

新型探針卡技術介紹

*王宏杰 *黃雅如 **蔡居恕
工研院機械工業研究所LIGA技術部
*研究員 **副研究員

摘要

探針卡(Probe Card)應用在積體電路(IC)尚未封裝前，針對裸晶係以探針(Probe)做功能測試，篩選出不良品、再進行之後的封裝工程。因此，它是積體電路製造中對製造成本影響相當大的重要製程之一。本文將針對探針卡進行簡要的說明，進一步闡述新型探針卡技術發展趨勢、全球/台灣探針卡產業現況，並說明目前傳統人工組裝之 Epoxy Ring Probe Card、半自動焊接之 MicroSpring Probe Card 所面對之技術瓶頸，以及介紹積體化探針卡(Integrated Probe Card)目前發展現況，並與現有技術作一比較分析。

關鍵詞

探針卡(Probe Card)、積體化探針卡(Integrated Probe Card)、微彈簧探針卡(MicroSpring Probe Card)

前言 - Probe Card for IC Testing

探針卡(Probe Card)應用在積體電路(IC)尚未封裝前，針對裸晶以探針(Probe)做功能測試，篩選出不良品、再進行之後的封裝工程。因此，它是積體電路製造中對製造成本影響相當大的重要製程。此探針卡可使成品的良率由原來的70%提升至90%，對於

此20%的良率貢獻度對1%良率差異都錙銖必較的半導體廠而言，影響甚巨，如圖一所示。

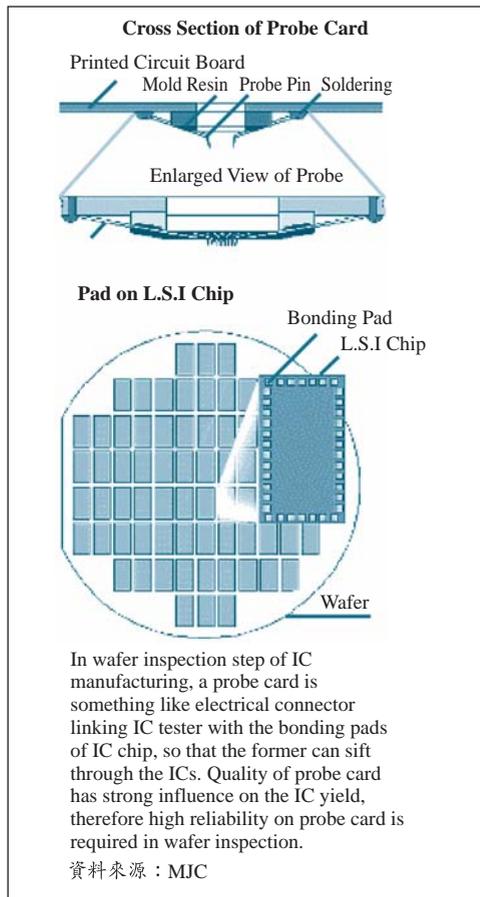
簡言之，探針卡是一測試機台與晶圓間之介面，每一種IC至少需一片相對應之探針卡，而測試的目的是使晶圓切割後使良品進入下一封裝製程，並避免不良品繼續加工造成浪費，如圖二之說明。因此，高可靠度(High Reliability)是判斷探針卡製造商

競爭力相當重要的指標。

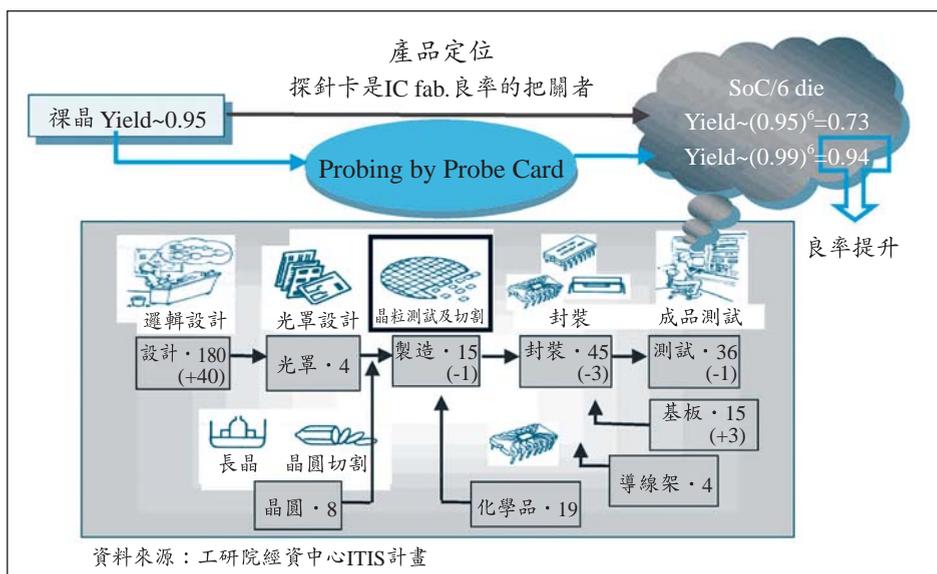
然隨著應用產品之不同，探針卡應用在IC測試領域者，可區分為Epoxy Ring Probe Card、Vertical Probe Card及MEMS Probe Card，其技術發展趨勢如圖三所示。下文將針對Epoxy Ring Probe Card及MEMS Probe Card作進一步之技術分析。

