

Cross section experiment introduction

ECSM QE department

Issue date: Sep. 2006

Simply Smart !

Preface-----金相切片分析方法特點

- n 破壞性方法
- n 試樣製備週期長（1d以上，最好3d）
- n 試樣製備要求高
- n 可直觀地獲取材料內部大量資訊
- n 對操作和分析人員要求較高

內 容

- 一. 切片前焊接性評估
- 二. 切片的目的和意義
- 三. 名詞解釋
- 四. 設備及材料介紹
- 五. 操作步驟.
- 六. 相關標準
- 七. 不良圖片分析
- 八. 注意事項

X光檢驗 (X-ray inspection)

(1) 檢驗零件重點: BGA

Evaluation components: BGA

(2) 檢驗錫洞、錫橋以及大小錫球

Inspect for voids or bridges, large/small balls

4.4.3.3 切片檢驗 Crossing sectioning:

(1) 檢驗零件重點: BGA, IC, PTH connector ,Via hole, RLC.

Evaluation components: BGA, IC, PTH connector, Via hole, RLC

(2) 著重在檢驗焊錫外觀、錫裂、錫洞及PTH連接器零件腳的吃錫狀況。

Inspection for solder joint structure, crack, void, solder fill condition of PTH connector.

二. 微切片的目的和意義

爲了滿足客戶的需求和進行產品元件焊點情況分析,用切片試驗來驗證,分析產品焊錫效果,爲產品性能可靠性提供確認結果或爲制程品質異常提供分析依據（如確認元件吃錫狀況是否良好,中間是否出現錫裂,短路,空洞等異常現象）

微切片的使用時機隨檢測目的不同而不同，爲追蹤製程狀況而做的切片一般都會在製程完成後即刻執行，但如果是爲了確認信賴度測試結果而做的切片，則會在信賴度測試(如：熱衝擊或加濕)後，進行電性及微切片檢查。

一般微切片的檢查項目：

對於鑽孔孔徑、鍍層分佈、內層偏移、孔壁缺點、膠渣殘留、回蝕程度、釘頭、鍍層空洞、孔緣龜裂、壓板空隙、層間剝離、焊錫厚度、金鍍層厚度、樹脂厚度等，微切片檢查都是不錯的觀察方式。

微切片檢查的方法

斷面檢查(Micro-Cross section)可以用來觀察電路板的結構狀態，從其中獲得許多與製程及產品表現的資訊。一般觀察的方式是用顯微鏡查看某個電路板的斷面，從斷面所呈現的影像來取得資訊。雖然這樣的手段可獲得各種不同的資料，但試片的製作卻很難自動化，尤其是位置的選定、確切的切割、良好的固定、精細的研磨，這些都需要以人工方式進行。切片與檢視的程序如下：

- a) 決定檢視位置、取樣方向，如：垂直、水平或斜切，進行取樣。
- b) 將要測定的孔或樣本進行灌膠。(選定的測定位置，要便於研磨作業。為了可以一次研磨多個試片，位置要互相配合並有效率地一次填入多個樣本。)

- c) 研磨出測定的位置，先用粗研磨再用細研磨。研磨是一面加水一面進行的濕式法。研磨面必須保持不傾斜，及早進入細研磨以免過度的研磨讓檢視部分消失不見。
- d) 最後以拋光粉打磨樣本至細緻易於觀察的狀態。
- e) 研磨完畢將樣本洗淨，經過微蝕的程序進行顯微鏡觀察。
- f) 最后進行圖片的采集，分析，報告整理

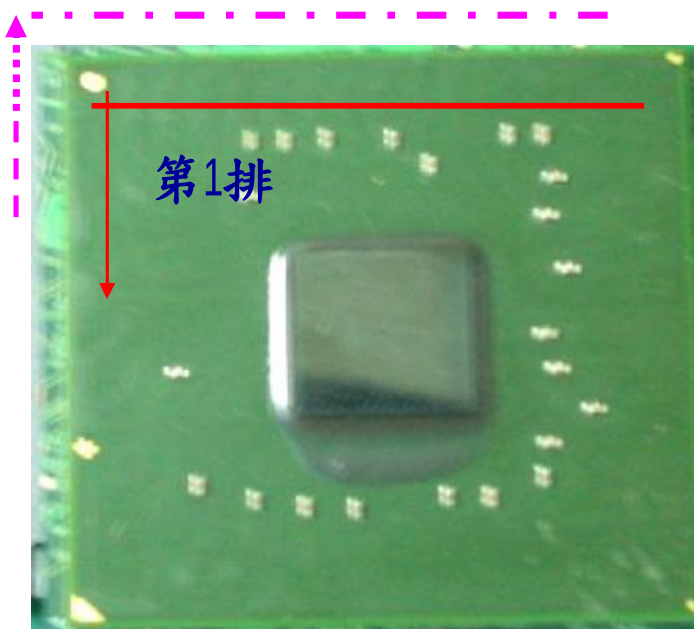
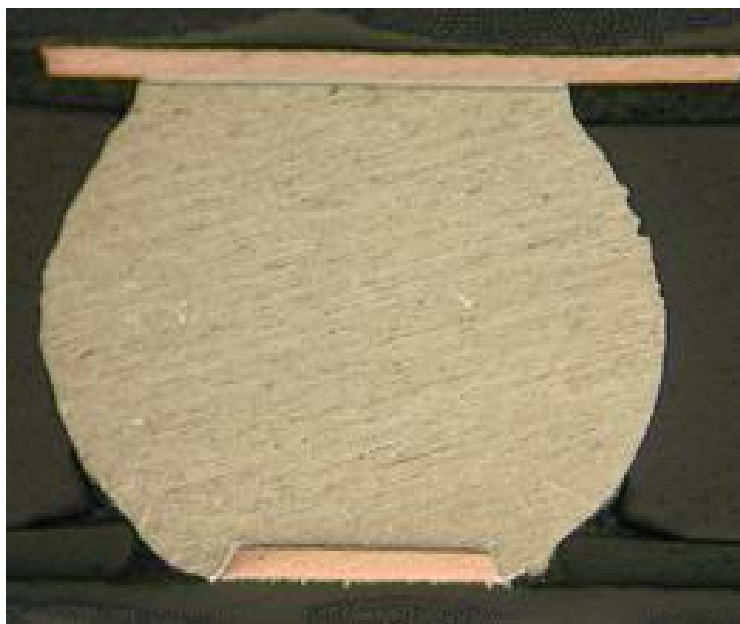
三. 名 詞 解 釋

1. Cross Section: 切片
2. Resin Powder: 壓克力粉
3. Hardener: 固化劑
4. Sandpaper: 砂紙
5. Micro-crack: 微裂
6. Micro-void: 微洞

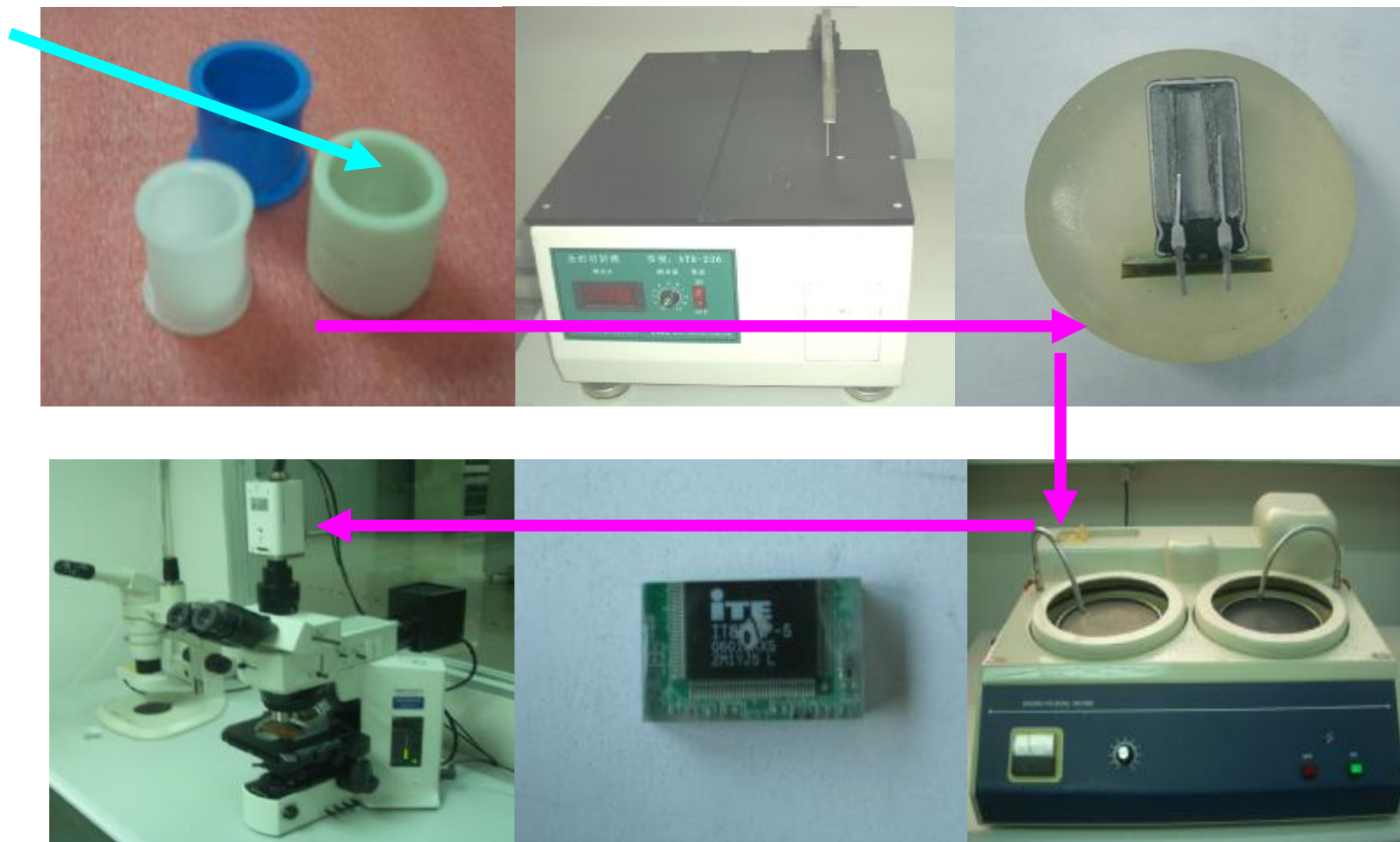
金相切片分析

方法與步驟依據：IPC-TM-650 2.1.1

取樣 → 鑲嵌 → 切片 → 拋磨 → 微蝕 → 觀察



金相切片製作過程：鑲嵌一切片—磨拋—觀測



切片實驗室全景



Simply Smart !

