

整合型元件之技術趨勢與機會探索

許平育
工研院IEK 零組件研究部
產業分析師

摘要

隨著通訊電子產品日益講究輕薄短小，縮小零組件體積與使用數目遂成為產品的設計與應用重點。本文中「整合型元件」所涵蓋的範圍，廣義的來說包括了以各種基板承載或內埋各式主動或被動元件的產品，然囿於篇幅限制，此處將只狹義地依基板材料進行下述產品分項的討論，即：(1)陶瓷基板，產品項目包括整合型被動元件、LTCC等；(2)半導體基板，產品項目包括SOC、SIP與IPD等；及(3)其他基板：產品項目包括PCB內埋式被動元件、氮化鋁或氧化鋁基板、塑膠基板、石英基板及鐵氟龍基板等。

關鍵詞

系統單晶片(System on Chip; SOC)、系統封裝(System in Package; SIP)、低溫共燒陶瓷(Low-Temperature Cofired Ceramic; LTCC)、整合型被動元件(Integrated Passive Component/Device)、PCB內埋式被動元件(PCB Embedded Passive Component; EPC)

基本介紹

隨著通訊電子產品日益講究輕薄短小，縮小零組件體積與使用數目遂成為產品的設計與應用重點。本報告之「整合型元件」所涵蓋的範圍，廣

義的來說包括了以各種基板承載或內埋各式主動或被動元件的產品，不過囿於篇幅限制，此處將只狹義地依基板材料進行下述產品分項的討論。

1. 陶瓷基板

產品項目包括：整合型被動元

件、LTCC射頻模組等。

2. 半導體基板

產品項目包括：系統封裝(System in Package; SIP)產品、系統單晶片(System on Chip; SOC)，及矽基板上之整合型被動元件(Integrated Passive Component; IPD)。其中多晶片封裝產品又稱為MCM (Multi-Chip Module)或MCP (Multi-Chip Package)，以下統稱SIP。

3. 其他基板

產品項目若依承載封裝之基板分類，包括：PCB基板、氮化鋁(AlN)基板或氧化鋁(Al_2O_3)基板、塑膠基板、石英基板及鐵氟龍(Teflon)基板等。

以下便進一步介紹各種整合型元件之技術現況與發展趨勢，以及國內廠商之機會所在。

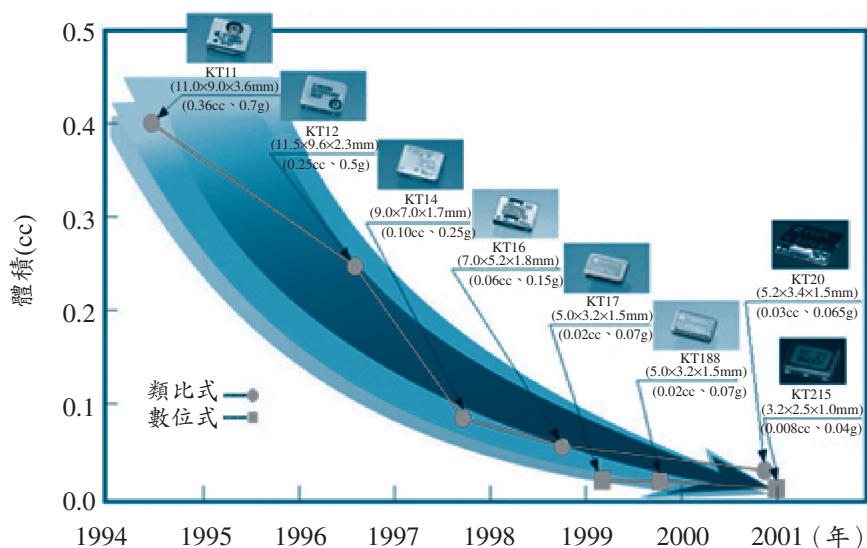
整合型元件之技術現況

一、陶瓷基板

以陶瓷等介電材料為基板之產品具有良好的高頻特性，因此適用於SAW濾波器、高頻石英振盪器模組(如TCXO、TC-VCXO等)、無線通訊射頻(RF)模組(如手機、WLAN、藍芽及GPS等)、高頻微波元件等。在技術演進上，小型化以及高頻化是最主要的發展趨勢。如圖一為日商京瓷(Kyocera)之VC-TCXO產品至2001年為止的發展歷程，及各時程產品的尺寸比較。在六年間，產品體積足足縮小了45倍之多。

