

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：

96107958

※ 申請日期：

96.3.8

※IPC 分類：

H01L 21/66

一、發明名稱：(中文/英文)

15006.01

以半導體製程形成輻射熱測定儀元件的結構及方法/ Structure and method for forming microbolometer arrays using semiconductor manufacturing process

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學/National Chiao Tung University

代表人：(中文/英文)

吳重雨/Wu, Chung-Yu

住居所或營業所地址：(中文/英文)

300 新竹市大學路 1001 號/1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 300, ROC

國 籍：(中文/英文) 中華民國/R.O.C.

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 張國明/ Chang, Kow-Ming

2. 林稔杰/ Lin, Ren-Jie

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國/R.O.C.

2. 中華民國/R.O.C.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項☐第一款或☐第二款規定之事實，其實發生日期為： 年 月 日。

☐ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☐ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

(以半導體製程形成輻射熱測定儀元件的結構及方法)

五、中文發明摘要：

本發明揭露一種以半導體製程形成輻射熱測定儀元件的結構及方法。本發明利用簡單的製程步驟，以及溫度低於攝氏 400 度的互補式金氧半導體 (Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS) 製程相容技術來實現具有高積集因子 (Fill Factor)、高良率以及低製作成本的室溫輻射熱測定儀陣列，同時兼顧元件的整體熱特性表現，以及元件結構的完整性。

六、英文發明摘要：

This investigation presents a novel processing for realizing uncooled microbolometer arrays using surface micromachining technique. The whole fabrication temperature is below 400 degrees and compatible with CMOS-processes, so that the sensor device can directly be fabricated on substrate including integrated circuit to form a smart sensor. The proposed device structure attains the fill factor of above 50%. The change of thermal expansive coefficient by means of annealing the sacrificial layer results in the stress of the structure layer from compressive to tensile. The intrinsic stress of material and the processing induced stress can be also obviously resolved by this proposed process. Furthermore, the temperature control of hot plate can be used to dry various space device arrays. As a result, for device arrays, this investigation not only can obtain the yield of nearly above 99% but also provide a new approach for other surface microstructures.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1F 圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

第 1F 圖 101 基板

第 1F 圖 101 半導體基底層

第 1F 圖 102 積體電路層

第 1F 圖 103 第一保護層

第 1F 圖 104 鋁金屬反射層

第 1F 圖 105 第二保護層

第 1F 圖 107 結構支撐層

第 1F 圖 108 感測層

第 1F 圖 109 接觸窗口

第 1F 圖 110 訊號金屬線

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明提出一個以半導體製程形成元件的結構及方法，特別是以半導體製程形成輻射熱測定儀元件陣列的結構及方法。

【先前技術】

室溫輻射熱測定儀主要適用範圍在於商業化的熱感測範圍，通常可使用於民間或是軍事用途的監看設備。而關於室溫輻射熱測定儀 (Microbolometer) 結構的傳統製造技術，主要可分成兩種製造技術，一種是體型微細加工技術 (Bulk Micromachining)，以及另一種面型微細加工技術 (Surface Micromachining)。

其中，由於面型微細加工技術較容易與積體電路製程整合，藉以製造形成智慧型感測器 (Smart Sensor)。而對於紅外線熱影像技術而言，面型微細加工技術也較容易獲得較小的像素 (Pixel)，在單位面積上獲得較多的陣列元件，故目前的主流技術多為利用面型微細加工技術以整合感測元件與積體電路。

然而，為了使輻射熱測定儀同時擁有較佳的靈敏度 (Sensitivity) 以及反應時間 (Response Time)。技術上提出了不同的元件薄板 (Membrane) 結構，這些結構主要是用來提供元件較好的熱隔絕，避免吸收的紅外線熱能快速的散失，以及當作感測材料與附於其下的積體電路之間的訊號溝通橋樑。

由以上製程所產出的元件結構，極易因為材料本身應力，以及後續高溫製程所導入的熱應力使得元件結構變形，進而導致元件的特性衰退。故而，為了避免應力問題，傳統製程上的改良會將犧牲元件的熱特性，而有些設計會將結構變的很複雜，雖能增加元件的熱吸收以及降低熱的散失，但製作成本也因而大大提高。

此外，面型微細加工技術都會面臨去除犧牲層之後，進行乾燥元件時所帶來的黏滯效應 (Sticking Effect)，進而造成元件結構的崩塌。所以目前大部分都採用二氧化碳超臨界點乾燥 (CO₂

Supercritical Point Drying) 方式來克服黏滯效應。但是此種方法需要昂貴的設備，以及長時間的反應過程，除了增加成本外，更很難以大量的量產化製造。

此外，此種乾燥方式需要大量液態二氧化碳來取代蝕刻液，藉由液、氣同相的條件下，大量液體會快速變氣體，而擾動的環境會破壞許多較脆弱的懸浮微小結構，因此對於陣列元件的良率將造成影響，同時也將大幅提高元件的製作成本。