实验耗材



固定卷 (fixer)



脫模劑(脂類)



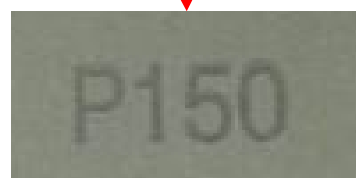
壓克力粉(Resin Powder)



固(硬)化劑(Hardener)



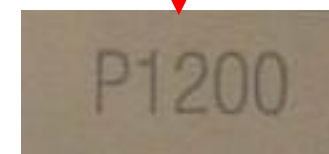
拋光粉



150目沙紙



600目沙紙



1200目沙紙



2000目沙紙

3000目沙紙

5000目沙紙

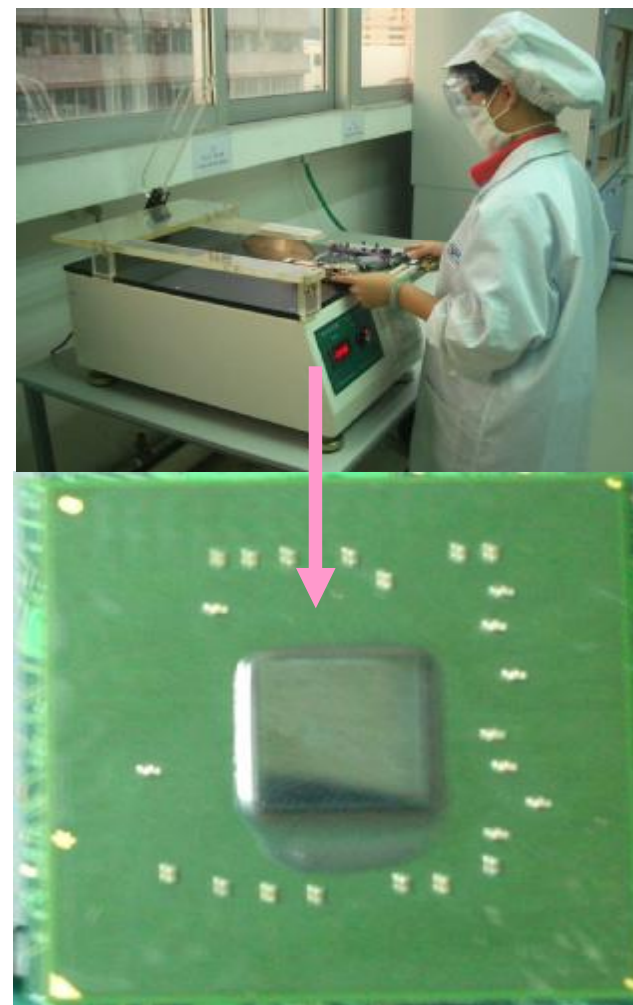
注：沙紙目數的數值越小表示沙紙表面越粗糙

五. 金相切片過程－取樣

當實驗對象過大，或只需針對一大個體的一小部份做實驗時，可通過切割（多用於PCBA、使用切割機）將對象加工至適當大小以利鑄模及縮短研磨時間。

須注意，在切割，應在須研磨的樣本的周圍至少保留2mm，以避免人為作業損傷樣本。切割時盡量使用切割面與待研磨表面保持平行，以免制樣造成原來失效現場破壞，產生新的失效。以方便之後的研磨作業。

對BGA焊錫性進行驗證時，應避免對BGA本體進行切割，而應在其本體外圍進行。



2. 切片樣本制作

- 2.1 在模子底部及四周塗抹上脫模劑，以利樣本固化後從模子內取出
- 2.2 使用固定卷固定樣本(使待研磨表面垂直於水平面)
- 2.3 先後將壓克力粉與硬化劑按 **1:1**的體積比例倒入一容器,之後用調棒徹底攪拌均勻。攪拌時間不宜過長,應在**1分鐘**左右完成，以避免在攪拌時混合物已開始固化.



而無法順利將其注入到模子內（需根據模子大小不同及樣本的高度不同，估計用量，避免浪費）

2.4 將混合物液體倒入已放置好樣本的模子內，倒入時應控制混合液流量，避免倒入之沖擊力將樣本沖偏離位置或沖翻。

2.5 讓混合物在模子內自然冷卻 **30**分鐘左右，至其完全固化。（可用手觸摸模子或混合物表面，若其溫度至室溫表示其已固化，未固化其溫度將偏高）

2.6 取出樣本



3. 研 磨

- 3.1 將**100~150**目沙紙放於研磨轉盤上，並用防水保護蓋固定，而後啟動研磨機，進行第一步研磨
- 3.2 當樣本磨至距待觀察表面約**0.5mm**時，換**600**目的沙紙進行第二次研磨。
- 3.3 當磨至接近待觀察表面時，換**1200**目的沙紙進行第三次研磨。
- 3.4 如實驗目的是對焊錫性的驗證，在完成**3.3**項作業後即可執行第五項放大鏡觀察作業，不需也不可進行拋光作業，以免破壞表面不利觀察，如有需要可使用**2000目~4000**目的細沙紙再次研磨之後再觀察；而對零件本體進行驗證時，如**PCB**是否斷線等，應進行拋光作業。



4. 拋 光

在待觀察表面已較平整時，需對其進行拋光處理
將拋光粉兌適量清水合成拋光劑，之後在拋光轉盤上滴注少許，
拋光劑，打開水龍頭，開啓研磨機拋光轉盤開始轉動，輕壓樣本
於轉盤表面拋光約1~2分鐘，之後用清水將樣本清洗干淨。



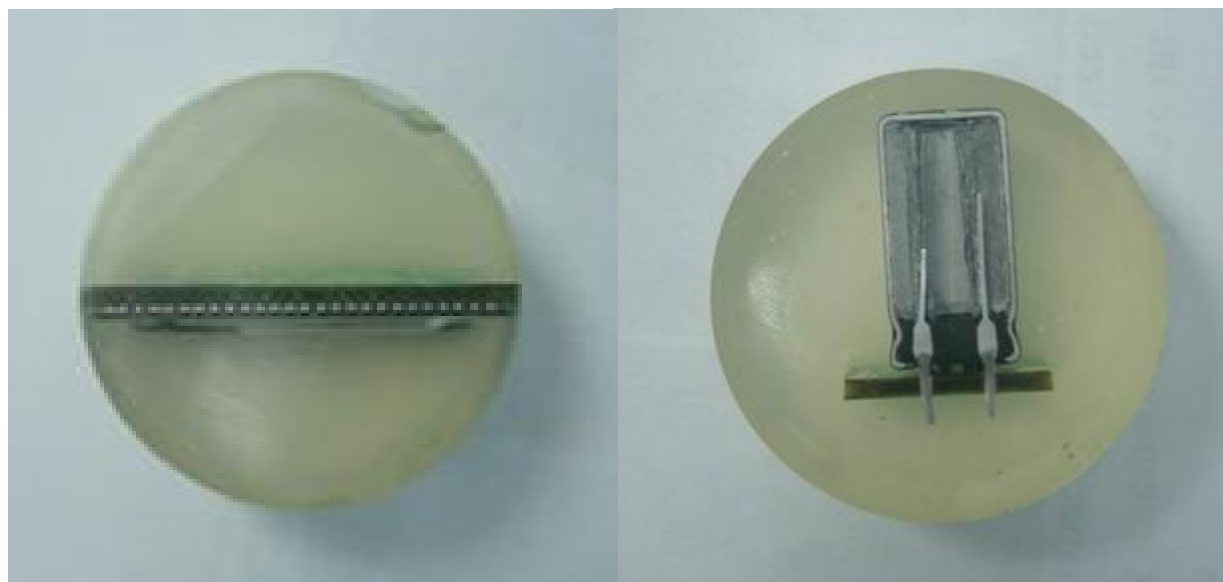
拋光劑



拋 光

5. 放大鏡觀察

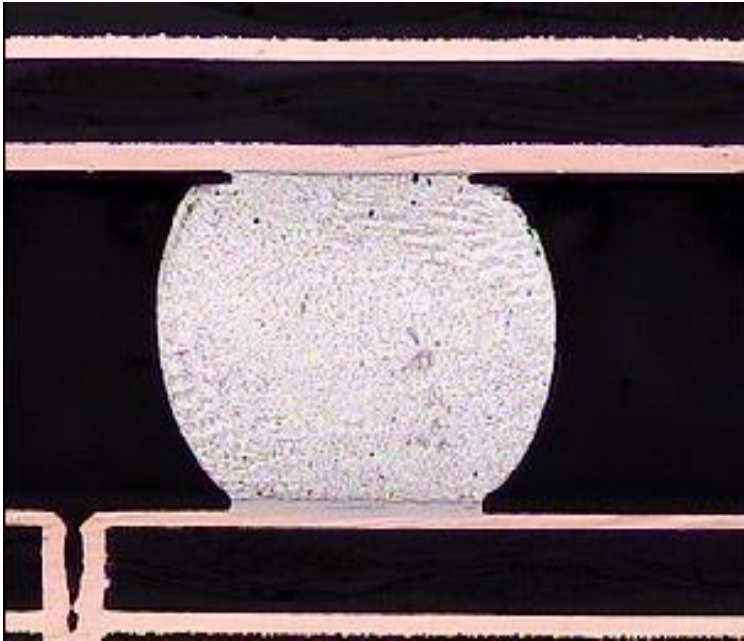
- a. 完成拋光作業後，將樣本用25x-500X電子放大鏡觀察有無異常。若有則將不良圖片拍攝下留証。若無異常，可重複第3.3至5之對應步驟至實驗結束。



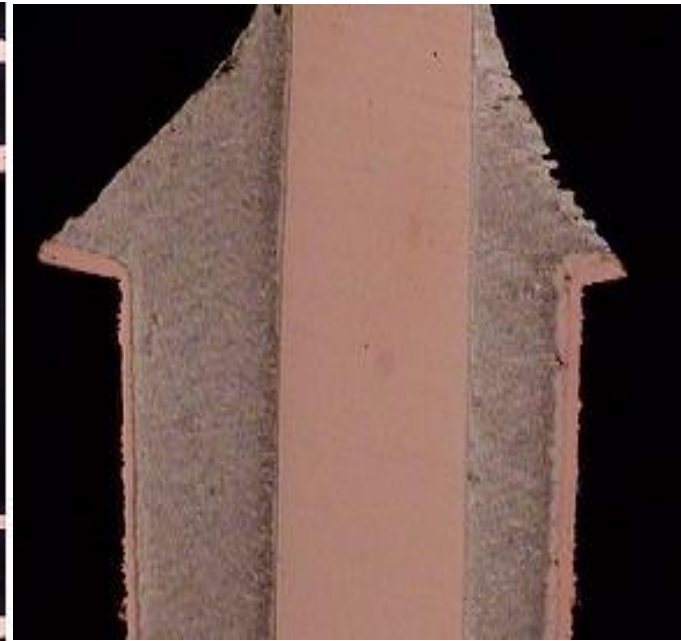
BGA

Capacitor

b. Cross section result picture



BGA picture



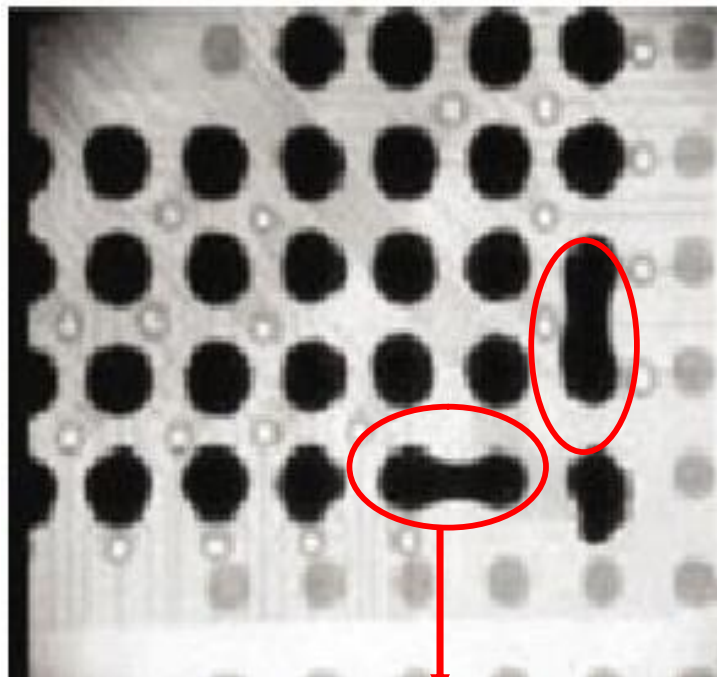
Capacitor picture

六. 相關標準

IPC-7095A Design and Assembly Process Implementation for BGAs

IPC-A-610D Acceptability of Electronic Assemblies

Surface Mount Area Array-solder connections



solder bridge

Defect-class 1.2.3

*Visual or X-ray evidence of solder bridge

*A “waist” in the solder connection indicating that the solder ball and the attaching solder paste did not flow together

