

一九九九中國大陸材料科技參訪報告

報告人：蘇炎坤、黃文星、段維新、金重勳、阮昌榮

NSC 88-2217-E-002-018

訪問日期：1999/06/21~1999/06/25

訪問地點：

北京航空材料研究院、中國科學院物理所、
清華大學材料學院、北京航空航天大學材料系、
上海交通大學材料系、上海硅酸鹽研究所（科學院）
上海冶金研究所（科學院）

報告內容：

一、北京航空材料研究院

(一) 參訪經過

6月21日早上在投宿的北京五洲大酒店先與中國自然科學基金會，港澳台和留學人員事務辦公室主任湯錫芳先生會合一行六人（本團五人加上湯先生）坐上BIAM的車小往BIAM出，BIAM在北京市的西北方，在頤和園的北方。抵BIAM，由BIAM的院長劉伯操博士、副院長韓雅芳博士（據稱是中國大陸在加拿大取得博士學位的第一位女士），BIAM外事辦公室主任李國榮女士及國家級專家趙振業博士接待。首先看了一下該院簡介的錄影帶，接下來由劉院長及韓副院長簡介該院的狀況。該院原屬於中國航天部，現則情況不太清楚，主要是大陸現正進行大規模的政府精簡與重整的工作。

BIAM創建於1956年，現有22個研究室，2個試驗工廠，13條中試生產線和20個聯營廠，佔地125萬平方米，職工2500餘名，設有研究生部，可以授與博士及碩士學位。BIAM的研發範圍很廣，舉凡飛機上所用的材料一應俱全，材料種類包含鋁合金、鋅合金、鈦合金、高強度鋼、不鏽鋼、複合材料、高分子材料及衍生材料（如塗料等），加工方式則包括鑄造、鍛造及銲接等。

參觀從BIAM的產品展覽室開始，主要的展示品有飛機渦輪葉片（Turbine Blade），材料主要是超合金及介金屬化合物，顯微結構上則有單晶(Single Crystal),定向(Directionally Solidified Columnar Structure)及一般的多晶。飛機渦輪盤（Turbine Disks），材料主要為超合金，介金屬化合物及鈦合金。飛機起落架（Landing Gear），材料為高強度鋼，

加工方式為鍛造是由該院的趙振業博士所開發出來的。飛機風檔 (Aircraft Windscreen) 塗有防靜電，抗雨蝕塗料的飛機雷達罩 (Aircraft Radome)，各類剎車片，及人工關節。接下來參觀該院的先進複合材料國防科技重點實驗室，由該室副主任華文君研究員引領參觀。接著到高溫材料實驗室參觀，其中有一部大陸自製的快速凝固噴射成形裝置 (Spray Forming)，可以製作金屬粉 (Metal Powders) 及 Bulks (包括鑄胚及 Shapes Products)。接下來是定向凝固爐及單晶成長爐。再下來則是參觀其精密鑄造廠及生產的兩種主要產品，一為渦輪葉片 (包括中空的渦輪葉片及所需的陶瓷砂心)，一為鈦合金高爾夫球頭。高爾夫球頭現為該院最重要的研發及生產的產品，接受 OEM 的訂單 (有部份來自台灣)，另外該院也生產整套的高爾夫球具 (包括球頭、球桿及組裝)，同樣也接受 OEM，也擁有自己的品牌名稱百慕 (BIAM)，我們也參觀了整套的高爾夫球具生產線。

參觀結束後則展開座談，討論雙方如何增進合作，加強交流的事宜，他們對產學合作的事宜尤感興趣，並討論舉辦 Joint Workshops 的可能性。中午則在該院的接待所接受他們的午宴款待，繼續討論雙方合作的可能模式及具體作法。於下午 1 點半結束 BIAM 的參訪。

(二) 參訪心得

大陸自從改革開放以來，在體制上作了很大的變革。以 BIAM 為例，該院以前是大陸航太材料最重要的研發機構，管制非常嚴格，由其所屬的地形也可看出其在保防安全上的考量。而改革開放以後，已經不能像以前一樣的安逸吃皇糧 (他們的說詞)，而是必需要自力更生。以 BIAM 為例，他們現有職工 2500 名，退休人員 1500 名，加上他們的眷屬，食衣住行育樂都要由 BIAM 來負責。因此 BIAM 所屬的區域就像是個獨立運作的小市鎮一樣。據劉院長說，BIAM 每年約需經

