

# 化合物半導體

## COMPOUND SEMICONDUCTOR TAIWAN

**No. 13**

季刊 2014年 第4期

### 三五族準備取代矽元件



ACE Angel logo

# IQE

網址: [www.tw.iqep.com](http://www.tw.iqep.com)

## 全球領先的 先進半導體磊晶片 製造商

IQE生產先進的半導體基板和磊晶片，並應用於當今高科技領域中。

射頻產品：

GaAs: HBT、pHEMT、BiFET、BiHEMT。

GaN/SiC: HEMT。

光電產品：

VCSEL、邊射型鐳射、PiN探測器、

發光二極管 (LED)、超高亮度發光二極管

(UHB LED)、多接面聚光光伏(CPV)太陽能電池。

電子產品：

矽、矽鍺合金、矽層上覆鍺、MEMS, Sensors。

請立即聯繫IQE以獲知詳情。

IQE二十多年的磊晶片代工製造經驗，  
將為您帶來獨特的競爭優勢：

亞太營業部：

代辦處: [sale@conary.com.tw](mailto:sale@conary.com.tw)

代辦處: (886) 22-509-1399

**IQE-TW**

No.2-1,

Li Hsin Road

Hsinchu Science Park

Hsinchu 300,

Taiwan.

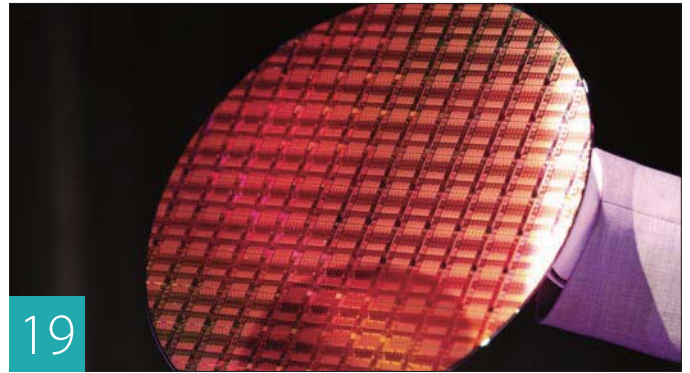
No. 13 2014年第4期

封面故事 · Cover Story

19

三五族準備取代矽元件

創紀錄的遷移率、可在八吋矽晶圓上生產以及令人印象深刻的奈米級性能等特徵，顯示III-V族MOSFET元件距離量產的日子越來越近。多年來專家們一直在爭論矽元件的尺寸微縮即將走到盡頭。然而種種技術上的障礙常常因為工程師在實驗室和晶圓廠內努力提出各樣令人驚豔的創新方法而得以克服，也因此摩爾定律的步伐得以繼續向前邁進。但是現在呢？越來越多類似的說法浮上檯面，似乎矽的日子真的屈指可數了。不然為什麼連重量級的IBM都會願意投資30億美金開發新技術，包括7奈米節點以及更小尺寸的矽後（post silicon）技術呢？

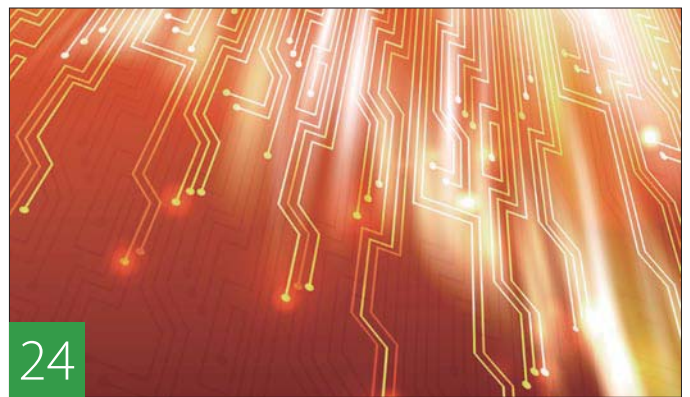


CS精選 · CS Features

24

紅外線雷射讓Silicon飆速

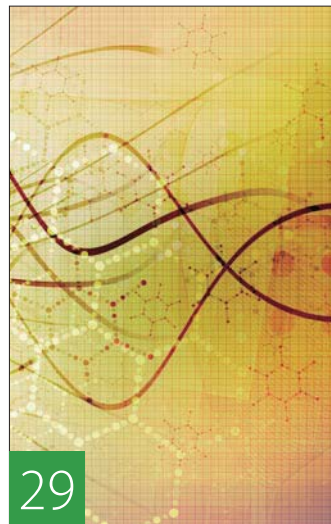
矽晶片上雷射結構的成長有望克服迫在眉睫的數據傳輸瓶頸。資料傳遞率上升是可實現的，藉由讓光在晶片間傳導與將光導引在晶片周圍的軌道以矽電線做取代。然而，這種矽光子方法被缺乏效率的矽雷射所阻礙，因此，III-V族被採用了一但在此整合上仍是充滿挑戰性。



29

切進中紅外線和更高頻率的領域

要從中紅外線（mid-infrared）波長和兆赫（terahertz）頻率之間產生同調發射光源是非常不容易的。但是如果能夠成功的話，將會有持續的巨大回報—如果這些新裝置在商業上是可行的話，就能夠適用於其它新應用並打開新市場的大門。



33

LED效率下降：關鍵回顧以及新穎解決方案

當近期發表「直接了當地」將問題歸咎於Auger複合時，辯論關於氮化物LED效率下降之成因正吵得沸沸揚揚。在此我們來檢視所提出的效率減損機制，討論幾個在效率下降當中的難解謎團，還有提供用以提高效率之吸引目光的新穎LED架構。



3

產業新聞

7

市場瞭望

37

廣告索引

No. 10 2014年第1期

**董事長**  
王耀德 Owen Wang

**總經理／發行人**  
施養榮 Douglas Shih

**主編**  
廖秋煌 George Liao  
george@arco.com.tw

**資深編輯**  
曹宇容 Rebecca Tsao  
rebecca@arco.com.tw

**廣告刊登**  
Tel: 02-2396-5128 分機204

**發行・訂閱**  
Tel: 23965128 分機233  
Fax: 23967816

**發行所**  
A member of the ACE Group  
亞格數位股份有限公司  
台北市八德路一段五號七樓  
Tel: 886-2-23965128 (代表號)  
Fax: 886-2-23967816

Compound Semiconductor  
**Published by**  
Angel Business Communications Ltd,  
Hannay House, 39 Clarendon Road,  
Watford, Herts WD 17 1JA, UK  
Tel: +44 (0) 1923-690200  
Web site: www.compoundsemiconductor.net

**Editor in Chief**  
David Ridsdale-david.ridsdale@angelbc.com  
**Director of Solar & IC Publishing**  
Jackie Cannon- jackie.cannon@angelbc.com

行政院新聞局出版事業登記證局版  
北市誌字第2320號  
中華郵政北台字第6500號執照登記為雜誌交寄  
版權所有，非經書面同意，不得轉載

**ACE GROUP**  
亞岱國際集團  
亞岱國際集團經營出版、展覽與會議、公關、  
創業投資顧問及相關網站，為全球最大高科技產業  
整合行銷服務集團之一。

©2014 版權所有 翻印必究



# 與物聯網相關的處理、感測及通訊半導體元件市場將快速成長

**國**際研究暨顧問機構Gartner表示，與物聯網（IoT）相關的處理、感測及通訊半導體元件，勢必成為整個半導體市場中成長最為快速的領域之一，預期2015年將成長36.2%，相較之下整體市場規模僅擴大5.7%。處理功能將是物聯網半導體元件相關營收的最主要來源，2015年營收將達75.8億美元，感測器則成長力道最為強勁，2015年將大幅成長47.5%。

處理功能相關半導體元件包括了微控制器（microcontroller）及嵌入式處理器，感測半導體元件則涵蓋光學與非光學感測器。

該研究暨顧問機構研究總監Alfonso Velosa表示：「物聯網物件的數量將高達數十億，從軟體與服務到半導體元件，整個價值鏈都將因為這背後龐大需求而受惠。物聯網中的物件將帶動市場對獨立晶片產生大量需求。物聯網半導體元件的成長力道將來自各種產業，遍及消費、工業、醫療、汽車等領域。」

Gartner預測了半導體營收最為看好的15種物聯網物件，其中幾項非常有趣的趨勢包括：

- 在2020年以前，汽車業將在物聯網半導體需求方面持續扮演要角，在15種半導體營收最高的物聯網物件當中，就有6個來自汽車相關產業部門。行車安全規定，再加上市場對汽車便利與無人駕駛功能的需求，逐漸帶動新型半導體元件晶片的大量需求。所謂的預知維護（predictive maintenance），正是物聯網帶動汽車轉型的絕佳案例之一，只要利用遍佈在引擎上的小型感測器，就能提升消費者體驗，同時大幅降低消費者與車商成本。
- LED照明將以量取勝，可透過連結、串聯與感測四周環境的功能，同時降低成本並實現新型態服務。
- 想提升生活品質的消費者亦將於帶動物聯網需求成長的過程中扮演關鍵角色，這也會連帶創造更多半導體需求。智慧電視與機上盒（STB）之營收將持續成長，因為它們的處理功能需求增加，且與傳統嵌入式物件相比，物料清單（BOM）成本相對較高。
- 隨著穿戴式裝置逐漸成為消費者日常生活中的一部份，智慧眼鏡與智慧手錶也將受惠於物料清單成本上揚的趨勢，並會帶動相關需求。對物聯網而言，節能向來是貨真價實的附加價值所在。

Gartner研究副總監Dean Freeman預測，到2020年以前物聯網相關半導體營收將成長近30%，你所能想到的每個產業都將貢獻營收，主要由數量龐大的低成本元件所帶動。業界有些人認為，這股成長趨勢將帶動半導體產業轉型，不過，調查發現物聯網元件絕大多數屬於量化商品，其實低價元件才是物聯網最主要推手之一。

編輯部

### 科銳開創性SC5技術平台重新定義大功率LED

科銳公司 (CREE) 宣佈推出開創性的SC5技術平臺，在照明級LED性能方面再次實現重大突破。科銳以這一新型技術平臺為基礎，推出超大功率 (XHP) LED元件系列產品，以推動下一代照明應用。科銳超大功率 (XHP) LED元件能夠將大多數照明應用的系統成本降低多達40%。

SC5技術平臺建基於科銳業界最佳的碳化矽 (SiC) 技術，在外延結構和晶片架構方面實現了多項重要技術提升，並且開發出經過最佳化設計的先進光轉換系統以實現最佳散熱性能和光學性能。這些領先優勢使得SC5技術平臺實現了無與倫比的流明密度，同時比之舊有LED技術能夠在更高溫度下運作且壽命更長，使得系統層面的熱學、機械學和光學成本均大幅降低。

XLamp XHP50 LED是超大功率 (XHP) LED系列的首款產品，封裝尺寸為5.0 mm x 5.0 mm，能夠在19 W輸入功率條件下實現最高2250 lm光通量。在最大電流下，XLamp XHP50 LED提供的光輸出達到目前業界亮度最高單晶片LED元件XLamp XM-L2 LED的雙倍，並且光效水準接近，也不需要增加封裝尺寸。XLamp XHP50 LED憑藉科銳最新的可靠性技術創新，能夠耐受高溫度和大電流條件，其L90壽命超過5萬小時。

### 鈣鈦礦太陽能電池潛力看好

鈣鈦礦 (perovskite) 最早的研究起於1990年，由IBM的David Mitzi使用有機金屬鹵化鈣鈦礦製作TFT以及LED。2014年美國加州理工的楊陽教授團隊，以真空輔助製程 (Vapor-Assisted Deposition) 的方式製作出比濕式製程更加均勻的鈣鈦礦結構層；真空輔助製程的鈣鈦礦層其表面粗糙度約23.2奈米，轉換效率達19.3%。另外，根據光電協進會 (PIDA) 研究，鈣鈦礦太陽能電池除了具有高轉換效率外，成本更是其最大的優勢，其建置成本可望與矽晶太陽能電池模組競爭。

根據牛津大學的鈣鈦礦太陽能電池專家 Snaitth博士表示，目前於實驗室之鈣鈦礦太陽能電池成本約0.4美元/瓦，屆時如果於工業量產，將可望將成本再減半。而根據ITRPV於2014年之報告中數據顯示，2020年時，非中國製的矽晶太陽能電池模組 (60-cell double-sided contact c-Si cell module) 之價格將可能由目前約0.6美元/瓦降低至約0.45美元/瓦。屆時鈣鈦礦之建置價格若真能以接近0.2美元/瓦的價格販售，將具有很大的競爭性。

鈣鈦礦太陽能電池之轉換效率已與矽晶太陽能電池接近，且價格在未來將具有很高的競爭性。不過，美國加州理工的楊陽教授表示，由於目前尺寸仍然是1吋x1吋，離商用等級1公尺x1公尺仍有段距離。預計仍需約5年方可進入工業量產階段。另外，

2014年10月開展的奈米展中，由台灣大學林唯芳教授團隊所研製出來的鈣鈦礦太陽能電池，也達到轉換效率15.6%的水平，並在美國已申請專利，期預計產出的電力成本低於0.3美元/瓦。因此台灣在未來之競爭仍有機會；如果能與產業合作，完成耐久性測試，以及完備製程技術等商業化階段，或許有助於儘快將太陽光電的主流技術推進下一代。

### Molex microSD/micro-SIM組合式連接器具有更薄外形及更小尺寸

Molex公司宣佈推出可滿足行動設備製造商對高靈活性連接器產品需求的新款 microSD/micro-SIM 組合式連接器，相較於競爭產品，它的尺寸更小，外形更薄。這款採取正常安裝方式的推拉式組合連接器之高度為 2.28 mm，帶有探測開關，且因將兩種卡的功能合而為一，所以可節省空間，從而省去了使用額外次級印刷電路板的需求。該連接器可容納以相同方向堆疊的卡，操作起來更方便，印刷電路板的佈局也更優化，使得這款組合式連接器成為市場上最薄及最緊湊的設計。

Molex全球產品經理DongWook Kim表示，「在microSD和micro-SIM卡的設計過程中，使空間節省和操作便利性達到最佳平衡，一直都是行動設備設計人員經常遇到的問題。迄今為止，設計人員要麼是利用更多的空間來容納每個卡槽，或是使用柔性板對板 (flex-to-board) 印刷電路板來同時處理這兩種外形尺寸。Molex的microSD/micro-SIM組合式連接器既可大幅度節省空間，同時還提供了方便的卡操作功能，從而解決了此一問題。此外，此一新型設計還可以降低製造、裝配與組件成本。」

microSD/micro-SIM 組合式連接器的特點如下：

- 自由插拔microSD卡，不需要事先關閉電源或拆下電池。
- 防拔除觸點端子設計，可防止觸點折斷，確保卡插拔過程的順暢性。
- 卡的極化 (polarization) 功能，以防止不正確插卡。
- 卡的防粘貼設計，防止錯誤插入到micro-SIM卡槽的microSD卡被卡住。

與競爭產品相比，Molex microSD/micro-SIM組合式連接器讓行動設備設計人員節省高達15%整體空間。

### 新思科技 (Synopsys) 以介面IP和與台積電共同研發的16奈米FinFET+設計基礎架構

晶片設計及電子系統軟體暨IP領導廠商新思科技近日宣布，以介面IP和與台積電合作研發的16奈米FinFET Plus設計基礎架構，獲頒台積電「2014年度最佳夥伴獎」。新思科技與台積電已建立長達15年以上的合作關係，而雙方最近的合作成果，透

## 產業新聞 ◆ Market News

過將新思科技IP、設計工具及晶片設計所需的參考流程最佳化，加速FinFET製程技術應用在高效能及低功耗系統單晶片（SoC）設計上。新思科技已連續五年在IP及電子設計自動化（Electronic Design Automation, EDA）技術獲得台積電的表揚。

台積電設計基礎架構行銷事業部資深協理Suk Lee表示：「這些獎項肯定新思科技在提供經矽晶驗證合格的FinFET設計實作工具與IP上的卓越能力。新思科技致力為我們的共同客戶提供高品質的IP及全方位的設計工具，協助客戶利用台積電的製程技術快速創造具有區隔性的產品，縮短產品的量產時間。」

新思公司策略聯盟與專業服務部副總裁Glenn Dukes表示：「台積電與新思科技的共同目標，就是以台積電的先進製程技術，為設計人員提供開發複雜SoCs所須之經認證的EDA工具、方法及IP。身為台積電所信賴的合作夥伴超過15年，這些獎項對新思科技旗下能協助設計人員實現設計目標、加快產品上市時間的IP和先進FinFET設計解決方案之品質及廣泛應用性給予高度的肯定。」

### ADI推出第一款整合型類比控制器可讓高效率充電電池製造最佳化

Analog Devices, Inc.推出兩顆元件的組合，成為一組整合型類比控制器以提供再生能源，而且相較於現有的可充電電池化成和分級系統解決方案，有顯著的性能和成本優勢。AD8450/1精密類比前端和控制器，以及ADP1972降壓或升壓PWM控制器，在充電和放電循環提供能源效率的優勢，這兩種循環都由PWM控制器提供電流，而且引導回電網或對其他電池充電。

這組雙元件架構的獨特之處是採用類比控制迴路，比當前的數位解決方案更能提供顯著的優勢。這些優勢包括更快的控制關鍵信號路徑，高達1.5 MHz，大於90%的效率，還有更高的溫度量測準確度。這個解決方案是專為中高能量電池的電池化成和分級系統而設計，這類電池用於混合動力車與電動車、儲能以及工業用工具。

該系統解決方案的其他優勢，包括能夠分享多條低成本精密D/A轉換器和A/D轉換器通道。如此一來便降低了整個系統的成本和周邊功率元件的尺寸，同時提高切換頻率到高達300kHz。通道之間的相移中加上同步可減少輸入濾波。此外，這個解決方案也降低複雜的程式撰寫需求，並且縮短大量的系統校正時間。這在同步和非同步的架構中都可使用。設計工具與完整參考設計可提供客戶以減少開發成本和週期。

### Diodes負載開關妥善保護USB介面

Diodes公司（Diodes Incorporated）推出單通道負載開關

AP22802，能夠全面保護互連裝置以避免受突波及短路的風險。這款高度整合的元件在一般USB和其他熱插拔應用上優化，並採用了SOT25小型封裝，佔位面積僅9mm<sup>2</sup>。

AP22802的輸入電壓範圍為2.7V到5.5V，並設定2.7A為典型電流限制，以防過載。該元件的反應時間快速，可在感測故障後即時把箝位元輸出電流調整到安全水平。這款負載開關能為電路設計人員提供低電位有效及高電位有效的使能輸入選擇，從而增加靈活性。

新元件備有電壓過低鎖定功能，確保內部電源開關即使已使能的情況下，仍維持關閉狀態，直到輸入功率最少達到2V。這有助於設計單通道熱插入系統。

為了開關在關閉時能夠安全處理剩餘輸出電壓，AP22802把自動放電功能及內部N-MOS功率開關結合起來，提供可靠的電阻放電路徑。

這款負載開關的其他保護功能包括反向電流阻隔、受控上升時間，以及過溫偵測和自動回復。另有漏極開路旗標輸出，加上內置的6ms干擾消除技術，以防止過流和過溫的錯誤報告。

### Microchip USB2.0 4埠集線器控制器將手機與汽車資訊娛樂系統相連

Microchip Technology Inc.近日宣布推出全新4埠汽車等級的IC USB84604，拓展其USB 2.0 Controller Hub產品線。USB84604 UCH2採用FlexConnect技術，擁有上行埠，支援USB 2.0和USB高速晶片間（HSIC）連接，對於需要大量USB埠和連接的汽車資訊娛樂系統設計來說是理想之選。

Microchip的FlexConnect技術使得埠轉向或角色轉換更為簡易，迎合了消費者對「聯網汽車」的需求。USB84604的下行埠1能夠與上行埠主機端進行互換，將主機性能轉換到已連接UCH2的產品，例如：智慧型手機或平板電腦，從而使得智慧手機內部的軟體和應用被連入汽車資訊娛樂系統中。

IC的HSIC連接結合了Microchip的Inter-Chip Connectivity技術，使得連接在電路板上的USB84604 UCH2能夠使用普遍的USB 2.0協定，大大降低能源消耗，為一般傳統USB 2.0實體層收發器所需功耗的七分之一，這種優勢在做資料轉換時尤其明顯。

4埠USB84604 UCH2能附在上行埠上作為全速集線器或全/高速集線器。當與高速主機連接時，四個下行埠能夠以低速（1.5 Mbps）、全速（12 Mbps）或高速（480 Mbps）的方式運行。此外，USB84604內建的充電器可取代原先的外部充電電路，並提供檢測功能可支援下行埠的電池檢測和充電，提供高階電池充電模式如USB-IF電池充電（BC1.2）和Apple。

Microchip的UCH2也整合了VariSense和PHYBoost技術，以確

保在汽車應用裡在擾人的電磁干擾（EMI）環境中能具備優異的訊號獲取能力和穩定的運行本領。

USB84604可從外部快閃記憶體載入其功能和配置。晶片上單次燒錄（OTP）記憶體可被載入永久配置，而系統管理匯流排（SMBus）從屬者介面可以根據客戶需求制定USB84604的功能。此介面能夠控制數位線和USB線用作內部測試，設定集線器使其在列舉時獲得理想功能，還可載入客製化硬體來充分實現全新UCH2的特性。

USB84604 UCH2也能夠通過多種協定和方式如I2C™、SPI、UART和通用型I/O使得各個應用之間進行無縫通訊，這樣一來系統設計師便可將此控制器集線器作為虛擬第五埠。例如，如果一個認證晶片需要在資訊娛樂系統設計中升級，USB84604 UCH2所帶的此功能便可從人機界面（HMI）移動至中斷盒，減少認證過程。

