

# 以有機金屬化學氣相沉積法成長磷化銮鎵及砷化鎵異質界面雙載子電晶體之銅金屬化研究

研究生：張俊偉

指導教授：張翼 博士

國立交通大學材料科學與工程學系

## 摘要

本論文主要研究以有機金屬化學氣相沉積法成長磷化銮鎵及砷化鎵的異質界面雙載子電晶體之銅金屬化製程和以鈮為擴散障礙層的銅/鈮/砷化鎵結構經退火後擴散機制和熱穩定性之研究。

首先，異質界面雙載子電晶體以有機金屬化學氣相沉積法成長之，其磷化銮鎵及砷化鎵異質界面之特性和控制方法將先被討論。本論文中，界面的陡峭和磷化銮鎵的有序排列效應係利用光激發光譜、雙晶 X-射線繞射、掃描式電子顯微鏡、拉曼散射光譜來加以鑑定。一個平滑的界面可以藉著控制三、五族前驅物的開關時間和五/三比來獲得。從光激發光譜得到的帶寬和拉曼光譜判斷的有序排列效應，可以清楚解釋磷化銮鎵的有序排列現象。在成長溫度 730 度時，其帶寬為 1.93 伏特顯示出較無序排列的特性，而 620 度成長時其帶寬 1.83 伏特則對應到一個原子分佈較有序排列的特性。

第二，研究無序排列的磷化銮鎵磊晶製作的銅金屬化磷化銮鎵/砷化鎵異質界面雙載子電晶體特性並和以金為金屬化的異質界面雙載子電晶體電子特性比較。在本研究中，一個新的銅/鈮/銻/鈮歐姆接觸將被使用到n型的砷化鎵上作為異質界面雙載子電晶體的應用。銅/鈮/銻/鈮歐姆接觸在經過 350 度的退火之後

可以達到  $2.8 \times 10^{-7} \Omega \text{cm}^2$  最低的接觸電阻。然而，經過 400 度的退火之後，此歐姆接觸因為銅和下面的金屬層作用而遭到破壞。片電阻、X-射線繞射、歐傑電子光譜和穿透式電子顯微鏡的分析結果，顯示鉬是一個理想的障礙層，可以在銅金屬化的歐姆接觸中穩定到 350 度。含此銅/鉬/鍺/鈀歐姆接觸的元件也被施以 250 度、24 小時的熱穩定性測試，經此測試，元件特性並沒有顯著的改變。在高電流密度  $120 \text{KA/cm}^2$ 、24 小時的測試下，元件特性也沒有顯著的改變。

第三，研究鈿作為銅和砷化鎵之間擴散障礙層的機制。一層薄的 30nm 濺鍍形式之鈿薄膜作為障礙層阻擋砷和鎵擴散到銅層。經過片電阻、X-射線繞射、歐傑電子光譜和穿透式電子顯微鏡的分析，在砷化鎵上的銅/鈿膜可以穩定到 500 度。然而，經過 550 和 600 度的退火之後，由於障礙層的破壞和接面的不穩定性，一些額外的化合物如:  $\text{TaAs}_2$ ,  $\text{Cu}_3\text{Ga}$ , and  $\text{TaAs}$  將會形成。