費 5 億人民幣，而由政府撥下來的錢卻只有區區的 1000 萬人民幣，其他全部要自己想辦法，其壓力之大可想而知。

為了自力更生 BIAM 非常積極的發展並推廣其五大主力產品，包括高爾夫球頭在內的精密鑄造品，三防（即防水、防火、防蝕）塗料，剎車片（飛機用）、複合材料及人工關節等。可以看出該院大部份的研發多是在支援這些主力產品的生產。因此他們現在的研究非常的注重應用，可以說研發及生產很大程度上的混在一起了。該院現正籌組一股票上市的公司，進一步的將其產品往市場推進，並在資金市場上募集資金。這樣的方式跟國內積極將國防科技應用到民生用途上，在想法上是類似的，只是他們走得似乎更快一點，變化也更激烈。從以前共產主義的計畫經濟到現在的比資本主義國家的市場經濟更市場經濟，這其中所必需經過的衝突、調適，想必是很大的，只是參訪的時間太短無法真正的去瞭解大陸在這段時間來的轉折，及其對研發者人員的衝擊程度，我想這是值得我們去思考研究的。

二、中國科學院物理研究所

（一）參訪經過

6 月 21 日下午 2 點半抵達中科院務研所，由新任副所長余育德先生接待，作了約 20 分鐘簡報，介紹其概況，如現有研究人員 600 餘人，共分八大研究組：電漿（大陸稱等離子體）物理、磁學及磁性材料、光學及光物理（含晶體成長等）、液態物理、高壓物理、表面物理、技術支撐、電鏡及真空技術實驗室等；其中有三個國家重點實驗室（超導、磁學、表面）以及三個院開放實驗室（光物理、真空、電鏡），每年研究經費 4 千多萬人民幣（含 1 千多萬人事費），為「中國發表論文最多的研究所」，每年約有 Nature/Science 級論文一篇，Phys. Rev. Lett.

級論文 10 篇，Phys. Rev.論文 100 篇，總計 SCI 期刊論文 300 多篇。

後來新任所長王恩哥博士抽空接見我等，特別提及目前大陸 45-55 歲年齡層專家的真空性，以及面臨 55 歲以上老的一輩研究人員即將到來的退休潮（大陸六十歲退休），因此 2 年內將會大量進用新人以便接班，其實王所長本人年齡也不過才 40 歲上下，非常年輕。

接著由物理所外事辦的鄒薇小姐陪同參觀了超導、磁學、光電、表面物理等多個實驗室，並由相關主持人或在場學生介紹其研究概況。但見其環境艱困（如屋舍老舊、昏暗—省電不開燈）、儀器新舊雜陳，但研究結果卻都能不斷提陳出新，頗有感觸，將於下節說明。

（二） 參訪心得

1. 物理所大量啟用年青人作各階層的領導幹部，令人印象深刻。就在二週前，新一批的所長、副所長、室主任、組主任剛發佈，多是 30-40 多歲的博、碩士；年青、自信、衝勁足，對前途充滿憧憬、抱負及熱切的幹勁，而且多能言善道、具說服力。
2. 物理所不但致力於基礎研究，還能把既有科技商品化，例如較早期（十年左右）的三環公司（生產鈹鐵硼永磁）、光學晶體公司，每年為物理所賺近幾十萬美金的光學晶體銷售，還有鋰離子電池正要獨立成立一個公司（訪問當天晚上 8 點，新公司成立要進行對上級機構的答辯事宜）、MBE 晶片成長公司等。對於物理所而言，立場似乎是矛盾的，新公司成立後，就飛了，雖也掌握部份技術股，總非自家物；不讓成立則面臨巨大壓力，該部門也無法成長。以三環公司而言，目前已是世界級的永磁公司，年底也將上市，是一較為成功的例子。
3. 物理所最近的較大突破是以一特殊方法訂向成長超長度的納米探管，長度可達 mm 及（為一般報導的 10-100 倍）在 Nature 發表過此一成果，目前朝向單成管發展。其他成果很多，如在超導、永磁、

