

# 化镍浸金量产之管理与解困

台湾上村公司研发部经理 周政铭

TPCA 技术顾问 白蓉生

## 一、前言

化镍浸金（ENIG）大批量生产之自动联机可分为三大部份：

(1)前处理：绿漆后之刷磨、微蚀（或酸洗）、水洗、吸水滚轮与热风吹干之水平联机，将烤绿漆造成待镀铜面的过度氧化物，进行机械法为主化学为辅之彻底清除。

(2)本制程：逐槽上下进出操作，自脱脂起至金回收与水洗，共约十站。

(3)后处理：又改回水平联机，含冷水冲洗、纯水漂净、与吸水滚轮，热风快速吹干及彻底再吹冷等。

然后再进入后段流程；如印白字（目前已有先印 UV 型白字，并稍加烤硬以增强耐化性）与切外形及品检，之后还须再联机水洗与烘干，才能包装出货。

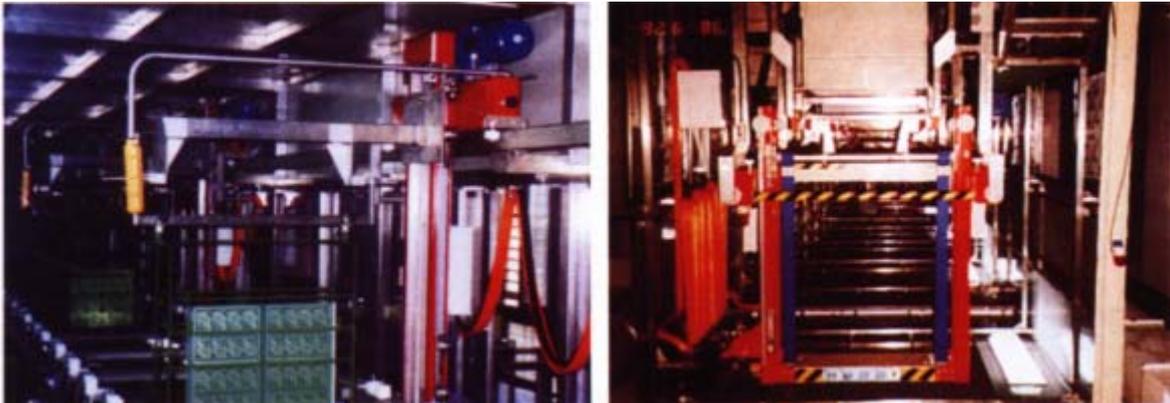


图 1.此二图天车式 ENIG 的自动生产线，都是出自台湾本土的供货商；右为竞铭公司左为巨基公司之设备。依配件与产能的不同，造价约自台币 200-400 万不等。

由于上述之前处理，本线与最后工作等三段，不一定是在同一厂地同一时间所进行，故其运输与暂存之动作皆应尽量避免潮湿（如小孔内的湿气）与高温，以减少后续底镍层的继续劣化（Degradation）。

本文将从三段式自动联机的实务管理说起，再分别引申到三大品质问题（露铜、长胖与变色）的现象、原因，与影响等深入说明，并同时提出有效的解困办法，希望对业者在实务上有所帮助。

## 二、上游制程及前处理

ENIG 的直接前制程是绿漆（S/M）工程，但影响到孔环或焊垫“长胖”（Extraneous plating）与某些长垫方垫“露铜”（Skip plating）的原因，却要追溯到更上游的蚀刻成线、剥锡铅、与绿漆的显像（Developing）等步骤，现逐一说明之。

### 2.1 蚀刻不良 ENIG 长胖

上游成线蚀刻进行时，若铜箔棱线踏入板面树脂太深者，蚀刻后密集焊垫边缘根部附近的板材中，可能还留有残铜碎瘤。一直要到 ENIG 后才可能发现垫边长胖或局部突出等恶性扩张，此时不但要追究蚀刻制程，甚至还要远溯到压合与铜箔去。另外要注意的是，蚀刻后线边垫边之上缘，是否出现不良的“悬边”（Overhang），这种随时会断的鬼东西经常会带来麻烦。

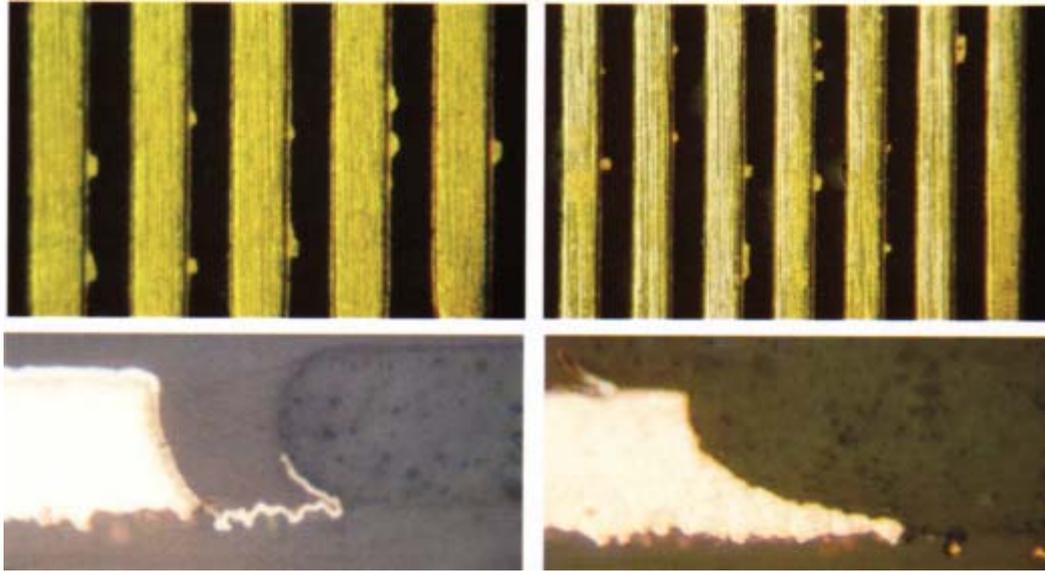


图 2.此四图皆为线边或垫边局部长胖的实例，原因出自铜瘤的残存与三大参数过高所致。上二图为俯视图，下二图为断层切片图。

## 2.2 剥锡不良 ENIG 露铜

蚀刻成线后的剥锡铅（或剥纯锡）也要小心，须注意其电镀铜表面，是否尚留有剥除未尽的浅灰色 IMC 存在。果真如此，则各种刷磨与酸咬都奈何不了他，最后恐将难逃露铜的宿命。因铜面上一旦有 Zn、Cd、Pb、Sb、Bi、S、Cr 等“毒药”之残迹时，都将强力抑制化镍皮膜的生长，其中尤以锡(Sn)、铅(Pb)、与硫(S)等经常会出现在板面的铜垫上，去除未尽时即有可能露铜，而铬(Cr)甚至只要 2-3ppm，化镍皮膜的生长就会打烊。

