之一實際溫度分佈圖。該基體之一模擬溫度分佈圖係用一個以上與處理室有關之溫度感測器之各別臨時溫度校正位予以計算。對於來自室中之多輻射源之熱之類高斯分佈可用來模擬溫度分佈圖。所模擬之溫度分佈圖及實際溫度分佈圖皆予以組合以形成一估計溫度分佈圖。每個各自溫度校正值之一終值係用一最佳演算法予以決定，其導致所估計之溫度分佈圖係大致上均勻的通過基體之表面。每個最終溫度校正值乃係用作為對從相應之溫度感測器所獲得之溫度量測之一種補償。

英文發明摘要(發明之名稱: "TUNING A SUBSTRATE TEMPERATURE MEASUREMENT SYSTEM")

A technique and system for tuning temperature sensor readings in a thermal processing chamber includes determining an actual temperature profile for a substrate based on measurements of the substrate. A simulated temperature profile for the substrate is calculated using a respective interim temperature correction value for one or more temperature sensors associated with the chamber. A Gaussian-like distribution for thermal contributions from multiple radiation sources in the chamber can be used to simulate the temperature profile. The simulated temperature profile and the actual temperature profile are combined to form an estimated temperature profile. A final value for each respective temperature correction value is determined using an optimization algorithm which results in the estimated temperature profile being substantially uniform across the surface of the substrate. Each final temperature correction value is used as an offset to temperature measurements obtained from the corresponding temperature sensors.

六、申請專利範圍

1. 一種在一熱處理室中調節溫度感測器讀數之方法，該方法包括：

(a)根據基體之量測決定一基體之一實際溫度分佈圖；

(b)根據與該處理室相結合之至少一個溫度感測器之一各別臨時溫度校正數值計算基體之一模擬溫度分佈圖；

(c)以算術方式組合所模擬之溫度分佈圖及實際溫度分佈圖以形成一估計之溫度分佈圖；

(d)藉重複步驟(b)及(c)決定每一各個溫度校正值之一終值直至所模擬之溫度分佈圖大致上均通過基體之表面為止；及

(e)使用每個終值作為對隨後得自一相應至少一個溫度感測器之溫度量測之一補償。

2. 一種在一熱處理室中之調節溫度感測器之方法，該方法包括：

(a)根據基體之量測決定一溫度相關數位之一實際分佈圖；

(b)使用與該處理室相結合之至少一個溫度感測器之一各個臨時溫度校正值計算基體之一模擬溫度分佈校正值；

(c)以算術方式組合所模擬之溫度分佈圖及實際分佈圖以形成一估計分佈圖；

(d)藉重複步驟(b)及(c)決定每一各個溫度校正值之一

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝訂線

六、申請專利範圍

終值直至所估計之分佈圖大致上均勻的通過基體之表面為止；及

(e)使用每個終值作為對隨後得自一相應至少一個溫度感測器之溫度量測之一補償。

3. 如申請專利範第1或第2項之方法，在其中計算一估計溫度分佈圖包括使用來自室中多個輻射源中間每一個之熱作用之一鐘形分佈。
4. 如申請專利範第3項之方法，在其中計算所估計之溫度分佈圖包括決定來自輻射源中間每一個之溫度分佈圖之總和。
5. 如申請專利範第4項之方法，在其中計算所估計之溫度分佈圖包括使用位於該輻射源之一相應徑向位置之每個輻射源之一峯值振幅。
6. 如申請專利範第3項之方法，在其中計算一估計溫度分佈圖再包括將每個溫度校正值轉換至一相應電壓變化。
7. 如申請專利範第1項之方法，在其中決定一實際溫度分佈圖包括：

量測一溫度相關數值；及

將溫度相關數值轉換至實際溫度分佈圖。

8. 如申請專利範第1項之方法，在其中決定一實際溫度分佈圖包括以一熱處理量測被沉積在基體上一層之厚度。
9. 如申請專利範第8項之方法，在其中決定一實際溫度分佈圖再包括將厚度量測轉換至實際溫度分佈圖。
10. 如申請專利範第1項之方法，在其中決定一實際溫度分