Epoxy Ring Probe Card 技術分析

Epoxy Ring Probe Card於1970年代已被提出，因其具有少量、多樣及彈性製造的優點，至今仍是業界廣泛能接受的技術。這類探針卡的製作流程如圖四所示，首先依據廠商提供之Pad Assignment設計Mylar鑽孔的位置及相關治具，如圖四(a)；之後以人工逐根擺放的方式組裝探針，如圖四(b)、再



▲圖二 晶圓針測(Wafer Probing)說明

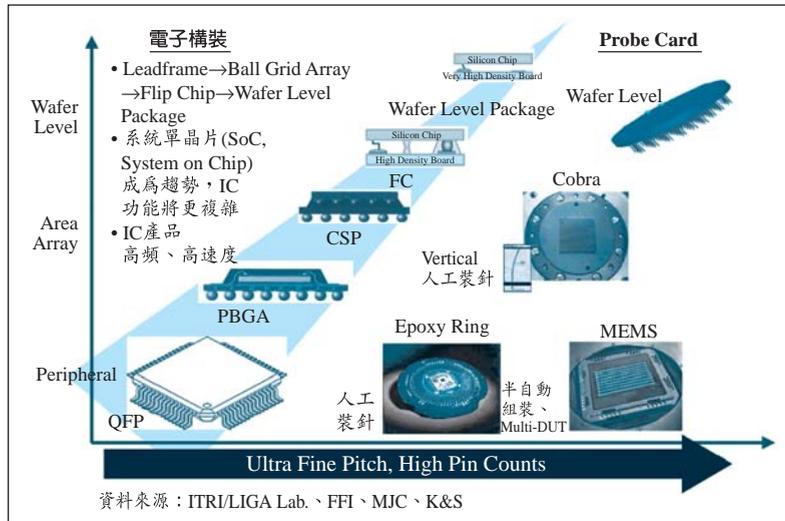


◀圖一 探針卡產品定位說明

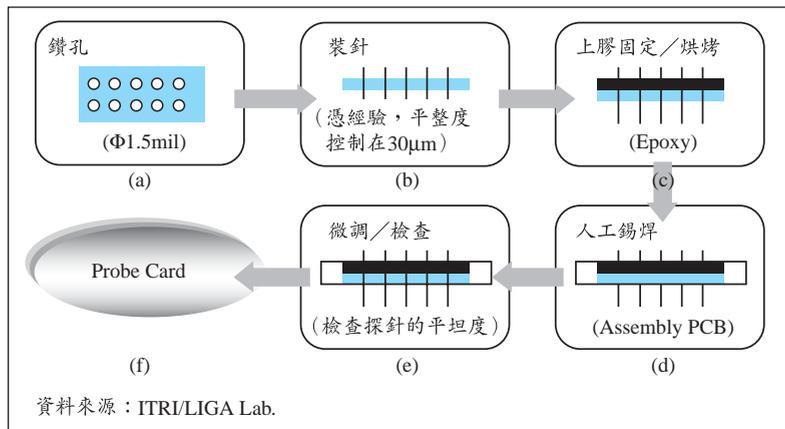
上膠固定完成 Epoxy Ring Probe Head，如圖四(c)；將這Probe Head上之探針逐根以焊錫的方式與印刷電路板(PCB)接合，如圖四(d)；之後將這

