光電半導體組

葉秉慧 副教授

美國馬里蘭大學電機博士

研究領域：III-V 族半導體雷射與發光二極體、光偵測器、太陽能電池、晶體光纖光源、光通訊

實驗室：新穎光源實驗室

電子郵件: pyeh@mail.ntust.edu.tw

電　　話: 02-27376368

一、簡歷

台大物理系畢業，於 1995 年取得美國馬里蘭大學(Univ. of Maryland, College Park)電機系博士學位，專長是光電半導體。畢業後就職於加州矽谷的 SDL 公司(在高功率、高亮度半導體雷射居世界領導地位)。從工程師做起，負責改進產品設計。從長晶、波導設計、元件設計、製程、鍍膜、散熱設計、模組設計都有參與。三年後升上組長，研製美國空軍訂製的高溫度範圍、高速半導體雷射，成功開發出 SDL-5800， 現在用於美國最先進的 F22 戰鬥機的光通訊系統，是公司獲利率最高的產品之一。此外，與同事共同發表了當時世界最高功率的單模光纖雷射[2]，目前仍是最多被引用的論文之一。

SDL 公司於 2001 年被光通訊元件企業龍頭 JDS Uniphase 收購。在矽谷創業氛圍下，我離開 JDS Uniphase，創立了一個高科技小型企業:Optospace Technologies Inc.。目標是開發新的光電元件，著重於新的光源和光纖放大器，用於下一代光通訊和醫療影像技術。於五年內獲得兩次美國國家科學基金會(National Science Foundation)的 SBIR(Small business innovation research)獎金贊助及一次美國國家衛生院(National Institutes of Health)的 SBIR 獎金贊助。

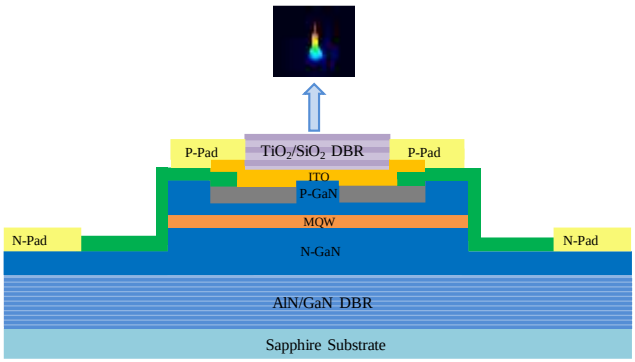
於 2007 年回台擔任台灣科技大學電子系與光電所助理教授。延伸過去的經驗與專長，發展二個主軸。一個以光電半導體相關元件為主，包括氮化鎵發光二極體、雷射、光偵測器與太陽能電池，另一個以光纖為主，包括晶體光纖光源與生醫影像掃描。

二、近年研究題目

(1)氮化鎵發光二極體與雷射

氮化鎵材料發光元件近年積極發展，應用在許多領域，特別是固態照明、顯示和光儲存。高功率與高效率是此產業的兩項主要訴求。基於多年我在高功率、高亮度半導體雷射公司的工作經驗來研發新的技術以產生高性能氮化鎵元件。圖一與圖二分別是本實驗室製作的氮化鎵發光二極體與垂直共振腔面射型雷射(vertical-cavity surface emitting laser, VCSEL)，後者是世界第一個單模氮化鎵垂直共振腔面射型雷射，有最低的閾值電流與發散角[5]。

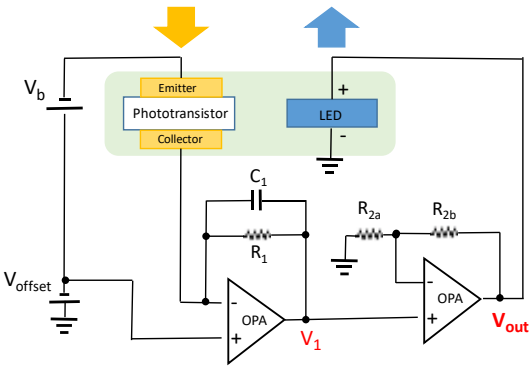
圖一 測試氮化鎵發光二極體



圖二 氮化鎵垂直共振腔面射型雷射示意圖[5]