1998年起，整合度更高的低溫共燒陶瓷(Low Temperature Cofired

►圖一 日商京瓷之VC-TCXO產品演進Roadmap



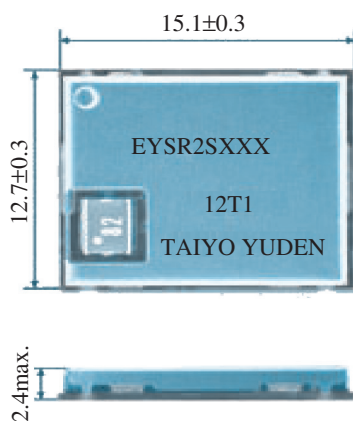
資料來源：京瓷(Kyocera)；工研院IEK (2004/01)

Ceramic; LTCC)技術開始實際應用在被動元件、天線、濾波器、雙工器等無線通訊零組件，以及功率放大器(Power Amplifier; PA)等無線通訊模組上。

圖二所示為日商太陽誘電所推出之藍芽模組；而國內業者如環德、華新科技等亦陸續在2000年起成功開發出以LTCC為基板的積體化產品及模組；圖三所示即分別為兩家公司的LTCC產品。

圖四為通用六層結構之LTCC簡要製造流程。一般說來，LTCC製程分為如圖之六大步驟，即打孔(Punch)、灌孔(Via Fill)、塗佈印刷、堆疊(Stack)、疊層(Laminate)、與共燒(Fire)等。只要製程能力許可，層數可再行增加，甚至可達50層。

圖五則為LTCC產品之橫剖面圖範



資料來源：太陽誘電(TAIYO YUDEN)；工研院IEK (2004/01)

▲圖二 日商太陽誘電的LTCC藍芽射頻模組

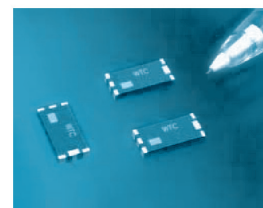
例。除了最上層表面可以覆晶(Flip-chip)技術承載一至數顆積體電路(IC)，並留下其周邊之表面黏著元件專用焊點外，下層基板並可內埋數十顆電阻器、電容器、電感器及高頻濾波器等被動元件，而元件間的電路連接則透過貫穿孔(Via)加以完成，積體度相當高！

二、半導體基板

相較於陶瓷基板，半導體基板之整合型元件（即上述之SOC與SIP）因晶圓代工產業在深次微米製程之成熟



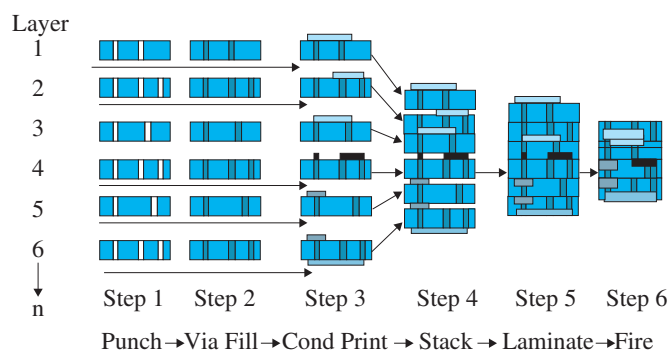
(a)環德電子的LTCC Balun



(b)華新科技的LTCC天線

資料來源：環德電子；華新科技；工研院IEK (2004/01)

▲圖三 國內業者之LTCC產品例



資料來源：工研院IEK (2004/01)

