

砷化銦/砷化銦鎵量子點中砷化銦厚度對

缺陷的電子放射與捕捉影響之研究

研究生：林士傑

指導教授：陳振芳 博士

國立交通大學電子物理所

摘 要

本論文主要探討以分子束磊晶所成長的 InAs/InGaAs Dots-in-Well 結構之電、光特徵。我們製作不同 InAs 厚度的樣品，厚度有 1.97 ML、2.34 ML、2.7 ML、3.06 ML 以及 3.33 ML。隨著 InAs 厚度增加，波長往長波長移動，其中 1.97 ML，2.34 ML 以及 2.7 ML 樣品室溫發光波長各為 1238nm，1300nm 與 1310nm。當 InAs 厚度繼續增加至 3.06 ML 時，樣品的波長產生藍移至 1223nm，而厚 3.33 ML 的樣品發光波長亦產生藍移至 1215nm，表示成長 InAs 材料有一臨界厚度介於 2.7~3.06 ML。另外從 C-V 量測顯示出 2.34 ML 樣品在 DWELL 結構中具有載子推積現象，表現出量子點的特性。但是對於 3.06 ML 及 3.33 ML 兩片樣品，C-V 的峰值強度比 2.34 ML 樣品要弱很多，而且在這兩片樣品裡發現載子空乏的現象，空乏現象是發生在 InAs 靠近基板的那一邊，這顯示 3.06 ML 與 3.33 ML 兩片樣品量子點厚度已經超過臨界厚度，發生晶格鬆弛進而產生缺陷。此電性 C-V 量測與光性 PL 的觀測結果一致。另外經由深層能階暫態頻譜的量測我們得到，InAs 厚度為 3.06 ML 及 3.33 ML 兩片樣品的缺陷活化能分別是 0.37eV 與 0.41eV。透過 DLTS 我們也發現這兩片樣品具有捕捉位能障，經由改變填充偏壓時間的實驗，我們找出 3.06 ML 與 3.33 ML 兩片樣品各具 0.1eV 與 0.22eV 的捕捉位能障大小。

InAs Thickness Dependence of Carrier Emission and Capture from defects in InAs/InGaAs dots-in-a-well Structure

Student: Shih-Chieh Lin

Advisor: Dr. Jenn-Fang Chen

Department of Electrophysics
National Chiao Tung University

Abstract



In this study, we have investigated the InAs/InGaAs (dots-in-a-well) structure with different InAs thickness. Red shift of Photoluminescence (PL) spectroscopy is observed from 1238nm to 1310nm as the InAs thickness increases from 1.97 to 2.7 ML. A significant reduction of the PL intensity is accompanied with a blue shift for 3.06 ML and 3.33 ML samples, indicating that there is a critical thickness in the InAs growth. The capacitance-voltage (C-V) measurement shows a carrier confinement for 2.34 ML sample. With increasing the InAs thickness to 3.06 and 3.33 ML, a significant carrier depletion caused by relaxation is observed near the bottom InAs/GaAs interface. Traps at 0.37eV and 0.41eV are measured by DLTS in 3.06 ML and 3.33 ML samples, respectively. These two traps are suggested to cause the carrier depletion. DLTS measurements have also provided an evidence of the capture barriers $E_{\sigma}=0.1\text{eV}$ and $E_{\sigma}=0.22\text{eV}$ for 3.06 ML and 3.33 ML samples, respectively.

誌 謝

能順利完成兩年研究，要感激的人很多。

誠摯地感謝陳振芳老師兩年來悉心指導，不管在研究領域或生活態度上，都讓我有一番新的領悟，非常珍貴，謝謝您。

兩年中陳乃權學長、蕭茹雄學長大力幫忙，讓我得以順利完成研究。實驗室重要的研究伙伴們，立偉、明芳和子嵩，這段日子與你們一同激盪出知識與生活的火花，真的很愉快。感謝學弟們的支援，文鎬、明達和任鋒，讓我從事研究的時候事半功倍。另外已畢業的學長姊們，王建國、陳育志、洪文凱和陳宜屏，在你們的研究基礎下，我們得以繼續前進。還有一些在這裡沒有列出名字的朋友，謝謝你們。