(請先閱讀背面之注意事項再
與本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

佈圖包括以一熱處理作成被沉積在基體上一層之電阻率量測。

11. 如申請專利範第10項之方法，在其中決定一實際溫度分佈圖再包括將電阻率量測轉換至實際溫度分佈。
12. 如申請專利範第1項之方法，在其中以算術方式組合所模擬之溫度分佈圖及實際溫度分佈圖包括計算實際溫度分佈圖及所模擬之溫度分佈圖之總和。
13. 如申請專利範第1項之方法，在其中決定每一個溫度校正值之一終值包括將一係所模擬之溫度分佈圖之一標準偏差之一函數之數值減至最
14. 如申請專利範第13項之方法，在其中被減至最小之數值係根據徑向位置被加權之基體上諸點之所估計溫度分佈圖之一偏差之一函數。
15. 如申請專利範第1或第2項之方法，在其中計算一所估計溫度分佈圖包括計算多個感測器之各個最初溫度校正數值。
16. 如申請專利範第15項之方法，在其中計算各個最初溫度校正值包括：

根據所處理基體之量測計算每個感測器之一平均溫度；及

設定一等於該感測器之平均溫度及一參考溫度間之差之一特殊感測器之最初溫度校正值，在其中參考溫度相當於多個感測器之一之平均溫度。

17. 一種在一熱處理室中調節溫度感測器讀數之方法，該方

(請先閱讀背面之注意事項再
為本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

法包括：

(a)根據基體之量測決定一基體之一實際溫度分佈圖；

(b)根據與室相結合之多個溫度感測器之各個臨時溫度校正值計算基體之一模擬之溫度分佈圖；

(c)以算術之方式組合所模擬之溫度分佈圖及實際溫度分佈圖以形成一估計之溫度分佈圖；

(d)藉重複步驟(b)及(c)決定每一各個溫度校正值之一終值直至所估計之溫度分佈圖大致上均勻的通過基體之表面；及

(e)使用每一個終值作為對隨後得自溫度感測器之一相應感測器之溫度量測之一補償。

18. 一種用以調節量測一基體之溫度之多個溫度感測器之系統，該系統包括：

一被配置來獲得基體之一實際溫度分佈圖及被構成來實施下列功能之處理機：

(a)根據多個溫度感測器之各個臨時溫度校正值計算基體之一模擬溫度分佈圖；

(b)以算術方式組合所模擬之溫度分佈圖及實際溫度分佈圖以形一估計溫度分佈圖；

(c)藉重複功能(a)及(b)決定每一各別溫度校正值至所估計之溫度分佈圖大致上均勻的通過基體之表面；及

(d)使用每一終值作為對隨後得自溫度感測器之一相應感測器之溫度量測之一補償。

19. 如申請專利範圍第18項之系統，再包括多個輻射源用以

(請先閱讀背面之注意事項再
寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

加熱基體，在其中處理機係再予以構成以計算使用一來自多個輻射源中間每一個之熱作用之鐘形分佈之所模擬溫度分佈圖。

20. 如申請專利範圍第19項之系統，在其中處理機係再予以構成以決定來自輻射源中間每一個之溫度分佈圖之一總和。
21. 如申請專利範圍第20項之系統，在其中處理機係再予構成以計算使用位於輻射源之一相應徑向位置之每一幅射源之峯值振幅之所模擬溫度分佈圖。
22. 如申請專利範圍第18項之系統再包括一自基體獲得一溫度相關數值之量測裝置，在其中處理機係再予構成以接收溫度相關數值之量測及以將溫度相關數值之量測轉換至實際溫度分佈圖。
23. 如申請專利範圍第18項之系統再包括一獲得基體之厚度量測之量測裝置，在其中處理機係再予構成以接收厚度量測及以將厚度量測轉換至實際溫度分佈圖。
24. 如申請專利範圍第18項之系統再包括一獲得基體之電阻率量測之量測裝置，在其中處理機係予以再構成以接收電阻率量測及以將電阻率量測轉換至實際溫度分佈。
25. 如申請專利範圍第18項之系統，在其中處理機係予以構成以計算實際溫度分佈圖及所模擬之溫度分佈圖以獲得所估計溫度分佈圖。
26. 如申請專利範圍第18項之系統，在其中處理機係再予以構成以將為所估計溫度分佈圖之一標準偏差之一函數之數位減至最小以獲得每一各自溫度校正值之終值。