*Incomplete wetting to the land

*BGA solder ball terminations have incomplete reflow of the solder paste

*Fractured solder connection

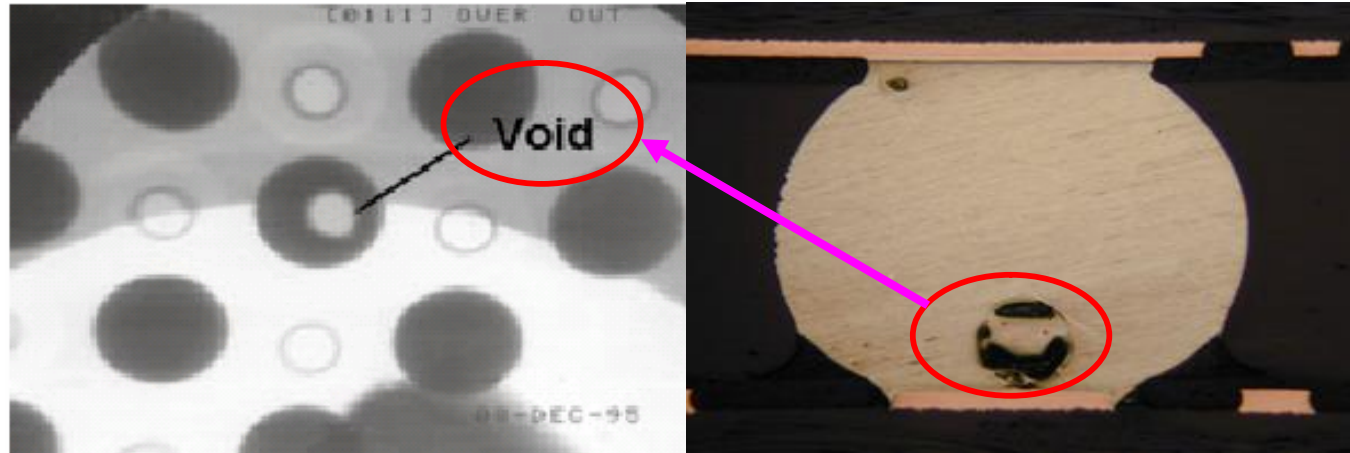
Cross section describes the five different void types

Inspection Criteria	Voids Within the Ball	Voids at the Package Interface	Voids at the Mounting Surface Interface
Voids in BGA balls prior to attachment to a PWB	 Type A	 Type B	
Voids in BGA balls after attachment to a PWB	 Type C	 Type D	 Type E

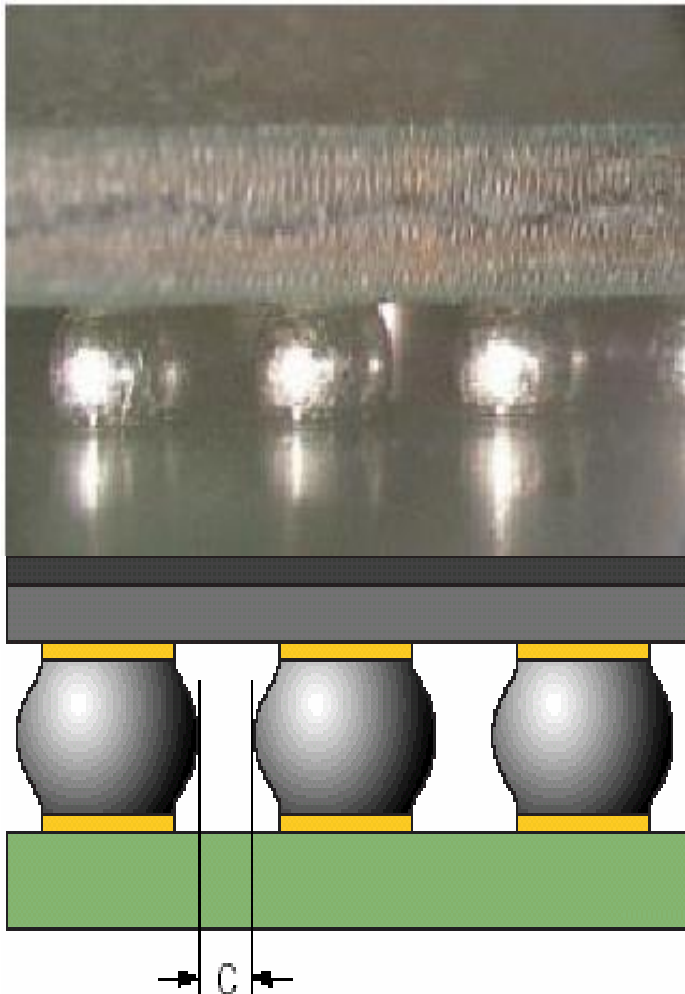
**Macrovoids
Shrinkage Voids**

**Microvoids
Pin Hole Voids
Microvia Voids
Macrovoids**

**Microvoids
Pin Hole Voids
Microvia Voids
Macrovoids**



Solder volume and surface bonding area, It will be necessary to establish an acceptable level voiding so that the product can meet customer expectations, has a useful working life and meets product reliability requirements



Target-Class 1.2.3

***Placement of the BGA solder ball that is centered and shows no offset**
Of the ball to land centers:

Defect-Class 1.2.3

***Solder ball offset violates minimum electrical clearance**

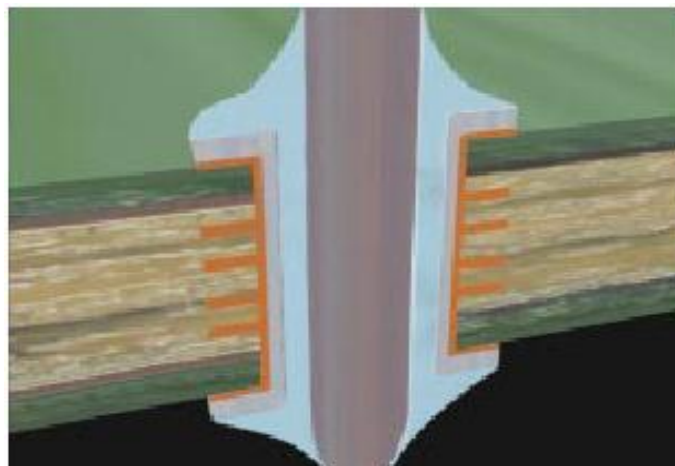
Acceptance-class 1.2.3

***Overall height (H) of the component does not exceed maximum specified**

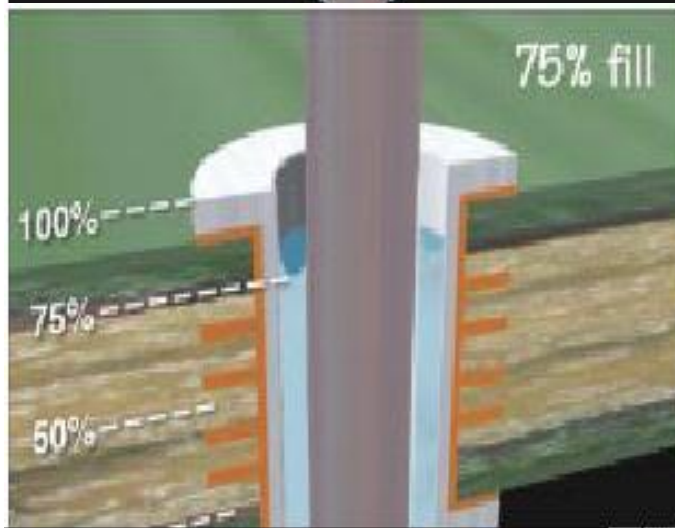
Defect-Class 1.2.3

*** Overall height of the component exceeds maximum specified**

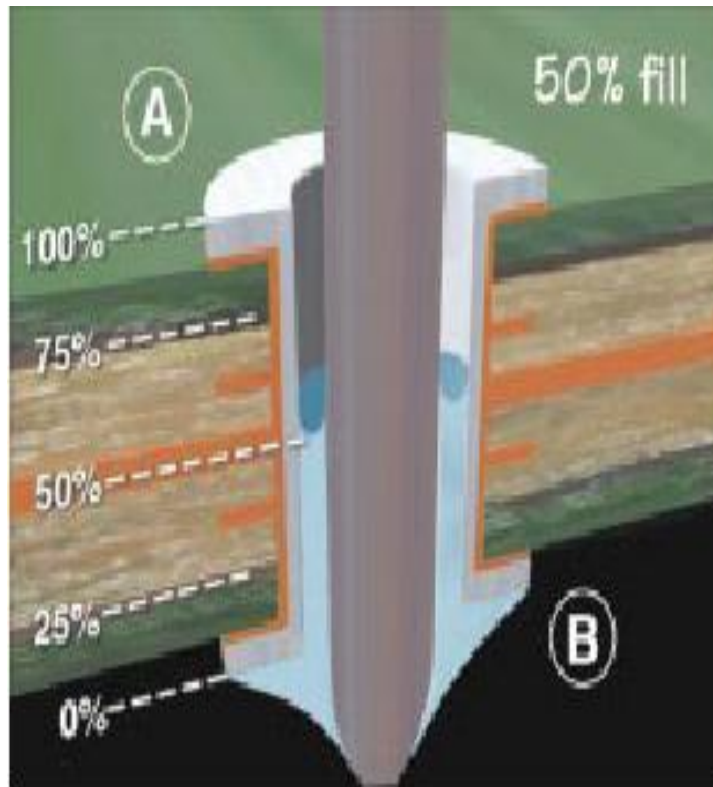
IPC-A-610D Standard requirement



There is 100% fill



Minimum 75% fill, A maximum of 25% total depression including both secondary and primary sides is permitted

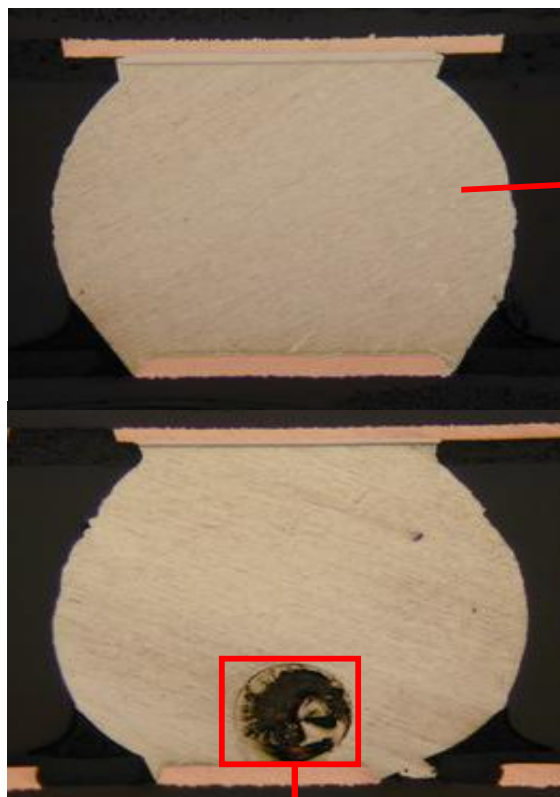


As an exception the fill requirement ,a 50% vertical of PTH is permitted for the products provided following Conditions are met:

- The PTH is connected to thermal or conduct planes that act as thermal heat sinks**
- *The component lead is discernible in the Side B solder connection**
- *The solder fillet on Side B of the Figure has wetted 360° of the PTH barrel and 360° Of the lead**

Note: Less than 100% solder fill may not be acceptance in some applications. e.g. thermal shock. The user is responsible for identifying these situations to the manufacturer.