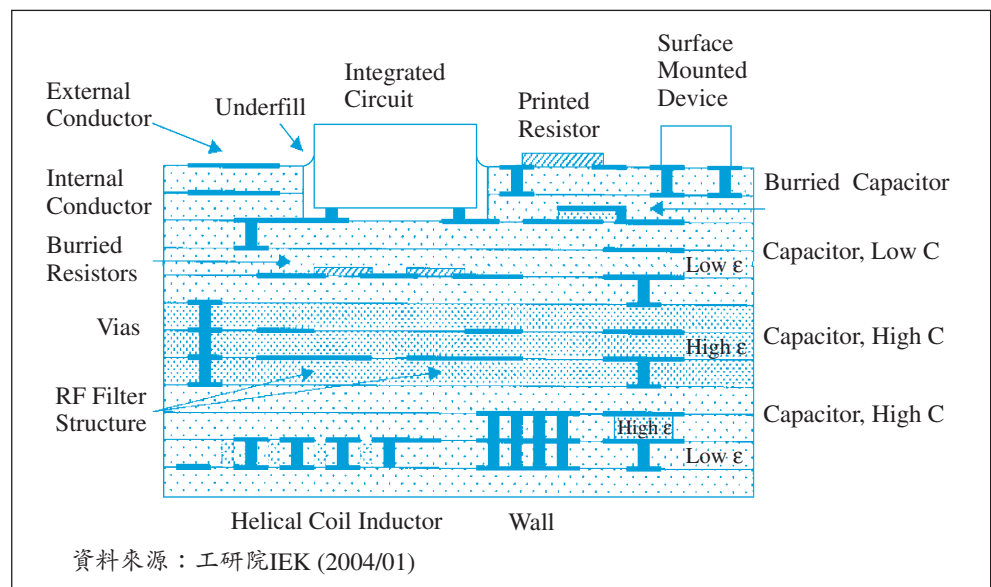
▲圖四 通用六層結構之LTCC簡要製造流程

發展而有更高的整合度。

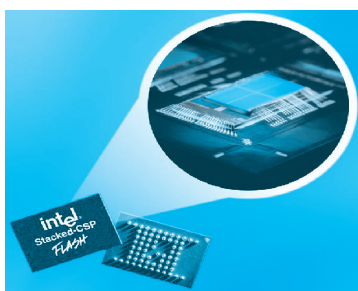
目前最常使用半導體基板作為整合型元件者，包括以SOC方式實現之高速運算器、數位信號處理器(DSP)、中央處理器(CPU)，以及基頻(Baseband)通訊晶片等，還有以SIP方式實現之記憶體組合，如SRAM與Flash Memory結合之Combo Memory、

南橋與北橋晶片組、無線通訊之射頻收發晶片(RF Transceiver)。

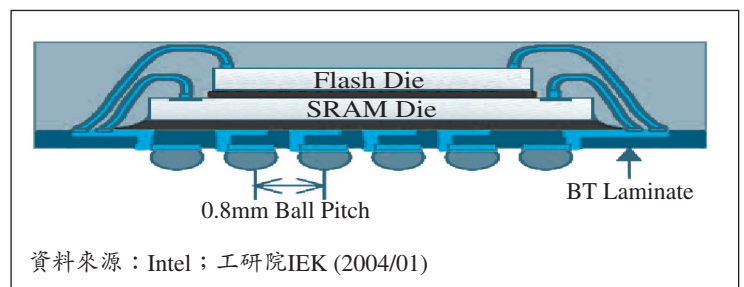
圖六為Intel所推出的整合型記憶元件，其係利用Stacked CSP(Chip Scaled Package)技術，將SRAM與Flash Memory的裸晶(Die)分別堆疊如圖七，SRAM在下、Flash Memory在上，然後進行封裝。這類產品特別適用於手



▲圖五 多層LTCC產品之橫剖面圖範例



▲圖六 Intel所推出的SRAM+Flash Combo Memory產品



▲圖七 Combo Memory產品的橫剖面圖（Stacked CSP封裝）

機、PDA等手持式裝置中。

圖八則為Intel公司之無線通訊用記憶體封裝與需求的技術發展歷程。1997年以前，在手機等無線通訊裝置中，SRAM、Flash Memory及EEPROM等記憶元件仍為離散型態(Discrete Device)，整體晶片面積達450mm²。其後開始出現SRAM+Flash Memory的SIP整合型記憶體；'98年中除了三者全部整合外，更將晶片面積縮小了三分之一以上。至2003年時，再更進一步縮減至80mm²，而所內含之Flash Memory可達256MB以上。

