

化合物半導體

COMPOUND SEMICONDUCTOR TAIWAN

No. 14

季刊 2015年 第1期

更大的晶圓能夠大幅削減
氮化鎵微波積體電路的成本



ACE Angel BUSINESS COMMUNICATIONS

IQE

網址: 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、矽鍍合金、矽層上覆鍍、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

代辦處: (886) 22-509-1399

IQE-TW

No.2-1,

Li Hsin Road

Hsinchu Science Park

Hsinchu 300,

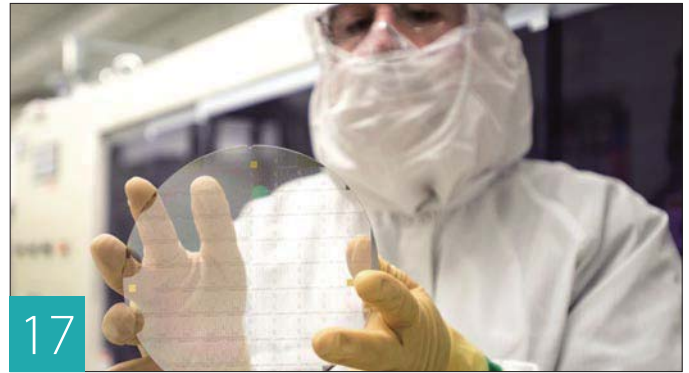
Taiwan.

No. 14 2015年第1期

封面故事 · Cover Story

17 更大的晶圓能夠大幅削減氮化鎵微波積體電路的成本

在150mm的砷化鎵 (GaAs) 製造生產線上加工的高品質晶圓，具有降低氮化鎵 (GaN) 微波積體電路 (MMIC) 生產成本的可能。射頻 (RF) 和微波功率放大正在經歷一場革命，而這都要歸功於氮化鎵高電子遷移率場效電晶體 (GaN HEMT) 的發展。藉由從先前現任的砷化鎵材料，轉換到寬能隙 (bandgap) 的氮化鎵替代方案，其能夠達到如同砷化鎵的電子遷移率和高頻率響應，以及提升十倍程度的RF功率密度，而這是源自於提高五倍的崩潰電壓和增加一倍的汲極電流。



CS精選 · CS Features

22 SiC減低電網的損耗

不管你住在哪裡，你的電網往往不夠完善。配備SiC的固態變壓器可使電網擁有更有效率且更穩定的電源傳輸。SiC將是更好的材料—這就是為什麼我們的多元科學團隊採用它來開發出全新一代的具有成本效益且在商業上可行的高電壓設備，而此設備是專門用於部署在發電、輸電和分佈上。



27 更好的高效率太陽能電池模型

考慮反射和光子回收機制的解析模型可以準確預測元件特性。許多在太陽能產業的研究人員都追求一個共同的目標 - 亦即開發出一種可以提高光伏發電效率的技術。這的確是一個值得追求的目標，因為如果一個光伏元件可以從太陽的光芒中萃取更多的電能，則太陽能發電就有可能更加經濟實惠，從而提高銷售數額並且達到更有利的規模經濟。



32 氮化鋁基板(AIN)推升紫外光LED性能的改善

單晶兼具高品質的氮化鋁 (AlN) 基板強化了穩定、明亮的紫外光LED生產，展現優越的波長穩定性。為了分析和操控DNA，科學家開始藉由測定這個可決定生命的分子純度。純度和濃度的程度可經由測量DNA和蛋白質之吸收而得知，其分別於波長260和280 nm時，在電磁波譜的紫外光區域而有峰值呈現出來。

4 產業新聞

6 市場瞭望

37 廣告索引

No. 14 2015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233

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



台灣生醫感測產業 穩定成長

由於醫療技術日益進步，使得人類平均壽命提高，間接也創造了健康照護的市場。如此帶動醫療影像、生醫感測、光學治療所構成的生醫光電之產值上揚；其中生醫感測更是受人矚目。

生醫感測可將其功能搭配在穿戴式產品中，以記錄個人的生理訊號。生醫感測可分成侵入式與非侵入式兩種形式量測，侵入式包含血糖儀、肝炎檢測儀、基因、血液檢測儀等；非侵入式則涵蓋血壓、心跳、血氧、心電圖、體溫等檢測儀。此外還有透過光學特性的非侵入式血糖偵測儀，但因精準度問題尚待克服，故較少被用於臨床上量測。

根據PIDA統計，2014年台灣生醫感測產值207億台幣，相較於2013年的204億美元成長1.1%，其中非侵入式生醫感測從2013年的110億成長至2014年的119億，主要可能是因為受到穿戴式裝置（手環／手錶）的帶動。然而侵入式生醫感測營收則從2013年的95億新台幣至2014年的89億，產值下降6.5%，除了泰博、晶宇表現正成長、華廣呈現持平之外，其餘大多數公司的營收為下滑狀態。各家下滑的原因不盡相同，例如受到2014年上半年烏克蘭戰事拖累，或美國平價醫療法案的影響等。

健康照護與預防醫學觀念的崛起，將推動生醫感測市場持續且穩定的成長。尤其生理訊號偵測系統的微小化，將觸發穿戴式裝置風潮。生醫穿戴裝置將創造一個嶄新的市場，可無時無刻監測個人健康狀況或運動員的身體情況，並結合物聯網（IoT）、大數據分析（Big Data），和雲端服務（Cloud Service），提供人類更優質的健康照護與生活品質。此外2015年蘋果將推出Apple Watch，屆時必會再次帶動起一波穿戴風潮。

編輯部

台灣最具影響力 LED專業展 LED Taiwan 2015

3/25(三) - 3/28(六)
台北南港展覽館4樓

- 展示LED元件製造設備材料、磊晶、晶粒、封裝等相關產品技術與解決方案！
- 與台灣國際照明展合展，串聯LED上中下游，完整呈現產業全貌！

▶ 主題專區 緊扣市場需求

藍寶石及PSS專區 / OLED製造專區 / 高亮度LED專區

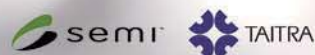
▶ 多元活動 照亮產業趨勢

LED 高峰領袖論壇 / tSSL 台灣固態照明國際研討會 /
創新技術發表會 (TechXPOT) / 學術論壇發表 /
LED貴賓午宴 / 產業聯誼活動 / 採購洽談會



 詳細資訊請上 www.ledtaiwan.org

主辦單位：



協辦單位：



贊助單位：



產業新聞 ◆ Market News

意法半導體掀起游泳輔助工具創新風潮

意法半導體宣佈其先進的產品技術獲Instabeat創新抬頭顯示器 (HUD, Head Up Display) 採用。這項合作能夠為全球頂尖的游泳選手和業餘游泳愛好者在這一深受歡迎的運動項目上帶來更高的訓練成效並取得更好的成績。這款附在泳鏡上的顯示器能夠追蹤、記錄並顯示包括心跳速率和游泳速度在內的重要訊息。有了價格實惠的輔助工具技術，便能協助游泳運動選手追蹤日常的訓練成績，並且依照個人目標進行調整以提升比賽時的表現。Instabeat採用意法半導體的晶片設計這款新產品證明，在提升全球民眾的健康，特別是協助運動選手精進自我表現並取得最佳成績方面，科技扮演著相當重要的角色。

Instabeat利用一個可裝設在泳鏡上，具防水功能且不干擾游泳選手動作或專注力的微型模組，追蹤、記錄並顯示包括心跳速率、游泳速度、圈數、總距離、以及熱量消耗估算等重要參考數據。Instabeat模組內的光學感測器可偵測太陽穴血流並計算心跳速率，不需再使用會束縛身體動作的胸帶，三支RGB LED直接將數據投射在泳鏡鏡片上。透過無線通訊技術，該模組可與一個線上儀表板 (online dashboard) 同步，用戶就算出了泳池也可使用這套軟體工具來設定訓練目標以及查看表現數據。

意法半導體為這個創新產品提供了多項核心技術。9軸iNEMO慣性感測器模組 (LSM9DS0) 執行動作感測功能；BlueNRG Bluetooth 低功耗藍牙網路處理器負責建立無線網路；STNS01鋰電池線性充電器 (Linear Battery Charger) 負責電源管理功能；STM32L1低功耗32位元微控制器負責整體系統處理，意法半導體的套件組還包括一個TSV633低功耗CMOS運算放大器。

意法半導體歐洲、中東及非洲區行銷與應用副總裁Philip Lories表示：「意法半導體擁有一個完整且強大的物聯網 (IoT) 產品陣容，包括各種感測器、處理器、電源管理和無線通訊技術，我們正為全球客戶掀起創新浪潮。意法半導體未來將和更多與Instabeat擁有同樣理念的客戶合作，一起為全世界民眾的健康、運動健身及生活品質方面帶來積極正面的影響。」

Instabeat創辦人、執行長Hind Hobeika表示：「要在一個尺寸和重量皆要求嚴格的微型模組內整合如此多功能是非常困難的挑戰，我們一直到最近才成功突破這個關卡。意法半導體為我們的產品研發提供了非常多的關鍵技術，協助我們實現夢想並推向市場。實現這項能培育下一代冠軍選手的游泳輔助工具技術，意法半導體強大的供貨能力與技術支援都扮演著不可或缺的角色。」

鎖定智慧家庭解決方案

英飛凌推出「iBadge」身分識別管理系統

英飛凌科技股份有限公司推出與協力夥伴合作研發的裝置

身分識別管理方案「iBadge」裝置，支援各種不同的智慧家庭應用。「iBadge」是一款隨插即用的解決方案，能確保物聯網 (IoT) 裝置的安全連線。藉由「iBadge」的協助，用戶得以利用智慧型手機應用程式與雲端服務，安全舒適地存取家庭網路，在回家路上遠距開啟空調，或者在旅行途中查看影像監控。

在物聯網中，為了防堵利用偽伺服器或偽裝置而產生的安全威脅，裝置的身分辨識與管理非常重要。為預防威脅，行動裝置、智慧汽車、甚至家用電器，都應在取得授權、進入互聯系統之前，先行經過安全的身分確認。英飛凌OPTIGA™ Trust安全認證晶片在「iBadge」解決方案扮演重要的核心角色，將此安全晶片整合至智慧型空調、照明系統或監測攝影機中，晶片便能有效驗證獲授權連網的裝置。

英飛凌平台安全部門主管Juergen Spaenkuch表示：「借重我們對於相關系統的深度掌握以及量身打造的安全防護產品，讓我們能與合作夥伴為智慧家庭應用開發出隨插即用的解決方案。『iBadge』解決方案也是英飛凌從產品到系統 (Product-to-System) 思維取向的完美範例，同時嘉惠了我們的客戶與使用者，可享受方便舒適與安全的智慧家庭解決方案。」

根據Gartner的預估，2015年間消費性產品領域所使用的物聯裝置將達到29億組，至2020年更將成長至超過130億。

安森美半導體展示能在微光使用的快速自動對焦技術

推動高能效創新的安森美半導體 (ON Semiconductor, 美國納斯達克上市代號: ONNN) 已成功示範其第二代以獨特像素微鏡技術為特色的相位檢測自動對焦 (PDAF) 技術，可在25勒克斯 (Lux) 光照水平下快速對焦。這種獨特的技術已在具備1.1微米 (um) 像素的1300萬像素 (MP) 測試晶片中成功實現，並將用於今年內為移動終端市場客戶介紹的新品中。

傳統的智慧型手機自動對焦 (AF) 算法使用反差檢測測量和多幀來調整鏡頭焦距。此試誤法可以花超過1.2秒找到圖像焦點。安森美半導體的PDAF技術使用雙像素測量目標圖像的相位資訊。這相位資訊用作計算鏡頭對焦所需的移動方向及距離只須少於0.3秒，視乎對焦致動器的速度。此外，安森美半導體已實現一個獨特的像素微鏡結構，保持PDAF像素的靈敏度，並確保為PDAF捕獲足夠的光以在低至25 Lux的微光下工作 (類似於一個燈光昏暗的房間)，而市場上的競爭技術採用的方法在像素靈敏度和微光自動對焦性能方面有所折衷。

安森美半導體行動和消費部門副總裁Shung Chieh說：「安森美半導體的PDAF技術是像素和光學疊層設計創新的成果，這縮減了近1/4的自動對焦時間，為行動設備用戶帶來絕佳的體驗。CS/Taiwan

AD by BOFT

Taiwan's Largest Lighting Exposition

TAIWAN INT'L TILS LIGHTING SHOW



Hotel sponsorship for overseas buyers, please contact your nearest TAITRA office: <http://branch.taiwantrade.com.tw>



Exhibits Profile

- Home/Residential Lighting
- Commercial Lighting
- Intelligent Lighting
- Outdoor Lighting
- Lighting for Kitchen & Furniture
- Plant Factory & Lighting
- Automotive Lighting
- Special Lighting
- Health Care and Institutional Lighting
- Medical, Cosmetic and Beauty Lighting
- Building Material & Lighting Applications
- Lighting Accessory
- Lighting production equipment
- Test & Inspection Equipment

MAR. 25-28 2015

In conjunction with LED Taiwan 2015

www.TILS.com.tw
TWTC NANGANG Exhibition Hall



Organized by:



Bureau of Foreign Trade, MOEA

Implemented by:



TAITRA

www.taipei-tradefairs.com.tw



TLFEA

www.lighting.org.tw

Supported by:



China Economic News Service

Gartner：2014年智慧型手機銷售量逾十億支

智慧型手機銷售量占2014年全球手機市場三分之二

三星於2014年第四季將全球智慧型手機市場龍頭寶座拱手讓予蘋果

國際研究暨顧問機構Gartner公布，全球智慧型手機終端銷售量在2014年第四季創下新紀錄，較2013年第四季成長29.9%，達到3億6,750萬支。三星在2014年第四季喪失全球智慧型手機市場龍頭寶座，由蘋果取而代之（參見表一）。三星自2012年以來一直為市場霸主。

2014年智慧型手機終端銷售量總計為12億支，較2013年成長28.4%（參見表

二），占全球手機銷售量的三分之二。

Gartner首席分析師Anshul Gupta表示：「2014年第四季，三星於智慧型手機市場的業績更為不振，市占率減少將近10個百分點。三星智慧型手機市占率自2013年第三季到達巔峰之後，即苦於無法止住市占率的衰退。這股下滑趨勢顯示三星在高利潤的高階智慧型手機市場面臨龐大競爭壓力。」

Gartner研究總監Roberta Cozza指出：

「蘋果於高階手機市場具壓倒優勢，加上中國廠商不斷推出高規低價手機，三星唯有透過其裝置特有的應用程式、內容及服務所構築的完整生態體系，才能在高階市場保有更高的品牌忠誠度與長期差異化。」

蘋果：2014年第四季為蘋果業績最好的一季，銷售量達7,480萬台，並晉升為全球智慧型手機市場冠軍。蘋果有史以來第一款大螢幕手機在美國和中國仍不斷

表一、2014年第四季全球智慧型手機終端銷售量（單位：千支）

廠商	4Q14 銷售量	4Q14 市占率 (%)	4Q13 銷售量	4Q13 市占率 (%)	2013
蘋果	74,832	20.4	50,224	17.8	70,332.3
三星	73,032	19.9	83,317	29.5	8.5
聯想*	24,300	6.6	16,465	5.8	44,175.2
華為	21,038	5.7	16,057	5.7	10.9
小米	18,582	5.1	5,598	2.0	35,921.7
其他	155,701.6	42.4	111,204.3	39.3	10.3
總計	367,484.5	100.0	282,866.2	100.0	1,762,368.9

