

在半導體氧化層的橫向光電效應

黃建璵 范榮權 陳愷寰 謝安勝 賴柏仁

大葉大學電機工程學系
彰化縣大村鄉學府路 168 號

摘要

經過我們實驗調查放射位置依賴於矽半導體照射的橫向光電效應。光學特性是由光導電性和熱激電流的測量來確定。從這些結果中，我們證明了半導體的光學特性可以用光導電性和熱激電流測量來確定。

關鍵詞：半導體，光導電性，熱激電流。

The Lateral Photovoltaic of the Oxide Layer in Semiconductors

JUNG-CHUAN FAN, CHIEN-TSUNG HUANG, MIN-HUAN CHEN, AN-SHENG HSIEH, PAI-JEN LAI
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
DA-YEH UNIVERSITY, CHANGHUA 51591, TAIWAN

ABSTRACT

We have investigated the lateral photovoltaic effect caused by irradiation of position dependent on the silicon semiconductor. The optical properties are determined by the measurements of the photoconductivity and the thermally stimulated current. From these results, we demonstrate that the optical property of semiconductor can be determined using these simple measurements.

Key Words: semiconductor, photoconductivity, thermally stimulated current

一、簡介

在半導體中的雜質是一個關鍵特性主導光電子器件系統的效果[1-3]。在低光照強度下，光電導捕獲到少數載子，主導光電設備系統的影響。*p*-型Si的矽晶圓的表面，這些電介質層的固定正電荷創建一個空間電荷區可以創建一個反型層，並形成一個反轉層。反轉層是增強了電子濃度在Si晶片的表面，並且引起pn接面，提供了一個橫向光電壓。因此，我們證實了光電導測量之下，反轉層的形成[4]。我們還發現有用的工具，通過熱激發電流的測量在本系統中，以確定雜質的中心電平以確定雜質中熱激發電流的測量。

二、實驗與結果

在一個棒狀形式下的 *p* 型矽晶圓半導體樣本(尺寸 $0.5 \times 2 \times 10 \text{ mm}^3$)，在表面上鍍電極兩端的形式 *p* 型矽晶片半導體樣品，與電源電錶的任一端，做光電導測量。電極觸點由銻下降到 Si 晶片的端部上沉積和退火的樣品在 $400 \text{ }^\circ\text{C}$ 持續 10 秒而形成，使用鹵素燈的光源經 ARC Spectra Pro-275 光譜儀單色光分散作為光源。恆定的直流電壓和電導率的應用是使用 Keithley 2400 多功能電源電錶來測量。在熱激發電流量測的方法，是一種可用來研究雜質捕獲的過程工具。在沒有光照的情況下，上升溫度達到 20 K 時，使用光源照射 Si 晶圓 10 分鐘後切斷光源，並降低溫度，使其能隙填滿。熱激發電流的發光曲線中在採取溫度間隔 20 -200 K 與 Lakshore 330 溫度的控制器，記錄電流到溫度的變化，以線性升溫速率運行 $\beta = 0.2 \text{ K/S}$ 。

三、結果與討論

橫向光電壓的照射位置的如圖 1 所示。矽棒的中心位置定義為零。照射在右側的光為正，左側為負。靠近光點的電極總是在較高的電位。這一結果說明，在 *n* 型層已經形成在 *p* 型矽晶片上[5]。我們可以假設，在 *n* 型層是由氧化矽層構成。電壓的照射位置的線性函數。所產生得橫向光電壓與位置是線性關係，這結果暗示著可以應用到位置感測器元件上。

光電導性的在不同溫度下的光譜示於如圖 2 所示。每個光電導光譜包含屬於矽的吸收邊的主要峰值，是屬於矽的吸收邊緣效應，能隙隨溫度的變化關係，可以通過安裝 Varshni 方程擬合[6]。從 30 K 時的能量轉移到 280 K 為約 0.1 eV。這個大紅移現象，說了這些載體運輸系統佔主導地位在熱效