而如美國專利編號第 6,958,478 號「Microbolometer detector with high fill factor and transducers having enhanced thermal isolation」專利中，其結構為外加之複雜結構，故製造步驟也相當複雜，會增加製造成本，並不適合做為產業上大量使用。

故為產業的需求，亟須開發較新的元件結構與較新的元件製程技術，希藉以減低製造成本，並做為產業上的大量使用。

【發明內容】

本發明提出一個利用半導體製程形成的面型微細加工技術製程，特別用以製造室溫測幅射熱儀陣列。

本發明利用簡單的製程步驟，以及溫度低於攝氏 400 度的互補式金氧半導體 (Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS) 製程相容技術來實現具有高積集因子 (Fill Factor)、高良率以及低製作成本的室溫幅射熱測定儀陣列，同時兼顧元件的整體熱特性表現，以及元件結構的完整性。

本發明同時兼顧幅射熱測定儀元件結構的熱特性，以及降低製作過程中所導入的熱應力所造成的結構變形。

本發明為一種新式的互補式金氧半導體相容低溫製程方式，只須利用熱板 (Hot Plate) 等簡單的設備來乾燥「釋放步驟」後的結構，因而取代了昂貴的二氧化碳 (CO₂) 超臨界點乾燥方法。

此外，本發明針對薄膜本身的內應力，調整薄膜製程參數以

改變元件結構的 (Anchor) 階梯覆蓋程度以及傾斜角度。

本發明中加上薄膜的退火處理 (Annealing) 可以使陣列元件達到百分之九十九以上的良率。

本發明的製程方法的成本相當低廉，而且對於需要大面積懸浮薄板的微結構，提供一個新的製造方法。

【實施方式】

本發明為一種利用表面微細加工技術製作出互補式金氧半導體 (Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS) 製程相容的高良率、低製作成本以及低溫製程的微小輻射熱測定儀陣列元件，以下為本發明以半導體製程形成輻射熱測定儀元件結構的方法之步驟，詳述如第1A圖至第1圖中所示：

如第 1A 圖所示，首先提供一半導體基底層 (Silicon Substrate) 101，半導體基底層具有感測與驅動電路的積體電路層 102。利用集結式電漿輔助化學氣相沈積 (PECVD) 方式在溫度 300 度時，沉積一層厚度約 500 奈米的第一二氧化矽 (SiO_2) 保護層 (Passivation Layer) 103 覆蓋於半導體基底層 101 及積體電路層 102 上。接著，利用蒸鍍或是濺鍍方式沉積一層厚度大約 20 到 40 奈米厚度的鋁金屬反射層於二氧化矽保護層 (Passivation Layer) 103 上，並利用微影製程定義鋁金屬反射層 104 的圖案。此處除了使用鋁金屬外，亦或可以選用其他具有高反射率的材料。

如第 1B 圖所示，在爐管中進行約半小時第一次退火，其溫度約在 300 度到 400 度之間，特別在以 350 度到 400 度之間較好。接著以集結式電漿輔助化學氣相沈積方式，在溫度 300 度時，沉積厚度約 50 奈米的第二二氧化矽保護層 105 覆蓋鋁金屬反射層 104，然後，利用蒸鍍或濺鍍方式沉積鋁 (Al) 金屬犧牲層於二氧化矽層 105 上，並以光阻微影製程定義鋁金屬犧牲層 106。

如第 1C 圖所示，依序在爐管中進行約一小時的第二次退火程序，溫度約在 300 度到 400 度之間，特別在以 350 度到 400 度之

間較好。接著，利用集結式電漿輔助化學氣相沈積方式在溫度 300 度時，沉積二氧化矽 (SiO_2) 層於前述二氧化矽層 105 與鋁金屬犧牲層 106 上，厚度約 500 到 700 奈米，以光阻微影製程定義二氧化矽層 107 後成為結構支撐層 107。此處，結構支撐層可使用二氧化矽材料，亦可用低應力的氮化矽。接著，利用集結式電漿輔助化學氣相沈積方式在溫度 250 度，沉積厚度約 50 奈米的摻雜非晶矽 (Amorphous Silicon) 感測層 108 於支撐結構層 107 上。其製程氣體 PH_3+SiH_4 or $\text{B}_2\text{H}_6+\text{SiH}_4$ 。或者，利用超高真空化學氣相沈積方式 (Ultra-high Vacuum Chemical Vapor Deposition, UHVCVD) 沉積摻雜 SiGe 當作感熱材料，以形成感測層 108。而通常感熱材料層使用已摻雜的非晶矽 (Doped Amorphous Silicon)，或是矽鍺 (SiGe)，或是其他高電阻溫度係數 (Temperature Coefficient of Resistance, TCR) 熱敏材料，且對犧牲層的蝕刻液不會產生反應。