## 2.3 NPTH 孔壁钯层钝化之硫醇残迹 ENIG 露铜

现行的 NPTH 做法，已经不再逐一塞入小辣椒以节人力。代而起之的是在一次全面镀铜后贴干膜时，顺便将 NPTH 也都一并蒙上，于是二铜锡铅与蚀刻后，虽然各 NPTH 的孔内已被咬得全无铜壁，但化铜前阴魂不散的钯层，却丝毫无损不动如山。

这种板子一旦进入 ENIG 之中，其不该上镍上金的非通孔，对于 ENIG 的接纳却丝毫不逊正常焊垫甚至过之，不免令人为之气结。

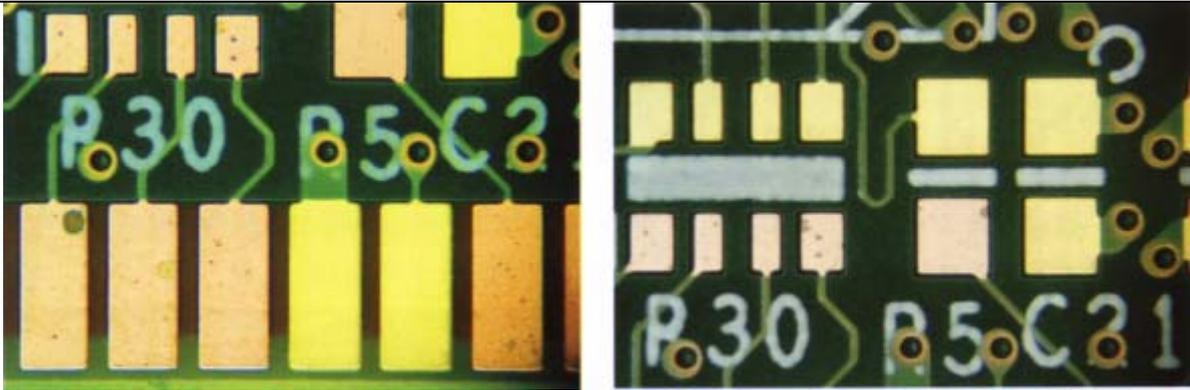


图 3.此二图均为焊垫露铜的典型例子，若非槽液整体活性不足，即可能是单独垫面负电性尚不够强，或铜垫表面已遭污染所致。

于是剥锡铅之前只好先将板子浸泡一种硫醇槽液，以钝化掉 NPTH 孔内的钯层，而于后来 ENIG 之际不再作怪。不幸的是硫醇处理后冲洗不洁时，难免就会带硫进入剥锡铅槽，使得剥后的铜垫或侧缘也多少沾上了硫。铜面的硫是化镍反应的死对头之一，因而想要彻底防止露铜就难上加难了。

#### 2.4 绿漆品质不良 ENIG 露铜

绿漆本身的耐化性 (Chemical Resistance) 要够好，才能耐得住 ENIG 高温长时间的化学攻击 (平均 82-86°C，两槽共约 20-30 分钟)。各种 S/M 中以 PSR-4000 的 Z-100 型的耐化性最好 (但解像度却不见得杰出)。大凡此项本领不佳者，ENIG 之后的绿漆色泽将会被漂洗而变浅。也就是说绿漆配方中的若干有机物已溶入化镍浸金槽液中，久之势必带来为害不轻的污染。通常铜面的绿漆厚度不宜低于 0.2mil，否则 ENIG 之后常会出现发白的现象，也是被退的缺点之一。

#### 2.5 绿漆显像不良 ENIG 露铜

绿漆显像不足常使铜垫上留有未能尽除的透明残膜 (Scum)，此残膜中不但含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与消泡剂，并另有已溶入的绿漆成份，一旦附着铜面而又遭后续之高温烘烤，就会将与铜面勾搭成为难以去除的“错化物” (Complexing Compound)，而不仅只是稀松平常的氧化物 (Oxides) 而已。

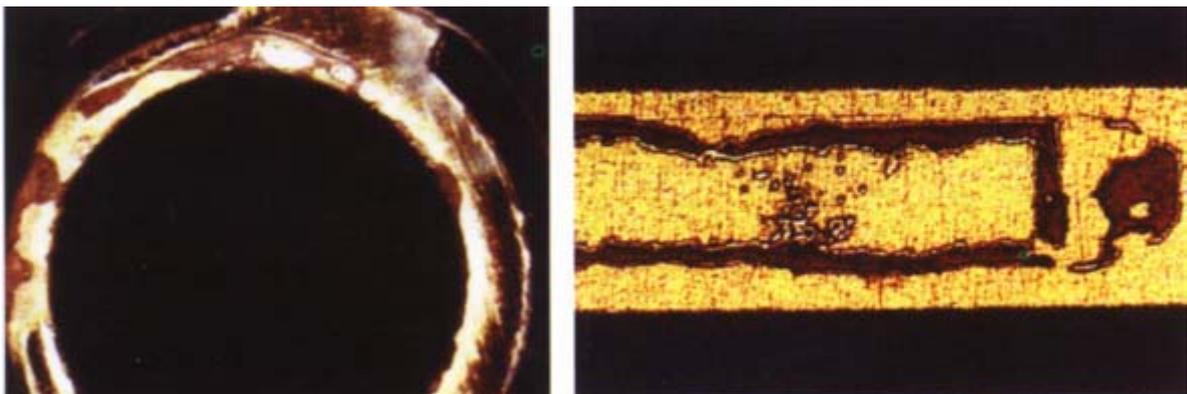


图 4.左图为孔环及孔壁有 Scum 存在, 致使 ENIG 后之露铜情形; 右图系表面焊垫上因残膜存在而发生的露铜情形。

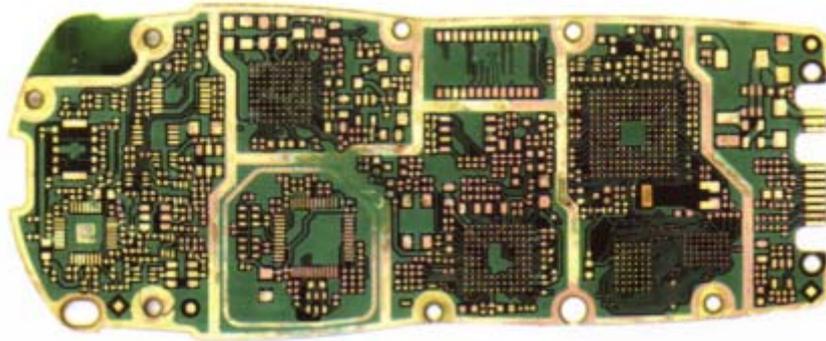


图 5.此手机板上应镀 ENIG 的区域, 居然还看得到相当多量如假包换的绿漆, 腆不知耻的占住位子不肯离开, 根本不是什么阴魂不散的透明残膜, 其管理之粗心马虎未免太过离谱。