資料來源：Gartner（2015年3月）

*聯想的數據包含聯想及摩托羅拉的智慧型手機銷售量

表二、2014年全球智慧型手機終端銷售量（單位：千支）

廠商	2014銷售量	2014 市占率 (%)	2013銷售量	2013 市占率 (%)	2013
三星	307,597	24.7	299,795	30.9	70,332.3
蘋果	191,426	15.4	150,786	15.5	8.5
聯想*	81,416	6.5	57,424	5.9	44,175.2
華為	68,081	5.5	46,609	4.8	10.9
LG	57,661	4.6	46,432	4.8	35,921.7
其他	538,710	43.3	368,675	38.0	10.3
總計	1,244,890	100.0	969,721	100.0	1,762,368.9

資料來源：Gartner（2015年3月）

*聯想的數據包含聯想及摩托羅拉的智慧型手機銷售量

表一、2014年第四季全球智慧型手機終端銷售量 (單位：千支)

作業系統	2014銷售量	2014 市占率 (%)	2013銷售量	2013 市占率 (%)
Android	1,004,675	80.7	761,288	78.5
iOS	191,426	15.4	150,786	15.5
Windows	35,133	2.8	30,714	3.2
BlackBerry	7,911	0.6	18,606	1.9
其他	5,745	0.5	8,327	0.9
總計	1,244,890	100.0	969,721	100.0

資料來源：Gartner (2015年3月)

表四、2014年全球手機終端銷售量 (單位：千支)

廠商	2014 銷售量	2014 市占率 (%)	2013 銷售量	2013 市占率 (%)	2017
三星	392,546	20.9	444,472	24.6	70,332.3
蘋果	191,426	10.2	150,786	8.3	8.5
微軟	185,660	9.9	250,835	13.9	44,175.2
聯想*	84,029	4.5	66,463	3.7	10.9
LG	76,096	4.0	69,094	3.8	35,921.7
華為	70,499	3.8	53,296	2.9	10.9
TCL 通訊	64,026	3.4	49,538	2.7	70,332.3
小米	56,529	3.0	13,423	0.7	8.5
中興	53,910	2.9	59,903	3.3	44,175.2
索尼行動通訊	37,791	2.0	37,596	2.1	10.9
Micromax	37,094	2.0	25,431	1.4	35,921.7
其他	629,360	33.5	587,764	32.5	
總計	1,878,968	100.0	1,808,600	100.0	1,762,368.9

資料來源: Gartner (2015年3月)

*聯想的數據包含聯想及摩托羅拉的手機銷售量

供不應求，銷售量分別成長56%及88%。蘋果強大的生態體系加上新推出的iPhone 6和iPhone 6 Plus，在iOS用戶之間造成了一波強勁的換機潮。新款智慧型手機亦吸引了想換更大螢幕的新用戶，成為Android之外的有力選擇。

聯想：2014年第四季聯想*（加計摩托羅拉）的手機銷售量上升至全球智慧型手機市場第三位，市占率達到6.6%，較上年同期增加47.6%。2014年第四季，聯想在自家市場（中國）的手機銷售量上升7.8%。此外，其於俄羅斯、印度、印尼及巴西市場的2014年第四季手機銷售量亦見佳績，使得該公司在全球手機市場成長26%。

中國品牌，如華為和小米，在中國及海外市場的銷售量不斷增加，進而提升其於中、低階智慧型手機市場的占有率。Cozza表示：「中國廠商再也不是追隨者。他們能生產具吸引力硬體功能的更佳裝置，足以與知名手機品牌匹敵。品牌的建立和行銷將是中國品牌能否在成熟市場占有一席之地的關鍵。」

低價智慧型手機的切入讓功能型手機的使用者加速轉移至智慧型手機，使得智慧型手機作業系統在大多數新興市場都出現兩位數成長，包括印度、俄羅斯和墨西哥。這股潮流持續有利於Android，該系統市占率在2014年上升了2.2個百分點，且數量較2013年成長32%（參見表三）。中

國和其他小品牌是2014年Android市場表現的推手，至於高階的知名品牌仍苦於無法提升使用者對其品牌和生態體系的黏著度。Windows Phone的表現持平，但在歐洲某些市場及商務市場卻創下佳績。

2014年全球手機終端銷售量總計近19億支，較2013年同期成長3.9%（參見表四）。所有區域在2014年均見成長，除了日本和西歐分別衰退了2.8%和9.1%。CS/Taiwan

註：*聯想在2014年10月30日已完成摩托羅拉的購併，因此聯想的手機銷售量包含了聯想和摩托羅拉兩家的數據。

2015年行動電話市場 新進廠商會擾亂現有生態？

2015年世界行動通訊大會（MWC 2015）已於3月2至5日在巴塞隆納舉行，國際研究暨顧問機構Gartner 研究總監Annette Zimmermann針對行動市場的最新發展提出其觀點：

一、行動電話問世已超過30年，並成為人類生活中不可或缺的一部分。行動電話變得愈來愈聰明、影響愈來愈大且速度更快。但智慧手機的下一步到底在哪裡？

分析師觀點：隨著智慧手機市場進入高度成熟階段，高階產品差異化的困難度亦日增。去年，各家智慧手機廠商均將重點放在成像（imaging）功能及大螢幕。不論軟硬體均有升級，例如光學防手震（OIS）、先進的影像編輯工具或高解析度前置鏡頭，以提升使用者體驗。時序進入2015年及其後，消費者拍攝影片或「自拍」的熱潮將會持續，我們預期各家廠商也會在攝影機與影像品質方面投入更多心力。蘋果（Apple）在2014年大獲成功，第四季業績更寫下新紀錄，該公司2015年勢必得推出更為創新的產品，銷售量才可能再創新高。像中國白牌廠商這樣以價格取勝的業者，仍會因為新興市場智慧手機持續成長而獲益。根據Gartner估計，2014年拉丁美洲的智慧手機裝機量（installed base）為50%，撒哈拉沙漠以南的非洲地區則為30%，代表2015年這些地區的功能手機（feature phone）用戶若首度升級為智慧手機帶來的商機將相當可觀。我們預測，由於廠商必須因應歐元區貨幣轉換這

項全新的市場不確定因素，可能導致價格上漲，2015年行動電話市場的競爭態勢將更為激烈。

二、Wiko等小型業者也開始打入行動電話市場，而且表現頗佳。像柯達（Kodak）、拍立得（Polaroid）等新手廠商，您認為短期內誰有能力擾亂行動電話市場現有生態？

分析師觀點：Wiko所掀起的現象相當有趣。一家在兩年前還名不見經傳的廠商，現在卻攻占歐洲行動電話市場。目前它在法國已名列前五大智慧手機廠商，產品最近更打入德國市場。Wiko成功的因素包括在地化行銷及優異的通路管理，加上100到150歐元的產品價格區間，一般人都能負擔得起。

毫無疑問地，具競爭力的功能和可接受的品質吸引了那些荷包較緊，且不會追逐國際知名品牌的消費者。在此一情況下，消費者只想買能夠使用所有應有程式的Android裝置，他們只願意付出較低的代價。

行動電話市場另一家相當有趣的新手廠商則是柯達，該公司上月才在美國CES大展與Bullit Group合作推出首款Android智慧手機。正如品牌名稱所示，這款手機的行銷重點圍繞在強大的成像功能、輕鬆簡易的照片分享方式，還可透過客製化的使用者介面列印照片。柯達的品牌知名度雖高，要打入品牌眾多競爭激烈的中階智慧手機市場仍非易事。微軟（Microsoft）即已在過去3年間開發出市場上最佳的照相

手機之一，其高階與中階手機產品組合也持續主打此一特色。Bullit Group與柯達該如何在歐洲成功行銷新款智慧手機，將是一個有趣的觀察重點。

三、2015年穿戴式市場前景如何？

分析師觀點：我們預期2015年穿戴式市場將呈現強勁成長，智慧手錶、健身腕帶等追蹤裝置數量將逼近7千萬件大關，較2014年增加38%。不過，我們認為，這些裝置在未來5年內還不至於會取代智慧手機，而是成為既有裝置的輔助工具。今年對穿戴式裝置來說會是相當有趣的一年。目前穿戴式市場普及率相對仍低，但長期來說有機會以兩位數成長。Gartner預測，2020年穿戴式裝置的銷售量將達到5.14億件。

從廠商的角度來看，Apple Watch勢必會引發消費者對穿戴式裝置的興趣，而三星（Samsung）、Sony、聯想（Lenovo）等品牌也必定會推出更具吸引力的產品與其一較長短。除了硬體，廠商還將強調生態系統以及如何從關聯市場中找到綜效。

三星、Google、蘋果與微軟已準備打造全面的醫療健康平台，以吸引醫療保健、健身業者成為其合作夥伴。這樣的策略將啟動全新的商業模式，但到底該如何保護從穿戴式裝置所蒐集到的敏感資料，勢必也將引發熱議。除此之外，就穿戴式產品相關的應用程式與生態系統來看，多數廠商仍有改善的空間。CS/Taiwan

Book your place at the CS International Conference

Wednesday 11th & Thursday 12th March 2015

The compound semiconductor industry is developing and manufacturing new devices that will help to shape the world of tomorrow.



This industry is currently debating a handful of key questions: -

- Multi-mode, multi-band PAs: friend or foe?
- How will the solid-state lighting evolution unfold, and what will it mean for the makers of LEDs and lasers?
- Are III-Vs going to make an impact in silicon foundries? And if they do, how long will this last?
- How can wide bandgap power electronics become more competitive to displace the current silicon incumbents?
- Where is the CPV industry heading?

To know what the leading industry insiders are thinking about these important issues, make sure you attend CS International.

Book your place NOW!

Sheraton Frankfurt Airport Hotel, Germany

Register: www.cs-international.net

CS INTERNATIONAL
CONFERENCE

Connecting, informing and inspiring the compound semiconductor industry

光電產業整併、轉型 邁向新領域

PIIDA統計2014年台灣光電產業表現，表示2014年台灣光電產業總產值達2兆467億新台幣，與2013年持平，換算約674億美元，佔有全球光電產業5,766億美元產值約12%之譜，持續在全球高科技市場佔有一席之地。

而台灣光電產業產值排名前五大的產品分別為TFT-LCD面板、觸控面板、LCD元件材料、太陽電池及精密光學元件與鏡頭。而產值前五大高成長率產品為LED照明、太陽能矽晶材料、精密光學元件與鏡頭、LED元件及光學治療。以下為各領域的表現與未來展望：

LED尋找高獲利藍海市場

台灣LED元件產值保持第一；台灣有LED磊晶片、晶粒雙雄一晶電與璨圓石破天驚的大整併、億光的擴產計畫，以及吸引國際大廠Cree入股隆達等重要事件，使得台灣在國際間的能見度都有相當程度的提升。預估2014、2015年台灣LED元件產業可分別達到10%、14%成長率。

近年來中國大陸LED元件產業快速崛起，且對於LED應用市場掌握度大為提高，故已出現中國大陸成長性獨強，其餘各區域產業處於個位數成長或衰退的局面。這也直接顯現在兩岸的營收排名上，意即愈來愈多大陸廠商迅速竄起，也造成台灣廠商的競爭壓力。尤其隨著LED元件在照明應用逐漸提高，中國大陸從傳統照明轉型至LED照明燈具製造，仍相當具有全球競爭力。相形之下，台灣在全球照明市場影響力不高的情況下，對於LED封裝、模組產業長遠發展將日益不利。台灣

仍必需透過靈活的策略與國際大廠合作，強化LED應用出海口。另一方面，依據台灣LED產業發展基礎之下，必需重點深耕幾項高潛力利基產品，強化產品區隔性以突破現有的發展格局，如紫外線UV與紅外線IR LED產品等應用。

步入高原期的顯示器產業

2014年全年台灣面板產值約9,176億9千6百萬元新台幣，年衰退率約為1.4%。台灣顯示面板產業在2014年已成熟化，將來成長力道估計呈現平緩之趨勢。展望2015全球顯示面板產業，預測將有「五大新趨勢」正在陸續發生中，包含：高解析度顯示面板之遍地開花、面板之新技術與新材料導入、整合式觸控技術普及化、智慧穿戴顯示裝置大爆發，以及顯示面板產業版圖新遷移等五大新趨勢。由此五大新趨勢，也可觀察顯示面板產業未來趨勢走向。

PV產業整併以提升競爭力

2014年台灣太陽光電產業雖然遭受中美雙反調查波及，所幸受影響最深僅在14Q3，並於10月後已逐漸回溫。例如14Q4較去年同期13Q4衰退8%，但由於2014上半年增長幅度較高之緣故，2014年全年台灣太陽能總產值仍呈現正成長，產值達新台幣1,701億元，較2013年總值成長11%。其中上游矽晶材料受全球需求成長影響，年成長率達26%，為全體成長率最高者。另外，太陽能電池片總值達1,049億元，仍屬太陽能產值中占比最高，占全台太陽能總值62%。另外，由於

電池部分受雙反影響最深，使得年成長率達7%，較總體成長率稍低。

為了因應現今詭譎多變的太陽能環境，以及中國低價競爭，大多台灣廠商都各自備有一套合作方向及海外發展的規劃。例如日前中美晶除了併購旭泓光電以及德國ALEO高效單晶模組廠的動作外，還預計擴增單晶太陽能電池的產能到850MW，不僅如此，更在年初投資下游的系統廠真美晶能源。顯然中美晶集團也不想電廠這塊市場缺席。又例如日前茂迪也宣布與聯景光電合併，合併後的茂迪將具有約3.0GW的產能，若加上茂迪預計將中國昆山廠的產能從600MW擴增至1GW，這就一口氣追過目前全球產能最高的韓華（3.28GW）以及次高的英利（3.0GW）。另外，與聯景光電之合併後，茂迪的單晶太陽能電池之總產能將可從200MW增加到450MW。

精密光學元件搭手機水漲船高

2014年台灣精密光學元件產值在手機品牌廠推出新產品帶動之下，使得精密光學產業一枝獨秀，推升2014年產值成長近20%，產值約達977億台幣。隨著智慧手機800萬素幾乎成為機基本配備，千萬級像素手機比比皆是，同時薄型化、大光圈、防手震要求日益嚴格。而前幾年智慧手機不斷侵蝕輕便型數位相機市場，2014年甚至明顯挑戰到可交換鏡頭式數位相機市場。以全球數位相機龍頭廠Canon為例，2014年預估可交換鏡頭式數位相機及輕便型數位相機出貨量分別將衰退19%、38%。

這也迫使台灣數位相機及其鏡頭、鏡片代工廠商營運連帶受到擠壓，必需透過積極轉型來維持成長。轉型之道除了加強智慧手機行動光學元件布局，如亞光、華晶科、今國光之外，就是擴大布局其他新興光學應用市場，例如全球車用市場因新興國家經濟起飛，帶動相關車用影像需求持續增長，故如佳凌、合盈、華晶科等就布局此市場。此外，看好的機器人視覺應用，保勝、佳凌布局自動光學檢測（AOI）用鏡頭。

資通訊廠商搶進生醫光電市場

2014年台灣生醫光電產值466億新台幣，預計2017年可到達575億新台幣；年複合成長率為7%。產值貢獻占比來自於光電感測的47%、醫學影像23%及光學治療的30%。生醫光電仍處於起步且高成長的階段，總複合成長率維持6-7%，其中光學治療中的隱形眼鏡成長率最為彰顯。因為看好高毛利及每日拋的耗材市場，電子、資通訊廠商紛紛投入，隱形眼鏡產值由2013年的122億到2014年的138億元，成長率更是高達13%。但未來隱形眼鏡的產品特色將成為決勝負的關鍵。此外，過去醞釀已久的資通訊廠近年有機會在健康照護、醫療檢測等生醫領域裡大放異彩，故產值將有機會持續創新突破！CS/Taiwan

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

www.compoundsemiconductor.net






半導體科技 / 先進封裝與測試 誠徵技術性論文

- 一、 投稿論文涵蓋半導體前、後段製程技術、設備及材料等等。所投稿之論文應為創新、實用、新穎之著作；並未於國內外期刊刊登及公開發表過為原則。
- 二、 只接受中文論文投稿，如論文為外文，則投稿者須自付翻譯費及負責審稿；文長以5,000字內為宜。
- 三、 文章需詳附作者簡歷、中英文標題、中英文摘要，中文摘要請勿超過150字，並於文末列出主要參考文章。投稿之圖檔請存pdf或jpg格式，如為bmp格式，則請勿少於500KB（郵寄圖片亦可）。
- 四、 如投稿文章過長，本刊保有刪減權利。投稿者請詳附聯絡地址、電話、傳真、電子信箱以便聯絡。投稿三月內若未刊登，請致電編輯部詢問。(02-23965128分機312，廖先生)。
- 五、 投稿地址：台北市100八德路一段五號七樓（請附文章電子檔磁片及書面文章）。
收件者：亞格數位股份有限公司 半導體科技雜誌編輯部
或直接e-mail至george@arco.com.tw

Last few remaining seats



5th 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 35 presentations spanning six sectors.

