

人物專訪：中央研究院物理所吳茂昆院士

採訪、記錄、整理/王明杰

摘要

吳茂昆院士為著名的超導科學家，於一九八七年發現鉕銀銅氧超導體。一九八九年吳院士應邀回國，任教於清華大學物理系，從事高溫超導的研究。吳院士在清華大學研發會主委、國科會副主委與中研院物理所所長期間，致力於國內研究環境的改善不遺餘力。吳院士目前是國家奈米計畫的重要推手之一，我們很感謝吳院士撥冗接受我們的專訪，談談他心目中的奈米科學技術與國家奈米計畫的目標。

吳茂昆院士簡歷

學歷:

美國休士頓大學 物理博士

經歷:

1982-1984 美國休士頓大學物理研究科學家

1982-1986 美國阿拉巴馬大學(Huntsville) 物理系
助理教授

1987-1988 美國阿拉巴馬大學(Huntsville)物理系教
授

1988-1993 美國哥倫比亞大學應用物理系教授

1989-1993 清華大學客座教授

1992-1995 清華大學材料中心主任

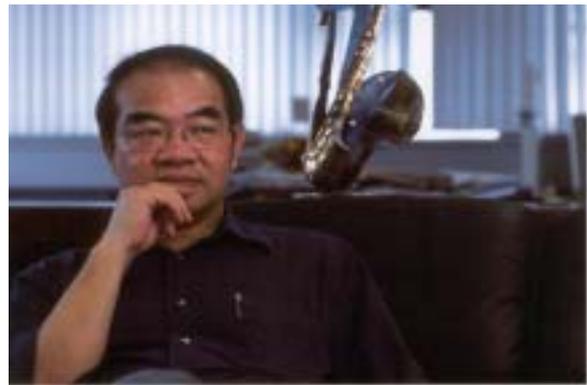
1994-present 清華大學物理系教授

1995-1998 清華大學研發會主委

2000-2002 國科會副主委

2002-present 中研院物理所所長

榮譽:



1988 U.S.A. National Academy of Science Comstock
Prize

1988 NASA 傑出貢獻獎

1988 阿拉巴馬大學研究獎

1988 State of Alabama Resolution

1988 美國中華工程師協會年度獎

1989 淡江金鷹獎

1994 Bernd T. Matthias Prize

1994 中國物理學會會士

1995 李遠哲傑出人才獎

1998 中央研究院院士

1998 亞太材料科學研究院院士 (Member, Asia-Pacific Academy of Materials Science)

研究興趣：低溫物理、高壓物理、超導與磁性、微重力下材料科學

以下專訪係由中央研究院物理所所長吳茂昆院士，與中央研究院天文及天文物理所助研究員王明杰博士之間的談話記錄。

王明杰博士(以下簡稱王)：我們知道吳院士目前是國內奈米科學技術發展重要的推手之一，請問吳院士在甚麼樣機緣下接觸奈米科學技術？

吳茂昆院士(以下簡稱吳)：長期以來，我主要的研究興趣還是在超導方面。大約六年前，與沈祥榮博士合作，利用化學方法，發展細微金屬顆粒製程時，開始掌握一些製作奈米微粒的技術。從這些經驗我們瞭解到利用化學方法製作奈米材料的製程並不是太困難。同一時期，國內外學術界在介觀物理現象(meso-scopic)有一些重要發展。我雖然沒有直接參與這類工作，但一直注意到這個領域的發展及其重要性。

從過去到現在，我的參與主要是在政策上去協助國內推動這方面的發展，在 1995 與 1996 年時，國外開始啟動大型研究計畫，那時美國 NSF 有一個研究團隊，在做奈米科學與技術的世界性調查，其中一位負責人是我的朋友。他們與我聯繫，希望來台灣訪問，了解台灣相關研究的情況。當時我與台大牟中原教授合作研究碳六十與奈米碳管的特性，於是我在清華大學開始舉辦一些小型討論會，邀請國內相關研究人員，討論國內如何進行奈米科

學與技術的發展。當時國科會尚無方案支援相關的研究計畫，只有一些個人從事的小型研究。到 1997 年，在當時國科會自然處王瑜處長支持下，由牟中原教授負責規劃，開始推動以奈米科學為重點的前瞻計畫，希望推動一些整合性的研究計畫。1998 年，奈米科學相關的前瞻計畫正式啟動，自此而後，國內奈米科學研究開始活躍起來。2000 年後，我在國科會工作的一年多中，建議將國內奈米科學研究計畫重新組織起來，集合自然處、工程處與生物處的資源，使之成為跨領域的整合型計畫。而當時美國積極推動奈米科學國家計畫，我們也就很自然地朝國家型計畫的方向規劃國內的奈米科學研究。