GMR、、、等。

4.物理所跟台灣已有多年交往經驗，除人員多次互訪之外，上有磁學與磁性材料方面的長期合作，日後在表面科學、III-V 化合物 MBE 成長、結構檢定、真空技術、納米（碳管）、等方面還可以特訂課題、定期舉辦兩岸學術研討會等方式進行合作研發，促進兩岸科學的進步。

三、清華大學材料學院

（一）參訪心得

6月22日上午九點出頭抵達清華大學主樓前，院長朱靜院士親自迎接，就在抬街上，珠女士靶材料學院近況作一簡介。該院於97年成立，系由材料系、化工系之高分子材料部份、物理系之凝態物理部份以及核材料部份整合為一個學院，有傳教授以上近九十人。之後，參觀該校計算機中心的『中國教育和科研和計算機網』，該網名為『cernet』建在清大信息中心，連接到東北、華東、華南、美、加、德、英、香港、等地，屬於教育網路，跟台灣的相似，也是.edu，所有大學、研究機關皆由支線與主幹連接到清大信息中心，政府提供許多優惠，使每分鐘下載資料的價格降到一元人民幣左右。

接著到新落成的材料館參觀，建築新穎、宏偉美觀，就是先進國家的新建築也不過如此。正搬家中，室內不是很空，就是很亂，參觀『中國材料信息網』，由李義春副教授主持，把全中國材料相關系所，研究計畫、科學基金、學會組織、科技動態、期刊圖書、教育培訓、數據庫乃至於材料商情等，進皆上網，並由15人維護，經實地進網瀏覽，確係內容豐富，更新性高且速度快。該網於95年開始建立，97年3

月完成，迄今以在舉世材料界贏得聲譽。有興趣上網一探究竟者可試
<http://www.chimeb.edu.cn> (須自備繁簡字體轉換軟體)

接著到另一館社參觀朱院長的電鏡實驗室，皆為jeol的機種，TEM與SEM都是發射型，除了對他們的研究成果留有印象外，更對他們費心裝設的『鐵屋』感到『意外』，TEM與SEM皆被一鋼板焊接的六面鐵牆包負起來，牆厚約1公分，只留三數個小通風窗（窗上也還裝設鐵網）、二扇鐵門；據說鐵門關與不關對照片解析度影響很大！

最後參觀『新型陶瓷與精細工藝』國家重點實驗室，由於正搬家中，也沒實地看設備，主要跟黃勇教授（副院長）、司文捷副教授座談研究方向、重點與成果。該實驗室有20多位副教授以上的教師，近年來在結構陶瓷（如 Si_3N_4 、 SiC 等的成型技術）、MLC、壓電馬達、感應器、生醫陶瓷（仿生合成）等項目上都有相當的成果。

（二）參訪心得：

1. 整合各系材料領域的專家，單獨成為一個學院，可收互助互利的效果。所參觀北京、清大及上海、交大都是如此。
2. 北京的清大，教育網路建立得相當完善，更可取得是網路的成功，頗值得國內借鏡，至少值得國內材料學家時常訪問該網。
3. 北京清大材料院的國家新型陶瓷重點實驗室在結構陶瓷的領域以耕耘十幾年，成果可觀，值得國內學者與之交流，近年來在功能陶瓷領域也有相當成就。TEM實驗室有數位專家投入成果豐碩。
4. 該系大學部有四名學生發明了新式輕巧高倍率天文望遠鏡以及電視螢幕放大器，官方大為宣傳，並鼓勵其休學創業，似乎要捧出另一類的青創楷模。

四、北京航空航天大學材料系

(一) 參訪經過

6月22日下午2點抵達北航大，該校副校長黃澤梓教授率科技處理處長、林副處長、理學院副院長王教授、材料系宮教授等歡迎並簡報之後參觀其機器人實驗室，材料系實驗室，材料物理與化學研究中心等。

北航大於1952年整合八大校的航空系而成立，迄今47年，發展出十大學院十學系，學生1萬4千餘人有二千五百多研究生屬於研究型大學，校友中有許多人是航空、航天中的要角。該校每年自外爭取1.5億人民幣的科研經費，有1/3來自對外工業合作，2/3來自如NSF之國家單位。在諸多對外服務中生產了200多架安安全性高的超輕型飛機內外銷，相當有特色。有四個國家重點實驗室。