Please visit www.cs-international.net for further information on this event.

Book your place NOW

Please visit www.cs-international.net/register.php to secure your place

TWO DAYS, SIX THEMES, OVER 35 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 each 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 each field.

CS INTERNATIONAL
CONFERENCE

Connecting, informing and inspiring the compound semiconductor industry

All speakers and presentations are subject to change.

35+ 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 - SLS Scientist - Sandia National Laboratories	
ANALYST		How will the solid-state lighting evolution unfold, and what will it mean for the LED chipmakers? Will Rhodes - Research Manager - 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 Plc	
SPEAKER		Yield optimisation of compound semiconductor processes through an effective metrology strategy Torsten Stoll - Product & Marketing Manager - Nanometrics Inc.	
SPEAKER		Plasma dicing for III/V and thin wafers Reinhard Windemuth - Sales Director ME Europe - Panasonic Factory Solutions	

OPTOELECTRONICS

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

KEYNOTE		Highest CPV cell and module efficiencies and CPV power plants Rainer Krause - Director Smart Cell Development - Soitec	
ANALYST		Where is the CPV industry heading, and what needs to happen to increase its market share? Karl Melkonyan - Analyst Solar Research - IHS Technology	
SPEAKER		Mid infrared LEDs enable portable, battery powered gas sensing Des Gibson - CEO - Gas Sensing Solutions Ltd	
SPEAKER		IC design for very high-speed optical communications – a holistic approach The Linh Nguyen - Senior Manager IC Development - Finisar Corporation	
SPEAKER		UV LED - We are just scratching the surface of the technology's true potential Pars Mukish - LED & Sapphire Activities Leader - Yole Développement	
SPEAKER		Unlocking opportunities for compound semiconductors with micro assembly Chris Bower - CTO - X-Celeprint Ltd	

Delegate registration: www.cs-international.net/register.php

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?

KEYNOTE		Heterogeneous integration of III-Vs and CMOS Daniel Green - Program Manager - Defence Advanced Research Projects Agency	
ANALYST		When will III-Vs make an impact in the silicon foundries? And will it last for long? Mike Corbett - Managing Partner - Linx Consulting	
SPEAKER		III-V FETs for future logic applications Jesús A. del Alamo - Director of the Microsystems Technology Laboratories - MIT	
SPEAKER		Opportunities and challenges of III-Vs in Si-based nanoelectronics industry Mathias Passlack - R&D Deputy Director Europe - Taiwan Semiconductor Manufacturing Company	
SPEAKER		Advanced in-situ metrology for III-V on silicon technology Kolja Haberland - CTO - LayTec AG	
SPEAKER		Eliminating material borders for heterogeneous integration through new wafer bonding processes Thomas Uhrmann - Head of Business Development - EV Group	

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?

KEYNOTE		The path to intelligent integration Jim Cable - CEO, President and Chairman - Peregrine Semiconductor Corporation	
ANALYST		Multi-mode, multi-band PAs: friend or foe to the compound semiconductor industry? Eric Higham - Director - Advanced Semiconductor Applications - Strategy Analytics	
SPEAKER		Improving system level integration and overall efficiency Ed Anthony - VP Engineering - Skyworks Inc.	
SPEAKER		LTE is driving complexity in smartphone design Sean Riley - VP of Mobile Products - Qorvo	






CS INTERNATIONAL
CONFERENCE

Connecting, informing and inspiring the compound semiconductor industry

Delegate registration: www.cs-international.net/register.php







POWER ELECTRONICS

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

KEYNOTE		Ditching the package to drive down GaN transistor costs Alex Lidow - CEO and Co-Founder - Efficient Power Conversion Corporation	
ANALYST		When can WBG power electronics truly take off? Pierric Gueguan - Senior Power Electronics Market Analyst - Yole Développement	
SPEAKER		SiC technology in Power Electronics – A step change in value Tang Yong Ang - VP Compound Semiconductors - Dow Corning Corporation	
SPEAKER		High performance GaN-on-Si power epiwafers employing rare earth oxide buffer layers Andrew Clark - VP Engineering - Translucent Inc.	
SPEAKER		Automated defect monitoring strategy for surface and photoluminescence yield impacting defects Brian Crawford - Director of Business Development - KLA-Tencor	
SPEAKER		Driving down costs for next-generation PVD processes Reinhard Benz - VP Sales and Marketing - Evatec Ltd	
SPEAKER		Gallium nitride epitaxy on large area silicon substrates for power applications Yoga Saripalli - Principle Engineer - GaN Epitaxy Group - imec	
SPEAKER		Optimisation of III-V R&D and manufacturing using advanced analytical methods Temel Buyuklimani - Senior Director, Quadrupole SIMS Services - Evans Analytical Group	
SPEAKER		Accelerating GaN power electronics devices using MOCVD technology Sudhakar Raman - VP Marketing - Veeco Instruments	
SPEAKER		Measurement solutions for high power WBG semiconductor materials and devices. How to optimise and minimise power conversion switching loss Stewart Wilson - European Business Manager - Keysight Technologies	
SPEAKER		Cutting conversion losses with cost-efficient GaN-on-silicon Marianne Germain - CEO - EPIGaN nv	

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 - Sumitomo Electric Device Innovations, Inc.	
ANALYST		The future for GaN, SiC, InP and GaAs in defence/military applications Asif Anwar - Director - Strategy Analytics	
SPEAKER		GaN for commercial RF applications enabled by the pure-play foundry model Walter Wohlmuth - Associate VP Technology - WIN Semiconductors Corporation	

Event Sponsors

Platinum



Gold



Exhibition



Pen/USB Sponsor



CS Industry Awards



Theme Sponsor



Delegate bag



Lanyard



Portfolio



Supported by



Delegate registration: www.cs-international.net

更大的晶圓

能夠大幅削減氮化鎵微波積體電路的成本

在150mm的砷化鎵 (GaAs) 製造生產線上加工的高品質晶圓，具有降低氮化鎵 (GaN) 微波積體電路 (MMIC) 生產成本的可能

BY PHILLIP SMITH、PC CHAO AND RICH ISAAK FROM BAE SYSTEMS AND IVAN ELIASHEVICH FROM IQE



封面故事 ◆ Cover Story

射頻 (RF) 和微波功率放大正在經歷一場革命，而這都要歸功於氮化鎵高電子遷移率場效電晶體 (GaN HEMT) 的發展。藉由從先前現任的砷化鎵材料，轉換到寬能隙 (bandgap) 的氮化鎵替代方案，其能夠達到如同砷化鎵的電子遷移率和高頻率響應，以及提升十倍程度的 RF 功率密度，而這是源自於提高五倍的崩潰電壓和增加一倍的汲極電流。因此，當 GaN HEMT 建構在現今的工業標準製程上且其運作閘極長度在 0.15um 至 0.5um 之間時，它們即能夠在 0.1GHz 到 100GHz 的頻率範圍內傳送寬的頻寬、高功率和高效率。

為了將這些已被證明的效能優勢應用在商業和軍事系統上，世界各地的許多團隊均已將其注意力轉移到改善這種氮化鎵電晶體技術的可負擔性。為了降低成本，他們正在詳細檢查幾個因素：材料價格，其中包括原料晶圓、金屬物和化學品；人力；製程良率；和製程一致性。

正確地評估新技術的成本並非不重要的，而且可以用不同的方式來比較 GaN MMIC 的負擔能力。並以關鍵指標 - RF 輸出功率的每瓦成本 (美元) - 來進行判斷，在 100mm 的碳化矽 (SiC) 基板上製作的 GaN HEMT 已經削弱了在 100mm 和 150mm 晶圓上製作的 GaAs 產品。然而，這一方面的優勢通常會比個別 GaN 晶片的相對較高價格還來得重要，而這更高的費用仍然被許多人視為是更大量應用這類元件的阻礙。

提升 GaN MMIC 銷售量的一個方式是採取應用在半導體業中，常被採用的削減生產成本的途徑。這包括導入更大的晶圓、由批次製程處理所提供的經濟規模。在高產能的矽晶圓廠中，目前積體電路是在 300mm 晶圓上製造，並已考慮轉換到 450mm 平台。同樣地，過去十年中，碳化矽基氮化鎵 (GaN-on-SiC) 也從 50mm 轉換到 75mm 與 100mm 的不同晶圓上，而且 II-VI 族材料供應商與

半導體磊晶片供應商 IQE 最近更是往前進了一步 - 2013 年時，IQE 已推出基於先進 SiC 基板與磊晶成長的 150mm GaN-on-SiC。

而良率必須是不能妥協的，如果導入更大尺寸的晶圓能夠導致節省大量成本的話 - 歷史已證明要完成此一壯舉是相當具有挑戰性的。在 1980 年代，當 MESFET 製造商轉換到更大的晶圓時，其初期的良率有大幅度的衰減。而主要原因是缺乏製程管制，以及因為依賴時差測距 (time-of-flight) 的濕法蝕刻法所造成的閘極凹槽深度不均勻性 (之後此項弱點已經由導入塗佈式蝕刻機而獲得改善)。

然而，請注意轉換到更大的晶圓不一定會導致良率暴跌。在 1990 年代，MMIC 代工廠藉由將蝕刻停止層加入磊晶結構上，並採用選擇性凹槽蝕刻技術，因而在微縮 pHEMTs 時，能夠巧妙地擊敗良率損失。有了這些製程上的改進之後，工程師們才意識到優越的閘極凹槽蝕刻均勻性，主要是由啟始晶圓的均勻性所限制。

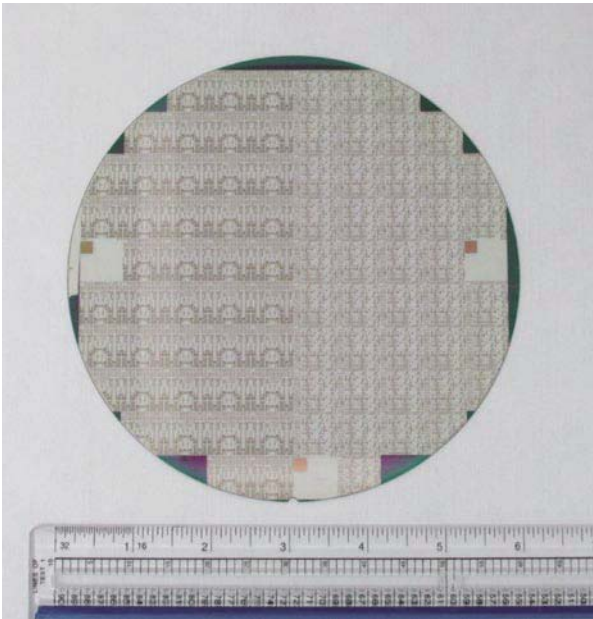
我們在英國航太系統公司 (BAE Systems) 的團隊已經享受了類似於我們在微縮 GaN-on-SiC HEMT 製程以適用 150mm 晶圓的經驗。而包括我們自己的製程在內的許多 GaN-on-SiC HEMT 製程的優點之一，是它們不需要閘極凹槽。因此，元件和電路的均勻性是高度依賴於磊晶層的均勻性 - 如果起始晶圓是均勻的，而 GaN 元件如果也是仔細地製造的話，則其幾乎是均勻的。

我們已計算出每個晶片的製造成本，在從 100mm 轉換至 150mm 晶圓後，將會有 50% 的直線下降 (見表一)。請注意，此分析並不包括後段製程步驟，例如晶圓上測試、晶圓切割和晶片檢查的額外成本。這些後續處理步驟在較大的晶圓上會變得更有效率，但其增益並無法幾乎如同製造相關的二倍改善那麼高。這是一個對於降低整體晶片成本的阻力，在實際運作上通常只有 40%。

在我們的例子中，將 GaN-on-SiC MMIC 的生產轉換到 150mm 生產線的好處，會多於僅是藉由微縮所降低的晶片製造成本。可視與生產線良率也較高，這要歸功於自動化程度的提高，以及只須滿足客戶較少的晶圓交貨量需求，因而可降低跟晶圓品質相關的成本。更重要的是，因為我們已經在我們的工廠中持續運作 150mm 的 GaAs 製程 (MESFET 和 PHEMT) 超過十年，所以我們已吸收了大量的相關專業知識。這有助於我們展示業界首款

Parameter	100mm	150mm
Usable Wafer Area	1	2.4
Chip Sites per Wafer	1	2.4
Epi Wafer Cost	1	1.2
Process Cost (labour, chemicals etc.)	1	1.2
Total Cost per Processed Wafer	1	1.2
Fab Cost per Good Chip	1	0.50

表一：150mm 與 100mm 的 GaN-on-SiC 製程的相對成本比較，並以 100mm 為作為比較標準。可利用的晶圓面積是扣除沿每一晶圓外緣 5mm 的不可用磊晶/製程環狀區域，而每一良好晶片的成本是假設良率在晶圓尺寸增大時仍維持相同水準。



圖一：完全處理後的150mm GaN HEMT MMIC晶圓。

在150mm SiC基板上製造的0.2um GaN MMIC製程（參見圖一）。

其它公司也正朝著類似的方向前進，並計劃釋出此種晶圓尺寸的製程 - 例如，RFMD宣布其在2014年將會釋出一種針對低頻率商業應用的0.5um閘極長度製程。比較上來看，我們製程的閘極長度僅為0.2um，所以我們的MMICs能夠廣泛應用於頻率高達約50GHz的國防應用上。