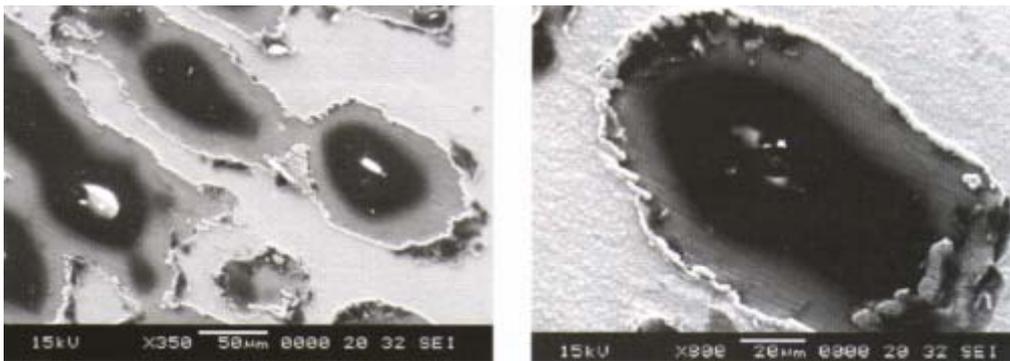


图 6 此为被压入微点状的绿漆残膜, 所造成后续 ENIG 微露铜 的缺失。左为 350 倍画面, 右为 800 倍画面。可清楚看到露铜区内的刷痕, 及 ENIG 冲到边缘围攻不进, 却另往上空发展的生动外貌。且 EN 本身的球面结晶也晶莹剔透粒粒可数。

### 2.5.1 显像后水洗不良, 或吸水滚轮的再污染 ENIG 露铜

此处水洗的对象是大量湿滑的碱性物质, 必须要用充足的自来水冲洗才完全清除。纯水仅具冲淡作用根本洗不掉碱性化学品, 一律用纯水清洗, 是有钱而无知的蛮干法。正确操典是在快速烘干之前才过门纯水, 以避免不良水痕的附着。您若不服气, 可试试抹了肥皂的双手, 一手冲纯水另一手冲自来水, 效果如何连三岁的娃娃也能立判。真相就是如此简单, 千万别脸红脖子粗糗事又不止这一桩, 干嘛还磨不开!

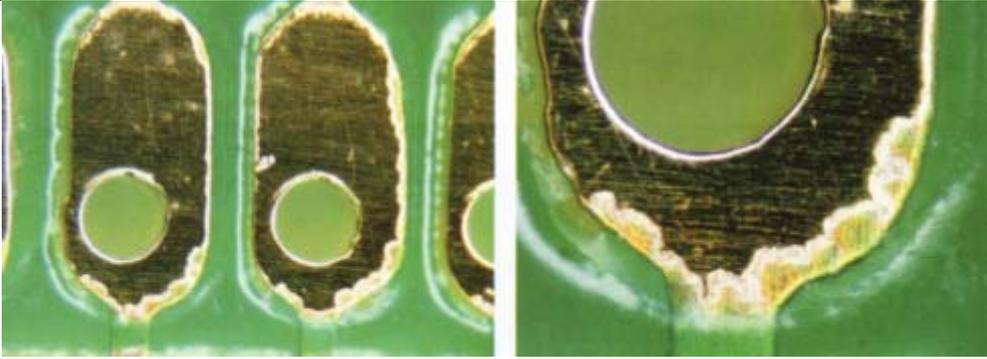


图 7.此二图之垫面较暗者为 ENIG 之镀面，周围不规则浅色环绕者是绿漆显像不洁恶名昭彰的透明残膜（Scum），显像不良应负最大责任。

有时候显像与水洗都还不错，但热风吹干前的陈年吸水滚轮，却是出奇的肮脏，反而把洗净的板子又给滚涂成了残膜的附着，成事不足败事有余。只要用手去摸摸吸水轮面有无滑滑腻腻，就知道是否该洗该换了。任何看不见的 Scum 只要烘烤老化变质（与铜金属发生错化反应）后，想要在正常流程中去彻底清除，堪称机会不大。不过一般在喷锡板操作时，这种恼人的残膜反而是芝麻小事一桩，高温强风与助焊剂的联手，甚至一次不够再加一码下，早已灰飞烟灭无影无踪了。

#### 2.5.2 烘干未冷透即叠板，造成铜面异常氧化 ENIG 长胖或 S/M 破边

显像及联机水洗烘干冷却后，进入下一站热烤硬化前常需暂存或搬运，以配合生产计划或不同场地，倘未干透冷透而径行叠板者，中央部份铜面的异常氧化就会上演，又经 S/M 长时间烘烤后，斑点或驳面都将一一亮相。此异常氧化一旦出现在“绿漆设限”（Solder Mask Defined）的边缘，当其进入前制程与 ENIG 本线的微蚀槽时，药水对该种厚氧化铜的松软区，将会集中力量大肆攻击，造成 S/M 正下方被侧攻侵入，以致绿漆失根掏空。加以 ENIG 更会在毛细作用的帮忙下趁虚而入，形成另一种台面下的“长胖”。

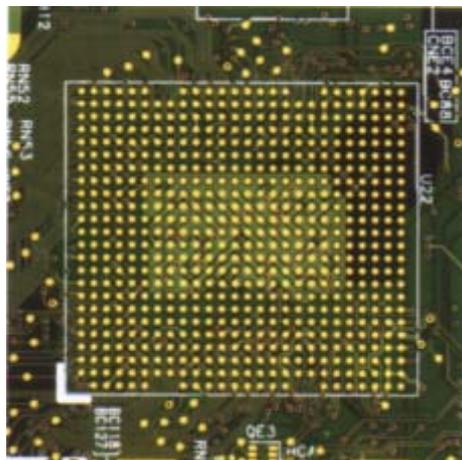


图 8.左图为某高级组装板中之大型 BGA 安装焊接区，外围系孔环与圆垫之哑铃组合，其环边与垫边的绿漆，即属“Copper Defined”类。但中心区铜面上的绿漆则却另属“S/M Defined”者。后者一旦微蚀过度，则将出现挖墙脚之不良横向渗入，难免引发许多后患(另见图 30)。

