

# 發明專利說明書

200727470

(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：95100136

※ 申請日期：95-1-3

※IPC 分類：H01L 29/49, 29/85 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文) ID：46804706

國立交通大學

代表人：(中文/英文) 張俊彥

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

國 籍：(中文/英文) 中華民國

## 三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 李承士 ID：H121142510

2. 張翼 ID：A102060569

3. 陳克弦 ID：Q122553488

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國

2. 中華民國

3. 中華民國

#### 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，其事實發生日期為： 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。

### 五、中文發明摘要：

一種化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，經過電子束蒸鍍沈積鈀(Pd)層、鍺(Ge)層及銅(Cu)層於化合物半導體元件上所組成，接著利用浮離製程(Lift-off)去除多餘之金屬及光阻，最後進行快速高溫退火過程而形成歐姆接觸電極。其中低電阻值之歐姆接觸電極係利用調整鈀層、鍺層及銅層之厚度及配合退火溫度而形成，可應用於銅金屬化製程，有效增加化合物半導體元件的散熱特性，且使生產成本降低。

### 六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

歐姆接觸電極 1

鈮層 11

鍺層 12

銅層 13

化合物半導體元件 2

蕭特基金屬 3

銅空氣橋 4

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】

本發明係為一種化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，尤指藉由調整鈀、鍺及銅等三金屬層之厚度並配合退火溫度，形成一低阻值之歐姆接觸電極，可應用於銅金屬化製程，增加化合物半導體元件的散熱特性，且使生產成本降低。

### 【先前技術】

傳統上砷化鎵元件上使用的歐姆金屬分為兩大類，第一類是需要合金化的金(Au)/鍺/鎳(Ni)系統，第二類是固相反應(solid phase reaction)的鈀(Pd)/鍺/金系統。金/鍺/鎳系統是目前使用最廣泛的歐姆接觸系統，主要靠金、鍺的共晶反應及鍺的擴散，鍺-金共晶的熔點為 360°C，所以其缺點是在高溫環境下，接觸電阻之歐姆金屬容易隨著時間加速擴散。且在有電位差的環境下，也會加速接觸電阻的劣化。

而第二類的鈀/鍺/金系統係在快速高溫退火過程中產生固相的擴散反應，具有較佳的高溫穩定性，缺點是其接觸電阻通常比金/鍺/鎳系統高。其形成歐姆接觸的機制為使鈀在較低溫時先在砷化鎵表面形成鈀砷化鎵(PdGaAs)的三元相，然後此三元相在較高溫度時會分解成鈀/鍺的相，並在砷化鎵表面產生一再生長

(regrow)的 n+型的砷化鎵(鍺)。由此可知鈮砷化鎵的三元相對歐姆接觸有重要的影響。但當砷化鎵元件要配合銅製程時，如果歐姆接觸的金屬也能改為銅金屬化製程，將對整體的製程整合有很大的幫助，而目前在砷化鎵元件上，尚沒有合適的銅金屬化的歐姆接觸系統出現。

如美國專利第 3965279 號，專利名稱為「用於歐姆接觸系統之 III-V 族 n 型半導體」(Ohmic contact for group III-V n-type semiconductors)，該專利內容係主要利用鈮、鍺(PdGe)兩種金屬，在 n 型砷化鎵上，藉由電子束蒸鍍方法鍍上金屬，然後再經由快速高溫退火過程形成歐姆接觸。此為傳統之歐姆接觸系統之一種。

又如美國專利第 4011583 號，專利名稱為「由鍺與鈮排列之歐姆接觸用於 III-V 族 n 型半導體(Ohmic contacts of germanium and palladium alloy from group III-V n type semiconductors)」，其專利內容係利用鈮/鍺兩種金屬，在 n 型砷化鎵上，藉由電子束蒸鍍方法鍍上金屬，然後再經由快速高溫退火過程在 300°C~500°C 形成歐姆接觸。此溫度使鈮/鍺產生擴散行為，但沒有溶解的情形發生，同時因其形成歐姆性質的溫度較高，不適合使用在砷化鎵元件上。

