

化合物半導體

CS COMPOUND SEMICONDUCTOR • TAIWAN

No. 6

季刊 2013年 第1期



晶片製造商著手準備 150 mm尺寸之自動化製程

ACE logo

TAIWAN INT'L LIGHTING SHOW 台灣國際照明科技展



Exhibits Profile

- Household Lighting
- Commercial Lighting
- Industrial Lighting
- Office Lighting
- Outdoor Lighting
- LED Technology
- Lighting Accessories, Parts & Components
- Light Control, Management and Measurement Systems
- Light Production and Measurement Equipment
- Test & Inspection Equipment



Organized by



Implemented by



Supported by



MAR. 26-29 2013

www.TILS.com.tw



No. 6 2013年第1期

封面故事 · Cover Story

7 晶片製造商著手準備150 mm尺寸之自動化製程
為了能夠減少固態照明設備的成本，晶片製造商必須致力更有效率、具自動化及高良率的晶片生產於更大尺寸的基板上。支持此趨勢的各項基礎正迅速到位：針對150 mm藍寶石基板之晶片測量和標記方式已大致完成，而硬體設備和軟體介面的規格設置也進行的十分順利。



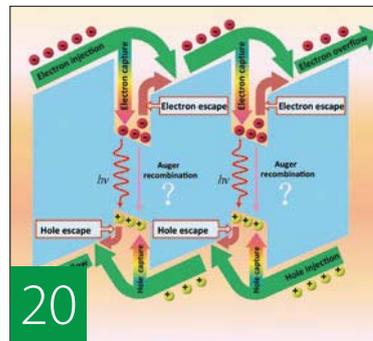
CS精選 · CS Features

11 以大尺寸矽晶圓降低LED晶片成本
到目前為止，降低LED成本使其成為照明產業主流的最好的方法是在200 mm矽晶圓上製作此元件。此製程平台的最大挑戰在於熱效應與晶格匹配的問題。這些問題可能會在GaN-on-Silicon磊晶層中造成畸變 (distortion) 及缺陷。然而好消息是，高品質、元件級的磊晶層並非沒有可能。這些磊晶層在製作過程中不需要低溫的AlN及SiN中介層，並且可以用同步監測工具優化磊晶成長製程。



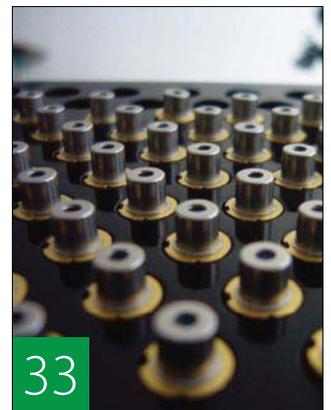
17 寬頻帶LED增強色彩的保真度
白光LED有效率、穩定、持久且可調，但它的色彩品質不如白熾燈卻往往令人失望。這個弱點該如何被解決呢？ElecrosPELL的Faiz Rahman認為透過導入一系列的磷光劑來提供寬頻帶放射，最終可增強色彩的保真度。

20 選擇正確的氮化物LED量子井數目
23 藍寶石基底矽晶薄膜：在次世代無線網路中的價值正不斷提昇



在導入新的無線通訊標準後，將迫使射頻前端元件製造商建構具有較高線性度的產品。藍寶石基底矽晶薄膜 (Silicon-on-sapphire, SOS) 元件在此領域上表現相當突出，這要歸功於我們的UltraCMOS製程和加速的技術藍圖，而相對於已知如砷化鎵 (GaAs) 等具競爭力的技術，其效能上的差距預期仍將繼續擴大，Peregrine半導體公司的Rodd Novak指出。

28 Plessey大幅降低了LED的成本
在矽基板上成長高品質的LED是出了名的困難，主要是因為應力和應變問題會導致晶圓的彎曲，但這些問題並非無法克服的；Plessey半導體公司現正以磊晶晶圓技術大量生產矽基氮化鎵 (GaN-on-silicon) 的LED晶片，使用的配方是在英國劍橋大學所開發的。Richard Stevenson報導。



33 砷化鎵雷射著眼多樣新應用

3 產業新聞

37 廣告索引

No. 6 2013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

美術編輯
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。

©2013 版權所有 翻印必究



矽和化合物半導體的 產業界線越來越模糊

不久以前，矽和化合物半導體的產業可以說是壁壘分明。矽晶圓廠出產適合微處理器和電力電子產品的晶片，而化合物半導體則被使用於製造射頻放大器和多種光電設備與裝置。

然而，現在這個界線已經漸漸模糊了，而這樣的趨勢也正在持續當中。

拿智慧型手機來說好了，傳統上砷化鎵產業提供了LED燈光做為按鍵面板和背光的燈源，而其元件也為開關與功率放大器所需。在那同時，矽晶圓的使用也只局限於訊號處理和記憶體，但這個界線正在改變當中。由Peregrine Semiconductor率先研發，被稱為藍寶石基底上矽（silicon-on-sapphire）正在取代行動電話中砷化鎵在智慧型手機開關所扮演的角色。而III-V族化合物在功率放大器的使用，也面臨了來自互補式金氧半導體（CMOS）的競爭，其中最值得一提的就是美國德州Javelin Semiconductor以CMOS製造的放大器，應用在三星的Galaxy智慧型手機上。當矽晶片製造商搶進新市場的時候，他們的核心技術與業務則開始需要III-V族化合物的支援。砷化鎵優越的電子移動率使得它成為在11奈米節點製造n型金屬氧化物半導體場效應晶體管（nMOSFET）的有力選擇，因為這個電體晶體可以在低電壓之下運作，因此降低了電耗。把這個材料導入矽晶圓廠是一件不容易的事，但研究者已開始在解決諸多的挑戰。

結合矽與III-V族化合物以創造更佳產品的趨勢，也可從LED的生產看得出來。2013年將是矽基氮化鎵（GaN-on-Silicon）製程技術的元年，到時候就可以看到哪家公司能主宰這個市場。

很多人會預期BridgeLux和Toshiba的合作將在這個領域上取得領先，因為這家美國公司在這方面的研發成果著實令人刮目相看。但英國普利茅斯的Plessey Semiconductors也不甘示弱，宣稱他們擁有能以薄金屬層生產平晶圓的最佳技術，並預期該公司今年將在這個領域大有斬獲。鹿死誰手還不知，但我們可以預見在2013年以及未來，結合矽和III-Vs半導體的裝置將會變得越來越多。

執行主編

廖秋煌

george@arco.com.tw

Microsemi擴展碳化矽 (SiC) 功率模組產品系列

功率、安全性、可靠度和效能差異化半導體解決方案的領先供應商美高森美公司宣佈提供新一代工業溫度碳化矽 (silicon carbide, SiC) 標準功率模組，它們是用於要求高性能和高可靠性的高功率開關電源、馬達驅動器、不斷電供應系統、太陽能逆變器、石油鑽探和其它高功率、高電壓工業應用的理想選擇。該功率模組系列還提供更大的溫度範圍，以滿足下一代功率轉換系統對更高功率密度、工作頻率和效率的要求。

與矽材料相比，SiC技術提供更高崩潰電場強度和更佳熱傳導率，從而為參數實現性能特性改進，包括零逆向恢復、不受溫度影響的特性、更高工作電壓和更高工作溫度，以提供全新的性能、效率和可靠性水準。

美高森美功率模組產品事業群總經理Philippe Dupin表示：「我們應用在功率半導體整合和封裝領域的廣泛的專業技術，提供下一代碳化矽功率模組系列，這些元件具有出色的性能、可靠性和綜合品質水準。我們的新模組還使得設計人員能夠縮減系統尺寸和重量，同時降低整體系統成本。」

Microchip為串流媒體音頻新增藍芽模組 完整經認證的無線解決方案

全球領先的微控制器、混合訊號、類比零件暨快閃技術供應商Microchip Technology，宣佈推出一款支援語音和音樂音頻經認證的藍芽音頻模組 (Bluetooth Audio Module)，進一步擴展其無線產品組合。RN52模組採用小型表面黏著尺寸，功耗極低，並包括針對所有智慧手機平台的標準藍芽音頻和資料設定檔。這些特性便於設計人員添加高品質無線音頻。結合數據處理能力，該模組適用於無線身歷聲揚聲器、耳機、車用免持裝置、醫療設備和電腦配件等廣泛的應用領域。

無線的優勢以及迅速擴展的智慧手機和平板電腦市場，正在推進對藍芽無線音頻配件的需求。Microchip的RN52模組基於從Roving Networks的技術基礎上的內建藍芽堆疊。透過在模組上的堆疊，RN52提供了一個易於使用又穩健的設計模型，適用於任何微處理器或微控制器，有助於設計人員更快地將其設計的配件推出市場。RN52的嵌入式藍芽堆疊包括流行的SPP、A2DP、HFP/HSP和AVRCP設定檔，以及iPhone和iPod使用的iAP。此外，RN52支援SBC、aptX®、AAC和MP3等多種音頻轉碼器。

德州儀器新型LED驅動器簡化燈泡改裝設計

德州儀器 (TI) 推出業界最小的離線相位可調光 (phase-dimmable) 恆流照明控制器和簡單易用的照明驅動器，此搭配簡化多款LED燈泡 (包括E14、GU10、A19、PAR20/30/38、MR16

和AR111) 的改裝過程。TPS92075控制器和TPS92560驅動器可提高與傳統照明控制 (legacy lighting controls) 裝置的相容性，並減少零件數量和解決方案尺寸。

TPS92075是針對相位可調光 (phase-dimmable) 離線AC/DC LED照明和筒燈 (downlight) 應用而設計。該設備包裝在體積極小的6接腳TSOT封裝中，在與常規壁式調光器 (conventional wall dimmers) 搭配使用，可提供平順無閃爍的調光，功率因素校正達到0.9以上。TPS92560專用於低壓交流或低壓直流LED照明，例如MR16和AR111，採用專利輸入電流控制方法，可提高變壓器的相容性。

TPS92075和TPS92560屬於TI LED驅動器系列產品，專門針對改裝燈泡，包括LM3445、LM3447、TPS92310/11/14、LM3444和LM3401等。

美高森美推出業界首個用於光纖網路的 單晶片四通道變換器

致力於提供幫助功率管理、安全、可靠與高性能半導體技術產品的領先供應商美高森美公司 (Microsemi Corporation) 宣佈

RABOUTET S.A.
鉬材料製造商。
分子束外延材料。
可用於專業的清洗
和消毒。

RABOUTET S.A.
地址: 250 Av Louis Armand
Z.I Des Grand Prés
F-74300 Cluses France
電話: 33 (0)4 50 98 15 18
傳真: 33 (0)4 50 98 92 57
電子郵件: info@raboutet.fr
http://www.raboutet.fr

產業新聞 ◆ Market News

擴大其市場領先的光傳送網 (optical transport network, OTN) 單晶片 (single chip) 產品組合，提供用於OTN傳送和交換應用的ZL30165線卡 (line card) 器件。ZL30165是業界首個用於OTN傳送和交換應用的單晶片線卡器件，並被數家主流的OTN設備製造商選擇用於40G和100G設備。

產品的關鍵特性包含四個整合式數位鎖相環 (digital phased lock loop, DPLL)，能夠鎖定多達10個輸入目標muxponder應用，在單一波長上支援多用戶端 (multi-client) 傳送，這使得設備製造商能夠減少100G應用中所需要的PLL器件數量，以節省線路板空間並降低材料清單成本。

KLA-Tencor宣佈其為微影與蝕刻製程控管系列新增之兩款產品

在國際光學工程學會 (SPIE) 先進微影會議上，KLA-Tencor公司宣佈，推出其SpectraShape™ 9000光學關鍵線寬 (CD) 測量系統和BDR300™晶圓背面缺陷檢測與檢驗模組。SpectraShape9000 是一款新型測量系統，能夠監測三維電晶體、記憶體單元和其他關鍵結構的形狀，用於生產高性能的記憶體與微處理器晶片。BDR300能夠檢測和檢驗晶圓背面的缺陷，這些缺陷會引起晶圓正面的結構圖案套製相關問題。這兩款新型系統的設計目標是要實現20nm以下積體電路的量產製造。

意法半導體 (ST) 推出全球首款通用照明控制器

電源管理晶片供應商意法半導體推出一款業界獨有的照明控制器晶片，讓家用、商用和公共照明系統變得更加節能環保、經濟效益更高、更安全且管理更加靈活。作為全球首款為照明和電源應用專門最佳化的可編程數位控制器，新產品STLUX385 (Masterlux™平台) 可簡化傳統的功率轉換拓撲設計，加快創新的照明系統開發速度。

STLUX385整合經市場驗證的高成本效益STM8微控制器內核和一套意法半導體獨有的周邊設備介面，以簡化照明系統電源和燈光數位控制器的設計，這對於LED燈、日光燈和高強度氣體放電 (High-Intensity Discharge) 照明系統的性能起到至關重要的作用。受到所使用的照明技術、輸入電源 (AC或DC)、調光要求和安全性或可靠性問題等多種因素的影響，現有和未來的照明系統需要很多不同的功率轉換和控制拓撲，STLUX385是首款能夠透過一個可編程晶片滿足所有需求的產品。

這為智慧型LED路燈創造了發展機會。例如當日光強度逐漸降低時，智慧型LED路燈可漸進式提高路燈亮度，反之，當太陽升起時，可漸進式降低路燈亮度，而不必全天保持最大亮度或按預設時間關閉路燈。

博通推出新系列企業級交換器系統單晶片 因應日益攀升的BYOD與行動力需求

全球有線及無線通訊半導體創新方案領導廠商博通 (Broadcom) 公司，推出新系列交換器系統單晶片 (SoC)，滿足企業對日益攀升的員工行動力與網路需求。博通的StrataXGS BCM56340晶片提供許多創新的功能，可簡化企業對行動使用者流量的控管，並提供安全、無縫隙且高速的網路連線，讓使用者安心存取資料中心與雲端資源。

隨著連線裝置及雲端應用程式如雨後春筍般湧出，使得企業對高頻寬網路的需求持續增加。加上越來越多的企業推行自備裝置 (BYOD)，因此，企業IT管理者必須在統一基礎架構中，確保各個平台的擴充性、安全性與經濟效益。

BCM56340採用業界認可的StrataXGS架構，並提供120Gbps以上的線速傳輸能力與大型轉送表，以滿足企業網路持續成長的行動用戶需求。App-IQ智慧化安全功能可讓所有存取埠具備企業級的防火牆能力，以排除網路瓶頸，提升應用程式能見度，並支援無線存取點控制協定 (CAPWAP)，以提供有線與無線整體化的控管。此高度整合的單晶片解決方案，內含48埠的Gigabit乙太網路 (GbE) 交換核心、雙核心ARM A9處理器與低耗電率的10GbE SerDes上傳連結。

力旺電子嵌入式非揮發性記憶體矽智財累計量產晶圓片數突破五百萬片

力旺電子宣佈，其嵌入式非揮發性記憶體矽智財之累計客戶量產晶圓規模已突破五百萬片，相關技術的製程佈局遍及0.5微米至40奈米，涵蓋邏輯、高壓、矽鍺、無線射頻、混合信號等各種製程平台，廣泛被應用於主流消費性電子產品之中，例如智慧型手機、平板電腦等，因應智慧型手持裝置的發展趨勢，未來量產晶圓片數可望持續穩定成長。

力旺電子之客戶量產晶圓片數連續多年皆呈2位數成長，2012單一年度更以超過36%的成長率，大舉突破150萬片，刷新歷年的記錄，其大幅攀升的原因主要來自於電源管理晶片、顯示器驅動晶片與MEMS感測晶片等熱門應用領域發展帶動所致。延續此強勁成長力道，今年度再加上Full HD顯示器驅動晶片、平板觸控晶片、2.4GHz射頻晶片等產品應用領域的新增貢獻下，將可以期待客戶量產晶圓片數的進一步成長。未來力旺電子將積極切入更多創新應用領域，如電池容量偵測晶片 (Battery Gauge ICs)、近場無線通訊晶片 (NFC ICs)、影像感測晶片 (CIS ICs)、整合型觸控顯示驅動晶片 (TDDI ICs) 與可編程伽瑪校正緩衝電路晶片 (P-Gamma ICs) 等，開拓新的增長動能，發揮矽智財平台快速擴散效益。

ATMI秉承綠色製造理念 推動持續創新

秉承綠色製造的理念，ATMI在產品及研發層面持續不斷的創新，推出了針對關鍵液態材料的新一代解決方案：BrightPak先進包裝及輸送技術。

BrightPak將導入做為先進黃光光阻之包裝及輸送應用，相較於傳統輸送系統及玻璃容器，BrightPak之導入在光阻塗布（coating）系統的整合效率，使用成本及安全性提升都帶來顯著的效益。新系統提供了更安全，潔淨，具成本效益和高效率的優勢。

BrightPak容器的製作是利用預成型吹模的方式，把包含外瓶和可壓縮內袋吹成一個內部容量為4.6公升的雙層特殊塑膠容器。藉此特殊設計，其內部容量不但可增加21%的光阻充填，而可壓縮內袋同時也實現了間接加壓輸送光阻的創新技術。BrightPak容器與傳統的一加侖玻璃瓶的直徑與高度尺寸相同，完全不會影響客戶的機台使用與化學櫃的尺寸，額外增加21%的光阻充填也為客戶帶來更大的效益。

BrightPak輸送系統的應用範圍相當寬廣，主要在半導體、平面顯示器和LED市場的光阻包裝，但其優異的特性也可應用在包

括生醫製藥、太陽能電池的製造、以及粘合劑的包裝輸送等其他領域。

CEVA和Sensory提供基於CEVA-TeakLite-4 DSP平臺的低功耗語音啟動解決方案

矽產品智慧財產權（SIP）平臺解決方案和數位訊號處理器（DSP）內核授權廠商CEVA公司和消費性產品語音技術領導廠商Sensory, Inc.宣佈，兩家公司已經合作推出一款先進的語音辨識解決方案，此一方案是以業界領先的CEVA-TeakLite-4 DSP和Sensory的TrulyHandsfree™始終連線（always on）語音啟動技術為基礎，其中包括了Sensory創新的Low Power Speech Detector技術，這項技術可大幅降低始終在收聽設備的功耗，並且也是這項技術首次在DSP內核上實現。

在採用28nm製程時，Sensory的語音啟動技術在DSP上消耗的能量少於60uW，說明了在CEVA-TeakLite-4 DSP上部署Sensory技術時所具有的功耗優勢，這讓它成為各式各樣功耗敏感應用的理想選擇，包括智慧手機、平板電腦、遊戲、電視，以及汽車。在世界移動通信大會（Mobile World Congress）上，兩



THE NEW BAK...
BECAUSE NOT ALL EVAPORATORS ARE THE SAME!

