

交大 X 台積電開發半導體關鍵材料 登上Nature期刊！—交大電子物理系張文豪教授專訪  
整理:宋瑞寧

〈交大幫幫忙〉—主持人林宏文學長



由科技部長期支持的「尖端晶體材料開發及製作計畫」中，交大與台積電合組聯合研究團隊，在共同進行單原子層氮化硼的合成技術上有重大突破，成功開發出大面積晶圓尺寸的單晶氮化硼之成長技術，未來將有機會應用在先進邏輯製程技術，這項傑出的基礎科學研究成果，已於今年3月榮登全球頂尖學術期刊《自然》（Nature）。

參與此項合作計畫的交大電子物理系特聘教授張文豪表示，台灣科技產業的發展，有賴堅實的基礎科學研究做後盾。「尖端晶體材料開發及製作計畫」是科技部有鑑於先進材料是科技發展之根本，長年投入資源扶植台灣在新穎材料的開發所建立的研究平台，近年來在基礎科學研究與產業相關應用，已達成豐碩成果。此次台積電與交大合作案，是國首例登上全球頂尖學術期刊《自然》的產學合作首例，對於產業與學校共同進行基礎研究具有指標性意義。

「氮化硼」二維電晶體技術突破關鍵材料

**主持人：**張老師也是非常年輕的教授，在科技部計畫裡面尖端晶體材料突破非常重要的負責人，請分享一下為什麼台積電交大做這樣的一個技術突破？

**張文豪：**我先談為什麼我們會對這樣的材料感興趣，實際上也是在於想要突破摩爾定律的極限。電晶體在做得越小的時候，也會做得越薄，做的越薄到厚度只有五奈米的話，電子在裡面就走不過去了，這是這個材料本身的極限，所以科學界就開始往其他材料看，而二維材料非常的薄，因此還需要另一個材料來保護他，最好也是二維的材料絕緣體，最典型的二維絕緣體材料就是氮化硼，我們希望發展未來二維電晶體的技術，所以我們才開始選擇這樣的材料。

**主持人：**聽起來很有趣，因為每次講半導體都是矽，我們現在是在研究下一個可能可以取代矽的材料？

**張文豪：**我們不敢說取代，因為矽還是非常重要的，只是說當他到達要做的非常薄的時候，矽有他的極限在，其他材料是能夠突破這些瓶頸，這是科學界一直想要做到的，所以才會開始探索這些二維的半導體、二維的絕緣體，是不是有機會能夠建構出這種同樣是電晶體，而且效能比同厚度的矽電晶體好的。

**主持人：**氮化硼是我們比較不熟悉的東西，但張老師其實研究很久了，要不要談一下跨足氮化硼研究上過去的一些經驗？

**張文豪：**其實我最早是做半導體，早期一直在做傳統半導體，我在做的領域比較偏光，做的是光電半導體居多，早期是做光譜研究跟單光子光源，也可以用在量子研究上。後來因緣際會認識台積電這位李處長，他是材料專家，我是做材料分析，所以就合作做研究。當時科技部有尖端晶體的專案計畫，就支持我們做這個研究。後來李處長離開台灣，我就接下所有的材料生長設備，所以我也開始從傳統光譜物理的研究，轉到材料生長上面，幾年下來我學會了所有的半導體、二維半導體，大概16、17年我們開始把氮化硼生長在銅箔上面。後來李處長被台積電延攔回來，他回來有找我談一談現在的工作，當時他對我們把氮化硼生長在銅箔上面的技術非常感興趣，但是因為當時銅箔本身沒有辦法符合半導體的製程技術，所以李處長就有個想法把他做到晶圓上去，要是能做成就是非常重要的突破，所以就開始這個研究。

**主持人：**要是能把這個技術做到晶圓上，就可能可以在三奈米上很重要的材料，這也是解決摩爾定律很重要的一個先期研究。

**張文豪：**對，這就是所謂的超前佈署。產業要繼續發展，就必須要看下一個世代到底哪個技術是可行的。產業走到越前端，遇到的問題也就越尖端，需要學界一起努力。



打破既定「不可能任務」 登上Nature

**主持人：**氮化硼這個材料老師團隊已經發展很多年了，其實全世界也有別的地方在發展，跟我們分享一下全世界各地你觀察到的情況？

**張文豪：**氮化硼俗稱「白石墨」，是一種層狀的絕緣體材料，在科學界這絕對不是一種所謂的新材料。這個材料的特性是要用人工的方式去合成的話相當困難。全世界合成最好的團隊在日本國家科學研究所，裡面有一個團隊幾乎是全世界早期在當時只有他們在合成這個材料，他要高溫高壓的環境下做合成，但其實早期日本方也不知道合成這個有什麼用，只是在做一個合成上的技術，後來才發現到氮化硼在二維半導體上有非常大的幫助，所以就一夕成為非常知名的材料科學家。「十年寒窗無人問」在這個日本科學家身上就是一個很典型的例子。

