



矽鍺光電元件及太陽能電池之研究

國立台灣大學 光電工程學研究所 博士班四年級 程子桓

指導教授: 劉致為 教授

研究重點

以節能及可再生能源的應用作為研究的課題，研究矽鍺發光二極體、雷射元件的發光機制，利用高摻雜濃度、高載子注入、升溫及外加應力，提升其發光效率，以期達到可相容於矽製成之高運算速度及低耗能的光積體電路；在太陽能電池的光電特性研究中，以光學量測的方式進行太陽能電池參數萃取及缺陷檢測分析，研究其缺陷分布及材料缺陷對於整體效率的影響，進一步提高太陽能電池效率，以提升再生能源的利用率。

研究成果

長久以來，光電積體電路一直是人類追求的梦想，因為光訊號的傳送比電訊號傳送速度快很多，在能源的使用上也大幅降低。人們也希望藉由光電積體電路的發展，整合於現有的矽基電子元件來達成更大的市場用途。矽基整合光學積體電路可以達到產生、調變及偵測光訊號以提供高速的資料運算處理，更可進一步應用在醫學檢測上。

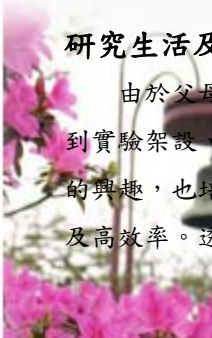
藉由導電帶及價電帶間的電子電動複合，矽鍺發光二極體可以發出在 1~2 微米的紅外光；在 1.3 微米和 1.5 微米光通訊的重要波長上，可利用矽鍺量子點、量子井來達成，在 2.2 微米的中紅外光波長範圍上，可以利用矽鍺的異質能帶特性，做出當今矽鍺最短能量、最長波長的發光元件。藉由矽鍺材料及結構的調變與外加應力，將可以達成含括 1.1 微米到 2.2 微米的發光波長。

為了實現光電積體電路，除了調變紅外光發光源的波長及其發光效率的提升之外，更要進一步與矽製程整合，由於矽材料的能隙能量大於矽鍺光電元件的發光能量，可減少基板的吸收。在矽基板上成長矽鍺量子點、量子井、量子環、矽鍺合金等薄膜，主要著重於減少材料缺陷、降低非發光性複合機率，以提高元件的發光效率。此薄膜的成長機制與最佳化、缺陷分析模型的建立與表面鈍化的研究亦有助於提高元件的發光效率。

鍺半導體在直接能隙與間接能隙之間具有較低的能量差，可以藉由 N 型高摻雜、高溫、高電流密度、高雷射激發功率及外加應力以增強直接能隙的發光性複合。主要增強鍺直接能隙的機制在於增加在直接能隙的載子濃度，並降低缺陷及雜質的濃度。室溫下的光學激發鍺雷射已於今年由 MIT 發展出來，也證實了鍺雷射的可行性，但在電激發鍺雷射的實現，仍具有相當的努力空間。之後將著重於雷射結構之高反射共振面的形成，以提高整體的增益。將來有機會發展出成熟的雷射元件，以實現整合型矽鍺半導體的光電積體電路及光通訊系統。

快速的太陽能電池特性分析、均勻度及缺陷檢測可提高整體效率及生產良率。在矽基太陽能電池及高效率多接面太陽能電池的研究上，藉由開發電激發光的太陽能電池發光性複合模型，建立少數載子生命周期的量測系統、紅外光影像系統以量測太陽能電池的均勻度及缺陷分析。在銅銦鎵薄膜太陽能電池的研究上，以非接觸式的光激發光系統建立材料特性分析並開發缺陷檢測模型，未來將可進一步應用於產線上的即時監控。架構多接面太陽能電池的外部量子效率量測分析系統並搭配能量轉換效率量測系統，可精確分析出各接面的光電特性，並找出效率提升的瓶頸，進一步改善以提升整體效率。檢測分析系統的研發及模型建立將有助於快速並有效的提升太陽能電池效率，在與產線整合後，將可做為即時調控系統，大幅提升生產良率及減少生產時的資源與能源浪費，提升整體產業競爭力。

研究生活及心得



由於父母從小培養我的獨立性，凡事都可以盡量去克服、想辦法解決。在研究的過程中，經歷了從實驗的設計規劃到實驗架設、實驗試作，其中充滿著種種挑戰，從失敗中找錯誤，從誤差中尋求改善，這讓我對科學的研究增添了許多的興趣，也培養了我積極樂觀與勇於接受挑戰的人生觀。展望未來，發展節能及可再生能源的應用，進一步達到低耗能及高效率。透過完整的博士訓練過程，期許成為優秀且傑出之研究人才，以回饋社會。