六. 切片分析

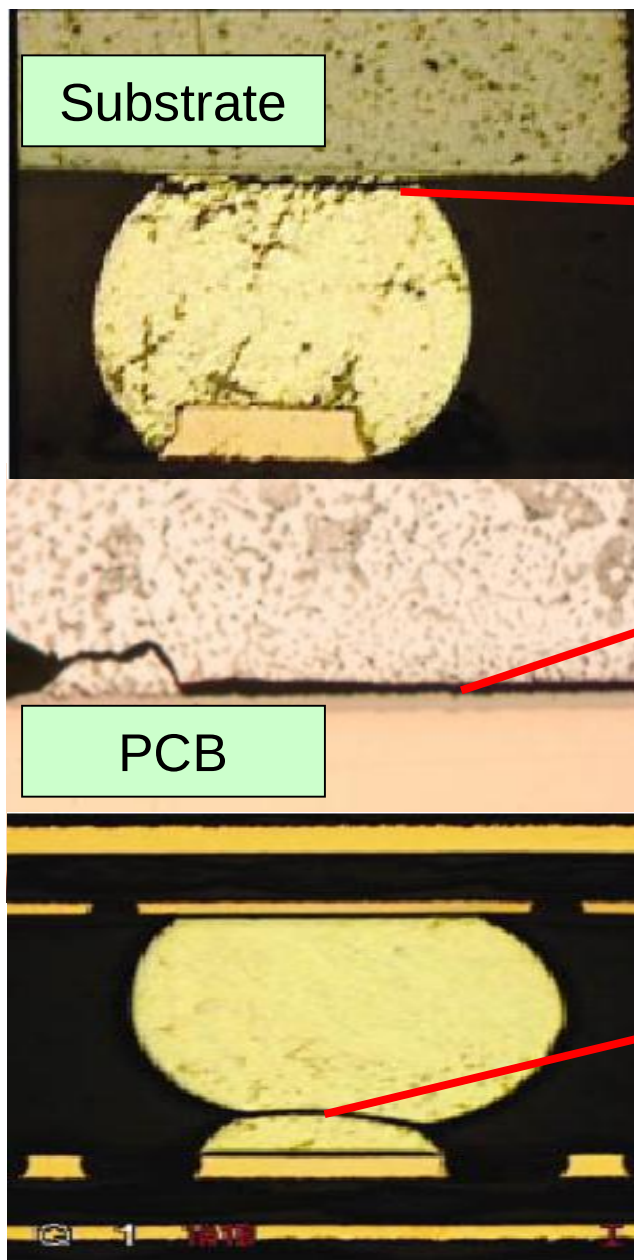


正常

Acceptable-class 1.2.3
25% or less voiding of the ball X-ray image area

Defect-class 1.2.3
More than 25% in the ball X-ray image area

Micro void (可以接受)

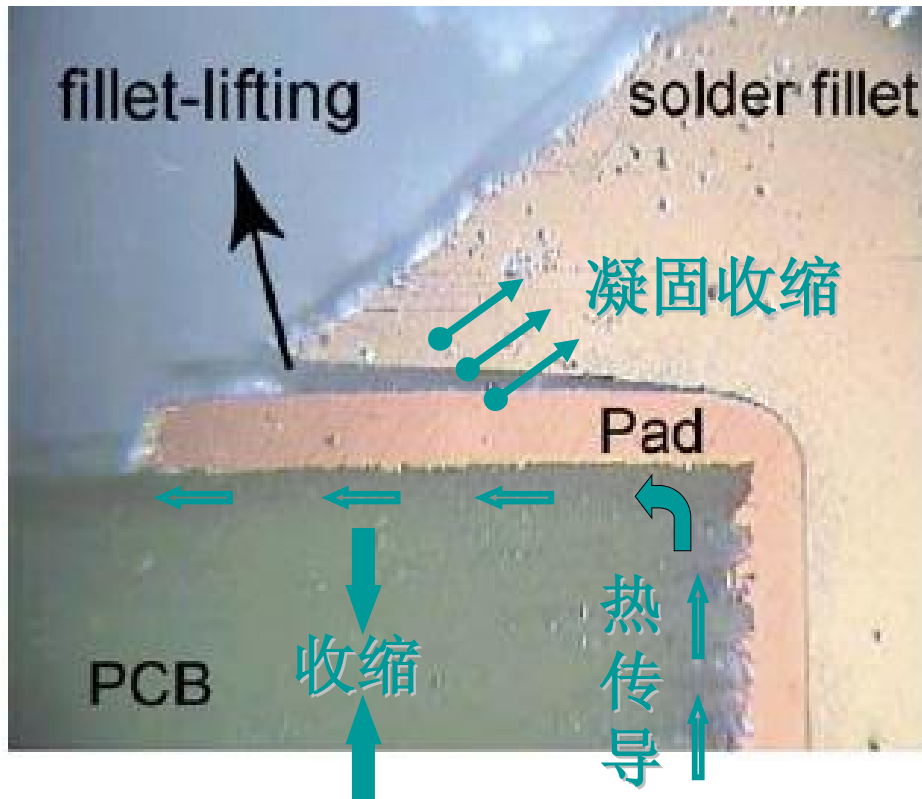


Solder Joint failure
due to CTE mismatch

Solder Crack

Deformed Solder joint
due to warping

PCB焊盘与Sn-0.7Cu焊后发生Lift-off



冷却时由于基板温度高，焊点先凝固收缩，基板焊盘界面处残留液相，基板越厚，基板内部储存的热量越多，越容易发生焊点剥离。

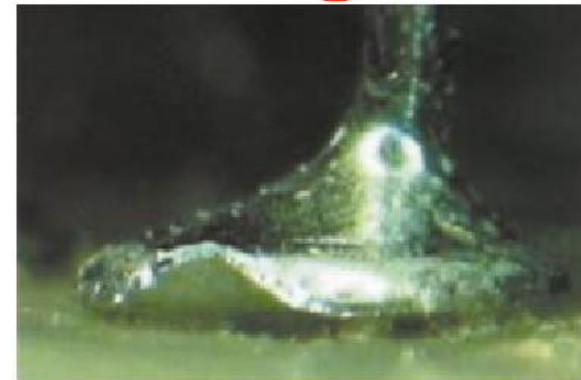
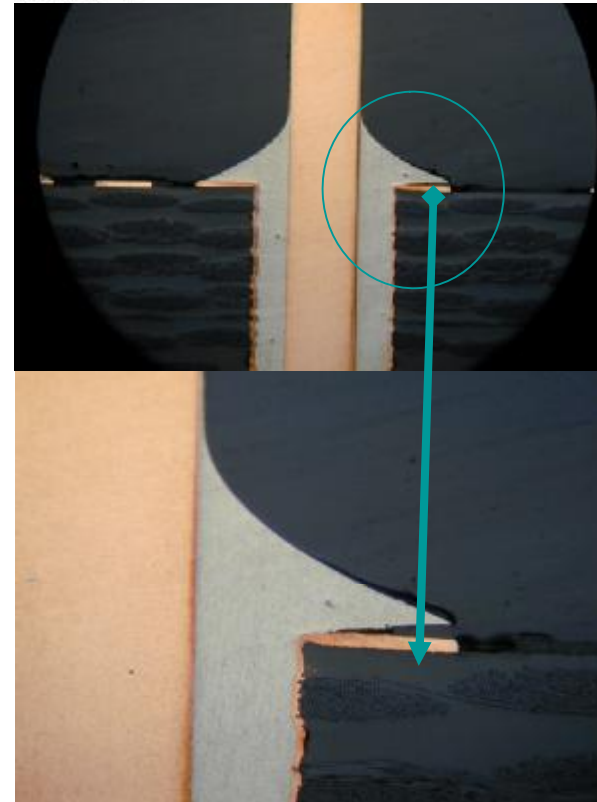


Figure 10-40



焊接空洞分析

Macro Voids （大空洞）

Planar Micro Voids （平面微孔）

Shrinkage Voids （缩孔）

MicroVia Voids

Pin Hole Voids （针孔）

Kirkendall Voids

焊點空洞(Voiding)與界面微洞(Interface Micro-Voiding)

熔焊（**Reflow**）時錫膏助焊劑之有機物，或一旦又吸入的水份，此等外物於錫料固化前若未能及時浮離，或形成氣體后未能飄逸出者(**Out gassing**)，即將成為錫點中之空洞。

空洞主要成因：

1. 錫膏助焊劑之活性不足
2. 錫膏黏度較小揮發份較多
3. 三成員(膏中錫粒，引腳，焊墊)之不良氧化程度增加
4. 溫時曲線(**Profile**)太長
5. 錫膏中溶劑之沸點不夠高
6. 吸入太多水分后會形成更大的空洞
7. 焊點設計也與空洞有關，PCBA各種元件引腳以BGA球腳與QFP扁平焊點等空洞最明顯

Macro Voids （大空洞）

Voids generated by the evolution of volatile ingredients of fluxes and solder pastes （助焊剂或锡膏中可挥发物质的挥发）

