

砷化銦量子點裡的熱激發電流

范榮權、賴柏仁、陳愷寰、黃建聰、謝安勝

大葉大學電機工程系

彰化縣大村鄉山腳路 112 號

摘要

我們測量熱激發電流經由分子束磊晶法生成的砷化銦量子點。在生長曲線中顯示波峰為 43、82、127K 以及伴隨著在 107K 時的衰減電流的震盪。基於所述能激發能量在砷化銦能帶之間，在傳導砷化銦基體時震盪歸因於砷化銦相關的缺陷。通過光激發螢光效應與光電導的測量進行比較，我們得出結論，在波峰為 82 和 43K 時上升因為電子掉落在砷化銦量子點裡。我們指出熱激電流的技術提供了一種簡單的替代方法，以獲得能階的自組量子點系統。

關鍵詞：三五族半導體、量子點、光激發螢光效應、光電導、熱激發電流效應

Thermally stimulated current in InAs quantum dots

JUNG-CHUAN FAN*, PAI-JEN LAI, MIN-HUAN CHEN, CHIEN-TSUNG HUANG, AN-SHENG HSIEH

Department of Electrical Engineering, DaYeh University

No. 112, Shanjiao Rd., Dacun, Changhua 51591, Taiwan

ABSTRACT

We have measured the thermally stimulated current from self-organized InAs quantum dots grown by molecular-beam epitaxy. The glow curve exhibits peaks at 43, 82, and 127 K with accompanying attenuated current oscillations at 107 K. Based on the excitation energy above and below the GaAs band gap, the oscillations are ascribed to GaAs-related point defects in the conduction GaAs matrix. By comparing with the photoluminescence and photoconductivity measurements, we conclude that the peaks at 82 and 43 K arise from the electron trapping in the InAs quantum dots. We point out that the technique of thermally stimulated current provides a simple alternative method to obtain the energy levels in self-organized quantum-dot systems.

Key Words: III-V semiconductor, quantum dot, photoluminescence, photoconductivity, thermally stimulated current effect

一、前言

我們測量熱激發電流經由分子束磊晶法生成的砷化銻量子點。在生長曲線中顯示波峰為 43、82、127 K 以及伴隨著在 107K 時的衰減電流的震盪。基於所述能激發能量在砷化銻能帶之間，在傳導砷化銻基體時震盪歸因於砷化銻相關的缺陷。通過光激發螢光效應與光電導的測量進行比較，我們得出結論，在波峰為 82 和 43K 時上升因為電子掉落在砷化銻量子點裡。我們指出熱激電流的技術提供了一種簡單的替代方法，以獲得能階的自組量子點系統。

二、動機

近年來，量子點不斷地引起許多注意由於光電子應用其電壓具有較低臨界電流密度、更高的增益、較高的量子效率、和超高的溫度特性的優點。在 Stranski-Krastaner-like 自組增長成為三維奈米結構，從二維到三維增長型態的轉換提供了一種很有前途的方式來製造高品質的量子點。由於生長簡單、低成本、不具有破壞性、並且不會成長中斷，自組量子點在奈米元件中已成為引人注目的結構。

