

# 奈米碳管場發射特性之改善與其側向元件之 研究

研究生：阮全平

指導教授：鄭晃忠 博士

國立交通大學電子工程學系

電子研究所博士班



本論文主要針對奈米碳管場發射特性之改善及其側向元件之研製為主題作深入之探討。由於奈米碳管具有奈米級的管徑,極大的高寬比,堅強的機械性質及穩定的化學性質,因此,一直是極具潛力的場發射顯示器材料。由場發射的測試中,發現奈米碳管具有非常優異的場發射特性;我們利用微波電漿輔助化學氣相沉積系統及熱化學氣相沉積系統進行奈米碳管的合成,可惜其密度很高( $10^9 \sim 10^{10}/\text{cm}^2$ ),而密度較高的奈米碳管因為電場之遮蔽效應(screening effect)使得其場發射特性並不因其具有較高密度之場發射源而變好。為了進一步改善奈米碳管之場發射特性,我們提出包括覆蓋二氧化矽於催化金屬層,局部氧化催化金屬,改變氫氣含量及前處理時間,成長柱狀奈米碳管陣列,高密度氧電漿後處理等方法,進行奈米碳管之場發射特性之改善,此外,我們也研製奈米碳管之側向場發射元件。

由實驗結果，我們發現覆蓋二氧化矽於催化金屬層可以有效控制奈米碳管的密度，而實驗結果亦表示優異的場發射特性可藉由調變奈米碳管之密度而得到。此外，於奈米碳管成長前，先進行催化金屬的局部氧化亦有密度改善的作用，我們得到兩層不同高度及密度的碳管分佈，其中較低層的碳管是由準直的碳管上覆蓋一層疑是催化金屬氧化物，而較長的碳管其密度更疏，由底部成長並穿出催化金屬氧化物層之上，由實驗結果，我們可以有效的降低起始電場到  $1.9\text{V}/\mu\text{m}$ 。至於改變氫氣含量及前處理時間的方法，我們得到明顯由較長及較短的碳管交錯組成的雙層形式的碳管組態，由於高密度碳管由此雙層形式的碳管組態瓜分，因此其密度相對降低，但是其場發射源並未減少，由實驗結果，我們不僅減少其起始電場，同時，於較低電場下，有非常高的電流密度。

有些研究指出，個別碳管間距與個別碳管高度之比值為 2 時，可以有效減少電場之遮蔽效應，因此，我們嘗試成長柱狀型態的碳管陣列，經由成長條件之控制，調變陣列間距與碳管長度的比值，我們發現雖然每個陣列的碳管密度都很高，但是卻具有極佳的場發射特性，當陣列間距與碳管長度的比值為  $1/3$  時，不僅有最低的起始電場及超高的電流密度，其導通電場也比其他研究團隊更低。

我們也對碳管進行了高密度氧電漿後處理，由實驗結果，適當的電漿後處理條件可以有效的控制碳管密度，其之場發射起始電場可以大幅降低，而場發射電流亦可大幅增加。

最後，我們也研製奈米碳管之側向場發射元件，利用半導體的蝕刻技術以及奈米碳管可選擇區域成長的特點，可以很容易地製作此種二極結構，不需要很先進的曝光設備就可以將間距縮小到  $0.53\ \mu\text{m}$ ，此元件的啟動電壓可以降低到  $0.2\ \text{V}$ ，而當陽極電壓為  $10\ \text{V}$  時就可得到  $9.72\ \text{mA}$

的發射電流。而奈米碳管的長度對二極結構場發射特性的影響也有所探討，太短的奈米碳管會使得場發射電流變小，而太長的奈米碳管有短路的問題，所以必須適當地控制奈米碳管的長度。同時此二極元件在短時距 1500 秒的穩定度電性量測下，其電流波動率小於 3.5% 。