Insufficient time to escape （逃逸时间不够）

100 to 300 μm (4 to 12 mils) in diameter

Found anywhere in the solder joint

Not Just at Land to solder interfaces

NOT unique to SnAgCu (LF) solder joints

Eutectic SnPb

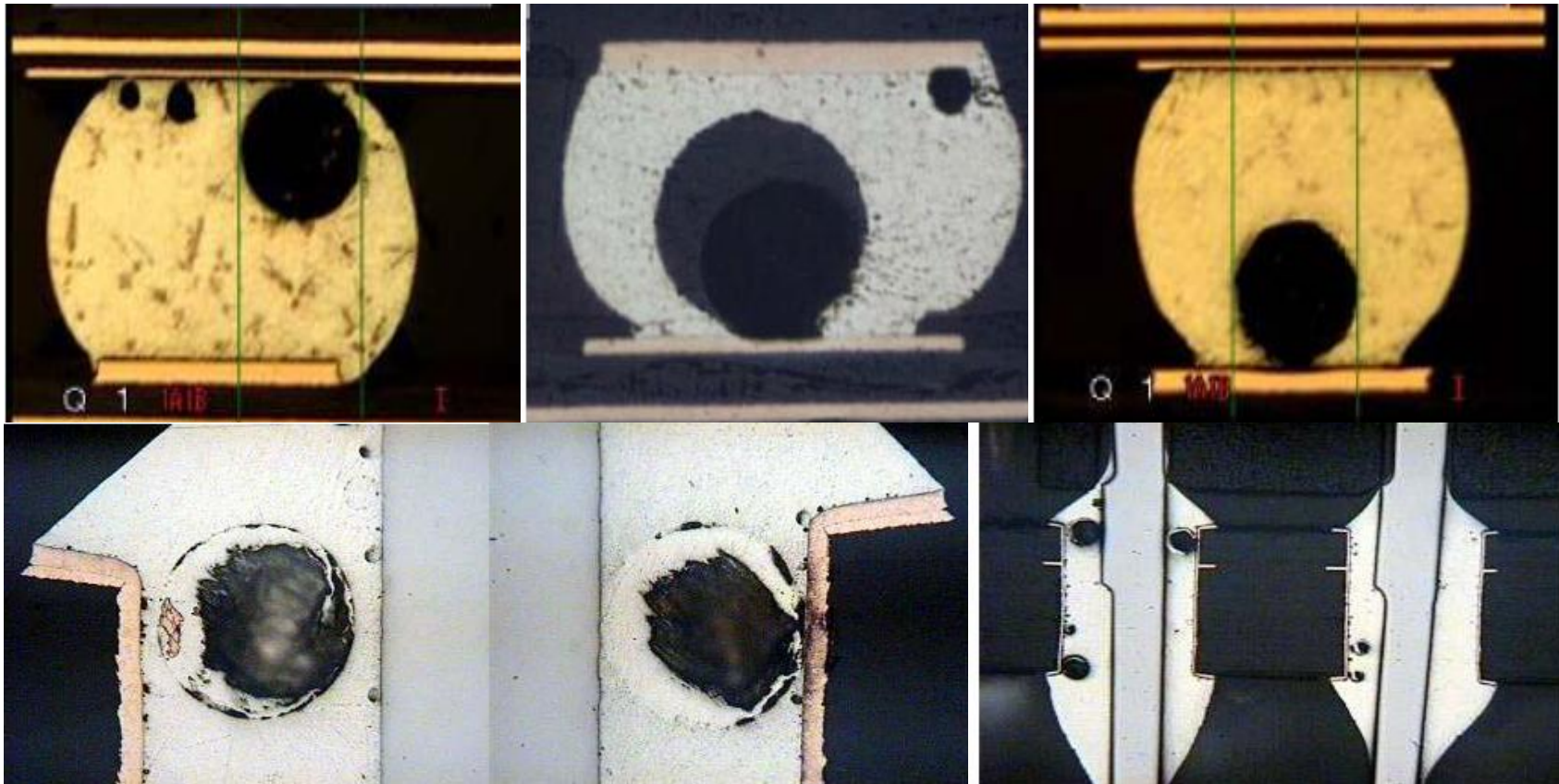
SnZnX

SnBiX

Also called “Process” voids （过程空洞）

IPC Specs’ 25% max area requirement is targeted toward Macro Voids

Examples of Process Voids in Through Hole Solder Joints



Planar Micro Voids (平面空洞)

Micro Voids are smaller than 1-2 mils in diameter

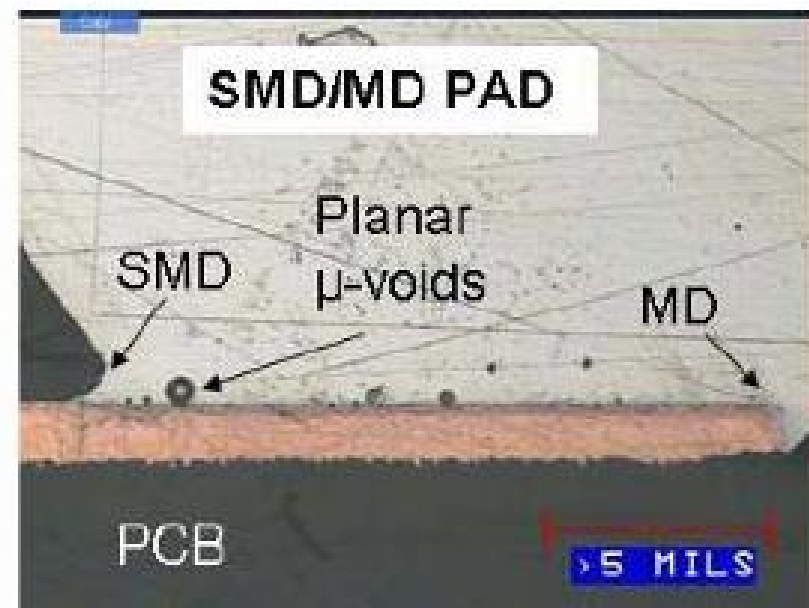
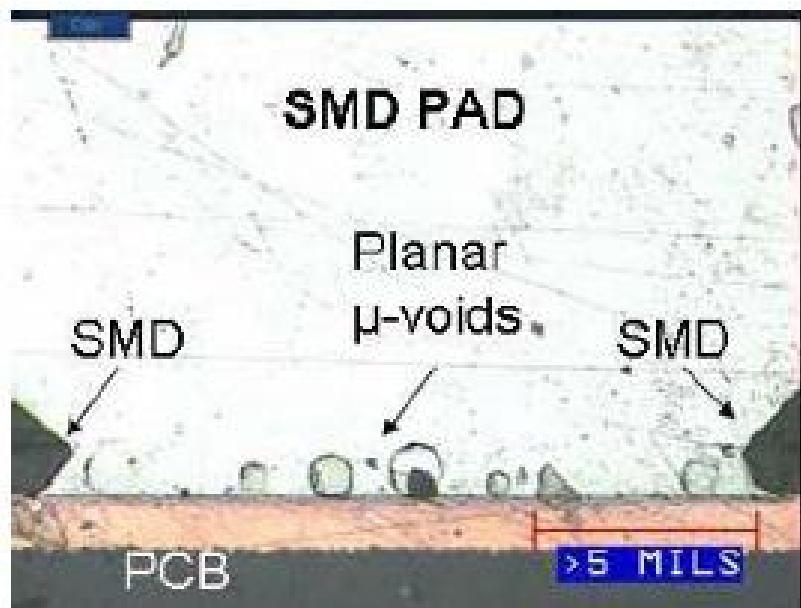
Micro Voids are located in one plane at the Land-to-solder interface above the Intermetallic compound (合金层的上面靠近焊料的界面)

These Micro Voids are a risk for reliability failures of BGA and other solder joints



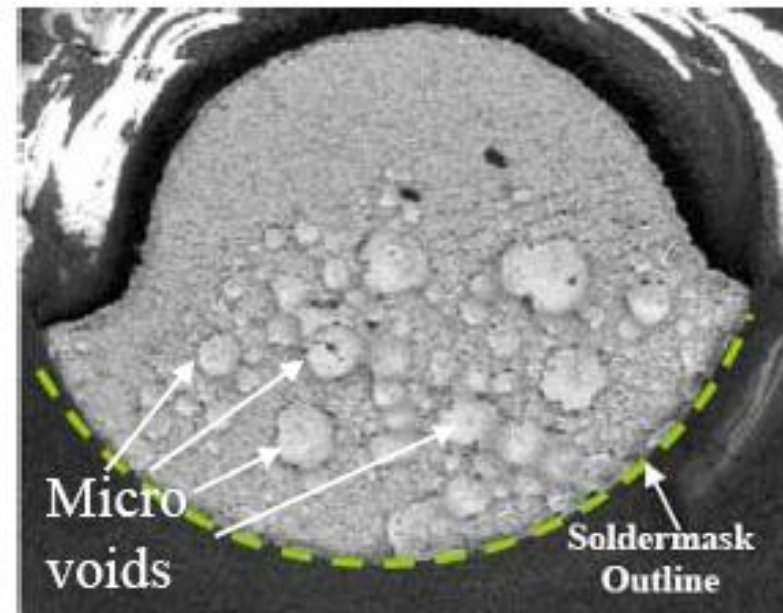
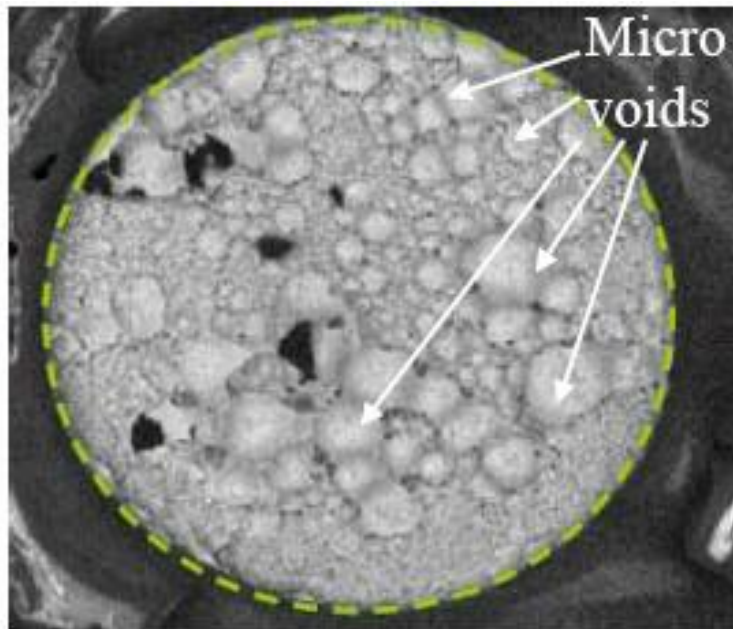
Detection of Micro Voids