選擇正確的材料

目前所有GaN RF元件和MMICs的生產，正在兩個相互競爭的材料系統之一上進行 - GaN是沉積在由矽或SiC所製成的基板上。假如是生長在前者上，則會有一個潛在的成本優勢，部分是因為可以擴展到更大的晶圓，例如那些200mm的直徑。然而，這種優勢必須考量矽基板較差的熱導率與電阻率，而這會拖累在此基礎上所製造的元件和電路的高頻能力與功率效能。

對於高可靠性要求的軍事應用來說，這種拖累通常是不被接受的，因而使得GaN-on-SiC成為首選技術。元件製造結合先天具有較高導熱性的基板，而達成較低通道溫度的寬能隙材料後，即能改善運用此製程所製造的GaN功率放大器的效能與長期可靠度。

在我們的150mm生產線上所處理的磊晶圓（epiwafer），具有一個AlGaIn/GaN結構與一個薄型GaN上蓋和鐵摻雜的GaN緩衝層。這種特殊的異質結構為全通

道電流和輸出功率，提供了一個高片電荷密度，同時又能維持優良的可靠度。

我們的原料是由磊晶圓製造商 IQE 所提供。氮化物磊晶層需要在SiC的4H多晶矽型式上生長，並在一個先進的多晶圓生產型MOCVD反應器中進行製程，其能夠提供較大晶圓面積的更佳均勻性。而晶圓表現出的缺陷密度很低，其中大部分是跟基板相關的微管和多晶矽型式。片電阻的均勻性為1.2%，這比生長在100mm的前代異質結構還好一些；而其組成均勻性則是相當好，鋁含量的變異低於1%。

異質磊晶生長相關的挑戰之一是磊晶圓的翹曲（warping）和彎曲（bowing），這是源自於磊晶層和基板間的晶格常數和熱膨脹係數的差異。在最差的情況下，磊晶圓甚至會破裂。然而，即使只比完全平坦偏離少於1mm，仍可能讓晶圓不適用於後續製程。

我們的150mm GaN-on-SiC磊晶圓，是形成在500um厚的基板上。這類似於用在100mm GaN-on-SiC製程的基板厚度，而在降低跟微縮有關的厚度相對直徑的比值時，表示一開始在實現可接受的翹曲上就已經是一個挑戰。

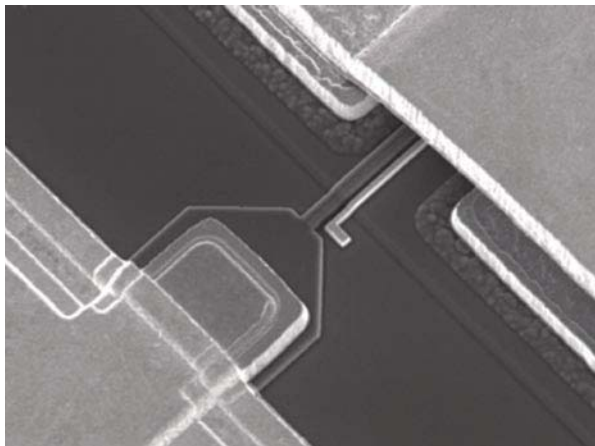
為了解決這個問題，IQE的工程師進行了一系列的實驗，並利用他們的研究結果，以精進其製程，使得150mm磊晶圓的彎曲和翹曲，能夠從超過100um降低至一般的40um。此一等級的翹曲已適用於高良率的晶圓製程。

處理和效能

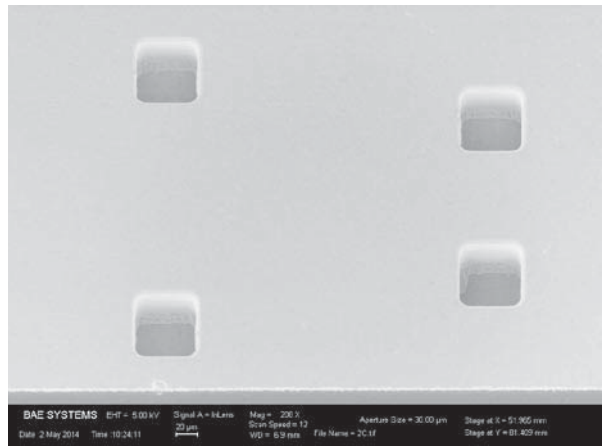
我們的150mm生產線採用自動化的晶圓盒傳送設備，從而降低手動的晶圓處理並提升良率。有了這種設備組合之後，我們所開發的0.2um GaN-on-SiC MMIC製造製程已經相當簡化 - 大部分的精力都放在優化現有100mm GaN的元件隔離製程（mesa）、歐姆特性、氮化物沉積和通孔形成的製程上，並使用150mm設備來實現晶圓上的良好均勻性和良率（圖二為代表性GaN HEMT元件的掃描式電子顯微鏡圖像，其中0.2um閘極和場效電板（field plate）的成形是利用電子束光刻技術來達成）。

我們還開發了150mm的晶圓背面處理製程。雖然一些需要此功能的製程步驟和設備 - 如碳化矽研磨機 - 已經花時間建立，而我們並未記錄到任何跟背面製程相關的問題。低於5%的厚度均勻性在100um的晶圓最後厚

封面故事 ◆ Cover Story



圖二：0.2um閘極長度場效電板的GaN HEMT元件。



圖三：60um見方的通孔全電鍍之掃描式電子顯微鏡圖像。

度上是有可能達成的（圖三為利用此背面製程所製造的通孔完全電鍍範例）。

為了測試在150mm晶圓上所製造的元件能力，我們將這些電晶體進行一系列的DC和RF測試，並跟100mm生產線所製造的元件效能做比較。其結果是有利的，在150mm晶圓上所製造的HEMTs，其兩端點閘極 - 汲極崩潰電壓超過90V，這跟100mm晶圓所製造的元件效能是相當的。而在10V的汲極 - 源極電壓下，在150mm晶圓上所製造的電晶體其平均標準化的最大汲極電流為1,124mA/mm、峰值轉導（transconductance）為372mS/mm，以及-3.1V的夾止電壓。

相對於在100mm晶圓上所形成的元件，此漏電流和轉導約有5%的提升，而夾止電壓則是非常相近（參見表二）。而這三個直流參數的規格良率是100%，取樣則是在橫跨150mm晶圓上取30個測試點。這些改善多少有些意料之外，將製造由100mm轉換到150mm晶圓上，實際上可導致某些DC特性的均勻性改善，例如最大汲極電流和轉導。我們認為這是因為增強了原料晶圓的均勻性和品質，加上150mm製造生產線上改善的製程管制能力。

脈衝電流 - 電壓特性的結果也是令人鼓舞的，在150mm晶圓上形成的元件具有相似於從100mm材料上所製造的元件效能水準。依據橫跨完整150mm GaN-on-SiC

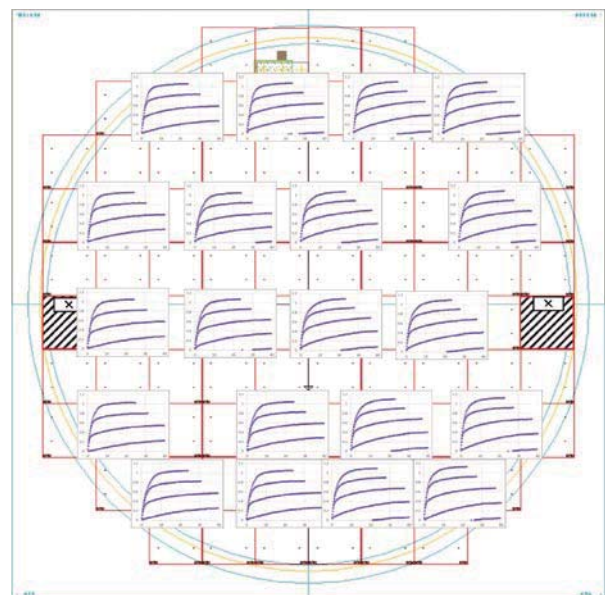
晶圓所量測到的GaN HEMT脈衝電流 - 電壓特性，其脈衝電流均勻性和元件良率是非常優越的（參見圖四）。

比較150mm和100mm晶圓上所形成的寬頻GaN MMIC功率放大器，其在4GHz下的輸出功率和附加功率效率（PAE）也是有利的（參見圖五），較大的尺寸可導致較好的邊緣效能與更緊密的參數分佈。而RF的規格良率也是比較好，根據全晶圓的RF測試結果，可從70%提升到76%。

最後，MMIC的最終可視良率也隨著轉換到更大的晶圓而從85%提高到95%。我們預期此項改善是源自於採用自動化的150mm設備而降低手動的晶圓處理，我們

Parameter	100mm Value	150mm Value
I_{max} (mA/mm)	1075 ± 10%	1124 ± 5%
g_m (mS/mm)	355 ± 10%	372 ± 5%
V_{po} (V)	-3.3 ± 5%	-3.1 ± 5%

表二：150mm相對100mm晶圓，在10V Vds電壓下的關鍵DC參數值和均勻性比較。



圖四：橫跨150mm晶圓的0.2um GaN HEMT元件脈衝電流 - 電壓特性結果的映射，脈衝是在Vg = -5V與Vds = 30V條件下。其具有優異的脈衝電流均勻性和元件良率。



開發實惠的GaN MMICs產品，將使得像是在F15上所裝置的先進飛機電戰系統能夠實現。圖片來源：美國空軍。

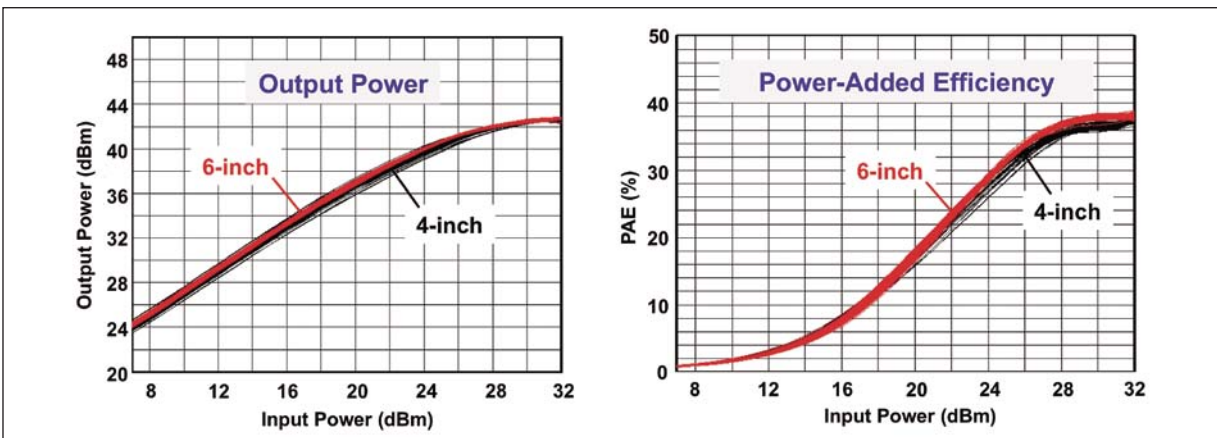
也注意到它跟之前我們所看到，從75mm GaAs MESFET和PHEMT製程轉換到150mm所達成的改進具有一致性。

隨著更高比例的元件符合RF標準，其可視良率的改善從所展示的MMIC範例樣本上可得知，其每片晶圓的整體晶片良率已由 59.5% 上升到 72.2% 的最高點。這結果已超越了表一中所做的假設，150mm 晶圓僅維持跟100mm一樣的良率水平，而這為微縮所導致的經濟可負擔性的改善提出了一個更令人信服的理由。這將有助於削減 GaN MMIC 的成本，並且應該會促使它們在很多重

要頻帶上的不同國防應用被採用，而這也是此種 0.2um 閘極長度的 GaN 製程的目標。CS/Taiwan

延伸閱讀

- R. Isaak et al, "The First 0.2mm 6-Inch GaN-on-SiC MMIC Process," CS ManTech Conf., May 2014, pp. 229-231.
- L. Gunter et al., "The First 0.1mm 6" GaAs PHEMT MMIC Process," CS ManTech Conf., April 2006, pp. 23-26.



圖五：在100mm和150mm晶圓上所製造的寬頻（0.5 - 5GHz）MMIC功率放大器的RF效能（輸出功率與附加功率效率）比較。在早期的150mm晶圓上可觀察到具有可相比性的效能（PAE略有改善）、稍微更緊密的分佈和更高的RF規範良率。所顯示的數據是在4GHz與28V Vds條件下所測得。

SiC減低電網的損耗

配備SiC的固態變壓器可使電網擁有更有效率且更穩定的電源傳輸

BY DANIEL FERNÁNDEZ HEVIA FROM INAEL ELECTRICAL SYSTEMS
AND JOSÉ MILLÁN FROM IMB-CNM-CSIC

不管你住在哪裡，你的電網往往不夠完善。其缺點-已經存在很長時間，但仍有待解決 - 包括供給與需求的能量之間的差異;電壓曲線是不夠穩定的;大幅依賴於相對污染與低效率的電廠去滿足高峰期的能源需求。

世界各國政府都意識到了這些缺點。例如，歐盟委員會為嘗試改進歐洲範圍內的電力基礎設施，頒布了歐洲國家所有傳統變壓器需大幅度提高效率的指令。

更換具有與電網相互影響的傳統變壓器被動元件可望可以達到成功。主動元件將基於電力電子技術，可以放置在電源循環的核心，從一種電壓轉換到另一個電壓並解決許多上面上述所提的缺點。

傳統電力的特色在於其擁有由矽組件製成的電路。然而，這是不理想的，因為由這種材料製成的二極體和電晶

體其阻斷能力、操作溫度和開關頻率是有限的。

SiC將是更好的材料—這就是為什麼我們的多元科學團隊採用它來開發出全新一代的具有成本效益且在商業上可行的高電壓設備，而此設備是專門用於部署在發電、輸電和分佈上。SPEED - Silicon Carbide Power Electronics technology for Energy-efficient Devices - 一個由來自九個國家與17家合作夥伴、獲得20萬歐元經費資助的計畫，其目標在致力於構建一個高效率的轉換器、風力渦輪機和一個新的SiC固態變壓器配電網（通常是24 kV/ 400 V，400kW機組）。此計畫伴隨的利益在於其他領域也同時被開發了，其中受益最明顯的領域可能為：國防、航空、交通運輸。



SiC元件與個別的積體電路將為此計畫帶來成功的希望。從成本的角度來看，輔助部件將可大幅降低成本，如電感和冷卻系統的尺寸和重量的大幅修正。部署在飛機，SiC功率電子將減少工作項目、讓功率密度達到雙倍並提高系統的穩定性。用於軍用艦船上，引進這種寬能帶的半導體與用頻率高的變壓器可以減輕75%的雷達動力系統重量，相當於80公噸。用於風力發電，SiC可以每年節約\$180億燃料成本，也可以提高效率，使太陽能電池板的能量被轉換成適合於電網。在吉普車上，使用碳化矽可以使主動冷卻最簡化，並在混合動力電動汽車上可以增加一倍的變頻器功率密度。