但是這樣的晶體雖然他們合成出來的品質非常好，但是合成出來是一個不規則狀的晶體，這樣的晶體其實並沒有辦法在晶圓的製程上面來使用，因此我們才想說能不能用化學的方法，在晶圓上面能夠長出很好的單晶，於是我們才開始投入這個技術。

到氮化硼可以生長在銅的表面，這不是一個新的事情，但是如何把他長成好的晶體變成單晶這件事，是相當不容易的。因為銅的表面最容易生成的是111面，在這個面上面氮化硼很容易生長，而依照生長的特性，會有雙向排列的特性，他不會形成單晶，這也是過去大家一直都這樣認為的——但是當我們開始去做之後，最後處理出來他變成一個單晶，當時我們也不大相信，這件事能登上Nature很大原因正是因為「大家都認為不會，但其實他是可能的」，這兩個晶體結合的能量問題，原本被眾人認為不可能達到，但是我們能夠突破做到，這中間有些物理的研究是早期沒有做到的，只是經過我們的研究，能夠把他變成單晶，就是最重要的突破。

**主持人：**請張老師跟我們分享在跟台積電合作過程裡面的情況，談談產學攜手並進而且也是互相雙贏這樣的一個結果。

**張文豪：**我來分享一下我們跟台積電合作的過程跟模式，其實雙方的合作跟一般的產學合作有點不太一樣。過去的產學合作模式就是公司想要做什麼，他就提供一筆經費，這筆經費給學校的團隊，學校的團隊依照他當時的計畫來研究，定時回報這個計畫研究的進度。

我們跟台積電的研究團隊其實是「兩邊共同來研究」，換句話說台積電的研究人員幾位博士也會進到我們的團隊，我們學生也會進到台積電內，兩邊共同研發這個技術。我們跟台積電合作這幾位優秀的博士，來帶領我們的學生做研究是有很大的幫助，反之台積電員工要做研究，他需要有一些自由度，但因為公司內部有公司的一些限制跟規範，在大學裡面比較有這方面的優勢，是一種雙贏的研究合作模式！

產學合作 為了解決下個世代的問題

**主持人：**講到這裡我覺得就可以談談產學合作剛講遇到的一些瓶頸，另外也請張老師幫我們分享一下，你覺得產學合作在台灣應該怎樣推動？讓台積電跟交大這樣的合作能夠更多的產生，怎麼做會是最好？

**張文豪：**我個人的看法是當你產業的技術走到越前端，遇到的問題可能慢慢不是技術的問題，可能是「科學」的問題。這些科學的問題要解決，可能學界是有一定的能量來協助的，但是學界的能量如果沒有把他引導到正確的方向去，他可能會不斷的去尋找各種不同的方向去探索，問題是如果能夠適當的把他引導到「產業需要的遇到的瓶頸」方向的話，學界有沒有辦法提供？

產業跟學界合作也要有一個認知，就是不要期待學界能夠馬上幫你解決產線上的問題，因為學界他必須要解決的是五到十年以後的問題，也就是下個世代的問題該怎麼解開。我們跟台積電的合作也是在解決下一個世代的問題，到底新的材料有沒有機會在五奈米三奈米以下的技術裡扮演一個重要角色。產業走到越尖端，面臨的問題越加複雜多重，所以這個時候也是好的時間點來引入學界的力量。

**主持人：**剛講的是台灣現階段，如果我們要產業升級，我們整個經濟要做一個比較大的突破，可能從學術從大學本身就要去改變，讓我們的人能夠定義問題，而不是只是解決問題。

**張文豪：**現在在大學裡頭大家常常會講：「我念什麼科技我出來可以做什麼工作？」但這是錯誤的把大學當成職訓中心，也就是說我們在大學要培養的不只是這些可以解決問題的，我們要培養的是「下一個世代的領導人」。

所以我們不能單純的只是教學生怎樣解決問題，否則我們永遠都在做代工，產業也不能一直跟大學說你們培養出來的都不能用，其實產業需要的人應該要自己來培養才對，技術由產業自己來培養，我們應該把學生定義問題跟解決問題的能力培養好，讓他進到產業去。我們應該慢慢開始來調整這個思維，這個思維需要慢慢來調整。

[完整節目請點連結收聽](#)