有时 S/M 中并未异常氧化, 但若前后联机的两道微蚀过度发威时, 也会在绿漆着落与铜面交界处, 发生这种挖墙脚的情形。而且这种粗心大意的“热叠板”(即使有隔纸之下), 也常在其它水洗烘干联机中不断发生, 只是管理者难以发现而已, 夜班毛病尤其多多。

## 2.6 绿漆烘烤硬化后铜面异常氧化 ENIG 露铜

正常烤漆后其干净铜应呈现暗紫红色, 凡经前处理的刷磨与 ENIG 本线的微蚀, 即可得到纯洁的铜面。但原本污染不洁的铜面, 烤绿漆后极可能会呈现残膜的顽固附着, ENIG 后露铜的机会也将大增。

且绿漆也不宜过度烘烤, 以防变质脆化以致附着力变差, 而增加在 ENIG 之后的局部破碎脱落。镍槽与金槽的温度超过 88°C 时, 也都将会伤及 S/M, 进而增多露铜的机会。超温甚至还会有底镍黑垫的可能。

## 2.7 化镍浸金前之联机预刷清洗

### 2.7.1 水压太小或无水冲洗 ENIG 垫边长胖或嵌入绿漆

烘烤 S/M 后暗紫色的铜面氧化物, 须经金钢刷(指有机纤维的刷毛中沾附有金刚砂者)搭配强力冲水下进行刷磨。正常之刷幅应在 0.7-1.0cm 之间, 压力太大可能造成绿漆的雾化。一旦无水或水压不足时, 则在缺乏滑润与冲走下, 会造成在垫边聚集或绿漆嵌入之铜粉, 此时的绿漆外观会呈现局部黑斑。进入 ENIG 的本线时就会在钯槽中接受活化的款待, 后站中就会冒出不该有的镍金。此等败绩不但形成局部垫边长胖, 且绿漆表面的镍金还很不容易抠掉呢。

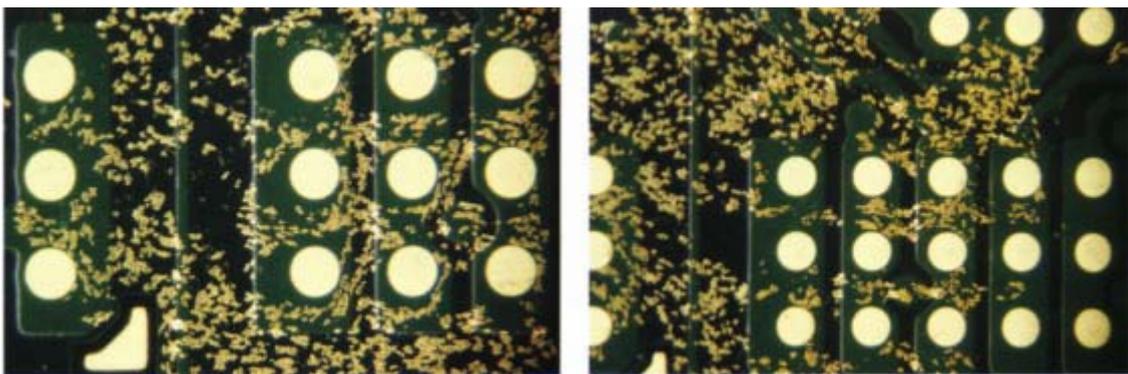


图 9.此二图皆为刷磨时绿漆表面遭铜粉强行嵌入, 造成事后无法允收的缺点。通常自动线作业, 一直要到最后板子出来时, 才会发现早就发生了问题, 想要挽救已经太迟。由此可知自动线的完善管理是何等重要!

### 2.7.2 维修刷毛减少露铜

常用之刷毛以刷出 #1000 的粗度为宜。由于水平输送具有左中右三条跑道, 以中央路线的机会最为频繁。久而久之造成刷毛长短不均影响刷铜效果,

常会造成板边各垫面的露铜。此时应采不锈钢板上贴有粗砂纸的“整刷板”，去对刷毛修整维护，以保持均匀刷磨。

不过目前手机板流行选择性 ENIG 与 OSP，两种皮膜共存的场面，则在做化镍浸金的前流程时，须用干膜（杜邦的 W-250，即下左图之蓝色者）覆盖后续 OSP 管区的铜面。如此一来当然就不能再照章刷磨，以保护干膜的安全。所剩节目也只能靠微蚀的单独表演了。

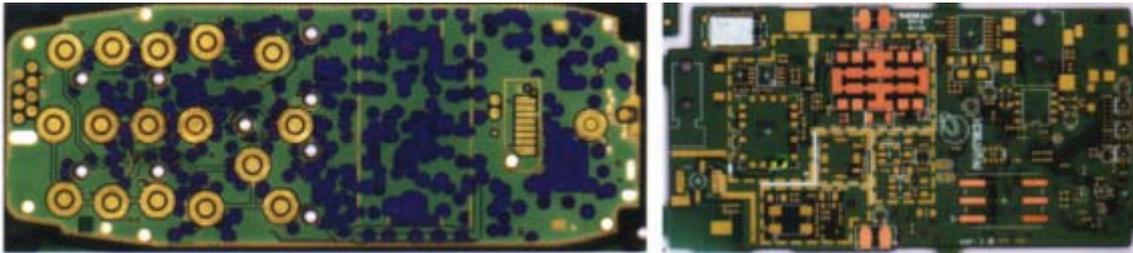


图 10.左图为选择性局部 ENIG 制程中所成像的干膜阻剂。右图为去掉干膜后，再针对该等重要焊垫继续完成的 OSP 皮膜，此右图即为两者并存的画面。由于 OSP 各焊点可靠度较好，已受到愈来愈多下游用户的认同，并指定要做这种兼容并备的工序。