三、結果

如圖 1 所示在熱激發電流光譜採用樣品為 2 ML 的砷化銻，為 $\beta = 0.2 \text{ K/s}$ 的加熱速率。

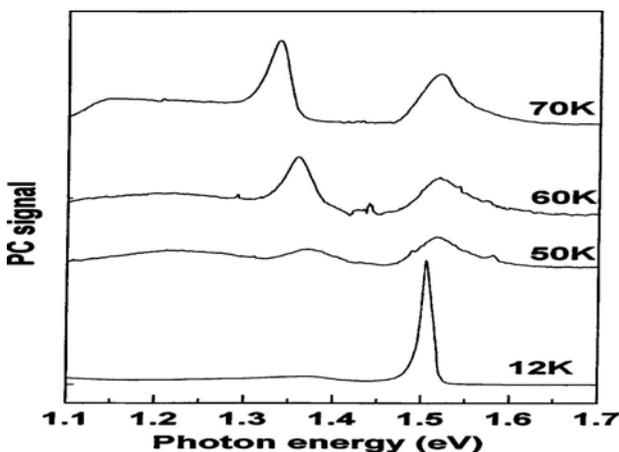


圖 1. 自組生長砷化銻量子點 TSC 隨溫度變化

為了進一步了解 TSC 在波峰為 82 和 43 K 時，我們比較 TSC 的結果用 PL 以及光電導(PC)的測量值如圖 2、3 所示。由於溫度視 PL 積分強度而定，對 PL 冷卻得到活化能約為 135 meV，這是與 82 K 波峰時捕捉深度一致。因為這種能量的數值是最接近砷化銻能帶隙與量子點發射的峰值之間的能量差，對 PL 冷卻的機制已經被確定為光載子熱激

發從砷化銻量子點到砷化銻基板。因此我們認為在 82 K 波峰時電子捕獲砷化銻量子點的基態。

但因注意到其能量差介於 1.5 和 3.7 eV 峰值之間，其能量深度在 TSC 82 K 波峰時一致並且活化能與 PL 冷卻時一樣。最後，根據類似的砷化銻量子點系統研究報告中，我們可以認定在 43 K 波峰時電子捕獲砷化銻量子點的第一激發態，因為底部和第一激發態之間的能量間隔約為 70 meV。這個數值約等於能量差介於 82 K 和 43 K 波峰深之間。此分配似乎與我們的 PL 測量一致如圖 2 所示。PL 光譜並不對稱，他有一個高能量肩狀面。經由高斯分解，兩波峰可以被解決，並且他們的能量間隔約等於 70 meV。

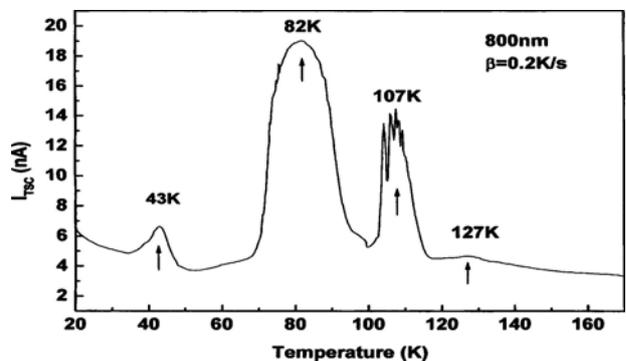


圖 2、在 2 ML 的砷化銻中溫度視 PL 光譜而定

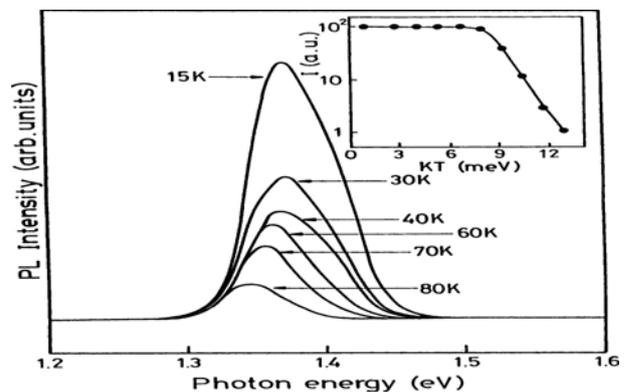


圖 3、砷化銻量子點在不同溫度下的光電導

四、結論

總而言之，我們調查了在自組生成的砷化銻中的 TSC 光譜。研究發現在 TSC 光譜中存在幾個捕獲的波峰。除了由砷化銻曲線所捕獲的，我們找到載子捕獲由底部和砷化銻量子點的第一激發態。在底部和第一激發態所獲得的能階與 PL 以及 PC 測量結果吻合。我們因此指出 TSC 技術提供了一種簡單的替代方法探測能階量子點系統。此外，我們也觀察到在 TSC 光譜中電流的震盪歸因於週期性的形成與消失的帶電區域存在於砷化銻基體的瑕疵。