### 凌華科技產業級Android平板電腦帶來工業行動極致效能

推出全新產業級10.1吋平板電腦IMT-1，搭載Android 4.2作業系統和最新一代TI OMAP5432雙核心處理器，提供極具競爭力的運算效能。IMT-1具備WLAN與WWAN無線傳輸功能，提高資訊傳遞的即使性，其為強固型設計，符合IP54防塵防水標準和通過1.2公尺（含選配的防護套）的耐摔測試，讓無論在室內或是室外在嚴苛環境下工作的現場工作人員，皆可運用IMT-1提升工作效率和生產效能。

### 高質感外觀 搭配強固耐用的外殼

凌華科技IMT-1產業級平板電腦符合IP 54防塵防水標準，搭載10.1吋電容式觸控螢幕和高硬度的防刮Gorilla玻璃，具備優異的耐刮、防摔、防水與防塵等特點，兼具強固耐用性外，並且具有人性化設計，包括：握持時止滑，同時還具備在強光下可清晰閱讀的陽光下可視功能，滿足戶外使用者工作需求。

### 最佳的行動通訊 適用於多樣工作環境

凌華科技IMT-1產業型平板電腦提供優異的無線通訊能力，支援高速802.11 a/b/g/n無線網路，搭載3G和LTE的遠距離通訊功能，提供資料傳輸的即時性，無論在近距離場域或是移動中，使用者皆可接收資訊，以進行有效率的處理。

### 高效能資料擷取與加密 提供資料傳輸安全性

凌華科技IMT-1產業型平板電腦內建NFC讀寫器，可以讀取高頻RFID標籤；此外，NFC內置應用系統中安全控管的核心SAM卡槽，為加密功能的一環，明顯提升在使用上的安全性。凌華科

技產業級平板電腦不僅提供使用者優異的外型設計與全面性的場域適用性，並且產業級的強固保護和資料傳輸的安全保護，與提供在工業環境中的端點服務。

### 德州儀器推出2.4 GHz與5 GHz Wi-Fi及Bluetooth組合模組

德州儀器（TI）宣佈推出可支援2.4 GHz與5 GHz頻段Wi-Fi的WiLink™ 8連接模組，可協助製造商將Wi-Fi®與雙模Bluetooth®輕鬆添加到嵌入式應用。憑藉穩健的Wi-Fi +藍牙 共存性，此高度整合的全新模組系列可適用於高輸送量和高擴展性的工業級溫度範圍。WiLink 8模組擁有針對家庭和建築自動化、智慧能源、閘道、無線音訊、企業、穿戴式應用以及更多工業和物聯網（IoT）應用的功耗優化設計。

WiLink 8模組與軟體能和許多處理器（包括TI的Sitara™處理器）相容，並可進行處理器預先整合。WiLink 8 系列無需硬體和射頻（RF）設計經驗，可提供Wi-Fi與藍牙軟體堆疊和應用範例，且此模組已通過FCC/IC/ETSI認證。

思科（Cisco）生活閘道互聯計畫的資深架構師Ken Sooknanan表示，WiLink 8模組為一種完全整合的解決方案，可縮短開發時間並加速產品上市時程。此外，對於適用IoT產品而言，必須有多種硬體變體來滿足特定市場需求，WiLink 8模組獲得必要業界認證和管理認證所需的週期時間也大幅減少，非常符合市場需求。

TI無線連接方案業務部總經理Amichai Ron指出，全新的WiLink 8認證模組可為任何客戶帶來尖端的連接技術，並可使多種不同的工業和消費類應用輕鬆獲得開發工具、軟體支援。TI作為嵌入式連接市場的領導者，很榮幸與思科連袂合作，進而提供完整的IoT 解決方案，包括無線連接、處理器及類比元件。

WiLink 8模組能與好幾種TI平台相互配合，以便為製造商提供完整的系統解決方案，包括WiLink 8模組基礎的評估模組（2.4 GHz WL1835MODCOM8與5 GHz WL1837MODCOM8），該評估模組能和AM335x EVM及AM437x EVM相容。此外，提供藍牙和藍牙低功耗雙模技術的WiLink 8模組還能與TI的藍牙產品組合（允許開發人員創造完整的端到端應用）相容。

### 愛德萬測試推出高畫質液晶面板顯示驅動IC專用先進測試系統

為因應新一代顯示驅動IC（DDI）市場三大關鍵趨勢——顯示驅動元件接腳數日趨增加、介面速度日益攀升以及功能高度整合化，半導體測試設備領導者愛德萬測試全新推出T6391系統，滿足新一代顯示驅動IC及高畫質液晶顯示面板內嵌控制功能的測試需求。

產業新聞 ◆ Market News

有鑑於高階DDI採高度整合技術，所面臨的測試挑戰有其獨特性，以內建液晶顯示器觸控感測器功能的顯示驅動IC來說，其所需測試的邏輯／類比電路數是相當龐大的。在可預見的未來內，不僅電源管理IC (PMIC) 功能將可能整合於顯示驅動IC中，智慧型手機、平板電腦、筆記型電腦等行動裝置上的液晶顯示器面板應用，也會持續增長，在市場需求帶動下，輕薄短小與功能多元化，已是元件未來趨勢。

愛德萬測試T6391系統為業界唯一可同時滿足當前與未來所有測試需求的平台，這套全新系統傳承原有T6300產品系列之工程環境模型，以已累積逾1,500台實績的T6300系列技術做為基礎，採用相同TDL程式語言，提升資料傳輸與計算速度，達成更高產出效率。

T6391採用高速匯流排達成高測試產出，並以512個I/O通道設計，提供多晶片並列同測，且可支援多達3,584支LCD接腳的高解析度顯示驅動IC測試，這些規格將足以測試現今市場上最高接腳數的LCD，包括全高解析度 (HD)、WXGA以及HD720顯示器。

T6391可處理的I/O接腳頻率最高達1.6 Gbps，能滿足採用行動電子產品標準通訊協定—行動產業處理器介面MIPI (mobile industry process interface) 一的LCD測試需求，再搭配另一套量測模組後，甚至可測試高達6.5 Gbps、新一代4K (2160p) 等超高畫質電視將使用的LCD驅動器傳輸介面。

T6391亦提供16個通道任意波形產生器 (AWG) 與數位擷取功能，以支援類比IC測試；此外，透過此系統的掃描圖樣產生器 (scan pattern generator, SCPG)、演算圖樣產生器 (algorithmic pattern generator, ALPG)、以及演算失效記憶體 (algorithmic failure memory, AFM) 模組，將可針對內建觸控感測器功能的顯示驅動IC，執行掃描與記憶體測試。

**意法推出近距離感測器**

**為消費性電子和工業應用帶來優異的測距功能**

意法半導體推出新款具高精準度的光學測距 (range-finding) 模組。新產品基於FlightSense飛行時間量測技術 (Time-of-Flight technology)，可為設計人員帶來更加優異的測距功能。

FlightSense技術是藉由測量光線被目標物體反射回來的時間提供精確的距離數據。傳統感測器只能回報反射訊號的強度，並無法提供準確的距離。與傳統紅外線感測器相比，意法半導體的FlightSense技術更具獨特優勢，包括測量距離更遠 (測距與目標物體的反射率無直接關係)、高幀率 (frame rate)、以及低功耗。

意法半導體的VL6180X模組整合了FlightSense近距離感測器

(proximity sensor) 與環境光線感測器 (ambient-light sensor, ALS)，提供基本的手勢識別功能，簡化用戶的介面設計，並提升產品性能。而新產品可支援市場上多項創新應用，包括智慧型手機、平板電腦、遊戲控制系統，同時還能提升消費性電子和工業產品的性能。

FlightSense技術並獲全球電子產品巨擘LG採用，用於其G3智慧型手機的雷射自動對焦功能。

VL6180X模組採用4.8mm x 2.8mm x 1.0mm LGA12的精巧光學封裝，可根據工作環境，精準地測量100mm或更遠的目標物體。該模組配有I2C介面以及兩個可編程GPIO的針腳。主控制器透過I2C介面控制光學模組，讀取測距或環境光線強度的數據；而GPIO的針腳可經配置以實現閾值 (threshold) 應用。

意法半導體新推出的VL6180X探索者評估套件，使設計人員能夠輕鬆地發揮這款近距離感測器的所有潛能，不僅能讓客戶能夠快速上手FlightSense技術系統，並可支援實際裝置的應用開發。該套件包含可拆式的USB接頭、STM32Nucleo開發板、以及VL6180X感測器擴展板。而VL6180X感測器擴展板整合了感測器、4位元LED顯示器和可控制測距、以及環境光線感測開關的切換功能。顯示器上會顯示與目標物的距離或環境光線強度的數據。

**小米科技智慧插座採用Marvell EZ-Connect物聯網晶片解決方案**

Marvell邁威爾宣佈中國智慧手機領導品牌小米科技採用Marvell EZ-Connect無線物聯網晶片解決方案，推出全新智慧插座。Marvell EZ-Connect解決方案，搭載高度整合的微控制器88MC200、Avastar 88W8801 Wi-Fi SoC與EZ-Connect軟體。Marvell物聯網平台獲得小米科技採用，協助小米快速開發推出第一個智慧家庭物聯網產品。小米科技的智慧插座，延續Marvell自今年五月推出物聯網產品的成功經驗。

Marvell的整合型物聯網平台配備一個Cortex-M3微控制器及802.11n無線連網功能，以環保、低功耗的運算方式，達到電池壽命延長小尺寸的PCB板，適用於所有的消費應用產品。其他特色包含：以晶片內特定資源使用，提供系統客製化，支援客製化模組開發以便在多種智慧家庭解決方案使用。

Marvell EZ-Connect軟體經過實證，符合業界標準通訊協定且能立即操作的軟體。EZ-Connect軟體具有完善、容易上手的軟體開發套件 (SDKs)、以及應用程式介面 (APIs)，讓開發商能夠徹底發揮SoC內嵌微控制器的潛力。藉由Marvell完整的物聯網平台，開發商能夠省下數月的軟體開發時間，將精力與資源投入研發終端消費者創新的服務與應用。CS/Taiwan



# 走在鋼索上的台灣太陽能廠商，何時才能撥雲見日？

李淑蓮 / 北美智權報 編輯部

長久以來，大部分的台灣太陽能廠商都小心翼翼的在鋼索上遊走，不是要看大陸廠商的策略，就是要看歐、美政府的臉色，幾乎沒有任何自主發展的空間；一旦失去平衡就會跌得粉身碎骨，甚至沒有翻身的餘地。像這一次美國商務部 (Department of Commerce, DOC) 及美國國際貿易委員會 (International Trade Commission, ITC) 針對特定的矽晶太陽能電池向台灣及大陸廠商徵收反傾銷稅一事，就讓台灣太陽能廠商有命懸一線的危機。雖然如今茂迪成功平反，稅率從 44.18% 下修到 20.86%，讓台灣太陽能廠商能保有一線存活的空間，但這種走鋼索的日子，究竟還要持續多久，台灣太陽能廠商才能撥雲見日？

台灣太陽能電池廠茂迪於 8 月 19 日發佈了好消息，指出其美國反傾銷調查案初判結果出爐，已經成功爭取到將稅率從 44.18% 下修到 20.86%，雖然還要等到明年初最終裁定結果才會出爐，但茂迪的稅率調降不管是對茂迪本身或是整體台灣太陽能廠商而言，都是天大的喜訊。因為目前台灣太陽能廠商進口美國所課徵的稅率，都要視前兩家產品進口美國最大量的廠商茂迪及昱晶而定：兩者的稅率加總除以 2，即為台灣其他太陽能廠商進口美國的稅率，所以茂迪的稅率獲得大幅調降，也等如台灣其他太陽能廠商也大幅調降。

目前茂迪調降後之稅率為 20.86%，昱晶仍維持 27.57%，即其他台灣太陽能廠商之稅率為 24.225% (前兩者加總除以 2)。光電科技工業協進會 (PIDA) 產業分析師林建翰表示，在此一稅率之下，台灣廠商應能保有一定的操作空間，端視乎大陸廠商要不要繼續採用台灣的電池，目前大部分還是在詢問跟考量階段，但林建翰預估從 Q3 開始訂單應該會陸續開始回流。

## 大量傾銷 美國太陽能產業慘遭滅頂？

「雙反」指的是反對傾銷及補貼等「不正當」商業行為。美國 DOC 及 ITC 因此針對大陸及台灣太陽能廠商徵收反傾銷稅及反補貼稅，希望藉此保護美國本土的太陽能產業。事件可以追溯到 2011 年。

大陸廠商自 2011 年起即在大量量產多晶矽晶圓，並大量出口世界各地，導致太陽能產品價格大跌。林建翰指出，以前大陸單一國家所出產的量，就幾乎接近世界市場當年的需求量了。因此美國太陽能廠商向 DOC 及 ITC 提出訴願，指大陸的太陽能產品對美國國內產業造成很大的傷害，因此，於 2012 年 12 月，美國針對大陸進口的太陽能電池徵收反傾銷及反補貼稅，藉此將大陸的太陽能產品價格提高，以減低對美國本土業者帶來的傷害。

這是最原始的「雙反」定義，即只要電池為大陸製造者，產品進口美國都必須課雙反稅，因此大陸太陽能模組廠商便大量採

### New CS APP ready for Download NOW!

Continuing our aim of 'connecting the compound semiconductor industry', Compound Semiconductor has a Free app for Android, iPhone and iPad to allow you keep up to date wherever you are.

Available **FREE** from the App Store or Google Play, the app allows you to access:

- Latest Compound Semiconductor, CS China and CS Taiwan magazines
- Latest features
- Latest news and more...

For further information contact: [scott.adams@angelbc.com](mailto:scott.adams@angelbc.com)

[www.compoundsemiconductor.net](http://www.compoundsemiconductor.net)






## 市場瞭望 ◆ Market Analysis

用台灣電池來歸避課稅。然而，這種計謀很快被美國廠商識破，再向DOC及ITC提出訴願，指出於2012至2013年期間，從台灣進口的多晶硅太陽能電池及模組的量大幅提升，對美國的太陽能產業造成嚴重傷害，包括美國市場的太陽能產品價格崩盤、為量數多的美國太陽能製造商因此倒閉、及大幅裁員。因此，提起訴願的廠商希望DOC及ITC能重新展開反傾銷及反補貼調查，以杜絕此一漏洞。

根據訴願廠商提出的提議，新的調查應將調查範圍擴大至包含「模組、太陽能板及/或包含電池的太陽能電池的面板模組，全部或部分在某一地區客製化



光電科技工業協會產業分析師林建翰

組裝的比例」，這導致美國DOC及ITC在2014年作出了新雙反的定義。林建翰指出，在新雙反定義下，將封鎖中國透過外國製太陽能電池規避原有的雙反。根據2/3法則，在多晶硅晶圓、電池及模組3項產品中，只要有2/3是某國家製的，便定義為某國家的產品；即在3個生產步驟中，只要有2個步驟是在某一國製造的，那就會歸類為某國家製的產品，而徵收針對該國家製定的雙反稅率。當時訴願廠商建議對傾銷最嚴重的大陸廠商尚德太陽能電力有限公司（Suntech）課以298.4%的反傾銷稅（尚德於美國太陽能市場市占率為20%），而針對台灣廠商部分則建議徵收39.01%的反傾銷稅；此外，訴願廠商認為中國政府有對大陸廠商實施不公平的補貼政策，因此同時建議對大陸廠商徵收15.97%的反補貼稅。

### 微妙的三角關係

林建翰指出，在2012年的雙反政策時，只要認定電池是從大陸生產的，產品

便會課大陸的雙反稅，大陸廠商為了規避高稅率，便會賣台灣矽晶圓，然後由台灣廠商再做成太陽能電池，完工之後再賣回中國大陸，然後再由大陸廠商去組裝成模組。在只認定電池生產地的情況下，因電池為台灣生產，大陸廠商便能成功規避高反傾銷稅。然而，突然有大量太陽能電池從台灣進口，美國廠商也不是省油的燈，因此除了也要對台灣廠商課反傾銷稅外，也對雙反下了新定義：即在3個生產步驟中，只要有2個步驟（即完成價值超過60%）是在某一國製造的，那就會歸類為某國家製的產品。

如果照之前的運作模式，大陸廠商如果負責完成2個步驟（矽晶圓跟模組），即2/3是在中國大陸完成的，進口美國便會被徵收大陸的反傾銷及反補貼稅；另一方面，如果是2/3是在台灣完成的，則要被課台灣稅率。

林建翰認為新的雙反政策一方面是要防堵台灣跟大陸合作，另一方面也是要防堵台灣以低價將產品傾銷美國，雖然台灣

直接出口美國的數量不多。林建翰進一步分析，表示這次美國的反傾銷制裁，對台灣太陽能廠商影響很深遠，在茂迪的反傾銷稅率尚未調降之前，台灣廠商的稅率在27.59%至44.18%之間，平均達36%。可是這次大幅調降至約24%，現在除了昱晶，其他稅率都是較低的，所以有較多操作空間。現在主要是看大陸廠商會不會繼續採用台灣的電池。

至於大陸廠商的部分，DOC於今年3月底公布了對大陸太陽能產品反補貼的初步裁定。其中，兩家強制應訴的大陸企業尚德之反補貼稅率為2.9%、天合光能4.73%，而其他太陽能廠商之反補貼稅率為3.61%。除了反

補貼稅率外，美國又在其反傾銷初步裁定中，認定了進口自大陸的太陽能產品存在傾銷行為，並確定大陸太陽能產品將被徵收26.33%至165.04%的臨時反傾銷稅。

在美國太陽能產業雙反的政策下，台灣和大陸的關係很微妙，雙方合作的關係是否會持續，視乎美國的反傾銷稅率而定。林建翰分析，2012年的雙反規定只針對太陽能電池，所以以前大陸會利用台灣生產的電池來規避美國反傾銷這個規則，但在新版雙反政策下就沒辦法躲了。在新版政策下，大陸太陽能產品至少要有2個步驟是在台灣製造的，才能定義為台灣產品，成功規避大陸的高反傾銷稅。在這種情況下，那多晶硅晶圓可能不會跟大陸買，影響之下價格就會上揚，加上如果進口美國就要加近40%的稅（未調降之前稅率），那大陸就沒有必要用台灣的電池，因為他們用自己的稅率來算也是差不多，加上還可以用本身的晶圓，那幹嘛還要跟台灣合作？但如果調降為20多%，則影響不大，與大陸業者關係也不會很快

破裂。因為如果大陸廠商在3個步驟中有2個步驟都在台灣進行，即除了台灣業者向大陸購買晶圓外，電池及組裝都在台灣進行，在最後當成台灣產品賣到美國去，那只須課20多%的反傾銷稅，比大陸產品的稅率來得低，因此雙方仍是有合作空間的。

### 走在鋼索上的廠商 如何維持平衡

台灣與大陸廠商合作，可以說是好壞參半。一方面訂單不虞匱乏，又可以拿到比較便宜的晶圓材料；但另一方面，如果大陸大量採用台灣產品，來規避反傾銷稅率，台灣又容易會像這次一樣，被視為傾銷共犯，除了美國之外，別的國家也會紛紛仿效。因此台灣廠商就像走在鋼索上

一般，要如何拿捏才能保持平衡，是個必須小心處理的議題。

林建翰認為長遠來看，擴大海外設廠是必然趨勢，但海外設廠的時程很長，可以說是延緩不濟急。「美國用這一招應該是希望台灣廠商到美國或是中南美洲設廠，長期來講，這對廠商是有利的。如果在墨西哥這些地方設廠，距離美國很近，除了成本較低外，運費也相對低廉；另一方面，又可以規避關稅，長期對廠商是有好處的，所以有些廠商已經開始海外設廠的動作了，但時間效應要拉很長，除非是跟當地廠商結盟：像1/3用台灣產品、1/3用大產製品，然後再跑去墨西哥組裝，這樣就可以成功規避反傾銷稅了」。林建翰的結論是：「因應反傾銷，台灣廠商短期

內應該是用合縱聯盟來因應，長期來看則是應到國外設廠。現在看起來這是必然趨勢，不然以後日本、印度或其他市場都給來個雙反，那台灣還能怎麼辦？」

的確，越來越多國家對大陸太陽能產品的低價策略不滿，除了以上所提的國家之外，現在連澳洲也開始就2012年7月1日至2013年12月31日期間，調查大陸太陽能產品有沒有傾銷澳洲之事實。在2013年，澳洲太陽能市場的需求量是1GW，大陸廠商便進口了700MW，市占率為70%；而在2014年，澳洲太陽能市場的預估需求為1.2GW，然而澳洲本土模組產量只有100MW，因此必須大量仰賴進口，但是在這種情況下，必須更小心保護本土的產業。

## Book your place at the CS International Conference

# NOW Open

# SAVE €100



**Early Bird Offer**



Wednesday 11 - Thursday 12 March 2015  
 Sheraton Frankfurt Airport Hotel, Germany  
 Register: [www.cs-international.net](http://www.cs-international.net)  
 Contact: Stephen Whitehurst  
 T: +44 (0)24 7671 8970  
 E: [stephen.whitehurst@angelbc.com](mailto:stephen.whitehurst@angelbc.com)