Visit us at Booth 3571
Semicon China. March 19 - 21.

evatec
process systems

Raise your performance to a new level with custom sources, cassette to cassette handling and our new 'on line' reoptimisation mid process to increase yield and reduce costs. To see the new brochure visit the Evatec website or contact your local sales office. www.evatecnet.com/products/bak-evaporators/



MORE INFO

LEDs • POWER DEVICES • TELECOMS • PHOTOVOLTAICS • MEMS • EVATEC - THE THIN FILM POWERHOUSE

www.evatecnet.com

產業新聞 ◆ Market News

家公司於CEVA公司的攤位上展示在CEVA矽器件上運行Sensory TrulyHandsfree語音控制的應用。

Sensory的TrulyHandsfree™語音控制技術可提供多種片語技術 (phrase technology)，可針對數十個關鍵字進行辨識、分析和回應；即使是在嘈雜環境中嵌入在句子中的片語，它也可以始終如一地辨識出這些片語。傳統的關鍵字辨識方法在非常嘈雜的環境中會失效，並且發生錯誤的次數會很頻繁。但是，TrulyHandsfree™技術即使在非常嘈雜的語音環境中仍然可表現出無與倫比的準確度，不會發生錯誤。完全可編程的CEVA-TeakLite-4 DSP提供了實施如此先進演算法的處理能力，同時還保留有充足的空間來支援軟體形式的其它音訊/語音相關功能。

Yole：LED封裝成本才是關鍵所在

II族氮化物LED封裝將帶動全新技術與設計應用。基於目前的LED封裝設備，其封裝成本占整體LED成本的四至六成，因此，如何降低LED封裝成本就成為了未來LED發展領域內的核心問題，以至於在將來的時候能實現完全的普通照明。

然而，如果將成本的降低寄希望於標準化的生產模式，那你將看不到成本上的根本改變，LED工程師們的創造力和各種LED應用的專家將引領一場LED封裝的技術革命。

這其中就包括單顆與多顆LED晶片之分，低與中高功率塑膠鉛晶片載體以及陶瓷高功率LED產品，另外包括那些基於小型或大型資料集成基板上的晶片。這類設計也將有助於控制LED生產成本，防止標準化的生產工藝與實現相關的規模經濟效益。

對於如今的LED生產廠家而言，有如下兩種新工藝方法發展LED生產：

1. 「製造的設計」，此類方法基於將那些標準化的流程工藝在現有的基礎上進行簡化，並且對下游工藝進行分流處理。
2. 「成本的設計」，細化控制每流明輸出時所需要的成本。

Yole技術與市場分析師Pars Mukish對此指出，LED技術的發展始終與成本工藝聯繫緊密，當前的許多廠商都在努力尋找新材料，以達到成本與工藝上的最大化效應。

在另一方面，對於材料及設備供應商來說，也將產出更多的材料及生產設備來滿足未來的市場需求，例如鐳射切片機和低成本陶瓷封裝。

在最後，LED產品將變成主流產品但還不會成為成熟的商品，這對於整個行業體系來說或許是個好消息，設計與材料的革新將帶來徹底的改變，這些技術上的突破就給未來的消費者。

目前預測，LED封裝材料市場將在2012至2017年之間有20%的複合增長率，而這方面的主要驅動力來源於熒光粉與封裝基板，而在2017年這部分數值將增長9億美元。

韓國光子技術研究所購買Veeco分子束外延反應器系統

韓國光子技術研究所 (Korean Photonics Technology Institute) 於近期購買了一台Veeco的GEN 20分子束反應系統。據悉，該設備將裝配在該研究所位於韓國光州的鐳射及光子研究中心裏，用於今後韓國高功率砷化鎵鐳射二極體的研究。

該實驗室中心主任Swook Hann對此表示，其之所以選擇MBE GEN20系統是基於該系統的靈活可操作性能，並且Veeco公司在III-V鐳射二極體的設備供應市場也享有很高的可靠性。

Veeco公司的副總裁Jim Northup也同時表示，韓國光子技術研究所是一個具有開拓性的研究機構，並且能在純技術研究領域與工業領域之間消除差異化，實現產品的工業化生產。非常高興能向該機構供應此最先進的設備。

明導國際發表FioTHERM XT技術

實現從概念到製造的完整電子冷卻模擬解決方案

明導國際近日發表FioTHERM XT軟體，實現了業界第一套整合式MDA-EDA電子冷卻模擬解決方案，可大幅縮短從概念到細部設計的時間。這套解決方案可因應今日電子設計挑戰與幾何複雜度的兩個重要議題。IC、PCB和電子系統與日俱增的速度、密度和功耗需求已使電子設計挑戰日益嚴苛。另一方面，受到尺寸輕薄短小以及工業設計帶動的複雜形狀影響下，產品幾何複雜度也越來越高。FioTHERM XT技術可有效將機械設計自動化 (MDA) 和電子設計自動化 (EDA) 技術結合，以滿足設計人員和熱傳工程師的需求。

採用電子冷卻模擬解決方案有助於提早製作原型、減少設計反覆，並執行先進的「what-if」分析，以提升產品品質和縮短產品上市時程。FioTHERM XT產品能為從元件到電子系統應用的設計團隊帶來顯著效益，它的目標市場包括汽車、航空、電信、運算、工業自動化和消費性電子等各種產業。

CITIC Telecom CPC進駐南台灣成立高雄分公司

中信國際電訊集團有限公司全資擁有的CITIC Telecom CPC，正式宣佈進駐高雄成立分公司，成為南台灣第一家跨足亞太區的資訊科技整合服務供應商，讓中南部企業在擴張全球版圖時無後顧之憂，不但能有效協助企業紮根南台灣，同時搶攻全球市場，讓企業領先同業並利用整合資訊通訊優勢，開創全球事業版圖。

CITIC Telecom CPC於1999年成立，是大中華區最優先提供MPLS VPN網路的供應商之一，擁有超過十多年的豐富ICT (Information and Communication Technology, 資訊與通訊科技) 服務經驗，一直穩步致力於開拓、豐富及發展「一站式」產品系列。**CS/Taiwan**

晶片製造商著手準備 150 mm尺寸之自動化製程

為了能夠減少固態照明設備的成本，晶片製造商必須致力更有效率，具自動化及高良率的晶片生產於更大尺寸的基板上。
支持此趨勢的各項基礎正迅速到位：針對150 mm藍寶石基板之晶片測量和標記方式已大致完成，而硬體設備和軟體介面的規格設置也進行的十分順利，本文出自Paula Doe (SEMI) 之撰文報導。

逐漸擴展與成熟產業其特性之一是，能建構標準製程來簡化和順暢其供應鏈。高亮度發光二極體（HB-LED）產業正是如此。透過針對半導體產業、面板產業及太陽能光伏產業而發展之製造互用標準所運用的相同SEMI標準製程，發光二極體製造商如今在150 mm藍寶石基板的基本物理特性上已大致達成共識，並且正開始著手解決缺陷的分類與計量之標準製程。

「擁有標準製程可幫助提升基板的供應」，飛利浦製造工程部副總裁及SEMI HB-LED標準製程委員會副主席Iain Black說，「此標準製程可使供應商專注於在改善產品上的重要層面」。

標準製程的其中一個缺點在於統整標準製程通常必須耗費大量時間。半導體及面板產業花費數年的時間

才發展出第一份製造標準，而太陽電池產業和發光二極體產業已經能根據過往的經驗大大加速其標準製程之進展。

2011年11月，發光二極體業者首度聚集合作，致力於透過SEMI國際標準製程來降低製造成本的契機。他們迅速成立一發光二極體標準製程委員會，其中包含藍寶石晶圓小組、工廠自動化系統介面小組、環安衛小組、組裝和封裝小組以及藍寶石晶圓雜質與缺陷小組。現今共有超過125家來自全世界的主要原件製造商、設備製造商以及材料供應商參與並致力於此發光二極體之標準製程，而且其成果已相當豐碩。

150 mm晶圓標準製程來自於其特定的物理幾何位置，像是晶圓厚度、邊緣輪廓和基準（於繪製晶圓圖像時



提供參考點的物件)；獨特的晶圓標註方式及規範；以及如變形程度和表面狀況諸如此類的基本品質要求。這套標準包含厚度1.0 mm和1.3 mm有開角和平邊，其所設計之排列方式在如今已被於廣泛地運用上。但是，隨著時間發展，該產業將朝向縮小對準機制的缺角以及削薄晶圓尺寸的方向邁進。

鑑識缺陷

標準製程委員會的下一個主要目標是去找出哪些晶片缺陷對於原件良率的影響最為重大。為達此目標，在如何測量及定義這些缺陷上就必須先達成共識，因此一來不同實驗室和不同晶圓廠才能針對相同的事物進行討論，此一方面的進展將不僅改善150 mm晶圓 - 更能應用於其他尺寸之藍寶石晶圓。

從針對專家們所做的初步調查結果發現了在多重缺陷形式重要性上的一般性共識，涵蓋範圍從表面微米級坑洞、刮痕和裂痕，一直到結晶純度、晶格結構上之次晶粒、以及晶片上或晶片內的氣泡與氣體。此團隊正透過例行性電話會議針對定義和測量這些缺陷的最佳方法進行討論。該團隊正尋求來自業界更廣泛的意見，以致力於針對各類不同缺陷在其商業的基本接受度上能達到一致共識。

GT進階技術部藍寶石材料專案經理Luke Glinski，擔任這項發光二極體檢驗和測量小組之負責人。據他所言，雖然晶圓表面品質毫無疑問地會影響原件良率，尚未能確定的是，何者為測量及量化這些微米級坑洞與刮痕或是氣泡大小與分布的最佳方法，以及何為其可接受的品質範圍。

GT公司獨力在藍寶石品質影響晶圓良率的分析中發現次晶粒和氣泡具其影響力，但是晶體塊的顏色、純度、及腐蝕坑密度則無。因晶粒生成應力所產生於結晶結構上的次晶粒，在晶圓切割時會導致隆起和凹陷。這些隆起和凹陷是藉由目測檢視來主觀判別，而將其計量化則因而十分棘手。

「這還是一個非常年輕的產業」，Glinski說，「我們依然戮力於解決這些問題。其最大的困難點為欠缺資料—何者為重尚未可知」。然而，他有信心在團隊合作之下這個困境將會有所改變。「致力於此的公司都是那些具有孰重孰輕此類資料的公司。這將有助於供應商去緊縮那些重要的誤差容忍範圍，而放寬相對不重要的誤

差容忍範圍」。

Chongqing Silian光電主席暨SEMI HB-LED標準製程委員會副主席David Reid同意說到「研究出一套適用於業界的檢測標準十分的重要，而不是將時間或金錢花費在那些不甚重要的事物上。」

Philips Lumileds認為透過SEMI標準製程與業界分享其150 mm產品的部份學習經驗確實是利多於弊的。「我們已經投注相當可觀的心力於升級供應鏈的產能，」Black說，「其他業者皆可由此項研究而獲得利益。若我們能夠建立一套可行的標準製程，每個人就都能知道該追求甚麼樣的標準，並且能更輕易地駕馭供應鏈達到產能。」

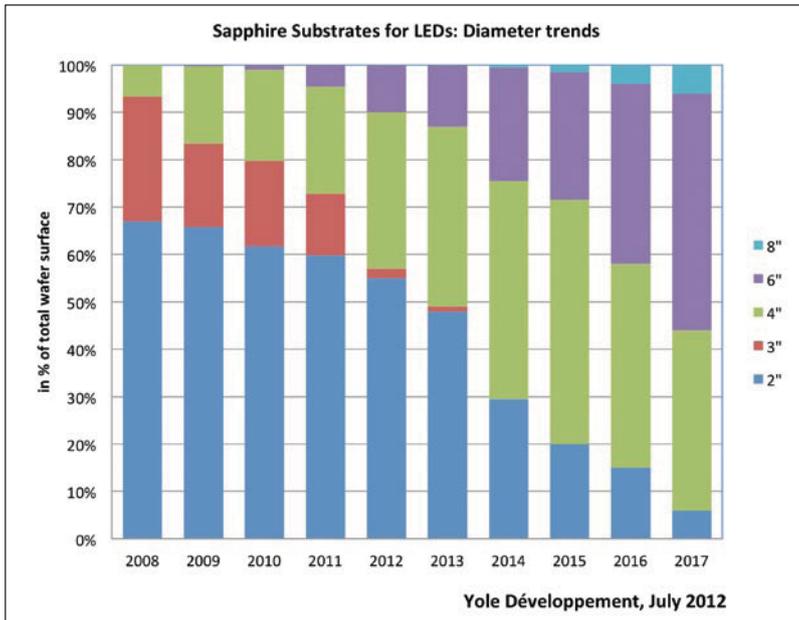
領先趨勢

理論上，標準製程應被制定於其商品進入主流產品之前。在150 mm藍寶石基板的應用上，標準製程一開始只能剛好趕上進度。然而現在看起來此標準製程將會恰如其分，因為投入下一代藍寶石產品的研究早已經展開。目前市面上還是有產能過剩的兩吋和四吋產品，尤其後者的價格近期正急劇下降。Yole Development的有機發光二極體資深分析師Eric Viery表示，四吋藍寶石於今年夏天的價格大約在\$45~\$50美元之間，這樣的價格使得以四吋藍寶石為主之產品變得非常有競爭力。

這產業還是有許多令一些廠商遲遲未能下定決心轉移到尺寸晶圓的不確定性。也有些廠商正在觀望氮化鎵上矽的技術是否在近期內會變得可行。在此同時，其餘的廠商也不願放棄圖案結構藍寶石基板在亮度上的大幅提升—目前市面上大約80%左右之藍寶石都採用此製作方式。然而，製造圖案化150 mm藍寶石LEDs之同時又要達到相同的高良率是十分具有挑戰性的。

儘管有這些疑慮，這產業幾年之內必定持續朝150 mm藍寶石方向邁進。這運作平台將在嚴格控管及高度自動化的大規模晶圓廠中扮演關鍵角色，這樣的晶圓廠將能晶片製作成本降低至使發光二極體能佔領一般照明市場的程度。

根據Yole的說法，150 mm藍寶石將於2014年超越所有藍寶石產品之25%，並在2017年超越50%。其銷售會受到價格下降的刺激而遽增，尤其價格的下滑已從一年前的\$350美元下降到2012年夏天的\$220-\$270美元。Viery預測，當2012年的合約價格仍在\$250美元時，大部



表一：根據Yole的說法，150 mm藍寶石將於2017年主宰市場。

份的發光二極體製造商就已經目標將2013年的合約價格定於\$200美元以下。

雖然基板成本只占整個製作材料總成本的一小部份，大尺寸晶圓可以發展出更具效能的產品，因為它們在每段製程上能製作更多發光二極體提高生產率。Virey相信，相較於四吋晶圓，在相同的良率情形下，150 mm晶圓其每單位面積能有助於降低前段製程近四分之一的成本。而且根據Black陳述，因為150 mm晶圓更先進的儀器設備具有更好的製程控制及生產率，150 mm晶圓的良率實際上甚至更高。有鑑於半導體產業在二十年前也是從4吋晶圓開始發展，這趨勢並不令人訝異。

設備介面化

除了將缺陷分類以及了解其所造成的影響之外，另一個標準製程的主要目標在於決定自動化生產的共同儀器介面。「轉換至150 mm晶圓的關鍵點在於，各廠商開始思考如何採用某些半導體業的自動化技術及製程控制來幫助大量降低生產成本。」Chongqing Silian光電科技副總裁暨晶片標準製程小組主席Julie Chao指出。

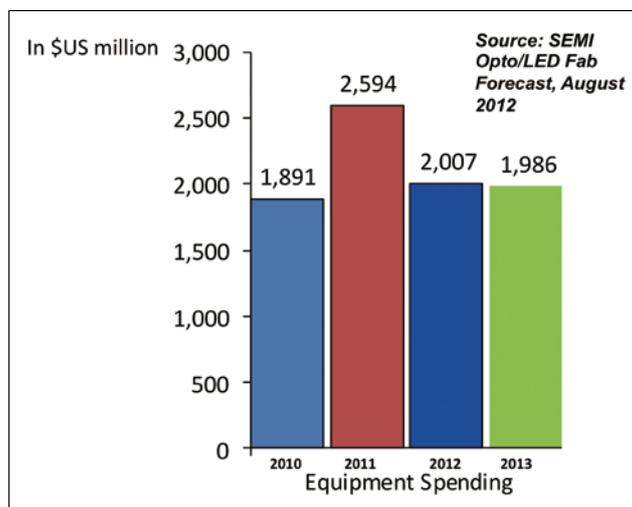
相較於建立已久、年銷售金額400億美元的半導體設備市場，發光二極體製造設備的銷售顯得相形見拙。由於中國內部的優惠使生產有機發光二極體的儀器銷售近期大幅提升，但是這些激勵措施已不再像以

往一般具有吸引力，且根據SEMI有機發光二極體製造廠的資料庫顯示，總銷售量將會退回到年銷售20億左右的穩定銷售水平。新品圓廠儀器的出貨將會廣泛地供應於世界各地。

由於半導體基本建設的規模與成熟度，合理而言有機發光二極體部門應盡可能地去利用此優點，因為它將幫助固態照明產業發展在嚴謹製程控制下的自動化生產。生產線的專家必須謹慎觀察何者需要改變而何者不需要，所以在提升生產效率以提高產量的同時，針對小市場的製成產品成本可以盡可能地降至最低。

通常，這些討論都是由儀器和材料製造商來主導，因為他們可以看到共同的問題並且對於技術細節有最詳盡的了解。然而，在後段的時期就必須要徵詢由許多元件製造商的意見。此徵詢恰可在SEMI標準製程會議中實現。

「SEMI標準製程委員大概是唯一能同時將主要儀器商和材料供應商齊聚一堂並且為這產業討論共同解決方案的機構-對於直接競爭對手而言這是非常獨特之情形」SemiLab AMS執行長暨標準製程委員會另一主席Chris Moore說。因為藍寶石的厚度更厚且弧度更大，因應150 mm晶圓而發展的儀器就必須被修正以利運用於藍寶石技術上。此修正運用包含針對設備儀器之間之自動操作



表二：LED生產設備的花費最近降了一些，但在未來幾年預期會在20億美元之譜。

封面故事 ◆ Cover Story

相較於建立已久、年銷售金額400億美元的半導體設備市場，發光二極體製造設備的銷售顯得相形見拙。由於中國內部的優惠使生產LED的儀器銷售近期大幅提升，但是這些激勵措施已不再像以往一般具有吸引力。

和傳輸的各種晶圓盒。

自動化標準製程小組已經決定不去改變25片裝標準晶圓盒的外部尺寸大小，因為其將允許沿用相同的儲存架以及其他各樣的基本設備。然而，隨著藍寶石晶圓厚度及弧度的增加，其晶圓盒內就必須要包含更少數量的晶圓槽但更寬敞之晶圓放置空間，方能使機器手臂有足夠的空間將晶圓放置和取出晶圓槽。

針對晶圓槽最佳數量的討論一直不斷地在進行著。如果使用16個晶圓槽，晶圓盒的容量將能最大化而達到最佳生產量，但這也意味著絕大多數用於操作和偵測晶圓的儀器軟體必須升級以因應此種新型晶圓空間。若以12或13片晶圓槽的晶圓盒取代一也就是交替使用12片及13片晶圓槽於每個25片晶圓盒一將能輕易使用目前的軟體來操作，但卻將迫使像是有機金屬化學氣相沉積磊晶(MOCVD)此類批次生產機台去裝置於另一裝載埠口以利用於最有效率之置載。

使用兩種不同尺寸(12或13加上16)的結合也是一種

可能性，但是它需要額外步驟去輪替這些不同尺寸的晶圓盒，而且它也將使得儲存和傳輸等問題複雜化。晶圓自動化小組目前正從整個業界中徵求意見以提出較佳的方案。

另外一個問題是找出用來收集儀器資料以監控其生產良率的最佳軟體。自動化軟體專家們正在研究這個問題，而且他們認為奠基於SECSII/GEM的系統將最能達到有機發光二極體部門現在和未來的需求。然而，由於提高工程數據之高寬頻需求，需要一特定介面A的時間點可能終究會來臨。

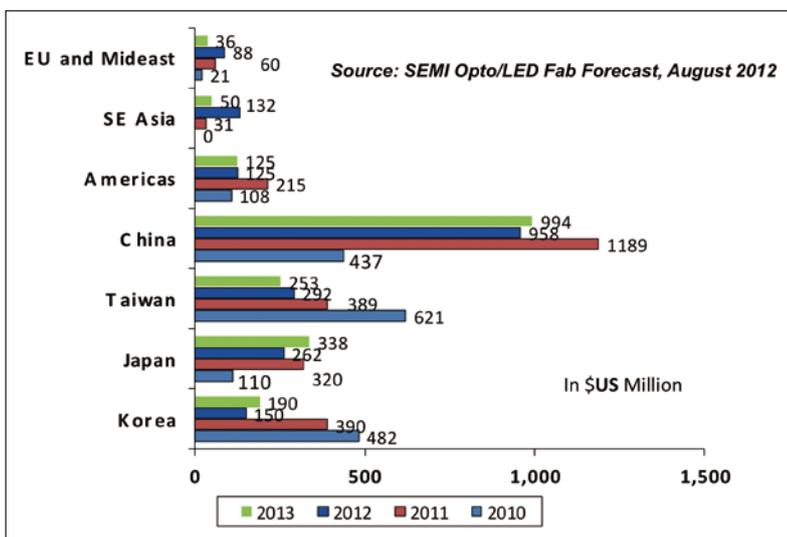
很顯然地，有機發光二極體產業必須將SECSII/GEM客製化，才能追蹤位於MOCVD內個別石墨製造載盤上之多個晶圓組之每個晶圓、位置及製程。軟體工作小組正在考慮常被使用於小晶圓儀器上較為簡單的SECSII/GEM 200 mm版本，是否有足夠的能力應付追蹤有機發光二極體產品生產所需的資料級別。另一個替代方案則為利用功能更為先進的300 mm軟體版本。此工作小組正在對使用者進行調查，以得知這些使用者最需要從儀器中獲得甚麼樣的資料。