(2)氮化鎵光偵測器

氮化鎵為寬能隙材料，適合偵測或收集短波長入射光，可彌補矽偵測器之不足。本實驗室是世界第一個用 LED 晶圓做出異質接面光電晶體。只需 3V 電壓就能產生約 790 倍的光電流增益，遠低於雪崩式光偵測器所需的操作電壓[7]。同時還可以與 LED 積體化[9]，提供了更多功能與高性價比，譬如訊號收發器、波長轉換器、光功率監控與警示等。另外，應用 APP、Arduino 與藍芽技術做遠端智慧操控。

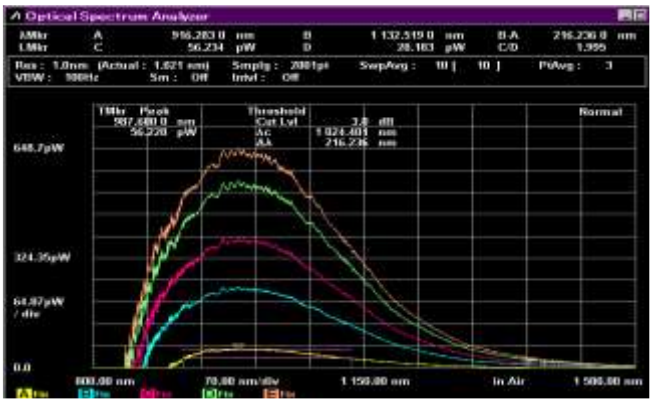


圖三 積體化氮化鎵光電晶體與發光二極體[9]

圖四 遠端紫外線偵測與警示

(3)晶體光纖光源

某些光學晶體擁有的光學性質是傳統玻璃光纖或是半導體雷射材料無法提供的。將這種晶體抽成晶體光纖並加上波導結構，使其與傳統光纖元件相容，就可以開發新功能的光纖光源。與傳統晶體光源相比，晶體光纖光源不僅要求較少的激發光和較少的散熱處理，還提供了體積小、可攜帶、堅固的封裝並以光纖為輸出端、少維修、價格具競爭力等優點。



圖五 Cr:forsterite 寬頻光纖光源的光譜

三、重要論文

[1] P. S. Yeh, I-F. Wu, S. Jiang and M. Dagenais*, “High-power high-gain monolithically integrated pre-amplifier/power amplifier,” Electronics Letters, V. 29, n. 22, pp. 1981-1983, 1993.

[2] V. Dominic, S. MacCormack, R. Waarts, S. Sanders, S. Bicknese, R. Dohle, E. Wolak, P. S. Yeh, and E. Zucker, “110W fibre laser,” Electronics Letters, V. 35, pp. 1158-1160, 1999.

[3] C. Y. Lo, K. Y. Huang, J. C. Chen, C. Y. Chuang, C. C. Lai, S. L. Huang*, Y. S. Lin, and P. S. Yeh, “Double-clad Cr^{4+}: YAG crystal fiber amplifier,” Optics Letters, V. 30, n. 2, pp. 129-131, 2005.

[4] Pinghui S. Yeh*, Meng-Chun Yu, Jia-Huan Lin, Ching-Chin Huang, Yen-Chao Liao, Da-Wei Lin, Jia-Rong Fan, and Hao-Chung Kuo, "GaN-Based Resonant-Cavity LEDs Featuring a Si-Diffusion-Defined Current Blocking Layer," IEEE Photonics Technology Letters, V. 26, n. 24, pp. 2488-2491, 2014.

[5] P. S. Yeh*, C.-C. Chang, Y.-T. Chen, D.-W. Lin, J.-S. Liou, C. C. Wu, J. H. He, and H.-C. Kuo, "GaN-based vertical-cavity surface emitting lasers with sub-milliamp threshold and small divergence angle," Applied Physics Letters, V. 109, 241103, 2016.

[6] Yi-Ting Huang, Pinghui S. Yeh*, Yen-Hsiang Huang, Yu-Ting Chen, Chih-Wei Huang, Cong Jun Lin, and Wenchang Yeh, "High Performance InGaN p-i-n Photodetectors Using LED Structure and Surface Texturing," IEEE Photonics Technology Letters, V. 28, n. 6, pp. 605-608, 2016.