如第 1D 圖所示，利用光阻微影製程，於二氧化矽 107、二氧化矽層 105 與二氧化矽 103 間定義接觸窗口 109。

再如第 1E 圖所示，利用濺鍍方式沉積厚度 50 到 100 奈米的鈹金屬層，以光阻微影製程定義鈹金屬層於積體電路層 102、二氧化矽 103、二氧化矽層 105 與二氧化矽層 107 上，同時連接摻雜非晶矽感測層 108，形成訊號金屬線 110。此處，金屬導線考量使用鈹 (Ta)，乃因現有文獻關於輻射熱測定儀中的金屬線幾乎使用金 (Au)、鉻 (Cr)、鎳 (Ni)，然就訊號的導電度以及熱導電度總體表現而言，仍以鈹為最佳。

如第 1F 圖所示，利用蝕刻液 (H_2O 、 HCl 以及 H_2O_2 混合) 快速去除鋁金屬犧牲層 106 以產生所需之半導體結構。對於 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 的元件而言，大約要一小時才能將犧牲層 106 完全蝕刻乾淨。然而此處的蝕刻液可用半導體標準蝕刻鋁溶液 (H_2O 、 CH_3COOH 、 H_3PO_4 以及 HNO_3) 加熱至攝氏四、五十度左右進行蝕刻。

本發明所選擇的各層材料，對於犧牲層蝕刻液均有非常大的

蝕刻選擇比，倘將元件置於蝕刻液一天一夜，亦均不會損傷任何元件結構；因此本發明具有相當完美的材料組合。而濕式蝕刻可以進行大量製作，不同於其他文獻所提，使用乾式蝕刻去除有機材料犧牲層時，相當耗時，且會產生電漿損傷，更無法進行大量製造方式。

本發明之蝕刻製程中，蝕刻完全的元件不能離開蝕刻液，必須將之置入丙酮來做取代，取代時間大約十分鐘，然後再將元件製入甲醇溶液或異丙醇 (IPA) 中以取代，而取代時間大約十分鐘，通常不可只以丙酮做為取代溶液。接著，將元件迅速由甲醇溶液中平穩的取出置於熱板上，約一、兩秒時間即可將元件迅速乾燥。對於元件之間的間距，當少於半個元件尺寸時，熱板溫度大約 70 至 80 度。而對於較高的元件間距，可用大約 90 度的熱板，進行大量量產。當越密集的陣列元件，所需的乾燥溫度需越低，但不可過低，反而會導致元件因取代溶液的表面張力而塌陷。當溫度太高，會因為大量氣體散出，造成元件的結構變形甚至因此斷裂。

此外，由於本發明對於材料的良好選擇，即使經過長時間的蝕刻過程，都可提供相當好的蝕刻選擇比。另外，利用對熱板溫度的控制進行不同間距陣列元件的乾燥，以取代一般傳統所採用的超臨界點乾燥法。

在製程中值得注意的是：由於所有的材料都有內應力之存在，而在元件製作過程中，皆經過高溫處理，不同薄膜間的熱膨脹係數不同，會有熱應力之產生。而應力將造成元件結構的變形，進一步影響面型微細加工技術的最後釋放步驟 (Release Processing)，而成為造成結構坍塌與否的關鍵。在犧牲層去掉後，進行乾燥過程中，蝕刻液的表面張力會將元件較低結構部份拉往基板，進而造成結構坍塌。

此外，本發明利用現有的半導體機台設備，在厚度達 2.5um 的蒸鍍鋁薄膜上，以集結式電漿輔助化學氣相沈積方式，在溫度 300 至 400 度的爐管中，以半小時時間進行退火，再以集結式電漿

輔助化學氣相沈積方式沉積二氧化矽薄膜（其應力為 140MPa）。此種利用退火的方式，使得以熱處理方式處理過的鋁金屬，得到比二氧化矽來得小的熱膨脹係數，因而得以改變二氧化矽的應力值。

本發明提出一種新穎的半導體製程，利用面型細加工技術製作輻射熱測定儀陣列，其優點包含了：製程溫度低於 400 度，且與互補式金氧半導體製程相容，可直接在具有積體電路的基板上進行感測器的製造以形成智慧型感測器。元件積極因子可達到 50% 以上。利用犧牲層的熱退火改變熱膨脹係數，將其上支撐結構層的縮應力變成張應力。對於不同材料的機械特性，藉由改變結構的 SCF (Surface Conformal Factor)，以避免面型微矽加工所導致的黏滯效應。且進一步，對於材料本身應力以及製程導入的熱應力而造成結構的變形，都可以獲得明顯的解決方式。