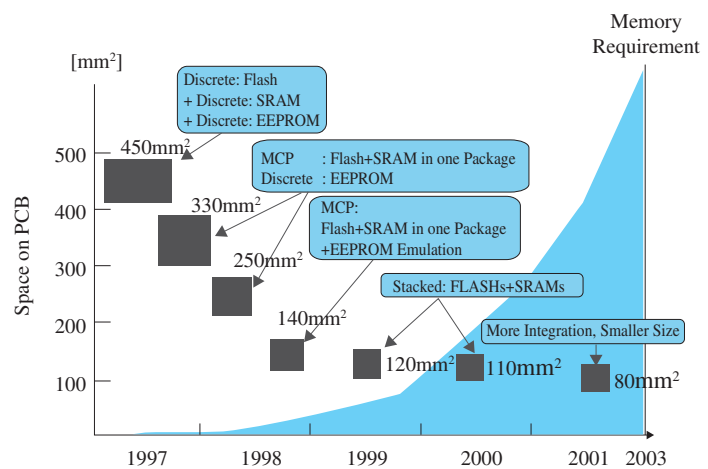
另外，矽基板上之整合型被動元件(IPD)亦為新興的半導體基板整合型元件，其技術概念乃與以下所述之PCB內埋式被動元件相似，然而由於屬於積體電路的一種，故整合度高上數千倍以上。此技術之線路設計亦等同於SIP及LTCC之精神，只是用於處理晶片之周邊的被動元件乃因整合於半導體基板上，而不需額外的SMD被動元件面積（如晶片電阻、MLCC、晶片電感等），或者只需要數量較少之關鍵SMD被動元件（如高容值與高耐流之鉭質電容等）。

三、其他基板

以PCB、氮化鋁或氧化鋁、塑膠、石英，及鐵氟龍等材料為基板的整合型元件中，較受矚目者包括PCB的內埋式被動元件(Embedded Passive

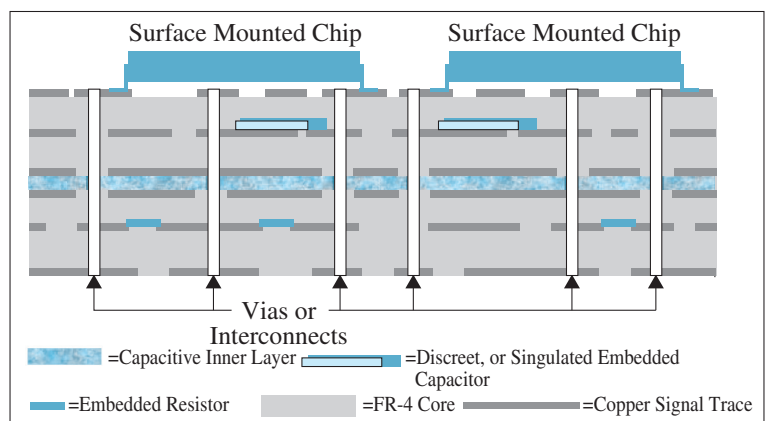
Component; EPC)技術、氮化鋁或氧化鋁基板產品，以及強調10GHz以上之低信號耗損率的鐵氟龍基板產品等。不過除了PCB內埋式被動元件之外，其餘國內廠商的發展規模都不大。

圖九所示為內埋電阻層、電容層與電感層之六層FR-4印刷電路板(EPC)橫剖面圖。而圖十則為圖九中內埋電



資料來源：Intel；工研院IEK (2004/01)

▲圖八 Intel之無線通訊用記憶體封裝vs需求的技術發展趨勢



資料來源：杜邦(Dupont)；工研院IEK (2004/01)

▲圖九 PCB內埋式被動元件之橫剖面圖

感器之線圈狀銅線佈局(Layout)。

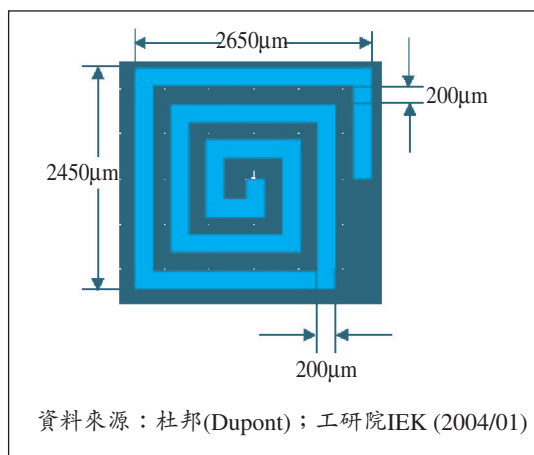
另一方面，圖十一則顯示了具有優良的高頻與高功率特性之氮化鋁基板，及雙頻手機用的PA多層氮化鋁基板與基地台所使用之射頻基板應用例。