[7] Pinghui S. Yeh*, Teng-Po Hsu, Yen-Chieh Chiu, Sian Yang, Cheng-You Wu, and Jung-Shan Liou, "III-Nitride Phototransistors Fabricated on a Light-Emitting-Diode Epitaxial Wafer," IEEE Photonics Technology Letters, V. 29, n. 19, pp. 1679-1682, 2017.

[8] Yu-Chieh Chiu, Pinghui Sophia Yeh*, Tzu-Hsun Wang, Tzu-Chieh Chou, Cheng-You Wu, and Jia-Jun Zhang, "An Ultraviolet Sensor and Indicator Module Based on p–i–n Photodiodes," Sensors, V. 19(22), 4938, 2019.

[9] Pinghui S. Yeh*, Yu-Chieh Chiu, Tsung-Che Wu, Yan-Xiang Chen, Tzu-Hsun Wang, and Tzu-Chieh Chou, "Monolithic integration of GaN-based phototransistors and light-emitting diodes," Optics Express, V. 27(21), 29854-29862, 2019.

[10] Yen-Yu Liu, Tsung-Che Wu, Pinghui S. Yeh*, "Etch-stop process for precisely controlling the vertical cavity length of GaN-based devices," Materials Science in Semiconductor Processing, V. 120, 105265, 2020.

四、專利

1. Ping-hui Yeh, Meng-Chun Yu, Jia-Huan Lin and Ching-Chin Huang, “Method to fabricate GaN-based vertical-cavity surface-emitting devices featuring silicon-diffusion defined current blocking layer”, U. S. patent number: 9819152, Issued date: Nov. 14, 2017, Expiration date: Oct. 7, 2035.
2. 葉秉慧、余孟純、林家煥、黃景勤，“一種以矽擴散型電流阻擋層製作氮化鎵垂直共振腔面射型發光元件的方法”，中華民國專利發明第 I 563756 號，自 2016 年 12 月 21 日至 2034 年 12 月 23 日。
3. 葉秉慧、李恆毅，“超寬頻近紅外線發光模組及產生超寬頻近紅外線的方法”，中華民國專利發明第 I 555290 號，自 2016 年 10 月 21 日至 2034 年 12 月 14 日。
4. S. L. Huang, C. Y. Lo, K. Y. Huang, J. C. Chen, C. Y. Chuang, C. C. Lai, Y. S. Lin, and P. S. Yeh, “Transition metal doped fiber amplifier”, U. S. patent number 7333263, Issued date: February 19, 2008.
5. 黃升龍、羅家堯、黃光堯、陳建誠、莊江源、賴建智、林彥勝、葉秉慧，“摻過渡金屬光纖放大器”，中華民國專利發明第 I 315806 號，自 2009 年 10 月 11 日至 2025 年 1 月 6 日。

五、近年執行的計劃

(1) “基於矽光子技術之快速多模組醫學檢測研發與應用,”科技部專案研究整合型計畫共同主持人 (2018-2021)

(2) “研製高均勻度的藍光垂直共振腔面射型雷射與高功率雷射陣列,”科技部一般型專題研究計畫主持人 (2019-2020)

(3) “研製新型氮化鎵基光電晶體,”科技部一般型專題研究計畫主持人 (2017-2018)

(4) “由組織、細胞至胞器之臨床診斷用三維斷層成像暨分析術-(子計畫四)應用於醫學成像的近紅外線寬頻光纖光源,”科技部國家型科技計畫子計畫主持人 (2014-2017)

(5) “適用於疊層(多重接面)矽薄膜太陽電池的 TCO 玻璃製作技術開發暨試產評估(20 × 20 cm2),”國家型科技計畫(產學合作)共同主持人 (2011-2014)

(6) “氮化銦鎵太陽能電池材料與元件之研製,”國科會一般型專題研究計畫主持人 (2010-2012)

(7) “選擇性引導氮化鎵量子井材料組成改變的研究,”國科會一般型專題研究計畫主持人 (2009-2010)