材料系於1954年成立，高分子專業很早就系內建立，為其一大特色，目前的領域涵蓋：航空用金屬（Al、Mg等輕合金、Ti合金、界金屬化合物、高強度Al-Li合金）、功能性金屬材料（型憶合金、磁伸縮合金）、表面工程、腐蝕防蝕與保固、環境與材料（如Sensor等）、陶瓷材料、高分子材料、複合材料等。

材料物理與化學研究中心，由理、工學院共同成立，研究領域包括非晶質材料、納米矽晶、薄膜材料等。

(二) 參訪心得

1. 有許多研究成果或設備，值得推薦給國內學界參考：

(1) 滲灌：係由詹茂盛教授發明之灌溉方法，以廢汽車輪胎冷凍碎裂混練樹脂後，製成多孔管，用於農業的灌溉，水或肥料由管壁微孔滲出灌給作物。據稱比慢灌可節水70%以上，非常適合於中國北方，缺水區，日常技轉給北京三環北航農業公司24小時生產。

- (2) 懸浮熔化設備：具有 60KW 大型集中型懸浮熔化設備，可熔化超潔淨無污染之合金錠。
 - (3) 四槍電子束快速蒸鍍設備：烏克蘭製設備可作納米多成『厚膜』。
 - (4) 相變型光碟之動態與靜態測試宜，靜態部份尚好用。
 - (5) 薄膜附著力音洩測試儀，蘭州化物所（中科院）製作，看起來精巧好用。每部宣稱 4-5 萬人民幣。
 - (6) 在納米級矽晶成長上、脈衝電子束、離子樹蒸鍍（Pseudo-spark sputting）等上有豐碩成果，前者以作成 tunnel transistor, 後者為研究上的創新。
2. 北航大材料系過去不熟，就所參觀的少數 Lab（時間及有限）其刻苦與成果都是令人印象深刻的，在美動不起眼的建築內往往可以看到一部 40 萬美金，甚至有一部 350 萬美金之生產設備！可見其在設備的投入上甚為勇敢的。
 3. 北航大正與北京大學談合併事宜，北醫大甚至已與北大聯合半學，我們不日便可看到一所超級的北京大學，這點實在可給台灣許許多多門戶之見篇峽的小大學一個借鏡。

五、上海交通大學材料系

（一） 參訪經過

6 月 23 日下午訪上海交通大學，由金屬基複合材料國家重點實驗室顧明元主任，張荻副主任及上海交大國際合作處童澄教處長接待，晚上並與上海交大施為平副校長及材料學院相關教授餐敘，討論可能合作方式。

上海交通大學的前身為 1896 年創設的南洋公學，成立至

今已超過 100 年，目前是上海最負盛名的綜合性大學，學生人數為 14000 名(大學部 10800 名，碩博士班研究生 2800 多名)。

上海交通大學共有 13 個學院，其中之一即為材料科學與工程學院包括材料科學系、材料工程系、複合材料研究所等二系一所，目前有 70 名副教授以上教員。此學院內設有金屬基複合材料國家重點實驗室、教育部高溫測試開放實驗室。

交大材料在金屬基複合材料的研究有十餘年的歷史，且基礎與實務並重，基礎學理方面著重在界面分析，而實務方面則可以溶滲法製作直徑 25 公分高度 30 公分的金屬基複合材料，並可製作

形狀複雜的大型工件。而金屬基複合材料國家重點實驗室於 1991 年正式開始運行，最初投入 1200 萬人民幣，建立貴重分析設備，並在結合原有設備及不斷擴充下，目前已擁有完整的金屬基複合材料及高分子基複合材料的製程及測試設備。每年約在國外發表 50 篇論文，成果漸受國外重視。

(二) 參訪心得

上海交大目前每年由大陸政府補助 30%，其餘 70% 經費需自行向其他政府單位如自然基金會、科技部等及民間公司爭取，但仍可正常運行，顯示此校在科技研究方面有豐厚的成果，因政府的補助有限，故相對的對學校的經費運用則不予太多限制，此種模式可供國內參考。

為爭取經費及爭取國際合作經費，上海交大設有陣容龐大的國際合作處，並在校內設有 100 個房間的招待所，更在香港設立聯絡室，在在顯示對外聯絡的主動及積極，此部分亦值得國內參考。