最後要感謝，看著我二十幾年來成長的爸媽。

因為有你們，讓我的生命更豐富。

2004年7月 新竹交大

目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
圖目錄	.....	v
第一章	緒論.....	1
第二章、	樣品製備與量測系統.....	3
2-1	樣品製備.....	3
2-2	量測系統.....	4
第三章、	實驗結果與分析.....	5
3-1	光激發螢光量測討論.....	5
3-2	電流-電壓量測討論.....	6
3-3	電容-電壓量測討論.....	7
3-4	暫態頻譜與導納頻譜量測討論.....	10
3-5	捕捉位能障.....	12
第四章	結論.....	16
參考文獻	.....	18

圖目錄

圖 2-1	樣品結構圖·····	22
圖 3-1	不同厚度樣品之室溫 PL 圖·····	23
圖 3-2	三片樣品之正向 I-V 圖·····	24
圖 3-3	三片樣品之反向 I-V 圖·····	24
圖 3-4	三片樣品之縱深分佈比較圖·····	25
圖 3-5(a)	2.34 ML 樣品之 100kHz 變溫 C-V 圖·····	26
圖 3-5(b)	2.34 ML 樣品之 100kHz 變溫縱深分佈圖·····	26
圖 3-6(a)	2.34 ML 樣品之溫度 80K 變頻 C-V 圖·····	27
圖 3-6(b)	2.34 ML 樣品之溫度 80K 變頻縱深分佈圖·····	27
圖 3-7(a)	3.06 ML 樣品之溫度 85K 變頻 C-V 圖·····	28
圖 3-7(b)	3.06 ML 樣品之溫度 85K 變頻縱深分佈圖·····	28
圖 3-8(a)	3.06 ML 樣品之 10kHz 變溫 C-V 圖·····	29
圖 3-8(b)	3.06 ML 樣品之 10kHz 變溫縱深分佈圖·····	29
圖 3-9	3.33 ML 樣品之 10kHz 變溫 C-V 圖·····	30
圖 3-10	3.33 ML 樣品之 10kHz 變溫縱深分佈圖·····	30
圖 3-11(a)	3.33 ML 樣品之溫度 84K 變頻 C-V 圖·····	31
圖 3-11(b)	3.33 ML 樣品之溫度 84K 變頻縱深分佈圖·····	31
圖 3-12	2.34 ML 樣品之 DLTS·····	32
圖 3-13(a)	SH332 樣品之 G-T 圖·····	33
圖 3-13(b)	SH332 樣品 G-T 之 Arrhenius plot·····	33
圖 3-14	SH332 樣品穿遂現象示意圖·····	34
圖 3-15	3.06 ML 樣品之 DLTS·····	35
圖 3-16	3.06 ML 樣品 DLTS 之 Arrhenius plot·····	35
圖 3-17	3.06 ML 樣品不同速率視窗下之 DLTS·····	36
圖 3-18	3.06 ML 樣品載子空乏區之 G-T·····	37
圖 3-19	3.06 ML 樣品 G-T 之 Arrhenius plot·····	37
圖 3-20(a)	3.33 ML 樣品之 DLTS·····	38
圖 3-20(b)	3.33 ML 樣品 DLTS 之 Arrhenius plot·····	38
圖 3-21	3.33 ML 樣品不同速率視窗下之 DLTS·····	39
圖 3-22(a)	3.33 ML 樣品 G-T 圖·····	40
圖 3-22(b)	3.33 ML 樣品 G-T 之 Arrhenius plot·····	40

圖 3-23	3.06 ML 樣品不同填充偏壓時間之 DLTS·····	41
圖 3-24	3.06 ML 樣品不同速率視窗求對應之捕捉速率·····	41
圖 3-25	3.33 ML 樣品不同填充偏壓時間之 DLTS·····	42
圖 3-26	3.33 ML 樣品不同速率視窗求對應之捕捉速率·····	42
圖 3-27	3.33 ML 和 3.06 ML 樣品之捕捉位能障·····	43