(請先閱讀背面之注意事項再寫本頁)

裝

訂

線

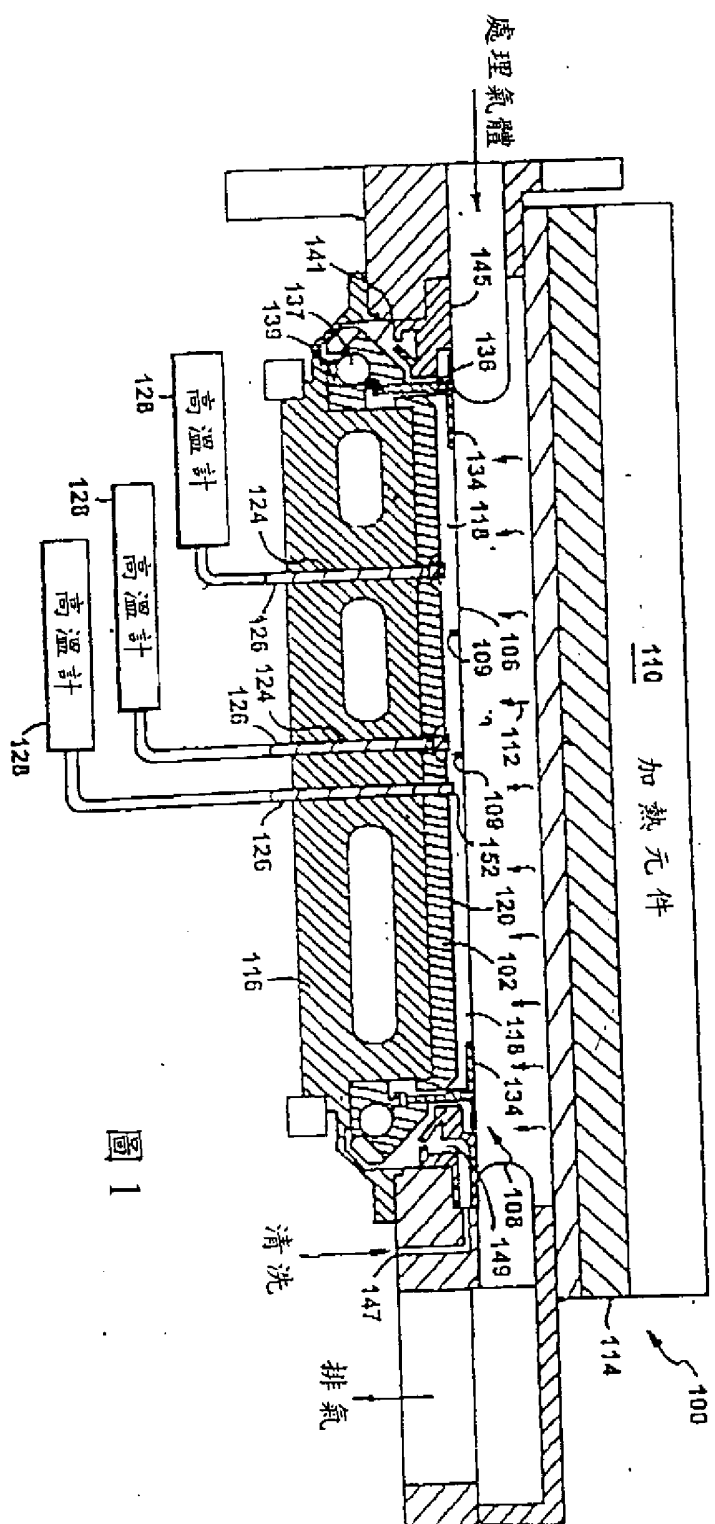


圖 1

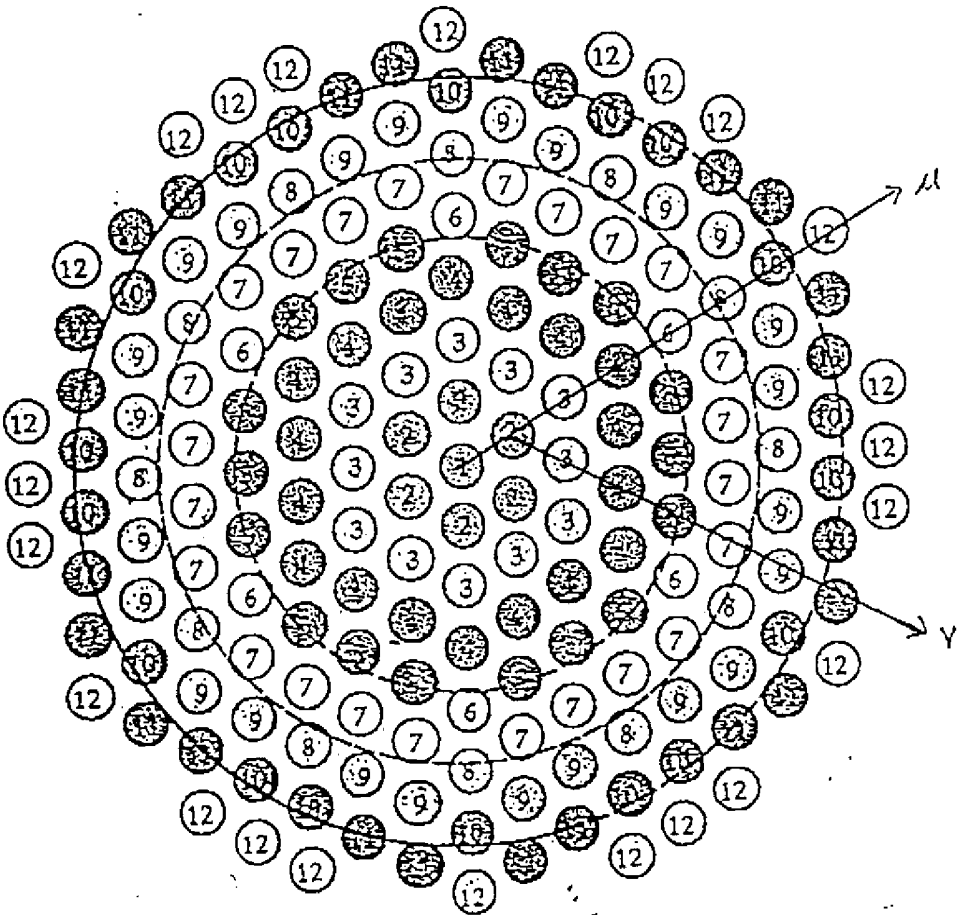


圖 2