上海交大已有百年歷史，在不斷擴充及改革的過程中，仍努力維持原貌，例如在校園正中央，一大塊草地旁，數十年的舊建築與摩登的高層（超過 20 層）大樓面對面而立，顯示學校在發展過程，不忘歷史軌跡，並見百年老校的包容及長遠規劃的企圖心。

六、中國科學院上海硅酸鹽研究所

（一）參訪經過

6 月 24 日訪上海硅酸鹽研究所，由前所長郭景坤院士，副所長羅瀾博士及國家重點實驗室江東亮主任接待。

硅酸鹽研究所的前身為 1928 年創立的國立中央研究院工程研究所，並於 1959 年獨立建所，至今已有 40 年歷史，目前有 800 多位人員，其中研究人員 313 位，97 年收入為 9000 多萬人民幣，每年在國內外發表 300 餘篇論文。硅酸鹽研究所在國際陶瓷研究上，擁有極好的聲譽。目前所內擁有一個國家重點實驗室（高性能陶瓷及超微結構實驗室）及一個中國科學院的開放實驗室（無機功能材料）。

參訪中，硅酸鹽研究所展示多年研究成果，在單晶成長方面的成就，尤其令人注意。硅酸鹽研究所在單晶成長上獨步全球，曾提供位於瑞法邊界上的歐盟核能碰撞機 12000 隻 BGO 閃爍晶體，日前再接訂單，費時五年開發出 PbWO₄ 單晶，即將生產 4 萬隻給歐盟核能碰撞機。

高性能陶瓷及超微結構國家重點實驗室擁有完整結構陶

瓷的粉末製備、分析、成形、燒結及測試等設備。目前有 20 多位研究人員，30 多位碩博士學生。此實驗室並有一組人從事陶瓷相圖研究。此實驗室在納米陶瓷、氮化矽及複合材料方面有豐碩的成果。

無機功能材料開放實驗室，具有完整電性測試設備，並在嘉定園區設有生產 PZT、PTC 等產品的生產線，將研究成果實現在產品上。

（二）參訪心得

硅酸鹽研究所在陶瓷研究方面已有 70 年的歷史，多年投入大量人力，物力，故在所有陶瓷領域皆有涉入，而其中以單晶製造獨步全球。台灣所有陶瓷研究人力通通加起來，也少於硅酸鹽研究所的人力，但近幾年，以有限的人力及物力，已在少數領域內小有成就，但缺世界矚目的研究成果，顯示我國在陶瓷研究方面仍需投入大量人力、物力，較易有所突破。

硅酸鹽研究所具有悠久歷史及龐大人力物力，故與世界各國有許多合作計劃，台灣陶瓷研究規模仍小，國際合作極有限，若能與硅酸鹽研究所合作，交換師資、學生，除可較快建立研究成果與經驗外，並可透過硅酸鹽研究所的窗口與世界其他實驗室建立連絡管道，進而建立國際合作關係。

七、中國科學院上海冶金研究所

（一）參訪經過

參訪團於 6 月 24 日下午 1 點半抵中科院上海冶金所訪問，首先參觀該所的離子束開放研究實驗室（Ion Beam Laboratory）由該實驗室主

任王曦博士引領介紹，由王博士的介紹中瞭解該研究室的重點有兩個。一個是 Functional Film Coating，另一個是 Ion Implantation。在 Functional Film Deposition 方面的主要研究內容包括①高硬度高耐蝕薄膜②生物薄膜，主要是在人工心臟上鍍 TiO_2 ，利用 TiO_2 對人體血液相容性高，來抑制人體人工心臟的排斥性③Superconductor Buffer（雙軸取向的 YSZ）。在 Ion Implantation 方面的主要研究內容包括①Ion Implant SOI（Silicon On Insulator）Structure，②Si 基固態發光材料（這一部份是與南京大學的鮑希茂教授合作），③微生物的照明效應，④光學表證。另外主要的研究內容還包括以真空磁過濾弧沉積機（Filtered Arc Deposition System）以 PVD 的方式來沉積 Diamond Like Film（Amorphous Structure），其主要的特點是將過大的 Ion 及中子過濾掉及不需用氣體，不產生雜質，High Tc Superconductive Film 及 Ion Beam Analysis。其主要的設備還有 ULVAC 的 Ion Implanter（能植入 P, As, Si, O, H, He 等雜質），3 SDH RBS（即 Rutherford Backscattering Spectrometer）是一種非破壞性高能量測膜厚的儀器，以及 Plasma Enhanced Deposition System。