因此，本發明對於元件陣列不但可以獲得幾乎百分之九十九以上的良率，而且提供其它面型微結構元件一個新的方法。

本發明提出的製程方法不僅可以應用在製作輻射熱測定儀陣列之上，更可以應用在需要大面積的懸浮薄板之微結構上。

此外，本發明之製程溫度低於 400 度，以及所選用材料皆是一般半導體廠於製造積體電路時所常用之製程，因此，相當適合在積體電路製造完成後，直接於該積體電路上製造感測元件。因此大大縮短感測訊號與所讀出電路間之距離，增加運算速度，進一步提升元件特性，更可避免受到外在雜訊的干擾。故以面型微細加工技術方式所製造的輻射熱測定儀，比一般利用體型微細加工技術有更佳的元件特性表現。

而本發明之一種擁有高絕熱 (Thermal Isolation)，良好熱特性以及高抗表面張力的輻射熱測定儀之結構，詳如第 2A 圖所示：

如第 2A 圖中，依前述步驟所製成之本發明主要結構，共分為下列數個部分：

一對接觸窗口 (Contact Hole) 201A、201B，一對反射層 (Mirror Layer) 202A、202B，一對支撐結構層 (Structure Layer) 203A、

203B，一對訊號金屬線 (Metal Line) 204A、204B 以及一感測層 (Sensing Layer) 205。其中該感測層 205 具有一對反射層 202A、202B，且感測層 205 藉由一對支撐結構層 203A、203B 連接一對接觸窗口 201A、201B，而一對支撐結構層 203A、203B 具有一對訊號金屬線 204A、204B。

而在第 2A 圖中，標號 1 部分處為元件中連接基板與懸浮薄板固定部分 (Anchor Part)，由於支撐結構層必須攀爬至一定高度，此部分是整個結構中脆弱的地方。且最後進行犧牲層釋放過程中，結構的厚度以及斜率均會影響浮板的懸浮與否，因此提出此種結構以增加元件的良率。

此外，在第 2A 圖中，所有標號 2 的部分處為結構中承受較大集中應力的部分，在設計時可提供兩種設計形狀以作為選擇：

第一，當元件的支撐結構層材料本身具有較大的內應力，可採用此種圓角的設計，圓角設計除了可以降低集中應力之外，還可以在犧牲層釋放後的乾燥過程中，降低取代溶液的表面張力所造成的影響，進而減輕黏滯效應。

第二，如果材料本身內應力較小，而且結構變形不大時，以直角的設計方式即可達到平坦的懸浮結構。

就金屬線來說，所提出在懸浮薄板固定部分的金屬線寬由寬到細，因為在此部分薄的金屬線必須攀爬至一定高度，就薄膜沉積與蝕刻來說，此部分金屬線較易斷裂，因此特別加寬此處的金屬線寬度。

此外，由於金屬具有較低的電阻，因此可讓大部分的電阻反映在感熱層的材料上，降低金屬線電阻對感熱材料熱阻的影響。當金屬厚度增加，雖然可以確保金屬線的連接完整，但是卻會將懸浮薄板上的熱能快速經由金屬導線傳導，金屬的厚度大約 50 到 100 奈米。為了達到紅外線吸收的共振效果，本發明結構的浮板懸浮高度為所欲吸收紅外光的四分之一波長；而對一般欲吸收 8 至 14 μm 的波段而言，懸浮高度為 2.5 μm 。

如第 2B 圖所示，側面圖標出基板 211，以及懸浮薄板 212 之懸浮連接圖，可以比較清楚地標示出相互的連接方式。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第1A圖至第1F圖說明本發明之實施例。