組裝好的探針卡置於磨針機上加工，使得所有探針的共平面度控制在數 μm 以內，並進行探針位置的檢查及調整，如圖四(e)。

這類探針卡目前製造技術最先進是日本MJC，其最小間距可達 $35\mu\text{m}$ ，如圖五所示。然這類Epoxy Ring Probe Card雖具有製造時間短、少量、多樣及彈性製造等優勢，但仍有一些基本設計的缺點，限制其應用領域。如圖六所示，探針卡製造商以三度空間擺放的方式有效降低探針間距，但其造成每層探針受力狀況不同，破壞也不同，致限制探針數不能再成長，也不適合應用在Multi-dut Testing，如DARM測試，僅適用在Logic IC測試。美國FFI有鑑於此技術趨勢，乃生產Micro-Spring Probe Card以滿足目前Memory IC Testing的需求，並獨佔記憶體IC測試的市場（請參考下文之全球探針卡產業分析）。

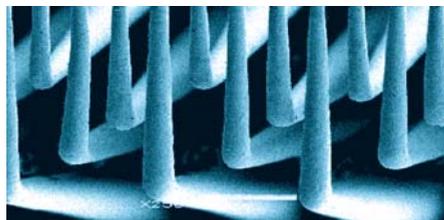


▲圖三 IC探針卡技術發展趨勢



▲圖四 Epoxy Ring Probe Card製造流程

▶圖五 $35\mu\text{m}$ Pitch Probe Card



資料來源：MJC

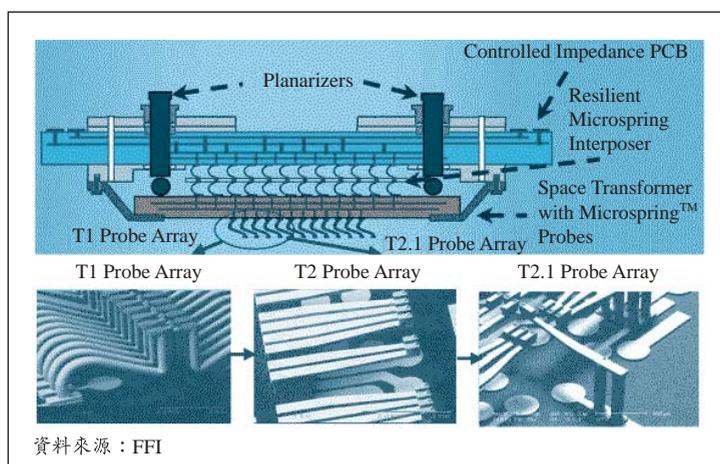
MicroSpring Probe Card技術分析

美國FFI為克服傳統Epoxy Ring Probe Card應用在DARM測試的技術限制，乃提出MicroSpring Probe Card，這類探針卡具有每支探針受力狀況幾乎相同的特性及一組水平調整機構，如此建立其獨特之Multi-dut

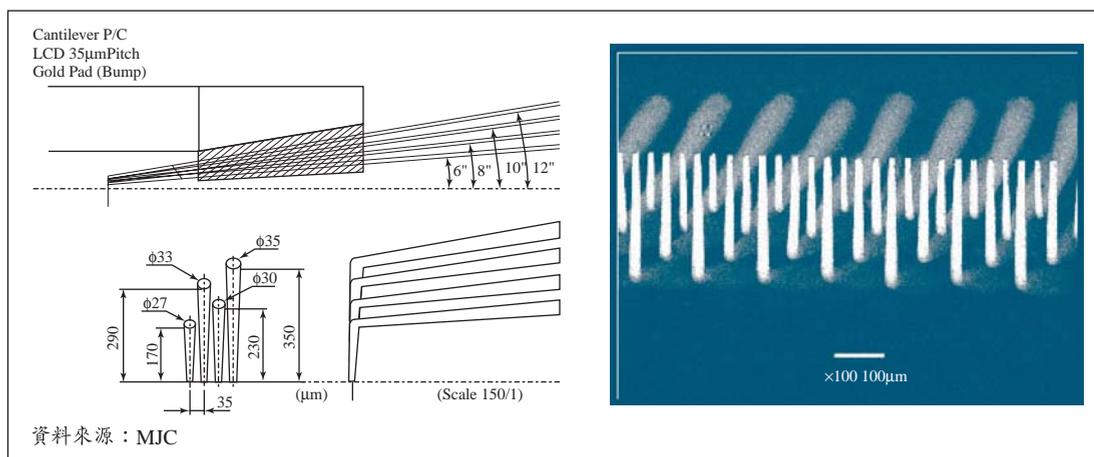
Testing技術，詳細的結構剖面圖如圖七所示。其結構說明如下：MicroSpring Probes以Brazing、Soldering及Welding等方式，固定在Space Transformer上；而Space Transformer一般為多層陶瓷基板(Multi-Layer Ceramic Substrate; MLC)，具有提供良好水平基準面及線路重佈的功能；透過一組調整機構，並依據MLC的水平基準面，使得MicroSpring Probes具有相當好的共平面度。