接下來參觀該所信息功能材料國家重點實驗室（State Key Laboratory of Functional Materials for Informatics），由該實驗室研究員陳建新博士引領介紹。該實驗室有四個重點研究項目①分子束外延半導體微結構材料（MBE Semiconductor Microstructural Materials），②矽基半導體新材料與集成鐵電材料（Silicon Based Novel Semiconductors and Integrated Ferroelectronic Materials）。試驗室的設備相當完善，主要有（1）氣態源分子束外延系統（Gas Source Molecular Beam Epitaxy System），（2）固態源分子束外延系統（Solid Source Molecular Beam Epitaxy System），（3）准分子雷射輔助沉積系統（Excimer Laser Assisted

Deposition System)，(4)超高真空電子束鍍膜儀（UHV E-beam Evaporator），(5)電化學 C-V 及光電壓譜剖面測儀（ECV and PVS Profile Plotter），(6)剝層霍爾測試儀（Hall Strip Profile Plotter），(7)振動樣品磁強計（Vibrating Sample Magnetometer），(8)X 射線四晶衍射儀（X-ray Diffractometer），(9)低溫傅利葉變換紅外光譜及光螢光測量儀（Low Temperature FTIR & FTPL Spectrometer），(10)紫外可見光柵、光譜及光螢光測量儀（Grating UV-VIS & PL Spectrometer），(11)器件測量系統（Devices Measuring Systems）。研究成果相當的多，大部份是在光電半導體（即化合物半導體）方面，各種鐵電容器、GMR 材料及半導體 transport phenomena 的理論模式方面。

接下來參觀該所傳感技術國家重點實驗室（State Key Laboratory of Transducer Technology），該實驗室的主要重點是以微電子及 MEMS 的技術來發展各式的 Transducers 及 Sensors，包括小型 PH 傳感器，壓膜壓力傳感器，短波和中長波紅外傳感器等，其研究成果在矽固相結合，准 LIGA 技術，180 元碲鎘汞紅外探測器和改進離子敏場效應管長期穩定性方面都有國際水準。該實驗室從 1957 年創建以來，即把研究主力放在固態微型傳感器（Solid State Microsensors），微電子機械系統（Microelectro-Mechanical System, MEMS），空間應用功能模組技術（Space Application Modular Technology），微波器件及集成系統（Microwave Integrated Devices and Circuits），GaAs 高速器件（High Speed GaAs Devices），相關器件和系統的計算機輔助設計與製作及應用軟體開發（Computer-Aided Design and Mask Fabrication for ASICs and MEMS）。其主要的設備有雷射光修阻儀（Laser Trimming System），雙面光刻機（Double Side Aligning Photolithographer），超高真空電子束蒸發設備（UHV Electron Beam Evaporation System）等。

在參觀完這三個重點實驗室後即到所本部與該所林心如副所長，業務處齊鳴處長及相關的研究人員展開座談，討論雙方在光電及 MEMS 方面的長處與缺點，雙方如何合作，以及如何將研發成果商品化的問題。之後該所在一家名為大將軍的餐廳以晚宴接待，宴中對海峽兩岸的現況作更深入的意見交換。

(二) 參訪心得

訪問該所最大的意外應該是該所名為冶金研究所，卻完全不作冶金方面的研究，而是在光電，信息材料，微電子、MEMS 及能源材料方面。由該所當初的主要任務在冶金方面的研究轉為現在的微電子及光電和 MEMS，其轉換之大可以想像，惟在名稱方面卻仍叫冶金研究所，顯示其在傳統與尖端科技方面的衝突與妥協。

第二件事情是該所的所長江綿恆博士是中共國家主席江澤民的兒子，是美國 Drexel University 的電機博士，有個國家領導人的第二代的所長為該所增添一些讓人想像的空間。