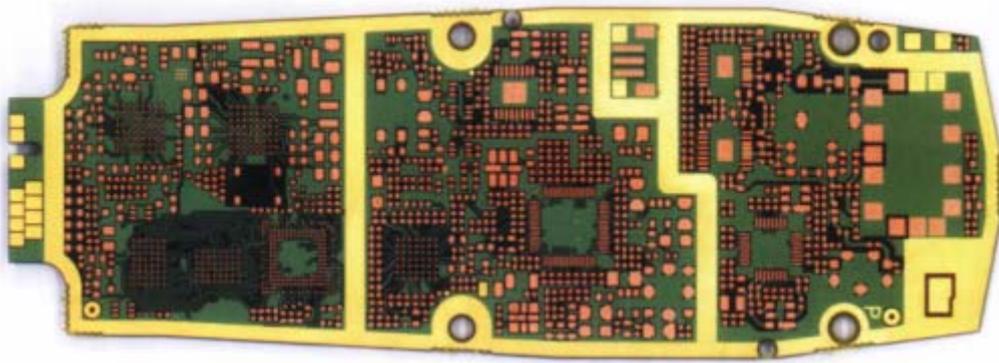


图 11.最新手机板上 CSP 与 Mini-BGA 之焊垫均已改采 OSP，除了必须做为二次焊接的金钟罩还会用到 ENIG 以外，其它所有焊接工作全由 OSP 所包办了。此种困难制程不但会让干膜污染槽液，而且也常破碎脱落的阻剂而报废板子，左右为难痛苦不堪。

### 2.7.3 小型焊垫处理困难 强度不足

即使全面能刷的手机板，其基频区中三、四颗 CSP 的超小焊垫，也很难得到良好的磨刷成果。此等躲藏在组件肚子底下的微小焊垫，一向是焊性不良焊点不强的隐忧。国立中央大学化工材料研究所，高振宏教授所指导的一篇文章中，曾说明焊点愈小者，其含金比例就相对会增加，一旦超过 0.1% 时，将可能引发脆性。自从 Motorola 将之明智改成 OSP 处理后，已有许多业者先后步其后尘，以加强焊点免于黑垫之后患。Nokia 所采取非常手段的摔落试验（Drop Test），也正是针对此种潜在危机而做。

## 2.7.4 干燥不全而叠板之过度氧化 ENIG 后某些 QFP 垫面露铜

板子铜面经联机刷磨及微蚀后，还要再过水洗与热风吹干，之后叠板的暂存或运输也要等冷却之后才能出马。否则多余的热量及水气，又会造成板中央小孔边缘铜面的再次氧化。有时整批放置太久也会过度氧化，每每使得 QFP 长垫的整片露铜丝毫不给面子。

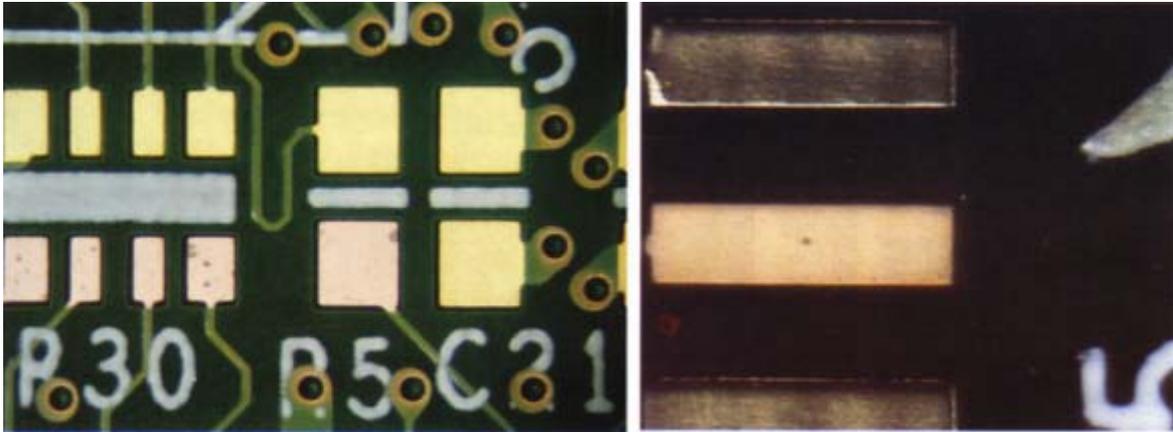


图 12.左为板面被动组件之方垫露铜；右中为 QFP 长垫的全支露铜，右上则系呈现边缘之露铜者（因照相之打光不良，致使金层表面反映出灰绿色）。

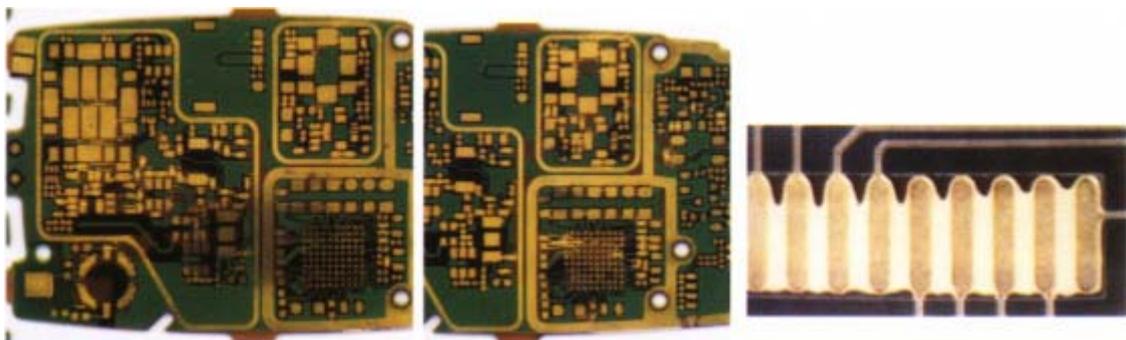


图 13.左图皆因载板挂架在钼槽与后洗中摇动时，互相紧抱在一起大跳贴脸舞，而在 S/M 上任令镍层大肆蔓延无法收拾的场面，其原因明显是出自挂架的问题。注意此种缺点只会出现板子的单面上，背面则完全正常。右图是 QFP 连续排垫之间距及周围，也都被全面性“长胖”所霸占淹没，这显然是过度活化与钼后水洗不良，加上三大参数偏高之下场，造成不该长的地方竟然大长特长，有如洪水暴涨时，河道与路面全然不分的奇景。

### 三、ENIG 本线制程

化镍浸金垂直起落的天车联机，共有 9-10 个制程站，以及其间多槽的流动水洗与纯水漂净。由于板子已无法自走输送，只得逐一嵌入挂架（Rack）吊上天车，再按既定程序七上八下的进出各个槽站。下表即为系统槽站及其操作之简介，并将在随后各小节中详细检讨应注意之事项。

