

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

砷化鎵氮/砷化鎵 量子井在應變與鬆弛狀態下的電性研究

(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2112-M-009-020-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學電子物理學系

計畫主持人：陳振芳

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 29 日

# 砷化鎵氮/砷化鎵 量子井在應變與鬆弛狀態下的電性研究

(1/3)

Electrical studies of GaAsN/GaAs quantum well in strained and relaxed states

計畫編號：NSC 91-2112-M-009-020

執行期間：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

個別型計畫： 計畫主持人：陳振芳 交大電子物理系教授

## 一·中文摘要

[關鍵字：砷化鎵氮，深層能階]

GaAsN 有絕緣的性質並且經由低溫時的跳躍傳導定律，它的電流的傳導特性被發現會遵守 trap-controlled space-charge limited 理論。當溫度大於 300K 時，在低電壓的區域，它的傳導性被發現是被 trap 中的電子受熱激發所主導，並且費米能階是被固定在低於導帶邊緣約 0.47 電子伏特的地方。而當溫度低於 260K 時，傳導特性便是被經由跳躍過 20meV 的活化能陷阱方式所支配。

根據低頻的電容-電壓頻譜，一個簡單的能帶圖和等效電路圖形便可以決定，可用來解釋電容量測中的 RC effect。從電容-電壓頻譜中，一個活化能達到 0.47eV 的時間常數被證明是 RC 時間常數。在 DLTS 系統量測中，在 0.16eV 和 0.72eV 發現兩個陷阱的訊號，在他們之中 0.16eV 的陷阱訊號可能是 RC 時間常數效應的結果。然而，因為 GaAsN 層可信任的絕緣特性，我們相信在這之間存在著至少兩個陷阱，分別在 0.47eV 和 0.72eV 處。

## 英文摘要

(Keywords : GaAsN , deep level)

The GaAsN layer was found to be insulating and its current conduction is found to obey a trap-controlled space-charge limited theory combining with a hopping conduction at low temperature. In the low-voltage region, when  $T > 300\text{K}$ , the conduction is found to be thermal excitation of electrons from traps and Fermi level is pinned at about 0.47eV below the conduction- band edge. When  $T < 260\text{K}$ , the conduction was dominated by hopping via traps with activation energy of 20 meV.

Based on the low-frequency capacitance-voltage spectra, a simplified band diagram and its equivalent circuit model were derived to explain a resistance-capacitance (RC) effect on capacitance measurement. From capacitance-frequency spectra, a time constant with activation energy of 0.47eV was obtained and is shown to be the RC time constant. Two trapping signals at 0.16eV and 0.72eV were observed by deep-level transient spectroscopy. Among them, the trapping signal at 0.16eV is probably the result of the RC time constant effect. Therefore, we believe that there exist at least two traps at 0.47 and 0.72eV which are probably responsible for insulating property of the GaAsN layer.

## 二·簡介

最近的研究之中，GaAsN 化合物吸引較多的注意在它可能被應用的領域-長波長的光電原件。然而因為 GaAsN 和 GaAs 之間的晶格不匹配，要成長好品質的厚 GaAsN 很難。到目前為止，大部分的在這個材料系統上的研究都集中注意在它的光學特性之上，關於傳導的特性和深層能階的探討只有少數的報告。

在這篇報告中，我們藉由電流-電壓(I-V)，電容-電壓(C-V)，電容-頻率 (C-F) 和深層能階暫態頻譜系統(DLTS)，研究在 GaAs 上面成長的 GaAsN 層之特性。

## 三·實驗

GaAs<sub>0.991</sub>N<sub>0.009</sub>層成長在 n 參雜的 GaAs(001)基板之上是由低壓有機金屬化學氣相沉積系統(LP-MOCVD)所成長。GaAsN 中的 N 的成分是經由雙晶 X 光繞射和光傳播決定。

## 四·成果

### A. 電流-電壓特性

圖[1]中顯現出標準 ohmic-contact 樣品的電流-電壓特性曲線，每一個電流-電壓曲線中顯示出兩個可以區分的區域：線性低電壓和指數高電壓的區域。當電壓低於 0.6V 溫度在 300K 時，I-V 曲線呈現出  $7 \times 10^6 \Omega\text{-cm}$  的 Ohmic 特性。根據低電壓 Ohmic 特性曲線，得到如圖[2]中，電阻和溫度的函數關係。在這張圖中可以發現，電阻的特性可以被區分成兩個不同的區域，分別代表著兩種不同的傳導機制，當溫度大於 300K 時，活化能為 0.38eV，電阻和溫度有很強烈相依關係，在這個溫度範圍中，傳導的主要機制是藉由從深層能階中電子受熱激發到導帶上所主導。另一方面當溫度小於 260K 時，活化能大約是 20 ~ 40 meV，電阻對溫度的變化就顯得很不敏感，在低溫的時候，熱激發電子的濃度就變的非常的小，傳導的過程就變成是由經由陷阱中跳躍出來的載子所主控。