第三點是大陸各科研機構年輕化的程度非常的明顯（包括前面的中國科學院物理研究所、各大學校長、系主任），各重點科研構的主要領導幹部幾乎全從老一代的交給四十歲左右，甚至更年輕的從國外留學回來的博士手上。因此顯得相當的有朝氣，衝得也很快。只是因為文化大革命的關係，大部份的科研機構在 45 歲到 55 歲之間存在著嚴重的斷層，也就是說老中青缺了中壯派，只有老與青，這在經驗的傳承上以及兩代之間的溝通、協調上會有什麼樣的影響，值得觀察。

第四點是大陸成立了 155 個國家重點實驗室（State Key Laboratories），其中一半由國家出錢，一半向世銀貸款，集中火力，在各重點大學及科研機構培養他們所謂的「國家隊伍」。這次參訪五天中，參觀的國家重點實驗室不下十個。從外表上來看，其效果是相當

顯著的。當然如果深入瞭解也會發現其弊病，不過至少從這幾天的參訪上看起來，是給人相當印象深刻的。以前國科會也討論過 Center of Excellence 的觀念，但從未實現。也許我們是應該思考一下這個想法的可行性以及具體作法，也許我們甚至要向大陸觀摩這一方面的作法，取其利而防其弊，收更大效果。

參加北京 1999 IUMRS-ICAM 會議報告

報告人：清華大學 材料科學工程系 金重勳教授

1999/06/30

(一) 參加經過：

1999年6月13日應國科會工程處之請，由香港轉赴北京，住進亞運村五洲大酒店，6月14日-18日參加在北京國際會議廳（BICC）舉行的 IUMRS-ICAM99 會議。

這次會議是一個超大型國際材料大會，總共有 1800 餘人註冊，海外來大陸參加者有六百多人，台灣去了 45 人（其中學生佔近 20 人），是第四名人數最多的海外國家。

總共有 32 個平行議程，在安排上，前三日上午是大家一齊參加的 Planetary Session，題目為“Forward look to materials science while striding into a new century”，邀請是解各地專家學者報告材料科技的先端進展及對 21 世紀發展的展望，相當有特色，前三天下午及後兩天擇分別舉行 32 個議程。筆者依自己的興趣，參加議程 I（硬磁材料）、S（生醫材料）並旁聽議程，J（記錄材料）、T（能源材料）、R（仿生材研）、A（納結構材料）等。

除開會外，尚與世界各地材料學者結識、敘舊、討論，可說收穫豐碩。

(二) 綜合心得

1. 七〇年代，日本裔諾貝爾講得主，目前任筑波大學校長的 Prof. Leo Esaki；應邀作第一場 Plenary Talk，敘述他當年的創建經過，以及未來半導體發展方向，全場動容，他特別以他自己以及許多過去的諾貝爾得獎主都是以博士論文於多年後勇奪該獎，勉勵年輕人，令人印象

深刻。

2. IBM 的 S.S.P. Parkin 向大家介紹應用於記錄的磁薄膜，主要是具有具磁阻的磁旋閥 (Spin value) 以及磁穿壁效應，最重要的是介紹 IBM 在 MRAM 上面，近年來的突破性發展，如果能夠克服生產工藝上的問題 (已解決一部份)，一個 Chip 1GB 容量不成問題，屆時不但衝擊 DRAM、SRAM 的龐大市場，連現在的硬碟機恐怕都得淘汰，這點實在值得我國產、官、學、研各界予以高度重視，即早展開研發，以免落後太多。此一講演太重要了，我特以自費美金 87 元，購得錄影帶一卷，一來可作為教課資料、二來可以整理重點向各界深入建言。
3. 太陽能電池將是 21 世紀初發展迅速的產業，預測將以複晶矽薄板(薄膜)為主體，目前研究重點是在適當基板上成長矽多晶厚層。EFG (edge-define crystal growth) 成長 Si 多晶薄板的技術已商業化生產。
4. 電子陶瓷在 21 世紀的進展—於 FRAM 上，一在無 Pb 之高性能壓電陶瓷，另一則在搭配各種光、電通訊應用的材料、器件上的開發。FRAM 跟 MRAM 類似，都是非揮發性 (non-volatile)，但讀取時要先破壞再復原之，故總體性能遜於 MRAM 者，可惜目前國內的研發獨尊 FRAM 而排擠掉 MRAM，若不及早修正，恐失先機。
5. 法國的 M. Balkanski 介紹固態為電池 (可再充電式)，因以手寫投影片配上不道地的英文，效果不佳，但所舉數據，仍讓人印象深刻，例如微電池厚度通常小於 3 微米 (頭髮直徑的二十分之一)，目前的系統以 $\text{Li/LiBF}_4\text{-PC/CF}_x$ ，開路壓電 2.8 伏，能量密度 320wh/kg，發展中的有 Li/TiS_2 (2.5V, 560wh/hg)， Li/FeS_2 (1.6V, 1200wh/kg)， Li/NiPs_3 (2.2V, 450wh/kg)， Li/InSe (2.8V, 380 wh/kg) 等。發展中的有多項技術包括『均質化梯度構造』： Li|IS|IC-MC-SC| ，其中 IS 指隔離層，IC、