#### 1. 热浸脱脂

板子浸洗约三分钟，须将铜面的手印或有机污着物予以清除洗净。

↓ 水洗	
2. 微 蚀	以硫酸 / 双氧水或过硫酸钠微蚀液, 进行一分钟的浸蚀, 以除掉铜面氧化物。
↓ 水洗	
3. 浸稀硫酸	以 10% 稀硫酸清洗上述微蚀铜面可能残留的盐类。
↓ 水洗 ↓ 水洗	
4. 预 活 化	做为下一站钯活化的预先处理, 以保护钯槽不致被带入而污染, 板子经本站后无需水洗而可直接进入钯槽。
↓	
5. 钯 活 化	可使裸铜表面先行置换着落上一层极薄钯金属, 做为无电镍层生长的活力来源。
↓ 水洗 纯水	
6. 化 学 镍	板子于高温 82-86 及强力过滤循环的流动槽液中, 进行自动还原式 (Autocatalytic) 之化学镀镍约 15 分钟。
↓ 水洗 ↓ 水洗	
7. 稀酸活化	以 5% 稀硫酸浸洗约一分钟, 洗净镍面可能附着的有机物。
↓ 水洗 ↓ 纯水	
8. 浸 镀 金	板子于 82-86 的金槽液中进行置换浸镀 10—12 分钟, 可得金层厚度约 2-3 鎛。
↓	
9. 金 回 收	镀金后的板子拉起滴液后立即进入此回收槽, 使被带出的少许黄金, 可自滤心的树脂中而得以回收。
↓	
10. 快速水洗	板子经此暂短浸洗后, 立即手送进入后段冷水冲洗与纯水漂净的水平联机, 以及热风迅速吹干, 冷却后 ENIG 全部流程才告一段落。

### 3.1 挂架的管理

系以金属为支持, 外面包覆 PVC 或 PVDF 之耐化学品涂料。由于 PVC 中含有铅份, 用久了难免会溶入高温的镍槽中, 对化镍的还原反应将造成伤害。含氟的 PVDF 虽已无此烦恼但却价格较贵, 两者都要注意披覆皮膜的损伤与维修, 以减槽钯与镍槽中之落。

大面积之薄板在槽液中摇动时, 为防止彼此大跳“贴脸舞”起见, 挂架要采用 Teflon 线拉紧做为区隔; 厚板者须采上下横梁之卡槽, 做为隔离分列之定位。槽液中的挂架要考虑随着飞把 (Fly-Bar) 进行水平或垂直的振动, 以赶走反应所产生的气体 (如镍槽中之氢气)。各种摆动振动方式中, 以气

压缸顶高 2-3cm 后,再以自由落体摔下之瞬间撞击最为有效,盲孔板甚至要全线各槽都要加装这种气压缸。

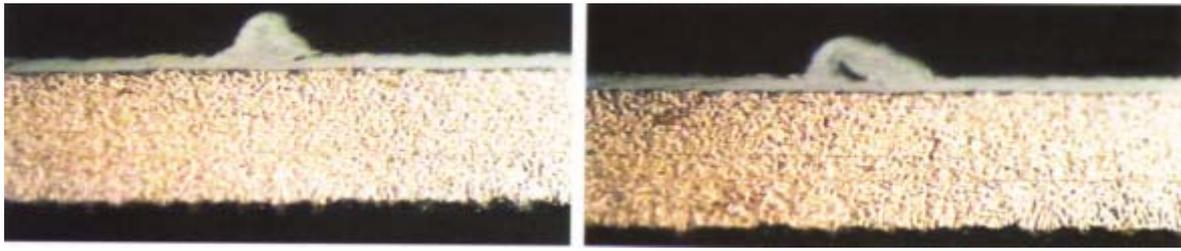


图 14.钯槽中遭到活化的浮游碎屑被带入镍槽,或镍槽中原有的流浪颗粒,在大环境中均将发育成为金属镍粒子。一旦登陆移民到镀面上时,则可能赖着不走落脚生根成为“垂直长胖”,而与前图 2 的“水平长胖”前后辉映比美。

由于挂架会不断的上下进出各槽液,故死角处与横梁朝上的面积,皆应尽量减少,以避免些许钯液搭便车而带入镍槽,造成挂架各朝上表面的长镍。这种不牢固的碎屑很容易落入镍槽或金槽,经常会带来不少额外的麻烦。一旦连挂架之侧面也镀了镍时,则须以 20-30%的稀硝酸进行“削挂架”;不过削后的涂料表面会变得粗糙,后续就更不客气的身上镍上金了。全天操作的新挂架,业者经验是 2-3 个礼拜后就开始长镍长金,长的太快或破损者皆应重新涂装。

### 3.2 微蚀及钯活化

微蚀不可过久太强,以防对“绿漆设限”的底铜造成刨根的小动作。微蚀后的水洗也不可太久,以防再次钝化。

钯槽中  $\text{Pd}^{++}$  正常浓度量仅 12mg/l (12ppm), 室温 (25°C-30°C) 操作时呈现“维大力”汽水般的淡黄色。补充液则含  $\text{Pd}^{++}$  120ppm 且具深黄色。铜面长钯亦属置换作用,当然就会发生  $\text{Cu}^{++}$  污染。密线路板类处理时其钯槽含铜量不可超过 100ppm, 一般板子也应低于 300ppm。一旦超出较多时即应弃槽,以免造成后续长镍不顺甚至出现露铜。

任何颗粒进入钯槽后都会吸钯而成为固体钯粒的悬浮。若再附着于板面各铜垫的边缘,就会出现“长胖”。故钯槽须用 1mm 滤心强力过滤,补充液也要另采专用器皿,以防其它意外的污染。

倘微蚀液被带入钯槽时,铜面长钯的速率就将变慢甚至缺钯,使得后续的镀镍也激活不良进而露铜。任何镍药水一旦落入钯槽中,都将使得钯离子被还原析出,而成为黑色金属浮于水面或沾着槽壁,必要时只好换掉钯槽。

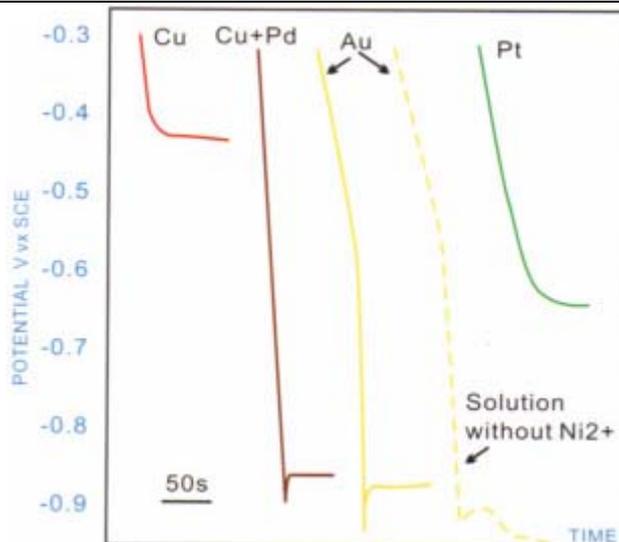


图 15.挂架上落入镍槽的铜碎、镍屑、或金渣，由于事先已被钯槽所活化，故在镀镍的高温操作中，其等负电位均将大幅下降，甚至低于磷化镍槽液的起镀电位-0.7V，门外汉既然有了证书执照，当然也就毫不客气的逢场做戏大镀其镍了（此图取材 Electrochemical Science and Technology, Feb. 1984; p.255）