有了這些資訊，儀器供應商將能以一固定方式來提取及規格化此資料，並將之傳輸至原件製造商的分析系統內，如此一來將可以降低儀器成本並簡化各廠商的製程整合。

另一個問題是在包含有機金屬化學氣相沉積磊晶的儀器和其引火氣體的情況之下，如何將現有半導體安全標準製程延伸應用於發光二極體生產製程中。位於台灣由晶元光電和台灣積體電路製造股份公司所主導的工作小組，具體說明了將生產設備的安裝與運作提升至世界共通之標準製程的最佳實際運作方式。這樣的努力，加上其他工作小組的努力，必定能關鍵地帶領發光二極體穩定發展、提升量率、降低成本，並且最終促使固態照明界的一重大演變。

如想要了解更多相關資訊，或是想加入來自全世界各地的志願工作者致力於發展藍寶石晶圓參數之標準製程、自動化儀器介面、晶圓缺陷量測、環境安全、以及其他降低下一代發光二極體低製造成本技術，請聯絡PAUL TRIO：ptrio@semi.org。網址為www.semi.org/en/Standards，或者請參考另一網址http://sites.google.com/a/semi.org/hbled。CS/

Taiwan



表三：中國主宰了LED生產設備的花費，但目前對中國的整體銷售是在消退之中。

以大尺寸矽晶圓降低LED晶片成本

到目前為止，降低LED成本使其成為照明產業主流的最好方法是在200 mm 矽晶圓上製作此元件。此製程平台的最大挑戰在於熱效應與晶格匹配的問題。這些問題可能會在GaN-on-Silicon磊晶層中造成畸變(distortion)以及缺陷。然而好消息是，根據新加坡IMRE的研究人員Sudhiranjan Tripathy所述，高品質、元件級的磊晶層並非沒有可能。這些磊晶層在製作過程中不需要低溫的AlN以及SiN中介層，並且可以用同步監測工具優化磊晶成長製程。

當你的燈泡壞了時，你會到當地的材料行找替代品，此時你可能會遇到比過去任何時刻都要多種類的燈泡供你選擇。假如你的政府還沒有禁用白熾燈的話，你可以購買一堆這類的燈泡。這類燈泡具有極佳的色彩特性，但是非常沒有效率。或者你可能看到一堆小巧的螢光燈，它們具有好很多的效率表現，壽命也比較長，可是它們可能不能調光，丟棄的時候也必須非常小心，因為它們內部含有水銀。最後，但不是最不重要的，是你可能會在架上看到一種新的燈具—LED燈。它的壽命長達50,000小時，遠超過其他燈具的壽命。它的發光效率也比小巧的螢光燈好，同時它可以與你原有的調光器搭配。可惜的是它的售價極高，你可能需要花20美元或更多錢才能買到一顆等同於60W的燈泡。

令人咋舌的高價主要來自LED燈內有許多藍光的GaN LED元件，它們會激發磷原子以發出黃色光，經由混色達到白光的輸出。為了降低GaN成本，讓這種固態照明元件更受世人矚目，許多研究人員正試著在大尺寸的矽晶圓上製造此類元件。

將原材料轉移到矽材料上可以減少依賴另外兩種材料的生產成本：藍寶石與SiC基板。雖然它們目前廣為使用，但都非常昂貴。而200mm矽晶圓可以便宜地在目前產能利用率下降的200mm晶圓廠中進行生產。

目前有幾家晶片製造商正努力地實現GaN-on-silicon LED，包括Osram、Bridgelux-Toshiba、以及Samsung。這些公司的研究人員正試圖改良大尺寸矽晶圓上的磊晶品質，因為這是產品商品化前的最大挑戰。要在矽晶圓上成長高品質的InGaN/GaN多重量子井 (Multi-

quantum wells, MQWs)，需要一層特殊的AlN成核層 (nucleation)，以及極佳的中介緩衝層。在多重量子井之上，則需要相當高品質的同質磊晶材料以確保高製作良率。在新加坡A*STAR (Agency for Science, Technology and Research) 的材料與工程研究所內(Materials Research and Engineering)，我們持續關注這些問題，並且取得相當程度的突破。我們已經在200 mm的 (111) 矽晶圓上製作出GaN藍光LED元件，並且予以驗證。其後我們也以高解析X-ray繞射儀 (high-resolution X-ray diffraction, HRXRD)，以及掃描穿透式電子顯微鏡 (scanning transmission electron microscopy, STEM) 針對LED磊晶層進行深入的分析。

除此之外，我們已經製造出原型的LED晶片，其發光效能令人印象深刻。我們以200 mm矽晶圓製造出光亮的藍光LED可以說是為GaN-on-silicon的技術潛力賦予強有力的背書。

應力的調變

在200 mm矽晶圓上成長高品質的氮化物是相當困難的，原因在於晶格常數的差異很大，還有因為GaN與矽材料的熱膨脹係數不同，因此會在磊晶層中產生高密度的貫穿缺陷 (threading dislocation)。雖然這些缺陷會降低元件內部的量子效率，但是我們可以藉由應力調變技術改善主動層的同質性，進而提升發光效率。

釋放磊晶層內部應力及獲得無裂損GaN異質結構的最佳途徑，是謹慎地調整緩衝層及中介層的組合模式。舉例而言，我們可採用低溫AlN成核層，梯度AlGaIn緩衝層以及超晶格 (superlattice) Al(Ga)N/GaN結構。

CS 精選 ◆ CS Features

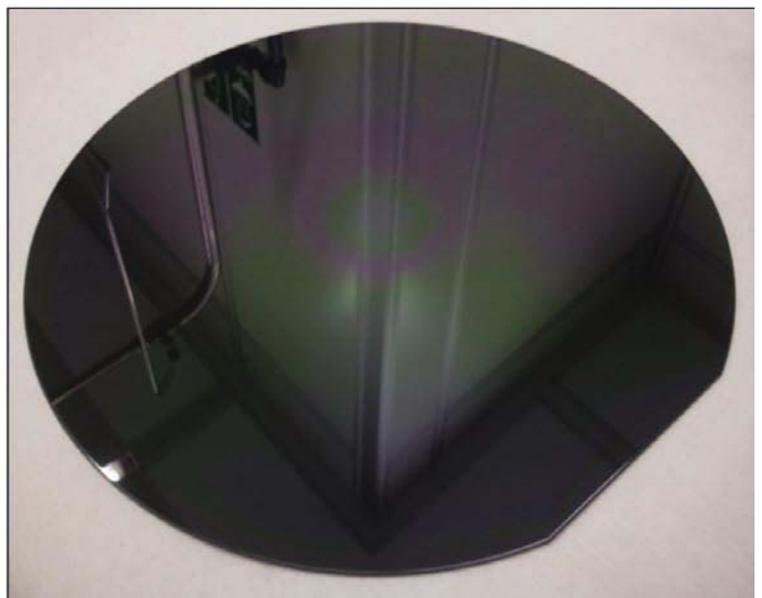
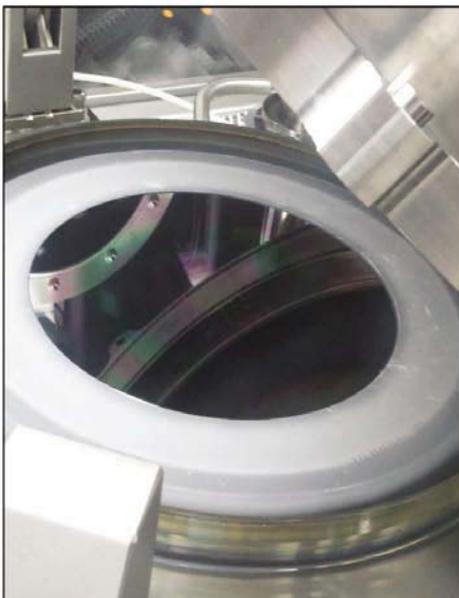
應力出現的現象之一是晶片會彎曲，對200 mm晶圓廠而言，能夠處理的晶片彎曲程度必須在50 μm之內，這也是原先對CMOS製程技術的設計要求。為了符合這項條件，緩衝層與中介層的厚度必須同步(in-situ)監測並予以調整，同時也監控晶片彎曲半徑以及反射率。為了實現高效能的LED，在此磊晶層上形成的元件必定包含InGaN/GaN多重量子井結構，並且具有極佳的均勻性以及清晰的界面。

藉由一台翻新的Aixtron 19 x 2-inch密閉耦合上淋式(closed coupled showerhead) MOCVD反應爐，我們針對上述GaN-on-silicon的磊晶技術進行許多開發工作。此設

備可以在六吋或八吋基板上沉積材料，並配備最新的同步反射率與曲率半徑的監測工具，也就是所謂的LayTec Epicurve TripleTT介面。

我們認為，同步控制可以有效改善多層元件(如LED)的品質。我們發現對單一磊晶晶圓而言，此EpiCurve TT系統能提供即時的曲率半徑、溫度、以及反射率的量測數據，可以與用在反應爐中為了最佳化製程所必須的窄視區(viewport)互相搭配。其配置的三個EpiTT感應器可以同時針對三種不同反射波長進行偵測：950 nm是給發射率已校準之高溫計所用；633 nm是給厚的層次，如GaN緩衝層、以及405 nm是提供薄的層次，如InGaN/GaN

IMRE的工程師以改良後的CCS反應器開發出GaN-on-silicon磊晶圓。(左上)在新加坡IMRE內部用來開發GaN-on-silicon產品的Aixtron MOCVD。(右上)以此反應器進行傳統GaN-on-sapphire 19x2-inch的磊晶製程。(左下)同樣的反應器在深袋式承托器中放置200 mm晶圓。(右下)在IMRE使用相同的反應器製作150 mm GaN-on-silicon磊晶片。

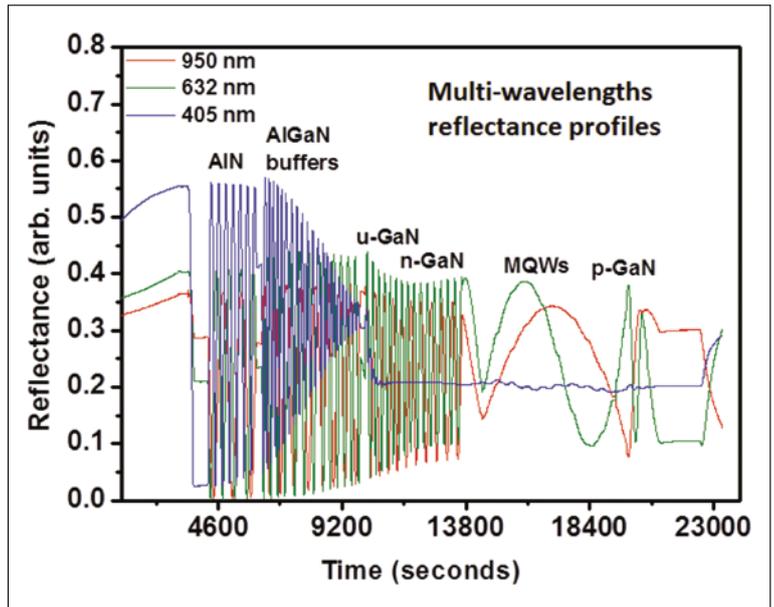


MQWs (圖一)。

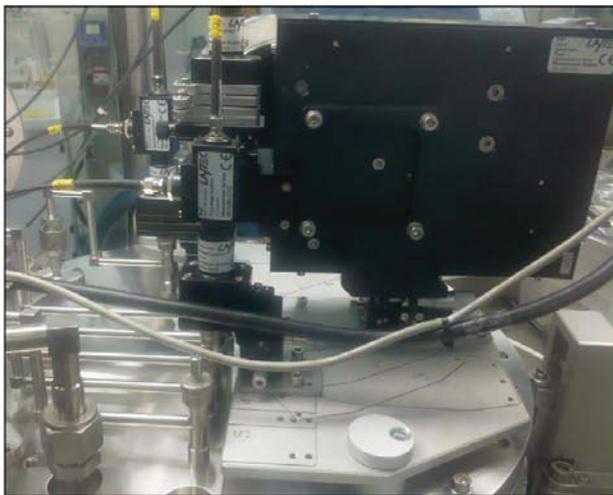
我們已經在無偏移的(111)矽晶圓上實現磊晶製程，這些晶圓直接送入反應艙內而沒有經過任何化學處理。這些基板的厚度是1.5 mm或1.0 mm，被放置在特殊設計的深袋(deep-pocket)承托器(susceptor)中。在成長磊晶之前會先以高溫製程烘烤清潔反應艙，在基板進入之前會先以950-980°C 氫氣環境加熱數分鐘，目的是將矽表面的原生氧化物去除。

LED磊晶層的成長一開始是先沉積AlN晶核，之後提升反應爐的溫度以成長厚的AlN層。對1.5 mm厚的矽基板而言這層AlN的厚度超過600 nm。之後再沉積階梯變化的厚Al_xGa_{1-x}N中介緩衝層以降低應力，然後再沉積1.0 μm厚的未摻雜GaN層。再來是矽摻雜濃度5 x 10¹⁸ cm⁻³的n-type GaN，然後是InGaN/GaN MQW主動區，以及鎂摻雜的p-type GaN上蓋。

此結構的沉積過程一通常是八個藍光放射量子井，



圖一：以LayTec點針設備測得的反射曲線。此設備具有EpiTT感測器，可測量三種不同波長的反射值。



(左)以LayTec設備現場監測成長狀態，內含三個EpiTT感測器可偵測反射率以及彎曲程度。這套設備是架在上淋蓋 (showerhead) 之上。(左下) 開發GaN-on-silicon磊晶技術並搭配200 mm HRXRD的檢測設備以快速提供倒易空間圖 (reciprocal space) 以及X-ray反射率分析。這些設備在A*STAR進行LED與高功率電子專案時使用。(下) 矽基板上的薄膜GaN磊晶層具有對稱的成長曲線。



CS 精選 ◆ CS Features

以及在製造流程最後階段才進行的150 nm厚的p-type GaN上蓋層—顯示我們有可能連續完成LED層次堆疊的製程而不需要在AlGaIn以及上方的MQW之間加入中介層。這種作法可避免採用低溫的AlN，因為AlN雖然有助於消除應力，但是它的缺點包含：較長的沉積時間、加熱器的壽命較短，因為需要時常升溫與降溫，特別對需要長時間磊晶的產品而言。

若要降低LED的磊晶成本必須讓成核層、緩衝層、以及所有中介層的沉積速度加快，同時成長的材料具有良好的結晶特性。若能做到這些，則磊晶成本將可以與在藍寶石上磊晶的成本相近。理想上在矽基板上成長的GaN與在藍寶石上的GaN應該一樣薄以降低成本，而缺陷密度應該與現有磊晶層的缺陷密度相近。

AlN成核層的起始成長條件非常重要，且條件會隨著基板尺寸與厚度而改變。當矽基板的尺寸從較小的晶圓變到200 mm時，我們發現AlN的厚度必須增加。為了以高成長溫度取得高品質的AlN，我們調整反應爐內三個區域的加熱器設定。此AlN層的首要目的是在高成長溫度時產生一個夠彎的凹面。做對了就可以補償AlGaIn/GaN產生的擠壓應力，從而在降溫後將晶片的彎曲程度維持在50 μm以下。

在這些氮化物堆疊層的沉積過程中所產生的晶片彎

曲程度大約是5 μm，這對之後的製程而言是可以接受的。然而多數矽晶圓廠的製程設備可以接受的矽基板厚度約在750-800 μm之間。為了符合這項要求，必須將1.5 mm的厚基板薄化，而更適當的作法是直接採用更薄的基板。對後者而言，晶片的彎曲程度會更加明顯，我們必須開發更好的應力舒緩技術以減少變形。

令人鼓舞的是我們已經在1 mm厚的矽基板上成功完成LED的製作，這個厚度對矽晶圓廠來說還算比較可以接受的。將厚度從1.5 mm降到1 mm會限制厚AlN層的成長，因為這會帶來凹型彎曲，最終使得LED堆疊層出現裂損，也不能使用無中斷的成長方式。因此對於1 mm矽基板的沉積製程而言，我們會在LED堆疊層中嵌入一層薄的AlN層或是富含鋁的AlGaIn中介層。

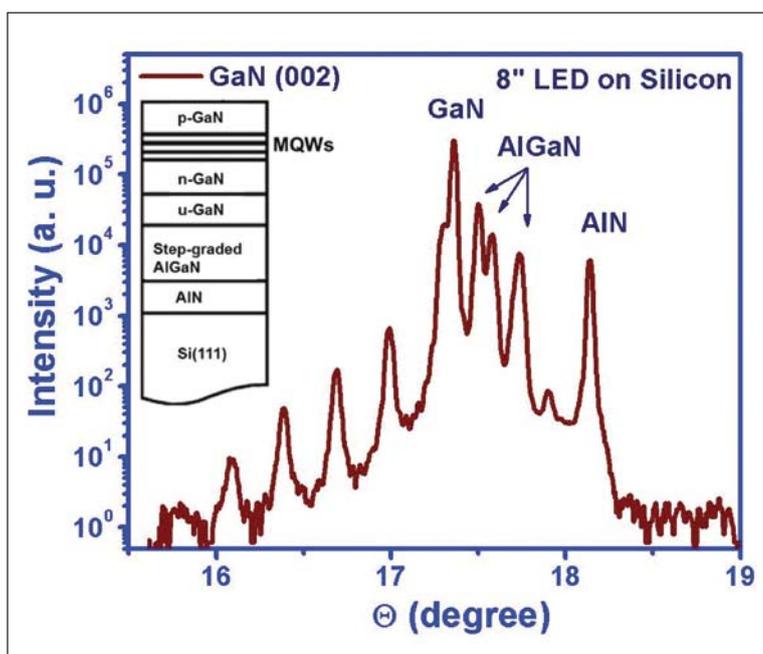
藉由這項調整，我們避免磊晶層的破裂以及嚴重的晶片彎曲問題。插入中介層並不是一件簡單的事，它需要最佳化成長溫度與厚度以避免高密度的介面錯配差排(interfacial misfit dislocation)。猶有甚者，為了生產高亮度的LED晶片，成長厚的GaN層時需要階梯狀的矽摻雜濃度，這裡我們也必須避免使用低溫成長的中介層。

X-ray分析

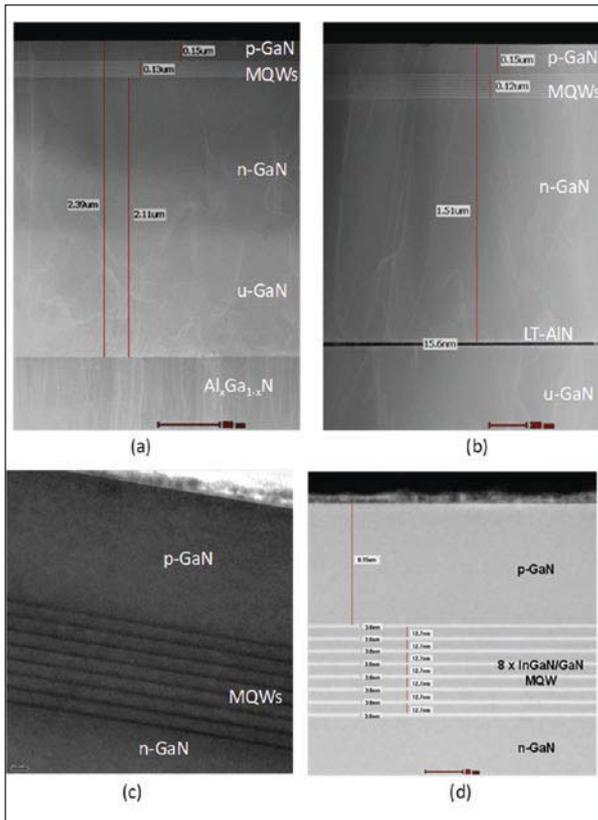
我們很謹慎地檢查LED磊晶層的品質，使用的工具包括PANalytical MRD高解析度X-ray繞射儀，可進行200 mm全晶圓的圖像分析，同時即時提供倒易空間圖(reciprocal mapping)進行分析。產生的HRXRD頻譜圖顯示GaN (0002), AlN (0002)以及AlGaIn (0002)的反射情形，邊緣信號則顯示InGaIn/GaN MQW有非常清楚的層次界線(圖二)。

