

# 專

# 訪

## 電子構裝產業發展之推手—— 工研院電子系統 構裝計畫簡介

◆劉秀琴採訪整理



● 羅鍾麟

學歷：Virginia Polytechnic Institute  
工程物理博士

現職：1994年起為工研院工業材料研究所專任顧問



● 劉仲明

學歷：美國哥倫比亞大學化學博士  
現職：工研院工業材料研究所所長



● 吳恩柏

學歷：美國柏克來加州大學機械博士  
現職：工研院電子工業研究所副所長  
先進構裝技術中心主任

## 摘要

電子系統構裝計畫是工業技術研究院內一跨所性之整合計畫，由電子所、電通所、材料所與能資所等分工執行。為因應外界環境的變化——構裝產業已經快速竄起的事實，假如各所仍各自發展，將使研發效益降低，因此在89年7月，工研院內做了初步的整合，將電通所電子系統構裝計畫相關人員歸併到電子所，並與電子所同計畫人員共同成立先進構裝技術中心，以便傾全力發展最先進的構裝技術。

## 關鍵詞

電子構裝(Electronics Packaging)；整合性基板(Integral Substrate)；3D模組構裝(3D Module Packaging)

### 工研院跨所計畫，考驗領導人

構裝技術是系統產品研發之基本技術，唯有具備此基本技術才得以開發自有產品，對於以代工為主的國內相關業者，除可提供完整的客戶服務外，更可以提升競爭力，與世界一流業者一較長短。

台灣的半導體構裝產值，今年預估將佔全世界代工構裝產值的約29%，甫登上世界第一，由此可見台灣構裝技術進展之快速。而促使構裝產業發展的幕後推手便是工業技術研究院的電子系統構裝計畫。

電子系統構裝計畫今年是第二個五年計畫的第二年，在工研院屬於跨所性且行之有年的大計畫，跨及電通所、電子所、材料所，以及能資所等。跨所計畫由各

所各司所長，共同開發，可以相互支援，容易在技術上突破，研發成果具完整性，對產業界的效益更大。反之，跨所計畫凸顯了管理上的問題，基於各所管理風格的不同，各所對預算的執著，以及文化各異的前提下，在在考驗著領導階層的人。

電子系統構裝計畫總主持人由最早的李立中（材料所的前任所長）博士，到羅鍾麟顧問（材料所顧問），目前是由現任材料所所長劉仲明博士擔任。每一位計畫主持人都有著良好的氣度與風範，使跨所計畫逐漸走向真正的融和。

國內構裝業界並不陌生的羅鍾麟，如今雖然已經卸下重擔，但是當初在電子系統構裝計畫所建立的研發模式，仍然讓人敬重。跨所計

畫執行之初，比較分散、凌亂，於是他建議先找出比較先進的系統當載具（載具是隨不同時期使用不同載具，用來驗證所研發的技術），並以此為中心完成系統模組，然後各所分工。電通所針對系統構裝設計，電子所做元件構裝製程，材料所研發相關的材料，能資所則從事熱傳設計。總之，從設計、製程、材料到電性測試、產品可靠度等都是朝所需要的方向去研發。

「在當時比較有門戶之見的時空背景下，羅鍾麟採取比較Flexible的方式，讓大家都有發揮的空間，也讓各所既能各自發展，又能相互配合，相當不錯。」從吳恩柏（當年構裝計畫的要員之一，現為電子所副所長，構裝中心主任）的一席話中，可知這位出身IBM高階

主管的羅顧問，展現出不凡的見解與統合的能力，也為工研院跨所計畫奠下良好的根基。

工研院在計畫初期就決定投入 BGA(Ball Grid Array)、CSP(Chip Scale Package)從設計到組裝的研發。當時，日本主張走Fine Pitch QFP，反對走BGA；美國則贊成走BGA，尤其是CSP。結果帶動國內產業界在這一方面的發展，也驗證了「我們從第一期構裝計畫做了很多正確的策略和方向的選擇」，但羅鍾麟也不諱言的說「也有些抉擇不是完全正確的」。