Connecting, informing and inspiring the compound semiconductor industry



市場瞭望 ◆ Market Analysis

表一：大陸太陽能廠商面對雙反的因應之道

| 大陸廠商 | 面對雙反因應之道  |
|------|---|
| 英利   | 從2012年到2013年蟬聯全球最大的太陽能產品供應商，在中國擁有從矽鑄錠到組件的完整的生產供應鏈，最近還涉足墨西哥以及加拿大的相關代工協議。   |
| 昱輝陽光 | 在土耳其、波蘭、印度、韓國均有自己的組件代工合作夥伴，藉此避免在歐盟、美國遭受的貿易抵制和高額關稅。為了減少美國雙反的衝擊，昱輝陽光於2014年8月12日宣布計劃運用全球的OEM夥伴，未來會擴大在印度、韓國、土耳其、以及部份歐洲地區的OEM合作活動。不過昱輝陽光賣給歐洲的太陽能產品仍會繼續使用台制太陽能電池。 |
| 天合光能 | 廉價併購擁有現代化先進設備的低階供應商，實現一條龍生產以進一步降低成本。  |
| 晶科   |   |
| 晶澳   | 除計劃在大陸本土生產，另一個方面，還進入南非與當地一家下游企業合資建立封裝工廠，用以生產對美國出口的產品。   |

製表：李淑蓮

因應之道

表一為大陸太陽能廠商面對雙反的因應之道，看起來似乎也想把對台灣廠商的依賴降低，因此不管雙反的浪潮有沒有打到台灣，台灣太陽能廠商也應該好好思考一下未來的路該如何走。

在太陽能的領域，台灣廠商算是較為被動，只有少數廠商會打自有品牌（如新日光、茂迪）；太被動在未來發展上會有一定的風險在。林建翰指出，現在已有一些台灣廠商開始與大陸廠商作區隔，提高單晶太陽能的生產。單晶轉換率較高，但價格也較高一點。

此外，為了讓台灣太陽能產業有更好的發展，也希望政府能透過公用設施採用太陽能發電、蓋電廠等方式來擴大內需。目前台灣有的只是示範點，還沒有正式興建太陽能電廠，因為要把預算從火力發電那邊搶走是很困難的事。雖然目前太陽能發電

每度成本不會比一般能源高，但目前由於儲電技術昂貴，因此儲電不普及，所以太陽能發電的缺點是到晚上就沒電可用了。

林建翰表示，太陽能發電與政策有關，目前太陽能售價仍是偏高。如果在美國是沒問題的，因為美國電價高，需求量大，因此太陽能在美國成長才會如此快速，成長比例也高。可是台灣電價不

高，人均所得也沒有美國那麼好，要請民眾安裝太陽能的話，政策上就很難推動，因此可以由公家單位先行採用，再慢慢向民間推廣。

最後，台灣廠商本身也應該開始著重研發，再加上適度的品牌推廣，才有可能擺脫走鋼索的日子，走出自己的路。CS/Taiwan



以太陽能面板覆蓋停車場，國外蔚為風潮，台灣也有，就在淡水漁人碼頭。

# Gartner： 2015年使用中的聯網物件數量將達49億個 預計2020年將增至250億個

**國**際研究暨顧問機構Gartner預測，2015年全球所使用的聯網物件數量將達到49億個，較2014年成長30%，到了2020年更將增至250億個。物聯網（IoT）已成為推動企業轉型背後一股強大力量，所有產業甚至社會各領域都將感受到它具破壞的影響力。

Gartner副總裁Jim Tully表示：「這場由雲端、行動、社群與資訊等『力量的連結』（Nexus of Forces）所發起，其後又因物聯網興起而推動的數位變遷，將對許多既有的商業模式形成威脅，業者別無選擇只能追隨這股物聯網熱潮，跟先前遭遇IT商品化趨勢的狀況一樣。」

由於消費者、企業界、政府單位、醫院等各種機關團體不斷尋找各種新方式以利用相關技術，物聯網因而急速擴張，所帶來的經濟衝擊也隨之升高。Gartner預估，到了2015年，物聯網相關服務支出總計將達695億美元，到2020年將進一步增至2,630億美元。

消費應用將帶動聯網物件數量增加，但相關營收絕大多數仍將由企業所貢獻。根據Gartner估計，2015年消費部門所使用的聯網物件數量將達到29億個，2020年更將增至130億個。汽車業為成長最快的領域，2015年成長率高達96%。

以產業別區分，製造業、公共事業與運輸業將是2015年使用物聯網的前三大

垂直產業，總計使用7.36億個聯網物件。2020年排名將有所變化，以公共事業排行第一，其次依序為製造業與政府單位，所裝設的聯網物件數量總計17億個。Jim Tully分析：「政府將會為了節能而大舉投資智慧街道與區域照明設備，因此排名第三。公共事業則因投資智慧電表而排名上升拿下首位。」

目前已有自動櫃員機及機場自助報到機等聯網物件存在，但除了一般物件還有許多新型裝置正在開發中，具備數位感測、運算與通訊功能。因此，不論新型物件或舊型被動式物件未來都將具備「數位音量」（digital voice），能產生並傳遞可反映自身及四周環境狀態的資訊流。這樣的發展趨勢將徹底改變價值主張，創造出全新的服務與使用方式，同時帶動新的商業模式。

很可能在未來短短數年內，內建智慧與聯網功能會被視為常態做法，這股趨勢也將迅速擴及主流產品與服務。Gartner副總裁Steve Prentice表示：「然而，企業資訊長必須認知這股趨勢所帶來的破壞衝擊，以及它對企業競爭力所形成的威脅，雖然也會帶來大量商機，但絕非光靠產品或服務的數位化就能達成，而是要創造全新商業模式與價值主張。」

Prentice接著指出：「企業組織必須顧及所有智慧物件所提供的資訊，在資訊

的收集與分析，以及資訊的流失或誤用兩者之間達到平衡。」物聯網以一種前所未有的方式凸顯資訊安全、資訊科技安全、營運技術安全、以及實體資安之間的緊密關聯。

企業主管現在必須做出決策以決定企業資安的未來，還有該由誰來規範、管理與運作企業資安。Gartner表示，在2017年結束之前，將有超過20%的企業組織設有數位資安服務，專責保護利用物聯網裝置及服務的企業專案。

物聯網將為數位資安架構引進數十種新型平台、數百種經過整合的複合式IT／物聯網，而且每個產業都將更新標準，各個應用也將有全新觀點。未來IT主管必須適應不同領域之間的技術差異，並開發出全方位的技術應用方法，以因應物聯網相關風險與安全問題。此外，由於有些機器會產生大量資料，有些感測器每天或每週送出的資料量則比較少，IT主管必須要在數位商業的需求與數位資安實情兩者之間達成平衡。

Prentice分析指出：「聯網智慧裝置的數量將持續倍數成長，讓『智慧物件』具備感測、詮釋、溝通與協商的能力才能確實產生數位『音量』。企業資訊長必須找出商機所在，根據此一成長趨勢打造全新的服務、使用案例與商業模式。」CS/Taiwan



# 5<sup>th</sup> CS International Conference 2015

CS International 2015 will provide timely, comprehensive coverage of every important sector within the compound semiconductor industry.

The 5th CS International conference will be held at the Sheraton Frankfurt Airport Hotel, in Germany on Wednesday 11th & Thursday 12th March 2015. The conference will build on the success of its predecessors, with industry-leading insiders delivering more than 30 presentations spanning six sectors.

Please visit [www.cs-international.net](http://www.cs-international.net) for further information on this event.

**Book your place NOW**

Please visit [www.cs-international.net/register.php](http://www.cs-international.net/register.php) to secure your place

## TWO DAYS, SIX THEMES, OVER 30 INSPIRING PRESENTATIONS

Six key themes lie at the heart of CS International 2015: solid-state lighting, power electronics, front-end mobiles, optoelectronics, III-V CMOS and RF electronics. Within each topic there is a key-note presentation from one of the most influential companies within this sector; one talk by a leading market analyst who will discuss trends within the industry and presentations by the leaders of firms developing cutting-edge technology in this field.








Connecting, informing and inspiring the compound semiconductor industry

*All speakers and presentations are subject to change.*

## A selection of the 30+ presentations over two days covering six themes


### SOLID-STATE LIGHTING

Soaring sales of LED bulbs are creating a great opportunity for chipmakers. But what do companies need to do to stand out from the crowd and win substantial orders while maintaining healthy margins?

- KEYNOTE** Opportunities for laser diodes in solid-state lighting  
**Jon Wierer - SSSL Scientist - Sandia National Laboratories** 
- ANALYST** How will the solid-state lighting evolution unfold, and what will it mean for the LED chipmakers?  
**Stewart Shinkwin - Market Analyst, LEDs and Lighting - IHS Technology** 
- SPEAKER** Commercialisation of GaN on Silicon for LEDs  
**Keith Strickland - Innovations & Technology Director - Plessey Semiconductors** 
- SPEAKER** Increasing LED output with advanced plasma processing  
**Mark Dineen - Product Manager - Oxford Instruments** 
- SPEAKER** Lowering LED epitaxial wafer cost through AlN transition layers using PVD  
**Scott Kroegar - Vice President, Product Commercialization - Deposition & SiC - GT Advanced Technologies** 

### OPTOELECTRONICS

Does the growth of the datacom market signal a long-awaited return to better times for the makers of optical components? Is the CPV industry finally starting to gain a foothold in the solar industry?

- KEYNOTE** Presentation TBC  
**TBC - SOITEC** 
- ANALYST** Where the CPV industry is heading, and what it needs to do to increase its market share?  
**Karl Melkonyan - Analyst - Solar Research - IHS Technology** 
- SPEAKER** Mid infrared light emitting diodes enable portable, battery powered gas sensing  
**Des Gibson - CEO - Gas Sensing Solution** 
- SPEAKER** IC design for very high-speed optical communications – A holistic approach  
**The' Linh Nguyen, Senior Manager IC Development - Finisar** 









### RF-ELECTRONICS

The potential of GaN in the RF arena has never been in doubt. But does it now satisfy all the requirements for deployment in the most taxing situations?

- KEYNOTE** GaN for radar applications  
**Takahisa Kawai - General Manager - SEDI (Sumitomo Electric Device Innovations, Inc.)** 
- ANALYST** The Future for GaN, SiC, InP and GaAs in defense/military applications  
**Asif Anwar - Director - Strategy Analytics** 
- SPEAKER** Presentation TBC  
**Walter Wohlmut, Associate VP Technology - WIN Semiconductors Corp.** 

## POWER ELECTRONICS

From a performance perspective, GaN and SiC are superior to silicon. But high prices are holding them back from displacing the incumbent. How can this be addressed?

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| <b>KEYNOTE</b> | Ditching the package to drive down GaN transistor costs<br><b>Alex Lidow - CEO and Co-founder - Efficient Power Conversion (EPC)</b>  |    |
| <b>ANALYST</b> | When can WBG power electronics truly take off?<br><b>Pierric Gueguan- Senior Power Electronics Market Analyst - Yole Développement</b>  |    |
| <b>SPEAKER</b> | SiC technology in power electronics – a step change in value<br><b>Markus Behet - Global Market Segment Manager - Dow Corning Corporation</b>                                   |    |
| <b>SPEAKER</b> | High performance GaN-on-Si power epiwafers employing rare earth oxide buffer layers<br><b>David Williams - VP of Business Development - Translucent</b>                         |    |
| <b>SPEAKER</b> | Presentation TBC<br><b>Chris Horton - Director, Global Sales &amp; Marketing - Cree Materials Business</b>  |    |
| <b>SPEAKER</b> | Presentation TBC<br><b>TBC - KLA-Tencor</b>   |    |
| <b>SPEAKER</b> | Developments in PVD technology for power electronics enabling roadmaps in compound semiconductor devices<br><b>Reinhard Benz - VP Sales and Marketing - Evatec</b>              |    |
| <b>SPEAKER</b> | Presentation TBC<br><b>Yoga Saripalli- Team Leader, GaN Epitaxy Group - IMEC</b>  |  |
| <b>SPEAKER</b> | Optimization of III-V R&D and manufacturing using advanced analytical methods<br><b>Temel Buyuklimani - Senior Director - Quadrupole SIMS Services - Evans Analytical Group</b> |  |

## FRONT-END MOBILES

What's the biggest threat to revenues for GaAs power amplifiers? Is it the emergence of multi-band, multi-mode PAs built with this material, or the emergence of CMOS solutions?

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| <b>KEYNOTE</b> | The path to intelligent integration<br><b>Jim Cable - CEO, President and Chairman - Peregrine Semiconductor</b>   |  |
| <b>ANALYST</b> | Multi-mode, multi-band PAs: friend or foe to the compound semiconductor industry?<br><b>Eric Higham - Director - Advanced Semiconductor Applications - Strategy Analytics</b> |  |
| <b>SPEAKER</b> | Improving system level integration and overall efficiency<br><b>Peter Gammel - Corporate CTO - Skyworks Inc.</b>  |  |
| <b>SPEAKER</b> | LTE is driving complexity in smartphone design<br><b>Sean Riley - Vice President of Mobile Products - TriQuint</b>  |  |

**CS** INTERNATIONAL  
CONFERENCE

Connecting, informing and inspiring the compound semiconductor industry



## III-V CMOS

By the end of this decade, it is said that silicon CMOS will have run out of steam. But what role will III-Vs have to play in the microprocessors of the future?

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| <b>KEYNOTE</b> | Heterogeneous integration of III-V's and CMOS<br><b>Daniel Green - Program Manager - DARPA</b>  |  |
| <b>ANALYST</b> | When will III-Vs make an impact in the silicon foundries? And will it last for long?<br><b>Mike Corbett - Managing Partner - Linx Consulting</b>                              |  |
| <b>SPEAKER</b> | III-V FETs for future logic applications<br><b>Jesus A del Alamo - Director of the Microsystems Technology Laboratories - MIT</b>   |  |
| <b>SPEAKER</b> | Opportunities and challenges of III-Vs in Si-based nanoelectronics industry<br><b>Matthias Passlack - Deputy Director - Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)</b> |  |
| <b>SPEAKER</b> | Advanced in-situ metrology for III-V on silicon technology<br><b>Kolja Haberland - Chief Technology Officer - LayTec</b>  |  |

## A SELECTION OF THE COMPANIES ALSO PRESENTING INCLUDE:



| SPONSORS          |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|
| <b>PLATINUM</b>   |  |  |  |  |
|                   |  |  |  |  |
|                   |  |  |  |  |
|                   |  |  |  |  |
| <b>GOLD</b>       |  |  |  |  |
| <b>EXHIBITION</b> |  |  |  |  |
|                   |  |  |  |  |
| <b>LANYARD</b>    |  |  |  |  |

# TSIA 2014Q3台灣IC產業營運成果出爐

**根**據WSTS統計，14Q3全球半導體市場銷售值達870億美元，較上季(14Q2)成長5.7%，較去年同期(13Q3)成長8.0%；銷售量達2,014億顆，較上季(14Q2)成長4.8%，較去年同期(13Q3)成長8.8%；ASP為0.432美元，較上季(14Q2)成長0.8%，較去年同期(13Q3)衰退0.7%。

14Q3美國半導體市場銷售值達173億美元，較上季(14Q2)成長9.8%，較去年同期(13Q3)成長3.7%；日本半導體市場銷售值達91億美元，較上季(14Q2)成長2.2%，較去年同期(13Q3)衰退3.7%；歐洲半導體市場銷售值達97億美元，較上季(14Q2)成長0.9%，較去年同期(13Q3)成長7.9%；亞太區半導體市場銷售值達510億美元，較上季(14Q2)成長5.9%，較去年同期(13Q3)成長12.0%。其中，中國大陸半導體市場銷售值達243億美元，較上季(14Q2)成長

7.3%，較去年同期(13Q3)成長3.9%。

根據本協會(TSIA)問卷調查結果，2014年第三季台灣整體IC產業產值(含IC設計、IC製造、IC封裝、IC測試)達新台幣5,883億元(USD\$19.7B)，較上季(14Q2)成長6.7%，較去年同期(13Q3)成長15.9%。其中IC設計業產值為新台幣1,549億元(USD\$5.2B)，較上季(14Q2)成長6.4%，較去年同期(13Q3)成長20.0%；IC製造業為新台幣3,116億元(USD\$10.5B)，較上季(14Q2)成長8.2%，較去年同期(13Q3)成長15.3%，其中晶圓代工產值為新台幣2,438億元(USD\$8.2B)，較上季(14Q2)成長10.1%，較去年同期(13Q3)成長18.3%，記憶體製造為新台幣678億元(USD\$2.3B)，較上季(14Q2)成長2.0%，較去年同期(13Q3)成長5.6%；IC封裝業為新台幣845億元(USD\$2.8B)，較上季(14Q2)成長3.7%，較去年同期(13Q3)成

長12.7%；IC測試業為新台幣373億元(USD\$1.3B)，較上季(14Q2)成長3.3%，較去年同期(13Q3)成長12.3%。新台幣對美元匯率以29.8計算。

工研院IEK預估2014年台灣IC產業產值可達新台幣21,983億元(USD\$73.8B)，較2013年成長16.4%。其中設計業產值為新台幣5,728億元(USD\$19.2B)，較2013年成長19.1%；製造業為新台幣11,626億元(USD\$39.0B)，較2013年成長16.7%，其中晶圓代工產值為新台幣8,965億元(USD\$30.1B)，較2013年成長18.1%，記憶體製造為新台幣2,661億元(USD\$8.9B)，較2013年成長12.1%；封裝業為新台幣3,210億元(USD\$10.8B)，較2013年成長12.9%；測試業為新台幣1,419億元(USD\$4.8B)，較2013年成長12.1%。新台幣對美元匯率以29.8計算。CS/Taiwan

2014年台灣IC產業產值統計結果

| 億新台幣     | 14Q1  | 季成長   | 年成長   | 14Q2  | 季成長   | 年成長   | 14Q3  | 季成長   | 年成長   | 14Q4  | 季成長   | 年成長   | 2014年  | 年成長   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| IC產業產值   | 4,736 | -3.4% | 15.3% | 5,512 | 16.4% | 14.8% | 5,883 | 6.7%  | 15.9% | 5,852 | -0.5% | 19.4% | 21,983 | 16.4% |
| IC設計業    | 1,253 | -3.0% | 23.8% | 1,456 | 16.2% | 19.7% | 1,549 | 6.4%  | 20.0% | 1,470 | -5.1% | 13.8% | 5,728  | 19.1% |
| IC製造業    | 2,458 | -3.6% | 13.1% | 2,880 | 17.2% | 13.5% | 3,116 | 8.2%  | 15.3% | 3,172 | 1.8%  | 24.3% | 11,626 | 16.7% |
| 晶圓代工     | 1,807 | -2.7% | 6.2%  | 2,215 | 22.6% | 12.3% | 2,438 | 10.1% | 18.3% | 2,505 | 2.7%  | 34.8% | 8,965  | 18.1% |
| 記憶體製造    | 651   | -6.1% | 37.6% | 665   | 2.2%  | 17.7% | 678   | 2.0%  | 5.6%  | 667   | -1.6% | -3.8% | 2,661  | 12.1% |
| IC封裝業    | 710   | -3.4% | 11.8% | 815   | 14.8% | 12.6% | 845   | 3.7%  | 12.7% | 840   | -0.6% | 14.3% | 3,210  | 12.9% |
| IC測試業    | 315   | -3.1% | 9.8%  | 361   | 14.6% | 12.1% | 373   | 3.3%  | 12.3% | 370   | -0.8% | 13.8% | 1,419  | 12.1% |
| IC產品產值   | 1,904 | -4.1% | 28.2% | 2,121 | 11.4% | 19.1% | 2,227 | 5.0%  | 15.2% | 2,137 | -4.0% | 7.7%  | 8,389  | 16.8% |
| 全球半導體成長率 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | 6.5%  |

2010年-2014年台灣IC產業產值

| 億新台幣     | 2010年  | 2010年成長率 | 2011年  | 2011年成長率 | 2012年  | 2012年成長率 | 2013年  | 2013年成長率 | 2014年(e) | 2014年成長率 |
|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|----------|----------|
| IC產業產值   | 17,693 | 38.3%    | 15,627 | -11.7%   | 16,342 | 4.6%     | 18,886 | 15.6%    | 21,983   | 16.4%    |
| IC設計業    | 4,548  | 17.9%    | 3,856  | -15.2%   | 4,115  | 6.7%     | 4,811  | 16.9%    | 5,728    | 19.1%    |
| IC製造業    | 8,997  | 56.0%    | 7,867  | -12.6%   | 8,292  | 5.4%     | 9,965  | 20.2%    | 11,626   | 16.7%    |
| 晶圓代工     | 5,830  | 42.8%    | 5,729  | -1.7%    | 6,483  | 13.2%    | 7,592  | 17.1%    | 8,965    | 18.1%    |
| 記憶體製造    | 3,167  | 88.1%    | 2,138  | -32.5%   | 1,809  | -15.4%   | 2,373  | 31.2%    | 2,661    | 12.1%    |
| IC封裝業    | 2,870  | 30.6%    | 2,696  | -6.1%    | 2,720  | 0.9%     | 2,844  | 4.6%     | 3,210    | 12.9%    |
| IC測試業    | 1,278  | 32.3%    | 1,208  | -5.5%    | 1,215  | 0.6%     | 1,266  | 4.2%     | 1,419    | 12.1%    |
| IC產品產值   | 7,715  | 39.2%    | 5,994  | -22.3%   | 5,924  | -1.2%    | 7,184  | 21.3%    | 8,389    | 16.8%    |
| 全球半導體成長率 | -      | 31.8%    | -      | 0.4%     | -      | -2.7%    | -      | 4.8%     | -        | 6.5%     |

註：(e)表示預估值(estimate)。

資料來源：TSIA；工研院IEK(2014/11)