我個人在奈米科學的發展，主要是負責規劃並推動計畫之發展。在這段過程中，對介觀物理現象(meso-scopic)或奈米科學有更深入的瞭解與認識。透過在 20 世紀科技的快速發展，讓我們可以開始控制與操控奈米尺度的結構；也可以用不同的化學或物理方法產生奈米尺度的結構。我們深刻的認識到，奈米科學將讓我們對許多自然界早已存在，但我們仍未知其所以然的問題得到解答。當然的，我們相信透過奈米科技，我們將出現許多創新且有益人類社會發展的新科技，如何盡快使這些願景早日實現，是國家型計畫的主要目標。

王：目前國內奈米科學計畫推動的情況如何？

吳：回顧過去二十年，台灣的經濟發展很明顯的來自台灣的製造業及半導體產業的成功快速發展。但製造業需依賴低廉的人力。因此，2000 年以後，由於世界市場的萎縮與大陸磁吸效應的發生，台灣

的經濟發展即受到相當大的影響；另一方面，高科技產業也面臨到一些技術及材料的極限與瓶頸。奈米科技的來臨，讓我們看到一個新的發展可以來因應上述的變化。我們不僅看到奈米科技可以帶入新的製造業，更可以在國內開發自主的具開創性的新產業。通常從學術研究轉換成產業應用時，需要相當長的時間。但在奈米科技的特性是它涵蓋的應用層面非常寬廣，有一部分可能很快就可以應用在產業界，而得到效益。也因此，經濟部與工研院乃積極的參與規劃，很自然地我們可以結合學術研究與產業應用研究，將國家研究計畫建構起來。

從另外一個角度來看，這是很好的機會來落實我們一直希望建立的一個機制。回國十幾年，參與國科會與國家型計畫的政策與推動，瞭解到台灣在科技發展上有一個嚴重的缺失。這主要源自我們現行預算法的限制，目前政府提供的科技研發的經費界線分的非常清楚；中研院、國科會、教育部與經濟部或其他科技研發單位的經費基本上是各自獨立的，彼此不相流通。從國家整體科研發展而言，這種做法效率不高，因為此一經費編列方式，不鼓勵不同研發單位的研究人員在一起工作，使得將創新的學術研究成果轉變成新興技術，再進一步發展成科技產品的研發過程相當遙遠。因此過去我一直希望能建立一種機制，可以整合不同部會的資源，合起來推動創新科技的發展。例如，可以將經濟部的部分資源與國科會的部分資源整合，然後共同對外徵求計畫書，應徵的計畫必須要包含學術界與工研院的研究團隊，合作一起針對某一個問題，由學術界負責創新的想法與先進的實驗，而工研院團隊則研究技術發展，兩者合在一起，雖然經費仍是分開補助，但是最後以整體發展為主要的考核標準。

相信以這種方式運作，可以達成同時兼顧學術研究與產業技術發展的目標。所以當初規劃國家型奈米科技計畫時，我們即建議應用國科會控管之國家科技發展基金，來補助所有參與研究之科技的需求，然後透過建立正確的管考機制來評估整體計畫的推動。雖然最後還是因為預算法的問題而無法實現此一理想，但是經由討論，各部會間已經逐漸建立這樣的機制與共識。因而，雖然目前經費還是分開，但整個國家型奈米科技計畫的計畫內容，僅分成學術卓越與產業應用兩大部分，彼此之間緊密結合。明年我們希望能真正落實經費整合的目標，規劃一個整合的內容，針對奈米科技，由經濟部與國科會共同推動整合性的創新研究計畫。

當然，更重要的是到底科學上此國家型計畫要做些甚麼？我們的考量是，最主要當然還是要追求創新的想法與研究，但我們也不可忽視國內研究較強勢的研究領域，就其進一步的發展來推動。例如台灣在化學與材料科學有很好的基礎，如何在這些基礎上進行規劃與發展，使之對傳統產業的轉型產生作用，應是國家型計畫的重點之一。當然在半導體與微(或奈米)機電的發展，如何利用奈米製程技術，及奈米材料的創新研發，使之得以進一步延伸發展，也是重要的發展方向之一。另外一個領域是研發新一代的工具，這是台灣比較欠缺的部分，但這是必須注意的事。最後是生物、基因工程與醫學結合奈米科技的發展，這是台灣目前較弱的一環。生物與生命科學現象與奈米科學是息息相關的。自然界多數的生物與生命現象是以巨觀的方式表現，但我們知道其運作的基礎結構是在奈米尺度。奈米科技最重要是必須要應用發展的技术與方法，以掌握瞭解這些微觀效應，進而了解並學習自

