



R&D 100 Awards的榮耀

AC LED 照明技術新指標

歷經四年的發想、討論、研究，由工研院電子與光電研究所研發的「晶片式交流電發光二極體照明技術」(On-Chip AC LED Lighting Technology)，於日前榮獲有產業創新奧斯卡獎之稱的「R&D 100 Awards」。這項殊榮所代表的，不只是工研院全新獨創的LED技術受到國際肯定，特別是對於台灣的LED產業，更開創了無可限量的未來。

文 魏茂國 攝影 許育愷

由美國著名科技雜誌 R&D Magazine 自 1963 年起所創辦的「R&D 100 Awards」，每年由全球上千件的創新技術中，依顯著科技突破性、創新獨特性，以及應用實用性等項目進行評比，選出當年 100 項具有重大創新意義的商品化技術。參選及得獎的單位，不乏美國太空總署 (NASA)、國家級實驗室、重要科技大廠等機構，因此受到國際科技研發領域的重視與推崇。

許多現今看來隨手可得，或是已經成為我們生活中一部分的產品，過去都曾獲得 R&D 100 Awards 的表彰。像是 Polacolor 膠片 (1963)、迴旋閃光燈 (1965)、自動櫃員機 (1973)、傳真機 (1975)、液晶顯示器 (1980)、印表機 (1986)、Kodak Photo CD (1991)、尼古丁戒菸貼 (1992)、Taxol 抗癌藥 (1993)，以及高清晰度電視 (1998) 等。

站在趨勢浪頭上的 LED

「晶片式交流電發光二極體照明技術」(簡稱 AC LED) 能夠獲得 R&D 100 Awards，顯見其技術之獨特性與實用性。事實上，從近來熱門的節能減碳議題，或是照明技術與市場的趨勢，LED (Light Emitting Diode，發光

二極體)都可說是當中最令人矚目的產品之一。

特別是包括我國等許多國家，都已宣布自2010年起逐步停止生產及使用白熾燈泡，而具有省電、環保(不含汞)、壽命長、亮度高、反應快、體積小等優點的LED，就成為一項不可或缺的選擇，更不難想像LED將成為未來照明的主流，同時還能減少能源消耗與環境污染。

儘管目前LED的價格仍高，不利於擴展照明市場，但在手機與電視、電腦螢幕等背光源的應用上，LED卻已躍升為主角。不過，較不為人知的是，傳統上LED的基本特性，是屬於單向的直流電(DC)操作，也就是需要以DC的電流使其發亮，這和一般室內所採用的交流電(AC)型式，有著極大的差距。

為了使LED能夠在交流電下正常運作，必須藉由變壓器與整流器等轉換設備，將AC電源轉為DC來驅動；但不論是另外連結轉換器，或是將轉換器嵌入產品中，都會增加產品的體積、重量與成本，相對地也會造成額外的電力耗損，而這些轉換設備的耐用度通常也不如LED來得高。

以AC操作為起點

LED在台灣的發展已逾三十年，將LED做為照明燈源的想法，也在產業中談論已久。但是一盞燈具若還需要透過DC的設備與操作方式，不僅和向來的使用習慣及室內環境不同調，對消費者而言更是增添使用上的不便。

除了電流的問題外，傳統的DC LED是焊接在各種不同材質的基板上，假使要更換LED，就得解焊後再重新安裝，更不用說有些高功率的LED，還得動用到更大型複雜的設備才能處理。相信即使是在擁有許多工具的廠房裡，也很少人會為了一顆普通的燈源而大費周章，更不用說是在家中或辦



公室這類的場所，這也形成了LED欲進入照明市場的障礙。

「是否可能將LED變成直接插電，換裝方便的家用照明設備？」這樣的想法在工研院電光所光電元件與系統應用組光電元件製程及封裝部專案經理林明德參與了一項關於照明的研討會，並與組長朱慕道及副組長葉文勇等人進行思考與討論之後，逐漸形成一個可行的研發目標，並開始著手進行「可以用AC操作」的AC LED研究。

全新的技術概念

雖然工研院並不是第一個，也不是目前唯一想出以AC來操作LED的機構，但就AC LED來說，在概念上卻是個全新的技術。葉文勇表示，過去以DC操作的LED晶片，只能承受二至四伏特的電壓，這種條件與交流電源動輒上百伏特相去甚遠；為了能夠承接交流電源及較高的電壓，AC LED是在一片LED晶片上切割成許多微小的LED。

如此「on-chip」的方式，就是將AC操作的功能集中在單一的LED晶片上，外表看起來也和原本的LED晶片差異不大。葉文勇指出，以往亦有直接將許多顆LED連接起來的類似技術，但不只體積大、封裝成本高，還會有發光閃爍等狀況。由此看來，可用AC操作的on-chip AC LED便有了極大的優勢。