## B. 電容特性

圖[3]中所顯示的是蕭基介面樣品在 300K 時電容-電壓的圖形，從圖中可以看出電容-電壓特性與頻率有關，在高頻( $5 \times 10^5 \text{ Hz}$ )量測的時候，電容是不隨電壓變化的常數，其值為  $79 \text{ pF}$ ，相當於  $1.64 \mu\text{m}$  的寬度，這個寬度相當接近於 GaAsN 層所成長的厚度，這個結果告訴我們整個 GaAsN 層中的自由載子被耗盡，這結果與電流-電壓的特性相符。

由圖[4]中可以看到，自樣品表面算起  $0.27 \mu\text{m}$  深處，有著最高的束縛電子濃度，約為  $8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ，這個結果告訴我們費米能階和陷阱在這個深度相互的交叉。

為了決定時間常數，我們將蕭基介面樣品的偏壓設定在  $-0.5 \text{ V}$  的地方做電容-電壓的特性量測，這結果表示在圖[5]中。這個 C-F 的圖中電容對電壓的有著階梯狀分佈的特性，在電容下落的地方處頻率的倒數相當於時間常數，根據不同溫度時的這個值，可以決定活化能和有效截面積分別為  $0.47 \text{ eV}$  和  $1.24 \times 10^{-13} \text{ cm}^{-2}$ 。高低頻電容在 300K 時分別為  $353$  和  $79.5 \text{ pF}$ ，這分別給我們  $0.37 \mu\text{m}$  和  $1.27 \mu\text{m}$  的厚度，這兩層厚度之和為  $1.64 \mu\text{m}$ ，非常接近於 GaAsN 層成長的厚度。從 300K 曲折處的頻率( $1.2 \times 10^5 \text{ sec}^{-1}$ )，可以得到電阻為  $1.83 \times 10^4 \text{ ohm}$ ，這個接近  $10^5 \text{ ohm}$  的電阻，從 I-V 電壓特性曲線中我們亦可以得到，因此我們相信自 C-F 中所得到的時間常數是為 RC 常數。

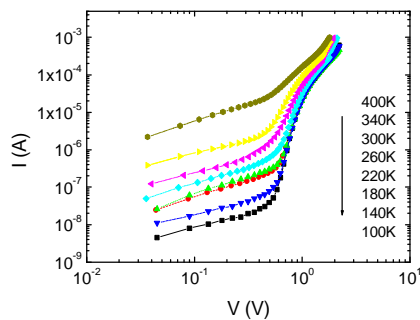


圖 [1]

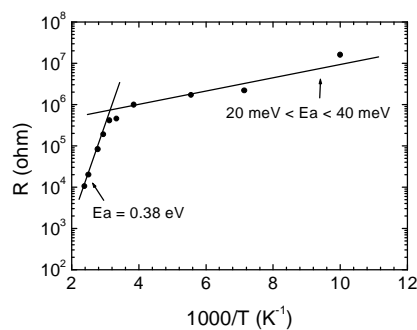


圖 [2]

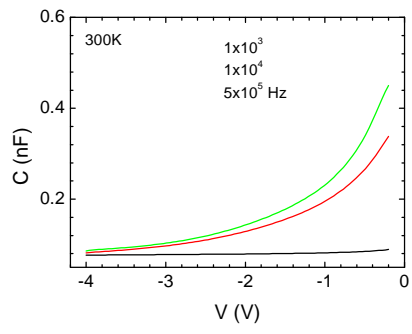


圖 [3]

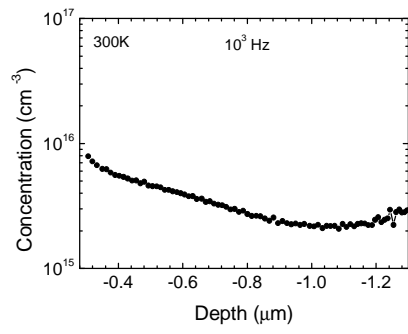


圖 [4]

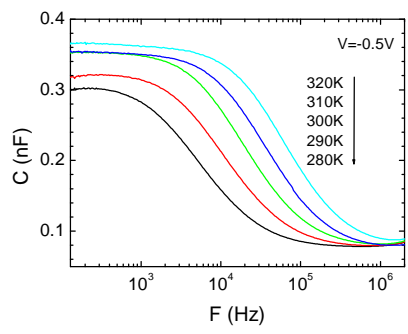


圖 [5]