關鍵零組件之全球產業概況

一、由產業關聯圖看整合型元件之機會

圖十二所示為國內整合型元件之技術／產品產業關聯圖。由該圖可將整合型元件周邊產業的機會點歸納如下。

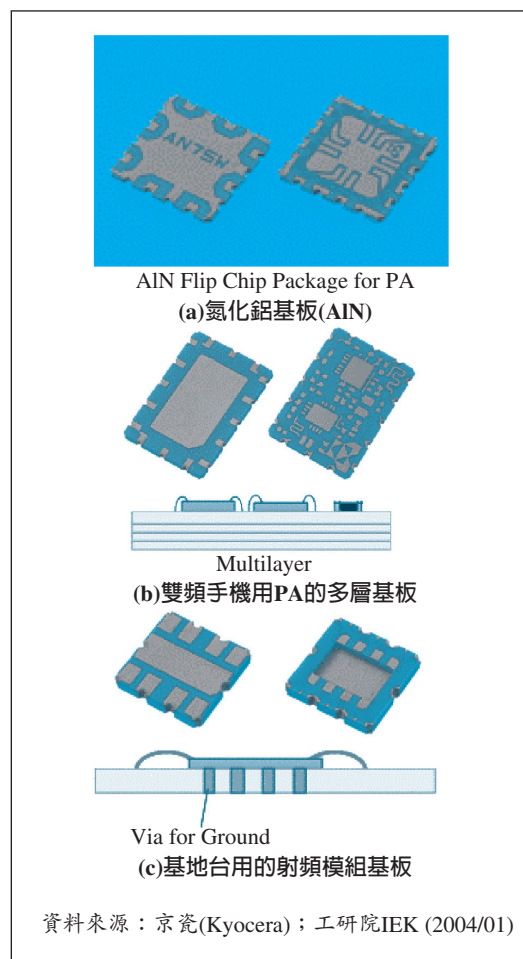
關於整合型元件之原材料基板與製程，介電、半導體及氧化鋁／氮化鋁等原材料在國內尚處於起步階段；發展中者則包括LTCC陶瓷粉末配方與



▲圖十 圖九中內埋電感器之線圈狀銅線佈局

代工業務、半導體晶圓切割、三五族晶圓代工、PCB內埋式被動元件技術等；至於屬成熟期者則有厚膜／薄膜陶瓷製程以及矽晶圓代工。

成本是整合型元件能否成功取代傳統離散式元件的重要因素。在成本議題上，國內零組件業者在良率及可靠度上普遍已有一定的水準，而原材料垂直整合與提高產品信賴度上也是廠商積極發展的重點。至於IC設計與



▲圖十一 氮化鋁基板及其實際應用—手機與基地台的射頻零組件

被動元件業者異業結盟以及同業的合作等經營模式，在業界已有初始的跡象。

在線路設計方面，國內以新竹科學園區為首的IC設計產業已紮下深厚基礎，不過在與整合型元件密切相關的SOC/SIP IC設計、高頻電路與類比電路設計上，則仍在起步或發展階段；此外，由於國內的PCB相關產業之結構相當健全，故PCB線路佈局之設計能力已趨完整。

在整合封裝技術上，包括關鍵的覆晶技術、HDI技術等已有相當程度的發展，然而在環保（無鉛化）之材料與製程領域則開發較晚，而在重要的封裝專利上亦因研發投入落後國外大廠，目前幾乎沒有進度。

