國立臺北大學電機工程學系
103 學年度學生專題製作計畫書

The Design and Fabrication of Porous Silicon Chips

多孔矽光電晶片之設計與應用

組員：

學號：410187024　　姓名：劉奕成

學號：410187021　　姓名：連啟淳

學號：410187020　　姓名：郭朋霖

指導老師：林嘉淦　老師

中　華　民　國　１０４　年　７　月　１　日

壹、計畫摘要

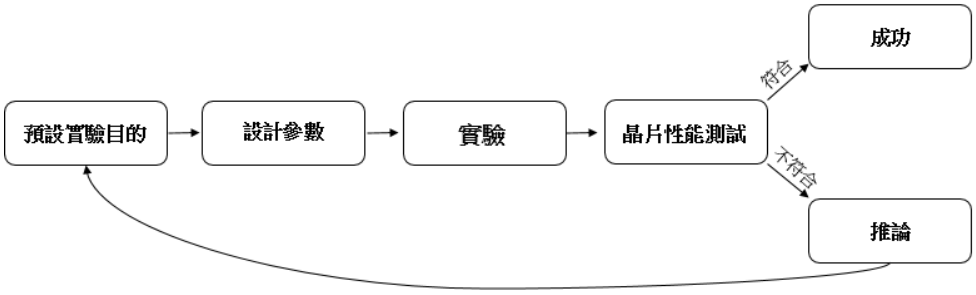
了解 n 型 / p 型 Si-wafer，並依照矽材半導體在光電元件上，蝕刻製成的不同，進行接觸型與非接觸型之比較。藉由電化學蝕刻法(槽型蝕刻、接觸型蝕刻)製藥出不同樣式的多孔矽形狀與結構，進而延伸比較出可利用的應用目的。
經過蝕刻成功的多孔矽晶片後，再利用 IV 檢測儀測其電阻、以紫外光或是其他種光源照射並紀錄其發光情形。再整理好各個參數可能造成的結果，去推敲出規律，藉以調整合適的參數，以作出想要的多孔矽結果。最後再針對其特性，實際將多孔矽晶片接上電路，達此到實質上的應用與設計。

貳、背景及目的

有鑑於產業上已經有不少多孔矽的應用，多孔矽之形成是經由氫氟酸電解液在 Si 的表面產生侵蝕作用並且形成了奈米級程度之孔隙以及不規則柱狀 Si 結構，由 T.Unagami et al.之研究發現，多孔矽在形成的初期會先產生多孔矽薄膜層，隨後才會產生多孔矽層。
多孔矽於 1990 年 Canham 發現，並且藉由參數之改變能夠使得光激發光之發光顏色隨著參數的不同而有著不同的結果，因此提出了量子侷限模型來解釋這種現象。隨著 Axel Richter 發現多孔矽之發光現象後，有關多孔矽的報導逐漸被國外所重視。
其應用例如：發光二極體、光感測器、光壓太陽電池、氣體感測.....等之多孔矽材料應用也隨之被開發了出來。除此之外，多孔矽還能隨著週期性照光或改變電流、電壓之參數以調變多孔矽之孔隙率，這種多孔矽之孔隙率調變能夠使得多孔矽造成折射率之不同以及能隙寬度之變化。光源一直以來都是人們不可或缺的東西，我們希冀能改善發光效率，並依據其特性做出設計與應用。

參、研究方法及進行步驟

實驗設計流程:



首先按照上圖所示，要先預設本次實驗的目的與期望的結果，藉以去設計出與預計中相符合的實驗參數。待實驗完畢後，將多孔矽晶片以IV檢測儀、二波段uv光等實驗儀器測試出該多孔矽晶片的各項參數與特性；這時回顧實驗步驟的第一步，預設實驗目的，去比對出多孔矽晶片時刻特性是否相同。如相同，則代表本次實驗成功，一開始所假設的想法正確，待多次實驗多方驗證後，即可成為此參數之固定特性。若結果不同，則此次實驗一開始所假設的目標錯誤，抑或是實驗參數假設錯誤，此時就必須要利用本身的學識或是論文資料，去做多方面的驗證，藉以調配出正確的實驗參數。

多孔矽之形成是經由氫氟酸電解液在 Si 的表面產生侵蝕作用並且形成了奈米級程度之孔隙以及不規則柱狀 Si 結構，由 T.Unagami et al.之研究發現，多孔矽在形成的初期會先產生多孔矽薄膜層，隨後才會產生多孔矽層。

二價反應: 1. $Si+2HF+(2-x)h^{+}\rightarrow SiF_2+2H^{+}+xe^{-}$ $(x<2)$

2. $SiF_2+2HF\rightarrow SiF_4+H_2$

3. $SiF_4+2HF\rightarrow H_2SiF_6$

四價反應: 1. $Si+2HF+(4-y)h^{+}\rightarrow SiF_4+4H^{+}+ye^{-}$ $(y<4)$

2. $SiF_4+2HF\rightarrow H_2SiF_6$

以上為以氫氟酸蝕刻矽晶板之反應式，多孔矽的蝕刻方式為向下蝕刻，以侵蝕方式形成孔洞以及柱狀矽。在反應式中我們可以知道 H_2SiF_6 為可溶於水之反應物，藉此在多孔矽與矽晶板形成反應的時候，H_2SiF_6 會溶於水所以在矽晶板上會形成奈米級之孔洞，這便是形成多孔矽之原理。