依上述分析，可清楚瞭解這類探針卡的核心技術在MicroSpring Probes的製造技術，因其決定這技術未來是否有潛力滿足半導體針測的需求，也決定其可應用的產品類別。本文舉 T1 Probe Array之製程技術作說明，首先以Wire Bonding技術在固定的位置逐根焊接上金線(Gold Wire)，並繞成特定的Probes形狀，如圖八(a)、(b)。然因金線太軟無法提供足夠的材料強度，因此在其外表被覆一層較硬的材料

(如鎳或鎳合金) 形成MicroSpring Probe，以滿足測試所需之強度，如圖八(c)。然這技術目前最小間距(Pitch)約90 μm (實驗室技術約可達60 μm)，雖仍可滿足目前所需，但因MicroSpring製程限制其生產速度，連帶使其售價居高不下，並限制僅可應用在DARM Testing。有鑑於此，工研院機械所提出『積體化探針卡(Integrated Probe Card)』技術，將可克服上述技術缺點並滿足未來需求，如下文之說明。



▲圖七
MicroSpring
Probe Card



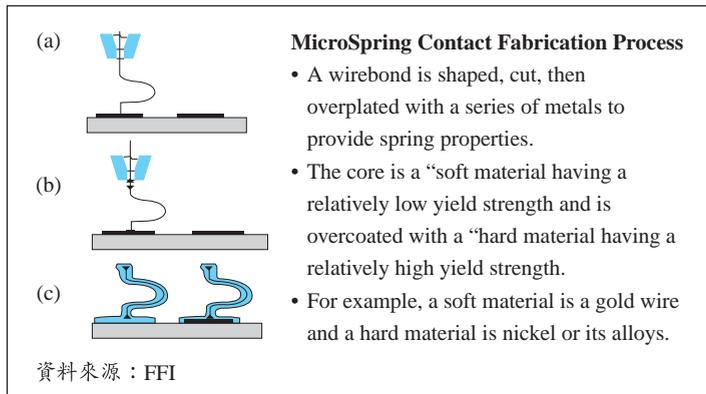
◀圖六
Probe Layout

Integrated Probe Card 技術分析

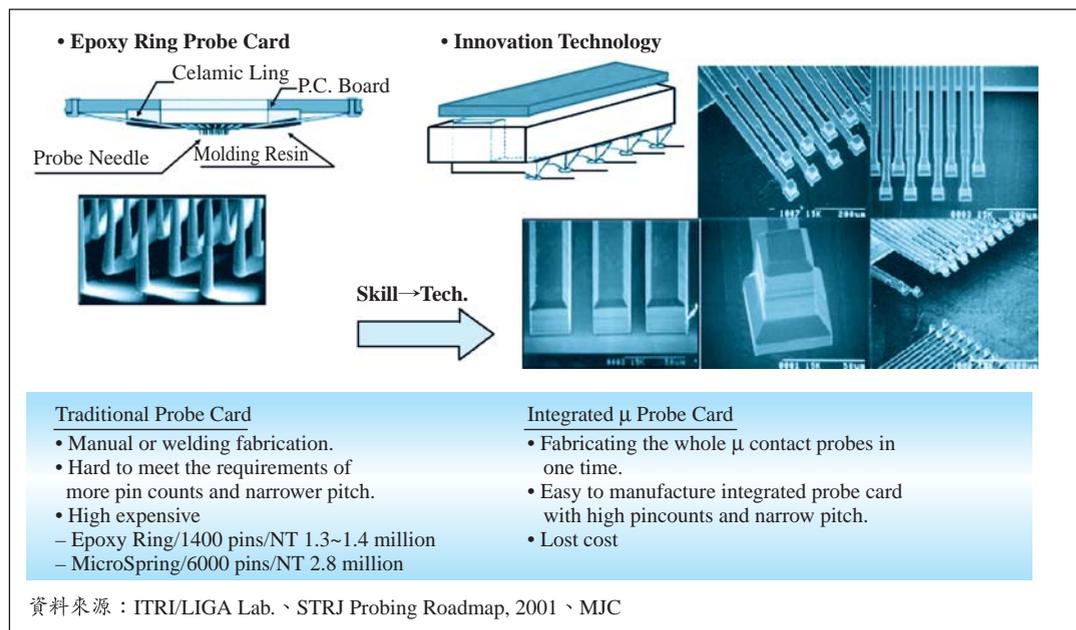
為突破美國 FFI獨佔全球DARM測試市場並提高Throughput，及發展更細微間距(Fine Pitch)、更高針數(High Pincounts)之探針卡技術，工研院機械所乃提出微機電式(Micro-Electrical-Mechanical Systems; MEMS)之積體化