第2A圖說明本發明中實施例之正視示意圖。

第2B圖說明本發明中實施例之側面示意圖。

【主要元件符號說明】

101 半導體基底層

102 積體電路層

103 第一保護層

104 鋁金屬反射層

105 第二保護層

106 犧牲層

107 結構支撐層

108 感測層

109 接觸窗口

110 訊號金屬線

201A、201B接觸窗口

202A、202B反射層

203A、203B支撐結構層

204A、204B訊號金屬線

205感測層

十、申請專利範圍：

1. 一種以半導體製程形成輻射熱測定儀元件結構的方法，至少包含：

提供一半導體基底層，該半導體基底層具有一積體電路層；

沉積一第一保護層覆蓋於該半導體基底層及該積體電路層上；

沉積一鋁金屬於該第一保護層上，進行光阻顯影程序以定義該鋁金屬為一反射層；

沉積一第二保護層覆蓋鋁金屬反射層；

進行第一次退火程序；

沉積一鋁金屬於該第二保護層上，進行光阻顯影程序以定義該鋁金屬為一犧牲層；

進行一第二次退火程序；

沉積一結構支撐層於該第二保護層與該鋁金屬上，係以光阻顯影程序以定義為該支撐結構層；

沉積一感測層於該結構支撐層上；

進行光阻顯影程序以定義該結構支撐層，該第二保護層與該第一保護層以形成一接觸窗口；

沉積一鈹金屬層，進行光阻顯影程序以定義鈹金屬層於該積體電路層、該第一保護層、該第二保護層與該結構支撐層上，連接該感測層，形成該鈹金屬層為一訊號金屬線；以及

快速去除該鋁金屬犧牲層以形成輻射熱測定儀元件結構。

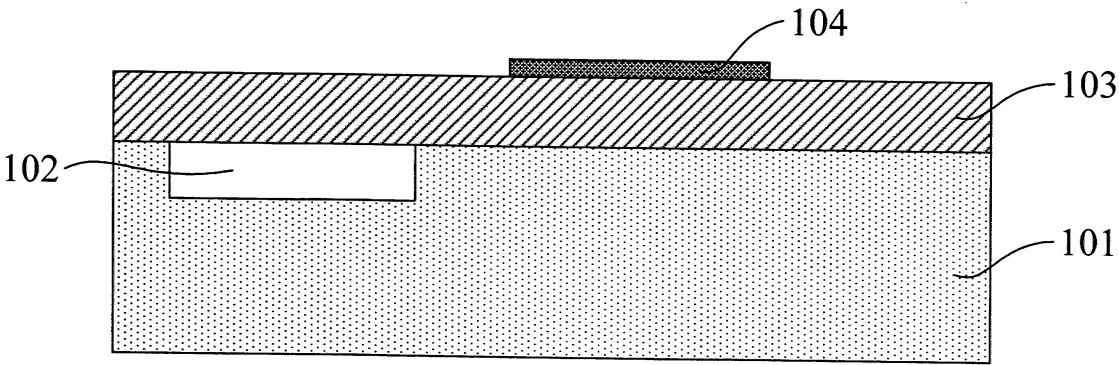
2. 如申請專利範圍第 1 項所述，其中該第一保護層、第二保護層至少包含二氧化矽層。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述，其中該結構支撐層至少包含二氧化矽層。

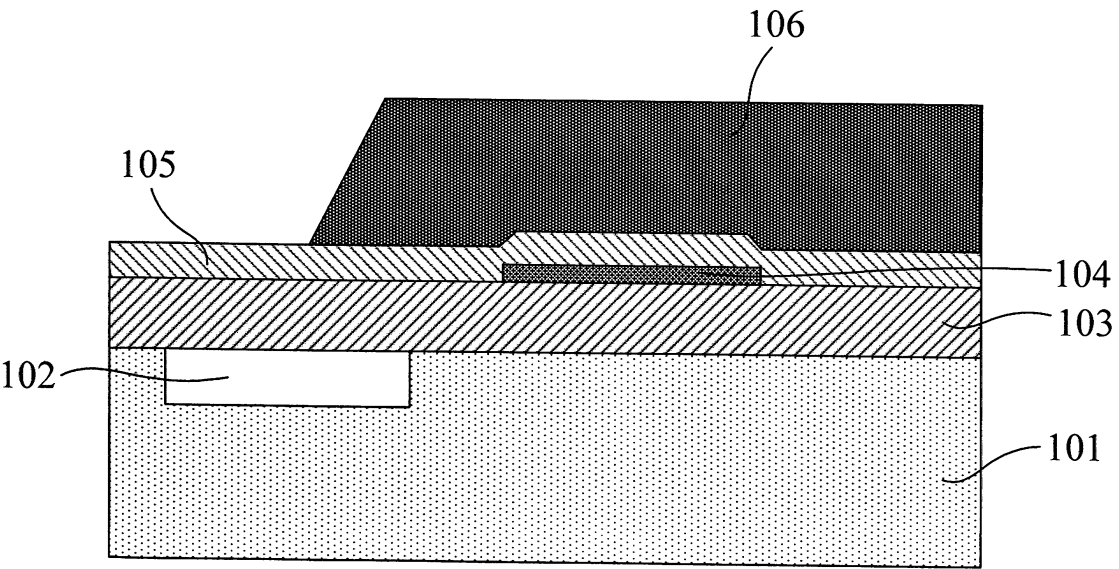
4. 如申請專利範圍第 1 項所述，其中該結構支撐層至少包含氮化矽層。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述，其中沉積該第一保護層，該第二保護層與該結構支撐層至少包含以集結式電漿輔助化學氣相沈積（PECVD）方式形成。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述，其中該第一次退火與第二次退火，其溫度約在 300 度到 400 度之間。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述，其中該感測層至少包含摻雜非晶矽層。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述，其中該金屬層至少包含鉭金屬。
9. 一種以半導體製程所形成之輻射熱測定儀元件結構，至少包含：
 - 一對接觸窗口；
 - 一對反射層；
 - 一對支撐結構層；
 - 一對訊號金屬線；以及
 - 一感測層；其中該感測層具有該對反射層，該感測層藉由該對支撐結構層連接該對接觸窗口，該對支撐結構層具有該對訊號金屬線。
10. 如申請專利範圍第 9 項所述，其中該反射層至少包含以鋁金屬製成。
11. 如申請專利範圍第 9 項所述，其中該支撐結構層至少包含以二氧化矽層製成。
12. 如申請專利範圍第 9 項所述，其中該訊號金屬線至少包含鉭金屬。
13. 如申請專利範圍第 9 項所述，其中該感測層至少包含摻雜非晶矽層。