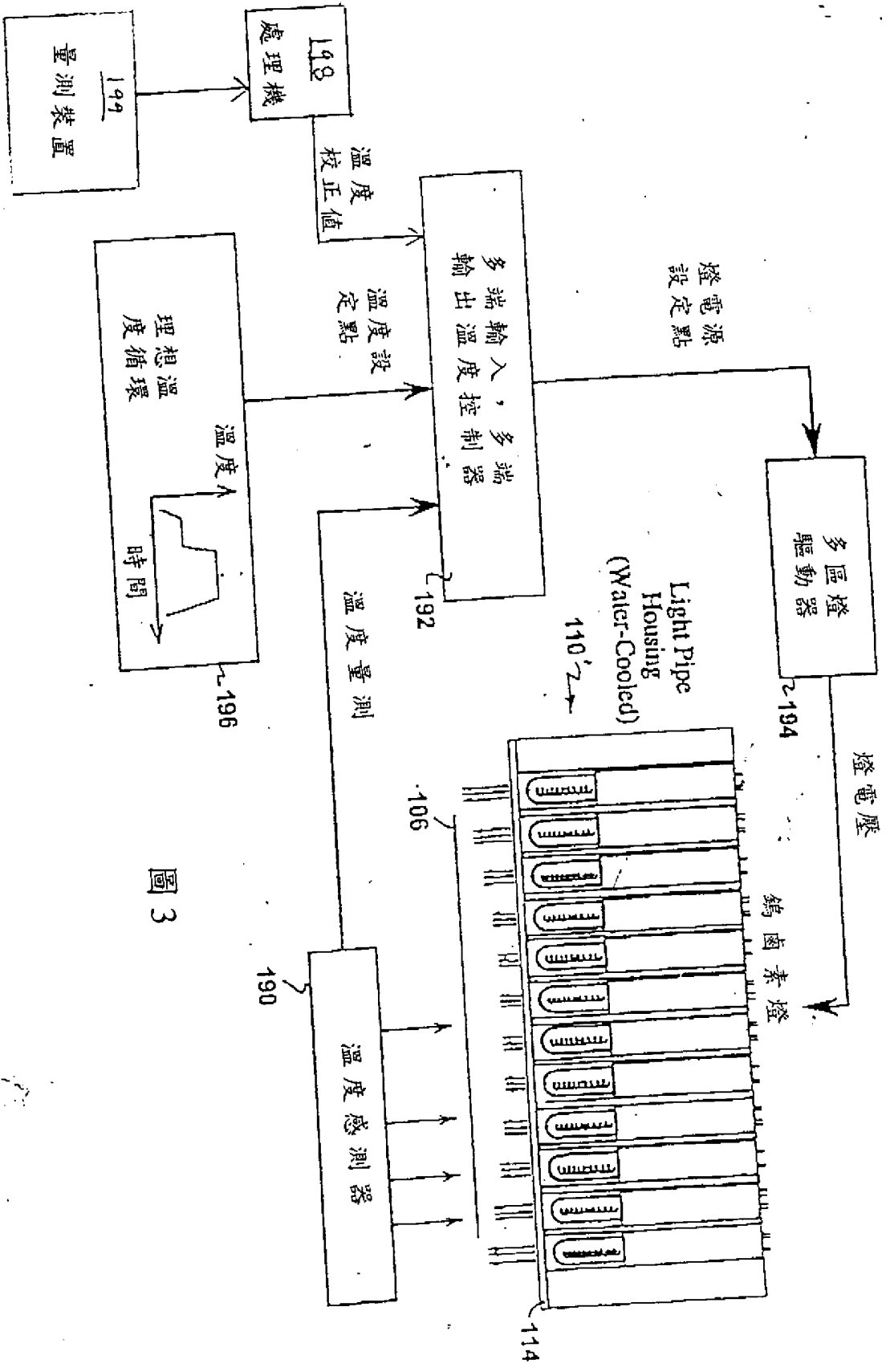


圖 3

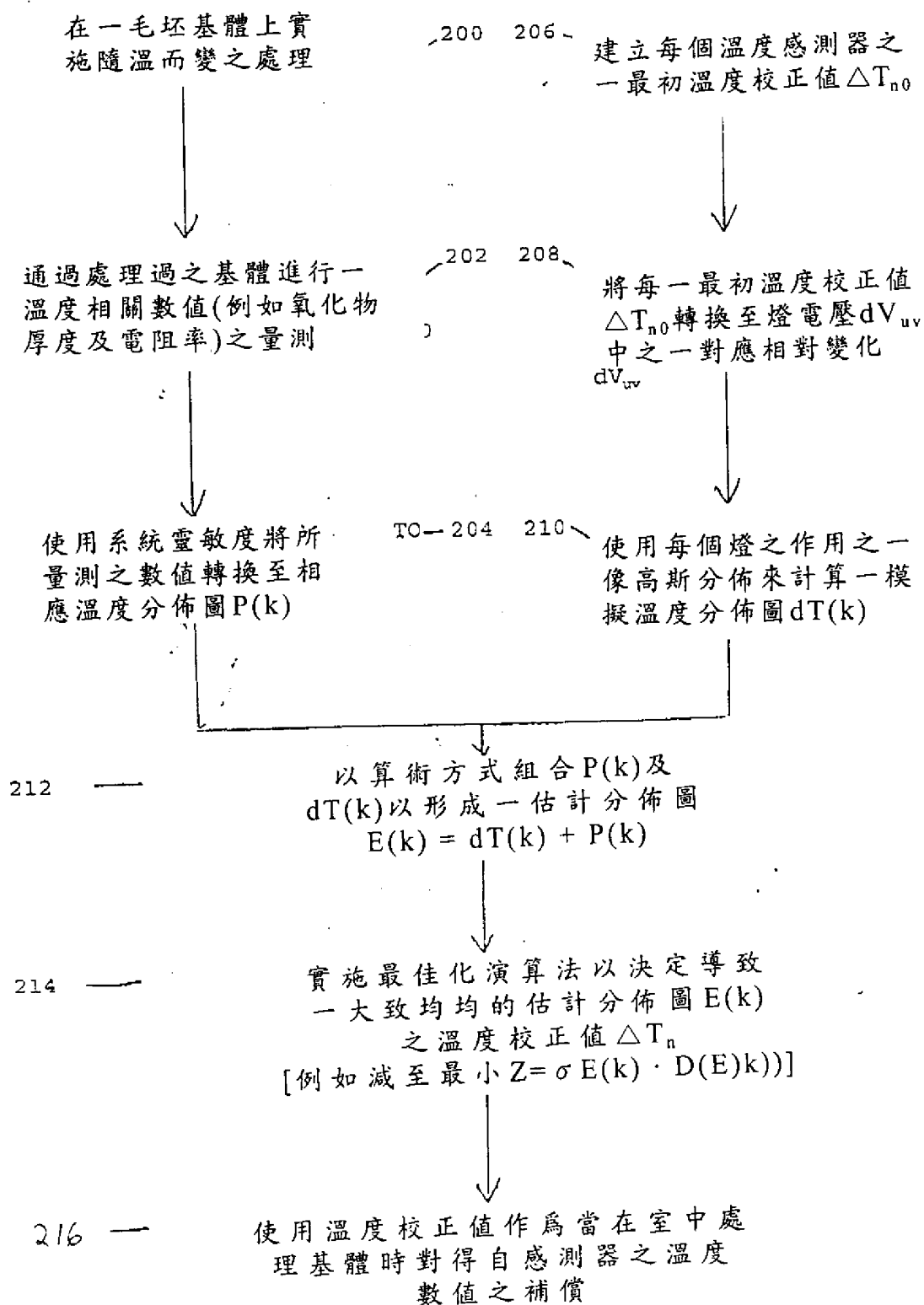


圖 4

每燈 $L_{u,v}$ 之
對應燈組

$u,v \rightarrow$	0	1	2	3	4	5	6
6	12	X	X	X	X	X	X
5	10	11	X	X	X	X	X
4	8	9	11	12	X	X	X
3	6	7	9	10	12	X	X
2	4	5	7	8	10	12	X
1	3	4	5	7	9	11	X
0	2	3	4	5	7	9	11
-1	1	X	X	X	X	X	X

圖 5

相當於每燈
電壓之燈組

燈組	燈電壓
V_1	1,2
V_2	3
V_3	4
V_4	5,6
V_5	7,8
V_6	9,10,11,12

圖 6