清潔: (a) 先將矽晶片在丙酮溶液中使用超音波洗淨器震盪五分鐘。

(b) 將矽晶片於工業酒精中使用超音波洗淨器震盪五分鐘。

(c) 將矽晶片於去離子水中使用超音波洗淨器震盪五分鐘。

(d) 使用無塵紙將洗淨的矽晶片妥善保存。

試片規格
- **P type:** Dopant:B；R:1~10Ω-cm；Thickness:525um
- **N type:** Dopant:P；R:1~5 Ω-cm；Thickness:525um
- **PN type:** Dopant:P/As；R:0.009~0.02 /17.79~20.89 Ω-cm Thickness: 525um/50um

蝕刻方法
- 槽型蝕刻
- 接觸型蝕刻

1. 電激發光，以多孔矽晶片通以電流使之發出可見光，以達成目標。
2. 做出多孔矽結構之晶片，再以實驗器材進行光激發光測試，以及電阻量測。
3. 用各種光源照射並觀測其電阻改變，嘗試做出對光具有敏感性的多孔矽晶片。

肆、儀器設備需求表

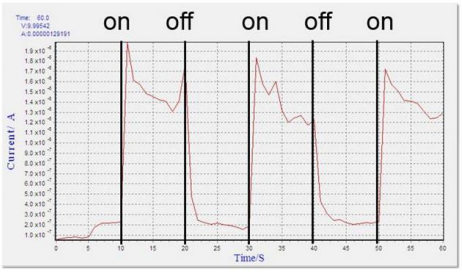
1.恆電位儀	7.蝕刻槽
2.試管	8.燒杯
3.探針	9.超音波洗淨器
4.化學藥劑	10.滴管
5.電性測量平台	11.二波段 UV 光
6.光學顯微鏡	12.IV 檢測儀

伍、預期完成之工作項目及具體成果

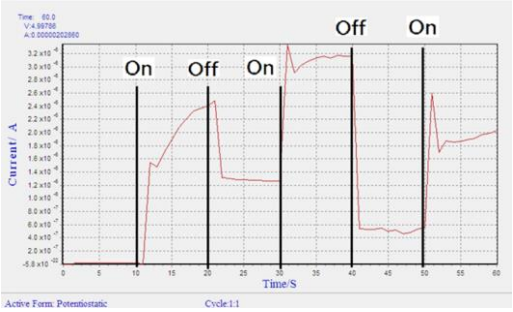
預期完成的項目以通電激發光為大宗，輔以周邊材料做電阻以及光譜的分析，思考其原理和發光的特性以及實驗參數影響，找出能夠使用之材料，若找出能夠發光之材料，對人類的有效發光實是有用之舉，因其成本較為市面上的 LED 為低，且容易大量製造，因此只要能掌握其特性及應用，便能帶來大量商業利潤。我們可獲得光電實驗方面的經驗，凡舉一些課本上面學到的理論，光電效應，電阻效應，如何結合電子學之前學過的理論與現在的實驗結果做結合，藉此達成學習的目標。

利用不同的蝕刻方法－槽型蝕刻、接觸型蝕刻，以及相異的實驗參數，去製作出不同特性的多孔矽晶片。再針對不同的多孔矽晶片之應用方法，做出不同的測試，以得到預期中的特性與參數。
一年專題具體成果如下:
1.光切換器
2.隱形墨水
3.多孔矽 LED
4.光激發光

1. 光切換器

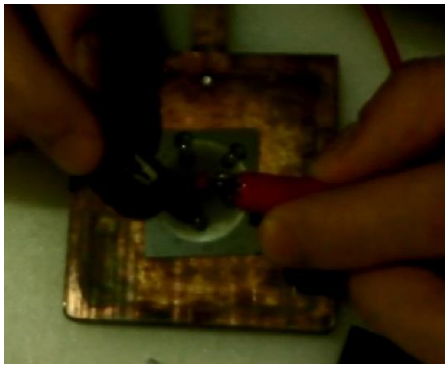


電流約1.9x10^-6(A)



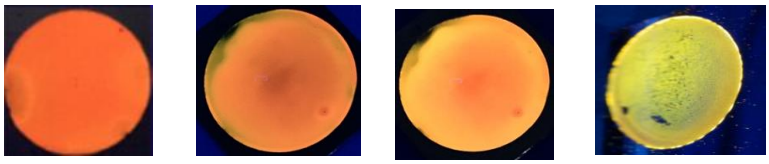
2. 隱形墨水

3. 多孔矽 LED



4. 光激發光

紅 橙 黃 綠



陸、預定進度甘梯圖

請視計畫性質及需求自行訂定。

月 次 工作項目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月	第11月	第12月
資料及文獻收集	V	V										
實驗數據紀錄		V	V	V	V	V	V	V	V			
測試試片特性		V	V	V	V	V	V	V	V			
研究應用方法							V	V	V	V		
成品測試								V	V	V	V	V
進度累計百分比(%)												

柒、參考文獻

[1] D. Jovanovic, J.P. Leburton, IEEE Electron Dev. Lett. 14 (1993) 7.

[2] Biswajit Das, Physica E. 23 (2004) pp. 141-146

[3]C.L. Chen, R.H. Matherw, L.J. Mahoney, S.D. Calawa, J.P. Sage, K.M. Molvar, C.D. Parker, P.A. Maki, T.C.L.G.Sollner, Solid-State Electronics. 44 (2000) pp. 1853-1856

[4]Yingying Zhang, Feng-Chao Wang, Ya-Pu Zhao, Computational Materials Science. 62 (2012) pp. 87-92

[5]B. Chouaibi, A. Benfredj, S. Romdhane, M. Bouaicha, H. Bochriha, Solid-State Electronics. 79(2013) pp. 60-64

[6]Canham, L. T., Appl. Phys.Lett. 57.1046(1990)

[7]L.Z. Yu and C.R. Wie, Electronics Lett. 28,911(1992)

[8]R.L. Smith, S.D. Collins, Phys. Rev. A, 39, 5409(1989)