(002)震動曲線(rocking curve)的全幅半寬(full-width-at-half-maximum, FWHM)資料顯示1.5 mm厚的LED磊晶層的最小平均值約為415 arcsec。越往晶圓邊緣結晶的品質越差—FWHM從晶圓中央的410 arcsec往邊緣提高到480 arcsec。(102)震動曲線的FWHM差異更加明顯，範圍在610-750 arcsec之間，並且與磊晶彎曲的現象相關。相對較高的(102)譜線寬(linewidth)的成因之一是由於n-GaN層內固定的矽摻雜濃度—這會稍微降低成長過程中因為不添加應力補償的中介層所產生的擠壓應力。

然而，雖然這些譜線寬並不是非常地小，它們仍然顯示出以無中斷製程製作的厚GaN磊晶的晶格品質堪稱良好。如果有加入其他中介層或調整AlGaIn緩衝層的濃度，較厚的LED層可能可以得到更窄的震動曲線譜線寬。



圖二：於1.5 mm厚矽基板上的InGaIn/GaN LED之HRXRD頻譜。以(002)與(102)震動曲線的FWHM分析在晶圓邊緣與中央區域的晶格均勻度。附近的峰值代表各層次之間有明顯的界線。LED元件的結構如插圖所示。



圖三：於200 mm (111) 矽基板上製作LED元件的HAADF-STEM圖像。(a)於1.5 mm厚的矽基板上製作的LED元件，具有AlN/AlGaIn緩衝層、無中斷成長的厚GaIn層、無中介層並且MQW內的螺旋差排少。(b)以低溫AlN中介層在1.0 mm厚的矽基板上形成LED元件。(c)MQW的亮底TEM圖像。MQW是做在1.5 mm厚的矽基板上，夾在n-GaN與p-GaN之間。(d)MQW的HAADF-STEM影像。顯示排列整齊的量子井，層次的厚度均勻並且有明顯的界線。

以低溫中介層方式在1 mm厚的矽基板上成長LED磊晶層會得到(002)震動曲線FWHM約在475-480 arcsec之間。此晶圓的彎曲程度比1.5 mm矽基板更加明顯，在(102)方向上的HRXRD震動曲線的FWHM在860-870 arcsec之間。這個值是由矽摻雜的濃度決定，而矽摻雜的濃度在晶片邊緣較高，使得晶片邊緣的差排密度也較高。

更多針對晶圓上不同平面的震動曲線分析結果顯示，此1.5 mm基板上形成的LED磊晶層的螺旋差排 (screw dislocation) 密度少於 $5.0 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ 。此數值與用STEM觀測的結果，以及用蝕刻方式測量腐蝕坑密度 (etch pit density) 的結果相近。

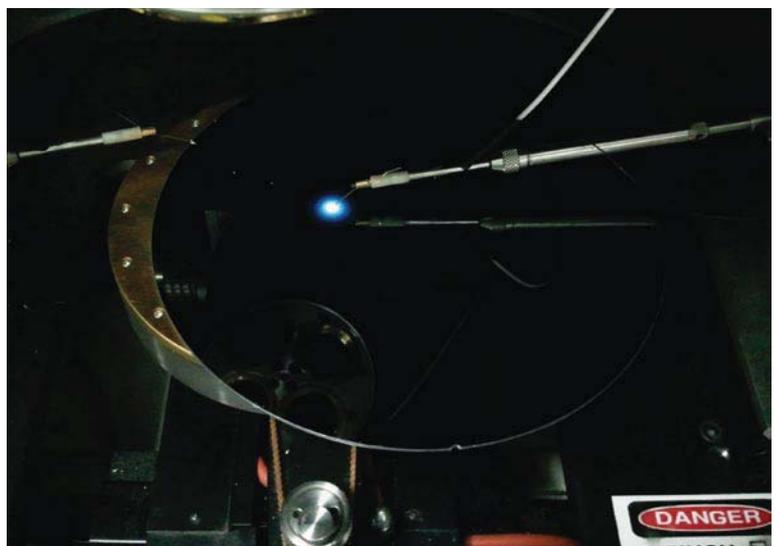
顯微鏡觀察

HRXRD頻譜顯示主動區具有良好的晶格特性，此與TEM或是高角度暗底(high-angle annular dark-field, HAADF)

STEM觀察到的結果相符(圖三)。橫截面TEM觀測顯示品質優良的MQW具有清晰的界面，HAADF STEM的影像也確認了這點，並且顯示主動區內部的貫穿差排密度低。HAADF STEM的影像也顯示p-GaN層的上方結構平滑。該處包含濃度稍高的鎂摻雜，提高鎂摻雜濃度的目的是讓表面粗糙，最終激發光源射出。以光致激發 (photoluminescence, PL)測量此200 mm晶圓的發光能力均勻性，顯示周邊與中央部位的標準差少於1.8%。

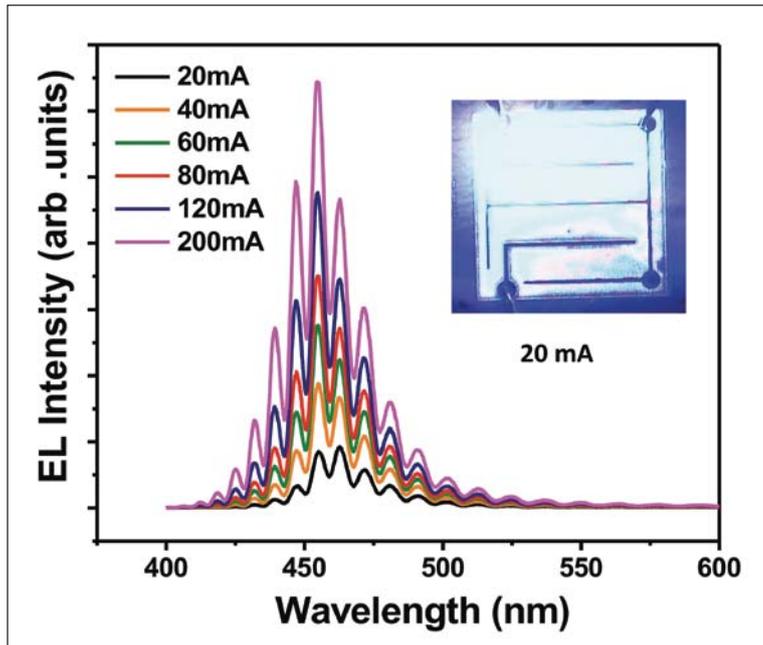
我們在LED晶片製作前也檢測此磊晶片的電致發光 (electroluminescence, EL)頻譜的同質性以估算此MQW的光學特性(圖四)。從晶圓邊緣到晶圓中心位置的EL頻譜資料顯示波長的峰值差在15 nm之內。藍光偏移(blue-shifted)的散發現象出現在晶圓的邊緣，原因是在量子井形成過程中有溫度曲線的變異。EL波長峰值的變異在1.5%之內，顯示以此製程製作藍光LED晶片的可行性。進一步改善均勻度的作法可能可以在形成主動層時，藉由加強控制反應爐內的加熱器設定來達成。低溫量測的結果顯示，在較厚矽基板上的主動層的藍光波長PL量子效率在75-80%之間。

我們已經用這些磊晶片製作出1 mm見方的LED，以多道光罩的微影處理以及電感耦合離子蝕刻將元件結構製作完成。為了使用標準的微影曝光製程及蝕刻設備，此1.5 mm厚的矽基板必須先磨薄到1.0 mm，再以BCl₃及Cl₂氣體蝕刻，讓下方的n-type GaN裸露。加入Ni/Au一類的p-contact，以及Ti/Al/Ti/Au一類的n-contact以形成橫向的LED元件。這些LED可發出波長455 nm的明亮藍光。受

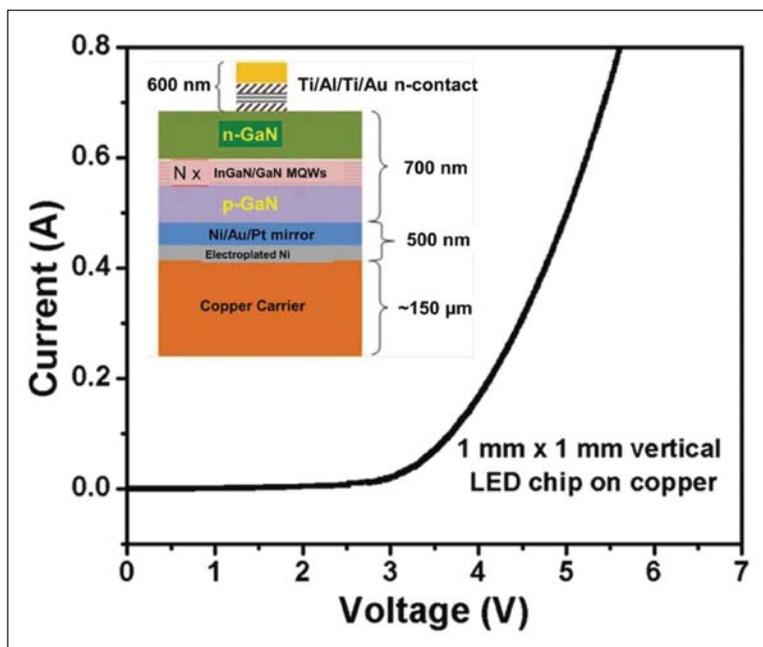


在製作LED晶片之前，在200 mm磊晶圓上進行標準測試，得到明亮的藍光射出。

CS 精選 ◆ CS Features



圖四：在不同入射電流下測得1 mm LED晶片的EL光譜圖，峰值落在 455 nm。多重峰值是因為以EL微探針測試時出現Fabry-Pérot腔室反射 (cavity reflection) 效應。插圖是以20 mA激發的典型LED特性圖。



圖五：以GaN-on-silicon技術製作之薄膜LED其電流電壓特性圖。LED磊晶層是以轉移技術將其轉置於導熱銅板上。

惠於主動區底部厚矽基板的良好導熱特性，這些元件在施加重複電流到200 mA時也沒有出現EL退化現象。調高電流量可讓EL強度持續上升，顯示主動層的晶格品質相當不錯。矽基板最大的缺點之一是它會吸收藍光，所以必須移除矽基板以形成一個薄膜型LED。薄膜型LED其實

更為明亮而且電特性更佳。我們正努力開發此類晶片的製作方法。目前我們已經開發出將LED與其他材料貼合的方法。這些材料可以是銅，在LED從矽基板上剝離之後與其貼合；或者與一高導電性的p-type矽基板相鍵合。在我們的研究中我們曾經試用過導熱的銅金屬，當時我們的LED磊晶層是以乾式層轉移 (dry layer transfer) 製程從矽基板上剝離下來。在沉積p-metal接觸孔、製作背面反射鏡、以及電鍍金屬層之後，我們再將此矽基板及電阻性的氮化物緩衝層去除。

我們製作的薄膜LED晶片的典型電流電壓特性如圖5所示，顯示它們能以高功率操作的特性。如果適當地調整氮化物的濃度可以再壓低順向導通電壓，如此這項GaN-on-silicon技術更適用於高功率LED之操作。

將提供磊晶成長之用的矽基板去除的技術已經相當成熟。許多LED製造商會用雷射剝離的方法將磊晶層從傳統的藍寶石或是圖樣化的藍寶石基板上移除。在矽產業裡，基板去除也是相當普遍的技術。它屬於相對簡單、成熟而且是後段的製程。然而要完成這樣的製程，工程師需要一個相當平坦、彎曲程度相當低的LED磊晶片。

當我們使用AlGaN中介緩衝層時，我們發現在這些緩衝層中的鋁濃度必須優化以避免LED主動層在後製程中裂損。裂損可能發生於基板薄化與去除氮化物層的過程中。只要把這些事情做對，並且優化摻雜濃度，再加上使表面粗糙，就有可能在一大尺寸的矽平台上製作出高亮度的LED。

以上我們的研究成果顯示藍光LED有機會在200 mm矽基板上實現，這將開啟固態照明進入大眾市場的大門。要實現這個願景需要開發穩定的晶圓廠製程，良率預期會比150 mm藍寶石基板或是150 mm矽基板來的好。達到這個目標的方法之一是啟動更多的合作案將學術界以及產業界的專業知識結合在一起。我們將會是其中一員，也希望有更多其他的夥伴一起加入。**CS/Taiwan**

- 新加坡IMRE團隊是由Sudhiranjan Tripathy帶領，成員包括M. Krishna Kumar, S. B. Dolmanan、Y. Dikme、Vivian K. X. Lin、H. R. Tan、R. S. Kajen、L. K. Bera、以及S. L. Teo。本研究團隊感謝Exploit Technology Pte Ltd、以及A*STAR的科學與工程研發專案的TSRP GaN-on-Si計畫支持。同時感謝OVG-University-Magdeburg的Armin Dadgar在技術討論上的參與。

寬頻帶LED 增強色彩的 保真度



白光LED有效率、穩定、持久且可調，但它的色彩品質不如白熾燈卻往往令人失望。這個弱點該如何被解決呢？ElecrosPELL的Faiz Rahman認為透過導入一系列的磷光劑來提供寬頻帶放射，最終可增強色彩的保真度。

電視、智慧型手機以及車載導航系統的製造商持續的開拓出我們對色彩認知的弱點。這些螢幕上顯示的黃色並非單一的窄頻帶放射，而是緊密堆滿的紅與綠像數所產生的組合光。就某方面而言這是很棒的，因為透過僅僅紅、綠、藍三種光源就能讓我們在螢幕上看到全彩圖像。然而，當一個真實世界的物件由人工照明照亮時，則是一個完全不同的故事。

在這種情況下，只有透過包含所有彩色成份的光來照明物件才能捕捉到細微的色彩與光影－換句話說，一個全光譜的光源。物件每日有著複雜的色彩反射率，因此使用有寬廣且平衡的光譜之入射光源來捕捉所有色彩

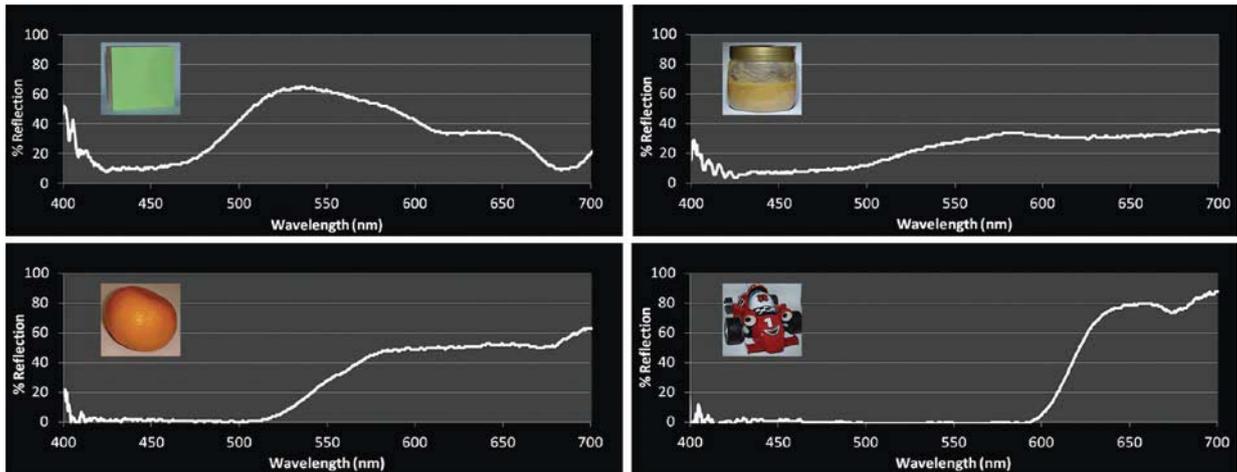
細節是必要的（見表一，一些平常物件與其表面反射光譜的例子）。

使用於物件照明的技術正處於變革中。鎢絲白熾燈泡是目前二十世紀的技術，近期已受到小型化螢光燈（CFL）的強力競爭，而LED類的照明系統則正要開始造成影響。由上述每種光源所提供的色彩再現品質都不同，因為每種技術都自然的預設朝向某種光譜分佈發展。例如，白熾燈泡是一個熱源，會產生似黑體頻譜，顯示為黃白光。儘管其效率低，但對眼睛是很舒服的，所以仍非常普遍的使用在發展中國家的室內照明上。

推廣更廣泛使用更有效率光源的努力已刺激螢光光

CS 精選 ◆ CS Features

表一：一些常見日常物件的表面反射光譜。大多數的表面顏色顯示複雜的光譜細節，包含大多數的可見光譜。忠實呈現這些物件的色彩需要一種光源有著平衡的光譜能夠涵蓋整個可見光範圍由400奈米到700奈米。



源的銷售，如條立燈與冷陰極燈管 (CCFLs)，其磷光劑被紫外線輻射激發時產生光源射出。傳統上，此來源產生的光叫做「冷白光」，因為源自於缺乏較長的可見波長而造成清楚的藍色調。

今日，以LED為主的燈泡開始出現在五金商店，預計銷售在未來幾年內將會爆發。它的白光產生自藍光InGaN LED去刺激散發黃光的磷光劑，如鈣摻雜之鋁鎂石榴石 (Ce:YAG)。其所形成的光譜在450-470奈米區間會有顯著的藍色峰值，並散發較寬頻的黃色。一種有優勢但較複雜的替代方法是經由混合不同顏色的LED來產生白光，一般用紅、綠和藍色。此法產生的光其顏色是可調的，色調可以調整以達到使用者的請求。如果LED連結到微控制器上，可以數位化的控制各別顏色頻道到8或16位元的精度，便能夠生成百萬種顏色的深淺。然而RGB燈具需要驅動的電子元件與混色的光學應用。將這些整合到一組完整的照明系統上並不困難，但它們確實增加了最終產品的成本與複雜度。

衡量顏色品質

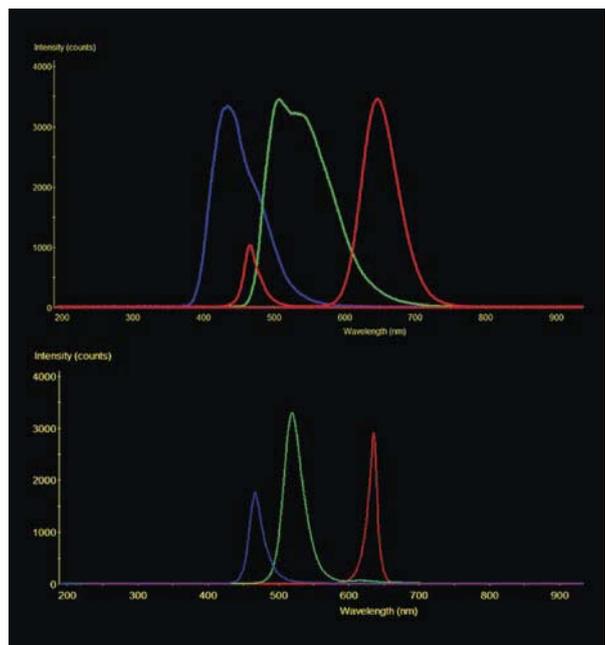
有許多指標被用來比較由藍光LED與黃磷組合所產生白光的品質，以及由紅、綠和藍光LED混合出顏色的品質。其中最常見的叫演色性指數 (CRI)，它提供衡量一種光源能夠產生與理想光源 (如自然太陽光) 相同反射光譜的能力。