# 台積電站在制高點看物聯網 為產業打造完整生態鏈

李淑蓮／北美智權報 編輯部

自從今年3月台積電董事長張忠謀提出了物聯網（Internet of Things, IoT）這個構想很可能就是下一個「Big Thing」之後，物聯網便開始成為媒體及業者的焦點。此一現象北美智權報之前就有提及：長久以來政府都沒有明確的產業發展政策，因此企業主也常常無所適從，往往只能看大風向球來伺機而動，而鴻海郭董、台積電張董、聯發科蔡董……等等，都是很好的風向球選擇；與其等待政府落後於世界產業潮流的跟隨式產業政策，倒不如多注意業界大老先進的產業前瞻比較實在。

剛結束的SEMICON Taiwan 2014展會

也同步舉行了「市場資訊論壇」，在其中一場以「What's Next?」為主題的半導體領袖高峰論壇中，台積電研究發展／設計暨技術平台副總經理侯永清、華亞科技董事長高啟全、日月光半導體營運長吳玉田等半導體業界的意見領袖，分別就各自領域，對半導體產業的未來發展發表了看法；不約而同的，大家都聚焦在物聯網。

## 台積電看到的物聯網有什麼不一樣？

其實物聯網並不是新的東西，早在1995年，微軟的比爾蓋茲（Bill Gates）在《新·擁抱未來》（The Road Ahead）一書中，已經提出了「物物相聯」的概

念。其後於1998年，麻省理工學院提出了當時被稱作EPC（Electronic Product code, 產品電子化編碼）系統的物聯網構想；到了2005年11月，國際電信聯盟（ITU）發布了《ITU網際網路報告2005：物聯網》（ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things），正式揭示「物聯網」時代的來臨。

最早把物聯網納入國家發展策略的，要算是在2009年的時候，中國大陸正式將物聯網納入國家的十二五規劃，其後工業和信息化部更於2011年11月28日正式發布了《物聯網「十二五」發展規劃》，確立了物聯網戰略性新興產業的地位。



圖一：從左至右：日月光半導體營運長吳玉田、台積電研究發展／設計暨技術平台副總經理侯永清、華亞科技董事長高啟全。

## 市場瞭望 ◆ Market Analysis

說了那麼多，只不過想證明物聯網並不是新的技術或是應用，但在台積電張董沒有公開宣示之前，台灣業者對「物聯網」沒有特別的感受，也沒有什麼商機無限之說；自張董公開點名物聯網之後，再加上媒體的炒作，物聯網突然就成為了「The Next Big Thing」，究竟中間的差異在那裡？難道張董會點石成金的魔法嗎？

其實最主要的關鍵應該是以以前的業者或是市場分析都是以「點」的角度去看物聯網，但台積電卻是站在「線」，甚至是「面」的角度來看，那整體的商機及市場機會當然大很多。舉例來說，早期的「物聯網」概念放在產品電子化編碼EPC，在這個時期人們的焦點就會放在RFID，商機就集中在標籤（Tag）、讀卡機（RFID reader）、以及傳輸的天線；後來行動上網越來越普及的時候，行動通訊設備的聯網功能又變成了物聯網的重心，然而，不管如何演變，個別業者都是從「點」的角度出發。

### What's Next? 少了什麼？

如同這一次「半導體領袖高峰論壇」，業者都在問：「What's Next」（接下來會是什麼？）。然而，這個問題好像不太完整，應該加上的是「What is the next killer application?」（下一個殺手級應用是什麼？）或者是：「What is the next big market opportunity?」（下一個大商機是什麼？）不過，無論完整的問題為何，答案都是物聯網。所不同的是，如果問的是應用，你看到的只是點；如果問的是商機，你就得比較全面。

毫無疑問的，台積電是站在比較高的層次去看物聯網，侯永清一開始就問了一個很重要的問題：「在看物聯網的未來發展時，應該要問究竟什麼樣的技術支援才能讓物聯網在未來能真正實現？」如果從電腦產品及通訊設備的歷史軌跡去看，

會發現電腦產品在網路的帶動下，設備與設備間已開始相互聯繫傳輸數據；另一方面，在行動通訊的部分，例如行動電話，不只是變得越來越輕薄，功能也越來越多。還有一個趨勢則是電腦產品變得越來越行動化，且具備更強大的運算能力。

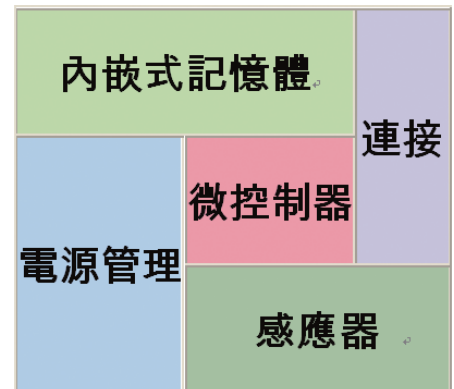
綜觀以上的歷史發展軌跡，侯永清提出了3個結論：

1. 物聯網是電腦與通訊產品朝行動化、聯網化及智能化發展的自然延伸。
2. 要符合物聯網產品的需求，必須要具備低耗電及整合技術；另一方面，也必須具備一個可以讓技術及系統可以共同將功能發揮至極致的生態系統（ecosystems）。
3. 為了快速實現物聯網時代所需的產品，晶圓代工廠的生態系統必須朝以下方向延伸：ESL（電子系統虛擬，electronic system level）平台、範圍寬廣的專利組合、以及ESL/物理IP整合。

侯永清進一步解釋說：「我們要先問是否有足夠的技術來支援物聯網的需求？首先，我們需要低耗電、甚至是超低耗電技術；接下來要講究性能，就是說要有足夠的運算資源來應付設備運作的需求；最後就是價格的考量：要問這是不是我們能負擔得起的價格？」目前物聯網設備給人的印象都是「貴森森」的，所以價格是物聯網是否可以落實在現實生活中的一個重要因素。

侯永清表示，只要能滿足上述3大需求，就可以動手設計可真正應用的產品。作為晶圓代工廠，身為物聯網生態鏈的一環，台積電認為本身有責任提供相關的解決方案，好讓物聯網的願景落實。Daniel Nenni在SemiWiki.com發表的一篇文章「TSMC Will Own the Internet of Things!」中提到，一顆物聯網的晶片，基本上要包含以下的區塊：

- (1) MCU（微控制器，通常是採用ARM



圖二：物聯網晶片要包含的基本區塊

- 的)
- (2) 感應器（溫度、震動、陀螺儀、濕度、壓力、高度）
- (3) 電源管理（太陽能、能源收集、電耗）
- (4) 內嵌式記憶體（快閃、NVM、SRAM）
- (5) 連接（GSM、GPRS、LTE、Zigbee、WiFi、Mesh Network）

從圖二的物聯網系統單晶片中不難發現，物聯網所需求的晶片比我們想像中來得複雜；這對應了之前侯永清所提到的：整合十分重要。在整合的時候，如果在design-in的時候沒辦法以系統單晶片來解決，便必須要借助封裝技術（例如SiP, System in a Package），將圖二的不同區塊整合為一模組。

Daniel Nenni最後的結論是，如果要掀起物聯網風暴，即需要實現以下公式：

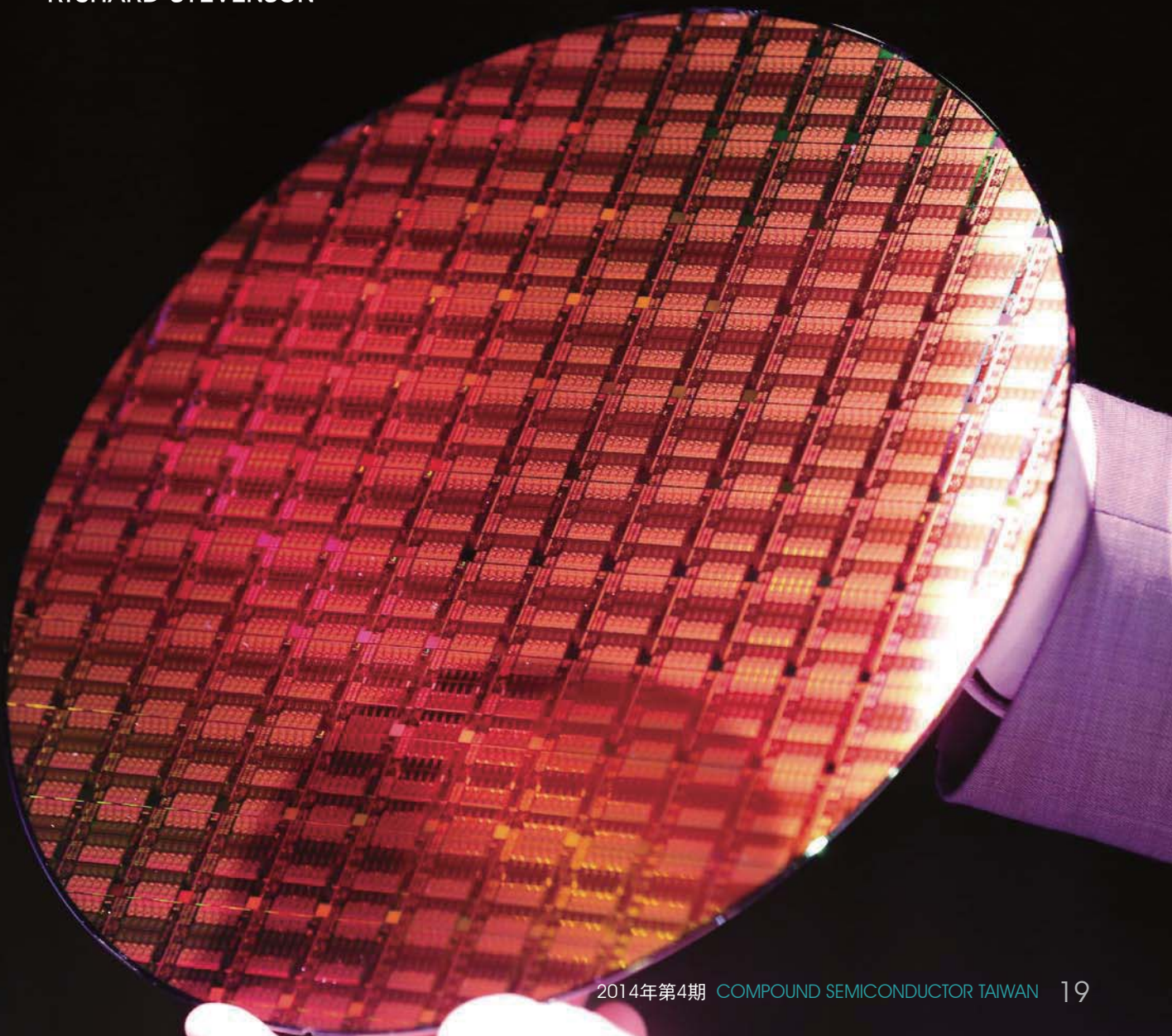
$$\text{低成本} + \text{高性能} + \text{低耗電} + \text{容易設計} = \text{低進入門檻}$$

也唯有進入門檻降低，市場才有蓬勃發展的可能。台積電現在是站在制高點，希望可以先從半導體產業的生態鏈出發，打造具備物聯網技術需求的技術平台；當然在這個平台上，記憶體及封裝技術的支援也很重要。CS/Taiwan

# 三五族準備取代 矽元件

創紀錄的遷移率、可在八吋矽晶圓上生產以及令人印象深刻的奈米級性能等特徵，顯示III-V族MOSFET元件距離量產的日子越來越近。

RICHARD STEVENSON



封面故事 ◆ Cover Story

多年來專家們一直在爭論矽元件的尺寸微縮即將走到盡頭。然而種種技術上的障礙常常因為工程師在實驗室和晶圓廠內努力提出各樣令人驚豔的創新方法而得以克服，也因此摩爾定律的步伐得以繼續向前邁進。

但是現在呢？越來越多類似的說法浮上檯面，似乎矽的日子真的屈指可數了。不然為什麼連重量級的IBM都會願意投資30億美金開發新技術，包括7奈米節點以及更小尺寸的矽後（post silicon）技術呢？

IBM的主管檢視數種可能作為矽接班人的材料，化合物半導體是其中之一。III-Vs族具有高電子遷移率，如果它們能夠用在矽後時期的MOSFET通道之中，則元件可以在較低的工作電壓下輸出更高的電流。最終這將讓每個電晶體的功率不隨尺寸縮小而降低，因而減緩摩爾定律在輸出功率的趨勢上會遇到的問題。

在最近的VLSI研討會中討論化合物半導體MOSFET元件的開發成果，此會議是在2014年6月9-13日於夏威夷檀香山舉行。在本次會議中，韓國先進奈米中心（Korea Advanced NanoFab Centre, KANC）的研究人員宣稱其III-V族MOSFET的電子遷移性達到世界新高；另外IMEC的工程師報告說，他們以與晶圓廠相容的製程在八吋矽晶圓上製作出化合物半導體的finFET；而加州大學聖巴巴拉分校（UCSB）為首的研究團隊則宣稱已生產出性能可以達到或超越矽元件的III-V族MOSFET，其元件尺寸與VLSI的尺寸相近。

創記錄的電子遷移率

KANC的研究人員與Yonsei大學、Sematech和GlobalFoundries等夥伴合作，在會議上宣布其元件的電子遷移率達到 $5500 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的新紀錄，其III-V MOSFET元件採用 $\text{In}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 作為通道材料。

來自KANC的Chan-Soo Shin代表團隊說明此高電子遷移率是由於InGaAs通道中的銦含量高，並且以MOCVD選擇性地再生長源極（source）和漏極（drain）區域，並搭配柵極後做（gate-last）之製程整合方案。

由於採用柵極後做的製程，因此該元件的核心不會用到高溫製程。

Shin表示，「與矽不同的是，氧化物和銦鎵砷化物的界面品質容易在製程溫度高於 $500^\circ\text{C}$ 時出現惡化的情況」。這樣的溫度在傳統柵極先做（gate-first）的製程

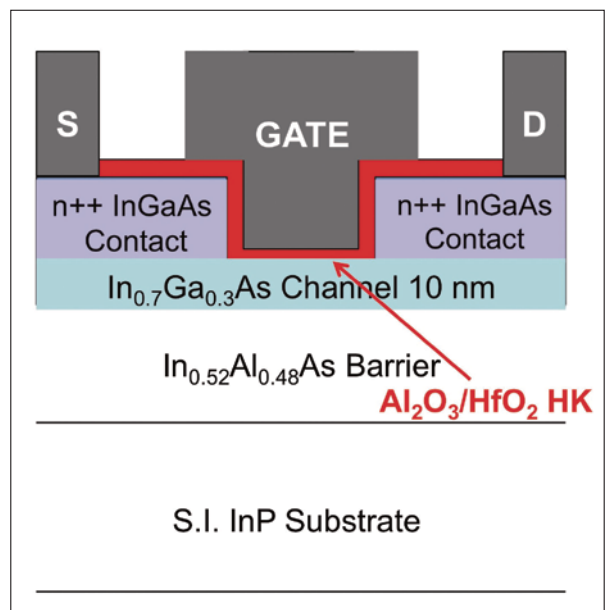
中相當常見。此外源極和漏極的離子植入的活化溫度超過 $800^\circ\text{C}$ ，而且源極和漏極再成長製程的溫度是 $600^\circ\text{C}$ 。在這些高溫過程中，鎵原子會擴散出InGaAs通道，因而影響界面的品質和載子傳輸情形。

該小組優化了複合柵疊層，其具有由 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 及 $\text{HfO}_2$ 組成的薄覆蓋層。據Shin所述，這樣的組合可以得到良好的等效氧化層厚度，並且可以與砷化銦鎵結合以產生低界面態密度。

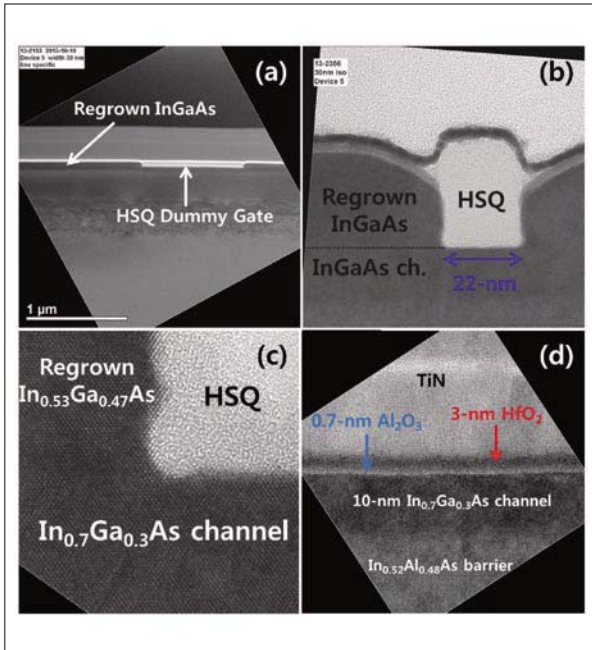
由該團隊製作的MOSFET是在一個半絕緣的InP基板上先成長一個 $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ 的屏障層（barrier）和一個10奈米厚的 $\text{In}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 通道層（參見圖一）。以MOCVD再成長法形成源極和漏極的重摻雜接觸區域，於平台隔離區形成之前於前述的源極和漏極區域製作歐姆接觸，並且用原子層沉積法製作出0.7nm的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和3nm的 $\text{HfO}_2$ 以形成柵極疊層（見圖二）。製作的元件其柵極長度從幾微米到22奈米皆有。

當源-漏電壓為0.5V時，柵極長度為5微米的有效電子遷移率在300K時超過 $5500 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}^{-1}$ （參見圖三）。此MOSFET具有優異的靜電特性，包括其次臨界擺盪（sub-threshold swing）為80 mV/decade以及感應漏極降低勢壘（drain-induced barrier lowering）僅22 mV/V。

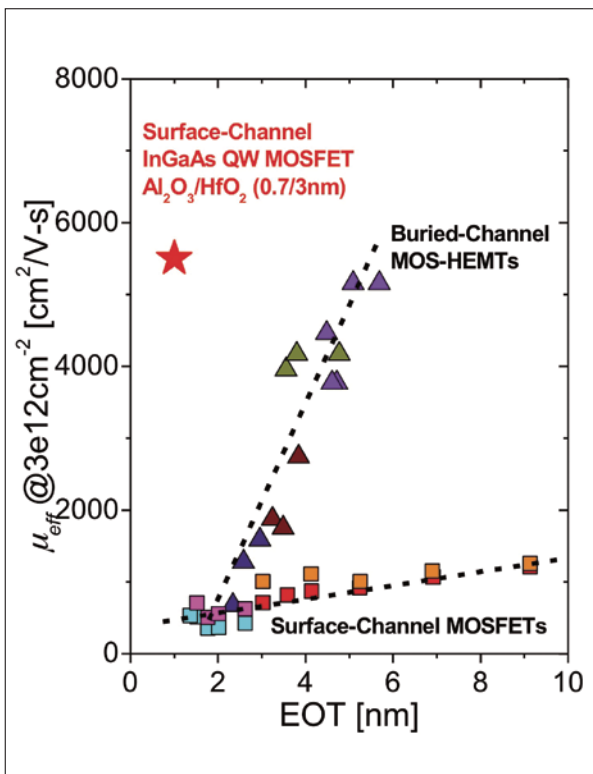
縮小元件尺寸會導致部分電性變差。當柵極長度為40nm時，次臨界擺盪和感應漏極降低勢壘攀升至105



圖一：KANC的研究人員與Yonsei大學、Sematech和GlobalFoundries等夥伴合作，製作的MOSFET採用柵極後做的製程，並且具有超過 $5500 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}^{-1}$ 的有效電子遷移率。



圖二：KANC所領導的研究人員製作的元件結構的剖面透射電子顯微鏡影像。這些影像包括光阻、HSQ以及假性 (dummy) 柵極。柵極長度為1微米 (a) 和22奈米 (b)。高分辨率影像提供 $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ 通道以及再生長的GaAs (c) 介面的清晰圖像，以及呈現InGaAs/InAlAs量子阱中 $Al_2O_3/HfO_2$ 柵極疊層之間的界面品質。



圖三：KANC製作的表面通道MOSFET具有非常高的電子遷移率，同時具有薄的等效氧化層厚度。

mV/decade和150 mV/V，當長度縮小到22 nm時，這些值更惡化到250 mV/decade和450 mV/V。

Shin將柵極長度變短時性能惡化的現象歸咎於短通道效應，這些問題可以藉由三維通道結構來解決。「當 (如果) InGaAs被引入矽晶圓廠的時間點，應該會落在大約7奈米或更短技術節點的時候。在那個時候，電晶體的架構應該不會是平面的，而是例如三維通道或是閘極全包覆的結構以保證靜電完整性 (electrostatic integrity)」。

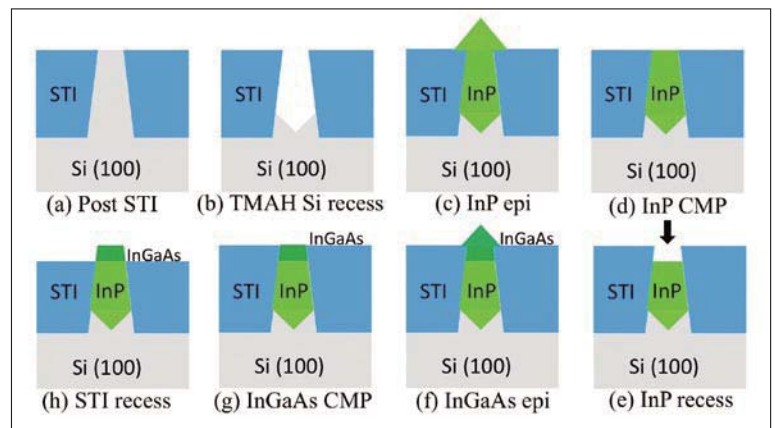
假如此團隊開發的技術真要造成產業的衝擊，則必須要能夠在八吋矽基板上生產這些元件。