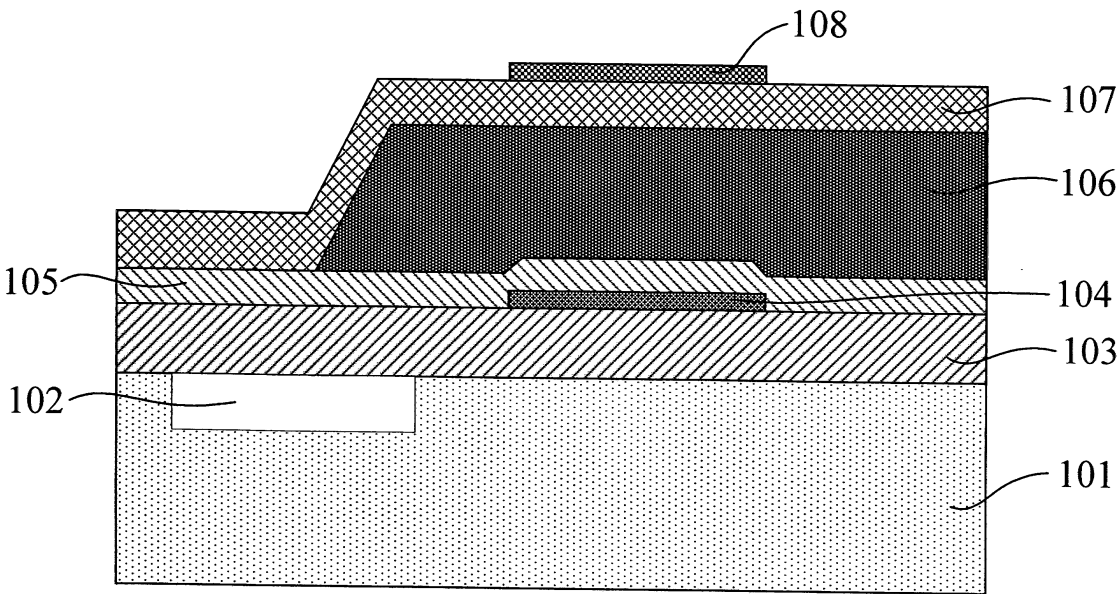
十一、圖式：



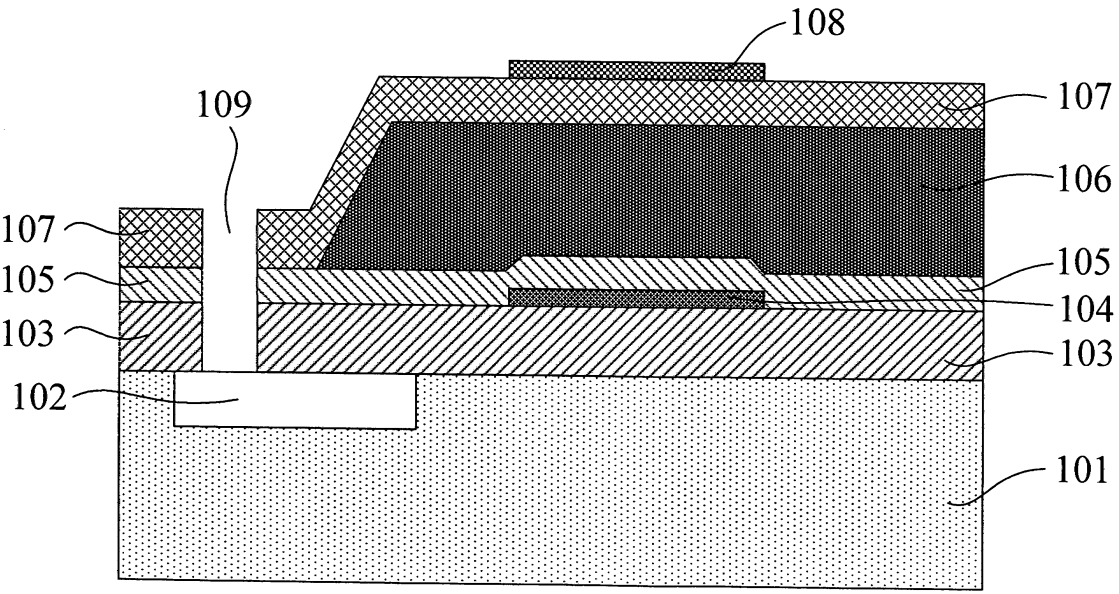
第 1A 圖



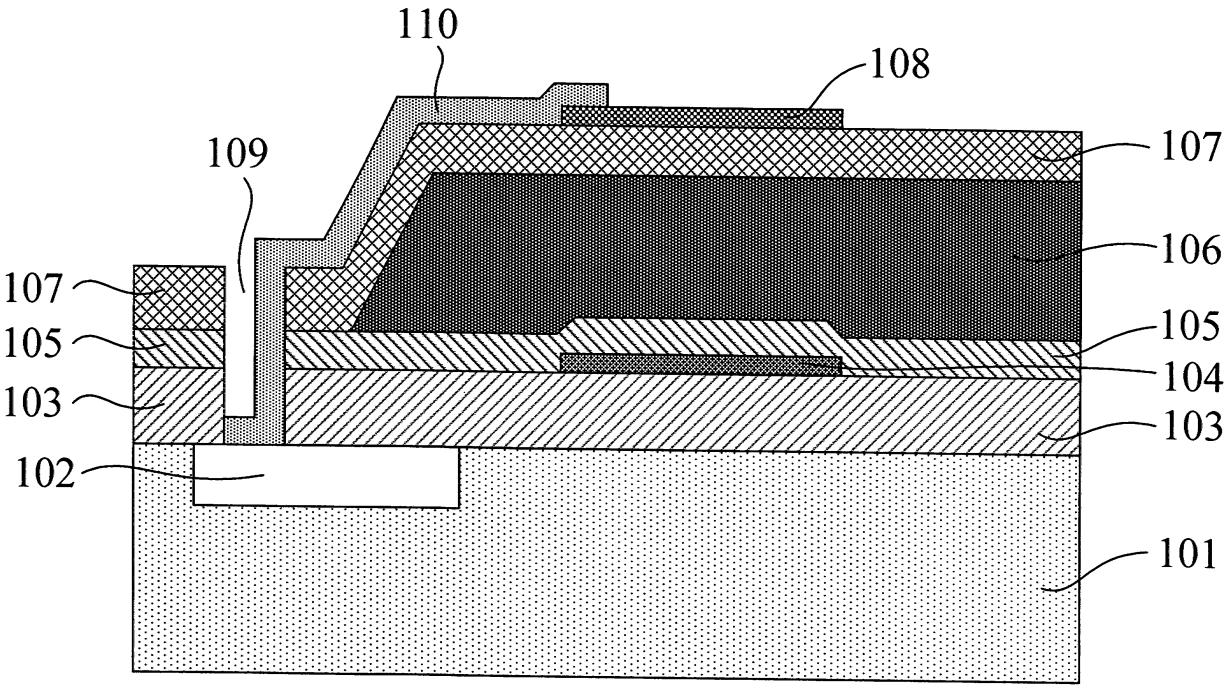
第 1B 圖



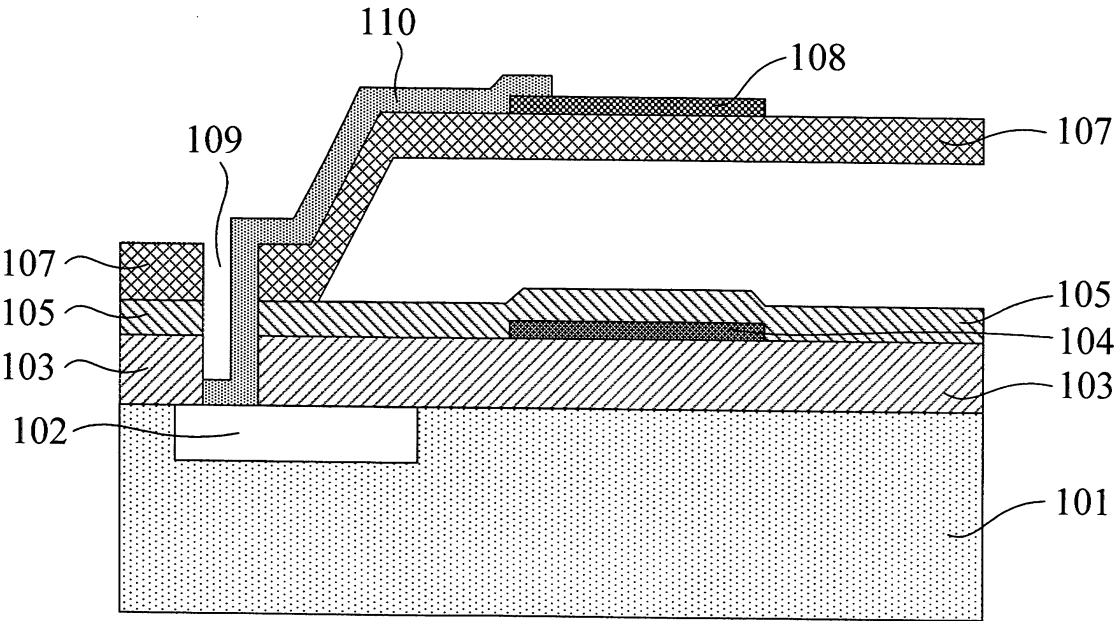
第 1C 圖