另一方面，傳統LED的封裝方式，同樣是以DC的角度出發，沒有因

ITRI AC LED與DC LED照明應用比較表

光源形式 比較項目		20W 鎢絲燈	5W DC LED	ITRI 5W AC LED
光源 效率	總光通量lm	250 lm	250 lm	250 lm
	光源效率lm/W	12.5 lm/W	50 lm/W	50 lm/W
	輸入電源	AC110V/180mA	DC3.5V/1.5mA	AC110V/50mA
燈具 應用	燈具效率%	60%	85%	85%
	功率因素 (用電效率)	100%	30-70%	85-93%
	電路效率	100%	30-85% (因加裝定電 流電路等而降低)	95%
	電路成本	低	高	低
	熱管理組裝	無	鋁基板	熱插拔
	造型設計	無加裝散熱裝置問 題，可做造型設計	使用鋁基板體積大， 不易做造型設計	採熱插拔方式，狀似 燈泡，可做造型設計

資料來源：工研院電子與光電研究所

註：該比較項目中，表現最差的光源形式，以粉紅底色表示。



應高壓以及光、熱等方面的考量；在以AC操作時，這些問題就一一浮現了。傳統設在基板上的LED只能有單面導熱，為提高散熱的面積，AC LED採用的是立體凹槽的設計，可大幅增加散熱的安全性，雙向導通的特性亦不會累積靜電。

符合日常使用習慣

更重要的是，立體設計的AC LED底部是可插拔的型式。林明德表示，一般燈泡損壞更換時，只要卸下後換上一顆新的燈泡即可，而AC LED的可插拔設計，同樣是拔除舊的、再插上新的即可，還不需區分極性，和平時的使用習慣相同，也不需要像傳統的LED設計，當有部分零件損壞時，必須將整組換掉，相當浪費。

同時，燈具講求的是多變的造型，因此光源也必須能在3D的曲面上照射。林明德指出，經過3D立體化的AC LED出光面多，只要在燈具上留有供AC LED的插拔接頭，無論燈具長得如何，只要最後再將AC LED組裝上就可以使用，讓燈具的造型設計不會受限，而且更為簡單、自然，不需像傳統LED般要安排出許多空間來置放。

林明德還說，LED本身的特色在於結構非常簡單，因此也只能用很原始的方法，在不增加其他手續與元件的情況下，來達成光學或導熱等設計上的目的，否則就容易提高成本，所以是個很大的挑戰。此外，AC

工研院電光所研發團隊的努力不懈以及主管不放棄的支持，造就AC LED為產業創造新價值的機會。
圖左起：工研院電光所組長朱慕道、所長詹益仁、副組長葉文勇、經理林明德。

LED的電路設計就如同保險絲般，即使是電壓過高燒掉，也只是不亮而已，不會有爆裂的狀況，安全系數較傳統LED更高。

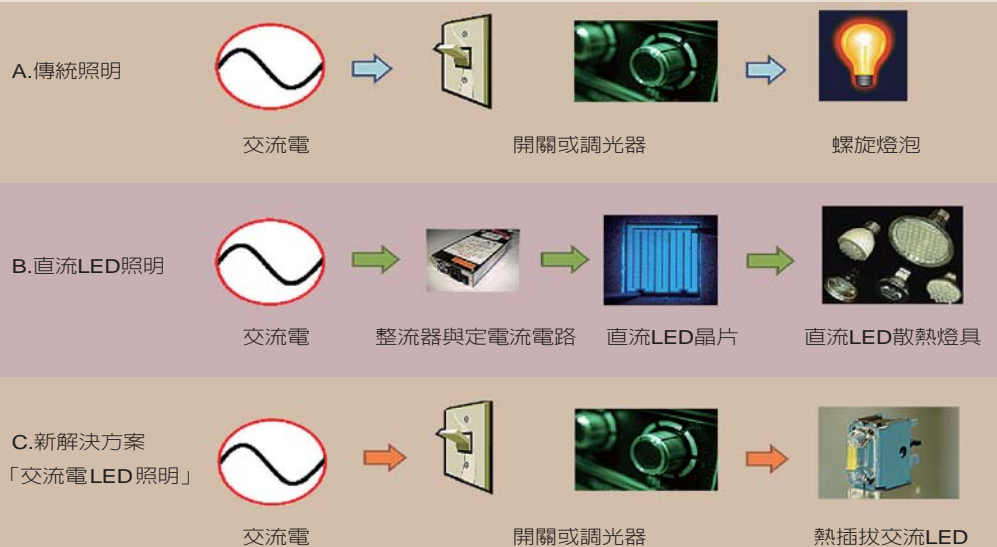
若是將AC LED的技術，運用在背光源的用途上，同樣可以省去多餘的轉換電源設備，直接就能接上AC電源使用，並且達到LED原有的節電效果。於戶外使用時，像是廣告看板、交通號誌等，因為使用的是AC電源，電力傳輸距離也較長。從AC LED的特性，確實可以看出比傳統的LED更具應用性的價值，探究更深層的原因，這些價值還來自不可或缺的專利布局。