因為這是相對性指標，CRI呈現的數據是百分比。在理想的情況下，CRI 100%的光源能夠如太陽光般忠實的再現色彩細節。在實務上，CRI值是依照量測一組參照色卡的表面反射率來訂定。一般使用16張卡，光源對每張

色卡的相對反射率 有著不同的數值。這些所謂R16的數值能夠被組合計算出一個CRI值。

近來，一些如色域指數 (GAI) 等方法已被發展出來解決某些CRI度量的缺陷。目前認為結合這兩種方法來量化LED的演色性能夠令人滿意。美國國家標準與技術局 (NIST) 也發展出一種色彩再現品質度量叫色彩品質量表 (CQS)，此量表可能在未來幾年內成為判斷照明品質的度量標準。

藍色發光晶片與黃色磷光劑的結合在其產生冷白光時達到最高效率。此非常近似散發自CCFL光源的照射對



表二：Electrospeil寬頻帶RGB LEDs的光譜 (上) 與普通RGB LEDs光普圖的比較。寬頻紅光LED的二次發射是殘餘藍色激發光。

並不特別順眼。更重要的是它的演色性很差，因為它的光譜組成缺少射出很多在可見範圍內的波長。

透過使用發射稍長波長磷光劑的LED來以效率的損失換取較佳的演色性是有可能的。這種暖白LEDs有著較低的藍波峰，且光譜中綠、黃與橘色部分明顯射出較寬。這會轉化為較低的色彩溫度—其光譜輸出低於4000K，相較於冷白光光源高於6000K的溫度—且此散發更接近於「理想」光源的特性。然而，僅管這種設計相較於冷白LEDs有較高的CRI，其光線仍舊遠低於呈現真實世界物體的精確色彩所需的水準。

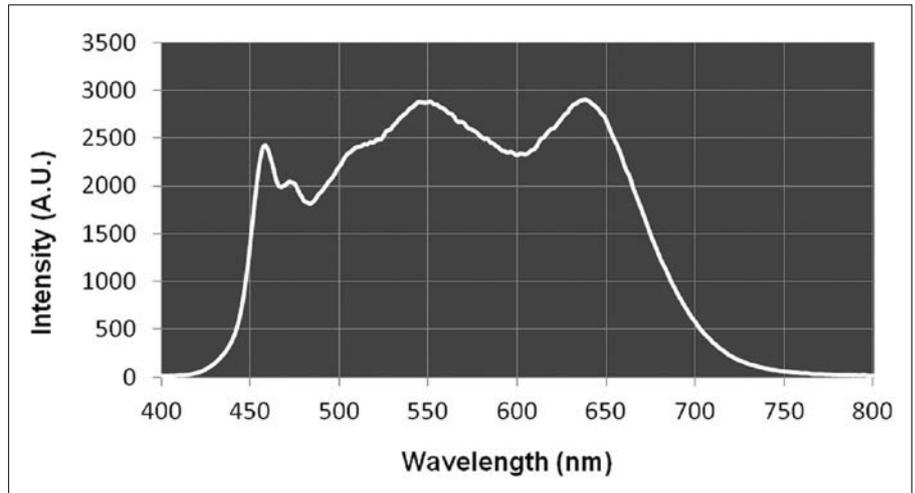
為了解決這個問題，在英國的ElectrosPELL of Glasgow我們一直致力於開發卓越的全光譜LEDs，使我們能夠生產出出色的固態光源。我們採取了雙管齊下的方法：透過結合寬頻帶紅光LEDs與其綠色與藍色近親，我們能夠創造出適用於全光譜可調式燈具的光源；另外，透過使用寬頻帶磷光劑混合物，我們能夠產生非常好的白光光譜。我們所使用的磷光劑通常含有釷、鎢、鉍與鈾的組合，存在於氧化物或氮氧化物的基體中。這些稀土離子確保了寬廣且平衡的射出且其尖銳波峰的凸出變小（見表三）。

採用多種稀土離子的優點是它會造成多組叫「晶體場分裂」的能量層，組合後產生一組緊密的波長波峰聯合成為一個平坦的光譜。這種LEDs組成的白光系統所產生的CRI值超過92，超過高性能照明系統的標竿。

改善穩定性

LEDs著名在它的壽命長—範圍從2萬小時到超過5萬小時。然而，其性能依壽命而不同。這有一部分是因為照明使用的強力LEDs會產生大量的熱，需要盡快被移除以避免過熱最終縮短了元件的壽命。一個好的熱處理系統能解決這個問題，但即使有效散熱，LEDs在至少比環境溫度高幾度的情況下工作，造成輸出隨時間而有不同。這包含了光強度的逐漸降低。LED的壽命目前並沒有統一的定義，但通常引用的值為在全功率連續操作下，元件的輸出下降到初始亮度的70%或50%所經過的時間。

除了輸出功率下降外，因為各種磷光劑老化的影



表三：全光譜的ElectrosPELL白光LEDs之光之光譜

響，如氧化態的變化與熱老化，LED的色點會隨壽命而偏移。在日用的白光LEDs上，相對於指定的原始色點這種偏移可達到10%或更高。這意味著在顏色是關鍵的應用上，LEDs色度變化是個比逐漸變暗更大的問題。

變暗與色差是無法避免的，但可以透過在較低溫度下操作LEDs與不用時關掉系統來降低影響。改用高品質LEDs也有幫助，因為它們是由較好的磷光劑與其它光學材料做成，能夠一起分擔調整熱度與老化相關的色差，所以色調的偏移會降到只有約2%。另一種方式是實體上將磷光劑與產生熱的晶片分開。改用遠端磷光劑提供許多重要的好處，包括明顯較長的壽命，提高波長轉換效率（因此反應亮度）並減少色差。

此架構應用在許多改造LED燈泡設計上，其作用產生自塗抹於燈泡表層的磷光劑塗層。如此產品壽命超過5萬小時便可能達到，其限制來自於提供LED電力的電子電路驅動元件，而非一整堆發射極的性能下滑。全頻譜白光

(文轉第22頁)



由於各種磷光劑的廣泛使用，ElectrosPELL生產的LEDs有比傳統設備更寬的射出光譜。

選擇正確的氮化物LED量子井數目

模擬結果顯示，增加量子井 (well) 數目是一個解決被稱為光效下降 (droop) 之神秘弊病的非常有效方法。

Crosslight軟體公司的Simon Li與Changsheng Xia指出，量子井的最佳數目取決於電流密度，而且它可能是12或更多。

基於氮化鎵 (GaN) 的LED現在已經開始滲透到他們的第三個「殺手」應用上。在千禧年之交時，他們創造了數十億美元的鍵盤背光和手機螢幕產值，最近他們更已經開始主宰筆記型電腦和電視的背光源；而現在，他們正剛開始要成為家庭和辦公室首要的照明來源。

當LED運用於電燈泡時，它們所需要產生的總光量遠遠超過作為螢幕背光源時所需。為了維持可被接受的晶片成本，這也就意味著，流經元件的電流必須增加以加速流明輸出。但這會產生一個不想要的缺點—光效下降，也就是外部量子效率的衰減，儘管許多研究人員已經努力要理解這仍有爭議的神秘弊病，然而其衰減的原

因仍尚未被完全理解。

雖然這些研究人員仍繼續爭辯光效下降的成因，然而LED製造商—以及關於這個問題的雷射二極體製造商—將持續生產基於傳統活性區的元件。而此項稱為多重量子井 (MQW) 的設計從1990年代以來，藉由將活性區分隔成許多薄層而被用來提高元件的效能 (特別是效率)。而所產生交錯的量子井與阻障層 (barrier) 結構，能以量子力學束縛住電子和電洞。

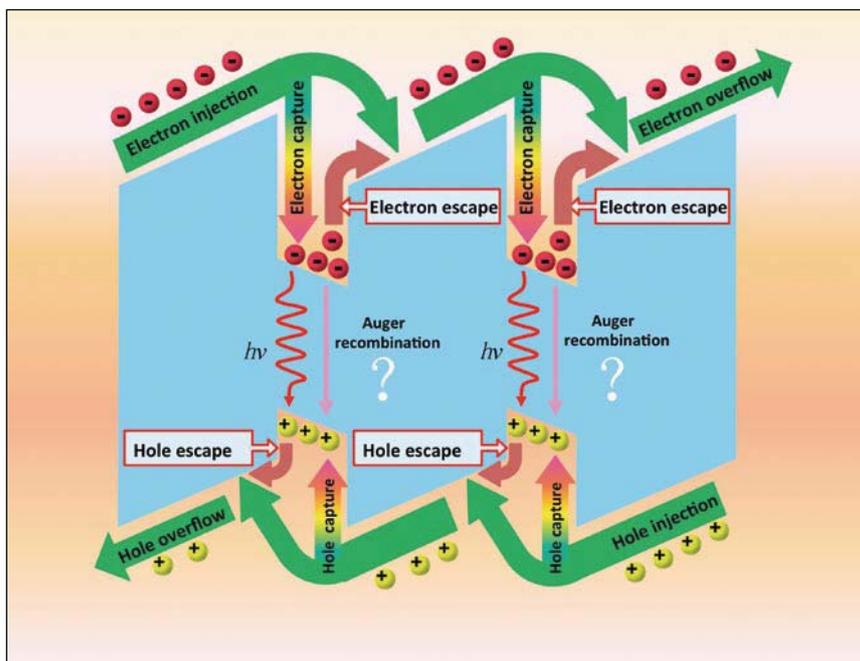
眾所周知的是，藉由在LED MQW的p型側插入電子阻障層 (EBL)，即能夠提高元件的效率。藉由加入一層由比活性區能階還寬的材料所製成的薄膜，即能夠產生一道可阻擋電子流出元件活性區並流入p型側的位能阻障層。

從活性區溢流 (overflow) 出的電子是兩種熱門藍光MQW LED光效下降的推測之一，而另一種則是被稱為Auger復合 (recombination) 的非輻射性過程。這二種理論均有眾多的追隨者，但他們不會得到普遍的支持，除非他們能解決兩個主要障礙：為光效下降提供一個無懈可擊的解釋，並說明LED因加入MQW和EBL所得到的效益。

Auger 與載子溢流的比較

了解Auger復合是光效下降之成因的說法是比較容易理解的。當LED啟動時，其活性區會

圖一：可能會導致多重量子井LED光效下降的各種物理機制，包括載子溢流和Auger復合。



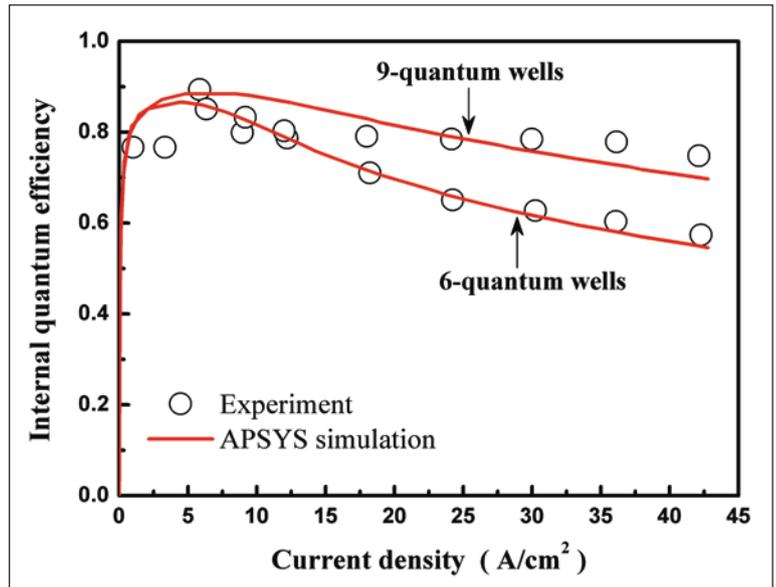
充滿電子（與電洞），而其密度稱為 N 。由於光的產生需要一個電子和一個電洞交互作用，輻射性復合過程會以 N 的平方進展。而與此相反的是，Auger 復合是一個損失光子的過程，其涉及三個不同的載子（兩個電子和一個電洞，或兩個電洞和一個電子），其過程會以 N 的三次方進展。這意味著LED中的電流會被加速且載子濃度會上升，因此Auger復合的增加幅度會超過輻射性復合。因此，LED在較高電流密度下的效率會減少，而這是眾所周知稱為光效下降的特性。

相較於光效下降的成因，要解釋Auger理論下LED行為中的MQW和EBL的益處則更為複雜。由Auger陣營所提出的論點是，MQW和EBL均會協助讓載子在MQW內散佈地更均勻。因此，相對於相同 N 平方的光子產生，三次方的Auger損失將會因為更為均勻的載子密度而較少。同時，那些支持溢流理論者認為，一個量子井是類似於一個水桶，其有能力捕獲並保持住在較高注入時會減少的注入載子。當注入載子沒有被捕獲或保持住時，它們會溢出出活性區而被浪費掉了，因此會造成光效下降。

而利用溢流理論則很容易解釋MQW和EBL的益處：添加另一個量子井可達成重新抓回並再回收前一個量子井未捕獲的溢流載子；同時插入一層EBL可強迫溢流的電子返回，因而會再被MQW捕獲。而解釋光效下降是比較棘手的，溢流理論的支持論點是依賴於量子力學原理中，量子化狀態只能容納兩個相反自旋的電子。這意味著，量子井在注入更多載子時會開始飽和。由於這兩個學派的思維似乎能夠解釋藍光LED在不同電流密度下的行為的主要特徵，因此就需要數值模擬來定量地驗證這些理論。這次的操練不僅具有學術上的意義—它也具有重大的實作重要性，因為數值模擬能夠優化晶片製造和裝置製造的製程。

需要多少量子井？

在常見的業界實作中會在氮化物LED中使用多個量子井，而不是僅有一個。就此情況而論，令人驚訝的是直到最近，仍然沒有關於另一個被加入到活性區的量子井對於效能影響的實驗報告。在2011年時，美國加州大學聖塔巴巴拉分校（UCSB）的研究人員，打破了這種長期缺乏實驗數據的情況，其聲稱量子井數從6個增加到9個後能夠降低InGaN/GaN MQW LED中的光效下降 [1]。這些實驗結果提供了一個很好的比較機會，來將相互競爭



圖二：運用Crosslight的APSYS模擬軟體所建構的模型，能夠複製UCSB研究人員所製作的6個與9個量子井的LED實驗行為。

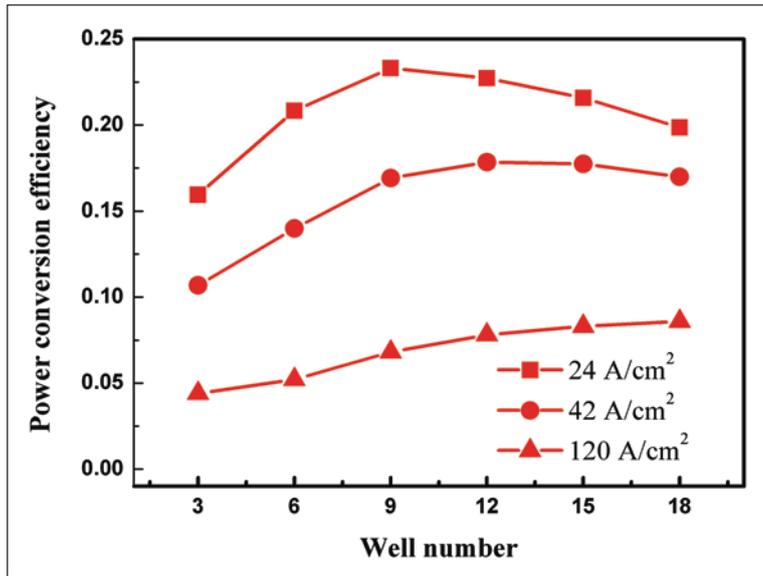
的光效下降理論加以驗證。如果模擬能夠複製真實的數據，這表示它們可以提供一個很好的工具，以用在LED的工業設計與優化上。

我們最近利用Crosslight軟體公司—總部設於加拿大溫哥華和中國上海—已經商業化的APSYS軟體模擬了UCSB LED的行為。具體而言，我們採用具有非區域性QW傳輸模型的模擬程式，以了解具有不同量子井數目的藍光InGaN/GaN MQW LED的光學與電氣特性。而此模型化的成果、載子捕獲與載子溢流的關鍵機制，都已圖示在圖一中。要特別說明的是，此模型包括了Auger復合與載子溢流這兩個造成LED光效下降成因的主要候選理論。

我們已經使用這兩種理論進行了一些模擬，也就是假設Auger復合在某種情況下是主要的，而在另一種情況下則是可被忽略不計的（而所有其他參數在合理範圍內均是可調的）。模擬結果發現，我們在使用載子溢流理論時，能夠產生一個跟UCSB的實驗相當一致的結果—在這種情況下，我們包含了可以忽略不計的Auger復合（參閱圖二）。而我們所模擬的結果已發表於Applied Physics Letters期刊上 [2]。

在高電流密度下採用Auger復合為主要的非輻射性過程的模擬，已遠遠無法複製出UCSB所產出的實驗數據。看來以Auger復合為基礎的模型，會造成載子在到達下一個量子井之前就太快地在每一個量子井中復合了。而這樣的後果之一，是由Auger理論所預測的最佳量子井數量

CS 精選 ◆ CS Features



圖三：在較高的驅動電流下，量子井的最佳數量會隨著高電流輸出而增加。

會遠遠少於實驗所發現的。我們不打算公開Auger理論的失敗嘗試，而且我們也注意到，這些研究結果初步有利於溢流理論的支持者。

在這項研究的下一個步驟，是要找出無限增加的量子井所造成的影響。為了要做到這一點，我們讓整個活化區的生長條件，和結晶品質都是不切實際地假設成都是一樣的，而與該結構中的量子井數目無關。我們發現

以溢流理論所建立的模型，顯示出添加更多的量子井總是會導致內部效率的增加。

然而，增加量子井所須承擔的不利結果是提高了操作電壓，而降低光電轉換效率 (wall-plug efficiency)。在本研究中所使用的注入條件，其量子井的甜蜜點數目為12，但當電流通過元件時會被加速，因此這個數目會更高 (參見圖三)。

總之，我們所要傳遞給高功率LED製造商的訊息是，他們的元件可能會受益於更多的量子井。我們知道在現實世界中，當要生成很多量子井時，要做到完美是不可能的。

當它們被添加到結構中時，在可承受的晶體品質下，其應變也會隨之而生。為了將此行為建立到我們的模型中，我們正在跟晶體製造商做討論，並計劃建立比過去任何時候都更加接近真實的模擬軟體。一旦做到這一點，我們應該就能夠為LED中的最佳量子井數目提供一個更為準確的數字。 **CS/Taiwan**

參考文獻

- [1]. S. Tanaka et. al. Electron. Lett.47 335 (2011)
- [2]. Chang Sheng Xia et al. Appl. Phys Lett.100 263504 (2012)

(文承第19頁)

LEDs的主要應用在零售與攝影的高品質空間照明系統，其優良的顯色性是必要的。一部分由於我們提供的寬頻帶LEDs，固態照明終於到達挑戰裝置發射光源的水準，其顯色性規格都相當於或超過白熾光源。今日，照明展廳與貿易展覽會正透過實境的驗證來顯示高CRI LED照明的優越性。另一個平譜LEDs嶄露的領域在液晶顯示器 (LCDs) 的背光源。此類顯示器是要提供非常好的圖像品質，因此需要平坦的背光投射在主要LCD面板後面來均勻的點亮一個平面。來自於背光源的光選擇性的通過LCD面板上每個像素的彩色濾光片，產生多種色點的鑲嵌而組成LCD影像。

平譜LEDs較適合此項任務，因為這些裝置在紅、綠與藍色部分的光譜產生約略相同的強度，使得濾光更有效率，同時顯示也更高功率。在一些其它應用上寬頻帶彩色LEDs也相對於傳統較低CRI 的燈具有優勢。這些