MC 係以 $(1-x) \text{LiBO}_2 \cdot x \text{V}_2\text{O}_5$ x 漸變之材料組成，當 $0 < x < 0.3$ 時，材料為離子導體(IC)， x 在 0.5 到 0.7 間材料成為金屬態導體(MC)，SC 則以 V_2O_5 做成。

6. 台灣中研院鄭天佐所長也應邀作專題演講：『以原子尺度作材料設計與鑑定』，將早期在美國研究成果與九年來在台灣的成果交叉說明，話風犀利，深入簡出，贏得全場注目。
7. 大陸近五年來，納米材料上的進步相當突出，其中以納米顆粒、碳管等為最，瀋陽金屬所的年青學者盧柯的演講，頗能掌握問題重點，以簡單物系印證一些特殊現象，成就可觀。
8. 美國的 G.A Prinz 介紹磁電子應用材料，從 20 年前美國發展的早期 MRAM(誤導了現代人對 MRAM 的態度)只有 256K，到 IBM 的 1Gb MRAM，乃至於有別於 IBM 設計的可能方案，非常且有創意性及參考價值，我也花錢買了一捲錄影帶，希望好好研究，在臺推動磁電子學。
9. 環境材料在國內是被忽視的一環，日本東京大學的山本教授致力於這方面的推動，已使日本逐漸領先歐美，並深入企業產品。Ecomaterial 的觀念其實很簡單：就是材料的採用要考慮其再生利用性；舊材料換用具有再回收利用性者；生產新材料時，設計其再回收利用性；製造過程不生環境污染等。我國若不重視推動此一觀念，有一天先進國家祭出「符合 Eco 的產品才准予輸出」的規定，業界所受衝擊將千百倍於現在的 301 條款！
10. 以色列的 S. Weiner 教授一場“Materials design in biology”講演，令我對該國在生物礦化方面的成就感到欽佩，更學到不少由生物礦化衍生出來的材料設計原理。
11. 硬磁材料議程內容平平，好論文並不多，主因在於國際級大師參與

者不多，且與世界磁學會議只相隔一個半月，好論文都投那兒發表了。在該議程內我積極參與討論、給講者一些建議。結識了北京科技大學的周壽曾教授，他已經在永磁的領域耕耘了三十多年，經驗豐富，參觀過他位於會場五分鐘車程的實驗室，永磁、巨磁伸縮材料研究相關設備齊全，成果也佳。

12. 在生醫材料議程，令我印象深刻的是，大陸在人工植入材料與醫學上的研究之鼎盛，研究機構與大學遍佈之廣，以及參與、討論之熱烈，堪說是本次會議最熱烈者之一，直到最後一天的最後一場議程，都還座無虛席、甚至還有用站的！由於大陸在人工植入材料上的規範可說沒有，因此許多新材料他們都可以試（美國則有FDA把關、人體實驗前動物實驗要十年以上），在某些新材料研究方面反而有領先的情況。例如一種不需經過燒結，只由磷酸鹽互相調配、室溫可以硬化（時間需十數小時）的骨水泥，在大陸就廣為研究、試用，在骨科添料方面的應用效果聽說不錯。當然啦，十年後會不會有什麼副作用，只有到時候再說。很多外國學者專家對一些材料細節、植入效果都趨之若鶩。

（三）攜回資料

1. 摘要集(1)、(2)兩大冊。
2. 錄影帶：S.S.P. Parkin, "Magnetic thin film materials for information storage".
3. 錄影帶：Gary A. Prinz, "Materials for magnetoelectronics applications".