Cross-sectional Analysis



Detection of Micro Voids

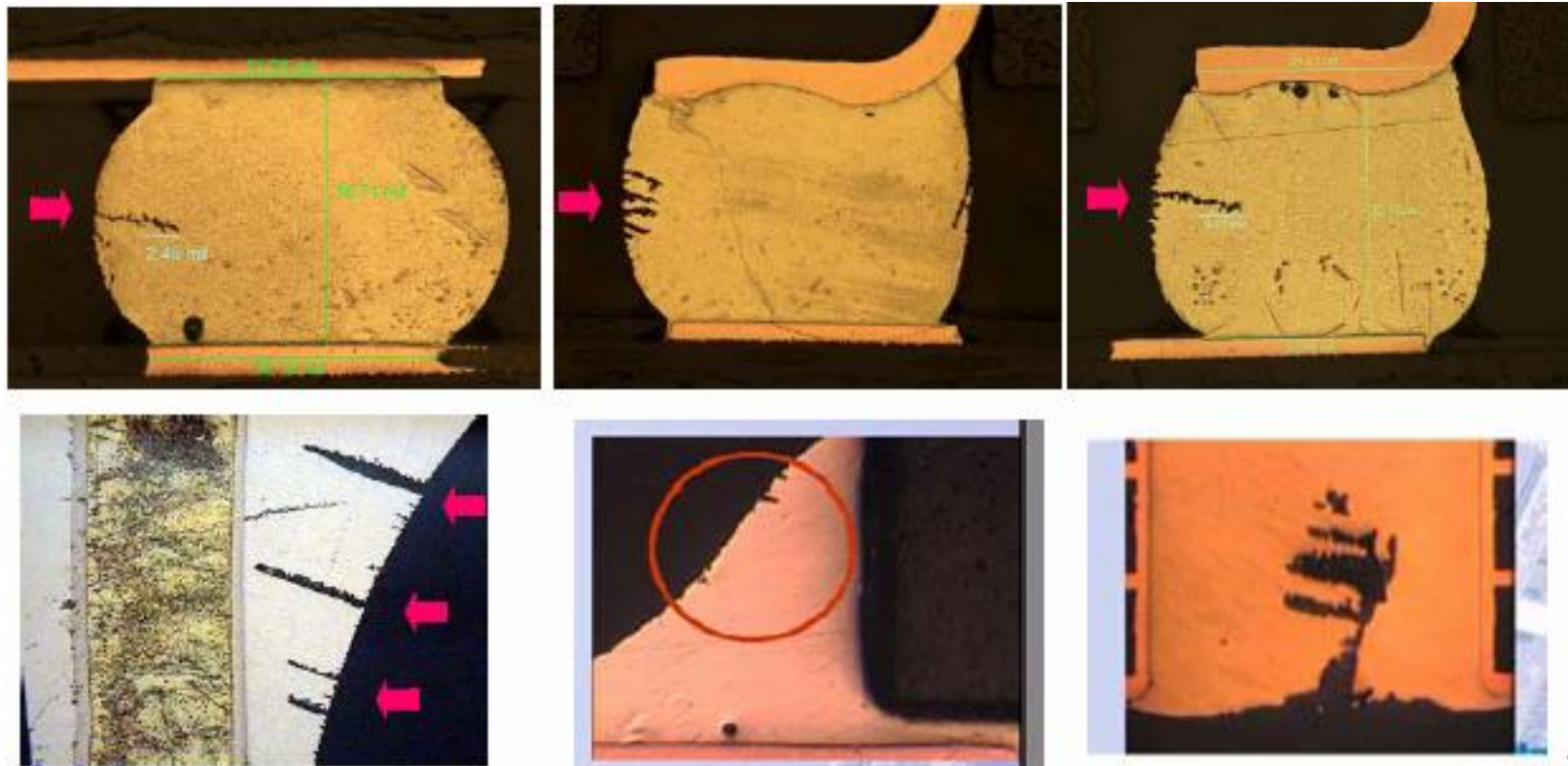
Pull off solder joint from land



收缩空洞

Elongated, voids with rough, `dendritic` edges emanating from the surface of the solder joints

These are seen not just in BGA solder joints, but also in Through Hole Solder Joints and chip component solder joints



收缩空洞

Industry consensus is that solidification sequence of SAC solders causes shrink holes (凝固过程中发生)

Slow Cooling of solder joints causes excessive shrinkage of the final eutectic solder phase just before solidification (慢的冷却速度可能加速)
Disturbance to the solder joint while it is solidifying will increase amount and size of shrinkage voids (凝固过程中的扰动会增加数量和尺寸)

Do not impact reliability (一般不影响可靠性)

Is not a `Crack` and does not continue to grow under thermo-mechanical stresses (一般而言, 不作为开裂, 在机械应力条件下不生长)

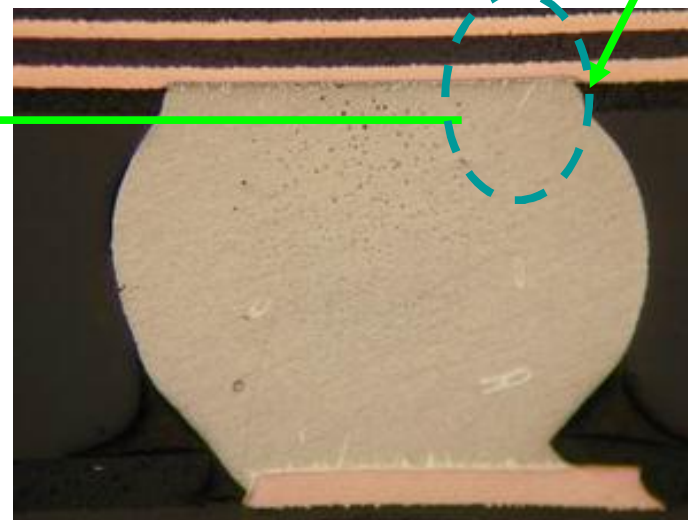
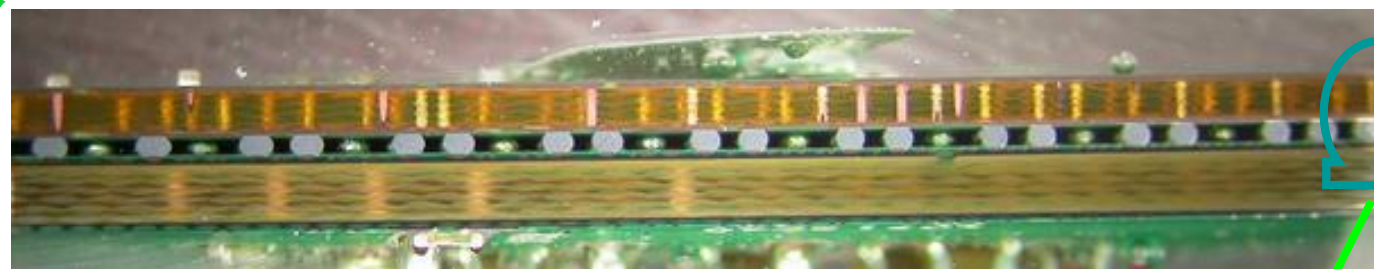
Also called `sink holes` and `hot tears` (热撕裂)

Shrink Hole Voids are natural for SnAgCu solders, can be minimized

金相切片分析

方法与步骤

- ✓ 取样
- ✓ 镶嵌
- ✓ 切片
- ✓ 抛磨
- ✓ 腐蚀
- ✓ 观察

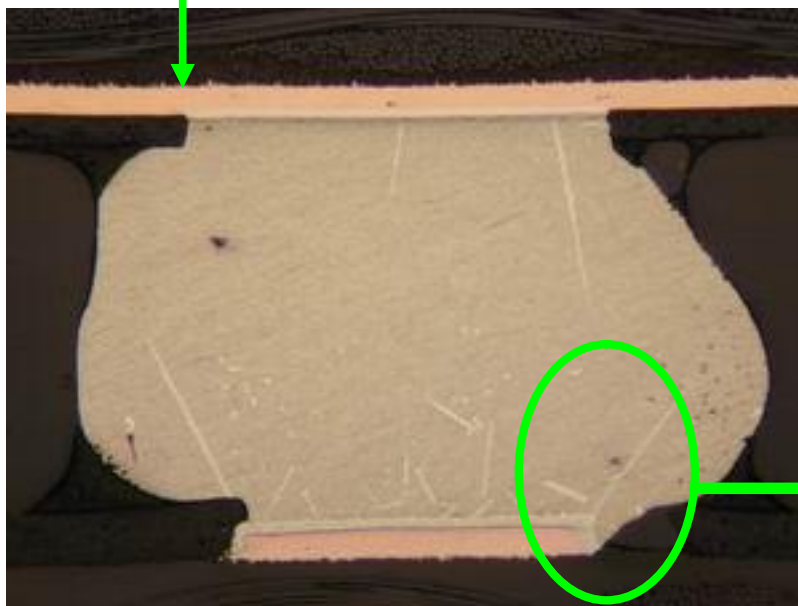
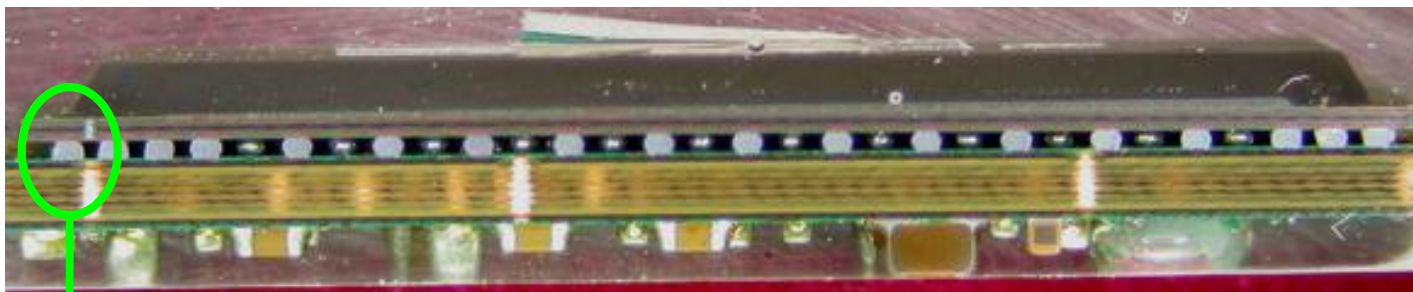


(IPC-TM-650 2.1.1)

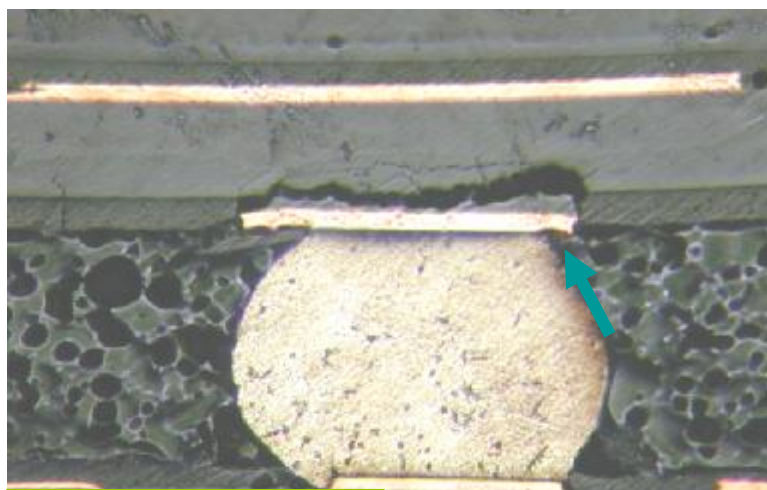
获得焊点界面结构的信息

Simply Smart !