專利布局掌握發展關鍵

隨著AC LED的基本概念逐漸落實，研發團隊也開始發覺AC LED在專利上的發展，將會是個絕佳的機會；因此幾乎同步地，AC LED的研發時程與專利布局並駕齊驅，成為整體計畫的重點。

朱慕道認為，技術發展如果只是追隨，不僅受限於專利，做出來的東

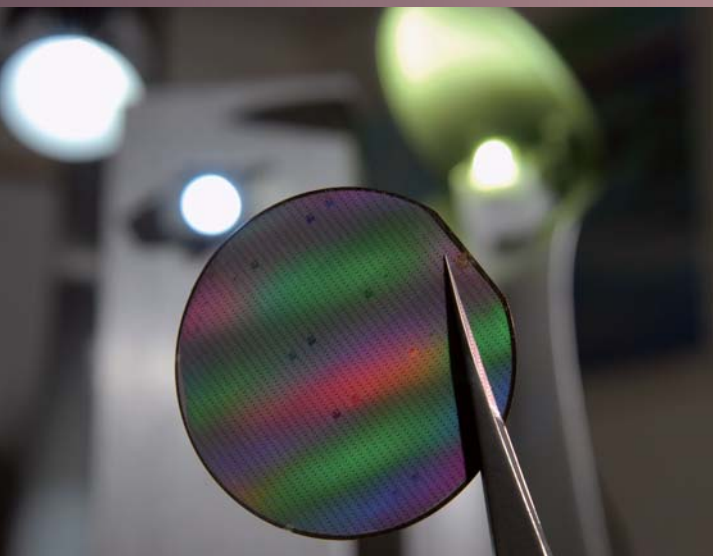
工研院AC LED與傳統、直流LED照明比較圖



AC LED技術特性

- 交流電LED不需要外加整流器與定電流電路
- 低驅動電流：減少電路消耗
- 雙向導通：避免靜電破壞
- 微晶粒LED：更高的晶片出光效率

(資料來源：工研院電子與光電研究所)



西也不容易比別人好；像AC LED這樣的前瞻性技術，更需要先做好專利的布局。於是在技術部門之中，還特別安排了多位專利人員，和技術人員一同研究競爭對手，並規劃AC LED的專利走向及內容。

「專利絕對不能因為技術發展的腳步才隨後跟上。」葉文勇表示，在AC LED的專利布局上，主要包含三個層面：一是以更好的設計來提升晶片的效率；再來則是在封裝的技術上，需搭配AC LED的獨特方式；第三部分就是在應用端，包括創意燈具等新式樣的結合。例如AC LED的團隊就與工研院內負責背光研究的團隊合作，開發出42吋AC LED背光源的電視，並已成功技轉廠商。

葉文勇認為，由於在AC LED的研發前期，就體認到專利的重要性，因此壓力很大，但也造就了今天的成果；尤其近年來LED快速發展，國外大廠之間交互授權專利，卻向台灣廠商收取高額的權利金，如果AC LED的專利群能夠成形，讓台灣的廠商適當地握有專利，便可做為談判的籌碼。目前在AC LED的專利布局上，共計有20案以上，合計超過70件的專利。

尋求廠商合作資源

雖然AC LED此次在國際獎項大放異彩，其實在發展初期，因為發光效率不佳，前景並不被看好，因此能夠得到的資源和協助也不多，只能靠團隊的成員到處爭取經費，包括少數廠商的有限支援。

面對尚未成熟的AC LED，廠商的猶豫是可以理解的。然而，隨著AC LED的效能顯著改善，愈來愈像一個照明燈源之後，為了要更進一步地推展，以及延伸AC LED所具有的商品化特色，當時所採行的方式，是尋找「共同合作開發」的廠商一起投入研發。結合廠商優異的製造技術，

AC LED的專利從晶片設計、封裝技術到應用設計一應俱全，研發時程與專利布局並駕齊驅，是計畫的重點。



沒想到真能得獎的葉文勇，對於AC LED高質化的未來挑戰，仍強調抱持一貫謹慎的態度。

以及工研院的研發能量與想法，將可使AC LED有機會更快發揮商業上的影響。

經過長時間地協商，首先參與AC LED共同開發的是生產LED晶片的鼎元光電。葉文勇指出，由於共同合作開發所需投入的經費與承擔的風險都很高，因此在技術專利與授權上，也特別制訂具有保障權益的措施。例如未來所申請的專利如蒙獲證，雙方皆可使用；於合作期間所產生的專利，雙方能夠共享，若因授權獲利時亦能分紅；同時保證在相同的核心技術上，於百年內只開放授權給兩家廠商等。