探針卡克服上述問題。

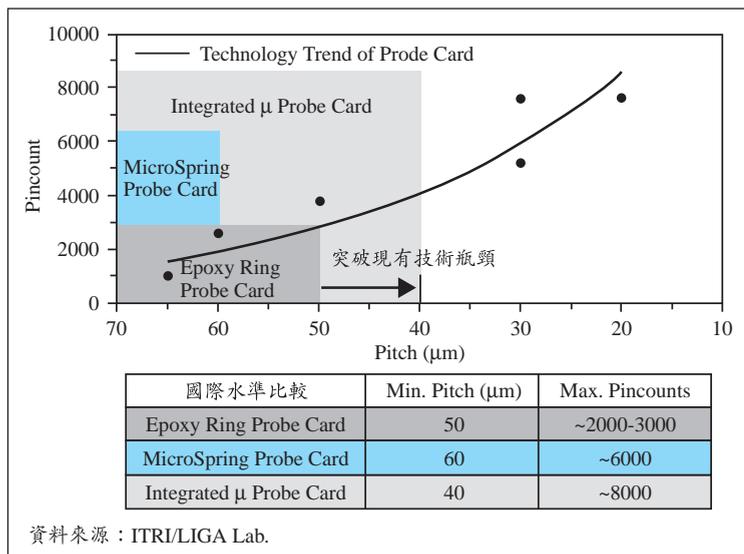
積體化探針卡之Integrated Probes結構如圖九所示，這探針結構結合高深寬比光刻技術(High Aspect Ratio Lithography Technology)、乾/濕蝕刻技術(Dry/Wet Etching Technology)、高硬度電鑄技術(High Hardness Electroforming Technology)及平坦化技術等相關微機電製程技術，一體成型所有的探針，突破 Epoxy Ring Probe Card以人工一根根組裝探針之製造方式及 MicroSpring Probe Card逐根焊接的技術限制，自動化程度高，突破製作成本與Pincounts數成正比的限制，有利於高腳數探針卡之製作。且因採積體化製程技術，無論探針的位置精度(Position Accuracy)及最小間距(min. Pitch)等技術指標皆領先現有技術，



▲圖八 MicroSpring Probe Fabrication Process



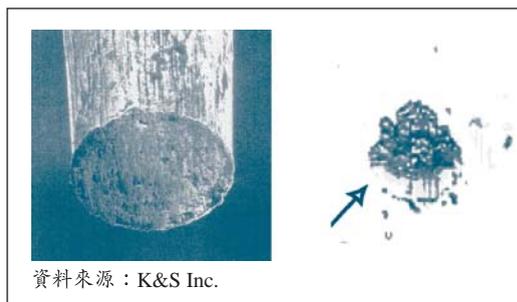
▶圖九 積體化探針卡



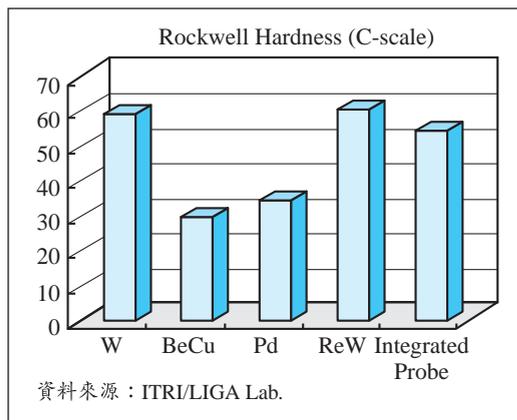
▲圖十 積體化探針卡技術能力分析

如圖十針對Epoxy Ring Probe Card、MicroSpring Probe Card及Integrated Probe Card，依據最大針數(max. Pincounts)及最小間距作一比較分析，清楚說明Inte-grated Probe Card最小間距可達40μm、最高針數目前可達8000，已領先國際水準，並可擴大應用在更多產品，如LCD驅動IC、LCD Panel Lighting Inspection等。