然界的運作方式，使我們能建立科技方法，達到更有效的應用天然資源。過去國內之生命科學與物理科學(Physics Science)研究人員的結合相當微弱，如何結合這些人是未來重要的課題。

王：一般而言，科學研究要轉化成應用產業，通常需要經過十到二十年的發展，吳院士認為奈米科學轉化成科技產業的進程為何？

吳：這是與我們所選取的課題有關，若是在被動(passive)應用方面，如奈米顆粒、粉末材料的應用，可在較短的時間達成。其實目前已經有一些應用產品問世，如馬桶上塗佈特殊的奈米微粒，可達到抗刻劃，減少污垢附著等功能。其他還有化妝品等應用產品。雖然這些產業目前還不是很大的產業，但我認為台灣在這方面可以發展很快。我們需要的是希望學術界能多了解產業界的需求在哪裡；反過來，產業界也要能知道學術界的研發能量有哪些。如此，才可以互補而加速促進傳統產業得以轉型，或建立新興產業。目前有一斷層是學界與研究單位已建立相當能量的製作奈米材料，但是對這些奈米材料特性的了解明顯的還不夠。而需要投入多少的人員物力，及產業界的需求與對產業的衝擊，都是我們要思考的問題。從學術界來看，當然是要清楚知道這些材料的物理、化學特性及機能；但同等重要的是需要考慮這些材料可能的應用方向，兩者要取得一定的平衡，才能對產業有所幫助。

在先進的主動元件(advanced active devices)方面，達到應用階段的時間會較長，因為一些基本的功能、機制、及流程還不是很清楚，雖然學、研界已經逐漸累積發展一些技術，如分子電子電路，單

電子電晶體等，但離實際產品應用仍有一段距離，預計大概在十年到十五年後應該可以有一些產品問世。

最後，非常先進也是未來最重要的部分是(希望在未來十五到二十年後能夠開始被實現)奈米生技的發展。生物科學界對一些生物細胞運作的方式及功能早已建立相當深入的認知，但時至今日對於這些功能與特性的產生機制並不清楚。奈米科學與技術的發展，帶給我們機會來了解這些功能與特性的機理，並進而利用這些知識去發展新的科學技術。這其中的科學是相當豐富，一個很重要的課題是如何模仿學習生物細胞的運作方式，如神經的傳導，血液的循環，肌肉的做工等，這些運作的機制明顯的無法以我們目前所認知動力學得到完整的解釋。這些問題所包含的科學之有趣、豐富與重要，是奈米科學之所以吸引人並能影響長遠的主要原因。在這方面，目前西方已經有一些發展。我認為台灣不應盲目的追隨西方發展的腳步，應該要思考做哪些課題，發展真正屬於台灣本身開發的技術，這是我們推動國家型奈米科學技術的重要目標。要達到這個理想，需要大家更頻繁的意見交流，例如國內肝病醫學研究、農漁水產研究水準很高，在研究的過程若能結合奈米科學技術去突破其中的一些瓶頸，應該是很好的發展方向。

王：學術的跨領域合作是相當重要，而學術與產業的合作對工業的未來發展是相當重要，台灣目前是以怎樣的機制，來推動奈米科學技術與產業的合作？

吳：工研院一直是國內與產業合作的主要研究單

位，他們自然在奈米科技上將持續扮演技術推廣與轉移的角色。我們還更應該進一步思考直接從學術界所開始的技術，經過工研院的發展，進而推展到產業界。舉一個可能的案例，牟中原教授過去在多孔奈米管有非常深入的研究。最近他與工研院化工所合作，應用多孔奈米管發展成為奈米尺寸纖維的成長腔體，製作特別的纖維。不僅過程中也發現需多有趣的問題，同時研發出創新的，在分子尺度下結合的纖維材料。

目前我們看到的研究計畫多數還是跟隨西方的發展，譬如將奈米材料的塗佈(coating)技術與纖維結合，產生新的布料等，這些都還屬於前述的第一階段短期的應用研究。將來我們希望看到更多的由學術界發展出來的一些創新技術，能夠在工研院的協助下，擴展到產業。未來幾年，我們會加強這種研究架構與研究活動，希望學術界的研究能讓產業界知道，而產業界的需求可以讓學術界瞭解。規劃中我們將會定期舉辦研討會，邀請學術界學者，工研院及產業界人士參加，相互交換意見。另外，我們也將經由經濟部工業局，設立獎勵條例，鼓勵廠商參與奈米相關產業的發展。