為何不採用GaN

GaN為最近可能被採用的新一代半導體。許多SiC的優勢，例如其高電壓阻斷能力、耐高溫操作和高開關頻率等，還發現在此其他寬能隙材料。但是較厚的外延層，如超過10毫米甚或更大，目前很難生產，限制了耐壓的裝置能力；值得注意的是，例如，一個10千伏的SiC MOSFET具有100毫米或甚至更多的外延層。縮放此電壓關鍵是要能夠變厚且高品質無缺陷的SiC，例如微管或基底面的缺陷。

高品質外延層是可能存在SiC中，但不是那麼容易存在於GaN，而高品質外延層為一種前途光明並可運用於600 V器件的材料，其可以運用於電動汽車和混合動力電動汽車中的逆變器和充電器。同時，SiC幾乎在電壓之戰中取的絕大優勢，其可運用在風力渦輪機或太陽能電池板上的智能輸電和配電網，而範圍介於1700-3300 V甚至一路攀升至10千伏以上。

除了高耐壓性能，我們選擇SiC為我們的努力目標是由於更大的商業可用性與此相關材料成熟的技術工藝。現在的SiC二極體已存在市場上超過十年，如JFETs的和MOSFETs。在元件的良率和SiC元件的性能進步是由改進的基板所支撐。現在市場上的SiC基板，直徑為100毫米而150毫米也即將問世。這些基礎碳化矽增長的質量是越來越好，微管的密度 - 一種缺陷，可以殺死設備 - 暴跳到僅0.75cm²的75毫米晶圓。然而，目前仍在觀察基底面錯位導致了可靠性差的雙極型元件。

然而值得注意的是，即便SiC基板有缺陷，它仍然可能生產出一些非常有用的元件。幾個研究小組從世界各地已經證明二極體具有非常高的阻斷電壓，如19千伏，

由於在厚的外延層，使電導率調製有足夠長的少數載流子壽命。我們團隊的幾名成員活躍在這一領域，並會嘗試開發具有成本效益的、高信賴性的流程去生產較厚的外延層以適用於高壓的元件上。

二極體建造效能更好的二極體

電力的關鍵為控制電流的二極體與掌管控制開關的電晶體電晶體。由於這兩種元件都是時至今日才生產，若我們不回頭審視在此兩種元件生產前的裝置則實為愚蠢。

覆蓋範圍600-6500 V、電量切換操作達1.2kV以上的二極體，在當它第一次取代矽二極整流器時，整體銷售是直線上升的。

歷史最悠久的這種二極體的形式是蕭特基二極體，自2001年以來以其極高的開關速度和低開通損耗，因而一直被運用在商業用途上。在蕭特基二極體推出後，電流和阻斷電壓的範圍擴大了，現在就可以與高達1.7 kV或能夠處理20 A和阻斷600 V的SiC元件一起運作。這種擴展設備的組合將使SiC器件它們的部署，從功率因數校正和高電壓二次側整流的喜歡多樣化的中小功率電機驅動模塊來摻入。

應該能阻斷電壓高達3.5千伏的SiC肖特基勢壘二極體應該是可以容納更高的電壓。事實上，已經有報導大面積的3.3 kV的肖特基勢壘二極體能夠操作在高溫下和遞送10-20 A電流。

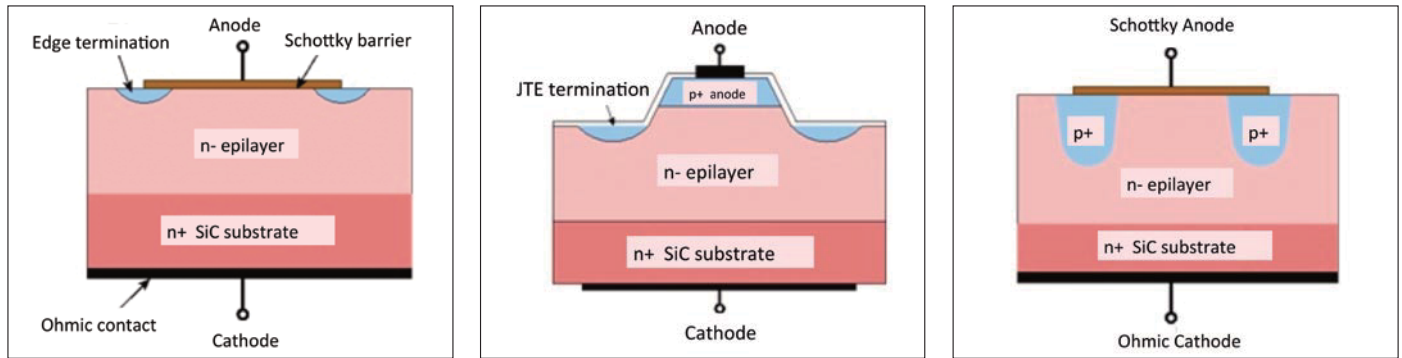
雖然可能產生一個類似的矽阻斷電壓，該漂移層的厚度必須達到10倍以上，但設備的性能可能會因為反向恢復電荷而受損，但這並不會發生在碳化矽二極體上。這必須歸因於碳化矽肖特基勢壘二極體可以確保二極體與矽IGBT有絕佳的結合。

如果需要更高的阻斷電壓和更低的漏電流，SiC p-i-n二極體應優先被選擇。這類裝置的發展已經出現許多SiC p-i-n二極體結合了3.2V在180 A (100 A/cm²) 與4.5千伏的阻斷電壓和1 μA的反向漏電流的正向電壓報告。

碳化矽PIN二極體的缺點是轉換過程中的逆向恢復充電。為了解決這個問題，一些研究人員正在開發結勢壘蕭特基二極體，它結合了蕭特基接通狀態和開關特性和蕭特基截止狀態的特性。然而，這些裝置都沒有用於商業用途，其原因在於與電荷重組相關聯的問題。

所有三種類型的裝置都比那些由矽和砷化鎵製成

CS 精選 ◆ CS Features



圖一、4H-SiC 3.3 kV的蕭特基、JBS和PiN二極體的剖面圖。

的擁有較高的熱導率，這也使得它們可以在較高的電流密度中操作並減少冷卻系統的尺寸。其中一個我們的主要目標是去量化使用SiC部件的經濟優勢。初步計算表示即使當組件比矽昂貴時，整體系統的成本降低可超過50%。所有這三種類型的二極體示於圖一。

還有…開關

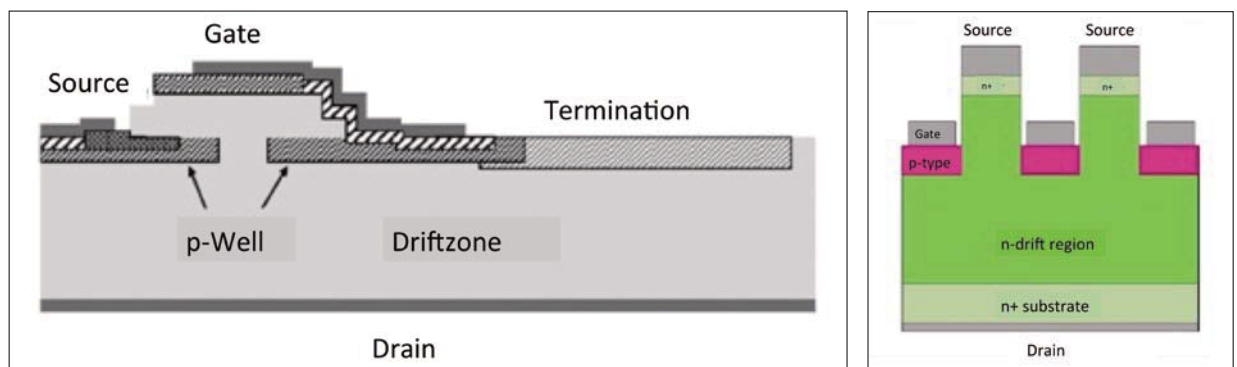
對於開關在電壓超過600 V時，碳化矽電晶體有兩個強大的矽競爭對手：IGBT和MOSFET，其中包括的CoolMOS與其他先進的溝槽元件。然而，當阻斷電壓達到1.2kV到1.8kV時，矽MOSFET是個不實際的選擇，因為矽IGBT在快速開關時遭受損耗。相比較而言，碳化矽開關在高電壓和高溫下產生強大的性能，其處理速度非常快。此外，對於碳化矽高電壓控制開關的需求不斷增加，因此為這些電晶體的銷售開闢了新的機會。

JFET是一個很被看好的SiC電晶體，它是一個具有在高溫和高頻率下操作能力的超低導通電阻（參見圖二）。我們的其中一個合作夥伴-英飛凌-開發了通過混合配對開關1.5 kV, 0.5 W的導通電阻，在級聯配置，1.5 kV垂直SiC常開JFET和60 V MOSFET矽。結合矽的一個缺點

是，它可以防止高溫作業，所以新型SiC JFET的是由現已解散SemiSouth發展。這些都是常斷，由於內置的碳化矽對-n junctions電壓高，但它們是由高電阻通道和低的閾值電壓影響。

一種代替JFET的是MOSFET。多年以來被一個非常低的反轉溝道遷移率所阻礙，此阻礙產生了低導通電阻MOSFET，間接證實了SiC電晶體在功率電子的能力。然而，最近，兩種技術已經出現，可以提高MOS界面的質量：在氮氣環境下於替代晶面的MOS溝道的形成和後氧化退火。這些方法已修整界面陷阱密度的MOS溝道和改進表面形貌，從而導致載體遷移率分別在50 cm²/Vs和73 cm²/Vs的條件下用熱成長和低壓CVD柵極氧化物分別製造橫向的MOSFET。

我們的其中一個目標是將這種電晶體技術發展到極限，特別是針對提高矽片質量，以及在原型半導體變壓器中使用經濟效益高的SiC MOSFET。我們也知道如純化製程中的後段製程是至關重要的，因為它們會影響最終的效率。而能夠承受高溫的開發套件也非常重要，因為這將能夠實現SiC元件在高溫下的操作。這些都是正在追求的目標，而結果將依照計畫的進度而陸續公布。



圖二、分別來自於英飛凌和SemiSouth公司所生產的常開 (a) 和常關 (b) 的JFETs

電網分佈

在我們已經開發一系列操作於3.3 kV電壓之上與3.3 kV電壓下的元件之後，我們將使用它們來構造功率轉換元件 - 這些將作為半導體式變壓器用於電力傳輸的基本元件。這些轉化的元件具有10 kW目標功率的輸入和輸出，端口並被串聯和/或並聯以完成半導體式變壓器電壓要求。最後安排由我們為元件的可用性進行管理。

這些元件將在執行AC-DC，DC-DC（具有電流隔離）和DC-AC的轉換上被運用。這意味著我們的SiC元件將被用在構建於兩種不同類型的雙向元件，其為提供的AC-DC或DC-DC轉換。通過建立各種元件與不同碳化矽元件中，我們將能夠選擇最佳的雙向AC-DC和DC-DC電源並用於最終固態變壓器上。

我們的原型變壓器將超越現行存在許多缺點與相對廉價的變壓器，目前現行的變電器存在的缺點包含：低功率密度（對於功率傳遞時，變壓器是笨重）、輕負載大量的損失、敏感性諧波、偏移和不平衡與沒有有效的過載保護。而轉換到固態變壓器則將削減變壓器鐵心的尺寸和重量，提高控制的轉變過程並提供一些能量存儲。由於這樣的功能，該變壓器可以結合額外的功能，諸如諧波、無功和不平衡的補償。相對於傳統的變壓器，這將只可能有一個獨立的電源轉換器。

其中一個固態變壓器最重要的特色是它可以提供自動且連續的有載調壓，這樣有助於通過電網的電壓輪廓達到平滑化的效果。這種形式的有載電壓調整器也將使電網更加靈活，而原因在於分佈式發電。當加入散佈網絡時，能量流不再僅是單向的，而原因在於分佈式發電元件能實行雙向能量流。

導入固態變壓器的其它優點還包括無功補償的規定；按需定義波形，包括諧波補償和環境效益。常規變壓器可以浸在油中或者當它們是髒時候可以承受低劣的效率轉化，而固態變壓器可以同時達到高水平的效率與無油。

無油與高效率的結構使固態變壓器可以符合歐盟生態設計法規，此法規即要求在電網損耗大幅削減時可以起到關鍵作用。這項任務將使所有歐洲國家傳統變壓器的效率大幅上升。我們的開發項目配備了固態技術，它應該有可能減少電網級損耗並遠遠超出生態設計規定的期望。我們的觀點是，當配備固態變壓器時，電網級的損失可以被減低到最小，其原因在於最佳化電壓分



英飛凌已經是SiC蕭特基二極體的先驅。在2014年6月又推出其第五代的thinQSiC蕭特基二極體。他們聲稱，即使在操作溫度下，超過100%的改進衝擊電流能力和優異的散熱性能時仍具有超低的正向電壓。

佈，可以滿足需求並達到能源管理的最佳化。這樣的成果所帶來的好處遠大於個別設備所帶來的個別損失。

需要注意的是，應基於傳統和固態變壓器的優點來做評論，而非因成本和獨立件設備的強固性。相反的，評論必須考慮所提供的整體性能 - 即必須考慮到，典型電力變壓器是添加了額外功率轉換器和儲存元件來實現等效固態技術性能。如果這些都有被考慮過，則固態變壓器在動力傳動系統上的使用將會增加。

我們的計畫將調查各種固態技術影響電網的可能性，並考慮與那些從碳化矽製程取代矽的元件，並在現有的矽基電路插入碳化矽元件（詳細可參考「SPEED的目標」）。

當我們的變壓器訂定了新的標準，它可能會觸發出一種新的方法以達到標準化。這些測試與性能指標通常可能用於已存在電網中的三相電源轉換器，如在太陽能發電場和風力渦輪機逆變器。電源轉換器也可能出現類似的情況，在這兩種情況下，如果新標準的出現，他們必須反映出變壓器是一個必須的元素，並為整體電網可靠性產生巨大的影響，因此，高可靠性是最重要的。我們希望我們的計畫可以奠定出一個基礎，在開發固態變壓器這些新標準上達到更高效電網的時代。CS/Taiwan

CS 精選 ◆ CS Features

- SPEED計畫的研究經費來自於歐盟的60405號協定。計畫伙伴有INAEL Electrical Systems, ABB Schweiz AG, CSIC - CNM, ENEL Distribuzione S.P.A., University of Bremen, University of Ovideo, Norstel AB, Ascatron AB, The University of Nottingham, Infineon Technologies (Germany, Austria), Technical University of M nchen, Fraunhofer, Czech Technical University in Prague, University of Hanover, Annealsys SAS, Ingeteam Power Technology SA.