又傳統的鎢針，因探針表面粗糙度高，極易沾黏氧化鋁造成電性降低，如圖十一所示，經多次使用後需下線清針，如此將大幅度降低針測之Throughput，而當接觸次數過多、清針無法使良率提升時，則須送回原廠維修，因此測試廠通常同一產品一次採購 2~3片探針卡，以避免生產線中斷時間過長，當然同一產品探針卡採購預算也增加2~3倍。然積體化探針之尖



▲圖十一 鎢針尖端結構圖/the Specks on the Pad



▶圖十二 積體化探針硬度比較分析

端的微接觸結構 (Micro Contact Structure)之表面粗糙度低 (如圖九所示)、氧化鋁不易沾黏，如此僅需在線上以氬氣或沾黏方式清除氧化物，可大幅度降低維修的時間及成本。

另再依針測所需之硬度、電性進一步比較分析。圖十二將傳統之鎢(W)針、鈹銅(BeCu)針、鉛(Pd)針、銻鎢(ReW)針與積體化探針(Integrated Probe)依硬度比較分析，說明傳統探針最大Rockwell Hardness約57-60、積體化探針約在55，如此應可滿足針測所需。圖十三說明積體化探針之Volume Resistivity與傳統鎢針、鈹銅針相當。

這些足以證明積體化探針卡可滿足針測所需之規格；同時量測積體化探針之接觸力(Contact Force)約2~5gf，允許最大撓度(Deflection, Overdrive)約75μm，滿足探針卡標準規格，且其機械特性(Mechanical Characteristics, Slope = Force/ Deflection)與MicroSpring Probe Card相當，如圖十四所示。簡言之，積體化探針卡可滿足針測所需之標準規格，並突破現有之技術瓶頸。

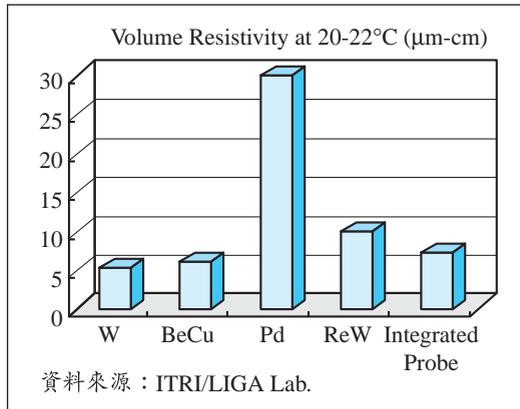
全球/台灣探針卡產業現況分析

根據 VLSI Reasearch, Inc.之調查分析，全球探針卡產業於2000年為484.8百萬美元，2001年因受全球半導體景氣衰退的影響，下降至392.5百萬美元，然2002年仍維持在401.8百萬美元，而2003年約478.3百萬美元、成長16%，今年(2004)預估將成長18.9%，全球市場規模預測可達560百萬美元。換言之，每年全球市場規模約維持在400~600百萬美元。表一進一步分析2003年其前十大廠商，及其相對應的技術與應用產品。全球第一大廠FFI之市佔率約20%，主要應用產品在Memory IC，其它有8家廠商具有製造Epoxy Ring Probe Card的能力，6家廠商有Vertical Probe Card製造能力，然隨著Flip Chip應用越來越廣泛，Bumping產能約以每年複合成長率大於25%成長速度擴充(如圖十五所示)，預計Vertical Probe Card需求將較逐年