例如早期決定建立 MLC (Multilayer Ceramics Package)的技術能力，技術本身雖是成功的，但可惜成本太高沒有馬上被業界接受。後來將它應用到低溫共燒陶瓷(Low Temperature Co-fired Ceramics; LTCC)，如今正為無線通訊產業中被動元件所應用。

在電子構裝計畫早期，欲將捲帶式晶粒結合(Tape Automated Bonding; TAB)Package推廣應用至平面顯示器(LCD)產業上，當時材料方面研發出來的聚亞醯胺(Polyimide; PI)有幾個創新、前瞻的成果，也找出產業整套的Infrastructure，包括：已有生產PI的原材料廠、有PI的基板廠、有Tape Substrate廠，當然也需要有LCD Driver Chip廠的加入，才算完整。結果，因Drive Chip的半導體公司中途打退

堂鼓，形成缺了角的Infrastructure，而無法把產業帶起來，令人扼腕。沒有晶片，Tape就無用武之地了，而已投入Tape的公司，在等待了2年之後，當快閃記憶體CSP上市，時來運轉得以一展鴻圖，成為國內獨一無二擁有Tape技術的公司。羅鍾麟的結論是「技術不是唯一重要的因素」、「一個成功的計畫，除了技術之外，還要設法建立起完整的產業 Infrastructure」。

台灣業界最強的地方是製程，而設計能力在現階段也在逐漸養成中，但沒有一家公司有完整的電性分析、機械、熱傳的設計分析能力，所以工研院的電子系統構裝計畫，除了要做創新、前瞻之外，更要顧及計畫的完整性才能發揮最大的效益。

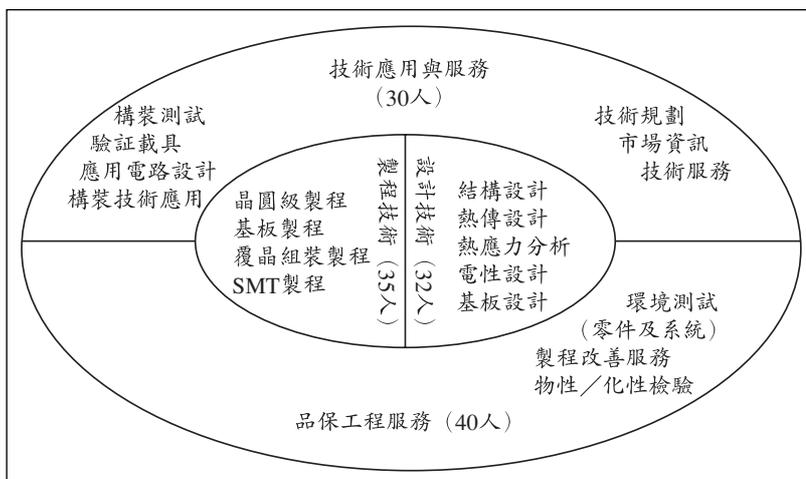
### 先進構裝技術中心

在行政服務中心、資訊技術服務中心、經資中心---等令人目不暇給的工研院組織活力重整聲中，89年7

月，出現了由技術研發團隊重整而成的「先進構裝技術中心」(Advanced Package-Technology Center, 簡稱為APC)，中心主任由電子所甫上任的副所長吳恩柏博士擔任；副主任由原電通所何宗哲組長升任。

APC乃集結了電通所約80人的構裝團隊，主要核心技術在於系統設計及系統組裝製程，包括電性設計、熱傳分析與SMT製程；以及電子所的品保組與電子構裝技術組，合計成為約140人的大團隊，再依構裝中心的組織功能畫分為品保工程服務、設計技術、製程技術以及技術應用與服務四大組(如圖一)。

「為因應下一世紀先進構裝技術的變革，集中並整合院內的人才與資源(設備與經費)去做更先進的構裝技術的研發，以提供國內構裝產業遠程的技術移轉及近程的技術服務，增進構裝產業的國際競爭力。」為吳恩柏心中的發展方向。



▲圖一 先進構裝技術中心的組織功能圖

所謂遠程技術移轉，指的是因應國內一級構裝廠3-5年後所迫切需求的技術，例如有良好的專利佈局，使未來在量產上受到某一定程度的保護；或者即便是向國際其他國家移轉技術，也因工研院有一支團隊正在研發相同的技術，而帶給他們在談判上有更大的籌碼。