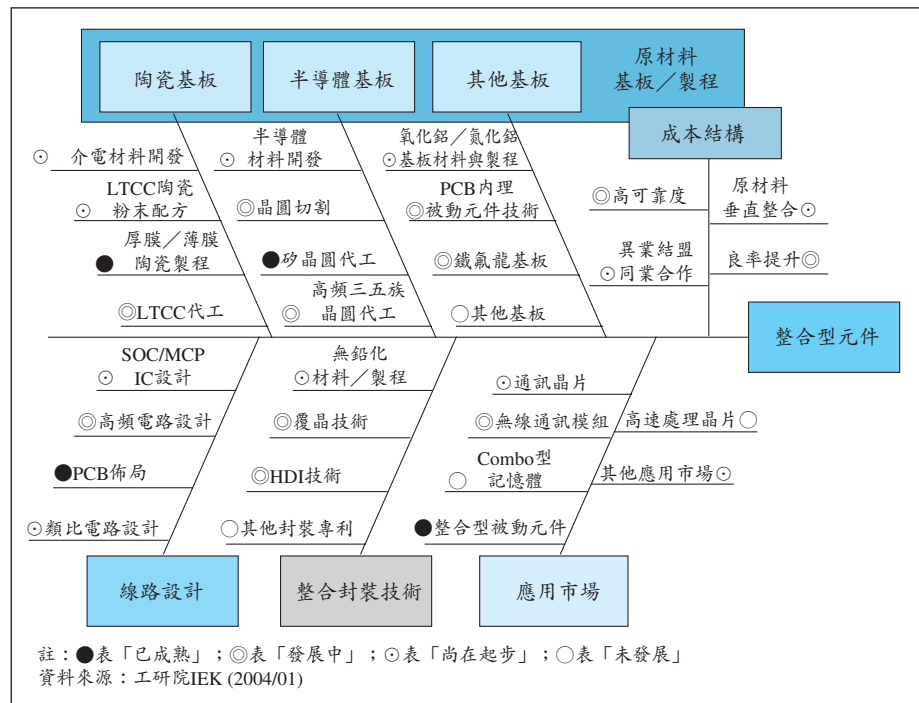
至於在產品市場上，整合型元件目前最主要的應用領域包括了通訊及高速晶片、無線通訊模組、Combo型記憶體，以及整合型被動元件等。其中整合被動元件（陶瓷或PCB等）由於發展較早，國內業者已有世界級水準；Combo型記憶體與高速處理晶片（如CPU、手機基頻晶片等）尚未有太大的進展；至於通訊晶片與無線通訊模組（如WLAN、藍芽模組等）則已在如火如荼的開發中。

二、由市場表現看整合型元件之機會

(1) 陶瓷基板

目前LTCC技術在整合型元件的最主要應用乃在於無線通訊RF模組，包括行動通訊、WLAN及藍芽等，其中尤以藍芽模組採用陶瓷基板的比例最高。根據富士總研的統計，2003年全球藍芽模組之銷售數量將達1,800萬顆、銷售金額達234億日圓（約兩億美元），分別較前一年成長80%與56%，幅度驚人。圖十三所示為近年全球藍芽模組之銷售數量與銷售金額成長趨勢。

除了藍芽之外，WLAN也是整合型元件之潛力市場，主要應用包括天



▲圖十二 我國整合型元件的技術／產品之產業關聯圖

線模組、PA模組及RF模組等。由於商機龐大，加上台灣又是全球WLAN的主要製造國，因此值得本土LTCC廠商積極投入。

至於在年銷售量在4億支以上的行動電話市場中，LTCC模組產品亦逐漸找到出路，尤其在3G手機中，由於對模組化的需求頗高，因此即使LTCC基

板的單價較高，但仍然被部份高階產品採用。在未來，若3G的PA模組單價保守以5美元計算，則每兩千萬支（即全球手機銷售的5%以下）採用LTCC方案，便將帶來一億美元的產值。因此手機市場對陶瓷基板整合型元件的重要性不言而喻。

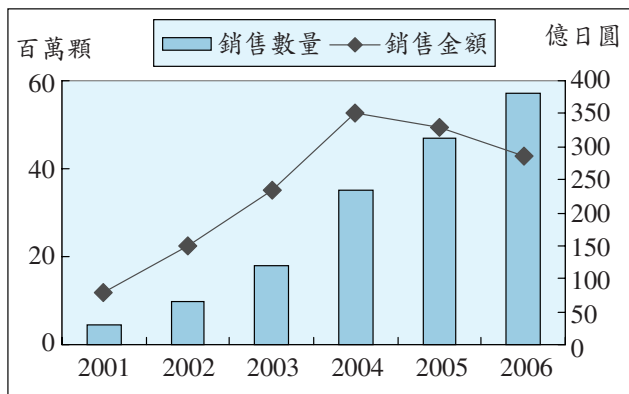
2. 半導體基板

圖十四為Dataquest所預估的2001

至2007年全球SOC市場規模，以及SOC佔整體半導體市場之比重趨勢。由該圖可推知，未來SOC的表現儘管不如預期（比重不及25%），但仍將優於整體半導體市場；比重也將由2001年的14.5%成長至2007年的22.6%，產值規模達569億美元。故SOC仍然吸引全球各廠商積極地投入研發，藉以擴大在半導體市場的佔有率。