除上述專利外，於 1994 年由 M. O. Aboelfotoh 所提出「用於 n 型砷化鎵歐姆接觸之鍺銅化合物(Cu<sub>3</sub>Ge)之微結構特徵」(“Microstructure characterization of Cu<sub>3</sub>Ge/n-type GaAs ohmic contacts”, J.Appl.Phys., 76(10), 1994)，其中提到使用鍺/銅(GeCu)兩種金屬作為歐姆接觸的金屬，其接觸電阻約在  $6.5 \times 10^{-7} \text{cm}^2$ 。在鍺含量 5-40% 時，都可以形成歐姆接觸，而當鍺含量超過 25% 時，會同時形成低電阻值的鍺銅化合物及鍺的相。鍺/銅系統是目前唯一製作在砷化鎵上的含銅金屬化的歐姆接觸系統，此系統靠鍺、銅之間的反應在砷化鎵表面上產生歐姆特性，其接觸電阻約在  $6.5 \times 10^{-7} \text{cm}^2$ 。在鍺含量 5-40% 時，都可以形成歐姆接觸，當鍺含量超過 25%，會同時形成低阻值的 Cu<sub>3</sub>Ge 及鍺的相。但由於銅及銅化合物直接和砷化鎵表面接觸，在高溫環境下，容易造成銅的擴散，並進入砷化鎵晶格之中。

又於 1996 年由 P.H.Hao 所提出「低阻抗之金/鍺/鈦歐姆接觸系統於 n 型砷化鎵」(“On the low resistance Au/Ge/Pd ohmic contact to n-GaAs”, J.Appl.Phys., 79(8), 1996)，其中使用金/鍺/鈦歐姆接觸系統在 n 型砷化鎵上，並在低於金-鍺共晶的溫度下作退火，可以獲得  $\sim 10^{-6} \text{cm}^2$  的低接觸電阻。

再於 1996 年由 L. C. Wang 所提出「於低於 200 度形成金/鍺/鈮/n 型砷化鎵系統之歐姆接觸形成結構」(“Ohmic contact formation mechanism of the Au/Ge/Pd/n-GaAs system formed below 200°C”, J.Appl.Phys. 79(8),1996)，其中使用金/鍺/鈮系統在 n 型砷化鎵上，在 175°C 退火後，可以獲得  $\sim 10^{-6} \text{cm}^2$  的低接觸電阻，在較低溫度時，鈮會先和砷化鎵反應為 Pd<sub>4</sub>GaAs 的相，此相在高溫下會分解，並形成 n+ 的砷化鎵。

雖然上述之習知技術，可進行銅金屬化製程，但必須鍍上一擴散障礙層，用以防止銅與金之間的反應。故，一般習用者係無法符合使用者於實際使用時之所需。

#### 【發明內容】

本發明之主要目的係在於提供一低電阻值之歐姆接觸電極，可應用於銅金屬化製程，有效增加砷化鎵元件的散熱特性，且使生產成本降低。

為達上述之目的，本發明係一種化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，該歐姆接觸電極係經過電子束蒸鍍沈積一鈮層、一鍺層及一銅層於一化合物半導體元件上所組成，接著去除多餘之金屬及光阻，最後進行快速高溫退火過程而形成該歐姆接觸電



極。其中該低阻值之歐姆接觸電極係利用調整鈀層、鍺層及銅層之厚度及配合退火溫度而形成。而當本發明之歐姆接觸電極使用於銅金屬化製程時，不需另沈積一障礙層，即可進行歐姆接觸，形成一完全銅金屬化之化合物半導體元件。