應。

為了探討載流子輸運的熱效應，我們對熱激發電流進行測量。熱激發電流用於研究半導體的能隙是一個很有用的技術[7]。如圖 3 所示，該裝置的光能量高於在較低溫度下進行 10 分鐘的矽能隙照明系統的熱激發電流波譜。經由熱激發電流的分析，在 50 K 的峰值是雜質能隙的激活化能($E \approx 70 \text{ meV}$)。我們可以考慮空間電荷區作為電容器擷取氧化物層中的光載子。本機制的這種行為顯示出，在 50K 的峰值，電子擷取從氧化物層到矽晶圓表面的熱激發，在氧化物層和 Si 晶圓之間，隨機晶格粗糙度的界面缺陷，擷取到空缺的地方。剩餘電子在該氧化層中被捕獲，並有助於熱激發電流的作用。

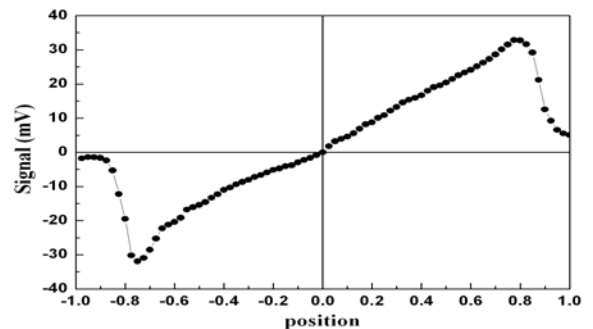


圖 1. 橫向光電壓照射位置

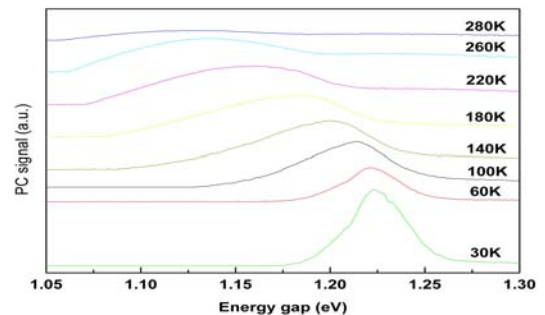


圖2. 隨溫度變化下的光電導光譜

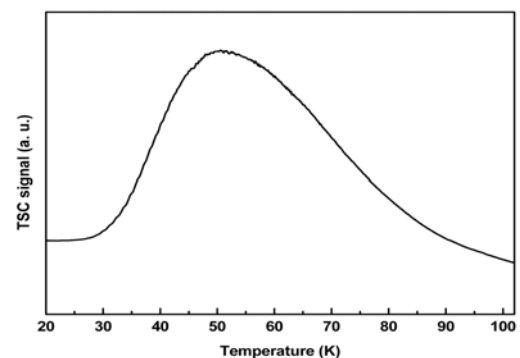


圖 3. 矽元件的熱刺激電流光譜

四、結論

經過此次實驗我們研究調查了側向光電導性和熱激發電流在矽晶片上的氧化層。可以發現，在此設備側向光伏的線性實驗。溫度依賴性的能量大轉變明顯，熱效應佔了主要的地位。我們發現，由於氧化層表面的粗糙造成矽晶圓上的雜質缺陷。

參考文獻

1. Chen, C. H., D. R. Hang, W. H. Chen, Y. F. Chen, H. X. Jiang and J. Y. Lin (2003) Persistent photoconductivity in $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ quaternary alloys, *Appl. Phys. Lett.* **82**, 1884-1886
2. Look, D. C., Z. -Q. Fang, W. Kim, O. Aktas, A. Botchkarev, A. Salvador and H. Morkoc (1996) Thermally stimulated current trap in GaN, *Appl. Phys. Lett.* **68**, 3775-3777
3. Sinton, R. A. and A. Cuevas (1996) Effect of rapid thermal annealing on carrier lifetimes of arsenic-ion-implanted GaAs, *Appl. Phys. Lett.* **69**, 996-998
4. Bail, M., M. Schulz and R. Brendel (2003) Space-charge region-dominated steady-state photoconductance in low-lifetime Si wafers, *Appl. Phys. Lett.* **82**, 757-759
5. Niu, H., T. Matsuda, K. Yamauchi and M. Takai (1972) Lateral photovoltaic effect in nitrogen-implanted *p*-type silicon, *Appl. Phys. Lett.* **21**, 423-424
6. Varshni, Y. P. (1967) Temperature dependence of the energy gap in semiconductors, *Physica* **34**, 149-154
7. Haering, R. R. and E. N. Adams (1960) Theory and Application of Thermally Stimulated Currents in Photoconductors, *Phys. Rev.* **117**, 451-454