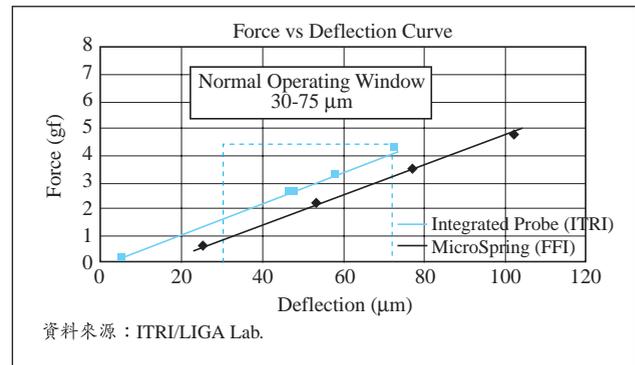
表一 2003 Top 10 Probe Card Vendors

2003 Rank	Company	2003 \$M	2002 Rank
1	FormFactor	98.3	1
2	JEM: Japan Electronic Materials	82.3	2
3	Kulicke & Soffa Test Div.	56.7	3
4	Micronics Japan Co., Ltd (MJC)	54.1	4
5	Tokyo Cathode Laboratories Inc.	23.4	6
6	SV Probe Inc.	15.2	10
7	Wentworth Laboratories	14.4	5
8	Technoprobe	14.3	9
9	Cascade Microtech	13.4	7
10	Microprobe	11.5	8
Total Market Size		478.3	

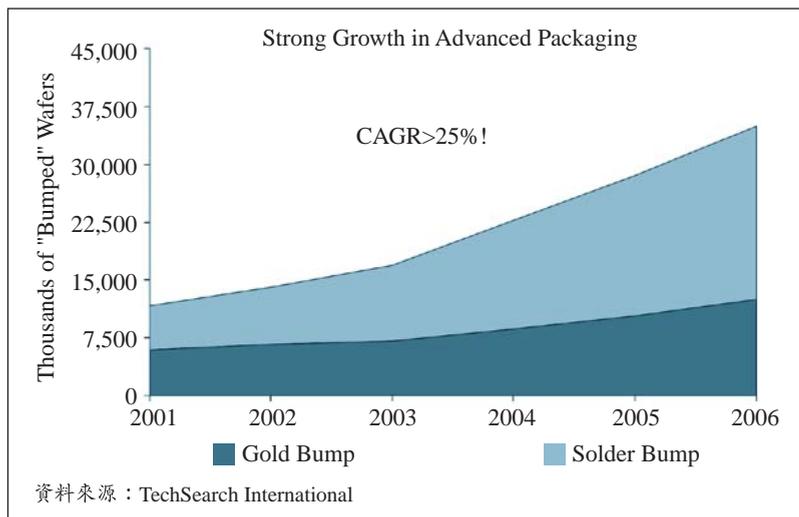
資料來源：VLSI Research Inc. Doc: 458117. 05/04



▲圖十三 積體化探針電性比較分析



▲圖十四 積體化探針機械特性比較分析



◀圖十五 全球Flip Chip需求/成長率

長，台灣目前探針卡廠商除旺矽於2003年10月發表 Vertical Probe Card 雛型產品外，其它廠商仍在研發中。

表二 台灣探針卡市場規模調查

年份		Market Size(億台幣)				
		2000	2001	2002	2003	2004
Worldwide		170	137	140	150	
Taiwan	進口	23.8	19	20	21	30
	自製			12 8	12 9	
旺矽(Market Share)				2.57(35%)	3.42(38%)	5.4(40%)
K&S(Market Share)				2(25%)	1.8(20%)	

資料來源：VLSI Research, Inc.、ITRI/LIGA Lab、MPI

快速成長，這趨勢將重新改寫探針卡前十大供應商的排名。

台灣目前探針卡市場規模尚無公證機構統計，依據旺矽的公開資料及業界調查，整理如表二。每年台灣探針卡市場約20~30億台幣，其中應用在Memory IC測試約10~15億完全依賴進口；其它10億的市場幾乎是Epoxy Ring Probe Card的市場，其中旺矽約佔38%、K&S, Inc. 佔20%。然由於全球Bumping產能大幅度成長，預估明、後年Vertical Probe Card的需求將快速成

結語

目前我國探針卡產業的技術能力僅限應用在邏輯IC及部份LCD驅動IC，且已到達製程技術極限，更因完

全依賴人工組裝，使得製造成本難以降低，利潤空間約壓縮至20%左右，實屬勞力密集產業。而其它高階、高腳數之探針卡，如 MicroSpring Probe Card，幾乎完全依賴進口，約佔我國探針卡市場60%左右。為突破這窘境，工研院機械所於2002年投入微機電式、積體化探針卡技術開發，目前已接近成熟階段，並且積極擴大應用領域，期待能為國內產業升級盡一份心力。