### 3.3 化镍制程管理

#### 3.3.1 化镍用不锈钢槽之保养

为了长期高温（82-86℃）的安全操作起见，量产镍槽几乎全用不锈钢（304 或 316）建造，100L 至 1250L 大小场面都有。现行的正常管理，是当镍金属补充到了 4 个 MTO（Metal Turn Over，指建浴金属量）时就要换槽，通常全天量产者，1000L 大槽只能维持三天，即告寿终正寝。

此时须立即换上备槽而继续生产，并将旧槽药水抽掉至线外，另行中和沉淀收集污泥之环保处理。而旧槽的“削槽”则需添加 50% 体积比（或 31% 重量比）的强硝酸，溶蚀掉槽壁上的化镍颗粒。同时也对不锈钢槽进行钝化处理（Passivation），以减少再被镀上的机会。

许多金属表面处理的教科书上，都说应另加入铬酸（CrO<sub>3</sub>）才会有更好的钝化效果。只可惜 PCB 业界的现行废水处理系统中，少有除铬的功能，于是良药也只好束之高阁。

#### 3.3.2 正电性槽体防止长镍

化镍槽液中任何带有负电性的物体，都会被化镍所还原析附。一般操作中只要其负电位到 -0.7V 时，就难免钉牢镀上。为了保护不锈钢槽壁与加热器之不被裹胁，乃刻意使用外电源使带有 +0.8V 的正电位，以免遭到化镍的青睐。至于负极 -0.8V 者，则另接数根已钝化的不锈钢棒，刻意使其在电镀过程中牺牲上镍。此种假镀棒的布局，可在大槽的对角各放一支，在液面较低的回水集流区也再加设一支。所施加之正电压却不可太高（应 1V 以下），以防槽壁反遭电流与 SO<sub>4</sub><sup>=</sup> 之盲目围攻。

削槽洗槽的同时，还要用吸尘器将槽底的落屑清除。须知即使少许不起眼的金属，在高温镍槽中就会变成强力的活化起镀剂，小处不可不慎。

### 3.3.3 化镍槽液的配制与管理

#### (1) 硫酸:

所有量产之化镍配槽或添加补充, 均须采用专业供货商的高浓度原液。在 ISO-9000 出货品质的严加管理下, 后续槽液品质出问题的机率并不高。倒是 PCB 业者为了调整 pH 值所加入的硫酸或氨水, 反而令人捏把冷汗 (钯槽也有相同的烦恼)。常用试药级的硫酸中约含铁 15ppm, ENIG 操作之铁量不可超过 0.5ppm, 否则在  $Fe^{++}$ → $Fe^{+++}$  的氧化过程中, 钯离子将顺势还原成为黑色皮膜, 到处漂浮无穷纍漏。

#### (2) 纯水:

配槽或清洗所用之纯水也要特别留意, 由于纯水中已不含杀菌的氯气, 故储槽中很容易生长霉菌。有时甚至连管路出口的龙头内缘, 都会因死的活的堆积太多厚厚而发黑。您若不信邪, 食指一摸即可真相大“黑”如假包换。一般长菌的纯水槽壁, 常会有油油滑滑的感觉。有菌的纯水当然不能派上用场, 金槽中尤其是“代志大条”, 下文会另加说明。

#### (3) 加热与加药:

加热区与加药区最好都安排在过滤器出水口附近, 以达到良好搅拌与尽情分散的效果, 避免造成三大参数的剧烈变化, 减少镀层的异常演出。

#### (4) 进槽的污染:

板面直立进出槽液时, 其通孔本身却是个个横躺, 前处理各槽液一旦被带入时 (小孔深孔尤甚), 高温胀松下势必纷纷开溜, 不但污染镍槽本身, 而且 PTH 附近的铜环铜垫, 正常发育的镍层也将遭到压抑。

#### (5) 三大参数:

化镍沉积的 pH(4.5-4.8), 液温(82-86℃), 与处理量(Loadi ng Factor 0.4-0.6dm<sup>2</sup>/L, 不可低于 0.2 也不可超过 1.0), 是主宰反应快慢的三大参数, 必须采用精密仪器, 执行自动添加与全程监控。且应定时线外分析进行比对其数据 (量产者每班一次)。

凡此三参数上升者, 都可能因过度活化而长胖 (因其主还原剂  $Na_2H_2P_2O_4$  次磷酸二氢钠, 要在高咸中活力才会强); 反之三大条件不足时, 亦将会导致起镀不良甚至表演露铜。老手们都有这种经验, 每天一大早的第一架, 总是偶而泄气露铜不给面子, 仿佛是神不守舍沉睡未醒一般。在第一挂的牺牲打 (Dummy plating) 之后槽液中充满氢气时, 才会逐渐赏脸出现活性。此等充满氢气士气大振的故事 (注意 Loadi ng 太低者也不易反应), 早在化学铜的操作中就已有历史记载。不过对于金槽而言, 此种打气加油则大可不必了。

有经验的业者甚至还设计了不同的程序，以应付不同停机待料的再激活作业，以减少无谓的露铜报废。

### (6) 笔镀救板:

一旦少许一两个垫面露铜而造成全板报废的话，实在是暴殄天物十分可惜。某些情况下也许可采刷镀或笔镀方式 (Stylus plating) 抢救回来。所用药水可采 ENIG 者或专用电镀药液，当然其金之面色差是在所难免，最好先向客户说明，取得谅解下才再放行出货。

## 3.4 浸金制程管理

3.4.1 酸性金水中含金量约 0.6-0.8g/L，代工厂仅 0.2-0.3g/L。一般之铜污染不可超过 5ppm，一旦少许清洁铜垫在全无镍面覆盖之下，很可能在金水中也发生铜与金的置换，进而造成铜份溶入。当金水中的铜污染量增多时，会出现金面异常而呈现较红的色泽，使得金与镍之间的密着力也会变差。ENIG 的某些焊垫若出现雾雾暗暗时，就可能是无镍的金面。倘有怀疑时，可用剥金液【KCN+(间)硝苯磺酸钠】剥除金层，是镍是铜自必一目了然。