至於近程的技術服務就是提供產業需要的技術與服務。例如，覆晶技術目前已經移轉給先期參與的十幾家公司，當先期參與計畫結束以後，即可隨時技術移轉給任何需要本技術的構裝廠了。APC將藉由技術服務保持與構裝產業的緊密關係「從技術面，追求的是技術的創新、前瞻，以研發比產業界腳步快3-5年的技術為目標。而事實上，這已經是與世界領先技術同步的水準了。」「其次希望經營一個開放、友善、合作的環境，讓同仁在APC工作，得到成就感。」吳恩柏特別強調，這是APC每一階層主管“念茲在茲”要做的事，給同仁最好的研究題目，最好的資源與最好的關懷。

總而言之，APC有三大主軸，一是往創新、前瞻走；二是照顧產業界現在的需要；三是滿足同仁的成就感。希望成為“國際一流的團隊”。

## 構裝材料之研發團隊

### 留在材料所

電子系統構裝持續的往多功能、體積縮小又便宜的

方向發展，過去比較容易直接買到所要的材料，但現在因應系統需求必須由材料設計的眼光去調配材料，對材料研發者而言亦是一大挑戰。在電子資訊業無線通訊產業中，材料已變成下一波產業發展的關鍵，成為讓系統提升不可或缺的手段，而材料的突破或提升，也會讓設計者有更大的揮灑空間。

工研院院內的材料所、能資所、化工所、系統晶片設計中心等單位，他們研發材料、半導體、MEMS...，都是材料與元件研發單位，用來支援構裝中心，也是構成構裝中心的上游單位。

「材料所與構裝中心的關係是互補的，非常容易合作；而構裝材料研發同仁留在材料所內的最大好處，是容易取得可滋養他的資源，包括各種材料性能測試所需的設備與能力。」劉仲明的看法。

「電子所與電通所整合成立先進構裝中心之後，與材料所之間則靠電子系統構裝計畫來維繫。因材料與系統或元件之間的關係幾乎都是互補的，不會有重疊的部分。目前以每週至少開一次會做Review或Planing，雙方的合作非常密切。」吳恩柏說明現狀。

