

複合物半導體的臺灣先驅， 英特爾、松下都成合作對象

在

臺灣，「半導體」三個字幾乎無人不知無人不曉！但多數人卻未必知曉現今已邁入第三代的「氮化鎵複合物半導體」，因具有更高頻、高功率、耐高溫、耐高電壓之特性，可廣泛運用於太陽能、電動車之機電領域和 5 G、衛星等通訊領域，影響各國的科技創新與軍事國防實力，故成為兵家必爭之地。

少有人知道，如今臺灣在「複合物半導體」領域有不可忽視的發展優勢，和陽明交通大學材料科學與工程學系所終身講座教授張翼脫不了關係。三十多年前，他率先將國外應用三五族複合物半導體的風氣帶進臺灣，吸引業界與學界人才紛紛投入；同時，其研發的多項元件更居於世界領先地位，一路推動臺灣成為具國際指標性的半導體產業聚落，種種貢獻皆促使張翼獲得第六十六屆學術獎肯定。

三五族複合半導體，有什麼厲害之處？

從「半導體」望字生義，指的就是導電性介於導體（如金屬）和絕緣體（如塑膠）之間的材料，如：矽（Si）、鍺（Ge）等。由於這些材料可透過給予適當能量激發電子來獲得導電性，以控制訊號之開關及傳輸，製作各式半導體元件。張翼專注於研究三五族半導體材料，以其高電子遷移率和卓越崩潰電壓脫穎而出，成為引人注目的焦點。這些材料具備優越的導電性和抗高電壓能力，特別適合應對高頻訊號傳輸需求，成為 5 G 和衛星通訊領域的新寵兒。張翼實驗室的研究成果，或許將成為通訊技術演進中的關鍵推動。

「過去，手機通訊僅有 2 G。但現今的 5 G 需用到三十八（千兆赫茲）的毫米波，而正在研發 6 G 行動通訊的歐洲，其目標則是達到一百二十一（每秒千兆位）的速度。」張翼認為，這意味著現在通訊傳輸的速度越來越快，

張翼

工程及應用科學

第六十六屆學術獎

陽明交通大學材料科學
與工程學系終身講座教授

傳輸的訊號量越來越多，使用的頻寬也越來越寬；對應於半導體材料的需求即為：更高的電子遷移率、更高功率的效能、更高頻的特性，且因功率越高，更需具備可耐高溫和高電壓之條件。

他以二〇二二年東京奧運首次透過 5 G 網路轉播比賽為例，當時受到疫情影響，觀眾無法入場。於是，日本架設高畫質的大型螢幕轉播賽事，以提供全球觀眾親臨現場般的參與感，特別是在轉播球賽時，即使球速非常快，也能讓球迷清晰觀賞到動態畫面，這就是 5 G 以及新一代半導體的優勢。

但也因科技日新月異，第一代的元素半導體，如：鍺 (Ge)、矽 (Si) 等功能早已不敷使用；張翼解釋，「鍺有漏電量過大的問題，矽則是速度不夠快、使用頻率不夠高，故而發展第二代複合物半導體，即三五族複合物半導體材料。最初使用的是砷化鎵 (GaAs)，速度雖快，但功率不夠高，無法通過大量電流，你可以想像是水流速度快，但水管寬度不夠，一旦水壓變高，水管就會破裂，因此無法滿足現代科技需同時處理大量訊號、速度要夠快之需求。所以，如今已邁入第三代半導體，如：氮化鎵 (GaN)、碳化矽 (SiC) 等，因具有更高頻、高功率、節能省電等特性而成為明日之星。」

以目前各國競相發展的「氮化鎵」應用為例，隨著AI興起，數據中心對於電力和運算的需求與日俱增。

為響應淨零排放之目標，有越來越多的數據中心開始採用氮化鎵半導體取代傳統的矽半導體；張翼表示：「如果一座大型數據中心全部使用氮化鎵半導體，有機會省下一至兩座核能電廠的能源。光是在節能省電上，氮化鎵三五族複合物半導體的發展潛力已相當驚人。」

從一人投入到多方合作，路越走越廣

提及對臺灣三五族複合物半導體之貢獻，張翼謙遜地說：「我只是第一個回臺灣做相關應用的人。當其他人看見發展商機後，則陸續成立穩懋、全訊、宏捷等三五族相關公司，一起帶動三五族應用的蓬勃發展。」