Shin說，「有幾個選項可供選擇，例如晶圓鍵合、使用變形的緩衝層或是深寬比捕獲法 (aspect-ratio trapping)」。Shin並透露團隊的首選方法是後者。Lee說，「我們真的想在矽晶片上取一小塊區域選擇性地定義III-Vs元件，這些元件就在其他元件如矽CMOS和/或矽PMOS的旁邊」。「此外，已知藉由深寬比捕獲法成長III-V族材料可在頂端部位獲得最好的無缺陷品質，並且克服晶格失配的問題」。

### 八吋矽晶圓上的III-Vs元件

以深寬比捕獲法於大尺寸矽晶圓上形成III-Vs元件的領先者是位於比利時魯汶的IMEC，即比利時微電子研究中心。在VLSI研討會上，其研究人員揭露從200mm矽晶圓轉換矽片 (fin) 製程至300mm的結果。

「到最後將平穩地轉移在200毫米習知的設備，以及製程步驟到300毫米。」 Niamh Waldron說。「同樣地，要转移到450mm矽晶圓也不存在根本性的問題。」



圖四：IMEC研究人員採用深寬比捕獲技術在矽晶圓上製作出III-V族MOSFET元件，並且具有高品質的InGaAs通道。

封面故事 ◆ Cover Story

該團隊製造砷化銦鎵/磷化銦量子阱FinFET元件，一開始是做出標準的淺溝槽隔離製程，再蝕刻矽以形成溝槽（參見圖四）。在矽溝槽內選擇性地成長III-Vs材料。雖然由於晶格失配的關係會有缺陷產生，但是這些缺陷會移動到側壁的地方並且在該處消失，所以溝槽頂部附近具有相對較好的材料品質。

finFET的製造一開始是在溝槽中沉積InP，之後用化學機械拋光法將表面平坦化並且蝕刻掉一些InP，然後沉積砷化銦鎵在該凹部，再以化學機械拋光法平坦化一次，然後在溝槽旁以SiCoNi蝕刻以產生突出的鱗片（參見圖五）。

「蝕刻過程中對III-V材料的傷害控制並不是重要的問題，但是確實需要加以優化」，Waldron說。「目前，我們正與合作夥伴商討鱗片製程的替代方案 — 一個是不需要蝕刻 — 另一個則是以蝕刻製作出鱗片結構。」

與KANC的研究者相仿，Waldron和他的夥伴也使用閘極後做的製程，以調合通道和電介質之間的介面。

IMEC的方法另一個值得注意的地方是使用鎂摻雜劑加入InP緩衝層和InGaAs通道。形成這些金屬有機層的物質是碳，當碳出現在照理應該是未摻雜的InP時，它會導致過高的源-漏極漏電。而藉由摻雜鎂元素，IMEC的工程師形成的p型InP不僅大幅度削減漏電流，而且還增加通道層的導帶偏移，從而提高對載子的約束力。

工程師製作的元件具有一個30奈米厚的InGaAs通道和一個50奈米高的鱗片。對於摻雜的緩衝層而言，漏電

流是藉由增加通道中的摻雜加以切斷一輕摻雜緩衝區的改善更為顯著。如果通道是不摻雜的，高摻雜的InP會使漏電流大幅下降因為鎂會在成長和加工過程中從緩衝層向上擴散到通道。而通道被摻雜其實是個壞消息，因為載子遷移率會下降。找到漏電流與遷移率之間的最佳平衡條件，元件可實現190 mV/decade的飽和次臨界擺盪值。

「雖然鎂摻雜對降低元件關閉時的漏電流有效，但它確實會影響電子遷移率和元件的性能。因此我們所追求的元件設計是較低量或者完全沒有鎂摻雜的情形」，Waldron評論說。他們正努力針對製程微縮到10nm或7nm時的所需的低缺陷密度III-V族材料進行開發。

較佳的微縮能力

同時，UCSB的研究人員聲稱已經製造出第一個III-V MOSFET具有導通電流、關斷電流以及工作電壓相當於或超過目前生產的矽元件 — 其尺寸與目前的VLSI產業相近。

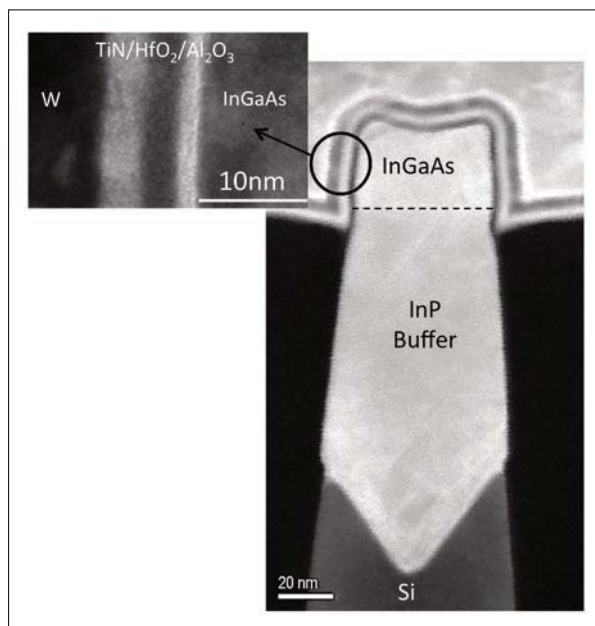
由Mark Rodwell、Arthur Gossard、以及Susanne Stemmer領導的團隊所製造的元件擁有25奈米的柵極長度，可以在0.5 V的電壓下操作，並且具有0.5 mA的開啟電流和100 nA/ $\mu\text{m}$ 的關斷電流。

要為III-V MOSFET性能設立一個新基準的話，要修改現有的元件架構，包括僅2.5奈米厚的砷化銦通道厚度。該團隊的Sanghoon Lee對本雜誌提到，薄通道有助於降低關斷狀態下的漏電流，因為它增加了InAs量子阱的量子能帶差，因此能帶與能帶間的穿隧效應降低，否則該效應容易在鄰近漏極的高電場區發生。薄通道的另一個好處是增加柵極電容，這可以幫助提高導通電流。

這些MOSFET的高性能得益於高品質的柵極絕緣體。這些絕緣體是由 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 以及 $\text{ZrO}_2$ 搭配而成。

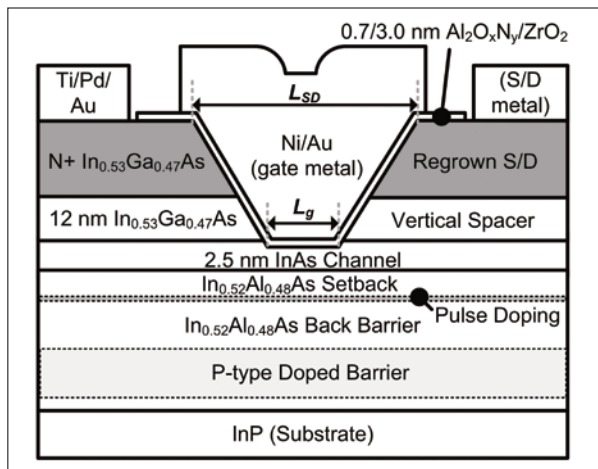
「我們已經用氧化鋁代替二氧化鈣。針對該兩種物質的MOS電容分析告訴我們，典型氧化鋁的介電常數為23，大於二氧化鈣的值19」，Lee解釋道。然而，如果用更常見的 $\text{HfO}_2$ 來取代 $\text{ZrO}_2$ ，則總柵極電容也不會大幅增加。根據Lee的說法，這是因為它是III-V MOSFET的半導體電容，而不是氧化物電容，因此限制了總柵極電容的增幅。

由於這一點，Lee認為令人印象深刻的MOSFET性能基本上是由於薄通道的因素，加上引入能舒緩元件內部



圖五：由IMEC工程師拍攝InGaAs通道的暗場掃描式隧道電子顯微鏡圖像。插圖是其柵極層的透射電子顯微鏡圖像。





圖六：垂直間隙壁和薄InAs通道被認為是讓UCSB之MOSFET擁有高性能的主因。

電場分布的垂直間隙結構 (spacer)。藉由降低電場分佈的峰值，能帶與能帶間的穿隧效應得以降低，從而減少漏電流。

MOSFET是形成在由半絕緣磷化銦上以MBE成長的磊晶層中。在沉積50奈米厚且非特意摻雜的InAlAs緩衝層後，工程師加入一個250奈米厚的p型摻雜InAlAs阻障層、100奈米厚非特意摻雜的InAlAs阻障層、2奈米厚的n型銦鋁砷、脈衝型摻雜層、5 nm厚非特意摻雜銦鋁砷的阻障層 (setback)、3.5奈米厚的應變 (strained) InAs通道，和一個2奈米厚非特意摻雜的In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As間隙壁 (spacer) (參見圖六)。

假性柵極的長度從12奈米到1000奈米皆有，是在晶圓上塗布20奈米厚的含氫酸鹽光阻，之後以電子束光刻表面而形成圖案。再以MOCVD法加入12奈米厚的間隙壁和重摻雜的In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As區域以作為源極和漏極。

利用MBE以製作磊晶片對VLSI產業來說並不理想，原因是成本太高，而且在大尺寸晶圓上要成長出均勻的薄膜也相當有挑戰性。「我們使用MBE的原因是，我們的MOCVD系統沒有鋁源，所以不能長出可用MOCVD成長的銦鋁砷阻障層，」Lee解釋說。「據我所知，就磊晶的品質而言，MOCVD長出的磷化銦相關材料的品質與MBE相同」。

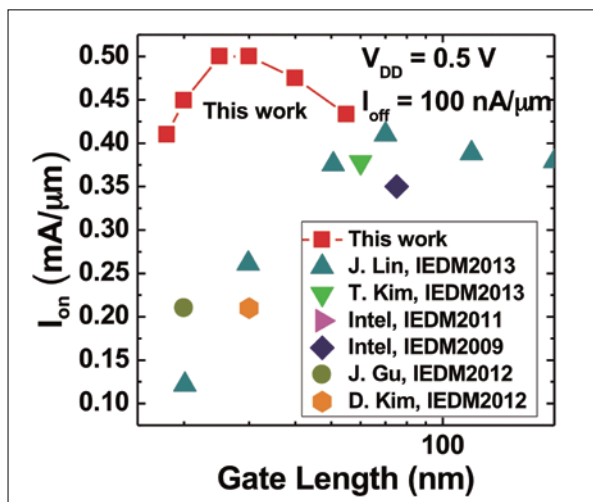
磊晶片上的MOSFET製程，包括以濕蝕刻定義元件的平台區，之後以緩衝氫氟酸剝離出假性閘極。接者以兩段式等向數位蝕刻技術除去約2nm的In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As和大約1奈米的InAs，最後留下2.5奈米厚的通道。然後馬上將這些晶圓送入ALD機台中。

經過原位 (in-situ) 含氮電漿/三甲基鋁 (tri-methyl-aluminium) 的製程之後可形成0.7奈米厚的Al<sub>2</sub>O<sub>x</sub>N<sub>y</sub>層以及一個3奈米厚的ZrO<sub>2</sub>柵極電介質。再經過400°C的退火、Ni/Au的柵極金屬以及源極和漏極觸點的Ti/Pd/Au疊層金屬之後，可以對此MOSFET進行測試。在0.5 V的漏極-源極偏壓下，柵極長度25nm的電晶體可產生2.38 mS/μm的跨導峰值 (transconductance)。在0.5 V的漏極 (V<sub>DD</sub>) 電壓下，該元件產生的導通電流為0.5 mA/μm (參見圖七)，而其截止電流僅為100 nA/μm。於0.1V的漏-源極偏壓下，其次臨界擺盪只有72 mV/decade。若偏壓是0.5V，則上升到77 mV/decade。

Lee認為，儘管最近矽半導體元件轉向立體結構，例如finFET，可是III-Vs族材料的引入有可能讓產業回復到平面元件結構，如他們所展示的MOSFET。「III-V族材料很容易受到乾蝕刻的損害」，Lee認為，「所以它可能很難藉由現有的乾蝕刻技術製作出鱗片結構。除此之外，平面製程也較具有成本效益」。

此團隊製作的元件是用於高性能應用，它的需求之一是關斷漏電流要低於100 nA/μm。對標準和低功耗性能的應用而言則需要滿足更低的1 nA/μm乃至於30 pA/μm的要求。Lee和他的同事正藉由修改通道和垂直間隙壁的尺寸以達到這些目標。

此團隊的努力，加上在IMEC和KANC研究人員的成果，已經縮短了這些最先進的III-V MOSFET與它能對代工廠產生影響的時間差距。隨著時間的推移，這個差距會繼續縮小—但是大家還是有一個問題，就是縮短的速度夠快嗎？能夠使化合物半導體在7奈米節點時真正發揮影響力嗎？CS/Taiwan



圖七：加州大學聖巴巴拉分校開發的短柵極MOSFET樹立了新的導通電流基準。

CS 精選 ▶ CS Features

# 紅外線雷射 讓 Silicon 飆速

矽晶片上雷射結構的成長有望克服迫在眉睫的數據傳輸瓶頸

BY HIMANSHU KATARIA AND SEBASTIAN LOURDUDOSS FROM  
KTH-ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY



我們排遣休閒時光的方式正悄悄在改變。我們大多數都是利用閒暇時間去看電視、閱讀、聽廣播，而在過去的十年當中漸漸開始利用網路去瀏覽網頁、看電影、聽音樂。

這新的選擇看似可以簡單透過輕輕一點即可有擁有眾多選擇，但其實這也伴隨而來一些代價：數據傳輸的水準日益增長但同時也讓網際網路骨幹的壓力越顯沉重，並且使用CMOS為基礎的電子設備在上傳、下載和傳輸這些數據上正在失去動力。

到底是什麼原因導致這迫切的瓶頸呢？這並不是因為微處理器的演進速度，相反的，這問題是與晶片間資料傳遞速度有極大關聯。這是被互相連結的銅線所侷限著。

資料傳遞率上升是可實現的，藉由讓光在晶片間傳導與將光導引在晶片周圍的軌道以矽電線做取代。然而，這種矽光子的方法被缺乏效率的矽雷射所阻礙，因此，III-V族被採用了一但在此整合上仍是充滿挑戰性。一種組裝雷射的方法是將兩個矽晶片連結在一起。這樣是一種簡單的方法但缺點會是因為絕緣層覆矽晶圓(SOI)在過程中被採用而這樣的效率可能會較差。矽之間夾著所述絕緣層是一種低導熱性電介質會妨礙了由雷射產生熱能的耗散，從而導致晶片過熱和性能降低。此外，將晶片連著在一起會危害產能。為了將雷射置於矽晶片之上，III-V晶片或晶圓必須選擇結合到一個更大的矽基板。這可導致在整個矽的中間粘合層的厚度有不可接受的變化，雖然晶片與晶片間的黏著可以被解決的，但代價亦是昂貴的，且嚴格的校對要求會影響產率。

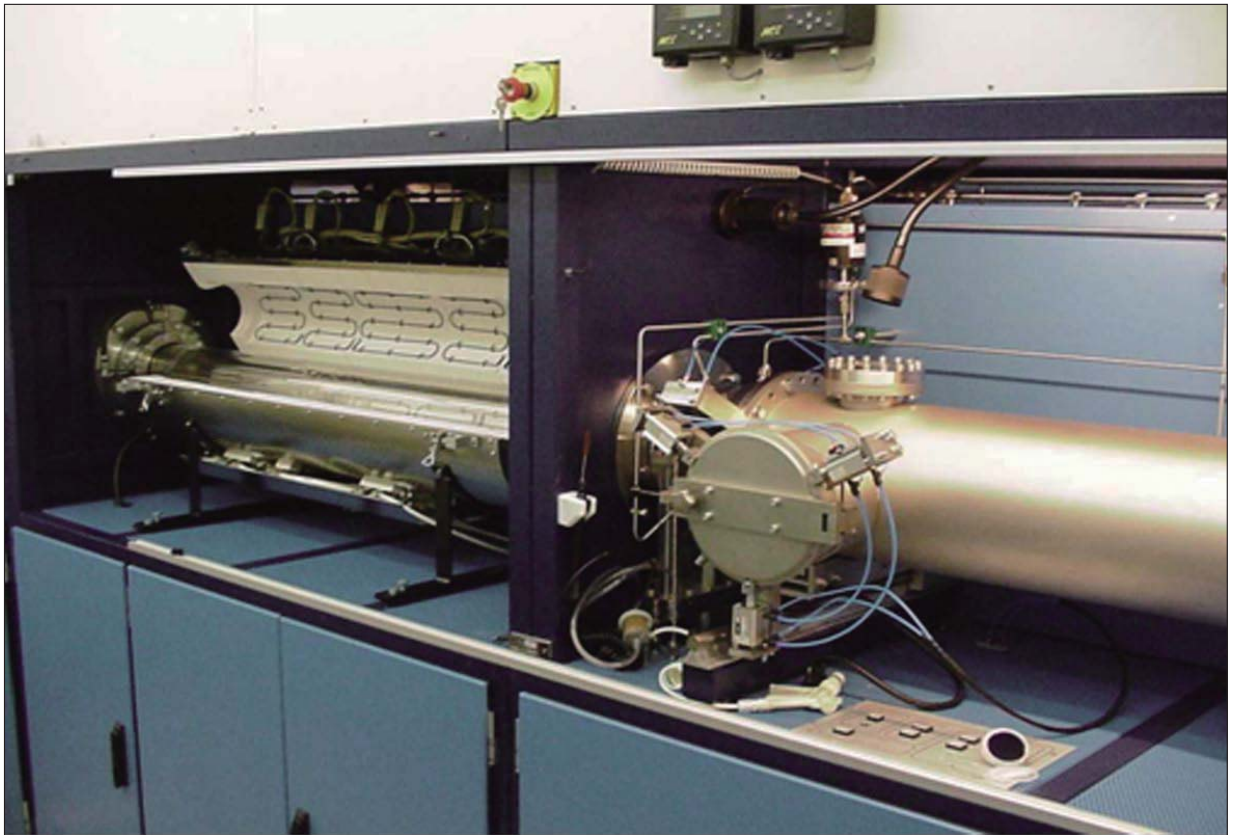
### 單片化整合

單片化整合是一個更好的方式來組合微處理器晶片與III-V族雷射。這種方法已經被世界各地幾個組織所使用，包含已經開發出創建無缺陷層磷化銻的瑞典KTH。

所有整合晶膜方法最大的挑戰在於如何克服晶格和



CS 精選 ◆ CS Features



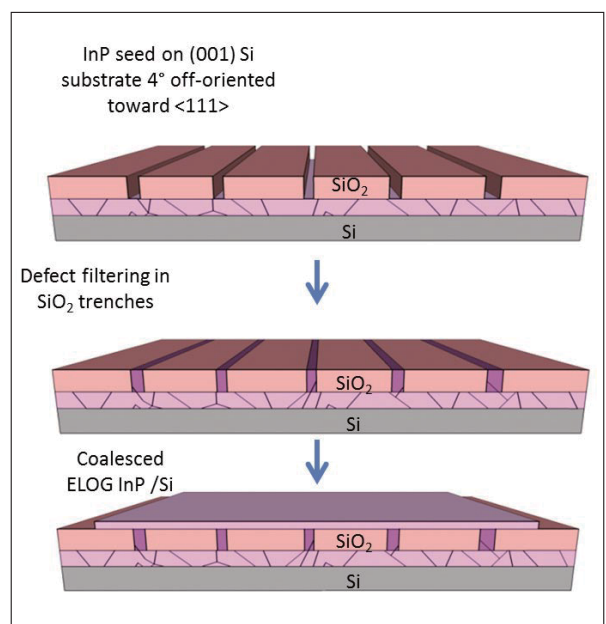
KTH的HVPE反應因子已經被用來形成有二氧化矽剝除矽基板上的InP層。

熱膨脹係數的差異。這會導致III-V族原料產生缺陷，此缺陷是會形成消耗陷阱，此陷阱會減少載流因子的壽命並最終使該元件衰亡。為避免這種情況發生，我們採用了磊晶側向延長法（ELOG），此方法包含磷化銻在開口上的無缺陷層，此開口指的是在介電質上的沉積矽薄膜。（請看圖一）

有了這個方法，缺口在III-V族與介電質薄膜過濾後的矽之間產生，使無缺陷層InP的層積可以讓以InGaAsP為基礎的多量子阱作為一個虛擬基板的選擇生長。有了這項技術，在矽上創造真正單片化整合光子電路的大門即將被打開，即便矽到目前為止僅有連結方法是可行的。

創造高品質的磷化銻是必需增加一個雷射，該雷射是以近平衡條件HVPE所選擇的生長區域為基礎。第一步包括在矽上薄磷化銻層的沉積來創建一個晶種基板。在此之後，絕緣體二氧化矽薄膜會沉澱並隨後利微影技術來製造出穿過晶圓的二氧化矽剝除。這會導致一部分有缺陷的InP的露出。在繼續生長的磷化銻可以將這些缺陷填平，但有趣的是—且極為重要—這些缺陷會依循晶面上的特定角度去生長。這意味著，如果開口的厚度到