包含室內植物的生長：光合作用需要的波長在紅外到黃光譜區加上藍波長的光。在這些溫室安裝白光LEDs無法提供理想的波長輪廓，且窄頻帶紅光與藍光LEDs無法勝任這個任務。我們所需要的是寬頻發射於紅與藍區間的LEDs。

不只有植物感激寬頻譜的光—人類的皮膚治療師也考慮用寬頻帶LEDs於許多皮膚病的治療上。寬頻帶固態光源的其他技術與工業的應用包括文件掃描、平譜光源比色法及機器視覺系統。

由於LEDs的性能足以提供非常高品質的光源，固態照明已漸進入許多既有與新的照明應用領域。然而，由於來自新一代白光和彩色LEDs有豐富頻譜的光源已於市場上占有一席之地，接受LEDs為所有照明應用的技術選擇將會加速—催促我們躍遷進入LED主宰的世界。 **CS/Taiwan**



藍寶石基底矽晶薄膜： 在次世代無線網路中的價值正不斷提昇

在導入新的無線通訊標準後，將迫使射頻前端元件製造商建構具有較高線性度的產品。藍寶石基底矽晶薄膜（Silicon-on-sapphire, SOS）元件在此領域上表現相當突出，這要歸功於我們的UltraCMOS製程和加速的技術藍圖，而相對於已知如砷化鎵（GaAs）等具競爭力的技術，其效能上的差距預期仍將繼續擴大，Peregrine 半導體公司的 Rodd Novak 指出。

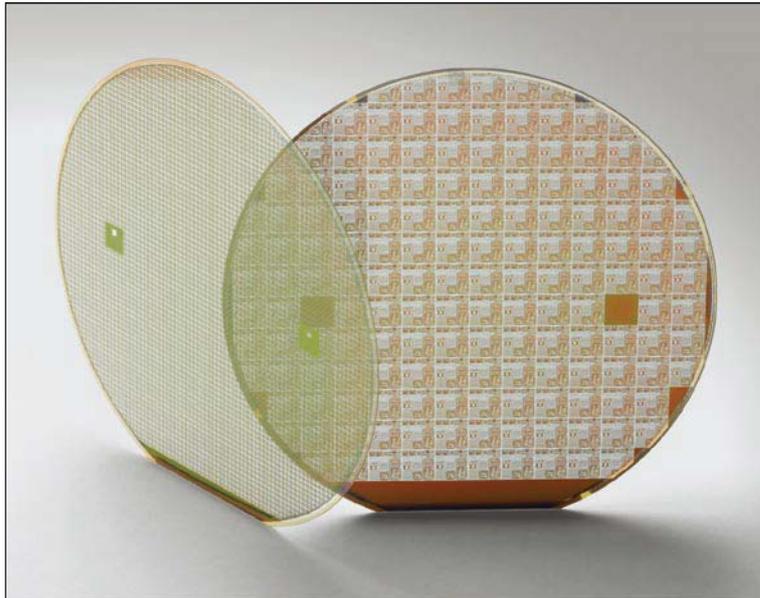
無線網路營運商仍不斷地追求更高的效率、更快的數據傳輸率和更低的延遲。他們的這些追求引導他們導入數據傳輸的新計劃。其中最近的是4G長期演進（LTE）行動通訊標準，其在世界各地正被廣泛地採用。美國顯著比例的營運商已經快速地部署 LTE 標準，而在歐洲、中國和世界其它各地也不會落後太多。

4G LTE網路的導入帶來了一些技術上的挑戰，其影響了許多用於使用者終端設備（UE）上的射頻前端元件（RFFE），例如功率放大器（PA）、濾波器、天線、以及切換器（switch）等。這些元件必須要進行調整和改進，以提供具有高隔離性與高線性度之更小、集積度更高的RFFE元件，以跟上UE和對應的基礎設施進步的腳步。

而運用傳統化合物半導體技術也是可能解決所有這些要求。然而，還有另一種替代方法。藍寶石基底矽晶薄膜製程—是一種絕緣層上覆矽（SOI）技術的先進形式—使 RFFE 元件具有可微縮的整合性、一致的效能，並擁有最被廣泛運用的半導體技術—CMOS的好處。此外，SOS製程具有和GaAs相等或更好的 RF 效能。

位於加州聖地牙哥的Peregrine半導體公司，擁有一種SOS技術專利—UltraCMOS—這是一種SOI製程的先進形式。UltraCMOS技術包括了在藍寶石晶圓上形成一層薄的矽晶膜層。這個基礎架構吸引了IC和製程設計人員，因為藍寶石是一種近乎完美的絕緣體—它能夠消除幾乎所有塊體單晶矽會有的寄生電容和漏電流。這項技術對運

CS 精選 ◆ CS Features



Peregrine運用藍寶石基底矽晶薄膜技術來製造其切換器。

用於行動電話的RFFE元件的RF切換和天線調諧功能是非常有價值的。目前已經出貨超過10億個UltraCMOS產品並運用在UE的RFFE中。

一小段簡史

當第一個單頻和雙頻的RFFE切換功能的設計，在90年代晚期於市場上出現時，他們是使用結合了高效能與低成本的PIN二極體來達成。然而，這些二極體需要較長的四分之一波長傳輸線和較大的順向偏壓電流操作，因

此他們沒辦法支援後續四頻架構的高效能解決方案，而這需要更多數目的射頻切換路徑。

然後設計人員就需要容納 WCDMA/GSM網路的多頻帶架構，而這需要多達9個切換路徑。GaAs pHEMT和UltraCMOS積體電路，解決了許多PIN二極體伴隨多頻帶操作而來的實作問題，因此成為了切換解決方案的選擇。這兩種技術都能夠支援3GPP規範所需要的+65dBm IP3要求。然而，從那時起，LTE網路已經大大地增加了UE中切換功能的效能需求與複雜性。

我們可以利用我們的UltraCMOS技術來應對這些挑戰。我們已經一直開發這個技術超過10年，並在2004年時推

出第一款商業化、大批量生產的SP4T覆晶RF切換器產品，而開始進入行動無線通訊市場。本產品是使用我們的UltraCMOS技術，並與當時的現有技術——一款由GaAs pHEMT IC所建構的多晶片模組，直接面對面地進行肉搏戰。

從那時候起，手機架構已經有了顯著進化。行動無線應用中的RF頻帶和切換路徑的數目正不斷增加，因而提昇了高整合度單晶式 (monolithic) RFIC的價值。今天，在一款先進LTE手機的RFFE上，存在著超過30個切換

RFFE Process Technology	RF Isolation	Linearity	RF Power Handling	Digital Power Consumption	ESD	Integrated Logic	Monolithic RF SoC
GaAs	✓✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Bulk CMOS	✗	✓	✗	✓✓	BEST	BEST	✗
SOI CMOS	✓✓	✓✓	✓✓	BEST	✓✓	✓✓	✓✓
UltraCMOS® Technology	BEST	BEST	BEST	BEST	✓✓	✓✓	BEST

✗ Has the function with poor performance and/or is unable to integrate the function

✓ Has/performs the function

✓✓ Has/performs the function well

BEST Has/performs the function very well

表一：藍寶石基底矽晶薄膜 (SOS) 半導體製程技術滿足了LTE對大量、高整合度RFIC的要求，以及一個提供效能進步的製程與產品技術藍圖。

路徑。

我們的技術有一個超越其他眾多RFFE製程技術的發展藍圖，其中包括但不限於，pHEMT、HBT、RF SOI、BiCMOS、GaN、CMOS和SiGe。這些技術的每一種都需要製程、晶圓廠和R&D資源。此外，這每一種技術都有一個由設計工程師、製程工程師和模型建構工程師所支援的獨特技術藍圖。然而，根據定義，這些技術藍圖的綜效會受限，並且無法形成一個完全單晶式整合型 RFFE 的途徑。這意味著R&D的資源會被稀釋，因為他們必須支援多種製程技術。而與之形成

鮮明對比的是，UltraCMOS技術擁有一條清晰的形成單晶片RFFE的路徑。其結果是，所有的資源都能集中於促進目前手機的RF切換器、數位調諧和功率放大器功能的一製程、設計、模型化，以及供應鏈的技術藍圖上。

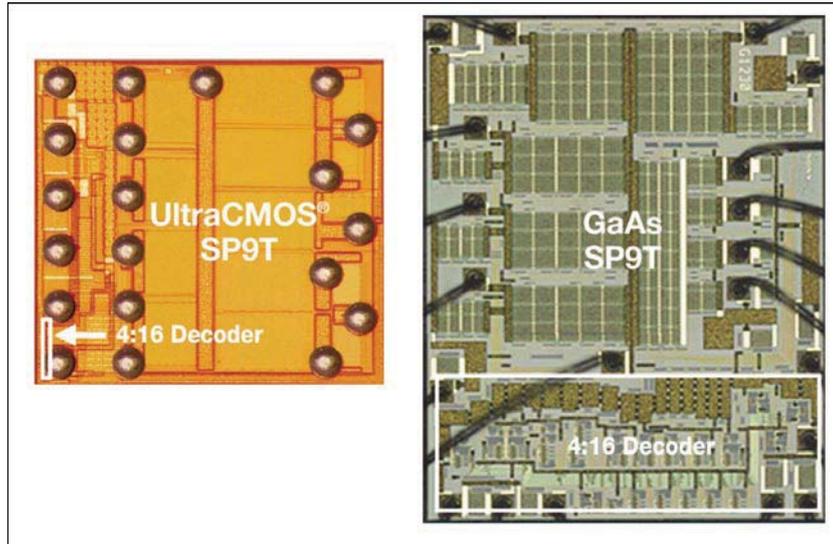
藍寶石的優勢

UltraCMOS技術的一個主要優點是它使用完全絕緣的藍寶石基板。此基板幾乎消除了在塊體單晶矽上會存在的寄生漏極電容，而這會產生幾個主要的好處。首先，它可以提高電晶體的效能，因為每個週期需要被充電和放電的寄生電容會變得更小。

其次，藍寶石基板能讓電路元件之間具有更高的隔離性，並允許數位和類比電路區塊位於高功率RF訊號的旁邊。例如，支援連續功率40dBm且第三階交互調變截斷點 (IP3) > 80dBm 的數位控制RF切換器目前已在量產中。

UltraCMOS技術的另外一個優勢是，與砷化鎵不同，它可以將RF、類比電路、被動元件和數位電路整合在單一晶片上。這種高層次的單晶式整合能夠達成更小的晶片尺寸和更少的外部元件。例如，一般的SP9T UltraCMOS切換器是GaAs等效電路的一半大小左右（參見圖一）。

減少切換器的尺寸是非常有價值的，因為它能夠達成更小的整個RFFE尺寸，且具有更大的設計和佈局彈性，和更少的外部元件。而這是很重要的，因為RFFE設



圖一：由於UltraCMOS技術能夠達成單晶式整合，因此一般SP9T的UltraCMOS切換器大約是一般SP9T的GaAs切換器的一半大小。

計中的RF部份的可用空間正持續減少，並且電池會佔據越來越多手機內的寶貴空間（參見圖二）。

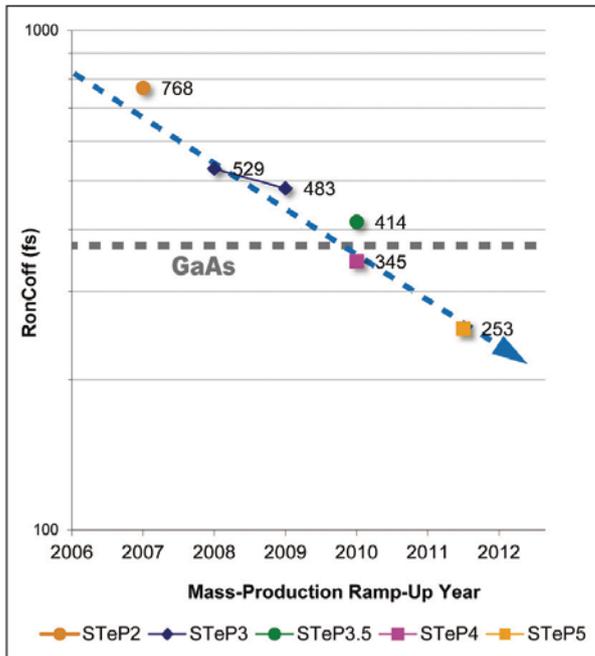
UltraCMOS技術的另外一個額外好處，是該產品利用標準且傳統的CMOS製程，並在傳統且合格的晶圓代工廠內製造，所以能充分利用現有的基礎設施。這意味著第二順位供應商的需求能夠透過兩套平行的供應鏈合作夥伴加以解決，而且世代間的改進能夠藉由利用極度擴張的高產量生產力，以及成熟的傳統晶圓廠和設備而快速提昇。

藉由與代工廠的合作，我們已經提高了我們的切



圖二：RFFE設計中的RF部份的可用空間正大量減少，並且電池會佔據手機內大多數的寶貴空間。

CS 精選 ◆ CS Features



圖三：UltraCMOS技術能讓RonCoff指標每年的進步超過20%以上，而GaAs技術已有的改善每年還不到1%。

換器的性能。如果切換器是完美的話，它的「開啟」阻抗會为零，而且「關閉」電容也是零。這是被稱為RonCoff性能的指標。而我們正逐漸接近這個理想值，這部分是得益於我們製造技術的改進（見圖三）。每年的UltraCMOS RonCoff性能指標平均會有20%的成長，這大大地超越了其他技術。例如，GaAs切換器每年的進步只有不到1%。

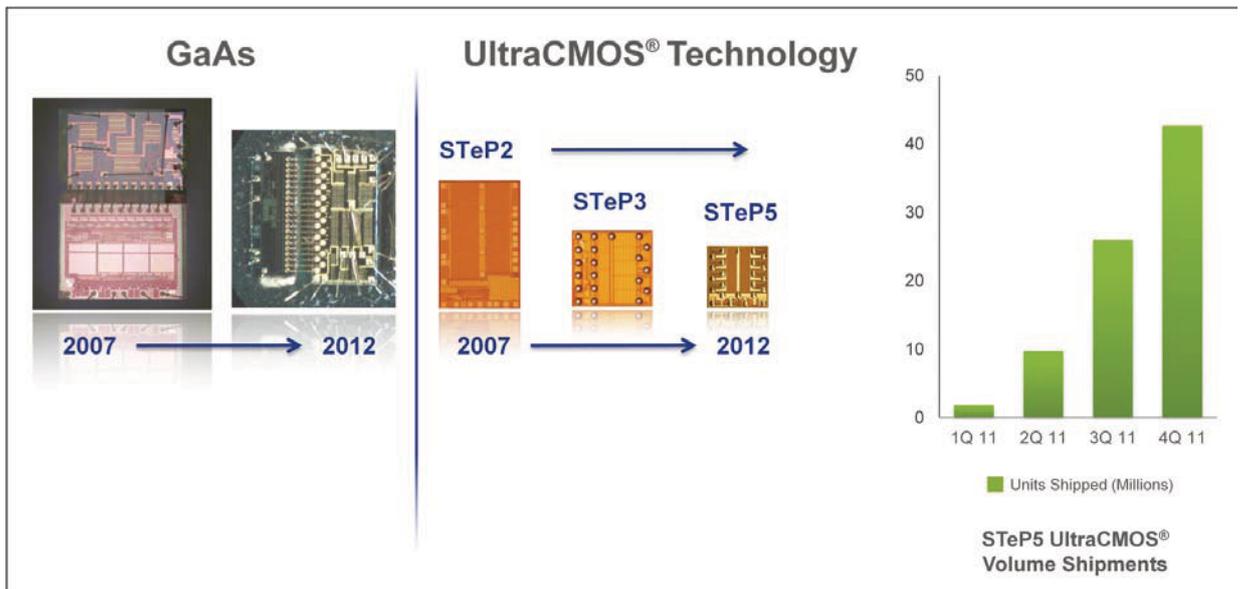
在2007年時，我們推出了基於我們的STeP2「半導體技術平台」的UltraCMOS單晶片技術的產品。從那時起，我們仍持續推進我們的RF切換器產品系列。最新的典型產品則是納入了STeP5 UltraCMOS技術，且其晶片尺寸大約比功能相近的GaAs產品的模組尺寸還小了83%（參見圖四）。STeP5製程採用了「打線SOS技術」的製程。而基於此製程的產品需求，已經推動了我們公司史上最快速之新製程生產的提昇。根據2012年10月12日Navian公司的報告，我們是主要的行動手機RF天線切換器的市場領導者。

線性度要求

也許SOS超越GaAs半導體製程技術之最珍貴的特性是它所具有的高線性度（linearity）。這是因為導入LTE後使得線性度成為RFFE中最困難的要求之一。這是因為LTE在全球各地是以從699 MHz至 690 MHz等眾多分散的頻段在運作。再加上目前的智慧型手機，包括手機、藍牙、WiFi和GPS技術共存與同時運作的多重無線電波，其結果是造成行動通訊網路的RF干擾問題被放大。因此，消費者會因為諧波與互調變的問題，而遇到數據傳輸率下降和電話斷線。

伴隨LTE而來的更為嚴格的寬頻線性度要求，提高了已經支援四頻W-CDMA和四頻GSM手機的天線切換器所需的性能與複雜性。例如，目前一般的天線切換器必須要有10個或更多的切換路徑，而且第三階輸入交互調變截

圖四：標準CMOS製程已經讓UltraCMOS技術，以超過其他如GaAs的半導體技術還快的速度在推進。



當天線切換器的設計採用 GaAs 技術時，使用空乏型場效電晶體 (FET) 及其偏壓要求會限制了在特定晶片尺寸下可達到的最大線性度。除此之外，GaAs並不像 UltraCMOS，其具有一個根本的缺陷—它缺乏一個絕緣的柵極氧化層。

斷點 (IIP3) 更要超過+67 dBm。除此之外，為了支援手機話音和數據的同時運作—會有兩個傳輸路徑同時在運作—因此無線通訊服務供應商會期望天線切換器要能夠提供目標值達+90 dBm的IIP3。

這些要求正挑戰著許多技術，但UltraCMOS正接受其挑戰。我們結合了UltraCMOS與其它發明，例如我們的HaRP線性度增強和混合訊號設計，以創造出符合LTE線性度要求的單晶片。

例如，我們的SP10T PE426161切換器在第5頻段 (Band V, 上行: 824-849 MHz, 下行869-894 MHz) 上的第三階交互調變失真 (IMD3) 可達-125 dBm—相當於+75 dBm的IIP3。我們預期當我們開發次世代的UltraCMOS製程後，我們的切換器線性度會繼續提昇，因為它已經是最新的第五代製程。例如，STeP5的切換器已經證明其第三階諧波改善幅度超越STeP2 30 dB以上。

就比較上而言，當天線切換器的設計採用GaAs技術時，使用空乏型場效電晶體及其偏壓要求會限制了在特定晶片尺寸下可達到的最大線性度。除此之外，GaAs並不像UltraCMOS，其具有一個根本的缺陷—它缺乏一個絕緣的柵極氧化層。一種金屬化半導體界面將柵極連接到通道，而柵極電流在接通和斷開狀態下均會流入通道。其結果是，在高功率水準之下，當GaAs FET的柵極電壓被調變時，失真的產物會增加，而使其更難以滿足LTE嚴格的線性度要求。

手機內的一個趨勢是越來越多的訊號路徑。因此會驅使對於較高之晶片上隔離的需求，以避免訊號的耦合和捆綁而使得多頻帶的RF性能衰減。

例如，在一支多頻帶的手機中，PCS1900傳輸頻帶會與DCS1800的接收頻帶重疊。假如無法達到35 dB或更好的隔離時，則不想要的頻帶內訊號會通過濾波器而降低接收器的靈敏度，因而導致電話斷線。為了解決這個複雜性，我們推出了SP12T PE426171切換器，其能夠在所有訊號路徑的2 GHz頻率上維持最低35 dB的隔離性，而其外觀尺寸比3 mm²還小。

此產品與我們產品系列中的其它產品均能夠符合現今4G LTE網路的需求。而讓這些產品能夠被創造出來的SOS技術，具有比其他化合物半導體產品還高的整合性、隔離和線性度 (詳細訊息請參閱表二)。

切換器並不是 Peregrine 所製造的RFEE的唯一SOS產品。我們也製造了數位可調式電容、數位衰減器、混頻器/升頻器、前置除頻器和頻率合成器。

我們的產品組合中有超過180項產品，能讓設計人員在無線通訊元件進展與支持其發展的基礎設施中脫穎而出。**CS/Taiwan**

延伸閱讀

1. Andoh, Yoshiyasu (Navian Inc). RF Devices/Modules For Cellular Terminal Quarterly Market Report CY2012 2Q, Oct. 5, 2012: page 153.