話說從頭，張翼與半導體的緣分，其實是來自於博士班指導教授突然離職，使他只好轉換研究方向，從金屬材料轉為電子材料。他憶述，「雖然當時的研究必須從零開始，但畢業時，正值國際電腦大廠積極投入砷化鎵研究，也就是三五族複合物半導體開始取代元素半導體的年代，讓我順理成章地進入複合物半導體科技領域，而且一待就是五年。」

張翼先後在世界知名技術服務解決方案公司優利系統(Unisys Corp)和美國通訊衛星實驗室(Comsat Labs)服

務，主要的研究項目均與砷化鎵有關。所以自一九九〇年返臺後，他致力於發展臺灣的砷化鎵應用，傳授專業技能，同時協助臺灣成立第一家砷化鎵元件公司「漢威光電」、負責培訓相關人才，並在陽明交大創建具國際級規模的「複合物半導體實驗室」。

「因為有實驗室作為平臺和卓越的研究成果，加上持續積極把觸角往國外延伸，因此才能吸引許多國內外知名企業與我們合作！」張翼以與英特爾(Intel Corp)合作為例指出，當年英特爾覺得矽半導體可能已達極限，欲尋找三五族複合物半導體的合作對象，一名技術長來到臺灣，看見正在進行的研究以及實驗室規模的完整性、十分驚豔；後來張翼甚至成為臺灣第一個得到英特爾總部研究計畫的人。

另外，他也提及，與美國加州大學柏克萊分校(UC Berkeley)榮譽講座教授胡正明的合作獲益良多，在研究態度和上及半導體技術上皆得到很多的啟發：「胡正明院士是魚鱗式電晶體(FinFET)的發明人，與之合作，一方面可汲取在FinFET方面的豐富經驗；另一方面UC Berkeley在負電容電晶體的研究使用了鐵電性(Ferroelectric)材料，後來我也把鐵電材料應用到增強型的氮化鎵(E-Mode GaN)元件上，可說是世界首創，因此取得多項專利。」張翼說。

張翼強調，上述例子不是在於自身研究有多出色，而是想



告訴大家，多與世界知名單位合作是一件雙贏的事！「夏普（Sharp）找我做砷氮化鎵（GaN-On-Si）」，也就是將氮化鎵長在砷基板上的磊晶技術。當時，我根本不知道夏普的目的，甚至對於這個領域毫無頭緒；

後經一番研究才發現，這項技術可用於製造『逆變器』（交流／直流電源轉換器），我因此成為臺灣第一個進行這方面研究者，而這正是在學術研發上洞燭機先的祕訣之一。」後來松下電器半導體部門技術長，參觀了交大氮化鎵實驗室，驚豔於交大的設備完善及技術能力，也和交大合作製作了全球第一顆氮化鎵閘極驅動器積體電路。

此外，張翼與國內廠商的合作也相當精彩，譬如：在台積電剛跨入氮化鎵領域時，予以技轉與合作的支持，協助成立氮化鎵事業部門；另將開發元件銅金屬化製程技轉給國內最大的砷化鎵積體電路代工廠臺灣穩懋等。

世界級的研發成果，來自於對自我的期許

事實上，不論是長年致力於三五族材料及磊晶技術的豐沛經驗，還是因合作對象激發出的創新靈感，都成為滋養張翼展現世界級成果的沃土。

比方說，開發出世界最高頻率的砷化鎵（InAs）量子電晶體，截止頻率達到七百五十GHz是目前的世界紀錄，可在微波和次毫米波的領域產生或放大高頻的電信號，適用於高速通訊、高解析度成像、高靈敏度探測等範疇；為了解決汽車元件過熱的問題，結合鐵電材料研發的車用高功率電晶組，起始電壓超過五伏特、崩潰電壓高達七百伏特，各項綜合指標均在全球居於領先；研究製作的砷化鎵鎵鎘式電晶體（InGaAs FinFETs）之性能表現，亦位居牛耳之位；另還開發新型的三五族元件，例如：鐵電——場效電晶體（FE-FETs）等。

這些成就的背後，是張翼堅信，唯有「實用」才能產生真正的影響力，他由衷地說：「一直以來，我期許自己的研發，對產業或學術界都是最先進且最實用的幫助。接下來還有很多可以付諸實踐的項目，希望能繼續為臺灣的半導體前瞻技術，帶來實質上的裨益。」