該溝槽的高度之比率是經過精心選擇的，缺陷是可以在井上被消除的，所以不僅表面之下的缺陷被填滿了，開口上的缺陷也同時被填滿了。

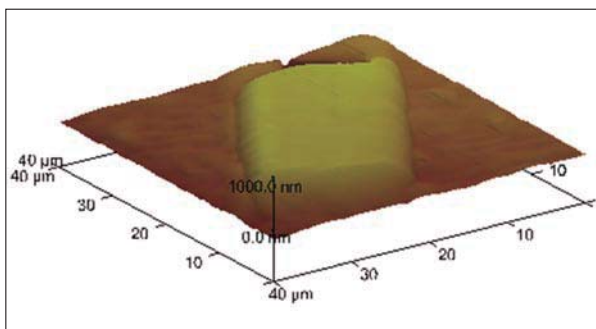


圖一：外延層的過度成長保有形成矽上無缺陷磷化銻的關鍵

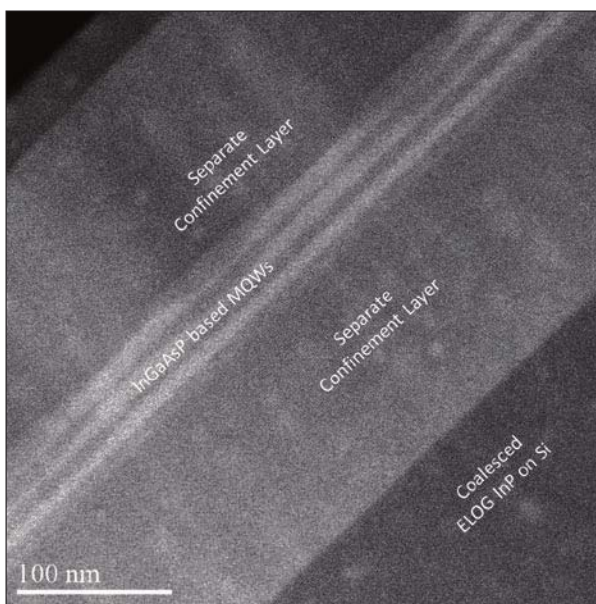
透過進行一系列的實驗中，我們已經優化合併磊晶側向延長法（ELOG）磷化銦生長的開口，這些開口為300 nm間距為1 μm。這可形成具有平滑磊晶側向延長法（ELOG）磷化銦層的模板，其總寬度約15 μm。

目前我們使用這些模板作為MOCVD生長1.55 μm 砷化銦鎵多量子阱結構的基礎。形成這樣的結構並不容易，因為附載效應選擇性生長可導致厚度和阱的成分，且這些障礙與平面基底上的是完全不同。然而在經歷過許多實驗後，我們已經精煉介電層光罩圖型，因此可以讓附載效應在MOCVD生長期間減低。

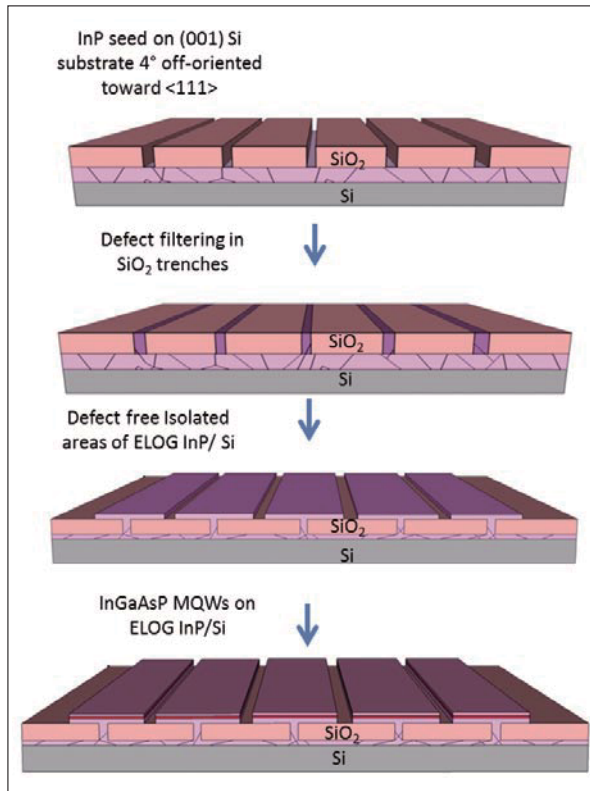
原子力顯微鏡揭開了多量子阱生長後的平滑晶膜表面（請看圖二）然而根據透射電子顯微鏡提供的圖像，該活性區域並非完美的且有不均勻厚度的多量子阱（請看圖三）這可能是因為多量子阱在一個非常小區域的選擇生長所產生的巨大負載效應。然而，這也可能是由於



圖二：原子力顯微鏡顯示ELOG InP在矽上的高度平整度聚合



圖三：截面透射電子顯微鏡揭露了在矽上形成聚集的ELOG InP在InGaAsP多量子阱中各層中的厚度變化。



圖四：ELOG程序導引出InP在矽上形成未密合的大面積區域

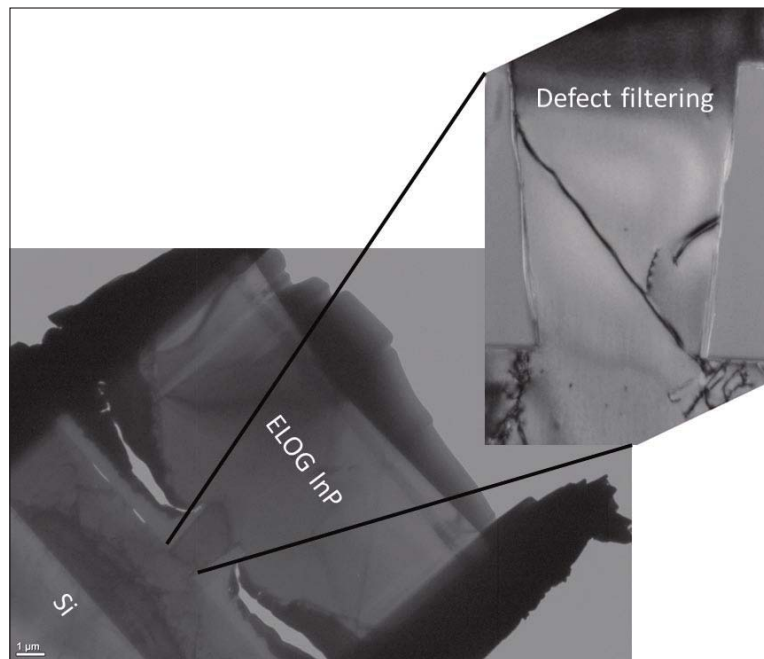
磊晶側向延長法（ELOG）中導致的平行生長前端側的聚結不均。

極性材料的生長到非極性層—如矽上的InP生長—可以創造反相域，該反相域是當相同原子之間的連結點沿特定方向發生而形成的。這些反相域會在轉去生長在偏離導向基板上而被消除，但即便如此，此方法仍無法避免新缺陷的產生。這是由於兩個平行生長前端的結合連結出現了不合格，因此，必須去避免平行生長前端的連結以獲得一個光滑表面和側壁的介電質薄膜。

多虧了這些觀點，我們制定出一種實驗方式去發展出能夠達到幾乎無缺陷、矽上大面積隔離區域的ELOG InP（請見圖四）。這些在InP上未密合的條紋是生長在1mm寬間隔20 μm的開口。這些開口就像現今光子產業中的光刻技術那樣結實耐用，其覆蓋了一個12.5mm的正方形區域。然而，值得注意的是，沒有理由為什麼這個過程不能被縮減以使InP區域在大晶圓中生長。

雖然二氧化矽的剝離比以前更加被隔離著，ELOG理論仍被使用著。這也是我們必須去微調我們的程序去避免平行生長前端的接合。從一個樣品所取的橫截面穿透式電子顯微鏡中發現，儘管有如此寬的開口，缺陷阻隔

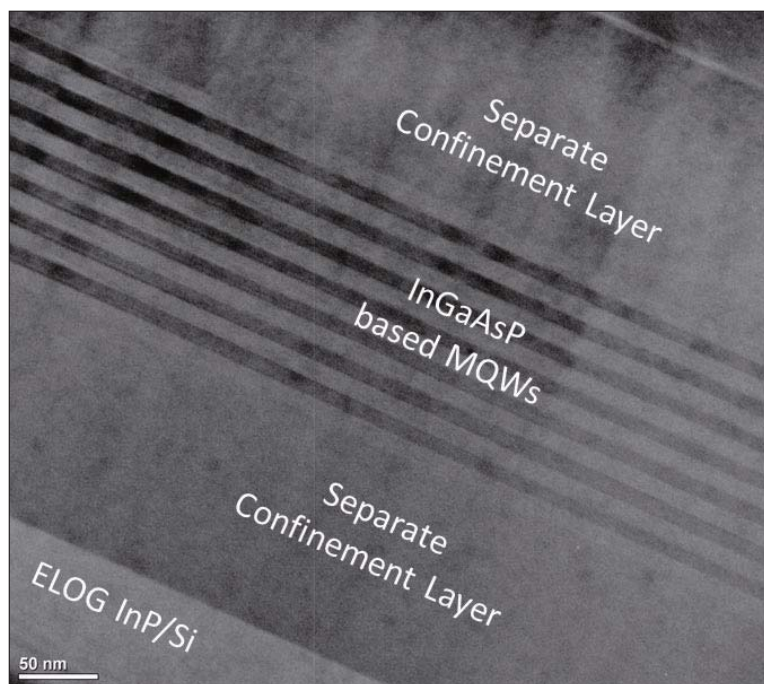
CS 精選 ◆ CS Features



圖五：截面穿透式電子顯微鏡揭露了在開口上的缺陷過濾機制。

仍然會發生（見圖五）。

我們使用這些模板作為虛擬基板，此虛擬基板讓MOCVD生長 $1.55 \mu\text{m}$ 射出的InGaAsP多量子阱。先前的貢獻提供我們減少生長過程中產生負載效應的方法，且這最終使我們能夠達到高品質、高一致性活性區域與清晰



圖六：在穿透式電子顯微鏡下展露了生長在矽上未結合ELOG的高品質InGaAsP多量子阱

界面（見圖六）。我們相信量子阱達到這種高程度一致性也須歸功於相對大面積的可用InP且足夠讓半導體雷射製造。令人鼓舞的是，通過這些樣品所產生的光致發光與同時生長在InP平面上的對照組是相容的。

### 保持冷卻

InP在雷射下面的散熱效果與避免過熱的情況較在中間結合層下面為佳。

有趣的是，經由我們的團隊所模擬的結果，說明該開口越大可以有更好的熱傳導性，因此我們試圖將此方法用在我們的模板。這使我們去優化沉積過程，將二氧化矽上 $1 \mu\text{m}$ 開口刻蝕至 $2 \mu\text{m}$ 的深度。藉由優化的過程中，我們可以理解到缺陷的改善且同時保持二氧化矽的表面和側壁平滑，以避免任何新的缺陷的產生。

### 將光導入

III-V族和矽的整合需要加速主動區光學模式到矽基礎的耦合。為了達到如此，必須漸逝耦合光模式與矽導管，該矽導管是埋在介電層光罩之下，以這樣的方式使整個結構工作不僅當作缺陷過濾因子也可作為用於光模式的漸逝波耦合的平台。

藉由我們與密西根大學Pallab Bhattacharya團隊的模擬，漸逝耦合可在InGaAs/GaAs基於量子點雷射與一個實驗室培養的矽二氧化矽波導包層結構（silicon-SiO<sub>2</sub> waveguide-cladding structure）有類似的尺寸之間所產生。我們還是用ELOG去製造最終元件。而在實現這一點上，我們不希望任何重大障礙產生，提供獨立大面積InP的優良材料質量與一致化InGaAsP多量子阱的後續生長。

未來仍然有一個挑戰在前方，光子產業繼續在微觀世界中發展，因而不斷縮小尺寸是必然的，因為在電子工業中已將納米尺寸達到的最小可能了。

其他團體已經開始嘗試去縮短差距，藉由發展以微小電漿子光學為基礎之儀器，或以GaAs奈米線與InP多型奈米棒為基礎的超小型雷射—後者具有超低臨界值。

我們的整合方案可能有助於這些努力，因為它可為III-V族和矽的傳遞作為一個可負擔乘載與單片集成平台的基礎。在不久的將來這樣可成為非常複雜的光子集成電路的基礎。我們實驗室的幾個同事貢獻於這項工作，這項工作得到美國英特爾公司URO的部分支持，我們也享受來自UCSB, John Bowers豐饒的合作成果。CS/Taiwan



# 切進中紅外線 和更高頻率的領域

結合量子串列雷射和電晶體讓包含中紅外線波長到  
兆赫頻率的新應用成為可能

JOHN DALLESASSE and KANUO CHEN / 伊利諾大學香檳分校

**要**從中紅外線 (mid-infrared) 波長和兆赫 (terahertz) 頻率之間產生同調發射光源是非常不容易的。但是如果能夠成功的話，將會有持續的巨大回報—如果這些新裝置在商業上是可行的話，就能夠適用於其它新應用並打開新市場的大門。

在中紅外線和更高頻率的頻率可調光源的很多機會，都是跟化學物種類的確認有所關聯。許多物質在此光譜範圍內具有不同的分子共振，所以頻率可調光源能夠用於化學製程的監控、汽車應用、生物醫學影像和組織病理學、化學和爆炸物檢測、溫室氣體監測、地面和廢水監測、國土安全，以及很多依賴於檢測特定化學物的存在和數量的其他應用上。

頻率可調的光源藉由掃描其頻率以激發分子振動，以用來檢測不同的化學物質。若選中的頻率造成分子共

振時將導致光的吸收，而這情況可以藉由偵測器響應的突然下降而被檢測到。而為了讓檢測具有最佳的訊號與雜訊比，則需要高強度、窄光譜的可調光源。

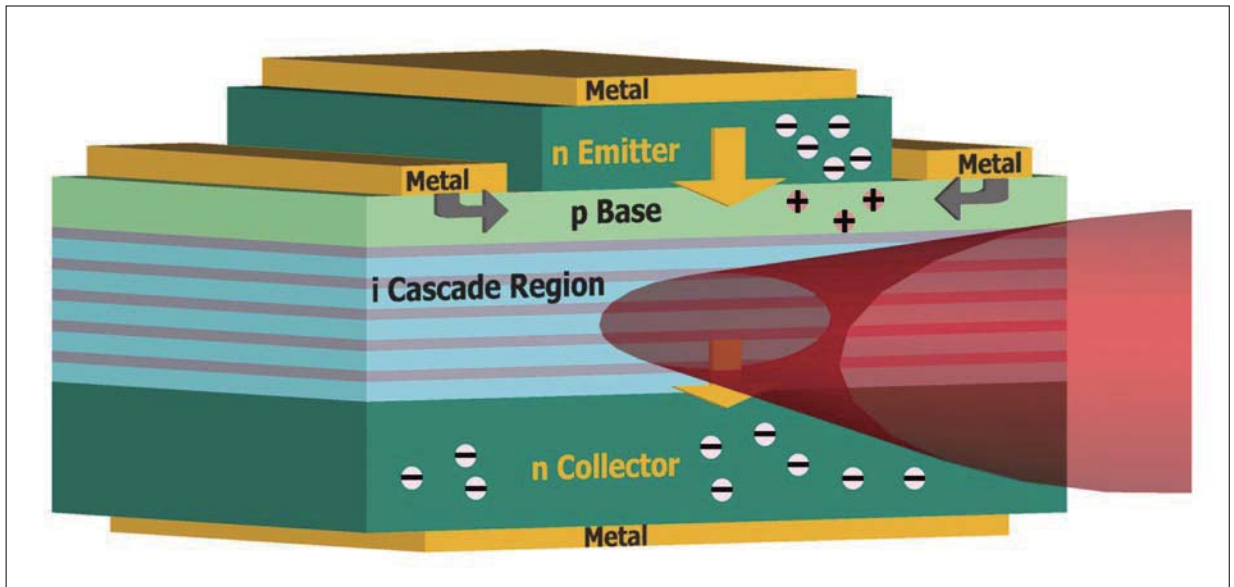
這種光源也適合用於影像上，藉由偵測器陣列上的功率變化，即能夠針對不同樣本內的化合物進行空間定位，包括生物性樣本。當利用中紅外線雷射成像技術鑑定癌細胞時，這種方法可以實現比常規方法更高的速度、精確度與解析度。

另一個從中紅外線到兆赫頻率所發出光源的應用是點對點的通訊鏈結。為了達成此應用，則其光源必須獨立地以高數據速率在振幅和頻率上進行調變。

對於所有前面所概述的應用來說，理想的光源是小型且高效率的，因此利用電池即可以驅動。能夠在一般的環境溫度下操作而不需要冷卻，對於廣泛導入可攜式



CS 精選 ◆ CS Features



圖一：電晶體注入QCL是一個設計用來從中紅外線波長到兆赫頻率範圍內獲得同調輻射的三端元件。這種元件利用了電晶體效應和少數載子注入，以提高QCL的效能。金色箭頭顯示了流經該結構的電子流，並且是由流進p型基極的灰色電洞電流來加以控制。

手持系統，或是那些環境監測的現場運作系統也是必須的。

**量子串列雷射：優點和缺點**

在1994年時，一個利用最早的量子串列雷射（QCL）發展的重大突破，為中紅外線和更高頻率的可實用性光源鋪上了坦途。這種兩端型的單極 $n^+ - i - n$ 元件能夠藉由精心設計的膜層厚度，並調整施加的電壓，以產生具有所需波長的光子。由於改變施加電壓即會改變能量狀態間的區隔，因此亦可決定所發射的波長，並影響這些轉變發生時的速率，因為在串列區的電子波函數（wavefunction）是具有電場依賴性的。

受益於QCL的波長只稍微地受制於材料參數一以及作為特定偏壓電壓所製作的膜層厚度工程所控制一此等級的雷射已經被證明能夠在一個很寬的波長範圍內發光。

藉由改變電壓來調整發射光源的方式，是QCL的一個具有吸引力的功能，但它是有代價的：電壓的改變也會影響光子的壽命。這意味著，當在橫跨串列區域上改變電場時，此時會同時改變電子波函數的形狀和其狀態能量，而且由於QCL是雙端元件，其輸出功率也會跟著改變。因此，簡而言之，調整所施加的電壓會同時改變發射波長和輸出功率。但顯然這是不希望的情況，因為在許多應用中，會比較希望能在調整波長的同時亦能固定

其輸出功率。

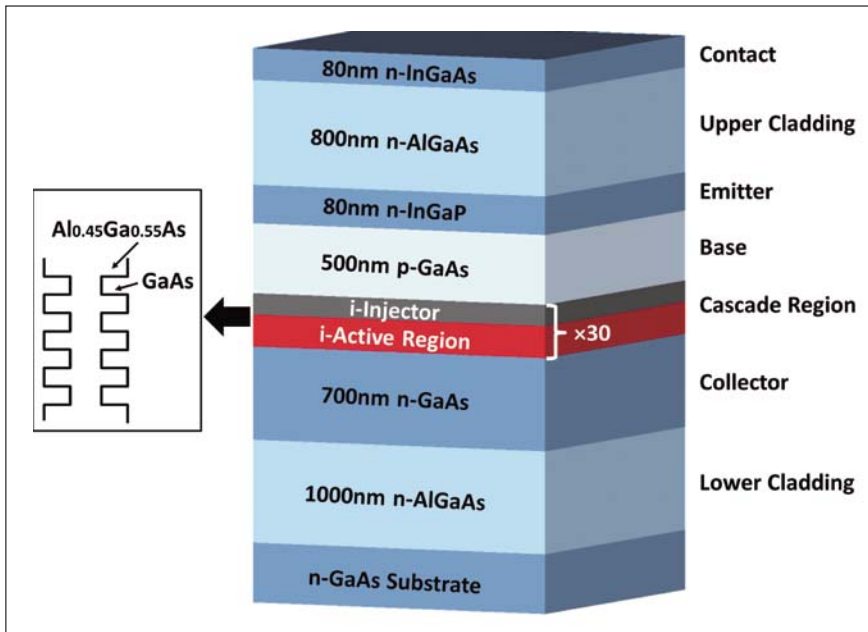
藉由檢視雙極界面電晶體（BJT）的操作，即有可能瞭解如何改善QCL。當形成一個 $n-p-n$ 結構時，則這個元件等級中的電子，在它們擴散到集極並且被逆向偏壓的 $p-n$ 基極-集極界面的電場移除之前，會從一個順向偏壓的 $n-p$ 射極-基極界面注入到基極中。這一連串發生的事件，就像是載子從準電中性的基極隨機遊走到集極界面電場區域中。雙極界面電晶體的「魔法」是源自於使用一個微小的電洞電流流進基極的接觸面中，即能夠控制由射極產生並被集極捕獲的巨大電子電流。

我們在伊利諾大學香檳分校的團隊將BJT的特性與QCL的特性結合，形成一種可提供獨立控制橫跨量子轉變區的電場，以及流過電流的創新元件。有了這個我們稱為電晶體注入（TI）QCL的新型混合設計後，則在利用電流控制雷射功率的同時也能夠用電場來控制波長。

TI-QCL的設計與HBT是相似的（參見圖一）。關鍵差異是在元件的頂端與底端所加入的膜層，以提供光學侷限（confinement）、串列區域的導入，以及膜層厚度和摻雜程度的一些差異。

我們的這種新型雷射是有可能在許多不同基板上製造的。它可以在 $n$ 型導電性基板上生長，其集極的接觸面是做在晶圓的背面（參見圖二，其顯示一個簡化的磊晶膜層結構）；而且它也可以在絕緣性基板上形成，此時其所有的接觸面是製作在頂端的表面上。更重要的是，