3.4.2 金槽建浴用纯水或回收槽纯水，一旦发霉即表已有多量的霉菌带入。此时金中原配方的有机酸络化剂，加上霉菌代谢的有机物，将使得金水活性更强，其联手腐蚀的化镍层，下场当然很惨。回收水中虽然不会再出现置换反应，但其中的菌类与有机酸的互相帮忙打气，以贾凡尼效应的助虐，仍然会透过金层疏孔而对底镍继续猛咬，不断造成镍层的暗中氧化，迟早会引发黑垫。想要免于恐惧避祸求福，最好的办法就是换掉回收槽，品管严格的大厂，几乎隔天就换少惹麻烦。

## 四、后制程

4.1 回收之后的彻底水洗，早期多半采 80°C 的热水连续冲洗，及吹干前的热纯水过门。由于因水温经常不足（是否为了节省成本？），水质太脏，反而造成干燥后金面的发红。为了彻底杜绝后患，目前业者在 ENIG 线内之回收与浸洗出槽后，立即逐片改成水平联机的冷水冲洗与纯水漂净，再以清洁的热风迅速吹干，务必要使活性尚未停歇的 ENIG，减少再遭贾凡尼式的持续腐蚀。

4.2 事实上 ENIG 完工之后，还要执行运输、暂存、白字印刷、切外形与品检等后流程，当然最后仍需用到水平联机的清洁工作。此等看似等闲的洗水与干燥，也应按部就班以避免后底镍继续氧化，减少金面变色发红。疑似变红者只要用手指摸摸还会变得更红，连橡皮都擦不掉。较严重者其底镍可能早已变黑了。

## 五、归纳整理

ENIG 量产制程中最常出现的露铜、长胖与变色等三大外观问题，虽已逐一交代如上，但对初学或制程以外的读者来说，想必仍然是满天神佛丈二金刚。为洞悉脉络清楚思路起见，特再提纲挈领整理要点如下，以方便上阵出招时直扑敌魁手到擒来也。

露铜 (Skip plating)

1. 氧化铜太厚: 过度烘烤、温湿叠板、环境不良放置太久。
2. 过程污染: 残留 IMC、毒药附着、硫醇作怪、绿漆溶入镍槽、显像残膜、显后水洗不良、吸水滚轮太脏。
3. 活力太弱: 久洗钝化、负电性不足、镍槽未醒、三大参数太低。

### 长胖 (Extraneous Plating)

1. 蚀刻不良: 留有残足。
2. 活力太强: 三大参数太高、钯后水洗不足、大跳贴脸舞、活性粒子附着。
3. 铜粉残留: 垫边长胖、嵌入绿漆。

### 变色 (Tarnishing)

1. 底镍不良: 底镍过度置换产生黑垫, 致金面变暗。
2. 金面异常: 金水遭铜污染、霉菌污染金水与回收水、后段水洗不足、后流程污染、终洗不良、温湿叠板。

## 六、结论

笔者曾咨询过多位业界专家, ENIG 各种板类的出货量, 台湾现已成为全球第一。目前台湾业界之 PCB 正厂, 现有 ENIG 量产能力者共有 20 家, 合计 32 条自动线。少者 1 条线, 大公司上千公升大镍槽联机者达 4 条之多。代工厂共 14 家合计 17 条线。以 2001 年 10 月的出货量统计, 平均月产 250 万~300 万 ft<sup>2</sup>, 这还不是生意最旺的数字。

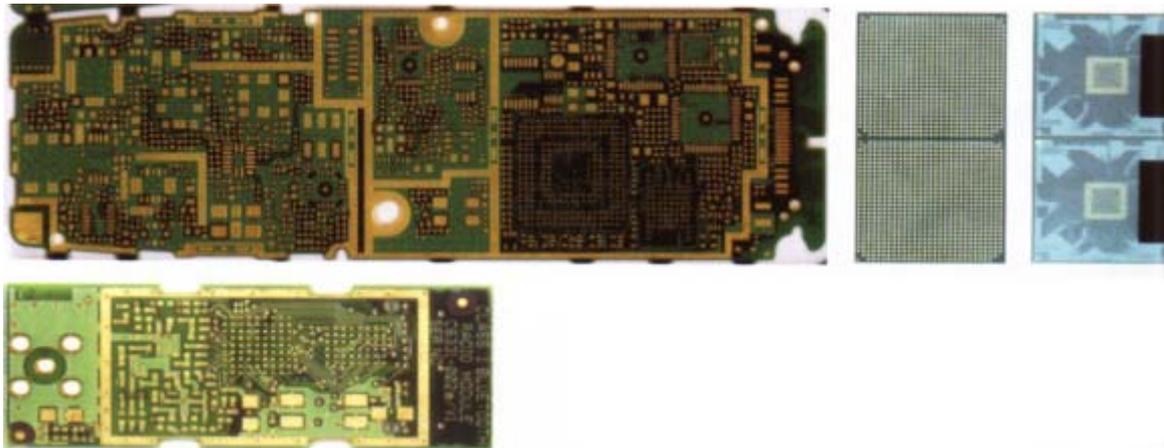


图 16.右二图为日本国内高阶 FC 封装板 (CPU 之 P4), 系采 ENIG 做为正面覆晶及腹底植球的表面处理皮膜, 左上为已移往大陆生产之中低阶 ENIG 用途之手机板、及左图之蓝牙卡板等。

日本国内产能多集中在小面积的高阶封装板领域, 故最多也只有台湾总产出的一半。至于手机板、PC 卡板与部份低阶封装板, 则已移往中国大陆之华南地区, 该华南又在港商台商的凑热闹下, 目前 ENIG 的设计月产能已高达 220~250 万 ft<sup>2</sup>, 加上华东地区月产能的 30~40 万 ft<sup>2</sup>, 敢说华人经手的 ENIG, 少说也将超过全球的六成, 欧美业者早已少得可怜。如此长期之大量生产, 现场经验当然无人可比, 然还要迷信远来东西和尚之天花乱

坠，实在没啥道理。当然中文深入的资料太少，应是主因之一。即使偶而出现，也多半拾人牙慧语焉不详，参考价值怎会太高？有鉴于此，特整理多年经验忠实奉告，并希望藉此不打高空的务实文章，抛砖引玉该其它制程的密笈也有所披露，则于愿已足矣。



资料来源: 寻智专业顾问有限公司  
<http://www.eurekacp.com.tw>