

以硒化鎘/硫化鋅與金奈米粒子建構先進之光感測元件

研究生：張志遠

指導教授：吳重雨 老師

李耀坤 老師

國立交通大學電子工程系研究所碩士班

摘要

在本論文中，吾人使用硒化鎘/硫化鋅(核/殼)和金奈米粒子，透過離子作用力建構多層光感測奈米元件結構於矽基板上。一個具較大能隙的硫化鋅如同硒化鎘奈米粒子的保護層，用以提高其穩定性和量子效應。由紫外-可見光吸收光譜和螢光光譜的結果顯示，硒化鎘/硫化鋅奈米粒子比先前所使用的硒化鎘奈米粒子具較好的光特性。

在結合硒化鎘/硫化鋅和金奈米粒子的四層奈米結構中，在照射 375 nm 雷射光後，在各種偏壓下有固定約 28 nA (30 μ m / 5 μ m) 與 70 nA (30 μ m / 15 μ m) 的電流增加。除了 375 nm，亦利用 400 nm 和 435 nm 的雷射作為激發光源，我們發現在較短波長照射下，將產生較大的光電流，此結果亦與吸收 / 放射光譜相互印證。此外，較長的電極長度或較多層之奈米結構將導致更大的光電流產生，可以利用“奈米蕭特基二極體和電阻陣列”模型成功地解釋之，我們可以利用 HSPICE 去模擬此二維模型且發現有同樣的現象。最後，我們發現四層的金 / 硒化鎘/硫化鋅 奈米結構之“每單位體積所產生的光電流”至少為硒化鎘薄膜結構的 1183 倍，且在我們理想的推論下，其光電轉換效率可達 40%。

除了結合金和硒化鎘/硫化鋅奈米粒子的結構，吾人單單利用硒化鎘/硫化鋅奈米粒子建構多層結構於矽基板上。在執行離子的組裝製程之前，MSA-硒化鎘/硫化鋅與 AET-硒化鎘/硫化鋅奈米粒子表面分別利用化學法修飾成帶負電荷和正電荷官能基。我們發現十二層的結構之

“每單位體積所產生的光電流”至少為傳統硒化鎘薄膜結構的 34 倍。最後，我們推斷 金 / AET- 硒化鎘/硫化鋅 奈米元件如同一光二極體，然而 MSA- 硒化鎘/硫化鋅 / AET- 硒化鎘/硫化鋅 奈米元件如同一般傳統的光敏電阻。此外，金 / AET- 硒化鎘/硫化鋅 奈米元件是一個具強大潛力可以發展作為太陽能電池之應用。



Advanced Nanodevice Structures with CdSe/ZnS and/or Au Nanoparticles for Photo-Sensing Applications

Student: Chih-Yuan Chang

Advisor: Chung-Yu Wu

Yaw-Kuen Li

**Department of Electronics Engineering & Institute of Electronics
National Chiao Tung University**

ABSTRACT

In this work, we used CdSe/ZnS (core/shell) and/or Au NPs to construct the multi-layered photo-sensing nanodevice structures on a silicon substrate through ionic interaction. ZnS with larger energy bandgap served as a passivation layer on CdSe NPs to enhance the stability and quantum yield. From the results of UV-visible absorbance and photoluminescence spectra, CdSe/ZnS NPs exhibit better optical properties than CdSe NPs in the previous work.

For the four-layered nanostructure composed of CdSe/ZnS and Au NPs, there was constantly about 28 nA ($30\mu\text{m} / 5\mu\text{m}$) and 70 nA ($30\mu\text{m} / 15\mu\text{m}$) increment to the current measured in the dark for each voltage bias after illumination with 375 nm laser. In addition to 375 nm, 400 nm and 435 nm lasers were also used as light sources for photo-excitation. We found that more photocurrent was generated under shorter wavelength illumination, which was also verified in the absorption / emission spectra. Besides, more photocurrent was generated in the nanostructure with a longer length or a larger number of layers, which can be successfully explained by using the model of “nano-Schottky-diodes and resistor array”. We can obtain the same phenomenon as using HSPICE to simulate the two dimensional model. Finally, we found that the “photocurrent volume density (PVD)” of the 4-layered Au / AET-CdSe/ZnS nanostructure is at least 1183 times better than that of

CdSe thin film structure. The power conversion efficiency can achieve 40% based on our ideal inference.