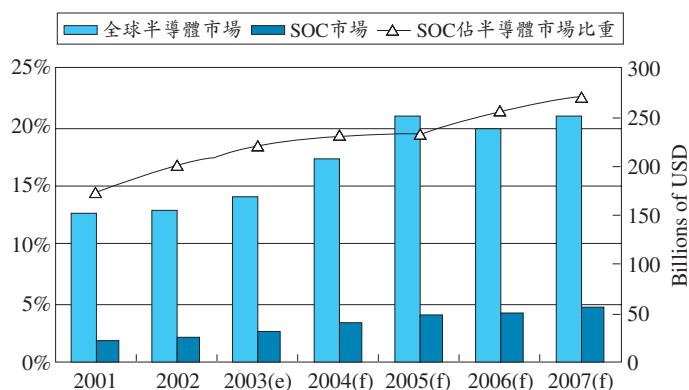
依應用領域區分，SOC最大的市場在於通訊與新世代的消費性產品，主因為通訊產品對低耗電、輕薄短小與RF、IF與Baseband的整合需求，以及新世代消費性產品的興起，例如Video Game Device、DVD與數位電視。而無線通訊與手持式產品更是SOC最大的機會所在。比方在2004年之後，隨著手機功能的複雜化（彩色化、和弦鈴聲、照相與多媒體功能、java及智慧型手機等），基頻晶片之銷售數量與金額將呈現同步成長；目前全球手機用基頻晶片已幾乎清一色採用SOC的設計。

雖然SOC的產業規模不斷擴大，



資料來源：富士總研；工研院IEK (2004/01)

▲圖十三 2001~2006年全球藍芽模組銷售數量與金額成長趨勢



資料來源：Dataquest；工研院IEK (2004/01)

▲圖十四 2001~2007年系統單晶片(SOC)佔全球半導體市場比重

然而現階段SOC是否適合國內業者大力發展，卻仍有待商榷。尤其SOC需要完整的各IP元件庫，而主要的IP提供者多為歐美廠商（如ARM、Rambus、Synopsys等），且常需與EDA設計軟體搭售才享有相對而言較低廉的價格（仍然很昂貴），對資本額大多在5億元以下的國內IC設計業者而言，是不小的負擔。

因此工研院IEK認為，以台灣目前的產業大環境，SIP（或者IPD）是更值得國內業者投入的半導體整合型元件領域。主要原因可分成以下三個層面加以分析：

(1) IC設計

台灣的數百家IC設計業者多為小而美的公司，相較於IP成本昂貴、複雜度高、風險高、回收慢的SOC而言，更適合發展SIP內各種功能之獨立單晶片。

(2) 晶圓代工

台灣的晶圓代工已經邁向12吋的世代，然而SOC產品製程門檻高、良率較低，且因為整合度相當高，而使得產品數量降低，因此反而不符合大尺寸晶圓之成本與經濟效益；反觀SIP對國內Foundry業者較為有利。

(3) 封裝測試

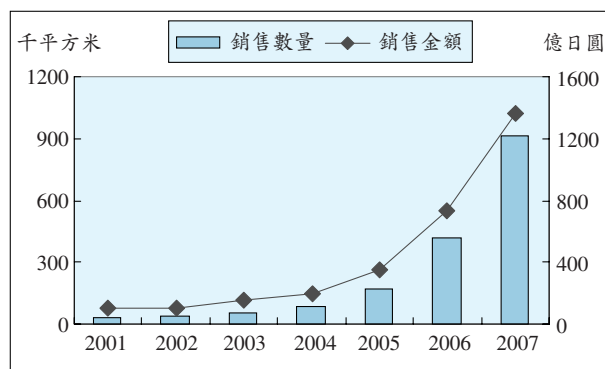
台灣封測廠商已有世界級水準，進行多晶片式封裝之SIP已非難事。因此若整合設計、代工與封測等三產業，以SIP策略聯盟的方式，係相當適合台灣的產業型態。