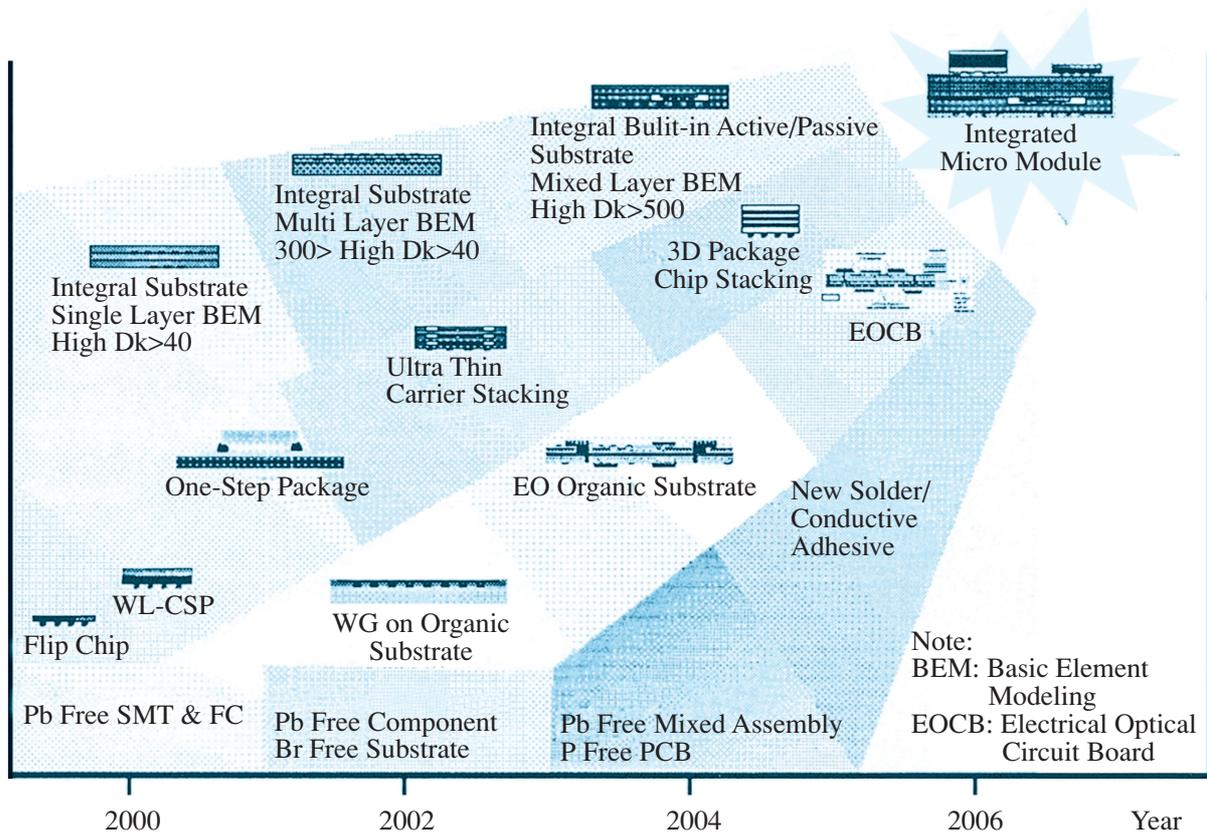
材料所在電子構裝材料

方面的研發已有10多年的經驗，相信，在電子系統構裝計畫體系下，配合APC的運作，必能順利推展，尤其是材料所除了擁有材料配方能力與技術外，還建立了精密塗佈加工技術，此技術正是電子構裝往輕薄短小發展，以及講求對阻抗的控制所不可或缺的一環，一片片的、薄膜狀的、均質的材料產品，都必須利用精密塗佈技術，利用此技術可進行多層、條狀等功能性塗佈（如圖二）。

劉仲明指出「材料的發展需要有火車頭工業的帶頭，像日本有汽車、電子、無線通訊產業；歐洲有汽車、航太、通訊產業；美國一直是得天獨厚，汽車、航太、通訊、資訊樣樣都強，在這些帶頭產業的支持下，材料產業自然發展良好，只有我國比較缺乏，這也是為什麼材料所在成立之初，會採取到處打游擊的策略了。現在，終於成就了佔世界一席之地的電子資訊業，配上無線通訊產業的帶領下，未來材料的研發，不能再做改良型或me too的技術，必須做躍進式的創新、前瞻，一旦有成果，佐以原有的強勢產業，必能實現產業的『根留台灣』『永續經營』的遠大目標。」

材料配方 ⇄ 精密塗佈加工 ⇄ 電子構裝材料製程  
整合測試

▲圖二 關鍵電子構裝材料開發架構



▲圖三 電子系統構裝技術發展四大方向與時程表

### 願景與方向

電子系統構裝第二期計畫的載具設定為 IMM (Integrated Micro Module)，利用這個載具，最終目標是做到 i watch 的產品，中間會提出 Portable IA 為先期的載具或過渡的產品，將會組合 PC、無線網路、手機，

利用此可以到網路抓東西或打電話出去，傳 Data 出去，可以 e-mail。欲完全實現 IMM 必須發展四個主軸的技術，也是本計畫的四個發展方向，每一個方向都包含了構裝的技術、製程與材料（如圖三）的研發；其發展策略如圖四。

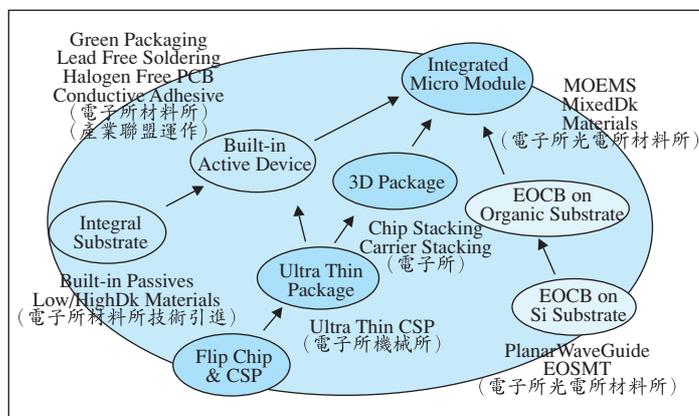
#### 一、整合性基板(Integral Substrate)