In addition to nanodevice composed Au and CdSe/ZnS NPs, we constructed multi-layered structure on the silicon oxide substrate by using only CdSe/ZnS NPs. MSA-CdSe/ZnS and AET-CdSe/ZnS NPs, which were chemically modified prior to ionic assembly process, have negative-charged and positive-charged functional groups on the surface of the NPs respectively. We found that the PVD of the 12-layered structure is at least 34 times better than that of conventional CdSe thin film structure. Finally, we conclude that the Au / AET-CdSe/ZnS nanodevice acts like a photodiode while the MSA-CdSe/ZnS / AET-CdSe/ZnS nanodevice acts like a typical traditional photoresistor. Besides, the Au / AET-CdSe/ZnS nanodevice has enormous potential to turn into solar cells applications.



ACKNOWLEDGEMENTS

首先，感謝我的兩位指導教授，吳重雨老師與李耀坤老師，在這兩年來對我的耐心指導與諄諄教誨，讓我能夠順利完成碩士學業。記得剛進來交大唸電子研究所時，對於奈米科技的相關研究極俱陌生，深怕自己無法勝任接替杜長慶學長的再續研究，研究過程中遇到種種挫折與失敗，多虧兩位指導教授的鼓勵與教誨，讓我可以循序漸進，完成此論文。在積體電路設計上，再次感謝吳重雨老師以他淵博的專業知識，給予我指導與啟發，讓我充分學習到分析電路的技巧；在生化領域上，萬分感謝李耀坤老師細心教導，充實我在生化方面的專業知識，使我受益良多。其次要感謝論文口試的評審委員，柯明道教授、陳登銘教授對我的論文提出了許多寶貴的建議，使這篇論文的內容更加完整。真的很感謝您們！

接下來要感謝應化所陳登銘老師實驗室的黃靜萍學姐，在我碩士兩年的研究過程中給予最大的幫忙與經驗分享，讓我在研究的路途中走的更加順利；也感謝李耀坤老師實驗室的可欣、勝文、韋宏、阿勝、cup、阿尼(Keshab)，在我研究遇到挫折時給予鼓勵，讓我再次充滿信心迎接下一次的 success，我只能說認識你們真好；刁維光老師實驗室的王載德學長、甄勻同學；多次提供金奈米粒子的陳振嘉學長，謝謝你；百忙之中抽空幫我照 SEM 的奈米所博士班陳蓉萱學姊；半導體中心 SEM 陳聯珠小姐；集賢電子林金李小姐等等，你們總是給予我不求回報的幫助，真的很感謝你們！當然還要感謝 307 實驗室的學長姊：施育全學長、林俐如學姊、謝文苓學姊、陳勝豪學長、王文傑學長、蘇烜毅學長、林韋霆學長、杜長慶學長、吳諭學長、粘家熒學長、陳煒明學長、歐欣華學長、劉衛宗學長們給予我的指教幫忙和研究上的經驗傳承。同時也要感謝汝玉、豪傑、怡凱、允斌、仲朋、必超、佳惠、泰翔、宛儀、芳綾、鯉魚、資閔、志賢、立龍、國慶，陪伴我度過這段溫馨的研究生活，增添了許多歡笑與回憶；還有幫忙我許多的學弟：晏維、廷偉，謝謝你們，也祝你們研究順利，早日畢業！

最後，要感謝我的父母、姐姐以及所有的親戚朋友們，感謝您們在我研究生活的兩年中給予莫大的加油鼓勵，讓我可以順利完成碩士學業。還有要感謝佛祖的保佑，讓我順利畢業，也希望佛祖能保佑所有我的親戚朋友們。

張志遠

誌於 風城交大 2006 夏