另外，在IPD的部分，未來可能的應用將包括無線通訊之前端模組(Front-end Module; FEM)、用以取代SAW及石英振盪器之FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator)、藍芽模組、光纖通訊用之高頻衰減器，以及胎壓計、血壓計等高精度量測晶片。國內已有亞太優勢等業者以Foundry Service的業務型態從事IPD產品之開發。

3. 其他基板

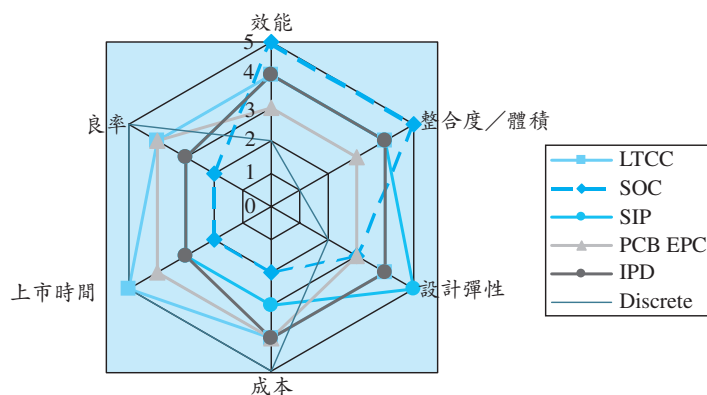
以PCB內埋式被動元件為例，圖十五所示為富士總研所推估之近年全球PCB內埋式被動元件的銷售數量與金額。其中銷售數量乃以平方公尺為單位。

在2003年時，全球有大約58,000平方公尺、160億日圓（約1.3億美元）的銷售規模，較前一年各成長66%與52%。預估2004年仍可大幅成長43%與22%。2007年時，更將有91萬平方公尺與1,365億日圓（約11.4億美元）的表



資料來源：富士總研；工研院IEK (2004/01)

▲圖十五 2001~2007年全球PCB內埋式被動元件銷售數量與金額



資料來源：工研院IEK (2004/01)

▲圖十六 各種整合型元件之技術競爭分析

現。

台灣的PCB相關業者在百家以上，其中不乏在擴充產能之外、追求更先進技術與製程的廠商。因此PCB內埋式被動元件的技術相當適合國內發展，且實際上包括華通、楠梓電等手機板廠皆已投入相關研發，只是尚未進入量產階段。

至於氮化鋁基板或氧化鋁基板、塑膠基板、石英基板及鐵氟龍基板等，目前在台灣乃至於在全球的市場規模都不大。因此，工研院IEK認為，中小企業投入這些材料基板市場的風險仍然偏高，未來是否可行，則仍有待進一步商榷。

結論與建議

若分成效能、整合度／體積、設計彈性、成本、上市時間與良率等六個維度來討論，包括LTCC基板、SOC、SIP、IPD及PCB內埋式被動元

件等上述主要整合型元件與傳統分離式元件之間的技術競爭態勢，可得到圖十六的比較結果；其中分數1至5係分別代表很差、較差、普通、較佳、極佳等五種程度。由該圖可知，LTCC在各維度都拿下4分以上的高分；IPD與SIP亦至少都有3分以上的表現；SOC則十分極端，在效能及整合度／

體積都拿下5分的最高分，然而在成本、上市時間與良率上卻僅有2分；PCB內埋式被動元件(EPC)技術除了設計彈性較差外，在成本、上市時間與良率上皆有不錯的分數。另外離散式(Discrete)設計則用作對照組。

因此，若以各維度的平均分數而言，各方面平衡表現的LTCC具有整體最佳的技術優勢，設計彈性最佳的SIP與IPD次之，PCB內埋式被動元件技術再次之，最後則是高效能、高整合度，但同時也需要高成本、長上市時間與較低良率的SOC。而這正好也呼應本文先前關於整合型元件之關鍵機會的討論，即現階段最適合國內業者發展（也正在發展）者為LTCC、SIP與IPD技術，而PCB內埋式被動元件技術因國內PCB產業規模龐大，亦值得相關業者投入；至於門檻最高的SOC，則需有長期抗戰的心理準備。