SPEED的目標

歐盟資助的計畫SPEED，其宗旨在提高固態變壓器（SST）的性能。將要特別注重三個方面：

1. 新的SST型態，包括那些從模塊化多電平轉換器（Modular Multilevel Converter, MMC）來源的研究。修改傳統MMC包括中頻變壓器在元件水準上模塊化、可控性和可靠性。此外，MMC提供了動力傳輸的端口，打開了實現多端轉換的可能性。由於MMC的模塊化性質，高電壓則不是主要的要求，因此1.7kV的SiC功率元件原則是足夠的。SiC元件的主要優點是它們的開關和熱性能。更多功能正在研究開發當中。這些包括：

- 故障容差：自我修復，額外的。
- 安全和過電壓/過電流保護
- Statcom（靜態型無效電力補償器）的功能：諧波，失衡和無功補償

2. 使用SiC元件於存在矽基的SST型態：

- 新碳化矽功率元件在SST效率上的影響。由於其出色的開關性能，相對於以SST作為基礎的傳統矽元件，SiC元件大大

降低了開關損耗。

- 驅動程序的設計。許多最近開發出新的SiC元件不能被認為是一個直接簡易替換於現有應用的矽元件，其原因在於不同水平的電壓和電流的接通和關閉。因此，必須為這些新的元件設計特定的驅動器和控制器。
 - 切換頻率和動態響應：增加開關頻率以減少所需的被動元件同時改善動態控制回應（高寬帶）。這是非常重要的；例如，它可以將SST能力提高以提供諧波補償。
 - 在SST額定電流值和電壓上，新型碳化矽功率元件的影響。碳化矽可能可以減少水平二極體箝位的多層型態的數量，原因在於其較高的擊穿電壓。注意降低級別的數量會簡化結構和功率轉換器的控制是很重要的，但它可能對波形和過濾的被動要求產生不利的影響。
3. SST採用中頻電磁式互感器（材料和設計）的優化。需要用於提供電隔離，以整體的轉換器，電磁變壓器的工作頻率範圍會比在基於矽的設備的傳統的SST的情況下更高。因此，如鐵氧體的材料和非晶合金鐵芯變壓器應在此應用上被考慮。

延伸閱讀

- S. Falcones et al. “Topology comparison for Solid State Transformer implementation” Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE pp.1-8 25-29 July 2010.
- A. Abedini et al. “A novel topology of solid state transformer,” Power Electronic & Drive Systems & Technologies Conference (PEDSTC), 2010 1st pp.101,105, 17-18 Feb. 2010
- X. She et al. “Performance evaluation of solid state transformer based microgrid in FREEDM systems,” Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2011, Twenty-Sixth Annual IEEE pp.182-188, 6-11 March 2011.
- D. Peftitsiset. al. IEEE Transactions on Power Electronics 27 28 (2012)
- W. Gangyaoet.al. “Comparisons of 6.5kV 25A Si IGBT and 10-kV SiC MOSFET in Solid-State Transformer application,” Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2010 IEEE ,pp. 100-104, 12-16 Sept. 2010
- J. Wang et. al. “Comparison of 10-kV SiC power devices in solid-state transformer,” Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2010 IEEE, pp.3284-3289 12-16 Sept. 2010

更好的高效率 太陽能電池模型

考慮反射和光子回收機制的解析模型可以準確預測元件特性。

BY MATTHEW LUMB from the GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY and
THE US NAVAL RESEARCH LABORATORY, ROBERT WALTERS from
the US NAVAL RESEARCH LABORATORY and MYLES STEINER
and JOHN GEISZ from THE NATIONALRENEWABLE
ENERGY LABORATORY

許 多在太陽能產業的研究人員都追求一個共同的目標 - 亦即開發出一種可以提高光伏發電效率的技術。這的確是一個值得追求的目標，因為如果一個光伏元件可以從太陽的光芒中萃取更多的電能，則太陽能發電就有可能更加經濟實惠，從而提高銷售數額並且達到更有利的規模經濟。

有幾種可以提高光伏元件效率的方法。其中之一是在實驗室裡設計和評估新的元件結構，而另一種方法是建立新元件的模型以檢驗它們是否具有更佳的特性。在實際狀況中，混用這兩種方法的結果往往是最好的，也就是藉由模型預測元件的特性並以實際的元件測試結果驗證新元件的能力。

不論使用何種材料來組成傳統的太陽能電池，最

終元件的發電效率都受到一個基本機制所限制：輻射再結合。此機制遵循光的吸收和發射過程的相互作用，如果所有可能的損失機制都完全被抑制，則最後我們可以得到一個完美的太陽能電池，事實上它也是一個完美的LED。

多年來眾人都很清楚此一完美的LED和太陽能電池之間的關係。1950年代諾貝爾獎得主之一物理學家William Shockley和其同事Hans-Joachim Queisser共同推導出太陽能電池的效率極限。其發展之模型僅考慮電子電洞對在能帶與能帶之間的輻射再結合效應，並且假設所有其他過程都是符合理想狀態。現今的光伏產業研究人員廣泛採用此一模型，因為它的優點之一是它可以用最簡單的方式比較出各種競爭技術的潛力。然而在現實世界中，

CS 精選 ◆ CS Features

太陽能電池的效率很少會接近理想值。其轉換效率會受到光學損失、非輻射再結合效應以及電力轉換等等損耗，使得此Shockley-Queisser極限其實是一個被大幅度高估的理想值。

因此眾人都殷切期盼能夠有一個更接近實際情況的模型，因為它可以幫助研究人員改良太陽能電池。這尤其對III-V族太陽能電池而言更是需要。受惠於磊晶、加工和光學管理技術的進步，它們的效率比其他材料系統更接近理論極限。在太空中，這些光伏元件搭配以鍍製成的元件可提供衛星所需的電能，並且當陽光照射在這些光伏元件上的時候，還利用反射鏡或透鏡將光源射入發電系統的核心以達到數百倍以上太陽輻射效率。

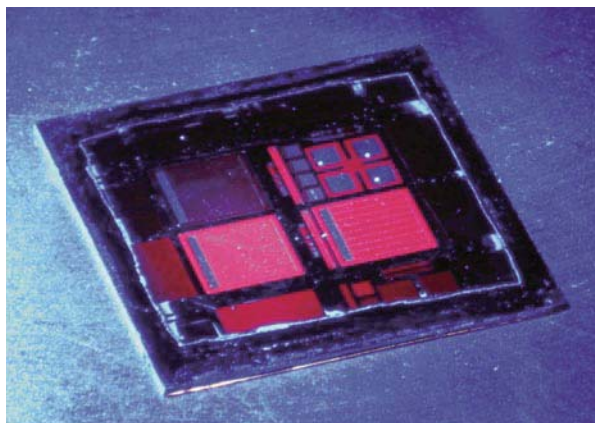
在1970年代，Harold Hovel和Jerry Woodall提出更複雜的模型，其模型可以更好地解釋單界面光伏元件的特性。這兩位研究人員隸屬於IBM位於紐約Yorktown Heights的研究實驗室，他們開發出一套基於漂移-擴散機制的解析模型，可涵蓋所有實際元件可能遭遇的效率損失因素（請參閱「Hovel和Woodall模型」一文以了解詳細內容）。

然而這個模型還是不夠完善，因為它沒有考慮到在光伏元件中使用高反射率的背面反射鏡會增加光伏元件的吸收能力，並且增強光子回收（recycling）效應對產生能量的貢獻。一套更完整的模型應該包括相干（Coherent）和非相干光（Incoherent）的影響。例如背面反射器的貢獻，它會提高光子吸收的可能性；此外新的模型也應該考量光子回收效應的影響。該效應是指光子從材料中自發性地射出之後，又通過輻射再結合的方式而被再吸收的過程。

過去曾經利用數值方法建構一套包含所有上述效應的數值化漂移-擴散模型。必須將所有的參數都加以考慮才能夠準確模擬今日最佳的元件特性。這些特性都非常接近理論極限。

這些數值化模型的優勢包括彈性和精確度。但這些優點也伴隨一些缺點需要予以權衡，而那些缺點也可以經由考慮更多光學效應的解析模型來加以解決 - 我們來自美國海軍研究實驗室、喬治華盛頓大學和國家可再生能源實驗室（NREL）的團隊已經率先採用了這套方法。

我們開發的解析模型的特點之一是它避免使用先進的數值技巧以解決網格的邊界值問題，因此這個模型是很容易去開發的。更重要的是，此解析模型針對太陽能



一個GaInP光伏元件在藍光照射下發出光芒，這是因為背面反射器增強光子回收效應的結果。

電池內部工作原理提供了一個極佳而且也是直觀性的了解，因為它將元件內部各個不同區域進行單獨的解析。只要我們能夠滿足該模型所依據的假設，則上述的一切都是可能的並且同時提供相當精確的數值模型。

迄今為止，我們的工作還僅限於單界面元件的模型建立。然而它應該可以擴展到多界面元件的領域。這有需要修改模型以加入發光耦合效應。此效應是指當上端元件發射光子時，會使下端元件也產生光子的機制。

處理多重反射...

為了考慮光伏元件背面鏡所引起的多次反射效應之影響，我們在此漂移-擴散模型中加入激發功能的參數。我們能夠在吸收區域將多條反射光束予以加總而得出此太陽能元件在各點的能量產生功能的簡潔解析式。此解析式可以被導入該漂移-擴散模型加以計算，並以類似原來的Hovel和Woodall模型的方式加以解答。請注意，這種方法可以應用在來自背面反射器的相干和非相干反射。

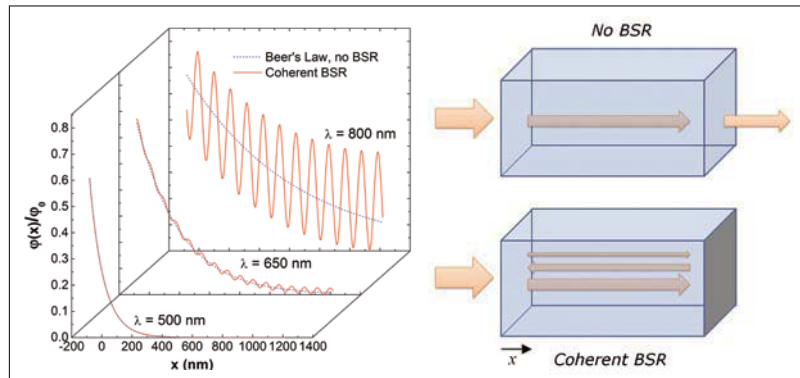
我們可以藉由GaAs吸收器搭配相干性金背反射器的結構，簡單說明這種方法（參見圖一）。短波長的光會被GaAs大量吸收，所以激發功能類似於Beer's law - 也就是說當光通過物質的時候，它的強度會呈現指數下降。但假如波長接近GaAs的能帶隙，則這個定律便失效，同時此激發功能也不精確因為GaAs已經變成一種半透明物質。在這樣的波長區域中，太陽能電池的作用遵循Fabry-Perot的腔體理論，整體而言其正向和反向傳播的場干擾提高被GaAs吸收的光子密度。這因此導致光電流的上升。

在薄GaAs同質接面太陽電池中加入金反射鏡會導致其外部量子效率顯著增加（參見圖二，顯示此模型可以藉由捕獲由背面反射器所產生的相干性光學效應而複製實驗結果）。然而，這些實驗用的元件並沒有在正面加上抗反射塗層，因此有大約30%的光由正面散逸消失。因此，在本例中的背鏡太陽能電池的效率還不到超高的程度。

這些光伏元件一開始是在GaAs基板上以MOCVD生長磊晶層。在後處理製程上，如果在基板的背面沉積背面金屬，則此具有吸收能力的厚基板將成為一個光子槽（sink），會吸收任何由內部發射的輻射（這是圖二中結構1的情況）。

我們可以藉由移除基板而直接在磊晶層的背面沉積此鏡面結構以製作出一個具有高反射率的背面接觸。此一創新的製程技術是在2007年時率先由NREL實現，其太陽能電池的製造方式是顛倒過來的。先形成上方層最後才形成背面層。這些層次在後來的後製程中被重新定向以構成另一種結構。其太陽能電池的背面是可接觸的，再將一種高反射率金屬或電介質-金屬鏡沉積在該成長層上（這是圖二中結構2的情況，以此法形成之元件如圖三所示）。

製造這類光伏元件的方法是將磊晶結構鍵合到承載晶片上，如矽或軟性塑料，然後再除去原始的基板 - 例



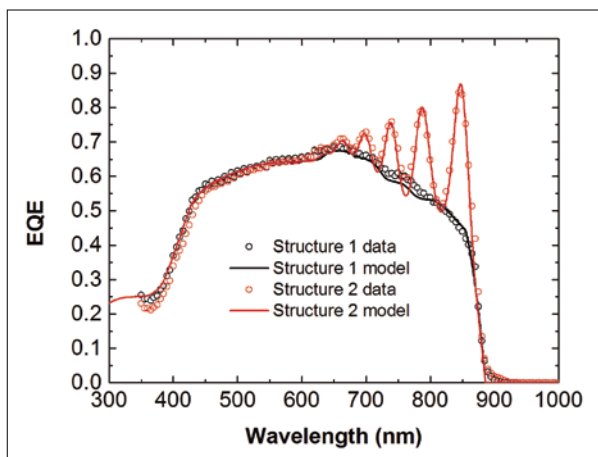
圖一：考慮光伏元件內光學效應的激發模型。此改良模型適用於當金反射鏡被放置於光伏元件的背面因而得到一個相干性的背面反射器（back-surface reflector, BSR）。

如靠濕式化學蝕刻法。不過也有其他技術可以保留基板還可以回收再利用。去除基板後的磊晶層會被繼續加工成具有上端接觸點的太陽能電池元件。

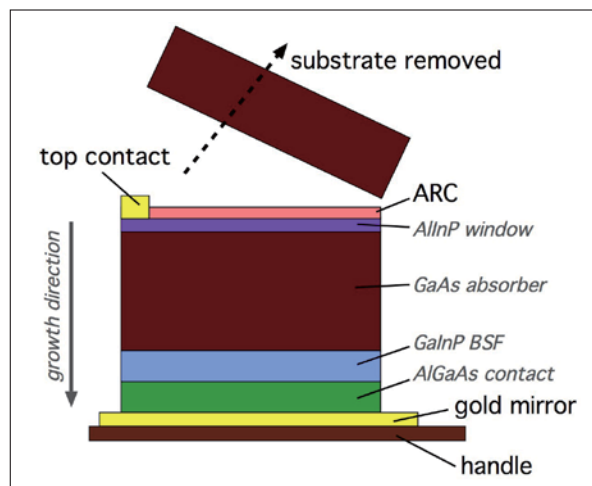
...和光子再利用

除了多次反射，其他可顯著改良Hovel和Woodall的解析模型的因子是將光子回收的機制納入考慮。對一個完美的光伏元件而言，所有射入上表面的太陽輻射都要被完全吸收。為了讓該元件產生電力，必將發生輻射再結合效應，而這種損失是無可避免的。但是在理想元件中所有非輻射過程都可以忽略不計，並且所有由輻射再結合所產生的光子都只能通過其上表面逸出。

當光伏元件正在發電時，實際上也同時發生許多再結合作用，因此在上述吸收體內部會有朝任意方向發射的光子。在理想的情況下，大多數的光子會被回收並且



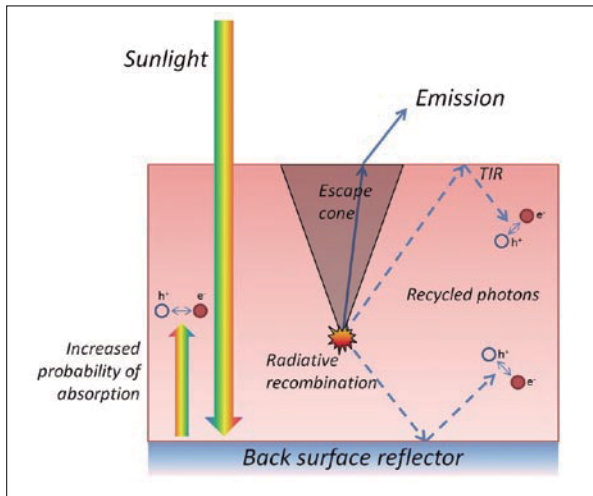
圖二：兩個同為1毫米厚的砷化鎵太陽電池其外部量子效率的模擬值與實驗值：結構1不具有背反射器，而結構2具有一高反射率的金背反射器。需要注意的是，外部量子效率的計算方式是入射光子被捕獲並轉換成一個在外部電路的電子的光譜解析機率。