PARAMETER	GaAs	UltraCMOS® Technology	UNITS
Process Technology	pHEMT	SOS (STeP5)	
Die Size*	5.42	2.01	mm ²
IDD	591	137	μA
Insertion Loss			
TRX-ANT 880-915 MHz	0.56	0.20	dB
TRX-ANT 1850-1910 MHz	0.77	0.33	dB
TRX-ANT 2500-2690 MHz	1.04	0.53	dB
Isolation			
TX-TX 824-915 MHz	33	51	dB
TX-TX 1710-1990 MHz	45	40	dB
TX-TX 2500-2690 MHz	39	37	dB
IMD3 (881.5 MHz)	-103	-125	dBm
Second Harmonic (2fo)			
@ 880-915 MHz	77	96	dBc
@ 1850-1910 MHz	78	94	
Third Harmonic (3fo)			
@ 880-915 MHz	78	84	dBc
@ 1850-1910 MHz	71	86	

表二：市售的SP10T GaAs元件與同樣SP10T的UltraCMOS元件的性能參數比較，顯示出UltraCMOS技術在很多參數上表現的更好。請注意，表中的GaAs晶片尺寸包含二個晶片—一個是RF切換器，而另一個是控制器。

Plessey大幅降低了LED的成本

在矽基板上成長高品質的LED是出了名的困難，主要是因為應力和應變問題會導致晶圓的彎曲，但這些問題並非無法克服的；Plessey半導體公司現正以磊晶晶圓技術大量生產矽基氮化鎵（GaN-on-silicon）的LED晶片，使用的配方是在英國劍橋大學所開發的。Richard Stevenson報導。

你 口袋要夠深，才會花錢買一個可以取代60瓦白熾燈的LED燈泡。如果你堅持想要買到最好的，你可以找到獲得了美國能源部照明獎的飛利浦燈泡，但你必須付出昂貴的30美元才能買下。即使你願意犧牲照明效率和色彩品質，那你也只能少花幾塊美金，但仍然至少要花上20美元以上。

這樣的零售價格使得當相於60瓦白熾燈的LED燈泡只有先進技術狂熱者會使用，雖然訴求能夠擁有長達15年的使用壽命，同時具有超越白熾燈泡的發光效率是非常吸引人的。但大多數人並不會因為這樣而犧牲口袋的現金，除非價格明顯的下降，也許降到10美元或更低的價格。

當LED晶片的製造成本更低時，燈泡的價格才可能會下跌，因為這些元件的價值占燈泡成本非常高的比例。

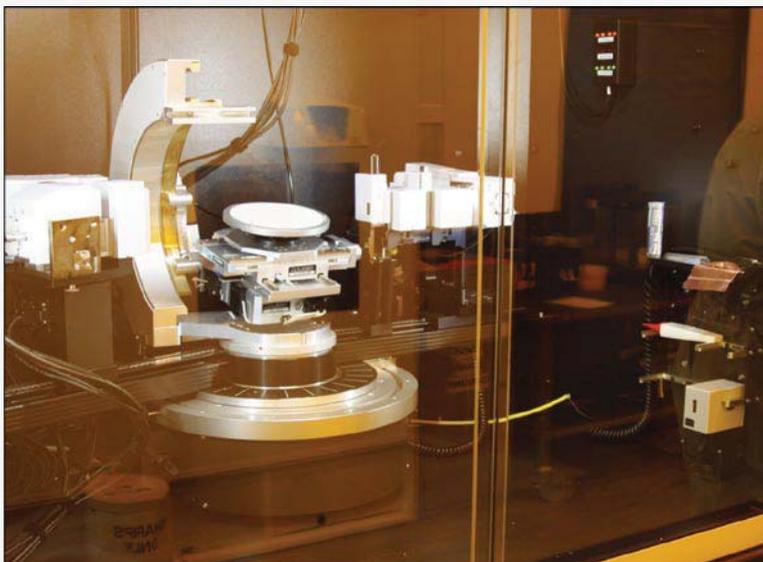
根據最近一期的固態照明製造藍圖於2012年8月所刊登的報導，在2011年，光LED的封裝就佔了一半以上的燈泡總製造成本。

其中一個最值得信賴且可明確降低LED製造成本的方式就是更換基板，用矽晶片取代藍寶石基板，如此將可允許導入多年前製造矽晶產品的生產線中，因此這是個以最小資本支出建立LED生產線的好機會、或是將LED製造外包的最有競爭力的方式。

在矽基板上製造LED可節省許多相關成本是眾所皆知的方式，目前有幾家公司試圖開發新技術生產這種類型的元件。來自中國的萊迪思電源（Lattice Power）為目前公認的領導廠商，是第一將矽基板上成長氮化鎵的白光LED技術導入市場的，它們使用的是2吋的氮化鎵基板。不過，它們正在開發在矽晶圓上的6吋製程，並將會在今年進行量產。同一時間，來自加州的Bridgelux公司（Californian outfit Bridgelux）也在它們實驗室成功開發了暖白光的LED，其可產生出125lm/W的亮度，該技術目前已經被Panasonic用來製作元件在200mm的矽晶片上。除此之外，像三星、歐司朗、Azzurro和Plessey半導體等公司都在開發在矽基氮化鎵（GaN-on-silicon）的LED技術。

即便Plessey公司沒有製造LED的背景，但他很有可能成為這個行業的領導者，它有良好的管理制度，以及領先於其它競爭對手的最好技術。「我們將會說服所有人，我們在6吋的矽基氮化鎵（GaN-on-silicon）技術上領先所有人18個月以上」，公司的首席營運長Barry Dennington如是說。他發現別人「不可能」取得任何6吋的磊晶晶圓，並得出結論，對手公司尚未開發出適合此種材料的來源。

相較而言，Plessey已經在2012的秋天，分享該公司



X光繞射機檢驗LED磊晶晶圓的晶格品質



的砷基氮化鎵(GaN-on-silicon) LED技術，給予它們位於朴茨茅斯(Portsmouth) 實驗室的一群潛在客戶，同時會在今年的第一季度推出第一個產品。

Plessey所擁有的有砷基氮化鎵技術源於科林·漢弗萊斯(Colin Humphreys)先生在英國劍橋大學的研究小組。砷基氮化鎵的成長製程技術衍生了許多的關鍵核心專利，造就了後來的CamGaN公司，該公司是Plessey 2012年二月所轉投資的子公司。

這些關鍵專利指出生產砷基氮化鎵晶片的最大挑戰，是它們幾何結構的變形，主要源自於大量在氮化鎵和下層基板間的膨脹係數之差異。晶圓平面的製程沉積溫度通常為1000 °C，因此降溫的時候容易產生裂痕和翹曲；所以當它們要將晶圓自製程溫度環境中取出時，晶圓的裂痕將會沿著磊晶晶圓向外延伸，導致產出的元件無法做動。

避免這樣的情況發生是有可能的，可透過插入選擇好的堆疊層於磊晶晶圓中，如此將可解決該結構中的應力和應變問題。

Humphreys 的研究團隊，已經在它們的單晶6吋反應器中掌握了這個技術，使用結合氮化鋁(AlN)的原子層，將會產生複合的氮化鋁鎵(AlGaIn)和氮化鎵的緩衝層結構。然後插入一個SiN層到這個結構裡去削減線差排密度(threading dislocation density)。

Dennington宣稱，劍橋大學的配方其中一個主要的特色，是完全調和砷和氮化鎵之間的彎曲情形與錯位的晶格結

CS 精選 ◆ CS Features

構。該結果是尤其令人印象深刻的，主要是因為這些晶圓必須具備一定的平整度以符合製程上的需求，而該配方所沈積出的緩衝層僅 $2.5\ \mu\text{m}$ 厚；「我想競爭對手只能做到 $6\sim 8\ \mu\text{m}$ 的厚度」，Dennington重申，「由於我們的厚度比較薄，因此可以幫助我們解決翹曲的問題，同時也帶給我們反應器更大的生產量」。

不完美的併購

雖然併購CamGaN看起來對Plessey公司是一樁完美的交易，但這並不僅只是和Plessey位於X-實驗室6吋砷晶生產線有關（詳見說明「Plessey半導體公司演進」的方格），同時也包含了對Humphrey團隊的影響。其中由RFMD的Newton Aycliffe所主持，規模3百萬歐元的砷基氮化鎵LED計畫，計畫成員包含了Aixtron的英國分公司、QinetiQ公司以及Forge Europa公司。這一切看來就像LED將會在英國的RFMD工廠大量被生產。

然而，儘管在樸茨茅斯的工程師並未參與這個計



Plessey 的砷基氮化鎵LED是用Aixtron的反應器所生產出來的，該反應器可容納七片6英寸的晶圓，且設置許多即時監控的裝置，用於測量晶片的曲率以及溫度。

畫，但他們並不僅僅只做一個旁觀者而已，「Humphreys曾經研究過砷基氮化鎵晶圓，且我們擁由6吋晶圓的設備，所以我們對於非常早期的LED晶片技術是很有貢獻的」Dennington解釋說。但Plessey半導體公司首席執行官Micheal LeGoff一直密切關注這項技術的進展，公司並於2011年2月搶購成功。

「我們不知道還有誰會投反對票」，Dennington胸有成竹的說道，所以他不知道Plessey會參與競標，並且擊退原本呼聲最高的RFMD。「很顯然地，這是宗商業交易，但我相信在CamGaN和劍橋參與此項科技研究的夥伴們，絕對擁有高度的熱情，才能將該技術深植於英國的公司」。

Plessey的收購也包含參與本計畫的歐洲合作伙伴「Consumerising Solid-State Lighting 固態照明」公司，它們曾經也是這個計畫裡與劍橋大學和QinetiQ的合作伙伴，「Consumerising Solid-State Lighting 的計畫是由菲利普公司所主導的，它們專注的希望創造出9.95美金的LED燈泡，用以取代現有60W的白熾燈泡」Dennington如是說，同時他也補充說道，Plessey公司是在這計畫中的唯一LED製造商。

除了轉移收購CamGaN公司位於樸茨茅斯實驗室的專利技術外，同時也包含了少數員工移轉，他們都是過去劍橋大學的博士後研究員，Dennington說：「我們規劃未來繼續擴展我們的劍橋實驗室，因此我們劍橋的員工將可在當地工作」，並同時解釋道，這些員工目前可以自行安排時間，在大學裡的實驗室和辦公室間工作。

在收購CamGaN的計畫結束後，這些過去的博士後研究員，開始每個月撥出一個星期的時間使用Thomas Swan的單晶反應器進行實驗，他們用該反應器來開發6吋的砷基氮化鎵材料。但當他們抵達Plessey時，見到了Aixtron Crius II XL反應器，而該反應器可以輕易地同時容納七片的6吋晶圓於同一個成長製程裡，自此它們便開始把注意力集中在更高產量的設備上。

選擇Aixtron或Veeco?

Plessey的主管陷入兩難，無法在Aixtron和Veeco兩家廠商中選出做為它們6吋生產線的設備，Dennington說：「它們都是非常棒的機器」，而且這兩家廠商都非常、非常熱心的協助我們Plessey公司。

使用Aixtron氣體分散裝置所開發的沈積技術比較適

合與Aachen的零件搭配，同時拿到CRIUS II XL上也運行非常順利。「這透露出所需的裝機時程和任務都能準時達成」Dennington如是說。從那個時候開始，在這裡工作的工程師獲得Aixtron全力的技術支援，全心全力投入研究開發，並一步步達成6吋的矽基氮化鎵成長製程目標；同一時間，也開始進行在2吋藍寶石基板上沈積氮化鎵的研究。

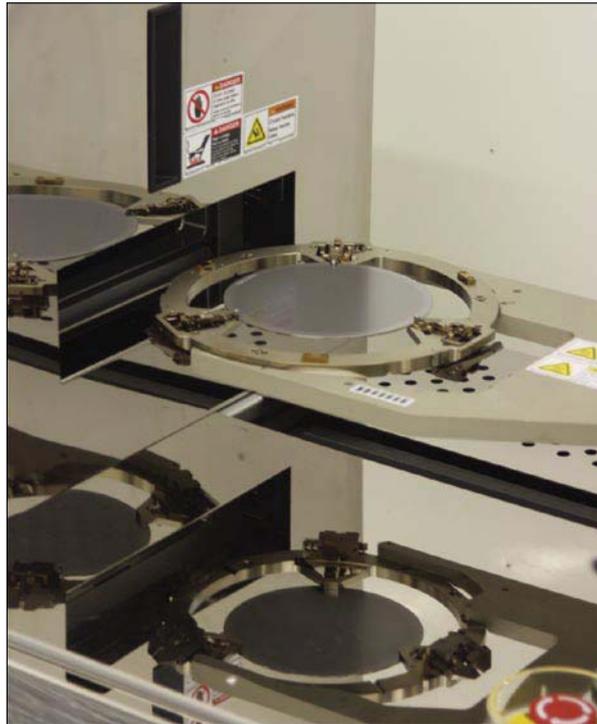
從這個製程技術所開發出來的材料品質遠超過Aixtron員工的預期，他們也依據這樣的結果作為後續裝機的參考。在導入先前劍橋的參數和使用無論是750 μm 或 1 mm厚度的標準矽晶圓後，使得2吋的藍寶石基板開始被6吋取代。

建置於Humphrey團隊裡的其中一台Thomas Swan公司的反應器，結合了許多即時監測的功能：其中有Laytec的儀器用來偵測磊晶晶圓表面是否彎曲變形，它使用的是光反射的原理。此外，還配備了Aixtron Argusu儀器用以監控溫度的變化曲線。這兩種儀器都安裝在Crius XL II的設備上，用來作為即時監控反應器裡的成長製程。

收購CamGan並未使Plessey公司立即獲得最終的完成品：其僅於矽晶圓上達到一定程度的氮化物磊晶再現性，使得活性區內的量子效率達到80-85的程度，於是檳茨茅斯市的工程師便將此結果作為後續LED開發的基準。

「我們有時候可以成長出側向的LED，那對我們來說並沒有甚麼挑戰性，目前我們正專注於垂直式LED的開發」Dennington說道，光的萃取才是這個階段的重點，也就是如何將光導入反射層以及晶片的表面，進而提升LED的發光效率。

將6吋LED的製造設備調整至生產線上顯的相對不重要，因為還要包含晶圓的夾持和X-射線繞射儀器對於磊晶晶格品質的檢測。同時要能每天完成三個完整的製程程序，每個反應器要容納七片6吋的晶圓，以及有能力每星期大量生產200萬片1mm²的LED晶片才行。如此的產量未來將持續向上修正，因為Plessey的營運規劃還包括



由於矽會吸收LED發出的光，所以需要在磊晶晶圓與載板結合的製程上將其移除。

三台以上MOCVD設備的建置。「為了提升生產效率，我們規劃以四台設備共同生產，但我們不認為我們只是想要達到200萬片的數倍而已」Dennington說。「我們可以經由四台反應器達到每星期1000萬片的產能」。

一旦晶片完成，將會在閉回路的狀況下進行封裝，無論是單一晶片或是多片式產品都一樣。「我們有外部的伙伴」Dennington說，「它們是傳統的IC封裝廠，希望轉型至這個領域」。

Plessey也有可能策略性的與其他海外的伙伴合作，共同生產矽基氮化鎵的LED。「這部分主要是因為產量上的考量」Dennington解釋說，「不過先決條件是我們擁有更大的銷售量給予確定的客戶，同時它們透過風險管理的控制，取得不同來源但也擁有一樣品質的產品」。

當能符合這樣的期待時，Plessey管理階層才會開始

每天完成三個完整的製程操作程序，每個反應器容納七片6吋的晶圓，以及每星期可大量生產200萬片1mm²的LED晶片的能力。且如此的產量未來將持續向上修正，因為Plessey的營運規劃還包括再建置三台以上的MOCVD設備。「為了提升生產效率，我們規劃以四台設備共同生產，但我們不認為我們只是想要達到200萬片的數倍而已，我們的目標是達到每星期1000萬片的產能」Plessey 首席營運長Dennington說。

CS 精選 ◆ CS Features

討論與亞洲公司的合作議題。

公司花了一些時間開發此一製造LED晶片的技術，在2012的秋天，我們為一些潛在的客戶進行「現場示範」，實際展現我們公司LED晶片的表現，也因此獲得了訂單，有些甚至延續到2015年。而在今年初，我們0.4mm²和1mm²的產品已經陸續開始出貨了。

這一切都是因為低成本矽基氮化鎵平台所帶來的好處，一旦LED晶片的價格具有競爭力，將會為公司帶來更多的獲利。

當Plessey的銷售量提升，可能其他的矽基氮化鎵製造廠商獲利也會跟著成長。這意味者它們可能侵犯了Plessey的專利，而Plessey將會具有十足的競爭優勢。

「在LED的市場上，透過收購的方式亦同時獲得關鍵專利：這就是很有力的武器」Denning解釋著。「但我們

有信心我們已經擁有非常強大的關鍵專利」。公司目前也有許多專利正在申請中，這些還不包括許多晶背的磊晶技術，Dennington和他的同事相信，Plessey的LED專利已經完整的佈局在不同的技術上了。

公司未來的願景將朝著成功的GaN LED製造商目標邁進，同時將會導入智慧燈泡的生產，「我們將會在這裡擴廠」Dennington信誓旦旦的說，「我們在這棟大樓的後面還有足夠空間可以蓋新的廠房，它可能是晶片的製造廠，亦或是照明公司」。

而最後的規劃將是聰明的一步棋，因為這可以確保LED燈泡成功的大量銷售後，在一般家庭都可以負擔的情況下，將可逐步達到與一般60W白熾燈泡一樣的價格。

CS/Taiwan

Plessey半導體公司的演進

Plessey是以英國為基地的國際電子公司，該公司在1917年時以國防和電信業起家，而在40年後，成立了我們Plessey半導體公司。一開始是在Swindon附近建置開發元件的實驗室，但是到了1987年，Prince Charles 在普利茅斯市建立了更具規模的實驗室。

普利茅斯市的實驗室擁有6吋的矽晶生產線，它是為了要大量生產通信產品；但後來賣給了Plessey通訊和其他的電信公司。無論如何，除了這些產品之外，同時也投入進行新興數位電話的基礎環境建構，還有生產軍用的相關零組件，汽車工業以及電視和它的控制裝置。除此之外，Plessey半導體公司也生產GSM的基地台，並贏得易利信手機的訂單。

在1980年代末期，Plessey購併Ferranti公司，並取得更多在曼徹斯特Oldham的生產製造設備。然後1995年Plessey併購另一個位於樸茨茅斯的公司GEC，隨後便是知名的GEC Plessey半導體公司。這項併購案帶來了更多的投資，主要是因為建置了一條8吋的生產線。然而，GEC還擁有Marconi Microelectronic Devices公司，它的許多生產基地遍佈在英國各地。

Plessey半導體公司部分股權被Canadian telecoms giant Mitel公司所買下，導致一分为二；一方面以原公司名稱繼續經營電信業務，另一方面，則以Zarlink



經營半導體業務。Zarlink的業務並沒有維持太久，X-實驗室在2002年關門大吉，改成經營晶圓代工業務。一直到2009年，這些設備已不符合該公司的需求，且在2009年，時任Plessey半導體公司的CEO，Michael LeGoff將其買下，同時包含Zarlink所擁有的位於Swindon的實驗室。