### 【實施方式】

請參閱『第 1 圖』所示，係本發明之實施例架構示意圖。如圖所示：本發明係一種化合物半導體元件之銅金屬化(copper metallization)之歐姆接觸電極，該歐姆接觸電極 1 係利用一鈀(Pd)層 11、一鍺(Ge)層 12 及一銅(Cu)層 13 所組成，其形成係先利用電子束蒸鍍將上述之金屬層沈積於一化合物半導體元件 2 上，於本實施例之化合物半導體元件 2 係為一砷化鎵元件，接著利用浮離技術(lift-off)製程將多餘之金屬及光阻去除，最後利用快速高溫退火(rapid thermal annealing, RTA)過程，形成低阻值之歐姆接觸電極。其中，該歐姆接觸電極 1 係藉由控制該鈀層 11、鍺層 12 及銅層 13 之厚度，並配合快速高溫退火過程之退火溫度，係可得到低接觸電阻值之歐姆接觸電極；而於本發明中，該鈀層之厚度約為  $150\text{\AA}$ ，該鍺層之厚度約為  $1500\text{\AA}$ ，以及該銅層之厚度約為  $1500\text{\AA}$ ，並配合退火溫度約為  $250^{\circ}\text{C}$ ，係可形成接觸阻值為  $9 \times 10^{-7}$  歐姆平方公分( $\Omega\text{cm}^2$ )之歐姆接觸電極 1。另外，該化合物半導

體元件 2 係選自雙載子電晶體(heterojuncton bipolar transistor, HBT)、高電子遷移率電晶體(high electronic mobility transistor, HEMT)或金屬半導體場效應電晶體 (Metal Semiconductor Field Effect Transistor, MESFET)。

使用本發明之歐姆接觸電極 1 於銅金屬化製程時，係將一蕭特基(Schottky)金屬 3 利用電子束蒸鍍鍍於化合物半導體元件 2 上，並結合以銅為材料之銅空氣橋 4，此銅空氣橋 4 之一端可連接該歐姆接觸電極 1，不需另外沈積一用以阻擋銅擴散之障礙層，並利用該歐姆接觸電極 1 中鈮、鍺及銅三種金屬相互反應，及鍺擴散至該化合物半導體元件 2 以形成 n+GaAs，進行歐姆接觸，形成一完全銅金屬化之化合物半導體元件。而本發明中，該歐姆接觸電阻 1、蕭特基金屬 3 及銅空氣橋 4 係皆以銅為材料，與傳統以金為材料比較，其較優越處係在於銅比金具有較良好之熱傳導性及導電性，並可有效增加化合物半導體元件的散熱特性，更因銅比金之價格較便宜，故可有效地降低生產成本。

綜上所述，本發明化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極可有效改善習用之種種缺點，可藉由調整三種金屬層之厚度，並配合退火溫度，形成低接觸電阻值之歐姆接觸電極，另於銅金屬化製程中，不

需沈積障礙層，並以銅為材料，有效增加化合物半導體元件的散熱特性，且使生產成本降低，進而使本發明之產能更進步、更實用、更符合使用者之所須，確已符合發明專利申請之要件，爰依法提出專利申請。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍；故，凡依本發明申請專利範圍及發明說明書內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆應仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1 圖，係本發明之實施例之架構示意圖。