圖二：一個典型TI-QCL磊晶結構的例子。集極含有做為光學模式侷限之用的低折射率膜層。而在基極－集極界面內的則是量子串列增益區。在量子轉變區上方是p型、低摻雜的基極。漸進式摻雜在接近射極－基極處會增加，以讓自由載子的吸收最小化。而射極本身是由InGaP所構成，以確保較高的射極注入效率，並且在整體射極結構內的是低折射率膜層，以提供光學模式侷限性。整個結構會被重度摻雜的n型接觸膜層所覆蓋。

由於 TI-QCL 和 HBT 的相似性質，所以以設計和加工步驟方面來看，應該是有可能在已商品化的 GaAs 積體電路代工產業中製造此種元件的。

導入第三端能為元件的操作（參見圖三的能帶結構圖）提供極高的自由度。因此是有可能在固定輸出功率下調變頻率的，藉由施加固定的射極－基極偏壓的同時，抖動基極－集極偏壓—這些關於電壓的調整會改變頻帶的斜率，也因此改變了躍遷能量。

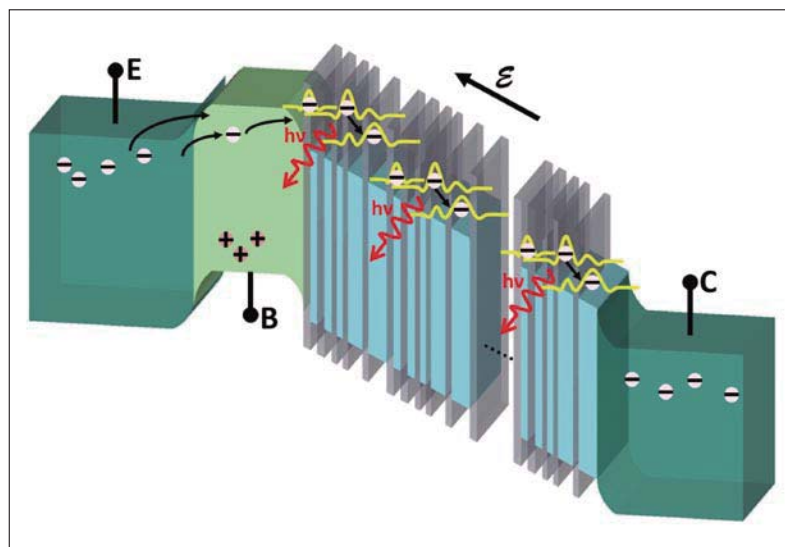
在維持恒定輸出功率的同時並改變頻率，在用於識別化學物質上是極為有用的。利用在某一電場輸出功率下，並在橫跨某一分子吸收線上來回掃描頻率，是有可能增強信號－雜訊效能，從而實現優異的低濃度檢測能力。

通信應用也可能是我們的TI-QCL的目標應用，因為調變也有可能可以非常快，因為它是依據結構內的電場變化而定。振幅調變也是有可能的，因為可調變射極－基極偏壓。在此情況下，調

變速率是由穿越基極以及通過量子轉變區域的轉變時間所限制，所以會比那些由頻率調變所得到的還要慢一些。此外，頻率和振幅可以被獨立調變，藉由採用一種共基極結構，可提供射極－基極和基極－集極界面的單獨控制。

另一個TI-QCL的好處是很低的內部損耗，這源自於n-p-n型結構和根本上不同的電流注入方式。由於自由載子吸收所造成的損耗可以最小化，這是因為沒有來自於串列區域的摻雜，以及鄰近串列區域更低程度的摻雜。而對於內部損耗的進一步改善，是在吸收效應最強的高光學電場強度區域中創造出圍繞OCL結構的空乏區。

因為有了這些改進，因此很有希望可得到一個較低的雷射閾值電流、提高的微分量子效率並提昇牆壁插座效率。而對於後者的增加是具有高度價值的，因為這對於便攜性和能量敏感的應用是至關重要的。



圖三：TI-QCL的能帶結構顯示出射極（E）、基極（B），和集極（C）的接觸面。在此 n-p-n 元件中，電子由順偏的射極－基極界面而被注入到p型基極中，然後在它們被逆偏的基極－集極界面電場區移除之前會擴散越過基極。在基極－集極界面的電場區域中，電子以不連續的步驟通過階梯式的電位，並發出由量子阱和障壁層的設計，以及由基極－集極偏壓所設定的施加電場「 $\Sigma$ 」所建立之波長的次能帶光子。

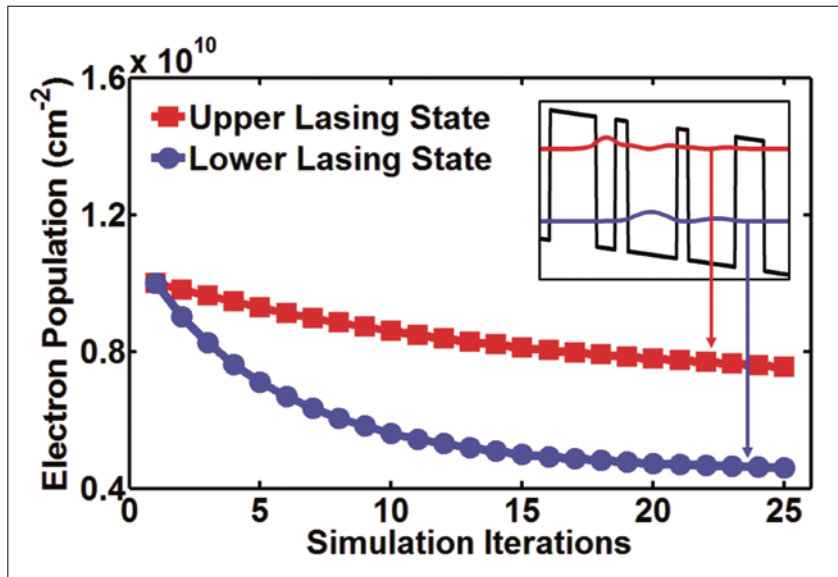
CS 精選 ◆ CS Features

元件模型化

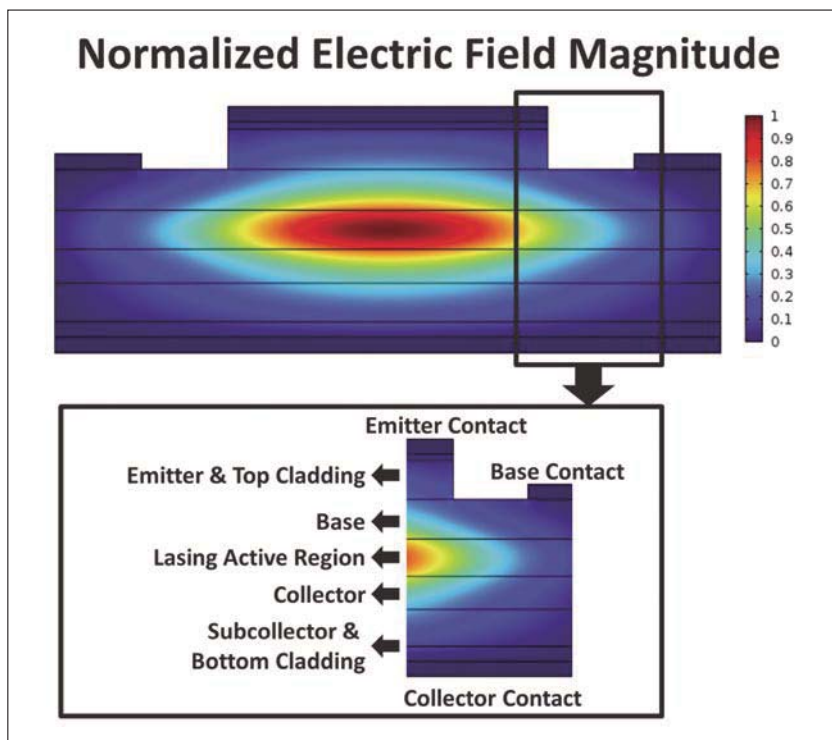
元件模型化並不是沒有價值的。為了要設計一個符合預期的TI-QCL元件，會需要將不同電場強度下的電子波函數和能量水準進行模擬，以及光學模式的模型化和

電性傳輸特性的簡化模型。

電子波函數和能量水準的模型化，可提供關於雷射特性的深入瞭解，例如增益特性。這樣的計算可以揭露在輸出頻率中產生要求的變化所需要的電壓擺幅。



圖四：模擬結果揭露出雷射作用的兩個最重要狀態的片電子密度一較高與較低的雷射態。此項模擬顯示出，其會往上方雷射態擁有比下方雷射態還更多的電子粒子數的方向收斂—而這是雷射操作的必要條件。



圖五：TI-QCL的二維光學波導模型顯示出由上方與下方的包覆膜層，以及射極隆起所提供的模式侷限。侷限因子與膜層摻雜程度可以用來提供由於自由載子吸收所造成的光學損耗的估算。

同時，波導的模型化可讓光學模式的工程以及基於自由載子吸收的內部損耗的估算成為可能。同時為磊晶膜層堆疊的工程，以及決定控制橫向模式侷限的射極和基極平台寬度建立模型是很重要的。而建立模型的最後一個方面，也就是電性傳輸特性，也需要被執行以確保能夠預測元件的電流—電壓特性。

到目前為止，我們只能發表元件模型的結果，因為最初的重點是在設計和概念的驗證上。為了證明我們的元件能夠滿足期望，因此必須能夠產生受激發射，而這需要一個粒子數的反轉—存在比基態載子還來得多的激發態載子。

電子波函數的計算讓我們能確定能態的轉變率，以及此能態的粒子數密度。好消息是兩個發出雷射作用的最重要能態的粒子數密度，會收斂到能讓粒子數反轉的數值上（參見圖四）。我們還為雷射設計進行了波導的模型化，以決定預期的模式曲線（參見圖五）。而我們也正在準備更多可展現元件運作的數據，並將於近期內發表。

我們的元件所具有的巨大潛力，以及從我們的模型化工作上所得到的令人興奮的初步結果，正不斷地提供我們持續推動TI-QCL發展的動力。在美國國家科學基金會資助的支持下，我們將會聚焦在元件的設計改善、製造和特性擷取上，並達成適合用於便攜式系統效能的主要目標。此項讓系統實現的工作重點將會放在設計循環上，以改善元件的效能、展現出可延伸達到兆赫頻率的操作波長、顯現擴大的調整範圍，並擴展其高速調變的能力。

除了這個初始元件的研究工作之外，我們將和夥伴們合作探討如何將我們的新型QCL運用在特定的應用上，例如化學感測和生物醫學影像。我們期待未來這些元件將會被廣泛地運用，以協助維持空氣和飲水的品質、確保化學和半導體製造的製程效率，並協助提供如癌症等疾病的早期發現。CS/Taiwan

# LED效率下降： 關鍵回顧及 新穎解決方案



當近期發表「直接了當地」將問題歸咎於Auger複合時，辯論關於氮化物LED效率下降之成因正吵得沸沸揚揚。在此我們來檢視所提出的效率減損機制，討論幾個在效率下降當中的難解謎團，還有提供用以提高效率之吸引目光的新穎LED架構。

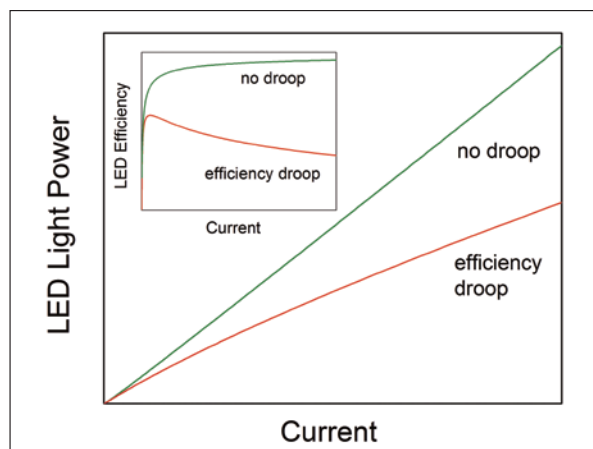
JOACHIM PIPREK / NUSOD協會

**現**在固態照明的時代來臨，有能力負擔得起的LED燈泡則陳列在五金商店的貨架上。相較於小型螢光燈來說，LED燈泡更為長效而且點燈速度更快，單就其備受爭議而還未能發揮高效率的現象：效率下降。由於這個謎樣的弊端，加倍提供驅動電流而照明功率卻未能倍增，導致燈泡內LED的陣列在低於其峰值效率下進行操作，而峰值效率發生於非常低的驅動電流情況之下（參見圖一）。

量子效率下降是落後於這樣的次線性（sub-linear）功率的增加。在理想情況下的LED將以100%的量子效率去操作，而每個所注入的電子產生了從晶片發出的光子。然而，電能轉換到光能的過程中，總會有電子和光子的損失。

留意這些轉換過程中的損失，則該總體（外部）量子效率（EQE）被區分為內部量子效率（IQE）和光子取光效率（EXE）。電子（和電洞）損失被廣泛地認為是效率下降的主要原因，當通過LED的驅動電流被啟動時造成IQE大為降低。

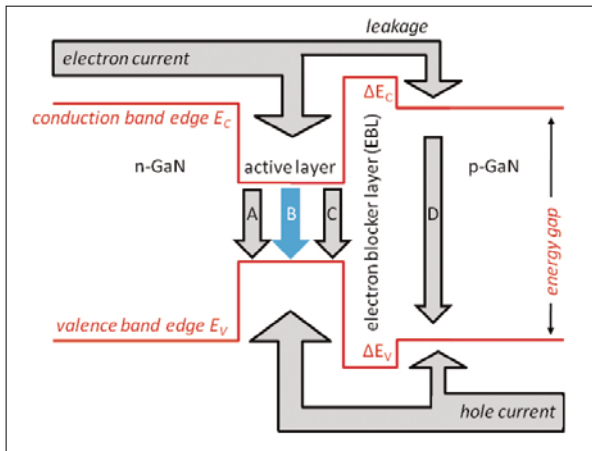
如果電子和電洞沒有在主動層內產生光子的話（量子阱 - QW），那麼這當中發生了甚麼問題呢？那對這些載子來說有一些其他的可能。除了導致光產生於量子阱內的輻射複合之外，電子和電洞將會：於量子阱內部經歷了晶體缺陷相關的複合、量子阱內部的Auger複合、



圖一：關係到效率下降之次線性(sub-linear) LED光功率特性圖，如插圖所示（紅色曲線）。為比較之故，理想的無效率下降之線性功率以綠色繪圖表示之。

CS 精選 ◆ CS Features

圖二：有電子和電洞電流分量之LED能帶方塊圖（紅色）的示意圖。於主動層內所產生光，其中通常包括多量子阱（QWs）。電子-電洞複合的4種可能選項則標記為A~D（A- 缺陷相關複合，B- 輻射複合，C- Auger複合，D- 主動層以外複合）。



以及量子阱外部的複合，係從量子阱的電子洩漏所造成（參見圖二）。

加總這些貢獻成因所產生之簡單普及的模式，其總複合率是由  $R = An + Bn^2 + Cn^3 + Dn^4$  來表示之。在這個模式當中， $n$  係為載子密度，而  $n$  的一、二次、三次和四次項則分別相關於晶體缺陷屬性的複合、輻射複合、Auger複合以及電子洩漏所引致的複合。但是請注意，洩漏的貢獻成因項經常省略之。

如果還記得代數課堂的話，你可能會理解到，藉由單純去計算係數A、B、C和D，可以使用這樣一個公式去搭配多種不同的特性- 並且顯現出不同的ABC（D）參數組合可推及到幾乎相同的結果。

更詳細的模式進一步破壞了這種方法的優點，經由顯示出四種個別的複合機制，這些係數並不是常數，而是改變載子密度。因此，單從這樣一個ABC（D）模型去判定主要非輻射機制的最終結論是很冒險的- 特別是因為量子阱載子密度通常是未知的。

唯有直接測量可以提供支配效率下降機制的最終證據。電子洩漏最初是在紫外光LED [Zhang 2008文獻] 當中經由測量p參雜層之發光情形所觀察到的，當電子向量子阱運行的時候只會產生輻射複合（參見圖二）。之後有幾個類似的報告被發表出來，但沒有人能充分地證明洩漏之程度之於效率下降的幅度。

其實，令人感到困惑的是關於，為什麼所發表的直接測量電子洩漏的文獻不出10篇- 遠低於數百篇聲稱洩漏在特定元件之中是效率下降主因的論文。就個人來看，作者、評論人員和編輯應該更加重視此類聲明的實驗驗證。如果洩漏的確是唯一的眾矢之的，很難看清為什麼很多實驗性LED元件的設計卻無法消弭效率下降。

Auger複合的直接證據

量子阱（QW）的第一例直接證據僅出現於2013年，有兩個不同的團體運用上稍有矛盾的方法。這個首次報導的工作係來自於UCSB和法國CNRS之間科學家的合作關係，關係到由LED表面層所發射之高能（熱）電子的測量 [Iveland 2013文獻]。作者認為這些熱電子係為量子阱Auger過程所產生。他們主張電子-電洞複合是通過將多餘的能量轉移到第二電子而促成的，成為「熱」，並可以移動到LED表面。

然而，其他來自波士頓大學和意大利都靈理工大學的研究人員所完成之電子傳輸的Monte-Carlo模擬指出，Auger電子無法在量子阱和LED表面 [Bertazzi 2013文獻] 之間的距離上維持高能量。

與此相左的是，對於Auger電子於很短的運行距離則被假設在刊登於2013年Auger複合之直接證據的第二事例當中 [Binder 2013 文獻]。由歐司朗 (Osram) 光電半導體研究人員所主導的這項工作中，熱Auger電子被假設很快地損失其能量，使得有些Auger電子被鄰近的量子阱所捕獲。然而，該實驗的數值模擬顯現出沒有Auger複合的類似結果 [Hader 2014 文獻]。

即使有人接受這兩個實驗所提供相關量子阱Auger複合的證據，儘管假設衝突，沒有一個呈現出直接的證據來闡明，Auger過程是大到足以憑藉一己之力去造成測量上的效率下降。經由純粹地將效率下降指向Auger複合，另一個問題又發生了，令人困惑不解的是：如果Auger複合真的是效率下降的唯一原因，那為何我們需要一個AlGaIn電子阻擋層（EBL）？畢竟，EBL能量障礙是不足以高到去阻止Auger過程所產生的熱電子。

缺陷也會在效率下降中發揮其作用。沒有人會爭論缺陷相關的複合對LED效率之影響，但這僅限於支配低驅動電流或在被充滿有缺陷之非商業產品的LED。有些研究者 [Lin 2012文獻] 單獨測量了LED亮區和暗區的效率下降，確定暗區效率下降較小，伴隨著較低的絕對效率。這種效率下降的減少並非所期望之高效率的主要訴求。

LED淘金熱潮（Gold Rush）

關於LED效率下降起因之持續不確定性引發了全球對這個主題研究的一個「淘金」風潮，最終巔峰止於一個雨後春筍般卻往往相互矛盾的論文。令人困惑之效率下降的觀察和解釋是因為不同的LED製造和測量條件所造

成，以及不同模式和參數應用。

需要注意的是，所採用的數學模型是基於不同的物理概念—但其中幾個再現相同類型之測量的效率特性。這應該設置一些警示訊息，因為如果不同的模式可以量化地解釋同樣的實驗，則大部分模式一定是錯誤的。這樣的困境代表了極大的挑戰 - 但也是大好機會加以整合並解決問題（請參見「如何能結束關於效率下降的辯論？」）。現在讓我們來仔細檢視這些先進的效率下降模式。

如果應用簡單的ABCD公式則缺陷相關的複合無法造成效率下降，因為線性一次項（ $A_n$ ）比起光放射（ $B_n^2$ ）並不隨載子密度而快速增加。考慮到效率下降時，該係數A本身必須以超線性方式而不跟著密度往上升，這意味著，與缺陷相關的載子壽命需要跟著較高載子密度而迅速地下降。

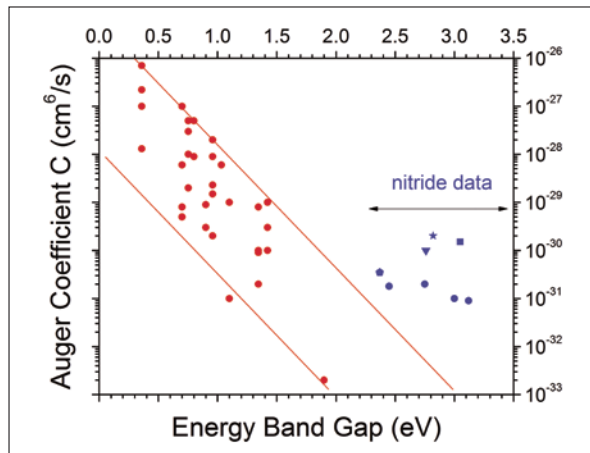
這怎麼可能？那麼，在2007年來自於Braunschweig科技大學的Andreas Hangleiter以及合作者所提出了若干QW複合中心位於一座能量 'Mountain' 的概念，並在QW 'Flatland' 充滿了載子之後才能達成。

後來，Hader和他的同事把這個概念放進一個數值模式，描述為「密度活化缺陷複合」或DADR。這個DADR模式的優點在於，其顯示出在低驅動電流下與IQE測量的優良一致性，一路下降到非常低的溫度。然而，它未能在更高的驅動電流下重現測量的效率下降。這同樣適用於從聖彼得堡的Sergey Karpov所研發的Band Tail定位模式以及根據量子阱阻障狀態所影響的效率下降模式，這是由Sandia國家實驗室的Weng Chow所提出。換句話說，所有這些模式需要包括Auger複合或電子洩漏以完全地再現效率下降的測量。