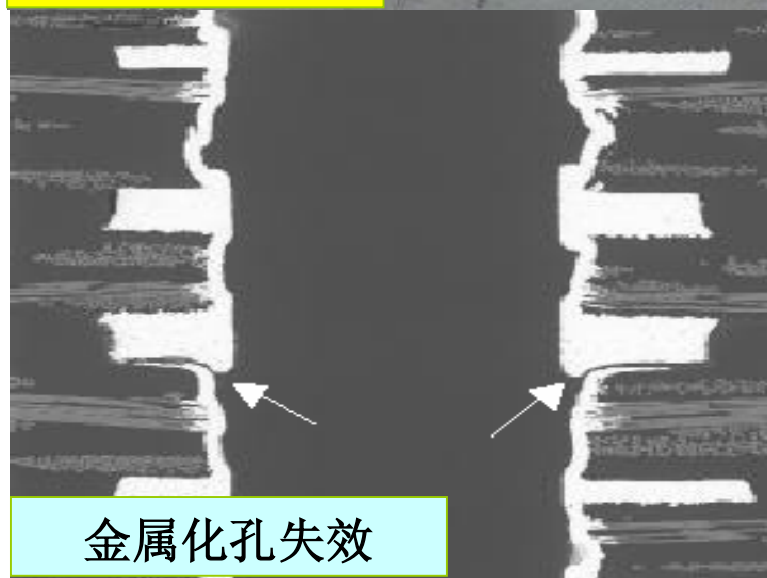
金相切片分析举例（1）



金相切片分析举例（2）



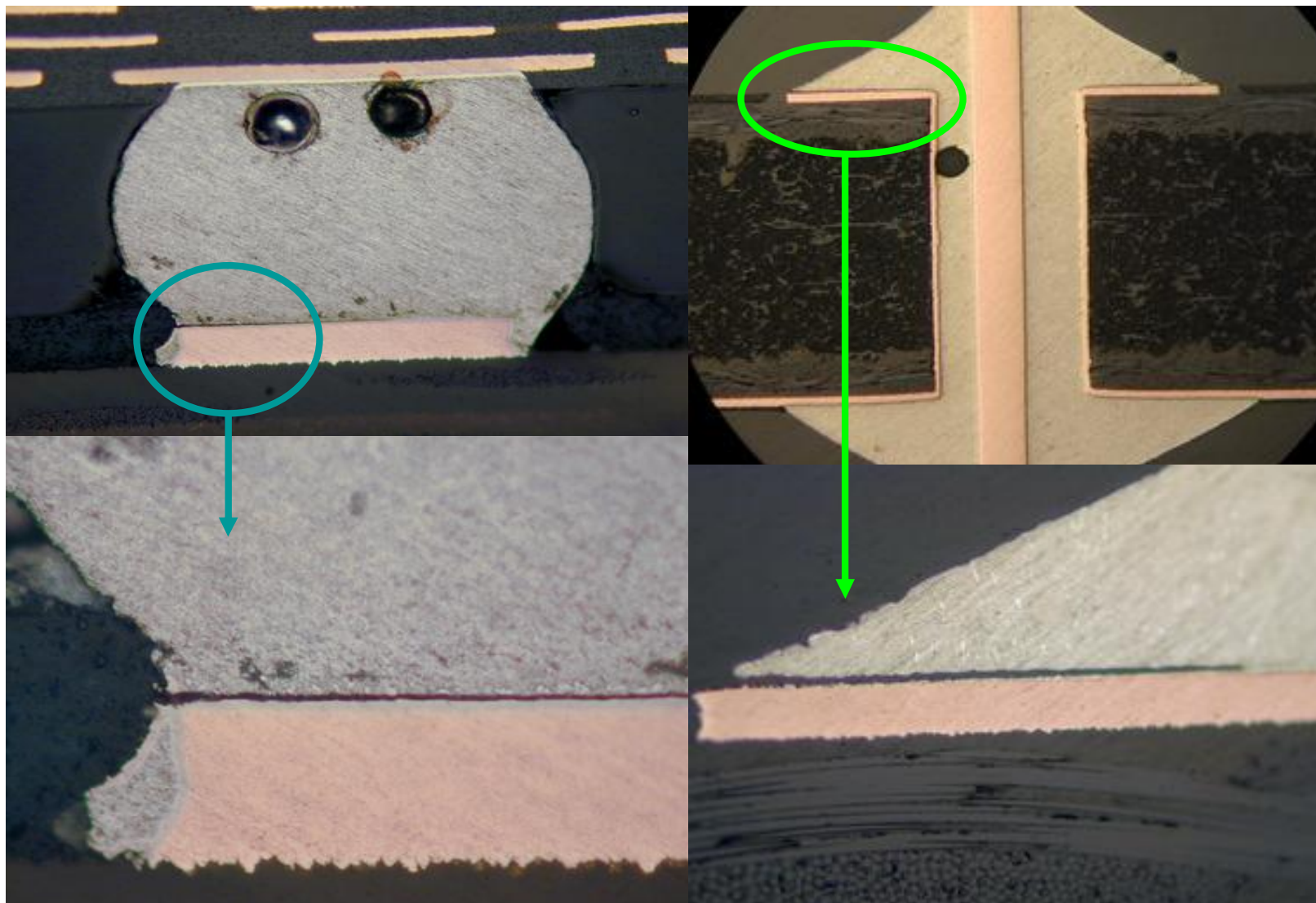
BGA焊点失效



金属化孔失效

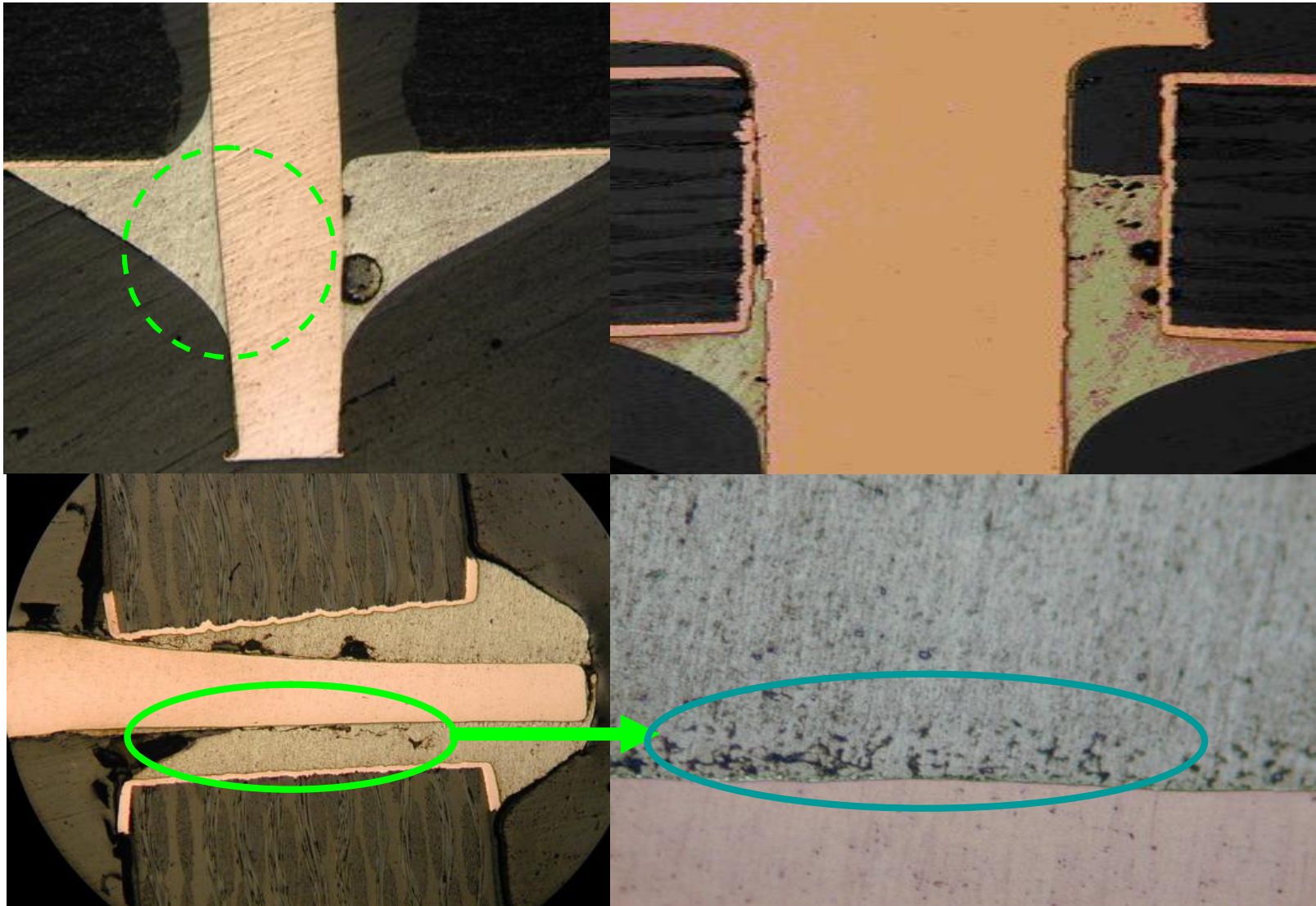


金相切片分析举例（3）

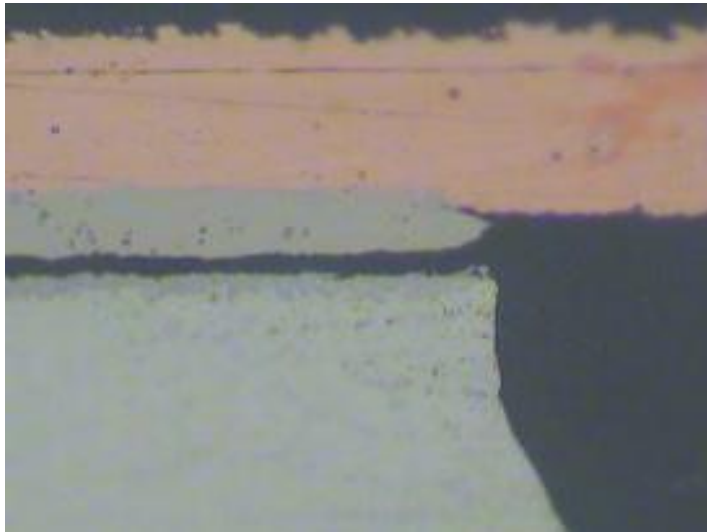


Simply Smart !