【主要元件符號說明】

歐姆接觸電極 1

鈦層 11

鍺層 12

銅層 13

化合物半導體元件 2

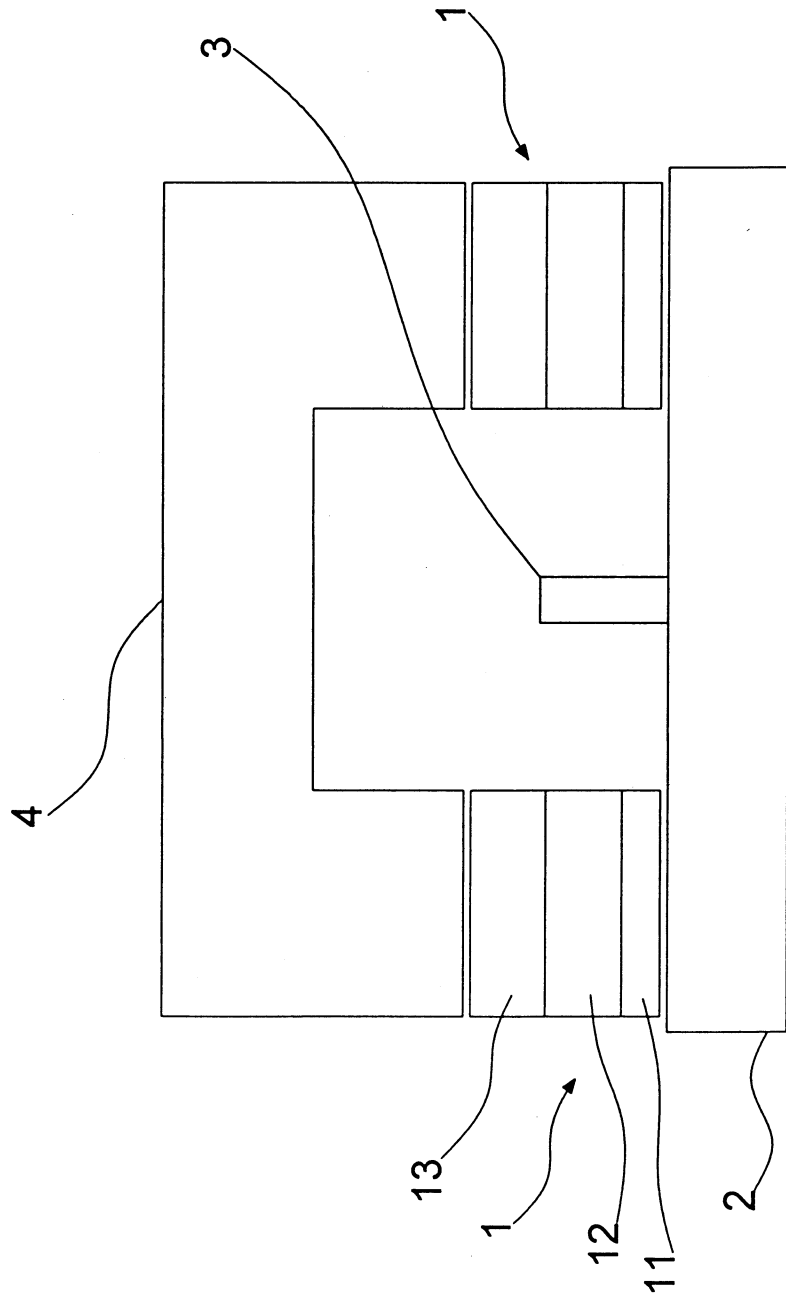
蕭特基金屬 3

銅空氣橋 4

## 十、申請專利範圍：

1. 一種化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，係包括有：  
一歐姆接觸電極，係由一鈀(Pd)層、一鍺(Ge)層及一銅(Cu)層所組成，其經過電子束蒸鍍沈積於一化合物半導體元件上，接著去除光阻，最後進行退火而形成該歐姆接觸電極。
2. 依申請專利範圍第 1 項所述之化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，其中，該歐姆接觸電極的接觸電阻可利用調整鈀層、鍺層及銅層之間的厚度來作改變。
3. 依申請專利範圍第 1 項所述之化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，其中，該歐姆接觸電極係需經過退火製程，以獲得低接觸電阻的電極。
4. 依申請專利範圍第 3 項所述之化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，其中，該歐姆接觸電極之接觸電阻係為  $9 \times 10^{-7}$  歐姆平方公分( $\Omega\text{cm}^2$ )。
5. 依申請專利範圍第 2 項所述之化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，其中，該鈀層之厚度係約為  $50\text{\AA}$  至  $10050\text{\AA}$  之間。

6. 依申請專利範圍第 2 項所述之化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，其中，該該鍍層之厚度係約為 1500Å 至 10000Å 之間。
7. 依申請專利範圍第 2 項所述之化合物半導體元件之銅金屬化之歐姆接觸電極，其中，該該鈦層之厚度係約為 500Å 至 10000Å 之間。
8. 依申請專利範圍第 1 項所述之化合物半導體元件，其中，該化合物半導體元件係選自雙載子電晶體、高電子遷移率電晶體或金屬半導體場效應電晶體。
9. 依申請專利範圍第 1 項所述之化合物半導體元件，其中，該化合物半導體元件係可為砷化鎵元件。



第 1 圖