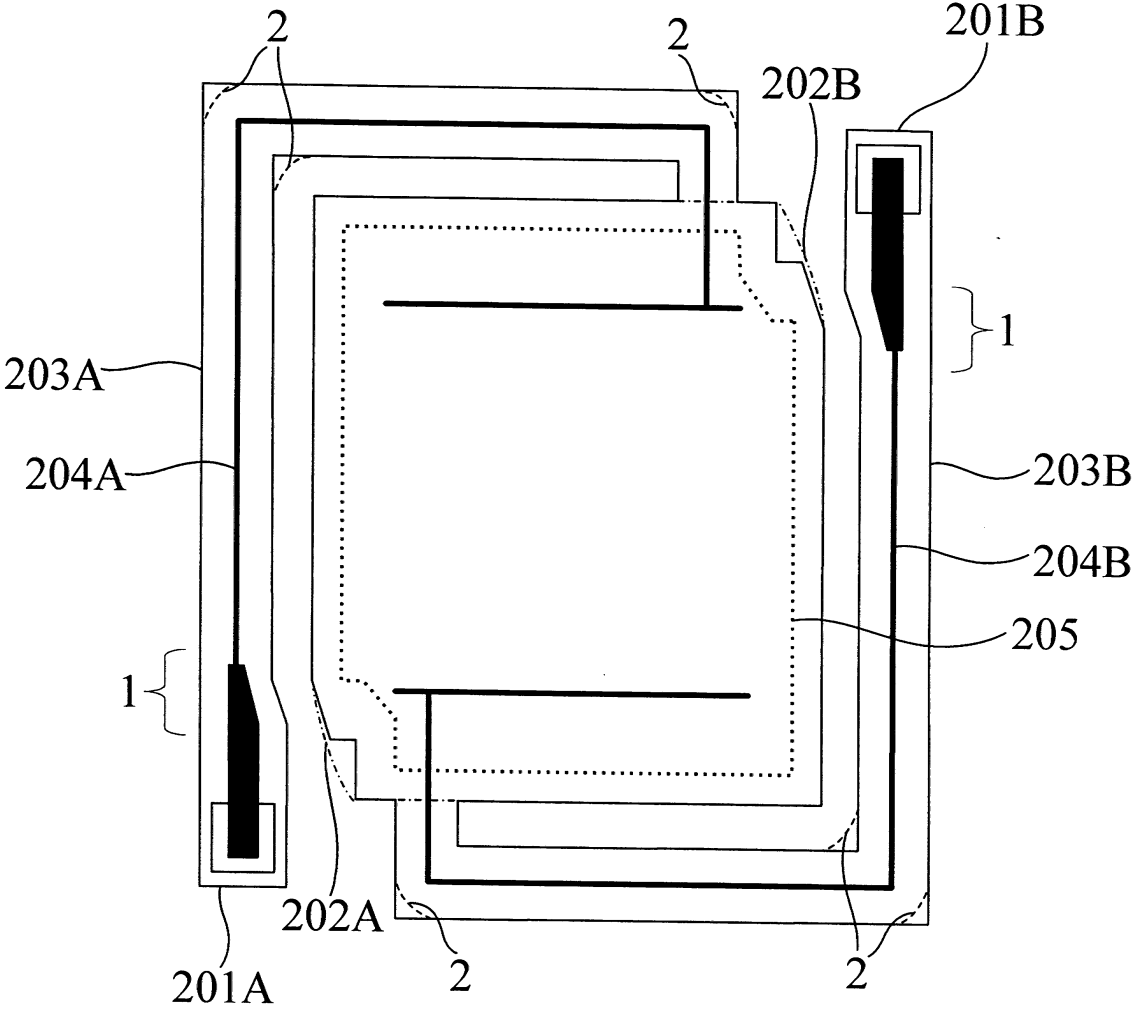
第 1D 圖



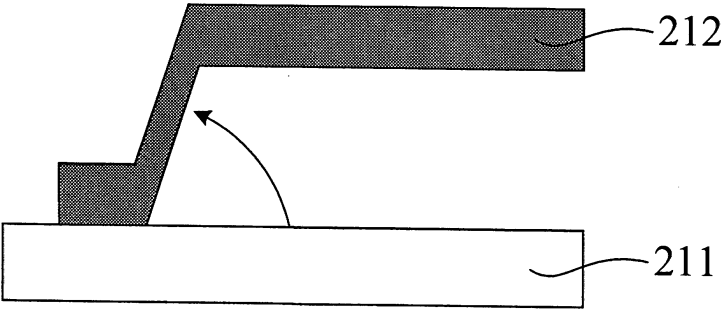
第 1E 圖



第 1F 圖



第 2A 圖



第 2B 圖