無線通訊的未來發展，RF 模組與數位系統的結合是相當清楚的方向，也是數位時代熱門的趨勢。而此正是本計畫系統設計的方向，希望能將主、被動元件整合（縮裝）到基板裡，尤其是體積仍大的被動元件，空下的面積可以做更高密度的設計。

整合性基板的研發願景，希望經由本計畫對設計／製程／品保整合技術的開發，提昇國內無線通訊產業競爭力。

#### 二、半導體構裝(Ultra-Thin)／3D Packaging

從構裝技術面來看，必須使用到的技術由覆晶(Flip



▲圖四 電子系統構裝技術發展策略

Chip)、Wafer Level CSP，到One-Step Package延伸到3D Package的技術發展。

藉由本項發展，使我國構裝技術跨越單晶片構裝，與世界領先技術同步。

### 三、光電基板(EOCB)

光電基板目前雖然尚未看到真正應用的產品，但未來在光通訊方面將會有廣大的應用機會，國外也紛紛在近一、二年起步研究。所謂光電基板係在電路板上原先以光纖相連接的部分，改為直接以光波導(Wave Guide)製作在電路板上，例如光電模組將光纖進來的光信號轉變成電信號，或一條光纖進來後分成好幾條頻帶的光迴路。本項研究的分工，除了將引進光電所光迴路設計的技術之外，基板上面的光波導材料將由材料所研發，至於光波導基板的製程與光電基板的應用設計則由APC負責。

期望藉由本項技術的發展，建立起國內光電基板的新產業。

### 三、環保構裝(Green Packaging)

尤其針對無鉛焊錫與無鹵、無磷基板的開發。而引爆無鉛製程議題的是1998年歐盟提出的WEEE方案(Waste of Electronics and Electrical Equipments Directive)，計畫以立法方式禁止含鉛產品進入歐盟國家，引起國際間電子業者的高度重視(雖然目前已將預定實施的時間由2004年延至2008年)。

無鉛焊錫影響產業的層面很廣，因為這是屬於材料的改變，使得原來使用的可靠性，甚至整個製程都必須重新評估，相關的標準也不見得能完全使用。

以出口為導向的我國產業，如IC封裝大廠的日月光、華泰、矽品等業者最近也受到客戶的要求，開始針對產品做無鉛的規劃。

現狀是目前找到的無鉛焊錫中，較有潛力的合金熔點比錫鉛合金(63% Sn 37% Pb)高約30°C(對元件材料、結構有影響)，加上特性皆遜於原來的錫鉛合金。針對此，電通所於89年3月成立“環保構裝製程技術聯

盟”，共有16家廠商加入，就是希望結合國內IC封裝業、電路板製造業、電子連接器廠、系統組裝業、材料製造業等上下游業者共同推動，並以合金系統標準化為最終目標。

無鹵、無磷基板材料的開發則是材料所的研發主題。透過本項相關製程技術的開發，希望在無鉛、無鹵時代來臨之時，國內產業可以立刻跟上，不至於被摒棄在外。

### 帶動新科技產業之成果代表例

錫球陣列塑膠構裝技術(Plastic Ball Array Package Technology, PBGA)是近10年來最具代表性的半導體構裝技術。工研院於1994年正式投入研發，初期主要研發構裝設計技術，先後建立半導體構裝之電性分析及量測、熱傳分析及特性量測及特性量測、基板佈局設計以及熱應力分析等技術，成為國內半導體構裝產業良好的技術來源。繼之將研發項目擴大到PBGA之表面黏著技術(Surface Mount Tech-