在積極的遊說之下，後續還有同樣是晶片端的晶元電子與上游封裝端的福華電子加入。朱慕道認為，廠商所看重的，除了AC LED確實具有未來性與成為產品的特質外，專利的規劃與保障更是促使廠商願意參與合作的重要原因，顯示出專利布局對AC LED發展的重要性。

規劃國際競爭力

在榮獲R&D 100 Awards之前，AC LED的技術已先獲得2006年中華民國光電工程學會第15屆技術貢獻獎，同時也於今年一月受到國際照明委員會(CIE)讚賞，認為這項技術正是「Simple is the Best!」的最佳表現。

葉文勇說，參加R&D 100 Awards這樣的國際獎項，其實也是AC LED的計畫工作之一，屬於技術推廣的一部分，同時藉此宣告AC LED到底是什麼，提高國際的能見度與知名度。

同樣在以AC操作LED的技術上，韓國的首爾半導體是另一家值得關注的企業。朱慕道分析說，相較於首爾半導體的研發是從市場及生產的角度出發，工研院本身只是個研發單位，所開發的技術還需要與廠商合作；雖然演變為產品的時程不如一般企業來得快，在專利上雙方也互有消長，但是現在AC LED有許多單位共同合作，在技術水準上並不輸給對方，因此很有自信能夠獲取市場的認同。

林明德也說，為了要與國際接軌，AC LED的技術都更精緻化，數據的表現也更為真實，都是以邁向商品化做為考量。像是在標準量測與安全規範方面，由於AC LED是一項全新的產品，因此還與美國UL(保險商協會安檢實驗所)及NIST(國家標準與技術研究院)聯繫，希望能共同制定出規範與標準。就連商標Logo，也以「ACELED」的名稱進行申請，希望成為產業界未來的王牌(ACE)。

整合力量再出發

經過改良的第二代橋式AC LED，目前已進入試量產的階段，預計年底前

產品將正式上市，在技術階段上也已進入第三代產品的研發。從無到有的成績，讓近年來大力支持LED的政府機關刮目相看，不只積極鼓勵以加速產業形成，還希望將AC LED的研發計畫化為「價值創造案」；即是由經濟部就具高度潛力的技術，統一協調各部會合力推動。例如由標檢局協助商品的標準化、廠商合作生產時給予投資的協助、以及業界科專計畫的支持等，突顯出政府投入的決心。

像是業界科專計畫，工研院就預計結合鼎元光電、晶元電子、福華電子、光寶科技等廠商共同申請；同時在應用端也規劃成立「AC LED產業應用聯盟」，以燈具廠、模組廠等中小企業為主，並提供學習與教育課程，企圖使這些廠商能夠快速取得AC LED的相關知識，加速LED產業的發展。

工研院電光所所長詹益仁表示，ACLED是個相當前瞻的研發技術，也牽涉到國內LED產業上、中、下游各領域的改變，可以說是一個具革命性的產品。即使一開始並不被看好，但是在團隊同仁的堅持和努力，以及產業、政府的參與下，AC LED將有機會整合更多的力量，提升台灣LED產業的競爭力。



朱慕道認為，除了AC LED具有成為產品的未來性，專利規劃與保障也是促成廠商願意共同合作開發的重要原因。

涵養榮耀的養分：謹慎與堅持

若從早期僅有二、三個人的研究規模，到今日約有十多人參與的團隊，不難理解AC LED技術四年來的發展改變。而對於從計畫開始就加入，一切變化都看在眼裡的工研院電光所光電元件與系統應用組副組長葉文勇而言，更可說都是點滴在心頭。葉文勇說，AC LED發展初期在說服與爭取認同的過程相當不容易，儘管花了許多功夫、寫了好幾份的提案，也難以取得更多資源。

即使後來AC LED的效能已有明顯提升，並得到各方支持，同時也開發出可用的商品，不過葉文勇仍抱持著謹慎的步調，持續和團隊一起面對更多的挑戰。比如AC LED的亮度、產品良率、製造程序、安規、對人眼的影響等，都還需要進一步建構或改良。

或許是經歷過不少的挫折，對於參加R&D 100 Awards，葉文勇一開始的念頭竟然是「不會得獎」。不過參賽的準備工作在院部協助，以及主管的信任下，經過多次的溝通、修改，直到確定，葉文勇心中終於燃起一點幻想與希望，但卻「沒想到真的能得獎！」這份心情的轉變，也為研發人員的辛勞和期盼，做了最好的詮釋。（魏茂國）