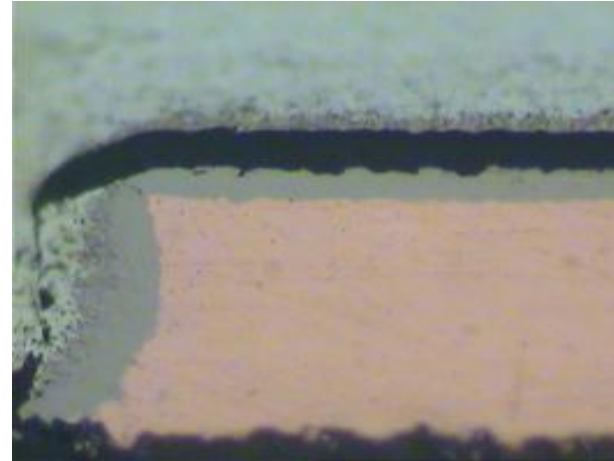
金相切片分析举例（4）



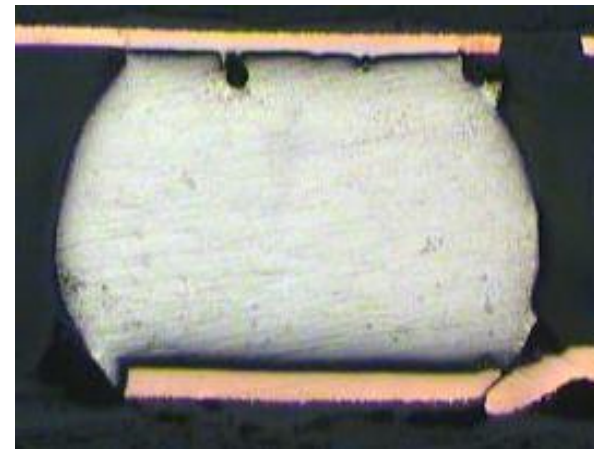
典型失效模式



Cracking in the solder close to the substrate



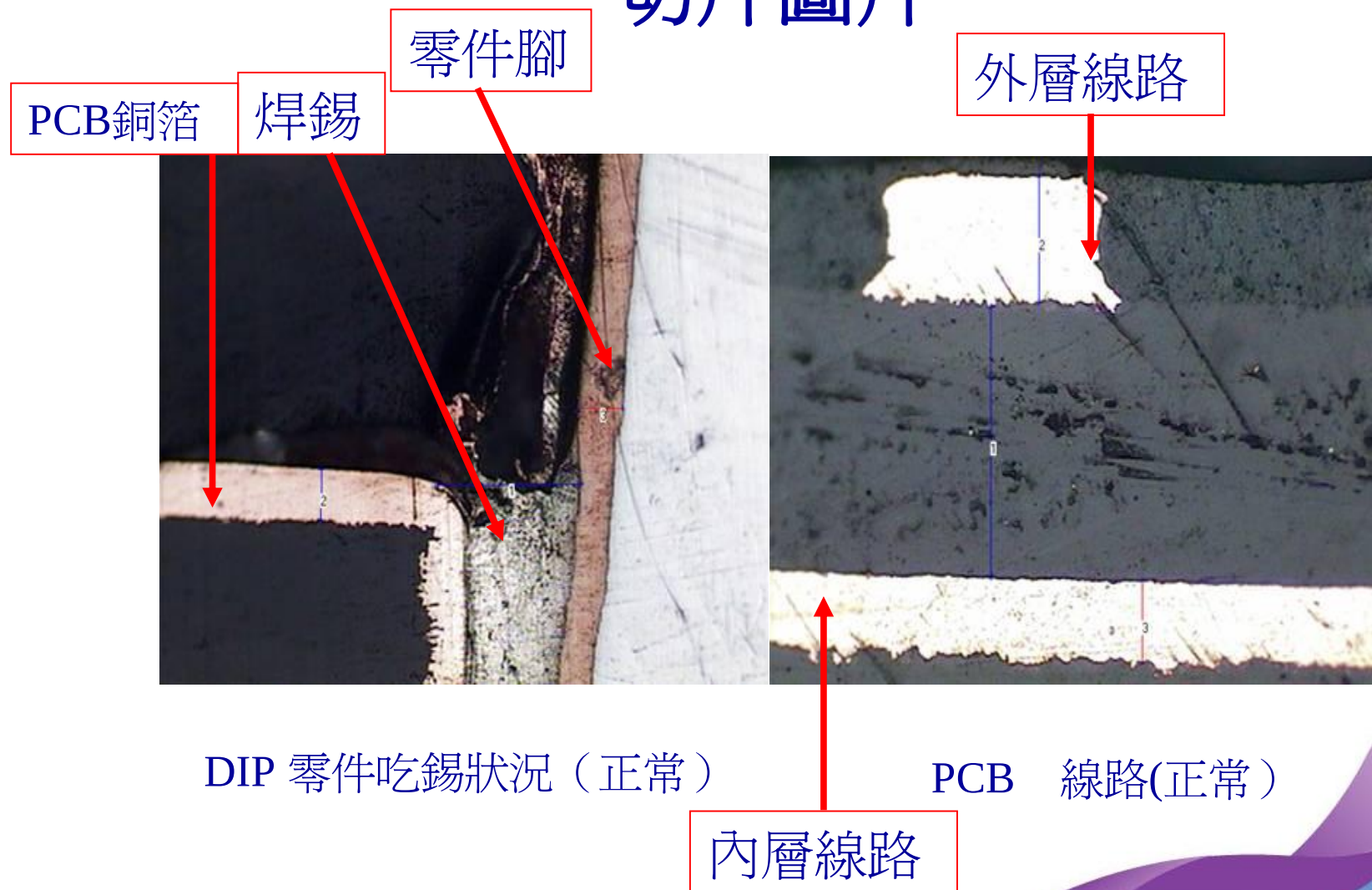
Cracking along the interface between the solder and the PCB pad

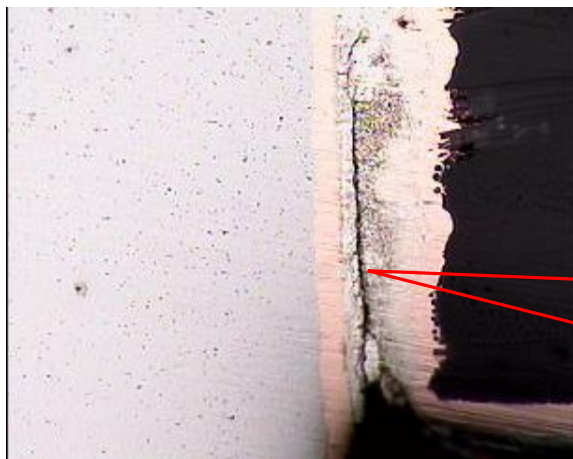


Breakage of copper trace on PCB

Simply Smart !

切片圖片





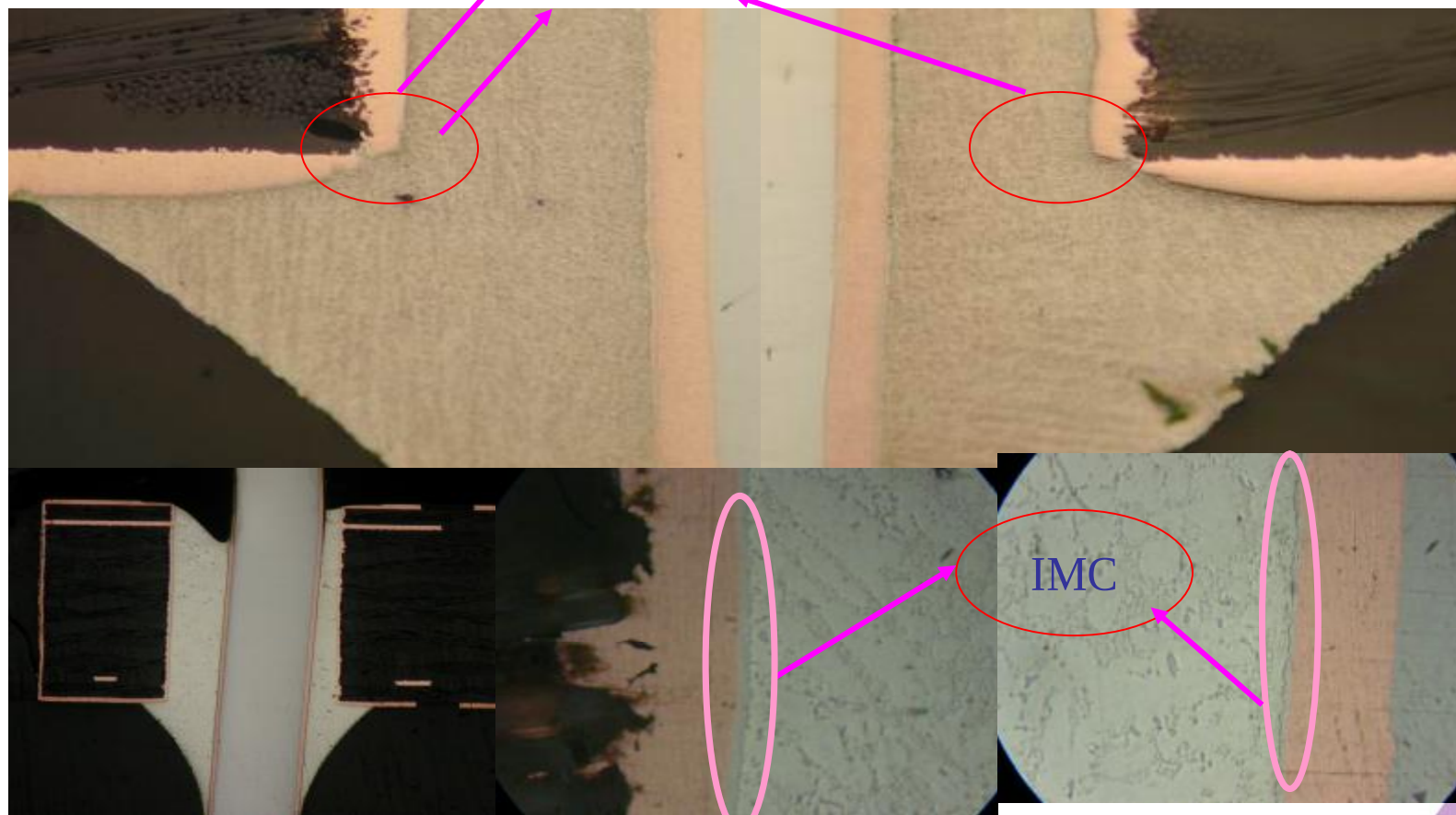
Crack 从图片来看，此现象为开裂即**crack**，并且从图上看开裂的位置在焊料中间，故导致开裂的主要原因应该和受到外力有关

一般导致焊料中间开裂的主要原因肯定是和受力有关系。因为焊接后产品未经历试验过程，故焊点收到的力只可能来自下面的情况：

- 1 焊点在快速冷却过程中产生的热应力
- 2 焊点在取样过程中由于震动受到的力
- 3 其他未知的原因

应该仔细确认，焊料和引脚以及焊接通孔之间是否润湿良好，IMC形成的如何，来判断是否存在虚焊等不良，如果焊接不良，将导致焊料和引脚及焊盘之间开裂。

孔轉角位置處銅面厚度偏薄



100X

2000X

2000X

Simply Smart !

七. 注意事項

1. 在切割及研磨過程中須注意安全，避免應不當作業造成傷害。
2. 壓克力粉和硬化劑，存放及使用時須遠離熱源及火源，用完後及時將容器密封；使用時應保持場地通風，避免和皮膚、眼睛及衣物接觸。
3. 請勿一次調制超過**90**毫升的壓克力粉，混合物應在室溫下冷卻固化。
4. 在研磨及拋光時，應打開水龍頭加注適量的清水以減小磨擦，及其產生的熱量。
5. 操作研磨機時，應注意避免水濺到電源開關處，而導意外發生。

6. 一般做切片鑲埋所使用的灌膠常用的有壓克力粉與樹酯兩大類,兩種都必須與硬化劑配合使用. 其兩種各有其優缺點,大致上的差異如下所示:
- a. 壓克力粉-->硬化時間較短(幾分鐘),但透明度較差,且式片會有一種味道.
 - b. 樹酯----->硬化時間較長(幾小時),但透明度較佳,且式片不會有一種味道.不管哪一種在業界均有許多人在使用,並沒有特別說哪一種較好,完全看個人的接受度.

切片研磨試片的好壞,除了取決於灌膠技術外,最重要還是在於研磨的技術,灌膠主要要有硬化及填孔性要好,以避免有孔洞的發生,造成研磨的困惱!

The end

Thanks !!!