圖三：一個倒置的成長過程可以使反射鏡直接定位在光伏元件的下方以增強對光的吸收能力。這種方法的另一個優點是它的基板可以再利用。

CS 精選 ◆ CS Features

圖四：如果光子回收的作用是理想的，那麼不被吸收的光子只能穿過上表面逸出；所有其他的光子會被回收以產生新的電子-電洞對。加入一個背面反射鏡可提高入射的太陽光在元件內部被吸收的機率。



激發出新的電子 - 電洞對（見圖四）。

加裝背面反射鏡讓我們有機會實現此一目標，該背面鏡可以避免光子藉由電池的背面逸出，也因此提高外部輻射效率。

光子再利用的後果之一是輻射再結合的淨效率降低。或者我們用另一種方式陳述此機制 - 當光子再利用的次數增加時，少數載子的輻射壽命會變長直到被外部輻射效率所限制。然而，如果光子回收可改進性能，那麼最重要的機制就是材料內部的輻射效率 - 亦即具有輻射性之再結合事件之比例 - 應該接近於一。當這種情況發生時，少數載子的淨壽命會因為光子回收而提高，因此拉長它們的擴散距離。

今日的III-Vs元件，因為材料的品質非常好，所以光伏元件在操作時具有非常高的內部效率。在這些元件中，由太陽能電池所產生的電壓是光子再利用機制的重

要指標。該機制會影響再結合效率，也因此與暗電流 (dark current) 有所關聯。

在我們開發的模型中，針對捕捉光子回收機制（見「在解析模型中考慮光子回收機制」）的努力幫助我們了解將太陽能電池外部輻射效率極大化的重要性。受此動機影響，我們的團隊成員在NREL已經開發出一套針對常規同質接面太陽能電池的重要修改：也就是厚射極（thick emitter）的觀念。

傳統高效率III-V電池的架構是以一層薄的高摻雜n型（射極）層，覆蓋在一層厚的且低摻雜的p型（基）層上。短波長的光具有較短的穿透深度，因此大多會在射極層被吸收。而較長波長的光則主要在基極層被吸收。相比之下，我們新的設計採用較厚且中度摻雜的n型射極層覆蓋在較薄的P型基極層上，從而產生高外部輻射效率。

有幾個原因可以解釋為何增厚射極層可以提高性能。第一，只要少數載子的擴散長度顯著超過準中性區的厚度（這對太陽能電池而言是必要的，因為可以提高少數載子的萃取效率），採用厚的且低摻雜的n型層結構可以比厚的且低摻雜的p型層結構達到更低的擴散電流，原因是少數電洞的擴散率比少數電子低。

另一個使我們這個新結構的效率增加的原因是幾乎所有厚射極結構的光電流都是由射極產生的，因此，元件的特性與該層少數載子的壽命高度相關。我們可以藉由優化射極的摻雜濃度以確保高質量的材料品質以及接近於一的內部效率，並且具備足夠長的擴散長度以有效收集少數載子。

Hovel和Woodall模型

在1970年代，Hovel和Woodall針對單結太陽能電池提出基於漂移擴散機制的解析模型，這是有關太陽能電池效率的重要科學貢獻。

該模型是根據一項事實，就是一般的p-n同質接面太陽能電池的典型工作模式是在低注入（low-injection）區間，同時其載子數量可以用Boltzmann統計公式加以清楚地描述。根據這些近似，在準中性吸收區少數載子的擴散問題可以得到解析解。元件所產生的光則是依據Beer定律所述，該定律可近似厚同質接面的光學現象。將各篇文獻中所披露的光學常

數、半導體能帶參數、少數載子傳輸特性、非輻射性（non-radiative）壽命和介面再結合機制（interface recombination）等等都帶入此模型中，可以讓我們準確地推測太陽能電池的性能。

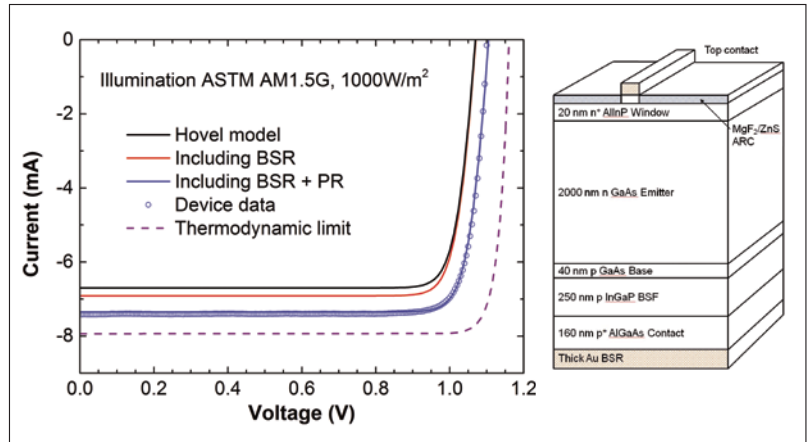
然而，該模型未能說明與光子管理相關的兩個重要因素，這兩項因素對元件能否接近理論極限非常重要：相干和非相干光效應，例如用背面反射鏡以提高光子被吸收的可能性；或是光子回收機制，該機制是光子自然地由材料射出，之後藉由輻射再結合的方式由材料所吸收。

當厚射極與高效率光子回收之構造結合在一起時 - 例如具有非常高的內部效率和高反射率、背面反射鏡等 - 這可能會導致電壓顯著地提升。與此相反，在以往的薄射極結構中，太陽能電池的暗電流和光電流是十分均勻地分佈在太陽能電池的射極、耗盡層和基極區之間，使得我們很難設計出一個既具有高性能又對光子回收效率十分敏感的元件。

藉由模型和實驗方面的結果分析，我們已經確定電壓輸出顯著提升的原因是因為我們在GaAs電池的厚射極上加了一個金質背面鏡（見圖五）。此元件因此可達到27.8%的轉換效率，與目前單界面太陽能電池的世界紀錄差距在3%之內（相對）。該元件的性能已經接近一個理想的砷化鎵電池的理論熱力學極限。

我們使用了各種模型來預測這種厚射極單界面電池的性能。Hovel和Woodall模型因為無法闡釋由於背面多次反射的光學增強效應，以及抑制光子回收機制引起的輻射再結合現象，以致於低估元件的性能。若考慮更接近現實的背面多次反射的電能產生機制，以及同時發生的短路電流密度的上升，則可獲得稍微改善的預測結果。然而這個模型仍然是假設塊體載子壽命值不受光子回收機制的影響，因此射極中的少數電洞的擴散長度為4.3 μm 。

當考慮到光子回收機制後，擴散長度會增加到17.1 μm 而且少數載子的壽命增長。然後我們的模型就可以解釋光電流萃取效率的提升和暗電流下降的現象。這些改進會表現在光電流 - 電壓曲線圖上，其中我們可以



圖五：嘗試用不同模型闡釋一個厚射極且底部具有金質反射鏡的單界面電池的特性。Hovel和Woodall模型未能精確重複實驗數據。加入金質反射鏡（或被稱為背面反射器 back surface reflector, BSR）的多重反射機制可提高計算的準確度，但是不論是BSR或是光子再利用機制都必須能夠重現實驗結果。

注意到增強的短路電流密度和開路電壓。此電壓超過了Hovel和Woodall模型的預測，也告訴我們必須將光子運作的各項機制納入模型之中以開發出更接近理論極限的太陽能電池。CS/Taiwan

● 筆者想感謝海軍研究實驗室的Dr. I. Vurgaftman及Dr. A. Hanbicki。還有J. Adams, V. Elarde, G. Hillier和Microlink Devices Inc的研發團隊。另外包括NREL的D. Friedman, I. García和S. Kurtz，感謝他們提供有益的意見。在NREL的研究是由能源部所支持，其合約編號為DE-AC36-08GO28308，另有部分資金來自尖端電池效率之基礎型計畫。

在解析模型中考慮光子回收機制

藉由一些簡化的假設，或許我們可以用解析模型來說明光子回收的物理機制。這當中最重要原則是吸收與被放射輻射間的相互作用。

當施加偏壓時，我們假設元件中任何一點其Quasi-Fermi Level分離的狀態等同於施加的偏壓 - 這個假設對低注入的典型單界面太陽能電池而言是非常適當的假設。在此假設下，元件內任何一點的輻射再結合率都是相同的；同時逸出太陽能電池的光電流與內部的光電流相關，並且是由Planck方程式以及結構的吸光度所決定。吸光度的定義是光子從外部射入並且被吸收的全部機率，對多層介質而言很容易就能計

算得知。

無法逸出吸收層的光電流比例又稱作光子回收比 [請見論文Asbeck, J. Appl. Phys. 48, 820, (1977)]。它決定太陽能電池中電子電洞對受到輻射再結合效應之影響而降低的現象。這個值與元件的特殊幾何形況有關，另外若搭配非輻射過程之壽命值，則可計算出太陽能電池內吸收層之少數載子壽命。

我們做的最後一個簡化的假設是當處於黑暗中、定電壓時，此時的淨再結合率等同處在光亮區的淨再結合率。這是太陽能電池中常被用到的疊加原理。



氮化鋁基板(AIN)推升 紫外光LED 性能的改善

單晶兼具高品質的氮化鋁 (AIN) 基板強化了穩定、明亮的紫外光 LED 生產，展現優越的波長穩定性

BY LEO SCHOWALTER OF CRYSTAL IS

為了分析和操控DNA，科學家開始藉由測定這個可決定生命的分子純度。純度和濃度的程度可經由測量DNA和蛋白質之吸收而得知，其分別於波長260和280 nm時，在電磁波譜的紫外光區域而有峰值呈現出來。有了這些信息，那麼有可能發現遺傳性疾病，建構出個體DNA的指紋，並且能夠製造像是生產胰島素、抗生素和賀爾蒙產品的基因工程生物體。

通常DNA和蛋白質的吸收測量使用水銀、氬和氬閃光燈來加以施行，這些燈也適合許多其他的成熟市場，

諸如關於那些水和空氣的消毒和樹脂固化。然而，這並不表示那些在紫外線波長橫跨於UVC 280nm到100nm發光範圍之燈具，是紫外光輻射的良好來源：因為這些燈具脆弱、體積大、攜帶不便，而且不是很有效率。

一種對於這些紫外光燈非常具吸引力的方案就是在UVC光譜範圍內發射光線的LED。此種固態光源會是一種有效率、成本效益以及環保之特定波長的替代品。更重要的是，它具有光學上高輸出、壽命長、低功耗和低維護成本的特性。



UVC LED目前已經上市，已在數年前導入市場。不幸的是，最初的产品没能叫好叫座、输出功率偏低，並且可靠度不高。這些弱點阻礙了這項技術的推展。

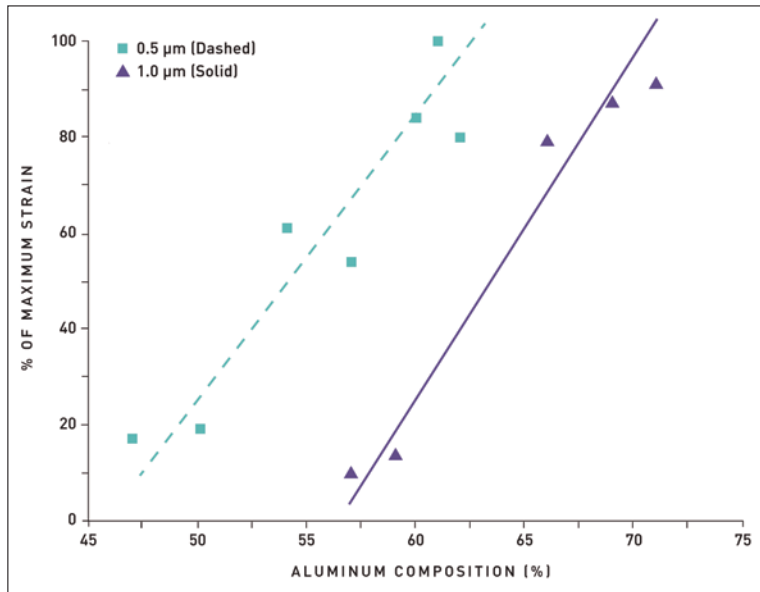
如今，這種情況業已改觀，有比起之前更好的元件面市。紐約Green Island市的Crystal IS的努力帶動了市場的改善，在此我們生產出一整套高性能的UVC LED。這些產品的優勢歸功於其根基 - 高品質單晶氮化鋁。在這種基板上沉積磊晶層，並非沉積在傳統上所使用的藍寶石基板，使得以擬態法(pseudomorphic) 沉積的Al_xGa_{1-x}N

層具有非常低的缺陷密度。成果的元件，於今年年初以Optan旗下品牌首次亮相，採行用於可見光LED製作的方式來加以製成。它們提供領先業界的光輸出、卓越壽命和可靠性以及極佳的光譜品質。

在AlN基板上製作元件

紫外光LED和其可見光同類有若干共通之處 - 兩類都藉由MOCVD方式來加以沉積堆疊的磊晶層，使用AlN / 氮化鎵(GaN/ 氮化銦(InN)材料系統所形成。然而，它們的

CS 精選 ◆ CS Features



圖一：最大應變百分比（擬態，*psuedomorphitic*）為針對不同厚度膜層之鋁組成物的函數。虛線和實線是提供作為個別厚度外觀上的參考。

材料組成不盡相同。對於在可見光或近紫外光中發光的元件，而且滿足了數十億美元的照明產業來說，鋁含量是偏低的，而LED擁有豐富的鎵與銦。為達成紫外光UVC範圍的更短波長，必需使用更多的鋁，一方面按比例減少鎵的用量。

通常可見光和紫外光LED都形成在藍寶石基板上。對於III族氮化物半導體的異質磊晶生長來說，這個根基符合溫度和化學相容性之要求，但薄膜的沉積受制於較大晶格和熱膨脹的不匹配。因而就產生了高密度的缺陷，比起在可見光中的情況，這對UVC LED而言會是個更大的問題，因為當發光波長變短時，則缺陷會對內部量子效率產生較大的影響。

藉由採用新穎的磊晶生長技術，有機會減少在藍寶石基板上GaN UVC LED的缺陷密度。然而，經由轉成在AlN基板上用擬態法生長的高鋁含量氮化鋁鎵（AlGaIn）層可獲得更大的益處。為了實現這一點，我們已經開發出一種生長高品質AlN大直徑單晶柱的技術；和開發出在此類單晶基礎上，獲得高品質的AlGaIn擬態生長技術。