表一 電子系統構裝計畫構裝技術成果例

研發成果	廠商
一、技術移轉 · PBGA/FC BGA構裝設計技術 · PBGA SMT技術 · PBGA/FC BGA基板製程技術 · PBGA/FC BGA基板材料技術	半導體製造業：聯電、華邦 半導體構裝業：矽豐、鑫成、飛利浦、華泰、華新先進 基板製造業：元豐、華通、南亞、欣興、台路、佳鼎、鈞普 基板材料業：永明泰、長興、聯超 系統開發業：宏碁、華碩、精英、智邦、達航等24家
二、技術服務 (輔導、顧問)	半導體構裝業：矽豐、立衛、同欣、上寶、福懋 基板製造業：元豐、華通、欣興、佳鼎 系統開發業：創宏、鴻海
三、專利授權 散熱強化型BGA	日月光、華泰、鑫成、上寶

表二 電子系統構裝計畫構裝材料成果例

時程	技移項目	技移廠商
解決第一次印刷電路板產業瓶頸	乾膜 綠漆 高Tg積層材料	長興、大東 展宇、華通 南亞、亞化
解決第二次印刷電路板產業瓶頸	TAB/FPC基板 CSP基板 Build-up製程 液態光阻 無鹵積層材料 RCC材料	太巨、台虹 台虹 華通、南亞、群策、佳鼎、鈞普、台路、楠電 聯致 南亞 厚生、長興、台光電、南亞

nology; SMT)、基板製程技術及基板材料技術，且已分別技術移轉給國內上、下游產業，造就了完整的錫球陣列構裝產業結構，使國內產業得以與國外一流業者競爭(如表一)。本文一開始提及的台灣電子半導體構裝產值，今年預估會登上世界第一的消息，更證明了本計畫的輝煌成果。

構裝材料方面，以印刷電路板為例，相關的乾膜技術、綠漆及高Tg積層材料的成功開發及移轉，使當時因關鍵材料仰賴進口而面臨第一次瓶頸的印刷電路板產業，一變而成產值為世界第三大的供應基地(產量是世界第一)。繼而研發出的TAB/FPC基板、CSP基板、Build-up製程、RCC材料、液態光阻及無鹵積層材料成果，正好為我國印刷電路板產業解決了因產能過度擴充、產量供過於求，以及在BGA、CSP、Build-up的走勢下，上游材料產業無法配合轉型引發的第二次產業瓶頸，其技術移轉廠家如表二所示。這些技移廠家目前都已在試行量產中，未來在能

自己掌握材料的前提下，相信必能發展出高附加價值的產品，改寫產量第一而產值第三的局面。

### 未來展望

在整合性基板方面，將以建立整合性被動元件之模型庫(Modeling Library)為目標，並達成實用化的目的；以及積極開發高介電常數材料( $\epsilon \geq 50$ )、低介電常數材料( $\epsilon < 3$ )，並藉由材料所的新材料研發，結合國內電路板廠的基板製造能力，開發未來混有高速數位電路與射頻電路之電子產品所需的整合性基板設計技術，實現系統模組化的目標。

在因應小型化電子產品的CSP組裝製程技術及DCA(Direct Chip Attach)技術方面之研發，CSP組裝製程則依據美國半導體工業協會(Semiconductor Industry Association; SIA)所制訂之技術藍圖，著手進行0.5mm間距以下的CSP組裝製程之開發及設計法則之建立。DCA製程技術方面，則偏重於以機械式凸塊成形之金凸塊(Gold Stud Bump)；覆晶

技術開發，以符合小於200 I/O以下之晶片應用。所涵蓋的製程開發，除覆晶接合、導電膠之應用外，更將金凸塊成形製程納入研發範圍。

環保製程的需求正處於萌芽階段，有許多相關之技術問題有待解決與釐清，尤其未來在法令的壓力及全球競爭策略下，環保製程是國內業者刻不容緩的因應課題。但又因所涉及的層面既深又廣，非短期能完全克服的，預料未來該技術的研發工作將會持續3~5年。由於在不同的時間點，會對不同產業產生影響，所以將結合國內上下游產業，共同來尋求解決之道。

電子系統構裝計畫的研發成果已經由專利授權、技術移轉、論文發表，以及研討會、人才訓練、技術服務……等落實於產業界，已有部分產生實質的效益，而部分則正蓄勢待發。未來將隨著電子產品小型化、高速化、無線化及環保需求的趨勢，延續正在開發的技術，將國內電子構裝產業推至最高峰。