經過了這麼多的併購過程，LeGoff在被允許收回使用Plessey半導體之前，先將公司簡單的命名為Plus Semi，同時也細心的留住位於蘇格蘭工廠的重要設備，並經過多個程序將這些設備集中到樸茨茅斯市的基地，那些設備目前全部用於Plessey半導體的製造，如今還加上了氮化鎵的生產線。除此之外，這個基地還進行其他製程，包含CMOS製程、SiGe製程、BiCMOS製程和矽絕緣層製程等。

砷化鎵雷射著眼多樣新應用

紅外邊射型和垂直共振腔面射型雷射（VCSEL）技術正瞄準著利潤豐厚的新興市場：例如電競遊戲、超高密度資料儲存系統、指頭導航、以及USB和HDMI光纖等。Oclaro的Robert Blum與Karlheinz Gulden將逐一討論上述的細節。

砷化鎵基的雷射技術明顯改變了我們聽音樂的方式。此紅外線發射器等同於每個光碟播放器的心臟，在數位音樂的無數專輯中判讀著0與1的訊號直至今日。

這個雷射在其他領域上的應用是較鮮為人知的，而這些應用的數量還在持續的增加，使得生產這些晶片的製造商銷售量能夠穩定的成長。這些紅外線發射器在各式各樣的光通路（optical links）中使用得非常廣泛，同時也在更多與電腦相關的產業中被使用：它們被廣泛應用於現今的光學滑鼠與光學觸控板（也被稱為指頭導

航）及手勢辨識系統；充斥著各種新形態的消費性應用不斷湧現，例如主動式光纖和高密度磁頭儲存等。

打入市場的第一種紅外雷射是邊射型雷射。這種雷射仍然被廣泛使用在光碟播放機上，該方式是在一個高功率輸出格式裡摻雜鉕（Erbium-doped）於光纖通路中，以作為一個高可靠度光源在長距離光纖網路傳輸時，能有效藉由邊射型雷射將光通量放大。

最近，這紅外光源有了新的伙伴加入—垂直共振腔面射型雷射，這種雷射在1996年首次在市面上亮相。其結合了高可靠度、低功耗和低成本等優勢，尤其是其中



砷化鎵雷射掌握了增加硬碟數據儲存密度的關鍵

CS 精選 ◆ CS Features



Oclaro已經研發出了10 Gbit/s的VCSEL晶片，用於在非真空密封裝及高速光學互連上

更包含了整合和組裝的成本；垂直共振腔面射型雷射迅速篡奪了邊射型雷射在短距離的光網絡市場的地位。

砷化鎵基的垂直共振腔面射型雷射技術持續發展著，自2001年開始，隨著傳輸數據速率超過1 Gbit/s，傳統的離子植入製造技術表現已明顯不如以往。不過，這個瓶頸已經被解決，只要利用通過引入一種新的、非光刻的VCSEL技術 - 選擇性的氧化，將可促使產品增進側電流的分佈並以優越的光導入裝置內，同時也促使獲得更高的調變速度和更低的工作電流。

選擇性氧化程序依然在今日的垂直共振腔面射型雷射組件上使用，這在10 Gbit/s乙太網路和8/16 Gbit/s的光纖通道鏈路的數據傳輸提升到幾百米的距離上起了關鍵的作用。全球只有少數的實驗室掌握這些設備的生產，這需要最先進的加工技術能力。垂直共振腔面射型雷射的製造，包括非光刻的側向結構步驟，並在靠近激活區時引入一個高應變的電流阻障層，藉由最佳化設計與製造，可實現這些功能，並創造出可靠的產品。

獲得這項專屬技術的回報是數據通訊市場的強力熱銷，每年有著百萬台的訂單數量。在這行業中，這是個超高的銷售水準，但是比較起來，消費性電子產品的應用領域每年有著100萬台的出貨量反而相形見拙了。

其中一個砷化鎵基垂直共振腔面射型雷射技術已經成功進軍消費者市場的是光學滑鼠。羅技於2004年首先將光學處理引擎由LED更換成VCSEL。這樣的改變可以減少功率的消耗，增強軌跡追蹤功能，這都是遊戲玩家所重視的特點；以及由於從可見光轉換成使用紅外光

源，使得光學滑鼠能夠使用在玻璃表面上操作。這些誘人的功能使得VCSEL首度成功打進量產的消費市場，並且在短短幾年之內熱銷了幾千萬個的銷售量。

類似的成功模式也可能發生在指頭導航領域。在2009年Blackberry智慧型手機製造商，率先採用光學觸控板取代傳統機械軌跡球技術，幫助該公司在每一季的出貨量都高達約700萬部的手機。那是LED最風光的一段時間，但又一次的，VCSEL的出現提供了更多的優點：出色的溫度穩定性、窄的光譜頻寬，對稱及更直接的光束形狀，促使能以更便宜的準直光學元件，進而提供更出色的性能。

短距、超快的傳輸

另一個不斷增長的消費應用市場是的高速光連接技術。如今，USB傳輸線是我們家中電腦連接外部硬碟及耳機的主要方式，而HDMI傳輸線則是用來連接DVD或藍光播放器到高解析度顯示器及平面電視上的。

雖然目前許多的USB連接端都仍是採用USB 2.0的標準，對應的數據速率為480 Mbit/s，而較新的標準具有高得多的傳輸速率，如5 Gbit/s的USB 3.0和10.2 Gbit/s的HDMI 1.3。這些傳統但有著更高傳輸速度的傳輸線在短距離內可以提供良好的性能，但在超過3公尺的連接長度時，性能表現會迅速的下降。

一個新興的替代方法是使用光纖。這項技術已如雨後春筍般的成長，英特爾在2009年公佈的Light Peak技術即是採用10 Gbit/s的VCSEL高速光連接器於消費性電子設備上。在2011年，Light Peak的概念成功移植在Sony的VAIO Z系列筆記型電腦中的其中一個USB連接孔，使用光纖傳輸影音數據。因此，Sony所發表的旗艦型筆記型電腦，是第一個將高速VCSEL技術商業化應用於消費性電子產品中的。

從那時起，原來的Light Peak念已經逐漸演變成Thunderbolt介面，在蘋果電腦和許多周遭設備都可以發現這種介面。設備之間的連接距離可以變的更短，長距離則可以透過數據速率高達20 Gbit/s的主動式光纖；這些主動式光纖的VCSEL都隱藏於連接器內，使得這些



VCSEL未來的新興市場將會朝向與Light Peak相結合的概念。目前已更名為Thunderbolt，而這種連接器已應用在一些蘋果電腦上。

邊射型砷化鎵雷射開始被布局在三維手勢辨識或骨骼軌跡追蹤系統應用上，
這個行業的晶片銷售量有著巨大的成長潛力。在這領域中，
最流行的產品是微軟的Kinect系統，該系統採用了近紅外雷射來照亮一個場景，
然後使用CMOS影像感測器來成像

傳輸線相較於傳統的電器電纜顯得更輕薄、更靈活而且還更加的便宜。

這種由傳統電氣電纜轉而使用光纖的，不只是高容量的VCSEL被啟用，也有新類型的光纖材料。例如康寧已將其彎曲、不敏感性的多模光纖應用到消費電子產品上，命名為ClearCurve。然而，傳輸線材料也開始可以從塑料纖維或其它纖維所構成，並且在所有的情況下，都比傳統電纜可以傳遞更遠的距離，同時也減少了很多龐大的體積。這些主動式光纖的優點吸引了許多潛在的客戶，例如那些想要展示超薄高解析度電視連接至環繞音響系統，但又不希望看到厚重電纜線的客戶們。

同時，邊射型砷化鎵雷射開始被布局在三維手勢辨識或骨骼軌跡追蹤系統應用上，這個行業的晶片銷售量有著巨大的成長潛力。在這領域中，最流行的產品是微軟的Kinect系統，該系統採用了近紅外雷射來照亮一個場景，然後使用CMOS影像感測器來成像（該成像系統通常設有一個與雷射波長相匹配的光學帶通濾波器(optical bandpass filter)）。

這些系統可以採用兩種不同的方法：結構光的方式，乃使用連續波將單橫模雷射把圖案投影到一個布幕上；或是使用時差測距的技術，也就是雷射在連拍模式下照亮場景。後者的技術中，反射光是利用時間差解析，用來計算裝置及物件在場景中的距離，這兩種方法適合使用雷射勝過於發光二極體，因為他們更高的調變速度，使他們更有利於時差測距技術，而窄線寬和高光輸出功率則是有利於結構光的方式。

手勢辨識和骨骼軌跡追蹤技術為對遊戲產業開拓了一個新的局面，根據微軟和PrimeSense指出，已經有20萬台設備應用了上述兩種技術。這可能只是冰山的一角，因為還有很多其他的應用正在研發當中，例如將類似的系統置入智慧型電視裡，甚至是手持式平板上。根據DisplaySearch公司和iSuppli公司的分析師指出，每年有250萬台的電視被銷往世界各地，同時預估2012年平板電腦的銷售量將會達到125萬台。



300 mW的連續單模雷射二極體於結構光的應用

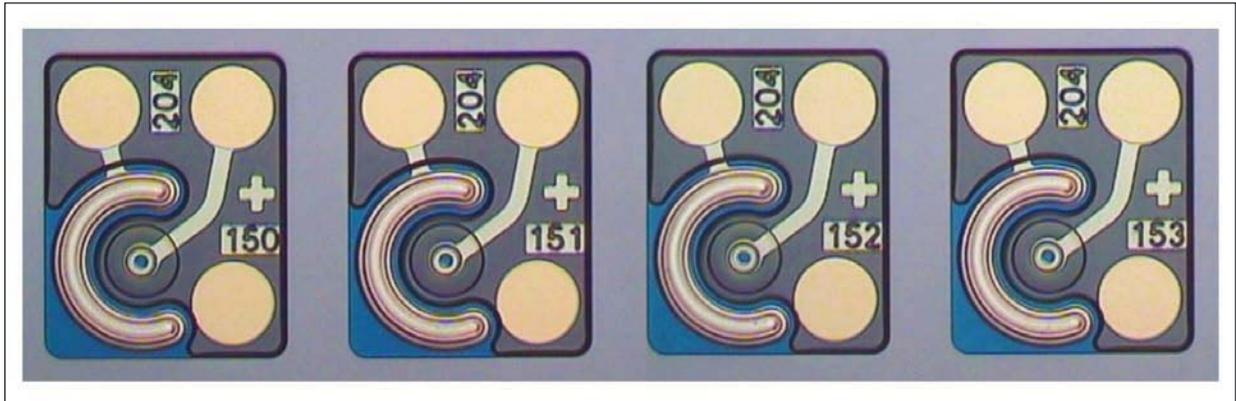
硬碟表現的提升

最後，但並非意味這是雷射的最後機會，是指雷射在高容量硬碟產業的應用，採用的方式是利用雷射讀取硬碟上每平方英寸的儲存密度量，而最近Seagate及TDK已經利用熱輔助磁記錄技術達到了1TB儲存密度的里程碑。這兩家公司以及WD公司，是全球前三大的硬碟製造商，都正在研究如何應用雷射技術於每個硬碟讀取頭上。假設每個硬碟上安裝了四個讀取頭，今日的市場每年雷射的使用量將高達2億個以上。

將雷射應用於硬碟讀取上只是第一步而已，不少業內人士皆認為在不久的將來一定會變成標準配備。為了提高硬碟儲存密度，製造商可以收縮硬碟中的磁性位元（“1”和“0”）大小，但基於物理學上晶粒尺寸定義 - 或者說是在磁性層的範疇的大小 - 如果想保持相同的信噪比（signal-to-noise ratio），就必須相對應的縮小晶粒尺寸。而且為了進一步保證所儲存信息的穩定性，並防止自清除的狀況，這些更小的晶粒尺寸必須放置在具有高矯頑力（coercivity）的磁性材料中。

矯頑力代表磁性材料抵抗消磁的能力，而高矯頑力的材料只會在非常高的磁場磁化強度下改變它的磁性（用於儲存訊息的先決條件）。現在使用的磁頭所產生

CS 精選 ◆ CS Features



4個 14 Gbit/s的VCSEL陣列形成了 56 Gbit / s的主動式光纖

的磁場高達2.4特斯拉，並且使用垂直磁記錄技術，因此數據儲存小於1 Tb/inch²。

透過暫時降低在一個小區域裡磁性層的矯頑力，可能可以有更高的儲存密度。關鍵是在寫入的過程中進行局部的加熱，從而減少需要重新定位的磁疇磁場。這種局部熱是透過將光耦合到一電漿天線（也被稱為近場換能器），使其在十幾奈米的區域中進行加熱。

如果雷射想要在這裡發揮影響力，他們必須具備著高輸出功率和高可靠性。發射源必須要有幾十毫瓦的功率，以確保有足夠的光功率，在達到記錄介質後導入光波導，並聚焦到約50奈米的直徑光點內。而且，由於如此小的光點尺寸無法採用傳統波長850nm附近的光學式

雷射，因此適合使用與漸逝波和近場式光學非常相似的近場式掃描光學顯微鏡。

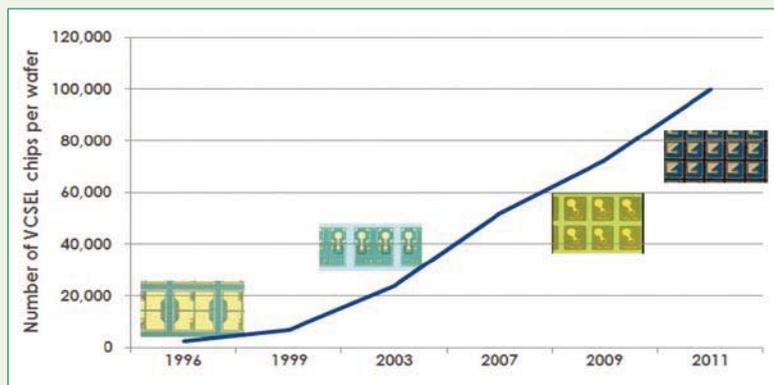
其他對雷射的要求包括一個非常、非常小的晶片尺寸。這有助於機械設計，並允許發射器裝配到現有的讀／寫磁頭，它不僅減少了生產成本，同時提升了晶圓廠的產能。

晶片製造商的機會，就是將這些技術導入遊戲機、連接線和指頭導航應用裡，將可為砷化鎵基的邊發射型雷射和垂直共振腔面射型雷射帶來大量的銷售契機。雖然CD可能被快速成長的數位下載而威脅到銷售量，但它的關鍵零組件：紅外發射源，似乎仍然擁有無限光明的未來。**CS/Taiwan**

Oclaro的紅外線雷射頻譜

由於Oclaro成熟的專業技術，以及高可靠度的單模、多模VCSEL和邊射型雷射二極體，使得Oclaro已經崛起成為新興設計和大量製造半導體雷射於消費

性應用產品的領導者。該公司投入VCSEL的開發和生產已經超過15年，在這段期間，它將一塊3英寸面積的晶圓，從只有2500個的VCSEL晶片，增加到現在的



10萬個，使得晶片的生產成本得以大幅降低。截至目前為止，Oclaro在VCSEL的出貨量已經超過150萬個。另外，還有數百萬個的邊射型雷射二極體分別賣給電信和消費性電子產品的應用業者。

Oclaro大幅增加了在一個3英寸晶圓內的VCSEL晶片數量

AD INDEX

Compound Semiconductor / Taiwan No. 6 (2013年第1期)

Advertiser	Page
Aixtron SE	封底裡
Computex 2013 2013年台北國際電腦展	封底
Evatec	P5
RABOUTET S.A.	P3
Taiwan Int'l Lighting Show 2013 2013年台灣國際照明科技展	封面裡

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

美術編輯 (Art Editor & Production)

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、鋸線材料
- 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	Your principal job function (Fill in on letter below) 您的主要工作 (請選擇最適當的一項) :
1. _____	_____	A General/Corporate Management 總經理/公司管理階層
2. _____	_____	B Wafer-Fab Processing, Panel Fabrication, Production 晶圓廠製程，面板生產，製造
3. _____	_____	C Process Development 製程開發
4. _____	_____	D Packaging Assembly 封裝組裝
5. _____	_____	E Production Equipment Manufacturing 生產設計製造
6. _____	_____	F Reliability, Quality Control, Evaluation, Testing 信賴度，品質控制，評估，測試
7. _____	_____	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 _____

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: _____

廣告回函
台灣北區郵政管理局登記證
北台字第5618號
免貼郵票

化合物半導體
COMPOUND SEMICONDUCTOR TAIWAN

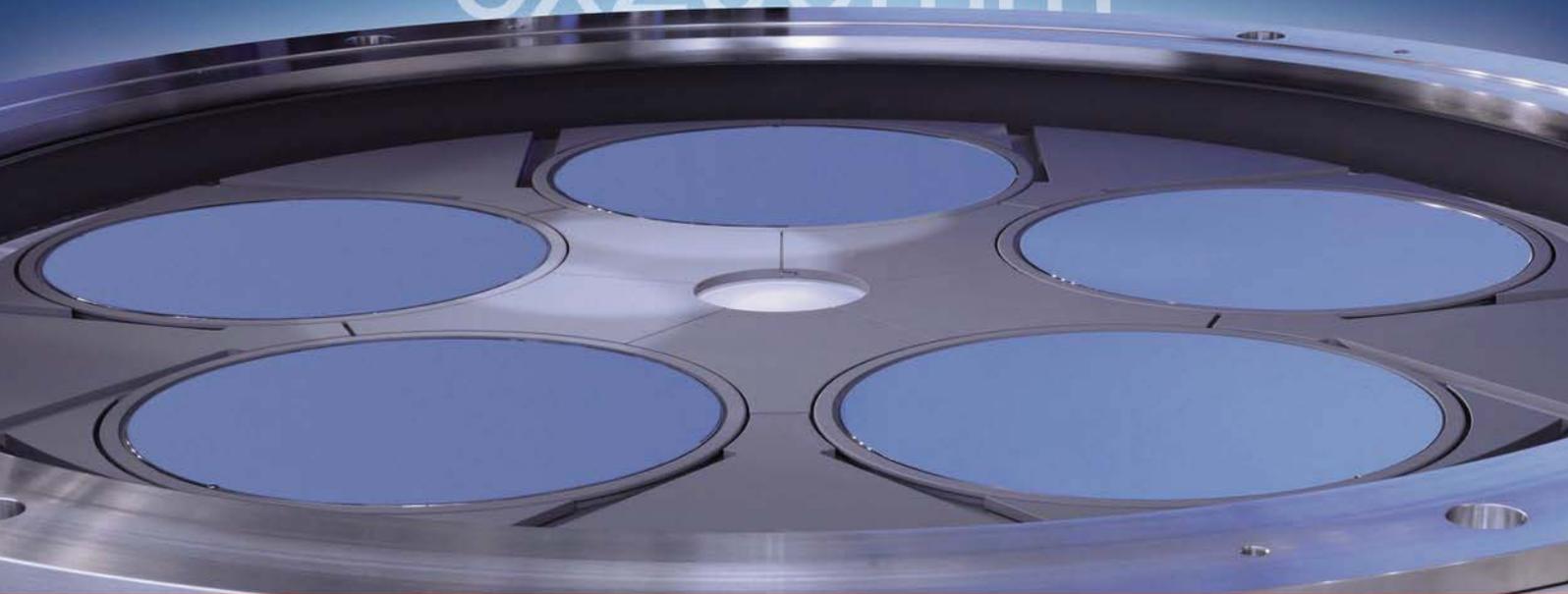
**亞格數位股份有限公司
ARCO Infocomm, Inc.**

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

AIXTRON

200mm GaN-on-Si Batch Reactor

5x200mm



AIX G5+



AIX G5+ for GaN-on-Si

- Dedicated technology package
- Compatible with the AIX G5 HT platform
- Enables Si-style mass manufacturing
- Builds on planetary technology: Excellent and symmetric uniformities, controlled bow behavior, using standard Si substrates.

Shaping the Future 



COMPUTEX

TAIPEI

JUNE 4 - 8, 2013

www.ComputexTaipei.com.tw



Taiwan
The Global Stage for ICT



Venues:

- TWTC Nangang Exhibition Hall
- TWTC Exhibition Halls 1 & 3
- Taipei International Convention Center

Organizers:

