

# LED封装/组装用焊锡膏材料的演变及应用

报告人: 马鑫 博士

[美信检测技术顾问]

深圳市汉尔信电子科技有限公司



- 1、蓝光LED的小故事
- 2、焊锡膏及其合金成分、熔点
- 3、LED组装用焊锡膏及关注点
- 4、LED封装的变革、焊锡膏的潜在应用及关注点
- 5、未来趋势的一点看法



1993年 日本日亚化学公司的中村修二

发明蓝光LED

1994-2010年 日亚化学的相关销售收入

为110亿美元，此外，专利许可费收入为11亿美元

1999年 中村修二离开日亚化学

2000年 加入美国加州大学，任教授，并开始指导CREE

2001年 中村修二起诉日亚，要求支付合理报酬

2004年 东京地方法院一审判决，中村修二在该职务发明中的适当报酬应为604亿日元（但中村在起诉书中仅要求赔偿200亿日元）

2005年 东京高等法院主持和解，最终中村获得8亿4千万日元（约6700万RMB）的发明补偿金 [日本舆论称之为“奴隶的战争”]

2010年 担任韩国首尔半导体顾问

2014年 获诺贝尔物理学奖 (白炽灯点亮了20世纪，21世纪将由LED灯点亮)





LED的应用越来越广泛

背光源、显示屏、各种LED灯、。。。。到灯丝灯泡

就组装而言，基本形式就是 灯条 类组装

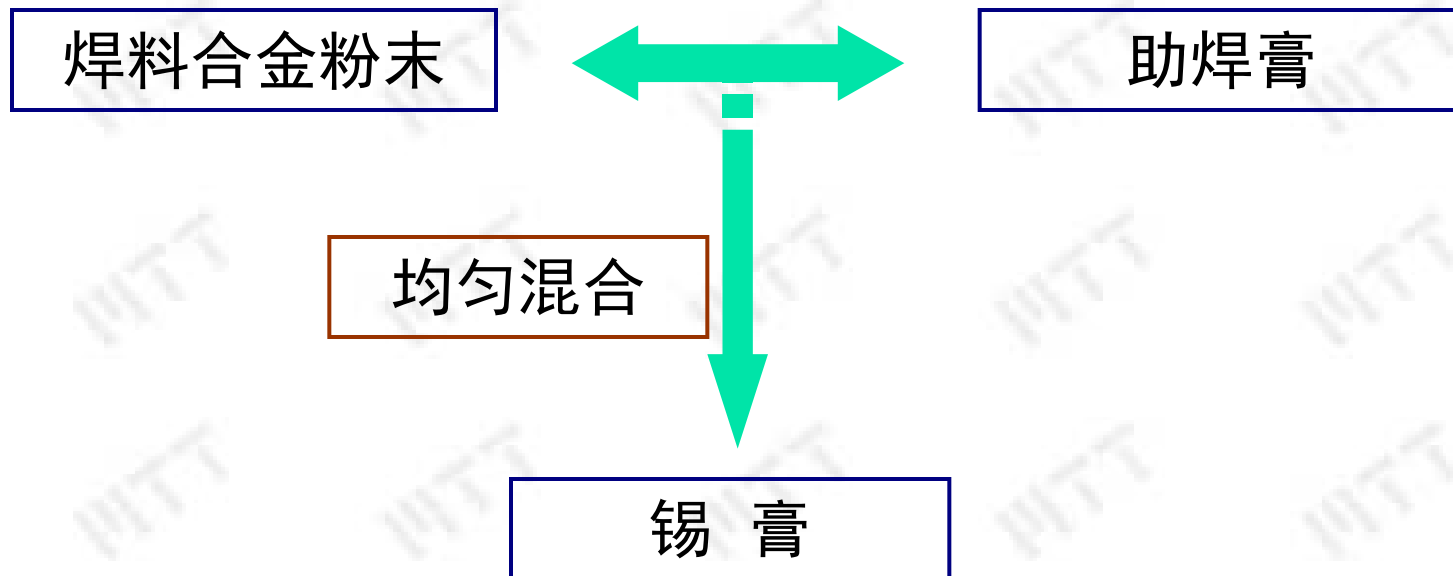
对应焊锡膏的应用也是传统的SMT制程

焊锡膏是LED灯珠具体应用中不可或缺的连接材料



来自日本牛尾照明的  
灯丝灯泡

## 焊锡膏的组成



焊锡膏的品质主要取决于助焊膏，让产品自己来说话  
用户要关注的是合金成分、粉末粒度及相关的物理参数

# 合金粉末粒度 (J-STD 006)



类型	不大于	只有小于1% 的部分大于	最少有80% 位于其中	最多有10% 的部分小于
1	160	150	150-75	20
2	80	75	75-45	20
3	50	45	45-25	20
类型	不大于	只有小于1% 的部分大于	最少有90% 位于其中	最多有10% 的部分小于
4	40	38	38-20	20
5	30	25	25-15	15
6	20	15	15-5	5

单位:  $\mu\text{m}$

注: 7号粉的定义是2-11  $\mu\text{m}$



	合金成分 (wt.%)	熔点 (°C)
无铅	Sn-3.0Ag-0.5Cu	217-221
	Sn-1.0Ag-0.5Cu	217-227
	Sn-0.3Ag-0.7Cu	217-227
	Sn-Bi-1Ag	138-204
	Sn-Bi-0.3Ag	138-204
	Sn-58Bi	138
有铅	Sn63-Pb37	183
	Sn-Pb-0.4Ag	179-183
	Sn55-Pb45	183-203
	Sn50-Pb50	183-215
	Sn5-Pb92.5-Ag2.5	287-296

合金熔点与焊接温度直接相关，也关系到焊点的耐热温度



## 一、界面反应与焊料合金的选择

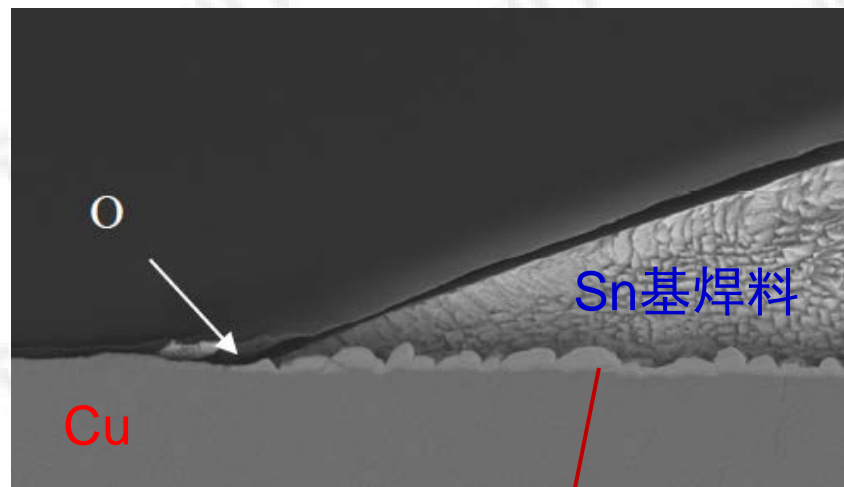
反应润湿(reactive wetting)

在润湿过程中形成金属间化合物  
(Intermetallic Compound, 简称IMC)

反应导致连接的形成

同时, 反应还会促进润湿

电子行业广泛使用Sn基焊料的根本原因之一  
就在于Cu-Sn之间容易形成IMC



Cu-Sn IMC

注: Sn与Ag、Au等金属均会发生反应生成 $\text{Ag}_3\text{Sn}$ 、 $\text{AuSn}_4$ 等IMC





## 一、界面反应与焊料合金的选择

反应润湿基于金属原子之间的相互扩散

该扩散符合菲克第一定律：浓度梯度越大，扩散通量越大

启示：

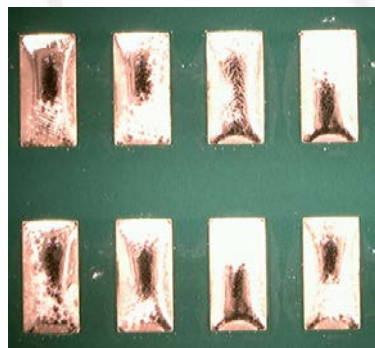
为防止焊盘表面镀层金属的过度扩散/消耗，焊料合金就要含有一定浓度的相应金属元素

案例：

OSRAM公司在镀银焊盘SMT组装中，采用SAC305焊料合金，试图为降低成本采用SAC105焊料合金，结果发生焊点开裂



## 二、锡膏焊后助焊剂残留



LED组装行业希望锡膏残留尽可能少，且残留颜色最好近于无色透明



## 三、灯珠偏移问题

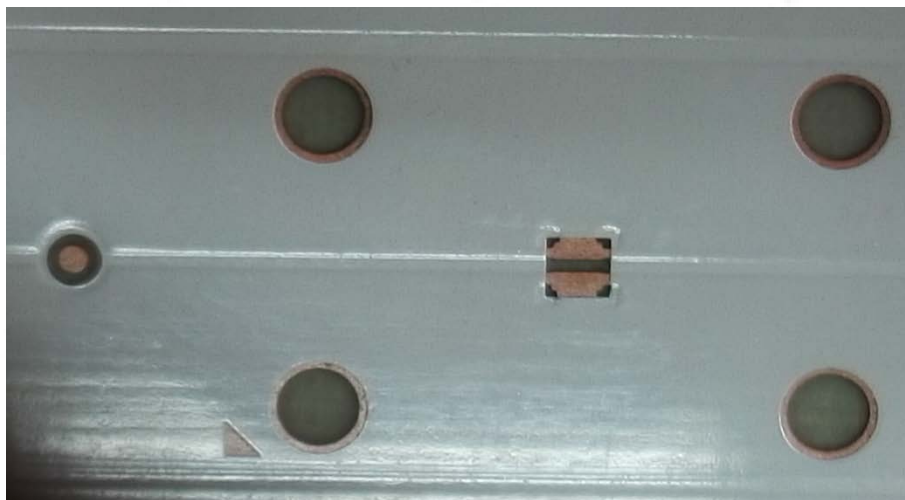


经验之谈：钢网厚度0.08mm



SMT工艺要点:

## 印刷、印刷、还是印刷

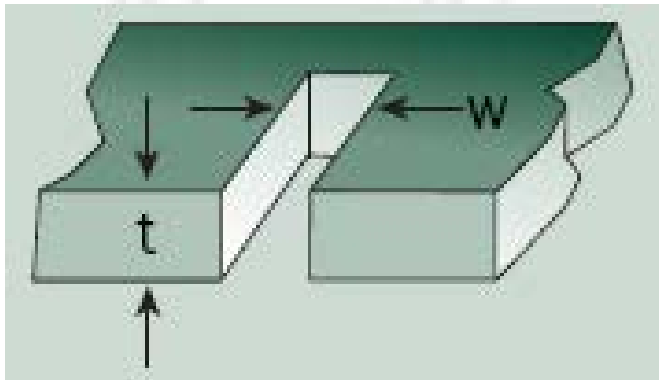


LED行业已经出现0.3mm  
间距

很多产品特性决定了锡膏  
必须适应超长的印刷时间



两个重要概念之一：Area Ratio



Aspect ratio =  $W/t$

IPC-7525推荐：  $\geq 1.5$

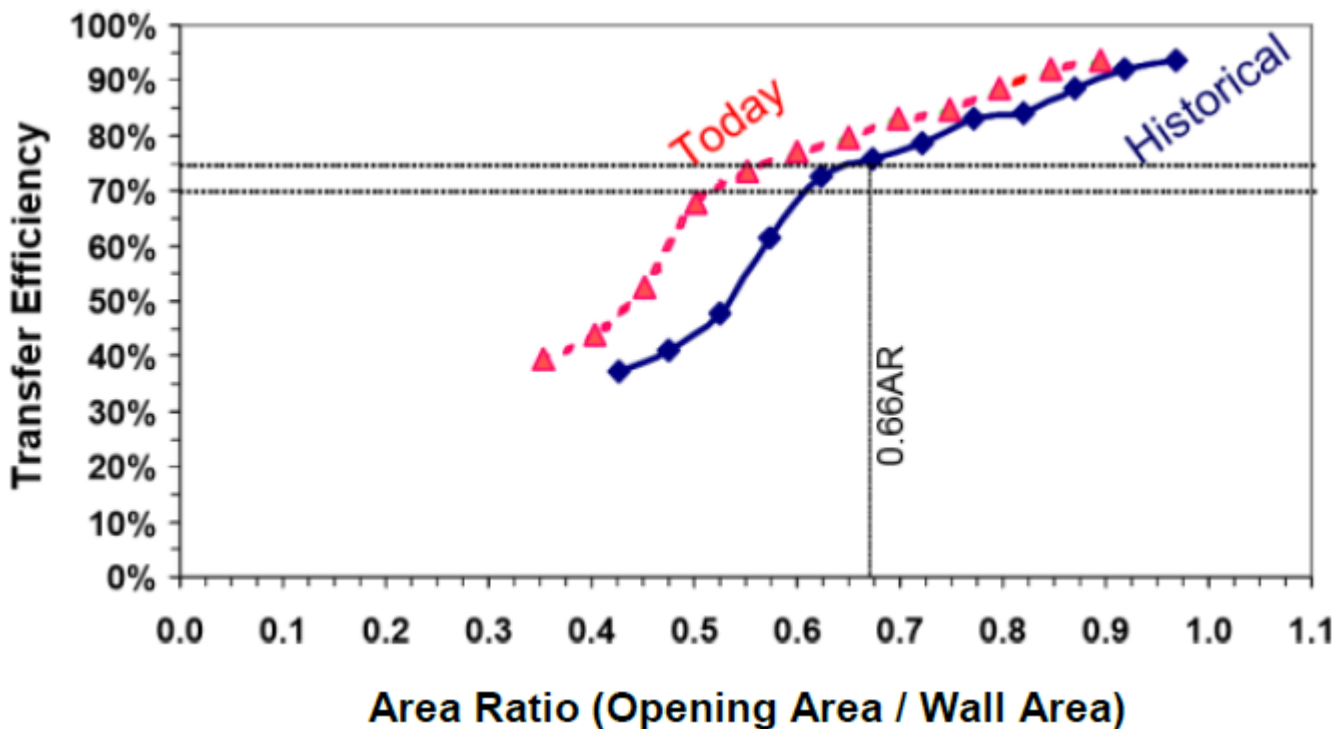


Area ratio =  $A_{\text{opening}}/A_{\text{walls}}$

IPC-7525推荐：  $\geq 0.66$



两个重要概念之二：Transfer Efficiency

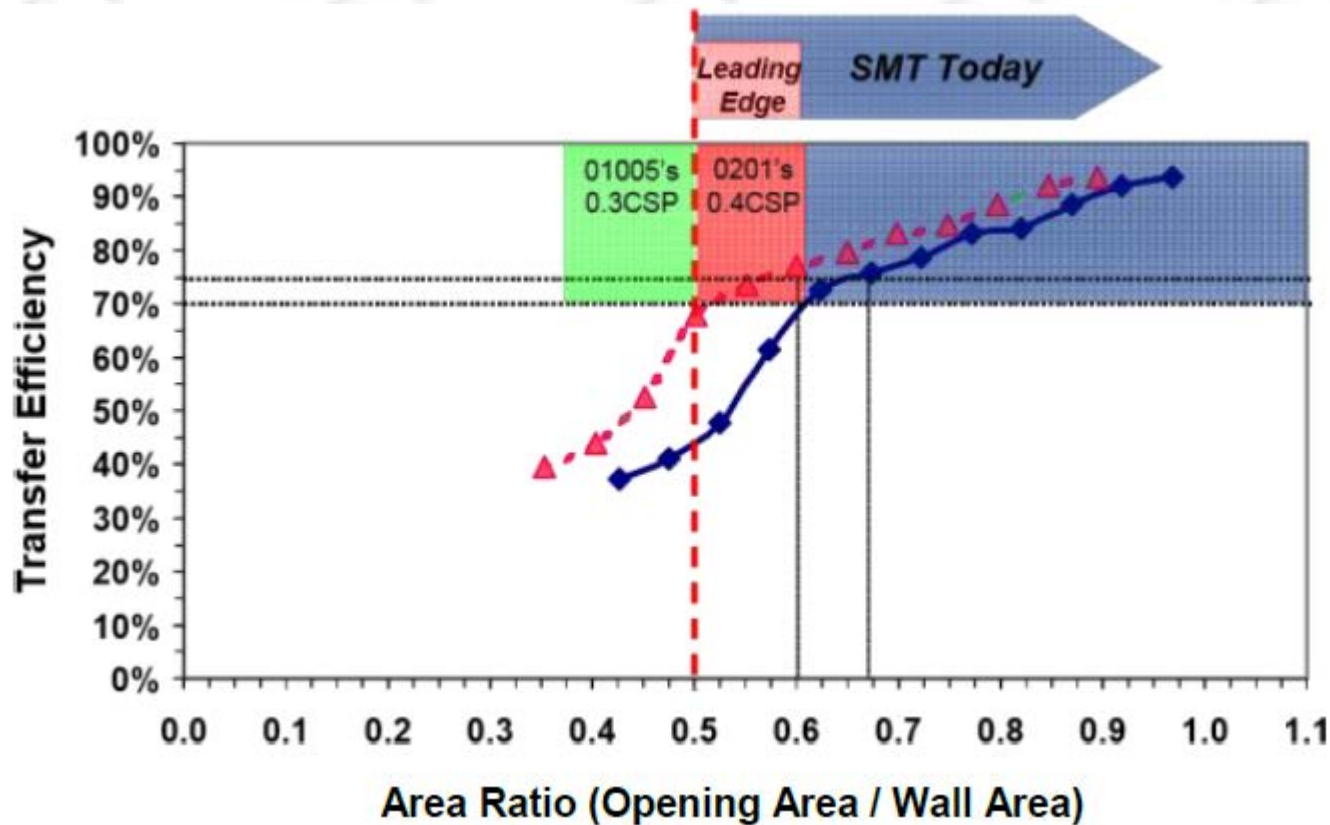


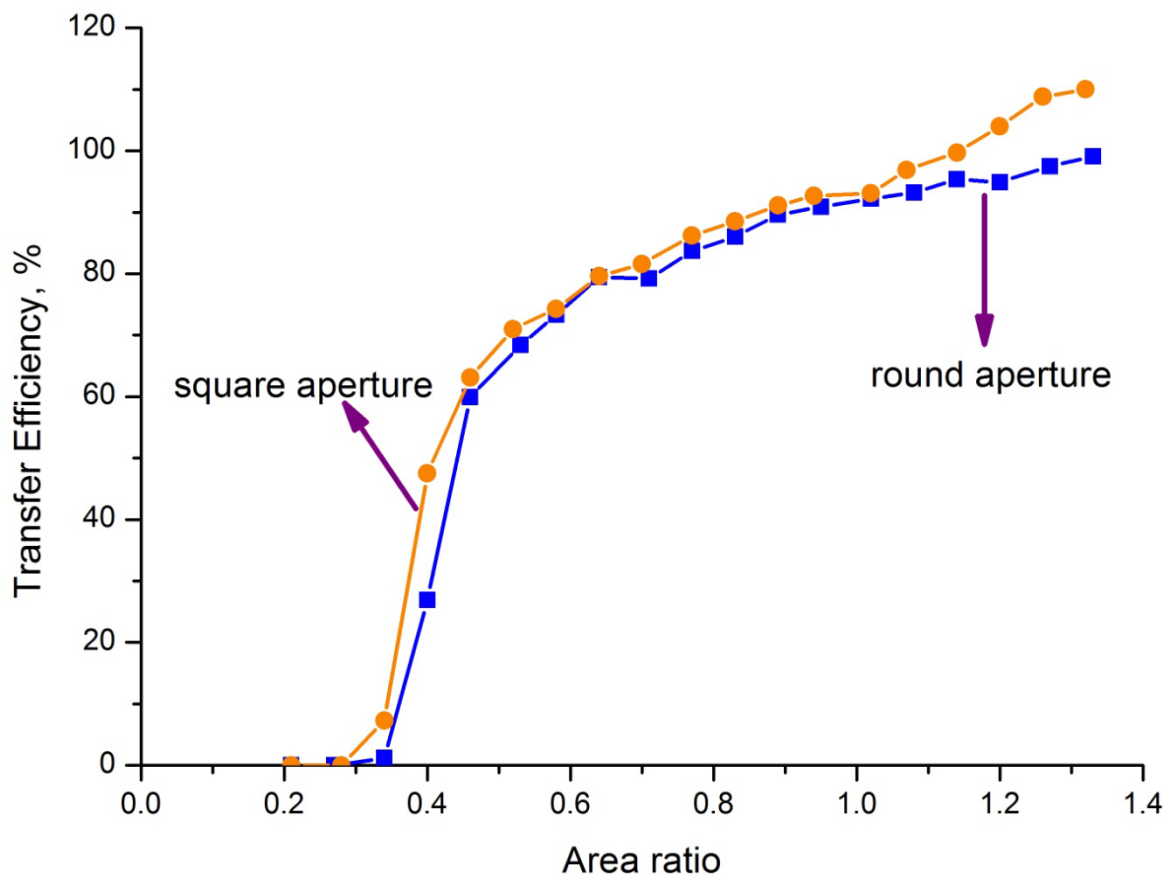
锡膏印刷转移率 = 实际沉积体积 / 理论沉积体积





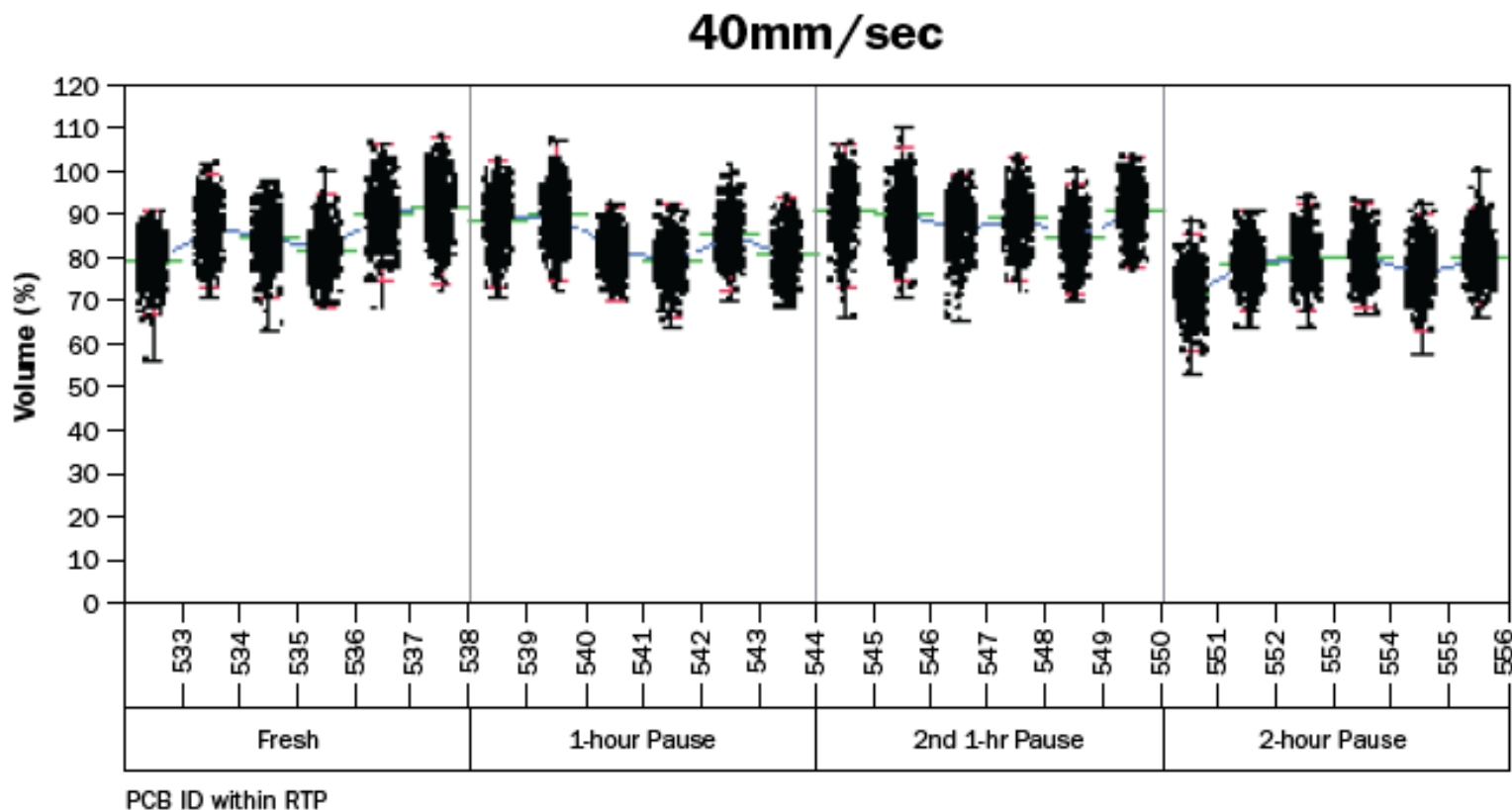
两个重要概念之二：Transfer Efficiency



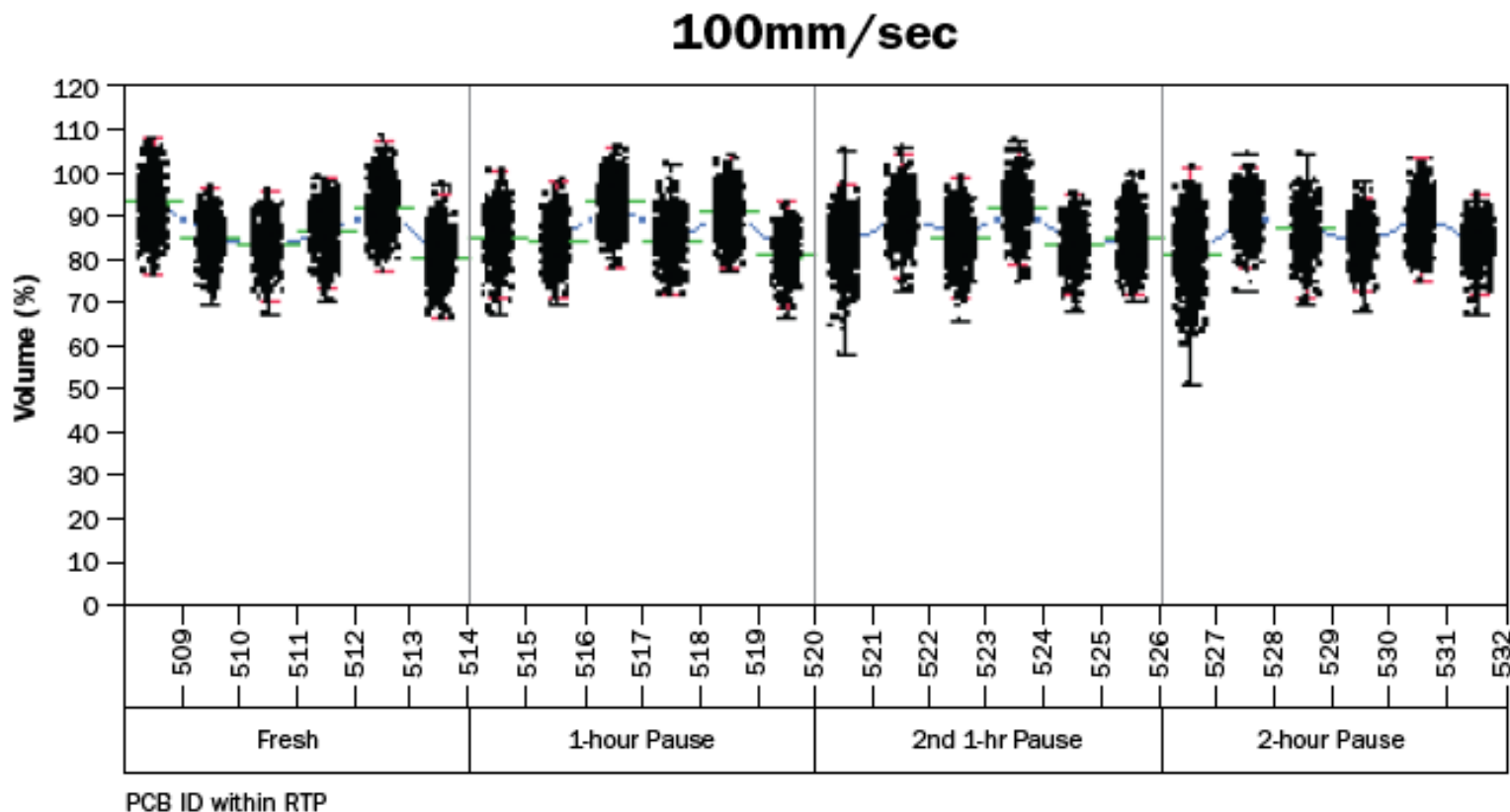


方形开孔的TE要优于圆形开孔, From DEK Printing Machines Ltd





0.3mm直径、圆形开孔；0.125mm厚钢网；area ratio = 0.6



0.3mm直径、圆形开孔；0.125mm厚钢网；area ratio = 0.6

# 关于钢网：开孔尺寸精确度



*Circular Aperture Data*

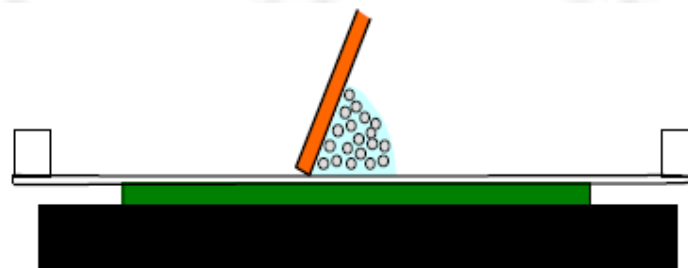
Gerber			Measured		
Size(um)	Area Ratio	Vol(nl)	Size(um)	Area Ratio	Vol(nl)
100	0.25	0.79	85.5	0.21	0.57
125	0.31	1.23	111.5	0.27	0.98
150	0.38	1.77	137.0	0.34	1.47
175	0.44	2.41	162.5	0.40	2.07
200	0.50	3.14	185.5	0.46	2.70
225	0.56	3.98	215.0	0.53	3.63
250	0.63	4.91	237.0	0.58	4.41
275	0.69	5.94	261.0	0.64	5.35
300	0.75	7.07	289.0	0.71	6.56
325	0.81	8.30	314.0	0.77	7.74
350	0.88	9.62	337.5	0.83	8.95
375	0.94	11.04	361.5	0.89	10.26
400	1.00	12.57	386.5	0.95	11.73
425	1.06	14.19	415.0	1.02	13.53
450	1.13	15.90	440.0	1.08	15.21
475	1.19	17.72	463.0	1.14	16.84
500	1.25	19.63	489.0	1.20	18.78
525	1.31	21.65	516.0	1.27	20.91
550	1.38	23.76	540.5	1.33	22.94

你真正测量过开孔尺寸吗？

From DEK Printing Machines Ltd



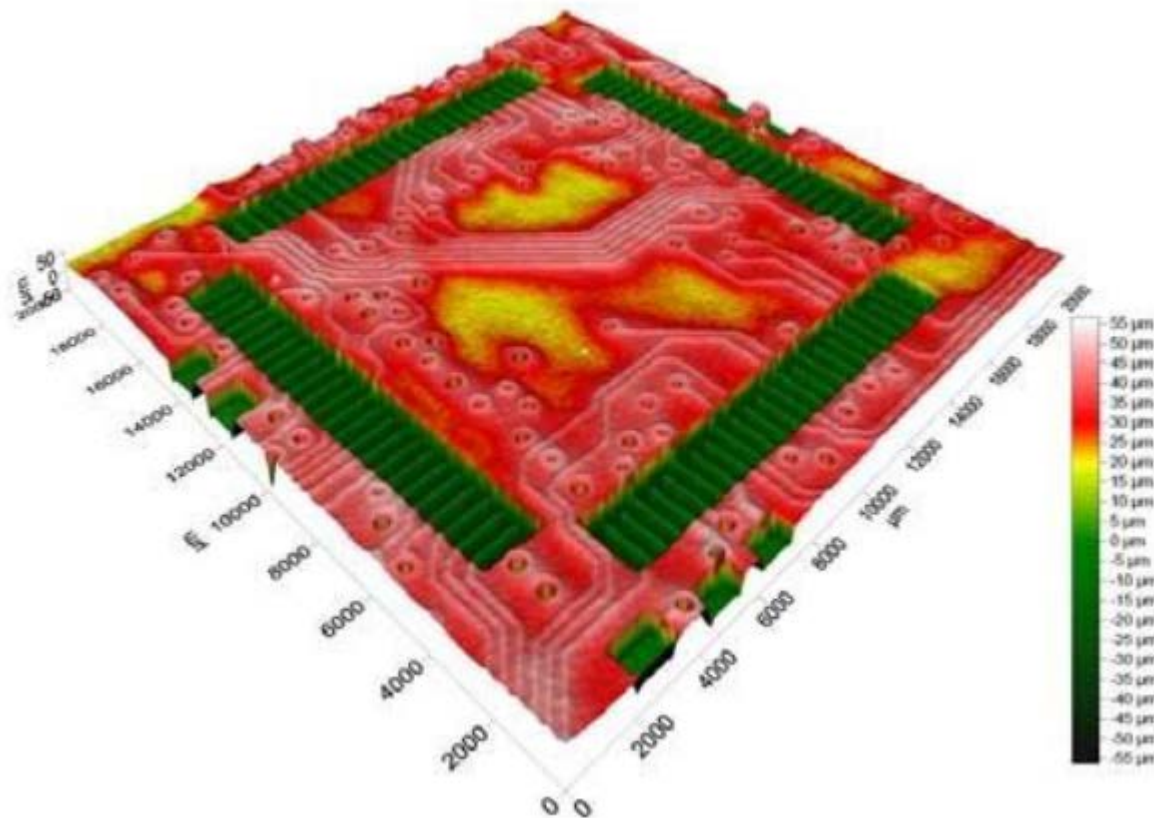
Snap off



On-contact

PCB上表面与模板下表面之间的距离

推荐: Snap off = 0, on-contact printing



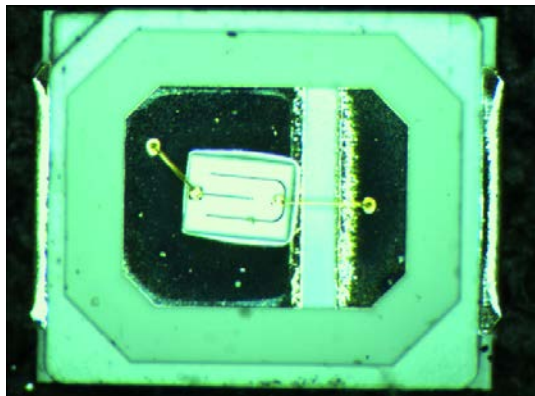
有时候基于电气性能考虑，阻焊油墨的厚度可能超过焊盘高度

## LED组装用焊锡膏的选择

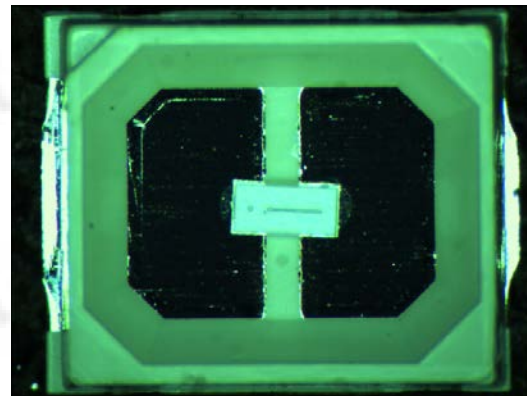


- 1、较长的印刷时间
- 2、较好的抗坍塌性能
- 3、较好的抗锡珠能力
- 4、近乎无色透明的残留

## LED封装的变革：正装 → 倒装



正装



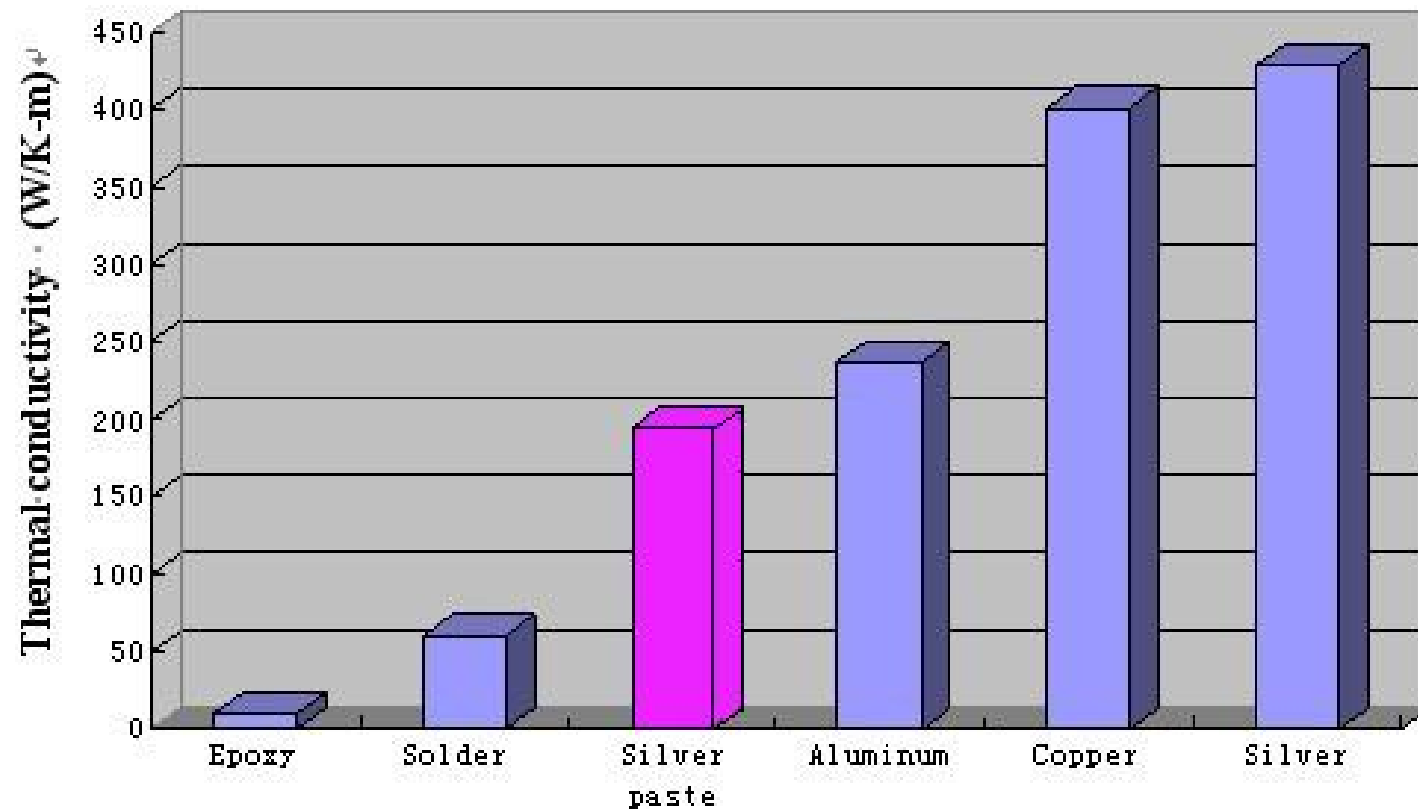
倒装

### SMD型LED灯珠

倒装LED的优点很多，目前也是业界的极大热点  
困难也很多

困难之一：应该采用什么样的固晶材料？







正装工艺大量采用导电银胶固晶

小功率LED用导热率为2.0左右、大功率LED用导热率为20左右

倒装工艺采用导电银胶的一个重要问题：电极间距很小

加热过程中银胶收缩性很小，若银胶足量，容易造成短路；若银胶不足以覆盖两电极，因与基板接触面积减小，容易造成热量集中，减少LED寿命。





问题点：

1、焊盘镀层的扩散溶解问题

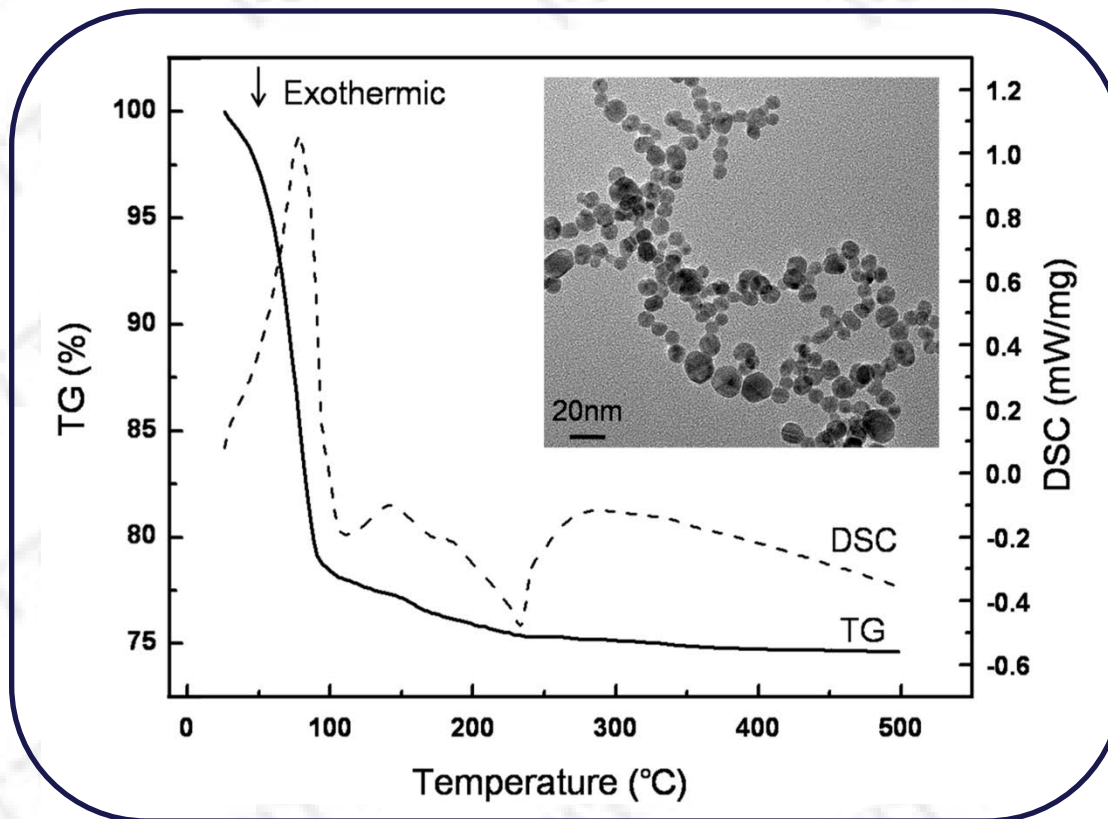
2、如采用印刷工艺，锡膏的印刷转移率问题

例：钢网开孔直径为 $150\mu\text{m}$ ，厚度为 $0.08\text{mm}$ ， $\text{AR}=0.47$

3、采用焊锡膏就不可避免的带来气体空洞问题，电阻、热阻？

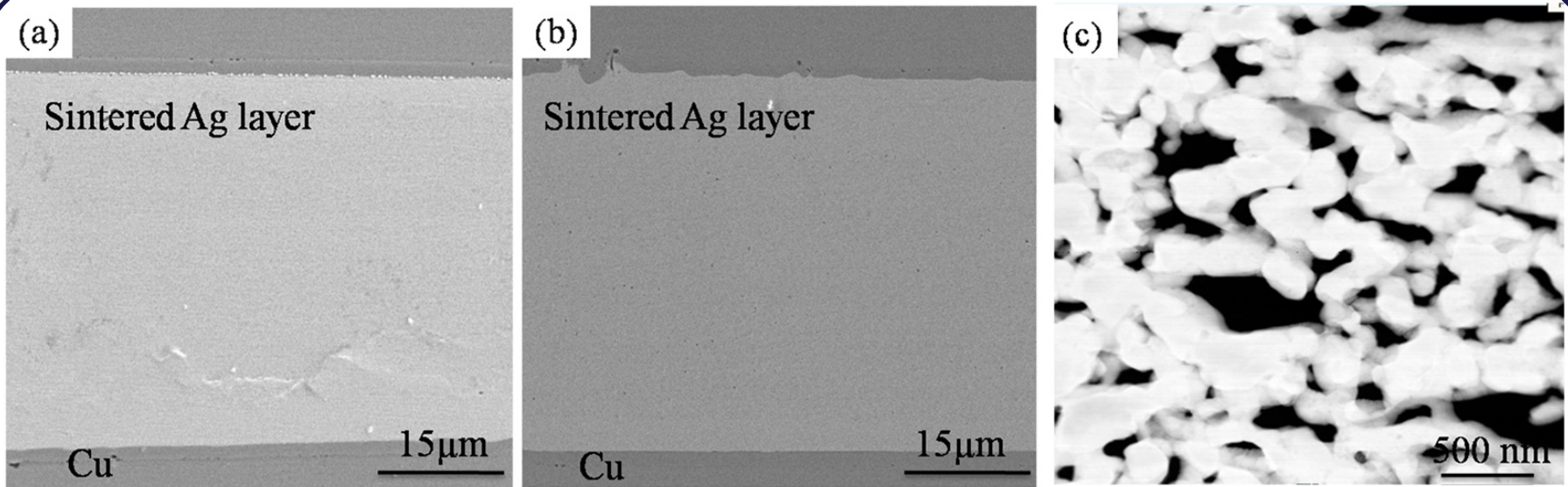
4、大功率芯片的焊点工作温度？焊料合金能否承受？

电子连接领域的热门话题：低温连接、高温服役

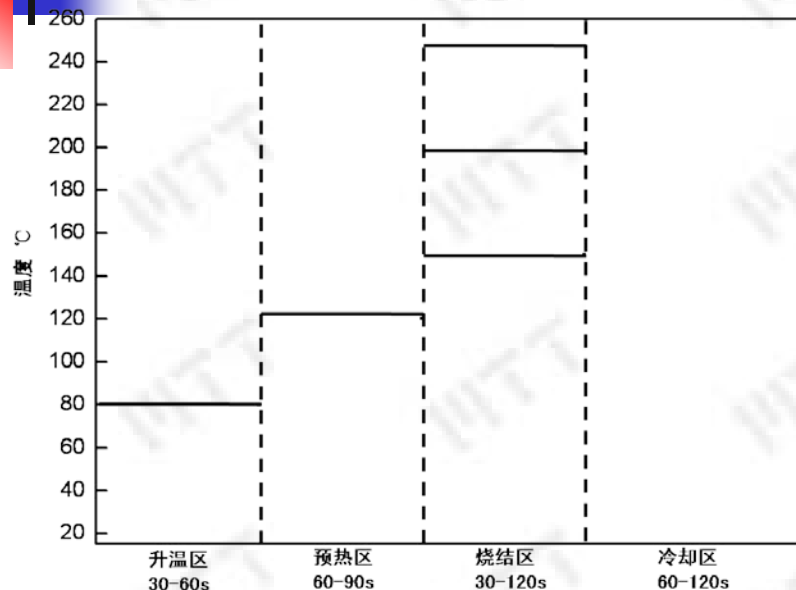


纳米银膏TG/DSC热分析曲线(空气气氛；加热速度为5 °C/min)

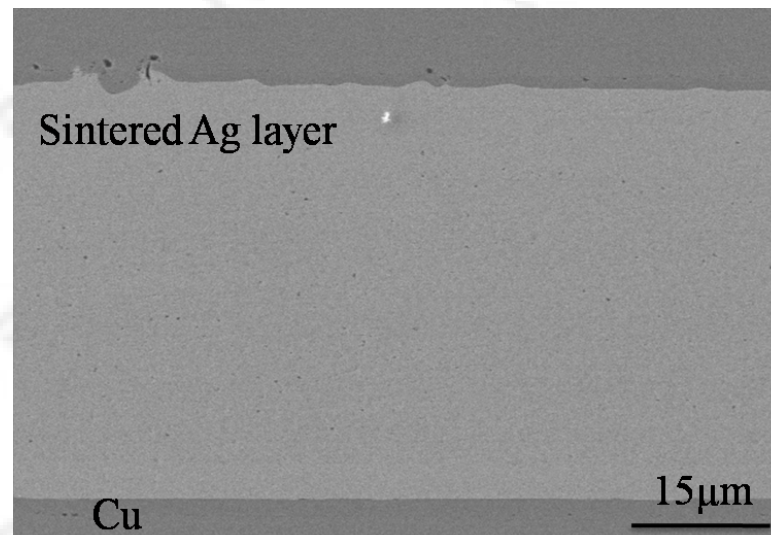
低温烧结（250度以下）是纳米银膏的魅力所在



铜-铜烧结接头扫描电镜形貌 (a)150 °C ; (b) 200 °C ;  
(c) 200°C 烧结纳米银颗粒HAADF-STEM像



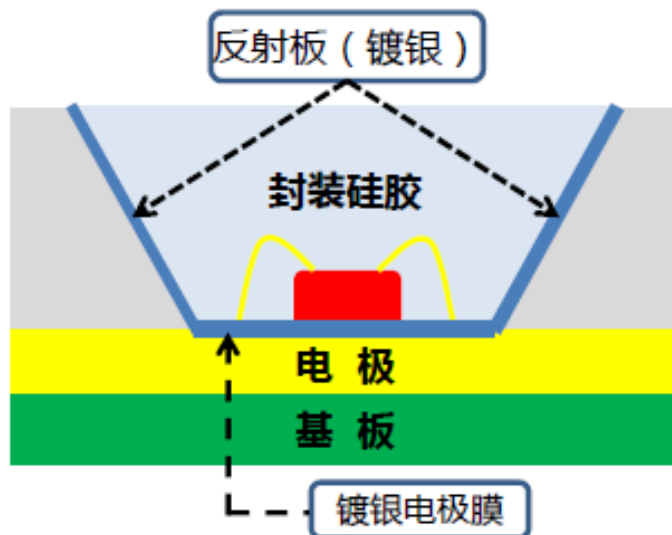
烧结工艺（热风或再流焊炉）



低温烧结接头SEM形貌

烧结温度 (°C)	热导率(W/K-m)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	剪切强度 (MPa)
150	97	6.9	32
200	204	7.8	59
250	218	8.2	63

SnAgCu焊料合金的热导率为 67 左右。



硫化反应方程式： $2\text{Ag} + \text{S} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{S}$

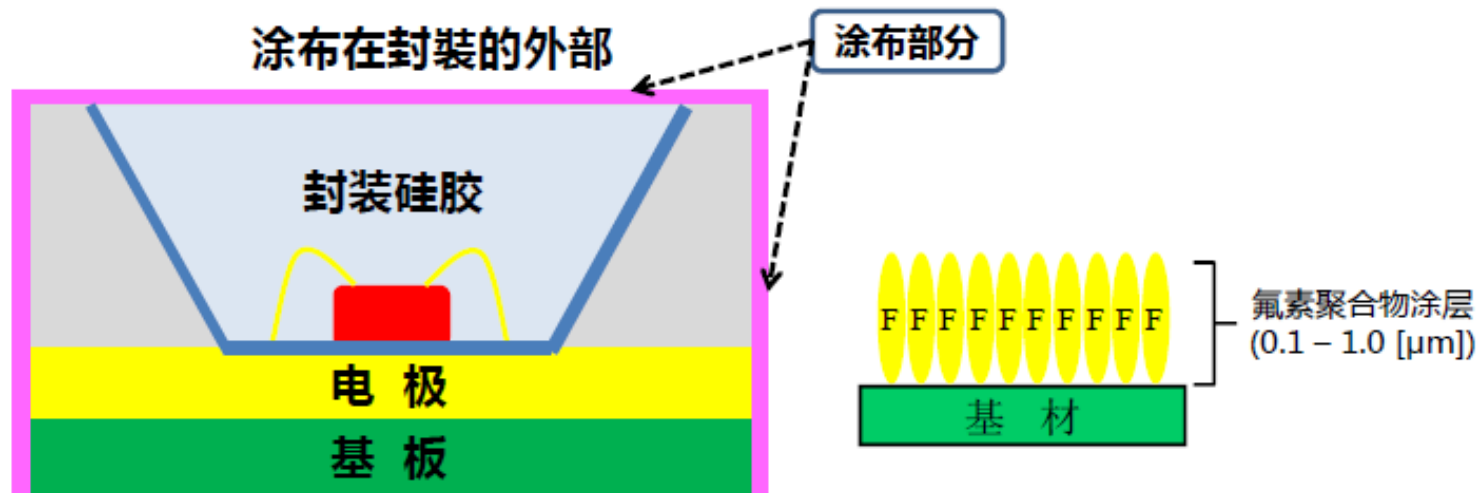


镀银层



硫化后发黑







尽管竞争惨烈，LED行业本身还是朝阳产业  
在缺乏原创性专利的大背景下，设计与封装/组装成本控制成为技术关键

LED封装/组装的核心问题：**散热**

倒装LED将成为未来决胜的主战场

尽管还有很多技术细节需要完善，纳米银膏是极具前景的固晶材料

Thank you!