王：前面提及奈米科學技術與生醫方面的結合，對未來會有長遠的影響，目前國內是否有相關較大型的研究計畫正在進行？

吳：目前可以說是沒有。台灣在生物科技與基因工程方面的研究，有幾個國家型計畫正在進行。由於這些計畫規模很大，這些研究人員可能致力於這些課題的研究，而無暇參與奈米計畫，或與執行奈米研究的人員交流。我們認為需要加強兩者的交流，

在奈米國家型計畫下邀請大家提出結合兩者的研究計畫書。雖然初步的結果不盡人意，我們預期今年會啟動幾個大型的合作研究計畫。由於最近奈米科學技術非常熱門，一些生醫相關的研究人員也開始對奈米相關技術產生興趣，也看到它的發展潛力，如何保持這樣的熱度，是我們計畫辦公室必須努力的目標。

王：中研院計畫成立奈米中心，可否請院士介紹目前物理所的研究方向與進展？

吳：中研院在幾年前即已經有成立奈米中心的構想，院方每年編列固定的經費，目前有物理所、化學所、原分所及應科所，經由院內主題計畫進行研究。本年度起，更另編列專款推動。目前有四個主題正在進行，物理所主要注重在原子、分子的操控技術，與奈米材料物性之研究。我到物理所以後，與所內研究員及諮議委員會討論，將物理所的架構重整。物理所以前大概分成七大研究領域，目前則將焦點放在三個大領域上。分別為奈米科學—包含表面、固態、磁性、超導等；複雜系統—包含統計、非線性系統、生物物理等；及中、高能物理。目前物理所在很多製程與觀測的技術上，已經有很好的基礎，當然我們的研究焦點也就放在新的觀測與操控技術，並結合理論的計算。另外，在中、高能組的理論物理研究員對量子計算很有興趣，已經開始組織理論方面研究團隊，將來會結合作量子傳輸的研究員合作。預期未來這方面研究會慢慢延伸到重要且有趣的神經傳導與生物的功能問題。這方面，複雜系統研究組群，將來也必會共同參與。我們也預期，未來這個大複雜系統會是物理所最重要的研

究領域。目前複雜系統研究組群在軟物質的研究，如多分子，生物樣本等均已有相當的投入。我們也希望結合生醫及基因體的研究，例如，物理所主動提供一層樓的空間給基因體中心，把他們的研究活動帶進物理所內，進而帶動兩方面的研究合作。

另一方面，對中研院的發展而言，我認為新技術與工具的發展是非常重要的課題。我目前正在規劃包含物理所、應科所、原分所及天文所等的院內計畫，希望結合這些所目前尖端的技術。初步計畫分成三部分，包含奈米等級的原子分子操控、各種頻段輻射的偵測、及成像技術(imaging)。例如中研院的認知科學研究，我們即主動提供空間以放置 SQUID 腦波成像系統，同時將提供我們在 SQUID 技術的專長協助該計畫的推展；還有胡宇光博士的 X-ray 顯微技術與應用 SQUID 的低磁場 NMR 成像系統等的發展，我們希望能結合而形成一個完整的研究群。如果大家朝這方向努力，我想將會在研究院產生深遠的影響。

王：最後，對於一個想要投身奈米科技相關研究的年輕學者，吳院士您會給他甚麼樣的建議？

吳：要養成、建立特殊專長。我認為一個做研究最重要的是需要發展出自己的特殊專長，無論是在製程、量測、材料製作或微觀觀察方面，都可以將本身的專長應用到奈米的問題。以比熱量測為例，當然可以用大量樣品來測得其平均特性，但是若要真正摒除一些不必要的效應，發展能夠測量單一或數顆奈米材料之高精確度比熱的方法及設備就很重要。年輕學者就可以去想如何達成這樣的目標，當能掌握這樣的技術，就可以做相當多的事。做研究就是要掌握這些特別的技術，當能掌握這些特殊

專長，接著的路就很寬廣。

王：謝謝吳院士撥空接受我們的訪問。

探訪者簡介

王明杰，國立清華大學物理博士，現任職中央研究院天文及天文物理研究所助研究員，研究專長為凝態物理、薄膜製作、約瑟芬結元件、傳輸與磁性測量、次毫米波測量。

Email: mingjye@asiaa.sinica.edu.tw