### Auger是怎麼樣的模式？

一般認定，Auger複合係為使用簡單ABC公式場合的效率下降機制。然而，這種方法是有瑕疵的，因為比起光放射（ $B_n^2$ ）來說，於ABC公式中的 $C_n^3$ 項是唯一跟著載子密度而快速上升的項，因此所測量效率下降的任何ABC場合會產生較大參數C，無論效率下降的真正原因是什麼。例如，如果將電子洩漏去歸咎到效率下降的話，那麼Auger複合會被這種方法所誤導。使用到ABCD模式並不能解決這個議題，這會將一部分的洩漏指向參數C。

諸如此的Auger係數間接測量一直是有爭議性的。繪



圖三：Auger係數分佈，針對各種遍及發散於相同材料之具有不同能帶間隙的半導體。氮化物數據（藍色）抵觸到具有較大能帶間隙（紅線）之所預期陡降線。

製參數C作為各種半導體材料能帶間隙的函數顯示出，隨著能帶間隙增加而兩個陡峭下降之Auger係數，以及在幾個冪級次方的不確定數值（參見圖三）。更重要的是，氮化物材料的數據顯然是落在所預測的寬帶以外，這已造成了Auger模式用於效率下降遭到質疑。

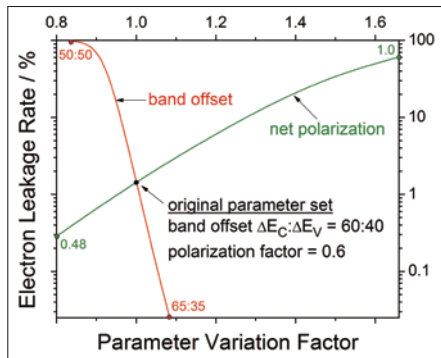
為試圖窮究是否Auger複合能引起效率下降，幾組人馬業已在複雜的係數C計算上想方設法。直接Auger過程—只涉及三個載子—最初被判定為非常薄弱。然後間接Auger複合被提出作為可能的解釋，計算上考慮到電子—聲子耦合和合金散射。然而，即使是這樣計算出的間接Auger係數仍低於所需於去完整解釋效率下降的數值，而且只是針對大部層（Bulk layers）所得到。

雖然這絕不是相關Auger效率下降模式的故事結局。當Marcus Deppner和來自於Kassel大學的同事將Auger電子洩漏列入在LED模式中，這似乎使得效率下降的相關程度會以較低的Auger參數出現。有些令人意外的是，最近的一些研究顯示出直接QW Auger複合仍然可能被指謫的：波士頓大學和意大利都靈Torino理工大學計算到Auger複合很大程度上取決於量子阱寬度和組成；當來自於Technion的Roman Vaxenburg、以色列和同事正爭論著量子阱內的電場對Auger複合中發揮有很大的影響。我認為，在基本物理學聲稱確認Auger複合是有可能掌控效率下降機制前，我們應該等待所有這些不同模式的若干整合。

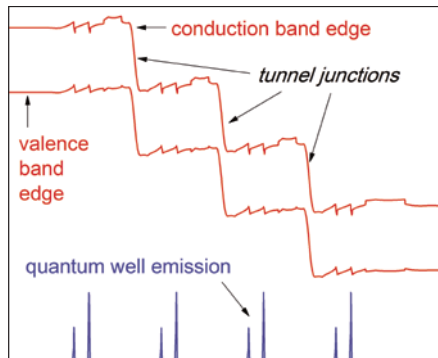
### 量子阱洩漏？

針對LED效率下降的另一種普及模式，電子洩漏進入p摻雜層，以更高驅動電流下的效率下降往往傾向歸因於來自量子阱的熱放射。然而，也被認為從量子阱熱電子或來自QW穿隧的結果。

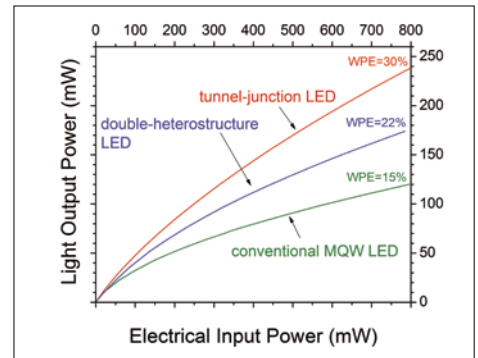
CS 精選 ◆ CS Features



圖四：計算出的電子洩漏對電子阻擋層（參見圖二）之帶偏移（紅色）和淨偏振（綠色）的變化極為敏感。



圖五：本文提出的穿隧界面LED之能帶圖（紅色）和光發射圖譜（藍色）。



圖六：不同LED設計概念之性能比較曲線圖（WPE - 插座效率，800 mW輸入功率所得到的數值）。

電子洩漏的模擬通常是基於數值漂移擴散的模型。在那些電洞到達主動層之前，洩漏電子與在p型摻雜層之電洞再複合（參見圖二）。很明顯地，電子洩漏和降低電洞注入是一體兩面的事 - 而不是兩種不同的機制。更重要的是，似乎是在p型摻雜GaN的低電洞導電度實際上是電子洩漏之主要原因。

我跟Crosslight軟體公司的Simon Li進行研究[Piprek 2013 文獻]。我們已經發現，電子洩漏的程度對電子阻擋層（EBL）的材質極為敏感，諸如內置的偏振（polarization）和EBL帶偏移率（band offset ratio）（參見圖四）。不巧的是，這兩個材料參數不完全是已知的。此外，鎂摻雜造成洩漏模擬更加不確定，因為僅有鎂原子的一小部分和未知部分形成AlGaN受體。由於這些緣故，幾乎所有許多關於EBL之設計和優化所發表的模擬研究公佈都相當具推論性，只要洩漏電流不是以實驗手法來確認。

新穎解決方案

這些效率下降的辯論雖然無法讓大家認同其真因，大多數人認為效率降低是由於量子阱載流子密度增加所引致。現在，有可能降低載流子密度而不損及光功率？一個看似明顯的答案是增加量子阱的數量，但是這種方法是箝制於在主動區p側上的強載流子累積。

另一種方法是插置穿隧界面（tunnel junction）到多量子阱主動區 [Piprek 2014文獻]。所幸由於穿隧界面的載流子循環，在量子阱內電子和電洞產生光子的重複使用是可行的方式。

採用先進的元件模擬，已經計算出擁有個別四對量子阱之三層穿隧界面的設計性能（參見圖五）。在這種

情況下，每個電子擁有四個機會來產生光子。如果沒有損失的話，量子效率可高達400%。但代價是像這樣天文數字的EQE：需要在偏壓中有四元階次（four-fold hike）去操作LED。

為了評估這種新穎LED結構的性能，以橫座標電力輸入功率對上縱座標光輸出功率的函數曲線圖已經模擬了三個具有相同總體主動層厚度之不同設計（參見圖六）。

這些計算顯示出該穿隧界面的設計提供了一個較傳統LED多兩倍的輸出功率 - 因此也加倍了插座效率 - 並且也優於合併所有量子阱到一個厚的主動層的另一種選項（雙異質結構發光二極體）。然而，即使是穿隧界面，較大效率下降仍然存在 - 辯論所引起的原因不可能很快地煙消雲散。CS/Taiwan

參考文獻

- F. Bertazzi et al. arXiv:1305.2512 (2013)
- M. Binder et al. Applied Physics Letters 103 071108 (2013)
- J. Hader et al. SPIE Proceedings 9003 900311 (2014)
- J. Iveland et al. Physical Review Letters 110 177406 (2013)
- Y. Lin et al. Applied Physics Letters 101 252103 (2012)
- J. Piprek et al. Applied Physics Letters 102 131103 (2013)
- J. Piprek Physica Status Solidi Rapid Research Letters 8 424 (2014)
- J. C. Zhang et al. Applied Physics Letters 93 131117 (2008)

# AD INDEX

Compound Semiconductor / Taiwan No. 13 (2014年第4期)

| Advertiser                                       | Page   |
|--|--------|
| COMPUTEX TAIPEI 2015 2015年台北國際電腦展                | 封底     |
| CSI International Conference - APP               | P7     |
| CSI International Conference - Early Bird        | P9     |
| CSI International Conference - Speaker Announced | P12~15 |
| Evatec   | P5     |
| IQE  | 封面裡    |
| PHOTONICS FESTIVAL in TAIWAN 2015                | 封底裡    |

## 行政及銷售人員 Administration & Sales Offices

### 行政人員 Administration

**總經理/發行人**  
(President / Group Publisher)  
施養榮 Douglas Shih

**主編 (Chief Editor)**  
廖秋煌 George Liao  
george@arco.com.tw

**資深編輯 (Senior Editor)**  
曹宇容 Rebecca Tsao

**廣告刊登 (Advertising)**  
劉方美 Monica Liu  
monica@arco.com.tw  
Tel: 02-2396-5128分機204

**發行・訂閱 (Circulation・Subscription)**  
Tel: 23965128分機233

**亞格數位股份有限公司**  
**Arco Infocomm, Inc.**  
台北市八德路一段五號七樓  
Tel: 886-2-23965128(代表號)  
Fax: 886-2-23967816

### 銷售人員 Sales Offices

**Hong Kong (香港)**  
Mark Mak (麥協和)  
Email: markm@actintl.com.hk  
Tel: 852-2838-6298

**China (中國)**  
Michael Tsui (徐旭昇)  
Email: michaelt@actintl.com.hk  
Tel: 86-755-2598-8571

**Shanghai (上海)**  
Judy Huang (黃作美)  
Email: judyh@actintl.com.hk  
Tel: 86-21-6251-1200

**Beijing (北京)**  
Oasis Guo (郭鏡園)  
Email: oasisg@actintl.com.hk  
Tel: 86-10-5860-7751

**Korea (韓國)**  
Lucky Kim  
E-mail: semieri@semieri.co.kr  
Tel: 82-2-574-2466

**Singapore (新加坡)**  
Joanna Wong  
E-mail: triplesinternational@gmail.com  
Tel: 65-6339-5596 / 65-9062-9227

**US (美國)**  
Janice Jenkins  
E-mail: jjenkins@brunmedia.com  
Tel: 1-724-929-3550  
Tom Brun  
E-mail: tbrun@brunmedia.com  
Tel: 1-724-539-2404

**Europe (歐洲)**  
Robin Halder  
E-mail: robin.halder@angelbc.com  
Tel: +44 (0) 2476-718970  
Shenzad Munchi  
E-mail: sm@angelbc.co.uk  
Tel: +44 (0) 1923-690215  
Jackie Cannon  
E-mail: Jackie.cannon@angelbc.com  
Tel: +44 (0) 1923-690205

# 化合物半導體

COMPOUND SEMICONDUCTOR TAIWAN

## 訂閱卡

### 讀者資料/

公司名稱：\_\_\_\_\_

姓名：\_\_\_\_\_ 部門：\_\_\_\_\_

□□□-□□

地址：\_\_\_\_\_

電話：\_\_\_\_\_ 傳真：\_\_\_\_\_

E-mail：\_\_\_\_\_

訂閱期數：自 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月至 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月共 \_\_\_\_\_ 期

發票種類： \_\_\_\_\_ 發票抬頭： \_\_\_\_\_

二聯(個人) 統一編號： \_\_\_\_\_

三聯(公司) 發票地址： \_\_\_\_\_

### 付款方式：(任選一種)

#### 一、 即期支票付款

支票抬頭：亞格數位股份有限公司  
收件人：化合物半導體雜誌發行組  
郵寄地址：台北市八德路一段5號7樓

#### 二、 郵政劃撥付款 (請利用郵局劃撥單)

劃撥帳號：19540311  
劃撥帳戶：亞格數位股份有限公司

#### 三、 信用卡付款

卡別：  VISA  MASTER

刷卡金額：\_\_\_\_\_

卡號：\_\_\_\_\_

卡片背面(簽名處)末三碼：\_\_\_\_\_ (務必填寫)

有效期限：\_\_\_\_\_

簽名：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_\_

訂閱價：一年4期NT\$600元(台灣地區)，US\$40元(海外地區)

連絡電話：(02)23965128 分機233發行組 傳真號碼：(02)23967816



# 讀者回函卡 FREE SUBSCRIPTION CARD

## 化合物半導體 COMPOUND SEMICONDUCTOR TAIWAN

For fast service, fax this form to : 886-2-23967816  
請填寫此表格並簽名後，傳真至：

- YES.** I want to start/renew my FREE subscription to **COMPOUND SEMICONDUCTOR TAIWAN**  
是的，我希望得到免費贈閱。  
 **No.** 不，我不需要免費贈閱。

Signature 簽名 : \_\_\_\_\_ Date 日期 : \_\_\_\_\_

Name 姓名 : \_\_\_\_\_ Job Title 職稱 : \_\_\_\_\_

部門 : \_\_\_\_\_ 分機 : \_\_\_\_\_

Company 公司名稱 : \_\_\_\_\_

Address 地址 : \_\_\_\_\_

Zip/Post Code 郵遞區號 : \_\_\_\_\_ Country 國家 : \_\_\_\_\_

Tel No. 電話 : \_\_\_\_\_ Fax No. 傳真 : \_\_\_\_\_

E-Mail 電子郵件 : \_\_\_\_\_

### Renewal Instructions / 請注意：

- Complete and mail or fax the subscription form. 請以工整字跡填寫此表格後，郵寄(免貼郵票)或傳真至本公司。
- Incomplete forms cannot be processed. 未完整填寫及簽名者，恕無法處理。

### 1. Your principal job function (Fill in one letter below) 您的主要工作(請選擇最適當的一項)：

- A**  General/Corporate Management 總經理/公司管理階層
- B**  Wafer-Fab Processing, Panel Fabrication, Production  
晶圓廠製程，面板生產，製造
- C**  Process Development 製程開發
- D**  Packaging Assembly 封裝組裝
- E**  Production Equipment Manufacturing 生產設計製造
- F**  Reliability, Quality Control, Evaluation, Testing  
信賴度，品質控制，評估，測試
- G**  Design 設計
- H**  Research & Development 研發
- I**  Engineering Support 工程支援
- J**  Plant/Facilities/Maintenance Engineering 工廠/設備/維護工程
- K**  Purchasing 採購
- L**  Consulting 顧問
- M**  University Faculty 大學教師
- N**  Librarian 圖書館員
- X**  Other, Please specify 其他，請填寫 \_\_\_\_\_

### 2. Your company or organization (Fill in on letter below) 您的公司或機構 (請選擇其中一項)：

- 01**  LED Manufacturers LED製造商
- 02**  LED Equipment Vendors LED設備代理商
- 03**  Applied Compound Semiconductor Device System/Device Makers  
使用化合物半導體元件的系統/元件製造商
- 04**  Epitaxy Wafer Vendors 磊晶晶圓供應商
- 05**  OFC/Laser/Optics manufacturers 光通訊/雷射/光學廠商
- 06**  Independent Research & Development Lab 獨立的研發實驗室
- 07**  Government and Military 政府及軍方單位
- 08**  Educational Institutions 教育機構
- 09**  Semiconductor Fab 半導體製造商
- 99**  Other Allied to the Field 其他相關領域 \_\_\_\_\_

### 3. Over a 12-month period, I will authorize, influence, specify or buy the following products (Please fill in ALL that apply) 在一年內，我具授權、影響、或購買下列產品 (請填上所有適用項目)：

- 01**  Assembly & Manufacturing Equipment 組裝 & 製造設備
- 02**  Backlighting Modules 背光模組
- 03**  Chip-on Board Arrays 封裝陣列
- 04**  Design/Engineering Services 設計/工程服務
- 05**  Displays 顯示器
- 06**  Driver Ics 驅動IC
- 07**  Drivers & Controllers 驅動器 & 控制器
- 08**  Encapsulants, Gels, Bonding Materials 密封、封膠、錫線材料
- 09**  Epitaxial Equipment & Materials 磊晶設備 & 材料
- 10**  Epitaxial Wafers 磊晶晶圓
- 11**  Insulated Metal Substrates 絕緣金屬板
- 12**  LED Chips LED晶片
- 13**  LED封裝 (White, RGB, SMT, Etc)
- 14**  Light Engines & Modules 光機引擎 & 模組
- 15**  Lighting Fixture 照明器材
- 16**  OLED Displays OLED顯示器
- 17**  OLED Materials & MFG OLED材料 & 製造設備
- 18**  Test & Measurement Equipment 測試 & 量測設備
- 19**  III-V 族半導體材料
- 20**  II-VI 族半導體材料
- 21**  磊晶氧化物，其他非常規結構矽材料
- 22**  太陽能生產設備
- 23**  太陽能生產線用材料/組件
- 24**  太陽能電池/模組
- 25**  太陽能系統配套零組件
- 99**  其他 (請說明) \_\_\_\_\_

**Are there others in your company who would like a FREE subscription to COMPOUND SEMICONDUCTOR TAIWAN? 在貴公司內，是否有誰願意收到一份免費的化合物半導體雜誌？**

| Name 姓名  | Job Function 主要工作 | <b>Your principal job function (Fill in on letter below)<br/>您的主要工作 (請選擇最適當的一項)：</b> |
|----------|-------------------|--|
| 1. _____ | _____             | <b>A</b> General/Corporate Management 總經理/公司管理階層                                     |
| 2. _____ | _____             | <b>B</b> Wafer-Fab Processing, Panel Fabrication, Production<br>晶圓廠製程，面板生產，製造        |
| 3. _____ | _____             | <b>C</b> Process Development 製程開發  |
| 4. _____ | _____             | <b>D</b> Packaging Assembly 封裝組裝   |
| 5. _____ | _____             | <b>E</b> Production Equipment Manufacturing 生產設計製造                                   |
| 6. _____ | _____             | <b>F</b> Reliability, Quality Control, Evaluation, Testing<br>信賴度，品質控制，評估，測試         |
| 7. _____ | _____             | <b>G</b> Design 設計   |
|          |                   | <b>H</b> Research & Development 研發   |
|          |                   | <b>I</b> Engineering Support 工程支援  |
|          |                   | <b>J</b> Plant/Facilities/Maintenance Engineering 工廠/設備/維護工程                         |
|          |                   | <b>K</b> Purchasing 採購   |
|          |                   | <b>L</b> Consulting 顧問   |
|          |                   | <b>M</b> University Faculty 大學教師   |
|          |                   | <b>N</b> Librarian 圖書館員  |
|          |                   | <b>X</b> Other, Please specify 其他，請填寫 _____  |

FOLD HERE 摺線

**Before mailing or faxing, please make sure you have:**

**在郵寄或傳真前，請確定下列事項：**

- ◆ Answered all questions 回答所有問題
- ◆ Signed and dated the form 簽名並寫上填表日期
- ◆ Made any necessary address corrections 地址是否變更
- ◆ Provided your full company name and address 附上公司名稱及地址

**Mail today or Fax to (02) 23967816**

**即刻郵寄至本公司或傳真至 (02) 23967816**

FOLD HERE 摺線

From: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

|  |
|--|
| <b>廣告回函</b><br>台灣北區郵政管理局登記證<br>北台字第5618號<br>免貼郵票 |
|--|

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**化合物半導體**  
  
 COMPOUND SEMICONDUCTOR TAIWAN

**亞格數位股份有限公司  
 ARCO Infocomm, Inc.**

台北市八德路一段五號7樓  
 7F, No. 5, Sec. 1, Pa-Te Rd., Taipei, Taiwan, R.O.C.  
 Tel:(02)2396-5128 Fax:(02)2396-7816

www.optotaiwan.com

# 台北國際光電週 系列活動

## PHOTONICS FESTIVAL in TAIWAN

### 2015.6.16-18

台北世貿南港展覽館  
TWTC Nangang Exhibition Hall



**OPTO Taiwan**  
國際光電大展



**LED Lighting Taiwan**  
LED照明展



**OPTICS Taiwan**  
精密光學展



**Display Taiwan**  
平面顯示器展



**SOLAR Taiwan**  
太陽光電展

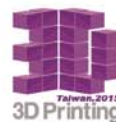


**Nano Taiwan**  
奈米科技展

#### Special Zone 展出專區

- Biophotonics Zone** 生醫光電/穿戴專區
- Optical Transport Zone** 光傳輸寬頻專區
- Laser Applications Zone** 雷射應用專區
- Academic Research Zone** 前瞻學術專區

#### Hot Topic 特別推薦



**3D Printing Zone**  
3D列印專區



#### Organizer



光電科技工業協進會  
Photonics Industry & Technology Development Association  
10093 台北市羅斯福路二段九號五樓  
5F, No.9, Sec.2, Roosevelt Road, Taipei 10093, Taiwan

Tel : +886-2-2351-4026  
Fax : +886-2-2396-8513  
E-mail : exhibit@mail.pida.org.tw  
http://www.pida.org.tw

http://www.pida.org.tw/OLIE  
INTERNATIONAL EDITION  
**OPTOLINK**  
"Taiwan Photonics Trend and More"



# COMPUTEX TAIPEI

Shaping the Future!

**Taiwan**  
*The Global Stage for ICT*

# 2015 JUNE 2-6

Venues:  
TWTC Nangang Exhibition Hall  
TWTC Exhibition Hall 1 & 3  
Taipei Int'l Convention Center

Organizers:  
 TAITRA  
 TCA



[www.ComputexTaipei.com.tw](http://www.ComputexTaipei.com.tw)