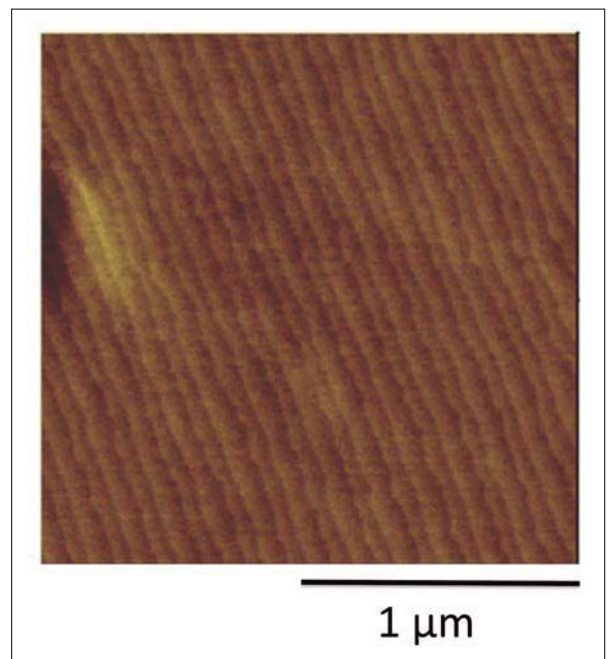
在此我們將著眼於說明我們所努力處理的挑戰 - 於AlN基板上AlGaIn用擬態法生長（注意到，在多篇論文論述到由本團隊所製成之高品質AlN的單晶柱，可以參閱 Structural and Surface Characterization of Large Diameter, Crystalline AlN Substrates for Device Fabrication（發表於 Journal of Crystal Growth 310 887（2008）））。

我們所發展的AlGaIn-on-AlN的成長製程肇始於一個專案，用以決定諸多基板的擬態法限制。我們進行了針對n型的Al_xGa_{1-x}N層使用不同組成物和厚度的各種生長實驗。這導致了一系列膜層之沉積 - 從幾乎完全鬆弛到完全緊繃（參見圖一）。

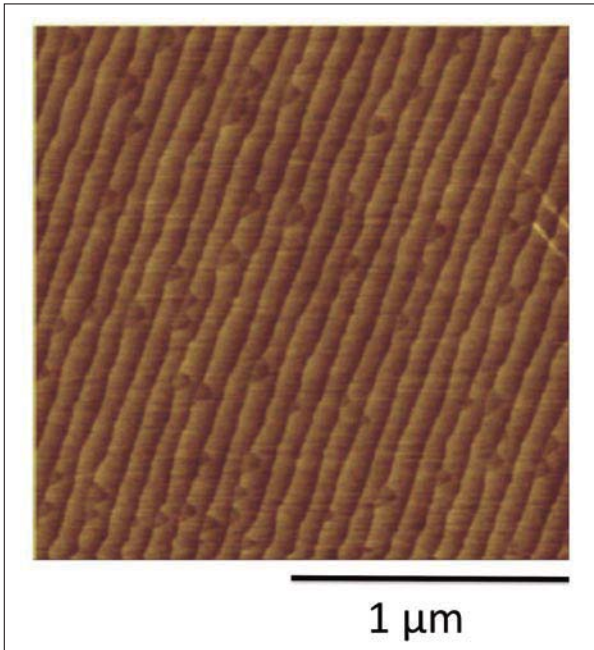
這系列的實驗確定了，如果鋁含量為60%左右的話，膜層可以充分地擬態生長達0.5毫米厚；而倘若鋁含量高達70%的話，厚度為1毫米的膜層可以用擬態方式來形成。擬態生長的最大優勢在於它不會導致失配差排的產生，因此也不會產生新的線差排。因此，有可能生長出與起始基板的線差排密度可比擬的厚度膜層。備有了在AlGaIn薄膜研究所發現的資訊，我們可以確保在異質磊晶期間少有差排的產生。

為了實現高品質的磊晶結構（epi-structures），我們製作了具有光滑表面的n型Al_xGa_{1-x}N，以便在p-n接面和較薄主動區域建構清晰的界面。藉由表面粗糙化的實驗以及優化調整在Al_xGa_{1-x}N當中鋁含量比例，我們發現到，Al_{0.7}Ga_{0.3}N層能夠沉積出具有非常光滑的表面（見圖二）。根據原子力顯微鏡觀察，這些膜層在2×2 mm²面積上典型地呈現出擁有原子級平滑表面之階梯狀（step flow）生長圖案。

把Al_{0.7}Ga_{0.3}N整併到LED的最大挑戰之一是，會造



圖二：由原子力顯微鏡所觀察到由擬態成長Al_{0.7}Ga_{0.3}N的階梯狀（step flow）生長影像圖。粗糙度均方根值僅有0.1 nm，以及影像的高度範圍為1.7 nm。



圖三：由原子力顯微鏡所揭示出UVC LED結構之沉積過程中的階梯狀 (step - flow) 生長。粗糙度均方根值僅有0.2 nm，以及影像的高度範圍為1.6 nm。

成低導電性的問題。當鋁濃度增加時，導電性有降低的傾向，這主要是由於移動率降低以及在導帶中施體的較高能階。然而，藉由調整摻雜位階和膜層生長的條件，有機會增加到適合整併LED結構之導電性的程度。

我們已經生產出LED，它含有高鋁含量之電子阻擋層，p型Al_xGa_{1-x}N電洞注入層和p型Ga_n接觸層。由於較低的表面粗糙度，如原子力顯微鏡所驗證（參見圖三），配合有低缺陷密度，這些元件提供了非常優秀的

性能。這唯有在元件具有低缺陷密度時才有可能的，因為這些缺陷會引致隨著注入的載子而產生熱，並非紫外光發射的非輻射複合。

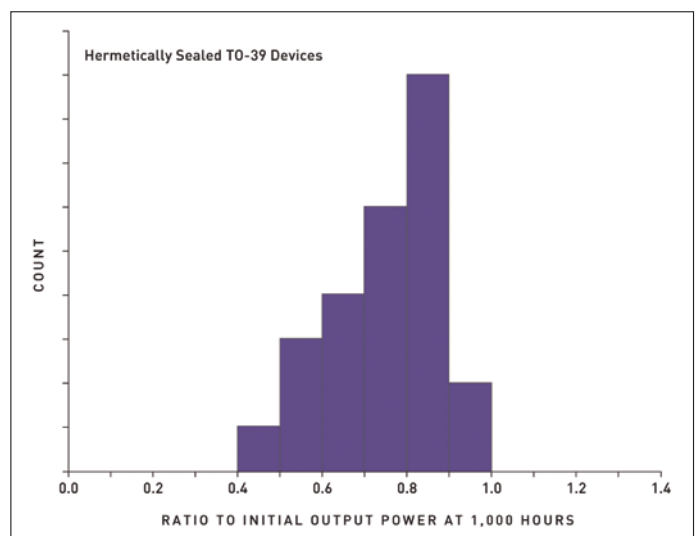
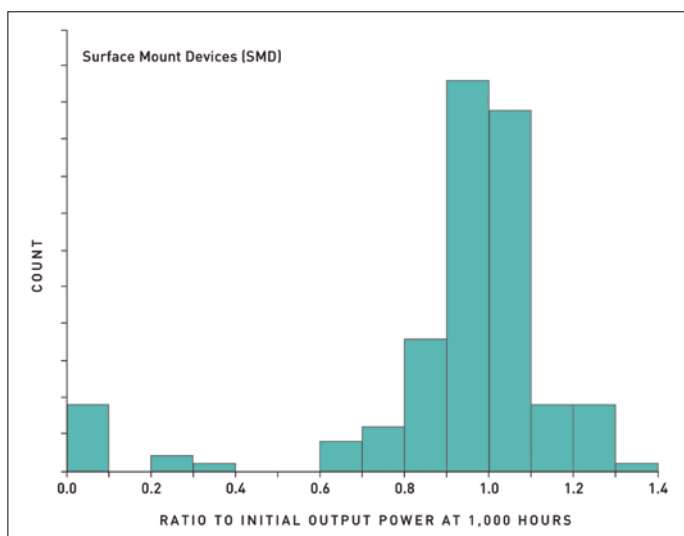
降低缺陷率和施行較高的內部量子效率並非優秀性能的絕對保證 - 為達到目標，光子也必須以高效率方式從晶片來擷取。這不可等閒視之，因為氮化物半導體的折射率相當地大，對光子擷取會導致相對較窄的逃逸錐 (escape cone)。如果光子以大於逃逸錐的角度接近半導體 - 空氣界面的話，會經歷完全內部反射，有可能的是，在被吸收之前多次反射帶著光子到逃逸錐內。

為了盡量減少光子在紫外光LED之內被箝制和失去的比例，我們採用了多種擷取技術。這些用於增加可見光LED輸出的標準技術已經過調整，專用於紫外光發射器所用材料的製程上。

具備更佳更明亮的元件

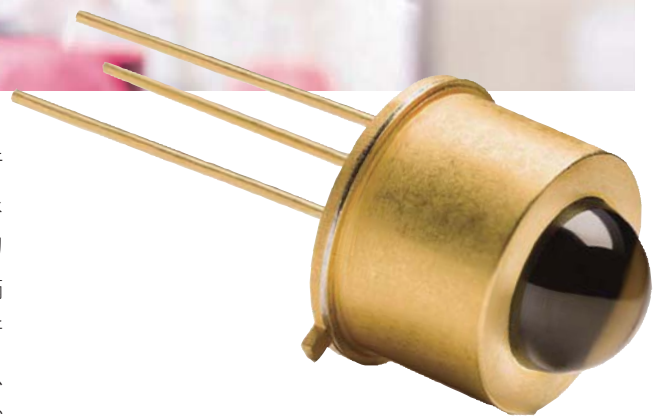
成果的元件結合高亮度與優秀的可靠性。在引線支架封裝中170顆LED上的光學測量以100mA驅動電流條件於連續波 (CW) 操作下運行1000小時，顯示出中間的LED發射出恰好超過其初始輸出的97%（參見圖四）。

只有21個元件，等於樣本尺寸的12.4%，於1000小時後放射出低於40%的初始輸出。當中的多數在測試結束之前沒有放射光線，肇因於接觸金屬化或封裝的故障。分析失效元件發現腐蝕和金屬遷移，通常是由於環境條件使其惡化。令人鼓舞的是，一個有40個元件密封於TO-39封裝的樣品中沒有顯現出這類性質的故障。



圖四：容置於一密封TO-39封裝之UVC LED，如在右側圖中的元件，防止在100mA的驅動電流下經過1000小時連續波操作之後的元件故障。

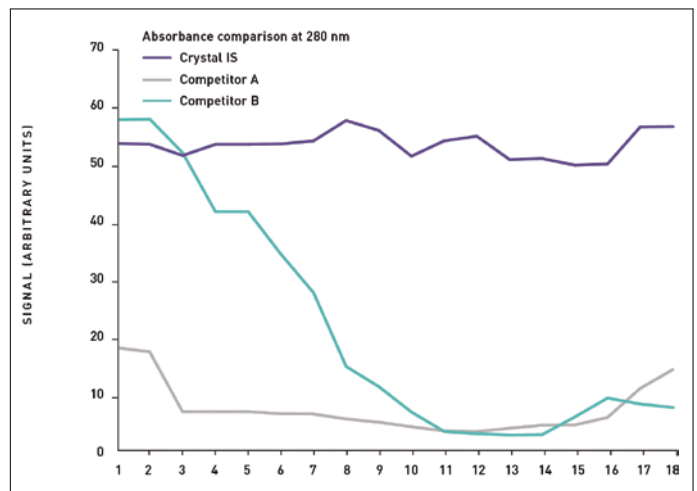
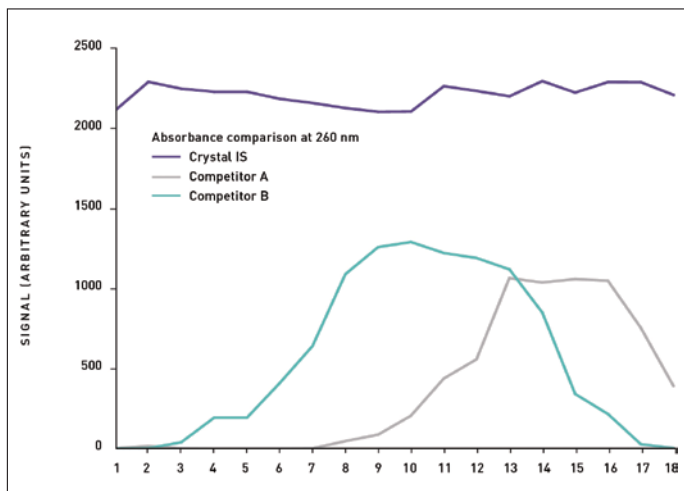
CS 精選 ◆ CS Features



這些結果顯示出，單晶的氮化鋁基板可使得元件更為明亮和可靠的。但是，還不只如此：這種優越的根基也造就出發光更一致的發射波長和發光峰值精確度的LED，而不犧牲效率的增益度。這意味著它們更適合於滿足那些希望測定樣品純度和濃度的需求，諸如DNA。所增加的光輸出穩定性 - 確保了一致和重複的測量 - 可以在試驗中比較我們的LED與其他晶片製造商所生產的UVC LED而一見分曉（參見圖五）。這些調查彰顯出本公司LED在波長為260nm和280nm的峰值穩定性。

我們戮力於發展AlN基板將持續下去，進而在UVC

LED的性能上應更上一層樓。追求發展更明亮，更可靠的元件，而且可由紫外光LED加以解決之應用數量將繼續上升。CS/Taiwan



圖五：歸功於高品質的單晶AlN基板，在Crystal IS公司所產製之UVC LED的波長穩定性凌架於競爭對手的元件。

AD INDEX

Compound Semiconductor / Taiwan No. 14 (2015年第1期)

Advertiser	Page
COMPUTEX TAIPEI 2015 2015年台北國際電腦展	封底
CSI International Conference - APP	P11
CSI International Conference - Early Bird	P9
CSI International Conference - Speaker Announced	P12~16
IQE	封面裡
LED Taiwan 2015 2015 LED製程展	P3
PHOTONICS FESTIVAL in TAIWAN 2015	封底裡
TAIWAN INT'L LIGHTING SHOW 2015 2015台灣國際照明科技展	P5

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: 02-2396-5128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: michael@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

Germany (德國)
Eileen Hohmann
Senior Marketing Expert
ISRA VISION AG
Industriestr. 14
64297 Darmstadt
E-mail: ehohmann@isravision.com

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

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

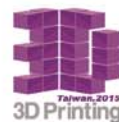


Nano Taiwan
奈米科技展

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



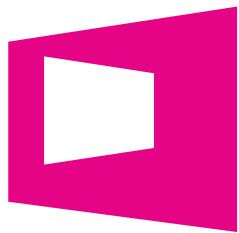
Organizer



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!



See you JUNE 2-6

COMPUTEX TAIPEI, since its founding in 1981, has soared with ICT to become the hub of the industry to shape the future. This mega event is where ideas become products to inspire even greater advances.

www.ComputexTaipei.com.tw

Venues

Taipei World Trade Center Nangang Exhibition Hall
Taipei World Trade Center Exhibition Hall 1 & 3
Taipei International Convention Center (TICC)



Organizers: TAITRA TCA



Tel: +886-2-2725-5200 Ext. 2634
E-mail: computex@taitra.org.tw
Fax: +886-2-2725-3501